

Τ.Ε.Ι. ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



“Υδραυλικά ανυψωτικά μηχανήματα βαρέων οχημάτων”

Σπουδαστής : ΠΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ ΑΘ. ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ. 8545)

Εισηγητής : ΜΠΙΖΡΕΜΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τον πατέρα μου Θανάση και την μητέρα μου Ελένη, για την υπομονή που κάνανε όλα αυτά τα χρόνια, για την βοήθεια που μου πρόσφεραν, με τον τρόπο τους, ώστε να πραγματοποιήσω τις σπουδές μου και ειδικά τον πατέρα μου ο οποίος μου έμαθε και συνεχίζει να μου μαθαίνει για τους γερανούς, δίνοντας μου από μικρός ερεθίσματα ώστε να μπορώ σήμερα να παρουσιάσω αυτή την πτυχιακή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον εισηγητή του θέματος της Πτυχιακής μου εργασίας κ.Μπιζρέμη Παναγιώτη για την πολύτιμη καθοδήγησή του και τις πληροφορίες που με βοήθησε να συλλέξω κατά την διάρκεια της συγγραφής της.

Περίληψη

Σκοπός της πτυχιακής αυτής είναι η γνωριμία με το μηχάνημα, η κατανόηση των βασικών αρχών των υδραυλικών συστημάτων και πως εφαρμόζονται αυτές στους γερανούς των βαρέων οχημάτων. Στα κεφάλαια της πτυχιακής αναλύονται τα συστατικά μέρη των υδραυλικών συστημάτων, επεξηγούνται οι τριβές στις σωληνώσεις του κυκλώματος, δίνονται πληροφορίες για το υδραυλικό υγρό και τέλος παρουσιάζεται μια μελέτη τοποθέτησης γερανού επί οχήματος.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	14
Φυσικές αρχές υδραυλικών συστημάτων	14
<i>1.1 Μηχανική των ρευστών</i>	<i>14</i>
<i>1.2 Θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής</i>	<i>14</i>
<i>1.3 Αρχή του Πασκάλ</i>	<i>14</i>
<i>1.4 Νόμος του Μπερνούλι</i>	<i>15</i>
<i>1.5 Το βασικό υδραυλικό σύστημα - συμβολισμοί</i>	<i>16</i>
<i>1.6 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων</i>	<i>25</i>
<i>1.6.1 Τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού συστήματος</i>	<i>26</i>
<i>1.6.2 Μειονεκτήματα</i>	<i>27</i>
Κεφάλαιο 2	29
Συνοπτική λειτουργία των στοιχείων ενός υδραυλικού κυκλώματος - συμβολισμοί	29
Κεφάλαιο 3	33
Υδραυλικές Αντλίες	33
<i>3.1 Παράμετροι για την επιλογή αντλίας</i>	<i>36</i>
<i>3.2 Επιλογή αντλίας και αγωγών</i>	<i>38</i>
<i>3.3 Κατάσταση λειτουργίας</i>	<i>38</i>
<i>3.3.1 Καθορισμός ταχύτητας αντλίας</i>	<i>38</i>
<i>3.3 Επιλογή αγωγών (όλες τις αντλίες)</i>	<i>41</i>

3.4 Υδραυλικοί Κινητήρες	41
Κεφάλαιο 4	43
Δεξαμενή	43
4.1 Κατασκευή	43
4.1.1 Σχήμα	44
4.1.2 Μέγεθος	44
4.1.3 Τοποθέτηση	45
4.1.4 Εξαερισμός και εξισορρόπηση πίεσης	45
4.1.5 Συντήρηση	46
4.1.6 Εργασία δεξαμενής	46
4.1.7 Δείκτης στάθμης λαδιού	47
4.1.8 Πώμα πλήρωσης	48
4.1.9 Σωλήνωση επιστροφών	48
Κεφάλαιο 5	49
Ψυγείο λαδιού	49
Κεφάλαιο 6	51
Δυναμολήπτες (PTO)	51
Κεφάλαιο 7	52
Φίλτρα	52
7.1 Φίλτρα εισαγωγής	54

<i>7.1.1 Απορροφητικά φίλτρα ή φίλτρα επιστροφών</i>	54
<i>7.1.2 Φιλτράρισμα σε γραμμή πίεσης</i>	55
<i>7.2 Σωληνώσεις - Αγωγοί</i>	56
Κεφάλαιο 8	58
Τριβές σε Σωλήνες και Εξαρτήματα	58
<i>8.1 Μακροσκοπική θεώρηση της κίνησης των ρευστών</i>	58
<i>8.2 Κατανομή της ταχύτητας του ρευστού μέσα σε κυλινδρικό αγωγό</i>	60
<i>8.3 Συντελεστής τριβής</i>	61
<i>8.4 Πτώση πίεσης σε στοιχεία σωληνώσεων</i>	64
<i>8.5 Εξίσωση Bernoulli</i>	67
Κεφάλαιο 9	69
Υδραυλικό λάδι	69
Κεφάλαιο 10	71
Υδραυλικοί κύλινδροι	71
<i>10.1 Κοινοί τύποι υδραυλικών κυλίνδρων</i>	71
<i>10.1.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη κυλίνδρων</i>	74
<i>10.1.2 Στήριξη των κυλίνδρων</i>	75
<i>10.1.5 Υπολογισμός κυλίνδρου</i>	76
Κεφάλαιο 11	81
Βαλβίδες	81

<i>11.1 Βαλβίδες ρύθμισης πίεσεως</i>	<i>81</i>
<i>11.1.1 Βαλβίδες ρύθμισης παροχής</i>	<i>84</i>
<i>11.1.2 Βαλβίδες ρύθμισης κατεύθυνσης ροής</i>	<i>85</i>
<i>11.1.3 Σχεδιασμός ανοικτού κέντρου</i>	<i>88</i>
<i>11.1.4 Σχεδιασμός κλειστού κέντρου</i>	<i>89</i>
<i>11.1.5 Σχεδιασμός διδύμου (tandem) κέντρου</i>	<i>89</i>
<i>11.1.6 Σχεδιασμός κλειστής καταθλίψεως (float)</i>	<i>90</i>
<i>11.1.7 Βαλβίδες αντεπιστροφής</i>	<i>91</i>
Κεφάλαιο 12	92
Στεγανωτικά Μέσα	92
<i>12.1 Γενικά</i>	<i>92</i>
<i>12.2 Περιγραφή στεγανωτικών μέσων. Υλικά</i>	<i>92</i>
<i>12.3 Τρόπος δράσεως των δυναμικών στεγανοποιητικών μέσων</i>	<i>96</i>
<i>12.3.1 Συνθλιβόμενος τύπος</i>	<i>96</i>
<i>12.3.2 Αυτόματος τύπος</i>	<i>97</i>
Κεφάλαιο 13	99
Αρχιτεκτονική Γερανού	99
<i>13.1 Λειτουργία γερανών</i>	<i>100</i>
<i>13.1.1 Μηχανικά μέρη</i>	<i>100</i>
<i>13.2 Κύκλος λειτουργίας υδραυλικού κυκλώματος</i>	<i>103</i>

Κεφάλαιο 14	107
<i>Ηλεκτροϋδραυλική Βαλβίδα</i>	<i>107</i>
Κεφάλαιο 15	110
<i>Μελέτη τοποθέτησης επί οχήματος</i>	<i>110</i>
15.1 Γενικά	110
15.1.1 Χαρακτηριστικά	110
15.1.2 Ζυγολόγιο	111
15.1.3 Σχηματική παράσταση του οχήματος	111
15.2 Φόρτωση χωρίς ποδαρικά	113
15.2.1 Αντοχή σε φόρτωση των αξόνων του οχήματος κενού φορτίου	113
A. Φόρτωση εμπρός	113
B. Φόρτωση πίσω	114
15.3 Εκφόρτωση χωρίς ποδαρικά	115
A. Εκφόρτωση πίσω (όχημα πλήρες φορτίου)	115
B. Εκφόρτωση εμπρός (όχημα πλήρες φορτίου)	116
15.4 Εκφόρτωση με ποδαρικά ανοιχτά	116
Φόρτωση στο πλάι δεξιά	116
Φόρτωση στο πλάι αριστερά	117
Κεφάλαιο 16	119
<i>Συμπεράσματα</i>	<i>119</i>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

121

Ηλεκτρονικές Πηγές

121

Εισαγωγή

Γενικά

Οι γερανοί είναι μηχανήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταφορά φορτίων από μία τοποθεσία σε μία άλλη και είναι κατάλληλα κυρίως για σύντομες αναθέσεις μεταφοράς φορτίων. Τοποθετούνται πάνω σε φορτηγά, πίσω από την καμπίνα οδηγού, πάνω στο σασί και η στήριξή τους γίνεται με την χρήση ζυγών. Με αυτό το τρόπο μένει χώρος για την εναπόθεση φορτίου στο φορτηγό. Είναι ευπροσάρμοστοι και έτσι μπορούν να χειριστούν τα φορτία με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.

Οι γερανοί αυτοί μπορούν να κινηθούν στο οδικό δίκτυο καθώς και σε ανώμαλο έδαφος και δεν χρειάζεται κάποια ειδική άδεια για να κινηθεί στο δρόμο. Για να πετύχουμε τη μέγιστη ικανότητα ανύψωσης φορτίου οι γερανοί θα πρέπει να χρησιμοποιούν κατά τη λειτουργία τους τους σταθεροποιητές (ποδαρικά) οι οποίοι βοηθούν στη σταθεροποίηση του μηχανήματος ώστε να μην υπάρξει ανατροπή του φορτηγού, τα ποδαρικά βρίσκονται στη βάση του γερανού. Επειδή οι γερανοί μεταφέρουν μεγάλο βάρος το οποίο μεταφέρεται στα ποδαρικά, για να μην υπάρξει υποχώρηση του εδάφους χρησιμοποιούνται μεταλλικά πιάτα με διάφορες διαμέτρους τα οποία χρησιμοποιούνται για να διαμοιράσουν το βάρος σε μεγαλύτερη επιφάνεια. Μαζί με τη προέκταση των ποδαρικών και την χρήση των πιάτων, αυξάνεται το πλάτος του μηχανήματος, το οποίο πρέπει να υπολογίζουμε όταν σκοπεύουμε να ανυψώσουμε κάποιο φορτίο και την ακριβή θέση του γερανού.

Ως ανεξάρτητο μεταφορικό φορτωτικό μηχανήμα, εξοικονομούν χρόνο καθώς μπορούν να ξεφορτώσουν το φορτίο τους ή να παραλάβουν φορτίο ακριβώς δίπλα καθώς επίσης και να ανυψώσουν το φορτίο κατευθείαν όπου χρειαστεί, εντός των ορίων που μπορεί να φτάσει ο τηλεσκοπικός βραχίονας. Επίσης έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να παραλάβουν και να αφήσουν φορτίο εκτός των ορίων εργασίας του. Το ωριαίο κόστος εργασίας είναι μικρότερο από άλλου τύπου γερανών.

Ιστορική Αναδρομή

Ο γερανός για την ανύψωση βαρέων φορτίων εφευρέθηκε από τους αρχαίους Έλληνες στα τέλη του 6ου αιώνα π.Χ. Τα αρχεία των αρχαιολόγων μας δείχνουν ότι ήδη από το 515 π.Χ. υπάρχουν διακριτές οπές και για τις δύο λαβές ανύψωσης και ο σίδηρος αρχίζουν να εμφανίζονται σε ογκόλιθους ελληνικών ναών. Δεδομένου ότι αυτές οι οπές δείχνουν χρήση μια συσκευής ανύψωσης, και δεδομένου ότι βρίσκονται τοποθετημένα στο άνω μέρος του κέντρου βάρους ενός μπλοκ, ή ζεύγη σε ίση απόσταση πάνω από το κέντρο βάρους, αυτές θεωρούνται από τους αρχαιολόγους ως αποδεικτικά στοιχεία που απαιτούνται για την ύπαρξη του γερανού.

Στα επόμενα διακόσια χρόνια, παρατηρείται μια απότομη πτώση στο χειρισμό φορτίων, καθώς η καινούρια μέθοδος ανύψωσης έκανε τη χρήση μικρότερων φορτίων περισσότερο πρακτική σε σχέση με μεγαλύτερα. Σε αντίθεση με την αρχαϊκή περίοδο όπου υπήρχε η τάση της αύξησης του μεγέθους των μπλοκ, οι ελληνικοί ναοί της κλασικής εποχής όπως ο Παρθενώνας χαρακτηρίζεται από ογκόλιθους που ζυγίζουν λιγότερο από 15-20 τόνους.

Η ακμή του γερανού στην αρχαιότητα ήρθε κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, όταν η κατασκευαστική δραστηριότητα έφτασε στα ύψη και τα κτήρια είχαν πλέον τεράστιες διαστάσεις. Οι Ρωμαίοι υιοθέτησαν τον ελληνικό γερανό και τον ανέπτυξαν περαιτέρω. Ο απλούστερος ρωμαϊκός γερανός, ο τρείσπαστος (trispastos), αποτελείται από ένα ιστίο (ή βραχίονα), ένα βαρούλκο, ένα σχοινί και ένα μπλοκ που περιέχει τρεις τροχαλίες. Έχοντας έτσι ένα μηχανικό πλεονέκτημα 3:1, έχει υπολογιστεί ότι ένας άνθρωπος που εργάζεται στο βαρούλκο θα μπορούσε να σηκώσει 150 kg (3 τροχαλίες x 50 kg = 150), με την προϋπόθεση ότι τα 50 kg αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη προσπάθεια ένας άνθρωπος που μπορεί να ασκήσει για μακρύ χρονικό διάστημα.

Με το πέρασμα των αιώνων και την πρόοδο της ανθρωπότητας φτάνουμε στην περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης όπου είναι μια περίοδος σταθμός για την πορεία της ανθρωπότητας καθώς επηρέασε και διαμόρφωσε καταλυτικά τη πορεία της κοινωνίας. Τον **18ο και τον 19ο αιώνα** εφευρέθηκαν νέες μηχανές, οι άνθρωποι εξόρυξαν άνθρακα από τα ανθρακωρυχεία και οι μηχανικοί έβρισκαν νέες μεθόδους παραγωγής σιδήρου και χάλυβα. Αυτή ήταν η βιομηχανική εποχή που ξεκίνησε στη **Μεγάλη Βρετανία** αλλά γρήγορα εξαπλώθηκε στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική, όταν καινούργιες πόλεις και μεγάλες

βιομηχανίες χτίζονταν κοντά στα νέα κανάλια και στις σιδηροδρομικές γραμμές. Έτσι φτάνουμε στην εποχή όπου τα πρώτα υδραυλικά συστήματα κάνουν την εμφάνισή τους στη βιομηχανία και αναπτύχθηκαν οι γερανοί όπως τους γνωρίζουμε σήμερα.



Εικ. 1 Τρίσπαστος. Ο απλούστερος τύπος γερανού



Εικ. 2 Γερανός με πυργίσκο σε λιμάνι το έτος 1413

Κεφάλαιο 1

Φυσικές αρχές υδραυλικών συστημάτων

1.1 Μηχανική των ρευστών

Η **Μηχανική των ρευστών** αποτελεί ιδιαίτερο κλάδο της Κλασσικής μηχανικής με κύριο αντικείμενο έρευνας και μελέτης τη συμπεριφορά των ρευστών επί ασκουμένων δυνάμεων ή προσφοράς ενέργειας σ' αυτά.

Τα Βασικά θεωρήματα της μηχανικής των ρευστών που εφαρμόζονται σ' ένα υδραυλικό σύστημα υψηλής πίεσης είναι:

1.2 Θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής

Ο νόμος αυτός αφορά υγρό που ισορροπεί μέσα σε ένα βαρυτικό πεδίο. Ο θεμελιώδης νόμος της υδροστατικής αναφέρει ότι η πίεση που ασκείται από το υγρό σε ένα σημείο του που βρίσκεται σε βάθος h , ισούται με το γινόμενο της πυκνότητας του υγρού (ρ), της επιτάχυνσης της βαρύτητας (g) και του βάθους από την επιφάνεια του υγρού (h), δηλαδή ισχύει:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

1.3 Αρχή του Πασκάλ

Η Αρχή του Πασκάλ είναι ένας από του βασικούς νόμους της Υδροστατικής. Η Αρχή αυτή που προσδιορίστηκε από τον Γάλλο φυσικό και μαθηματικό Μπλεζ Πασκάλ (1623-1662), προς τιμή του οποίου και φέρει το όνομά της, καθορίζει ότι η οποιαδήποτε πίεση που τυχόν μπορεί να ασκηθεί στην επιφάνεια ενός υγρού μεταδίδεται ομοιόμορφα εντός αυτού, προς όλες τις διευθύνσεις και σε όλο το βάθος του.

Αν δηλαδή, σ' ένα ανοικτό δοχείο πλήρες υγρού εφαρμόσουμε σε όλη την ελεύθερη επιφάνειά του, π.χ. με ένα έμβολο, οποιαδήποτε πίεση τότε θα διαπιστώσουμε ότι οι δυνάμεις που θα ασκεί το υγρό σε οποιοδήποτε σημείο των εσωτερικών τοιχωμάτων ή του πυθμένα

του δοχείου, ανεξάρτητα της βαρύτητας, θα παρουσιάζουν παντού την ίδια τιμή. Προφανές λοιπόν είναι ότι η πίεση αυτή, που προέρχεται από εξωτερικές δυνάμεις π.χ. ατμοσφαιρική πίεση ή, πίεση από πεπιεσμένο αέρα ή, πίεση που ασκεί ένα έμβολο στην επιφάνεια ενός υγρού, είναι τελείως ανεξάρτητη των δυνάμεων της γήινης βαρύτητας. Αυτό σε αντιδιαστολή με την υδροστατική πίεση που εξαρτάται από την βαρύτητα. Ορίζεται ως ίση με την πίεση που προκαλεί δύναμη 1 N σε επιφάνεια ενός m².

1.4 Νόμος του Μπερνούλι

Ο **Νόμος του Μπερνούλι**, καλούμενος και *Θεμελιώδες θεώρημα της Υδροδυναμικής*, ταυτίζεται με την Αρχή διατήρησης της ενέργειας και αφορά την περίπτωση των υγρών. Το όνομά του δόθηκε προς τιμή του Ελβετού φυσικού Δανιήλ Μπερνούλι (*Daniel Bernoulli*) (1700-1782), που πρώτος και τον διατύπωσε. Στην απλή του μορφή ο νόμος αυτός καθορίζει την πίεση που επικρατεί μέσα στα υγρά, όταν αυτά κινούνται.

Στη πραγματικότητα πρόκειται για ένα άθροισμα τριών ενεργειών: της "ενέργειας θέσεως", της "δυναμικής πίεσης", που αποτελεί το μέτρο της "κινητικής ενέργειας" του υγρού, και της "υδροστατικής πίεσης", που είναι και το μέτρο της "δυναμικής ενέργειας" λόγω ύψους ή λόγω του πεδίου βαρύτητας.

Αν για παράδειγμα ονομασθεί ρ_ϵ η πίεση ενός υγρού, γ το ειδικό βάρος του, v η ταχύτητα αυτού και h το στατικό ύψος ενός θεωρουμένου σημείου, τότε ο *Νόμος του Μπερνούλι* παρίσταται με την ακόλουθη μαθηματική διατύπωση:

$$\rho_\epsilon + \frac{\gamma v^2}{2g} + \gamma h = C$$

Στον μαθηματικό αυτό τύπο, το ρ_ϵ παριστάνει την υπό των εξωτερικών δυνάμεων δημιουργούμενη πίεση που αποτελεί ακριβώς το μέτρο της *ενέργειας θέσεως*. Η δε παράσταση $(\gamma v^2) / 2g$ εκφράζει την δυναμική πίεση και αποτελεί το μέτρο της *κινητικής ενέργειας* του υγρού. Τέλος η παράσταση (γh) είναι αυτή που εκφράζει την *υδροστατική πίεση* που είναι και το μέτρο της *δυναμικής ενέργειας* όπως προαναφέρθηκε. Το δε άθροισμα

αυτών C είναι σταθερό. Κατόπιν όλων των παραπάνω, ως κατάληξη, ο *Νόμος του Μπερνούλι* καθορίζει ότι:

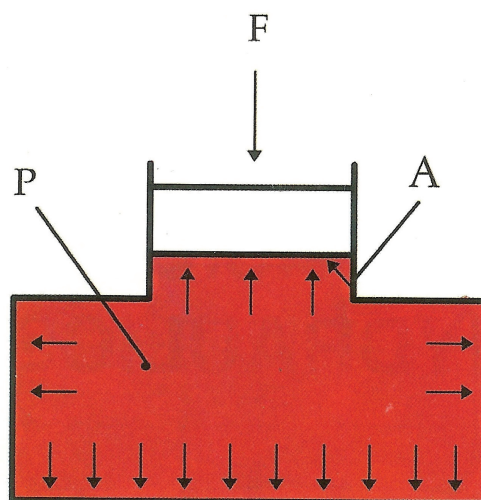
"Κατά μήκος ενός αγωγού που διέρχεται υγρό το άθροισμα της εξωτερικής πίεσης, της δυναμικής πίεσης και της υδροστατικής πίεσης είναι σταθερό".

Στη περίπτωση οριζόντιου αγωγού οπότε το ύψος h παραμένει σταθερό εξυπακούεται ότι ο παραπάνω μαθηματικός τύπος περιορίζεται στις δύο πρώτες παραστάσεις:

$$\rho_e + \frac{\gamma u^2}{2g} = C$$

Εξ αυτού του τελευταίου συνάγεται ότι: κατά τη ροή του υγρού, η πίεση είναι μικρή στα σημεία όπου η ταχύτητα είναι μεγάλη, και αντίστροφα είναι μεγάλη σε σημεία όπου η ταχύτητα είναι μικρή, ή ακόμα, το άθροισμα της "ενέργειας θέσεως" και της "κινητικής ενέργειας" είναι σταθερό. Τούτο άλλωστε γίνεται εύκολα αντιληπτό δεδομένου ότι όταν αυξάνεται η κινητική ενέργεια του υγρού, η αύξηση αυτή πραγματοποιείται με αντίστοιχη ελάττωση της ενέργειας θέσεως προκειμένου το άθροισμα τους να παραμένει σταθερό.

1.5 Το βασικό υδραυλικό σύστημα - συμβολισμοί



εικόνα 3 - υγρό σε ηρεμία

Η αρχή του Πασκάλ, όπως αναφέραμε και παραπάνω , σχετικά με τα υγρά σε ηρεμία μας λέει ότι η δύναμη που ενεργείται σε υγρό σε ηρεμία, δημιουργεί μια πίεση εσωτερικά αυτού προς όλες τις κατευθύνσεις και σε όλο το βάθος του. Εικ.3

Η πίεση που δημιουργείται είναι ανάλογη της δύναμης που ασκείται σε συγκεκριμένη επιφάνεια.

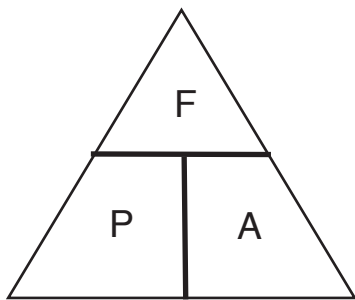
Στην εικόνα 1, εάν η δύναμη “F” είναι 10kg και η επιφάνεια “A” είναι 1cm², τότε η πίεση “P” είναι 10kg/cm².

Όπως προαναφέραμε, η πίεση σε ένα κλειστό κύκλωμα είναι σταθερή σε όλο το κύκλωμα.

Οπότε, εάν η βάση ενός κάδου είναι 20cm² τότε η δύναμη “F” θα είναι 200kg/cm² (20cm² * 10kg).

Ως εκ τούτου, υπάρχουν τρεις παράγοντες που πρέπει να θεωρήσουμε σε κάθε υπολογισμό, F = δύναμη, P = πίεση, A = επιφάνεια, γνωρίζοντας τα 2 δεδομένα μπορούμε να υπολογίσουμε το 3^ο.

Ένας εύκολος τρόπος για να θυμόμαστε είναι να ακολουθήσουμε την εξής φόρμουλα πυραμίδας:



Όπου $F = P * A$

$$P = F / A$$

$$A = F / P$$

$$F = \text{δύναμη} = \text{N}$$

$$\text{N} = \text{kg} * (\text{m}/\text{sec}^2)$$

$$P = \text{πίεση} = \text{bar}$$

$$1\text{bar} = 1\text{N}/\text{cm}^2$$

$$A = \text{επιφάνεια} = \text{cm}^2$$

Παράδειγμα

Πόση δύναμη σε Newton θα μας δώσει πίεση 200bar σε 10cm διαμέτρου κύλινδρο; (1 bar = 10N/cm²)

Άρα

$$F = P \cdot A$$

$$F = 200 \cdot 10 \frac{N}{cm^2} \cdot 10^2 \cdot 0.7854$$

$$F = 2000N/cm^2 * 78,54cm^2$$

$$F = 157,100N$$

$$F = 157,1KN$$

Παρομοίως

Πόση θα είναι η πίεση εάν έχουμε 157,1KN δύναμη σε 10cm διαμέτρου κύλινδρο

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = 157,100N / 78,55cm^2$$

$$P = 2000N / cm$$

Παρομοίως

Πόση θα είναι η διάμετρος του κυλίνδρου εάν χρειάζεται δύναμη 157,1KN στα 200bar πίεση.

$$A = \frac{F}{P}$$

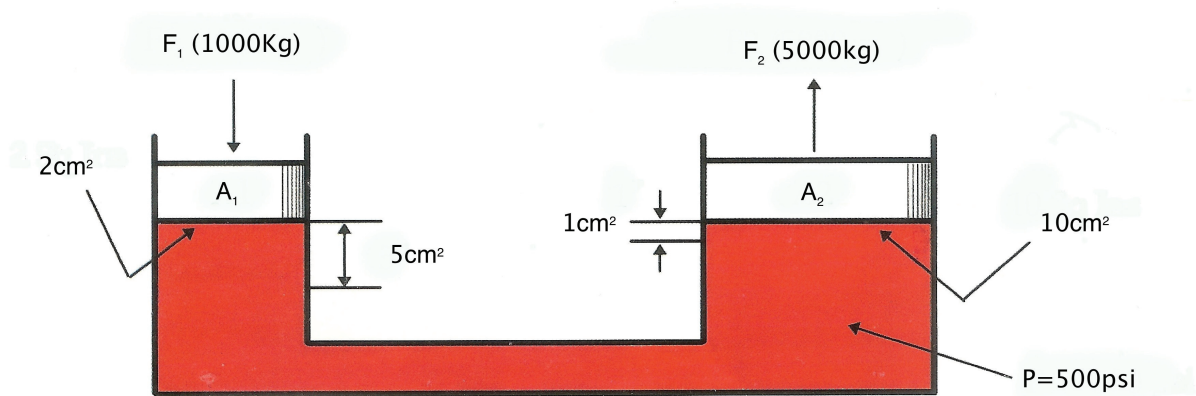
$$A = \frac{157,100N}{200 \cdot 100}$$

$$A = 78.55cm^2$$

Στην εικόνα 4 εάν το πιστόνι A_1 (2cm^2) κατευθύνεται προς τα κάτω 5cm , μια εκτόπιση υγρού των 10cm^3 ($2*5$) θα μεταφερθεί στον κύλινδρο A_2 (10cm^2) μετακινούμενο μόνο κατά 1cm .

Έτσι ό,τι κερδίσαμε σε δύναμη F , το χάσαμε στην απόσταση κατά τη μετακίνηση αλλά με την ίδια αναλογία.

Καθώς τα υγρά έχουν την ιδιότητα να παίρνουν το σχήμα του δοχείου που βρίσκονται η εικόνα 1 γίνεται εικόνα 4 όπου το πόμα γίνεται A_1 και ο πυθμένας του δοχείου γίνεται A_2 .



εικόνα 4 - εκτόπιση υγρού

Εάν η δύναμη ασκηθεί στο A_1 θα παράγει μια εσωτερική πίεση όπου μεταφέρεται στο A_2 δίνοντας μια κατακόρυφη δύναμη.

Στην εικόνα 4 για παράδειγμα, εάν θέλουμε να ανυψώσουμε 5000kg (F_2) στο A_2 , τότε η πίεση P των $5000\text{kg}/\text{cm}^2$ πρέπει να δημιουργηθεί από δύναμη 1000kg (F_1) στο πόμα A_1 (2cm^2).

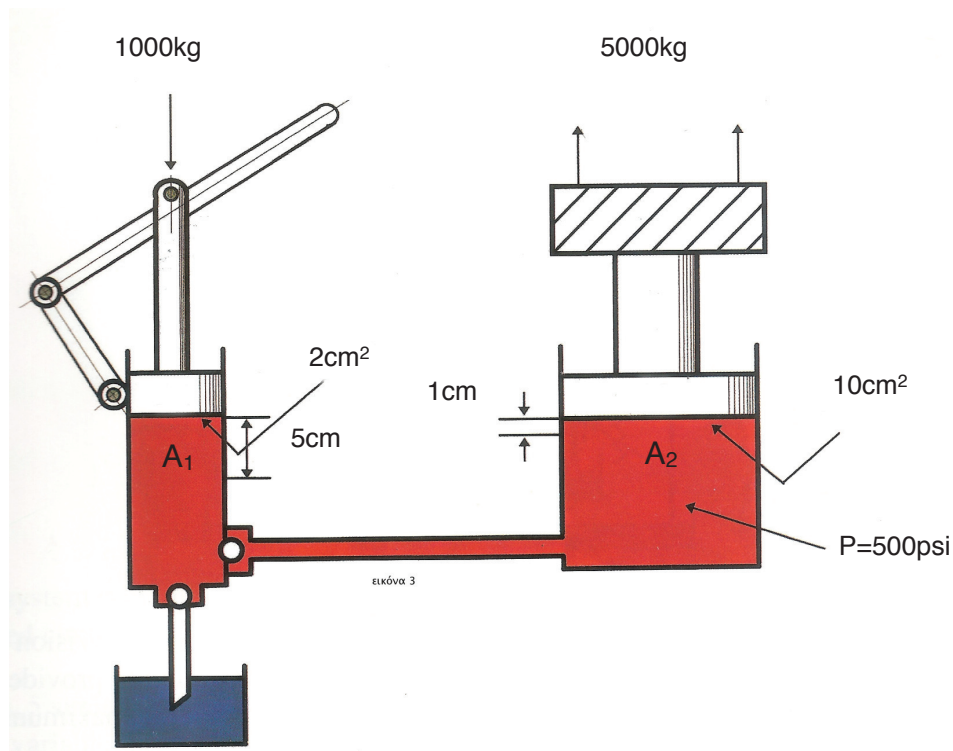
$$\text{Δύναμη} / \text{Επιφάνεια} = \text{Πίεση} \quad \& \quad \text{Πίεση} * \text{επιφάνεια} = \text{Δύναμη}$$

παράδειγμα

$$1000\text{kg} / 2\text{cm}^2 = 500\text{psi}$$

και

$$500\text{psi} * 10\text{cm}^2 = 5000\text{kg}$$

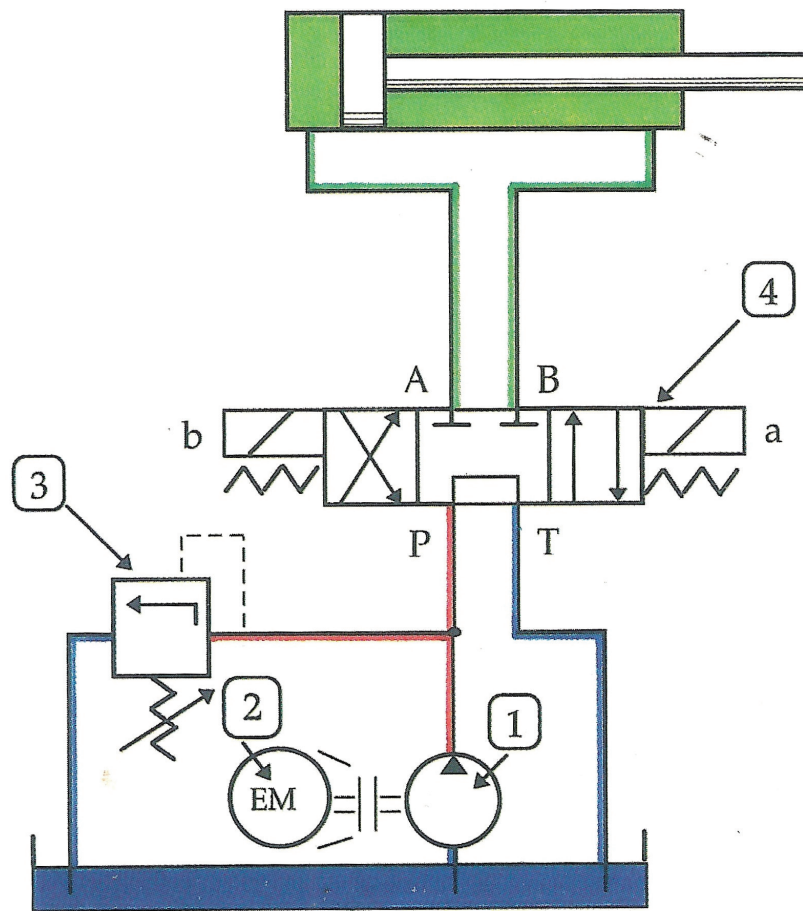


εικόνα 5 - κύκλωμα σε πραγματική λειτουργία

Η εικόνα 5 μας δείχνει το δοχείο σε κύκλωμα σε πραγματική λειτουργία. Το A₁ είναι η αντλία, το A₂ είναι η πίεση επενεργείας και ο σύνδεσμος είναι ο αγωγός.

Έτσι για κάθε 5cm μετακίνησης του A₁ (της αντλίας) θα ανυψωθεί το A₂ (έμβολο) κατά 1cm, και για να μπορεί να ανυψώσει φορτίο 5000kg, η αντλία πρέπει να παράγει 500bar ανά τετραγωνικό εκατοστό με δύναμη 1000kg στο μοχλό επί τα 2cm² επιφάνεια.

Κατά την ανύψωση του μοχλού, η αντλία αναρροφά υγρό από το ρεζερβουάρ και κατά την πίεση προς τα κάτω στέλνει στον κύλινδρο υπό μορφή πίεσης. Οπότε κάθε 5cm κίνησης του μοχλού έχουμε ανύψωση του εμβόλου κατά 1cm.

