

2014

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ – ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	10
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	11
ABSTRACT.....	12
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	13
ΑΕΡΑΣ	16
2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ	17
ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	17
2.1 ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	18
ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ	18
ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ	21
2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ	22
2.2.1 ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ.....	22
2.2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ).....	29
2.2.3 ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΕΝΟΥ	32
3. ΞΗΡΑΝΣΗ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ	33
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	33
3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΞΗΡΑΝΣΗΣ.....	35
ΜΕΤΑΨΥΚΤΗΣ.....	35
ΞΗΡΑΝΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ	36
ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΗ.....	37
ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	37
ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΕΙΣΡΟΦΗΣΗ	38

ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ.....	39
4. ΦΙΛΤΡΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ	41
ΓΕΝΙΚΑ	41
ΜΙΚΡΟΦΙΛΤΡΑ	43
5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ	45
ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ.....	45
ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΩΡΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	45
ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	46
ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ	47
6. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ.....	49
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	49
ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ	50
ΑΠΑΛΛΑΓΗ ΠΙΕΣΗΣ	50
ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ	51
ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	52
ΑΠΑΛΛΑΓΗ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΟ ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	52
ΕΝΑΡΞΗ-ΛΗΞΗ.....	53
ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	53
ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΕ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ	54
ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ.....	54
ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΞΟΔΟΥ.....	55
ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	55
ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	55
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΦΟΡΤΙΟ-ΛΗΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ.....	56
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ	57
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ	58

7. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	59
ΓΕΝΙΚΑ	59
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	60
Η ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ	61
ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....	62
ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ	63
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ	63
ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ	64
ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	65
8. ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ-ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ	67
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	67
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.....	68
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	69
ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ	71
ΤΥΠΟΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ	73
ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ	73
ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΙΣΧΥΟΣ	74
ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ tandem	77
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ	80
ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ.....	82
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ	82
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ	83
ΔΥΝΑΜΗ ΕΜΒΟΛΟΥ.....	83
ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ	85
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ	85
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΕΡΑ	85

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ.....	87
ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	88
ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	88
ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΕ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	91
9. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	93
ΒΑΣΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ	93
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	93
ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑ ΥΓΡΑ.....	93
Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ PASCAL.....	96
ΡΟΗ.....	97
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	98
Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ Bernoulli.....	100
ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....	101
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	101
ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	102
1. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΓΡΥΛΛΟΣ	102
2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ	103
3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ	103
4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ	107
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	111
ΡΕΖΕΡΒΟΥΑΡ	111
1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ	111
2. ΣΧΗΜΑ.....	112
3. ΜΕΓΕΘΟΣ	113
4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	113
5. ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ	114

6. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΩΝ	114
7. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	115
ΠΛΕΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑ.....	116
1. ΠΛΕΓΜΑΤΑ.....	116
2. ΦΙΛΤΡΑ.....	117
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ	119
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	120
1. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ	120
2. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΣΑΚΟΥ.....	121
3. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΕΜΒΟΛΟΥ.....	122
4. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	123
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	124
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1 Σύστημα αερίου-εμβολοφόρου συμπιεστή.....	14
Εικόνα 1-2 Διατήρηση της παροχής σε σωλήνα.	15
Εικόνα 1-3 Ιδιότητες του αέρα.	16
Εικόνα 2-1 Βασική διάταξη ενός συμπιεστή μετατόπισης.....	18
Εικόνα 2-2 Τομή ενός στροβιλοσυμπιεστή – βασικά μέρη αυτού.....	19
Εικόνα 2-3 Αντλία ποδηλάτου. Ο απλούστερος συμπιεστής μετατόπισης.....	19
Εικόνα 2-4 Διάγραμμα κατηγοριών αεροσυμπιεστών.	20
Εικόνα 2-5 Συμπίεση τριών σταδίων.	22
Εικόνα 2-6 Αριστερά: Εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής με κυλίνδρους σε σχηματισμό V. Δεξιά: Λειτουργία εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.....	23
Εικόνα 2-7 Αεροσυμπιεστής με διάφραγμα.	24
Εικόνα 2-8 Αριστερά: Λειτουργία αεροσυμπιεστή διπλού κοχλίου. Δεξιά: Βασικά δομικά στοιχεία του.	25
Εικόνα 2-9 Αριστερά: Βασική αρχή της περιστροφικής συμπίεσης. Δεξιά: Τομή ενός περιστροφικού αεροσυμπιεστή διπλού κοχλίου με δυνατότητα λίπανσης.....	26
Εικόνα 2-10 Συμπίεση σε περιστροφικό οδοντωτό αεροσυμπιεστή.....	27
Εικόνα 2-11 Αριστερά: Λειτουργία πτερυγιοφόρου αεροσυμπιεστή. Δεξιά: τυπικός πτερυγιοφόρος αεροσυμπιεστής.	28
Εικόνα 2-12 Εσωτερική δομή των φυσητήρων ρίζας. Φαίνεται καθαρά η απουσία εσωτερικού θαλάμου συμπίεσης και βαλβίδων.....	29
Εικόνα 2-13 Λειτουργίας ακτινικού στροβιλοσυμπιεστή. Δεξιά: Τυπικός αεροσυμπιεστής ακτινικής ροής.	31
Εικόνα 2-14 Αριστερά: Δομή ενός στροβιλοσυμπιεστή αξονικής ροής. Δεξιά: Τυπικός στροβιλοσυμπιεστής αξονικής ροής.	32
Εικόνα 2-15 Κάτοψη και τομή αντλίας κενού.	32
Εικόνα 3-1 Διάγραμμα σχέσης υγρασίας – PDP για τον αέρα σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα πίεσης.....	34
Εικόνα 3-2 Αριστερά: Τυπική εγκατάσταση αεροσυμπιεστή. Δεξιά : Μεταψύκτης.	35

Εικόνα 3-3 Αριστερά: Ξηραντές ψυκτικού. Δεξιά: Κύκλωμα και λειτουργία ενός αερόψυκτου ξηραντή.	36
Εικόνα 3-4 Η διαδικασία της υπερσυμπίεσης οδηγεί σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση.....	37
Εικόνα 3-5 Αριστερά: Ξηραντής απορρόφησης. Δεξιά: Διαδικασία ξήρανσης. ...	38
Εικόνα 3-6 Αρχή λειτουργίας ξηραντή εισρόφησης.	39
Εικόνα 3-7 Αριστερά: Πορεία αέρα μέσω ξηραντή μεμβράνης. Δεξιά: Τομή ενός ξηραντή μεμβρανών.	40
Εικόνα 4-1 Κατασκευαστικά στοιχεία φίλτρου πεπισμένου αέρα.	41
Εικόνα 4-2 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ενός φίλτρου και βασικά δομικά μέρη αυτού.....	42
Εικόνα 4-3 Αριστερά: Μικροφίλτρο πεπισμένου αέρα. Δεξιά: Τοποθέτηση του φίλτρου στη γενικότερη διάταξη παραγωγής. Διαφαίνεται επίσης και ο ρόλος του «προφιλτραρίσματος».	44
Εικόνα 5-1 Ανοικτό σύστημα ψύξης χωρίς κυκλοφορία νερού.	46
Εικόνα 5-2 Ανοικτό σύστημα ψύξης με κυκλοφορία νερού.	47
Εικόνα 5-3 Κλειστό σύστημα ψύξης με κυκλοφορία νερού.	48
Εικόνα 5-4 Εναλλάκτης θερμότητας επίπεδης πλάκας.....	48
Εικόνα 6-1 Αριστερά: Τομή βαλβίδας ελέγχου πίεσης. Δεξιά: Κυκλωματικά σύμβολα βαλβίδας απαλλαγής πίεσης.	50
Εικόνα 6-2 Αριστερά: Κυκλωματικό σύμβολο βαλβίδας παράκαμψης. Δεξιά: Διάταξη βαλβίδας παράκαμψης.	51
Εικόνα 6-3 Διαδικασία στραγγαλισμού.....	52
Εικόνα 6-4 Αριστερά: Βαλβίδα στραγγαλισμού. Κέντρο: Κατασκευαστικά στοιχεία βαλβίδων στραγγαλισμού. Δεξιά: Τομή βαλβίδας στραγγαλισμού.....	53
Εικόνα 6-5 Έλεγχος ταχύτητας συμπιεστή.	58
Εικόνα 7-1 Τυπική αίθουσα συμπιεστή.	62
Εικόνα 7-2 Διάταξη αίθουσας συμπιεστή.	63
Εικόνα 7-3 Διαδικασία εξαερισμού συμπιεστή.....	65
Εικόνα 7-4 Ανάκτηση ενέργειας σε συμπιεστές.	66
Εικόνα 8-1 Κατασκευαστικά στοιχεία πνευματικού κυλίνδρου.	69
Εικόνα 8-2 Επίδραση των τσιμουχών στο σώμα του κυλίνδρου.....	72

Εικόνα 8-3 Ενεργοποιητής διαφράγματος.....	73
Εικόνα 8-4 Κύλινδρος απλής ενέργειας.....	75
Εικόνα 8-5 Κύλινδρος διπλής ενέργειας.....	76
Εικόνα 8-6 Αριστερά: Κύλινδρος σειράς ZSC. Δεξιά: Κύλινδρος σειράς GPC.....	77
Εικόνα 8-7 Κύλινδρος tandem.....	78
Εικόνα 8-8 Κύλινδρος χωρίς βάκτρο εμβόλου.....	79
Εικόνα 8-9 Κύλινδρος μαγνητικής σύζευξης.....	80
Εικόνα 8-10 Περιστροφικός ενεργοποιητής.....	81
Εικόνα 8-11 Πνευματική μονάδα ολίσθησης.....	82
Εικόνα 8-12 Διάγραμμα δύναμης πίεσης.....	84
Εικόνα 8-13 Διάγραμμα κατανάλωσης αέρα.....	86
Εικόνα 8-14 Διάταξη πνευματικού κινητήρα.....	88
Εικόνα 9-1 Σχέση ατμοσφαιρικής και υδραυλικής πίεσης.....	94
Εικόνα 9-2 Υδραυλικός μοχλός του Pascal.....	96
Εικόνα 9-3 Τύποι ροής.....	99
Εικόνα 9-4 Η αρχή του Bernoulli.....	101
Εικόνα 9-5 Υδραυλικός γρύλλος.....	102
Εικόνα 9-6 Σύστημα με κινητήρα αντιστροφής.....	103
Εικόνα 9-7 Σύστημα ανοιχτού κέντρου.....	104
Εικόνα 9-8 Σύστημα ανοιχτού κέντρου με σειριακή σύνδεση.....	105
Εικόνα 9-9 Σύστημα ανοιχτού κέντρου με σειριακή – παράλληλη σύνδεση.....	106
Εικόνα 9-10 Σύστημα ανοικτού κέντρου με διαχωριστή ροής.....	107
Εικόνα 9-11 Σύστημα κλειστού κέντρου.....	107
Εικόνα 9-12 Αντλία σταθερής εκτόπισης και συσσωρευτής.....	108
Εικόνα 9-13 Αντλία μεταβλητής εκτόπισης.....	109
Εικόνα 9-14 Κλειστό σύστημα με αντλία φόρτισης.....	110
Εικόνα 9-15 Κατασκευαστικά στοιχεία ενός ρεζερβουάρ.....	112
Εικόνα 9-16 Φίλτρα πλήρους ροής.....	118
Εικόνα 9-17 Φίλτρο τμηματικής ροής.....	119
Εικόνα 9-18 Συσσωρευτής ελατηρίου.....	121
Εικόνα 9-19 Συσσωρευτής σάκου.....	122
Εικόνα 9-20 Συσσωρευτής εμβόλου.....	122

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την παρουσίαση και ανάλυση των πνευματικών και υδραυλικών συστημάτων, των βασικών φυσικών αρχών που τα διέπουν καθώς και κάποια βασικά κατασκευαστικά μέρη αυτών. Για την ομαλότερη ανάπτυξη του κειμένου, η εργασία χωρίζεται σε τρεις λογικές ενότητες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πρώτη ενότητα γίνεται μια παρουσίαση της διαδικασίας παραγωγής πεπιεσμένου αέρα. Η τελευταία υλοποιείται με τη βοήθεια αεροσυμπιεστών. Επίσης, έννοιες που αφορούν την προπαρασκευή του πεπιεσμένου αέρα, όπως ξήρανση, φιλτράρισμα και ψύξη, αναλύονται εκτενώς. Θέματα όπως η ρύθμιση των συμπιεστών και η διαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων εξετάζονται επίσης.

Στην δεύτερη ενότητα αναλύεται η δομή των πνευματικών ενεργοποιητών. Αρχικά, παρουσιάζεται η κατασκευή και χωροθέτηση αυτών. Στη συνέχεια, αναλύονται διάφοροι τύποι πνευματικών ενεργοποιητών με έμφαση στους πνευματικούς κυλίνδρους. Τέλος, αναλύονται θέματα απόδοσης αυτών και άλλα θέματα που κρίθηκε ότι παρουσιάζουν ενδιαφέρον.

Στην τρίτη και τελευταία ενότητα γίνεται μια προσέγγιση των υδραυλικών συστημάτων. Αρχικά, αναλύονται οι βασικές αρχές της υδραυλικής με απώτερο πάντα σκοπό την παρουσίαση των υδραυλικών συστημάτων. Τέλος, γίνεται μια εκτενής αναφορά στα τελευταία, περιλαμβάνοντας τόσο των τρόπο λειτουργίας των όσο και τα κατασκευαστικά μέρη αυτών.

ABSTRACT

The first section is a presentation of the production of compressed air. The latest is implemented with the help of compressors. Also, concepts related to the preparation of compressed air as drying, cooling and filtering, are discussed in detail. Issues such as the regulation of compressors and sizing of facilities are also examined.

The second section analyzes the structure of pneumatic actuators. Initially, there is a presentation of the construction and location of them and then various types of pneumatic actuators are analyzed with emphasis on pneumatic cylinders. Finally, this section discusses issues about the performance and other matters that are declared of interest.

In the third and last section the hydraulic systems are analyzed. At first, the basic principles of hydraulics are presented, always with the ultimate aim of presenting hydraulic systems. Finally, there is a comprehensive reference to the latter, including both the function and the components of them.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ¹

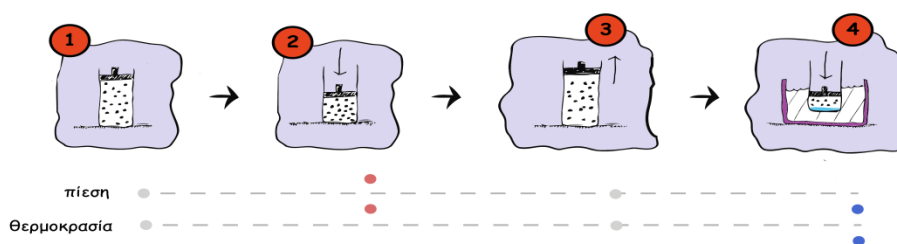
Για την πλήρη κατανόηση των βασικών αρχών λειτουργίας των υδροπνευματικών συστημάτων ένα ευρύ γνωστικό υπόβαθρο κρίνεται απαραίτητο. Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο γίνεται μια παράθεση ήδη γνωστών όρων και αρχών για την ομαλότερη ανάπτυξη του κειμένου. Βέβαια η παράθεση γίνεται υπό περιληπτική μορφή, μιας και μια μακροσκελής αναφορά σε έννοιες και όρους της φυσικής θα ξέφευγε από το σκοπό του κειμένου αυτού.

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Όπως για να μπορέσουμε να διδάξουμε έναν σύνθετο χορό σε κάποιον πρέπει να γνωρίζουμε τη βασική δομή (των βημάτων) κάθε χορού, έτσι και για να περιγράψουμε ένα οποιοδήποτε σύστημα με τη γλώσσα της επιστήμης πρέπει πρώτα να κατανοούμε τις βασικές ιδιότητες ενός συστήματος. Ένα σύστημα αερίων ορίζεται σαφώς με τη βοήθεια της πίεσης, του όγκου, της θερμοκρασίας και του έργου του.

Η έννοια της θερμοκρασίας ενός σώματος, αν και χρησιμοποιείται ευρέως, είναι μάλλον δύσκολο να οριστεί με σαφήνεια. Η θερμοκρασία ενός αερίου ($^{\circ}\text{K}$ ή $^{\circ}\text{C}$) ορίζεται ως το μέτρο της κινητικής ενέργειας των μορίων του. Δηλαδή, κάθε στιγμή η θερμοκρασία του σώματος (αερίου) υποδηλώνει το πόσο γρήγορα κινούνται τα μικρά δομικά στοιχεία του (μέσα σε αυτό). Τα μόρια ενός αερίου κινούνται εξαιρετικά γρήγορα κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, ενώ η κινητική τους δραστηριότητα παύει σε θερμοκρασίες που προσεγγίζουν το απόλυτο μηδέν (0°K). Άρα, σε όσο πιο υψηλή θερμοκρασία βρίσκεται ένα αέριο τόσο πιο υψηλό είναι και το ενεργειακό του περιεχόμενο.

Η πίεση ενός αερίου (Pascal ή bar) ορίζεται ως η δύναμη που σε αυτό υπόκειται ανά μονάδα επιφάνειάς του ($p = \frac{F}{A}$). Άρα, όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σε μια δεδομένη επιφάνεια αερίου ή όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια που καταλαμβάνει ένα αέριο δεδομένης της δύναμης που του ασκείται, τόσο μεγαλύτερη είναι και η πίεση αυτού (και οιασδήποτε ουσίας).



Ένα αέριο βρίσκεται (εικόνα 1) μέσα σε ένα δοχείο με έμβολο. Την κατάσταση του την περιγράφουμε με τα (καταστατικά) μεγέθη της πίεσης & της θερμοκρασίας.

Εάν πιέσουμε το έμβολο προς τα κάτω (εικόνα 2) τότε τα μόρια του αερίου αρχίζουν να "συνωστιζονται" με αποτέλεσμα να αυξηθεί η πίεση & η θερμοκρασία μέσα στο δοχείο.

Επαναφέροντας το έμβολο στην αρχική του θέση (εικόνα 3) αναμένουμε να αποκατασταθούν οι αρχικές τιμές της πίεσης & της θερμοκρασίας.

Τέλος εάν βάλουμε το δοχείο μέσα σε μία λεκάνη με κρύο νερό και κατεβάσουμε το έμβολο, είναι πολύ πιθανό ποσότητα του αερίου να υγροποιηθεί (εικόνα 4).

Μεταλλικό Ηλεκτρονικό
Βιβλίο ΤΕΕ 04/07 © 2013

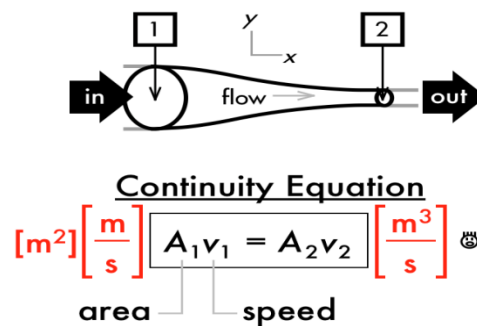
Εικόνα 1-1 Σύστημα αερίου-εμβολοφόρου συμπιεστή.

Ο όγκος (m^3 ή συνηθέστερα l) ορίζεται ως η ποσότητα του τρισδιάστατου χώρου που περικλείεται από κάποιο κλειστό σύνορο ή απλούστερα ως ο χώρος που μια ουσία καταλαμβάνει.

Το μηχανικό έργο ($w = F * x$) ορίζεται ως το γινόμενο της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα επί την απόσταση που αυτή το «μετακινεί». Το μηχανικό έργο που σχετίζεται με τις μεταβολές στον όγκο ενός αερίου μίγματος είναι μια από τις βασικότερες διεργασίες στην θερμοδυναμική για μηχανικούς. Η μονάδα μέτρησής του είναι το Joule ($1 J = 1 N * m$). Για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας του έργου, σκεφτείτε ένα αέριο που πληρώνει τον όγκο ενός κυλίνδρου και συμπιέζεται από ένα κινούμενο έμβολο. Η συμπίεση λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα της δύναμης που ωθεί το έμβολο. Κατά τη διάρκεια της κίνησης ενέργεια μεταφέρεται από το έμβολο προς το αέριο που βρίσκεται στο εσωτερικό του κυλίνδρου. Αυτή η μεταφορά ενέργειας είναι το έργο στη γλώσσα της θερμοδυναμικής. Το

«αποτέλεσμα» του έργου είναι συνήθως μεταβολή στην κινητική, δυναμική ή θερμική ενέργεια του αερίου. Η ισχύς ενός συστήματος είναι το έργο που συντελείται ανά μονάδα χρόνου. Είναι στην ουσία ένα μέτρο του πόσο γρήγορα μπορεί να παραχθεί έργο.

Έχοντας ορίσει νωρίτερα τον όγκο μπορούμε τώρα να ορίσουμε τον ογκομετρικό ρυθμό ροής ενός συστήματος ή συνηθέστερα την ογκομετρική παροχή αυτού. Η ογκομετρική παροχή είναι ένα μέτρο του όγκου του ρευστού που ρέει μέσω μιας διατομής ανά μονάδα χρόνου. Υπολογίζεται ως το γινόμενο του εμβαδού διατομής της ροής επί τη μέση ταχύτητα ροής ($Q = A * u$). Εξ' αυτού μονάδα μέτρησής του είναι το m^3/s (l/s).



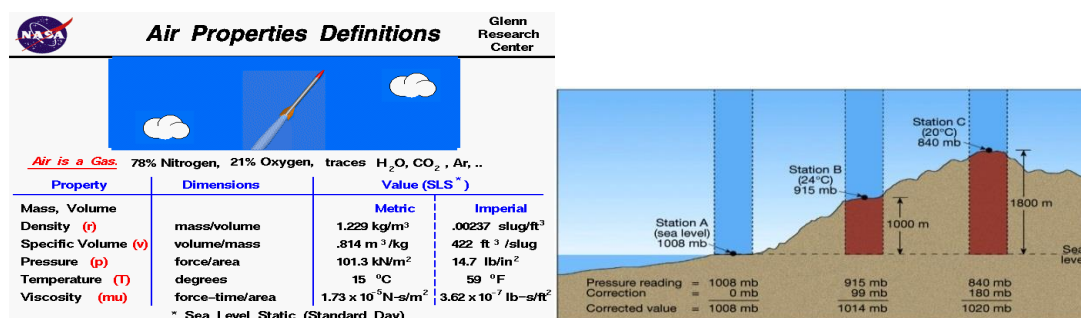
Εικόνα 1-2 Διατήρηση της παροχής σε σωλήνα.

Επίσης, μια διάκριση που απαιτείται να αναφερθεί είναι ο διαχωρισμός της πίεσης, σε πίεση εργασίας και πίεση λειτουργίας. Η πίεση εργασίας είναι η πίεση στην έξοδο του συμπιεστή ή στο αεροφυλάκιο. Η πίεση λειτουργίας ορίζεται ως η πίεση που απαιτείται στη θέση λειτουργίας των μηχανών που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα και συνήθως απαιτείται να είναι σταθερή(θα φανεί καλύτερα αργότερα). Τα μεγέθη λειτουργίας των μηχανών δίδονται πάντα για την πίεση λειτουργίας της εγκατάστασης.

ΑΕΡΑΣ

Ο αέρας είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο μίγμα αερίων. Παρόλο που αποτελείται από πολλά αέρια, τα κύρια συστατικά του είναι το O₂ (21%) και το N (78%). Η σύνθεσή του παραμένει σταθερή από το επίπεδο της θάλασσας ως περίπου ένα υψόμετρο 25 χιλιομέτρων. Όπως προαναφέρθηκε, ο αέρας δεν είναι μια καθαρή χημική ουσία, αλλά προϊόν μηχανικής ανάμειξης. Αυτός είναι και ο λόγος που μπορεί να διαχωριστεί στα συστατικά στοιχεία του μέσω μηχανικών διεργασιών, όπως π.χ. με ψύξη. Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι επίσης μολυσμένος με στερεά σωματίδια, όπως σκόνη ή άμμος. Ο βαθμός μόλυνσης κυμαίνεται από τις υψηλότερες τιμές στις κατοικημένες περιοχές ως τις χαμηλότερες στην ύπαιθρο και σε υψηλά υψόμετρα.

Μια άλλη διάκριση για τον αέρα είναι ότι αυτός μπορεί να θεωρηθεί ένα μίγμα ξηρού αέρα και υδρατμών. Ο αέρας που περιέχει υδρατμούς καλείται υγρός αέρας, αλλά ο βαθμός υγρασίας του κυμαίνεται μεταξύ ευρείων ορίων. «Οι δύο άκρες» είναι ο εντελώς ξηρός αέρας και ο αέρας ο κορεσμένος με υγρασία. Η μέγιστη πίεση των υδρατμών (που περιέχει ο αέρας) αυξάνει με αυξανόμενες θερμοκρασίες και προφανώς σε κάθε θερμοκρασία αντιστοιχεί και μια μέγιστη πίεση υδρατμών. Γενικά όμως, ο αέρας δεν περιέχει τόσους υδρατμούς ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη πίεση.



Εικόνα 1-3 Ιδιότητες του αέρα.

2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ²

ΝΟΜΟΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ³

Πριν η ανάλυση προχωρήσει στις διατάξεις παραγωγής πεπιεσμένου αέρα κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη αναφορά στους κλασσικούς, θεμελιώδεις, νόμους των αερίων.

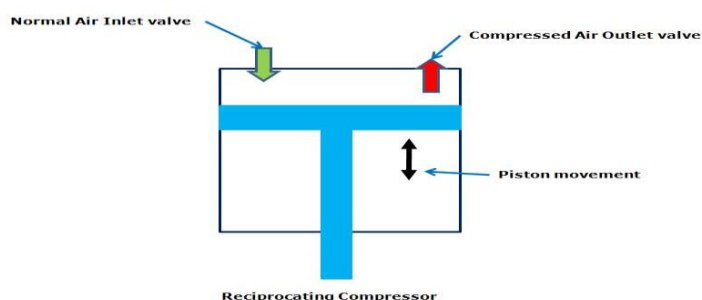
Ο παλιότερος νόμος αερίων, αποδεδειγμένος πειραματικά από τους Boyle και Mariotte, υποδηλώνει ότι για δεδομένο ποσό εσώκλειστου αερίου υπό σταθερή θερμοκρασία, το γινόμενο όγκου πίεσης διατηρείται σταθερό ($pV = C$). Στο νόμο αυτόν βασίζεται κατά πολύ, ως λογικό, και η τέχνη της συμπίεσης. Στο ίδιο σύστημα τώρα, δεδομένης σταθερής πίεσης, οι όγκοι V , V_0 συνδέονται με τις απόλυτες θερμοκρασίες τους T , T_0 με το νόμο των Gay-Lussac : $\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$. Με συνδυασμό των δύο αυτών εξισώσεων και με μαθηματικές παραδοχές καταλήγουμε στη βασική – καταστατική- εξίσωση των αερίων $pV = nRT$, όπου n ο αριθμός των γραμμομορίων του αερίου και R σταθερή ποσότητα. Τέλος, από αυτές τις εξισώσεις αποδεικνύεται ότι αν δεν έχω ένα αλλά περισσότερα αέρια μέσα σε έναν όγκο τότε η συνολική πίεση των αερίων μέσα στον όγκο αυτό δίνεται από την εξίσωση $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$, όπου οι δείκτες των πιέσεων συμβολίζουν τα επιμέρους αέρια. Η τελευταία εξίσωση είναι γνωστή ως νόμος μερικών πιέσεων.

2.1 ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ^{4 5}

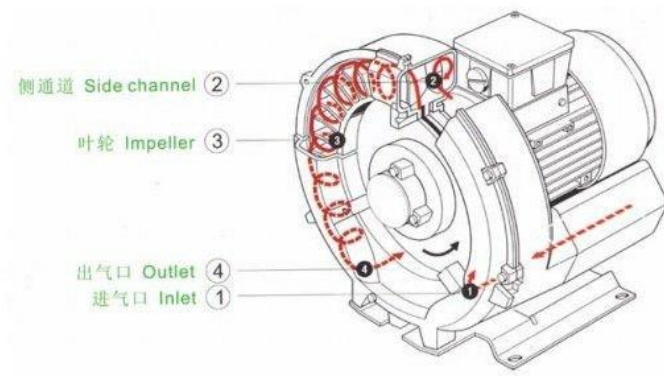
Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των τύπων αεροσυμπιεστών κρίνεται απαραίτητη μια αναφορά στις βασικές αρχές λειτουργίας αυτών. Υπάρχουν δύο γενικές αρχές για τη συμπίεση του αέρα:

- Συμπίεση θετικής μετατόπισης (ή απλά μετατόπισης ή εκτόπισης ή ογκομετρική συμπίεση). Οι αεροσυμπιεστές αυτού του τύπου περιλαμβάνουν τους εμβολοφόρους αεροσυμπιεστές, τους κυλινδρικούς και διάφορες τεχνολογίες περιστρεφόμενων αεροσυμπιεστών (π.χ. βιδωτούς, οδοντωτούς ή πτερυγιοφόρους). Εδώ, ο αέρας «σύρεται» μέσα σε έναν ή περισσότερους θαλάμους συμπίεσης, που κλείνουν από το στόμιο εισόδου. Ο όγκος κάθε θαλάμου μειώνεται σταδιακά και ο αέρας συμπιέζεται εσωτερικώς. Όταν η πίεση στο θάλαμο «αγγίζει» ένα προκαθορισμένο όριο, ανοίγει μια θύρα ή βαλβίδα και ο αέρας εκχέεται στο εξωτερικό σύστημα εκροής εξαιτίας της συνεχούς μείωσης του όγκου του θαλάμου συμπίεσης.



Εικόνα 2-1 Βασική διάταξη ενός συμπιεστή μετατόπισης.

- Το δεύτερο είδος συμπίεσης είναι η δυναμική συμπίεση, όπου ο αέρας «σύρεται» μεταξύ των λεπίδων (πτερυγίων) μιας ταχύτατα περιστρεφόμενης φτερωτής και επιταχύνεται σε υψηλή ταχύτητα. Έπειτα εκχέεται μέσω ενός διαχυτήρα, όπου η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε στατική πίεση. Οι περισσότεροι δυναμικοί αεροσυμπιεστές σχεδιάζονται με πρότυπο αξονικής ή ακτινικής ροής. Όλοι όμως είναι σχεδιασμένοι για υψηλά επίπεδα ογκομετρικής παροχής.



Εικόνα 2-2 Τομή ενός στροβιλοσυμπιεστή – βασικά μέρη αυτού.

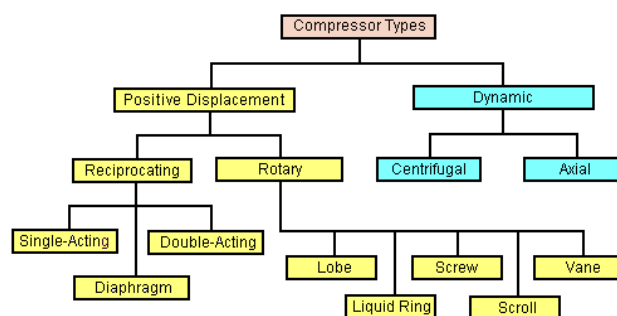
Πιο αναλυτικά τώρα, σκεφτείτε ως το απλούστερο παράδειγμα ενός συμπιεστή μετατόπισης μια αντλία ποδηλάτου.



Εικόνα 2-3 Αντλία ποδηλάτου. Ο απλούστερος συμπιεστής μετατόπισης.

Εδώ, ο αέρας «σύρεται» μέσα στον κύλινδρο και συμπιέζεται από ένα κινούμενο έμβολο. Η αρχή λειτουργίας της απλής αυτής αντλίας ταυτίζεται με αυτήν ενός εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή, όπου η εμπρόσθια και προς τα πίσω κίνηση του εμβόλου επιτυγχάνεται μέσω μιας συνδετικής ράβδου και ενός περιστρεφόμενου στροφαλοφόρου άξονα. Αν για τη συμπίεση χρησιμοποιείται μόνο η μια πλευρά του εμβόλου, τότε ο συμπιεστής καλείται μονής ενεργείας. Στην αντίθετη περίπτωση καλείται συμπιεστής διπλής ενεργείας. Η αναλογία (λόγος) πίεσης ορίζεται ως η σχέση μεταξύ της απόλυτης πίεσης εισόδου και εξόδου. Για παράδειγμα, αν μια μηχανή τραβάει αέρα υπό ατμοσφαιρική πίεση (1 bar) και το συμπιέζει σε υπερπίεση τάξεως μεγέθους 10 bar, αυτή δουλεύει με ένα λόγο πίεσης $10+1/1 = 11$.

Από την άλλη, σε ένα δυναμικό αεροσυμπιεστή η αύξηση της πίεσης παρατηρείται ταυτόχρονα με τη ροή του αερίου. Το αέριο επιταχύνεται σε υψηλή ταχύτητα μέσω των περιστρεφόμενων πτερυγίων του στροφείου (φτερωτής). Η ταχύτητα του αερίου μετατρέπεται στη συνέχεια σε στατική πίεση, όταν το πρώτο υποχρεώνεται να επιβραδυνθεί με την είσοδό του στο διαχυτήρα. Ανάλογα με την κύρια κατεύθυνση της ροής οι αεροσυμπιεστές αυτού του τύπου χωρίζονται σε αξονικούς και ακτινικούς.



Εικόνα 2-4 Διάγραμμα κατηγοριών αεροσυμπιεστών.

Με μια σύντομη σύγκριση μπορεί να λεχθεί ότι στους δυναμικούς αεροσυμπιεστές, λόγω κατασκευής, μια μικρή αλλαγή στην πίεση εργασίας οδηγεί

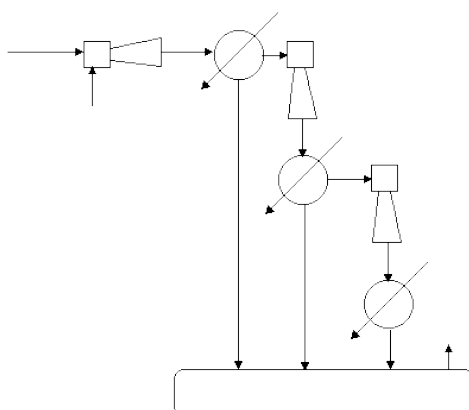
σε μεγάλη αλλαγή στο ρυθμό ροής. Σε κάθε επίπεδο ταχύτητας της φτερωτής αντιστοιχεί ένα ανώτατο και ένα κατώτατο όριο ταχύτητας ροής. Στο ανώτατο όριο, θεωρείται ότι η ταχύτητα ροής του αερίου πλησιάζει την ταχύτητα του ήχου. Στο κατώτατο όριο τώρα, θεωρείται ότι η αντίθλιψη (αντίθετη πίεση) γίνεται μεγαλύτερη από το προδιαγραφόμενο όριο πίεσης του συμπιεστή, πράγμα που σημαίνει ότι επιστρέφεται ροή (του αερίου) μέσα στον αεροσυμπιεστή. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε θόρυβο και κίνδυνο μηχανικής βλάβης.

Με μια περαιτέρω σύγκριση –μεταξύ συμπιεστών μετατόπισης και στροβιλοσυμπιεστών- έχει αποδειχθεί ότι σε σταθερή περιστροφική ταχύτητα η καμπύλη πίεσης- ροής για ένα στροβιλοσυμπιεστή διαφέρει σημαντικά από την αντίστοιχη καμπύλη για ένα συμπιεστή μετατόπισης. Οι στροβιλοσυμπιεστής είναι μηχανή με μεταβλητό ρυθμό ροής και μεταβλητή πίεση. Από την άλλη, ο συμπιεστής εκτόπισης παρουσιάζει σταθερό επίπεδο ροής και μεταβλητή πίεση. Έτσι, ο τελευταίος τύπος συμπιεστή παρέχει υψηλότερο λόγο πίεσης ακόμα και σε χαμηλές ταχύτητες. Οι στροβιλοσυμπιεστές έχουν σχεδιασθεί για υψηλές ταχύτητες ροής αερίων.

ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΠΟΛΛΩΝ ΣΤΑΔΙΩΝ

Θεωρητικά, ο αέρας μπορεί να συμπιεστεί είτε ισεντροπικά (χωρίς ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον) είτε ισοθερμικά (διατηρώντας τη θερμοκρασία του σταθερή). Καθεμία από αυτές τις διαδικασίες μπορεί να αποτελεί κομμάτι ενός αναστρέψιμου κύκλου. Αν ο πεπιεσμένος αέρας χρησιμοποιείται αμέσως μετά τη διαδικασία της συμπίεσης (δηλαδή στη θερμοκρασία που βρίσκεται εκείνη τη στιγμή), η ισεντροπική συμπίεση προτιμάται. Στην πραγματικότητα όμως, ο αέρας σπανίως χρησιμοποιείται ευθέως μετά τη συμπίεση. Συνήθως ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν την χρήση του. Συνεπώς η ισοθερμική συμπίεση προτιμάται, αφού απαιτεί λιγότερο έργο (σε ένα κοινό

επίπεδο πίεσης εργασίας των 7 bar η ισεντροπική συμπίεση απαιτεί 1.37 φορές την ενέργεια που δαπανάται στην ισοθερμική συμπίεση).



Εικόνα 2-5 Συμπίεση τριών σταδίων.

Η πιο κοινή προσέγγιση για την εκτέλεση της ισοθερμικής συμπίεσης προσδιορίζει ότι ο αέρας πρέπει να ψύχεται κατά τη διάρκεια της συμπίεσης. Στην πράξη, η συμπίεση χωρίζεται σε διάφορα στάδια, ώστε να μειωθεί η θέρμανση του αερίου. Ο αέρας ψύχεται μετά από κάθε στάδιο, προτού συμπιεστεί τελικώς στην επιθυμητή πίεση. Με τη μέθοδο αυτή αυξάνεται επίσης και η ενεργειακή απόδοση του συστήματος, με μέγιστα οφέλη όταν κάθε στάδιο συμπίεσης έχει τον ίδιο λόγο πίεσης. Αυξάνοντας τα στάδια της συμπίεσης η διαδικασία προσεγγίζει την ισοθερμική συμπίεση. Ο μόνος περιορισμός στην ιδέα αυτή είναι, ως συνήθως, ο οικονομικός παράγοντας, αφού η αύξηση των σταδίων συμπίεσης του αέρα πάνω από ένα επίπεδο καθιστά τη διάταξη αντισυμβατική.

