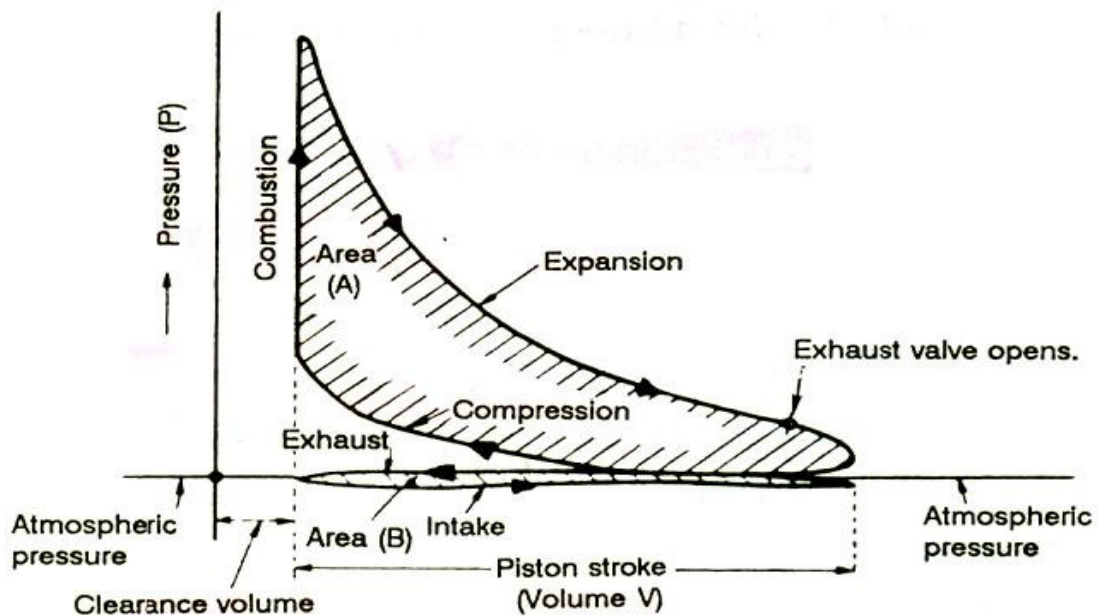


ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ:

4504 ΚΡΥΟΝΕΡΙΤΗΣ ΔΙΑΝΕΛΛΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ

ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

[1]

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΡΥΟΝΕΡΙΤΗΣ ΔΙΑΝΕΛΛΟΣ

ΑΜ: 4504

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ

ΒΕΒΑΙΩΝΕΤΑΙ Η ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

1.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Ο έλεγχος και η παρακολούθηση μιας μηχανής κατά την λειτουργία της είναι σοβαρή εργασία με σωστή παρακολούθηση προλαβαίνουμε αρκετές αναλογίες (γιατί για κάθε αναλογία υπάρχει και μια αντίστοιχη ένδειξη).

Εκτός των ελέγχων όπως π.χ. θερμοκρασίες και πιέσεις και ειδικά οι θερμοκρασίες στην εξαγωγή των καυσαερίων σε κάθε κύλινδρο, ψύξη εμβόλων πίεσης ελαίου λίπανσης της μηχανής και του καυσίμου πριν και μετά τα αντίστοιχα φίλτρα κλπ.

Ένα από τα βασικά στοιχεία ελέγχου μιας μηχανής είναι και τα ενδεικτικά διαγράμματα, οι τρόποι λήψεως αυτών και η ανάλυση τους. Η λήψη τέτοιων διαγραμμάτων γίνεται εν ώρα λειτουργίας της μηχανής και μας δίνει την τιμή πίεσεως p σε κάθε θέση του εμβόλου χ (διάγραμμα $p-\chi$)

1.OPERATING CONDITION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE

The checking and follow up of an internal combustion engine is an important task because through proper follow up we prevent a serious number of malfunctions

Besides the checking of temperatures and pressures and especially the checking of the exhaust gas temperature in every cylinder, of the piston oil lubricating system and the fuel before and after every filter

One of the most basic procedures in checking an internal combustion engine are the peak-pressure diagrams, the manors in which they are taken and their analysis.

The taking of such diagrams is done on full load of the engine an they indicate the pressure in every position of the piston inside the cylinder.

2.ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ :

Τα ενδεικτικά διαγράμματα μιας μηχανής είναι από τα βασικότερα στοιχεία ελέγχου μιας μηχανής γιατί μέσω αυτών εκτός των άλλων είναι δυνατός και ο υπολογισμός του φορτίου της μηχανής το οποίο και λαμβάνεται σαν βάση για τις εκάστοτε ενδείξεις της μηχανής. Από τα διαγράμματα λαμβάνουμε την πίεση συμπίεσης, την μέγιστη πίεση ή πίεση καύσης και τη μέση ενδεικτική πίεση με την βοήθεια της οποίας υπολογίζουμε την αναπτυσσόμενη ενδεικτική ιπποδύναμη της μηχανής.

Κατά την διάρκεια της λήψης των ενδεικτικών διαγραμμάτων εκτός των άλλων ενδείξεων λαμβάνουμε και την βαρομετρική πίεση μέσω του βαρομέτρου της γέφυρας.

Σκοπός της βαρομετρικής πίεσης κατά τη λήψη των ενδεικτικών διαγραμμάτων είναι η μετατροπή των πιέσεων συμπίεσης και αέρα πλήρωσης (σάρωση) σε απόλυτες και αυτό γιατί ο λόγος της αδιάλυτης πίεσης συμπίεσης προς την απόλυτη πίεση του αέρος πλήρωσης είναι ένδειξη της κατάστασης του χώρου καύσης του αντίστοιχου κυλίνδρου.

Η αναπτυσσόμενη ιπποδύναμη από μια μηχανή εξαρτάται από τις πιέσεις οι οποίες αναπτύσσονται μέσα στους κυλίνδρους της. Καταγραφή των πιέσεων αυτών είναι δυνατή με την λήψη των διαγραμμάτων με τον δειναμοδείκτη.

Για κάθε κύλινδρο ο δειναμοδείκτης χαράσσει ένα ακανόνιστο σχήμα το οποίο ονομάζουμε διάγραμμα.

Χαρακτηριστικές πιέσεις ενός διαγράμματος είναι η πίεση συμπίεσης, που μπορεί να είναι 48kg/cm^2 ή μέγιστη πίεση ή πίεση καύσης που μπορεί να είναι 60kg/cm^2 ή πίεση έναρξης της εξαγωγής που μπορεί να είναι $7,5\text{kg/cm}^2$ και η πίεση αέρος πλήρωσης που μπορεί να είναι $1,4\text{kg/cm}^2$.

Βασική προϋπόθεση για λήψη ενδεικτικών διαγραμμάτων είναι η σταθερότητα του φορτίου καθώς και η ευθαλασσία για την σταθερότητα της ταχύτητας της μηχανής.

Με τον ίδιο τον δυναμοδείκτη μπορεί να κάνουμε λήψη διαγραμμάτων.

- α) διαγράμματα πίεσης συμπίεσης
- β) διαγράμματα έργου
- γ) διαγράμματα μεγίστων πιέσεων
- δ) εκτυλισσόμενα ή εκτός φάσης διαγράμματα

Η λήψη αυτών των διαγραμμάτων σκοπό έχει τον έλεγχο στεγανότητας τόσο των ελατηρίων των εμβόλων όσο και των βαμβίδων εξαγωγής.

Πρώτη κίνηση είναι να τοποθετήσουμε τον δειναμοδείκτη στον αντίστοιχο δειναμοδείκτη κρουνού.

Με την ημιπεριστροφική κίνηση του τυμπάνου του δειναμοδείκτη έχουμε αποτέλεσμα να χαράσσονται δύο καμπύλες επάνω στο χαρτί του διαγράμματος την καμπύλη της πίεσης συμπίεσης και την καμπύλη εκτόνωσης.

Εάν οι δύο καμπύλες ταυτίζονται στο διάγραμμα είμαστε βέβαιοι ότι ο μηχανισμός ελέγχου του δειναμοδείκτη βρίσκεται σε κανονική θέση σε σχέση με το έμβολο του ελεγχόμενου κυλίνδρου.

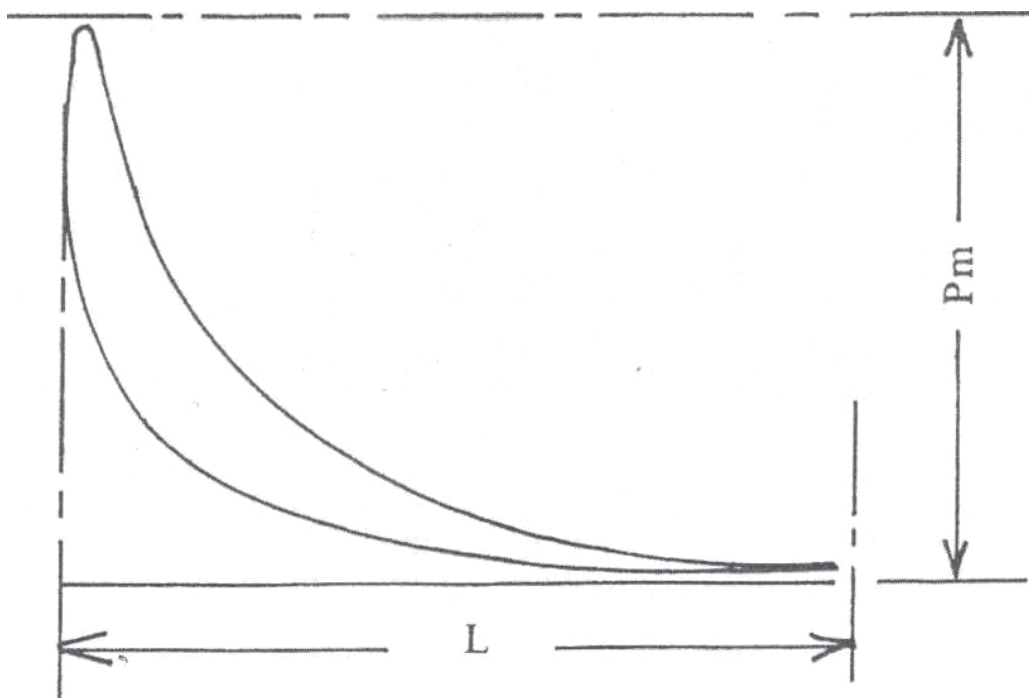
Εάν οι καμπύλες δεν ταυτίζονται τότε διορθώνουμε τον αντίστοιχο κνώδακα ελέγχου του δειναμοδείκτη.

Πρέπει να αναφερθεί ότι για την λήψη σωστών διαγραμμάτων επιβάλλεται το ΑΝΣ της διαδρομής του μηχανισμού ελέγχου του δειναμοδείκτη να ταυτίζεται ακριβώς με το ΑΝΣ της διαδρ'ομής του εμβόλου του προς έλεγχο κυλίνδρου.

Η μέτρηση της πίεσης συμπίεσης γίνεται από την κορυφή της καμπύλης του διαγράμματος μέχρι την ατμοσφαιρική γραμμή.

Η σύγκριση αυτής της τιμής με τις τιμές των υπολοίπων κυλίνδρων και όλων αυτών με τις τιμές των κατασκευαστών έχουμε την δυνατότητα ελέγχου της κατάστασης ενός κυλίνδρου από απόιμεως φθορών.

Χαμηλή πίεση συμπίεσης μαρτυρεί διαρροή βαλβίδων εξαγωγής, διαρροή ελατηρίων εμβόλου, φθορά χιτωνίου, αύξηση του χώρου συμπίεσης ή και ακόμα ανωμαλία στο σύστημα πλήρωσης. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΡΓΟΥ



Σκοπός της λήψης των διαγραμμάτων έργου είναι ο γενικός έλεγχος της λειτουργικότητας κατάστασης ενός κυλίνδρου καθώς και ο υπολογισμός του αναπτυσσόμενου σ' αυτόν φορτίου. Με αυτό έχουμε τη δυνατότητα ελέγχου της διανομής του φορτίου μεταξύ των κυλίνδρων της μηχανής. Έτσι λαμβάνουμε τη μέση ενδεικτική πίεση βασικό στοιχείο για τον υπολογισμό της ενδεικτικής ιπποδύναμης.

Σε αυτό το διάγραμμα καταγράφεται και η μέγιστη πίεση (πίεσης καύσης) η οποία παριστάνεται με την υψηλότερη κορυφή του διαγράμματος σαν βάση μέτρησης της ατμοσφαιρικής γραμμής.

Διάγραμμα έργου εννοούμε την καταγραφή μέσω του δυναμοδείκτη την διαφοροποίηση των αναπτυσσόμενων πιέσεων σε ένα κύλινδρο σε ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας.

Έτσι έχουμε την χάραξη από τον δυναμοδείκτη ενός σχήματος με διάφορα ύψη τα οποία ανταποκρίνονται στην εκάστοτε επικρατούσα πίεση στον ελεγχόμενο κύλινδρο με βάση την αντίστοιχη θέση του εμβόλου στον κύλινδρο καθώς επίσης και της φάσης λειτουργίας του.

Σαν μήκος του διαγράμματος λαμβάνεται η ατμοσφαιρική γραμμή το μήκος της οποίας ισούται με μια απλή ημιπεριστροφή του τυμπάνου του δυναμοδείκτη.

Η μέτρηση των ενδεικτικών διαγραμμάτων έργου έχει σκοπό τον υπολογισμό του μέσου ύψους το οποίο και λαμβάνεται σαν η μέση ενδεικτική πίεση του αντίστοιχου κυλίνδρου.

3.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ Ή ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΥΣΗΣ.

Από τα διαγράμματα έργου η μέγιστη πίεση ή πίεση καύσης λαμβάνεται με μέτρηση της κορυφής του μέχρι την ατμοσφαιρική γραμμή και η οποία είναι όμως για έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας.

Το διάγραμμα αυτό λαμβάνεται με το δειναμοδείκτη με τη διαφορά ότι κίνηση γίνεται με το χέρι.

Για την καλύτερη σύγκριση της διαφοράς μεταξύ κυλίνδρων οι μέγιστες πιέσεις όλων των κυλίνδρων της μηχανής χαράσσονται στο ίδιο χαρτί.

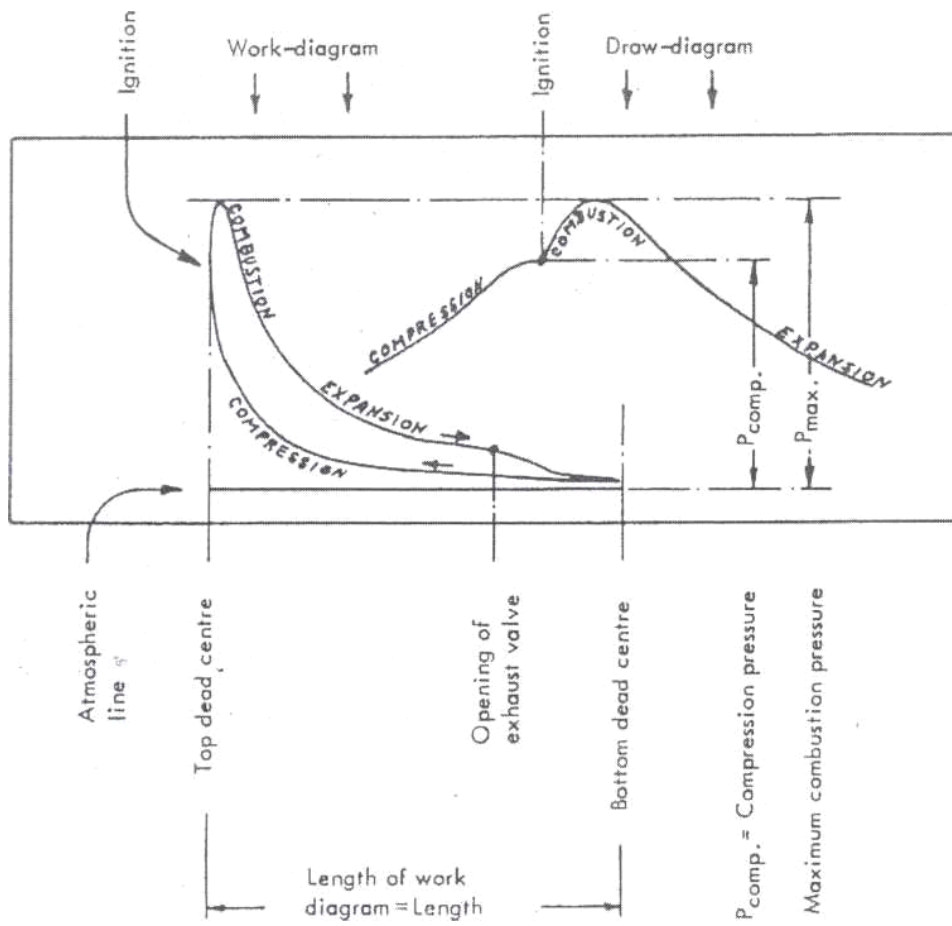
Διακύμανση του ύψους των μεγίστων πιέσεων ενός κυλίνδρου όπως παρουσιάζεται στην στήλη του κυλίνδρου Νο 6 μαρτυρεί

ανωμαλία στο εγχυτή καυσίμου ή σε άλλο εξάρτημα του συστήματος έγχυσης καυσίμου.