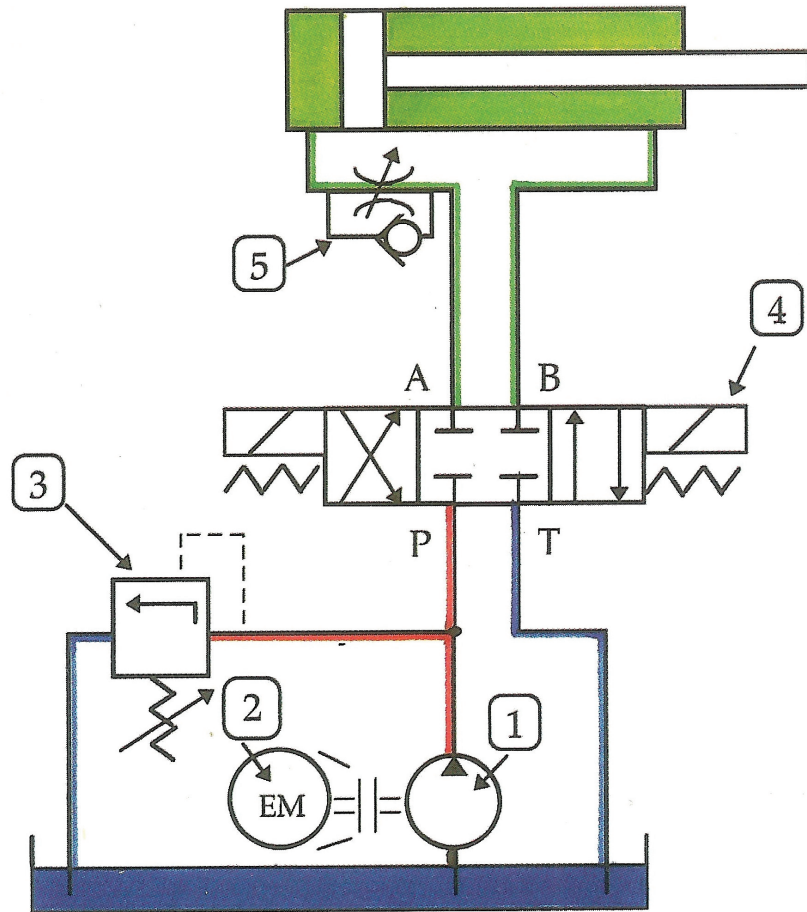


εικόνα 6 - υδραυλικό κύκλωμα

Στην εικόνα 6 η αντλία προεκτείνει το έμβολο στον κύλινδρο αλλά δεν υπάρχει παροχή επιστρεφόμενων. Για να έχουμε πλήρη έλεγχο μια βαλβίδα κατεύθυνσης είναι απαραίτητη για να παρέχει μέσα και έξω κίνηση και μια βαλβίδα πίεσης για ανακούφιση και περιορισμό της μέγιστης πίεσης.

Το υδραυλικό σύστημα είναι όπως φαίνεται στην εικόνα 6, όπου η αντλία είναι περιστροφικής μετάδοσης κίνησης, με ένα μοχλό, βαλβίδα εκτόνωσης και τεσσάρων (4) δρόμων βαλβίδα κατεύθυνσης.

Με το σύστημα πίεσης και κατεύθυνσης της ροής υπό έλεγχο, το επόμενο ζητούμενο είναι ο έλεγχος της ταχύτητας.



εικόνα 7 - υδραυλικό κύκλωμα με βαλβίδα

Στην εικόνα 7 μια τέτοια βαλβίδα έχει τοποθετηθεί για τον έλεγχο της ταχύτητας προέκτασης του εμβόλου. Το αντικείμενο 5 είναι βαλβίδα μεταβλητής παροχής με εσωτερική παρακαμπτήρια βαλβίδα για να επιστρέφει το λάδι όταν η ροή είναι αντίστροφη.

Για να υπολογίσουμε την γραμμική ταχύτητα του εμβόλου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την επιφάνεια του κυλίνδρου με την οπή και στεφάνη καθώς και την εισροή μέσα στο κύλινδρο.

Η ταχύτητα μετριέται σε εκατοστά ανά λεπτό ή ανά δευτερόλεπτο (cm/min ή cm/sec). Η επιφάνεια μετριέται σε τετραγωνικά εκατοστά (cm²).

Ένας άλλος παράγοντας που χρειαζόμαστε είναι ο όγκος ή ρυθμός του υγρού που μπαίνει στον κύλινδρο και μετριέται σε κυβικά εκατοστά ανά λεπτό (cm³/min).

Οι παρακάτω πληροφορίες χρειάζονται όταν πραγματοποιούνται υπολογισμοί :

Ο τύπος για κυκλικές επιφάνειες είναι : $D \cdot 0,7854$

$$\frac{V}{t} = \text{εισροή σε } \frac{cm^3}{min}$$

$$S = \text{ταχύτητα σε } \frac{cm}{min}$$

$$A = \text{επιφάνεια σε } cm^2$$

Οπότε

$$\frac{V}{t} = S \cdot A$$

$$S = \frac{\frac{V}{t}}{A}$$

$$A = \frac{\frac{V}{t}}{S}$$

Παράδειγμα

Με ποια ταχύτητα ένας κύλινδρος 12cm διαμέτρου θα προεκταθεί εάν έχει παροχή 16l/min ;

$$S = \frac{\frac{V}{t}}{A}$$

$$S = \frac{\frac{16}{1000}}{12^2 \cdot 0.7854}$$

$$S = \frac{\frac{16000cm^3}{min}}{113cm^2}$$

$$S = \frac{141cm}{sec}$$

Παρομοίως

Ποια πρέπει να είναι η διάμετρος του κυλίνδρου για να μας δώσει ταχύτητα προέκτασης 141cm/min με παροχή 16l/min ;

$$A = \frac{V}{S}$$

$$A = \frac{16 \cdot 1000}{141}$$

$$A = 113 \text{ cm}^2$$

$$A = 12 \text{ cm διάμετρο}$$

Παρομοίως

Ποια θα είναι η παροχή αν έχουμε ταχύτητα προέκτασης 141cm/min σε κύλινδρο διαμέτρου 12cm ;

$$\frac{V}{t} = S \cdot A$$

$$\frac{V}{t} = \frac{141 \text{ cm}}{\text{min}} \cdot 113 \text{ cm}^2$$

$$\frac{V}{t} = \frac{16000 \text{ cm}^3}{\text{min}}$$

$$\frac{V}{t} = \frac{16 \text{ l}}{\text{min}}$$

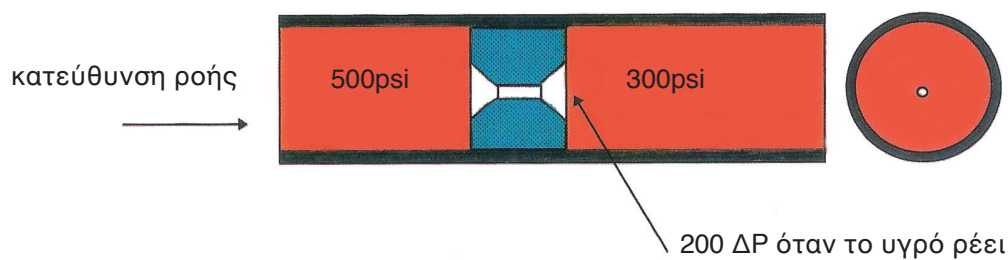
Ο νόμος του Πασκάλ έχει να κάνει με πίεση, δύναμη και επιφάνεια σε υγρά που βρίσκονται σε ηρεμία λ.χ. υδροστατική.

Όταν ένα υγρό ρέει όπως και σε ένα υδραυλικό κύκλωμα μία απώλεια της αρχικής πίεσης μεταξύ της αντλίας και του κυλίνδρου παρατηρείται λόγω της αντίστασης των αγωγών και των εμποδίων όπως είναι οι βαλβίδες

Αυτή η απώλεια της πίεσης καλείται πτώση πίεσης, συμβολίζεται ως ΔP και η αρχή της χρησιμοποιείται ευρέως στα κυκλώματα και στην λειτουργία των βαλβίδων. Όλες οι βαλβίδες έχουν ΔP και σε περιπτώσεις κατευθυντήριων βαλβίδων, η ΔP και στις δύο κατευθύνσεις πρέπει να προστεθούν μαζί.

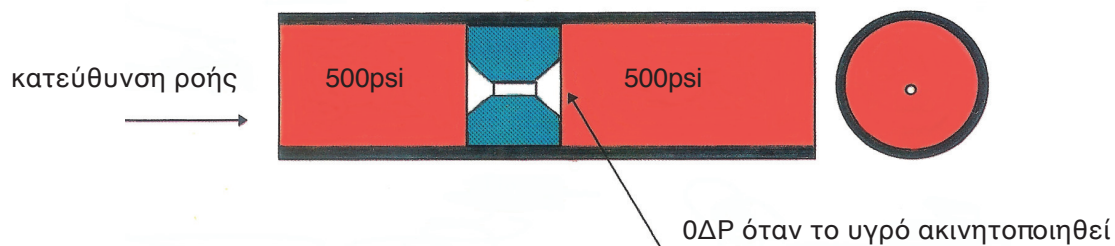
Βαλβίδες εκτόνωσης επίσης χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία ΔP για συγκεκριμένες λειτουργίες.

Η εικόνα 8 μας δείχνει τη ΔP καθώς το υγρό εξέρχεται από το στένωμα.



εικόνα 8 - διαφορά πίεσης

Η εικόνα 9 μας δείχνει μηδενική ΔP όταν η ροή υπό πίεση σταματήσει ή μείνει σε ακινησία.



εικόνα 9 - μηδενική διαφορά πίεσης

1.6 Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα υδραυλικών συστημάτων

Τα υδραυλικά συστήματα λειτουργούν σε πολύ υψηλότερες πιέσεις από τα πνευματικά και συνεπώς ενδείκνυνται για εφαρμογές όπου απαιτείται να εξασκηθούν μεγάλες δυνάμεις. Η πίεση λειτουργίας μπορεί να φτάσει μέχρι και 500 bar. Εξ άλλου επειδή το χρησιμοποιούμενο μέσο είναι πρακτικά ασυμπίεστο, τα υδραυλικά συστήματα μπορούν

να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ακρίβεια ελέγχου κίνησης. Το βασικό πλεονέκτημα των υδραυλικών συστημάτων είναι σίγουρα η πολύ καλή σχέση ισχύος προς βάρος που τα καθιστά ανυπέρβλητα σε εφαρμογές κίνησης μεγάλων φορτίων ή εφαρμογές που απαιτούν υψηλές επιταχύνσεις. Το σημαντικότερο μειονέκτημά τους είναι το υψηλό τους κόστος.

1.6.1 Τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού συστήματος

Τα πλεονεκτήματα του υδραυλικού συστήματος είναι συνοπτικά τα εξής :

- i) *Μεταβλητή ταχύτητα* : Οι κοινοί ηλεκτρικοί κινητήρες και οι μηχανές εσωτερικής καύσεως λειτουργούν με σταθερή ταχύτητα. Μεταβολή της ταχύτητας απαιτεί ακριβές και ευαίσθητες βοηθητικές διατάξεις. Ένας υδραυλικός κύλινδρος ή ένας υδραυλικός κινητήρας όμως, έχουν τη δυνατότητα της συνεχούς μεταβολής της ταχύτητας με απλή μεταβολή της παροχής της αντλίας (αντλία μεταβλητής παροχής) ή με τη χρήση ενός ρυθμιστή ροής.
- ii) *Αντίστροφη περιστροφή ή κίνηση* : Σε συνήθη ηλεκτρικά ή μηχανικά συστήματα κινήσεως, η αντιστροφή της περιστροφής είναι εφικτή 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 πρόβλημα. Μια 4-δρόμων βαλβίδα κατευθύνσεως μπορεί να αντιστρέψει ακαριαία τη ροή, ενώ η βαλβίδα ανακουφίσεως και κατάλληλη διάταξη βαλβίδων για απόσβεση κρούσεων και της αδράνειας του ρευστού, προστατεύουν το σύστημα από σπηλαίωση και υπερβολική πίεση.
- iii) *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 σ' ένα υδραυλικό σύστημα.
- iv) *Μικρός και περιορισμένος όγκος* : Τα υδραυλικά στοιχεία και ολόκληρο το υδραυλικό σύστημα προσφέρουν υψηλή απόδοση, συνδυάζοντας μικρό όγκο και μικρό βάρος.
- v) *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. Επιπλέον, τα υδραυλικά συστήματα αυτά απαιτούν νέα εκκίνηση μετά από στάση. Ο υδραυλικός κύλινδρος και ο υδραυλικός κινητήρας ωστόσο έχουν τη δυνατότητα

ακαριαίως στάσεως και εκκινήσεως. Η αντλία του συστήματος είναι δυνατόν να συνεχίσει να λειτουργεί (αποφόρτιση της αντλίας), χωρίς να υπάρχει ανάγκη ακινητοποίησης της και εκ νέου εκκίνησης.

vi) *Μεγάλη ποικιλία ελέγχων* : Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες ελέγχου σε ένα υδραυλικό σύστημα. Ο έλεγχος μπορεί να είναι αυτόματος, με χειρισμό, με τηλεχειρισμό, μηχανικός, υδραυλικός, πνευματικός, ηλεκτρικός, ηλεκτρονικός, σερβοϋδραυλικός ή συνδυασμός όλων. Στις σύνθετες βαλβίδες οι ελέγχοι μπορούν να πάρουν τη μορφή λογικών απαντήσεων στο αλγεβρικό άθροισμα δυνάμεων σε επιφάνειες εμβόλων. Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι ο έλεγχος με μικροϋπολογιστές.

vii) Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα των υδραυλικών συστημάτων είναι ότι *δεν απαιτούν ξεχωριστό κύκλωμα ψύξης - λίπανσης* γιατί το λάδι αναλαμβάνει τρεις ρόλους : α) του εργαζόμενου μέσου β) του ψυκτικού μέσου στις επιφάνειες εργασίας και γ) του λιπαντικού.

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα είναι πολύ μεγάλα για ορισμένους συνδυασμούς αποδόσεως - μακροζωία, 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 είναι χαρακτηριστική του τέλους του 20^{ου} αιώνα.

1.6.2 Μειονεκτήματα

Υπάρχουν βέβαια ελλείψεις και μειονεκτήματα στα υδραυλικά συστήματα όπως είναι τα ακόλουθα :

i) *Μικρές μηχανουργικές ανοχές* : Οι κατασκευές μεγάλης ακρίβειας, 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 κινούμενων τμημάτων.

ii) *Εγκλειση θερμότητας* : Η θερμότητα που εγκλείεται 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 πρόβλημα. Το ανώτερο 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.

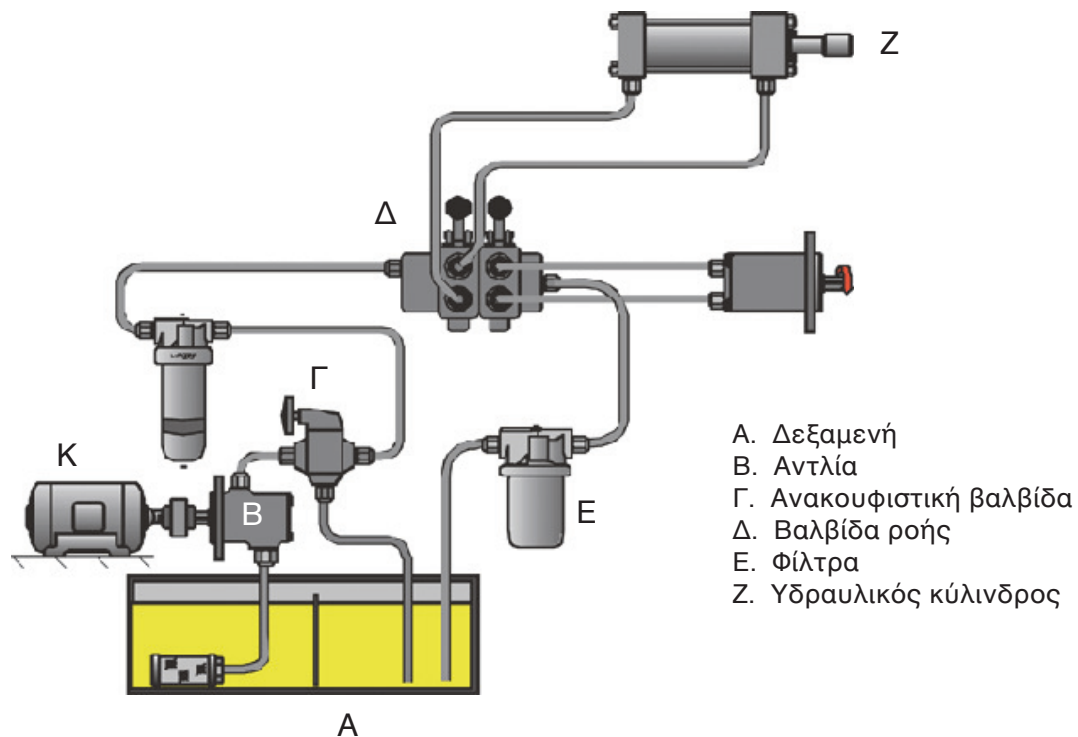
iii) *Υπολογιστικές δυσκολίες* : Δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι νόμοι για τη σχεδίαση υδραυλικών κυκλωμάτων όπως π.χ. μπορούμε να πούμε για τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά κυκλώματα. Δεν υπάρχει δηλαδή κάτι ανάλογο του νόμου του ohm στη συμπεριφορά των ρευστών. Αυτό περιπλέκει το σχεδιασμό και δημιουργεί ενδεχόμενα, που είναι δύσκολο να προβλεφθούν ή μας διαφεύγουν.

Κεφάλαιο 2

Συνοπτική λειτουργία των στοιχείων ενός υδραυλικού κυκλώματος - συμβολισμοί

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

Τα βασικά στοιχεία ενός υδραυλικού κυκλώματος μπορούμε να τα δούμε στη παρακάτω εικόνα 10.



εικόνα 10 - υδραυλικό κύκλωμα συμβολισμοί

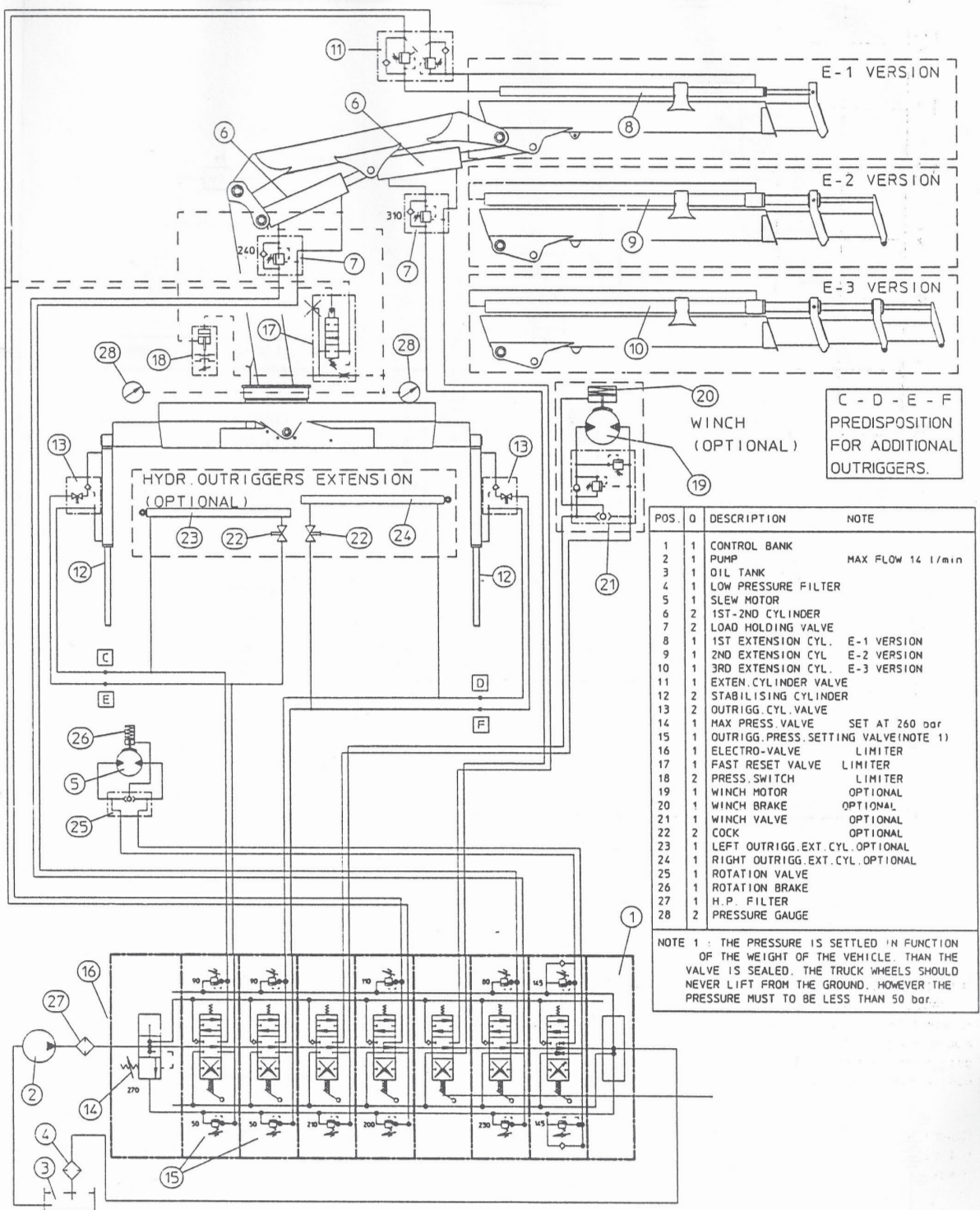
Ο υδραυλικός κινητήρας (Κ) δεν χαρακτηρίζεται ως στοιχείο του υδραυλικού κυκλώματος. Φυσικά η παροχή ισχύος μπορεί να γίνει και με άλλους τρόπους όπως με μηχανή εσωτερικής καύσης, ηλεκτροκινητήρας κ.λ.π.

Όλα τα υδραυλικά συστήματα παρουσιάζουν μια βασική ομοιομορφία ανεξάρτητη από τη συγκεκριμένη εφαρμογή ή μπορούν να αναλυθούν σε βασικά και τυπικά κυκλώματα. Πάντα απαιτούνται τέσσερα βασικά στοιχεία για τη δημιουργία ενός υδραυλικού συστήματος : 1) η δεξαμενή που αποθηκεύει το υδραυλικό ρευστό, 2) η αντλία που μετατρέπει τη διαθέσιμη ενέργεια σε ενέργεια του ρευστού, 3) βαλβίδες για τον έλεγχο της πίεσης, της ροής και κατευθύνσεως του υπό πίεση ρευστού και 4) ένας ή οι περισσότεροι υδραυλικοί κύλινδροι για μετατροπή της ενέργειας του ρευστού σε δύναμη.

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

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα τυπικό υδραυλικό κύκλωμα όπως είναι στους γερανούς με συμβολισμούς των στοιχείων και την επεξήγησή τους. (εικ. 11)

Θέση	Ποσ.	Περιγραφή
1	1	Μονάδα χειρισμού
2	1	Αντλία
3	1	Δεξαμενή υδραυλικού στοιχείου
4	1	Φίλτρο χαμηλής πίεσης
5	1	Περιστροφικό μοτέρ
6	2	1-2 κύλινδρο
7	2	Βαλβίδα φορτίου
8	1	1ος κύλινδρος προέκτασης
9	1	2ος κύλινδρος προέκτασης
10	1	3ος κύλινδρος προέκτασης
11	1	Βαλβίδα προέκτασης κυλίνδρου
12	2	Κύλινδρος σταθεροποιητή
13	2	Βαλβίδα σταθεροποιητή
14	1	Βαλβίδα μέγιστης πίεσης
15	1	βαλβίδα ρύθμισης πίεσης σταθεροποιητών
16	1	Ηλεκτροβαλβίδα
17	1	Βαλβίδα γρήγορης επαναφοράς
18	2	Διακόπτης πίεσης
19	1	Κινητήρας εργάτη
20	1	Φρένο εργάτη
21	1	Βαλβίδα εργάτη
22	2	Ράουλα
23	1	Αριστερός κύλινδρος προέκτασης σταθεροποιητή
24	1	Δεξιός κύλινδρος προέκτασης σταθεροποιητή
25	1	Βαλβίδα περιστροφής
26	1	Φρένο περιστροφής
27	1	Φίλτρο υψηλής πίεσης
28	2	Μανόμετρο



εικόνα 11 - υδραυλικό κύκλωμα γερανού

Κεφάλαιο 3

Υδραυλικές Αντλίες

Οι υδραυλικές αντλίες είναι κατά κανόνα το σπουδαιότερο στοιχείο του υδραυλικού συστήματος και στις περισσότερες περιπτώσεις το πιο εκλεπτυσμένο και ακριβό. Μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε υδραυλική με τη συμπίεση του ρευστού, χαρακτηρίζεται κυρίως η δυναμική ενέργεια που περικλείει και μεταφέρει το υπό κίνηση ρευστό. Η κινητική ενέργεια του ρευστού είναι πολύ μικρή αφού η ταχύτητες είναι χαμηλές. Το ρευστό λοιπόν δρα σαν μεταφορέας ενέργειας. Οι υδραυλικές αντλίες είναι πάντα αντλίες θετικού κυβισμού, αυτό σημαίνει ότι πάντα παρέχουν ένα προκαθορισμένο ποσό ρευστού ανά περιστροφή ή παλινδρόμηση. Έτσι η παροχή τους αν εξαιρέσουμε τις εσωτερικές διαρροές λόγω της αυτολίπανσης, είναι ανεξάρτητη από την πίεση κατάθλιψης.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των υδραυλικών αντλιών είναι η ικανότητά τους να αναρροφούν κάποιο ποσό ρευστού κατά την αρχική εκκίνηση, χωρίς να απαιτηθεί η πλήρωση του σώματος της αντλίας και του αγωγού αναρρόφησης με ρευστό. Οι υδραυλικές αντλίες είναι συνεπώς αντλίες αυτόματου αναρροφήσεως. Οι υδραυλικές αντλίες είναι δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες, χαρακτηρίζονται με τη μέγιστη πίεση που μπορούν να αποδώσουν σε PSI ή Bar και την παροχή τους σε γραμμάρια ανά στροφή ή κυβικά μέτρα ανά λεπτό m^3/min . Είναι συνηθισμένο επίσης το να εκφράσουμε το μέγεθος μιας αντλίας με το κυβισμό της, ήτοι το ποσό ρευστού που καταθλίβει ανά περιστροφή.

Μια υδραυλική αντλία καταθλίβει θεωρητικά το ποσό ρευστού σε όλες τις φάσεις λειτουργίας της. Ωστόσο στη πραγματικότητα, η παροχή αντλίας περιορίζεται λόγω των εσωτερικών της διαρροών. Η πραγματική παροχή της αντλίας δεν είναι ένα μέγεθος απόλυτα σταθερό, αλλά μεταβάλλεται κατά τη λειτουργία της αντλίας. Ονομάζουμε βαθμό ανομοιομορφία μιας αντλίας του συντελεστή που χαρακτηρίζει τη διαφορά της μέγιστης πραγματικής παροχής με την ελάχιστη πραγματική παροχή. Η περιοδική αυτή μεταβολή της παροχής είναι φαινόμενο σημαντικό, αφού δημιουργεί ταλαντώσεις και είναι η κύρια πηγή παραγωγής θορύβου της αντλίας. Όσο μικρότερος είναι ο βαθμός ανομοιομορφίας της αντλίας τόσο χαμηλότερη είναι και η στάθμη θορύβου. Η στάθμη θορύβου μιας αντλίας είναι και ο ποιοτικός δείκτης της αξίας της.

Οι υδραυλικές αντλίες εργάζονται με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης απ' ότι οι γραναζωτές αντλίες και αντλίες κενού, χρησιμοποιούνται σε υψηλής πίεσης εφαρμογές με υδραυλικό υγρό. Υπάρχουν στο εμπόριο διάφοροι τύποι εμβολοφόρων αντλιών οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετική προσέγγιση στο σχεδιασμό συμπεριλαμβανομένου τις αξονικής και ακτινικής διάταξης εμβόλων.

Η πλειοψηφία των εμβολοφόρων αντλιών είναι αξονικής διάταξης στην οποία, διάφοροι κύλινδροι είναι τοποθετημένοι σε μια πλάκα γύρω από τον κεντρικό άξονα με τους κυλίνδρους να βρίσκονται περιμετρικά και παράλληλα του άξονα όπως φαίνεται στην εικόνα 12 η οποία έχει μεταβλητή μετατόπιση. Η δύναμη πίεσης από τα έμβολα μεταφέρεται στο έδρανο του υπό γωνία ταλαντευόμενου δίσκου τα οποία είναι τοποθετημένα πάνω στα πιστόνια με κυρτή σύνδεση. Η περιστροφή της κυλινδρικής πλάκας αναγκάζει τα πιστόνια να ταλαντεύονται στο κύλινδρο από τη δράση του υπό γωνία ταλαντευόμενου δίσκου, το οποίο παρέχει τη μετατροπή της πίεσης του πιστονιού και της ροπής άξονα.

Ο κύλινδρος των εμβόλων είναι συνδεδεμένος με τους συνδέσμους υψηλής και χαμηλής πίεσης με μια πλάκα τύπου βαλβίδας μεταξύ του σώματος των κυλίνδρων και των θυρών σύνδεσης. Μεταβάλλοντας τη κλίση του ταλαντευόμενου δίσκου επιτρέπει την μετατόπιση να αλλάξει σε όλη την ακτίνα από το μηδέν στο μέγιστο. Η γωνιακή θέση του ταλαντευόμενου δίσκου μπορεί να ρυθμιστεί να εναλλάσσει τη κάθε πλευρά της μηδενικής μετατόπισης ώστε η αντιστροφή να παρατηρηθεί.

Η εικόνα 13 μας δείχνει μια κυρτή αξονικής μετατόπισης τύπου αντλία (Rexroth) αξονικής μονάδας πιστονιών όπου τα κυρτά πιστόνια είναι τοποθετημένα στο έδρανο εξόδου. Κατά την περιστροφή του εδράνου δημιουργείται μια περιστροφική κίνηση ολίσθησης στη κεφαλή σύνδεσης, και πιθανόν, μεταξύ του πιστονιού και του κυλίνδρου. Κάθε κύλινδρος είναι συνδεδεμένος επιτυχώς στις υψηλής και χαμηλής πίεσης διόδου με παρόμοια βαλβίδα που χρησιμοποιείται και στις μονάδες με ταλαντευόμενο δίσκο.

Στις μονάδες μεταβλητής μετατόπισης χρησιμοποιείται ένας μηχανισμός για να μεταβάλλει τη κλίση της γωνίας του μπλοκ των κυλίνδρων από το μηδέν στο μέγιστο.

Υπάρχουν δύο τύποι ακτινικών εμβολοφόρων αντλιών, αυτές που το μπλοκ κυλίνδρων περιστρέφει μια σταθερή αξονική βαλβίδα, και αυτές με σταθερό μπλοκ κυλίνδρων στην οποία τα πιστόνια λειτουργούν με την περιστροφή έκκεντρου άξονα.

Πολλές εμβολοφόρες μονάδες σύγχρονου σχεδιασμού λειτουργούν σε πιέσεις μεγαλύτερες των 450bar. Μια ευρέως κλίμακα αντλιών είναι διαθέσιμες στο εμπόριο ισχύς

άνω των 100KW, παρόλο που πολλοί κατασκευαστές παρέχουν μονάδες ισχύος άνω των 300KW ενώ ο συντελεστής απόδοσης έχει παρατηρηθεί ότι υπερβαίνει το 90%. Η τιμή των εμβολοφόρων αντλιών ποικίλει ανά κατασκευαστή αλλά πολλές φορές φτάνουν να κοστίζουν και 10 φορές πιο ακριβά απ' ό τι οι γραναζωτές αντλίες παρόμοιας ισχύς.

Στους γερανούς όμως επί τον πλείστον χρησιμοποιούνται οι υδραυλικές εμβολοφόρες αντλίες αξονικών εμβόλων και οι αντλίες τεθλασμένου αξόνος γιατί αποδίδουν τις πιο υψηλές πιέσεις, είναι μηχανήματα πολύ λεπτών κατεργασιών και υψηλού κόστους. Τα έμβολα κατασκευάζονται από σκληρό νικελιούχο χάλυβα. Οι μηχανουργικές ανοχές είναι μικρότερες από αυτές των άλλων τύπων υδραυλικών αντλιών, κατασκευάζονται για πιέσεις μέχρι 350bar, η παροχή τους κυμαίνεται από 30 έως 100 l/min και στροφές από 700 μέχρι 1500rpm

Εμβολοφόρες αντλίες αξονικών εμβόλων: Υπάρχουν δύο κατηγορίες αντλιών αξονικών εμβόλων. Αυτές όπου τα έμβολα εδράζονται σε μια πλάκα η οποία είναι υπό κλίση προς τον άξονα και εκείνες όπου έχουν τεθλασμένο άξονα. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια αξονική εμβολοφόρα αντλία όπου κατά τη περιστροφή του αξόνος ή υπό γωνία πλάκα κατά τη περιστροφή της παλινδρομεί τα έμβολα τα οποία βρίσκονται παράλληλα στον άξονα, είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους με ένα σφαιρικό σύνδεσμο, και έχουμε κατά αυτό το τρόπο αναρρόφηση υδραυλικού στοιχείου από τη δίοδο παροχής και κατάθλιψη στη δίοδο εξαγωγής μέσω μιας πλάκας η οποία συγκοινωνεί με τους κυλίνδρους και είναι έτσι κατασκευασμένη ώστε να ωθεί του υδραυλικό υγρό που βρίσκεται πλέον υπό πίεση προς την έξοδο.

Εμβολοφόρες αντλίες τεθλασμένου αξόνος: Στις αντλίες αυτές, κατά τη περιστροφή του αξόνος περιστρέφεται και η πλάκα σύνδεσης των εμβόλων, η οποία έχει εξωτερική οδόντωση και μεταφέρει τη περιστροφική κίνηση στο μπλοκ των κυλίνδρων όπου λόγω της κλίσης που υπάρχει μεταξύ τους δημιουργείται και η παλινδρόμηση των εμβόλων. Λόγο της κλίσης που υπάρχει η αντλίες αυτές είναι περισσότερο ανθεκτικές, έχουν σταθερή παροχή και δουλεύουν σε μεγαλύτερες πιέσεις.



εικόνα 12 - αντλία μεταβλητής μετατόπισης



εικόνα 13 - αντλία τύπου Rexroth

3.1 Παράμετροι για την επιλογή αντλίας

Για την επιλογή της κατάλληλης αντλίας σε συγκεκριμένη εφαρμογή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες , μια γενίκευση στη επιλογή της αντλίας δεν είναι εφικτή, αλλά μερικά κύρια χαρακτηριστικά μπορούν να αναγνωριστούν όπως φαίνεται στο πίνακα 2.

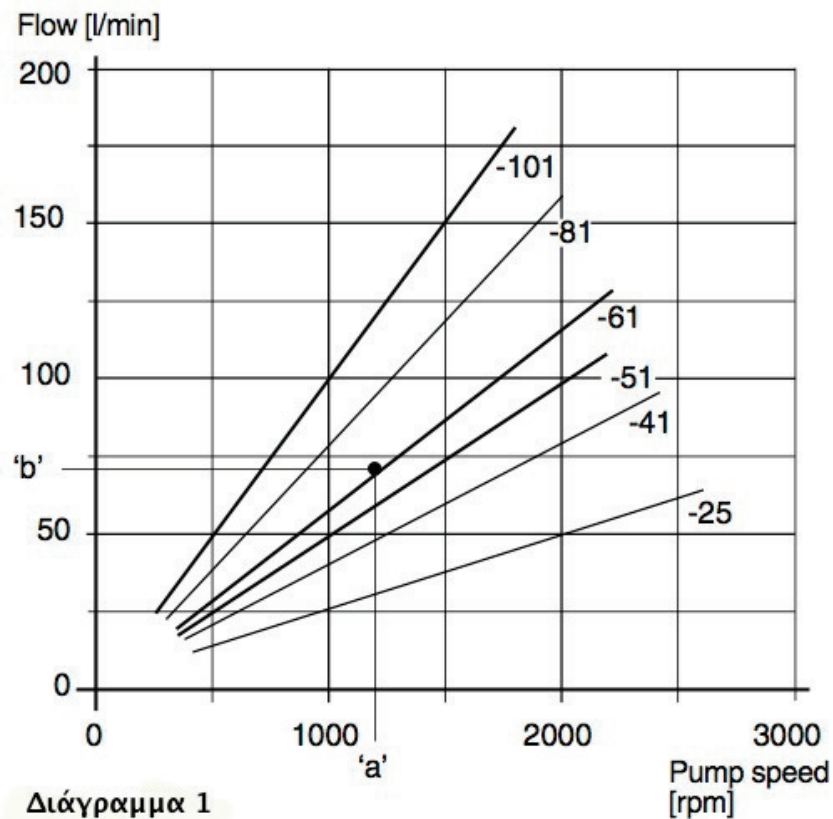
Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει τη ροή της αντλίας σε PTO με συγκεκριμένη σχέση μετάδοσης και στροφές ανά λεπτό της μηχανής.

