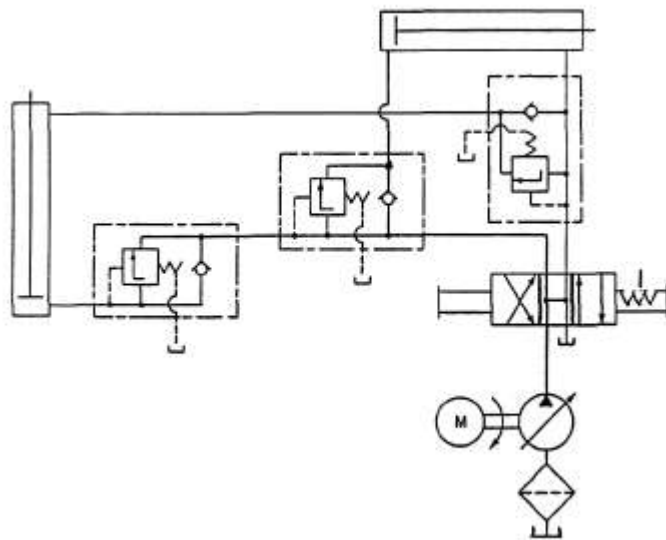




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ
ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΜΑΘΗΜΑ : ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΣΤΑ
ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ:

ΒΑΡΘΟΛΟΜΑΙΟΥ ΣΙΜΩΝΙΔΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : κ. Θ.Ν. ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2007

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στο παρόν σύγγραμμα το οποίο χωρίζεται σε έξι κεφάλαια γίνεται μια προσπάθεια καταγραφής των βλαβών και των προβλημάτων που μπορεί να παρουσιαστούν στα εξαρτήματα ενός υδραυλικού συστήματος και κατ' επέκταση στο ίδιο το σύστημα.

Στα πρώτα δύο κεφάλαια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση των εξαρτημάτων που μελετούνται αλλά και των αρχών που διέπουν το υδραυλικό σύστημα έτσι ώστε ακόμη και ένας άπειρος μελετητής υδραυλικών συστημάτων να μπορεί να κατανοήσει πλήρως την προέλευση μιας βλάβης.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βλάβες που μπορεί να παρουσιαστούν σε ένα σύστημα καθώς και που αιτίες που τις προκαλούν .

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια κατηγοριοποίησης της βλάβης ανά εξάρτημα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις βλάβες που μπορεί να προκύψουν σε υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης.

Το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο είναι αυτό της προβλεπτικής συντήρησης όπου και δίνονται οδηγίες για την έγκαιρη αποφυγή των βλαβών.

Σ' αυτή την προσπάθεια μου για την καταγραφή των βλαβών ,θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου κύριο Θ.Ν Κωστόπουλο ο οποίος μου εμπιστεύτηκε τη μελέτη του συγκεκριμένου θέματος. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Π. Αθανασάτο οποίος με επέβλεπε και με βοηθούσε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας ακόμη και κατά την περίοδο των καλοκαιρινών διακοπών. Τέλος να ευχαριστήσω τους γονείς μου που με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Σιμωνίδης Δ. Βαρθολομαίος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	σελ 6
1.1	Φυσικές αρχές	σελ 7
1.2	Πλεονεκτήματα- Μειονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων.....	σελ 10
1.3	Το βασικό υδραυλικό σύστημα -Συμβολισμοί.....	σελ 12
Κεφάλαιο 2	Συνοπτική λειτουργία των κυριότερων στοιχείων του υδραυλικού συστήματος.....	σελ 17
2.1	Αντλίες	σελ 17
2.1.1	Οδοντωτές αντλίες.....	σελ 17
2.1.2	Πτερυγοφόρες αντλίες.....	σελ 20
2.1.3	Εμβολοφόρες αντλίες.....	σελ 21
2.2	Υδραυλικοί κινητήρες.....	σελ 24
2.3	Υδραυλικοί κύλινδροι.....	σελ 27
	(Κύλινδροι απλής ενέργειας, Κύλινδροι διπλής ενέργειας)	
Κεφάλαιο 3	Βλάβες που συναντάμε σε υδραυλικά συστήματα και αιτίες που τις προκαλούν.....	σελ 29
3.1	Διαρροή ρευστού.....	σελ 29
3.1.1	Εξωτερική διαρροή.....	σελ 30
3.1.1.1	Εξωτερική διαρροή από τα κωνικά σπειρώματα των σωληνώσεων.....	σελ 30
3.1.1.2	Εξωτερικές διαρροές τους στεγανωτικούς κυκλικούς δακτύλιους- (O-rings).....	σελ 31
3.1.1.3	Εξωτερικές διαρροές σε συνδέσεις με φλάντζα.....	σελ 34
3.1.1.4	Βλάβες κυκλικών παρεμβασμάτων.....	σελ 36
3.1.1.5	Εξωτερική διαρροή οφειλόμενη σε αστοχίες ελαστικών σωληνώσεων.....	σελ 39
3.1.1.6	Υδραυλικό πλήγμα.....	σελ 43
3.1.2	Εσωτερική διαρροή.....	σελ 44
3.1.2.1	Εσωτερική διαρροή από τα στεγανωτικά υδραυλικού κυλίνδρου.....	σελ 44
3.1.2.2	Βλάβες στεγανωτικών κυκλικών δακτυλίων που προκαλούν εσωτερικές διαρροές.....	σελ 45
3.1.2.3	Εσωτερική διαρροή σε βαλβίδες.....	σελ 50
3.1.2.4	Εσωτερική διαρροή απ τον ψύκτη υδραυλικού ρευστού.....	σελ 51
3.1.2.5	Διαρροή σε ρωγμές.....	σελ 52
3.2	Θόρυβος στο σύστημα.....	σελ 55
3.2.1	Τρόποι μετάδοσης θορύβου.....	σελ 55
3.2.2	Θόρυβος στις αντλίες (κυματισμοί αντλίας ,παλμοί πίεσης,).....	σελ 56
3.2.3	Θόρυβος στις βαλβίδες.....	σελ 60

3.2.5	Θόρυβος στους υδραυλικούς κυλίνδρους).....σελ 61
3.2.6	Θόρυβος στον ηλεκτροκινητήρα.....σελ 62
3.3	Κραδασμοί.....σελ 63
3.3.1	Η αντλία λειτουργεί με κραδασμούς σε όλες τις παροχές (κακή ευθυγράμμιση ,αζυγοσταθμία κλπ).....σελ 63
3.3.2	Η αντλία λειτουργεί με κραδασμούς στις χαμηλές παροχέςσελ 67
3.3.3	Η αντλία λειτουργεί με κραδασμούς στις υψηλές παροχέςσελ 67
3.3.4	Κραδασμοί σαν αποτέλεσμα της υπερβολικής αύξησης της πίεσης.....σελ 68
3.3.5	Υπερβολική πίεση στο κέλυφος αντλίας /κινητήρα.....σελ 70
3.3.6	Ταλαντώσεις στο σύστημα σωληνώσεων.....σελ 71
3.3.7	Κραδασμοί εξαιτίας ανεπιθύμητης μετατροπής του υδραυλικού κινητήρα σε αντλία.....σελ 72
3.3.8	Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία των βαλβίδωνσελ 72
3.3.9	Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία των κυλίνδρων.....σελ 72
3.3.10	Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων.....σελ 73
3.4	Υπερθέρμανση συστήματος.....σελ 74
3.4.1	Απώλειες ισχύος σε αντλίες.....σελ 74
3.4.2	Πως ο συσσωρευτής αερίου μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση.....σελ 77
3.4.3	Βλάβες στους ηλεκτρικούς κινητήρες και απώλειες ισχύος.....σελ 78
3.4.4	Προβλήματα που παρουσιάζονται και σε υδραυλικούς κινητήρες.....σελ 78
3.4.5	Δεξαμενές ρευστού και υπερθέρμανσησελ 78
3.4.6	Δημιουργία θερμότητας ως αποτέλεσμα της επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο υδραυλικό ρευστό.....σελ 79
3.4.7	Απώλειες ισχύος σε (ελαστικές)σωληνώσεις.....σελ 80
3.4.8	Μπλοκάρισμα βαλβίδων και δημιουργία θερμότητας.....σελ 82
3.4.9	Δυσλειτουργία του εναλλάκτη θερμότητας.....σελ 84
3.4.10	Πτώση πίεσης στα εξαρτήματα και δημιουργία θερμότητας)σελ 84
3.5	Ρύπανση υδραυλικού λαδιού.....σελ 87
3.5.1	Πηγές ρύπανσης.....σελ 87
3.5.2	Κατηγορίες σωματιδίων που προκαλούν ρύπανσησελ 88
3.5.3	Προέλευση σωματιδίων φθοράςσελ 91
3.5.4	Αποτελέσματα ρύπανσης σε αντλίες.....σελ 93
3.5.4.1	Μικροοργανισμοί και βακτήρια σε αντλίες.....σελ 95

3.5.5	Αποτελέσματα ρύπανσης σε βαλβίδες.....σελ	96
3.5.6	Αποτελέσματα ρύπανσης σε υδραυλικούς κυλίνδρους.....σελ	98
3.6	Το φαινόμενο της σπηλαίωσης στις αντλίες	σελ 97
3.6.1	Εισαγωγή στο φαινόμενο- Μηχανισμός σπηλαίωσης.....σελ	97
3.6.2	Σπηλαίωση σε αντλίες, κινητήρες.....σελ	104
3.7	Αέρας στο ρευστό	σελ 110
3.7.1	Τρόποι εισαγωγής αέρα στο ρευστό και αποτελέσματα.....σελ	110
3.7.2	Πως ο αέρας επηρεάζει τα εξαρτήματα(ανεπαρκής λίπανση, φαινόμενο diesel).....σελ	111
3.8	Υδροστατική ισορροπία.....σελ	115
3.8.1	Γενικά.....σελ	115
3.8.2	Απώλεια υδροστατικής ισορροπίας σε αντλίες.....σελ	116
3.8.3	Απώλεια υδροστατικής ισορροπίας σε βαλβίδες.....σελ	120
3.8.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την υδροστατική ισορροπία.....σελ	120

Κεφάλαιο 4 Βλάβες ανά εξάρτημα.....σελ 123

4.1	Βλάβες που μπορεί να αντιμετωπίσουμε αντλίες.....σελ	123
4.2	Βλάβες που μπορεί να αντιμετωπίσουμε σε υδραυλικούς κινητήρες.....σελ	134
4.3	Δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία αντλιών / κινητήρων	σελ 136
4.4	Βαλβίδες.....σελ	140
4.4.1	Περιγραφή και λειτουργία των κυριότερων βαλβίδων που μπορεί να συναντήσουμε σ ένα υδραυλικό σύστημα.....σελ	140
4.4.1.1	Βαλβίδες κατευθύνσεως.....σελ	140
4.4.1.2	Βαλβίδες αντεπιστροφής.....σελ	145
4.4.1.3	Σερβοβαλβίδες.....σελ	147
4.4.1.4	Αναλογικές βαλβίδες	σελ 152
4.4.1.5	Βαλβίδες πίεσεως(ανακουφιστική ,περιορισμού πίεσεως).....σελ	157
4.4.2	Βλάβες βαλβίδων.....σελ	164
4.4.2.1	Βλάβες αναλογικών και γενικά ηλεκτρικά ενεργοποιούμενων βαλβίδων.....σελ	164
4.4.2.2	Βλάβες σε σερβοβαλβίδες.....σελ	171
4.4.2.3	Βλάβες σε βαλβίδες διαδοχικής δράσεως	σελ 174
4.4.2.4	Βλάβες σε βαλβίδες αποφορτίσεως	σελ 176

4.4.2.5	Βλάβες σε βαλβίδες περιορισμού της πίεσης.....σελ	176
4.4.2.6	Βλάβες σε βαλβίδες αντισταθμίσεως.....σελ	178
4.4.2.7	Βλάβες σε βαλβίδες αντεπιστροφής.....σελ	179
4.4.2.8	Βλάβες σε βαλβίδες κατευθύνσεως της παροχής.....σελ	182
4.4.2.9	Βλάβες σε βαλβίδες έλεγχου της παροχής.....σελ	182
4.4.2.10	Σπηλαίωση βαλβίδων.....σελ	186
4.3	Βλάβες υδραυλικών κυλίνδρων.....σελ	187
4.3.1	Λυγισμός βάρκρου.....σελ	187
4.3.3.2	Δυνάμεις που ασκούνται στις εδράσεις του κυλίνδρου.....σελ	189
4.3.3.4	Κακή ευθυγράμμιση.....σελ	191
4.3.3.5	Σύνδεση βάρκρου με φορτίο και ανάπτυξη πλευρικών φορτίων.....σελ	193
Κεφάλαιο 5 Υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης.....σελ		199
5.1	Γενικά.....σελ	199
5.2	Εφαρμογές υδροστατικών μεταδόσεων κίνησης.....σελ	201
5.3	Βλάβες στις υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης.....σελ	204
Κεφάλαιο 6 Προβλεπτική συντήρηση υδραυλικών συστημάτων.....σελ		209
6.1	Μέθοδος της θερμογράφησης.....σελ	209
6.2	Μέθοδος παρακολούθησης κραδασμών.....σελ	215
6.3	Μέθοδος ακουστικής επιθεώρησης.....σελ	218
6.4	Τεχνικές ανάλυσης λαδιού.....σελ	222
6.5	Πρόβλεψη σπηλαίωσης σε αντλίες.....σελ	227
6.6	Εντοπισμός εσωτερικών διαρροών.....σελ	230
6.7	Εξειδικευμένα εργαλεία συντήρησης υδραυλικών εξαρτημάτων.....σελ	235
6.8	Γενικές οδηγίες κατά την εκκίνηση του συστήματος.....σελ	242
Βιβλιογραφία.....σελ		245

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υδραυλικό σύστημα είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση κινήσεως και μεταφορά ισχύος από την κινητήρια στην κινούμενη μηχανή (εργομηχανή).

Το υδραυλικό σύστημα απαρτίζεται από ένα σύνολο εξαρτημάτων (αντλίες ,κύλινδροι κλπ) που συνεργαζόμενο παράγει έργο και δημιουργεί ένα αποτέλεσμα . Τα εξαρτήματα αυτά είναι υδραυλικά μηχανήματα δηλαδή μηχανήματα που χειρίζονται ένα υδραυλικό ρευστό υπό πίεση ,το οποίο ονομάζεται εργαζόμενο μέσο.

Το υδραυλικό σύστημα είναι μία σύγχρονη τεχνολογία που δημιουργήθηκε πριν μερικές δεκαετίες. Η εφεύρεση της πτερυγοφόρου αντλίας και της βαλβίδας κατευθύνσεως με ολισθαίνον έμβολο από τον Harry Vickers, ανήκουν στην περίοδο το μεσοπολέμου. Μερικές τεχνικές του υδραυλικού συστήματος όπως οι ένθετες βαλβίδες και ο έλεγχος με μικροϋπολογιστές αναπτύχθηκαν μετά το 1970 και αναπτύσσονται σχεδόν μέρα με την μέρα.

Τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούνται από αρχαιότατων χρόνων. Κάποια παραδείγματα χρησιμοποίησης υδραυλικών συστημάτων είναι το υδραυλικό ρολόι της Αθήνας, ο πύργος των Ανέμων και η χρήση της πτερωτής που κινείται με νερό. Ακόμη και σήμερα η υδραυλική ισχύς χρησιμοποιείται σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς, ανεμόμυλους αιολικής ενέργειας κλπ.

Στις παραπάνω περιπτώσεις κύριο ρόλο έπαιζε η κινητική ενέργεια του ρευστού. Στη σημερινή εποχή η υδραυλική ισχύς σημαίνει μεταφορά ισχύος και ενέργειας και αυτό γίνεται μόνο με την αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας των ρευστών.

Η ανάπτυξη πολύπλοκων και πανίσχυρων μηχανών, όπως η μηχανή εσωτερικής καύσεως ή ο ηλεκτρικός κινητήρας, κατέστησε αναγκαία τη δημιουργία μηχανισμών οι οποίοι θα μετέτρεπαν τη διαθέσιμη ισχύ σε χρήσιμο έργο. Τα υδραυλικά συστήματα είναι απ' τους πλέον κατάλληλους μηχανισμούς για αυτή τη δουλειά.

Το ρευστό υπό πίεση είναι ένας από τους καλύτερους τρόπους για να μετατρέψουμε την κίνηση και να ελέγξουμε την δεδομένη ισχύ. Μπορεί να επιταχυνθεί και να επιβραδυνθεί με τέτοια ακρίβεια, ευκολία και ευελιξία που κανένα άλλο μέσο δεν προσφέρει.

Η υδραυλική δύναμη στη βιομηχανία και την μηχανοκατασκευή έχει πάρει τεράστια διάδοση την τελευταία τριακονταετία. Παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία και μικρό όγκο σε σχέση με την ηλεκτρική και την μηχανική κίνηση. Το υδραυλικό σύστημα μπορεί να μεταφέρει τεράστιες δυνάμεις και να πραγματοποιήσει γραμμική ή περιστροφική κίνηση με οποιοδήποτε συνδυασμό. Οι αυτοματισμοί που είναι δυνατόν να εφαρμοσθούν στη συνέχεια των κινήσεων και στην εφαρμογή των δυνάμεων είναι απεριόριστοι. Το υδραυλικό σύστημα είναι επομένως μια νέα τεχνολογία κινήσεως, αυτοματισμού και έλεγχου μεγάλων δυνάμεων.

Μια πρωτογενής πηγή ενεργείας που μπορεί να είναι είτε ένας ηλεκτρικός κινητήρας , ή μια μηχανή εσωτερικής καύσεως, κινεί μία υδραυλική αντλία και παράγει ρευστό υπό πίεση. Ένας αριθμός βαλβίδων χρησιμοποιείται έτσι, ώστε η υδραυλική αυτή δύναμη να διαμοιραστεί κατάλληλα στις διατάξεις που μετατρέπουν την υδραυλική ισχύ σε μηχανικό έργο υπό τη μορφή δυνάμεως και ταχύτητας ή ροής και περιστροφικής κινήσεως. Ποικίλα σήματα, μηχανικά, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά ή τέλος, πνευματικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον κατάλληλο χειρισμό των βαλβίδων.

Το σύστημα αυτών των στοιχείων είναι σήμερα ό,τι καλύτερο διαθέτουμε για την κίνηση και έλεγχο μηχανών που χρησιμοποιούν υψηλή ισχύ και μεγάλες δυνάμεις. Η ακρίβεια του συστήματος είναι εξαιρετική. Ο συνδυασμός της υδραυλικής δυνάμεως και των ηλεκτρονικών σημάτων χαμηλής ισχύος για τον έλεγχο μεγάλων δυνάμεων και ισχύων,

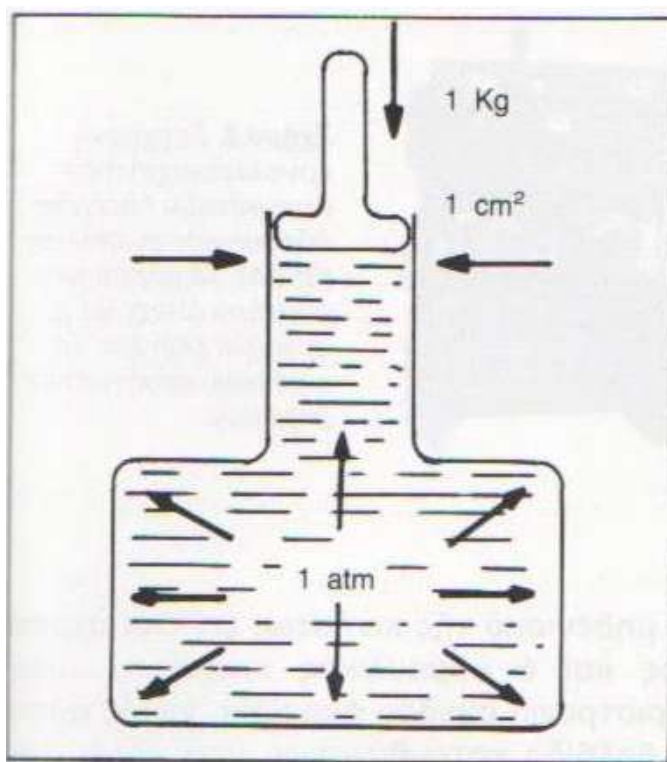
είναι εξαιρετικά επιτυχής και γίνεται επιτυχέστερος με την εκρηκτική ανάπτυξη της τεχνολογίας των μικροϋπολογιστών.

1.1 Φυσικές αρχές: Οι βασικές αρχές της φυσικής οι οποίες εφαρμόζονται στο υδραυλικό σύστημα είναι οι έξης:

1) Το υγρό είναι πρακτικώς ασυμπίεστο, (σαν μέσο μεταφοράς της ενεργείας και των σημάτων χρησιμοποιείται ειδικά εμπλουτισμένο ορυκτέλαιο ή, τελευταία, μίγμα νερού και συνθετικού ελαίου).

2) Η αρχή του Pascal:

Η πίεση σε οποιοδήποτε υγρό που βρίσκεται περιορισμένο και σε ηρεμία είναι η ίδια κατά μέτρο προς κάθε κατεύθυνση και προς οποιοδήποτε σημείο και δρα κάθετα προς την επιφάνεια επί της οποίας ασκείται (σχήμα 1)



Σχήμα 1. Ο Νόμος του Pascal: Δύναμη 1 kg εφαρμοζόμενη σε επιφάνεια 1 cm² δημιουργεί πίεση 1 atm σε όλη την επιφάνεια που περικλείει το ρευστό.

Μια εφαρμογή του νόμου του Pascal φαίνεται παρακάτω:

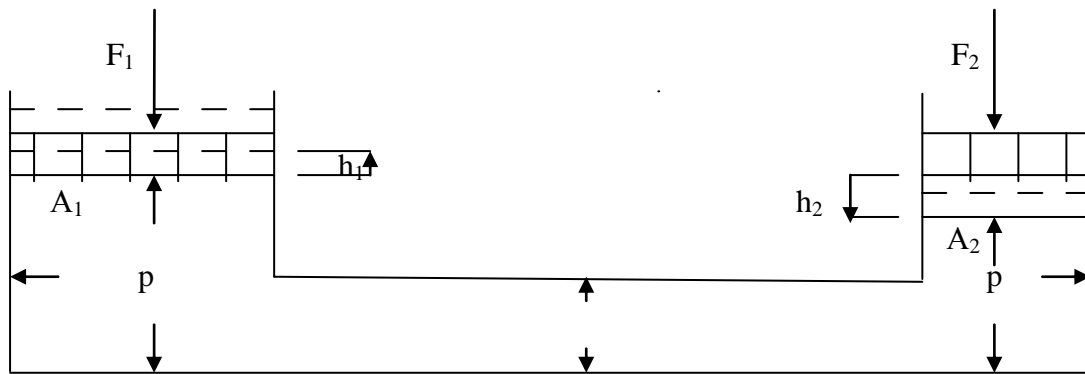
Υδραυλικό πιεστήριο

Αμελούμενων των υδροστατικών πιέσεων, εφαρμογή δυνάμεως F_1 στο μικρό έμβολο διατομής A_1 δημιουργεί πίεση $p = F_1/A_1$ η οποία με βάση τον νόμο του Pascal ασκείται και στο μεγάλο έμβολο διατομής $A_2 > A_1$. Το μεγάλο έμβολο υπερνικά δύναμη

$$F_2 = P \cdot A_2 = F_1 \cdot A_2/A_1 > F_1$$

Αμελούμενων των απωλειών τριβής θα είναι: $F_1 \cdot h_1 = F_2 \cdot h_2$

Επομένως $F_2 / F_1 = A_2 / A_1 = h_1 / h_2$



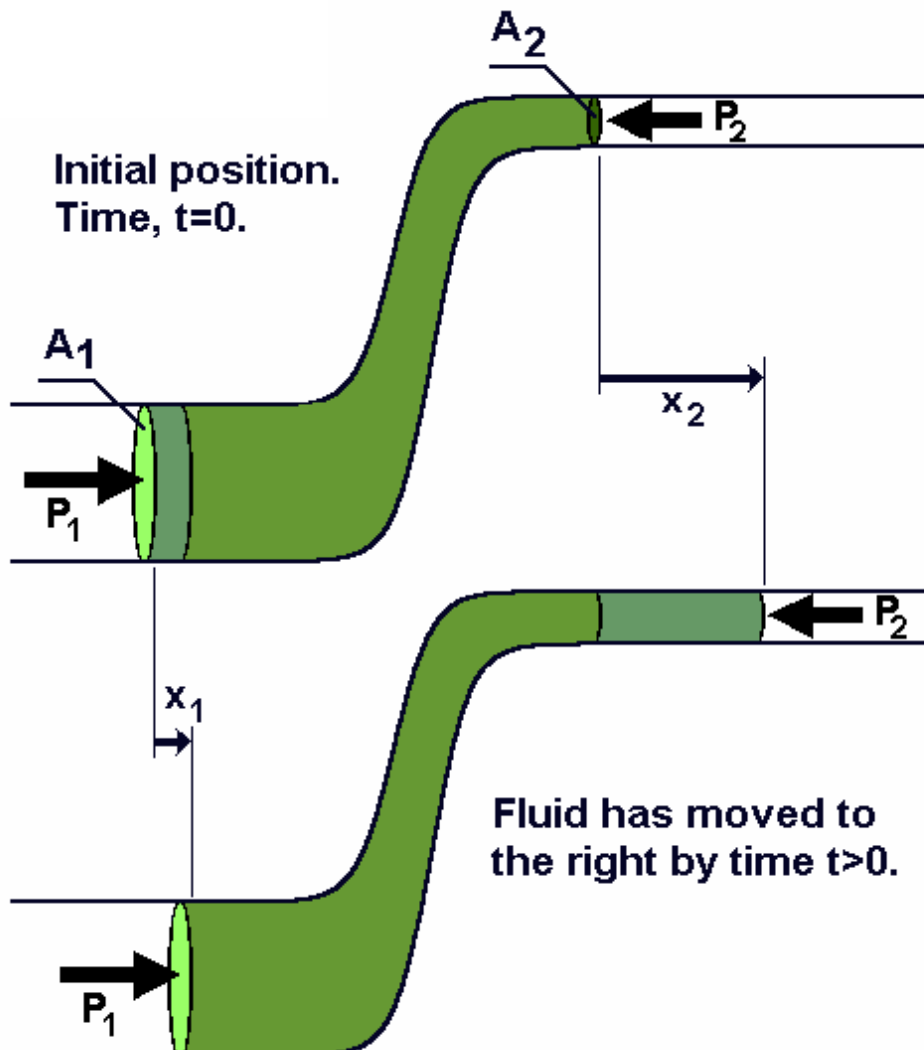
3) Δύναμη είναι κάθε αιτία που προξενεί κίνηση ή μεταβάλλει μία κατάσταση. Στο υγρό, όπου υπάρχει πίεση, μία δύναμη εφαρμόζεται στην επιφάνεια που το περικλείει, η δύναμη αυτή είναι ανάλογη με την επιφάνεια εφαρμογής.

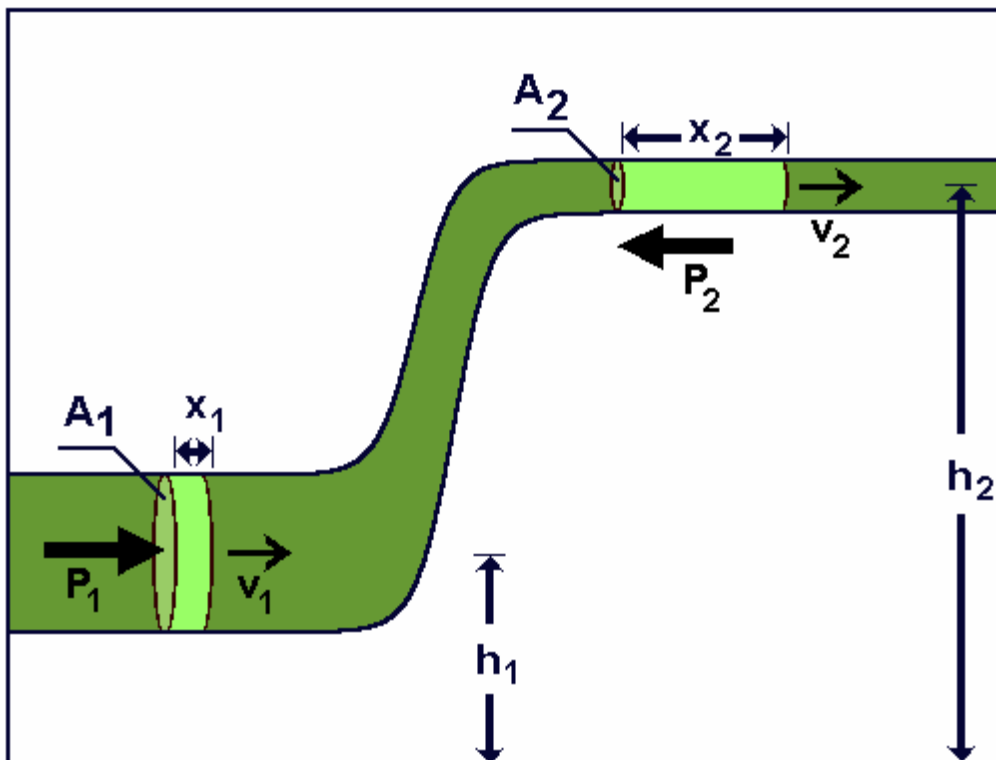
4) Όπου υπάρχει αντίσταση στην κίνηση του υγρού, τότε εκεί αναπτύσσεται αυτόματα μία πίεση.

5) Όπου υπάρχει ροή εμφανίζεται πάντοτε στα άκρα του αγωγού μία διαφορά πιέσεων.

6) Ο νόμος του Bernoulli : Το άθροισμα όλων των ενεργειών ενός ρευστού που ρέει κατά μήκος μια κλειστής διαδρομής(πχ αγωγού)είναι το ίδιο σε δύο διαφορετικά σημεία της διαδρομής.

Η ταχύτητα του ρευστού αυξάνεται με μείωση της πίεσης του ρευστού ή μείωση της ενέργειας του ρευστού λόγω της βαρύτητας.(σχήμα 2)





Σχήμα 2 . Μεταφορά ρευστού σε σωλήνα-Εφαρμογή εξίσωσης Bernoulli

Η γενικευμένη εξίσωση Bernoulli είναι η παρακάτω:

$$P_1 + \rho \cdot g \cdot h_1 + \rho \frac{v_1^2}{2} = P_2 + \rho \cdot g \cdot h_2 + \rho \frac{v_2^2}{2} + A$$

η οποία μπορεί να γραφτεί και ως εξής :

$$P + \rho \cdot g \cdot h + \rho \frac{v^2}{2} = \text{Constant}$$

Επειδή στα υδραυλικά συστήματα η στατική πίεση λειτουργίας είναι πολύ μεγάλη (συνήθως μέχρι και 300 bar), ενώ το υψόμετρο δεν υπερβαίνει ορισμένα μέτρα και επί πλέον η ταχύτητα του ρευστού είναι κάτω των 6 m/sec, γενικώς, είναι φανερό ότι οι οροί της πίεσεως τόσο λόγω θέσεως όσο και λόγω κινήσεως είναι πολύ μικροί συγκριτικά με την στατική πίεση και έτσι μπορούμε να θεωρούμε την στατική πίεση ίδια με την ολική πίεση. Συνεπώς, η εξίσωση Bernoulli μπορεί να χρησιμοποιείται ως εξής:

$$P_1 = P_2 + A$$

Όπου A οι συνολικές απώλειες πίεσης από τη διατομή 1 μέχρι η διατομή 2. Περιλαμβάνει την πτώση πίεσης στον αγωγό λόγω τριβής καθώς και την πτώση πίεσης στις τοπικές αντιστάσεις.

Με την απλοποίηση αυτή το λάθος στις συνήθεις κατασκευές είναι μικρότερο του 1% της ακριβούς τιμής της P.

- 7) Η ροή ενός ρευστού προξενεί τριβές και θέρμανση της μάζας του ρευστού. Η συμπεριφορά των ρευστών σε στατική και δυναμική κατάσταση καθορίζεται από τους νόμους της υδροστατικής και της υδροδυναμικής.

1. 2 Πλεονεκτήματα: Τα πλεονεκτήματα τού υδραυλικού συστήματος είναι συνοπτικά τα ακόλουθα:

1) **Μεταβλητή ταχύτητα:** Οι κοινοί ηλεκτρικοί κινητήρες και οι μηχανές εσωτερικής καύσεως λειτουργούν με σταθερή ταχύτητα. Μεταβολή τής ταχύτητας απαιτεί ακριβές και ευαίσθητες βοηθητικές διατάξεις.

Ένας υδραυλικός κύλινδρος ή ένας υδραυλικός κινητήρας όμως, έχουν την δυνατότητα της συνεχούς μεταβολής της ταχύτητας με απλή μεταβολή της παροχής της αντλίας (αντλία μεταβλητής παροχής) ή με την χρήση ενός ρυθμιστού ροής.

2) **Αντιστροφή της περιστροφής ή της κινήσεως:**

Σε συνήθη μηχανικά ή ηλεκτρικά συστήματα κινήσεως, ή αντιστροφή της περιστροφής είναι δυνατή με βαθμιαία επιβράδυνση, μηδενισμό της κινήσεως και αντίστροφη κίνηση. Ο υδραυλικός κύλινδρος και ο υδραυλικός κινητήρας όμως, μπορούν να αντιστρέψουν την περιστροφή σχεδόν ακαριαία, χωρίς ουσιαστικό πρόβλημα. Μία τετραοδική βαλβίδα κατευθύνσεως μπορεί να αντιστρέψει ακαριαία την ροή, ενώ η βαλβίδα ανακουφίσεως και κατάλληλη διάταξη βαλβίδων για απόσβεση των κρούσεων και της αδράνειας του ρευστού, προστατεύουν το σύστημα από σπλαιώση και υπερβολική πίεση.

3) **Προστασία από υπερβολικό φορτίο και έλεγχος των φορτίων:**

Η ανακουφιστική βαλβίδα του υδραυλικού συστήματος προστατεύει το σύστημα από ανεξέλεγκτη αύξηση του φορτίου. Η παρουσία της ανακουφιστικής βαλβίδας και ο έλεγχος των δυνάμεων που επιτυγχάνουμε με τις διάφορες βαλβίδες πίεσεως, εξασφαλίζουν απόλυτη προστασία και ακριβή έλεγχο σε ένα υδραυλικό σύστημα.

4) **Μικρός και περιορισμένος όγκος:**

Τα υδραυλικά στοιχεία και ολόκληρο το υδραυλικό σύστημα προσφέρουν υψηλή απόδοση, συνδυάζοντας μικρό όγκο και μικρό βάρος. Μία ενδιαφέρουσα πρόσφατη εξέλιξη είναι οι ένθετες βαλβίδες, ή λογικά στοιχεία, με τις όποιες επιτυγχάνεται πληθώρα εναλλακτικών ελεγχων με ελάχιστο όγκο και βάρος.

5) **Δυνατότητα ακαριαίας στάσεως:**

Η αδράνεια των ηλεκτρικών ή μηχανικών συστημάτων είναι τέτοια, ώστε η ακαριαία στάση τους σε κίνηση του συστήματος μπορεί να είναι καταστρεπτική. Επί πλέον, τα συστήματα αυτά απαιτούν νέα εκκίνηση μετά την στάση. Ο υδραυλικός κύλινδρος και ο υδραυλικός κινητήρας ωστόσο, έχουν την δυνατότητα ακαριαίας στάσεως και εκκινήσεως. Η αντλία τού συστήματος είναι δυνατόν να συνεχίσει να λειτουργεί (αποφόρτιση της αντλίας), χωρίς να υπάρχει ανάγκη ακινητοποιήσεως της και εκ νέου εκκινήσεως.

6) **Μεγάλη ποικιλία ελεγχων:**

Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες έλεγχου σε ένα υδραυλικό σύστημα. Ο έλεγχος μπορεί να είναι αυτόματος, με χειρισμό, με τηλεχειρισμό, μηχανικός, υδραυλικός, πνευματικός, ηλεκτρικός, ηλεκτρονικός, σερβουδραυλικός ή συνδυασμοί όλων. Στις ένθετες βαλβίδες οι έλεγχοι μπορούν να πάρουν την μορφή λογικών απαντήσεων στο αλγεβρικό άθροισμα δυνάμεων σε επιφάνειες εμβόλων. Μία πρόσφατη εξέλιξη είναι ο έλεγχος με μικροϋπολογιστές.

Ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα των υδραυλικών συστημάτων είναι ότι δεν απαιτούν ξεχωριστό κύκλωμα ψύξης-λίπανσης γιατί το λάδι αναλαμβάνει τρεις ρόλους:

- a) Του εργαζόμενου μέσου.
- b) Του ψυκτικού μέσου στις επιφάνειες εργασίας και
- c) του λιπαντικού

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα είναι πολύ μεγάλα για ορισμένους συνδυασμούς αποδόσεως-μακροζωίας, ποιότητας και αξιοπιστίας. Η σε σειρά κατασκευή των υδραυλικών στοιχείων επιτρέπει την οικονομική σύγκριση με τα ηλεκτρικά και μηχανικά στοιχεία, ενώ ορισμένες τεχνολογίες του υδραυλικού συστήματος όπως η μικροϋδραυλική και οι ένθετες βαλβίδες έχουν μεταβιομηχανικό χαρακτήρα.

Όλη η τεχνολογία και πρακτική του υδραυλικού συστήματος βασίζεται σε υψηλά επίπεδα τεχνογνωσίας. Από την άποψη αυτή η τεχνολογία του υδραυλικού συστήματος είναι χαρακτηριστική του τέλους του 20^{ου} αιώνα.

Μειονεκτήματα:

Υπάρχουν βέβαια και ελλείψεις και μειονεκτήματα του υδραυλικού συστήματος, όπως είναι τα ακόλουθα:

- 1) Μικρές μηχανουργικές ανοχές: Οι κατασκευές μεγάλης ακριβείας, που απαιτούν τα υδραυλικά εξαρτήματα, δημιουργούν συχνά απαγορευτικό κόστος. Είναι παράλληλα, εξαιρετικά δύσκολο να διατηρήσουμε το ρευστό ελεύθερο από ρύπους, με αποτέλεσμα διαταραχή της λειτουργίας του συστήματος, αφού οι ρύποι δεν είναι δυνατόν να συμβιβαστούν με τις εξαιρετικά μικρές ανοχές των κινουμένων τμημάτων.
- 2) Έκλυση θερμότητας: Η θερμότητα που εκλύεται λόγω εσωτερικών διαρροών αποτελεί ένα ουσιαστικό όριο για κάθε μηχανή. Παρ' όλο που το υδραυλικό σύστημα υπερτερεί συχνά ως προς άλλα συστήματα, η έκλυση θερμότητας είναι πάντα ένα πρόβλημα. Το άνω όριο που επιβάλλει η ανώτατη επιτρεπτή θερμοκρασία λειτουργίας του συστήματος, περιορίζει την ευελιξία του και μας υποχρεώνει σε δαπανηρές λύσεις, όπως η ψύξη του ρευστού.
- 3) Υπολογιστικές δυσκολίες: Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι νόμοι για την σχεδίαση υδραυλικών κυκλωμάτων όπως π.χ. μπορούμε να πούμε για τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά κυκλώματα. Δεν υπάρχει δηλαδή κάτι ανάλογο του νόμου του Ohm στην συμπεριφορά των ρευστών. Αυτό περιπλέκει τον σχεδιασμό και δημιουργεί ενδεχόμενα, που είναι δύσκολο να προβλεφθούν η μας διαφεύγουν.

Εφαρμογές στην Ελλάδα:

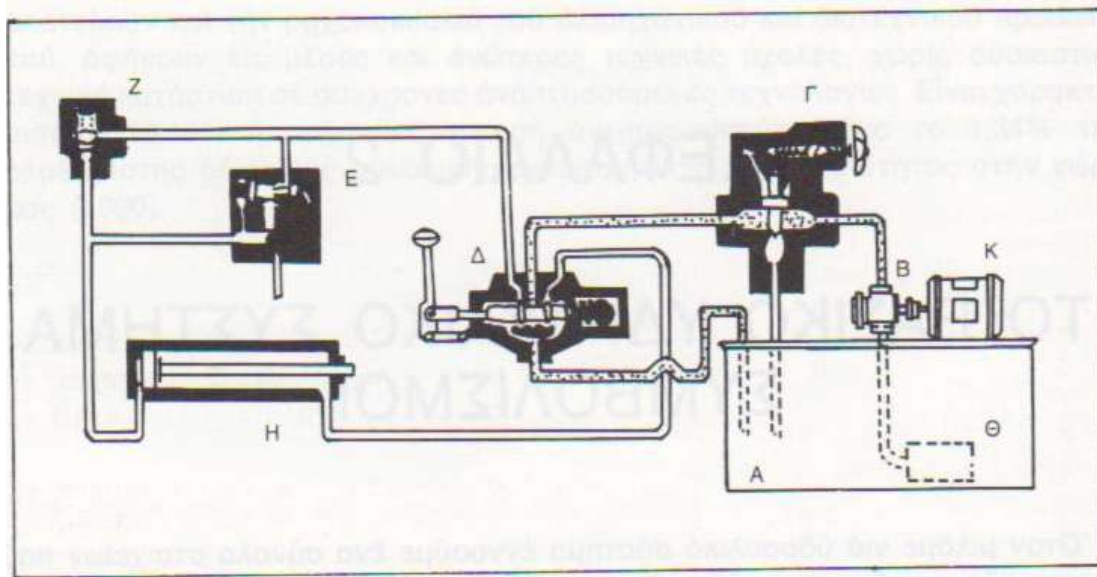
Οι δυνατότητες που προσφέρει ή τεχνολογία του υδραυλικού συστήματος στην ελληνική μεταποιητική και μηχανοποιητική δραστηριότητα είναι σημαντικές. Οι εφαρμογές όμως, δεν έχουν αναπτυχθεί όπως αναλογικά σε άλλες χώρες με συγκρίσιμο επίπεδο αναπτύξεως, όπως η Ισπανία ή περιοχές της Ιταλίας. Είναι πολλές οι αιτίες που δημιουργούν την κατάσταση αυτή.

Γενικά οι υδραυλική μετάδοση ισχύος βρίσκει εφαρμογή σε διάφορους τομείς όπως: στη βαριά βιομηχανία, στην μεταλλοβιομηχανία, σε αυτοκινούμενα οχήματα, σε χωματουργικά και αγροτικά μηχανήματα, σε πρέσες κλπ.

1.3 ΤΟ ΒΑΣΙΚΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Τα υδραυλικά εξαρτήματα δεν έχουν αυθύπαρκτη λειτουργικότητα, αλλά συνεργάζονται για την δημιουργία ενός υδραυλικού συστήματος.

Τα βασικά στοιχεία του υδραυλικού κυκλώματος είναι αυτά που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 3) .

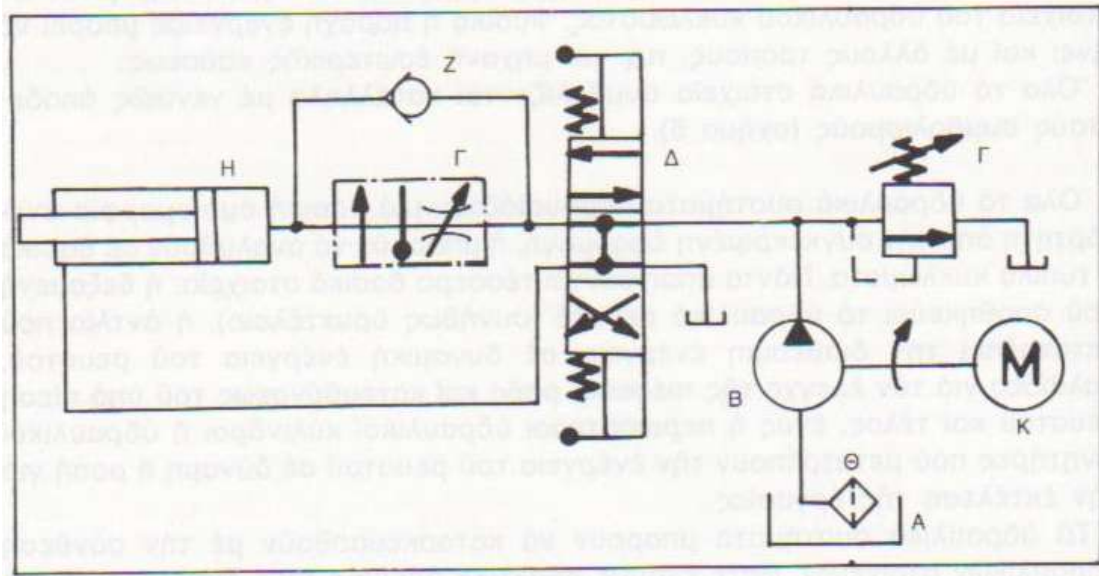


Σχήμα 3. Απλό υδραυλικό κύκλωμα σχεδιασμένο με διατομές στοιχείων.

- A . Δεξαμενή
- B. Αντλία
- Γ. Ανακουφιστική βαλβίδα
- Δ. Βαλβίδα ροής
- Ζ. Βαλβίδα αντεπιστροφής
- Η. Υδραυλικός κύλινδρος
- Θ. Φίλτρο προστασίας

Ο υδραυλικός κινητήρας K (παροχή ισχύος) δεν χαρακτηρίζεται ως στοιχείο του υδραυλικού κυκλώματος. Φυσικά ή παροχή ισχύος μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους, π.χ. με μηχανή εσωτερικής καύσεως.

Όλα τα υδραυλικά στοιχεία συμβολίζονται κατάλληλα με γενικούς αποδεκτούς συμβολισμούς(σχήμα 4).



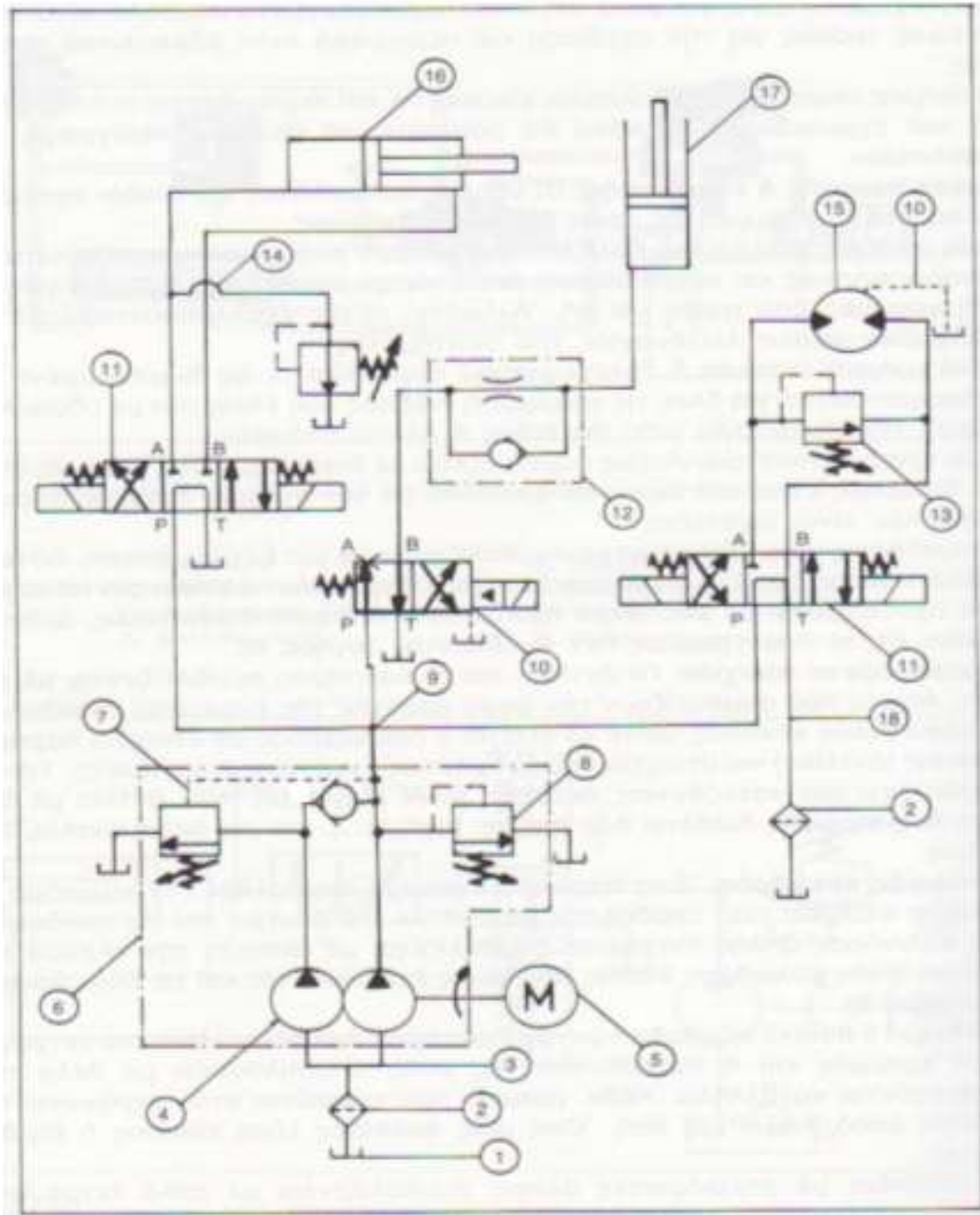
Σχήμα 4 . Το υδραυλικό κύκλωμα του παραπάνω σχήματος σχεδιασμένο με συμβολισμούς.

Είναι φανερό ότι οι συμβολισμοί δίνουν πλήρη εικόνα της λειτουργίας του συστήματος.

Όλα τα υδραυλικά συστήματα παρουσιάζουν μια βασική ομοιομορφία ανεξάρτητη από τη συγκεκριμένη εφαρμογή, ή μπορούν να αναλυθούν σε βασικά ή τυπικά κυκλώματα. Πάντα απαιτούνται τέσσερα βασικά στοιχεία: ή δεξαμενή που αποθηκεύει υδραυλικό ρευστό (συνήθως ορυκτέλαιο), η αντλία που μετατρέπει τη διαθέσιμη ενέργεια σε ενέργεια του ρευστού, βαλβίδες για τον έλεγχο της πίεσης, της ροής και κατευθύνσεως του υπό πίεση ρευστού και τέλος ένας ή περισσότεροι υδραυλικοί κύλινδροι ή κινητήρες που μετατρέπουν την ενέργεια του ρευστού σε δύναμη ή ροπή για την εκτέλεση της εργασίας.

Τα υδραυλικά συστήματα μπορούν να κατασκευασθούν με την σύνθεση υδραυλικών στοιχείων, ώστε να έχουμε πρακτικά απεριόριστες δυνατότητες για την εκμετάλλευση και τον έλεγχο δυνάμεων σε μηχανές.

Στη συνέχεια παραθέτουμε ένα ακόμα σχήμα(σχήμα 5) για την καλύτερη κατανόηση του υδραυλικου συστήματος.



Σχήμα 5. Τυπικό κύκλωμα υδραυλικού κυκλώματος όπου φαίνονται οι τρεις τύποι γραμμών καθώς και τα σύμβολα των κυριότερων στοιχείων. (βλ.επεξηγήσεις παρακάτω)

1. Δέξαμενή
2. Φίλτρο αναρροφήσεως και επιστροφής
3. Η γραμμή αναρροφήσεως είναι η κύρια γραμμή
4. Διπλή αντλία
5. Ηλεκτρικός κινητήρας
6. Περίβλημα στοιχείων σε ενιαίο σύνολο
7. Γραμμή υδραυλικής εντολής
8. Ανακουφιστική βαλβίδα
9. Σύνδεση γραμμών
10. Αποστράγγιση

11. Βαλβίδες κατευθύνσεως τριών θέσεων και τεσσάρων δρόμων, κίνηση με ηλεκτρικά πηνία
12. Ρυθμιστής ροής με βαλβίδα αντεπιστροφής σε κοινό περίβλημα
13. Βαλβίδα πίεσεως
14. Οι δύο γραμμές δεν συνδέονται
15. Υδραυλικός κινητήρας
16. Κύλινδρος διπλής ενέργειας
17. Κύλινδρος απλής ενέργειας
18. Γραμμή επιστροφής

Είναι ευνόητο, ότι κοινά παραδεδομένα σύμβολα, είναι ο πιο πρακτικός τρόπος για την σχεδίαση και περιγραφή ενός υδραυλικού συστήματος.

Πιο κάτω θα δώσουμε μία σύντομη περιγραφή των συμβολισμών.

Γραμμές παροχής ή επιστροφής:

Οι υδραυλικοί σωλήνες και δίοδοι σχεδιάζονται ως άπλες γραμμές με τρεις βασικούς τρόπους.

1. Μία συνεχής γραμμή συμβολίζει κύρια γραμμή ροής, δηλαδή γραμμές πίεσεως, αναρροφήσεως και καταθλίψεως. Δεν υπάρχει συμβολικός διαχωρισμός για τις γραμμές υπό πίεση και μη. Άλλωστε, αυτές εναλλάσσονται κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας του συστήματος.
2. Μία γραμμή εντολής ή τηλεχειρισμού συμβολίζεται ως διακεκομμένη και χρησιμοποιείται για όλες τις γραμμές ή διόδους που ελέγχουν με υδραυλική πίεση την λειτουργία μιας βαλβίδας ή άλλου στοιχείου.
3. Μία γραμμή αποστραγγίσεως συμβολίζεται με διακεκομμένες γραμμές όπου οι διακοπές είναι σύντομες σε αντίθεση με την γραμμή εντολής όπου οι διακοπές είναι λιγότερες.

Οι συνδέσεις γραμμών ρευστού συμβολίζονται με μία έντονη στιγμή, ώστε να φαίνεται καθαρά ότι οι γραμμές συνδέονται. Οι γραμμές που περνούν πάνω από άλλες σχεδιάζονται με ένα μικρό ημικύκλιο στο σημείο διελεύσεως, ώστε να φαίνεται ότι οι δύο γραμμές δεν συνδέονται.

Περιστρεφόμενα στοιχεία: Οι αντλίες και οι κινητήρες συμβολίζονται με ένα κύκλο. Αιχμές που συμβολίζουν την φορά παροχής της ενεργείας τοποθετούνται μέσα στους κύκλους, ώστε να γίνεται ο διαχωρισμός σε στοιχεία παροχής ενέργειας (αντλίες) και στοιχεία απορροφήσεως ενεργείας (κινητήρες). Εάν το στοιχείο έχει μία κατεύθυνση, διαθέτει μόνο μία αιχμή. Μια αντλία με δύο φορές περιστροφής διαθέτει δύο αιχμές και μια διπλή αντλία, δύο κύκλους.

Υδραυλικός κύλινδρος: Ένα παραλληλόγραμμο συμβολίζει τον κύλινδρο με πρόσθετα στοιχεία που υποδηλώνουν το έμβολο, το βάκτρο και τις συνδέσεις. Ένας κύλινδρος απλής ενεργείας συμβολίζεται με ανοικτή την πλευρά του βάκτρου. Ένας κύλινδρος διπλής ενεργείας έχει κλειστές και τις δύο πλευρές του.

Βαλβίδες : Το βασικό σύμβολο των περισσοτέρων βαλβίδων είναι ένα τετράγωνο. Οι γραμμές και η κατεύθυνση της ροής υποδηλώνεται με βέλη που τοποθετούνται κατάλληλα. Κάθε γραμμή που τελειώνει στο τετράγωνο της βαλβίδας υποδηλώνει μία όπή. Οπή μιας βαλβίδας είναι είσοδος ή έξοδος ρευστού.

Οι βαλβίδες με απεριόριστες θέσεις συμβολίζονται με άπλα τετράγωνα, Υποτίθεται ότι μπορούν να πάρουν απεριόριστες θέσεις μεταξύ της κλειστής και της ανοικτής θέσης. Γι' αυτό το βέλος που συμβολίζει την ροή δεν τοποθετείται στη συγκεκριμένη θέση που ενώνει δύο οπές της βαλβίδας.

Οι βαλβίδες που έχουν ορισμένες θέσεις είναι κυρίως βαλβίδες κατευθύνσεως. Στις περιπτώσεις αυτές κάθε συγκεκριμένη θέση της βαλβίδας συμβολίζεται με ένα διαφορετικό τετράγωνο. Έτσι, η βαλβίδα κατευθύνσεως τριών θέσεων, που είναι η πιο συνηθισμένη βαλβίδα στα υδραυλικά κυκλώματα, συμβολίζεται με τρία εφαπτόμενα τετράγωνα. Βοηθητικά σύμβολα επί των κυρίως τετραγώνων συμβολίζουν τον τρόπο έλεγχου (ελατήρια, πηνία, γραμμές υδραυλικής εντολής κ.λ.π.).

Δεξαμενή: Ένα μικρό τετράγωνο ανοικτό στην επάνω πλευρά συμβολίζει την δεξαμενή. Σε ειδικές περιπτώσεις δεξαμενής υπό πίεση το τετράγωνο είναι κλειστό. Πολλές γραμμές είναι δυνατόν να καταλήγουν στην δεξαμενή. Στις περιπτώσεις αυτές, πολλά σύμβολα δεξαμενής υπονοούν την ίδια δεξαμενή. Η δεξαμενή στο υδραυλικό σύστημα είναι πάντα μια.

Οι γραμμές ρευστού που τελειώνουν κάτω από την επιφάνεια τού ρευστού της δεξαμενής σχεδιάζονται τελειώνοντας στην κάτω γραμμή τού συμβόλου. Αν η γραμμή του ρευστού τελειώνει πάνω από την επιφάνεια του, σχεδιάζεται να τελειώνει πάνω από την κάτω γραμμή του συμβόλου της δεξαμενής.

Στοιχεία σε ενιαίο σύνολο: Σε πολλές περιπτώσεις μια βαλβίδα ή μια αντλία περιλαμβάνουν ενσωματωμένες άλλες βοηθητικές βαλβίδες. Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις όπου ολόκληρο το σύστημα βαλβίδων είναι σταθερά συναρμολογημένο σε ενιαίο σύνολο (manifold). Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, το σύνολο των βαλβίδων συμβολίζεται ως ευρισκόμενο μέσα σε ένα παραλληλόγραμμο από διακεκομμένη γραμμή με μικρά και μεγάλα διαστήματα. Η γραμμή αυτή φυσικά δεν είναι γραμμή ροής, αλλά δίνει απλώς μια ένδειξη του τι περιλαμβάνεται στο ενιαίο σύνολο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΚΥΡΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

2.1 ΟΙ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

Οι υδραυλικές αντλίες είναι κατά κανόνα το πιο σπουδαίο εξάρτημα του υδραυλικού συστήματος και στις πιο πολλές περιπτώσεις το πιο εκλεπτυσμένο και πιο ακριβό. Μετατρέπουν τη ηλεκτρική και μηχανική ισχύ σε υδραυλική με τη συμπίεση του ρευστού προς το σύστημα

Ως υδραυλική ενέργεια του ρευστού χαρακτηρίζεται κυρίως η δυναμική ενέργεια που περικλείει και μεταφέρει το ρευστό υπό πίεση. Η κινητική ενέργεια του ρευστού είναι πολύ μικρή αφού οι ταχύτητες είναι σχετικά χαμηλές. Το ρευστό λοιπόν δρα ως μεταφορέας ενέργειας που έχει τη μορφή πίεσεως. Οι υδραυλικές αντλίες είναι πάντα θετικής μετατόπισης, το οποίο σημαίνει ότι παρέχουν πάντα ένα καθορισμένο ποσό ρευστού ανά παλινδρόμηση ή περιστροφή. Έτσι η παροχή τους, αν εξαιρέσουμε τις εσωτερικές διαρροές λόγω αυτολιπάνσεως είναι ανεξάρτητη από την πίεση καταθλίψεως. Αυτό δε συμβαίνει στις αντλίες μη θετικής μετατόπισης. Αντλίες μη θετικής μετατόπισης είναι οι αντλίες νερού.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των υδραυλικών αντλιών είναι η ικανότητα τους να αναρροφήσουν κάποιο ποσό ρευστού κατά την αρχική εκκίνηση, χωρίς να απαιτηθεί η πλήρωση του σώματος της αντλίας και του αγωγού αναρροφήσεως με ρευστό. Οι υδραυλικές αντλίες είναι συνεπώς αντλίες αυτόματου αναρροφήσεως.

Οι υδραυλικές αντλίες είναι δεξιόστροφης ή αριστερόστροφης περιστροφής. Γενικώς χαρακτηρίζονται με τη μέγιστη πίεση που μπορούν να αποδώσουν σε psi ή bar και την παροχή τους σε gpm ή $\frac{m^3}{sec}$ σε δεδομένες στροφές (1000 ή 1200 rpm).

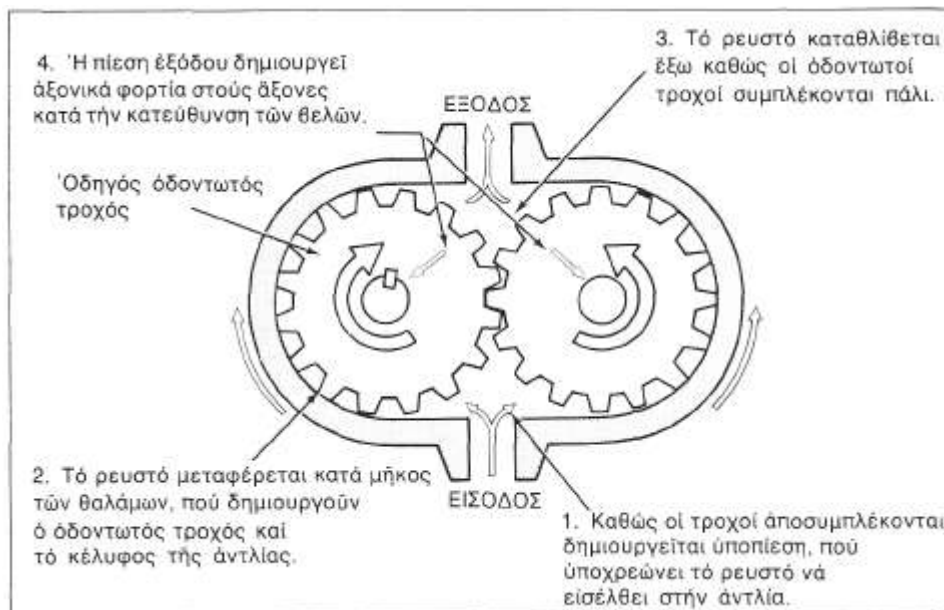
Ονομάζουμε βαθμό ανομοιομορφίας μιας αντλίας τον συντελεστή, που χαρακτηρίζει την διαφορά της μέγιστης πραγματικής παροχής από την ελαχίστη πραγματική παροχή. Η περιοδική αυτή μεταβολή της παροχής είναι φαινόμενο σημαντικό, αφού δημιουργεί ταλαντώσεις και είναι ή κύρια πηγή του θορύβου λειτουργίας της αντλίας. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός ανομοιομορφίας της αντλίας τόσο χαμηλότερη είναι και η στάθμη θορύβου.

Η στάθμη θορύβου μιας αντλίας είναι ένας ποιοτικός δείκτης με αυξανόμενη σημασία. Πράγματι, οι αντλήψεις για το περιβάλλον και για την αποφυγή ηχητικών ρυπάνσεων, υποχρεώνουν τους κατασκευαστές σε σχεδιασμό αντλιών με συνεχώς ελαττούμενο βαθμό ανομοιομορφίας.

Υπάρχουν υδραυλικές αντλίες σταθερής και μεταβαλλόμενης παροχής υπό σταθερές στροφές. Η μεταβολή της παροχής είναι δυνατόν να γίνει με πολλούς τρόπους (με χειριστήριο, αυτόματα, με υδραυλική ή ηλεκτρική εντολή, με σερβοσύστημα).

2.1.1 Οδοντωτές υδραυλικές αντλίες: Οι οδοντωτές αντλίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα. Η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταφορά ρευστού ανάμεσα σε δύο οδοντωτούς τροχούς, (βλ σχήμα 6).

Οι δύο οδοντωτοί τροχοί στην κατασκευή του παρακάτω σχήματος έχουν την ίδια



Σχήμα 6 .Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας μιας γραναζωτής αντλίας

διάμετρο, τον ίδιο αριθμό δοντιών και το ίδιο βήμα. Ένας από τους δύο οδοντωτούς τροχούς είναι συνδεδεμένος με τον κινητήριο άξονα και κινεί και τον δεύτερο. Οι χώροι καταθλίψεως, που δημιουργούνται μεταξύ των δοντιών, περικλείονται από το σώμα της αντλίας και δύο παράπλευρες πλάκες, οι οποίες καλούνται και πλάκες τριβής ή πλάκες πίεσεως.

Μια υποπίεση δημιουργείται στην αναρρόφηση της αντλίας και καθώς οι δύο τροχοί περιστρέφονται, το ρευστό ρέει για να καταλάβει τον χώρο και μεταφέρεται στις εξωτερικές επιφάνειες των τροχών. Όταν τα δόντια συμπλέκονται πάλι, τό ρευστό ωθείται προς την έξοδο. Η δημιουργία υψηλής πίεσεως στην έξοδο της αντλίας, δημιουργεί μια δύναμη που καταπονεί τους τροχούς και τους ένσφαιρους τριβείς της αντλίας. Οι ανοχές της κατασκευής αυτής είναι μικρές και ο βαθμός αποδόσεως κανονιστικός, μειονεκτεί πολύ όμως σε σύγκριση με τις πτερυγοφόρες ή τις εμβολοφόρες αντλίες, οι όποιες είναι μηχανήματα προηγμένης κατασκευής καί διαθετούν ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

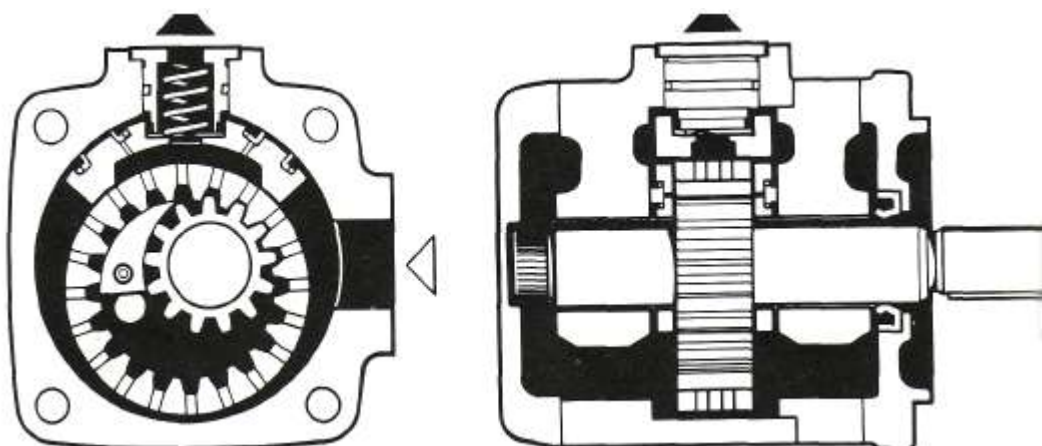
Οι οδοντωτοί τροχοί είναι κατασκευασμένοι από χρωμονικελιούχο χάλυβα και έχουν υποστεί ειδική σκλήρυνση με επιφανειακή βαφή. Το κέλυφος της οδοντωτής αντλίας αποτελείται από χυτοσίδηρο ή ντουραλουμίνιο. Οι παράπλευρες πλάκες τριβής αποτελούνται από φωσφορούχο ορείχαλκο ή ειδικό κράμα. Οι άξονες εδράζονται σε ένσφαιρους τριβείς. Όλα τα περιστρεφόμενα στοιχεία έχουν υποστεί σειρά κατεργασιών και λείανση. Η οδοντωτή υδραυλική αντλία έκτος από τον σχετικά χαμηλό βαθμό αποδόσεως σε σύγκριση με τις άλλες αντλίες, έχει καί υψηλό βαθμό ανομοιομορφίας, με αποτέλεσμα την υψηλή στάθμη θορύβου.

Είναι αντλία κυρίως μικρών και μέσων παροχών. Επίπλέον, είναι αντλία σταθεράς παροχής και δεν υπάρχουν παραλλαγές μεταβλητής παροχής. Γι' αυτούς κυρίως τους λόγους, χρησιμοποιείται σε κατασκευές μικρών καί μεσαίων ποιοτικών απαιτήσεων. Στις χρήσεις αυτές η ικανότητα της να παρουσιάζει ανοχή σε ρευστό που δεν είναι απόλυτα καθαρό και τό χαμηλό κόστος της την κάνουν ιδανική.

Οι πιέσεις που επιτυγχάνονται στην πράξη ανέρχονται μέχρι 250 psi για ορισμένα μεγέθη οδοντωτών αντλιών. Οι παροχές γύρω στα 250lt/min και οι μέγιστες στροφές γύρω στις 3000 RPM.

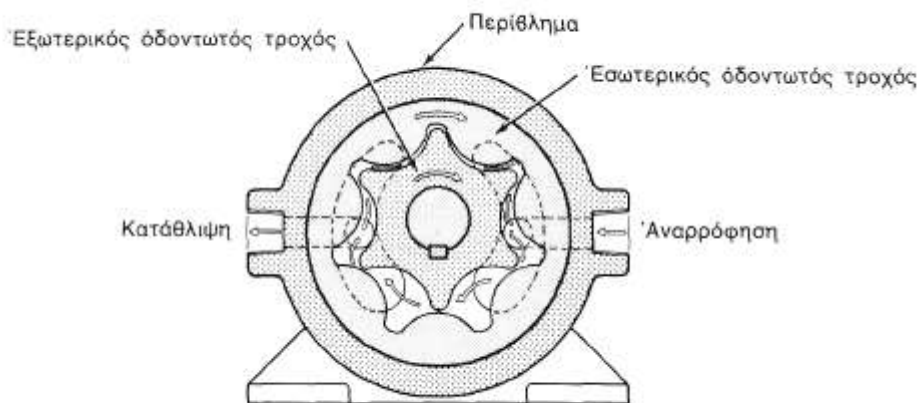
Υπάρχουν κατασκευές πολλαπλών οδοντωτών αντλιών στο ίδιο κέλυφος και με τον ίδιο άξονα κατάλληλες για κυκλώματα με πολλές διαφορετικές πιέσεις.

Όδοντωτές αντλίες με εσωτερικό τροχό: Μια άλλη μορφή της αντλίας οδοντωτών τροχών είναι και η αντλία με εσωτερικό οδοντωτό τροχό τον οποίο περιστρέφει ο οδοντωτός τροχός, που είναι προσαρμοσμένος στον κινητήριο άξονα(σχήμα 7). Ένας μηνίσκος ευρίσκεται στο χώρο μεταξύ των δοντιών των δύο τροχών και δημιουργεί την κατάλληλη διάταξη για την παροχή και πίεση του ρευστού. Οι αντλίες αυτές έχουν χαμηλό βαθμό ανομοιομορφίας και παρουσιάζουν πολύ χαμηλή στάθμη θορύβου σε συνδυασμό με δυνατότητα υψηλής πίεσεως. Ικανοποιούν υψηλές ποιοτικές απαιτήσεις και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις, όπου απαιτείται συνδυασμός υψηλής πίεσεως με χαμηλή στάθμη θορύβου, όπως π.χ. στις θερμοπλαστικές μηχανές.



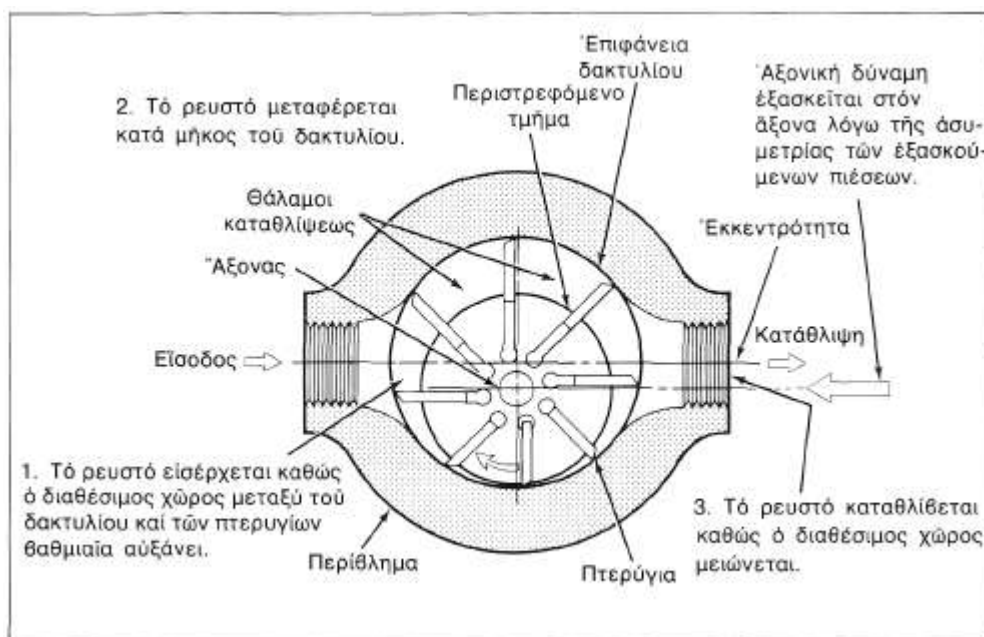
Σχήμα 7. Χαρακτηριστικό παράδειγμα γραναζωτής αντλίας με εσωτερικό οδοντωτό τροχό

Μία παραλλαγή της αντλίας με εσωτερικό οδοντωτό τροχό είναι η αντλία με εσωτερικό οδοντωτό τροχό αλλά χωρίς μηνίσκο (πλανητικού τύπου)(gerotor). Η κίνηση δίνεται πάλι στον οδοντωτό τροχό με εξωτερικά δόντια ο οποίος περιστρέφεται επαπτόμενος στον σταθερό οδοντωτό τροχό με εσωτερικά δόντια. Ο χώρος συμπίεσεως δημιουργείται μεταξύ των καμπυλών των τροχών(σχήμα 8)



Σχήμα 8. Γραναζωτή αντλία με εσωτερικό οδοντωτό τροχό πλανητικού τύπου

2.1.2 Πτερυγιοφόρες αντλίες: Ο τύπος της αντλίας αυτής βασίζεται στην περιστροφή πτερυγίων που εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια ενός δακτυλίου και δημιουργούν χώρους όπου μεταφέρεται και καταθλίβεται το ρευστό. Οι χώροι αυτοί περικλείονται από τις παράπλευρες πλάκες τριβής. Τα πτερύγια κινούνται ελεύθερα σε υποδοχές ενός περιστρεφόμενου τμήματος και κρατούνται σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου με τη φυγόκεντρο δύναμη και την πίεση που εξασκείται στην κάτω επιφάνεια τους (Σχήμα 9).



Σχήμα 9. Λειτουργία πτερυγιοφόρου αντλίας

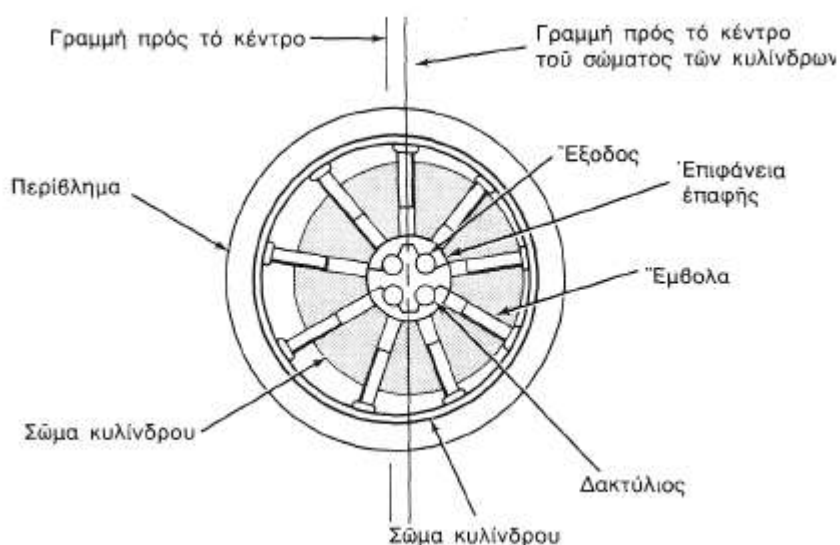
Οι πτερυγιοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία όπου ο υψηλός βαθμός απόδοσης, η χαμηλή στάθμη θορύβου και η μεγάλη διάρκεια ζωής που παρουσιάζουν τις κάνουν ιδανικές. Η στάθμη θορύβου της πτερυγιοφόρου αντλίας είναι χαμηλή και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να συγκριθεί με αυτή της οδοντωτής αντλίας με εσωτερικό τροχό και μνήσκο (60-70 dB στα 210 bar).

Οι περυνγιοφόρες αντλίες είναι εύκολα επισκευάσιμες με την αλλαγή των τμημάτων που έχουν φθαρεί. Σε όλες τις κατασκευές η αλλαγή του περιστρεφόμενου τμήματος είναι θέμα λίγων λεπτών.

Μειονέκτημα τους είναι η ευαισθησία της αναρρόφησης και η ευαισθησία σε κακής ποιότητας ορυκτέλαιο.

2.1.3 Εμβολοφόρες αντλίες : Η λειτουργία όλων των εμβολοφόρων αντλιών βασίζεται στην αναρρόφηση και κατάθλιψη του ρευστού με παλινδρόμηση ενός εμβόλου μέσα σε ένα κυλινδρικό χώρο. Οι εμβολοφόρες αντλίες αποτελούνται πάντα από αριθμό τέτοιων εμβόλων που κατανέμονται είτε παράλληλα, είτε ακτινικά κάθετα προς τον άξονα της αντλίας. Έχουμε έτσι δύο τύπους εμβολοφόρων αντλιών, τις αντλίες αξονικών εμβόλων και τις αντλίες ακτινικών εμβόλων. Όλες οι μορφές εμβολοφόρων αντλιών είναι δυνατόν να είναι σταθεράς ή μεταβαλλόμενης παροχής.

Εμβολοφόρες αντλίες ακτινικών εμβόλων: Οι θάλαμοι των εμβόλων στις αντλίες αυτές είναι τοποθετημένοι κάθετα προς τον άξονα και βρίσκονται στο κεντρικό περιστρεφόμενο τμήμα, το οποίο περιστρέφεται στο εσωτερικό ενός δακτυλίου. Καθώς αρχίζει ή περιστροφή, ή φυγόκεντρος δύναμη, κάποια υδραυλική πίεση ή μία μηχανική ώθηση, υποχρεώνουν τα έξω άκρα των εμβόλων να διολισθαίνουν πάνω στην εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Όπως φαίνεται στο σχήμα 10, ο δακτύλιος και το περιστρεφόμενο τμήμα δεν είναι τοποθετημένα ομόκεντρα, έτσι ώστε τα έμβολα να υποχρεώνονται να

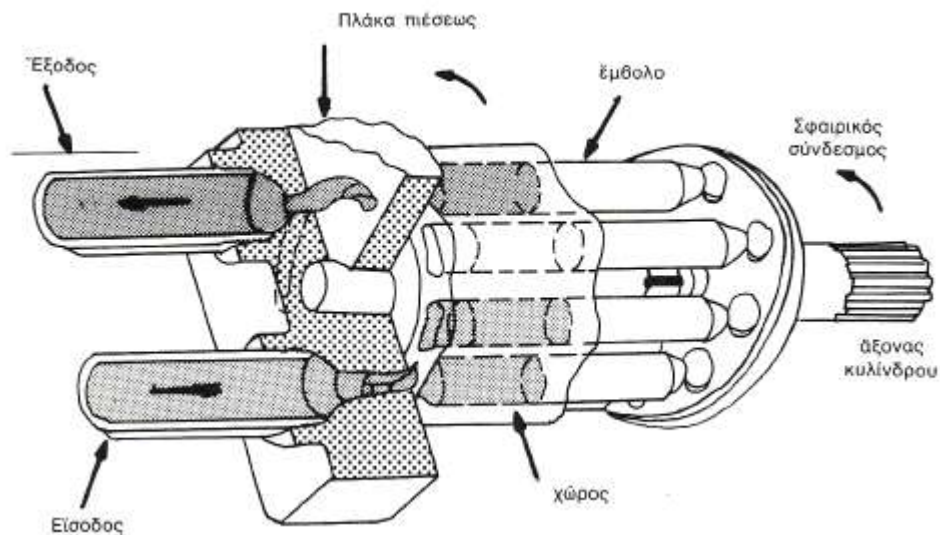


Σχήμα 10. Αντλία ακτινικών εμβόλων

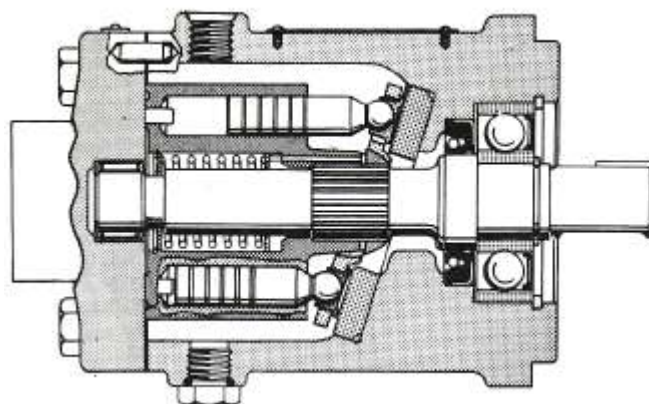
παλινδρομούν κατά την περιστροφή. Όπως τα έμβολα παλινδρομούν, ο κυβισμός των θαλάμων αυξομειώνεται, με αποτέλεσμα αναρρόφηση και κατάθλιψη του ρευστού. Κατά τη αναρρόφηση τα έμβολα απομακρύνονται από το περιστρεφόμενο κυλινδρικό σώμα αναρροφώντας ρευστό χαμηλής πίεσης. Στη συνέχεια τα έμβολα ωθούνται από το περίβλημα μέσα στο σώμα καταθλίβοντας έτσι ρευστό υψηλής πίεσης.

Το μέγεθος, ο αριθμός και το μήκος των εμβόλων, προσδιορίζουν τον κυβισμό της αντλίας. Η μεταβολή της παροχής γίνεται με μεταβολή της σχετικής θέσεως των κέντρων του περιστρεφόμενου τμήματος και του δακτυλίου, ώστε να μεταβληθεί ο κυβισμός των θαλάμων των εμβόλων. Οι αντλίες ακτινικών εμβόλων μπορούν να αναπτύξουν υψηλές πιέσεις.

Εμβολοφόρες αντλίες αξονικών εμβόλων: Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες εμβολοφόρων αντλιών αξονικών εμβόλων. Αυτές όπου τα έμβολα εδράζονται σε μία πλάκα υπό κλίση προς τον άξονα και αυτές με τεθλασμένο άξονα. Στο σχήμα 11 φαίνεται πώς λειτουργεί μία εμβολοφόρος αντλία με υπό κλίση πλάκα. Στις αντλίες αυτές, το περιστρεφόμενο τμήμα, όπου ευρίσκονται οι θάλαμοι των εμβόλων, περιστρέφεται περί τον ίδιο άξονα και τα έμβολα παλινδρομούν παραλλήλως προς τον άξονα. Η γωνία μεταξύ τού άξονος και τής υπό κλίση πλάκας προσδιορίζει και τον κυβισμό των θαλάμων των εμβόλων. Καθώς αρχίζει ή περιστροφή τού άξονα με το προσαρμοσμένο σύστημα θαλάμων (περιστρεφόμενο τμήμα), τα συνδεδεμένα με την πλάκα έμβολα αναγκάζονται να παλινδρομήσουν. Κατά την αναρρόφηση το έμβολο εξέρχεται από το θάλαμο "τραβώντας" ρευστό και ο θάλαμος γεμίζει ρευστό χαμηλής πίεσης και κατά την κατάθλιψη το έμβολο εισέρχεται ωθώντας το ρευστό έξω από το θάλαμο ,με υψηλή πίεση. Οι δίοδοι στην πλάκα εξόδου, πού συγκοινωνεί με τους θαλάμους είναι έτσι κατασκευασμένες, ώστε οι θάλαμοι διέρχονται από την έξοδο όταν συμπιέζονται και από την είσοδο όταν αποσύρονται.



Σχήμα 11. Αντλία αξονικών εμβόλων με πλάκα υπό κλίση



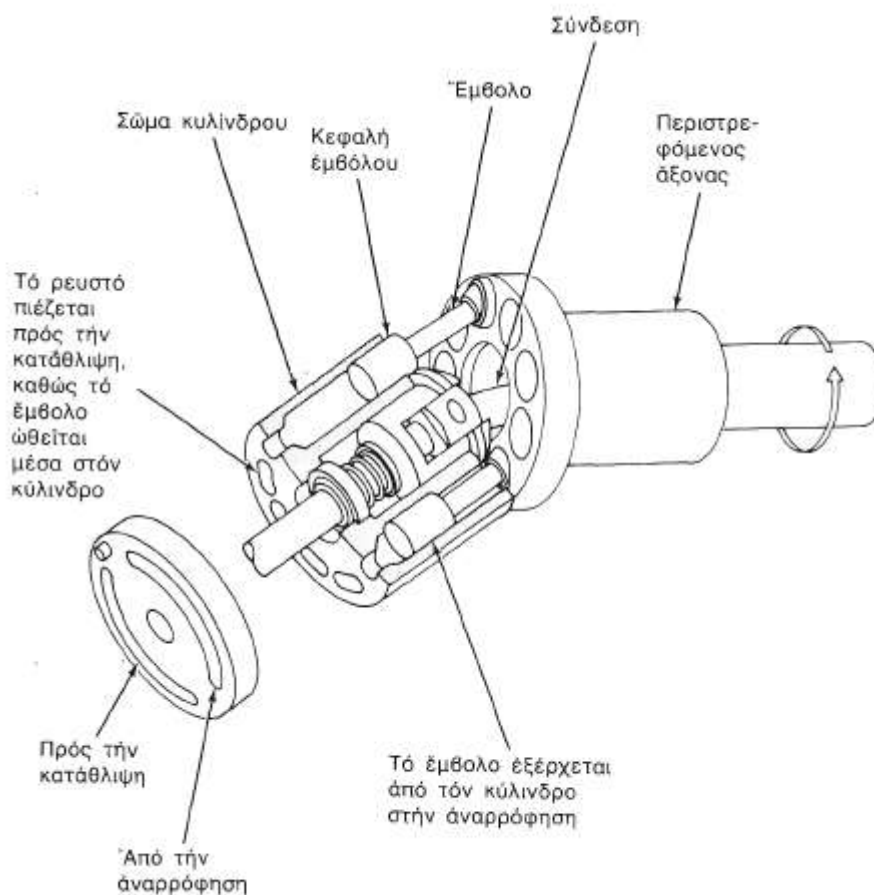
Σχήμα 12. Διατομή αντλίας αξονικών εμβόλων με πλάκα υπό κλίση

Στις αντλίες τεθλασμένου άξονα (σχήμα 13), το περιστρεφόμενο τμήμα των κυλίνδρων περιστρέφεται υπό γωνία προς τον κύριο άξονα περιστροφής. Τα έμβολα εδράζονται στον οδηγό άξονα με σφαιρικές εδράσεις και παλινδρομούν καθώς ή σχετική θέση τους αλλάζει λόγω τής περιστροφής. Τα δύο τμήματα του άξονα περιστρέφονται μαζί, αφού είναι σταθερά συνδεδεμένα.

Ο κυβισμός της αντλίας αυτής μεταβάλλεται ανάλογα προς την γωνία πού σχηματίζουν τα δύο τμήματα του άξονα. Η μεγίστη γωνία πού σχηματίζεται είναι 30° και ή ελαχίστη μηδέν. Είναι δυνατή επίσης ή πλήρης αντιστροφή τής ροής τής αντλίας. Η μεγάλη πλειονότητα των αντλιών αυτών όμως, είναι σταθεράς παροχής.

Ο τρόπος μεταβολής του τεθλασμένου άξονα παροχής τής έμβολοφόρου αντλίας και οι μηχανισμοί πού το επιτυγχάνουν παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι είναι με λαβή ή τηλεχειριστήριο, ισοστάθμιση πίεσεως και σερβοελέγχου.

Οι έμβολοφόρες αντλίες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται για τις κατασκευές υψηλής ποιότητας, αποδίδουν τις πιο υψηλές πιέσεις, ενώ διαθέτουν τους πιο εκλεπτυσμένους μηχανισμούς μεταβολής της παροχής και έλεγχο με σερβοσυστήματα και συστήματα εξοικονομήσεως τής ενεργείας. Οι έμβολοφόρες αντλίες χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στις υδροστατικές μεταδόσεις κινήσεως, στα χωματουργικά μηχανήματα που λειτουργούν με υψηλές πιέσεις, στην αεροπορία και πολλές βαρείες βιομηχανικές κατασκευές. Οι έμβολοφόρες αντλίες είναι μηχανήματα πολύ λεπτών κατεργασιών και υψηλού κόστους. Τα έμβολα κατασκευάζονται από σκληρό νικελιοϋχο χάλυβα. Οι μηχανουργικές ανοχές είναι μικρότερες από αυτές των άλλων υδραυλικών αντλιών. Κατασκευάζονται για πιέσεις μέχρι 350 bar , παροχές μέχρι 2500 lt/min και στροφές μέχρι 3000 RPM ή πολύ περισσότερες για ειδικές χρήσεις ή για χρήσεις στην αεροπορία (μέχρι 10000 RPM).



Σχήμα 13. Έμβολοφόρος αντλία τεθλασμένου άξονα

2. 2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι υδραυλικοί κινητήρες είναι τα εξαρτήματα που μας παρέχουν περιστροφική κίνηση, ως αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσεως να έχουμε περιστροφική κίνηση και ροπή στρέψεως.

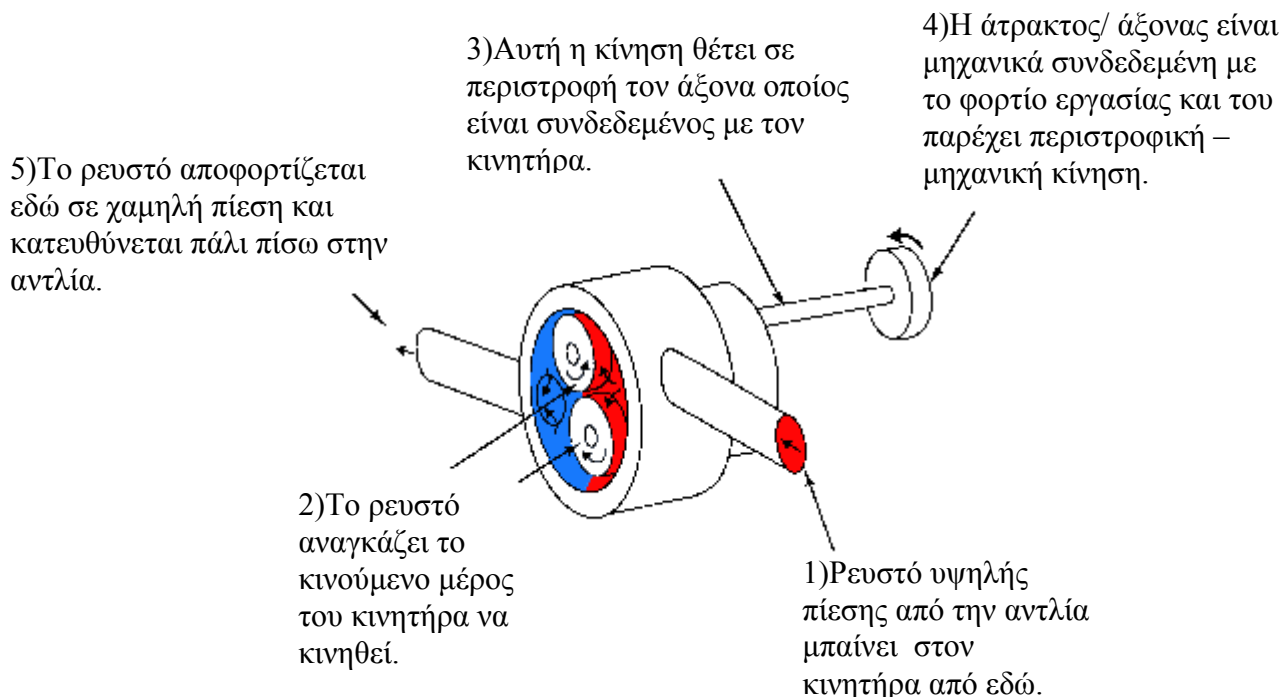
Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες είναι όμοιοι με τις υδραυλικές αντλίες. Αντί να συμπιέζουν το ρευστό όπως οι αντλίες, δέχονται ρευστό υπό πίεση το οποίο τους αναγκάζει να περιστρέφονται και να αποδίδουν ροπή στρέψεως στον άξονα τους. Σπάνια όμως οι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντλίες ή αντίστροφα. Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες έχουν δυνατότητα περιστροφής και προς τις δύο κατευθύνσεις ενώ οι αποστραγγίσεις τους είναι εξωτερικές.

Οι υδραυλικοί κινητήρες χαρακτηρίζονται σύμφωνα με τον κυβισμό τους (παροχή σε cm^3 ανά πλήρη περιστροφή), την ικανότητα για απόδοση ροπής στρέψης και τη μέγιστη πίεση στην οποία μπορούν να λειτουργήσουν. Χαρακτηρίζονται επίσης ως βραδύστροφοι και ως πολύστροφοι. Πολύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται στην περιοχή 6000RPM- 3000RPM. Μπορεί να είναι οδοντωτοί, πτερυγιοφόροι ή εμβολοφόροι. Ως βραδύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται από κλάσμα της στροφής ανά λεπτό έως 300-400RPM. Για ορισμένες ειδικές εφαρμογές κατασκευάζονται κινητήρες πολύ υψηλών στροφών π.χ. για αεροπορικές εφαρμογές υπάρχουν κινητήρες ικανότητας 10.000RPM.

Οι υδραυλικοί κινητήρες παρουσιάζουν εξαιρετικά πλεονεκτήματα: Έχουν μικρό όγκο σε σχέση με την αποδιδόμενη ισχύ, εκκινούν ακαριαία και αντιστρέφουν τη φορά περιστροφής τους, έχουν δυνατότητα συνεχούς μεταβολής των στροφών τους και καλύπτουν μεγάλο φάσμα αποδόσεων.

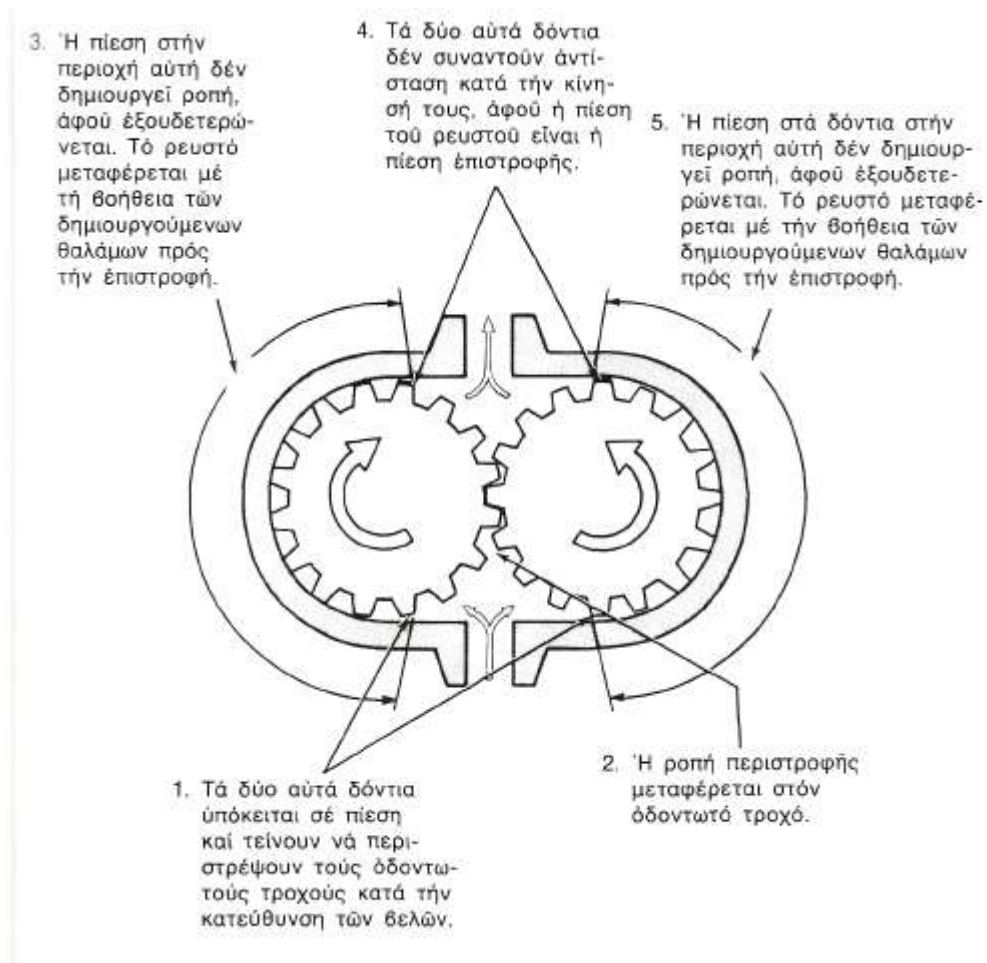
Υπάρχουν κινητήρες σταθερού και μεταβαλλόμενου κυβισμού όπως και οι αντλίες. Οι κινητήρες σταθερού κυβισμού αποδίδουν σταθερή ροπή στρέψεως ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και οι στροφές τους μεταβάλλονται με τη μεταβολή της παροχής. Οι κινητήρες μεταβαλλόμενου κυβισμού αποδίδουν μεταβαλλόμενη ροπή στρέψεως, ανάλογη προς την πίεση του ρευστού και τον κυβισμό τους.

Στο σχήμα 14 γίνεται πολύ απλά κατανοητή η λειτουργία του υδραυλικού κινητήρα.



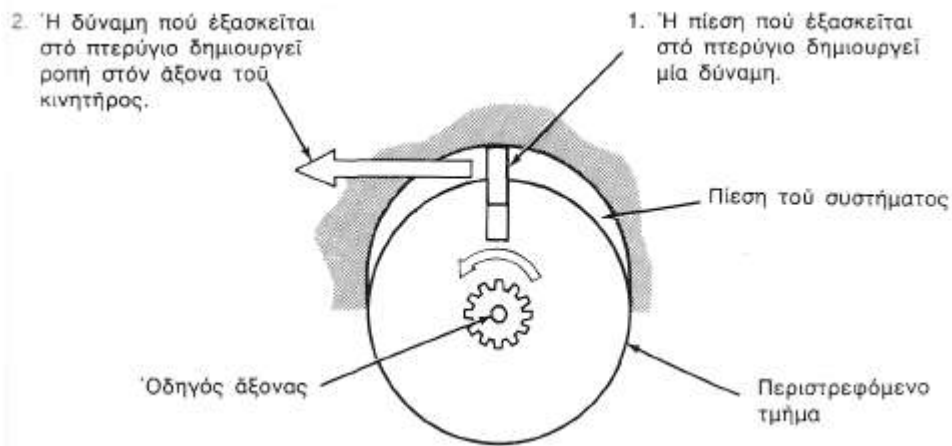
Σχήμα 14.Χαρακτηριστική λειτουργία ενός τυπικού υδραυλικού κινητήρα

Οδοντωτοί υδραυλικοί κινητήρες: Ένας οδοντωτός κινητήρας αναπτύσσει ροπή στρέψεως με την εφαρμογή πίεσεως στην επιφάνεια των οδόντων. Είναι κατασκευής όμοιας προς την οδοντωτή υδραυλική αντλία. Αποτελείται από δύο οδοντωτούς τροχούς οι οποίοι συμπλέκονται και περιστρέφονται μαζί (σχήμα 15α). Ο ένας μόνο από τους δύο τροχούς είναι συνδεδεμένος με τον άξονα του κινητήρα. Η φορά περιστροφής είναι αντιστρέψιμη με την αντιστροφή τής παροχής του ρευστού. Ο κυβισμός του κινητήρα είναι σταθερός και ισούται με τον όγκο που εγκλωβίζεται μεταξύ των οδόντων και των τοιχωμάτων του κινητήρα.



Σχήμα 15 α Αρχή λειτουργίας οδοντωτού υδραυλικού κινητήρα

Πτερυγιοφόροι υδραυλικοί κινητήρες: Η ροπή στρέψεως των πτερυγιοφόρων κινητήρων αναπτύσσεται με την εφαρμογή της πίεσεως του ρευστού στην μία επιφάνεια των πτερυγίων (σχήμα 15β) Η κατασκευή είναι ίδια με την κατασκευή της πτερυγιοφόρου αντλίας. Τα πτερύγια κινούνται ελεύθερα στις υποδοχές του περιστρεφόμενου τμήματος και εφάπτονται στην εσωτερική επιφάνεια του δακτυλίου. Η επαφή είναι τέτοια ώστε η πίεση συγκρατείται στους χώρους που δημιουργούνται.



Σχήμα 15 β .Αρχή λειτουργίας πτερυγιοφόρου κινητήρα

Κινητήρες αξονικών εμβόλων: Η κατασκευή των κινητήρων αυτών είναι πανομοιότυπη με την κατασκευή των έμβολοφόρων αξονικών αντλιών . Ο άξονας του κινητήρα και οι άξονες των εμβόλων είναι παράλληλοι, ενώ η πίεση στα άκρα των εμβόλων δημιουργεί μία δύναμη αντιστάσεως στην υπό κλίση πλάκα. Η αντίσταση αυτή περιστρέφει τον άξονα και δημιουργεί την ροπή στρέψεως, η οποία είναι ανάλογη προς την επιφάνεια των κεφαλών των εμβόλων και συνάρτηση της γωνίας της υπό κλίση πλάκας προς των άξονα.

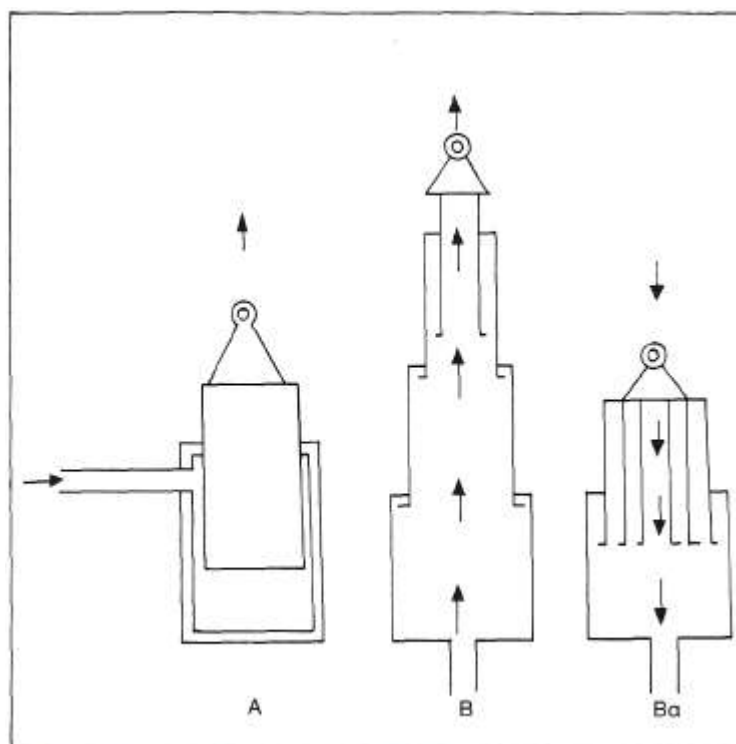
Κινητήρες ακτινικών εμβόλων: Οι κινητήρες αυτοί αποτελούνται από αριθμό εμβόλων που παλινδρομούν δεχόμενα ρευστό υπό πίεση.

2.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ

Οι υδραυλικοί κύλινδροι είναι τα στοιχεία που μας παρέχουν γραμμική κίνηση. Το αποτέλεσμα μιας υδραυλικής δράσης σε ένα κύλινδρο είναι η ευθύγραμμη κίνηση του εμβόλου του η εφαρμογή κάποιας δύναμης και η παραγωγή έργου. Υπάρχουν δύο τύποι κυλίνδρων δύο βασικές κατηγορίες

1. Οι κύλινδροι απλής ενέργειας και
2. Οι κύλινδροι διπλής ενέργειας.

