

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα πνευματικά συστήματα θα μας απασχολήσουν στη συγκεκριμένη εργασία. Τα Πνευματικά είναι συστήματα αυτοματισμού κίνησης, τα οποία χρησιμοποιούν ως ενεργειακό μέσο τον πεπιεσμένο αέρα και έχουν τελικό αποτέλεσμα την παλινδρομική κίνηση σειράς εμβόλων ή σπανιότερα την περιστροφή κινητήρων.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής γίνεται αναφορά στις μονάδες παραγωγής πνευματικής ισχύος στο φιλτράρισμα στην λίπανση και στην ρύθμιση της πίεσης του πεπιεσμένου αέρα.

Τα πνευματικά έμβολα και βαλβίδες είναι το κύριο θέμα στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας. Οι πνευματικές βαλβίδες κατατάσσονται σε 3 ομάδες, ανάλογα με τη λειτουργία τους, τις βαλβίδες διεύθυνσης ροής ή βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης, τις βαλβίδες σημάτων και τέλος τις βαλβίδες ελέγχου πίεσεως ή ρυθμιστικές βαλβίδες. Οι κύλινδροι απλής και οι κύλινδροι διπλής ενέργειας είναι οι ποιο διαδεδομένοι στα πνευματικά κυκλώματα και εξασφαλίζουν παραγωγή έργου κατά τη μία κατεύθυνση.

Τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα είναι το θέμα του τρίτου κεφαλαίου της εργασίας. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν ως μέσο λειτουργίας τον ηλεκτρισμό και τον πεπιεσμένο αέρα. Αυτό συνεπάγεται χρήση ηλεκτρομαγνητικών πηνίων στις βαλβίδες (ηλεκτροβαλβίδες) και χρήση ηλεκτρικών μπουτών, τερματικών, ενδεικτικών λυχνιών ...

Ο έλεγχος ενός πνευματικού συστήματος με ένα μόνο κύλινδρο είναι μία σχετικά απλή διαδικασία. Τα πράγματα είναι όμως πιο σύνθετα όταν υπάρχουν δυο, τρις και περισσότεροι κύλινδροι. Ο έλεγχος των σύνθετων πνευματικών συστημάτων είναι το θέμα στο τέταρτο κεφάλαιο της εργασίας.

Κλείνοντας γίνεται αναφορά των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν με τη χρήση των ηλεκτροπνευματικών συστημάτων, όπως και των μειονεκτημάτων.

ABSTRACT

The reason for using pneumatics, or any other type of energy transmission on a machine, is to perform work. The accomplishment of work requires the application of kinetic energy to a resisting object resulting in the object moving through a distance. In a pneumatic system, energy is stored in a potential state under the form of compressed air. Working energy (kinetic energy and pressure) results in a pneumatic system when the compressed air is allowed to expand.

Pneumatic systems are described in the first chapter. Filters, Regulators and Compressors Air muscles require up to 6 bar of air pressure. This air must be clean and oil free since oils used in compressors and normally lubricated air systems will adversely affect the material of the airmuscle bladder. Thus a regulator for maximum air pressure is required and compressor or pump to supply the air. The filter will remove water and oil from the incoming air.

To control the flow of air into and out of airmuscles and other components of a pneumatic system you need Valves. These come in 3 main types a) Directional Control Valves to change the direction of airflow to and from the cylinder, we use a directional control valve., b) Check Valves to prevent the flow of air in the reverse of the required direction, c) Air operated valve, cut off a compressor at top pressure - or to block a line in the case of a burst tube. Air pressure is applied to a cylinder. In the second chapter are described the common types of cylinders and pneumatic valves.

The third chapter describes the electropneumatic systems. That systems use electrically operated valves.

The pneumatic control design is described in the fourth chapter. Finally are described advantages and disadvantages of pneumatic systems.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εντυπωσιακή διάδοση των πνευματικών συστημάτων μέσα σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα περισσότερα προβλήματα αυτοματισμού επιλύονται με χρήση πεπιεσμένου αέρα με τον ευκολότερο και οικονομικότερο τρόπο. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης πεπιεσμένου αέρα είναι πολλά και ξεκινούν από το γεγονός ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι διαθέσιμος οπουδήποτε και σε ανεξάντλητες ποσότητες, μέχρι ότι δεν παρουσιάζει κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς και δεν μολύνει σε περίπτωση διαφυγής του από τις σωληνώσεις.

Είναι πολύ διαδεδομένη στη βιομηχανική πρακτική, η κατάταξη των συστημάτων αυτοματισμού σε κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους και τη φύση γενικά των μέσων που χρησιμοποιούν. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχει εξειδίκευση (Know-how) των κατασκευαστών δομικών στοιχείων και συστημάτων αυτοματισμού σε ορισμένα είδη μέσων, που απαιτούν ορισμένο σύνολο γνώσεων και μεθοδολογιών κατασκευής, πώλησης και χρήσης. Από την πλευρά όμως του χρήστη των αυτοματισμών δεν μπορεί να υπάρξει εξειδίκευση του ίδιου βάθους, γιατί οι περισσότεροι αυτοματισμοί είναι μικτού τύπου. Αυτό συμβαίνει όχι τυχαία, αλλά επειδή κάθε κατηγορία μέσων αυτοματισμού έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα και ιδιαίτερα μειονεκτήματα, με συνέπεια αλλού να μη μπορεί να καλύψει τις ειδικές απαιτήσεις του χρήστη και αλλού να παρουσιάζεται κάποια άλλη κατηγορία μέσων συμφερότερη οικονομικά. Πολύ συχνά η εξειδίκευση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων καταλήγει σε σχεδίαση αυτοματισμών μικτού τύπου.

Τα πρώτα συστήματα αυτοματισμού της βιομηχανικής επανάστασης ήταν μηχανικά συστήματα. Χρησιμοποιούσαν δηλαδή δομικά στοιχεία από κατάλληλα στερεά εξαρτήματα (μοχλούς, τροχούς, ιμάντες, ελατήρια, κ.λπ.). Τα συστήματα αυτά κυριάρχησαν μέχρι και το πρώτο τέταρτο του περασμένου αιώνα, αλλά σήμερα έχουν μόνο ιστορική αξία, αν και πολύ συχνά συναντάμε μηχανικά εξαρτήματα μέσα σε άλλα είδη αυτοματισμών. Τα μηχανικά συστήματα, παρόλο που χρησιμοποιούσαν απλά μηχανικά εξαρτήματα, μπορούσαν να έχουν μεγάλη αποτελεσματικότητα (κλασικό το παράδειγμα του ρυθμιστή του Watt), και χάρη στην καταπληκτική επινοητικότητα των κατασκευαστών τους, σχεδόν απίστευτες για εμάς, δυνατότητες που έχουμε συνηθίσει στη χρήση των σύγχρονων συστημάτων. Οι αυτόματες εργαλείο μηχανές, που εμφανίσθηκαν

στη δεύτερη δεκαετία του αιώνα μας, έκαναν σχεδόν ότι κάνουν και οι σημερινές προγραμματιζόμενες εργαλειομηχανές αλλά με μηχανικά αποκλειστικά εξαρτήματα και πολλές από αυτές είναι ακόμα σε χρήση, ενώ μέχρι και σχετικά πρόσφατα εξακολουθούσαν να κατασκευάζονται. Τελικά όμως τα μηχανικά συστήματα δεν μπορούν να συναγωνισθούν σε κόστος, ευελιξία και αξιοπιστία τα σημερινά σε χρήση συστήματα.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Τεχνολογίες Συστημάτων Αυτοματισμού

Σήμερα χρησιμοποιούμε στη βιομηχανία τέσσερα είδη αυτοματισμών:

- τους υδραυλικούς
- τους πνευματικούς
- τους ηλεκτρικούς και
- τους ηλεκτρονικούς

αυτοματισμούς. Όπως είπαμε, πολύ συχνά συναντάμε και μικτούς τύπους από δύο ή και περισσότερα είδη αυτοματισμών.

Τα *υδραυλικά συστήματα* αυτοματισμών χρησιμοποιούν υδραυλικά ρευστά για τη μετάδοση κινήσεων και δυνάμεων. Έχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλων δυνάμεων και ισχύων, αλλά έχουν αργές αντιδράσεις. Τα συναντάμε σχεδόν οπουδήποτε χρειάζεται μετάδοση ισχυρών δυνάμεων. Υπάρχουν αποκλειστικά υδραυλικά συστήματα στη βιομηχανία, αλλά αρκετά συχνά τα συναντάμε σαν υποσυστήματα άλλων αυτοματισμών μικτού τύπου, που αναλαμβάνουν τις κινήσεις και τη μετάδοση δυνάμεων.

Τα *πνευματικά συστήματα* χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα κατά τον ίδιο περίπου τρόπο όπως τα υδραυλικά. Οι ικανότητές τους σε δυνάμεις είναι μικρότερες σε σχέση με τα υδραυλικά συστήματα, αλλά οι ταχύτητες δράσης τους πολύ καλύτερες και γι' αυτό είναι πάρα πολύ διαδεδομένα στη βιομηχανία.

Τα *ηλεκτρικά συστήματα* αυτοματισμού χρησιμοποιούν ηλεκτρικά σήματα που προκαλούν μετατοπίσεις και κινήσεις αλλά σε άλλες εξόδους. Οι δυνατότητες τους σε δυνάμεις, ιδίως στατικές δυνάμεις, υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς γιατί θέλουν ειδικές προφυλάξεις κατά υπερφορτίσεων. Μπορούν όμως να κινούν, με πολύ μεγάλη αξιοπιστία και πολύ μεγαλύτερη από τους πνευματικούς αυτοματισμούς ταχύτητα, περίπλοκα συστήματα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Γι' αυτό είναι τα πιο διαδεδομένα συστήματα σήμερα και τα βρίσκουμε σαν υποσυστήματα τουλάχιστον στους περισσότερους βιομηχανικούς αυτοματισμούς.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα αυτοματισμού χρησιμοποιούν και αυτά το ηλεκτρικό ρεύμα σαν φορέα σημάτων, αλλά σε εντάσεις πολύ χαμηλότερες από τα ηλεκτρικά, με συνέπεια να συνδυάζουν την ταχύτητα με πολύ μικρό όγκο. Από πλευράς κόστους υπερέχουν απόλυτα των άλλων συστημάτων, όταν χρειάζονται περίπλοκοι αυτοματισμοί, ιδίως προγραμματιζόμενα συστήματα με μνήμη. Είναι τα μόνα πρακτικά εφαρμόσιμα συστήματα στους έξυπνους αυτοματισμούς. Δεν έχουν όμως τη δυνατότητα να μεταφέρουν δυνάμεις και οι ικανότητές τους να μεταφέρουν ηλεκτρική ισχύ είναι πολύ περιορισμένες. Γι' αυτό στη βιομηχανία τα συναντάμε περισσότερο σαν κέντρα μεγαλύτερων μικτών αυτοματισμών.

