



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
"Διαχείριση και Ενεργειακή Βελτιστοποίηση Συστημάτων"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ
ΣΤΑΤΗΣ



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΑΡΑΙΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ
ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΔΑΛΛΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ Α.Μ. 61

ΑΘΗΝΑ
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2018

Copyright © Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα πτυχιακή εργασία θα ήταν παράληψη να μην ευχαριστήσω των επιβλέποντα καθηγητή κ.Καραισά Πέτρο για την εποπτεία και την σωστή καθοδήγηση που μου παρέιχε. Όπως επίσης συγγενείς και φίλους που μας βοήθησαν στην συλλογή πληροφοριών και στοιχείων για την ψυχολογική υποστήριξη και υπακοή τους κατά την διάρκεια της αποπεράτωσης της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελ 5-7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ 8
EXECUTIVE SUMMARY	σελ 9
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ 11-12
1.Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΡΕΣ ΜΑΣ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥΣ	σελ 13-33
1.1 Ιστορική αναδρομή στην λειτουργία των μηχανών- μηχανημάτων.....	σελ 13-14
1.2 Βασικά χαρακτηριστικά των μηχανημάτων και διάκριση αυτών	σελ 14-18
1.2.1 Μηχανές κίνησης ή κινητήριες μηχανές που παράγουν μηχανικό έργο	σελ 15-16
1.2.2 Θερμικές μηχανές	σελ 16-17
1.2.3 Υδραυλικές μηχανές	σελ 17
1.2.4 Ηλεκτρικές μηχανές	σελ 17-18
1.2.5 Εργαλειομηχανές	σελ 18
1.3 Κλάδος της μηχανολογίας και μηχανήματα	σελ 18-21
1.4 Η χρησιμότητα των μηχανημάτων στην λειτουργία των Βιομηχανιών	σελ 21-30
1.4.1 Πρωτογενείς κατεργασίες	σελ 21-22
1.4.2 Δευτερογενείς κατεργασίες	σελ 22-23
1.4.3 Θερμικές κατεργασίες	σελ 23
1.4.4 Επιφανειακές κατεργασίες	σελ 23
1.4.5 Κοπή μετάλλων	σελ 24-25
1.4.6 Λειτουργία μηχανημάτων ρομπότ.....	σελ 25-30
1.5 Παράγοντες που προκαλούν φθορά και βλάβες στα Μηχανήματα	σελ 30-32
1.5.1 Το φαινόμενο της τριβής και αρχές λειτουργίας με τις οποίες προκαλείται φθορά στα μηχανήματα	σελ 30-32
1.6 Μέθοδοι και τεχνικές συντήρησης μηχανημάτων Στις μέρες μας.....	σελ 32-33

2.Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	σελ 34-57
2.1 Σύγχρονοι κινητήρες και μεταβατικά φαινόμενα	σελ 34-35
2.2 Τρόποι εκκίνησης σύγχρονων μηχανών και ελέγχου όπου συμβαίνουν τα μεταβατικά φαινόμενα	σελ 36-42
2.2.1 Εκκίνηση με πηγή τροφοδοσίας μεταβλητής συχνότητας	σελ 36
2.2.2 Εκκίνηση σαν επαγωγικός κινητήρας	σελ 36-37
2.2.3 Έλεγχος ταχύτητας σύγχρονου κινητήρα	σελ 37-38
2.2.4 Έλεγχος της συχνότητας	σελ 38-39
2.2.5 Αυτοελεγχόμενος σύγχρονος κινητήρας.....	σελ 39-42
2.2.6 Έλεγχος κλειστού βρόχου	σελ 42
2.3 Μεταβατική συμπεριφορά σύγχρονων μηχανών	σελ 42-43
2.4 Προβλήματα μεταβατικών φαινομένων σε σύγχρονες μηχανές	σελ 43-50
2.4.1 Τριφασικό βραχυκύκλωμα-βραχυκύκλωμα σε αφόρτιστη σύγχρονη Γεννήτρια	σελ 43-47
2.4.2 Ρεύμα βραχυκύκλωσης	σελ 47-48
2.4.3 Συνεχής(DC) συνιστώσα	σελ 48-50
2.4.4 Βραχυκύκλωμα σε φορτισμένη σύγχρονη γεννήτρια	σελ 50
2.5 Μεταβατικά φαινόμενα τριβής στις σύγχρονες μηχανές	σελ 50-53
2.6 Το φαινόμενο της προσκόλλησης-ολίσθησης (stick-slip) στις σύγχρονες μηχανές	σελ 53-56
2.7 Παράγοντες που προκαλούν φθορά και βλάβες στα μηχανήματα λόγω μεταβατικών φαινομένων	σελ 56-57
2.7.1 Το φαινόμενο της τριβής και αρχές λειτουργίας με τις οποίες προκαλείται φθορά στα μηχανήματα	σελ 56-57
3.Η ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ	
ΣΤΑ ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	σελ 58-76
3.1 Μέθοδοι και τεχνικές συντήρησης μηχανημάτων στις μέρες μας με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων	σελ 58-59
3.2 Τρόποι συντήρησης μηχανημάτων και που αποσκοπεί η κάθε Συντήρηση με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων	σελ 59-61
3.3 Που αποσκοπεί η συντήρηση μηχανημάτων με σκοπό την Αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων	σελ 61-63
3.4 Αρχές συντήρησης μηχανημάτων με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων	σελ 63-65
3.5 Διαδικασία λίπανσης στο δίκτυο κύριας μηχανής με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων.....	σελ 65-68

3.6 Λιπαίνουσα τριβή στα στοιχεία των σύγχρονων μηχανών	σελ 68-72
3.7 Η σημασία της λίπανσης για την αποφυγή ύπαρξης δημιουργίας Μεταβατικών Φαινομένων	σελ 72-76
3.7.1 Συστήματα λίπανσης για την αποφυγή ύπαρξης δημιουργίας Μεταβατικών φαινομένων.....	σελ 73-74
3.7.2 Τα γενικά χαρακτηριστικά ενός λιπαντικού για την αποφυγή Ύπαρξης δημιουργίας μεταβατικών φαινομένων	σελ 74-76
ΕΠΙΛΟΓΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ 77-79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	σελ 80

Περίληψη

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας, αναφέρεται σχετικά η συλλογή, αξιολόγηση και συζήτηση στοιχείων που οριοθετούνται στο πλαίσιο της ανάλυσης βιβλιογραφικών δεδομένων για την λειτουργία των σύγχρονων μηχανών και τα μεταβατικά φαινόμενα που συμβαίνουν, δημιουργώντας πρόβλημα στις εν λόγω λειτουργίες.

Ως εκ τούτου, και προκειμένου η εν λόγω εργασία να θεωρείται ορθή και αποτελεσματική ως προς τα στοιχεία που εξετάζει, διαχωρίζεται σχετικά σε τρία (3) κεφάλαια, με πρώτο εκείνο της Έννοιας και των Χαρακτηριστικών των Μηχανών στις Μέρες μας Καθώς και Τρόπο Λειτουργίας – Συντήρησης τους, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται και αναλύεται η Έννοια των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα και στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται η Αναγκαιότητα της Συντήρησης και Λίπανσης Μηχανημάτων για την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα.

Executive Summary

The purpose of this specific dissertation, it is the collection, evaluation and discussion of data that are delineated in the bibliographic data analysis for the operation of the modern machines and the transient phenomena that occur, creating a problem in these functions.

Therefore, and in order for this work to be considered correct and effective as regards the items under consideration, it is divided into three (3) basic chapters, upon the first one of the Concept and Machine Characteristics in our days as well as the Mode of Operation – Maintenance, the second chapter refers to and analyzes the concept of transient phenomena in modern machinery and the third chapter refers to the necessity of maintenance and lubrication of machinery for the avoidance of transient phenomena in the modern machinery Yarns.

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας, αναφέρεται σχετικά η συλλογή, αξιολόγηση και συζήτηση στοιχείων που οριοθετούνται στο πλαίσιο της ανάλυσης βιβλιογραφικών δεδομένων για την λειτουργία των σύγχρονων μηχανών και τα μεταβατικά φαινόμενα που συμβαίνουν, δημιουργώντας πρόβλημα στις εν λόγω λειτουργίες.

Ως εκ τούτου, και προκειμένου η εν λόγω εργασία να θεωρείται ορθή και αποτελεσματική ως προς τα στοιχεία που εξετάζει, διαχωρίζεται σχετικά σε τρία (3) κεφάλαια, με πρώτο εκείνο της Έννοιας και των Χαρακτηριστικών των Μηχανών στις Μέρες μας Καθώς και Τρόπο Λειτουργίας – Συντήρησης τους, στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται και αναλύεται η Έννοια των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα και στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται Η Αναγκαιότητα της Συντήρησης και Λίπανσης Μηχανημάτων για την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα.

Εισαγωγή

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι ο βιομηχανικός εξοπλισμός έχει υψηλό κόστος κτήσης και συντήρησης και η οικονομικά αποδοτική λειτουργία του εξαρτάται από τη διατήρηση των προηγούμενων σε χαμηλά επίπεδα. Η συμμόρφωση με αυτή την απαίτηση αποτελεί πρόκληση για τους μηχανικούς που ασχολούνται με τη συντήρηση μηχανών.

Η προβλεπτική συντήρηση, χρησιμοποιώντας κατάλληλες μετρητικές μεθόδους εξασφαλίζει τη μείωση του κόστους, μειώνοντας τα έκτακτα σταματήματα των μηχανών λόγω βλαβών, τους χρόνους επισκευής και βελτιώνοντας την αξιοπιστία των μηχανών και την ασφάλεια. Εντούτοις η φιλοσοφία αυτή δεν έχει τη διάδοση που θα της άξιζε, λόγω του απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου κτήσης του μετρητικού εξοπλισμού που απαιτείται για την εφαρμογή της και την εκπαίδευση του προσωπικού.

Οι βιομηχανικές επιχειρήσεις λειτουργούν κάτω από έντονες πιέσεις για μείωση εξόδων, μείωση αποθεμάτων και αύξηση απόδοσης από τις γραμμές παραγωγής. Στην προσπάθειά τους, οι υπεύθυνοι managers και engineers έχουν συνειδητοποιήσει ότι η συντήρηση του φυσικού εξοπλισμού τους δεν περιορίζεται πια σε επισκευές και επιδιορθώσεις.

Η σύγχρονη συντήρηση απαιτεί επιπλέον επιθεώρηση, στην οποία αποδεικνύεται η πραγματική κατάσταση ενός τεχνικού συστήματος, και προληπτική συντήρηση, στην οποία περιλαμβάνονται οι ενέργειες για διατήρηση του εξοπλισμού στη βέλτιστη κατάσταση. Ζητούμενα είναι η υψηλότερη δυνατή διαθεσιμότητα του τεχνικού συστήματος και ο περιορισμός των ζημιών από βλάβες.

Τα σύγχρονα προγράμματα λογισμικού υποστηρίζουν στο έπακρο το έργο των βιομηχανικών επιχειρήσεων, καλύπτοντας όχι μόνο τη Συντήρηση καθαυτήν, αλλά ολόκληρο τον κύκλο ζωής του εξοπλισμού, εκ παραλλήλου με τον κύκλο ζωής των παραγομένων προϊόντων. Σημαντικό «κομμάτι» όμως όλων των παραπάνω, είναι και ο τομέας συντήρησης των μηχανημάτων και ο τρόπος με τον οποίο επιτελείται η συγκεκριμένη συντήρηση αφού μέσω

αυτών των δύο συνδυασμών μπορεί να αποκτήσει ανταγωνιστικό πλεονέκτημα η επιχείρηση και ταυτόχρονα να μειώσει τα κόστη της σε σημαντικό βαθμό.

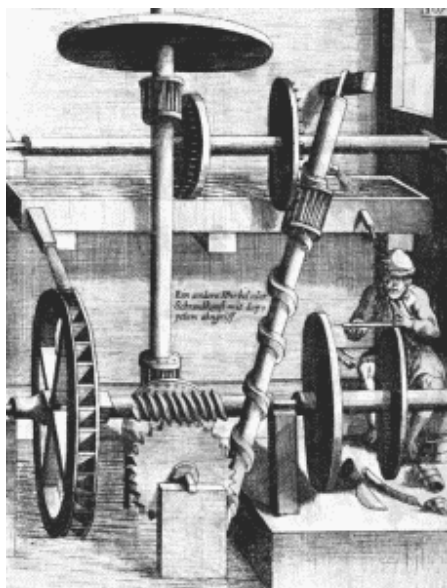
Ωστόσο και σύμφωνα με τα παραπάνω, η δυναμική ανάλυση των ηλεκτρικών μηχανών αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πεδίο της μελέτης των ηλεκτρομηχανικών συστημάτων. Τα δυναμικά φαινόμενα είναι τα κάθε είδους βραχυκυκλώματα, η απότομη μεταβολή του φορτίου μιας συσκευής μετατροπής ενέργειας, μεταβολές στην κινητική κατάσταση, όπως εκκίνηση ή φρενάρισμα μιας ηλεκτρικής μηχανής, διακοπή της τάσεως τροφοδοσίας και άλλα παρόμοια.

Στη δυναμική κατάσταση αναπτύσσονται ηλεκτρομαγνητικά μεγέθη, όπως ρεύματα και δυνάμεις που προκαλούν μεγάλη καταπόνηση του συστήματος, και πιθανόν, την καταστροφή του. Είναι λοιπόν σημαντικό, να γνωρίζουμε ποιοτικά τα διάφορα μεγέθη, ώστε να μπορούμε να εφαρμόσουμε τα κατάλληλα μέτρα για την εξασφάλιση της κανονικής λειτουργίας των ηλεκτρικών μηχανών.

Βέβαια, οι χαρακτηριστικές παράμετροι των μεταβατικών και υπομεταβατικών αντιδράσεων (και των σταθερών χρόνου) της σύγχρονης μηχανής, χρησιμοποιούνται εδώ και 75 χρόνια, ώστε να δίνουν μια πρώτη προσέγγιση του μεγέθους των ρευμάτων βραχυκυκλώματος καθώς και το ρυθμό με τον οποίο αυτά μειώνονται. Επιπροσθέτως, η γνώση των μεγεθών αυτών δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού των μηχανικών καταπονήσεων των τυλιγμάτων του στάση που είναι αποτέλεσμα των υπερβολικών ρευμάτων που διαρρέουν τη μηχανή κατά τη διάρκεια ηλεκτρικών διαταραχών που υφίστανται οι ακροδέκτες της.

1. Κεφάλαιο Πρώτο : Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά των Μηχανών στις Μέρες μας Καθώς και Τρόπο Λειτουργίας – Συντήρησής τους

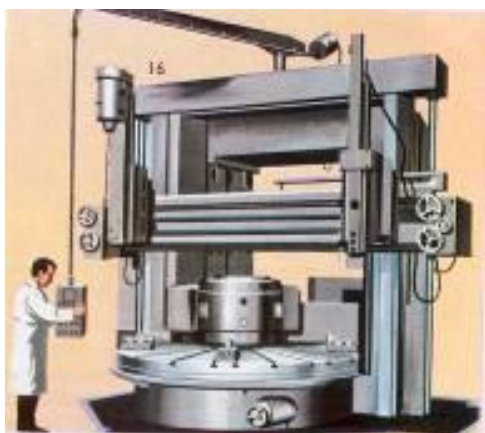
1.1 Ιστορική Αναδρομή στην Λειτουργία των Μηχανών - Μηχανημάτων



Οι μηχανές έχουν την αρχή τους στα πιο απλά εργαλεία που πρωτοχρησιμοποίησε ο άνθρωπος: το ρόπαλο και το πέτρινο πελέκι κ.α. Χωρίζονται σε απλές που χρησιμοποιούν τη μυϊκή ενέργεια και έχουν απλή κατασκευή και σύνθετες που χρησιμοποιούν διάφορες άλλες μορφές ενέργειας και έχουν πολύπλοκη κατασκευή που σήμερα κλιμακώνονται από τα κάπως σύνθετα εργαλεία ως τους λεγόμενους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους. Οι αρχαίοι πρόγονοι μας είχαν και απλές και σύνθετες μηχανές (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

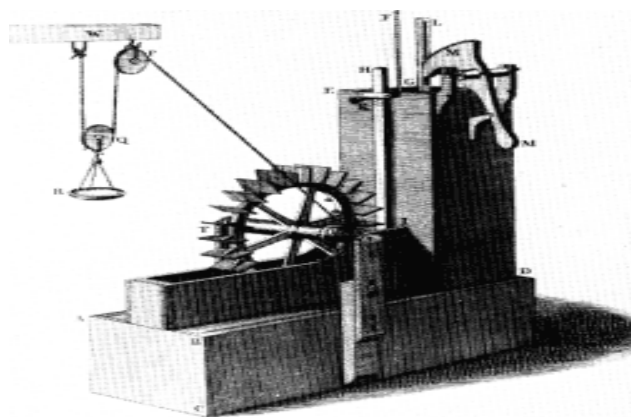
Οι πέντε (5) απλές μηχανές που χρησιμοποίησε ο πρωτόγονος άνθρωπος είναι: ο κοχλίας, η σφήνα, ο μοχλός, η τροχαλία και ο τροχός. Η καταγωγή τους χάνεται στα βάθη του χρόνου. Γύρω στον 3^ο αιώνα π.Χ. οι Έλληνες επιστήμονες ανέπτυξαν μια σειρά από μηχανήματα που

απαλλάσσουν τον άνθρωπο από επίμονες εργασίες. Με την πάροδο του χρόνου, η μηχανές βελτιώθηκαν και τελειοποιήθηκαν (Βελαώρας, 2004).



1.2 Βασικά Χαρακτηριστικά των Μηχανημάτων και Διάκριση Αυτών

Γενικά Μηχανή ή μηχανήμα ονομάζεται οποιοδήποτε εργαλείο ή μέσον που μπορεί να διευκολύνει την ανθρώπινη εργασία ή που μπορεί να αυξήσει τη δύναμη ή την αποτελεσματικότητά της. Επίσης, οποιαδήποτε συσκευή που χρησιμοποιείται για τη παραγωγή έργου, είτε μεταδίδοντας είτε μετατρέποντας άλλη μορφή ενέργειας σε παραγωγή έργου. Ακόμη μπορεί να εννοείται και κάθε ευφυής επινόηση. Μεταφορικά, σημαίνει ραδιουργία, σκευωρία αλλά και χαρακτηρισμό πλήθους υπηρεσιών για παράδειγμα «Κρατική μηχανή» ή «αμυντικός μηχανισμός» (Στεργίου, Στεργίου, 2005).



Στην αρχαιότητα, οι αρχαίοι Έλληνες απέδιδαν την σημασία της πρώτης παραπάνω πρότασης που αναφέρεται ως ορισμός από τον Βιτρούβιο

(Χ. 1,1), ενώ διέκριναν δύο είδη μηχανών: τις απλές και τις σύνθετες. Στις απλές ανήκαν οι μοχλοί, η σφήνα, ο κοχλίας, το πολύσπαστο, κ.ά. Στις σύνθετες ανήκαν οι υδραυλικές μηχανές, οι βιομηχανικές (μύλοι άλεσης και σύνθλιψης), οι υψωτικές ή ανυψωτικές, οι πολεμικές και οι μηχανές θεάτρου (Βελαώρας, 2004).

Κατά τη μηχανολογία, ως μηχανή νοείται ένα σύνολο μηχανικών μερών και μηχανισμών ικανών να μετατρέψουν μια ενέργεια τροφοδότησης σε μία διαφορετικού ή ίδιου τύπου αλλά με διαφορετικές παραμέτρους τελική ενέργεια, προκειμένου να την χορηγήσουν σε άλλες μηχανές ή να την χρησιμοποιήσουν άμεσα για να πραγματοποιήσουν συγκεκριμένες διαδικασίες παραγωγής έργου. Γενικά οι μηχανές διαιρούνται σε (Παπαδόπουλος, 2009):

1.2.1 Μηχανές Κίνησης ή Κινητήριες Μηχανές που Παράγουν Μηχανικό Έργο

Μηχανές ενεργειακές οι οποίες απορροφούν μηχανική ενέργεια, δηλαδή κινούνται από έναν κινητήρα και εκτελούν ένα έργο επιδρώντας πάνω στην ύλη, με τρόπο τέτοιο ώστε να αλλάξει η μορφή ή η θέση ή η ενέργεια (σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι βιομηχανικές μηχανές, οι αγροτικές κ.λ.π.) και Επίσης, μηχανές μετάδοσης που μεταδίδουν έναν συγκεκριμένο τύπο ενέργειας διαφοροποιώντας μόνο τα χαρακτηριστικά της (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Κινητήριες μηχανές όπου κινητήρια μηχανή ονομάζεται γενικά κάθε μηχανή που παράγει κινητήριο ωφέλιμο μηχανικό έργο. Τέτοιες μηχανές είναι των σιδηροδρόμων, των πλοίων, των αυτοκινήτων, αεροπλάνων, διαφόρων αντλιών, καθώς και οι μηχανές γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Η διάταξη της σύγχρονης γενικά μηχανής είναι τέτοια ώστε να επιτυγχάνεται τελικά η κίνηση του λεγόμενου άξονα της μηχανής, από τον οποίο και παραλαμβάνεται το κινητήριο ή ωφέλιμο έργο (Παπαδόπουλος, 2009).

Όλες οι κινητήριες μηχανές κατά την λειτουργία τους παραλαμβάνουν κατά κανόνα ενέργεια κάποιας μορφής π.χ. θερμική, ηλεκτρική ή υδραυλική

κλπ. και την μετατρέπουν (ορθότερα μέρος αυτής) σε μηχανική ενέργεια ή κινητήριο έργο. Ανάλογα της μορφής της ενέργειας που παραλαμβάνουν οι κινητήριες μηχανές διακρίνονται σε (Fineman, 1994):

- Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες: Στη, κατηγορία αυτή ανήκουν οι ατμομηχανές, οι ατμοστρόβιλοι, οι αεριοστρόβιλοι, οι βενζινοκινητήρες ή βενζινομηχανές, οι αεριομηχανές, οι πετρελαιομηχανές ή κινητήρες Diesel κ.ά.
- Υδραυλικοί κινητήρες. Στην κατηγορία αυτή οι μηχανές καταναλώνουν υδραυλική ενέργεια.
- Ηλεκτρικοί κινητήρες ή ηλεκτροκινητήρες.

1.2.2 Θερμικές Μηχανές

Θερμικές μηχανές ή θερμοκινητήρες ονομάζονται οι μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την θερμότητα που παράγεται από την χημική ενέργεια της καύσης σε μηχανικό έργο. Ανάλογα με τον τρόπο πραγματοποίησης της καύσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις μηχανές εσωτερικής καύσεως (Μ.Ε.Κ.) και στις μηχανές εξωτερικής καύσεως ή ατμομηχανές (Fineman, 1994). Εσωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές που ως μέσο για την παραγωγή έργου (εργαζόμενο μέσο) χρησιμοποιούν τον αέρα και κατά κάποιο τρόπο το ίδιο το καύσιμο, δηλαδή καυσαέρια π.χ εμβολοφόρος κινητήρας αυτοκινήτου, αεροστρόβιλος αεροπλάνου (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Εξωτερικής καύσεως ονομάζονται οι μηχανές όπου η καύση δεν λαμβάνει μέρος στο χώρο παραγωγής έργου, αλλά έξω από αυτόν και στις οποίες το μέσο παραγωγής έργου δεν είναι το καυσαέριο, αλλά κάποιο άλλο στοιχείο όπως για παράδειγμα το νερό. Σε αυτήν την κατηγορία, ανήκουν οι ατμοστρόβιλοι, οι ατμομηχανές (Fineman, 1994).

Ανάλογα με τον τρόπο μετατροπής της θερμικής ενέργειας σε μηχανικό έργο, οι θερμικές μηχανές διακρίνονται σε εμβολοφόρους ή παλινδρομικές όπου ισχύουν τόσο για τις μηχανές εσωτερικής όσο και για τις εξωτερικής καύσεως και σε περιστροφικές ή στρόβιλους στις μηχανές εσωτερικής καύσης

ονομάζονται αεριοστρόβιλοι και στις εξωτερικής καύσεως ατμοστρόβιλοι (Παπαδόπουλος, 2009).