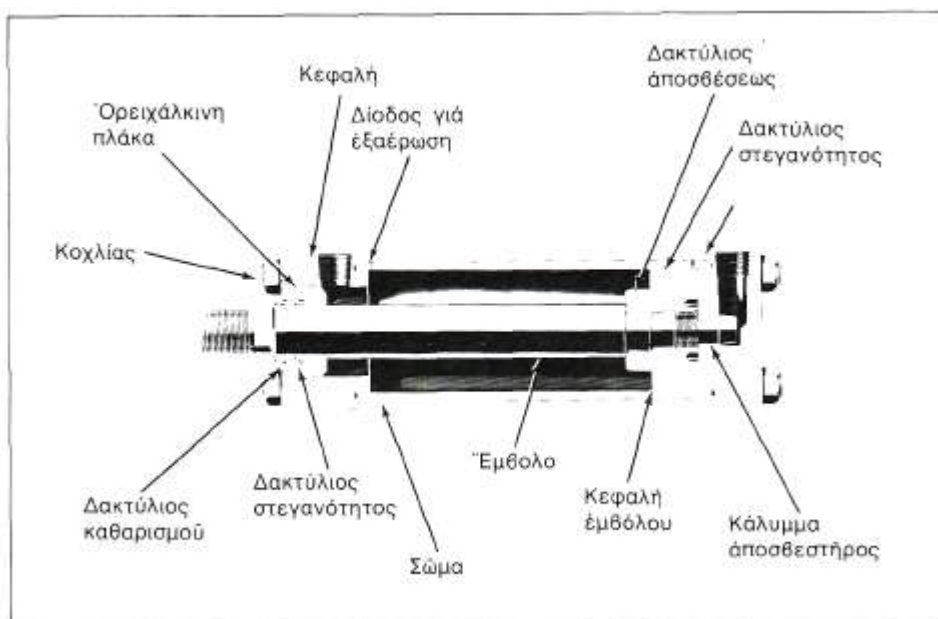
Κύλινδροι απλής ενέργειας : Ένας κύλινδρος απλής ενεργείας είναι ο κύλινδρος που διαθέτει μόνο μια είσοδο ρευστού από την οποία το ίδιο ρευστό επιστρέφει. Το ρευστό ωθεί έξω το έμβολο του κυλίνδρου. Η απλούστερη μορφή ενός κυλίνδρου απλής ενεργείας είναι αυτή όπου το έμβολο είναι ταυτοχρόνως και βάκτρο (Σχήμα 16 τύπος A) Ο κύλινδρος αυτός έχει μόνο ένα θάλαμο όπου το ρευστό εισέρχεται και εξέρχεται διαδοχικά και εξασκεί δύναμη προς μία μόνο κατεύθυνση. Τό έμβολο εξέρχεται με την εφαρμογή της πίεσης και επιστρέφει με την εφαρμογή μιας εξωτερικής δυνάμεως, συνήθως του ίδιου του βάρους του, με την προϋπόθεση βέβαια ότι είναι τοποθετημένος κατακόρυφα. Οι κύλινδροι αυτοί χρησιμοποιούνται ευρέως σε πρέσες. Μια άλλη μορφή κυλίνδρου απλής ενεργείας, είναι αυτή του τηλεσκοπικού κυλίνδρου. Ο κύλινδρος αυτός χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το μήκος το κύλινδρου, σε θέση ηρεμίας, πρέπει να είναι πολύ μικρότερο από τό μήκος του σε θέση δράσεως. Το έμβολο είναι πτυσσόμενο (τύπος B), με 4 έως 5 πτυχές κατά μέγιστο.



Σχήμα 16.Κύλινδροι απλής ενέργειας. A: Κύλινδρος απλής ενέργειας B: Τηλεσκοπικός κύλινδρος

Κύλινδροι διπλής ενεργείας: Οι κύλινδροι διπλής ενεργείας δέχονται ρευστό από τα δύο άκρα τους και μπορούν να δράσουν και προς τις δύο κατευθύνσεις. Είναι η πιο

διαδεδομένη μορφή υδραυλικού κυλίνδρου . Ένα χαρακτηριστικό των κυλίνδρων αυτών, είναι ότι η κεφαλή του εμβόλου παρουσιάζει άνισες επιφάνειες στις δύο πλευρές, έφ' όσον η μια πλευρά είναι μικρότερης επιφανείας λόγω της παρουσίας του βάκτρου. Ομοίως, η κάθε πλευρά του κυλίνδρου παρουσιάζει διαφορετικό κυβισμό. Το αποτέλεσμα είναι ότι κατά την παλινδρόμηση του κυλίνδρου εξασκούνται διαφορετικές δυνάμεις λόγω τής πίεσεως του ρευστού, ενώ ή ταχύτητα του κυλίνδρου κατά την εμπρός κίνηση είναι μικρότερη από την ταχύτητα επιστροφής, έφ' όσον ή παροχή ρευστού είναι η ίδια. Στην περίπτωση όπου το χαρακτηριστικό αυτό είναι μειονέκτημα, χρησιμοποιούνται κύλινδροι μέ διαμπερές βάκτρο ,



Σχήμα 17.Κύλινδρος διπλής ενέργειας

ώστε οι εκατέρωθεν επιφάνειες του εμβόλου και οι όγκοι των δύο πλευρών του να εξισωθούν.

Ένας κύλινδρος αποτελείται από το σώμα, το έμβολο, το βάκτρο, τα παράπλευρα καλύμματα και τους δακτυλίους στεγανότητας. Το σώμα των κυλίνδρων κατασκευάζεται από χαλύβδινο σωλήνα χωρίς ραφή με κατεργασία ακριβείας στό εσωτερικό. Το έμβολο, συνήθως χυτοσίδηρο ή χαλύβδινο διαθέτει δακτυλίους στεγανότητας, ώστε να εξασφαλίζεται ή στεγανότητα της υπό πίεση πλευράς(σχήμα 17). Το βάκτρο αποτελείται από χαλύβδινο έπιχρωμομένο άξονα. Οι οπές του κυλίνδρου ευρίσκονται στά παράπλευρο καλύμματα, τα οποία προσαρμόζονται στό σώμα ή κοχλιώνονται μεταξύ των. Υπάρχουν πολλοί τρόποι έδράσεως των κυλίνδρων, αναλόγως μέ την κατασκευή της τελικής μηχανής. Το άκρο του βάκτρου είναι συνήθως κοχλιωμένο ώστε να μπορεί να προσαρμοσθεί προς την διάταξη του φορτίου.

Οι κύλινδροι επιλέγονται αναλόγως προς τις απαιτούμενες πιέσεις, δυνάμεις και ταχύτητες. Συνήθως είναι τυποποιημένοι, αλλά η ποικιλία των εφαρμογών επιβάλλει συχνά την κατασκευή κυλίνδρων ειδικά για τις συγκεκριμένες κατασκευές.

Έκτος από τα χαρακτηριστικά ποα αναφέραμε, οι κύλινδροι μπορούν να κατασκευασθούν και με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, όπως με δακτυλίους στεγανότητας κατάλληλους για μεγάλη συχνότητα παλινδρομήσεων ή με διατάξεις επιβραδύνσεως για επιβράδυνση της κινήσεως κατά το τέλος της κινήσεως καθώς και με ειδικές διατάξεις για την αντιμετώπιση ακτινικών φορτίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΛΑΒΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΑΝΤΑΜΕ ΣΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΙΤΙΕΣ ΠΟΥ ΤΙΣ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ

Σε ένα υδραυλικό σύστημα μπορούν να προκύψουν διαφόρων ειδών προβλήματα τα οποία θα έχουν ως αποτέλεσμα τη μη ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Ορίζουμε ως βλάβη κάθε συμβάν που έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του υδραυλικού συστήματος. Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε να εντοπίσουμε ποιες είναι οι πιθανές βλάβες που μπορούν να εμφανιστούν σ' ένα σύστημα καθώς και τις αιτίες στις οποίες οφείλονται.

Οι πιθανοί τύποι προβλημάτων που μπορεί να εμφανιστούν χωρίζονται σε δέκα κατηγορίες :

- 1) Διαρροές
- 2) Υπερβολικός θόρυβος στο σύστημα
- 3) Κραδασμοί
- 4) Υπερθέρμανση
- 5) Ακαταλληλότητα υδραυλικού ρευστού
- 6) Σπηλαιώση αντλίας
- 7) Αέρας στο ρευστό
- 8) Απώλεια υδροστατικής ισορροπίας
- 9) Εσφαλμένη παροχή
- 10) Εσφαλμένη πίεση

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε ξεχωριστά κάθε μία από τις παραπάνω βλάβες.

3.1 ΔΙΑΡΡΟΗ ΡΕΥΣΤΟΥ

Ονομάζεται κάθε ροή ρευστού προς κατεύθυνση εκτός του υδραυλικού κυκλώματος. Η διαρροή μπορεί να είναι εσωτερική μέσα από τα στοιχεία του συστήματος στους αγωγούς προς την δεξαμενή ή εξωτερική προς το περιβάλλον. Στην πρώτη περίπτωση έχουμε δημιουργία θερμότητας και στην δεύτερη απώλεια ρευστού. Οι εξωτερικές διαρροές πρέπει να επισκευάζονται αμέσως μόλις γίνονται αντιληπτές. Οι εσωτερικές διαρροές προξενούνται από φθορά των στοιχείων. Οι διαρροές αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας του ρευστού, αφού έτσι γίνεται πιο λεπτόρρευστο. Η εσωτερική διαρροή αυξάνει με την αύξηση της πίεσης αφού υψηλή πίεση αυξάνει τη ροή του ρευστού.

Η πρόληψη των διαρροών είναι θέμα σωστής εγκαταστάσεως και λειτουργίας.

3.1.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΟΗ:

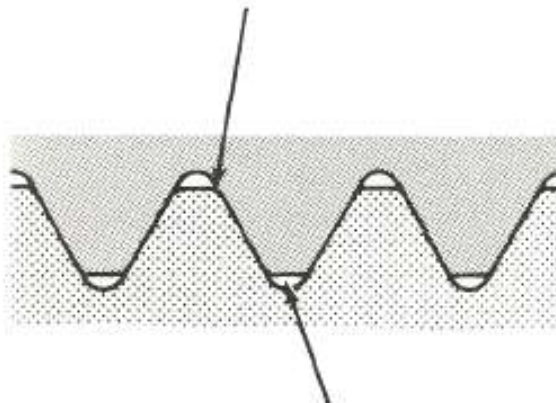
Οι βασικές αιτίες διαρροής ρευστού σ' ένα σύστημα είναι:

- Τα ανθρώπινα λάθη
- Έλλειψη ποιοτικού ελέγχου
- Κακή προστασία των εξαρτημάτων κατά τη μεταφορά τους
- Κακή συναρμολόγηση εξαρτημάτων
- Έλλειψη εκπαίδευσης
- Λανθασμένη/ ανεπαρκή επιλογή υλικών
- Λανθασμένος σχεδιασμός σωληνώσεων

3.1.1.1 Εξωτερική διαρροή από τα κωνικά σπειρώματος των σωληνώσεων

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στους οποίους οφείλεται η εξωτερική διαρροή είναι το κωνικό σπείρωμα των σωληνώσεων. Όταν συναρμολογούνται εξαρτήματα με σπειροειδείς σωληνώσεις το σπείρωμα δημιουργεί ένα χώρο που έχει το σχήμα κωνικής έλικας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 18). Το κενό αυτό που δημιουργεί η έλικα είναι ένα έτοιμο μονοπάτι για να "δραπετεύσει" το ρευστό.

Σε κανονικά σπειρώματα σωληνώσεων οι πλευρές έρχονται πρώτα σ' επαφή

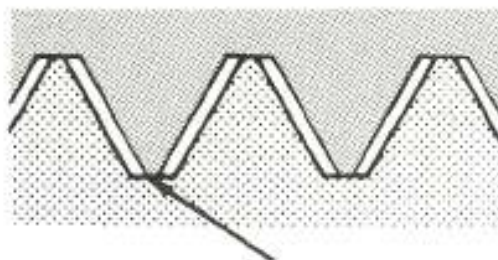


Δημιουργία ελικοειδούς
χάρης/ διακένου στο
σπείρωμα μέσα απ την οποία
πραγματοποιείται η διαρροή.

Σχήμα 18. Εξωτερική διαρροή μέσω του κωνικού σπειρώματος των σωληνώσεων

Για να εξαλειφθεί αυτό το πρόβλημα οι κατασκευαστές επινόησαν ένα νέο είδος σωλήνωσης κωνικού σπειρώματος που θα δρούσε και ως στεγανωτικό έτσι ώστε να εξαλειφθεί η έλικα μέσω της οποίας διέφευγε το ρευστό (σχήμα 19). Η καινούργια όμως αυτή σχεδίαση δημιούργησε νέα προβλήματα. Κατά τη διαδικασία ελέγχου εξαρτημάτων από χυτοσίδηρο το κωνικό στεγανωτικό σπείρωμα που χρησιμοποιούσαν καταστρεφόταν με αποτέλεσμα τα καινούργια εξαρτήματα να προκαλούν διαρροή.

Όταν το κωνικό σπείρωμα των σωληνώσεων σφίγγεται υπερβολικά μπορεί να σπάσει το χυτοσίδηρο ή να δημιουργήσει παραμόρφωση η οποία μπορεί να προκαλέσει κακή λειτουργία στις βαλβίδες η σε αλλά εξαρτήματα.



Στεγανωτικό σπείρωμα.
Όπως φαίνεται εδώ η κορυφή ενώνεται με τη βάση έτσι ώστε να εξαφανιστεί το διάκενο.

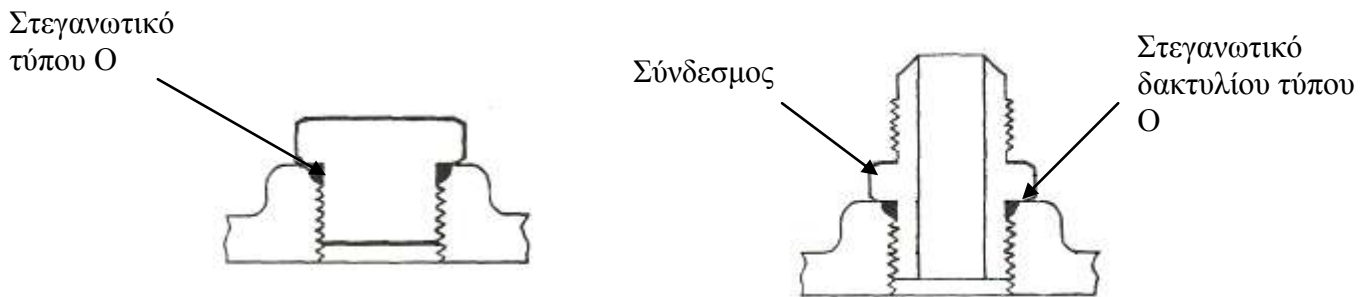
Σχήμα 19.Κωνικό σπείρωμα σωλήνωσης με στεγανωτικά

3.1.1.2 Εξωτερική διαρροή από τους στεγανωτικούς δακτυλίους (O-rings)

Για να αντιμετωπιστεί το παραπάνω πρόβλημα δημιουργήθηκαν κανονικά σπειρώματα σωληνώσεων χωρίς κωνικότητα τα οποία τα οποία απέτρεπαν τη διαρροή χάρις σ' ένα ελαστομερές στεγανωτικό το οποίο έχει μορφή δακτυλίου(O-ring).(Οι κυκλικοί δακτύλιοι στεγανότητας είναι κατασκευασμένοι από συνθετικό ελαστικό και έχουν κυκλική διατομή. Οι κυκλικοί δακτύλιοι είναι το συνηθέστερο μέσο στεγανότητας στα υδραυλικά συστήματα και εγκαθίστανται κυρίως σε μία κυκλική αύλακα υποδοχής, πού βρίσκεται σε ένα απ' τα δύο σε επαφή τμήματα. Με την εφαρμογή των μεταλλικών τμημάτων ο κυκλικός δακτύλιος συσφίγγεται. Η στεγανοποίηση, είναι αποτέλεσμα και της συσφίξεως των δύο τμημάτων και της πίεσεως του ρευστού του συστήματος. Λόγω της ιδιομορφίας κάθε περιπτώσεως είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πολύ υψηλές πιέσεις πάνω σε ένα κυκλικό δακτύλιο. Για τον λόγο αυτό, ή κατασκευή τους πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπει την λειτουργία σε πολύ υψηλές πιέσεις. Ένας συνηθής λόγος καταστροφής των κυκλικών δακτυλίων είναι ή κακή τοποθέτηση του δακτυλίου σε επαφή με τα αιχμηρά άκρα των αυλάκων υποδοχής, τα όποια πρέπει να λειαίνονται πριν την τοποθέτηση των δακτυλίων. η υψηλή θερμοκρασία της μάζας του ρευστού ή τοπικά του σημείου εγκαταστάσεως, μπορεί επίσης, να καταστρέψει ένα δακτύλιο στεγανότητας. Οι κυκλικοί δακτύλιοι χρησιμοποιούνται κυρίως για στατική στεγανότητα και σπάνια για δυναμική στεγανότητα και μόνον σε περιπτώσεις πού υπάρχει μία σύντομη παλινδρομική κίνηση μεταξύ των δύο τμημάτων. Οι κυκλικοί δακτύλιοι, δεν είναι κατάλληλοι για επίτευξη στεγανότητας μεταξύ περιστρεφόμενων τμημάτων ή μεταξύ τμημάτων πού παρουσιάζουν κραδασμούς ή ταλαντώσεις.)

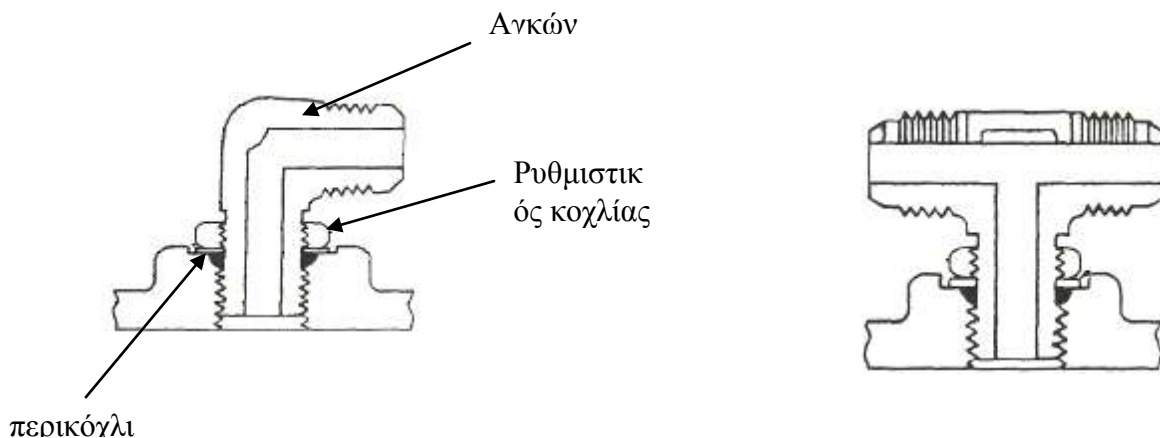
Τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούν κανονικά σπειρώματα με στεγανωτικά τύπου O χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

- a) Εξαρτήματα στα οποία η θέση του στεγανωτικού δακτυλίου παραμένει αμετάβλητη /σταθερή εξαιτίας ενός σταθερού ώμου που το εμποδίζει να κινηθεί (σχήμα. 20)



Σχήμα 20.Ο στεγανωτικός δακτύλιος παραμένει αμετακίνητος

- b) Εξαρτήματα στα οποία μπορούμε να ρυθμίσουμε το στεγανωτικό σε διάφορες θέσεις του σωλήνα με τη βοήθεια ενός κοχλίου και ενός περικολίου(σχήμα.21).



Σχήμα 21..Μεταβολή της θέσης στεγάνωσης του δακτυλίου O -ring

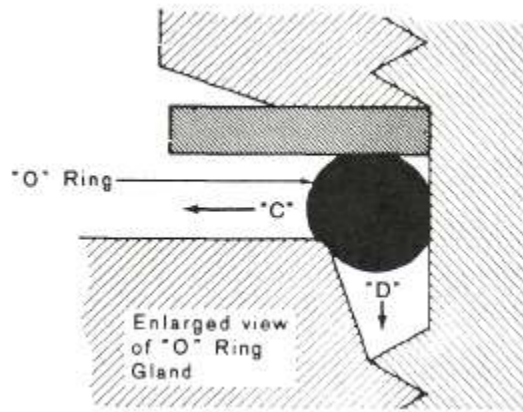
Παρόλα αυτά όμως ακόμα και σε αυτού του είδους τα στεγανωτικά μπορεί να έχουμε διαρροές οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε :

1. Χαλάρωση του βιδωτού αγκώνα(βλ σχήμα) μετά από μια διαδικασία συντήρησης.
2. Διαρροή μέσω του δακτυλίου ο οποίος προηγουμένως έχει υποστεί κάποια διαδικασία συντήρησης βραχυχρόνια η μακροχρόνια.
3. Άμεση διαρροή κατά το ξεκίνημα της μηχανής.
4. Ανθρώπινα λάθη όπως κακή τοποθέτηση.
5. Ελαττωματικά εξαρτήματα.
6. Φθορά των στεγανωτικών λόγω μηχανικής η θερμικής καταπόνησης.
7. Χημικής διάβρωσης.
8. Ανεπαρκούς λίπανσης.

Είναι πολύ σημαντικό να λιπαίνουμε τους στεγανωτικούς δακτυλίους .

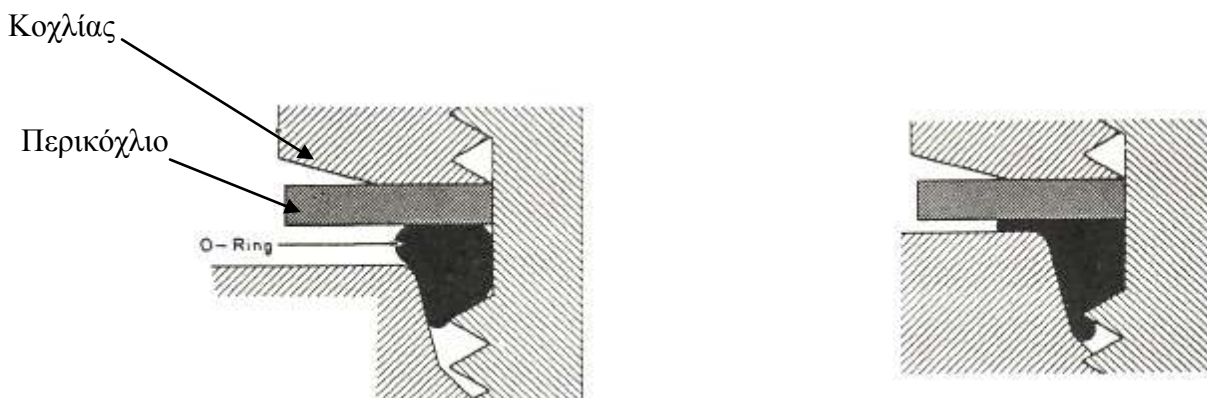
Στο σχήμα 22 μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ένας δακτύλιος με καλή λίπανση μετατοπίζεται κατά τη διεύθυνση D αποτρέποντας κάθε διαρροή ενώ όταν ο δακτύλιος

και το κυρίως σώμα πάνω στο οποίο μετακινείται ο δακτύλιος δεν έχουν λιπανθεί και είναι ξηρά τότε ο δακτύλιος μπορεί να κινηθεί κατά τη διεύθυνση C (σχήμα 22).



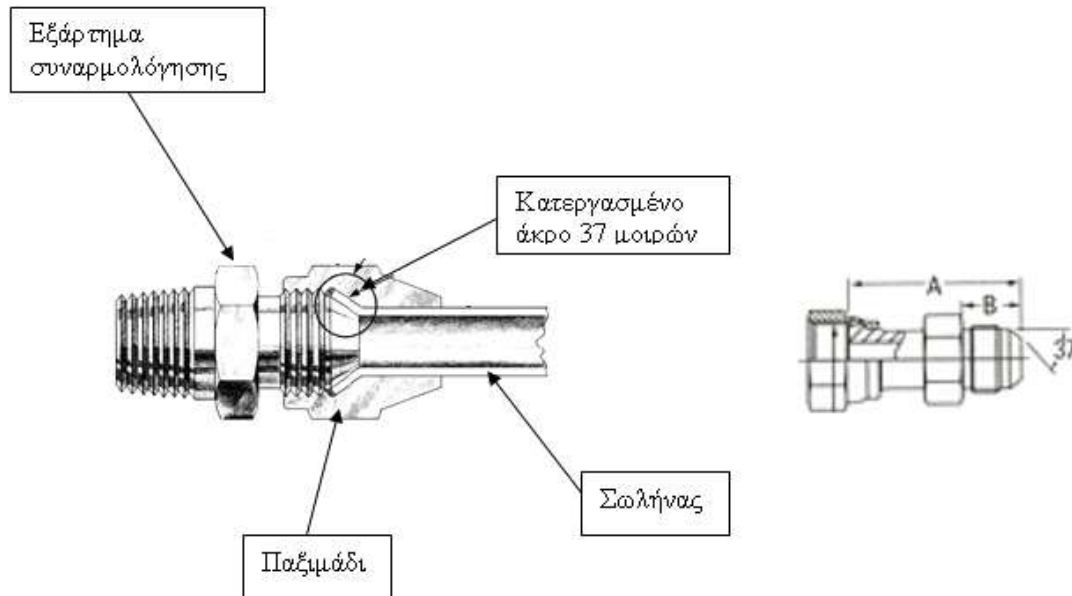
Σχήμα 22. Ένα στεγανωτικό με καλή λίπανση θα κινηθεί προς την κατεύθυνση D .Ένα στεγανωτικό με κακή λίπανση θα κινηθεί προς την κατεύθυνση C.

Αν μετακινηθεί κατά τη διεύθυνση C τότε με περαιτέρω σφίξιμο του κοχλίου ο στεγανωτικός δακτύλιος θα πιαστεί μεταξύ του περικοχλίου και του σώματος του εξαρτήματος με αποτέλεσμα να μην τα αφήνει να έρθουν σε επαφή αλλά και το ίδιο το στεγανωτικό να σκιστεί. Η σύσφιξη περικοχλίου και σώματος θα είναι χαλαρή με αποτέλεσμα να έχουμε διαρροή ρευστού(σχήμα 23).



Σχήμα 23. Το κομμάτι στεγανωτικού το οποίο έχει πιαστεί μεταξύ περικοχλίου και σώματος δημιουργεί χαλαρή σύνδεση δεν παρέχει επαρκή μόνωση έναντι διαρροών

Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο μπορεί να γίνει η συναρμολόγηση ενός σωλήνα με ένα εξάρτημα είναι η χρήση ενός μικρού τμήματος σωλήνα ο οποίος στα άκρα του έχει κατεργαστεί με φλογοκοπή έτσι ώστε να σχηματίζει γωνία 37 μοιρών(σχήμα 24).



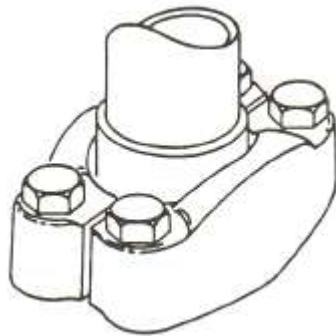
Σχήμα 24. Συναρμολόγηση σωλήνωσης με σωλήνα 37 μοιρών

Ακόμα και αυτός ο τρόπος συναρμολόγησης μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή ρευστού. Οι περισσότερες μορφές διαρροής σ' αυτού του είδους τη σύνδεση μπορεί να οφείλονται σε ανεπαρκή σύσφιξη των εξαρτημάτων ή σε κάποιο ανθρώπινο λάθος. Αν ο σύνδεσμος έχει σφικτεί κανονικά αλλά παρ' όλα αυτά υπάρχει διαρροή τότε αυτό μπορεί να οφείλεται στους παρακάτω παράγοντες:

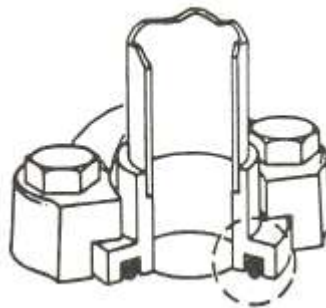
- Ύπαρξη ξένων σωματιδίων στο σύνδεσμο τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν.
- Σπάσιμό του εξαρτήματος στη θέση συναρμολόγησης
- Ο άξονας της σωλήνωσης δε βρίσκεται σε ομοκεντρότητα με τον άξονα του σπειρώματος του εξαρτήματος συναρμολόγησης των 37 μοιρών.
- Ύπαρξη χαρακιών στο εξάρτημα που εκτείνονται σε μεγάλο βάθος
- Εμφάνιση αποτυπωμάτων στο εξάρτημα τα οποία υποδηλώνουν ότι το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο είναι πολύ μαλακό για υψηλές πιέσεις και το σπείρωμα του μπορεί να υποστεί σημαντική παραμόρφωση.
- Το εξάρτημα να έχει υποστεί φωσφάτωση μια διαδικασία η οποία αν γίνει σε υπερβολικό βαθμό αφήνει πάνω στην επιφάνεια στην οποία γίνεται ένα πολύ λεπτό στρώμα άμμου.
- Σημάδια στην επιφάνεια του εξαρτήματος λόγω chattering.

3.1.1.3 Εξωτερικές διαρροές σε συνδέσεις με φλάντζα

Μια σύνδεση με αποσπώμενη φλάντζα (SAE) 4 μπουλονιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για λόγους στεγάνωσης (σχήμα 25). Ο βραχίονας που έχει το στεγανωτικό δακτύλιο πρέπει να είναι παράλληλός με την επιφάνεια του εξαρτήματος με την οποία συναρμολογείται (σχήμα 26).

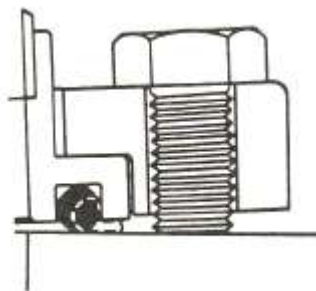


Σχήμα 25. Αποσπώμενη φλάντζα 4 μπουλονιών τύπου SAE J518c



Σχήμα 26. Η επιφάνεια των στεγανωτικών και του βραχίονα που τα υποστηρίζει πρέπει να είναι παράλληλα με την επιφάνεια του εξαρτήματος

Αυτή η σύνδεση είναι πολύ ευαίσθητη σε ανθρώπινα λάθη. Αν όλες οι βίδες δεν σφικτούν ομοιόμορφα με την κατάλληλη τιμή ροπής η φλάντζα τείνει να ανασηκωθεί όταν ασκείται υδραυλική πίεση στο ρευστό και τα στεγανωτικά χάνουν επαφή με την επιφάνεια του εξαρτήματος (σχήμα 27).



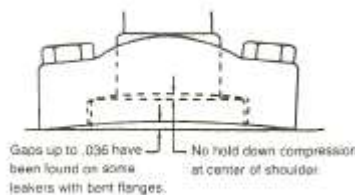
Σχήμα 27. Τυπικό παράδειγμα κακοβιδωμένης φλάντζας

Όταν εφαρμόζεται όλη(η μέγιστη) η ροπή στις βίδες η φλάντζα μπορεί να καμφθεί έως ότου η βίδες να βιδωθούν στο τέρμα. Αυτή η κάμψη της φλάντζας έχει σα συνέπεια και την κάμψη του εξωτερικού μέρους της βίδας που είναι μες τη φλάντζα(σχήμα 28).



Σχήμα 28. Υπερβολικό σφίξιμο των μπουλονιών προκαλεί κάμψη της φλάντζας

Η κάμψη των μπουλονιών και της φλάντζας κάνουν τη φλάντζα να ανασηκωθεί από το βραχίονα στο κεντρικό μέρος όπως στο σχήμα 29. Η ανύψωση αυτή είναι μία ανοιχτή διεξόδος για να δραπετεύσει το ρευστό.

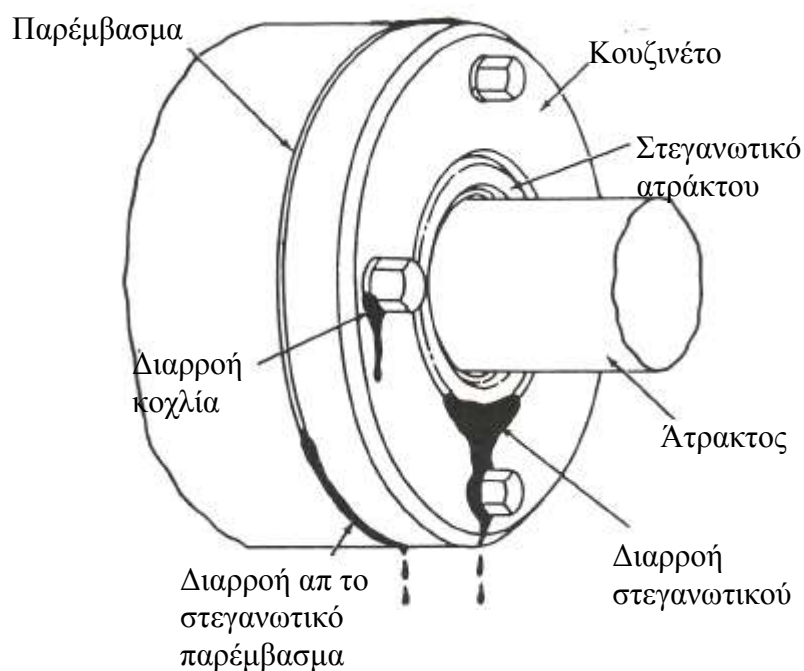


Σχήμα 29. Φλάντζα η οποία έχει χάσει την επαφή με τη συνεργαζόμενη επιφάνεια εξαιτίας υπερβολικού σφίξιματος μπουλονιών προκαλεί διαρροή

Τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα που σχετίζονται με τη διαρροή εμφανίζονται συνήθως κατά τη διαδικασία συντήρησης

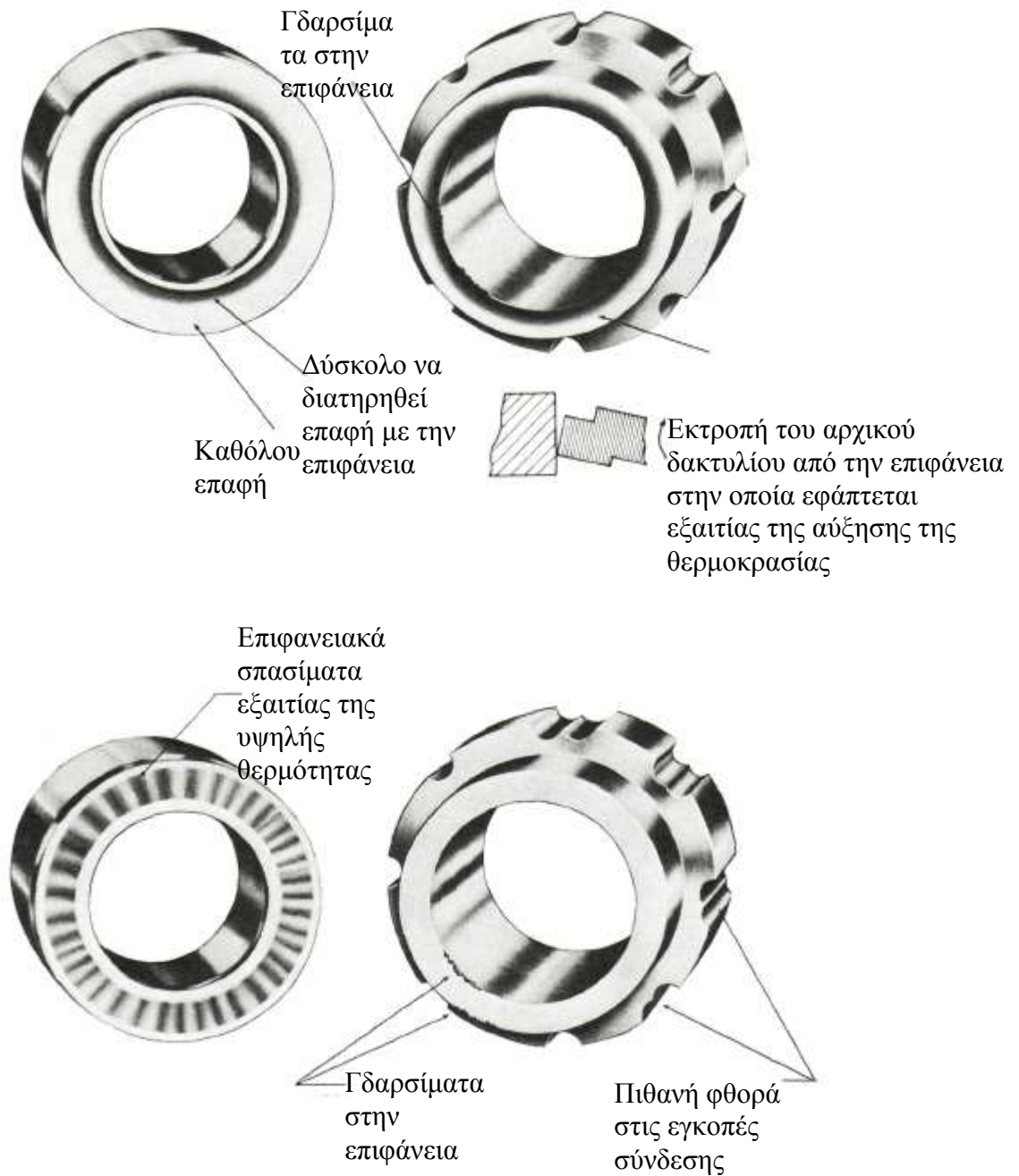
3.1.1 4 Βλάβες στεγανωτικών παρεμβασμάτων

Πριν κατασκευαστούν οι κυκλικό δακτύλιοι στεγανότητας O-ring για να επιτευχθεί στεγάνωση γινόταν χρήση στεγανωτικών παρεμβασμάτων (gaskets). Το παρέμβαση είναι ένα είδος φλάντζας κατασκευασμένοι από φύλλο χαρτιού ή συνθετικό υλικό, το οποίο τοποθετείται μεταξύ δύο επαπτόμενων ή κοχλιωμένων επιφανειών για να εξασφαλίζει στεγανότητα. Τα παρεμβάσματα έχουν το σχήμα των μεταλλικών επιφανειών στις οποίες εφάπτονται (σχήμα 30).



Σχήμα30. Τυπική μορφή διαρροής στεγανωτικών παρεμβασμάτων

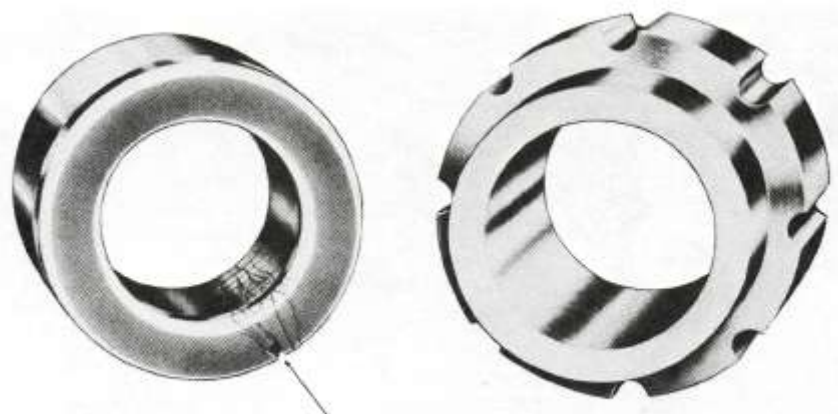
Τα παρεμβάσματα δημιουργούν συνήθως εξωτερικές διαρροές . Ας δούμε μερικές περιπτώσεις κατεστραμμένων παρεμβασμάτων που προκαλούν διαρροές. Σε κάθε φωτογραφία στα αριστερά είναι ο τύπος του επιπέδου παρεμβάσματος και στα δεξιά ο τύπος παρεμβάσματος με αυλάκωση(σχήματα 31,32,33)



Σχήμα31.Θερμική καταπόνηση παρεμβασμάτων



Σχήμα32.Μηχανική καταπόνηση παρεμβασμάτων



Σχήμα33.Πλευρική φόρτιση στεγανωτικών παρεμβασμάτων

3.1.1.5 Εξωτερική διαρροή οφειλόμενη σε αστοχίες υδραυλικών ελαστικών σωληνώσεων

Η ελαστική σωλήνωση είναι ένας ευέλικτος οδηγός ρευστού ο οποίος μπορεί να προσαρμοστεί σε κινητά μέρη μηχανών. Οι ελαστικές σωληνώσεις χρησιμοποιούνται εκεί όπου η γραμμή υφίσταται κινήσεις ή κραδασμούς, τους οποίους και απαλύνουν. Είναι κατασκευασμένοι από συνθετικό ελαστικό με αλλεπάλληλα στρώματα ενισχύσεως από χάλυβα ή πλαστικό(σχήμα 34).

Η εσωτερική επιφάνεια του εύκαμπτου σωλήνα πρέπει να είναι πάντα κατάλληλη για συνεργασία με το ρευστό που χρησιμοποιείται. Οι εξωτερικές επιφάνειες αποτελούνται από συνθετικό ελαστικό. Υπάρχουν ειδικοί σύνδεσμοι που προσαρμόζονται στα άκρα των εύκαμπτων σωληνών με μηχανικό τρόπο. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία εύκαμπτων σωληνών κατάλληλων για διάφορες χρήσεις και περιοχές πίεσεως και διαμέτρων.



Σχήμα 34. Η κατασκευή του ελαστικού σωλήνα αποτελείται από αλλεπάλληλα στρώματα σύνθετου ελαστικού και πλεγμάτων

Οι βλάβες που μπορεί να υποστεί μια εύκαμπτη σωλήνωση και οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν διαρροή είναι:

- α) Η ελαστική σωλήνωση έχει σπάσει εσωτερικά και εξωτερικά εξαιτίας έντονων ψυχρών συνθηκών που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια κάμψης της (σχήμα. 35)



Σχήμα 35. Σπασμένη σωλήνωση εξαιτίας χαμηλής θερμοκρασίας

- b) Η ελαστική σωλήνωση σπάει και προσεκτικότερη εξέταση της δείχνει ότι έχει σπασμένα συρματάκια καθ'όλο το μήκος της. Αυτό οφείλεται σε μια κατάσταση πίεσης υψηλής συχνότητας(σχήμα. 36).



Σχήμα 36. Αστοχία σωλήνωσης εξαιτίας συχνών παλμών πίεσης

- c) Σπάσιμο της ελαστικής σωλήνωσης χωρίς να υπάρχει ένδειξη σπασμένων συρματιδίων. Αυτό οφείλεται σε υπερβολική πίεση. Πίεση η οποία υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση σπασίματος(σχήμα.37).



Σχήμα 37. Αστοχία ελαστικής σωλήνωσης εξαιτίας άσκησης υπερβολικής πίεσης πάνω της

- d) Σπάσιμο της ελαστικής σωλήνωσης στο εσωτερικό της εξαιτίας σκουριασμένων συρματιδίων στο πλέγμα και ταυτόχρονα κομμένο ή κατεστραμμένο εξωτερικό κάλυμμα(σχήμα 38)



Σχήμα 38. Σπάσιμο της ελαστικής σωλήνωσης στο εσωτερικό της εξαιτίας σκουριασμένων συρματιδίων στο πλέγμα

- e) Δεν θα πρέπει να ασκείται καμία στρεπτική δύναμη στη σωλήνωση. Η στρεπτική ροπή θα αποδυναμώσει-χαλαρώσει το πλέγμα ενίσχυσης της σωλήνωσης προκαλώντας έκρηξη μεταξύ των συρματιδίων και παραμόρφωση της σωλήνωσης(σχήμα 39).



Σχήμα 39. Στρεπτική καταπόνηση προκάλεσε την αστοχία της ελαστικής σωλήνωσης

- f) Δημιουργία φουσκαλών στο εξωτερικό περίβλημα της ελαστικής σωλήνωσης. Μια μικρή τρύπα στο εσωτερικό περίβλημα είναι ικανή να επιτρέψει στο λάδι υψηλής πίεσης να εισχωρήσει μεταξύ εσωτερικού –εξωτερικού περιβλήματος. Τελικά το ρευστό αυτό που έχει διαρρεύσει θα σχηματίζει φουσκάλες στο περίβλημα. Σε συνδέσεις βιδωτού τύπου όπου η λίπανση του εσωτερικού περιβλήματος είναι ανεπαρκής το εσωτερικό περίβλημα γίνεται ξηρό και πιο ευάλωτο σε φθορά (σχήμα. 40).



Σχήμα 40. Δημιουργία φουσκαλών στο εξωτερικό περίβλημα της ελαστικής σωλήνωσης

- g) Το εσωτερικό περίβλημα της ελαστικής σωλήνωσης είναι κατεστραμμένο και έχει εμφανή σημάδια διόγκωσης διότι το ρευστό του μεταφερόταν δεν ήταν συμβατό με το υλικό της σωλήνωσης. Αυτό σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες για τη σωλήνωση(σχήμα 41).



Σχήμα 41. Ασυμβατότητα μεταξύ υλικού ελαστικής σωλήνωσης και ρευστού

- h) Αν χρησιμοποιούμε μικρές σε μήκος ελαστικές σωληνώσεις χωρίς να έχουμε προβλέψει την αλλαγή του μήκους τους καθώς θα υπόκεινται σε πίεση είναι πολύ πιθανόν να καταστραφούν οι ενισχύσεις και τα συρμάτινα πλέγματα της σωλήνωσης(σχήμα. 42).



Σχήμα 42. Ελαστική σωλήνωση πολύ μικρή για τη δεδομένη εφαρμογή

- i) Η ελαστικής σωλήνωση έχει καμφθεί ή συμπιεστεί σε κάποια σημεία προκαλώντας στραγγαλισμό στην παροχή(σχήμα 43). Καθώς η ταχύτητα του ρευστού αυξάνει μέσα από τη στένωση η πίεση μειώνεται στην πίεση ατμοποίησης του ρευστού. Αυτή η κατάσταση προκαλεί αυξημένη θερμότητα και άμεση οξείδωση στη σωλήνωση .



Σχήμα 43. Η ελαστικής σωλήνωση έχει καμφθεί ή συμπιεστεί σε διάφορα σημεία

Άλλες αιτίες καταστροφής η μη της ελαστικής σωλήνωσης που προκαλούν διαρροές είναι

- Φθορά της σωλήνωσης εξαιτίας της χρόνιας χρήσης που της έχει γίνει.
- Ο σύνδεσμός της σωλήνωσης έχει αποσυνδεθεί αφήνοντας ρευστό να χαθεί.
- Διάβρωση της ελαστικής σωλήνωσης

3.1.1.6 Εξωτερικές διαρροές εμφανίζονται στις σωληνώσεις των υδραυλικών κυκλωμάτων εξαιτίας πολλών παραγόντων όπως:

a) Ύπαρξη υδραυλικού πλήγματος

Το υδραυλικό πλήγμα είναι ένα μη μόνιμο φαινόμενο υδραυλικής που δημιουργείται από απότομες μεταβολές της ταχύτητας ή της πίεσης στους κλειστούς αγωγούς. Τέτοιες απότομες μεταβολές μπορούν να συμβούν

α) σε καταθλιπτικούς αγωγούς μόλις παύσει η λειτουργία των αντλιών, εξαιτίας διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος. Σ' αυτή την περίπτωση μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα πέφτει σημαντικά η πίεση στη θέση του αγωγού αμέσως μετά το αντλιοστάσιο.

β) σε αγωγό, όπου κάποια βάνα κλείνει γρήγορα, είτε από κακό χειρισμό, είτε από βλάβη, οπότε η παροχή του ρευστού μηδενίζεται ταχύτατα.

Κατά τη δημιουργία υδραυλικού πλήγματος αναπτύσσονται ισχυρές εναλλασσόμενες υπερπίεσεις και υποπίεσεις στον αγωγό, συνήθως κατά πολύ μεγαλύτερες από τις πιέσεις που αναπτυσσόταν στον αγωγό κατά τη διάρκεια του μόνιμου φαινομένου (ακριβώς πριν τη δημιουργία του υδραυλικού πλήγματος). Η ένταση του φαινομένου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όμως πάντα αυξάνεται (τουλάχιστον σ' ορισμένες θέσεις του αγωγού) όσο ταχύτερη είναι η μεταβολή της παροχής ή της πίεσης που προκάλεσε το υδραυλικό πλήγμα. Η καταπόνηση του αγωγού είναι σημαντική, αφού για ένα μικρό χρονικό διάστημα αναπτύσσονται σ' αυτόν εναλλασσόμενες εφελκύστηκες και θλιπτικές τάσεις κατά πολύ ισχυρότερες απ' αυτές που αναπτυσσόταν κατά τη μόνιμη ροή. Κάτω από τέτοιες συνθήκες ο αγωγός σπάει, εφόσον δεν είναι εφοδιασμένος με κατάλληλες αντιπληγματικές διατάξεις που μετριάζουν την ένταση του υδραυλικού πλήγματος ή δεν έχει θωρακιστεί με ιδιαίτερη αντοχή σ' ορισμένα τμήματα του. Επειδή συνήθως οι αγωγοί στους οποίους δημιουργείται υδραυλικό πλήγμα είναι κύριοι αγωγοί του δικτύου, οι επιπτώσεις (οικονομικές, κοινωνική αντίδραση κ.λ.π.) από πιθανή θραύση τους είναι σοβαρότατες για την εταιρία που διαχειρίζεται το υδραυλικό σύστημα.

Το υδραυλικό πλήγμα ανήκει στις μεταβατικές ροές

Απ' όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι το υδραυλικό πλήγμα είναι ένα μικρής διάρκειας μη μόνιμο υδραυλικό φαινόμενο ιδιαίτερα επικίνδυνο για την αστοχία του συστήματος, που οδηγεί από την αρχική μόνιμη ροή στην τελική μόνιμη κατάσταση (που συνήθως είναι η κατάσταση ηρεμίας). Επομένως, το υδραυλικό πλήγμα ανήκει στις λεγόμενες μεταβατικές ροές, αφού δια μέσου αυτού γίνεται η μετάβαση από μια μόνιμη ροή σε μια άλλη.

b) Διάβρωση των σωληνώσεων

Υπάρχουν πολλές άλλες αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν εξωτερική διαρροή. Οί κραδασμοί για παράδειγμα μπορούν να προκαλέσουν χαλάρωση στις συνδέσεις των εξαρτημάτων. Ακόμα θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την πιθανότητα οι σωληνώσεις να μην έχουν συναρμολογηθεί σωστά

3.1.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΟΗ

Το σημαντικότερο εξάρτημα στο οποίο οφείλεται η εσωτερική διαρροή είναι το στεγανωτικό. Τα στεγανωτικά χρησιμοποιούνται κυρίως σε κυλίνδρους διπλής ενέργειας ή σε βαλβίδες με έμβολα για να αποτρέπουν τη διαρροή.

Τα στεγανωτικά θα πρέπει κάτω από την άσκηση πίεσης να βρίσκονται σε πλήρη επαφή με την επιφάνεια του υδραυλικού εξαρτήματος στο οποίο είναι τοποθετημένες. Οποιαδήποτε χάρη δημιουργηθεί μεταξύ κινούμενων και ακίνητων μερών του εξαρτήματος μπορεί να δημιουργήσει διαρροή π χ χάρη μεταξύ του βάκτρου του εμβόλου και των εδράνων στήριξης του βάκτρου. Η πίεση ασκείται σε όλο το μήκος της επιφάνειας επαφής του κινούμενου στοιχείου/ εξαρτήματος με το στεγανωτικό. Αυτή η πίεση τείνει να διαχωρίσει αυτά τα δυο και να μεγαλώσει τη χάρη μεταξύ του με αποτέλεσμα να προωθήσει τη ροή του ρευστού που σ αυτή την περίπτωση όμως θα είναι ροή διαρροής

Βλάβη στα στεγανωτικά ενός συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε

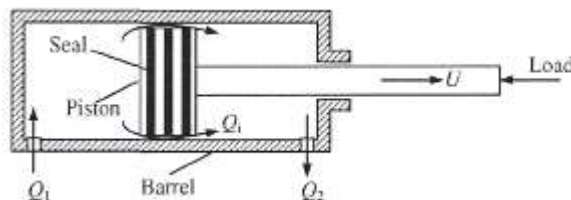
- Απώλειες στον ογκομετρικό βαθμό του συστήματος
- Απώλειες ενέργειας στο σύστημα
- Δημιουργία ανεπιθύμητης θερμότητας
- Έλλειψη ελέγχου και μειωμένη απόκριση του συστήματος

Με αύξηση στην πίεση του συστήματος ,στη θερμοκρασία του ρευστού και στη ταχύτητα του συστήματος οι εσωτερικές διαρροές τείνουν να αυξηθούν.

Τα στεγανωτικά με την πάροδο του χρόνου αρχίζουν να φθείρονται ,αποκτούν γδαρσίματα και προοδευτικά γίνονται ανίσχυρα στην ικανότητα τους να διατηρήσουν ένα σύστημα/ χώρο απαλλαγμένο από διαρροές .

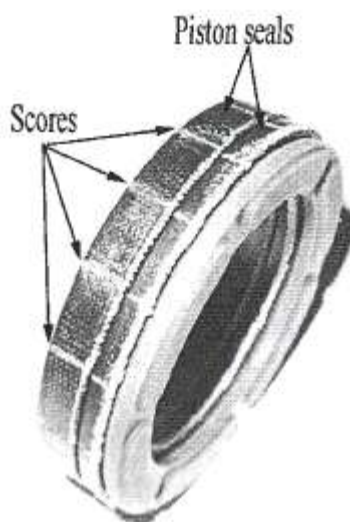
3.1.2.1 Εσωτερική διαρροή από τα στεγανωτικά υδραυλικού κυλίνδρου

Κλασσική περίπτωση εσωτερικής διαρροής έχουμε στα στεγανωτικά του υδραυλικού κυλίνδρου(βλ σχήμα 44)



Σχήμα 44. Εσωτερική διαρροή από τα στεγανωτικά του εμβόλου του υδραυλικού κυλίνδρου.

Αυτού του είδους η εσωτερική διαρροή μπορεί να οφείλεται σε καταστροφή του στεγανωτικού εξαιτίας της μόλυνσης του υδραυλικού ρευστού με στερεά σωματίδια. Αυτά τα σωματίδια δημιουργούν αξονικά χαρακιές πάνω στη επιφάνεια του στεγανωτικού με αποτέλεσμα το ρευστό να περνάει μέσα από αυτές(σχήμα 45).



Σχήμα 45. Ύπαρξη αξονικών χαρακιών πάνω στη επιφάνεια του στεγανωτικού με αποτέλεσμα το ρευστό να περνάει μέσα από αυτές.

3.1.2.2 Βλάβες στεγανωτικών κυκλικών δακτυλίων που προκαλούν εσωτερικές διαρροές

Η βλάβη των στεγανωτικών απευθύνεται κυρίως σε δυναμικού τύπου στεγανωτικά των οποίων η αξιοπιστία στη λειτουργία οφείλεται στις παρακάτω παραμέτρους.

- 1) **Χάρη:** Όλα τα στεγανωτικά συνδέονται στα προς συναρμολόγηση στοιχεία με μια χάρη , ένα μικρό κενό δηλαδή. Η χάρη αυτή μπορεί να δημιουργήσει διάφορα προβλήματα όπως την εξώθηση του χείλους του στεγανωτικού έξω απ το κενό. Αυτό μπορεί να προκαλέσει εκκεντρότητες:
 - a) Σε βαριά οριζόντια έμβολα που υποστηρίζονται εξ ολοκλήρου σε στεγανωτικά.
 - b) Λόγω πλευρικού shock και κραδασμών.
 - c) Αν το βάκτρο αναπτύξει πλευρικές δυνάμεις που προέρχονται απ το φορτίο. Τα στεγανωτικά δε θα πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούνται για να απορροφάνε αυτού του είδους τα φορτία γιατί αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή και των στεγανωτικών αλλά και των επιφανειών τριβής. Υψηλές πλευρικές φορτίσεις προκαλούν ανομοιόμορφη τριβή προκαλώντας γδαρσίματα στην επιφάνεια στεγάνωσης. Για να μειώσουμε το φαινόμενο της πλευρικής φόρτισης χρησιμοποιούμε αυτο-λιπαινόμενα ρουλεμάν τα οποία απορροφούν τα δυνατά shock που προκαλούν τα φορτία και λειτουργούν σα συσκευές που παρεμποδίζουν την εξώθηση του στεγανωτικού.
- 2) **Τριβή:** Η τριβή μεταξύ στεγανωτικών και επιφανειών στεγάνωσης επηρεάζεται από τους παρακάτω παράγοντες

- **Λίπανση.**
 - **Την κατεργασία αποπεράτωσης(φινίρισμα) που έχει υποστεί η επιφάνεια που θα στεγανοποιηθεί**
- 3) **Σκληρότητα** του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το στεγανωτικό. Η σκληρότητα είναι ένας παράγοντας ζωτικής σημασίας για τη σωστή λειτουργία του στεγανωτικού. Είναι προφανές ότι αν χρησιμοποιούμε μαλακά ελαστομερή τότε έχουμε μείωση της τριβής αλλά και γρηγορότερη φθορά του στεγανωτικού. Ειδικά για στεγανωτικά δυναμικού τύπου μια καλή τιμή σκληρότητας είναι 70 A. Σκληρότερα η μαλακότερα στεγανωτικά φθείρονται πιο εύκολα
- 4) **Θερμοκρασία.** Ένα υδραυλικό σύστημα έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε κανονικές συνθήκες σε θερμοκρασίες 30-35 °C .Αν η θερμοκρασία υπερβεί τους 38 °C η λειτουργία γίνεται κρίσιμη καθώς με την αύξηση της θερμοκρασίας το λάδι εξατμίζεται από τι άκρες των στεγανωτικών δακτυλίων με αποτέλεσμα να επιταχύνεται η φθορά τους. Αν εκτεθούν σε πολύ μικρές θερμοκρασίες τα στεγανωτικά γίνονται εύθραυστα ενώ αν εκτεθούν σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες μπορεί να υποστούν μόνιμη σκλήρυνση με αποτέλεσμα να καταστραφούν(σχήμα 46)



Σχήμα 46.Καταστροφή στεγανωτικού λόγω ακατάλληλης θερμοκρασίας

- 5) **Φόρτιση με κρουστικό κύμα.** Μπορεί να προκληθεί μετά από απότομο σταμάτημα ενός κυλίνδρου που κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πίεση να αυξηθεί πολύ πάνω από την πίεση λειτουργίας προκαλώντας απότομη φόρτιση στα στεγανωτικά στοιχεία του συστήματος.
- 6) **Κραδασμοί.** Τα στεγανωτικά μπορεί να σκιστούν /καταστραφούν εξαιτίας υπερβολικών κραδασμών που μπορεί να προέρχονται από κυλίνδρους που έχουν μικρή συχνότητα κίνησης, κατεστραμμένες ή εκτός ισορροπίας πτερωτές, χαλασμένα ρουλεμάν.

- 7) **Σπειροειδής βλάβη** του στεγανωτικού δακτυλίου .Όταν συμβεί αυτή η βλάβη ο στεγανωτικός δακτύλιος φαίνεται σαν να έχει κοπεί σπειροειδώς περιφερειακά .Οφείλεται σε σφιχτή τοποθέτηση τους , σε ανεπαρκή λίπανση, ακατάλληλη επιφάνεια στεγάνωσης (σχήμα. 47)



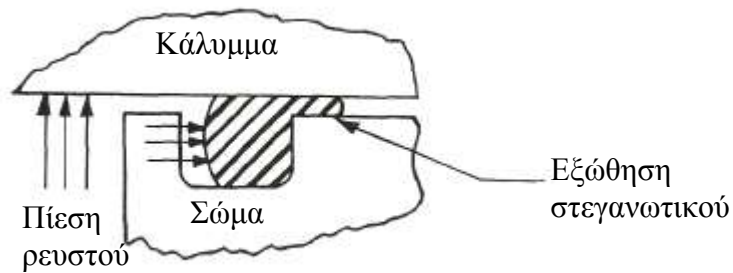
Σχήμα 47. Σπειροειδής βλάβη του στεγανωτικού δακτυλίου

- 8) **Εξώθηση** .Το στεγανωτικό παρουσιάζει ακανόνιστες ακμές που φαίνονται κουρελιασμένες. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται εξαιτίας υπερβολικών πιέσεων και μεγάλης χάρης. Οφείλεται σε έλλειψη βοηθητικών δαχτυλιδιών, κακής εγκατάστασης .επίσης αν η επιπεδότητα των προς στεγάνωση επιφανειών είναι μεγαλύτερη από 0,127 cm θα υπάρχει πρόβλημα στο στεγανωτικό(σχήμα. 48).



Σχήμα 48. Εξώθηση στεγανωτικού

Αποχωρισμός των επιφανειών στεγάνωσης έχει σαν αποτέλεσμα την εξώθηση του στεγανωτικού δακτυλίου στο διάκενο(χάρη) μεταξύ των επιφανειών. Μια πτώση πίεσης θα εγκλωβίσει την άκρη του στεγανωτικού που έχει πιαστεί μεταξύ των δύο επιφανειών και οι παλμοί πίεσης θα καταστρέψουν το στεγανωτικό και τη μονωτική δράση του(σχήμα. 49).



Σχήμα 49. Εξώθηση στεγανωτικού

- 9) **Υπερβολική συμπίεση του στεγανωτικού.** Έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παράλληλων επίπεδων επιφανειών πάνω στις οποίες παρουσιάζονται περιφερειακές διασπάσεις /σχισμές. Την υπερβολική συμπίεση ενισχύει τυχόν ακατάλληλη κατασκευή του δακτυλίου(σχήμα 50).

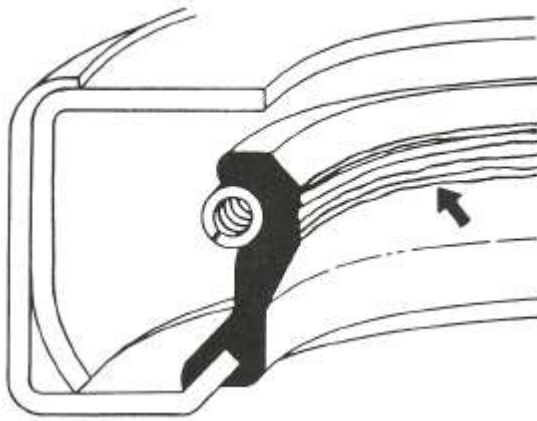


Σχήμα 50. Καταστροφή στεγανωτικού εξαιτίας υπερβολικής συμπίεσης

- Η συμπίεση στο στεγανωτικό πρέπει να είναι ομοιόμορφα κατανομημένη. Αν η συμπίεση γίνει ανομοιόμορφα τότε και η τριβή δε θα είναι διανεμημένη σωστά και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την περιστροφή τμήματος του στεγανωτικού και κατά συνέπεια απώλεια ρευστού

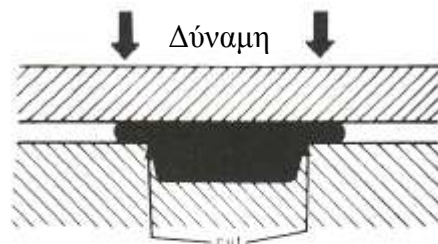
Άλλες αιτίες δημιουργίας βλάβης στα στεγανωτικά είναι:

- Η αλληλεπίδραση στεγανωτικών με ατράκτους που δεν βρίσκονται σε καλή κατάσταση φθαρμένοι ή κατεστραμμένοι(σχήμα 51).

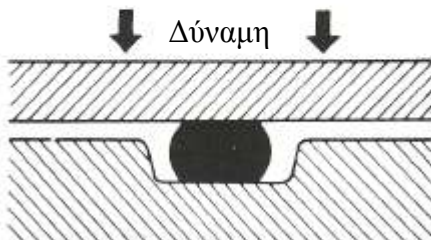


Σχήμα 51. Κατεστραμμένο στεγανωτικό εξαιτίας φθαρμένης ατράκτου

- Κακή τοποθέτηση στεγανωτικών
- Ασυμβατότητα του υλικού του στεγανωτικού με το λάδι. Για παράδειγμα αν σ' ένα υδραυλικό σύστημα το λάδι από συνθετικό αντικατασταθεί με λάδι ανθεκτικό στη φωτιά αλλά ταυτόχρονα δεν αλλάξουν τα στεγανωτικά τότε θα φθαρούν με αποτέλεσμα διαρροή.
- Ψυχρή εκκίνηση του συστήματος(χαμηλή θερμοκρασία) έχει σαν αποτέλεσμα τη συρρίκνωση των στεγανωτικών.
- Τα στεγανωτικά έχουν διαρροή χωρίς να υπάρχει κάποιο ορατό πρόβλημα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε λανθασμένη επιλογή μεγέθους στεγανωτικού σε σχέση με το μέγεθος του εξαρτήματος στο οποίο θα τοποθετηθεί.
 - Για παράδειγμα τα στεγανωτικά μπορεί να είναι πολύ μεγάλα(Σχήμα 52α) και να κόβονται οι άκρες τους (όταν προορίζονται για στατική χρήση).



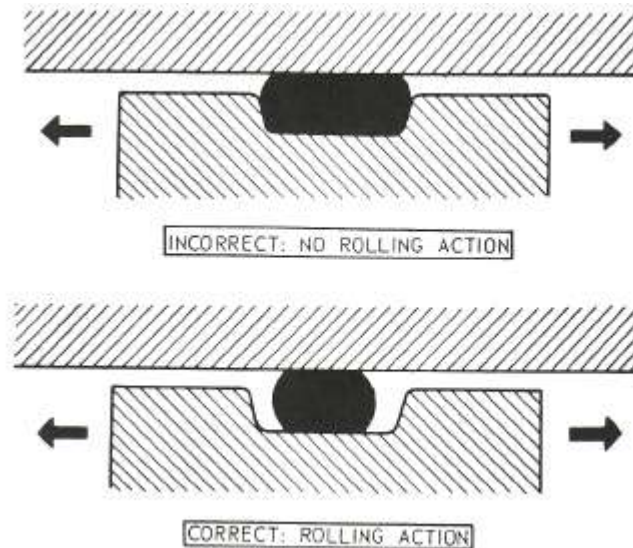
Λάθος .Πολύ μεγάλος δακτύλιος



Σωστό Ελαφριά πίεση του δακτυλίου

Σχήμα 52α. Ακατάλληλο μέγεθος στεγανωτικών

- Τα στεγανωτικά είναι πολύ μεγάλα ,δεν περιστρέφονται εύκολα εμποδίζουν τις επιφάνειες να κινηθούν εύκολα μεταξύ τους και φθείρονται από τις υψηλές τριβές που δημιουργούνται με τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία εσωτερικής διαρροής (σχήμα 52β),όταν προορίζονται για δυναμική χρήση.



Σχήμα 52β. Ακατάλληλο μέγεθος στεγανωτικών

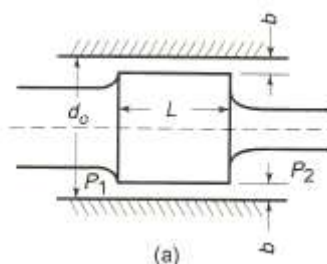
- Επιφάνειες πολύ σκληρές στεγανωτικά πολύ μαλακά.
- Ρύπανση του υδραυλικού ρευστού ή ύπαρξη χημικών έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή των στεγανωτικών.

3.1.2.3 Εσωτερική διαρροή σε βαλβίδες

Άλλου είδους εσωτερική διαρροή μπορεί να υπάρχει μεταξύ του εμβόλου μίας βαλβίδας και του διαμετρήματος του κουζινέτου .

Πολλές φορές εξαιτίας υπερβολικής χάρης μεταξύ του εμβόλου της βαλβίδας και του χώρου μέσα στον οποίο κινείται χάνονται μεγάλα ποσά ρευστού. Ανάλογα με το είδος εμβόλου μπορεί να έχουμε δύο τύπους διαρροής:

- Διαρροή στην περίπτωση που ο άξονας του εμβόλου της βαλβίδας είναι σε ομοκεντρότητα με τον άξονα του κυρίως σώματος(σχήμα 53)



Σχήμα 53 .Διαρροή στην περίπτωση που ο άξονας του εμβόλου της βαλβίδας είναι σε ομοκεντρότητα με τον άξονα του κυρίως σώματος

Στην περίπτωση αυτή το θεωρητικό ποσό διαρροής μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση

$$Q_L = \frac{1.54 \cdot d_0 \cdot \Delta p \cdot b^3}{\nu \cdot L \cdot 1000} \text{ cm}^3/\text{min}$$

Όπου Q_L = η ποσότητα της διαρροής σε cm^3/min

b = Η ακτινική χάρη σε μm

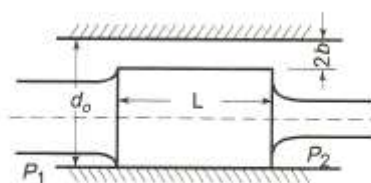
L = Μήκος εμβόλου

d_0 = διάμετρος σώματος βαλβίδας

Δp = απώλεια πίεσης σε N/mm^2

ν = κινηματικό ιξώδες λαδιού σε centistokes

b) Διαρροή στην περίπτωση που ο άξονας του εμβόλου της βαλβίδας παρουσιάζει εκκεντρότητα σε σχέση με τον άξονα του κυρίως σώματος(σχήμα 54)



(b)

Σχήμα 54. Διαρροή στην περίπτωση που ο άξονας του εμβόλου της βαλβίδας παρουσιάζει εκκεντρότητα σε σχέση με τον άξονα του κυρίως σώματος

Ομοίως το θεωρητικό ποσό διαρροής μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση :

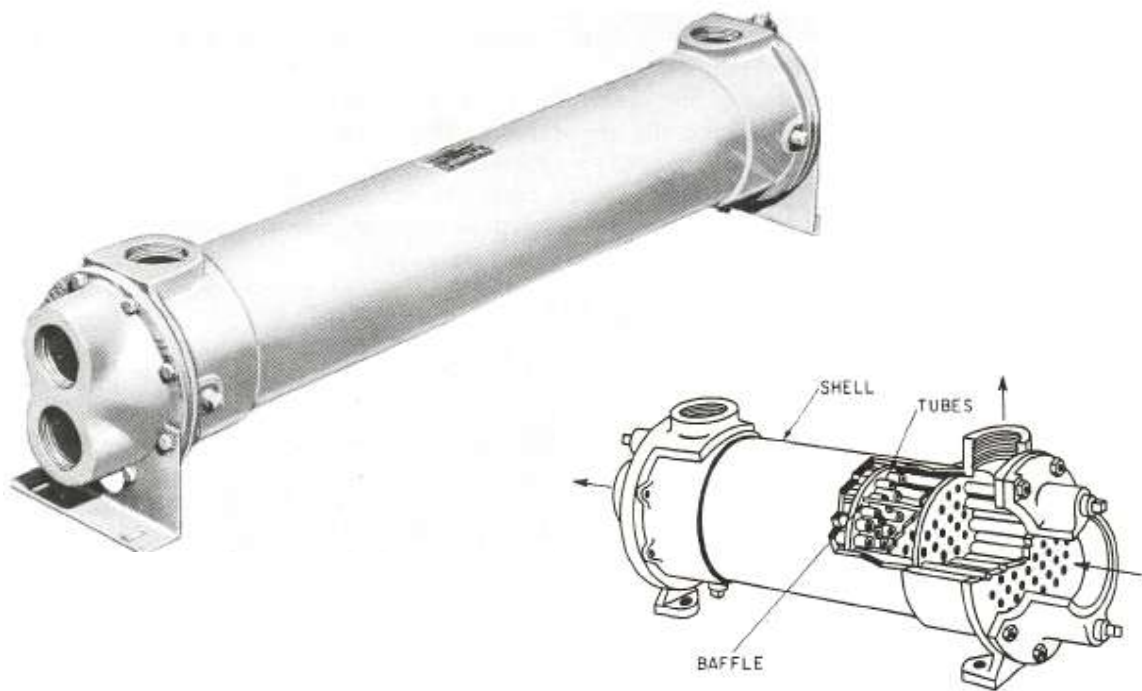
$$Q_L = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot \Delta p \cdot b^3}{1.2 \mu \cdot L} (1 + 1.5 e^2)$$

$e = x/b$ η εκκεντρότητα

Επιπλέον η βρώμιά μπορεί να φθείρει το έμβολο ή το σώμα της αντλίας και αυτό να έχει σα συνέπεια αύξηση της χάρης και υπερβολική διαρροή. Με τη πάροδο του χρόνου αυξάνουν οι φθορές καθώς και η ποσότητα εσωτερικής διαρροής που επιστρέφει στη δεξαμενή.

3.1.2.4 Εσωτερική διαρροή απ τον ψύκτη υδραυλικού ρευστού

Εσωτερική διαρροή μπορεί να έχουμε στην περίπτωση που έχουμε ψύκτη(εναλλάκτη θερμότητας στο σύστημα μας). Η επικίνδυνη περίπτωση είναι για τον ψύκτη νερού. Συνοπτικά ο ψύκτης νερού αποτελείται από σωλήνες μέσα στον οποίους κυλάει παγωμένο νερό και οι οποίοι περικλείονται από ένα κέλυφος. Μεταξύ του κελύφους αυτού και των ψυκτικών σωλήνων ρέει το λάδι (σχήμα 55).

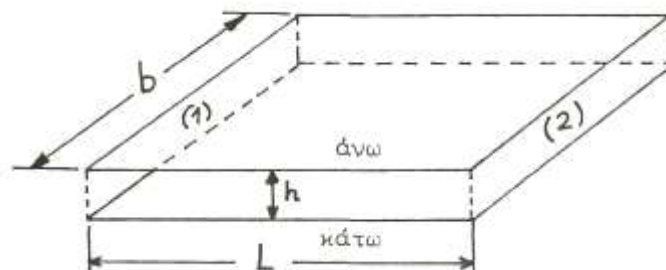


Σχήμα 55. Ψύκτης υδραυλικού ρευστού

Πολλές φορές μεταξύ κελύφους και ψυκτικών σωλήνων μπορεί να αναπτυχθεί διαρροή. Αν νερό διαρρεύσει μέσα στο λάδι τότε κάποια ποσότητα λαδιού μπορεί να γαλακτοποιηθεί. Το νερό όταν αναμιχθεί με το νερό του αλλάζει χρώμα και ιξώδες. Κατά τη διάρκεια της εσωτερικής διαρροής η ενέργεια που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να παραχθεί έργο μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία προέρχεται από την πτώση πίεσης. Το νερό έχει επίσης τη δυνατότητα να επηρεάσει τη λιπαντική ικανότητα του ρευστού κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή καταστροφή των εξαρτημάτων του συστήματος ειδικά αυτών που περιστρέφονται όπως υδραυλικοί κινητήρες και αντλίες.

3.1.2.5 Διαρροή σε ρωγμές

Σε μικρά ανοίγματα (ρωγμές) η μία διάσταση (το ύψος) h είναι μικρή σε σχέση με τις άλλες δύο διαστάσεις: πλάτος b και μήκος L . Η πλευρά (1) της ρωγμής θεωρείται ότι ευρίσκεται στην πίεση λειτουργίας του συστήματος (σχήμα 56)



Σχήμα 56 Σχηματική αναπαράσταση ρωγμής

1^η περίπτωση: Άνω και κάτω επιφάνεια ακίνητες και διαφορά πίεσεως $p_1 - p_2 > 0$

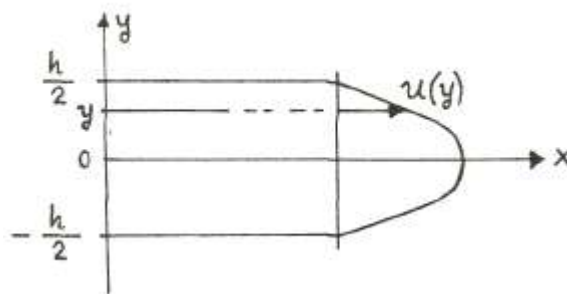
Λόγω του μικρού ύψους h ο αριθμός Re είναι πρακτικά τόσο μικρός που η ροή είναι στρωτή. Η ροή είναι συμμετρική ως προς το μέσο του ύψους (δηλαδή συμμετρική γύρω από το $h/2$), όπου είναι και ο άξονας συμμετρίας της ρογμής. Η ροή θεωρείται μόνιμη και σταθερής διεύθυνσης x παράλληλα προς την άνω και κάτω επιφάνεια.

Από τις εξισώσεις Navier -Stokes προκύπτει

$$\frac{dp}{dx} = \mu \cdot \frac{d^2 u}{dy^2}$$

$$u(y) = -\left(\frac{dp}{dx}\right) \cdot \left(\frac{h^2}{4} - y^2\right) / 2\mu$$

που είναι παραβολική κατανομή (Σχήμα 57)



Σχήμα 57 Παραβολική κατανομή της ταχύτητας σε ρογή με την πάνω και κάτω επιφάνεια ακίνητες

- Διατμητική τάση: $\tau_o = \left(\mu \cdot \frac{du}{dy}\right)_{y=h/2} = h \cdot \left(\frac{\delta p}{L}\right) / 2$

που είναι η μέγιστη διατμητική τάση και εμφανίζεται στα τοιχώματα $+h/2$ και $-h/2$ όπου η ταχύτητα είναι μηδέν.

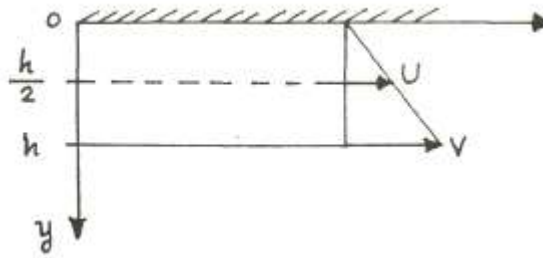
- Η μέγιστη ταχύτητα εμφανίζεται για $y=0 \rightarrow u_{\max} = h^2 \cdot \left(\frac{\delta p}{L}\right) / 8\mu = 1.5 \cdot U$, όπου U είναι η μέση ταχύτητα παροχής δια της σχισμής.

- Παροχή όγκου που χάνεται(διαρρέει) από τη ρογή: $V_p = b \cdot h^3 \left(\frac{\delta p}{L}\right) / 12\mu$

- Απώλεια ισχύος από τη ρογή: $N_p = V_p \cdot \delta p = b \cdot h^3 (\delta p)^2 / (12 \cdot \mu \cdot L)$

2^η Περίπτωση: Άνω τοίχωμα ακίνητο ,κάτω τοίχωμα κινούμενο με ταχύτητα V(Σχήμα 58)

- Διατμητική τάση: $\tau = \left(\mu \cdot \frac{du}{dy}\right) = \mu \cdot \frac{V}{h}$
- Μέγιστη ταχύτητα ροής : $U=V/2$
- Παροχή όγκου που διαρρέει από τη ρωγμή: $V_{\rho} = b \cdot h \cdot U = b \cdot h \cdot \frac{V}{2}$
- Ασκούμενη δύναμη: $F = \tau \cdot L \cdot b = \mu \cdot L \cdot b \cdot \frac{V}{h}$
- Απώλεια ισχύος: $N_{\rho} = F \cdot V = \mu \cdot L \cdot b \cdot V^2 \cdot h$



Σχήμα 58. Κατανομή ταχύτητας σε ρωγμή όπου η μια επιφάνεια είναι ακίνητη και η άλλη κινείται

3.2 ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Οι κυριότερες πηγές θορύβου σ' ένα υδραυλικό σύστημα είναι:

- 1) Οι αντλίες και το σύστημα που τους παρέχει κίνηση.
- 2) Οι βαλβίδες (ανακουφιστικές, κατεύθυνσης της παροχής κλπ)
- 3) Οι υδραυλικοί κύλινδροι
- 4) Σωληνώσεις

Τρόποι μετάδοσης θορύβου

Σε ένα υδραυλικό σύστημα ο θόρυβος μεταδίδεται με τρεις τρόπους

- 1) Μέσω του αέρα
- 2) Μέσω του ρευστού
- 3) Μέσω της κατασκευαστικής δομής του συστήματος

Όταν ο θόρυβος ταξιδεύει στο αέρα και τον αντιλαμβανόμαστε με την ακοή τότε μιλάμε για *αερομεταφερόμενο θόρυβο*. Αυτός ο θόρυβος όμως δεν δημιουργείται από μόνος του αλλά προέρχεται από κάποιο εξάρτημα του συστήματος συνηθέστερα από την αντλία.

Οποιαδήποτε εξάρτημα και αν έχει πρόβλημα θα δημιουργήσει ανόμοια χαρακτηριστικά στη παροχή και κύματα πίεσης τα οποία μεταφέρονται διάμεσο του ρευστού. Έτσι προκύπτει ο *ρευστομεταφερόμενος θόρυβος*.

Οι διακυμάνσεις αυτές της πίεσης προκαλούν διακυμάνσεις στις δυνάμεις που επενεργούν πάνω στο σύστημα με αποτέλεσμα τη δημιουργία κραδασμών. Αυτοί οι κραδασμοί αναφέρονται και ως *θόρυβος της κατασκευής*. Αυτού του είδους ο θόρυβος δεν μεταδίδεται/ μεταφέρεται μόνο από τη μάζα του εξαρτήματος από το οποίο προέρχεται αλλά και από τη μάζα των συνδεδεμένων με αυτό εξαρτήματα.

Ο θόρυβος που προκαλείται από τις βαλβίδες και τα στοιχεία ελέγχου είναι παροδικός και σχετίζεται με το βαθμό στροβιλισμού ή σπηλαιώσης που δημιουργείται. Γενικά γραναζωτ ές αντλίες και αντλίες με έμβολα είναι πιο θορυβώδεις ενώ αντλίες με πτερύγια πιο ήσυχες. Ο θόρυβος μπορεί να αυξηθεί εξαιτίας:

- Υπερβολικής ταχύτητας παροχής που δημιουργείται σε σωλίνες αναρρόφησης μικρών διαστάσεων.
- Ύπαρξης αέρα στο ρευστό λόγω κακής διαστασιολόγησης της δεξαμενής.
- Μικρών διαστάσεων φίλτρο στη γραμμή αναρρόφησης η οποία οδηγεί σε ανεπαρκή παροχή ρευστού προς την αντλία.

Αντιμέτωπη με τους πολύ αυστηρούς νόμους καθώς επίσης και τους κινδύνους υγιεινής της εργασίας σε διάφορες χώρες, η συμπεριφορά του θορύβου του υδραυλικού κυκλώματος καθώς επίσης και οι ακουστικές ιδιότητες των υδραυλικών συστημάτων και εξαρτημάτων αντιμετωπίζονται σοβαρότερα τώρα. Ο θόρυβος εκτός απ το ότι είναι ένδειξη φθοράς εάν δεν αντιμετωπιστεί κατάλληλα, μπορεί να είναι καταστρεπτικός και για την ακουστική υγείας των εργαζομένων και του χειριστή.

Η ισχύς η οποία μεταδίδεται υπό μορφή θορύβου είναι ασήμαντη. Έχει βρεθεί ότι μια αντλία ισχύος 10 kW εκπέμπει θόρυβο ισχύος μόλις 1 W με τιμή 90 dB. Επίπεδα ήχου πάνω από 80-90 dB καταστρέφουν την ικανότητα ακοής των ανθρώπων. Υπάρχει ένας καλός αριθμός στοιχείων όπως οι αντλίες, οι υδραυλικές σωληνώσεις κ.λπ. που είναι σε θέση να παράγουν θόρυβο επάνω από 80 dB έτσι λοιπόν πρέπει να ληφθούν οι επαρκείς προφυλάξεις από τους σχεδιαστές υδραυλικών συστημάτων σχεδιάζοντας το σύστημά τους έτσι ώστε η εκπομπή θορύβου να μπορεί να ελαχιστοποιηθεί αποτελεσματικά για να κρατήσει το σύστημα πιο αθόρυβο μέσα στα όρια του ανεκτού θορύβου.

3.2.2 Θόρυβος στις αντλίες

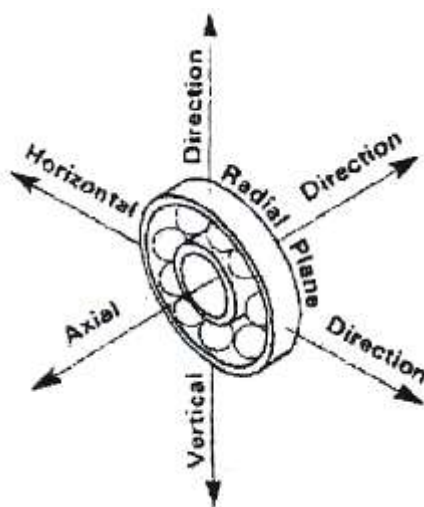
Παρακάτω θα δούμε πότε μια αντλία μπορεί να γίνει πηγή θορύβου. Οι βλάβες που σχετίζονται με το θόρυβο των αντλιών είναι οι παρακάτω:

1. **Η αξυγοσταθμία**, η οποία εκδηλώνεται με αύξηση του πλάτους της συνιστώσας του φάσματος στη συχνότητα περιστροφής ή/ και των αρμονικών της (Αναλύεται στο κεφάλαιο των κραδασμών).
2. **Η κακή ευθυγράμμιση** μεταξύ των αξόνων της αντλίας και του κινητήρα, η οποία εκδηλώνεται με αύξηση του πλάτους της συνιστώσας του φάσματος στη συχνότητα περιστροφής και με εμφάνιση των αρμονικών αυτής (Αναλύεται στο κεφάλαιο των κραδασμών).

3. Οι τριβείς λειτουργούν με θόρυβο.

Γ) Ο θόρυβος είναι σταθερού υψηλού τόνου.

Οι πιθανές αιτίες για την παραγωγή σταθερού υψηλού τόνου θορύβου από τους τριβείς είναι το υπερβολικό ακτινικό ή αξονικό φορτίο (βλ. σχήμα 59) που υφίστανται (το οποίο προκαλεί και υπερθέρμανση στον τριβέα), η κακή ευθυγράμμιση των αξόνων (η οποία εντοπίζεται με μεθόδους παρακολούθησης κραδασμών και παρακολούθησης ακουστικών εκπομπών) ή η πολύ μεγάλη ανοχή μεταξύ τριβέα και άξονα ή/ και περιβλήματος.



Σχήμα 59. Οι τρεις κατευθύνσεις σ'ένα τριβέα

Π) Ο θόρυβος είναι συνεχούς ή διακεκομμένου χαμηλού τόνου.

Οι πιθανές αιτίες για την παραγωγή συνεχούς ή διακεκομμένου χαμηλού τόνου θορύβου από τους τριβείς είναι η σκλήρυνση του τριβέα, η σκαμμένη αύλακα του τριβέα λόγω ακαθαρσιών ή ο συντονισμός του με άλλα δομικά τμήματα της αντλίας.

ΠΙ) Ο θόρυβος είναι διακεκομμένος οξύς ήχος ή υψηλού τόνου.

Οι πιθανές αιτίες για την παραγωγή διακεκομμένου οξύ ήχου ή υψηλού τόνου θορύβου από τους τριβείς είναι τα σφαιρίδια να γλιστρούν λόγω υπερβολικής ανοχής μεταξύ σφαιριδίων και στεφάνων ή λόγω ανεπαρκούς προφόρτισης, ο άξονας να τρίβεται με το περίβλημα λόγω αντικανονικής εγκατάστασης του περιβλήματος ή λόγω λυγισμένου άξονα (βλ. Σχήμα 60) ή λόγω έκκεντρης κατεργασίας του



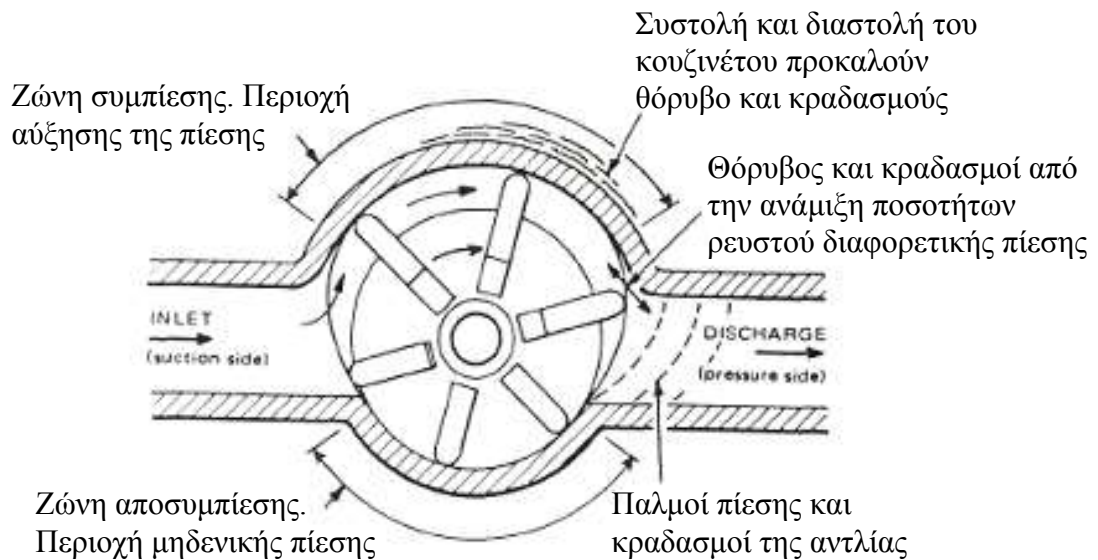
Σχήμα 60. Λυγισμένος άξονας

Ο θόρυβος στην **αναρρόφηση και στη γραμμή επιστροφής** οφείλεται σε:

- Μεγάλη αντίσταση από τη γραμμή εισόδου του ρευστού στην αντλία. Ύπαρξη δηλαδή πολλών γωνιών, καμπυλοτήτων και συνδέσμων στις γραμμές.
- Χαλαρό σφίξιμο των συνδέσμων και των φλαντζών με αποτέλεσμα την αναρρόφηση αέρα από το κενό που δημιουργείται κατά τη λειτουργία.
- Η γραμμή αναρρόφησης της αντλίας είναι μικρότερης διάμετρο από την γραμμή κατάθλιψης. Έτσι δυσχεραίνεται η παροχή ρευστού.
- Η γραμμή αναρρόφησης έχει πολύ μεγάλο μήκος με αποτέλεσμα να αυξάνει η πτώση πίεσης λόγω τριβών της ροής.
- Η γραμμή επιστροφής δεν τελειώνει κάτω από την επιφάνεια του ρευστού στη δεξαμενή με αποτέλεσμα τη δημιουργία αναταράξεων και φυσαλίδων.
- Χαμηλή στάθμη ρευστού.
- Μπλοκάρισμα του φίλτρου αναρρόφησης.

Απότομες μεταβολές στην ταχύτητα και την πίεση καθώς και το σκάσιμο φυσαλίδων είναι οι κύριες πηγές υδραυλικού θορύβου. Τα φαινόμενα αυτά συντελούνται συνήθως στα πιο συνήθη εξαρτήματα του συστήματος την αντλία και τον υδραυλικό κινητήρα. Όλες οι υδραυλικές μονάδες ισχύος θετικής μετατόπισης συμπεριλαμβανομένων γρاناζωτών πτερυγοφόρων και εμβολοφόρων αντλιών και κινητήρων παράγουν θόρυβο με παρόμοιο τρόπο.

Ο **τρόπος με τον οποίο μια πτερυγοφόρος αντλία παράγει θόρυβο** φαίνεται στο σχήμα 61. Με παρόμοιο τρόπο παράγουν θόρυβο και τα άλλα είδη αντλιών (οδοντωτές και εμβολοφόρες).



Σχήμα 61. Ο τρόπος με τον οποίο μια περυγιοφόρος αντλία παράγει θόρυβο

Εναλλασσόμενα εσωτερικά φορτία μπορεί να εκτρέψουν το περίβλημα της αντλίας από την κανονική του θέση. Η μετατόπιση μπορεί να είναι μόνο μερικές μικροίντσες αλλά είναι ικανή να παράγει θόρυβο. ο θόρυβος παράγεται από το συνδυασμό δυνάμεων και ροπών. Ο θόρυβος στις αντλίες που προέρχεται από αέρα ή κάποιου αερίου που έχει μπει μέσα είναι λιγότερο κατανοητός και πιο δύσκολος ο τρόπος αντιμετώπισης σε σχέση με τις μηχανικές πηγές θορύβου. Ο θόρυβος αυτός είναι ένας αφύσικος ήχος ο οποίος πολλές φορές μοιάζει με το θόρυβο που κάνουν τα χαλίκια γι' αυτό και ονομάζεται ως (rumping gravel). Σ αυτή την περίπτωση δεν είναι τόσο ο θόρυβος που μας ανησυχεί όσο τα αποτελέσματα των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα μέσα στην αντλία και έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτού του θορύβου.

Τα βαθύτερα αποτελέσματα των φαινομένων που παράγουν θόρυβο συμπεριλαμβάνονται παρακάτω:

- 1) **Παρεμβάσεις στη λίπανση.** Θεωρητικά τα κινούμενα μέρη της αντλίας δεν πρέπει να έρχονται ποτέ σε επαφή μεταξύ τους. Πρέπει πάντα να διαχωρίζονται από ένα λεπτό στρώμα (film) λιπαντικού ή λαδιού. Αν ελεύθερος αέρας ή αέριο ανακατευτεί με το λάδι, καθώς αυτό περνάει μέσα από την αντλία, μπορεί να παρακωλύσει τη διαδικασία της λίπανσης. Τα αποτελέσματα είναι περισσότερες εσωτερικές τριβές, φθορά, μόλυνση ρευστού και ανάπτυξη θερμότητας.
- 2) **Σκάσιμο φυσαλίδων αέρα ή δημιουργία σπηλαιώσης.** Όταν μια φυσαλίδα κάποιου αερίου μεταβαίνει από μια κατάσταση πολύ χαμηλής πίεσης σε μια άλλη μεγαλύτερης πίεσης της τάξης εκατοντάδων psi και αυτό γίνεται σε κλάσματα του δευτερολέπτου, τότε δημιουργούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες εξαιτίας του έργου που παράγεται κατά τη συμπίεση της φυσαλίδας. Το σκάσιμο αυτών των φυσαλίδων απελευθερώνει τέτοια ενέργεια που είναι ικανή να διαβρώσει τις μεταλλικές επιφάνειες. Μ' αυτό τον τρόπο μειώνεται η απόδοση της αντλίας καθώς και η διάρκεια ζωής της. Αυτό σχετίζεται με τη δημιουργία σπηλαιώσης στην αντλία που όμως εξετάζεται σε ξεχωριστό κεφάλαιο παρακάτω

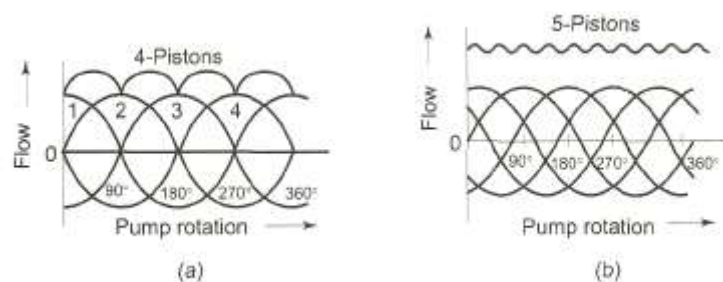
- 3) **Χαμηλή ή ακανόνιστη παροχή και πίεση.** Αυτή η κατάσταση είναι αποτέλεσμα φυσαλίδων που μπαίνουν στην αντλία και με αποτέλεσμα ο χώρος άντλησης να μην γεμίζει όλος με λάδι και η παροχή να μειώνεται. Μειωμένη παροχή προκαλεί και μείωση της πίεσης αφού μικρή παροχή σημαίνει μικρή αντίσταση στη ροή.
- 4) **Η αντλία λειτουργεί εν θερμώ.** Η θερμότητα που προέρχεται από την έκρηξη των φυσαλίδων θερμαίνει το ρευστό. Αυτό αυξάνει όλη τη θερμοκρασία του συστήματος αλλά αυτή η αύξηση είναι πιο εμφανής στην έξοδο της αντλίας. Έχει βρεθεί ότι αν σε μια αντλία με πίεση λειτουργίας στην έξοδό της 2000 psi αναπτυχθούν φυσαλίδες οι τοπικές θερμοκρασίες που μπορεί ν' αναπτυχθούν φτάνουν τους 1200 °C. Οι φυσαλίδες που μπαίνουν στην αντλία προκαλούνται από:

- Χαμηλή πίεση στην είσοδο της αντλίας
- Διαρροή αέρα .
- Άφρισμα του λαδιού.

Επίσης θόρυβος δημιουργείται όταν:

- Η αντλία είναι φθαρμένη.
- Η αντλία είναι ακατάλληλη .
- Υπάρχει αέρας στο ρευστό.
- Η πίεση λειτουργίας υπερβαίνει τα όρια.

- Μια σημαντική άλλη αιτία θορύβου στις αντλίες είναι ο λεγόμενος **“κυματισμός των αντλιών”**. Οι αντλίες θετικής μετατόπισης εκ σχεδιασμού δεν μπορούν να μεταφέρουν απόλυτα σταθερή παροχή. Ο αντλούμενος όγκος ρευστού ανά κύκλο άντλησης κυμαίνεται μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής. Το ίδιο και οι κινητήρες θετικής μετατόπισης δεν μπορούν να διατηρήσουν μια σταθερή ταχύτητα. Οι μικρές μεταβολές στην παροχή που λαμβάνουν χώρα ονομάζονται κυματισμοί. Ας πάρουμε για παράδειγμα μια πτερυγιοφόρο αντλία. Όταν το ρευστό που βρίσκεται μεταξύ 2 πτερυγίων μπει στην περιοχή αποφόρτισης(έξοδο αντλίας),ο όγκος του ρευστού μειώνεται καθώς αυτό πιέζεται προς τα έξω. Το ίδιο ισχύει και για εμβολοφόρες αντλίες. Αν λοιπόν αυτός ο όγκος ρευστού που συρρικνώνεται παρασταθεί γραφικά σε συνάρτηση με τις γωνίες που σχηματίζουν τα πτερύγια ή τις φάσεις των εμβόλων τότε θα πραχθεί μια ημιτονοειδής καμπύλη που ανταποκρίνεται σ' αυτές τις μεταβολές. Παρακάτω(σχήμα 62) φαίνεται η μεταβολή της παροχής κατά την αποφόρτιση(πάνω από τον άξονα του 0)αντλίας με 4 και 5 έμβολα.



Σχήμα 62. Η μεταβολή της παροχής κατά την αποφόρτιση

Γενικά ο κυματισμός της αντλίας δεν είναι πολύ σημαντικό πρόβλημα ,παρά μόνο όταν θέλουμε ο θόρυβος που παράγει η αντλία να είναι ο ελάχιστος δυνατός. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τις διαδικασίες συντήρησης και επισκευής της αντλίας.

Παλμοί πίεσης. Είναι η κύρια αιτία διέγερσης δυνάμεων στην αντλία(και στις σωληνώσεις)οι οποίες προκαλούν θόρυβο και κραδασμούς .Οι παλμοί αυτοί προέρχονται από διάφορα κυλινδρικά εξαρτήματα της αντλίας που συντελούν στη διαδικασία αποφόρτισης του ρευστού. Ο παλμός αυτός μεταδίδεται στο σύστημα μέσω του μεταφερόμενου ρευστού. Ο παλμός πίεσης δημιουργείται στη κατάθλιψη της αντλίας όταν έχει αποφορτιστεί ένα μεγάλο τμήμα παροχής ρευστού πολύ υψηλής πίεσης. Τέτοιου είδους παλμοί πίεσης έχουν παρατηρηθεί ακόμα και σε γραναζωτές αντλίες παρ όλο που η περιφέρεια των τροχών είναι λεία και πολύ καλά κατεργασμένη. Μία λύση για τη μείωση του θορύβου θα ήταν η αύξηση των δοντιών που θα μείωνε όμως την συνολική απόδοση του συστήματος. Αντιθέτως σε εμβολοφόρες αντλίες , μείωση του αριθμού των εμβόλων προκαλεί αύξηση των παλμών πίεσης.

Έχει αποδειχτεί ότι ένα μεγάλο μέρος του θορύβου που υπάρχει σε ένα σύστημα οφείλεται στις σωληνώσεις του συστήματος.

Το υπό πίεση ρευστό και τα τοιχώματα των σωληνώσεων συνέχεια διεγείρουν ταλαντώσεις και κραδασμούς και αυτό γιατί αποτελούν ένα σύστημα κλειστού βρόγχου. Η παροχή δημιουργεί θόρυβο σε σημεία που γίνεται στραγγαλισμός(πτώση πίεσης) της επειδή εκεί ταχύτητα της παροχής αυξάνεται.

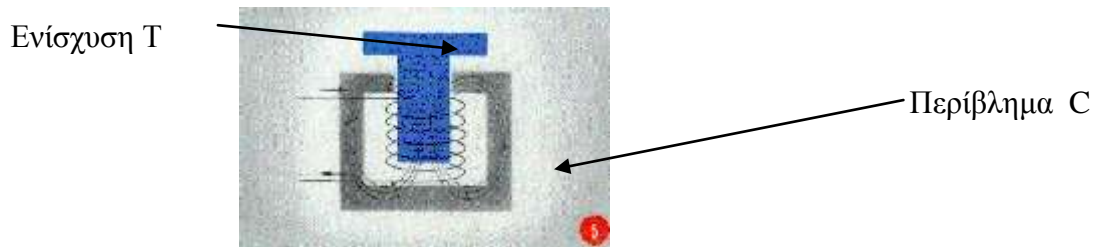
Επίσης θόρυβο στις σωληνώσεις προκαλούν

- Το υδραυλικό πλήγμα,
- Τα κρουστικά κύματα. Τα κρουστικά κύματα παρουσιάζονται σε απότομο σταμάτημα ρευστού που κινείται με μεγάλη ταχύτητα.
- Η σπηλαιώση των σωληνώσεων.
- Οι ταλαντώσεις των σωληνώσεων.

3.2.3 Θόρυβος στις βαλβίδες

Οι βαλβίδες μπορεί να είναι πηγές υπερβολικού θορύβου όταν:

- Διαμέσου της βαλβίδας περνάει λάδι πού μικρής πυκνότητας
- Διαμέσου της βαλβίδας περνάει λάδι με πολύ μεγάλη ταχύτητα
- Το ελατήριο του εμβόλου της βαλβίδας είναι κατεστραμμένο.
- Η πίεση στη γραμμή επιστροφής έχει διακυμάνσεις.
- Η ρύθμιση της πίεσης είναι πολύ κοντά στη ρύθμιση της πίεσης κάποιας άλλης βαλβίδας.
- Σε αναλογική βαλβίδα με πηνίο με κενό αέρος μπορεί να έχουμε φθορά μεταξύ της σιδερένιας ενίσχυσης T του μαγνητικού πεδίου και του περιβλήματος σχήματος C(βλ .σχήμα. 63)



Σχήμα 63. Φθορά μεταξύ της σιδερένιας ενίσχυσης T του μαγνητικού πεδίου και του περιβλήματος σχήματος C σε αναλογική βαλβίδα

Αν το πηνίο αποσυναρμολογηθεί για οποιοδήποτε λόγο και ξανασυναρμολογηθεί έτσι ώστε τα φθαρμένα σημεία του T και του C να μην ταιριάζουν τότε το T δε θα έχει τοποθετηθεί καλά και το πηνίο θα βουίζει κατά τη λειτουργία.

Ο θόρυβος σε **ανακουφιστικές βαλβίδες** οφείλεται σε:

- Κακή ρύθμιση της βαλβίδας.
- Κακό σχεδιασμό της.
- Η βαλβίδα παράγει κραδασμούς επειδή έχει φθαρεί η έχουν μπει ακαθαρσίες στη θέση που ακουμπάει το έμβολο της βαλβίδας.
- Κακή λίπανση της βαλβίδας.

