



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΕ ΕΜΠΟΡΙΚΑ
ΠΛΟΙΑ ΜΕΓΑΛΟΥ ΕΚΤΟΠΙΣΜΑΤΟΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΑΛΚΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.M: 18392056

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΟΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

Περιεχόμενα

| | |
|---|----------|
| ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 4 |
| 1. Εισαγωγή | 5 |
| 1.1 Σημασία της αντοχής στα στοιχεία μηχανών του πλοίου | 7 |
| 1.2 Στόχοι και πεδίο εφαρμογής της μελέτης | 9 |
| 2. Σύστημα μηχανισμού διεύθυνσης | 10 |
| 2.1 Κοινές βλάβες σε συστήματα μηχανισμών διεύθυνσης πλοίων:..... | 13 |
| 2.2 Συμπέρασμα | 16 |
| 3. ΑΞΟΝΑΣ..... | 17 |
| 3.1 Τρέχουσες μέθοδοι και υλικά..... | 18 |
| 3.2 Υπολογισμοί στρεπτικών δονήσεων..... | 19 |
| 3.3 Αστοχία κόπωσης άξονα..... | 27 |
| 3.4 Μέθοδος JACK-UP | 32 |
| 3.5 Συμπέρασμα | 35 |
| 4. Μηχανήματα καταστρώματος..... | 36 |
| 4.1 Ροπή υδραυλικού κινητήρα..... | 39 |
| 4.2 Τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας διανομής..... | 42 |
| 4.3 Ρύθμιση..... | 42 |
| 4.4 Τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας αλλαγής | 45 |
| 4.5 Βαλβίδα ασφαλείας..... | 48 |
| 4.6 Συνδυασμένη βαλβίδα ασφαλείας και παράκαμψης | 49 |
| 4.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ..... | 50 |
| 5. ΠΗΓΕΣ | 53 |
| 6. ΣΧΕΔΙΑ..... | 55 |

| Εξεταστές | Υπογραφή |
|--|----------|
| Τσολάκης Αντώνιος (Επιβλέπων καθηγητής) | |
| Ράπτης Κωνσταντίνος | |
| Θεοδωρακάκος Ανδρέας | |

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η
του....., με αριθμό μητρώου
φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του
Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο/Η Δηλών/ούσα



1. Εισαγωγή

Ως εξαρτήματα μηχανών ορίζονται τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται με επαναλαμβανόμενο τρόπο, σε πανομοιότυπες ή συγκρίσιμες διαμορφώσεις, με σκοπό την κατασκευή και ολοκλήρωση μηχανών, συσκευών και οργάνων. Τα εξαρτήματα των μηχανικών συστημάτων υπάρχουν σε δύο διακριτές μορφές: διακριτά στοιχεία, όπως κοχλίες, άξονες, γρανάζια και τα παρόμοια, και σύνθετες μονάδες, οι οποίες αποτελούνται από αυτά τα μεμονωμένα στοιχεία και εξυπηρετούν έναν συγκεκριμένο σκοπό, όπως ρουλεμάν, συμπλέκτες και βαλβίδες. Η κατασκευή μηχανημάτων απαιτεί μια ολοκληρωμένη κατανόηση των συστατικών στοιχείων, δεδομένου ότι κάθε τεχνική κατασκευή αποτελείται από διακριτά στοιχεία. Η ταξινόμηση των στοιχείων σύνδεσης εξαρτάται από την προβλεπόμενη λειτουργία τους και μπορεί να ταξινομηθεί ως εξής: Στοιχεία σύνδεσης, όπως βέλη, κοχλίες, σφήνες, πείροι και διάφοροι τύποι στοιχείων συγκόλλησης (συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτροσυγκόλλησης, της μαλακής συγκόλλησης και της συγκόλλησης με κόλλα). Τα μηχανικά στοιχεία που είναι υπεύθυνα για την έδρα και τη μετάδοση της κίνησης σε ένα σύστημα περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, τα έδρανα ολίσθησης και κύλισης, τους άξονες, τις ατράκτους, τους συμπλέκτες, τα γρανάζια, τους μειωτήρες στροφών, καθώς και τους ιμάντες και τις αλυσίδες κίνησης. Τα συστατικά που εμπλέκονται στη μεταφορά ρευστών και ατμών, συμπεριλαμβανομένων αγωγών και συνδέσμων, συσκευών παρεμπόδισης, όπως βαλβίδες, πύλες, κρουνοί και τα παρόμοια. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτο ότι ορισμένοι συναφείς κλάδοι, συμπεριλαμβανομένων των συναρμολογήσεων, της αντοχής και των επιτρεπόμενων τάσεων, αφορούν τα στοιχεία μηχανών λόγω της θεμελιώδους συμμετοχής τους στη διαμόρφωση και τον υπολογισμό τους.

Η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται στα κρίσιμα μηχανολογικά στοιχεία ενός δεξαμενόπλοιου αργού πετρελαίου 156Κ. Ενώ η μηχανή είναι αναμφίβολα η καρδιά ενός πλοίου, δεν λειτουργεί μεμονωμένα. Μια πληθώρα διασυνδεδεμένων εξαρτημάτων και συστημάτων συνεργάζονται για να εξασφαλίσουν την ομαλή λειτουργία και την πλοήγηση αυτών των πλοίων μεγάλου εκτοπίσματος. Μεταξύ αυτών των ζωτικών στοιχείων είναι τα μηχανήματα καταστρώματος, ο άξονας της προπέλας και το πηδάλιο. Καθένα από αυτά τα εξαρτήματα εξυπηρετεί έναν ξεχωριστό σκοπό, λειτουργώντας αρμονικά για την πρόωση, την ευελιξία και τον έλεγχο του πλοίου.

Ο άξονας της προπέλας λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ του κινητήρα του πλοίου και της προπέλας του, μεταφέροντας αποτελεσματικά την περιστροφική ισχύ που παράγεται από τον κινητήρα για την προώθηση του πλοίου προς τα εμπρός. Κατασκευασμένος με στιβαρά υλικά ικανά να αντέχουν σε τεράστια ροπή και πίεση, ο άξονας της προπέλας είναι ένα κρίσιμο εξάρτημα που απαιτεί σχολαστική μηχανική και τακτική συντήρηση για να διασφαλιστεί η βέλτιστη απόδοση και αξιοπιστία.

Την τριάδα των βασικών στοιχείων συμπληρώνει το πηδάλιο, ένα εξάρτημα προσαρτημένο στην πρύμνη του πλοίου που παίζει καθοριστικό ρόλο στην οδήγηση και τους ελιγμούς. Αλλάζοντας τη γωνία του πηδαλίου, το πλήρωμα του πλοίου μπορεί να ελέγχει την κατεύθυνση και την πορεία του πλοίου. Σε συνδυασμό με τη μηχανή και την προπέλα, το πηδάλιο επιτρέπει την ακριβή πλοήγηση, διασφαλίζοντας ότι το πλοίο διατηρεί την προβλεπόμενη πορεία του, ενώ ανταποκρίνεται αποτελεσματικά στις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες και στις προκλήσεις πλοήγησης.



Εικόνα 1 157K OIL TANKER

1.1 Σημασία της αντοχής στα στοιχεία μηχανών του πλοίου

Η αντοχή των θαλάσσιων μηχανών αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της ναυπηγικής μηχανικής, διαδραματίζοντας καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της αξιοπιστίας, της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των θαλάσσιων σκαφών, ιδίως των πετρελαιοφόρων. Το σκληρό θαλάσσιο περιβάλλον, σε συνδυασμό με τις συνεχείς και έντονες επιχειρησιακές απαιτήσεις, επιβαρύνει σημαντικά τα διάφορα εξαρτήματα αυτών των πλοίων. Στοιχεία μηχανών, όπως τα γρανάζια διεύθυνσης, οι άξονες και τα μηχανήματα καταστρώματος, υπόκεινται σε μια σειρά από καταπονήσεις, συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών φορτίων, του διαβρωτικού θαλασσινού νερού, των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας και των δονητικών δυνάμεων. Η αντοχή αυτών των στοιχείων είναι κρίσιμη για διάφορους λόγους:

Ασφάλεια και αξιοπιστία: Το πρωταρχικό μέλημα στις θαλάσσιες επιχειρήσεις είναι η ασφάλεια. Η υψηλή αντοχή των στοιχείων των μηχανών συσχετίζεται άμεσα με τον μειωμένο κίνδυνο μηχανικών βλαβών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ατυχήματα ή περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η αξιόπιστη απόδοση αυτών των

στοιχείων υπό διάφορες συνθήκες είναι απαραίτητη για την ασφαλή ναυσιπλοΐα και λειτουργία των πετρελαιοφόρων.

Λειτουργική αποδοτικότητα: Η αποτελεσματική λειτουργία των θαλάσσιων πλοίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αντοχή των στοιχείων μηχανών. Τα εξαρτήματα που μπορούν να αντέξουν στις κακουχίες των μακρινών ταξιδιών χωρίς υποβάθμιση ή βλάβη συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία, ελαχιστοποιώντας τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και εξασφαλίζοντας την έγκαιρη μεταφορά του φορτίου.

Αποδοτικότητα κόστους: Η μακροβιότητα και η ανθεκτικότητα των στοιχείων μηχανής έχουν άμεσο αντίκτυπο στο συνολικό κόστος συντήρησης και λειτουργίας ενός πλοίου. Τα στοιχεία υψηλής αντοχής μειώνουν την ανάγκη για συχνές επισκευές και αντικαταστάσεις, οδηγώντας σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους κατά τη διάρκεια ζωής του πλοίου.

Συμμόρφωση με τους κανονισμούς: Η ναυτιλιακή βιομηχανία διέπεται από αυστηρούς διεθνείς και τοπικούς κανονισμούς που επιβάλλουν ορισμένα πρότυπα για τη συντήρηση και τη λειτουργία των πλοίων. Η διασφάλιση της αντοχής των στοιχείων των μηχανών αποτελεί βασικό παράγοντα για τη συμμόρφωση με αυτούς τους κανονισμούς και την αποφυγή κυρώσεων ή λειτουργικών περιορισμών.

Τεχνολογικές εξελίξεις: Οι συνεχείς εξελίξεις στη ναυτιλιακή τεχνολογία θέτουν πρόσθετες απαιτήσεις για την αντοχή των στοιχείων μηχανής. Τα νεότερα, αποδοτικότερα και φιλικότερα προς το περιβάλλον συστήματα απαιτούν στοιχεία που μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά υπό νέες συνθήκες και να ενσωματώνονται απρόσκοπτα με προηγμένες τεχνολογίες.

Εξάρτηση από το παγκόσμιο εμπόριο: Η παγκόσμια οικονομία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το θαλάσσιο εμπόριο, με σημαντικό μέρος του να μεταφέρεται με πετρελαιοφόρα. Η αντοχή των μηχανολογικών στοιχείων σε αυτά τα πλοία είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της παγκόσμιας αλυσίδας εφοδιασμού και της οικονομικής σταθερότητας.

1.2 Στόχοι και πεδίο εφαρμογής της μελέτης

Στόχοι

Ανάλυση των χαρακτηριστικών αντοχής των βασικών στοιχείων των ναυτικών μηχανών: Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη διεξαγωγή μιας σε βάθος ανάλυσης των χαρακτηριστικών αντοχής των κρίσιμων θαλάσσιων μηχανικών στοιχείων, όπως τα γρανάζια διεύθυνσης, οι άξονες και τα μηχανήματα καταστρώματος στα πετρελαιοφόρα.

Προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν την αντοχή: Πρωταρχικός στόχος είναι να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή αυτών των στοιχείων μηχανών, συμπεριλαμβανομένων των ιδιοτήτων των υλικών, των πτυχών του σχεδιασμού, των συνθηκών λειτουργίας και των πρακτικών συντήρησης.

Σύγκριση διαφορετικών τεχνολογιών και υλικών: Η μελέτη σκοπεύει να συγκρίνει διαφορετικές τεχνολογίες και υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή και το σχεδιασμό αυτών των στοιχείων μηχανής για να διαπιστωθεί ποια προσφέρουν καλύτερη αντοχή και γιατί.

Να εκτιμηθεί ο αντίκτυπος της αντοχής στη συνολική απόδοση του σκάφους: Η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η αντοχή αυτών των στοιχείων επηρεάζει τη συνολική απόδοση

Παροχή συστάσεων για τη βελτίωση της αντοχής: Με βάση τα ευρήματα, η μελέτη θα έχει ως στόχο την παροχή πρακτικών συστάσεων για τους κατασκευαστές και τους φορείς εκμετάλλευσης πλοίων σχετικά με τον τρόπο ενίσχυσης της αντοχής αυτών των κρίσιμων στοιχείων μηχανών.

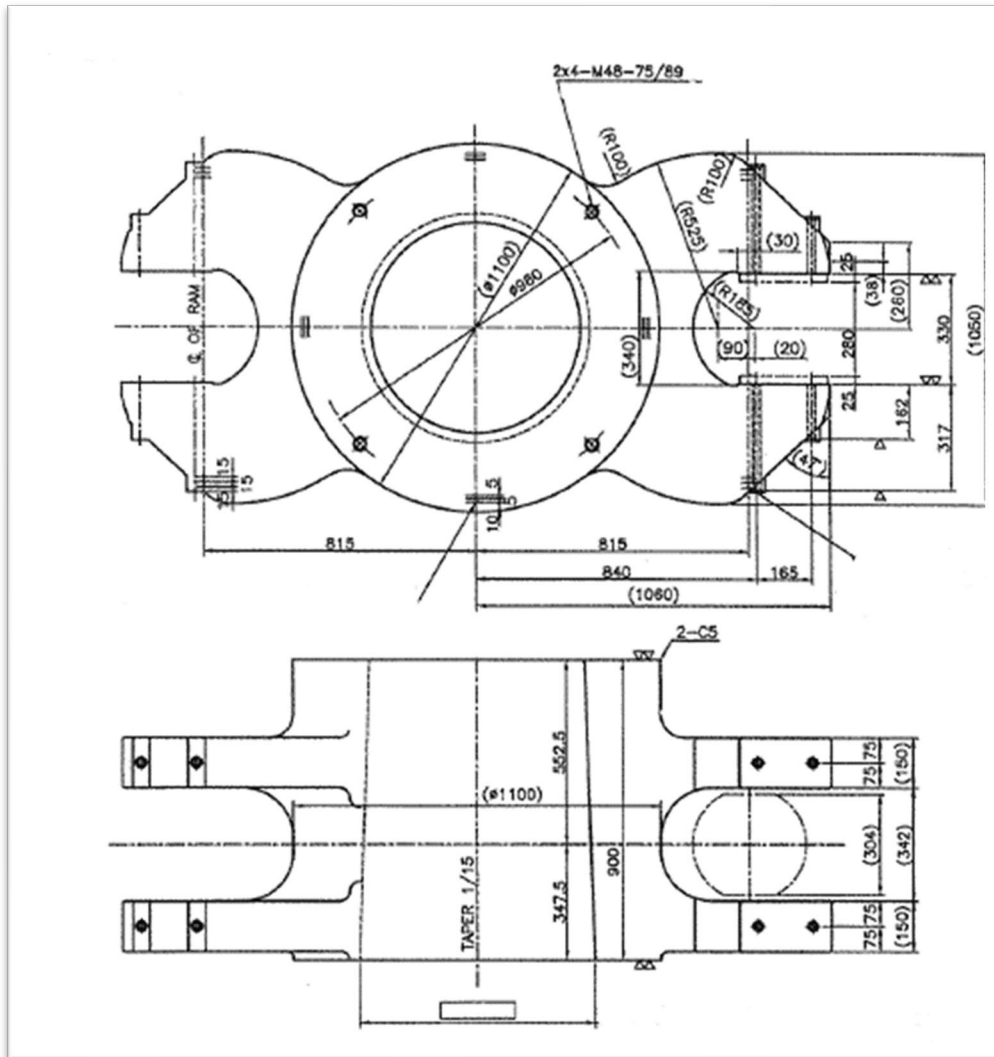
Πεδίο εφαρμογής

Εστίαση σε συγκεκριμένα στοιχεία μηχανών: Η μελέτη θα επικεντρωθεί συγκεκριμένα στην αντοχή των μηχανισμών πηδαλίου, των αξόνων και των μηχανών καταστρώματος στα πετρελαιοφόρα. Τα στοιχεία αυτά επιλέχθηκαν λόγω του κρίσιμου ρόλου τους στην ασφάλη και αποτελεσματική λειτουργία των πλοίων.