Λαμβανομένης υπόψη την επίδρασης της μέγιστης πίεσης προς την μέση ενδεικτική πίεση (ΜΕΠ) κοινή επιδίωξη είναι η διατήρησή της σε κανονικά επίπεδα καθώς και η ταύτιση της τιμής της μεταξύ όλων των κυλίνδρων της μηχανής.

Στο παραπάνω διάγραμμα οι μέγιστες πιέσεις των κυλίνδρων 1,2,3 βρίσκονται σε κανονικά επίπεδα σε αντίθεση με αυτές των κυλίνδρων 4 (πολύ χαμηλές) και 5 (πολύ υψηλές).

Για πληρέστερη μελέτη της πορείας καύσεως κάθε κυλίνδρου λαμβάνουμε τα διαγράμματα εκτός φάσης ή εκτυλισσόμενα διαγράμματα.



of atmospheric line

Το διάγραμμα εκτός φάσης χαράσσεται σε ανάπτυγμα στο οποίο παρουσιάζεται η διαφοροποίηση των πιέσεων η οποία επικρατεί μέσα στον αντίστοιχο κύλινδρο σε κάθε φάση λειτουργίας της μηχανής.

Στο διάγραμμα αυτό εκτός των άλλων είναι δυνατή και η μέτρηση συμπίεσης (P. Compression) η οποία χαράσσεται στο διάγραμμα χωρίς να απαιτείται η διακοπή παροχής καυσίμου.

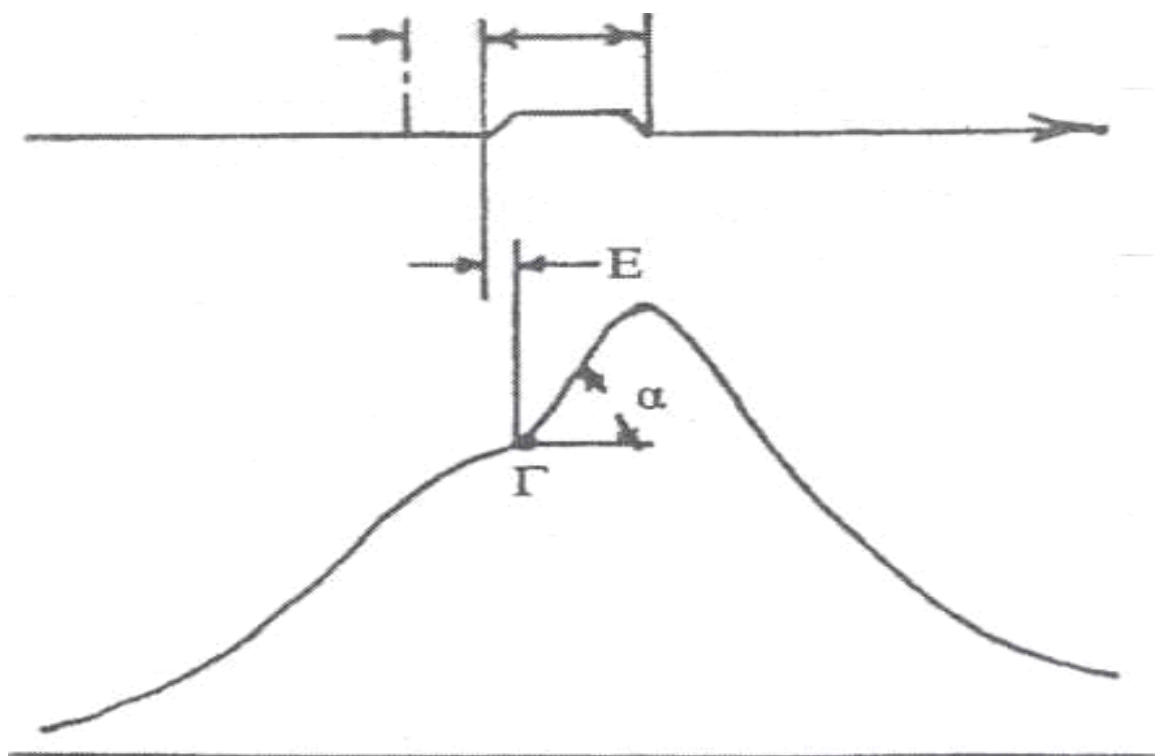
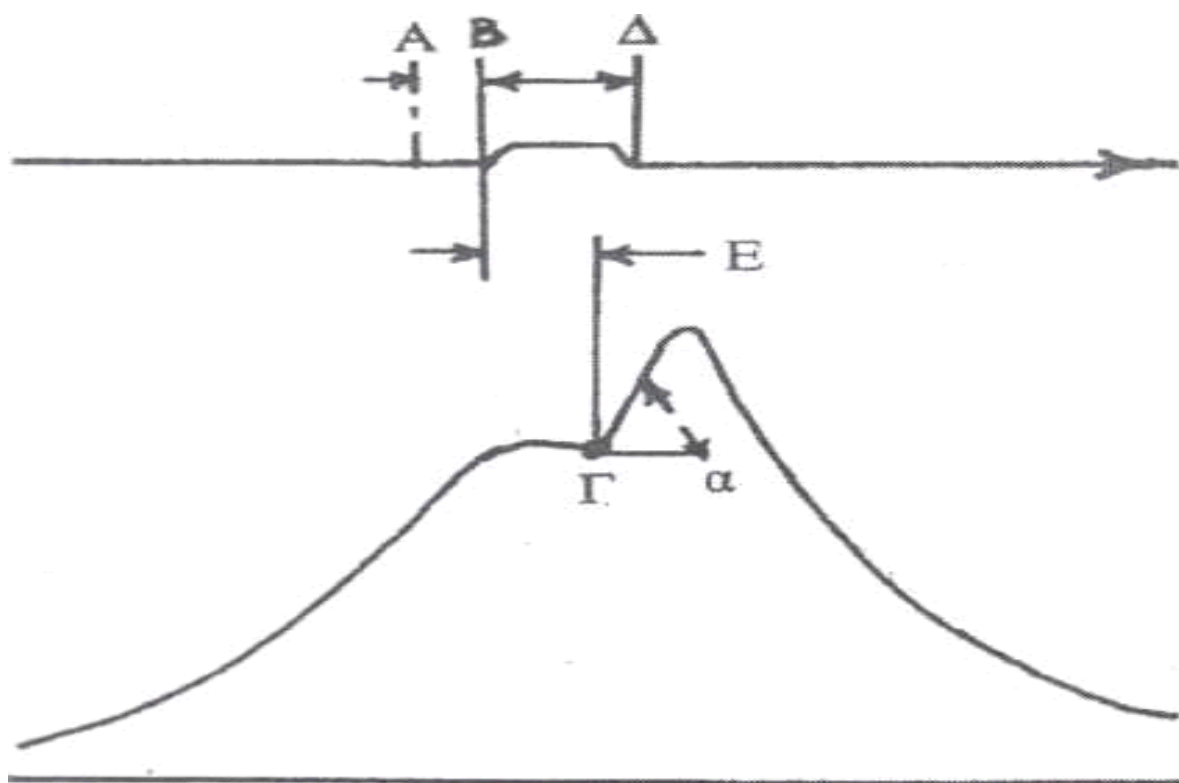
Όπως παρατηρούμαι στο εκτυλισσόμενο διάγραμμα (drew diagzan) παρουσιάζονται καθαροί οι καμπύλες συμπίεσης (compression), καύσης (combustion) και εκτόνωσης (expansion) όπως και το σημείο έναυσης (ignition).

Στο σημείο αυτό (ignition) είναι το τέλος της καμπύλης συμπίεσης (compression) και αρχίζει η καμπύλη καύσης (combustion) η οποία παριστάνει την αύξηση της πίεσης η οποία προέρχεται από την καύση του καυσίμου.

Το έμβολο του κυλίνδρου μετά την ανοδική πορεία του προς το ΑΝΣ της διαδρομής συμπιέζει τον αέρα πλήρωσης ο οποίος μετά την σάρωση περιέχεται στον κύλινδρο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πίεσή του καθώς και η θερμοκρασία του (καμπύλη compression).

Η συμπίεση του αέρα καθώς και η αναπτυσσόμενη από αυτή θερμοκρασία είναι δύο βασικά στοιχεία της καύσης. Άλλος βασικός παράγοντας της καύσης είναι και ο χρόνος που περνάει από την ώρα έγχυσης του καυσίμου μέχρι την ώρα έναυσής του (ιδιότητα του εκάστοτε καυσίμου). Αυτό είναι η αιτία και η ανάφλεξη του καυσίμου δεν γίνεται αμέσως με την έγχυση του καυσίμου στον κύλινδρο.

Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζεται η ως άνω βραδυπορεία ανάφλεξης καθώς και ο χρόνος ο οποίος διαρρέει από την έναρξη συμπίεσης του καυσίμου και έγχυσής του από τον αντίστοιχο εγχυτή.



Στο σημείο «Α» των διαγραμμάτων αρχίζει η συμπίεση του καυσίμου και λόγω της ανοχής του προς συμπίεση η έγχυσή του από τον εγχυτή αρχίζει από το σημείο «Β» και τελειώνει στο σημείο «Α».

Η απόσταση Α-Β είναι ο χρόνος ο οποίος περνάει από την έναρξη της συμπίεσης του καυσίμου μέχρι την έναρξη έγχυσης από τον εγχυτή και η απόσταση Β-Δ είναι ο χρόνος διάρκειας της έγχυσης από τον εγχυτή.

Η απόσταση «Ε» (Β-Γ) είναι ο χρόνος βραδυπορείας ανάφλεξης του καυσίμου από της έγχυσής του ο οποίος όπως

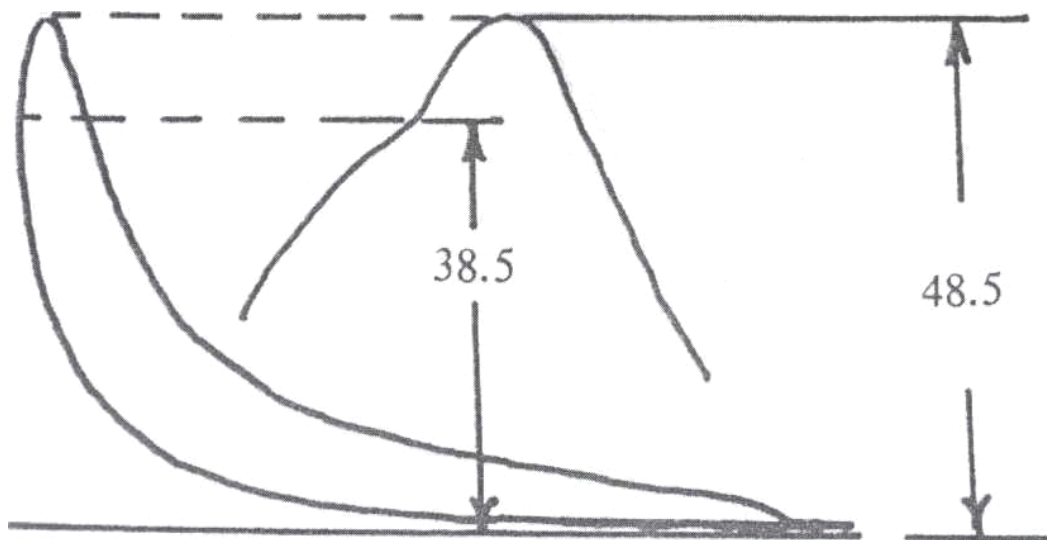
Ο χρόνος αυτός της βραδυπορείας παρατηρείται λόγω της μικρής ανοχής την οποία παρουσιάζουν τα καύσιμα στην συμπίεση.έχει αναφερθεί προηγουμένος είναι ανάλογος της ποιότητας του καυσίμου.

Έτσι λαμβανομένης υπόψη αυτής της ιδιότητας των υπό χρήση καυσίμων και δίνοντας μια σχετική πρωτοπορεία έγχυσης με ανάλογη ρύθμιση η οποία είναι ανάλογη τόσο με τον τύπο της μηχανής όσο και με τα υπό χρήση καύσιμα.

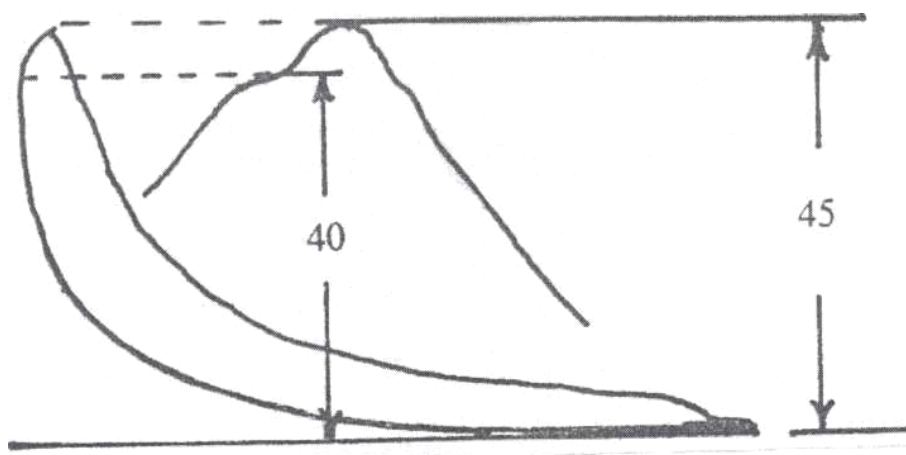
4.ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Κατά την διάρκεια δοκιμών της μηχανής λαμβάνονται διαγράμματα τα οποία αν τα εγκρίνουμε με διαγράμματα τα οποία ελήφθησαν κατά την διάρκεια υπηρεσίας την μηχανής είναι δυνατόν να εντοπισθούν τυχόν ανωμαλίες.

Ο προσδιορισμός από αυτά τα διαγράμματα συγκεκριμένης ανωμαλίας είναι από την μελέτη κανονικών και μη κανονικών διαγραμμάτων με τις διάφορες παρατηρήσεις των κατασκευαστών. Το παρακάτω διάγραμμα είναι υπερπληρούμενης μηχανής στο οποίο τόσο η πίεση συμπίεσης όσο και η πίεση καύσης (μέγιστη) ανταποκρίνονται στις τιμές οι οποίες ορίζονται από τους κατασκευαστές της συγκεκριμένης μηχανής.

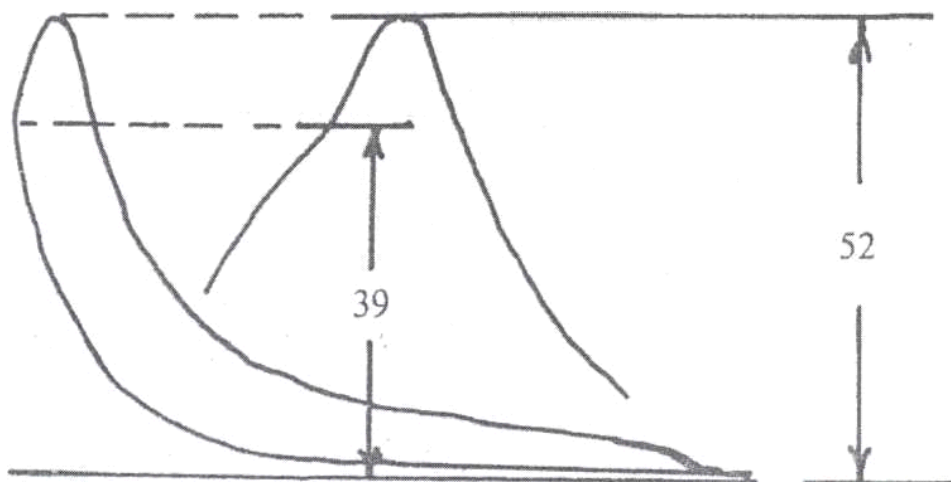


Το παρακάτω διάγραμμα προέρχεται από τον κύλινδρο της ίδιας μηχανής από την οποία προέρχεται και το προηγούμενο διάγραμμα στο οποίο παρατηρούμαι ότι ενώ έχουμε κανονική πίεση συμπίεσης παρουσιάζεται πτώση της πίεσης καύσης.