Ειδικότερα, όμως στις εμβολοφόρους - παλινδρομικές μηχανές εσωτερικής καύσης, η έναυση στον κύλινδρο μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου (π.χ. σπινθήρα), είτε αυτόματα, λόγω μεγάλης θέρμανσης του καυσίμου. Έτσι, στην πρώτη περίπτωση υπάγονται οι "κινητήρες Όττο", που διακρίνονται σε αεριομηχανές και σε βενζινομηχανές, και στη δεύτερη οι μηχανές Ντίζελ, ή πετρελαιομηχανές (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

1.2.3 Υδραυλικές Μηχανές

Οι υδραυλικές μηχανές μετατρέπουν την κινητική ενέργεια ενός υγρού σε κίνηση, κυρίως του νερού σε ενέργεια μηχανική και αντίστροφα. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε τις κινητήριες υδραυλικές μηχανές (υδραυλικές τουρμπίνες, υδραυλικούς τροχούς, κινητήρες με στήλη νερού), στη δεύτερη περίπτωση έχουμε τις ενεργειακές υδραυλικές μηχανές (αντλίες με πιστόνι, αντλίες περιστροφής). Ανάμεσα στις υδραυλικές μηχανές μετάδοσης συγκαταλέγονται οι πρέσες, οι στριφτές και οι υδραυλικοί γρύλοι, μεταξύ των μετασχηματιστών οι εγχυτήρες και οι υδραυλικοί δροϊί (Βελαώρας, 2004).

1.2.4 Ηλεκτρικές Μηχανές



Οι ηλεκτρικές μηχανές μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική (γεννήτριες) ή αντίστροφα (κινητήρες) ή μετατρέπουν ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σε ηλεκτρική διαφορετικών

χαρακτηριστικών. Η αρχή λειτουργίας βασίζεται πάνω στην παραγωγή ηλεκτροκινητικών δυνάμεων για ηλεκτρομαγνητική επαγωγή. Γι' αυτό το σκοπό μετατρέπεται στο ένα μέρος της μηχανής, που ονομάζεται επαγωγίμο, η μαγνητική ροή που παράγεται από ένα άλλο μέρος που παίρνει το όνομα επαγωγέας. Η μετατροπή της ροής επιτυγχάνεται μέσω μιας περιστροφικής κίνησης μεταξύ του επαγωγίμου και του επαγωγέα. Το σταθερό τμήμα της μηχανής ονομάζεται στάτορας, το κινητό ρότορας. Οι λειτουργίες του επαγωγίμου ή του επαγωγέα μπορούν να αποδοθούν ανάλογα με τις περιπτώσεις είτε στον στάτορα, είτε στον ρότορα (Βελαώρας, 2004).

1.2.5 Εργαλειομηχανές

Εργαλειομηχανές είναι εκείνες οι μηχανές που προορίζονται για την επεξεργασία των υλικών και την κατασκευή εξαρτημάτων άλλων μηχανών ή γενικότερα μηχανολογικών σχεδίων. Συχνά είναι αυτόματες και μπορούν να καθοδηγούνται από διάτρητα δελτία ή από μαγνητικές κορδέλες ή να λειτουργούν με υπολογιστές για την πραγματοποίηση ενός ολοκληρωμένου κύκλου του κομματιού σύμφωνα με το σχέδιο που δημιούργησε ο ίδιος ο υπολογιστής (Fineman, 1994).

1.3 Κλάδος της Μηχανολογίας και Μηχανήματα

Μηχανολογία είναι ο επιστημονικός και επαγγελματικός κλάδος που έχει αντικείμενο την εφαρμογή των αρχών της φυσικής για τον σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων κίνησης και συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς ισχύος. Επιπρόσθετα, ο σχεδιασμός συστημάτων που δεν περιλαμβάνουν κίνηση και μεταφορά ισχύος αποτελεί αντικείμενο της μηχανολογίας όταν τα συστήματα αυτά υπόκεινται σε υψηλή πίεση ή/και υψηλή θερμοκρασία (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Οι μηχανολόγοι μηχανικοί εκπαιδεύονται κατά τα πρώτα δύο έτη σπουδών (μεταξύ άλλων) στη μαθηματική ανάλυση, μηχανολογικό σχέδιο, συστήματα κατεργασιών, μηχανική παραμορφωσίμων σωμάτων, κινηματική, δυναμικά συστήματα, ψηφιακό έλεγχο, θερμοδυναμική, μηχανική των ρευστών, μεταφορά θερμότητας, επιστήμη των υλικών, μετρητικά συστήματα,

μοντελοποίηση και υπολογισμό συστημάτων με Η/Υ κ.α. Κατά τα επόμενα έτη εμβαθύνουν στη μεθοδολογία της επιστήμης του μηχανολόγου μηχανικού για την ανάπτυξη, σχεδιασμό, υπολογισμό, κατασκευή, υλοποίηση, λειτουργία μηχανολογικών συστημάτων (Fineman, 1994).

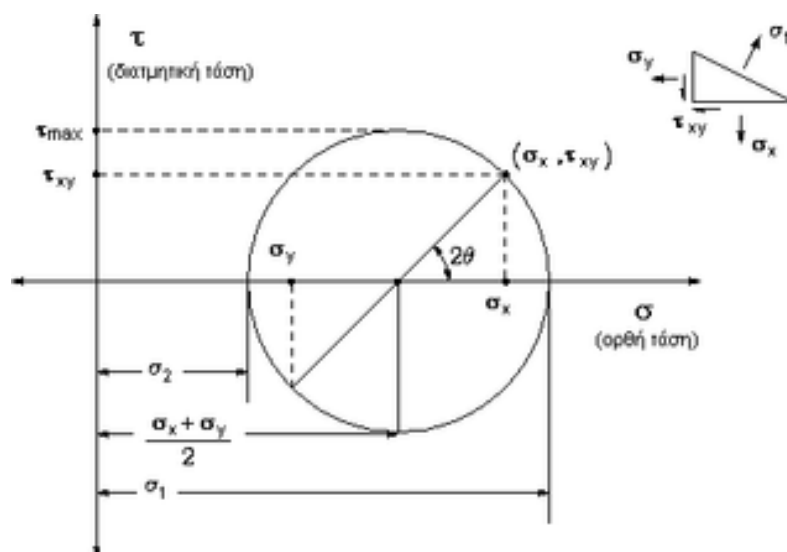
Ως επαγγελματίες διπλωματούχοι μηχανικοί εφαρμόζουν τις παραπάνω γνώσεις καθώς και τις εθνικές, ευρωπαϊκές και διεθνείς προδιαγραφές, κώδικες, κανονισμούς, όπως επίσης και την τεχνογνωσία των επιχειρήσεων του κλάδου, στον σχεδιασμό, μελέτη, κατασκευή και ανάλυση καθώς και στη λειτουργία και συντήρηση μονάδων παραγωγής, βιομηχανικού εξοπλισμού, συστημάτων ψύξης και θέρμανσης, μηχανών εσωτερικής καύσης, αεροσκαφών, πλοίων και υποβρυχίων, ρομπότ, ιατρικών συσκευών κ.α (ενδεικτική λίστα) (Παπαδόπουλος, 2009).

Ως ακολούθως, αναφέρονται χαρακτηριστικά οι βασικότεροι τύποι μηχανών που υπάγονται στο κλάδο της μηχανολογίας και χρησιμοποιούνται ευρέως από τις επιχειρήσεις στις μέρες μας (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Μηχανολογικό Σχέδιο

Computer-aided design (CAD)

Στοιχεία Μηχανών



Εικόνα Νο.1 - Κύκλος του Mohr, ένα από τα βασικά εργαλεία ανάλυσης των στοιχείων μηχανών

Μηχανουργική Τεχνολογία



Εικόνα Νο. 2 - Κατεργασία κοπής μηχανολογικού εξαρτήματος σε φρέζα

- Συγκολλήσεις
- Εργαλειομηχανές (CNC)
- Διαμορφώσεις μετάλλων
- Χύτευση
- Θερμομηχανικά συστήματα
- Μηχανές εσωτερικής καύσης
- Αεριοστροβίλοι
- Ηλεκτρομηχανικά συστήματα
- Γεννήτριες
- Ηλεκτροκινητήρες
- Μηχατρονική
- Ρομποτική
- Ρευστομηχανικά συστήματα
- Αντλίες
- Θερμικά συστήματα
- Ατμοπαραγωγοί
- Κλιματιστικά
- Κεντρική θέρμανση

- Εναλλάκτες θερμότητας
- Ανυψωτικά και μεταφορικά συστήματα
- Οχήματα
- Γερανοί
- Ανελκυστήρες

1.4 Η Χρησιμότητα των Μηχανημάτων στην Λειτουργία των Βιομηχανιών

Η βιομηχανική παραγωγή υλικών διακρίνεται σε πρωτογενή και δευτερογενή, οπότε και η χρησιμότητα των μηχανημάτων και η λειτουργία αυτών στις βιομηχανίες εντοπίζεται αντίστοιχα σε σχετικές λειτουργίες. Θα πρέπει ως εκ τούτου να σημειωθεί πως στην πρωτογενή παραγωγή ανήκουν οι πρωτογενείς κατεργασίες, που περιλαμβάνουν την επεξεργασία της πρώτης ύλης μέχρι και την διαμόρφωση του υλικού σε συγκεκριμένες γεωμετρίες και χρήσεις σε βιομηχανίες (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Στη δευτερογενή παραγωγή περιλαμβάνονται όλες εκείνες οι κατεργασίες, που δίνουν στο υλικό τις τελικές του διαστάσεις και το καθιστούν ικανό να ανταποκριθεί στις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής ή της κατασκευής στην οποία αποτελεί και βασικό εξάρτημα στις βιομηχανίες αντίστοιχα (Βελαώρας, 2004). Ως εκ τούτου, οι κυριότερες μορφές και είδη επεξεργασίας υλικών με τη χρήση μηχανημάτων στις μέρες μας, είναι οι ακόλουθες και οι οποίες εκτός των πρωτογενών και δευτερογενών κατεργασιών, περιλαμβάνουν επίσης τις θερμικές και επιφανειακές κατεργασίες και κοπή μετάλλων αντίστοιχα (Παπαδόπουλος, 2009).

1.4.1 Πρωτογενείς Κατεργασίες

Χημική επεξεργασία των πρώτων υλών

Περιλαμβάνονται κυρίως φυσικές και χημικές διεργασίες κατά τις οποίες μετατρέπεται η πρώτη ύλη στις βιομηχανίες έτσι ώστε να οδηγήσει στην παρασκευή του εκάστοτε υλικού. π.χ. η εξαγωγή των μετάλλων από τα μεταλλεύματα, όπως είναι η αναγωγή των οξειδίων του σιδήρου σε σίδηρο

στην υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου και χάλυβα ή η ηλεκτρολυτική αναγωγή της αλουμίνας σε αλουμίνιο. Επίσης, ο πολυμερισμός, όπως π.χ. η διαδικασία παρασκευής πολυαιθυλενίου από αιθυλένιο, αποτελεί πρωταρχική διαδικασία παραγωγής (Fineman, 1994).

Χύτευση

Είναι η πιο ευρείας εφαρμογής πρωτογενής κατεργασία για μεταλλικά υλικά. Κατά την χύτευση συνήθως το μέταλλο μορφοποιείται σε πλίνθωμα (χελώνα) με τήξη σε κατάλληλο καμίνι και στη συνέχεια με απόχυση του τήγματος σε τύπο (άμμος, καλούπι).

Διαμορφώσεις

Είν
αι όλες οι πρωτογενείς κατεργασίες, οι οποίες πραγματοποιούνται είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ, κατά τις οποίες το υλικό αποκτά ένα συγκεκριμένο σχήμα μέσω πλαστικής παραμόρφωσης (ράβδοι, μπιγιέτες, ελάσματα). Επίσης, στην περιοχή των διαμορφώσεων εντάσσονται και οι μέθοδοι της κονιομεταλλουργίας, δηλαδή των διεργασιών μορφοποίησης κόνεων μετάλλων ή κεραμικών υλικών, όπως π.χ. είναι η κατασκευή κοπτικών εργαλείων από καρβίδιο του βολφραμίου (WC) (Βελαώρας, 2004).

1.4.2 Δευτερογενείς Κατεργασίες

Κατεργασίες με αφαίρεση υλικού

Περιλαμβάνουν όλες εκείνες τις μηχανουργικές κατεργασίες κατά τις οποίες αφαιρείται μάζα του υλικού, προκειμένου να επιτευχθούν οι τελικές διαστάσεις του εξαρτήματος, όπως π.χ. τόννευση, φρεζάρισμα, πλάνιση, λείανση, κ.λπ. Μαζική παραγωγή εξαρτημάτων συγκεκριμένης γεωμετρίας, όπως π.χ. πείρων, εδράνων, αξόνων, κ.λπ. γίνεται σε σύγχρονες αυτόματες εργαλειομηχανές, οι οποίες είναι γνωστές ως εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) (Παπαδόπουλος, 2009).

Συνδέσεις

Είναι όλες οι κατεργασίες σύνδεσης υλικών, που αποτελούν ένα μέρος μίας κατασκευής ή ένα στοιχείο μηχανής, οι οποίες επιτυγχάνονται είτε με σύντηξη, είτε με θέρμανση είτε με συμπίεση των επιμέρους υλικών (π.χ. οξυγονοκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συγκόλληση με τριβή, κ.λπ.). Επίσης, μεταξύ των μεθόδων σύνδεσης υλικών ανήκουν οι ηλώσεις, κοχλιώσεις (μη μόνιμες συνδέσεις) και οι κολλήσεις με τη βοήθεια κόλλας.

1.4.3 Θερμικές Κατεργασίες

Είναι απαραίτητες για την απόκτηση της τελικής σκληρότητας και της αντοχής του υλικού. Έτσι, υπάρχουν οι θερμικές κατεργασίες σκλήρυνσης (βαφή-επαναφορά χαλύβων, γήρανση αλουμινίου) και οι θερμικές κατεργασίες που οδηγούν σε μείωση των εσωτερικών τάσεων ή ακόμα και της σκληρότητας του υλικού (ανόπτηση).

1.4.4 Επιφανειακές Κατεργασίες

Είναι το τελικό στάδιο επεξεργασίας του υλικού πριν από τη χρήση του ως στοιχείο κάποιας μηχανής ή κατασκευής. Αφορά κυρίως περιπτώσεις υλικών, που καταπονούνται σε τριβή ή/και λειτουργούν σε διαβρωτικό περιβάλλον. Τέτοιες κατεργασίες είναι (Στεργίου, Στεργίου, 2005) :

- Μηχανικές. Εδώ ανήκει η αμμοβολή και η σφαιροβολή.
- Θερμοχημικές. Τέτοιες κατεργασίες είναι η εναζώτωση και η ενανθράκωση.
- Θερμικές. Όπως είναι η φλογοβαφή και η επαγωγική βαφή, η βαφή με laser.
- Επιστρώσεις. Εδώ ανήκουν οι ηλεκτρολυτικές επιστρώσεις (επιχρωμίωση, επινικέλωση), ο γαλβανισμός, η επικασσιτέρωση, οι κεραμικές επιστρώσεις (π.χ. με ψεκασμό πλάσματος, με φυσική ή χημική εναπόθεση ατμών), κλπ.

- ο Οργανικές επικαλύψεις. Η εφαρμογή κάποιου αντιδιαβρωτικού πλαστικού χρώματος πάνω σε μεταλλικές επιφάνειες.

1.4.5 Κοπή Μετάλλων

Όλα τα μέταλλα πριν τη συγκόλληση πρέπει να προετοιμαστούν με διάφορες μεθόδους. Για την κοπή των μετάλλων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μεταλλοπρίονο χειρός, μια πριονοκορδέλα μετάλλων, ένας δίσκος κοπής μετάλλων, ή ένα ψαλίδι κοπής μεταλλικών ελασμάτων. Ένα μεταλλοπρίονο χειρός μπορεί να κόψει ευθύγραμμα ένα κομμάτι πάχους 50 mm, αλλά εάν απαιτείται μεγαλύτερη ευθυγράμμιση, μεγαλύτερη ταχύτητα και λιγότερος κόπος, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια πριονοκορδέλα μετάλλων ή ένας δίσκος κοπής μετάλλων.

Παρ' όλα αυτά, αυτά τα μέσα δεν χρησιμοποιούνται εάν απαιτείται κοπή χαλύβδινων ελασμάτων στη μέση. Το ηλεκτρικό ψαλίδι έχει τη δυνατότητα κοπής μεταλλικών ελασμάτων μέχρι 1 in πάχος. Εάν ένα ψαλίδι κοπής μεταλλικών ελασμάτων δεν έχει τη δυνατότητα κοπής ενός ελάσματος σε διάφορα σχήματα, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία από τις μεθόδους κοπής που παρατίθενται παρακάτω (Στεργίου, Στεργίου, 2005):

Κοπή με φλόγα οξυγόνου – ασετυλίνης

Η μέθοδος κοπής με φλόγα οξυγονοασετυλίνης είναι η πλέον διαδεδομένη μέθοδος για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων, όταν δεν υπάρχει διαθέσιμη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, το οποίο απαιτείται για άλλες διαδικασίες κοπής. Υπάρχουν και άλλα αέρια, όπως είναι το προπάνιο και το φυσικό αέριο, τα οποία είναι φθηνότερα από την ασετιλίνη και τα οποία μπορούν επίσης να αναμειχθούν με οξυγόνο για την παραγωγή της απαιτούμενης χημικής αντίδρασης για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων.

Αυτά τα αέρια όμως, δηλαδή το προπάνιο και το φυσικό αέριο απαιτούν διαφορετικό εξοπλισμό. Επίσης, αυτά τα δύο αέρια χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να φτάσουν στη θερμοκρασία προθέρμανσης του μετάλλου για κοπή, επειδή η θερμοκρασία της φλόγας τους είναι μικρότερη

από αυτήν της φλόγας ασετυλίνης. Η διαδικασία κοπής με φλόγα οξυγονοασετυλίνης είναι ταχύτερη και καλύτερη, σε σύγκριση με τις άλλες διαδικασίες κοπής με τη φλόγα (Fineman, 1994).

Η χρησιμοποιούμενη φλόγα οξυγονοασετυλίνης για την κοπή των σιδηρούχων μετάλλων, στην πραγματικότητα δεν παρέχει τέλεια κοπή. Η φλόγα επιδρά χημικά και επιταχύνει την οξειδωση του μετάλλου. Το φλόγιστρο συγκεντρώνει την οξειδωτική δράση της φλόγας σε ένα συγκεκριμένο σημείο, έως ότου φτάσει στη θερμοκρασία τήξης. Σε θερμοκρασία τήξης 760οC έως 870οC, υπάρχει μια χημική αντίδραση η οποία επιτρέπει την ταχεία οξειδωση του μετάλλου. Σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να φυσήξουμε με ένα ρεύμα οξυγόνου το οξειδωμένο μέταλλο, ώστε να αφαιρέσουμε τη σκουριά από οποιαδήποτε εγκοπή του μετάλλου (Βελαώρας, 2004).

1.4.6 Λειτουργία Μηχανημάτων Ρομπότ

Δεν υπάρχει κάποιος ακριβής ορισμός, αλλά σύμφωνα με τη γενική άποψη το ρομπότ είναι μια προγραμματισμένη μηχανή που μιμείται τις ενέργειες ή την παρουσία ενός ευφυούς πλάσματος, συνήθως ενός ανθρώπου. Ο Ήρων ο Αλεξανδρινός, Έλληνας σοφός του 1ου αιώνα π.χ. θεωρείται ο πατέρας της σύγχρονης ρομποτικής. Δίδαξε στο μουσείο της Αλεξάνδρειας και τα αυτόματά του περιγράφονται στο βιβλίο του «Πνευματικά και Αυτομοτοποιητική» (Παπαδόπουλος, 2009).

Κατασκεύασε μεγάλο αριθμό αυτοκίνητων μηχανών, που λειτουργούσαν και κινούνταν από μόνες τους σαν όντα αληθινά, αξιοποιώντας τις ιδιότητες των υγρών και των αερίων, διαθέτοντας πολύπλοκα μηχανικά συστήματα και έναν ιδιοφυή προγραμματισμό κινήσεων.. Κατά την παράδοση, που ίσως να περιλαμβάνει και υπερβολές, κατασκεύασε μηχανικά πουλιά που κελαηδούσαν, έπιναν νερό και πετούσαν.

Τα σχέδια που έχουν σωθεί μας δείχνουν ότι είχε κατασκευάσει μια βρύση που έτρεχε αυτόματα νερό, πύλες ναού που άνοιγαν αυτόματα,

βωμούς που μπορούσαν να κινούνται με κάποιο πρόγραμμα κλπ. Οπωσδήποτε για πολλούς αιώνες δεν φαίνεται να υπήρξαν μιμητές του.

Στην Ευρώπη του 18ου αιώνα εκδηλώθηκε ξαφνικό ενδιαφέρον για τα αυτόματα μεταξύ παλιών επιτήδειων τεχνιτών. Σε μουσείο της Βιέννης διατηρείται ένας αυτόματος «γραφέας» από το 1753, μηχανισμός που είχε την ικανότητα να γράφει και να σχεδιάζει. Γάλλοι ωρολογοποιοί κατασκεύασαν πολλούς μηχανικούς ανθρώπους που έγραφαν, σχεδίαζαν ή έπαιζαν μουσικά όργανα. Φωτογραφίες στο μουσείο Τεχνών και Επιτηδευμάτων μας δείχνουν ότι ο Ζακ Ντε Βωκανσόν είχε κατασκευάσει μηχανοκίνητη πάπια που κούναγε τα φτερά της, έπινε νερό, τσιμπολογούσε καλαμπόκι και ακόμη «χώνευε» ή τουλάχιστον διέλυε το καλαμπόκι (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Πιο σύγχρονα δείγματα κλασικών αυτομάτων μηχανών αποτελούν οι κούκλες που βαδίζουν και μιλούν. Ο όρος ρομπότ παράγεται από την Τσέχικη λέξη «ρομπότ» που σημαίνει αγγαρεία και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Κ. Τσάπεκ στο θεατρικό έργο «RUR» το 1920, όπου ρομπότ ονομάζονταν μηχανικοί άνθρωποι. Η παλαιότερη ελληνική λέξη αυτόματο, χρησιμοποιείται πλέον περισσότερο για μηχανισμούς που μιμούνται τον άνθρωπο ή κάποιο ζώο, χωρίς αναγκαστικά να παράγουν ωφέλιμο έργο. Ο νέος όρος «ανδροειδής» αναφέρεται σε ανθρωπόμορφους αλλά όχι όμως σε ζωόμορφους μηχανισμούς (Βελαώρας, 2004).

Πραγματικά ρομπότ κατασκευάστηκαν μόνο μετά την εφεύρεση των υπολογιστών τη δεκαετία του 1940. Ένα από τα πρώτα ήταν ο Σέικι. Σχεδιάστηκε από τους ερευνητές του Stanford Research Institute (ΗΠΑ), στα τέλη της δεκαετίας του 1960.

Ο Σέικι ήταν σε θέση να τοποθετεί τουβλάκια σε κατακόρυφες στήλες, έχοντας μια βιντεοκάμερα ως οπτικό αισθητήρα και ένα μικρό υπολογιστή για την επεξεργασία των πληροφοριών που λάμβανε. Τα επόμενα όμως χρόνια η μελέτη της κίνησης πέρασε σε δεύτερη μοίρα, καθώς οι ερευνητές εστίασαν τις προσπάθειές τους στην αναπαραγωγή ανώτερων και αφηρημένων ανθρώπινων ικανοτήτων, δηλαδή στην επίτευξη τεχνητής νοημοσύνης.

Έτσι, για παράδειγμα, ο επεξεργαστής της IBM Deep Blue κατάφερε, το 1997, να νικήσει στο σκάκι τον παγκόσμιο πρωταθλητή Μπόρις Κασπάροφ. Στο μέλλον προβλέπεται να συνδυαστούν οι δύο γραμμές έρευνας. Μεταξύ των πιο προχωρημένων προγραμμάτων είναι και το Robot World Cup Initiative, ένα διεθνές ερευνητικό πρόγραμμα που αποβλέπει στη δημιουργία, μέχρι το 2050, έντεκα ρομπότ που θα είναι σε θέση να νικήσουν την παγκόσμια πρωταθλήτρια ομάδα ποδοσφαίρου.

Δεν πρόκειται απλώς για ένα παιχνίδι. Το να καταφέρουμε να κατασκευάσουμε δίποδα ρομπότ που περπατούν, τρέχουν και κλοτσάνε μια μπάλα, ενώ συγχρόνως είναι ικανά να συλλάβουν την κατάσταση του παιχνιδιού, και επομένως να πάρουν στιγμιαίες αποφάσεις στρατηγικής σημασίας, θα ισοδυναμούσε με την εισαγωγή μιας νέας εποχής στην ανθρώπινη ιστορία: αυτή της συμβίωσης των έμβιων και των μηχανικών-τεχνητών ευφυών συστημάτων (Παπαδόπουλος, 2009).