Πρέπει να πούμε ότι η διάκριση σε υδραυλικά, πνευματικά, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα αυτοματισμού, αν και πρακτικά χρήσιμη στην εποχή μας, έχει πολλές ελλείψεις και ασάφειες- π.χ. υπάρχουν ηλεκτρικά συστήματα με ηλεκτρονικούς διακόπτες (Thyristors) που δεν έχουν κινούμενα εξαρτήματα. Υπάρχουν πνευματικοί αυτοματισμοί-μινιατούρες με τρόπο λειτουργίας ίδιο με τον τρόπο λειτουργίας των λογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (*Fluidics*)¹. Σε μερικούς βιομηχανικούς αυτοματισμούς χρησιμοποιούνται όλα τα είδη των κυμάτων σαν φορείς σημάτων: Υπέρηχοι, ραδιοκύματα, φωτεινές δέσμες, υπέρυθρες ακτίνες, δέσμες Laser που διαδίδονται μέσα από λεπτούς σωληνίσκους (*Optical Fibers*), που μπορούν να παρουσιάζουν κάμψεις και στροφές.

1.2 Πνευματικά Συστήματα

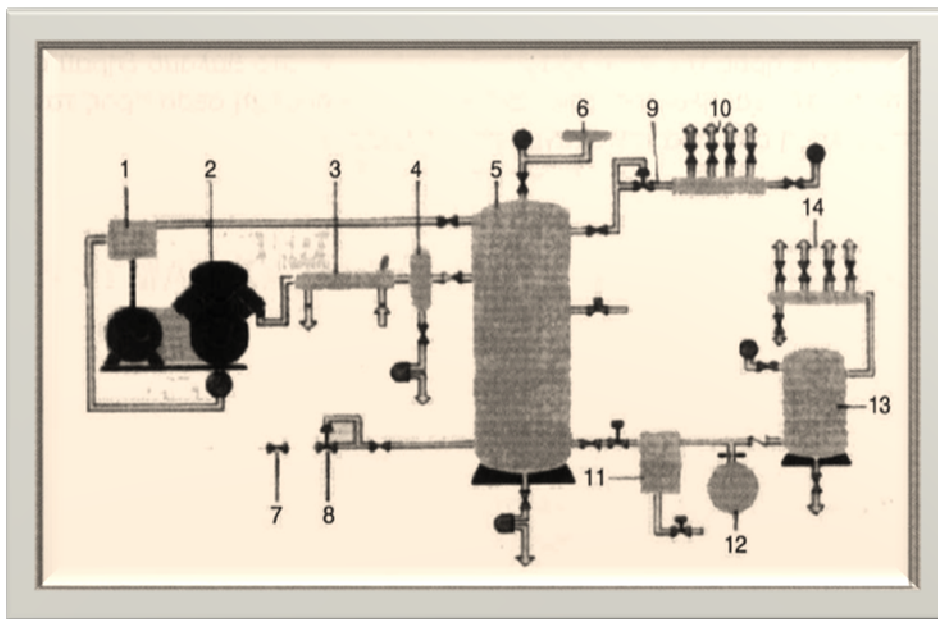
Τα Πνευματικά είναι συστήματα αυτοματισμού κίνησης, τα οποία χρησιμοποιούν ως ενεργειακό μέσο τον πεπιεσμένο αέρα και έχουν τελικό αποτέλεσμα την παλινδρομική κίνηση σειράς εμβόλων ή σπανιότερα την περιστροφή κινητήρων. Τα πνευματικά συστήματα και συγκεκριμένα οι πνευματικές βαλβίδες είναι αυτές που θα μας απασχολήσουν στη συγκεκριμένη εργασία.

1.3 Μονάδες Παραγωγής Πνευματικής Ισχύος

Στο Σχήμα 1.1, φαίνεται μια τυπική μονάδα παραγωγής και προετοιμασίας πεπιεσμένου αέρα. Η εγκατάσταση απαρτίζεται από έναν αεροσυμπιεστή με εμβολοφόρο

¹ Ο όρος *Fluidics* παράγεται από τις λέξεις Fluid & Logics

αντλία και σύστημα αποθήκευσης και διανομής πεπιεσμένου αέρα. Αυτό αποτελείται από ένα ή περισσότερα αεροφυλάκιο εφοδιασμένα με βαλβίδες, ασφαλιστικά επιστόμια, μανόμετρα-θερμόμετρα, σωληνώσεις και διακόπτες του δικτύου διανομής. Επίσης, υπάρχει ένα σύστημα αφύγρανσης, ξήρανσης και λίπανσης του αέρα και πιεζοστατικοί διακόπτες οι οποίοι εκκινούν και σταματούν τον ηλεκτροκινητήρα του αεροσυμπιεστή, ώστε να διατηρείται η πίεση στο αεροφυλάκιο μεταξύ δυο οριακών τιμών (ελάχιστη και μέγιστη).



Σχήμα 1.1 : Μονάδα Παραγωγής Πνευματικής Ισχύος 1. Ρυθμιστής λειτουργίας, 2. Συμπιεστής, 3. Μεταψύκτης, 4. Παγίδα υγρασίας, 5. Αεροφυλάκιο, 6. Πίνακας συναγερμού προειδοποίησης, 7. Παροχή συστήματος αέρα προκινήσεως, 8. Ρυθμιστής πίεσης, 9. Διακόπτης Χ.Π., 10. Αέρας προς εργαλεία, 11. Ξηραντήρας, 12. Θάλαμος αναγέννησης, 13. Αεροφυλάκιο ξηρού αέρα, 14. Παροχές ξηρού αέρα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαδικασία ξήρανσης του αέρα και αναγέννησης του ξηραντήρα. Η υγρασία του πεπιεσμένου αέρα απορροφάται από τα σφαιρίδια οξειδίου του πυριτίου του ξηραντήρα (11). Ο αέρας που ξηραίνεται, διέρχεται από τον αναγεννητή (12) προς το θάλαμο (13) ξηρού αέρα. Όταν η πίεση στο θάλαμο φτάσει σε μια προκαθορισμένη τιμή, διακόπτεται η παροχή αέρα προς τον ξηραντήρα. Η αεροκίνητη βαλβίδα στον πυθμένα του ξηραντήρα ανοίγει, και αέρας από το θάλαμο (12) εισέρχεται υπό ατμοσφαιρική πίεση ξανά στον ξηραντήρα. Ο αέρας αυτός απομακρύνει την υγρασία από το οξείδιο του πυριτίου (το οποίο έτσι αναγεννάται), και οδεύει στη συνέχεια προς την ατμόσφαιρα. Όταν η πίεση στο θάλαμο ξηρού αέρα (13) πέσει στο χαμηλότερο όριο,

ανοίγει ξανά η παροχή αέρα προς τον ξηραντήρα και η ροή από τον αναγεννητή (12) κλείνει.

1.3.1 Γραμμές Πεπιεσμένου Αέρα

Από το χώρο παραγωγής του ο αέρας, αφού υποστεί έναν πρώτο υποβιβασμό της υγρασίας, διοχετεύεται στο χώρο εγκατάστασης των πνευματικών συστημάτων με μια κύρια γραμμή μεταφοράς. Οι τρόποι που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των κύριων γραμμών μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα, είναι, τοποθέτηση των διακλαδώσεων κατανάλωσης στην κύρια γραμμή μεταφοράς. Κεντρική γραμμή μεταφοράς και δημιουργία οριζόντιων διακλαδώσεων σε μορφή "H". Κεντρική γραμμή μεταφοράς "κυκλική" και κάθοδος των διακλαδώσεων προς τις καταναλώσεις. Όλες οι γραμμές οριζόντιας μεταφοράς κατασκευάζονται με κλίση, για την απαγωγή της υγρασίας από το κατώτερο σημείο.

Ο σωστός σχεδιασμός και η εγκατάσταση του δικτύου διανομής του πεπιεσμένου αέρα είναι πολύ σημαντικός προκειμένου το σύστημα να είναι αποδοτικό, αξιόπιστο και οικονομικό. Οι μεταλλικοί και οι ελαστικοί σωλήνες, οι βάνες, οι συνδέσεις, κλπ πρέπει να έχουν τις σωστές διαστάσεις και τύπο για να εξασφαλίζεται η παροχή πεπιεσμένου αέρα στην απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα και να μειωθεί το κόστος ενέργειας στο ελάχιστο δυνατό.

Ένα κατάλληλα σχεδιασμένο σύστημα διανομής αέρα πρέπει να ικανοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια:

- Σωστή πίεση και σωστή ποιότητα αέρα στα σημεία κατανάλωσης
- Επάρκεια παροχής με ελάχιστες διαρροές
- Καλά σχεδιασμένη διαρρύθμιση και ευελιξία
- Ασφάλεια με πλήρη συμμόρφωση στους κανονισμούς

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, θα πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στον σχεδιασμό των σωληνώσεων του πεπιεσμένου αέρα. Αυξημένοι λογαριασμοί ενέργειας, χαμηλή παραγωγικότητα και μειωμένη απόδοση στα αεροεργαλεία είναι το πιθανότερο αποτέλεσμα εάν το δίκτυο διανομής του αέρα είναι ανεπαρκές. Ενδεικτικά:

- Μία πτώση πίεσης της τάξης του 1 bar, σημαίνει 7 % περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια στον αεροσυμπιεστή.