Γραναζωτές Αντλίες	Εξωτερικού τύπου	Εσωτερικού τύπου	Άλλα χαρακτηριστικά
	<ul style="list-style-type: none"> •Χαμηλό κόστος •Χαμηλή ευαισθησία στις μολύνσεις •Συμπαγής, χαμηλό βάρος •Καλή απόδοση αναρρόφησης •250cm³/rev, 250bar 	<ul style="list-style-type: none"> •Χαμηλή στάθμη θορύβου •Χαμηλή ευαισθησία στις μολύνσεις •250cm³/rev, 250bar 	<ul style="list-style-type: none"> •Χρησιμοποιούνται σε σειρά σε μονάδες με πολλαπλές αντλίες
Αντλίες κενού	Σταθερής Μετατόπισης	Μεταβλητής μετατόπισης	Άλλα χαρακτηριστικά
	<ul style="list-style-type: none"> •Χαμηλή στάθμη θορύβου •Εύκολα επισκευάσιμη •200cm³/rev, 280bar 	<ul style="list-style-type: none"> •Χαμηλή στάθμη θορύβου •Χαμηλό κόστος •Εύκολα επισκευάσιμη •Έλεγχος μετατόπισης •100cm³/rev, 160bar 	<ul style="list-style-type: none"> •Χρησιμοποιούνται σε σειρά σε μονάδες με πολλαπλές αντλίες
Εμβολοφόρες Αντλίες	Σταθερής και Μεταβλητής Μετατόπισης		Άλλα χαρακτηριστικά
	<ul style="list-style-type: none"> •Υψηλή απόδοση •Εύκολα επισκευάσιμη •Μεγάλο εύρος ελέγχου μετατόπισης •1000cm³/rev, 350-400bar 		<ul style="list-style-type: none"> •Ακαριαία πίεση εκκίνησης αντλίας και συγκροτημάτων αντλιών (όχι αντλίες κυρτού αξόνου)

PTO gear ratio	Engine speed [rpm]	Pump flow [l/min]						
		F1-25	F1-41	F1-51	F1-61	T1-81 F1-81	F1-101	T1 121
1:0.8	800	16	26	33	38	52	66	76
	900	18	29	37	43	59	74	85
	1000	20	33	41	48	65	82	95
	1100	23	36	45	52	72	91	104
	1200	25	39	49	57	78	99	114
1:1.0	800	20	33	41	48	65	82	95
	900	23	37	46	54	73	93	107
	1000	26	41	51	60	82	103	119
	1100	28	45	56	65	90	113	130
	1200	31	49	61	71	98	123	142
1.1.25	800	26	41	51	60	82	103	119
	900	29	46	57	67	92	116	133
	1000	32	51	64	74	102	129	148
	1100	35	56	70	82	111	141	163
	1200	38	61	77	89	122	154	178
1:1.5	800	31	49	61	71	98	123	142
	900	35	55	69	80	110	139	160
	1000	38	61	77	90	122	154	178
	1100	42	67	84	98	135	170	196
	1200	46	74	92	107	147	185	213

3.2 Επιλογή αντλίας και αγωγών

Η κατάλληλη αντλία για χρήση σε φορτηγό με γερανό, θα χρησιμοποιήσουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά όπως μας τα δίνει η εταιρία Parker τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε και ως παράδειγμα, μπορεί να επιλεγθεί όπως φαίνεται παρακάτω στο διάγραμμα 1 :

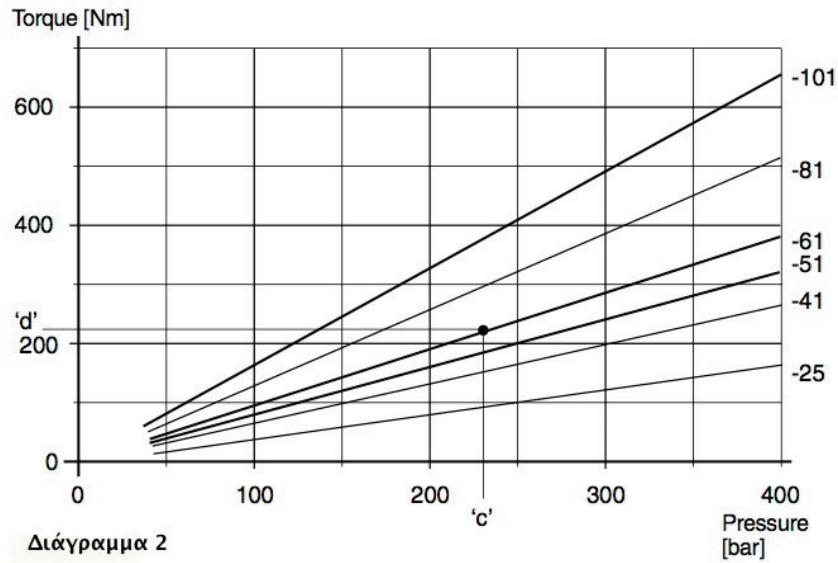


3.3 Κατάσταση λειτουργίας

Οι γερανοί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή χρειάζεται για να λειτουργήσει:

3.3.1 Καθορισμός ταχύτητας αντλίας

Σαν παράδειγμα θα χρησιμοποιήσουμε ένα PTO με σχέση μετάδοσης 1:1.54
Οπότε η ταχύτητα της αντλίας θα είναι : $800\text{rpm} * 1.54 \approx 1200\text{rpm}$



3.3.2 Επιλογή αντλίας

Χρησιμοποιούμε το διάγραμμα 1 για να δούμε πια αντλία έχει παροχή 60-80 l/min στις 1200rpm.

Ακολουθούμε τη γραμμή “a” (1200rpm) έως ότου συναντηθεί με τη γραμμή “b” (70 l/min). Στο σημείο που τέμνονται οι δύο γραμμές έχουμε τον κατάλληλο τύπο αντλίας για την εφαρμογή μας.

3.3.3 Απαιτούμενη ροπή εισαγωγής

Αφού βρούμε την κατάλληλη αντλία πρέπει να σιγουρευτούμε ότι το PTO και το κιβώτιο ταχυτήτων αντέχουν τη ροπή της αντλίας. Ακολουθούμε τη γραμμή “c” (230bar) έως ότου συναντηθεί με τη γραμμή -61 (η επιλεγμένη αντλία). Στο σημείο “d” διαβάζουμε ότι η αντλία χρειάζεται 220 Nm.

Ποσοστό Ροής [l/min]	Ταχύτητα ροής (m/s) σε συγκεκριμένο μέγεθος αγωγού (mm/inches)						
	19 / 3/4"	25 / 1"	32 / 1 1/4"	38 / 1 1/2"	51 / 2"	64 / 2 1/2"	75 / 3"
25	1,5	0,8	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1
50	2,9	1,7	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2
75	4,4	2,5	1,6	1,1	0,6	0,4	0,3
100	5,9	3,4	2,1	1,5	0,8	0,5	0,4
150	8,8	5,1	3,1	2,2	1,3	0,8	0,5
200	-	-	4,1	2,9	1,6	1,1	0,7
250	-	-	5,3	3,7	2,1	1,3	0,9

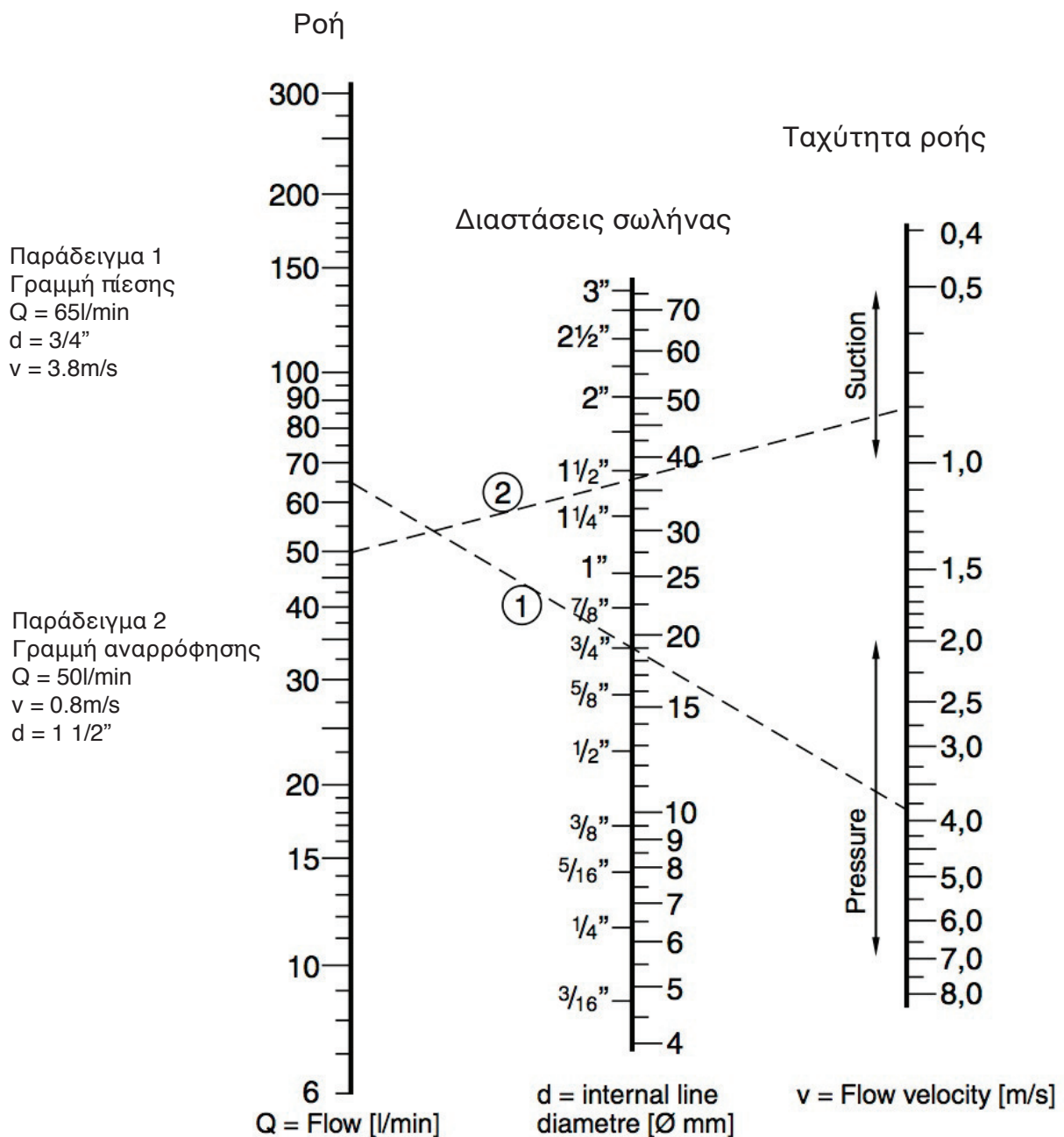
Γραμμή εξαγωγής (πίεσης)

Πίνακας 1

Γραμμή εισαγωγής (αναρρόφηση)

Χρυσός κανόνας : επιλέγουμε την υψηλότερη σχέση μετάδοσης PTO με το μικρότερο μέγεθος αντλίας που προτείνει ο κατασκευαστής χωρίς να υπερβούμε τη ταχύτητα περιστροφής της αντλίας, πίεσης, και περιορισμούς ισχύς.

ΝΟΜΟΓΡΑΜΜΑ



3.3 Επιλογή αγωγών (όλες τις αντλίες)

Για να επιτύχουμε επαρκή πίεση εισαγωγής (αναρρόφηση) στην αντλία, χαμηλή στάθμη θορύβου και χαμηλή παραγωγή θερμότητας, οι ταχύτητες ροής φαίνονται στον πίνακα 2 και δεν πρέπει να ξεπεραστούν.

Από τον πίνακα 1, επιλέγουμε τη χαμηλότερη διάμετρο σωλήνα η οποία συναντά τη προτεινόμενη ταχύτητα ροής, παράδειγμα:

Σε παροχή 100l/min, 50mm σωλήνα αναρρόφησης και 25mm πίεσης είναι απαραίτητα.

Να σημειώσουμε ότι μακριές γραμμές σωληνώσεων αναρρόφησης, χαμηλή πίεση εισαγωγής (που προκαλείται π.χ. από τη τοποθέτηση της δεξαμενής υδραυλικού υγρού σε χαμηλότερο σημείο από την αντλία) και/ή χαμηλές θερμοκρασίες ίσως να απαιτούν μεγαλύτερης διαμέτρου σωληνώσεις.

Εναλλακτικά, η ταχύτητα της αντλίας θα πρέπει να μειωθεί ώστε να αποφευχθεί το φαινόμενο της σπηλαιώσης (το οποίο προκαλεί θόρυβο, επιδείνωση απόδοσης και φθορά αντλίας).

3.4 Υδραυλικοί Κινητήρες

Οι υδραυλικοί κινητήρες είναι 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 υπο πίεση το οποίο τους αναγκάζει να περιστρέφονται και να αποδίδουν ροπή στρέψεως στον άξονά τους. Σπάνια όμως οι υδραυλικοί κινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αντλίες και αντίστροφα. Οι περισσότεροι υδραυλικοί κινητήρες έχουν δυνατότητα περιστροφής και προς τις δύο κατευθύνσεις ενώ οι αποστραγγίσεις τους είναι εξωτερικές.

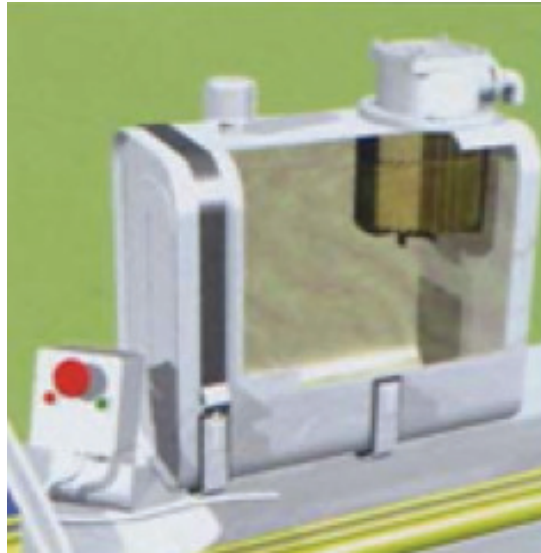
Οι υδραυλικοί κινητήρες χαρακτηρίζονται σύμφωνα με τον κυβισμό τους (παροχή σε cm^3/rev), την ικανότητα για απόδοση ροπής στρέψης και τη μέγιστη πίεση στην οποία μπορούν να λειτουργήσουν. Χαρακτηρίζονται επίσης ως βραδύστροφη και ως πολύστροφοι. Πολύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται στη περιοχή των 3000rpm έως

6000rpm, μπορεί να είναι οδοντωτοί, πτερυγιοφόροι ή εμβολοφόροι. Ως βραδύστροφοι χαρακτηρίζονται αυτοί που περιστρέφονται από κλάσμα της στροφής ανά λεπτό έως και 400rpm. Σε ορισμένες ειδικές εφαρμογές κατασκευάζονται κινητήρες πολύ υψηλών στροφών π.χ. για αεροπορικές εφαρμογές υπάρχουν κινητήρες ικανότητας 10000rpm.

Κεφάλαιο 4

Δεξαμενή

Η δεξαμενή δεν είναι μόνο ένας χώρος αποθήκευσης του υδραυλικού ρευστού. Είναι ένας χώρος όπου το ρευστό ψύχεται και όπου ξένα σωματίδια και ρύποι είναι δυνατόν να απομακρυνθούν. Η δεξαμενή επίσης αποτελεί ένα χώρο συστολής και διαστολής της μάζας του ρευστού (εικόνα 14).



εικόνα 14 - δεξαμενή

4.1 Κατασκευή

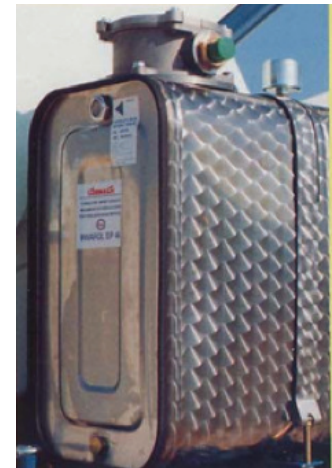
Πολλοί κανόνες πρέπει να ληφθούν υπόψη στη διάρκεια της μελέτης για την κατασκευή μιας δεξαμενής. Οι λαμαρίνες πρέπει να είναι χαλύβδινες καλής ποιότητας και χωρίς οξειδώσεις. Μετά τη συγκόλλησή της θα πρέπει να καθαριστεί με αμμοβολή, να πλυθεί και να στεγνώσει καλά για να απομακρυνθούν οι ακαθαρσίες κατά τη συγκόλλησή της. Έπειτα, τα τοιχώματα της δεξαμενής θα πρέπει να βαφτούν με ειδικό υλικό κατάλληλο για υγρά το οποίο θα προστατεύει τη δεξαμενή από διάβρωση δεξαμενή πρέπει να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να επιτρέπει εργασίες συντήρησης.

Το πάτωμα της πρέπει να έχει μια κλίση έως 6% και στο κατώτατο σημείο να είναι τοποθετημένο το πώμα απορροής ώστε να μπορούν εύκολα να απομακρυνθούν με σκοπό να αποκαλύψουν το εσωτερικό της δεξαμενής για καθαρισμό και συντήρηση.

Μια σωστά κατασκευασμένη δεξαμενή θα πρέπει να μπορεί να απομακρύνει τη θερμότητα από το υδραυλικό υγρό, διαχωρισμό του αέρα από το λάδι και απομάκρυνση των σωματιδίων που τυχόν υπάρχουν στο κύκλωμα.

4.1.1 Σχήμα

Η παρακάτω εικόνα 15 μας δείχνει το συνήθη τύπο δεξαμενής που χρησιμοποιούνται στους υδραυλικούς γεραμούς. Θα πρέπει να είναι ψηλή και στενή παρά χαμηλή και φαρδιά. Η στάθμη λαδιού θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο ψηλά γίνεται στο ανώτατο σημείο της δεξαμενής. Κατ'αυτό το τρόπο αποφεύγεται το κενό στο δίκτυο όπου μπορεί να δημιουργηθεί δίνη αέρος ή δίνη ύδατος, το οποίο σημαίνει ότι από το δίκτυο κάπου εισέρχεται αέρας. Αερομένο υδραυλικό υγρό δεν μεταδίδει σωστά την ενέργεια επειδή αέρας σε μορφή φυσαλίδων υπάρχει στο λάδι. Επίσης έχει τη τάση να χαλάει και να χάνει τη λιπαντική του ιδιότητα.



εικόνα 15 - γαλβανισμένη δεξαμενή

4.1.2 Μέγεθος

Το μέγεθος της δεξαμενής ποικίλει και δημιουργεί πάντα συζητήσεις. Μια μεγάλη δεξαμενή είναι φυσικά επιθυμητή για την ψύξη και διαχωρισμό των ρύπων, παρόλα αυτά, η δεξαμενή θα πρέπει να έχει χωρητικότητα τόση όση κατά την επιμήκυνση όλων των υδραυλικών κυλίνδρων να υπάρχει αρκετό υδραυλικό υγρό στη δεξαμενή ώστε να υπάρχει απόθεμα λαδιού. Επίσης θα πρέπει να είναι ψηλή έτσι ώστε να αποφευχθεί η δίνη που μπορεί να δημιουργηθεί κατά την αναρρόφηση. Η δεξαμενή θα πρέπει να έχει επαρκή χώρο ώστε να αποθηκεύει όλο το υδραυλικό υγρό όταν οι υδραυλικοί κύλινδροι βρίσκονται σε πλήρη συστολή, καθώς και να αφήνει χώρο για διαστολή του υδραυλικού υγρού όταν είναι ζεστό.

Μια κοινή σε μέγεθος δεξαμενή, σε μεταφερόμενο μηχανήμα όπως είναι οι γερανοί, έχει 80 με 120 λίτρα χωρητικότητα. Μεγάλης διαμέτρου δεξαμενές είναι επιθυμητές για την ψύξη του λαδιού. Η μεγάλη επιφάνεια έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα ο οποίος βοηθά στην ψύξη του λαδιού.

4.1.3 Τοποθέτηση

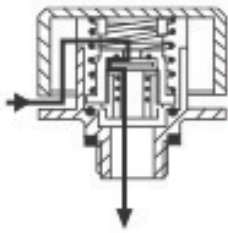
Τα περισσότερα φορητά μηχανήματα έχουν την δεξαμενή τους πάνω από την αντλία, αυτό δημιουργεί μια κατάσταση πλήρωσης της αντλίας. αυτή η κατάσταση μειώνει τη πιθανότητα δημιουργίας σπηλαιώσης, κατάσταση όπου όλος ο διαθέσιμος χώρος δεν έχει γεμίσει και συχνά τα μεταλλικά μέρη διαβρώνονται. Η πλήρωση της εισόδου μειώνει τη τάση για δημιουργία δίνης αέρος κατά την αναρρόφηση στον αγωγό.

Η θέση που θα τοποθετηθεί η δεξαμενή επηρεάζει την αποβολή θερμότητας. Ιδανικά, όλες οι πλευρές της δεξαμενής πρέπει να είναι εκτεθειμένες στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η θερμότητα μεταφέρεται από το ζεστό στο κρύο, η μετάδοση θερμότητας είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας. Οι δεξαμενές οι οποίες είναι τοποθετημένες στο μπροστινό μέρος των μηχανημάτων είναι πιο αποτελεσματικά στη μετάδοση θερμότητας

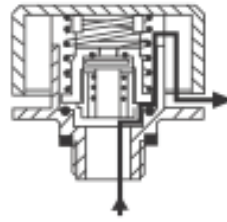
4.1.4 Εξαερισμός και εξισορρόπηση πίεσης

Οι περισσότερες δεξαμενές επικοινωνούν με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ένας αναπνευστήρας, ο οποίος βρίσκεται στο επάνω μέρος της δεξαμενής, επιτρέπει την επικοινωνία με τον αέρα με σκοπό η πίεση να διατηρείται σταθερή στην επιφάνεια του υγρού και ίση με την ατμοσφαιρική. Ο αναπνευστήρας διαθέτει ένα φίλτρο για την αποφυγή εισόδου σωματιδίων στο υγρό. Σε περιπτώσεις που η δεξαμενή βρίσκεται υπό πίεση, αντί του αναπνευστήρα υπάρχει μια ειδική βαλβίδα αέρος η οποία κανονίζει τη πίεσή της στα επιθυμητά όρια.

Απαραίτητος είναι ο δείκτης στάθμης του υγρού και το θερμομέτρο. Το θερμομέτρο που συχνά λείπει από τη δεξαμενή μας πληροφορεί για επικίνδυνες υπερθερμάνσεις που μπορούν να δημιουργήσουν σοβαρά προβλήματα στο κύκλωμα εργασίας, ενώ ο δείκτης στάθμης μας πληροφορεί για χαμηλή στάθμη του υδραυλικού υγρού.



Εισαγωγή αέρα στο δοχείο μέσω διακόπτη κενού αέρος όταν έχουμε πτώση πίεσης.



Εξαέρωση στην ατμόσφαιρα μέσω βαλβίδας ανακούφισης διατηρώντας πίεση ροής στο 5 - 10 psi.

εικόνα 16 - εξαερισμός δεξαμενής

Στο πυθμένα της δεξαμενής είναι τοποθετημένος ο αγωγός αναρρόφησης υγρού από την αντλία, και στο άνω σημείο της δεξαμενής υπάρχει ένας αγωγός για την επιστροφή του λαδιού στη δεξαμενή οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με φλάντζα ή συγκολλημένους συνδέσμους. Συνήθως σύνδεσμοι αποφεύγονται γιατί κατά τη συγκόλληση διαστέλλονται. Ο αγωγός αναρρόφησης διαθέτει ένα φίλτρο το οποίο δεν επιτρέπει την είσοδο σωματιδίων στην αντλία, επίσης ο αγωγός επιστροφής βρίσκεται στο φίλτρο εισαγωγής της δεξαμενής ώστε το υδραυλικό υγρό να φιλτραριστεί πριν επιστρέψει στη δεξαμενή.

Ένα διάφραγμα εκτείνεται κατά μήκος της δεξαμενής. Καλύπτει συνήθως τα 2/3 του ύψους του υγρού και ο σκοπός του είναι να διαχωρίζει τη περιοχή αναρρόφησης της αντλίας από τη περιοχή επιστροφής. Ο διαχωρισμός αυτός υποχρεώνει το υγρό να κυκλοφορήσει εφαπτόμενο στις παράπλευρες επιφάνειες της δεξαμενής. Με τη διάταξη αυτή, ξένα σωματίδια και αέρας είναι δύσκολο να αναρροφηθούν πάλι από την αντλία.

4.1.5 Συντήρηση

Η συντήρηση της δεξαμενής περιλαμβάνει αποστράγγιση και καθαρισμό. Στο κάτω μέρος της δεξαμενής υπάρχει μια τάπα την οποία όταν την αφαιρέσουμε αδειάζει η δεξαμενή και έτσι μας επιτρέπει την εργασία για συντήρηση.

4.1.6 Εργασία δεξαμενής

Ο χρόνος ανάπαυσης του υδραυλικού υγρού, όταν αυτό επιστρέψει στην δεξαμενή, εξασφαλίζει τη καθίζηση, την απογαλακτοποίηση και τη θερμική εναλλαγή με το εξωτερικό περιβάλλον. Ο χρόνος ανάπαυσης είναι εκείνος ο απαραίτητος χρόνος σ'ένα όγκο λαδιού

από τη στιγμή που επιστρέφει από τη γραμμή επιστροφής μέχρι τη στιγμή που θα εισέλθει στο σωλήνα της αναρρόφησης.

Μια δεξαμενή λοιπόν που έχει κατασκευασθεί για μια χωρητικότητα λαδιού μικρότερη από αυτή που συνίσταται, μας δίνει ένα ανεπαρκή χρόνο ανάπαυσης μέσα στη δεξαμενή.

•*Καθίζηση*: Είναι ο διαχωρισμός των ξένων σωματιδίων που αναμίχθηκαν με το λάδι κατά τη διάρκεια που αυτό κυκλοφορούσε μέσα στο κύκλωμα. Με αυτό το διαχωρισμό δημιουργείται το κατακάθι στον πυθμένα της δεξαμενής.

•*Απογαλακτοποίηση*: Είναι ο διαχωρισμός του λαδιού από το νερό που συσσωρεύτηκε από τη συμπύκνωση μέσα στη δεξαμενή. Ένα υδραυλικό λάδι πρέπει να έχει μια καλή ιδιότητα απογαλακτοποίησης. Η διαφορά στη πυκνότητα του νερού και του λαδιού μας επιτρέπει να ανακτήσουμε το νερό της συμπύκνωσης και το πόμα αδειάσματος που βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της δεξαμενής.

•*Θερμική εναλλαγή*: Η ποσότητα της θερμότητας που εναλλάσσεται μεταξύ του λαδιού και του αέρα του περιβάλλοντος εξαρτάται από το χρόνο, και η διαφορά θερμοκρασίας που έχουμε στο τέλος της ανάπαυσης είναι ανάλογη με τη χωρητικότητα της δεξαμενής.

•*Εναλλαγή της θερμότητας*: Η ψύξη του υδραυλικού υγρού γίνεται με την εναλλαγή της θερμότητας μέσα από τα τοιχώματα της δεξαμενής. Στις περισσότερες περιπτώσεις η δεξαμενή που περιέχει ένα όγκο λαδιού ίσο με το τριπλάσιο της παροχής της αντλίας είναι αρκετή για να έχουμε τη ζητούμενη ψύξη.

Μια δεξαμενή περιλαμβάνει και τα εξής στοιχεία:

4.1.7 Δείκτης στάθμης λαδιού

Η στάθμη της δεξαμενής πρέπει να βρίσκεται μεταξύ δύο δεδομένων τιμών που είναι η μέγιστη και η ελάχιστη στάθμη. Η στάθμη του λαδιού μπορεί να κυμανθεί υπερβολικά, στην περίπτωση απωλειών που δεν ανακτώνται ή στη περίπτωση εγκαταστάσεων με υδραυλικούς συσσωρευτές ή υδραυλικούς κυλίνδρους απλής ενεργείας, με μεγάλο κυβισμό, όπου αυτά τα όργανα δημιουργούν σοβαρές διακυμάνσεις μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης στάθμης.

Επίσης πρέπει να αποφεύγεται το ξεχείλισμα της δεξαμενής ή οι πολύ χαμηλές στάθμες, που δημιουργούν το φαινόμενο της σπηλαιώσης της αντλίας. Η ελάχιστη στάθμη που συνίσταται βρίσκεται σε απόσταση 10εκ. τουλάχιστον πιο πάνω από την αναρρόφηση.

4.1.8 Πώμα πλήρωσης

Είναι τοποθετημένο στο άνω μέρος της δεξαμενής. Στο εσωτερικό του υπάρχει ένα φίλτρο το οποίο φιλτράρει το λάδι από τυχόν σωματίδια πριν εισέλθει στη δεξαμενή κατά τη διάρκεια της πλήρωσης.



εικόνα 18 - πώμα πλήρωσης

4.1.9 Σωλήνωση επιστροφών

Η σωλήνωση αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη γιατί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της αντλίας στέλνει το λάδι μέσω μαρκουτσιού στο χειριστήριο και μέσω της κίνησης του χειριστηρίου έχουμε το απαιτούμενο έργο (λ.χ. την ανύψωση ενός φορτίου). Σε περίπτωση όμως που δεν πραγματοποιούμε κάποια κίνηση στο χειριστήριο, λόγω της υψηλής πίεσης που θα υπήρχε στο σύστημά μας, έχουμε μία γραμμή επιστροφών από το χειριστήριο προς τη δεξαμενή έτσι ώστε το υδραυλικό υγρό που κυκλοφορεί στο σύστημα να επιστρέφει στη δεξαμενή χωρίς να προκαλέσει ζημιά.

Κεφάλαιο 5

Ψυγείο λαδιού

Δεν υπάρχει σύστημα με βαθμό απόδοσης τέτοιο που με τη λειτουργία του να μην παράγει θερμότητα στο υδραυλικό ρευστό, με αποτέλεσμα τη θέρμανση του. Οι βαλβίδες ασφαλείας, οι εσωτερικές διαρροές και το περιβάλλον είναι συνήθως οι κύριες πηγές θέρμανσης.

Σε πολλά συστήματα είναι αναγκαία η εγκατάσταση ενός ψυγείου λαδιού (εικόνα 19) διαφορετικά η λειτουργία του είναι αδύνατη. Πράγματι, σε θερμοκρασίες λαδιού άνω των 55°C έχουν σαν αποτέλεσμα τη σπηλαιώση της αντλίας, την καταστροφή των στεγανωτικών δακτυλίων και μεταβολή των χαρακτηριστικών λειτουργίας του συστήματος.

Υπάρχουν ψυγεία αέρος και ψυγεία νερού. Ένα ψυγείο αέρος, όπως φαίνεται και στην εικόνα 19, χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις πολύ υψηλών θερμοκρασιών, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες και είναι μια κατασκευή σωλήνων και πτερυγίων παρόμοια με το ψυγείο αυτοκινήτου. Τα πτερύγια είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο ή από μέταλλο που αποβάλλει εύκολα τη θερμότητα. Ένας ανεμιστήρας προξενεί αναγκαστική κυκλοφορία αέρα για να αυξήσει το ρυθμό απαγωγής της θερμότητας.

Τοποθετείται σε σημείο του γερανού που δεν παρεμποδίζεται η κυκλοφορία του αέρα και παρεμβαίνει στη γραμμή επιστροφών, δηλαδή ψύχει το υδραυλικό υγρό πριν επιστρέψει στη δεξαμενή.

Ψυγεία νερού αποφεύγονται στους γερανούς επειδή απαιτούν ξεχωριστή δεξαμενή η οποία θα αποθηκεύει το νερό που θα κυκλοφορεί στο ψυγείο και αυξάνουν το κόστος.

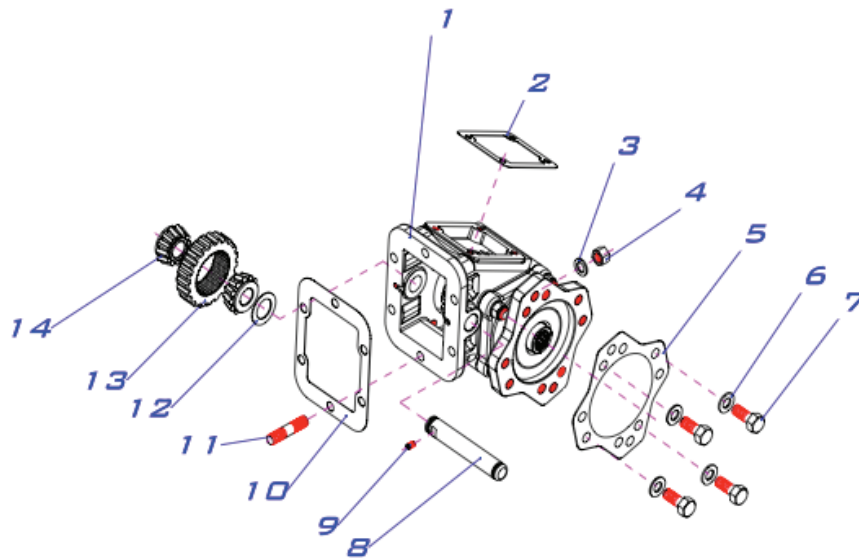


εικόνα 19 - ψυγείο λαδιού

Κεφάλαιο 6

Δυναμολήπτες (PTO)

Οι δυναμολήπτες (PTO) και οι υδραυλικές αντλίες, αποτελούν μια συνισταμένη η οποία, προστιθέμενη στο κιβώτιο ταχυτήτων του οχήματος, μεταβιβάζει τη δύναμη, για τις βοηθητικές βιομηχανικές εφαρμογές, στις γενικές χρήσεις του οχήματος.



εικόνα 20 - δυναμολήπτης

Οι πιο σημαντικές εφαρμογές είναι οι παρακάτω : κάδοι εκσκαπτικών μηχανημάτων, ανυψωτικά μηχανήματα, συστήματα καθαρισμού, άροτρα, αεροσυμπιεστές, ηλεκτρογεννήτριες κλπ.

1	Δυναμολήπτης	8	Βίδα
2	Φλάντζα	9	Καρφί DIN 931
3	Ροδέλα DIN 125	10	Φλάντζα
4	Παξιμάδι	11	Καρφί L=50mm
5	Φλάντζα SAE B	12	Άξονας
6	Ροδέλα DIN 125	13	Άνω γρανάζι
7	Βίδα	14	Κωνικό γρανάζι

Κεφάλαιο 7

Φίλτρα

Η καθαριότητα του υδραυλικού λαδιού έχει μεγάλη σπουδαιότητα για τη διάρκεια της ζωής των υδραυλικών αντλιών και βαλβίδων. Ξένα σωματίδια που μπορούν να είναι τόσο ελάχιστα όσο οι διάμετροι τους να είναι από 2 έως 25 μικρά, έχουν καταστρεπτικά αποτελέσματα στην αντλία, στις βαλβίδες και επιταχύνουν την καταστροφή των υδραυλικών ορυκτελαίων. Η ρύποι προέρχονται από την αρχική ρύπανση και από τη συστηματική ρύπανση προερχόμενη από τη λειτουργία.