2. Σύστημα μηχανισμού διεύθυνσης

Το σύστημα μηχανισμού πηδαλίου, κεντρικό στοιχείο για την ευελιξία και την ασφάλεια, αποτελεί ένα εξελιγμένο μείγμα μηχανικών και υδραυλικών

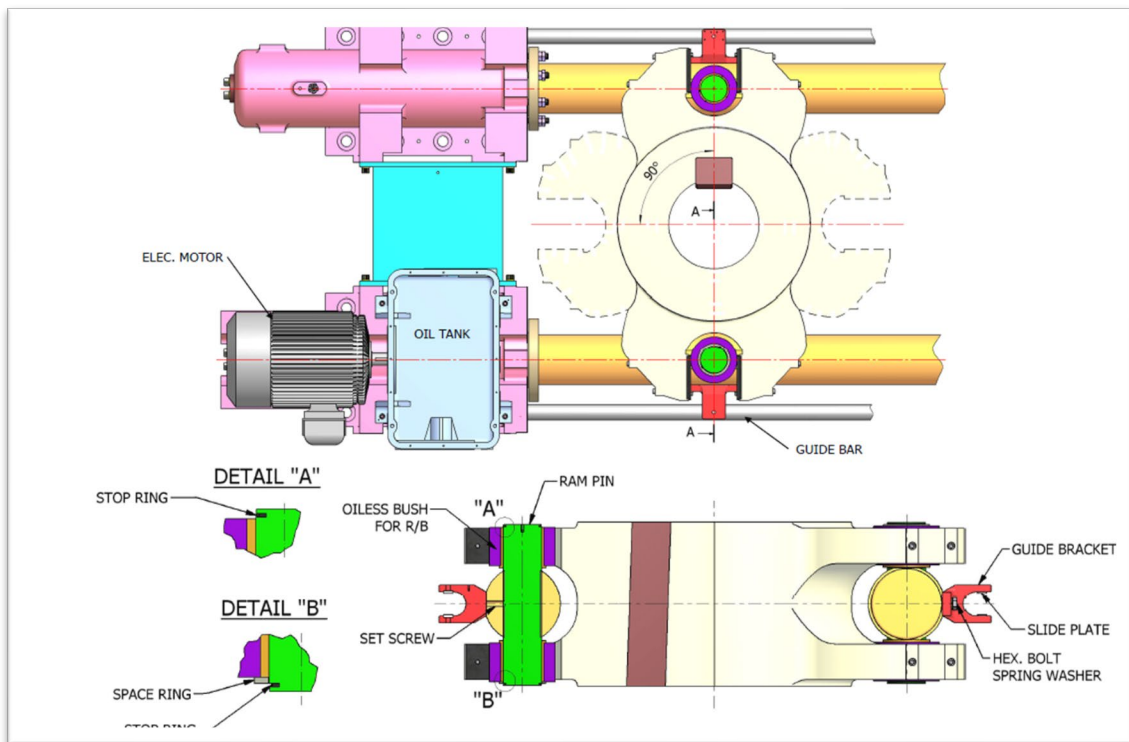
συστημάτων. Η αξιοπιστία και η ακρίβειά του είναι ζωτικής σημασίας για την πλοήγηση του δεξαμενόπλοιου, ιδίως σε απαιτητικά θαλάσσια περιβάλλοντα.



Εικόνα 2 Σκαρίφημα πηδαλίου

Το πηδάλιο από χυτοχάλυβα, σχεδιασμένο και κατασκευασμένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις του νηογνώμονα, στερεώνεται στο πηδάλιο με το κλειδί. Στα ανοίγματα τύπου πιρουνιού του πηδαλίου βιδώνονται οι σκληρυμένες χαλύβδινες πλάκες που

έρχονται σε άμεση επαφή με το έδρανο κυλίνδρου του εμβόλου. Καθώς το ρουλεμάν περιστρέφεται σε αυτή την επιφάνεια, η γραμμική κίνηση του εμβόλου μετατρέπεται σε κυκλική κίνηση του πηδαλιού.



Εικόνα 3 Σχέδιο συστήματος τιμονιού

2.1 Κοινές βλάβες σε συστήματα μηχανισμών διεύθυνσης πλοίων:

Διαρροή λαδιού

Αιτίες: Το συχνό ζήτημα της διαρροής λαδιού στα συστήματα μηχανισμού διεύθυνσης οφείλεται κυρίως στη φθορά των μηχανικών εξαρτημάτων, στην ακατάλληλη στεγανοποίηση και μερικές φορές στη γήρανση των υδραυλικών γραμμών και των εξαρτημάτων. Η κίνηση και η πίεση στο υδραυλικό σύστημα επιδεινώνουν αυτές τις αδυναμίες, οδηγώντας σε διαρροές.

Προληπτικές στρατηγικές: Η τακτική επιθεώρηση και η έγκαιρη αντικατάσταση των φθαρμένων στεγανοποιήσεων και εξαρτημάτων είναι ζωτικής σημασίας. Η εφαρμογή ενός προγράμματος ρουτίνας για τον έλεγχο των υδραυλικών γραμμών και η χρήση προηγμένων διαγνωστικών εργαλείων μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη ανίχνευση πιθανών διαρροών.

Αντιστοιχία μεταξύ της πραγματικής γωνίας πηδαλίου και της ζητούμενης γωνίας πηδαλίου

Αιτίες: Αυτή η αναντιστοιχία είναι συχνά αποτέλεσμα προβλημάτων βαθμονόμησης, φθοράς των μηχανικών συνδέσμων ή βλαβών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Μπορεί επίσης να αποδοθεί στην υστέρηση της απόκρισης του υδραυλικού συστήματος εξαιτίας της εισροής αέρα ή της μόλυνσης του υγρού.

Προληπτικές ενέργειες: Η βαθμονόμηση των συστημάτων διεύθυνσης πρέπει να γίνεται περιοδικά. Είναι ζωτικής σημασίας να διατηρείται η καθαρότητα του υδραυλικού υγρού και να διασφαλίζεται ότι το σύστημα είναι απαλλαγμένο από θύλακες αέρα. Η αναβάθμιση σε πιο εξελιγμένα ηλεκτρονικά συστήματα ανάδρασης μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία.

Μη ικανοποιητική απόδοση του συστήματος διεύθυνσης

Αιτίες: Πέρα από τη δυσλειτουργία των βαλβίδων, το μη ικανοποιητικό σύστημα διεύθυνσης μπορεί να οφείλεται σε υποβάθμιση του υδραυλικού υγρού, σε ανεπάρκεια της αντλίας ή σε προβλήματα στη μετάδοση ισχύος από τον κινητήρα

διεύθυνσης στο πηδάλιο. Περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως οι συνθήκες της θάλασσας, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την απόδοση του συστήματος διεύθυνσης.

Μέτρα μετριασμού: Η τακτική συντήρηση των υδραυλικών αντλιών και βαλβίδων, σε συνδυασμό με τη χρήση υδραυλικού υγρού υψηλής ποιότητας, μπορεί να αποτρέψει την υποβάθμιση της απόδοσης του συστήματος διεύθυνσης. Μπορεί επίσης να είναι απαραίτητη η αναβάθμιση των συστημάτων ώστε να αντιμετωπίζουν τα σκληρά θαλάσσια περιβάλλοντα.

Υπερβολικός θόρυβος

Αίτια: Η παρουσία αέρα στο υδραυλικό σύστημα είναι η κύρια αιτία του θορύβου. Άλλοι παράγοντες περιλαμβάνουν τις κακές ευθυγραμμίσεις στο σύστημα, τη μηχανική φθορά και τη σπηλαίωση στις υδραυλικές αντλίες.

Στρατηγικές μείωσης του θορύβου: Η συστηματική αφαίμαξη του αέρα από το υδραυλικό κύκλωμα και η εξασφάλιση της σωστής ευθυγράμμισης και εξισορρόπησης των κινούμενων μερών είναι αποτελεσματικές. Οι τακτικοί έλεγχοι για την απόδοση της αντλίας και τη σπηλαίωση μπορούν επίσης να βοηθήσουν στη μείωση των επιπέδων θορύβου.

Υψηλή θερμοκρασία λαδιού

Βασικοί λόγοι: Εκτός από τα χαμηλά επίπεδα λαδιού, η υψηλή θερμοκρασία λαδιού μπορεί να προκληθεί από υπερλειτουργικές υδραυλικές αντλίες, ανεπαρκή συστήματα ψύξης ή περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως οι υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Λύσεις ψύξης: Η εξασφάλιση ενός σωστά λειτουργικού συστήματος ψύξης για το υδραυλικό λάδι είναι ζωτικής σημασίας. Η αναβάθμιση σε υδραυλικά υγρά με καλύτερες θερμικές ιδιότητες και η ενίσχυση των δυνατοτήτων απαγωγής θερμότητας του συστήματος μπορεί επίσης να είναι επωφελής.

Ζητήματα κίνησης πηδαλίου

Αιτίες: Οι ελαττωματικοί οριακοί διακόπτες είναι συχνά οι ένοχοι, αλλά ζητήματα όπως μηχανικά εμπόδια, ανισορροπίες πίεσης του υδραυλικού συστήματος ή φθορά των μηχανικών συνδέσμων συμβάλλουν επίσης σε αυτά τα προβλήματα.

Διορθωτικές προσεγγίσεις: Η τακτική δοκιμή και συντήρηση των οριακών διακοπών, μαζί με περιοδικές επιθεωρήσεις των μηχανικών συνδέσμων και των υδραυλικών πιέσεων, είναι απαραίτητες για να διασφαλιστεί η σωστή κίνηση του πηδαλίου.

Αποτυχία τηλεχειρισμού του συστήματος διεύθυνσης

Βασικές αιτίες και λύσεις: Η αποτυχία των λειτουργιών τηλεχειρισμού μπορεί να προκύψει από δυσλειτουργίες του ηλεκτρονικού συστήματος, βλάβες στην επικοινωνία μεταξύ της γέφυρας και του μηχανισμού διεύθυνσης ή προβλήματα τροφοδοσίας. Η εφαρμογή εφεδρικών συστημάτων, η εξασφάλιση ισχυρών καναλιών επικοινωνίας και η τακτική δοκιμή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων μπορούν να μετριάσουν αυτούς τους κινδύνους.

Βλάβες του πομπού γωνίας πηδαλίου και του συνδέσμου πηδαλίου

Ανάλυση των αιτιών: Αυτές οι βλάβες οφείλονται συνήθως σε μηχανικές αποσυνδέσεις ή βλάβες στη μετάδοση των μηχανικών κινήσεων σε ηλεκτρονικά σήματα. Οι κραδασμοί και οι φυσικές καταπονήσεις κατά τη διάρκεια της ναυσιπλοΐας μπορούν να επιδεινώσουν αυτά τα ζητήματα.

Προληπτικές ενέργειες: Η ενίσχυση των μηχανικών συνδέσμων, η χρήση υλικών υψηλής αντοχής και οι τακτικές επιθεωρήσεις μπορούν να αποτρέψουν τέτοιες βλάβες. Η ενσωμάτωση μέτρων απόσβεσης κραδασμών και συστημάτων παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο μπορεί επίσης να είναι αποτελεσματική.

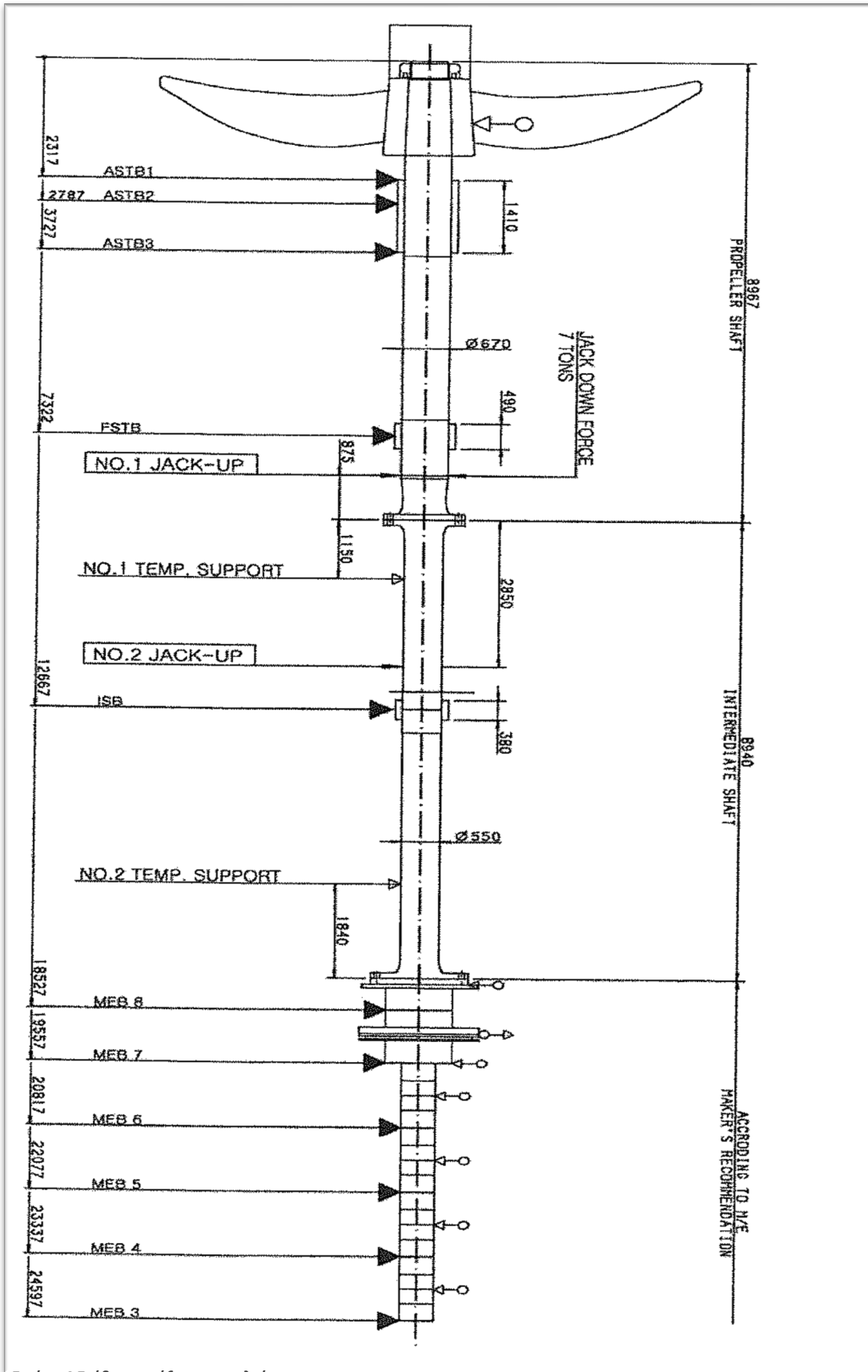
(Analysis on A Case of Marine Hydraulic Steering Gear Failure

https://www.researchgate.net/publication/328617016_Analysis_on_A_Case_of_Marine_Hydraulic_Steering_Gear_Failure)

2.2 Συμπέρασμα

Η πρόληψη των βλαβών στα συστήματα διεύθυνσης πλοίων απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση που περιλαμβάνει στιβαρό σχεδιασμό, σχολαστική συντήρηση, συνεχή παρακολούθηση και ολοκληρωμένη εκπαίδευση του πληρώματος. Η εστίαση θα πρέπει να είναι στην έγκαιρη ανίχνευση και διόρθωση πιθανών προβλημάτων, στην αναβάθμιση των εξαρτημάτων του συστήματος ώστε να αντέχουν στις θαλάσσιες προκλήσεις και στη διασφάλιση της επάρκειας του πληρώματος στο χειρισμό των συστημάτων πηδαλιουχίας. Τα μέτρα αυτά ενισχύουν συλλογικά τη θαλάσσια ασφάλεια και την επιχειρησιακή αποδοτικότητα.

3. ΑΞΟΝΑΣ



Εικόνα 4 Σχέδιο του άξονα του πλοίου

Η ευθυγράμμιση του άξονα είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή, η οποία εξασφαλίζει την αποτελεσματική μεταφορά ισχύος από τον κινητήρα στην έλικα. Η λανθασμένη ευθυγράμμιση μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη φθορά, απώλεια ενέργειας, ακόμη και σε καταστροφικές βλάβες, καθιστώντας τη μελέτη της ζωτικής σημασίας για την επιχειρησιακή απόδοση και την ασφάλεια.

Ο υπολογισμός της ευθυγράμμισης έγινε με βάση τα παρακάτω:

- Σε στεγνό dock 50% , 100% εμβάπτιση προπέλας
- Ψυχρές στατικές, θερμές στατικές και θερμές δυναμικές συνθήκες του συστήματος άξονα
- Οι δυνάμεις της προπέλας θεωρούνται για δυναμική κατάσταση.
- Η ευθυγράμμιση βελτιστοποιείται σε σχέση με την κατανομή των δυνάμεων αντίδρασης των εδράνων μεταξύ των εδράνων.

3.1 Τρέχουσες μέθοδοι και υλικά

Σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορα υλικά για τους άξονες, το καθένα με τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς του. Για παράδειγμα, το EN19 είναι ένα υλικό που εξετάζεται για τους στροφαλοφόρους άξονες λόγω των επιδόσεων αντοχής του σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Οι Gaikwad και Chavan (2023) διεξήγαγαν μια μελέτη για το υλικό EN19 και επαλήθευσαν την απόδοση αντοχής του υπό μέγιστη ροπή κάμψης και μέγιστη ροπή. Η μελέτη διαπίστωσε ότι οι θλιπτικές τάσεις, οι τάσεις Von-Mises, οι διατμητικές τάσεις και οι παραμορφώσεις στον στροφαλοφόρο άξονα από EN19 βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων, καθιστώντας το ένα οικονομικά αποδοτικό εναλλακτικό υλικό για τον στροφαλοφόρο άξονα .

Ένα άλλο υλικό που χρησιμοποιείται για τον άξονα είναι το PA2200, μια σκόνη πολυαμιδίου που χρησιμοποιείται στην τεχνική εκλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ (SLS). Οι Bernaczek κ.ά. (2023) ανέλυσαν την αντοχή σε στρέψη του υλικού PA2200 και διαπίστωσαν ότι η υψηλότερη αντοχή σε στρέψη προσδιορίστηκε για τα δείγματα που θερμάνθηκαν σε κλίβανο. Η μελέτη διαπίστωσε επίσης ότι η υψηλότερη ακρίβεια χαρτογράφησης βρέθηκε για τα μοντέλα που ήταν τοποθετημένα κάθετα σε σχέση με την πλατφόρμα εργασίας της μηχανής .