Η ανάπτυξη της ρομποτικής κατά τις τελευταίες δεκαετίες δεν έχει φαινομενικά να επιδείξει επαναστατικές καινοτομίες όσο τα ισχυρά υπολογιστικά προγράμματα και η τεχνητή νοημοσύνη. Υπάρχει όμως ένας σταθερά αναπτυσσόμενος τομέας, η μικρορομποτική, η οποία συσσωρεύει καθημερινά επαναστατικές τεχνολογικές καινοτομίες. Οι Ιάπωνες έχουν κάνει ήδη μεγάλη πρόοδο στα ανθρωποειδή ρομπότ που περπατούν- μηχανές όπως η τελευταία της Sony QRIO, και η Asimo της Honda, στις οποίες κινητήρες ελέγχουν πολλή από την κίνηση (Βελαώρας, 2004).

Ένα ρομπότ μπορεί να μοιάζει στην εξωτερική του εμφάνιση με τον άνθρωπο, μπορεί να κινείται και να ενεργεί όπως ο άνθρωπος, αλλά μπορεί και όχι, είναι δε αρκετά δύσκολο να οριστεί η διαχωριστική γραμμή μεταξύ των ρομπότ και των απλών αυτοματοποιημένων μηχανών. Κατά γενικό κανόνα, όσο πιο περίπλοκη και εξειδικευμένη είναι μια μηχανή, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να χαρακτηριστεί σαν ρομπότ. Με την ανάπτυξη της τεχνικής των ρομπότ χωρίστηκαν σε δύο βασικές κατηγορίες (Fineman, 1994):

- Τα ρομπότ που κατευθύνονται από τον άνθρωπο

- Τα ρομπότ με τεχνητή νοημοσύνη (ολοκληρωτικά), τα οποία δρουν κατά κάποιο τρόπο «λογικά» χωρίς την ανάμειξη του ανθρώπου. Τα περισσότερα σύγχρονα ρομπότ είναι ρομπότ χειριστές αν και υπάρχουν και άλλα είδη όπως πληροφόρησης, κινούμενα κλπ.

Το βιομηχανικό ρομπότ χειριστής έχει μηχανικά χέρια (ένα ή περισσότερα) και πίνακα ελέγχου ή ενσωματωμένη διάταξη προγραμματισμένης λειτουργίας. Μπορεί να χειρίζεται εξαρτήματα που ζυγίζουν από λίγα γραμμάρια μέχρι αρκετά κιλά, έχει ακτίνα δράσης μέχρι περίπου δύο μέτρα και μπορεί να εκτελεί από 200 μέχρι 1000 εργασίες την ώρα. Τα αυτόματα βιομηχανικά ρομπότ έχουν το σοβαρό πλεονέκτημα σε σχέση με τον άνθρωπο, ότι εκτελούν με μεγαλύτερη ταχύτητα και μεγαλύτερη ακρίβεια επαναλαμβανόμενες εργασίες (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Μεγαλύτερη εφαρμογή έχουν βρει τα ρομπότ χειριστές που κατευθύνονται από απόσταση και με «μηχανικό χέρι», που στηρίζεται σε κινητή ή ακίνητη θέση. Ο χειριστής διευθύνει την κίνηση του χεριού, ενώ το παρακολουθεί άμεσα ή σε τηλεοπτική κάμερα. Συχνά τα ρομπότ εφοδιάζονται με εκπαιδευμένο σύστημα που τα κατευθύνει με βάση κάποιο συγκεκριμένο πλάνο για την εργασία τους. Όταν σε ένα ρομπότ αυτού του είδους υποδεικνύεται η σειρά των διαδικασιών που πρέπει να εκτελέσει, το σύστημα διεύθυνσης αποθηκεύει αυτή τη σειρά στο πρόγραμμα διεύθυνσης και ύστερα την επαναλαμβάνει με ακρίβεια.

Τα ρομπότ χειριστές χρησιμοποιούνται για εργασίες σε σημεία απροσπέλαστα για τον άνθρωπο ή σε συνθήκες επικίνδυνες ή βλαβερές γι' αυτόν, όπως στην πυρηνική βιομηχανία, στη χημική βιομηχανία κλπ. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 60 εμφανίστηκαν υποβρύχια ρομπότ χειριστές που ήταν ικανά να χειριστούν συσκευές και να κάνουν εργασίες σε μεγάλα βάθη στους ωκεανούς. Πριν από λίγα χρόνια ένα τέτοιο ρομπότ χειριστής έφτασε μέχρι τον πλανήτη Άρη και μας έστειλε θαυμάσιες εικόνες και πάρα πολλές επιστημονικές μετρήσεις από τα όργανα που ήταν εφοδιασμένο (Fineman, 1994).

Στα τέλη της δεκαετίας του 1960, εμφανίστηκε μια νέα τεχνολογική τάση που συνδέεται με τη δημιουργία «λογικών» ρομπότ. Αυτά έχουν αισθητήρες που συλλέγουν πληροφορίες για την κατάσταση που επικρατεί στο κοντινό τους περιβάλλον (κάμερες για εικόνες, μικρόφωνα για ήχους, θερμομέτρα για μέτρηση εξωτερικής θερμοκρασίας, αυτόματους μετρητές αποστάσεων κλπ), έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή για την επεξεργασία των παραπάνω πληροφοριών και κινητήριο σύστημα για να εκτελεί τις απαραίτητες ενέργειες.

Στη βάση αυτών των στοιχείων ο τεχνητός εγκέφαλος διαμορφώνει το μοντέλο του περιβάλλοντος και παίρνει απόφαση (τεχνητή νοημοσύνη) για τη σειρά των ενεργειών που θα πραγματοποιηθούν από τους μηχανισμούς κίνησης που διαθέτει. Οι ενέργειες του έξυπνου ρομπότ αν το επιθυμούμε έχουν ορισμένες ομοιότητες με την ανθρώπινη συμπεριφορά. Στην ουσία πρόκειται για μικροαυτοοργανωμένα συστήματα που αποτελούνται από πολλά μικρότερα ημιαυτόνομα συστήματα (ρομποτάκια) τα οποία δε θα ήταν σε θέση να εκτελέσουν από μόνα τους τις εργασίες που επιτελεί το υπερσύστημα που απαρτίζουν όλα μαζί.

Αυτές οι τεχνολογικές εξελίξεις ενέπνευσαν το μυθιστόρημα επιστημονικής φαντασίας με τίτλο Το Θήραμα, τελευταίο βιβλίο του Μάικλ Κράιτον, συγγραφέα μπεστ-σέλερ όπως το Τζουράσικ Παρκ. Στο βιβλίο ένα σμήνος μικροσκοπικά ρομπότ ικανά να συμπεριφέροντε σαν ένας οργανισμός εξηγείρονται και απειλούν την ανθρωπότητα. Πράγματι, εκτός από το να συνεργάζονται, τα σμήνη ρομπότ μπορούν να προγραμματιστούν και για να ανταγωνίζονται ή να επιτίθενται. Για να διερευνήσει αυτή τη δυνατότητα ο Φλορεάνο κατασκεύασε ένα σύστημα κυνηγού-θηράματος. Το ρομπότ-κυνηγός, με οξεία όραση, πρέπει να καταδιώξει το ρομπότ-θήραμα, το οποίο βλέπει μόνο σε μικρές αποστάσεις, είναι όμως ταχύτερο (Παπαδόπουλος, 2009).

Τα λιλιπούτεια ρομπότ έχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι των ογκωδέστερων εξαδέλφων τους. Μπορούν να έρπουν μέσα σε σωληνώσεις, να επιθεωρούν κτήρια που έχουν καταρρεύσει, και να κρύβονται σε αθέατες γωνιές. Μια καλά οργανωμένη ομάδα από τέτοια ρομπότ μπορεί να

ανταλλάξει τις πληροφορίες που συλλέγουν οι αισθητήρες των μελών της, έτσι ώστε να περιγράψει αντικείμενα τα οποία δεν θα μπορούσαν να γίνουν εύκολα αντιληπτά από ένα και μόνο πλεονεκτικό σημείο παρατήρησης. Έχουν τη δυνατότητα να αλληλοβοηθούνται για την υπέρβαση ενός εμποδίου ή την ανάκαμψη μετά από πέσιμο.

Ανάλογα με την περίπτωση, ο επικεφαλής της ομάδας μπορεί να αποστείλει μικρό ή μεγάλο αριθμό ρομπότ. Αν ένα ρομπότ πάψει να λειτουργεί, η αποστολή δεν αποτυγχάνει, τα υπόλοιπα μπορούν να συνεχίσουν το έργο τους. Ακόμα και η μεταφορά κάμερας (ένας μικρός και συμπαγής αισθητήρας) μπορεί να καταβάλει κάποιο μικρό ρομπότ. Άρα, οι αισθητήρες τους, η επεξεργαστική τους ισχύς και η φυσική τους δύναμη θα πρέπει να κατανεμηθούν ανάμεσα σε αρκετά ρομπότ, τα οποία κατόπιν οφείλουν να εργαστούν σε πλήρη συμφωνία. Αυτά συμπεριφέρονται όπως μια αποικία μυρμηγκιών: αδύναμα και εύτρωτα ως μονάδες, πολύ αποτελεσματικά όμως όταν ενώσουν τις δυνάμεις τους (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

1.5 Παράγοντες που Προκαλούν Φθορά και Βλάβες στα Μηχανήματα

1.5.1 Το Φαινόμενο της Τριβής και Αρχές Λειτουργίας με τις Οποίες Προκαλείται Φθορά στα Μηχανήματα

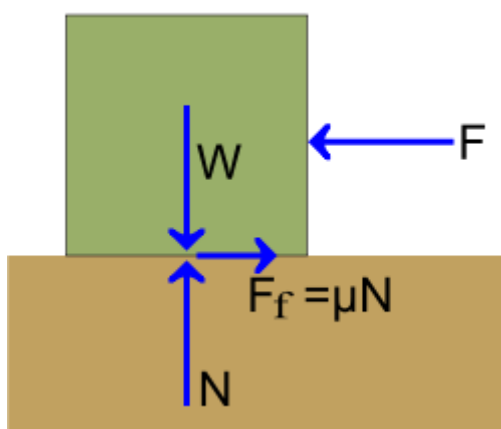
Η Τριβή είναι δύναμη αντίστασης που εκδηλώνεται ενάντια σε οποιαδήποτε μετακίνηση μερών του αυτού σώματος ή στην σχετική κίνηση δύο σωμάτων που οι επιφάνειές τους εφάπτονται. Στη πρώτη περίπτωση εκδηλώνεται εσωτερική τριβή, στη δε δεύτερη (μεταξύ σωμάτων) εξωτερική τριβή. Η φορά της εκδηλούμενης τριβής είναι πάντα αντίθετη προς την φορά της κίνησης. Η δύναμη τριβής διακρίνεται σε στατική τριβή όταν τα σώματα ισορροπούν και σε τριβή ολίσθησης όταν τα σώματα κινούνται μεταξύ τους. Η δύναμη της τριβής οφείλεται σε ηλεκτροστατικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια των δύο επιφανειών (Fineman, 1994).

Η στατική τριβή είναι η δύναμη που εμποδίζει ένα σώμα να κινηθεί όσο ακόμα το σώμα ισορροπεί. Το μέτρο της είναι ίσο με το μέτρο της

εφαρμοζόμενης δύναμης που τείνει να κινήσει το σώμα και μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν Νιούτον μέχρι μία μέγιστη τιμή που ισούται με $\mu_s \cdot F_N$. Όπου μ_s είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής στατικής τριβής και εξαρτάται από το πόσο τραχιά είναι μία επιφάνεια.

Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται πειραματικά. F_N είναι η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στα σώματα που εφάπτονται. Όταν η εξωτερική δύναμη ξεπεράσει την παραπάνω τιμή τότε το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει και πλέον ασκείται σε αυτό τριβή ολίσθησης. Η τριβή ολίσθησης είναι λίγο μικρότερη από το μέγιστο της στατικής τριβής γιατί όταν το σώμα αποκτήσει ταχύτητα οι δυνάμεις τριβής ελαττώνονται ελαφρά. Η γενική σχέση της στατικής τριβής είναι η (Βελαώρας, 2004):

$$\mathbf{F}_f \leq \mu_s F_N$$



Απεικόνιση - Η δύναμη της τριβής

Η τριβή ολίσθησης είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην σχετική κίνηση των σωμάτων που εφάπτονται και βρίσκονται σε κίνηση. Λέγεται επίσης και κινητική τριβή. Έχει φορά αντίθετη της κίνησης και μέτρο που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\mathbf{F}_k = \mu_K F_N$$

Όπου μ_k ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, σε αντιστοιχία με τον συντελεστή στατικής τριβής. Για όλες τις επιφάνειες με εξαίρεση τις πολύ λείες είναι ελαφρά μικρότερος από τον συντελεστή στατικής τριβής. Η Τριβολογία, σαν αυτόνομος επιστημονικός και τεχνολογικός κλάδος, ερευνά την τριβή και την φθορά των υλικών, καθώς επίσης και τρόπους, μεθόδους και μορφές λίπανσης.

Ο όρος τριβολογία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις τριβή και λόγος, δηλαδή είναι η σπουδή της τριβής. Η εφαρμοσμένη τριβολογία ή τριβοτεχνολογία, σχετίζεται κυρίως με την διατήρηση μηχανών, παροχή λιπαντικού και προτυποποίηση στο εργαστήριο, ελαχιστοποίηση απωλειών ενέργειας μέσα από την τριβή και προστασία του περιβάλλοντος όπως σχετίζεται με την λίπανση (Fineman, 1994).

Ο ουσιαστικός ρόλος της τριβολογίας είναι να μειώσει την τριβή και την φθορά που αναπτύσσονται κατά την σχετική κίνηση δύο σωμάτων που εφάπτονται και έτσι να εξοικονομήσει ενέργεια και να διατηρήσει τον εξοπλισμό παραγωγής, καθώς και να διατηρήσει τις μηχανές σε λειτουργία σε χαμηλό κόστος, μέσα από την ικανοποιητική λίπανση και διατήρηση. Για την εκπλήρωση των στόχων της η Τριβολογία απαιτεί γνώσεις Χημείας, Μεταλλουργίας και Μηχανολογίας. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα των τριβολογικών φαινομένων και δικαιολογεί ικανοποιητικά την ανυπαρξία της τριβολογικής γνώσης μέχρι πριν μερικές δεκαετίες (Παπαδόπουλος, 2009).

1.6 Μέθοδοι και Τεχνικές Συντήρησης Μηχανημάτων στις Μέρες μας

Η συντήρηση και επισκευή όλων των μηχανημάτων που ανήκουν και λειτουργούν αντίστοιχα σε μια βιομηχανία, θα πρέπει να εκτελούνται κατόπιν προγραμματισμού από τις Υπηρεσίες που τα χρησιμοποιούν ως εξής (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

- Η διενέργεια διαδικασιών για τον έλεγχο των μηχανών από τις αρμόδιες υπηρεσίες.
- Η διενέργεια διαδικασιών για την έκδοση πιστοποιητικών λειτουργίας των μηχανημάτων έργου της κάθε Διεύθυνσης.

- Η διενέργεια διαδικασιών για την πληρωμή τυχόν τελών κυκλοφορίας όλων των οχημάτων και μηχανοκίνητων μηχανών εντός της επιχείρησης
- Η επάνδρωση των μηχανοκίνητων μηχανών και οχημάτων που ανήκουν στη Διεύθυνση και η διάθεση αυτών κατόπιν αιτήσεως στις άλλες Υπηρεσίες.
- Ο προγραμματισμός και εκτέλεση της τακτικής συντήρησης και της γενικής επισκευής των μηχανημάτων και οχημάτων της κάθε Διεύθυνσης.
- Η επεξεργασία των πρωτογενών στοιχείων από τη συντήρηση και επισκευή (βλάβες, ατυχήματα κ.τ.λ.) η καταγραφή και τήρηση στοιχείων για το είδος των βλαβών των εργασιών συντήρησης που έχουν εκτελεστεί και του χρόνου παραμονής των μηχανημάτων στα συνεργεία συντήρησης μιας επιχείρησης.
- Η τήρηση των σχετικών μητρώων και παρακολούθηση συνολικών ανταλλακτικών, εφοδίων κ.λ.π. μέσω του Τμήματος Αποθήκης Υλικών και Καυσίμων των μηχανοκίνητων μηχανών μιας επιχείρησης.
- Η μέριμνα για την εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού μηχανοκίνητων και μη μηχανών σε συνεργασία με το αρμόδιο Τμήμα.
- Η παρακολούθηση και αιτιολόγηση των αναγκών σε μηχανήματα, οχήματα, υλικά και εργαλεία και ο έγκαιρος προγραμματισμός προμήθειάς τους σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Προμηθειών.
- Η σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών και προϋπολογισμού για τα υπό προμήθεια είδη.
- Η επάνδρωση και διάθεση των απαιτούμενων μηχανικών μέσων για την εκτέλεση εργασιών
- Η παρακολούθηση και καταγραφή της ημερήσιας λειτουργίας των μηχανημάτων και του απασχολούμενου προσωπικού.
- Η μέριμνα για τον εφοδιασμό των μηχανημάτων με καύσιμα και τήρηση αρχείου.
- Η οργάνωση και λειτουργία των συνεργείων που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών επισκευής και συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού του Τμήματος.

- Η μέριμνα για την άμεση αποκατάσταση ζημιών και βλαβών που προκαλούνται στα μηχανήματα ή/και οχήματα μιας επιχείρησης

2. Κεφάλαιο Δεύτερο : Η Έννοια των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα

2.1 Σύγχρονοι Κινητήρες και Μεταβατικά Φαινόμενα

Τα μεταβατικά φαινόμενα σε ηλεκτρικά κυκλώματα αφορούν την συμπεριφορά του ρεύματος, φορτίου ή τάσης, μετά την διακοπή ή την αποκατάσταση συνέχειας σε ένα κύκλωμα, μέχρις ότου δημιουργηθεί σταθερή κατάσταση (Βελαώρας, 2004).

Όταν μια σύγχρονη μηχανή χρησιμοποιείται σαν κινητήρας, θα πρέπει να είναι δυνατή η διασύνδεσή της απευθείας στο δίκτυο τροφοδοσίας, όπως ακριβώς συμβαίνει με τις επαγωγικές μηχανές και τις μηχανές συνεχούς ρεύματος. Εντούτοις, ένας σύγχρονος κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει από μόνος του. Εάν οι πόλοι του πεδίου διεγερθούν από το ρεύμα της διέγερσης και οι ακροδέκτες του στάτη συνδεθούν στο δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος ο κινητήρας δεν θα ξεκινήσει (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Αντιθέτως, θα υποστεί κραδασμούς. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται ως εξής: ας θεωρήσουμε μια διπολική σύγχρονη μηχανή. Εάν συνδεθεί σε ένα τριφασικό δίκτυο 50 Hz τότε τα ρεύματα του στάτη θα δημιουργήσουν ένα στρεφόμενο πεδίο το οποίο θα περιστρέφεται με ταχύτητα 3000 rpm στο διάκενο ().

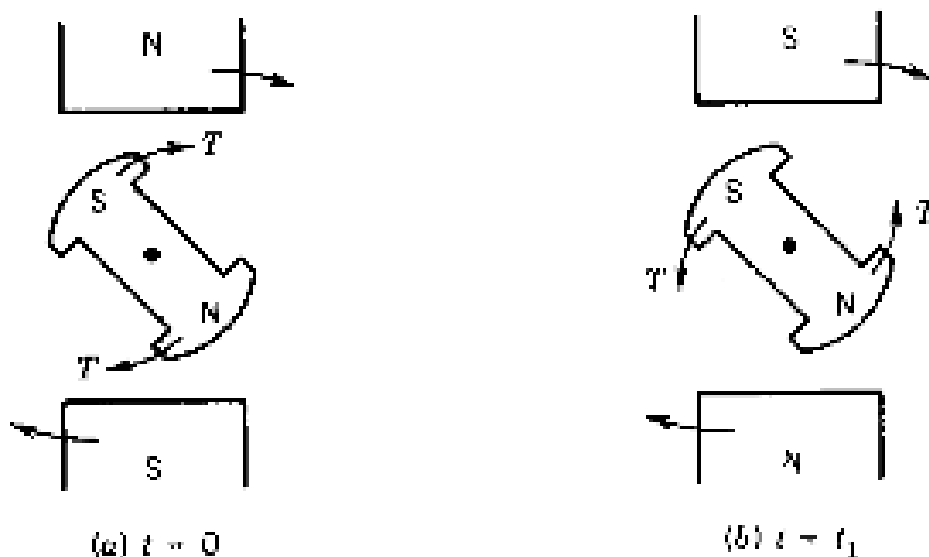
Ας παραστήσουμε αυτό το στρεφόμενο πεδίο με δύο πόλους στο στάτη, οι οποίοι περιστρέφονται με ταχύτητα 3000 rpm, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1α. Στην εκκίνηση ($t=0$) ας υποθέσουμε ότι η θέση των πόλων του δρομέα είναι όπως φαίνονται στο σχήμα 1.1α. Σε αυτή την περίπτωση στο

δρομέα θα επιδράσει μια ροπή κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού εξαναγκάζοντάς τον να περιστραφεί προς την κατεύθυνση των στρεφόμενων πόλων του στάτη.

Τη χρονική στιγμή $t = t_1$ ας θεωρήσουμε ότι οι στρεφόμενοι πόλοι του στάτη έχουν διανύσει μισή περιστροφή, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2b. Οι πόλοι του δρομέα έχουν ελάχιστα μετακινηθεί εξαιτίας της μεγάλης αδράνειας του δρομέα.

Συνεπώς, αυτή τη χρονική στιγμή στο δρομέα θα επιδράσει μια ροπή κατά τη αντίθετη φορά των δεικτών του ρολογιού εξαναγκάζοντάς τον να περιστραφεί προς την αντίθετη κατεύθυνση των στρεφόμενων πόλων του στάτη. Η συνισταμένη ροπή του δρομέα σε μία περιστροφή θα είναι μηδέν και συνεπώς ο κινητήρας δεν θα αναπτύξει καμία ροπή εκκίνησης. Το πεδίο του στάτη περιστρέφεται τόσο γρήγορα ώστε οι πόλοι του δρομέα να μην προλαβαίνουν το φθάσουν ή να συμβαδίσουν με αυτό. Ο κινητήρας δεν θα επιταχυνθεί αλλά θα δονείται.

Σχήμα 1.1 Ροπή στο δρομέα κατά την εκκίνηση



Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι για την εκκίνηση ενός σύγχρονου κινητήρα:

α) με πηγή τροφοδοσίας μεταβλητής συχνότητας,

β) με εκκίνησή του σαν επαγωγικό κινητήρα.

2.2 Τρόποι Εκκίνησης Σύγχρονων Μηχανών και Ελέγχου Όπου Συμβαίνουν τα Μεταβατικά Φαινόμενα

2.2.1 Εκκίνηση με Πηγή Τροφοδοσίας Μεταβλητής Συχνότητας

Χρησιμοποιώντας μετατροπέα συχνότητας μπορεί να επιταχύνουμε ένα σύγχρονο κινητήρα από την ακινησία σε μία επιθυμητή ταχύτητα. Ο κινητήρας εκκινεί με τροφοδοσία μικρής συχνότητας. Αυτό θα κάνει το πεδίο του στάτη να στρέφεται αργά έτσι ώστε οι πόλοι του δρομέα να μπορούν να ακολουθήσουν τους πόλους του στάτη. Στη συνέχεια η συχνότητα αυξάνει σταδιακά και ο κινητήρας οδηγείται στην επιθυμητή ταχύτητα.

Ο μετατροπέας συχνότητας είναι μια ακριβή ηλεκτρονική διάταξη και συνεπώς αυτή η μέθοδος είναι ακριβή. Εντούτοις, εάν ο σύγχρονος κινητήρας πρέπει να λειτουργεί σε μεταβαλλόμενες ταχύτητες τότε μπορεί να γίνει χρήση αυτής της μεθόδου (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

2.2.2 Εκκίνηση σαν Επαγωγικός Κινητήρας

Εάν ο μετατροπέας συχνότητας δεν είναι διαθέσιμος, ή εάν ο σύγχρονος κινητήρας δεν πρέπει να λειτουργεί σε μεταβαλλόμενες ταχύτητες, τότε μπορεί να εκκινήσει σαν επαγωγικός κινητήρας. Για το σκοπό αυτό ένα συμπληρωματικό τύλιγμα, το οποίο μοιάζει με τον κλωβό στον επαγωγικό κινητήρα, τοποθετείται στο δρομέα. Αυτό το τύλιγμα κλωβού είναι γνωστό και σαν τύλιγμα απόσβεσης (Βελαώρας, 2004).

