

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**  
**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Εμπειρία λειτουργίας Μηχανών ΜΕ και ΜC**  
**(Έκδοση 2006)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Μιχαήλ Αποστ. Μαριόγλου**  
**ΑΜ : 4331**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

**Ο καθηγητής**

## Περίληψη

Στο παρακάτω Service Letter παρακολουθούμε μια σειρά από εργασίες συντήρησης και παρακολούθησης δεδομένων σε σειρά ναυτικών μηχανών ME/ME-C και MC/MC-C.

Στο εγχειρίδιο αυτό περιγράφεται η εμπειρία λειτουργίας που λήφθηκε από τις εμπορικές μηχανές ME και ME-C που είναι σε χρήση. Γίνεται λεπτομερής αναφορά για τον τρόπο λειτουργίας της σειράς μηχανών, το σχέδιο των μηχανών, την μονάδα υδραυλικού κυλίνδρου , το σύστημα ελέγχου των μηχανών και το σύστημα λίπανσης Alpha. Επίσης πραγματοποιείται ανάλυση δεδομένων και δίνονται σχετικά διαγράμματα. Η σύνταξη του εγχειριδίου γίνεται για την καλύτερη κατανόηση λειτουργίας της σειράς αυτής. Σε γενικές γραμμές καταγράφονται τα οφέλη που παρουσιάζει η σειρά , από την οικονομικότερη κατανάλωση μέχρι την ισορροπία μεταξύ των κυλίνδρων και την μείωση εκπομπής ρύπων. Επιπλέον , από την συνεχή παρακολούθηση των μηχανών της σειράς παρέχονται λύσεις σε διάφορα προβλήματα που μπορεί να προκύπτουν κατά την λειτουργία τους.

Για την σειρά MC/MC-C , δίνονται λεπτομερής αναφορές για τα χρονικά διαστήματα που πρέπει να γίνονται επισκευές για την αναβάθμιση των μηχανών της σειράς. Γίνεται εκτενέστερη αναφορά για τον αποχρωματισμό και τους τρόπους αντιμετώπισης του. Μετριέται ο βαθμός φθοράς των ρουλεμάν και αναφέρονται οι τρόποι που ευθύνονται για αυτή. Τέλος, γίνεται αναφορά σε περίπτωση ρωγμών στο περίβλημα του εκκεντροφόρου άξονα και πως αυτές προέκυψαν.

## **Abstract**

At the following Service Letter we take a look on some series of maintenance operations and data observation in the ME/ME-C and MC/MC-C Marine Engines.

In this book there is a detailed description of the service experience which came from the Marine Engines ME and ME-C that are already in use. There is a detailed report about how these engines are working, the engine design, the hydraulic cylinder unit, the control system of the engines and the Alpha Lubricating system. There is also data analysis with the accordingly diagrams. The writing of this manual is taking place for the better understanding of how these engines are working. In general speaking, in the manual there are registered, the benefits of the engine series, from having a more economical consumption to the balance between the cylinders and the reduction of the Emissions. As well, we get solutions to various issues that may come up during the operation of the engine.

For the MC/MC-C series, we get detailed reports about the intervals that maintenance must be done to upgrade the engine series. There is also an extensive mention about Scuffing and how to deal with it. A measurement of the corrosion point at the bearings, is taking place. In the end we got a detailed analysis of how cracks on camshaft are made.

## **Κεφάλαιο Ι**

**Εμπειρία λειτουργίας μηχανών ME and MC (Έκδοση 2006)**

## Εμπειρία λειτουργίας μηχανών ME and MC (Έκδοση 2006)

### Εισαγωγή

Η εισαγωγή των ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων αργών ταχυτήτων diesel χωρίς εκκεντροφόρο εξελίσσεται ραγδαία με την παραγγελιών πολλών μηχανών ME και κατά συνέπεια, πολλές μηχανές ME εισέρχονται σε κυκλοφορία. Κατά τη σύνταξη του παρόντος εγχειριδίου, έχει γίνει παραγγελία για ή έχουν παραδοθεί περισσότερες από 250 μηχανές ME. Ο αριθμός αυτός αποδεικνύει την αποδοχή της τεχνολογίας αυτής από την αγορά. Από τις μηχανές ME, 50 είναι σε κυκλοφορία και κυμαίνονται από μηχανές L42ME έως K98ME/ME-C. Ένα παράδειγμα βλέπετε στην **Εικ.1**.



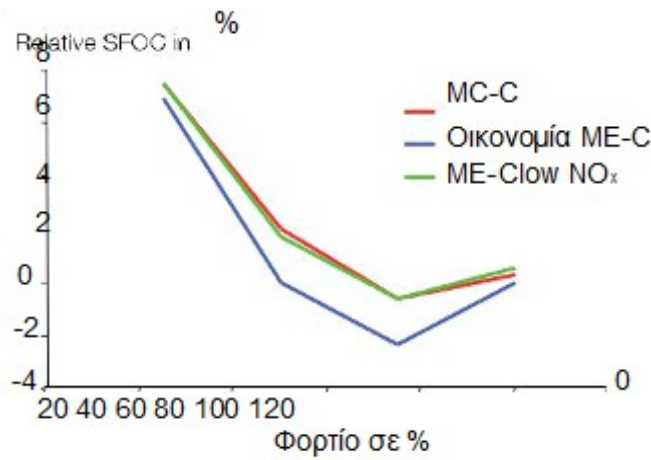
Εικόνα. 1: Μηχανή 12K98ME εγκατεστημένη σε πλοίο μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Παρόλο που η τεχνολογία ME ίσως φαίνεται καινούρια σε πολλούς στη βιομηχανία πλοίων, η εταιρεία MAN B&W Diesel ειδικεύεται εδώ και καιρό στην ανάπτυξη ηλεκτρονικά ελεγχόμενων κινητήρων diesel αργών ταχυτήτων, μάλιστα ήδη από τις αρχές του 1900. Η πρώτη μηχανή με χαρακτηριστικά τεχνολογίας ME ήταν η 6L60MC/ME, το όνομα της οποίας δείχνει ότι κατασκευάστηκε αρχικά ως συμβατική μηχανή MC με εκκεντροφόρο και στη συνέχεια κατασκευάστηκε εκ νέου ως μηχανή ME. Για την ME έκδοση της μηχανής αυτής έχουν καταγραφεί πλέον περίπου 30.000 ώρες λειτουργίας και κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος η νέα έκδοση χρησιμοποιήθηκε για να βελτιώσει την τεχνολογία ME.

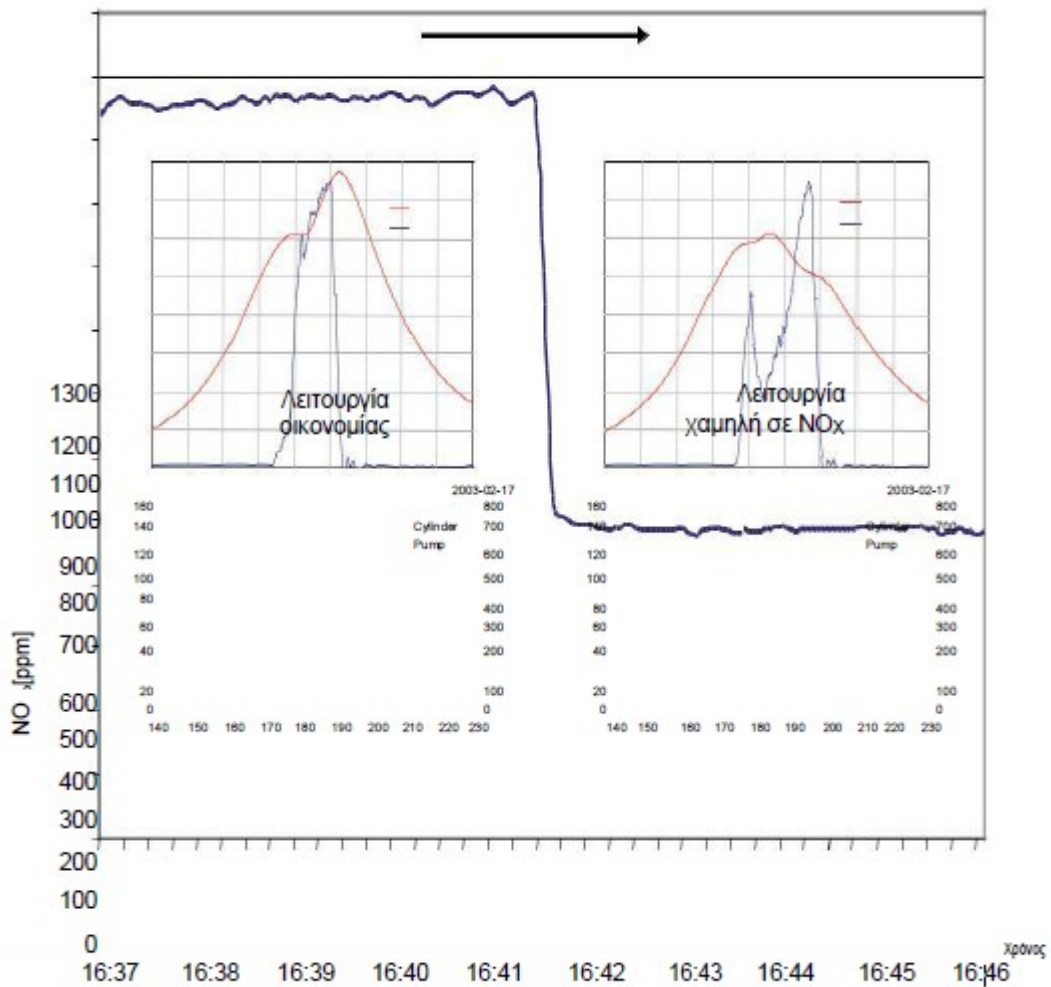
Οι κύριοι στόχοι για την τεχνολογία ME είναι:

1. Βελτιωμένη οικονομία καυσίμων σε όλα τα σημεία φόρτωσης, **Εικ.2**
2. Ευελιξία όσον αφορά τις παρούσες καθώς και τις μελλοντικές απαιτήσεις εκπομπών, **Εικ.3**

3. Εύκολη ισορροπία/ικανότητα προσαρμογής μηχανής, **Εικ.4**
4. Ενσωμάτωση συστήματος (παράδειγμα, **Εικ.5A**: Σύστημα Λίπανσης Alpha πλήρως ενσωματωμένο στο σύστημα ΜΕ)
5. Άκαπη λειτουργία
6. Σταθερή λειτουργία πολύ χαμηλών φορτίων

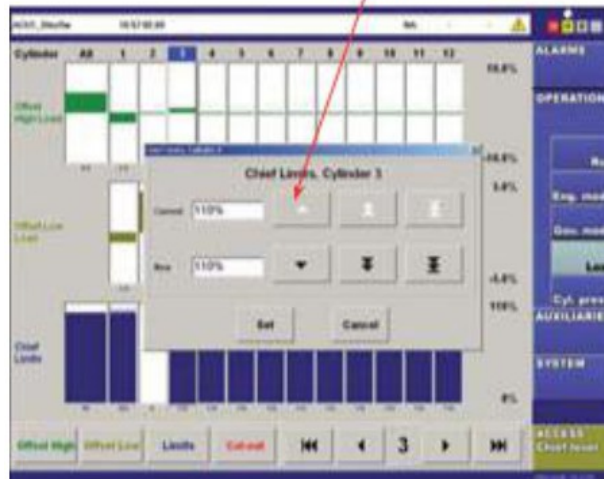


Εικόνα 2: Βελτιωμένη οικονομία καυσίμων σε όλα τα σημεία φόρτωσης



Εικόνα 3: Ενελιξία όσον αφορά τις εκπομπές

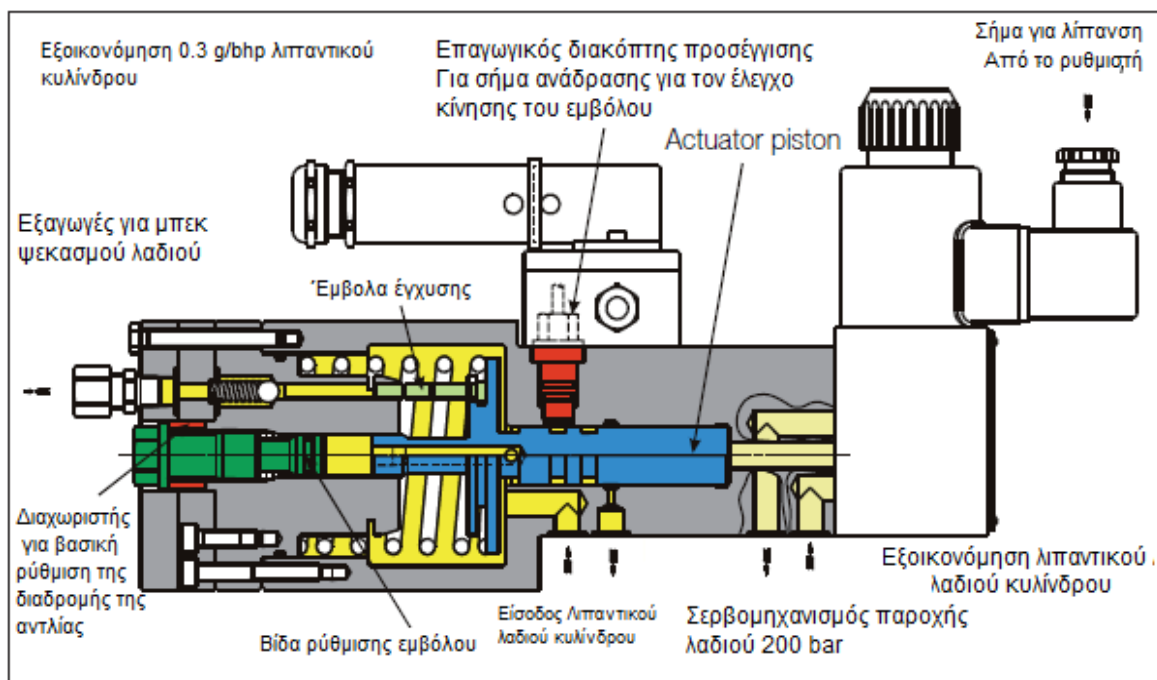
Προσαρμογή του  $p_{max}$  & MIP



Εικόνα 4: Εύκολη ισορροπία/ικανότητα προσαρμογής



Εικόνα 5A: Παράδειγμα συστήματος ενσωμάτωσης:μηχανήςAlpha Lubricator



Εικόνα 5β: Παράδειγμα συστήματος ενσωμάτωσης: Alpha Lubricator

Όλοι αυτοί οι στόχοι έχουν επιτευχθεί σε αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο στις πρώτες μηχανές ΜΕ που ήταν σε λειτουργία, **Εικ.6**. Μελλοντικές ενημερώσεις και βελτιώσεις από νέες κυκλοφορίες λογισμικών ελέγχου βελτιώνουν περαιτέρω τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας ΜΕ.

Είδος	Σε λειτουργία
K98ME	3
K98ME-C	4
S90ME-C	2
S70ME-C	12
L70ME-C	3
S60ME-C	16
L60ME	1
S50ME-C	8
L42ME/MC	1
<b>Σύνολο</b>	<b>50</b>
Έχει γίνει παραγγελία/έχουν παραδοθεί περισσότερες από 250 μηχανές	

*Εικ 6: Λίστα αναφορών ΜΕ/ΜΕ-С*

Λοιπά χαρακτηριστικά των μηχανών ΜΕ που διαπιστώθηκαν είναι:

- Πραγματική λειτουργία χωρίς εκκεντροφόρους είτε με πρότυπες βιομηχανικές αντλίες με κινητήρα είτε ηλεκτρονικά ελεγχόμενες για την παροχή υδραυλικής ισχύος
- Σταθερή ευελιξία όσον αφορά την αλλαγή μεταξύ λειτουργίας βαρέος καυσίμου (HFO) και ναυτικής ντίζελ (MDO).
- Διατηρείται η απλότητα με τον χαμηλό αριθμό εξαρτημάτων (π.χ. μόνο μία βαλβίδα κανο-νικά κλειστή ανά κύλινδρο)
- Επιπλέον, ο αριθμός των σημείων διασύνδεσης παραμένει χαμηλός έχοντας μόνο ένα σύστημα λίπανσης υψηλής πίεσης.
- Οι μηχανές κυλίνδρου ελέγχου φυλάσσονται μακριά από χώρους με μεγάλη έκθεση σε ζέστη για περιορισμό της θερμότητας.
- Εκτός από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ΜΕ, όπως τον θάλαμο καύσης OROS με τις πλευρικές βαλβίδες, οι βαλβίδες εξαγωγής από υπερκράμα νικελίου χαμηλής διάβρωσης (nimonic) σε σχήμα W διασφαλίζουν το πέρας μεγάλου διαστήματος μέχρι την επισκευή και αρκετά ικανοποιητική κατάσταση των κυλίνδρων.

Το εγχειρίδιο αυτό περιγράφει την εμπειρία λειτουργίας που λήφθηκε από τις εμπορικές μηχανές ΜΕ και ΜΕ-С που είναι σε λειτουργία.

Για τη σειρά μηχανών MC/MC-С, οι πληροφορίες (feedback) από τη λειτουργία έχουν οδηγήσει κατά τη διάρκεια των τελευταίων 4-5 χρόνων σε επέκταση του χρόνου μεταξύ των επισκευών. Δεν έχουμε διαπιστώσει ακόμη εντελώς τα οφέλη της ανάπτυξης αυτής. Ωστόσο, οι πιο πρόσφατες πληροφορίες από τη χρήση δείχνουν ότι 5 χρόνια μεταξύ σημαντικών επισκευών αποτελούν ρεαλιστικό διάστημα. Θα συζητηθεί πώς μπορεί η εξέλιξη αυτή να ωφελήσει τους διάφορους χειριστές. Επίσης, θα θίξουμε την εξέλιξη σε σχέση με την κατάσταση του κυλίνδρου με έμφαση στην κατανάλωση λιπαντικού κυλίνδρων.

Θα περιγράψουμε επίσης συνοπτικά τις πιο πρόσφατες πληροφορίες από τη λειτουργία σε σχέση με τα εξαρτήματα της μηχανής, όπως επίσης θα περιγράψουμε τις ρωγμές στη δομή του περιβλήματος του εκκεντροφόρου στις μηχανές K98 και θα δείξουμε λύσεις.





Από τη μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος, το παραγόμενο καύσιμο servo τροφοδοτείται από τις σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων στις υδραυλικές μονάδες κυλίνδρου, βλ. **Εικ.9**.



*Εικόνα 9: Μονάδα Υδραυλικού Κυλίνδρου (HCU)*

Υπάρχει μία τέτοιου είδους μονάδα ανά κύλινδρο. Κάθε μονάδα αποτελείται από έναν ενισχυτή πίεσης καυσίμων και έναν ενεργοποιητή εξωτερικής βαλβίδας. Η βαλβίδα ελέγχου έγχυσης καυσίμου και ενεργοποιητή βαλβίδας είναι τοποθετημένες επάνω στον υδραυλικό πίνακα ελέγχου. Στις πρώτες μηχανές ME οι βαλβίδες ελέγχου (ηλεκτρονική βαλβίδα έγχυσης καυσίμου) και ενεργοποίησης ηλεκτρονικής βαλβίδας είναι συναρμολογημένες επάνω στον υδραυλικό πίνακα ελέγχου. Επιπλέον ο λιπαντήρας Alpha Lubricator είναι τοποθετημένος στον υδραυλικό πίνακα ελέγχου.

Θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι παρόλο που οι μηχανές ME είναι απλές στη λειτουργία, η εκπαίδευση του πληρώματος στην τεχνολογία των ME είναι σημαντική για να βοηθήσει στην κατανόηση και να αποφευχθεί η όποια σύγχυση ή άγχος που υπό άλλες συνθήκες θα εμφανιζόταν. Για να επιτευχθεί αυτό, η MAN B&W Diesel έχει δημιουργήσει ένα κέντρο εκπαίδευσης ME, με έναν πλήρες προσομοιωτή ME, ούτως ώστε τα πληρώματα να κάνουν πρακτική εξάσκηση στις εγκαταστάσεις μας στην Κοπεγχάγη. Η **εικ.10** δείχνει τον προσομοιωτή ME στην Κοπεγχάγη.



*Εικ. 10: Κέντρο εκπαίδευσης ME με πλήρη προσομοιωτή ME*

Κινητές εκδόσεις τέτοιων προσομοιωτών ΜΕ κατασκευάζονται τώρα για να μπορούν να εκπαιδεύουν πληρώματα και πελάτες σε άλλες περιοχές εκτός της Κοπεγχάγης.

Σε γενικές γραμμές, οι χειριστές κατέγραψαν και επιβεβαίωσαν τα αναμενόμενα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας ΜΕ, όπως η χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων, η καλύτερη ισορροπία μεταξύ των κυλίνδρων, καλύτερα χαρακτηριστικά επιτάχυνσης και βελτιωμένη αργή επίδοση. Επιπλέον, η λεπτομερής παρακολούθηση και τα διαγνωστικά των μηχανών ΜΕ παρέχουν ευκολότερη λειτουργία και μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα μεταξύ των επισκευών και πράγματι η τεχνολογία ΜΕ καθιστά ευκολότερη τη ρύθμιση της ενδεικνυόμενης μέσης ενεργούς πίεσης και της δηλούμενης μέγιστης ισχύος ( $p_{max}$ ). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του κύριου λειτουργικού πίνακα στο θάλαμο ελέγχου (βλ. Εικόνα 7)

Οι χειριστές διαπίστωσαν επίσης ότι σε άσχημες καιρικές συνθήκες, υπάρχει λιγότερη διακύμανση στα στοιχεία λειτουργίας κινητήρα συγκριτικά με μία μηχανή με έγχυση καυσίμων από εκκεντροφόρο. Σημαντικό είναι ότι οι ιδιοκτήτες μηχανών ΜΕ σε λειτουργία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα δηλώνουν εξοικονόμηση στην κατανάλωση καυσίμων σε ποσοστό έως 4%, συγκριτικά με μία σειρά αδελφών πλοίων, που έχουν τους αντίστοιχους τύπους μηχανών εξοπλισμένους με εκκεντροφόρο. Πέρα από την καλύτερη εσωτερική κατανάλωση καυσίμων μερικού φορτίου των μηχανών ΜΕ, ένας λόγος για τη βελτιωμένη κατανάλωση καυσίμων είναι ότι η μηχανή ΜΕ καθιστά πολύ εύκολο να διατηρεί σωστές παραμέτρους απόδοσης.

Η **εικ.11** δείχνει την κατάσταση του κυλίνδρου στην πρώτη 7S50ME-C μετά από 10.717 ώρες λειτουργίας και η κατάσταση είναι εξαιρετική. Όσον αφορά την κατάσταση των κυλίνδρων, ιδιαίτερα, οι μέχρι τώρα παρατηρήσεις δείχνουν ότι μπορούμε να αναμένουμε σε γενικές γραμμές βελτιωμένη κατάσταση των κυλίνδρων, πιθανόν οφειλόμενη στο γεγονός ότι η έγχυση καυσίμων σε χαμηλό φορτίο βελτιώνεται σημαντικά σε σύγκριση με τις συμβατικές μηχανές.



*Εικ. 11: 7S50ME-C, κατάσταση κυλίνδρου μετά από 10.717 ωρ. λειτουργίας*

Επίσης έχουμε εξετάσει κι άλλες μηχανές όχι μόνο ως προς τα συναφή με τις μηχανές ΜΕ εξαρτήματά τους, αλλά και για να ελέγξουμε την κατάσταση των «κανονικών» εξαρτημάτων και τις περιοχές ενδιαφέροντος. Οι **εικ.12** και **13** δείχνουν φωτογραφίες από την πρώτη μηχανή 12K98ME.



*Εικ. 12: 12K98ME, θυρίδα επιθεώρησης δείχνει εξαιρετική κατάσταση*



*Εικ. 13: 12K98ME, έδρανο ολίσθησης και κύριο έδρανο*

## Υδραυλική μονάδα κυλίνδρου

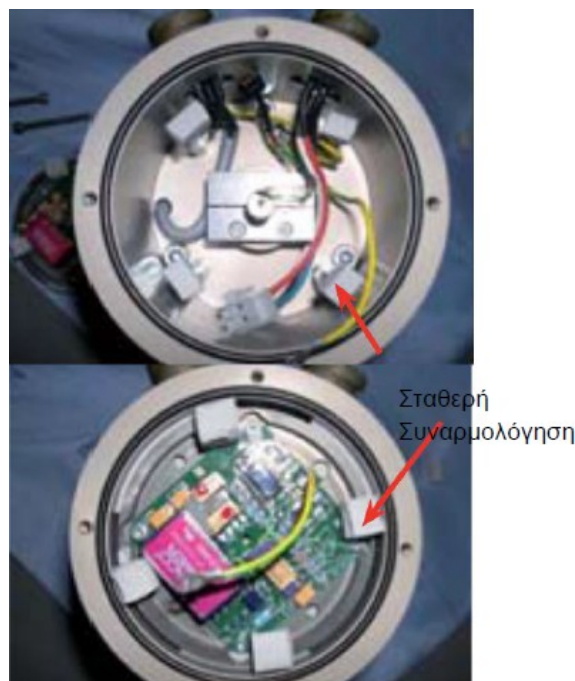
Η υδραυλική μονάδα κυλίνδρου, απ' την οποία υπάρχει μία ανά κύλινδρο, αποτελείται από έναν υδραυλικό διαμοιέα καυσίμου με συσσωρευτή πίεσης, έναν ενεργοποιητή βαλβίδας εξαγωγής με μία ηλεκτρονική βαλβίδα ελέγχου ELVA και έναν ενισχυτή πίεσης έγχυσης καυσίμων με μία ηλεκτρονική βαλβίδα ελέγχου έγχυσης. Κάθε ξεχωριστή υδραυλική μονάδα κυλίνδρου είναι διασυνδεδεμένη με σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων, μέσα από τις οποίες ρέει το υδραυλικό καύσιμο. Μετά την παράδοση των πρώτων μηχανών ΜΕ, οι ηλεκτρονικές βαλβίδες ενεργοποιητή βαλβίδων εξαγωγής και έγχυσης καυσίμων αντικαταστάθηκαν από μία βαλβίδα έγχυσης καυσίμων-ενεργοποίηση βαλβίδας που ελέγχει και την ενεργοποίηση της βαλβίδας εξαγωγής και την έγχυση καυσίμων.

### Βαλβίδες έγχυσης καυσίμων (ELFI)

Στην πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος τα εξαρτήματα έχουν αποσυναρμολογηθεί λόγω δονήσεων. Η **εικ.14** δείχνει έναν μετατροπέα DC/DC που έχει αποκολληθεί. Βελτιώσεις μέσω των ανθεκτικών στηριγμάτων έχουν λάβει χώρα σε όλα τα πλοία σε λειτουργία με βαλβίδες έγχυσης καυσίμων και η απόδοση μετά από αυτό έχει βελτιωθεί, βλ. **Εικ.15**.



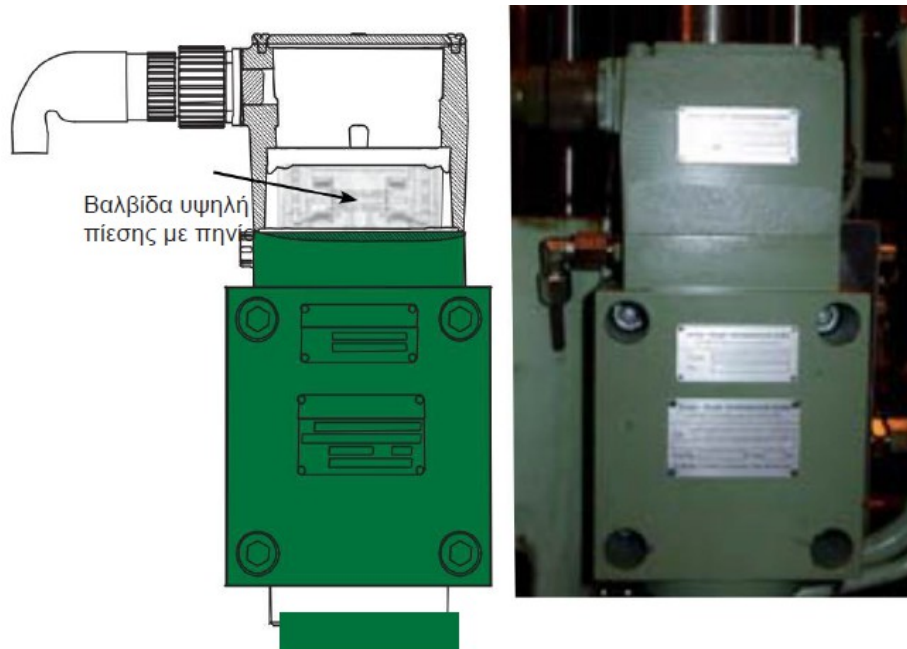
Εικόνα 14: Βαλβίδα ELFI, μετατροπέας DC-DC που αποκολλήθηκε λόγω δονήσεων στην πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος



Εικόνα 15: Βαλβίδα ELFI, πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος ασφαλισμένη με σταθερή συναρμολόγηση

### Βαλβίδες Ενεργοποιητή Βαλβίδας εξαγωγής (ELVA)

Οι πρώτες εμπειρίες λειτουργίας απέδειξαν ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, όπως συνέβη συχνά κατά τη δοκιμή στη διάρκεια του χειμώνα, προκάλεσαν σταθερή υψηλή απόκριση στις βαλβίδες με πηνίο της βαλβίδας ELVA λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών υδραυλικού καυσίμου. Η διάμετρος του πηνίου μειώθηκε για να επιτευχθεί σωστή λειτουργία της βαλβίδας υψηλής απόκρισης όπως φαίνεται στην **εικ.16**.



Εικόνα 16: Βαλβίδα ELVA, με υψηλης πίεσης βαλβίδα πηνίου

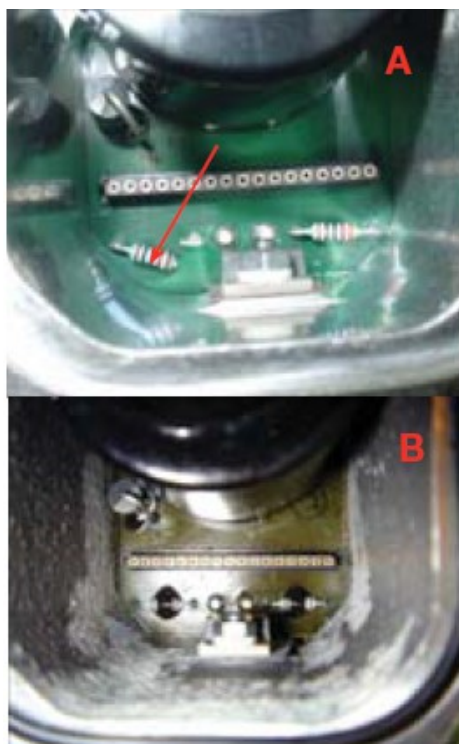
Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας εμφανίστηκε ένα ουσιαστικό πρόβλημα με πολύ μικρές διόδους μεταξύ του πηνίου και του περιβλήματος στη βαλβίδα υψηλής απόκρισης. Αυτό οδήγησε στο να κολλάει το πηνίο, **Εικ.17**.



Εικ. 17: Βαλβίδα ELVA, που κολλάει στο πηνίο βαλβίδας υψηλής πίεσης

Σε τέτοια περίπτωση, το σύστημα ελέγχου αντιμετωπίζει λανθασμένη μετατόπιση βαλβίδας εξαγωγής και, συνεπώς, το καύσιμο σταματά στην εν λόγω μονάδα. Τότε η λειτουργία της μηχανής στον έναν κύλινδρο σταματά να υφίσταται. Έχει γίνει αλλαγή των βαλβίδων ELVA σε 100% ποιοτικά ελεγχόμενες μονάδες.