3.2.4 Θόρυβος στους υδραυλικούς κυλίνδρους

Θόρυβος μπορεί να προκληθεί από την ακανόνιστη κίνηση των **υδραυλικών κυλίνδρων**:

- 1) Ο κύλινδρος κολλάει. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή τα στεγανωτικά του βάρκρου είναι πολύ σφιγμένα. Ύπαρξη βρωμιάς στον κύλινδρο ή κολλώδης επικαθίσεις πάνω στο έμβολο. Επίσης κακή ευθυγράμμιση μεταξύ κυλίνδρου και εμβόλου, ελαττωματικά στεγανωτικά και φθαρμένα μέρη του κυλίνδρου έχουν ως αποτέλεσμα ακανόνιστη κίνηση.
- 2) Ο κύλινδρος δεν έχει αεριστεί στις δύο πλευρές του πριν τη διαδικασία της εκκίνησης. Έτσι το λάδι μπορεί να περιέχει φυσαλίδες ή αφρό.
- 3) Αέρας στο σύστημα. Αν υπάρχει κάποιος χαλαρός σύνδεσμος ή κάποια βίδα δεν έχει σφικτεί καλά ή κάποιο στεγανωτικό χρειάζεται αλλαγή υπάρχει διαρροή αέρα η οποία προκαλεί θόρυβο.
- 4) Αργή λειτουργία κατά την περίοδο προθέρμανσης/ εκκίνησης του κυλίνδρου. Αυτό οφείλεται σε χρήση ακατάλληλου λαδιού. Με πολύ μεγάλο ιξώδες για παράδειγμα.
- 5) Πίεση εντολής πολύ χαμηλή. Η στραγγαλιστική βαλβίδα ή κάποιο άλλο εξάρτημα που δίνει την πίεση εντολής δεν έχει ρυθμιστεί σωστά έχει πρόβλημα.
- 6) Υπερβολική πίεση μπορεί να προκαλέσει κρουστικό κύμα στον κύλινδρο. Η επιβράδυνση μεγάλων και γρήγορα κινούμενων φορτίων δημιουργούν εσωτερικές πιέσεις στον κύλινδρο οι οποίες είναι πολλές φορές μεγαλύτερες από την μετρούμενη πίεση του κυκλώματος στην είσοδο ή έξοδο του κυλίνδρου.

3.2.5 Θόρυβος στον ηλεκτροκινητήρα

Θόρυβος μπορεί να προκληθεί κατά τον ηλεκτροκινητήρα όταν αλλάζει η φορά περιστροφής της ατράκτου με αποτέλεσμα την δημιουργία κρουστικών φορτίων ή όταν εφαρμόζεται απότομο φρενάρισμα του κινητήρα. Αυτά τα φορτία δεν εμφανίζονται σε υδραυλικούς κινητήρες.

Κάθε κινητήρας έχει κάποια σχεδιαστικά όρια όσον αφορά την πίεση ,την ταχύτητα ,τη ροπή τη μετατόπιση ,το φορτίο και τη θερμοκρασία.

3. 3 ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ

Ένα υδραυλικό σύστημα αποτελείται από πολλά μηχανικά εξαρτήματα. Τα μηχανικά προβλήματα οφείλονται στα μηχανικά εξαρτήματα. Πρακτικά οι υπερβολικοί κραδασμοί είναι μηχανικά και όχι υδραυλικά προβλήματα. Σε ένα καλά σχεδιασμένο υδραυλικό σύστημα οι κραδασμοί δεν ταυτίζονται με τις μεταβολές στον υδραυλικό έλεγχο, την γραμμική κίνηση των κυλίνδρων, την περιστροφή των αντλιών ή των κινητήρων ή την κίνηση του λαδιού .

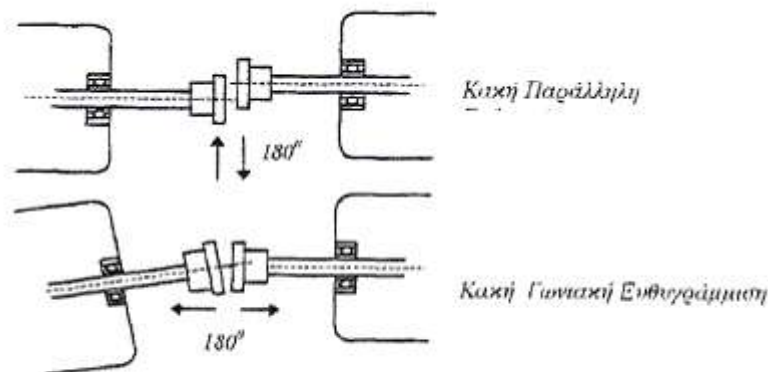
Η μηχανική αστάθεια των παραπάνω εξαρτημάτων είναι αυτή που προκαλεί τους κραδασμούς και συχνά δημιουργεί υδραυλικά προβλήματα.

Ένα από τα στοιχεία του υδραυλικού συστήματος του οποίου η αστάθεια προκαλεί κραδασμούς είναι οι αντλία.

3.3.1 Η αντλία μπορεί να λειτουργεί με κραδασμούς σε όλες τις παροχές.

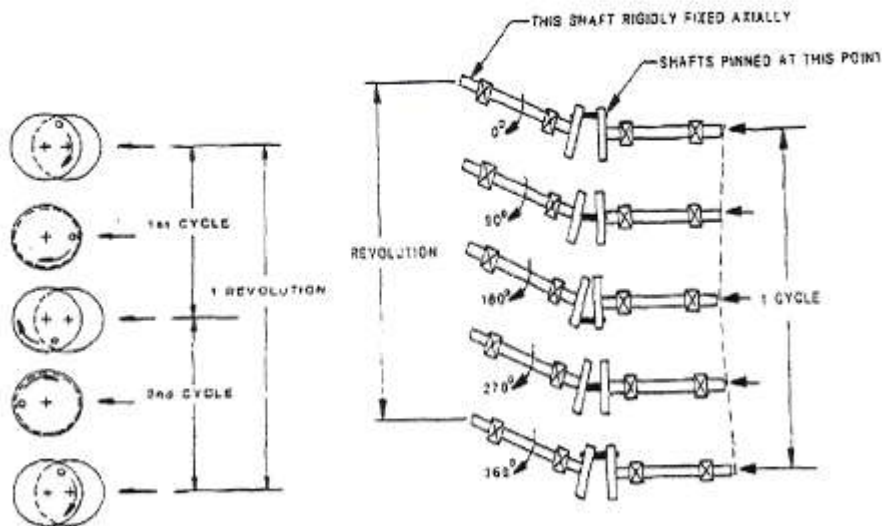
Πολύ πιθανές αιτίες αυτού του προβλήματος είναι:

- Η **κακή ευθυγράμμιση** μεταξύ αντλίας και κινητήρα. Οι πιο συνηθισμένες μορφές της είναι η κακή παράλληλη ευθυγράμμιση και η κακή γωνιακή ευθυγράμμιση οι οποίες στις περισσότερες περιπτώσεις στην πράξη εμφανίζονται σε συνδυασμό(σχήμα 64).



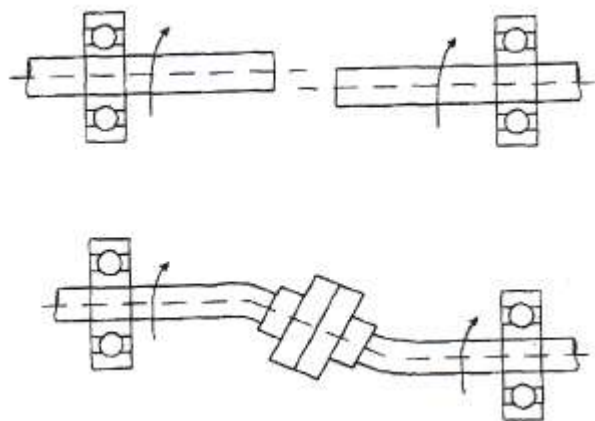
Σχήμα 64. Συνηθέστερες μορφές κακής ευθυγράμμισης

Συνηθισμένες αιτίες που προκαλούν κακή ευθυγράμμιση είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των στρεφόμενων αξόνων, η εσφαλμένη τοποθέτηση, η υποχώρηση των εδράσεων της μηχανής, η χαλάρωση του ελαστικού συνδέσμου/ συμπλέκτη, η φθορά του, η λανθασμένη κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα, ή η επιβολή εξωτερικής φόρτισης στον άξονα. Στο σχήμα 65 φαίνονται οι κατευθύνσεις των δυνάμεων και οι αντίστοιχες συχνότητες με τις οποίες καταπονούνται οι άξονες.



Σχήμα 65. Περίοδοι και κατεύθυνσης διέγερσης λόγω κακής ευθυγράμμισης

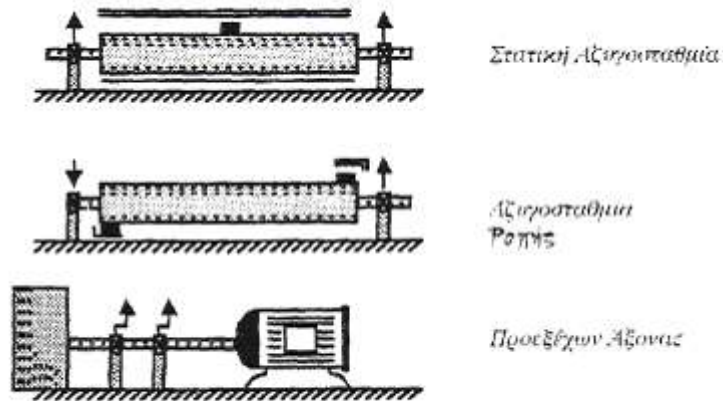
Στην περίπτωση της κακής παράλληλης ευθυγράμμισης, ο άξονας διεγείρει δύο φορές τις αντίστοιχες εδράσεις του κατά τη διάρκεια μίας περιστροφής και στην περίπτωση της κακής γωνιακής ευθυγράμμισης, μία φορά. Στο σχήμα 66 φαίνεται ο μηχανισμός που προκαλεί την ανάπτυξη δυνάμεων λόγω κακής ευθυγράμμισης. Η έστω και μικρή γεωμετρική παραμόρφωση, λόγω του μεγάλου συντελεστή ελαστικότητας του άξονα, δημιουργεί ισχυρές καμπτικές ροπές στον άξονα, οι οποίες προκαλούν ισχυρές διεγέρσεις στα έδρανα στην ακτινική και στη αξονική κατεύθυνση.



Σχήμα 66. Ανάπτυξη δυνάμεων λόγω κακής ευθυγράμμισης

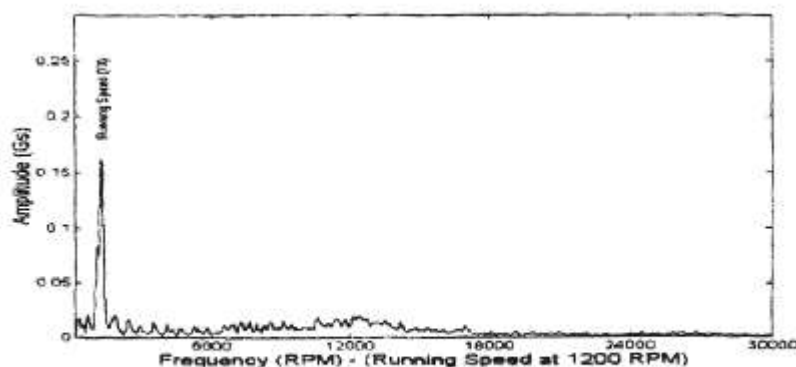
Οι δυνάμεις που προέρχονται από κακή ευθυγράμμιση αντλίας και ηλεκτροκινητήρα καταπονούν και τα υπόλοιπα στοιχεία της μηχανής (σωληνώσεις βαλβίδες), με αποτέλεσμα εάν η κακή ευθυγράμμιση παραμείνει για μεγάλο χρονικό διάστημα, να προκαλέσει βλάβες που οδηγούν στην αστοχία αυτών των στοιχείων πριν να τελειώσει η προκαθορισμένη διάρκεια ζωής τους. Σε αυτή την περίπτωση, οι μεταβολές του φάσματος, πέρα από τις ενδείξεις της κακής ευθυγράμμισης, συνοδεύονται και από ανάλογες ενδείξεις βλάβης αυτών των στοιχείων.

- Η **αζυγοσταθμία**. Προκαλεί μετατόπιση του άξονα περιστροφής της αντλίας ή του κινητήρα.



Σχήμα 67. Μορφές αζυγοσταθμίας

Τυπικές μορφές εμφάνισης αζυγοσταθμίας φαίνονται στο σχήμα 67. Η εμφάνιση αζυγοσταθμίας αποτελεί μία από τις πιο συνηθισμένες βλάβες στρεφόμενων μηχανών. Αιτίες που την προκαλούν είναι ατέλειες του υλικού ή της κατασκευής, φθορά κατά τη λειτουργία, επικαθίσεις πρόσθετων υλικών (π.χ. στα πτερύγια των αντλιών) ή εσφαλμένες ενέργειες στη συντήρηση. Τυπικά, η αζυγοσταθμία προκαλεί φυγόκεντρες δυνάμεις, οι οποίες στρέφονται με την ταχύτητα περιστροφής του άξονα. Οι προβολές τους στον κατακόρυφο και οριζόντιο άξονα είναι αρμονικές δυνάμεις με συχνότητα ίση με τη συχνότητα περιστροφής. Κατά συνέπεια, τυπικά η αζυγοσταθμία εκδηλώνεται στο φάσμα των κραδασμών με την αύξηση της συνιστώσας του φάσματος στη συχνότητα περιστροφής στον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα (ακτινική κατεύθυνση), όπως φαίνεται και στο σχήμα 68.



Σχήμα 68. Φάσμα κραδασμών από τυπική περίπτωση αζυγοσταθμίας.

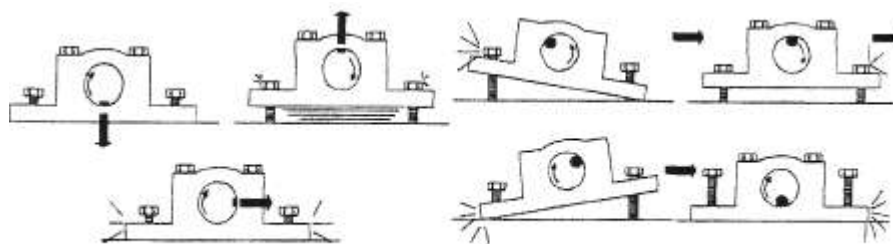
Το πλάτος της αρμονικής στις δύο κατευθύνσεις ποικίλει ανάλογα με τη σχετική ευκαμψία της κατασκευής. Η διαφορά φάσης των σημάτων στην οριζόντια και κατακόρυφη κατεύθυνση είναι 90° . Σε περιπτώσεις προεξέχοντων αξόνων, η αζυγοσταθμία εκδηλώνεται και με συνιστώσα στην αξονική κατεύθυνση. Κατά τη μεταβατική

συμπεριφορά της μηχανής (μείωση - αύξηση στροφών λειτουργίας), το πλάτος της συνιστώσας αυτής μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο των στροφών. Η διαφορά φάσης της απόκρισης σε διάφορα σημεία της μηχανής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση των μορφών αζυγοσταθμίας.

Εάν η αζυγοσταθμία είναι ιδιαίτερα έντονη, μπορεί να οδηγήσει και σε μη γραμμικά φαινόμενα, τα οποία παραμορφώνουν την αρμονική συνιστώσα και κατά συνέπεια, η ανάλυση τους κατά Fourier οδηγεί και σε πολλαπλάσιες αρμονικές. Οι αρμονικές αυτές μπορεί να διεγείρουν ιδιοσυχνότητες της κατασκευής, με αποτέλεσμα τη μεγέθυνση τους. Σε περιπτώσεις αζυγοσταθμίας λόγω μεταβολών στην κατανομή μάζας οδόντων ή πτερυγίων, η αζυγοσταθμία εκδηλώνεται και στην αντίστοιχη συχνότητα εμπλοκής οδόντων ή διέλευσης πτερυγίων. Εάν η αζυγοσταθμία παραμένει για μεγάλο διάστημα, προκαλεί βλάβες στα υπόλοιπα στοιχεία της μηχανής (π.χ. έδρανα), με αποτέλεσμα η εμφάνιση της στο φάσμα να συνδυάζεται και με τις αντίστοιχες αλλαγές του φάσματος που προκαλούν και οι βλάβες αυτών των στοιχείων. Το πλάτος της συνιστώσας στη συχνότητα περιστροφής μειώνεται σημαντικά με τη ζυγοστάθμιση, η οποία πρέπει να γίνεται μετά την επισκευή όλων των υπόλοιπων φθορών της μηχανής.

Σε αντίθεση με τα συμπτώματα της κακής ευθυγράμμισης, τα συμπτώματα της αζυγοσταθμίας δεν έχουν ιδιαίτερα έντονη εξάρτηση από τις μεταβολές της θερμοκρασίας, ενώ έχουν έντονη εξάρτηση από την μεταβολή της ταχύτητα περιστροφής.

- Η φθορά των ένσφαιρων τριβέων της αντλίας, η οποία εμφανίζεται με τέσσερις χαρακτηριστικές συχνότητες που αντιστοιχούν σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους φθοράς. Κατά την περιστροφή ενός ένσφαιρου τριβέα, κάθε φορά που τα στοιχεία του έρχονται σε επαφή με φθορές ή ελαττώματα του προκαλούν κρουστικές διεγέρσεις τόσο στον ίδιο όσο και στο σύνολο της μηχανής είτε αυτή είναι αντλία ή κινητήρας.
- Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό για τους κραδασμούς να ευθύνεται η λειτουργία της αντλίας στην κρίσιμη ταχύτητα ή σε σημείο μακριά από τη χαρακτηριστική της.
- Η ανάπτυξη σπηλαιώσης στην αντλία
- Η παρεμπόδιση της παροχής στη σωλήνωση αναρρόφησης από κάποιο αντικείμενο.
- Το φίλτρο αναρρόφησης είναι καλυμμένο με στερεά υλικά,
- Η δημιουργία τάσεων στην αντλία από τη σωλήνωση,
- Η μάζα της βάσης της αντλίας είναι πολύ μικρή.
- Το σύστημα έχει υποστεί υδραυλικό πλήγμα
- Οι κραδασμοί οφείλονται σε άλλα μηχανήματα τα οποία λειτουργούν κοντά στην αντλία.
- Χαλάρωση των κοχλιών στερέωσης της αντλίας. Χαλαρότητα στη σύνδεση μίας μηχανής με τη βάση της προκαλεί κρούσεις και τριβές με συχνότητα εμφάνισης ίση με τη συχνότητα περιστροφής του άξονα της μηχανής(σχήμα 69),



Σχήμα 69. Χαλαρότητα τριβές και κρούσεις λόγω εσφαλμένης έδρασης

- Μικρή απόσταση μεταξύ της εξωτερικής απόστασης του στροφείου και της γλωττίδας.
- Τέλος, μπορεί να προκαλείται συντονισμός μεταξύ της ταχύτητας της αντλίας και της φυσικής συχνότητας της σωλήνωσης ή της βάσης στήριξης.

3.3.2 Η αντλία λειτουργεί με κραδασμούς στις χαμηλές παροχές.

Πολύ πιθανές αιτίες αυτού του προβλήματος είναι

- Η χρήση αντλίας με πολύ υψηλή ειδική ταχύτητα αναρρόφησης.
- Η λειτουργία της αντλίας γίνεται με παροχή μικρότερη από την ελάχιστη συνιστώμενη.
- Η βαλβίδα εξαγωγής αέρα να είναι κλειστή με αποτέλεσμα αέρας να συσσωρεύεται και να εγκλωβίζεται σε σημεία του αγωγού σχηματίζοντας θύλακες που επηρεάζουν την κανονική λειτουργία της σωλήνωσης και προκαλούν ασταθή και θορυβώδη λειτουργία.

3.3.3 Η αντλία λειτουργεί με κραδασμούς στις υψηλές παροχές.

Πιθανά αίτια αυτού του προβλήματος είναι:

- Η ανεπαρκής βύθιση της εισόδου του σωλήνα αναρρόφησης
- Η δημιουργία δινών στην αναρρόφηση.
- Η λειτουργία της αντλίας με κλειστή ή ημιανοικτή βαλβίδα αναρροφήσεως
- Φραγμένα φίλτρα στην αναρρόφηση.
- Υπερβολικές απώλειες τριβής στην σωλήνωση αναρρόφησης .
- Η δημιουργία στροβιλισμού στην κάθετη σύνδεση σωλήνων στην αναρρόφηση.

Ενα πολύ σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να προκύψει σ' ένα υδραυλικό σύστημα είναι οι κραδασμοί υψηλής συχνότητας. Οι υψηλής συχνότητας κραδασμοί έχουν την ικανότητα να σπάνε τις συγκολλήσεις που έχουν γίνει σε διάφορα εξαρτήματα. Για να αντιληφθούμε την ύπαρξη αυτού του είδους κραδασμών παίρνουμε μια μικρή ποσότητα νερού και την ρίχνουμε πάνω στην (ελαστική)σωλήνωση. Αν το νερό πεταχτεί πάνω απ' την επιφάνεια του σωλήνα τότε έχουμε σοβαρό πρόβλημα.

Οι κραδασμοί μπορεί να είναι το αποτέλεσμα φρακαρίσματος κάποιας βαλβίδας ελέγχου της πίεσης λόγω μολυσμένου ρευστού που διέρχεται από μέσα της. Άλλη αιτία κραδασμών μπορεί να είναι η ύπαρξη μιας στένωσης στη γραμμή αναρρόφησης. Η στένωση αυτή προκαλεί πτώση πίεσης και ίσως περιορισμό της παροχής. Σε μια εμβολοφόρο αντλία με αξονικά έμβολα αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα το έμβολο να αποτραβηχτεί μακριά από την κεκλιμένη πλάκα στην οποία εδράζεται και στη συνέχεια να κοπανάει πάνω της κατά την κίνηση του με πολύ μεγάλη πιθανότητα να προκληθεί ζημία στα εξαρτήματα .

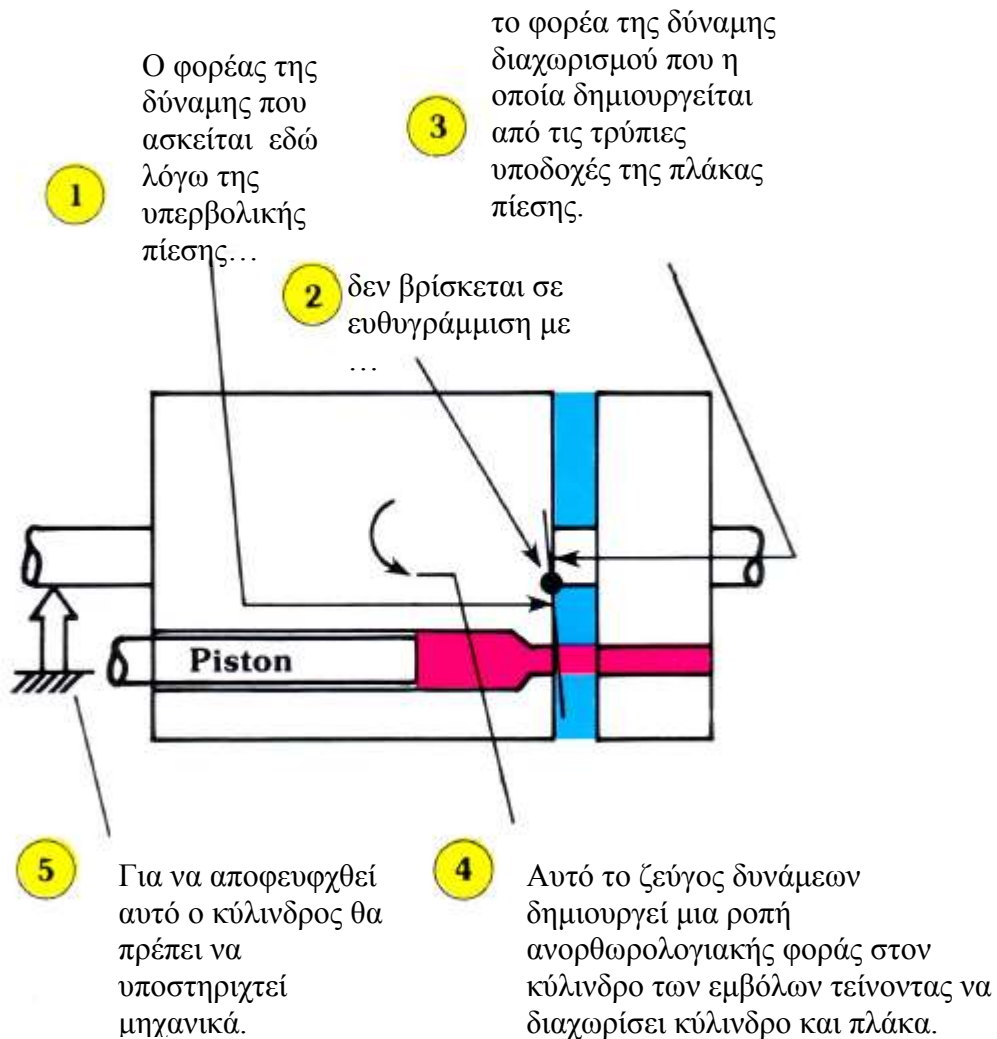
Σε κλειστά συστήματα μια απότομη αλλαγή στη ροπή του κινητήρα (παλμός) μπορεί να προκαλέσει αύξηση της υδραυλικής πίεσης. Όταν χρησιμοποιούνται μεγάλου μήκους ελαστικές σωληνώσεις η αύξηση της πίεσης αποθηκεύεται προκαλώντας διαστολή των ελαστικών σωληνώσεων. Αυτή η αλλαγή στον όγκο μπορεί να απορροφήσει την φόρτιση στην πλευρά της αντλίας όπου επικρατεί χαμηλή πίεση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ακανόνιστη λειτουργία της αντλίας και τη δημιουργία κραδασμών.

3.3.4 Κραδασμοί σαν αποτέλεσμα της υπερβολικής αύξησης της πίεσης.

Η υπερβολική αύξηση της πίεσης προκαλεί μηχανικές αστοχίες στα μηχανήματα (αντλίες, κινητήρες, βαλβίδες). Δεν υπάρχουν εμφανή συμπτώματα της αύξησης της πίεσης σ' ένα σύστημα. Μια ένδειξη της αύξησης της πίεσης είναι η ύπαρξη κραδασμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το παρακάτω:

Διαχωρισμός της πλάκας πίεσης και του κυλινδρικού σώματος που περιέχει τα έμβολα (cylinder barrel) σε εμβολοφόρες αντλίες και κινητήρες αξονικών εμβόλων.

Για να διατηρηθεί το λιπαντικό στρώμα άθικτο μεταξύ του περιστρεφόμενου κυλίνδρου με τα έμβολα και της σταθερής πλάκας πίεσης, η υδροστατική δύναμη η οποία κρατάει τα δύο μέρη σε επαφή μεταξύ τους αντισταθμίζεται από μια υδροστατική δύναμη η οποία τείνει να τα διαχωρίσει. Όσο μεγαλύτερη είναι η πίεση λειτουργίας τόσο μεγαλύτερη είναι η υδροστατική δύναμη η οποία κρατάει σε επαφή την πλάκα και τον κύλινδρο. Αν όμως η πίεση λειτουργίας υπερβεί τα σχεδιαστικά όρια τα δυο σώματα αρχίζουν να χάνουν επαφή. Το σχήμα 70 βοηθάει στο να κατανοήσουμε καλύτερα αυτό το φαινόμενο.



Σχήμα 70. Διαχωρισμός της πλάκας πίεσης και του κυλινδρικού σώματος που περιέχει τα έμβολα

Γενικά η γεωμετρία της κατασκευής δεν επιτρέπει την απόλυτη ευθυγράμμιση των αντίθετων υδροστατικών δυνάμεων. Αυτή η κακή ευθυγράμμιση δημιουργεί μια ροπή στο κυλινδρικό σώμα που περιέχει τα έμβολα. Κατά την κανονική λειτουργία της αντλίας / κινητήρα η ροπή αυτή αντισταθμίζεται από την περιστρεφόμενη άτρακτο. Αν όμως η πίεση λειτουργίας ξεπεράσει τα όρια τότε το μέγεθος της ροπής μπορεί να είναι τόσο μεγάλο έτσι ώστε να προκαλέσει ελαστική παραμόρφωση στον άξονα περιστροφής. Αυτή η κατάσταση επιτρέπει στον κύλινδρο να πάρει κλίση έτσι ώστε να πιέζεται πολύ στην μεριά της πλάκας που γίνεται η έξοδος του ρευστού ενώ να τείνει να απομακρυνθεί στη μεριά της πλάκα όπου υπάρχουν οι υποδοχές εισόδου του ρευστού. Όταν γίνει ο διαχωρισμός το λιπαντικό στρώμα χάνεται και αυτό οδηγεί σε γδάρσιμο(χαρακιές) των δύο σωμάτων καταστρέφοντας έτσι τις επιφάνειες επαφής κυλίνδρου- πλάκας(Σχήματα 71,72).



Σχήμα 71 .Γδάρσιμο στο σώμα των κυλίνδρων που προέρχεται από διαχωρισμό

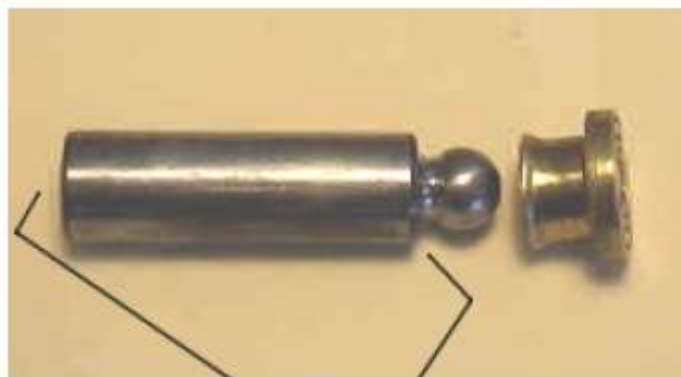


Σχήμα 72. Ομοίως χαρακίες πάνω στην πλάκα πίεσης

Διαχωρισμός μπορεί να προκύψει επίσης όταν η πίεση λειτουργίας βρίσκεται εντός σχεδιαστικών ορίων αλλά η πλάκα πίεσης έχει υποστεί μερική απώλεια της επιπεδότητάς της, ο κύλινδρος με τα έμβολα περιστρέφεται με υπερβολική ταχύτητα ή έχει υποστεί υπερβολική φθορά.

3.3.5 Υπερβολική πίεση στο κέλυφος της αντλίας/ κινητήρα

Η ύπαρξη υπερβολικής πίεσης στο κέλυφος αξονικής αντλίας ή κινητήρα έχει τα ίδια αποτελέσματα με την ύπαρξη κενού αέρος στη δίοδο εισόδου. Και οι δύο καταστάσεις (η περίπτωση κενού αναλύεται εκτενέστερα σε επόμενο κεφάλαιο) προκαλούν καταπόνηση στη σφαιρική κεφαλή του εμβόλου και στην υποδοχή την οποία εδράζεται με αποτέλεσμα να αποχωριστούν μεταξύ τους (σχήμα 73). Επίσης η υπερβολική πίεση μπορεί να προκαλέσει λυγισμό της πλάκας πάνω στην οποία είναι αγκυρωμένα τα έμβολα..



Το κενό εδώ προκαλεί καταπόνηση στη σφαιρική κεφαλή του εμβόλου.

Υπερβολική πίεση από το κέλυφος προκαλεί καταπόνηση στη σφαιρική κεφαλή και την υποδοχή.

Σχήμα 73. Καταπόνηση της σφαιρικής κεφαλής του εμβόλου

Σε ακτινικούς υδραυλικούς κινητήρες κατά την έξοδο του ρευστού από τον κινητήρα(χαμηλή πίεση) η υπερβολική πίεση στο κέλυφος μπορεί να εκτρέψει/ ανασηκώσει τα έμβολα πολύ πιο πάνω από το περιστρεφόμενο κυλινδρικό σώμα. Έτσι κατόπιν κατά την είσοδο του ρευστού στον κινητήρα(υψηλή πίεση) τα έμβολα χτυπάνε με δύναμη πάνω στον έκκεντρο δακτύλιο στον οποίο εφάπτονται. Αυτό το χτύπημα καταστρέφει τον κινητήρα.

Αν ή πίεση στο κέλυφος του κινητήρα συνεχίσει να είναι υψηλή ακόμα και όταν ο κινητήρας σταματήσει τότε υπάρχει περίπτωση τα έμβολα να χάσουν την επαφή τους με τον δακτύλιο με αποτέλεσμα ο κινητήρας να περιστρέφεται ακανόνιστα.

Υψηλή πίεση στο κέλυφος της αντλίας η κινητήρα μπορεί επίσης να έχει σαν αποτέλεσμα την εφαρμογή μεγάλων φορτίων / δυνάμεων στο χείλος των στεγανωτικών στις ατράκτους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το στεγανωτικό να φθαρεί σχηματίζοντας αυλάκια στην επιφάνεια του απ τα οποία τελικά γίνεται διαρροή ρευστού. Απ' τη στιγμή που η πίεση ξεπερνάει τα όρια πίεσης για τα οποία είναι σχεδιασμένη τότε αμέσως προκύπτει βλάβη στα στεγανωτικά. Αυτή η απώλεια λαδιού στο τέλος προκαλεί καταστροφές εξαιτίας ακατάλληλης λίπανσης.

Η υπερβολική πίεση σαν αιτία κραδασμών μπορεί να οφείλεται σε:

- Ελαττωματικές ή κακώς ρυθμισμένες συσκευές ελέγχου της πίεσης όπως ανακουφιστικές βαλβίδες, ισοσταθμιστές πίεσης σε αντλίες μεταβλητής παροχής.
- Ακανόνιστη αποσυμπίεση του ρευστού.
- Θερμική διαστολή σε συστήματα ελέγχου του φορτίου.
- Αντίθετη παροχή στη βαλβίδα αντεπιστροφής

Σε συστήματα που παρουσιάζουν αλλαγές στα φορτία η αντίδραση /απόκριση των συσκευών που ελέγχουν την πίεση μπορεί να μην είναι αρκετά γρήγορη ώστε να αποτρέψει την ξαφνική αύξηση της πίεσης η οποία μπορεί να υπερβεί τα σχεδιαστικά όρια.

3.3.6 Ταλαντώσεις στο σύστημα σωληνώσεων

Κραδασμοί μπορεί να υφίστανται εξαιτίας **ταλαντώσεων στο σύστημα σωληνώσεων**. Όπως και στα μηχανικά συστήματα οι ταλαντώσεις στα υδραυλικά συστήματα διακρίνονται στις :

- εξαναγκασμένες (ή εξωτερικά διεγερόμενες)
- αυτοδιεγερόμενες.

Στις πρώτες η ταλάντωση στο δίκτυο οφείλεται στην περιοδική μεταβολή ενός εξωτερικού παράγοντα ενώ στις δεύτερες ο μηχανισμός που διατηρεί την ταλάντωση στο δίκτυο είναι εσωτερικός και τις περισσότερες φορές μη σαφώς προσδιορίσιμος. Η αυτοδιεγερόμενη ταλάντωση διεγείρεται από ένα στιγμιαίο εξωτερικό παράγοντα ο οποίος εκτρέπει το σύστημα από την αρχική κατάσταση ισορροπίας. Στην γενική περίπτωση, όταν πλέον η εξωτερική διέγερση δεν υφίσταται πλέον, το σύστημα ακολουθεί μία αποσβενυόμενη ταλάντωση λόγω των διαφόρων απωλειών που αναπτύσσονται. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις κατά τις οποίες το σύστημα αντί να επανέλθει στην αρχική μόνιμη κατάσταση αρχίζει να αποκλίνει από αυτή απορροφώντας ενέργεια από το ίδιο το σύστημα, οπότε πλέον η αυτοδιεγερόμενη ταλάντωση δεν είναι αποσβενυόμενη.

Παραδείγματα εξαναγκασμένης ταλάντωσης αποτελεί το περιοδικό άνοιγμα μιας βάνας.

Οι αυτοδιεγερόμενες μη αποσβενυόμενες ταλαντώσεις αναπτύσσονται όταν υπάρξει ένας μηχανισμός στο σύστημα ο οποίος να επιτρέπει την αύξηση της ενέργειας στο

σύστημα ανά περίοδο. Δεν είναι δυνατόν να γίνει μία πλήρης καταγραφή των στοιχείων που θα μπορούσαν να αποτελέσουν την διέγερση αυτοδιεγερόμενων ταλαντώσεων σε ένα δίκτυο, όμως στην συνέχεια αναφέρονται ορισμένες πηγές που συχνά συνεισφέρουν στην ανάπτυξη αυτοδιεγερόμενων ταλαντώσεων όπως:

- Η ελαστική παραμόρφωση βανών και βαλβίδων λόγω εντατικής φόρτισης .
- Η κακή λειτουργία δακτυλίων στεγανότητας βανών.
- Η ανάπτυξη σπηλαίωσης σε αντλίες .
- Η ανάπτυξη στροβιλισμών σε διακλαδώσεις .

Επίσης αυτοδιεγερόμενη ταλάντωση μπορεί να έχουμε σαν αποτέλεσμα συντονισμού ανάμεσα στην ιδιοσυχνότητα της αντλίας η οποία έχει υποστεί σπηλαίωση και στις ιδιοσυχνότητες ολόκληρου του υδραυλικού συστήματος οι οποίες μεταβάλλονται καθώς μεταβάλλεται η ποσότητα ρευστού στη δεξαμενή του.

Ταλαντώσεις της παροχής. Ασταθής παροχή μπορεί να οδηγήσει σε ταλαντώσεις .Ταλαντώσεις της παροχής είναι ουσιαστικά μεταβολές της ροής οι οποίες προέρχονται από τη δημιουργία κενών ή από μηχανικές παρεμποδίσεις της παροχής εξαιτίας κακού σχεδιασμού ή κατεργασίας των εξαρτημάτων.

3.3.7 Κραδασμοί εξαιτίας ανεπιθύμητης μετατροπής του υδραυλικού κινητήρα σε αντλία.

Ο κινητήρας για να μετακινήσει κάποιο φορτίο δέχεται μία παροχή ρευστού. Μερικές φορές όμως η παροχή ρευστού η οποία τροφοδοτεί τον κινητήρα δεν επαρκεί εξαιτίας της μεγάλης αδράνειας της μάζας του φορτίου. Αρχικά το φορτίο κινείται αλλά λόγω της αδράνειας της μάζας του η κίνηση του προπορεύεται της παροχής τροφοδοσίας η οποία πλέον δεν επαρκεί. Η κίνηση του φορτίου τότε γίνεται γρήγορη και αντί να κινεί ο κινητήρας το φορτίο γίνεται το αντίστροφο και το φορτίο κινεί τον κινητήρα ο οποίος πλέον λειτουργεί σαν αντλία. Στη συνέχεια η κίνηση του φορτίου επιβραδύνεται και η παροχή γίνεται πάλι ικανοποιητική και ο υδραυλικός κινητήρας λειτουργεί πάλι κανονικά. Αυτές οι εναλλαγές στην κίνηση του κίνηση του κινητήρα προκαλούν ταλαντώσεις στο σύστημα.

3.3.8 Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία των βαλβίδων:

- Το έμβολο των βαλβίδων έχει κολλήσει εξαιτίας ρυπαντών ή υλικών με κολλώδη υφή που έχουν εισχωρήσει στο ρευστό.
- Το έμβολο μιας σερβοβαλβίδας έχει κολλήσει με αποτέλεσμα η αύξηση του ρεύματος εισόδου που χρειάζεται για να αλλάξει την έξοδο/ απόκριση της βαλβίδας να είναι τόσο μεγάλη ώστε να προκαλέσει στο σύστημα ταλαντώσεις .
- Η βαλβίδα κατεύθυνσης της παροχής δεν παρέχει ρευστό με την κατάλληλη πίεση όταν ωθηθεί το ολισθαίνον έμβολο της στην κατάλληλη θέση.

3.3.9 Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία των κυλίνδρων:

- Κακή ευθυγράμμιση κυλίνδρου και εμβόλου.
- Οι εδράσεις είναι χαλαρές και όχι αντικραδασμικές.

- Σε περίπτωση υψηλών shock από τα φορτία η έδραση του κυλίνδρου θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η έμφυτη ελαστικότητα του κυλίνδρου να απορροφάει ένα μεγάλο μέρος του κρουστικού κύματος. Σε αντίθετη περίπτωση παρουσιάζονται κραδασμοί.
- Το μοντάρισμα είναι ανεπαρκές. Τα μπουλόνια δεν είναι σφιγμένα καλά.
- Μεγάλες διακυμάνσεις των φορτίων που δέχεται ο κύλινδρος.
- Τα εσωτερικά μέρη του κυλίνδρου είναι ελαττωματικά ή δεν έχουν συναρμολογηθεί σωστά.
- Ο κύλινδρος κινείται ακανόνιστα εξαιτίας :
 - μεγάλων φορτίων που πρέπει να μετακινήσει με μικρή ταχύτητα.
 - Κακής συναρμολόγησης των ελαστικών στοιχείων που συμπιέζονται αξονικά (packings) για να παρέχουν ακτινική στεγανότητα στο έμβολο .
 - Αέρας το σύστημα.

3.3.10 Κραδασμοί που οφείλονται σε κακή λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα:

Στον ηλεκτρικό κινητήρα μπορεί να αντιμετωπίσουμε βλάβη η οποία να οφείλεται στη χαλαρότητα του ρότορα. Μερικές φορές ο ρότορας μπορεί να ολισθαίνει επί της ατράκτου, κατά διαλείμματα ανάλογα με τη θερμοκρασία. Αυτό προκαλεί ισχυρές δονήσεις στο σύστημα. Επίσης όταν έχουμε χαλαρά τυλίγματα στον στάτορα εμφανίζεται μεγάλη ακτινική αιχμή στη συχνότητα 100 Hz. Εάν χαλαρώσουν, έστω και λίγο, τα τυλίγματα στον στάτορα του κινητήρα η αιχμή στη διπλάσια συχνότητα (100 Hz) του ρεύματος (50 Hz) θα αυξηθεί. Η κατάσταση αυτή είναι ολέθρια διότι καταστρέφει την μόνωση των αγωγών και οδηγεί σε ελαττωματικά τυλίγματα που καταλήγουν σε βλάβη του στάτορα.

3.4 ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ

Όπως κάθε ηλεκτρομηχανικό σύστημα έτσι και το υδραυλικό σύστημα επηρεάζεται από την αύξηση της θερμοκρασίας η οποία πολλές φορές οδηγεί σε υπερθέρμανση. Η υπερθέρμανση του συστήματος δημιουργεί φθορά των στεγανωτικών ,οξείδωση του ρευστού και απότομη διακοπή του συστήματος. Επίσης παρατηρείται διάβρωση διαφόρων εξαρτημάτων .

Η υπερθέρμανση του υδραυλικού συστήματος μπορεί να προκληθεί από μειωμένη αποδοτικότητα. Ανεπαρκής απόδοση καταλήγει σε απώλειες ενέργειας οι οποίες μετατρέπονται σε θερμότητα. Σε ένα υδραυλικό σύστημα το ποσό της αναπτυσσόμενης θερμότητας(PL) είναι ίσο με την ολική ενέργεια που χάνεται μέσω κακής απόδοσης και εκφράζεται ως εξής:

$$PL_{ολικό} = PL_{αντλιών} + PL_{βαλβίδων} + PL_{σωληνώσεων} + PL_{επενεργητών}$$

Εάν η συνολική ενέργεια η οποία χάνεται και μετατρέπεται σε θερμότητα είναι μεγαλύτερη από τη θερμότητα που διασκορπίζεται τότε το σύστημα θα υπερθερμανθεί.

Στο υδραυλικό σύστημα η αύξηση της θερμότητας μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με διάφορα εξαρτήματα του συστήματος όπως:

3.4.1 Απώλειες ισχύος στις αντλίες.

Η αντλία η οποία προμηθεύει το απαραίτητο ρευστό στο σύστημα είναι η καρδιά του συστήματος και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε υδραυλική πίεση και παροχή ρευστού. Η πίεση προκαλείται σαν αντίσταση στην παροχή. Απώλειες ισχύος στην αντλία έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία θερμότητας.

Παράδειγμα

Έστω μια αντλία σ' ένα σύστημα η οποία λειτουργεί στα 75 bar , έχει παροχή 15 l/min και βαθμό απόδοσης 85 %

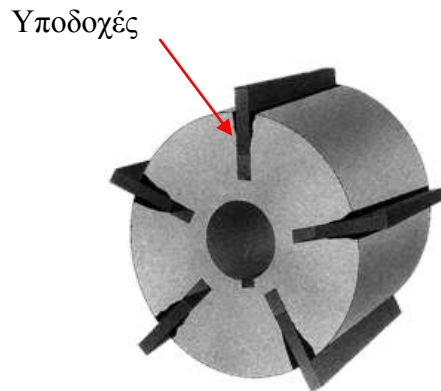
$$\text{Η ισχύς εξόδου της αντλίας είναι } N = \frac{75 \cdot 15}{612} = 1,84 \text{ kW}$$

$$\text{Ενώ η ισχύς στην είσοδο ήταν } N = \frac{1,84}{0,85} = 2,16 \text{ kW}$$

Αυτή η απώλεια του 15% της αντλίας μετατρέπεται σε θερμότητα που ισοδυναμεί με 2,16-1,84=0,32 Kw .

Αυτές οι απώλειες ισχύος οφείλονται σε

- Υπερβολική φθορά των διαφόρων εξαρτημάτων που απαρτίζουν την αντλία εξαιτίας της ανεπάρκειας των φίλτρων να κατακρατήσουν επιβλαβή σωματίδια που μολύνουν το ρευστό.
- Διάβρωση ή γδάρσιμο πάνω στη περιστρεφόμενη πλάκα πάνω στην οποία είναι αγκυρωμένα τα έμβολα(πλάκα συγκράτησης εμβόλων σε αντλίες με έμβολα).
- Φθορά των γραναζιών από την πολύ χρήση (σε γραναζωτές αντλίες).
- Φρακάρισμα των πτερυγίων στις υποδοχές του περιστρεφόμενου σε πτερυγιοφόρο αντλία (σχήμα 74). Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ακανόνιστη κίνηση τους, τη φθορά του δακτυλιοειδούς περιβλήματος της αντλίας λόγω αλληλεπίδρασης με τα πτερύγια και τελικά τη δημιουργία θερμότητας.



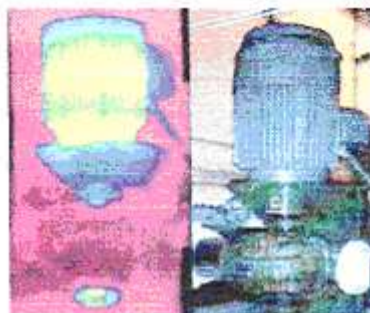
Σχήμα 74. Ρότορας με πτερύγια μιας πτερυγιοφόρου αντλίας

- Επίσης η απόδοση μιας αντλίας μπορεί να επηρεαστεί από το μέγεθός της
- Υπερβολικές μηχανικές και γεωμετρικές χάρες.
 - Στις γραναζωτές αντλίες χάρη μεταξύ δοντιών και κουζινέτου.
 - Στις εμβολοφόρες αντλίες χάρη μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου υποδοχής του εμβόλου.
 - Στις αντλίες με πτερύγια μεταξύ των πτερυγίων και των υποδοχών τους.
- Μειωμένη ακρίβεια με την οποία έχουν συναρμολογηθεί τα εσωτερικά της μέρη.
- Λανθασμένη κατεύθυνση περιστροφής της αντλίας. Η περιστροφή της με μεγάλη ταχύτητα.
- Κάθε είδος αντλίας λειτουργεί με λάδι που έχει συγκεκριμένο ιξώδες και ιδιότητες. Οι γραναζωτές αντλίες για παράδειγμα απαιτούν κινηματικό ιξώδες λαδιού μεταξύ 30-70cSt σε θερμοκρασία 10-30 βαθμούς Κελσίου. Αυτά είναι τα επιτρεπόμενα όρια ιξώδους. Αν αυτά τα όρια αλλάξουν είτε λόγω αλλαγής της θερμοκρασίας είτε λόγω χρήσης διαφορετικού μέσου τότε οι απώλειες ισχύος θα αυξηθούν
- Βλάβες στους τριβείς(ρουλεμάν της αντλίας). Υπερβολικό ακτινικό ή αξονικό φορτίο μπορεί να προκαλέσει την υπερθέρμανση των τριβείων.

Παράδειγμα υπερθέρμανσης εδράνων:

Μία κατακόρυφη διάταξη αντλίας - κινητήρα (σχήμα 75) παρουσίαζε συνεχώς προβλήματα. Οι τριβείς της αντλίας χαλούσαν συνέχεια. Μία επιθεώρηση με κάμερα υπερέθρων επιβεβαίωσε ότι το κάτω ωστικό έδρανο ήταν θερμότερο από τα υπόλοιπα έδρανα της αντλίας. Περαιτέρω ανάλυση απέδειξε ότι ο συνδυασμός αυτός αντλίας - κινητήρα ήταν σχεδιασμένος να λειτουργεί σε οριζόντια διάταξη. Ο χρήστης προκειμένου να εξασφαλίσει χώρο τοποθέτησε το σύστημα κάθετα με την αντλία κάτω

από τον κινητήρα, με αποτέλεσμα το κάτω ωστικό έδρανο να υπερφορτώνεται και να χαλάει πρόωρα.

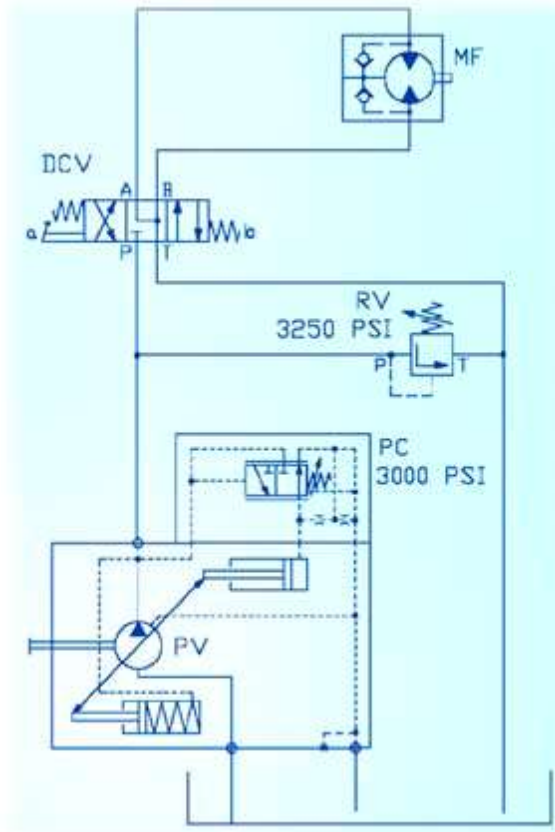


Σχήμα 75. Σχήμα υπέρυθρων όπου φαίνεται η καταπόνηση του κάτω ωστικού εδράνου

Κάποιες άλλες αιτίες υπερθέρμανσης που σχετίζονται με τη ορθή ή μη λειτουργία των αντλιών και των παρελκόμενων εξαρτημάτων τους είναι:

- I. Οι αντλίες να λειτουργούν σε μεγαλύτερες πιέσεις και ταχύτητες πάνω απ' τις rpm των προδιαγραφών. Πολλές φορές υπάρχει ο πειρασμός να ξεπεραστούν τα όρια έτσι ώστε να παραχθεί μεγαλύτερη ισχύς. Αυτό όμως μπορεί να γίνει επικίνδυνο για το σύστημα και τους χειριστές. Υπερβολικές παροχές ρευστού και πιέσεις αυξάνουν τη θερμοκρασία του συστήματος και σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος μπορεί να οδηγήσουν σε γρηγορότερη καταστροφή του λαδιού και υπερθέρμανση του συστήματος.
- II. Η ολίσθηση της αντλίας είναι πολύ μεγάλη λόγω φθοράς κάποιου εξαρτήματος της. Ολίσθηση της αντλίας είναι η αύξηση της εσωτερικής διαρροής που συμβαίνει στην αντλία όταν ο ογκομετρικός βαθμός της πέφτει λόγω αύξησης της πίεσης. Το ρευστό της διαρροής επιστρέφει στην είσοδο της αντλίας η κατευθύνεται στην αποστράγγιση.
- III. Ο αγωγός της αντλίας ή η γραμμή επιστροφής είναι λανθασμένα τοποθετημένος. Έχει μπει πολύ κοντά στη γραμμή αναρρόφησης. Αν δε υπάρχει κάποιο διάφραγμα μεταξύ των δύο τότε το ρευστό που μπαίνει στην αναρρόφηση είναι ζεστό.
- IV. Η γραμμή αποστραγγίσεως θα πρέπει να είναι μεγάλη έτσι ώστε το ρευστό να διανύει μια απόσταση, κατά την οποία θα χάνει κάποιο ποσό θερμότητάς πριν ξαναμπει στην δεξαμενή και κατά συνέπεια στην αντλία.
- V. Η αντλία να έχει υποστεί σπληαίωση
- VI. Η αντλία αποφορτίζεται από την ανακουφιστική βαλβίδα η οποία έχει ρυθμιστεί σε μεγαλύτερη πίεση απ' την οποία απαιτεί η εκάστοτε εργασία
- VII. Η ανακουφιστική βαλβίδα έχει φθαρεί ή έχουν μπει βρωμιές μέσα στο κυρίως σώμα της.
- VIII. Η αντλία δέχεται υπερβολικά φορτία. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να υπερθερμανθεί και ο ηλεκτρικός κινητήρας που κινεί την αντλία αφού θα δέχεται και αυτός μεγάλα φορτία.
- IX. Κατεστραμμένος ηλεκτρικός κινητήρας
- X. Υπάρχει περίπτωση η ανακουφιστική βαλβίδα να έχει ρυθμιστεί πιο κάτω η πολύ κοντά στην ρύθμιση του ισοσταθμιστή σταθεράς πίεσεως (pressure compensator). Αυτό αποτρέπει το σύστημα απ' το να φτάσει στην πίεση του ισοσταθμιστή. Ενώ λοιπόν θα έπρεπε η αντλία να σταματήσει να δημιουργεί ροή

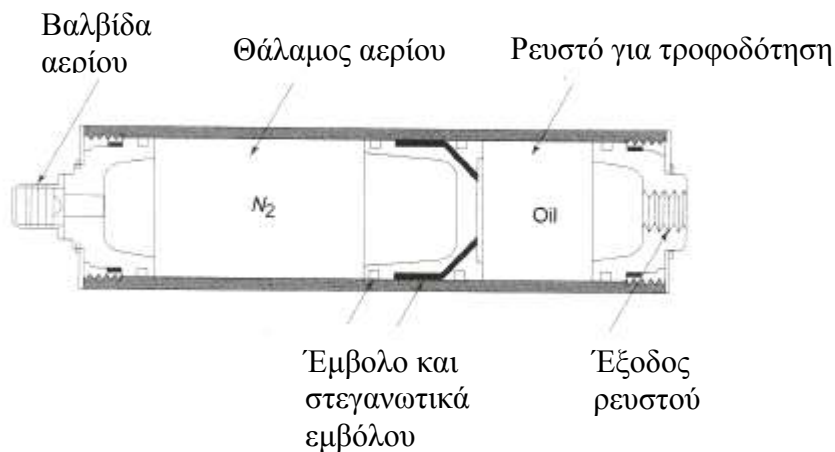
αντιθέτως συνεχίζει να μεταφέρει ρευστό το οποίο περνάει μέσα από την ανακουφιστική και θερμαίνει το σύστημα. Γι αυτό γενικά η ανακουφιστική βαλβίδα θα πρέπει να ρυθμίζεται περίπου 250 psi πάνω απ την πίεση του ισοσταθμιστή πίεσης (σχήμα 76).



Σχήμα 76. Υδραυλικό σύστημα με ισοσταθμιστή πίεσης

3.4.2 Πως ο συσσωρευτής αερίου μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση

Αν υπάρχει συσσωρευτής με αέριο N_2 στο (σχήμα 77) σύστημα τότε σε περίπτωση που μειωθεί ο όγκος του αζώτου λόγω διαρροής, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα η αντλία να λειτουργήσει μεταξύ χαμηλότερων ορίων παροχής εφόσον και ο εργαζόμενος όγκος ρευστού θα είναι μικρότερος. Αυτό είναι πολύ πιθανό να προκαλέσει υπερθέρμανση στο σύστημα.



Σχήμα 77. Συσσωρευτής με αέριο

3.4.3 Βλάβες σε ορισμένα στοιχεία του ηλεκτρικού κινητήρα και απώλειες ισχύος μπορεί να προκαλέσουν υπερθέρμανση στο σύστημα.

Αν ο κινητήρας που είναι συνδεδεμένος με την αντλία είναι συνεχούς ρεύματος τότε οι απώλειες ισχύος που μπορεί να προκαλέσουν υπερθέρμανση είναι:

I. Μηχανικές απώλειες ισχύος

- Απώλειες ψυκτρών. Αυτές οι απώλειες οφείλονται στην τριβή των ψυκτρών πάνω στους τομείς του συλλέκτη. Είναι ανάλογες της επιφάνειας επαφής και της ταχύτητας περιστροφής. Οι ψύκτρες όμως είναι και πολύ εύκολο να φθαρούν και τότε ο κινητήρας θα υπερθερμανθεί.
- Ύπαρξη τριβών ανεμισμού για την ψύξη του περιστρεφόμενου δρομέα του κινητήρα έχει ως αποτέλεσμα και δημιουργία θερμότητας. Οι απώλειες ανεμισμού οφείλονται στη σχετική κίνηση του δρομέα μέσα στον αέρα και είναι ανάλογες του τετράγωνου της ταχύτητας περιστροφής.
- Αεροδυναμική αντίσταση των στρεφόμενων μερών.

II. Ηλεκτρικές απώλειες

- Ωμικές απώλειες των τυλιγμάτων του κινητήρα
- Απώλειες τυλιγμάτων πεδίου.
- Απώλειες ροοστάτη (αν υπάρχει)

III. Μαγνητικές απώλειες

3.4.4 Προβλήματα που παρουσιάζονται σε υδραυλικούς κινητήρες μπορεί να προκαλέσουν θέρμανση του συστήματος.

- Μείωση της ταχύτητας και δημιουργία θερμότητας εξαιτίας μεγάλης διαρροής ρευστού. Η διαρροή μπορεί ανά έχει προκληθεί από φθορά στον κύλινδρο των εμβόλων λόγω μόλυνσεως του ρευστού.
- Αν η αδράνεια του φορτίου που πρέπει να κινήσει ο κινητήρας είναι μεγάλη για παράδειγμα 2 φορές μεγαλύτερη από την αδράνεια του κινητήρα αυτός θα δυσκολευτεί να ξεκινήσει ώστε να μετακινήσει το φορτίο και αυτό θα προκαλέσει αύξηση θερμότητας στο σύστημα.

3.4.5 Δεξαμενές ρευστού

- I.** Η στάθμη του λαδιού στο στη δεξαμενή είναι πολύ χαμηλή. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω εξωτερικής διαρροής στη δεξαμενή. Γενικά το ποσό θερμότητας κατανέμεται στο ρευστό και έτσι αποφεύγεται η υπερβολική θέρμανση.
- II.** Ανεπαρκής ψυκτική ικανότητα της δεξαμενής που περιέχει το ψυκτικό υγρό. Αυτό πάλι μπορεί να συμβεί όταν υπάρχει διαρροή στη δεξαμενή ψύξης.
- III.** Ο όγκος της δεξαμενή θα πρέπει να έχει κατασκευαστεί ώστε να χωράει 3-5 φορές την παροχή της αντλίας,. Αν στη δεξαμενή η θερμοκρασία υπερβεί του 60 C τότε το ρευστό μπορεί να οξειδωθεί και να δημιουργήσει βερνίκι/ varnish. Αυτή η ουσία μπορεί να φράξει μικρά ακροφύσια ,μπορεί να δημιουργήσει ένα οξύ που

διαβρώνει μεταλλικά μέρη δημιουργεί λάσπη η οποία κάνει τα μεταλλικά μέρη να φθαρούν γρηγορότερα. Αυτά τα κομματάκια από μέταλλο καθώς και αλλού είδους σωματίδια μπορεί να εμπλακούν σε μια αλυσιδωτή χημική αντίδραση αποσύνθεσης και να αυξήσουν ακόμα τη θερμοκρασία του ρευστού προκαλώντας υπερθέρμανση.

- IV.** Η δεξαμενή θα πρέπει να βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο έτσι ώστε να επιτρέπει καλή κυκλοφορία του αέρα και μακριά απ της ακτίνες του ηλίου.
- V.** Δεν θα πρέπει να είναι τοποθετημένη απ ευθείας στο πάτωμα αλλά να είναι ανασηκωμένη ελάχιστα ώστε να επιτρέπει στον αέρα να περνάει από κάτω.
- VI.** Ύπαρξη αντικειμένων/ μπάζων πάνω στην οροφή της δεξαμενής μπορεί να δρουν σα μονωτές θερμότητας και να μην την αφήνουν να διαρρεύσει στο περιβάλλον

3.4.6 Δημιουργία θερμότητας ως αποτέλεσμα της επίδραση διαφόρων παραμέτρων στο υδραυλικό ρευστό.

- I. Ιξώδες του λαδιού.** Σε περίπτωση που το ιξώδες του λαδιού καθώς και άλλοι παράμετροι του είναι λανθασμένα επιλεγμένοι και ασύμβατοι με το σύστημα και τις συνθήκες λειτουργίας του τότε μπορεί να παρουσιαστεί αύξηση της θερμοκρασίας.
- II. Παγιδευμένος αέρας στο λάδι.** Είναι γεγονός ότι ο αέρας έχει την φυσική τάση να μπαίνει μέσα στο λάδι,. Ο εγκλωβισμένος αέρας όταν συμπιέζεται δημιουργεί θερμικά φορτία στο σύστημα και μπορεί να προκαλέσει τοπική υπερθέρμανση καταστρέφοντας εξαρτήματα όπως π χ αντλίες λόγω δημιουργίας σπηλαιώσης
- III.** Όταν τα στεγανωτικά έχουν φθαρεί και το ρευστό τα προσπερνάει και έχουμε διαρροή τότε δημιουργείται θερμότητα.
- IV.** Η υπερθέρμανση σ' ένα υδραυλικό σύστημα υφίσταται όταν το λάδι ρέει από μια υψηλή πίεση σε μία χαμηλότερη χωρίς να παράγεται έργο.
- V.** Η θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει μεγάλη σημασία για την υπερθέρμανση του ρευστού αφού συναρτάται άμεσα με την απαγωγή θερμότητας από τη δεξαμενή. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι η θερμοκρασία που επικρατεί στο περιβάλλον όπου είναι εγκατεστημένο το υδραυλικό σύστημα.

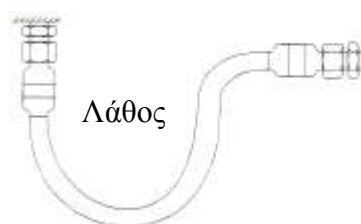
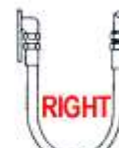
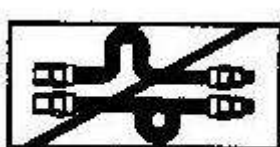
3.4.7 Απώλειες ισχύος σε σωληνώσεις εξαιτίας:

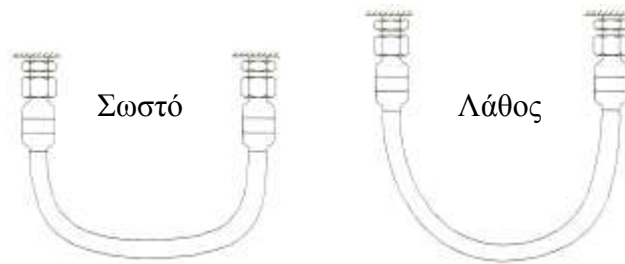
- **Τριβών.** Απώλειες εξαιτίας τριβής του ρευστού με τα τοιχώματα των σωληνώσεων ή εσωτερικές τριβές στο ρευστό εξαιτίας κινητικών φαινομένων των μορίων του ρευστού.

Η τριβή αυξάνεται όσο αυξάνεται η ταχύτητα της παροχής του ρευστού. Όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός παροχής τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες λόγω τριβής. Σε μεγάλες ταχύτητες έχουμε τη δημιουργία τυρβώδους ροής. Η τριβή αυξάνει πολύ γρήγορα όταν η παροχή γίνεται τυρβώδης και η ισχύς η οποία χρειάζεται για να υπερνικήσει την τριβή μετατρέπεται σε θερμότητα. Κοντά στην κρίσιμη ταχύτητα (εκεί που η στρωτή μετατρέπεται σε τυρβώδη ροή) η στρωτή ροή διατηρείται μόνο σε ευθύγραμμους λείους αγωγούς.

Σε έναν αγωγό συγκεκριμένου μήκους η τυρβώδης ροή είναι ανάλογη το τετράγωνο της ταχύτητας και προκαλεί απώλειες 4 φορές περισσότερες απ' ότι η στρωτή.

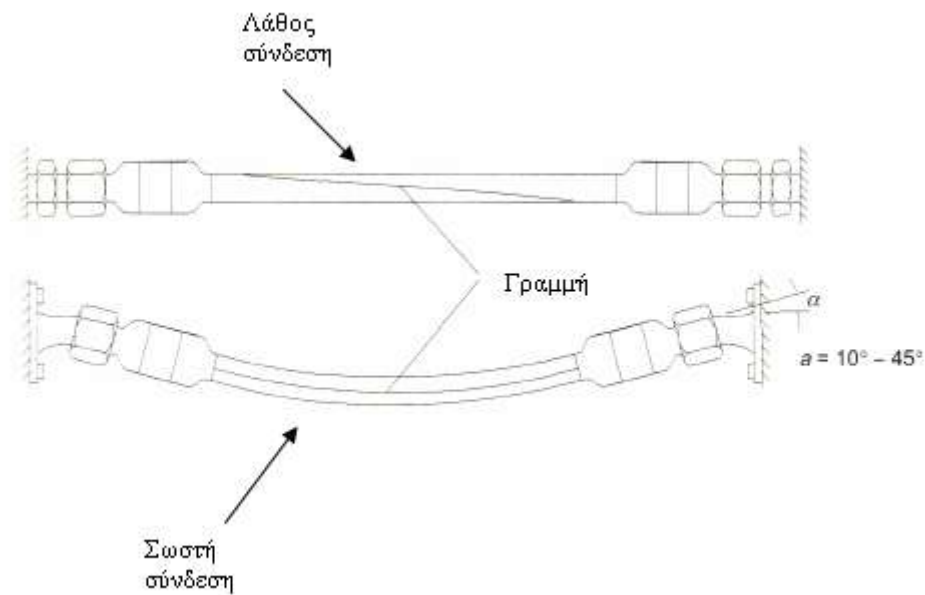
- **Απώλειας πίεσης** η οποία προκαλεί υπερθέρμανση και μπορεί να οφείλεται σε:
 - Κακή διαστασιολόγηση των σωληνώσεων .
 - Ελαστικές σωληνώσεις στις οποίες μπορεί να έχουν δημιουργηθεί κόμποι μετά από πολλές ώρες λειτουργίας.
 - Σωλήνες ή ελαστικές σωληνώσεις με αιχμηρές καμπυλότητες. Που έχουν δηλαδή υποστεί κάμψεις(σχήμα 78).





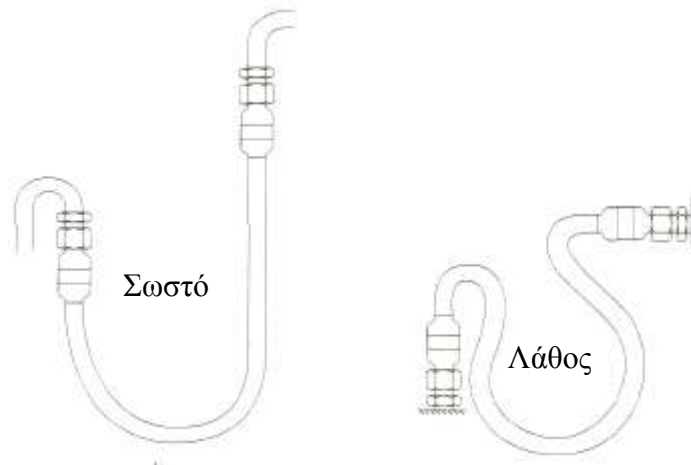
Σχήμα 78 .Ελαστικές σωληνώσεις οι οποίες έχουν υποστεί κάμψεις. Σωστές και λανθασμένες τοποθετήσεις των σωληνώσεων

- Ελαστικές σωληνώσεις που δεν έχουν τοποθετηθεί σωστά.
Οι ελαστικές σωληνώσεις έχουν μια διαμήκη χαραγμένη γραμμή πάνω στην επιφάνεια τους, Δεν θα πρέπει ποτέ να περιστρέφονται κατά μήκος αυτής της γραμμής όταν τοποθετούνται σε ευθεία σύνδεση μεταξύ 2 σταθερών σημείων. Για να αποφύγουμε αυτή την κατάσταση είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε σύνδεση με μικρή κλίση της σωληνώσεως(σχήμα 79).



Σχήμα 79 . Σωστές και λανθασμένες τοποθετήσεις των σωληνώσεων γενικά

Επίσης ο σωλήνας δε θα πρέπει να σπάει απότομα σε διάφορα σημεία (σχήμα 80).



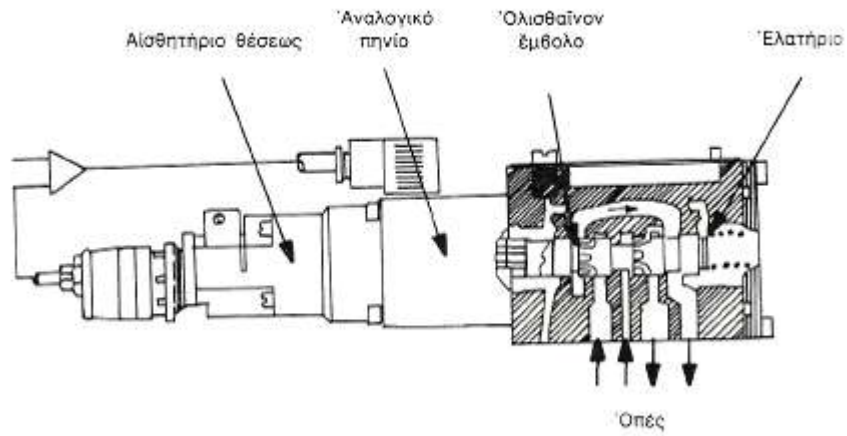
Σχήμα 80. Λανθασμένη και σωστή τοποθέτηση ελαστικής σωλήνωσης για την αποφυγή πολλαπλών σπασιμάτων στην ελαστική σωλήνωση

- **Ύπαρξης πόρων** στις ελαστικές σωληνώσεις οι οποίοι επιτρέπουν την είσοδο αέρα στο ρευστό με αποτέλεσμα την αύξηση του θερμικού φορτίου.
- **Κακή ευθυγράμμιση** σωληνώσεων εξαιτίας τάσεων που δρουν πάνω τους.
- **Διαρροές**

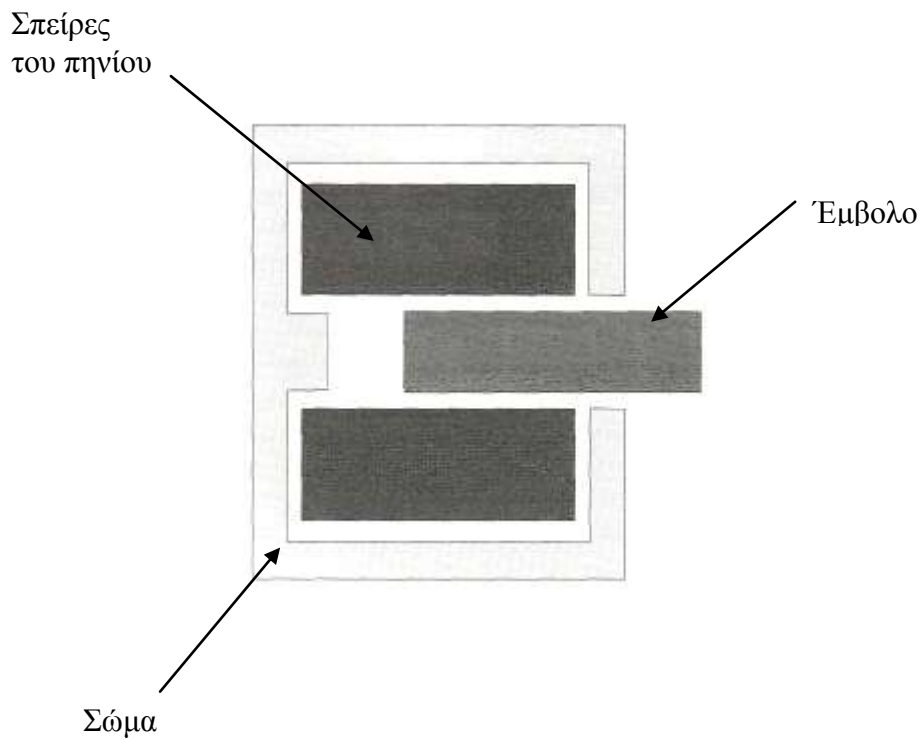
3.4.8 Μπλοκάρισμα των βαλβίδων και δημιουργία θερμότητας

Αν η κίνηση του λαδιού μέσα στο σύστημα των σωληνώσεων ή η κίνηση των μηχανικών μερών του υδραυλικού συστήματος εμποδίζεται λόγω φρακαρίσματος τότε θα υπάρξει αύξηση θερμότητας.

- Ένας σημαντικός λόγος υπερθέρμανσης είναι το κάψιμο των πηνίων εντολής και καταστροφής των σπειρών σε αναλογικές βαλβίδες (σχήμα 81) που χρησιμοποιούνται ευρέως. Αυτό μπορεί να συμβεί όταν οι σπείρες του πηνίου δεν ταιριάζουν με την τάση λειτουργίας. Η τάση λειτουργίας του συστήματος δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 10% της τάσης λειτουργίας των σπειρών. Υπερβολική τάση προκαλεί υπερβολικό ρεύμα στις σπείρες και τις υπερθερμαίνει. Η θερμότητα η οποία παράγεται είναι ανάλογη του τετραγώνου του ρεύματος $Q = f(i^2) = i^2 \cdot R \cdot t$ (σχήμα 82). Αυτό σημαίνει ότι η διπλασιασμός της έντασης του ρεύματος τετραπλασιάζει τη θερμότητα και καίει τη σπείρα.
- Λειτουργία σπείρας συχνότητας 50 Hz σε συχνότητα 60 Hz σπείρα να τραβάει λιγότερο ρεύμα απ το οποίο είναι σχεδιασμένη με αποτέλεσμα να καεί εξαιτίας αδυναμίας του οπλισμού—εμβόλου της να τραβηχτεί μέσα στο πηνίο. Επίσης αν έχουμε σπείρα συχνότητας 60 Hz να λειτουργεί σε συχνότητα 50 Hz το ρεύμα που θα τραβάει θα είναι μεγαλύτερο απ το κανονικό με αποτέλεσμα να υπερθερμαίνεται.

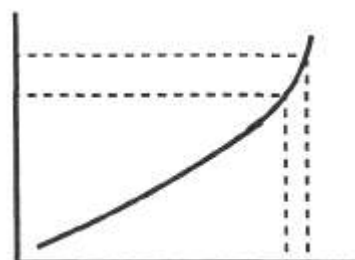


Σχήμα 81 . Απλή αναλογική βαλβίδα



Μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας

Θερμοκρασία



Ρεύμα σε Ampere

Μικρή αύξηση του ρεύματος

Σχήμα 82. Σχέση ρεύματος αύξησης της θερμοκρασίας

3.4.9 Δυσλειτουργία του εναλλάκτη θερμότητας

I. Εναλλάκτης με ψυκτικό υγρό

Πολλές φορές μπορεί να έχουμε υπερθέρμανση του συστήματος εξαιτίας της κακής λειτουργίας του εναλλάκτη θερμότητας. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η θερμοκρασία του ρευστού αλλά και να αυξηθεί ο ρυθμός διάβρωσης των σωληνώσεων. Η απόδοση του εναλλάκτη πέφτει όταν φλούδες σκουριάς που έχουν τη μορφή λεπιών σχηματίζονται στο εσωτερικό των ψυκτικών σωλήνων που περιέχουν το νερό. Οι σωλήνες του εναλλάκτη έχουν πολύ μικρή διάμετρο και εσωτερικά δεν έχουν υποστεί φινίρισμα υψηλού επιπέδου. Έτσι λοιπόν σωματίδια βρωμιάς μεγάλου μεγέθους τα οποία βρίσκονται μέσα στο ψυκτικό υγρό μπορεί να φράξουν ή να βουλώσουν τους σωλήνες

II. Με ψύξη μέσω αέρα

Βρωμιά μπορεί να σφηνωθεί στον πυρήνα του εναλλάκτη θερμότητας.

3.4.10 Πτώση πίεσης στα εξαρτήματα και δημιουργία θερμότητας

Η διαφορά πίεσης που δημιουργείται κατά την λειτουργία των εξαρτημάτων (ομαλή ή προβληματική), η πίεση η οποία προκαλεί ολίσθηση της αντλίας ή οι απώλειες στις σωληνώσεις προκαλούν την ανάπτυξη θερμότητας. Το ποσό θερμότητας που παράγεται υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$Q = 1.5 \cdot (P_1 - P_2) \cdot V$$

όπου Q= Η παραγόμενη θερμότητα σε Btu/hr

V=H παροχή του ρευστού σε GPM

P1=H υψηλή πίεση σε psi

P2=H χαμηλή πίεση σε psi

➤ Ολίσθηση αντλίας

Μια αντλία 11 GPM θα μεταφέρει παροχή 11.4 GPM σε πίεση 100 psi και 10.6 GPM σε 1000 psi. Η ολίσθηση της αντλίας είναι 0.8 GPM ενώ η διαφορά πίεσης 900 psi. Η αναπτυσσόμενη θερμότητα είναι

$$Q = 1.5 \cdot (P_1 - P_2) \cdot V = 1.5 \cdot (1000 - 100) \cdot 0.8 = 1080 \text{ Btu / hr}$$

Παρατηρούμε ότι όσο πιο μεγάλη είναι η ολίσθηση τόσο μεγαλύτερη είναι η αναπτυσσόμενη θερμότητα. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως υπερβολική ολίσθηση λόγω υπερβολικής εσωτερικής διαρροής προκαλεί υπερθέρμανση στο σύστημα.

➤ Απώλειες σωληνώσεων

Καθώς το ρευστό κινείται μέσα στις σωληνώσεις υπάρχει μια διαφορά πίεσης η οποία παράγει θερμότητα. Αυτό γίνεται πιο κατανοητό με το παρακάτω παράδειγμα.

Ένα ρευστό με ιξώδες 30 Centistokes και παροχή 10 GPM περνάει μέσα από ένα σωλήνα διαμέτρου 12,7 cm(1/2 in) και έχει πτώση πίεσης 1.8 psi/m. Ένας βραχίονας 90 μοιρών έχει πτώση πίεσης 0.94 psi. Άρα 3 μέτρα σωληνώσεως με 2 αγκώνες 90 μοιρών έχουν απώλειες γραμμής που μετατρέπονται σε θερμότητα:

$$Q = 1.5 \cdot (1.8 \cdot 3 + 2 \cdot 0.94) \cdot 10 = 109.2 \text{ Btu} / \text{hr}$$

Αυτή η θερμότητα συνήθως δεν αποτελεί σοβαρό πρόβλημα επειδή οι σωληνώσεις διώχνουν τη θερμότητα εύκολα όπως τη δημιουργούν. Πρόβλημα θα υπάρξει αν οι γραμμές τις σωληνώσεις βρίσκονται σε καυτή ατμόσφαιρα περιβάλλοντος και σ αυτή την περίπτωση ότι θερμότητα παράγεται απορροφάται και μεταφέρεται στο σύστημα. Επίσης υπερβολική φθορά των σωληνώσεων ή διαρροή αυξάνει την παραγόμενη θερμότητα.

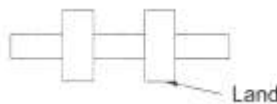
➤ **Εσωτερική διαρροή βαλβίδας**

Οι βαλβίδες με ολισθαίνοντα έμβολο επιτρέπουν μια μικρή εσωτερική διαρροή ρευστού κατά μήκος των επιφανειών του εμβόλου που φράσσουν ή ανοίγουν τις οπές της βαλβίδας επιτρέποντας την παροχή.

Μια τυπική βαλβίδα κατευθύνσεως(2-land σχήμα 83) έχει ένα επιτρεπόμενο ποσό εσωτερικής διαρροής : 0.004329GPM/min/land/1000 psi. Υπάρχουν δύο επιφάνειες (lands) στο έμβολο άρα η αναπτυσσόμενη θερμότητα είναι:

$$Q = 1.5 \cdot (2 \cdot 0.004329) \cdot 1000 = 13 \text{ Btu} / \text{hr}$$

Αυτό το ποσό θερμότητας είναι μικρό και μπορεί να αμεληθεί .Αν όμως οι επιφάνειες του εμβόλου φθαρούν για κάποιο λόγο (ρυπαντές) ,ή οι ανοχές αυξηθούν πέρα από το επιτρεπόμενο, η εσωτερική διαρροή θ αυξηθεί άρα θα αυξηθεί και η θερμότητα η οποία πλέον θα είναι πολύ μεγαλύτερη από 13Btu/hr και θα είναι δύσκολο να απομακρυνθεί.



Σχήμα 83. Επιφάνειες εμβόλου βαλβίδας κατευθύνσεως

➤ **Πτώση πίεσης σε βαλβίδες**

Χωρίζεται σε δύο κατηγορίες

- Πτώση πίεσης ως αποτέλεσμα της ροής του ρευστού στη βαλβίδα(είσοδος έξοδος).Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε μια βαλβίδα κατευθύνσεως 4 δρόμων(3/8 in) με μια πτώση πίεσης 41 psi στα 10 GPM.Η αναπτυσσόμενη θερμότητα είναι

$$Q = 1.5 \cdot 41 \cdot 10 = 615 \text{ Btu} / \text{hr}$$

Ανάλογα με τον αριθμό των βαλβίδων, τους ρυθμούς παροχής καθώς και το τον θερμικό έλεγχο που έχει κάνει ο σχεδιαστής του συστήματος αυτή η μορφή θερμότητας μπορεί να αμεληθεί

- b) Η δεύτερη περίπτωση θα γίνει κατανοητή με ένα παράδειγμα. Έστω μια γωνιακή βαλβίδα αντεπιστροφής με ελατήριο πίεσης (δp) 65 psi η οποία χρησιμοποιείται σε ένα σύστημα παροχής 20 GPM για την εφαρμογή πίεσης αντίθλιψης σε έμβολα εντολής. Η παραγόμενη θερμότητα είναι:

$$Q = 1.5 \cdot 65 \cdot 20 = 195 \text{ Btu} / \text{hr}$$

Αυτή η μορφή θερμότητας μπορεί να αμεληθεί εκτός και αν για παράδειγμα για κάποιο λόγο κολλήσει το ελατήριο της γωνιακής βαλβίδας. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στην είσοδο της βαλβίδας άρα και της διαφοράς πίεσης με αποτέλεσμα την υπερβολική ανάπτυξη θερμότητας.

Υπερβολική ηλιακή θερμοκρασία

Η έκθεση του συστήματος σε υπερβολική ηλιακή θερμοκρασία εμποδίζει την απαγωγή μικρών αναμενόμενων ποσών θερμότητας απ το σύστημα που υπό άλλες συνθήκες δε θα επηρέαζαν το σύστημα.

3.5 ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ (CONTAMINATION)

Σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές υδραυλικών εξαρτημάτων συμφωνούν ότι ή ρύπανση είναι υπεύθυνη για ένα μεγάλο μέρος βλαβών στο σύστημα ,για ανεπαρκή λειτουργία των εξαρτημάτων ή ακόμα και για κατάρρευση του συστήματος. Η εμπειρία των σχεδιαστών υδραυλικών κυκλωμάτων έχει δείξει ότι το 50% του χρόνου διακοπής λειτουργίας ενός συστήματος οφείλεται στους ρυπαντές που υπάρχουν μέσα στο υδραυλικό ρευστό.

Πολλά σωματίδια μπαίνουν στο υδραυλικό σύστημα. Αυτά τα σωματίδια παράγονται από μηχανικές τάσεις / καταπονήσεις στις οποίες υπόκεινται τα εξαρτήματα του υδραυλικού συστήματος. Κατά τη διάρκεια λειτουργίας της μηχανής αυτά κυκλοφορούν ανεμπόδιστα μέσα στο σύστημα. Παράγουν ακόμα περισσότερα σωματίδια και μια αλυσιδωτή αντίδραση λαμβάνει χώρα επιδεινώνοντας την κατάσταση και επιταχύνοντας την αστοχία του συστήματος.

Η ρύπανση προέρχεται από πολλές πηγές και υπάρχει σε διάφορες μορφές όπως σκόνη ,άμμος που προέρχεται από εξαρτήματα που έχουν παραχθεί με χύτευση ή άλλες κατεργασίες , υγρασία, στεγανωτικές ουσίες σωληνώσεων, υπολείμματα μπογιάς και συγκολλήσεων ,ελαστομερή σωματίδια που παράγονται από τη φθορά των στεγανωτικών, όξινα υποπροϊόντα τα οποία παράγονται κατά τη διαδικασία οξείδωσης του λαδιού ,κολλώδη σωματίδια που προέρχονται από πλεονάσματα κόλλας που χρησιμοποιούνται για την ένωση στατικών στεγανωτικών ή φλαντζών.

3.5.1 Πηγές ρύπανσης

Οι πηγές της μόλυνσης είναι πάρα πολλές και περιλαμβάνουν ρυπαντές που προέρχονται από:

- Προσθήκη νέου λαδιού στη δεξαμενή
- Την διαδικασία κατασκευής του συστήματος
- Τον αέρα
 - Του περιβάλλοντος που έχει παγιδευτεί σε κάποιο μέρος του συστήματος
 - Που είναι διαλυμένος στο ρευστό. Έχει βρεθεί ότι το υδραυλικό ρευστό περιέχει 6-12% κατ' όγκο διαλυμένο αέρα.
 - Που μπαίνει στο σύστημα και δημιουργεί φυσαλίδες αέρα με διάμετρο μικρότερη από 1mm και διασκορπίζεται στο ρευστό.
- Το νερό. Βρίσκεται σε τρεις μορφές στο υδραυλικό ρευστό .Διαλυμένο στη μοριακή δομή του λαδιού, ελεύθερο και γαλακτοποιημένο. Το υδραυλικό ρευστό θολώνει όταν το νερό είναι πάνω από το επίπεδο κορεσμού του λαδιού. Το επίπεδο κορεσμού(saturation level)είναι το επιτρεπόμενο ποσό νερού το οποίο μπορεί να διαλυθεί στη μοριακή σύσταση του λαδιού και το ποσό αυτό είναι περίπου 200-300 ppm για μεταλλικό υδραυλικό λάδι.

Το νερό στο υδραυλικό ρευστό :

- Αραιώνει τις προσθετικές ουσίες του ρευστού και αντιδρά με άλλες σχηματίζοντας διαβρωτικά προϊόντα που επιτίθενται σε ορισμένα μέταλλα.
- Μειώνει τη δύναμη του λιπαντικού στρώματος αφήνοντας έτσι τις κρίσιμες επιφάνειες ευάλωτες σε φθορά και διάβρωση.
- Μπλοκάρει φίλτρα.
- Αυξάνει την πιθανότητα δημιουργίας σπηλαίωσης.

- Από τη φθορά των υδραυλικών εξαρτημάτων
- Διαρροές ή ελαττωματικά στεγανωτικά
- Διαδικασίες συντήρησης.
 - Το λάδι μπορεί να συγκεντρώνεται σε βρώμικου κάδους κατά τη διάρκεια επιδιόρθωσης ενός εξαρτήματος ή μιας σπασμένης γραμμής και κατόπιν ανατοποθετείται στη δεξαμενή.
 - Όταν ο εξοπλισμός επιδιορθώνεται
 - a) Τα εξαρτήματα μαζεύουν ρύπους από βρώμικους πάγκους εργασίας στους οποίους τοποθετούνται.
 - b) Βρώμικα πανιά χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των εξαρτημάτων.
 - c) Σωληνώσεις και ελαστικές σωληνώσεις τοποθετούνται στο πάτωμα.
 - Τα φίλτρα τα οποία βρίσκονται στη γραμμή αναρρόφησης πολλές φορές παραμελούνται ή καθαρίζονται λανθασμένα με μακριά κατσαβίδια τα οποία χρησιμοποιούν οι εργάτες της συντήρησης επειδή βαριούνται να προβούν σε σωστό καθαρισμό ή βιάζονται.
 - Πολλές φορές υποτιθέμενο καθαρό λάδι, το οποίο είναι καινούργιο ή επανακατεργασμένο, μπορεί να περιέχει σωματίδια που προέρχονται από τα φίλτρα διύλισης.

Υπερβολικές ταχύτητες ρευστού προσθέτουν μόλυνση στο σύστημα μέσω της διάβρωσης των σωληνώσεων και των επιφανειών των εξαρτημάτων. Ο αέρας που μπαίνει στη δεξαμενή λαδιού περιέχει ρυπαντικές ουσίες και υγρασία τα οποία επιτρέπουν το σχηματισμό σκουριάς στα τοιχώματα της δεξαμενής. Μια επιπλέον πηγή μόλυνσης είναι η μόλυνση η οποία προστίθεται συνέχεια στο σύστημα μέσω των διαδικασιών συντήρησης. Κάθε φορά που μια γραμμή σπάζει /λύνεται έτσι ώστε να γίνει επιδιόρθωση ή αλλαγή ενός εξαρτήματος το σύστημα γίνεται όλο και πιο μολυσμένο. Είναι επίσης σύνηθες το φαινόμενο ανειδίκευτοι εργάτες να πετάνε βρωμιές στο σύστημα κατά τη διάρκεια της συντήρησης λόγω έλλειψης εκπαίδευσης.

3.5.2 Κατηγορίες σωματιδίων που προκαλούν ρύπανση

Τα σωματίδια που προκαλούν ρύπανση μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες :

- τα μαλακά σωματίδια(προϊόντα οξείδωσης λάσπη κλπ) και
- τα σκληρά(φθορές μετάλλων, βαθιές χαρακιές ,διάβρωση κλπ)

Τα **μαλακά σωματίδια** μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα αξιοπιστίας όπως κόλλημα εμβόλων σε βαλβίδες, μπλοκάρισμα φίλτρων. Συστήματα που περιέχουν εξαρτήματα με μικρές χάρες/ ανοχές όπως για παράδειγμα οι σερβοβαλβίδες, είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στη μόλυνση με μικρά σωματίδια ρυπαντών.

Τα **σκληρά σωματίδια** επιταχύνουν τη φθορά των υδραυλικών εξαρτημάτων. Ο ρυθμός με τον οποίο προκαλείται η φθορά ποικίλει ανάλογα με τις εσωτερικές χάρες των συναρμολογημένων εξαρτημάτων όπως επίσης και με το μέγεθος, το σχήμα, το υλικό αλλά και την ποσότητα των σωματιδίων που βρίσκονται στο ρευστό. Επίσης η φθορά επηρεάζεται από την ταχύτητα παροχής του λαδιού αλλά και την πίεση λειτουργίας του συστήματος. Τυπικές εσωτερικές χάρες των υδραυλικών εξαρτημάτων φαίνονται στον πίνακα 1.

Για την πλειονότητα των σωματιδίων μπορούμε να πούμε ότι είναι μικρότερα από ένα κόκκο άμμου που είναι περίπου 100 μm και μπορεί να φτάσει έως και τα 2 μm που είναι το μέσο μέγεθος ενός βακτηρίου. Το μικρότερο μέγεθος σωματιδίου ρυπαντή που μπορεί ο άνθρωπος να δει με γυμνό μάτι είναι 40 μm. (Ένα φίλτρο λουπό με 238 μm δεν μπορεί να είναι αποτελεσματικό αφού τα ανοίγματα του είναι περίπου διπλάσια από ένα κόκκο άμμου 100 μm)

Component Type	Typical Clearance In Microns (μm)
Roller bearings	0.1 – 1.0
Slide bearings	0.5
Vane pump – tip of vane to cam ring	0.5 – 1.0
Piston pump – valve plate to cylinder	0.5 – 5.0
Gear pump – gear to side plate	0.5 – 5.0
Gear pump – gear tip to case	0.5 – 5.0
Servo valve - spool to bore (radial)	1.0 – 4.0
Control valve - spool to bore (radial)	1.0 – 23
Hydrostatic bearings	1.0 - 25
Vane pump – vane to rotor	5.0 - 13
Piston pump – piston to bore (radial)	5.0 - 40
Poppet valve	13 - 40
Cylinder	50 - 250
Orifice - servo valve	130 - 450
Orifice - control valve	130 – 10,000

Πίνακας 1 Εσωτερικές ανοχές των εξαρτημάτων

Σωματίδια μεγαλύτερα από την εσωτερική χάρη των εξαρτημάτων δεν είναι επικίνδυνα εκτός αν προκαλέσουν διακοπή της υδροστατικής ισορροπίας (σχήμα 84).



Σχήμα 84. Σωματίδια που έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τις εσωτερικές χάρες των εξαρτημάτων

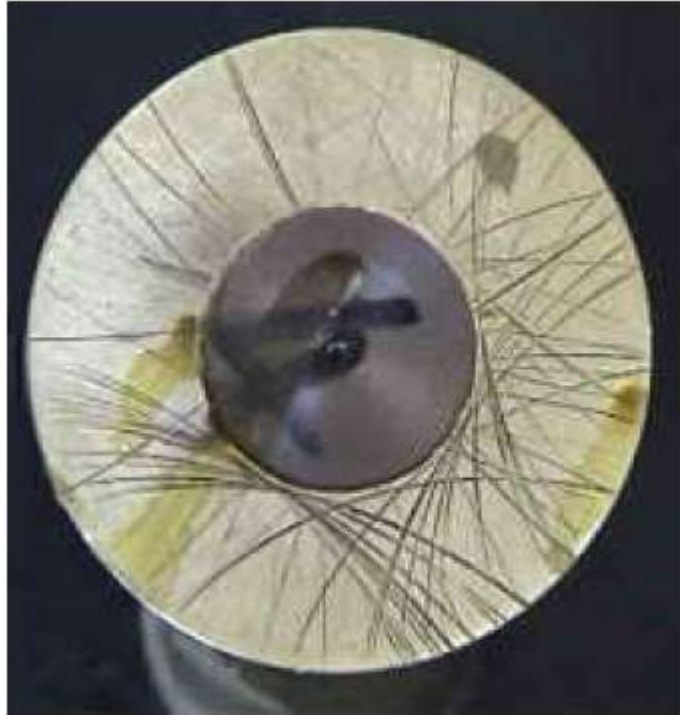
Σωματίδια τα οποία έχουν το ίδιο μέγεθος με την εσωτερική χάρη των εξαρτημάτων προκαλούν έντονη τριβή και φθορά μέσα από μια διαδικασία η οποία καλείται "γδάρισμα από την αλληλεπίδραση τριών σωμάτων"(3 body abrasion)(σχήματα 85,86,87).



Σχήμα 85. Σωματίδια που έχουν το ίδιο μέγεθος με τις εσωτερικές χάρες των εξαρτημάτων προκαλούν "3 body abrasion"

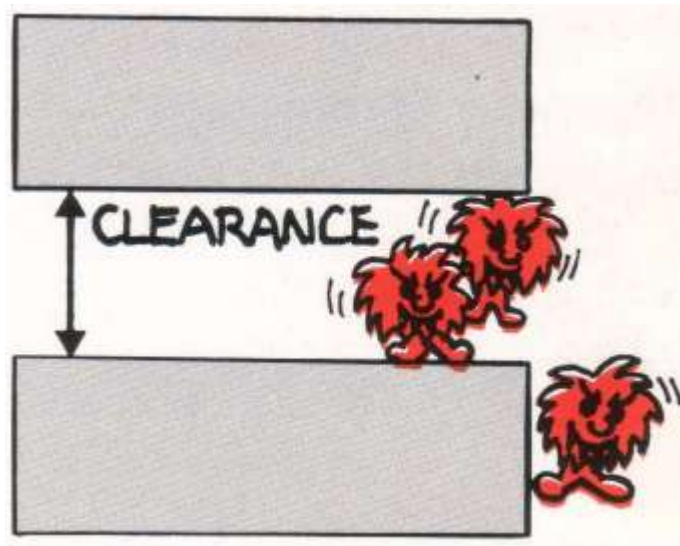


Σχήμα 86. Φθορά σε κύλινδρο εμβόλων εξαιτίας "3 body abrasion"



Σχήμα 87. Φθορά στον υποδοχέα της σφαιρικής κεφαλής των εμβόλων εξαιτίας " 3 body abrasion "

Παρόλ' αυτά τα πιο επικίνδυνα σωματίδια είναι αυτά που έχουν μέγεθος μικρότερο από την εσωτερική χάρη των εξαρτημάτων(σχήμα 88). Αν αυτά υπάρχουν σε ικανοποιητικές ποσότητες μέσα στο ρευστό μπορεί να προκαλέσουν διαβρωτική φθορά και σταδιακή κατάρρευση του υδραυλικού στοιχείου.



Σχήμα 88. Σωματίδια που έχουν μικρότερο μέγεθος από τις εσωτερικές χάρες των εξαρτημάτων είναι τα πιο επικίνδυνα για μακροχρόνια λειτουργία του υδραυλικού συστήματος

3.5.3 Προέλευση των σωματιδίων φθοράς και καταστροφή του λαδιού

Ανάλυση των σωματιδίων φθοράς.

Η ποσότητα, η σύνθεση και το μέγεθος των σωματιδίων στο λάδι είναι ενδεικτικά της κατάστασης του εξοπλισμού. Το λάδι από ένα υγιές μηχάνημα θα περιέχει λίγα στερεά σωματίδια με μέγεθος μικρότερο των 10 μικρομέτρων. Όσο η κατάσταση της μηχανής χειροτερεύει, το πλήθος και το μέγεθος θα μεγαλώνουν.

Πέντε διαφορετικοί τύποι φθοράς μπορούν εντοπιστούν στο λάδι σύμφωνα με την κατάταξη των σωματιδίων :

- φθορά τριβής
- φθορά κοπής
- φθορά από κόπωση κυλίσεως
- φθορά συνδυασμένης κυλίσεως με ολίσθηση και
- φθορά από τραχεία ολίσθηση.

Μόνο η φθορά τριβής και η πρώτη φθορά από κόπωση κυλίσεως παράγουν σωματίδια με διάσταση μικρότερη από 15 μικρόμετρα.

Φθορά τριβής : Είναι το αποτέλεσμα κανονικής φθοράς από ολίσθηση σε ένα μηχάνημα. Κατά τη διάρκεια κανονικής τριβής μίας φθειρόμενης επιφάνειας, ένα στρώμα λιπαντικού σχηματίζεται στην επιφάνεια. Όσο το στρώμα αυτό είναι σταθερό, η επιφάνεια φθείρεται κανονικά. Εάν το στρώμα αφαιρείται γρηγορότερα από ότι σχηματίζεται, τότε ο ρυθμός φθοράς αυξάνεται και το μέγιστο μέγεθος των παραγόμενων σωματιδίων αυξάνεται και αυτό.

Υπερβολικές ποσότητες μολύνσεων μέσα στο λάδι μπορούν να αυξήσουν τη φθορά τριβής περισσότερο από μία τάξη μεγέθους χωρίς να απομακρύνουν εντελώς το στρώμα που σχετίζεται με δυνάμεις συνάφειας. Παρόλο που μία καταστροφική βλάβη δεν είναι πολύ πιθανό να συμβεί, αυτά τα μηχανήματα φθείρονται πολύ γρήγορα. Επικείμενο πρόβλημα εντοπίζεται με την δραματική αύξηση των σωματιδίων φθοράς στο λάδι.

Φθορά κοπής : Τα σωματίδια από φθορά κοπής δημιουργούνται όταν μία επιφάνεια εισχωρήσει σε μία άλλη. Κακή ευθυγράμμιση ή μία θραύση σκληρής επιφάνειας μπορούν να οδηγήσουν στο σχηματισμό μίας αιχμής, η οποία κόβει μία μαλακότερη επιφάνεια. Επίσης, σκληρά μολυσματικά στοιχεία στο λιπαντικό μπορούν να σφηνωθούν σε μαλακή επιφάνεια και να προκαλούν απόξεση σε σκληρή συνεργαζόμενη επιφάνεια. Η ύπαρξη σωματιδίων από φθορά κοπής στο λιπαντικό είναι αντικανονική και πρέπει πάντα να αντιμετωπίζεται με προσοχή. Εάν τα σωματίδια έχουν μήκος έως λίγα μικρόμετρα και πλάτος κλάσμα του μικρομέτρου, τότε πρόκειται για μόλυνση. Μεγάλη ποσότητα ή μεγαλύτερο μήκος σωματιδίων σημαίνει μία πιθανή επικείμενη βλάβη εξαρτήματος.

Φθορά από κόπωση κυλίσεως : Αυτού του τύπου η φθορά σχετίζεται κυρίως με τους ένσφαιρους τριβείς (ρουλεμάν) των αντλιών και παράγει τρεις διαφορετικούς τύπους σωματιδίων : θραύσματα από κόπωση, σφαιρικά σωματίδια και σωματίδια που αποτελούνται από στρώσεις. Τα θραύσματα από κόπωση είναι το υλικό που αφαιρείται από την επιφάνεια των τριβέων. Αύξηση στο πλήθος ή το μέγεθος αυτών των σωματιδίων αποτελεί ένδειξη ανωμαλίας. Τα σωματίδια που παράγονται δεν είναι πάντα σφαιρικά, ενώ μπορεί να προέρχονται και από άλλη αιτία. Η παρουσία τους είναι σημαντική γιατί είναι εύκολα εντοπίσιμα πριν συμβεί μία θραύση. Τα σωματίδια με στρώσεις είναι πολύ λεπτά και θεωρείται ότι δημιουργούνται κατά το πέρασμα των σωματιδίων φθοράς από τα κυλινδρικά στοιχεία του τριβέα. Συχνά έχουν και οπές. Σωματίδια με στρώσεις παράγονται κατά τη διάρκεια όλης της ζωής των τριβέων, όμως αύξηση της ποσότητας τους σημαίνει την αρχή της θραύσης από κόπωση.

Φθορά συνδυασμένης κυλίσεως με ολίσθηση : Αυτός ο τύπος φθοράς προκύπτει από κίνηση των επιφανειών επαφής σε συστήματα οδοντωτών τροχών(οδοντωτές αντλίες). Τα μεγαλύτερα σωματίδια που παράγονται είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων εφελκυσμού που ασκούνται στην επιφάνεια των οδόντων, οι οποίες προκαλούν την διείσδυση των σωματιδίων από κόπωση βαθύτερα στον οδόντα πριν πραγματοποιηθεί η αποκόλληση του υλικού. Τα σωματίδια που παράγονται δεν είναι σφαιρικά. Γδάρσιμο στην επιφάνεια των οδοντωτών τροχών μπορεί να προκληθεί από υπερβολικό φορτίο ή ταχύτητα. Η υψηλή θερμοκρασία που παράγεται από αυτήν τη διαδικασία καταστρέφει το στρώμα του λιπαντικού και προκαλεί κόλλημα των συνεργαζόμενων οδοντωτών τροχών. Φυσικά, όσο οι επιφάνειες γίνονται ταχύτερες, τόσο αυξάνεται η φθορά τους. Συνήθως, όταν αυτή η διαδικασία ξεκινήσει καταλήγει σε γδάρσιμο όλων των οδόντων των τροχών.

Φθορά από τραχεία ολίσθηση : Αυτή προκαλείται από υπερβολικό φορτίο ή θερμοκρασία σε ένα σύστημα οδοντωτών τροχών. Κάτω από τέτοιες συνθήκες, κομμάτια υλικού αποκολλούνται από τις επιφάνειες φθοράς. Εάν οι δυνάμεις που ασκούνται στις επιφάνειες αυξηθούν περαιτέρω, τότε επέρχεται ένα δεύτερο μεταβατικό σημείο. Η επιφάνεια διαλύεται και ακολουθεί καταστροφική φθορά. Επίσης από τη σύσταση των σωματιδίων φθοράς μπορεί να γίνει μία εκτίμηση της προέλευσής τους.