(Investigation on effective support point of single stern tube bearing for marine propulsion shaft alignment

(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951833917304914?fbclid=IwAR3wP1R_pzNZtGmF4nfdCVH3g3xP2Mgx-2j9SqHu69HKqO89XWdybqKzEBQ))

3.2 Υπολογισμοί στρεπτικών δονήσεων

Οι υπολογισμοί στρεπτικών δονήσεων είναι απαραίτητοι για την κατανόηση και τον μετριάσμο των δονητικών δυνάμεων που δρουν στο σύστημα μετάδοσης κίνησης του πλοίου. Οι υπολογισμοί αυτοί βοηθούν στο σχεδιασμό εξαρτημάτων που μπορούν να αντέξουν αυτές τις δυνάμεις, ενισχύοντας έτσι τη μακροζωία και την αξιοπιστία των μηχανημάτων.

Υπολογισμός στρεπτικών κραδασμών για έναν κινητήρα HYUNDAI-MAN B&W 6G70ME-C9.5. Σκοπός του υπολογισμού είναι η επιβεβαίωση της δυναμικής χαρακτηριστικής ολόκληρου του συστήματος άξονα πρόωσης και η σύγκριση των αποτελεσμάτων με το σχετικό όριο

Ο κύριος κινητήρας είναι HYUNDAI-MAN B&W 6G70ME-C9.5 με τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Μέγιστη συνεχής ισχύς: 15,310 kW
- Μέγιστη συνεχής ταχύτητα: 70,8 rpm
- Διάτρηση κυλίνδρου: 700 mm
- Διαδρομή: 1,5 mm: Χειροκίνητος κύλινδρος: 3.256 mm
- Αριθμός κυλίνδρων: 6
- Μέση ενδεικνυόμενη πίεση: 18,4 bar
- Λόγος της συνδετικής ράβδου: 0.500

- Εμβολοφόρος μάζα: 9,686 kg/κύλινδρο

- Αρμονική αερίου: T249276

- Σειρά πυροδότησης: 1 5 3 4 2 6

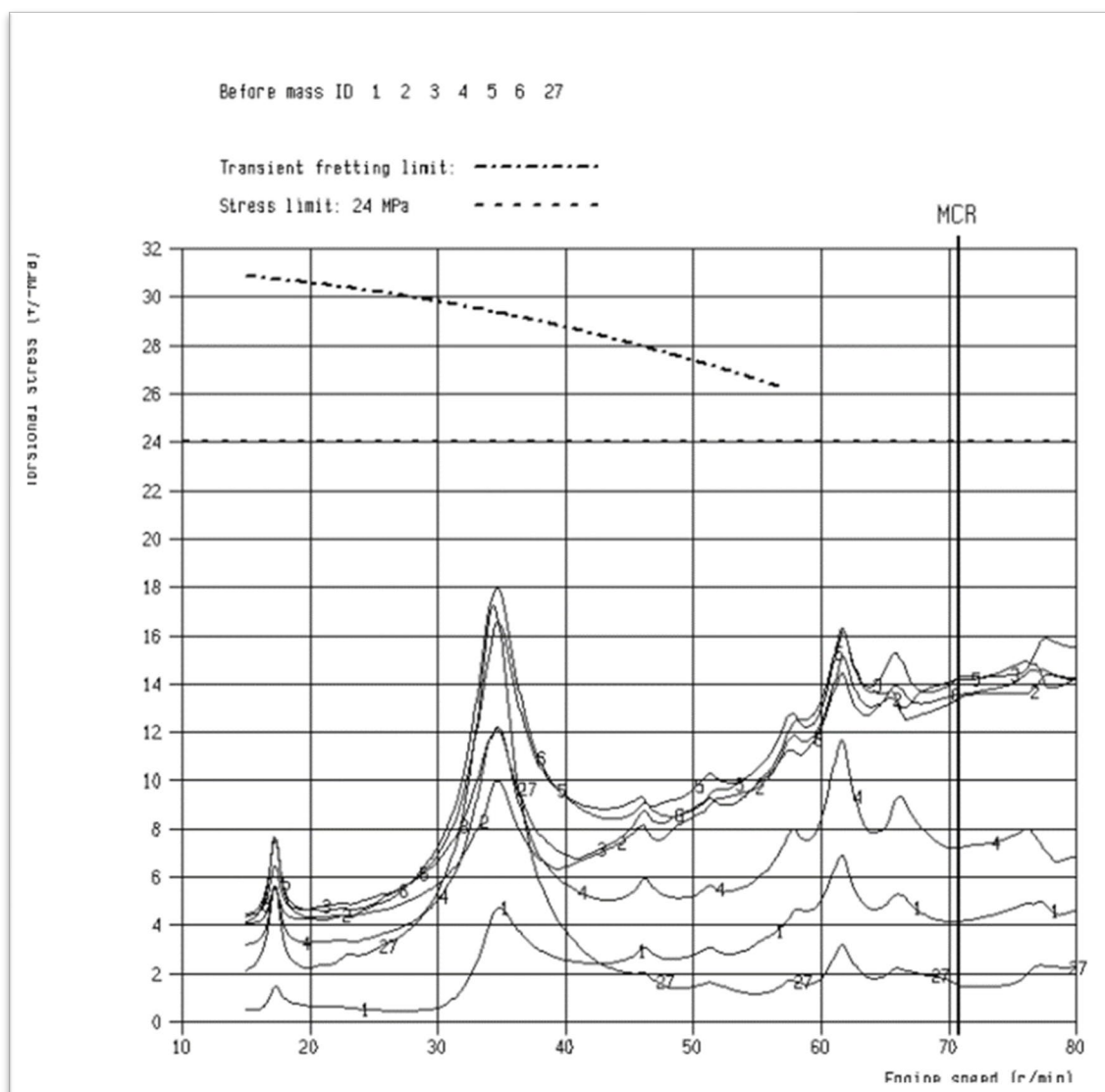
- Περιστροφή στροφάλου: FSB244786

Ο άξονας πρόωσης περιλαμβάνει έναν ενδιάμεσο άξονα, έναν άξονα έλικα και μια έλικα με τις ακόλουθες προδιαγραφές:

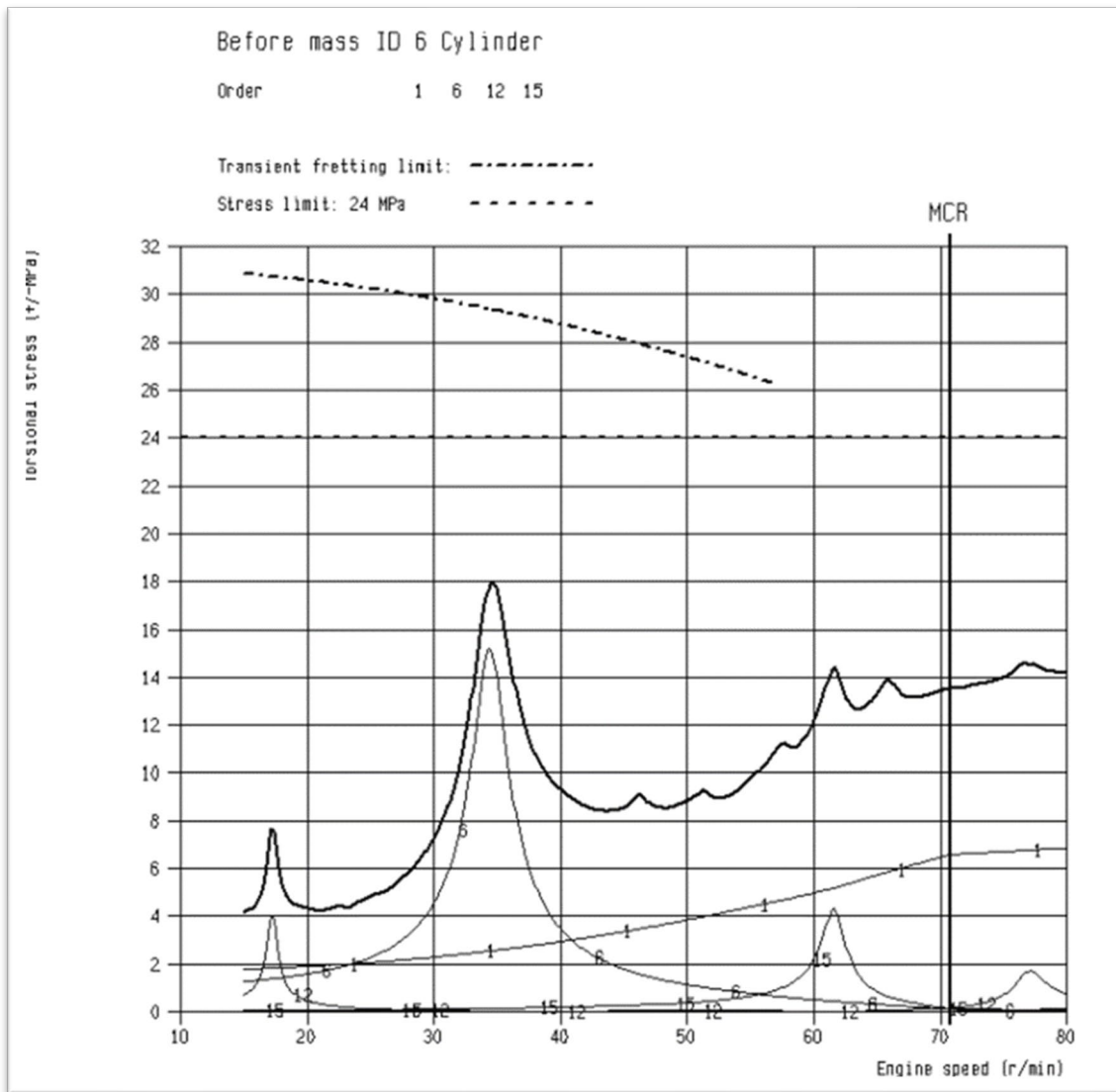
- Ενδιάμεσος άξονας: mm * 8,940 mm, 18,500 kg, TS 800 N/mm²

- Άξονας έλικα: 670 mm * 8,967 mm, 24,740 kg, TS 600 N/mm²

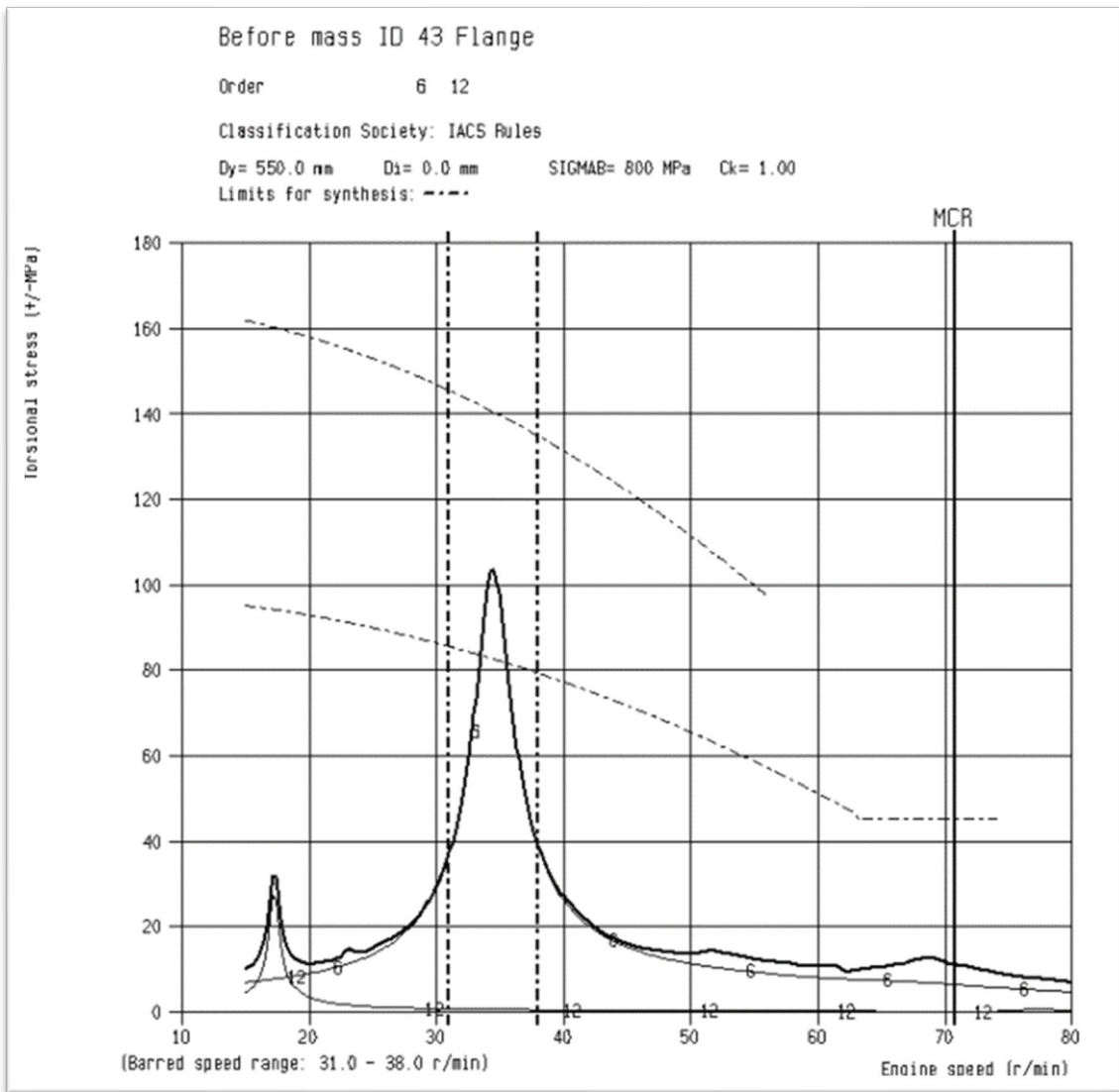
- Έλικας: 171,550 kgm², 38,210 kg, 4 πτερύγια, διάμετρος 8,9 M



Εικόνα 5



Εικόνα 6



Εικόνα 7

Τα γραφήματα ανάλυσης στρεπτικών δονήσεων που παρουσιάζονται παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τη μηχανική συμπεριφορά ενός συστήματος πρόωσης πλοίων σε διάφορες ταχύτητες λειτουργίας. Τα δεδομένα, που χαρακτηρίζονται από την τάση στρέψης (MPa) σε σχέση με την ταχύτητα του κινητήρα (r/min), επιτρέπουν την αξιολόγηση της δομικής ακεραιότητας και της λειτουργικής ασφάλειας των εξαρτημάτων του συστήματος.

Κορυφές συντονισμού και απόκριση του συστήματος:

Οι εξέχουσες κορυφές στα γραφήματα είναι ενδεικτικές του συντονισμού, όπου συγκεκριμένες ταχύτητες του κινητήρα οδηγούν σε σημαντικά υψηλότερες στρεπτικές τάσεις. Αυτές οι κορυφές αποκαλύπτουν τις φυσικές συχνότητες του συστήματος, όπου η εισροή ενέργειας από τη λειτουργία του κινητήρα συμπίπτει με τους τρόπους δόνησης του συστήματος, οδηγώντας σε πιθανή κόπωση και αστοχία εάν δεν αντιμετωπιστούν.

Ανάλυση ορίων τάσεων:

Κάθε γράφημα υποδηλώνει ένα προκαθορισμένο όριο τάσεων. Τα σημεία στα οποία η τάση στρέψης υπερβαίνει αυτό το όριο επισημαίνουν καθεστώα λειτουργίας που είναι δυνητικά επικίνδυνα και θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη δομική ακεραιότητα του άξονα ή των συνδεδεμένων μαζών. Είναι σημαντικό να τηρούνται αυτά τα όρια κατά τη λειτουργία για να αποφευχθεί η υπερφόρτιση του υλικού, η οποία θα μπορούσε να καταλήξει σε καταστροφικές αστοχίες.