Επίσης, στις βαλβίδες ELVA, έχουμε δει εξαρτήματα να αποκολλώνται λόγω των δονήσεων, όπως ο αντιστάτης που φαίνεται στην **εικ.18**.

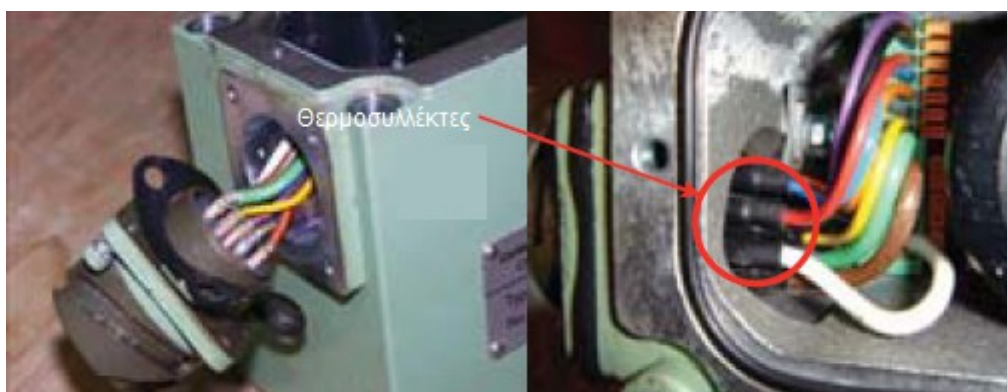


Εικ. 18: Βαλβίδα ELVA,  
 Α. Σπασμένος αντιστάτης λόγω δονήσεων  
 Β. Απόσβεση επετεύχθη με κόλλα σιλικόνης

Η διόρθωση έγινε με την εφαρμογή κόλλας σιλικόνης ως αποσβεστικό μέσο.

Επίσης, έχει διαπιστωθεί σπάσιμο συρμάτων στις συσφίξεις του συνδετήρα λόγω των δονήσεων.

Η σύνδεση μεταξύ του σύρματος και του βύσματος του συνδετήρα ενισχύεται από έναν θερμοσυρρικνούμενο σωλήνα, βλ. **Εικ.19**.

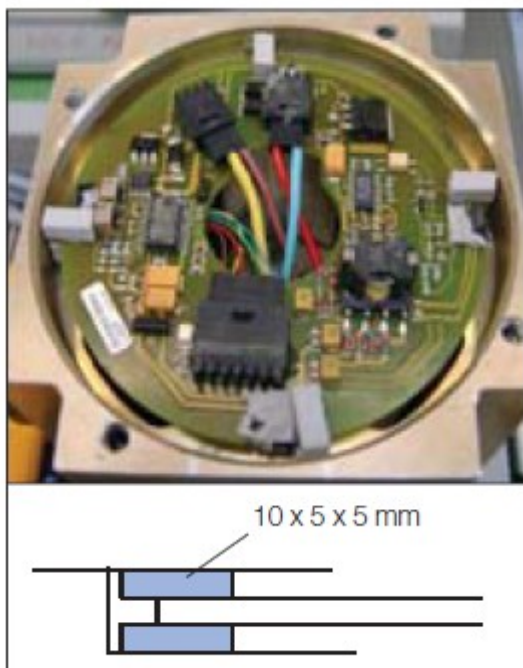


Εικ. 19: Βαλβίδα ELVA, ενίσχυση από θερμο-συρρικνούμενους σωλήνες

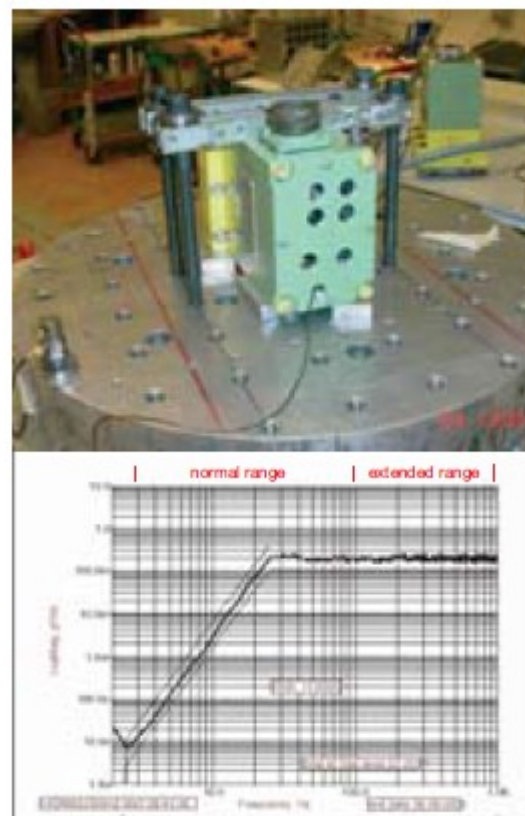
### **Βαλβίδες FIVA (έγχυσης καυσίμου-ενεργοποίηση βαλβίδας)**

Σε γενικές γραμμές, οι βαλβίδες FIVA αντιμετωπίζουν αρκετά λιγότερα προβλήματα δονήσεων σε σχέση με τις βαλβίδες ELFI και ELVA. Εφαρμόστηκε ένας σχεδιασμός σταθερής συναρμολόγησης, **Εικ.20**, από την αρχή και έγινε δοκιμή σε εκτεταμένη δόνηση (μέχρι 1 kHz), **Εικ.21**.

Σε μερικές περιπτώσεις, έχουμε δει την αύξηση του κύριου πηνίου της βαλβίδας FIVA. Στην **εικ.22** φαίνεται ένα κύριο πηνίο όπου η διάμετρος έχει αυξηθεί κατά 6 micron. Η αιτία αποδόθηκε στη λανθασμένη θερμική επεξεργασία του κύριου πηνίου και η διαδικασία διορθώθηκε.



Εικ. 20: Βαλβίδα FIVA, σταθερή συναρμολόγηση της πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος



Εικ. 21: Βαλβίδα ελέγχου, δοκιμή σε εκτεταμένη δόνηση



Εικ. 22: Βαλβίδα FIVA, αύξηση του κύριου πηνίου

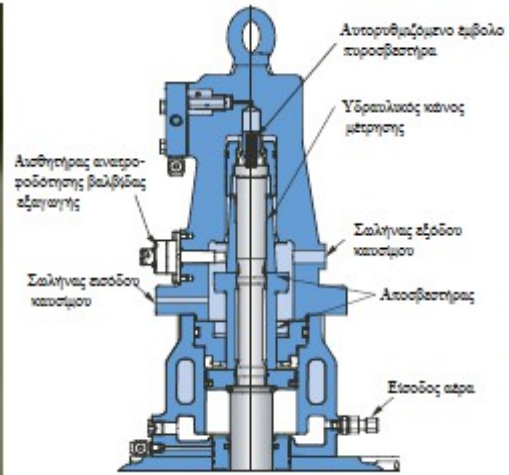
### Αισθητήρες τροφοδοσίας για βαλβίδα εξαγωγής και ενισχυτή καυσίμων

Το σήμα του αισθητήρα ήταν εκτός περιοχής σε ένα από τα άκρα της διαδρομής της βαλβίδας εξαγωγής σε συγκεκριμένες μηχανές, γεγονός που οδήγησε σε συναγερμό αποτυχίας σήματος. Αυτό προκλήθηκε από ασυμβατότητα μεταξύ της ευαισθησίας του αισθητήρα και του υλικού του κώνου της βαλβίδας εξαγωγής. Η διακρίβωση του αισθητήρα άλλαξε.

Το πλαστικό πλακίδιο του αισθητήρα έχει φύγει από τη θέση του ή έχει πιεστεί εντός, **Εικ.23**. Το πλακίδιο ενισχύθηκε και το εσωτερικό καλούπωμα του πλακιδίου βελτιώθηκε με βελτιωτικές διαδικασίες.

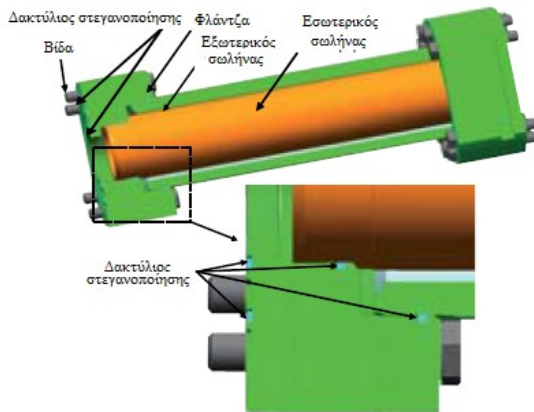
### Σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων

Προβλήματα με διαρροή υδραυλικού καυσίμου έχουν εντοπιστεί κατά τη διάρκεια των δοκιμών στις μεγαλύτερες μηχανές εξαιτίας της ζημίας στη στεγάνωση.

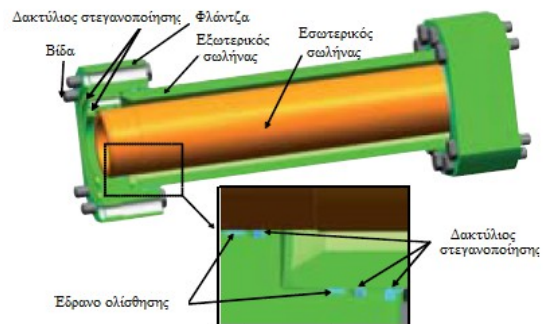


Εικόνα 23: Αισθητήρας τροφοδοσίας βαλβίδας εξαγωγής

Η κυριότερη αιτία των προβλημάτων αυτών ήταν η έλλειψη ποιότητας από έναν καινούριο υποπρομηθευτή αυτών των στεγανώσεων. Σε κάθε περίπτωση, αποφασίστηκε η αναβάθμιση του σχεδίου των στεγανώσεων για τις μηχανές οπής 80-98, βλ. **Εικ.24** και **25**.



Εικόνα 24: Σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων, παλιά διαρρύθμιση στεγανής σύνδεσης



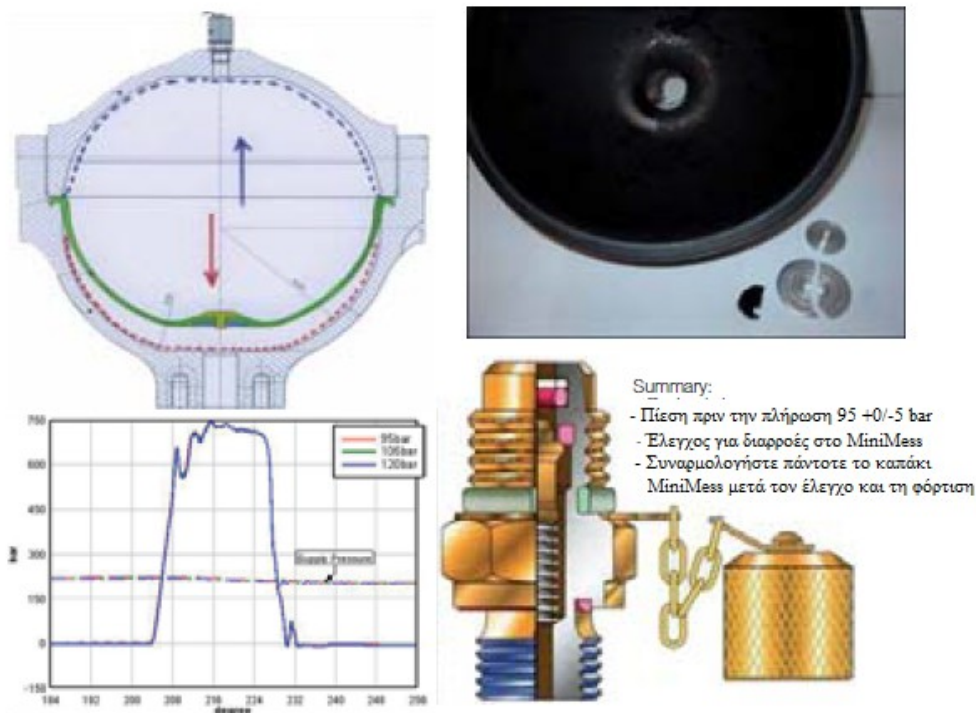
Εικόνα 25: Σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων, νέα διαρρύθμιση στεγανής σύνδεσης

Στο καινούριο σχέδιο, η λειτουργία στεγανής σύνδεσης και η λειτουργία αντοχής του βάρους των σωληνώσεων και του υδραυλικού καυσίμου έχει διαχωριστεί. Η λειτουργία στεγανής σύνδεσης τακτοποιείται τώρα από το στεγανωτικό παρέμβυσμα σε σχήμα U και από τη λειτουργία μεταφοράς των κατευθυντήριων ταινιών. Επιπλέον, έχει εισαχθεί το ελατήριο απόξεσης για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη απόδοση της εξωτερικής στεγάνωσης. Επιπλέον λίπανση των στεγανώσεων υφίσταται μόνιμα από τη χαμηλή δημιουργία πίεσης του εξωτερικού σωλήνα.

### Συντήρηση των συσσωρευτών πίεσης

Όσον αφορά τους συσσωρευτές πίεσης, έχουμε δει περιπτώσεις καταστροφής στα διαφράγματα εντός των συσσωρευτών πίεσης. Η συντήρηση των συσσωρευτών πίεσης ήταν το θέμα της πρώτης αφιερωμένης αναφοράς στις μηχανές ΜΕ. Στην **Εικ.26** συνοψίζονται οι προτάσεις μας, να ρυθμίσουμε την πίεση του αζώτου σε 95 bar, να ελέγξουμε την MiniMess για διαρροές και να εφαρμόσουμε το καπάκι MiniMess μετά τον έλεγχο και τη φόρτιση. Επιπλέον, συνιστάται να γίνεται έλεγχος της πίεσης του αζώτου ανά διαστήματα έξι μηνών.



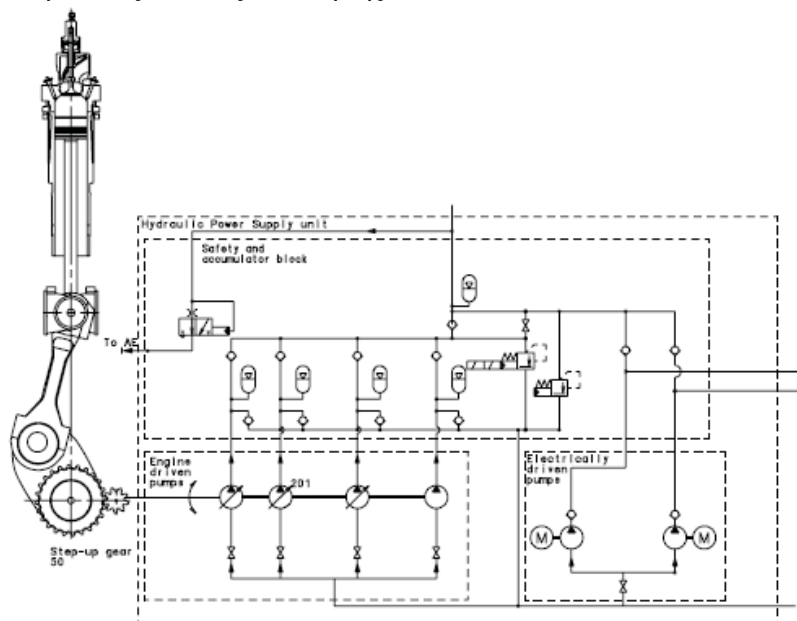


Εικόνα 26: Συντήρηση των συσσωρευτών πίεσης

## Παροχή υδραυλικής ισχύος

Η μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος παράγει υδραυλική ισχύ για τις μονάδες υδραυλικών κυλίνδρων. Η μονάδα παροχής υδραυλικής ισχύος περιλαμβάνει αντλίες με κινητήρα, που δίνουν παροχή καυσίμου κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της μηχανής, και ηλεκτρονικές αντλίες που διατηρούν την πίεση συστήματος όταν η μηχανή δεν είναι σε λειτουργία. Οι αντλίες με κινητήρα είναι ενωμένες με έναν κινούμενο τροχό ή με μία αλυσίδα κίνησης στον τροχό χρονισμού και είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενου τύπου μεταβλητού εκτοπίσματος.

Το σύστημα παροχής υδραυλικής ισχύος, **Εικ.27**, παρουσιάζει ως σταθερά, έναν αριθμό αντλιών με κινητήρα και ηλεκτρονικές αντλίες εκκίνησης.



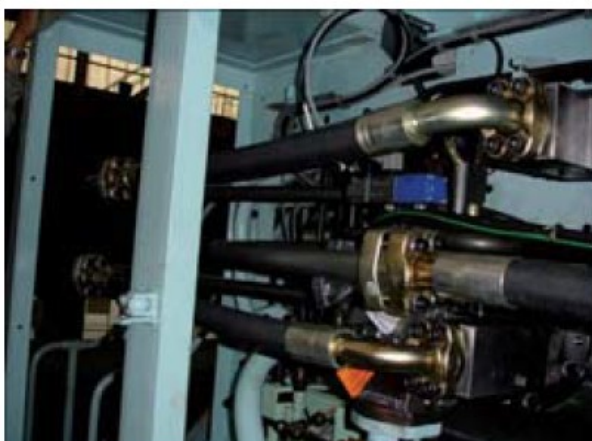
Εικόνα 27: Διάγραμμα Π.Υ.Σ.

Οι αντλίες με κινητήρα είναι αντλίες αξονικών εμβόλων (τύπου κυκλικά ταλαντευόμενου δίσκου) και η ροή ελέγχεται από μία αναλογική βαλβίδα. Σε κάποιες μηχανές K98, διαπιστώσαμε στην αρχή προβλήματα θορύβου από αυτές τις αντλίες κατά τη διάρκεια ανάποδης λειτουργίας. Ως προκαταρκτικό αντίμετρο, το πρόβλημα αυτό διορθώθηκε αποτελεσματικά με την εγκατάσταση βοηθητικών αντλιών που διασφαλίζουν ότι οι θραύσεις στην πλευρά αναρρόφησης των αντλιών ταλαντευόμενου δίσκου δε θα εμφανιστούν κατά τη διάρκεια ανάποδης λειτουργίας. Ένα μόνιμο αντίμετρο είναι ο εξοπλισμός των μεγαλύτερων μηχανών (π.χ. 12K98ME/ME-C) με περισσότερες αντλίες ταλαντευόμενου δίσκου μικρότερου μεγέθους. Αυτές οι μικρότερες αντλίες δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα ανάποδης λειτουργίας.

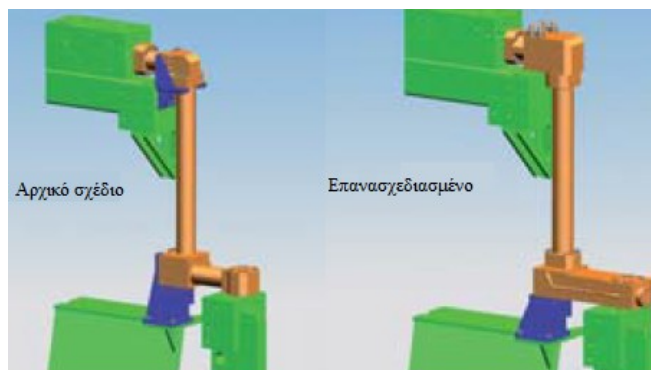
Για συγκεκριμένους τύπους μηχανών, η χωρητικότητα των αντλιών εκκίνησης αυξήθηκε για να μπορεί να δώσει επαρκή πίεση εκκίνησης σε μία αντλία εκκίνησης μέσα σε 90 δευτερόλεπτα. Σε νέες μηχανές, το φίλτρο υδραυλικού καυσίμου ορίστηκε εκ νέου από μέγεθος ματιού 10 micron σε 6 micron. Η αιτία γι' αυτό ήταν να παραταθεί η διάρκεια ζωής των διαφόρων εξαρτημάτων που έχουν την τάση να φθείρονται.

### Υδραυλικοί σωλήνες

Έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις ραγισμένων υδραυλικών σωλήνων για το καύσιμο serno προς τις αντλίες ταλαντευόμενου δίσκου και οι έρευνες έδειξαν ότι τα ραγίσματα αυτά προκλήθηκαν από δονήσεις. Προς αποφυγή αυτού, οι διαστάσεις του σωλήνα άλλαξαν και τοποθετήθηκαν εύκαμπτοι σωλήνες ως επιπλέον μέτρο προστασίας, βλ. **Εικ.28**.



Εικόνα 28: Εύκαμπτοι σωλήνες στη μηχανή K98



Εικόνα 29: Επανασχεδιασμός σωληνώσεων διπλών τοιχωμάτων σε 6S90ME-C

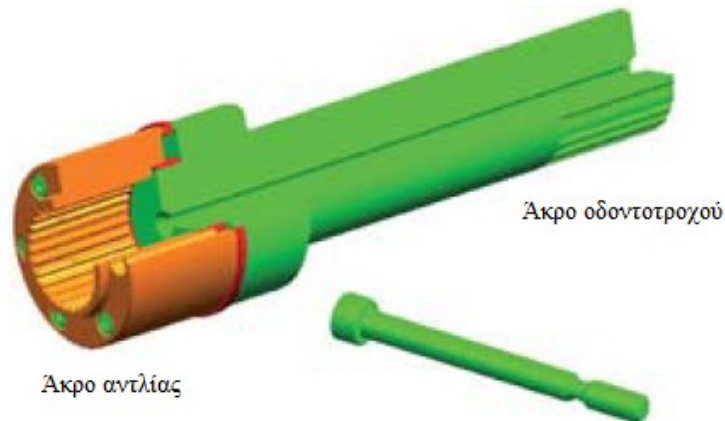
Στη μηχανή 6S90ME-C, οι σωληνώσεις διπλών τοιχωμάτων που συνδέουν τον πιο πίσω υδραυλικό πίνακα ελέγχου (HPU) και η υδραυλική παροχή ισχύος (HPS) έχουν επανασχεδιαστεί, **Εικ.29**. Η διάσπαση των οριζόντιων μερών στον HPU και HPS συνέβη κατά τη διάρκεια μιας δοκιμής όταν συμπιέστηκε ο εξωτερικός σωλήνας. Έγινε διόρθωση και επιβεβαιώθηκε κατά τη διάρκεια της δοκιμής στην πρώτη μηχανή 6S90ME-C.

### Άξονες για τις υδραυλικές αντλίες με κινητήρα

Αρχικά, τα προβλήματα περιλάμβαναν σπάσιμο των αξόνων για τις υδραυλικές αντλίες με κινητήρα.

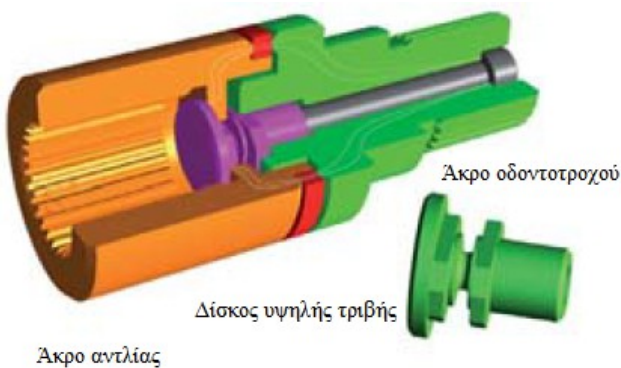
Ο σκοπός του σχεδιασμού των αξόνων είναι να τεθεί ένα ανώτατο όριο στη μεταφερόμενη ροπή, ούτως ώστε να διασφαλιστούν τα κοινά εξαρτήματα σε περίπτωση ζημιάς σε μία αντλία. Ωστόσο, οι άξονες έσπασαν λόγω της υπερβολικά χαμηλής ικανότητας ροπής.

Ο σχεδιασμός των αξόνων έχει αλλάξει ούτως ώστε να αυξηθεί το περιθώριο μεταξύ των θραύσεων. Ο αρχικός σχεδιασμός που βλέπετε στην **Εικ.30** παρουσιάζει 6 στηρίγματα και μία σύνδεση τριβής και έγινε διάτμηση στις βίδες σε πολύ χαμηλή ροπή.

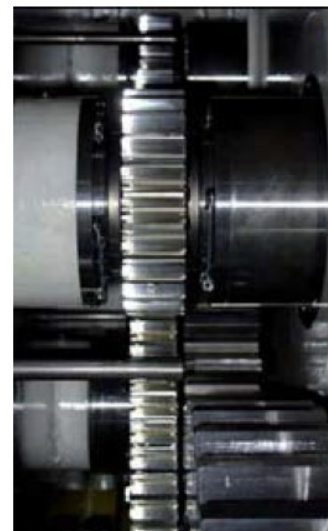


*Εικόνα 30: Προστατευτικός άξονας αντλίας, αρχικός σχεδιασμός*

Ο νέος σχεδιασμός στην **Εικ.31** έχει μία κεντρική βίδα (bolt) που σφίγγει μαζί με τη σύνδεση τριβής. Δεν έχει παρουσιαστεί κανένα πρόβλημα με αυτόν το σχεδιασμό. Εκτός απ' αυτό, έχουμε βάλει λίπανση υπό πίεση στη συναρμολόγηση του άξονα για να αντιμετωπίσουμε περιπτώσεις φθοράς των ραβδώσεων για τον άξονα και το γρανάζι. Οι ραβδώσεις τώρα ενισχύονται.



*Εικ. 31: Άξονας προστασίας αντλίας, νέα συναρμολόγηση άξονα με κεντρική βίδα*



*Εικόνα 32: 7S50ME-C, κιβώτιο οδοντοτροχών για υδραυλικές αντλίες με κινητήρα*

### **Κιβώτιο οδοντοτροχών**

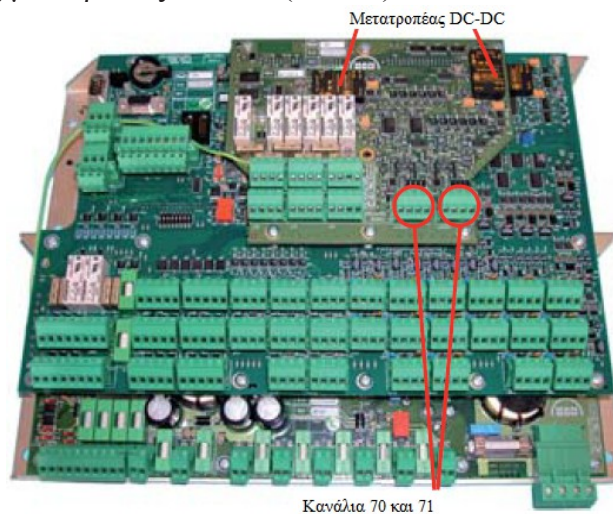
Η **Εικ.32** δείχνει ένα παράδειγμα ελέγχου του κιβωτίου οδοντοτροχών για τη μηχανοκίνητη αντλία μετά από 3.000 ώρες. Η κατάσταση του κιβωτίου ήταν εξαιρετική. Η μοναδική μετατροπή που προτάθηκε είναι η διόρθωση κεφαλής στην οδόντωση για να αποφευχθεί η αρχική λειτουργία στα σημεία όπου υπάρχει ζημία.

## Σύστημα ελέγχου μηχανής

### Πλακέτες ελέγχου γενικής χρήσης

Το σύστημα ελέγχου μηχανής ΜΕ αποτελείται από μία σειρά ρυθμιστών γενικής χρήσης (MPCs). Αυτές χρησιμοποιούνται γενικά σε μονάδες βοηθητικού ελέγχου (ACU), μονάδες ελέγχου κυλίνδρου (CCU), μονάδες ελέγχου κινητήρα (ECU) και μονάδες ελέγχου επιφάνειας κινητήρα (EICU) και είναι όμοιες από πλευράς υλικού. Μόλις συνδεθούν στη μεμονωμένη εφαρμογή (CCU, ACU, ECU or EICU), ο ρυθμιστής (MPC) θα φορτώσει λογισμικό ανάλογα με τη λειτουργικότητα που απαιτείται.

Στον ρυθμιστή (MPC), τα κανάλια 70 και 71 έχουν καταστραφεί σε κάποιες περιπτώσεις. Αυτό προκλήθηκε από λανθασμένα ή κυμαινόμενα σήματα στις εξόδους. Ως αποτέλεσμα, έγινε διάσπαση του πυκνωτή στους μετατροπείς DC-DC (Εικ.33).



Εικόνα 33: Πλακέτα MPC, αποτυχία καναλιών 70 και 71

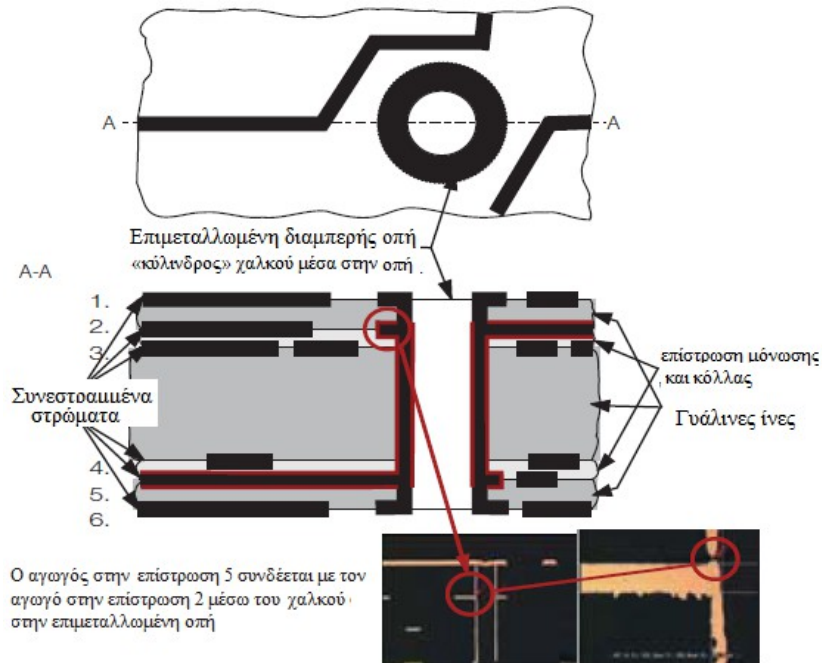
Αυτό είχε αποφασιστεί να γίνει όταν τα 24V ή υψηλότερα volt (θόρυβος, κτλ.) εφαρμόστηκαν ανάποδα στους ακροδέκτες 70 και 71 των καναλιών. Αρχικά, οι θυγατρικές πλακέτες ΑΟ-DO των ρυθμιστών σε παραγωγή βελτιώθηκαν με την εφαρμογή καταστολέων μεταβατικής τάσης (transorber) κατά μήκος των ακροδεκτών εξόδου. Στη συνέχεια η πλακέτα επανασχεδιάστηκε. Λόγω της χαμηλής ποιότητας ενός εξαρτήματος που χρησιμοποιήθηκε (καταστολέα μεταβατικής τάσης) στην πλακέτα φίλτρου ρεύματος του ρυθμιστή (MPC), Εικ.34, υπήρξε αποτυχία απομόνωσης.



Εικ. 34: Αποτυχία απομόνωσης πλακέτας ρυθμιστή πολλαπλών χρήσεων ( Power Filter Board)

Συγκεκριμένες καταστάσεις προκάλεσαν πολύ υψηλά «ρεύματα διαρροών» διαμέσου των καταστολέων. Οι κατασκευαστές των καταστολέων μπήκαν σε μαύρη λίστα και τοποθετήθηκαν καταστολείς από αξιόπιστους κατασκευαστές.

Αποτυχίες παραγωγής στις πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος προκάλεσαν διακοπτόμενη σύνδεση στα εσωτερικά στρώματα, **Εικ.35**.



Εικόνα 35: Πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος, στρώσεις ραγισμένου χαλκού

Το υλικό βάσης της πλακέτας τυπωμένου κυκλώματος αντικαταστάθηκε από ένα άλλο μικρότερου συντελεστή θερμικής διαστολής στην κατεύθυνση τομής. Επιπλέον, το πάχος του χάλκινου στρώματος στην επιμετάλλωση οπών αυξήθηκε για να ταιριάζει στις προδιαγραφές.