Για να εκκινήσει ο κινητήρας το τύλιγμα διέγερσης μένει αδιέγερτο. Συχνά παραλληλίζεται με μία αντίσταση. Εάν τώρα οι ακροδέκτες του κινητήρα συνδεθούν σε μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης ο κινητήρας θα εκκινήσει σαν επαγωγικός επειδή ρεύματα θα επαχθούν στο τύλιγμα

απόσβεσης και θα παραχθεί ροπή.

Ο κινητήρας θα επιταχυνθεί και θα πλησιάσει τη σύγχρονη ταχύτητα. Ο δρομέας τότε ακολουθεί από πολύ κοντά τους πόλους του πεδίου του στάτη, οι οποίοι περιστρέφονται με τη σύγχρονη ταχύτητα. Εάν εκείνη τη χρονική στιγμή διεγερθούν οι πόλοι του δρομέα από ένα ρεύμα πεδίου μιας πηγής συνεχούς ρεύματος, οι πόλοι του δρομέα, οι οποίοι ακολουθούν από πολύ κοντά εκείνους του στάτη, θα συγχρονισθούν με αυτούς. Ο δρομέας τότε θα στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα (Παπαδόπουλος, 2009).

Εάν η μηχανή στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα τότε δεν θα επάγεται ρεύμα στο τύλιγμα απόσβεσης. Συνεπώς το τύλιγμα απόσβεσης είναι λειτουργικό μόνο για την εκκίνηση. Ας σημειωθεί ότι εάν μεταβληθεί η ταχύτητα και γίνει διάφορη της σύγχρονης εξαιτίας ξαφνικών μεταβολών του φορτίου ή άλλων μεταβατικών φαινομένων, τότε ρεύματα θα επαχθούν και στο τύλιγμα απόσβεσης ώστε να παραχθεί ροπή, η οποία θα αποκαταστήσει τη σύγχρονη ταχύτητα.

Η ύπαρξη αυτής της ροπής αποκατάστασης είναι η αιτία της ονομασίας «απόσβεσης» στο συγκεκριμένο τύλιγμα. Επίσης, ας σημειωθεί ότι δεν απαιτείται τύλιγμα απόσβεσης για την εκκίνηση μιας σύγχρονης γεννήτριας και τον παραλληλισμό της με τον άπειρο ζυγό. Εντούτοις, και οι σύγχρονες γεννήτριες και οι σύγχρονοι κινητήρες έχουν τυλίγματα απόσβεσης για να αποσβένουν τις μεταβατικές ταλαντώσεις (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

2.2.3 Έλεγχος Ταχύτητας Σύγχρονου Κινητήρα

Η ταχύτητα ενός σύγχρονου κινητήρα μπορεί να ελεγχθεί μεταβάλλοντας τη συχνότητα της πηγής τροφοδοσίας του. Σε κάθε συγκεκριμένη συχνότητα η ταχύτητα παραμένει σταθερή ακόμα και σε συνθήκες μεταβαλλόμενου φορτίου, εκτός εάν ο κινητήρας απολέσει το συγχρονισμό. Κατά συνέπεια ο σύγχρονος κινητήρας είναι κατάλληλος για ακριβή έλεγχο της ταχύτητας και επίσης όπου θα πρέπει ορισμένοι κινητήρες να στρέφονται με τη σύγχρονη ταχύτητα (Fineman, 1994).

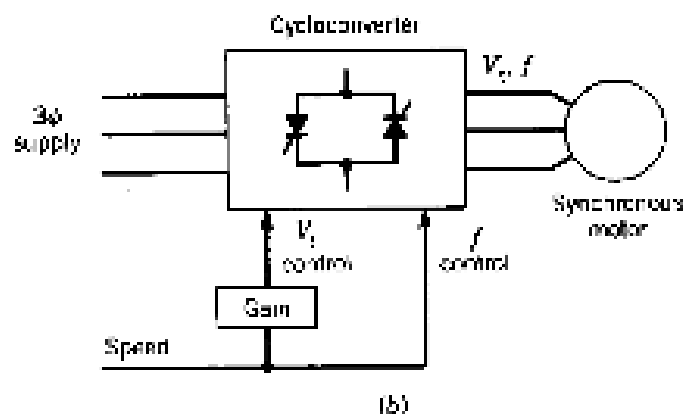
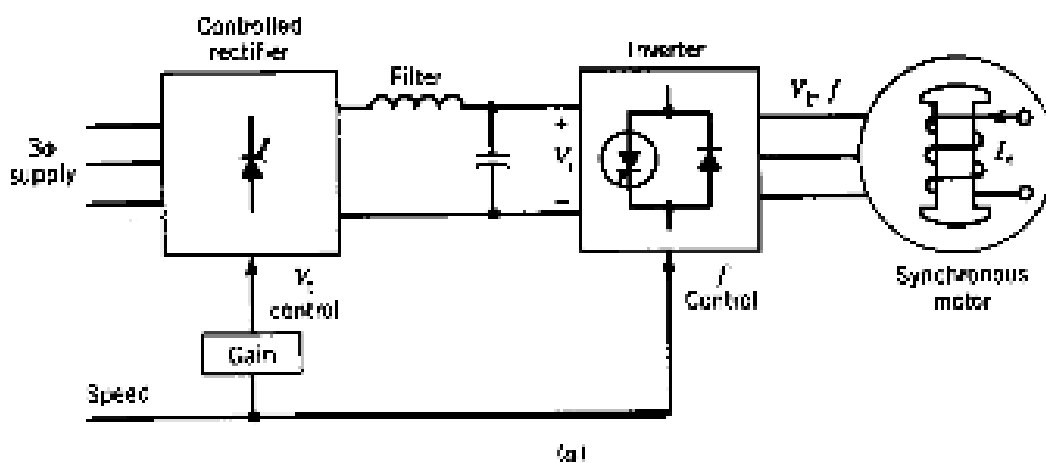
Ένας σύγχρονος κινητήρας μπορεί να λειτουργεί με υψηλό βαθμό

απόδοσης και συντελεστή ισχύος (δεν υπάρχουν απώλειες λόγω της ολίσθησης όπως στον επαγωγικό κινητήρα). Στις μέρες μας αυξάνεται το ενδιαφέρον για σύγχρονους κινητήρες σε κινητήρια συστήματα μεταβαλλόμενης ταχύτητας (Παπαδόπουλος, 2009).

Δύο τύποι ελέγχου της ταχύτητας ενός σύγχρονου κινητήρα είναι συνήθως χρησιμοποιούμενοι. Στην πρώτη μέθοδο η ταχύτητα ελέγχεται απευθείας με τη μεταβολή της τάσης και της συχνότητας εξόδου ενός αντιστροφέα ή ενός κυκλομετατροπέα. Στην άλλη μέθοδο, η συχνότητα ρυθμίζεται αυτόματα από την ταχύτητα του κινητήρα και ο κινητήρας αποκαλείται αυτοελεγχόμενος σύγχρονος κινητήρας (Βελαώρας, 2004).

2.2.4 Έλεγχος της Συχνότητας

Σχηματικά διαγράμματα ελέγχου ανοικτού βρόχου ενός σύγχρονου κινητήρα με τη μεταβολή της τάσης και της συχνότητας εξόδου ενός αντιστροφέα ή ενός κυκλομετατροπέα παρουσιάζονται στο σχήμα 1.2.



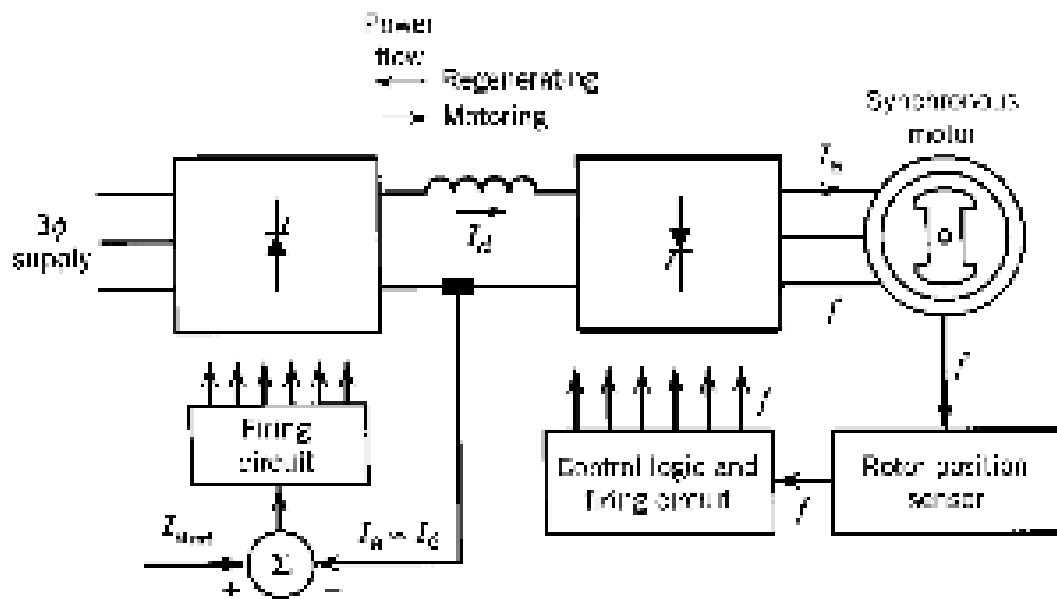
Το κύκλωμα του αντιστροφέα (σχήμα 1.2) επιτρέπει μεταβολή στη συχνότητα (και κατά συνέπεια στη ταχύτητα του κινητήρα) μέσα σε ένα ευρύ πεδίο τιμών, ενώ αντιθέτως το κύκλωμα του κυκλομετατροπέα επιτρέπει ρύθμιση της συχνότητας κάτω από το ένα τρίτο της συχνότητας τροφοδοσίας. Για να εξασφαλίσουμε την ίδια μέγιστη ροπή σε όλο το εύρος των τιμών της μεταβολής της ταχύτητας, και για να αποφύγουμε επίσης το μαγνητικό κορεσμό της μηχανής, είναι απαραίτητο να μεταβάλλουμε την τάση ταυτόχρονα με τη συχνότητα.

2.2.5 Αυτοελεγχόμενος Σύγχρονος Κινητήρας

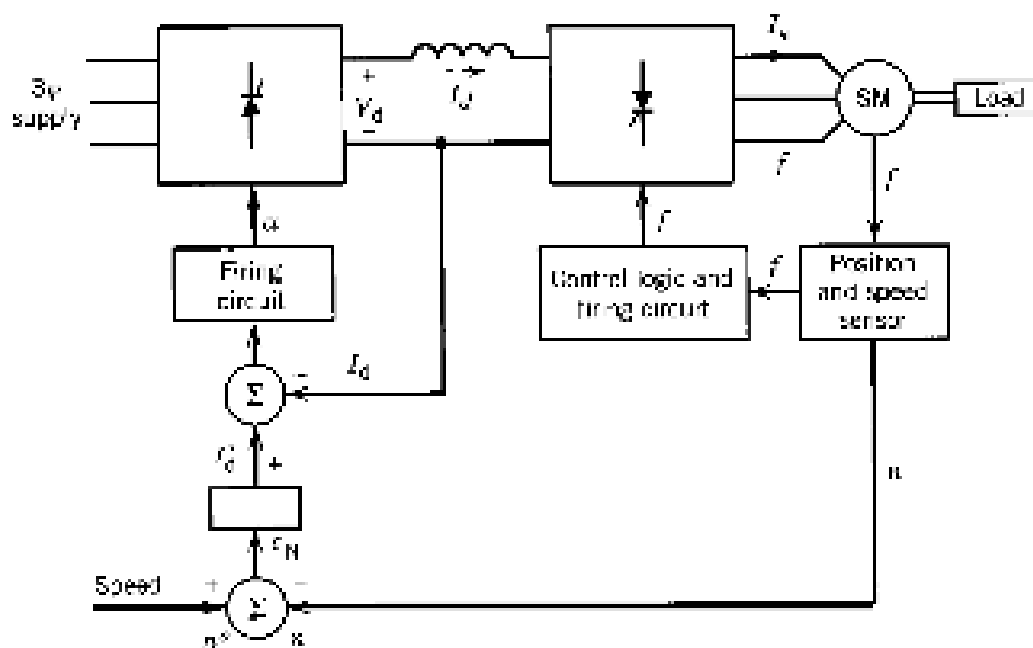
Ένας σύγχρονος κινητήρας τείνει να απολέσει το συγχρονισμό σε ξαφνικές μεταβολές του φορτίου. Στο σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου που μελετήσαμε προηγουμένως, εάν ένα φορτίο εφαρμοσθεί ξαφνικά στον κινητήρα, ο δρομέας στιγμιαία επιβραδύνεται, προκαλώντας την αύξηση της γωνίας φορτίου πέρα από τις 90 και οδηγείται ο κινητήρας σε απώλεια του συγχρονισμού (Παπαδόπουλος, 2009).

Εντούτοις, εάν η θέση του δρομέα ανιχνεύεται τη στιγμή που επιβραδύνεται και η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για να μειωθεί η συχνότητα του στάτη, τότε ο κινητήρας θα παραμείνει σε συγχρονισμό. Σε αυτή τη διάταξη η ταχύτητα του δρομέα θα προσαρμόσει τη συχνότητα του στάτη και το κινητήριο σύστημα είναι γνωστό ως αυτοελεγχόμενο κινητήριο σύστημα σύγχρονου κινητήρα.

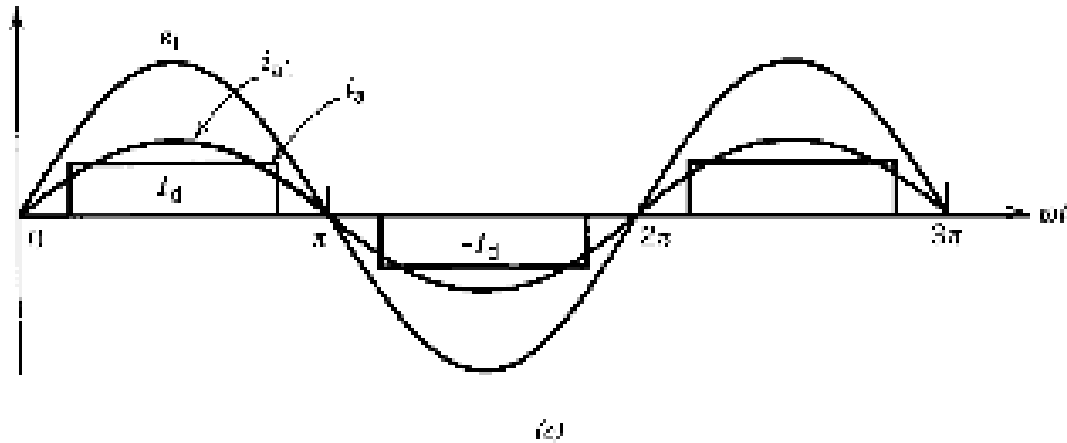
Η διάταξη ενός αυτοελεγχόμενου κινητήριου συστήματος σύγχρονου κινητήρα παρουσιάζεται στο σχήμα 1.3. Χρησιμοποιούνται δύο ελεγχόμενοι ανορθωτές, ένας στο άκρο της τροφοδοσίας και ένας στο άκρο της μηχανής. Στη λειτουργία της μηχανής σαν κινητήρας ο ανορθωτής στο άκρο της τροφοδοσίας λειτουργεί σαν ανορθωτής ενώ αυτός στο άκρο της μηχανής σαν αντιστροφέας. Οι ρόλοι των ανορθωτών αντιστρέφονται στην αναγεννητική πέδηση, στην οποία αντιστρέφεται η ροή ισχύος (Στεργίου, Στεργίου, 2005).



(a)



(b)



Σχήμα 1.3 (α, β, γ)

Τα θυρίστρος στον ανορθωτή του άκρου τροφοδοσίας οδηγούνται από την τάση γραμμής της τροφοδοσίας και αυτά του άκρου της μηχανής από την τάση διέγερσης της σύγχρονης μηχανής (Βελαώρας, 2004).

Τα αισθητήρια της θέσης του δρομέα, που είναι τοποθετημένα στον άξονα του δρομέα, παράγουν σήματα με την πληροφορία της θέσης του δρομέα. Αυτά τα σήματα επεξεργάζονται στο λογικό κύκλωμα ελέγχου και χρησιμοποιούνται για την έναυση των θυρίστρος στον ανορθωτή του άκρου της μηχανής. Κατά συνέπεια, οποιαδήποτε μεταβολή στην ταχύτητα του δρομέα, εξαιτίας μεταβολής του φορτίου, θα μεταβάλλει αυτόματα τη συχνότητα έναυσης των θυρίστρος και συνεπώς θα προσαρμόσει τη συχνότητα του στάτη στην κατάλληλη αναλογία ώστε να διατηρηθεί ο συγχρονισμός.

Ένας βρόχος ρεύματος χρησιμοποιείται στον ανορθωτή του άκρου της τροφοδοσίας για να διατηρείται το ρεύμα της μηχανής στην επιθυμητή τιμή. Το ενδιαμέσο συνεχές ρεύμα I_d , το οποίο είναι ανάλογο του ρεύματος της μηχανής I_a , συγκρίνεται με το ρεύμα αναφοράς και το σήμα του σφάλματος προσαρμόζει την έναυση των θυρίστρος του ανορθωτή του άκρου της τροφοδοσίας ώστε να διατηρηθεί το ρεύμα του στάτη σταθερό και ίσο με την τιμή αναφοράς (Παπαδόπουλος, 2009).

Και οι δύο ανορθωτές είναι απλοί στην κατασκευή και σχετικά φθηνοί, και αντίθετα από τους αντιστροφείς εξαναγκασμένης οδήγησης δεν απαιτούν

κυκλώματα οδήγησης για την οδήγηση των θυρίστωρς. Συνεπώς, τέτοια κινητήρια συστήματα μπορούν να σχεδιασθούν για εφαρμογές μεγάλης ισχύος, της τάξης του MW (Fineman, 1994).

2.2.6 Έλεγχος Κλειστού Βρόχου

Παρατηρώντας το ανωτέρω σχήμα, βλέπουμε ότι σε αυτό το κινητήριο σύστημα εάν μεταβληθεί η ροπή του φορτίου θα μεταβληθεί και η ταχύτητα. Εάν η ταχύτητα πρέπει να διατηρηθεί σταθερή θα πρέπει το ενδιάμεσο συνεχές ρεύμα I_d να προσαρμοσθεί για να ικανοποιήσει τη μεταβολή στη ροπή του φορτίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εισαγωγή ενός εξωτερικού βρόχου μέτρησης της ταχύτητας (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Ο αισθητήρας θέσης παρέχει πληροφορία για τη θέση του πεδίου του δρομέα και για την ταχύτητά του. Εάν η ταχύτητα ελαττωθεί εξαιτίας μιας αύξησης στη ροπή του φορτίου του σύγχρονου κινητήρα, το σφάλμα της ταχύτητας N αυξάνει, το οποίο με τη σειρά του οδηγεί σε αύξηση της επιθυμητής τιμής του ρεύματος I_d^* (Fineman, 1994). Συνέπεια των παραπάνω είναι η μεταβολή στη γωνία έναυσης του ελεγχόμενου ανορθωτή ώστε να μεταβληθεί το ενδιάμεσο συνεχές ρεύμα I_d ώστε να παραχθεί περισσότερη ροπή, όπως απαιτείται από την αύξηση της ροπής του φορτίου. Η ταχύτητα θα αποκατασταθεί βαθμιαία στην αρχική της τιμή (Fineman, 1994).

2.3 Μεταβατική Συμπεριφορά Σύγχρονων Μηχανών

Αναφέραμε στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου ότι οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως σαν γεννήτριες, είτε τροφοδοτώντας με ισχύ κάποιο απομονωμένο φορτίο, είτε συνδεδεμένες σε άπειρο ζυγό. Μια διαταραχή μπορεί να συμβεί στη σύγχρονη μηχανή με διάφορες μορφές. Ένα ανεπιθύμητο βραχυκύκλωμα μπορεί να συμβεί μεταξύ φάσης και γης, μεταξύ φάσης και φάσης ή μεταξύ και των τριών φάσεων (Βελαώρας, 2004).

Μια διαταραχή μπορεί επίσης να προκληθεί από την ξαφνική επιβολή κάποιου φορτίου στη μηχανή. Οποιοδήποτε είδους διαταραχή θα προκαλέσει μηχανικά και ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα. Η μηχανή μπορεί

να απολέσει ακόμα και το συγχρονισμό εξαιτίας κάποιας διαταραχής. Η μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς μιας σύγχρονης μηχανής είναι αρκετά πολύπλοκη. Στη συνέχεια θα μελετηθούν ενδεικτικά δύο χαρακτηριστικά μεταβατικά φαινόμενα:

1) ένα ξαφνικό τριφασικό βραχυκύκλωμα στους ακροδέκτες του στάτη της μηχανής και 2) μια ξαφνική μεταβολή του φορτίου.

2.4 Προβλήματα Μεταβατικών Φαινομένων σε Σύγχρονες Μηχανές

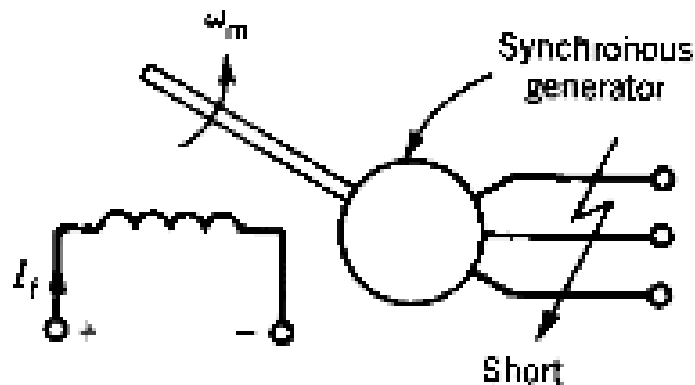
2.4.1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα - Βραχυκύκλωμα σε Αφόρτιστη Σύγχρονη Γεννήτρια

Το σχήμα 1.4 παρουσιάζει τη σχηματική απεικόνιση μιας τριφασικής σύγχρονης μηχανής. Ο δρομέας περιστρέφεται με κάποια ταχύτητα ω_m και το ρεύμα του πεδίου διέγερσης I_f δημιουργεί μια τάση ανοικτού κυκλώματος E_f σε κάθε φάση. Εάν οι ακροδέκτες του στάτη βραχυκυκλωθούν ένα μεγάλο μεταβατικό ρεύμα θα ρεύσει εντός τους. Παρόλα αυτά, όταν το μεταβατικό φαινόμενο εκπνεύσει το στάσιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι:

$$I_{sc} \approx E_f / X_s$$

Εάν $E_f = 1$ p.u. και $X_s \approx 1$ p.u. (τυπικές τιμές), το στάσιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι 1 p.u. Αυτό είναι ένα θετικό σημείο των σύγχρονων μηχανών. Εάν το βραχυκύκλωμα διατηρείται δεν θα καταστρέψει τη μηχανή. Εντούτοις, τη χρονική στιγμή που εμφανίζεται το βραχυκύκλωμα, το ρεύμα του στάτη μπορεί να είναι πολύ υψηλό, της τάξης του 5 έως 10 p.u. Για να προσδιορισθεί το ονομαστικό μέγεθος του αποζεύκτη ή για να ρυθμιστεί το ρελαί προστασίας, είναι σημαντική η γνώση του ρεύματος του στάτη κατά τη διάρκεια του μεταβατικού φαινομένου.

Σχήμα 1,3 - Βραχυκύκλωμα στους ακροδέκτες του στάτη σύγχρονης γεννήτριας



Πριν την έναρξη του βραχυκυκλώματος οι πεπλεγμένες ροές του τυλίγματος του πεδίου και του τυλίγματος απόσβεσης είναι σταθερές. Δεν υπάρχει ρεύμα που να ρέει στο τύλιγμα απόσβεσης διότι αυτό περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με το τύλιγμα του πεδίου. Το μόνο ρεύμα που ρέει είναι το συνεχές ρεύμα στο τύλιγμα του πεδίου διέγερσης. Εντούτοις, όταν εφαρμοσθεί το βραχυκύκλωμα, ρέει ρεύμα στο στάτη, του οποίου η ΜΕΔ κατευθείαν αντιδρά στην ΜΕΔ του τυλίγματος του πεδίου διέγερσης (Παπαδόπουλος, 2009).