Συστάσεις λειτουργικής ταχύτητας:

Το τρίτο γράφημα οριοθετεί ένα εύρος στροφών με μπάρες, επισημαίνοντας σαφώς τις ταχύτητες του κινητήρα που πρέπει να αποφεύγονται. Αυτό το εύρος προσδιορίζεται για να αποφευχθεί η λειτουργία σε ταχύτητες που θα προκαλούσαν υψηλές στρεπτικές τάσεις στον άξονα, όπως αποδεικνύεται από τις απότομες κορυφές συντονισμού εντός αυτού του διαστήματος. (Jae-hoon Jee, Chongmin Kim, Yanggon Kim, "Dynamic characteristics of a viscous-spring damper used to control the torsional vibration of a propulsion shafting system with an engine acceleration problem," *Journal of Marine Science and Technology*, 2021)

Συνθήκες συντονισμού συγκεκριμένου συστήματος μηχανης- αξονας:

Η διαφοροποίηση μεταξύ των διαγραμμάτων για διαφορετικά εξαρτήματα (αναγνωριστικά μάζας και αναγνωριστικά κυλίνδρου) υποδηλώνει ότι κάθε τμήμα του συστήματος έχει τις δικές του μοναδικές συνθήκες συντονισμού. Οι πληροφορίες αυτές είναι ζωτικής σημασίας για την προσαρμογή των διαδικασιών συντήρησης και λειτουργίας ώστε να μετριαστούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά δόνησης κάθε εξαρτήματος. (L. Murawski, M. Dereszewski, "Monitoring methodology of piston engine's crankshaft torsional vibrations by measurement of instantaneous angular speed at free and power output ends of the engine's crankshaft," Journal of Marine Science and Engineering, 2019)

Ταχύτητα του κινητήρα:

Η γραμμή μέγιστης συνεχούς ονομαστικής ταχύτητας (MCR) αντιπροσωπεύει το σχεδιασμένο όριο λειτουργικής ταχύτητας του κινητήρα. Ειδικότερα, οι τάσεις στο MCR θα πρέπει να βρίσκονται εντός της ανοχής του υλικού για να διασφαλιστεί η μακροζωία και η αξιοπιστία. Είναι ζωτικής σημασίας να παρατηρήσετε ότι σε ορισμένα γραφήματα, η τάση στρέψης πλησιάζει ή και ξεπερνά το όριο τάσεων στο MCR, σηματοδοτώντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση ή τροποποίηση του σχεδιασμού.

Πρακτικές επιπτώσεις για τις θαλάσσιες επιχειρήσεις:

Για τις θαλάσσιες λειτουργίες, τα ευρήματα αυτά υπογραμμίζουν τη σημασία της ρύθμισης των στροφών του κινητήρα για την αποφυγή κρίσιμων περιοχών που μπορεί να οδηγήσουν σε υπερβολική στρεπτική καταπόνηση. Τα συστήματα ελέγχου και παρακολούθησης του κινητήρα θα πρέπει να προγραμματίζονται ώστε να αποτρέπουν τη λειτουργία σε αυτές τις επιζήμιες περιοχές στροφών και οι μηχανικοί θα πρέπει να εκπαιδεύονται ώστε να αναγνωρίζουν τα σημάδια στρεπτικών δονήσεων κατά τη λειτουργία.

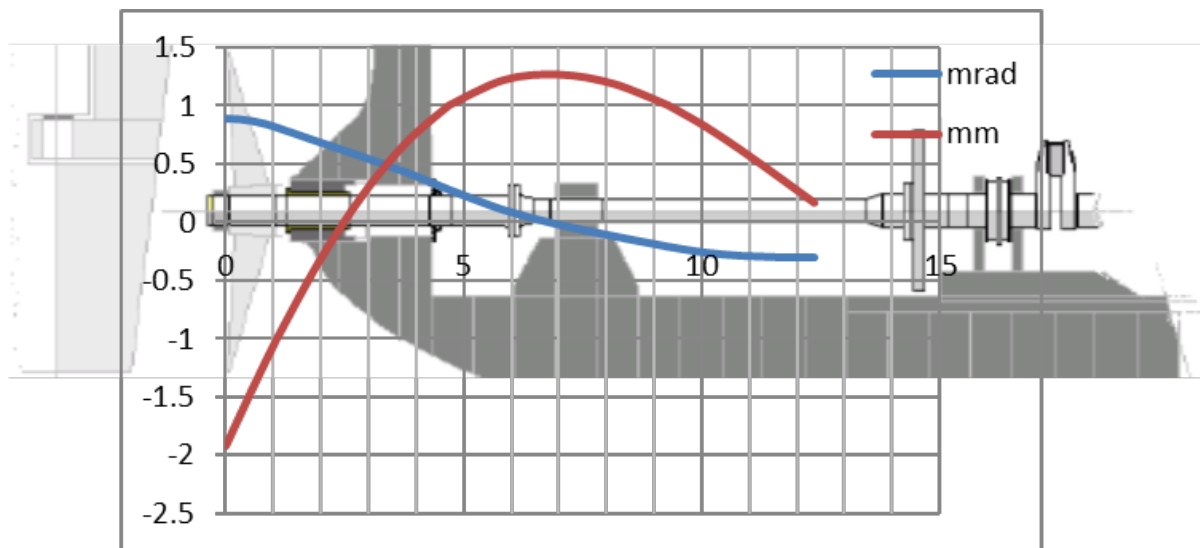
Συμπέρασμα και συστάσεις:

Η ανάλυση υπογραμμίζει την αναγκαιότητα δυναμικής εξισορρόπησης, σωστής ευθυγράμμισης και χρήσης αποσβεστήρων ή μονωτήρων για τον μετριασμό των στρεπτικών δονήσεων. Επιπλέον, η επιλογή υλικών και σχεδίων που διαθέτουν μεγαλύτερη ανοχή στις συγκεντρώσεις τάσεων μπορεί να βελτιώσει την αντοχή του συστήματος. Οι Homišin κ.ά. (2021) πρότειναν μια μέθοδο ελέγχου των επικίνδυνων στρεπτικών ταλαντώσεων των μηχανικών συστημάτων με βέλτιστη ρύθμιση χρησιμοποιώντας μια πνευματική ζεύξη με αυτορρύθμιση. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα πρόωσης πλοίων για τη μείωση των στρεπτικών ταλαντώσεων και τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος άξονα. Η συνεχής παρακολούθηση, ενδεχομένως μέσω συστημάτων ανάλυσης δονήσεων σε πραγματικό χρόνο, θα είναι επίσης ζωτικής σημασίας για να εξασφαλιστεί ότι το σύστημα πρόωσης λειτουργεί εντός ασφαλών παραμέτρων, διατηρώντας έτσι τη μηχανική ακεραιότητα και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του θαλάσσιου σκάφους.

Πίνακας 1 torsional offset

| <i>x</i> | <i>xloc</i> | <i>Ydot</i> | <i>Y</i> | <i>mrad</i> | <i>mm</i> |
|----------|-------------|-------------|----------|-------------|-----------|
| 0 | 0 | -0.00088 | 0.001925 | 0.883828 | -1.92476 |
| 0.26925 | 0.26925 | -0.00088 | 0.001687 | 0.87919 | -1.6872 |
| 0.5385 | 0.5385 | -0.00087 | 0.001452 | 0.865107 | -1.45216 |
| 0.80775 | 0.80775 | -0.00084 | 0.001222 | 0.841326 | -1.22221 |
| 1.077 | 1.077 | -0.00081 | 0.001 | 0.807594 | -1 |
| 1.077 | 0 | -0.00081 | 0.001 | 0.807594 | -1 |
| 1.9805 | 0.9035 | -0.00068 | 0.000328 | 0.681764 | -0.32772 |
| 2.884 | 1.807 | -0.00056 | -0.00023 | 0.558241 | 0.232642 |
| 3.7875 | 2.7105 | -0.00043 | -0.00068 | 0.427462 | 0.678839 |
| 4.691 | 3.614 | -0.00028 | -0.001 | 0.279865 | 1 |
| 4.691 | 0 | -0.00028 | -0.001 | 0.279865 | 1 |
| 5.84575 | 1.15475 | -0.00011 | -0.00122 | 0.10688 | 1.217751 |
| 7.0005 | 2.3095 | 1.85E-05 | -0.00127 | -0.01846 | 1.265181 |
| 8.15525 | 3.46425 | 0.000116 | -0.00119 | -0.11611 | 1.185783 |
| 9.31 | 4.619 | 0.000206 | -0.001 | -0.20604 | 1 |

| | | | | | |
|---------|--------|----------|----------|----------|----------|
| 9.31 | 0 | 0.000206 | -0.001 | -0.20604 | 1 |
| 10.0775 | 0.7675 | 0.000255 | -0.00082 | -0.25508 | 0.821496 |
| 10.845 | 1.535 | 0.000283 | -0.00061 | -0.28286 | 0.613888 |
| 11.6125 | 2.3025 | 0.000295 | -0.00039 | -0.29522 | 0.391253 |
| 12.38 | 3.07 | 0.000298 | -0.00016 | -0.29804 | 0.163165 |



Εικόνα 8 Διάγραμμα μετατόπισης άξονα σε σχέση με την θέση ηρεμίας

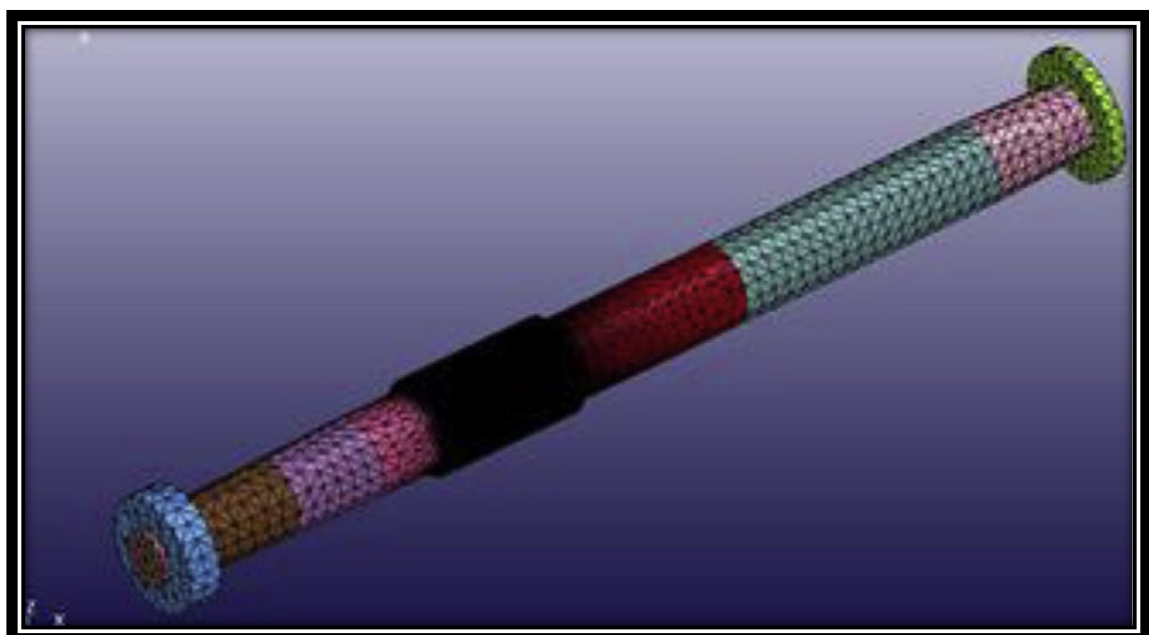
3.3 Αστοχία κόπωσης άξονα

Η αστοχία λόγω κόπωσης στους άξονες των πλοίων είναι ένα πολύπλοκο ζήτημα, το οποίο συχνά προκαλείται από την αλληλεπίδραση των ορίων κόπωσης του υλικού, των λειτουργικών παραγόντων καταπόνησης και των σχεδιαστικών εκτιμήσεων. Αυτός ο τύπος αστοχίας, που προκαλείται κυρίως από στρεπτικές δονήσεις, εμφανίζεται όταν η τάση που ασκείται κατά τη λειτουργία αυξομειώνεται κυκλικά, προκαλώντας το όριο αντοχής του άξονα. Η πολυπλοκότητα αυτού του τρόπου αστοχίας επιδεινώνεται από παράγοντες όπως οι περιοχές συγκέντρωσης τάσεων, οι οποίες συχνά παραβλέπονται κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή. Επομένως, η ολοκληρωμένη ανάλυση κραδασμών καθίσταται ζωτικής σημασίας για τον προληπτικό εντοπισμό των περιοχών που είναι επιρρεπείς σε κόπωση. Αυτό θα πρέπει να συνδυάζεται με δοκιμές υλικού υπό διαφορετικές προσομοιώσεις

λειτουργίας για να διαπιστωθεί το όριο αντοχής του υλικού του άξονα. Επιπλέον, οι λειτουργικές ρυθμίσεις, όπως η βελτιστοποίηση των ταχυτήτων περιστροφής και η κατανομή του φορτίου, παίζουν σημαντικό ρόλο στον μετριασμό της έναρξης και της διάδοσης των ρωγμών κόπωσης. Μια τέτοια πολυδιάστατη προσέγγιση για τη διαχείριση της αστοχίας λόγω κόπωσης υπογραμμίζει την ανάγκη για μια ολοκληρωμένη στρατηγική που συνδυάζει τη μηχανική ακρίβεια, την επιστήμη των υλικών και τη λειτουργική πρόβλεψη. (7.Common failures of ship propulsion shafts (https://www.researchgate.net/publication/322340004_Common_failures_of_ship_propulsion_shafts)

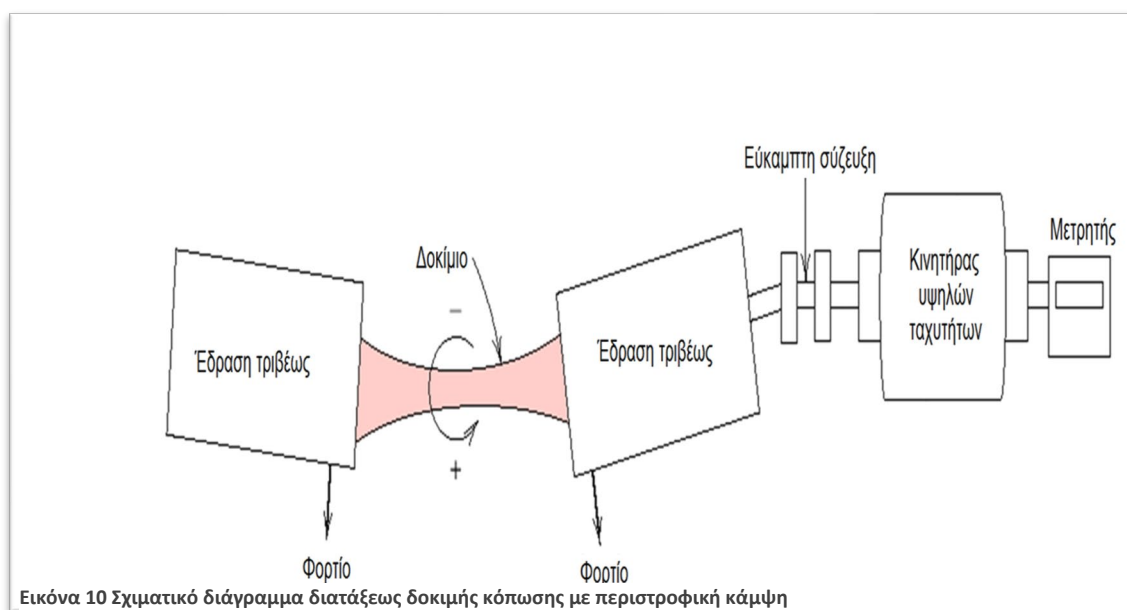
Η κακή ευθυγράμμιση στα συστήματα αξόνων των πλοίων, δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις, οι οποίες επιδεινώνονται από τις στρεπτικές δονήσεις. Η κακή ευθυγράμμιση διαταράσσει την ομοιόμορφη κατανομή των μηχανικών φορτίων στον άξονα, οδηγώντας σε ακανόνιστη φθορά και πιθανή αστοχία του συστήματος. Οι στρεπτικές δονήσεις, που προκύπτουν από λειτουργικές ανωμαλίες ή εγγενείς περιορισμούς σχεδιασμού, ενισχύουν περαιτέρω τις επιζήμιες επιπτώσεις της κακής ευθυγράμμισης. Αυτές οι δονήσεις προκαλούν πρόσθετες κυκλικές τάσεις, περιπλέκοντας το λειτουργικό περιβάλλον του άξονα. Η εφαρμογή της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων (FEA) είναι απαραίτητη στο πλαίσιο αυτό, παρέχοντας λεπτομερή κατανόηση της κατανομής των τάσεων και της

Εικόνα 9 Μελέτη FEA στον άξονα



μηχανικής συμπεριφοράς υπό διαφορετικές συνθήκες. Η FEA, σε συνδυασμό με την ανάλυση στρεπτικών δονήσεων, επιτρέπει μια πιο διαφοροποιημένη και προγνωστική προσέγγιση της ευθυγράμμισης του άξονα. Αυτή η προγνωστική προσέγγιση, η οποία ενημερώνεται από εμπειρικά δεδομένα και προηγμένη μοντελοποίηση, είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό πιθανών θεμάτων κακής ευθυγράμμισης πριν αυτά κλιμακωθούν σε πιο σημαντικά προβλήματα, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική αξιοπιστία και αποδοτικότητα του συστήματος πρόωσης της ναυτιλίας.