Η αρχική ρύπανση οφείλεται σε πολλούς παράγοντες: πλήρωση της δεξαμενής με ακάθαρτο υγρό, τυχαία είσοδος ρύπων από τον περιβάλλοντα χώρο κατά τη διάρκεια πλήρωσης, ύπαρξη σκουριάς, οξειδίων ή κατάλοιπων κατεργασίας, μικρά μεταλλικά τεμάχια προερχόμενα από την συγκόλληση, μικρά νήματα κ.λ.π.

Η συστηματική ρύπανση δημιουργείται από την εισαγωγή ατμοσφαιρικών ρύπων στη δεξαμενή, από την οξείδωση των σωληνώσεων της δεξαμενής ή άλλων εξαρτημάτων λόγω συμπτκνωμάτων νερού, από τη διάβρωση των εξαρτημάτων εξαιτίας κινήσεως του υγρού σε μεγάλες ταχύτητες (βαλβίδες, ακροφύσια, έμβολα κ.λ.π), από τη μηχανική φθορά τμημάτων με σχετική κίνηση, από το σχηματισμό κολλωδών υποπροϊόντων στο υγρό εξαιτίας οξειδώσεων.

Η ρύπανση μπορεί να προκαλέσει:

- μηχανικό μπλοκάρισμα των μερών που έχουν σχετική κίνηση
- φθορά των συνδεόμενων μερών με αποτέλεσμα την ελάττωση ή απώλεια της στεγάνωσης και αύξησης των απωλειών υγρού
- ελαττωματική λειτουργία ή παύση λειτουργίας των στοιχείων ρυθμίσεως ή ελέγχου του εργαζόμενου μέσου εξαιτίας κλεισίματος των διόδων ή αλλοίωσης της μορφής τους.

Απόλυτη ικανότητα φίλτρου είναι η πιο μεγάλη τιμή σε μm της διαμέτρου σφαιρικών σωματιδίων που μπορούν να περάσουν μέσα από το φίλτρο.

Μέση ικανότητα φίλτρου είναι η τιμή της μέσης διαμέτρου σωματιδίων με την μεγαλύτερη στατιστική συχνότητα.

Ονομαστική ικανότητα φίλτρου είναι η τιμή της διαμέτρου των πιο μικρών σωματιδίων τα οποία το φίλτρο κατορθώνει να συγκρατήσει σε ένα ποσοστό που έχει καθορισθεί στο 98% των σωματιδίων.

Είναι φανερό ότι η πιο κατάλληλη διάταξη καθαρισμού (ιδανικό φίλτρο) σε μια εγκατάσταση πρέπει να έχει μια μέση ικανότητα φιλτραρίσματος που να είναι μικρότερη ή ίση με τις διαστάσεις των σωματιδίων που έχουν κρίσιμη διάσταση.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται οι ενδεικτικές τιμές μέσης και απόλυτης ικανότητας φιλτραρίσματος φίλτρων του εμπορίου.

Στοιχεία Φίλτρου	Ικανότητα Φιλτραρίσματος (μm)	
	Μέση	Απόλυτη
Πλέγμα με 100 πόρους / cm^2	140	220
Πλέγμα με 200 πόρους / cm^2	75	105
Στοιχείο φίλτρου από ύφανση	17	25
Χαρτί εμποτισμένο με εποξειδικές ρητίνες	18	30
Ύφανση με πολλά στρώματα κυτταρίνης εμποτισμένο με εποξειδικές ρητίνες	2	10
Στρώματα από πολύ λεπτές ίνες ανόργανου υλικού	1	3

Πίνακας 18

Η καθαριότητα του λαδιού εξασφαλίζεται με φίλτρα. Τα φίλτρα τα χωρίζουμε σε τρεις μεγάλες κατηγορίες.

7.1 Φίλτρα εισαγωγής

Είναι μηχανικά φίλτρα (σήτες) αναρρόφησις που αποτελούνται από ένα συρμάτινο πλέγμα. Έχουν συνήθως ικανότητα συγκράτησης 100 έως 150 μικρά. Δεν αποσκοπούν στον τελικό καθαρισμό του λαδιού, αλλά κυρίως στη προστασία της αντλίας από σχετικά μεγάλα ξένα σώματα. Τοποθετούνται πάντα στην εισαγωγή της αντλίας και πάντα μέσα στο λάδι της δεξαμενής.



εικόνα 21 - φίλτρα εισαγωγής

7.1.1 Απορροφητικά φίλτρα ή φίλτρα επιστροφών

Αποτελούνται από πορώδη υλικά (βαμβάκι, χαρτί, ύφασμα κ.λ.π.) και κατακρατούν με μηχανική απορρόφηση τόσο τις διάφορες ξένες ύλες όσο και τις διάφορες αδιάλυτες ενώσεις. Δεν κατακρατούν όμως τα διάφορα διαλύματα λαδιού. Τοποθετούνται στην επιστροφή των συστημάτων πριν την ελαιοδεξαμενή.

Έχουν ικανότητα συγκράτησης 10-40 μικρά. Δεν επιτρέπεται η εγκατάστασή τους στην εισαγωγή γιατί δημιουργεί τόση πτώση πίεσης, ώστε μπορεί να καταστρέψει την αντλία (φαινόμενο σπηλαιώσεως).

Στο σώμα τους είναι τοποθετημένη μια ανεπίστροφη βαλβίδα, BY-PASS, που έχει σκοπό, εάν το φίλτρο φράξει, να επιτρέψει στο λάδι να επιστρέψει στη δεξαμενή χωρίς μεγάλα προβλήματα, έστω και δίχως καθαρισμό.



εικόνα 22 - φίλτρο επιστροφών

7.1.2 Φιλτράρισμα σε γραμμή πίεσης

Τα φίλτρα της μεθόδου αυτής παρεμβάλλονται συνήθως μεταξύ της αντλίας και του υπόλοιπου κυκλώματος. Αυτή η τοποθέτηση του φίλτρου προφυλάσσει ευαίσθητες βαλβίδες από τη μόλυνση του λαδιού που προέρχεται από τη βαθμιαία φθορά της αντλίας.

Ο τρόπος αυτός φιλτραρίσματος έχει το πλεονέκτημα ότι λόγω των επιτρεπόμενων μεγαλύτερων διαφορών πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν φίλτρα πολύ μικρότερου μεγέθους, ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται πολύ καλό φιλτράρισμα (3μικρά απόλυτο).

Μειονέκτημά τους είναι ότι λόγω των υψηλών πιέσεων που καμία φορά υπερβαίνουν τα 350bar απαιτείται η ισχυρή κατασκευή του φίλτρου με υψηλό κόστος. Εκλέγοντας ένα τέτοιο φίλτρο θα πρέπει να βεβαιωθούμε ότι όχι μόνο η πτώση της πίεσης κατά μήκος του φίλτρου μπορεί να επιβαρύνει ακίνδυνα το υπόλοιπο υδραυλικό κύκλωμα, αλλά πρέπει η απόδοση και η ανθεκτικότητα του φίλτρου να είναι αποδεδειγμένες.

Τελευταία έχει παρουσιαστεί στην αγορά η σειρά BETAFLOW της UCC η οποία αφενός έχει χαμηλή πτώση πίεσης, σε σχέση με την εισερχόμενη ποσότητα λαδιού - ενώ ταυτόχρονα το μέγεθος του φίλτρου είναι μικρό - και αφετέρου έχει αποδεδειγμένη καλή απόδοση και ανθεκτικότητα.

Η “κεφαλή” των φίλτρων αυτών είναι κατασκευασμένη από ένα ειδικό υψηλής αντοχής γραφίτουχο χυτοσίδηρο ενώ το “ποτήρι” είναι από μαλακό χάλυβα. Στην περίπτωση αυτής της σειράς, έχει επιτευχθεί ένα υψηλό επίπεδο απόδοσης και αξιοπιστίας με τη βοήθεια χρήσης H/Y και με εξαντλητικές δοκιμές όπου τα φίλτρα αυτά έχουν καταπονηθεί με ένα εκατομμύριο κύκλους πίεσης από 0 έως 350 bar που είναι πίεση λειτουργίας του φίλτρου.

Οι ικανότητες των φίλτρων που χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα είναι σχεδόν πάντα μετρημένες με την απόλυτη κλίμακα. Στα περισσότερα φίλτρα όλη η διαθέσιμη ροή περνά μέσα από το στοιχείο καθαρισμού. Γενική είναι η τάση κατά την τελευταία δεκαετία να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στα φίλτρα και την καθαριότητα του λαδιού.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις συνηθίζεται η τοποθέτηση ενός βοηθητικού κυκλώματος, όπου μια αντλία κυκλοφορεί συνεχώς λάδι μέσα από τα φίλτρα, ενώ στο κύριο σύστημα υπάρχουν φίλτρα προστασίας. Μια άλλη διάταξη που κερδίζει έδαφος, είναι το κινητό σύστημα καθαρισμού, που αποτελείται από ένα κύκλωμα ισχυρού φίλτρου 2 έως 5 μικρά. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται σε εργοστάσια όπου υπάρχει αριθμός μηχανημάτων με

ανεξάρτητα υδραυλικά συστήματα. Μεταφέρεται περιοδικώς σε κάθε μηχάνημα, όπου καθορίζεται το λάδι της τοπικής δεξαμενής.

7.2 Σωληνώσεις - Αγωγοί

Οι αγωγοί παίζουν σημαντικό ρόλο σε ένα υδραυλικό σύστημα όσον αφορά το μήκος, το πάχος των τοιχωμάτων, την εσωτερική διάμετρο και την εσωτερική κατάσταση των επιφανειών αυτών. Η ταχύτητα ροής πρέπει να παραμένει στο ελάχιστο και μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο. Η κατασκευή τους είναι από χάλυβα ή ελαστικούς σωλήνες.

Οι προτεινόμενες ταχύτητες είναι οι εξής :

2 εως 5 μέτρα ανά δευτερόλεπτο	Αγωγοί πίεσης
1 έως 1,5 μέτρα ανά δευτερόλεπτο	Αγωγοί επιστρεφόμενων
1 μέτρο	Αγωγοί αναρρόφησης

Απότομη 90° στροφή αποφεύγεται ειδικά στους αγωγούς εισόδου και αναρρόφησης, εάν χρησιμοποιηθούν, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές η διάμετρος από τη θύρα της αντλίας. Οπότε, γωνία αγωγού 25μμ. θα πρέπει να βρίσκεται 250μμ ή περισσότερο από την εισαγωγή.

Επίσης, οι γραμμές επιστροφών από τη μέγιστη εσωτερική διατομή του κυλίνδρου μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη.

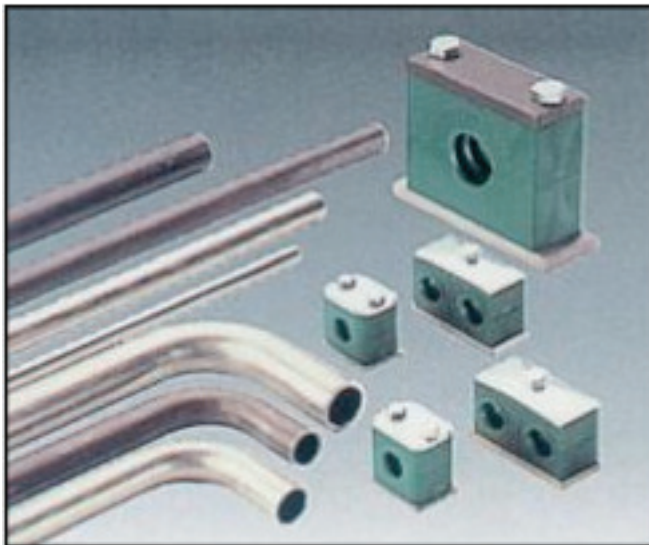
Νομόγραμμα για τη διάμετρο αγωγών σε σχέση με το ποσοστό ροής και προτεινόμενες ταχύτητες.

Βασισμένο στην εξής φόρμουλα:

$$\text{Ταχύτητα του υγρού σε αγωγό (m/s)} = [\text{Ταχύτητα ροής (L/min)} \times 21.22] / d^2$$

όπου d = Εσωτερική διάμετρος αγωγού (mm)

Προτεινόμενες ταχύτητες βασισμένες στο λάδι όπου έχουν μέγιστο βαθμό ιξώδες 70cSt στους 40°C και λειτουργία από 18°C έως 70°C.



εικόνα 23 - αγωγοί και ελαστικοί σωλήνες

Κεφάλαιο 8

Τριβές σε Σωλήνες και Εξαρτήματα

Ένα ρευστό δεν είναι παρά ένα σύνολο μορίων, τα οποία αφενός κινούνται (έχουν κινητική ενέργεια) και αφετέρου αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με μια δύναμη, η οποία εξαρτάται από τη μεταξύ τους απόσταση (έχουν δυναμική ενέργεια). Κατά αρχή το πρόβλημα της κίνησης του ρευστού θα μπορούσε να αντιμετωπισθεί σαν ένα κλασσικό πρόβλημα της μηχανικής: αυτό της ταυτόχρονης κίνησης και αλληλεπίδρασης πολλών σωμάτων. Ο μόνος λόγος που μια τέτοια αντιμετώπιση είναι αδύνατη είναι ο τεράστιος αριθμός των μορίων που αποτελούν τη μάζα του ρευστού.

Η κίνηση των μορίων των ρευστών μπορεί να χωριστεί σε δύο συνιστώσες. Η μια αναφέρεται σε μια οργανωμένη κίνηση, η οποία αφορά ολόκληρες ομάδες μορίων, ενώ η άλλη σε μια τυχαία («στοχαστική») χαοτική κίνηση, η οποία διαφέρει από μόριο σε μόριο ακόμα και για γειτονικά μόρια. Αυτός ο δεύτερος τύπος κίνησης είναι θερμοδυναμικά υποβαθμισμένος από την άποψη ότι, ενώ η κινητική ενέργεια του πρώτου τύπου μπορεί να μεταφερθεί πλήρως στον δεύτερο, δεν ισχύει και το ανάποδο (δεύτερος νόμος θερμοδυναμικής). Όταν βάζουμε σε κίνηση ένα ρευστό με μια αντλία, αυτό που κάνουμε είναι να προκαλούμε την οργανωμένη κίνηση σε ένα σύνολο μορίων, τα οποία μέσω των δυνάμεων τη μεταδίδουν στα διπλανά τους και έτσι τίθεται όλο το ρευστό σε κίνηση. Οι δυνάμεις αυτές, όμως, μετατρέπουν ένα μέρος της κινητικής ενέργειας της οργανωμένης κίνησης σε κινητική ενέργεια της χαοτικής κίνησης, η οποία δεν συντελεί στην οργανωμένη κίνηση του ρευστού. Αυτός είναι και ο λόγος που πρέπει να δίνουμε συνέχεια ενέργεια στο ρευστό μέσω της αντλίας για να το διατηρήσουμε σε κίνηση.

8.1 Μακροσκοπική θεώρηση της κίνησης των ρευστών

Επειδή όπως είπαμε η μοριακή αντιμετώπιση της κίνησης των ρευστών είναι αδύνατη λόγω του μεγάλου αριθμού των μορίων, αυτά περιγράφονται μακροσκοπικά σαν ομογενή σώματα. Οι μακροσκοπικές μεταβλητές που αντιστοιχούν στις μοριακές ιδιότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι :

β η ταχύτητα του ρευστού (οργανωμένη κίνηση μορίων),

β η θερμοκρασία του ρευστού (χαοτική κίνηση μορίων),

β το ιξώδες (δυνάμεις μεταξύ μορίων) και

β η εσωτερική ενέργεια του ρευστού (άθροισμα κινητικής ενέργειας της χαοτικής κίνησης και δυναμικής ενέργειας των μορίων).

Η κίνηση του ρευστού σαν συνεχούς μέσου περιγράφεται από τις εξισώσεις **Navier-Stokes**.

Ο αδιάστατος αριθμός που προκύπτει από την αδιαστατοποίηση αυτών των εξισώσεων είναι ο αριθμός **Reynolds** (N_{Re}). Για την περίπτωση αγωγού κυλινδρικής διατομής με διάμετρο D όπου ρέει ρευστό με μέση ταχύτητα στη διατομή V_{ave} και ιξώδες μ ο N_{Re} δίνεται ως :

$$N_{Re} = D \cdot V \cdot \rho / \mu$$

Οι εξισώσεις **Navier-Stokes** επιλύονται για την περίπτωση του αγωγού και προβλέπουν μόνιμη κατάσταση με παραβολικό προφίλ της ταχύτητας ως προς την απόσταση από τον άξονα συμμετρίας του αγωγού. Στην πραγματικότητα όμως τα πράγματα είναι πιο περίπλοκα. Ο **Osborne Reynolds**, το 1883 εκτέλεσε κάποια πειράματα για να μετρήσει την αντίσταση κατά την κίνηση του ρευστού σε αγωγούς. Εισάγοντας μια δέσμη μπογιάς μέσα στη ροή παρατήρησε δύο περιοχές ροής. Στην πρώτη, η δέσμη της μπογιάς διατηρεί το σχήμα της και αντιστοιχεί σε μόνιμη ευθύγραμμη ροή όπως προβλέπεται από τις εξισώσεις **Navier-Stokes** (στρωτή ροή). Αυξάνοντας τον αριθμό N_{Re} , έχουμε μετάβαση στη δεύτερη περιοχή ροής, στην οποία η λωρίδα της μπογιάς ταλαντώνεται ακανόνιστα τόσο στον χώρο όσο και στον χρόνο. Αυτή η ακανόνιστη, τρισδιάστατη και χρονικά εξαρτώμενη ροή λέγεται τυρβώδη ροή.

Αν και η εξήγηση της γένεσης της τυρβώδους ροής υπήρξε ένα από τα βασικά επιστημονικά προβλήματα για πολλά χρόνια, τελικά αποδείχτηκε ότι ήταν πολύ απλή. Ο αριθμός N_{Re} είναι ένα μέτρο της μη γραμμικότητας των εξισώσεων **Navier-Stokes**. Η αύξηση του οδηγεί σε απώλεια της ευστάθειας των λύσεων της στρωτής ροής και μετάπτωση του συστήματος σε χαοτική συμπεριφορά που αντιστοιχεί στην τυρβώδη ροή.

Ο αριθμός N_{Re} , στον οποίο έχουμε τη μετάπτωση από τη στρωτή σε τυρβώδη ροή, δεν είναι συγκεκριμένος αλλά εξαρτάται και από τις εξωτερικές διαταραχές που

επιβάλλονται στην ροή. Είναι γνωστό ότι με πολλή προσοχή (απουσία διαταραχών) μπορεί να επιτευχθεί στρωτή ροή σε κυλινδρικό αγωγό ακόμα και για $N_{Re} = 10000$. Εκείνο που έχει σημασία είναι η τιμή του N_{Re} , κάτω από την οποία η ροή είναι πάντα στρωτή ανεξαρτήτως των επιβαλλόμενων διαταραχών (γιατί πάντα υπάρχουν διαταραχές σε πρακτικά προβλήματα). Αυτός ο κρίσιμος αριθμός N_{Re} είναι περίπου 2000 για τη ροή σε κυλινδρικό αγωγό.

8.2 Κατανομή της ταχύτητας του ρευστού μέσα σε κυλινδρικό αγωγό

Στην περίπτωση κυλινδρικού αγωγού ακτίνας R η ακτινική κατανομή της ταχύτητας είναι ανεξάρτητη του N_{Re} στη στρωτή ροή και έχει παραβολική μορφή:

$$V(r) = V_{\max} \left(1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right)$$

όπου V_{\max} είναι η μέγιστη ταχύτητα στη διατομή και r η ακτινική συντεταγμένη. Η ακτινική κατανομή της ταχύτητας είναι πιο ομοιόμορφη για τυρβώδη ροή και γίνεται ακόμα πιο ομοιόμορφη όσο αυξάνεται ο N_{Re} .

Αυτή μπορεί να προσεγγιστεί με την εξίσωση:

$$V(r) = V_{\max} \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{n}}$$

όπου η παράμετρος n παίρνει την τιμή $n = 6$ για $N_{Re} = 4000$, $n = 7$ για $N_{Re} = 1.1 \times 10^5$ και $n = 10$ για $N_{Re} = 3.2 \times 10^6$.

8.3 Συντελεστής τριβής

Με βάση όσα ειπώθηκαν στη μοριακή θεώρηση των ρευστών η ενέργεια που δίνεται στο ρευστό για την κίνησή του μετατρέπεται σε θερμότητα μέσω του ιξώδους (τριβή μεταξύ των στοιβάδων του ρευστού). Η αύξηση αυτή της θερμότητας είναι πολύ μικρή ώστε να μπορεί να γίνει αισθητή μακροσκοπικά στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές.

Το μέτρο των απωλειών ενέργειας του υγρού κατά την κίνηση του είναι η πτώση πίεσης ανά μονάδα μήκους του ($\Delta P/L$). Για ευθύγραμμο αγωγό κυλινδρικής διατομής διαμέτρου D και μήκους L , η πτώση πίεσης ΔP υπολογίζεται ως:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2}$$

το f λέγεται συντελεστής τριβής του αγωγού. Για να αποφευχθούν παρανοήσεις σημειώνεται ότι στην βιβλιογραφία χρησιμοποιούνται τρεις διαφορετικοί συντελεστές τριβής:

β ο συντελεστής τριβής του Fanning (που χρησιμοποιείται εδώ),

β ο συντελεστής τριβής του Moody f' , και

β ο βασικός συντελεστής τριβής jF .

Οι τρεις συντελεστές συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση $jF = f'/2 = f/8$

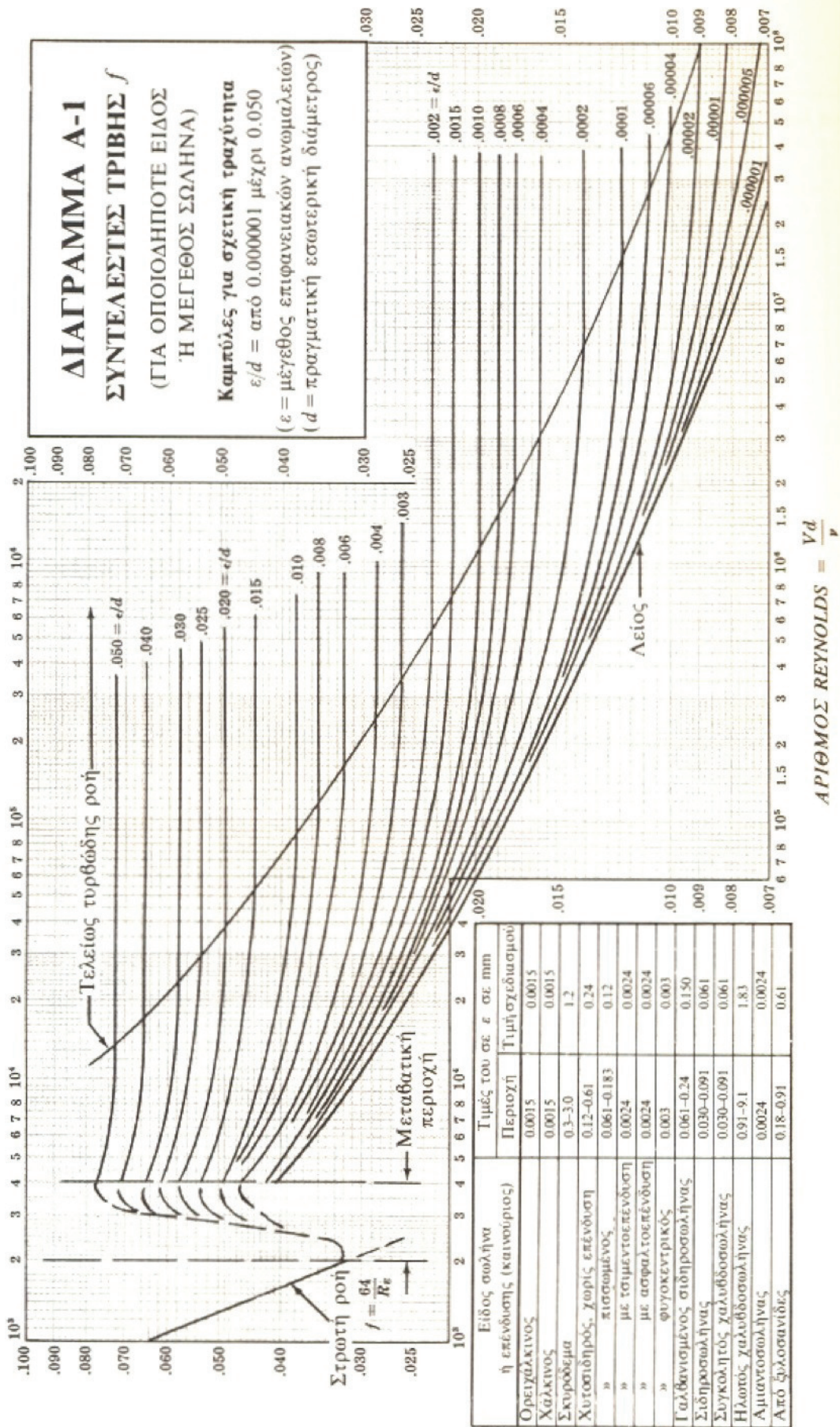
Όταν χρησιμοποιούμε νομογραφήματα θα πρέπει να προσέχουμε σε πιο συντελεστή τριβής αναφέρονται.

Ο συντελεστής τριβής μπορεί να βρεθεί μαθηματικά για τη στρωτή ροή $f = 64/N_{Re}$ (4.4)

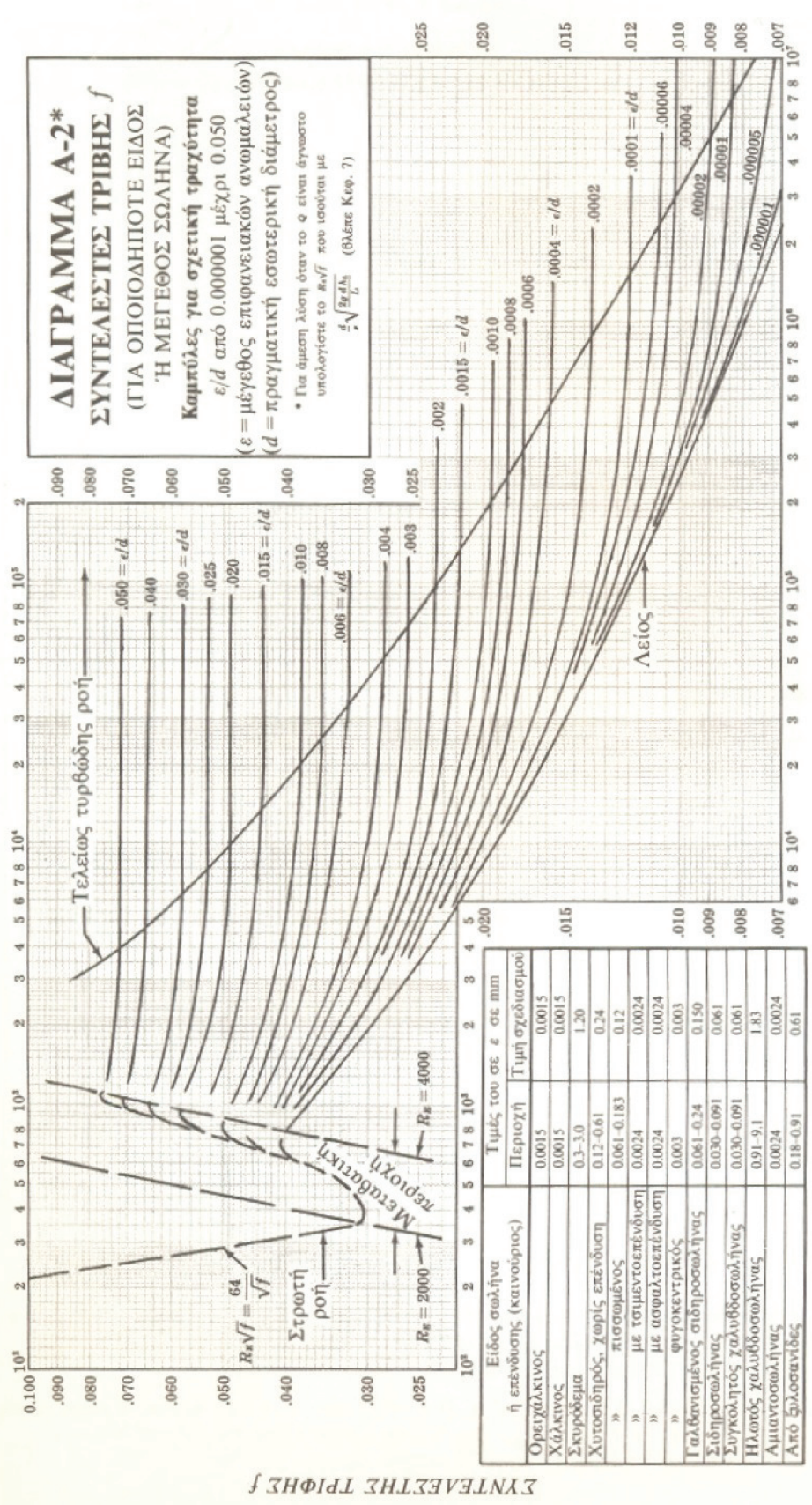
Στην τυρβώδη ροή, δεν υπάρχει απλή σχέση για τη μεταβολή του f σε σχέση με τον N_{Re} . Επιπλέον έχει βρεθεί ότι η σχετική τραχύτητα του σωλήνα (ο λόγος του μεγέθους των προεξοχών της επιφάνειας ϵ προς την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα D) επηρεάζει και αυτός την τιμή του f . Υπάρχει η εξίσωση που γενικά είναι δύσκολη στην λύση της γιατί το f εμφανίζεται και στα δύο μέλη της.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{N_{Re} \sqrt{f}} \right)$$

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΤΡΙΒΗΣ f



ΑΡΙΘΜΟΣ REYNOLDS = $\frac{Vd}{\nu}$



$$TIMES\ TOY\ R_e \sqrt{f} = \frac{d}{v} \sqrt{\frac{2g d h_L}{L}}$$

$$N_{Re} f^{1/2} = (d\rho/\mu) (2\Delta P/L)^{1/2}$$

Εναλλακτικά υπάρχουν διαγράμματα που δίνουν τη σχέση μεταξύ του συντελεστή τριβής f , του αριθμού N_{Re} και της σχετικής τραχύτητας ε/D , όπως τα δυο παραπάνω. Το διάγραμμα A1 χρησιμοποιείται όταν είναι γνωστή η παροχή και το διάγραμμα A2 όταν πρέπει να υπολογιστεί η παροχή.

Κάποιες σημαντικές παρατηρήσεις:

β Οι απώλειες ενέργειας σε έναν αγωγό κατά την τυρβώδη ροή είναι πολλαπλάσιες από αυτές που θα υπήρχαν αν η ροή ήταν στρωτή.

- 1 β Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα όταν ο N_{Re} γίνεται πολύ μεγάλος, ο συντελεστής f σταθεροποιείται σε μια τιμή η οποία εξαρτάται μόνο από τη σχετική τραχύτητα.
- 2 β Η σχετική τραχύτητα εκτιμάται με βάση την εμπειρία. Στα διαγράμματα προτείνονται χαρακτηριστικές τιμές του μεγέθους των επιφανειακών ατελειών ε για καινούργιες επιφάνειες.

8.4 Πτώση πίεσης σε στοιχεία σωληνώσεων

Ο υπολογισμός των απωλειών ενέργειας (πτώσης πίεσης) σε πραγματικά συστήματα σωληνώσεων συνήθως γίνεται πειραματικά. Όμως για πολλά τυποποιημένα στοιχεία των σωληνώσεων όπως διαστολές, συστολές, γωνίες και βαλβίδες υπάρχει μια πληθώρα δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον θεωρητικό υπολογισμό της πτώσης πίεσης. Δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται στην πράξη για αυτό τον υπολογισμό:

1. Η μέθοδος ισοδύναμου μήκους εκφράζει την απώλεια ενέργειας σε ένα στοιχείο σωληνώσεων ως το μήκος του ευθύγραμμου αγωγού που έχει την ίδια απώλεια. Το ισοδύναμο μήκος για τυρβώδη ροές, συνήθως παρουσιάζεται ως ο αριθμός των διαμέτρων σωλήνα ίδια διαμέτρου με το στοιχείο της σωληνώσεως. Αν το ισοδύναμο μήκος συμβολίζεται με L_e τότε ο λόγος L_e/D είναι μια σταθερή ποσότητα ανεξάρτητη του D .
2. Ο συντελεστής αντίστασης ενός εξαρτήματος ορίζεται από τη σχέση:

$$\Delta P = K \frac{\rho V_{ave}^2}{2}$$

Αν είναι γνωστό το ισοδύναμο μήκος για ένα εξάρτημα, τότε η πτώση πίεσης που προκαλεί βρίσκεται από την εξίσωση (4.5) όπου το L έχει αντικατασταθεί από το L_e . Αν είναι γνωστός ο συντελεστής αντίστασης ο υπολογισμός της πτώσης πίεσης γίνεται από την εξίσωση (4.6).

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. Συντελεστής αντίστασης K για διάφορους τύπους βανών σε διάφορα σημεία της λειτουργίας τους.

ΤΥΠΟΣ ΒΑΝΑΣ	Συντελεστής αντίστασης K
Συρταρωτή (gate valve)	
Ανοικτή	0.17
3/4 ανοικτή	0.9
1/2 ανοικτή	4.5
1/4 ανοικτή	24
Διαφράγματος (diaphragm valve)	
Ανοικτή	2.3
3/4 ανοικτή	2.6
1/2 ανοικτή	4.3
1/4 ανοικτή	21
Σφαιρική (ball valve)	
Ανοικτή	0.17
Πεταλούδας (butterfly ball)	
$\theta=5^\circ$	0.24
$\theta=10^\circ$	0.52
$\theta=20^\circ$	1.54
$\theta=40^\circ$	10.8
$\theta=60^\circ$	118
Σφαιροειδής (globe valve)	
Ανοικτή	9
3/4 ανοικτή	13
1/2 ανοικτή	36
1/4 ανοικτή	112

Αν θέλουμε να εκφράσουμε τις τριβές ενός εξαρτήματος με συντελεστή αντίστασης K και περίμετρο διατομής $DΓ$ ως ισοδύναμο μήκος σωλήνα διαμέτρου D και τραχύτητας ϵ εξισώνουμε τις σχέσεις (4.3) και (4.6) για την πτώση πίεσης και αντικαθιστούμε τις μέσες ταχύτητες με τα πηλίκα της παροχής (κοινή για σωλήνα και εξάρτημα) με τις επιφάνειες των αντίστοιχων διατομών.

Η τελική σχέση είναι:

$$L_e = \frac{KD}{f} \left(\frac{D}{D_r} \right)^4$$

όπου f είναι ο συντελεστής τριβής του σωλήνα διαμέτρου D και τραχύτητας ϵ .

Στον Πίνακα 4.1 φαίνεται ο συντελεστής αντίστασης K για διάφορους τύπους βανών σε διάφορες θέσεις της λειτουργίας τους. Ο μηχανισμός λειτουργίας της κάθε βάνας φαίνεται στο Σχήμα 4.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. Ισοδύναμο μήκος αντίστασης για διάφορες γωνίες.