Οι πεπλεγμένες ροές τόσο του τυλίγματος του πεδίου όσο και του τυλίγματος απόσβεσης επηρεάζονται. Για να διατηρηθούν οι συνιστώσες ροές σταθερές στις αρχικές τους τιμές, επαγόμενες συνιστώσες ρεύματος θα ρέουν τόσο στο τύλιγμα του πεδίου διέγερσης, όσο και στο τύλιγμα απόσβεσης.

Το φαινόμενο αυτό εξηγείται ως εξής: ας θεωρήσουμε ένα δακτύλιο ενός αγωγού, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4, ο οποίος έχει μια αυτεπαγωγή L . Εάν εφαρμοσθεί ξαφνικά ένα μαγνητικό πεδίο, ο βρόχος αντιδρά στην αλλαγή της πεπλεγμένης ροής. Κατά συνέπεια ένα ρεύμα i επαγεται μέσα στο βρόχο (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Τα επαγόμενα ρεύματα στο τυλίγματα του πεδίου διέγερσης και απόσβεσης αποσβένονται εξαιτίας των αντιστάσεων των τυλιγμάτων αυτών.

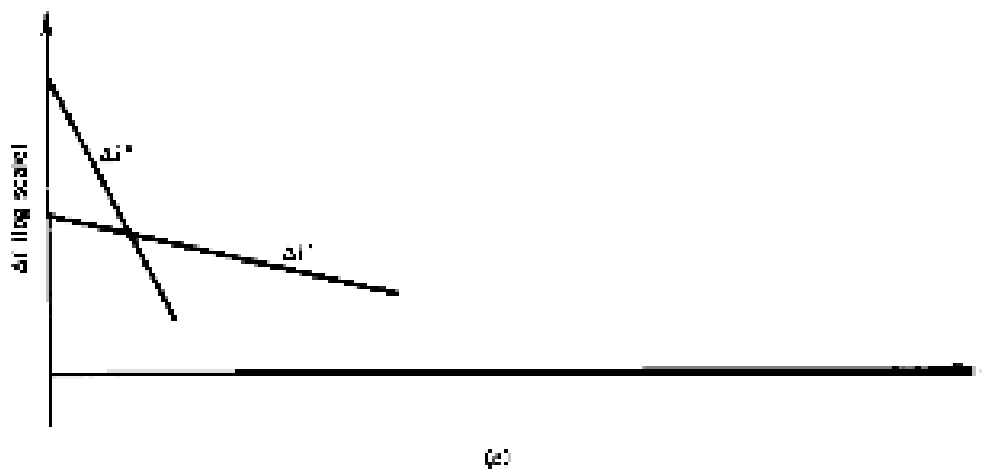
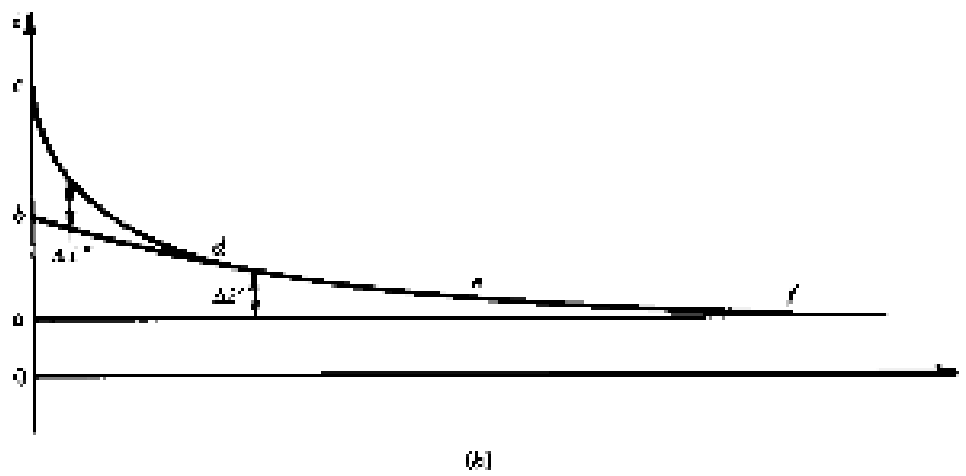
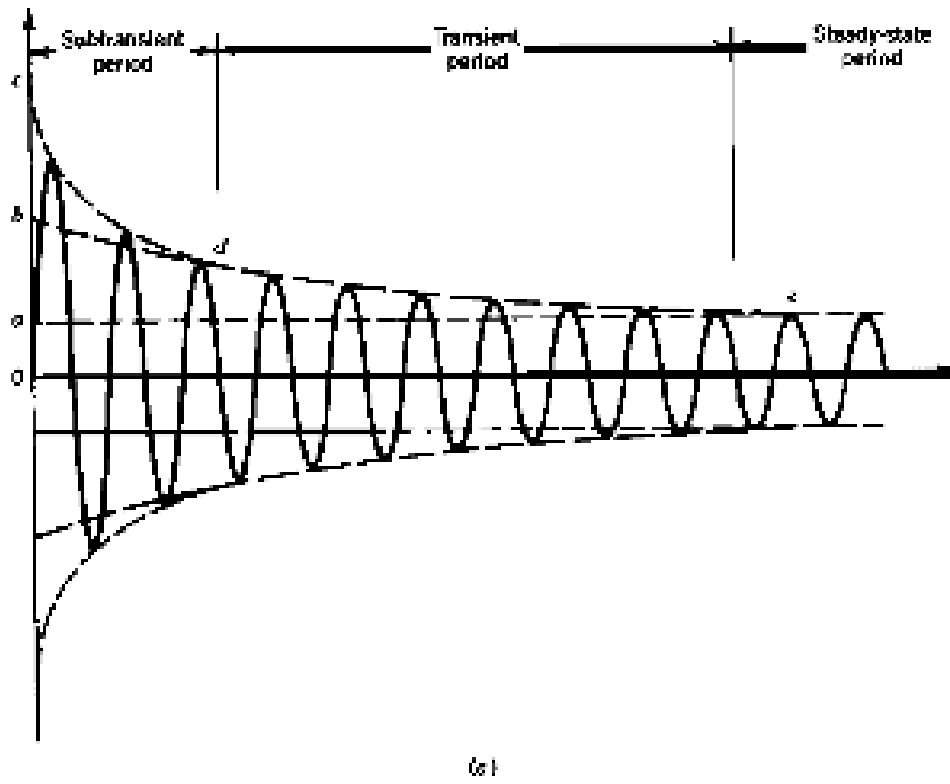
Σε μια μηχανή εκτύπων πόλων το τύλιγμα απόσβεσης τοποθετείται στο άκρο των πόλων του δρομέα. Μηχανές συμπαγούς κυλινδρικού δρομέα δεν έχουν εν γένει τυλίγματα απόσβεσης.

Εντούτοις, στη διάρκεια μεταβατικών περιόδων, ρεύματα τα οποία επάγονται απευθείας στο σώμα του δρομέα, παράγουν κυρίως τα ίδια φαινόμενα με τα ρεύματα απόσβεσης σε μια μηχανή εκτύπων πόλων.

Στο σχήμα 1.4α παρουσιάζεται η κυματομορφή του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε μία φάση του στάτη, το οποίο προκλήθηκε από ένα αιφνίδιο τριφασικό βραχυκύκλωμα στους ακροδέκτες του στάτη. Αυτή η συμμετρική κυματομορφή μπορεί να απεικονισθεί σε έναν παλμογράφο εάν το βραχυκύκλωμα εφαρμοσθεί τη χρονική στιγμή κατά την οποία η πεπλεγμένη ροή της αντίστοιχης φάσης (ακριβώς πριν το βραχυκύκλωμα) είναι μηδέν.

Η περιβάλλουσα καμπύλη της κυματομορφής παρουσιάζεται στο σχήμα 1.4b. Η περιβάλλουσα δείχνει τρεις διακριτές περιόδους: την υπομεταβατική περίοδο, η οποία διαρκεί μόνο για μερικούς κύκλους, κατά την οποία το ρεύμα μειώνεται με γρήγορο ρυθμό, τη μεταβατική περίοδο, η οποία διαρκεί σχετικά περισσότερο, κατά την οποία η μείωση του ρεύματος είναι πιο προοδευτική, και τελικά τη στάσιμη κατάσταση.

Οι τρεις διαδοχικές περίοδοι ενώνονται μέσω σχεδόν εκθετικών μειώσεων. Στο σχήμα 1.4b η διαφορά ρεύματος i_{max} είναι η διαφορά μεταξύ της μεταβατικής περιβάλλουσας του ρεύματος και του εύρους της στάσιμης κατάστασης. i_{max} είναι η διαφορά μεταξύ της υπομεταβατικής περιβάλλουσας του ρεύματος και προέκτασης της μεταβατικής περιβάλλουσας. Όταν αυτές οι ποσότητες (i_{max} , i_{max}) σχεδιάζονται σε λογαριθμική κλίμακα αποσβένονται γραμμικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.4c, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι είναι εκθετικές αποσβέσεις.



Σχήμα 1.4a, 1,4b, 1,4c

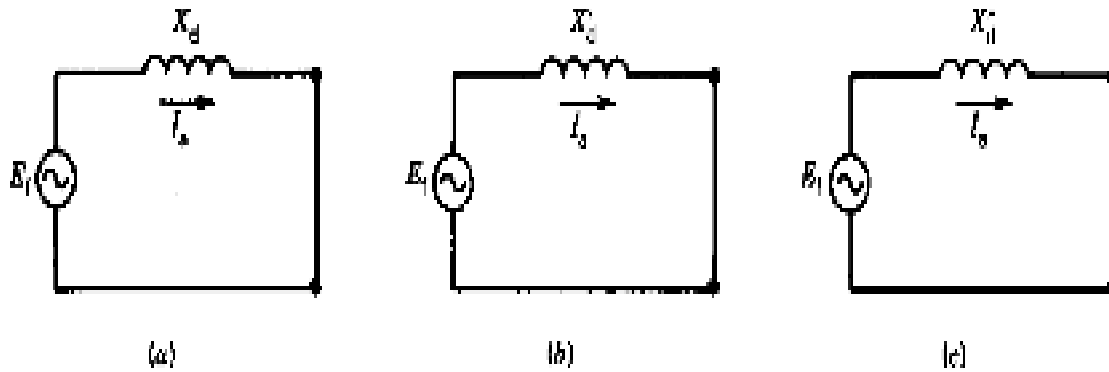
Κατά τη διάρκεια της υπομεταβατικής περιόδου, εξαιτίας της επίδρασης απομαγνήτισης του ρεύματος του στάτη (η ΜΕΔ του ρεύματος του στάτη αντιδρά στη ΜΕΔ του τυλίγματος διέγερσης), επάγονται ρεύματα τόσο στο τύλιγμα απόσβεσης, όσο και στο τύλιγμα διέγερσης ώστε να διατηρηθεί η σταθερότητα της ροής που υπήρχε στη στάσιμη κατάσταση.

Αυτό, στην ουσία, είναι παρόμοιο με μια μεγάλη αύξηση στη διέγερση του δρομέα και συνεπώς ένα μεγάλο ρεύμα στάτη ρέει κατά την υπομεταβατική περίοδο. Το ρεύμα απόσβεσης εξασθενεί γρήγορα εξαιτίας της μικρής χρονικής σταθεράς του κυκλώματος απόσβεσης. Η συμπεριφορά του ρεύματος του στάτη κατά την περίοδο αυτή καθορίζεται κυρίως από το ρεύμα απόσβεσης.

Κατά τη μεταβατική περίοδο το ρεύμα απόσβεσης έχει αποσβεσθεί πλήρως. Η συμπεριφορά του ρεύματος του στάτη κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου καθορίζεται από το ρεύμα του τυλίγματος διέγερσης, το οποίο αποσβένεται με μια μεγαλύτερη χρονική σταθερά (Βελαώρας, 2004).

2.4.2 Ρεύμα Βραχυκύκλωσης

Το ρεύμα του στάτη μπορεί να προσδιορισθεί για τις διάφορες περιόδους χρησιμοποιώντας κατάλληλες αντιδράσεις και χρονικές σταθερές. Κατά τη διάρκεια του βραχυκυκλώματος η ΜΕΔ δρα κατά μήκος του d-άξονα. Τα ισοδύναμα κυκλώματα κατά τη διάρκεια των διαφόρων περιόδων του βραχυκυκλώματος παρουσιάζονται στο σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.5 - Ισοδύναμα κυκλώματα σε διάφορες περιόδους του βραχυκυκλώματος στο στάτη. (α) Ρεύμα στάσιμης κατάστασης. (β) Μεταβατική περίοδος (γ) Υπομεταβατική περίοδος.

Οι σύγχρονες αντιδράσεις στον d-άξονα για τις διάφορες περιόδους προσδιορίζονται από τα σχήματα 1.5b και 1.5c ως εξής:

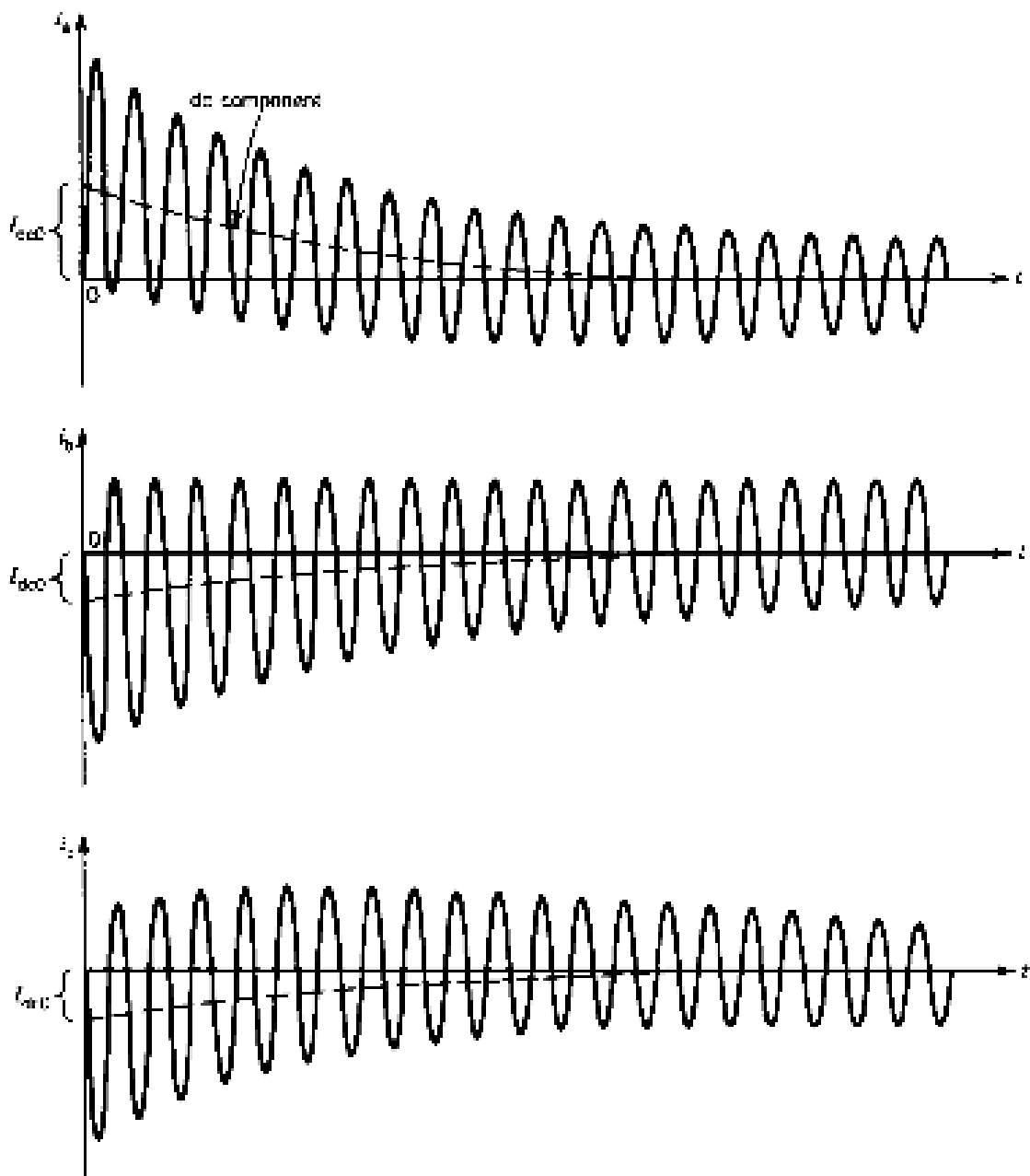
- Αντίδραση d-άξονα στάσιμης κατάστασης
- Αντίδραση d-άξονα μεταβατικής κατάστασης
- Αντίδραση d-άξονα υπομεταβατικής κατάστασης

2.4.3 Συνεχής (DC) Συνιστώσα

Η συμμετρική κυματομορφή του σχήματος 1.6α είναι μια ειδική περίπτωση παρά μια γενική. Τα πιο συνήθη ρεύματα βραχυκύκλωσης παρουσιάζονται στο σχήμα 1.6 αυτά τα ρεύματα δεν είναι συμμετρικά γύρω από τον άξονα του μηδενικού ρεύματος και σίγουρα δείχνουν ότι η συνεχής συνιστώσα ευθύνεται για τη μετατόπιση των κυματομορφών. Μια συμμετρική κυματομορφή, όπως αυτή του σχήματος 1.6α μπορεί να σχεδιασθεί εάν επανασχεδιασθούν οι μετατοπισμένες κυματομορφές αφού αφαιρεθεί η συνεχής συνιστώσα.

Η συνεχής συνιστώσα στο ρεύμα βραχυκύκλωσης του στάτη οφείλεται στην πεπλεγμένη ροή μιας φάσης τη χρονική στιγμή που συμβαίνει το βραχυκύκλωμα. Εάν η πεπλεγμένη ροή μιας φάσης είναι μηδέν τη χρονική στιγμή που συμβαίνει το βραχυκύκλωμα, δεν χρειάζεται συνεχής συνιστώσα

για να διατηρήσει την πεπλεγμένη ροή στη μηδενική της τιμή και συνεπώς η κυματομορφή του ρεύματος για αυτή τη φάση είναι συμμετρική. Αντιθέτως, εάν η πεπλεγμένη ροή μιας φάσης δεν είναι μηδέν τη χρονική στιγμή που συμβαίνει το βραχυκύκλωμα, η συνεχής συνιστώσα πρέπει να εμφανισθεί στο ρεύμα αυτής της φάσης για να διατηρήσει την πεπλεγμένη ροή σταθερή. Η συνεχής συνιστώσα αποσβένεται με τη χρονική σταθερά του στάτη (Παπαδόπουλος, 2009).



Σχήμα 1.6a, 1,6b, 1,6c

Ας σημειωθεί ότι σε ένα σύστημα τριών γραμμών, το άθροισμα των συνεχών συνιστωσών στις τρεις φάσεις σε κάθε χρονική στιγμή είναι μηδέν. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης του στάτη με τη συνεχή συνιστώσα είναι:

Η μεγαλύτερη συνεχής συνιστώσα εμφανίζεται σε ένα φασικό ρεύμα όταν η πεπλεγμένη ροή αυτής της φάσης είναι μέγιστη τη χρονική στιγμή που συμβαίνει το βραχυκύκλωμα. Οι συνεχείς συνιστώσες στις φάσεις του στάτη δημιουργούν ένα στάσιμο πεδίο στο διάκενο και αυτό με τη σειρά του επάγει τάσεις και ρεύματα στη θεμελιώδη συχνότητα των σύγχρονα στρεφόμενων κυκλωμάτων του δρομέα (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

2.4.4 Βραχυκύκλωμα σε Φορτισμένη Σύγχρονη Γεννήτρια

Ας θεωρήσουμε τώρα μια τριφασική γεννήτρια, η οποία παρέχει ισχύ σε ένα φορτίο ή σε έναν άπειρο ζυγό. Εάν ένα βραχυκύκλωμα εφαρμοσθεί στους ακροδέκτες της μηχανής το ρεύμα βραχυκύκλωσης του στάτη θα διανύσει μια υπομεταβατική περίοδο, μια μεταβατική περίοδο και τελικά θα καταλήξει σε μια στάσιμη κατάσταση. Όταν εμφανίζεται το βραχυκύκλωμα η αντίδραση της μηχανής αλλάζει από X σε X' .

Οι τάσεις διέγερσης d_d πρέπει επίσης να μεταβληθούν για να ικανοποιηθεί η αρχική κατάσταση της σταθερότητας της πεπλεγμένης ροής. Τα ισοδύναμα κυκλώματα κατά τη διάρκεια των τριών περιόδων του βραχυκυκλώματος, αυτά τα ισοδύναμα κυκλώματα είναι τα μοντέλα της σύγχρονης μηχανής μετά την εμφάνιση του βραχυκυκλώματος (Βελαώρας, 2004).

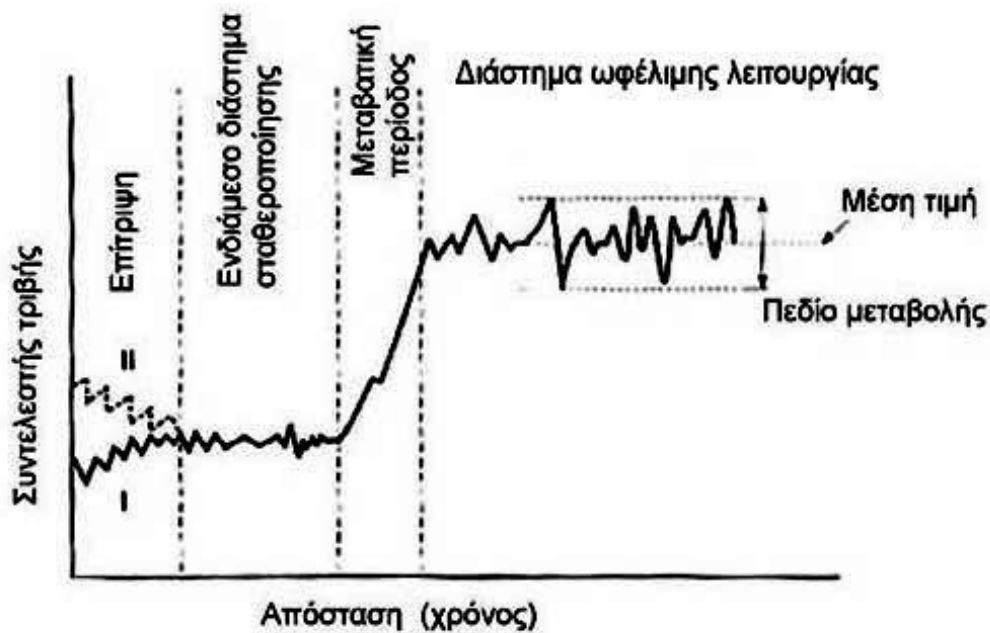
2.5 Μεταβατικά Φαινόμενα Τριβής στις Σύγχρονες Μηχανές

Κατά την συνεχιζόμενη ολίσθηση συμβαίνουν αλλαγές στην κατάσταση των επαπτομένων επιφανειών, που επηρεάζουν την τριβή και την φθορά. Κατά την αρχική περίοδο της «επίτριψης» ισοπεδώνονται οι ψηλότερες μικροανωμαλίες, παρασύρονται και εξαλείφονται ξένα επιφανειακά στρώματα και επικαθήσεις, σχηματίζονται νέα σταθερότερα επιφανειακά στρώματα και συμβαίνουν αλλαγές στην κρυσταλλική δομή των υλικών των επιφανειών (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Αυτές οι αλλαγές έχουν σαν αποτέλεσμα είτε την αύξηση είτε την μείωση της αρχικής τιμής του συντελεστή τριβής. Η αποφυγή φθορών και διαβρώσεων στο στάδιο αυτό και η εν γένει ομαλή εξέλιξη της επίτριψης είναι σημαντική για την εξασφάλιση μεγάλης διάρκειας ζωής των επαφών τεχνικών επιφανειών. Μετά την επίτριψη ο συντελεστής τριβής σταθεροποιείται για κάποιο διάστημα και συνήθως ακολουθεί μία δεύτερη μεταβατική περίοδο, κατά την οποία ο συντελεστής τριβής αυξάνεται λόγω φθορών που προξενούνται από ξένα ή αποσπώμενα σωματίδια και κατά συνέπεια αύξησης της τραχύτητας.