Έχουμε δει κυρτωμένα βύσματα στους συνδετήρες μεταξύ πλακετών τυπωμένου κυκλώματος.

Αυτό συνιστά αποτυχία παραγωγής και έχουν γίνει επιπλέον δοκιμές παραγωγής σε πλήρως εξοπλισμένες μονάδες για να τακτοποιηθούν οι εσφαλμένες μονάδες προς επισκευή.

Ένα γενικό πρόβλημα είναι ότι οι χαλαρές, αχρησιμοποίητες βίδες στους ακροδέκτες σε πλακέτες PCBs τοποθετημένες επάνω στη μηχανή φθάρθηκαν από δονήσεις, προκαλώντας εκπομπή μεταλλικής σκόνης στην περιοχή κοντά στον ακροδέκτη που ενέχει κίνδυνο βραχυκυκλώματος,

**Εικ.36**. Έχουν εκδοθεί οδηγίες που λένε ότι όλες οι βίδες, ακόμη και όσες δε χρησιμοποιούνται, πρέπει να σφίγγονται με κατσαβίδι ροπήs.



Εικόνα 36: PCB, μεταλλική σκόνη από χαλαρές (μη χρησιμοποιούμενες) βίδες

## **Κύριοι πίνακες χειρισμού (MOP)**

Η τωρινή εκτέλεση του συστήματος ελέγχου μηχανής ΜΕ αποτελείται από έναν κύριο πίνακα χειρισμού (MOP) που είναι ένας υπολογιστή βιομηχανικού τύπου με ενσωματωμένη οθόνη αφής απ' όπου ο μηχανικός μπορεί να εκτελεί εντολές της μηχανής, να ρυθμίζει παραμέτρους της μηχανής, να επιλέγει τους ρυθμούς λειτουργίας της μηχανής και να παρατηρεί την κατάσταση του συστήματος ελέγχου. Εκτός απ' αυτό, το σύστημα αποτελείται από έναν συμβατικό ναυτικά εγκεκρυμμένο υπολογιστή που είναι σε θέση εφεδρικής μονάδας του κύριου πίνακα χειρισμού.

Και οι δύο υπολογιστές παραδίδονται με το δικό τους εξατομικευμένο υπολογιστικού τύπου λειτουργικό σύστημα επεξεργασίας εικόνας προεγκατεστημένο. Κατά την εγκατάσταση και πριν τη δοκιμή και λειτουργία και οι δύο υπολογιστές φορτώνονται με το ίδιο λογισμικό εφαρμογών και το ίδιο λογισμικό παραμέτρων συγκεκριμένων εξαρτημάτων.

Λόγω της χρήσης συμβατικών υπολογιστών για την εφεδρική μονάδα, βλέπουμε πολύ συχνές αλλαγές μοντέλων για τη μονάδα αυτή. Σχετικά με την εισαγωγή αυτού του νέου μοντέλου είναι απαραίτητο να ετοιμάσουμε νέο λογισμικό εικόνων μαζί με την αναβάθμιση των χειριδίων. Αυτό δημιουργεί πολλά υλικοτεχνικά προβλήματα.

Για να διευκολυνθεί ο χειρισμός, η εγκατάσταση και η υποστήριξη των μηχανισμών σε λειτουργία για τον δικαιοπάροχο, τον δικαιодόχο, το ναυπηγείο και τον ιδιοκτήτη, θα εισάγουμε το ίδιο υλικό για την εφεδρική μονάδα με τον κύριο πίνακα χειρισμού. Ο υπολογιστής θα παραμείνει ως έχει για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα καθώς αποτελείται από ένα σύνολο κυκλωμάτων με εκτεταμένη υποστήριξη διάρκειας ζωής (λύσεις πλατφόρμας ηλεκτρονικού υπολογιστή). Η λύση αυτή θα αποτελείται από έναν ξεχωριστό υπολογιστή με ξεχωριστή οθόνη αφής. Η λύση αυτή είναι πιο ευέλικτη και θα πληροί τις διάφορες συγκεκριμένες προϋποθέσεις σχετικά με την τοποθέτηση και την εγκατάσταση. Για παράδειγμα, η οθόνη μπορεί είτε να είναι τοποθετημένη στην κονσόλα του θαλάμου ελέγχου, είτε εναλλακτικά σε μία προαιρετική καμπίνα για χρήση ως επιτράπεζιο υπολογιστή.

Ως αποτέλεσμα, η νέα σύνδεση, θα χρησιμοποιεί μόνο παροχή 24V. Μ' αυτό τον τρόπο, τα 110V αδιάλειπτης παροχής ισχύος μπορούν να παραληφθούν.

## **Δίκτυο**

Στα πλοία σε λειτουργία έχουν παρατηρηθεί συναγερμοί σχετικά με αποτυχία επικοινωνίας μεταξύ των μεμονωμένων κύριων πινάκων χειρισμού, λόγω προσωρινής υπερφόρτωσης του δικτύου. Η υπερφόρτωση δεν επηρέασε τη λειτουργία της μηχανής λόγω της εφεδρείας του συστήματος. Μία αναβαθμισμένη έκδοση λογισμικού έλυσε το πρόβλημα.

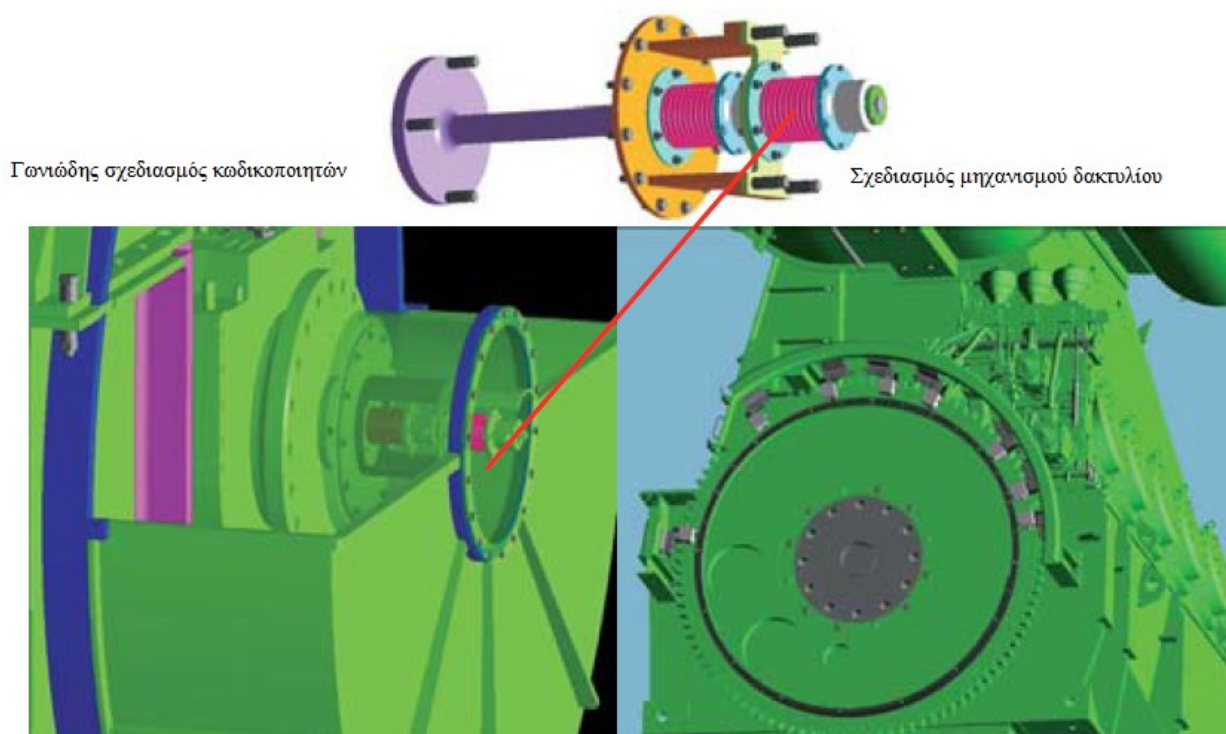
## **Κατάσταση συναγερμού**

Ένας τομέας ανησυχίας ήταν οι πολλοί και όχι σχετικοί συναγερμοί. Το αρχικό λογισμικό ελέγχου ΜΕ είχε περισσότερους λιγότερο σχετικούς συναγερμούς. Σε πολλές περιπτώσεις, οι συναγερμοί είχαν πολύ μικρή σημασία για την κατάσταση λειτουργίας της μηχανής και τα μέλη του πληρώματος χειρισμού δε μπορούσαν να κάνουν τίποτα για να το διορθώσουν. Τα προγράμματα και το λογισμικό ελέγχου αναβαθμίστηκαν και τροποποιήθηκαν για να εξαλείψουν τις λιγότερο σχετικές πληροφορίες.

## **Σύστημα ελέγχου στροφής**

Αρχικά, το σύστημα ελέγχου στροφής ΜΕ σχεδιάστηκε σύμφωνα με τα τμήματα κυκλώματος με μία ημιτονική καμπύλη κατατομής οδόντα τοποθετημένη επάνω στον τροχό περιστροφής. Όλο το ελατήριο πυροδότησης κατασκευάστηκε από 8 ίσα τμήματα. Τοποθετήθηκαν δύο εφεδρικά σετ αισθητήρων. Το αρχικό σύστημα ελέγχου στροφής είναι σχετικά ακριβό και το σύστημα κατανα-

λώνει χρόνο όσον αφορά τη δοκιμή σε θάλασσα. Σήμερα, το σύστημα προσδιορίζεται μόνο αν η ελεύθερη άκρη του άξονα καταλαμβάνει από άλλο εξοπλισμό όπως τη λήψη ισχύος. Το νέο σύστημα ελέγχου στροφής βασίζεται σε οπτικούς κωδικοποιητές με γωνίες εγκατεστημένους στην ελεύθερη άκρη του άξονα. Το σύστημα αυτό που αποτελείται από δύο εφεδρικούς κωδικοποιητές είναι πιο εύκολο στη ρύθμιση και την εγκατάσταση. Η **Εικ.37** απεικονίζει τα δύο συστήματα.



Εικόνα 37: Σύστημα ελέγχου στροφής, γωνιώδης σχεδιασμός κωδικοποιητή

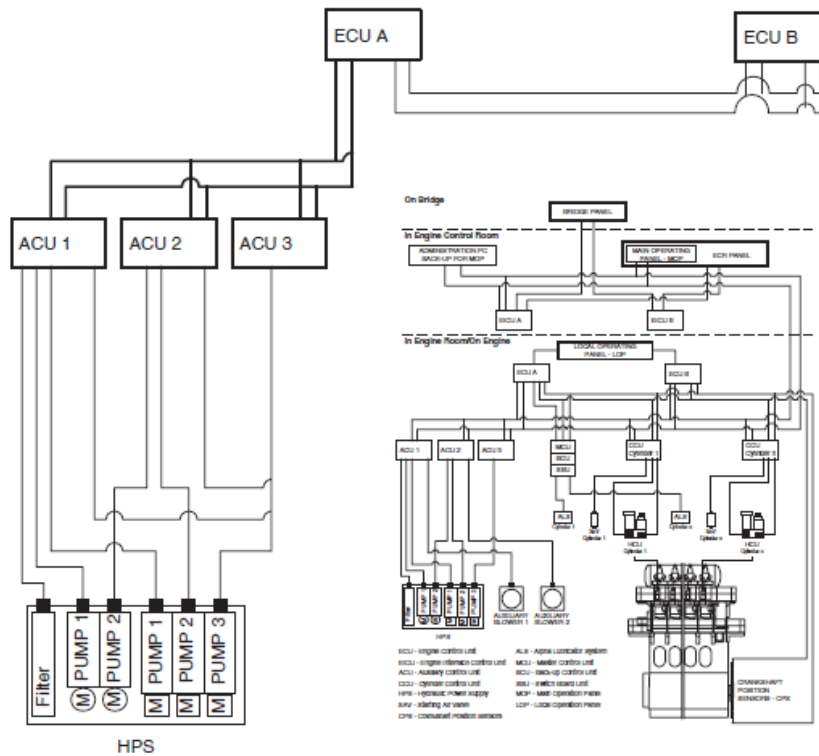
Όταν είναι σωστά ρυθμισμένα, και τα δύο συστήματα στροφής, σε γενικές γραμμές, έχουν προκαλέσει λίγες ανησυχίες. Ωστόσο, υπήρξε ένα γεγονός όπου ένας λανθασμένα εγκατεστημένος αποσβεστήρας Geislinger έπεσε από τους άξονες. Αυτό προκάλεσε ζημία και στους δύο γωνιακούς κωδικοποιητές και ταυτόχρονα οδήγησε σε «απώλεια δυνατότητας ελιγμών».

### Τεκμηρίωση συστήματος ΜΕ

Σε μία περίπτωση, η «απώλεια δυνατότητας ελιγμών» προκλήθηκε εν μέρει από έλλειψη ακριβούς τεκμηρίωσης/πληροφοριών. Αυτό διορθώθηκε με την αναβάθμιση του εγχειριδίου οδηγιών μας και με την τοποθέτηση δύο επιπλέον συναγερμών.

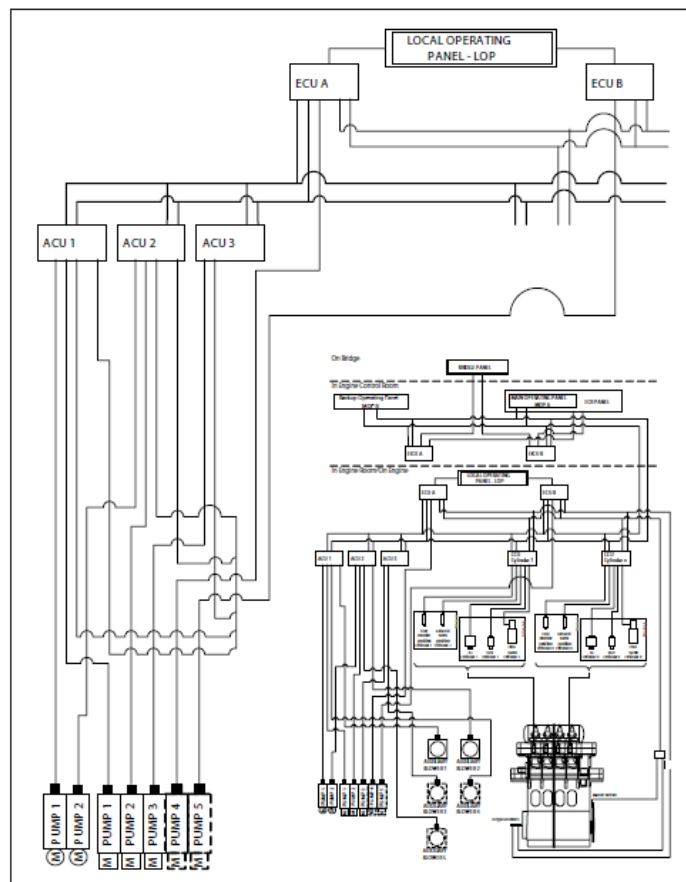
Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε το γεγονός αυτό, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την αρχή της εφεδρείας που εφαρμόζεται στο σύστημα ΜΕ. Η αρχή της εφεδρείας υπαγορεύει ότι καμία αποτυχία δεν πρέπει να σταματήσει τη μηχανή ή να παρεμποδίσει την περαιτέρω προώθηση. Ωστόσο, οι επιπτώσεις παραπάνω αποτυχιών δεν ορίζονται. Η αρχή αυτή είναι πλήρως αποδεκτή από νηογνώμονες.

Το περιστατικό συνέβη σε μηχανή ΜΕ με 4 υδραυλικές αντλίες με κινητήρα. Ο έλεγχος για μία από αυτές τις αντλίες χάθηκε. Όταν συνέβη αυτό, ο κυκλικά ταλαντευόμενος δίσκος για την εκτός ελέγχου αντλία πήγε στο «πρόσω ολοταχώς». Στην αρχική έκδοση του εγχειριδίου οδηγιών, φαίνεται ένα σύστημα που αποτελείται μόνο από τρεις αντλίες με κινητήρα, **Εικ.38**. Κάθε μία από τις αντλίες αυτές ελέγχεται από μία βοηθητική μονάδα ελέγχου. Ωστόσο, δεν περιγράφεται ο έλεγχος συστήματος με 4 ή περισσότερες αντλίες με κινητήρα.



Εικόνα 38: Σύστημα ME, διάγραμμα ελέγχου (αρχική έκδοση)

Στο ανανεωμένο εγχειρίδιο οδηγιών, φαίνεται ένα σύστημα που έχει έως 5 αντλίες με κινητήρα, **Εικ.39**. Διαπιστώνεται ότι αν οι αντλίες 4 και 5 υπάρχουν, ελέγχονται αντίστοιχα από τη μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου (MHE) A και τη μονάδα ηλεκτρονικού ελέγχου B.



Εικ. 39: Σύστημα ME, διάγραμμα ελέγχου (αναβαθμισμένη έκδοση)



Το περιστατικό που περιγράφεται παραπάνω εξερίχθηκε περαιτέρω καθώς το πλήρωμα αποφάσισε να αλλάξει τον έλεγχο της μηχανής από την ΜΗΕ Α και να αποσυναρμολογήσουν την ΜΗΕ Α. Σύμφωνα με τις ανανεωμένες οδηγίες, ο έλεγχος αντλίας για την αντλία νούμερο 4 χάθηκε. Στη συνέχεια η αντλία νούμερο 4 μπαίνει σε καθεστώς «πρόσω ολοταχώς» και η ανάποδη λειτουργία δεν είναι πλέον εφικτή.

Εξαιτίας του παραπάνω περιστατικού, εκτός από την αναβάθμιση του εγχειριδίου οδηγιών, έχουμε προσθέσει δύο συναγερμούς:

1. Συναγερμό για «Αποτυχία Αντλίας» σε περίπτωση που σταματήσει να λειτουργεί η εφεδρική μονάδα ελέγχου ή μία αντλία που ελέγχει τη μονάδα ελέγχου μηχανής.
2. Συναγερμός για «Ανύπαρκτη Ικανότητα Ελιγμών» αν δύο ή περισσότερες αντλίες σταματήσουν να λειτουργούν.

Εφόσον το πλήρωμα έχει ενημερωθεί για τις παραπάνω βελτιώσεις, παρόμοια περιστατικά θα αποφευχθούν στο μέλλον.

## **Σύστημα λίπανσης Alpha**

Η μηχανή ΜΕ έχει το πλεονέκτημα ενός ενσωματωμένου συστήματος λίπανσης Alpha, το οποίο χρησιμοποιεί το υδραυλικό καύσιμο ως μέσο για την ενεργοποίηση των κύριων εμβόλων στους λιπαντήρες. Έτσι, ένα ξεχωριστό αντλιοστάσιο και έλεγχος αντλίας δεν είναι απαραίτητα συγκριτικά με την αντίστοιχη μηχανή ΜC.

Οι περισσότερες μηχανές ΜΕ που είναι σε κυκλοφορία χρησιμοποιούν αυτό το σύστημα και σε γενικές γραμμές, η εμπειρία υπήρξε πολύ καλή, με χαμηλό χιτώνιο κυλίνδρου και ποσοστά φθοράς ελατηρίου εμβόλου που δίνουν υποσχόμενες προσδοκίες για μεγάλα διαστήματα μεταξύ των επισκευών.

Σε συγκεκριμένες μηχανές τύπου S50ME-C, έχουμε δει πολλά προβλήματα στους οδόντες υπό τη μορφή σπασμένων εμβόλων λιπαντήρα όπως επίσης και ζημία στο κύριο έμβολο ενεργοποιητή.

Για να εξομαλυνθούν αυτά τα προβλήματα, ένας δεύτερος σχεδιασμός των εμβολέων και των κύριων εμβόλων έχει εισαχθεί στους λιπαντήρες Alpha.

Έχει μπει ένα καινούριο έμβολο ενεργοποιητή με ενισχυμένο δίσκο χωρίς ωπές και αποσβεστήρα, μαζί με ένα νέο περιοριστή διαδρομής. Η σωληνοειδής βαλβίδα έχει επίσης τροποποιηθεί με την εισαγωγή ενός στομίου απόσβεσης για τη μείωση των υδραυλικών επιπτώσεων, που προηγουμένως επηρέαζαν τα προβλήματα που παρατηρήσαμε.

Επιπλέον, έχουν τοποθετηθεί ατσάλινα διαχωριστικά κάτω από το ελατήριο επαναφοράς για να αποφευχθεί το αποτέλεσμα στροφής που δημιουργείται από τη συμπίεση του ελατηρίου και μ' αυτό τον τρόπο επηρεάζει την ευθυγράμμιση των μικρών εμβολέων.

Σε περίπτωση χαμηλής θερμοκρασίας του μηχανοστασίου, ίσως είναι δύσκολο να μείνει η θερμοκρασία του λιπαντικού κυλίνδρου στους 45°C στον λιπαντήρα Alpha της μηχανής ΜΕ που βρίσκεται στην υδραυλική μονάδα κυλίνδρου.

Για το λόγο αυτό, έχουμε τοποθετήσει μόνωση και ηλεκτρική θέρμανση του σωλήνα λιπαντικού κυλίνδρου από τη μικρή δεξαμενή στο πλοίο και από τον κύριο σωλήνα λιπαντικού κυλίνδρου στη μηχανή.

## **Εμπειρία λειτουργίας μηχανής ΜΕ– Περίληψη**

Τα σχόλια που παρουσιάζονται σ' αυτό το εγχειρίδιο είναι όλα βασισμένα σε πραγματικές πληροφορίες (feedback) από τις εμπειρίες ιδιοκτητών και πληρωμάτων караβιών.

Όλα τα προβλήματα αντιμετωπίζονται αμέσως όταν εμφανίζονται, για να ελέγξουν και να περιορίσουν αμέσως πιθανά προβλήματα.

Ορισμένα σημεία από το θετικό feedback που λάβαμε, σε μορφή αναφορών από τα πλήρωματα χειρισμού συνοψίζονται παρακάτω:

- Μηχανές αυτού του τύπου επιτρέπουν σημαντική εξοικονόμηση καυσίμου και λιπαντικού κυλίνδρου
- Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της μηχανής επιτρέπει την επιτήρηση πρακτικά όλων των διαδικασιών χειρισμού, όπως διαχείριση λιπαντήρα, έλεγχος κατανάλωσης λιπαντικού καυσίμου, κατανομή φορτίου στους κυλίνδρους, διακοπή τροφοδοσίας κυλίνδρου σε περίπτωση δυσλειτουργίας χωρίς διακοπή της κύριας μηχανής.
- Παρατηρείται σημαντικά μειωμένη ποσότητα αποθεμάτων καυσίμου από την καύση στα κουτιά εξόδου αέρα και στον οικονομοτήρα εκπομπής καυσαερίων
- Το σύστημα παρέχει περισσότερες επιλογές για ρύθμιση της μηχανής
- Παρά την πολυπλοκότητά του, το σύστημα διαχωρίζεται από συγκεκριμένες μονάδες, επιτρέποντας μ' αυτόν τον τρόπο στο πλήρωμα να εντοπίσει μία ελαττωματική μονάδα.
- Δε χρειάζεται σημαντική τακτική συντήρηση για τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.
- Ο σχεδιασμός των μονάδων επιτρέπει εύκολη και γρήγορη αντικατάσταση
- Τα τμήματα και οι μονάδες ελέγχου του συστήματος έχουν μία ενσωματωμένη κεντρική μονάδα επεξεργασίας που διασφαλίζει συνεχή αυτοπαρακολούθηση της τεχνικής κατάστασης και σημάνει συναγεργμός στο πλήρωμα σε περίπτωση ανωμαλιών.
- Η επικοινωνία μεταξύ των χειριστών στους 3 σταθμούς τηλεελέγχου, π.χ. στη γέφυρα, στη δεξιά πτέρυγα, στο μηχανοστάσιο, και στις μονάδες ελέγχου του συστήματος επηρεάζεται από ένα ειδικά βιομηχανικό δίκτυο που μειώνει τον αριθμό των συρμάτων που χρειάζεται για τη μεταφορά δεδομένων, δηλαδή βελτιώνεται η αξιοπιστία.

Θεωρούνται τα παραπάνω ως απόδειξη ότι οι μηχανές ME κερδίζουν έδαφος στην αγορά και παρουσιάζουν σαφέστατα λειτουργικά πλεονεκτήματα σε ιδιοκτήτες και πλήρωμα.

## **Κεφάλαιο Π**

### **Έλεγχος Εκπομπών Ρύπων**

# ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΡΥΠΩΝ

## Βασικές μέθοδοι

### Βαλβίδα καυσίμου, βελτιστοποίηση ακροφυσίου και έλεγχος πραγματικού χρόνου

Όταν οι μηχανές παραδίδονται από τον κατασκευαστή, είναι έτοιμες, εκτός αν έχει οριστεί διαφορετικά, να συμμορφώνονται με την καμπύλη οριακών τιμών οξειδίων αζώτου που έχει θέσει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός. Αυτό επιτυγχάνεται με βαλβίδες και ακροφύσια έγχυσης καυσίμου βελτιστοποιημένης εκπομπής και, αν είναι απαραίτητο, με μία μικρή καθυστέρηση στην έγχυση καυσίμου. Για τις βαλβίδες καυσίμου, οι επιδρώντες παράγοντες είναι ο αριθμός και το μέγεθος των οπών ψεκασμού, ενώ για τον έλεγχο υδρογονανθράκων και σωματιδίων, οι επιδρώντες παράγοντες είναι ο σχεδιασμός βαλβίδας και συγκεκριμένα, ο όγκος υγρού (sac volume), που θα εξηγηθεί παρακάτω. Η συμμόρφωση με τους κανόνες του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού απαιτεί μικρή ή καθόλου αύξηση στην ειδική κατανάλωση καυσίμου για κάποιες μηχανές. Για το λόγο αυτό, η ανοχή κατανάλωσης καυσίμου έχει αλλάξει για μηχανές που συμμορφώνονται με τους κανόνες του ΔΝΟ από 3 σε 5%. Οι τεχνολογικές εξελίξεις της τελευταίας δεκαετίας κατέστησαν δυνατή την εμπορική κυκλοφορία της μηχανής που αποκαλούνταν «ηλεκτρονική μηχανή». Στο χαρτοφυλάκιο μηχανών της MAN B&W Diesel, η έννοια αυτή ονομάστηκε ME/ME-C αποτελούμενη από ένα εύρος μηχανών χαμηλής ταχύτητας με την ίδια διάμετρο κυλίνδρου, τη διαδρομή εμβόλου και τις παραμέτρους διαδικασίας, όπως των αντίστοιχων μηχανών MC/MC-C. Η σειρά “E” περιέχει μηχανές με συνεχή online έλεγχο του χρόνου της έγχυσης καυσίμου και βαλβίδα εξαγωγής που ανοίγει και κλείνει, με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ελέγχου που δρα μέσα από μία υψηλής πίεσης διεπιφάνεια υδραυλικού καυσίμου. Γι’ αυτό, τέτοιου είδους μηχανές δεν έχουν συμβατικό εκκεντροφόρο. Η μηχανή ME-C φαίνεται στην **Εικ.1**



Εικ.1 Σύστημα ελέγχου μηχανής S70ME-C

Τα λειτουργικά πλεονεκτήματα αναφέρονται στην **Πίν.2** και ιδιαίτερα σημαντικό, από πλευράς εκπομπών είναι ότι ο online έλεγχος πραγματικού χρόνου επιτρέπει καλύτερο έλεγχο οξειδίων του αζώτου σε μεγαλύτερο εύρος φορτίου, χαμηλότερο μερικό φορτίο ειδικής κατανάλωσης καυσίμου και εκπομπών αιθάλης. Το επόμενο βήμα στον έλεγχο εκπομπών από το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό αναμένεται να συμπεριλαμβάνει μία επιπλέον μείωση 30% από τα τωρινά όρια του ΔΝΟ του Παραρτήματος VI. Η μηχανή ME/ME-C έχει ήδη φτάσει αυτό το στόχο που είναι μέσα στο εύρος του ηλεκτρονικού ελέγχου, βλ. **Εικ.3**. Αυτό συνεπάγεται επίσης πιο σταθερή λειτουργία, ιδιαίτερα σε χαμηλό φορτίο.

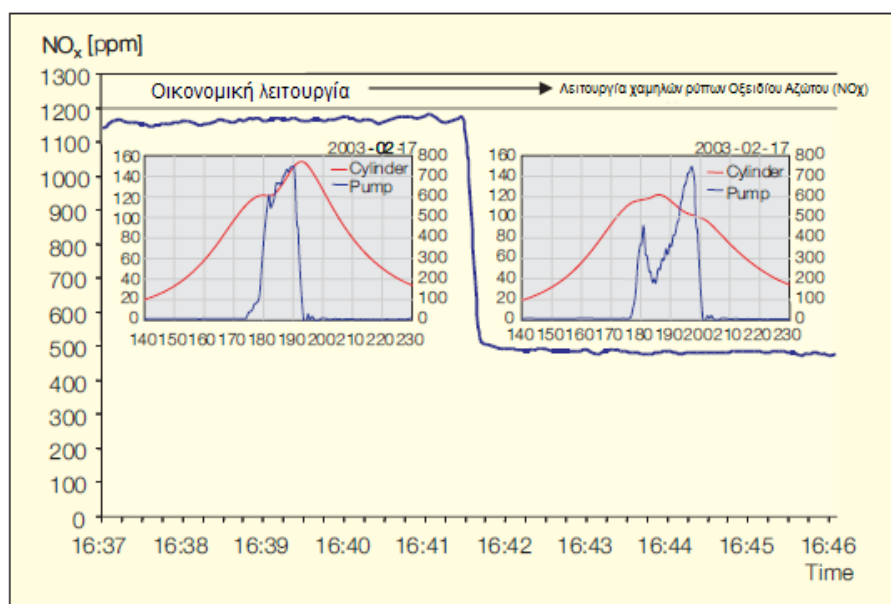
Τα οφέλη λαμβάνονται κυρίως στον έλεγχο της έγχυσης καυσίμου, όπου το σύστημα, με μεμονωμένα ελεγχόμενες αντλίες καυσίμου με ενεργοποίηση υδραυλικού καυσίμου, επιτρέπει βελτιστοποιημένο ρυθμό έγχυσης καυσίμου («ελεύθερη») που διαμορφώνεται σε κάθε φορτίο. Στη συνέχεια, η πίεση έγχυσης καυσίμου και, επομένως, η ένταση της έγχυσης είναι μία ρυθμιζόμενη παράμετρος, αντίθετη με τις μηχανικά ελεγχόμενες μηχανές.

Ο ανεξάρτητα ελεγχόμενος χρόνος της βαλβίδας εξαγωγής προσθέτει στα πλεονεκτήματα διασφαλίζοντας μία πιο βελτιστοποιημένη παροχή αέρα στους κυλίνδρους σε κάθε κατάσταση φορτίου.