Αυτό μαρτυρεί βραδυπορεία στην έγχυση και ως εκ τούτου και στην καύση με αποτέλεσμα πτώση της μέγιστης πίεσης και πλάτυνση του διαγράμματος λόγω της μετάκαυσης η οποία αυξάνει την πίεση εκτόνωσης.

Το παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζει κανονική πίεση συμπίεσης και υψηλή πίεση καύσης.

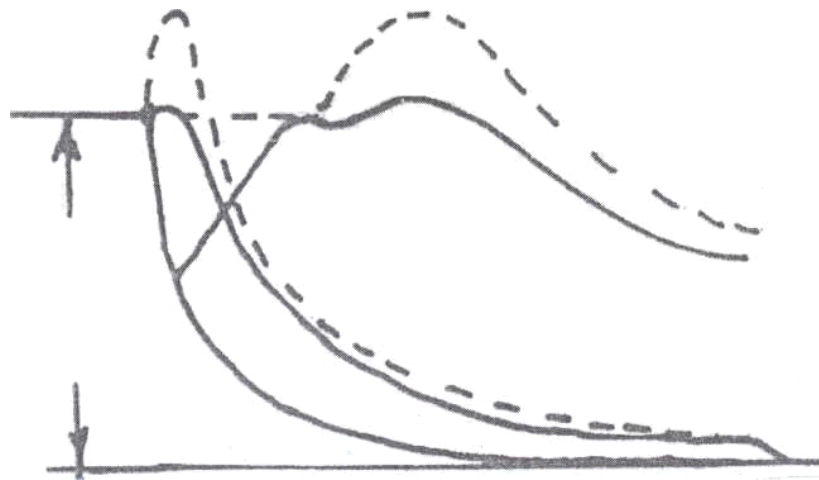


Αυτό είναι δυνατόν να προέρχεται από την έγχυση καυσίμου πριν από τον κανονικό χρόνο σε σχέση με την θέση του αντίστοιχου εμβόλου στον κύλινδρο (μεγάλη πρωτοπορεία έγχυσης). Και οι δύο καταστάσεις (βραδυπορεία ή πρωτοπορεία) έχουν σαν αφορμή τον χρόνο έγχυσης του καυσίμου στον κύλινδρο γι' αυτό επιβάλλεται ο έλεγχος και η ρύθμιση της μηχανής σύμφωνα με τις οδηγίες των κατασκευαστών.

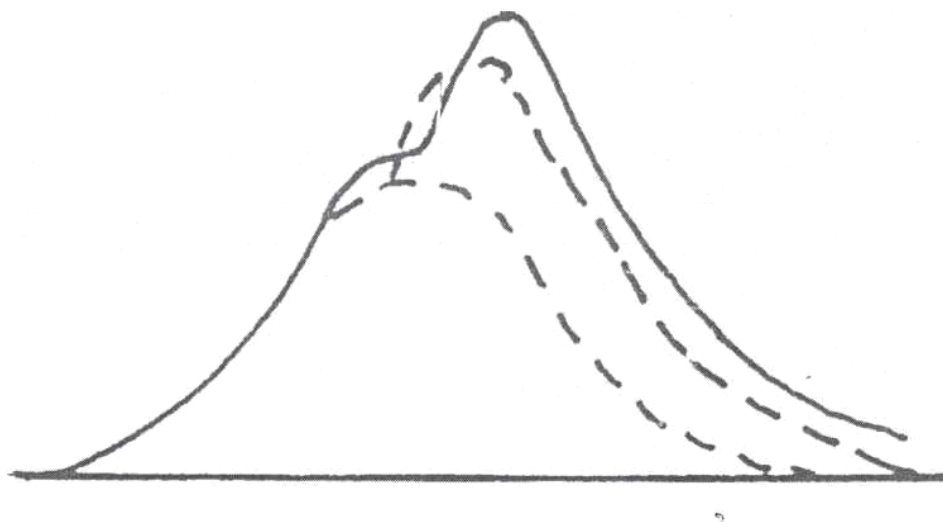
Μέσω των διαγραμμάτων (έργου και εκτός φάση) εκτός της λανθασμένης πρωτοπορείας έγχυσης είναι δυνατή και η επισήμανση διαφόρων άλλων ανωμαλιών.

Στο παρακάτω διάγραμμα παρατηρούμαι ότι 'παρ' όλο που έχουμε κανονική πίεση συμπίεσης η πίεση καύσης είναι πολύ χαμηλή.

Η κανονική πίεση παρουσιάζεται με τις διακεκομμένες γραμμές και είναι οι καμπύλες τις οποίες θα είχε ένα κανονικό διάγραμμα.



Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται εκτυλισσόμενο διάγραμμα (πλήρης γραμμή) το οποίο συγκρινόμενο με το κανονικό (διακεκομμένη γραμμή) παρουσιάζει αύξηση πέραν της κανονικής τόσο της πίεσης συμπίεσης όσο και της πίεσης καύσης παρά την βραδυπορεία έγχυσης του καυσίμου.



Αντίθετα στο παρακάτω διάγραμμα έχουμε πτώση της πίεσης συμπίεσης σε σχέση με την κανονική η οποία παρουσιάζεται με διακεκομμένη γραμμή και επιτάχυνση της πρωτοπορείας ανάφλεξης.

Τα διαγράμματα πρέπει να λαμβάνονται πάντα σε κάθε ταξίδι καθώς επίσης και μετά την συλλογή καυσίμου τα στοιχεία του οποίου δεν θα είναι τα ίδια με τα στοιχεία του προηγούμενου.

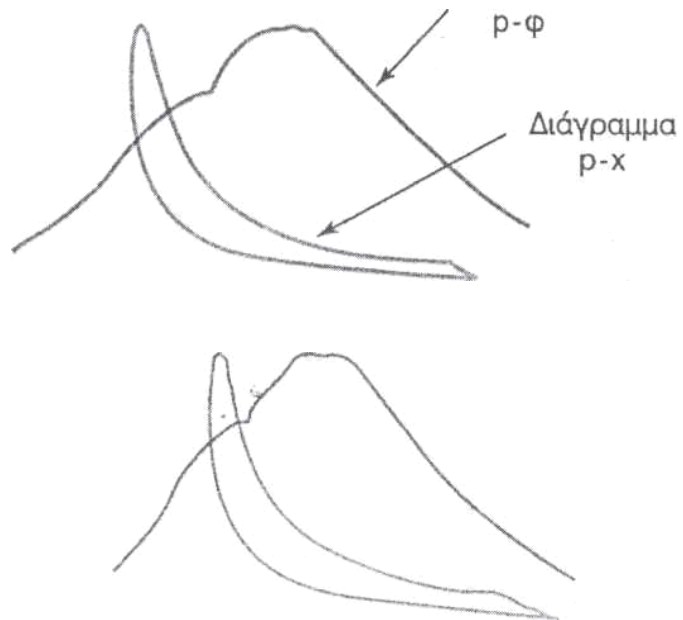
5.ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΛΗΨΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΕΣ

Δυναμοδεικτικά διαγράμματα δίχρονης μηχανής (p-x και p-φ).

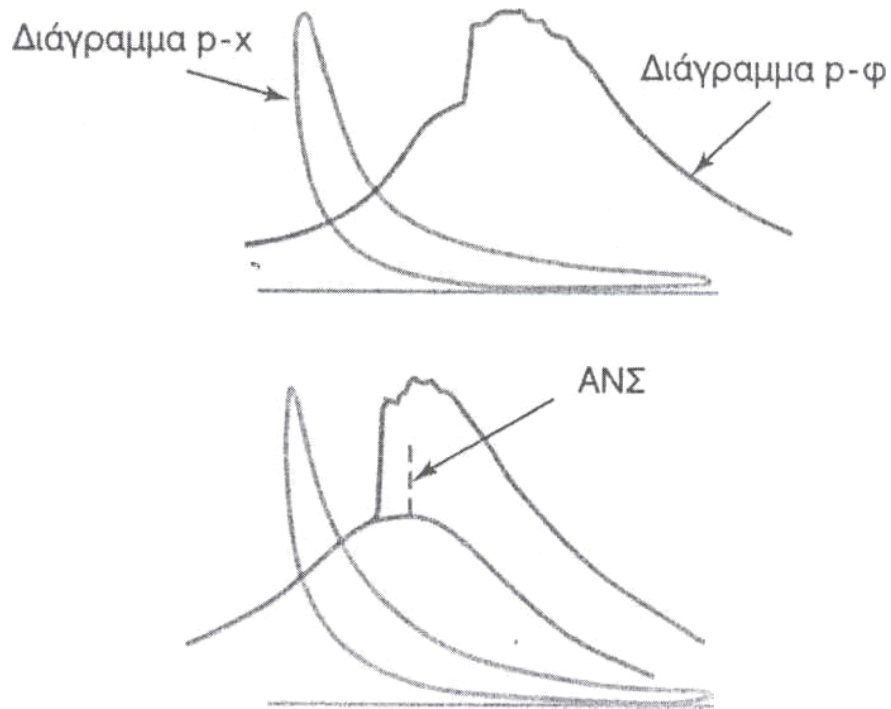
Ο μηχανικός δυναμοδείκτης είναι μία συσκευή η οποία προσαρμόζεται στον ειδικό δυναμοδεικτικό κρουνό του πώματος και επικοινωνεί με τον κύλινδρο μέσω οπής και διακόπτη. Η πίεση του κυλίνδρου μετακινεί ένα μικρό έμβολο, η κίνηση το οποίου εμποδίζεται από ένα επανατατικό ελατήριο συγκεκριμένης σταθερός. Η μετακίνηση του μικρού εμβόλου είναι ανάλογη της πίεσεως στο εσωτερικό του κυλίνδρου, με σταθερά αναλογίας την σταθερά του ελατηρίου. Η μετακίνηση του μικρού εμβόλου

μεταβιβάζεται με σύστημα μοχλών σε μία γραφίδα, η οποία καταγράφει την κίνηση του μικρού εμβόλου σε ειδικό χαρτί που τυλίγεται σε ένα τύμπανο.

Διάγραμμα



Το τύμπανο αυτό περιστρέφεται γύρω από άξονα, ενώ ένα επαναστατικό ελατήριο τείνει να το επαναφέρει στην αρχική του θέση. Η περιστροφή του πραγματοποιείται με τη χρήση βοηθητικού μηχανισμού σε συγχρονισμό με την κίνηση του εμβόλου της μηχανής (παίρνοντας κίνηση από το στροφαλοφόρο άξονα ή από το ζύγωμα ή από βοηθητικό μηχανισμό).



Δυναμοδειχτικά διαγράμματα τετράχρονης μηχανής (p-x και p-φ),

Ένα λεπτό σχοινί που τυλίγεται σε τροχαλία συνδεδεμένα με το τύμπανο συνδέεται στο βοηθητικό μηχανισμό που ακολουθεί την κίνηση του στροφαλοφόρου άξονα (π.χ. εκκεντροφόρος αντλιών καυσίμου).

Επανατατικό

σπειροειδές

ελατήριο

τυμπάνου

Κάτοψη

Τύμπανο χαρτιού διαγράμματος

Ελατήριο

δυναμοδείκτη

Βάκτρο

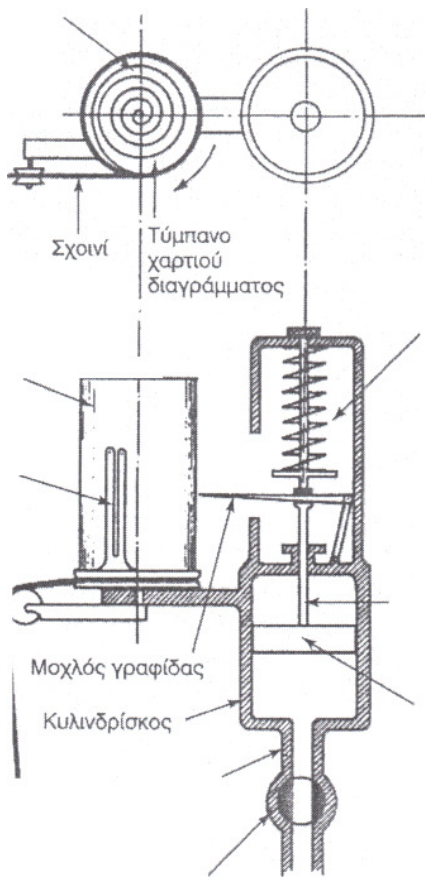
εμβολιακου

Εμβολίσκος

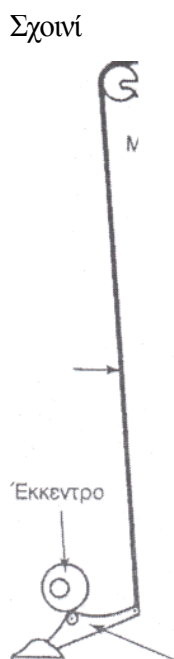
Σωλήνας συνδέσεως δυναμοδείκτη

Δυναμοδεικτικός

κρουός



Υποστηρίγματα χαρτιού



Έτσι η περιστροφική κίνηση του τυμπάνου αναλογεί στην απόσταση χ που διανύει το έμβολο ή στον όγκο V που σαρώνει, ενώ η γραμμική κίνηση της γραφίδας αντιστοιχεί " στη μεταβολή της πίεσεως p εντός του κυλίνδρου της μηχανής. Η κλίμακα της πίεσεως στο διάγραμμα που προκύπτει εξαρτάται από τη σταθερά του ελατηρίου, ενώ η κλίμακα της αποστάσεως χ εξαρτάται από τη γεωμετρία του βοηθητικού

μηχανισμού που

Μοχλός αγκιοτρώσεως

χρησιμοποιείται για τη συνδέση του τυμπάνου.

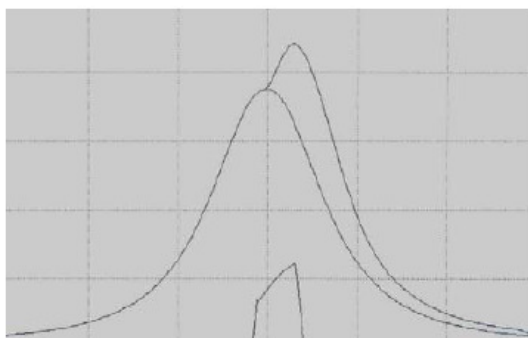
Μηχανικός δυναμοδείκτης.

Το σύστημα του μηχανικού δυναμοδείκτη, επειδή συμπεριλαμβάνει κινούμενες μάζες, έχει το μειονέκτημα της αυξημένης αδράνειας, οπότε είναι κατάλληλο για μικρές ταχύτητες περιστροφής ($n < 1000$ rpm για μεγάλες αργόστροφες μηχανές). Επειδή δίνει κατ' ευθείαν το διάγραμμα $p-\chi$ έχει το πλεονέκτημα του εύκολου καθορισμού των ΑΝΣ και ΚΝΣ, τα οποία αντιστοιχούν στα ακραία σημεί του διαγράμματος.

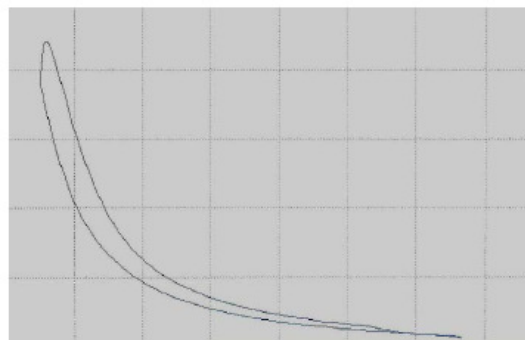
6.ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ένα από τα σημαντικότερα και ασφαλέστερα εργαλεία για τη διάγνωση βλαβών στη λειτουργία της μηχανής είναι το δυναμοδεικτικό διάγραμμα κάθε κυλίνδρου. Με τη βοήθεια του προσομοιωτή [8] και σε οποιοδήποτε συνθήκες λειτουργίας της μηχανής μπορούμε να πάρουμε το δυναμοδεικτικό διάγραμμα $p-v$ (Εικόνα 3), το διάγραμμα $p-\varphi$ (Εικόνα 4) καθώς και το διάγραμμα $dp-\varphi$ (Εικόνα 5) και των πέντε κυλίνδρων. Η λήψη των διαγραμμάτων γίνεται με τη χρήση μορφομετατροπέων πίεσης οι οποίοι συνδέονται σε κατάλληλες υποδοχές των πωμάτων των κυλίνδρων. Με τη βοήθεια εργαλείων μεγένθυσης μπορούμε να δούμε λεπτομέρειες του διαγράμματος $p-v$ που σχετίζονται τόσο με το άνοιγμα και κλείσιμο της βαλβίδας εξαγωγής όσο και τη διαδρομή του κυλίνδρου πριν και μετά από τις θυρίδες σάρωσης (Εικόνα 6).