Ο συντελεστής τριβής σταθεροποιείται στη συνέχεια οριστικά για το διάστημα της ωφέλιμης λειτουργίας της επαφής. Μία τυπική καμπύλη, μορφής S, εξέλιξης της τιμής του συντελεστή τριβής παριστάνεται στο Σχ.21. Την εξέλιξη αυτή του συντελεστή τριβής παρουσιάζουν πάντα επαφές επιφανειών από το ίδιο μέταλλο.

Σχήμα Νο. 1,7 - Τυπική καμπύλη, μορφής S, εξέλιξης του συντελεστή τριβής σε επαφή τεχνικών επιφανειών. I: Αύξηση του συντελεστή τριβής κατά την περίοδο επίτριψης II: Ελάττωση του συντελεστή τριβής κατά την περίοδο επίτριψης



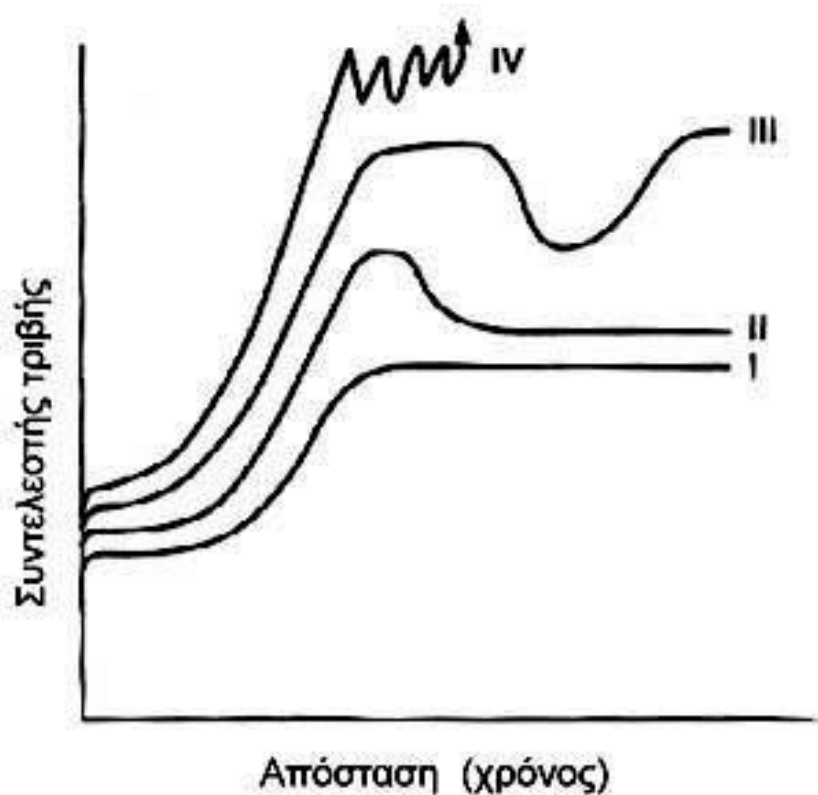
Ωστόσο, ανάλογα με τα υλικά των επαπτομένων επιφανειών και τις συνθήκες λειτουργίας, είναι δυνατόν ο συντελεστής τριβής να παρουσιάζει διαφορετική εξέλιξη, όπως φαίνεται στο σχήμα Νο. 1,7. Η αύξηση του συντελεστή τριβής στην καμπύλη I, εκτός από την αύξηση της τραχύτητας των επαπτομένων επιφανειών, είναι δυνατόν στην περίπτωση σχετικά λείων επιφανειών, όπου κυριαρχεί η ελαστική παραμόρφωση των επιφανειών και η τριβή λόγω συνάφειας, να οφείλεται και στην αύξηση της συνάφειας λόγω περαιτέρω εξομάλυνσης των επιφανειών και αύξησης της πραγματικής επιφάνειας επαφής.

Η πτώση του συντελεστή τριβής που παρατηρείται στην καμπύλη II εμφανίζεται σε περιπτώσεις ισχυρά πιεζόμενων σκληρών επιφανειών, όπου η πλαστική παραμόρφωση προξενεί ελάττωση της τραχύτητας και περιορισμό του φαινομένου της αυλάκωσης. Παρόμοια πτώση εμφανίζεται και σε περιπτώσεις επαφών με σχετικά μεγάλη δύναμη συνάφειας, όταν η αύξηση της τραχύτητας ελαττώνει την πραγματική επιφάνεια επαφής και κατά συνέπεια τη δύναμη συνάφειας.

Η καμπύλη III παρουσιάζεται συχνά σε επαφές επιφανειών από πλαστικά, όπου αρχικά αποβάλλονται ξένα σωματίδια που βρίσκονται μεταξύ των επιφανειών, με αποτέλεσμα την πτώση του συντελεστή τριβής, αλλά στην

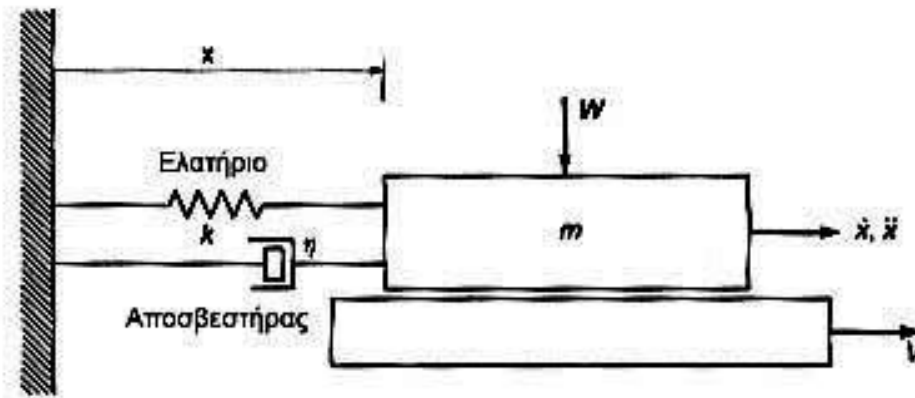
συνέχεια δημιουργούνται νέα, που αυξάνουν και πάλι την τριβή. Τέλος σε περιπτώσεις κακής ποιότητας επιφανειών και υλικών μικρής αντοχής η εκτεταμένη φθορά των επιφανειών μπορεί να οδηγήσει σε γρήγορη αύξηση του συντελεστή τριβής σε απαράδεκτα επίπεδα (καμπύλη IV). Κοινό χαρακτηριστικό σε όλες τις περιπτώσεις είναι η τελική σταθεροποίηση του συντελεστή τριβής σε επίπεδα υψηλότερα από του τέλους της επίτριψης.

Σχήμα Νο.1,8 - Διαφορετικές καμπύλες εξέλιξης του συντελεστή τριβής σε επαφές τεχνικών επιφανειών.



2.6 Το Φαινόμενο της Προσκόλλησης – Ολίσθησης (stick – slip) στις Σύγχρονες Μηχανές

Η ταχύτητα ολίσθησης μεταξύ δύο σωμάτων υπό την επίδραση μίας σταθερής δύναμης, ίσης προς την αντίστοιχη δύναμη τριβής, είναι σταθερή. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως το ένα ή και τα δύο σώματα είναι συνδεδεμένα με ένα σταθερό σημείο στο περιβάλλον μέσω συνδέσμων που παρουσιάζουν ελαστικότητα και απόσβεση, σχηματίζοντας έτσι ένα σύστημα ταλάντωσης (Σχήμα Νο.1,9).



Σχήμα Νο. 1,9 - Συμβολική παράσταση ταλαντωτικού συστήματος δύο τριβομένων σωμάτων.

Εάν το κάτω σώμα στο σχήμα Νο. 1,9, κινείται με σταθερή ταχύτητα V , το επαπτόμενο πάνω σώμα ακολουθεί την κίνησή του, όσο η δύναμη στατικής τριβής $F_s = \mu W$ μπορεί να εξισορροπή τη δύναμη του συνδέσμου (δηλ. του ελατηρίου και του αποσβεστήρα):

$$F_s = WV/kx$$

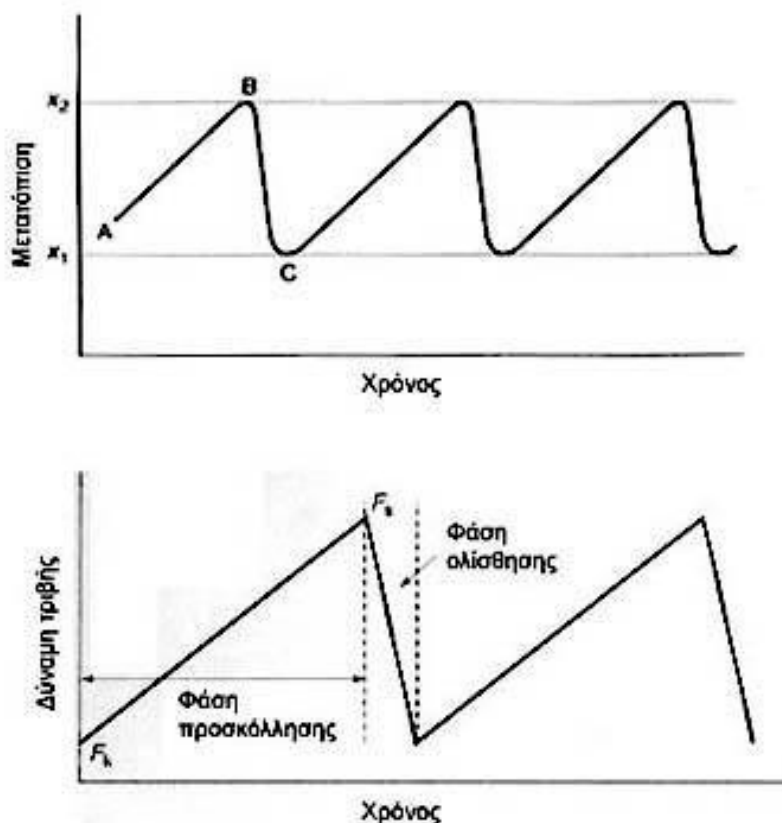
όπου μ ο στιγμιαίος συντελεστής τριβής, η και k οι σταθερές του αποσβεστήρα και του ελατηρίου, και Δx η επιμήκυνση του ελατηρίου. Καθώς η δύναμη του ελατηρίου αυξάνεται, αυξάνεται και η δύναμη τριβής. Όταν η δύναμη τριβής φθάσει την μέγιστη δυνατή τιμή της, που αντιστοιχεί στον συντελεστή στατικής τριβής μ_s , δεν είναι πλέον σε θέση να εξισορροπήσει περαιτέρω αύξηση της δύναμης του ελατηρίου και αρχίζει ολίσθηση:

Επειδή ο συντελεστής κινητικής τριβής μ_k είναι μικρότερος του συντελεστή στατικής τριβής μ_s , αμέσως μετά την έναρξη της ολίσθησης η δύναμη του συνδέσμου είναι μεγαλύτερη της δύναμης τριβής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το πάνω σώμα να κινηθεί για λίγο προς τα πίσω, μέχρις ότου η δύναμη του συνδέσμου να ελαττωθεί τόσο, ώστε λόγω της τριβής το πάνω σώμα να ακολουθήσει και πάλι την κίνηση του κάτω. Η επανάληψη αυτής της διαδικασίας οδηγεί σε μία ταλαντωτική κίνηση του επάνω σώματος (Σχήμα Νο. 1,10).

Για αισθητή εμφάνιση του φαινομένου της προσκόλλησης – ολίσθησης πρέπει ο συντελεστής στατικής τριβής μ_s να είναι σημαντικά μεγαλύτερος από τον συντελεστή κινητικής τριβής μ_k . Στην γενική περίπτωση η ταλάντωση δεν παρουσιάζει την περιοδικότητα του Σχ.24, όταν όμως ο μ_k είναι φθίνουσα συνάρτηση της ταχύτητας, όπως συνήθως συμβαίνει, το φαινόμενο εκδηλώνεται με περίπου αρμονική ταλάντωση.

Συνήθως εμφανίζεται με την μορφή ταλαντώσεων υψηλής συχνότητας σαν στρίγκλισμα (0,6 – 2 kHz) ή τρεμούλιασμα (< 0,6 Hz). Πρόκειται για συνήθως ανεπιθύμητο φαινόμενο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει στρίγκλισμα των εδράνων κύλισης, τράνταγμα των φρένων, τρεμούλιασμα των υαλοκαθαριστήρων πάνω σε μερικώς υγρό υαλοπίνακα ή ανακρίβεια σε μηχανικές κατεργασίες.

Για την αποφυγή του φαινομένου επιδιώκεται σχεδιασμός των μηχανικών συστημάτων ώστε το πλάτος των σχετικών ταλαντώσεων να είναι μικρό (πχ. με αύξηση των σταθερών ελατηρίου και απόσβεσης ή της αδράνειας του συνεζευγμένου σώματος).



Σχήμα Νο. 1,11

Επίσης επιλέγονται ζεύγη υλικών που παρουσιάζουν μικρή διαφορά στατικού και κινητικού συντελεστή τριβής (επιτυγχάνεται με τη χρήση λιπαντικών) ή ζεύγη υλικών που παρουσιάζουν αύξηση του συντελεστή τριβής με αύξηση της ταχύτητας ολίσθησης (μόνον πλαστικά υλικά και μαλακά μέταλλα σε χαμηλές ταχύτητες).

2.7 Παράγοντες που Προκαλούν Φθορά και Βλάβες στα Μηχανήματα Λόγω Μεταβατικών Φαινομένων

2.7.1 Το Φαινόμενο της Τριβής και Αρχές Λειτουργίας με τις Οποίες Προκαλείται Φθορά στα Μηχανήματα

Η Τριβή είναι δύναμη αντίστασης που εκδηλώνεται ενάντια σε οποιαδήποτε μετακίνηση μερών του αυτού σώματος ή στην σχετική κίνηση δύο σωμάτων που οι επιφάνειές τους εφάπτονται. Στη πρώτη περίπτωση εκδηλώνεται εσωτερική τριβή, στη δε δεύτερη (μεταξύ σωμάτων) εξωτερική τριβή.

Η φορά της εκδηλούμενης τριβής είναι πάντα αντίθετη προς την φορά της κίνησης. Η δύναμη τριβής διακρίνεται σε στατική τριβή όταν τα σώματα ισορροπούν και σε τριβή ολίσθησης όταν τα σώματα κινούνται μεταξύ τους. Η δύναμη της τριβής οφείλεται σε ηλεκτροστατικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια των δύο επιφανειών (Παπαδόπουλος, 2009).

Η στατική τριβή είναι η δύναμη που εμποδίζει ένα σώμα να κινηθεί όσο ακόμα το σώμα ισορροπεί. Το μέτρο της είναι ίσο με το μέτρο της εφαρμοζόμενης δύναμης που τείνει να κινήσει το σώμα και μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν Νιούτον μέχρι μία μέγιστη τιμή που ισούται με $\mu_s \cdot FN$. Όπου μ_s είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που ονομάζεται συντελεστής στατικής τριβής και εξαρτάται από το πόσο τραχιά είναι μία επιφάνεια (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται πειραματικά. FN είναι η δύναμη που αναπτύσσεται ανάμεσα στα σώματα που εφάπτονται. Όταν η εξωτερική

δύναμη ξεπεράσει την παραπάνω τιμή τότε το σώμα αρχίζει να ολισθαίνει και πλέον ασκείται σε αυτό τριβή ολίσθησης. Η τριβή ολίσθησης είναι λίγο μικρότερη από το μέγιστο της στατικής τριβής γιατί όταν το σώμα αποκτήσει ταχύτητα οι δυνάμεις τριβής ελαττώνονται ελαφρά.

Όπου μ_k ο συντελεστής τριβής ολίσθησης, σε αντιστοιχία με τον συντελεστή στατικής τριβής. Για όλες τις επιφάνειες με εξαίρεση τις πολύ λείες είναι ελαφρά μικρότερος από τον συντελεστή στατικής τριβής. Η Τριβολογία, σαν αυτόνομος επιστημονικός και τεχνολογικός κλάδος, ερευνά την τριβή και την φθορά των υλικών, καθώς επίσης και τρόπους, μεθόδους και μορφές λίπανσης. Ο όρος τριβολογία προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις τριβή και λόγος, δηλαδή είναι η σπουδή της τριβής.

Η εφαρμοσμένη τριβολογία ή τριβοτεχνολογία, σχετίζεται κυρίως με την διατήρηση μηχανών, παροχή λιπαντικού και προτυποποίηση στο εργαστήριο, ελαχιστοποίηση απωλειών ενέργειας μέσα από την τριβή και προστασία του περιβάλλοντος όπως σχετίζεται με την λίπανση (Βελαώρας, 2004).

Ο ουσιαστικός ρόλος της τριβολογίας είναι να μειώσει την τριβή και την φθορά που αναπτύσσονται κατά την σχετική κίνηση δύο σωμάτων που εφάπτονται και έτσι να εξοικονομήσει ενέργεια και να διατηρήσει τον εξοπλισμό παραγωγής, καθώς και να διατηρήσει τις μηχανές σε λειτουργία σε χαμηλό κόστος, μέσα από την ικανοποιητική λίπανση και διατήρηση. Για την εκπλήρωση των στόχων της η Τριβολογία απαιτεί γνώσεις Χημείας, Μεταλλουργίας και Μηχανολογίας. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα των τριβολογικών φαινομένων και δικαιολογεί ικανοποιητικά την ανυπαρξία της τριβολογικής γνώσης μέχρι πριν μερικές δεκαετίες (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

3. Κεφάλαιο Τρίτο : Η Αναγκαιότητα της Συντήρησης και Λίπανσης Μηχανημάτων για την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων στα Σύγχρονα Μηχανήματα

3.1 Μέθοδοι και Τεχνικές Συντήρησης Μηχανημάτων στις Μέρες μας με Σκοπό την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων

Η συντήρηση και επισκευή όλων των μηχανημάτων που ανήκουν και λειτουργούν αντίστοιχα σε μια βιομηχανία με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων, θα πρέπει να εκτελούνται κατόπιν προγραμματισμού από τις υπηρεσίες της επιχείρησης που τα χρησιμοποιούν ως εξής (Στεργίου, Στεργίου, 2005).

- Η διενέργεια διαδικασιών για τον έλεγχο των μηχανών από τις αρμόδιες υπηρεσίες.
- Η διενέργεια διαδικασιών για την έκδοση πιστοποιητικών λειτουργίας των μηχανημάτων έργου της κάθε Διεύθυνσης.
- Η διενέργεια διαδικασιών για την πληρωμή τυχόν τελών κυκλοφορίας όλων των οχημάτων και μηχανοκίνητων μηχανών εντός της επιχείρησης
- Η επάνδρωση των μηχανοκίνητων μηχανών και οχημάτων που ανήκουν στη Διεύθυνση και η διάθεση αυτών κατόπιν αιτήσεως στις άλλες Υπηρεσίες.
- Ο προγραμματισμός και εκτέλεση της τακτικής συντήρησης και της γενικής επισκευής των μηχανημάτων και οχημάτων της κάθε Διεύθυνσης.
- Η επεξεργασία των πρωτογενών στοιχείων από τη συντήρηση και επισκευή (βλάβες, ατυχήματα κ.τ.λ.) η καταγραφή και τήρηση στοιχείων για το είδος των βλαβών των εργασιών συντήρησης που έχουν εκτελεστεί και του χρόνου παραμονής των μηχανημάτων στα συνεργεία συντήρησης μιας επιχείρησης.
- Η τήρηση των σχετικών μητρώων και παρακολούθηση συνολικών ανταλλακτικών, εφοδίων κ.λ.π. μέσω του Τμήματος Αποθήκης Υλικών και Καυσίμων των μηχανοκίνητων μηχανών μιας επιχείρησης.

- Η μέριμνα για την εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού μηχανοκίνητων και μη μηχανών σε συνεργασία με το αρμόδιο Τμήμα.
- Η παρακολούθηση και αιτιολόγηση των αναγκών σε μηχανήματα, οχήματα, υλικά και εργαλεία και ο έγκαιρος προγραμματισμός προμήθειάς τους σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Προμηθειών.
- Η σύνταξη τεχνικών προδιαγραφών και προϋπολογισμού για τα υπό προμήθεια είδη.
- Η επάνδρωση και διάθεση των απαιτούμενων μηχανικών μέσων για την εκτέλεση εργασιών
- Η παρακολούθηση και καταγραφή της ημερήσιας λειτουργίας των μηχανημάτων και του απασχολούμενου προσωπικού.
- Η μέριμνα για τον εφοδιασμό των μηχανημάτων με καύσιμα και τήρηση αρχείου.
- Η οργάνωση και λειτουργία των συνεργείων που απαιτούνται για την εκτέλεση των εργασιών επισκευής και συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού του Τμήματος.
- Η μέριμνα για την άμεση αποκατάσταση ζημιών και βλαβών που προκαλούνται στα μηχανήματα ή/και οχήματα μιας επιχείρησης

3.2 Τρόποι Συντήρησης Μηχανημάτων και που Αποσκοπεί η Κάθε Συντήρηση με Σκοπό την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων

Οι τρόποι αλλά και οι σκοποί της συντήρησης των μηχανημάτων και τα οποία χρησιμοποιούνται από μια επιχείρηση στις μέρες μας με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων, οριοθετούνται από τις αντίστοιχες νομοθεσίες που ισχύουν και έχουν φυσικά ως σκοπό την ασφάλεια των εργαζομένων και την άρτια λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Η νομοθεσία καλύπτει γενικές αρχές, ειδικές απαιτήσεις, αλλά παραμένει ελλιπής στις προβλέψεις για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των μηχανημάτων. Τα σχετικά διατάγματα της συγκεκριμένης νομοθεσίας σε ποικίλες δραστηριότητες της λειτουργίας των μηχανών, αναφέρονται ως εξής (Βελαώρας, 2004).

Το ΠΔ 14.3.34 "Περί υγιεινής και ασφάλειας των εργατών και υπαλλήλων των πάσης φύσεως βιομηχανικών και βιοτεχνικών εργοστασίων, εργαστηρίων κλπ." έθεσε τους πρώτους κανονισμούς ασφάλειας για τη χρήση των μηχανών. Ο Ν. 1568/85 στο κεφάλαιο 'Δ προβλέπει την προστασία των εργαζομένων από μηχανές. Το ΠΔ 377/93 για την προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στις κοινοτικές οδηγίες 89/392ΕΟΚ και 91/368ΕΟΚ του Συμβουλίου των ΕΚ σχετικά με τις μηχανές. Το ΠΔ 18/96 το οποίο τροποποιεί το ΠΔ 377/93. Το ΠΔ 395/94 σε συμμόρφωση με την κοινοτική οδηγία για τη χρήση εξοπλισμού εργασίας.

Απόφαση ΟΙΚ 13147/ΔΠ010/47/95 για την αναγνώριση φορέων ελέγχου βιομηχανικών προϊόντων όπου αναφέρεται στο ΠΔ 1073/81 "Περί μέτρων ασφάλειας κατά την εκτέλεση εργασιών εις εργοτάξια οικοδομών και πάσης φύσεως έργων αρμοδιότητος μηχανικού" καθορίζει (υπερκαλύπτοντας τις σχετικές διατάξεις του ΠΔ 14.3.34) τα μέτρα ασφάλειας κατά τη χρήση μηχανημάτων σε τεχνικά έργα. Αντίστοιχα το ΠΔ 70/90, νομοθέτημα για την υγιεινή και ασφάλεια στις ναυπηγικές εργασίες, θέτει επιπρόσθετες του ΠΔ 1073/81 απαιτήσεις για τη χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού (με έμφαση στις ανυψωτικές διατάξεις).

Το ΠΔ 225/89 "Περί μέτρων ασφάλειας στα Υπόγεια τεχνικά έργα" καθορίζει μέτρα ασφάλειας για τη χρήση, λειτουργία και κίνηση μηχανημάτων στα υπόγεια τεχνικά έργα (άρθρα 3,4,7,8,11,12,14,20 & 26). Το ΠΔ 305/96 σχετικά με τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγιεινής στα κινητά και προσωρινά εργοτάξια. Το ΠΔ 186/92 σχετικά με την τήρηση βιβλίου έργων για τα μηχανήματα έργων (ΜΕ).