- Για κάθε 0.1 bar χαμηλότερη πίεση λειτουργίας στο αεροεργαλείο από την κανονική, έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσής του κατά 2.5 %.

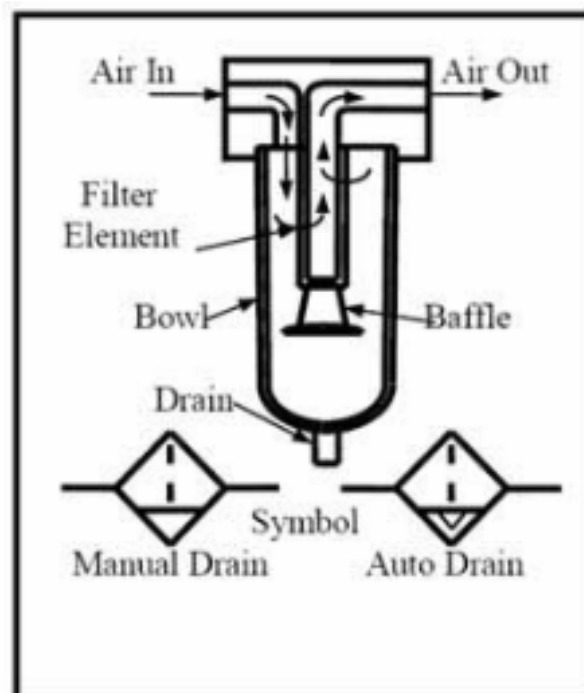
1.3.2 Προπαρασκευαστής Αέρα

Ο παραγόμενος από τον αεροσυμπιεστή πεπιεσμένος αέρας για να είναι κατάλληλος για τη λειτουργία πνευματικού συστήματος, πρέπει να υποστεί τις ακόλουθες επεξεργασίες:

- Φιλτράρισμα
- Ρύθμιση πίεσης
- Λίπανση

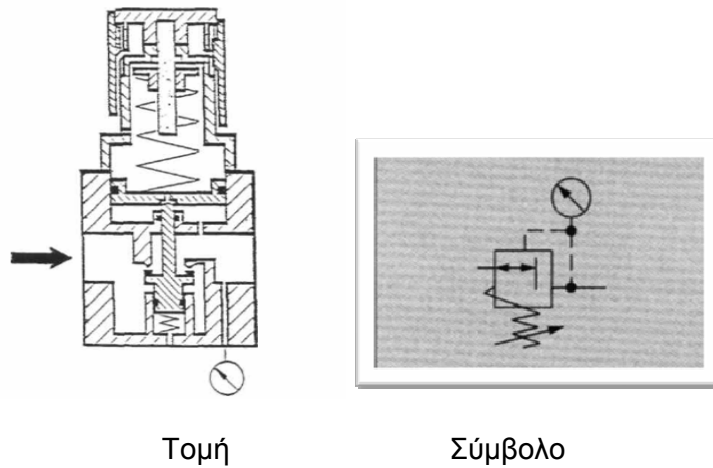
1.3.2.1 Φιλτράρισμα

Ο αέρας από την παραγωγή του έχει αιωρούμενα σωματίδια, σκόνη, λάδια και σταγόνες νερού. Για τον καθαρισμό του, πρέπει να διέλθει από ένα σύστημα φιλτραρίσματος, το οποίο ονομάζεται Φίλτρο αέρα. Το φίλτρο, περιλαμβάνει ένα κώνο από πορώδη χαλκό, σώμα φιλτραρίσματος από στερεά και ελαιώδη σωματίδια κατακράτησης 10 μm ή 50 μm και ένα διαφανές δοχείο για τη συγκέντρωση των σταγονιδίων του νερού. Το άδειασμα του νερού μπορεί να γίνεται αυτόματα, ή με χειροκίνητη βαλβίδα (Σχ. 1.2).



1.3.2.2 Ρύθμιση πίεσης

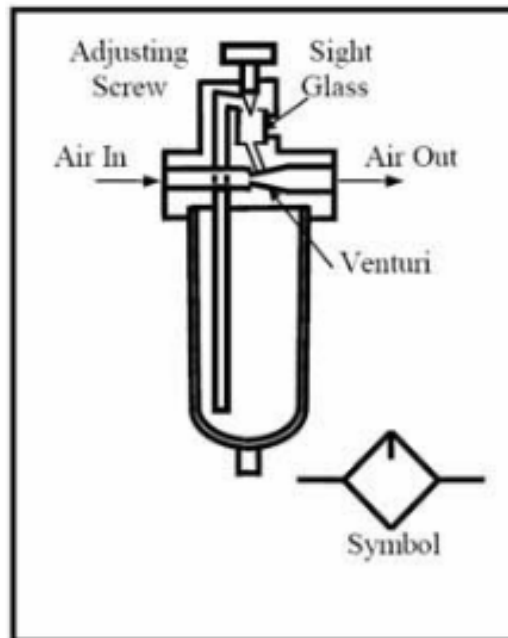
Σε όλα τα πνευματικά συστήματα θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας ρυθμιστής πίεσης, για να ρυθμίζει την πίεση του συστήματος σε σταθερή τιμή στην έξοδο της μονάδας. Η πίεση εξόδου (στην έξοδο) ρυθμίζεται και σταθεροποιείται μέσω του χειροκίνητου τροχού στο επάνω μέρος της μονάδας. Αυτό με τη σειρά του ρυθμίζει την πλάκα υποστήριξης του εμβόλου στο μεγάλο ελατήριο. Το μεγάλο ελατήριο σπρώχνει το έλασμα του διαφράγματος, το οποίο με τη σειρά του σπρώχνει την κάθετη βαλβίδα της βάσης. Όταν τροφοδοτείται αέρας στην είσοδο της μονάδας, περνάει μέσα από το τμήμα της κάθετης βαλβίδας στην πλευρά εξόδου, όπου τροφοδοτεί το έλασμα του διαφράγματος. Η πίεση του αέρα τώρα σπρώχνει αντίθετα το ελατήριο στο έλασμα του διαφράγματος. Καθώς η πίεση του αέρα αυξάνεται, το έλασμα του διαφράγματος κινείται αντίθετα προς το ελατήριο και τέλος επιτρέπει στην κάθετη βαλβίδα να κλείσει (δεν περνάει πλέον αέρας μέσα από την βαλβίδα). Μόλις η πίεση του αέρα στην πλευρά εξόδου της βαλβίδας πέσει το ελατήριο επανέρχεται και το έλασμα του διαφράγματος κινείται ξανά ανοίγοντας την κάθετη βαλβίδα. Περισσότερος αέρας ρέει μέσα από την βαλβίδα ώσπου να συσσωρευτεί ξανά πίεση, ανοίγοντας την βαλβίδα. Συνεπώς η κάθετη βαλβίδα και το διάφραγμα κινούνται διαρκώς επάνω και κάτω (ανοίγοντας και κλείνοντας). Εάν παρουσιαστεί υπερβολική πίεση στην πλευρά εξόδου της βαλβίδας το διάφραγμα θα μετακινηθεί περισσότερο επιτρέποντας στον πλεονάζοντα αέρα να διαφύγει από την οπή που βρίσκεται στο κέντρο του διαφράγματος και έξω από το σώμα του ρυθμιστή στην ατμόσφαιρα. Σπρώχνοντας το κάλυμμα του χειροκίνητου τροχού (προς τα κάτω) η ρύθμιση του ρυθμιστή πίεσης κλειδώνει. Ένας κεντρικός ρυθμιστής πίεσης χρησιμοποιείται σε κάθε πνευματικό σύστημα αέρος (Σχ. 1.3).



Σχήμα 1.3: Ρυθμιστικό (τομή και σύμβολο) [6.1.15]

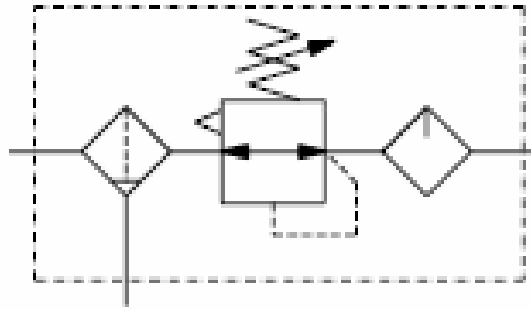
1.3.2.3 Λίπανση

Λόγω των τριβών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό των βαλβίδων από τα κινούμενα μέρη τους, απαιτείται η λίπανσή τους. Σαν λιπαντικό μέσον χρησιμοποιείται ο διερχόμενος πεπιεσμένος αέρας. Η λίπανση του πεπιεσμένου αέρα επιτυγχάνεται με διασπορά λαδιού μικρού δείκτη ιξώδους, SAE 20, σε μικρά σταγονίδια, που γίνεται με τη βοήθεια εξαρτήματος, που ονομάζεται λιπαντήρας. Στο παρακάτω Σχήμα 1.4 φαίνεται ο συμβολισμός του λιπαντήρα και η τομή του.



Σχήμα 1.4: Λιπαντήρας Αέρα (τομή και σύμβολο) [6.3.17]

Στο Σχήμα 1.5 που ακολουθεί, φαίνεται ο διαγραμματικός συμβολισμός μιας μονάδας πλήρους επεξεργασίας αέρα, που απαιτείται στα πνευματικά κυκλώματα, η οποία αποτελείται από μια βαλβίδα ρύθμισης πίεσης με μανόμετρο, φίλτρο και λιπαντήρα.



Σχήμα 1.5: Προπαρασκευαστής Αέρα. [6.3.13]

Μία τυπική μονάδα προπαρασκευής πεπιεσμένου αέρα φαίνεται στο Σχήμα 1.27.