Η επιλογή και η ακεραιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται στους άξονες των πλοίων είναι κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργική ανθεκτικότητα και τη μακροζωία τους. Τα ελαττώματα των υλικών, όπως η χρήση χάλυβα χαμηλότερης ποιότητας από την προδιαγραφόμενη, θέτουν σε άμεσο κίνδυνο την ικανότητα του άξονα να αντέχει στις κακουχίες των θαλάσσιων επιχειρήσεων. Αυτό υπογραμμίζει την αναγκαιότητα μιας ενδελεχούς και αναλυτικής προσέγγισης για την επιλογή υλικών, δίνοντας έμφαση όχι μόνο στη συμμόρφωση με τα καθορισμένα πρότυπα αλλά και στην εξέταση των λειτουργικών συνθηκών. Οι τακτικές αξιολογήσεις της ποιότητας, συμπεριλαμβανομένης της ολοκληρωμένης ανάλυσης της σύνθεσης των υλικών και των δοκιμών δομικής ακεραιότητας, είναι επιτακτικές για να διασφαλιστεί ότι τα υλικά των αξόνων πληρούν τα απαιτούμενα κριτήρια απόδοσης. Επιπλέον, οι συνεχείς αξιολογήσεις κατά τη διάρκεια της



Εικόνα 10 Σχηματικό διάγραμμα διατάξεως δοκιμής κόπωσης με περιστροφική κάμψη

συνήθους συντήρησης είναι ζωτικής σημασίας για την έγκαιρη ανίχνευση της φθοράς ή της υποβάθμισης των υλικών, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση. Αυτή η αναλυτική προσέγγιση για τη διαχείριση της ακεραιότητας των υλικών, που περιλαμβάνει τόσο τον προληπτικό έλεγχο ποιότητας όσο και τις στρατηγικές αντιδραστικής συντήρησης, είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της λειτουργικότητας και της ασφάλειας των συστημάτων θαλάσσιων αξόνων, εξασφαλίζοντας έτσι την αξιοπιστία τους σε απαιτητικά θαλάσσια περιβάλλοντα.

(Shazad, H. (2019). Examination of Stress and Stress Types in Engineering: Everything You Need to Know - Explore the Future of Engineering: 3D Modeling, CAD and More. [online] Available at: [https://sunglass.io/examination-of-stress-and-stress-types-in-engineering-everything-you-need-to-know/.](https://sunglass.io/examination-of-stress-and-stress-types-in-engineering-everything-you-need-to-know/))

Το ζήτημα της κακής ευθυγράμμισης στους άξονες πρόωσης των πλοίων, ειδικά σε συστήματα με ένα μόνο ρουλεμάν πρυμναίου σωλήνα, είναι μια σύνθετη και κρίσιμη πρόκληση στη ναυπηγική, όπως επισημαίνεται στην μελέτη με τίτλο "Διερεύνηση του αποτελεσματικού σημείου στήριξης του ενιαίου ρουλεμάν πρυμναίου σωλήνα για την ευθυγράμμιση του άξονα πρόωσης των πλοίων". Η μελέτη αυτή παρουσιάζει μια ολοκληρωμένη εικόνα που υπογραμμίζει τη σημασία της ακριβούς ευθυγράμμισης των αξόνων για τη διατήρηση της ακεραιότητας και της λειτουργικότητας των συστημάτων πρόωσης της ναυτιλίας.



Εικόνα 11 Ζημιά στον πρυμναίο σωλήνα λόγω κακής ευθυγράμμισης του άξονα.

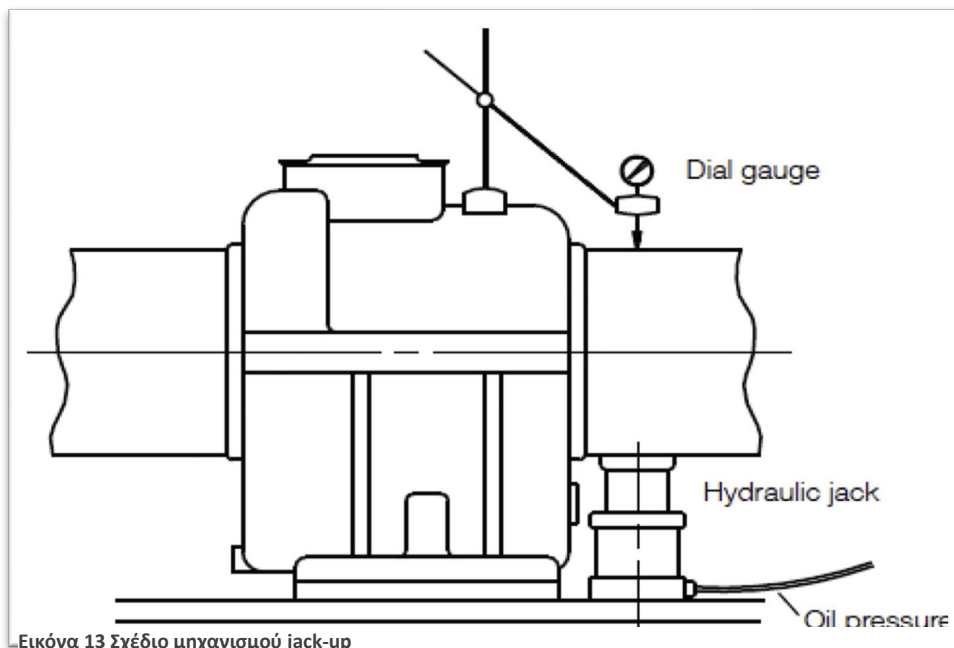
Η εσφαλμένη ευθυγράμμιση στους άξονες πρόωσης οφείλεται κυρίως σε διάφορους παράγοντες, όπως ακατάλληλες διαδικασίες εγκατάστασης, δομικές μετατοπίσεις του σκάφους με την πάροδο του χρόνου και φθορά των μηχανικών εξαρτημάτων. Στο πλαίσιο των συστημάτων ρουλεμάν με μονό πρυμναίο σωλήνα, η διαδικασία ευθυγράμμισης γίνεται ακόμη πιο κρίσιμη λόγω της μοναδικής κατανομής φορτίου και της δομικής δυναμικής που εμπλέκεται. Η παραμέληση της σχετικής γωνίας κλίσης μεταξύ του άξονα πρόωσης και του πρυμναίου ρουλεμάν μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική κακή ευθυγράμμιση, προκαλώντας αστάθεια και βλάβη στο ρουλεμάν του πρυμναίου σωλήνα.



Εικόνα 12 Ζημιά στον πυρμααίο σωλήνα λόγω κακής ευθυγράμμισης του άξονα.

3.4 Μέθοδος JACK-UP

Η μέθοδος jack-up, μια κεντρική τεχνική για τη μέτρηση και τη διόρθωση της ευθυγράμμισης του άξονα, χρησιμοποιείται εκτενώς σε αυτό το πλαίσιο. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την τοποθέτηση ενός υδραυλικού γρύλου κάτω από τον άξονα για να τον ανυψώσει ελαφρώς, επιτρέποντας ακριβείς μετρήσεις της θέσης του άξονα και της κατανομής του φορτίου στα έδρανα. Η ακριβής ευθυγράμμιση με αυτή τη μέθοδο είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ομοιόμορφης κατανομής των φορτίων, αποτρέποντας την ανομοιόμορφη φθορά και την πιθανή πρόκληση ζημιών.



Εικόνα 13 Σχέδιο μηχανισμού jack-up

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της μεθόδου jack-up εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Η σωστή τοποθέτηση και ευθυγράμμιση του γρύλου είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή πρόσθετων τριβών και υστέρησης στις καμπύλες μέτρησης, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε ανακριβείς μετρήσεις. Επιπλέον, η εσωτερική τριβή στον υδραυλικό γρύλο, αποτέλεσμα του φαινομένου της υστέρησης, είναι μια αναπόφευκτη πτυχή που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία ευθυγράμμισης.

Είναι επίσης σημαντικό να τονιστεί η καταγραφή όσο το δυνατόν περισσότερων σημείων μέτρησης κατά τη διαδικασία ανύψωσης του γρύλου, τόσο στην ανοδική όσο και στην καθοδική φάση, ώστε να διασφαλίζεται η ολοκληρωμένη ανάλυση των δεδομένων. Η προσέγγιση αυτή βοηθά στον εντοπισμό των "σημείων διακοπής", τα οποία είναι κρίσιμα για την κατανόηση των μεταβάσεων φορτίου στα έδρανα. Κάθε σημείο διακοπής υποδεικνύει μια μετατόπιση στην ικανότητα ανάληψης φορτίου των παρακείμενων εδράνων, παρέχοντας πολύτιμες πληροφορίες για την κατάσταση ευθυγράμμισης του άξονα.

Όσον αφορά τις πρακτικές εφαρμογές, συνιστώνται διάφορα μέτρα για τη βελτίωση της ακρίβειας της μεθόδου jack-up. Αυτά περιλαμβάνουν τη χρήση μετρητών με

καντράν για την ακριβή μέτρηση της κατακόρυφης μετατόπισης, τη σταθερή αύξηση ή μείωση της πίεσης κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ανύψωσης για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της υστέρησης και την εξέταση των βυθίσεων του πλοίου και των συνθηκών του εργαλείου για την ακριβή ερμηνεία των δεδομένων.

Οι επιπτώσεις της κακής ευθυγράμμισης, επεκτείνονται πέρα από την απλή μηχανική φθορά. Έχουν σημαντικές λειτουργικές συνέπειες, όπως μειωμένη απόδοση, αυξημένη κατανάλωση καυσίμων και πιθανούς κινδύνους για την ασφάλεια. Έτσι, μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ευθυγράμμιση των αξόνων, ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνικές μέτρησης, σχολαστικές διαδικασίες εγκατάστασης και πρωτόκολλα τακτικής συντήρησης.

Για τον μετριασμό των κινδύνων που σχετίζονται με την κακή ευθυγράμμιση στα συστήματα πρόωσης της ναυτιλίας, η μελέτη προτείνει διάφορες βασικές στρατηγικές. Αυτές περιλαμβάνουν αυστηρούς ελέγχους εγκατάστασης, συνεχή παρακολούθηση της ευθυγράμμισης του άξονα και τήρηση αυστηρών χρονοδιαγραμμάτων συντήρησης. Επιπλέον, η μελέτη υπογραμμίζει την ανάγκη για συνεχή κατάρτιση και ανάπτυξη δεξιοτήτων του τεχνικού προσωπικού που εμπλέκεται στη διαδικασία ευθυγράμμισης, διασφαλίζοντας ότι είναι εφοδιασμένο με τις γνώσεις και τα εργαλεία που απαιτούνται για την εκτέλεση εργασιών ακριβούς ευθυγράμμισης.

Συμπερασματικά, η μελέτη που παρουσιάζεται παρέχει μια εις βάθος ανάλυση των προκλήσεων και των λύσεων που σχετίζονται με την κακή ευθυγράμμιση των αξόνων στα συστήματα πρόωσης της ναυτιλίας, εστιάζοντας ιδιαίτερα στις διαμορφώσεις ρουλεμάν με μονό πρυμναίο σωλήνα. Τα ευρήματα και οι συστάσεις της χρησιμεύουν ως πολύτιμη πηγή για τους ναυπηγούς μηχανικούς και το τεχνικό προσωπικό, προσφέροντας γνώσεις σχετικά με τις βέλτιστες πρακτικές για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης και της μακροζωίας των συστημάτων πρόωσης των πλοίων. (Failure analysis of a marine intermediate shaft
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630721003241>)

3.5 Συμπέρασμα

Ο άξονας είναι ένα κρίσιμο εξάρτημα των μηχανημάτων και ο σχεδιασμός και η επιλογή του υλικού του είναι καθοριστικής σημασίας για την απόδοση και την ασφάλεια των μηχανημάτων. Η χρήση εναλλακτικών υλικών, όπως το EN19 και το PA2200, η εφαρμογή της τεχνολογίας ηλεκτρομαγνητικής προσρόφησης και η ενσωμάτωση νέων μεθόδων για τον έλεγχο της στρεπτικής ταλάντωσης, την ανάλυση των μεταβατικών διεργασιών και τη μελέτη των χαρακτηριστικών των δονήσεων και των αναλύσεων ροής ισχύος μπορούν να οδηγήσουν σε βελτιωμένη απόδοση και ασφάλεια των αξόνων. Ως προς τις στρεπτικές δονήσεις Οι Myeongho Song, T. Nam και Jae-ung Lee διεξήγαγαν μια μελέτη σχετικά με την αυτοδιεγειρόμενη στρεπτική δόνηση στην εύκαμπτη ζεύξη ενός συστήματος ναυτικού προωθητικού άξονα που χρησιμοποιεί άξονες Cardan^[1]. Συνέστησαν την αντικατάσταση της ζεύξης με μια ζεύξη που είναι ικανή να απορροφά την ακτινική μετατόπιση του άξονα για την αποφυγή των επιπτώσεων της αυτοδιεγειρόμενης στρεπτικής δόνησης και πρότειναν την προσαρμογή των παραμέτρων σχεδιασμού του αποσβεστήρα αντί της χρήσης του βέλτιστου αποσβεστήρα που σχεδιάστηκε από τη θεωρία για την αποφυγή θραύσης λόγω κόπωσης των αξόνων. Τέλος χρήσιμη μπορεί να θεωρηθεί η ανάπτυξη μεθοδολογίας για την παρακολούθηση των στροφικών δονήσεων του στροφαλοφόρου άξονα ενός εμβολοφόρου κινητήρα με τη μέτρηση της στιγμιαίας γωνιακής ταχύτητας (IAS) στο ελεύθερο άκρο και στο άκρο εξόδου ισχύος του στροφαλοφόρου άξονα του κινητήρα. Η μεθοδολογία αυτή θα βοηθήσει στην επαλήθευση της μεθόδου υπολογισμού με σύγκριση με λεπτομερείς υπολογισμούς με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων και μετρήσεις σε πραγματικά πλοία, όπως παρουσιάζονται από τους L. Murawski και M. Dereszewski.

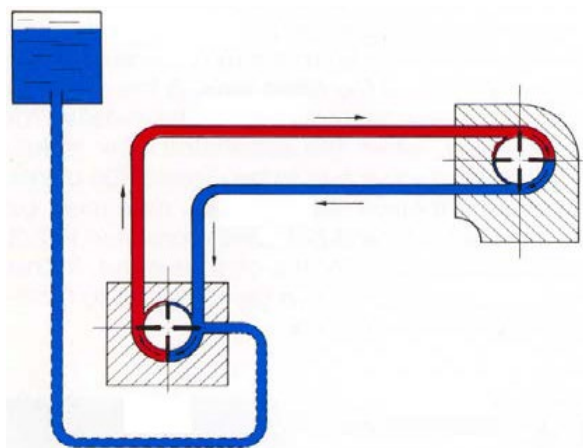
4. Μηχανήματα καταστρώματος

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι η περιγραφή και ανάλυση της λειτουργίας ενός αναπόσπαστου κομματιού του πλοίου το οποίο λειτουργεί με υδραυλικό μειωτήρα με γρανάζι.

Σήμερα η υδραυλική μετάδοση χρησιμοποιείται με διάφορους τρόπους στα πλοία, ως μηχανήματα καταστρώματος, μηχανισμοί πηδαλίου, c.p. προπέλες, άνοιγμα και κλείσιμο θυρών και καταπακτών κ.λπ.

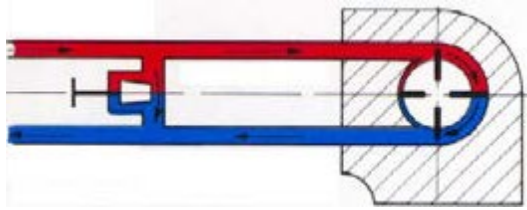
Όταν η αντλία λειτουργεί, το λάδι ρέει μέσω ενός σωλήνα προς τον υδραυλικό κινητήρα. Αυτός θα περιστρέφεται κατά μέσω της πίεσης από την αντλία. Από τον κινητήρα το λάδι οδηγείται πίσω στην αντλία μέσω του σωλήνα επιστροφής. Μια σταθερή ποσότητα λαδιού κυκλοφορεί σε ένα κλειστό σύστημα.

Εικόνα 14 ΣΧΗΜΑ 1



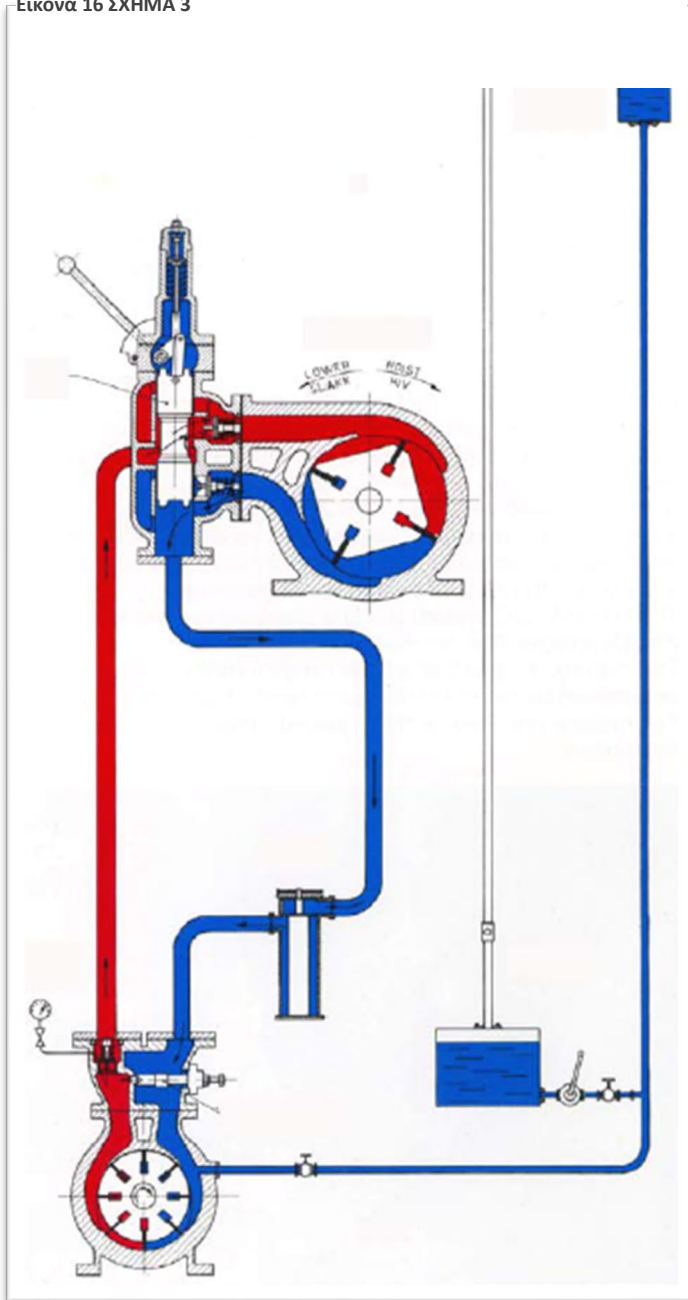
Ένα δοχείο διαστολής συνδέεται στην πλευρά αναρρόφησης της αντλίας. για την αντιστάθμιση των διακυμάνσεων του όγκου του λαδιού. Η εγκατάσταση στο σχήμα.1 μπορεί να ξεκινήσει και να σταματήσει με την εκκίνηση και τη διακοπή της αντλίας. Χρησιμοποιείται με αυτόν τον τρόπο η υδραυλική μετάδοση θα λειτουργεί σαν μηχανική μετάδοση, όπως για παράδειγμα η μετάδοση με ιμάντα, η αλυσίδα κ.λπ. Εάν μια απλή βαλβίδα ελέγχου τοποθετηθεί μεταξύ σωλήνα πίεσης και του σωλήνα επιστροφής, όπως φαίνεται στο σχήμα 2, ένα μέρος του λαδιού μπορεί να οδηγηθεί πίσω στην αντλία χωρίς να έχει περάσει από τον κινητήρα. Με αυτόν τον τρόπο η ταχύτητα του κινητήρα μπορεί να μεταβάλλεται αδιαβάθμητα από το μηδέν στη μέγιστη τιμή και πίσω.