Στον Πίνακα 4.2 φαίνεται το ισοδύναμο μήκος αγωγού για διάφορες γωνίες. Οι τιμές αυτές αναφέρονται μόνο σε διαμέτρους ισοδύναμου αγωγού ίσες με την πραγματική διάμετρο της γωνίας.

Είναι ενδιαφέρον ότι στην περίπτωση της ανοικτής γωνίας ο συντελεστής αντίστασης παρουσιάζει μη μονότονη συμπεριφορά με την ακτίνα καμπυλότητας R_c της γωνίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ναι μεν η καμπυλότητα του αγωγού μειώνεται (μείωση αντίστασης) με την αύξηση του R_c , όμως το μήκος του αγωγού ανάμεσα στα δύο άκρα της γωνίας αυξάνεται (αύξηση αντίστασης).

ΕΞΑΡΤΗΜΑ	Ισοδύναμο μήκος (L _c /D)
Γωνία 45° τυποποιημένη	15
Γωνία 90° κλειστή τυποποιημένη	32
Γωνία 90° κλειστή απότομη	60
Γωνία 90° ανοικτή (Σχήμα 2)	
R _c /D=0.5	36
R _c /D=1	16.5
R _c /D=2	10
R _c /D=4	10
R _c /D=8	14.5

Πίνακας 4.2

8.5 Εξίσωση Bernoulli

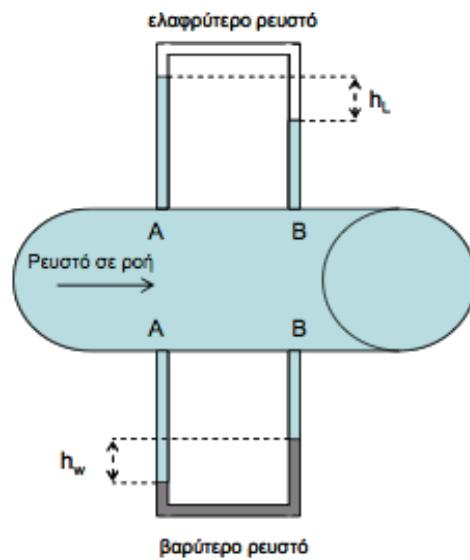
Η εξίσωση του Bernoulli είναι απλά ένα ισοζύγιο της μηχανικής ενέργειας του ρευστού. Σύμφωνα με αυτή η σχέση που συνδέει τις πιέσεις P₁ και P₂, και τις μέσες ταχύτητες V_{1,ave}, V_{2,ave} του ρευστού σε δύο σημεία 1 και 2 με υψομετρική διαφορά h_{1,2} (= h₁ - h₂) είναι:

$$P_1 - P_2 + \frac{\alpha \rho V_{1,ave}^2}{2} - \frac{\alpha \rho V_{2,ave}^2}{2} + \rho g h_{1,2} = \sum_1^{\parallel} \Delta P_i$$

όπου το άθροισμα στο δεξί μέλος της εξίσωσης αναφέρεται στο σύνολο των απωλειών στα τμήματα αγωγού και στα εξαρτήματα που βρίσκονται μεταξύ των σημείων 1 και 2, όπως αυτές υπολογίζονται από τις εξισώσεις (4.3) και (4.6) αντίστοιχα. Ο συντελεστής α είναι ο συντελεστής διόρθωσης της κινητικής ενέργειας του ρευστού και για κυλινδρικής διατομής αγωγό ακτίνας R υπολογίζεται ως εξής:

$$a = \frac{2}{R^2} \int_0^R \left(\frac{v(r)}{V_{ave}} \right) r dr$$

Από όσα είπαμε παραπάνω για την ακτινική κατανομή της ταχύτητας είναι προφανές ότι ο συντελεστής α εξαρτάται από τον NRe . Πράγματι η τιμή του είναι 2 για στρωτή ροή και από 1.15 έως 1.02 για τυρβώδη ροή (μειώνεται όσο αυξάνει ο Re). Πάντως στους υπολογισμούς για πρακτικά προβλήματα ο συντελεστής α λαμβάνεται ίσος με 1 χωρίς αυτό να προκαλεί σοβαρά σφάλματα μια και η συμβολή των όρων κινητικής ενέργειας στην εξίσωση (4.8) είναι πολύ μικρή.



Κεφάλαιο 9

Υδραυλικό λάδι

Τα βιομηχανικά λιπαντικά ταξινομούνται, με βάση το ιξώδες, σύμφωνα με τις τυποποιήσεις επιστημονικών οργανισμών ή φορέων τυποποίησης, όπως ISO (International Standardization Organization), SAE (Society of Automotive Engineers), AGMA (American Gear Manufacturer's Association) κλπ. Σύμφωνα με την κατάταξη του ISO τυποποιούνται σε 18 κατηγορίες ρευστότητας (ISO Viscosity Grades – ISO VG). Η κατάταξη αυτή δίνεται στον Πίνακα 5.2.

Κατά SAE τα λιπαντικά διαιρούνται σε κλάσεις με βάση το ιξώδες τους όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.3. Κατά συνέπεια, οι εμπειρικές τιμές ιξώδους που προκύπτουν κατά την πειραματική άσκηση μετατρέπονται σε μονάδες cSt και σημειώνονται στον κατάλληλο τυποποιημένο κατά ASTM χάρτη (Σχήμα 5.3). Κατόπιν προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή το ιξώδες στην κατάλληλη θερμοκρασία (40°C ή 100°C) και από την τιμή αυτή, με βάση τους Πίνακες 5.2. και 5.3 γίνεται η κατάταξη του ελαίου κατά ISO ή κατά SAE.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα λιπαντικά αυτά είναι ότι έχουν εξαιρετική προστασία από οξειδώσεις, σκουριές, διαβρώσεις και τριβές των μεταλλικών επιφανειών, βελτιωμένη προστασία από τις φθορές, ικανότητα γρήγορου διαχωρισμού από το νερό, πολύ καλή θερμική σταθερότητα, εκπληκτικές αντιαφριστικές ιδιότητες και κατακράτηση φυσαλίδων αέρα, πολύ καλά ρεολογικά χαρακτηριστικά ακόμη και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες εκκίνησης, πολύ καλή συμβατότητα με τα συνήθως χρησιμοποιούμενα ελαστικά παρεμβύσματα καθώς και με τα επαργυρωμένα εξαρτήματα των αντλιών, ανθεκτική λιπαντική μεμβράνη και εξαιρετική προστασία κατά της φθοράς των αντλιών και όλων των κινουμένων εξαρτημάτων στις υψηλές φορτίσεις και τέλος εξαιρετική υδρολυτική σταθερότητα και ικανότητα να φιλτράρονται.

Οι υδραυλικοί γερανοί χρησιμοποιούν υδραυλικό λάδι τύπου ISO 46 στο κύκλωμά τους, ενώ σε υδραυλικά μοτέρ όπου έχουμε εμπλοκή γραναζιών χρησιμοποιείται βαλβολίνη κατά SAE 90 με τις παρακάτω πιστοποιήσεις :

- **ISO 46 : DIN 51524 part 2-HLP**
- **VICKERS I-286-S / M-2950-S**
- **CINCINNATI MILACRON P-68 / P-70 / P-69**
- **HAEGGLUNDS DENISON-HF-0**
- **AFNOR NF-E-48-603 HM**
- **Eaton (Vickers) M-2950 S**
- **Eaton (Vickers) I-286 S**

Κεφάλαιο 10

Υδραυλικοί κύλινδροι

Έχουν ήδη μελετηθεί οι υδραυλικές αντλίες, οι οποίες μετατρέπουν την υδραυλική ισχύ μέσω της εκτέλεσης έργου μέσω περιστρεφόμενης ατράκτου. Οι υδραυλικοί κινητήρες και οι υδραυλικοί κύλινδροι αποτελούν τους υδραυλικούς επενεργητές, δια των οποίων η υδραυλική ισχύ μετατρέπεται σε μηχανική. Έτσι, ενώ οι κινητήρες χρησιμοποιούνται για την περιστροφική κίνηση, οι υδραυλικοί κύλινδροι μετατρέπουν υδραυλική σε μηχανική ενέργεια μέσω ευθύγραμμης κίνησης.

Ένας υδραυλικός κύλινδρος αποτελείται από ένα κοίλο κύλινδρο, εντός του οποίου μπορεί να κινείται το έμβολο που χωρίζει το εσωτερικό του κοίλου κυλίνδρου σε δύο μέρη. Το έμβολο συνδέεται μέσω βάκτρου είτε προς τη μία πλευρά είτε και προς τις δύο πλευρές του με τις θέσεις εργασίας. Για την στεγάνωση χρησιμοποιούνται κατάλληλοι δακτύλιοι (ελατήρια) τόσο στο έμβολο όσο και στην έδραση του βάκτρου. Διακρίνονται επίσης οι δίοδοι 1 και 2, ο οδηγός του βάκτρου, τα δύο τέρματα του κυλίνδρου (προς το βάκτρον και προς την κεφαλή του εμβόλου) όπως φαίνεται στο σχήμα.

10.1 Κοινοί τύποι υδραυλικών κυλίνδρων

Κύλινδρος απλής ενεργείας στον οποίο η υδραυλική πίεση ασκείται επί του εμβόλου μόνο προς την μία κατεύθυνση

Κύλινδρος με ελατήριο επιστροφής στον οποίο η επιστροφή του εμβόλου γίνεται μέσω ελατηρίου.

Κύλινδρος Ram όπου το έμβολο και το βάκτρον έχουν την ίδια διάμετρο με την εσωτερική διάμετρο του κυλίνδρου.

Κύλινδρος διπλής ενεργείας στον οποίο η υδραυλική πίεση μπορεί να ασκείται επί του εμβόλου από τη μία ή την άλλη πλευρά.

Κύλινδρος με ένα βάκτρον είναι ο κύλινδρος που φέρει βάκτρον μόνο από τη μία πλευρά του εμβόλου.

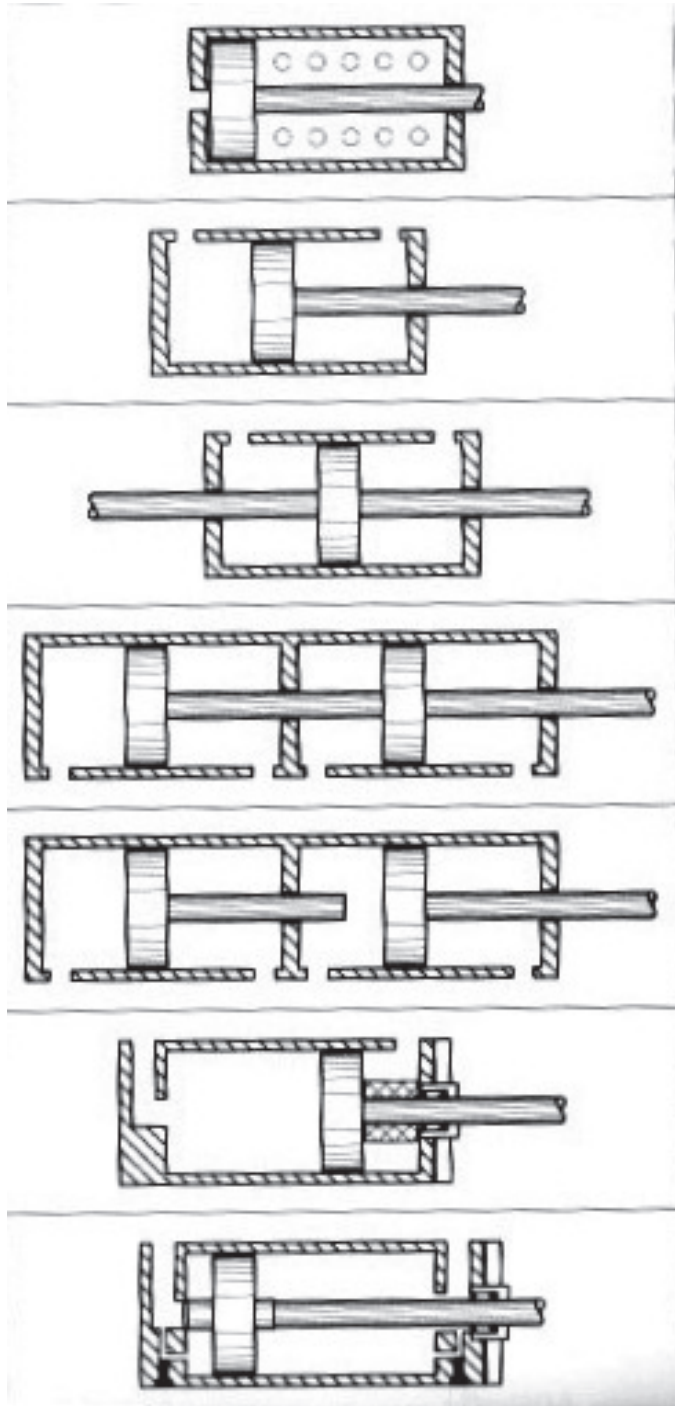
Κύλινδρος με δύο βάκτρα είναι ο κύλινδρος με ένα έμβολο και βάκτρα προς τις δύο πλευρές του.

Τηλεσκοπικός κύλινδρος όπου διάφοροι κύλινδροι ευρισκόμενοι ο ένας μέσα στον άλλον μπορούν να δημιουργήσουν ένα κύλινδρο μεγάλης διαδρομής όταν επιμυκηνθούν εξ αιτίας του υδραυλικού ρευστού.

Διπλός κύλινδρος (tandem) όπου δύο κύλινδροι είναι συνδεδεμένοι εν σειρά με τέτοιο τρόπο ώστε το έμβολο του καθενός να συνδέεται με το μοναδικό βάκτρον. Παρέχουν αυξημένη δύναμη ωθήσεως.

Δίδυμοι κύλινδροι όπου δύο κύλινδροι συναρμολογούνται εν σειρά χωρίς να συνδέονται τα βάκτρα τους. Δίνουν τη δυνατότητα τριών θέσεων εργασίας καθώς το βάκτρον του ενός μπορεί να ωθήσει το έμβολο του άλλου.

Καθώς η υδραυλική πίεση κινεί το έμβολο, υδραυλική ισχύς μετατρέπεται σε μηχανική μέχρι τη στιγμή που το έμβολο θα σταματήσει στο άκρο του κυλίνδρου. Τότε δημιουργείται ένα είδος αδιαχώρητου στο υδραυλικό ρευστό και εμφανίζεται ένας κλονισμός (shock) που αναφέρεται ως υδραυλική κρούση. Εάν η κρούση αυτή είναι ισχυρή τότε μπορεί να καταστραφεί ο κύλινδρος. για την προστασία από την υδραυλική κρούση χρησιμοποιούνται κατάλληλε ανασχετικές διατάξεις αντιθλίψεως όπως επέκταση του βάκτρου και διάνοιξη διόδου του ρευστού στο τέρμα του κυλίνδρου. Τέτοιες ανασχετικές διατάξεις χρησιμοποιούνται σε κυλίνδρους των οποίων το έμβολο κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη των 0,1m/s.



κύλινδρος απλής
ενεργείας με
ελατήριο
επιστροφής

κύλινδρος διπλής
ενεργείας

κύλινδρος με δύο
βάκτρα

διπλός (tandem)
κύλινδρος

Δίδυμοι (duplex)
κύλινδροι

κύλινδρος με
ανασχετικό σωλήνα

κύλινδρος με
ανασχετική διάταξη
επιβραδύνσεως του
εμβόλου (cushion)

Μερικές φορές πρέπει να ρυθμιστεί εξωτερικά η διαδρομή του εμβόλου. Αυτό γίνεται με τον ρυθμιστή της διαδρομής που είναι μία μικρή ράβδος μετά σπειρώματος, η οποία μπορεί να κινηθεί προς τα μέσα ή προς τα έξω στον κύλινδρο.

Ο ανασχετικός σωλήνας τοποθετείται επί του βάκτρου και κρατά το έμβολο μακριά από τον οδηγό έδραση του βάκτρου, όταν ένας κύλινδρος μεγάλης διαδρομής εκτείνεται τελείως. Επειδή ο οδηγός του βάκτρου είναι συγχρόνως και η έδραση του βάκτρου, πρέπει να περιλαμβάνει και κάποια φορτία, καθώς το βάκτρον κινείται προς τα μέσα ή προς τα έξω.

10.1.1 Χαρακτηριστικά μεγέθη κυλίνδρων

Στα χαρακτηριστικά των κυλίνδρων κατατάσσονται και τα εξής :

- Η διάμετρος του εμβόλου D , και η διάμετρος του βάκτρου d .
- Η μέγιστη πίεση λειτουργίας, η οποία εξαρτάται από το μήκος του βάκτρου
- Η μέγιστη ταχύτητα και η μέγιστη διαδρομή του εμβόλου.
- Η θερμοκρασιακή περιοχή χρήσεως του κυλίνδρου εξ αιτίας του ιξώδους του εργαζόμενου ρευστού.
- Οι βαθμοί αποδόσεως του κυλίνδρου.
- Ο τρόπος στηρίξεως του βάκτρου και του κυλίνδρου.

Οι διαμέτροι D και d καθορίζουν τις εγκάρσιες διατομές που διατίθενται στο εργαζόμενο μέσο. Προς τη πλευρά της διόδου 1 η διατομή είναι :

$$A_1 = \pi \frac{D^2}{4}$$

ενώ προς την πλευρά της διόδου 2 η διατιθέμενη στο ρευστό διατομή είναι :

$$A_2 = \pi \frac{(D^2 - d^2)}{4}$$

10.1.2 Στήριξη των κυλίνδρων

Η στήριξη των κυλίνδρων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, κυρίως λόγω των μεγάλων δυνάμεων που αναπτύσσονται. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι στήριξης ενός κυλίνδρου:

- Η στήριξη με φλάντζα στην ίδια ή στην απέναντι άκρη από το βάκτρον. Η στήριξη γίνεται με κοχλίες ή με συγκόλληση. Πρόκειται για εύκολη και φθηνή κατασκευή που προορίζεται για περιπτώσεις όπου δεν αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις.

- Η στήριξη σε δύο θέσεις του κυλίνδρου. Πρόκειται για την κλασσική περίπτωση στήριξης με μία σταθερή (άρθρωση) και μία ελεύθερη (ολισθαίνουσα) στήριξη για την παραλαβή των διαστολών.

- Η στήριξη με δυνατότητα περιστροφής. Πρόκειται για άρθρωση του άκρου του κυλίνδρου, μέσω πείρου ή μέσω σφαιρικής άρθρωσης ή με άλλον τρόπο έτσι ώστε ο κύλινδρος να μπορεί να περιστρέφεται σε ένα ή σε περισσότερα επίπεδα.

Με οποιονδήποτε τρόπο και αν γίνει η στήριξη του κυλίνδρου, εφόσον το βάκτρον έχει μεγάλο μήκος θα πρέπει να ελεγχθεί και σε λυγισμό, πέραν του ελέγχου σε εφελκυσμό και θλίψη. Ο έλεγχος σε λυγισμό γίνεται με τη σχέση Euler, με βάση την οποία το φορτίο όπου αρχίζει ο λυγισμός του βάκτρον δίδεται από τη σχέση :

$$K = \frac{\pi^2 EJ}{2s_k}$$

ενώ η επιτρεπόμενη θλιπτική δύναμη λειτουργίας είναι :

$$F = \frac{K}{S}$$

όπου

S_k = το ελεύθερο μήκος λυγισμού που λαμβάνεται από τα σχήματα που ακολουθούν.

E = το μέτρο ελαστικότητας του υλικού του βάρου, για χάλυβες είναι ίσο με

$$2,1 \cdot \frac{10^6 kp}{cm^2}$$

J = η ροπή αδρανείας της διατομής του βάρου, η οποία για κυκλική διατομή είναι

$$\frac{\pi \cdot d^2}{64} = 0,0491 d^2$$

S = ο συντελεστής ασφαλείας που λαμβάνει τιμές 2,5 -3,5

Σχετικά με το είδος των στηρίξεων των σχημάτων που ακολουθούν δίδονται τα εξής για τα άκρα του βάρου και των κυλίνδρων:

1^ο είδος = το ένα άκρο ελεύθερο και 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.

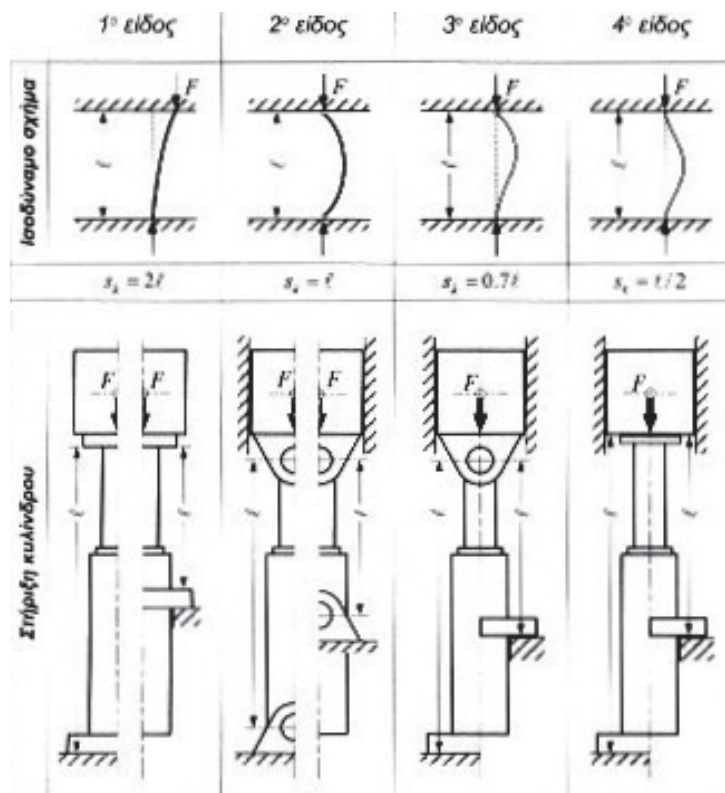
4^ο είδος = αμφότερα τα άκρα πακτωμένα και αξονική καθοδήγηση όπου απαιτείται

10.1.5 Υπολογισμός κυλίνδρου

Η πρώτη εκτίμηση της διαμέτρου του εμβόλου, ανάλογα με την πίεση λειτουργίας του συστήματος και με το ωφέλιμο φορτίο, γίνεται από τον κατωτέρω πίνακα 6, που προέκυψε με βάση τον τύπο :

$$F[N] = (1 + \xi) \cdot F_{\omega}[N] = \frac{\pi}{40} p[bar] \cdot D^2[mm^2]$$

όπου ο συντελεστής ζ είναι τέτοιος ώστε έχουν ληφθεί υπόψη όλων των ειδών οι απώλειες ($\zeta = 0,15 \div 0,25$). Κάνοντας αυτή την παραδοχή προχωρούμε στους υπολογισμούς και εν συνεχεία ελέγχουμε το αποτέλεσμα, υπολογίζοντας την ακριβή τιμή του ζ .



εικόνα 24 - είδη στήριξης κυλίνδρων

Πίνακας 6 Εκτίμηση διαμέτρου του εμβόλου με βάση την πίεση λειτουργίας

D (mm)	Πίεση λειτουργίας p (bar)						
	5	10	25	50	100	200	300
	Δύναμη F (N)						
16	100	200	500	1000	2000	4000	6000
25	245	490	1226	2452	4904	9610	19220
35	481	962	2404	4808	9616	19232	28849
50	981	1962	4905	9810	19620	39240	58860
75	2210	4420	11050	22100	44200	88400	132600
100	3925	7850	19625	39250	78500	157000	235500
125	6133	12266	30665	61330	122660	245320	367980
150	8831	17662	44155	88310	176620	353240	529860
175	12020	24040	60101	120203	240406	480812	721218
200	15700	31400	78500	157000	314000	628000	942000
250	24531	49062	122656	245312	490625	981250	1471875
300	35325	70650	176625	353250	706500	1413000	2119500

πίνακας 6 - διαμέτροι εμβόλων

Όταν το έμβολο κινείται με ταχύτητα U_e , όπως στην εικόνα 25, και πλησιάζει στο άκρο του κυλίνδρου θα προσκρούσει επ' αυτού με την ταχύτητά του, εάν δεν επιβραδυνθεί είτε με χειρισμό στη βαλβίδα ρευστού είτε με άλλον τρόπο. Για ταχύτητες μεγαλύτερες των 0,1m/s χρησιμοποιούνται οι ανασχετικές διατάξεις επιβραδύνσεων του εμβόλου. Σε αυτές προβλέπεται στο έμβολο προέκταση του βάκτρου προς την άλλη πλευρά, υπό μορφή προβόλου διαμέτρου δ και ύψος ν . Στο άκρο του κυλίνδρου υπάρχει υποδοχή διαμέτρου ελάχιστα μεγαλύτερης από την δ , έτσι ώστε όταν ο πρόβολος φράξει την υποδοχή, το ρευστό εξέρχεται μόνο από την μικρή οπή (ατραπός διατομής ϵ . Η διατομή αυτή είναι ρυθμιζόμενη μέσω κοιλία.

Έστω Δp η μέση πτώση πίεσεως στην ατραπό και ν η μέση ταχύτητα του ρευστού σε αυτήν, θα είναι :

$$\Delta p = \xi \frac{\rho}{2} \nu^2$$

όπου το ξ λαμβάνει τιμές $1,5 \div 2$.

Η μέση παροχή για την ατραπού είναι $Q = \varepsilon \cdot \nu$ που πρέπει να ισούται με την μέση παροχή του εμβόλου κατά την κίνησή του καθ' όλο το ύψος u του προβόλου, με μέση ταχύτητα U' , έτσι :

$$\varepsilon \cdot \nu = (A - a) \cdot U'$$

όπου A είναι η διατομή του εμβόλου διαμέτρου D και a η διατομή του βάκτρου.

Η πτώση πίεσεως Δp καθορίζεται από την ταχύτητα του εμβόλου και από τα λοιπά δεδομένα, με τρόπο ώστε κατά τη διαδρομή που αντιστοιχεί στο ύψος u του προβόλου θα πρέπει το έμβολο να ακινητοποιηθεί, δηλαδή να χάσει την κινητική του ενέργεια και να αντισταθμισθεί η δύναμη που δημιουργεί πίεση p_2 που δρα στην πλευρά του εμβόλου. Επειδή οι μάζες του εμβόλου και του βάκτρου είναι m και του φορτίου M , τέτοιες ώστε $m_0 = M + m$ να είναι το σύνολο των κινουμένων μαζών, η κινητική ενέργεια των μαζών αυτών είναι :

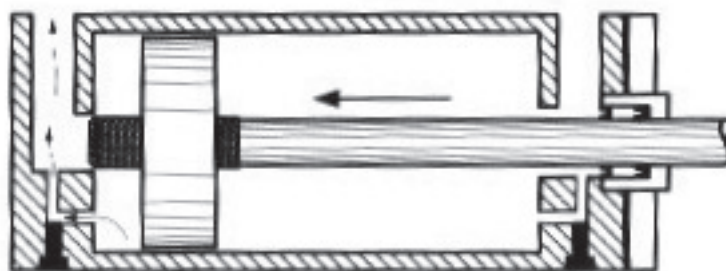
$$E_0 = \frac{1}{2} m_0 U_E^2$$

Η ενέργεια αυτή πρέπει να ισούται με $\Delta p_0 (A - a) u$ όπου Δp_0 είναι η μέση πτώση πίεσης που αντιστοιχεί στην ακινητοποίηση του εμβόλου, δηλαδή :

Η πίεση p_2 δημιουργεί δύναμη $p_2 A_2$ η οποία πρέπει να αντισταθμισθεί από το $\Delta p'$ που είναι τέτοιο ώστε

$$\Delta p' = p_2 \frac{A_2}{A - a}$$

$$\Delta p_0 = \frac{m_0 U_E^2}{2(A - a)u}$$

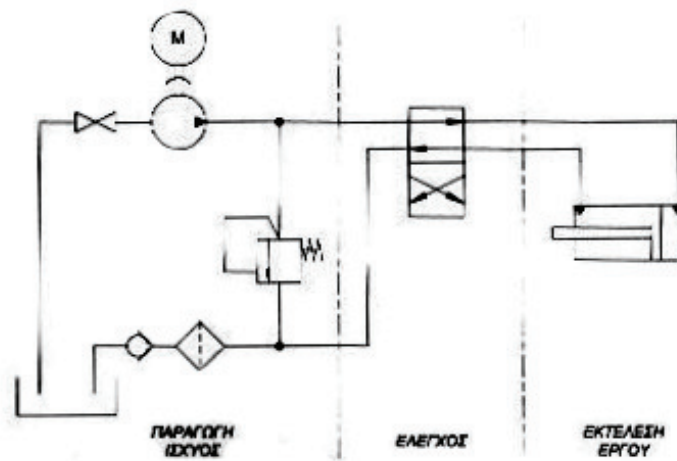


εικόνα 25 - κινητική ενέργεια εμβόλου

Επομένως η μέση πτώση πίεσεως είναι $\Delta p = \Delta p_0 + \Delta p'$, δηλαδή :

$$\Delta p = \frac{m_0 U_E^2}{2(A-a)} + \frac{p_2 A_2}{A-a}$$

Για σταθερή δύναμη πεδήσεως απαιτείται ρύθμιση της \mathcal{E} μέσω ρυθμιστικού κοχλία ή άλλων διατάξεων.



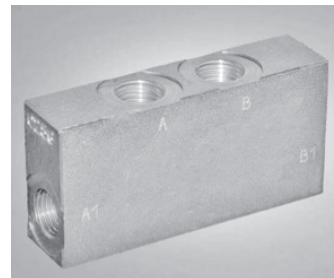
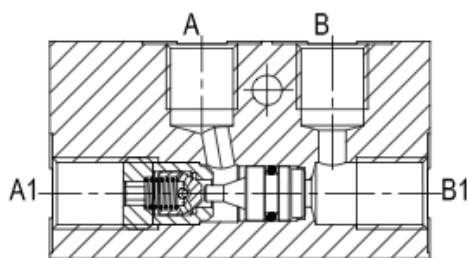
Κεφάλαιο 11

Βαλβίδες

Η υδραυλική ισχύς πρέπει να βρίσκεται υπό συνεχή και πλήρη έλεγχο, γιατί αλλιώς το υδραυλικό σύστημα δεν θα έχει ομαλή και αποδοτική λειτουργία και επιπλέον τα μηχανήματα θα κινδυνεύουν να καταστραφούν.

Την ρύθμιση της υδραυλικής ισχύος και τον έλεγχο των χαρακτηριστικών του εργαζόμενου μέσου εκτελούν οι βαλβίδες, οι οποίες ουσιαστικά ρυθμίζουν και ελέγχουν την λειτουργία ενός υδραυλικού συστήματος.

Οι βαλβίδες είναι συσκευές που αποτελούνται από το σώμα (κέλυφος), που εσωτερικά έχει διόδους στις οποίες το υδραυλικό ρευστό μπορεί να κινείται, και από το κινούμενο εξάρτημα, που βρίσκεται εντός του κελύφους, και το οποίο κατά τις μετακινήσεις του ανοίγει και κλείνει διάφορες διόδους του ρευστού. Αυτό το κινούμενο εξάρτημα ρυθμίζει την πίεση του συστήματος, την κατεύθυνση ροής και την παροχή.



εικόνα 26 - σχηματική παράσταση βαλβίδας

11.1 Βαλβίδες ρύθμισης πίεσεως

Καθώς η αντλία τροφοδοτεί τον υδραυλικό κύλινδρο με εργαζόμενο μέσο, το έμβολο κινείται προς τα δεξιά και εκτελεί έργο. Όταν το έμβολο φθάσει στο τέλος της διαδρομής του, η εργασία μεν θα έχει εκτελεσθεί, η αντλία όμως θα εξακολουθεί να τροφοδοτεί το σύστημα με ρευστό. Έτσι, λόγω του αδιαχώρητου, θα αναπτυχθεί μεγάλη πίεση στο σύστημα, το οποίο θα καταστραφεί στο αδύνατο, από πλευράς αντοχής, σημείο. Η

καταστροφή αυτή αποφεύγεται με τη χρήση μίας βαλβίδας περιορισμού της πίεσεως σε ασφαλή όρια. Η βαλβίδα αυτή λέγεται **βαλβίδα ρύθμισης πίεσεως** (pressure control valve), και έχει ένα εσωτερικό εξάρτημα που κινείται και λειτουργεί λόγω επιδράσεως της πίεσεως. Όταν η πίεση στο σύστημα φθάσει ένα προκαθορισμένο όριο, το κινούμενο εξάρτημα της βαλβίδας ανοίγει κάποιες διόδους και κλείνει άλλες απαραίτητες διόδους επιτρέποντας στο ρευστό να δραπετεύσει μέσω αυτών και να αποφύγει το αδιαχώρητο παραμένοντας σε πίεση κάτω του ορίου.

Πολλές φορές το κινούμενο εξάρτημα είναι ολισθαίνον όπως δείχνουν τα σχήματα. Όταν βρίσκεται στη μία ακραία θέση του, η είσοδος και η έξοδος επικοινωνούν και το ρευστό ρέει μέσα από τη βαλβίδα. Όταν βρίσκεται στην άλλη ακραία θέση του, η είσοδος και η έξοδος δεν επικοινωνούν και παύει η ροή μέσω της βαλβίδας. Η βαλβίδα έχει την θέση ηρεμίας της (το ρευστό ρέει μέσα από αυτήν) μέσω ενός ελατηρίου που ωθεί το ολισθαίνον εξάρτημα στη μία ακραία θέση του. Όταν η πίεση είναι υψηλή, η εσωτερική ροή ενεργοποιεί την βαλβίδα πιέζοντας και μετακινώντας το ολισθαίνον εξάρτημα. Η πίεση που χρησιμοποιήθηκε για την ενεργοποίηση της βαλβίδας μέσω ροής λέγεται πίεση εντολής (pilot pressure, εικόνα 27). Οι βαλβίδες ρυθμίσεως πίεσεως που έχουν την είσοδο του συνδεδεμένη στην κατάθλιψη και την έξοδο να οδηγεί κατευθείαν στη δεξαμενή εργαζόμενου μέσου, όταν ενεργοποιηθούν οδηγούν την ροή από την αντλία κατευθείαν στη δεξαμενή και ονομάζονται βαλβίδες ανακουφίσεως (pressure relief valves) ή ασφαλιστικά (εικόνα 26).

Οι ίδιες οι βαλβίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ρύθμιση της πίεσεως λειτουργίας $p_{\text{leit}} < p_{\text{max}}$ σε ορισμένα σημεία του υδραυλικού συστήματος.

Αναφερόμενοι στα προηγούμενα σχήματα, παρατηρούμε ότι όταν η πίεση p_e είναι μικρή, η δύναμη $F = A p_e$ που αναπτύσσεται επί του κώνου (ή της σφαίρας) δεν είναι αρκετή για να υπερνικήσει την δύναμη $F_{\text{ελατ.}}$, του ελατηρίου, και έτσι το άνοιγμα σ με διατομή A παραμένει κλειστό. Είναι φανερό ότι η δύναμη $F_{\text{ελατ.}}$, ρυθμίζεται μέσω του κοχλία και του στελέχους Σ . Όταν η πίεση p_e αυξηθεί, η δύναμη F θα υπερνικήσει την δύναμη του ελατηρίου και η διάδοσ σ θα ανοίξει, ενεργοποιώντας την βαλβίδα. Η ροή θα είναι από το P προς το T που οδηγεί στη δεξαμενή. Η εν λόγω ροή συνοδεύεται από πτώση πίεσης Δp τέτοια ώστε :

$$\Delta p = p \cdot p - p \cdot t$$

η δε αλλαγή κατευθύνσεως της ροής δημιουργεί επιπρόσθετη δύναμη επί του κώνου (ή της σφαίρας), μπορεί δε η πίεση να υπερβεί την p_{max} . Για μικρότερη αύξηση της πίεσεως, καθώς και η παροχή αυξάνει, τοποθετείται συνήθως μια επίπεδη πλάκα. Πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε p_{max} υπάρχει μέγιστη παροχή για την οποία κάθε τέτοια βαλβίδα είναι κατάλληλη.