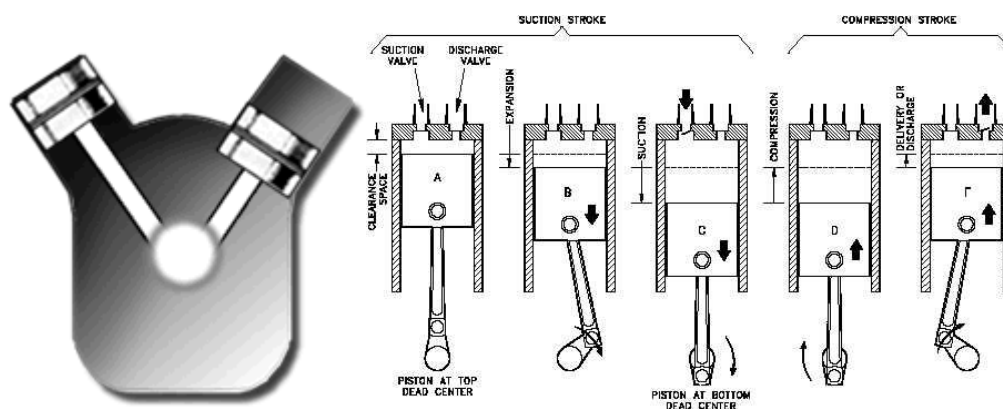
2.2 ΤΥΠΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ^{6 7}

2.2.1 ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, ένας αεροσυμπιεστής μετατόπισης περικλείει (με ειδική διάταξη) έναν όγκο αερίου. Στη συνέχεια η πίεση αυξάνεται μειώνοντας τον εσώκλειστο όγκο μέσω ενός ή περισσοτέρων κινούμενων τμημάτων.

ΕΜΒΟΛΟΦΟΡΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Οι εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές είναι οι παλαιότεροι και πιο κοινότυποι όλων των βιομηχανικών συμπιεστών. Περιλαμβάνουν τους συμπιεστές μονής και διπλής ενεργείας και αυτούς με ή χωρίς λίπανση πετρελαίου. Φέρουν μεταβλητό αριθμό κυλίνδρων σε ποικίλους σχηματισμούς. Με εξαίρεση τους πολύ μικρούς συμπιεστές με κατακόρυφους κυλίνδρους, οι κοινοί –μικροί– αεροσυμπιεστές κατασκευάζονται με τους κυλίνδρους τους σε σχηματισμό τύπου V. Σε μεγαλύτερους συμπιεστές, διπλής ενεργείας, ο σχηματισμός τύπου L επικρατεί. Αυτός συνδυάζει έναν κατακόρυφο κύλινδρο χαμηλής πίεσης και έναν οριζόντιο υψηλής, προσφέροντας έτσι τεράστια οφέλη.



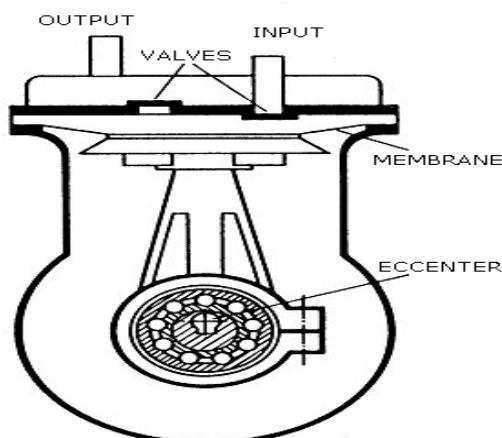
Εικόνα 2-6 Αριστερά: Εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής με κυλίνδρους σε σχηματισμό V. Δεξιά: Λειτουργία εμβολοφόρου αεροσυμπιεστή.

Οι αεροσυμπιεστές με λίπανση πετρελαίου λειτουργούν τυπικά με λίπανση υπό πίεση. Οι περισσότεροι φέρουν πλέον αυτενεργούσες βαλβίδες. Αυτές ανοιγοκλείνουν από την επίδραση της διαφοράς πίεσης στις δύο πλευρές της βαλβίδας. Οι αεροσυμπιεστές χωρίς λίπανση πετρελαίου φέρουν έμβολα τύπου

δαχτυλιδιού, κατασκευασμένα συνήθως από άνθρακα. Εναλλακτικά, το έμβολο και το τοίχωμα του κυλίνδρου μπορεί να είναι οδοντωτά. Οι μεγαλύτερες μηχανές είναι εξοπλισμένες με τάπες στον άξονα περιστροφής και ένα ενδιάμεσο αεριζόμενο κομμάτι που αποτρέπει το πετρέλαιο να μεταφερθεί από το στροφαλοθάλαμο στο θάλαμο συμπίεσης. Οι μικρότεροι αεροσυμπιεστές βέβαια, φέρουν συνήθως ένα στροφαλοθάλαμο με ρουλεμάν που είναι ερμητικά κλειστός.

ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

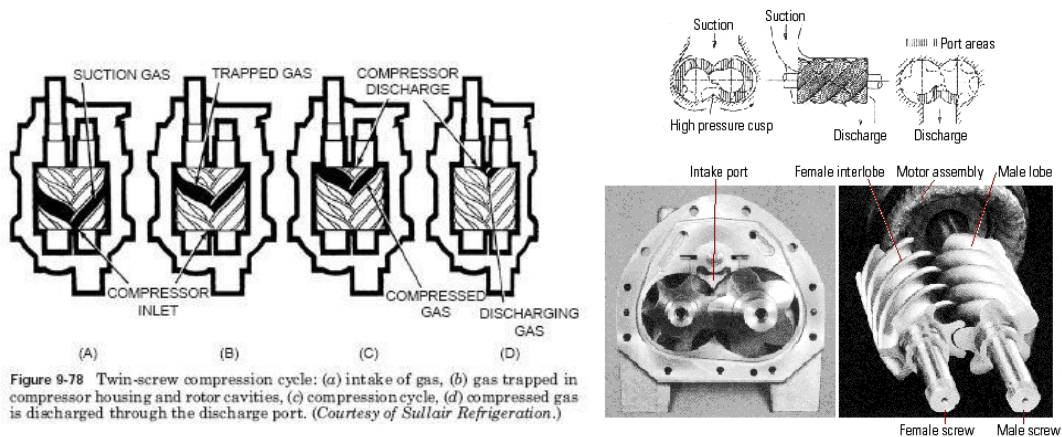
Οι αεροσυμπιεστές διαφράγματος αποτελούν μια άλλη ομάδα αεροσυμπιεστών. Το έμβολο χωρίζεται από το θάλαμο αναρρόφησης με ένα διάφραγμα, δηλαδή ο αέρας δεν έρχεται σε επαφή με τα παλινδρομούμενα μέρη του αεροσυμπιεστή. Εδώ, το διάφραγμα ενεργοποιείται μηχανικά ή υδραυλικά. Οι μηχανικοί συμπιεστές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής πίεσης με περιορισμένη ροή ή ως αντλίες κενού. Οι υδραυλικοί συμπιεστές, αντίθετα, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υψηλών πιέσεων.



Εικόνα 2-7 Αεροσυμπιεστής με διάφραγμα.

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΚΟΧΛΙΩΤΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Οι περιστροφικοί αεροσυμπιεστές διπλού κοχλίου αναπτύχθηκαν λόγω της ανάγκης ύπαρξης ενός περιστροφικού αεροσυμπιεστή με κυμαινόμενο (από υψηλά επίπεδα ως σταθερό) ρυθμό ροής κάτω από διαφορετικά επίπεδα πίεσης. Τα δομικά στοιχεία των κοχλιωτών αεροσυμπιεστών είναι οι «αρσενικοί» και οι «θηλυκοί» δρομείς, που περιστρέφονται σε αντίθετες διευθύνσεις καθώς ο περικλειόμενος όγκος αερίου μεταξύ αυτών και του περιβλήματος μειώνεται. Κάθε στοιχειώδης κοχλία έχει ένα σταθερό όριο πίεσης, που εξαρτάται από το μήκος και την κλίση του, αλλά και από τη μορφή της θύρας εκροής. Για την επίτευξη μέγιστης αποτελεσματικότητας, το προκαθορισμένο όριο πίεσης πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στην απαιτούμενη πίεση εργασίας. Γενικά, στους κοχλιωτούς αεροσυμπιεστές δεν υπάρχουν βαλβίδες και δεν εμφανίζονται μηχανικές δυνάμεις που να προκαλούν ανισορροπία. Αυτό σημαίνει ότι μπορούν να λειτουργούν με υψηλές ταχύτητες άξονα συνδυάζοντας υψηλά επίπεδα ροής και μικρές εξωτερικές διαστάσεις. Μια εξωτερική επενεργούσα αξονική δύναμη, εξαρτώμενη από τη διαφορά πίεσης εσωτερικού και εξωτερικού, πρέπει να κατανικηθεί από τα ρουλεμάν.

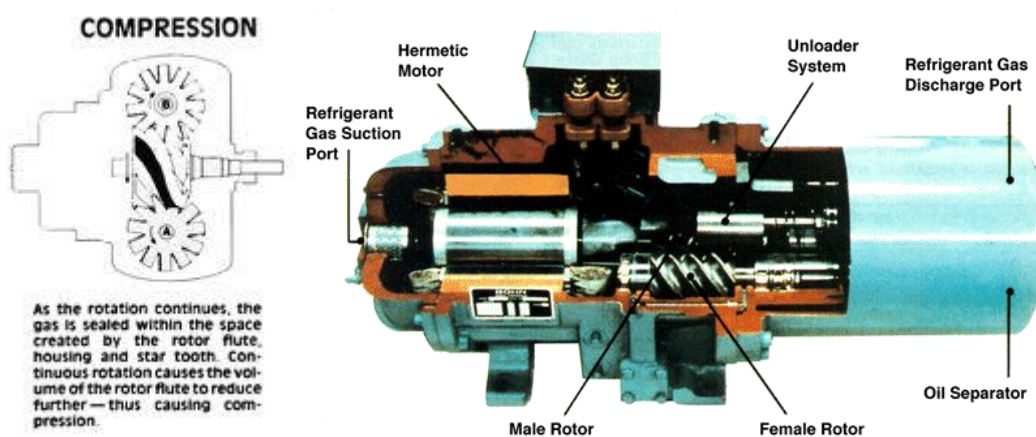


Εικόνα 2-8 Αριστερά: Λειτουργία αεροσυμπιεστή διπλού κοχλίου. Δεξιά: Βασικά δομικά στοιχεία του.

Οι πρώτοι κοχλιωτοί αεροσυμπιεστές είχαν ένα συμμετρικό «προφίλ» δρομέα και δε χρησιμοποιούσαν ψυκτικό υγρό μέσα στο θάλαμο συμπίεσης. Για το λόγο αυτό ονομάζονταν και ξηροί κοχλιωτοί αεροσυμπιεστές. Οι πιο σύγχρονοι αεροσυμπιεστές αυτού του τύπου έχουν ασύμμετρο «προφίλ» δρομέα,

προσδίδοντας έτσι αυξημένη ενεργειακή απόδοση λόγω των μειωμένων εσωτερικών διαρροών. Για το συγχρονισμό της θέσης των αντίθετα περιστρεφόμενων δρομέων χρησιμοποιούνται εξωτερικά γρανάζια. Καθώς οι δρομείς ποτέ δεν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, αλλά ούτε και με το εξωτερικό περίβλημα του συμπιεστή, καμία λίπανση δεν απαιτείται στο εσωτερικό του θαλάμου συμπίεσης. Συνεπώς, ο παραγόμενος πεπιεσμένος αέρας στερείται λίπανσης. Οι δρομείς και το περίβλημα είναι κατασκευασμένοι με απόλυτη ακρίβεια για την ελαχιστοποίηση των διαρροών από την πλευρά της πίεσης προς την είσοδο. Επίσης, ο προκαθορισμένος λόγος πίεσης περιορίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εισόδου και του σημείου εκροής. Για το λόγο αυτό, οι κοχλιωτοί αεροσυμπιεστές χωρίς λίπανση κατασκευάζονται με πολλά επίπεδα και με ψύξη μεταξύ αυτών, ώστε να επιτευχθούν οι υψηλότερες πιέσεις.

Μια διαφορετική κατασκευαστική εκδοχή των κοχλιωτών αεροσυμπιεστών είναι αυτή όπου υγρό εγχέεται μέσα στο θάλαμο συμπίεσης. Με αυτή τη μέθοδο τα κινούμενα μέρη του συμπιεστή ψύχονται και λιπαίνονται. Ο παραγόμενος πεπιεσμένος αέρας ψύχεται επίσης και οι διαρροές μειώνονται. Στις μέρες μας το πιο κοινό ψυκτικό υλικό είναι το λάδι, λόγω των καλών ιδιοτήτων λίπανσης και σφραγίσματος που προσδίδει. Συχνά βέβαια χρησιμοποιούνται και άλλα ψυκτικά όπως νερό ή πολυμερή. Οι κοχλιωτοί αεροσυμπιεστές με ψύξη λαδιού ή αέρα μπορούν να κατασκευασθούν για λειτουργία σε υψηλούς λόγους πίεσης.

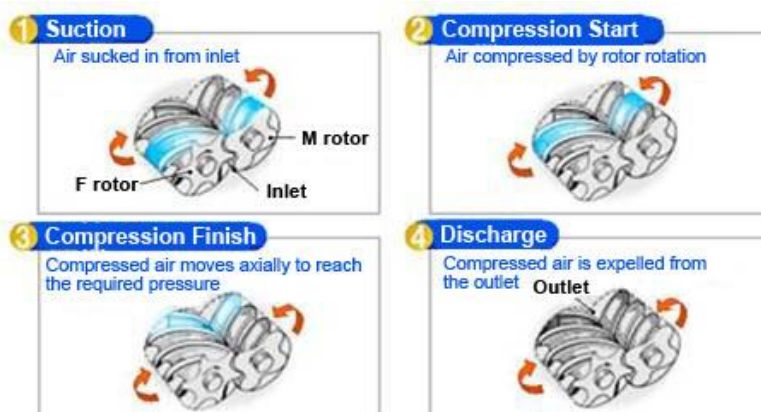


Εικόνα 2-9 Αριστερά: Βασική αρχή της περιστροφικής συμπίεσης. Δεξιά: Τομή ενός περιστροφικού αεροσυμπιεστή διπλού κοχλία με δυνατότητα λίπανσης.

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΟΔΟΝΤΩΤΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Η διάταξη συμπίεσης σε έναν οδοντωτό αεροσυμπιεστή αποτελείται από δύο δρομείς που περιστρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις μέσα στο θάλαμο συμπίεσης. Η ίδια η διαδικασία της συμπίεσης περιλαμβάνει την πρόσληψη, συμπίεση και εκροή (έγχυση) του αέρα. Κατά τη διάρκεια της πρόσληψης, ο αέρας «σύρεται» συνεχώς μέσα στο θάλαμο συμπίεσης μέχρι οι δρομείς να φράξουν την είσοδο. Εδώ ξεκινάει και η δεύτερη φάση της διαδικασίας, η φάση της συμπίεσης. Ο αέρας συμπιέζεται μέσα στο θάλαμο συμπίεσης, που γίνεται συνεχώς μικρότερος καθώς οι δρομείς συνεχίζουν να περιστρέφονται. Έτσι, η θύρα εξόδου παραμένει κλειστή ενώ η είσοδος ανοίγει, «τραβώντας» νέο αέρα στο απέναντι τμήμα του θαλάμου συμπίεσης. Τέλος, στη φάση της εκροής ένας δρομέας ανοίγει τη θύρα εξόδου και ο πεπιεσμένος πια αέρας ωθείται έξω από το θάλαμο συμπίεσης.

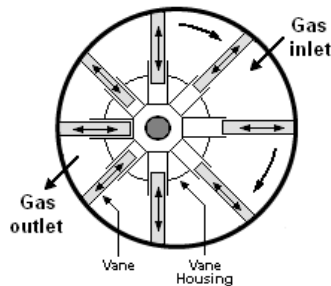
Στους οδοντωτούς αεροσυμπιεστές, οι δύο δρομείς είναι συγχρονισμένοι μέσω ενός σετ γραναζιών. Η μέγιστη δυνατή αναλογία (λόγος) πίεσης που μπορεί να επιτευχθεί, περιορίζεται από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της εισόδου και της εξόδου (του θαλάμου συμπίεσης). Συνεπώς, για την επίτευξη υψηλότερων πιέσεων απαιτείται κατασκευή πολλών σταδίων με ενδιάμεση ψύξη.



Εικόνα 2-10 Συμπίεση σε περιστροφικό οδοντωτό αεροσυμπιεστή.

ΠΤΕΡΥΓΙΟΦΟΡΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Η αρχή λειτουργίας ενός πτερυγιοφόρου αεροσυμπιεστή είναι παρόμοια με των περισσότερων μηχανών παραγωγής πεπιεσμένου αέρα. Οι περισσότεροι διαθέτουν λίπανση λαδιού και τα πτερύγιά τους κατασκευάζονται συνήθως από ειδικά χυτά κράματα. Ο δρομέας με τα ακτινικά, κινητά πτερύγια, κατασκευασμένα σε σχήμα λεπίδας, είναι έκκεντρα τοποθετημένος πάνω στο στάτη της μηχανής. Όταν περιστρέφεται τα πτερύγια «πιέζονται» έναντι του στάτη από την αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη. Ο αέρας «σύρεται» μέσα στο θάλαμο συμπίεσης, όταν η απόσταση στάτη-δρομέα μεγαλώνει και παγιδεύεται στα διάφορα θυλάκια του συμπιεστή. Ταυτόχρονα με την περιστροφή των πτερυγίων του δρομέα, ο όγκος του αέρα μειώνεται. Τέλος εκχέεται, πεπιεσμένος πλέον, όταν τα πτερύγια περνούν τη θύρα εξόδου.



As the off-center drive shaft rotates, so does the vane housing, and the vanes slide in and out to maintain contact with the cylindrical compressor wall. Gas enters at the largest opening and the compressed gas discharges from the smallest opening.

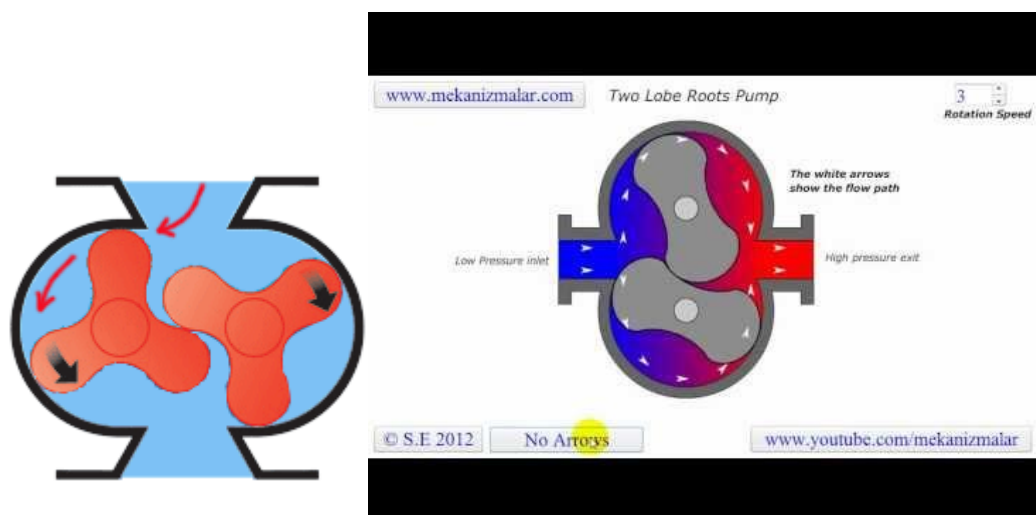


Εικόνα 2-11 Αριστερά: Λειτουργία πτερυγιοφόρου αεροσυμπιεστή. Δεξιά: τυπικός πτερυγιοφόρος αεροσυμπιεστής.

ΦΥΣΗΤΗΡΕΣ ΡΙΖΑΣ

Ο φυσητήρας ρίζας είναι ένας τύπος συμπιεστή εκτόπισης χωρίς εσωτερική συμπίεση και χωρίς βαλβίδες. Όταν ο θάλαμος συμπίεσης έρχεται σε επαφή με τη θύρα εξόδου, ο πεπιεσμένος αέρας ρέει πίσω στο περίβλημα από την πλευρά της

πίεσης. Στη συνέχεια πραγματοποιείται περαιτέρω συμπίεση καθώς ο όγκος του θαλάμου συμπίεσης μειώνεται κι άλλο, λόγω της συνεχούς περιστροφής. Απουσία της εσωτερικής συμπίεσης, η διαδικασία οδηγεί σε χαμηλή απόδοση και σε υψηλά επίπεδα θορύβου στο συμπιεστή. Εντός του περιβλήματος υπάρχουν δύο πανομοιότυποι συμμετρικοί δρομείς, που στρέφονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, συγχρονισμένοι μέσω ενός σετ γραναζιών. Αυτού του τύπου οι συμπιεστές διαθέτουν ψύξη αέρα, αλλά στερούνται λίπανσης. Η χαμηλή τους απόδοση τους περιορίζει σε εφαρμογές χαμηλής πίεσης και σε συμπίεση ενός και μόνο σταδίου. Οι φυσητήρες ρίζας χρησιμοποιούνται συχνά για πνευματική μεταφορά ή ως αντλίες κενού.



Εικόνα 2-12 Εσωτερική δομή των φυσητήρων ρίζας. Φαίνεται καθαρά η απουσία εσωτερικού θαλάμου συμπίεσης και βαλβίδων.

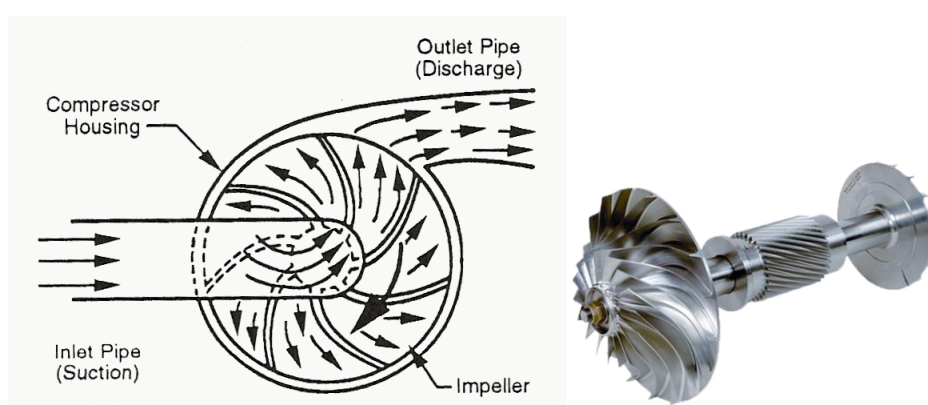
2.2.2 ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ (ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ)

Οι δυναμικοί αεροσυμπιεστές είναι γενικά διαθέσιμοι τόσο σε ακτινικό όσο και σε αξονικό σχεδιασμό. Είναι δε περισσότερο γνωστοί στη βιβλιογραφία με το όνομα αεροσυμπιεστές ροής ή στροβιλοσυμπιεστές. Αυτοί που είναι σχεδιασμένοι υπό ακτινικό πρότυπο ονομάζονται φυγοκεντρικοί συμπιεστές. Η βασική τους διαφορά με τους συμπιεστές μετατόπισης είναι ότι λειτουργούν υπό σταθερή πίεση (σημειώνεται ότι οι συμπιεστές εκτόπισης λειτουργούν υπό σταθερό επίπεδο ροής).

Έτσι, η απόδοση των στροβιλοσυμπιεστών επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες. Για παράδειγμα, μια μεταβολή στη θερμοκρασία εισόδου οδηγεί σε μεταβολή στη χωρητικότητά τους.

ΑΚΤΙΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Οι συμπιεστές ακτινικής σχεδίασης χαρακτηρίζονται από τον ακτινικό τρόπο έγχυσης της ροής. Ο αέρας «σύρεται» αρχικά στο κέντρο της περιστρεφόμενης φτερωτής, εξοπλισμένης με ακτινικά πτερύγια, και μετά ωθείται έξω προς την περίμετρο της φτερωτής, από τις φυγόκεντρες δυνάμεις. Κατά αυτόν τον τρόπο, η ακτινική κίνηση του αέρα οδηγεί σε αύξηση της πίεσης, αλλά και σε παραγωγή κινητικής ενέργειας. Πριν ο αέρας οδηγηθεί στο κέντρο της φτερωτής του επόμενου σταδίου συμπίεσης περνά μέσω ενός διαχυτήρα και μιας σπείρας, όπου η κινητική του ενέργεια μετατρέπεται σε πίεση. Έτσι, κάθε στάδιο συμπίεσης συνεισφέρει στην ολική αύξηση της πίεσης της μονάδας. Σε βιομηχανικές εφαρμογές, ο μέγιστος λόγος πίεσης αυτού του συμπιεστή δεν υπερβαίνει το 3 –για ένα στάδιο συμπίεσης-. Βέβαια, με την προσθήκη περαιτέρω σταδίων δίνεται η δυνατότητα της εσωτερικής ψύξης και εξ'αυτού μειώνονται οι απαιτήσεις τροφοδοσίας ισχύος. Τα πολλαπλά στάδια διατάσσονται συνήθως εν σειρά πάνω σε έναν και μοναδικό άξονα χαμηλής ταχύτητας. Επιπρόσθετα, παρόλο που ο λόγος πίεσης για κάθε στάδιο συμπίεσης είναι μικρός, ένας μεγάλος αριθμός σταδίων μπορεί να οδηγήσει στην επιθυμητή τιμή της πίεσης εξόδου.

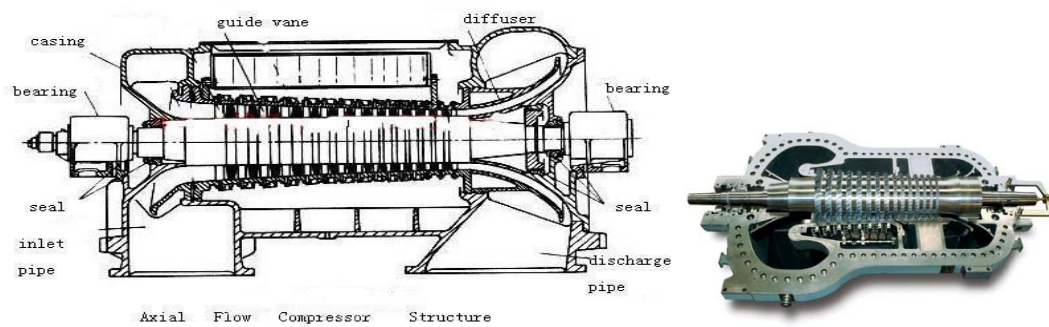


Εικόνα 2-13 Λειτουργίας ακτινικού στροβιλοσυμπιεστή. Δεξιά: Τυπικός αεροσυμπιεστής ακτινικής ροής.

Στους στροβιλοσυμπιεστές ακτινικής ροής ένα κιβώτιο υψηλών ταχυτήτων είναι εφαρμοσμένο στα στάδια του συμπιεστή, ώστε οι φτερωτές να στρέφονται με υψηλές ταχύτητες. Αυτές σχεδιάζονται ως φτερωτές ανοικτού και κλειστού τύπου. Η σχεδίαση ανοικτού τύπου προτιμάται για εφαρμογές αέρα υψηλής ταχύτητας. Κατασκευάζονται δε από ειδικά κράματα ανοξειδωτου χάλυβα ή από αλουμίνιο. Η ταχύτητα του άξονα του στροφείου είναι πολύ υψηλή, συγκρινόμενη με άλλους τύπους συμπιεστών. Έτσι, εμφανίζονται ταχύτητες 5.000-100.000 rpm. Κάθε συμπιεστής ακτινικής σχεδίασης πρέπει να σφραγίζεται με κατάλληλο τρόπο, ώστε να μειώνεται η διαρροή κατά μήκος του άξονα, που περνά μέσα από το περίβλημα του συμπιεστή. Χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι σφραγισμάτων, όπως δαχτυλίδια ή μηχανικά σφραγίσματα.

ΑΞΟΝΙΚΟΙ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

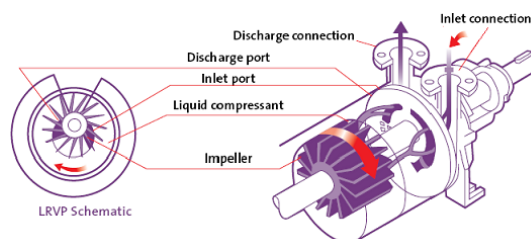
Ο αξονικός στροβιλοσυμπιεστής πήρε το όνομά του από τον αξονικό τρόπο ροής του αέρα. Ο τελευταίος διέρχεται κατά μήκος του άξονα του συμπιεστή μέσω μιας σειράς από περιστρεφόμενες ή σταθερές λεπίδες-πτερύγια. Με αυτόν τον τρόπο η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται σταδιακά, ταυτόχρονα με τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε πίεση από τα πτερύγια. Ένα ειδικό τύμπανο εξισορρόπησης είναι κατασκευασμένο στο εσωτερικό του συμπιεστή για να αντισταθμίζει την αξονική ώθηση. Οι αξονικοί συμπιεστές είναι κατά βάση μικρότεροι και ελαφρύτεροι από τους αντίστοιχους φυγοκεντρικούς. Λειτουργούν επίσης σε υψηλότερες ταχύτητες. Χρησιμοποιούνται δε για συνεχή και υψηλά επίπεδα ροής σε μια σχετικά μέτρια πίεση, όπως για παράδειγμα στα συστήματα εξαερισμού. Δεδομένης της υψηλής περιστροφικής τους ταχύτητας συμπληρώνουν απόλυτα και τις τουρμπίνες αερίου, που εμφανίζουν ποικίλες εφαρμογές.



Εικόνα 2-14 Αριστερά: Δομή ενός στροβιλοσυμπιεστή αξονικής ροής. Δεξιά: Τυπικός στροβιλοσυμπιεστής αξονικής ροής.

2.2.3 ΑΝΤΛΙΕΣ ΚΕΝΟΥ

Ένας τύπος συμπιεστή που αξίζει να αναφερθεί είναι οι αντλίες κενού. Με τον όρο κενό εννοούμε μια πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική. Μια αντλία κενού είναι ένας συμπιεστής που συμπιέζει το κενό σε υψηλότερες πιέσεις, συνήθως κοντά στο επίπεδο της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το τυπικό χαρακτηριστικό των αντλιών κενού είναι ότι λειτουργούν με έναν πολύ υψηλό λόγο πίεσης. Αυτό εξηγεί και το γιατί στις αντλίες κενού χρησιμοποιούνται πολλαπλά στάδια συμπίεσης (ώστε η πίεση, π.χ. του αέρα, να αυξηθεί σταδιακά, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια). Αντλίες κενού με πολλαπλά στάδια συμπίεσης χρησιμοποιούνται για εύρη πιέσεων 0.1 – 1 bar.



Εικόνα 2-15 Κάτοψη και τομή αντλίας κενού.

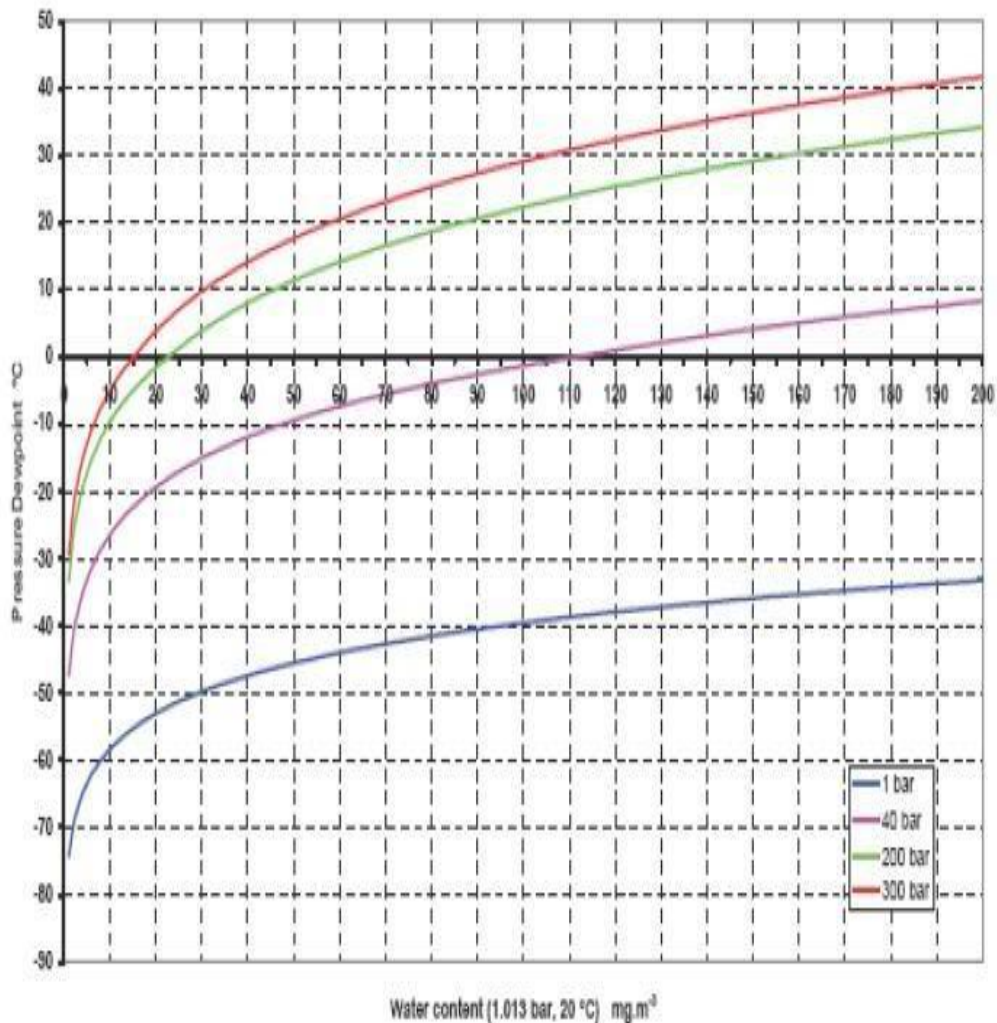
3. ΞΗΡΑΝΣΗ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ⁸

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντα ένα ποσοστό υδρατμών, μεγαλύτερο σε υψηλές θερμοκρασίες και μικρότερο σε χαμηλότερες. Όταν συμπιέζεται, η συγκέντρωση των υδρατμών στο εσωτερικό του αυξάνεται. Για την αποφυγή προβλημάτων και θορύβου που σχετίζονται με την καθίζηση νερού στους σωλήνες διανομής και στο συναφή εξοπλισμό, ο πεπιεσμένος αέρας πρέπει να ξηραίνεται. Για την ξήρανση συχνά χρησιμοποιείται ένας μεταψύκτης και συμβατός εξοπλισμός ξήρανσης.

Ο όρος «σημείο δρόσου υπό πίεση» (PDP) χρησιμοποιείται για να περιγράψει το περιεχόμενο σε νερό του πεπιεσμένου αέρα. Είναι η θερμοκρασία στην οποία οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε νερό (για τη δοθείσα πίεση εργασίας). Μικρές τιμές του PDP υποδηλώνουν μικρά ποσοστά υδρατμών στον πεπιεσμένο αέρα. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι το ατμοσφαιρικό σημείο δρόσου (Σημείο δρόσου ή Σημείο υγροποίησης ή σημείο κόρου ατμόσφαιρας χαρακτηρίζεται το σημείο εκείνο της θερμοκρασίας που όταν οι υδρατμοί ψυχθούν δημιουργούν το φαινόμενο της δρόσου, δηλαδή τις σταγόνες δρόσου. Στη θερμοκρασία αυτή εξυπακούεται πως ο αέρας είναι κορεσμένος και δεν μπορεί να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς με αποτέλεσμα η σχετική υγρασία να είναι 100%.) δεν πρέπει να συγκρίνεται ή να συγχεύεται με το σημείο δρόσου υπό πίεση, όταν εξετάζουμε διαφορετικούς τύπους ξηραντήρων. Για παράδειγμα, μια τιμή PDP των +2°C στα 7 bar πίεσης εργασίας αντιστοιχεί σε σημείο δρόσου -23°C στην ατμοσφαιρική πίεση.

Η χρήση ενός φίλτρου για την απομάκρυνση της υγρασίας (και συνεπώς για τη μείωση της τιμής του PDP) δε φαίνεται να λειτουργεί επίσης, διότι μπορεί να οδηγήσει σε επαναλαμβανόμενη καθίζηση συμπυκνωμένων υδρατμών.



Εικόνα 3-1 Διάγραμμα σχέσης υγρασίας – PDP για τον αέρα σε τέσσερα διαφορετικά επίπεδα πίεσης.

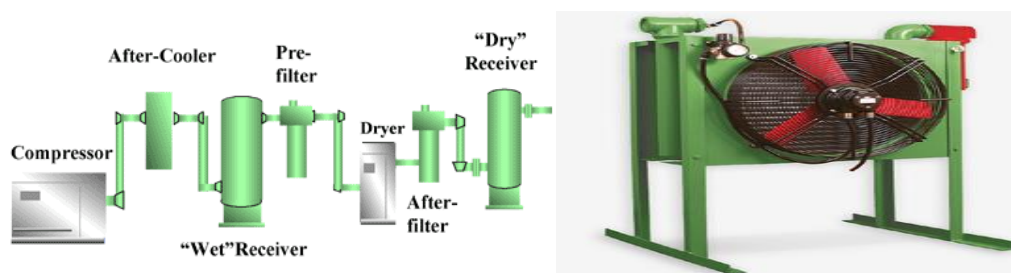
Θεωρητικά, για την επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού ξήρανσης πρέπει να βασιστούμε στο σημείο δρόσου υπό πίεση (που ζητάμε να είναι μικρό). Στην πράξη όμως, όπου ο οικονομικός παράγων είναι παρών, όσο μικρότερο PDP απαιτούμε τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι και η επένδυσή μας και τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος λειτουργίας των συσκευών ξήρανσης.