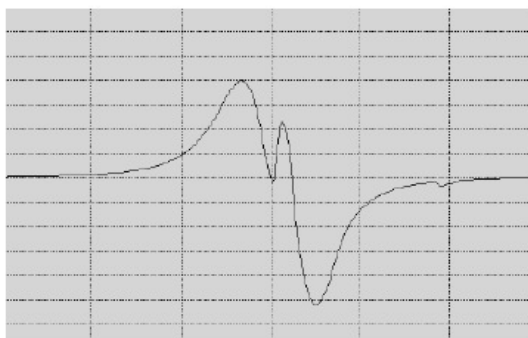
Στόχος των προτεινόμενων εκπαιδευτικών ασκήσεων είναι οι σπουδαστές να αντιληφθούν τις πιθανές βλάβες της μηχανής σε αντιδιαστολή με ένα φυσιολογικό διάγραμμα αναφοράς. Με τη βοήθεια του προσομοιωτή προκαλούνται διαφορετικές βλάβες σε κάθε κύλινδρο και οι σπουδαστές ‘διαβάζοντας’ τα διαγράμματα προσπαθούν να αντιληφθούν το είδος της προγραμματισμένης βλάβης. Σε κάθε κύλινδρο μπορούν να προγραμματισθούν 13 βλάβες με δυνατότητα ρύθμισης του ποσοστού της βλάβης κάθε φορά. Ο Πίνακας II [8] παρουσιάζει τις βλάβες που μπορεί να προγραμματιστούν σε ένα κύλινδρο καθώς και το προτεινόμενο ποσοστό βλάβης που δίδεται ως οδηγία από την κατασκευάστρια εταιρεία του προσομοιωτή μηχανής.



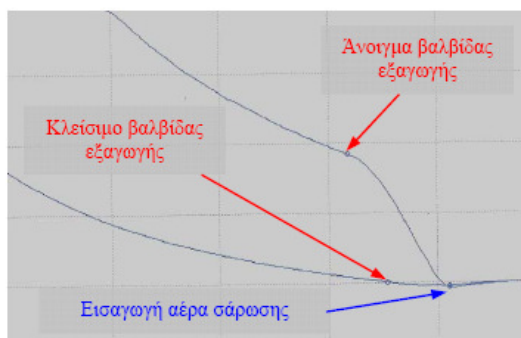
Εικόνα 3: Διάγραμμα $p-\phi$



Εικόνα 4: Διάγραμμα $p-v$



Εικόνα 5: Διάγραμμα $dp-\phi$



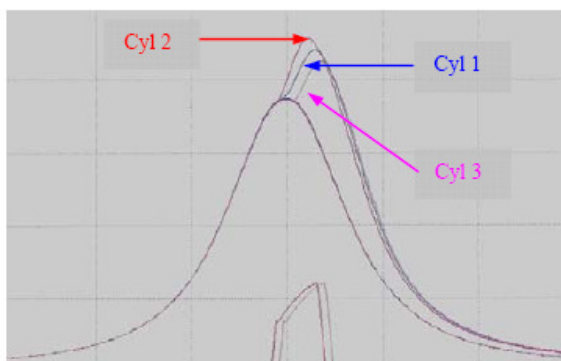
Εικόνα 6: Διάγραμμα $p-v$, ΚΝΣ δεύτερος χρόνος λειτουργίας

Οι εικόνες 7- 10 εμφανίζουν τυπικά παραδείγματα βλαβών πάνω στις οποίες εκπαιδεύονται οι σπουδαστές και οι οποίοι με τη βοήθεια του Πίνακα ΙΙΙ [13] μπορούν πολύ εύκολα να διαπιστώσουν το είδος βλάβης που υπάρχει σε κάθε κύλινδρο.

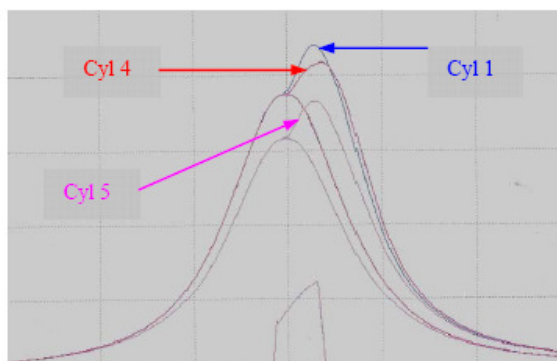
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

Βλάβες κυλίνδρων [8]

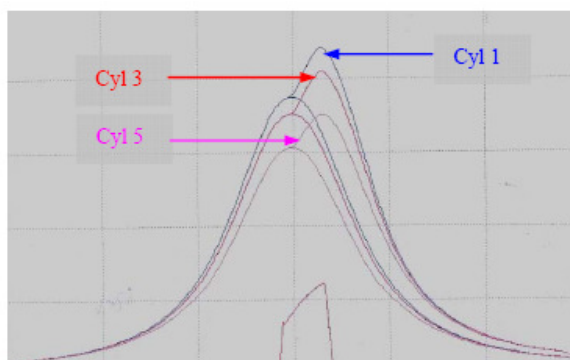
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ Βλάβης	Σχετιζόμενο σύστημα	(%)
INJECTION TIMING EARLY	Έγχυση καυσίμου	50
INJECTION TIMING LATE	Έγχυση καυσίμου	40
INJECTION VALVE NOZZLE WEAR	Έγχυση καυσίμου	70
FUEL OIL PUMP STICKING	Αντλίες υψηλής πίεσης καυσίμου	50
FUEL OIL PUMP WEAR	Αντλίες υψηλής πίεσης καυσίμου	100
FO HIGH PRESS PIPE RUPTURE	Αντλίες υψηλής πίεσης καυσίμου	100
PISTON RING WEAR	Ελατήρια κυλίνδρων	50
PISTON RING STICTION	Ελατήρια κυλίνδρων	50
PISTON RING BLOW-BY	Διαρροή καυσαερίων	50
EXHAUST VALVE LEAKAGE	Βαλβίδα εξαγωγής	50
LINER CRACK	Θραύση χιτωνίου	50
SCAVENGING AIR PORT DEPOSITS	Θυρίδες σάρωσης	40
SCAVENGING AIR BOX FIRE	Θυρίδες σάρωσης	100



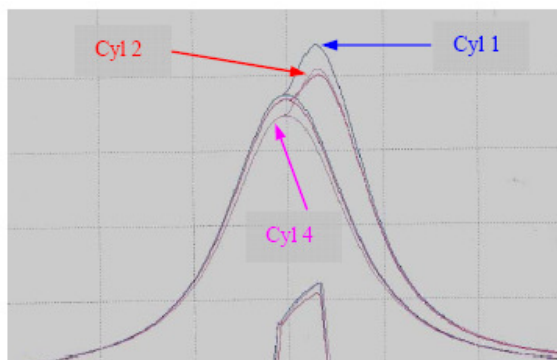
Εικόνα 7: Cylinder 1 → Χωρίς Βλάβη
Cylinder 2 → Μεγάλη Προπορεία
Cylinder 3 → Μεγάλη Επίπορεία



Εικόνα 8: Cylinder 1 → Χωρίς Βλάβη
Cylinder 4 → Κακή έγχυση
Cylinder 5 → Διαρροή καυσαερίων



Εικόνα 9: Cylinder 1 → Χωρίς Βλάβη
Cylinder 3 → Φθαρμένα ελατήρια εμβόλου
Cylinder 5 → Κακή στεγανοπ. βαλβίδας εξαγωγής

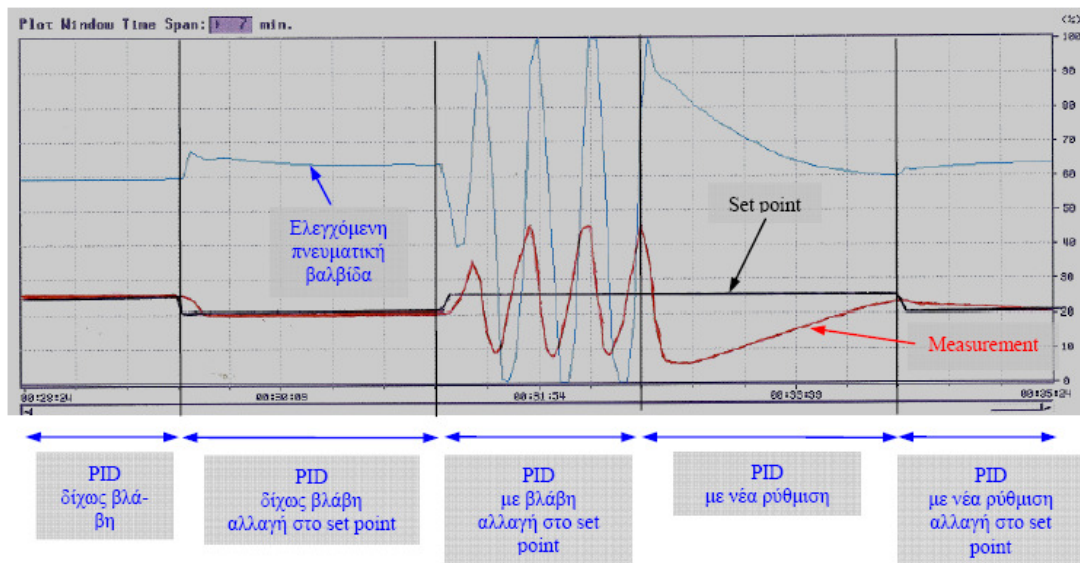


Εικόνα 10: Cylinder 1 → Χωρίς Βλάβη
Cylinder 2 → Βλάβη στις HP fuel pumps
Cylinder 4 → Βλάβη στη σάρωση

ΠΙΝΑΚΑΣ III Έλεγχος βλάβης κυλίνδρων

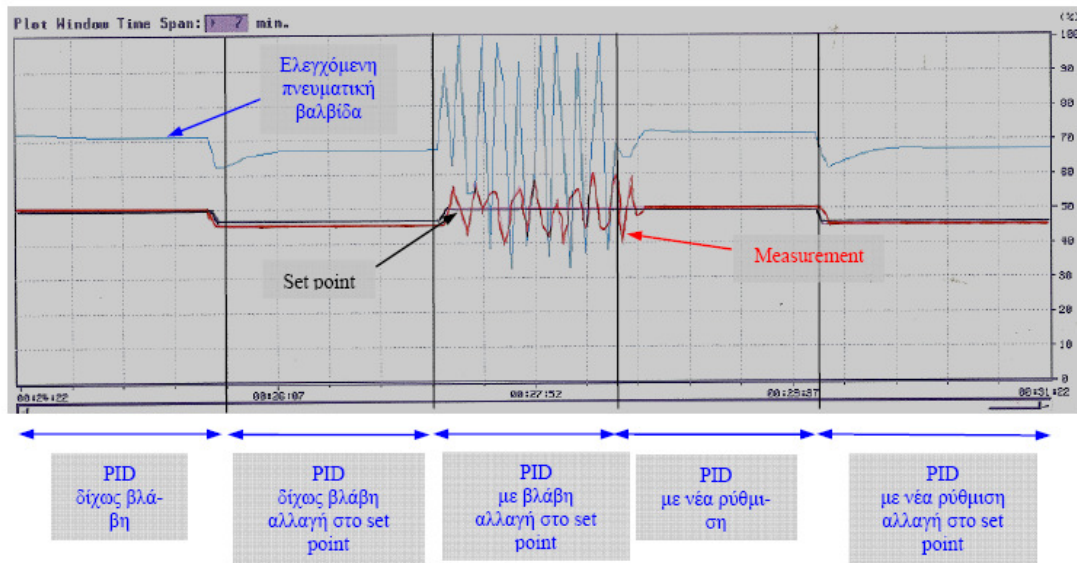
	ΚΑΥΣΗ					ΕΓΧΥΣΗ			
	MIP	Tign	Pmax	Tmax	Pcomp	Pinjo	Pinm	Tinj	Linj
Κύλινδρος χωρίς βλάβη	16.9 bar	0.6°	132.4 bar	12.2°	112.3 bar	420.0 bar	732.4 bar	-4.2°	17°
Φθαρμένα ελατήρια	↓	↑	↓	↑	↓	=	=	=	=
Μεγάλη προπορεία	↑	↓	↑	↓	=	=	=	↓	=
Μεγάλη επίπορεία	↓	↑	↓	↑	=	=	=	↑	=
Κακή έγχυση καυσίμου	=	↑	↓	↑	=	=	=	=	=
Διαρροή καυσαερίων ή κακή στεγανοποίηση βαλβίδας εξαγωγής	↓	↑	↓↓	↑	↓↓	=	=	=	=
Βλάβη στις αντλίες υψηλής πίεσης καυσίμου	↓	↑	↓	↑	↓	=	↓	↑	↓
Βλάβη στη σάρωση	↓	↑	↓	↑	↓	=	=	↑	=

Παράλληλα, ο Πίνακας III έχει εισαχθεί σε μια βάση δεδομένων [13] στην οποία οι σπουδαστές μέσω πολλαπλών ερωτήσεων – απαντήσεων μπορούν να αποκλείσουν βλάβες και να ελέγξουν το επίπεδο γνώσεων τους πάνω στην λειτουργία των κυλίνδρων.



Εικόνα 11: PID ελεγκτής Fuel Oil Viscosity Controller

Η ορθή λειτουργία – ρύθμιση των ελεγκτών αναλογικού (P) – ολοκληρωτικού (I) – διαφορικού (D) ελέγχου που υπάρχουν στο πλοίο αποτελεί πολλές φορές πονοκέφαλο για τους μηχανικούς βάρδιας, καθώς σε περίπτωση μη σωστής ρύθμισης τους το πλήρωμα υφίσταται μεγάλη ταλαιπωρία καθώς θα πρέπει όλες οι ρυθμίσεις να γίνονται χειροκίνητα, γεγονός που καταπονεί ψυχικά – σωματικά το πλήρωμα αλλά και προκαλεί συχνές βλάβες σε μηχανήματα – βαλβίδες όργανα γεγονός που αυξάνουν σημαντικά το λειτουργικό κόστος. Η άποψη που επικρατεί μην ‘αγγίζεται’ τις βελόνες (μαύρη και κόκκινη) – ρυθμίσεις (κέρδος, rate, reset) του ελεγκτή, αυτό είναι δουλειά των ειδικών συνεργείων είναι ολοκληρωτικά λάθος καθώς με τη σωστή εκπαίδευση και με γνώση το τι κάνουμε και τι ρυθμίζουμε κάθε φορά, ο σπουδαστής έχει τη δυνατότητα να διακριβώνει γρήγορα και σωστά τον οποιοδήποτε PID ελεγκτή.



Εικόνα 12: PID ελεγκτής Sea Water Temperature Controller

Με τη βοήθεια του προσομοιωτή μηχανοστασίου έχει τη δυνατότητα ο κάθε σπουδαστής να ρυθμίσει τουλάχιστον 10 διαφορετικούς κάθε φορά *PID* ελεγκτές χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο των *Ziegler – Nichols* [8]. Τυπικά παραδείγματα ρύθμισης *PID* ελεγκτή παρουσιάζονται στις εικόνες 11 και 12. Στις εικόνες αυτές φαίνεται η διαδικασία για την ορθή ρύθμιση ενός *PID* ελεγκτή ο οποίος ρυθμίζει το ιζώδες του καυσίμου της κυρίας μηχανής (Εικόνα 11) και τη θερμοκρασία εισαγωγής θαλασσινού νερού (Εικόνα 12). Μέσω της διαδικασίας ρύθμισης οι σπουδαστές έχουν την ικανότητα να κατανοήσουν έννοιες όπως τι σημαίνει χαμηλό κέρδος ελεγκτή, στενός χρόνος ολοκλήρωσης, υψηλή διαφορική λειτουργία έννοιες οι οποίες είναι δύσκολο να κατανοηθούν από τον οποιοδήποτε σπουδαστή μέσα από τα στενά όρια παρακολούθησης της θεωρίας των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου που διδάσκεται τόσο στην ΑΕΝ Μακεδονίας όσο και στις αντίστοιχες σχολές των Πολυτεχνείων.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΣΚΗΣΗΣ

Όσον αφορά τον τρόπο αξιολόγησης της ικανότητας των σπουδαστών αυτός γίνεται χρησιμοποιώντας είτε τις τρεις φόρμες αξιολόγησης [*Plant operation evaluation (PO) form, Engine trouble-shooting evaluation (ETS) form, Engine officer of the watch evaluation (OOW) form*] που βρίσκονται ενσωματωμένες στο *IMO Model Course 2.07*

[2] είτε με το μοντέλο αξιολόγησης που προτείνεται από τον κατασκευαστή του προσομοιωτή μηχανοστασίου. Το προτεινόμενο μοντέλο αξιολόγησης του προσομοιωτή μηχανοστασίου ωφελεί σημαντικά τη διαδικασία αξιολόγησης καθώς ο σπουδαστής δεν νιώθει στο ‘λαιμό’ του τον εξεταστή.