Μια βαλβίδα ρυθμίσεως της πίεσης είναι κανονικά κλειστή και δεν επιτρέπει την δι' αυτής διέλευση του ρευστού. Εκτός των χρήσεών της ως βαλβίδες ανακουφίσεως και ως βαλβίδας ρυθμίσεως της πίεσεως λειτουργίας, μια κανονικά κλειστή βαλβίδα ρυθμίσεως της πίεση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως σε ένα υδραυλικό σύστημα, όπως π.χ. ως :

- **βαλβίδα διαδοχικών δράσεων**, η οποία αναγκάζει κάποια λειτουργία να συμβεί πριν από κάποια άλλη.
- **βαλβίδα αντισταθμίσεων εξωτερικών δυνάμεων**, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξισορρόπηση μιας εξωτερικής δυνάμεως, ενός βάρους, ή μιας ροπής.
- **βαλβίδα περιορισμού της πίεσεως**, η οποία είναι κανονικά μια ανοιχτή βαλβίδα ρυθμίσεως της πίεσης. Αντιλαμβάνεται την πίεση αφότου το ρευστό έχει διέλθει δι' αυτής (η ατραπός της εσωτερικής ροής συνδέεται με την έξοδο της βαλβίδας).
- **βαλβίδα αποφορτίσεως**, η οποία είναι κανονικά κλειστή βαλβίδα ρυθμίσεως πίεσης που όταν ενεργοποιηθεί κατευθύνει τη ροή απ' ευθείας στη δεξαμενή.
- **βαλβίδα πεδήσεως**, η οποία είναι μία κανονικά κλειστή βαλβίδα ρυθμίσεως πίεσεως με δυνατότητα πίεσεων εντολών απ' ευθείας και από μακρυνά. Συνήθως χρησιμοποιείται στη γραμμή επιστροφής ενός υδραυλικού κινητήρα για να εμποδίσει την ανεξέλεγκτη αύξηση της πίεσεως όταν το φορτίο επιβραδύνεται ή ακινητοποιείται.

11.1.1 Βαλβίδες ρύθμισης παροχής

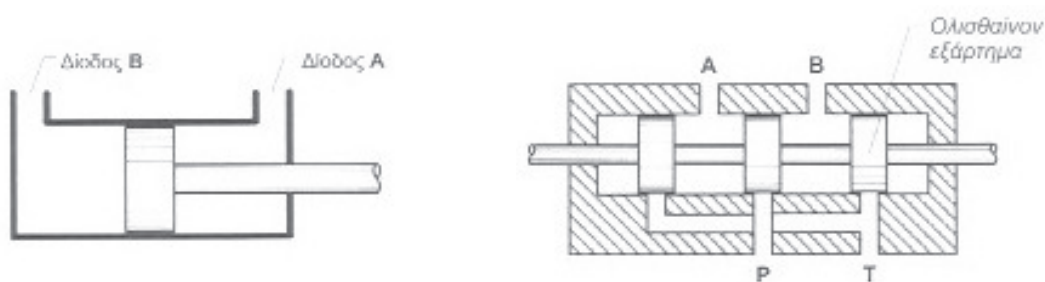
Οι απαιτήσεις του υδραυλικού συστήματος πολλές φορές επιβάλλουν την μεταβολή της παροχής του εργαζόμενου μέσου στις διάφορες θέσεις εργασίας, όπως είναι οι θέσεις των υδραυλικών κυλίνδρων ή κινητήρων. Για μία θέση εργασίας αυτό θα μπορούσε να γίνει με την χρησιμοποίηση αντλίας μεταβαλλόμενης παροχής. Όμως, για συνήθεις εφαρμογές το κόστος μίας τέτοιας αντλίας είναι μάλλον απαγορευτικό, ενώ η εν λόγω ρύθμιση της παροχής μπορεί να γίνει οικονομικότερα εάν χρησιμοποιηθεί μία βαλβίδα για την ρύθμιση της παροχής (flow control valve) σκοπός της οποίας είναι η μείωση της παροχής στον κλάδο της σωλήνωσης την οποία ελέγχει. Μία τέτοια βαλβίδα είναι ουσιαστικά μια αντίσταση ροής, και έτσι αυξάνει η πίεση του συστήματος, η οποία ενεργοποιεί τη βαλβίδα ανακουφίσεως δια της οποίας ένα μέρος της παροχής της αντλίας επιστρέφει απευθείας στη δεξαμενή. Το υπόλοιπο περνάει μέσα από την flow control valve και από εκεί οδηγείται στον επενεργητή (κύλινδρο ή κινητήρα). Οι βαλβίδες αυτές είναι στραγγαλιστές. Έχουν μία στένωση δια της οποίας η ροή είναι συνάρτηση της πτώσης πίεσεως $\Delta p = p_1 - p_2$.

Ας υποθέσουμε ότι μία αντλία στέλνει 5GPM στην κατάθλιψη που οδηγεί στην είσοδο 1 του κυλίνδρου, ο οποίος μπορεί να εκτελέσει ένα έργο με πίεση $p_1 = 100\text{bar}$. Η βαλβίδα ανακουφίσεως έχει ρυθμιστεί για να ενεργοποιηθεί σε πίεση 200bar. Ολόκληρη η παροχή των 5GPM κατευθύνεται στην είσοδο 1 του κυλίνδρου. Έστω ότι στη γραμμή καταθλίψεως, ακριβώς πριν από την είσοδο 1 του κυλίνδρου, τοποθετείται μία βαλβίδα ρυθμίσεως της παροχής, και ότι με πίεση 200bar στην είσοδο της βαλβίδας ρυθμίσεως παροχής μόνον 2 GPM διέρχονται δια αυτή. Η αντλία θα προσπαθήσει να ωθήσει ολόκληρη τη παροχή 5GPM αλλά επειδή η αντίσταση που συναντά είναι μεγάλη, μόλις η πίεση φθάσει τα 200bar θα ενεργοποιηθεί η βαλβίδα ανακουφίσεως. Τα 3GPM που πλεονάζουν θα οδηγηθούν κατευθείαν στη δεξαμενή μέσω της βαλβίδας ανακουφίσεως. Η διαφορά πίεσεως Δp στη βαλβίδα ρυθμίσεως της παροχής συνδέεται τόσο με τις απώλειες όσο και με την παροχή και πρέπει να είναι γνωστές οι σχέσεις τους με τη Δp . Η ροή μέσα από τα ανοίγματα των βαλβίδων ρυθμίσεως της παροχής επηρεάζεται από το μέγεθος του ανοίγματος, από τη διαφορά πίεσεως και από τη θερμοκρασία του ρευστού. Το μέγεθος του ανοίγματος μπορεί να είναι σταθερό (όπως είναι το στένωμα ενός απλού orifice ή μιας βαλβίδας αντεπιστροφής με οπή γύρω από το κέντρο της) ή μπορεί να είναι μεταβαλλόμενης διατομής, πράγμα το

οποίο παρέχει ευελιξία στο σύστημα (όπως είναι η απλή βάνα, η βάνα με κώνο ή σφαίρα και η βελονοειδής βαλβίδα).

11.1.2 Βαλβίδες ρύθμισης κατεύθυνσης ροής

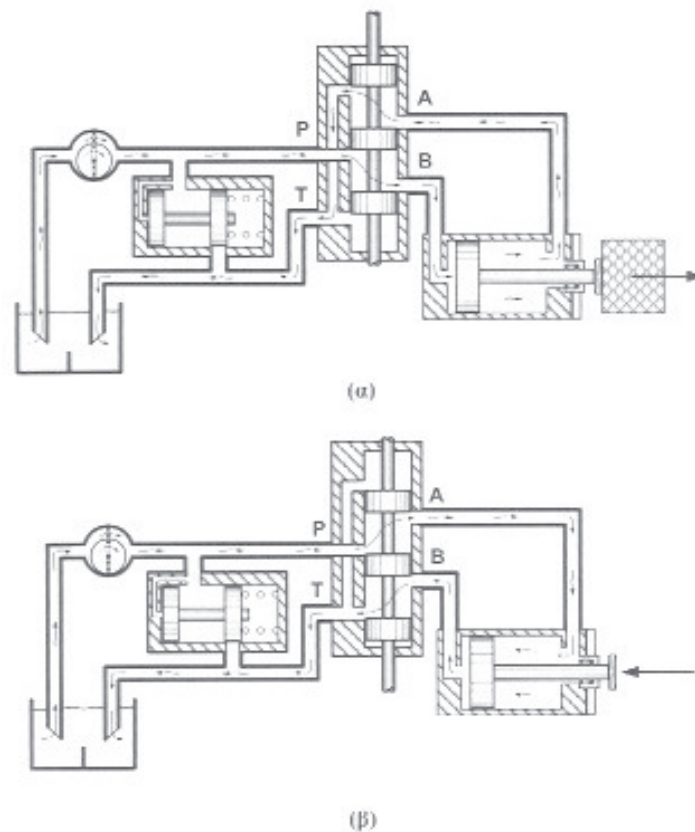
Μια βαλβίδα αυτού του τύπου αποτελείται από το κέλυφος που εσωτερικά περιέχει διάφορες διόδους ροής του ρευστού, και από ένα βάκτρον όπου φέρει διάφορα ολισθαίνον έμβολα, τα οποία καθώς κινούνται άλλοτε ανοίγουν και άλλοτε κλείνουν τις διάφορες διόδους. Ας υποθέσουμε ότι ο κύλινδρος της εικόνας 28 φέρει τα ανοίγματα Α και Β. Η βαλβίδα έλεγχου ροής έχει το άνοιγμα Α του κυλίνδρου, έχει το άνοιγμα Β, που θα συνδεθεί με το άνοιγμα Β του κυλίνδρου, έχει το άνοιγμα Ρ, που θα συνδεθεί με τον σωλήνα καταθλίψεως, και τελικά έχει το άνοιγμα Τ, που α συνδεθεί με την σωλήνωση επιστροφής του εργαζόμενου μέσου στη δεξαμενή.



εικόνα 28 - βαλβίδα ρύθμισης κατεύθυνσης

Για να ρυθμίσουμε την κατεύθυνση της ροής χρησιμοποιούμε την **βαλβίδα ρύθμισης κατεύθυνσης ροής** (directional control valve) η οποία φέρει ένα βάκτρον με τρία έμβολα. Όταν το βάκτρον έχει κινηθεί προς μία ακραία θέση, εικόνα 29(α), το ρευστό από τη σωλήνωση καταθλίψεως διέρχεται δια της βαλβίδας ακολουθώντας τη δίοδο Ρ -> Β και φθάνει στο άνοιγμα Β του κυλίνδρου, ενώ εξερχόμενο του κυλίνδρου μέσω του ανοίγματος Α διέρχεται δια της βαλβίδας ακολουθώντας τη δίοδο Α -> Τ και έτσι επιστρέφει στη δεξαμενή. Με αυτό το τρόπο κινήσεως του κυλίνδρου κινείται προς τα έξω. Όταν το βάκτρον βρεθεί στην άλλη ακραία θέση, εικόνα 29(β), το ρευστό της καταθλίψεως ακολουθεί τον δρόμο Ρ -> Α και φθάνει στο άνοιγμα Α του κυλίνδρου, ενώ το ρευστό που επιστρέφει

εξέρχεται του κυλίνδρου από το άνοιγμα B και ακολουθώντας τον δρόμο B -> T φθάνει στη γραμμή επιστροφής. Το έμβολο επιστρέφει, κινούμενο προς τα μέσα. Η ανωτέρω βαλβίδα που αναφέραμε είναι μια βαλβίδα ολισθαίνοντος εμβόλου 4 δρόμων, η οποία μπορεί να τροφοδοτεί τον κύλινδρο με τέτοιο τρόπο ώστε το έμβολο του να κινείται προς τη μία αλλά και προς την άλλη κατεύθυνση. Για να κινηθεί το έμβολο του κυλίνδρου προς τη μία κατεύθυνση θα πρέπει το ολισθαίνον έμβολο της βαλβίδας να ευρίσκεται στην μία από τις δύο ακραίες θέσεις του ολισθαίνοντος εμβόλου του κυλίνδρου. Οι δύο ακραίες θέσεις του ολισθαίνοντος εμβόλου της βαλβίδας συμβολίζονται με δύο τετράγωνα. Κάθε τετράγωνο περιέχει βέλη, τα οποία δείχνουν τις διόδους που ακολουθεί το ρευστό μέσα στη βαλβίδα.



εικόνα 29 αναπαράσταση ροής

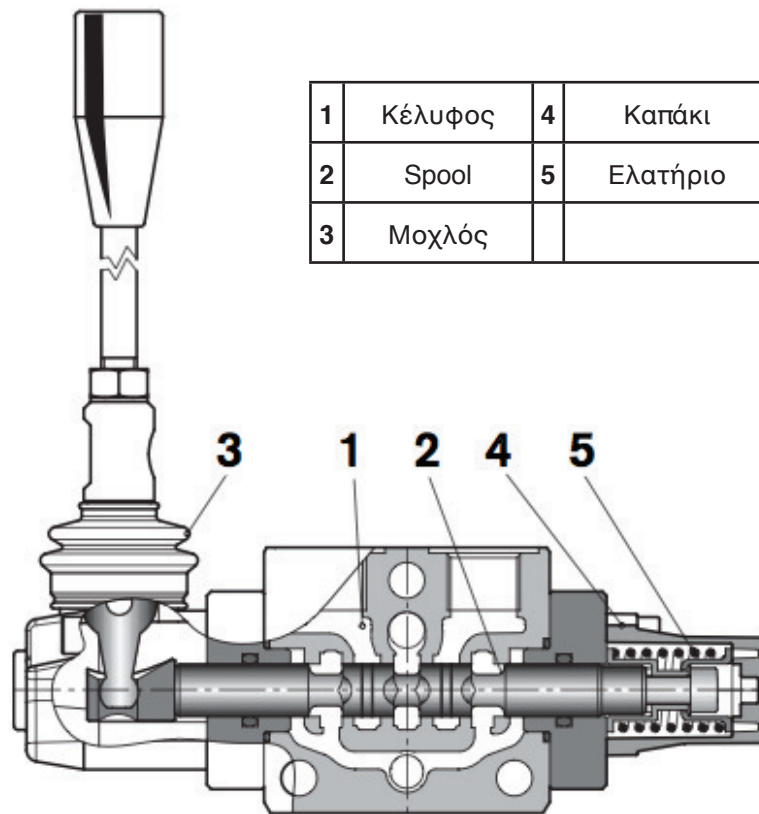
Γενικώς, οι βαλβίδες συμβολίζονται με διαδοχικά τετράγωνα ο αριθμός των οποίων αντιπροσωπεύει τον αριθμό των θέσεων που μπορεί να πάρει το ολισθαίνον έμβολο, δηλαδή παριστά τον αριθμό των εργασιών που μπορεί να κάνει η βαλβίδα. Στον συμβολισμό της δίνεται επίσης η σύνδεση P με την κατάθλιψη, η σύνδεση T με την επιστροφή και οι θέσεις των εξωτερικών συνδέσεων (συνδέσεις με σωληνώσεις θέσεων εργασίας) που αν είναι μία είναι η A, αν είναι δυο ορίζονται ως A και B, κλπ. Η σύνδεση L αναφέρεται στην

αποστράγγιση και οι συνδέσεις X για την αριστερή (a) υδραυλική, πνευματική ή άλλη διέγερση και Y για την δεξιά (b) διέγερση φαίνονται επίσης στο συμβολισμό πολυπλοκότερων βαλβίδων.

Μια βαλβίδα κατεύθυνσης ροής με τρεις δρόμους (P για την ένωση με την κατάθλιψη, T για ένωση με την επιστροφή και A για ένωση με την είσοδο του ρευστού στον επενεργητή) φαίνεται στο υδραυλικό κύκλωμα του σχήματος 9.27. Αυτή η βαλβίδα χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί την είσοδο του επενεργητή με ρευστό, όταν το ολισθαίνον έμβολό της βρίσκεται στη μία ακραία θέση. Όταν το έμβολο αυτό κινηθεί στην άλλη ακραία θέση τότε το επιστρέφον λόγω του ελατηρίου έμβολο του κυλίνδρου ωθεί το ρευστό προς τη δεξαμενή μέσω του

ανοίγματος του κυλίνδρου και της διόδου T της βαλβίδας. Οι βαλβίδες κατεύθυνσης της ροής με έμβολα μπορεί να είναι θετικής, αρνητικής μηδενικής επικάλυψης. Όταν το μήκος χ_1 του εμβόλου είναι μεγαλύτερο από το μήκος χ_2 του θύλακα του περιβλήματος, τότε η επικάλυψη είναι θετική. Όταν $\chi_1 < \chi_2$ η επικάλυψη είναι αρνητική και όταν $\chi_1 = \chi_2$ η επικάλυψη είναι μηδενική. Στη θετική επικάλυψη η ρ_0 διακόπτεται τελείως, στην αρνητική επικάλυψη η ροή συνεχίζεται με αποτέλεσμα την αποφυγή δημιουργίας υπερπίεσεων, αλλά με προβλήματα συγχρονισμού της κινήσεως των διαφόρων εξαρτημάτων, και στη μηδενική επικάλυψη η μια σύνδεση σταματά όταν ακριβώς αρχίζει η άλλη. Υπάρχουν διάφοροι σχεδιασμοί της κεντρικής θέσης μιας βαλβίδας 4/3, οι οποίοι μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα κέλυφος βαλβίδας χρησιμοποιώντας διαφορετικά έμβολα. Θα εξετάσουμε μόνο τους εξής σχεδιασμούς κεντρικής θέσης:

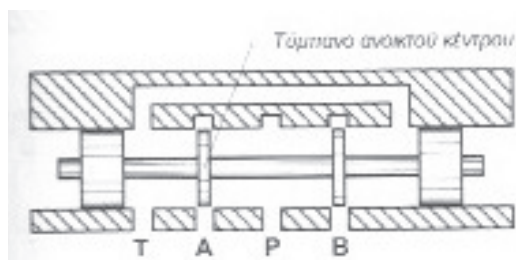
- Σχεδιασμός ανοικτού κέντρου
- Σχεδιασμός κλειστού κέντρου
- Σχεδιασμός δίδυμου κέντρου
- Σχεδιασμός κλειστής καταθλίψεως



εικόνα 30 - βαλβίδα χειστηρίου

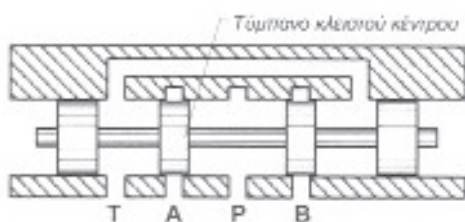
11.1.3 Σχεδιασμός ανοικτού κέντρου

Μια βαλβίδα 4/3 με ανοικτό κέντρο χρησιμοποιείται σε κυκλώματα στα οποία το έμβολο του κυλίνδρου, μετά την ολοκλήρωση του κύκλου εργασίας με τις δυο ακραίες θέσεις του ολισθαίνοντος εμβόλου της βαλβίδας, τοποθετείται στη μεσαία θέση έτσι ώστε το ρευστό από τη P οδηγείται στη δεξαμενή μέσω της επιστροφής T, ενώ ο κύλινδρος μπορεί να κινηθεί ελεύθερα. Το μειονέκτημα μιας τέτοιας βαλβίδας είναι ότι με αυτή τη σύνδεση δεν μπορεί να κινηθεί άλλος κύλινδρος, όταν η βαλβίδα έχει τη μεσαία θέση, διότι όλες οι δίοδοι P, T, A και B ενώνονται στο ίδιο σημείο. Είναι φανερό ότι ο σχεδιασμός ανοικτού κέντρου επιτρέπει στο έμβολο του κυλίνδρου να κινηθεί ελεύθερα, ενώ στο ρευστό από την κατάθλιψη επιστρέφει στη δεξαμενή σε χαμηλή πίεση.



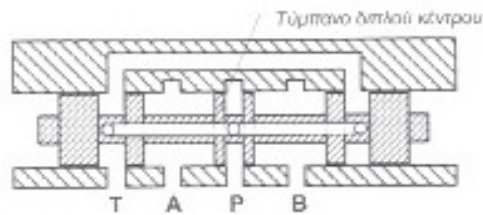
11.1.4 Σχεδιασμός κλειστού κέντρου

Μια βαλβίδα 4/3 είναι αυτού του είδους όταν όλες οι δίοδοι P, T, A και B είναι κλειστές στη μεσαία θέση του εμβόλου της. Έτσι το ρευστό από την κατάθλιψη μπορεί να οδηγείται σε άλλες βαλβίδες, δηλαδή σε άλλους επενεργητές και άλλες θέσεις εργασίας. Ένα μειονέκτημα αυτών των βαλβίδων είναι ότι το ρευστό του κυλίνδρου δεν μπορεί να επιστρέψει στη δεξαμενή. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι έχουν διαρροές υγρού λόγω των πιέσεων. Εάν η βαλβίδα υφίσταται την πίεση του συστήματος στο σημείο P για μερικά λεπτά, τότε λόγω των διαρροών προς τις θέσεις A και B θα υπάρχει ρευστό με πίεση ίση με το ήμισυ της πίεσεως στην κατάθλιψη. Αυτό θα συμβεί διότι η διαρροή είναι ίδια επειδή τα μήκη των διόδων είναι περίπου ίδια.



11.1.5 Σχεδιασμός διδύμου (tandem) κέντρου

Στο σχεδιασμό αυτό τα P και T της βαλβίδας είναι ενωμένα εν τα A και B είναι κλειστά. Κατ' αυτό το τρόπο η αντλία μπορεί να λειτουργεί και να στέλνει ρευστό στη δεξαμενή χωρίς τη χρήση βαλβίδας ανακουφίσεως, εν η κίνηση του επενεργητή έχει σταματήσει. Το μειονέκτημα αυτού του σχεδιασμού είναι ότι, επειδή η είσοδος P δεν είναι πολύ κοντά στην έξοδο T, δημιουργείται διαφορά πίεσεως 3 : 4 bar στη δίοδο που συνδέει τα P και T μέσω του πυρήνα του βάρκρου. Έτσι μειώνεται και η ονομαστική παροχή της βαλβίδας.



11.1.6 Σχεδιασμός κλειστής καταθλίψεως (float)

Μια βαλβίδα κατεύθυνσης της ροής με ολισθαίνον έμβολο στη κεντρική θέση σε σχεδιασμό κλειστής καταθλίψεως έχει την είσοδο P κλειστή και τις υπόλοιπες διόδους A, B και T συνδεδεμένες στο ίδιο σημείο.

Μια τέτοια βαλβίδα επιτρέπει ανεξαρτησία κινήσεως με κάθε επενεργητή που δεν είναι ενεργοποιημένος. Το πλεονέκτημα είναι ότι όταν το P κλείνει δεν αναπτύσσεται πίεση στις υπόλοιπες διόδους, όπως συμβαίνει στο σχεδιασμό κλειστού κέντρου. Το μειονέκτημα είναι ότι το φορτίο δεν μπορεί να κρατηθεί στη θέση του διότι το έμβολο του κυλίνδρου μπορεί να κινηθεί ελεύθερα. Εάν απαιτείται να κρατηθεί το φορτίο στη θέση του, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια βαλβίδα αντεπιστροφής με εντολή, όπως στο σχήμα.

Ανωτέρω φαίνονται διάφοροι σχεδιασμοί της κεντρικής θέσης βαλβίδας 4/3.

Οι βαλβίδες που διαθέτουν μεσαία θέση του εμβόλου τους, πρέπει να έχουν και την δυνατότητα να συγκρατούν το έμβολό τους στην κεντρική θέση. Η δυνατότητα αυτή τους παρέχεται είτε μέσω ελατηρίων, είτε μέσω πίεσεως εντολής (pilot).

Συνήθως χρησιμοποιείται το κεντράρισμα του εμβόλου με ελατήρια (ένα σε κάθε πλευρά), τα οποία, μετά την ενεργοποίηση της, επαναφέρουν το έμβολο στην κεντρική του θέση. Η πίεση εντολής μπορεί να είναι υδραυλική πίεση, η οποία ελέγχεται μέσω πηνίου (solenoid) μιας βοηθητικής βαλβίδας.

11.1.7 Βαλβίδες αντεπιστροφής

Οι βαλβίδες αυτές (check valves) επιτρέπουν την ροή ρευστού μόνο προς τη μια κατεύθυνση, απαγορεύοντας τη δυνατότητα ροής προς την αντίθετη. Χρησιμοποιούν κώνο ή σφαίρα, που κρατείται στη θέση του μέσω δυνάμεως ενός ελατηρίου, το οποίο χρησιμοποιείται και ως οδηγός επαναφοράς της σφαίρας ή του κώνου στην αρχική θέση (θέση κλεισίματος). Μια βαλβίδα αντεπιστροφής μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι συνδυασμός βαλβίδων κατεύθυνσης ροής, ενός δρόμου και δύο θέσεων (1/2) και βαλβίδων ρύθμισης της πίεσεως. Μπορεί να είναι ευθύγραμμες (όπως φαίνεται στα προηγούμενα σχήματα) ή γωνιακές. Μια βαλβίδα αντεπιστροφής χρησιμοποιείται ως παρακαμπτήριος αγωγός (bypass), που επιτρέπει τη ροή σε βοηθητική γραμμή γύρω από κάποιο μηχάνημα, όπως γύρω από τη βαλβίδα ρύθμισης της παροχής του υδραυλικού κυκλώματος κατά την επιστροφή του εμβόλου.

Κεφάλαιο 12

Στεγανωτικά Μέσα

12.1 Γενικά

Η μέγιστη αλλά και μοναδική αδυναμία του υδραυλικού συστήματος είναι ασφαλώς ο κίνδυνος της διαρροής του υδραυλικού υγρού. Μία κρίσιμη διαρροή υγρού στο σύστημα είναι σε θέση να το αχρηστεύσει προς στιγμή. Είναι συνεπώς ευνόητο, η σημασία της στεγανότητας του υδραυλικού συστήματος και κατ' ακολουθία τα μέσα στεγανότητας. Η εκάστοτε εμφάνιση νέων τύπων υδραυλικών υγρών ακολουθείται πάντοτε και από νέους τύπους στεγανωτικών.

Το πρόβλημα συνεπώς της στεγανότητας μεταφέρεται στα χρησιμοποιούμενα στεγανωτικά μέσα. Γνωρίζοντας επομένως τι είναι στεγανωτικά μέσα (κοινώς τσιμούχες) καθώς και πού και πότε πρέπει να χρησιμοποιούνται, θα είμαστε σίγουροι για την κατασκευή ενός απολύτως στεγανού υδραυλικού συστήματος.

12.2 Περιγραφή στεγανωτικών μέσων. Υλικά

Οι δύο βασικές κατηγορίες των στεγανωτικών μέσων είναι:

- α) *Ο στατικός τύπος* αποτελεί μια στεγανωτική μονάδα η οποία συγκρατεί μία πίεση επιβαλλόμενη από σταθερή ή ακίνητης επιφάνειας όπως π.χ. ένα στεγανωτικό παρέμβρισμα (φλάντζα).
- β) *Ο δυναμικός τύπος* είναι στεγανοποιητικό μέσο μέσω του οποίου παρεμποδίζεται η διαρροή ελαίου από την περιφέρεια ενός κινούμενου εξαρτήματος. Ως παράδειγμα αναφέρουμε τους στεγανωτικούς δακτυλίους των περιστρεφόμενων αξόνων.

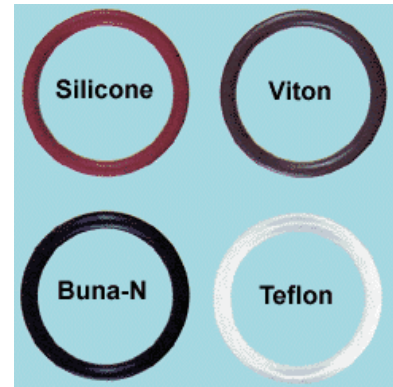


φλάντζα

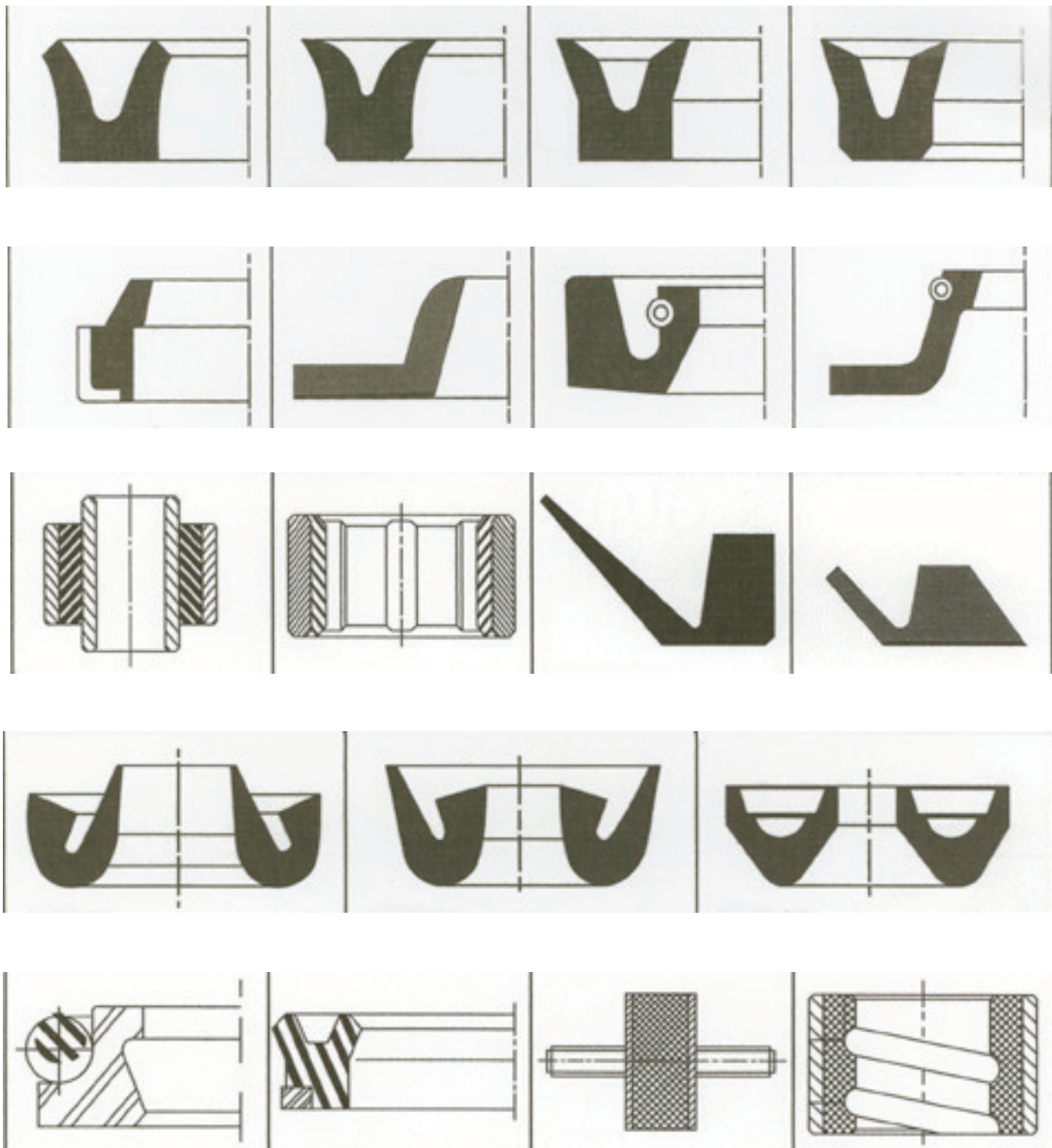
Ο συνηθέστερος τύπος των στατικών στεγανωτικών που χρησιμοποιούνται στα υδραυλικά συστήματα είναι οι εξής:

α) Επίπεδα παρεμβρίσματα (φλάντζα) από αμίαντο, ελαστικό, πλαστικό (teflon), ρητινών φαινόλης (Micarta, Synthane και πολυαιθυλένιο).

β) Στεγανωτικοί δακτύλιοι (O-ring) από σιλικόνη, τεφλόν, Buna-N, Βουτύλ, Viton, Neoprene. Στην πραγματικότητα τα O-ring έχουν αντικαταστήσει σχεδόν πλήρως τα επίπεδα παρεμβρίσματα στις υδραυλικές εφαρμογές. Το πλεονέκτημα αυτών έγκειται ότι είναι εξίσου αποτελεσματικά και ως δυναμικά στεγανοποιητικά μέσα.



σταγανωτικοί δακτύλιοι



Διατομή διαφόρων τύπων δυναμικών τσιμουχών

Τα σύγχρονα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τους, επιτρέπουν την ανάπτυξη ισχυρών πιέσεων και υψηλών θερμοκρασιών στα υδραυλικά συστήματα, επιπλέον είναι κατά πολύ απλούστερα και οικονομικότερα μέσα στεγανότητας έναντι ομοίων του. Η περιγραφή των σύγχρονων υλικών κατασκευής των O-ring που ακολουθεί θα βοηθήσει σημαντικά την κατανόηση της συμβολής τους στα υδραυλικά συστήματα.

i. *Φυσικό ελαστικό* : Το υλικό αυτό δεν έχει αποδειχθεί επιτυχές στις υδραυλικές εφαρμογές λόγω της ελάχιστης αντοχής που παρουσίαζαν στα πετρελαιοειδή. Στην τάση να διογκώνονται και να καταστρέφονται σε περιβάλλον με ορυκτέλαια συνεπώς κρίθηκαν ακατάλληλα για υδραυλικά συστήματα.

ii. *Συνθετικά ελαστικά*: Τα υλικά αυτά προσφέρονται σε μεγάλη ποικιλία ώστε είναι απολύτως δυνατή η εκλογή του κατάλληλου υλικού για κάθε είδους συνθήκες το οποίο θα εργαστεί. Τα συνηθέστερα συνθετικά ελαστικά είναι

a) *Τεφλόν και Νάϋλον* : έχουν εξαιρετικά υψηλή αντοχή στη θερμοκρασία. Λεπτές ταινίες από Τεφλόν χρησιμοποιούνται ευρύτατα για στεγανώσεις των σπειρωμάτων σε συνδέσεις σωληνώσεων. Χρησιμοποιούνται επίσης για την κατασκευή ορθογώνιας διατομής δακτυλίων και είναι γνωστοί διεθνώς ως Buck-up Rings.

b) *Buna-N* : είναι κυρίως το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στην κατασκευή των αυτόματων κιβωτίων στα βαρέα οχήματα και μηχανήματα. Είναι το πλέον διαδεδομένο είδος συνθετικού ελαστικού στα σύγχρονα υδραυλικά συστήματα.