Αναλύοντας το λιπαντικό από μία αντλική εγκατάσταση, τα σωματίδια που προέρχονται από την αντλία και όχι από κάποιο άλλο τμήμα του κυκλώματος μπορεί να είναι τα σωματίδια από:

- Σίδηρο, αφού ο σίδηρος είναι υλικό του καλύμματος της αντλίας και των σωμάτων κυλίσεως των τριβέων.
- Χαλκό, αφού ο χαλκός είναι υλικό των βάσεων των ωστικών εδράνων και των κλωβών κάποιων τριβέων.
- Κασσίτερο, αφού ο κασσίτερος είναι υλικό των βάσεων των ωστικών εδράνων και των κλωβών κάποιων τριβέων.
- Αλουμίνιο, αφού το αλουμίνιο είναι κραμματικό στοιχείο των κλωβών κάποιων τριβέων.
- Χρόμιο, αφού το χρώμιο είναι κραμματικό υλικό των σωμάτων κυλίσεως κάποιων τριβέων.
- Μόλυβδο, αφού ο μόλυβδος είναι υλικό των κλωβών κάποιων τριβέων.
- πυρίτιο, αφού το πυρίτιο περιέχεται σε κάποια ελαστομερή στεγανωτικά και ως κραμματικό στοιχείο των κλωβών κάποιων τριβέων.
- Άργυρο, αφού ο άργυρος είναι κραμματικό στοιχείο των σωμάτων κυλίσεως κάποιων τριβέων.
- Μολυβδένιο, αφού το μολυβδένιο είναι κραμματικό στοιχείο των δακτυλίων κάποιων τριβέων.
- Τιτάνιο, αφού το τιτάνιο είναι υλικό κάποιων τριβέων.

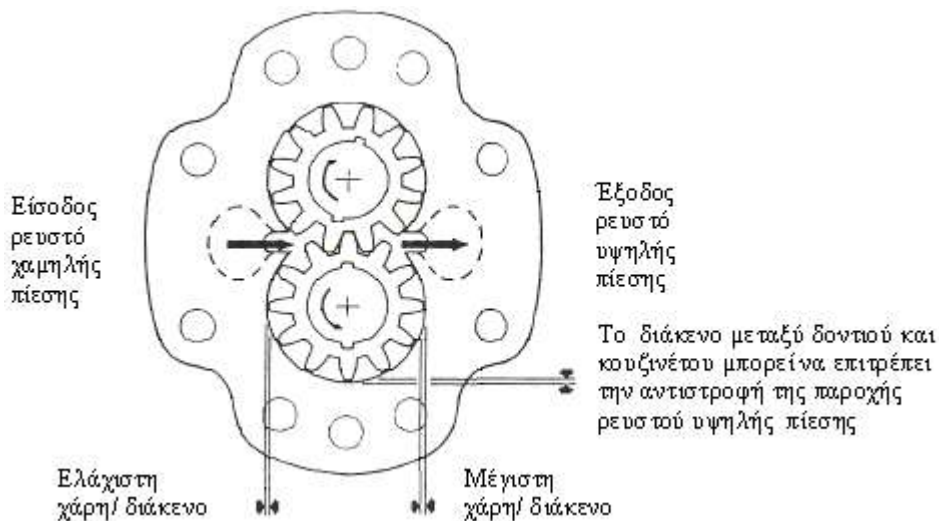
3.5.5 Αποτελέσματα της ρύπανσης σε Αντλίες/ Υδραυλικούς κινητήρες

Εξαιτίας των ρυπαντών που υπάρχουν στο ρευστό τα υδραυλικά εξαρτήματα μπορεί να παρουσιάσουν τα προβλήματα που αναφέρονται παρακάτω:

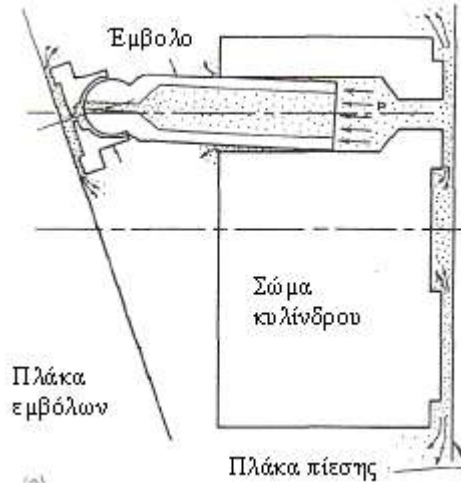
1. Διάβρωση και γδαρσίματα πάνω στην πλάκα πίεσης.

2. Κόλλημα των πτερυγίων μέσα στις (περιστρεφόμενες) υποδοχές τους που έχει ως αποτέλεσμα ακανόνιστη κίνηση.
3. Τα πτερύγια φθείρονται των έκκεντρο δακτύλιο που τα περιβάλλει
4. Οι υποδοχές φθείρονται πολύ γρήγορα
5. Τα σωματίδια μειώνουν το χρόνο ζωής των ρουλεμάν
6. Φθορά και κομμάτιασμα των γραναζιών σε γραναζωτή αντλία με αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης
7. Φθορά των εμβόλων και των υποδοχών τους.
8. Σε αντλίες μεταβλητής παροχής όπου χρησιμοποιείται έλεγχος με ισοσταθμιστή μπορεί να υπάρξουν προβλήματα αργής απόκρισης του συστήματος, και ακανόνιστη μεταφορά ρευστού. Ο ισοσταθμιστής πίεσης για παράδειγμα γενικά μπορεί να συγκρατήσει την παροχή της αντλίας όταν η πίεση φτάσει σ' ένα επιθυμητό όριο. Η διάταξη αυτή κρατάει σταθερή την πίεση ,περιορίζοντας την παροχή όταν η πίεση τείνει να αυξηθεί. Η ύπαρξη σωματιδίων μπορεί να εμποδίσει τον περιορισμό της παροχής ή να τον περιορίσει καθυστερημένα όταν ήδη η πίεση θα έχει υπερβεί τα όρια.

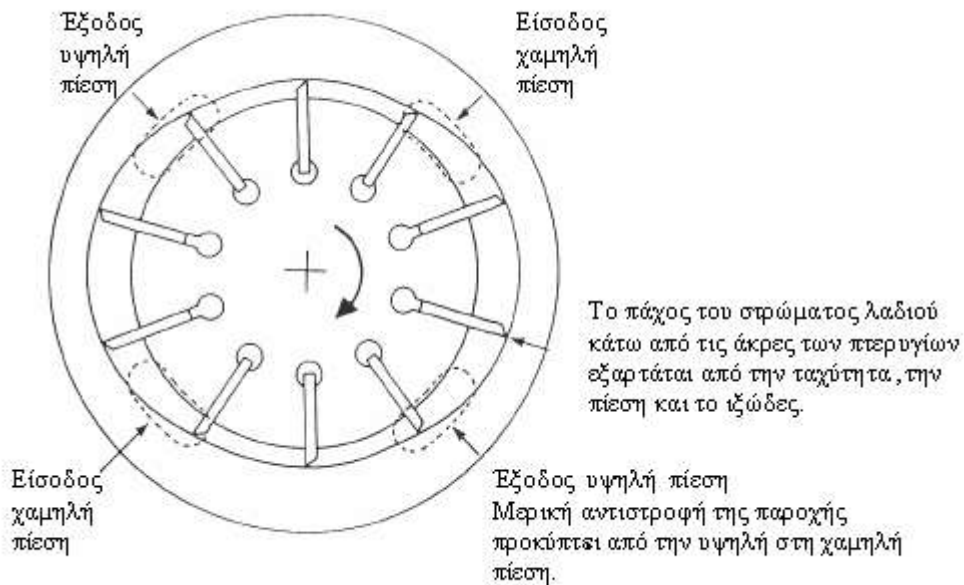
Στα σχήματα 89,90,91 βλέπουμε τις κρίσιμες ανοχές στα τρία βασικά είδη αντλιών γραναζωτές, εμβολοφόρες και πτερυγοφόρες.



Σχήμα 89. Κρίσιμες ανοχές γραναζωτής αντλίας



Σχήμα 90. Κρίσιμες ανοχές εμβολοφόρου αντλίας



Σχήμα 91. Κρίσιμες ανοχές πτερυγοφόρου αντλίας

3.5.4.1 Μικροοργανισμοί και βακτήρια σε αντλίες

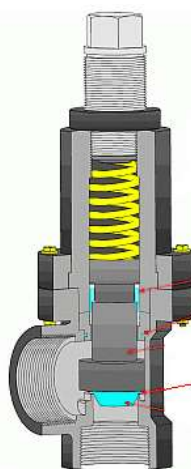
Όταν το εργαζόμενο μέσο το οποίο αντλείται περιέχει οργανικό υλικό τότε η δράση των μικροοργανισμών μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στην αντλία με διάφορους μηχανισμούς. Τις περισσότερες φορές είναι τα μεταβολικά υποπροϊόντα όπως οργανικά και ανόργανα οξέα ή σουλφίδια υδρογόνου τα οποία σε συνδυασμό με τις φυσαλίδες αέρα που μπορεί να υπάρχουν διαβρώνουν τα εξαρτήματα και τα κουζινέτα των αντλιών. Πολλές φορές τα βακτήρια να αναπαράγονται κάτω από αερόβιες (παρουσία οξυγόνου) ή αναερόβιες συνθήκες και δημιουργούν αποικίες πάνω στις μεταλλικές επιφάνειες των αντλιών. Οι φυσαλίδες αέρα είναι ένας καλός χώρος για την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών.

Αυτό συμβαίνει κυρίως όταν οι αντλίες παραμένουν αχρησιμοποίητες για περισσότερες από 24 ώρες Γενικά αυτού του είδους η διάβρωση από μικρόβια συμβαίνει πολύ σπάνια καθώς χρειάζεται στάσιμες συνθήκες και πολύ μικρές παροχές ρευστού κάτι που δεν συμβαίνει συχνά στις αντλίες.

3.5.5 Αποτελέσματα της ρύπανσης σε βαλβίδες

Ανακουφιστικές βαλβίδες (σχήμα 92):

1. Δημιουργία αυτοδιεγειρούμενων ταλαντώσεων (chatter). Η επιφάνεια του σώματος της βαλβίδας καθώς και του εμβόλου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο λείες. Κυματώσεις στην επιφάνεια οδηγούν στην ανάπτυξη του φαινομένου. Την ταλάντωση μπορεί επίσης να επηρεάσει το μήκος του εμβόλου της βαλβίδας καθώς επίσης και η ταχύτητα του εργαζόμενου μέσου.
2. Συσσωρευμένοι ρύποι κάνουν την πίεση, του ρευστού που περνάει απ τη βαλβίδα, ανεξέλεγκτη.
3. Υπερβολική φθορά στο στόμιο / κάθισμα πάνω στο οποίο ακουμπάει το έμβολο της βαλβίδας ή το κωνικό εμβολίδιο. Τα σωματίδια μπορεί επίσης να ενσωματωθούν πάνω στο στόμιο. Αν το κάθισμα είναι πολύ σκληρό και δεν επιτρέπει αυτή την ενσωμάτωση το σωματίδιο θα απομακρυνθεί όταν η βαλβίδα ξανανοιίξει άλλα μετά κάποιο άλλο σωματίδιο θα κατακαθίσει κ.ο.κ. Αυτή η κατάσταση είναι κλασσική περίπτωση περιοδικής βλάβης (intermittent failure).



Στόμιο / κάθισμα βαλβίδας
πάνω στο οποίο μπορεί να
επικαθίσουν επιβλαβή
σωματίδια

Σχήμα 92. Ανακουφιστική βαλβίδα

4. Μείωση του χρόνου απόκρισης. Δηλαδή η βαλβίδα ανοίγει καθυστερημένα με αποτέλεσμα η πίεση να υπερυψώνεται ,να αυξάνεται πολύ περισσότερο απ' ότι πρέπει.
5. Βουλωμένα στόμια σε βαλβίδες με υδραυλικά ισορροπημένο έμβολο.

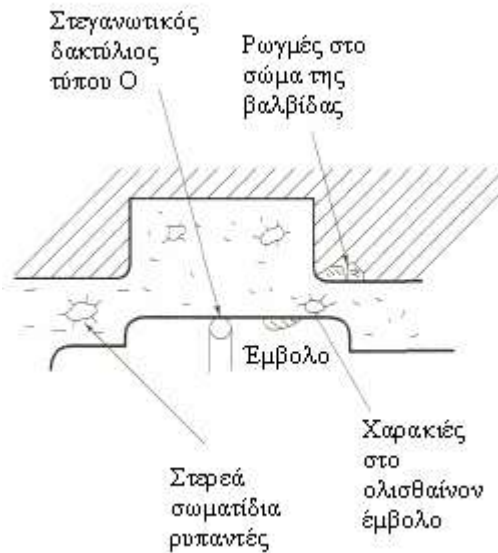
Σερβοβαλβίδες

1. Διάβρωση των αιχμηρών ακμών με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο έλεγχος της παροχής.

2. Τα ακροφύσια βουλώνουν εξαιτίας των μικρών στομιών που έχουν.
3. Τα ακροφύσια διαβρώνονται.

Βαλβίδες κατευθύνσεως της παροχής(D.C.V.)

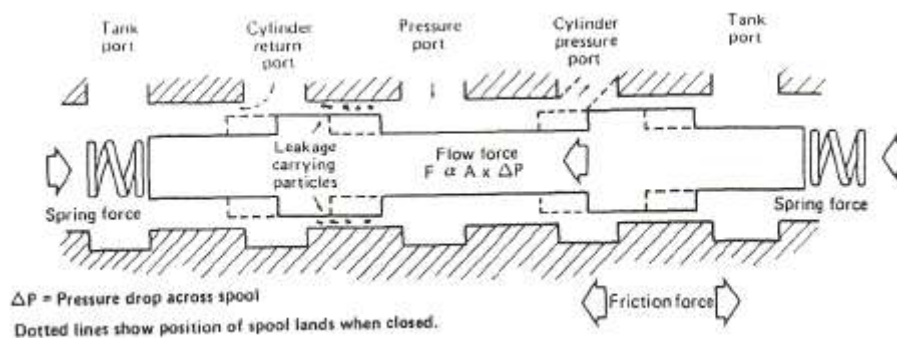
1. Μικρά και περίπλοκα στόμια βουλώνουν
2. Το ολισθαίνον έμβολο και το σώμα της βαλβίδας φθείρονται από τα στερεά σωματίδια και αυτό μπορεί να προκαλέσει υπερβολική εσωτερική διαρροή(σχήμα. 93) .



Σχήμα 93. Φθορά εμβόλου βαλβίδας κατευθύνσεως από την αλληλεπίδραση του με τα σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο υδραυλικό ρευστό

3. Το έμβολο (οπλισμός) προσκρούει στο μεταλλικό περίβλημα της αναλογικής βαλβίδας με αποτέλεσμα καταστροφή του πηνίου και τη δημιουργία κρουστικού φορτίου το οποίο καταστρέφει τις (ελαστικές) σωληνώσεις.
4. Κόλλημα του εμβόλου από ένα ή περισσότερα σκληρά σωματίδια τα οποία αποτρέπουν την κίνηση του εμβόλου.

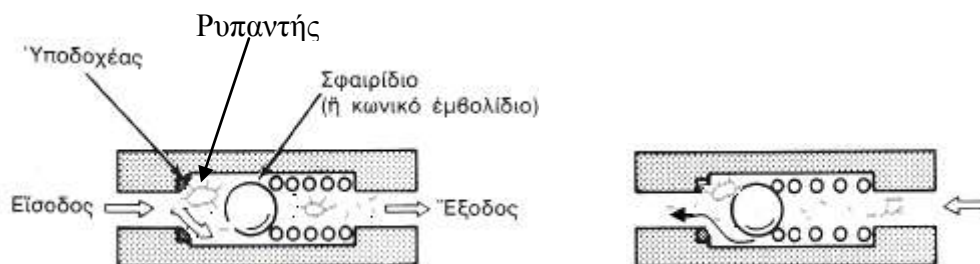
Στο σχήμα 94 βλέπουμε τις κρίσιμες ανοχές μίας βαλβίδας κατευθύνσεως ολισθαίνοντος εμβόλου



Σχήμα 94. Κρίσιμες ανοχές βαλβίδων κατευθύνσεως

Βαλβίδες αντεπιστροφής(check valves)

1. Οι ρυπαντές μπορεί να επιτρέψουν στο ρευστό να παρακάμψει τη βαλβίδα αντεπιστροφής φρακάροντας τη σφαιρική της μπίλια(σχήμα 95 αριστερά) , ή ακόμα και να επιτρέψουν την παροχή σε την αντίθετη κατεύθυνση απ' αυτήν που επιτρέπει η βαλβίδα ,στην απαγορευμένη δηλαδή κατεύθυνση (Σχήμα 95 δεξιά) .Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την κακή λειτουργία του συστήματος καθώς και δημιουργία εσωτερικών διαρροών.



Σχήμα 95. Επίδραση ρυπαντών σε βαλβίδες αντεπιστροφή

2. Φθορά στο σφαιρίδιο της βαλβίδας και στον υποδοχέα της. Με αποτέλεσμα διαρροές.

Βαλβίδες πίεση και μείωσης της πίεσης

1. Ακανόνιστη πίεση εξόδου
2. Η βαλβίδα μπορεί να παραμείνει κολλημένη σε θέση ανοιχτή ή κλειστή
3. Οι βαλβίδες διαδοχικής δράσεως δεν μπορούν να κλείσουν με αποτέλεσμα να κατευθύνουν συνεχώς ένα τμήμα της παροχής προς τη δευτερεύουσα γραμμή.

3.5.6 Αποτελέσματα της ρύπανσης υδραυλικούς κυλίνδρους

1. Υπερβολική φθορά στο βάκτρο του κυλίνδρου στα στεγανωτικά του εμβόλου και του βάκτρο.
2. Τα σωματίδια κάνουν τα έδρανα να δυσλειτουργούν.
3. Γραντζουνιές στο κύλινδρο μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή των εσωτερικών επιφανειών του κυλίνδρου. Αν υπάρχουν γρατζουνιές στο εσωτερικό μέρος του κυλίνδρου η αποτελεσματικότητα και η διάρκεια ζωής των στεγανωτικών του εμβόλου θα μειωθούν. Η μέγιστη επιτρεπόμενη διάμετρος ενός κυλίνδρου στον οποίο κινείται το έμβολο με τα στεγανωτικά είναι η ονομαστική διάμετρος του με ανοχή ± 0.25 cm. Αν η φθαρμένη διάμετρος βγει εκτός των ορίων αυτών ο κύλινδρος χρειάζεται άμεση επιδιόρθωση ή αντικατάσταση.
4. Αργή κίνηση του κυλίνδρου η οποία μπορεί να οφείλει σε υπερβολική διαρροή σε βαλβίδα ελέγχου ή αντλία και η οποία έχει προκληθεί από φθορά εξαρτημάτων εξαιτίας της ύπαρξης σωματιδίων.

3.6 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

3.6.1 Εισαγωγή στο φαινόμενο – Μηχανισμός σπηλαιώσης

Το φαινόμενο της σπηλαιώσης αναπτύσσεται όταν σε μία περιοχή της ροής η στατική πίεση τείνει τοπικά να γίνει μικρότερη από την πίεση ατμοποίησης του υγρού οπότε αυτό ατμοποιείται και αναπτύσσεται ένα θύλακας ατμοποιημένου υγρού, δηλ. ατμού. Άρα η σπηλαιώση είναι ένα φαινόμενο που αναπτύσσεται αποκλειστικά σε ροές υγρών. Αποδεικνύεται πειραματικά ότι η ανάπτυξη των θυλάκων ατμού προκαλείται σε θέσεις όπου υπάρχουν μικρές ανωμαλίες στην μάζα του υγρού, όπως μικρές φυσαλίδες αέρα που έχουν εγκλωβισθεί στις μικροανωμαλίες της στερεής περιρρεώμενης επιφάνειας, όπου επιπλέον λαμβάνουν χώρα σημαντικές μεταβολές της στατικής πίεσης (σχήμα . 96).



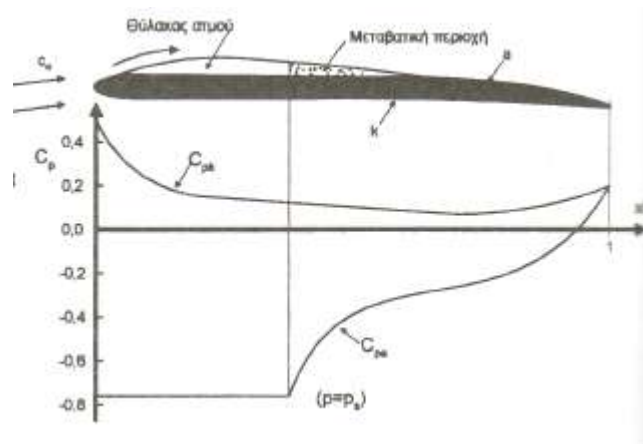
Σχήμα 96. Ανάπτυξη φυσαλίδας ατμού σε μικροεσοχή της στερεής επιφάνειας

Γι' αυτό η σπηλαιώση ξεκινά πάντοτε κοντά στις περιρρεώμενες στερεές επιφάνειες, όπου επιπλέον αναπτύσσονται οι υψηλότερες τιμές της ταχύτητας της παροχής και άρα οι μικρότερες τιμές της στατικής πίεσης. Σύμφωνα με τα προηγούμενα το φαινόμενο της σπηλαιώσης είναι δυνατόν να αναπτυχθεί σε όλες τις ροές υγρών και ιδιαίτερα στις περιοχές όπου αναπτύσσονται υψηλές τιμές της ταχύτητας της παροχής αντλίες, σε κινητήρες σε βάννες κατά το μερικό κλείσιμο, σε εξαρτήματα όπως διακλαδώσεις κλπ. Φυσικά όσο μικρότερη είναι η μέση στατική πίεση της παροχής λόγω της υδροστατικής πίεσης και μόνον (δηλαδή σε σημεία με υψηλή στάθμη ως προς την στάθμη αναφοράς) τόσο πιο εύκολη είναι η ανάπτυξη σπηλαιώσης καθώς μικρή πτώση της στατικής πίεσης, που οφείλεται σε τοπική αύξηση της ταχύτητας της ροής (σε μετατροπή μέρους της ολικής ενέργειας του υγρού σε κινητική ενέργεια σύμφωνα με την εξίσωση Bernoulli), να είναι ενδεχόμενα αρκετή για διαμόρφωση συνθηκών σπηλαιώσης. Η πίεση ατμοποίησης του κάθε υγρού είναι χαρακτηριστικό θερμοδυναμικό μέγεθος του υγρού και εξαρτάται από την θερμοκρασία του

Στις αντλίες η μείωση της στατικής πίεσης οφείλεται στην τοπική αύξηση της ταχύτητας του ρευστού, οπότε, σύμφωνα με την εξίσωση Bernoulli, μειώνεται αντίστοιχα η στατική του πίεση του ρευστού. Στην περιοχή όπου η στατική πίεση p τείνει να γίνει μικρότερη από την πίεση ατμοποίησης p_s αναπτύσσεται θύλακας ατμοποίησης στον οποίο η πίεση διατηρείται σταθερή και ίση προς την πίεση ατμοποίησης p_s . Όπως αναφέρθηκε η τιμή της πίεσης ατμοποίησης p_s εξαρτάται μόνο από την τοπική θερμοκρασία του υγρού.

Κατάντι του ατμοποιημένου θύλακα, και σε περιοχή όπου η στατική πίεση τείνει να αυξηθεί πάνω από την πίεση ατμοποίησης, η μάζα του ατμού θα πρέπει να επανυγροποιηθεί. Η μετάβαση από την φάση ατμού στην υγρή φάση δεν γίνεται στιγμιαία και γι' αυτό κατάντι του θύλακα παρατηρείται μία μεταβατική περιοχή στην οποία συνυπάρχουν και οι δύο φάσεις.

Στο σχήμα 97 για την περίπτωση ροής υγρού γύρω από μια τομή ρευστού δίνεται σχηματικά η ανάπτυξη του θύλακα ατμού και η μεταβατική διαφασική περιοχή κατάντι του θύλακα. Όπως αναμένεται, ο θύλακας ατμοποίησης αναπτύσσεται στην πλευρά υποπίεσης.

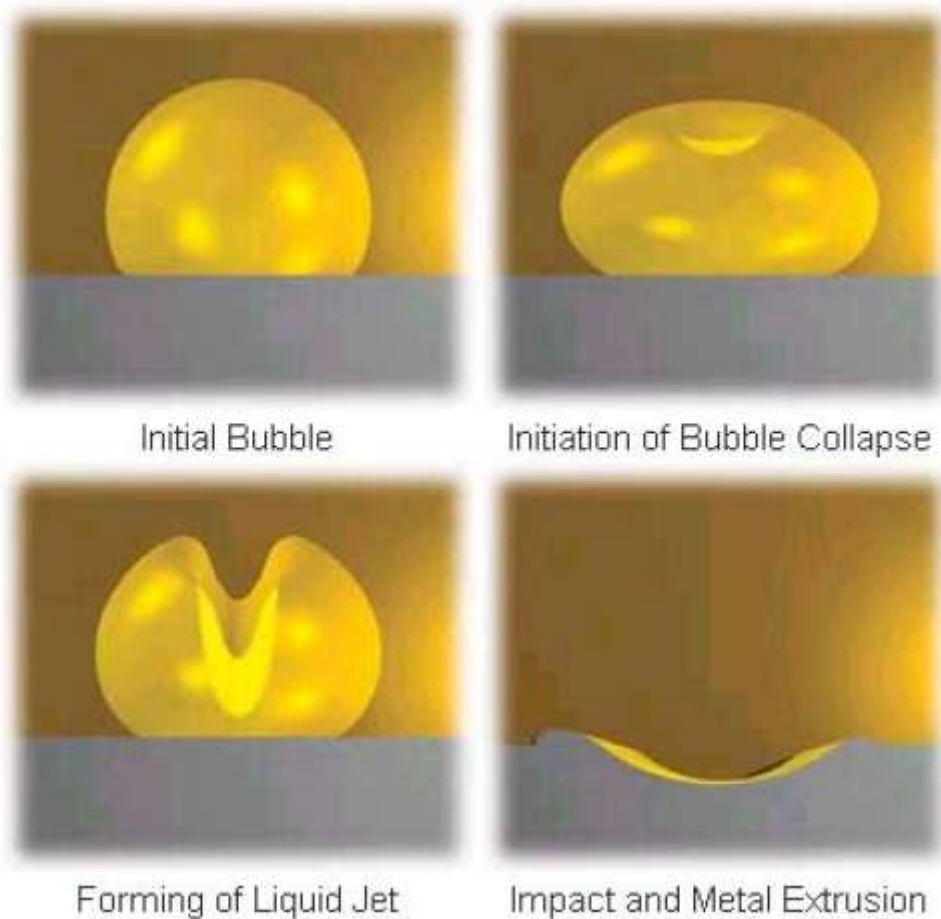


Σχήμα 97. Ανάπτυξη θύλακα σπηλαίωσης σε τομή ρευστού

Στο παραπάνω διάγραμμα δίνεται η διανομή της στατικής πίεσης στις δύο πλευρές μιας τομής ρευστού: στην πλευρά υποπίεσης και στην περιοχή-ανάπτυξης του θύλακα ατμοποίησης η στατική πίεση είναι ίση προς την πίεση ατμοποίησης p_s . Το ίδιο υποτίθεται ότι συμβαίνει και στην περιοχή της μεταβατικής διαφασικής ροής. Η πυκνότητα της υγρής φάσης ρ_v με την πυκνότητα ρ_a της φάσης ατμού διαφέρουν σημαντικά και κατά συνέπεια η μάζα που αντιστοιχεί στον ατμό που περικλείεται στον θύλακα είναι πολύ μικρή, παρά τον αναλογικά σημαντικό της όγκο.

Λόγω ακριβώς της μεγάλης διαφοράς στην πυκνότητα μεταξύ υγρής φάσης και φάσης ατμού, το φαινόμενο της επανυγροποίησης συνοδεύεται τοπικά από αύξηση της στατικής πίεσης κρουστικής μορφής. Η κρουστική αυτή αύξηση της στατικής πίεσης εξηγείται ποιοτικά από το ότι κατά την επανυγροποίηση μιας φυσαλίδας ατμού, ο όγκος υγρού που αντιστοιχεί στην μάζα του ατμού είναι πολύ μικρός. Άρα με την επανυγροποίηση της φυσαλίδας σχηματίζεται ένα κενό που τείνει να καταληφθεί από το περιβάλλοντα υγρό το οποίο επιταχύνεται γρήγορα αλλά επίσης πολύ γρήγορα η ταχύτητα του μηδενίζεται όταν ολόκληρος ο όγκος της πρώην φυσαλίδας καταληφθεί από το περιβάλλον υγρό. Η απότομη αυτή επιβράδυνση των υγρών στοιχείων έχει ως αποτέλεσμα, σύμφωνα με το θεώρημα της ορμής, την ανάπτυξη σημαντικών υπερπιέσεων* (βλέπε εφαρμογή).

Το φαινόμενο της σπηλαίωσης και ιδιαίτερα της επανυγροποίησης χαρακτηρίζεται επίσης από την πολύ μικρή χρονική κλίμακα της τύρβης δεδομένου ότι, στην μεγάλη πλειοψηφία τους, όλες οι ροές στις πρακτικές εφαρμογές είναι τυρβώδεις. Κατά συνέπεια στην περιοχή όπου οι συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξη της σπηλαίωσης η ανάπτυξη και η εν συνεχεία εξαφάνιση μίας φυσαλίδας ατμού συμβαίνει με μία πολύ υψηλή συχνότητα. Σύμφωνα με τα προηγούμενα η επανυγροποίηση των θυλάκων ατμού, που αντιστοιχεί στην ανάπτυξη έντονων κρουστικών υπερπιέσεων (που μπορεί να φτάσουν και τα 145000 psi), λαμβάνει χώρα κοντά στην περιρρεόμενη επιφάνεια και μάλιστα με υψηλή συχνότητα, αντιστοιχεί δηλαδή με σφύρες που καταπονούν τον ιστό του υλικού της περιρρεόμενες επιφάνειας. Οι θύλακες/ φυσαλίδες ατμού εκρήγνυνται βίαια πάνω στην επιφάνεια του μετάλλου προκαλώντας του διάβρωση. Στο σχήμα 98 φαίνεται το διαβρωτικό αποτέλεσμα που προκαλεί η έκρηξη μιας φυσαλίδας πάνω στο μέταλλο.



Σχήμα 98. Μηχανισμός σπηλαιώσης

Η καταπόνηση της στερεής επιφάνειας, όπως αυτή περιγραφή ποιοτικά, έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική φθορά του υλικού μετά από μακροχρόνια ανάπτυξη του φαινομένου.

Ο μηχανισμός της φθοράς του υλικού οφείλεται στην δομή του δεδομένου ότι όλα τα εν χρήσει υλικά αποτελούνται από κόκκους διαφόρων στοιχείων με διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την σκληρότητα, ελαστικότητα, αντοχή κλπ. Για παράδειγμα το πλέον κοινό υλικό για την κατασκευή των εξαρτημάτων απλών αντλιών, ο περλιτικός φαιός χυτοσίδηρος, αποτελείται από κόκκους περλίτη με κόκκους γραφίτη και φερρίτη. Οι κόκκοι του περλίτη είναι σκληροί και εύθραυστοι ενώ ο γραφίτης είναι μαλακός και πρακτικά χωρίς αντοχή. Κατά την ανάπτυξη της σπηλαιώσης και ιδιαίτερα στην περιοχή της επανυγροποίησης όπου αναπτύσσονται οι υψίσυχνες κρουστικές σφύρες οι κόκκοι του γραφίτη καταστρέφονται, αποκολλούνται από τον ιστό του υλικού αφήνοντας στην θέση τους κενά. Έτσι οι κόκκοι του περλίτη χάνουν την καλή τους έδραση, η επιφάνεια του υλικού γίνεται λιγότερο λεία, γεγονός που επιταχύνει την ανάπτυξη της σπηλαιώσης, με αποτέλεσμα να απομακρυνόνονται σταδιακά και οι κόκκοι του περλίτη.

Μετά από μακροχρόνια ανάπτυξη του φαινομένου στην επιφάνεια του υλικού αναπτύσσονται τρύπες, που οφείλονται στην σταδιακή αφαίρεση των κόκκων, και η επιφάνεια αποκτά σπογγώδη μορφή, που μπορεί να φθάσει και μέχρι την πλήρη εξαφάνιση μέρους του περιρρομένου στερεού

Στο Σχήμα 99 βλέπουμε τη ζημία που έχει υποστεί η πλάκα βαλβίδων της αντλίας εξαιτίας της σπηλαιώσης.



Σχήμα 99. Σπηλαιώση στην πλάκα πίεσης της αντλίας

Από τα προηγούμενα γίνεται φανερό ότι ένα υλικό θα είναι τόσο πιο ανθεκτικό στην φθορά από σπηλαιώση όσο η δομή του είναι ομοιόμορφη και ανθεκτική στην κόπωση και την μηχανική διάβρωση. Συνήθως η αντοχή των υλικών σε σπηλαιώση μετράται από την απώλεια μάζας όπως προκύπτει από ζύγισμα πλακιδίου που υπόκειται σε σπηλαιώση επί ένα χρονικό διάστημα σε ειδική συσκευή. Εάν ο κλασσικός χυτοσίδηρος (GG-25) βαθμολογηθεί με δείκτη 1 που εκφράζει την απώλεια μάζας λόγω σπηλαιώσης, τα υπόλοιπα συνήθη υλικά χαρακτηρίζονται από τους ακόλουθους ενδεικτικούς δείκτες:

Υλικό	Δείκτης φθοράς
Χυτοσίδηρος (GG-25)	1,0
Χυτοχάλυβας (GS-C25)	0,80
Ορείχαλκος (G-CuSn10)	0,50
Χρωμιούχος χυτοχάλυβας (G-X20Cr14)	0,20
Σύνθετος ορείχαλκος (G-ALBZ10FE)	0,10
Χρωμιονικελιούχος χάλυβας (G-X60CrNi 18 9)	0,05

Πίνακας 2 Διάφορα υλικά και η αντοχή τους ως προς τη σπηλαιώση

Σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα ο ανοξειδωτος χρωμιονικελιούχος χάλυβας είναι κατά 20 φορές πιο ανθεκτικός στην φθορά από σπηλαιώση από ό,τι ο κοινός χυτοσίδηρος GG-25. Ο περιλιτικός φαιός χυτοσίδηρος αποτελεί κατά κανόνα το υλικό των μη ισχυρά καταπονούμενων εξαρτημάτων των μηχανών (και των αντλιών), όταν δεν συντρέχουν άλλοι απαγορευτικοί παράγοντες (όπως το βάρος ή η αντοχή σε διάβρωση, σπηλαιώση

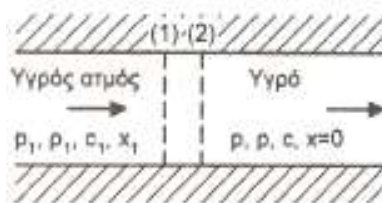
κλπ) κυρίως λόγω του μικρού κόστους σε συνδυασμό με τις πολύ καλές μηχανικές και μηχανουργικές ιδιότητες καθώς και τις ιδιότητες χύτευσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σημαντικό ρόλο στην επιτάχυνση της φθοράς από σπηλαίωση μπορεί να παίξει η παράλληλη χημική ή ηλεκτρολυτική διάβρωση. Αυτό εξηγείται από το ότι οι σημαντικές υπερπίεσεις δρουν καταλυτικά στην χημική δράση. Επίσης, όταν αρχίσει η επιφανειακή διάβρωση της στερεής επιφάνειας, το φαινόμενο της σπηλαίωσης γίνεται όλο και πιο έντονο για δύο λόγους: μεγαλύτερη πραγματική επιφάνεια του υλικού είναι εκτεθειμένη στην δράση των υπερπίεσεων ενώ παράλληλα οι επιφανειακές ανωμαλίες προκαλούν μεγαλύτερες τοπικές υπερταχύνσεις και άρα πτώση της στατικής πίεσης, δηλ. εντονότερη τοπική ανάπτυξη της σπηλαίωσης.

Σημείωση: Παρ' όλο που η σπηλαίωση εμφανίζεται κυρίως σε αντλίες μπορεί να παρουσιαστεί και οπουδήποτε αλλού στο υδραυλικό κύκλωμα όπου η απαιτούμενη ποσότητα ρευστού υπερβαίνει την ποσότητα τροφοδοσίας (π χ δημιουργία κενού).

* Εφαρμογή

Στην συνέχεια δίνεται ένας απλουστευτικός υπολογισμός της πίεσης που αναπτύσσεται κατά την επανυγροποίηση του ατμού και ο οποίος βασίζεται στην εφαρμογή της αρχής της συνέχειας και του θεωρήματος της ορμής. Έστω αγωγός σταθερής διατομής, ανάντι της διατομής 1 του οποίου έχει αναπτυχθεί ομοιόμορφη ροή υγρού ατμού. Τα φυσικά μεγέθη της ροής του υγρού ατμού ανάντι της διατομής 1 χαρακτηρίζονται με τον δείκτη α (μέση ταχύτητα c_α , στατική πίεση p_α , πυκνότητα ρ_α και ατμοπεριεκτικότητα x). Κατάντι της διατομής 2 η στατική πίεση γίνεται μεγαλύτερη από την πίεση ατμοποίησης του ατμοποιημένου υγρού με αποτέλεσμα η ροή του ατμού να υγροποιείται πλήρως στην λεπτή ζώνη μεταξύ των διατομών 1 και 2. Άρα κατάντι της διατομής 2 αναπτύσσεται ομοιόμορφη ροή υγρού, μέσης ταχύτητας c_ν , στατικής πίεσης p_ν και πυκνότητας ρ_ν .



Από την εφαρμογή της αρχής της συνέχειας και του θεωρήματος της ορμής σε διατομές ανάντι και κατάντι των διατομών 1 και 2 αντίστοιχα προκύπτει:

$$\text{Θεώρημα συνέχειας: } \rho_\alpha \cdot c_\alpha \cdot A = \rho_\nu \cdot c_\nu \cdot A \rightarrow \rho_\alpha \cdot c_\alpha = \rho_\nu \cdot c_\nu$$

$$\text{Θεώρημα ορμής: } p_\nu \cdot A = p_\alpha \cdot A + \delta p \cdot A \rightarrow \delta p = p_\nu - p_\alpha = \rho_\alpha \cdot c_\alpha^2 - \rho_\nu \cdot c_\nu^2$$

Στις συνήθεις θερμοκρασίες η πυκνότητα του ατμού κοντά στο σημείο κορεσμού είναι πολύ μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού.

Για το νερό για παράδειγμα και για θερμοκρασία $\theta < 100^\circ\text{C}$ είναι: $\frac{\rho_\nu}{\rho_\alpha} > 900$. Άρα μπορεί να τεθεί: $\rho_\alpha \cong \rho_\nu (1 - x)$, οπότε από την αργή της συνέχειας προκύπτει:

$$\frac{c_a}{c_v} = \frac{\rho_v}{\rho_a} \cong \frac{1}{1-x} \quad \text{οπότε η υπερπίεση, σε πρώτη προσέγγιση, θα είναι ίση προς:}$$

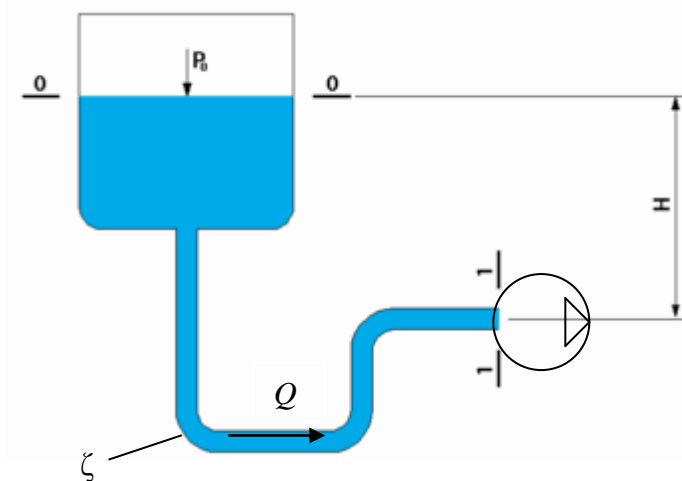
$$\delta p \approx \frac{2 \cdot x}{1-x} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot c_v^2$$

Στην περίπτωση νερού με $\rho_v=1.000 \text{ Kg/m}^3$, $c_v=30 \text{ m/sec}$ και προχωρημένου βαθμού ατμοποίησης, πχ. για $x=0,995$, προκύπτει: $\delta p=1.790 \text{ bar!!}$

Επίδραση του καθαρού θετικού ύψους αναρρόφησης(N.P.S.H) στην ανάπτυξη σπηλαιώσης

Το καθαρό θετικό ύψος αναρρόφησης σένα υδραυλικό σύστημα εκφράζει τη διαφορά της ολικής πίεσης στη διατομή της αντλίας ως προς την πίεση ατμοποίησης του υγρού την οποία εξασφαλίζει (διαθέτει) η αντλία. Το καθαρό ύψος αναρρόφησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπ όψη κατά ο σχεδιασμό ενός υδραυλικού συστήματος. Όταν η πίεση του ρευστού πέσει χαμηλότερα από την πίεση ατμοποίησης, το ρευστό βράζει και οι φυσαλίδες που δημιουργούνται έχουν σαν αποτέλεσμα τη σπηλαιώση. Οι φυσαλίδες μπορούν να μειώσουν την παροχή ρευστού ή να την σταματήσουν(εμποδίσουν) εντελώς.

Το καθαρό ύψος αναρρόφησης υπολογίζεται με την εφαρμογή του γενικευμένου θεωρήματος Bernoulli μεταξύ δεξαμενής αναρρόφησης (μηδενικό επίπεδο) και εισόδου της αντλίας επίπεδο 1 όπως φαίνεται στο σχήμα 100



Σχήμα 100 Τμήμα υδραυλικής εγκατάστασης από την δεξαμενή αναρρόφησης έως την είσοδο της αντλίας

Από Bernoulli ισχύει

$$NPSH = P_0 + H - \zeta \cdot Q^2 - P_s$$

Όπου:

- P_0 Η στατική πίεση στην επιφάνεια της δεξαμενής (αλλά και στη είσοδο της αντλίας)
- H Η υψομετρική διαφορά μεταξύ δεξαμενής αναρρόφησης(0) και εισόδου αντλίας (1)
- $\zeta \cdot Q^2$ οι υδραυλικές απώλειες μεταξύ 0 -1
- P_s Η πίεση ατμοποίησης του ρευστού στην είσοδο της αντλίας

Όταν λοιπόν το διαθέσιμο καθαρό ύψος αναρρόφησης μειώνεται αυξάνεται η ένταση της σπηλαιώσης .

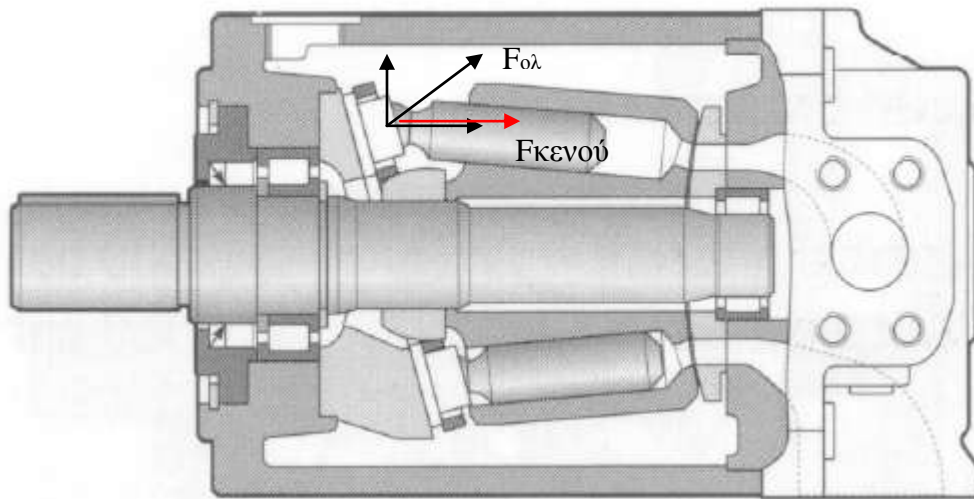
3.6.3 Σπηλαιώση σε αντλίες/κινητήρες

Ας πάρουμε το κάθε είδος αντλίας/ κινητήρα ξεχωριστά για να δούμε τι μπορεί να του προκαλέσει η σπηλαιώση.

- **Εμβολοφόρες αντλίες** .Η δημιουργία κενών στους χώρους άντλησης μιας αξονικής αντλίας δημιουργεί μεγάλες τάσεις στο σφαιρικό μέρος του εμβόλου καθώς και στις υποδοχές ολίσθησης του σφαιριδίου(σχήματα 101,102).Επειδή ο σύνδεσμος σφαιριδίου – υποδοχής δεν είναι σχεδιασμένος να δέχεται τόσο μεγάλες δυνάμεις, σαν συνέπεια η υποδοχή ολίσθησης αποσυνδέεται από το έμβολο. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να παρουσιαστεί αμέσως αν η δύναμη που ασκείται λόγω κενού είναι πολύ μεγάλη ,ή μετά από πολλές ώρες λειτουργίας κατά τις οποίες ο σύνδεσμος καταπονείται επαναλαμβανόμενα εξαιτίας μεγάλου κενού στην είσοδο της αντλίας.



Σχήμα 101.Υποδοχή ολίσθησης αποσυνδεδεμένη από το έμβολο



Σχήμα 102.

Οι δυνάμεις αποσύνδεσης του εμβόλου από την υποδοχή του θα πρέπει να δέχονται την αντίσταση (δράση-αντίδραση) της πλάκας συγκράτησης εμβόλων της οποίας πρωτεύουσα λειτουργία είναι να κρατάει σε επαφή έμβολο και υποδοχή. Το κενό που δημιουργείται προκαλεί φορτία καταπόνησης τα οποία επιταχύνουν τη φθορά μεταξύ υποδοχής και πλάκας και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η πλάκα να λυγίσει/ σκεβρώσει (buckle). Αυτό επιτρέπει στην υποδοχή να χαλαρώσει την επαφή της με την πλάκα συγκράτησης των εμβόλων κατά την είσοδο ρευστού στην αντλία και να επιστρέφει με θόρυβο χτυπώντας πάνω στην πλάκα στη συμπίεση του ρευστού κατά την έξοδο του από την αντλία. Η πρόσκρουση αυτή καταστρέφει την πλάκα και την υποδοχή(σχήμα 103).

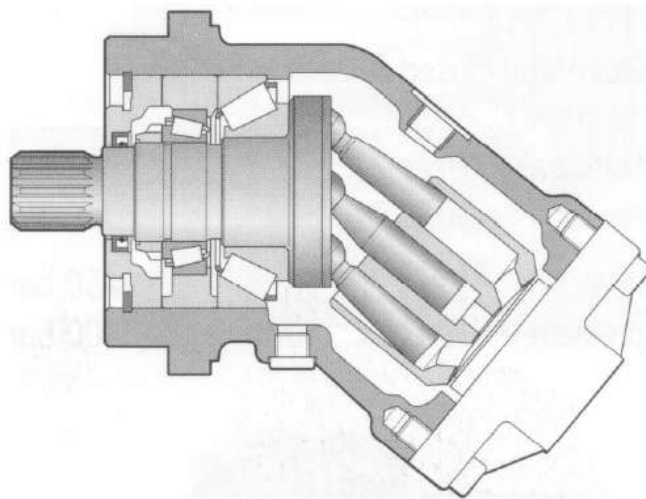


Σχήμα 103. Κατεστραμμένες υποδοχές εμβόλων εξαιτίας σπηλαιώσης.

Οι ίδιες δυνάμεις μπορεί να καταπονήσουν και έναν αξονικό υδραυλικό κινητήρα οι οποίοι υπόκεινται και σε φορτία αδράνειας.

➤ **Εμβολοφόρες αξονικές αντλίες(και κινητήρες) τεθλασμένου άξονα με κωνικά έμβολα.**

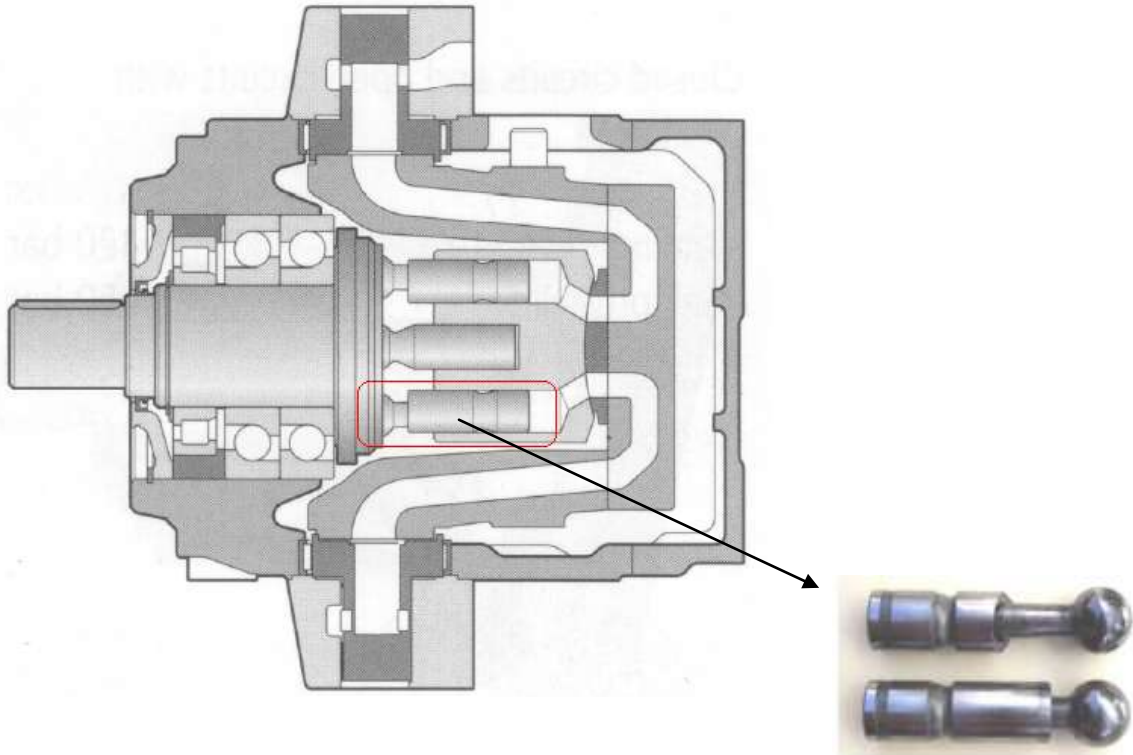
Είναι αντλίες στιβαρότερης κατασκευής απλό την προηγούμενη κατηγορία με αποτέλεσμα να αντεπεξέρχονται καλύτερα σε φορτία καταπόνησης. Επίσης τα έμβολα συγκρατιόνται στις υποδοχές τους μέσω μιας βιδωτής πλάκας(Σχήμα 104).



Σχήμα 104. Εμβολοφόρος αντλία τεθλασμένου άξονα

➤ **Εμβολοφόρες αξονικές αντλίες(και κινητήρες) τεθλασμένου άξονα με έμβολο 2 τεμαχίων.**

Οι αντλίες τεθλασμένου άξονα αυτού του είδους χρησιμοποιούν έμβολα με σώμα πολύ μικρής διαμέτρου(σχήμα 105) και γι' αυτό το λόγο διαθέτουν και ένα σύστημα συγχρονισμού της ταχύτητας τους μέσα στον κύλινδρο.



Σχήμα 105. Έμβολα πολύ μικρής διαμέτρου αντλιών τεθλασμένου άξονα

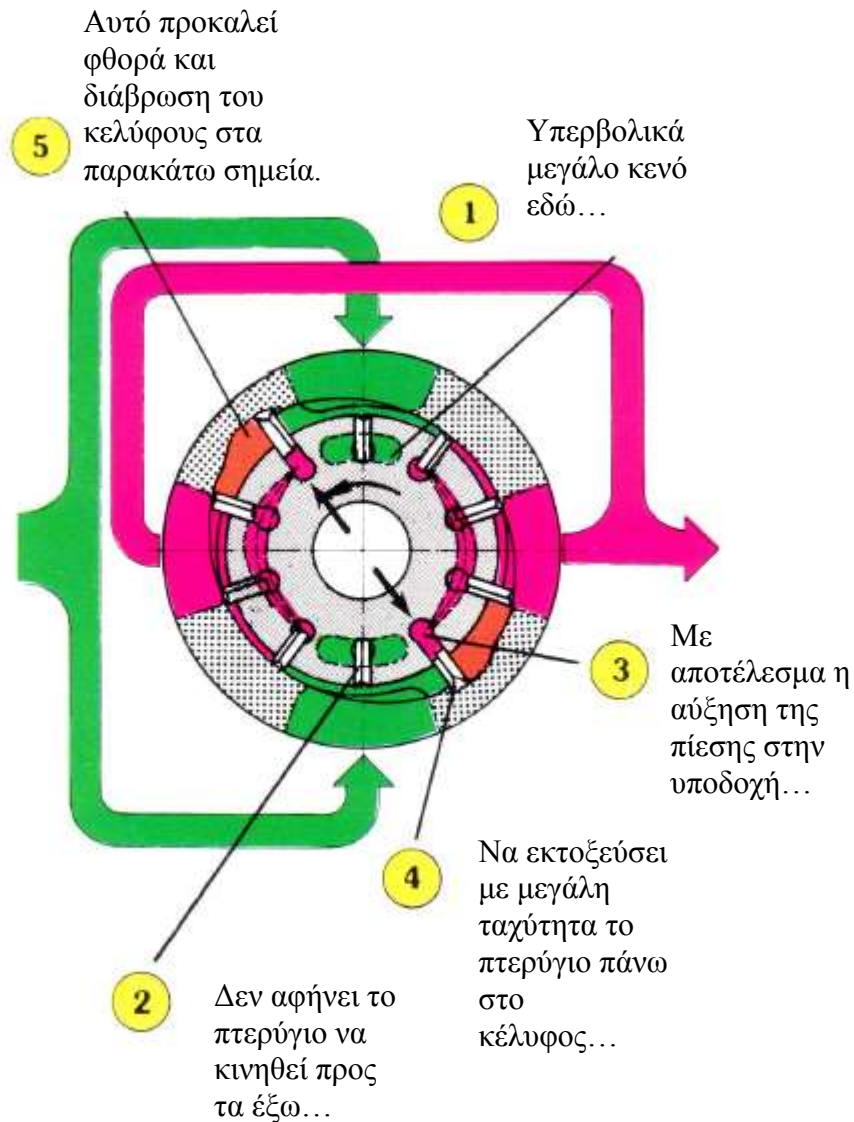
Ύπαρξη μεγάλου κενού αέρος στην είσοδο της αντλίας μπορεί να κάνει τα λεπτά αυτά έμβολα να αστοχήσουν πάλι κοντά στο λαιμό της σφαιρικής κεφαλής τους (σχήμα. 106).



Σχήμα 106. Αστοχία εμβόλων αντλιών τεθλασμένου άξονα

➤ **Πτερυγιοφόρες αντλίες**

Στις πτερυγιοφόρες αντλίες τα πτερύγια πρέπει να εκτρέπονται έξω από τις υποδοχές τους(στο ρότορα) κατά την διαδικασία εισόδου του ρευστού στην αντλία. Το κενό που δημιουργεί η κίνηση αυτή του πτερυγίου γεμίζει με ρευστό που προέρχεται από την είσοδο της αντλίας. Αν υπάρχει υπερβολικό κενό στην είσοδο τότε αυτό θα μετατοπιστεί στη βάση του πτερυγίου. Το πτερύγιο θα χάσει την επαφή του με το δακτυλιοειδές κέλυφος και τα υπόλοιπα πτερύγια θα προσκρούουν πάνω στο κέλυφος. Αυτά γίνονται πιο κατανοητά αν παρατηρήσουμε το σχήμα 107.



Σχήμα 107. Μηχανισμός διάβρωσης περηνιοφόρου αντλίας εξαιτίας της δημιουργίας κενού και της ύπαρξης αέρα

➤ **Γραναζωτές αντλίες.**

Είναι οι λιγότερο επιρρεπείς αντλίες σε δυνάμεις προερχόμενες από την ύπαρξη κενών. Παρ' όλα αυτά έρευνες έχουν δείξει ότι η ύπαρξη κάποιου κενού σε οδοντωτή αντλία με εξωτερικό τροχό μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής της αντλίας κατά 50%.

3.7 ΑΕΡΑΣ ΣΤΟ ΡΕΥΣΤΟ

3.7.1 Τρόποι εισαγωγής του αέρα στο υδραυλικό σύστημα

Η ύπαρξη αέρα στο ρευστό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως:

- 1) Χαμηλή στάθμη ρευστού στη δεξαμενή. Χαμηλή στάθμη ρευστού έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στροβίλων/ δινών στη δεξαμενή
- 2) Κακή κατασκευή της δεξαμενής.
- 3) Η γραμμή επιστροφής είναι έξω από την επιφάνεια του ρευστού της δεξαμενής.
- 4) Το ρευστό είναι ακατάλληλο.
- 5) Αναταραχή του ρευστού καθώς επιστρέφει στο ρεζερβουάρ.
- 6) Ο δακτύλιος στεγανότητας στον άξονα της αντλίας είναι κατεστραμμένος.
- 7) Η γραμμή αναρρόφησης επιτρέπει την αναρρόφηση αέρα. Αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή η γραμμές είναι χαλασμένες ή θέλουν σφίξιμο.
- 8) Ύπαρξη πόρων στη γραμμή αναρρόφησης. Ελαστικές γραμμές αναρρόφησης μπορεί να γίνουν πορώδεις με το πέρασμα του χρόνου.
- 9) Αέρας στις γραμμές εξαιτίας της μη εξαέρωσης του συστήματος.
- 10) Άφρισμα του λαδιού. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μείωσης των προσθετικών στο λάδι τα οποία αποτρέπουν τη δημιουργία αφρού.
- 11) Ανεπαρκής αφαίρεση αέρα από τα εξαρτήματα και τις σωληνώσεις πρωτού το σύστημα μπει σε λειτουργία(εκκίνηση)
- 12) Ελαττωματικό στεγανωτικό στην άτρακτο.
- 13) Κατεστραμμένες η λανθασμένα ρυθμισμένες βαλβίδες ελέγχου του φορτίου και βαλβίδες προστασίας από σπηλαίωση. Η αδράνεια που μπορεί να προκαλέσει το φορτίο στην κίνηση του κυλίνδρου έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή αέρα μέσα από τα στεγανωτικά
- 14) Το σύστημα ψύξης δε λειτουργεί σωστά
- 15) Η θερμοκρασία ψύξης είναι πολύ υψηλή.
- 16) Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι πολύ υψηλή.
- 17) Ο θερμοστάτης δεν έχει ρυθμιστεί σωστά ή έχει ρυθμιστεί πολύ ψηλά. Ο θερμοστάτης είναι μια συσκευή που ελέγχει την παροχή του ψυκτικού υγρού από την μηχανή στο θερμαντικό σώμα. Όταν η μηχανή/ κινητήρας είναι πολύ ψυχρός ο θερμοστάτης μπλοκάρει την παροχή για να θερμάνει τον κινητήρα. Όταν ο κινητήρας είναι πολύ θερμός ο θερμοστάτης ανοίγει επιτρέποντας στην παροχή να ψύξει τον κινητήρα.

Τα αρνητικά αποτελέσματα του αέρα που έχει μπει στο ρευστό συνοψίζονται παρακάτω:

- Αύξηση θερμότητας στο σύστημα
- Αύξηση των επιπέδων θορύβου
- Αύξηση των κραδασμών
- Μείωση της απόδοσης του συστήματος
- Μειωμένη απαγωγή θερμότητας
- Μείωση του μέτρου ελαστικότητας με αποτέλεσμα την πορώδη / ελαστική λειτουργία του συστήματος και την αργή και λανθασμένη απόκριση.
- Καταστροφή του ρευστού λόγω οξειδωσης και θερμικής κατάρρευσης του μέσου εξαιτίας του φαινομένου micro-dieseling.
- Οξειδωση (κάψιμο) των στεγανωτικών εξαιτίας του φαινομένου diesel.

- Μείωση του ιξώδους του ρευστού αφήνοντας έτσι τις κρίσιμες επιφάνειες ευάλωτες σε φθορά.
- Μεταλλική διάβρωση.

3.7.2 Πως ο αέρας επηρεάζει τα εξαρτήματα

Ας δούμε λοιπόν λίγο πιο αναλυτικά πως ο αέρας στο ρευστό επηρεάζει τα υδραυλικά εξαρτήματα.

Μεταλλική διάβρωση. Η ύπαρξη αέρα στο ρευστό μπορεί να καταλήξει σε διάβρωση των επιφανειών εξαιτίας φυσαλίδων αέρα η οποίες εκρήγνυνται με τον ίδιο τρόπο όπως και στη σπηλαιώση. Επειδή όμως η είσοδος του αέρα περιορίζει την ανάπτυξη κενών γι' αυτό και δεν προκαλούνται μηχανικές καταστροφές εξαρτημάτων στον ίδιο βαθμό που προκαλούνται στη σπηλαιώση.

Έλλειψη λίπανσης. Αέρας στο ρευστό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του κινηματικού ιξώδους του ρευστού με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντοχή και το πάχος του λιπαντικού στρώματος και να προκαλούνται καταστροφές όπως , φθορές στα συγκολλητά μέρη και τοπικές υπερθερμάνσεις των επιφανειών που ολισθαίνουν μεταξύ τους καθώς και των εξαρτημάτων που είναι συναρμολογημένα με σφιχτή συναρμογή. Στο παρακάτω παράδειγμα (σχήμα 108) βλέπουμε τι έχει προκαλέσει η ανεπαρκής λίπανση σε έναν κύλινδρο λόγω της ύπαρξης αέρα στο ρευστό.



Σχήμα 108. Αποχρωματισμός και σπάσιμο λόγω υπερθέρμανσης ενός κυλίνδρου εμβόλων χάλκινου χρώματος που περιέχει τα έμβολα εξαιτίας ύπαρξης αέρα στο ρευστό.

Αν το ρευστό το οποίο μπαίνει στους χώρους άντλησης μιας αντλίας ή κινητήρα αξονικών εμβόλων (ή τεθλασμένου άξονα) έχει αέρα η υποδοχή του εμβόλου δεν λιπαίνεται επαρκώς. Η τριβή που αναπτύσσεται κατά την παλινδρόμηση του εμβόλου θερμαίνει το έμβολο κάνοντας το να διασταλεί και να δέσει σφιχτά πάνω στον κυλινδρικό θάλαμο μέσα στον οποίο ολισθαίνει. Η δύναμη η οποία αναπτύσσεται κατά την εισαγωγή του εμβόλου στον κύλινδρο (κατά την έξοδο του ρευστού) είναι τόσο μεγάλη που μπορεί

να προκαλέσει αστοχία στη σφαιρική κεφαλή του εμβόλου η αποχωρισμό της κεφαλής του από την υποδοχή στην οποία εδράζεται (σχήμα 109). Σε αντλίες αξονικών εμβόλων τεθλασμένου άξονα μπορεί να έχουμε ακόμα και λυγισμό της πλάκας συγκράτησης των εμβόλων ή και της πλάκας πίεσης.

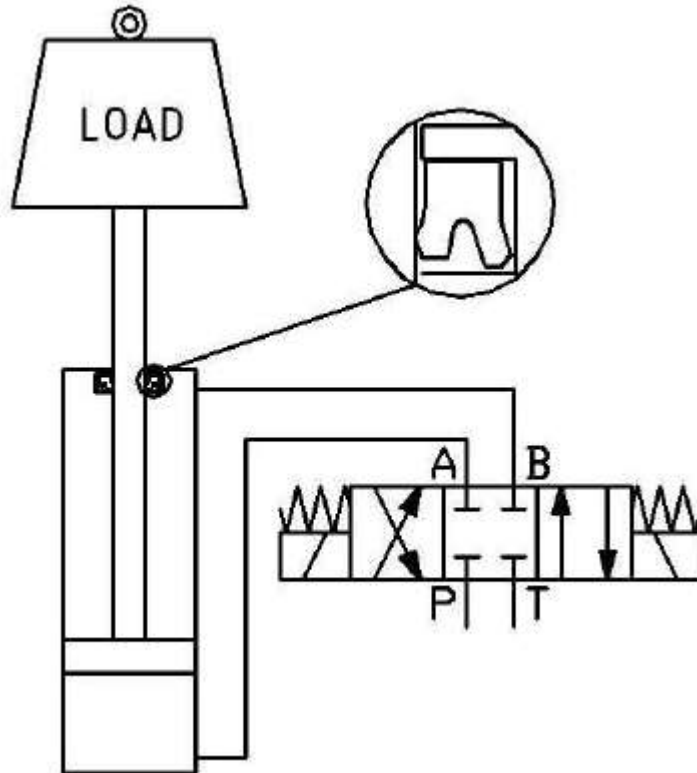


Σχήμα 109. Η υποδοχή αποχωρίζεται από τη σφαιρική κεφαλή του εμβόλου εξαιτίας ανεπαρκούς λίπανσης στον κύλινδρο μέσα στον οποίο ολισθαίνουν τα έμβολα.

Φαινόμενο diesel. Όταν συμπιέζεται ρευστό το οποίο περιέχει αέρα τότε στο μίγμα αέρα/λαδιού μπορεί να γίνει ανάφλεξη(αυτανάφλεξη) και κάψιμο του μίγματος με ανεξέλεγκτο τρόπο. Γίνεται δηλαδή μια έκρηξη στο μίγμα. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο diesel σαν αναφορά στη διαδικασία συμπίεσης που λαμβάνει χώρα σε μια ντιζελομηχανή.

Το Φαινόμενο diesel είναι μια συνήθης αιτία αστοχίας των υδραυλικών κυλίνδρων οι οποίοι είναι προσκείμενοι σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας. Μπορεί να συμβεί όταν ο κύλινδρος δέχεται υπερβολικά φορτία ή η αφαίρεσης αέρα από τον κύλινδρο πριν τη διαδικασία της εκκίνησης είναι ανεπαρκής.

Παρακάτω (σχήμα 110) θα δούμε πως γίνεται η ανεπιθύμητη εισαγωγή του αέρα μέσω των στεγανωτικών στην πλευρά του βάκτρου σε έναν κύλινδρο διπλής ενέργειας.



Σχήμα 110 .Ανεπιθύμητη εισαγωγή του αέρα μέσω των στεγανωτικών στην πλευρά του βάκτρου σε έναν κύλινδρο διπλής ενέργειας.

Όταν ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας υποχωρεί κάτω από την επίδραση του βάρους που έχει το φορτίο του ($A \rightarrow T$, $P \rightarrow B$) το φορτίο μπορεί να επαναφέρει τον κύλινδρο με τέτοιο ρυθμό ώστε να έχει ως αποτέλεσμα ο όγκος του ρευστού που απαιτείται από τη μεριά του βάκτρου να υπερβαίνει τον όγκο ρευστού που τροφοδοτεί /παρέχει η αντλία. Αυτή η κατάσταση κανονικά καταλήγει σε σπηλαιώση. Παρολ αυτά αν δημιουργηθεί κάποιο κενό στην πλευρά του βάκτρου τότε αέρας μπορεί να εισχωρήσει στον κύλινδρο(γεμίζοντας το κενό) αφού πρώτα διαπεράσει τα στεγανωτικά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα περισσότερα στεγανωτικά των βάκτρων έχουν σχεδιαστεί ώστε να κρατάνε ρευστό υψηλής πίεσης μέσα στον κύλινδρο και δεν έχουν σχεδιαστεί για να κρατάνε τον αέρα εκτός κυλίνδρου. Μεταγενέστερη συμπίεση και έκρηξη του ρευστού που περιέχει αέρα μπορεί να βλάψει τον κύλινδρο και να καταστρέψει τα στεγανωτικά του(σχήματα 111,112).



Σχήμα 111. Κατεστραμμένο στεγανωτικό εμβόλου εξαιτίας του φαινομένου diesel



Σχήμα 112. Κύλινδροι με μεγάλη διάμετρο οι οποίοι δέχονται πολύ υψηλές πιέσεις είναι πολύ πιθανό να εμφανίσουν το φαινόμενο diesel

Συμπτώματα:

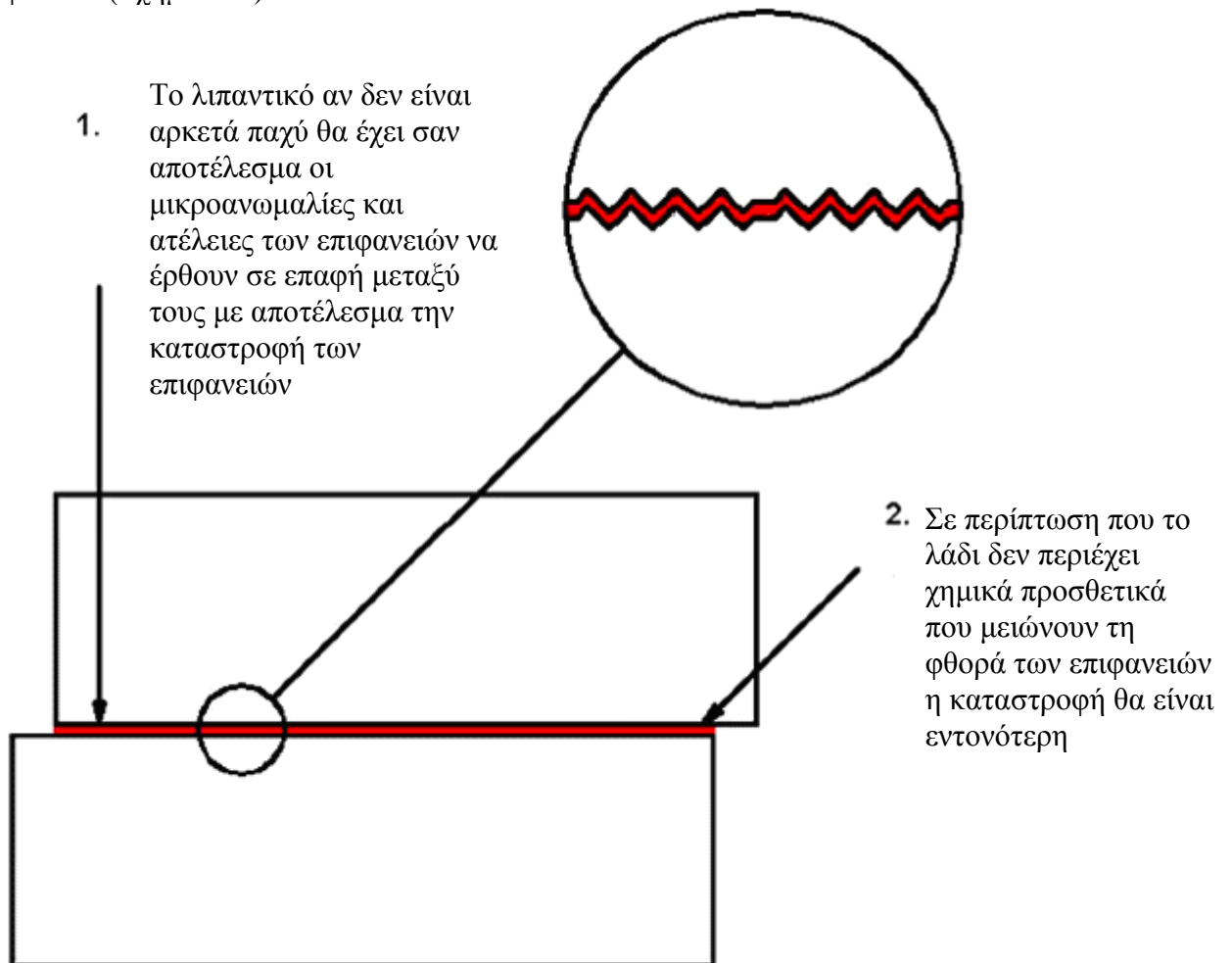
Το ρευστό που περιέχει αέρα προκαλεί ένα παρόμοιο θόρυβο με αυτόν της σπηλαίωσης αντλίες. Ο ελεύθερος αέρας παράγει έναν ανησυχητικό θόρυβο ή κρότο όταν συμπιέζεται ή αποσυμπιέζεται καθώς κυκλοφορεί μέσα στο σύστημα. Άλλα συμπτώματα είναι το άφρισμα του λαδιού, η ακανόνιστη κίνηση των επενεργητών και η υπερθέρμανση.

3. 8 ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

3.8.1 Γενικά

Τα υδραυλικά εξαρτήματα είναι μοναδικά στο να δημιουργούν καταστάσεις ισορροπίας των υδροστατικών δυνάμεων έτσι ώστε να μειώνουν το φορτίο που ασκείται στις συνεργαζόμενες(ολισθαίνουσες) επιφάνειες.

Η μείωση του φορτίου στις επιφάνειες βοηθάει στη διατήρηση του λιπαντικού στρώματος και αποτρέπει τη δημιουργία οριακών συνθηκών λίπανσης . Η κατάσταση των οριακών συνθηκών χαρακτηρίζεται από μείωση του πάχους του λιπαντικού στρώματος και αλληλεπίδραση των μικροανωμαλιών που υπάρχουν στην κάθε μια από τις 2 συνεργαζόμενες επιφάνειες με αποτέλεσμα τη δημιουργία τριβής και φθοράς των επιφανειών(σχήμα 113).

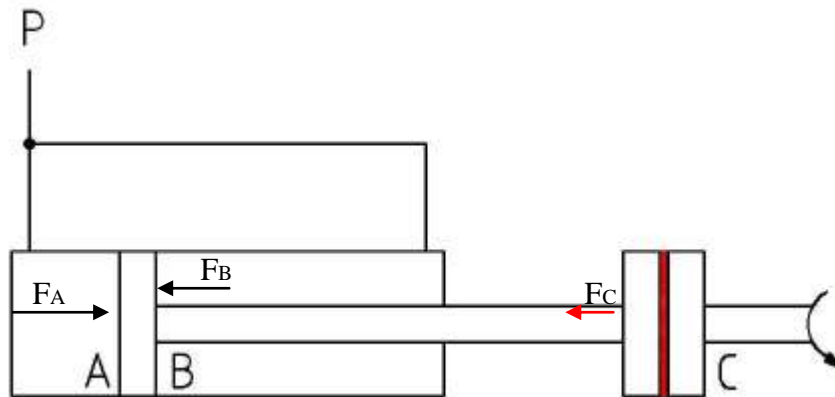


Σχήμα 113. Άμεση επαφή των κινούμενων μεταλλικών τμημάτων εξαιτίας της απώλειας υδροστατικής ισορροπίας

Η υδροστατική δύναμη είναι γινόμενο πίεσης επί επιφάνειας

$$F = P \cdot A$$

Η αντιστάθμιση υδροστατικών δυνάμεων γίνεται με την εφαρμογή ίσων πιέσεων σε συνεργαζόμενες επιφάνειες διαφορετικών διατομών. Ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα(σχήμα 114)με κύλινδρο διπλής ενέργειας.



Σχήμα 114. Υδροστατικά ισορροπημένος κύλινδρος φορτίζει δύο κινούμενες μεταλλικές επιφάνειες.

Θεωρώντας ότι η επιφάνεια B είναι το 80% της A η δύναμη που ασκείται στη λιπαινόμενη επιφάνεια C θα είναι το 20% της δύναμης που εφαρμόζεται στην επιφάνεια A.

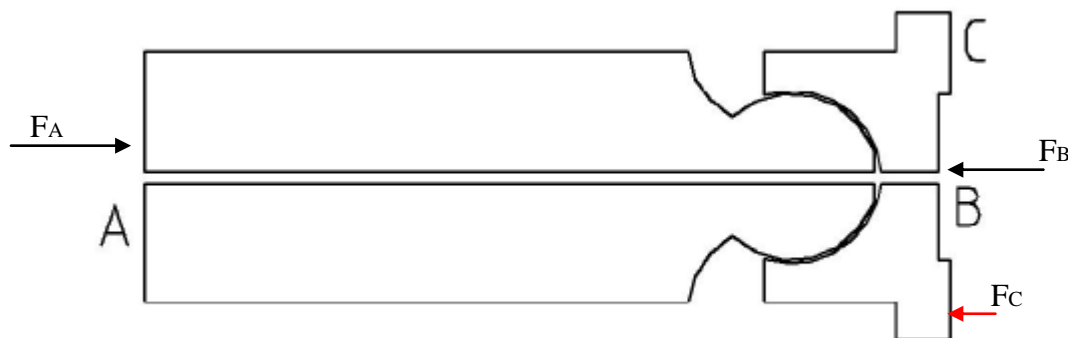
$$F_A = F_B + F_C \rightarrow P \cdot A = P \cdot (0.8 \cdot A) + F_C \rightarrow$$

$$\rightarrow F_C = 0.2 \cdot P \cdot A = 0.2 \cdot F_A$$

Αν χαθεί η υδροστατική ισορροπία δηλαδή για παράδειγμα δεν ασκείται καθόλου πίεση στην επιφάνεια B τότε όλη η δύναμη της επιφάνειας A θα ασκηθεί στη C με αποτέλεσμα το στρώμα του λιπαντικού το οποίο εξαρτάται από την υδροστατική ισορροπία να μειωθεί/ χαθεί και να οδηγήσει στη φθορά των επιφανειών.

3.8.2 Απώλεια υδροστατικής ισορροπίας σε αντλίες

Ας δούμε τι μπορεί να προκαλέσει η απώλεια υδροστατικής ισορροπίας στα έμβολα μίας αξονικής αντλίας(σχήμα.115)



Σχήμα 115. Έμβολο αντλίας μέσα στον υποδοχέα του ο οποίος εδράζεται στην πλάκα συγκράτησης των εμβόλων(swash plate)

Η επιφάνεια A εκτίθεται στην πίεση P του συστήματος κατά την έξοδο ρευστού(αντλία) η κατά την είσοδο του(κινητήρας) και η δύναμη αυτή μεταφέρεται στις λιπαινόμενες επιφάνειες του υποδοχέα της σφαιρικής κεφαλής του εμβόλου και της πλάκας συγκρατήσης των εμβόλων(C). Το ρευστό με την πίεση του συστήματος P περνάει μέσα από μια μικρή οπή διαμέσου του εμβόλου και επιδρά στην επιφάνεια B η οποία είναι η επιφάνεια αντιστάθμισης της δύναμης της επιφάνειας A. Η επιφάνεια B εκτίθεται και αυτή σε πίεση P διαμέσου της οπής.

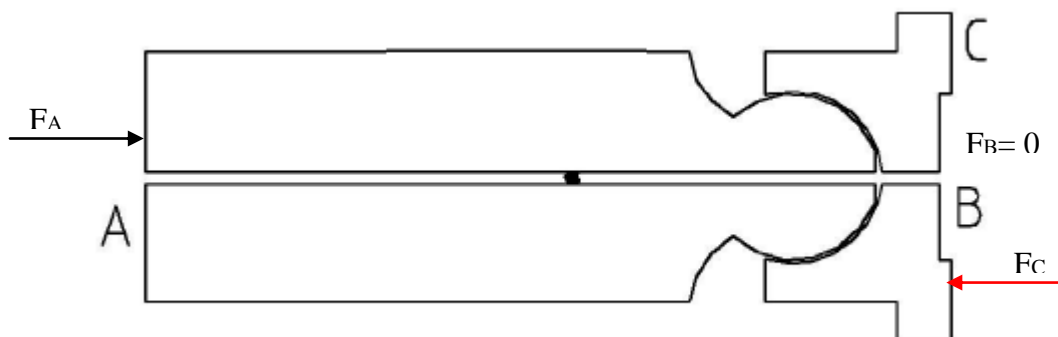
Αν η επιφάνεια B είναι το 50% της A και η C το 140% της A ισχύει

$$F_A = F_B + F_C \rightarrow P \cdot A = P \cdot (0.5 \cdot A) + P_C \cdot (1.4 \cdot A) \rightarrow$$

$$\rightarrow P_C = 0.36P$$

Αυτή είναι η πίεση που πρέπει να υπάρχει μεταξύ πλάκας και υποδοχέα έτσι ώστε να διατηρείται η υδροστατική ισορροπία και να μην υπάρχει πρόβλημα στο λιπαντικό στρώμα.

Αν κάποιο σωματίδιο ρυπαντή εισχωρήσει στην τρύπα του εμβόλου από την οποία περνάει το ρευστό η πίεση που επιδρά στην επιφάνεια B θα μηδενιστεί αφού δεν υπάρχει ρευστό υπό πίεση στη B(σχήμα 116)



Σχήμα 116. σωματίδιο ρυπαντή φράζει την οπή του εμβόλου από την οποία περνάει το ρευστό

$$F_A = F_C \rightarrow P \cdot A = P_C \cdot (1.4 \cdot A) \rightarrow$$

$$\rightarrow P_C = 0.71P$$

Όλη δηλαδή η δύναμη από το A μεταφέρεται στο C με αποτέλεσμα το λιπαντικό στρώμα να μειώνεται και να πιάζεται και οι τριβόμενες επιφάνειες και τα έμβολα να φθείρονται(σχήμα 117).

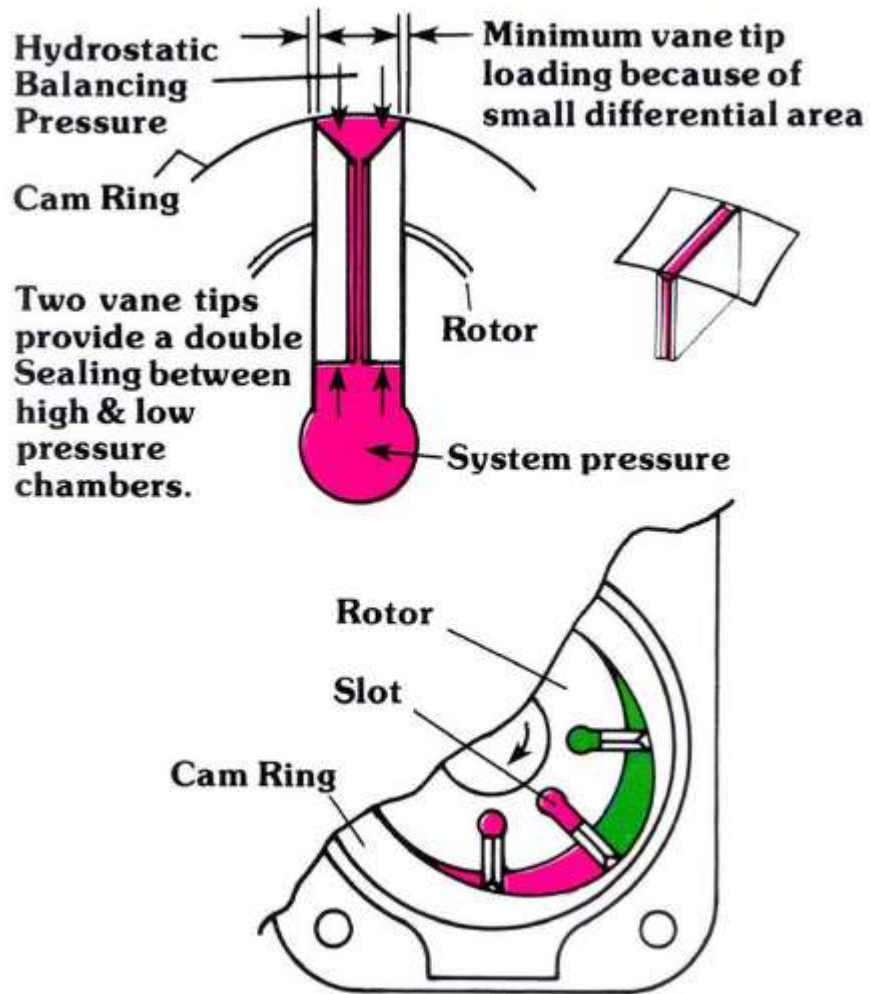


Σχήμα 117. Καταστροφή της υποδοχής του εμβόλου από έλλειψη υδροστατικής ισορροπίας

Πτερυγοφόρες αντλίες /κινητήρες

Σε πτερυγοφόρες αντλίες τα πτερύγια κρατώνται σε επαφή με τον έκκεντρο δακτύλιο κατά την έξοδο του ρευστού με την πίεση του συστήματος η οποία ασκείται στη βάση του πτερυγίου. Την ίδια στιγμή η εκκεντρότητα του δακτυλίου προσπαθεί να ωθήσει μηχανικά το πτερύγιο μέσα το ρότορα του. Αν η πίεση η οποία ασκείται στη βάση του πτερυγίου γίνει υπερβολική το λιπαντικό στρώμα μεταξύ άκρης πτερυγίου –δακτυλίου θα διαταραχθεί και θα έχουμε φθορά και των δύο επιφανειών

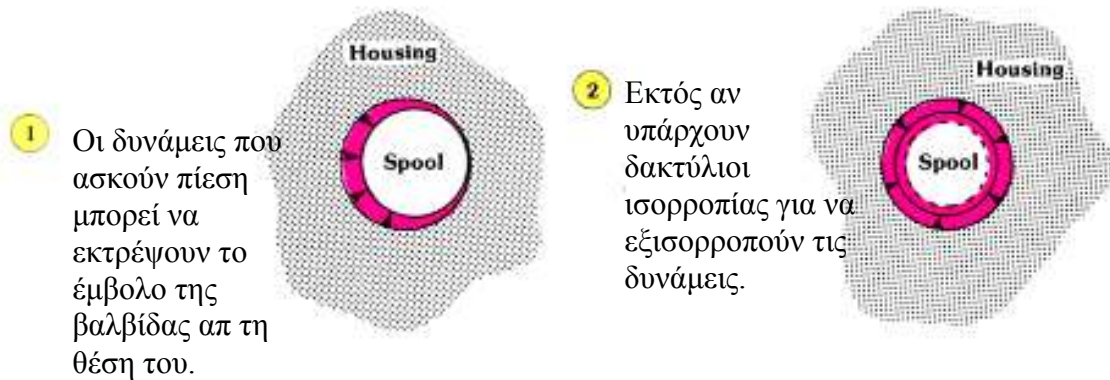
Μια πτερυγοφόρος αντλία με διπλό πτερύγιο επιτρέπει την ισορροπία των υδροστατικών δυνάμεων καθώς φορτίζεται η άκρη του πτερυγίου. Χρησιμοποιώντας δύο πτερύγια σε κάθε υποδοχή του ρότορα μια επιφάνεια ισορροπίας δημιουργείται στην άκρη των πτερυγίων. Δημιουργείται μια δύναμη αντιστάθμισης, της δύναμης που προέρχεται από την πίεση λειτουργίας και ασκείται στην βάση του πτερυγίου. Αυτή η δύναμη ισορροπίας βελτιστοποιεί τη φόρτιση της άκρη των πτερυγίων και συγκρατεί το λιπαντικό στρώμα για ένα μεγάλο εύρος εφαρμοζόμενων πιέσεων λειτουργίας(σχήμα 120).



Σχήμα 120. Εξασφάλιση υδροστατικής ισορροπίας σε περνογιοφόρο αντλία με διπλά πτερύγια

3.8.3 Απόλεια υδροστατικής ισορροπίας στα έμβολα βαλβίδων

Τα έμβολα της βαλβίδας κατευθύνσεως μπορεί να χάσουν την υδροστατική τους ευστάθεια και το έμβολο να αναγκαστεί να πάει προς τη μία μεριά της βαλβίδας. Αυτό αποφεύγεται με τη χρήση δακτυλίων groover οι οποίοι κρατάνε το έμβολο στη θέση του (σχήματα 118,119).



Σχήμα 118. Απόλεια υδροστατικής ισορροπίας σε ολισθαίνον έμβολο βαλβίδας



Σχήμα 119. Δακτύλιοι στο έμβολο που βοηθούν στην διατήρηση της υδροστατικής ισορροπίας

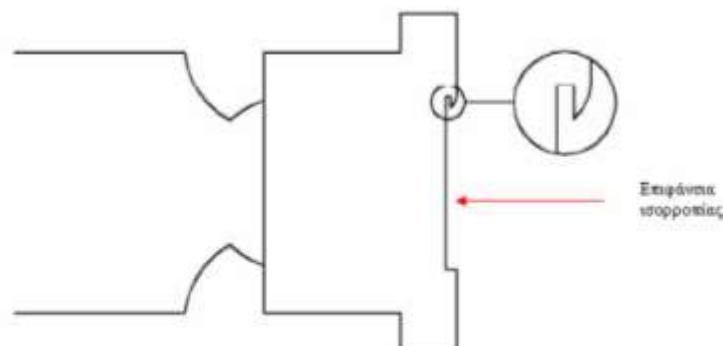
3.8.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την υδροστατική ισορροπία

Επειδή όπως είπαμε προηγουμένως η υδροστατική δύναμη είναι το γινόμενο πίεσης επί επιφάνειας οποιαδήποτε επίδραση είτε στην πίεση είτε στην επιφάνεια μπορεί να

επιρεάσει την υδροστατική ισορροπία. Είχαμε δει προηγουμένως την απώλεια ισορροπίας εξαιτίας ενός ρυπαντή που φράκαρε την οπή του εμβόλου.

Η ισορροπία όμως μπορεί να επηρεαστεί από την αλλαγή του εμβαδού της επιφάνειας στην οποία εφαρμόζεται η πίεση ισορροπίας ή από μείωση της πίεσης ισορροπίας. Η αλλαγή στην επιφάνεια μπορεί να έχει προκληθεί από φθορά, διάβρωση κλπ.

Για να γίνουν αυτά πιο κατανοητά έστω ότι έχουμε την επιφάνεια ολίσθησης ενός υποδοχέα αξονικών εμβόλων (σχήμα 121). Η εσωτερική επιφάνεια του υποδοχέα είναι αυτή που δέχεται το υπό πίεση ρευστό. Αν αυτή η επιφάνεια παραμορφωθεί προκαλείται τοπική επαφή μεταξύ του υποδοχέα και πλάκας συγκράτησης. Αυτό προκαλεί φθορά στην επιφάνεια του υποδοχέα πάνω στην οποία σχηματίζονται ομόκεντροι κύκλοι σαν μανιτάρι. Αυτή η αλλαγή στην επιφάνεια τείνει να αυξήσει την υδροστατική δύναμη καθώς και το φορτίο στη λιπαινόμενη επιφάνεια υποδοχέα-πλάκας. Όταν προκύψει αυτή η κατάσταση η υδροστατική ισορροπία χάνεται και ο υποδοχέας του εμβόλου αστοχεί (σχήμα 122).



Σχήμα 121 Δημιουργία περιοχών με τη μορφή μανιταριού μειώνουν το εμβαδόν της επιφάνειας ισορροπίας



Σχήμα 122. Φθορά υποδοχέα από την έλλειψη υδροστατικής ισορροπίας

Η ολισθαίνουσα επιφάνεια υποδοχέα- πλάκας δρα σαν στεγανωτικό για την υδροστατική πίεση που επιφέρει την ισορροπία. Αν αυτή η επιφάνεια γδαρθεί υπερβολικά σαν αποτέλεσμα 3 body abrasion.(σχήμα.123).Έτσι έχουμε διαρροή ρευστού από την επιφάνεια ισορροπίας και πτώση πίεσης στη επιφάνεια αυτή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της δύναμης αντιστάθμισης που επιφέρει την υδροστατική ισορροπία και την αύξηση του συνολικού φορτίου στις ολισθαίνουσες επιφάνειες πλάκας- υποδοχέα. Όταν η υδροστατική ισορροπία χαθεί εντελώς ο υποδοχέας των εμβόλων αστοχεί από το μεγάλο φορτίο που ασκείται πάνω του.



Σχήμα 123. Έντονες εκδορές σε υποδοχέα κεφαλής εμβόλου

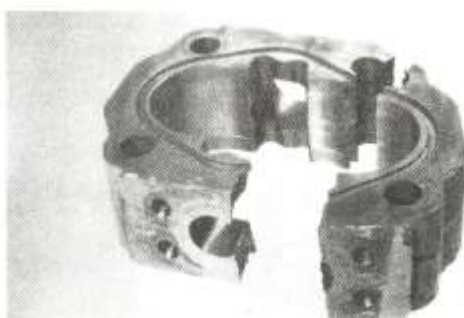
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΒΛΑΒΕΣ ΑΝΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑ

4.1 ΒΛΑΒΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΟΥΜΕ ΣΤΙΣ ΑΝΤΛΙΕΣ

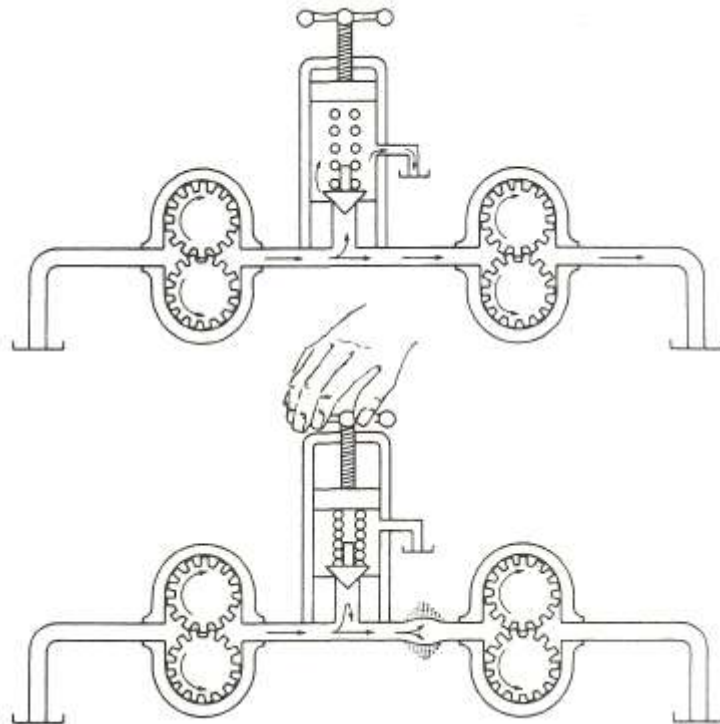
Οι σημαντικότερες αιτίες στις οποίες οφείλονται οι βλάβες των αντλιών είναι το υδραυλικό κρουστικό κύμα (hydraulic shock), η ρύπανση του λαδιού, υπερβολική θερμοκρασία και πίεση, η σπηλαιώση και κακομεταχείριση των αντλιών από το χειριστές. Εφόσον τις περισσότερες φορές κάποιο από τα παραπάνω συμπτώματα μπορεί να προκαλέσει το άλλο ο συντηρητής του συστήματος δεν θα πρέπει μόνο να αντικαταστήσει την χαλασμένη αντλία αλλά θα πρέπει να ψάξει να βρει τη ρίζα του προβλήματος η οποία μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε αλλού στο σύστημα.

Το υδραυλικό κρουστικό κύμα είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που προκαλούν βλάβη σε μια αντλία και σχετίζεται με την υπερπίεση του συστήματος. Μια πηγή υδραυλικού κύματος στο σύστημα μπορεί να είναι μια κατεστραμμένη ή λανθασμένα ρυθμισμένη ανακουφιστική βαλβίδα. Για παράδειγμα αν η βαλβίδα είναι ρυθμισμένη σε μεγάλη πίεση και ανοίγει αργά, αναπτύσσονται ακαριαία υπερβολικές πιέσεις το σύστημα. Έπειτα είναι πολύ πιθανό αυτή η αύξηση της εσωτερικής πίεσης του συστήματος να υπερβεί τα σχεδιαστικά όρια της βαλβίδας η ακόμη και να φτάσει στην πίεση σπασίματος κάποιων εξαρτημάτων του συστήματος η ακόμα και της ίδιας της αντλίας (σχήμα 124).



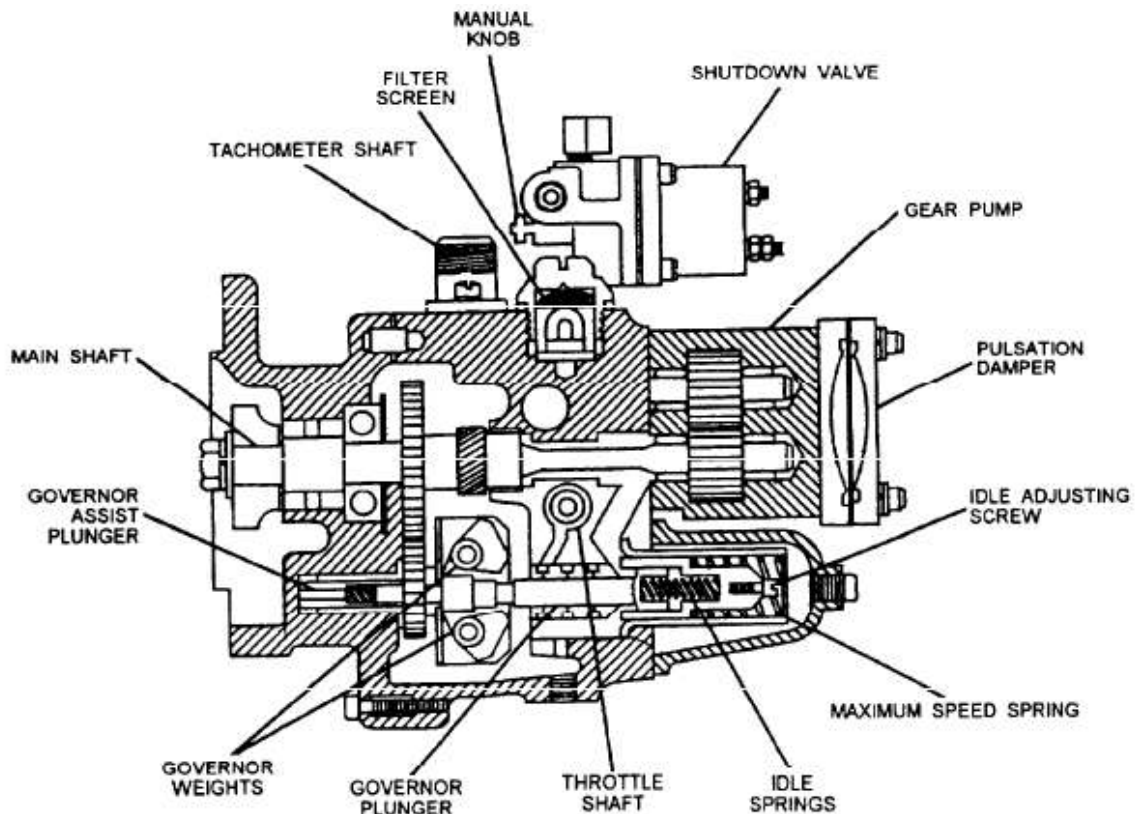
Σχήμα 124. Σπάσιμο του κελύφους μιας γραναζωτής αντλίας εξαιτίας προβληματικής λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας ή κακής ρύθμισης της.

Υπάρχουν και άλλα εξαρτήματα του συστήματος που θα μπορούσαν να προκαλέσουν πρόβλημα στην ανακουφιστική βαλβίδα όπως (ελαστικές) σωληνώσεις μικρών διαστάσεων ή κακή συναρμολόγηση στο κάτω μέρος της βαλβίδας ώστε να εμποδίζεται η ροή ρευστού. Μια γρήγορη αλλαγή της θέσης της βαλβίδας κατευθύνσεως και σταμάτημα ενός μεγάλου φορτίου μπορεί να προσθέσουν επιπλέον ένταση/ καταπόνηση στην ανακουφιστική βαλβίδα και την αντλία, ειδικά αν η ανακουφιστική έχει ρυθμιστεί πολύ πάνω από τα σχεδιαστικά όρια. Πολλοί χειριστές αυξάνουν την ένταση του ελατηρίου της ανακουφιστικής βαλβίδας κάτω από τη λανθασμένη αντίληψη ότι βελτιώνουν την απόδοση της μηχανής αυξάνοντας την υδραυλική πίεση (σχήμα 125). Με αυτόν τον τρόπο προφανώς προκαλείται αύξηση θερμότητας του συστήματος, αυξάνεται η πιθανότητα δημιουργίας κρουστικού κύματος και είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε πρόωρη βλάβη της αντλίας.



Σχήμα 125. Η αντλία μεταφέρει ρευστό στο φορτίο το οποίο μετακινείται μέσω ενός γραναζωτού υδραυλικού κινητήρα. Ρευστό θα περάσει από την ανακουφιστική βαλβίδα στη δεξαμενή αν η ο υδραυλικός κινητήρας αυξήσει τα επίπεδα πίεσης. Αν η ανακουφιστική ρυθμιστεί χωρίς να λάβουμε υπόψη του περιορισμούς του κυκλώματος θα προκληθούν βλάβες σε διάφορα εξαρτήματα όπως στην αντλία τον κινητήρα και τις σωληνώσεις.

Μια άλλη πρακτική που λανθασμένα εφαρμόζεται είναι η επαναρρύθμιση (reset) της στραγγαλιστικής /ασφαλιστικής βαλβίδας (governor) από του τεχνικούς ώστε να επιτύχουν καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη θερμότητας και πρόωρη καταστροφή της αντλίας. Η βαλβίδα αυτή ρυθμίζει την ταχύτητα της αντλίας. Αν η αντλία φορτίζεται παραπάνω απ τα προδιαγραφόμενα όρια θα αρχίσει να λειτουργεί με μικρότερη ταχύτητα ή ακόμα μπορεί και να σταματήσει. Οι governors ελέγχουν την ποσότητα ρευστού που κατευθύνεται στους κυλίνδρους/ γρανάζια και την ταχύτητα τους (σχήμα 126).

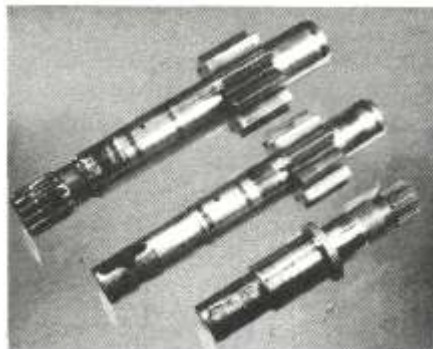


Σχήμα 126. Παράδειγμα γραναζωτής αντλίας με ασφαλιστική βαλβίδα (governor)

Όταν η διάταξη αυτή πάει να μειώσει την ταχύτητα και την πίεση της αντλίας την απορυθμίζουν(reset).

Υπερβολική λειτουργία της αντλίας μεταφράζεται σε φθορά και αυτό τελικά προκαλεί βλάβες. Έτσι στη συνέχεια η αντλία αντικαταθίσταται από μια καινούργια η οποία θα έχει μικρές εργοστασιακές χάρες και αν η ανακουφιστική βαλβίδα δεν ελεγχθεί οι ίδιες συνθήκες που προκάλεσαν βλάβη στην πρώτη αντλία θα υπερφορτώσουν και την καινούργια απ την αρχή.

Η ανικανότητα της ανακουφιστικής να λειτουργήσει σωστά προκαλεί αστοχίες σε στις ελαστικές σωληνώσεις και στους συνδέσμους. Σπάσιμο στην άτρακτο κίνησης της αντλίας(σχήμα 127) η στο κουζινέτο των γραναζιών μπορεί να προκύψει αμέσως μετά την εγκατάσταση μιας νέας αντλίας.



Σχήμα 127. Η πρώτη άτρακτος δεν ήταν καλά ευθυγραμμισμένη και καταστράφηκε από τον συμπλέκτη. Η δεύτερη άτρακτος καταστράφηκε επειδή ξέχασαν να βάλουν την ασφαλιστική σφήνα στη σύνδεση με τον κινητήρα. Η τρίτη άτρακτος φορτίστηκε πάνω από τα όρια ασφαλείας.

Υπερβολική πίεση στο υδραυλικό σύστημα μπορεί να προκληθεί από υπερφόρτωση του συστήματος ή από την λειτουργία του σε ταχύτητες και ισχύς πέρα από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Η επιπρόσθετη πίεση αυξάνει τις πιθανότητες διαρροής στις συνδέσεις στα στεγανωτικά των ατράκτων και στις στεγνωτικές τσιμούχες που βρίσκονται στα άκρα των κυλίνδρων. Η διαρροή αυτή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της απόδοσης του συστήματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί πτώση του ιξώδους του λαδιού το οποίο γίνεται έτσι πιο ευάλωτο σε οξείδωση και ευνοεί τη διάβρωση και τις υπερβολικές διαρροές.

Η διάσπαση του υδραυλικού λαδιού που λειτουργεί σε υψηλές θερμοκρασίες μειώνει την ικανότητα λίπανσης σε επιφάνειες μεγάλων ανοχών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να την ανάπτυξη μεγάλων φορτίων και τριβών μεταξύ συνεργαζόμενων επιφανειών αλλά και των μερών της αντλίας και τελικό αποτέλεσμα τη φθορά τους(σχήμα 128).