Σχήμα 1.6: Τυπική Μονάδα Προπαρασκευής Αέρα. [6.3.18]

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΕΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΒΑΛΒΙΔΕΣ

2.1 Γενικά

Τα *Πνευματικά Συστήματα* είναι το κύριο θέμα της εργασίας αυτής. Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τα *Πνευματικά Συστήματα* όμως θα πρέπει να περιγράψουμε τη χρησιμότητα των εμβόλων και των πνευματικών βαλβίδων σε ένα Πνευματικό Σύστημα, συνεπώς θα πρέπει πριν από οτιδήποτε άλλο να αναφερθούμε στα συστήματα αυτά, στα μέρη που τα απαρτίζουν και στη χρησιμότητα τους.

Παράλληλα, δεδομένου ότι πολλές εφαρμογές προϋποθέτουν συνδυασμό συστημάτων, θα πρέπει να γίνει πλήρως κατανοητός ο ρόλος που παίζουν οι βαλβίδες στο όλο σύστημα, ώστε η εφαρμογή τους να είναι βιώσιμη σε δύσκολες ή και ακραίες συνθήκες.

Μιλώντας, λοιπόν, για τα Πνευματικά Συστήματα, πρόκειται για τους αυτοματισμούς εκείνους οι οποίοι χρησιμοποιούν ως ενεργειακό μέσο τον *πεπιεσμένο αέρα* και έχουν ως τελικό αποτέλεσμα *παλινδρομική* κίνηση ενός εμβόλου ή την *περιστροφή* ενός κινητήρα.

Οι διάφορες άλλες χρήσεις του πεπιεσμένου αέρα δεν αποτελούν πνευματικό αυτοματισμό αλλά απλά εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες του πεπιεσμένου αέρα, όπως είναι:

- Διασπορά υγρών, χρωμάτων.
- Λειτουργία περιστροφικών αεροεργαλείων.
- Αμμοβολές και μεταφορά μικρομερών στερεών, πνευματική μεταφορά.

Η χρήση, ως βοηθητικού μέσου, της ηλεκτρικής ενέργειας ή του πεπιεσμένου υδραυλικού ρευστού, γίνεται στα πλαίσια του πνευματικού αυτοματισμού και τα συστήματα που προκύπτουν λέγονται *ηλεκτροπνευματικά* ή *υδροπνευματικά*.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των πνευματικών αυτοματισμών είναι τα ακόλουθα:

- Εύκολη αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας, υψηλού όμως κόστους παραγωγής.
- Απλή και φθηνή δημιουργία γραμμικής κίνησης, με σχετικά μεγάλες ταχύτητες, περιορισμένης απόστασης και περιορισμένης δύναμης.

- Χρησιμοποιούν στοιχεία πνευματισμού αντiekρηκτικά, δεν κινδυνεύουν από υπερφόρτιση, εργάζονται σε μη κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος.
- Δυνατότητα εύκολης ρύθμισης ταχύτητας, δύναμης.

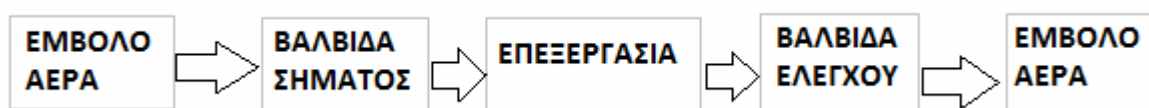
Οι συμβατικοί πνευματικοί αυτοματισμοί (Pneumatics) χρησιμοποιούν αέρα μέσης πίεσης μεταξύ 1,5 και 12 At. Οι πνευματικοί αυτοματισμοί χαμηλής πίεσης (Fluidics), χρησιμοποιούν αέρα πίεσης μικρότερης των 1,5 At . Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα γίνεται στους αεροσυμπιεστές, (Compressors) και δια μέσου απλών σωληνογραμμών ή δικτύου παρέχεται στο σύστημα αυτοματισμού.

Τα στοιχεία που συνθέτουν ένα σύστημα πνευματικού αυτοματισμού μπορούν να καταταχθούν στις εξής ομάδες:

- Παροχής και επεξεργασίας πεπιεσμένου αέρα (Power Unit).
- Βαλβίδων σήματος παροχής αέρα (Signal).
- Βαλβίδων επεξεργασίας σήματος (χρονοβαλβίδα, ρυθμιστής πίεσης, ρυθμιστής παροχής) (Processing).
- Κεντρικών βαλβίδων ελέγχου κατεύθυνσης (Control Valve),
- Εμβόλων αέρος, τα οποία παρέχουν και την τελική μορφή κίνησης (Drive control).

Τα στοιχεία του αυτοματισμού συνδέονται σε λειτουργικά σύνολα και απεικονίζονται σε ειδικά διαγράμματα, τα οποία ονομάζονται *Πνευματικά Διαγράμματα*. Η τυποποίηση του συμβολισμού των πνευματικών στοιχείων, εξαρτημάτων και συνδεσμολογίας γινόταν παλαιότερα κατά CETOP (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τυποποίησης). Η τυποποίηση που χρησιμοποιείται σήμερα είναι κυρίως κατά DIN-ISO 1219.

Στο λογικό διάγραμμα που ακολουθεί (Σχήμα 2.1), βλέπουμε τη γενική ροή που ακολουθείται σε ένα σύστημα πνευματικού αυτοματισμού.



Σχήμα 2.1: Λογικό Διάγραμμα Πνευματικού Συστήματος.

Η ανάπτυξη των συμβολισμών των στοιχείων του αυτοματισμού, όπως θα τους δούμε στις επόμενες παραγράφους, θα γίνει με βάση το σύστημα DIN- ISO 1219, χωρίς να αποκλείεται και η τυποποίηση CETOP.

Η παροχή και επεξεργασία του πεπιεσμένου αέρα θεωρείται στοιχείο του αυτοματισμού, γιατί σε κάθε πνευματικό κύκλωμα προηγείται μια προπαρασκευή του παρεχόμενου από το συμπιεστή αέρα, ώστε να είναι κατάλληλος από πλευράς πίεσης, καθαρότητας και λίπανσης για τη λειτουργία των υπόλοιπων στοιχείων.

Η επεξεργασία μπορεί να υφίσταται και μεταξύ της βαλβίδας ελέγχου κατεύθυνσης και του εμβόλου και να μη γίνεται μόνο στα σήματα αέρος. Οι γενικές αρχές συγκρότησης πνευματικών συστημάτων είναι οι ακόλουθες:

- Το απαραίτητο στοιχείο ενός συστήματος, εκτός βέβαια από την παροχή του πεπιεσμένου αέρα, είναι το έμβολο αέρος.
- Απαραίτητος συνοδός του εμβόλου αέρος, είναι η βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης του εμβόλου και τοποθετείται στη μικρότερη επιτρεπόμενη απόσταση από το έμβολο.
- Η βαλβίδα ελέγχου ενός εμβόλου χρειάζεται σήμα ή σήματα για την ενεργοποίησή της. Τα σήματα αυτά παρέχονται από τις βαλβίδες σήματος, έναρξης ή τερματισμού.
- Μεταξύ εμβόλου και βαλβίδας ελέγχου παρεμβάλλονται ρυθμιστικές βαλβίδες, όπως βαλβίδες ελέγχου ροής, ανεπίστροφες βαλβίδες, που επεξεργάζονται τις παροχές αέρα προς τα έμβολα.
- Όλα τα παραπάνω εξαρτήματα συνδέονται με σωλήνες μεταφοράς πεπιεσμένου αέρα, για λειτουργία και σηματοδότηση.
- Ο σχεδιασμός των στοιχείων του αυτοματισμού γίνεται πάντοτε σε κατάσταση ηρεμίας, προ της έναρξης του κύκλου κινήσεων.

Στην περίπτωση συστημάτων αυτοματισμού με περισσότερα από ένα έμβολα, κάθε έμβολο ακολουθείται από τη βαλβίδα ελέγχου που του αντιστοιχεί και τις βαλβίδες σήματος και επεξεργασίας, ώστε το σύνολο του αυτοματισμού να αποτελείται από υποσύνολα αυτοματισμού του ενός εμβόλου, συνδεδεμένα μεταξύ τους.

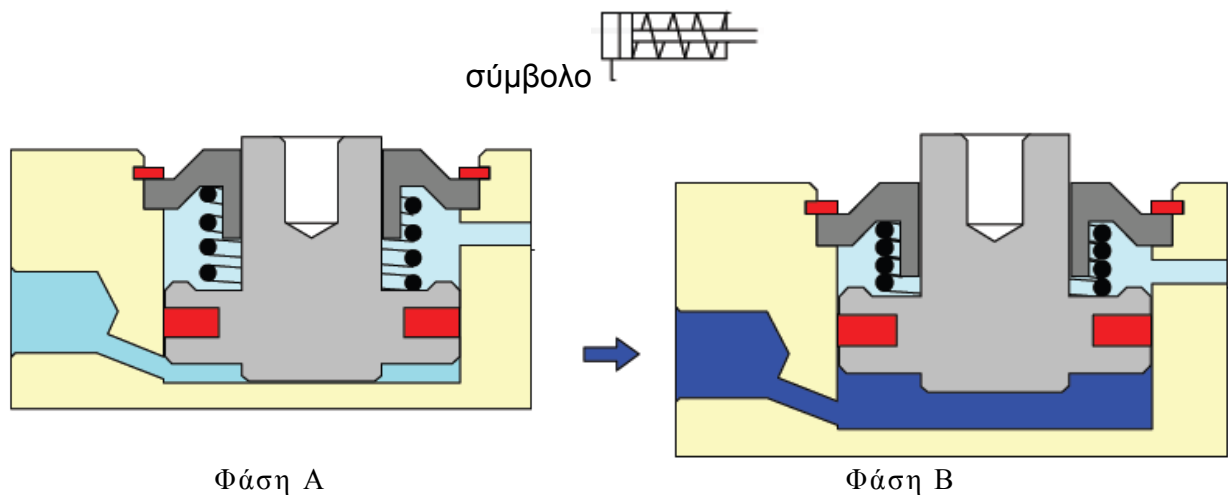
2.2 Έμβολα Αέρος

Τα έμβολα αέρος είναι βασικά στοιχεία του πνευματικού αυτοματισμού. Είναι οι μηχανισμοί μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η παλινδρομική κίνηση με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα. Χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, απλής και διπλής ενέργειας.