Οι μηχανές ME/ME-C κερδίζουν τώρα έδαφος στην αγορά και σχεδόν όλοι οι τύποι μηχανών παρουσιάζονται στη λίστα αναφοράς και η πρώτη μηχανή στη θάλασσα που ενσωμάτωσε αυτή την αρχή, με εξαιρετικά αποτελέσματα, κατέγραψε περισσότερες από 8.000 ώρες στο πλοίο, το νορβηγικό δεξαμενόπλοιο M/V Bow Cecil, που είναι ιδιοκτησία της Odfjell.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλά τεκμηριωμένος τρόπος παραδοσιακής έγχυσης καυσίμου και τεχνολογίας</li> <li>• με αυξημένο ρυθμό έγχυσης κατά την περίοδο έγχυσης</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεταβλητός, ηλεκτρονικά ελεγχόμενος χρόνος έγχυσης και βαλβίδες εξαγωγής για χαμηλότερη ειδική κατανάλωση και καλύτερες παραμέτρους απόδοσης</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το σύστημα ελέγχου προσφέρει ακριβέστερη χρονομέτρηση και μ' αυτό τον τρόπο καλύτερη ισορροπία μηχανής και λιγότερο θόρυβο με εξισορροπημένο θερμικό φορτίο μέσα και ανάμεσα στους κυλίνδρους, ελαττώνοντας τον κίνδυνο πρόωρης ανάγκης επιδιόρθωσης.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λιγότερες στροφές ανά λεπτό κινητήρα για ελιγμό</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλύτερη ανάποδη απόδοση και απόδοση ακινητοποίησης</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βελτιωμένα χαρακτηριστικά εκπομπής, για παράδειγμα χαμηλότερες τιμές οξειδίων του αζώτου και καπνού σε κάθε φορτίο</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Σύστημα που περιέχει παρακολούθηση απόδοσης για μεγαλύτερο διάστημα μεταξύ επισκευών</li> </ul>

Πίνακας 2: Πλεονεκτήματα μηχανών ME



Εικ. 3: Παρουσίαση αλλαγής λειτουργίας (από λειτουργία εξοικονόμησης σε λειτουργία χαμηλών οξειδίων αζώτου) σε μηχανή 7S50ME-C και σε φορτίο 75%

## Αξιολόγηση καπνού

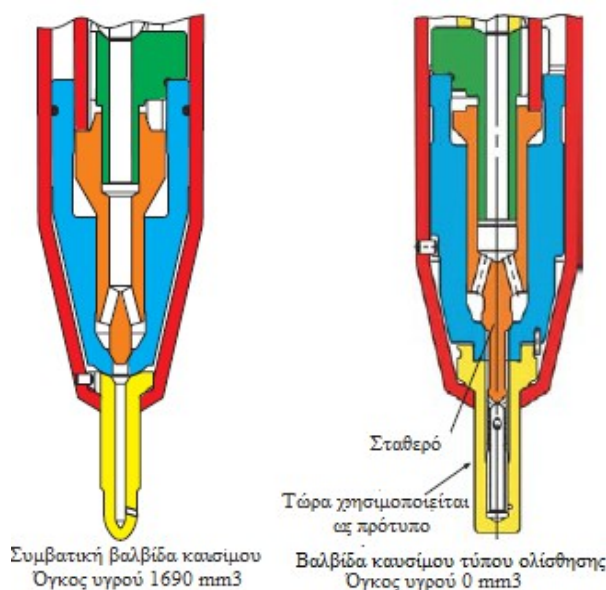
Ένα παραδοσιακό μέτρο της ποιότητας καύσης και ένας παραδοσιακός τρόπος προσδιορισμού της «εκπομπής» είναι να κοιτάξουμε ή να μετρήσουμε την ένταση του καπνού. Η στήλη διαφυγής βαλβίδας εξαγωγής, όταν φεύγει από την κορυφή της στοίβας, μπορεί να είναι ορατή για διάφορους λόγους, π.χ. λόγω της περιεκτικότητάς της σε αιρούμενα σωματίδια και διοξείδιο του αζώτου, νιτρικό οξύ (κίτρινο/καφέ αέριο) ή συμπυκνωμένων υδρατμών. Ακόμα κι αν μπορεί να επιχειρηματολογήσει κάποιος ότι τα συστατικά αυτά υπόκεινται σε ξεχωριστή νομοθεσία (οξείδια αζώτου, αιρούμενα σωματίδια) ή δεν είναι βλαβερές, είναι γεγονός ότι τα όρια καπνού ή/και αδιαφάνειας εφαρμόζονται παραδοσιακά σε συγκεκριμένες χώρες, π.χ. στις ΗΠΑ.

Δυστυχώς, οι μέθοδοι υπολογισμού καπνού και αδιαφάνειας διαφέρουν και τα σχήματα που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους δεν είναι απαραίτητα συγκρίσιμες. Όταν έχουμε υπόψη μας τις ορατές εκπομπές, πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας ότι όσο πιο μεγάλη είναι η μηχανή, τόσο πιο πιθανό είναι η διαφυγή βαλβίδας εξαγωγής να είναι ορατή. Αυτό γίνεται γιατί, για κάθε Αριθμός Καπνού Bosch (τιμή), όσο πιο μεγάλη η διάμετρος απορρόφησης, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα φωτός θα απορροφά. Για παράδειγμα, μία τιμή καπνού Bosch 1 θα σημαίνει σχεδόν άορατο αέριο εξαγωγής από μία μηχανή φορτηγού, αλλά ορατό αέριο εξαγωγής από μία μεγάλη, χαμηλής ταχύτητας μηχανή.

Σε μεταβατικό φορτίο και σε χαμηλό φορτίο, ο καπνός συχνά είναι ορατός, αλλά οι κανονικές τιμές καπνού για τις πιο πρόσφατες μηχανές MAN B&W είναι τόσο χαμηλές που η στήλη διαφυγής θα είναι άορατη, εκτός αν οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί στη στήλη παράγουν ένα γκρι ή άσπρο χρώμα. Ωστόσο, το νιτρικό οξύ μπορεί να δώσει στη στήλη μία κιτρινοειδή εμφάνιση. Όπως αναφέρθηκε, ο καπνός από χαμηλό και μεταβατικό φορτίο θα εξαφανιστεί σε ηλεκτρονικά ελεγχόμενες μηχανές.

## Υδρογονάνθρακες (και ίχνη οξονιδίου)

Κατά τη διαδικασία καύσης, ένα πολύ μικρό μέρος των υδρογονανθράκων θα φύγουν χωρίς να έχουν καεί και άλλοι θα δημιουργηθούν άλλοι. Αυτοί αναφέρονται ως άκαυστοι υδρογονάνθρακες και συνήθως αναφέρονται σε σχέση με το αντίστοιχο περιεχόμενο μεθανίου. Το περιεχόμενο υδρογονανθράκων στο αέριο εξαγωγής από μεγάλες μηχανές ντίζελ εξαρτάται από το είδος του καυσίμου, τη ρύθμιση και το σχεδιασμό της μηχανής. Μειωμένη ποσότητα υγρού στις βαλβίδες καυσίμου έχει μειώσει κατά πολύ τις εκπομπές υδρογονανθράκων. Ο όγκος υγρού είναι ο κενός χώρος στην κάτω μεριά της βαλβίδας καυσίμου του χώρου που κλείνει, όπως φαίνεται στην **Εικ. 4**.

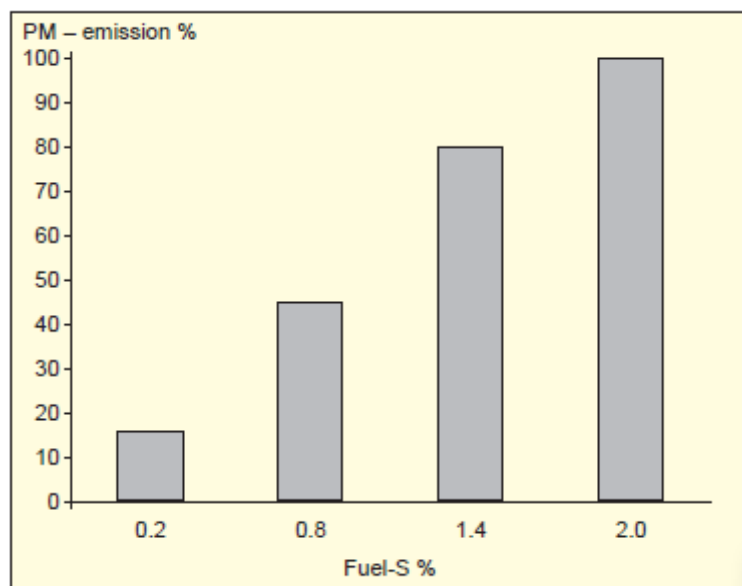


Εικ.4 Βαλβίδες καυσίμου για μηχανή K98MC

Όπως φαίνεται από τις μετρήσεις, ο σχεδιασμός βαλβίδας ολίσθησης καυσίμου έχει αντίκτυπο στους υδρογονάνθρακες και στα αιωρούμενα σωματίδια. Για συμμόρφωση με τους κανόνες του ΔΝΟ, χρησιμοποιήθηκαν ακροφύσια χαμηλού οξειδίου αζώτου. Για έλεγχο υδρογονανθράκων και αιωρούμενων σωματιδίων γενικά, χρησιμοποιούνται βαλβίδες ολίσθησης καυσίμου. Οι πιο πρόσφατες βαλβίδες χρησιμοποιούν μηδενικό όγκο υγρού και χαμηλό ρυθμό ψεκασμού οξειδίων αζώτου, βλ. **Εικ.4**. Είναι καλό να αναφερθεί ότι ο κανονισμός για τα οξείδια αζώτου του ΔΝΟ, όταν κυρώθηκε, δεν έχει ισχύ για καράβια όπου η τοποθέτηση τροπίδων έγινε πριν τον Ιανουάριο του 2000.

#### **Περιεκτικότητα σε θείο στα καύσιμα και αιωρούμενα σωματίδια στο αέριο εξαγωγής**

Η περιεκτικότητα σε θείο του πετρελαίου εξωτερικής καύσης είχε μεγάλο αντίκτυπο στο επίπεδο σωματιδίων στο αέριο εξαγωγής. Ο ΔΝΟ πρότεινε περιορισμό στο ποσοστό θείου σε 1,5% σε ειδικές περιοχές όπως η Βόρεια Θάλασσα και η Βαλτική στη βόρεια Ευρώπη και τοπικοί ναυτικοί κανόνες εκπομπών, για παράδειγμα στη Σουηδία και τη Νορβηγία, στοχεύουν στη σημαντική μείωση εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων (βλ. επίσης κεφάλαιο σχετικά με τους τοπικούς, ναυτικούς κανόνες). Δοκιμές και ανάλυση του αερίου εξαγωγής έχουν δείξει ότι βαρύ καύσιμο υψηλής περιεκτικότητας σε θείο μπορεί να δώσει πολλές φορές υψηλότερο επίπεδο σωματιδίων, αν η μηχανή λειτουργεί με πετρέλαιο εσωτερικής καύσης. Ένα μεγάλο μέρος της διαφοράς μεταξύ βαρέος καυσίμου και καυσίμου ντίζελ σχετίζεται με το θείο, το οποίο μαζί με το νερό διαμορφώνει αιωρούμενα σωματίδια. Αυτό φαίνεται στην **Εικ.5**.



Εικ. 5 Εκπομπή σωματιδίων ως λειτουργία βαλβίδας καυσίμου – 7S50MC-C

Αντίστοιχα, μακροχρόνια χρήση καυσίμων χαμηλότερης από το μέσο όρο περιεκτικότητας σε θείο, σε αντίθεση με τις κανονικές ναυτικές εφαρμογές, απαιτούν χρήση χαμηλότερου βασικού αριθμού λιπαντικού λαδιού για να μην υπάρξει υπερβολική δόση πρόσθετων καυσίμων παραγόμενων από αποθέσεις στο θάλαμο καυσίμου. Αυτό είναι ιδιαίτερα συναφές με μηχανές που λειτουργούσαν συνεχώς σε υψηλό φορτίο έχοντας λιγότερη ανάγκη για εξουδετέρωση οξειδίων του θείου στην επιφάνεια του χιτωνίου λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

Έχει διαπιστωθεί ότι συγκεκριμένο επίπεδο ελεγχόμενης διάβρωσης αυξάνει τη λίπανση, με την έννοια ότι η διάβρωση δημιουργεί μικρές «θήκες» στην επιφάνεια λειτουργίας του χιτωνίου κυλίνδρου από το οποίο δημιουργείται υδροδυναμική λίπανση από το καύσιμο στη θήκη. Η εναλλακτική λύση, η μη διάβρωση, θα οδηγούσε σε λείανση οπών και κατά συνέπεια, θα εμπόδιζε τη δημιουργία του απαραίτητου φιλμ λαδιού στην επιφάνεια του χιτωνίου, καταλήγοντας σε ταχύτατη φθορά. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται επίσης σε κορμούς εμβολοφόρων κινητήρων όπου η

λείανση οπής της επιφάνειας χιτωνίου κυλίνδρου εμποδίζει τη λειτουργία ελατηρίων εμβόλου λαδιού και οδηγεί σε ραγδαία κατανάλωση λιπαντικού λαδιού λόγω της ανοιχτής πρόσβασης στο λάδι κινητήρα. Ο έλεγχος διάβρωσης – διάβρωση που δε μπορεί να αποφευχθεί – είναι επομένως σημαντικός και η ρύθμιση του βασικού αριθμού στην περιεκτικότητα θείου του πετρελαίου εξωτερικής καύσης είναι απαραίτητη ιδιαίτερα σε σταθερούς κινητήρες υψηλού φορτίου.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ασχέτως αν η περιεκτικότητα σε θείο είναι υψηλή ή χαμηλή, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μηχανές χαμηλής ταχύτητας είναι συνήθως βαρέα καύσιμα χαμηλής ποιότητας. Επομένως, τα λιπαντικά κυλίνδρου πρέπει να έχουν πλήρη χωρητικότητα σχετικά με τον καθαρισμό και την αραίωση, άσχετα από τον βασικό αριθμό που καθορίστηκε. Αυτή είναι μία τεχνολογία που μόλις αναπτύχθηκε και τώρα τελειοποιείται από αξιόπιστους προμηθευτές λιπαντικού λαδιού που μπορούν να ταιριάξουν μεμονωμένα ένα λιπαντικό λαδιού κυλίνδρου με το αντίστοιχο καύσιμο.

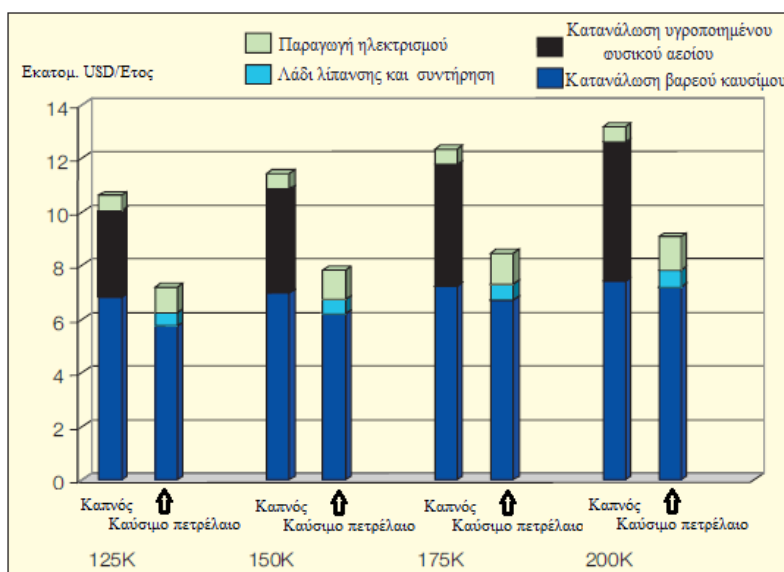
### Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)

Ο έλεγχος εκπομπών έχει γίνει η πιο σημαντική κινητήρια δύναμη ανάπτυξης. Συνεπώς αυτός είναι ένας τομέας στον οποίο γίνεται μεγάλη προσπάθεια ανάπτυξης. Αυτό δίνει έμφαση και στον έλεγχο οξειδίων αζώτου, στον περιορισμό οξειδίου του θείου, στον έλεγχο αιωρούμενων σωματιδίων και, σε μεγαλύτερο βαθμό, στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, όπου το τελευταίο εκφράζει θερμική απόδοση.

Το επονομαζόμενο φαινόμενο του θερμοκηπίου συζητάται ευρέως και η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αντιμετωπίζεται με ανησυχία. Σε κάθε περίπτωση, η μηχανή ντίζελ χαμηλής ταχύτητας είναι θερμική μηχανή διαθέσιμη για προώθηση πλοίου με τη χαμηλότερη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό είναι δυνατό απλά λόγω της υψηλής θερμικής απόδοσης.

Ένας (μόνο) τομέας εφαρμογής στον οποίο η βιομηχανία δεν έχει ακόμη εκμεταλλευτεί τη θερμική απόδοση των χαμηλών ταχυτήτων ντίζελ είναι για την προώθηση πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Ο ρυθμός ατμοποίησης των συστημάτων ψεκασμού των σύγχρονων πλοίων είναι τόσο χαμηλός ώστε το αέριο αυτό, όταν καίγεται στον καυστήρα συνιστά μόνο το 30-50% της ενέργειας που καταναλώθηκε για την παραγωγή ατμού για τις τουρμπίνες. Το υπόλοιπο τροφοδοτείται ως βαρύ καύσιμο.

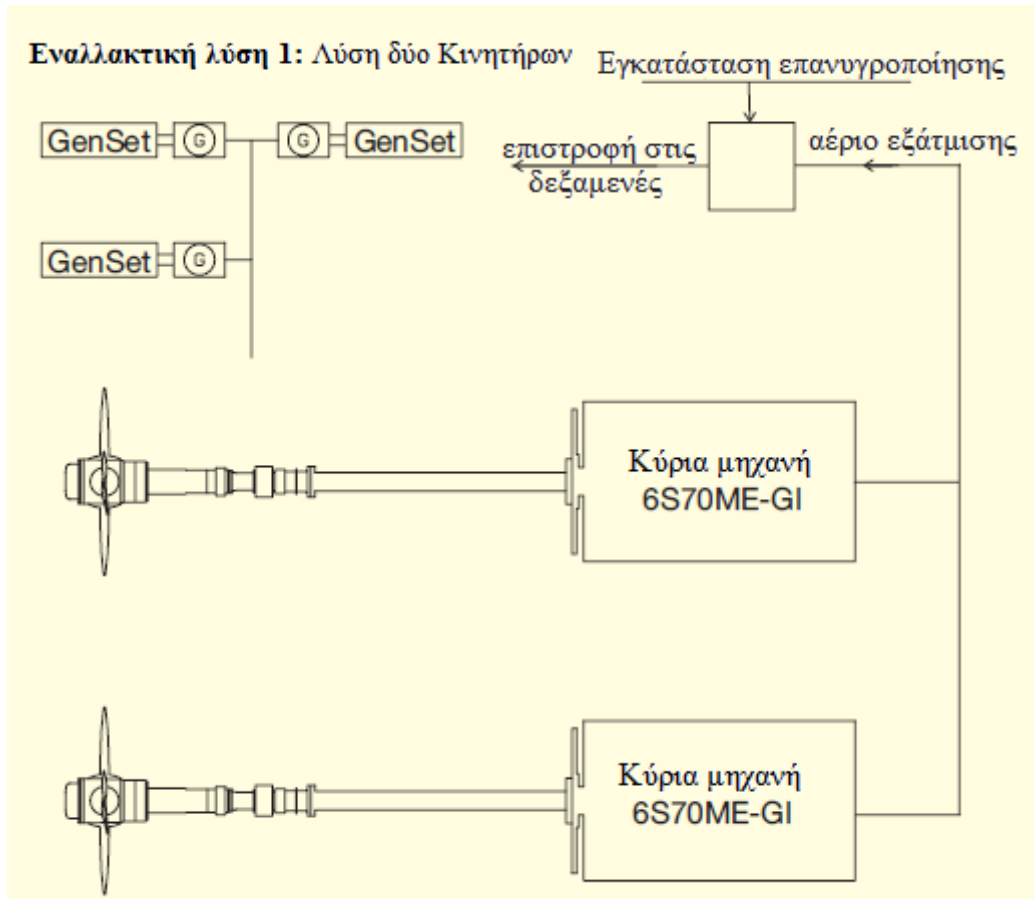
Με την επανυγροποίηση του αερίου εξάτιμησης και την επιστροφή του στις δεξαμενές και χρησιμοποιώντας κανονικό βαρύ καύσιμο που καίει χαμηλές ταχύτητες ντίζελ για προώθηση πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου καυσίμου, η εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα θα μπορούσε να μειωθεί έως και 30% και το επιστρεφόμενο αέριο να πωληθεί για 3.5 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ ανά πλοίο το χρόνο, όπως φαίνεται στην **Εικ.6**.



Εικ. 6: Λειτουργικά κόστη για πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου



Για να αποφευχθεί ακινητοποίηση για επισκευή της ντίτζελ, προτείνεται ένα σύστημα προώθησης πλήρως πλεοναστικό δίδυμης μηχανής όπως φαίνεται στην **Εικ.7**. Το αντίκτυπο στο περιβάλλον και η εξοικονόμηση πόρων οδηγούν τη βιομηχανία προς αυτή την κατεύθυνση. Το σύστημα σύνδεσης τουρμπίνας των δύο προτεινόμενων εναλλακτικών λύσεων μηχανής βελτιώνει την απόδοση των μονάδων χρησιμοποιώντας υπερσυμπιεσμένο αέρα από τον τροφοδότη τουρμπίνας για να παράγει ενέργεια στο πλέγμα πλοίου ή να την επιστρέψει στον άξονα της μηχανής ως μηχανική ενέργεια.



Εικ. 7 Συστήματα προώθησης πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου

Για πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, μία εναλλακτική για τις μηχανές που καίνε βαρύ καύσιμο είναι οι μηχανές διπλού καυσίμου ME-GI, όπου το GI σημαίνει «έγχυση αερίου» (gas injection). Αν η τιμή του αερίου θεωρείται ότι είναι λιγότερης αξίας απ' ό,τι το βαρύ καύσιμο ή το ντίτζελ που χρησιμοποιεί μια μηχανή καύσεως βαρέως καυσίμου, μπορεί να γίνει εγκατάσταση μίας μηχανής ME-GI αντί να καίγεται το αέριο εξάτμισης.

Η αναλογία μεταξύ βαρέως καυσίμου και αερίου εξάτμισης που χρησιμοποιείται είναι μεταβλητή σε φορτίο άνω του 30% και μπορεί, έτσι, να ρυθμιστεί στην πραγματική ποσότητα αερίου εξάτμισης που είναι διαθέσιμη.

## Δευτερεύουσες μέθοδοι

### Γαλακτοματοποίηση νερού – μείωση οξειδίων αζώτου κατά 20-50%

Ο μηχανισμός μείωσης των οξειδίων αζώτου που προκύπτει από την εισαγωγή νερού στο χώρο καύσης είναι ένας συνδυασμός του νερού που μειώνει τις μέγιστες υψηλές θερμοκρασίες στη διαδικασία καύσης λόγω της εξάτμισής του και του βελτιωμένου ψεκασμού του αερίου που προκύπτει, μειώνοντας έτσι την εκπομπή οξειδίων του αζώτου.

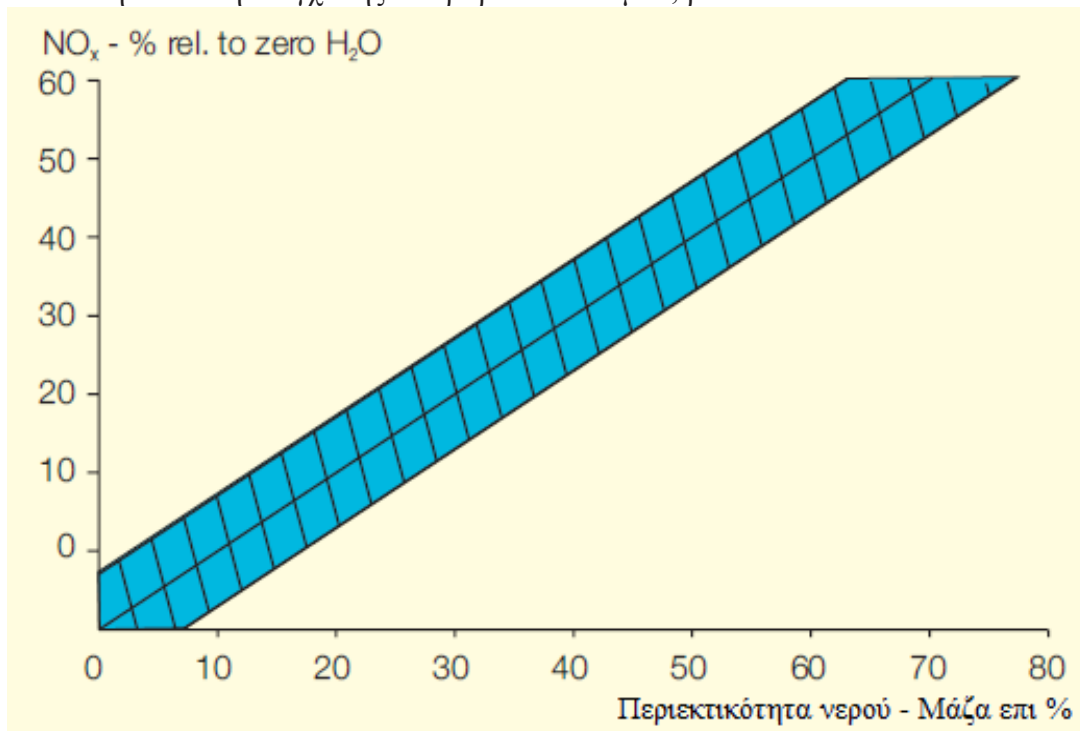
Στις αρχές του 1980, η MAN B&W Diesel έκανε δοκιμές χρησιμοποιώντας γαλάκτωμα νερού σε αέριο. Πριν απ' αυτό, ο γαλακτοματοποιητής χρησιμοποιούνταν κυρίως για ομογενοποίηση πετρελαίου εξωτερικής καύσης για να διασκορπιστεί η λάσπη και το νερό που έμειναν στο καύσιμο έπειτα από την φυγοκέντρωση.

Σχετικά με τις εκπομπές οξειδίων αζώτου, οι γαλακτοματοποιήσεις νερού έδειξαν σημαντική μείωση στην εκπομπή οξειδίων αζώτου με σχετικά περιορισμένη επιβάρυνση στην κατανάλωση πετρελαίου εξωτερικής καύσης. Από το 1984, είναι διαθέσιμη η μακροχρόνια εμπειρία λειτουργίας από τη μηχανή παραγωγής ενέργειας 7L90GSCA, που λειτουργούσε με 30% προσθήκη νερού, τηρώντας τους τοπικούς κανόνες.

Δοκιμές έγιναν επίσης στη μηχανή έρευνάς μας στην Κοπεγχάγη (1L42MC) και στο ισπανικό νησί Μινόρκα (10L67GBE-S) με ομογενοποιητές υπερηχητικού τύπου. Επιπλέον, έγιναν δοκιμές στη μηχανή 5S60MC με σχεδόν 50% προσθήκη νερού. Οι δοκιμές αυτές και τα αποτελέσματα

λειτουργίας είναι όλα ικανοποιητικά και από πλευράς μείωσης οξειδίων αζώτου και απόδοσης μηχανής.

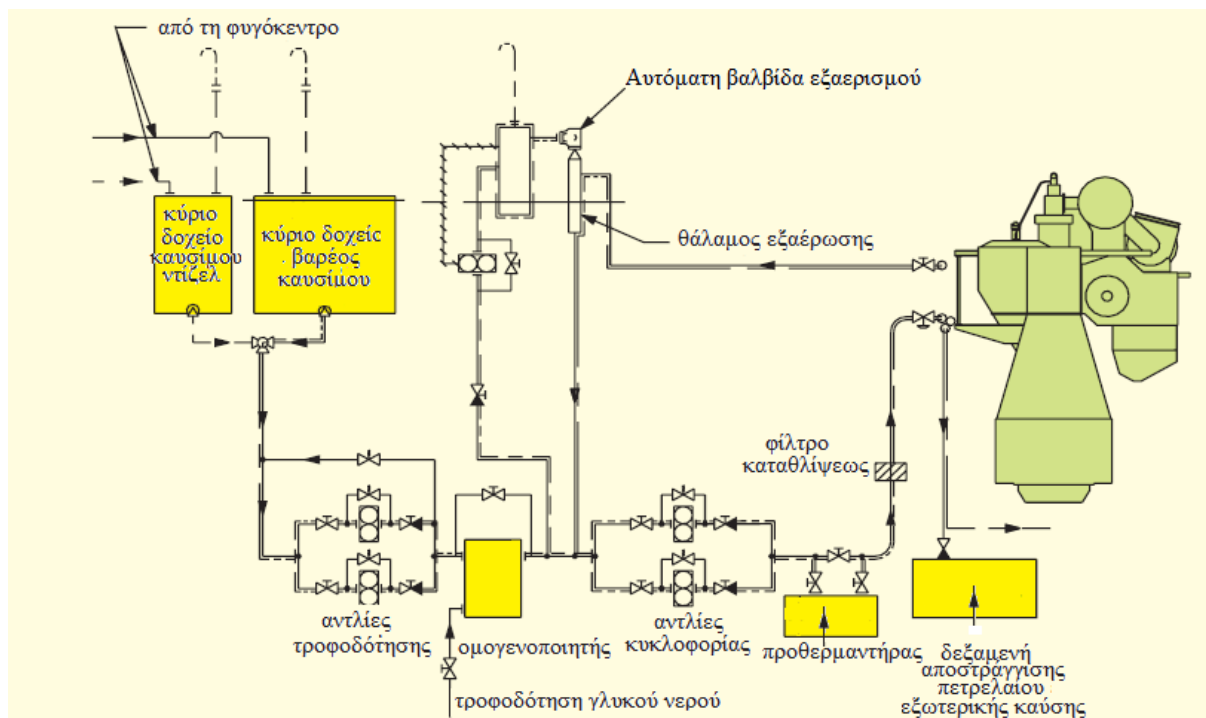
Επιπλέον, τα υπερηχητικά συστήματα ομογενοποίησης για σταθερά εξαρτήματα χρησιμοποιούνται στο νησί Γκούαμ. Η μείωση οξειδίων αζώτου είναι περίπου 50% με 50% προσθήκη ποσότητας νερού, δηλαδή το νερό αποτελεί 33,3% του συνολικού όγκου έγχυσης υγρού στη μηχανή. Η εμπειρία από τη δοκιμή και τη μετέπειτα χρήση καλύπτει πλήρως τις προσδοκίες σχετικά με τη μείωση οξειδίων αζώτου και λειτουργία των μονάδων. Για τη δίχρονη μηχανή, έχουμε διαπιστώσει 10% μείωση οξειδίων αζώτου για κάθε 10% νερού που προστίθεται. Οι ποσότητες νερού αναφέρονται στην ποσότητα έγχυσης του βαρέου καυσίμου, βλ. **Εικ.8**.



Εικ. 8: Τυπικές υπολογισμένες μειώσεις οξειδίων του αζώτου με τη χρήση γαλακτοματοποιημένων καυσίμων

Για να υπάρχει βέλτιστος ψεκασμός στο θάλαμο καύσης, προτείνεται οι πυρήνες συμπίκνωσης στο βαρύ καύσιμο μετά την γαλακτοματοποίηση να είναι το μέγιστο 5μm. Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές δείχνουν ότι αυτό είναι εύκολα εφικτό χρησιμοποιώντας τον υπερηχητικό τύπο, ενώ για τον πρώτο μηχανικό τύπο το υπολογισμένο μέγεθος ήταν επάνω από το προτεινόμενο όριο.

Αν η μηχανή είναι να λειτουργήσει με καύσιμο ντίζελ, ίσως είναι απαραίτητο να προσθέσουμε πρόσθετα για σταθεροποίηση των μέσων. Κάναμε δοκιμή σ' αυτό και σ' αυτή την περίπτωση η απόδοση ήταν καλή. Η τοποθεσία του ομογενοποιητή στο σύστημα καυσίμου φαίνεται στην **Εικ.9**.



Εικ. 9: Συμπιεσμένο σύστημα λιπαντικού καυσίμου με ομογενοποιητή

Η προσθήκη νερού στο βαρύ καύσιμο από την ομογενοποίηση αυξάνει το ιξώδες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 15. Για να παραμείνει το ιξώδες στην εισαγωγή μηχανής σε 10-15cSt, το μέγιστο 20cSt, ίσως είναι απαραίτητο να αυξήσουμε τη θερμοκρασία σε παραπάνω από 150 βαθμούς Κελσίου, που είναι το σημερινό πρότυπο (το μέγιστο 170 βαθμοί Κελσίου σε 50% νερό) και να αυξήσουμε την πίεση του κυκλώματος καυσίμου.