Σχήμα 128. Διαβρωμένη πλάκα οδοντωτής αντλίας από μολυσμένο υδραυλικό ρευστό το οποίο μετακινούσαν τα δόντια των γραναζιών.

Ένα άλλο πρόβλημα των αντλιών είναι η ανεπαρκής παροχή ρευστού ή η ανικανότητα επίτευξης της αιτούμενης πίεσης λειτουργίας.

Η απαιτούμενη πίεση δεν μπορεί να επιτευχθεί διότι:

- Η πίεση της ανακουφιστικής είναι ρυθμισμένη πολύ χαμηλά.
- Το ρευστό παρακάμπει το κύκλωμα και κατευθύνεται πίσω στη δεξαμενή.
- Τα πτερύγια κολλάνε στην πτερυγιοφόρο αντλία εξαιτίας μεταλλικών σωματιδίων ή μολυσμένου λαδιού.
- Η αντλία λειτουργεί αργά εξαιτίας της διαρροής λαδιού κάπου στο σύστημα. Αν το φορτίο μετακινείται δεν θα παρατηρήσουμε πτώση της πίεσης παρά μόνο αύξηση της θερμότητας.
- Διαρροή από τα στεγανωτικά ή τη διάταξη του στιπιοθλίπτη (αν υπάρχει).
- Σπασμένο ελατήριο της ανακουφιστικής βαλβίδας την κάνει να ανοίγει με την παραμικρή πίεση.

Η αντλία δεν μεταφέρει ρευστό.

Αυτό μπορεί να οφείλεται σε:

- Λανθασμένη περιστροφή της αντλίας επειδή ο κινητήρας περιστρέφεται στην αντίθετη κατεύθυνση απ' ό,τι χρειάζεται η αντλία για να μεταφέρει ρευστό.
- Χαμηλή στάθμη λαδιού στη δεξαμενή η οποία ευνοεί επίσης την είσοδο αέρα στο ρευστό και την δημιουργία σπηλαίωσης.
- Φραγμένο φίλτρο αναρρόφησης .

- Σπασμένη κεφαλή του φίλτρου από προηγούμενη υπερπίεση έτσι ώστε τώρα το ρευστό να διαρρέει εξωτερικά.
- Φραγμένη γραμμή αναρρόφηση από σωματίδια η κάτι ακόμα πιο ύπουλο όπως κάποια αδιάτρητη φλάντζα στη γραμμή αναρρόφησης.
- Η αντλία είναι συνδεδεμένη με τον ηλεκτρικό κινητήρα αλλά η σφήνα σύνδεσης δεν έχει τοποθετηθεί .Αρα ενώ ο άξονας του κινητήρα περιστρέφεται δε συμβαίνει το ίδιο με την άτρακτο της αντλίας.
- Το κέλυφος της αντλίας είναι χαλαρά σφικμένο.
- Το ιξώδες του λαδιού είναι μεγαλύτερο απ ότι πρέπει
- Κολλημένη ανακουφιστική βαλβίδα στην ανοιχτή θέση με αποτέλεσμα τη συνεχή εκτόνωση ρευστού στη δεξαμενή.
- Είσοδος αέρα στην γραμμή εισόδου εξαιτίας χαλαρής σύσφιξης των συνδέσεων
- *Ειδική περίπτωση.* Υπάρχουν βαλβίδες στην αναρρόφηση η την κατάθλιψη οι οποίες ενώ είναι αριστερόστροφες να ανοίγουν κατά τη φορά του ρολογιού(δεξιόστροφα δηλαδή!!).Αν κάποιος τη στρέψει αριστερόστροφα θεωρώντας ότι έτσι ανοίγουν αυτές θα έκλειναν και θα διέκοπταν την παροχή ρευστού.

Υπερβολική παροχή στο σύστημα

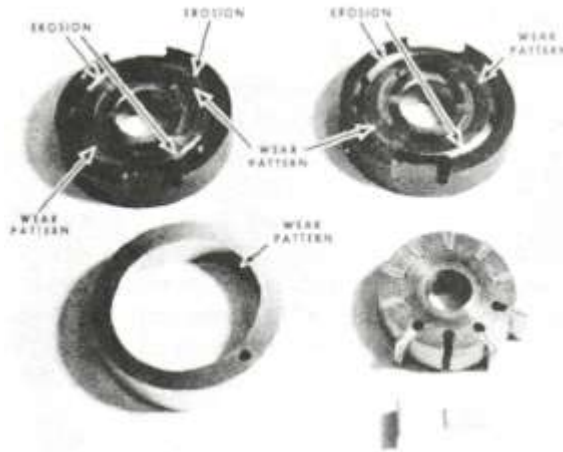
- Υψηλά ρυθμισμένη η ανακουφιστική.
- Λανθασμένη επιλογή αντλίας όσον αφορά την παροχή ρευστού και την ισχύ της.
- Κινητήρας και αντλία στρέφονται με πολλές rpm.

Ανεπαρκής παροχή στο σύστημα

- Χαμηλό ιξώδες λαδιού.
- Χαμηλή ταχύτητα περιστροφής αντλία-κινητήρα.
- Λανθασμένη περιστροφή
- Κάλυψη φίλτρου με στερεά υλικά ή άμμο
- Ύπαρξη αέρα στη γραμμή αναρρόφησης. Η αντλία αντί να αναρροφά μόνο ρευστό αναρροφά και αέρα

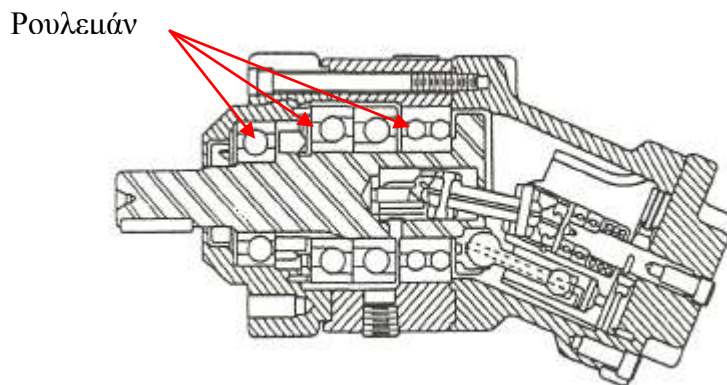
Καθόλου πίεση

Η αντλία δεν δημιουργεί πίεση αλλά παροχή ρευστού. Η πίεση προκαλείται σαν αντίσταση στην παροχή. Χαμηλή πίεση σημαίνει μικρή αντίσταση στην παροχή. Αν το φορτίο δεν κινείται προφανώς το λάδι έχει βρει έναν πιο εύκολο δρόμο πίσω στη δεξαμενή μέσω κάποιας διαρροής Αλλά για να έχουμε πτώση της πίεσης έως και μηδέν θα πρέπει **όλη** η παροχή της αντλίας να διαρρέει από κάπου. Η πτώση πίεσης και η απώλεια απόδοσης της αντλίας γίνονται σταδιακά καθώς η αντλία φθείρεται(σχήμα 129) .Όπως επίσης σταδιακά μειώνεται και η ταχύτητα του επενεργητή. Επίσης μπορεί οι γραμμή αναρρόφησης η ή επιστροφής να είναι σπασμένες και να χάνεται το ρευστό.



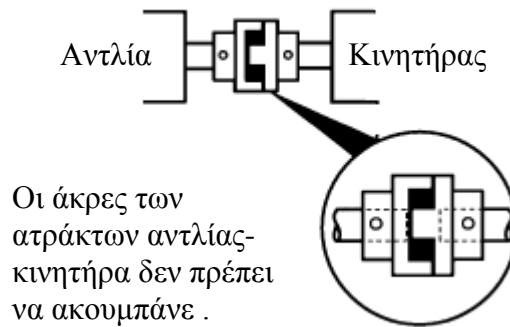
Σχήμα 129. Φθορά και διάβρωση σε εξαρτήματα μιας περυσιοφόρου αντλίας. Στα σημεία φθοράς μπορεί να αναπτυχθεί διαρροή ρευστού και απώλεια πίεσης

Βλάβη στα ρουλεμάν της αντλίας



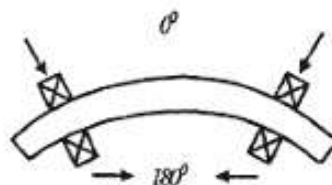
Σχήμα 130. Τομή εμβολοφόρου αντλίας κεκλιμένου άξονα

- Κακή τοποθέτηση του ελαστικού συνδέσμου/ συμπλέκτη κατά την εγκατάσταση της αντλίας (σχήμα. 131). Πολλές αντλίες δεν μπορούν να αντέξουν φορτία που ασκούνται στο άκρο της ατράκτου τους. Γι αυτό κατά την τοποθέτηση του συνδέσμου **δεν** θα πρέπει να βρίσκονται σε επαφή το άκρο της ατράκτου της αντλίας και το άκρο της ατράκτου του κινητήρα.



Σχήμα 131. Ο τρόπος με το ν οποίο πρέπει να γίνεται η τοποθέτηση ελαστικού συνδέσμου μεταξύ αντλίας-κινητήρα

- Άσκηση πλευρικών φορτίων στη άτρακτο της αντλίας ή άσκηση καμπτικών φορτίσεων. Πολλές αντλίες δεν έχουν σχεδιαστεί ώστε ν α χειρίζονται τέτοιου είδους φορτία.
- Υπερφόρτιση ή υπερβολικά κρουστικά φορτία ασκούνται στα ρουλεμάν.
- Το ρευστό μεταφέρει σωματίδια μεταλλικά και μη παρεμβάλλονται στα ρουλεμάν και τα φθείρουν. Η κίνηση μικρών σωματιδίων μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία μικροσκοπικών εσοχών στο δακτύλιο του ρουλεμάν.
- Κακή ευθυγράμμιση ατράκτου αντλίας -κινητήρα. Κακή παράλληλη ευθυγράμμιση προκαλεί διάτμηση και καμπτική ροπή στα άκρα των ατράκτων Αν στο ρουλεμάν μας διαπιστώσουμε ίχνη πάνω στον σταθερό δακτύλιο τα οποία δεν εμφανίζονται κάθετα αλλά διαγώνια στην αξονική κατεύθυνση τότε αυτό είναι ένδειξη λανθασμένης ευθυγράμμισης.
- Η άτρακτος της αντλίας είναι λυγισμένη.



Σχήμα 132 Κάμψη άξονα αντλίας

- Ελαττωματική έδραση των ρουλεμάν στον άξονα της αντλίας και τις φωλιές των ρουλεμάν.
- Κακή συναρμογή μεταξύ αξόνων και εδράσεων των ρουλεμάν.
- Ακατάλληλη συναρμογή μεταξύ αξόνων και εδράσεων.
- Το υδραυλικό λάδι –λιπαντικό των ρουλεμάν δεν είναι συμβατό μετά ρουλεμάν της αντλίας-υδραυλικού κινητήρα. Δεν έχει για παράδειγμα το σωστό ιξώδες. Αναπόφευκτα, οποιοδήποτε ρουλεμάν δεν λιπαίνεται σωστά, καταστρέφεται πολύ γρηγορότερα από την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του.
- Πολύ συχνά, τα πρώτα αποτελέσματα της κόπωσης των ρουλεμάν, λόγω διατμητικών τάσεων, παρουσιάζονται κυκλικά κάτω από την επιφάνεια φόρτισης αυτών. Με την πάροδο του χρόνου, οι τάσεις αυτές δημιουργούν ρωγμές οι οποίες προχωρούν μέχρι την επιφάνεια. Κάθε φορά που τα στοιχεία κύλισης των ρουλεμάν έρχονται σε επαφή με αυτές τις ρωγμές απομακρύνονται θραύσματα . Η θραύση αυξάνεται σταδιακά και

τελικά το ρουλεμάν γίνονται ακατάλληλα .Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά χρονοβόρα και οι ενδείξεις της είναι ο αυξημένος θόρυβος και οι κραδασμοί.

- Η φθορά της εξωτερικής διαμέτρου του κλωβού εξαιτίας της τριβής του με τον εξωτερικό δακτύλιο του ρουλεμάν, υποδεικνύει μεγάλη ταχύτητα περιστροφής της αντλίας.
- Οι τριβείς μπορεί να υπερθερμανθούν λόγω ακατάλληλης λίπανσης ή υπερβολικών ακτινικών φορτίων που ασκούνται στα περιστρεφόμενα τμήματα.

Έλεγχος της απόδοσης των φίλτρων .Πολλά υδραυλικά συστήματα περιλαμβάνουν βαλβίδες παράκαμψης για να επιτρέψουν την παροχή λαδιού όταν το φίλτρο βουλώνει.Η υδραυλική αντλία όμως τότε συνεχίζει να λειτουργεί και το λαδί που περνάει από μέσα της μεταφέρει ρυπαντές .Αν δε ληφθούν άμεσα μέτρα η αντλία καθώς και άλλα εξαρτήματα πολύ σύντομα θα υποστούν φθορά.



Σχήμα 133. Ένα μεγάλο και σκληρό κομμάτι κάποιου υλικού το οποίο βρισκόταν σαν ρυπαντής στο υδραυλικό λαδί κατέστρεψε ολοκληρωτικά τα δόντια των γραναζιών μιας γραναζωτής αντλίας.

Οι ρυπαντές που κυκλοφορούν στο ρευστό διαβρώνουν και καταστρέφουν τις πλάκες πίεσης των αντλιών (σχήμα 134). Σε γραναζωτή αντλία η πλοκές πίεσης βρίσκονται μεταξύ των γραναζιών και κρατιόνται σ' αυτή τη θέση από την πίεση του ρευστού που εκτονώνεται .Παρέχουν στήριξη και στεγάνωση στα γρανάζια .Όσο όμως συνεχίζεται η διάβρωση τους και η φθορά του από τους ρύπους του ρευστού η απόδοση της αντλίας πέφτει.



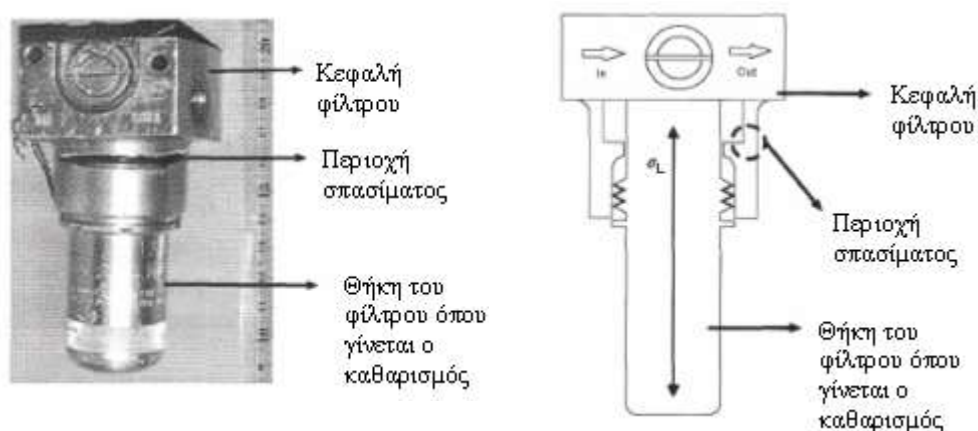
Σχήμα 134. Τραχιά πετραδάκια/ χαλίκια καταστρέφουν και την πλάκα πίεσης και τη γραναζωτή αντλία στην οποία ανήκουν.

Σπάσιμο της κεφαλής του φίλτρου

Σε περίπτωση που η πίεση που ασκηθεί στο φίλτρο είναι μεγαλύτερη από την προδιαγραφόμενη τιμή τότε η διαμήκης τάση που εφαρμόζεται :

$$\sigma_L = \frac{p(\text{πίεση}) \cdot r(\text{ακτίνα} \text{ _ κεφαλής})}{2 \cdot t(\text{πάχος} \text{ _ τοιχώματος})}$$

θα αυξηθεί πολύ και αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα την αστοχία της κεφαλής του φίλτρου όπως φαίνεται στο σχήμα 135



Σχήμα 135. Παράδειγμα κεφαλή φίλτρου που έχει αστοχήσει

Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα υπερβολική διαρροή .Η παροχή του συστήματος θα είναι χαμηλή , θα έχουμε και πτώση πίεσης στο σημείο της διαρροής αλλά και γενικότερα πτώση της πίεσης λειτουργίας του συστήματος

Το κέλυφος της αντλίας σπάει στην εκκίνηση ή το σταμάτημα

Η βλάβη αυτή έχει ως πιθανή μοναδική αιτία το υδραυλικό πλήγμα το οποίο, όπως αποδεικνύεται ,με τις δυνάμεις που αναπτύσσει μπορεί ακόμα και να σπάσει το κέλυφος.

Το κέλυφος (ή το περιστρεφόμενο τμήμα) της αντλίας έχει μικρή διάρκεια ζωής

Μια πολύ πιθανή αιτία αυτού του προβλήματος είναι η διάβρωση του κελύφους. Η διάβρωση μπορεί να προκληθεί από

- Χημική αλληλεπίδραση του υλικού με το αντλούμενο υγρό.
- Από σπηλαιώση.
- Από απόξεση υλικού από στερεά σωματίδια που πιθανώς περιέχονται στο ρευστό.

- Από ηλεκτροχημική διάβρωση λόγω των ηλεκτροχημικών δυναμικών από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα τμήματα της αντλίας που έρχονται σε επαφή με το ρευστό.
- Κόπωση από θερμική κρούση
- Υπερβολικά υψηλές θερμοκρασίες
- Υψηλές τάσεις που προέρχονται από σωληνώσεις
- Τροφοδότηση θερμού λαδιού σε κρύα αντλία με αποτέλεσμα την δημιουργία θερμικού σοκ στο κέλυφος της αντλίας.

Θερμικό shock

Ζεστό λάδι δε θα πρέπει ποτέ να εισάγεται σε κρύα αντλία διότι αλλιώς η αντλία θα υποστεί θερμικό σοκ ειδικά το χειμώνα.

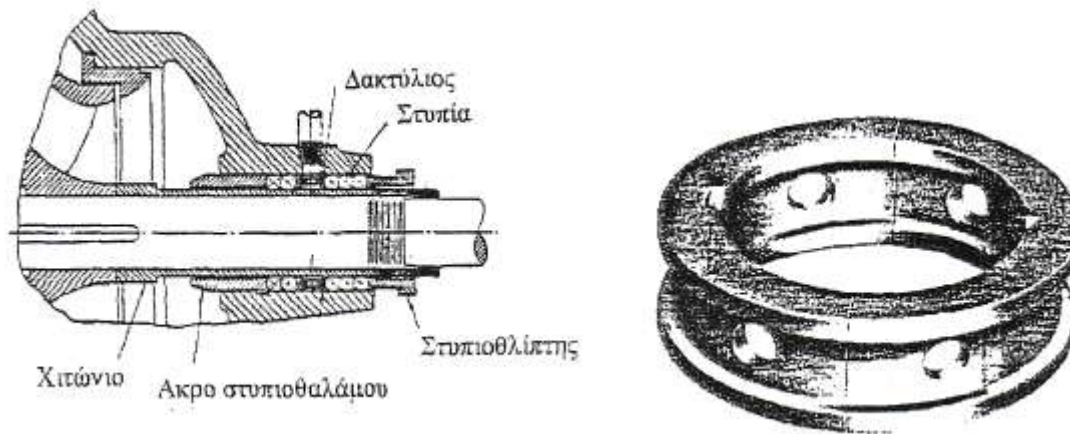
Όταν υπάρχει σημαντική διαφορά στη θερμοκρασία μεταξύ ενός υδραυλικού εξαρτήματος και του ρευστού που το τροφοδοτεί τότε πολύ γρήγορα δημιουργείται τοπική θέρμανση στα εσωτερικά μέρη τα οποία απαρτίζουν το εξάρτημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κάθε μέρος να διαστέλλεται με διαφορετικούς ρυθμούς με αποτέλεσμα να αλλάζουν οι ανοχές και το ένα μέρος του εξαρτήματος να παρεμβαίνει με το άλλο. Ας υποθέσουμε ότι ένα εξάρτημα του συστήματος λειτουργεί για αρκετή ώρα έτσι ώστε το ρευστό να φτάσει τη θερμοκρασία λειτουργίας. Αν στη συνέχεια το ρευστό πάει σε κάποιο άλλο εξάρτημα που ήταν στην αναμονή για ώρα και δε λειτουργούσε τότε έχουμε ζεστό ρευστό να μπαίνει σε κρύο εξάρτημα. Άρα έχουμε το φαινόμενο του θερμικού shock.

Η αντλία λειτουργεί ικανοποιητικά κατά την εκκίνηση, αλλά η απόδοση της μειώνεται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Η αιτία αυτού του προβλήματος είναι ο αέρας που κυκλοφορεί μέσα στην αντλία. Ο αέρας αυτός μπορεί να διαρρέει στο εσωτερικό της αντλίας, μπορεί να είναι παγιδευμένος στο διακινούμενο υγρό, μπορεί να παρασύρεται όταν η επιστροφή του υγρού στη δεξαμενή γίνεται από μεγάλο ύψος ή μπορεί να προχωρά στην αντλία από τη γραμμή αναρρόφησης.

Ο στυπιοθλίπτης(αν υπάρχει τέτοια στεγανωτική διάταξη στην αντλία) έχει μεγάλη διαρροή ή το υλικό γόμωσης του έχει μικρή διάρκεια ζωής.

Για το πρόβλημα αυτό μπορεί να ευθύνεται ο λανθασμένος τύπος γόμωσης που χρησιμοποιήθηκε ή η λανθασμένη τοποθέτηση του (βλ.σχήμα 136). Επίσης, μπορεί να ευθύνονται οι φθαρμένοι τριβείς που πιθανώς χρησιμοποιούνται, η αζυγοσταθμία ή η εκκεντρότητα των περιστρεφόμενων μερών, λυγισμός του άξονα, οι υπερβολικές ακτινικές δυνάμεις που δρουν επί των περιστρεφόμενων τμημάτων ή η λανθασμένη τοποθέτηση του δακτυλίου κλωβού (βλ.σχήμα 136). Ακόμη, ένας φραγμένος σωλήνας ρευστού, ένα φθαρμένο χιτώνιο άξονα ή η υπερβολική ανοχή στον πυθμένα του στυπιοθλίπτη μπορούν να αποτελέσουν πηγές αυτού του προβλήματος. Μπορεί, τέλος, να ευθύνονται κάποιες ακαθαρσίες που περιέχονται στο υγρό στεγανοποίησης ή η αδυναμία παροχής υγρού ψύξεως στους υδρόψυκτους στυπιοθλίπτες.



Σχήμα136 .Διάταξη στυπιοθλιπτη και δακτύλιος κλωβού

Παρατήρηση. Σαν θέμα γενικού ενδιαφέροντος τα επίπεδα βλαβών μεταξύ γραναζωτών και πτερυγιοφόρων αντλιών διαφέρουν. Οι γραναζωτές αντλίες χάνουν την αντλιτική τους ικανότητα με το πέρασ του χρόνου και αστοχούν σταδιακά. Αυτή η αλλαγή στη λειτουργία η οποία είναι αργή γίνεται αντιληπτή από τον επιβλέποντα του συστήματος. Από την άλλη μεριά οι πτερυγιοφόρες αντλίες σταματούν ξαφνικά και χωρίς να δώσουν καμία προειδοποίηση.

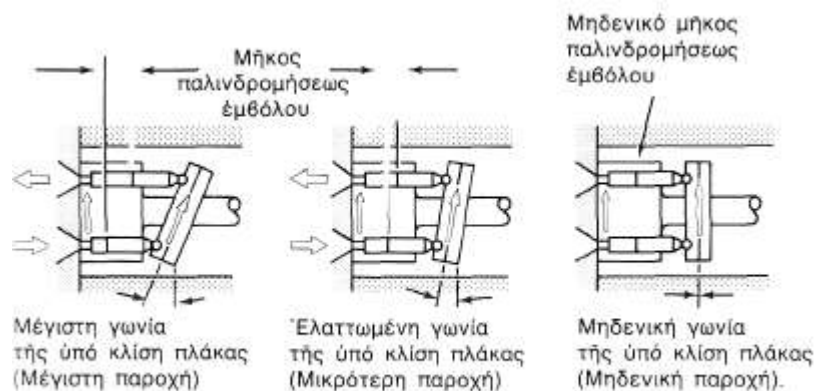
4.2 ΒΛΑΒΕΣ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΟΥΜΕ ΣΤΟΥΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Ο κινητήρας περιστρέφεται στην αντίθετη κατεύθυνση απ ότι πρέπει.

- Οι σωληνώσεις στις οπές του κινητήρα που έχουν τοποθετηθεί ανάποδα. Οι γραμμές υψηλής και χαμηλής πίεσης έχουν τοποθετηθεί ανάποδα με αποτέλεσμα να έχουμε λανθασμένη περιστροφή.

Ο κινητήρας σταματάει να περιστρέφεται ή δεν αναπτύσσει την επιθυμητή ταχύτητα ή μηχανική ροπή στην έξοδο του.

- Κακή ευθυγράμμιση μεταξύ κινητήρα –κινούμενης ατράκτου.
- Κολημένη στην ανοιχτή θέση η ανακουφιστική βαλβίδα η ρυθμισμένη σε χαμηλά επίπεδα.
- Η αντλία δε μεταφέρει επαρκή όγκο ρευστού.
- Η πλάκα με τα έμβολα του κινητήρα δεν είναι ρυθμισμένη στη σωστή γωνία ώστε να επιτυγχάνεται η απαραίτητη ταχύτητα ή ροπή στον άξονα του. Με τη μεταβολή της γωνίας με την οποία καταθλίβουν τα έμβολα μεταβάλλεται και η ταχύτητα του κινητήρα(σχήμα 137). Στη μέγιστη γωνία έχουμε μέγιστη ροπή και ταχύτητα.



Σχήμα 137. Μεταβολή του κυβισμού ενός εμβολοφόρου κινητήρα με υπό κλίση πλάκα

- Μπορεί να έχει φράξει από ρυπαντές η γραμμή υδραυλικής εντολής της βαλβίδας πεδήσεως (βλ παράγραφο 4.4.1.6) με αποτέλεσμα το έμβολο της να μην δέχεται ρευστό υπό πίεση στο κάτω μέρος του και έτσι το ελατήριο να σπρώχνει το έμβολο προς τα κάτω και να κλείνει τη γραμμή επιστροφής του ρευστού στη δεξιαμενή. Ο κινητήρας τότε δέχεται αντίθετη πίεση και δεν μπορεί να επιταχύνει κανονικά και να φτάσει στις επιθυμητές στροφές ή μπορεί ακόμα και να σταματήσει να κινείται.

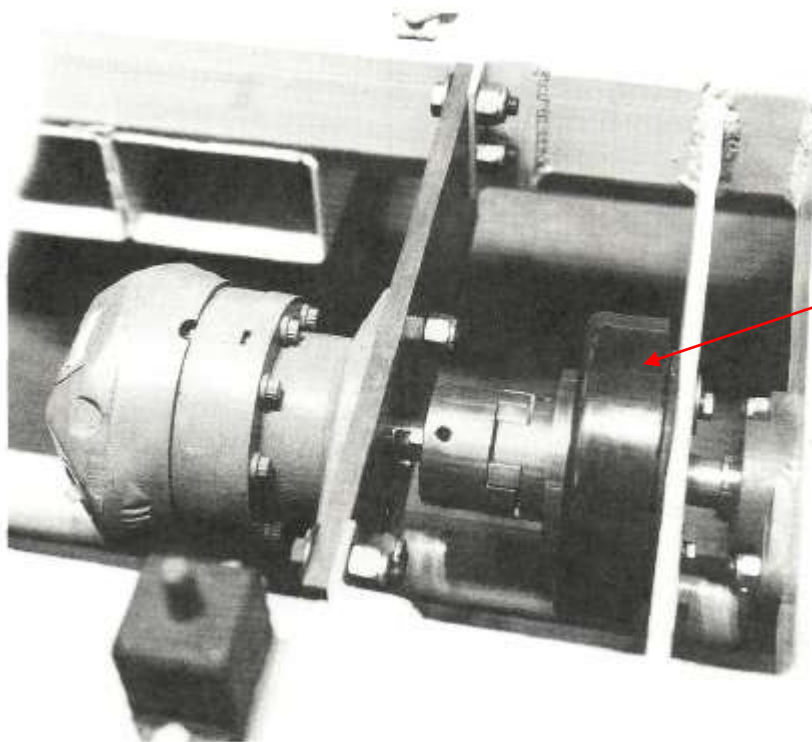
Ο κινητήρας δεν κινείται καθόλου.

- Υπερβολικό ασκούμενο φορτίο.
- Σπασμένη άτρακτος.
- Καθόλου εισερχόμενη πίεση λόγω σπασμένων γραμμών.

Ο κινητήρας δεν μπορεί να κρατήσει το φορτίο

- Ο κινητήρας δε διαθέτει εξωτερικό φρένο.
- Το φρένο έχει πρόβλημα.
- Η βαλβίδα η οποία ενεργοποιεί το φρένο έχει πρόβλημα.

Το φρένο εφαρμόζεται με την επίδραση ενός μηχανικού ελατηρίου το οποίο απελευθερώνεται με την εφαρμογή μιας πίεσης προκαθορισμένης τιμής. Σκεπτόμενοι την περίπτωση που μια άτρακτος υδραυλικού κινητήρα σπάσει κάτω από την εφαρμογή υψηλού φορτίου μηχανικοί ασφαλείας απαιτούν το φρένο να μπαίνει αυστηρά στην κινούμενη άτρακτο μεταξύ συμπλέκτη και φορτίου(σχήμα 138).



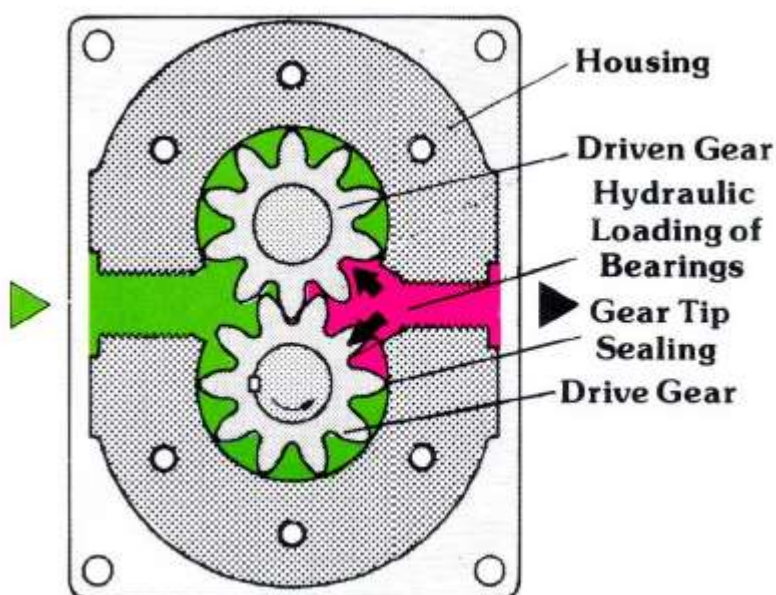
Φρένο
υδραυλικού
κινητήρα

Σχήμα 138. Διάταξη υδραυλικού κινητήρα -φορτίου με φρένο.

4.3 ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΑΝΤΛΙΩΝ /ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

Οδοντωτές αντλίες/ κινητήρες

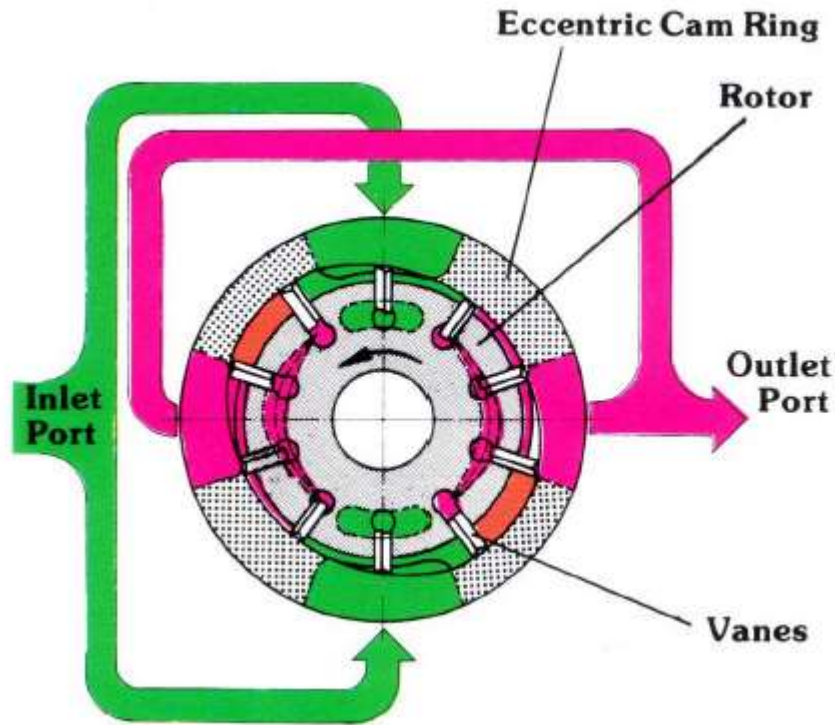
Οι οδοντωτές αντλίες λειτουργούν σε ασταθείς συνθήκες πίεσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία υψηλών φορτίσεων στα ρουλεμάν οι οποίες αυξάνονται με την αύξηση της πίεσης λειτουργίας. Μέρος της δύναμης του ρευστού απορροφάται από τα ρουλεμάν με αποτέλεσμα η φόρτιση των ρουλεμάν να είναι ένας καθοριστικός παράγοντας που περιορίζει την μέγιστη πίεση λειτουργίας (σχήμα 139). Είναι πολύ συχνό φαινόμενο να έχουμε αστοχίες ρουλεμάν σε οδοντωτές αντλίες κινητήρες.



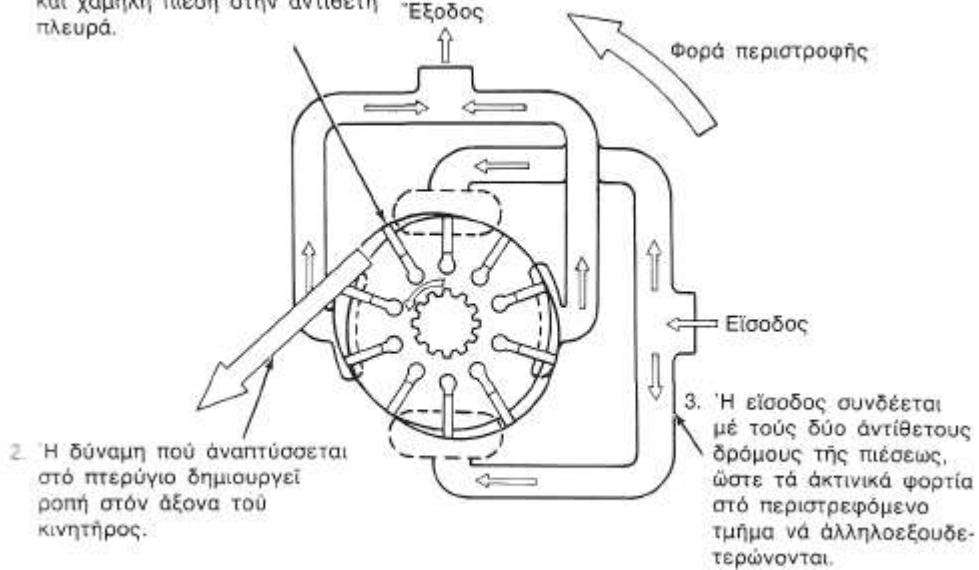
Σχήμα 139. Συνθήκες πίεσης χωρίς ισορροπία προκαλούν υψηλά φορτία στις ατράκτους και τα ρουλεμάν γραναζωτών αντλιών /κινητήρων με εξωτερική οδόντωση συνεργαζόμενων τροχών

Πτερυγοφόρες αντλίες/ κινητήρες

Το ελλειπτικό σχήμα του έκκεντρου δακτυλίου στον οποίο εφάπτονται τα πτερύγια δίνει τη δυνατότητα ύπαρξης δύο αντιδιαμετρικά αντίθετων εξόδων υψηλής πίεσης (σχήμα 140). Αυτές οι 2 έξοδοι φέρνουν μια ισορροπία στα φορτία που ασκούνται στο ρότορα την άτρακτο της αντλίας και τα ρουλεμάν. Η πιο συνηθισμένη μορφή αστοχίας σ' αυτού του είδους τις αντλίες είναι η φθορά του έκκεντρου δακτυλίου και των πτερυγίων. Το γεγονός ότι τα πτερύγια πιέζονται συνεχώς πάνω στο δακτύλιο αυτό είναι ένας καθοριστικός παράγοντας ο οποίος περιορίζει την μέγιστη πίεση λειτουργίας του συστήματος.



1. Το περύγιο αυτό υπόκειται σε υψηλή πίεση στην πλευρά εισόδου και χαμηλή πίεση στην αντίθετη πλευρά.



2. Η δύναμη που αναπτύσσεται στο περύγιο δημιουργεί ροπή στον άξονα του κινητήρα.

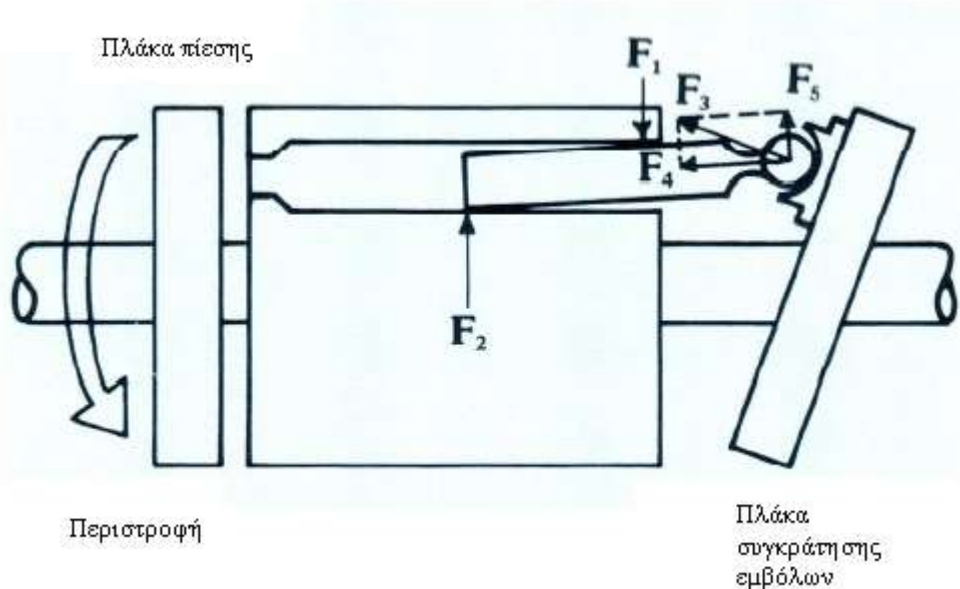
3. Η είσοδος συνδέεται με τους δύο αντίθετους δρόμους της πίεσης, ώστε τα άκτινικά φορτία στο περιστρεφόμενο τμήμα να αλληλοεξουδετερώνονται.

Σχήμα 140. Σταθερής μετατόπισης πτερυγιοφόρος αντλία και κινητήρας. Δυνάμεις που δέχονται και αλληλεξουδετέρωση φορτίων

Εμβολοφόρες αντλίες κινητήρες

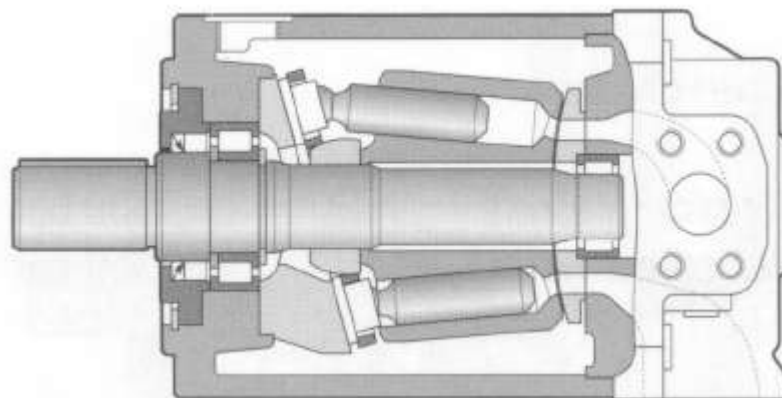
Σε εμβολοφόρους τύπους αντλιών με αξονικά έμβολα κατά τη μετατροπή της κίνησης από περιστροφική σε γραμμική (αντλία) ή από γραμμική σε περιστροφική (κινητήρα) παράγεται μια ανεπιθύμητη δύναμη τη οποία κάνει το έμβολο να γέρνει και να χτυπάει

στον κύλινδρο του. Στο σχήμα 141 βλέπουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε μια αξονική αντλία. F_1, F_2 οι δυνάμεις που μεταφέρονται από τον κύλινδρο στο έμβολο κατά την επαφή τους και δημιουργούν ροπή. F_3 είναι η δύναμη αντίδραση της πλάκας συγκρατήσεως στο έμβολο η οποία αναλύεται σε δύο συνιστώσες την οριζόντια F_4 η οποία ευθύνεται για την ανάπτυξη της παροχής και την κατακόρυφη F_5 που στέλνει το έμβολο πάνω στον κύλινδρο του. Η F_5 επιταχύνει τη φθορά στα έμβολα και τους κυλίνδρους του και μειώνει τη μηχανική απόδοση της αντλίας.



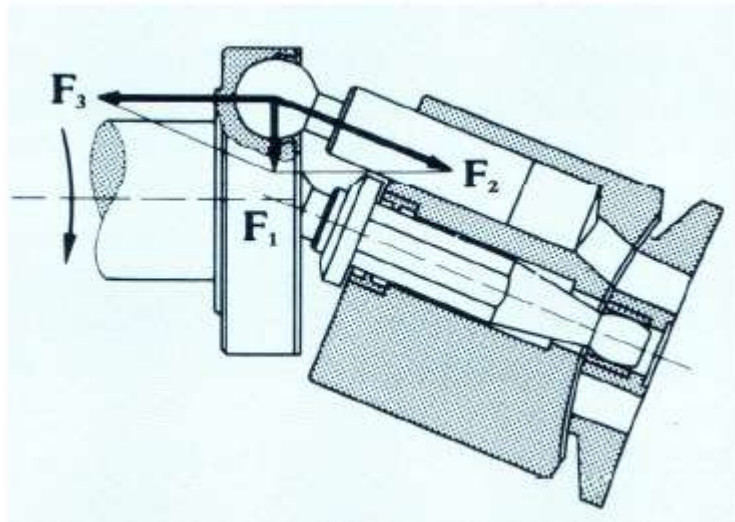
Σχήμα 141. Διάγραμμα δυνάμεων σε αξονική εμβολοφόρο αντλία

Επειδή η πλάκα συγκράτησης των εμβόλων απορροφάει τη δύναμη που ασκείται από τα έμβολα τα ρουλεμάν της ατράκτου σε αξονικού τύπου αντλίες είναι πολύ μικρότερα από τα ρουλεμάν σε αξονικές αντλίες τεθλασμένου άξονα της ίδιας μετατόπισης (σχήμα 142). Εξαιτίας λοιπόν της μικρής τους φόρτισης τα ρουλεμάν σε αξονικού τύπου αντλίες δεν χαλάνε πρόωρα.



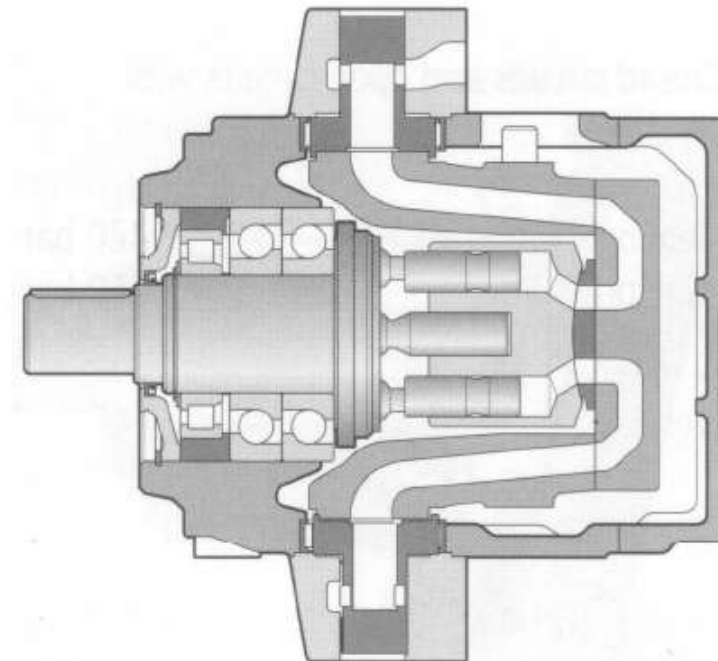
Σχήμα 142. Ρουλεμάν σε αντλία αξονικών εμβόλων

Σε αντλίες τεθλασμένου άξονα η δύναμη που προέρχεται από την μετατροπή στις περιστροφικής κίνησης σε γραμμική και το αντίθετο δεν παράγει κάποια δύναμη που να ωθεί τα έμβολα πάνω στην υποδοχή τους ώστε να φθαρούν. Στο σχήμα 143 φαίνονται οι δυνάμεις οι οποίες ασκούνται σε μια τέτοια αντλία. F_1 είναι η στρεπτική δύναμη η οποία προέρχεται απ τη περιστροφή και τη στρεπτική ροπή της ατράκτου. Η F_2 είναι η δύναμη που δημιουργεί παροχή και F_3 η δύναμη αντίδρασης η οποία απορροφάται από τα ρουλεμάν.



Σχήμα 143. Διάγραμμα δυνάμεων σε εμβολοφόρο αντλία τεθλασμένου άξονα

Τα ρουλεμάν των εμβολοφόρων αντλιών είναι μεγάλα και μπορεί να δεχτούν μεγάλα φορτία για αυτό και δεν είναι σύνηθες να αστοχούν.



Σχήμα 144 . Αντλία τεθλασμένου άξονα μεταβλητής μετατόπισης με μεγάλα ρουλεμάν στην άτρακτο

4. 4 ΒΑΛΒΙΔΕΣ

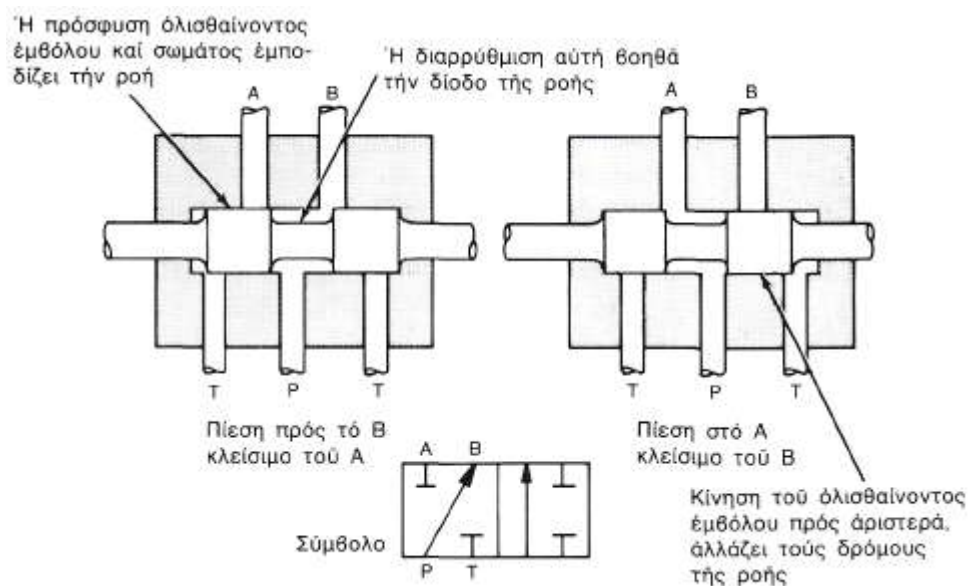
4 . 4 . 1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΣΥΝΑΝΤΗΣΟΥΜΕ Σ ΕΝΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Προτού αναφερθούμε στις βλάβες που μπορεί να υποστεί μια βαλβίδα θα κάνουμε μια παρουσίαση των κυριότερων βαλβίδων οι οποίες χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα.

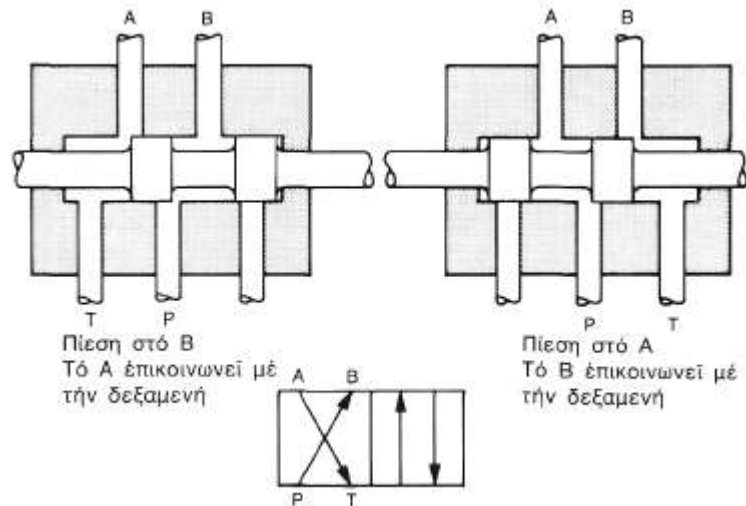
4.4.1.1 Βαλβίδες κατευθύνσεως(D.C.V.)

Οι βαλβίδες κατευθύνσεως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κατεύθυνσης του ρευστού στο υδραυλικό σύστημα .Αν για παράδειγμα η κατεύθυνση της παροχής λαδιού η οποία τροφοδοτεί τον κύλινδρο η τον υδραυλικό κινητήρα πρέπει να αντιστραφεί το οποίο σημαίνει αυτομάτως και την αντιστροφή της κίνησης του επενεργητή αυτό θα επιτευχθεί με τη χρήση της βαλβίδας κατευθύνσεως.

Βαλβίδες δύο και τεσσάρων δρόμων: Όλες οι βαλβίδες κατευθύνσεως διαθέτουν τέσσερις οπές, που χαρακτηρίζονται ως Α(οπή κυλίνδρου), Β(οπή κυλίνδρου), Ρ(οπή αντλίας), και Τ(οπή δεξαμενής). Οι βαλβίδες δύο ή τεσσάρων δρόμων κατευθύνουν την κεντρική ροή, που παρέχεται στην οπή Ρ προς κάθε μία, εναλλακτικός, από τις δύο οπές εξόδου. Οι οπές εξόδου χαρακτηρίζονται ως οπές Α και Β. Η οπή Τ είναι πάντα ή οπή της επιστροφής της ροής στην δεξαμενή και συνήθως δεν δέχεται πίεση. Συνήθως υπάρχουν στις βαλβίδες δύο εναλλακτικές οπές Τ που δεν δείχνονται στο σύμβολο. Στις βαλβίδες δύο δρόμων ή οπή Τ είναι μόνιμα κλειστή και χρησιμεύει μόνο για αποστράγγιση των εσωτερικών διαρροών. Οι βαλβίδες κατευθύνσεως όπως φαίνεται στα σχήματα 145,146 είναι κυρίως βαλβίδες ολισθαίνοντος εμβόλου.



Σχήμα 145 .Βαλβίδα κατευθύνσεως 2 δρόμων με ολισθαίνον έμβολο

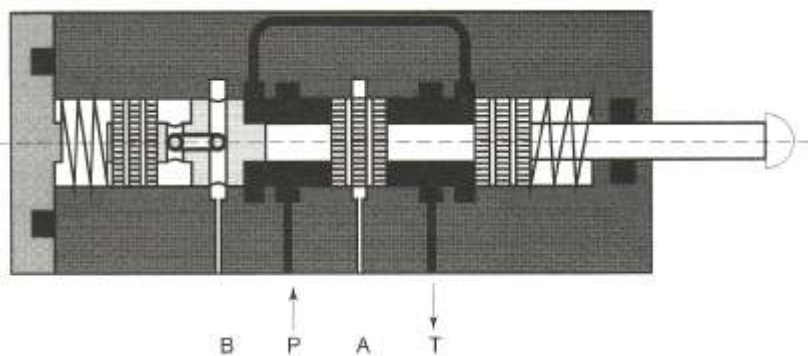


Σχήμα 146. Βαλβίδα κατευθύνσεως 4 δρόμων με ολισθαίνον έμβολο

Η ποικιλία που συναντάμε στις βαλβίδες αυτές οφείλεται στην πολυμορφία των χαρακτηριστικών τους όπως :

1. Στις διάφορες μορφές των εσωτερικών τους δρόμων .Η κατανομή των δρόμων μπορεί να γίνει με :
 - Εμβολίδιο (κωνικού ή σφαιρικού τύπου)
 - Περιστροφικό έμβολο ή
 - Ολισθαίνον έμβολο

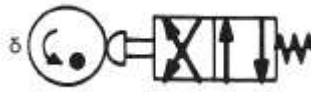
2. Στις διάφορες μορφές κινήσεως και ελέγχου που επιτυγχάνονται για την κίνηση του ολισθαίνοντος εμβόλου. Η ενεργοποίησης αυτών των βαλβίδων αλλά και πολλών άλλων τύπων όπως θα δούμε παρακάτω είναι
 - Χειροκίνητη ενεργοποίηση. Σε μια τέτοια βαλβίδα χρησιμοποιούμε τη μυϊκή μας δύναμη ή τη δύναμη ενός ελατηρίου για να ενεργοποιήσουμε το έμβολο(σχήμα 147). Σε αυτές τις βαλβίδες χρησιμοποιούνται μοχλοί κουμπιά και ποδομοχλοί για να τις ενεργοποιήσουν .



Σχήμα 147. Χειροκίνητη βαλβίδα κατευθύνσεως

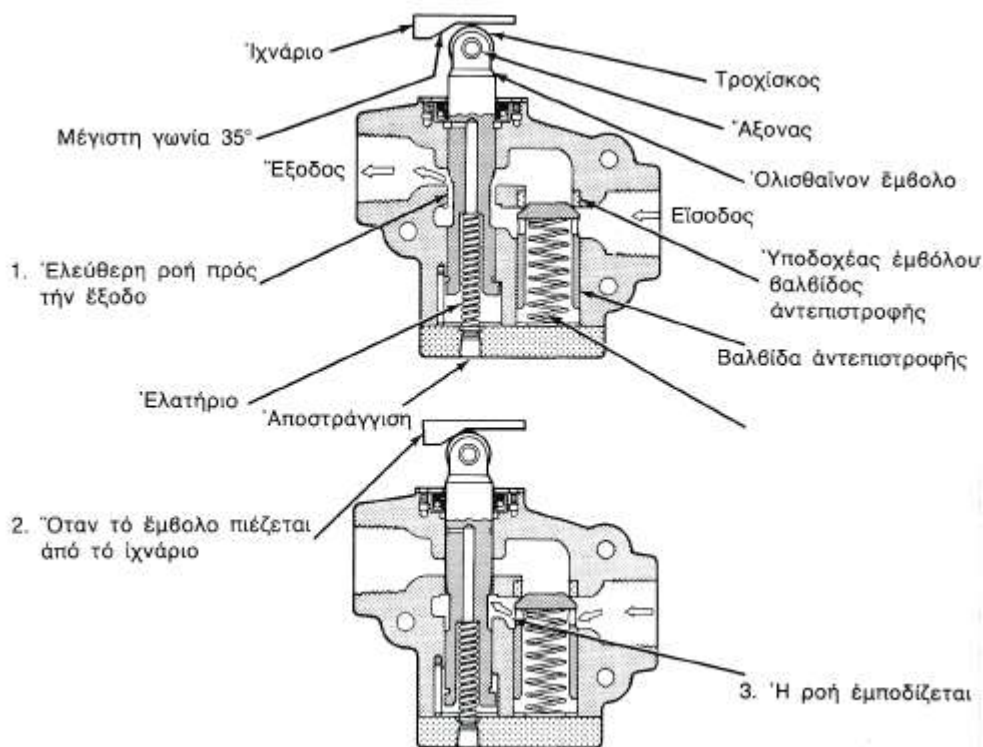
- Μηχανική ενεργοποίηση .Χρησιμοποιούνται πολλές συσκευές για αυτή τη λειτουργία όπως τροχίσκοι μικρής διαμέτρου προσαρμοσμένοι με μοχλό στο άκρο του ολισθαίνοντος εμβόλου(ρολλερ), η μοχλούς ώθησης (plunger).Στην περίπτωση

του τροχίσκου αυτός πιέζεται από ένα ιχάριο (σχήμα 148) ή κάποια παρόμοια συσκευή και έτι πιέζεται το έμβολο. Το ιχάριο είναι ένας περιστρεφόμενος έκκεντρος δίσκος



Σχήμα 148. Έκκεντρος δίσκος δ

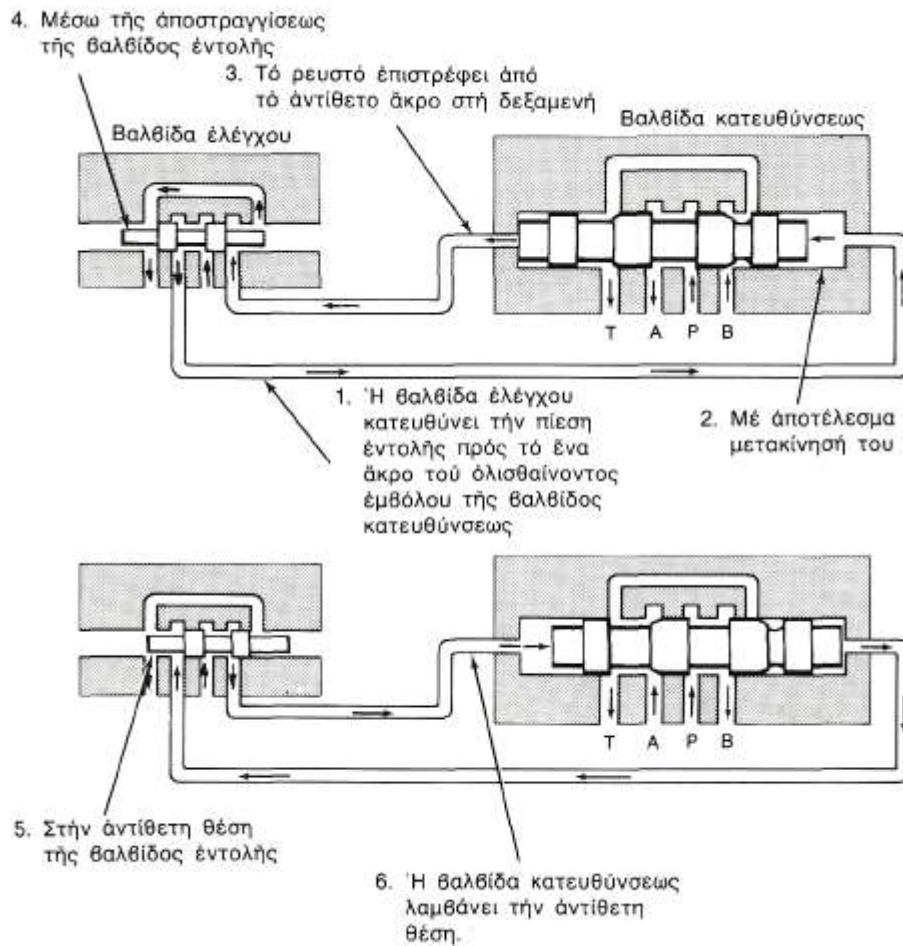
Ο μοχλός ώθησης από την άλλη μεριά έχει προσαρτημένο στο πάνω μέρος του ένα τροχίσκο και ενεργοποιείται από ένα ιχάριο το οποίο είναι συνδεδεμένο με τον υδραυλικό κύλινδρο. Η μετακίνηση του ολισθαίνοντος εμβόλου της βαλβίδας γίνεται στη στιγμή που το έμβολο του κυλίνδρου έχει φτάσει σε μια συγκεκριμένη θέση. Το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση όταν πάψει η επίδραση της δύναμης που το έχει ενεργοποιήσει και η επιστροφή αυτή γίνεται με τη βοήθεια ενός ελατηρίου. Ένα κλασσικό παράδειγμα βαλβίδας κατευθύνσεως με μηχανική εντολή είναι αυτή της βαλβίδας επιβραδύνσεως (Σχ 149) η οποία χρησιμοποιείται για την επιβράδυνση του κυλίνδρου σε μια ενδιάμεση θέση του εμβόλου έτσι ώστε να εξομαλυνθούν οι κρούσεις κατά την κίνηση στα ακραία σημεία της κινήσεως του εμβόλου



Σχήμα 149. Βαλβίδα επιβράδυνση υδραυλικού κυλίνδρου με μηχανική εντολή

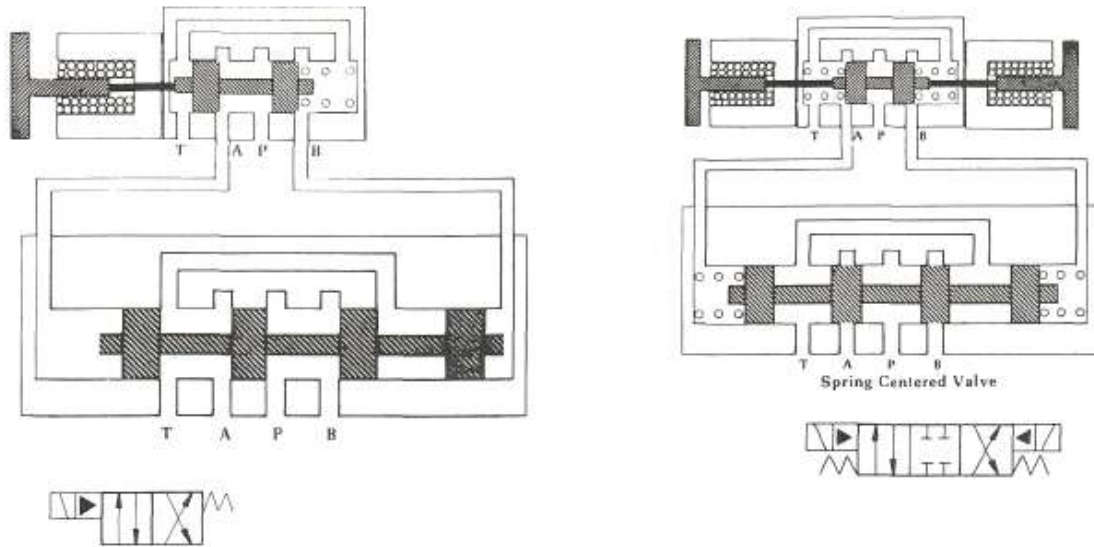
3. Υδραυλική εντολή .Η υδραυλική πίεση δρα απευθείας στο άκρο του ολισθαίνοντος εμβόλου. Η πίεση που επενεργεί στα άκρα του εμβόλου της κύριας βαλβίδας

ελέγχεται από μια μικρότερη βαλβίδα υδραυλικής εντολής. Η εντολή με υδραυλική πίεση χρησιμοποιείται σε βαλβίδες οι οποίες είναι πολύ μεγάλες και δεν είναι δυνατόν να κινηθούν μηχανικά ή ηλεκτρικά (Σχ 150).



Σχήμα 150. Πίεση υδραυλικής εντολής χρησιμοποιείται για την κίνηση μεγάλων βαλβίδων κατευθύνσεως

4. Ηλεκτρική ενεργοποίηση .Ηλεκτρικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες χρησιμοποιούν ένα πηνίο το οποίο μετατοπίζει το έμβολο της βαλβίδας όπως φαίνεται στο σχήμα 151.

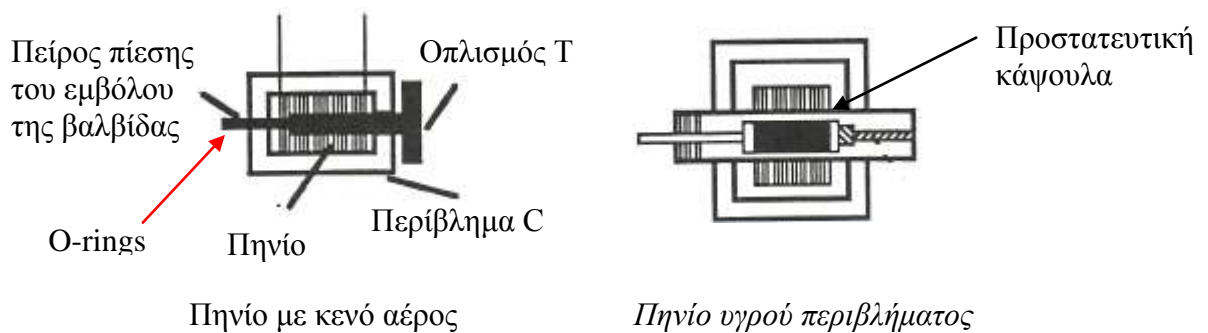


Σχήμα 151. Ηλεκτρικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες κατευθύνσεως

Το πηνίο διαρρεεται από ρεύμα και δημιουργεί μια μαγνητική δύναμη η οποία μετατρέπεται σε μηχανική. Η δύναμη αυτή έλκει τον οπλισμό του πηνίου προς τα μέσα. Καθώς κινείται το πηνίο ο πείρος που είναι τοποθετημένος στην άκρη του οπλισμού μετακινεί το έμβολο της βαλβίδας. Το ρεύμα που χρησιμοποιείται συνήθως σ αυτές τις βαλβίδες είναι το μεταβαλλόμενο έτσι ώστε η δύναμη επαγωγής που προκύπτει να είναι μεταβαλλόμενη. Η δύναμη αυτή επενεργεί στο στον οπλισμό και κατ επέκταση στο κυρίως έμβολο και εξισορροπείται από την αντίθετη δύναμη ενός ελατηρίου.

Υπάρχουν 2 είδη πηνίων που φαίνονται στο σχήμα 152

- Με κενό αέρος γύρω από το πηνίο. Το πηνίο απροστάτευτο απέναντι σε υγρασία ρύπους κλπ
- Με κάψουλα υγρού περιβλήματος η οποία περιβάλλει το πηνίο και το προστατεύει



Σχήμα 152. Τα δύο σημαντικότερα είδη πηνίων που υπάρχουν

Η μαγνητική δύναμη τραβάει μέσα στο πηνίο των οπλισμό και ο πείρος σπρώχνει το έμβολο κάνοντας το να κινηθεί.

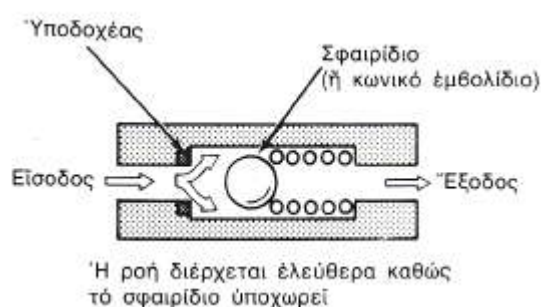
4.4.1.2 Βαλβίδες αντεπιστροφής

Μια τέτοια βαλβίδα δεν είναι παρά μια βαλβίδα κατευθύνσεως ενός δρόμου και 2 θέσεων .Επιτρέπει την παροχή ρευστού μόνο προς μια κατεύθυνση. Υπάρχουν διάφορες μορφές βαλβίδων αντεπιστροφής. Οι κυριότερες είναι οι εξής:

Ευθύγραμμη βαλβίδα αντεπιστροφής. Το ρευστό ρέει ευθύγραμμα μέσα από την ελεύθερη πλευρά των βαλβίδων αυτών. Το σώμα της βαλβίδος έχει κατασκευασθεί ως υποδοχέας του σφαιριδίου ή του κωνικού έμβολιδίου, πού φράζει την ροή και συγκρατείται στη θέση του από ένα μαλακό ελατήριο.

Στην ελεύθερη δίοδο, ή ροή υπερνικά εύκολα την αντίσταση του ελατηρίου και απωθεί το έμβολο ή το σφαιρίδιο, ώστε να διέρχεται ελεύθερα(σχήμα 153).Η αντίθετη ροή δεν είναι δυνατή. Το ελατήριο δεν ρυθμίζεται, διάφορα όμως ελατήρια μπορούν να δημιουργήσουν διαφορετικές αντιστάσεις στην ροή του ρευστού και πολλές φορές σκληρότερα ελατήρια χρησιμοποιούνται σε ειδικές χρήσεις. Τέτοιες χρήσεις είναι ή δημιουργία μιας αντιθέτου πίεσεως, πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πίεση εντολής ή παράκαμψη φίλτρων ή ψυκτών, όταν αυτά για κάποιο λόγο φράζουν.

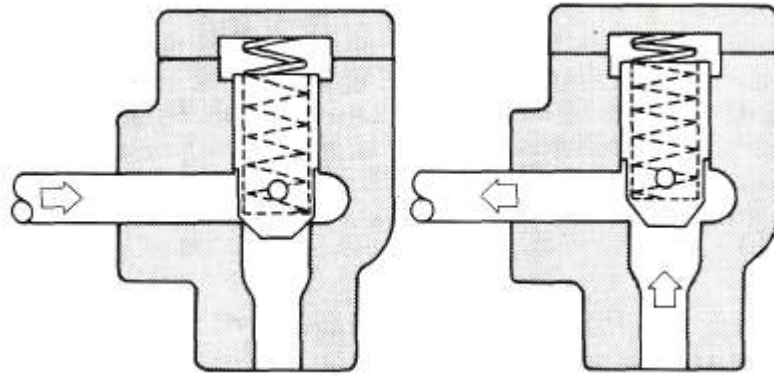
Οι ευθύγραμμες βαλβίδες αντεπιστροφής δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις, όπου υπάρχει αντίθετη ροή με σχετικώς μεγάλη ταχύτητα ή σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν κρουστικά κύματα.



Σχήμα 153.Ευθύγραμμη βαλβίδα αντεπιστροφής

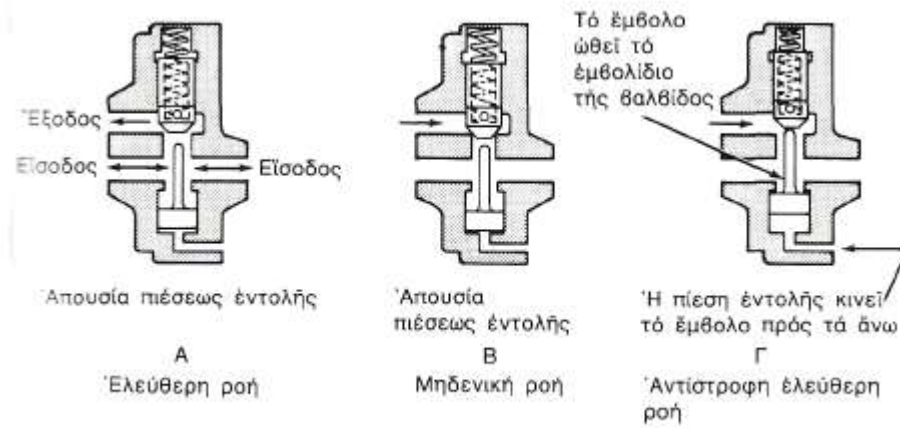
Γωνιακές βαλβίδες αντεπιστροφής Είναι βαλβίδες μεγάλης αντοχής και αποτελούνται από χαλύβδινο έμβολο τοποθετημένο μέσα σε χυτοσίδηρο περίβλημα. Οι δύο οπές και κατευθύνσεις τής παροχής βρίσκονται σε ορθή γωνία μεταξύ τους(σχήμα 154). Οι βαλβίδες αυτές κατασκευάζονται για σύνδεση με σπείρωμα ή με φλάντζα ή τέλος, με βάση.

Σε ειδικές περιπτώσεις το έμβολο τής γωνιακής βαλβίδας αντεπιστροφής είναι δυνατόν να διαθέτει μία μικρή οπή για ελεγχόμενη ροή στην κλειστή θέση. Οι βαλβίδες αυτές χρειάζονται σε ειδικές εφαρμογές, όπου μία περιορισμένη ροή απαιτείται στην μία πλευρά και ελεύθερη ροή στην αντίθετη, όπως συμβαίνει στην περίπτωση τής αποσυμπίεσης μιας μεγάλης πρέσας.



Σχήμα 154. Λειτουργία γωνιακής βαλβίδας αντεπιστροφής

Βαλβίδες αντεπιστροφής με υδραυλική εντολή. Με τη χρήση ενός υδραυλικού σήματος εντολής είναι δυνατόν να επιτραπεί η παροχή και προς την απαγορευμένη κατεύθυνση



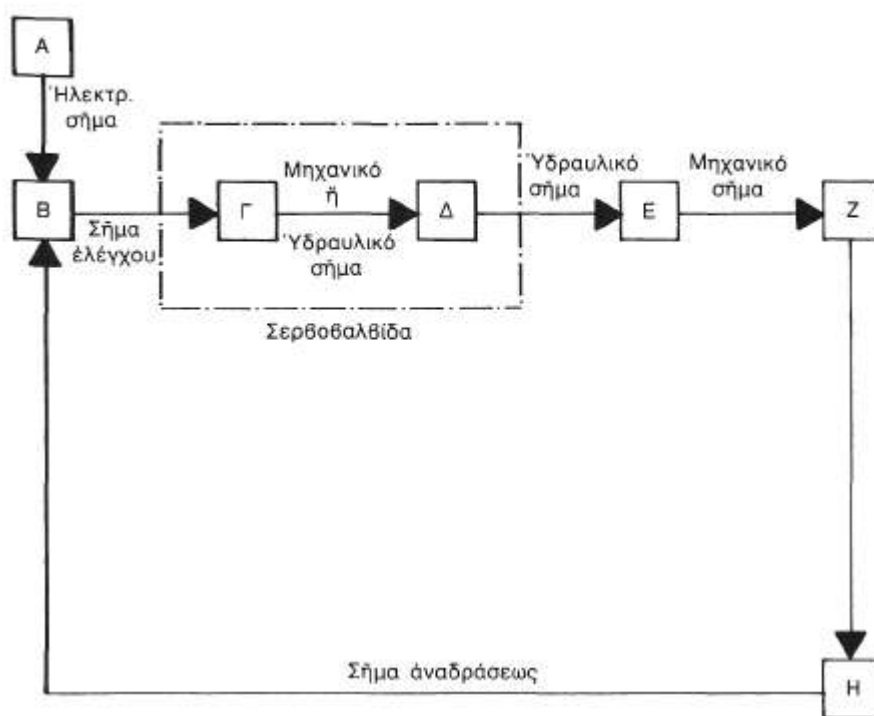
Σχήμα 155. Λειτουργία βαλβίδας αντεπιστροφής με υδραυλική εντολή

4.4.1.3 Σερβοβαλβίδες

Ορισμός

Μία σερβοβαλβίδα είναι μία βαλβίδα κατευθύνσεως ολισθαίνοντος εμβόλου με δυνατότητα να λάβει απεριόριστες θέσεις, ώστε να στραγγαλίζει την ροή και αν είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται ταυτοχρόνως και ως ρυθμιστής παροχής. Επιπλέον, μία σερβοβαλβίδα μπορεί να δεχθεί ανάδραση, να μετατρέψει ηλεκτρικά σήματα χαμηλής ισχύος σε δυνάμεις και κίνηση και το πιο σπουδαίο, να επιτύχει εξαιρετική ακρίβεια. Μια σερβοβαλβίδα μπορεί να είναι ένας ενισχυτής δυνάμεως, ένας τρόπος για να επιτύχουμε εξαιρετική ακρίβεια ή ένας τρόπος για αυτόματη διόρθωση των αποκλίσεων στην παραγωγή. Μία σερβοβαλβίδα μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα σύστημα ανοικτού ή κλειστού βρόγχου.

Όλα τα σερβοσυστήματα αποτελούνται από στοιχεία, που επιτελούν καθορισμένες λειτουργίες. Στο σχήμα 156 φαίνεται μία πλήρης διάταξη σερβοσυστήματος. Η διάταξη αυτή είναι διάταξη κλειστού βρόγχου.



Σχήμα 156. Διάταξη υδραυλικής σερβοβαλβίδας

- A. Πηγή σήματος έλεγχου.
- B. Ενισχυτής που συγκρίνει και ενισχύει τα σήματα.
- Γ. Πηνίο ροπής που κινεί το έμβολο της σερβοβαλβίδας.
- Δ. Σερβοβαλβίδα που ελέγχει τον υδραυλικό κύλινδρο ή τον υδραυλικό κινητήρα.
- E. Υδραυλικός κύλινδρος ή κινητήρας.
- Z. Φορτίο

Η Διάταξη αναδράσεως ή αισθητήριο πού σημαίνει στην σερβοβαλβίδα το εάν ή επιθυμητή ταχύτητα ή το επιθυμητό φορτίο έχουν επιτευχθεί.

Στις συνηθέστερες περιπτώσεις μία σερβοβαλβίδα ελέγχει ένα κύλινδρο ένα υδραυλικό κινητήρα. Συχνά όμως, όταν ο όγκος του διακινουμένου ρευστού είναι μεγάλος, χρησιμοποιείται σερβοβαλβίδα για τον ακριβή έλεγχο του κυβισμού μιας αντλίας μεταβαλλόμενης παροχής.

Η απόκριση μιας σερβοβαλβίδος σε διακυμάνσεις στην έξοδο του σήματος είναι πάρα πολύ γρήγορη. Συνήθως 1/100sec. Το γεγονός αυτό μηδενίζει τις ζημιές λόγω απορρίψεως από τον ποιοτικό έλεγχο και σε συνδυασμό με την μικρή υστέρηση της σερβοβαλβίδος, μάς επιτρέπει να σχεδιάσουμε συστήματα μεγάλης ακριβείας.

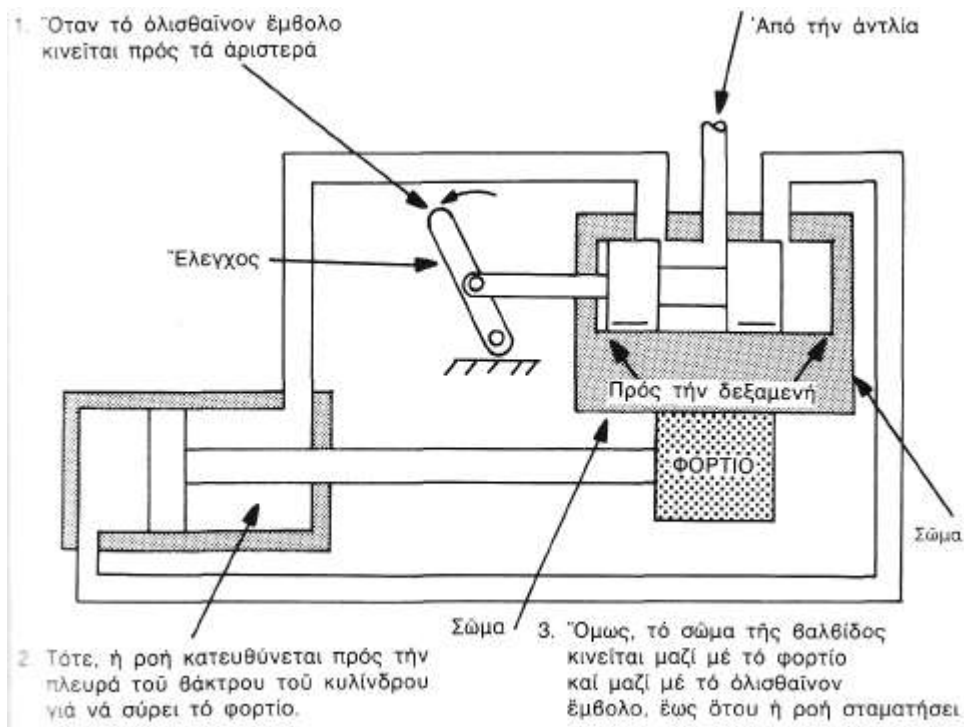
Ένα απλό μηχανικό παράδειγμα θα βοηθήσει στην κατανόηση τού τι είναι μία σερβοβαλβίδα.

Μηχανικά σερβοσυστήματα

Ένα μηχανικό σερβοσύστημα είναι ένας ενισχυτής δυνάμεως πού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο της θέσεως ενός ορισμένου φορτίου.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε την διάταξη του σχήματος 157, όπου ένας υδραυλικός κύλινδρος ελέγχεται από μία υδραυλική βαλβίδα. Η λαβή έλεγχου ή κάποιος άλλος μηχανικός τρόπος έλεγχου, συνδέεται κατ' ευθείαν με το ολισθαίνον έμβολο της βαλβίδας. Το σώμα της βαλβίδας συνδέεται σταθερά με το φορτίο και συνεπώς κινείται μαζί του. Όταν το έμβολο κινηθεί, ελευθερώνει, ανάλογα με την κίνηση του, την ροή προς τον κύλινδρο, με αποτέλεσμα κίνηση του φορτίου προς την ίδια κατεύθυνση (της κινήσεως του εμβόλου). Η κίνηση αυτή είναι αναλογική, δηλαδή ευθέως ανάλογη προς την μετακίνηση της λαβής έλεγχου. Το σώμα της βαλβίδας ακολουθεί, φυσικά, το ολισθαίνον έμβολο. Αυτό σημαίνει ότι ή σχετική θέση σώματος-ολισθαίνοντος εμβόλου μεταβάλλεται, όχι μόνον με την εντολή του χειριστού, άλλα και από την κίνηση του φορτίου. Τελικώς το φορτίο μετακινείται κατά μία απόσταση ευθέως ανάλογη προς την απόσταση της μετακινήσεως του ολισθαίνοντος εμβόλου. Κάθε τάση του φορτίου να μετακινηθεί διαφορετικά προς την αναλογία αυτή προξενεί μία αντίστοιχη μετακίνηση του ολισθαίνοντος εμβόλου και παροχή πού το υποχρεώνει μετακινηθεί στην προκαθορισμένη θέση. Έχουμε έτσι μία διάταξη με μεγάλο βαθμό αυτοματισμού.

Ουσιαστικά, αυτό πού επιτυγχάνουμε στο σύστημα αυτό, είναι μια αυτόδιόρθωση σε ό,τι το αποσταθεροποιεί και κυρίως, μία ενίσχυση της μυϊκής δυνάμεως στο χειριστήριο σε υδραυλική δύναμη στον κύλινδρο, με ακριβή αναλογία και μεγάλη τελική ακρίβεια.



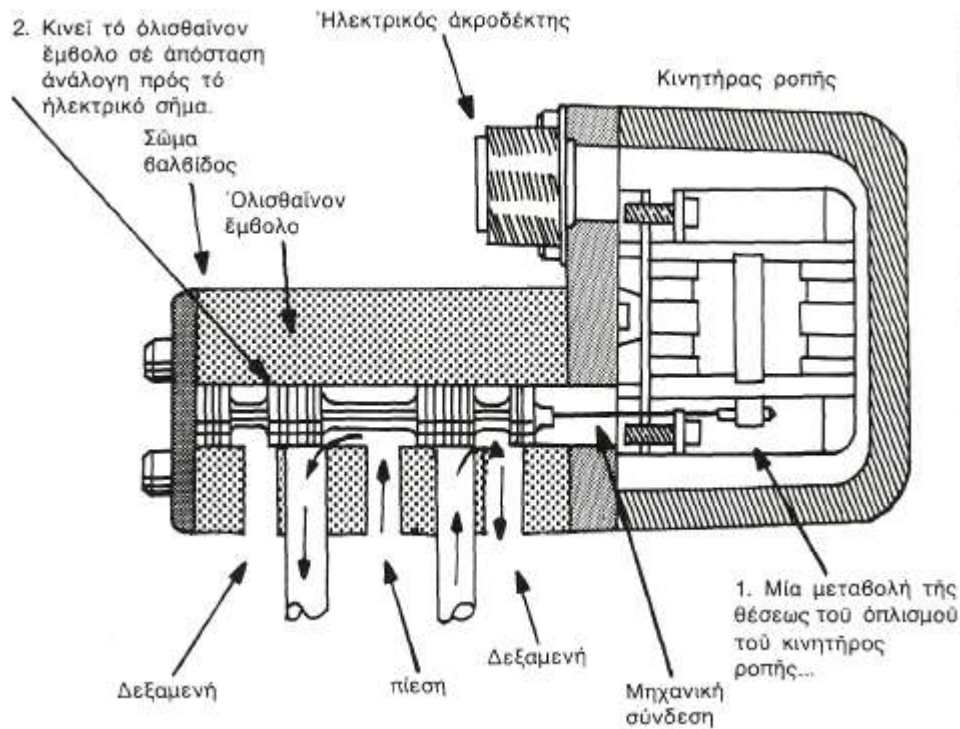
Σχήμα 157. Μηχανικό σερβοσύστημα

Μία χαρακτηριστική εφαρμογή του συστήματος που περιγράφουμε είναι το υδραυλικό σύστημα κατευθύνσεως αυτοκινήτων, βαρέων αυτοκινουμένων μηχανών και πλοίων (πηδάλιο).

Ήλεκτρο-υδραυλικά σερβοσυστήματα

Στα συστήματα αυτά έχουμε την επίδραση ενός ηλεκτρικού σήματος πάνω σε ένα κινητήρα ροπής ή κινητήρα δυνάμεως που ελέγχει το ολισθαίνον έμβολο μιας σερβοβαλβίδος, όπως αυτή του σχήματος 158. Το σήμα αυτό μπορεί να προέρχεται από ένα ποτενσιόμετρο, ηλεκτρονική διάταξη, μαγνητική ταινία ή άλλη πηγή. Το σήμα εισερχόμενο στην σερβοβαλβίδα μέσω ενός ηλεκτρονικού ενισχυτού, ελέγχει την κίνηση του ολισθαίνοντος εμβόλου τής σερβοβαλβίδος.

Ο ενισχυτής λαμβάνει επίσης ένα δεύτερο ηλεκτρικό σήμα. Το δεύτερο αυτό σήμα προέρχεται από ποτενσιόμετρο, ταχύμετρο ή άλλο αισθητήριο όργανο, το οποίο συνδέεται άμεσα με το φορτίο και είναι το σήμα αναδράσεως. Τα δύο σήματα συγκρίνονται ηλεκτρονικά από τον ενισχυτή και οποιαδήποτε διαφορά τους από προκαθορισμένα όρια μεταδίδεται στον κινητήρα ροπής, σαν σήμα που απαιτεί μία διόρθωση του φορτίου. Μεγάλος βαθμός ακριβείας είναι δυνατόν να επιτευχθεί έτσι.



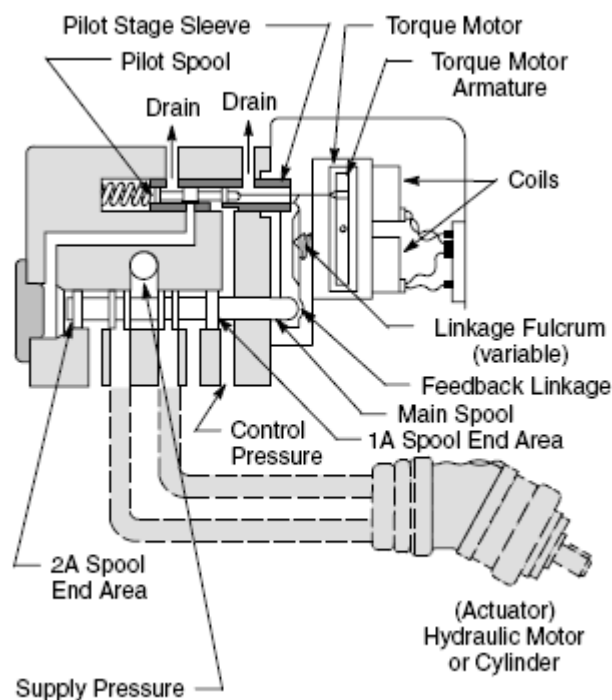
Σχήμα 158. Σερβοβαλβίδα ενός σταδίου όπου το ολισθαίνον έμβολο μετακινείται μηχανικά

Τύποι σερβοβαλβίδων

Υπάρχει ποικιλία τύπων σερβοβαλβίδων. Οι κυριότεροι είναι:

1) **Σερβοβαλβίδα μιας βαθμίδος.** Το έμβολο τής σερβοβαλβίδος ενεργοποιείται συνήθως μηχανικά, απ' ευθείας από τον κινητήρα ροπής, πού απελευθερώνει τις οπές τής βαλβίδας αναλογικά προς το ηλεκτρικό σήμα. Οι βαλβίδες του τύπου αυτού είναι μικρής παροχής και ελέγχουν απ' ευθείας την κυρίως παροχή τού συστήματος ή ελέγχουν την παροχή υδραυλικής εντολής προς μία μεγάλη αντλία ή κινητήρα.

2) **Σερβοβαλβίδες δύο βαθμίδων.** Στις βαλβίδες αυτές έχουμε μία βαλβίδα υδραυλικής εντολής, πού ελέγχεται από τον κινητήρα ροπής. Το κύκλωμα εντολής ελέγχει μία μεγάλη βαλβίδα κατευθύνσεως (Σχ 159). Έχουμε δηλαδή μία «σκλάβα» βαλβίδα. Στις βαλβίδες αυτές η στατική τριβή του κυρίως εμβόλου και ή ύπαρξη μορίων σκόνης, πού αντιστέκονται στην κίνηση του εμβόλου, είναι δυνατόν να επηρεάσουν την ακρίβεια του συστήματος. Ένα σήμα εξομαλύνσεως τροφοδοτείται συνεχώς στον κινητήρα ροπής, ώστε αμότερα τα έμβολα τής σερβοβαλβίδος να ευρίσκονται σαι μία συνεχή μικροκίνηση, με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση των στατικών τριβών και εξομάλυνση των διαφορών τριβής.



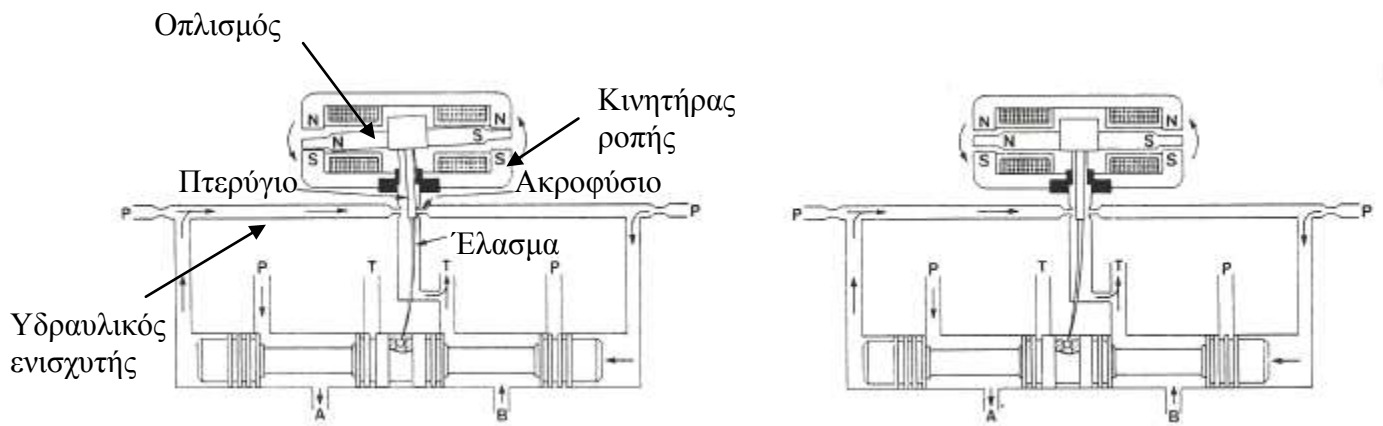
Σχήμα 159. Τυπική περίπτωση σερβοβαλβίδας 2 σταδίων-2 εμβόλων

Συνοπτικά η λειτουργία της παραπάνω βαλβίδας
 Ο κινητήρας ροπής δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα το ενισχύει και στη συνέχεια αυτό το σήμα μετατρέπεται σε μηχανική κίνηση έτσι ώστε να κινηθεί το έμβολο εντολής του 1^{ου} σταδίου. Όταν κινηθεί το έμβολο εντολής περνάει ρευστό στο αριστερό μέρος του κυρίως εμβόλου με αποτέλεσμα αυτό να κινηθεί προς τ αριστερά.

3) Σερβοβαλβίδες διαφράγματος. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τύποι σερβοβαλβίδων, όπου ένα ολισθαίνων έμβολο ενεργοποιείται με την διαφορά πιέσεων στα δύο άκρα του. Μία συνεχής παροχή υπό πίεση τροφοδοτείται μέσω ακροφυσίων συνεχώς προς τις δύο πλευρές ενός διαφράγματος. Το διάφραγμα αυτό μετακινείται από τον κινητήρα ροπής προς το ένα ή το άλλο ακροφύσιο. Το αποτέλεσμα είναι μεταβολή της αντιστοίχου πίεσεως και διαφορά της εξασκουμένης στα άκρα του εμβόλου πίεσεως.

Ας δούμε ένα τέτοιο παράδειγμα σε μια βαλβίδα έλεγχου της παροχής (σχήμα 160). Η βαλβίδα αποτελείται από ένα κινητήρα ροπής που δρα σαν οπλισμός ο οποίος είναι ελεύθερος να περιστρέφεται ωρολογιακά η ανωρολογιακά μεταξύ 2 μόνιμων μαγνητών. Το κάτω μέρος του οπλισμού υποστηρίζεται από ένα λεπτό εύκαμπτο σωλήνα ο οποίος περικλείει μέσα του ένα έλασμα ανάδρασης και ένα πτερύγιο. Η αντλία τροφοδοτείται συνεχώς με ρευστό υπό πίεση. Όταν το πτερύγιο δεν μετακινείται το ρευστό αυτό πηγαίνει στη δεξαμενή μέσω της αποστράγγισης. Όταν ένα ηλεκτρικό σήμα εισόδου ενεργοποιήσει τον οπλισμό τότε αυτός κινείται με αποτέλεσμα το πτερύγιο που υπάρχει να κινείται και αυτό και να κλείνει το ένα από τα δύο άκρο φύσια που υπάρχουν στον υδραυλικό ενισχυτή. Το μπλοκάρισμα του δεξιού ακροφυσίου έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη πίεσης στο δεξί άκρο του εμβόλου που βρίσκεται στο 2^ο στάδιο της βαλβίδας. Επειδή υπάρχει αυτή η διαφορά πίεσης το έμβολο κινείται προς τα αριστερά επιτρέποντας το υπό πίεση ρευστό να πάει στον επενεργητή και το ρευστό της επιστροφής στη δεξαμενή. Όσο κινείται το έμβολο αριστερά άλλο τόσο κινείται και το έλασμα ανάδρασης προς τα

αριστερά ασκώντας μια δύναμη στο περύγιο η οποία τείνει να το επαναφέρει στην αρχική του θέση απομακρύνοντας το απ το ακροφύσιο. Όταν η δύναμη που ασκεί στο έλασμα γίνει ίση με τη δύναμη του κινητήρα ροπής το περύγιο επιστρέφει στην αρχική του θέση και το έμβολο σταματάει να κινείται



Σχήμα 160. Σερβοβαλβίδα ελέγχου της παροχής

4) Σερβοβαλβίδες με άκροφύσιο. Και οι βαλβίδες αυτές λειτουργούν με την ενεργοποίηση εμβόλου, όπως οι προηγούμενες. Η πίεση εντολής παρέχεται από ένα άκροφύσιο, όπου υγρό υπό πίεση εκτοξεύεται σε ένα εξάρτημα με δύο συμμετρικές εξόδους. Οι πιέσεις στις δύο αυτές εξόδους είναι ίσες όταν το εξάρτημα ευρίσκεται στο κέντρο της οπής του άκροφυσίου. Ελάχιστες μεταβολές της σχετικής θέσεως του εξαρτήματος ως προς τις διόδους, δημιουργούν διαφορετικές πιέσεις στα άκρα του εμβόλου. Μεγάλες ακρίβειες είναι δυνατόν να επιτευχθούν.

Η υστέρηση και ο χρόνος ζωής των σερβοβαλβίδων επηρεάζονται σημαντικά από τον βαθμό καθαρότητας του ρευστού. Συνήθως φίλτρα ικανότητας 1-5 μ . είναι απαραίτητα.

4.4.1.4 Αναλογικές βαλβίδες (proportional)

Οι αναλογικές βαλβίδες είναι υδραυλικές βαλβίδες κατευθύνσεως, παροχής και πίεσεως, οι οποίες λαμβάνουν απεριόριστες θέσεις και των οποίων το αποτέλεσμα είναι ανάλογο προς ένα ηλεκτρικό σήμα έλεγχου.

Ορισμός

Οι αυξανόμενες απαιτήσεις για αυτοματισμό σε συνδυασμό με την ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής οδηγούν σε μια σύζευξη του υδραυλικού συστήματος με τα ηλεκτρονικά. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις έλεγχου των υδραυλικών αντλιών και βαλβίδων μας οδηγούν σε αναλογική επιλογή της καταλλήλου παροχής και πίεσεως, ώστε να ταιριάζουν απόλυτα προς τις στιγμιαίες απαιτήσεις του συστήματος.

Το συμβατικό υδραυλικό σύστημα διαθέτει μία αντλία την οποία η ανακουφιστική βαλβίδα υποχρεώνει να εργάζεται υπό την ίδια πίεση σε όλες τις φάσεις λειτουργίας του συστήματος. Η αντλία μεταβλητής παροχής, οι βοηθητικές βαλβίδες και ο συσσωρευτής ή το σύστημα δύο αντλιών υψηλής χαμηλής πίεσεως, εξομαλύνουν την κατάσταση αυτή. Παρ' όλα αυτά, ένα πολύπλοκο σύστημα, που απαιτεί πολύ μεγάλες ακρίβειες, είναι αντιοικονομικό και σπαταλά υπολογίσιμο τμήμα της ενέργειας που απορροφά. Εκτός από την περιορισμένη δυνατότητα έλεγχου και την σπατάλη ενέργειας το συμβατικό υδραυλικό

σύστημα χαρακτηρίζεται και από μία ακαμψία σε περιπτώσεις όπου απαιτείται επιτάχυνση και επιβράδυνση των στοιχείων δράσεως του συστήματος. Τέτοιες απαιτήσεις συνήθως οδηγούν στην εγκατάσταση μεγάλου αριθμού βαλβίδων. Περιπτώσεις όπου απαιτούνται μεγάλες ακρίβειες ταχύτητας ή θέσεως αντιμετωπίζονται με την χρήση σερβοβαλβίδων ανοικτού ή κλειστού βρόγχου, όμως, η ακρίβεια των σερβοβαλβίδων δεν είναι αναγκαία, ενώ το κόστος απαγορευτικό.

Η ανάπτυξη των αναλογικών βαλβίδων αποβλέπει στο να δημιουργήσει μία πρόσθετη δυνατότητα μεταξύ των συμβατικών βαλβίδων και των σερβοβαλβίδων. Με λίγα λόγια, οι αναλογικές βαλβίδες έχουν όλες σχεδόν τις δυνατότητες των σερβοβαλβίδων και υστερούν μόνο σε ποιοτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή στον χρόνο ανταποκρίσεως, υστέρηση και ακρίβεια. Σε αντίθεση με τις σερβοβαλβίδες οι αναλογικές βαλβίδες λειτουργούν με χαμηλές πτώσεις πίεσεως κατά μήκος τους. Η ανταπόκριση των αναλογικών βαλβίδων δεν είναι γραμμική όπως στις σερβοβαλβίδες. Η υστέρηση στις αναλογικές βαλβίδες φθάνει το 0,5% ενώ στις σερβοβαλβίδες είναι μόλις 0,1%. Η αναδίπλωση μπορεί να φθάσει στις αναλογικές βαλβίδες το 20% ενώ στις σερβοβαλβίδες είναι σχεδόν μηδενική χάρη στην εξαιρετική ακρίβεια κατασκευής τους. Ο βαθμός καθαρότητας τού ρευστού που απαιτούν οι αναλογικές βαλβίδες είναι ίδιος με αυτόν που απαιτούν τα συμβατικά συστήματα. Φίλτρα επιστροφής ικανότητας συγκρατήσεως 10-25μ. είναι ικανοποιητικά.

Υπάρχουν τρεις τύποι αναλογικών βαλβίδων:

α) *Αναλογικές βαλβίδες έλεγχου πίεσεως.* Κυρίως βαλβίδες ανακουφίσεως και περιορισμού πίεσεως. Η ρύθμιση τής πίεσεως στις βαλβίδες αυτές ελέγχεται και ρυθμίζεται ηλεκτρονικά,

β) *Αναλογικές βαλβίδες έλεγχου της παροχής.* Στις βαλβίδες αυτές η διερχόμενη παροχή μεταβάλλεται με ηλεκτρονικό έλεγχο,

γ) *Αναλογικές βαλβίδες κατευθύνσεως.* Βαλβίδες κατευθύνσεως οι οποίες μπορούν να ελέγξουν ταυτόχρονα την κατεύθυνση και την παροχή αναλόγως προς ένα ηλεκτρονικό σήμα.

Οι αναλογικές βαλβίδες όπως και οι σερβοβαλβίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συστήματα ανοικτού ή κλειστού βρόγχου.

Πηνία και έμβολα αναλογικών βαλβίδων

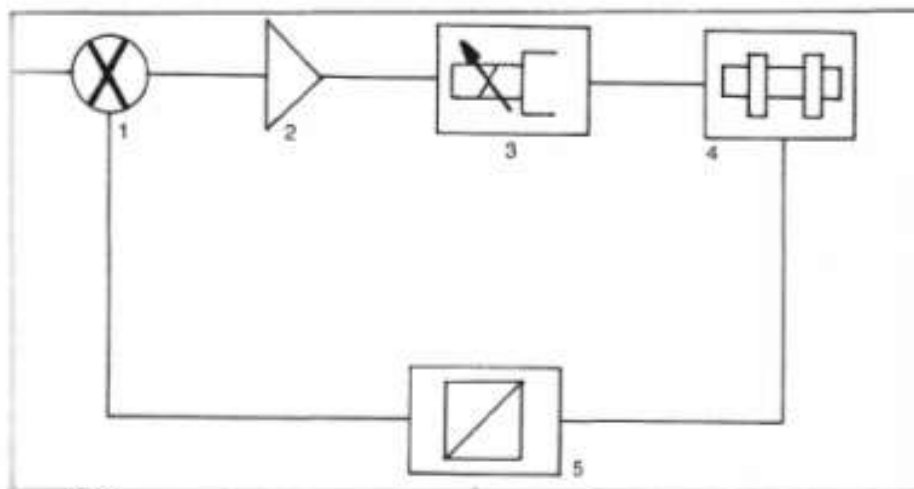
Τα πηνία των αναλογικών βαλβίδων είναι κατασκευαστικός παρόμοια προς τα πηνία των συμβατικών βαλβίδων και είναι πάντα πηνία υγρού περιβλήματος.

Η διέλευση ρεύματος από το πηνίο δημιουργεί μία μαγνητική δύναμη ή οποία είναι ανάλογη προς την ένταση τού ρεύματος. Η δύναμη αυτή επενεργεί στο ολισθαίνων έμβολο της βαλβίδας μέσω ενός πείρου. **Η διαφορά μεταξύ τού αναλογικού και τού συμβατικού πηνίου** βρίσκεται στην κατασκευή, ή οποία επιτρέπει στο αναλογικό πηνίο να εξασκήσει μία σχεδόν σταθερή δύναμη καθ' όλο το μήκος τής κινήσεως τού ολισθαίνοντος εμβόλου.

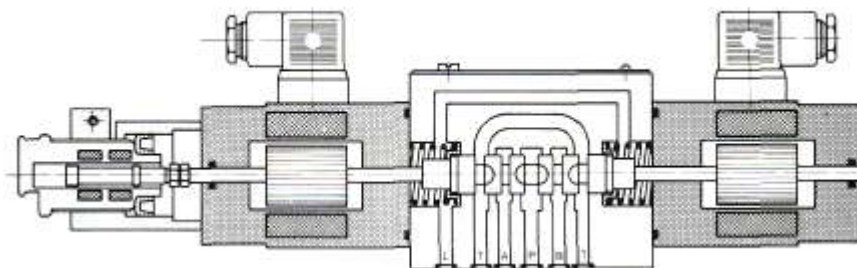
Η σχέση επαγωγικής δυνάμεως και ρεύματος δια τού πηνίου είναι σχεδόν γραμμική στις αναλογικές βαλβίδες. Αυτό σημαίνει ότι η δύναμη που εξασκείται στο ολισθαίνων έμβολο είναι ανάλογη προς το ρεύμα που διέρχεται δια τού πηνίου. Συνεπώς το ολισθαίνων έμβολο, που ισορροπεί μεταξύ τής επαγωγικής δυνάμεως τού πηνίου και τής τάσεως ενός ελατηρίου ή μιας πίεσεως, θα ισορροπεί σε απεριόριστες θέσεις, που καθορίζονται από την τιμή του ρεύματος δια του πηνίου.