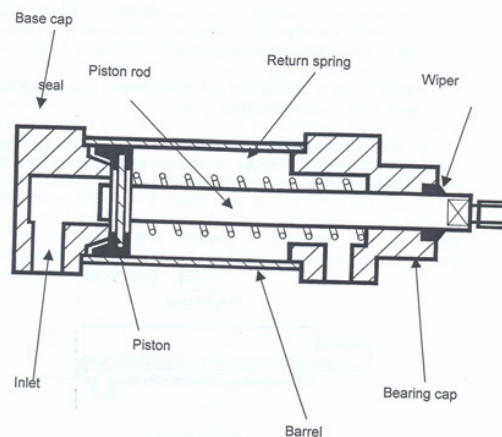
2.2.1 Έμβολα Απλής Ενέργειας

Έμβολα απλής ενέργειας ονομάζουμε εκείνα στα οποία η μία διαδρομή, έξοδος ή είσοδος του άξονα, πραγματοποιείται με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα. Η αντίθετη διαδρομή πραγματοποιείται με άλλο τρόπο (π.χ. με ελατήριο).

Για την ανάλυση ενός εμβόλου απλής ενέργειας, επιλέγουμε ένα με ελατήριο επαναφοράς (Σχήμα 2.2 & 2.3). Η διαδρομή του εμβόλου προς τα έξω (+) ή διαδρομή εργασίας, γίνεται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, που εισέρχεται από τη μοναδική δίοδο.



Σχήμα 2.2: Τομή Εμβόλου Απλής Ενέργειας [6.1.16]



Σχήμα 2.3: Έμβολο Απλής Ενέργειας. [6.2.15]

Η κίνηση αυτή του εμβόλου έχει ως αποτέλεσμα τη συμπίεση του ελατηρίου. Όταν ο πεπιεσμένος αέρας εκτονωθεί και σταματήσει να ασκεί πίεση, τότε λόγω του ελατηρίου, το έμβολο γυρίζει στην αρχική του θέση.

Οι κύριες χρήσεις και ιδιότητες των εμβόλων απλής ενέργειας είναι οι παρακάτω:

- Παραγωγή έργου κατά τη μία κατεύθυνση
- Επαναφορά με ελατήριο ή εξωτερική δύναμη/φορτίο
- Οικονομία πεπιεσμένου αέρα
- Περιορισμός στη διαδρομή, συνήθως έως 100mm

Το άκρο του άξονα του εμβόλου (*βάκτρο*), έχει κατά κανόνα σπείρωμα για να συνδέεται με κάποιο εξάρτημα, που είναι απαραίτητο για την χρησιμότητα του εμβόλου. Τα καλύμματα του σωλήνα του εμβόλου (καπάκια) κρατούνται σταθερά προσαρμοσμένα. Το μπροστινό κάλυμμα διαθέτει άνοιγμα με οδηγό και ελαστικό παρέμβυσμα για τη διέλευση του βάκτρου. Το έμβολο (*πιστόνι*) είναι εφοδιασμένο με στεγανοποιητικό δακτύλιο για τη συγκράτηση του πεπιεσμένου αέρα στο θάλαμο πίεσης. Αντίθετα, ο ατμοσφαιρικός αέρας που υπάρχει στην άλλη πλευρά του εμβόλου μπορεί να εξέρχεται και να εισέρχεται ελεύθερα σε αυτήν.

Η δύναμη που ασκεί το έμβολο ισούται με την παραγόμενη δύναμη από τον πεπιεσμένο αέρα, αφαιρώντας τη δύναμη που ασκείται από το ελατήριο. Η τελική σχέση είναι:

$$F = (P_1 - P_2) \cdot A - F_{ελ}$$

όπου:

A: Επιφάνεια εμβόλου (mm²)

P₁: Απόλυτη πίεση αέρα (Nt/mm²)

P₂: Ατμοσφαιρική πίεση αέρα (Nt/mm²)

F_{ελ}: Δύναμη ελατηρίου (Nt)

Το συνηθισμένο πρόβλημα που τίθεται, είναι η επιλογή της διαμέτρου ενός εμβόλου, με δεδομένη τη δύναμη που θέλουμε να μας παρέχει το έμβολο και την πίεση του αέρα.

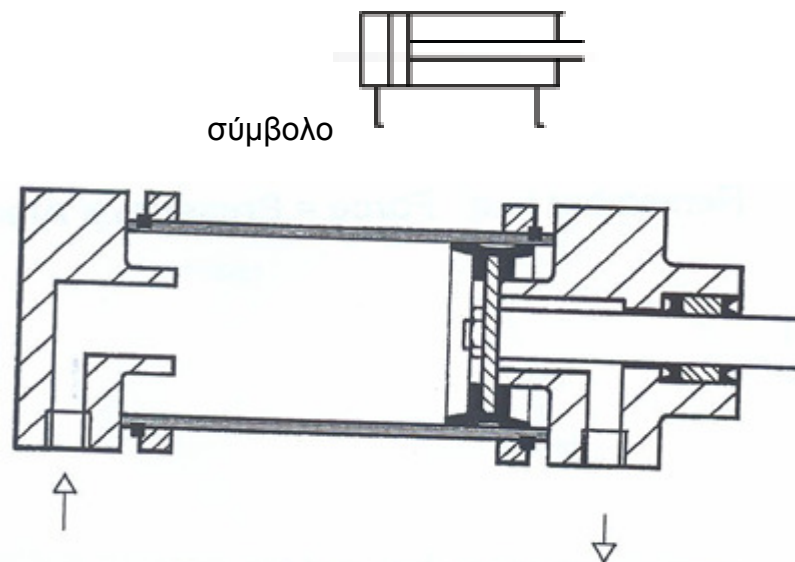
Υπάρχουν όμως τα εξής μειονεκτήματα λόγω της χρήσης ελατηρίων μέσα στα έμβολα απλής ενέργειας:

- Ο χώρος που καταλαμβάνει το συμπιεσμένο ελατήριο στο έμβολο, απαιτεί την κατασκευή μεγαλύτερου μήκους εμβόλου.
- Έμβολα με μεγάλες διαδρομές απαιτούν και μεγάλου μήκους ελατήρια και για το λόγο αυτό τα αποφεύγουμε.

Τα προβλήματα αυτά μπορούμε να τα αντιμετωπίσουμε με τη χρήση εξωτερικών ελατηρίων ή με εξωτερικές αντίρροπες δυνάμεις.

2.2.2 Έμβολα Διπλής Ενέργειας

Τα έμβολα διπλής ενέργειας έχουν πολύ μεγαλύτερη χρήση από τα αντίστοιχα απλής ενέργειας. Στα έμβολα αυτά, τόσο η διαδρομή εξόδου (+) όσο και η διαδρομή επιστροφής του βάρου (-), πραγματοποιούνται με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα (Σχήμα 2.4 & 2.5).

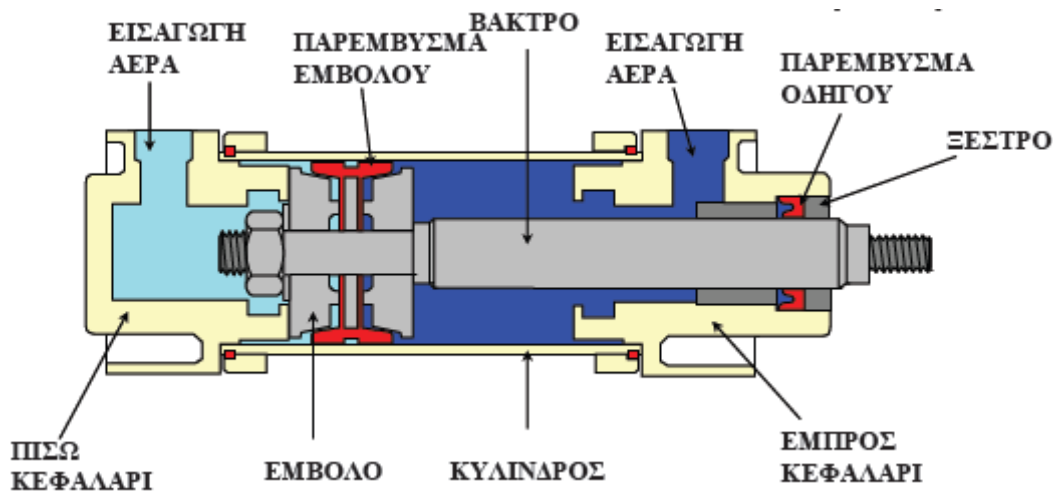


Σχήμα 2.4: Έμβολο Διπλής Ενέργειας. [6.1.15]

Η παλινδρομική διαδρομή του εμβόλου πραγματοποιείται μόλις η πίεση του αέρα εξασκηθεί εναλλάξ στη μια ή στην άλλη πλευρά. Βέβαια θα πρέπει η άλλη πλευρά κάθε φορά να εκτονώνει την πίεση με έξοδο του αέρα, επειδή για να κινηθεί το έμβολο

απαιτείται διαφορά πίεσης. Η διαφορά αυτή θα πρέπει να είναι επαρκής για να καλύψει την εξωτερική δύναμη.

Με δεδομένη την πίεση αέρος στο κύκλωμα, η διαδρομή εισόδου του βάρου του εμβόλου διπλής ενέργειας παράγει μικρότερη δύναμη από τη διαδρομή εξόδου του βάρου. Στη διαδρομή εξόδου του βάρου, η επιφάνεια εμβόλου στην οποία εξασκείται η πίεση αέρα, είναι ίση με τη διατομή του σωλήνα, ενώ στη διαδρομή εισόδου του βάρου η δρώσα επιφάνεια είναι μειωμένη λόγω της διατομής του βάρου.



Σχήμα 2.5: Τομή Εμβόλου Διπλής Ενέργειας[6.1.16]

Σε όλες τις εφαρμογές των εμβόλων διπλής ενέργειας, η επιδίωξη των μελετητών είναι να χρησιμοποιούν τη διαδρομή εξόδου του βάρου για παραγωγή μεγαλύτερης δύναμης, εκτός βέβαια αν αυτό δεν είναι κατασκευαστικά εφικτό.