Ο εξωτερικός σωλήνας πετρελαίου καυσίμου ακολουθεί την πίεση 1<sup>ης</sup> τάξης της Germanischer Lloyd. Η πίεση της αντλίας τροφοδότησης μπορεί να αλλάξει από  $\Delta p = 9$  bar αντί στο τωρινό  $\Delta p = 4$  bar. Εσωτερικά της μηχανής ίσως χρειαστεί ένας πιο δυνατός ενεργοποιητής για τον κυβερνήτη, λόγω της υψηλότερης πίεσης τροφοδότησης καυσίμου.

Το νερό που χρησιμοποιείται για την γαλακτοματοποίηση πρέπει να είναι αποσταγμένο. Πρέπει να συμμορφώνεται με το μέγιστο όριο καυσίμων για άλατα (NaCl), γιατί το νάτριο μπορεί να αντιδράσει με το βανάδιο στο βαρύ καύσιμο ώστε τα σωματίδια/οι αποθέσεις του βαναδίου να συσσωρευτούν στους άξονες των βαλβίδων και στις έδρες βαλβίδων, καταλήγοντας σε διαρροές. Το νερό πρέπει να είναι χωρίς λοιπά άλατα και να είναι καθαρό ώστε η λειτουργία να μην καταλήξει σε ρύπανση των εγχυτήρων, συστατικών αερίου εξαγωγής και καυστήρων. Επομένως, για την παραγωγή νερού για την γαλακτοματοποίηση νερού, η πιο εμφανής πηγή στο πλοίο είναι το νερό από τη γεννήτρια γλυκού νερού.

Ως παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε ότι η θεωρητική ποσότητα νερού που μπορεί να παραχθεί από τη γεννήτρια γλυκού νερού για μία μηχανή 11K90MC που λειτουργεί σε 90% φορτίο MCR είναι περίπου πέντε φορές πιο απαραίτητη για 15% γαλάκτωμα νερού και περίπου 2-3 φορές περισσότερο απαραίτητη για 33% γαλάκτωμα νερού.

Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό που αποστραγγίστηκε από τους παγιδευτές νερού. Ωστόσο, η διαθέσιμη ποσότητα εξαρτάται από την υγρασία του αέρα.

Το σύστημα ελέγχου ομογενοποίησης πρέπει να διασφαλίζει ότι προστίθεται η απαραίτητη ποσότητα νερού για να ταιριάζει στην ποσότητα πετρελαίου καυσίμου που τροφοδοτείται. Ένας μικροϋπολογιστής ελέγχει την προσθήκη νερού ώστε το γαλάκτωμα καυσίμου/νερού να αποτελείται πάντα από τη σωστή ποσότητα εγχυθέντος νερού.

Ένα ροόμετρο ελέγχει συνεχώς τη ροή του πετρελαίου εξωτερικής καύσης και του νερού μέσα από τον ομογενοποιητή.

Έχει σχεδιαστεί και δοκιμαστεί από την MAN B&W ένα σύστημα ασφαλείας που διασφαλίζει ότι η αλλαγή στη λειτουργία δεν επηρεάζει τη σταθερότητα του γαλακτώματος.

Η γαλακτοματοποίηση του νερού μαζί με την ηλεκτρονικά ελεγχόμενη μηχανή (ME/ME-C) προσφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα ευελιξίας:

- Βέλτιστη μέθοδο αρμονικής έγχυσης με οποιαδήποτε περιεκτικότητα νερού
- «Η διαμόρφωση ελεύθερου ρυθμού» επιτρέπει τη χρήση μεγάλης ποσότητας νερού ακόμα και σε χαμηλό φορτίο επειδή η προ-έγχυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντισταθμίσει για μεγαλύτερη ταχύτητα ανάφλεξης.

### **Ανακύκλωση καυσαερίων και Κινητήρας υγρού αέρα**

#### **Τροποποίηση χαρακτηριστικών αέρος καύσεως.**

Και για την ανακύκλωση καυσαερίων και για τα επονομαζόμενα συστήματα κινητήρα υγρού αέρα, η μείωση της επίδρασης οξειδίων αζώτου επιτυγχάνεται μειώνοντας την τοπική μέγιστη ποσότητα θερμοκρασία καύσης και μειώνοντας τη συγκέντρωση οξυγόνου με την προσθήκη αδρανών μέσω με υψηλή συγκεκριμένη θερμότητα: αέριο εξαγωγής ή υδρατμό. Η παραγωγή οξειδίων του αζώτου λαμβάνει χώρα μόνο σε υψηλές θερμοκρασίες (2.200°K και άνω) και αυξάνεται ραγδαία με τη θερμοκρασία. Η μέθοδος ανακύκλωσης καυσαερίων βασίζεται σε μία μείωση της περιεκτικότητας οξυγόνου στον κύλινδρο τροφοδότησης και η μέθοδος κινητήρα υγρού αέρα βασίζεται μερικώς στη μείωση περιεκτικότητας οξυγόνου στον κύλινδρο τροφοδότησης και μερικώς στη αύξηση της θερμοχωρητικότητας του κυλίνδρου τροφοδότησης με την προσθήκη υδρατμού.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι δύο αυτές μέθοδοι έχουν αποδείξει, με υπολογισμούς και δοκιμές, τη δυνατότητά τους για μείωση οξειδίων αζώτου αλλά ποτέ πριν δεν αναπτύχθηκαν για εμπορική εφαρμογή για δίχρονα μηχανές και δεν έχουν βελτιστοποιηθεί πλήρως σχετικά με τις επιδράσεις διασταύρωσης στην κατανάλωση πετρελαίου εξωτερικής καύσης, στις συνθήκες θερμικού φορτίου και σε άλλες παραμέτρους εκπομπής.

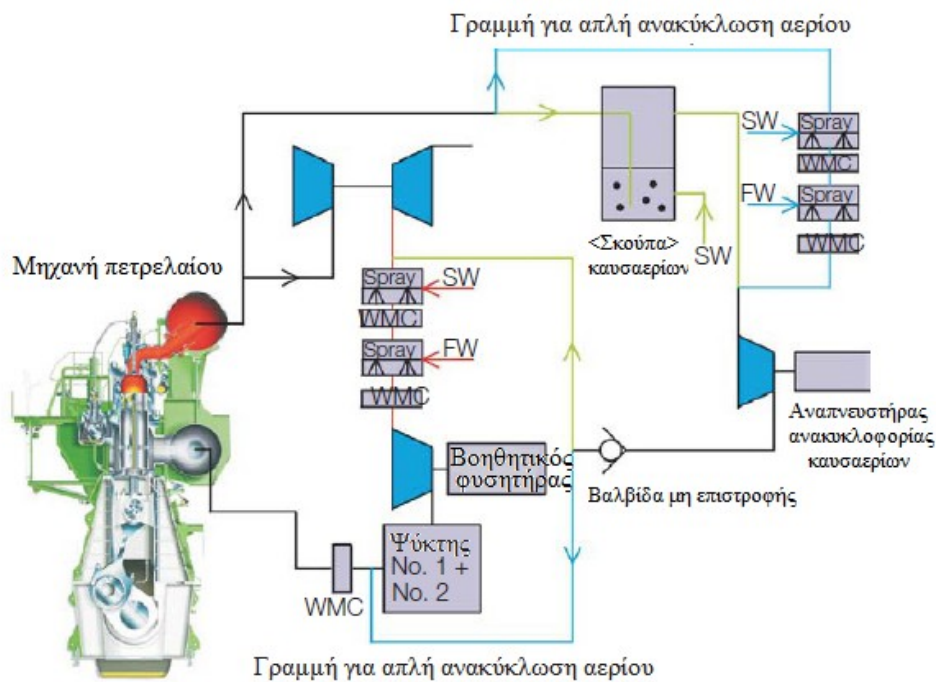
Μετά από προσεκτική αξιολόγηση των μεθόδων ανακύκλωσης καυσαερίων και κινητήρων υγρού αέρα, φτάσαμε στο συμπέρασμα ότι η ανακύκλωση της πλευράς υψηλής πίεσης από τον συλλέκτη καυσαερίων προς κάποιο σημείο στο σύστημα εξόδου αέρα μετά τον συμπιεστή του τροφοδότη τουρμπίνας με τη βοήθεια ενός φυσητήρα ανακύκλωσης καυσαερίων θα ήταν η πιο κατάλληλη λύση ανακύκλωσης καυσαερίων. Επιπλέον, η ύγρανση της πλευράς υψηλής πίεσης ψεκασμού νερού θα ήταν η πιο κατάλληλη λύση κινητήρα υγρού αέρα για δίχρονα μηχανές.

#### **Σχεδιασμός συστημάτων Ανακύκλωσης Καυσαερίων και περιγραφή εξαρτημάτων**

Η Εικόνα 10 δείχνει μία σχηματική γενική εικόνα του συστήματος.

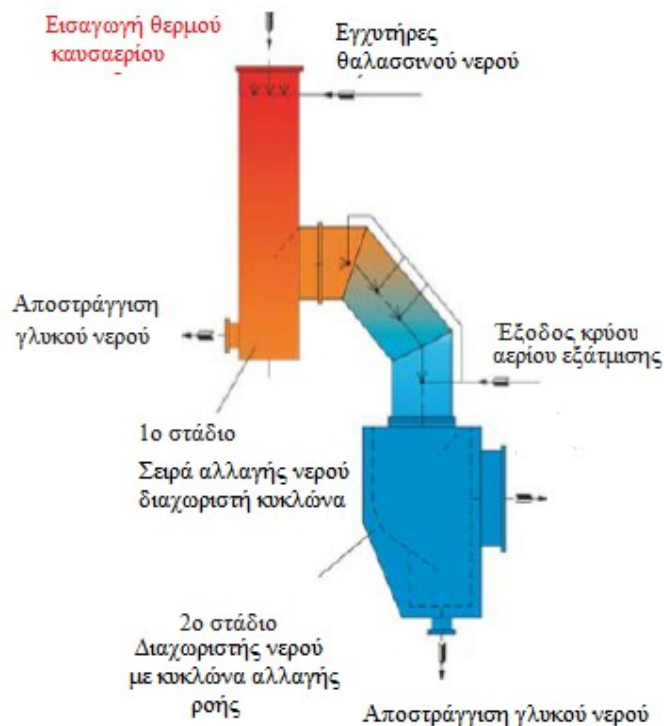
Ορισμένες διαμορφώσεις συστημάτων ανακύκλωσης καυσαερίων/κινητήρων υγρού αέρα, όπως φαίνονται στην **Εικ.10**, θα περιγραφούν παρακάτω.

**Απλή ανακύκλωση καυσαερίων** (πράσινη γραμμή, Εικόνα 10). Ο σκοπός αυτού του βασικού συστήματος υψηλής πίεσης ανακύκλωσης καυσαερίων είναι για να γίνει δοκιμή της απόδοσης της πιο πιθανής απλής διάταξης. Το σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίων αποτελείται από μία γραμμή αερίου από τον δέκτη αέρος εξαγωγής σε μία θέση αμέσως μετά τον ενδιάμεσο ψύκτη, αλλά πριν τον τελευταίο παγιδευτή νερού ώστε ο κίνδυνος ρύπανσης των ευαίσθητων εξαρτημάτων να αποφευχθεί τελείως.



Εικ. 10: Σχηματικός σχεδιασμός συστημάτων εφαρμογής ανακύκλωσης αερίων και κινητήρων υγρού αέρα σε μηχανή 4T50ME-X

Στη γραμμή ανακύκλωσης καυσαερίων, το απλό σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίων έχει δύο στάδια έγχυσης νερού, με μία απλή μονάδα διαχωρισμού νερού μετά από τα δύο, βλ. **Εικ.11**. Το πρώτο στάδιο έγχυσης νερού περιλαμβάνει ύγρανση με αλατόνερο για να διασφαλίσει ότι δεν καταναλώνεται γλυκό νερό στο δεύτερο στάδιο έγχυσης γλυκού νερού. Η θερμοκρασία εξόδου στο πρώτο στάδιο είναι περίπου 100 βαθμοί Κελσίου. Το στάδιο αυτό έχει έναν μεμονωμένο εγχυτήρα με πολλά ακροφύσια.

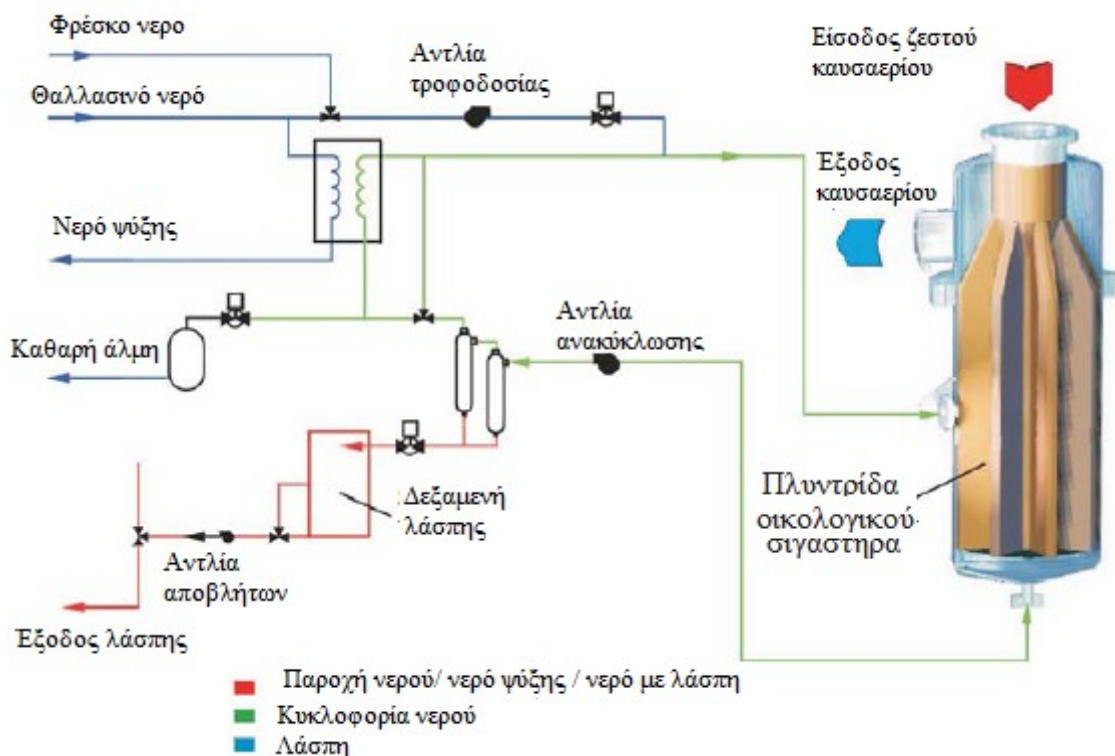


Εικ. 11: Αρχή σχεδιασμού απλής μονάδας ανακύκλωσης αερίων

### Ανακύκλωση καυσαερίων με ψεκαστήρα νερού και επεξεργασία νερού

Όταν/αν υπάρξει ανάγκη για ανακύκλωση καθαρού αερίου ή/και έξοδο νερού από το κύκλωμα ανακύκλωσης αέρα, απαιτείται ένα πιο σύνθετο σύστημα.

Το σύστημα συνδέεται σε ένα σύστημα εξαγωγής με τον ίδιο τρόπο όπως το απλό σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίου, αλλά η γραμμή ανακύκλωσης καυσαερίου κατευθύνεται προς ένα ψεκαστήρα «με αφρούς» από την Καναδική εταιρεία DME (EcoSilencer, αναφορά **Εικ.12**), που καθαρίζει και ψύχει το αέριο εξαγωγής.



Εικ. 12: Πλυντρίδα «με αφρούς» (EcoSilencer) και μονάδα (skid) επεξεργασίας νερού

Το κύκλωμα νερού στο σύστημα πλυσίματος ψύχεται και ελέγχεται από μία μονάδα επεξεργασίας νερού της DME (αναφορά, Εικόνα 19) με ένα σύστημα φίλτρου και πύκνωσης που καθαρίζει το χρησιμοποιημένο θαλασσινό αλάτι.

**Ύγραση συμπυκνωμένου αέρα** (κόκκινη γραμμή, Εικόνα 17). Με το σύστημα αυτό, η μηχανή λειτουργεί με έναν κεκορεσμένο, παγιδευμένο αέρα σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες απ' ό τι ένας πρότυπος κινητήρας, γιατί η συμβατική ενδιάμεση ψύξη αντικαθίσταται από εξάτμιση ψεκασμού νερού/ψύξη ψεκασμού νερού, ακριβώς μετά από τον συμπιεστή TC μέχρι να φτάσει τον υγρό βολβό ή τη χαμηλότερη θερμοκρασία για τον ζεστό συμπυκνωμένο αέρα εξόδου.

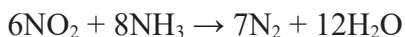
Εάν/Όταν η θερμοκρασία των 70 βαθμών Κελσίου του παγιδευμένου αέρα είναι επιτρεπτή, δεν είναι απαραίτητος συμβατικός ψύκτης συμπυκνωμένου αέρα και απαιτείται μόνο ένα σχετικά απλό σύστημα υγροποίησης.

### Μείωση οξειδίων αζώτου έως 98% χρησιμοποιώντας την εκλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR)

Για τη μείωση του επιπέδου οξειδίων αζώτου μέχρι και 98%, πρέπει να γίνει χρήση της τεχνικής της εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.

Με τη μέθοδο αυτή, το αέριο εξαγωγής αναμειγνύεται με αμμωνία  $\text{NH}_3$  ή ουρία (ως φορέας  $\text{NH}_3$ ) πριν περάσει από μία στρώση ενός ειδικού καταλύτη σε θερμοκρασία μεταξύ 300 και 400 βαθμών Κελσίου, μέσω του οποίου το οξείδιο αζώτου διασπάται σε  $\text{N}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .

Οι αντιδράσεις είναι, κατά κανόνα, οι ακόλουθες:



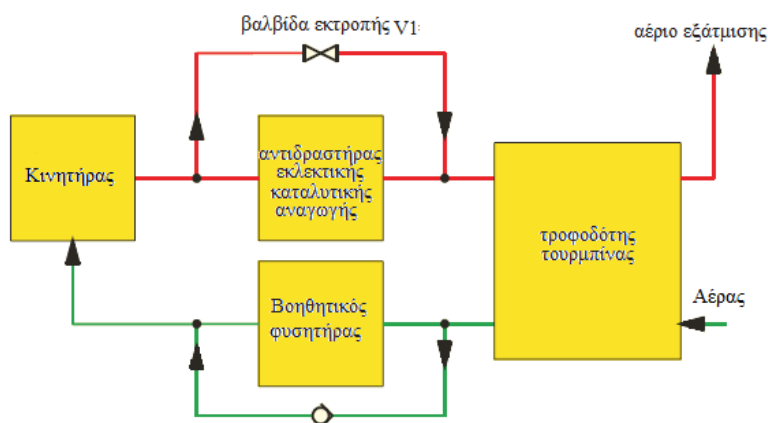
Μείωση των οξειδίων αζώτου με την εκλεκτική καταλυτική αναγωγή μπορεί μόνο να λάβει χώρα στο αναφερόμενο παράθυρο θερμοκρασίας, επειδή αν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή, το στοιχείο  $\text{NH}_3$  θα καεί αντί να αντιδράσει με τα στοιχεία  $\text{NO}/\text{NO}_2$ . Σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία, η ταχύτητα αντίδρασης θα είναι πολύ χαμηλή και η συμπύκνωση των θειικών αμμωνίων θα κατέστρεφαν τον καταλύτη.

Η ποσότητα του  $\text{NH}_3$  που εισάγεται στο αέριο εξαγωγής ελέγχεται από έναν αυτοματοποιημένο υπολογιστή που βάζει το στοιχείο  $\text{NH}_3$  σε αναλογία με τα οξείδια αζώτου που παράγονται από τη μηχανή ως μία λειτουργία του φορτίου μηχανής. Η σχέση μεταξύ του οξειδίου αζώτου που παράγεται και του φορτίου της μηχανής υπολογίζεται κατά τη διάρκεια των δοκιμών στην πλατφόρμα δοκιμών της μηχανής. Η σχέση αυτή προγραμματίζεται στον αυτοματοποιημένο υπολογιστή και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο προσωποδοότησης της δόσης  $\text{NH}_3$ . Η δόση αμμωνίας ρυθμίζεται στη συνέχεια για σφάλματα από ένα σύστημα τροφοδότησης επί τη βάση του σήματος εξόδου του υπολογισμένου οξειδίου αζώτου.

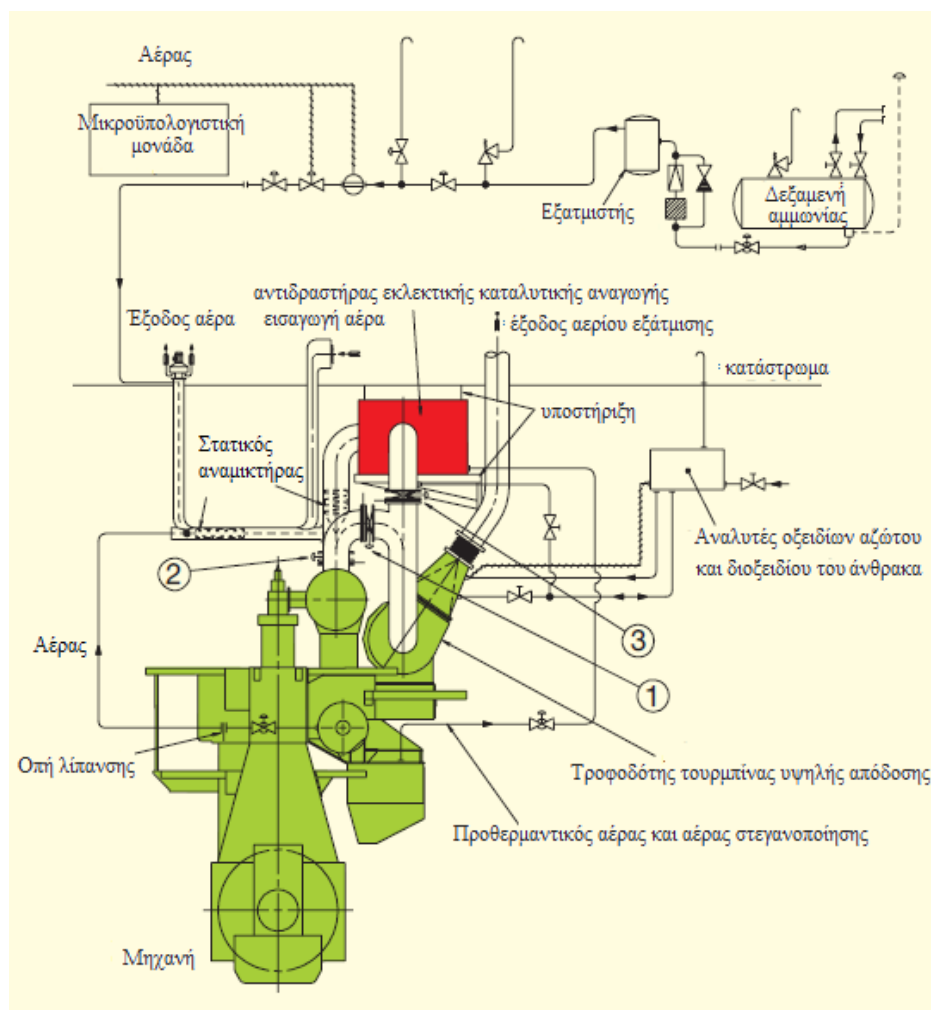
Ο καταλύτης έχει μονολιθική δομή που σημαίνει ότι αποτελείται από κομμάτια καταλυτών με μεγάλο αριθμό παράλληλων καναλιών, τα τοιχώματα των οποίων είναι καταλυτικά ενεργά. Η διάμετρος του καναλιού επηρεάζει την πτώση πίεσης κατά μήκος του καταλύτη όπως επίσης και τον κίνδυνο αποθέσεων στον καταλύτη. Η διάμετρος του καναλιού βελτιώνεται σύμφωνα με την περιεκτικότητα σκόνης, τη σύνθεση του αερίου εξαγωγής και την επιτρεπτή πτώση πίεσης κατά μήκος του αντιδραστήρα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.

Σε συνεργασία με τη Δανέζικη εταιρεία χημικής μηχανολογίας Haldor Topsøe A/S, η MAN B&W Diesel έχει εξελίξει αυτή τη μέθοδο – ευρέως γνωστή από τις βιομηχανικές εφαρμογές – για χρήση σε μηχανές ντίζελ.

Τέσσερα πλοία με μηχανές 6S50MC εξοπλίστηκαν με καταλύτες εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής για μείωση οξειδίων αζώτου κατά 93-95%. Το πρώτο πλοίο λειτούργησε το 1989 και το τελευταίο το 1994. Τα συστήματα που εγκαταστάθηκαν χρησιμοποιούνται όταν τα πλοία σε κανονικό εμπόριο βρίσκονται στην περιοχή του κόλπου του Σαν Φρανσίσκο. Τα συστήματα λειτουργούν με συγκεκριμένες προδιαγραφές από τότε που έγινε η εγκατάστασή τους. Δεν αναφέρθηκε μείωση στην αποδοτικότητα λόγω της χρήσης ή της ωρίμανσης. Η **Εικ.13** δείχνει το διάγραμμα ροής της εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής και η **Εικ.14** το γενικό σχέδιο συστήματος της μηχανής 6S50MC. Η **Εικ.15** είναι η τωρινή λίστα αναφοράς.



Εικ. 13 Διάγραμμα ροής εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής



Εικ. 14: Ανάλυση συστήματος εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής

1	6S50MC	Πλοίο	Μείωση Νοχ	93 - 95%
2	6S50MC	Πλοίο	Μείωση Νοχ	93 - 95%
3	6S50MC	Πλοίο	Μείωση Νοχ	93 - 95%
4	6S50MC	Πλοίο	Μείωση Νοχ	93 - 95%
5	9K80MC-GI-S	Μονάδα Παραγωγής Ενέργειας (ΜΠΕ)	Μείωση Νοχ έως	98,00%
6	4L35MC-S	(ΜΠΕ)	Μείωση Νοχ	> 93%
7	2x7K60MC-S	(ΜΠΕ)	Μείωση Νοχ	> 93%
8	6S35MC	Πλοίο	Μείωση Νοχ	> 93%

Εικ. 15 Λίστα αναφοράς εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής για MC μηχανές

Οι υψηλής αποδοτικότητας τροφοδοτές τουρμπίνας πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Η θερμοκρασία αερίων εξαγωγής που μετρήθηκε είναι ελαφρώς υψηλότερη απ' ό,τι για τις μηχανές χωρίς εκλεκτική καταλυτική αναγωγή λόγω της απελευθέρωσης θερμότητας της αμμωνίας/ουρίας στη διαδικασία εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.



Ο αντιδραστήρας εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής είναι σχεδιασμένος ως ένα ημιορθογώνιο δοχείο πίεσης αντιδραστήρα για οριζόντια ή κατακόρυφη εγκατάσταση και ροή. Ως παράδειγμα, οι παρακάτω κύριες διαστάσεις (εκτός από την κατασκευή υποστήριξης και τη μόνωση) είναι για μία μηχανή 11K90MC:

Διάμετρος, σε μέτρα: 2,4

Ύψος, σε μέτρα: 4,5

Μήκος, σε μέτρα: 15

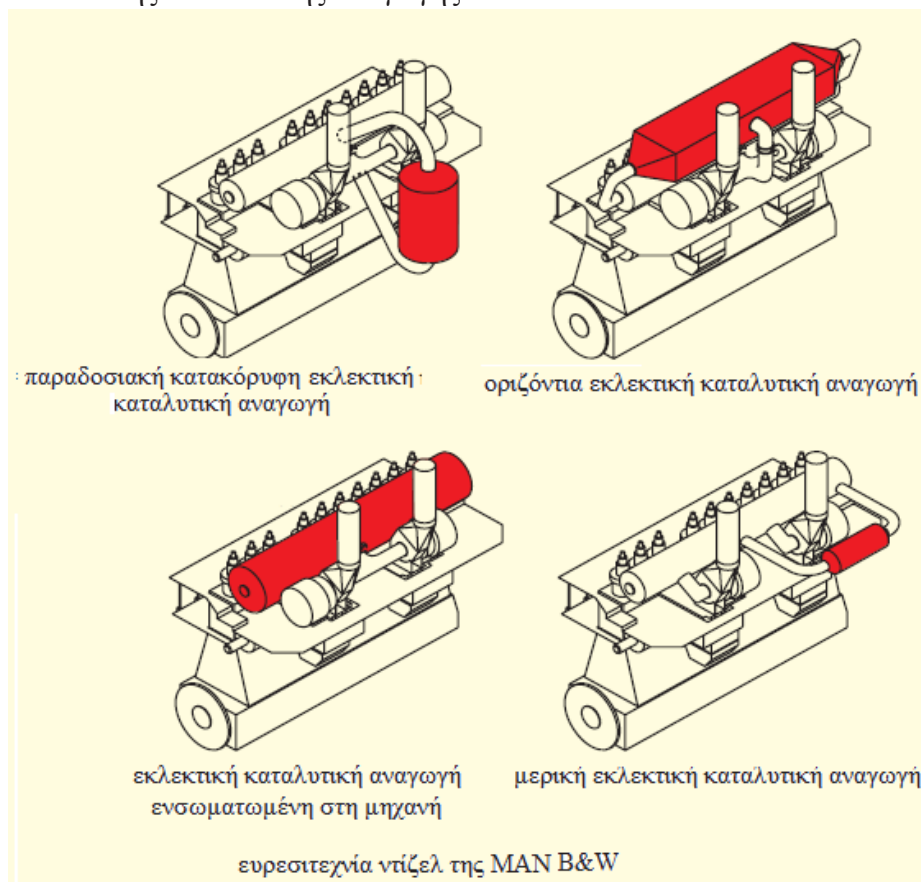
Βάρος, μαζί με τον καταλύτη, σε τόνους: 42

Ο σχεδιασμός και οι διαστάσεις ενός αντιδραστήρα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής επηρεάζονται από τη ροή εξαγωγής αερίου, το παράθυρο θερμοκρασίας εξαγωγής αερίου και το ρυθμό μείωσης του οξειδίου αζώτου.

Η βέλτιστη και πιο κοινή λύση, επομένως, είναι ο αντιδραστήρας εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής που είναι ακριβώς φτιαγμένος για μία συγκεκριμένη εγκατάσταση και είναι, φυσικά, πιο βολικός προς ενσωμάτωση στην εκλεκτική καταλυτική αναγωγή κατά τη διάρκεια κατασκευής του πλοίου. Ωστόσο, είναι πιθανή και η μετατροπή.

Οι απαιτήσεις χώρου για μία μονάδα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής στο θάλαμο ελέγχου μηχανής είναι σημαντικές. Επιπλέον απαιτούν πολύ χώρο οι σωληνώσεις και ο μίκτης μεταξύ της μηχανής και του καταλύτη εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής, έτσι το έργο του σχεδιαστή είναι να κάνει το σύστημα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής όσο πιο συμπαγές γίνεται, ενώ ταυτόχρονα, να διασφαλίζει εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και λειτουργία.

Όπως φαίνεται από την **Εικ.16**, έχουμε εξετάσει μερικούς εναλλακτικούς σχεδιασμούς για τον αντιδραστήρα εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής.



Εικ. 16: Εναλλακτικοί σχηματισμοί εκλεκτικής αναλυτικής αναγωγής

Αν η αμμωνία χρησιμοποιείται για μείωση των οξειδίων αζώτου, η δεξαμενή πρέπει να βρίσκεται στο κατάστρωμα. Στην περίπτωση της ουρίας, προτείνουμε τη χρήση μίας δεξαμενής μέσα στην κατασκευή του πλοίου για μείωση του κόστους. Έχοντας μία τέτοια δεξαμενή μέσα στο πλοίο θα μειώσει επίσης τις απαιτήσεις χώρου σε σύγκριση με την εγκατάσταση της δεξαμενής σε μία δεξαμενή στο κατάστρωμα.