Παρακάτω αναλύονται διάφορες μέθοδοι απομάκρυνσης της υγρασίας από τον πεπιεσμένο αέρα.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΞΗΡΑΝΣΗΣ

ΜΕΤΑΨΥΚΤΗΣ

Ο μεταψύκτης (after-cooler) είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμοποιείται για την ψύξη του θερμού πεπιεσμένου αέρα, ώστε το νερό που περιέχεται σε αυτόν να «κατακαθίσει». Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η συμπύκνωση των υδρατμών στο σύστημα σωληνώσεων. Είναι αερόψυκτος ή υδρόψυκτος και είναι εξοπλισμένος με έναν διαχωριστή νερού με αυτόματη αποστράγγιση. Πρέπει να τοποθετείται κοντά στο συμπιεστή. Περίπου το 85% του συμπυκνωμένου νερού του πεπιεσμένου αέρα συλλέγεται στον αυτόματο διαχωριστή νερού του μεταψύκτη. Συνήθως, μετά τη διέλευσή του μέσω του μεταψύκτη, ο πεπιεσμένος αέρας βρίσκεται σε θερμοκρασία 10°C μεγαλύτερη από αυτήν του ψυκτικού. Προφανώς, η τιμή αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με τον τύπο του μεταψύκτη. Ο τελευταίος χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλες τις στατικές εγκαταστάσεις. Στις περισσότερες περιπτώσεις σύγχρονης σχεδίασης, ο μεταψύκτης είναι ενσωματωμένος στη διάταξη του συμπιεστή.

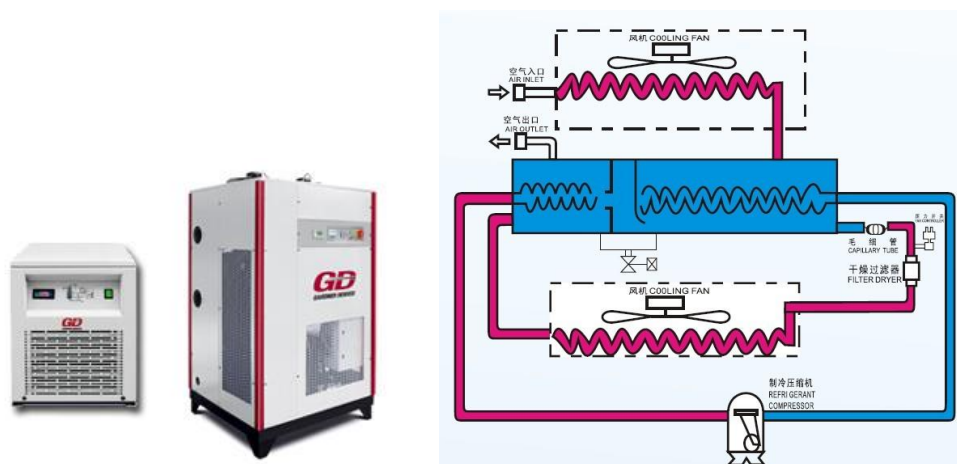


Εικόνα 3-2 Αριστερά: Τυπική εγκατάσταση αεροσυμπιεστή. Δεξιά : Μεταψύκτης.

Κλείνοντας, η σημασία του μεταψύκτη στη διάταξη παραγωγής πεπιεσμένου αέρα θα γίνει καλύτερα κατανοητή αν σκεφτείτε ότι ένας αεροσυμπιεστής με παροχή 5.7 m³/min που λειτουργεί στα 7 bar χωρίς μεταψύκτη, εισάγει 170 λίτρα νερού στο σύστημα σωληνώσεών του κάθε μέρα..

ΞΗΡΑΝΤΗΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ

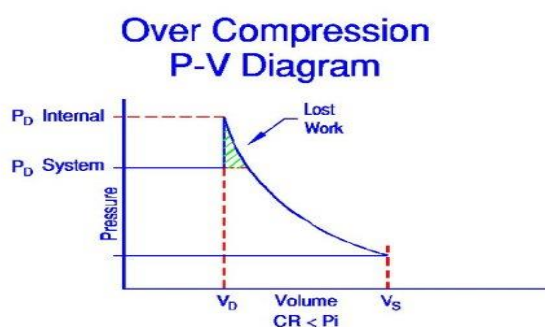
Ο όρος ξήρανση ψυκτικού υποδηλώνει ότι ο πεπιεσμένος αέρας ψύχεται, γεγονός το οποίο επιτρέπει σε μια μεγάλη ποσότητα νερού να συμπυκνωθεί και μετέπειτα να διαχωριστεί. Μετά την ψύξη και τη συμπύκνωση, ο πεπιεσμένος αέρας επαναθερμαίνεται περίπου στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ώστε να μη παρατηρηθεί συμπύκνωση στο σύστημα σωληνώσεων. Αυτή η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του εισερχόμενου και εξερχόμενου πεπιεσμένου αέρα μειώνει επίσης τη θερμοκρασία του εισερχόμενου αέρα, μειώνοντας και την απαιτούμενη ικανότητα ψύξης του ψυκτικού κυκλώματος. Η ψύξη του πεπιεσμένου αέρα λαμβάνει χώρα μέσα σε ένα κλειστό σύστημα ψύξης. Οι ξηραντές ψυκτικού χρησιμοποιούνται για σημεία δρόσου μεταξύ των 2 και 10 °C και έχουν κατώτατο όριο το σημείο πήξης του συμπυκνωμένου νερού. Οι σημερινοί ξηραντές ψυκτικού χρησιμοποιούν ψυκτικά αέρια με μικρή πιθανότητα συμβολής στο φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης -σε περίπτωση διαρροής των στο εξωτερικό του κυκλώματος ψύξης- .



Εικόνα 3-3 Αριστερά: Ξηραντές ψυκτικού. Δεξιά: Κύκλωμα και λειτουργία ενός αερόψυκτου ξηραντή.

ΥΠΕΡΣΥΜΠΙΕΣΗ

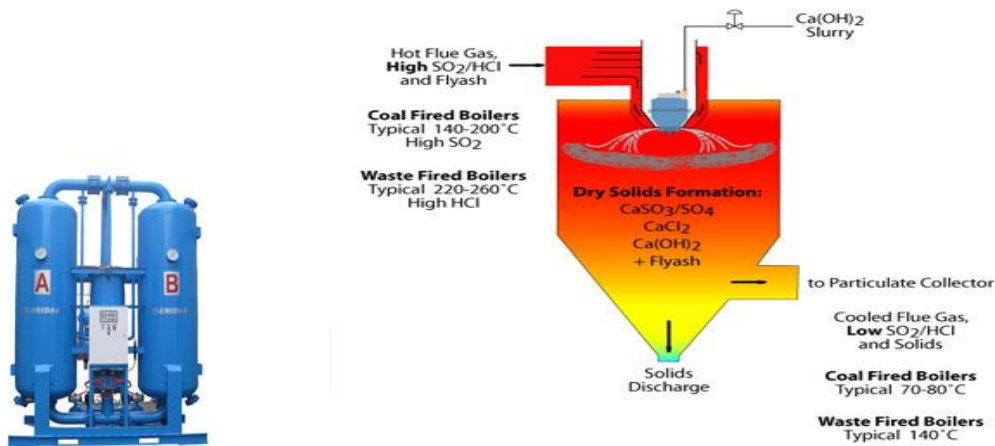
Η υπερβολική συμπίεση ή υπερσυμπίεση αποτελεί ίσως την ευκολότερη μέθοδο ξήρανσης του πεπιεσμένου αέρα. Στην αρχή, ο αέρας συμπιέζεται σε υψηλότερη, από την απαιτούμενη πίεση εργασίας, πίεση. Κατά τη διάρκεια της συμπίεσης η συγκέντρωση των υδρατμών στο εσωτερικό του αυξάνει. Στη συνέχεια, ο αέρας ψύχεται και το νερό διαχωρίζεται. Η διαδικασία τερματίζει με τον αέρα να επιστρέφει στην πίεση εργασίας και έτσι να επιτυγχάνεται ένα χαμηλότερο PDP. Δυστυχώς, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο σε εφαρμογές που απαιτούν χαμηλά επίπεδα ροής αέρα, κυρίως λόγω της εκτεταμένης ενεργειακής κατανάλωσης που απαιτεί.



Εικόνα 3-4 Η διαδικασία της υπερσυμπίεσης οδηγεί σε αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση.

ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

Η ξήρανση με απορρόφηση είναι μια χημική διαδικασία κατά την οποία οι υδρατμοί συνδέονται με το υλικό απορρόφησης. Το τελευταίο μπορεί να είναι στερεό ή υγρό. Τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα απορροφητικά υλικά είναι το χλωριούχο νάτριο και το θειικό οξύ, γεγονός που προσδίδει στην όλη διαδικασία τον κίνδυνο διάβρωσης της διάταξης ξήρανσης. Η μέθοδος αυτή δεν απαντάται συχνά και απαιτεί επίσης υψηλή κατανάλωση απορροφητικών υλικών. Το σημείο δρόσου τέλος, «πέφτει» μόνο ως ένα περιορισμένο όριο.

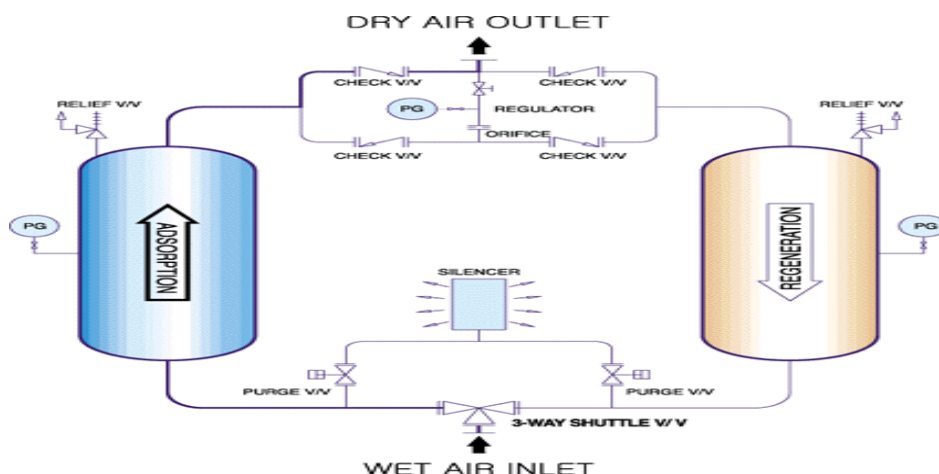


Εικόνα 3-5 Αριστερά: Ξηραντής απορρόφησης. Δεξιά: Διαδικασία ξήρανσης.

ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΕΙΣΡΟΦΗΣΗ

Στους ξηραντές εισρόφησης ο υγρός αέρας ρέει πάνω από υγροσκοπικά υλικά και με αυτόν τον τρόπο ξηραίνεται. Το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο υλικό είναι το πήγμα πυριττικού οξέος ή κοινώς «ζελέ» πυριτίου. Η ανταλλαγή υδρατμών μεταξύ του υγρού πεπιεσμένου αέρα και του υγροσκοπικού υλικού, ή ξηραντικού, οδηγεί το τελευταίο στο βαθμιαίο κορεσμό του λόγω του απορροφούμενου νερού. Για το λόγο αυτό, το ξηραντικό πρέπει να ανανεώνεται τακτικά για να ανακτή τις ξηραντικές του ιδιότητες. Επιπρόσθετα, οι ξηραντές εισρόφησης κατασκευάζονται με δύο δοχεία (πύργους) ξήρανσης. Το πρώτο χρησιμοποιείται για την ξήρανση του εισερχόμενου πεπιεσμένου αέρα, καθώς το περιεχόμενο του δευτέρου ανανεώνεται. Η εναλλαγή των ρόλων επέρχεται, όταν το δεύτερο δοχείο έχει ανανεωθεί πλήρως. Τυπικά σημεία δρόσου που επιτυγχάνονται με αυτήν τη μέθοδο ξήρανσης είναι περίπου $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Το σημείο αυτό είναι που καθιστά τους ξηραντές εισρόφησης ικανούς να παρέχουν πολύ ξηρό αέρα, για συγκεκριμένες εφαρμογές. Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τρόποι ανανέωσης του ξηραντικού και ο καθένας καθορίζει και τον τύπο του ξηραντή που θα χρησιμοποιηθεί. Προφανώς, όσο αποδοτικότεροι ενεργειακά είναι οι ξηραντές που χρησιμοποιούνται, τόσο πιο περίπλοκοι και ακριβότεροι είναι αυτοί.

Αξιοσημείωτο είναι ότι πριν την ξήρανση με εισρόφηση πρέπει να έχει απομακρυνθεί και αποστραγγιστεί από τον πεπιεσμένο αέρα το συμπυκνωμένο νερό. Αν ο πεπιεσμένος αέρας έχει παραχθεί από αεροσυμπιεστή που λειτουργεί με λίπανση ελαίου ένα φίλτρο διαχωρισμού του λαδιού πρέπει να τοποθετηθεί άνω του εξοπλισμού ξήρανσης. Τέλος, στις περισσότερες εφαρμογές, μετά την ξήρανση με εισρόφηση, απαιτείται και ένα φίλτρο απομάκρυνσης σωματιδίων.



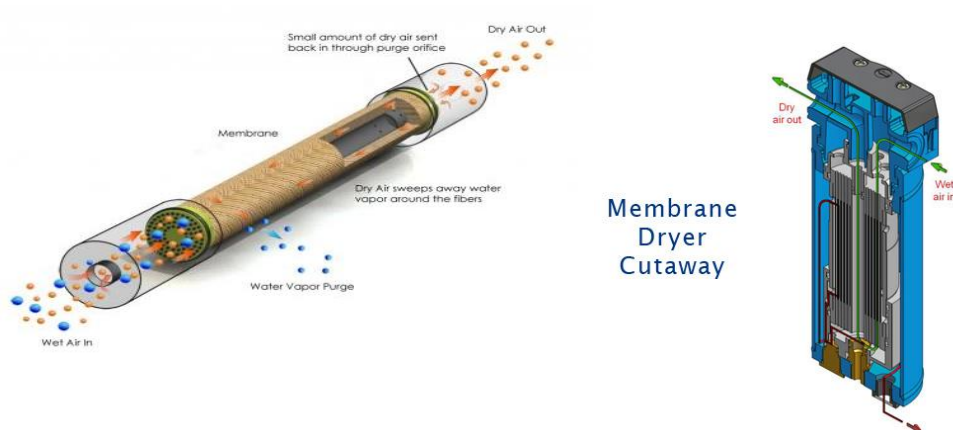
Εικόνα 3-6 Αρχή λειτουργίας ξηραντή εισρόφησης.

ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ

Οι ξηραντές μεμβρανών λειτουργούν βασιζόμενοι στην αρχή της εκλεκτικής διαπερατότητας. Εδώ, οι ξηραντές είναι κύλινδροι που περικλείουν χιλιάδες ίνες πολυμερών με εσωτερική «επένδυση». Οι ίνες αυτές εμφανίζουν εκλεκτική διαπερατότητα για την απομάκρυνση των υδρατμών. Μόλις φιλτραριστεί, ο υγρός πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο. Εκεί, η επένδυση της μεμβράνης επιτρέπει στους υδρατμούς να τη διαπεράσουν και αφού εισέλθουν στις ίνες να συλλεχθούν. Ταυτόχρονα, ο ξηρός πια αέρας διέρχεται μέσω του κυλίνδρου και εξέρχεται στην ίδια περίπου τιμή πίεσης με αυτήν που εισήλθε. Το νερό που συλλέχθηκε εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα, διαχεόμενο έξω από τον κύλινδρο. Ο διαχωρισμός των υδρατμών και του ξηρού αέρα προκαλείται από τη διαφορά της μερικής πίεσης του αερίου μεταξύ του εσωτερικού των κοίλων ινών και του

εξωτερικού των. Οι ξηραντές με μεμβράνη είναι εύχρηστοι, αθόρυβοι, δεν έχουν κινούμενα μέρη και δεν απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για να λειτουργήσουν. Τέλος, δεν απαιτούν συχνή αντικατάσταση.

Πέρα από την απομάκρυνση του νερού, οι ξηραντές με μεμβράνες μπορεί να επιτρέπουν και το διαχωρισμό των αερίων συστατικών του αέρα, ανάλογα με τις ιδιότητες της μεμβράνης. Ο διαχωρισμός των αερίων επιτυγχάνεται από τις διαφορές στα μοριακά βάρη και στη διαλυτότητά τους. Αέρια με μεγάλο μοριακό βάρος εμφανίζουν μεγαλύτερο βαθμό διάχυσης και μπορούν εύκολα να διαχωριστούν λόγω των διαφορών που εμφανίζουν στις κινητικότητές τους.

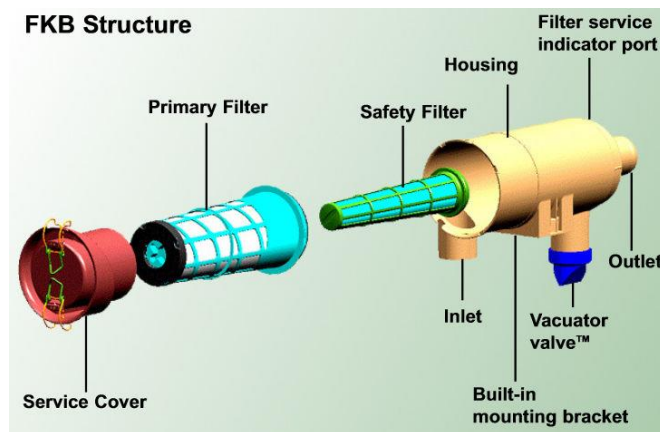


Εικόνα 3-7 Αριστερά: Πορεία αέρα μέσω ξηραντή μεμβράνης. Δεξιά: Τομή ενός ξηραντή μεμβρανών.

4. ΦΙΛΤΡΑ ΣΤΙΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ^{9 10}

ΓΕΝΙΚΑ

Πέραν των υδρατμών, ο πεπιεσμένος αέρας στην έξοδο του αεροσυμπιεστή περιέχει (στη γενικότερη περίπτωση) και ελεύθερα σωματίδια. Τα σωματίδια που υπάρχουν μέσα στον αέρα και περνούν μέσα από ένα φίλτρο, μπορούν να απομακρυνθούν από αυτόν με ποικίλους τρόπους.

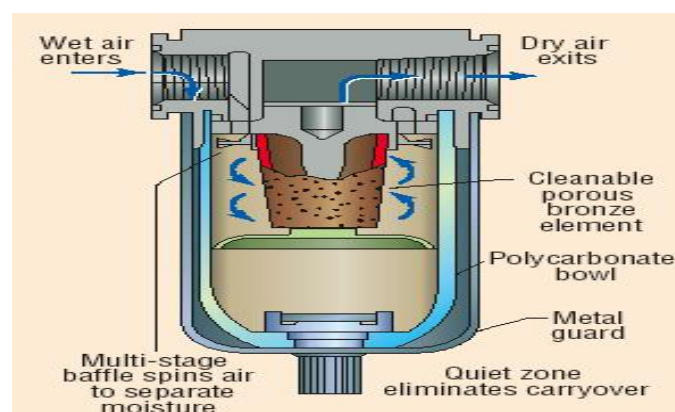


Εικόνα 4-1 Κατασκευαστικά στοιχεία φίλτρου πεπιεσμένου αέρα.

Αν τα σωματίδια είναι αρκετά μεγαλύτερα από την είσοδο του φίλτρου «κοσκινίζονται», δηλαδή διαχωρίζονται μηχανικώς από τον αέρα (αφού δεν περνούν καν την είσοδο του φίλτρου). Αυτό συμβαίνει για σωματίδια μεγαλύτερα του 1 mm. Η αποτελεσματικότητα ενός φίλτρου σε αυτήν την περίπτωση αυξάνει με την χρήση «στενότερου» υλικού κατασκευής, αποτελούμενο από λεπτότερες ίνες. Σωματίδια μικρότερα του 1 mm συλλέγονται από το ινώδες υλικό του φίλτρου μέσω τριών διαφορετικών μηχανισμών: αδρανειακή πρόσκρουση, παρακράτηση και διάχυση.

- Η περίπτωση της πρόσκρουσης λαμβάνει χώρα για σχετικά μεγάλα σωματίδια ή/και για υψηλές ταχύτητες αέρα. Λόγω της μεγάλης αδράνειας που εμφανίζει ένα βαρύ σωματίδιο, αυτό δεν ακολουθεί τις κύριες γραμμές ρεύματος αέρα, αλλά ταξιδεύει σε ευθεία οδό και συγκρούεται με το ινώδες υλικό. Ο μηχανισμός αυτός εμφανίζεται κυρίως για μεγέθη σωματιδίων μεγαλύτερα από 1 μm και γίνεται σημαντικότερος όσο το μέγεθος αυξάνει.
- Η παρακράτηση συμβαίνει στις περιπτώσεις όπου ένα σωματίδιο ακολουθεί τις γραμμές ρεύματος αέρα, αλλά η ακτίνα του είναι μεγαλύτερη της απόστασης των γραμμών και της περιμέτρου του ινώδους υλικού.
- Η απόθεση των σωματιδίων λόγω διάχυσης λαμβάνει χώρα στην περίπτωση που ένα πολύ μικρό σωματίδιο δεν ακολουθεί το κυρίως ρεύμα αέρα, αλλά κινείται τυχαίως μέσα σε αυτό. Η σημασία αυτού του φαινομένου καθίσταται σαφής, όταν αέρας και σωματίδια έχουν μικρή ταχύτητα και μέγεθος αντίστοιχα.

Γενικά, η ικανότητα διαχωρισμού ενός φίλτρου είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των υποικανοτήτων του για διαχωρισμό των διαφορετικού μεγέθους σωματιδίων. Στην πράξη, κάθε φίλτρο προφανώς αποτελεί έναν συμβιβασμό, αφού κανένα δε μπορεί να είναι αποτελεσματικό στο πλήρες εύρος μεγεθών των σωματιδίων. Οι μεγαλύτερες αστοχίες εμφανίζονται σε προσπάθειες διαχωρισμού σωματιδίων μεγέθους μεταξύ 0.1 και 0.2 μm.



Εικόνα 4-2 Σχηματική αναπαράσταση της λειτουργίας ενός φίλτρου και βασικά δομικά μέρη αυτού.

Όπως προαναφέρθηκε, η συνολική αποτελεσματικότητα κάθε φίλτρου αποδίδεται στο συνδυασμό όλων των επιμέρους μηχανισμών. Προφανώς, η σημασία κάθε μηχανισμού, το μέγεθος των σωματιδίων, για τους οποίους αυτοί ενεργοποιούνται, και η τελική αποτελεσματική αξία εξαρτώνται από την κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων, των αερολυμάτων, την κατανομή της ταχύτητας του αέρα και την κατανομή της διαμέτρου του ινώδους υλικού του φίλτρου.

Τα φίλτρα που περιγράφηκαν παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την απομάκρυνση λαδιού ή νερού υπό τη μορφή αερολυμάτων. Στην περίπτωση αυτή, τα υγρά λύματα συνενώνονται με μεγαλύτερα σταγονίδια και βυθίζονται στον πάτο του φίλτρου (εξαιτίας των βαρυτικών δυνάμεων). Όσον αναφορά το λάδι βέβαια, αυτό μπορεί να εμφανισθεί υπό υγρή μορφή (ως λιπαντικό) ή ως λύμα αέριας μορφής. Όταν εμφανίζεται υπό υγρή μορφή, όπου έχει και υψηλότερη συγκέντρωση, οδηγεί σε μεγάλη πτώση πίεσης του πεπιεσμένου αέρα. Όταν εμφανίζεται όμως υπό μορφή ατμών το φίλτρο πρέπει να φέρει και ειδικό απορροφητικό υλικό, συνήθως ενεργό άνθρακα.

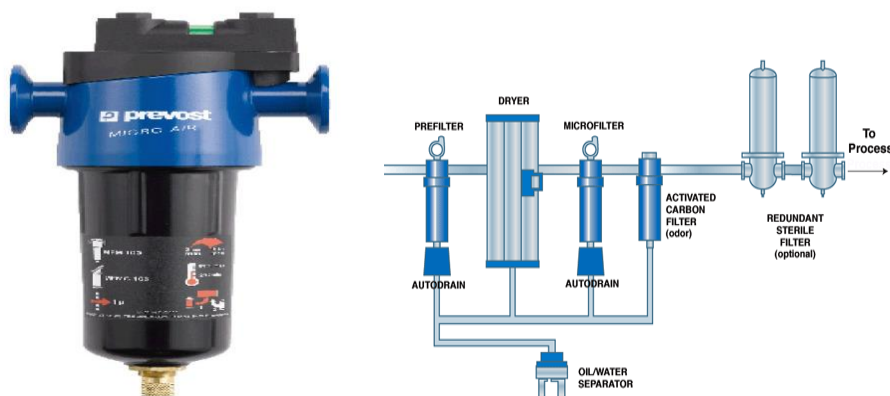
Όλα τα φίλτρα αναπόφευκτα οδηγούν σε πτώση πίεσης, που μεταφράζεται ως απώλεια ενέργειας στο γενικότερο σύστημα πεπιεσμένου αέρα. Όσο λεπτότερα και «στενότερα» είναι τα φίλτρα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση πίεσης. Επίσης, υπάρχει κίνδυνος φρακαρίσματος. Εξ'αυτού το κόστος συντήρησης του φίλτρου αυξάνει. Τέλος, τα φίλτρα πρέπει να διαστασιολογούνται κατά τρόπο τέτοιο ώστε όχι μόνο να μπορούν να διαχειριστούν την τυπική ροή του αέρα, αλλά και μια πτώση πίεσης εξαιτίας ενός πιθανού μπλοκαρίσματος στην επιφάνειά τους. Για τον λόγο αυτό, τα όρια κανονικής λειτουργίας των πρέπει να είναι διευρημένα.

ΜΙΚΡΟΦΙΛΤΡΑ

Μικροφίλτρα πεπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται σε βιομηχανίες (π.χ. τροφίμων,χημικών) που απαιτούν πεπιεσμένο αέρα πολύ υψηλής ποιότητας. Τα

μικροφίλτρα απομακρύνουν περίπου το 99.99% του νερού και τα σωματίδια (σταγονίδια) λαδιού μεγέθους ως και 0.01 μm που εμφανίζονται στον πεπιεσμένο αέρα.

Ο πεπιεσμένος αέρας φθάνει στο φίλτρο από την είσοδο και προχωρά (μέσω των πόρων αυτού) από μέσα προς τα έξω. Ο καθαρός πια αέρας φεύγει στο τέλος από το φίλτρο προς την έξοδο. Τα εξαιρετικά χαρακτηριστικά των μικροφίλτρων οφείλονται στους πόρους των, που συγκρατούν σωματίδια τάξης μεγέθους ως και 0.01μm. Η παροχή πεπιεσμένου αέρα πρέπει να ρυθμίζεται με τρόπο τέτοιο, ώστε η λειτουργία του φίλτρου να μην επιτρέπει την εισαγωγή νερού ή λυμάτων στο δίκτυο. Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι το προφιλτράρισμα αυξάνει πολύ τη ζωή ενός μικροφίλτρου.



Εικόνα 4-3 Αριστερά: Μικροφίλτρο πεπιεσμένου αέρα. Δεξιά: Τοποθέτηση του φίλτρου στη γενικότερη διάταξη παραγωγής. Διαφαίνεται επίσης και ο ρόλος του «προφιλτράρισματος».

5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΥΞΗΣ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ¹¹

ΥΔΡΟΨΥΚΤΟΙ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

Γενικά, η ψύξη του πεπιεσμένου αέρα αποτελεί κρίσιμο σημείο των εγκαταστάσεων παραγωγής. Όσο περισσότερος ψύχεται εντός ενός συμπιεστή, αλλά και εντός του μεταψύκτη, τόσο πιο αποδοτικός ενεργειακά είναι ο τελευταίος και τόσο μεγαλύτερο ποσοστό υδρατμών συμπυκνώνεται. Μια υδρόψυκτη εγκατάσταση συμπιεστών απαιτεί περιορισμένο σύστημα εξαρισμού, αφού το νερό ψύξης περιέχει, υπό μορφή θερμότητας, περίπου το 80% της ενέργειας που προσδίδεται στη διάταξη από κάποιον ηλεκτρικό κινητήρα. Τα συστήματα συμπιεστών που χρησιμοποιούν νερό ως μέσο ψύξης, κατασκευάζονται σύμφωνα με μία από τις τρεις βασικές αρχές, ως ανοιχτά συστήματα χωρίς κυκλοφορία νερού (συνδεδεμένα με μια εξωτερική πηγή νερού), ανοιχτά συστήματα με κυκλοφορία νερού (πύργοι ψύξης) και κλειστά συστήματα με κυκλοφορία νερού (περιέχουν έναν εξωτερικό εναλλάκτη θερμότητας / καλοριφέρ) .

ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΧΩΡΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

Σε ένα ανοιχτό σύστημα χωρίς κυκλοφορία νερού το νερό παρέχεται από μια εξωτερική πηγή (δημοτικά δίκτυα ύδρευσης, λίμνες ή ποτάμια) και αφού περάσει μέσα από το συμπιεστή αποβάλλεται σαν λύματα. Το σύστημα αυτό ελέγχεται από ένα θερμοστάτη (ρυθμιστή θερμοκρασίας) ώστε να διατηρείται η επιθυμητή θερμοκρασία του αέρα, καθώς επίσης να ελέγχεται και η κατανάλωση νερού. Γενικά, ένα ανοιχτό σύστημα είναι εύκολο και φθινό στην εγκατάσταση του, αλλά ακριβό στη λειτουργία του, ειδικά αν το νερό ψύξης αντλείται από το δημοτικό δίκτυο ύδρευσης. Το νερό από μια λίμνη είναι κατά βάση δωρεάν, αλλά πρέπει να φιλτράρεται και να καθαρίζεται για να αποφευχθεί μπλοκάρισμα του συμπιεστή ψύξης. Επιπρόσθετα, νερό πλούσιο σε ασβέστιο μπορεί σταδιακά να επιδεινώσει

την διαδικασία ψύξης. Το θαλασσινό νερό, αν και γι' αυτό ισχύουν τα ίδια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ψυκτικό μέσο αν το σύστημα είναι κατάλληλα σχεδιασμένο και διαστασιοποιημένο.

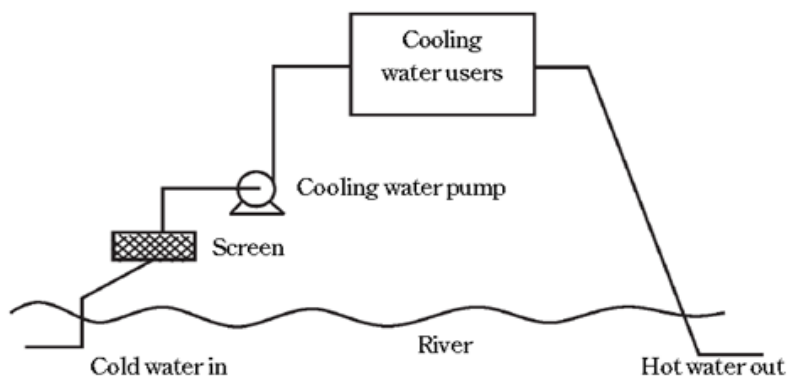
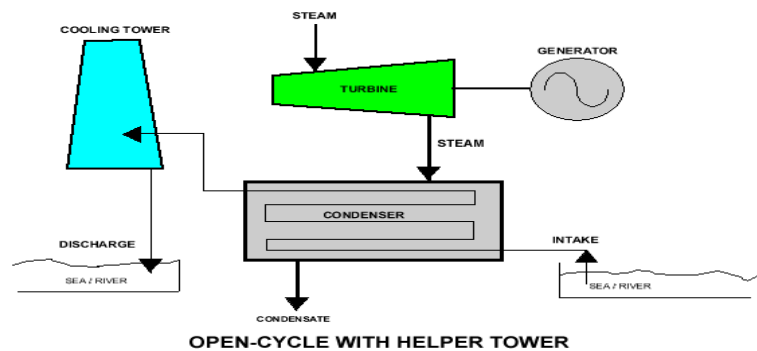


Figure 4.1 Once - Through or open system

Εικόνα 5-1 Ανοιχτό σύστημα ψύξης χωρίς κυκλοφορία νερού.

ΑΝΟΙΧΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

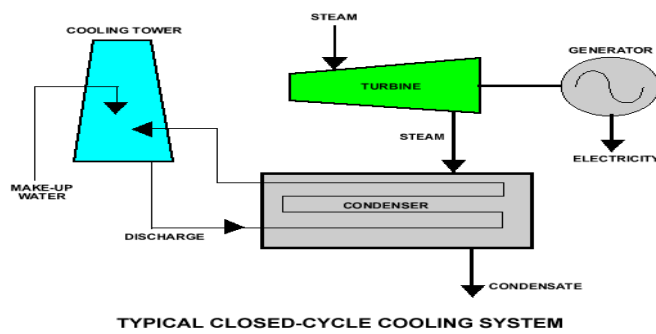
Στα ανοιχτά συστήματα με κυκλοφορία νερού, το νερό ψύξης του συμπιεστή δεν αποβάλλεται, αλλά επαναψύχεται σε έναν ανοιχτό πύργο ψύξης. Εδώ, μέρος του νερού εξατμίζεται και το υπόλοιπο ψύχεται σε θερμοκρασία 2°C μικρότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα συστήματα ψύξης αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται κυρίως όταν μια εξωτερική πηγή νερού δεν είναι διαθέσιμη. Το πρόβλημα της μεθόδου έγκειται στο γεγονός ότι το νερό μολύνεται σταδιακά από τον αέρα που το περιβάλλει (η ψύξη του νερού στον πύργο ψύξης γίνεται μέσω του αέρα). Το σύστημα πρέπει να αραιώνεται συνεχώς, χρησιμοποιώντας εξωτερική πηγή νερού, εξαιτίας της εξάτμισης. Τα διαλυμένα άλατα κατακάθονται στις θερμές μεταλλικές επιφάνειες μειώνοντας την ικανότητα μεταφοράς θερμότητας του πύργου ψύξης. Επίσης το νερό πρέπει να αντλείται συχνά και να κατεργάζεται χημικά, για να αποφευχθεί η ανάπτυξη άλμης. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα που ο συμπιεστής δεν λειτουργεί, ο πύργος ψύξης πρέπει να αποστραγγίζεται ή το νερό να θερμαίνεται, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να παγώσει η διάταξη.



Εικόνα 5-2 Ανοικτό σύστημα ψύξης με κυκλοφορία νερού.

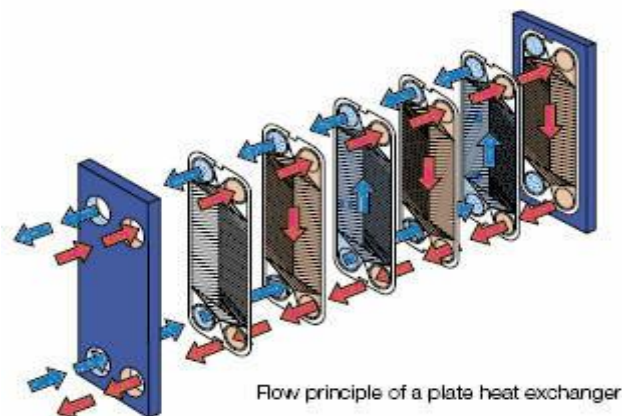
ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΝΕΡΟΥ

Σε ένα κλειστό σύστημα το ίδιο νερό κυκλοφορεί συνεχώς μεταξύ του συμπιεστή και κάποιου εναλλάκτη θερμότητας. Ο τελευταίος ψύχεται με τη σειρά του από ένα εξωτερικό κύκλωμα νερού ή από τον περιβάλλοντα αέρα. Όταν η ψύξη του νερού γίνεται χρησιμοποιώντας εξωτερικό κύκλωμα νερού απαιτείται ένας εναλλάκτης θερμότητας επίπεδης πλάκας. Όταν όλο το νερό ψύχεται από τον περιβάλλοντα αέρα μια μήτρα ψύξης αποτελούμενη από σωλήνες και πτερύγια ψύξης χρησιμοποιείται. Ο περιβάλλον αέρας οδηγείται μέσω των κυκλωμάτων ενός ή περισσότερων πτερυγίων. Αυτή η μέθοδος βρίσκει εφαρμογή στην περίπτωση που η διαθεσιμότητα του νερού είναι περιορισμένη. Η ικανότητα ψύξης ενός κλειστού και ενός ανοικτού συστήματος είναι περίπου η ίδια. (Το νερό του συμπιεστή ψύχεται σε θερμοκρασία περίπου 5° C υψηλότερη από αυτή που βρίσκεται το ψυκτικό) .



Εικόνα 5-3 Κλειστό σύστημα ψύξης με κυκλοφορία νερού.

Αν το νερό ψύχεται από τον περιβάλλοντα αέρα απαιτείται επιπλέον και ένα αντι-ψυκτικό. Το κλειστό σύστημα ψύξης είναι γεμάτο με καθαρό νερό. Έτσι, όταν προστίθεται το αντιψυκτικό, η παροχή νερού του συστήματος συμπιεστή πρέπει να επαναυπολογιστεί, καθώς το είδος και η συγκέντρωση του πρώτου επηρεάζουν την θερμική ικανότητα και το ιζώδες του νερού. Είναι επίσης σημαντικό το όλο σύστημα να καθαρίζεται προσεκτικά, πρώτου χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά. Ένα κλειστό σύστημα με κυκλοφορία νερού απαιτεί πολύ μικρή εμβέλεια και παρουσιάζει μικρό κόστος συντήρησης. Σε εγκαταστάσεις που το διαθέσιμο νερό για την ψύξη είναι δυνητικά διαβρωτικό, ο ψύκτης θα πρέπει να κατασκευάζεται από υλικά αυθεντικά στη διάβρωση. Κλείνοντας, είναι αξιοσημείωτο ότι οι περισσότεροι σύγχρονοι συμπιεστές μπορεί να είναι και αερόψυκτοι, με αποτέλεσμα ακόμη πιο περιοσμένες ανάγκες εξαερισμού.



Εικόνα 5-4 Εναλλάκτης θερμότητας επίπεδης πλάκας.

6. ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΕΡΟΣΥΜΠΙΕΣΤΩΝ¹²

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι περισσότερες εφαρμογές πεπιεσμένου αέρα απαιτούν σταθερή πίεση στο σύστημα συμπίεσης. Για να μπορεί να επιτευχθεί η ρύθμιση της πίεσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι ο αέρας να διέρχεται από το κέντρο του συμπιεστή (θυμηθείτε ότι αφού ζητούμε τον έλεγχο της πίεσης πρέπει να ελέγξουμε τον όγκο του συμπιεστή, σύμφωνα με το νόμο των Boyle-Mariotte). Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ρύθμισης που εξαρτώνται πάντα από τον τύπο του συμπιεστή, τις αποδεκτές μεταβολές πίεσης, την κατανάλωση αέρα και την επιτρεπτή απώλεια ενέργειας. Η κατανάλωση ενέργειας αντιπροσωπεύει περίπου το 80% του συνολικού κόστους του κύκλου ζωής του πεπιεσμένου αέρα. Έτσι, η επιλογή του συστήματος ρύθμισης πρέπει να είναι πολύ προσεκτική.

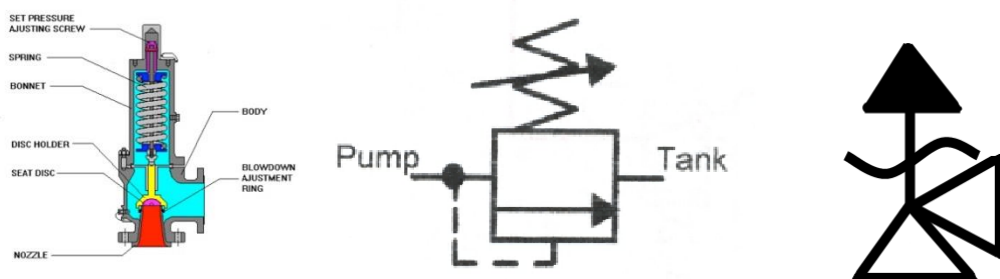
Στις περισσότερες περιπτώσεις η ρύθμιση της πίεσης επιτυγχάνεται στο συμπιεστή. Υπάρχουν δύο μεγάλες ομάδες ρυθμιστικών συστημάτων:

- Ρύθμιση με συνεχή παροχή αέρα. Η μέθοδος περιλαμβάνει συνεχή έλεγχο του κινητήρα-οδηγού ή της βαλβίδας εισόδου σύμφωνα με τις μεταβολές στην πίεση. Το αποτέλεσμα της μεθόδου είναι μικρές διακυμάνσεις της πίεσης (περίπου 0.1-0.5 bar), που εξαρτώνται από την ενίσχυση του συστήματος ρύθμισης και από την ίδια την ταχύτητα ρύθμισης.
- Ρύθμιση με φορτίο/χωρίς φορτίο (εν κενώ). Πρόκειται για την πιο κοινή μέθοδο ρύθμισης και περιλαμβάνει την αποδοχή μεγαλύτερων μεταβολών στην πίεση, κυμαινόμενες μεταξύ δύο οριακών τιμών. Η ρύθμιση επιτυγχάνεται με διακοπή της ροής στη μέγιστη πίεση (κατάσταση «χωρίς φορτίο») και την επαναφορά της όταν η πίεση αγγίξει το κατώτατο όριο (ρύθμιση με φορτίο). Οι διακυμάνσεις της πίεσης κυμαίνονται από 0.3 ως 1 bar.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΕ ΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

ΑΠΑΛΛΑΓΗ ΠΙΕΣΗΣ

Η αρχική μέθοδος ρύθμισης των συμπιεστών βασιζόταν στην χρήση μιας βαλβίδας απαλλαγής («ανακούφισης») πίεσης για την απελευθέρωση του υπερβολικά πεπιεσμένου αέρα στην ατμόσφαιρα. Η βαλβίδα, στον απλούστερο σχεδιασμό της, κατασκευαζόταν με ελατήριο, όπου η ένταση του ελατηρίου καθόριζε την τελική πίεση. Πλέον, οι συνηθέστερες είναι οι βαλβίδες ελέγχου, ελεγχόμενες από έναν ρυθμιστή. Η πίεση ελέγχεται εύκολα και η βαλβίδα μπορεί να λειτουργήσει επίσης σαν βαλβίδα χωρίς φορτίο, όταν ο συμπιεστής εκκινεί υπό πίεση. Το μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτείται υψηλό ποσό ενέργειας, αφού ο συμπιεστής πρέπει να δουλεύει συνεχώς αντιτιθέμενος σε πλήρη αντίθλιψη.



Εικόνα 6-1 Αριστερά: Τομή βαλβίδας ελέγχου πίεσης. Δεξιά: Κυκλωματικά σύμβολα βαλβίδας απαλλαγής πίεσης.

Μια παραλλαγή της μεθόδου, που χρησιμοποιείται σε μικρότερους συμπιεστές, είναι να «ξεφορτώσουμε» το συμπιεστή ανοίγοντας τελείως τη βαλβίδα, ώστε ο συμπιεστής να δουλεύει έναντι της ατμοσφαιρικής πίεσεως. Στην περίπτωση αυτή, η κατανάλωση ισχύος μικραίνει σημαντικά.

ΠΑΡΑΚΑΜΨΗ

Η ρύθμιση παράκαμψης βασίζεται στην ίδια αρχή με αυτήν της ανακούφισης πίεσης. Η διαφορά εδώ έγκειται στο γεγονός ότι ο απαλλαγμένος από πίεση αέρας ψύχεται και επιστρέφει στο εσωτερικό του συμπιεστή. Η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν το αέριο του συμπιεστή είναι ακατάλληλο ή πολύ πολύτιμο για να εκχυθεί στην ατμόσφαιρα με το άνοιγμα της βαλβίδας.

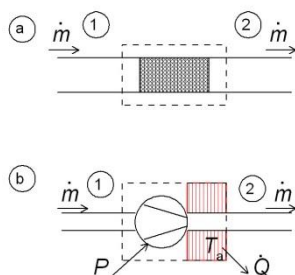


Εικόνα 6-2 Αριστερά: Κυκλωματικό σύμβολο βαλβίδας παράκαμψης. Δεξιά: Διάταξη βαλβίδας παράκαμψης.

Πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση των επόμενων τύπων ρύθμισης κρίνεται σκόπιμη μια σύντομη περιγραφή της έννοιας του στραγγαλισμού.

Όταν ένα ιδανικό αέριο ρέει μέσω μιας βάνας (δηλαδή ενός περιοριστή που συνδέει δύο μεγάλα δοχεία) που εμφανίζει σταθερά επίπεδα πίεσης στην είσοδο και την έξοδο, η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή. Όμως, κατά μήκος της βάνας παρατηρείται πτώση πίεσης, αφού η εσωτερική ενέργεια του αερίου μετατρέπεται σε κινητική. Για το λόγο αυτόν, η θερμοκρασία μειώνεται (θυμηθείτε τη καταστατική εξίσωση των αερίων). Στα πραγματικά αέρια, η πτώση αυτή της θερμοκρασίας είναι μόνιμη, παρόλο που το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου στην έξοδο της βάνας διατηρείται ανέγγιχτο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Joule-Thomson. Για την εύρεση της μεταβολής της θερμοκρασίας αρκεί να πολλαπλασιάσουμε την πτώση πίεσης (στη βάνα) επί το συντελεστή J-T (γνωστό πάντα μέγεθος). Τέλος, αν η θερμοκρασία του ρέοντος αερίου είναι ικανοποιητικά μικρή ($\theta < 330 \text{ }^\circ\text{C}$ για τον αέρα) παρατηρείται μια μείωση της θερμοκρασίας του

λόγω στραγγαλισμού κατά μήκος του περιοριστή. Αν όμως η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη παρατηρείται αύξηση. Η αρχή αυτή χρησιμοποιείται σε πολλές τεχνικές εφαρμογές, για παράδειγμα στο διαχωρισμό των αερίων ή σε τεχνολογίες ψύξης.



Εικόνα 6-3 Διαδικασία στραγγαλισμού.

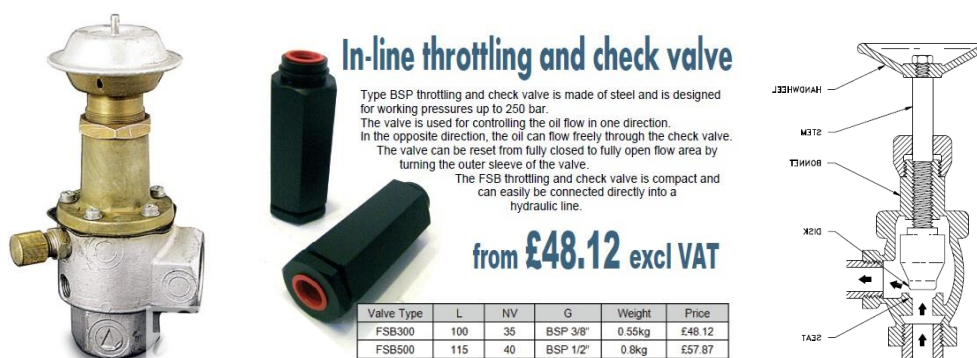
ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Ο στραγγαλισμός είναι μια απλή μέθοδος μείωσης της ροής αυξάνοντας το λόγο πίεσης κατά μήκος του συμπιεστή, σύμφωνα με την προκαλούμενη υποπίεση στο εσωτερικό. Αυτή η μέθοδος προσφέρει δυστυχώς μικρό εύρος ρύθμισης και απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ισχύος, κυρίως λόγω του υψηλού απαιτούμενου λόγου πίεσης.

ΑΠΑΛΛΑΓΗ ΠΙΕΣΗΣ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΟ ΣΤΡΑΓΓΑΛΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Αυτή είναι η πιο κοινή μέθοδος ρύθμισης. Συνδυάζει μέγιστο εύρος ρύθμισης (0-100%) με χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση –μόλις 15-30% της ονομαστικής ισχύος φορτίου με ένα συμπιεστή χωρίς φορτίο-. Από τη μία, η βαλβίδα εισόδου είναι κλειστή, αλλά ταυτόχρονα μια βαλβίδα εμφυσήματος με μικρό άνοιγμα ανοίγει και ελευθερώνει τον απαλλαγμένο αέρα έξω από το συμπιεστή. Εδώ, είναι σημαντικό η απαλλαγή πίεσης να διεξαχθεί γρήγορα και ο απελευθερωμένος όγκος αέρα να είναι μικρός, ώστε να αποφευχθούν περιττές

απώλειες κατά τη μετάβαση του συμπιεστή από την κατάσταση πλήρους φορτίου στην εν κενώ.



In-line throttling and check valve

Type BSP throttling and check valve is made of steel and is designed for working pressures up to 250 bar.
 The valve is used for controlling the oil flow in one direction.
 In the opposite direction, the oil can flow freely through the check valve.
 The valve can be reset from fully closed to fully open flow area by turning the outer sleeve of the valve.
 The FSB throttling and check valve is compact and can easily be connected directly into a hydraulic line.

from £48.12 excl VAT

Valve Type	L	NV	G	Weight	Price
FSB300	100	35	BSP 3/8"	0.55kg	£48.12
FSB500	115	40	BSP 1/2"	0.8kg	£57.87

Εικόνα 6-4 Αριστερά: Βαλβίδα στραγγαλισμού. Κέντρο: Κατασκευαστικά στοιχεία βαλβίδων στραγγαλισμού. Δεξιά: Τομή βαλβίδας στραγγαλισμού.

ΕΝΑΡΞΗ-ΛΗΞΗ

Οι συμπιεστές με ισχύ μικρότερη των 5-10 KW συχνά ελέγχονται σταματώντας τον ηλεκτρικό κινητήρα οδηγό, όταν η πίεση αγγίζει ένα ανώτατο όριο και επανεκκινώντας τον, όταν αυτή γίνει μικρότερη ενός κατώτατου ορίου. Η μέθοδος απαιτεί μεγάλη διαφορά πίεσης μεταξύ ανώτατου και κατώτατου ορίου, για την ελαχιστοποίηση του θερμικού φορτίου του ηλεκτρικού κινητήρα. Τέλος, η μέθοδος είναι ενεργειακά αποδοτική και αποτελεσματική, με προϋπόθεση όμως ο αριθμός των εκκινήσεων/ διακοπών του κινητήρα να διατηρείται μικρός.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Μια μηχανή εσωτερικής καύσης (κοινώς ΜΕΚ), ένας αεριοστρόβιλος ή ένας κινητήρας ρεύματος ελεγχόμενος από τη συχνότητα, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ταχύτητας του συμπιεστή. Συνεπώς, από εδώ ελέγχεται η ταχύτητα ροής του αέρα στο εσωτερικό του συμπιεστή άρα και η παροχή του συμπιεστή. Η ρύθμιση μέσω της ταχύτητας απαιτεί χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και είναι

αποτελεσματική για τη διατήρηση ενός σταθερού επιπέδου πίεσης εξόδου. Το εύρος ρύθμισης ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του συμπιεστή, με τη βέλτιστη ρύθμιση να επιτυγχάνεται σε συμπιεστές με λίπανση. Συχνά, η μέθοδος συνδυάζεται με τη μέθοδο έναρξης-λήξης (προηγούμενη μέθοδος) σε χαμηλά φορτία και με την απαλλαγή πίεσης στην αδρανή λειτουργία.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΣΕ ΣΤΡΟΒΙΛΟΣΥΜΠΙΕΣΤΕΣ

ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ

Υπάρχουν δύο μέθοδοι ρύθμισης εισόδου σε στροβιλοσυμπιεστές:

- Στραγγαλισμός της εισόδου. Η είσοδος ενός στροβιλοσυμπιεστή μπορεί να στραγγαλιστεί, ώστε η χωρητικότητα του να εμφανίζει συνεχή μείωση. Η ελάχιστη ροή καθορίζεται όταν ο λόγος πίεσης αγγίξει το όριο της αντλίας και η λειτουργία της μηχανής καταστεί ασταθής. Το εύρος ρύθμισης εξαρτάται από τη σχεδίαση της μηχανής, αλλά και από εξωγενείς παράγοντες, όπως η αντίθλιψη και οι θερμοκρασία ψύξης. Η ελάχιστη ροή κυμαίνεται συνήθως στο 60-85% της μέγιστης.
- Βάνες-οδηγοί. Βάνες διατεταγμένες σαν ακτινικές λεπίδες στην είσοδο μπορούν να οδηγήσουν τον εισερχόμενο αέρα σε περιστροφή, ενώ η ροή έχει στραγγαλιστεί. Στην ουσία η μέθοδος μοιάζει πολύ με την περίπτωση στραγγαλισμού της εισόδου, με διαφορά ότι εδώ παρατηρείται καλύτερη αξιοποίηση ενέργειας και μεγαλύτερο εύρος ρύθμισης, περίπου 50-70% της ονομαστικής ροής. Επίσης, με στροφή των βανών στην αντίθετη, από τη φυσιολογική, κατεύθυνση μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερος λόγος πίεσης. Η λειτουργία του συμπιεστή όμως θα χειροτερέψει.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΕΞΟΔΟΥ

Όπως και πριν, θα αναφερθούμε σε δύο μεθόδους ρύθμισης της εξόδου σε στροβιλοσυμπιεστές:

- Βάνες-οδηγοί (εξόδου). Για την περαιτέρω βελτίωση του εύρους ρύθμισης, ελέγχεται η ροή του αέρα στον διαχυτήρα του συμπιεστή. Ρυθμίσεις με ροή ίση με το 30% της ονομαστικής και σταθερή πίεση είναι οι κοινότερες. Η μέθοδος χρησιμοποιείται σε συμπιεστές μιας φάσης, κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας και του υψηλού κόστους της.
- Απαλλαγή πίεσης. Η αρχική μέθοδος ρύθμισης ενός στροβιλοσυμπιεστή ήταν η χρήση βαλβίδων ανακούφισης πίεσης (ή βαλβίδων εμφυσήματος) για την απελευθέρωση του υπερ-πεπιεσμένου αέρα στην ατμόσφαιρα. Γενικά, η μέθοδος είναι πανομοιότυπη με την αντίστοιχη διαδικασία ρύθμισης πίεσης των συμπιεστών μετατόπισης.

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Η ρύθμιση ταχύτητας έχει παρόμοια αποτελέσματα με την χρήση των βανών-οδηγών στην είσοδο. Η ροή μπορεί να εναλλάσσεται υπό σταθερή πίεση στο εσωτερικό του συμπιεστή (εντός αποδεκτών πάντα ορίων). Σε υψηλότερες τιμές ισχύος, η εναλλαγή ταχύτητας είναι λιγότερο αποδοτική.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Παραπάνω αναφέρθηκαν οι διάφορες τεχνικές ρύθμισης που χρησιμοποιούνται στους διάφορους τύπους αεροσυμπιεστών. Ο έλεγχος των συμπιεστών, σύμφωνα πάντα με τις μεθόδους ρύθμισης που προαναφέρθηκαν,

απαιτεί ένα σύστημα ρύθμισης που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο τόσο ενός συμπιεστή, όσο και μιας εγκατάστασης αυτών. Τα συστήματα ρύθμισης εξελίσσονται συνεχώς και η ταχύτερη ανάπτυξη τους προσφέρει γενικά υπεράριθμες επιλογές. Τα συστήματα ηλεκτρονόμων έχουν αντικατασταθεί από προγραμματιζόμενο λογικό εξοπλισμό (PLC), ο οποίος με τη σειρά του αντικαθίσταται από συστήματα ρύθμισης βασισμένα σε μικροϋπολογιστές. Οι βελτιωμένες εκδόσεις συχνά αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση του κόστους και του τρόπου λειτουργίας του συστήματος. Παρακάτω αναφέρονται τα συνηθέστερα συστήματα ελέγχου που απαντώνται στην πράξη.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟ ΦΟΡΤΙΟ-ΛΗΞΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ

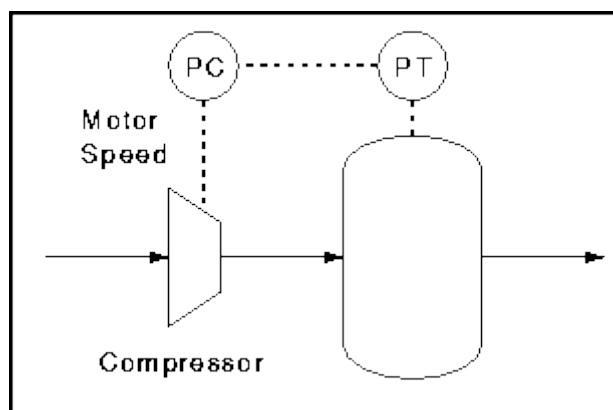
Η βασικότερη αρχή ρύθμισης για τους αεροσυμπιεστές μετατόπισης βασίζεται στις εντολές «παρήγαγε αέρα/μην παράγεις αέρα». Όταν απαιτείται αέρας, στέλνεται ένα σήμα σε μια σωληνοειδή βαλβίδα, που οδηγεί τη βαλβίδα εισόδου του συμπιεστή στην κατάσταση «τελείως ανοιχτή». Η βαλβίδα είναι είτε τελείως ανοιχτή (υπό φορτίο), είτε ερμητικά κλειστή (χωρίς φορτίο). Ενδιάμεση κατάσταση δεν ορίζεται.

Στις παραδοσιακές μεθόδους ελέγχου –που σήμερα απαντώνται μόνο σε μικρότερους αεροσυμπιεστές- χρησιμοποιείται ένας διακόπτης πίεσης, τοποθετημένος πάνω στο σύστημα του αεροσυμπιεστή, που έχει δύο δυνατές θέσεις. Η πρώτη υποδηλώνει την ελάχιστη πίεση στο σύστημα και η δεύτερη τη μέγιστη. Ο συμπιεστής λειτουργεί ανάμεσα στις προκαθορισμένες αυτές τιμές – θέσεις του διακόπτη- , σε ένα εύρος πιέσεων 0.5 bar. Αν η απαίτηση για αέρα είναι μικρή, ο συμπιεστής δουλεύει κατά κύριο λόγο ρελαντί, δηλαδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο. Ο χρόνος που διαρκεί η λειτουργία του συμπιεστή ρελαντί περιορίζεται από έναν χρονομετρητή. Όταν επέλθει το προκαθορισμένο χρονικό διάστημα του χρονομετρητή, ο συμπιεστής σταματά και δεν εκκινεί ξανά μέχρι η πίεση να πέσει στην χαμηλότερη δυνατή τιμή της. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η αργή ρύθμιση που αυτή προσφέρει.

Μια βελτιωμένη έκδοση του παραπάνω συστήματος προϋποθέτει την αντικατάσταση του διακόπτη ανίχνευσης πίεσης με έναν αναλογικό αισθητήρα πίεσης και ένα γρήγορο ηλεκτρονικό σύστημα ρύθμισης. Μαζί προσδιορίζουν πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η πίεση στο σύστημα. Έπειτα, εκκινούν τον κινητήρα και ελέγχουν κατάλληλα το «ανοιγόκλειμα» του αμορτισέρ (αποσβεστήρας) της διάταξης. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει γρήγορη και ακριβή ρύθμιση σε πλαίσια +/- 0.2 bar. Αν δεν απαιτείται αέρας, η πίεση θα παραμένει σταθερή και ο κινητήρας θα συνεχίζει να λειτουργεί χωρίς φορτίο. Το χρονικό διάστημα αυτής της περιόδου καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό εκκινήσεων, που ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να αντέξει χωρίς να υπερθερμανθεί. Επίσης, σημαντικό παράγοντα για τον καθορισμό του χρόνου λειτουργίας χωρίς φορτίο αποτελεί το λειτουργικό κόστος της διάταξης στην προαναφερθείσα κατάσταση.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

Οι συμπιεστές με τροφοδοσία ισχύος, η ταχύτητα των οποίων ελέγχεται ηλεκτρονικά, παρέχουν τη δυνατότητα διατήρησης της πίεσης σε «στενότερα» όρια διακύμανσης, δηλαδή πρακτικά σταθερή. Ένας μετατροπέας συχνότητας, που ρυθμίζει την ταχύτητα ενός συμβατικού επαγωγικού κινητήρα, αποτελεί ένα τυπικό παράδειγμα. Η χωρητικότητα του συμπιεστή μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις αέρα. Πραγματοποιούνται συνεχείς και ακριβείς μετρήσεις της πίεσης του συστήματος και έπειτα επιτρέπεται στα σήματα πίεσης να ελέγχουν τη συχνότητα του μετατροπέα του κινητήρα και άρα την ταχύτητα του τελευταίου. Η πίεση αυξομειώνεται σε επίπεδα μόλις +/- 0.1 bar.



Εικόνα 6-5 Έλεγχος ταχύτητας συμπιεστή.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ

Όλοι οι συμπιεστές είναι εφοδιασμένοι με εξοπλισμό παρακολούθησης για την προστασία της ίδιας της διάταξης, αλλά και για την αποφυγή διακοπής της παραγωγής. Ένας αισθητήρας χρησιμοποιείται για την καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης της εγκατάστασης. Τα δεδομένα από τους αισθητήρες (ή τον αισθητήρα) επεξεργάζονται από το σύστημα παρακολούθησης, που δίνει σήμα στον ενεργοποιητή. Το ακόλουθο «παράδειγμα» συνοψίζει τη λειτουργία ενός τυπικού συστήματος παρακολούθησης.

Ένας αισθητήρας, για τη μέτρηση πίεσης ή θερμοκρασίας, αποτελείται από τον ίδιο τον αισθητήρα και ένα μετατροπέα μέτρησης. Ο αισθητήρας προσδιορίζει την ποσότητα που πρέπει να μετρηθεί ανά πάσα στιγμή. Ο μετατροπέας μέτρησης μετατρέπει το σήμα εξόδου του αισθητήρα σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, το οποίο επεξεργάζεται το σύστημα ελέγχου. Ένα τυπικό σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει αισθητήρια όργανα για την πίεση, τη θερμοκρασία κ.ά. Τέλος, σε μεγάλες εγκαταστάσεις συχνά απαιτείται – και παρέχεται - η δυνατότητα κεντρικού ελέγχου ή παρακολούθησης του συστήματος.

7. ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ¹³

Στα προηγούμενα περιγράφηκε ο τρόπος παραγωγής πεπιεσμένου αέρα και διάφορες διεργασίες που ακολουθούν την παραγωγή αυτού. Όλες αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση της ποιότητας του παραγόμενου αέρα και, γενικότερα, στη βελτιστοποίηση της απόδοσης της εγκατάστασης. Στις επόμενες σελίδες θα γίνει αναφορά στην ίδια την εγκατάσταση.

ΓΕΝΙΚΑ

Όταν διαστασιολογείται μian εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα διάφορες παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψιν. Οι αποφάσεις που θα παρθούν πρέπει να είναι σύμφωνες με τις ανάγκες χρήσης και την οικονομική λειτουργία της εγκατάστασης. Επίσης, πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η πιθανή μελλοντική επέκταση της τελευταίας. Η πίεση εργασίας είναι ένας ακόμα κρίσιμος παράγοντας, αφού επηρεάζει καίρια την ενεργειακή κατανάλωση. Συχνά, είναι οικονομικότερο να χρησιμοποιούνται διαφορετικοί συμπιεστές για διαφορετικά επίπεδα πίεσης. Η ποιότητα του πεπιεσμένου αέρα δεν εξαρτάται μόνο από το περιεχόμενό του σε νερό, αλλά και από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτού. Οι οσμές και οι διάφοροι μικροοργανισμοί είναι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα του «προϊόντος», το περιβάλλον εργασίας και το εξωτερικό περιβάλλον. Συνεπώς, κρίνεται σημαντικό αυτά τα θέματα να εξετάζονται σε συνδυασμό τόσο με τις τωρινές, όσο και τις πιθανές μελλοντικές απαιτήσεις. Μόνο μετά από προσεκτική μελέτη όλων των παραπάνω είναι δυνατόν η σχεδίαση μιας εγκατάστασης να παρέχει ικανοποιητική ευελιξία.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η πίεση εργασίας μιας εγκατάστασης καθορίζεται από τον εξοπλισμό αυτής. Συνεπώς, η ακριβής πίεση δεν εξαρτάται μόνο από το συμπιεστή, αλλά και από το λοιπό σύστημα, όπως σωληνώσεις, βαλβίδες, ξηραντές, φίλτρα κ.ά . διαφορετικοί τύποι εξοπλισμού προϋποθέτουν και διαφορετικά επίπεδα πίεσης μέσα σε ένα κοινό σύστημα. Τυπικά, η υψηλή πίεση καθορίζει και την απαιτούμενη πίεση της εγκατάστασης και ο λοιπός εξοπλισμός προσαρμόζεται ανάλογα, με χρήση βαλβίδων περιορισμού της πίεσης. Σε περιπτώσεις όπου αυτό κρίνεται αντιοικονομικό ένας ξεχωριστός συμπιεστής, στην απαιτούμενη πίεση, μπορεί να αποτελέσει λύση. Επίσης, η πτώση πίεσης αυξάνει γρήγορα όταν η παροχή αυξάνεται. Ως αυτού, αν αναμένονται μεταβολές στην κατανάλωση, είναι λογικό – και πρέπει – μιαν εγκατάσταση να προσαρμόζεται στις ισχύουσες συνθήκες. Τα φίλτρα, αν και έχουν μικρή αρχική πτώση πίεσης, φρακάρουν με την χρήση τους. Συνεπώς, πρέπει να αντικαθίστανται συχνά, ώστε να διατηρούνται στα επιτρεπόμενα όρια. Αυτό το στοιχείο καθορίζει επίσης τον υπολογισμό του απαιτούμενου επιπέδου πίεσης. Τέλος, η ρύθμιση της παροχής του συμπιεστή προκαλεί και αυτή μεταβολές στην πίεση, που πρέπει να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς. Ο επόμενος πίνακας υποδεικνύει τον τυπικό τρόπο υπολογισμού της πίεσης σε μια εγκαταστάση.

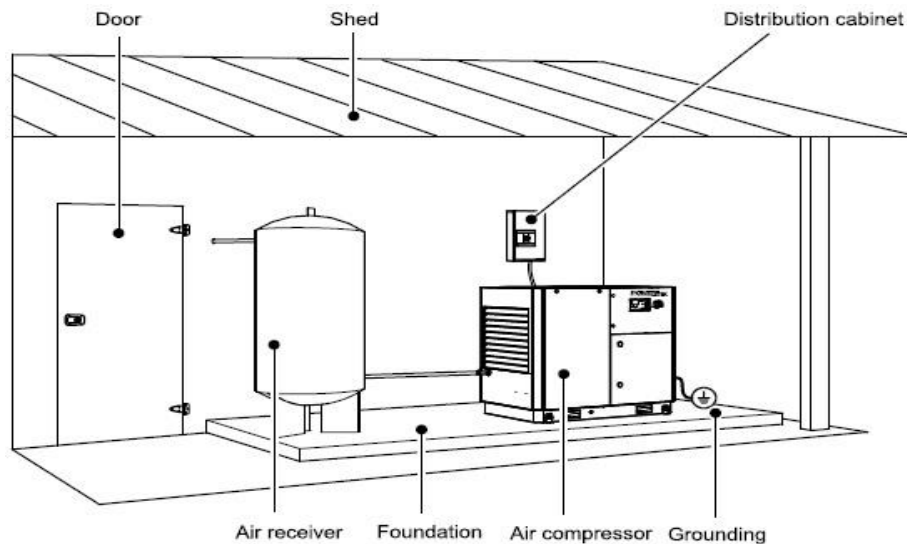
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (bar)
Καταναλωτής	10
Φίλτρο εξόδου	1
Σωληνώσεις	0.5
Φίλτρο σκόνης	0.5

Ξηραντής	0.5
Ρυθμιστικό σύστημα	2
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	14.5

Όπως φαίνεται, η απαιτούμενη πίεση εξόδου του συμπιεστή καθορίζεται από τον καταναλωτή σε συνδυασμό με το υπόλοιπο σύστημα της εγκατάστασης. Υπολογίζεται δε με αριθμητική πρόσθεση των επιμέρους πιέσεων, σε συμφωνία πάντα με το νόμο μερικών πιέσεων των αερίων.

Η ΑΙΘΟΥΣΑ ΤΟΥ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ

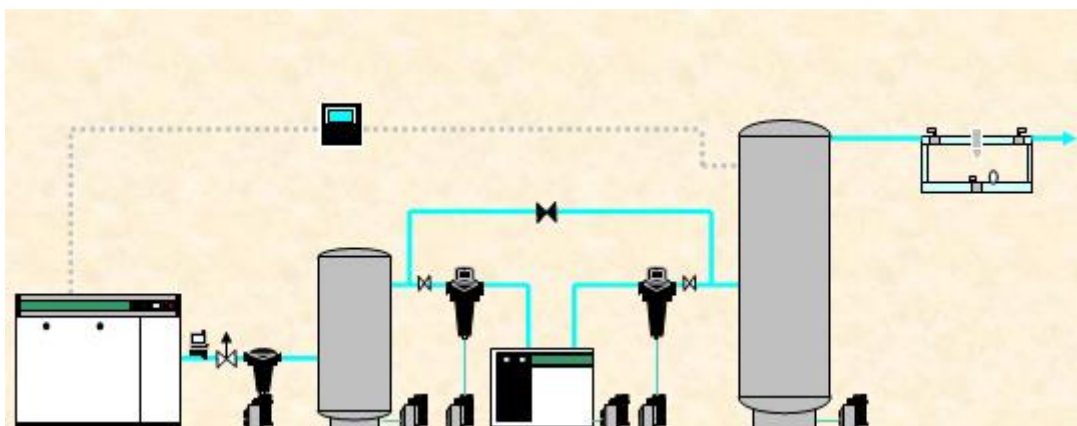
Ως τώρα, η απόκτηση ενός συμπιεστή από τον καταναλωτή απαιτούσε την αγορά του ηλεκτρικού κινητήρα, του συστήματος εκκίνησης, του μεταψύκτη, των φίλτρων κ.ά . Οι καταναλωτές έπρεπε επίσης να εξασφαλίζουν ότι όλος ο λοιπός εξοπλισμός του ήταν συμβατός με το συμπιεστή. Σήμερα, ένας συμπιεστής και όλα τα εξαρτήματά του αγοράζονται σαν ένα ολοκληρωμένο πακέτο. Αυτό αποτελείται από ένα κουτί – πλαίσιο, όπου τοποθετούνται ο συμπιεστής και τα εξαρτήματά του. Όλες οι εσωτερικές συνδέσεις μεταξύ τους εμπεριέχονται επίσης. Το όλο πακέτο περικλείεται από ένα περίβλημα ηχομονωτικό, για να μειώνεται το επίπεδο θορύβου. Όλα τα παραπάνω έχουν οδηγήσει σε σημαντική απλοποίηση των εγκαταστάσεων. Ανεξάρτητα από το γεγονός αυτό όμως, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι ο τρόπος εγκατάστασης παίζει ακόμη καίριο ρόλο στην απόδοση και αξιοπιστία του όλου συστήματος.



Εικόνα 7-1 Τυπική αίθουσα συμπιεστή.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Το εργοστάσιο πεπιεσμένου αέρα πρέπει να εγκαθίσταται έτσι ώστε να διευκολύνει την δρομολόγηση του συστήματος διανομής, σε μεγάλες εγκαταστάσεις με σωληνώσεις μεγάλου μήκους. Η συντήρηση μπορεί να διευκολυνθεί επίσης τοποθετώντας το εργοστάσιο κοντά στον βοηθητικό εξοπλισμό, δηλαδή αντλίες και ανεμιστήρες. Μια τοποθέτηση κοντά στον λέβητα μπορεί επίσης να παρουσιάσει πλεονεκτήματα. Το κτίριο θα πρέπει να διαθέτει ανυψωτικά μηχανήματα για την μεταφορά των βαρέων κομματιών της εγκατάστασης. Θα πρέπει επίσης να διαθέτει επαρκή χώρο στο δάπεδο για την εγκατάσταση περαιτέρω συμπιεστών για μελλοντική επέκταση. Το δάπεδο θα πρέπει να φέρει τη δυνατότητα αποστράγγισης ή άλλες υποδομές για την αντιμετώπιση της συμπύκνωσης που προκαλείται από τους συμπιεστές, τα αεροφυλάκια, τους ξηραντές κτλ. Όλα αυτά βέβαια πρέπει να είναι σύμφωνα με τη δημοτική νομοθεσία.



Εικόνα 7-2 Διάταξη αίθουσας συμπιεστή.

ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Τυπικά, μόνο ένα επίπεδο δάπεδο ικανοποιητικής αντοχής απαιτείται για να σταθεί η εγκατάσταση. Στις περισσότερες περιπτώσεις εμπεριέχονται αντικραδασμικές ιδιότητες σε σχεδίαση αυτού του τύπου. Για μεγάλους εμβολοφόρους ή φυγοκεντρικούς συμπιεστές μπορεί να απαιτηθεί μια θεμελίωση πλακών σκυροδέματος (μπετού) αγκιστρωμένη πάνω σε μια σταθερή βάση εδάφους.

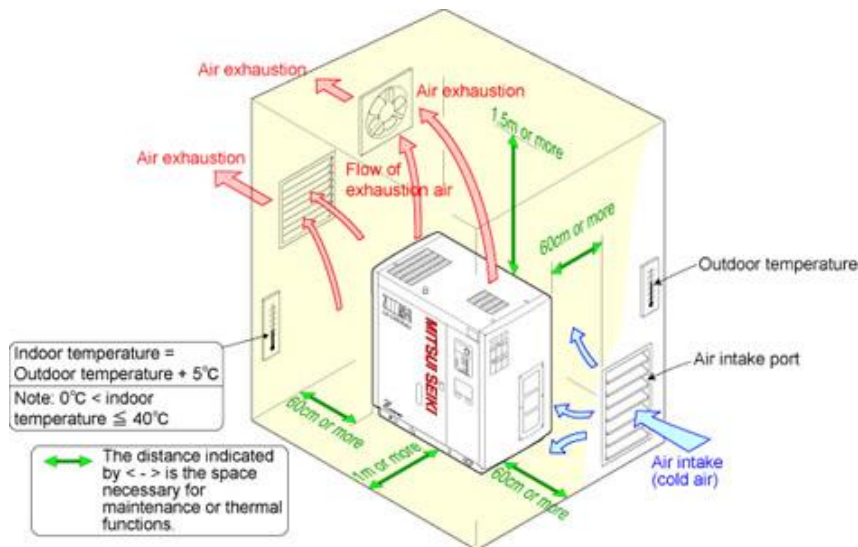
ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ

Ο εισερχόμενος αέρας στον συμπιεστή πρέπει να είναι καθαρός, απαλλαγμένος από στερεά ή αέρια μόλυνση. Σωματίδια ή ρύποι που προκαλούν διαβρωτικά αέρια μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικά ζημιογόνα. Η είσοδος του αέρα στο συμπιεστή συνήθως βρίσκεται στο ηχομονωτικό περίβλημα του, αλλά μπορεί επίσης να βρίσκεται και σε ένα σημείο μόνη της, όπου ο αέρας είναι όσο καθαρότερος γίνεται. Η αέρια μόλυνση από τα καυσαέρια των οχημάτων μπορεί να προβεί μοιραία αν ανακατευθεί με τον αέρα που προορίζεται να εισπνευθεί. Στις περιπτώσεις αυτές (που ο αέρας είναι μολυσμένος), ένα φίλτρο πρέπει να

τοποθετείται στην είσοδό του. Βέβαια, η προκαλούμενη πτώση πίεσης πρέπει να ληφθεί υπόψιν κατά τη σχεδίαση.

ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ

Στην αίθουσα της εγκατάστασης, θερμότητα παράγεται από όλους τους συμπιεστές. Η τελευταία απάγεται μέσω του συστήματος εξαερισμού. Η ποσότητα του αέρα που χρησιμοποιείται από το σύστημα εξαερισμού καθορίζεται από το μέγεθος του συμπιεστή και από το αν αυτός είναι αερόψυκτος ή υδρόψυκτος. Οι επόμενες εικόνες παρουσιάζουν 2 διαφορετικούς τρόπους εξαερισμού μιας εγκατάστασης συμπιεστών. Στην πρώτη (αριστερά) φαίνεται η βασική λύση εξαερισμού. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι ο εξαερισμός διατηρείται σταθερός ανεξάρτητα από την εξωτερική θερμοκρασία. Επίσης, εμφανίζονται δυσκολίες όταν δύο συμπιεστές εγκαθίστανται μαζί. Οι ανεμιστήρες θα υπερλειτουργούν αν μόνο ένας από τους συμπιεστές είναι σε λειτουργία. Το πρόβλημα λύνεται με χρήση ηλεκτροκινητήρων ελεγχόμενης ταχύτητας, που εκκινούν μέσω ενός θερμοστάτη πολλών σταδίων. Στη δεύτερη εικόνα φαίνεται ένα σύστημα εξαερισμού με διάφορους ανεμιστήρες ελεγχόμενους από θερμοστάτες, που όλοι μαζί μπορούν να ικανοποιήσουν τις κυμαινόμενες απαιτήσεις εξαερισμού. Η ποσότητα του αέρα εξαερισμού που χρησιμοποιείται μπορεί να αλλάζει ανάλογα με την εξωτερική θερμοκρασία και τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων συμπιεστών.