Οι κύριες διαστάσεις ενός εμβόλου είναι η διάμετρος του και η διαδρομή του. Ο υπολογισμός της διαμέτρου γίνεται όπως και στα έμβολα απλής ενέργειας, χωρίς βέβαια το ελατήριο. Επομένως η σχέση του υπολογισμού θα είναι:

$$F = (P_1 - P_2) \cdot A$$

Θα πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι στην πράξη χρησιμοποιείται ένας συντελεστής 0,8, που συνδέει την πρακτικά παραγόμενη δύναμη με τη θεωρητικά υπολογιζόμενη σε ένα έμβολο γνωστής διαμέτρου, για την κάλυψη αρνητικών παραμέτρων (τυχόν διαφυγές πίεσης από φθαρμένα παρεμβύσματα, τριβές, μεταβολές της πίεσης στο δίκτυο, κ.τ.λ.). Επίσης από τη θεωρητικά υπολογιζόμενη διάμετρο του εμβόλου, επιλέγουμε έμβολο με την αμέσως μεγαλύτερη διάμετρο, από τη σειρά που παρέχουν οι κατασκευαστές.

Στα έμβολα διπλής ενέργειας υπάρχει περίπτωση η πίεση του εξερχόμενου αέρα να είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική. Αυτό συμβαίνει συχνά όταν έχουμε "στραγγαλισμό" της εξόδου του αέρα για να επιτύχουμε μείωση της ταχύτητας του εμβόλου και αυτό είναι σε βάρος της παραγόμενης από το έμβολο δύναμης.

Ένα πλεονέκτημα των εμβόλων διπλής ενέργειας σε σχέση με εκείνα της απλής είναι το ότι μπορούμε να έχουμε πολύ μεγαλύτερες διαδρομές.

Η διαδρομή των εμβόλων επιλέγεται ώστε να καλύπτει την απόσταση της μεταφερομένης δύναμης.

Οι περιορισμοί που έχουμε οφείλονται στους εξής λόγους:

- Στη δυνατότητα παραγωγής μακρών υλικών, σωλήνων, βάρων και σφικτήρων, με μέγιστο μήκος 3 m.
- Στη σχέση μεταξύ μήκους και διαμέτρου του βάρου ενός εμβόλου ώστε κατά τη λειτουργία να μην υπάρχουν προβλήματα αντοχής (π.χ. λόγω λυγισμού). Η μέγιστη σχέση διαδρομής προς διάμετρο εμβόλου για την αποφυγή μηχανικών προβλημάτων είναι 15:1.

Η κατανάλωση πεπιεσμένου αέρα, που απαιτείται για την κίνηση ενός εμβόλου διπλής ενέργειας, εκφράζεται σε Nm³ (κανονικά κυβικά μέτρα) ή σε Nit (κανονικά λίτρα), δηλαδή αέρας ασυμπίεστος, σε κανονικές συνθήκες.

Στην κατασκευή των εμβόλων αέρος διπλής ενέργειας, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν τα υλικά στεγανοποίησης. Αυτά είναι από ελαστικό ή ελαστομερές υλικό. Αν η χρήση του εμβόλου γίνει σε χώρους όπου η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 80 °C, τότε χρησιμοποιούνται παρεμβύσματα από φθοριωμένο ελαστομερές (Viton) ή φθοριωμένο πλαστικό (Teflon).

Η απαιτούμενη στεγανοποίηση είναι στατική και δυναμική. Για τη στατική στεγανοποίηση χρησιμοποιούνται φλάντζες αλουμινίου ή ελαστικοί δακτύλιοι "O-Ring". Για τη δυναμική στεγανοποίηση του συστήματος έμβολο-βάκτρο, χρησιμοποιούνται παρεμβύσματα διατομής "U" ή "V".

Τα συνήθη κατασκευαστικά υλικά για τα υπόλοιπα μέρη των εμβόλων είναι:

- Κυλινδρικός Σωλήνας: Από χάλυβα και σπανιότερα από ορείχαλκο ή αλουμίνιο.

- Βάκτρο: Από ανοξειδωτο ή επιχρωμιωμένο χάλυβα.
- Καπάκια και Έμβολα: Από αλουμίνιο ή χάλυβα για τα μεγάλης διαμέτρου έμβολα.
- Σφικτήρες: Από χάλυβα.
- Οδηγοί: Από ορείχαλκο με αντιτριβικές ιδιότητες.

Όλα τα ανωτέρω υλικά από χάλυβα υφίστανται μια επιφανειακή προστατευτική κατεργασία.

Η ταχύτητα κίνησης του βάρου ενός εμβόλου διπλής ενέργειας εξαρτάται από τη δυνατότητα ταχείας εισόδου του πεπιεσμένου αέρα στο θάλαμο του εμβόλου. Αν οι δίοδοι του εμβόλου είναι μεγάλης σχετικά διαμέτρου, τότε προκύπτουν ταχύτητες βάρου-εμβόλου της τάξης των 2 m/sec, οι οποίες είναι πρακτικά υψηλές και δημιουργούν υψηλή κινητική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή θα πρέπει να απορροφηθεί κατά τον τερματισμό της διαδρομής του εμβόλου, διαφορετικά θα προκληθεί στρέβλωση ή θραύση των καλυμμάτων του εμβόλου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τους αποσβεστήρες κρούσεων. Ειδικά διαμορφωμένοι χώροι, οι οποίοι προβλέπονται κατά το σχεδιασμό του πιστονιού και των καλυμμάτων του εμβόλου, εγκλωβίζουν τον εξερχόμενο αέρα κατά τη διάρκεια του τερματισμού της διαδρομής και έτσι αποφεύγεται η κρούση. Πολλές φορές ο χώρος εγκλωβισμού του αέρα είναι ρυθμιζόμενης εκτόνωσης και παρέχει ρυθμιζόμενη απόσβεση κρούσεων.

2.3 Πνευματικές βαλβίδες

Όπως είδαμε, τα πνευματικά συστήματα αποτελούνται από στοιχεία σημάτων, στοιχεία ελέγχου και μηχανικά μέρη εργασίας. Τα στοιχεία σημάτων και ελέγχου καθορίζουν την ακολουθία λειτουργίας των μηχανικών μερών μιας μηχανής. Οι βαλβίδες είναι στοιχεία για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση (εκκίνηση, σταμάτημα, έλεγχος διεύθυνσης ή ροής κλπ.) και η ονομασία τους ορίζεται βάση διεθνούς ορολογίας. Παράλληλα, για την απεικόνισή τους χρησιμοποιούνται σύμβολα κατά DIN ISO 1219.

Οι βαλβίδες κατατάσσονται σε 3 ομάδες, ανάλογα με τη λειτουργία τους:

- α) Βαλβίδες διεύθυνσης ροής ή βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης
- β) Βαλβίδες σημάτων

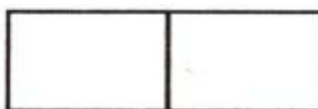
γ) Βαλβίδες ελέγχου πίεσεως ή ρυθμιστικές βαλβίδες

Για τη σχεδιαστική παράστασή τους χρησιμοποιούμε σύμβολα που παριστάνουν μόνο τη λειτουργία κάθε βαλβίδας και δεν δείχνουν την αρχή σχεδίασης βάσει της οποίας κατασκευάζεται η βαλβίδα. Στα σύμβολα αυτά (DIN ISO 1219) έχουν γίνει οι εξής παραδοχές:

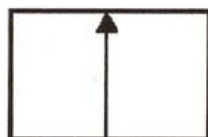
- A) Οι θέσεις των δυνατών καταστάσεων λειτουργίας παριστάνονται από τετραγωνίδια. Κάθε ένα απ' αυτά υποδηλώνει και μία θέση λειτουργίας.



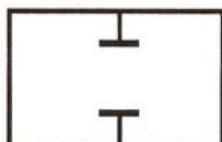
- B) Ο αριθμός των τετραγωνιδίων δείχνει πόσες θέσεις λειτουργίας υπάρχουν. Δύο τετράγωνα με κοινή πλευρά συμβολίζουν δύο θέσεις του στοιχείου χωρίς να μεσολαβεί κάποια ενδιάμεση.



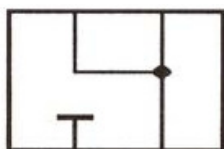
- Γ) Οι γραμμές στο εσωτερικό των τετραγώνων συμβολίζουν δρόμους ροής του πεπιεσμένου αέρα. Τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση της ροής.



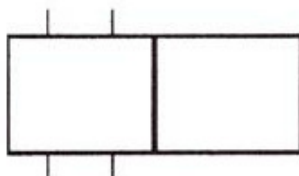
- Δ) Οι θέσεις διακοπής της ροής παριστάνονται με γραμμές σε ορθές γωνίες:



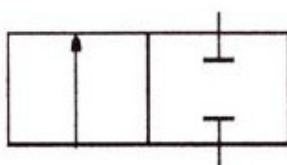
- Ε) Τα σημεία συνάντησης των δρόμων ροής παριστάνονται από κουκίδες στο σημείο ένωσης.



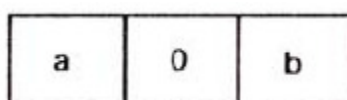
- Στ) Οι συνδέσεις (πόρτες εισόδου - εξόδου) παριστάνονται από γραμμές στο εξωτερικό του τετραγώνου που αντιστοιχεί στην αρχική ή κανονική θέση λειτουργίας.



- Ζ) Αν μεταθέσουμε νοητά τη θέση των άλλων τετραγώνων πάνω στο αρχικό, τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση της ροής όταν η βαλβίδα ενεργοποιηθεί προς την αντίστοιχη θέση που εξετάζουμε.

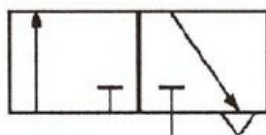


- Η) Οι θέσεις μιας βαλβίδας χαρακτηρίζονται με τα μικρά λατινικά γράμματα a, b, c, ο. Παράδειγμα: Βαλβίδα με 3 θέσεις. Το μεσαίο τετράγωνο (ο) αντιστοιχεί στην ενδιάμεση θέση, η οποία είναι και η αρχική θέση λειτουργίας.