Εικόνα 15 ΣΧΗΜΑ 2



Εάν η απλή βαλβίδα ελέγχου αντικατασταθεί από μια βαλβίδα 4 δρόμων, ο υδραυλικός κινητήρας μπορεί να λειτουργεί και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το Σχ. 3 δείχνει μια υδραυλική εγκατάσταση με αντλία, κινητήρα, δεξαμενές κ.λπ. Μια βαλβίδα ελέγχου είναι τοποθετημένη στον υδραυλικό κινητήρα. Στην αντλία είναι τοποθετημένη μια βαλβίδα με βαλβίδα ασφαλείας και ανάστροφη βαλβίδα. Στη πλευρά της πίεσης της αντλίας συνδέεται ένα μανόμετρο με κρουνό και στην πλευρά της αναρρόφησης συνδέεται ένας σωλήνας με το δοχείο διαστολής με μια βαλβίδα κλεισίματος μεταξύ του σωλήνα και της αντλίας. Το φίλτρο λαδιού τοποθετείται στον σωλήνα επιστροφής όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην αντλία. Η υδραυλική αντλία μπορεί να κινείται από έναν κύριο κινητήρα και βοηθητικό κινητήρα ή έναν ηλεκτροκινητήρα. Το λάδι από την αντλία ρέει μέσω του σωλήνα πίεσης προς τη βαλβίδα ελέγχου στο κινητήρα. Με τη ρυθμιστική βαλβίδα στη θέση "Stop" το λάδι περνάει μόνο μέσω της βαλβίδας ελέγχου και πίσω στην αντλία μέσω του σωλήνα επιστροφής μέσω του φίλτρου λαδιού. Η ολίσθηση λειτουργεί με ένα χειριστήριο μοχλό. Με το μοχλό ελέγχου (και το κλείστρο) στη θέση "Stop", και σε περίπτωση βαρούλκου με φορτίο κρεμασμένο στον γάντζο, το βαρούλκο θα προσπαθήσει να κινήσει τον κινητήρα προς την κάτω κατεύθυνση, αλλά θα εμποδίζεται από την πίεση που δημιουργείται μεταξύ του πτερυγίου στο υδραυλικό κινητήρα και την μη αντιστρεπτή βαλβίδα

Εικόνα 16 ΣΧΗΜΑ 3



Εάν η ολίσθηση μετακινηθεί προς τα πάνω στη θέση "Ανύψωση" (όπως φαίνεται στην εικόνα), κλείνει η παράκαμψη του λαδιού. Το λάδι πρέπει να επομένως να περάσει από τη βαλβίδα αντεπιστροφής, η οποία ανοίγει όταν η πίεση του λαδιού υπερβαίνει τη ροπή του κινητήρα.

Ο κινητήρας θα περιστρέφεται τότε προς την κατεύθυνση ανύψωσης. Από την πλευρά εξόδου του κινητήρα ο δρόμος είναι τώρα ανοιχτός για την επιστροφή του λαδιού μέσω της βαλβίδας ελέγχου, μέσω του σωλήνα επιστροφής πίσω

στο στην αντλία.

Εάν το κλείστρο κινείται σταδιακά προς τα κάτω όταν το φορτίο κρέμεται στο καλώδιο, το λάδι διαφεύγει σταδιακά από το δωμάτιο πίεσης στον κινητήρα και το φορτίο θα χαμηλώσει. Εάν το βαρούλκο δεν είναι φορτωμένο και η τσουλήθρα μετακινηθεί προς τα κάτω στην "Κάτω" θέση, το λάδι θα εξαναγκαστεί να περάσει μέσα από τον κινητήρα στο αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση "Ανύψωση" και ο κινητήρας θα περιστρέφεται στην κατεύθυνση "Κάτω".

Καθώς ο υδραυλικός κινητήρας θα λειτουργεί επίσης ως φρένο μέσω του αναφερόμενης πίεσης μεταξύ των πτερυγίων και της βαλβίδας αντεπιστροφής, δεν θα πρέπει να είναι απαραίτητο να είναι εξοπλισμένο το βαρούλκο με φρένο, εκτός από τη χρήση έκτακτης ανάγκης. Το υδραυλικό σύστημα είναι ένα σύστημα χαμηλής πίεσης με όλα τα πλεονεκτήματα που περιλαμβάνει.

Η μέγιστη ταχύτητα ενός "υδραυλικού κινητήρα μιας σειράς" είναι καθορίζεται από το μέγεθος της αντλίας (ποσότητα παροχής λαδιού).

4.1 Ροπή υδραυλικού κινητήρα

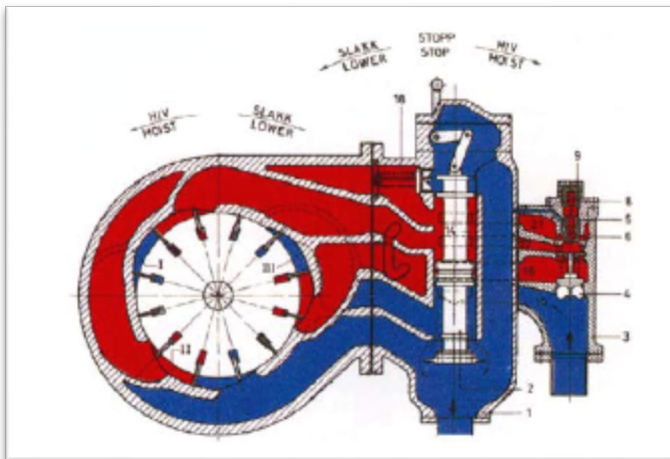
Η ροπή στρέψης του υδραυλικού κινητήρα δεν εξαρτάται από το μέγεθος της αντλίας. Η ροπή στρέψης καθορίζεται από το μέγεθος του κινητήρα και την πίεση λειτουργίας.

Προκειμένου να αντισταθμιστούν οι διακυμάνσεις της ποσότητας λαδιού στο υδραυλικό σύστημα λόγω μεταβλητών θερμοκρασιών, η διαστολή τοποθετείται περίπου 4-6 μέτρα πάνω από το υψηλότερο σημείο του βαρούλκου.

Το δοχείο διαστολής συνδέεται με σωλήνα στην πλευρά αναρρόφησης του υδραυλικής αντλίας μέσω μιας βαλβίδας διακοπής. Η βαλβίδα αυτή είναι κλειστή μόνο όταν γίνεται επισκευή της εγκατάστασης. Όταν η αντλία

λειτουργεί, η βαλβίδα πρέπει να είναι πάντα ανοικτή. Για την επαναπλήρωση του λαδιού, μια δεξαμενή πλήρωσης, από την οποία συνδέεται με σωλήνα με το δοχείο διαστολής, μέσω αντλίας πλήρωσης και βαλβίδας διακοπής. Από το δοχείο διαστολής ο σωλήνας υπερχειλίσης οδηγεί προς τα κάτω, στο δεξαμενή πλήρωσης. Στο σωλήνα υπερχειλίσης υπάρχει ένα παράθυρο επιθεώρησης (sight) για τον έλεγχο της υπερχειλίσης, όταν το δοχείο διαστολής είναι γεμάτο.

Μετά την πλήρωση, η βαλβίδα διακοπής πρέπει να κλείσει. Σε εγκαταστάσεις χωρίς το προαναφερθέν σύστημα πλήρωσης, πρέπει να ληφθεί μέριμνα ότι το δοχείο διαστολής δεν γεμίζει περισσότερο από τα 2/3 του ύψους του ώστε να υπάρχει χώρος για τη διαστολή του λαδιού. Σε αυτή την περίπτωση ένα θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με ένα γυάλινο μετρητή στάθμης για να διευκολύνεται ο έλεγχος της ποσότητας λαδιού.



Εικόνα 17 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΜΟΤΕΡ

Περιγραφή Υδραυλικών Μοτέρ:

Πρόκειται για τριπλά μοτέρ, που σημαίνει ότι έχουν τρεις εργαζόμενους θαλάμους. Το λάδι ρέει υπό πίεση (υποδεικνύεται από το κόκκινο) και κυκλοφορεί χωρίς πίεση (υποδεικνύεται από το μπλε).

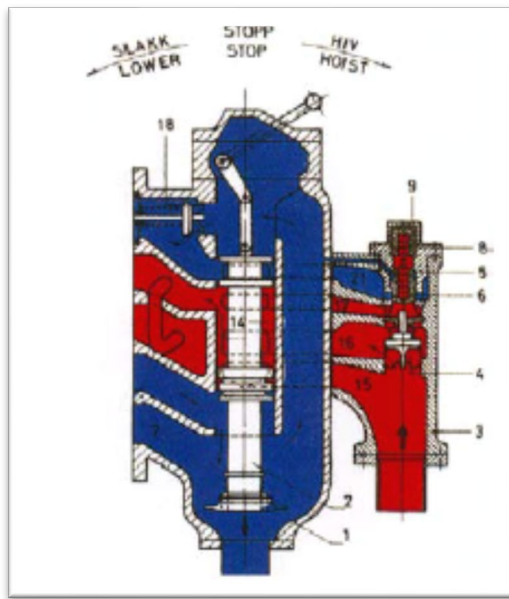
Σύστημα Ελέγχου με Ένα Εύρος Ταχυτήτων: Αυτό το σύστημα παρέχει στον βαρούλκο ένα εύρος ταχυτήτων στην κατεύθυνση ανύψωσης. Περιλαμβάνει κύριο περίβλημα βαλβίδας, λειτουργική ολίσθηση, είσοδο λυγαριά και μη επιστρεπτική βαλβίδα.

Συστήματα Ελέγχου με Δύο Εύρη Ταχυτήτων: Αυτός ο εξοπλισμός προσφέρει δύο εύρη ταχυτήτων στην κατεύθυνση ανύψωσης. Αποτελείται από κύριο περίβλημα βαλβίδας, λειτουργική ολίσθηση, διανομέα βαλβίδα, βαλβίδα εμβόλου, ελατήριο και βίδα ρύθμισης.

Λειτουργικές Θέσεις:

- **ΘΕΣΗ STOP:** Το λάδι κυκλοφορεί χωρίς πίεση, δημιουργώντας πίεση όταν το βαρούλκο φορτώνεται.
- **ΘΕΣΗ ΑΝΥΨΩΣΗΣ:** Περιγράφει τη διαδρομή της ροής του λαδιού όταν η βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται στη θέση ΑΝΥΨΩΣΗΣ, οδηγώντας τον μοτέρ στην κατεύθυνση ΑΝΥΨΩΣΗΣ.

Ρύθμιση Ροπής: Η ροπή του υδραυλικού μοτέρ προσαρμόζεται αυτόματα βάσει του φορτίου. Αυτό ελέγχεται από μια βαλβίδα που λειτουργεί με πίεση.



Εικόνα 18 Η βαλβίδα ελέγχου στη θέση ANYΨΩΣΗΣ

Από τη θέση STOP , η ολίσθηση μετακινείται στη θέση που φαίνεται στην εικ. 18. Τώρα το λάδι δεν μπορεί να επιστρέψει απευθείας στην αντλία αλλά θα αναγκαστεί να διέλθει μέσω του θαλάμου ολίσθησης 14 και στη συνέχεια στους εργαστηριακούς θαλάμους I και II του μοτέρ. Για τον θάλαμο II, το λάδι ρέει μέσω της αντιστρεπτικής βαλβίδας 18 και κυκλοφορεί χωρίς πίεση μέσω του

θαλάμου II.

Το λάδι από όλους τους τρεις θαλάμους επιστρέφει μέσω του κάτω μέρους του κύριου περιβλήματος της βαλβίδας πίσω στην αντλία. Η ολίσθηση εμφανίζεται εδώ σε πλήρη θέση ANYΨΩΣΗΣ. Με αδρανή λειτουργία και με μικρά φορτία, το μοτέρ θα λειτουργεί με μέγιστη ταχύτητα καθώς όλη η ροή του λαδιού από την αντλία θα περνά μόνο μέσω δύο από τους τρεις εργαστηριακούς θαλάμους του μοτέρ. Η ροπή θα είναι τότε 2/3 του μέγιστου. Η βαλβίδα διανομής που λειτουργεί με πίεση, ρυθμίζεται σε σταθερή πίεση ανοίγματος.

Όταν το βαρούλκο φορτώνεται τόσο βαριά ώστε η πίεση του λαδιού στους θαλάμους I και III να υπερβαίνει αυτή της βαλβίδας διανομής, η βαλβίδα 6 θα ανοίξει (βλέπε σχ. 3) και θα δώσει επίσης διέλευση στον τρίτο εργαστηριακό θάλαμο (θάλαμο II) μέσω της θύρας 21. Η μη επιστρεπτική βαλβίδα 18 θα κλείσει

τότε και το μοτέρ λειτουργεί με τη χαμηλότερη ταχύτητα και τη μεγαλύτερη ροπή του.

4.2 Τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας διανομής

Όταν η βαλβίδα εμβόλου 6 είναι κλειστή, πιέζεται στην έδρα της από το ελατήριο 8. Έτσι, η δίοδος μεταξύ των θυρίδων 17 και 21 είναι κλειστή. Μια μικρή οπή (στόμιο) που διανοίγεται μέσα από την επιφάνεια του εμβόλου της βαλβίδας 6 εξισώνει την πίεση του λαδιού μεταξύ των θυρίδων 17 και εσωτερικό της βαλβίδας εμβόλου 6. Δεδομένου ότι η επιφάνεια της βαλβίδας εμβόλου 6 της εξωτερικής πλευράς είναι μεγαλύτερη από εκείνη της εσωτερικής πλευράς (οπίσθιο άκρο), το ελατήριο 8 συμβάλλει στην εξουδετέρωση της δύναμης ανύψωσης/ανοίγματος του εμβόλου και περαιτέρω στην εφαρμογή της σωστής/ακριβούς πίεσης ανοίγματος. Όταν η πίεση λαδιού στη θύρα 17 και στο άνω άκρο του εμβόλου 6 είναι τόσο υψηλή όπου η προκύπτουσα πίεση στη βαλβίδα υπερβαίνει την πίεση του ελατηρίου 8, η βαλβίδα θα ωθηθεί προς τα πάνω προς τα εμπρός και το η δίοδος μεταξύ των θυρίδων 17 και 21 θα ανοίξει. Όταν η βαλβίδα ανοίγει, θα παραμείνει ανοικτή έως ότου η πίεση του λαδιού μειωθεί κάτω από το μισό της πίεσης ανοίγματος, λόγω του γεγονότος ότι όταν ανοίγει η βαλβίδα η επιφάνεια πίεσης (και η δύναμη) που δρουν ενάντια στην πίεση του ελατηρίου, διπλασιάζεται. (ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ https://www.eef.edu.gr/media/2527/bmhxanhmata_pdf_site.pdf)

4.3 Ρύθμιση

Η βαλβίδα ρυθμίζεται από τον κατασκευαστή. σπανίως αναγκαίες. Σε περίπτωση που πρέπει να γίνει ρύθμιση, πρέπει να γίνει ως εξής:

1. Αφαιρούνται τα δύο βύσματα αέρα στο κάλυμμα επιθεώρησης στο πάνω από τον κινητήρα και αντικαθίστανται τα με δύο πιεστικά μανόμετρα I και II.