Ωστόσο αστάθμητοι παράγοντες όπως οι ανοχές, το ιξώδες του ρευστού, ρύποι, θερμοκρασιακές διαφορές είναι δυνατόν να επιδράσουν έτσι, ώστε με την ίδια τιμή ρεύματος, το ολισθαίνων έμβολο να καταλάβει διαφορετικές θέσεις.

Η εξουδετέρωση του μειονεκτήματος αυτού γίνεται με την εφαρμογή ενός αισθητηρίου θέσεως (σχήμα 161), πού επισυνάπτεται στο ολισθαίνον έμβολο και δίνει ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο προς την θέση του εμβόλου. Το σήμα αυτό μεταδίδεται και προξενεί μία ανάδραση στον ενισχυτή πού ελέγχει την βαλβίδα, ώστε το ολισθαίνον έμβολο να τοποθετηθεί στην σωστή θέση με μία διάταξη κλειστού βρόγχου, (σχήμα 162). Το αισθητήριο θέσεως με την ανάδραση πού προξενεί εξουδετερώνει τα αποτελέσματα των τριβών.



Σχήμα 161, Διόρθωση θέσεως ολισθαίνοντος εμβόλου αναλογικής βαλβίδος (1. ηλεκτρικό σήμα, 2. ενισχυτής, 3. αναλογικό πηνίο, 4. ολισθαίνον έμβολο, 5. αισθητήριο).



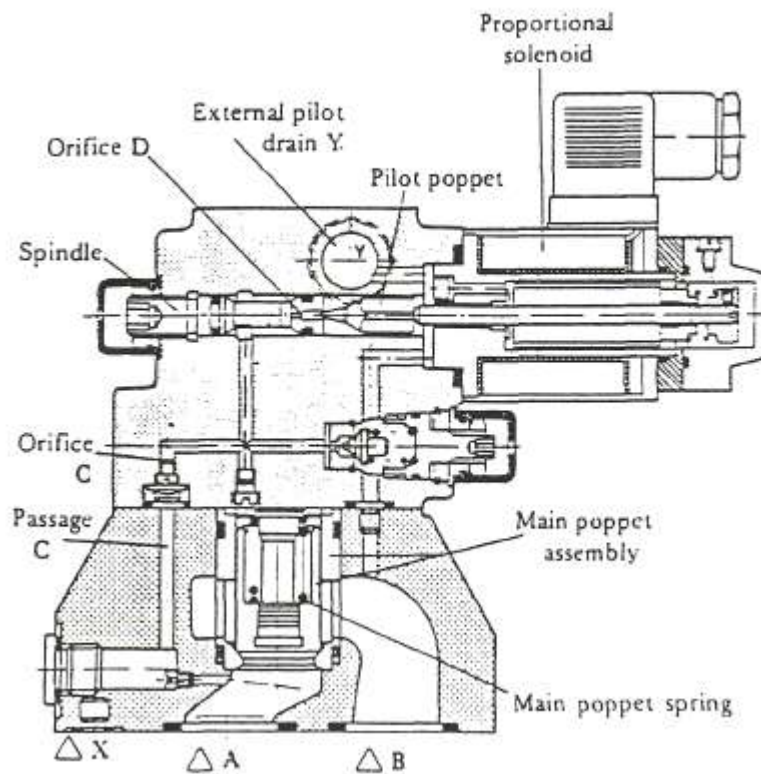
Σχήμα 162. Αναλογική βαλβίδα με αισθητήριο θέσεως του εμβόλου

Τύποι αναλογικών βαλβίδων

Οι αναλογικές βαλβίδες παρουσιάζουν εξωτερικές ομοιότητες προς τις συμβατικές βαλβίδες. Έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθοι κύριοι τύποι:

Αναλογικές βαλβίδες πίεσεως: Οι αναλογικές βαλβίδες πίεσεως χωρίζονται σε ανακουφιστικές αναλογικές βαλβίδες και αναλογικές βαλβίδες περιορισμού πίεσεως. Σε βαλβίδες δύο σταδίων, ή βασική αναλογική ανακουφιστική βαλβίδα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κυρίως ανακουφιστικής ή κυρίας βαλβίδας περιορισμού πίεσεως.

Υπάρχουν δύο τύποι αναλογικών βαλβίδων πίεσεως, ο τύπος του ακροφυσίου και ο τύπος του ελάσματος. Ο τύπος του ακροφυσίου εργάζεται με την εφαρμογή ενός αιχμηρού κωνικού έμβολιδίου στο στόμιο ενός άκροφυσίου. Η θέση του κωνικού έμβολιδίου ελέγχεται από το αναλογικό πηνίο. Η σχετική θέση άκροφυσίου-κωνικού έμβολιδίου προσδιορίζει την πίεση. Η λειτουργία είναι αντίστοιχη της ανακουφιστικής βαλβίδας με χειροκίνητη ρύθμιση μόνο που σε αυτή την περίπτωση το ελατήριο με το κωνικό έμβολιδο στην άκρη του έχει αντικατασταθεί από ένα κωνικό έμβολιδο που το οποίου η κίνηση ελέγχεται από το πηνίο.



Σχήμα 163. Αναλογική ανακουφιστική βαλβίδα

Όσο η πίεση η οποία ασκείται στη βαλβίδα είναι μικρότερη από τη δύναμη την οποία ασκεί το αναλογικό πηνίο στο κωνικό έμβολιδο το στόμιο παραμένει κλειστό. Όταν η πίεση υπερβεί την ρύθμιση του αναλογικού πηνίου το κωνικό έμβολιδο (pilot poppet) ανοίγει. Αν συμβεί διακοπή ρεύματος η ανακουφιστική ανοίγει και στέλνει το ρευστό πίσω στην δεξαμενή(σχήμα 163).

Ο τύπος ελάσματος χρησιμοποιεί ένα έλασμα τού οποίου ή θέση ελέγχεται από την δύναμη τού αναλογικού πηνίου. Το έλασμα είναι τοποθετημένο μπροστά σε ένα άκροφύσιο. Η σχετική θέση ελάσματος-άκροφυσίου προσδιορίζει την πίεση. Ο τύπος ελάσματος έχει καλύτερα χαρακτηριστικά από άποψη υστερήσεως και γραμμικότητας ανταποκρίσεως. Ο τύπος ελάσματος κατασκευάζεται πρόσφατα με το ηλεκτρονικό τμήμα ενσωματωμένο στο σώμα τής βαλβίδος. Η υστέρηση των βαλβίδων αυτών είναι $\pm 2,5\%$, (τύπος άκροφυσίου), ή $\pm 1,2\%$, (τύπος ελάσματος)

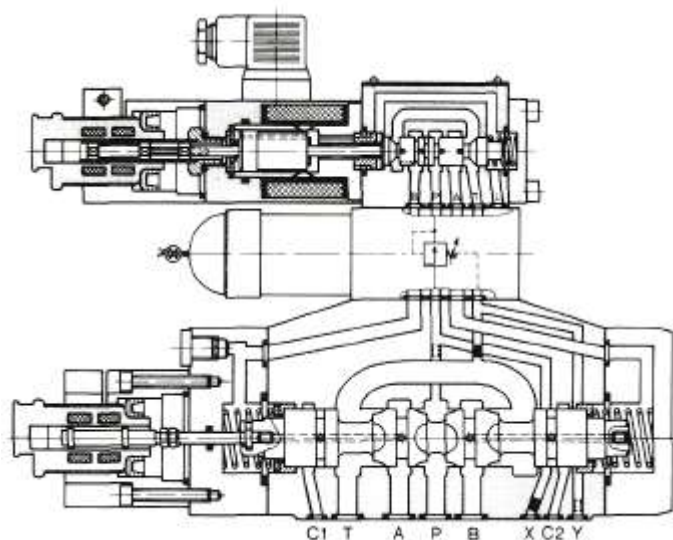
Αναλογικές βαλβίδες έλεγχου ροής: Οι αναλογικές βαλβίδες έλεγχου ροής είναι βαλβίδες κατευθύνσεως ολισθαίνοντος εμβόλου. Η θέση τού εμβόλου καθορίζει το ποσό τής παροχής. Οι βαλβίδες αυτές, ενώ δεν έχουν Ισοστάθμιση πίεσεως, παρουσιάζουν κάποιο βαθμό ισοσταθμίσεως με ειδικό σχεδιασμό των αιχμών του ολισθαίνοντος εμβόλου.

Ωστόσο, πλήρης ισοστάθμιση πίεσεως μπορεί να επιτευχθεί με την εγκατάσταση ενός προσθέτου στοιχείου με υδροστάτη. Τέτοια στοιχεία υπάρχουν τυποποιημένα με την μορφή πλάκας.

Η υστέρηση των βαλβίδων αυτών είναι $\pm 1\%$.

Αναλογικές βαλβίδες κατευθύνσεως: Οι αναλογικές βαλβίδες κατευθύνσεως συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά των αναλογικών βαλβίδων έλεγχου ροής με την ικανότητα να ελέγχουν την κατεύθυνση τής ροής. Είναι πανομοιότυπες με τις αναλογικές βαλβίδες έλεγχου ροής με την προσθήκη ενός δευτέρου αναλογικού πηνίου, ώστε να ελέγχεται και ή κατεύθυνση τής ροής(σχήμα 164).

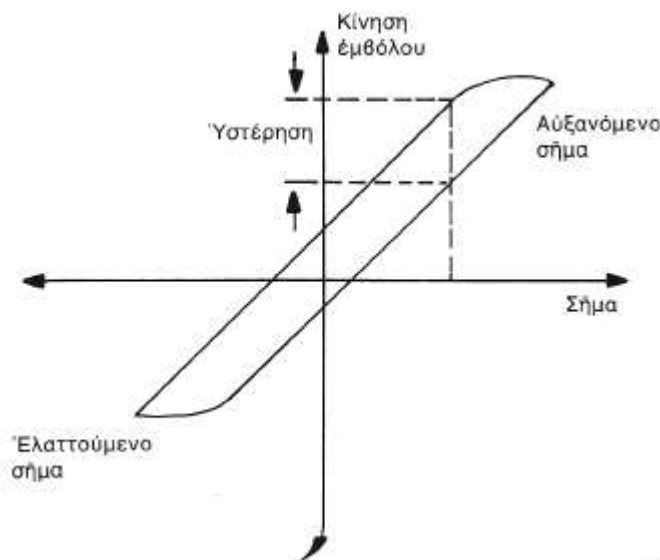
Υπάρχουν αναλογικές βαλβίδες κατευθύνσεως με ή χωρίς αισθητήριο θέσεως. Όλες οι αναλογικές βαλβίδες κατευθύνσεως δέχονται στην είσοδο τους ένα τμήμα ύδροστάτου πού τους επιτρέπει να ρυθμίσουν την παροχή με ισοστάθμιση πίεσεως. Η υστέρηση στις βαλβίδες αυτές είναι κάτω του $\pm 1\%$.



Σχήμα 164. Αναλογική βαλβίδα κατευθύνσεως 2 σταδίων

Υστέρηση Η ακρίβεια των βαλβίδων ολισθαίνοντος εμβόλου πού χρησιμοποιούνται σε αναλογικά συστήματα ή σερβοσυστήματα επηρεάζεται από τις τριβές μεταξύ του ολισθαίνοντος εμβόλου και τού σώματος της βαλβίδας. Οι δυνάμεις τριβής δεν είναι σταθερές και επηρεάζονται από τις ανοχές, τις θερμικές διαστολές, το ιξώδες του ρευστού, τους ρύπους κ.λ.π. Σε κάθε αναλογική βαλβίδα ή σερβοβαλβίδα, ή επαγωγική δύναμη του

πηνίου πρέπει να υπερνικήσει την δύναμη του ελατηρίου ή της πίεσεως, που επενεργούν στο ολισθαίνων έμβολο, και επί πλέον μία μεταβλητή δύναμη λόγω τριβών. Η υστέρηση ορίζεται ως ή διαφορά στην θέση του ολισθαίνοντος εμβόλου, πού καταλαμβάνεται όταν το σήμα έλεγχου αυξάνει, σε σύγκριση με την θέση τού ολισθαίνοντος εμβόλου, πού καταλαμβάνεται όταν το σήμα μειώνεται (σχήμα 165).



Σχήμα 165. Υστέρηση

4.4.1.5 Βαλβίδες πίεσεως

Οι βαλβίδες πίεσεως χρησιμοποιούνται για διάφορες μορφές έλεγχου των πιέσεων στο υδραυλικό σύστημα. Οι βαλβίδες πίεσεως περιορίζουν, ελέγχουν και διανέμουν την πίεση σε όλο το σύστημα ή σε τμήμα του. Συνήθως, ή λειτουργία των βαλβίδων πίεσεως βασίζεται σε μία ισορροπία μεταξύ υδροστατικών δυνάμεων πάνω σε ένα έμβολο και αντιθέτων δυνάμεων πού εξασκεί ένα ελατήριο στο ίδιο έμβολο. Οι περισσότερες βαλβίδες πίεσεως είναι βαλβίδες απεριορίστων θέσεων, ώστε να μπορούν να καταλάβουν θέσεις μεταξύ τής πλήρως ανοικτής και τής πλήρως κλειστής, αναλόγως προς τις εντολές πού δέχονται και τις διαφορές πίεσεως πού επενεργούν. Έχουμε την δυνατότητα ρυθμίσεως απεριορίστων τιμών τής πίεσεως μεταξύ τής μέγιστης και ελαχίστης πίεσεως.

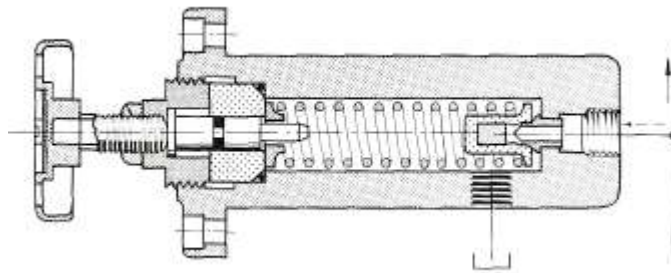
Οι βαλβίδες πίεσεως χαρακτηρίζονται σύμφωνα με την κυρίως λειτουργία τους ως ανακουφιστική, διαδοχικής δράσεως, περιορισμού πίεσεως, ισοσταθμίσεως κ.ά.

Οι βαλβίδες πίεσεως συναντώνται με εξωτερική ή εσωτερική αποστράγγιση.

1. Ανακουφιστική βαλβίδα

Η ανακουφιστική είναι ή βαλβίδα ή οποία συνήθως ρυθμίζει την πίεση πού επικρατεί σε ολόκληρο το υδραυλικό σύστημα. Είναι ή πιο κοινή βαλβίδα πίεσεως, αφού είναι απαραίτητη σχεδόν σε κάθε υδραυλικό κύκλωμα. Είναι μία βαλβίδα πού κανονικά είναι κλειστή και διαθέτει δύο οπές, μία προς την γραμμή πίεσεως και μία προς την δεξαμενή. Η απλή μορφή τής ανακουφιστικής βαλβίδας αποτελείται από ένα σφαιρίδιο ή κωνικό έμβολίδιο, πού συγκρατείται από ένα σκληρό ελατήριο, ενώ ταυτόχρονα φράζει μία δίοδο. Όταν ή πίεση εις την είσοδο τής βαλβίδας είναι ανεπαρκής για να υπερνικήσει την δύναμη του ελατηρίου, ή βαλβίδα παραμένει κλειστή.

Όταν η πίεση που έχουμε ρυθμίσει μέσω του ελατηρίου επιτευχθεί στο κύκλωμα, ο εμβολισμός υποχρεώνεται να υποχωρήσει και τμήμα του ρευστού διαρρέει μέσω της βαλβίδας προς την δεξαμενή. Η διαρροή ρευστού προς την δεξαμενή συνεχίζεται μέσω της βαλβίδας, όσο η πίεση παραμένει πάνω από την ρύθμιση της βαλβίδας και μάλιστα αυξάνει, τόσο περισσότερο, όσο η πίεση είναι υψηλότερη, αφού τότε, το ελατήριο θα υποχωρήσει περισσότερο και μία μεγαλύτερη δίοδος θα απελευθερωθεί. Με την αποφόρτιση μικρού τμήματος της ροής προς την δεξαμενή, η πίεση περιορίζεται στα επίπεδα που προρρυθμίσαμε. Η αποφόρτιση γίνεται υπό πίεση και η ενέργεια του ρευστού μετατρέπεται σε θερμότητα. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες διαθέτουν μία διάταξη αυξομειώσεως της τάσεως του ελατηρίου με κοιλία, έτσι ώστε, η βαλβίδα να μπορεί να ρυθμισθεί για να ανοίγει σε κάθε πίεση που επιθυμούμε και που φυσικά βρίσκεται μέσα στην περιοχή ρυθμίσεως της.

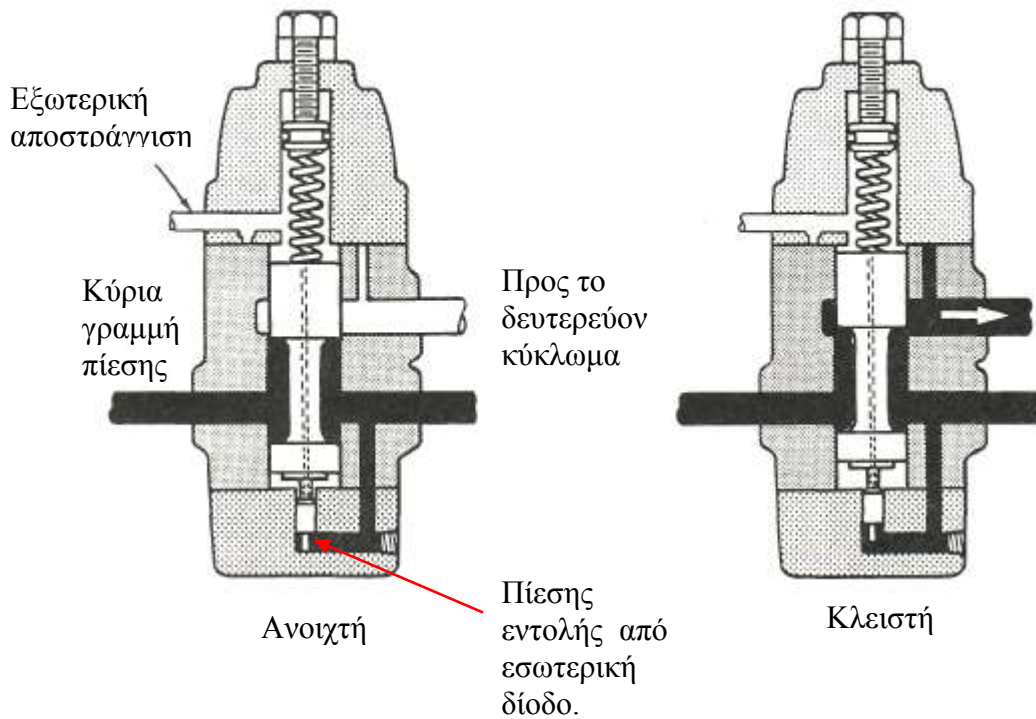


Σχήμα 166. Απλή ανακουφιστική βαλβίδα

2. Βαλβίδα διαδοχικής δράσεως

Η βαλβίδα αυτή χρησιμοποιείται για να προξενήσει μία δράση σε ένα κλάδο του κυκλώματος μετά από υδραυλική εντολή, ενώ η πίεση του κυρίως κυκλώματος διατηρείται όπως έχει ρυθμισθεί.

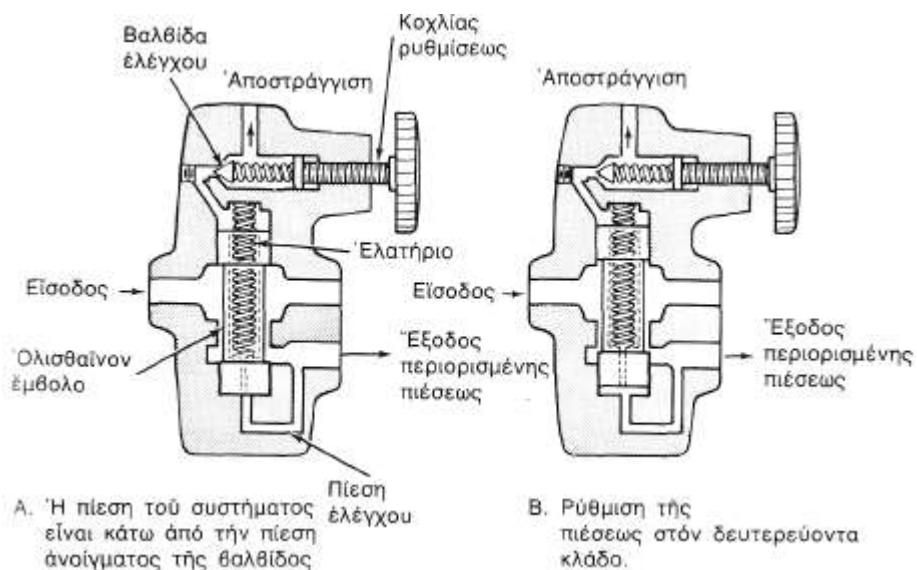
Μια βαλβίδα διαδοχικής δράσεως δύο σταδίων είναι σχεδόν όμοια με την αντίστοιχη βαλβίδα ανακουφίσεως, με μόνη διαφορά, ότι η γραμμή αποστραγγίσεως από το τμήμα εντολής είναι εξωτερική, αντί να διέρχεται μέσα από το κυρίως έμβολο. Όταν η πίεση στο κυρίως σύστημα ανέλθει στην πίεση ανοίγματος, το κυρίως έμβολο της βαλβίδας ανέρχεται και επιτρέπει την ροή να διοχετευθεί προς το δευτερεύον κύκλωμα, που είναι συνδεδεμένο στην γραμμή επιστροφής (Σχ 167). Αντίστροφη ροή δεν είναι δυνατή και αν είναι απαραίτητη, επιτυγχάνεται μέσω μιας βαλβίδας αντεπιστροφής, που συχνά ενσωματώνεται στην ίδια την βαλβίδα διαδοχικής δράσεως.



Σχήμα 167. Βαλβίδα διαδοχικής δράσεως 2 σταδίων

3. Βαλβίδες περιορισμού της πίεσεως

Χρησιμοποιούνται για να περιορίζουν την πίεση στους κλάδους του κυκλώματος. Είναι βαλβίδα κανονικά ανοιχτή και ενεργοποιείται από την πίεση του κυρίως κυκλώματος η οποία τείνει να την κλείσει έτσι ώστε η πίεση να μην ανέλθει περισσότεροι από μια αρχική πίεση.



Σχήμα 168. Βαλβίδα περιορισμού πίεσεως 2 σταδίων

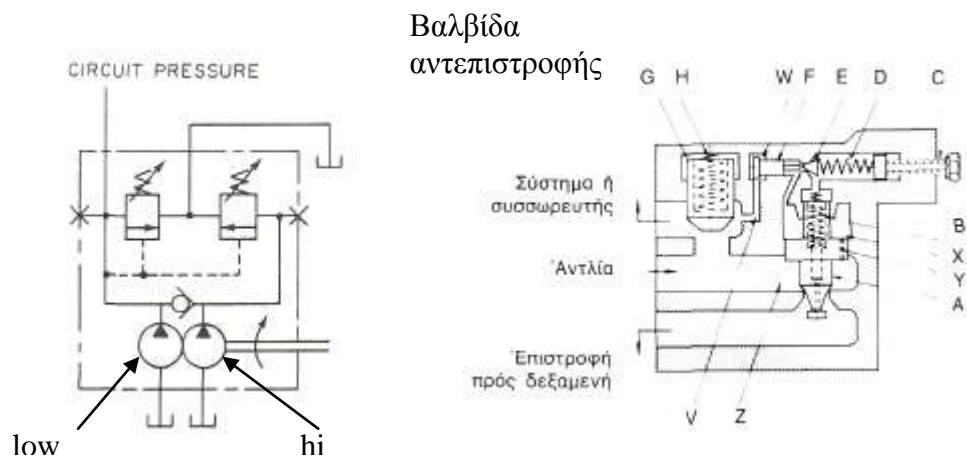
Μία βαλβίδα περιορισμού πίεσεως δυο σταδίων φαίνεται στο σχήμα 168.

Η πίεση λειτουργίας καθορίζεται από την ρύθμιση του μικρού σκληρού ελατηρίου στο τμήμα εντολής της βαλβίδας. Στην θέση Α του σχήματος φαίνεται η λειτουργία της βαλβίδας όταν η κυρία πίεση είναι χαμηλότερη από την πίεση ρυθμίσεως της βαλβίδας. Το κυρίως έμβολο κρατείται στην κάτω θέση με την δράση του κυρίως ελατηρίου (μαλακό). Όταν η πίεση του κυρίως κυκλώματος φτάσει την πίεση ρυθμίσεως της βαλβίδας (θέση Β), το κωνικό εμβολίδιο υποχωρεί με αποτέλεσμα την δημιουργία μιας ροής, η οποία μέσω του κυρίως εμβόλου κατευθύνεται προς την αποστράγγιση της βαλβίδας.

Η ροή αυτή, δημιουργεί μία διαφορά πιέσεων στα δύο άκρα του εμβόλου με αποτέλεσμα άνοδο του και στραγγαλισμό της ροής προς το δευτερεύον κύκλωμα. Ο στραγγαλισμός αυτός, κρατά την πίεση προς το δευτερεύον κύκλωμα στα επιθυμητά όρια. Η έξοδος προς το δευτερεύον κύκλωμα δεν κλείνει ποτέ. Όταν το δευτερεύον κύκλωμα δεν απαιτεί ροή, υπάρχει πάντα μία ροή προς την αποστράγγιση.

4. Βαλβίδες αποφορτίσεως

Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με δύο αντλίες χαμηλής και υψηλής παροχής. Οι παροχές και των 2 αντλιών αποφορτίζονται στο σύστημα έως ότου η πίεση φτάσει τη ρύθμιση της βαλβίδας. Τότε η βαλβίδα αποφορτίσεως ανοίγει και η παροχή της μεγάλης αντλίας στέλνεται προς τη δεξαμενή και λειτουργεί μόνο η μικρή αντλία με μεγαλύτερη πίεση μέχρι η πίεση να φτάσει τη ρύθμιση της ανακουφιστικής βαλβίδας.



Σχήμα 169. Βαλβίδες αποφορτίσεως

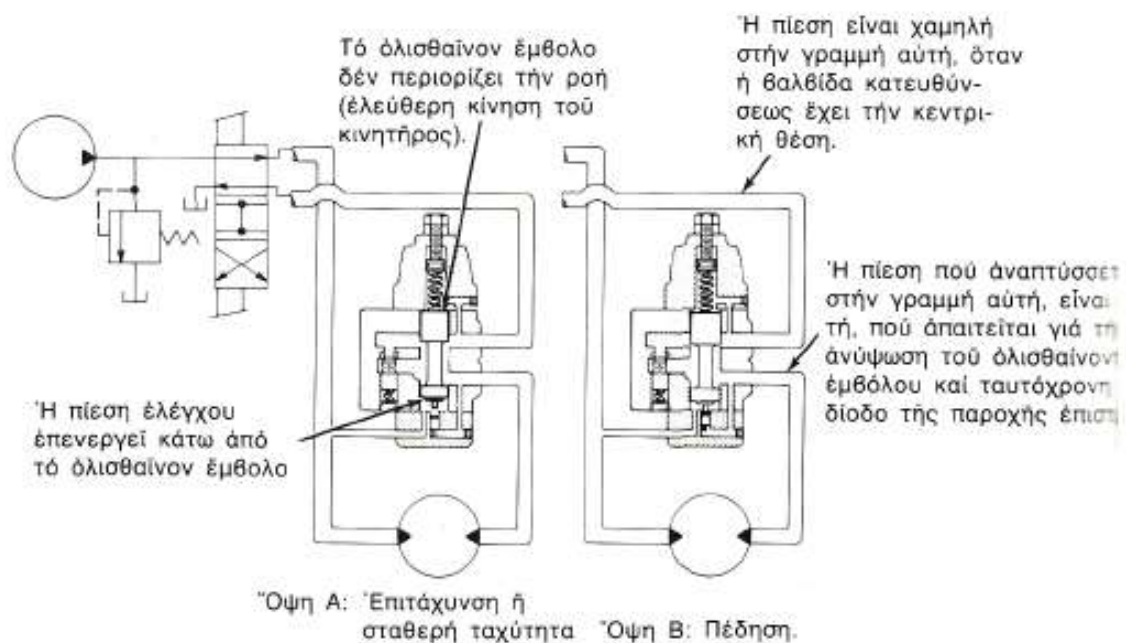
4.4.1.6 Βαλβίδα πεδήσεως

Ο ρόλος της βαλβίδας πεδήσεως είναι να αποτρέπει την ανεξέλεγκτη αύξηση της ταχύτητας του υδραυλικού κινητήρα όταν το φορτίο τείνει να επιταχυνθεί ή ανεξέλεγκτη αύξηση της πίεσεως όταν επιβραδύνουμε ή σταματούμε απότομα την κίνηση.

Η βαλβίδα πίεσεως λειτουργεί με απλό ολισθαίνον έμβολο που δεν διαθέτει όμως εσωτερική γραμμή αποστραγγίσεως και με γραμμή υδραυλικής εντολής στο κάτω κάλυμμα της βαλβίδας, που δρα ευθέως στην κάτω επιφάνεια του εμβόλου (σχήμα 170). Ένας δεύτερος βοηθητικός εμβολισμός χρησιμοποιείται ως αισθητήριο για την πίεση εξόδου. Η υδραυλική εντολή δίδεται από την γραμμή κεντρικής παροχής προς τον κινητήρα. Επί πλέον, ή πίεση της εξαγωγής του κινητήρα μεταφέρεται στο βοηθητικό έμβολίδιο που έχει τον ίδιο άξονα ολισθήσεως με το κυρίως έμβολο.

α) Φάση επιταχύνσεως. Κατά την φάση αυτή η πίεση είναι η μέγιστη που επιτρέπει η κεντρική ανακουφιστική βαλβίδα. Η πίεση αυτή κρατά το έμβολο της βαλβίδας σταθερά επάνω, με αποτέλεσμα ή δίοδος του ρευστού επιστροφής του κινητήρα να είναι ελεύθερη μέσω της βαλβίδας (σχήμα 170Α)

β) Φάση κανονικής πίεσεως. Όταν ο κινητήρας αποκτήσει τις επιθυμητές στροφές Η βαλβίδα συγκρατείται ανοικτή, έκτος εάν ο κινητήρας συνεχίσει την επιτάχυνση, οπότε μπορεί να έχουμε ανεξέλεγκτη κίνηση και σπηλαίωση. Στην περίπτωση αυτή, ή πίεση εισόδου στον κινητήρα πέφτει, όπως και στην είσοδο του εμβόλου (σχήμα 170Β). Η δύναμη του ελατηρίου ωθεί τότε το έμβολο ώστε να κλείσει την δίοδο του ρευστού και ή αντίθετη πίεση αυξάνεται. Η κίνηση του κινητήρα επιβραδύνεται λόγω της αντιθέτου πίεσεως που έχει δημιουργηθεί. Ταυτόχρονα, το βοηθητικό έμβολίδιο ανασηκώνεται και συγκρατεί την βαλβίδα στην κατάλληλη θέση, ώστε ή ταχύτητα του κινητήρα να ισορροπήσει στις επιθυμητές στροφές.



Σχήμα 170. Λειτουργία της βαλβίδας πεδήσεως

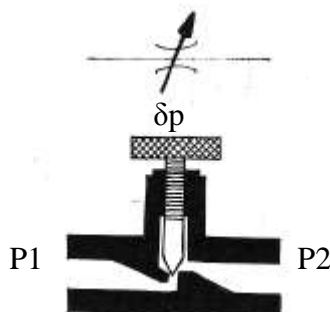
Βαλβίδες ελέγχου της παροχής

Οι απαιτήσεις του υδραυλικού συστήματος πολλές φορές επιβάλλουν την μεταβολή της παροχής του εργαζομένου μέσου στις διάφορες θέσεις εργασίας, όπως είναι οι θέσεις των υδραυλικών κυλίνδρων ή κινητήρων. Για μία θέση εργασίας αυτό θα μπορούσε να δίνει με την χρησιμοποίηση αντλίας μεταβαλλόμενης παροχής. Όμως, για συνήθεις εφαρμογές το κόστος μίας τέτοιας αντλίας είναι μάλλον απαγορευτικό, ενώ η εν λόγω ρύθμιση της παροχής μπορεί να δίνει οικονομικότερα εάν χρησιμοποιηθεί μια βαλβίδα για την ρύθμιση της παροχής, σκοπός της οποίας είναι η μείωση της παροχής στον κλάδο της σωλήνωσης την οποίαν ελέγχει.

Μια τέτοια βαλβίδα είναι ουσιαστικά μία αντίσταση στη ροή, και έτσι αυξάνει η πίεση του συστήματος, η οποία ενεργοποιεί την βαλβίδα ανακουφίσεως δια της οποίας ένα μέρος της παροχής της αντλίας επιστρέφει απ' ευθείας στη δεξαμενή. Το υπόλοιπο περνάει μέσα από την βαλβίδα ρύθμισης της παροχής και από εκεί οδηγείται στον επενεργητή (κύλινδρο ή κινητήρα). Οι βαλβίδες αυτές είναι στραγγαλιστικές. Έχουν μία στένωση δια της οποίας η ροή είναι συνάρτηση της πτώσεως πίεσεως $\Delta p = p_1 - p_2$

Τύποι βαλβίδων ελέγχου παροχής:

- Η πιο απλή βαλβίδα ελέγχου της παροχής είναι φυσικά μια οποιαδήποτε στένωση, όπου η μεταβολή της παροχής του ρευστού εξαρτάται από την αύξηση της πτώσης πίεσης, η διάμετρο της στενώσεως και το μήκος της. τέτοιες στενώσεις μπορούν να προσφέρουν κοινοί διακόπτες όπως (σφαιρικοί ή βελονοειδείς) όπως φαίνεται στο σχήμα 171.



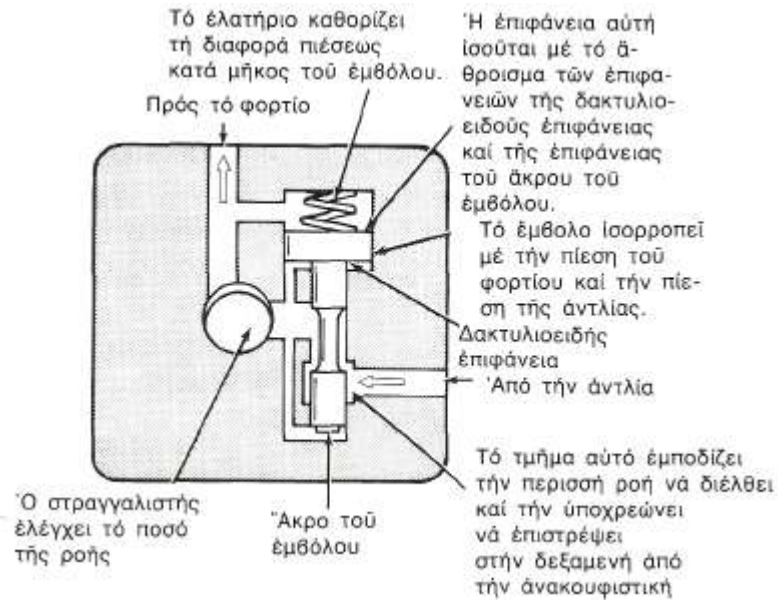
Σχήμα 171. Βελονοειδής βαλβίδα-διακόπτης για χρήση ρυθμίσεως τη παροχής:

$$p_1 = \delta p + p_2$$

Ένα φαινόμενο σχετικό με τις βαλβίδες έλεγχου ροής, είναι το ότι ή παροχή που μέσω μιας στενώσεως αυξάνει με την αύξηση της πτώσεως πίεσεως κατά μήκος της.

- Οι ισοσταθμισμένοι ρυθμιστές ροής (σχήμα 172), διαθέτουν ένα υδροστατικό έμβολο το οποίο ισορροπεί μεταξύ της πίεσεως της αντλίας και της πίεσεως εξόδου από τον ρυθμιστή, ενώ εξασφαλίζει πάντοτε μία διαφορά πίεσεως 1,5 bar κατά μήκος της κυρίας στενώσεως. Η κυρία στένωση αποτελείται από ένα κανονικά ανοιχτό κυλινδρικό έμβολο μη κυκλικής διατομής. Το υδροστατικό έμβολο ένα κανονικά ανοιχτό και τείνει να κλείσει για να παρεμποδίζεται το τμήμα της παροχής που η στένωση δεν επιτρέπει να διέλθει. Ένα ελατήριο μαζί με την πίεση

εξόδου τείνουν να κρατήσουν το υδροστατικό έμβολο ανοικτό, ενώ ταυτόχρονα η πίεση της αντλίας τείνει να το κλείσει. Έτσι τελικά διέρχεται από ης υδροστατικό έμβολο μόνο τόση ροή, όση επιτρέπουν τα 1,5 bar διαφοράς πίεσεως κατά μήκος της στενώσεως. Η διαφορά πίεσεως κατά μήκος τής στενώσεως διατηρείται πάντα σταθερή.



Σχήμα 172. Ρύθμιση παροχής με ισοστάθμιση πίεσης

4.4.2 ΒΛΑΒΕΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Όπως είδαμε υπάρχουν και μηχανικές αλλά και ηλεκτρικές βαλβίδες. Αυτό σημαίνει ότι οι βλάβες που μπορεί να πάθουν οι βαλβίδες μπορεί να είναι μηχανικές ή ηλεκτρικές. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο συχνές βλάβες που μπορούμε να συναντήσουμε σε μία βαλβίδα ανάλογα με το είδος της.

Βλάβες σε αναλογικές βαλβίδες, και γενικά οποιοδήποτε βαλβίδα είναι ηλεκτρικά ενεργοποιούμενη

Τέτοιες βλάβες παρουσιάζονται σε βαλβίδες κατευθύνσεως με συμβατικό πηνίο, σε σερβοβαλβίδες, ή σε αναλογικές και τότε η βαλβίδα μπορεί να εμφανίσει τα παρακάτω ηλεκτρικά προβλήματα:

1. **Μηχανικό κόλλημα του ολισθαίνοντος εμβόλου.** Κάθε έμβολο αναλογικής βαλβίδας το οποίο δεν μπορεί να μετακινηθεί εντελώς αποτρέπει την σιδερένια ενίσχυση T απ' το να τραβηχτεί όλη μέσα στο περίβλημα της και αυτό έχει ως αποτέλεσμα το πηνίο να δέχεται ένα συνεχόμενο μεγάλο ρεύμα εκκίνησης με αποτέλεσμα να καεί. Αυτό το ρεύμα είναι το ρεύμα ενεργοποίησης του πηνίου. Αρχικά η ενίσχυση είναι εκτός πηνίου γιατί το μαγνητικό πεδίο δεν είναι αρκετά δυνατό για να τραβήξει μέσα του την ενίσχυση. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει μεγάλη αντίσταση στο κέντρο του πηνίου. Για να ενεργοποιηθεί το πηνίο αρχικά θα πρέπει να περάσει από μέσα του ένα ρεύμα το οποίο λέγεται ρεύμα εκκίνησης (inrush current) Αυτό το ρεύμα μπορεί να είναι μέχρι και 20 φορές μεγαλύτερο από το κανονικό ρεύμα. Αρχίζει να μειώνεται καθώς η ενίσχυση θα προχωράει προς τα μέσα περίπου σε 10 msec αλλά σε αυτό το χρονικό διάστημα μπορεί να έχει κάνει 30~40 κύκλους μέχρι το ρεύμα να πάει στην κανονική του ένταση (σχήμα 173). Η αντίσταση στην κίνηση του ρεύματος προέρχεται από την αντίσταση στην κίνηση των ηλεκτρονίων του υλικού του αγωγού. Αν κάτι χτυπήσει την ενίσχυση ή τον οπλισμό και τα εκτρέψει από την κανονική του θέση, τα ποσά ρεύματος που περνάνε απ το πηνίο είναι πολύ μεγάλα και δημιουργούν μεγάλες θερμοκρασίες. Σε αναλογικές βαλβίδες με κενό αέρος αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να λιώσει το πλαστικό υλικό στις άκρες του πηνίου το οποίο χρησιμοποιείται σα μονωτικό.



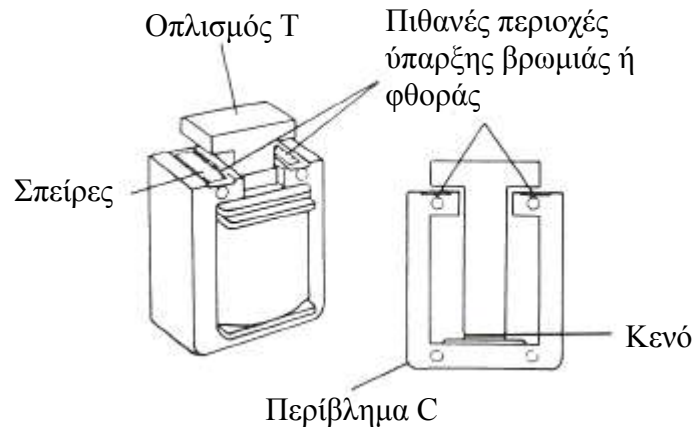
Σχήμα 173. Μετακίνηση του εμβόλου /οπλισμού σε σχέση με το ρεύμα

Τα αίτια για αυτή την ανεπαρκή μετακίνηση του εμβόλου οφείλονται σε διάφορους παράγοντες όπως

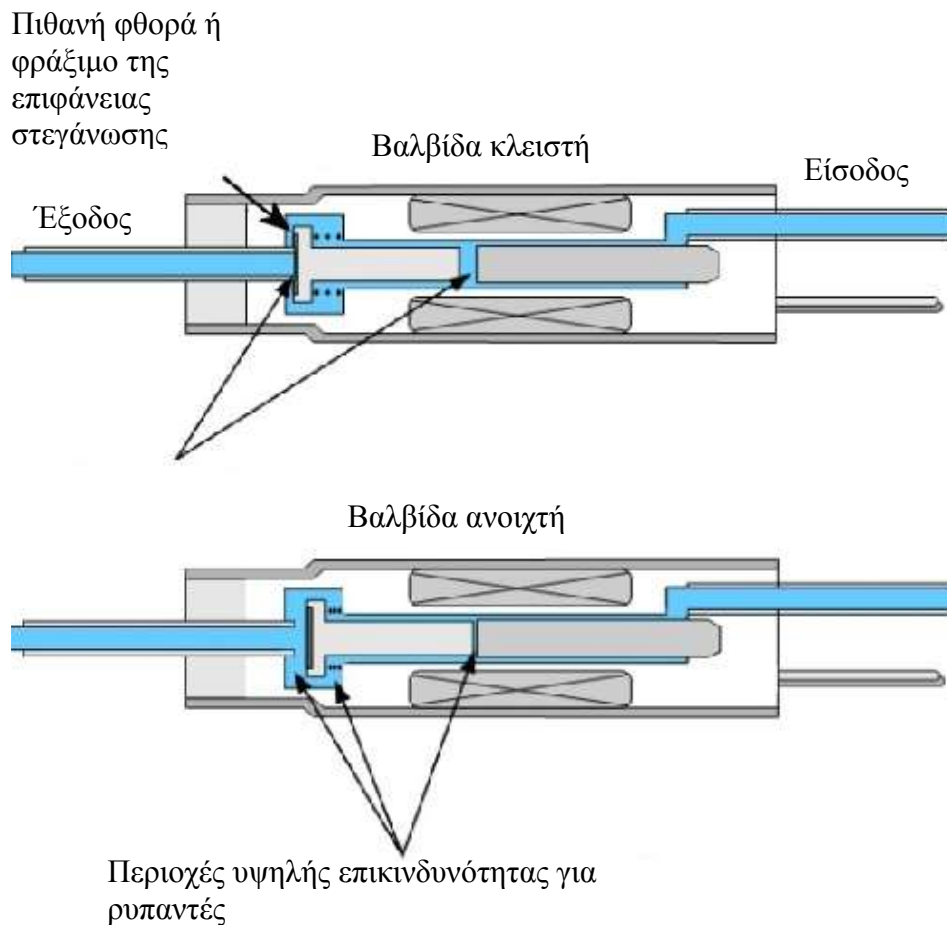
- A. Ρύπανση του υδραυλικού ρευστού από:

- Μεταλλικά υπολείμματα που προήλθαν από φθορά μεταλλικών εξαρτημάτων(φλούδες, ταινίες, ρινίσματα κλπ)
- Προϊόντα οξείδωσης (varnish)
- Burrs on spool

Στα σχήματα 174,175 φαίνονται οι πιθανές θέσεις συσσώρευσης ρυπαντών στα πηνία και τις αναλογικές βαλβίδες γενικότερα



Σχήμα 174. Πιθανές θέσεις συσσώρευσης ρυπαντών



Σχήμα 175. Πιθανές θέσεις συσσώρευσης ρυπαντών σε ηλεκτρικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες

- B. Η επιφάνεια πάνω στην οποία εδράζεται η βαλβίδα δεν είναι επίπεδη. Όταν η βαλβίδα βιδώνεται σε επιφάνεια που δεν είναι επίπεδη μπορεί να διαστρεβλωθεί τόσο ώστε το έμβολο της να σφηνωθεί στο σώμα της και να μην μπορεί να κινηθεί.
- C. Πρόβλημα στο στεγανωτικό δακτύλιο O-Ring του πείρου που ωθεί το έμβολο. Είτε είναι φθαρμένος ή είναι πολύ σφιγμένος.
- D. Μηχανικό κόλλημα του εμβόλου μπορεί ανά έχουμε και στην περίπτωση δεν δέχεται ρεύμα/ ηλεκτρικό σήμα.

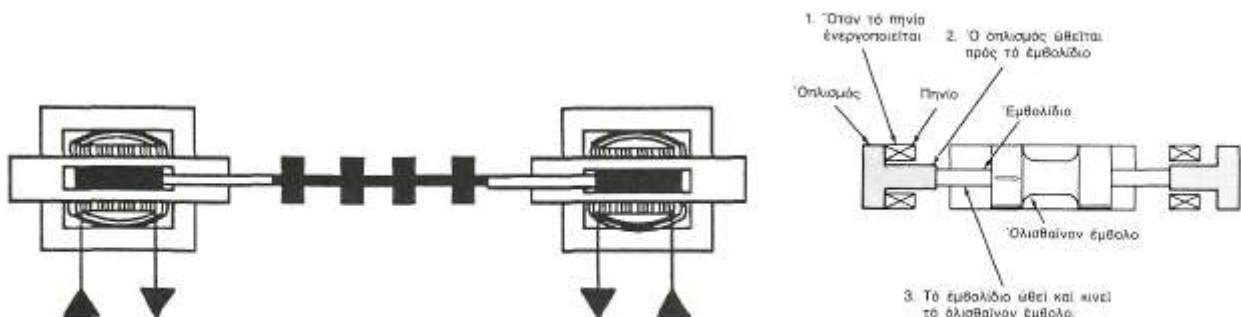
Πολλές φορές όταν ο σπλισμός για κάποιο λόγο μπλοκάρει μηχανικά στην ανοιχτή θέση το ρεύμα το οποίο περνάει απ το πηνίο είναι τόσο μεγάλο που δημιουργεί υπερβολική θερμότητα η οποία λιώνει τη μπομπίνα και λιωμένο νάιλον καλύπτει το κάτω μέρος του "Τ" (σχήμα 176) .Η θερμότητα αυτή η οποία δεν μπορεί να απαχθεί μειώνει τη παροχή ρευστού (άρα και τη δύναμη για να κλείσει η ενίσχυση).Η μπομπίνα είναι ένα καρούλι κατασκευασμένο από πλαστικό πάνω στο οποίο τυλίγονται οι σπείρες του πηνίου.



Σχήμα 176. Λιωμένη μπομπίνα πηνίου λόγω υπερθέρμανσης

Αντικρουόμενες εντολές ενεργοποίησης

Σε μερικές διπλές αναλογικές βαλβίδες, μπορεί λανθασμένα η βαλβίδα να πάρει ταυτόχρονα εντολή να κινηθεί προς τα αριστερά και προς τα δεξιά. Αυτή η κατάσταση συμβαίνει όταν τα δύο πηνία ενεργοποιηθούν την ίδια χρονική στιγμή και παραμένουν σ' αυτή την κατάσταση για ένα μικρό χρονικό διάστημα . Τότε το τελευταίο πηνίο που θα ενεργοποιηθεί θα καεί εξαιτίας του υπερβολικού ρεύματος εκκίνησης το οποίο είναι έως και πέντε φορές μεγαλύτερο από το κανονικό ρεύμα. Αυτή η κατάσταση θα παρουσιαστεί μόνο σε διπλές αναλογικές βαλβίδες όπου τα δύο πηνία έχουν τοποθετηθεί στις δυο απέναντι άκρες ενός εμβόλου όπως φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 177.

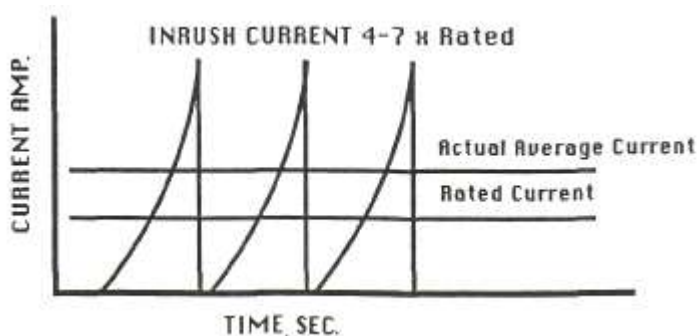


Σχήμα 177.Εμβολο βαλβίδας ενεργοποιούμενο από 2 ηλεκτρικά πηνία

Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο σχεδιασμό του ηλεκτρικού κυκλώματος έτσι ώστε να είμαστε σίγουροι ότι ο χειριστής δε θα ενεργοποιήσει κατά λάθος και τα δύο πηνία ταυτόχρονα. Βέβαια ακόμα και με μια σωστή σχεδίαση κυκλώματος θα μπορούσαμε να έχουμε ενεργειακή υπερφόρτωση όταν η βαλβίδα έχει επαφές που έχουν κολλήσει ή αργεί να απελευθερώσει τον οπλισμό θα έχει ως αποτέλεσμα να καεί το πηνίο.

Ο κάθε κύκλος εργασίας ολοκληρώνεται πολύ γρήγορα

Κάθε αναλογική βαλβίδα τύπου AC η οποία λειτουργεί συνήθως με εναλλασσόμενο ρεύμα έχει διάρκεια ζωής κάτω από βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας περίπου 5-10 εκατομμύρια κύκλους. Από τη στιγμή που το ρεύμα εκκίνησης είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερο από το κανονικό ρεύμα, ένα κανονικό πηνίο τύπου AC μπορεί να υπερθερμανθεί και να καεί εάν απαιτείται να ξεκινάει πολύ συχνά ολοκληρώνοντας κύκλους εργασίας. Η επιπλέον θερμότητα η οποία παράγεται κατά την περίοδο της εκκίνησης δεν μπορεί να απαχθεί πολύ γρήγορα. Η σταδιακή ανάπτυξη θερμότητας μέσα στο πηνίο μπορεί να έχει ως συνέπεια την καταστροφή της, μόνωσης του (σχήμα 178). Εφαρμογές πολύ υψηλών/ γρήγορων κύκλων εργασίας μπορεί να θεωρηθούν αυτές που απαιτούν το πηνίο να ενεργοποιείται περισσότερες από 5~10 φορές το λεπτό. Σ αυτές τις εφαρμογές είναι καλύτερο να χρησιμοποιούνται πηνία υγρού οπλισμού.

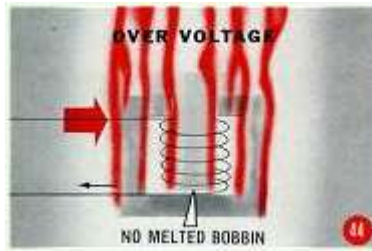


Σχήμα 178. Επίδραση του κύκλου εργασίας στο κύκλωμα του πηνίου

Η προδιαγραφόμενη τάση του πηνίου δεν ταιριάζει με την τάση λειτουργίας

Ασυμβατότητα μεταξύ της ηλεκτρικής πηγής και των προδιαγραφών του πηνίου είναι μερικές φορές αιτία για το κάψιμο του πηνίου.

- Τάση πολύ χαμηλή. Η τάση λειτουργίας του πηνίου δε θα πρέπει να είναι μικρότερη από το 10% της προδιαγραφόμενης τάσης του πηνίου. Η χαμηλή τάση μειώνει τη μηχανική δύναμη του πηνίου με αποτέλεσμα ο οπλισμός/ ενίσχυση T να μην μπορεί να τραβηχτεί μέσα και έτσι το πηνίο να τραβάει αδιάκοπα ρεύμα εκκίνησης και στο τέλος να καεί. Στους πιθανούς λόγους της μειωμένης τάσης συμπεριλαμβάνονται, συνδέσεις υψηλής αντίστασης, υπερφόρτωση του ηλεκτρικού κυκλώματος, και χαμηλή τάση στο μετασχηματιστή ελέγχου ο οποίος τροφοδοτεί το πηνίο.
- Τάση πολύ υψηλή. Έχουμε κάψιμο του πηνίου (Έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο υπερθέρμανση)



Σχήμα 179. Κάψιμο του πηνίου λόγω υψηλής τάσης

Υψηλά ηλεκτρικά "καρφιά" (Spikes). Κατ αρχήν με αυτόν τον όρο εννοούμε ξαφνικούς παλμούς /shock στην τάση ή το ρεύμα. Αν το ρεύμα το οποίο διαρρέει μια αναλογική βαλβίδα προέρχεται κατευθείαν από μια ενεργειακή γραμμή η οποία τροφοδοτεί μεγάλες επαγωγικές συσκευές όπως ηλεκτρικούς κινητήρες τότε το άνοιγμα ή κλείσιμο αυτών των συσκευών μπορεί να προκαλέσει υψηλά επίπεδα/"peaks" τάσης τα οποία μπορεί να προκαλέσουν την κατάρρευση της μόνωσης του πηνίου. Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου καλό θα ήταν να τοποθετούνται δίοδοι σιλικόνης(thyrectors) κατά μήκος των πηνίων οι οποίοι απομονώνουν το κύκλωμα και δρουν σαν αγωγοί του ρεύματος και της τάσης που υπερβαίνουν τις κανονικές(προδιαγραφόμενες) τιμές..

Όλα τα παραπάνω προβλήματα εμφανίζονται κυρίως σε αναλογικές βαλβίδες εναλλασσόμενου ρεύματος(alternating current AC)Οι βαλβίδες που χρησιμοποιούν συνεχές ρεύμα(direct current DC) δεν καίγονται εξαιτίας μπλοκαρίσματος του εμβόλου ή λόγω υψηλής η χαμηλής τάσης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχουν υψηλό ρεύμα εκκίνησης. Το μεγαλύτερο ρεύμα το οποίο περνάει απ το πηνίο είναι το κανονικό ρεύμα(holding current) το οποίο παραμένει σταθερό ανεξάρτητα από τη θέση στην οποία βρίσκεται ο σπλισμός. Στα πηνία εναλλασσόμενου ρεύματος η τιμή του ρεύματος στο πηνίο κατά την έναρξη της διαδρομής του σπλισμού είναι 3~4 φορές μεγαλύτερη απ' όταν το πηνίο είναι στη θέση του(έχει ολοκληρώσει ένα κύκλο εργασίας).

Υψηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος

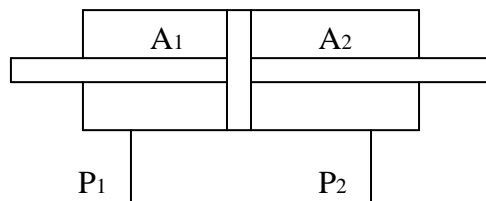
Καθώς το ρεύμα τραβάει μέσα την ενίσχυση της βαλβίδας θερμότητα επιτρέπει να απάγεται από το πηνίο. Αν η περιβάλλουσα θερμοκρασία του αέρα είναι υπερβολικά υψηλή, η απαγωγή θερμότητας θα είναι δύσκολη και το πηνίο μπορεί να καεί. Αυτή μπορεί να είναι η περίπτωση μπορεί να εμφανιστεί όταν ο εξαερισμός είναι ανεπαρκής ή το μηχανήμα να λειτουργεί κοντά σε πηγή θερμότητας.

Χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος

Ψυχρές θερμοκρασίες περιβάλλοντος έχουν σαν αποτέλεσμα το λάδι να αυξήσει το ιξώδες του να γίνει πιο παχύρρευστο υπερφορτώνοντας την αναλογική βαλβίδα και μειώνοντας την ικανότητα της. Τα μηχανικά μέρη της βαλβίδας η της δομής του πηνίου μπορεί να στραβώσουν προκαλώντας κόλλημα στο έμβολο της βαλβίδας και κατά συνέπεια το κάψιμο της.

Υπερβολική παροχή περνάει απ' τη βαλβίδα

Η πτώση της πίεσης κατά μήκος του εμβόλου μιας αναλογικής βαλβίδας, η οποία δημιουργείται από την παροχή ρευστού δημιουργεί μια ανισορροπία δυνάμεων η οποία τείνει να κάνει το έμβολο να μετακινηθεί στην αξονική κατεύθυνση. Με την κατασκευή του σώματος και του εμβόλου της βαλβίδας, η οποία χρησιμοποιείται στις περισσότερες βαλβίδες τεσσάρων κατευθύνσεων, η αστάθεια της πίεσης σε μια κατεύθυνση της ροής (οπή πίεσης προς κύλινδρο) αντισταθμίζεται στην αστάθεια(ανισορροπία) που θα δημιουργηθεί στην αντίθετη κατεύθυνση, η οποία προκαλείται από τον άλλο δρόμο της ροής (κύλινδρο προς δεξαμενή). Όταν χρησιμοποιούνται κύλινδρο διπλής ενέργειας με διπλό βάκτρο οι δυνάμεις αυτές που τείνουν να μετακινούν τα έμβολα AC αλληλοεξουδετερώνονται(Σχήμα 180).

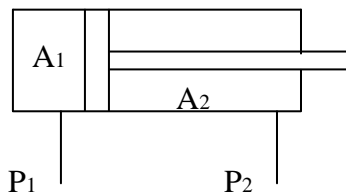


Σχήμα 180. Κύλινδρος διπλής ενέργειας με διπλό βάκτρο

Από ισορροπία δυνάμεων

$$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \rightarrow P_1 = P_2 \cdot \frac{A_2}{A_1} \xrightarrow{A_1=A_2} P_1 = P_2$$

Παρ όλα αυτά οι περισσότεροι κύλινδροι έχουν επιφάνειες που δεν είναι ίσες (σχήμα 181) και έτσι η παροχή μεταξύ των 2 διαδρομών δεν είναι ίδια προκαλώντας ανισορροπία στις δυνάμεις που δρουν στο ολισθαίνον έμβολο της βαλβίδας.



Σχήμα 181. Κύλινδρος διπλής ενέργειας με απλό βάκτρο

Από ισορροπία δυνάμεων είναι:

$$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2 \rightarrow P_1 = P_2 \cdot \frac{A_2}{A_1} \xrightarrow{A_1 > A_2} P_1 < P_2$$

Υπάρχει επίσης και ακτινική δυσαναλογία δυνάμεων εξαιτίας της διαφοράς πίεσης του ρευστού κατά μήκος του εμβόλου της βαλβίδας. Πολλές φορές πάνω στο έμβολο της βαλβίδας υπάρχουν μικρές ατέλειες/ εξογκώματα(BURRS) οι οποίες προέρχονται από τις κατεργασίες κατασκευής. Αν τα ακτινικά πλευρικά φορτία είναι αρκετά μεγάλα μπορεί να

προκληθεί σφίνωμα αυτών των εξογκωμάτων μεταξύ σώματος βαλβίδας και εμβόλου με αποτέλεσμα να μην μπορεί να κινηθεί το έμβολο.

Νεκρές περιόδου εργασίας

Η κυκλοφορία του ρευστού διαμέσου της αναλογικής βαλβίδας βοηθάει στο να μεταφέρει τη θερμότητα εκτός βαλβίδας. Μερικές βαλβίδες εξαρτώνται από τη ροή που ρευστού για να αποτρέψουν την συσσώρευση υπερβολικής θερμότητας. Και αν χρησιμοποιηθούν σε νεκρές περιόδου λειτουργίας όπου η βαλβίδα παραμένει ενεργοποιημένη για μεγάλη χρονική περίοδο χωρίς να περνάει ρευστό από μέσα της είναι πολύ πιθανό το πηνίο να καεί.

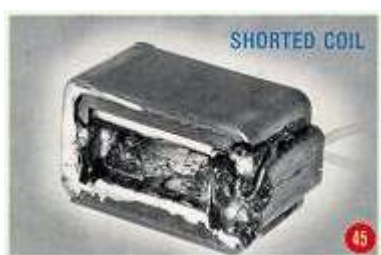
Ατμοσφαιρική υγρασία

Υψηλή ατμοσφαιρική υγρασία σε συνδυασμό με αλλαγές στην περιβαλλοντική θερμοκρασία έχουν σαν συνέπεια τη διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών της βαλβίδας με αποτέλεσμα η ενίσχυση του πηνίου να "σέρνεται" πάνω στις διαβρωμένες επιφάνειες και το έμβολο να κολλάει.

Η υγρασία επίσης δημιουργεί πρόβλημα σε πηνία με κενό αέρα στα οποία το πηνίο δεν βρίσκεται προστατευμένο μέσα σε κάψουλα. Έτσι η υγρασία προκαλέσει βραχυκύκλωμα στα τυλίγματα

Βραχυκύκλωμα στο πηνίο

- A. Ψυκτικά υγρά τα οποία έχουν σα βάση το νερό πολύ συχνά μεταφέρουν πολύ λεπτά μεταλλικά σωματίδια που προέρχονται από κάποια εργαλειομηχανή. Επαφή αυτών με το πηνίο έχουν σαν αποτέλεσμα το βραχυκύκλωμα του πηνίου(σχήμα 182).

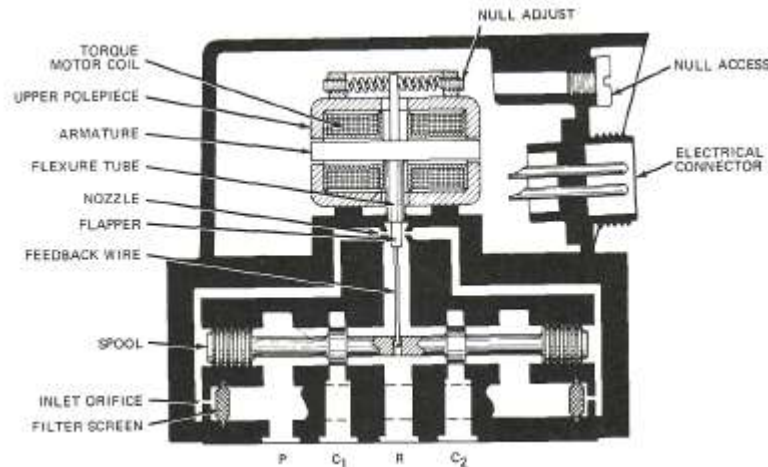


Σχήμα 182. Βραχυκυκλωμένο πηνίο

- B. Ρευστό υψηλής ανθεκτικότητας σε φωτιά. Κάποια τέτοια ρευστά όπως φωσφορικοί εστέρες προκαλούν βραχυκυκλώματα στα τυλίγματα του πηνίου. Διασπούν την μόνωση του πηνίου. Η μολυβδένια συρμάτινη μόνωση γίνεται πορώδης / σπογκώδης και συχνά χάνει τη μονωτική της ικανότητα. Αυτή η κατάσταση προκύπτει σε πηνία που δεν περιβάλλονται από κάψουλα αέρα και στα οποία υπάρχει βλάβη στα στεγανωτικά του πείρου που ωθεί το έμβολο.

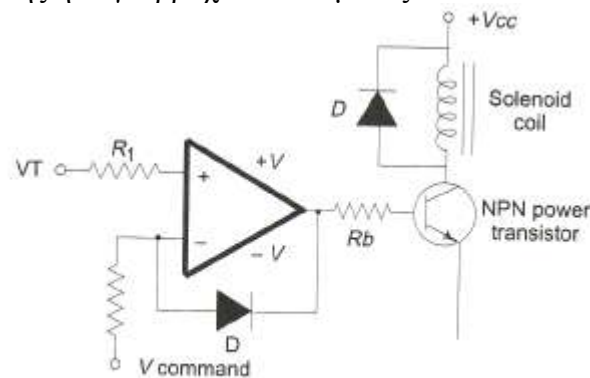
4.4.2.2 Βλάβες σε σερβοβαλβίδες

Εκτός από τις παραπάνω ηλεκτρικές βλάβες στις σερβοβαλβίδες μπορεί πιο συγκεκριμένα να προκύψουν τα παρακάτω προβλήματα.



Σχήμα 183.Χαρακτηριστικό παράδειγμα ηλεκτροδραυλικής σερβοβαλβίδας 2 βαθμίδων

1. Η σερβοβαλβίδα δεν ανταποκρίνεται στο σήμα εντολής(σήμα εισόδου) που δεν είναι άλλο από το ηλεκτρικό σήμα που δέχεται. Πιθανά αίτια:
 - Δε λειτουργεί ο ελεγκτής/ δέκτης σήματος εισόδου
 - Δε λειτουργεί ο ενισχυτής(Σχ. 184) σήματος εξαιτίας κάποιας καμένης αντίστασης η λόγω βραχυκυκλώματος

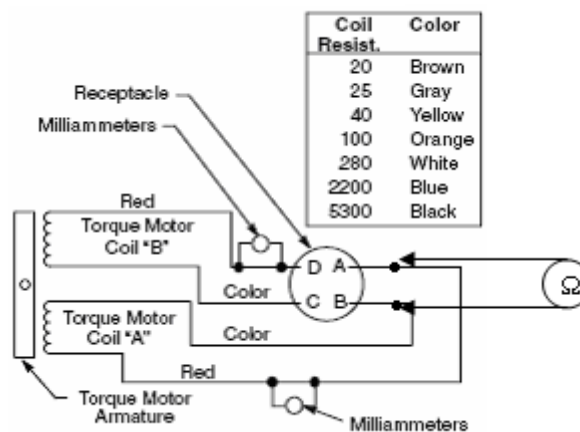


Σχήμα 184 .Ενισχυτής σερβοβαλβίδας

- Το έμβολο έχει μπλοκάρει πιθανόν από ρύπους
2. Η μηχανική απόκριση της βαλβίδα δεν είναι ανάλογη με το ρεύμα εισόδου .Με αποτέλεσμα οι επενεργητές (το φορτίο) η άλλα εξαρτήματα να κινούνται πολύ αργά ή και καθόλου. Πιθανά αιτία:
 - Δε λειτουργεί καλά ο κινητήρας ροπής διότι έχει αποσυναρμολογηθεί το πηνίο ή έχει χαλάσει η μόνωση του(open coil assembly or open coil leads)

- Ανεπαρκείς ηλεκτρικές συνδέσεις. Για να εντοπίσουμε τη βλάβη εξετάζουμε τους συγκολλητούς ηλεκτρικούς συνδέσμους ώστε να δούμε ποιος είναι κρύος .Ελέγχουμε τη συνοχή των ηλεκτρικών συνδέσμων με ένα ομόμετρο(ohmmeter) το οποίο μετράει την αντίσταση των κλάδων
 - Πολύ σφιχτά βιδωμένα μπουλόνια έδρασης.
3. Η σερβοβαλβίδα σταματάει να λειτουργεί. Πιθανά αίτια:
- Σπασμένος εύκαμπτος σωλήνας(βλ σχήμα 182 flexure tube) ο οποίος δρα σαν προστατευτικό του σπλισμού του ηλεκτρομαγνήτη από το ρευστό και περιορίζει την κίνηση του σπλισμού. Αν υπάρχει ρευστό πάνω του αυτό είναι μια ένδειξη ότι έχει σπάσει.
 - Στόμια φραγμένα από ρυπαντές
4. Περιορισμένη ή κακή απόκριση. Πιθανά αίτια:
- Απώλεια ευαισθησίας της βαλβίδας εξαιτίας ρυπαντών.
 - Λανθασμένα βιδωμένες οι βίδες της έδρασης της βαλβίδας.
 - Ανεπαρκής πίεση τροφοδοσίας.
5. Το ρεύμα εισόδου το οποίο απαιτείται ώστε να η βαλβίδα να σταματήσει να δίνει παροχή στις οπές ελέγχου είναι πολύ μεγάλο(high null bias). Κανονικά το ρεύμα αυτό θα έπρεπε να είναι μηδέν για να μηδενίζεται η παροχή στις οπές ελέγχου .Αυτό όμως δε συμβαίνει λόγω των συνθηκών λειτουργίας και άλλων παραγόντων. Αυτό έχει σα συνέπεια να ρυθμίζουμε εμείς την τιμή αυτού του ρεύματος. Η ρύθμιση γίνεται με Άλεν. Αυτή η κατάσταση υψηλού ρεύματος έως ότου η βαλβίδα πάει στην ουδέτερη κατάσταση(“νεκρά θέση”) έχει σαν αποτέλεσμα οι επενεργητές να κινούνται και ο υδραυλικός κινητήρας να κάνει μια αργή περιστροφή αφού δέχεται μικρή ποσότητα ρευστού από τη σερβοβαλβίδα εξαιτίας αυτού του ρεύματος. Η υψηλή τιμή αυτού του ρεύματος οφείλεται σε
- Κακή ρύθμιση τα του ρεύματος(null bias) σε υψηλά επίπεδα χωρίς να χρειάζεται.
 - Τα φίλτρα είναι βουλωμένα .
 - Τα εσωτερικά στόμια της βαλβίδας έχουν φράξει κατά ένα μεγάλο μέρος.
 - Ο υδραυλικός ενισχυτής έχει πρόβλημα.
6. Η βαλβίδα καθυστερεί να επιστρέψει στην αρχική της ουδέτερη κατάσταση όταν ο ελεγκτής σταματήσει να δέχεται ρεύμα. Πιθανά αίτια:
- Βουλωμένα φίλτρα.
7. Χαμηλό κέρδος παροχής. Ο λόγος παροχή ελέγχου προς ρεύμα εισόδου είναι πολύ μικρός. Δηλαδή επιτυγχάνεται μικρή παροχή με μεγάλο ρεύμα εισόδου Αυτό δεν είναι καλό και οφείλεται σε :
- Καμένο-βραχυκυκλωμένο πηνίο
8. Η αύξηση του ρεύματος εισόδου (threshold) η οποία απαιτείται για να αλλάξει η έξοδος /απόκριση της βαλβίδας είναι πολύ μεγάλο. Αυτό προκαλεί ακανόνιστη κίνηση και κραδασμούς. Οφείλεται:
- Στο έμβολο της βαλβίδας το οποίο κολλάει και κινείται με δυσκολία

9. Η βαλβίδα δεν μπορεί να επιστρέψει στη νεκρά κατάσταση όταν ο ελεγκτής ρεύματος επανέρχεται στη νεκρά κατάσταση. Πιθανά αίτια:
- Μπλοκαρισμένο έμβολο
10. Υπάρχει παροχή μόνο σε μία από τις οπές εξόδου. Το φορτίο κινείται μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Πιθανά αίτια:
- Βουλωμένα φίλτρα.
 - Βουλωμένες οπές παροχής. Κάτι παρεμποδίζει τη παροχή να περάσει από τις σωληνώσεις
 - Έχει χαλάσει μόνο το ένα από τα δύο πηνία του κινητήρα ροπής(Σ.Ρ) Για να δούμε αν και ποιο έχει χαλάσει η έχει βραχυκυκλώσει τοποθετούμε ένα ωμόμετρο παράλληλα με το τυλίγμα του πηνίου .Μεταξύ A και B όπως στο σχήμα 185.
 - Το έμβολο εντολής δεν είναι ομόκεντρο με τον άξονα του κινητήρα ροπής.
 - Ανεπαρκής πίεση ελέγχου .
 - Κακές ηλεκτρικές συνθήκες. Για να ελέγξουμε αν το ρεύμα που περνάει από τα πηνία είναι OK τοποθετούμε ένα (μυλι-)αμπερόμετρο (milliammeter)σε σειρά με το A και ένα άλλο σε σειρά με το D όπως στο σχήμα 185 και μετράμε την ένταση του ρεύματος. Όταν το σύστημα ενεργοποιείται το ρεύμα ισομοιράζεται στα 2 πηνία

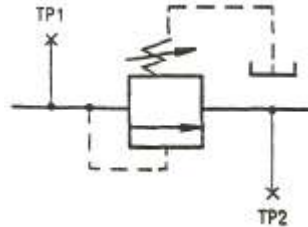


Σχήμα 185. Σχηματική αναπαράσταση του ελέγχου που γίνεται στα πηνία σερβοβαλβίδων

11. Το φορτίο κινείται σε αντίθετη κατεύθυνση απ ότι πρέπει
- Αυτό οφείλεται σε λανθασμένη καλωδίωση του κινητήρα. Πρέπει να γίνει αναστροφή της πολικότητας των μαγνητών η να αλλάξουν τα τυλίγματα τω πηνίων.
12. Ελαττωματικοί δακτύλιοι στεγανότητας μπορεί να προκαλέσουν εξωτερική διαρροή.

4.4.2.3 Βλάβες σε βαλβίδες διαδοχικών δράσεων

Για να κάνουμε διάγνωση βλαβών σε μια τέτοια βαλβίδα θα πρέπει να της τοποθετήσουμε δύο μετρητές στις 2 βασικές διόδους του ρευστού την κύρια και τη δευτερεύουσα (TP1 και TP2) όπως φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 186:



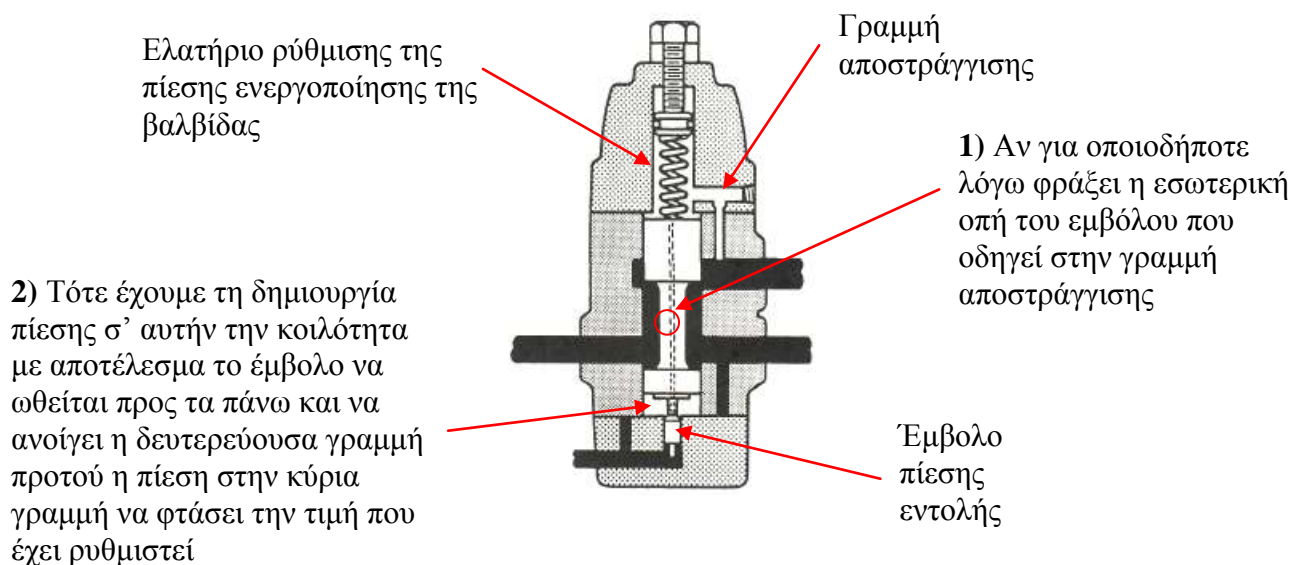
Σχήμα 186. Μετρητές πίεσης τοποθετημένες στις οπές εισόδου-εξόδου της βαλβίδας διαδοχικής δράσεως

Οι ρυπαντές σ' ένα υδραυλικό ρευστό μπορούν να επηρεάσουν τη βαλβίδα διαδοχικής δράσεως με δύο τρόπους

- Μπλοκάροντας τις εσωτερικές διόδους της πίεσεως εντολής με αποτέλεσμα να μην μετακινείται το έμβολο της βαλβίδας και να μην τροφοδοτείται το δευτερεύον κύκλωμα με ρευστό.
- Επιταχύνοντας τη φθορά σε όλα τα κινούμενα μέρη της βαλβίδας.

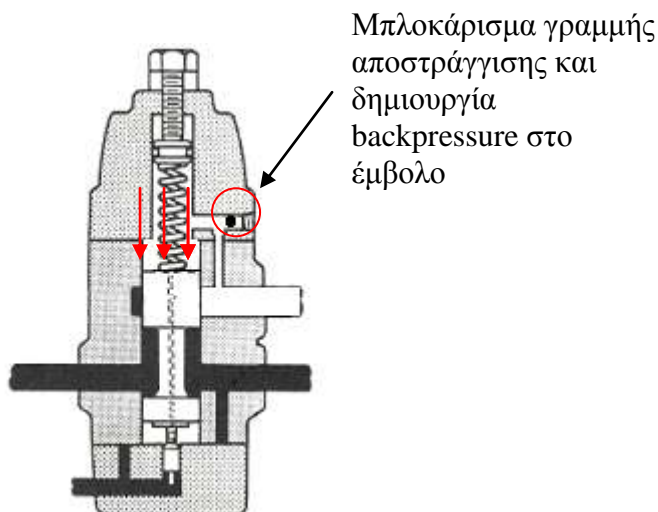
Η βαλβίδα διαδοχικής δράσεως μπορεί να δυσλειτουργεί με διάφορους τρόπους

1. Πρόωρη μετακίνηση του εμβόλου της βαλβίδας (πολύ χαμηλή ένδειξη πίεσης στο μετρητή TP1). Αν το λάδι ρέει από την κύρια γραμμή στη δευτερεύουσα με τιμές πίεσης κάτω από την τιμή στην οποία έχει ρυθμιστεί η βαλβίδα (μέσω του ελατηρίου) αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή:
 - Η γραμμή αποστράγγισης διαμέσου του εμβόλου είναι βουλωμένη (σχήμα 187). Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη πίεσης στην κοιλότητα όπου βρίσκεται στο χαμηλότερο άκρο του εμβόλου κάνοντας το να μετακινηθεί σε λάθος χρονική στιγμή.



Σχήμα 187. Βουλωμένη γραμμή αποστράγγισης οδηγεί σε πρόωρη μετακίνηση του εμβόλου

- Η γραμμή αποστράγγισης είναι βουλωμένη.
 - Υπερβολικό φορτίο στον κύλινδρο ή φορτίο μεγάλης αδράνειας.
 - Κάποιος έχει πειράξει την αρχική ρύθμιση της βαλβίδας κάνοντας την να ανοίγει σε χαμηλότερη πίεση απ' ό,τι απαιτεί η σωστή λειτουργία του συστήματος. Βέβαια μπορεί η ρύθμιση της να άλλαξε και ακούσια.
 - Το κύριο έμβολο έχει παραμείνει κολλημένο στην ανοιχτή θέση λόγω φθορών πάνω του και πάνω στην υποδοχή του από σωματίδια ρυπαντές.
 - Το στόμιο της πίεσης εντολής έχει βουλώσει από σωματίδια.
2. Καθυστερημένη αντίδραση της βαλβίδας.(υψηλή ένδειξη πίεσης στο μετρητή TP1). Αν η πίεση στην κύρια οπή της βαλβίδας αυξηθεί πάνω απ την τιμή στην οποία έχει ρυθμιστεί η βαλβίδα τότε μπορεί να συμβαίνει ένα από τα παρακάτω:
- Το έμβολο που καθορίζει την πίεση εντολής έχει ενσωματωθεί με τη βαλβίδα εξαιτίας ρυπαντών .Κατά συνέπεια δεν μπορεί να δοθεί η εντολή για τη μετακίνηση του κύριου εμβόλου και η παροχή δεν περνάει στη δευτερεύουσα γραμμή.
 - Η διαδρομή της οπής εντολής από την οποία περνάει το ρευστό και κινεί το έμβολο έχει μικρύνει εξαιτίας των ρύπων που υπάρχουν στο ρευστό. Άρα και η πίεση η οποία δέχεται το έμβολο εντολής είναι μικρότερη.
3. Καθόλου κίνηση του ολισθαίνοντος εμβόλου-καθόλου ρευστό στη δευτερεύουσα οπή.
- Η ανακουφιστική βαλβίδα έχει ρυθμιστεί πολύ κοντά στην διαδοχικής δράσεως με αποτέλεσμα να διοχετεύεται το ρευστό στη δεξαμενή προτού αυτό ενεργοποιήσει τη βαλβίδα διαδοχικής δράσεως.
 - Αν η γραμμή αποστράγγισης δεν είναι συνδεδεμένη με τη δεξαμενή ή έχει βουλώσει(ή δεν είναι σωστά διαστασιολογημένη) τότε υψηλές πιέσεις αντίθλιψης θα αναπτυχθούν στην κοιλότητα πάνω από το κυρίως έμβολο και οι οποίες δεν θα το αφήνουν να κινηθεί (σχήμα 188).



Σχήμα 188 . Ανάπτυξη πίεσης αντίθλιψης λόγω φραγμένης γραμμής αποστράγγιση

4. Διακυμάνσεις της πίεσης. Οι μετρητές δείχνουν ακανόνιστες τιμές επίσης που πιθανόν οφείλονται σε:
 - Αλλαγές στα επίπεδα ρύπανσης καθώς οι ρύποι περιοδικά έρχονται και φεύγουν.
 - Μεταβολές τις πιέσεις στη γραμμή αποστράγγισης προς τη δεξαμενή .Αν η γραμμή αποστράγγισης δεν είναι σωστών διαστάσεων αναπτύσσονται πιέσεις αντίθλιψης.

5. Άλλα προβλήματα που συντελούν στην κακή λειτουργία της βαλβίδας είναι
 - Το ελατήριο ρύθμισης της πίεσης είναι σπασμένο
 - Φθαρμένο ολισθαίνον έμβολο.
 - Το προστατευτικό κάλυμμα της αντλίας δεν έχει σφίχτεί καλά έχει τοποθετηθεί λανθασμένα
 - Τα στόμια είναι πολύ μεγάλα προκαλώντας απότομη λειτουργία με τραντάγματα.

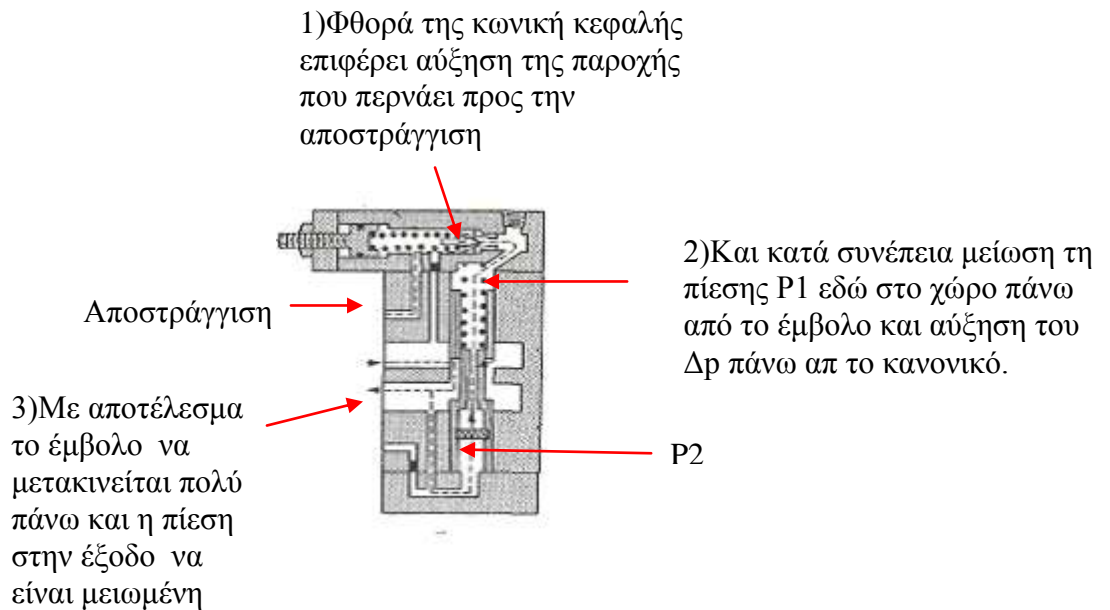
4.4.2.4 Βλάβες σε βαλβίδες αποφορτίσεως

Ένα σημαντικό πρόβλημα που μπορεί να προκύψει εδώ στο παραπάνω αυτόματο κύκλωμα είναι η λανθασμένη ρύθμιση της βαλβίδας. Η ρύθμιση της πίεση της βαλβίδας αποφορτίσεως θα πρέπει να είναι τυπικά 50 % (ή λιγότερο) πιο κάτω από τη ρύθμιση της ανακουφιστικής βαλβίδας. Μια ρύθμιση της πίεσης η οποία θα ήταν πολύ κοντά στη ρύθμιση της ανακουφιστικής ή του ισοστάθμιση θα επέτρεπε στην αντλία υψηλής παροχής συνεχίσει να λειτουργεί χωρίς να χρειάζεται και να περνάει την παροχή της απ την βαλβίδα αντεπιστροφής στο κύκλωμα υψηλής πίεσης με αποτέλεσμα να έχουμε τη δημιουργία αυξημένης θερμότητας και υπερβολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η περιοχή δε της ανακουφιστικής βαλβίδας θα θερμανθεί πάνω απ το κανονικό απ τη στιγμή που και οι δύο αντλίες στέλνουν ταυτόχρονα ρευστό απ την βαλβίδα αποφόρτισης.

4.4.2.5 Βλάβες σε βαλβίδες περιορισμού της πίεσεως

Μια βαλβίδα περιορισμού της πίεσεως μπορεί να δυσλειτουργήσει με διάφορους τρόπους:

1. Αν η πίεση στο εξωτερικό στόμιο(έξοδο) πέσει χαμηλότερα απ' το επιθυμητό επίπεδο ελέγχουμε την κωνική κεφαλή και το στόμιου της για υπερβολική φθορά η οποία μπορεί να επιτρέπει αυξημένη παροχή ρευστού στην αποστράγγιση. Υπερβολική παροχή στην αποστράγγιση σημαίνει μείωση της πίεση στο χώρο που βρίσκεται πάνω από το κυρίως έμβολο(P1) με αποτέλεσμα η πτώση πίεσης($\Delta p = P2 - P1$) η οποία είναι υπεύθυνη για τη μετακίνηση του εμβόλου να αυξάνεται και το έμβολο να κινείται περισσότερο απ όσο χρειάζεται και να κλείνει μεγαλύτερο χώρο απ όσο χρειάζεται(σχήμα 189). Έτσι δεν μπορούμε να επιτύχουμε στο κύκλωμα την αποκατάσταση της πίεσης λειτουργίας.



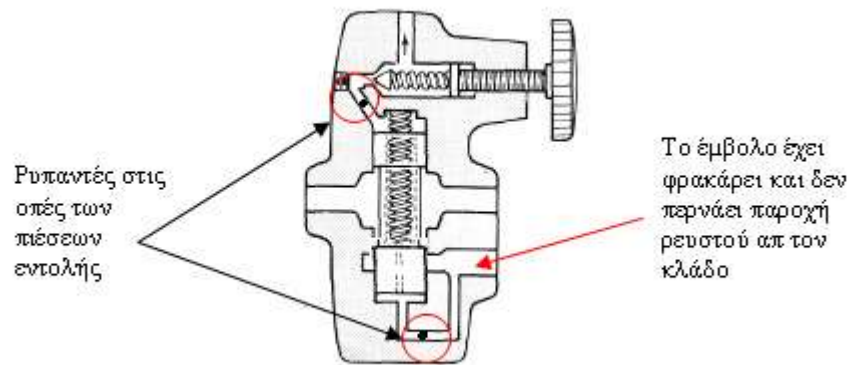
Σχήμα 189. Λανθασμένη μετατόπιση του εμβόλου προκαλεί λανθασμένη πίεση

2. Η πίεση στην έξοδο υπερβαίνει την επιθυμητή τιμή .Η βαλβίδα δε ν μπορεί να τη σταθεροποιήσει. Αυτό συμβαίνει γιατί:
 - Η γραμμή αποστράγγισης είναι βουλωμένη .Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η πίεση στο χώρο πάνω από το κυρίως έμβολο (P_1) και να μειωθεί η διαφορά πίεσης Δp με αποτέλεσμα το έμβολο να μην κινείται πολύ έως καθόλου. Το ρευστό με την πίεση του κυρίως κυκλώματος ρέει σχεδόν ανεμπόδιστο στο δευτερεύοντα κλάδο.
 - Το κυρίως έμβολο έχει κολλήσει σ την ανοιχτή θέση εξαιτίας ρύπων που έχουν σφηνωθεί μεταξύ εμβόλου και τρίμματος/ υποδοχής του εμβόλου ή εξαιτίας γδαρσιμάτων πάνω στο έμβολο είτε στο τρίμμα(bore) ή και στα δύο.

Η βαλβίδα δεν μπορεί να ρυθμιστεί στο επιθυμητό επίπεδο χαμηλής πίεσης. Με αποτέλεσμα η πίεση προς τον κλάδο εξόδου να είναι υψηλή. Αν η βαλβίδα δεν μπορεί να ρυθμιστεί στην επιθυμητή πίεση ενώ το ελατήριο ο κοιλίας της έχει ρυθμιστεί στην κατάλληλη θέση τότε αυτό σημαίνει ότι:

- Είτε έχει σπάσει το ελατήριο του κωνικού εμβολιδίου που φράσσει τη δίοδο προς την αποστράγγιση, με αποτέλεσμα η δύναμη που ασκεί το εμβολίδιο στην οπή να είναι ανεπαρκής.
 - Το κυρίως έμβολο και το τρίμμα του έχουν φθαρεί επιτρέποντας την παροχή να περνάει προς το δευτερεύοντα κλάδο.
3. Ακανόνιστη πίεση ή καθόλου πίεση στην οπή εξόδου οφείλεται σε:
 - Κόλλημα του εμβόλου από ρύπους και φθορές
 - Το κυρίως έμβολο έχει κολλήσει στην κλειστή θέση μη επιτρέποντας στο υπό πίεση ρευστό να πάει στον κλάδο εξόδου. Αυτό συμβαίνει διότι μπορεί να έχει φράξει από ρυπαντές τα στόμια εκατέρωθεν του των δύο άκρων του εμβόλου με αποτέλεσμα το έμβολο να μην μπορεί να κινηθεί ούτε πάνω ούτε κάτω(σχήμα 190). Έχουμε δηλαδή διαταραχή της υδραυλικής ισορροπίας μεταξύ της πίεσης εντολής στους χώρους πάνω και κάτω απ το

έμβολο ..Το κόλλημα αυτό του εμβόλου στην κλειστή θέση μπορεί να δημιουργήσει και εσωτερική διαρροή ρευστού.

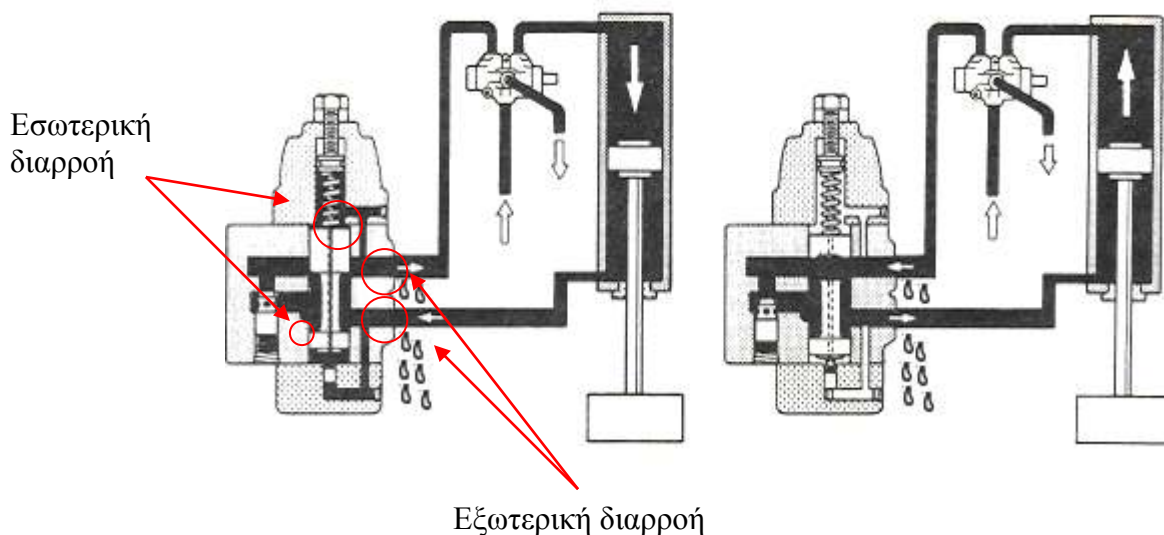


Σχήμα 190. Κόλλημα του εμβόλου στην κλειστή θέση εξαιτίας ρυπαντών

- Οι άκρες των ελατηρίων δεν είναι τετράγωνες.
- Το ελατήριο έχει καταπονηθεί.
- Η παροχή προς ην αποστράγγιση εμποδίζεται απ το να κινηθεί ελεύθερα προς τη δεξαμενή.

4.4.2.6 Βλάβες σε βαλβίδες αντισταθμίσεως

Είναι και αυτή βαλβίδα πίεσης και χρησιμοποιείται για να θέσει υπό έλεγχο ένα μεγάλο βάρος που κινείται κατακόρυφα και το οποίο έχει την τάση να μετακινηθεί ελεύθερα λόγω βαρύτητας. Εμποδίζει την πτώση του και του εξασφαλίζει ομαλή κάθοδο.



Σχήμα 191. Πιθανά σημεία διαρροής σε σύστημα με βαλβίδα αντισταθμίσεως

Αν παρουσιαστεί κάποια εξωτερική η εσωτερική διαρροή(μεταξύ εμβόλου και σώματος) στη βαλβίδα στην πρώτη περίπτωση το έμβολο με το βάρος θα κινηθεί πιο γρήγορα και ακανόνιστα προς τα κάτω και στη δεύτερη περίπτωση δεν θα μπορέσει να γίνει ανύψωση

του βάρους το οποίο θα υποχωρήσει προς τα κάτω. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να παρουσιαστεί επίσης όταν έχει χαλάσει το ελατήριο ρύθμισης της βαλβίδας.

Το φορτίο κινείται ακανόνιστα και η βαλβίδα σφυρίζει όταν

-

Η βαλβίδα υπερθερμαίνεται διότι

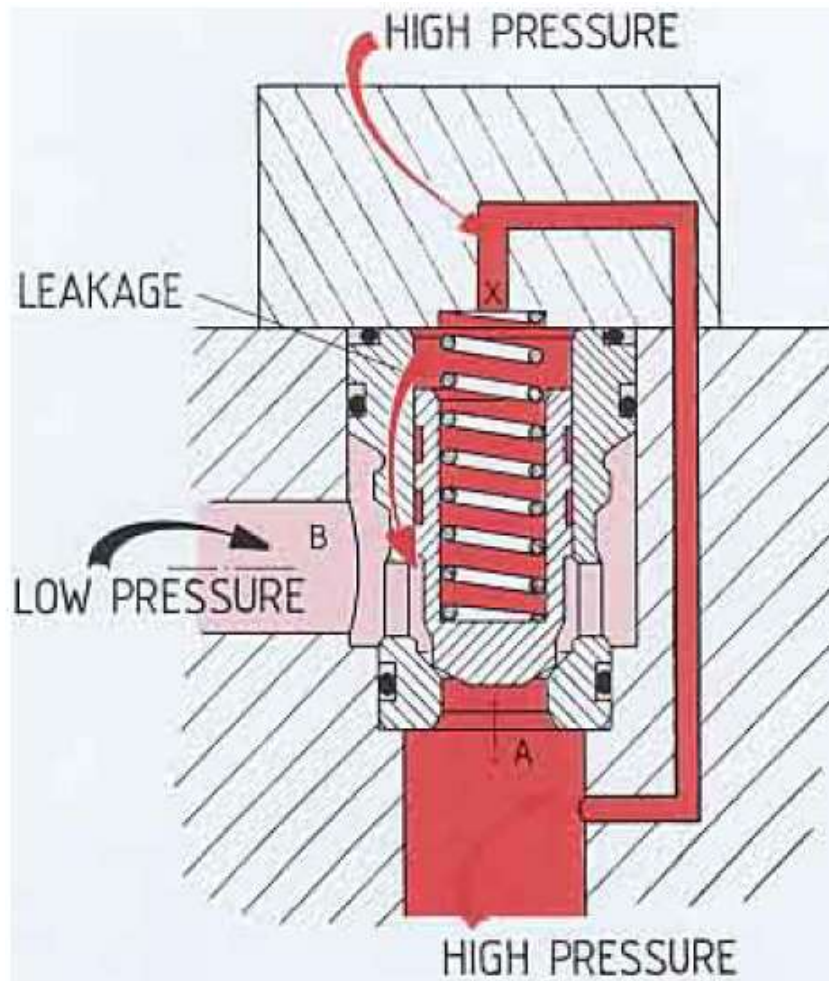
- Έχει ρυθμιστεί σε πίεση μεγαλύτερη απ όση απαιτείται για να κρατήσει το μέγιστό προσοδοκόμενο φορτίο.
- Κύκλος εργασίας πολύ συχνός.
- Υπερβολική ολίσθηση αντλίας(υπερβολικές χάρες ,απώλειες ισχύος) .

4.4.2.7 Βλάβες σε βαλβίδες αντεπιστροφής

- Η βαλβίδα πρέπει να παραμένει κλειστή (να μην επιτρέπει στην παροχή να περνάει)

Σε πολλές περιπτώσεις οι βαλβίδες αντεπιστροφής χρησιμοποιείται για να κρατάει στη θέση του το φορτίο. Μερικές φορές όμως ο κύλινδρος μπορεί να αρχίσει να γλιστράει να μετακινείται σιγά-σιγά παρασέρνοντας μαζί του και το φορτίο. Αυτό τότε σημαίνει ότι ένα από τα παρακάτω προβλήματα υφίστανται;

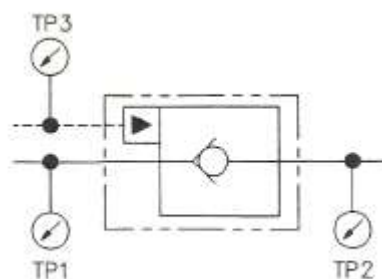
1. Αν η βαλβίδα αντεπιστροφής λειτουργεί με πίεση εντολής μπορεί το σύστημα εντολής να μην είναι σωστά σχεδιασμένο με αποτέλεσμα η πίεση να κάνει τη βαλβίδα να ανοίξει χωρίς να χρειάζεται
2. Το σημαντικότερο όμως πρόβλημα είναι η ύπαρξη εσωτερικής διαρροής στη βαλβίδα αντεπιστροφής εξαιτίας κυρίως της φθοράς στο στόμιο της βαλβίδας ή εκδορές στο κωνικό εμβολίδιο ή την υποδοχή του από ρύπους που υπάρχουν στο ρευστό. Έτσι το εμβολίδιο δεν μπορεί να τοποθετηθεί καλά και να φράξει αποτελεσματικά την παροχή.
3. Μεγαλύτερες χάρες απ ότι χρειάζεται μεταξύ εμβολιδίου και σώματος βαλβίδας.



Σχήμα 192. Εσωτερική διαρροή σε γωνιακή βαλβίδα αντεπιστροφής

4. Το έμβολο της βαλβίδας δεν είναι σε ομοκεντρότητα με το στόμιο της βαλβίδας. Δεν έχει κεντραριστεί καλά.
5. Όταν έχει χαλάσει το ελατήριο της βαλβίδας αντεπιστροφής και η εργασία που έχουμε είναι να ανυψώσουμε ένα φορτίο (προσδεδεμένο στον κύλινδρο) τότε κατά την ανύψωση θα παρατηρήσουμε ότι το φορτίο κάνει κάποια скаμπανεβάσματα καθώς ανεβαίνει.

Για να ελέγξουμε την ορθή ή όχι λειτουργία της βαλβίδα αντεπιστροφής
 Τοποθετούμε 3 μετρητές TP1, TP2, TP3 όπως φαίνεται στο σχήμα 193.



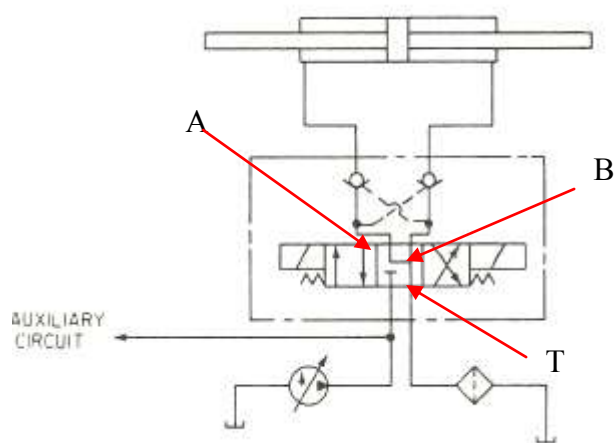
Σχήμα 193. Μετρητές πίεσης σε βαλβίδα αντεπιστροφής

Όταν μια βαλβίδα αντεπιστροφής η οποία ενεργοποιείται μέσω μιας πίεσης εντολής πρέπει να ανοίξει ώστε να επιτρέψει ελεύθερη παροχή ρευστού η πίεση στους μετρητές TP1 και TP2 πρέπει να είναι η ίδια .Αν δεν είναι αυτό σημαίνει ότι η βαλβίδα δεν έχει ανοίξει ή δεν έχει ανοίξει πλήρως. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους.

- Η πίεση εντολής είναι ανεπαρκής ώστε να ενεργοποιήσει το έμβολο εντολής.
- Το κυρίως κωνικό εμβολίδιο έχει κολλήσει και δεν μπορεί να κινηθεί.

Επίσης σε μια βαλβίδα αντεπιστροφής με πίεση εντολής πολύ σημαντικό ρόλο στην ορθή λειτουργία της παίζει ο λόγος του εμβόλου της επιφάνειας του εμβόλου εντολής προς την επιφάνεια του κυλίνδρου που σχετίζεται με τη βαλβίδα. Ο λόγος μεταξύ της επιφάνειας του εμβόλου εντολής και του κυρίως εμβολιδίου πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το λόγο επιφανειών μεταξύ του εμβόλου του κυλίνδρου και της δακτυλιοειδούς περιοχής που ορίζεται απ το βάκτρο. Καλό θα είναι η επιφάνεια του κυλίνδρου στην πλευρά του βάκτρο να είναι σε αναλογία 2:1 με την επιφάνεια της βαλβίδας

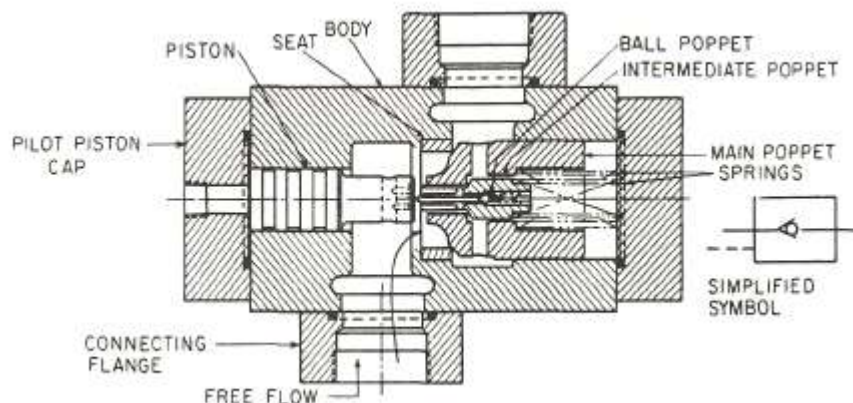
Ας δούμε την περίπτωση όπου έχουμε μια διπλή βαλβίδα υδραυλικής εντολής δηλαδή δύο βαλβίδες συναρμολογημένες μέσα σ' ένα κουζινέτο. Αυτή η βαλβίδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να κρατήσει στην επιθυμητή θέση ένα φορτίο ή κάποιο μέλος μηχανής όπως παρακάτω στο σχήμα 194.