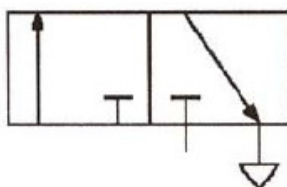


Σε βαλβίδες οι οποίες επανέρχονται στην αρχική θέση με ελατήριο, σαν αρχική θέση ορίζεται η θέση που βρίσκονται τα κινητά μέρη της βαλβίδας πριν αυτή συνδεθεί. Γενικά μπορούμε να ορίσουμε σαν αρχική θέση τη θέση εκείνη που έχει το πνευματικό στοιχείο του συστήματος προτού αρχίσει η εκτέλεση του προγράμματος λειτουργίας και εφόσον στο δίκτυο υπάρχει πίεση και τυχόν ηλεκτρική τροφοδοσία.

- Θ) Όταν υπάρχουν δρόμοι εκτόνωσης του αέρα στην ατμόσφαιρα που γίνονται απευθείας χωρίς τη χρήση σωληνώσεων, χρησιμοποιούμε τρίγωνο εφαπτόμενο στο τετράγωνο της αντίστοιχης κατάστασης.



- I) Αν μεσολαβούν σωληνώσεις για την εκτόνωση - εξαγωγή, το τρίγωνο δεν εφάπτεται στο τετράγωνο.

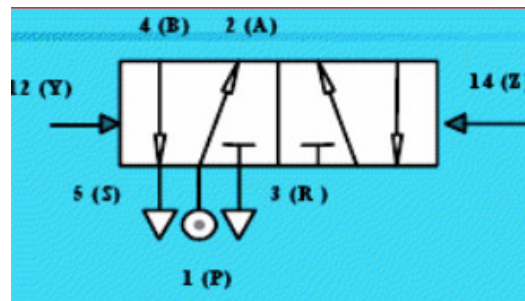


Για να απλοποιήσουμε την εργασία σύνδεσης των βαλβίδων στο σύστημα που θα λειτουργήσουν, συμβολίζουμε τις συνδέσεις με κεφαλαία γράμματα ως εξής:

	Γράμματα	ISO 5599
Γραμμές πίεσης -Είσοδοι	P	1
Γραμμές εργασίας- Έξοδοι	A,B,C	4,2
Γραμμές εξαγωγής	R,S,T	5,3
Γραμμές ελέγχου-Πιλοτικές θύρες (σε 3/2 βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης ροής)	Z,Y	10,12
Γραμμές ελέγχου-Πιλοτικές θύρες (σε 4/2 & 5/2 βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης ροής)	Z,Y	14,12

2.3.1 Βαλβίδες Ελέγχου Κατεύθυνσης

Οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης είναι μηχανισμοί διοχέτευσης πεπιεσμένου αέρα και χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κατεύθυνσης της ροής του προς και από το έμβολο, για την έξοδο και επιστροφή του βάρου.



Σχήμα 2.6: Σχηματική παράσταση βαλβίδας ελέγχου κατάστασης 5/2 [6.1.16]

Σε ένα έμβολο απλής ενέργειας, όπου μόνο η διαδρομή εξόδου του βάρου πραγματοποιείται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, ο έλεγχος της κίνησής του μπορεί να γίνει από μια βαλβίδα τριών διόδων και δυο θέσεων, που για συντομία χαρακτηρίζεται βαλβίδα $3/2$. Εκτενέστερα για αυτήν θα αναφερθούμε στην περιγραφή των βαλβίδων σήματος.

Σε ένα έμβολο διπλής ενέργειας, τόσο η διαδρομή εξόδου του βάρου όσο και η διαδρομή εισόδου αυτού, πρέπει να πραγματοποιηθούν με τη βοήθεια του πεπιεσμένου αέρα. Όταν ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται από τη μια δίοδο στον ένα θάλαμο του εμβόλου, πρέπει ταυτόχρονα να αδειάζει ο αέρας από τον άλλο θάλαμο, από την αντίστοιχη έξοδο. Η βαλβίδα, που εκτελεί τη διαδικασία αυτή ονομάζεται βαλβίδα ελέγχου πέντε διόδων και δυο θέσεων και για συντομία χαρακτηρίζεται βαλβίδα 5/2.

Ο συμβολισμός μίας τέτοιας βαλβίδας κατά CETOP φαίνεται στο Σχήμα 2.6. Οι δίοδοι της βαλβίδας χαρακτηρίζονται με αριθμούς. Στο συμβολισμό κατά DIN-ISO ο χαρακτηρισμός των διόδων γίνεται με γράμματα. Στον αριθμό 1 ή P συνδέεται η παροχή

πεπιεσμένου αέρα και στους αριθμούς 2 ή A και 4 ή B γίνονται οι συνδέσεις με το έμβολο αέρα. Οι δίοδοι 3 ή R και 5 ή S μένουν ελεύθερες για την έξοδο του πεπιεσμένου αέρα του θαλάμου της βαλβίδας και ονομάζονται ανακουφίσεις. Οι αριθμοί στη βαλβίδα γράφονται πάντα στη θέση που θα υπάρχει η σύνδεση με το έμβολο.

Οι θέσεις της βαλβίδας χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 12 ή Y και 14 ή Z. Το 12 χαρακτηρίζει τη θέση της βαλβίδας όπου η παροχή 1 συνδέεται με το 2 και το 14 χαρακτηρίζει τη θέση σύνδεσης του 1 με το 4.

Οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης γενικά διακρίνονται σε βαλβίδες:

- με παραμένουσες θέσεις
- με ελατήριο επαναφοράς







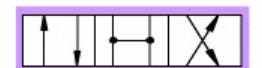

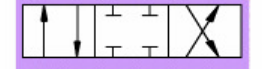

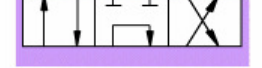



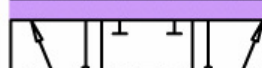


Οι μηχανισμοί ενεργοποίησης διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους:

- Πνευματικό σήμα
- Μηχανικό σήμα
- Ηλεκτρικό σήμα

Από κατασκευαστική άποψη οι βαλβίδες 5/2 διακρίνονται σε κατηγορίες:

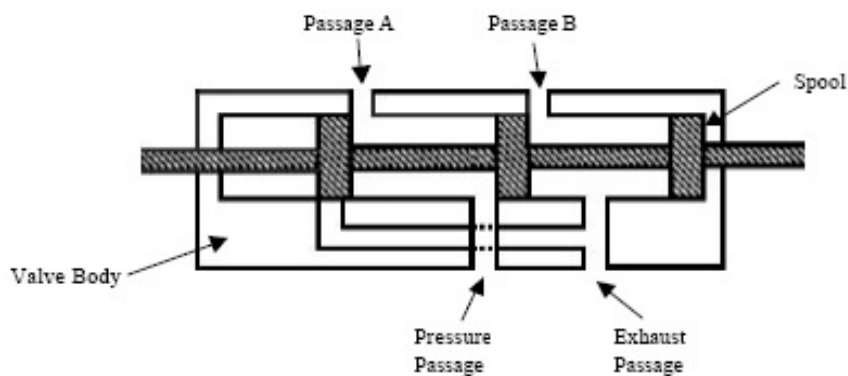
- Βαλβίδες εμβόλου.
- Βαλβίδες με έδρες.
- Βαλβίδες με δίσκο.

Πίνακας 1.1 :Βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης [6.1.16]

	Πενταοδική βαλβίδα δύο θέσεων (5/2)		Γενικό σύμβολο χειροκίνητου τρόπου ενεργοποίησης
	Τετραοδική βαλβίδα δύο θέσεων (4/2)		Ενεργοποίηση με κομβίο
	Τριοδική βαλβίδα δύο θέσεων (3/2)		Ενεργοποίηση με χειρομοχλό
	Τετραοδική βαλβίδα τριών θέσεων (4/3) με κέντρο ανοικτό		Ενεργοποίηση με ποδόπληκτρο
	Τετραοδική βαλβίδα τριών θέσεων (4/3) με κέντρο κλειστό		Επαναφορά με ελατήριο
	Τετραοδική βαλβίδα τριών θέσεων (4/3) με κέντρο κλειστό & ανακούφιση		Ενεργοποίηση με ρόλλερ
	Πενταοδική βαλβίδα τριών θέσεων (5/3)		Ενεργοποίηση με αρθρωτό ρόλλερ
	Πενταοδική βαλβίδα τριών θέσεων (5/3)		Ενεργοποίηση με πνευματικό σήμα
			Ενεργοποίηση με ηλεκτρικό σήμα

2.3.1.1 Διαγράμματα ροής των βαλβίδων

Η τυπική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7 που ακολουθεί, αποτελείται από ένα σώμα βαλβίδας με τέσσερις εσωτερικές διελεύσεις ροής μέσα στο σώμα βαλβίδας και ένα συρόμενο



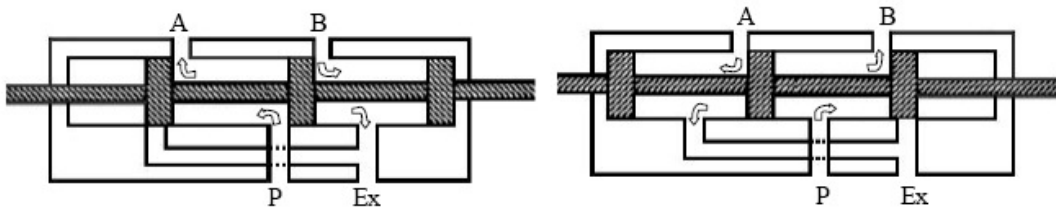
έμβολο.

Σχήμα 2.7: Typical directional control valve consistence. [6.2.17]

Η μετατόπιση του εμβόλου συνδέει μία θύρα του εμβόλου και τη τροφοδοτεί με πεπιεσμένο αέρα ή συνδέει τη θύρα εξαγωγής.