Κατά την αξιολόγηση ο εκπαιδευτής προεπιλέγει μεταβλητές τις οποίες θεωρεί κρίσιμες κατά την εκτέλεση της άσκησης. Οι μεταβλητές αυτές αλλάζουν συνεχώς όταν εμφανιστεί μια προσχεδιασμένη βλάβη. Ο ρυθμός μεταβολής εξαρτάται από το είδος της βλάβης και το χρόνο αντίδρασης του σπουδαστή. Η αρχή της αξιολόγησης στηρίζεται στο γεγονός ότι ο προσομοιωτής διαβάζει συνεχώς τις τιμές των μεταβλητών αυτών από την έναρξη της μεταβολής τους και τις συγκρίνει με τις κανονικές τιμές που πρέπει να έχουν. Η απόκλιση τους οφείλεται στην προσχεδιασμένη βλάβη και σταματά να υφίσταται όταν ο σπουδαστής επιδιορθώσει την βλάβη που υφίσταται κάθε χρονική στιγμή. Επειδή κάθε ελεγχόμενη μεταβλητή έχει διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας – παράγοντα στάθμισης και υφίσταται για διαφορετικό χρονικό διάστημα το σύστημα μέσω στατιστικής ολοκλήρωσης εμφανίζει στο τέλος την συνολική τελική αρνητική βαθμολογία του κάθε εκπαιδευόμενου μετά από μια ακολουθία αξιολογούμενων μεταβλητών.

Το δυσκολότερο σημείο στην παραγωγή μιας επιτυχούς αξιολόγησης, αποτελεί ο καθορισμός με υψηλή ρεαλιστική πιθανότητα του συντελεστή βαρύτητας για κάθε ελάττωμα ή διαταραχή κατά τη διάρκεια κάθε άσκησης. Επομένως, οι εκπαιδευτές των προσομοιωτών πρέπει να είναι έμπειροι μηχανικοί του εμπορικού ναυτικού, σε τέτοιου είδους πλοία αλλά και παράλληλα με τη μακροχρόνια θαλάσσια εμπειρία να διαθέτουν ένα ικανοποιητικό ακαδημαϊκό υπόβαθρο γνώσεων πάνω σε τεχνικά θέματα όπως θερμοδυναμική, υδροδυναμική, αρχές μηχανικής σχεδίασης, ηλεκτρονικά, ηλεκτρικές μηχανές, συστήματα αυτομάτου ελέγχου κ.α. Ένα προσωπικό προσομοιωτών χωρίς σχετική πρακτική θάλασσας θα αντιμετωπίσει τεράστια εμπόδια στο σχεδιασμό ρεαλιστικών ασκήσεων - σεναρίων αξιολόγησης, οι ασκήσεις δεν θα έχουν σχέση με την πραγματικότητα ενώ δεν θα είναι δυνατός ο καθορισμός αξιόπιστων συντελεστών βαρύτητας – παραγόντων στάθμισης για κάθε προκαλούμενη διαταραχή.

Κύριος στόχος της αξιολόγησης, δεν είναι ο έλεγχος της ικανότητας του σπουδαστή να εκτελεί μηχανικά και με τη βοήθεια μόνο της μνήμης τυποποιημένες

διαδικασίες σε περίπτωση επείγουσας κατάστασης αλλά να ελέγχει αν ο σπουδαστής έχει την κριτική ικανότητα και το απαιτούμενο επίπεδο γνώσης – κατάρτισης να χειρίζεται – λειτουργεί με ασφάλεια ένα πολύπλοκο συγκρότημα μηχανημάτων που υπάρχει σε κάθε τύπο πλοίου. Σε ναυτικά ατυχήματα με απώλεια ζωών εξαιτίας ανθρώπινου λάθους αποδεικνύεται συχνά ότι, ο αξιωματικός βάρδιας, δεν αντιδρά σωστά στην εμφάνιση επικινδύνων προειδοποιήσεων, εμπιστεύεται κακώς τη μνήμη του αντί να ακολουθήσει την ορθή διαδικασία που απαιτείται κάθε χρονική στιγμή.

Λειτουργώντας τον προσομοιωτή μηχανοστασίου στην ΑΕΝ Μακεδονίας από το 2001 [10-14, 19], προτείνουμε στο Ελληνικό Ινστιτούτο Ναυτικής Τεχνολογίας στα πλαίσια των ετήσιων συναντήσεων να σχεδιάσει ειδική ενότητα στην οποία θα συμμετέχουν αποκλειστικά χρήστες – εκπαιδευτές προσομοιωτών μηχανοστασίου. Έτσι, θα δημιουργηθούν οι βάσεις για τη δημιουργία σε πανελλαδικό επίπεδο μιας βιβλιοθήκης σεναρίων – ασκήσεων καθώς η εμπειρία και η γνώση των εκπαιδευτών (θαλάσσια και ακαδημαϊκή) των προσομοιωτών είναι κάθε φορά διαφορετική.

Η διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη του δυναμοδεικτικού διαγράμματος είναι η εξής :

- Πραγματοποιείται λίπανση των αρθρώσεων, καθώς καθαρισμός και λίπανση του εμβόλου του δυναμοδείκτη. Αυτό είναι απαραίτητο για την εύκολη επαναφορά της γραφίδας και του εμβόλου στη φάση μείωσης της πίεσεως. Σε αντίθετη περίπτωση το διάγραμμα θα παρουσιάσει κυματοειδή μορφή, τόσο στην ανερχόμενη, όσο και στην κατερχόμενη καμπύλη, με αποτέλεσμα να δίνει λανθασμένες ενδείξεις.
- Γίνεται με προσοχή η επιλογή της κλίμακας του ελατηρίου που θα τοποθετηθεί στο δυναμοδείκτη. Το ελατήριο που θα τοποθετηθεί πρέπει να αναγράφει επάνω του μέγιστη πίεση μεγαλύτερη από τη μέγιστη πίεση του κυλίνδρου.

- Το μήκος του σχοινιού πρέπει να ρυθμιστεί ώστε να αποφεύγεται το κτύπημα του περιστρεφόμενου τυμπάνου στα άκρα, διαφορετικά θα αναταράσσεται η βελόνα, με αποτέλεσμα να προκύπτει εσφαλμένη λήψη του διαγράμματος.
- Είναι απαραίτητο να εξαερίζεται ο κύλινδρος της μηχανής πριν από την τοποθέτηση του δυναμοδείκτη, με το άνοιγμα του αντίστοιχου διακόπτη του δυναμοδεικτικού κρουνού, για τον καθαρισμό του από τυχόν υπάρχοντα εξανθρακώματα. Η διάρκεια του ανοίγματος είναι 2 περίπου κύκλοι λειτουργίας.
- Για τη λήψη του διαγράμματος, τοποθετείται κατάλληλο χαρτί στο τύμπανο του δυναμοδείκτη και στη συνέχεια φέρνουμε σε επαφή τη γραφίδα με το χαρτί. Για τη χάραξη του άξονα των πιέσεων, πριν τοποθετηθεί στη θέση του το σχοινί μεταδόσεως της κινήσεως, ανοίγουμε στιγμιαία το δυναμοδεικτικό κρουνό, οπότε η γραφίδα καταγράφει μία ευθεία γραμμή, λόγω της μεταβολής της πίεσεως εντός του κυλίνδρου. Στη συνέχεια, αφού κλείσει ο δυναμοδεικτικός κρουνός, χαράσσεται ο δεύτερος άξονας (άξονας μετατοπίσεως), τραβώντας με το χέρι το σχοινί μεταδόσεως της κινήσεως. Ο άξονας αυτός αντιστοιχεί σε πίεση ίση με την ατμοσφαιρική.
- Πριν ληφθούν τα διαγράμματα, τοποθετείται ο δυναμοδείκτης για 5 λεπτά στη μηχανή για να προθερμανθεί. Η λίπανσή του γίνεται μετά από τη λήψη τεσσάρων διαγραμμάτων.
- Για τη λήψη του διαγράμματος προσαρμόζεται το άγκιστρο σε παλινδρομούν μέρος της μηχανής, ανοίγει ο δυναμοδεικτικός κρουνός και καταγράφεται το σχετικό διάγραμμα ως συνδυασμός πιέσεων και διαδρομής. Κάθε διάγραμμα λαμβάνεται 2-3 φορές και,
- Αν ο δυναμοδείκτης θερμαίνεται πολύ γρήγορα και κατά την εξάρμοσή του ο εμβολίσκος είναι μαύρος, τότε υπάρχουν διαρροές και θα πρέπει να αντικατασταθούν εμβολίοκος και το χιτώνιό του.

7.ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΗ.

Η γνώση της σταθεράς του ελατηρίου του μηχανικού δυναμοδείκτη είναι απαραίτητη για την μετατροπή της κλίμακας πίεσεως του διαγράμματος από μονάδες μήκους, που είναι στο χαρτί σε μονάδες πίεσεως που επιθυμούμε.

Οι κλίμακες των ελατηρίων του δυναμοδείκτη δείχνουν την πίεση στο εσωτερικό του κυλίνδρου, που αντιστοιχεί σε δεδομένη συσπίρωση του ελατηρίου. Για παράδειγμα μπορεί να αναγράφεται πόσα kp/cm^2 αντιστοιχούν σε συσπίρωση ελατηρίου (ύψος διαγράμματος) 1mm ή πόσα bar αντιστοιχούν σε συσπίρωση 1mm ή πόσα psi αντιστοιχούν σε κάθε ίντσα (στο Αγγλοσαξωνικό σύστημα).

Στο μετρικό σύστημα οι συνηθισμένες κλίμακες ελατηρίων που χρησιμοποιούνται είναι 0,6 ή 0,8 ή 1,0mm ανά kp/cm^2 . Άρα για μέγιστο ύψος διαγράμματος 50mm (απόσταση της μέγιστης τιμής από την ατμοσφαιρική γραμμή) και

κλίμακα 0,8 η μέγιστη πίεση είναι $50/0,8=62,5\text{kp}/\text{cm}^2$, ενώ για κλίμακα ελατηρίου 1,0 είναι $50/1,0=50\text{kp}/\text{cm}^2$.

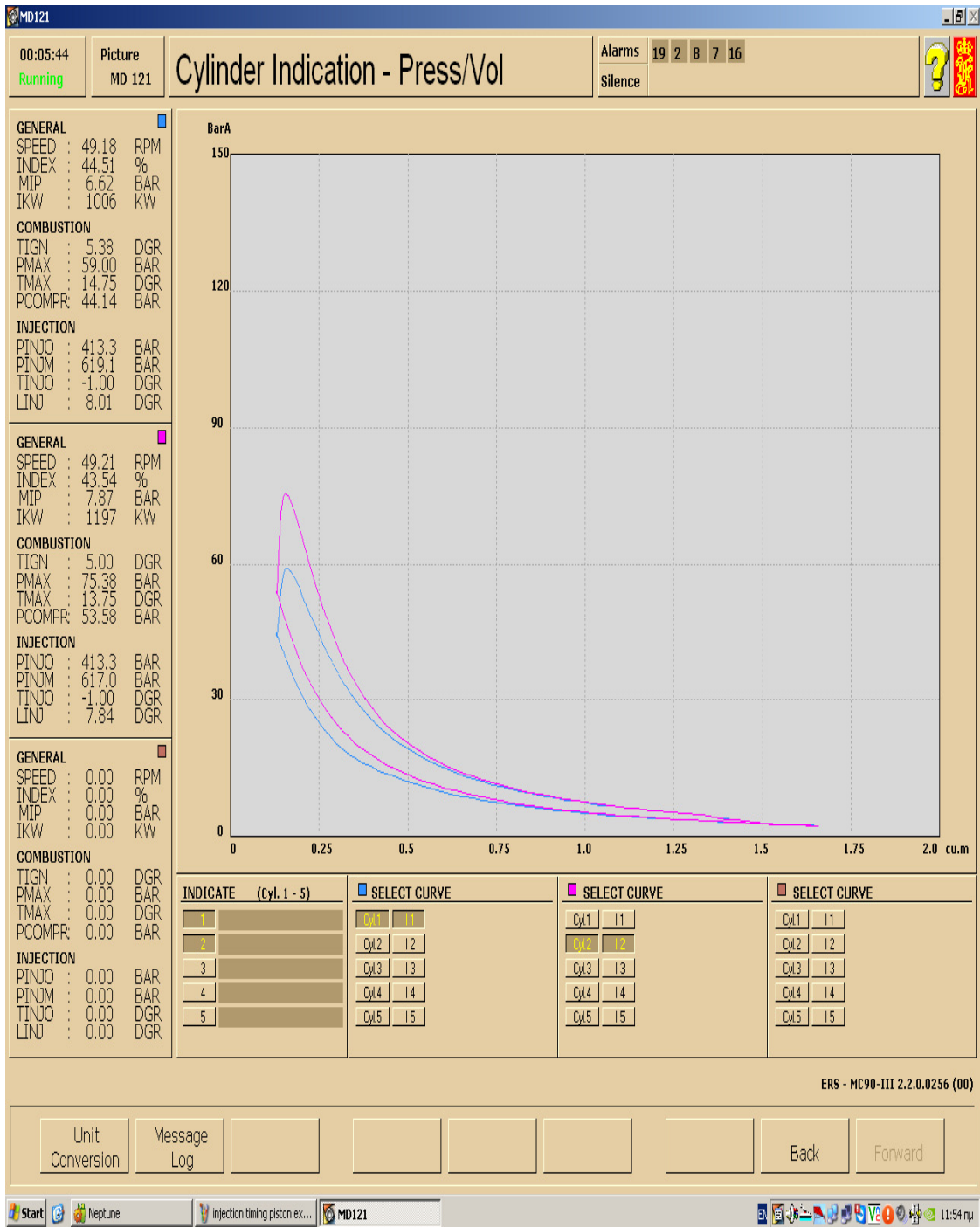
Με μέσο ύψος διαγράμματος 6,0mm και με κλίμακα ελατηρίου 0,8 η μέση πίεση είναι $6,0\text{mm}/0,8\text{mm}/(\text{kp}/\text{cm}^2) = 7,5\text{kp}/\text{cm}^2$.

Για μετρήσεις μικρών πιέσεων (π.χ. πίεσεως εξαγωγής, πίεσεως σαρώσεως κλπ), χρησιμοποιούνται ελατήρια μικρής εντάσεως, π.χ. με κλίμακες 45 ή 12 mm (kp/cm^2).