Σχήμα 194. Υδραυλικό σύστημα με διπλή βαλβίδα αντεπιστροφής

Η βαλβίδα κατευθύνσεως 4-θέσεων είναι στην ουδέτερη θέση και οι βαλβίδες αντεπιστροφής είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους και με τη δεξαμενή. Μια βαλβίδα κατευθύνσεως κλειστού κέντρου η οποία χρησιμοποιείται για την ακινητοποίηση φορτίων ,όταν βρίσκεται στην ουδέτερη θέση για πολύ ώρα ρευστό μπορεί να διαρρεύσει από τις οπές A ,B ή T. Αυτή η διαρροή επηρεάζει τη βαλβίδα αντεπιστροφής η οποία ανοίγει και δημιουργεί ερπυσμό .Το έμβολο έχει την τάση να μετακινηθεί η να παραμορφωθεί έτσι ώστε να αποβάλει / ανακουφιστεί από τις τάσεις που ασκούνται πάνω του. Αν η τάσεις που ασκούνται στον κύλινδρο καθώς και η θερμοκρασία είναι υψηλές η δημιουργία ερπυσμού είναι πολύ πιθανή.

Πολλές φορές καθώς ρευστό υψηλής πίεσης απελευθερώνεται και κατευθύνεται προς την βαλβίδα αντεπιστροφής μπορεί να δημιουργηθεί υψηλό κρουστικό κύμα το οποίο να καταστρέψει τη βαλβίδα. Γι αυτό το λόγο έχουν κατασκευαστεί βαλβίδες υδραυλικής εντολής οι οποίες διαθέτουν ένα μικρό σφαιρικό έμβολο στη το οποίο βρίσκεται μέσα στο έμβολο εντολή και το οποίο όταν ενεργοποιηθεί βοηθάει στην αποφόρτιση της παροχής η οποία περνάει μέσα απ το στόμιο του.



Σχήμα 195. Βαλβίδα αντεπιστροφής με σφαιρικό έμβολο μέσα στο έμβολο εντολής για την αποφυγή υψηλών κρουστικών κυμάτων

4.4.2.8 Προβλήματα που εντοπίζονται σε βαλβίδες ελέγχου της παροχής

1. Κόλλημα του εμβόλου του ισοστάθμιση από ρύπους η ακανόνιστη κίνηση ή γδαρσίματα. Επιδρά στην σταθερή πτώση πίεσης η οποία χρειάζεται κατά μήκος του στομίου στραγγαλισμού.
2. Η γραμμή αποστράγγισης δεν εξαερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η εξαέρωση χρειάζεται κυρίως στο άκρο κοντά το στραγγαλιστικό στόμιο έτσι ώστε να αποτραπεί η εσωτερική διαρροή. Αν δεν υπάρχει η απαραίτητη αποστράγγιση στην εξαέρωση θα υπάρξει πρόβλημα στη λαβή ρύθμισης της βαλβίδας.
3. Αποφεύγουμε να τοποθετούμε σύστημα meter-out στο άκρο του κυλίνδρου με το βάκτρο γιατί μπορεί να προκληθεί αύξηση της πίεσης και επιτάχυνση της φθοράς στα τις στεγανωτικές τσιμούχες στο άκρο του κυλίνδρου.

4.4.2.9 Βλάβες σε βαλβίδες κατευθύνσεως της παροχής

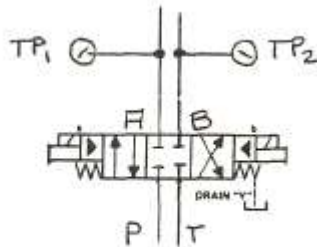
- Μηχανικό μπλοκάρισμα του εμβόλου από φθορές και γδαρσίματα στην επιφάνεια του εμβόλου η του τρύματος. Κολλώδη σωματίδια έχουν εναποτεθεί στο έμβολο.
- Ασταθής κίνηση του εμβόλου σε βαλβίδα κατευθύνσεως 2 σταδίων με πίεση εντολής. Η δημιουργία αυτού του προβλήματος πιθανών οφείλεται στην ύπαρξη backpressure στην γραμμή αναρρόφησης της πίεσης εντολής. Όπως ξέρουμε για να λειτουργεί σωστά η βαλβίδα η πίεση εντολής πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από την πίεση της δεξαμενής ή της γραμμής αποστράγγισης.

- Κίνηση του επενεργητή με μειωμένη ταχύτητα. Μπορεί να οφείλεται σε μεγάλη εσωτερική διαρροή της βαλβίδας εξαιτίας μεγάλης φθοράς και χάρης μεταξύ εμβόλου-τρύματος.
- Το έμβολο της πίεσης εντολής κινείται πολύ αργά εξαιτίας ανεπαρκούς πίεσεως εντολής .
- Το έμβολο της πίεσης εντολής κινείται πολύ γρήγορα εξαιτίας ανεπαρκούς πίεσεως εντολής .Η εσωτερική πίεση εντολής είναι πολύ υψηλή κάνοντας τις στραγγαλιστικές ρυθμίσεις της παροχής δύσκολες να επιτευχθούν. Για να λυθεί το πρόβλημα τοποθετούμε μια βαλβίδα μείωσης της πίεσης μεταξύ της βαλβίδας εντολής και της τροφοδοσίας της πίεσης εντολής.
- Λανθασμένη ποσότητα ρευστού περνάει από τη βαλβίδα επειδή οι οπές είναι πιο μικρές από τις προδιαγραφόμενες ή επειδή έχουν φράξει από σωματίδια.
- Η βαλβίδα παράγει κραδασμούς εξαιτίας ελαττωματικού πηνίου.

Όλα τα παραπάνω συμβάλλουν στο να μην αναπτύσσεται η απαιτούμενη πίεση όταν ενεργοποιείται η βαλβίδα.

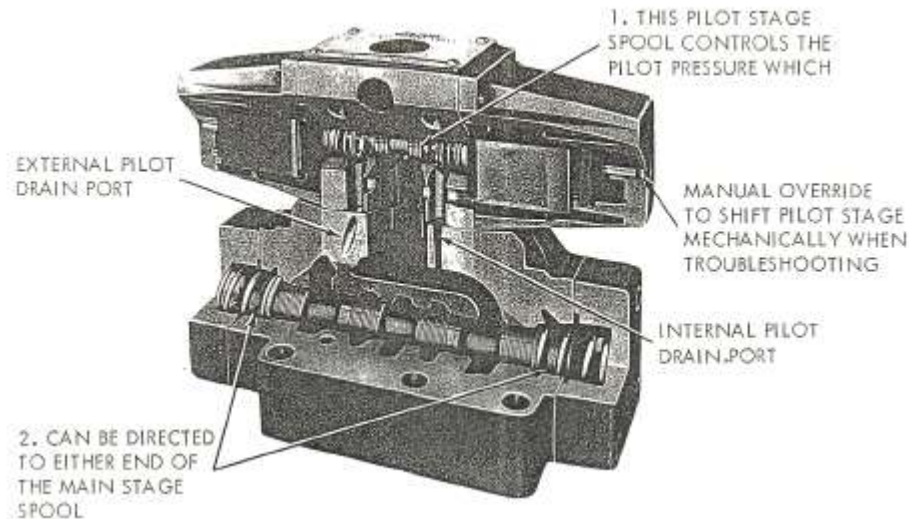
Παράδειγμα διάγνωσης βλάβης σε αναλογική βαλβίδα κατευθύνσεως

Το τοποθετούμε μετρητές στη βαλβίδα όπως φαίνεται στο σχήμα 196.



Σχήμα 196. Μετρητές πίεσης τοποθετημένοι σε βαλβίδα κατευθύνσεως

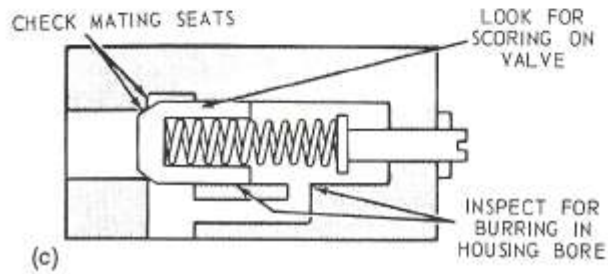
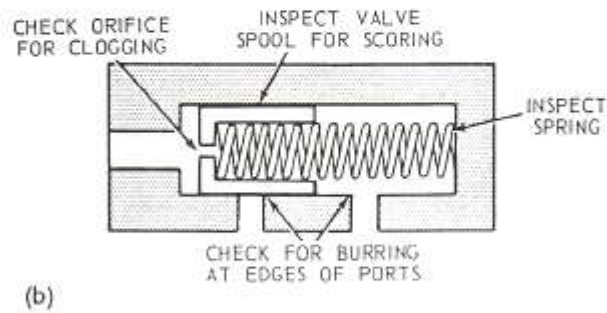
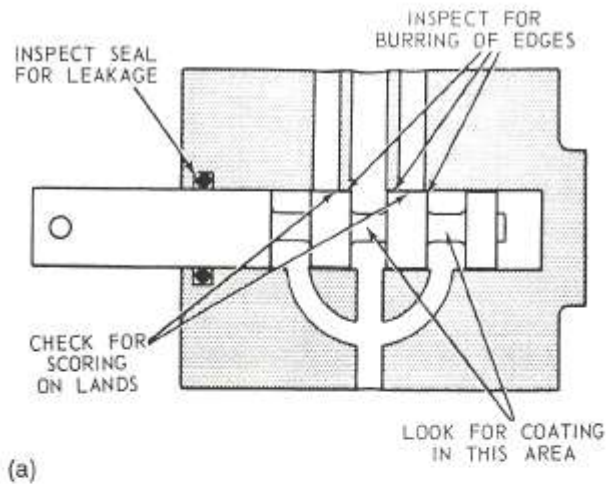
- Βλάβη. Το σύστημα είναι φορτισμένο .Ο επενεργητής κύλινδρος (η υδραυλικός κινητήρας) δε μετακινείται ενώ η βαλβίδα είναι ενεργοποιημένη.
 - Οι ενδείξεις στους μετρητές δεν δείχνουν πίεση λειτουργίας. Αμέσως μετακινούμε χειροκίνητα το έμβολο της πίεσης εντολής.



Σχήμα 197. Βαλβίδα κατεύθυνσης με πίεση εντολής

Αν δούμε ότι το έμβολο κινείται ελεύθερα και κατά συνέπεια μετακινείται και ο επενεργητής συμπεραίνουμε ότι το ηλεκτρικό σήμα στην αναλογική βαλβίδα κατευθύνσεως είναι ανεπαρκές. Αν η τάση είναι ικανοποιητική τότε έχει καεί το πηνίο. Αν το έμβολο δεν μετακινείται ελεύθερα με το χέρι αυτό συμβαίνει για τι το έμβολο έχει κολλήσει. Όταν έχουμε αναλογικές βαλβίδες 2-θέσεων με ελατήριο οι οποίες χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα ασφαλείας διακοπής ρεύματος, τα κυκλώματα είναι ευάλωτα σε φράξιμο(silting) δημιουργία δηλαδή πολύ μικρών σωματιδίων τα οποία σφηνώνουν το έμβολο σε μια θέση. Όταν η βαλβίδα είναι ενεργοποιημένη σε μια θέση για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα εσωτερική διαρροή μεταφέρει αυτού του είδους τα σωματίδια μεταξύ εμβόλου και τρύμματος. Όταν η βαλβίδα απενεργοποιείται περιμένουμε το έμβολο της βαλβίδας κατευθύνσεως να επιστρέψει στην αρχική του θέση. Το ελατήριο όμως δεν έχει αρκετή ενέργεια για να επαναφέρει το έμβολο στην αρχική (offset) θέση του.

Επιδιόρθωση. Τοποθέτηση φίλτρων στις γραμμές τροφοδοσίας των κρίσιμων βαλβίδων
Γενικά όταν ψάχνουμε για φθορές που μπορεί να παρουσιαστούν σε διαφόρων τύπων βαλβίδες εξετάζουμε κυρίως τις παρακάτω περιοχές(σχήμα 198):



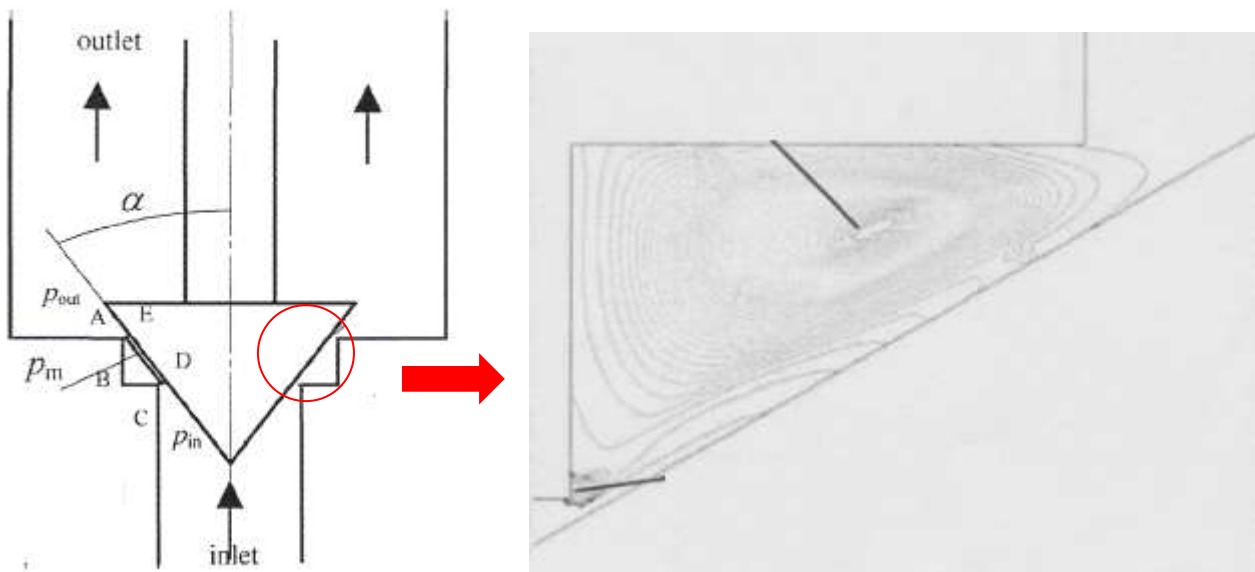
Σχήμα 198. Έλεγχος ακεραιότητας σε α) βαλβίδα κατευθύνσεως της παροχής, β) βαλβίδα ελέγχου παροχής, γ) σε βαλβίδα ελέγχου της πίεσης

4.4.2.10 Σπηλαιώση βαλβίδων

Όπως και στις αντλίες έτσι και στις βαλβίδες μπορεί να αντιμετωπίσουμε το φαινόμενο της σπηλαιώσης. Αν η πίεση του ρευστού μειωθεί χαμηλότερα από την πίεση ατμοποίησης (ατμού κορεσμού) του λαδιού κάτω από μια συγκεκριμένη θερμοκρασία τότε εμφανίζονται στο ρευστό φυσαλίδες αερίου οι οποίες εκρήγνυνται και διαβρώνουν τις επιφάνειες των βαλβίδων.

Σε ανακουφιστικές βαλβίδες ή στραγγαλιστικές οι οποίες διαθέτουν κωνικά εμβολίδια η έχουν στόμια με αιχμηρές άκρες είναι δυνατόν να αναπτυχθεί σπηλαιώση.

Ας πάρουμε για παράδειγμα μια στραγγαλιστική βαλβίδα 2βαθμίδων (σχήμα 199).



Σχήμα 199. Πιθανά σημεία σπηλαιώσης σε βαλβίδες και δημιουργία στροβιλισμών

Στον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των δύο στραγγαλιστικών μπορεί να αναπτυχθεί σπηλαιώση και εν συνεχεία διάβρωση του. Αυτό οφείλεται στην πολύ υψηλή ταχύτητα με την οποία περνάει το ρευστό απ ' το στόμιο καθώς επίσης και στον έντονο στροβιλισμό του ρευστού που μπορεί να αναπτυχθεί μέσα στην κοιλότητα.

Το ίδιο ισχύει και στις στραγγαλιστικές βαλβίδες μιας βαθμίδας.

Ένας εμπειρικός συντελεστής σπηλαιώσης για αυτού του τύπου τις βαλβίδες είναι ο παρακάτω:

$$K_c = \frac{p_{out} - p_{vapour}}{p_{in} - p_{out}} \approx \frac{p_{out}}{p_{in} - p_{out}}$$

Όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά πίεσης $p_{in} - p_{out}$ και όσο πιο μικρή η πίεση εξόδου p_{out} τόσο πιο πιθανό είναι να παρουσιαστεί σπηλαιώση στη βαλβίδα. Για τιμές του $K_c < 0.4$ θα έχουμε σπηλαιώση της βαλβίδας.

(Research on low cavitation in hydraulic 2-stage throttle poppet valve.

School of mechanical science and engineering ,Huazhong University of science and technology China.)

4.3 ΒΛΑΒΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ

Λυγισμός βάρου

Οι κύλινδροι και οι στηρίξεις τους δέχονται πολύ μεγάλες δυνάμεις. Το βάρου του κυλίνδρου δέχεται υψηλές καταπονήσεις, εφελκυστικές ή θλιπτικές δυνάμεις και αυτό πολλές φορές μπορεί να οδηγήσει στο λυγισμό του.

Με όποιο τρόπο και αν γίνει η στήριξη του κυλίνδρου εφόσον το βάρου έχει μεγάλο μήκος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το φορτίο όπου αρχίζει ο λυγισμός του βάρου το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση Euler :

$$F_c = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_k^2}$$

ενώ το μέγιστο θλιπτικό φορτίο στο βάρου είναι:

$$F = \frac{F_c}{S}$$

όπου:

l_k = Το ελεύθερο μήκος λυγισμού το οποίο λαμβάνεται από τα παρακάτω σχήματα.

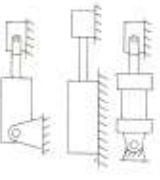
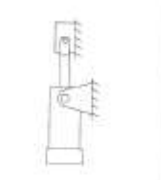
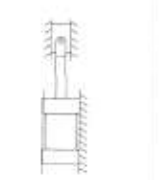
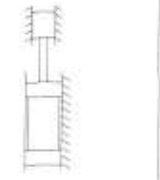
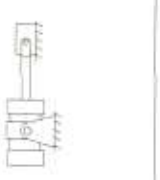

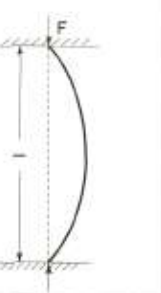
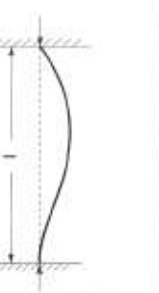
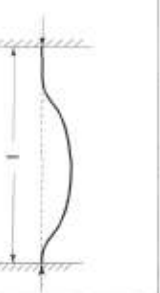
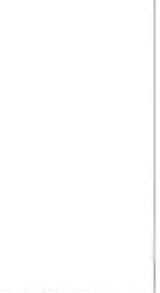
E = Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του βάρου.

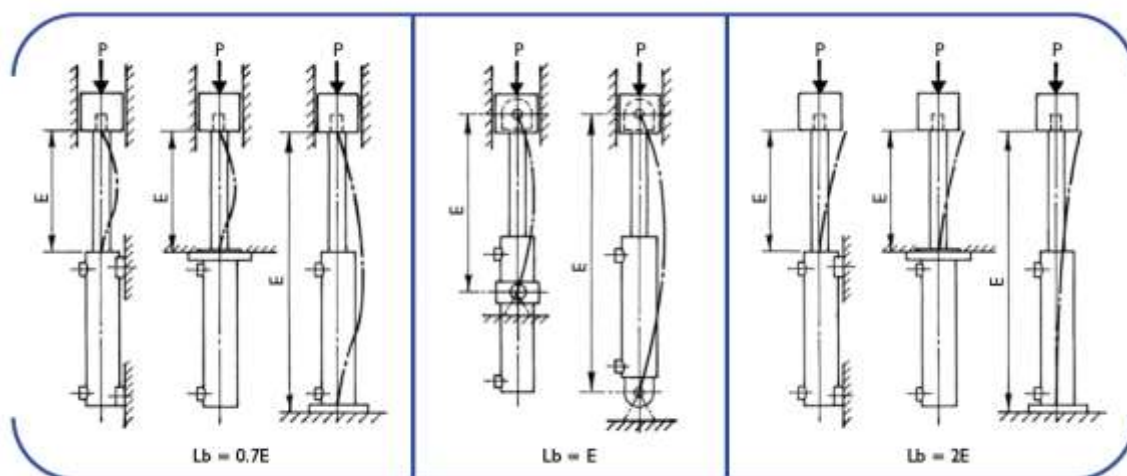
I =Η ροπή αδράνειας της διατομής του βάρου η οποία για κυκλική διατομή είναι

$$I = \frac{\pi d^4}{64} .$$

S = Ο συντελεστής ασφαλείας που λαμβάνει τιμές μεταξύ 3~5.

Τα είδη στηρίξεως των κυλίνδρων και οι πιθανές περιπτώσεις λυγισμού που μπορεί να υποστούν τα βάρου τους συνοψίζονται παρακάτω (σχήμα 200)

Φορτία λυγισμού σύμφωνα με τη σχέση Euler				
I	II	III	IV	
Load = $\frac{\pi^2 EI}{4 l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{4 l^2}$	$\frac{\pi^2 EI}{l^2}$	$\frac{4\pi^2 EI}{l^2}$	
				
				
$lc = 2l$	$lc = l$	$lc = \frac{l}{\sqrt{2}}$	$lc = \frac{lc}{2}$	$lc = \frac{3}{2}l$
1 ^ο είδος	2 ^ο είδος	3 ^ο είδος	4 ^ο είδος	

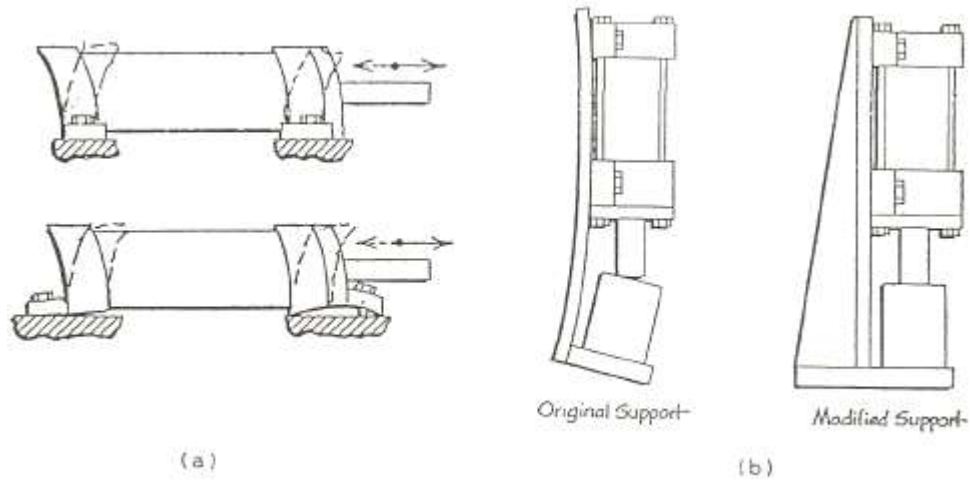


Σχήμα 200. Πιθανά είδη λυγισμού που μπορεί να υποστούν τα βάρτρα

- 1^ο είδος: Το ένα άκρο ελεύθερο το άλλο πακτωμένο.
 2^ο είδος : Αμφότερα τα άκρα με άρθρωση και αξονική καθοδήγηση όπου απαιτείται.
 3^ο είδος : Το ένα άκρο με άρθρωση και αξονική καθοδήγηση και το άλλο με πάκτωση.
 4^ο είδος : Αμφότερα τα άκρα πακτωμένα και αξονική καθοδήγηση όπου απαιτείται.

Κύλινδροι οι οποίοι είναι μονταρισμένοι με εδράσεις οι οποίες τοποθετούνται στην παράπλευρη επιφάνεια του κυλίνδρου και όχι στη βάση του όταν χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν πολύ μεγάλες δυνάμεις αρχίζουν και ταλαντώνονται. Για να αποφευχθεί αυτή η ταλάντωση που μπορεί να προκαλέσει λυγισμό του κυλίνδρου και φθορές, χρειάζεται η τοποθέτηση μηχανικών νεύρων τα οποία θα αυξήσουν την αντοχή των κυλίνδρων (σχήμα 201). Οι ταλαντώσεις σε κυλίνδρους μεγάλου μήκους πάνω από

0,15m (6 in) διάμετρο μπορεί να προκαλέσουν πρώιμες βλάβες στα στατικά και δυναμικά στεγανωτικά.

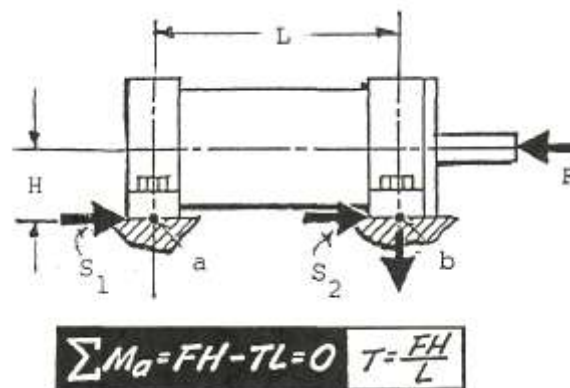


Σχήμα 201. Σωστή και λανθασμένη στήριξη της παράπλευρης επιφάνειας του κυλίνδρου

4.3.2 Δυνάμεις που ασκούνται στις εδράσεις των κυλίνδρων

Κύλινδροι που έχουν την έδραση στην παράπλευρη επιφάνεια τους και έχουν πολύ μικρό μήκος, το έμβολο τους δηλαδή κάνει πολύ μικρή διαδρομή παρουσιάζουν ένα ακόμη πρόβλημα: Οι βίδες της έδρασης υπόκεινται σε αυξημένες εφελκυστικές δυνάμεις η οποίες σε συνδυασμό με της διατμητικές δυνάμεις (shear force) που δημιουργούν καμπτικές και διατμητικές τάσεις υπερφορτώνουν τις βίδες.

Στο σχήμα 202 φαίνεται πιο καθαρά αυτή η επίδραση των δυνάμεων στις βίδες.



Σχήμα 202 .Δυνάμεις στις οποίες υπόκεινται οι βίδες των εδράσεων ενός κυλίνδρου.

Όπου:

F: Το φορτίο που ασκείται στο βάκτρο

H: Η απόσταση από την επιφάνεια των εδράσεων έως την αξονική που περνάει από το κέντρο του κυλίνδρου

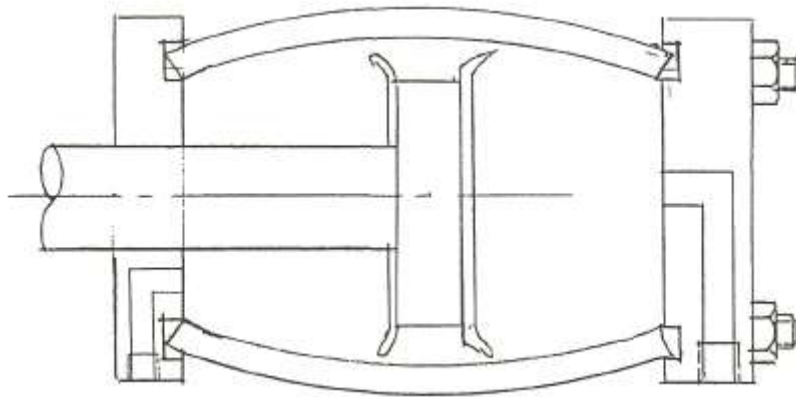
L: Η απόσταση μεταξύ των κέντρων. Μήκος κυλίνδρου και ενεργός διαδρομή εμβόλου.

S1, S2 : Διατμητικές δυνάμεις που ασκούνται στις βίδες.

T: Η εφελκυστική δύναμη η οποία ασκείται στην έδραση κοντά στην άκρη του βάκτρου.

Εφαρμόζοντας ισορροπία ροπών ως προς το σημείο α όπως φαίνεται και στο σχήμα για σταθερό φορτίο F υπολογίζουμε την εφελκυστική δύναμη T . Παρατηρούμε ότι όσο πιο μικρό είναι το μήκος L του κυλίνδρου τόσο πιο μεγάλη είναι η T . Σε μερικές περιπτώσεις όπου κύλινδροι μεγάλου διαμετρήματος έχουν πολύ λεπτά τοιχώματα αυτή η φόρτιση των μπουλονιών σε συνδυασμό με την εσωτερική πίεση μπορεί να προκαλέσουν διόγκωση του στη διάμετρο κοντά στο κέντρο του μήκους του σώματος του κυλίνδρου. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στα στεγανωτικά του εμβόλου καθώς και κόπωση στα τοιχώματα του κυλίνδρου.

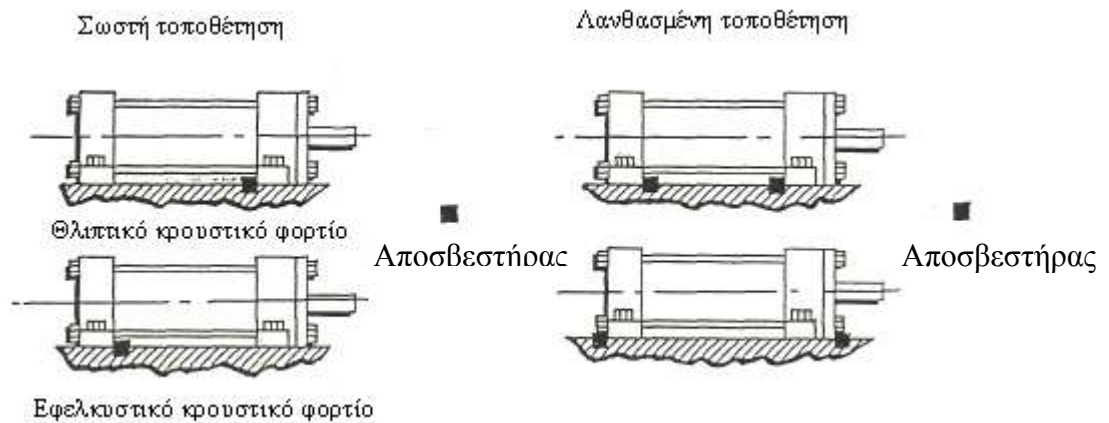
Διόγκωση των τοιχωμάτων του κυλίνδρου (σχήμα 203) μπορεί να γίνει όταν η πίεση η οποία δέχεται ο κύλινδρος είναι πάνω από τα σχεδιαστικά όρια σε συνδυασμό με σύνδεση με υψηλή ροπή στο βάκτρο. Αν η αλλαγή στη διάμετρο του κυλίνδρου είναι αρκετά μεγάλη τα στεγανωτικά μπορεί να χάσουν την επαφή τους με το σώμα του κυλίνδρου. Αυτό ισχύει ακόμα περισσότερο σε συστήματα meter out όπου η διαφορά πίεσης κατά μήκος του στεγανωτικού του εμβόλου είναι πρακτικά μηδέν. Τελικά έχουμε διαρροή ρευστού και ο κύλινδρος κάνει θόρυβο καθώς τα τοιχώματα του κινούνται μέσα έξω.



Σχήμα 203. Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται τι συμβαίνει εικόνα τι συμβαίνει στα τοιχώματα ενός μεγάλου κυλίνδρου στον οποίο ασκείται υπερβολική πίεση.

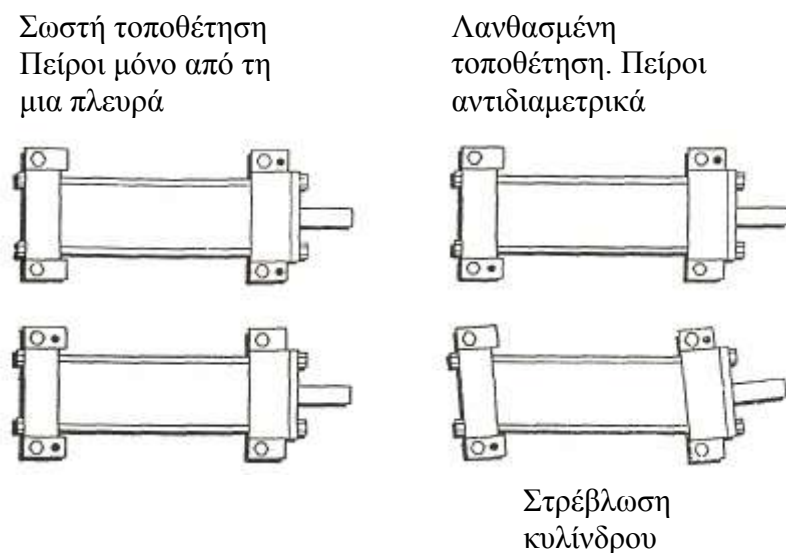
Ένας κύλινδρος ο οποίος εκτίθεται σε πολύ υψηλά κρουστικά φορτία πρέπει να εδράζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εκμεταλλεύεται στο έπακρο την ελαστικότητά του. Για αυτό το λόγω τοποθετούνται στον κύλινδρο ειδικοί αποσβεστήρες ή πείροι οι οποίοι απορροφάνε τα διατμητικά φορτία. Οι αποσβεστήρες πρέπει αυστηρά να τοποθετούνται μόνο στο ένα άκρο του κυλίνδρου. Αν το κρουστικό φορτίο είναι εφελκυστικό ο αποσβεστήρας θα τοποθετηθεί στο άκρο του κυλίνδρου που να αντιστέκεται στη δύναμη ενώ αν το κρουστικό φορτίο είναι θλιπτικό αποσβεστήρας θα τοποθετηθεί στο τελείωμα του βάκτρου έτσι ώστε σε κάθε περίπτωση ο αποσβεστήρας να αντιτίθενται στην κατεύθυνση της κίνησης του κυλίνδρου εξαιτίας του κρουστικού φορτίου. Οι αποσβεστήρες δεν πρέπει να μπαίνουν ποτέ και στα δύο άκρα των κυλίνδρων ταυτόχρονα γιατί τότε οι ελαστικές ιδιότητες των κυλίνδρων χάνονται. Εκτός αυτού οι αλλαγές που μπορεί να προκληθούν στο μήκος του κυλίνδρου εξαιτίας της θερμοκρασίας και της πίεσης μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στον κύλινδρο. Ας μην ξεχνάμε ότι το μοντάρισμα του κυλίνδρου γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου και πίεση μηδέν ενώ ο ίδιος

κύλινδρος όταν λειτουργεί ως υδραυλικός κύλινδρος μπορεί να δουλέψει σε θερμοκρασίες 120-140 Κελσίου και πιέσεις 2000-3000 psi. Κάτω από αυτές τις συνθήκες λειτουργίας το μήκος του κυλίνδρου αυξάνεται πέρα από το κανονικό. Τοποθετώντας 2 αποσβεστήρες όπως στο σχήμα που βλέπουμε παρακάτω(σχ 204) εμποδίζουμε τον κύλινδρο να επεκτείνει το μήκος του!



Σχήμα 204. Τοποθέτηση αποσβεστήρων κρουστικού κύματος

Το ίδιο ισχύει και κατά την τοποθέτηση πείρων. Δεν θα πρέπει οι πείροι να τοποθετούνται αντιδιαμετρικά /διαγώνια διότι τότε με την επιβολή υψηλών πιέσεων θερμοκρασιών ή κρουστικών φορτίων προκαλείται στρέβλωση στον κύλινδρο όπως φαίνεται παρακάτω(σχήμα 205):



Σχήμα 205. Τοποθέτηση πείρων στον κύλινδρο

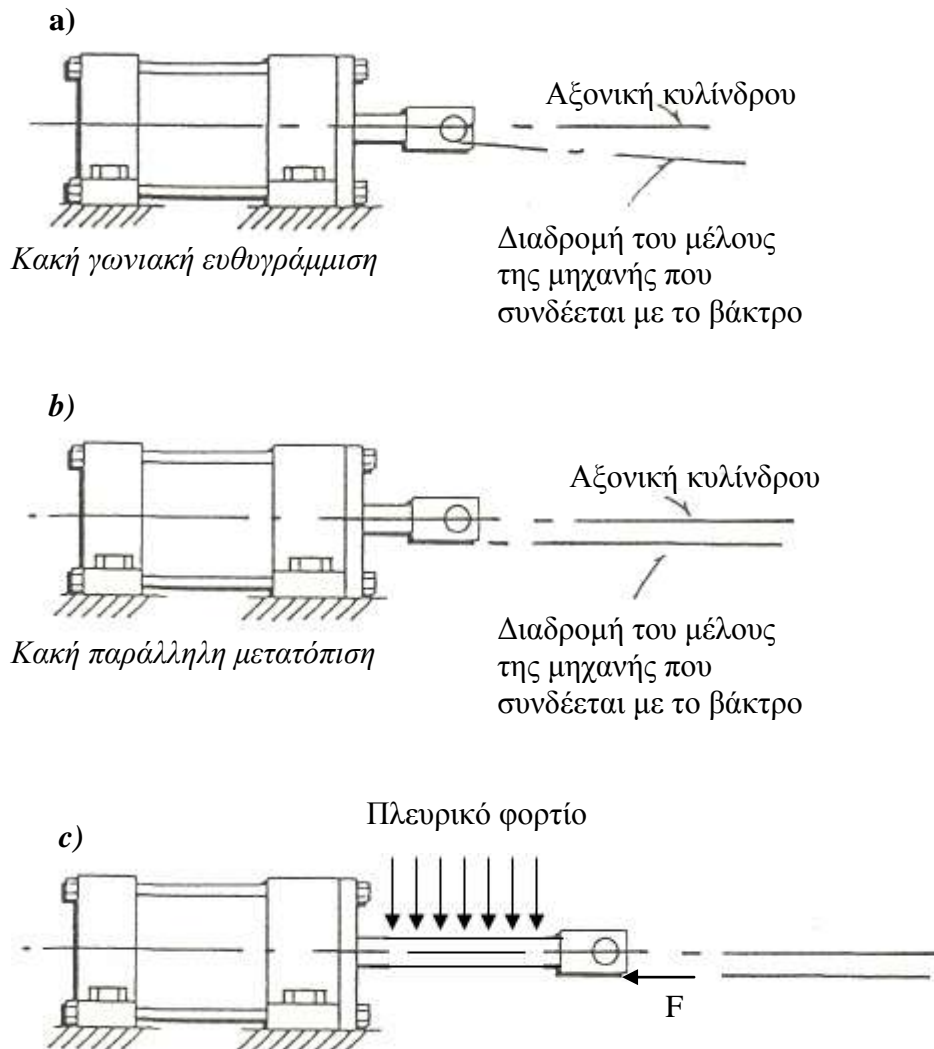
4.3.3 Κακή ευθυγράμμιση

Υπάρχουν δύο είδη κακής ευθυγράμμισης που μπορεί να προκύψουν σε κυλίνδρους με πακτωμένη έδραση έτσι ώστε η αξονική του βάρδρου να μην βρίσκεται σε ομοκεντρότητα με την κατεύθυνση της κίνησης του μέλους της μηχανής με το οποίο είναι συνδεδεμένο το

βάκτρο. Ένα τέτοιο είδος κυλίνδρου μπορεί να ανεχτεί μια σχετική κακή ευθυγράμμιση η οποία δημιουργείται κατά την κίνηση του εμβόλου και είναι παροδική αλλά αν η κακή ευθυγράμμιση παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της κίνησης τότε οι κύλινδρος θα αστοχήσει .

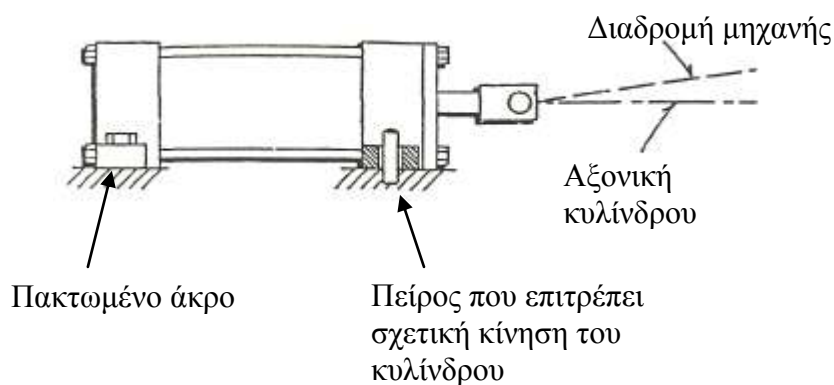
Η κακή ευθυγράμμιση των κυλίνδρων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες. Την κακή γωνιακή ευθυγράμμιση την οποία μπορεί να αντιμετωπίσει ένας πακτωμένος κύλινδρος χωρίς σχετικό πρόβλημα και την κακή παράλληλη ευθυγράμμιση η οποία μπορεί να του προκαλέσει προβλήματα όπως τη δημιουργία πλευρικών φορτίων τα οποία μπορεί να λυγίσουν το βάκτρο.

Όταν το βάκτρο περιστρέφεται ανεξέλεγκτα χωρίς να χρειάζεται και ταυτόχρονα έχουμε κακή ευθυγράμμιση τότε υπάρχει περίπτωση να δημιουργηθούν ρωγμές στο σώμα του κυλίνδρου(σχήμα 206).



Σχήμα 206 .Πιθανές λανθασμένες ευθυγράμμισης που μπορεί να προκύψουν στο βάκτρο ενός κυλίνδρου και στο συνδεδεμένο φορτίο

Για να αντιμετωπιστεί εν μέρη αυτό το πρόβλημα (κυρίως σε κυλίνδρους μεγάλου μήκους) τοποθετούμε πείρους στην έδραση του κυλίνδρου στο τέλος του βάρου επιτρέποντας έτσι στον κύλινδρο να μετακινείται πάνω και κάτω ακολουθώντας την κίνηση του φορτίου. Το άλλο άκρο του κυλίνδρου παραμένει πακτωμένο και άκαμπτο. Έτσι έχουμε καταφέρει να φτιάξουμε έναν αυτό-ευθυγραμμιζόμενο κύλινδρο(σχήμα 207).

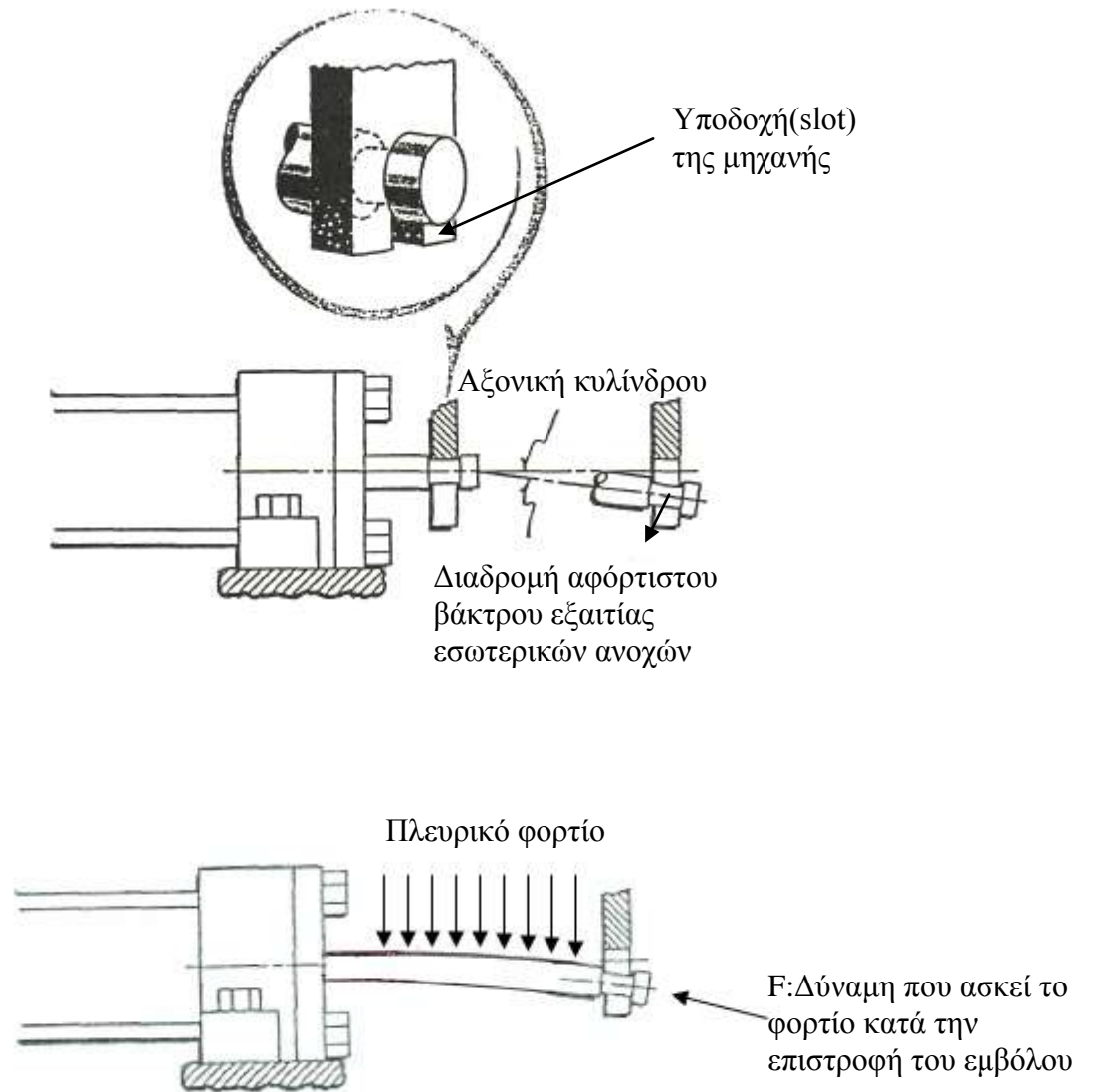


Σχήμα 207. Αυτό-ευθυγραμμιζόμενος κύλινδρος με τη βοήθεια πείρου

4.3.4 Σύνδεση βάρου με φορτίο και προβλήματα που παρουσιάζονται

Ο ιδανικός τύπος σύνδεσης του βάρου είναι η να συνδεθεί το άκρο του με ένα καθοδηγούμενο μέλος μηχανής. Αυτή η ρύθμιση δίνει την καλύτερη δυνατή στήριξη στο ελεύθερο άκρο του βάρου.

Μερικές συνδέσεις βάρου –φορτίου οι οποίες θεωρούνται αυτο-ευθυγραμμιζόμενες στην πραγματικότητα δεν εξασφαλίζουν κάτι τέτοιο. Στο παράδειγμα που ακολουθεί η διατομή στο τέλος του βάρου είναι λίγο πιο μικρή έτσι ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί στην υποδοχή που παρέχεται από το μέλος της μηχανής το οποίο κινείται σε ευθεία γραμμή. Εξαιτίας της χάρης που υπάρχει μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου αλλά και της χάρης που υπάρχει στη σύνδεση, όταν δεν ασκείται κάποια δύναμη στο μέλος της μηχανής τότε το βάρου ακολουθεί τη χαμηλότερη διαδρομή(βλ σχήμα 208). Κατά την φάση εργασίας που το μηχανικό μέλος παρέχει επαρκή αντίσταση τότε το βάρου ακολουθεί την πάνω διαδρομή. Κατά την επιστροφή του εμβόλου η δύναμη η οποία ασκείται στο βάρου στιγμιαία απελευθερώνεται και η άκρη του βάρου μεταπίπτει στη χαμηλότερη θέση. Καθ' όλη τη διάρκεια της επιστροφής ένα πλευρικό φορτίο ασκείται πάνω στο βάρου(Σχήμα 208). Αυτό το φορτίο έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία καμπτικών και διατμητικών τάσεων οι οποίες καταπονούν το βάρου. Το μέγεθος αυτού του πλευρικού φορτίου είναι συνάρτηση της οριζόντιας δύναμης η οποία τραβάει πίσω το φορτίο καθώς και της δύναμης τριβής μεταξύ βάρου και υποδοχής μηχανήματος. Το πλευρικό αυτό φορτίο έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών στο σώμα του κυλίνδρου και καταστροφή των στεγανωτικών(Σχήματα 209,210).



Σχήμα 208. Ανάπτυξη ανεπιθύμητων πλευρικών φορτίων κατά τη σύνδεση βάρου-μηχανής



Σχήμα 209. Γδαρσίματα κοντά στο άκρο του βάρου τα οποία προέρχονται από την επιβολή υπερβολικών πλευρικών φορτίων πάνω του.

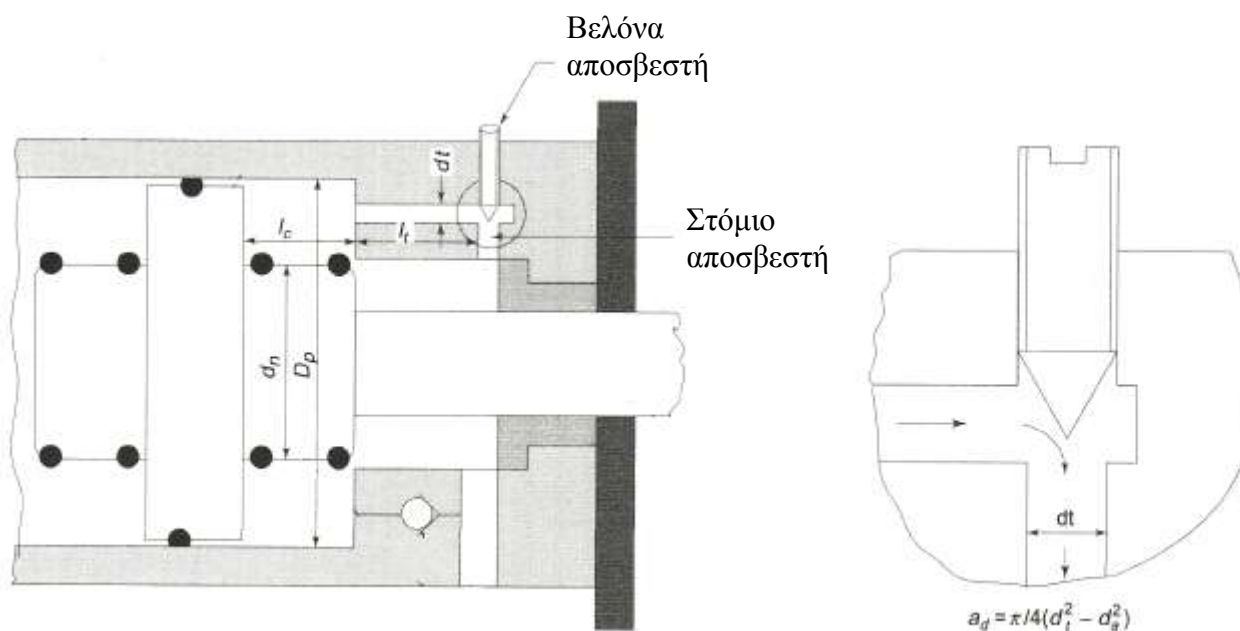
Μείγμα
μπρούτζου(απ
το άκρο του
κυλίνδρου στο
οποίο είχε
τοποθετηθεί)και
υδραυλικού
ρευστό έχει
επικαθίσει στο
στεγανωτικό



Σχήμα 210. Με την επιβολή πλευρικών φορτίων τα στεγανωτικά φθείρονται μόνο στη μια πλευρά τους.

Αποσβεστήρες

Συνοπτικά η λειτουργία του αποσβεστήρα



Σχήμα 211 .Υδραυλικός κύλινδρος με ενσωματωμένη διάταξη αποσβεστήρα

Καθώς η βελόνα του αποσβεστήρα κατέρχεται και κλείνει το άνοιγμα(βλ σχήμα 211) η παροχή που περνάει απ' το στόμιο μειώνεται και η κίνηση του κυλίνδρου επιβραδύνεται. Όταν η βελόνα φράξει εντελώς το στόμιο δεν περνάει καθόλου παροχή και το έμβολο σταματάει να κινείται(ομαλά).

Χρησιμοποιούνται για να απορροφήσουν την ενέργεια των κινούμενων μαζών κατά τη φάση εργασίας καθώς και για να βοηθήσουν στην ήρεμη επιβράδυνση του εμβόλου. Όταν λέμε κινούμενες μάζες εννοούμε τη μάζα του εμβόλου του βάκτρου καθώς και του εργαζόμενου μέσου. Παρ' όλο που μπορεί να φαίνεται ότι η ενέργεια του ρευστού είναι μικρή θα πρέπει να αναλογιστούμε ότι η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας της κινούμενη μάζας. Για να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση της ενέργειας θεωρούμε το παρακάτω παράδειγμα. Έστω ότι ρευστό που κινείται σε γραμμή διαμέτρου 0,025m τροφοδοτήσει κύλινδρο διαμέτρου 0.15 m .Η ταχύτητα του ρευστού στη γραμμή είναι 36 φορές μεγαλύτερη από αυτή στον κύλινδρο ενώ η κινητική του ενέργεια περίπου 1300 φορές μεγαλύτερη.

$$K_{line} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{line}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{4Q}{d_{line}^2} \right)^2$$

$$K_{cyl} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u_{cyl}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{4Q}{d_{cyl}^2} \right)^2$$

$$\frac{K_{line}}{K_{cyl}} = \left(\frac{d_{cyl}^2}{d_{line}^2} \right)^2 = \left(\frac{0.15^2}{0.025^2} \right)^2 = (36)^2 \cong 1300$$

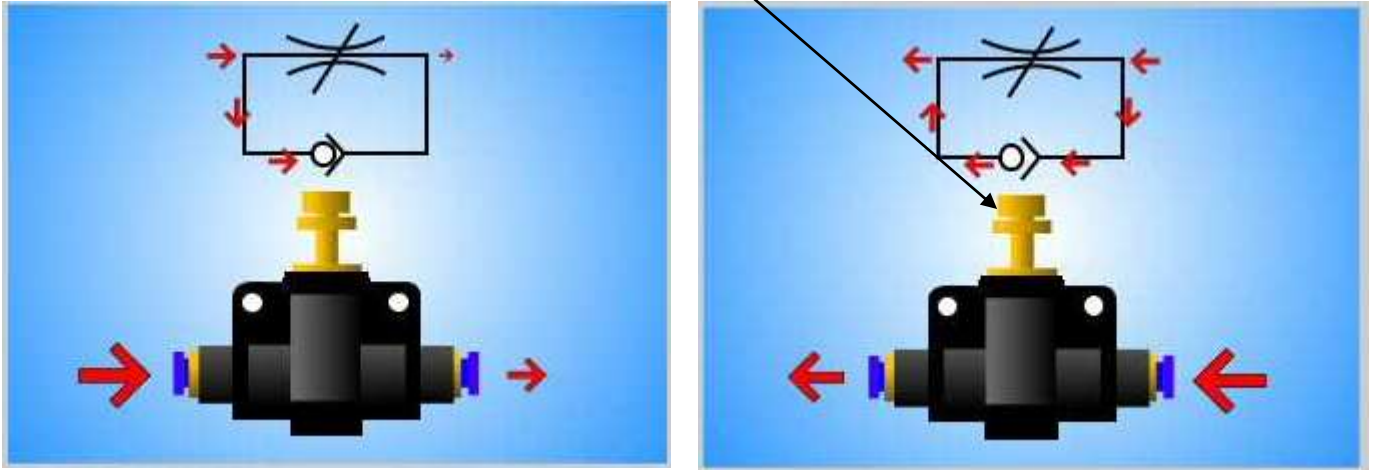
Οι αποσβεστήρες έχουν σχεδιαστεί για να απορροφάνε υψηλά ποσά ενέργειας σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα. Όταν η κίνηση του εμβόλου στον κύλινδρο γίνεται με πολύ αργές ταχύτητες οι αποσβεστήρες γίνονται αναποτελεσματικοί και η κίνηση της βελόνας του αποσβεστήρα ακανόνιστη.

Αν η βελόνα του αποσβεστήρα ρυθμιστεί να κλείνει πολύ αργά τα τότε δεν θα έχουμε απόσβεση της ενέργειας του εμβόλου και του ρευστού με αποτέλεσμα το έμβολο να χτυπήσει με δύναμη στο άκρο του κυλίνδρου και να προκαλέσει κρουστικά φορτία. Αν η βαλβίδα ρυθμιστεί να κλείνει πολύ γρήγορα η κίνηση του εμβόλου θα γίνεται όλο και πιο αργή με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος για κάθε κύκλο εργασίας και να έχουμε μειωμένη παραγωγικότητα.

Διάφορες άλλες βλάβες που σχετίζονται με τους υδραυλικούς κυλίνδρους και πως δημιουργούνται

- 1) *Υπερβολική ή πολύ γρήγορη φθορά των στεγανωτικών του εμβόλου μπορεί να οφείλεται:*
 - Σε υπερβολική αντίθλιψη/ αντίθετη πίεση κατά την επιστροφή του εμβόλου επειδή η βαλβίδα ελέγχου της ταχύτητας παροχής(σχήμα 212) έχει ρυθμιστεί να αφήνει να περνάει περισσότερος όγκος ρευστού απ' το κανονικό και έτσι έχουμε αύξηση της πίεσης.

Από εδώ γίνεται η
ρύθμιση της ταχύτητας
της παροχής που
περνάει απ τη βαλβίδα
άρα και της πίεσης.



Σχήμα 212. Βαλβίδα ελέγχου της ταχύτητας παροχής

- Σε κακή τοποθέτηση τους
 - Ύπαρξη ρυπαντών στο υδραυλικό ρευστό(έχει αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο)
- 2) Ο κύλινδρος αδυνατεί να μετακινήσει το φορτίο όταν η βαλβίδα είναι ενεργοποιημένη:
- Η σύνδεση βάκτρου-μηχανής είναι πολύ σφιχτή εξαιτίας των υπερβολικών φορτίων τριβής που υπάρχουν με αποτέλεσμα να έχουν γίνει ένα σώμα και να μην υπάρχει σχετική κίνηση μεταξύ τους.
 - Ο σύνδεσμος βάκτρου-μηχανής έχει σπάσει
 - Η πίεση είναι πολύ χαμηλή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΙΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Καλούμε υδροστατικό μεταδότη κίνησης το υδραυλικό σύστημα το οποίο αποτελείται συνήθως από μια αντλία μεταβλητής μετατόπισης και ένα κινητήρα μεταβλητής η σταθερής μετατόπισης. Ο υδροστατικός μεταδότης κίνησης είναι μια μορφή κιβωτίου ταχυτήτων και χρησιμοποιείται ευρέως σε συστήματα κίνησης αυτοκινούμενων μηχανημάτων.

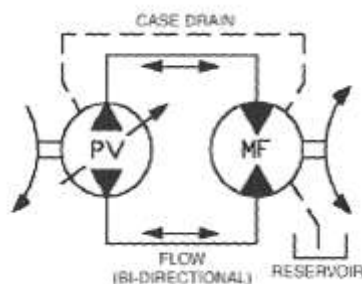
Υπάρχουν τέσσερα στοιχεία που δίδουν τους συνδυασμούς αντλιών-κινητήρων για την κατασκευή ενός υδροστατικού συστήματος: αντλία σταθερού κυβισμού, αντλία μεταβλητού κυβισμού, κινητήρας σταθερού κυβισμού και κινητήρας μεταβλητού κυβισμού. Έτσι μπορούμε να έχουμε τέσσερα βασικά κυκλώματα που φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Κυβισμός		Αποτέλεσμα		
ΑΝΤΛΙΑ	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΡΟΠΗ ΣΤΡΕΨΕΩΣ	ΑΡΙΘΜ. ΣΤΡΟΦΩΝ	ΙΣΧΥΣ
Σταθερός	Σταθερός	Σταθερά	Σταθερά	Σταθερά
Μεταβλητός	Σταθερός	Σταθερά	Μεταβλητή	Μεταβλητή
Σταθερός	Μεταβλητός	Μεταβλητή	Μεταβλητή	Σταθερά
Μεταβλητός	Μεταβλητός	Μεταβλητή	Μεταβλητή	Μεταβλητή

Πίνακας 2

Κάθε ένα από τα τέσσερα αυτά κυκλώματα έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά λειτουργίας στην έξοδο (κινητήρας). Στα κυκλώματα αυτά, ο αριθμός στροφών της αντλίας θεωρείται σταθερός. Η μεταβολή του αριθμού στροφών της αντλίας, που στις περισσότερες περιπτώσεις συμβαίνει στην πράξη, περιπλέκει τα πράγματα και δημιουργεί και άλλους συνδυασμούς. Η αποδιδόμενη ισχύς είναι ανάλογη της πίεσεως λειτουργίας του συστήματος και της παροχής της αντλίας. Η αποδιδόμενη ροπή στρέψεως εξαρτάται από τον κυβισμό της αντλίας και του κινητήρα καθώς και της πίεσης λειτουργίας του συστήματος.

Θα μελετήσουμε τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα κλειστά κυκλώματα υδροστατικών μεταδόσεων κίνησης. Ένα κλειστό κύκλωμα είναι ένα κύκλωμα όπου οι επιστροφές τροφοδοτούν αμέσως την αναρρόφηση της αντλίας. Στα κλειστά συστήματα το ρευστό δεν επιστρέφει πίσω στη δεξαμενή (σχήμα 213).

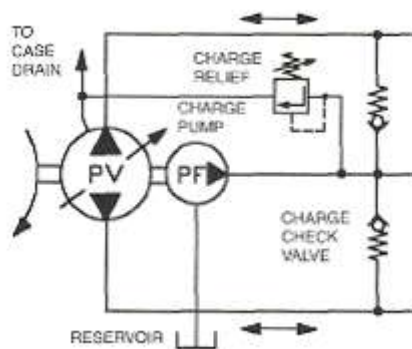


Σχήμα 213. Βασικό κλειστό υδροστατικό σύστημα με αντλία μεταβλητής μετατόπισης (PV) και κινητήρα σταθερής μετατόπισης (MF)

Η έξοδος της αντλίας μετάδοσης κίνησης μπορεί να αντιστραφεί έτσι ώστε η ταχύτητα και η φορά περιστροφής του κινητήρα να ελέγχονται απ την αντλία.

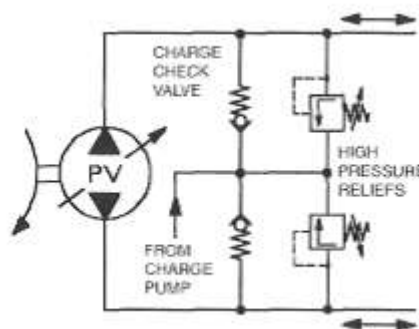
Το παραπάνω σχήμα δεν θα λειτουργήσει αποτελεσματικά στην πράξη γιατί αντλία και κινητήρας διαρρέουν ρευστό εσωτερικά το οποίο διαφεύγει από το κύκλωμα και επιστρέφει πίσω στη δεξαμενή. Για να αντισταθμιστούν αυτές οι απώλειες γίνεται χρήση μιας αντλίας συμπληρώσεως μικρής παροχής (σταθερής μετατόπισης) η οποία ονομάζεται αντλία φόρτισης και η οποία εξασφαλίζει πλήρη παροχή ρευστού κατά την κανονική λειτουργία .Η αντλία τοποθετείται στο πίσω μέρος της αντλίας μετάδοσης κίνησης και έχει έξοδο μια παροχή που αντιστοιχεί περίπου στο 20% της παροχής της αντλίας μετάδοσης κίνησης.

Παρακάτω σχήμα 214 φαίνεται ένα κλειστό σύστημα που απαρτίζεται από τις 2 αντλίες μια ανακουφιστική βαλβίδα και 2 βαλβίδες αντεπιστροφής



Σχήμα 214. Κύκλωμα με αντλία φόρτισης

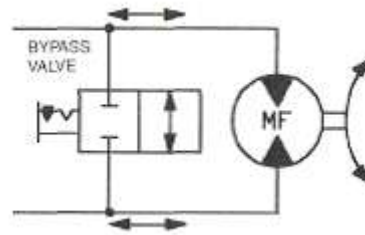
Για να προστατεύσουμε το σύστημα από καταστροφή λόγω υπερπίεσης συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα ανακουφιστικές βαλβίδες υψηλής πίεσης. Αυτές οι βαλβίδες μαζί με τις βαλβίδες αντεπιστροφής πολύ συχνά είναι ενσωματωμένες στην αντλία μετάδοσης κίνησης ή ακόμα και στον κινητήρα.



Σχήμα 215. Κύκλωμα με ανακουφιστικές βαλβίδες υψηλής πίεσης

Υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κίνηση κάποιου μηχανήματος συχνά διαθέτουν μία βαλβίδα παράκαμψης(bypass valve) η οποία επιτρέπει στη μηχανή να ρυμουλκηθεί. Όταν ενεργοποιείται επιτρέπει στο ρευστό να παρακάμψει το βρόγχο(σχήμα 216). Αυτό επιτρέπει στο ν κινητήρα να περιστραφεί ελεύθερα οδηγούμενος από τους τροχούς του μηχανήματος το οποίο ρυμουλκείται. Αν δεν υπήρχε

αυτή η βαλβίδα ο κινητήρας θα μετατρέπονταν σε αντλία και αυτό θα είχε αρνητικές συνέπειες για τη λειτουργία του συστήματος



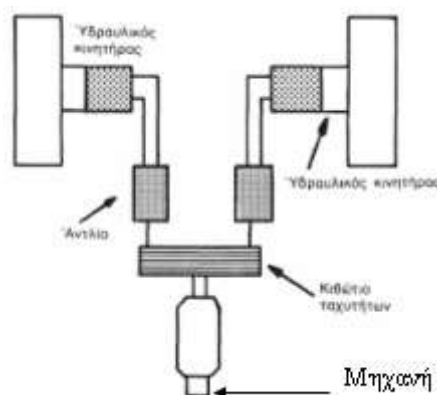
Σχήμα 216. Κύκλωμα με βαλβίδα παράκαμψης

Έλεγχος της πίεσης φόρτισης

Η πίεση φορτίσεως είναι μια καλή ένδειξη της κατάστασης του υδροστατικού μεταδότη και θα πρέπει να εξετάζεται κατά των έλεγχο βλαβών της μηχανής. Για να ελέγξουμε την πίεση τοποθετούμε ένα μετρητή πίεσης 0-900 psi στη οπή που παρέχεται στην αντλία μετάδοσης για τη μέτρηση της πίεσης. Η πίεση που έχει η αντλία κατά την ουδέτερη (‘‘νεκρά’’) κατάσταση δεν θα πρέπει να πέφτει κάτω από 10% όταν λειτουργεί κατά την κανονική ή αντίστροφη φορά περιστροφής. Αν δε συμβαίνει αυτό τότε θα έχουμε πρόβλημα εσωτερικής διαρροής στη αντλία η κινητήρα λόγω εσωτερικής φθοράς είτε πρόβλημα στο κύκλωμα της αντλίας φόρτισης.

5.2 Εφαρμογές υδροστατικών μεταδόσεων κίνησης

Οι υδραυλικοί μεταφορείς κίνησης αντικαθιστούν τα μηχανικά συστήματα κινήσεως. Στο σχήμα 217 έχουμε μία διάταξη δύο υδροστατικών μεταφορέων κλειστού κυκλώματος, με τους κινητήρες προσαρμοσμένους επί των τροχών, ένα για κάθε τροχό. Η διάταξη αυτή αποτελεί το κιβώτιο ταχυτήτων και καταργεί το πλανητικό σύστημα οδοντωτών τροχών και τους άξονες. Μία τέτοια διάταξη συνηθίζεται όταν, φυσικά, ή κυρία λειτουργία του υδροστατικού μεταφορέα είναι να δοθεί κίνηση. Η κατεύθυνση του οχήματος πρέπει να ελέγχεται με μηχανική πέδηση του τροχού ή με αλλαγή τής σχετικής ταχύτητας ή της κατευθύνσεως των τροχών. Το όχημα παρουσιάζει μεγάλη ευελιξία. Η πέδηση γίνεται με περιορισμό της παροχής.

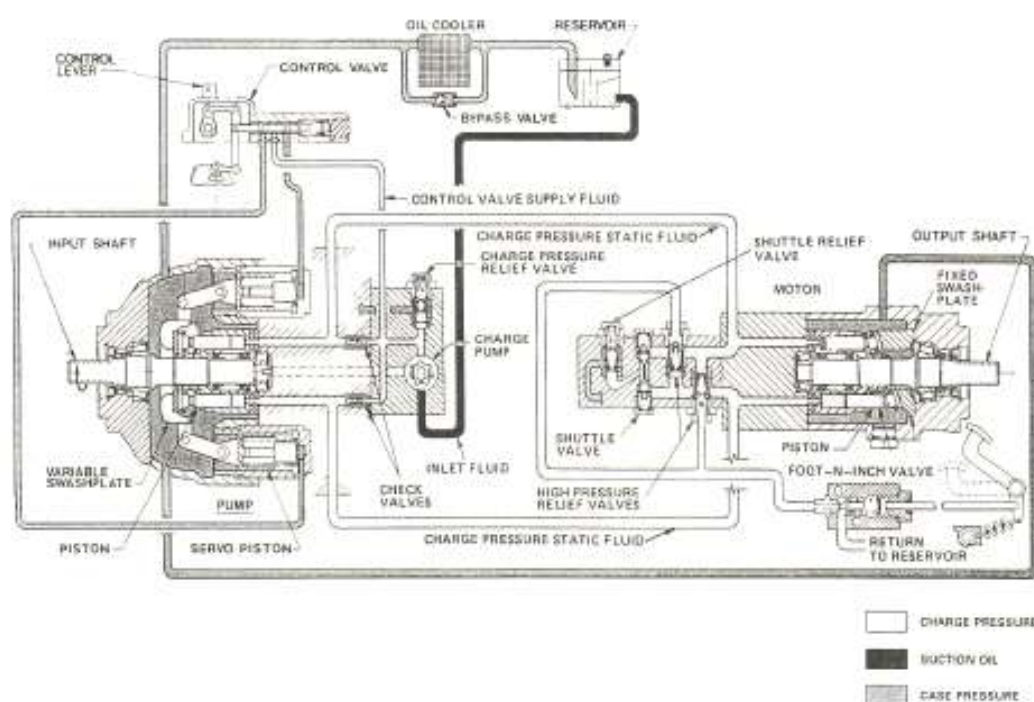


Σχήμα 217. Σύστημα κινήσεως οχήματος με δύο υδροστατικούς μεταδότες και κινητήρες επί των τροχών(2 κλειστά συστήματα)

Μερικά μεγάλα συστήματα χρησιμοποιούν σερβοελεγχόμενους μηχανισμούς έτσι ώστε να μεταβάλλουν την κίνηση της αντλίας επιδρώντας στην κίνηση της πλάκας των εμβόλων. Το σερβοσύστημα λειτουργεί ως εξής. Ένας μοχλός ταχύτητας ο οποίος είναι συνδεδεμένος με το έμβολο της βαλβίδας κατευθύνσεως της αντλίας κινείται και μετακινεί το έμβολο.

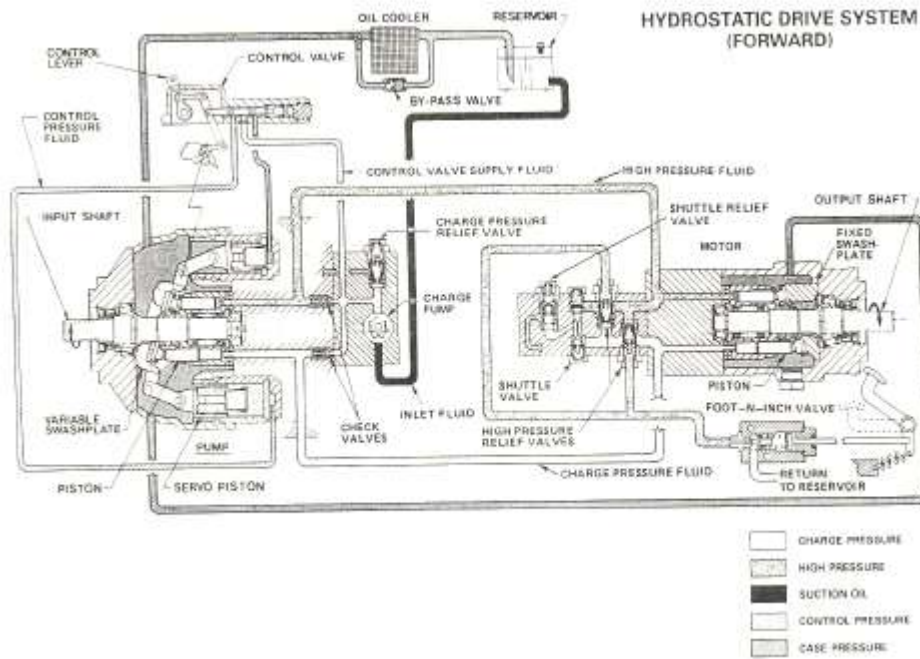
Η μικρή αντλία παροχής τότε στέλνει το ρευστό διαμέσου της βαλβίδας κατευθύνσεως σε έναν από τους δύο σέρβο-κυλίνδρους οι οποίοι κινούν την πλάκα πίεσης των εμβόλων. Αυτού του είδους τα συστήματα έχουν 3 ταχύτητες (neutral, forward, reverse).

Neutral: Θεωρούμε την κατάσταση όπου καθόλου παροχή δεν δημιουργείται στην έξοδο της αντλίας μεταβλητής μετατόπισης. Άρα ο κινητήρας δε δέχεται ρευστό και δεν δίνει κίνηση στο σύστημα. Το ρευστό εγκλωβίζεται στους 2 σερβοκυλίνδρους. Η βαλβίδα κατεύθυνσης έχει μπλοκάρει την παροχή και η πλάκα εμβόλων της αντλίας είναι σε κατακόρυφη θέση (μηδενική γωνία) και δεν περιστρέφεται (Σχήμα 218).



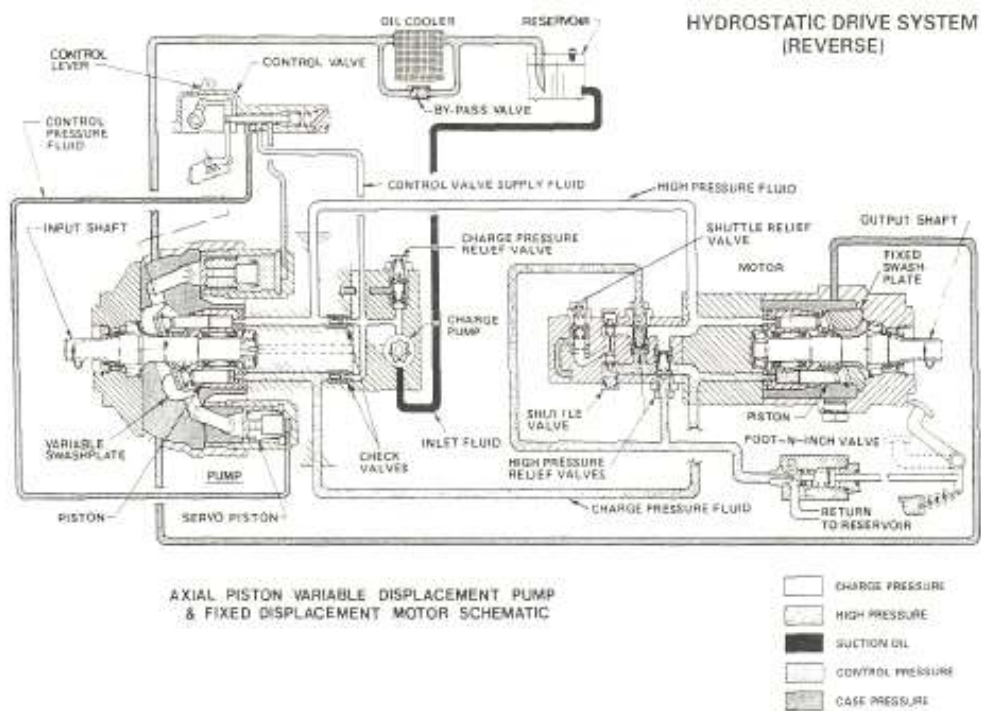
Σχήμα 218. Τυπικό σύστημα βαρέων εργασιών με μεταβλητής μετατόπισης αντλία και σταθερής μετατόπισης κινητήρα στην ουδέτερη (neutral) κατάσταση

Forward: Όταν μετακινούμε το μοχλό προς τα μπροστά το έμβολο της βαλβίδας κατευθύνσεως κινείται επιτρέποντας στη βαλβίδα φόρτισης να στείλει ρευστό στο σέρβο-έμβολο το οποίο ευθύνεται για την μπροστά κίνηση του συστήματος. Αυτό το έμβολο ωθείται έξω από τον κύλινδρο του δίνοντας κίνηση στην πλάκα της αντλίας. Καθώς κινείται η πλάκα ο σύνδεσμος ανάδρασης τείνει να επαναφέρει το έμβολο της βαλβίδας στην κεντρική θέση όταν έχει επιτευχθεί η κατάλληλη ταχύτητα. Το άλλο σέρβο-έμβολο πιέζεται μέσα στον κύλινδρο στέλνοντας ρευστό στην άλλη οπή της βαλβίδας κατεύθυνσης. Το ελατήριο αυτού του εμβόλου τείνει να ισιώσει την πλάκα της αντλίας καθώς η πίεση στο άλλο πιστόνι μειώνεται. Τότε ο σύνδεσμος ανάδρασης ενεργοποιείται και αυτόματα μετακινεί το έμβολο της βαλβίδας ελάχιστα από την κεντρική του θέση ώστε η αντλία να συνεχίσει να στέλνει ρευστό με την επιθυμητή ταχύτητα. Όσο αυξάνει η γωνία της πλάκας τόσο περισσότερος όγκος ρευστού διακινείται άρα τόσο πιο γρήγορα θα περιστρέφεται ο κινητήρας σταθερής μετατόπισης (σχήμα 219).



Σχήμα 219. Τυπικό σύστημα βαρέων εργασιών με μεταβλητής μετατόπισης αντλία και σταθερής μετατόπισης κινητήρα στην κανονική (forward) λειτουργία.

Reverse: Ο μοχλός της βαλβίδας κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση. Η παροχή και η πίεση τώρα ασκούνται στο άλλο σέρβο –έμβολο. Η πλάκα της αντλίας περιστρέφεται στην αντίθετη κατεύθυνση και ο κινητήρας περιστρέφεται και αυτός στην αντίθετη κατεύθυνση(σχήμα 220).



Σχήμα 220. Τυπικό σύστημα βαρέων εργασιών με μεταβλητής μετατόπισης αντλία και σταθερής μετατόπισης κινητήρα στην αντίστροφη (reverse) λειτουργία.

5. 3 ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΙΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΕΙΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης και σπηλαιώση

Χαμηλή πίεση φόρτιση μπορεί να οδηγήσει σε σπηλαιώση. Η σπηλαιώση λαμβάνει χώρα όταν ο όγκος του ρευστού που επιστρέφει από την έξοδο του κινητήρα στην είσοδο της αντλίας μετάδοσης κίνησης σε συνδυασμό με τον όγκο του ρευστού που προέρχεται από την αντλία φορτίσεως είναι *μικρότερος* από τον όγκο ρευστού που απαιτεί η αντλία μετάδοσης κίνησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η το ρευστό στην είσοδο της αντλίας να αρχίσει να ατμοποιείται με αποτέλεσμα τη δημιουργία φυσαλίδων στο ρευστό οι οποίες εκρήγνυνται όταν συμπιέζονται κατά την έξοδο της αντλίας.

Αιτίες της σπηλαιώσης είναι:

- Βουλωμένο φίλτρο της αντλίας φόρτισης.
- Μπλοκαρισμένη γραμμή αναρρόφησης στην αντλία φόρτισης .
- Φθαρμένη ή κατεστραμμένη αντλία φόρτισης.
- Υπερβολική εσωτερική διαρροή από χαλασμένη αντλία μετάδοσης κίνησης ή κινητήρα.
- Υπερβολική εξωτερική διαρροή από έκρηξη σε (ελαστικές)σωληνώσεις.

Άλλο ένα αίτιο σπηλαιώσης σ' αυτού του είδους τα υδραυλικά συστήματα το οποίο συνήθως αγνοείται είναι ο συνδυασμός δύο φαινομένων. Της συμπιεστότητας του ρευστού και της αύξησης του όγκου των σωληνώσεων καθώς αυξάνει η πίεση.

Όταν μια υδροστατική μετάδοση υπόκεινται σε ξαφνική αύξηση του φορτίου σταματάει να κινείται στιγμιαία (stall) και η πίεση του συστήματος αυξάνει έως ότου το σύστημα ξεπεράσει αυτή την αύξηση του φορτίου ή η ανακουφιστική βαλβίδα ανοίξει.

Όταν ο κινητήρας είναι σταματημένος δεν υπάρχει επιστροφή ρευστού από την έξοδο του κινητήρα στην είσοδο της αντλίας Αυτό σημαίνει ότι η αντλία μετάδοσης κίνησης θα υποστεί σπηλαιώση για τόσο χρόνο όσο χρειάζεται για να επανέλθει ο όγκος ρευστού που χρειάζεται για να αναπτυχθεί η απαραίτητη πίεση για να ξεπεράσει την αύξηση του φορτίου. Επίσης το για πόση ώρα θα διαρκέσει το φαινόμενο της σπηλαιώσης εξαρτάται από την έξοδο της αντλίας φόρτισης, το μέγεθος της αύξησης της πίεσης από το εξωτερικό φορτίο και την επίδραση της στην αύξηση του όγκου των σωληνώσεων και την μείωση του όγκου του ρευστού.

Ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα:

Έστω ότι ένα σύστημα υδροστατικής μετάδοσης κίνησης χρησιμοποιείται για τη λειτουργία μία κεφαλής τρυπανιού η οποία χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις γεώτρησης και μεταφέρει ρευστό παροχής 35 GPM με πίεση 1000 psi.Μια ξαφνική αύξηση του φορτίου στην άκρη του τρυπανιού στιγμιαία ακινητοποιεί τον κινητήρα έως ότου αναπτυχθεί επαρκής πίεση για να ξεπεραστεί η αύξηση του φορτίου η οποία για τις ανάγκες αυτού του παραδείγματος ας υποθέσουμε ότι είναι 3000 psi .

Για να αυξήσουμε λοιπόν την πίεση από τα 1000 psi στα 3000 psi η αντλία πρέπει να αυξήσει την παροχή της και να παρέχει επιπλέον όγκο εξαιτίας της συμπίεσης του υδραυλικού ρευστού και της διαστολής της ελαστικής σωλήνωσης υψηλής πίεσης μεταξύ αντλίας και κινητήρα. Αλλά επειδή ο κινητήρας έχει σταματήσει δεν υπάρχει παροχή από την έξοδο του την είσοδο της αντλίας.. Η μόνη διαθέσιμη παροχή στην είσοδο της αντλίας είναι 7 GPM από την αντλία φόρτισης 80% δηλαδή λιγότερο απ ότι χρειάζεται!!

Έστω ότι στο παράδειγμα η ελαστική σωλήνωση μεταξύ αντλία-κινητήρα είναι τύπου SAE 100R9AT-16 , 10,97 m μακρύ (36 ft).Η ογκομετρική διαστολή του σωλήνα εξαιτίας της αύξησης της πίεσης είναι 0,00016 κυβικά μέτρα και ο επιπλέον όγκος που απαιτείται εξαιτίας της συμπίεσης του ρευστού μέσα του είναι 0,000046 κυβικά μέτρα. Άρα ο επιπλέον όγκος ρευστού που χρειάζεται για να αυξηθεί η πίεση λειτουργίας από 1000 σε 3000 psi είναι $0,00016+0,000046=0,000206$ κυβικά μέτρα.

Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται έτσι ώστε να αυξηθεί η πίεση από τα 1000 στα 3000 psi είναι ίσος με το χρόνο που η αντλία παθαίνει σπηλαιώση. Για να υπολογίσουμε αυτό το χρόνο διαιρούμε τον επιπλέον όγκο που χρειάζεται να παράγει η αντλία(0,000206 κυβικά μέτρα.) ,

με τον όγκο που παρέχει η αντλία φόρτισης ανά δευτερόλεπτο($7\text{GPM}=0.000442$ κυβικά μέτρα /δευτερόλεπτο)

Άρα χρόνος σπηλαιώσης $=0,000206/0.000442=0,47\text{sec}$

Αυτό το πρόβλημα εμφανίζεται σε εφαρμογές όπου δεν παρέχεται επαρκής όγκος φόρτισης, ώστε η κύρια αντλία κίνησης να αντεπεξέλθει στις ξαφνικές μεταβολές του φορτίου. τέτοιου είδους εφαρμογές στις οποίες μπορεί να παρουσιαστεί το φαινόμενο είναι σε γεωτρήματα, κοπτικά εργαλεία, τόννοι κλπ.

Το υδροστατικό σύστημα λειτουργεί πολύ αργά

Όπως και σε κάθε υδραυλικό σύστημα απώλεια ταχύτητας σε ένα υδροστατικό σύστημα μετάδοσης κίνησης υποδηλώνει απώλεια παροχής. Ελέγχουμε την πίεση του συστήματος. Αν είναι χαμηλή αυτό σημαίνει ότι ο όγκος ρευστού που διαρρέει εσωτερικά από τον κλειστό βρόγχο πλησιάζει την ικανότητα της αντλίας φόρτισης για παροχή ρευστού.

Χαμηλή πίεση φόρτισης του συστήματος μπορεί να εμποδίζει την αντλία μετάδοσης απ' το να μεταφέρει όλο τον όγκο ρευστού που απαιτείται για να κινήσει ένα φορτίο. Έτσι όσο το φορτίο αυξάνει τόσο μειώνεται η ταχύτητα το κινητήρα.

Το σύστημα υπερθερμαίνεται

- A. Εξετάζουμε τη βαλβίδα παράκαμψης. Αν χρησιμοποιείται τέτοια βαλβίδα είναι πολύ σημαντικό να παραμένει κλειστή κατά την κανονική λειτουργία. Αν είναι έστω και ελάχιστα ανοιχτή η διαφορά πίεσης που θα δημιουργηθεί από το ρευστό που περνάει από μέσα της μπορεί να υπερθερμάνει το σύστημα.
- B. Χαμηλή στάθμη ρευστού στη δεξαμενή. Μετά από πολλές ώρες λειτουργίας κάποια διαρροή η κάποια κατεστραμμένη ελαστική σωλήνωση η οποία δεν έχει αντικατασταθεί έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση της στάθμης.
- C. Πρόβλημα στο φίλτρο αναρρόφησης.
- D. Βρώμικος ψύκτης αέρα(air cooler).

- Ε. Υπερβολική εσωτερική διαρροή που οδηγεί σε πτώση της υψηλής πίεσης του συστήματος κατά την κίνηση του και προς τις 2 κατευθύνσεις. Η πίεση φόρτισης πιο χαμηλή απ ότι συνήθως.

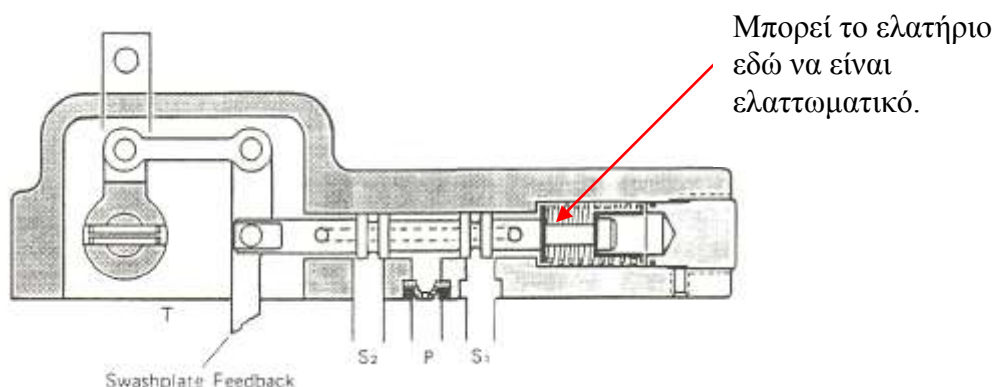
Η υδροστατική μετάδοση κίνησης λειτουργεί μόνο προς τη μια κατεύθυνση

Εφόσον το σύστημα λειτουργεί κανονικά προς τη μία κατεύθυνση αυτό σημαίνει ότι η αντλία ,ο κινητήρας και η αντλία φόρτισης είναι ΟΚ.Αυτό που πρέπει να ελέγξουμε είναι τα εξαρτήματα στην κατεύθυνση όπου εμποδίζεται η κίνηση. Το πρόβλημα μπορεί να οφείλεται σε:

- Ελαττωματικό σύνδεσμο σερβοελέγχου της αντλίας. Μπορεί να μην είναι συνδεδεμένος καλά και κάτι να τον εμποδίζει απ το να κινηθεί ελεύθερα στην κατεύθυνση που δεν έχουμε κίνηση.
- Βλάβη των ανακουφιστικών βαλβίδων υψηλής πίεσης (βλ σχήμα 220).Ο καλύτερος τρόπος να ελέγξουμε τις βαλβίδες είναι να τους αλλάξουμε αμοιβαία θέση στο κύκλωμα. Βάζουμε την υποτιθέμενη προβληματική βαλβίδα στην κατεύθυνση όπου έχουμε κίνηση και την καλή στην κατεύθυνση που δεν είχαμε κίνηση και θέτουμε σε λειτουργία το σύστημα. Αν το πρόβλημα αλλάξει μεριά και τώρα δεν λειτουργεί προς την άλλη κατεύθυνση αυτό οφείλεται στην ανακουφιστική βαλβίδα.
- Βλάβη των βαλβίδων αντεπιστροφής. Τις ελέγχουμε όπως κάναμε και στις ανακουφιστικές ,αλλάζοντας τες δηλαδή αμοιβαία μεταξύ του. Μια ελαττωματική βαλβίδα αντεπιστροφής προκαλεί απώλειες πίεσης στην πλευρά που δεν λειτουργεί.
- Πρόβλημα στην βαλβίδα κατευθύνσεως- ελέγχου. Το έμβολο της μπορεί να κολλάει προς τη μία κατεύθυνση.Ο μοχλός ελέγχου έχει πρόβλημα και δεν μπορεί να κινηθεί προς αυτή την κατεύθυνση. Το έμβολο της βαλβίδας έχει απορυθμιστεί.

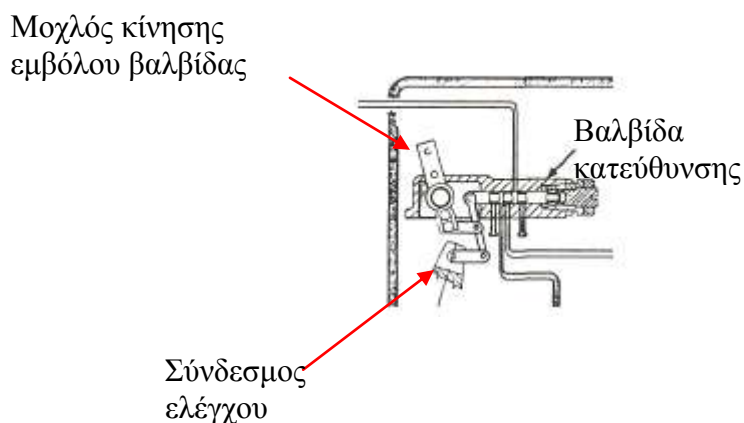
Το σύστημα δεν μπορεί να επιστρέψει στη νεκρά κατάσταση ή είναι η κατάσταση αυτή επιτυγχάνεται με δυσκολία

- Το έμβολο της βαλβίδας κολλάει ή έχει καταστραφεί το ελατήριο που επαναφερθεί το έμβολο ομαλά στην κεντρική του(neutral) θέση(σχήμα 221).



Σχήμα 221 .Τυπική μορφή βαλβίδας κατευθύνσεως ελέγχου σε σύστημα υδροστατικής μετάδοσης κίνησης

- Ελαττωματικός σύνδεσμος ελέγχου (σχήμα 222). Αποσυνδέουμε το σύνδεσμο ελέγχου από την το μοχλό της βαλβίδας κατεύθυνσης. Κινούμε με το χέρι στο μοχλό .Αν δούμε ότι τώρα πάει εύκολα στη νέκρα αυτό σημαίνει οι όντως το πρόβλημα ευθυνόταν σε ελαττωματικό σύνδεσμο όποιος πρέπει να αντικατασταθεί.



Σχήμα 222. Σύνδεση σερβοσυστήματος με μοχλό βαλβίδας κατεύθυνσης

- Πρόβλημα στην αντλία

Θόρυβος- κραδασμοί στο σύστημα

- Κακή έδραση κινητήρα ή (και) αντλίας.
- Αέρας στο σύστημα.

Το σύστημα δε λειτουργεί προς καμία κατεύθυνση.

- Ανεπαρκής ποσότητα ρευστού στο σύστημα είτε από διαρροής η χαμηλής στάθμης στη δεξαμενή.
- Ο εσωτερικός σύνδεσμος βαλβίδας έλεγχου και συστήματος ελέγχου έχει αποσυνδεθεί ίσως λόγω κάποιου σπασμένου κομματιού. Αν αποσυνδέσουμε των εξωτερικό σύνδεσμο βαλβίδας- σερβοελέγχου θα δούμε ότι ο μοχλός της βαλβίδας κινείται ελεύθερα χωρίς αντίσταση. Αυτή είναι μια ένδειξη βλάβης του μοχλού.
- Φραγμένα στόμια/ οπές της βαλβίδας κατεύθυνσης. Ενώ ο μοχλός κινείται κανονικά, δεν αναπτύσσεται πίεση στους σερβοκυλινδρους γιατί δεν πηγαίνει παροχή προς αυτούς.
- Η αναρρόφηση της αντλίας φόρτισης ή το φίλτρο της είναι βουλωμένα.
- Αποσυνδεδεμένος συμπλέκτης /σύνδεσμος μεταξύ αντλίας και ηλεκτρικού κινητήρα.

- Η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης φορτίσεως της αντλίας φόρτισης έχει κολλήσει και είναι ανοιχτή. Το ίδιο μπορεί να συμβαίνει σε βαλβίδα στις πολλαπλές υποδοχές του υδραυλικού κινητήρα. Αν η πίεση φόρτισης είναι χαμηλή ή μηδέν στη νέκρα κατάσταση τότε έχει πρόβλημα η βαλβίδα της αντλίας φόρτισης. Αν η πίεση φόρτισης είναι χαμηλή όταν μετακινείται η βαλβίδα κατευθύνσεως τότε το πρόβλημα βρίσκεται σε βαλβίδα του κινητήρα.

Αν ο κινητήρας είναι μεταβλήτης μετατόπισης

Δεν μπορεί να αλλάξει μετατόπιση δηλαδή να αλλάξει τον όγκο του ρευστού που περνάει από μέσα του.

- Βουλωμένα στόμια.
- Η γραμμή πίεση ελέγχου από την βαλβίδα του κινητήρα στο κουζινέτο της αντλίας βουλωμένη.

ΡΥΠΑΝΤΕΣ

Το σύστημα πρέπει να είναι καθαρό και απαλλαγμένο από ρύπους.

Βλάβες που είναι αποδεδειγμένο ότι οφείλονται σε ρύπανση του υδραυλικού ρευστού με τη μορφή μεταλλικών σωματιδίων θα πρέπει να αντιμετωπίζονται σαν καταστροφικές βλάβες. Εξαιτίας της φύσης του υδροστατικού συστήματος κίνησης οποιαδήποτε μορφή ρύπανσης υπάρχει στο σύστημα μετά από μια αντικατάσταση ενός χαλασμένου εξαρτήματος, είναι αναμενόμενο να προκαλέσει βλάβη ξανά καθώς έχει επιταχύνει και τη φθορά των υπόλοιπων εξαρτημάτων. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα πρέπει να ακολουθούμε την παρακάτω τακτική. Αντικαθιστούμε αντλία κινητήρα ,ψύκτη αέρα, βαλβίδα παράκαμψης, φίλτρα και αλλαγή υδραυλικού ρευστού όταν χαλάσει έστω ένα εξάρτημα π χ αντλία. Αυτή η διαδικασία ελαχιστοποιεί την πιθανότητα να μείνουν στο σύστημα ρύποι από την προηγούμενη βλάβη. Αυτή η διαδικασία μπορεί να φαίνεται ακριβή αλλά κι όμως είναι λιγότερο ακριβή σε χρόνο και χρήμα απ το να προκύψει ξανά μια βλάβη κατά την παραγωγική διαδικασία της μηχανής που ευθύνεται σε βλάβη του παρελθόντος.

Αν για παράδειγμα αλλάξουμε μόνο την αντλία και όχι τον κινητήρα είναι πολύ πιθανό ο κινητήρας να χαλάσει και να καταστρέψει και την καινούργια αντλία. Ας μην ξεχνάμε ότι το ρευστό σε υδροστατικό σύστημα συνήθως πηγαίνει από την αντλία στον κινητήρα χωρίς να φιλτράρεται

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

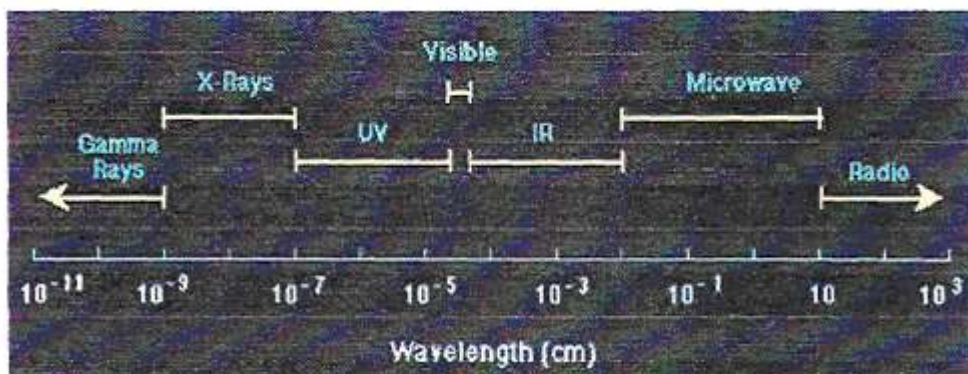
ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΗΣΗ (ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ)

Γενικά

Η θερμογραφηση είναι μια μέθοδος προβλεπτικής συντήρησης που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της κατάστασης του μηχανολογικού εξοπλισμού. Χρησιμοποιεί ειδικό εξοπλισμό ο οποίος παρακολουθεί την εκπομπή υπέρυθρης ενέργειας, π.χ. θερμοκρασία, προκειμένου να αξιολογήσει την κατάσταση λειτουργίας του. Ανακαλύπτοντας θερμικές ανωμαλίες, όπως για παράδειγμα περιοχές θερμότερες ή ψυχρότερες από ό,τι θα έπρεπε, ένας πεπειραμένος εκτιμητής, μπορεί να εντοπίσει και να καθορίσει πιθανά προβλήματα στο μηχανισμό.

Η τεχνική της θερμογράφησης στηρίζεται στο γεγονός ότι όλα τα αντικείμενα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν ενέργεια ή ακτινοβολία. Η υπέρυθρη ακτινοβολία είναι ένα είδος εκπεμπόμενης ενέργειας. Οι υπέρυθρες εκπομπές (IR) είναι φως το οποίο δεν μπορεί να γίνει ορατό χωρίς ειδικό εξοπλισμό, αφού το μήκος κύματος της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι πολύ μεγάλο για να μπορεί να ανιχνευθεί από το ανθρώπινο μάτι (βλ. σχήμα 223). Η ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας ενός αντικειμένου είναι συνάρτηση της επιφανειακής του θερμοκρασίας. Ωστόσο, η μέτρηση της θερμοκρασίας με τη χρήση των υπέρυθρων είναι περίπλοκη γιατί υπάρχουν τρεις πηγές θερμικής ενέργειας οι οποίες μπορούν να ανιχνευθούν σε κάθε αντικείμενο : ενέργεια εκπεμπόμενη από το ίδιο το αντικείμενο, ενέργεια ανακλώμενη από το αντικείμενο και ενέργεια που μεταφέρεται από το αντικείμενο. Στην προβλεπτική συντήρηση, μόνο η ενέργεια που εκπέμπεται από το αντικείμενο έχει σημασία. Η ανακλώμενη και η μεταφερόμενη ενέργεια διαστρέφουν τα πρώτα στοιχεία που λαμβάνονται. Για το λόγο αυτό, η ανακλώμενη και η μεταφερόμενη ενέργεια πρέπει να φιλτραριστούν και να παραμείνουν εκτός των στοιχείων που συλλέγονται ώστε να αποφευχθεί λανθασμένη ανάλυση των πληροφοριών.



Σχήμα 223. Μήκη τύπων ακτινοβολίας

Η επιφάνεια ενός αντικειμένου επηρεάζει το ποσό εκπεμπόμενης ή ανακλώμενης ενέργειας. Μία επιφάνεια που μόνο εκπέμπει και δεν ανακλά ενέργεια λέγεται blackbody, δηλαδή σώμα που απορροφά όλες τις ενέργειες και έχει βαθμό εκπεμψιμότητας ίσο με τη μονάδα. Ένα τέτοιο σώμα απορροφά όλη την εξωτερική ενέργεια και την εκπέμπει ως υπέρυθρη. Οι επιφάνειες οι οποίες ανακλούν μόνο υπέρυθρη ενέργεια και δεν εκπέμπουν λέγονται graybodies και έχουν βαθμό εκπεμψιμότητας μικρότερο από τη μονάδα. Ο περισσότερος βιομηχανικός εξοπλισμός ανήκει στην δεύτερη κατηγορία. Προσεκτική

θεώρηση της πραγματικής εκπεμψιμότητας ενός αντικειμένου βελτιώνει την ακρίβεια των θερμοκρασιακών μετρήσεων που θα χρησιμοποιηθούν στην προβλεπτική συντήρηση. Για την διευκόλυνση των χρηστών να καθορίσουν την εκπεμψιμότητα, έχουν δημιουργηθεί πίνακες που χρησιμοποιούνται ως οδηγοί για τα πιο κοινά υλικά. Όμως αυτοί οι πίνακες - οδηγοί δεν αποτελούν ακριβείς τιμές εκπεμψιμότητας για όλο τον βιομηχανικό εξοπλισμό.

Αποκλίσεις στην κατάσταση της επιφάνειας, βαφή ή άλλες προστατευτικές επικαλύψεις καθώς και πλήθος άλλων παραγόντων μπορούν να επηρεάσουν τον πραγματικό συντελεστή εκπεμψιμότητας του εξοπλισμού. Εκτός από την ανακλώμενη και την μεταφερόμενη ενέργεια, ο χρήστης της θερμογραφικής μεθόδου πρέπει να λάβει υπ' όψιν του και τον ατμοσφαιρικό αέρα μεταξύ του αντικειμένου και του οργάνου μέτρησης. Υδρατμοί και άλλα αέρια απορροφούν την υπέρυθη ακτινοβολία. Αερομεταφερόμενη σκόνη, κάποιες τεχνητές πηγές φωτός και άλλοι παράγοντες στην περιβάλλουσα ατμόσφαιρα μπορούν να αλλάξουν τη μετρούμενη υπέρυθη ακτινοβολία. Εφόσον, λοιπόν, η ατμόσφαιρα στο περιβάλλον αλλάζει συνέχεια, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κάθε φορά που μετράται υπέρυθη ακτινοβολία.

Τα περισσότερα συστήματα και όργανα καταγραφής υπέρυθρης ακτινοβολίας διαθέτουν ειδικά φίλτρα για την αποφυγή των ανεπιθύμητων επιδράσεων της ατμόσφαιρας, όμως ο χρήστης πρέπει να αναγνωρίζει κάθε φορά τον συγκεκριμένο παράγοντα που θέλει να αποφύγει και να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα φίλτρα.