Για τη συντήρηση των μηχανημάτων έργων ισχύουν οι προβλέψεις του άρθρου 9 του ΠΔ 17, όπου αναφέρεται ότι ο εργοδότης οφείλει να συντηρεί στους τόπους εργασίας, τα μηχανολογικά μέσα και τον εξοπλισμό και να μεριμνά για την κατά το δυνατόν άμεση αποκατάσταση των ελλείψεων, που έχουν σχέση με την υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων. Αν από τις ελλείψεις αυτές προκαλείται άμεσος και σοβαρός κίνδυνος για την υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, πρέπει να διακόπτεται η εργασία μέχρι την

αποκατάστασή τους. Με ειδικότερα νομοθετήματα καθορίζονται (Παπαδόπουλος, 2009):

- Κανόνες ασφάλειας για τους προωθητές και μεταφορικές ταινίες (ΠΔ 21/76 "Περί μέτρων υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων εις μεταφορικής ταινίας και προωθητάς εν γένει").
- Διατάξεις για την άδεια λειτουργίας, χειρισμού και συντήρησης των ΜΕ (ΠΔ 31/90 "Επίβλεψη της λειτουργίας, χειρισμός και συντήρηση μηχανημάτων εκτέλεσης Τεχνικών έργων").

Διατάξεις καθορισμού και προσδιορισμού της ανώτατης στάθμης εκπομπής θορύβου και ειδικότερα με:

- Την ΥΑ 56206/1613/86 περί διατάξεων προσδιορισμού της εκπομπής θορύβου εξοπλισμού και μηχανημάτων εργοταξίου.
- Την ΥΑ 69001/1921/88 καθορίζονται οι διατάξεις για τις εκπομπές θορύβων μηχανημάτων έργου και συγκεκριμένα των μηχανοκίνητων αεροσυμπιεστών, πυργογερανών, λεκτροπαραγωγών ζευγών συγκόλλησης, λεκτροπαραγωγών ζευγών ισχύος και των φορητών συσκευών θραύσης σκυροδέματος και αεροσφυρίων.

3.3 Που Αποσκοπεί η Συντήρηση Μηχανημάτων με Σκοπό την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων

Είναι γνωστό ότι σήμερα έχουμε όλο και περισσότερες απαιτήσεις για την αξιοπιστία του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού μηχανημάτων και μπορεί να τεθούν τόσο από το σχεδιαστή και τον κατασκευαστή όσο και από τον χρήστη στις βιομηχανικές μονάδες με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων. Η αξιοπιστία όμως κοστίζει. Μπορεί να μειώνει το κόστος των επισκευών και των συντηρήσεων αλλά αυξάνει το αρχικό κόστος.

Επιπλέον όσο και να αυξηθεί το αρχικό κόστος η ανάγκη για συντήρηση δεν εξαλείφεται. Το ερώτημα όμως το οποίο θα πρέπει να απαντήσουν οι υπεύθυνοι στις βιομηχανικές μονάδες, είναι πως θα πρέπει να γίνεται η συντήρηση των μηχανημάτων και κυρίως που θα αποσκοπεί. Θα

πρέπει επίσης να έχουν κατά νου πως η συντήρηση είναι μια συνετή προσέγγιση στη φροντίδα του εξοπλισμού.

Πριν από μερικές δεκαετίες η συντήρηση ήταν μια διαδικασία κατά την οποία ένα τμήμα του εξοπλισμού πάθαινε βλάβη, γινόταν αντικατάσταση του τμήματος αυτού και ο εξοπλισμός ξαναέμπαινε σε λειτουργία. Από τότε εξελίχθηκε, παίρνοντας μορφή μεθοδικών προληπτικών ενεργειών με σαφείς στόχους, ακολουθώντας τις προόδους της τεχνολογίας. Θα πρέπει λοιπόν να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια η συντήρηση θεωρείται το σύνολο των προγραμμάτων και των μεθόδων που μπορούν να ανακαλύπτουν την έναρξη των βλαβών στον εξοπλισμό και που βοηθούν (Στεργίου, Στεργίου, 2005):

- στη διατήρηση της καλής λειτουργίας,
- στην ελαχιστοποίηση της εκτός λειτουργίας παραμονής του εξοπλισμού,
- στην αύξηση της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας του εξοπλισμού,
- με γνώμονα το ελάχιστο κόστος.

Σύμφωνα με τους ειδικούς βέβαια, η συντήρηση είναι επιστήμη επειδή η εκτέλεσή της στηρίζεται σε πολλές επιστήμες. Η συντήρηση είναι τέχνη διότι φαινομενικά όμοια προβλήματα συχνά απαιτούν και δέχονται διαφορετικές προσεγγίσεις και ενέργειες και διότι κάποιοι παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιδεξιότητα σε αυτή από άλλους. Πάνω από όλα όμως η συντήρηση είναι φιλοσοφία γιατί είναι μια γνώση που μπορεί να εφαρμοσθεί εντατικά με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων, μέτρια ή καθόλου εξαρτώμενη από άλλες παραμέτρους. Είναι σημαντικό επίσης να σημειωθεί πως οι αρχές συντήρησης των μηχανημάτων, θα πρέπει να αποδίδονται ως εξής (Βελαώρας, 2004):

- Όταν ακόμα σχεδιάζεται ο εξοπλισμός, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η μέθοδος και το κόστος συντήρησης.
- Η συντήρηση δεν μπορεί να αντισταθμίσει την κακή σχεδίαση ή τη χαμηλή ποιότητα υλικών.

- Η συντήρηση είναι ένας κρίκος στην σύνθετη αλυσίδα πολυάριθμων παραμέτρων όπως η καταπόνηση, η ηλικία, η ποιότητα, οι διαστάσεις η σχεδίαση και η φιλοσοφία συγκρότησης του συστήματος στο οποίο ανήκει ο εξοπλισμός.
- Η συντήρηση οφείλει να προσαρμόζεται διαρκώς στις νέες τεχνολογίες.
- Οι οδηγίες συντήρησης που δίνονται από τον κατασκευαστή πρέπει να προσαρμόζονται από το χρήστη με βάση την εμπειρία του.
- Η συντήρηση πρέπει να είναι μέρος της στρατηγικής μιας επιχείρησης.

3.4 Αρχές Συντήρησης Μηχανημάτων με Σκοπό την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων

Με σκοπό οι επιτελούμενες τεχνικές και μέθοδοι συντήρησης των μηχανημάτων να είναι σωστά δομημένες εντός της επιχείρησης αλλά και να έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν ως εξής (Παπαδόπουλος, 2009)

- Το μηχάνημα θα είναι σχεδιασμένο και κατασκευασμένο έτσι ώστε να είναι αδύνατο να πλησιάσει κανείς το σημείο λειτουργίας ή άλλο επικίνδυνο σημείο του μηχανήματος.
- Το μηχάνημα θα έχει στρογγυλεμένες τις γωνίες και τις ακμές.
- Το χειριστήριο θα μπορεί να τοποθετηθεί έτσι ώστε ο χειριστής να μην μπορεί να ξεκινήσει το μηχάνημα όσο είναι επικίνδυνα κοντά στο σημείο λειτουργίας ή σε άλλο επικίνδυνο σημείο.
- Ο πίνακας χειρισμού θα τοποθετείται έτσι ώστε ο χειριστής να μην εκτείνεται υπερβολικά ή ενοχλητικά και να μην μετακινείται για να το χειριστεί.
- Οι μηχανισμοί μετάδοσης της κίνησης να είναι ενσωματωμένοι στο πλαίσιο του μηχανήματος.
- Το μηχάνημα να έχει ενσωματωμένους μηχανισμούς προστασίας από υπερφορτίσεις.

- Να έχει ένα μόνο σημείο λιπάνσεως και μηχανικό σύστημα λιπάνσεως των εξαρτημάτων του.
- Να δέχεται σύστημα αυτόματης τροφοδοσίας και απομάκρυνσης των κατεργασμένων και άχρηστων υλικών.
- Να έχουν προνοηθεί μηχανισμοί ενδοασφαλείας, ώστε το μηχάνημα να μην ξεκινά ενώ τροφοδοτείται ή γίνονται εργασίες παραλαβής ετοιμών ή απομάκρυνσης άχρηστων η εκτελούνται κάποιες άλλες εργασίες σε αυτό.
- Να έχει σύστημα που να εξασφαλίζει ότι κανένα μέρος του μηχανήματος δεν θα κινηθεί εφ' όσον τηρηθεί προδιαγραμμένη από τον κατασκευαστή διαδικασία. Αυτό είναι απαραίτητο για την ασφάλεια των εργασιών συντηρήσεως.
- Να έχουν προνοηθεί ασφαλείς εξέδρες και σκάλες ενσωματωμένες στο μηχάνημα για όλες τις εργασίες επιθεωρήσεων και συντηρήσεων.
- Να έχουν σχεδιαστεί τα τμήματά του, έτσι ώστε να απομακρύνονται και να μετακινούνται εύκολα ώστε να διευκολύνονται οι εργασίες συντήρησης.
- Να έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να εκπέμπει θόρυβο όσο το δυνατόν χαμηλότερης στάθμης.
- Ο διακόπτης λειτουργίας και το ποδόπληκτρο θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι κατά τρόπο που να αποκλείει τυχαία ενεργοποίησή τους.
- Ο διακόπτης λειτουργίας θα είναι διαφορετικός και σε άλλη θέση από τα μπουτόν κίνησης βήμα-βήμα.
- Οι διακόπτες στάσης κινδύνου θα πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένοι, ώστε να ενεργοποιούνται εύκολα και αμέσως από τον χειριστή σε κάθε περίπτωση κινδύνου και αν είναι δυνατόν να ενεργοποιούνται με τις αναμενόμενες ανακλαστικές κινήσεις του.
- Αν στο μηχάνημα αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του υψηλή θερμοκρασία, θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να περιορίζεται κατά το δυνατόν η έκθεση του χειριστή στην ακτινοβολούμενη θερμότητα.

- Τα νέα μηχανήματα πρέπει να είναι συμβατά με τα χρησιμοποιούμενα και με τους κανόνες ασφαλείας που ακολουθούν οι εργαζόμενοι στην επιχείρηση.

3.5 Διαδικασία Λίπανσης στο Δίκτυο Κύριας Μηχανής με Σκοπό την Αποφυγή των Μεταβατικών Φαινομένων

Σε έναν πραγματικό αδιαβατικό κινητήρα το εργαζόμενο ρευστό θα υφίστατο αδιαβατικές μεταβολές. Φυσικά αυτό δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί στην πράξη. Για έναν κινητήρα Diesel, η επιφάνεια των τμημάτων που είναι εκτεθειμένη στο εργαζόμενο μέσο θα πρέπει να έχει τη θερμοκρασία αερίου κάθε στιγμή.

Ένα στερεό υλικό με μηδενική θερμική αγωγιμότητα και απορροφητικότητα (gray absorptivity) μηδέν θα ικανοποιούσε αυτή την απαίτηση, αλλά επίσης θα πρέπει να "αντιστέκεται" στις υψηλές πιέσεις του κινητήρα. Κανένα υλικό μέχρι σήμερα δεν πλησιάζει έστω αυτές τις απαιτήσεις (Βελαώρας, 2004).

Η επικάλυψη με ψεκασμό PSZ (partially stabilized zirconia) μέχρι βάθος μερικών χιλιοστών μπορεί να δώσει στην επιφάνεια ταλαντώσεις θερμοκρασιών μερικών εκατοντάδων βαθμών °C, μια τάξη μεγέθους χαμηλότερη από τις θερμοκρασιακές ταλαντώσεις του αερίου. Παρ' όλα αυτά, μπορεί να επιτευχθεί επαρκής μείωση της μεταφοράς θερμότητας ώστε να καταργηθεί το σύστημα ψύξης.

Αυτό είναι πιθανό επειδή η μεταφορά θερμότητας από την πλευρά του ψυκτικού μέσου έχει σταθερή τιμή κατά τη διάρκεια κάθε κύκλου και μπορεί να είναι περίπου μηδέν παρόλο που η θερμότητα συναλλάσσεται μεταξύ του εργαζόμενου αερίου και των συμμετεχόντων επιφανειών με ασταθή ρυθμό.

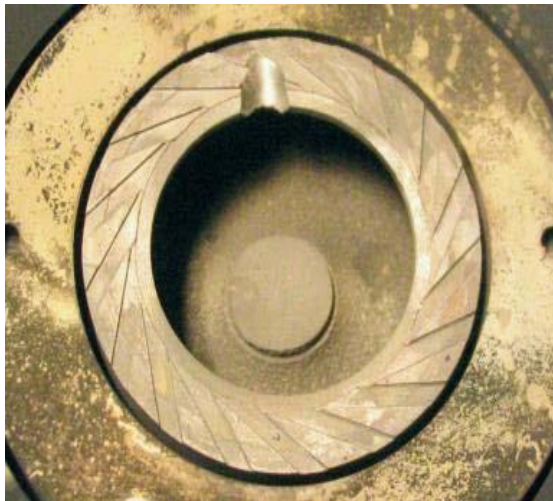
Επιπλέον με την εξάλειψη του συστήματος ψύξης, ο μονωμένος κινητήρας Diesel μπορεί να έχει μειωμένες εκπομπές υδρογονανθράκων. Συνολικά ένας μονωμένος κινητήρας Diesel (Στεργίου, Στεργίου, 2005):

- Παρέχει ελαφρώς καλύτερη απόδοση κινητήρα.

- Παρέχει σημαντική πρόσθετη ενέργεια εξαγωγής καυσαερίων.
- Έχει μικρότερες εκπομπές HC και αιθάλης.

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Μειωμένος ογκομετρικός βαθμός απόδοσης.
- Δυσκολία στην παροχή ελαίου λίπανσης.
- Ενδεχομένως προβλήματα θερμικών καταπονήσεων λόγω της χρήσης κεραμικών υλικών.
- Αυξημένες εκπομπές οξειδίων αζώτου, NOx λόγω υψηλότερων θερμοκρασιών κύκλου

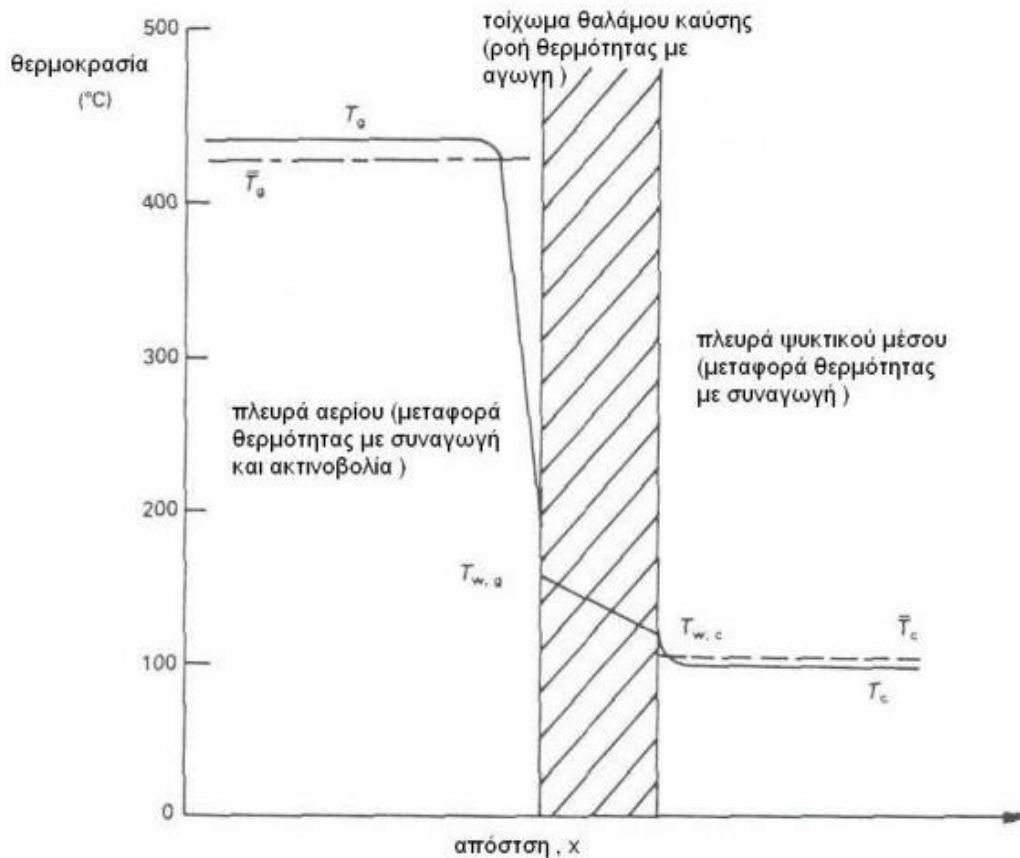


Εικόνα Νο. 3 - Θάλαμος καύσης κατασκευασμένος από κεραμικό υλικό.

Τα κεραμικά υλικά έχουν πολύ χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα από τα μέταλλα γεγονός που υποδεικνύει ότι η ενεργειακή ροή στο ψυκτικό μέσο θα μειωθεί, και οι υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης θα οδηγήσουν σε αυξημένο ενδεικνυόμενο έργο. Το Σχήμα Νο. 2 είναι αντιπροσωπευτικό της κατανομής θερμοκρασίας αφού :

- η θερμοκρασία αερίου (T_g) μπορεί να φθάσει τους 2500 K.
- η θερμοκρασία επιφανείας από την πλευρά του αερίου ($T_{w,g}$) είναι γύρω στους 600 K.
- η θερμοκρασία επιφάνειας προς την πλευρά του ψυκτικού μέσου ($T_{w,c}$) είναι γύρω στους 400 K.

- ο η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου (T_c) είναι περίπου 360 K.



Σχήμα Νο. 1,13 : Διάγραμμα της κατανομής θερμοκρασίας που παρουσιάζει τη μεγάλη θερμοκρασιακή πτώση στο θερμικό οριακό στρώμα στην πλευρά του αερίου.

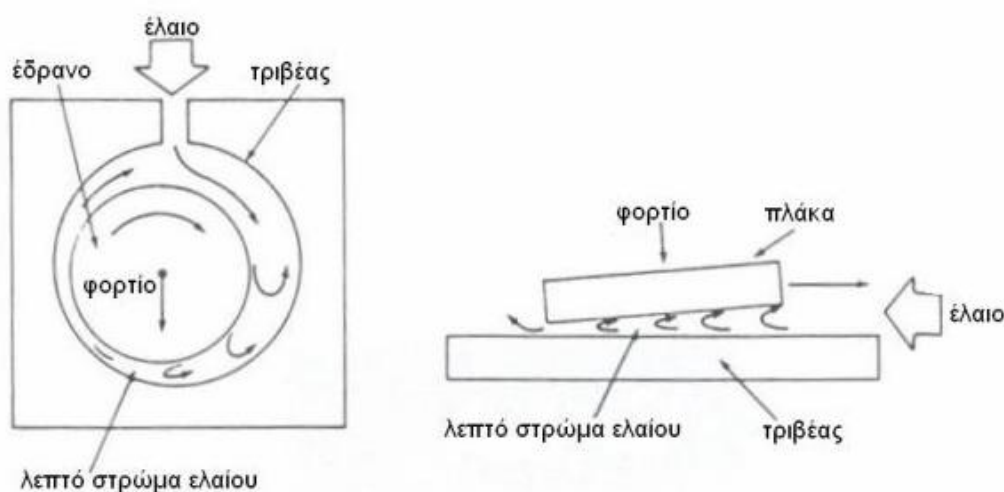
Αυτό το σύστημα είναι ισοδύναμο με σειρά θερμικών αντιστάσεων που αντιπροσωπεύουν θερμικά οριακά στρώματα από την πλευρά του αερίου και την πλευρά του ψυκτικού μέσου, και μια θερμική αντίσταση που ελέγχει τη ροή θερμότητας μέσω των τοιχωμάτων του θαλάμου καύσης. Εάν η ροή θερμότητας θεωρηθεί σταθερή, τότε οι διαφορές θερμικές αντιστάσεις είναι ανάλογες της διαφοράς θερμοκρασίας (όπως για τις διαφορές τάσης).

Εάν η ροή θερμότητας (όπως το ρεύμα) μεταβάλλεται, τότε η μεγαλύτερη επίδραση θα ληφθεί με την αλλαγή της μεγαλύτερης θερμικής αντίστασης, η οποία είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας από την πλευρά του αερίου. Κατά συνέπεια μια αλλαγή μεγέθους στη θερμική

αγωγιμότητα του τοιχώματος του θαλάμου καύσης δεν οδηγεί σε μια αλλαγή μεγέθους στη ροή θερμότητας.

3.6 Λιπαίνουσα Τριβή στα Στοιχεία των Σύγχρονων Μηχανών

Ένα αρχικό ζήτημα για να κατανοήσουμε την τριβή μεταξύ δύο λιπαινόμενων επιφανειών, είναι η ευρεία παραλλαγή στο μέγεθος των δυνάμεων που σχετίζονται. Κατά συνέπεια, μπορούν να εμφανιστούν διάφορες περιπτώσεις λίπανσης. Το Σχήμα No.1,14 δείχνει τις συνθήκες λειτουργίας δυο κοινών γεωμετριών για τα μέρη που λιπαίνονται, ένα έδρανο και έναν τριβέα κύλισης (ρουλεμάν).



Σχήμα No. 1,14: Σχηματικό διάγραμμα εδράνου και τριβέα κύλισης

Οι διάφορες περιπτώσεις λιπαινόμενης τριβής μπορούν να διευκρινιστούν με τη βοήθεια του διαγράμματος Stribeck που παρουσιάζεται στο Σχήμα No.1,14, όπου ο συντελεστής τριβής f (πηλίκο εφαπτομένης δύναμης προς κανονική δύναμη) για ένα έδρανο βάσης ορίζεται συναρτήσει μιας αδιάστατης παραμέτρου $\mu N/\sigma$, όπου (Στεργίου, Στεργίου, 2005)

- μ είναι το δυναμικό ιξώδες του λιπαντικού
- N η ταχύτητα περιστροφής του άξονα
- σ η δύναμη φόρτισης ανά μονάδα επιφάνειας

Για κυλιόμενες επιφάνειες η αδιάστατη παράμετρος γίνεται $\mu U/(σb)$, όπου:

- U είναι η σχετική ταχύτητα των δύο επιφανειών και
- b το πλάτος της κυλιόμενης πλάκας στην κατεύθυνση της κίνησης

Ο συντελεστής τριβής μπορεί να εκφραστεί ως:

- $f = \alpha f_s + (1-\alpha) f_L$, όπου (5.1)
- f_s είναι ο συντελεστής ξηράς τριβής μετάλλου προς μέταλλο
- f_L είναι ο υδροδυναμικός συντελεστής τριβής
- α είναι η σταθερά επαφής μετάλλου προς μέταλλο που ποικίλλει μεταξύ 0 και 1.

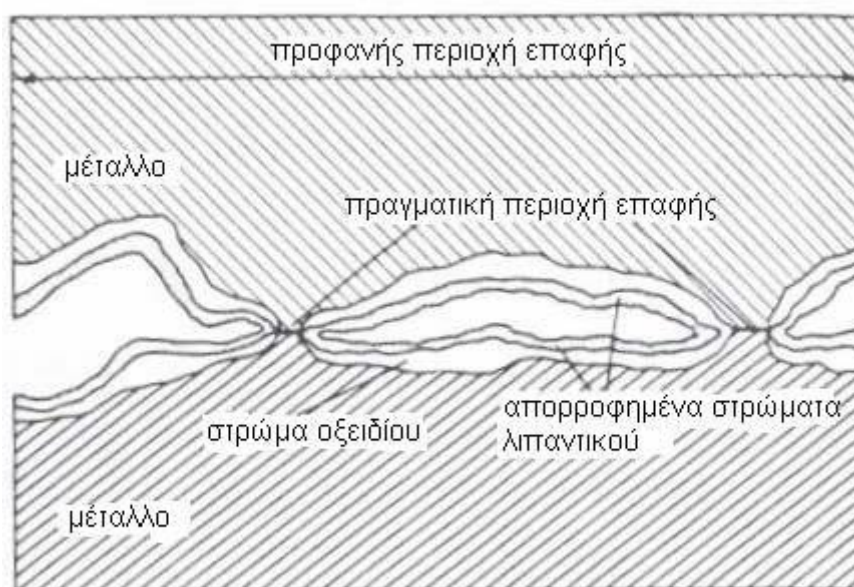
Όταν $\alpha > 1$ τότε $f > f_s$ και η τριβή καλείται οριακή (boundary), δηλαδή κοντά στη στερεά τριβή. Το λεπτό στρώμα λιπαντικού μειώνεται σε ένα ή μερικά μοριακά στρώματα και δεν μπορεί να αποτρέψει την μέταλλο προς μέταλλο επαφή μεταξύ των επιφανειών. Όταν $\alpha > 0$, τότε $f > f_L$ και η τριβή καλείται υδροδυναμική ή ιξώδης. Το στρώμα λιπαντικού είναι αρκετά παχύ για να χωρίσει εντελώς τις επιφάνειες στη σχετική κίνηση.