Αν δεν είναι δυνατόν να βρεθεί μία κατάλληλη δεξαμενή στο καράβι, η δεξαμενή θα μπορούσε να χτιστεί μέσα σε εμπορευματοκιβώτια.

Συζητήθηκε το ζήτημα αυτό με τις εταιρείες Lloyd's και ABS και είναι πλήρως αποδεκτό να χρησιμοποιηθεί και να ενσωματωθεί μία δεξαμενή για ουρία, όπως περιγράψαμε.

Στο πλοίο που φαίνεται στην **Εικ.17**, το Delta Pride, το μέσο είναι η αμμωνία  $\text{NH}_3$  και το σύστημα τροφοδότησης και η δεξαμενή είναι τοποθετημένες στο κατάστρωμα σε ένα περιορισμένο μέρος το οποίο είναι ανοιχτό στην ατμόσφαιρα.



Εικ.17

## **Κεφάλαιο III**

### **Σειρά μηχανών MC/MC-C**

## Σειρά μηχανών MC/MC-C

### Διάστημα μεταξύ επισκευών για την τελευταία γενιά μηχανών MC

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 4-5 χρόνων, το διάστημα μεταξύ των επισκευών σταδιακά αυξανόταν στο γραπτό μας υλικό περιγράφοντας διαστήματα μεταξύ επισκευών που έχουν επιτευχθεί, **Εικ.1**.

TBO S90MC-C/ME-C			
Οδηγός διαστημάτων επισκαυής (Ωρες)			
Εξάρτημα	Παλιά MC-C	Νέα MC-C	ME-C
Ελατήρια εμβόλου	12-16,000	16,000	24,000
Κεφαλή εμβόλου	12-16,000	16,000	24,000
Κεφαλή εμβόλου, με χρώμιο	24,000	24,000	24,000
Βαλβίδα εξαγωγής, άξονας και εξάρτημα βάσης	16,000	16,000	16,000
Βαλβίδα καυσίμου	8,000 (ακροφύσιο)	8,000 (ακροφύσιο)	8,000 (ακροφύσιο)
	8,000	16,000	16,000
	(οδηγός άξονα)	(οδηγός άξονα)	(οδηγός άξονα)
Αντλία καυσίμου	16,000	32,000	-
Ενισχυτής πίεσης καυσίμου	-	-	48,000

Εικόνα 1: Διάστημα μεταξύ επισκευών, οδηγός διαστημάτων

Η εξέλιξη αυτή ενίσχυσε την επιθυμία να επεκταθεί περαιτέρω το διάστημα μεταξύ επισκευών και για συγκεκριμένους τύπους πλοίων (π.χ. VLCCs), υποκίνησε την έρευνα αν 32.000 ώρες (ή 5 χρόνια) μεταξύ επισκευών είναι ρεαλιστικό διάστημα.

Ως βάση της έρευνας, διαλέξαμε τη σειρά μηχανών the S90MC-C/ME-C ως αντιπροσωπευτική της τελευταίας γενιάς μηχανών MC. Αυτή η σειρά μηχανών έχει σχεδιαστεί και παραδοθεί με τα πιο πρόσφατα χαρακτηριστικά που είναι διαθέσιμα για τις μηχανές MC/ME:

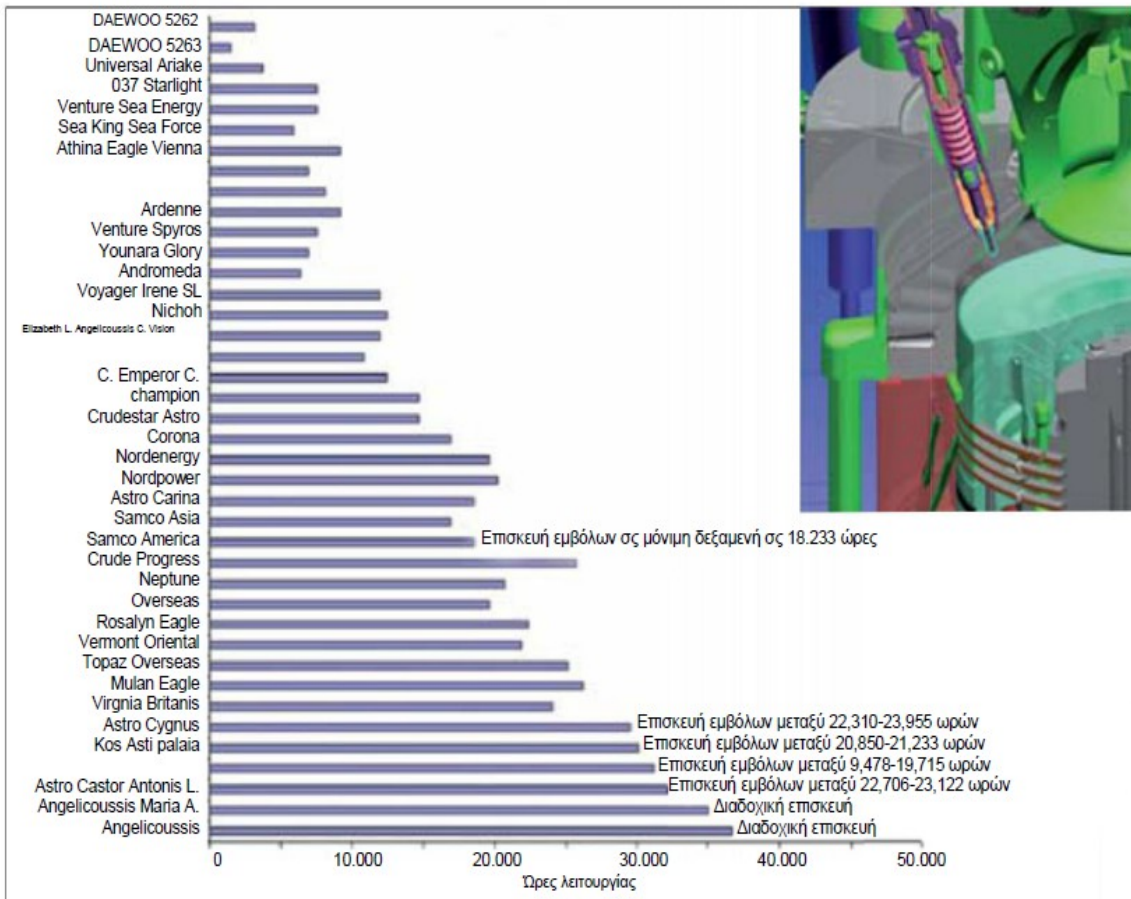
- Θάλαμος καύσης OROS με υψηλή κεφαλή εμβόλου
- Χιτώνιο κυλίνδρου με βελτιωμένη θερμοκρασία τοιχωμάτων χιτωνίου
- Ελατήριο εμβόλου με επίστρωση αλουμινίου, Ελατήριο ελέγχου εκτόνωσης πίεσης
- Λιπαντήρας Alpha σε λειτουργία προσαρμοζόμενου ελέγχου καυσίμου κυλίνδρου (0.19g/bhpXS%)
- Βαλβίδα εξαγωγής: Άξονας (nimonic) με βάση εξαρτήματος σε σχήμα W
- Πλευρικές βαλβίδες καυσίμου

Περίπου 40 πλοία, **Εικ.2**, με μηχανές 6S90MC-C/ME-C έχουν χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσουν τον ισχυρισμό ότι οι 32.000 ώρες (ή 5 χρόνια) ως διάστημα μεταξύ επισκευών είναι ρεαλιστική επιλογή.

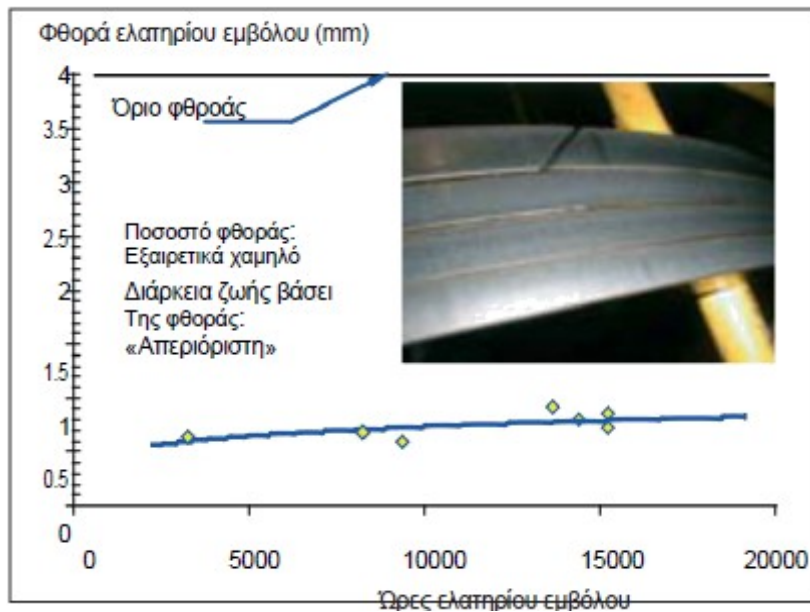
Στο πλοίο M/T Maria Angelicous-sis (εξοπλισμένο με ενσωματωμένη μηχανή Hyundai 6S90MC-C), οι επισκευές εμβόλου πραγματοποιούνταν διαδοχικά από 8.000 ώρες και άνω, βλ. **Εικ.3**.

Η φθορά ελατηρίου εμβόλου είναι ιδιαίτερα χαμηλή και από αυτή την άποψη δείχνει να έχει «απεριόριστη διάρκεια ζωής».

Τα πλοία M/T Kos και M/T Astro Cygnus είναι επίσης εξοπλισμένα με μηχανές Hyundai 6S90MC-C. Στις μηχανές αυτές, τα έμβολα τραβήχτηκαν για 20.000-21.000 ώρες και 22.000-24.000 ώρες αντίστοιχα. Το τράβηγμα των εμβόλων στις δύο μηχανές προκλήθηκε από «εσωτερική οπτανθρακοποίηση» των εμβόλων. Η αιτία αυτού ήταν η ρύπανση βαρεού πετρελαίου του συστήματος καυσίμου, που και στις δύο περιπτώσεις προκλήθηκε από διαρροή αντλιών καυσίμου.

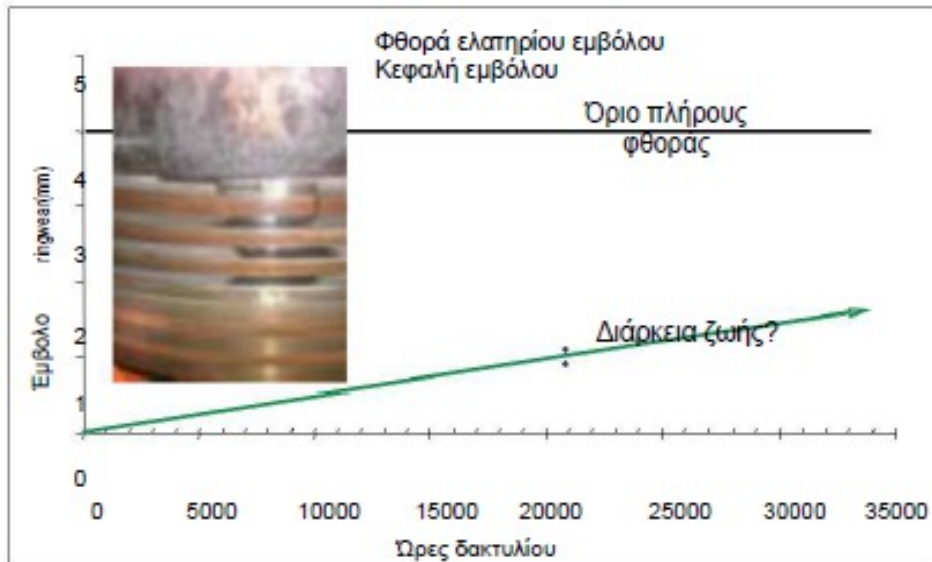


Εικ. 2: Στόλος των VLCCs εξοπλισμένος με 6S90ME-C/MC-C



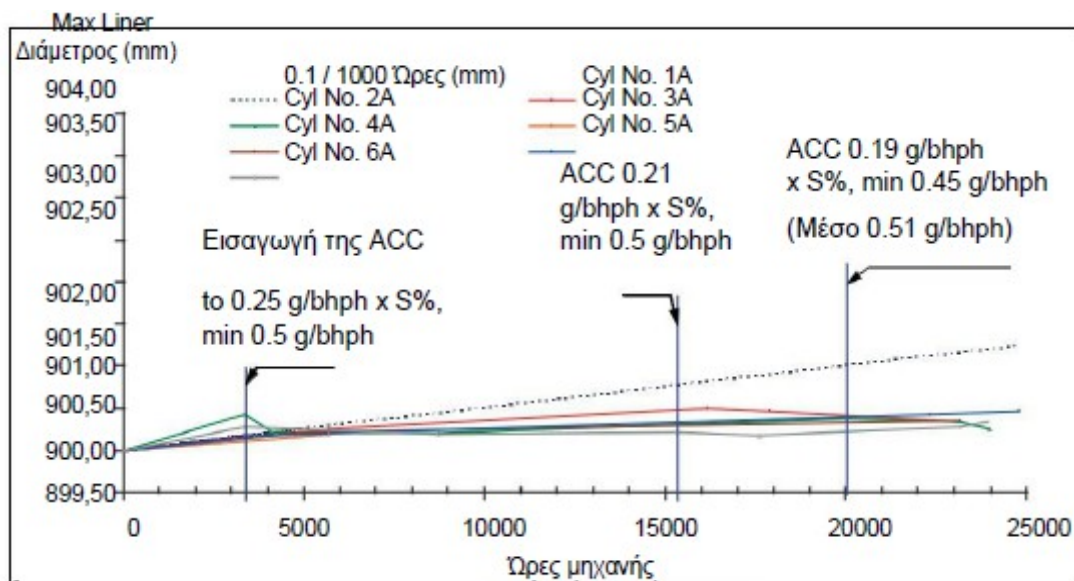
Εικόνα 3: Μετρήσεις φθοράς ελατηρίου εμβόλου, πρότυπο 6S90MC-C (M/T Maria A. Angelicoussis)

Εκτός απ' αυτό το συγκεκριμένο πρόβλημα, και οι δύο μηχανές έδειξαν εξαιρετική κατάσταση κυλίνδρου με χαμηλά ποσοστά φθοράς ελατηρίου εμβόλου, **Εικ.4.**



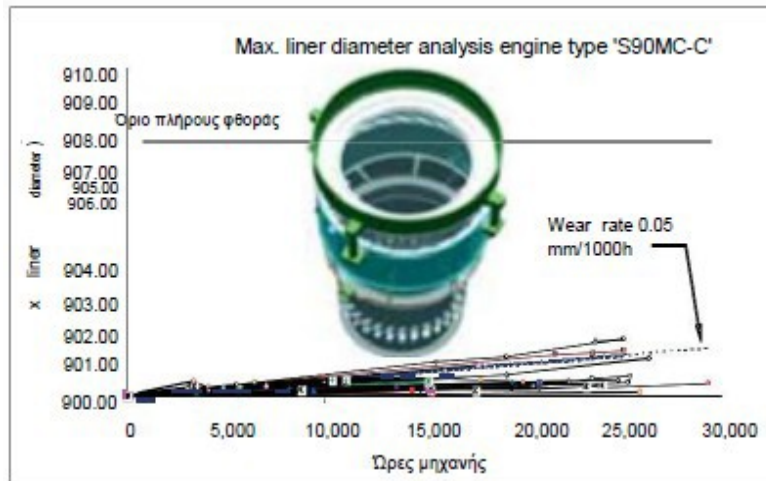
Εικόνα 4: Μετρήσεις φθοράς ελατηρίου εμβόλου, 6S90MC-C (M/T Kos)

Η μηχανή στο πλοίο M/T Astro Cygnus ήταν ένα δοκιμαστικό μέσο για την περαιτέρω δοκιμή κατανάλωσης λιπαντικού κυλίνδρου σύμφωνα με την επονομαζόμενη αρχή Προσαρμοζόμενου Ελέγχου Λιπαντικού Κυλίνδρου (ACC) Αλφα. Όπως φαίνεται στην **Εικ.5**, η δοκιμή αυτή ήταν ιδιαίτερα επιτυχής και δείχνει περαιτέρω περιθώρια μείωσης στην κατανάλωση λιπαντικού κυλίνδρου.

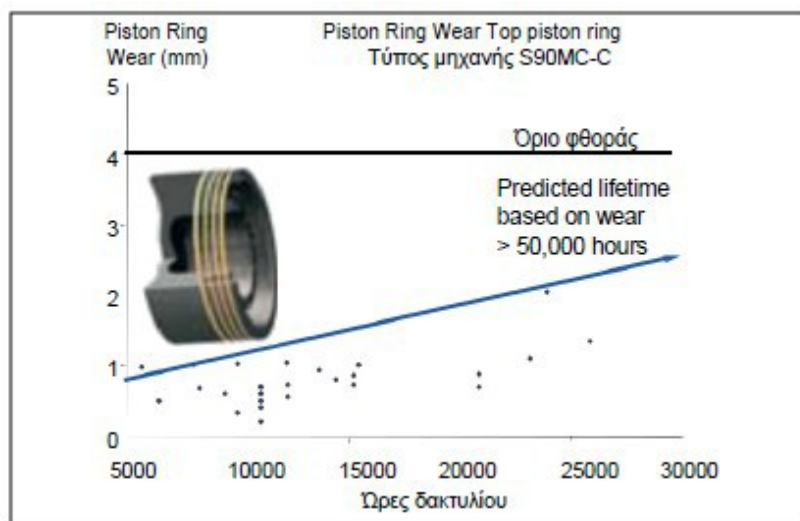


Εικόνα 5: Φθορά χιτωνίου κυλίνδρου, δοκιμή μείωσης λιπαντικού κυλίνδρου, 6S90MC-C (M/T Astro Cygnus)

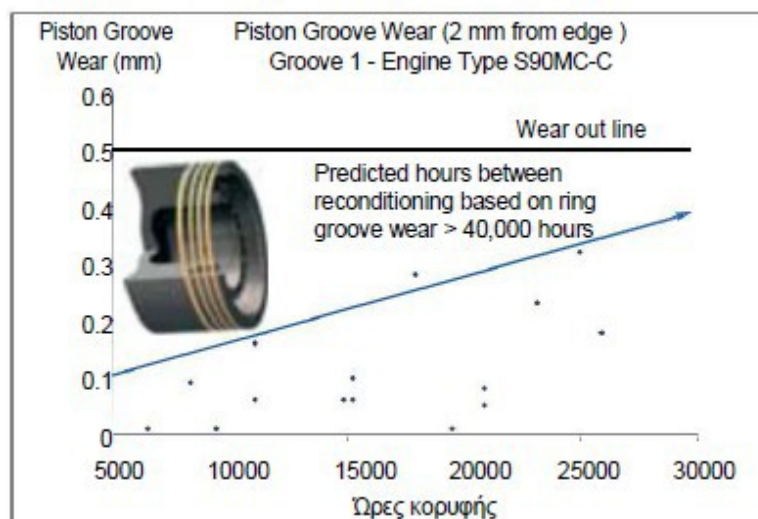
1. Ποσοστά φθοράς χιτωνίου κυλίνδρου: 0.02-0.07 mm/1.000 ώρες (**Εικ. 6**)
2. Ποσοστά φθοράς ελατηρίου εμβόλου: Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής: 50.000 ώρες (**Εικ. 7**)
3. % φθοράς αλάκος ελατηρίου εμβόλου: Προβ. Διάστημα μεταξύ επισκευής: 40.000 ώρες (**Εικ.8**)



Εικ.6: 6S90MC-C, φθορά χιτωνίου κυλίνδρου



Εικόνα 7: 6S90MC-C, Φθορά ελατηρίου εμβόλου



Εικόνα 8: 6S90MC-C, Φθορά αύλακος ελατηρίου εμβόλου

Η κατάσταση της βαλβίδας εξαγωγής αυξάνει την αισιοδοξία σχετικά με την αύξηση των διαστημάτων μεταξύ επισκευών.

Η **Εικ.9** δείχνει τη βάση ενός σχεδίου σχήματος σε συνδυασμό με έναν άξονα nitronic σε μία μηχανή K90MC που εξετάστηκε μετά από 36.400 ώρες χωρίς επισκευή.

K90MC, σχήμα W και άξονας nitronic σε 36.400 ώρες χωρίς επισκευή



Εικόνα 9: Άξονας εξαγωγής nitronic και βάση εξαρτήματος σχήματος W

Όσον αφορά τον εξοπλισμό αργού πετρελαίου, 32.000 ώρες φαίνονται ρεαλιστικές για την ίδια την αντλία καυσίμου. Η πιο πρόσφατη εμπειρία με βαλβίδες καυσίμου επιβεβαιώνει διαστήματα επισκευών 8.000/16.000 ώρες στο οποίο σημείο και το ακροφύσιο καυσίμου και ο οδηγός άξονα πρέπει να αλλάχθούν. Η εμπειρία βασίζεται σε βαλβίδες καυσίμου πλευρικού τύπου εξοπλισμένες με ακροφύσια σύνθετου τύπου.

Σε γενικές γραμμές βασισμένοι στην εμπειρία αυτή, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το διάστημα μεταξύ σημαντικών επισκευών των 32.000 ωρών (ή 5 χρόνων) είναι εφικτό, **Εικ.10**.

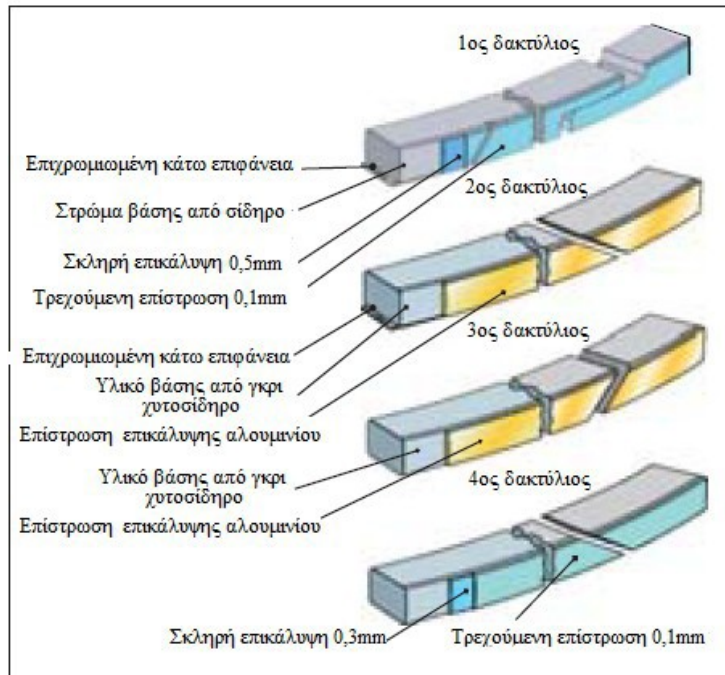
TBO S90MC-C/ME-C				
Οδηγός διαστημάτων επισκευής (Ωρες)				
Εξάρτημα	Old MC-C	New MC-C	ME-C	Ρεαλιστική δυνατότητα
Ελατήρια εμβόλου	12-16,000	16,000	24,000	32,000
Κεφαλή εμβόλου	12-16,000	16,000	24,000	32,000
Κεφαλή εμβόλου, Με χρώμιο	24,000	24,000	24,000	32,000
Βαλβίδα εξαγωγής, άξονας και τμήμα βάσης	16,000	16,000	16,000	32,000
Βαλβίδα καυσίμου	8,000	8,000	8,000	8,000
	(ακροφύσιο)	(ακροφύσιο)	(ακροφύσιο)	(ακροφύσιο)
	8,000	16,000	16,000	16,000
	(οδηγός άξονα)	(οδηγός άξονα)	(οδηγός άξονα)	(οδηγός άξονα)
Αντλία καυσίμου	16,000	32,000	-	32 000
Ενισχυτές πίεσης καυσίμου	-	-	48,000	48,000

Εικόνα 10: Διάστημα μεταξύ επισκευών: 32.000 ρεαλιστικού διαστήματος

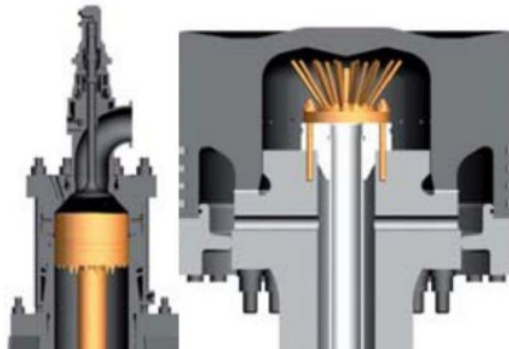
Για να αυξήσουμε περαιτέρω τα περιθώρια σ' αυτό τον τομέα, θα εισάγουμε τις παρακάτω βελτιώσεις σχεδιασμού που δεν υπάρχουν στις μηχανές 6S90MC-C που περιγράφονται στο τμήμα αυτό:

- Αυξημένο περιθώριο γρατσουνίσματος: τροποποιημένο πακέτο ελατηρίου εμβόλου, **Εικ. 11**
- Μηχανή καταπολέμησης εσωτερικής οπτανθρακοποίησης: εξάρτημα ψύξης εμβόλου, **Εικ.12**
- Μείωση φθοράς άνθρακος ελατηρίου: επικάλυψη χρωμίου στο κάτω μέρος στα ελατήρια 1 και 2, **Εικ. 11**



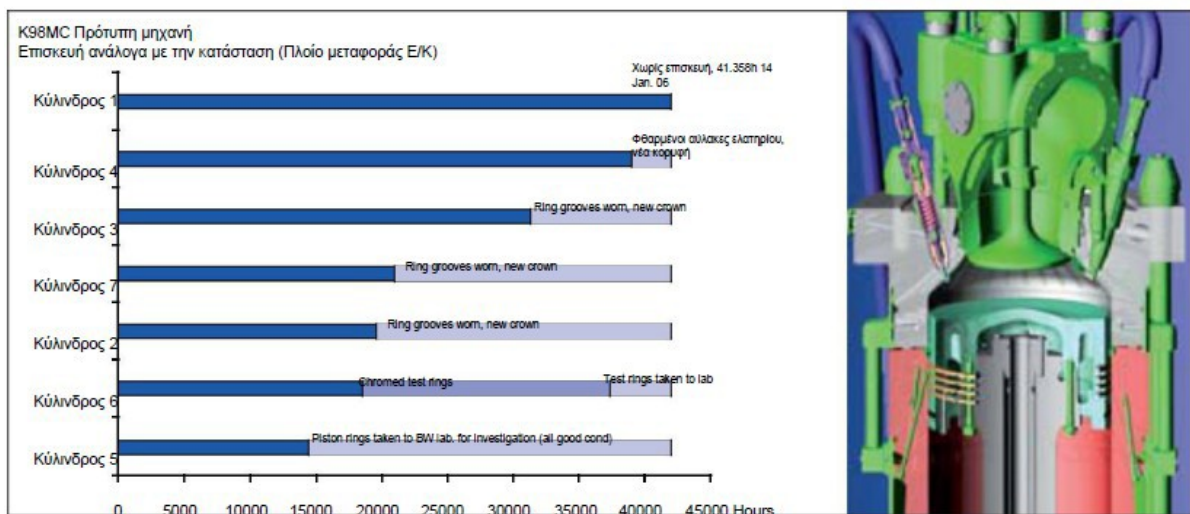


Εικόνα 11: Αναβαθμισμένο πακέτο ελατηρίου (ελατήρια 1&2 με επίστρωση χρωμίου από την κάτω πλευρά)



Εικ. 12: Εξάρτημα ψύξης εμβόλου

Για χειριστές δεξαμενοπλοίων, αυτά τα μεγάλα διαστήματα μεταξύ σημαντικών επισκευών μπορούν να γίνουν σε σύνδεση με τους προγραμματισμένους δεξαμενισμούς πλοίων. Για χειριστές πλοίων μεταφοράς E/K, μία άλλη φιλοσοφία, εξαρτώμενη από την κατάσταση θα είναι πιο επωφελής. Μία τέτοιου είδους φιλοσοφία εφαρμόζεται στην πρότυπη μηχανή καραβιού K98MC *M/V Antwerpen Express*. Η **Εικ.13** δείχνει ότι σ' αυτή τη μηχανή, η μονάδα Νο. 1 δεν έχει επισκευαστεί μετά από περισσότερες από 41.000 ώρες λειτουργίας.



Εικόνα 52: 7K98MC, επισκευή ανάλογα με την κατάσταση

Συμπερασματικά, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η περαιτέρω αύξηση των διαστημάτων μεταξύ επισκευών, και για συγκεκριμένους τύπους καραβιών (e.g. VLCCs) πάνω από 32.000 ώρες (ή 5 χρόνια) είναι ρεαλιστική, **Εικ.10**.

### **Έρευνα ραγισμάτων (γρατζουνιών)**

Τα ραγίσματα στα χιτώνια κυλίνδρου είναι επαναλαμβανόμενο φαινόμενο σε κάποιες μηχανές K98 και K90. Έχουν επηρεαστεί και άλλοι τύποι μηχανών, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Κάποιες από αυτές τις περιπτώσεις συνδέονται με κλασικές ανωμαλίες λειτουργίας όπως λάθη στην παραγωγή και ελλιπής καθαρισμός πετρελαίου. Ωστόσο, άλλες περιπτώσεις παραμένουν ανεξήγητες. Αρκετές αναβαθμίσεις στο σχεδιασμό του πακέτου ελατηρίων έχουν ελαττώσει, αλλά όχι εξαλείψει, τέτοιου είδους περιπτώσεις.

### **Καταγραφή δεδομένων**

Ένα μεγάλο πρόβλημα σ' αυτές τις περιπτώσεις ήταν η έλλειψη ακριβών και κατανοητών πληροφοριών της λειτουργίας μηχανής κατά την έναρξη των ραγισμάτων. Ο απρόβλεπτος ρυθμός των ραγισμάτων απαιτεί συνεχείς μετρήσεις και καταγραφή δεδομένων. Σε περίπτωση ραγισμάτων, μπορούμε να κοιτάξουμε πίσω και να αναλύσουμε την κατάσταση της μηχανής στο ξεκίνημα των ραγισμάτων.

Ωστόσο, η πραγματική ώρα έναρξης ίσως είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Ένα πλήρως εξελεγμένο στάδιο ραγισμάτων θα μας δώσει ενδείξεις για το χιτώνιο ψύξης νερού και τις θερμοκρασίες καυσαερίων εξαγωγής, αλλά ίσως χρειαστεί μερικές ημέρες πριν η κατάσταση είναι αρκετά σοβαρή για να δώσει ξεκάθαρα σημάδια. Δυστυχώς, στο στάδιο αυτό το χιτώνιο δεν επιδέχεται διόρθωση.

Η συσκευή «ααρακολούθησης θερμοκρασίας τοιχωμάτων χιτωνίου» που χρησιμοποιείται ευρέως, βασίζεται σε δύο αισθητήρες θερμοκρασίας στην επάνω άκρη του χιτωνίου, η μία στην αριστερή πλευρά του πλοίου, η άλλη στη δεξιά, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να ανιχνεύσει ραγίσματα σε πρώιμα στάδια

Χάρη στην καλή συνεργασία με τους ιδιοκτήτες, εγκαταστήσαμε έναν καταγραφέα δεδομένων στο *M/V CMA CGM Verdi* (10K98MC-C), ένα μεγάλο εμπορικό πλοίο μεταξύ Κίνας και Ευρώπης. Το σύστημα αυτοματισμού Samsung μπορεί να δείξει όλες τις παραμέτρους μηχανής στο θάλαμο ελέγχου, αλλά μόνο οι συναγερμοί καταγράφονται. Ο καταγραφέας δεδομένων λαμβάνει παραμέτρους μηχανής, συμπεριλαμβανομένων σημάτων από τη συσκευή παρακολούθησης τοιχωμάτων χιτωνίου, από το σύστημα αυτοματισμού και τα αποθηκεύει κάθε 30 δευτερόλεπτα. Η μνήμη του καταγραφέα έχει χωρητικότητα για περισσότερους από 6 μήνες λειτουργίας.