Συγκεντρωτικά όργανα της οπτικής, ανιχνευτές ακτινοβολίας και κάποιας μορφής ενδείκτες είναι τα βασικά εξαρτήματα ενός βιομηχανικού οργάνου υπέρυθρων. Το σύστημα οπτικής συλλέγει την ακτινοβολία και την συγκεντρώνει σε έναν ανιχνευτή ο οποίος τη "μεταφράζει" σε ηλεκτρικό σήμα. Το ηλεκτρονικό σύστημα ενισχύει το σήμα εξόδου και το μετατρέπει σε μία μορφή που να μπορεί να αποτυπωθεί σε οθόνη. Υπάρχουν τρεις τύποι οργάνων που χρησιμοποιούνται στην προβλεπτική συντήρηση :

- θερμόμετρα υπέρυθρων ή "spot radiometer"
- γραμμικοί σαρωτές και
- συστήματα απεικόνισης (κάμερες).

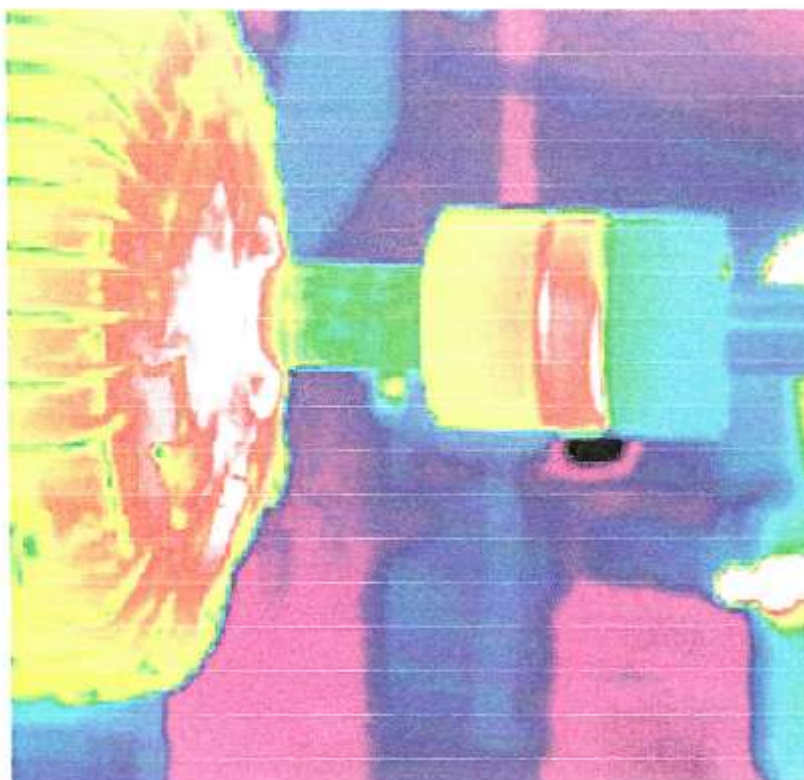
Τα θερμόμετρα υπέρυθρων ή τα "spot radiometer" (βλ. σχήματα 224) είναι σχεδιασμένα να παρέχουν την ακριβή επιφανειακή θερμοκρασία σε ένα συγκεκριμένο σημείο της μηχανής ή της επιφάνειας. Σε ένα πρόγραμμα προβλεπτικής συντήρησης, το θερμόμετρο υπέρυθρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με ένα όργανο-μικροεπεξεργαστή του εξοπλισμού παρακολούθησης κραδασμών για να καταγράψει τη θερμοκρασία σε κρίσιμα σημεία των μηχανών. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται τυπικά για την μέτρηση θερμοκρασίας σε καλύμματα εδράνων, περιελίξεις κινητήρων, σωληνώσεις και άλλες παρόμοιες εφαρμογές.

Οι γραμμικοί σαρωτές παρέχουν μία μονοδιάστατη εικόνα της κατανομής της ενέργειας ή αλλιώς γραμμική συγκριτικής ακτινοβολίας. Αυτός ο τύπος οργάνου διαθέτει ένα μεγαλύτερο "οπτικό πεδίο", αφού μπορεί να καταγράψει τη θερμοκρασία σε μία περιοχή της επιφάνειας της μηχανής.

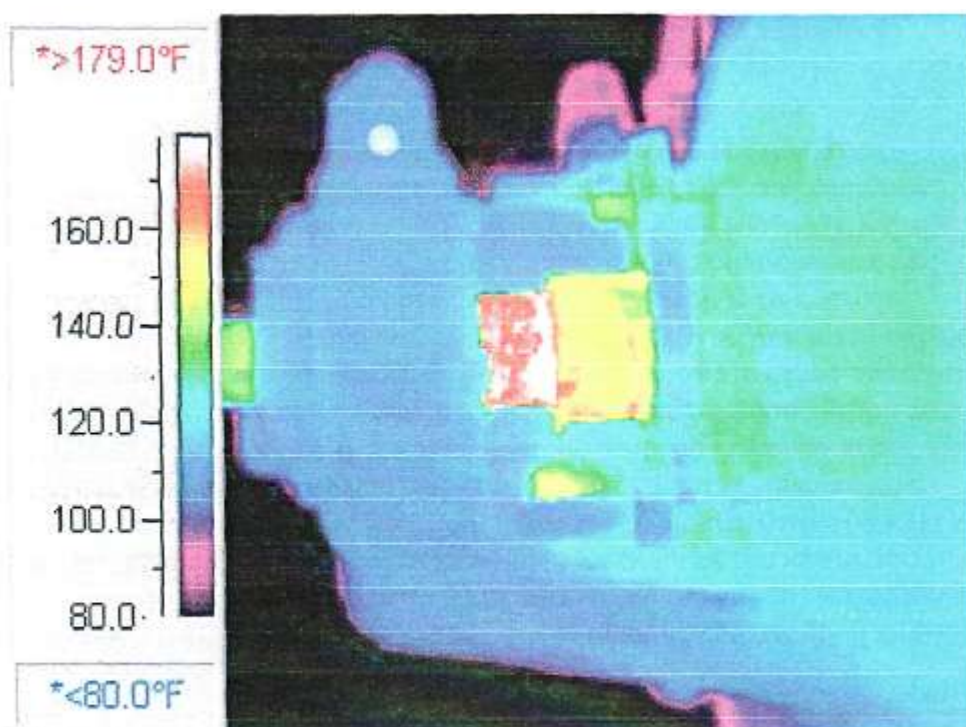
Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα όργανα, τα συστήματα απεικόνισης διαθέτουν τα μέσα για να καταγράψουν τις υπέρυθρες εκπομπές όλης της επιφάνειας της μηχανής σε μικρό χρονικό διάστημα και μάλιστα σε διδιάστατη εικόνα (Βλ σχήματα 225-228).



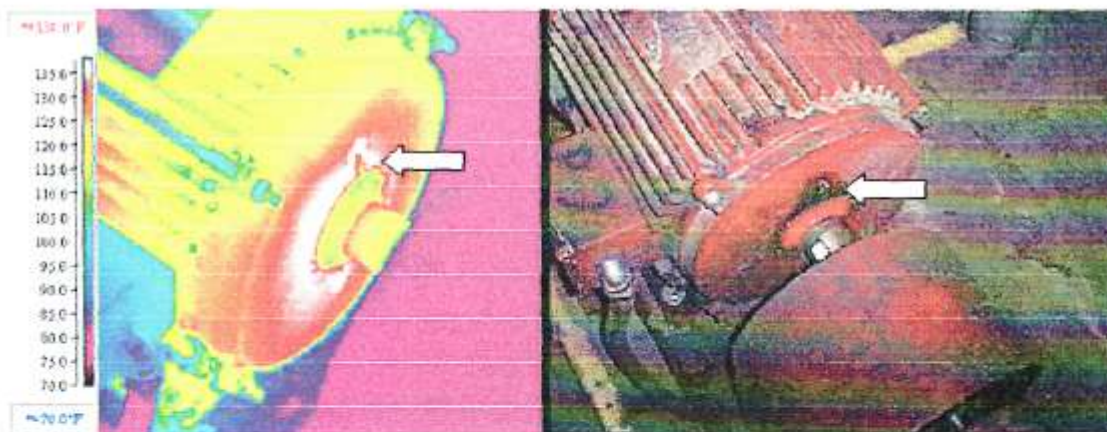
Σχήμα 224. Τύποι θερμομέτρων υπέρυθρων



Σχήμα 225. Δισδιάστατη εικόνα με hot spot το σύνδεσμο



Σχήμα 226. Δισδιάστατη εικόνα με hot spot τον άξονα



Σχήμα 227. Δισδιάστατη εικόνα υπέρυθρων hot spot μια ρωγμή



Σχήμα 228. Δισδιάστατη εικόνα με hot spot τον σύνδεσμο

Τα περισσότερα συστήματα απεικόνισης λειτουργούν όπως μία βιντεοκάμερα (βλ. σχήμα 229). Ο χρήστης μπορεί να δει το προφίλ των θερμικών εκπομπών μίας περιοχής της επιφάνειας απλά κοιτάζοντας στην οθόνη της κάμερα. Στην αγορά υπάρχει ποικιλία από τέτοιες κάμερες, από φθηνές ασπρόμαυρες έως ψηφιακές έγχρωμες με συστήματα μικροεπεξεργασίας των οποίων το κόστος κυμαίνεται από 12.000 ευρώ έως 56000 ευρώ (τα "spot radiometer" και οι γραμμικοί σαρωτές κοστίζουν μόλις 160-320 ευρώ). Πολλά από τα απλά και φθηνά μοντέλα συστήματα απεικόνισης δεν παρέχουν τη δυνατότητα αποθήκευσης και ανάκλησης θερμικών εικόνων. Η ανικανότητα αποθήκευσης και ανάκλησης θερμικών εικόνων περιορίζει ένα μακροχρόνιο πρόγραμμα προβλεπτικής συντήρησης. Μία σύγχρονη κάμερα παρέχει ψηφιακή σταθερή υπέρυθρη εικόνα, μεγάλη προσαρμοστικότητα (πολλές επιλογές για τον χρήστη), αποθήκευση εκατοντάδων εικόνων σε μία κάρτα που μπορεί να μεταφερθεί και σε PC, εύκολη χρήση, αυτονομία (με χρήση μπαταριών που την κάνουν και φορητή), ασφάλεια και αντοχή και φυσικά, υψηλή ανάλυση εικόνας.



Κάμερα απεικόνισης υπέρυθρων.



Κάμερα απεικόνισης υπέρυθρων.

Σχήμα 229. .Κάμερες απεικόνισης υπέρυθρων

6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ

Γενικά

Όλες οι μηχανές κατά τη λειτουργία τους παράγουν κραδασμούς. Στην ιδεατή κατάσταση λειτουργίας της μηχανής, το επίπεδο των κραδασμών είναι μηδενικό ή ελάχιστο. Στην πραγματική κατάσταση, βλάβες που αναπτύσσονται (ή κατασκευαστικές ατέλειες) οδηγούν σε αύξηση των κραδασμών σε έδρανα και άξονες. Η μεταβολή των κραδασμών σαν συνέπεια βλάβης, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο μηχανολογικός εξοπλισμός αποτελεί τη μεγαλύτερη κατηγορία βιομηχανικού εξοπλισμού, καθιστούν σήμερα την παρακολούθηση των κραδασμών σαν την επικρατέστερη μέθοδο Προβλεπτικής Συντήρησης στις σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Η μεταβολή των κραδασμών μετράται με αισθητήρες. Η βασική αρχή λειτουργίας όλων των σύγχρονων αισθητήρων (Α,Κανάραχος, Ι.Αντωνιάδης, 1998) είναι η μετατροπή του μηχανικού φυσικού μεγέθους που συνεπάγεται ο κραδασμός, σε ανάλογο ηλεκτρικό μέγεθος (ρεύμα ή τάση) το οποίο στη συνέχεια συλλέγεται από κατάλληλη ηλεκτρονική διάταξη για παραπέρα επεξεργασία. Στις περισσότερες σύγχρονες μετρητικές διατάξεις, αυτή η επεξεργασία περιλαμβάνει τη μετατροπή του συνεχούς ηλεκτρικού μεγέθους σε διακριτό.

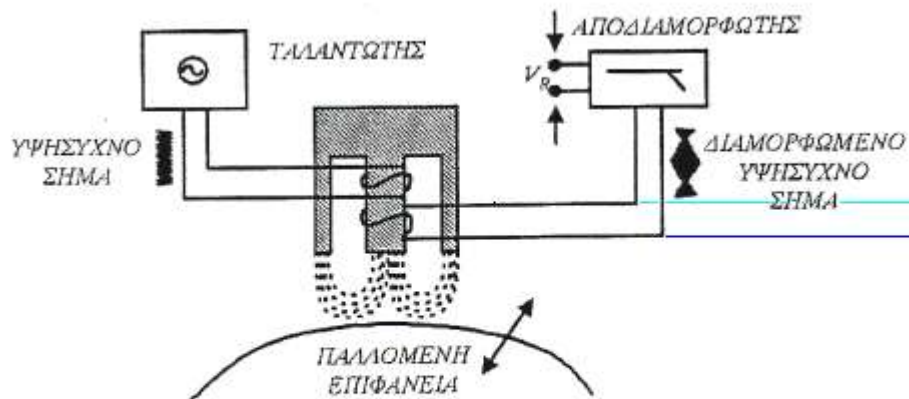
Οι βασικές μηχανικές ποσότητες, με τις οποίες μπορούν άμεσα να μετρηθούν οι κραδασμοί, είναι η μετατόπιση, η ταχύτητα και η επιτάχυνση. Θεωρητικά είναι όλες ισοδύναμες μεταξύ τους για την μέτρηση των κραδασμών. Στην πράξη, το μετρούμενο μέγεθος ποικίλει ανάλογα με την επιμέρους αρχή και τεχνολογία που χρησιμοποιεί κάθε αισθητήρας, ώστε να αυξήσει τη φυσική του ικανότητα μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι αισθητήρες στηρίζονται στις παρακάτω αρχές μέτρησης

- 1.Γραμμικοί Μετασχηματιστές Μεταβλητού Διαφορικού (LVDT)
- 2.Αισθητήρες προσέγγισης (Proximity type of sensors).
- 3.Αισθητήρες ταχύτητας μεταβλητής επαγωγής (Pickups)
- 4.Επιταχυνσιόμετρα (επιμηκυνσιόμετρων, χωρητικά, πιεζοηλεκτρικά)
- 5.Οπτικές - Ηλεκτρονικές διατάξεις.
- 6.Αδρανειακά συστήματα πλοήγησης.

Οι περισσότεροι απο τους αισθητήρες αυτούς χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές ενώ για τη μέτρηση κραδασμών σε αντλίες χρησιμοποιούνται κυρίως οι αισθητήρες προσέγγισης και τα πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα.

Αισθητήρες προσέγγισης (Proximity type of sensors)

Η βασική αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στην εικόνα 230 . Ο ταλαντωτής τροφοδοτεί με υψίσυχνο εναλλασσόμενο ρεύμα το κύριο τύλιγμα ενός μετασχηματιστή. Η μετατόπιση της μεταλλικής επιφανείας προκαλεί μεταβολές στο μαγνητικό πεδίο οι οποίες οδηγούν σε διαμόρφωση του ρεύματος στο δευτερεύον τύλιγμα. Το σήμα αυτό αποδιαμορφώνεται απομακρύνοντας τη φέρουσα συχνότητα του υψίσυχνου σήματος. Το σήμα που παραμένει είναι ανάλογο της μετατόπισης.



Σχήμα 230. Αισθητήρας προσέγγισης για τη μέτρηση της μετατόπισης

Πλεονεκτήματα

- Μπορεί να μετρήσει τη στατική συνιστώσα της μετατόπισης.
- Δεν έχει κινούμενα μέρη και κατά συνέπεια δεν φθείρεται.
- Δεν έρχεται σε επαφή με την δονούμενη επιφάνεια.

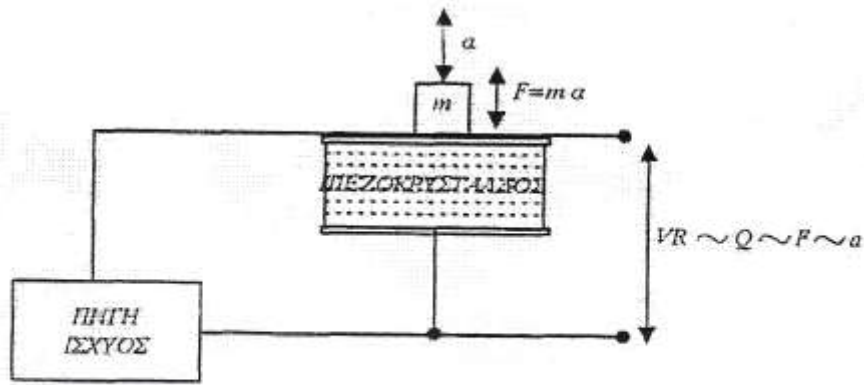
Μειονεκτήματα

- Δεν μπορεί να παρακολουθήσει υψίσυχρες ταλαντώσεις της βάσης.
- Έχει περιορισμένη δυναμική περιοχή.
- Παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία στη διακύμανση των μαγνητικών ιδιοτήτων των μεταλλικών επιφανειών, καθώς και σε μικρές γεωμετρικές ατέλειες της μεταλλικής επιφάνειας.
- Χρειάζεται βαθμονόμηση στο πεδίο πριν από τη χρήση και μόνιμη στήριξη.

Το γεγονός ότι δεν έρχεται σε επαφή με τη δονούμενη επιφάνεια το καθιστά ιδεατό για χρήση σε μη καταστροφικούς ελέγχους υλικών. Λόγω των μειονεκτημάτων του όμως αποτελεί συμπληρωματικό εργαλείο μέτρησης κραδασμών. Χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση της απόκλισης στρεφόμενων αξόνων από την ιδεατή τροχιά περιστροφής όπως π.χ. εύκαμπτοι άξονες, έδρανα κ.λ.π.

Πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα.

Η βασική αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στο σχήμα 231. Όταν η μάζα πι υπόκειται σε επιταχύνσεις δημιουργεί μία αδρανειακή δύναμη ανάλογη της επιτάχυνσης. Η δύναμη καταπονεί έναν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο ο οποίος παράγει ένα ηλεκτρικό φορτίο ανάλογο της δύναμης. Κατάλληλη ηλεκτρονική διάταξη μετατρέπει το φορτίο σε τάση ανάλογη της επιτάχυνσης. Διάταξη ανάλογης αρχής λειτουργίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μέτρηση δύναμης ή πίεσης ρευστού, η οποία προκαλεί την παραμόρφωση της μεμβράνης.



Σχήμα 231. Αρχή λειτουργίας πιεζοηλεκτρικών επιταχυνσιόμετρων

Πλεονεκτήματα

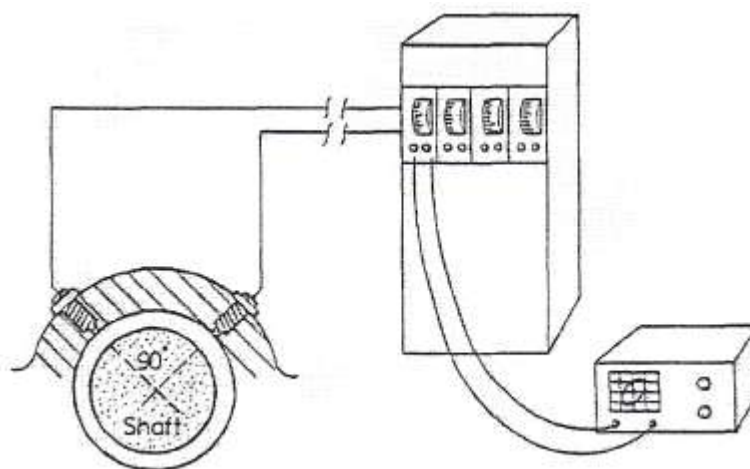
- Έχει πολύ μεγάλη δυναμική περιοχή.
- Μπορεί να μετρήσει υψίσυχρες ταλαντώσεις.
- Έχει μικρό μέγεθος και βάρος.
- Δεν έχει κινούμενα μέρη και είναι ιδιαίτερα αξιόπιστο σε μακροχρόνια χρήση.
- Παρέχει κατευθείαν ένδειξη της επιτάχυνσης.

Μειονεκτήματα

- Δεν μπορεί να μετρήσει τη στατική συνιστώσα της επιτάχυνσης.
- Χρειάζεται ξεχωριστή ηλεκτρονική διάταξη υψηλής ακρίβειας για την τροφοδοσία και τη μέτρηση.

Αισθητήρες προσέγγισης.

-Για μεσαίου και μεγάλου μεγέθους αντλίες, πάνω από 500 kw, συνήθως χρησιμοποιούνται αισθητήρες προσέγγισης, οι οποίοι μετρούν τους κραδασμούς του άξονα σε σχέση με το κέλυφος. Ένα ζευγάρι μεταλλικών άκρων ανίχνευσης προσέγγισης (Proximity Probes) είναι μόνιμα μονταρισμένο στο έδρανο και συνδεδεμένο με τον ανιχνευτή κραδασμών που βρίσκεται στο θάλαμο ελέγχου (σχήμα 232). Όμως τα μεταλλικά άκρα ανίχνευσης προσέγγισης χρησιμοποιούνται μόνο σε έδρανα μετά στροφών, όπου ο άξονας έχει μια συγκεκριμένη χάρη μέσα στο έδρανο.



Σχήμα 232. Διάταξη μόνιμου ελέγχου των κραδασμών του άξονα

6.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗΣ

Αρχικά θα ήταν χρήσιμο να αναφερθούν κάποιοι ορισμοί (Sulzer, 1992) :

Ο ήχος ορίζεται ως μηχανικές ταλαντώσεις σε ένα ελαστικό μέσο. Ανάλογα με το μέσο, ο ήχος διακρίνεται σε μεταφερόμενο μέσω αέρα, μεταφερόμενο μέσω κατασκευών και μεταφερόμενο μέσω υγρού (στην Προβλεπτική Συντήρηση ενδιαφέρουν οι δύο πρώτοι τύποι).

- Η ηχητική πίεση είναι η ποσότητα ήχου που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο αυτί.
- Η ηχητική ισχύς είναι η ακουστική ενέργεια που εκπέμπεται από την πηγή του ήχου.
- Η ηχητική ένταση είναι η ηχητική ενέργεια ανά μοναδιαία περιοχή.
- Ο μεταφερόμενος μέσω κατασκευών ήχος είναι ο ήχος που διαδίδεται μέσω ενός στερεού μέσου ή στην επιφάνεια του. Ταλαντώσεις στην επιφάνεια μπορεί να δημιουργήσουν αερομεταφερόμενο ήχο.

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί το ευρύ πεδίο των ακουστικών εντάσεων που λαμβάνονται από το ανθρώπινο αυτί, χρησιμοποιείται μία λογαριθμική κλίμακα. Τα διάφορα επίπεδα είναι τα εξής :

$$L_p[\text{dB}] = 10 \lg \left(\frac{p^2/p_0^2}{p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2} \right) = 20 \lg (p/p_0) \quad \text{επίπεδο ηχητικής πίεσης (1)}$$

$$L_w[\text{dB}] = 10 \lg \left(\frac{P/P_0}{P_0 = 10^{-12} \text{ W}} \right) \quad \text{επίπεδο ηχητικής ισχύος (2)}$$

$$L_I[\text{dB}] = 10 \lg \left(\frac{I/I_0}{I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2} \right) \quad \text{επίπεδο ηχητικής έντασης (3)}$$

$$L_v[\text{dB}] = 10 \lg \left(\frac{v/v_0}{v_0 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}} \right) \quad \text{επίπεδο ήχων που μεταφέρονται μέσω κατασκευών (4)}$$

Κάποια τυπικά επίπεδα ηχητικής πίεσης είναι:

	$L_p[\text{dB}]$
χαμηλόφωνη ομιλία	40
συνομιλία	65
κινητήρας φορτηγού	90
πνευματική σφύρα	115

Πίνακας 3

Παρακολούθηση των ακουστικών εκπομπών

Γενικά

Η τεχνική των ακουστικών εκπομπών λειτουργεί ανιχνεύοντας τις συνιστώσες υψηλών συχνοτήτων μέσα στους φυσικά παραγόμενους ήχους από υλικά και κατασκευές .Η

πρωτοποριακή εργασία του Josef kaizer (1950) περιέγραφε τη χρήση ενός ηλεκτρονικός ενισχυμένου συστήματος για την ανίχνευση ήχων που εκπέμπονταν από μηχανολογικά υλικά που υφίσταντο δοκιμές εφελκισμού. Η συνέχιση της έρευνας σε αυτόν τον τομέα οδήγησε τελικά σε μία αξιόπιστη μέθοδο προβλεπτικής συντήρησης.

Υπάρχουν πολλές πηγές ακουστικών εκπομπών σε έναν μηχανισμό όπως συγκρούσεις, τριβή, τύρβες και σπηλαίωση. Κάθε μία από αυτές αποτελεί διαδικασία απώλειας ενέργειας που οδηγεί σε μείωση της αποδοτικότητας και αύξηση της θερμοκρασίας και της καταναλισκώμενης ενέργειας ή μείωση της ταχύτητας περιστροφής. Για να παρατηρηθεί μια τέτοια διαδικασία μέσω μακροσκοπικών παραμέτρων (θερμοκρασία, ταχύτητα, ενέργεια) είναι απαραίτητο να εντοπισθούν αλλαγές που δεν είναι και πολύ εμφανείς. Με άλλα λόγια, τα αποτελέσματα των διαδικασιών που μας ενδιαφέρει να εντοπίσουμε έχουν πολύ χαμηλό ηχητικό σήμα.

Ωστόσο, τέτοιες διαδικασίες απώλειας ενέργειας προκαλούν την δραστηριότητα ηχητικών κυμάτων ευρείας ζώνης των οποίων οι συνιστώσες υψηλών συχνοτήτων εντοπίζονται εύκολα από τους αισθητήρες ακουστικών εκπομπών. Τυπικά η ποσότητα των ακουστικών εκπομπών αυξάνεται όσο η λειτουργία της μηχανής χειροτερεύει. Στο τελευταίο στάδιο της ζωής μίας μηχανής, συνήθως παρατηρείται μία συνολική αύξηση στο μέσο επίπεδο των ακουστικών εκπομπών, ενώ στα πρώτα στάδια είναι πιο συχνή η μεμονωμένη αιφνίδια δραστηριότητα.

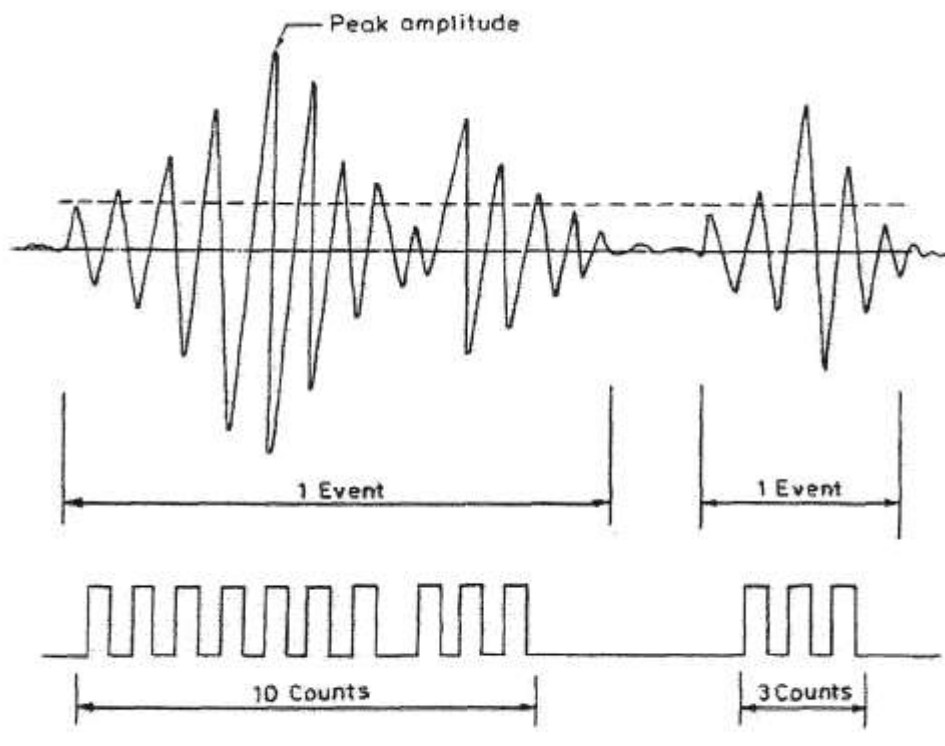
Ένα όργανο μέτρησης ακουστικών εκπομπών (βλ. σχήμα 233) αποτελείται από έναν μετατροπέα, συνήθως πιεζοηλεκτρικού τύπου, έναν προενισχυτή και μία μονάδα επεξεργασίας σήματος με συνηχητικού τύπου απόκριση. Η χρήση συνηχητικών αισθητήρων μεγιστοποιεί την ευαισθησία σε τέτοιες δραστηριότητες και ελαττώνει την ευαισθησία στην ανεπιθύμητη χαμηλών συχνοτήτων δραστηριότητα που σχετίζεται με την κανονική λειτουργία της μηχανής. Το εύρος ζώνης των σημάτων ακουστικών εκπομπών μπορεί να ελεγχθεί με τη χρήση κατάλληλου φίλτρου στον προενισχυτή.



Σχήμα 233. Όργανο μέτρησης υπέρηχων

Οι συχνότερα μετρούμενες παράμετροι ακουστικών εκπομπών, όπως φαίνεται στο σχήμα 234, είναι τα "ringdown counts", τα συμβάντα (events) και το πλάτος των κορυφών (peak amplitudes). Ένα "ringdown count" αποτελεί την καταμέτρηση των φορών που το πλάτος ξεπερνά ένα προκαθορισμένο επίπεδο ηλεκτρικής τάσης ("κατώφλι") μέσα σε ορισμένο χρόνο και δίνει έναν απλό αριθμό -χαρακτηριστικό του σήματος. Ένα συμβάν αποτελείται από μια ομάδα από "ringdown count" και εκφράζει ένα παροδικό κύμα.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου των ακουστικών εκπομπών έναντι της παρακολούθησης κραδασμών είναι ότι η πρώτη μπορεί να εντοπίσει ρωγμές κάτω από την επιφάνεια των υλικών, ενώ η δεύτερη εντοπίζει μόνο επιφανειακές ρωγμές. Είναι επίσης σημαντικό να σημειωθεί ότι η ενέργεια που εκλύεται από γειτονικά εξαρτήματα μέσα στο πεδίο συχνοτήτων κραδασμών (έως 50kHz), δεν επηρεάζει το σήμα των ακουστικών εκπομπών το οποίο εκπέμπεται στο πεδίο υψηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 234. Τυπικό σήμα ακουστικών εκπομπών

Εφαρμογή της μεθόδου παρακολούθησης των ακουστικών εκπομπών στις αντλίες.

Η μέθοδος παρακολούθησης των ακουστικών εκπομπών είναι παρόμοια με τη μέθοδο παρακολούθησης των κραδασμών και διαφέρει μόνο στο ότι η πρώτη καταγράφει πολύ υψηλές συχνότητες (υπερήχους). Έτσι, μπορούν να προβλεφθούν οι βλάβες που προβλέπονται με την ανάλυση των κραδασμών και κάποιες ακόμη:

- Φθορά στους τριβείς.
- Τριβή των πτερυγίων.
- Φθορά της πτερωτής - αλλαγή των ανοχών.
- Διαρροή στα στεγνωτικά.
- Παρουσία ξένων σωμάτων.
- Μπλοκαρισμένη είσοδος – έξοδος.
- Ανεπαρκής λίπανση των τριβέων.
- Κόλλημα των κινούμενων μερών.
- Αζυγοσταθμία και κακή ευθυγράμμιση.
- Σπηλαιώση.
- Διαρροή αέρα προς το εσωτερικό.

Παρατήρηση : Σε μία μηχανή, υπάρχουν πολλές πηγές που παράγουν συχνότητες οι οποίες βρίσκονται μέσα στο εύρος φάσματος των συχνοτήτων που παράγουν οι τριβείς και καταγράφουν τα όργανα μέτρησης υπερήχων. Συχνότητες από γρανάζια, από διέλευση πτερυγίων και από άλλα εξαρτήματα συχνά δεν μπορούν να διαχωρισθούν από τις συχνότητες που παράγουν οι τριβείς. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος πρόβλεψης των βλαβών των τριβέων είναι η παρακολούθηση των κραδασμών.

Παρακολούθηση της ηχητικής πίεσης.

Γενικά

Η μέθοδος της ηχητικής πίεσης αποτελεί έναν τρόπο μέτρησης ακουστικού θορύβου που παράγεται από τριβείς, προκειμένου να ανιχνευθεί επικείμενη βλάβη σε αυτούς. Η ακουστική πίεση που παράγεται από υγιείς τριβείς έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές, (Lalwani RJ 1973, Campel & Stepaniak 1979) αλλά η διαθέσιμη βιβλιογραφία για τη χρήση της μεθόδου ως τρόπος ανίχνευσης ελαττωμάτων είναι ελάχιστη. Οι Igrashi και Yabe (1983) απέδειξαν τη χρησιμότητα της παρακολούθησης της ηχητικής πίεσης για την ανίχνευση των βλαβών σε αξονικά φορτισμένους ένσφαιρους τριβείς. Επίσης, ο ρόλος των επιφανειακών ανωμαλιών στην παραγωγή θορύβου από την επαφή των σφαιριδίων του τριβέα έχει μελετηθεί με τη βοήθεια της παρακολούθησης της ηχητικής πίεσης .

Παρακολούθηση της ηχητικής έντασης.

Γενικά

Η μέτρηση της ηχητικής έντασης, μία σχετικά πρόσφατη τεχνική, έχει δοκιμασθεί επιτυχώς στην ανίχνευση ελαττωμάτων στους ένσφαιρους τριβείς (Kim PY, 1984). Η ηχητική ένταση ορίζεται ως ο μέσος (χρονικά) όρος του ρυθμού ροής της ηχητικής ενέργειας μέσα από μία μοναδιαία περιοχή. Αντίθετα από την ηχητική πίεση, είναι μια διανυσματική ποσότητα και ο ανιχνευτής έντασης δύο μικροφώνων έχει κατευθυντικά χαρακτηριστικά. Η ηχητική ένταση στο πεδίο συχνοτήτων μπορεί να αποκτηθεί από το φανταστικό μέρος του κοινού φάσματος των σημάτων δύο κοντά τοποθετημένων μικροφώνων). Ένας ειδικός ανιχνευτής δύο μικροφώνων χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης. Το φανταστικό μέρος του κοινού φάσματος των σημάτων δύο κοντά τοποθετημένων μικροφώνων μπορούμε να το αποκτήσουμε απευθείας, χρησιμοποιώντας έναν αναλυτή KPT διπλής διόδου. Οι Tandon & Nakra (1990) απέδειξαν την αξία της παρακολούθησης της ηχητικής έντασης ως μέθοδος ανίχνευσης και διάγνωσης των προβλημάτων των τριβέων και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι είναι ανώτερη από τη μέθοδο παρακολούθησης της ηχητικής πίεσης. Η φασματική ανάλυση ενός αποδιαμορφωμένου σήματος προτείνεται ως "εργαλείο" ελέγχου των ελαττωμάτων των τροχιών των σφαιριδίων των ένσφαιρων τριβέων

Εφαρμογή των δύο αυτών μεθόδων στις αντλίες.

Οι δύο αυτές μέθοδοι, καταγραφής της ηχητικής πίεσης και της ηχητικής έντασης, εφαρμόζονται σε μία αντλητική εγκατάσταση για την ανίχνευση βλαβών στους τριβείς.

6.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΟΥ ΛΑΔΙΟΥ

Γενικά

Οι τεχνικές ανάλυσης του λιπαντικού λαδιού είναι αντικείμενο της επιστήμης μελέτης τριβών (tribology) και αποτελούν σημαντικό βοήθημα για την προβλεπτική συντήρηση, καθώς προσφέρουν πολύτιμες πληροφορίες για το μέγεθος και την ποσότητα ξένων σωματιδίων που μπορεί να ανιχνευθούν σε αυτό. Οι πληροφορίες αυτές, με τη σειρά τους, αποτελούν δεδομένα για την κατάσταση φθοράς των εξαρτημάτων των μηχανών. Οι τεχνικές ανάλυσης του λιπαντικού λαδιού που είναι χρήσιμες για την προβλεπτική συντήρηση (των αντλιών) είναι:

Φασματογραφική ανάλυση.

Η φασματογραφική ανάλυση επιτρέπει ακριβή και γρήγορη μέτρηση πολλών από τα στοιχεία που βρίσκονται στο λάδι. Αυτά τα στοιχεία κατατάσσονται γενικά ως μέταλλα φθοράς, μολύνσεις ή πρόσθετα. Κάποια στοιχεία μπορούν να συμπεριληφθούν σε περισσότερες από μία κατατάξεις. Η βασική ανάλυση λιπαντικού λαδιού δεν αποσκοπεί στον καθορισμό της ακριβούς διαδικασίας των αναπτυσσόμενων προβλημάτων. Έτσι, συμπληρωματικές τεχνικές πρέπει να συμπεριληφθούν σε ένα ευρύ πρόγραμμα προβλεπτικής συντήρησης.

Επίσης, η συνηθισμένη φασματογραφική ανάλυση περιορίζεται σε ξεχωριστά σωματίδια με μέγεθος το πολύ έως δέκα μικρόμετρα. Μεγαλύτερα σωματίδια αγνοούνται. Αυτό το γεγονός περιορίζει το όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή της μεθόδου.

X-Ray Fluorescence Spectroscopy

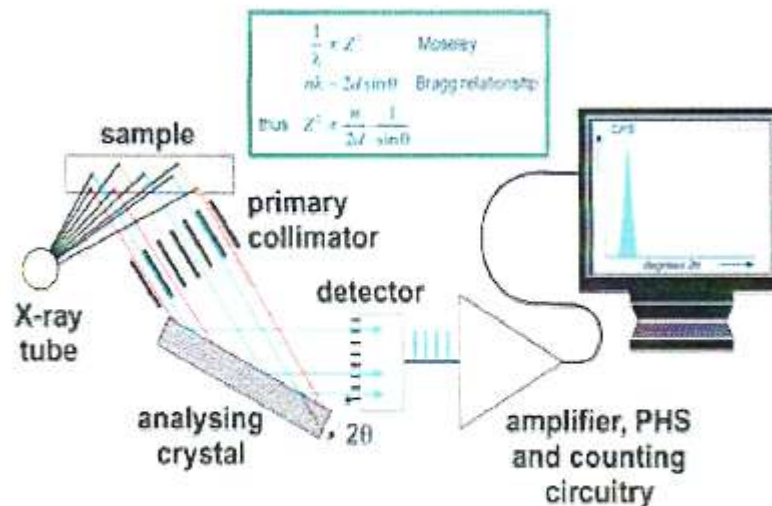
Η επιστήμη μελέτης τριβών έχει πρόσφατα αναπτύξει μία πιο εξελιγμένη μέθοδο ανάλυσης των σωματιδίων φθοράς για κρίσιμα συστήματα που περιλαμβάνουν φίλτρα με ονομαστική διάμετρο τρία μικρόμετρα, την X-Ray Fluorescence Spectroscopy. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή τα σωματίδια που εναποτίθενται στο φίλτρο μπορούν να αποκαλύψουν στοιχεία για την κατάσταση της "υγείας" μίας μηχανής. **Συνεπώς, κατά την τεχνική αυτή, δεν πραγματοποιείται δειγματοληψία, αλλά συλλέγονται τα σωματίδια από το φίλτρο.** Στη μέθοδο αυτή, η χημική ανάλυση των σωματιδίων (βλ. σχήμα 235) γίνεται με την τεχνική της φασματοσκοπίας φθορισμού με διέγερση από ακτίνες X (XRF).



Σχήμα 235. Διάταξη XRF φασματοσκοπίας

Η XRF φασματοσκοπία έχει πολλά κοινά σημεία με την AES φασματοσκοπία, η οποία χρησιμοποιείται ευρέως στην ανάλυση λιπαντικού λαδιού για δεκαετίες. Και οι δύο απαιτούν τη διέγερση των ατόμων και κατόπιν την ανάλυση του εκπεμπόμενου φωτός. Ωστόσο, η AES διεγείρει την εξωτερική ηλεκτρονική στοιβάδα των ατόμων χρησιμοποιώντας μία ηλεκτρική εκκένωση για τη δημιουργία πλάσματος προκαλώντας θερμικές εκπομπές όπως η υπερβολική θερμοκρασία από μία συσκευή φλόγας πλάσματος αργού. Όταν τα άτομα επιστρέφουν στην κανονική τους κατάσταση, το πλεόνασμα της ενέργειας εκπέμπεται ως φως. Κάθε στοιχείο εκπέμπει φως σε διαφορετική συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η ποσότητα του φωτός που εκπέμπεται σε μία συγκεκριμένη συχνότητα αντιπροσωπεύει τη συγκέντρωση του αντίστοιχου στοιχείου στο δείγμα.

Η XRF φασματοσκοπία βασίζεται στις ίδιες αρχές. Η διαφορά της από την AES φασματοσκοπία είναι ότι για τη διέγερση χρησιμοποιεί βομβαρδισμό των ατόμων με ακτίνες X (σχήμα 236). Συνεπώς, τα άτομα εκπέμπουν ακτίνες X χαρακτηριστικές του κάθε χημικού στοιχείου σε ένα εύρος που ανταποκρίνεται στην συγκέντρωση του στοιχείου στο δείγμα.



Σχήμα 236. Αρχές λειτουργίας XRF φασματοσκοπίας

Επίσης, τα XRF φασματόμετρα ρυθμίζονται εύκολα ώστε να καταγράφουν τις συγκεντρώσεις του κάθε στοιχείου σε τεμάχια ανά εκατομμύριο (ppm). Τα XRF φασματόμετρα του εμπορείου είναι ασφαλή στη χρήση τους, όπως οι υπολογιστές και οι τηλεοράσεις και δεν χρειάζονται πιστοποίηση για την ακτινοβολία από τον κατασκευαστή, όμως πρέπει να συνοδεύονται από οδηγίες εξοικείωσης που παρέχονται από τους Κατασκευαστές Αυθεντικού Εξοπλισμού (Original equipment manufacturers, OEM). Τέλος, τα όργανα είναι ανθεκτικά, απαιτούν λίγα ως προς την ευθυγράμμιση και ρυθμίζονται εύκολα.

Πλεονεκτήματα της XRF φασματοσκοπίας :

Η XRF ανάλυση των σωματιδίων που συλλέγονται στα φίλτρα καλύπτει ένα μεγάλο κενό που αφήνουν η μέθοδος φασματοσκοπίας ατομικών εκπομπών AES και η σιδηρογραφία.

- Αποκαλύπτει πληροφορίες που προηγούμενος χάνονταν από τη χρήση λεπτών φίλτρων, ενώ διατηρεί την εκτεταμένη ζωή των μηχανών που προσφέρεται από τα λεπτά φίλτρα.
- Η XRF ανάλυση των σωματιδίων που συλλέγονται στα φίλτρα παρέχει το "δακτυλικό αποτύπωμα" των όσων έχουν συμβεί από την τελευταία αλλαγή φίλτρου.
- Η απόθεση των σωματιδίων σε ένα κομμάτι μεμβράνης επιτρέπει στην XRF να ποσοτικοποιεί τα στοιχειώδη σωματίδια χωρίς να παρεμβαίνει στην κυκλοφορία του λαδιού.
- Η XRF ανάλυση των σωματιδίων προσθέτει μία αντικειμενική συνιστώσα στην υποκειμενική ανάλυση του μεγέθους και της μορφολογίας των σωματιδίων.

- Η XRF ανάλυση των σωματιδίων που συλλέγονται στα φίλτρα προσφέρει τη δυνατότητα υλοποίησης της ανάλυσης πολύ πριν την έναρξη της βλάβης.

Σιδηρογραφία (Ferrography)

Αυτή η τεχνική είναι παρόμοια με τη φασματογραφία, όμως έχει δύο σημαντικές διαφορές. Πρώτα, η σιδηρογραφία ξεχωρίζει τα σωματίδια μόλυνσης με τη χρήση μαγνητικού πεδίου και όχι με καύση του δείγματος, όπως στη φασματογραφία. Εξαιτίας της χρήσης

μαγνητικού πεδίου, η χρήση της μεθόδου περιορίζεται στην ανίχνευση σιδηρούχων ή μαγνητικών σωματιδίων. Η δεύτερη διαφορά είναι ότι τα σωματίδια μόλυνσης με μέγεθος άνω των δέκα μικρομέτρων μπορούν να ξεχωριστούν καινά αναλυθούν. Η συνήθης σιδηρογραφική ανάλυση συλλαμβάνει σωματίδια μεγέθους έως εκατό μικρόμετρα και παρέχει μία καλύτερη απεικόνιση της ολικής μόλυνσης του λαδιού από ότι η φασματογραφική μέθοδος.

Η εφαρμογή των μεθόδων φασματογραφικής ανάλυσης, ανάλυσης των σωματιδίων φθοράς και σιδηρογραφίας, περιορίζεται από το υψηλό κόστος εξοπλισμού, την ανάγκη για λήψη ορθού δείγματος και τη δυσκολία στην ερμηνεία των πληροφοριών. Ειδικά η απαίτηση για λήψη σωστού δείγματος κάνει την εφαρμογή των μεθόδων δύσκολη. Κάποιοι κανόνες για σωστή δειγματοληψία είναι οι εξής:

- Το δείγμα δεν λαμβάνεται από οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος λίπανσης.
- Προσοχή πρέπει να δίνεται ώστε να λαμβάνεται δείγμα που αντιπροσωπεύει σωστά το λιπαντικό το οποίο περνά από τους τριβείς.
- Η κατάλληλη θέση λήψης λιπαντικού είναι στην επιστροφή, πριν την εισαγωγή του στη δεξαμενή και πριν το πέρασμα του από οποιοδήποτε φίλτρο.
- Δεν πρέπει να λαμβάνεται δείγμα λαδιού από τον πυθμένα της δεξαμενής, αφού εκεί συγκεντρώνονται όλες οι ποσότητες ξένων υλικών.
- Οι γραμμές επιστροφής προτιμούνται από τις δεξαμενές για λήψη δείγματος, όμως μπορούν να ληφθούν καλά δείγματα και από δεξαμενή με προσεκτική και συνεπή διαδικασία.
- Στους εξοπλισμούς με πολλά φίλτρα, τα δείγματα λαμβάνονται πριν την είσοδο του λαδιού στα φίλτρα.
- Τα δείγματα λαμβάνονται κατά την σταθερή λειτουργία των μηχανών.
- Τα δείγματα δεν πρέπει να λαμβάνονται μετά το πέρας τριάντα λεπτών από το σταμάτημα της λειτουργίας της μηχανής.
- Η συχνότητα δειγματοληψίας είναι συνάρτηση του μέσου χρόνου που απαιτείται από την έναρξη μίας ανωμαλίας στη φθορά έως την καταστροφή του εξαρτήματος.
- Σε μηχανές με μεγάλη κρισιμότητα, πρέπει να λαμβάνεται δείγμα κάθε εικοσιπέντε ώρες λειτουργίας.
- Για τον κοινό εργοστασιακό εξοπλισμό με συνεχή λειτουργία συνιστάται δειγματοληψία μία φορά το μήνα.

6 . 5 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΣΠΗΛΑΙΩΣΗΣ ΣΕ ΑΝΤΛΙΕΣ

Η ανάπτυξη της σπηλαιώσης σε μία αντλία είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που συνοδεύεται από μία σημαντική αύξηση του γενικού επιπέδου των κραδασμών. Η ανάπτυξη σπηλαιώσης δεν συνεπάγεται συγκεκριμένες και αποδεδειγμένες αυξήσεις του πλάτους της συνιστώσας του φάσματος σε συγκεκριμένες συχνότητες. Εάν σε μία αντλία παρατηρείται αυξημένο επίπεδο κραδασμών με αύξηση της συνιστώσας του φάσματος σε διάφορες ακαθόριστες συχνότητες, πρέπει να θεωρηθεί ως σοβαρό ενδεχόμενο η ανάπτυξη σπηλαιώσης.

Ιδιαιτερότητα στην εφαρμογή της μεθόδου σε αντλίες.

Η μέθοδος της παρακολούθησης κραδασμών πρέπει να εφαρμόζεται με μεγάλη προσοχή στις υδραυλικά συστήματα λόγω των ποικίλων και πολύπλοκων φαινομένων που εμφανίζονται από την αλληλεπίδραση των μηχανικών εξαρτημάτων και της ίδιας της παροχής. Η κραδασμική απόκριση των καθαρά κατασκευαστικών διεγέρσεων όχι μόνο επηρεάζεται από την αλληλεπίδραση της μηχανής με τη παροχή, αλλά σε πολλές περιπτώσεις οι ρευστοδυναμικές διεγέρσεις υπερισχύουν.

Μία περυγιοφόρος αντλία αποτελείται από το στροφέιο το οποίο έχει έναν αριθμό καναλιών που οριοθετούνται από πτερύγια και το οποίο περιστρέφεται μέσα στο κέλυφος της αντλίας. Η περιστροφή του στροφέιου αναγκάζει το ρευστό να κυκλοφορήσει μέσα στην αντλία προσδίδοντας σε αυτό ενέργεια. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας αναπτύσσονται ασταθείς ρευστοδυναμικές δυνάμεις συγκεκριμένης συχνότητας σε ένα ευρύ φάσμα. Τα μεγέθη αυτά καθορίζονται συνήθως από την συχνότητα περιστροφής, τη συχνότητα διέλευσης πτερυγίου και τις αρμονικές τους. Μία διέγερση με τη συχνότητα περιστροφής μπορεί να σημαίνει εκκεντρότητα της πτερωτής ή κάποια κατασκευαστική ατέλεια στον στροφέα. Μία διέγερση στη συχνότητα διέλευσης πτερυγίου μπορεί να είναι το αποτέλεσμα μίας πεπερασμένης πάχυνσης των πτερυγίων η οποία προκαλεί διαταραχές στη ροή. Όμως οι μηχανισμοί αυτοί διεγέρσεως μπορεί να επηρεασθούν σημαντικά από φαινόμενα αλληλεπίδρασης στροφέα - στάτορα τα οποία εξαρτώνται από το σημείο λειτουργίας της αντλίας.

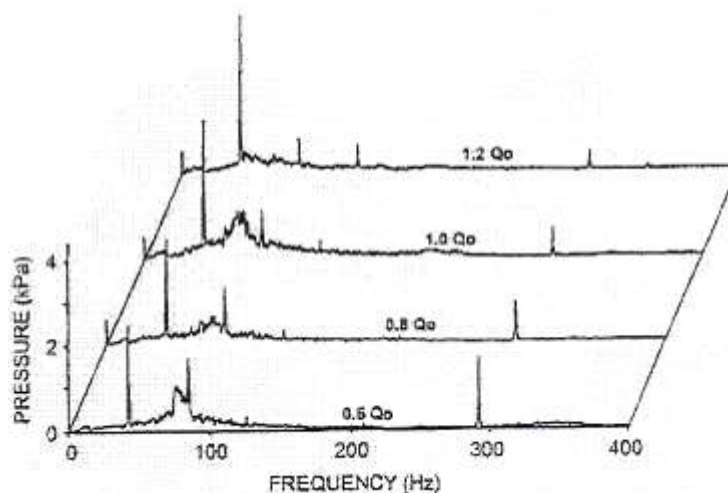
Ρευστομηχανικές διεγέρσεις ευρέως φάσματος παρουσιάζονται πάντα λόγω της τύρβης. Υψηλά επίπεδα τύρβης προκαλούνται στην αντλία όταν αυτή λειτουργεί σε σημείο έκτος του σημείου σχεδίασης λόγω της γωνίας πρόσπτωσης του εισερχόμενου ρευστού στην είσοδο των πτερυγίων. Επίσης, λειτουργία σε μερικό φορτίο (χαμηλή παροχή) προκαλεί την ταχεία ανάπτυξη οριακού στρώματος κατά μήκος των καναλιών της πτερωτής και αυτό οδηγεί σε αποκόλληση της ροής και στη συνέχεια σε δημιουργία περιοχών ανακυκλοφορίας της ροής. Μία άλλη πηγή διεγέρσεων είναι η σπηλαιώση. Όλα αυτά τα φαινόμενα οδηγούν στη δημιουργία ρευστό μηχανικών διεγέρσεων ευρέως φάσματος. Έτσι, αναπτύχθηκε μία πειραματική μέθοδος προβλεπτικής συντήρησης για περιστροφικές αντλίες η οποία συνυπολογίζει τα φαινόμενα ρευστοδυναμικών διαταραχών. Η μέθοδος αυτή ακολουθεί την εξής πορεία:

Για όλες τις συνθήκες λειτουργίας της αντλίας, ελήφθησαν και αναλύθηκαν τα σήματα επιτάχυνσης και πίεσης με αισθητήρες τοποθετημένους σε διάφορα σημεία προκειμένου να επιλεγθούν τα πιο κατάλληλα (από τη άποψη της προβλεπτικής συντήρησης) σήματα. Κατ'αρχήν, τα σήματα πίεσης ενδιαφέρουν διότι υποδηλώνουν ένα μέτρο των υπαρχόντων διαταραχών στη ροή, των οποίων επικρατούν η κινηματική της αντλίας και η τύρβη. Ωστόσο, στις αντλίες του εμπορείου, τα σημεία λήψης πίεσης είναι συνήθως διαθέσιμα στην είσοδο και την έξοδο της αντλίας και έτσι οι πληροφορίες για τις ρευστοδυναμικές διεγέρσεις της αντλίας - και συνεπώς για τις συνθήκες λειτουργίας της αντλίας - μπορεί να

είναι λίγες. Για αυτό το λόγο τα σήματα επιτάχυνσης του κελύφους έχουν το ίδιο ενδιαφέρον, παρότι αντανακλούν επίσης τους κραδασμούς των περιφερειακών κατασκευών που συνδέονται μηχανικά με το κέλυφος.

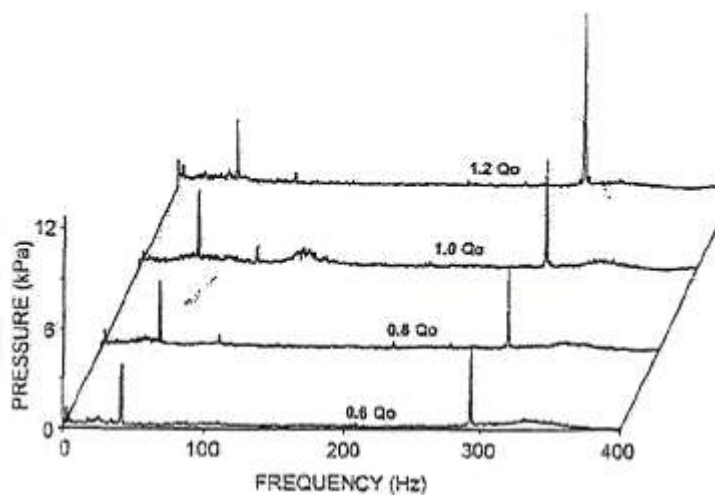
Η δυναμική πίεση μετράται στην είσοδο και την έξοδο της αντλίας, ενώ η επιτάχυνση στο κέλυφος μετράται σε τρεις ορθογωνικές κατευθύνσεις (αξονική, εγκάρσια και κατακόρυφη) μετά από κατάλληλη ισοπέδωση ορισμένων περιοχών του κελύφους. Για κάθε περίπτωση, λαμβάνεται το φάσμα που ανταποκρίνεται σε σαράντα τουλάχιστον μέσους όρους των εισερχόμενων σημάτων. Το εύρος του άξονα συχνοτήτων επιλέγεται έτσι ώστε να περιλαμβάνει τη βασική συχνότητα περιστροφής, τη συχνότητα διέλευσης πτερυγίου και μερικές αρμονικές τους. Η ανάλυση ήταν επικεντρωμένη στην έννοια του φάσματος στις συχνότητες αυτές.

Στο σχήμα 237 φαίνεται το φάσμα πίεσης στην είσοδο της αντλίας για 60, 80, 100 και 120 τοις εκατό της παροχής για την οποία επιτυγχάνεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης. Κάθε ένα από αυτά τα φάσματα παρουσιάζει κυρίαρχα αιχμηρά μέγιστα στην βασική συχνότητα, στη συχνότητα διέλευσης πτερυγίου και στις δύο πρώτες αρμονικές τους καθώς και σε μία ευρεία περιοχή κάτω των 100 Hz. Σε αυτά τα φάσματα μπορούν να παρατηρηθούν κάποιες τάσεις: όταν η παροχή αυξάνεται, τα μέγιστα στην βασική συχνότητα και στη δεύτερη αρμονική του αυξάνονται επίσης, ενώ στην πρώτη αρμονική και στη συχνότητα διέλευσης πτερυγίου ελαττώνονται.



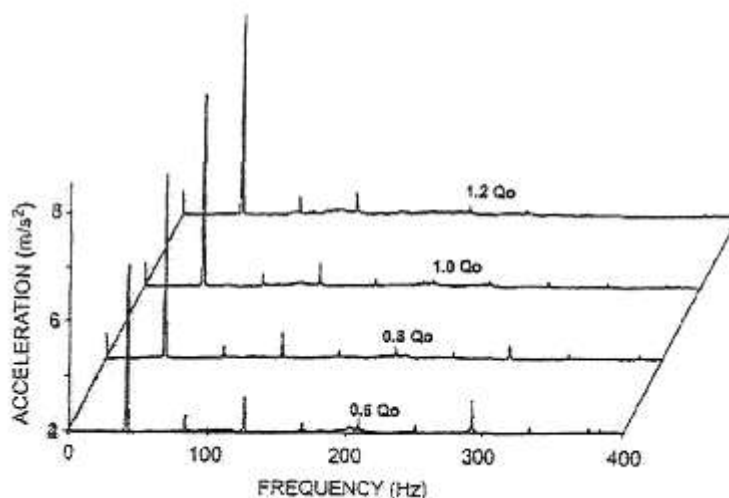
Σχήμα 237. Φάσμα πίεσης στην είσοδο της αντλίας για 60, 80, 100 και 120 % της παροχής για την οποία επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης

Παρόμοια συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν αναλύοντας τα αιχμηρά μέγιστα του φάσματος, το οποίο αντιστοιχεί στις πιέσεις τις μετρημένες στην έξοδο της αντλίας (Σχήμα 238),



Σχήμα 238. Φάσμα πίεσης στην έξοδο της αντλίας για 60 ,80, 100 και 120 % της παροχής για την οποία επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης

Αλλά και κατά την μέτρηση της επιτάχυνσης του κελύφους στην κατακόρυφη διεύθυνση(Σχήμα 239).



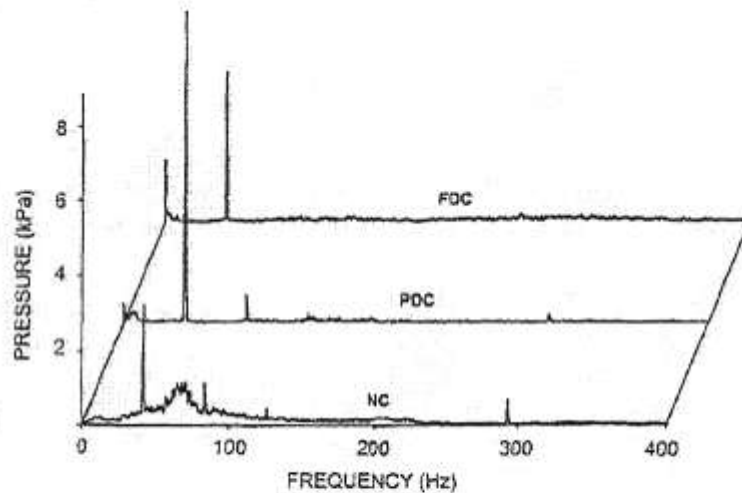
Σχήμα 239. Φάσμα επιτάχυνσης στο κέλυφος της αντλίας για 60 ,80, 100 και 120 % της παροχής για την οποία επιτυγχάνεται μέγιστος βαθμός απόδοσης

Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι η παροχή της αντλίας επηρεάζει τη μορφή του φάσματος των κραδασμών.

Στο σχήμα 240 παρουσιάζεται το φάσμα της πίεσης στην είσοδο της αντλίας, τόσο για την παροχή του μέγιστου βαθμού απόδοσης όσο και για τρεις διαφορετικές τιμές του διαθέσιμου ύψους αναρρόφησης.

Συγκεκριμένα,

- το πρώτο φάσμα της κάθε σειράς ανταποκρίνεται στην φυσιολογική κατάσταση (χωρίς σπηλαιώση),
- το δεύτερο αντιστοιχεί σε μερικώς ανεπτυγμένη σπηλαιώση
- και το τρίτο σε πλήρως ανεπτυγμένη σπηλαιώση.



Σχήμα 240 Φάσμα πίεσης στην είσοδο της αντλίας για παροχή στην οποία επιτυγχάνεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης και διάφορα ύψη αναρρόφησης. NC : Χωρίς σπηλαιώση PDC : Μερικώς ανεπτυγμένη σπηλαιώση, FDC : Πλήρως ανεπτυγμένη σπηλαιώση.

Συμπέρασμα : Προτείνεται μία μεθοδολογία για την ανάπτυξη ενός συστήματος Προβλεπτικής Συντήρησης που βασίζεται στη μέθοδο της παρακολούθησης των κραδασμών και αφορά τις αντλίες δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή φαινόμενα της μηχανής. Η πορεία είναι η εξής:

Μία πειραματική μελέτη της δυναμικής απόκρισης της αντλίας σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας με χρήση σημάτων πίεσης και επιτάχυνσης. Λήψη μίας σειράς δεδομένων για κάθε σήμα και ανωμαλία που παρατηρήθηκε, τα οποία αφορούν τα φαινόμενα που καταγράφονται στο φάσμα στη συχνότητα περιστροφής, στη συχνότητα διέλευσης πτερυγίων και στις αρμονικές τους.

6.6 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

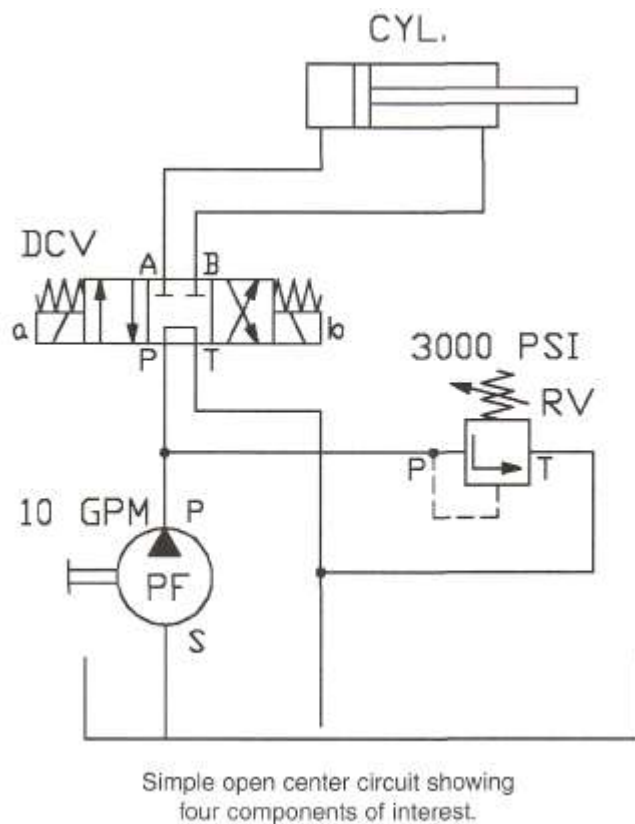
Όπου υπάρχει εσωτερική διαρροή υπάρχει και πτώση πίεσης και δημιουργία θερμότητας στο σημείο της διαρροής. Αυτό κάνει το πιστόλι θερμογράφησης ένα χρήσιμο εργαλείο για τον εντοπισμό εξαρτημάτων με εσωτερική διαρροή. Σε μερικές περιπτώσεις όμως η μέτρηση της θερμοκρασίας δεν επαρκεί ώστε να γίνει αντιληπτή η πηγή της διαρροής. Γι αυτό το λόγο είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούμε τους μετρητές παροχής (flow tester) (Σχήμα 241).



Σχήμα 241. Υδραυλικός μετρητής παροχής

Οι μετρητές παροχής είναι φορητά όργανα τα οποία περιλαμβάνουν ένα στρόβιλο ροής ο οποίος μετράει την παροχή, ένα ρυθμιζόμενο στόμιο που χρησιμοποιείται για την αύξηση της αντίστασης στην παροχή (βαλβίδα φόρτισης) και ένα μετρητή πίεσης ο οποίος μετράει την πίεση της βαλβίδας. Όταν συνδέεται στο κύκλωμα ο μετρητής παροχής ελέγχει την παροχή που περνάει από το σύστημα καθώς αυξάνουμε αντίσταση στην παροχή και κατά συνέπεια την πίεση με τη χρήση της βαλβίδας φόρτισης.

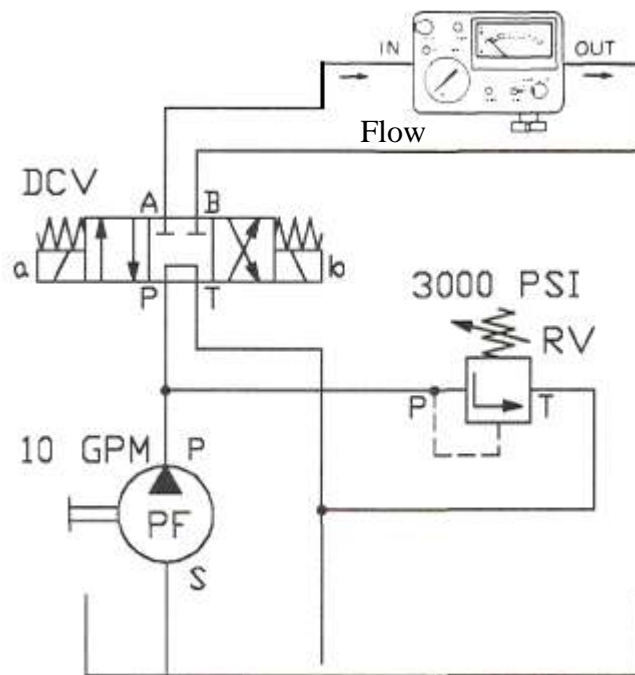
Η χρήση του μετρητή παροχής κατά την εύρεση της βλάβης εμπεριέχει και τη διαδικασία της εις άτοπο απαγωγής. Το σημείο του κυκλώματος στο οποίο συνδέεται ο μετρητής καθορίζει τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν. Για να γίνει αυτό καλύτερα κατανοητή η λειτουργία του θεωρούμε το παρακάτω πολύ απλό υδραυλικό κύκλωμα (σχήμα 242) το οποίο αποτελείται από τα παρακάτω εξαρτήματα αντλία μεταβλητής μετατόπισης, ανακουφιστική βαλβίδα, βαλβίδα κατευθύνσεως και κύλινδρο διπλής ενέργειας. Η παροχή της αντλίας είναι 10 GPM και η ανακουφιστική βαλβίδα είναι ρυθμισμένη στα 3000 psi.



Σχήμα 242. Απλό υδραυλικό κύκλωμα πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί μετρητής της παροχής σε διάφορες θέσεις

Έχουμε παρατηρήσει ότι η ταχύτητα του κυλίνδρου είναι αργή όταν αυτός πρέπει να μετακινήσει κάποιο φορτίο. Γνωρίζουμε ότι η παροχή καθορίζει την ταχύτητα και το ρευστό υπό πίεση ακολουθεί τη διαδρομή με τη μικρότερη αντίσταση. Έτσι μπορούμε να υποθέσουμε ότι όταν ασκείται κάποιο φορτίο στον κύλινδρο κάποιο τμήμα της διαθέσιμης παροχής ακολουθεί μία ευκολότερη διαδρομή πίσω στη δεξαμενή. Ποιο όμως από τα εξαρτήματα το προκαλεί αυτό;

Έστω ότι έχουμε μια προαίσθηση ότι η διαρροή προέρχεται από τα στεγνωτικά εμβόλου του κυλίνδρου. Σε αυτή την περίπτωση ο μετρητής παροχής θα τοποθετηθεί σε σειρά μεταξύ του κυλίνδρου και της βαλβίδας κατευθύνσεως της παροχής (σχήμα 243). Για να γίνει αυτό αφαιρούμε τις 2 ελαστικές σωληνώσεις από τις οπές του κυλίνδρου και τις συνδέουμε απευθείας στον μετρητή παροχής. Με αυτή μας την κίνηση έχουμε θέσει τον κύλινδρο εκτός κυκλώματος.



Σχήμα 243. Έλεγχος παροχής κυλίνδρου και εύρεση πιθανής διαρροής

Με τον κύλινδρο απομονωμένο η βαλβίδα κατευθύνσεως πρέπει να ενεργοποιηθεί ώστε να στείλει την παροχή στο μετρητή. (ΠΡΟΣΟΧΗ εδώ διότι οι μετρητές λειτουργούν πάντα προς μία κατεύθυνση και έχουν συγκεκριμένη οπή εισόδου εξόδου έτσι πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι όταν ενεργοποιηθεί η βαλβίδα η παροχή θα περάσει από την οπή εισόδου του μετρητή). Με τον κινητήρα σε λειτουργία και την βαλβίδα κατευθύνσεως ενεργοποιημένη η παροχή από την αντλία κυκλοφορεί διαμέσου του μετρητή και επιστρέφει πίσω στη δεξαμενή. Αρχικά η βαλβίδα φόρτισης του μετρητή είναι εντελώς ανοιχτή και έτσι ασκείται μικρή αντίσταση στην παροχή άρα και μικρή πίεση. Έστω ότι μέτρηση που δίνει τώρα ο μετρητής είναι παροχή 9,8 GPM και πίεση 50 psi. Για να συνεχίσουμε το τεστ αυξάνουμε την αντίσταση στην παροχή άρα και την πίεση. Καλό είναι να καταγράφουμε τις μετρήσεις μας για καλύτερη εποπτεία.

Έστω ότι παίρνουμε τις παρακάτω μετρήσεις για την πίεση και την παροχή που θα πέρναγε απ τον κύλινδρο.

PRESSURE PSI	FLOW RATE GPM
50	9.8
500	9.5
1000	8.4
1500	7.5
2000	6.6
2500	5.9
3000	0.7

Πίνακας 4

Για 500 psi → παροχή 9,5 GPM

Για 2500 psi → παροχή 5,9 GPM

Αυτό δείχνει ότι έχουμε μια μείωση στην παροχή της τάξης του 38%

$$\frac{9.5 - 5.9}{9.5} \cdot 100\% = \frac{3.6}{9.5} \cdot 100\% = 38\%$$

Αυτό δείχνει ότι λόγω του κυλίνδρου θα περιμέναμε μείωση της παροχής άρα και της ταχύτητας της ταχύτητας του κυλίνδρου κατά 38%. Άρα ο κύλινδρος δεν είναι το πρόβλημα. Αν το ποσοστό έβγαινε μικρό π.χ. 5% τότε θα θεωρούσαμε ότι υπάρχει πρόβλημα στον κύλινδρο.

Τώρα όμως συνεχίζουμε το ψάξιμο για να βρούμε τη διαρροή.

Έστω ότι φταίει η αντλία. Τοποθετούμε το μετρητή μετά την αντλία μεταξύ αντλίας και ανακουφιστικής βαλβίδας

Τα αποτελέσματα της υποτιθέμενης μέτρησης που παίρνουμε από την αντλία για πίεση παροχή είναι παρακάτω:

PRESSURE PSI	FLOW RATE GPM
50	9.8
500	9.8
1000	9.7
1500	9.5
2000	9.4
2500	9.3
3000	9.0

Πίνακας 5

Όπως πώς μπορούμε να δούμε για πίεση 50 psi η παροχή είναι 9,8 GPM ενώ

Για πίεση 3000 psi η παροχή είναι 9.0 GPM

Ο ογκομετρικός βαθμός απόδοσης της αντλίας στα 3000 psi είναι

$$\frac{9}{10} \cdot 100\% = 90\% \quad \text{Αυτό μας δείχνει ότι ούτε η αντλία είναι το πρόβλημα}$$

Στην πρώτη μέτρηση η ανακουφιστική άνοιξε στα 3000 psi επιτρέποντας στην εναπομένουσα παροχή να περάσει απ το μετρητή. Στη δεύτερη μέτρηση ο μετρητής είναι πριν την ανακουφιστική και έτσι αυτή δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα.

Αφού λοιπόν αποκλείσαμε τον υδραυλικό κύλινδρο και την αντλία υποθέτουμε ότι η διαρροή θα πρέπει να βρίσκεται στην ανακουφιστική βαλβίδα. Τοποθετούμε το μετρητή μεταξύ ανακουφιστικής βαλβίδας και βαλβίδας κατευθύνσεως

Τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι τα εξής:

PRESSURE PSI	FLOW RATE GPM
50	9.8
500	9.8
1000	9.7
1500	9.5
2000	9.4
2500	9.3
3000	0.5

Πίνακας 6

Όπως μπορούμε να δούμε εκτός από την επίδραση της ανακουφιστικής στα 3000 όταν η παροχή μειώνεται σταδιακά εξαιτίας του ανοίγματος της ανακουφιστικής και επιτρέπει στην εναπομείνουσα παροχή να περνάει από το μετρητή τα αποτελέσματα να είναι παρόμοια με τα αποτελέσματα των 2 προηγούμενων τεστ. Άρα ούτε η ανακουφιστική παρουσιάζει εσωτερική διαρροή

Το μόνο εξάρτημα που μας έχει απομείνει είναι η βαλβίδα κατευθύνσεως στην οποία οφείλεται λογικά η διαρροή. Αποσυναρμολόγηση της βαλβίδας κατευθύνσεως αποκαλύπτει μια ρωγμή στο χυτό σώμα της βαλβίδας η οποία επιτρέπει στο ρευστό να επιστέφει στην δεξαμενή με χαμηλότερη αντίσταση άρα και πίεση.

Δύο πράγματα τα οποία πρέπει να προσέξουμε είναι :

- 1) Όταν χρησιμοποιούμε μετρητή παροχής για να φορτίσει το υδραυλικό σύστημα υπάρχει πτώση πίεσης κατά μήκος της βαλβίδας φόρτισης. Όπως γνωρίζουμε πτώση πίεσης συνεπάγεται δημιουργία θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο μετρητής φορτίζεται ,θερμαίνεται το υδραυλικό ρευστό και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υπερθέρμανση του συστήματος αν η φόρτιση διαρκέσει μεγάλη χρονική περίοδο. Γι αυτό η διάρκεια των τεστ θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη.
- 2) Όταν ο μετρητής παροχής ,συνδεθεί πριν από την ανακουφιστική βαλβίδα σε να κύκλωμα με αντλία σταθερού κυβισμού(Η ποσότητα ρευστού που περνάει από την αντλία σε μια πλήρη μετατόπιση /περιστροφή είναι σταθερή)θα πρέπει να δίνεται προσοχή στο να μην αναπτυχθεί υπερβολική πίεση στη αντλία από την υπερβολική χρήση της βαλβίδας φόρτισης του μετρητή.

6.7 ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολύ εξελιγμένες τεχνικές για την πρόβλεψη βλαβών στα υδραυλικά συστήματα. Πληθώρα μετρητικών οργάνων έχουν κατασκευαστεί τα οποία μπορούν να κάνουν διάγνωση της βλάβης στο σύστημα. Πολλά από τα όργανα αυτά χρησιμοποιούνται απ' ευθείας πάνω σε εξαρτήματα του υδραυλικού συστήματος ενώ άλλα προορίζονται για χρήση εργαστηρίου.

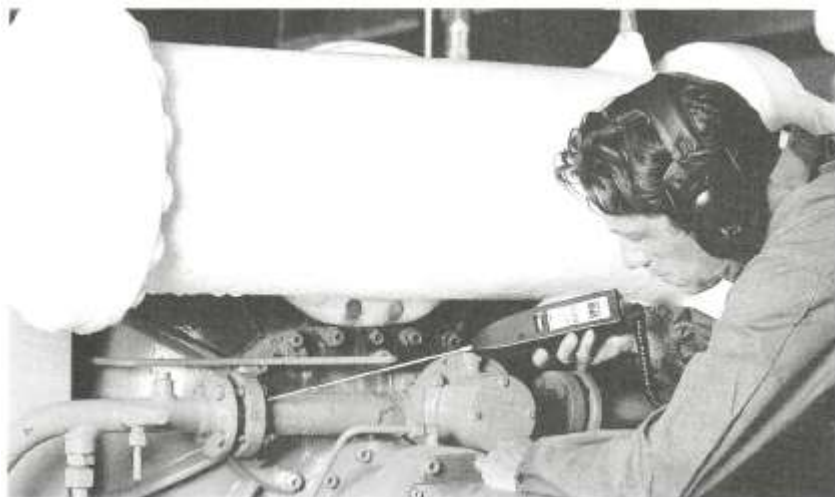
Παρακάτω θα περιγράψουμε τη λειτουργία μερικών απ αυτά τα όργανα :

1. **Αυτόματος ανιχνευτής του επιπέδου ρύπανσης.** Πρόκειται για φορητή συσκευή που μετράει το επίπεδο ρύπων του λαδιού(σχήμα 244). Ένας δειγματοπλειπτικός συλλέκτης εισάγεται στη δεξαμενή του ρευστού από οποιαδήποτε σύνδεση είναι ευκολότερο. Όταν η συσκευή ενεργοποιηθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα λαδιού συλλέγεται από τη δεξαμενή και κατόπιν ρέει διαμέσου του αισθητήρα του οργάνου. Ο αισθητήρας μετράει την ποσότητα ανεπιθύμητων σωματιδίων που υπάρχουν στο ρευστό και ψηφιακή ένδειξη με αυτό το ποσοστό εμφανίζεται στην οθόνη του οργάνου. Αν τα επίπεδα της ρύπανσης είναι πολύ κοντά η πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια αυτό σημαίνει ότι τα φίλτρα ή και το λάδι πρέπει να αντικατασταθούν η ακόμη θα πρέπει να βρεθεί η πηγή της ρύπανσης.



Σχήμα 244. Αυτόματος ανιχνευτής επιπέδου ρύπανσης

2. **Ηλεκτρονικό στηθοσκόπιο.** Επιτρέπει στο μηχανικό να "ακροαστεί" του μηχανικούς ήχους που παράγονται στο υδραυλικό σύστημα και στα εξαρτήματα του. Μηχανικά προβλήματα βέβαια μπορούν να ακουστούν και χωρίς τη βοήθεια κάποιου οργάνου. Η χρήση του οργάνου βοηθάει στο να εντοπιστεί η πηγή του θορύβου άμεσα και με ακρίβεια μέσα σε ένα γενικά θορυβώδες περιβάλλον λειτουργίας. Το ηλεκτρονικό στηθοσκόπιο είναι ένα πολύ ευαίσθητο "ακουστικό ραβδί" το οποίο εντοπίζει όλα τα είδη μηχανικού θορύβου όπως ταλαντώσεις βαλβίδων ,θόρυβο αντλίας κλπ (σχήμα 245).



Σχήμα 245. Ηλεκτρονικό στηθοσκόπιο

3. **Ελεγκτής κατάστασης υδραυλικού ελαίου.** Πρόκειται για μια φορητή συσκευή μπαταρίας η οποία μας πληροφορεί για την κατάσταση του υδραυλικού ρευστού ,εντοπίζοντας αλλαγές στη διηλεκτρική του σταθερά(σχ 246). Η διηλεκτρική σταθερά είναι ένα μέγεθος το οποίο μετράει την ικανότητα του ρευστού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Είναι μια σημαντική μέτρηση γιατί το λάδι από μόνο του δρα σαν μονωτής του ρεύματος δεν άγει το ηλεκτρικό ρεύμα .Παρ ολ αυτά καθώς το λάδι καταστρέφεται από την πολύ χρήση ή του ρυπαντές αρχίζει να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα αλλάζοντας τη διηλεκτρική σταθερά του. Αλλαγές στη διηλεκτρική σταθερά δείχνουν την ύπαρξη στερεών σωματιδίων ,υγρασίας και αλά γη του ιξώδους του λαδιού.
- Η ανίχνευση στο λάδι γίνεται σε δύο στάδια. Η διηλεκτρική σταθερά του λαδιού ποικίλει ανάλογα με τα προσθετικά που έχουν χρησιμοποιηθεί. Το πρώτο στάδιο είναι να μετρήσουμε τα χαρακτηριστικά του ρευστού όταν είναι καινούργιο και ν έχουμε μια αναφορά για το συγκεκριμένο τύπο ρευστού. Το δεύτερο στάδιο είναι να μετρήσουμε το λάδι με τα από καιρό (ανάλογα με τις ενδείξεις που έχουμε για βλάβη) να συγκρίνουμε τις δυο μετρήσεις και να αποφανθούμε αν το λάδι μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί η αν έχει υψηλά επίπεδα ρύπανσης και χρειάζεται η τοποθέτηση φίλτρων η αλλαγή λαδιού.



Σχήμα 246. . Ελεγκτής κατάστασης υδραυλικού ελαίου

4 .Υπερηχητικός ανιχνευτής διαρροών. Είναι μια ελαφριά παθητική συσκευή η οποία λειτουργεί με μπαταρία(σχήμα 247). Είναι μια φορητή γεννήτρια. Δεν χρειάζεται κάποια πηγή θορύβου η κάποιο άλλο ερέθισμα. Ανταποκρίνεται σε υπερηχητική ενέργεια η οποία δημιουργείται από εξωτερικές δυνάμεις. Μόρια αέρα ή λαδιού τα οποία δραπετεύουν μέσω κάποιας διαρροής από το σύστημα ,με πιέσεις από 3000-100psi,δημιουργούν υπερηχητική ενέργεια καθώς μόρια υψηλής ταχύτητας συγκρούονται με αυτά της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 247 .Υπερηχητικός ανιχνευτής διαρροών.

Το φορητό μικρόφωνο του ανιχνευτή ανταποκρίνεται σε υπερηχητική ενέργεια από 36,000-44,000 Hz (κύκλοι/ δευτερόλεπτο). Ηλεκτρονικές διατάξεις οι οποίες βρίσκονται εγκατεστημένες μέσα στο όργανο μετατρέπουν αυτή την ενέργεια σε ήχο στα επίπεδα της ανθρώπινης ακοής και ο ήχος αυτός ενισχύεται και μεταδίδεται μέσω μεγαφώνου ή ακουστικών όπως στο σχήμα. Μια μικροσκοπική διαρροή αέρα δημιουργεί 40,000 Hz ενέργεια η οποία όταν μετατρέπεται σε ήχο και ενισχύεται ακούγεται ακριβώς όπως ο ήχος που κάνει ένας τρυπημένος εσωτερικός σωλήνας.

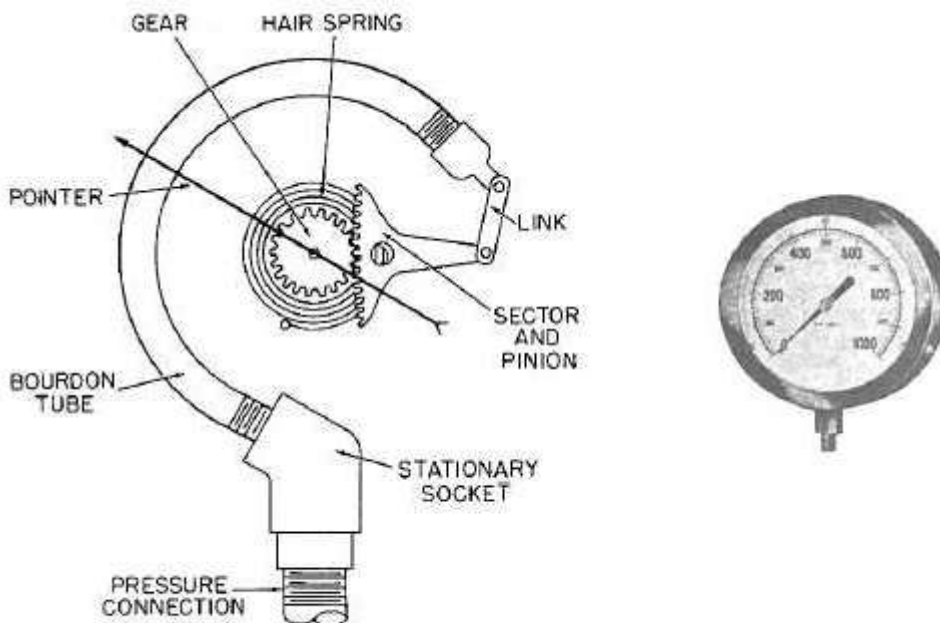
Το όργανο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν αισθητήρας κραδασμών η στηθοσκόπιο (βλ σχήμα 248). Σ αυτή την περίπτωση το όργανο είναι ευαίσθητο σε χαμηλής συχνότητας σήματα. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να εντοπιστούν βλάβες στο σύστημα όπως χαλασμένα ρουλεμάν, γρατσουνιές, σπασίματα και σημάδια σε περιστρεφόμενα μέρη εξαρτημάτων.



Σχήμα 248. υπερηχητικός ανιχνευτής διαρροών χρησιμεύει σαν αισθητήρας κραδασμών

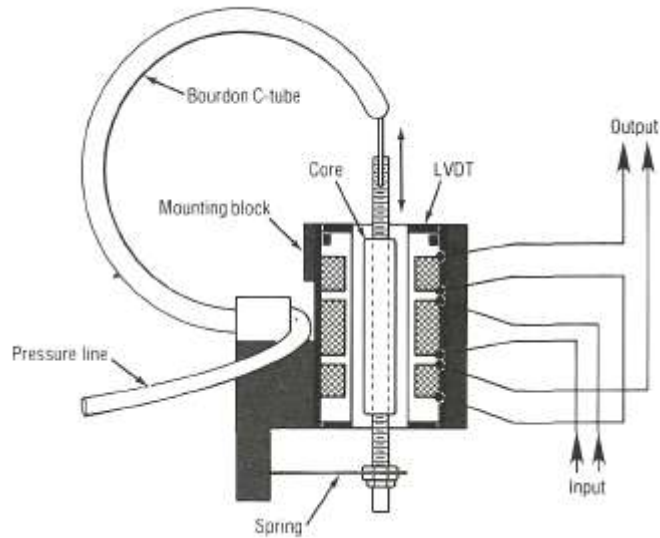
Μέτρηση της πίεσης με σωλήνα Bourdon

Ο μετρητής Bourdon λειτουργεί με την αρχή ότι η πίεση που ασκείται σε ένα καμπυλωμένο σωλήνα τείνει να τον ισιώσει. Όταν πίεση ασκείται στο σωλήνα αυτός αρχίζει να ισιώνει έως ότου η δύναμη αυτή εξισορροπηθεί από μι άλλη δύναμη από την αντίσταση του υλικού του σωλήνα. Ένας δείκτης πίεσης είναι τοποθετημένος στο μετρητή. Ο μετρητής συνδέεται σε κάποιο άνοιγμα στο υδραυλικό σύστημα ο δείκτης πίεσης είναι συνδεδεμένος με ένα γρανάζι το οποίο περιστρέφεται και μετακινεί το δείκτη ανάλογα με την πίεση(σχήμα 249)



Σχήμα 249.Μετρητική διάταξη Bourdon

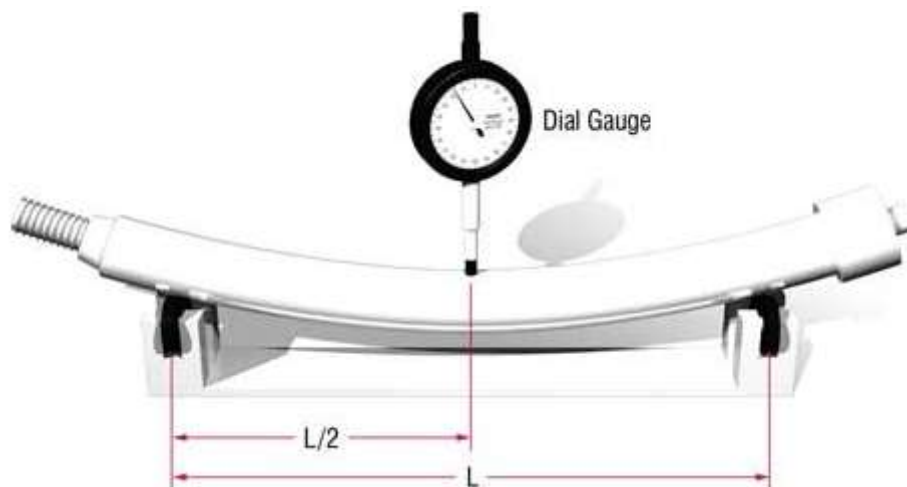
Ένα άλλο είδος του μετρητή είναι αυτός που μετατρέπει με γραμμικό μετασχηματιστή(LVDT) την πίεση σε ρεύμα στην έξοδο του(σχήμα 250). Καθώς το κυκλικό μέρος του σωλήνα BOURDON μετακινείται και η ακτίνα καμπυλότητας του αυξάνει, παρασέρνει μαζί του και το μαγνητικό πυρήνα του LVDT με τον οποίο είναι συνδεδεμένος. Η μετακίνηση του πυρήνα έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τάσης σε δύο πηνία τοποθετημένα σε σειρά που διαθέτει ο μετατροπέας .



Σχήμα 250. Μετρητική διάταξη Bourdon-LVDT

Έλεγχος λογισμού σε βάκτρο κυλίνδρου με τη χρήση μετρητικού ρολογιού

Για να μετρήσουμε την ευθύτητα του βάκτρου αφού το αποσυναρμολογήσουμε από τον υδραυλικό κύλινδρο το τοποθετούμε πάνω σε δύο κυλινδρικά ρόδακα και μετράμε την απόκλιση του χρησιμοποιώντας ένα , μετρητικό ρολόι όπως φαίνεται στο σχήμα 251.



Σχήμα 251. Έλεγχος ευθύτητας βάκτρου

Τοποθετούμε το βάκτρο έτσι ώστε η απόσταση L μεταξύ των κυλίνδρων να είναι η μεγαλύτερη δυνατή και μετράμε την απόκλιση στο μέσο της απόστασης μεταξύ των κυλίνδρων ($L/2$).

Το βάκτρο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο λυγισμένο. Μια απόκλιση 0.5 mm ανά μέτρο μήκους του βάκτρου γενικά θεωρείται αποδεκτή. Για να υπολογίσουμε τη μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση (στο μέσο $L/2$) χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$\text{Μέγιστη απόκλιση(σε mm)} = 0.5 \times L / 1000$$

Όπου L το μήκος μεταξύ των κυλίνδρων πάνω στους οποίους στηρίζεται το βάκτρο.

Για παράδειγμα αν η απόσταση μεταξύ των κυλίνδρων είναι 1.2 m η μέγιστη επιτρεπόμενη απόσταση στο μέσο του βάκτρου είναι: $0.5 \times 1200 / 1000 = 0.6$ mm
Σε περίπτωση που η μετρούμενη απόκλιση βρεθεί πάνω από τη μέγιστη επιτρεπόμενη αυτό υποδεικνύει ότι το βάκτρο έχει υποστεί λυγισμό και πρέπει είτε να αντικατασταθεί με καινούργιο η να τοποθετηθεί στην πρέσα ώστε να ισιώσει.

6.8 ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΣΩΣΤΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για να αποτρέψουμε την καταστροφή των υδραυλικών εξαρτημάτων κατά την εκκίνηση του συστήματος θα πρέπει να ακολουθήσουμε τις παρακάτω στάνταρ διαδικασίες

Πριν από την εκκίνηση του συστήματος:

- Ο υδραυλικός κύλινδρος πριν την εκκίνηση του θα πρέπει να έχει εξαερωθεί και από τις 2 πλευρές του. Στη συνέχεια θα πρέπει να τον γεμίσουμε με υδραυλικό ρευστό από τις οπές του προτού να συνδέσου τις γραμμές στις οπές του. Αυτό αποτρέπει την δημιουργία φαινομένου Diesel κατά την εκκίνηση το οποίο καταστρέφει τον κύλινδρο και τα στεγανωτικά του
- Πρέπει να γεμίζουμε το κέλυφος του (εμβολοφόρου) υδραυλικού κινητήρα με καθαρό υδραυλικό ρευστό διαμέσου της υψηλότερης οπής αποστράγγισης και μετά συνδέουμε τη γραμμή αποστράγγισης. Αν δεν το κάνουμε αυτό ο κινητήρας θα καταστραφεί κατά την εκκίνηση εξαιτίας ανεπαρκούς λίπανσης. Μονάδες που εδράζονται κατακόρυφα με την άτρακτο προς τα πάνω χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι το επίπεδο ρευστού στο κέλυφος είναι αρκετά υψηλό ώστε να μπορεί να λιπάνει τα ρουλεμάν ψηλά στην άτρακτο. Το ίδιο ισχύει για εμβολοφόρες αντλίες.
- Πριν από την πρώτη εκκίνηση πρέπει να ελέγξουμε εάν ή τάση λειτουργίας των ηλεκτροϋδραυλικών στοιχείων του κυκλώματος (ήλεκτροβαλβίδες κ.λπ.) και των ηλεκτρικών κινητήρων είναι σύμφωνη με την διαθέσιμη ηλεκτρική τροφοδοσία
- Πριν από την πρώτη εκκίνηση πρέπει να γίνει έλεγχος, ώστε να βεβαιωθούμε ότι ή φορά περιστροφής της αντλίας είναι αυτή πού υποδεικνύει ο κατασκευαστής. Καλύτερος τρόπος γι' αυτό είναι να αποσυνδέσουμε τον ηλεκτρικό κινητήρα. Θα γεμίσουμε τότε την αντλία με ρευστό και θα την περιστρέψουμε με το χέρι. Εάν ο σύνδεσμος είναι δύσκολο να αποσυνδεθεί, ή αντλία πρέπει να γεμιστεί με ρευστό και ο ηλεκτρικός κινητήρας να τεθεί στιγμιαία σε κίνηση ώστε να αποφευχθεί βλάβη της αντλίας σε περίπτωση πού ή περιστροφή δεν είναι ή κανονική. Η στιγμιαία περιστροφή μάς δείχνει πού καταθλίβει ή αντλία,
- Σε αντλίες στις οποίες η αναρρόφηση είναι κάτω από το επίπεδο της δεξαμενής ρευστού, προσεχτικά χαλαρώνουμε τη σύνδεση της αναρρόφησης ώστε να επιτρέψουμε στον εγκλωβισμένο αέρα να δραπετεύσει.
- Ελέγχουμε την ευθυγράμμιση μεταξύ αντλίας και άξονα κινητήρα .Χαλαροί σύνδεσμοι αντλία-κινητήρα προκαλούν φθορά στις ατράκτους
- Καθαρισμό ή αλλαγή όλων των φίλτρων. Τα φίλτρα του κυκλώματος πρέπει να καθαρίζονται σε χρονικά διαστήματα πού μας καθορίζει ή πείρα, (π.χ. κάθε 500 ώρες λειτουργίας). Οπωσδήποτε, ο καθαρισμός κατά την πρώτη περίοδο λειτουργίας πρέπει να είναι συχνός. Τα φίλτρα πρέπει να καθαριστούν στις πρώτες 50 ώρες λειτουργίας.

- Αλλαγή του ρευστού ή ανανέωση του ώστε να πετύχουμε επίπεδα καθαρότητας ISO 4406 16/13 ή καλύτερο. Το ISO 44067 καθορίζει τα επίπεδα καθαρότητας του ρευστού. Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στην ποσότητα σωματιδίων μεγαλύτερα από 5 μικρά ανά 100 ml ρευστού και ο δεύτερος αριθμός στον αριθμό σωματιδίων μεγαλύτερων από 15 μικρά ανά 100 ml ρευστού.

TYPE OF HYDRAULIC SYSTEM	MINIMUM RECOMMENDED CLEANLINESS LEVEL		
	ISO 4406	NAS 1638	SAE 749
Silt sensitive	13/10	4	1
Servo	14/11	5	2
High pressure (250-400 bar)	15/12	6	3
Normal pressure (150-250 bar)	16/13	7	4
Medium pressure (50 -150 bar)	18/15	9	6
Low pressure (< 50 bar)	19/16	10	-
Large clearance	21/18	12	-

Πίνακας 7

Κατά τη διαδικασία εκκίνησης

- Ελέγχουμε όλες τις (ελαστικές) σωληνώσεις για να δούμε αν είναι σφιχτά συνδεδεμένες.
- Κοιτάζουμε η στάθμη του ρευστού να είναι πάνω από το ελάχιστου επιτρεπόμενο όριο.
- Προσέχουμε όλα τα συστήματα να ξεκινάνε από την ουδέτερη-νέκρα κατάσταση ώστε αν διασφαλίσουμε ότι το σύστημα ξεκινάει αφόρτιστο.
- Αν ο βασικός κινητήρας είναι ηλεκτρικός στιγμιαία των ξεκινάμε-σταματάμε για να δούμε αν η κατεύθυνση περιστροφής του κινητήρα συμβαδίζει με αυτή της αντλίας
- Δεδομένου ότι ανάλογα με τον κατασκευαστή ποικίλλει και η πρακτική της εκκίνησης, οι συστάσεις του κατασκευαστού πρέπει να διαβαστούν προσεκτικά. Η πλειονότητα των αντλιών εκκινεί χωρίς φορτίο, αν και ορισμένες αντλίες πρέπει να εκκινήσουν αντιμετωπίζοντας πίεση. Πριν από την πρώτη εκκίνηση πρέπει να βεβαιωθούμε ότι όλες οι βαλβίδες στην γραμμή αναρροφήσεως και οι κατάλληλες βαλβίδες στην γραμμή πίεσεως είναι ανοικτές. Ο ηλεκτρικός κινητήρας πρέπει να τίθεται σε στιγμιαία κίνηση χωρίς να φθάνει στην κανονική ταχύτητα περιστροφής του, έως ότου η αντλία παρέχει έλαιο στην κατάθλιψη.
- Ξεκινάμε τον κινητήρα και τον λειτουργούμε στις χαμηλότερες στροφές.
- Σε κινητήρες και αντλίες μεταβλητής μετατόπισης με εξωτερική γραμμή εντολής χαμηλής πίεσης χαλαρώνουμε τη σύνδεση της γραμμής εντολής ώστε να δραπετεύσει ο αέρας. Προσοχή!! Δεν εξαερώνουμε ποτέ γραμμές υψηλής πίεσης

διότι τότε υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού .Αν έχουμε αμφιβολίες για την πίεση δεν προβαίνουμε σε εξαέρωση.

- Αφήνουμε το σύστημα να τρέξει αφόρτιστο για περίπου 10 λεπτά και ελέγχουμε αντλίες κινητήρες βαλβίδες ,κυλίνδρους κλπ για διαρροές κραδασμούς και θόρυβο.
- Δεν φορτίζουμε το σύστημα έως ότου να είναι ζεστό. Με κρύο ρευστό μπορεί να προκληθούν εσωτερικές γρατσουνιές στην αντλία ή σπάσιμο της ατράκτου.
- Ομοίως δεν ξεκινάμε το σύστημα μετά από μια περίοδο που η αντλία δεν λειτουργεί και έχει κρυώσει .Αν ρευστό υψηλής θερμοκρασίας μπει στην αντλία με χαμηλή θερμοκρασία την καταστρέφει.
- Κατόπιν κάνουμε ένα τεστ του φορτισμένου πλέον συστήματος.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. AHEM: Guidelines to contamination control. London 1985.
2. Anton H. Hehn Fluid Power Troubleshooting (Second Edition, Revised and Expanded),
3. Brendan Casey, How To Solve and Prevent Hydraulic Problems,.
4. Brendan Casey, Insider Secrets To Hydraulics,.
5. Brendan Casey. Preventing Hydraulic Failures ,e-book..
6. Cempel C, Stepaniak Z, "Noise and vibration of the new ball bearings", Proceedings of 4th International Tribology Conference, Paisley-Glasgow, UK, 1979, p. 425-433.
7. F. C. Fitch: Fluid power and control systems. Mc Graw Hill, 1966.
8. Frank Yeaple ,Fluid Power Design Handbook: Second Edition, Revised and Expanded.
9. Frank Yeaple, Fluid Power Design Handbook,.
10. George W. Younkin, Industrial Servo Control Systems: Fundamentals and Applications,
11. Herbert Meritt: Hydraulic control systems. New York 1967.
12. Higgins L.R, Brautigam D.P, Mobley R.K, "Maintenance Engineering Handbook", 5th edition, McGraw Hill, 1995.
13. J. Johnson: Electrohydraulic servo systems. Cleveland, 1973.
14. J. Thoma: Hydrostatic power transmission. Surrey, 1983
15. J. V. Miller: Hydrostatic drives. Vickers Systems. Detroit, 1975.
16. John J. Pippenger, Hydraulic Valves and Controls: Selection and Application,
17. K. R. Lonness: Guide to pump compensators Machine design 7/73.
18. Kim P.Y, "A review of rolling element bearing health monitoring (II): Preliminary test results on current technologies. In: Proceedings of Machinery Vibration Monitoring and Analysis Meeting", Vibration Institute, New Orleans, LA, 26-28 June, 1984, p. 127-137.
19. Myounggu Park Fatigue Failure of A Hydraylic Filter Head
20. P.Chen, P.S.K Chua, G.H.Lim : A study of Hydrayulic seal integrity
21. Parker Hannifin Corp.: Design engineers handbook. Cleveland, 1979.
22. Raymond P. Lambeck, Hydraulic Pumps and Motors: Selection and Application for Hydraulic Power Control Systems.
23. Richard J. Mitchell, John J. Pippenger, Fluid Power Maintenance Basics and Troubleshooting,.
24. S. R . Majumdar, Oil Hydraulic Systems: Principles and Maintenance, McGraw Hill 2001.
25. S.C. Skinner: Proportional valves. Vickers Systems, Havant, 1985.
26. Songlin Nie, Guohe Huang, Yongping Li, Yousheng Yang Research on low cavitation in hydraulic 2-stage throttle poppet valve.
School of mechanical science and engineering ,Huazhong University of
School of mechanical science and engineering ,Huazhong University of
science and technology China.
27. Stan Skaistis, Noise Control of Hydraulic Machinery.
28. Tandon N, Nakra B.C, "The application of the sound intensity technique to defect detection in rolling element bearings", Appl Acoust, Volume 29, Issue 3, 1990, p. 207-217.

29. Tandon N, Choudhury A, "A review of vibration and acoustic measurement methods for the detection of defects in rolling element bearing", *Tribology International*, Volume 32, Issue 8, August 1999
30. Trade and Technical Press Ltd.: *Seals and sealing handbook*, Surrey, 1986.
31. Vickers Systems: *Mobile hydraulics manual*. Detroit, 1967.
32. Vickers Systems: *Sound advice*. Detroit, 1974.
33. Vickers Systems: *Trouble shooting algorithm*. Havant, 1976.
34. Wayne Anderson, *Controlling Electrohydraulic Systems*.
35. *World Pumps*, Volume 2003, Issue 10, October 2003,
36. Α.Κανάραχος, Ι.Αντωνιάδης, *Δυναμική Μηχανών 1*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1998,.
37. Δ. Α. Μαυρίδης, *Εγχειρίδιο υδραυλικών Συστημάτων:Επισκόπηση Μιας Νέας Τεχνολογίας*, Βιομηχανική τεχνολογία Α.Ε Αθήνα 2000,.
38. Δ.Ε.Παπαντώνης, *Υδροδυναμικές Εγκαταστάσεις:Σωληνώσεις-Αντλιοστάσια-Υδραυλικό πλήγμα*, Εκδόσεις Συμεών Αθήνα 1998, .
39. Δ.Ε.Παπαντώνης, *Υδροδυναμικές Μηχανές:Αντλίες-Υδροστρόβιλοι Έκδοση 2^η Εκδόσεις Συμεών Αθήνα 2002,*.
40. Θ. Ν Κωστόπουλος, *Υδραυλικά και Πνευματικά Συστήματα*, Εκδόσεις Συμεών Αθήνα 1999,.
41. Ν. Παναγιωτοπούλου: *Υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης*. Θεσσαλονίκη, 1985.
42. Ν. Παναγιωτοπούλου: *Υδραυλικοί μεταδόσεις κινήσεως*. Αθήναι, 1967.
43. Πεδιαδιτάκη Σοφία, *Διπλωματική Εργασία "Προβλεπτική Συντήρηση και Διάγνωση Βλαβών Στις Φυγοκεντρικές Αντλίες"* Αθήνα 2004,.