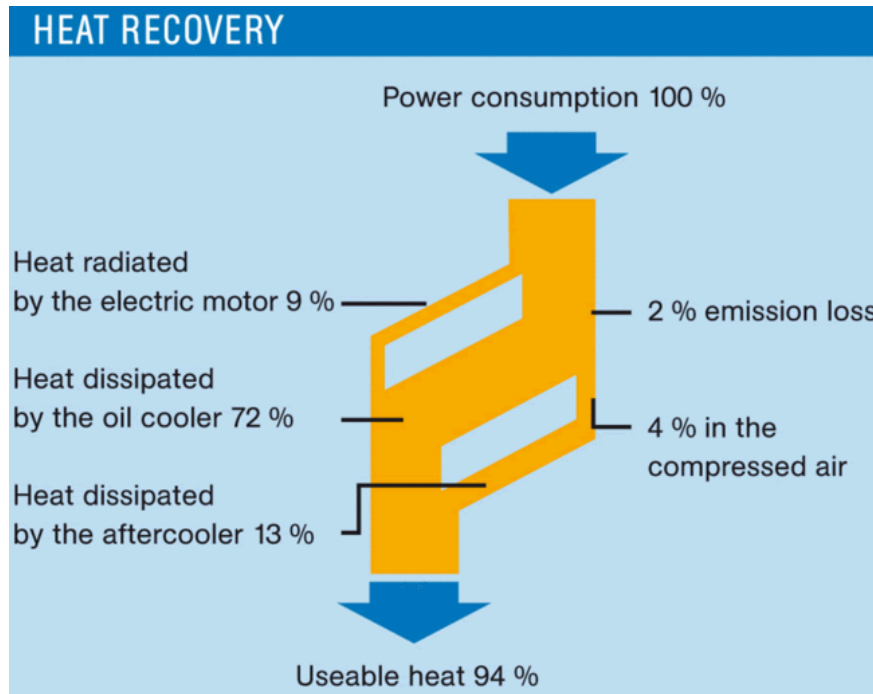
Εικόνα 7-3 Διαδικασία εξαερισμού συμπιεστή.

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όταν ο αέρας συμπιέζεται δημιουργείται θερμότητα. Πρωτού αυτός διανεμηθεί μέσω του συστήματος σωληνώσεων, η θερμική ενέργεια εξάγεται και μετατρέπεται σε απόβλητη θερμότητα. Για κάθε εγκατάσταση πεπιεσμένου αέρα πρέπει να εξασφαλίζεται επαρκής και αξιόπιστη ψύξη. Αυτή μπορεί να πραγματοποιείται είτε μέσω του εξωτερικού αέρα είτε μέσω ενός κλειστού ή ανοικτού συστήματος ψύξης. Πολλές εγκαταστάσεις παραγωγής πεπιεσμένου αέρα προσφέρουν σημαντικές και συχνά αχρησιμοποίητες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Σε μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές, τα ενεργειακά κόστη μπορεί να αποτελούν το 80% του συνολικού κόστους παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα. Περίπου το 94% της ενέργειας που παρέχεται σε έναν συμπιεστή μπορεί να ανακτηθεί. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα μέτρα εξοικονόμησης γρήγορα παρέχουν στον χρήστη ουσιαστική αντεπιστροφή.

Για παράδειγμα, ένα εργοστάσιο συμπιεστών σε μια μεγάλη βιομηχανία που καταναλώνει 300KW σε κάθε μία από τις 5000 ώρες λειτουργίας του, αντιπροσωπεύει μια ετήσια κατανάλωση ενέργειας 1.5 εκατομμυρίου κιλοβατώραν KWH. Συνεπώς, η ανάκτηση ενός ποσού αυτής της ενέργειας κρίνεται επιτακτική. Η

επένδυση για ανάκτηση ενέργειας αποδίδει συνήθως σε περίπου δύο χρόνια. Επίσης, η ανάκτηση ενέργειας μέσω ενός κλειστού συστήματος ψύξης βελτιώνει τη λειτουργία του συμπιεστή, καθώς και την αξιοπιστία του και τον χρόνο ζωής του.



Εικόνα 7-4 Ανάκτηση ενέργειας σε συμπιεστές.

8. ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ-ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ^{14 15}

ΕΙΣΑΓΩΓΗ¹⁶

Στη βασική του μορφή, ένας πνευματικός ενεργοποιητής είναι μια συσκευή που μετατρέπει την ενέργεια μιας παροχής πεπιεσμένου αέρα σε γραμμική ή περιστροφική κίνηση. Ουσιαστικά, οι ενεργοποιητές αντιπροσωπεύουν γενικά το άκρο εργασίας κάθε πνευματικού συστήματος, παρέχοντας τα μέσα με τα οποία επιτελούνται διάφορες εργασίες.

Κατά τις πρώτες μέρες της τεχνολογίας πεπιεσμένου αέρα, οι μόνοι ευρέως διαθέσιμοι ενεργοποιητές ήταν οι κύλινδροι που παρήχαν μίαν απλή γραμμική κίνηση από ένα συμβατικό, σχετικά ογκώδη θάλαμο κυλίνδρου και μια συνδεσμολογία βάκτρου εμβόλου. Οι ραγδαίες αλλαγές στις ανάγκες της αγοράς και η απαίτηση για μικρότερες, αλλά ταυτόχρονα ισχυρότερες και αποδοτικότερες, συσκευές οδήγησε στην εισαγωγή μιας πολύ μεγάλης γκάμας ενεργοποιητών. Σήμερα, το σύνολο αυτών περιλαμβάνει κυλίνδρους μονής και διπλής ενέργειας, στοιχεία με μονές και διπλές ράβδους ολίσθησης, περιστροφικούς ενεργοποιητές, κυλίνδρους κοίλου βάκτρου και τέλος κυλίνδρους πολλαπλών θέσεων, που είναι ικανοί να αποδώσουν ένα συνδυασμό γραμμικής και περιστροφικής κίνησης.

Καθώς το εύρος και το πεδίο εφαρμογής των πνευματικών ενεργοποιητών μεγάλωσε, αυξήθηκε αντίστοιχα και η πολυπλοκότητα και η απόδοσή τους με αποτέλεσμα να είναι δυσκολότερο να καθοριστούν ακριβώς οι συσκευές για διαφορετικές εργασίες. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένας αριθμός κριτηρίων που όλοι οι ενεργοποιητές θα πρέπει να πληρούν - όπως μακροπρόθεσμη αξιοπιστία και απαιτήσεις ελάχιστης συντήρησης - . Ανάλογα με την εφαρμογή αυτά περιλαμβάνουν:

- Χαμηλή τιμή δύναμης απόσχισης

- Ελάχιστη τριβή μεταξύ θαλάμου (του κυλίνδρου) και εμβόλου
- Γρήγορη επιτάχυνση και επιβράδυνση
- Επαναλαμβανόμενη τοποθέτηση με ακρίβεια .

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ¹⁷

Ένα σύνολο συσκευών συνδυασμένες σε μία ή περισσότερες πνευματικές μηχανές καλείται πνευματικός ενεργοποιητής. Οι πνευματικές μηχανές είναι ρυθμισμένες να εκκινούν μηχανισμούς μέσω του πεπιεσμένου αερίου εργασίας που χρησιμοποιείται.

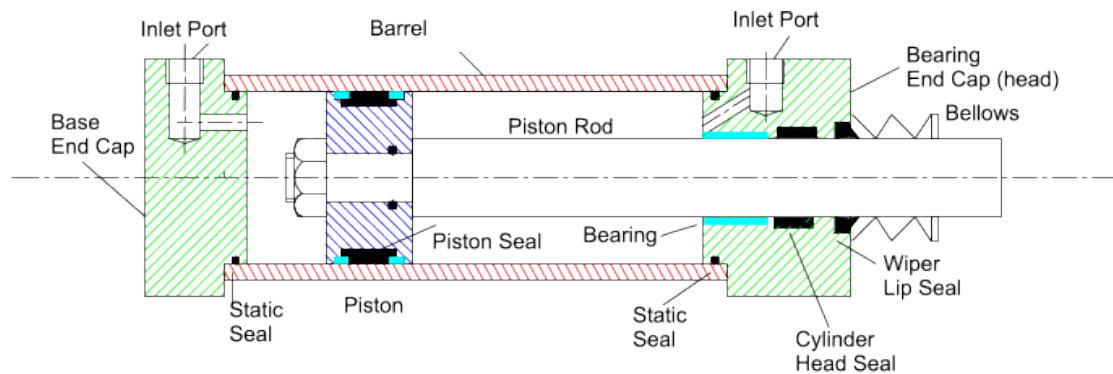
Οι συσκευές που προορίζονται για το μετασχηματισμό της δυναμικής και κινητικής ενέργειας ενός ρεύματος πεπιεσμένου αέρα σε μηχανική ενέργεια της σύνδεσης εξόδου, καλούνται πνευματικές μηχανές του αυτόματου ενεργοποιητή. Την σύνδεση εξόδου μπορεί να αποτελεί μια ράβδος του εμβόλου – βάκτρο - , ένας άξονας του στροβίλου, ή και μια συσκευή εκτόξευσης. Όλοι οι πνευματικοί ενεργοποιητές μπορούν να διαχωριστούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Ενεργοποιητές διαφράγματος
- Κύλινδροι ισχύος
- Ενεργοποιητές με κινητήρες αερίου
- Ενεργοποιητές στροβίλου
- Συνδυασμένοι πνευματικοί ενεργοποιητές .

Η αρχή μετασχηματισμού της δυναμικής ή κινητικής ενέργειας του ρεύματος αερίου σε μηχανική ενέργεια της σύνδεσης εξόδου του κινητήρα αποτελεί τη βάση διαχωρισμού των ενεργοποιητών στις παραπάνω κατηγορίες.

Παραδοσιακά, οι γραμμικοί ενεργοποιητές κατασκευάζονταν από έναν σωλήνα χωρίς συγκόλληση ή από ένα βαρέλι, σφραγισμένο και στα δύο άκρα του με ακροκαλύματα. Τα τελευταία κατασκευάζονται από κράματα μετάλλων ή χυτοσίδηρο και κρατώνται στη θέση τους με διαμήκειες συρμάτινες ράβδους. Εναλλακτικά, βιδώνονται ή συσφίγγονται στο βαρέλι – που αποτελεί το θάλαμο του κυλίνδρου – . Παρόλο που αυτή η μέθοδος κατασκευής είναι πιθανό να συνεχιστεί και στο εγγύς μέλλον, συμπληρώνεται και από άλλες τεχνικές όπως την χρήση υψηλής πίεσης εξώθησης. Η μέθοδος αυτή οδηγεί σε έναν απλό, χαμηλού κόστους, κύλινδρο, που αποτελείται από τον ελάχιστο αριθμό εξαρτημάτων.

Οι τυπικοί θάλαμοι των κυλίνδρων – τα προαναφερθέντα βαρέλια – κατασκευάζονται από αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι, ορείχαλκο ή μπρούντζο και θα πρέπει να είναι επικαλυμμένοι, έτσι ώστε η τριβή και η φθορά των εσωτερικών εξαρτημάτων να μειώνεται στο ελάχιστο. Οι εσωτερικές επιφάνειες λιπαίνονται δια βίου, αίροντας την ανάγκη για ξεχωριστές μονάδες λίπανσης, που απαντώνταν μέχρι πρότινος στα πνευματικά συστήματα.



Εικόνα 8-1 Κατασκευαστικά στοιχεία πνευματικού κυλίνδρου.

Παρομοίως, το βάκτρο εμβόλου πρέπει να φέρει επικάλυψη χρωμίου, ή ,για περισσότερο απαιτητικές εφαρμογές, να κατασκευάζεται από ανοξείδωτο χάλυβα ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένα σκληρό, άφθαρτο εξάρτημα. Η επακριβής τοποθέτηση του βάκτρου κατά τη λειτουργία του κυλίνδρου εξαρτάται από έναν

αριθμό παραγόντων, που περιλαμβάνουν τον τύπο της στεγανοποίησης που χρησιμοποιείται και την ικανότητα του εμβόλου να αντέχει πλευρικά φορτία. Αυτό επιτυγχάνεται κυρίως με την χρήση ειδικά ενισχυμένων εξαρτημάτων, όπως σκληρυμένες εσωτερικές επιφάνειες στους θαλάμους των κυλίνδρων, και ενσωματώνοντας μια σειρά ρουλεμάν εντός της διάταξης του κυλίνδρου για να αποφευχθεί η εκτροπή της ράβδου καθώς αυτή επεκτείνεται. Παρόλο που η απόκλιση του βάρους ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος και το σχεδιασμό κάθε ενεργοποιητή, θα πρέπει να είναι τυπικά μικρότερη από 0.5° στη μέγιστη επέκταση. Οι ενεργοποιητές που βρίσκονται εκτός αυτών των ορίων ανοχής παρουσιάζουν περιορισμένη ακρίβεια θέσης και είναι πιθανό να «υποφέρουν» από αυξημένη φθορά της στεγανοποίησης του εμβόλου.

Η επιτάχυνση του εμβόλου μπορεί να ελεγχθεί με την χρήση μιας βαλβίδας ελέγχου ροής, επιτρέποντας έτσι τον έλεγχο του αέρα εξαγωγής. Από την άλλη πλευρά η επιβράδυνση, ειδικά από υψηλές ταχύτητες, μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση εσωτερικών ή εξωτερικών προφυλακτών καουτσούκ ή αμορτισέρ. Ένα εσωτερικό στρώμα αέρα – αποτελεί εξάρτημα απόσβεσης κραδασμών – μπορεί να είναι επίσης «ενσωματωμένο» και παρέχει μια ρυθμιζόμενη και εξαιρετικά ακριβή μέθοδο ακινητοποίησης του εμβόλου. Το πρώτο σχηματίζεται από την παγίδευση, και στη συνέχεια το σταδιακό εξαερισμό, ενός τμήματος του εξερχόμενου αέρα μεταξύ του εμβόλου και ενός άκρου του κυλίνδρου.

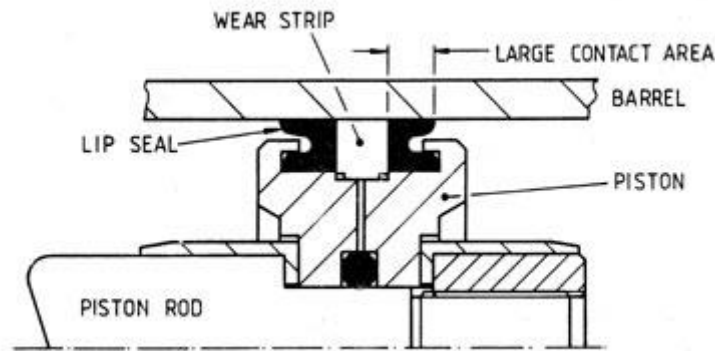
Ο τύπος στηρίξης κάθε κυλίνδρου καθορίζεται από τον χώρο και τον τρόπο που πρέπει να συνεργαστούν διάφορα εξαρτήματα μιας μηχανής. Ο κύλινδρος μπορεί να σχεδιαστεί με την προοπτική ενός μόνιμου τρόπου στήριξης εάν κάτι τέτοιο δεν προβλέπεται να αλλάξει κατά την διάρκεια λειτουργίας. Εναλλακτικά, μπορεί να μετατραπεί σε άλλο τρόπο στήριξης σε μεταγενέστερο χρόνο, χρησιμοποιώντας βοηθητικά εξαρτήματα με βάση τις αρχές κατασκευών σε σύνολα. Αυτό οδηγεί σε μία αξιοσημείωτη απλοποίηση της αποθήκευσης, των υλικών, εκεί ειδικά που χρησιμοποιείται ένας μεγάλος αριθμός πνευματικών κυλίνδρων καθώς υπάρχει μόνο ο βασικός κύλινδρος και απομένει να επιλεγούν τα εξαρτήματα συναρμολόγησης που πρέπει να συνδυαστούν μεταξύ τους. Στην πράξη απατώνται συνήθως οι εξής τρόποι στηρίξης:

- Με πέλματα
- Με σπείρωμα στο λαϊμό του κυλίνδρου
- Με μπροστινή ή οπίσθια φλάντζα
- Με μπροστινή ή μεσσαία στρεπτή φλάντζα
- Με άρθρωση .

ΣΤΕΓΑΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ¹⁹

Οι συμβατικοί γραμμικοί ενεργοποιητές περιλαμβάνουν γενικά δύο τσιμούχες, τοποθετημένες «πλάτη με πλάτη» και χωρισμένες από μια ταινία. Παρόλο που αυτή η διάταξη παρέχει μια αποτελεσματική στεγανοποίηση μεταξύ του βάκτρου εμβόλου και του υπόλοιπου σώματος του κυλίνδρου, εμφανίζει και έναν αριθμό μειονεκτημάτων.

Η μεγάλη επιφάνεια της τσιμούχας που βρίσκεται σε επαφή με το θάλαμο του κυλίνδρου, όπου επενεργεί η ατμοσφαιρική πίεση, μειώνει την αποτελεσματική ώθηση του εμβόλου και αυξάνει το επίπεδο πίεσης λειτουργίας που απαιτείται για την εκκίνηση του εμβόλου. Επίσης, παρεμποδίζει την ομαλή λειτουργία σε χαμηλές ταχύτητες. Αυτός ο τύπος στεγανοποίησης μπορεί να μειώσει τόσο την αποδοτικότητα του κυλίνδρου, σε ποσοστό περίπου 25%, όσο και τον αναμενόμενο χρόνο ζωής της ίδιας της σφράγισης. Η κίνηση των τσιμουχών κατά μήκος του βαρελιού τείνει να ξύσει και να απομακρύνει τα ζωτικά υλικά λίπανσης που χρησιμοποιούνται για την προστασία του κυλίνδρου. Με την πάροδο του χρόνου, το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πρόωρη αστοχία της στεγανοποίησης, προκαλώντας απώλειες αέρα και κλιμάκωση της ενεργειακής κατανάλωσης.



Εικόνα 8-2 Επίδραση των τσιμουχών στο σώμα του κυλίνδρου.

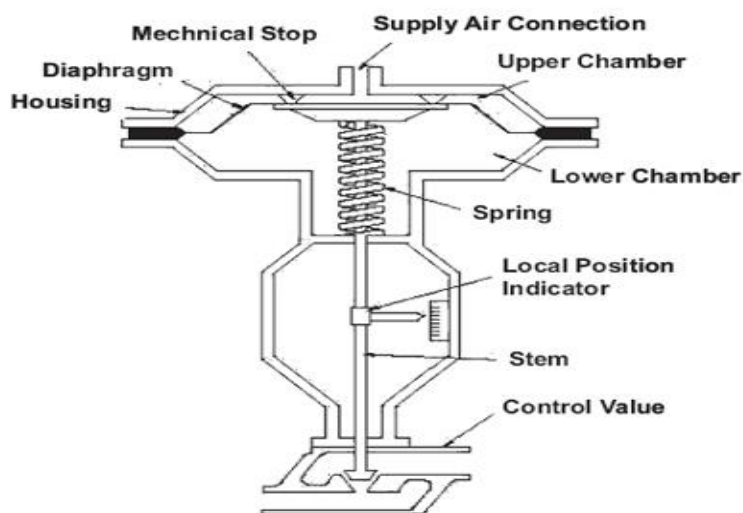
Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων, έχει αναπτυχθεί μια σφραγίδα χαμηλής τριβής. Με απλά λόγια, η σφραγίδα – στεγανοποίηση εφαρμόζει σε μια εσοχή του βάκτρου εμβόλου και αποτελείται από ένα ενιαίο, ειδικά μορφοποιημένο κομμάτι καουτσούκ, στενόμενο στη μέση και σχήματος οβάλ. Αυτό έχει μια μικρή επιφάνεια επαφής, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες τριβών και εξασφαλίζει ένα μοναδικό σημείο επαφής με τον θάλαμο του κυλίνδρου, ανεξάρτητα από την ατμοσφαιρική πίεση. Καθώς ο κύλινδρος εκτελεί παλινδρομική κίνηση, η σφραγίδα κάμπτεται γύρω από το κέντρο της μέσης προκαλώντας το αληθινό σημείο επαφής να εμφανίζεται σε όλη την επιφάνεια της σφραγίδας, μειώνοντας έτσι σημαντικά το επίπεδο φθοράς. Η λειτουργία κάμψης της μονάδας στεγανοποίησης έχει το πρόσθετο πλεονέκτημα της βαθμιαίας ανακατανομής των λιπαντικών ελαίων ομοιόμορφα κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του θαλάμου του κυλίνδρου.

Το δραματικά μειωμένο επίπεδο τριβών σημαίνει ότι η πίεση που απαιτείται για να υπερνικηθεί η δύναμη απόσχισης ελαττώνεται από το τυπικό επίπεδο των 15 psi σε λιγότερο από 5, παρέχοντας έτσι ομαλή εκκίνηση και λειτουργία. Επιπρόσθετα, τα προβλήματα ολίσθησης και αποκόλλησης των ράβδων, που συχνά συναντώνται σε άλλους τύπους κυλινδρών που λειτουργούν σε χαμηλές ταχύτητες, έχουν πρακτικά εξαλειφθεί.

ΤΥΠΟΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ^{20 21}

ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Οι πνευματικοί ενεργοποιητές διαφράγματος είναι συνήθως ενεργοποιητές με μεμβράνη. Η δυναμική ενέργεια του ρεύματος αέρα, δηλαδή η ενέργεια στατικής πίεσης χρησιμοποιείται σε διατάξεις αυτού του τύπου. Η διαφορά της στατικής πίεσης στους δέκτες του ενεργοποιητή μετατρέπεται σε έργο του στοιχείου του εξόδου του δίσκου. Το έργο δηλαδή ενός πνευματικού ενεργοποιητή συνίσταται στην μετακίνηση μιας ράβδου λόγω της διαφοράς πίεσης σε κοιλότητες, που έχει δημιουργηθεί λόγω των διαφορετικών εισερχόμενων ποσοτήτων αερίου. Σε αυτού του τύπου τις διατάξεις συχνά εμφανίζεται ένα διάφραγμα, κατασκευασμένο από τεχνητό καουτσούκ, πλαστικό ή μέταλλο, που αντικαθιστά τη λειτουργία του εμβόλου. Το βάκτρο είναι στερεωμένο στο κέντρο του διαφράγματος ενώ ταυτόχρονα δεν υπάρχουν ολισθαίνοντα στεγανοποιητικά.



Εικόνα 8-3 Ενεργοποιητής διαφράγματος.

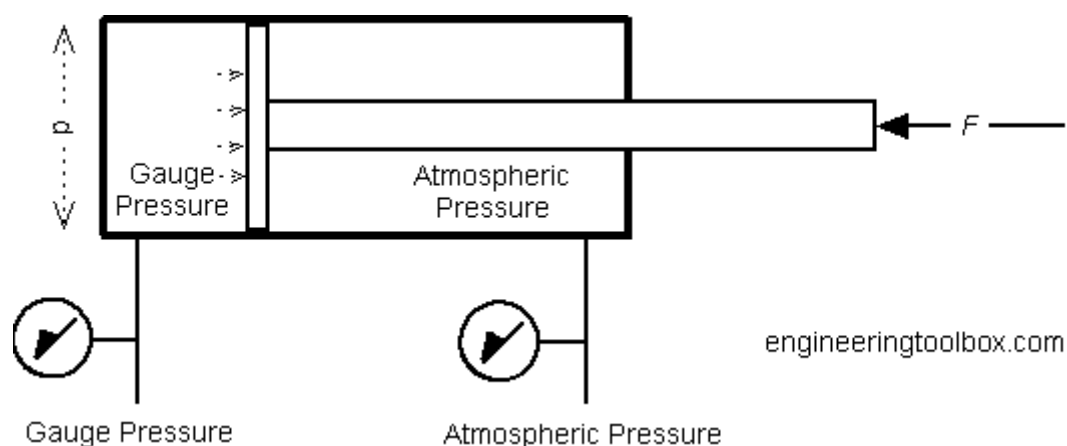
ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ ΙΣΧΥΟΣ

Οι κύλινδροι αέρα ή πνευματικοί κύλινδροι είναι συσκευές που μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε μηχανική ενέργεια. Η τελευταία προκαλεί γραμμική ή περιστροφική κίνηση. Κατά αυτόν τον τρόπο, ο κύλινδρος αέρα λειτουργεί όπως ο ενεργοποιητής σε ένα πνευματικό σύστημα. Για τον λόγο αυτόν είναι επίσης γνωστός ως πνευματικός γραμμικός ενεργοποιητής.

Οι συσκευές με γραμμική κίνηση θετικής μετατόπισης χωρίζονται σε πνευματικούς κυλίνδρους απλής και διπλής ενέργειας, με ή χωρίς ράβδους. Οι πνευματικοί κύλινδροι ράβδων με τη σειρά τους μπορεί να φέρουν μια διαπερατή ή μη ράβδο. Οι συσκευές περιστροφικής κίνησης τώρα, χωρίζονται σε πνευματικούς κυλίνδρους με περιστροφική κίνηση της σύνδεσης εξόδου και σε περιστρεφόμενους κυλίνδρους. Δομικά, οι πνευματικοί κύλινδροι ισχύος μπορεί να φέρουν έμβολα με μεμβράνες ή σωλήνες. Ο κύλινδρος αέρα αποτελείται από το έμβολο ανοξείδωτου ατσάλιου, ράβδους του εμβόλου, μλοκ κυλίνδρων και ακραία καλύμματα. Στους πνευματικούς κυλίνδρους εμβόλου, όπως και στους διαφράγματος, χρησιμοποιείται η δυναμική ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα, αλλά η παρουσία του κινούμενου εμβόλου επιτρέπει μεγάλες μετακινήσεις της σύνδεσης εξόδου. Καθώς ο πεπιεσμένος αέρας κινείται μέσα στον κύλινδρο, σπρώχνει το έμβολο κατά μήκος του κυλίνδρου. Η οπίσθια κίνηση του εμβόλου επιτυγχάνεται συνήθως με ένα ελατήριο, που βρίσκεται στο άκρο της ράβδου του κυλίνδρου.

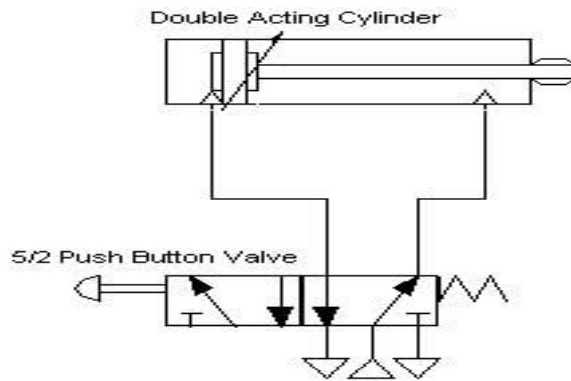
Για τη συμπίεση, μια μανσέτα από ελαστικό υλικό εγκαθίσταται εντός της ράβδου σε ένα κάλυμμα του κυλίνδρου. Ο δακτύλιος, που χρησιμεύει ως «κατεύθυνση» για τη ράβδο, επιτρέπει την αύξηση της επιτρεπτής διατομής, ειδικά για μεγάλα μήκη. Το δαχτυλίδι, που αποτρέπει τη σκόνη και τα σωματίδια να χτυπήσουν τον κύλινδρο, εισέρχεται μέσα στο κάλυμμα μπροστά από τον δακτύλιο. Οι αλλαγές στον όγκο των κοιλοτήτων εργασίας είναι σε αναλογία με την κίνηση του βάρου.

Τυπικά, κάποια μορφή αντικραδασμικού απαιτείται για να μειώσει το ρυθμό κίνησης του εμβόλου του κυλίνδρου πριν αυτό χτυπήσει το ακραίο κάλυμμα. Μειώνοντας την ταχύτητα του εμβόλου στο τέλος της διαδρομής του, πετυχαίνουμε μείωση των καταπονήσεων του κυλίνδρου, καθώς και μείωση των δονήσεων στη γενικότερη διάταξη, της οποίας ο κύλινδρος αποτελεί τμήμα. Αποτελεσματική αντικραδασμική λειτουργία απαντάται συνήθως σε εφαρμογές όπου απαιτείται ακρίβεια. Το πρόβλημα των κραδασμών λύνεται συνήθως με την εγκατάσταση αμορτισέρ. Η ροή του πεπιεσμένου αέρα μέσα στον κύλινδρο ελέγχεται από τις βαλβίδες.



Εικόνα 8-4 Κύλινδρος απλής ενέργειας.

Οι δύο βασικοί τύποι πρότυπων κυλίνδρων αέρα, βάσει της λειτουργίας τους είναι οι κύλινδροι μονής και διπλής ενέργειας. Ο πρώτος είναι σε θέση να εκτελεί μια λειτουργική κίνηση προς μία μόνο κατεύθυνση. Αυτός είναι τυπικά κύλινδρος εμβόλου, δηλαδή πνευματικός κύλινδρος όπου το κινούμενο στοιχείο είναι η βάρκτρος εμβόλου. Ένας κύλινδρος διπλής ενέργειας προσφέρει μηχανοκίνητη κίνηση δύο κατευθύνσεων, με πίεση σε αμφότερες τις πλευρές. Όταν ο κύλινδρος ωθείται σε μια κατεύθυνση, ο πεπιεσμένος αέρας τον οδηγεί πίσω, προς την αντίθετη κατεύθυνση. Οι γραμμές αέρα που «τρέχουν» και στα δύο άκρα του κυλίνδρου, παρέχουν τον πεπιεσμένο αέρα. Η ροή του πεπιεσμένου αέρα ελέγχεται μέσω βαλβιδών τόσο στους κυλίνδρους απλής, όσο και στους διπλής ενέργειας.



Εικόνα 8-5 Κύλινδρος διπλής ενέργειας.

Ο κύλινδρος με ελατήριο επαναφοράς είναι μια διάταξη όπου το ελατήριο επιστρέφει τη συνδεσμολογία του εμβόλου. Ένας κύλινδρος μονής ενέργειας με ελατήριο επαναφοράς φέρει ατμοσφαιρική πίεση στη μία πλευρά της φλάντζας του εμβόλου, παρέχοντας δύναμη και κίνηση. Από την άλλη, το ελατήριο παρέχει τη δύναμη επαναφοράς μετά την εκτόνωση της πίεσης. Οι κύλινδροι μονής ενέργειας απαιτούν περίπου το μισό ποσό αέρα που χρειάζονται αυτοί της διπλής ενέργειας για έναν μόνο κύκλο λειτουργίας. Οι κύλινδροι διπλής ενέργειας με μαγνητικό έμβολο φέρουν βάκτρο εμβόλου και στις δύο πλευρές τους.

Η σειρά κυλίνδρων ZSC αναπτύχθηκε ειδικά για κάθετες εφαρμογές και έχει ακριβώς το σωστό περίγραμμα για αυτήν τη λειτουργία. Λεπτός και ελαφρύς, αλλά με ακρίβεια στη μετατόπιση, ένας εξαιρετικά επίπεδος σχεδιασμός καθιστά δυνατή την τοποθέτηση του συστήματος ρουλεμάν μεταξύ των δύο εμβόλων. Αυτή η σειρά είναι ένας σχεδιασμός με ξεκάθαρα πλεονεκτήματα. Χάρη στην αρχή της διπλής ενέργειας τόσο το βάκτρο εμβόλου, όσο και το σύστημα οδήγησης εργάζονται παράλληλα και με ακρίβεια. Τα δύο έμβολα παρέχουν ένα υψηλό επίπεδο ώθησης, παρόλου του επίπεδου σχεδιασμού των. Αυτός ο ευέλικτος και ελαφρύς σχεδιασμός καθώς και οι ακριβείς μετατοπίσεις επιτρέπουν την χρήση της διάταξης σε δυναμικές εφαρμογές. Πολλαπλές τρύπες παρέχουν επίσης μια μεγάλη ποικιλία επιλογών τοποθέτησης και διευκολύνουν την εγκατάσταση της μηχανής.

Μια άλλη σειρά κυλίνδρων, η σειρά GPC, είναι ιδεατή για όλες τις εφαρμογές που απαιτούν απόλυτη ακρίβεια και δυνατότητα πλευρικής φόρτισης. Συγκρινόμενοι με

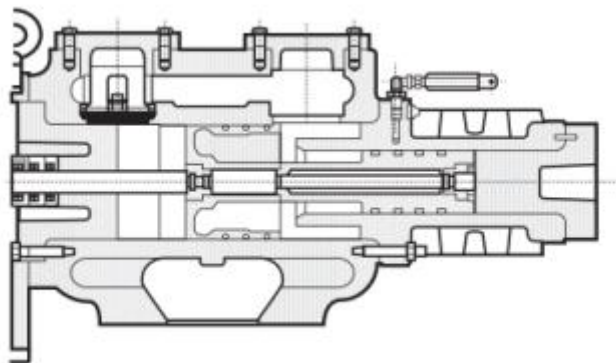
τους τυπικούς κυλίνδρους, οι κύλινδροι αυτής της σειράς προσφέρουν εξαιρετικά ακριβή μετατόπιση, υψηλή δυνατότητα πλευρικής φόρτισης και επίσης προστασία έναντι της συστροφής. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη σχεδίαση λιγότερων εξωτερικών οδηγών και ρυθμιστικών μηχανών, με αποτέλεσμα οι κύλινδροι τέτοιου τύπου να κρίνονται οι καταλληλότεροι για εφαρμογές αυτοματισμού.



Εικόνα 8-6 Αριστερά: Κύλινδρος σειράς ZSC. Δεξιά: Κύλινδρος σειράς GPC.

ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ tandem

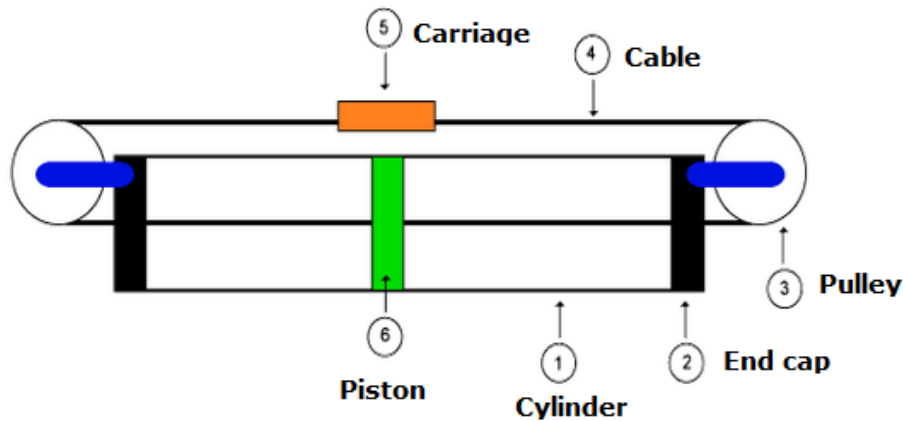
Ο κύλινδρος tandem – «διαδοχικός» κύλινδρος – αντιπροσωπεύει δύο κυλίνδρους διπλής ενέργειας που συνδέονται σχηματίζοντας μια ενιαία μονάδα. Συνδέοντας δύο, τρεις, ή τέσσερις κυλίνδρους με την ίδια διάμετρο και διαδρομή εμβόλου στη σειρά, η ώθηση στην επαυξημένη διαδρομή διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται ή τετραπλασιάζεται αντίστοιχα, σε σχέση με έναν απλό κύλινδρο. Οι κύλινδροι αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται η ανάπτυξη ισχυρής ώθησης με περιορισμένη διατομή κυλίνδρου.



Εικόνα 8-7 Κύλινδρος tandem.

Στην περίπτωση των κυλίνδρων χωρίς βάκτρο εμβόλου, έχουν επικρατήσει τρεις αρχές σχεδίασης: κύλινδροι με ταινία ή συρματόσχοινο, κύλινδροι με μαγνητική υποδοχή και κύλινδροι με διαμήκη σφήνα στερέωσης. Στην εικόνα που ακολουθεί παρατίθεται ένας κύλινδρος χωρίς βάκτρο, με διαμήκη σφήνα στερέωσης.

Το τμήμα εξόδου ενός πνευματικού κυλίνδρου χωρίς βάκτρο είναι ένα καρότσι πάνω στο οποίο συνδέεται το φορτίο. Στην περίπτωση των κυλίνδρων με σφήνα ενοποίησης, το έργο του εμβόλου μεταφέρεται στο φορτίο μέσω της σφήνας. Μέσα στον κύλινδρο και κατά μήκος αυτού υπάρχει μια σχισμή. Το καρότσι είναι σταθερά συνδεδεμένο με το έμβολο. Αυτή η σύνδεση πραγματοποιείται με τη βοήθεια του στοιχείου ολίσθησης. Η σφήνα στερέωσης είναι εφοδιασμένη με μια ταινία χάλυβα, που συνορεύει με το εσωτερικό της. Κάθε κοιλότητα του κυλίνδρου είναι ερμητικά σφραγισμένη, με την ενοποίηση που είναι εγκατεστημένη στο έμβολο. Μεταξύ αυτών των ενώσεων η ταινία κάμπτεται και περνά κάτω από το στοιχείο που συνδέει το έμβολο με το καρότσι. Η δεύτερη ταινία στερεώνει τη σφήνα εξωτερικά, προστατεύοντας τον κύλινδρο από την εξωτερική ρύπανση. Σε σύγκριση με τους τυπικούς κυλίνδρους διπλής ενέργειας, ο κύλινδρος χωρίς βάκτρο έχει εκ κατασκευής μικρότερο μήκος. Εξ' αυτού, αίρονται οι περιορισμοί της διατομής φορτίου στο σώμα εργασίας. Κύλινδροι αυτού του τύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές ως και δέκα μέτρων.