Είναι εξαιρετικά ανθεκτικό υλικό με υψηλή αντοχή στη φθορά και οικονομικό. Απολύτως κατάλληλο για πετρελαιοειδή υγρά, με θερμοκρασία εργασίας μεταξύ -4°C - 110°C . Ίσως έχει την καταλληλότερη αντίσταση έναντι διογκώσεων και πλαδαρότητας στις υψηλές θερμοκρασίες από οποιοδήποτε συνθετικό ελαστικό.

c) *Σιλικόνης* : οι σιλικόνες έρχονται στη δεύτερη θέση, μετά το *Buna-N*, από πλευράς διαδόσεως στα υδραυλικά συστήματα. Μπορούν να εργαστούν σε θερμοκρασίες μεταξύ -50°C - 200°C . Η σιλικόνη όμως αντιθέτως προς την *Buna-N*, δεν ενδείκνυται για παλινδρομικής στεγανοποίηση διότι δεν είναι τόσο ανθεκτική.

Επιμηκύνονται, σχίζονται και τρίβονται εύκολα. Έχουν επίσης τάση να διογκώνονται, όπως το φυσικό πλαστικό, υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών.

d) Neoprene : αυτό είναι το πλέον σύγχρονο στεγανοποιητικό υλικό. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες συνεργάζεται ικανοποιητικότερα με πετρελαιοειδή. Σε θερμοκρασίες όμως ανώτερες των 65°C έχει την τάση να βουλκανιζάρεται και η χρησιμοποίησή του είναι μάλλον περιορισμένη.

iii. Δέρμα : το δέρμα παραμένει πάντοτε πολύ καλό στεγανωτικό υλικό και δεν έχει ακόμη πλήρως αντικατασταθεί από διάφορα συνθετικά ελαστικά. Είναι οικονομικότερο και ανθεκτικό, ανταποκρίνεται πολύ καλά στις απαιτήσεις των σύγχρονων υδραυλικών συστημάτων. Το μεγαλύτερο όμως μειονέκτημά τους είναι ότι έχει την τάση να ξηραίνεται όταν μένει χωρίς λίπανση και δεν μπορεί να αντέξει σε θερμοκρασίες άνω των 70°C.

Οι συνηθέστεροι τύποι δυναμικών στεγανωτικών μέσων είναι :

i) *Ο συνθλιβόμενος τύπος* : από τους παλιότερους τύπους, τοποθετείται σε ειδική υποδοχή και ρυθμίζεται μέσω κοχλιών. Το υλικό αυτό είναι πλεκτό, στριφτό ή υφαντό, αποτελείται από πολλά φύλλα μαζί ή είναι συμπιεσμένο στην υποδοχή του. Κατασκευάζονται από ελαστικό, δέρμα, φίμπερ, Τεφλόν, βαμβάκι, μεταλλικά (μόλυβδος ή γραφίτης) κ.α.

ii) *Ο αυτόματος τύπος* : ονομάζεται έτσι διότι δεν απαιτεί ρύθμιση καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του. Την απαιτούμενη ώθηση επί της τριβόμενης επιφάνειας, την οποία στεγανοποιεί, την παρέχει η ίδια υδραυλική πίεση του συστήματος του οποίου επιδιώκουμε την στεγανοποίηση. Ο τύπος αυτός δύναται να χωριστεί σε δύο κατηγορίες : α) τύπου μετά χύλωσης β) θλιβόμενο τύπο. Ο δεύτερος τύπος είναι στην ουσία γνωστός με την ονομασία O-ring. Στο παρακάτω σχήμα παρίστανται σε τομή δυναμικοί τύποι μετά χύλωσης και τύπου O-ring.

12.3 Τρόπος δράσεως των δυναμικών στεγανοποιητικών μέσων

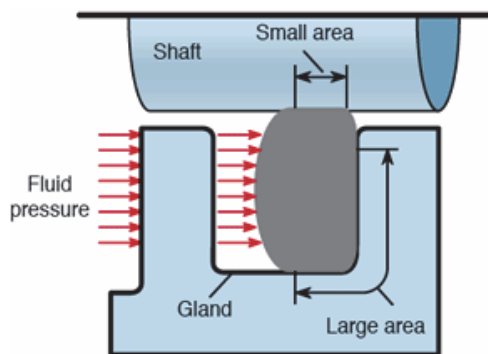
12.3.1 Συνθλιβόμενος τύπος

Σκοπός του δυναμικού στεγανοποιητικού μέσου (τσιμούχα) είναι να εμποδίζει τη διαρροή του υδραυλικού υγρού στην περιφέρεια του περιστρεφόμενου ή παλινδρομικού άξονα. Εάν ο άξονας είναι τελείως κυλινδρικός και τελείως λείος, το πρόβλημα της στεγανότητας είναι σχετικά απλό. Οι άξονες όμως παρουσιάζουν συνήθως μία απόκλιση εκ της κυλινδρικότητας (οβάλ) τουλάχιστον μερικά δέκατα χιλιοστών της ίντσας. Όταν δεν υπάρχουν επί της επιφάνειας αυλάκια ή εξογκώματα, τότε ο στεγανωτικός δακτύλιος έχει να ανταποκριθεί στο σκληρό έργο και μάλιστα ανεξαρτήτως καλής ή όχι ποιότητας αυτού. Η λύση του προβλήματος τότε ασφαλώς δεν βρίσκεται στην υπερβολική σύσφιξη των ρυθμιστικών κοχλιών. Ο κατασκευαστής του μηχανήματος πρέπει να έχει πάντα ως σκοπό τη μείωση των τριβών και η σύσφιξη των στεγανωτικών αυξάνει τις τριβές και το στεγανωτικό ενεργεί πλέον ως φρένο.

Πολλοί χειριστές αγνοούν ότι ο σκοπός του περιγραφόμενου στεγανοποιητικού μέσου δεν είναι να σταματήσει τελείως την διαρροή του ελαίου αλλά ουσιαστικά να στραγγαλίσει όσο γίνεται πιο πολύ. Αυτό επιδιώκεται γιατί ο συνθλιβόμενος τύπος στεγανοποιητικού μέσου δρα ως έδρανο και συνεπώς πρέπει να λιπαίνεται. Εάν παραμείνει στεγνός τότε θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του, εν συνεχεία σκληραίνει και φθείρει τον περιστρεφόμενο άξονα.



DuPont Viton



Σχ. 20 O-ring κατά την εργασία

12.3.2 Αυτόματος τύπος

Όπως προαναφέραμε, σε αυτό τον τύπο η πίεση του συστήματος, δρα, ρυθμίζει, ή εξασφαλίζει ανοχές λειτουργίας, κατά τρόπο τελείως αυτόματο. Αποτέλεσμα τούτου είναι υψηλότερα φορτία, λιγότερες διαρροές ελαίου και μειωμένη τριβή. Ένα από τα παλιότερα είδη στεγανοποιητικών του τύπου αυτού είναι και της εικόνας

Έχει την μορφή κυαθίου. Λόγω της ασκούμενης πίεσης επί των κυλινδρικών τοιχωμάτων αυτού, τείνουν να εκτονωθούν περιμετρικά στα χείλι και μάλιστα με μέγιστη ελαστική παραμόρφωση στα χείλι και σχεδόν μηδενική στην βάση του. Τα κυάθια κατασκευάζονται συνήθως από δέρμα (φυσικό ή συνθετικό), Τεφλόν και άλλα συνθετικά υλικά. Χρησιμοποιούνται συνήθως στα έμβολα και τα βάρτρα των παλινδρομικών συσκευών. Ένας άλλος τύπος αυτόματου στεγανοποιητικού δακτυλίου είναι και ο διατομής “U” ο οποίος είναι συνδυασμός του κυαθίου και της επίπεδης φλάντζα. Ο τύπος αυτός δεν στεγανοποιεί μόνο την κινούμενη επιφάνεια αλλά και τα σταθερά τοιχώματα της υποδοχής συγκρατήσεως αυτού, καθώς η πίεση του λαδιού δρα ισομερώς σε ολόκληρη την επιφάνεια της διατομής “U”.

Παραπλήσιος τύπος του “U” είναι και ο τύπος “V” πλην όμως ότι είναι , μάλλον ημιαυτόματος και απαιτεί σχετική ρύθμιση. Χρησιμοποιείται κατά σύνολα 3-4 ή και περισσότερων τεμαχίων τοποθετούμενων του ενός δίπλα του άλλου. Όπως και στα στατικά στεγανωτικά μέσα όπως και στα δυναμικά εξέχουσα θέση καταλαμβάνουν το O-ring. Το O-ring είναι συμπαγές, καταλαμβάνει ελάχιστο χώρο, είναι διπλής ενεργείας και στεγανοποιεί εξίσου καλά και προς τις δύο κατευθύνσεις της κινήσεως. Δρα αυτομάτως και μάλιστα άνευ πίεσεως του λαδιού. Λάθος τοποθέτησή του αποκλείεται διότι όπως και να τοποθετηθεί είναι το ίδιο.

Το O-ring όμως παρά τα ανωτέρο πλεονεκτήματα παρουσιάζει και ένα πολύ σοβαρό μειονέκτημα. Αυτό είναι η ελαστική εκτόνωσή του και η τάση που έχει στην οποία να εισχωρεί, υπό την επίδραση υψηλών πιέσεων, εντός των πολύ μικρών διάκενων μεταξύ των πειφανειών δύο συνδεδεμένων εξαρτημάτων. Στο σχήμα 20, παρίσταται πως είναι ένα O-ring υπό υψηλή πίεση εισχωρεί στο διάκενο και καταστρέφεται συνθλιβόμενο.

Το μειονέκτημα αυτό διορθώνεται με την προσθήκη ενός ή δύο συμπληρωματικών δακτυλιδιών από πλαστικό ή Τεφλόν, ορθογωνικής διατομής ως υπόβαθρο του O-ring.

Η συνήθης μέγιστη πίεση στην οποία αντέχει επιτυχώς ένα O-ring, υπό συνήθης συνθήκες διάκενου, είναι περίπου 1500PSI. Με τη προσθήκη δακτυλιδιού από Τεφλόν (backup ring ή πλάτη), το όριο αυξάνεται στα 3000PSI. Η πλαστική αυτή προσθήκη υπό την επίδραση της υψηλής πίεσης παραμορφώνει προσωρινά και με αυτό τον τρόπο φράσσει το διάκενο και εμποδίζει το O-ring να εισέλθει εντός αυτού και να καταστραφεί.

Τα O-ring έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής από τα δακτυλίδια τύπου V. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι τα O-rings κρατούν στεγανότητα μόνο εφόσον δεχτούν πίεση εντός των αυλακιών. Όταν η αντίσταση αυτή με τον καιρό εξασθενίσει λόγω μόνιμης παραμόρφωσης, από χημικών ή μηχανικών αιτιών, τότε η στεγανότητα παύει να υφίσταται και αρχίζει η διαρροή ελαίου. Η ακαταλληλότητα του O-ring γίνεται αντιληπτή από τη χαρακτηριστική σκλήρυνση την οποία παρουσιάζει.

Αντιθέτως ο δακτύλιος V όχι μόνο πλάσσεται καλύτερα όσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση, αλλά είναι ευκολότερο για αυτό να πραγματοποιήσει τέλεια επαφή με τα τοιχώματα τα οποία στεγανοποιεί. Τα O-ring δεν πρέπει να τοποθετούνται σφικτά σε παλινδρομικούς άξονες των οποίων η ταχύτητα υπερβαίνει τα 65m/min. Στην περίπτωση αυτή το O-ring πρέπει να έχει ελαφρώς μεγαλύτερη εσωτερική διάμετρο.

Η κακή κατάσταση των O-ring, ως στεγανωτικοί δακτύλιοι κυρίως των αξόνων των αντλιών, είναι δυνατόν να προκαλέσει πλήθος ζημιών. Είναι φανταστικό αλλά τελείως αληθές το ότι ένα O-ring που κοστίζει λίγα ευρώ μπορεί να αχρηστέψει μια αντλία αξίας πολλών εκατοντάδων ευρώ. Συνεπώς, συστήνεται κατά την επισκευή των υδραυλικών μονάδων, να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες των κατασκευαστών.

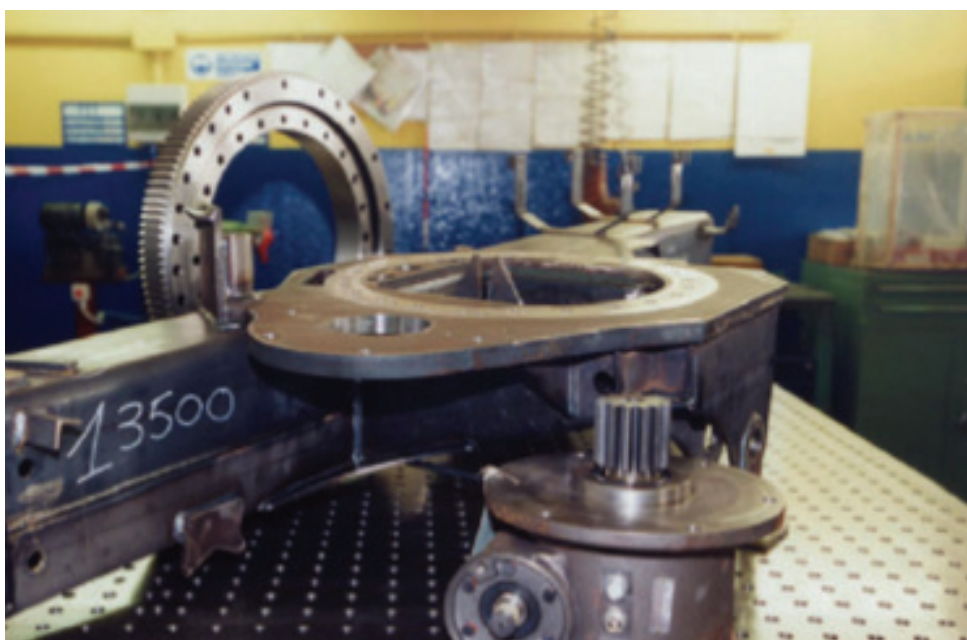
Κεφάλαιο 13

Αρχιτεκτονική Γερανού

Οι γερανοί, όπως γενικώς όλες οι μηχανές, αποτελούνται από πολλά επιμέρους συστήματα ή μηχανισμούς, τα οποία συνεργάζονται αρμονικά, ώστε να επιτελέσουν τον επιδιωκόμενο σκοπό. Ακόμη και οι πιο απλές αποτελούνται από επιμέρους υποσυστήματα. Για να κατανοηθεί καλύτερα η κατασκευή, λειτουργία και οι δυνατότητες των μηχανών είναι χρήσιμο να μελετώνται τα επιμέρους υποσυστήματα και η λειτουργία τους.

Τα τελευταία χρόνια πολλές εταιρίες χρησιμοποιούν ρομποτική τεχνολογία και χρήση 3d λογισμικών σε υπολογιστές ώστε να παρέχουν την μέγιστη ασφάλεια και ικανότητα χειρισμού. Κάθε γερανός μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποσυστήματα : στο υποσύστημα υποστήριξης και στο λειτουργικό.

Το υλικό κατασκευής των γερανών αποτελείται κυρίως από χάλυβα και μικρές ποσότητες άνθρακα. Επίσης με την προσθήκη διάφορων άλλων μετάλλων όπως νικέλιο, χρώμιο κλπ επιτυγχάνεται η ενίσχυση των υλικών ώστε να αντέχει στις διάφορες καιρικές συνθήκες και στην μεγαλύτερη αντοχή των υλικών στην σκληρότητα, στερεότητα, πιο εύπλαστα και η συγκόλλησή τους γίνεται με μεγαλύτερη αντοχή.



εικόνα 31 - υποστήριξη γερανού

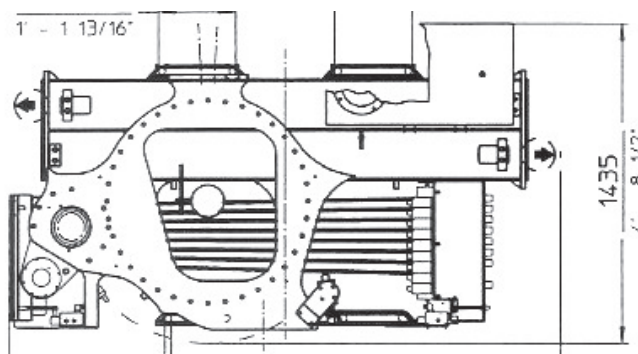
13.1 Λειτουργία γερανών

Ένας γερανός αποτελείται από τα μηχανικά μέρη (κυρίως σώμα του μηχανήματος), το οποίο παραλαμβάνει το βάρος του φορτίου, το υδραυλικό σύστημα το οποίο δίνει κίνηση στο γερανό και το ηλεκτρικό σύστημα το οποίο παρέχει ασφάλεια κατά τη λειτουργία του μηχανήματος.

13.1.1 Μηχανικά μέρη

Τα μηχανικά μέρη ενός γερανού είναι :

- Η βάση στήριξης, η οποία περιλαμβάνει το πλαίσιο στήριξης, τη περιστροφή και τη προσαρμογή των σταθεροποιητών.



εικόνα 32 - βάση στήριξης

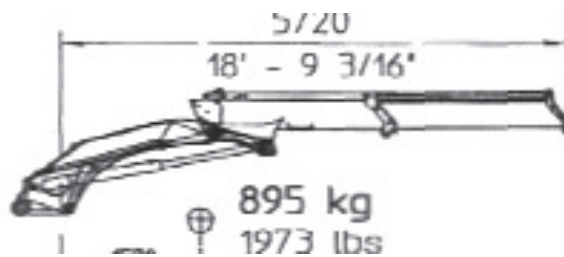
Στο σχήμα φαίνεται σε κάτοψη η βάση στήριξης του κορμού, τα διπλά χειριστήρια που συνδέονται με άκαμπτους χαλύβδινους ράβδους, η βάση του μοτέρ της περιστροφής και τα συρτάρια προεκτάσεως των υδραυλικών σταθεροποιητών. Επίσης στη βάση τοποθετούνται η δεξαμενή του υδραυλικού υγρού, μπουτόν απενεργοποίησης έκτακτης



εικόνα 33 - κορμός γερανού

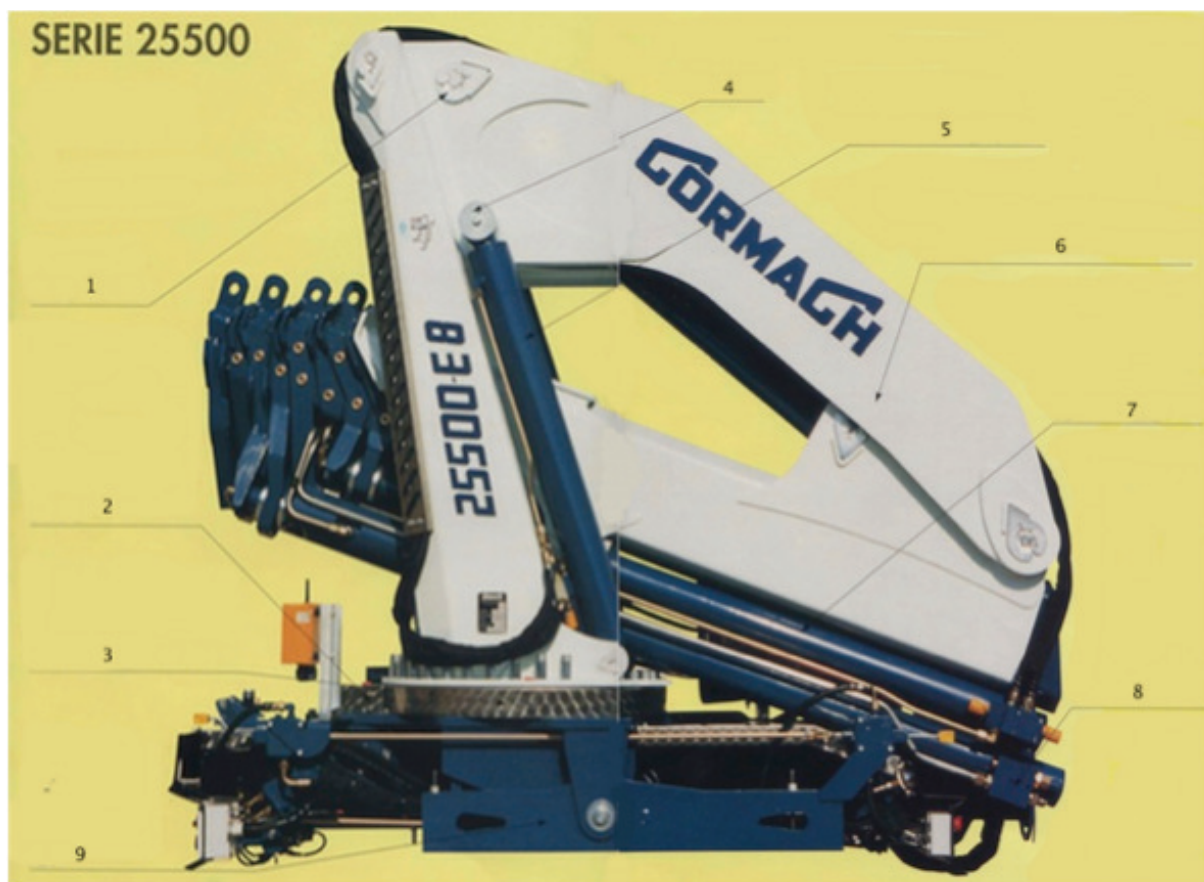
ανάγκης, μετρητή ωρών λειτουργίας, λαμπάκι προειδοποίησης που συνδέεται με το φίλτρο πίεσεως και ακουστική κόρνα.

- Ο κορμός του γερανού, όπου στερεώνεται επάνω στη βάση στήριξης, περιλαμβάνει ένα υδραυλικό κύλινδρο με μια βαλβίδα ο οποίος εξυπηρετεί στην ανύψωση του αρθρωτού βραχίονα.
- Ο κεντρικός αρθρωτός βραχίονας, έχει σχήμα τραπεζοειδή ο οποίος στο ένα του άκρο συνδέεται με το κορμό του γερανού και στο άλλο του άκρο συνδέεται με τον δεύτερο αρθρωτό βραχίονα ο οποίος περιλαμβάνει τις τηλεσκοπικές προεκτάσεις. Φέρει υδραυλικό κύλινδρο και βαλβίδα ελέγχου ώστε να δημιουργεί την επιθυμητή κλίση στο βραχίονα.



- Ο δεύτερος αρθρωτός βραχίονας, έχει τραπεζοειδές σχήμα και ενσωματώνει τις τηλεσκοπικές προεκτάσεις.
- Οι τηλεσκοπικές προεκτάσεις, είναι τραπεζοειδή σχήματος και ο αριθμός τους είναι ανάλογος της ανυψωτικής τους ικανότητας. Φέρει υδραυλικό κύλινδρο ανά προέκταση ή ανά δύο προεκτάσεις και σκοπό έχουν την επιμήκυνση του γερανού ώστε να παραλαμβάνει ή να εναποθέτει τα φορτία.

Στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 35) μπορούμε να δούμε τα βασικά μέρη ενός γερανού :



εικόνα 35 - βασικά μέρη γερανού

1. Αντιτριβικός δακτύλιος από αυτολιπαινόμενο υλικό.
2. Ο γερανός ταλαντώνεται χάρη στο περιστρεφόμενο σύστημα το οποίο περιλαμβάνει υδραυλικό μοτέρ, δισκόφρενο και το κιβώτιο ταχυτήτων.
3. Υψηλής ποιότητας κατασκευής ρουλεμάν βάσης, ακρίβεια στη κίνηση, ελάχιστη τριβή.
4. Πείρος από ειδικό ατσάλι.
5. 2 υδραυλικοί κύλινδροι συγκρατούν υψηλότερη πίεση.
6. Βραχίονας με στενή γραμμή, μέγιστη αντοχή σε στρεπτική φόρτιση και ελαφριά κατασκευή.
7. Τηλεσκοπικοί κύλινδροι με πολύ μεγάλη διαδρομή για μέγιστη υδραυλική εμβέλεια.
8. Βαλβίδα ελέγχου ροής σε κάθε κύλινδρο για ασφάλεια.
9. Σύνδεση 3ων σημείων όπως ορίζουν οι κατασκευαστές βαρέων οχημάτων.

13.2 Κύκλος λειτουργίας υδραυλικού κυκλώματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα δούμε τον κύκλο λειτουργίας του υδραυλικού κυκλώματος στις 2 φάσεις λειτουργίας

α) Όταν ο γερανός βρίσκεται στη νεκρή φάση

β) Όταν ο γερανός εκτελεί έργο

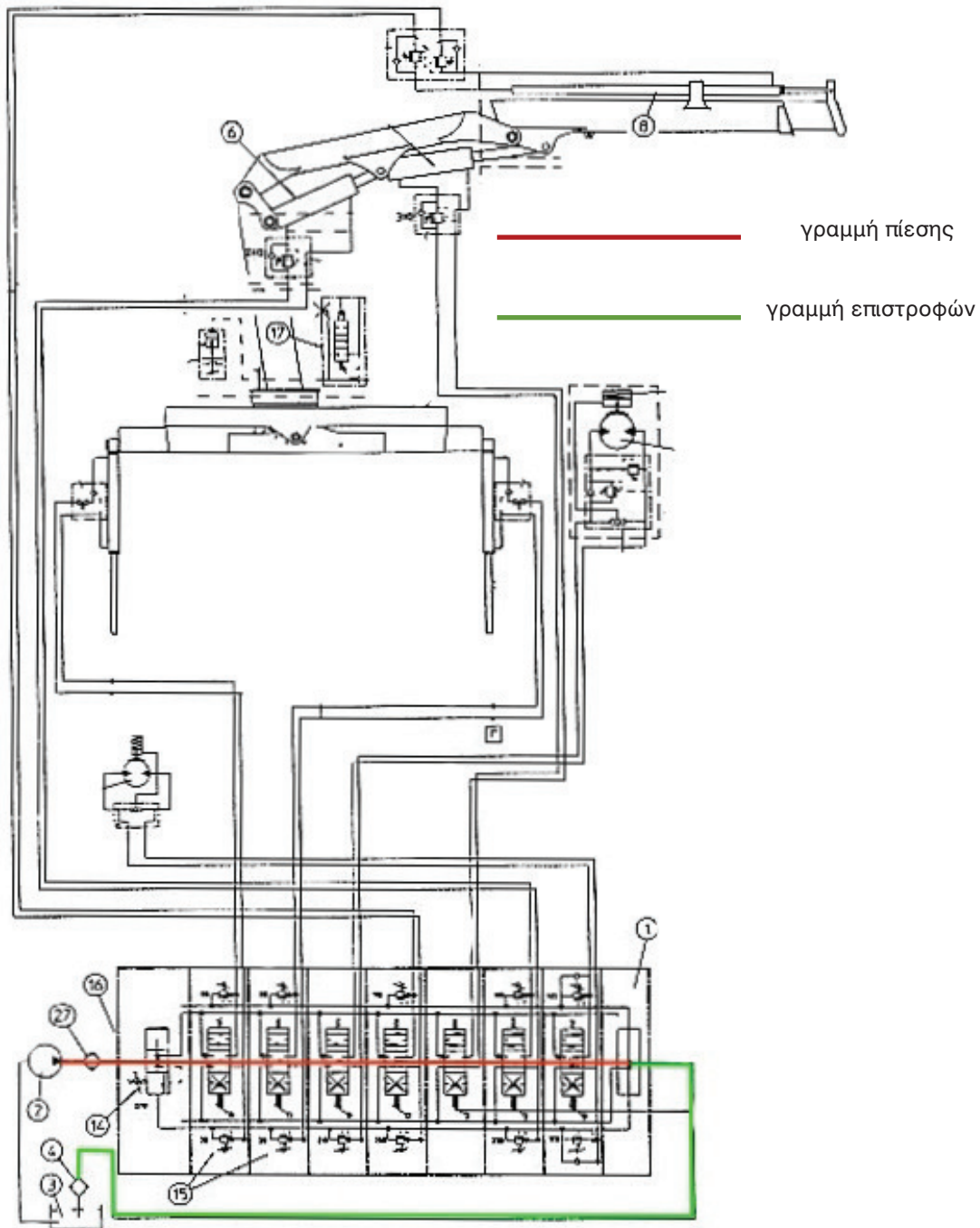
Όλα τα υδραυλικά συστήματα έχουν ως σκοπό τη μετάδοση ισχύος. Συγκεκριμένα θέλουμε να μεταφέρουμε ισχύ από την αντλία στο τελικό αποδέκτη όπου είναι οι υδραυλικοί κύλινδροι (τελεστές) και έχουμε την μετάδοση ισχύς για την μεταφορά του φορτίου. Το πρώτο βήμα που πρέπει να κάνουμε είναι να δώσουμε κίνηση στην αντλία. Η αντλία παίρνει κίνηση από τη μηχανή του φορτηγού οχήματος και πιο συγκεκριμένα από το σασμάν μέσω ενός δυναμοδότη (PTO) μεταφέρει την περιστροφική κίνηση μέσω γραναζιών στον άξονα της αντλίας.

Κατά την περιστροφή της αντλίας έχουμε εισροή υδραυλικού υγρού από τη δεξαμενή, μέσω εύκαμπτου αγωγού, στη θύρα εισαγωγής της αντλίας. Λόγο της περιστροφής της αντλίας, το υδραυλικό υγρό συμπιέζεται και βγαίνει από τη θύρα εξόδου της αντλίας.

Έπειτα το υγρό κατευθύνεται στο φίλτρο υψηλής πίεσης όπου φιλτράρεται για τυχόν ακαθαρσίες οι οποίες δεν πρέπει να περάσουν στο κύκλωμα γιατί θα κάνουν ζημιά.

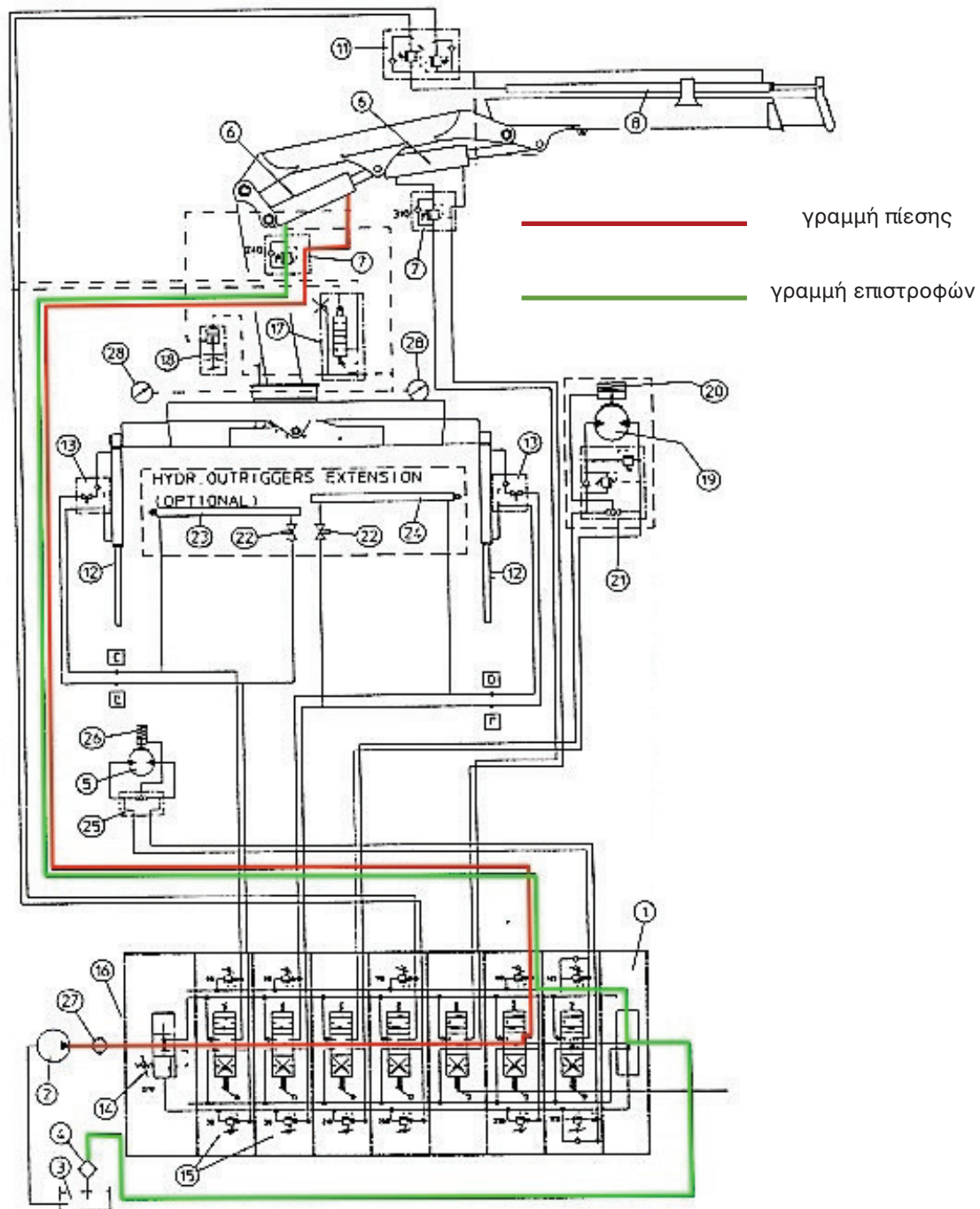
Μετά το φίλτρο το υδραυλικό υγρό κατευθύνεται στη μονάδα χειρισμού απ όπου το υγρό διέρχεται ελεύθερα χωρίς πίεση και επιστρέφει στη δεξαμενή (εικόνα 36).

Σε αυτό το σημείο του κυκλώματος το υγρό κατευθύνεται σε 2 σημεία σχεδόν ταυτόχρονα. Το υγρό οδηγείται στη βαλβίδα απελευθέρωσης πίεσης, όπου σε περίπτωση που η πίεση είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπτή τότε η βαλβίδα ανοίγει δίοδο στο υγρό να επιστρέψει στη δεξαμενή ώστε να αποφευχθεί ζημιά στο σύστημα, και το υγρό κατευθύνεται στο όργανο μέτρησης πίεσης (μανόμετρο) όπου μας δείχνει τη πίεση του συστήματος σε κάθε φάση λειτουργίας.