### **Ραγίσματα**

Οι συνέπειες των ραγισμάτων είναι γνωστές εδώ και καιρό – οι επιφάνειες του ελατηρίου εμβόλου, **Εικ.14**, γίνονται τραχείς και σκληρές (σεμεντίτης), η επιφάνεια χιτωνίου διαβρώνεται με πολλούς τρόπους και το ποσοστό φθοράς χιτωνίου είναι εξαιρετικά μεγάλο, έχουν καταγραφεί 10 mm/1000 ώρες λειτουργίας. Είναι επίσης γνωστό ότι αν θέλουμε να προκαλέσουμε ράγισμα σε πειραματική μηχανή, η αποτελεσματική μέθοδος είναι να εισάγουμε νερό μέσα από θύρες εξόδου. Λόγω των παραπάνω συνθηκών, η ταυτοποίηση των αιτιών των ραγισμάτων κατά τη λειτουργία είναι δύσκολη. Ωστόσο, η είσοδος νερού, οι ξαφνικές μεγάλες αλλαγές φορτίου και η υπερλίπανση είναι οι κύριοι υποψήφιοι για τους οποίους υπάρχουν άμεσα αντίμετρα.

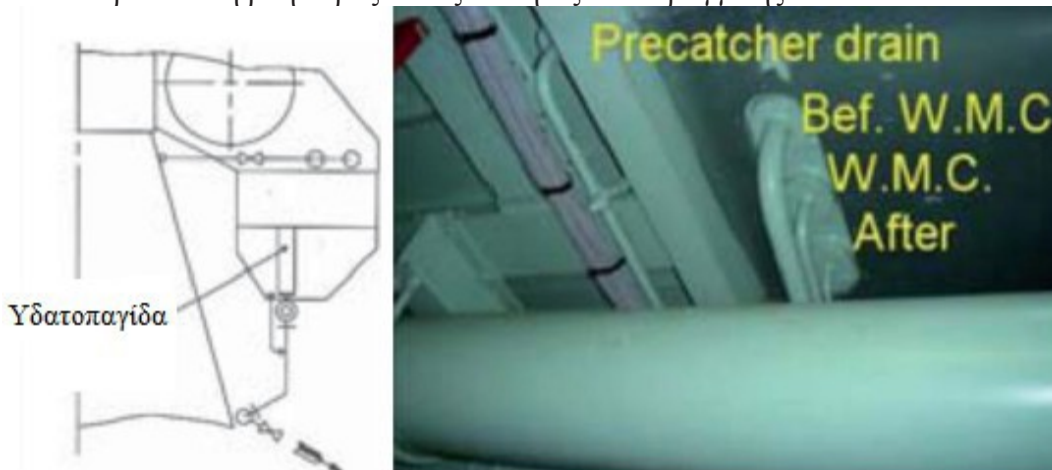
Από πλευράς σχεδιασμού, στόχος είναι η αύξηση της αντίστασης κυρίως του πακέτου ελατηρίων εμβόλου. Τελευταία, έχει υπάρξει επιτυχία με την επικάλυψη των επιφανειών με υλικά υψηλής ποιότητας, **Εικ.11**.



Εικόνα 14: Ελατήριο εμβόλου με «άσπρη στρώση»

### Είσοδος νερού

Υπό τροπικές συνθήκες, μεγάλες ποσότητες συμπυκνωμένου νερού μπορούν να σχηματιστούν στον ενδιάμεσο ψύκτη. Για να επιτύχουμε μείωση του νερού, ένας θάλαμος αντιστροφής κάτω από τον ψύκτη αέρα, που περιέχει ένα συλλέκτη σταγονιδίων νερού, και το νερό στραγγίζεται από διάφορους σωλήνες, **Εικ.15**. Όσο γνωρίζουμε, η διάταξη αυτή είναι αποτελεσματική, αλλά επειδή η είσοδος νερού είναι μία από τις αιτίες ραγίσματος, η ποσότητα αποστράγγισης νερού πρέπει να συμπεριληφθεί στις μετρήσεις. Έχουμε τοποθετήσει μία σειρά δεξαμενών μέτρησης για να διαχωριστεί το νερό από τη ροή αέρος στους σωλήνες αποστράγγισης.



Εικόνα 15: Σωλήνες αποστράγγισης από ενδιάμεσους ψύκτες

### Ξαφνικές, μεγάλες αλλαγές φορτίου

Αυτό συμβαίνει όταν ένα πλοίο φεύγει από το λιμάνι και επιταχύνει με πλήρη ταχύτητα. Η αύξηση ισχύος ελέγχεται από τον κυβερνήτη, που έχει ενσωματωμένους περιοριστές ροπής και φορτίου. Οι περιοριστές μειώνουν τον ανιχνευτή φορτίου στις προτεινόμενες τιμές. Ο καταγράφας δεδομένων καταγράφει την αλλαγή φορτίου και αν υπάρξει αμέσως μετά απ' αυτό περίπτωση ραγίσματος, έχουμε μία πιθανή αιτία.

### Υπερλίπανση

Εκτός από την απώλεια πολύτιμου λιπαντικού λαδιού, η υπερλίπανση των χιτωνίων έχει δύο τουλάχιστον αρνητικά αποτελέσματα: λείανση οπών, γεγονός που προκαλείται από μία κατάσταση «έλλειψης φθοράς και διάβρωσης» και την αύξηση υψηλών επικαθίσεων στην πλευρά του εμβόλου, που ίσως διαταράξουν το φιλμ λαδιού στο χιτώνιο. Έχουμε εκδώσει αναφορές (service letter) (SL385, SL417, SL455), που δίνουν καθοδήγηση. Επιπλέον, εισάγαμε τον υπολογιστικά ελεγχόμενο λιπαντήρα, που καθιστά πολύ εύκολη την τήρηση οδηγιών. Προς το παρόν, ο καταγράφας δεδομένων δε μπορεί να καταγράψει την ταχύτητα τροφοδοσίας της λίπανσης κυλίνδρου.

### Πρώτα αποτελέσματα

Η εγκατάσταση του καταγραφέα δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των δεξαμεμών μέτρησης για ψυχρότερη αποστράγγιση σωλήνων, βλ. **Εικ. 16**, ολοκληρώθηκε την 1η Νοεμβρίου 2005 στο Αμβούργο και η καταγραφή άρχισε την 4η Νοεμβρίου 2005. Για πρακτικούς λόγους, καταγράφηκαν μόνο οι παράμετροι για τις μονάδες κυλίνδρου 7 και 8. Τυχαία, η μονάδα κυλίνδρου 8 είχε εγκατεστημένο ταυτόχρονα το πιο πρόσφατο πακέτο ελατηρίων ως μέρος της γενικής αναβάθμισης. Το πακέτο περιείχε ελατήρια νούμερο 1 και 4 με σκληρή επικάλυψη, βλ. **Εικ. 11**. Η μονάδα κυλίνδρου 8 είναι παρακείμενη του θαλάμου εισαγωγής αέρα με τις βαλβίδες καλπέτο αν το νερό μεταφερθεί, θα χτυπήσει τη μονάδα κυλίνδρου 8, **Εικ. 17**.

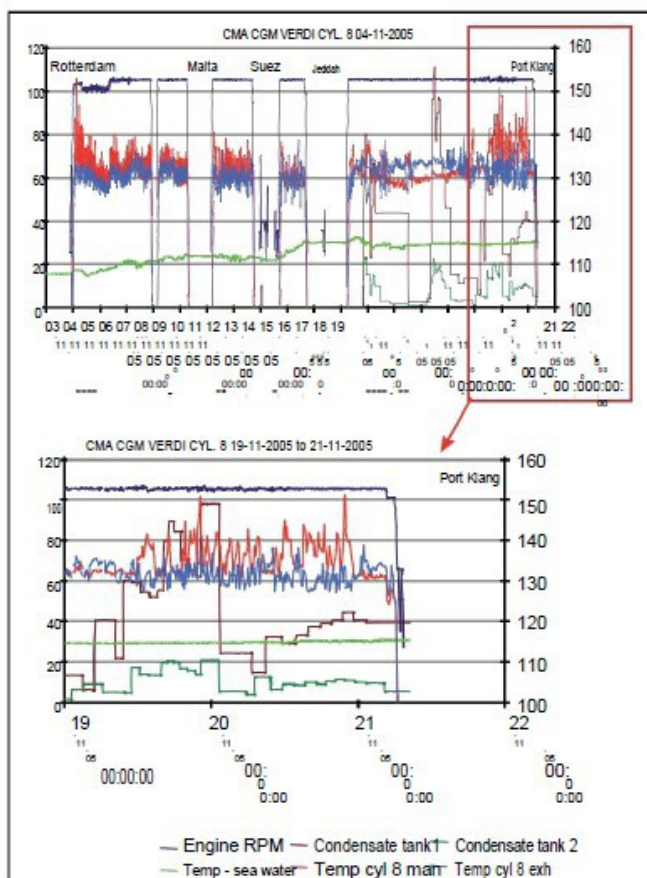


Εικόνα 16: Δεξαμεμές μέτρησης για ψυχρή αποστράγγιση σωλήνων



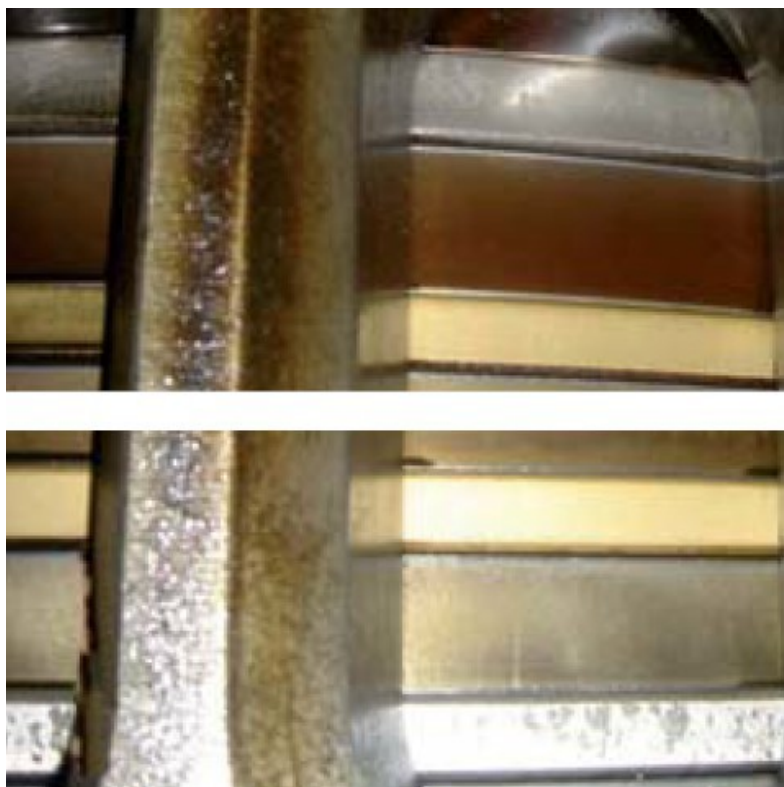
Εικόνα 17: Μονάδα κυλίνδρου 8 παρακείμενη στο θάλαμο εισαγωγής αέρα

Κατεγράφη ο χρόνος εκκίνησης των ελατηρίων της μονάδας κυλίνδρου 8. Καταγραφές δύο εβδομάδων έδειξαν αυξημένες και ασταθείς θερμοκρασίες χιτωνίων, **Εικ. 18**.



Εικόνα 18: Καταγραφή δεδομένων από το πρώτο ταξίδι

Το πακέτο ελατηρίου με επικάλυψη αλουμινίου θα στεγανοποιηθεί πολύ πιο γρήγορα στη μονάδα κυλίνδρου. Δεν κατεγράφη αποστράγγιση μέχρι τον Ινδικό Ωκεανό, όπου το νερό της θάλασσας έφτασε τους 30°C. Κατά το πέρασμα από την Τζέντα στο λιμάνι Κλανγκ, κατεγράφησαν 3 περίοδοι με αποστράγγιση. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει διαρροή από τον όγκο μετά τον παγιδευτή σταγονιδίων νερού. Ωστόσο, κάθε ένα από τα 3 αυτά γεγονότα αύξησε τις θερμοκρασίες των χιτωνίων, με το τελευταίο να αγγίζει το ανησυχητικό όριο των 150 βαθμών. Εξαιτίας του συναγερμού, ο πρώτος μηχανικός αύξησε τη δόση του λιπαντικού λαδιού κατά 50% στη μονάδα κυλίνδρου 8 και λίγες ώρες πριν το Λιμάνι Κλανγκ Port Klang, η θερμοκρασία χιτωνίου σταθεροποιήθηκε ως αποτέλεσμα. Στο Λιμάνι Κλανγκ, τα ελατήρια της μονάδας κυλίνδρου 8 φωτογραφήθηκαν μέσα από θύρα επιστροφής και φάνηκε πολύ μικρή ζημία στη σκληρή επικάλυψη, βλ. **Εικ. 19**. Μετέπειτα καταγραφές έδειξαν σταθερή μονάδα κυλίνδρου 8.



Εικόνα 19: Ελατήρια μονάδας κυλίνδρου 8, Λιμάνι Κλανγκ

#### **Υπο-συμπέρασμα για πρώτα αποτελέσματα**

Το περιστατικό στο Λιμάνι Κλανγκ είναι η πρώτη καταγεγραμμένη περίπτωση ανάκαμψης ραγισμάτων. Η εμπειρία με ελατήρια απλού χυτοσιδήρου είναι ότι η αυξημένη λίπανση και το μειωμένο φορτίο στη μονάδα θα σταθεροποιήσει τις θερμοκρασίες χιτωνίου. Ωστόσο, η καταστροφή των ελατηρίων και των χιτωνίων δε μπορεί να αποφευχθεί.

Οι καταγραφές έδειξαν ότι δεν περνάει καθαρό νερό μέσα από τον παγιδευτή σταγονιδίων νερού, αλλά το περιστατικό με αποστράγγιση από τις σωληνώσεις ψύξης είναι πράγματι επικίνδυνο.

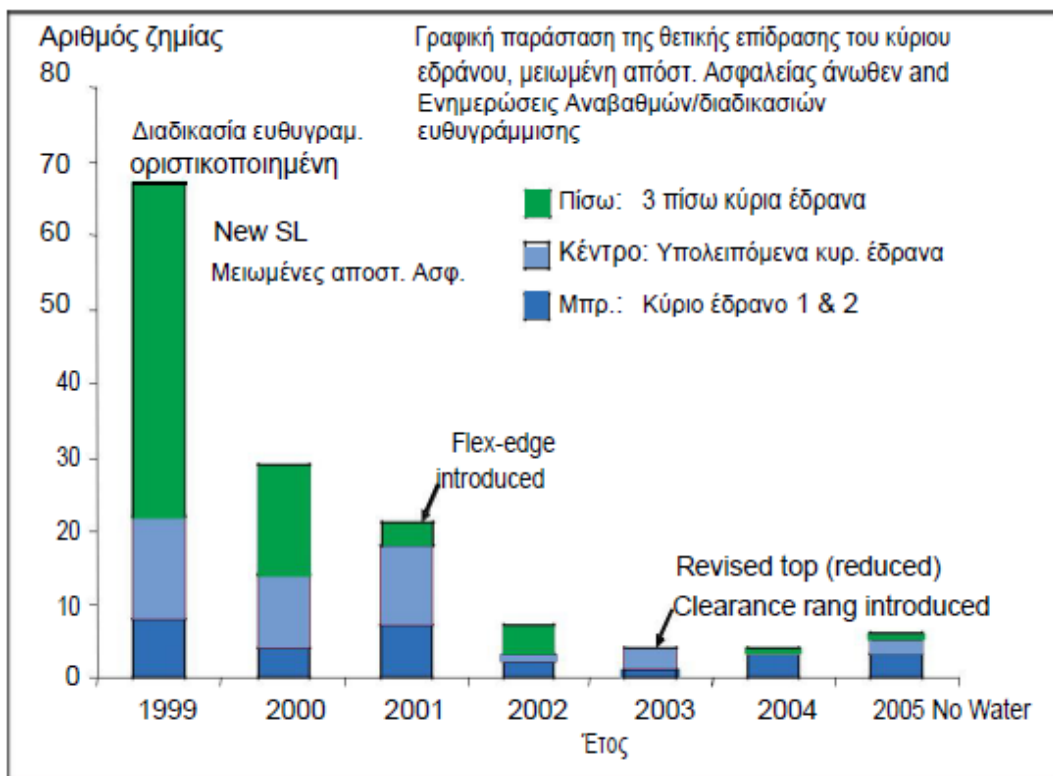
Περαιτέρω εγκατάσταση αισθητήρων θα μας διαφωτίσει σχετικά με τη μεταφορά σταγονιδίων, **Εικ. 20**.

#### **Έδρανα**

Από την τελευταία συνάντηση των δικαιωδόνων το 2002, η θετική εξέλιξη σχετικά με την καταστροφή του κύριου εδράνου συνεχίζεται. Παρά τη μεγάλη αύξηση του αριθμού των εδράνων στις μηχανές MC/ MC-C, ο αριθμός των καταγεγραμμένων ζημιών διατηρείται σε συνεχές χαμηλό επίπεδο, **Εικ. 21**.



Εικόνα 20: Αισθητήρας σταγονιδίων νερού



Εικ. 21: Στατιστική ζημίας κύριου εδράνου

Για τα έδρανα επένδυσης AlSn40, είχαμε έναν αριθμό αναφορών όπου (συνολικά 9) διαπιστώθηκε μία επίστρωση διάβρωσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό συνέβη σε έδρανα τα οποία εκτέθηκαν σε μία ενδιάμεση στιβάδα νικελίου. Είναι ευρέως γνωστό ότι το νικέλιο έχει άσχημα τριβολογικά χαρακτηριστικά και ότι ο κίνδυνος ραγισμάτων μεταξύ του φωλέα χιτωνίου εδράνου και του σταυροειδούς πείρου είναι υπαρκτός, **Εικ. 22**.

Σε όλες τις περιπτώσεις επικάλυψης διάβρωσης, ανιχνεύθηκε υπερβολική ποσότητα νερού στο σύστημα λίπανσης.



Μερικώς διαβρωμένη  
επίστρωση, όχι ακόμη  
ραγισμένη

Επίστρωση πλήρως  
διαβρωμένη,  
100% εκτεθειμένο σε νικ., μερικό  
Ράγισμα μεταξύ νικ. & πειρού

Πλήρης διάβρωση επίστρωσης,  
Μερικό ράγισμα μεταξύ νικ. &  
πειρού, μερικώς χαλ. Προς χαλ.

Εικ. 22: Επίστρωση διάβρωσης στο έδρανο ολίσθησης

Αν το σύστημα λίπανσης μολυνθεί με ποσότητα νερού που υπερβαίνει το όριο μας των 0.2% (0.5% για σύντομες περιόδους), ενδέχεται να αρχίσει διάβρωση. Περιεκτικότητα νερού υψηλότερη από 1% μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική ζημιά μέσα σε λίγες ημέρες λειτουργίας. Στάλθηκε μία αναφορά για να ενημερώσει (ξανα-ενημερώσει) για το φαινόμενο αυτό. Στο γράμμα αυτό, αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε μόλυβδο στο σύστημα λίπανσης ως μία πρώιμη μέθοδος ανίχνευσης επίστρωσης διάβρωσης στα έδρανα ολίσθησης, **Εικ. 23**.

Οι παρακάτω τιμές για την περιεκτικότητα μόλυβδο στο σύστημα λίπανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατευθυντήριες γραμμές:

0-4 ppm μόλυβδου: φυσιολογικό

5-10 ppm μόλυβδου: Τα φίλτρα ελέγχου και ο στροφαλοθάλαμος για μόλυνση εδράνου προετοιμάζουν τα έδρανα ολίσθησης όταν είναι κατάλληλο.

>10 ppm μόλυβδου: Τα φίλτρα ελέγχου και ο στροφαλοθάλαμος για μόλυνση εδράνου προετοιμάζουν τα έδρανα ολίσθησης όσο το δυνατόν πιο γρήγορα.

Εικ. 23: Κατευθυντήρια γραμμή περιεκτικότητας μόλυβδου συστήματος λίπανσης

Νέα εργαλεία ελέγχου εδράνων με on-line ένδειξη διάβρωσης στα έδρανα και με σύστημα ελέγχου λίπανσης online/offline συζητώνται σε άλλο εγχειρίδιο στη Συνάντηση των Δικαιοδόχων. Δοκιμές λειτουργίας για έδρανα ολίσθησης με νέα συνθετική επικάλυψη βασισμένη σε πολυμερές, διθειούχο μολυβδαίνιο συνεχίζονται και δείχνουν καλά αποτελέσματα, **Εικ. 24**. Η τεχνολογία αυτή μπορεί να εξαπλωθεί και σε άλλα έδρανα πέρα από τα έδρανα ολίσθησης όπου η στατική τριβή είναι περιοριστικός παράγοντας.

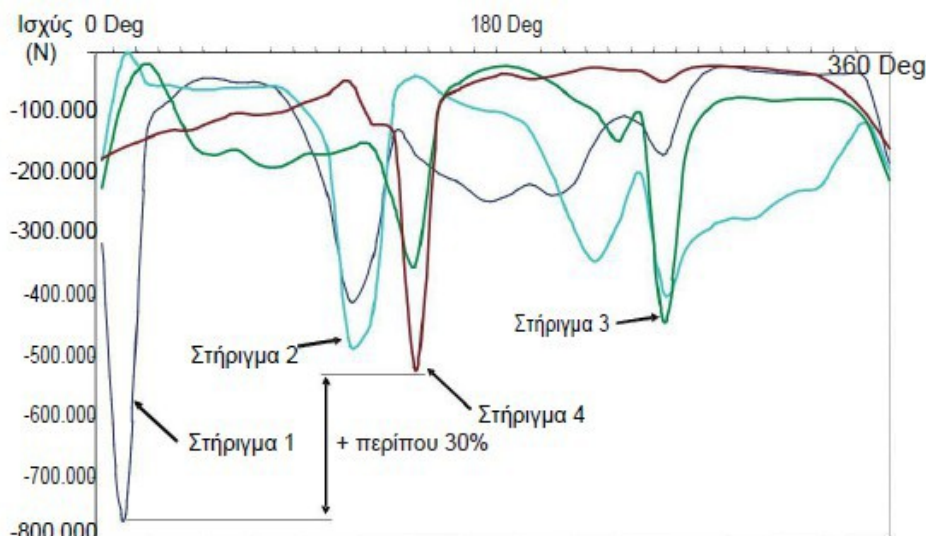
Έδρανο ολίσθησης μετά από 2500 h. Καλή κατάσταση.



Εικ. 24: Συνθετική επίστρωση στο φολέα χιτωνίου εδράνου ολίσθησης AlSn40

### Ραγίσματα στο περίβλημα εκκεντροφόρου σε μηχανές K98

Έχουν ανιχνευτεί ραγίσματα στο περίβλημα εκκεντροφόρου για ορισμένες μηχανές K98MC-C κατά τη διάρκεια των τελευταίων έξι μηνών. Τη στιγμή σύνταξης του παρόντος, έχουν επηρεαστεί 6 μηχανές. Σε όλες τις περιπτώσεις εκτός από μία, τα ραγίσματα εντοπίστηκαν στο στήριγμα εδράνων εκκεντροφόρου Νο. 1. Οι αναλύσεις έχουν δείξει ότι το στήριγμα εδράνου Νο.1 είναι περίπου 30% πιο φορτωμένο από άλλα περιβλήματα εκκεντροφόρου στηριγμάτων εδράνου, **Εικ. 25**.

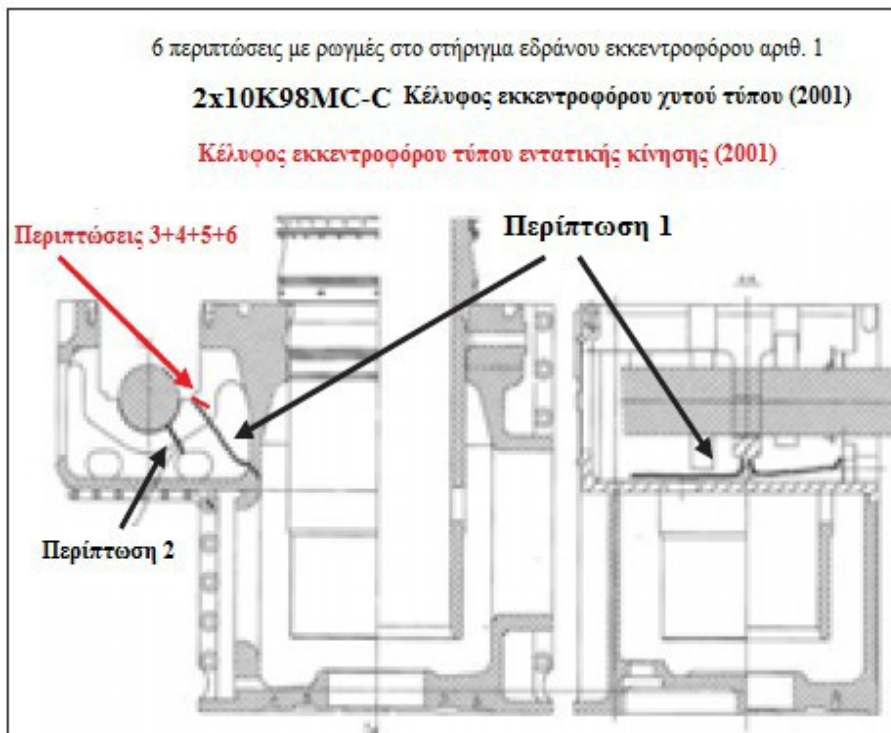


Εικ. 25: Φορτία στηριγμάτων εκκεντροφόρου

Η **Εικ. 26** περιγράφει σε ένα σκίτσο πού βρίσκεται το ράγισμα. Ένα παράδειγμα ανίχνευσης ραγίσματος βλέπετε στην **Εικ. 27**. Κατά τη σύνταξη του παρόντος, έχουν ελεγχθεί 90 μηχανές και σκοπεύουμε να ελέγξουμε όλες τις μηχανές για να δούμε το ακριβές μέγεθος του προβλήματος. Αναπτύχθηκαν ορισμένα αντίμετρα/διορθώσεις για επιδιόρθωση μηχανών με ραγίσματα. Επιπλέον αναπτύχθηκαν προληπτικά αντίμετρα. Σχετικά μ' αυτό, είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε δύο διαφορετικούς σχεδιασμούς για περιβλήματα εκκεντροφόρου σε μηχανές K98, **Εικ. 28**:

- A. Ενσωματωμένο περίβλημα εκκεντροφόρου όπου ο σκελετός κυλίνδρου και το περίβλημα εκκεντροφόρου είναι ενωμένα
- B. Ένα ξεχωριστό περίβλημα εκκεντροφόρου όπου το περίβλημα εκκεντροφόρου είναι ξεχωριστά από το σκελετό κυλίνδρου

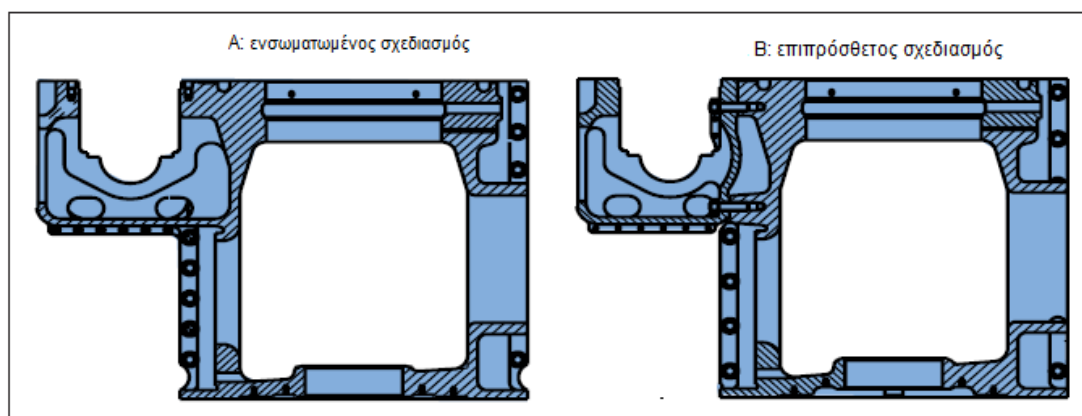




Εικ. 26: Διαδρομές ρωγμών σε βάσεις στήριξης εκκεντροφόρου



Εικ.27

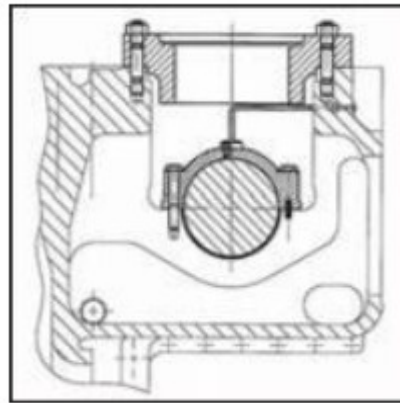


Εικ. 28: Σχεδιασμός περιβλήματος εκκεντροφόρου σκελετού κυλίνδρου

Έχουν ανιχνευθεί ραγίσματα και στις δύο περιπτώσεις. Ωστόσο, οι μέθοδοι επιδιόρθωσης διαφέρουν κατά κάποιον τρόπο. Έχουν ληφθεί υπόψη τα παρακάτω σενάρια:

1. Για νέες μηχανές στις οποίες οι σκελετοί κυλίνδρου/περιβλήματα εκκεντροφόρου δεν είναι ενωμένοι, έχει γίνει μία αλλαγή στο σχεδιασμό με περισσότερο περιθώριο για αποκλίσεις σχετικές

με την παραγωγή. Αυτός ο σχεδιασμός προσφέρει μεγενθυμένες στρογγυλεύσεις, μετακίνηση και - σμίκρυνση των οπών λίπανσης που είναι πιο κοντά στο σκελετό κυλίνδρου, **Εικ. 29**.



Εικόνα 29

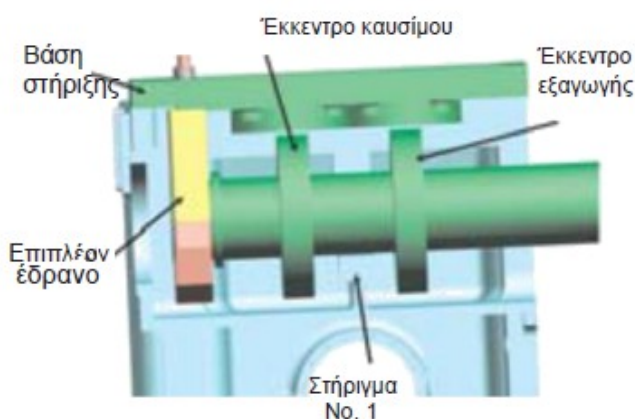
2. Για σκελετούς κυλίνδρου/περιβλήματα εκκεντροφόρου που είναι ήδη ενωμένα αλλά όχι ακόμη σε λειτουργία, χρησιμοποιήθηκε μία τροποποίηση για να εισάγει μεγαλύτερη στρογγύλευση. Στις ωπές λίπανσης, οι απαιτήσεις της ποιότητας επιφάνειας αυξάνονται σύμφωνα με αναβαθμισμένες προδιαγραφές ποιότητας. Σε γενικές γραμμές, αυτή η τροποποίηση ορίζεται για όλα τα στηρίγματα εδράνου περιβλήματος εκκεντροφόρου. Ωστόσο, για ήδη συναρμολογημένες και δοκιμασμένες μηχανές ή μηχανές σε πλοία, έχουν γίνει χειροκίνητες μηχανές και σε τέτοιες περιπτώσεις τροποποιείται μόνο το στήριγμα Νο. 1, **Εικ. 30**.