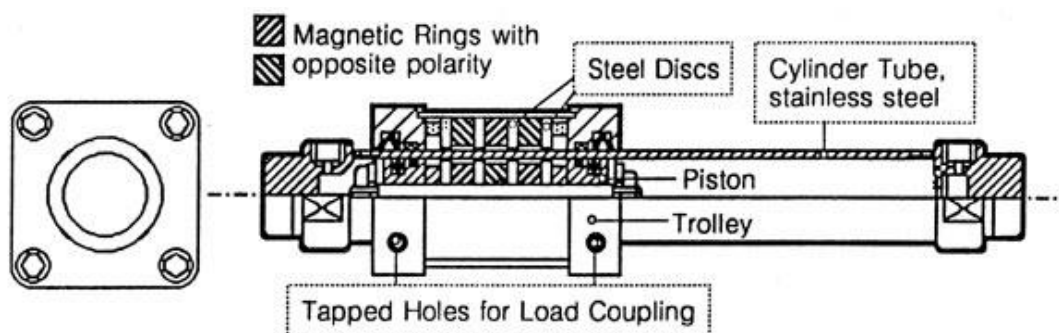


Εικόνα 8-8 Κύλινδρος χωρίς βάκτρο εμβόλου.

Ο κύλινδρος με ταινία μεταφέρει ισχύ από το έμβολο στο καρότσι με τη βοήθεια της ταινίας που τον καλύπτει. Ο κύλινδρος με συρματόσχοινο, από την άλλη, είναι και αυτός κύλινδρος διπλής ενέργειας. Ένα συρματόσχοινο είναι συνδεδεμένο και από τις δύο πλευρές του εμβόλου. Το συρματόσχοινο οδηγείται από δύο συμμετρικά τοποθετημένες στις δύο πλευρές του κυλίνδρου τροχαλίες. Με τον κύλινδρο αυτό επιτυγχάνεται δύναμη έλξεως και προς τις δύο διευθύνσεις κίνησης. Τυπικές εφαρμογές αυτού του τύπου σχεδιασμού είναι το άνοιγμα και κλείσιμο θυρών ή η χρήση σε μονάδα μικρών διαστάσεων η οποία έχει δυνατότητα μεγάλων διαδρομών σε σχετικά μικρό ολικό μήκος.

Οι κύλινδροι μαγνητικής σύζευξης διπλής ενέργειας αποτελούνται από μια κυλινδρική θήκη, ένα έμβολο χωρίς βάκτρο και ένα εξωτερικό κινητό καρότσι που ολισθαίνει πάνω στην εξωτερική επιφάνεια της θήκης του κυλίνδρου. Οι μόνιμοι μαγνήτες που βρίσκονται πάνω στο καρότσι και το έμβολο συνεργάζονται μεταξύ τους. Συνεπώς, η μεταφορά ενέργειας, για την κίνηση του φορτίου πάνω στο καρότσι, από το έμβολο στο καρότσι πραγματοποιείται μέσω μαγνητικής σύζευξης. Αφού ο αέρας εισέλθει στον κύλινδρο, το καρότσι και το έμβολο κινούνται ταυτόχρονα. Η κοιλότητα του κυλίνδρου είναι στενή και δεν φέρει κάποια κινητή

θέση ενοποίησης που να συνορεύει με το περιβάλλον. Ως αυτού αποκλείει την πιθανότητα εκροής αέρα έξω από τον κύλινδρο.



Εικόνα 8-9 Κύλινδρος μαγνητικής σύζευξης.

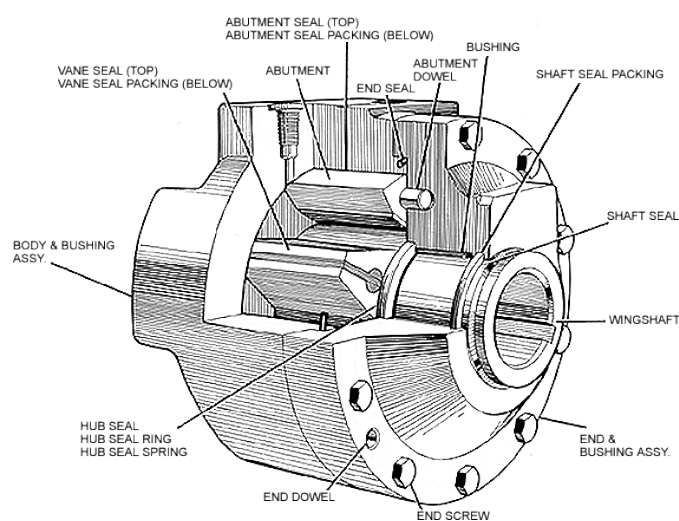
Υπό κατάλληλες συνθήκες, είναι εφικτό να συνδεθούν πνευματικές μηχανές εμπρόσθιας και οπίσθιας κίνησης στους πνευματικούς κυλίνδρους τύπου σωλήνα. Με αυτή τη διάταξη επιτυγχάνεται μεταφορά με σημαντικές μετακινήσεις, αλλά πάντα με μικρά κινούμενα βάρη. Οι ρόδες του καρτσιού αποτυπώνονται πάνω στον ελαστικό σωλήνα. Όταν ο αέρας εισέρχεται από την άκρη του σωλήνα και η άλλη άκρη του είναι συνδεδεμένη με την ατμόσφαιρα, και ενώ η βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται σε συγκεκριμένη θέση, το καρτσιό ξεκινά να κινείται μαζί με το μετακινούμενο αντικείμενο λόγω της παραμόρφωσης του σωλήνα που προκαλείται από τον πεπιεσμένο αέρα. Η αντίθετη κίνηση του καρτσιού επιτυγχάνεται αλλάζοντας την θέση της βαλβίδας ελέγχου.

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΕΣ

Οι περιστροφικοί πνευματικοί ενεργοποιητές κατασκευάζονται κυρίως σύμφωνα με την αρχή του μετασχηματισμού του μηχανικού έργου του εμβόλου σε περιστροφική κίνηση ενός δεδομένου στοιχείου – στόχου. Οι κύλινδροι αυτού του τύπου αποτελούν ένα συνδυασμό βάρου εμβόλου και οδοντωτού τροχού. Με αυτόν τον τρόπο η ευθύγραμμη κίνηση μετατρέπεται σε περιστροφική, κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού ή αντίθετα σύμφωνα με την διεύθυνση κίνησης του

εμβόλου. Στους κυλίνδρους αυτούς υπάρχουν διάφορες γωνίες περιστροφής και οι περιοχές στροφής είναι τυποποιημένες σε 45, 90, 180, 290 και 720°. Η γωνία περιστροφής μπορεί να καθορισθεί διαμέσου ενός ρυθμιστικού κοχλίου.

Η ροπή εργασίας στην έξοδο εξαρτάται από την πίεση του αέρα, τα εμβαδά της επιφάνειας του εμβόλου και τη σχέση μετάδοσης βάρου εμβόλου – οδοντωτού τροχού. Οι περιστροφικοί κύλινδροι χρησιμοποιούνται για περιστροφή αντικειμένων σε μηχανουργικές εφαρμογές, για κάμψη μεταλλικών σωλήνων, για ρύθμιση των εγκαταστάσεων κλιματισμού κ.ά .



Εικόνα 8-10 Περιστροφικός ενεργοποιητής.

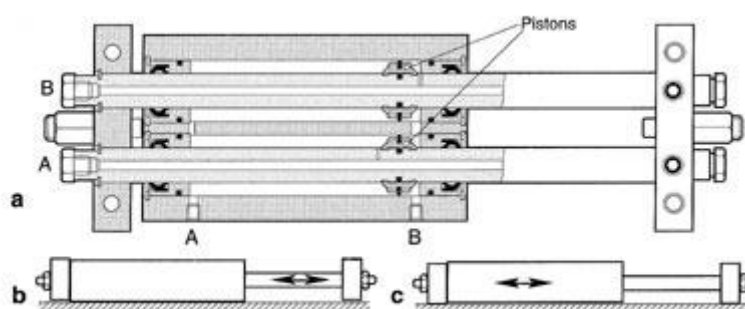
Ειδική περίπτωση των περιστροφικών κινητήρων αποτελούν οι κινητήρες με πτερύγιο. Όπως και στους παραπάνω κυλίνδρους, ο κύλινδρος με στρεφόμενο πτερύγιο έχει μια περιορισμένη γωνία στροφής εξόδου. Η γωνία αυτή σπανίως υπερβαίνει τις 300°. Στον κύλινδρο αυτόν η στεγανοποίηση παρουσιάζει δυσκολίες και η διάμετρος ή το πλάτος δεν επιτρέπουν αξιόλογες ροπές. Οι κύλινδροι αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται σπανίως σε πνευματικά συστήματα, αλλά συναντώνται συχνά σε υδραυλικά συστήματα.

Τα τελευταία χρόνια το εύρος και η λειτουργική απόδοση των ενεργοποιητών πεπιεσμένου αέρα έχει βελτιωθεί σημαντικά, σε αντιστοιχία με την ανάπτυξη στην αγορά συστημάτων ρομποτικής και αυτοματισμού. Ως αποτέλεσμα,

είναι πλέον εφικτό να βρεθεί ένας ενεργοποιητής, ή ένας συνδυασμός αυτών, που οι προδιαγραφές του να ικανοποιούν σχεδόν οιαδήποτε εφαρμογή.

ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Ουσιαστικά, οι μονάδες ολίσθησης είναι γραμμικοί ενεργοποιητές ακριβείας, αλλά με μια διάταξη διπλού βάρτρου εμβόλου για την εξάλειψη της περιστροφής του εμβόλου και την αύξηση της ισχύος εξόδου. Σχεδιασμένοι για χρήση σε εφαρμογές αυτοματισμού, ειδικά εκεί όπου απαιτείται η τοποθέτηση και μετακίνηση εξαρτημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν τις παλαιότερες διατάξεις ενεργοποιητών ράβδων πολλών εξαρτημάτων.



Εικόνα 8-11 Πνευματική μονάδα ολίσθησης.

ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ

Οι κύλινδροι αυτού του τύπου συνδυάζουν κίνηση πολλών θέσεων σε μία μόνο συσκευή, για παράδειγμα γραμμική ή περιστροφική κίνηση και δράση σύσφιξης.

Ένας τυπικός συνδυασμένος κύλινδρος περιλαμβάνει περιστροφική λειτουργία, που ελέγχεται από μian οδοντωτή ράβδο και ένα γρανάζι. Επίσης, δίνει τη δυνατότητα γραμμικής κίνησης διπλής κατεύθυνσης. Αυτές μπορούν να διεξαχθούν διαδοχικά ή ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας

παλινδρομικής κίνησης. Σε κάθε περίπτωση, η ταχύτητα και περιστροφή του εμβόλου μπορούν να προσδιοριστούν επακριβώς με ρυθμιζόμενες βαλβίδες στραγγαλισμού ενώ η θέση του αναφέρεται χρησιμοποιώντας εξωτερικά τοποθετημένους αυτόματους διακόπτες, που ενεργοποιούνται από μαγνήτες εντός του εμβόλου και από συνδεσμολογίες γραναζιών. Επιπρόσθετα, το βάκτρο μπορεί να διατηρηθεί κατά μήκος ώστε να μπορεί να εφαρμοσθεί ένα κενό στο σημείο τερματισμού, που συνδέεται με το ένα άκρο.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ²²

Τα χαρακτηριστικά απόδοσης των κυλίνδρων μπορούν να προσδιορισθούν θεωρητικά ή με την χρήση των δεδομένων κατασκευαστή. Και οι δύο μέθοδοι είναι αποδεκτές, αλλά γενικά τα δεδομένα κατασκευαστή είναι πιο σχετικά με τον εκάστοτε σχεδιασμό και εφαρμογή.

ΔΥΝΑΜΗ ΕΜΒΟΛΟΥ

Η δύναμη που εξασκείται από το έμβολο του κυλίνδρου εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση, την διάμετρο του κυλίνδρου και την αντίσταση τριβής των εξαρτημάτων στεγανοποίησης. Θεωρητικά η δύναμη υπολογίζεται από τον τύπο:

$$F_{th} = A \cdot p, \text{ όπου}$$

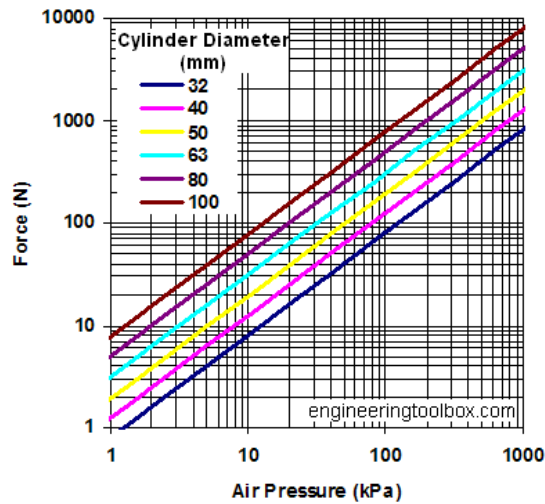
F_{th} η θεωρητική δύναμη του εμβόλου εκφρασμένη σε N

A; η ωφέλιμη επιφάνεια του εμβόλου σε m^2

p η πίεση λειτουργίας σε Pa

Πρακτικά, η πραγματική δύναμη του εμβόλου είναι σημαντική. Όταν την υπολογίζουμε όμως, θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψιν και την αντίσταση τριβής.

Κάτω από κανονικές συνθήκες λειτουργίας (πίεση 400 – 800 kPa/ 4 – 8 bar) η δύναμη τριβής μπορεί να θεωρηθεί ως το 10% της θεωρητικά υπολογισμένης δύναμης του εμβόλου.



Εικόνα 8-12 Διάγραμμα δύναμης πίεσης.

Υπολογισμοί για κυλίνδρους μονής ενέργειας:

$$F_{\text{eff}} = (A \cdot p) - (F_R + F_F)$$

Υπολογισμοί για κυλίνδρους διπλής ενέργειας:

$$F_{\text{eff}} = (A \cdot p) - F_R$$

$$F_{\text{eff}} = (A' \cdot p) - F_R, \text{ όπου}$$

F_{eff} η ωφέλιμη δύναμη του εμβόλου σε N,

A η ενεργός επιφάνεια του εμβόλου σε m^2 που υπολογίζεται από τον τύπο $A = D^2 \cdot \frac{\pi}{4}$,

A' η ενεργός δακτυλιοειδής επιφάνεια σε m^2 που υπολογίζεται από τον τύπο $A' = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4}$,

P η πίεση εργασίας σε Pa,

F_R η δύναμη τριβής σε N (περίπου το 10% της F_{th}),

F_F η δύναμη επιστροφής του ελατηρίου σε N,

D η διάμετρος του κυλίνδρου σε m και

d η διάμετρος του βάκτρου σε m .

ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

Το μήκος διαδρομής των πνευματικών κυλίνδρων δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 2 m. Εξαιρέση αποτελούν οι κύλινδροι άνευ βάκτρου, όπου το επιτρεπτό όριο αντιστοιχεί σε 10 m. Με υπερβολικά μήκη διαδρομής, η μηχανική τάση που εξασκείται στο βάκτρο και στα ρουλεμάν οδηγούς θα ήταν πολύ μεγάλη.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΜΒΟΛΟΥ

Η ταχύτητα του εμβόλου των πνευματικών κυλίνδρων εξαρτάται από το φορτίο, την επικρατούσα πίεση του αέρα, το μήκος του σωλήνα, το εμβαδόν διατομής της γραμμής μεταξύ του στοιχείου ελέγχου και του στοιχείου εργασίας και επίσης από τον ρυθμό ροής μέσω του στοιχείου ελέγχου. Επιπρόσθετα, η ταχύτητα επηρεάζεται και από την δυνατότητα απορρόφησης των κραδασμών στην τερματική θέση.

Η μέση ταχύτητα εμβόλου για κυλίνδρους τυπικής σχεδίασης κυμαίνεται από 0.1 ως 1.5 m/s. Με ειδικούς κυλίνδρους μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες ως και 10 m/s. Τέλος, η ταχύτητα μπορεί να ρυθμίζεται από τις βαλβίδες ελέγχου ροής και μπορεί να αυξάνεται με την χρήση βαλβίδων ταχείας εκτόνωσης.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΑΕΡΑ

Για την προπαρασκευή του αέρα, και για να ληφθούν στοιχεία που αφορούν το ενεργειακό κόστος, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την κατανάλωση αέρα του

συστήματος. Αυτή ορίζεται σε λίτρα αέρα που απορροφώνται ανά λεπτό. Για δεδομένη πίεση λειτουργίας, διάμετρο εμβόλου, διαδρομή και αριθμό διαδρομών, η κατανάλωση αέρα υπολογίζεται από τον τύπο:

Κατανάλωση αέρα = λόγος συμπίεσης · επιφάνεια εμβόλου · μήκος διαδρομής · αριθμός διαδρομών ανά λεπτό

Λόγος συμπίεσης = $[101.3 + \text{πίεση λειτουργίας (σε kPa) }] / 101.3$

Ο τύπος υπολογισμού της κατανάλωσης αέρα σε αντιστοιχία με το συμβατό διάγραμμα τροποποιείται ως εξής:

Για κυλίνδρους μονής ενέργειας

$$q_B = s \cdot n \cdot q_H$$

Για κυλίνδρους διπλής ενέργειας

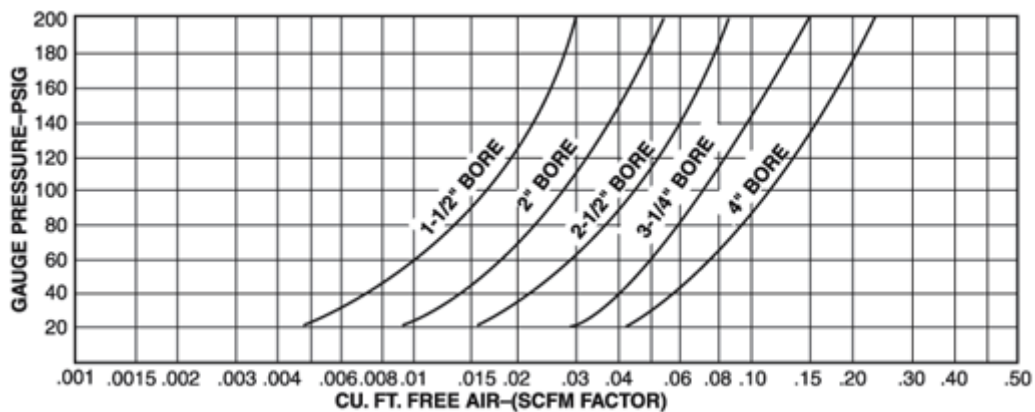
$$q_B = 2 \cdot s \cdot n \cdot q_H, \text{ όπου}$$

q_B η κατανάλωση αέρα σε l/min,

s η διαδρομή του εμβόλου σε cm,

n ο αριθμός των διαδρομών ανά λεπτό σε π.χ. 1/min,

q_H η κατανάλωση αέρα ανά μονάδα μήκους της διαδρομής σε l/cm .



Εικόνα 8-13 Διάγραμμα κατανάλωσης αέρα.

Με τους παραπάνω τύπους, η διαφορετική κατανάλωση αέρα των κυλίνδρων διπλής ενέργειας, κατά τη διάρκεια της ορθής και επιστρέφουσας διαδρομής δεν λαμβάνεται υπόψιν. Το γεγονός αυτό μπορεί βέβαια να παραβλεφθεί λόγω των διαφορετικών επιπέδων αντοχής στις γραμμές και στις βαλβίδες.

Η συνολική κατανάλωση αέρα ενός κυλίνδρου περιλαμβάνει επίσης την πλήρωση των νεκρών ζωνών. Ο αέρας που απαιτείται για την πλήρωση αυτών μπορεί να αποτελεί και το 20% της συνολικής κατανάλωσης. Οι νεκρές ζώνες ενός κυλίνδρου είναι γραμμές παροχής πεπιεσμένου αέρα μέσα στον ίδιο τον κύλινδρο και όχι οι ζώνες απορρόφησης κραδασμών στις ακραίες θέσεις του εμβόλου, που βοηθούν στην αποτελεσματικότερη λειτουργία της διάταξης.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΤΩΝ²³

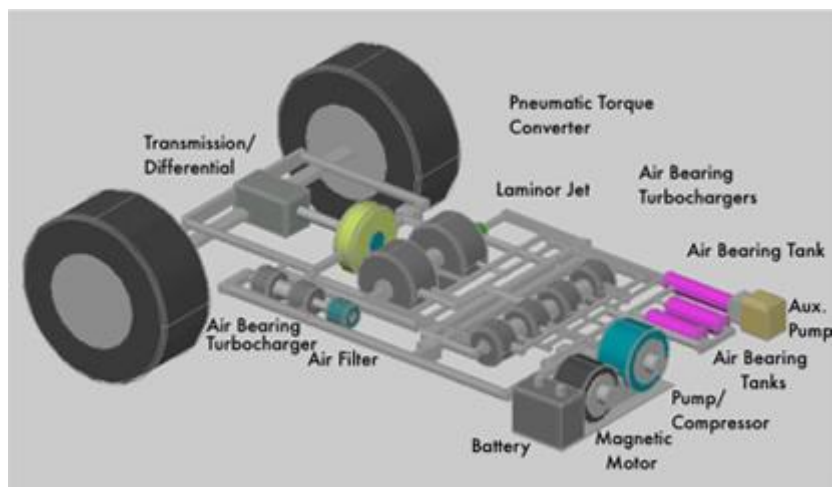
Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των πνευματικών ενεργοποιητών :

- Πλεονεκτήματα :
 1. Απλότητα της υλοποίησης σχετικά με τις μικρές εμπρόσθιες και οπίσθιες κινήσεις που απαιτούνται
 2. Δεν απαιτούνται εξελιγμένοι μηχανισμοί μεταφοράς
 3. Χαμηλό κόστος
 4. Υψηλή ταχύτητα κινήσεων
 5. Ευκολία σε κινήσεις αντιστροφής
 6. Αντοχή σε υπερφορτίσεις
 7. Υψηλή αξιοπιστία εργασίας
 8. Ασφάλεια έκρηξης και πυρασφάλεια
 9. Φιλικότητα προς το περιβάλλον
 10. Δυνατότητα συσσώρευσης («πακεταρίσματος») και μεταφοράς

- Μειονεκτήματα:
 1. Η ανάγκη συμπίεσης του αέρα
 2. Αδυναμία λήψης ομοιόμορφης και σταθερής ταχύτητας από την κίνηση των φορτίων εργασίας
 3. Χαμηλή λειτουργική απόδοση σε χαμηλές ταχύτητες
 4. Περιορισμένες συνθήκες χρήσης. Γενικά, η χρήση του πεπιεσμένου αέρα είναι επωφελής μέχρι κάποιες καθορισμένες τιμές της πίεσης
 5. Η χρήση πεπιεσμένου αέρα απαιτεί καλή προπαρασκευή.

ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ²⁴

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες βασικές διατάξεις που κρίνεται ότι χαίρουν μακροσκελέστερης ανάλυσης.



Εικόνα 8-14 Διάταξη πνευματικού κινητήρα.

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Ως γνωστόν, οι συσκευές που μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε μηχανική περιστροφική κίνηση, με δυνατότητα διαρκούς κίνησης, είναι γνωστές

ως κινητήρες πεπιεσμένου αέρα ή πνευματικοί κινητήρες. Αυτοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το πρότυπο σχεδίασής των σε:

1. ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΜΒΟΛΟΥ

Αυτού του τύπου οι κινητήρες υποδιαιρούνται περαιτέρω σε ακτινικούς και αξονικούς. Ο στροφαλοφόρος άξονας του κινητήρα οδηγείται από τον πεπιεσμένο αέρα μέσω παλινδρομικών εμβόλων και συνδετικών ράβδων. Για να εξασφαλισθεί ομαλή λειτουργία απαιτούνται αρκετά έμβολα. Η ισχύς της μηχανής εξαρτάται από την πίεση εισόδου, τον αριθμό, την επιφάνεια, τη διαδρομή και την ταχύτητα των εμβόλων.

Η αρχή λειτουργίας ενός αξονικού κινητήρα εμβόλου είναι παρόμοια με αυτήν ενός ακτινικού. Η δύναμη από πέντε αξονικά διατεταγμένους κυλίνδρους μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση, μέσω μιας κεκλιμένης περιστρεφόμενης πλάκας (πλάκα εκτινάξεως). Ο πεπιεσμένος αέρας εφαρμόζεται σε δύο έμβολα ταυτόχρονα και η συμμετρική ροπή στρέψης που παράγεται οδηγεί την ομαλή λειτουργία του κινητήρα.

Αυτού του τύπου οι μηχανές διατίθενται με δυνατότητα ωρολογιακής και ανθρωπολογιακής περιστροφής. Η μέγιστη ταχύτητα κυμαίνεται περί τα 5000 rpm και το εύρος ισχύος σε κανονική πίεση από 1.5 ως 19 KW.

2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΜΕ ΟΛΙΣΘΑΙΝΟΝΤΑ ΠΤΕΡΥΓΙΑ

Λόγω της απλοϊκής κατασκευής και του χαμηλού τους βάρους, οι μηχανές αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται ως εργαλεία χειρός.

Ένας έκκεντρα τοποθετημένος δρομέας περιέχεται, πάνω σε ρουλεμάν, σε έναν κυλινδρικό θάλαμο. Εγκοπές βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια του δρομέα. Τα πτερύγια οδηγούνται στις εγκοπές και ωθούνται με φυγόκεντρο δύναμη προς τα έξω, έναντι του εσωτερικού τοιχώματος του κυλίνδρου. Σε άλλο τύπο σχεδιασμού,

τα περύγια κινούνται μέσω ελατηρίων. Αυτό εξασφαλίζει επίσης, ότι οι μεμονωμένοι θάλαμοι σφραγίζονται. Τυπικές ταχύτητες δρομέα κυμαίνονται μεταξύ 3000 και 8500 rpm. Και σε αυτήν την περίπτωση δίνεται η δυνατότητα ωρολογιακής και ανθρωλογιακής περιστροφής. Το εύρος ισχύος είναι από 0.1 έως 17 KW.

3. ΓΡΑΝΑΖΩΤΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Σε αυτού του τύπου τον σχεδιασμό, η ροπή παράγεται λόγω της πίεσης του αέρα έναντι των οδοντωτών προφίλ δύο διασυνδεδεμένων γραναζιών, το ένα εκ των οποίων στερεώνεται στον άξονα του κινητήρα. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υψηλών επιπέδων ισχύος, ως και 44KW, με δυνατότητα εναλλαγής της φοράς περιστροφής των.

4. ΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Οι στρόβιλοι χρησιμοποιούνται μόνον όταν απαιτείται χαμηλό επίπεδο ισχύος. Το εύρος της κλίμακας στροφών είναι πολύ μεγάλο, με ταχύτητες ως και 500.000 rpm. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η αντίστροφη των συμπιεστών ροής.

Κλείνοντας, κάποια γενικά χαρακτηριστικά των πνευματικών κινητήρων είναι:

- Ομαλή ρύθμιση ταχύτητας και ροπής
- Μικρό βάρος και μέγεθος
- Ασφαλής υπερφόρτωση
- Απρόσιτοι από σκόνη, νερό κρύο και ζέστη
- Ανθεκτικότητα σε εκρήξεις
- Δυνατότητα επιλογής πολλών ταχυτήτων
- Ελάχιστη απαιτούμενη συντήρηση
- Δυνατότητα εναλλαγής της φοράς περιστροφής.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΕ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι οπτικοί δείκτες απεικονίζουν την κατάσταση λειτουργίας του πνευματικού συστήματος και δρουν ως συμπληρωματικοί διαγνωστικοί ελέγχου. Αυτοί περιλαμβάνουν:

1. Μετρητές για την προβολή των κύκλων μέτρησης
2. Μανόμετρα για μέτρηση και εμφάνιση της ατμοσφαιρικής πίεσης
3. Χρονομετρητές με οπτική ένδειξη χρονοκαθυστέρησης
4. Οπτικούς δείκτες. Στους οπτικούς δείκτες, οι κωδικοί χρώματος αντιπροσωπεύουν ορισμένες λειτουργίες του κύκλου. Οι δείκτες είναι τοποθετημένοι στον πίνακα ελέγχου, για να υποδεικνύουν την κατάσταση των λειτουργιών ελέγχου, καθώς και των δαιδοχικών σταδίων που βρίσκονται σε εξέλιξη. Τα χρώματα και η σημασία τους, σε συμφωνία με τα θεσμοθετημένα πρότυπα, δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΧΡΩΜΑ	ΣΗΜΑΣΙΑ	ΣΧΟΛΙΑ
ΚΟΚΚΙΝΟ	Άμεσος κίνδυνος, συναγερμός	Η κατάσταση της μηχανής απαιτεί άμεση παρέμβαση.
ΚΙΤΡΙΝΟ	Προσοχή	Αλλαγή ή επικείμενη αλλαγή στις συνθήκες λειτουργίας.
ΠΡΑΣΙΝΟ	Εκκίνηση, σε λειτουργία	Κανονική λειτουργία, ασφαλής κατάσταση.
ΜΠΛΕ	Ειδικές πληροφορίες	Πρόσθετες έννοιες που δεν μπορούν να

		καταστούν σαφείς.
ΑΣΠΡΟ Ή ΤΙΠΟΤΑ	Γενικές πληροφορίες	Χωρίς ιδιαίτερο νόημα. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αμφιβολία για το ποιο χρώμα είναι το κατάλληλο για να περιγραφεί η διανυούσα κατάσταση.

9. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ^{25 26}

ΒΑΣΙΚΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ²⁷

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υδραυλική είναι η επιστήμη που μελετά τη μετάδοση δύναμης ή/και κίνησης με τη την χρήση ενός εσώκλειστο υγρού. Σε μια υδραυλική συσκευή, η ισχύς μεταδίδεται πιέζοντας ένα εσώκλειστο υγρό. Η μεταφορά ενέργειας πραγματοποιείται επειδή μια ποσότητα του υγρού υπόκειται σε πίεση. Για τον χειρισμό συστημάτων ισχύος που χρησιμοποιούν υγρά, ο διαχειριστής θα πρέπει να κατέχει θεμελιώδεις γνώσεις της φυσικής των υγρών. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες βασικές ιδιότητες των υγρών και πως αυτά αντιδρούν κάτω από διαφορετικές συνθήκες.

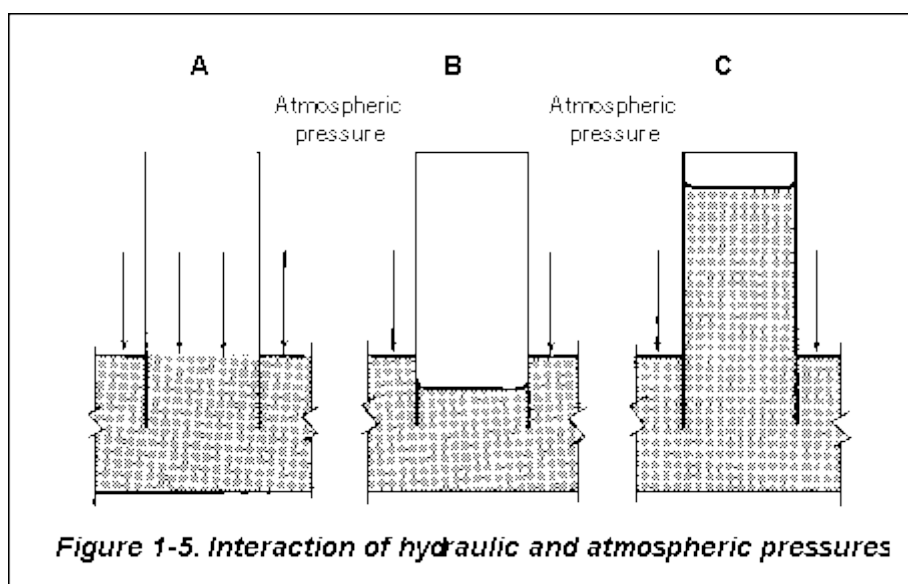
ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ ΣΤΑ ΥΓΡΑ^{28 29}

Ως γνωστόν, η πίεση ορίζεται ως η δύναμη που ασκείται πάνω σε μια συγκεκριμένη επιφάνεια. Η πρώτη μπορεί να προκαλέσει διαστολή, ή αντίσταση στη συμπίεση ενός ρευστού – ρευστό θεωρείται οποιοδήποτε υγρό ή αέριο ή υδρατμός – που συμπιέζεται. Επίσης, δύναμη θεωρείται οτιδήποτε τείνει να παράγει ή να «μετασχηματίσει» κίνηση.

Υπάρχει μια ειδοποιός διαφορά μεταξύ αερίων και υγρών. Τα υγρά είναι ελάχιστα συμπιέσιμα. Όταν ένα εσώκλειστο υγρό πιέζεται, η πίεση γενικά αυξάνεται. Η τελευταία εξακολουθεί να μεταδίδεται εξίσου σε όλο το δοχείο (που περιέχει το εν λόγω υγρό) . Η συμπεριφορά των ρευστών καθιστά δυνατή τη μεταφορά μιας ώθησης μέσα από σωλήνες, γύρω από γωνίες ή και πάνω κάτω. Ένα υδραυλικό σύστημα χρησιμοποιεί ως μέσο υγρό, επειδή η – σχεδόν ολική -

ασυμπιεστότητά του καθιστά τη δράση στιγμιαία εφόσον το σύστημα είναι γεμάτο από το υγρό. Η πίεση μπορεί να δημιουργηθεί συμπιέζοντας ή πιέζοντας ένα εσώκλειστο ρευστό, μόνον αν εμφανίζεται αντίσταση στη ροή. Υπάρχουν δύο τρόποι για να πιέσουμε ένα υγρό: από τη δράση μιας μηχανικής αντλίας, ή από το ίδιο το βάρος του. Ένα παράδειγμα ύπαρξης πίεσης λόγω του βάρους του ρευστού είναι τα βάρη ενός ωκεανού. Το βάρος του νερού δημιουργεί την πίεση, που αυξάνεται ή μειώνεται, ανάλογα με το βάθος. Πριν από την εμφάνιση του όρου πίεση, το κεφάλι (head) ήταν ο μόνος τρόπος μέτρησης της πίεσης. Εκφραζόταν σε πόδια νερού. Σήμερα, το πρώτο θεωρείται ακόμα η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ δύο επιπέδων σε ένα ρευστό.

Η γη φέρει μια ατμόσφαιρα αέρα, που εκτείνεται πενήντα μίλια (προς τα πάνω) και αυτός ο αέρας έχει βάρος. Έτσι, από το βάρος αυτό, δημιουργείται ένα κεφάλι πίεσης, η γνωστή ατμοσφαιρική πίεση. Το μέτρο της στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 14.7 psi. Ο ρόλος της ατμοσφαιρικής πίεσης στα περισσότερα υδραυλικά συστήματα είναι σημαντικός. Στην εικόνα παρουσιάζεται η αλληλεπίδραση των υδραυλικών και ατμοσφαιρικών πιέσεων κάτω από τρεις διαφορετικές συνθήκες, που αναλύονται διεξοδικά παρακάτω:



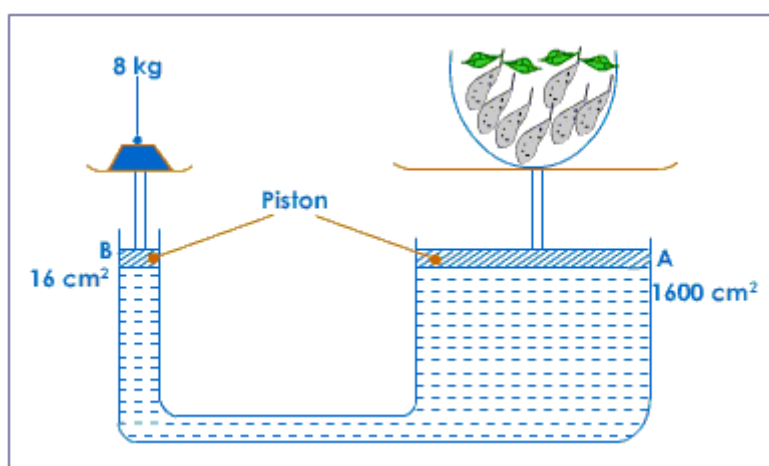
Εικόνα 9-1 Σχέση ατμοσφαιρικής και υδραυλικής πίεσης.

- Διάγραμμα Α: Στην περίπτωση αυτή, ο σωλήνας είναι ανοικτός και από τις δύο πλευρές. Όταν τοποθετείται μέσα σε ένα υγρό, το υγρό θα ανέλθει – εντός και εκτός του δοχείου – σε αναλογία με την ποσότητα του υγρού που εκτοπίζεται από το βυθισμένο τοίχωμα του σωλήνα.
- Διάγραμμα Β: Εδώ, ο σωλήνας είναι κλειστός και από τις δύο πλευρές του. Όταν τοποθετείται σε ένα υγρό, η στάθμη αυτού μέσα στον σωλήνα ωθείται προς τα κάτω, επειδή ο αέρας μέσα στο σωλήνα πρέπει να καταλάβει χώρο. Συνεπώς, το υγρό μετατοπίζεται. Η στάθμη του υγρού έξω από το σωλήνα ανεβαίνει, ανάλογα με τον όγκο του τοιχώματος του κυλίνδρου και τον όγκο του παγιδευμένου αέρα κάτω από την αρχική στάθμη του υγρού. Η ατμοσφαιρική πίεση στο υγρό έξω από το σωλήνα δεν είναι αρκετή ώστε να αναγκάσει το υγρό στο εσωτερικό αυτού να ανέλθει ενάντια στην πίεση του παγιδευμένου αέρα, που είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.
- Διάγραμμα Γ: Σε αυτό το διάγραμμα, το άνω άκρο του σωλήνα είναι κλειστό, αλλά κάποιο ποσό αέρα έχει αφαιρεθεί από αυτόν έτσι ώστε η πίεση στο εσωτερικό του να είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική. Αυτή είναι η κατάσταση του μερικού κενού. Ένα τέλειο κενό θα εμφανιζόταν αν όλη η πίεση μέσα στο σωλήνα θα μπορούσε να αφαιρεθεί. Αυτή όμως είναι μια κατάσταση πρακτικά ανέφικτη. Επειδή το υγρό στο εξωτερικό του σωλήνα υπόκειται σε πλήρη ατμοσφαιρική πίεση, ωθείται προς τα πάνω μέσα στο σωλήνα για να ικανοποιηθεί το κενό. Το πόσο αυξάνεται η στάθμη του υγρού, εξαρτάται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης και της πίεσης του παγιδευμένου αέρα.