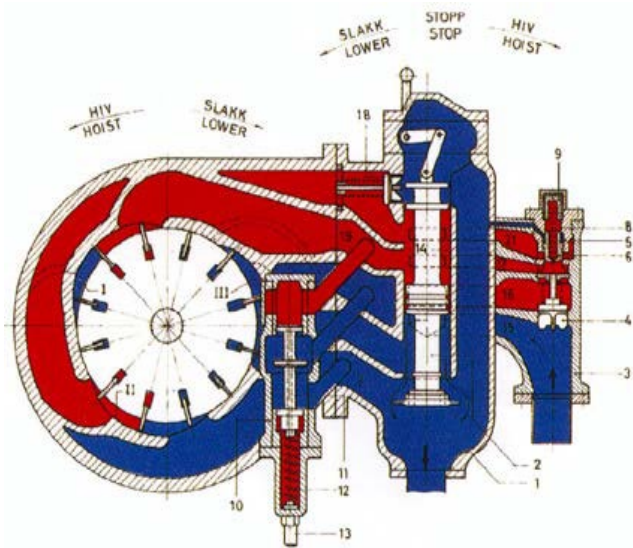
2. Μετακινείτε ο μοχλός ελέγχου στη θέση πλήρους ανύψωσης και φορτώνετε το βαρούλκο χρησιμοποιώντας το φρένο.

3. Όταν ανοίγει η βαλβίδα, και τα δύο μανόμετρα δίνουν ένδειξη δείχνοντας τη δεδομένη πίεση. (Η σωστή πίεση ανοίγματος είναι σφραγισμένη στο κάλυμμα του βίδας ρύθμισης). Η υψηλότερη πίεση στην μανόμετρο I πριν από το μανόμετρο II δίνει ένδειξη, είναι η πίεση ανοίγματος των βαλβίδων.

4. Περιστρέψτε η βίδα ρύθμισης 9 προς την κατεύθυνση για υψηλότερη πίεση ανοίγματος και γυρίστε προς την κατεύθυνση ξεβιδώματος για χαμηλότερη πίεση ανοίγματος.

(Όπως εξηγείται παραπάνω, το έμβολο της βαλβίδας διανομής 6 ενεργοποιείται/λειτουργεί μόνο αφού οι δύο θάλαμοι του υδραυλικού κινητήρα λειτουργούν υπό πίεση. Ενώ για το σύστημα ελέγχου με τρεις περιοχές ταχύτητας, βλέπε υπό Γ που ακολουθεί, το έμβολο της βαλβίδας διανομής 6 ενεργοποιείται αφού λειτουργήσει ο πρώτος θάλαμος του υδραυλικού κινητήρα υπό πίεση).

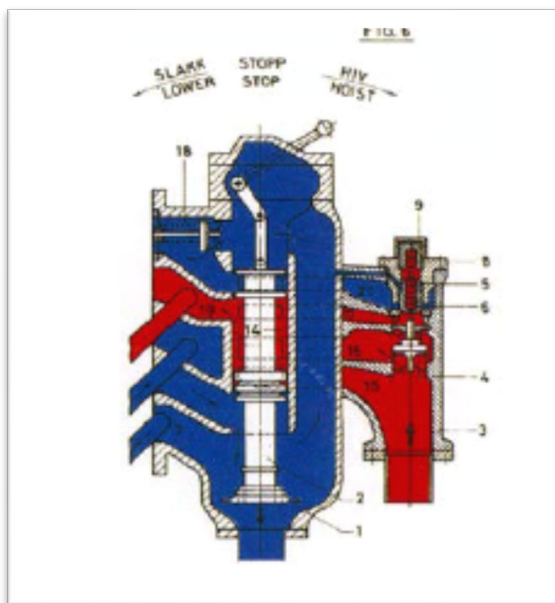
Οι βαλβίδες που λειτουργούν υπό πίεση του τμήματος (2) και (3) ανωτέρω αυξάνουν ή μειώνουν τη ροπή του υδραυλικού κινητήρα αυτόματα ανάλογα με το μέγεθος του φορτίου.



Εικόνα 19 ΣΧΗΜΑ 5

Από τη θέση stop στο σχ. 5 η ολίσθηση μετακινείται προς τα κάτω στη θέση, θέση η οποία απεικονίζεται στο σχ. 6. Το λάδι δεν μπορεί τώρα να επιστρέψει απευθείας στην αντλία, αλλά θα εξαναγκαστεί μέσω του κινητήρα, μέσω ενός, δύο ή τριών θαλάμων, ανάλογα με τη ροπή

στρέψης που απαιτείται για την ανύψωση του φορτίου. Όταν το κλείστρο 2 βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στην εικόνα 6, ο κινητήρας θα περιστρέφεται προς την κατεύθυνση HOIST. Το λάδι ρεει από την αντλία περνάει μέσα από την



Εικόνα 20 ΣΧΗΜΑ 6 Η βαλβίδα ελέγχου στη θέση HOIST

καμπύλη εισόδου 3 και πηγαίνει μέσω της θυρίδας 16, μέσω της βαλβίδας επιστροφής 4 και στη συρόμενη θάλαμο 14 και περαιτέρω στο θάλαμο I του κινητήρα.

Από αυτόν τον θάλαμο το λάδι περνάει μέσω της θύρας 7 του κύριου βαλβίδας και επιστρέφει περαιτέρω στην αντλία. Το κλείστρο 2 βρίσκεται εδώ στην πλήρη θέση HOIST. Με τη λειτουργία στο ρελαντί

και με μικρά φορτία ο κινητήρας θα

επιτύχει τη μέγιστη ταχύτητα, καθώς ολόκληρη η ροή λαδιού από το αντλία διέρχεται από έναν μόνο θάλαμο (θάλαμος I). Στο θαλάμους II και III το λάδι θα κυκλοφορεί χωρίς πίεση.

Ο θάλαμος II δέχεται λάδι μέσω της βαλβίδας αντεπιστροφής 18 και ο ολισθητήρας αλλαγής II, ο οποίος ανοίγει δρόμο για την παροχή λαδιού στον θάλαμο III.

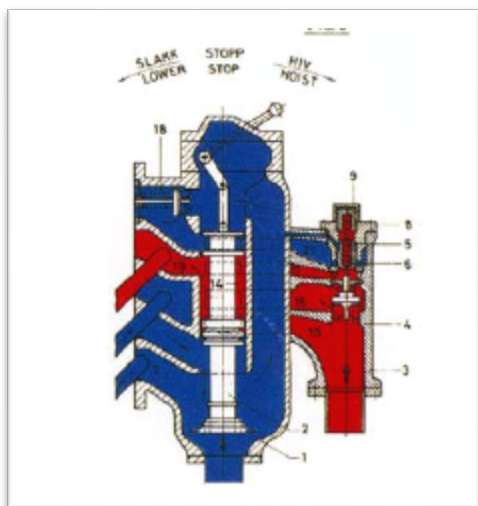
Οι βαλβίδες που λειτουργούν υπό πίεση στα τμήματα (2) και (3) είναι ρυθμίζονται χωριστά σε σταθερές πιέσεις ανοίγματος. Η βαλβίδα 6 του του τμήματος (2) ανοίγει πρώτη. Όταν το βαρούλκο είναι τόσο βαρύ φορτωμένο ώστε η πίεση λαδιού στο θάλαμο I να είναι ίση με την πίεση ανοίγματος πίεσης ανοίγματος της βαλβίδας 6, η βαλβίδα αυτή ανοίγει. Η βαλβίδα αντεπιστροφής 18 θα κλείσει και η ροή λαδιού από την αντλία θα διαιρεθεί μεταξύ των θαλάμων I και II μέσω των θυρίδων 16, 17 και 21, με αποτέλεσμα η ταχύτητα του κινητήρα να μειωθεί στο μισό της μέγιστη ταχύτητα.

Εάν το φορτίο του βαρούλκου αυξηθεί περαιτέρω, έτσι ώστε η λειτουργούσα πίεση στο θάλαμο I και II είναι ίση με την πίεση ανοίγματος του βαλβίδας II (του κλείστρου αλλαγής), το κλείστρο θα λάβει θέση ως εξής που φαίνεται στο σχ., και η

ροή λαδιού από την αντλία διαιρείται μεταξύ και των τριών θαλάμων εργασίας του κινητήρα που θα επιτυγχάνει έτσι το χαμηλότερο εύρος στροφών του, αλλά και τη μεγαλύτερη ροπή του.

Ο τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας διανομής είναι ο ίδιος όπως περιγράφεται για το σύστημα ελέγχου με δύο περιοχές στροφών.

4.4 Τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας αλλαγής

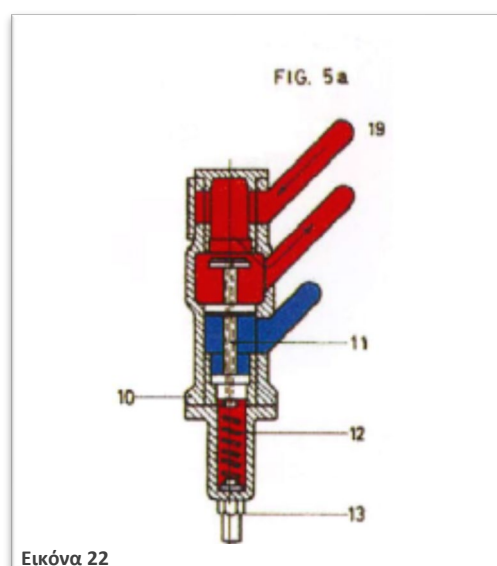


Εικόνα 21 βαλβίδα αλλαγής

Η ολίσθηση 11 αποτελείται από ένα στέλεχος ολίσθησης με 3 φλάντζες. Το διάμετρος της άνω φλάντζας είναι ελαφρώς μεγαλύτερη από τη διάμετρο της κάτω φλάντζας. Η ενδιάμεση φλάντζα της ολίσθησης έχει τη μεγαλύτερη διάμετρο.

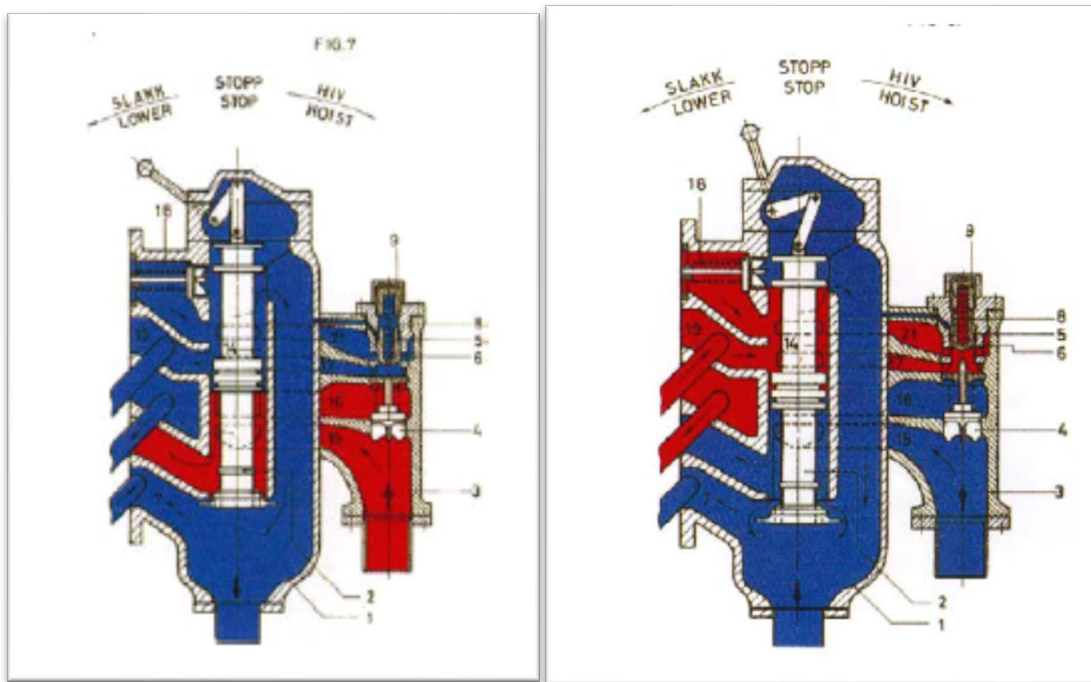
Πιέζοντας την κάτω φλάντζα υπάρχει ένα ελατήριο 12, με το οποίο η πίεση ανοίγματος αυτής της αλλαγής κλειστρου μπορεί να ρυθμιστεί μέσω της βίδας 13. Μέσω του το στέλεχος της ολίσθησης στην αξονική κατεύθυνση διανοίγεται μια οπή για να για την εξισορρόπηση της πίεσης μεταξύ του χώρου κάτω από την κάτω φλάντζα και της θύρας 19.

Η θέση της ολίσθησης της βαλβίδας αλλαγής στην εικ. 5 δείχνει το δίοδο εισόδου στο θάλαμο III από τη θύρα 19



Εικόνα 22

(συνδεδεμένη με το θάλαμο I) κλειστό/μπλοκαρισμένο από την άνω φλάντζα. Σε αυτή την κατάσταση το λάδι πίεση και στα δύο άκρα του κλείστρου 11 είναι ίση. Το ενδιάμεσο φλάντζα είναι ανοικτή και ανοίγει δρόμο/πρόσβαση για το λάδι να περάσει ελεύθερα να κυκλοφορεί ελεύθερα στο εσωτερικό του θαλάμου III όταν ο κινητήρας περιστρέφεται με οποιαδήποτε κατεύθυνση. Εάν η πίεση του λαδιού στο θάλαμο I και II αυξάνεται ώστε να φθάσει την πίεση ανοίγματος της βαλβίδας αλλαγής II, η τελευταία θα λάβει τη θέση που φαίνεται στο σχήμα 5α. Το ενδιάμεσο φλάντζα του κλείστρου κλείνει τώρα την εσωτερική κυκλοφορία του θαλάμου III. Ταυτόχρονα η άνω φλάντζα αποκαλύπτει/ανοίγει τη δίοδο για την υπό πίεση ροή λαδιού από την αντλία στο θάλαμο III. Η ροή λαδιού από την αντλία τώρα κατανέμεται μεταξύ όλων των θαλάμων και ο κινητήρας λειτουργεί με τη χαμηλότερη ταχύτητα και τη μεγαλύτερη ροπή.



Εικόνα 23 Σχήμα 7

Σχ. 7. Η βαλβίδα ελέγχου στην πλήρη κάτω θέση χωρίς φορτίο (για τα A, B και C). Από τη θέση εικ. 1, εικ. 3 και εικ. 5, το κλείστρο μετακινείται προς τα πάνω όσο η κάτω φλάντζα της βαλβίδας ελέγχου κλείνει την κάτω άκρο του θαλάμου ολίσθησης, όπως φαίνεται στην εικ. 23.

Η συνήθης ροή λαδιού οδηγείται τώρα μόνο στο θάλαμο εργασίας III, με αντίθετη/αντίστροφη σειρά από την κατεύθυνση που περιγράφηκε παραπάνω.

Κατά συνέπεια, ο κινητήρας θα περιστρέφεται προς την κάτω κατεύθυνση με ίση υψηλότερο δεδομένο εύρος στροφών, όπως περιγράφεται για την ανύψωση στο σημείο C.

Με υψηλότερη παροχή λαδιού από την αντλία, η ροή λαδιού θα οδηγείται και στους τρεις θαλάμους εργασίας (I, II και III) και η ταχύτητα θα είναι η ίδια με εκείνη της ανύψωσης που περιγράφεται στο σημείο A, αλλά με αντίστροφη σειρά. Τα βέλη (εικ. 7) υποδεικνύουν την κατεύθυνση της ροής μέσω των θυρίδων.

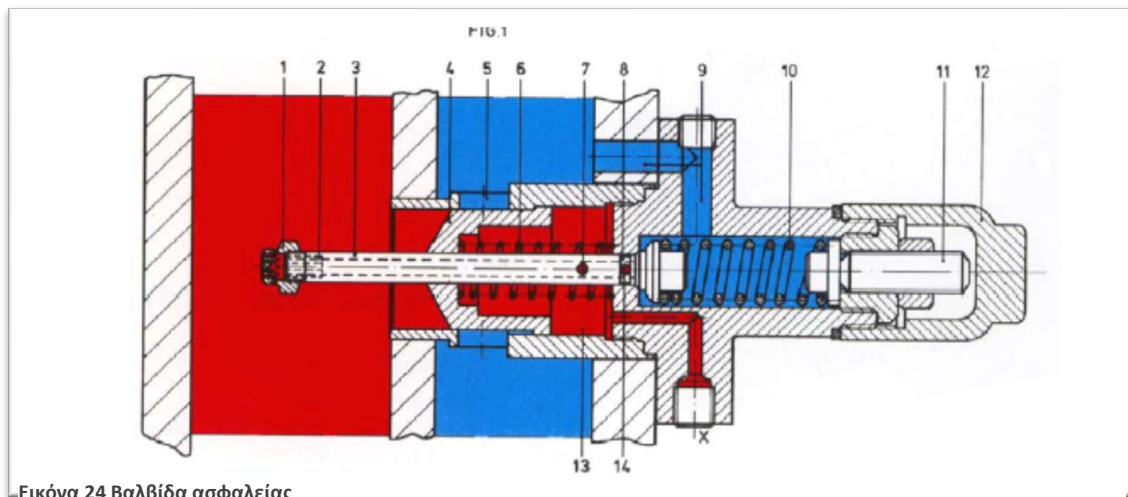
Το Σχ. 8 δείχνει τη θέση της ολίσθησης της βαλβίδας ελέγχου για το χαμήλωμα του φορτίου με μειωμένη ταχύτητα. Στο Σχ. 1 με το ρυθμιστικό στη θέση STOP θέση δημιουργείται ένας κλειστός χώρος μεταξύ των πτερυγίων στη κινητήρα και των βαλβίδων χωρίς επιστροφή 4 και 18 και με το κλείσιμο των θυρίδων του περιβλήματος της ολίσθησης με τη δεύτερη άνω φλάντζα της ολίσθησης και την κάτω από τις τρεις ενδιάμεσες φλάντζες. Αυτό το παγιδευμένο λάδι πίεση είναι ανάλογη με το μέγεθος του φορτίου. Εάν το φορτίο είναι να χαμηλώσει, η ολίσθηση πρέπει να μετακινηθεί προς τα πάνω στη θέση που φαίνεται στο σχήμα 8. Η δεύτερη άνω και η ενδιάμεση φλάντζα του της ολίσθησης έχει πλέον δημιουργήσει ένα άνοιγμα στο θάλαμο/θυρίδες της βαλβίδας που επιτρέπει την επιστροφή του λαδιού. Το φορτίο θα στρέψει τώρα το κινητήρα προς την ΚΑΤΩΤΕΡΗ κατεύθυνση. Η ταχύτητα εξαρτάται από την ποσότητα του φορτίου και το μέγεθος του ανοίγματος μεταξύ των θυρίδων του περιβλήματος. Στα σχήματα και στην παραπάνω περιγραφή για την ολίσθηση της βαλβίδας ελέγχου, η κατάσταση της ολίσθησης εξηγήθηκε για την ευκολότερη κατανόηση όταν αυτή ήταν τοποθετημένη στη σταθερή θέση HOIST, STOP, LOWER. Ο ολισθητήρας μπορεί, ωστόσο, να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε θέση και μπορεί να επιτευχθεί συνεχώς μεταβαλλόμενη ταχύτητα από μηδέν έως μέγιστη.