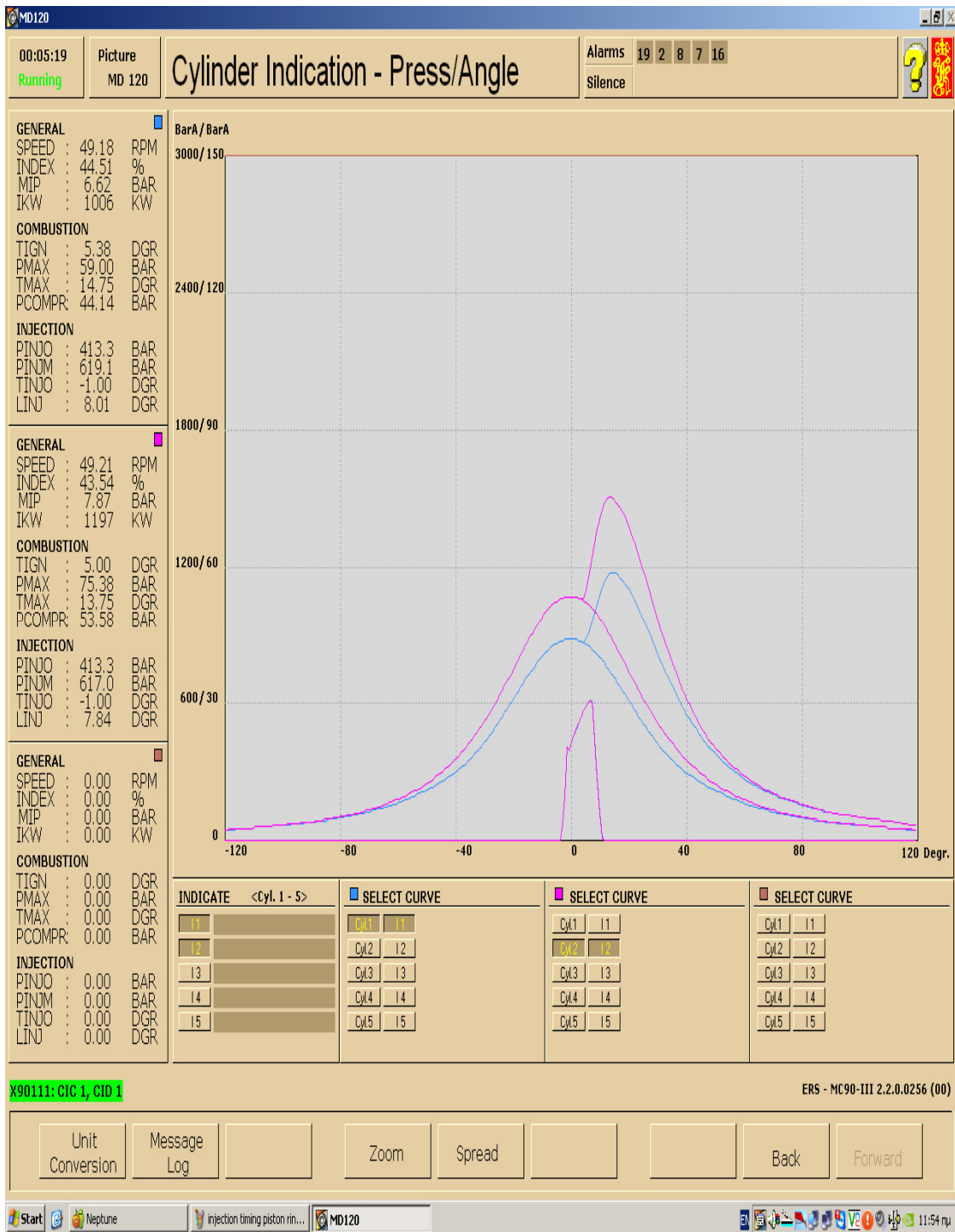
Στο Αγγλοσαξονικό σύστημα οι κλίμακες δίνονται με τα παρακάτω κλάσματα 1/300, 1/360, 1/400, 1/500 in/psi.

Κάθε ίντσα του διαγράμματος πρέπει να πολλαπλασιασθεί με τον παρανομαστή της κλίμακας για να υπολογιστεί η πίεση του διαγράμματος. Για παράδειγμα, εάν το μέγιστο ύψος διαγράμματος είναι 2in, η μέγιστη πίεση καύσεως για κλίμακα ελατηρίου 1/400 προκύπτει $2(1/400) = 2 \times 400 = 800\text{psi}$.