Τέλος, είναι επίσης γνωστό ότι το μέτρο της δύναμης ισούται με το γινόμενο της πίεσης επί την επιφάνεια πάνω στην οποία επενεργεί.

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ PASCAL

Στα μέσα του 17^{ου} αιώνα, ο Pascal διατύπωσε τον βασικό νόμο της υδραυλικής. Ανακάλυψε ότι η πίεση που εξασκείται σε ένα ρευστό δρα εξίσου προς όλες τις κατευθύνσεις. Συνεπώς, ο νόμος του ορίζει ότι η πίεση σε ένα εσώκλειστο υγρό μεταδίδεται αμείωτη προς όλες τις κατευθύνσεις και μάλιστα ενεργεί με την ίδια δύναμη σε ίσα εμβαδά και κάθετα στα τοιχώματα ενός δοχείου. Η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει τη διάταξη που χρησιμοποίησε ο Pascal, κατά τη διεξαγωγή των πειραμάτων, για την απόδειξη του νόμου του. Αυτή αποτελούνταν από δύο διασυνδεδεμένους κυλίνδρους διαφορετικής διαμέτρου, με ένα υγρό να βρίσκεται παγιδευμένο ανάμεσά τους.



Εικόνα 9-2 Υδραυλικός μοχλός του Pascal.

Ο Pascal ανακάλυψε ότι το βάρος ενός μικρού εμβόλου θα εξισορροπήσει αυτό ενός μεγαλύτερου, εφόσον τα εμβαδά τους βρίσκονται σε αναλογία με τα βάρη τους. Για παράδειγμα στον μικρό κύλινδρο μια δύναμη 160 N που επενεργεί σε 16 cm^2 της επιφάνειας του εμβόλου, θα δημιουργήσει μια πίεση ίση με 100 kPa. Σύμφωνα με το νόμο του Pascal, αυτή η πίεση μεταδίδεται αμείωτη προς κάθε κατεύθυνση. Στον μεγαλύτερο κύλινδρο, η πίεση των 100 kPa που «έρχεται» από το μικρότερο κύλινδρο, μεταδίδεται σε μια επιφάνεια 1600 cm^2 , με αποτέλεσμα την

παραγωγή μιας δύναμης, στο έμβολο του μεγαλύτερου κυλίνδρου, μέτρου 16 kN. Όπως γίνεται σαφές, η δύναμη έχει πολλαπλασιαστεί εκατό φορές, ένα μηχανικό δηλαδή πλεονέκτημα 100 προς 1. Χρησιμοποιώντας όλα αυτά τα στοιχεία μπορεί να υπολογιστεί και η απόσταση που διανύει το έμβολο. Για παράδειγμα, αν το μικρό έμβολο μετατοπιστεί 10 cm προς τα κάτω, το μεγαλύτερο θα ανέλθει κατά 100 μm. Για τον υπολογισμό της απόστασης που διανύουν τα έμβολα, χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος:

$$D_2 = \frac{F_1 * D_1}{F_2}, \text{ όπου}$$

F_1 η δύναμη που ενεργεί στο πρώτο έμβολο και

D_1 η διανυόμενη απόσταση αυτού

Τα ίδια ισχύουν και για το δεύτερο έμβολο.

ΡΟΗ

Ροή ονομάζεται η κίνηση ενός υδραυλικού ρευστού που προκαλείται από τη διαφορά πίεσης σε δύο σημεία. Σε ένα υδραυλικό σύστημα, η ροή συνήθως παράγεται από την δράση μιας υδραυλικής αντλίας – μια συσκευή που χρησιμοποιείται για να πιέζει συνεχώς ένα υδραυλικό ρευστό. Υπάρχουν δύο τρόποι μέτρησης της ροής, η ταχύτητα και ο ρυθμός ροής.

Η ταχύτητα είναι η μέση ταχύτητα με την οποία κινούνται τα σωματίδια ενός υγρού πέρα από ένα δεδομένο σημείο. Η ταχύτητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κατά τη διαστασιολόγηση των υδραυλικών αγωγών, που μεταφέρουν ένα ρευστό μεταξύ των εξαρτημάτων. Ο ρυθμός ροής αποτελεί ένα μέτρο της ποσότητας του όγκου ενός υγρού που διέρχεται από ένα σημείο σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Ο ρυθμός ροής καθορίζει την ταχύτητα με την οποία το φορτίο κινείται και συνήθως αποτελεί σημαντικό παράγοντα κατά τον υπολογισμό της ισχύος του συστήματος.

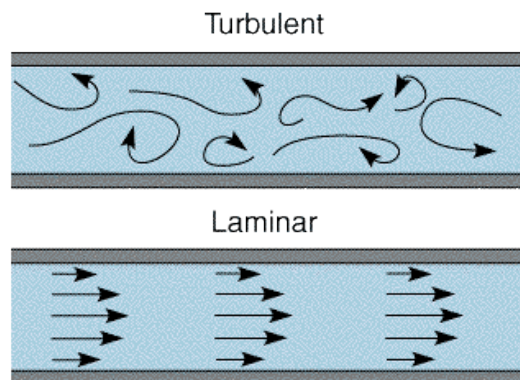
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Ενέργεια είναι η ικανότητα παραγωγής έργου και μετριέται σε Joule (J). Η ενέργεια διακρίνεται γενικά σε τρεις μορφές: την δυναμική, την κινητική και την θερμική. Το έργο μετρά «επιτεύγματα». Απαιτείται κίνηση, ώστε μια δύναμη να παράγει έργο. Η ισχύς είναι ο ρυθμός του παραγόμενου έργου, ή ο ρυθμός μεταφοράς ενέργειας.

- **Δυναμική ενέργεια:** Η δυναμική ενέργεια είναι η ενέργεια λόγω θέσης. Ένα αντικείμενο έχει δυναμική ενέργεια, που εξαρτάται ανάλογα από την κατακόρυφη απόστασή του από την επιφάνεια της γης. Για παράδειγμα, το νερό που συκρατείται από ένα φράγμα αντιπροσωπεύει δυναμική ενέργεια, διότι μέχρι να απελευθερωθεί δεν παράγει έργο. Στην υδραυλική, η δυναμική ενέργεια αποτελεί ένα στατικό παράγοντα (στοιχείο). Όταν ασκείται δύναμη σε ένα εσώκλειστο υγρό, η δυναμική ενέργεια εμφανίζεται εξαιτίας της στατικής πίεσης του υγρού. Η δυναμική ενέργεια ενός κινούμενου υγρού μειώνεται με την απελευθέρωση θερμότητας. Η πρώτη μπορεί να μειωθεί επίσης με την μετατροπή της σε κινητική ενέργεια. Συνεπώς, ένα κινούμενο υγρό παράγει έργο λόγω της στατικής του πίεσης και της ορμής του.
- **Κινητική ενέργεια:** Η κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που κατέχει ένα σώμα εξαιτίας της κίνησής του. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα αυτού, τόσο μεγαλύτερη είναι και η κινητική του ενέργεια. Όταν το νερό απελευθερώνεται από ένα φράγμα «εκτοξεύεται» ως ένας πίδακας υψηλής ταχύτητας, αναπαριστώντας ενέργεια λόγω κίνησης δηλαδή κινητική ενέργεια. Το μέτρο της σε ένα κινούμενο υγρό είναι ευθέως ανάλογο του τετραγώνου της ταχύτητάς του. Η πίεση που δημιουργείται λόγω της κινητικής ενέργειας καλείται πίεση ταχύτητας.

- **Θερμική ενέργεια και τριβή:** Η θερμική ενέργεια είναι η ενέργεια που κατέχει ένα σώμα εξαιτίας της θερμότητάς του. Η κινητική και η θερμική ενέργεια των σωμάτων αποτελούν δυναμικούς παράγοντες. Ο νόμος του Pascal αναφέρεται στη στατική πίεση και δεν περιλαμβάνει το συντελεστή τριβής. Η τριβή είναι η αντίσταση που εμφανίζεται κατά τη σχετική κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων. Όταν ένα υγρό ρέει σε ένα υδραυλικό κύκλωμα, η τριβή παράγει θερμότητα. Το γεγονός αυτό οδηγεί στη μετατροπή ενός ποσοστού της κινητικής ενέργειας σε θερμική. Η ύπαρξη τριβής, επίσης, οδηγεί σε πτώση πίεσης. Παρόλο που η τριβή δεν μπορεί να εξαλειφθεί τελείως, μπορεί να ελεγχθεί ως ένα βαθμό. Οι τρεις κύριες αιτίες ύπαρξης υπερβολικής τριβής σε ένα υδραυλικό σύστημα είναι οι γραμμές με εξαιρετικά μεγάλο μήκος, οι πολλές στροφές και εξαρτήματα και η υπερβολική ταχύτητα λόγω χρήσης γραναζιών μεγέθους κάτω του κανονικού.

Σε ένα υγρό που ρέει μέσω ίσων σωληνώσεων, με χαμηλή ταχύτητα, τα σωματίδιά του κινούνται σε ευθείες γραμμές, παράλληλες προς την κατεύθυνση της ροής. Οι θερμικές απώλειες λόγω τριβών είναι ελάχιστες. Αυτού του τύπου η ροή καλείται στρωτή ροή. Αν η ταχύτητα αυξηθεί πέραν ενός δεδομένου σημείου, η ροή που αναπτύσσεται καλείται τυρβώδης ροή.



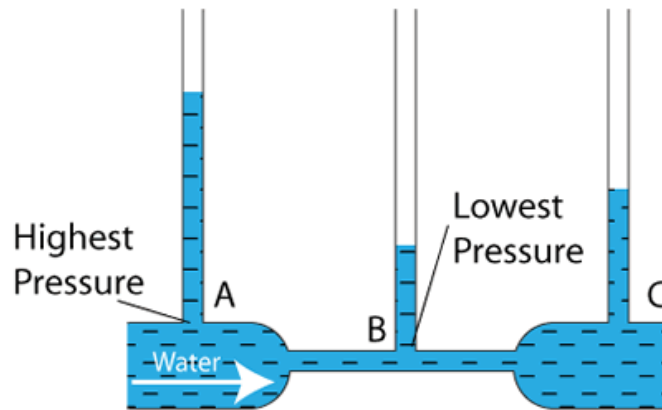
Εικόνα 9-3 Τύποι ροής.

Για να παραχθεί έργο σε ένα υδραυλικό σύστημα, πρέπει να υφίσταται ροή. Εξ'αυτού, το έργο είναι το αποτέλεσμα της εξάσκησης μιας δύναμης πάνω σε μια ορισμένη απόσταση. Το μέτρο του πρώτου προκύπτει ως το γινόμενο της εφαρμοζόμενης δύναμης επί την απόσταση ($W = F \cdot x$). Με την ίδια λογική, αφού η ισχύς αντικατοπτρίζει τον ρυθμό παραγωγής έργου, το μέτρο της θα δίνεται από το γινόμενο της δύναμης επί την ταχύτητα κίνησης

$$(P = F \cdot u) .$$

Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ Bernoulli

Η αρχή του Bernoulli ορίζει ότι η στατική πίεση ενός κινούμενου υγρού μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητά του, δηλαδή με την αύξηση της πίεσης η ταχύτητα μειώνεται και το αντίστροφο. Ουσιαστικά, παρέχει μια σχέση μεταξύ ταχύτητας και πίεσης. Στην εικόνα που ακολουθεί, η νοητή εφαρμοζόμενη δύναμη στο νοητό έμβολο είναι αρκετή για να δημιουργήσει ένα επίπεδο πίεσης 100 Pa μέσα στο θάλαμο Α. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα κάτω, το υγρό που εξωθείται από τον θάλαμο Α πρέπει να περάσει μέσω του περάσματος Β για να φτάσει στο θάλαμο Γ. Η ταχύτητα αυξάνεται καθώς το υγρό περνά μέσα από το πέρασμα, διότι η ίδια ποσότητα υγρού πρέπει να διέλθει μέσα από μια στενότερη επιφάνεια στον ίδιο χρόνο. Μερικά από τα 100 Pa στατικής πίεσης στο θάλαμο Α μετατρέπονται σε ενέργεια ταχύτητας στο πέρασμα Β, με αποτέλεσμα ένα νοητό μανόμετρο τοποθετημένο στην τελευταία θέση να δείχνει 90 Pa. Καθώς το υγρό διέρχεται μέσω του περάσματος και φθάνει στο θάλαμο Γ, η ταχύτητα μειώνεται στο αρχικό της επίπεδο, όπως υποδεικνύεται από το μανόμετρο που θα δείχνει 100 Pa. Τέλος, ένα μέρος της κινητικής ενέργειας μετατρέπεται σε δυναμική.



Εικόνα 9-4 Η αρχή του Bernoulli.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ^{30 31}

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

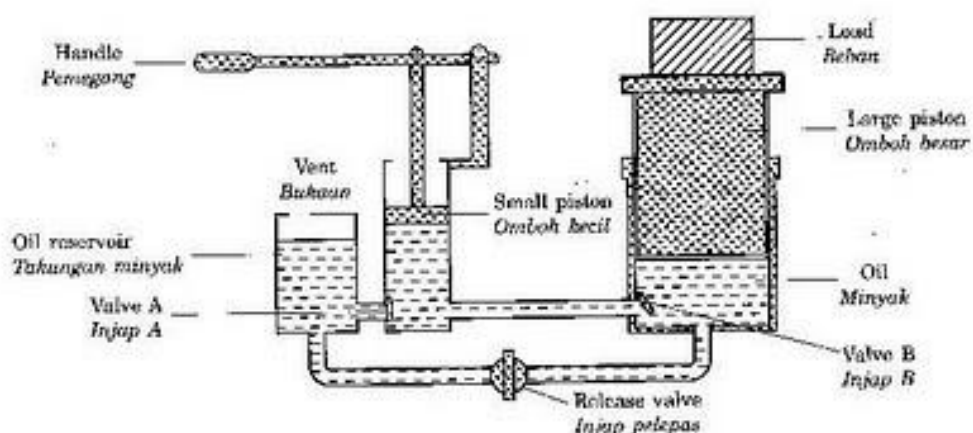
Ένα υδραυλικό σύστημα περικλείει και περιορίζει ένα υγρό με τρόπο τέτοιο, ώστε να ισχύουν οι νόμοι της υδραυλικής, να μεταδοθεί ισχύς και να παραχθεί έργο. Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται κάποια βασικά συστήματα και διάφορα εξαρτήματα ενός υδραυλικού συστήματος, που χρησιμεύουν για την αποθήκευση και ρύθμιση του ρευστού. Τα ρεζερβουάρ (επίσης δεξαμενές ή ντεπόζιτα) αποτελούν συνήθως τις αποθήκες ή τους διατηρητές του ρευστού. Τα φίλτρα, τα πλέγματα και οι μαγνητικές τάπες διατηρούν το ρευστό απομακρύνοντας τις επιβλαβείς προσμίξεις, που θα μπορούσαν να μπλοκάρουν περάσματα και να προκαλέσουν βλάβη σε εξαρτήματα. Εναλλάκτες θερμότητας ή ψύκτες χρησιμοποιούνται συχνά για να διατηρήσουν τη θερμοκρασία του ρευστού σε ασφαλή όρια και για να αποτρέψουν την υποβάθμιση της ποιότητας του εκάστοτε υγρού. Οι συσσωρευτές, αν και τεχνητές πηγές αποθηκευμένης ενέργειας, λειτουργούν ως αποθήκες του ρευστού.

ΒΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ³²

Στα επόμενα παρουσιάζονται διάφοροι τύποι βασικών υδραυλικών συστημάτων.

1. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΓΡΥΛΛΟΣ

Σε αυτό το σύστημα ένα ρεζερβουάρ και ένα σετ βαλβιδών έχει προστεθεί στον υδραυλικό μοχλό του Pascal, ώστε να χτυπάται διαρκώς ένας μικρός κύλινδρος ή μian αντλία και να σηκώνεται ένα μεγάλο έμβολο ή ένας ενεργοποιητής μια βαθμίδα με κάθε χτύπημα. Όταν υφίσταται εσωτερικό χτύπημα, μια βαλβίδα ελέγχου στην έξοδο κλείνει από την πίεση υπό φορτίο και μια βαλβίδα ελέγχου στην είσοδο ανοίγει έτσι ώστε το υγρό από το ρεζερβουάρ να πληρώσει το θάλαμο άντλησης. Στην περίπτωση που η αντλία χτυπάται προς τα κάτω, δηλαδή όταν έχω εξωτερικό χτύπημα, μια βαλβίδα ελέγχου στην είσοδο κλείνει από την πίεση και μian αντίστοιχη στην έξοδο ανοίγει. Έτσι, περισσότερο υγρό διοχετεύεται κάτω από το μεγάλο έμβολο για να το ανυψώσει. Για να κατέβει το φορτίο, μια τρίτη βαλβίδα ανοίγει και ελευθερώνει μια περιοχή κάτω από το έμβολο προς τη δεξαμενή. Το φορτίο τότε πιέζει το έμβολο προς τα κάτω και ωθεί το υγρό μέσα στο ρεζερβουάρ.



Εικόνα 9-5 Υδραυλικός γρύλλος.

2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ

Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει μια οδηγούμενη αντλία ισχύος, που λειτουργεί έναν αναστρέψιμο περιστροφικό κινητήρα. Μια βαλβίδα αντιστροφής κατευθύνει το υγρό σε κάθε πλευρά του κινητήρα και πίσω στο ρεζερβουάρ. Μια βαλβίδα εκτόνωσης προστατεύει το σύστημα από την υπερπίεση και μπορεί να παρακάμψει την έξοδο της αντλίας, προς το ρεζερβουάρ, αν η πίεση αυξηθεί υπερβολικά.

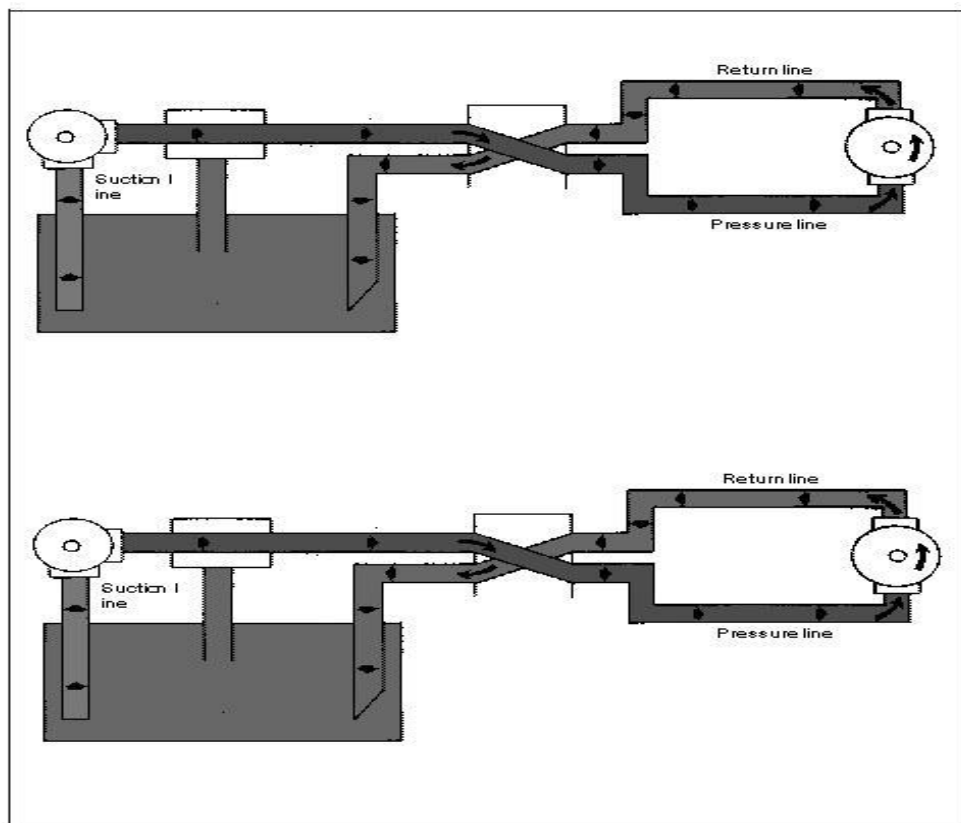


Figure 2-2. Motor-reversing system

Εικόνα 9-6 Σύστημα με κινητήρα αντιστροφής.

3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

Σε αυτό το σύστημα μια βαλβίδα ελέγχου, με μορφή πηνίου, πρέπει να διατηρείται ανοιχτή στο κέντρο ώστε να επιτρέπει στη ροή της αντλίας να περάσει μέσα από αυτήν και να επιστρέψει στο ρεζερβουάρ. Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει ένα σύστημα ανοιχτού κέντρου σε κατάσταση εν κενώ.

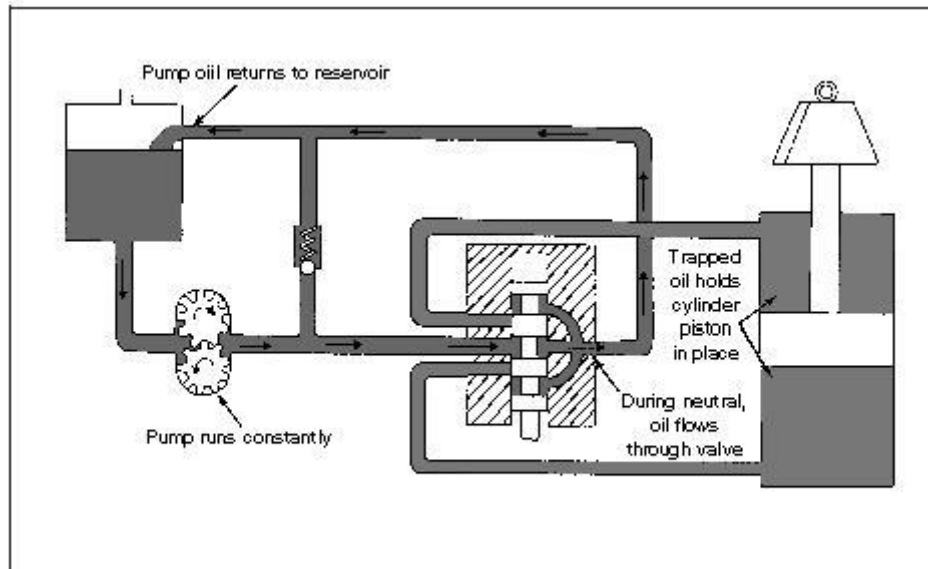


Figure 2-3. Open-center system

Εικόνα 9-7 Σύστημα ανοιχτού κέντρου.

Για να επιτελούνται πολλές λειτουργίες ταυτόχρονα ένα σύστημα ανοιχτού κέντρου πρέπει να έχει τις σωστές συνδέσεις, που αναλύονται στα επόμενα. Γενικά όμως, ένα τέτοιο σύστημα είναι αποδοτικό στην απλή λειτουργία και περιορίζεται όσο οι λειτουργίες αυξάνονται.

- ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΣΥΝΔΕΣΗ

Η παρακάτω εικόνα δείχνει ένα σύστημα ανοιχτού κέντρου με σειριακή σύνδεση. Το ρευστό από την αντλία οδηγείται στις τρεις βαλβίδες ελέγχου που βρίσκονται σε σειρά. Η έξοδος της πρώτης βαλβίδας οδηγείται στην είσοδο της δεύτερης βαλβίδας και η διαδοχή συνεχίζεται ως και την τελευταία βαλβίδα. Εν κενώ, το ρευστό διέρχεται μέσα από τις βαλβίδες στη σειρά και επιστρέφει στο ρεζερβουάρ, όπως υποδηλώνουν τα βέλη. Όταν μια βαλβίδα ελέγχου λειτουργεί, το εισερχόμενο ρευστό εκτρέπεται προς τον κύλινδρο που είναι συνδεδεμένος με την βαλβίδα. Το επιστρέφον υγρό από τον κύλινδρο δρομολογείται μέσω της γραμμής επιστροφής στην επόμενη βαλβίδα.

Το σύστημα αυτό λειτουργεί ικανοποιητικά με την προϋπόθεση ότι μόνο μια βαλβίδα είναι ενεργή κάθε στιγμή. Όταν συμβαίνει αυτό, η πλήρης έξοδος της αντλίας, σε πλήρη πίεση του συστήματος, είναι διαθέσιμη για την εκάστοτε λειτουργία. Όμως, όταν περισσότερες της μίας βαλβίδας λειτουργούν ταυτόχρονα το σύνολο των πιέσεων που απαιτούνται για κάθε λειτουργία δεν μπορεί να υπερβαίνει τη ρύθμιση εκτόνωσης του συστήματος, με αποτέλεσμα η διάταξη να υστερεί αποδοτικότητας.

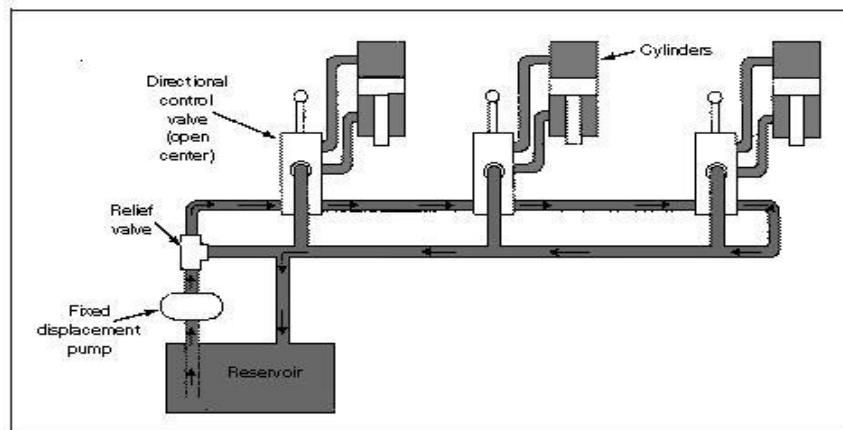


Figure 2-4. Open-center system with a series connection

Εικόνα 9-8 Σύστημα ανοιχτού κέντρου με σειριακή σύνδεση.

- ΣΕΙΡΙΑΚΗ-ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣΥΝΔΕΣΗ

Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει μια παραλλαγή του μοντέλου σειριακής σύνδεσης. Το ρευστό από την αντλία οδηγείται μέσω των βαλβίδων ελέγχου, που βρίσκονται σε σειρά, αλλά και παράλληλα. Οι βαλβίδες μερικές φορές στοιβάζονται ώστε να δημιουργηθούν νέα περάσματα. Εν κενώ, το υγρό διέρχεται από τις βαλβίδες στη σειρά, όπως υποδηλώνουν τα βέλη. Όμως, όταν έστω και μια βαλβίδα βρίσκεται σε λειτουργία, η έξοδος κλείνει και το ρευστό είναι διαθέσιμο σε όλες τις βαλβίδες μέσω της παράλληλης συνδεσμολογίας.

Όταν περισσότερες της μιας βαλβίδας λειτουργούν ταυτόχρονα, ο κύλινδρος που απαιτεί την ελάχιστη πίεση θα λειτουργήσει πρώτος, δεύτερος θα

λειτουργήσει αυτός με την αμέσως μεγαλύτερη απαιτούμενη πίεση, κ.ο.κ. Η ικανότητα λειτουργίας δύο ή περισσότερων βαλβίδων ταυτόχρονα αποτελεί ένα πλεονέκτημα σε σχέση με τη σειριακή σύνδεση.

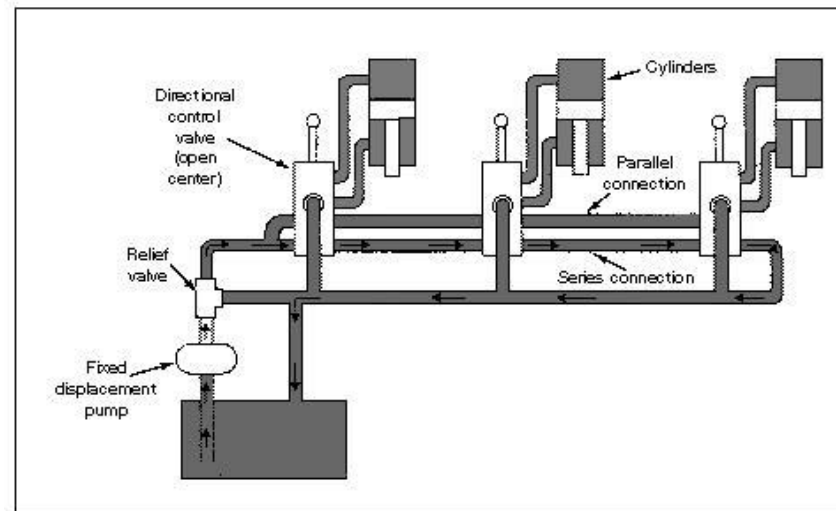


Figure 2-5. Open-center system with a series/parallel connection

Εικόνα 9-9 Σύστημα ανοιχτού κέντρου με σειριακή – παράλληλη σύνδεση.

- ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ ΡΟΗΣ

Η εικόνα ακολουθεί παρουσιάζει ένα σύστημα ανοιχτού κέντρου με διαχωριστή ροής. Ο τελευταίος λαμβάνει το συνολικό όγκο του ρευστού από την αντλία και τον διαιρεί μεταξύ δύο λειτουργιών. Για παράδειγμα, ένας διαχωριστής ροής μπορεί να είναι κατασκευασμένος με τρόπο τέτοιο, ώστε να ανοίγει πρώτα η αριστερή πλευρά του, σε περίπτωση που δύο βαλβίδες ελέγχου είναι ενεργοποιημένες ταυτόχρονα. Ειδάλλως, μπορεί να διαιρεί το ρευστό και στις δύο πλευρές, εξίσου ή βάσει ποσοστιαίας αναλογίας. Σε αυτό το σύστημα, η αντλία πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να εκτελεί όλες τις λειτουργίες ταυτόχρονα. Θα πρέπει επίσης να παρέχει το υγρό στη μέγιστη πίεση της υψηλότερης λειτουργίας. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να σπαταλάται ένα μεγάλο ποσό ισχύος, όταν μόνο μια βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται σε λειτουργία.

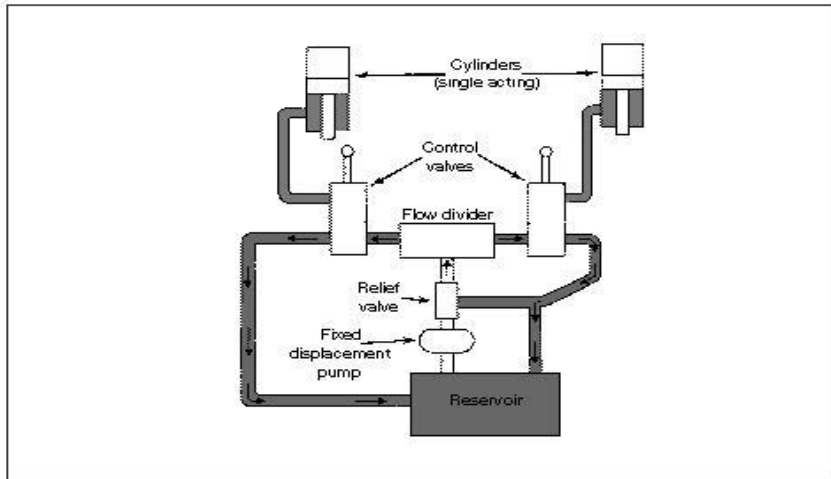


Figure 2-6. Open-center system with a flow divider

Εικόνα 9-10 Σύστημα ανοικτού κέντρου με διαχωριστή ροής.

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

Σε αυτό το σύστημα η αντλία μπορεί να «ξεκουράζεται», όταν το ρευστό δεν απαιτείται για να επιτελεστεί μια λειτουργία. Αυτό σημαίνει ότι μια βαλβίδα ελέγχου είναι κλειστή στο κέντρο, σταματώντας τη ροή του ρευστού από την αντλία. Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει ένα τέτοιο σύστημα.

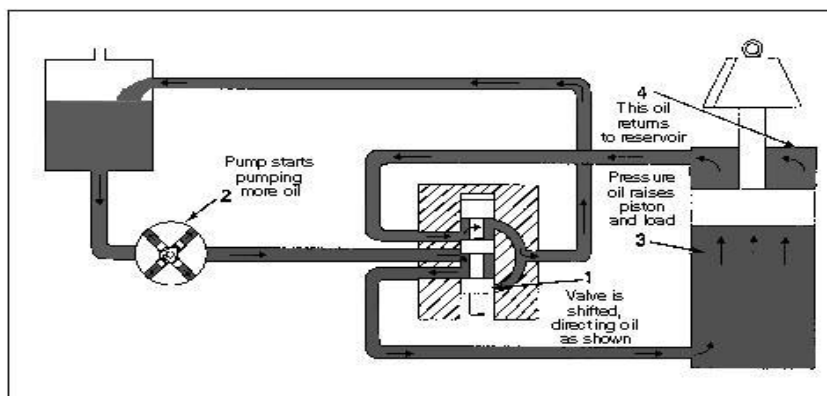


Figure 2-7. Closed-center system

Εικόνα 9-11 Σύστημα κλειστού κέντρου.

Για να εκτελεστούν πολλές λειτουργίες ταυτόχρονα, ένα σύστημα κλειστού κέντρου πρέπει να φέρει τις ακόλουθες συνδέσεις:

- **ΑΝΤΛΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ**

Σε αυτό το σύστημα μια αντλία μικρού αλλά σταθερού όγκου φορτίζει ένα συσσωρευτή. Όταν ο συσσωρευτής φορτίζεται σε πλήρη πίεση, μια βαλβίδα αποφόρτισης επιτρέπει τη ροή της αντλίας πίσω στο ρεζερβουάρ. Μια ρυθμιστική βαλβίδα παγιδεύει το ρευστό υπό πίεση μέσα στο κύκλωμα.

Όταν ενεργοποιείται η βαλβίδα ελέγχου, ο συσσωρευτής αποβάλλει το ρευστό και ενεργοποιεί έναν κύλινδρο. Καθώς η πίεση πέφτει, μια βαλβίδα εκφόρτισης κατευθύνει την ροή της αντλίας στον συσσωρευτή, ώστε να επανεκκινήσει τη ροή. Αυτό το σύστημα, χρησιμοποιώντας μian αντλία μικρής χωρητικότητας, είναι αποδοτικό όταν το ρευστό λειτουργίας απαιτείται μόνο για μικρό χρονικό διάστημα. Όμως, όταν οι λειτουργίες απαιτούν μεγαλύτερη ποσότητα ρευστού για μακρύτερες χρονικές περιόδους, ένα σύστημα με συσσωρευτή δεν μπορεί να διαχειριστεί την κατάσταση, εκτός αν ο συσσωρευτής είναι πολύ μεγάλος. Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει το σύστημα που αναλύθηκε στα προηγούμενα.

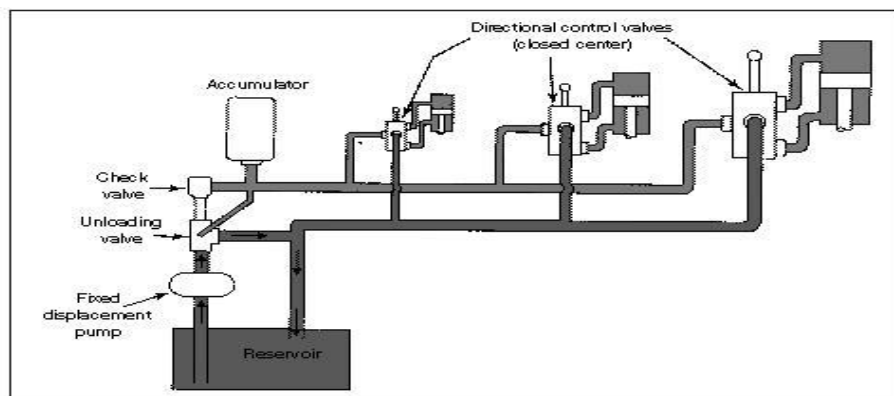


Figure 2-8. Fixed-displacement pump and accumulator

Εικόνα 9-12 Αντλία σταθερής εκτόπισης και συσσωρευτής.

- ΑΝΤΛΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΕΚΤΟΠΙΣΗΣ

Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει ένα σύστημα κλειστού κέντρου με αντλία μεταβλητής εκτόπισης εν κενώ. Σε αυτήν την κατάσταση, το ρευστό αντλείται ως ώτου η πίεση ανέλθει σε ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Μια βαλβίδα ρύθμισης πίεσης επιτρέπει στην αντλία να απενεργοποιείται από μόνη της, διατηρώντας ταυτόχρονα την πίεση, στην ίδια τη βαλβίδα, σε προκαθορισμένα επίπεδα. Όταν η βαλβίδα ελέγχου λειτουργεί, το ρευστό εκτρέπεται από την αντλία στον πάτο του κυλίνδρου. Η πτώση πίεσης που προκαλείται από την σύνδεση στη γραμμή πίεσης της αντλίας με τον πάτο του κυλίνδρου ωθεί την αντλία «να επιστρέψει στη δουλειά», αντλώντας ρευστό στον πάτο του εμβόλου και ανυψώνοντας το φορτίο.