4.5 Βαλβίδα ασφαλείας

Η βαλβίδα ασφαλείας βρίσκεται μεταξύ της πλευράς πίεσης και της πλευράς αναρρόφησης της αντλίας. Η πίεση του λαδιού μεταδίδεται μέσω της φίλτρο (1) μέσω του ακροφυσίου (2) και της οπής (7) στο θάλαμο (13) στο πίσω μέρος του εμβόλου (4). Η οπή (14) και ο κρουνός τμήμα (8) της βαλβίδας πιλότου θα ανοίξουν τώρα επιτρέποντας το λάδι σε (13) να διαφύγει προς την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας μέσω της οπής (10). Το έμβολο (4) θα πιεστεί στη συνέχεια προς τα δεξιά λόγω της διαφορικής πίεσης λαδιού και το λάδι θα ρέει από την πίεση προς την πλευρά αναρρόφησης της αντλίας μέσω της οπής (5).

Το έμβολο (4) θα λάβει τώρα μια θέση που δημιουργεί ακριβώς επαρκή άνοιγμα της οπής (5) ώστε η προκαθορισμένη πίεση λαδιού στην πλευρά πίεσης της αντλίας διατηρείται. Πριν από την πιλοτική βαλβίδα ανοίγει οι πιέσεις λαδιού της πλευράς πίεσης της αντλίας και του θαλάμου (3) είναι ισορροπημένες. Γενικά, η οπή "x" είναι κενή απενεργοποιείται. Ως εναλλακτική λύση, ωστόσο, ένας σωλήνας που ενσωματώνει ένα ηλεκτρομαγνητικό βαλβίδα μπορεί να συνδεθεί στο τμήμα αυτό. Η σύνδεση κλείνει όταν η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα είναι υπό τάση και ανοικτή όταν το ρεύμα αφαιρείται (απενεργοποιείται). Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με ένα διακόπτη έκτακτης ανάγκης για να ανοίξει η βαλβίδα ασφαλείας και έτσι να ανακουφιστεί την πίεση λαδιού στο σύστημα. (ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

https://www.eef.edu.gr/media/2527/bmhxanhmata_pdf_site.pdf)



Εικόνα 24 Βαλβίδα ασφαλείας

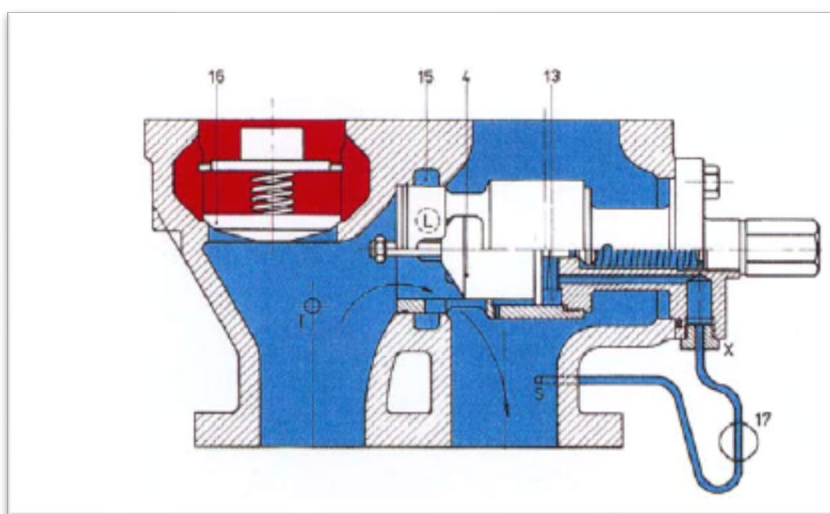
4.6 Συνδυασμένη βαλβίδα ασφαλείας και παράκαμψης Ως βαλβίδα διέλευσης:

Ένας σωλήνας εφοδιασμένος με τη βαλβίδα 17 συνδέεται μεταξύ μιας θύρας λαδιού x και της πλευράς επιστροφής S. Όταν η βαλβίδα 17 είναι ανοικτή, το λάδι στο θάλαμο 13 αποστραγγίζεται, το έμβολο 4 ανοίγει και επιτρέπει τη ροή λαδιού από τον θάλαμο 13 (πλευρά πίεσης προς την πλευρά επιστροφής της αντλίας).

Το λάδι κυκλοφορεί έτσι εσωτερικά μέσα στην αντλία με σχεδόν μηδενική πίεση (περίπου $0,3 \text{ kr/cm}^2$). Η μηχανική τριβή στο αντλία και η χαμηλή πίεση (ακόμη και όταν αυτή είναι σχεδόν μηδενική) θα αυξηθεί η θερμοκρασία.

Για να αποτραπεί αυτή η τοπική αύξηση της θερμοκρασίας, πρέπει να τοποθετηθεί ένας σωλήνας L συνδέει τον θάλαμο 15 με την πλευρά επιστροφής ενός άλλου αντλίας του συστήματος, η οποία λειτουργεί και αντλεί πετρέλαιο μέσω του το

σύστημα. Η μικρή διαφορά πίεσης (περίπου 0,3 kr/cm²) εξασφαλίζει επαρκή κυκλοφορία του λαδιού από την παράκαμψη για την αποφυγή τοπικής υπερθέρμανσης. Η βαλβίδα αντεπιστροφής 16 εμποδίζει τη ροή λαδιού από την πλευρά πίεσης του συστήματος προς την στην πλευρά πίεσης της αντλίας. Όταν η αντλία δεν λειτουργεί, η βαλβίδα 16 λειτουργεί ως βαλβίδα διακοπής και απομονώνει την αντλία από το πλευρά της πίεσης στο σύστημα, επιτρέποντας τις εργασίες συντήρησης της να πραγματοποιηθεί η γενική επισκευή της αντλίας.



Εικόνα 25 Συνδιασμένη βαλβίδα ασφαλείας

4.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ενσωμάτωση των γνώσεων από 2 μελέτες "Προσομοίωση του σχεδιασμού των υδραυλικών συστημάτων για τον υδραυλικό τύπο των μηχανημάτων καταστρώματος αλιείας με το λογισμικό FluidSIM®" και τον "Σχεδιασμό βελτιστοποίησης της αξιοπιστίας του υδραυλικού συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τη μόλυνση από το πετρέλαιο" για την βελτίωση των μηχανημάτων καταστρώματος παρέχουν μια ολοκληρωμένη προσέγγιση.

Η μελέτη "Προσομοιωμένος σχεδιασμός υδραυλικών συστημάτων για υδραυλικό τύπο μηχανών καταστρώματος αλιείας με το λογισμικό FluidSIM®" επικεντρώνεται κυρίως στη χρήση λογισμικού προσομοίωσης για τον σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση υδραυλικών συστημάτων σε μηχανές καταστρώματος. Η προσέγγιση αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική για την ανάπτυξη προηγμένων

συστημάτων χειρισμού αγκυρών σε πετρελαιοφόρα. Η προσομοίωση επιτρέπει την προσεκτική μοντελοποίηση των υδραυλικών συστημάτων, παρέχοντας πληροφορίες σχετικά με την απόδοση, την αποδοτικότητα και τους πιθανούς τομείς για βελτίωση πριν από την πραγματική εφαρμογή. Αυτή η προληπτική ανάλυση είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι τα υδραυλικά συστήματα είναι όχι μόνο αποδοτικά αλλά και αρκετά ανθεκτικά ώστε να μπορούν να χειριστούν τις απαιτητικές συνθήκες στη θάλασσα. Η χρήση τέτοιων προσομοιώσεων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη διαδικασία σχεδιασμού, οδηγώντας σε πιο αξιόπιστα και αποδοτικά μηχανήματα καταστρώματος. (Simulated design of hydraulic systems for fishing deck machinery hydraulic type with FluidSIM® software

<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2227/1/020012/890090/Simulated-design-of-hydraulic-systems-for-fishing>)

Εν τω μεταξύ, η μελέτη "Σχεδιασμός βελτιστοποίησης αξιοπιστίας υδραυλικού συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τη μόλυνση από το πετρέλαιο" υπογραμμίζει τη σημασία της διατήρησης της ακεραιότητας και της αξιοπιστίας των υδραυλικών συστημάτων σε θαλάσσια περιβάλλοντα. Η διαρροή λαδιού αποτελεί σημαντική ανησυχία στα υδραυλικά συστήματα, ιδίως στο πλαίσιο των πετρελαιοφόρων, όπου ο κίνδυνος είναι εγγενώς υψηλότερος. Η εστίαση του εγγράφου στη βελτιστοποίηση των υδραυλικών συστημάτων για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της από διαρροή λαδιού είναι ιδιαίτερα σημαντική. Υπογραμμίζει την ανάγκη για ισχυρά πρωτόκολλα συντήρησης για τη διασφάλιση της μακροζωίας και της αξιοπιστίας αυτών των συστημάτων. Η πτυχή αυτή είναι κρίσιμη για τα μηχανήματα χειρισμού αγκυρών, όπου η βλάβη λόγω διαρροής μπορεί να οδηγήσει σε λειτουργικές καθυστερήσεις και κινδύνους για την ασφάλεια. (Reliability optimization design of hydraulic system considering oil contamination
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-020-1108-1>)

Είναι σαφές ότι το μέλλον των μηχανημάτων καταστρώματος, ιδίως των συστημάτων χειρισμού άγκυρας στα πετρελαιοφόρα, έγκειται στην υιοθέτηση προηγμένων τεχνικών προσομοίωσης για το σχεδιασμό και αυστηρών πρωτοκόλλων

συντήρησης για την καταπολέμηση αστοχιών. Ο συνδυασμός αυτών των προσεγγίσεων θα οδηγήσει πιθανότατα σε σημαντικές βελτιώσεις στην αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και τη συνολική απόδοση των μηχανημάτων καταστρώματος. Η χρήση λογισμικού προσομοίωσης όπως το FluidSIM® όχι μόνο βοηθά στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού αλλά και στην πρόβλεψη και τον μετριασμό πιθανών αστοχιών. Ταυτόχρονα, η κατανόηση και η αντιμετώπιση των προκλήσεων που θέτει η διαρροή λαδιού θα διασφαλίσει ότι τα συστήματα αυτά θα παραμείνουν αξιόπιστα για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ακόμη και σε σκληρά θαλάσσια περιβάλλοντα.

Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση προηγμένων προσομοιώσεων σχεδιασμού και ενισχυμένων μέτρων αξιοπιστίας έναντι της μόλυνσης αποτελεί μια προοδευτική προσέγγιση για τη βελτίωση των μηχανημάτων καταστρώματος στα πετρελαιοφόρα. Αυτή η ολοκληρωμένη στρατηγική όχι μόνο υπόσχεται βελτιώσεις στη λειτουργική αποδοτικότητα, αλλά εξασφαλίζει επίσης υψηλότερο βαθμό ασφάλειας και μακροζωίας του εξοπλισμού, κάτι που έχει ύψιστη σημασία στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

5. ΠΗΓΕΣ

1. Myeongho Song, T. Nam, Jae-ung Lee, "Self-excited torsional vibration in the flexible coupling of a marine propulsion shafting system employing Cardan shafts," Journal of Sound and Vibration, 2022. [↵](#)
2. Jae-hoon Jee, Chongmin Kim, Yanggon Kim, "Dynamic characteristics of a viscous-spring damper used to control the torsional vibration of a propulsion shafting system with an engine acceleration problem," Journal of Marine Science and Technology, 2021. [↵](#)
3. J. Homišin, P. Kaššay, M. Urbanský, M. Puškár, R. Grega, J. Krajňák, "Electronic constant twist angle control system suitable for torsional vibration tuning of propulsion systems," Journal of Marine Engineering & Technology, 2020. [↵](#)
4. L. Murawski, M. Dereszewski, "Monitoring methodology of piston engine's crankshaft torsional vibrations by measurement of instantaneous angular speed at free and power output ends of the engine's crankshaft," Journal of Marine Science and Engineering, 2019. [↵](#)
5. Investigation on effective support point of single stern tube bearing for marine propulsion shaft alignment
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951833917304914?fbclid=IwAR3wP1R_pzNZtGmF4nfdCVH3g3xP2Mgx-2j9SqHu69HKqO89XWdybqKzEBQ)
6. Failure analysis of a marine intermediate shaft
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630721003241>)
7. Common failures of ship propulsion shafts
(https://www.researchgate.net/publication/322340004_Common_failures_of_ship_propulsion_shafts)
8. Common Case Studies of Marine Structural Failures
(<https://www.intechopen.com/chapters/58137>)
9. Analysis on A Case of Marine Hydraulic Steering Gear Failure
(https://www.researchgate.net/publication/328617016_Analysis_on_A_Case_of_Marine_Hydraulic_Steering_Gear_Failure)
10. Failure Analysis of A Marine Vessel Shaft Coupling (
https://www.researchgate.net/publication/328617016_Analysis_on_A_Case_of_Marine_Hydraulic_Steering_Gear_Failure)
11. Failure and Fracture Analysis of Austenitic Stainless Steel Marine Propeller Shaft (
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11668-015-0024-7>)
12. Shazad, H. (2019). Examination of Stress and Stress Types in Engineering: Everything You Need to Know - Explore the Future of Engineering: 3D Modeling, CAD and More. [online] Available at: <https://sunglass.io/examination-of-stress-and-stress-types-in-engineering-everything-you-need-to-know/>.
13. Στεργίου, Ι.Κ. and Στεργίου, Κ.Ι. (2002). Στοιχεία Μηχανών ΙΙ Μετάδοση κίνησης: Οδοντωτοί τροχοί - Ιμάντες - Αλυσίδες. 2η εκδ. Σύγχρονη Εκδοτική
14. Budynas, R. and Nisbett, J.K. (2016). Στοιχεία Μηχανών. 9th ed. Translated by Π. Βλάμης. Translated by Α. Φάκων. and Translated by Μ. Γρηγορίου Φούντα. Fountas.
15. Arnedo, M.S. (2021). 4.4.1: Structural elements and functions of the fuselage. In: Fundamentals of Aerospace Engineering. [online] Universidad Carlos III de Madrid.

Available at:

[https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Aerospace_Engineering/Fundamentals_of_Aerospace_Engineering_\(Arnedo\)/04%3A_Aircraft_structures/4.04%3A_Structural_components_of_an_aircraft/4.4.01%3A_Structural_elements_and_functions_of_the_fuselage.](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Aerospace_Engineering/Fundamentals_of_Aerospace_Engineering_(Arnedo)/04%3A_Aircraft_structures/4.04%3A_Structural_components_of_an_aircraft/4.4.01%3A_Structural_elements_and_functions_of_the_fuselage.)

16. <https://eclass.uniwa.gr/courses/NAFP118/>
17. <https://eclass.uniwa.gr/courses/MECH118/>
18. ΚΟΠΩΣΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6741/%CE%9A%CE%9F%CE%A0%CE%A9%CE%A3%CE%97%20%CE%A3%CE%A5%CE%9D%CE%98%CE%95%CE%A4%CE%A9%CE%9D%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20%CE%9A%CE%91%CE%99%20%CE%9A%CE%91%CE%A4%CE%91%CE%A3%CE%9A%CE%95%CE%A5%CE%A9%CE%9D%20..pdf?sequence=1&isAllowed=y
19. Reliability optimization design of hydraulic system considering oil contamination
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12206-020-1108-1>
20. Simulated design of hydraulic systems for fishing deck machinery hydraulic type with FluidSIM® software
<https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2227/1/020012/890090/Simulated-design-of-hydraulic-systems-for-fishing>
21. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ
https://www.eef.edu.gr/media/2527/bmhxanhmata_pdf_site.pdf

6. ΣΧΕΔΙΑ