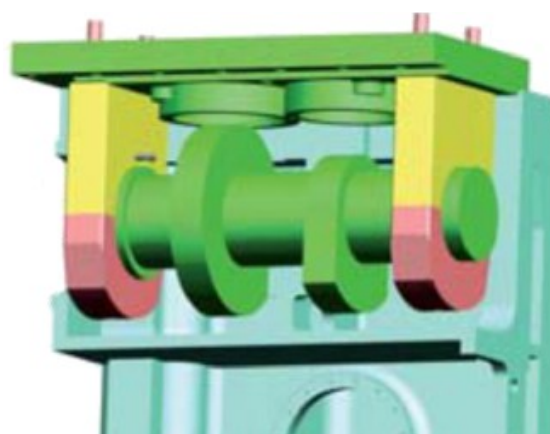
Εικόνα 30

3. Μία εναλλακτική μέθοδος μείωσης του επιπέδου πίεσης στο στήριγμα εδράνου Νο. 1 είναι η εγκατάσταση του επονομαζόμενου «κρεμαστού ρουλεμάν Νο. 0' μπροστά από τον κύλινδρο ρουλεμάν Νο. 0' μπροστά από τον κύλινδρο Νο. 1, εκκεντρο καυσίμου, **Εικ. 31**. Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε νέες κατασκευές πριν από την παράδοση του πλοίου ως εναλλακτική λύση για την κατασκευή μεγαλύτερων οπών.

4. Για μηχανές με ραγίσματα που εξαπλώνονται στη δομή σκελετού του κύριου κυλίνδρου (**Εικ. 26, περίπτωση 1**), έχει ετοιμαστεί ένα μπλοκ σκελετού Κυλίνδρου. Το μπλοκ αυτό θα αλλαχτεί όταν το καράβι προσδεθεί τον Αύγουστο του 2006.



Εικ. 31: Έκκεντρο έδρανο εκκεντροφόρου No. 0



Εικ. 32: Επιδιόρθωση ραγισμένου στηρίγματος εδράνου, «δύο κρεμαστά έδρανα εκκεντροφόρου»

5. Στην **Εικ. 26**, η περίπτωση 2 δείχνει ένα ράγισμα στο σκελετό κυλίνδρου με ένα ενσωματωμένο περίβλημα εκκεντροφόρου. Ωστόσο, το ράγισμα εξαπλώθηκε μόνο στο στηρίγμα κυλίνδρου No. 1 στο περίβλημα εκκεντροφόρου. Η **εικ. 32** δείχνει τα δύο κρεμαστά ρουλεμάν που κρέμονται από την πλάκα στήριξης του κυλίνδρου No. 1. Αυτό θα αποφορτώσει τελείως το στηρίγμα εδράνου εκκεντροφόρου No. 1 όταν αφαιρεθεί ο φωλέας χιτωνίου εδράνου. Η εγκατάσταση αυτής της λύσης θα γίνει σε συνεργασία με τον ιδιοκτήτη για να μη διαταραχθεί η λειτουργία του πλοίου.

6. Έχουν προγραμματιστεί αλλαγές σε δύο ξεχωριστά τμήματα περιβλήματος εκκεντροφόρου κυλίνδρου σε 4 πλοία. Η **Εικ. 33** δείχνει τη δουλειά που έγινε στο πρώτο πλοίο στο οποίο δοκιμάστηκε το εγχείρημα αυτό κατά την προσχεδιασμένη πρόσδεση.



Εικ. 33: Αλλαγή δύο ραγισμένων τμημάτων περιβλήματος εκκεντροφόρου κυλίνδρου

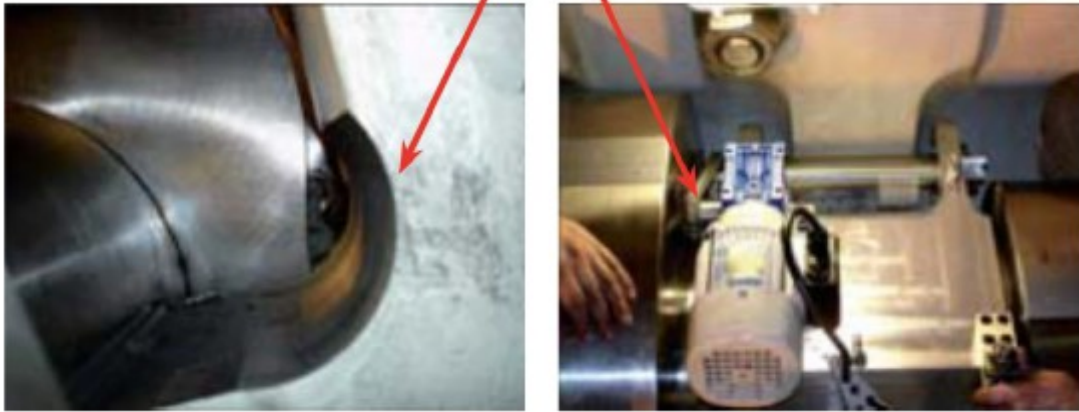
7. Επί τόπου μηχανική επιδιόρθωση μεγαλύτερων στρογγυλεύσεων έχει καταστεί δυνατή κατά τη διάρκεια σύντομων παραμονών στο λιμάνι με τη βοήθεια ειδικών για το σκοπό αυτό μηχανών, **Εικ. 34**. Ένας αριθμός αυτών των μηχανών είναι τώρα σε λειτουργία για μηχανές που θα υποστούν δεξαμενισμό, μηχανές ήδη συναρμολογημένες και ως προληπτικό μέτρο για το στηρίγμα εδράνου No. 1 σε πλοία εν λειτουργία.

Όλα τα παραπάνω μέτρα 1-7 καλύπτουν, τη στιγμή αυτή, τις κοινές μας προσπάθειες να ελαχιστοποιήσουμε τη ζημιά που προκαλείται από τα ραγίσματα αυτά.

Θα συνεχίσουμε και κατά τη διάρκεια του 2006 να κάνουμε προσπάθειες στον τομέα αυτό και θα μπορούμε με αυτό τον τρόπο να δείξουμε αποτελεσματική διαχείριση τέτοιων περιπτώσεων προς όφελος των πελατών μας, των ιδιοκτητών πλοίων.

Στρογγύλευση μετά από μηχανική επιδιόρθωση

Εργαλείο μηχανικής  
επιδιόρθωσης



Εικ. 34: Μηχανή για επί τόπου επιδιόρθωση στρογγυλεύσεων

### Συμπερασματικές παρατηρήσεις

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η λίστα αναφοράς των μηχανών ME, (βλ. ΚΕΦΑΛΑΙΟ I, Εικ. 6), αποτελείται από μηχανές από την L42ME έως την K98ME/ ME-C, σε περίπου ίση κατανομή μεταξύ 35 ιδιοκτητών δεξαμενοπλοίων, πλοίων ξηρών φορτίων και πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Οι μηχανές ME/ME-C είχαν επιτυχή εισαγωγή στην αγορά και είναι αποδεκτές.

Όπως και με άλλα προϊόντα που περιέχουν νέα τεχνολογία, υπήρξαν μερικά μικρά προβλήματα, τα οποία εξαλείφθηκαν γρήγορα.

Η εμπειρία λειτουργίας για το παραδοσιακό εύρος μηχανών MC/MC-C χαρακτηρίζεται από μία σταθερή κατάσταση κυλίνδρου, σταθερή απόδοση εδράνων και μία συνολική επέκταση του ρεαλιστικού χρονικού διαστήματος μεταξύ επισκευών.

Όταν εμφανίζονται προβλήματα σχετικά με τη λειτουργία, όπως τα ραγίσματα στο περίβλημα εκκεντροφόρου στη μηχανή, είναι υπέρτατης σημασίας οι δικαιολόγοι και η εταιρεία MAN B&W Diesel να αντιδρούμε από κοινού και αποτελεσματικά για τους πελάτες μας ώστε να ελαχιστοποιήσουμε τον αντίκτυπο τέτοιου είδους προβλημάτων στις επιχειρήσεις τους. Τα προβλήματα ραγισμάτων στο περίβλημα εκκεντροφόρου έδειξαν για μία ακόμη φορά την αποτελεσματικότητα των κοινών μας προσπαθειών.

## **Κεφάλαιο IV**

### **Λειτουργία χαμηλού φορτίου (slow steaming)**

## Λειτουργία χαμηλού φορτίου (Slow Steaming)

Ωφέλιμες τροποποιητικές λύσεις από την MAN PrimeServ

### Λειτουργία χαμηλού φορτίου

#### Εισαγωγή

Από τις συνολικές δαπάνες λειτουργίας ενός πλοίου, το μεγαλύτερο ποσοστό αποδίδεται με διαφορά στα έξοδα καυσίμου. Λαμβάνοντας υπόψη την παγκόσμια οικονομική κατάσταση και τις αυξανόμενες τιμές στα καύσιμα, οι ιδιοκτήτες πλοίων και οι ναυλωτές ψάχνουν λύσεις για μείωση του κόστους με την ελάττωση κατανάλωσης καυσίμου. Η λειτουργία χαμηλού φορτίου, γνωστή στην αγγλική γλώσσα ως “slow steaming” αποτελεί προς το παρόν το πιο αποτελεσματικό και δημοφιλή τρόπο για τη μείωση εξόδων καυσίμου και κατά συνέπεια, των συνολικών δαπανών λειτουργίας για αυξημένη ανταγωνιστικότητα στην αγορά.

Λειτουργία χαμηλού φορτίου μειωμένη έως και 10-20% MCR είναι εφικτή με τις μηχανές MAN B&W και υπάρχει η αυξανόμενη τάση λειτουργίας μηχανών σε τόσο χαμηλό εύρος φορτίου. Καθώς οι μηχανές δεν ήταν σχεδιασμένες για τέτοιο λειτουργικό προφίλ, έγιναν διάφορες τροποποιήσεις.

#### Πλεονεκτήματα από τις αναβαθμίσεις για λειτουργία χαμηλού φορτίου (slow-steaming)

Εκτός από τη λειτουργία μερικού φορτίου, υπάρχουν διάφοροι τρόποι για αύξηση του οικονομικού οφέλους από τη λειτουργία χαμηλού φορτίου. Τα μέτρα αυτά επιτρέπουν μειώσεις στα καύσιμα και στο λιπαντικό, όπως επίσης βελτιωμένη απόδοση μηχανής, προσδίδοντας σημαντικά οφέλη στην ετήσια εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται με την ίδια τη λειτουργία χαμηλού φορτίου.

Τέτοιες λύσεις είναι:

- Διακοπή τροφοδότη τουρμπίνας
- Βαλβίδα ολίσθησης καυσίμου
- Αναβαθμίσεις λιπαντήρα Alpha
- Αποδιαβάθμιση μηχανής με την επιλογή νέου σχεδιασμού έλικα

#### Περιεχόμενα

Το εγχειρίδιο αυτό περιγράφει τις τωρινές τροποποιητικές λύσεις δίχρονων κινητήρων για λειτουργία χαμηλού φορτίου. Περισσότερες λεπτομερείς πληροφορίες μπορείτε να βρείτε επικοινωνώντας με το γραφείο MAN PrimeServ της περιοχής σας:



#### Διακοπή τροφοδότη τουρμπίνας

Ο καλύτερος τρόπος εξοικονόμησης χρημάτων για λειτουργία χαμηλού φορτίου



### Πλεονεκτήματα λειτουργίας χαμηλού φορτίου

- Σημαντική εξοικονόμηση στην ειδική κατανάλωση καυσίμου σε χαμηλό φορτίο
- Ευέλικτη λύση που επιτρέπει χαμηλό και πλήρες φορτίο

### Αρχή λειτουργίας

Η μείωση ταχύτητας είναι το πιο αποτελεσματικό μέσο για τη μείωση εξόδων καυσίμου. Ωστόσο, σε χαμηλό φορτίο, οι τροφοδότες τουρμπίνας λειτουργούν κάτω από το όριο της βέλτιστης εμβέλειάς τους. Το γεγονός αυτό επηρεάζει αρνητικά την απόδοση λειτουργίας τους, που περιορίζει την πιθανή εξοικονόμηση καυσίμου. Σε μηχανές με δύο ή περισσότερους τροφοδότες τουρμπίνας αυτό αντιμετωπίζεται με την εγκατάσταση μιας διάταξης διακοπής τροφοδότη τουρμπίνας. Μ' αυτό τον τρόπο, η απόδοση των υπόλοιπων τροφοδοτών τουρμπίνας θα βελτιωθεί από τη λειτουργία σε υψηλότερες στροφές, κάτι το οποίο και πάλι μειώνει περαιτέρω την κατανάλωση καυσίμου. Η λύση με τα περιστρεφόμενα δρύφακτα (swing gates) που προσφέρει η MAN PrimeServ δίνει στο χειριστή την επιλογή να αποσυνδέσει έναν από τους τροφοδότες τουρμπίνας για λειτουργία χαμηλού φορτίου, όποτε χρειάζεται. Η ευελιξία αυτή επιτρέπει βέλτιστη αποτελεσματικότητα τροφοδότη τουρμπίνας σε μερικό και σε πλήρες φορτίο.

### Αποδοχή από τη βιομηχανία καραβιών

Η λύση αυτή είναι ευρέως αποδεκτή από τη βιομηχανία καραβιών και έχει γίνει πρότυπη επιλογή αναδιάταξης συστήματος για πολλά μεγάλα οχήματα με τρεις και τέσσερις τροφοδότες τουρμπίνας. Πρόσφατα, η εμπειρία λειτουργίας έδειξε ικανοποιητική εξοικονόμηση στην ειδική κατανάλωση καυσίμου για μηχανές με δύο τροφοδότες τουρμπίνας και η διάταξη διακοπής τροφοδότη τουρμπίνας αναμένεται να είναι μία επίσης ελκυστική αναβάθμιση.

### Δυνατότητα εξοικονόμησης καυσίμου

Με βάση τον τρόπο που είναι σχεδιασμένη μία μεμονωμένη μηχανή, σημαντική εξοικονόμηση στην ειδική κατανάλωση καυσίμου μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση διάταξης διακοπής τροφοδότη τουρμπίνας. Η σχετική εξοικονόμηση που αναφέρεται παρακάτω βασίζεται στην πιο πρόσφατη εμπειρία από μηχανές σε λειτουργία και πρέπει να διαβάζεται ως οδηγία.

Εφικτό εύρος φορτίου μετά από διάταξη διακοπής ενός τροφοδότη τουρμπίνας:

Αριθμός τροφοδοτών τουρμπίνας	1 από 2	2 από 3	3 από 4
Σχετική εξοικονόμηση, g/kWh (σε 25% φορτίο μηχανής)	6	5	4
Εύρος φορτίου	10-35% MCR	10-66% MCR	10-74% MCR

### Βαλβίδες ολίσθησης καυσίμου

Μείωση αποθέσεων κατά τη διάρκεια λειτουργίας χαμηλού φορτίου

### Πλεονεκτήματα λειτουργίας χαμηλού φορτίου



Η βαλβίδα ολίσθησης καυσίμου είναι από τους πιο πρόσφατους σχεδιασμούς και είναι απαραίτητη για τη λειτουργία χαμηλού φορτίου. Η μείωση της ταχύτητας του καραβιού μειώνει τα έξοδα καυσίμου, αλλά οι βαλβίδες ολίσθησης είναι απαραίτητες για τη σωστή λειτουργία χαμηλού φορτίου σε μεγάλη εμβέλεια. Ο σχεδιασμός ολίσθησης βελτιώνει τη διαδικασία καύσης και μειώνει τις ανθρακούχες αποθέσεις στα αέρια εξαγωγής που συνήθως εμφανίζονται από τη λειτουργία χαμηλού φορτίου με τις παραδοσιακές βαλβίδες καυσίμου. Τέτοιου είδους αποθέσεις συσσωρεύονται ραγδαία και μηχανές με παραδοσιακές βαλβίδες καυσίμου θα χρειαστούν περισσότερη συντήρηση και συχνό καθαρισμό των διαδρομών αερίων.

- Βελτιωμένη απόδοση χαμηλού φορτίου
- Καλύτερη διαδικασία καύσης
- Μειωμένη ρύπανση των διαδρομών καυσαερίου και του καυστήρα αερίου
- Μειωμένη ρύπανση της περιοχής άνω κεφαλής εμβόλου

### **Κανόνας χειρισμού**

Η βαλβίδα ολίσθησης καυσίμου μειώνει την ποσότητα αιθάλης και προσδίδει καλύτερες ιδιότητες καύσης. Αυτό επιτυγχάνεται με έναν πιο ανεπτυγμένο σχεδιασμό που μειώνει τον όγκο καυσίμου στους προηγούμενους τύπους. Η κατανομή ψεκασμού του καυσίμου βελτιώνεται περισσότερο και οδηγεί σε βελτιωμένη και πιο ολοκληρωμένη διαδικασία καύσης. Αυτό καταλήγει σε λιγότερες αποθέσεις στους διαδρόμους αερίου και στη μείωση των γενικών εκπομπών. Το ορατό επίπεδο καπνού μειώνεται επίσης σημαντικά ως αποτέλεσμα της βελτιωμένης καύσης. Η ανάγκη συντήρησης μειώνεται με τις πιο καθαρές διαδρομές αερίου και οι διαδικασίες δοκιμής είναι πιο απλές χάρη στο βελτιωμένο σχεδιασμό.



Σύγκριση βαλβίδας ολίσθησης καυσίμου πριν και μετά την τροποποίηση

### **Αποδοχή από τη βιομηχανία καραβιών**

Οι βαλβίδες ολίσθησης καυσίμου είναι πλέον πρότυπες στις νέες μηχανές MAN B&W αλλά θεωρούνται επίσης απαραίτητες μεταξύ των περισσότερων ιδιοκτητών πλοίων και χειριστών για παλαιότερες μηχανές.

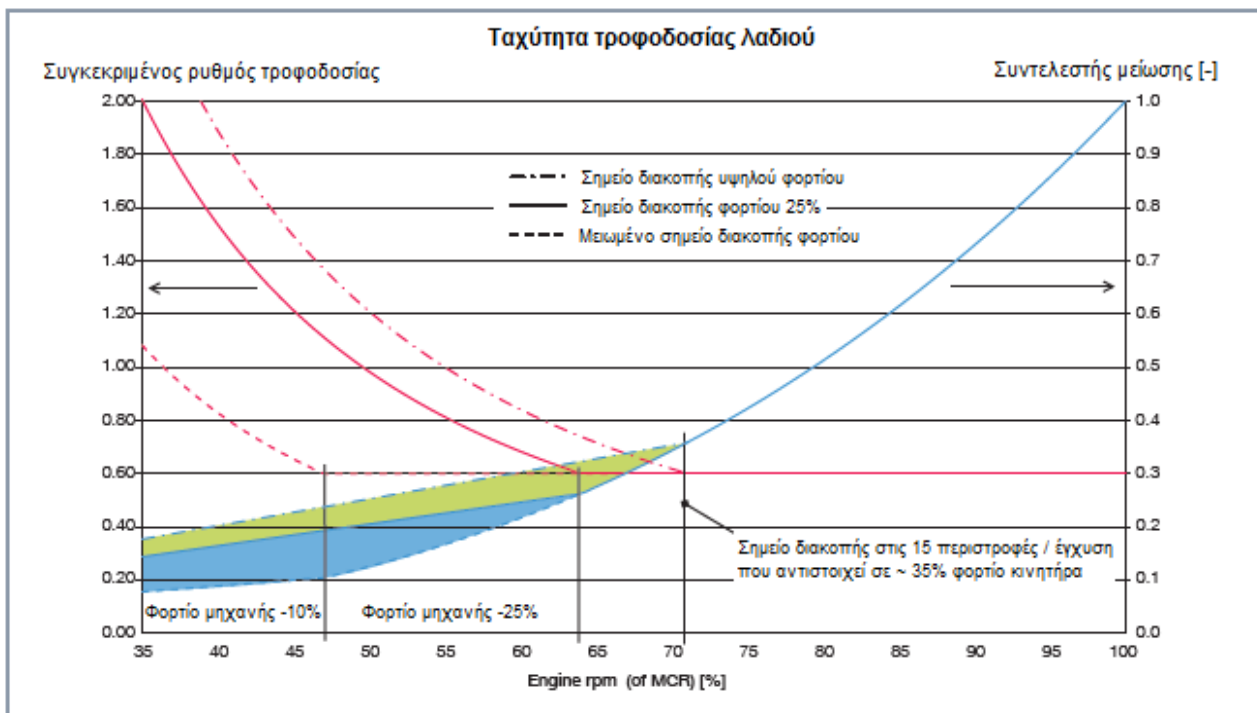
### **Πιο καθαροί διάδρομοι αερίου εξαγωγής**

Οι δύο φωτογραφίες δείχνουν το κυριότερο πλεονέκτημα της αναδιάταξης της βαλβίδας ολίσθησης καυσίμου. Η πρώτη εικόνα δείχνει το κάτω μέρος μιας βαλβίδας εξαγωγής με σημαντικές αποθέσεις που προκλήθηκε από μία ημιτελή διαδικασία καύσης. Η δεξιά πλευρά της φωτογραφίας δείχνει την ίδια έδρα βαλβίδας μετά την εγκατάσταση της βαλβίδας ολίσθησης καυσίμου. Έγινε λήψη της φωτογραφίας μετά από 890 ώρες λειτουργίας με τη βαλβίδα ολίσθησης καυσίμου. Δεν έγινε επιπλέον καθαρισμός ή απόξεση κατά τη διάρκεια αναδιάταξης του νέου τύπου βαλβίδας καυσίμου.



## Αναβάθμιση λιπαντήρα Alpha Lubricator

Εξοικονόμηση λιπαντικού λαδιού με τη λειτουργία χαμηλού φορτίου



### Πλεονεκτήματα από τη λειτουργία χαμηλού φορτίου

- 20-50% εξοικονόμηση λιπαντικού κυλίνδρου σε χαμηλό φορτίο
- Ακριβέστερος έλεγχος ταχύτητας τροφοδότησης σε όλα τα φορτία μηχανής
- Ελάττωση υπερλίπανσης σε χαμηλό φορτίο, μείωση αποθέσεων, επομένως βελτίωση κατάστασης κυλίνδρου

### Αρχή λειτουργίας χειρισμού

Το 2012, παρουσιάστηκε ένας νέος σχεδιασμός του λιπαντήρα Alpha Lubricator σε νέες μηχανές MC. Μαζί με μερικές βελτιώσεις στο σχεδιασμό, άλλαξαν ο όγκος έγχυσης και η συχνότητα για βελτίωση της κατανάλωσης λιπαντικού κυλίνδρου σε χαμηλό φορτίο. Τώρα, η αναβάθμιση του λιπαντήρα Alpha Lubricator συστήνεται ως τροποποιητική λύση, βελτιώνοντας την κατανάλωση λιπαντικού κυλίνδρου σε μηχανές εν λειτουργία.

Μία επίπτωση σημαντικής υπερλίπανσης σε χαμηλό φορτίο είναι η δημιουργία αποθέσεων στην κεφαλή του εμβόλου και στα ελατήρια εμβόλου, αυξάνοντας τον κίνδυνο ζημίας στα χιτώνια κυλίνδρου. Επιπλέον, η υπερλίπανση δημιουργεί πρόσθετο κόστος για λιπαντικό λαδιού που δεν είναι απαραίτητο. Η αναβάθμιση του λιπαντήρα Alpha Lubricator αποτελεί σημαντική βελτίωση του συστήματος.

Ο νέος σχεδιασμός του λιπαντήρα μειώνει το επίπεδο ισχύς κινητήρα στο οποίο ο αλγόριθμος, που ελέγχει την παροχή τροφοδότης λιπαντικού κυλίνδρου, αλλάζει. Το «σημείο διακοπής» μεταφέρεται στα αριστερά. Η αναβάθμιση του Alpha Lubricator δίνει τη δυνατότητα στο ποσοστό παροχής τροφοδότησης λιπαντικού κυλίνδρου να ακολουθήσει μία πιο χαμηλή στροφή. Η σημειωμένη περιοχή στην παραπάνω εικόνα αντιστοιχεί στην πιθανή εξοικονόμηση λιπαντικού λαδιού από την αναβάθμιση του συστήματος.

### Εύρος παράδοσης

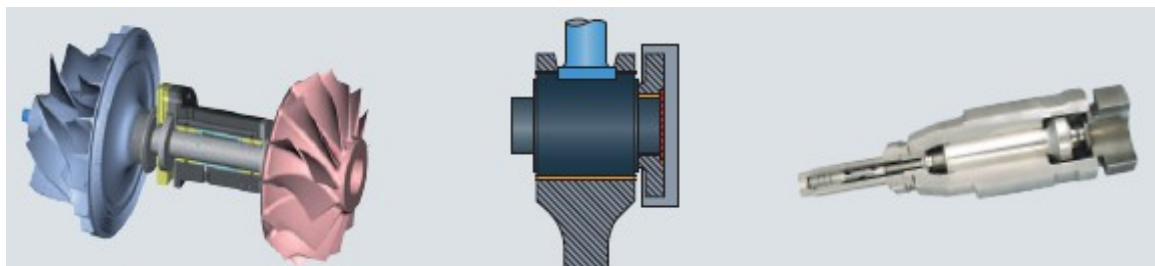
Η αναβάθμιση του λιπαντήρα Alpha Lubricator αποτελείται από μία καινούρια μικροϋπολογιστική μονάδα, από το πιο πρόσφατο λογισμικό και νέους, βελτιωμένους λιπαντήρες είτε ως ολοκληρωμένους λιπαντήρες είτε ως εργαλεία, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καινούριες μονάδες χωρίς φθορά.

Παράδειγμα εξοικονόμησης σε μηχανή 12K98MC-C	
Κατανάλωση λιπαντικού λαδιού σε φορτίο μηχανής 10% :	
Πρίν την αναβάθμιση:	240 λίτρα/ημέρα
Μετά την αναβάθμιση:	100 λίτρα/ημέρα
Ετήσια εξοικονόμηση:	42.000 ΕΥΡΩ (σε 6000 ώρες/έτος και 12.000 ΕΥΡΩ/τόνο λιπαντικού λαδιού)

Δυνατότητα εξοικονόμησης λιπαντικού λαδιού

### Αποδιαβάθμιση μηχανής

Αλλάζοντας την ονομαστική ισχύ κινητήρα



Πλοία που σχεδιάστηκαν γύρω στο 2008 σχεδιάστηκαν για λειτουργία υψηλής ταχύτητας. Πολλά από αυτά αρχίζουν να μην είναι πλέον οικονομικά στη σημερινή αγορά πλοίων χαμηλού φορτίου. Η αποδιαβάθμιση προσφέρει την πιθανότητα αλλαγής των προδιαγεγραμμένων ονομαστικών μεγεθών συνεχούς λειτουργίας για να αντιστοιχούν στις απαιτήσεις των πλοίων που αναμένονται να παραμείνουν σε καθεστώς λειτουργίας χαμηλού φορτίου.

### Πλεονεκτήματα

- Μειωμένη ειδική κατανάλωση λιπαντικού λαδιού σε όλα τα φορτία
- Νέος, ανακαινισμένος τροφοδότης τουρμπίνας
- Μειωμένη κατανάλωση ισχύς (αλλαγή έλικα)

### Αρχή

Η αποδιαβάθμιση είναι η διαδικασία αλλαγής της λειτουργίας (ισχύς και ταχύτητα) μιας μηχανής.

Η επιλογή της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος κινητήρα (ή σχεδιασμού) λαμβάνει χώρα σήμερα, ως πρότυπο, σε νέες κατασκευές για να διασφαλίσει ότι η απαιτούμενη ταχύτητα του πλοίου επιτυγχάνεται από τον βέλτιστο συνδυασμό έλικα και σχεδιασμού μηχανής. Σε τροποποιητικές εφαρμογές, η αποδιαβάθμιση προσφέρεται για να διασφαλίσει ότι η ονομαστική ισχύς κινητήρα θα αλλάξει για να ταιριάζει στις τωρινές ταχύτητες πλοίου στη σημερινή αγορά πλοίων λειτουργίας χαμηλού φορτίου. Η αλλαγή του ονομαστικού μεγέθους συνεχούς λειτουργίας μιας ήδη ενσωματωμένης μηχανής (αποδιαβάθμιση) αλλάζει μόνιμα την απόδοση της μηχανής περιορίζοντας την ισχύ εξόδου και μ' αυτό τον τρόπο τη μέγιστη ταχύτητα του πλοίου.

### **Τροποποιήσεις μηχανής**

Η αποδιαβάθμιση περιλαμβάνει αλλαγή/τροποποίηση των παρακάτω κύριων εξαρτημάτων μηχανής:

- Θέσεις καυσίμου και εκκεντροφόρου εξαγωγής (χρονομέτρηση) και μέγεθος
- Ψεκαστές καυσίμου μηχανής
- Βαλβίδες καυσίμου (απαιτείται εγκατάσταση βαλβίδων ολίσθησης καυσίμου)
- Ύψος σφήνας μεταξύ της κεφαλής x (x-head) και της μπιέλας
- Κυματιστό χιτώνιο κυλίνδρου (απομάκρυνση άκρων φθοράς)
- Επαναντιστοίχιση του/των τροφοδότη τουρμπίνας
- Νέος τεχνικός φάκελος
- Υπολογισμός οξειδίων αζώτου στο πλοίο για μητρικά πλοία

### **Λειτουργικό προφίλ**

Η κύρια προϋπόθεση για μία επιτυχημένη διαδικασία αποδιαβάθμισης είναι μία λεπτομερής έρευνα κατά την οποία αναλύεται το προσδοκώμενο, μελλοντικό λειτουργικό προφίλ του πλοίου.

- Μέγιστη ταχύτητα πλοίου, μετά από την τροποποίηση
- Σχεδιασμός ταχύτητας, μετά από την τροποποίηση
- Κατανομή λειτουργικής ταχύτητας βάσει ωρών λειτουργίας

Το πλεονέκτημα κάθε διαδικασίας αποδιαβάθμισης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ποιότητα του λειτουργικού προφίλ.

### **Αλλαγή έλικα**

Η αποδιαβάθμιση συχνά περιλαμβάνει αλλαγή του αρχικού έλικα με ένα νέο έλικα με αυξημένη διάμετρο, βελτιωμένη για τον ανανεωμένο σχεδιασμό μηχανής με μειωμένη ταχύτητα μηχανής (στροφές κινητήρα). Συνηθίζεται, με το συνδυασμό αποδιαβάθμισης μηχανής με αλλαγή υπάρχοντος έλικα να υπάρχει θετική επίδραση στην περίοδο απόσβεσης της διαδικασίας συγκριτικά με την αποδιαβάθμιση μόνο της κύριας μηχανής.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περιεχόμενα:

Σελίδες:

Εισαγωγή.....	2-5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι</b>	
<b>Η σειρά μηχανών ME/ME-C</b>	
- Το σχέδιο των ME.....	6-8
- Μονάδα υδραυλικού κυλίνδρου.....	9-14
- Παροχή υδραυλικής ισχύος.....	14-16
- Σύστημα ελέγχου μηχανής.....	17-22
- Σύστημα λίπανσης Alpha.....	22
- Εμπειρία λειτουργίας μηχανής ME–περίληψη.....	22-23
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ</b>	
<b>Εκπομπή ρύπων. Μέθοδοι μείωσης ρύπων CO2 και Nox</b>	
- Πρωτογενείς μέθοδοι.....	24-29
- Δευτερεύουσες μέθοδοι.....	30-38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ</b>	
<b>Η σειρά μηχανών MC/MC-C</b>	
- Χρονικό διάστημα μεταξύ επισκευών για τις τελευταίες τεχνολογίας μηχανές MC.....	39-45
- Έρευνα ραγισμάτων (γρατζουνιών).....	45
- Ραγίσματα στο περίβλημα εκκεντροφόρου για μηχανές K98.....	45-48
- Έδρανα.....	48-55
- Συμπερασματικές παρατηρήσεις.....	55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV.</b>	
<b>Λειτουργία χαμηλού φορτίου (Slow Steaming).....</b>	<b>56-61</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

## ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

<http://primeserv.man.eu/>

<http://primeserv.man.eu/docs/librariesprovider5/primeserv-documents>

<http://www.flamemarine.com/files/MANBW.pdf>