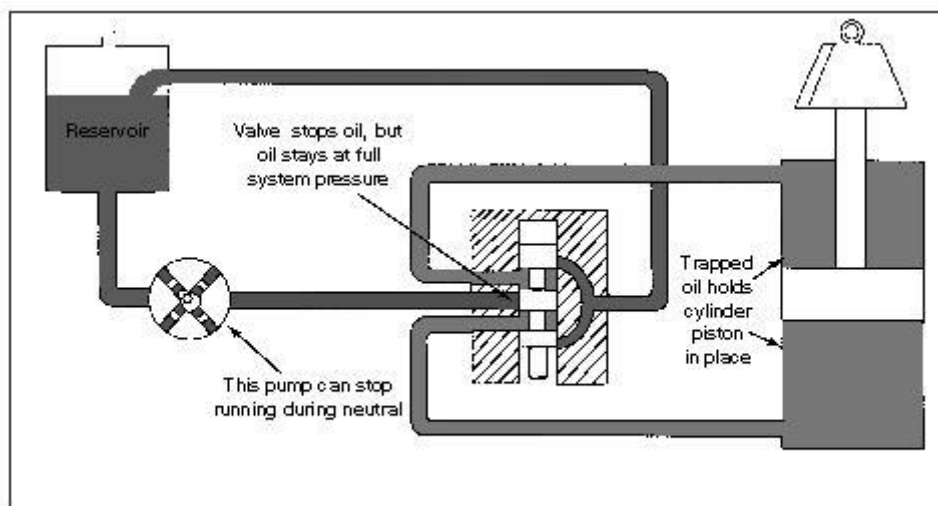


Figure 2-9. Variable-displacement pump

Εικόνα 9-13 Αντλία μεταβλητής εκτόπισης.

Όταν η βαλβίδα κινείται, το πάνω άκρο του εμβόλου συνδέεται σε μια γραμμή επιστροφής, γεγονός που επιτρέπει στο επιστρέφον ρευστό, που ωθήθηκε από το έμβολο, να επιστρέψει στη δεξαμενή ή στην αντλία. Όταν η βαλβίδα επιστρέψει στην λειτουργία εν κενώ λειτουργία, το ρευστό παγιδεύεται και στις δύο πλευρές του κυλίνδρου και το πέρασμα πίεσης από την αντλία φράσσεται. Μετά από τη διαδοχή αυτή των γεγονότων, η αντλία ηρεμεί. Η μετακίνηση της μπομπίνας στην κατώτερη θέση κατευθύνει το ρευστό στην

κορυφή του εμβόλου, με αποτέλεσμα το φορτίο να κινείται προς τα κάτω. Το ρευστό στον πάτο του εμβόλου περνά μέσα από γραμμή επιστροφής.

Η εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζει ένα σύστημα κλειστού κέντρου με αντλία φόρτισης. Η τελευταία αντλεί το ρευστό από το ρεζερβουάρ και το οδηγεί στην αντλία μεταβλητής εκτόπισης. Η αντλία φόρτισης τροφοδοτεί μόνο με ένα ορισμένο ποσό ρευστού ένα σύστημα και παρέχει ορισμένη πίεση εισόδου, για να κάνει μian αντλία μεταβλητής μετατόπισης πιο αποδοτική. Το επιστρέφον ρευστό από τις λειτουργίες του συστήματος οδηγείται κατευθείαν στην είσοδο της αντλίας μεταβλητής μετατόπισης.

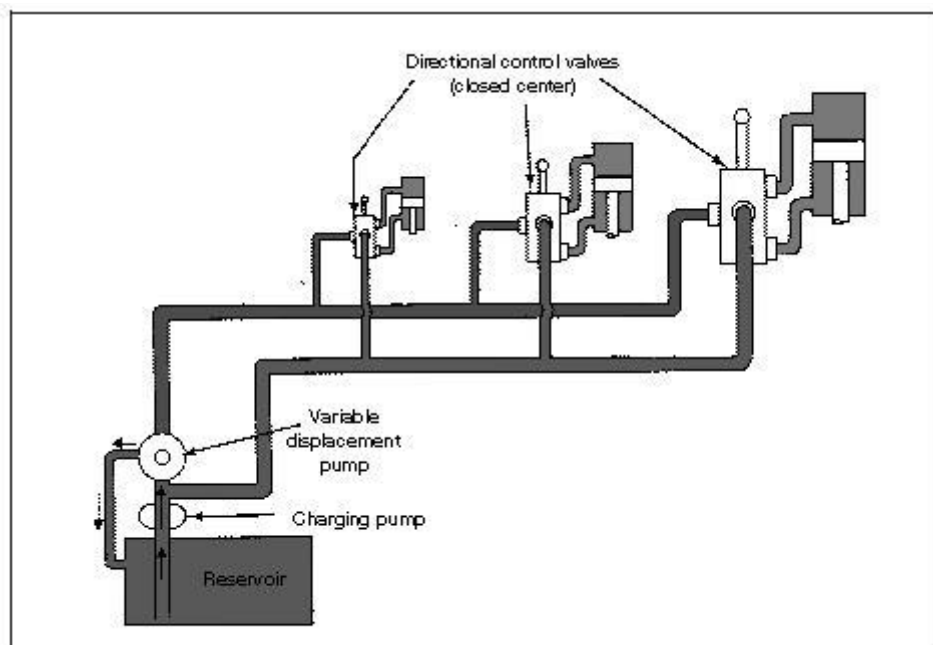


Figure 2-10. Closed-center system with charging pump

Εικόνα 9-14 Κλειστό σύστημα με αντλία φόρτισης.

Επειδή τα σημερινά μηχανήματα απαιτούν μεγαλύτερη υδραυλική ισχύ, ένα σύστημα κλειστού κέντρου παρέχει περισσότερα πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, σ' έναν ελκυστήρα (τρακτέρ) το ρευστό μπορεί να απαιτείται για το υδραυλικό τιμόνι, τους απομονωμένους κυλίνδρους, τους φορτωτές και άλλο εξοπλισμό. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η κάθε λειτουργία απαιτεί διαφορετική ποσότητα ρευστού. Σ' ένα σύστημα κλειστού κέντρου, η ποσότητα

ρευστού για κάθε λειτουργία μπορεί να ελέγχεται από τη γραμμή ή από το μέγεθος της βαλβίδας και η συσσωρευμένη θερμότητα είναι μικρότερη συγκρινόμενη με τους διαχωριστές ροής που απαιτούνται σε ένα συγκρίσιμο σύστημα ανοιχτού κέντρου. Άλλα πλεονεκτήματα αυτού του τύπου σχεδίασης είναι:

- Δεν απαιτούνται βαλβίδες εκτόνωσης, διότι η αντλία απλά σταματά από μόνη της, όταν φθάνει η πίεση σε ένα προκαθορισμένο σημείο. Αυτό εμποδίζει τη συσσώρευση θερμότητας σε συστήματα όπου το επίπεδο της πίεσης εκτόνωσης «παραβιάζεται» συχνά.
- Το μέγεθος των γραμμών, των βαλβίδων και των κυλίνδρων μπορεί να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις ροής της κάθε λειτουργίας.
- Διατίθεται και αποθεματική ροή, χρησιμοποιώντας μια μεγαλύτερη αντλία, για να εξασφαλίζεται πλήρης υδραυλική ταχύτητα σε χαμηλές στροφές της μηχανής (rpm). Κατά αυτόν τον τρόπο εξυπηρετώνται πεισσότερες λειτουργίες.

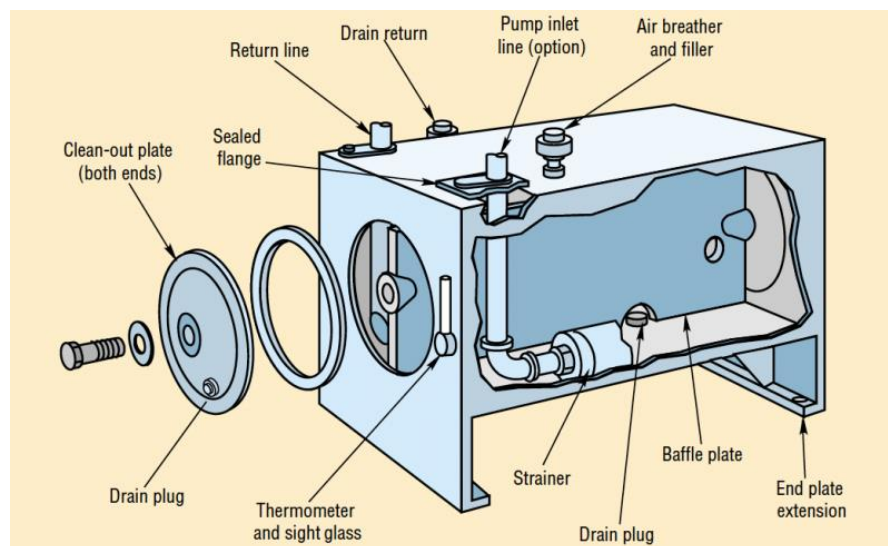
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ^{33 34}

ΡΕΖΕΡΒΟΥΑΡ

Ένα ρεζερβουάρ αποθηκεύει το υγρό που δεν χρησιμοποιείται σε ένα υδραυλικό σύστημα. Επιτρέπει επίσης την απομάκρυνση αερίων και ξένων σωματιδίων από το υγρό.

1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

Ένα κατάλληλα κατασκευασμένο ρεζερβουάρ θα πρέπει να είναι σε θέση να απάγει τη θερμότητα από το λάδι, να διαχωρίζει τον αέρα από το λάδι και να απομακρύνει τις ανεπιθύμητες προσμίξεις. Η κατασκευή των ρεζερβουάρ ποικίλει από μικρές συμπαγείς κατασκευές χάλυβα ως μεγάλες διαμορφωμένες μονάδες. Οι μεγάλες δεξαμενές θα πρέπει να αμμοβολίζονται μετά το πέρας της συγκόλλησης και μετά να ξεπλένονται και να καθαρίζονται χρησιμοποιώντας ατμό. Κατά αυτόν τον τρόπο μειώνεται η κλίμακα συγκόλλησης και το ρίσκο από την θερμοελασμάτωση του χάλυβα. Έπειτα, η εσωτερική επιφάνεια θα πρέπει να σφραγίζεται με μπογιά συμβατή με το υδραυλικό ρευστό. Η κατάλληλη μπογιά σφραγίζει κάθε εναπομείνουσα βρωμιά, που δεν απομακρύνθηκε από το ξέπλυμα και το ατμοκαθάρισμα.



Εικόνα 9-15 Κατασκευαστικά στοιχεία ενός ρεζερβουάρ.

2. ΣΧΗΜΑ

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται κάποια κατασκευαστικά χαρακτηριστικά ενός ρεζερβουάρ. Αυτό θα πρέπει να είναι ψηλό και στενό και όχι «ρηχό» και πλατύ. Η στάθμη του ελαίου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ψηλά και πάνω από το άνοιγμα της γραμμής αναρρόφησης της αντλίας. Αυτό εμποδίζει το κενό στο άνοιγμα της γραμμής να προκαλέσει δίνη ή

ρουφήχτρα, κατάσταση που σημαίνει ότι το σύστημα πιθανόν να λαμβάνει αέρα. Τα αεριούχα έλαια δεν μεταδίδουν ισχύ καταλλήλως, επειδή ο αέρας είναι συμπιεστός. Επίσης, τα πρώτα έχουν την τάση να διασπώνται και να χάνουν τις λιπαντικές τους ιδιότητες.

3. ΜΕΓΕΘΟΣ

Τα μεγέθη των ρεζερβουάρ ποικιλούν. Γενικά, ένα ρεζερβουάρ πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να φέρει απόθεμα ελαίου ακόμα και με όλους τους κύλινδρους του συστήματος σε πλήρη λειτουργία. Το απόθεμα πρέπει να είναι τόσο ώστε να αποτρέπεται ο σχηματισμός δίνης στο άνοιγμα της γραμμής αναρρόφησης. Το ρεζερβουάρ πρέπει να έχει αρκετό χώρο, ώστε να διατηρεί όλο του το λάδι, όταν οι κύλινδροι αποσύρονται από τη λειτουργία. Πρέπει επίσης να διαθέτει χώρο για επέκταση, όταν το έλαιο είναι πολύ θερμό. Για στατικό εξοπλισμό, ένας κανόνας για τη διαστασιολόγηση του ρεζερβουάρ είναι ότι το μέγεθος αυτού πρέπει να είναι δύο με τρεις φορές η παροχή της αντλίας ανά λεπτό.

Μια μεγάλη μεγέθους δεξαμενή είναι ιδιαίτερα ελκυστική, όσον αφορά την ψύξη. Οι μεγάλες επιφάνειες που εκτίθενται στον εξωτερικό αέρα μεταφέρουν θερμότητα από το λάδι. Ένα μεγαλύτερο ντεπόζιτο βοηθά επίσης στην απομάκρυνση των ξένων σωματιδίων και διαχωρίζει τον αέρα μειώνοντας την επανακυκλοφορία.

4. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα περισσότερα κινητά ρεζερβουάρ τοποθετούνται πάνω από τις αντλίες. Δημιουργείται λοιπόν μια κατάσταση πλημμυρισμού της εισόδου της αντλίας. Με τον τρόπο αυτόν, μειώνεται η πιθανότητα σπηλαιώσης της αντλίας, μια κατάσταση όπου όλος ο διαθέσιμος χώρος δεν πληρώνεται και τα μεταλλικά

μέρη διαβρώνονται. Ο πλημμυρισμός της εισόδου μειώνει επίσης την πιθανότητα δημιουργίας δίνης στο άνοιγμα αναρρόφησης ενός αγωγού.

Η τοποθέτηση των ρεζερβουάρ επηρεάζει την απαγωγή θερμότητας. Στην ιδανική περίπτωση, όλοι οι τοίχοι της δεξαμενής θα πρέπει να εκτίθενται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η θερμότητα μεταφέρεται από τα θερμότερα προς τα ψυχρότερα σώματα και μάλιστα η μεταφερόμενη ποσότητα γίνεται τόσο μεγαλύτερη όσο αυξάνει η διαφορά θερμοκρασίας. Τα ρεζερβουάρ που είναι ενσωματωμένα στο μπροστινό άκρο των βραχιόνων φόρτωσης είναι πολύ αποδοτικά στη μεταφορά θερμότητας.

5. ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Τα περισσότερα ρεζερβουάρ εξαερίζονται προς την ατμόσφαιρα. Μια θύρα εξαερισμού επιτρέπει στον αέρα να φύγει από το εξωτερικό ή να εισέλθει στον χώρο πάνω από το έλαιο, καθώς η στάθμη αυτού αυξομειώνεται. Διατηρείται κατά αυτόν τον τρόπο σταθερή ατμοσφαιρική πίεση πάνω από το λάδι, ένα πώμα φίλτρου ρεζερβουάρ με ένα στοιχείο φίλτρου, χρησιμοποιείται συχνά ως μέσο εξαερισμού.

Κάποια ρεζερβουάρ συμπιέζονται, χρησιμοποιώντας μια απλή βαλβίδα ελέγχου πίεσης αντί μιας βαλβίδας εξαερισμού. Μια βαλβίδα ελέγχου πίεσης επιτρέπει αυτόματα την είσοδο του φιλτραρισμένου αέρα μέσα στη δεξαμενή, εκτός αν η πίεση φτάσει ένα προκαθορισμένο σημείο. Ένα ρεζερβουάρ βρίσκεται υπό πίεση όταν το έλαιο και ο αέρας της δεξαμενής διαστέλλονται λόγω της θερμότητας.

6. ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

Η τρόμπα και οι γραμμές επιστροφής της δεξαμενής θα πρέπει να συνδέονται με φλάντζες ή με ειδικά συγκολλημένους συνδέσμους. Οι τυπικοί σύνδεσμοι συνήθως δεν είναι κατάλληλοι, επειδή διαστέλλονται όταν συγκολληθούν. Αν μια γραμμή αναρρόφησης συνδεθεί στον πάτο, ένας σύνδεσμος θα πρέπει να εκτείνεται αρκετά έξω από αυτό το σημείο, αλλά μέσα στην δεξαμενή. Οι εναπομείνουσες βρωμιές δεν θα εισέλθουν μέσα στη γραμμή αναρρόφησης, Όταν η δεξαμενή και το φίλτρο καθαρίζονται μια γραμμή επιστροφής πρέπει να «εκβάλλει» κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής και πάντα κάτω από τη στάθμη του ελαίου.

Μια πλάκα εκτροπής χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό της γραμμής αναρρόφησης από τη γραμμή επιστροφής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το επιστρέφον έλαιο να κυκλοφορεί γύρω από τον εξωτερικό τοίχο για ψύξη, πριν εισέλθει ξανά στην αντλία. Το ύψος της πλάκας πρέπει να είναι περίπου τα 2/3 του ύψους της δεξαμενής. Οι κάτω γωνίες κόβονται διαγώνια για να επιτρέπουν την κυκλοφορία. Επίσης, πρέπει να έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τη διατομή της γραμμής αναρρόφησης, ειδικά η στάθμη του ελαίου μεταξύ της πλευράς επιστροφής και αναρρόφησης μπορεί να είναι άνιση. Το διάφραγμα δηλαδή προστατεύει το έλαιο της μηχανής, κατά τη λειτουργία, της και βοηθά στην ψύξη της διάταξης.

7. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Οι διαδικασίες συντήρησης περιλαμβάνουν την αποστράγγιση και τον καθαρισμό του ρεζερβουάρ. Μια δεξαμενή πρέπει να έχει έναν πιατοειδή πυθμένα, που είναι εφοδιασμένος με ένα σώμα αποστράγγισης στο χαμηλότερο σημείο του. Σε μεγάλες δεξαμενες οι πλάκες πρόσβασης μπορεί να φέρουν βίδες στις άκρες του για εύκολη συντήρηση και αφαίρεση. Ένα ρεζερβουάρ πρέπει να φέρει και έναν οπτικό μετρητή για τον έλεγχο της στάθμης του ελαίου και την πρόληψη της φθοράς από τις απώλειες λίπανσης.

Τα φίλτρα στη γραμμή αναρρόφησης της αντλίας δεν απαιτούν μεγάλη συντήρηση. Από την άλλη, τα στοιχεία των φίλτρων στη γραμμή επιστροφής απαιτούν τακτική αλλαγή. Συνεπώς, αυτό το φίλτρο δεν πρέπει να βρίσκεται κοντά στο ρεζερβουάρ. Όταν μια δεξαμενή συμπιέζεται με πεπιεσμένο αέρα, η υγρασία μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα συντήρησης. Για το λόγο αυτό, η πρώτη πρέπει να έχει και μια παγίδα νερού για την απομάκρυνση της υγρασίας, που τοποθετείται σε σημείο όπου θα επιθεωρείται καθημερινά.

ΠΛΕΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑ

Για τη διατήρηση της κανονικής λειτουργίας των υδραυλικών εξαρτημάτων το υδραυλικό υγρό πρέπει να κρατείται όσο το δυνατόν καθαρότερο. Ξένη ύλη και μικροσκοπικά μεταλλικά σωματίδια από τη φυσιολογική φθορά των βαλβίδων, των αντλιών και άλλων εξαρτημάτων πρόκειται να εισέλθουν στο σύστημα. Πλέγματα, φίλτρα και μαγνητικές τάπες χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση ξένων σωματιδίων από ένα υδραυλικό υγρό και παρέχουν αποτελεσματική προστασία έναντι της μόλυνσης. Οι μαγνητικές τάπες, που είναι τοποθετημένες στο ρεζερβουάρ, χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των σωματιδίων σιδήρου ή χάλυβα από το υγρό.

1. ΠΛΕΓΜΑΤΑ

Το πλέγμα είναι το κύριο σύστημα φιλτραρίσματος, που απομακρύνει τα μεγάλα ξένα σωματίδια από το υδραυλικό υγρό. Παρόλο που η δράση διαλογής του δεν είναι τόσο καλή όσο ενός φίλτρου, το πλέγμα προσφέρει μεγαλύτερη αντίσταση στην ροή. Ένα πλέγμα αποτελείται συνήθως από ένα μεταλλικό πλαίσιο, τυλιγμένο με μια λεπτή λωρίδα λεπτού σύρματος ή ένα στοιχείο διαλογής μεταβλητού πάχους από ειδικά επεξεργασμένο σύρμα. Αν βέβαια ένα πλέγμα προκαλεί υπερβολική τριβή ροής σε μian αντλία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο ή περισσότερα σε παράλληλη σύνδεση. Τα πλέγματα και

οι συνδέσεις των αγωγών πρέπει να βρίσκονται πάντα κάτω από τη στάθμη του υγρού στη δεξαμενή.

2. ΦΙΛΤΡΑ

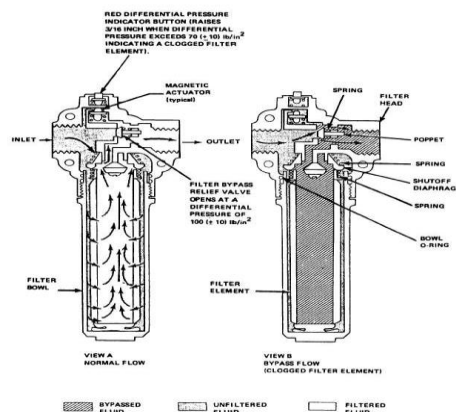
Ένα φίλτρο απομακρύνει μικρά ξένα σωματίδια από ένα υδραυλικό ρευστό και αποτελεί το πιο αποτελεσματικό μέσο προστασίας απέναντι στη μόλυνση. Τα φίλτρα τοποθετούνται μέσα στο ρεζερβουάρ, στις γραμμές πίεσης και οπουδήποτε αλλού είναι απαραίτητα. Ταξινομούνται τα φίλτρα πλήρους ή αναλογικής ροής.

ΦΙΛΤΡΟ ΠΛΗΡΟΥΣ ΡΟΗΣ

Σε ένα φίλτρο πλήρους ροής, όλο το ρευστό που εισέρχεται στη μονάδα περνά πάντα μέσα από το στοιχείο φιλτραρίσματος. Παρόλο που ο σχεδιασμός πλήρους ροής παρέχει καλύτερο φιλτράρισμα, εμφανίζει και μεγαλύτερη απώλεια στη ροή, ειδικά όταν η διάταξη βρωμίζεται. Ένα υδραυλικό υγρό εισέρχεται σε ένα φίλτρο πλήρους ροής μέσω μιας θύρας εισόδου, στο σώμα του φίλτρου και ρέει γύρω από ένα στοιχείο μέσα σε ένα μπολ. Το φιλτράρισμα επιτυγχάνεται καθώς το υγρό περνά διαμέσω του στοιχείου σε έναν κοίλο πυρήνα, αφήνοντας τη βρωμιά και τις προσμίξεις στο εξωτερικό του στοιχείου. Το φιλτραρισμένο υγρό έπειτα ρέει από τον πυρήνα σε μια θύρα εξόδου και από εκεί μέσα στο σύστημα.

Μια βαλβίδα εκτόνωσης – παράκαμψης σε ένα φίλτρο επιτρέπει στο υγρό να παρακάμψει το στοιχείο φιλτραρίσματος και να διέλθει απευθείας μέσω της θύρας εξόδου, όταν το στοιχείο έχει βουλώσει. Τα φίλτρα που δεν έχουν μια βαλβίδα τέτοιου τύπου, φέρουν έναν δείκτη μόλυνσης. Ο δεικτής αυτός λειτουργεί βασιζόμενος στη διαφορά πίεσης του ρευστού στην είσοδο και έξοδο του φίλτρου. Όταν το στοιχείο φιλτραρίσματος συλλέγει μολυσμένα σωματίδια

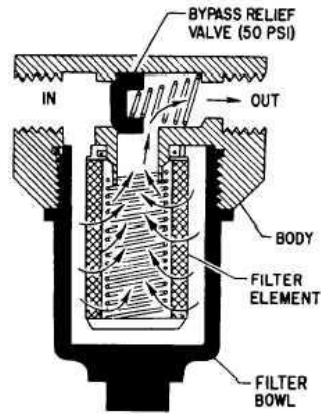
η διαφορά πίεσης –κατά μήκος του- μεγαλώνει. Όταν η αύξηση πίεσης φτάνει ένα προκαθορισμένο σημείο, ένας δείκτης πετάγεται έξω σηματοδοτώντας ότι το στοιχείο πρέπει να καθαριστεί ή να αντικατασταθεί.



Εικόνα 9-16 Φίλτρα πλήρους ροής.

ΦΙΛΤΡΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΡΟΗΣ

Τα φίλτρα αυτού του τύπου λειτουργούν βασισμένα στην αρχή του Βεντούρι, σύμφωνα με την οποία ένας σωλήνας φέρει ένα στενό πέρασμα, για να αυξάνεται η ταχύτητα του ρευστού που ρέει μέσα από αυτό. Συνεπώς, η ροή μέσω ενός σωλήνα Βεντούρι προκαλεί πτώση πίεσης στο στενότερο σημείο του. Η πτώση της πίεσης προκαλεί μια δράση αναρρόφησης, που αντλεί ένα τμήμα του υγρού προς τα κάτω, γύρω από ένα φυσίγγιο, μέσα από ένα φίλτρο και ξανά επάνω στο σωλήνα Βεντούρι. Το φιλτράρισμα λαμβάνει χώρα ανεξάρτητα της κατεύθυνσης της ροής. Παρόλο που μόνο ένα τμήμα του υγρού φιλτράρεται ανά κύκλο, η συνεχής επανακυκλοφορία μέσα από το σύστημα οδηγεί τελικά στο φιλτράρισμα ολης της ποσότητας του υγρού. Η αντικατάσταση ή ο καθαρισμός του φίλτρου γίνεται σε γενικές γραμμές ελέγχοντας την πίεση και απομακρύνοντας το φίλτρο από την υπόλοιπη διάταξη.



Εικόνα 9-17 Φίλτρο τμηματικής ροής.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

Οι γενικές κατηγορίες των υλικών των φίλτρων περιλαμβάνουν τα μηχανικά, τα αδρανή απορροφητικά και τα ενεργά απορροφητικά υλικά:

- Τα μηχανικά φίλτρα περιλαμβάνουν υφασμένα μεταλλικά πλέγματα ή δίσκους. Απομακρύνουν γενικά μόνο σχετικά μεγάλα σωματίδια.
- Τα αδρανή απορροφητικά φίλτρα χρησιμοποιούν βαμβάκι, νήμα ή ύφασμα και μπορούν να απομακρύνουν πολύ μικρότερα σωματίδια. Κάποια απομακρύνουν επίσης νερό και υδατοδιαλυτές προσμίξεις.
- Τα ενεργά απορροφητικά φίλτρα, όπως το ξυλοκάρβουνο, δεν συνιστώνται για χρήση σε υδραυλικά συστήματα.

Οι τρεις βασικοί τέτοιοι τύποι στοιχείων φιλτραρίσματος τώρα είναι η επιφάνεια, η ακμή και το βάθος.

- Ένα στοιχείο φιλτραρίσματος επιφάνειας είναι κατασκευασμένο συνήθως από επεξεργασμένο χαρτί. Εδώ, το έλαιο ρέει μέσω των πόρων του υλικού του φίλτρου, ενώ οι προσμίξεις συγκρατώνται.

- Ένα φίλτρο ακμής κατασκευάζεται από χαρτί ή μεταλλικούς δίσκους. Το υγρό διέρχεται από τα κενά ανάμεσα στους δίσκους. Το επίπεδο φιλτραρίσματος καθορίζεται από την εγγύτητα των δίσκων.
- Ένα φίλτρο βάρους κατασκευάζεται από χοντρά στρώματα βαμβακιού, τσόχας ή άλλων ινών.

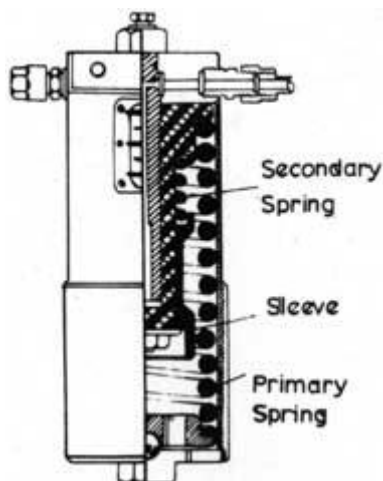
ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Όπως μια ηλεκτρική μπαταρία, ένας υδραυλικός συσσωρευτής αποθηκεύει δυναμική ενέργεια, σε αυτήν την περίπτωση υγρό υπό πίεση, για μελλοντική μετατροπή σε ωφέλιμο έργο. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία κυλίνδρων και κινητήρων ρευστών, τη διατήρηση της απαιτούμενης πίεσης συστήματος σε περίπτωση αστοχίας της αντλίας ή πτώσης της τροφοδοσίας και την αντιστάθμιση της απώλειας πίεσης λόγω διαρροής. Οι συσσωρευτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διανομείς ή «φράγματα» ρευστού. Παρέχουν επίσης τη δυνατότητα απρόφησης κραδασμών. Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα μπορούσε να λεχθεί, ότι ένας συσσωρευτής λειτουργεί ως συσκευή ασφάλειας για το υδραυλικό σύστημα.

1. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΕΛΑΤΗΡΙΟΥ

Αυτός ο συσσωρευτής χρησιμοποιείται σε ορισμένα υδραυλικά συστήματα μηχανικών συσκευών. Χρησιμοποιεί την αποθηκευμένη ενέργεια του ελατηρίου για να δημιουργήσει μια σταθερή δύναμη επί του υγρού, που περιέχεται σε μια γειτονική διάταξη. Τα χαρακτηριστικά φορτίου ενός ελατηρίου είναι τέτοια, ώστε η αποθήκευση ενέργειας να εξαρτάται από τη δύναμη που απαιτείται για τη συμπίεση του ελατηρίου. Το ελεύθερο μήκος του ελατηρίου αναπαριστά μηδενική αποθήκευση ενέργειας. Καθώς το ελατήριο συμπιέζεται στο μέγιστο εγκατεστημένο μήκος του, μια ελάχιστη τιμή πίεσης εμφανίζεται στο υγρό της γειτονικής διάταξης.

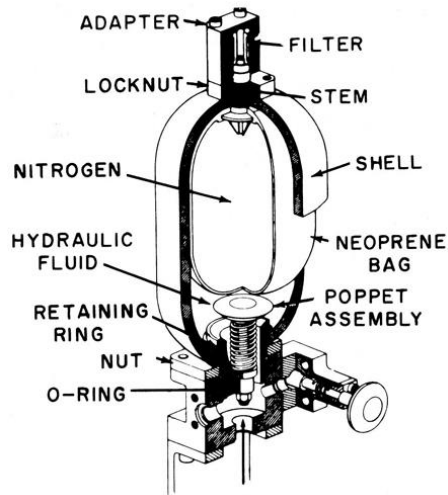
Καθώς το υγρό υπό πίεση εισέρχεται στον κύλινδρο, προκαλώντας τη συμπίεση του ελατηρίου, η πίεση του υγρού θα αυξηθεί λόγω του αυξημένου φορτίου που απαιτείται για να συμπιεστεί το ελατήριο.



Εικόνα 9-18 Συσσωρευτής ελατηρίου.

2. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΣΑΚΟΥ

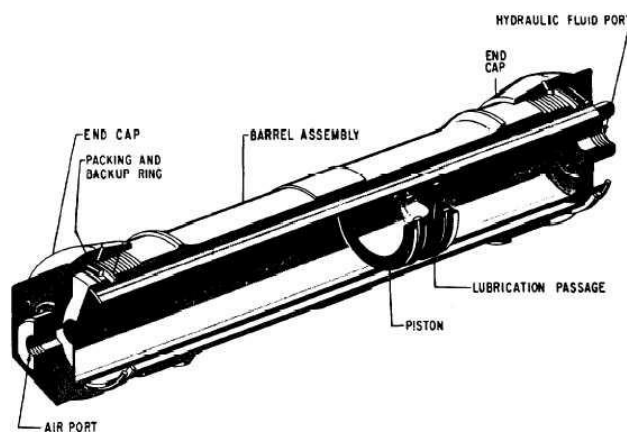
Ο συσσωρευτής αυτού του τύπου αποτελείται από ένα αδιάλειπτο κέλυφος υψηλής πίεσης κυλινδρικού σχήματος, με θολωτά άκρα και έναν συνθετικό ελαστικό σάκο από καουτσούκ, που διαχωρίζει το υγρό και το αέριο μέσα στον συσσωρευτή. Ο σάκος είναι ερμητικά κλειστός στο άνω άκρο του κελύφους. Το δίκτυο αερίου περιλαμβάνει μια βαλβίδα υψηλής πίεσης. Το κάτω μέρος του κελύφους σφραγίζεται με μια ειδική τάπα, που περιέχει μια θύρα υγρού και είναι στοιχείο ασφάλειας. Με αυτόν τον τρόπο, η αποσυναρμολόγηση του συσσωρευτή, ενώ το σύστημα βρίσκεται υπό πίεση, καθίσταται αδύνατη. Ο σάκος είναι μεγαλύτερος στην κορυφή και εκλεπτύνει σε μικρότερη διάμετρο στον πάτο του συσσωρευτή. Καθώς η αντλία ωθεί υγρό μέσα στο κέλυφος του συσσωρευτή, το υγρό πιέζει το σάκο, μικραίνει τον όγκο του και αυξάνει την πίεση. Στη συνέχεια είναι διαθέσιμο για να παράγει έργο.



Εικόνα 9-19 Συσσωρευτής σάκου.

3. ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗΣ ΕΜΒΟΛΟΥ

Ο συσσωρευτής εμβόλου αποτελείται από έναν κύλινδρο, ένα έμβολο και δύο ακροκαλύματα. Περιλαμβάνει ένα ελεύθερο πλωτό έμβολο, με υγρό στη μία πλευρά του και άζωτο ή αέρα στην άλλη. Μια αύξηση στον όγκο του υγρού μειώνει τον όγκο του αερίου και αυξάνει την πίεση αυτού, με αποτέλεσμα να περιέχεται έργο, όταν το υγρό εκχέεται.



Εικόνα 9-20Συσσωρευτής εμβόλου.

4. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Πριν την απομάκρυνση του συσσωρευτή για επιδιόρθωση, απαιτείται η εκτόνωση της εσωτερικής πίεσης. Για έναν συσσωρευτή τύπου ελατηρίου, πρέπει να εκτονωθεί η ένταση του ελατηρίου, ενώ για έναν τύπου σάκου ή εμβόλου, πρέπει να εκτονωθεί η πίεση του αερίου ή του υγρού.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κλείνοντας, στο κείμενο που προηγήθηκε παρουσιάστηκαν οι βασικότερες αρχές παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα, τύποι πνευματικών ενεργοποιητών και η λειτουργία τους καθώς και τύποι υδραυλικών συστημάτων. Έγινε προσπάθεια το κείμενο να είναι όσο το δυνατόν πιο απλό και σαφές, ώστε να μπορεί να το ακολουθήσει ακόμη και ο ανειδίκευτος αναγνώστης. Για τον λόγο αυτόν, σε κάθε ενότητα προηγείται μια αναφορά στις βασικές φυσικές αρχές που διέπουν τα συστήματα. Στη συνέχεια, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στους τύπους αεροσυμπιεστών, όπως και στους κυριότερους τύπους πνευματικών και υδραυλικών συστημάτων. Στα υπόλοιπα κεφάλαια κάθε ενότητας παρουσιάζονται θέματα κατασκευής και απόδοσης που κρίθηκαν σημαντικά. Τέλος, οι εικόνες σε όλη την έκταση του κειμένου θεωρήθηκε ότι θα βοηθήσουν στην επισήμανση βασικών χαρακτηριστικών των συστημάτων που εξετάζονται και θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση εννοιών που απαιτούν περισσότερη προσοχή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 2 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 3 http://authors.library.caltech.edu/25050/4/Chapter_03.pdf
- 4 <http://en.wikipedia.org/wiki/Compressors>
- 5 [http://en.wikipedia.org/wiki/Compressed air](http://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_air)
- 6 <http://www.energymanagertraining.com/GuideBooks/3Ch3.pdf>
- 7 [http://www.apvgn.pt/documentacao/compressor handbook hanlon.pdf](http://www.apvgn.pt/documentacao/compressor_handbook_hanlon.pdf)
- 8 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 9 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 10 [http://www.pneumac.qc.ca/catalogues/Deltech/Filters%20&%20Drain%20Valves/175_n%20\(810%20Series%20Filters\).pdf](http://www.pneumac.qc.ca/catalogues/Deltech/Filters%20&%20Drain%20Valves/175_n%20(810%20Series%20Filters).pdf)
- 11 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 12 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 13 [http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed air manual tcm44-1249312.pdf](http://www.atlascopco.com.gr/images/compressed_air_manual_tcm44-1249312.pdf)
- 14 <http://en.wikipedia.org/wiki/Pneumatics>
- 15 <http://coecl.ece.illinois.edu/ge423/sensorprojects/Pneumatic%20Actuators.pdf>
- 16 <http://www.farnell.com/datasheets/305571.pdf>
- 17 <http://www14.in.tum.de/konferenzen/Jass06/courses/5/Papers/Ponomareva.pdf>
- 18 <http://www.farnell.com/datasheets/305571.pdf>
- 19 <http://www.farnell.com/datasheets/305571.pdf>
- 20 <http://www14.in.tum.de/konferenzen/Jass06/courses/5/Papers/Ponomareva.pdf>
- 21 <http://www.farnell.com/datasheets/305571.pdf>
- 22 https://www.fer.unizg.hr/download/repository/PNEUMATIKA_labs_Festo_eng.pdf
- 23 <http://www14.in.tum.de/konferenzen/Jass06/courses/5/Papers/Ponomareva.pdf>
- 24 https://www.fer.unizg.hr/download/repository/PNEUMATIKA_labs_Festo_eng.pdf
- 25 <http://www.fatih.edu.tr/~aliadam/EEE436A/Hydraulic%20and%20pneumatic%20actuators.pdf>
- 26 <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydraulics>
- 27 <http://www.derijcke.com/dl/manual.pdf>
- 28 <http://www.peterverdone.com/archive/files/hydraulic%20system%20theory.pdf>
- 29 <http://www.peterverdone.com/archive/files/hydraulic%20system%20theory.pdf>
- 30 <http://www.derijcke.com/dl/manual.pdf>
- 31 <http://jidian.ivt.edu.cn/jpkc/jy&ja/ywjy/%E7%BA%AF%E6%B6%B2%E5%8E%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%20%E8%8B%B1%E6%96%87%E7%89%88%E8%AE%B2%E4%B9%89.pdf>
- 32 <http://www.toro.com/Telling%20Pages%20Documents/Customercare%20Commercial/tech-training/09169sl.pdf>
- 33 <http://jidian.ivt.edu.cn/jpkc/jy&ja/ywjy/%E7%BA%AF%E6%B6%B2%E5%8E%8B%E6%8A%80%E6%9C%AF%20%E8%8B%B1%E6%96%87%E7%89%88%E8%AE%B2%E4%B9%89.pdf>
- 34 <http://www.phtruck.com/download/training/trainingbasichydraulics.pdf>