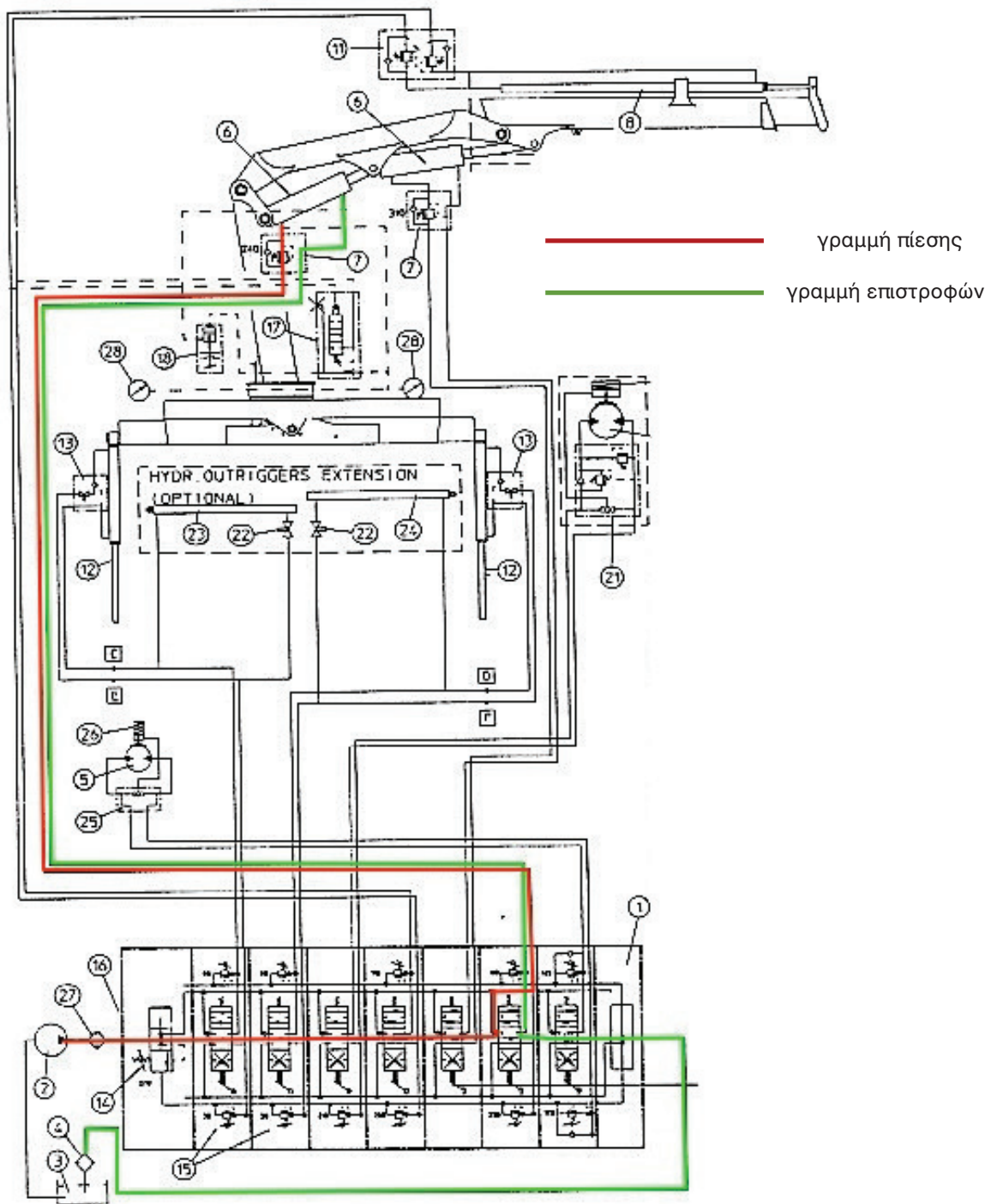
εικόνα 36 - κατάσταση ηρεμίας

Η μονάδα χειρισμού όπως έχουμε αναφέρει αποτελείται από πολλές βαλβίδες σε σειρά απ όπου διέρχεται το υδραυλικό υγρό. Η κάθε βαλβίδα χρησιμεύει για τη λειτουργία κάθε τελεστή ξεχωριστά, από τη μονάδα χειρισμού δηλαδή έχουμε τη δυνατότητα να κινήσουμε το γερανό. Οι βαλβίδες χειρισμού έχουν δύο (2) θέσεις λειτουργίας, θέτοντας το μοχλό στη μία θέση έχουμε μετακίνηση του spool της βαλβίδας το οποίο κλείνει τη τρύπα διαφυγής προς τη δεξαμενή και ανοίγει τη δίοδο για το υδραυλικό τελεστή μέσω ελαστικών



εικόνα 37 - κατάσταση λειτουργίας

αγωγών υψηλής πίεσης. Κατά τη μεταφορά του υδραυλικού λαδιού μέσω των σωληνώσεων έχουμε αύξηση της πίεσης, πριν μπει το υγρό στον υδραυλικό κύλινδρο συναντάει μία βαλβίδα συγκράτησης ή φρένου όπου σκοπό έχει την συγκράτηση της πίεσης εντός του κυλίνδρου (εικόνα 21).



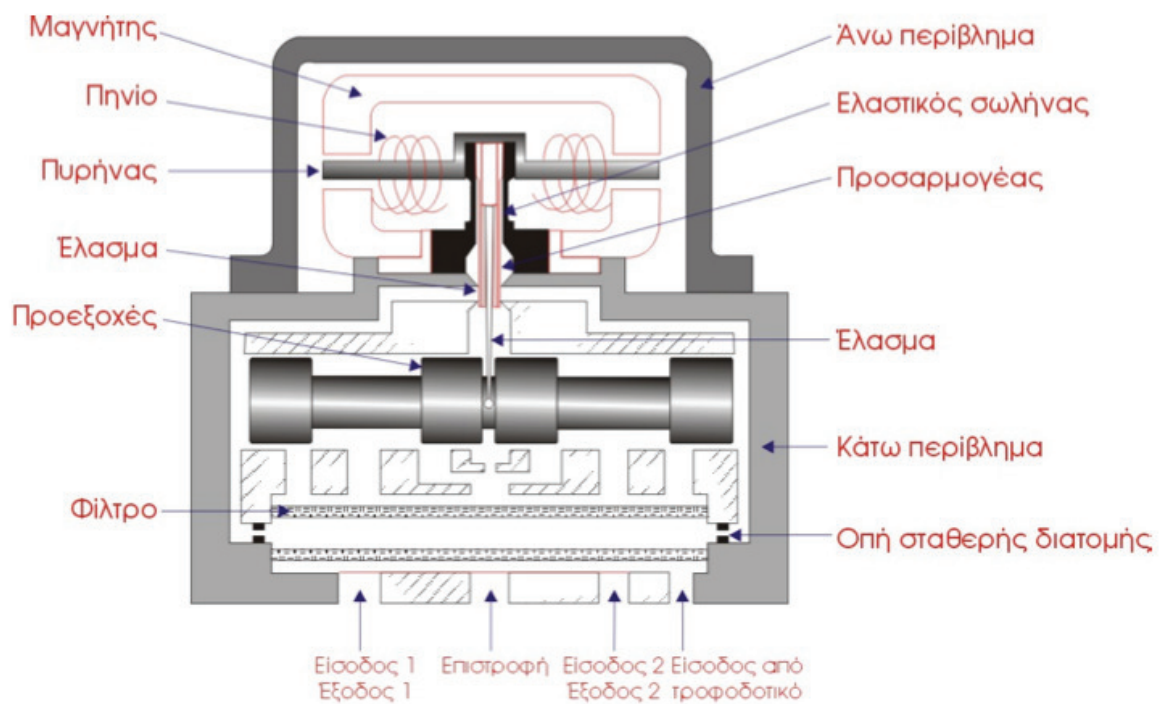
εικόνα 38 - κατάσταση λειτουργίας

Όταν η πίεση φτάσει στο προκαθορισμένο επίπεδο η βαλβίδα ανοίγει τη δίοδο εισροής του υδραυλικού υγρού και κατευθύνεται εντός του κυλίνδρου. Ταυτόχρονα ανοίγει και η δίοδο εκροής της βαλβίδας απ' όπου επιστρέφει το υδραυλικό υγρό μέσω των αγωγών στο χειριστήριο και έπειτα στη δεξαμενή.

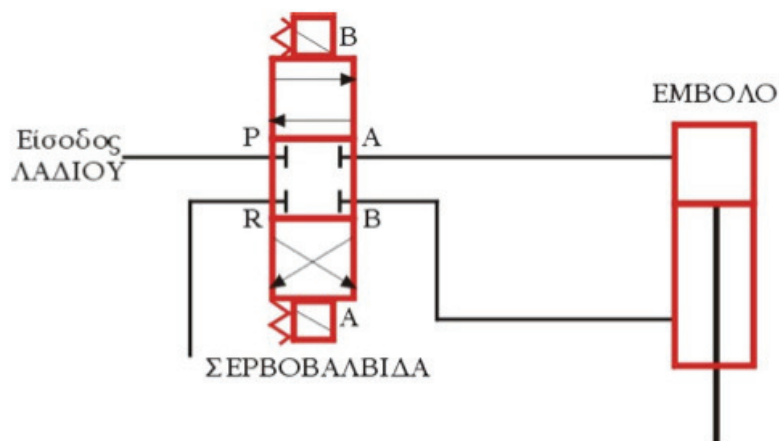
Κεφάλαιο 14

Ηλεκτροϋδραυλική Βαλβίδα

Το σύνθετο όνομα της προέρχεται από γεγονός ότι αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα υδραυλικό τμήμα (εικόνα 39). Ο ρόλος της ηλεκτροϋδραυλικής βαλβίδας είναι να ρυθμίζει τις πιέσεις του λαδιού στους σωλήνες εισαγωγής - εξαγωγής του κινητήρα ή του εμβόλου. Για τον λόγο αυτό στην ηλεκτροϋδραυλική σερβοβαλβίδα συνδέονται δύο σωλήνες, που είναι η εξαγωγή και η εισαγωγή του λαδιού από το τροφοδοτικό και δύο σωλήνες που τροφοδοτούν τον κινητήρα ή το έμβολο.



εικόνα 39 - ηλεκτροϋδραυλική βαλβίδα



εικόνα 40 - σερβοβαλβίδα

Οι σωλήνες αυτοί καταλήγουν σε ένα πολύπλοκο λαβύρινθο σωληνώσεων μέσα στην βαλβίδα όπου ένας άξονας, που έχει χόνδρους (εξογκώματα) ολισθαίνει σε διάφορες θέσεις μπρος - πίσω, με αποτέλεσμα να ανοίγει κάποια στόμια σωλήνων, ενώ κάποια άλλα να τα κλείνει. Η κάθε θέση του άξονα αυτού αντιστοιχεί και σε διαφορετική διαφορά πιέσεων στους σωλήνες του κινητήρα.

Η θέση του άξονα καθορίζεται από ένα ηλεκτρομαγνήτη. Ο άξονας παρασύρεται από ένα έλασμα, που είναι προέκταση του οπλισμού του ηλεκτρομαγνήτη. Ανάλογα με την ένταση και την φορά του ρεύματος το έλασμα θα κινηθεί δεξιά ή αριστερά, συμπαρασύροντας και τον άξονα με τους χόνδρους.



Οι ηλεκτροϋδραυλικές βαλβίδες στους γερανούς χρησιμοποιούνται όταν έχουμε ασύρματο χειριστήριο για τη λειτουργία του γερανού, δηλαδή, τοποθετούνται ηλεκτροβαλβίδες στις βαλβίδες της μονάδας χειρισμού όπου με τη χρήση ασύρματου χειριστηρίου ο χειριστής μπορεί να εργαστεί από απόσταση.

Επίσης ηλεκτροβαλβίδες χρησιμοποιούνται και στους ρυθμιστές υπέρβαρου φορτίου ή συσκευή περιορισμού φορτίου είναι ηλεκτροϋδραυλικού τύπου η οποία κόβει την παροχή υδραυλικού υγρού μόνο στη κίνηση εκείνη του γερανού η οποία υπερβαίνει την ικανότητα ανύψωσης φορτίου, παρέχοντας έτσι ασφάλεια στο σύστημα κατά το χειρισμό, ηλεκτροβαλβίδα τοποθετείται στη βαλβίδα των εμβόλων του γερανού όπου όταν η πίεση φτάσει στο μέγιστο επιτρεπτό όριο κόβει το ρεύμα στη βαλβίδα και ανοίγει τη δίοδο για να επιστρέψει το λάδι στη δεξαμενή. Ένα κόκκινο λαμπάκι ανάβει και πληροφορεί το χειριστή ότι ο γερανός έχει υπερφορτωθεί το οποίο σύστημα βρίσκεται κοντά στα χειριστήρια ώστε ο χειριστής να έχει οπτική επαφή. Για να θέσουμε σε λειτουργία πάλι το γερανό γυρίζουμε το διακόπτη που φέρει η συσκευή.



ασύρματο χειριστήριο



μανόμετρο και διακόπτης υπέρβαρου

Κεφάλαιο 15

Μελέτη τοποθέτησης επί οχήματος

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τεχνική έκθεση για υδραυλικό γερανό που βρίσκεται τοποθετημένος επί φορτηγού οχήματος μάρκας MERCEDES BENZ τύπος 1422L.

15.1 Γενικά

Ο γερανός είναι τοποθετημένος κεντρικά πίσω από το κουβούκλιο οδήγησης, εδράζεται κανονικά στο σασί και έχει χειριστήρια δεξιά και αριστερά. Είναι εργοστασίου κατασκευής FASSI, τύπου F150A.24, με πίεση λειτουργίας 290bar.

15.1.1 Χαρακτηριστικά

Ο γερανός έχει μέγιστη ανάπτυξη μπούμας 12,200m. και περιλαμβάνει επτά (7) μπράτσα, απ' τα οποία τρία (3) αρθρωτά και τέσσερα (4) με δρομική ανάπτυξη τα οποία κινούνται με υδραυλικό σύστημα.

Μήκος μπούμας (mm) :	2.150	4.450	6.250	8.150	10.150	12.200
Φορτίο (kg) :	5.865	2.835	1.905	1.390	1.080	885

Από τα στοιχεία που φέρει ο γερανός φαίνεται ότι για διάφορα μήκη μπούμας σε mm έχουμε παρακάτω αντίστοιχα βάρη (δυνατότητα ανύψωσης) :

Επίσης ο κατασκευαστής δίνει για το συγκεκριμένο όχημα MERCEDES BENZ 1422L :

Μέγιστο φορτίο εμπρόσθιου άξονα :	6.500 kg
Μέγιστο φορτίο του οπίσθιου άξονα :	9.200 kg
Βάρος γερανού :	2.080 kg

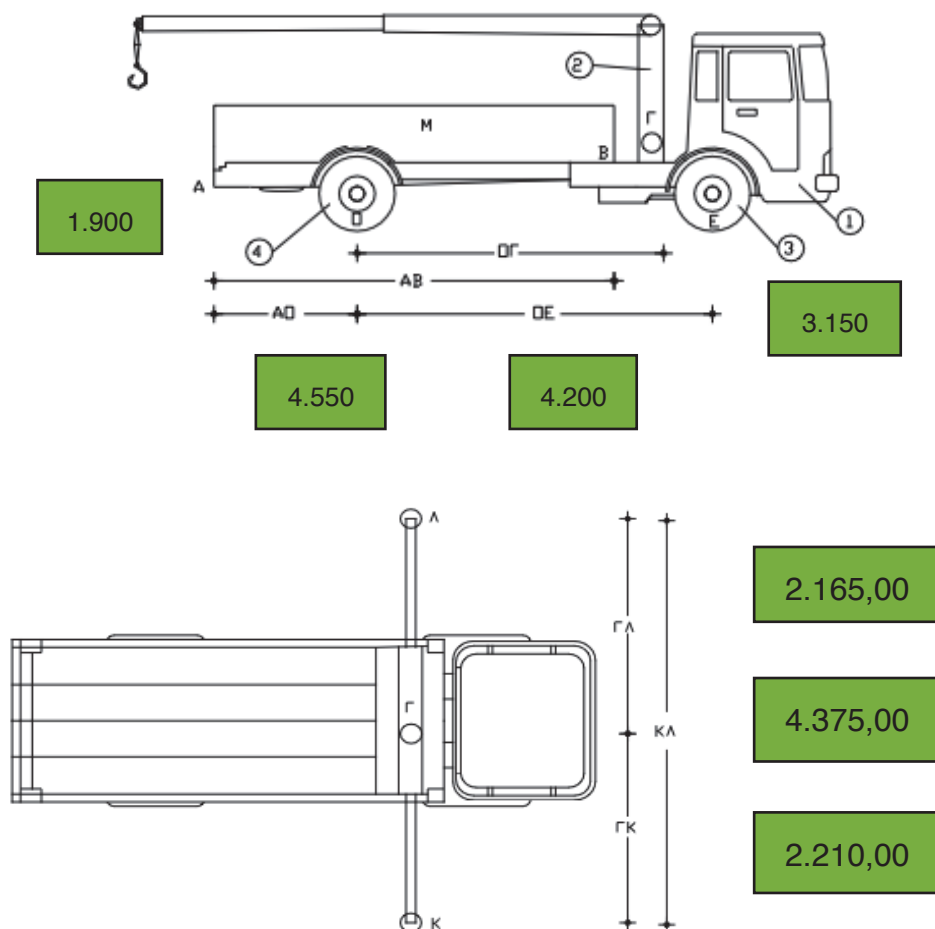
15.1.2 Ζυγολόγιο

Από τη ζύγιση του οχήματος έχουμε τις παρακάτω τιμές :

εμπρός άξονας	6.150 kg
πίσω άξονας	5.260 kg
απόβαρο	11.410 kg
μικτό	14.000 kg
ωφέλιμο	2.590 kg

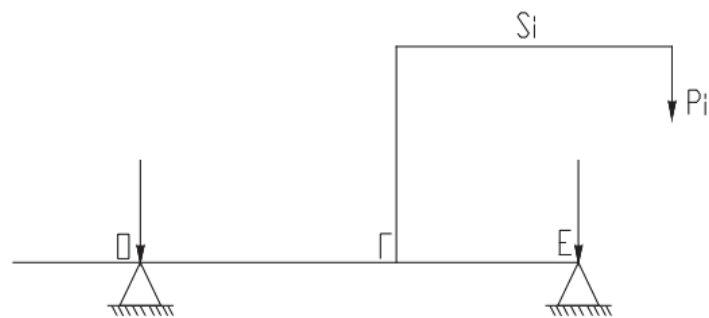
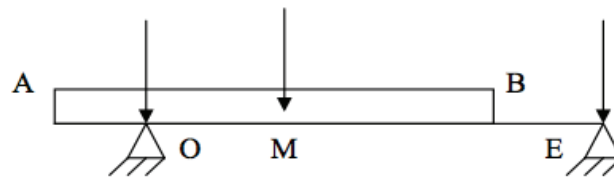
15.1.3 Σχηματική παράσταση του οχήματος

Το όχημα σε πλάγια όψη και κάτοψη έχει την παρακάτω μορφή:



Στοιχεία γερανού :	FASSI
Ελαστικά εμπρός :	11R22.5
Ελαστικά πίσω :	11R22.5

Προκειμένου να διευκολυνθούν οι υπολογισμοί το όχημα θα έχει την παρακάτω συμβολική παράσταση.



1	OA	4,550 m
2	OE	4,200 m
3	AO	1,900 m
4	ΟΓ	3,150 m
5	OM	0,375 m
6	ME	3,825 m

7	BE	1,550 m
8	ΕΓ	1,050 m
9	ΒΓ	0,500 m
10	ΑΓ	5,050 m
11	ΚΛ	4.375 mm
12	ΓΛ	2.165 mm
13	ΓΚ	2.210 mm

Απο τις μετρήσεις που έγιναν έχουμε τα παρακάτω :

15.2 Φόρτωση χωρίς ποδαρικά

15.2.1 Αντοχή σε φόρτωση των αξόνων του οχήματος κενού φορτίου

A. Φόρτωση εμπρός

Η φόρτιση στον εμπρόσθιο άξονα E για διάφορα μήκη μπούμας και τα αντίστοιχα έπ' αυτής φορτία δίδεται από τον τύπο:

$$P_{Ei} = \frac{P_{\varepsilon} \cdot (OE) + P_i \cdot (S_i + (O\Gamma))}{(OE)} \quad 1$$

Η παραπάνω σχέση γίνεται ελάχιστη όταν ισχύει συγχρόνως P_i ελάχιστο και $P_i \cdot S_i$ ελάχιστο. Από το παραπάνω παρατηρούμε ότι ισχύει :

$$P_{i\min} = 885,00kg$$

$$(P_i \cdot S_i)_{\min} = 10.797,00kg$$

Με αντικατάσταση των τιμών ο τύπος 1 είναι: $P_{Ei} = 9.384,46kg$

Παρατηρούμε δηλ. ότι η ελάχιστη φόρτιση του εμπρόσθιου άξονα είναι:

$$9.384,46 > 6.500 kg \quad \text{που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση.}$$

Άρα η φόρτωση από εμπρός χωρίς ποδαρικά δεν επιτρέπεται.

B. Φόρτωση πίσω

Η φόρτιση στον οπίσθιο άξονα O για διάφορα μήκη μπούμας και τα αντίστοιχα επ' αυτής φορτία δίδεται από τον τύπο:

$$P_{Oi} = \frac{P_O \cdot (OE) + P_i (S_i + (EΓ))}{(OE)} \quad 2$$

Η παραπάνω σχέση γίνεται ελάχιστη όταν ισχύει συγχρόνως P_i ελάχιστο και $P_i \times S_i$ ελάχιστο. Από το παραπάνω παρατηρούμε ότι ισχύει :

$$P_{i_{\min}} = 885,00kg$$

$$(P_i \cdot S_i)_{\min} = 10.797,00kg$$

Με αντικατάσταση των τιμών ο τύπος 2 είναι: $P_{Oi} = 8.051,96 \text{ kg}$

Παρατηρούμε δηλ. ότι η ελάχιστη φόρτιση του οπίσθιου άξονα είναι:

$$8.051,96 < 9.200$$

που είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση.

Άρα η φόρτωση από πίσω χωρίς ποδαρικά επιτρέπεται.

Γ. Φόρτωση από το πλάϊ

Φόρτωση από το πλάι χωρίς ποδαρικά απαγορεύεται διότι υπάρχει κίνδυνος ανατροπής του οχήματος.

15.3 Εκφόρτωση χωρίς ποδαρικά

Πριν προχωρήσω στην εξέταση του θέματος κάνω έλεγχο φόρτισης των αξόνων του οχήματος με πλήρες φορτίο και γερανό.

Το ομοιόμορφα κατανεμημένο φορτίο της καρότσας AB για την στατική επίλυση για τον υπολογισμό των φορτίων στα σημεία O & E (άξονες) μπορεί να αντικατασταθεί από την δύναμη $P_{\omega\phi}$ εφαρμοζόμενη στο μέσον της AB.

$$P_E = \frac{P_e \cdot (OE) + P_{\omega\phi} \cdot (MO)}{(OE)} = 6.381,25 \text{ kg} < 6.500 \text{ kg}$$

$$P_O = \frac{P_o \cdot (OE) + P_{\omega\phi} \cdot (ME)}{(OE)} = 7.618,75 \text{ kg} < 9.200 \text{ kg}$$

A. Εκφόρτωση πίσω (όχημα πλήρες φορτίου)

Η κατάσταση αυτή λόγω του μήκους του οχήματος συναντάται για μήκος μπουμάς > των 5,050m.

Επομένως για : $S_i = 6,25\text{m}$ και $P_i = 1.905,00\text{kg}$

Η φόρτιση του πίσω άξονα δίδεται από τον τύπο:

$P_i \cdot S_i$	P_{ei}	P_{oi}	P_e	P_o	P_{ei}	P_{oi}
12.609,75	13.551,07	9.728,57	6.381,25	7.681,25		6.745,98
12.615,75	11.280,00	8.972,50				8.749,38
11.906,25	10.413,57	8.571,07				9.194,91
11.328,50	9.889,76	8.304,76				9.397,62
10.962,00	9.570,00	8.140,00				9.515,18
10.797,00	9.384,46	8.5051,96				9.604,73

Έχουμε $P_0 = 9.194,91\text{kg} < 9.200\text{k}$

Άρα επιτρέπεται η εκφόρτωση χωρίς ποδαρικά γιατί τα φορτία που αναπτύσσονται είναι μικρότερα των επιτρεπτών.

$$P_0 = \frac{P_0 \cdot OE + (P_{\omega\phi} - P_i) \cdot P_i (S_i + \Gamma E)}{(OE)} = 9.194,91\text{kg}$$

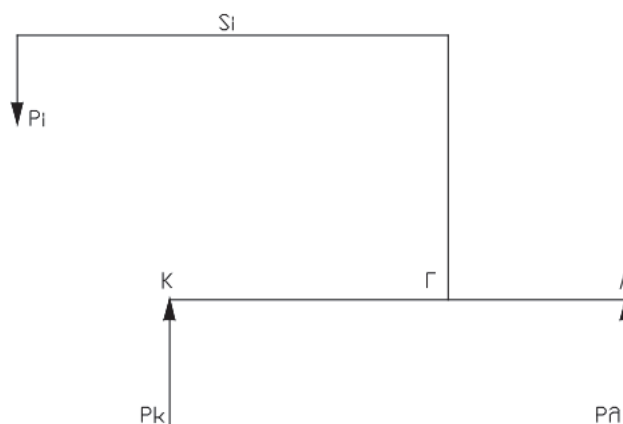
B. Εκφόρτωση εμπρός (όχημα πλήρες φορτίου)

Από την μελέτη που έγινε για την φόρτωση από εμπρός με όχημα κενό φορτίου ευρέθη ότι οι φορτίσεις του εμπρόσθιου άξονα είναι μεγαλύτερες του επιτρεπόμενου, πολύ δε περισσότερο όταν το όχημα είναι πλήρες φορτίου. Επομένως η εκφόρτωση εμπρός απαγορεύεται.

15.4 Εκφόρτωση με ποδαρικά ανοιχτά

Φόρτωση στο πλάι δεξιά

Θα μελετηθεί η πλέον δυσμενής περίπτωση ήτοι όταν η θέση της μπούμας του γερανού είναι στην ίδια διεύθυνση με τα ποδαρικά.



Ισχύουν οι πιο κάτω σχέσεις :

$$P_K \cdot K\Lambda = P_{\omega\phi} \cdot \frac{K\Lambda}{2} + P_i(S_i + M\Lambda)$$

$$P_\lambda \cdot K\Lambda = P_{\omega\phi} \cdot \frac{K\Lambda}{2} - P_i(S_i - M\Lambda)$$

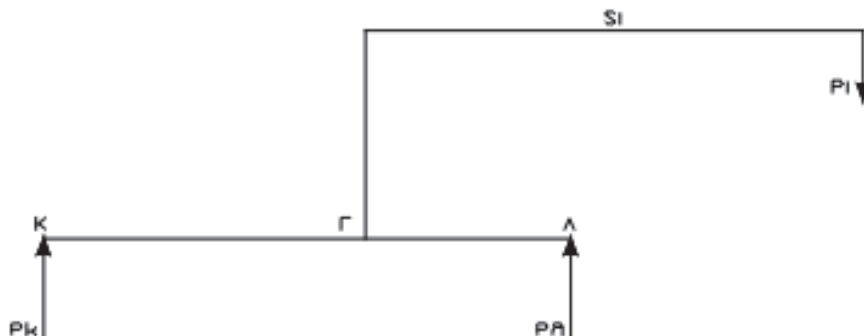
Αντικαθιστώντας στους ανωτέρω τύπους διάφορα μήκη μπούμας (S_i) και τα αντίστοιχα επιτρεπόμενα φορτία (P_i) έχουμε :

Από τους υπολογισμούς φαίνεται :

- α. Την μεγαλύτερη φόρτιση δέχεται το ποδαρικό της πλευράς της φόρτωσης
- β. Τα φορτία στην πλευρά της φόρτωσης είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μην επιτρέπεται η φόρτωση χωρίς ποδαρικά
- γ. Δεν έχουμε ανατροπή διότι οι αντιδράσεις παραμένουν ομόρροπες στα σημεία Κ και Λ.

Φόρτωση στο πλάι αριστερά

Θα μελετηθεί η πλέον δυσμενής περίπτωση ήτοι όταν η θέση της μπούμας του γερανού είναι στην ίδια διεύθυνση με τα ποδαρικά



Ισχύουν οι παρακάτω σχέσεις :

$$P_{\kappa} \cdot K\Lambda = P_{\omega\phi} \cdot \frac{K\Lambda}{2} - P_i \cdot (S_i - M\Lambda)$$

$$P_{\lambda} \cdot K\Lambda = P_{\omega\phi} \cdot \frac{K\Lambda}{2} + P_i \cdot (S_i + MK)$$

Αντικαθιστώντας στους ανωτέρω τύπους διάφορα μήκη μπούμας (S_i) και τα αντίστοιχα επιτρεπόμενα φορτία (P_i) έχουμε :

Από τους υπολογισμούς φαίνεται ότι :

- α. Την μεγαλύτερη φόρτιση δέχεται το ποδαρικό στην πλευρά της φόρτωσης.
- β. Τα φορτία στην πλευρά της φόρτωσης είναι αρκετά μεγάλα ώστε να μην επιτρέπεται η φόρτωση χωρίς ποδαρικά.
- γ. Δεν έχουμε ανατροπή διότι οι αντιδράσεις παραμένουν ομόρροπες στα σημεία Κ και Λ.

P_i (kp)	S_i (m)	P_{κ} (kg)	P_{λ} (kg)
5.865,00	2,15	4.200,22	4.254,78
2.835,00	4,45	2.700,80	2.724,20
1.905,00	6,25	2.240,42	2.254,58
1.390,00	10,15	1.831,95	1.838,05
1.080,00	12,2	1.735,42	1.739,58

Κεφάλαιο 16

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι γερανοί είναι υδραυλικά μηχανήματα τα οποία χρησιμοποιούνται για την μεταφορά φορτίων από μία τοποθεσία σε μία άλλη και είναι κατάλληλα κυρίως για σύντομες αναθέσεις μεταφοράς φορτίων. Έχουν το πλεονέκτημα του εύκολου χειρισμού από απόσταση και οι αρθρώσεις μεγιστοποιούν την εμβέλεια εργασίας του γερανού. Για το χειρισμό τους απαιτείται άδεια χειριστή ενώ τα προσόντα προσώπων που διενεργούν ελέγχους στα ανυψωτικά μηχανήματα πρέπει να είναι διπλωματούχοι μηχανικοί τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και να διαθέτουν πρακτική εμπειρία 3 (τρία) έτη.

Τα ανυψωτικά μηχανήματα τα οποία διατίθενται στην αγορά, που εγκαθίστανται και λειτουργούν για πρώτη φορά, οφείλουν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις των ΠΔ 377/93 και 18/96, τα οποία εκδόθηκαν για την εναρμόνιση προς την ΕΟΚ. Η τοποθέτηση - προσαρμογή ανυψωτικών μηχανημάτων (γεραμών) σε φορτηγά οχήματα γίνεται σε εγκαταστάσεις που λειτουργούν με υπεύθυνο τεχνίτη. Η τοποθέτηση γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες της κατασκευάστριας εταιρείας ή/και, στην περίπτωση που δεν παρέχονται τέτοιες οδηγίες, του μελετητή μηχανικού. Κατά τη τοποθέτηση ο γερανός ελέγχεται ως προς την ευστάθειά του. Σε κάθε περίπτωση τα ανυψωτικά μηχανήματα πρέπει να συνοδεύονται με οδηγίες χρήσης και συντήρησης, καθώς και με αντίστοιχο βιβλίο συντήρησης και ελέγχων, στο οποίο θα αναγράφονται επίσης οι εκάστοτε βλάβες και ο τρόπος αντιμετώπισής τους.

Ενδεικτικά να αναφέρουμε ότι το κόστος αγοράς ενός καινούριου γερανού με ανυψωτική ικανότητα 5 τονόμετρα είναι 11.000,00€ (έντεκα χιλιάδες ευρώ) και τοποθετείται σε φορτηγό όχημα με 2 άξονες. Π.χ. Ένα φορτηγό mercedes-benz 814 σημαίνει έχει μικτό φορτίο 8000 κιλά και ο γερανός που μπορεί να τοποθετηθεί στον εμπρόσθιο άξονα, δεν πρέπει να ξεπερνάει το 15%, δηλαδή τα 1200 κιλά. Για την τοποθέτηση του επί φορτηγό όχημα το κόστος εργασίας υπολογίζεται στα 500,00€ (πεντακόσια ευρώ) ενώ για τη λειτουργία του απαιτείται και η αγορά υδραυλικής αντλίας 20 λίτρων όπου η τιμή της κυμαίνεται στα 300,00€ (τριακόσια ευρώ).

Η φόρτωση και η εκφόρτωση θα πρέπει να γίνεται με την χρήση των ποδαρικών για τα οποία θα πρέπει να υπάρχει βεβαιότητα ότι πατούν σε στέρεο έδαφος ώστε να αποφευχθεί

τυχόν κλίση του αμαξώματος και μονόπλευρη καταπόνηση. Συνιστάται γι' αυτό τον λόγο να υπάρχουν στο όχημα πλατύς τάκοι από σκληρό ξύλο (δρυς) ώστε τοποθετούμενοι κάτω από το ποδαρικό να του προσδίδουν καλό "πάτημα".

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cormach srl. : Handbook for use and maintance, edition 2007
- Cormach srl. : Handbook for mounting cranes on trucks, edition 2007
- Crane Co, Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe, Technical paper, New York, 1982
- Chapple Peter, Principles of Hydraulic System Design, Coxmoor Publ. Company, 1st edition 2003, Oxford U.K
- Denison Hydraulics : Training Handbook, edition 2002
- Leeder Enterprises Ltd., “Εγχειρίδιο Λειτουργίας Ιξωδομέτρου EH101”, 2011
- PESCI GRU spa. - SE335 use and maintenance manual, edition 1995
- P.K. Kundu & I.M. Cohen, “Fluid Mechanics”, Elsevier, 2008
- R.L. Mott, “Applied Fluid Mechanics”, Prentice Hall, 2006
- Θεόδωρος Ν. Κωστόπουλος, Υδραυλικά και πνευματικά συστήματα, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα 2009, ISBN 978-960-7888-97-6

Ηλεκτρονικές Πηγές

- <http://apps.boschrexroth.com/products/compact-hydraulics/CDV-Catalog/pdf/ED-LV.pdf>
- <http://apps.boschrexroth.com/products/compact-hydraulics/PiB-Catalogs/pdf/05525358XYZ.pdf>
- <http://apps.boschrexroth.com/products/compact-hydraulics/PiB-Catalogs/>
- <http://cstools.asme.org/csconnect/pdf/ANSI/BSR8/PublicReviewDraft1542.pdf>
- http://parkerepd.com/documents/Cat4465-UK_2010.pdf
- <http://ph.parker.com/us/en/hydraulic-hose-and-assemblies>
- <http://www.athenshydrodynamic.gr/0010000009/υδραυλικά.html>
- http://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product_groups/industrial_hydraulics/
- <http://www.bethandevans.com/pdf/HydraulicFactsWorthKnowing.pdf>
- http://www.casappa.com/eng/02products/pist_fix/pist_fix.htm
- <http://www.casappa.com/pdf/Company-profile/DOC-05-R-P.pdf>

- <http://www.cormach.com/pages/Products.aspx>
- <http://www.cparisco.gr/proionta.htm>
- http://www.customsiliconerings.com/chinafda_
- <http://www.danfoss.com>
- <http://www.donaldson.com/en/ih/support/datalibrary/073234.pdf>
- <http://www.donaldson.com/en/ih/support/datalibrary/033988.pdf>
- <http://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Automotive/>
- <http://www.eaton.com/Eaton/ProductsServices/Hydraulics/Motors/index.htm>
- <http://www.elin.gr/el/2011-02-21-10-37-41.html>
- <http://www.fassi.com/fassi-loader-crane/techno-chips-fassi/fassi-crane-control.html>
- http://www.hetronic.com/products/nova_series
- <http://www.hydrodynamiki.gr/services.php>
- <http://www.launchrun.com/hpd/truck-pistonpump-p1-medium-duty-piston-pump.html>
- http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/lab_transport_phenomena.pdf
- http://www.meiller.hr/wp-content/uploads/2012/10/Abrollkipper-RK-13.55_S-19.70_S.pdf
- http://www.meiller.com/produkte/fahrzeugausstattung/hydraulik.html?jumpurl=fileadmin%2Fmedia%2Ffahrzeugbau%2Fcommon%2Fdocuments%2FProspekte%2FHydraulik%2F9564_De.pdf&juSecure=1&locationData=49%3Apages%3A49&juHash=9df5b5ec9dae44d84f41c70e69af31f900471ac5
- <http://www.nbr-o-rings.com/>
- http://www.oilcontrol.com/website/oc_products_and_solutions.html
- <http://www.pompydenison.pl/pdf/HTM-4.pdf>
- http://www.pto-usa.com/noticias/pdf/Brochure_Bezares.pdf
- <http://www.sinobearings.com>