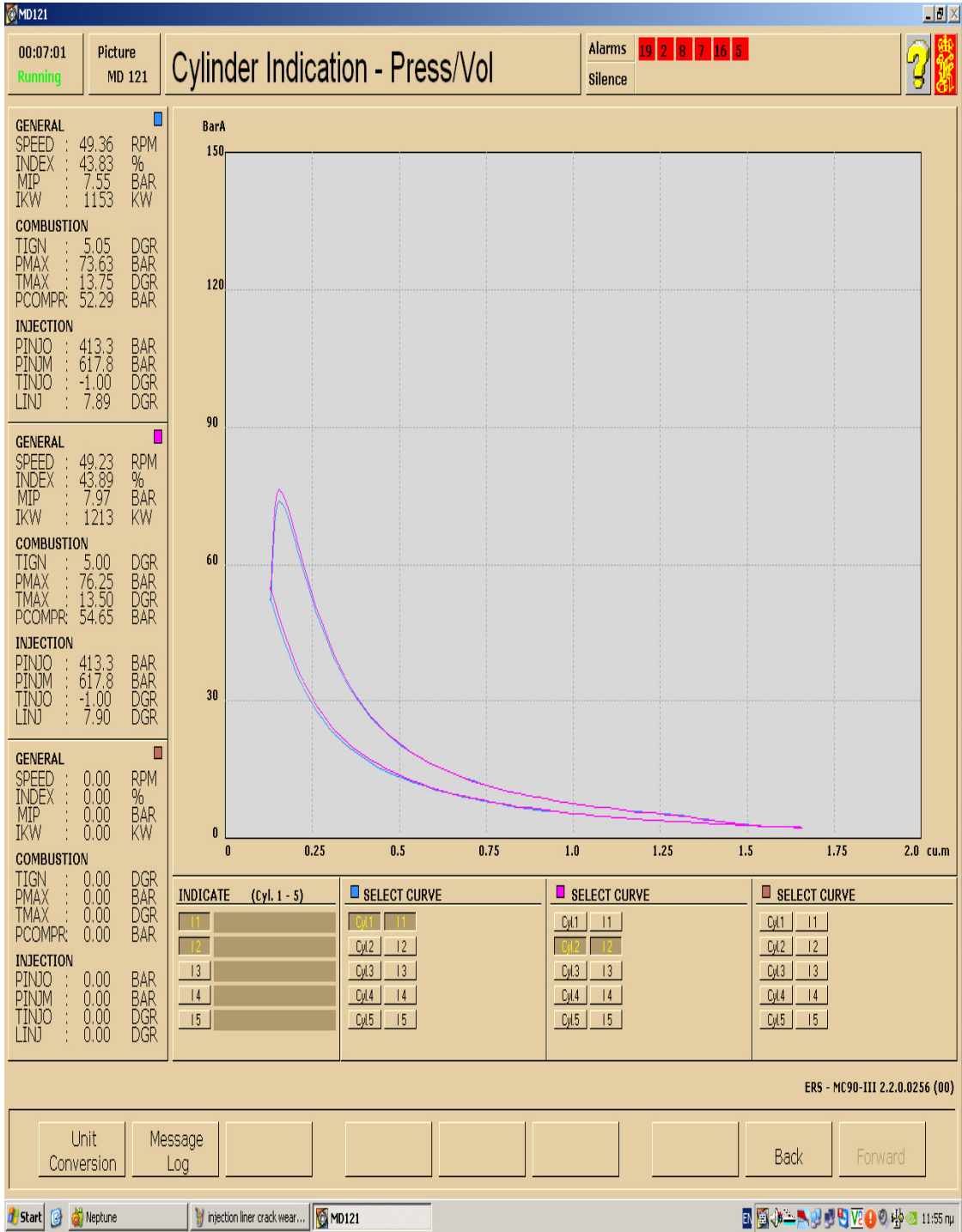
Injection Exhaust Valve Leakage Closed



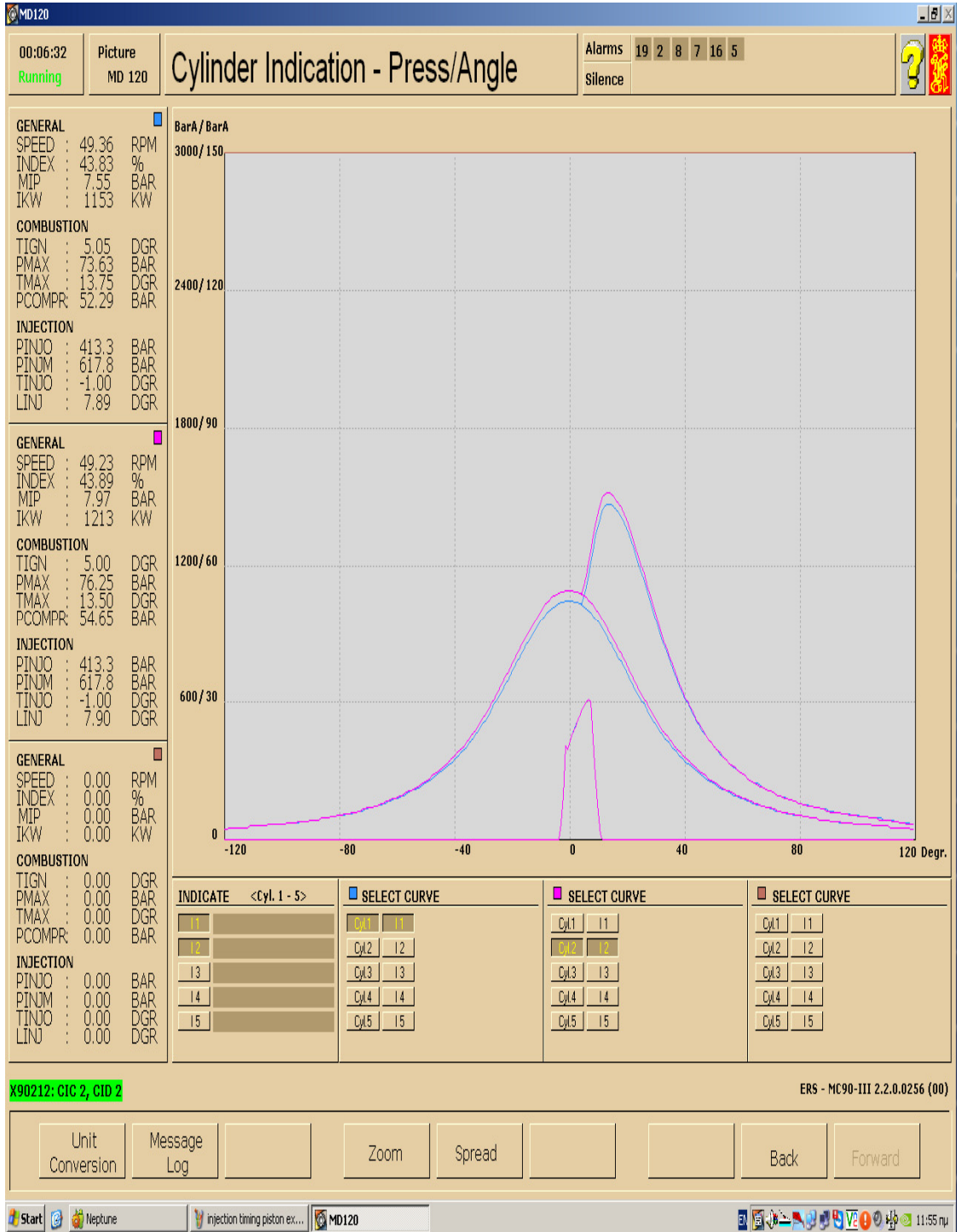
Injection Exhaust Valve Leakage Opened



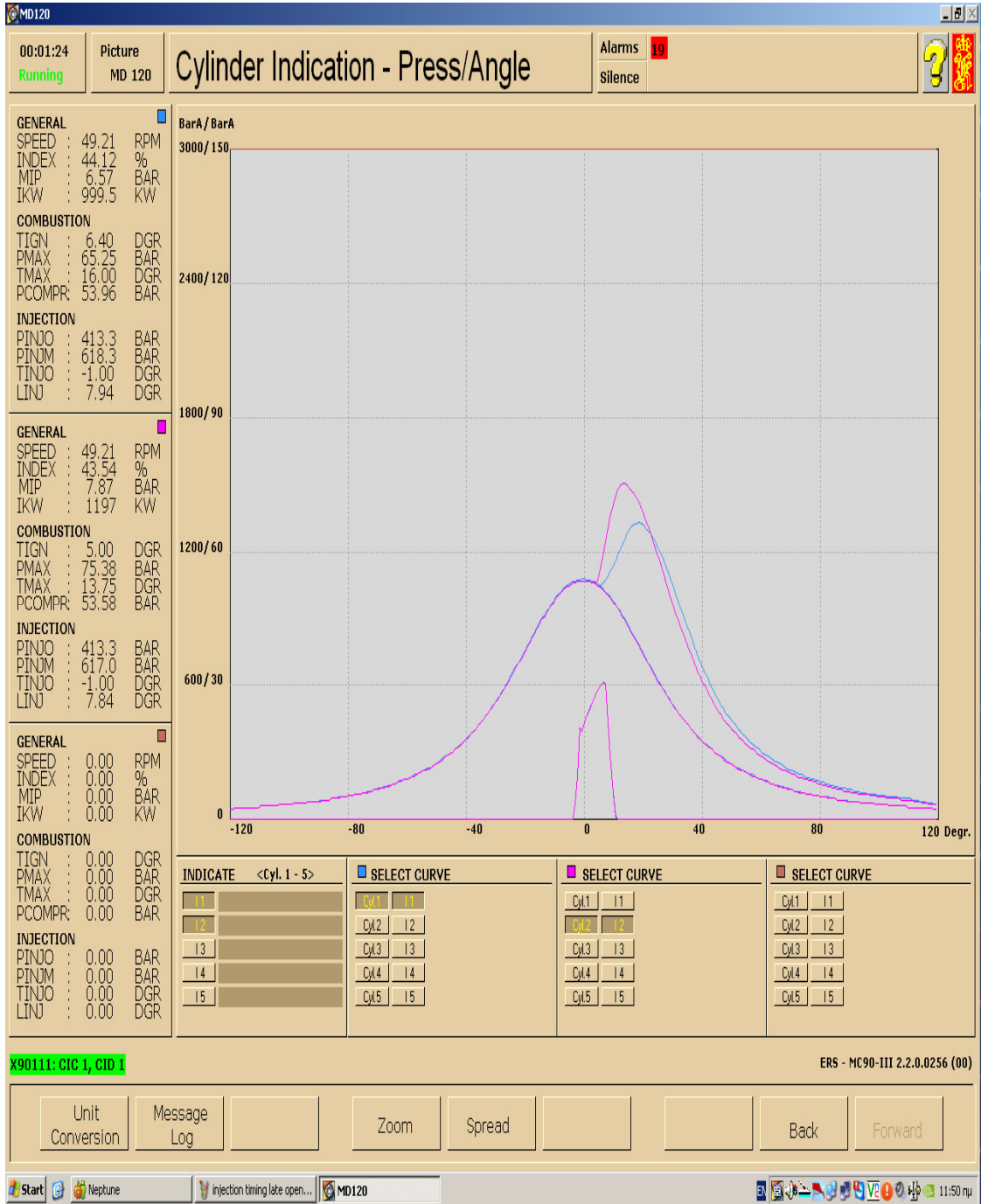
Injection Liner Crack Wear Closed



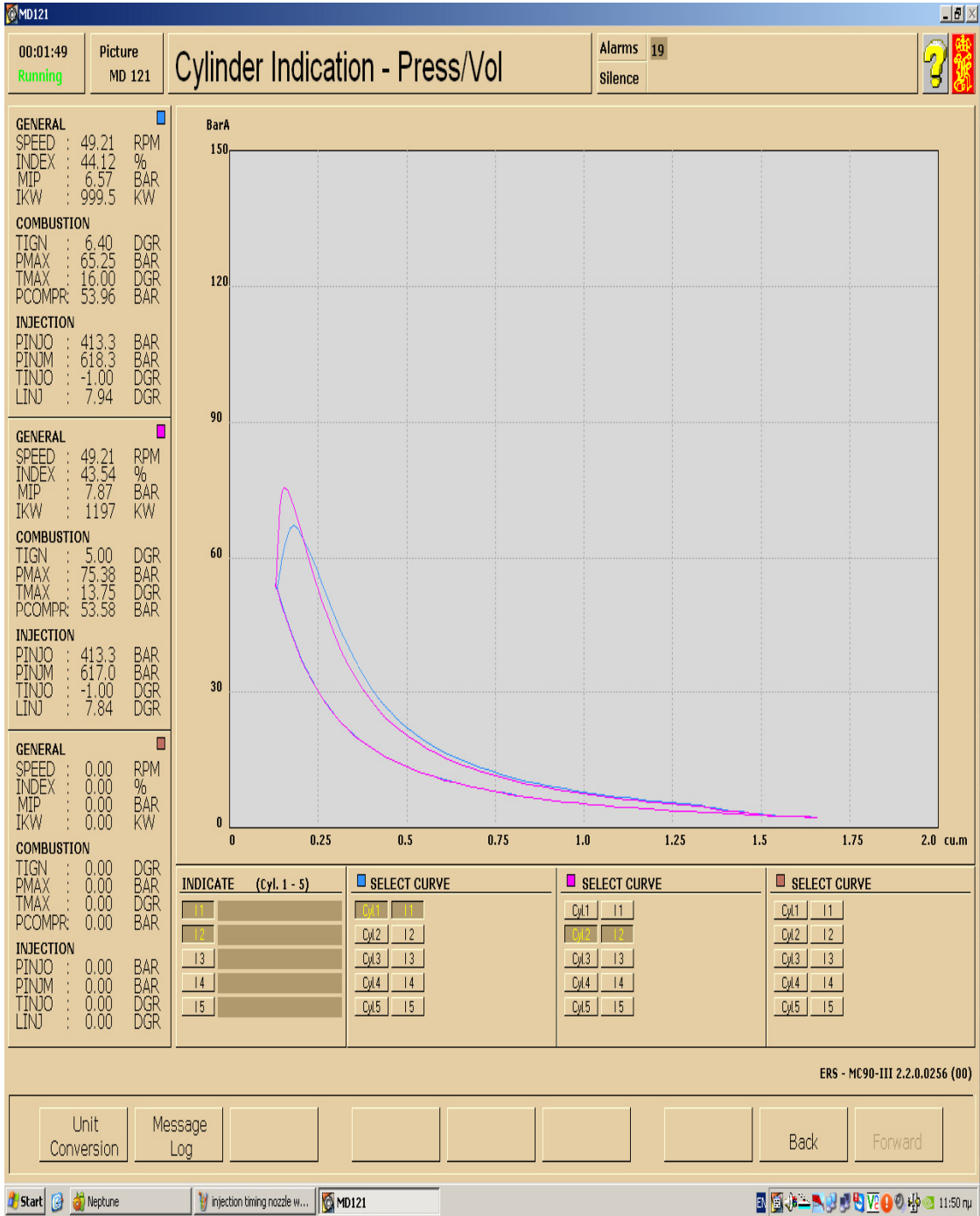
Injection Liner Crack Wear Opened



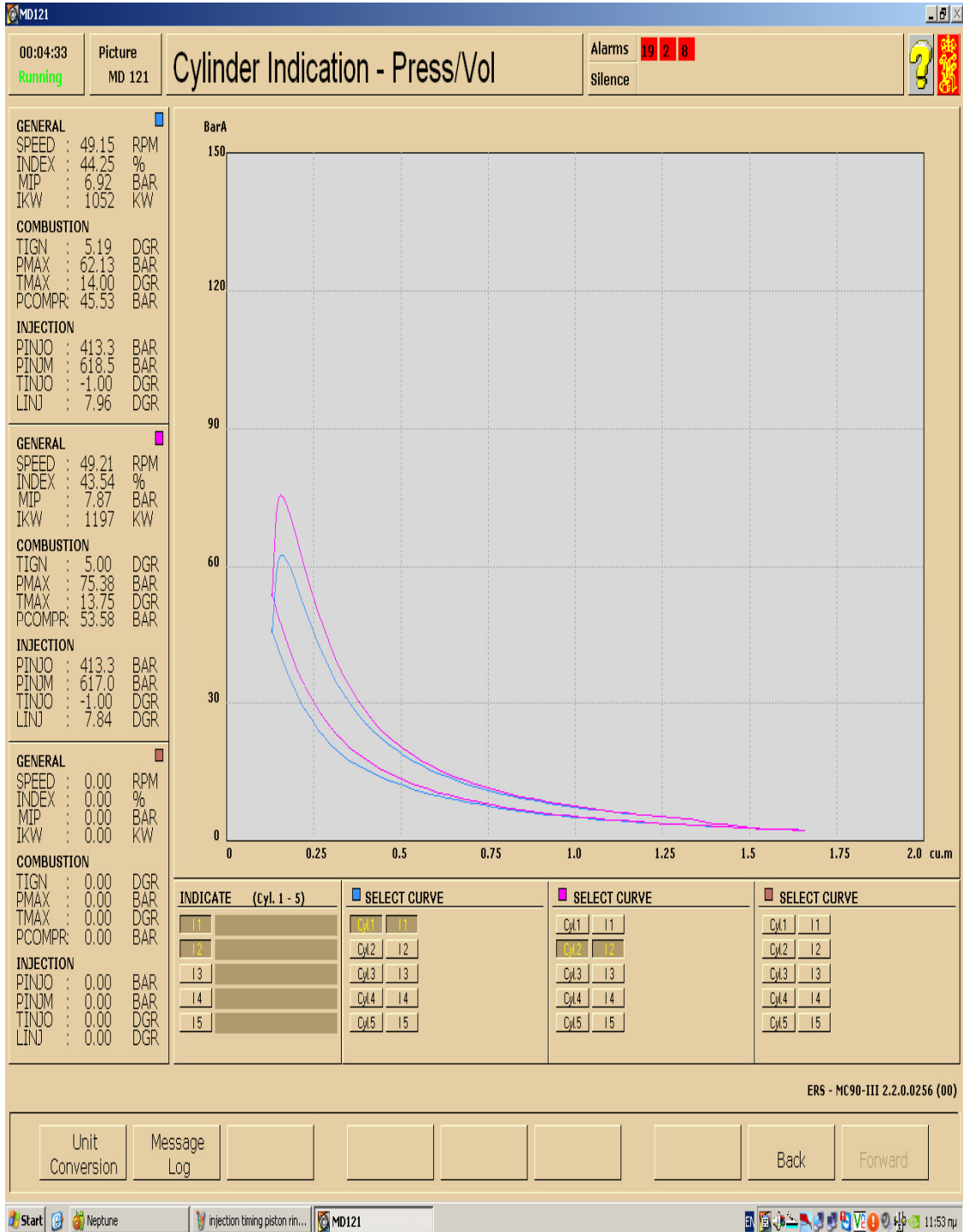
Injection Nozzle Wear Opened



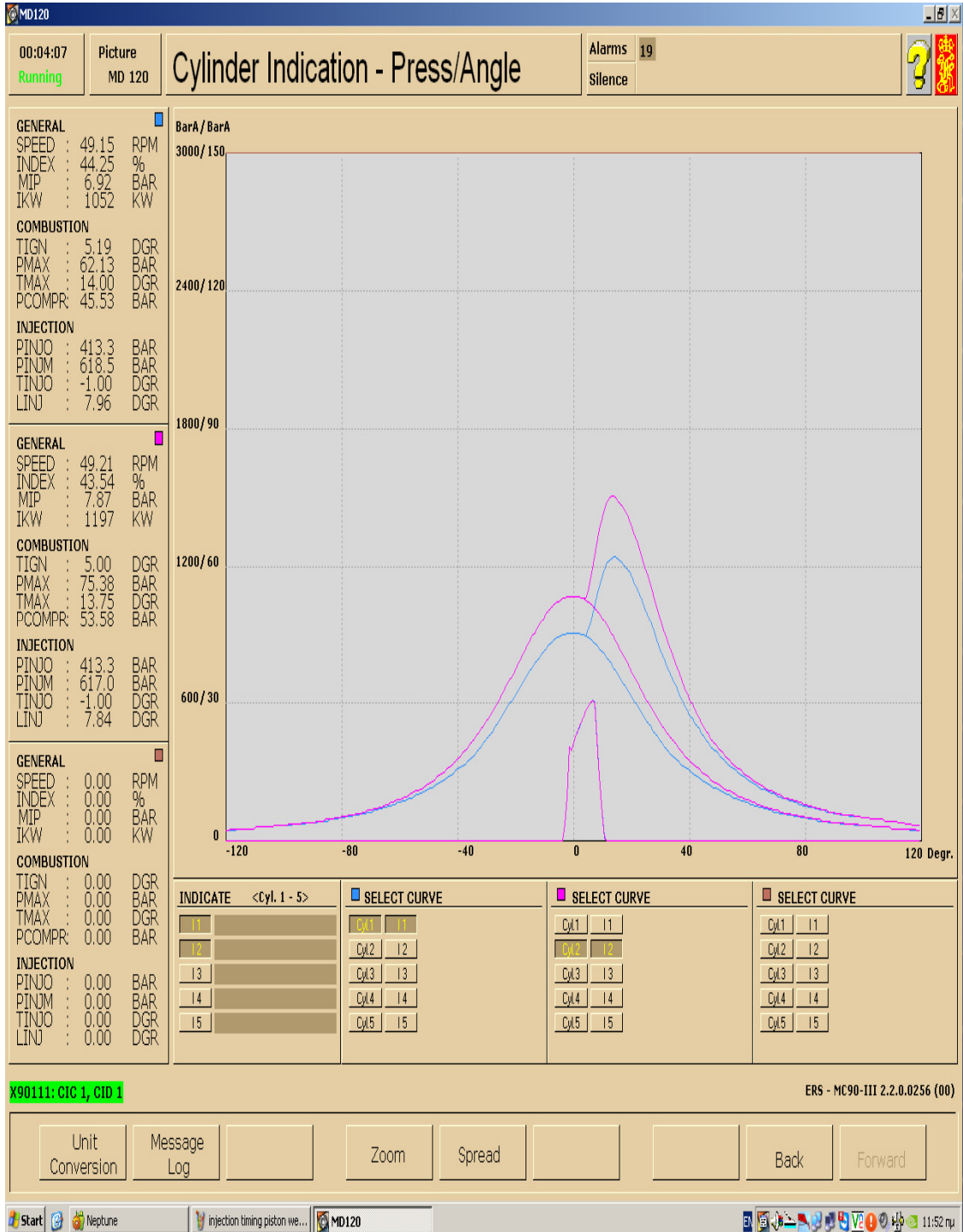
Injection Nozzle Wear Closed



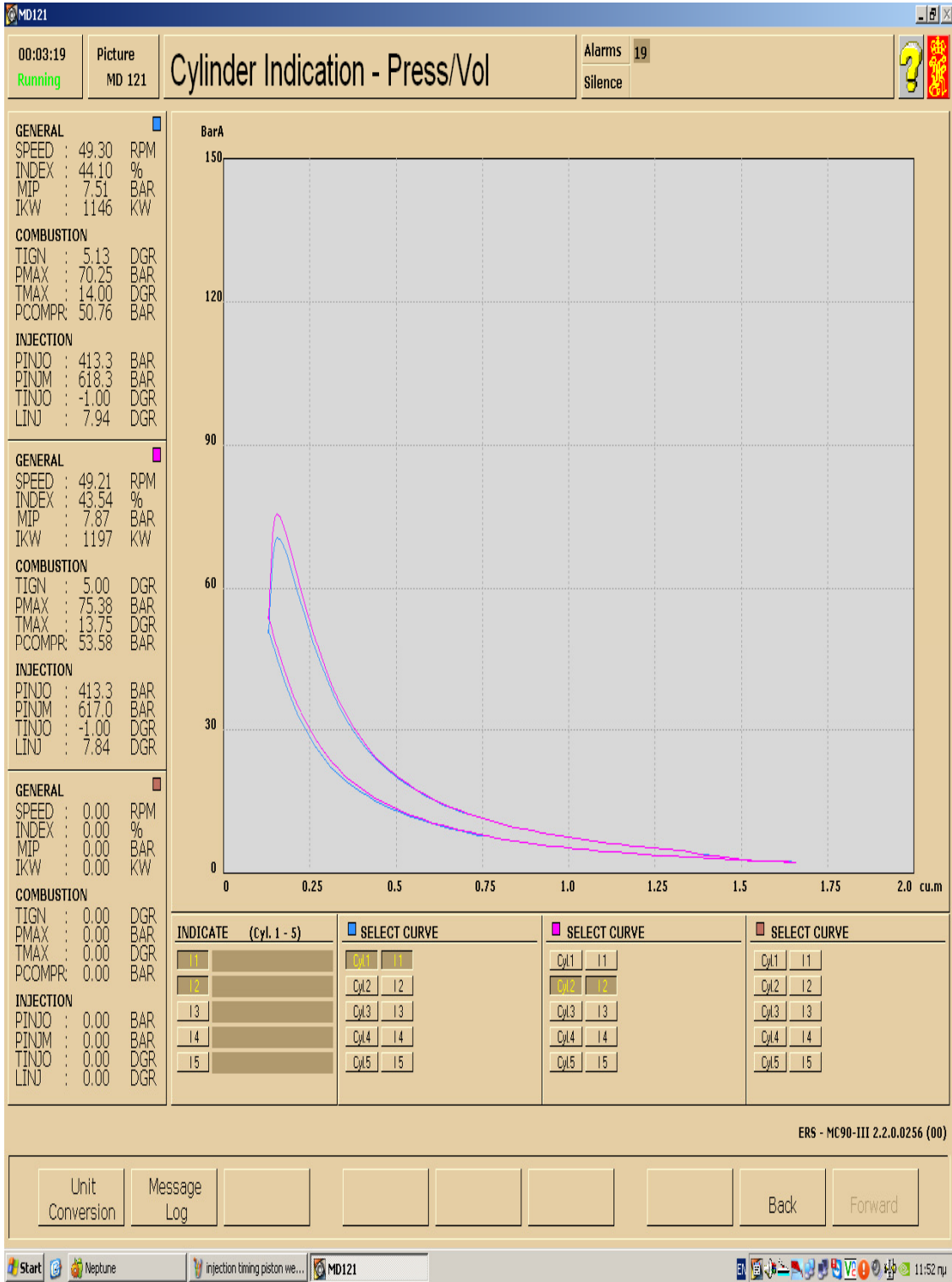
Injection Piston Ring Blow-By Closed



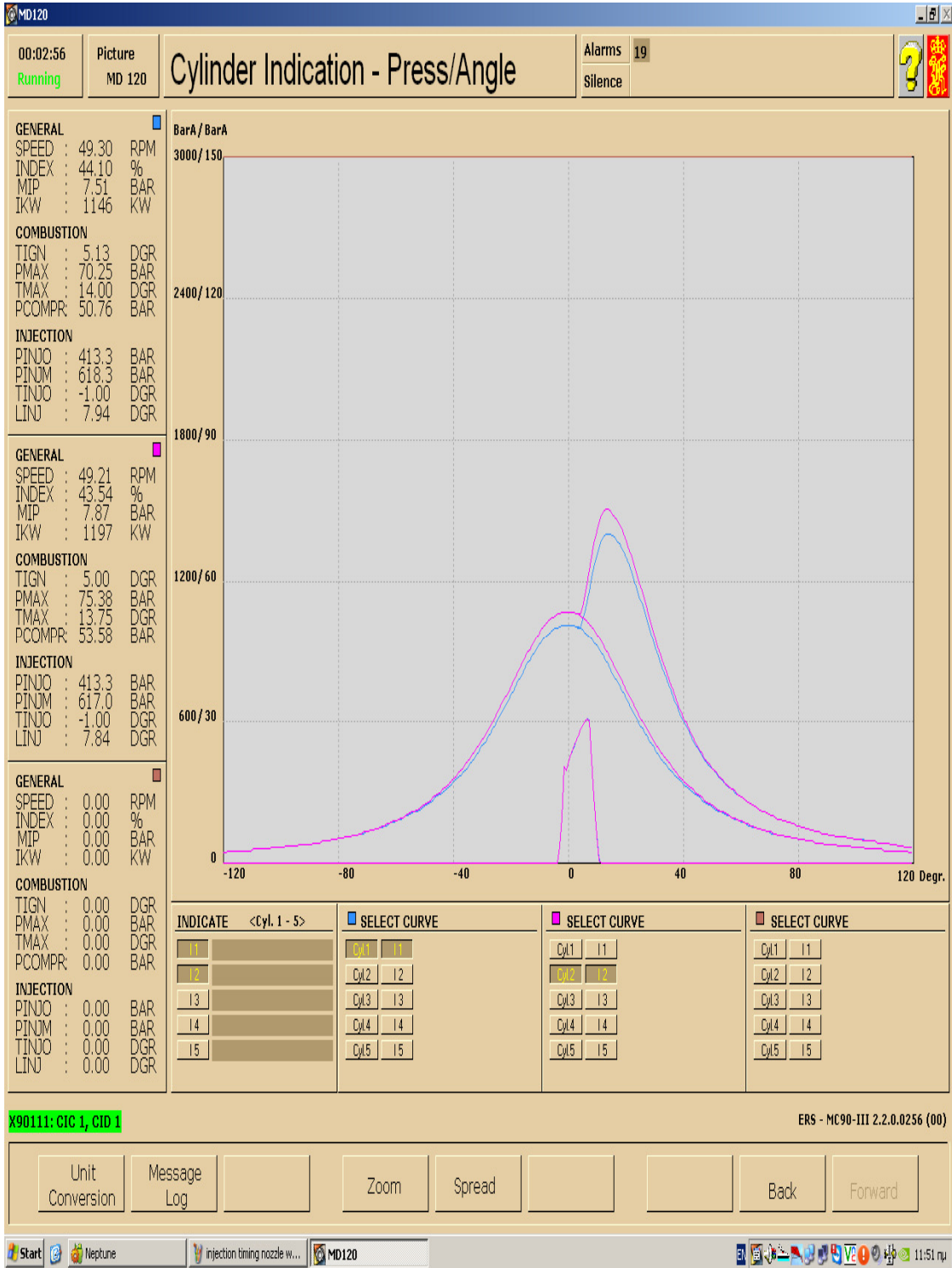
Injection Piston Ring Blow-By Opened



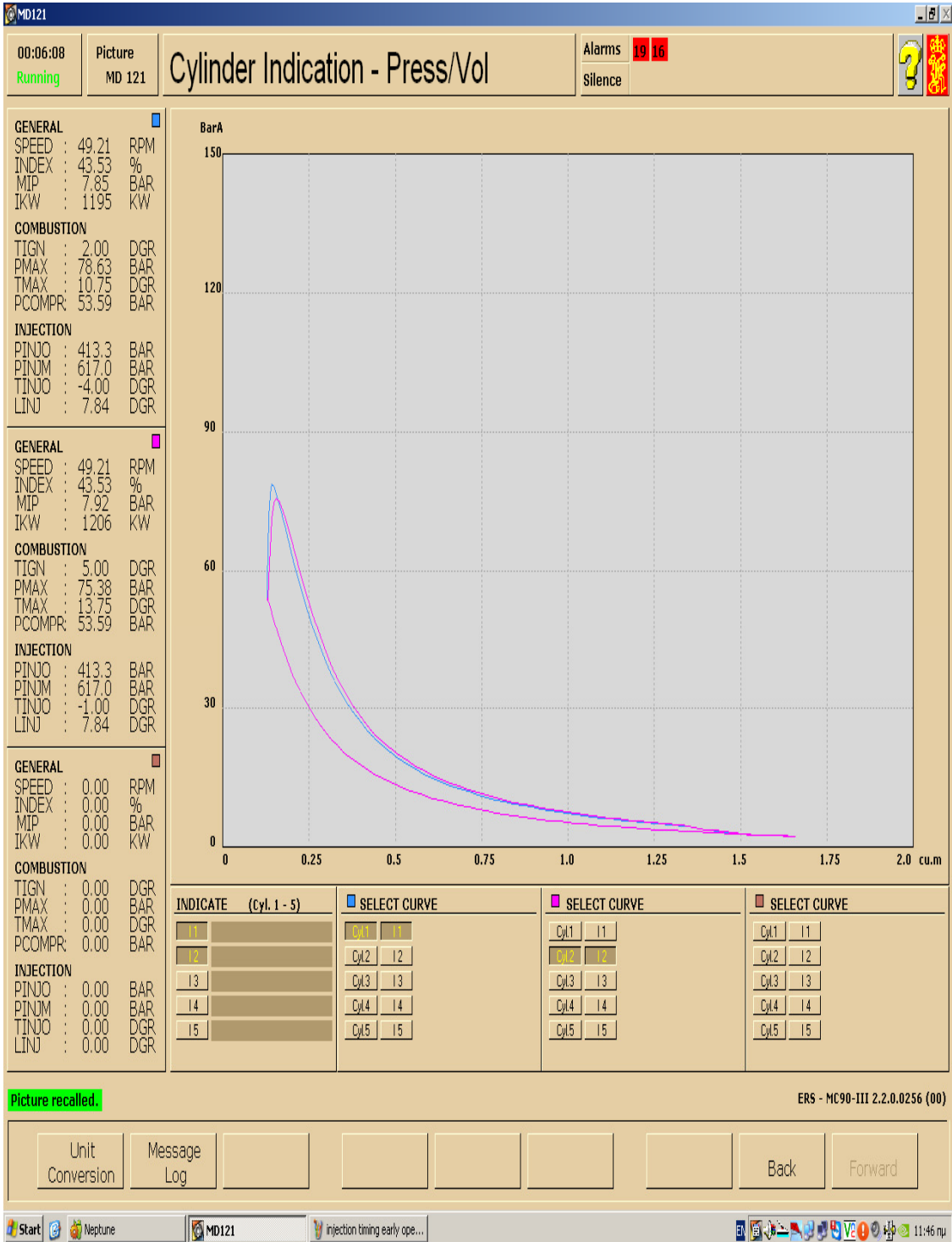
Injection Piston Wear Closed



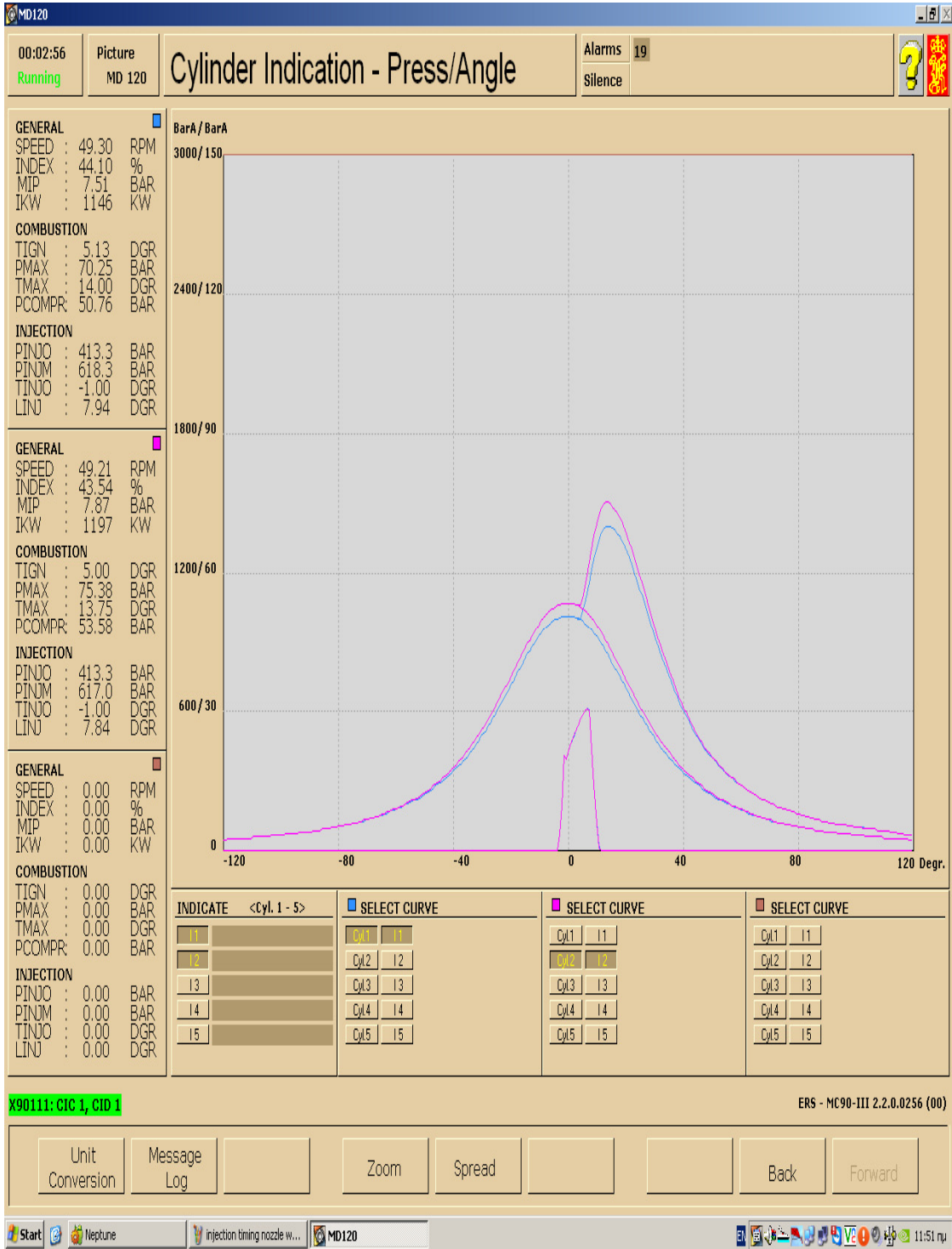
Injection Piston Wear Opened



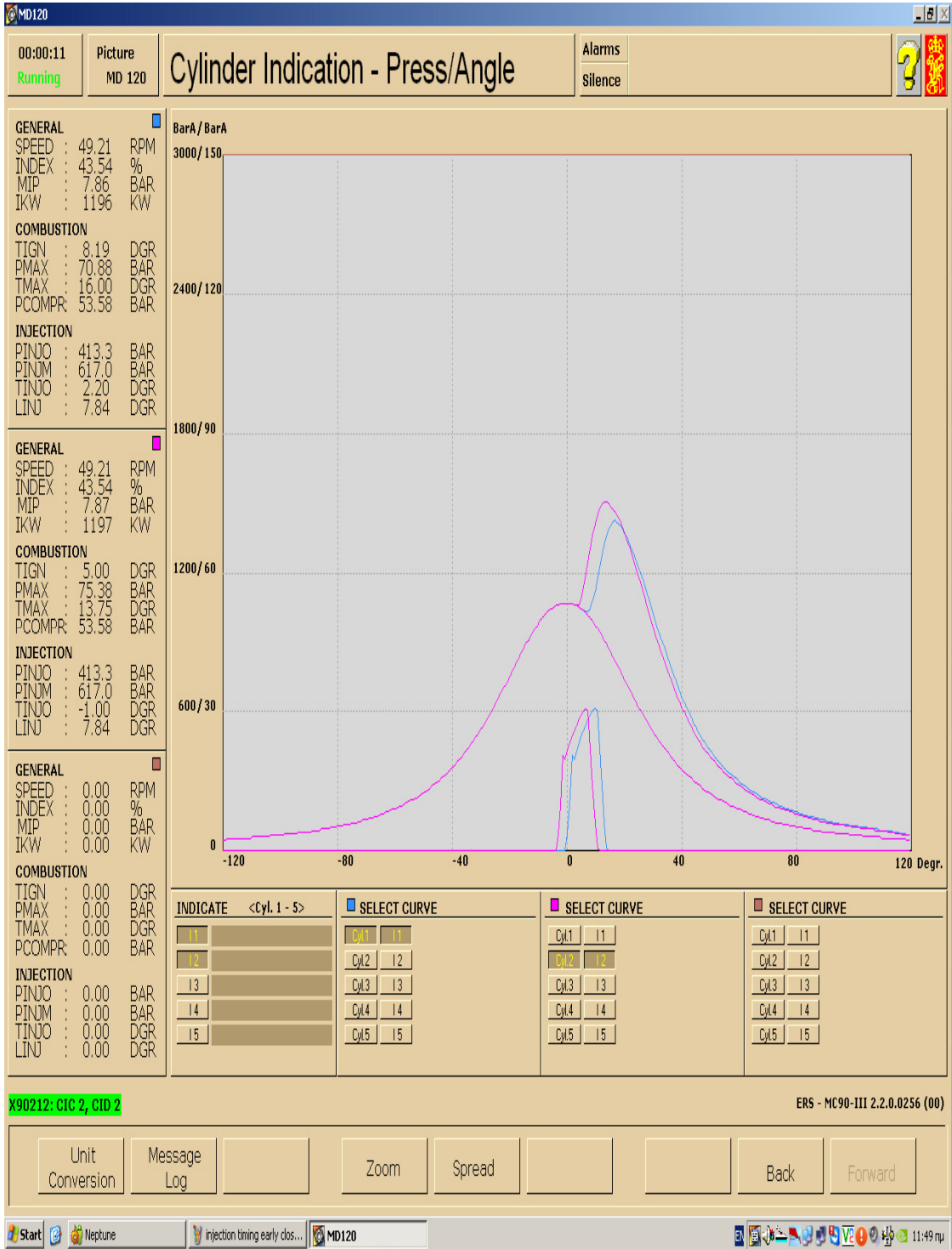
Injection Timing Early Closed



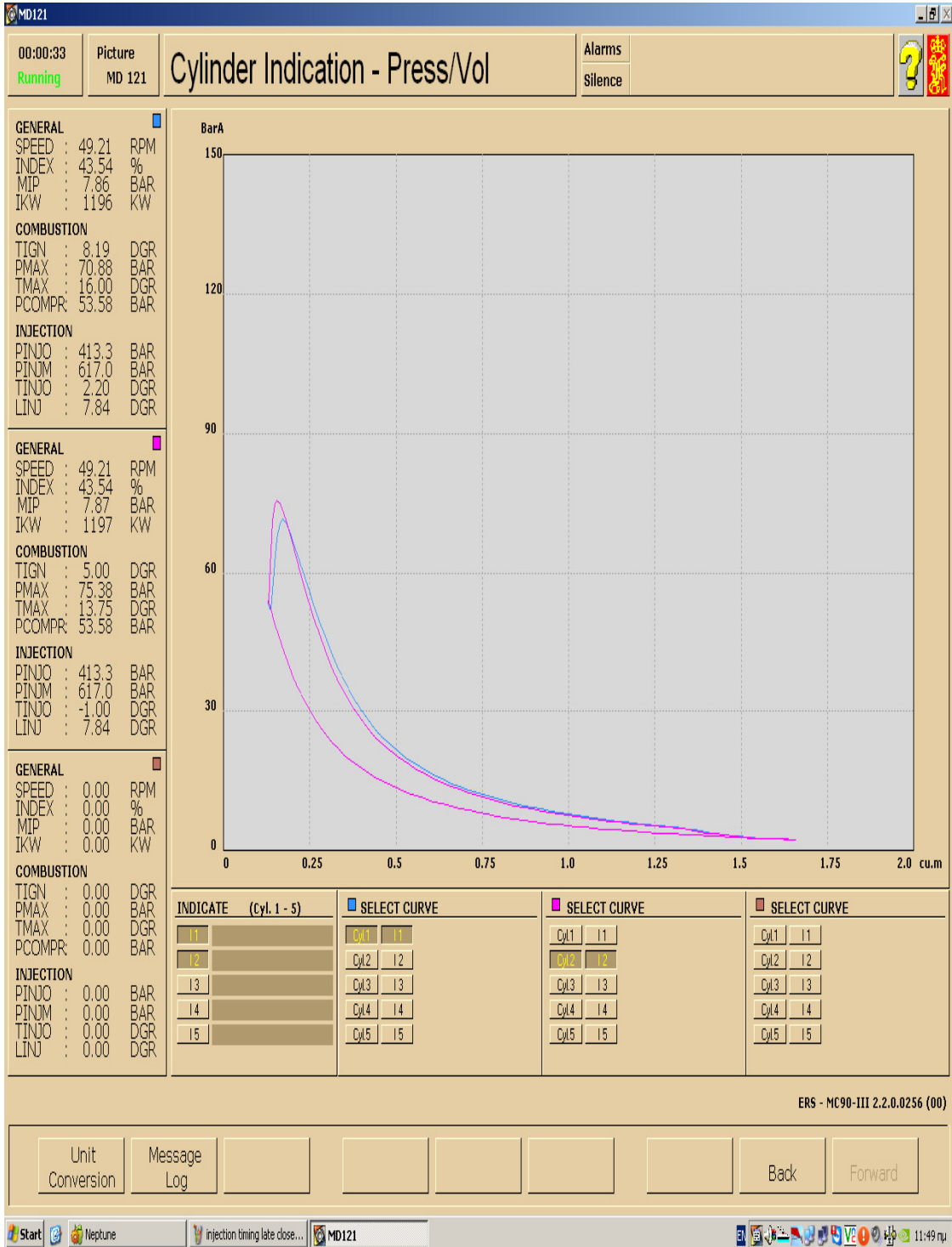
Injection Timing Early Opened



Injection Timing Late Opened



Injection Timing Late Closed



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1.ΠΡΟΛΟΓΟΣ
- 2.ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ
- 3.ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ Ή ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΥΣΗΣ
- 4.ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ
- 5.ΑΚΟΛΟΥΘΕΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΛΗΨΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ-ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΕΣ
- 6.ΠΡΟΤΕΙΝΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
- 7..ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ ΔΥΝΑΜΟΔΕΙΚΤΗ
- 8..ΑΝΟΙΧΤΑ – ΚΛΕΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μηχανες Εσωτερικής Καύσεως 1
- Μηχανες Εσωτερικής Καύσεως 2
- Δημοσιεύσεις Δ.ΓΟΥΡΓΟΥΛΗ
- Σύστημα Προσομοιωτή Μηχανοστασίου KONGSBERG