Μεταξύ αυτών των περιπτώσεων υπάρχει ένα μικτό ή μερικό καθεστώς λίπανσης όπου εμφανίζεται η μετάβαση από την οριακή στην υδροδυναμική λίπανση. Γενικά, για τα έδρανα βάσης, αυτή η περίπτωση ισχύει για οποιοδήποτε ζευγάρι μηχανικών μερών σχετικής κίνησης με το λιπαντικό ενδιάμεσά τους.

Υπό τους όρους της οριακής λίπανσης, η τριβή μεταξύ δύο επιφανειών στη σχετική κίνηση καθορίζεται από τις ιδιότητες της επιφάνειας καθώς επίσης και από τις ιδιότητες του λιπαντικού. Οι σημαντικές ιδιότητες επιφάνειας είναι η τραχύτητα, η σκληρότητα, η ελαστικότητα, η πλαστικότητα, η δύναμη τριβής, η θερμική αγωγιμότητα, και η υγροποίηση όσον αφορά το λιπαντικό. Οι σημαντικές ιδιότητες του λιπαντικού είναι κυρίως οι επιφανειακές ή οι χημικές, οι οποίες υπερσχύουν της δυνατότητας των μορίων του λιπαντικού (ή των

πρόσθετων ουσιών) να συνδεθούν με τις στερεές επιφάνειες. Λόγω της τραχύτητας των επιφανειών η πραγματική περιοχή επαφής είναι πολύ μικρότερη από την προφανή περιοχή επαφής.

Για ανόμοια υλικά οι ιδιότητες του πιο αδύνατου υλικού κυριαρχούν στη συμπεριφορά τριβής. Όπως φαίνεται στο Σχήμα Νο.1,15, από τη στιγμή που οι επιφάνειες καλύπτονται από στρώματα οξειδίου, η δύναμη τριβής του υλικού είναι αποτέλεσμα της δύναμης τριβής της επιφάνειας του στρώματος.



Σχήμα Νο. 1.15 - Δυο επιφάνειες σε σχετική κίνηση και συνθήκες οριακής λίπανσης.

Κάτω από τις συνθήκες οριακής λίπανσης ο συντελεστής τριβής είναι ουσιαστικά ανεξάρτητος της ταχύτητας. Η οριακή λίπανση εμφανίζεται μεταξύ των μηχανικών μερών κατά τη διάρκεια της εκκίνησης και της διακοπής λειτουργίας (έδρανα, έμβολα και ελατήρια εμβόλων) και κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας στα ελατήρια του εμβόλου στα σημεία της επαφής των ελατηρίων του εμβόλου με το τοίχωμα του κυλίνδρου στα ΑΝΣ και ΚΝΣ, μεταξύ βαριά "φορτωμένων" μερών και μεταξύ αργά κινουμένων μερών όπως τα στελέχη των βαλβίδων, τα ζύγωθρα και τα γρανάζια και οι αλυσίδες χρονισμού στροφαλοφόρου άξονα.

Οι συνθήκες υδροδυναμικής λίπανσης εμφανίζονται όταν η μορφή και η σχετική κίνηση των κυλιόμενων επιφανειών διαμορφώνουν ένα υγρό λεπτό στρώμα στο οποίο υπάρχει ικανοποιητική πίεση για να κρατήσει τις επιφάνειες χωρισμένες. Η αντίσταση εμφανίζεται στα αποτελέσματα κίνησης από τις δυνάμεις τριβής μέσα στο υγρό στρώμα, και όχι από την αλληλεπίδραση μεταξύ των παρατυπιών των επιφανειών όπως συνέβαινε υπό συνθήκες οριακής λίπανσης. Η πλήρης υδροδυναμική λίπανση ή ιξώδης τριβή είναι ανεξάρτητη από το υλικό ή την τραχύτητα των μερών και εξαρτάται μόνο από το ιξώδες του λιπαντικού.

Η υδροδυναμική λίπανση εμφανίζεται μεταξύ δύο συγκλινόντων επιφανειών που κινούνται σε σχετικά υψηλή ταχύτητα η μια ως προς την άλλη υπό περιορισμένο φορτίο έτσι ώστε κάθε φορά να μπορεί να διαμορφωθεί ένα λεπτό στρώμα ελαίου. Αυτός ο τύπος λίπανσης παρουσιάζεται στα έδρανα κινητήρων, μεταξύ του χιτωνίου του εμβόλου κάτω από το κάτω ελατήριο και του χιτωνίου του κυλίνδρου και μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου και των χιτωνίων για υψηλές ταχύτητες ολίσθησης.

Η υδροδυναμική λίπανση παύει όταν το πάχος του λεπτού στρώματος ρευστού γίνεται σχεδόν ίδιο με το ύψος της τραχύτητας της επιφάνειας. Στην ιξώδη τριβή προστίθεται η μέταλλο προς μέταλλο στερεά τριβή στις αιχμές της τραχύτητας. Τότε συνυπάρχουν και οι συνθήκες υδροδυναμικής και οριακής λίπανσης. Η υφή της επιφάνειας είναι αυτή που ελέγχει τη μετάβαση από υδροδυναμική σε μικτή λίπανση. Για παράδειγμα σε τραχύτερες επιφάνειες η μετάβαση από υδροδυναμική σε μικτή λίπανση πραγματοποιείται σε χαμηλότερα φορτία. Το απότομο φορτίο ή οι μεταβολές της ταχύτητας ή οι μηχανικές δονήσεις μπορούν να αναγκάσουν την εμφάνιση αυτής της μετάβασης.

Αυτό το φαινόμενο εμφανίζεται μέσα στα έδρανα του διωστήρα και της στροφαλοφόρου ατράκτου, όπου η περιοδική μέταλλο προς μέταλλο επαφή είναι αποτέλεσμα των ξαφνικών "σπασιμάτων" (break-up) στο στρώμα λιπαντικού ελαίου. Η περιοχή επαφής μεταξύ των ελατηρίων του εμβόλου και των κυλίνδρων είναι μια ζώνη όπου λόγω των ξαφνικών αλλαγών στην ταχύτητα, το φορτίο και τη θερμοκρασία, η λίπανση είναι μικτού τύπου.

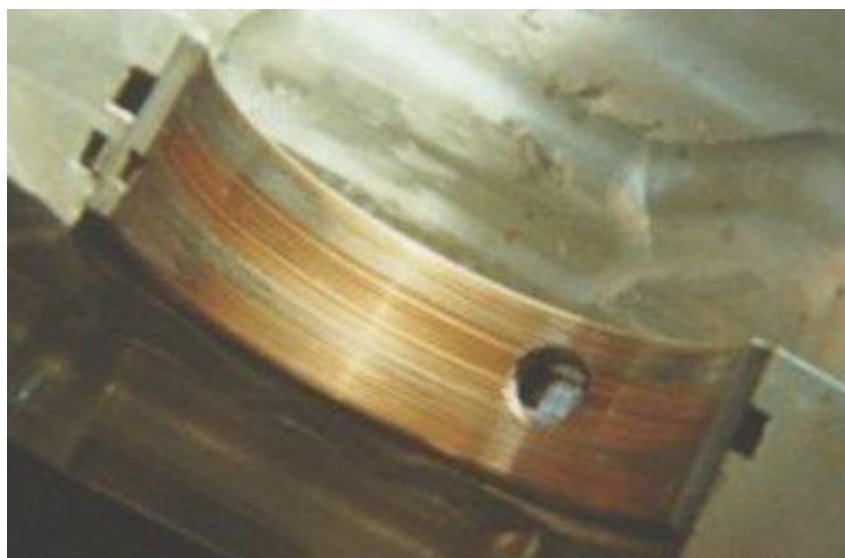
Διακοπτόμενες μέταλλο προς μέταλλο επαφές εμφανίζονται ως αποτέλεσμα των "σπασιμάτων" στο λεπτό στρώμα του λιπαντικού ελαίου.

3.7 Η Σημασία της Λίπανσης για την Αποφυγή Ύπαρξης Δημιουργία Μεταβατικών Φαινομένων

Το σύστημα λίπανσης είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει αρκετό λάδι στα μέρη του κινητήρα που απαιτούν λίπανση κατά την κίνηση τους και λειτουργούν κάτω από υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και με σκοπό την αποφυγή δημιουργίας μεταβατικών φαινομένων. Το λάδι διοχετεύεται με την πίεση της αντλίας στα περισσότερα μέρη του κινητήρα και μειώνει την τριβή και τη φθορά στο ελάχιστο και επίσης αποτρέπει την εμφάνιση υπερθέρμανσης σε ορισμένες περιοχές και θα μπορούσε να οδηγήσει σε φθορά του κινητήρα. Μερικά συστατικά δεν λιπαίνονται με τη βοήθεια της πίεσης αλλά ψεκάζονται από το λιπαντικό.

Το λάδι που κυκλοφορεί στο σύστημα λίπανσης επίσης βοηθάει στην ψύξη του κινητήρα. Το λιπαντικό και το σύστημα λίπανσης εκτελούν τις ακόλουθες λειτουργίες (Στεργίου, Στεργίου, 2005):

- Μείωση της τριβής αντίστασης της μηχανής στο ελάχιστο για να εξασφαλιστεί μέγιστη μηχανική απόδοση.
- Προστασία του κινητήρα από τη φθορά.
- Συμβολή στη ψύξη του εμβόλου.
- Αφαίρεση όλων των επιβλαβών ακαθαρσιών από τις λιπαινόμενες περιοχές.
- Περιορισμός της διαρροής αερίου και ελαίου (ειδικά στην περιοχή των ελατηρίων) σε ένα αποδεκτό κατώτατο επίπεδο.



Σχήμα Νο. 1,16: Φθορά εμβόλου λόγω έλλειψης λίπανσης.

3.7.1 Συστήματα Λίπανσης για την Αποφυγή Ύπαρξης Δημιουργία Μεταβατικών Φαινομένων

Τα κύρια κινούμενα μέρη ενός κινητήρα λιπαίνονται με την εισαγωγή ελαίου από ένα σύστημα υπό πίεση. Η αντλία ελαίου μεταφέρει το λιπαντικό από τη λεκάνη ελαίου («κάρτερ») του κινητήρα και μέσω μιας βαλβίδας ελέγχου το οδηγεί στον ελαιοψυκτήρα. Το λιπαντικό περνά έπειτα μέσα από το φίλτρο στο κυρίως κύκλωμα ελαίου. Από το κυρίως κύκλωμα, το λιπαντικό διακλαδίζεται στο έδρανο βάσης, τα έδρανα κάτω κεφαλής διωστήρα και τα έδρανα του εκκεντροφόρου άξονα.

Το λιπαντικό επίσης διοχετεύεται στην αντλία έγχυσης καυσίμου. Μέσω ενός περάσματος εντός των εδράνων του εκκεντροφόρου, το λιπαντικό ρέει προς την περιοχή μεταξύ των ωστηρίων. Καθώς το λιπαντικό περνά από τα ωστήρια και την περιοχή μεταξύ ωστηρίων, στη συνέχεια κατευθύνεται προς τα πάνω κατά τη διάρκεια της κίνησης των ωστήριων βάρκτρων, έτσι ώστε τα ζύγωθρα και τα στελέχη των βαλβίδων να λιπαίνονται "παλμωδικά" μέσω της κίνησης των ωστήριων βάρκτρων και των διωστήρων.

Για την ψύξη των εμβόλων και τη λίπανση των κυλίνδρων, το λιπαντικό έλαιο ρέει από την κάτω μεριά του εμβόλου μέσω των ακροφυσίων που συνδέονται με τα έδρανα βάσης. Οι συμπιεζόμενες, μέσω ελατηρίου,

σφαιρικές βαλβίδες που ενσωματώνονται στα ακροφύσια διακόπτουν την ψύξη σε χαμηλές ταχύτητες περιστροφής του κινητήρα για να διασφαλίσουν ότι η πίεση του ελαίου παραμένει επάνω από ένα ασφαλές επίπεδο. Τα γρανάζια από τον κύριο μηχανισμό χρονισμού λιπαίνονται καθώς ψεκάζονται (splash lubricated). Το λιπαντικό έλαιο επιστρέφει από την αντλία εγχύσεως και το κάλυμμα του θαλάμου του ζυγώθρου στην λεκάνη ελαίου.

Το λιπαντικό ρέει από τη λεκάνη ελαίου μέσω ενός πλεγματοειδούς φίλτρου και μέσω μιας πολυλοβοειδούς αντλίας θετικής μετατόπισης. Η αντλία οδηγείται από οδοντωτό ιμάντα από την στροφαλοφόρο άτρακτο. Με τη βοήθεια της αντλίας το έλαιο διέρχεται από το ψυγείο λαδιού και από μια σειρά φίλτρων. Τα φίλτρα ελαίου πρέπει να επιτρέπουν την πλήρη ροή από την αντλία, και να ενσωματώνουν ένα σύστημα πίεσης – ανακούφισης στην περίπτωση που το φίλτρο μπλοκάρει. Τα φίλτρα μπορούν να αφαιρέσουν σωματίδια διαμέτρου 5μm και μικρότερα.

3.7.2 Τα Γενικά Χαρακτηριστικά Ενός Λιπαντικού για την Αποφυγή Ύπαρξης Δημιουργία Μεταβατικών Φαινομένων

Οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιεί μια ουσία που προορίζεται για λιπαντικό για την Αποφυγή Ύπαρξης Δημιουργία Μεταβατικών Φαινομένων είναι:

A) Να έχει κατάλληλο ιξώδες, αλλά και να διατηρεί κατά το δυνατό ανεπηρέαστο στις μεταβολές της θερμοκρασίας, που το λιπαντικό θα συναντήσει στις διάφορες φάσεις λειτουργίας του κινητήρα. Δεν αρκεί να έχουμε στον κινητήρα μας λιπαντικό με κατάλληλο ιξώδες κατά την εκκίνηση. Όταν ο κινητήρας ζεσταθεί, ύστερα από ορισμένο χρόνο λειτουργίας, πρέπει το ιξώδες του λιπαντικού να παραμένει αρκετά υψηλό, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος εκθλίψεως της λιπαντικής μεμβράνης.

Όταν το ιξώδες είναι μεγαλύτερο από το κανονικό δυσχεραίνει την εκκίνηση του κινητήρα και προκαλεί απώλεια ισχύος και μείωση του βαθμού αποδόσεως. Αντίθετα, χαμηλό ιξώδες δεν εξασφαλίζει πάντοτε τη λιπαντική μεμβράνη που απαιτείται ανάμεσα στις τριβόμενες επιφάνειες. Την απαίτηση

για τη μέγιστη δυνατή σταθερότητα του ιξώδους στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας εξασφαλίζει η άλλη ιδιότητα του λιπαντικού, που εκφράζει με το δείκτη ιξώδους.

Β) Να μην έχει διαβρωτική επίδραση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει. Αποστολή των λιπαντικών είναι προστασία των μεταλλικών επιφανειών από τη διάβρωση. Κατά κανόνα τα ορυκτέλαια ικανοποιούν τέλεια αυτή τη βασική απαίτηση.

Γ) Να έχει ικανοποιητική πρόσφυση στις μεταλλικές επιφάνειες τις οποίες λιπαίνει, ώστε η προστασία τους από τη διάβρωση να συνεχίζεται και όταν ο κινητήρας δε λειτουργεί.

Δ) Να έχει χημική σταθερότητα, για να μην αλλοιώνεται από τους παράγοντες που συναντά κατά τη λειτουργία του κινητήρα και που είναι: ο ατμοσφαιρικός αέρας, το νερό, τα μέταλλα, τα καυσαέρια και οι συχνές εναλλαγές της θερμοκρασίας. Η αλλοίωση του λιπαντικού από τους παράγοντες αυτούς εκδηλώνεται με τους εξής κυρίως τρόπους (Βελαώρας, 2004):

- Εμφάνιση ιλύος (λάσπης) και ασφαλικών καταλοίπων.
- Προϊόντα αλλοιώσεως με διαβρωτική δράση στα μέταλλα(όξινα συστατικά).
- Αύξηση του ιξώδους. Η αύξηση όμως αυτή πιθανόν να μην εκδηλώνεται, γιατί μπορεί το λιπαντικό να μολύνεται με καύσιμο, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις, έχει μικρότερο ιξώδες από το λιπαντέλαιο, ενώ σε άλλα μεγαλύτερο, οπότε το αυξημένο ιξώδες θα οφειλόταν στο υψηλό ιξώδες του καυσίμου που υπεισέρχεται στο λιπαντέλαιο.

Τις παραπάνω απαιτήσεις εξασφαλίζουμε με τους εξής κυρίως τρόπους:

- α) Την καλή συντήρηση του κινητήρα.
- β) Την επιλογή του κατάλληλου λιπαντικού, του οποίου η καταλληλότητα επηρεάζεται από την επιλογή των πρώτων υλών.

- γ) Την κατάλληλη επεξεργασία και
- δ) Την ανάμιξη με κατάλληλα χημικά πρόσθετα (additives).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσης πτυχιακής εργασίας, αναφέρεται σχετικά η συλλογή, αξιολόγηση και συζήτηση στοιχείων που οριοθετούνται στο πλαίσιο της ανάλυσης βιβλιογραφικών δεδομένων για την λειτουργία των σύγχρονων μηχανών και τα μεταβατικά φαινόμενα που συμβαίνουν, δημιουργώντας πρόβλημα στις εν λόγω λειτουργίες.

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι ο βιομηχανικός εξοπλισμός έχει υψηλό κόστος κτήσης και συντήρησης και η οικονομικά αποδοτική λειτουργία του εξαρτάται από τη διατήρηση των προηγούμενων σε χαμηλά επίπεδα. Η συμμόρφωση με αυτή την απαίτηση αποτελεί πρόκληση για τους μηχανικούς που ασχολούνται με τη συντήρηση μηχανών.

Οι μηχανές έχουν την αρχή τους στα πιο απλά εργαλεία που πρωτοχρησιμοποίησε ο άνθρωπος: το ρόπαλο και το πέτρινο πελέκι κ.α. Χωρίζονται σε απλές που χρησιμοποιούν τη μυϊκή ενέργεια και έχουν απλή κατασκευή και σύνθετες που χρησιμοποιούν διάφορες άλλες μορφές ενέργειας και έχουν πολύπλοκη κατασκευή που σήμερα κλιμακώνονται από τα κάπως σύνθετα εργαλεία ως τους λεγόμενους ηλεκτρονικούς εγκεφάλους. Οι αρχαίοι πρόγονοι μας είχαν και απλές και σύνθετες μηχανές.

Τα μεταβατικά φαινόμενα σε ηλεκτρικά κυκλώματα αφορούν την συμπεριφορά του ρεύματος, φορτίου ή τάσης, μετά την διακοπή ή την αποκατάσταση συνέχειας σε ένα κύκλωμα, μέχρις ότου δημιουργηθεί σταθερή κατάσταση.

Όταν μια σύγχρονη μηχανή χρησιμοποιείται σαν κινητήρας, θα πρέπει να είναι δυνατή η διασύνδεσή της απευθείας στο δίκτυο τροφοδοσίας, όπως ακριβώς συμβαίνει με τις επαγωγικές μηχανές και τις μηχανές συνεχούς ρεύματος. Εντούτοις, ένας σύγχρονος κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει από μόνος του. Εάν οι πόλοι του πεδίου διεγερθούν από το ρεύμα της διέγερσης και οι ακροδέκτες του στάτη συνδεθούν στο δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος ο κινητήρας δεν θα ξεκινήσει.

Αναφέραμε στην αρχή του παρόντος κεφαλαίου ότι οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως σαν γεννήτριες, είτε τροφοδοτώντας με ισχύ κάποιο απομονωμένο φορτίο, είτε συνδεδεμένες σε άπειρο ζυγό. Μια διαταραχή μπορεί να συμβεί στη σύγχρονη μηχανή με διάφορες μορφές. Ένα ανεπιθύμητο βραχυκύκλωμα μπορεί να συμβεί μεταξύ φάσης και γης, μεταξύ φάσης και φάσης ή μεταξύ και των τριών φάσεων.

Μια διαταραχή μπορεί επίσης να προκληθεί από την ξαφνική επιβολή κάποιου φορτίου στη μηχανή. Οποιοδήποτε είδους διαταραχή θα προκαλέσει μηχανικά και ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα. Η μηχανή μπορεί να απολέσει ακόμα και το συγχρονισμό εξαιτίας κάποιας διαταραχής. Η μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς μιας σύγχρονης μηχανής είναι αρκετά πολύπλοκη.

Κατά την συνεχιζόμενη ολίσθηση συμβαίνουν αλλαγές στην κατάσταση των επαπτομένων επιφανειών, που επηρεάζουν την τριβή και την φθορά. Κατά την αρχική περίοδο της «επίτριψης» ισοπεδώνονται οι ψηλότερες μικροανωμαλίες, παρασύρονται και εξαλείφονται ξένα επιφανειακά στρώματα και επικαθήσεις, σχηματίζονται νέα σταθερότερα επιφανειακά στρώματα και συμβαίνουν αλλαγές στην κρυσταλλική δομή των υλικών των επιφανειών.

Αυτές οι αλλαγές έχουν σαν αποτέλεσμα είτε την αύξηση είτε την μείωση της αρχικής τιμής του συντελεστή τριβής. Η αποφυγή φθορών και διαβρώσεων στο στάδιο αυτό και η εν γένει ομαλή εξέλιξη της επίτριψης είναι σημαντική για την εξασφάλιση μεγάλης διάρκειας ζωής των επαφών τεχνικών επιφανειών. Μετά την επίτριψη ο συντελεστής τριβής σταθεροποιείται για κάποιο διάστημα και συνήθως ακολουθεί μία δεύτερη μεταβατική περίοδος, κατά την οποία ο συντελεστής τριβής αυξάνεται λόγω φθορών που προξενούνται από ξένα ή αποσπώμενα σωματίδια και κατά συνέπεια αύξησης της τραχύτητας.

Οι τρόποι αλλά και οι σκοποί της συντήρησης των μηχανημάτων και τα οποία χρησιμοποιούνται από μια επιχείρηση στις μέρες μας με σκοπό την αποφυγή των μεταβατικών φαινομένων, οριοθετούνται από τις αντίστοιχες νομοθεσίες που ισχύουν και έχουν φυσικά ως σκοπό την ασφάλεια των

εργαζομένων και την άρτια λειτουργία των συγκεκριμένων μηχανημάτων. Η νομοθεσία καλύπτει γενικές αρχές, ειδικές απαιτήσεις, αλλά παραμένει ελλιπής στις προβλέψεις για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των μηχανημάτων.

Πριν από μερικές δεκαετίες, η συντήρηση ήταν μια διαδικασία κατά την οποία ένα τμήμα του εξοπλισμού πάθαινε βλάβη, γινόταν αντικατάσταση του τμήματος αυτού και ο εξοπλισμός ξαναέμπαινε σε λειτουργία. Από τότε εξελίχθηκε, παίρνοντας μορφή μεθοδικών προληπτικών ενεργειών με σαφείς στόχους, ακολουθώντας τις προόδους της τεχνολογίας.

Βιβλιογραφία

- Βαΐρης Α. (2002), Στοιχεία Μηχανών Ι, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα
- Βαΐρης Α. (2005), Στοιχεία Μηχανών ΙΙ, Εκδόσεις Κέδρος, Αθήνα
- Βελαώρας Ι., (2004), Επίτομος Στοιχείων Μηχανών, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα
- Γραϊκούση Ι., (1993) Στοιχεία Μηχανών, Εκδόσεις Γιαχούλη – Γιαπούλη, Αθήνα
- Μαλαχίας, Γ., (2002), Ανυψωτικά Μηχανήματα, Εκδόσεις «ΙΩΝ»
- Παπαδόπουλος Χρ., (2009), Στοιχεία Μηχανών – Μεταφοράς Ισχύος, Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2006), Ανυψωτικά και Μεταφορικά Μηχανήματα, Σύγχρονη Εκδοτική
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2003), Στοιχεία Μηχανών Ι, Σύγχρονη Εκδοτική
- Στεργίου, Ι., Κων., Στεργίου, Κ., Ιωαν., (2005), Στοιχεία Μηχανών ΙΙ, Σύγχρονη Εκδοτική
- Fineman J., (1994), The Character of Physical Law, Random House (Modern Library), hardcover
- Fineman J., (1996), Leighton, Sands, The Feynman Lectures on Physics, Addison-Wesley
- Fineman J., (1998), World of Physics. Online Physics encyclopedic dictionary.