Όταν η θύρα A είναι ανοιχτή και τροφοδοτεί τον κύλινδρο με πεπιεσμένο αέρα τότε η θύρα B συνδέεται στη θύρα εξαγωγής και γίνεται έκταση του κυλίνδρου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.8 που ακολουθεί.

Στη συνέχεια, το έμβολο στην άλλη ακραία θέση, η πίεση τροφοδοσίας συνδέεται στη θύρα B και θύρα A είναι συνδεδεμένη με τη θυρίδα εξαγωγής, τώρα με τις κυλίνδρου συμπιέζεται.



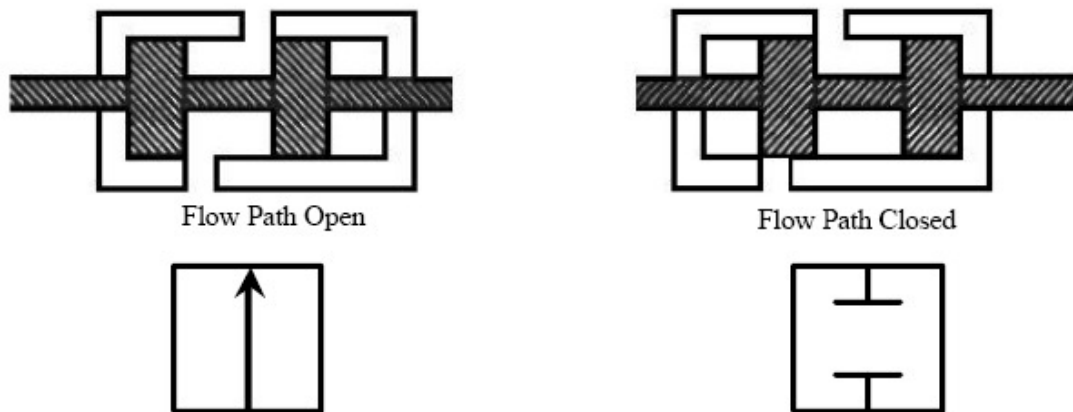
Σχήμα 2.8: Τροφοδοσία πίεσης σε τυπική βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης [6.2.17]

2.3.1.2 Λειτουργικοί τύποι βαλβίδας ελέγχου κατεύθυνσης

Μια μέθοδος χαρακτηρισμού μιας βαλβίδας ελέγχου κατεύθυνσης είναι από τις διαδρομές ροής, που συγκροτούνται σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας της. Σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι ο αριθμός των επιμέρους θυρών, ο αριθμός των διαδρομών ροής η βαλβίδα είναι σχεδιασμένη για και την εσωτερική σύνδεση των θυρών με το κινητό μέρος.

Βαλβίδα δύο κατευθύνσεων

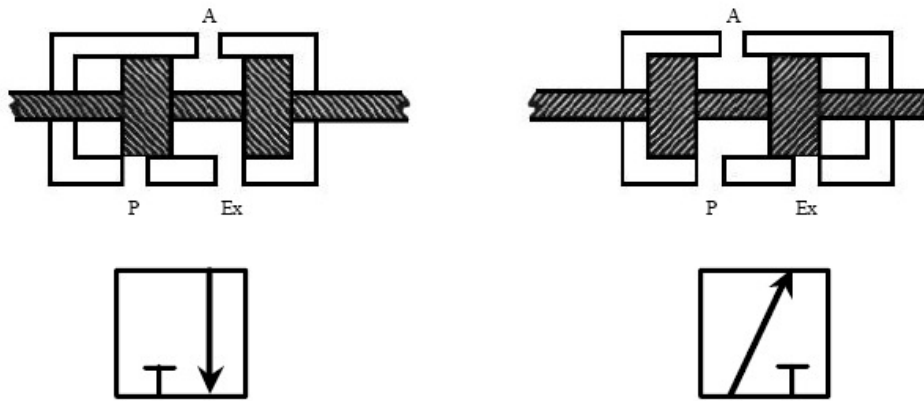
Μία βαλβίδα δύο κατευθύνσεων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.9 που ακολουθεί, αποτελείται από δύο θύρες που συνδέονται μεταξύ τους με διόδους, οι οποίες συνδέονται και αποσυνδέονται. Σε μια ακραία θέση του εσωτερικού εμβόλου, η θύρα A είναι ανοικτή και συνδέεται με τη θύρα B. Η διαδρομή ροής διαμέσου της βαλβίδας είναι ανοικτή. Στην άλλη ακραία περίπτωση, η μεγάλη διάμετρος του εμβόλου κλείνει τη διαδρομή μεταξύ A και B. Η διαδρομή ροής είναι αποκλεισμένη. Μία δύο-κατευθύνσεων βαλβίδα δίνει μια on-off λειτουργία



Σχήμα 2.9:Βαλβίδα 2 κατευθύνσεων (Two-Way Directional Valve) [6.2.17]

Βαλβίδα τριών κατευθύνσεων

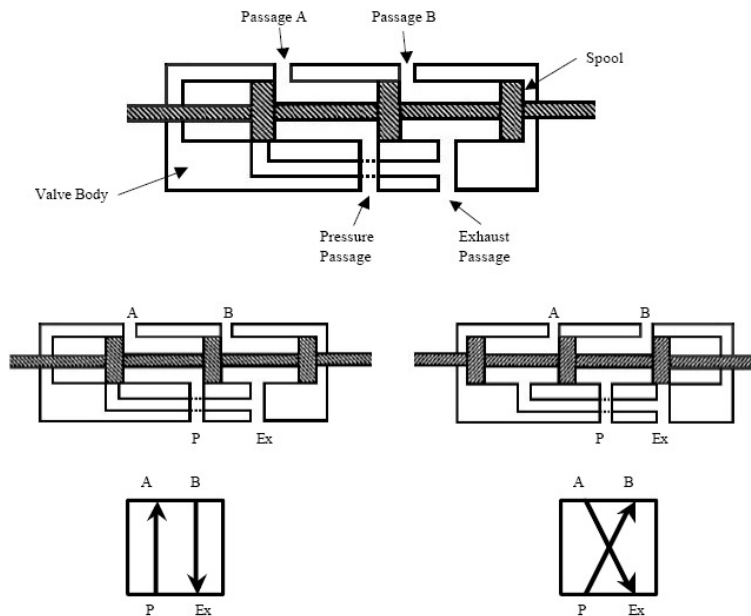
Μια βαλβίδα τριών κατευθύνσεων αποτελείται από τρεις θύρες, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.10 που ακολουθεί, που συνδέονται μέσω διόδων εντός ενός σώματος βαλβίδας, εδώ δείχνεται ως η θύρα A, P και θύρα θύρα Ex. Εάν η θύρα A συνδέεται σε ένα κύλινδρο, η θύρα P τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα και η θύρα Ex είναι ανοιχτή προς την εξαγωγή, η βαλβίδα θα ελέγχει τη ροή του αέρα προς τη θύρα A. Η λειτουργία της βαλβίδας αυτής είναι να πιέσει και να τροφοδοτεί μία θύρα του κυλίνδρου. Όταν το εσωτερικό εμπόλο της βαλβίδας τριών δρόμων είναι σε μία ακραία θέση, η θύρα πίεσης P συνδέεται με τη δίοδο κυλίνδρου A. Όταν είναι στην άλλη ακραία θέση το έμβολο συνδέει τη δίοδο κυλίνδρου A με την εξαγωγή Ex.



Σχήμα 2.10:Βαλβίδα 3 κατευθύνσεων (Three-Way Directional Valve) [6.2.17]

Βαλβίδα τεσσάρων κατευθύνσεων

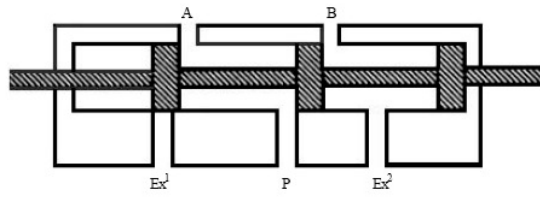
Ίσως η πιο κοινή βαλβίδα κατεύθυνσης σε απλά συστήματα πεπιεσμένου αέρα αποτελείται από θύρα πίεσης P, δύο θύρες ενεργοποιητή A,B και μία ή περισσότερες θυρίδες εξαγωγής Ex. Αυτές οι βαλβίδες είναι γνωστές ως τετράοδες βαλβίδες αφού έχουν τέσσερις διαδρομές ροής μέσα στο σώμα της βαλβίδος, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.11 που ακολουθεί. Μία κοινή εφαρμογή των τετράοδων βαλβίδων είναι η πρόκληση αναστρέψιμης κίνησης ενός κυλίνδρου ή κινητήρα. Για να γίνει αυτή τη λειτουργία, το εσωτερικό εμβόλου συνδέει τη θύρα πίεσης P με μία θύρα του του κυλίνδρου. Την ίδια στιγμή, το εμβόλου συνδέει την άλλη θύρα του κυλίνδρου με τη θυρίδα εξαγωγής.



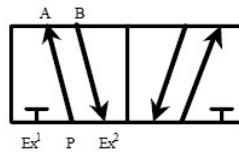
Σχήμα 2.11: Βαλβίδα 4 κατευθύνσεων (Four-Way Directional Valve) [6.2.17]

Βαλβίδα πέντε θυρών

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής τεσσάρων κατευθύνσεων, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.12 που ακολουθεί, είναι επίσης διαθέσιμες με πέντε εξωτερικές θύρες, μία θύρα πίεσης P, δύο θύρες του ενεργοποιητή A,B, και δύο θύρες εξαγωγής Ex. Οι εν λόγω βαλβίδες παρέχουν τα ίδια βασικά συστήματα ελέγχου της ροής, όπως των τεσσάρων κατευθύνσεων, αλλά έχουν επιμέρους θύρες εξαγωγής. Αυτό το είδος της βαλβίδας συγκεντρώνει όλες τις διαδρομές ροής σε επιμέρους εξωτερικές θύρες. Η θύρα πίεσης συνδέεται με την πίεση του συστήματος μετά από έναν ρυθμιστή. Οι θύρες ενεργοποιητή συνδέονται με θυρίδες εισόδου και εξόδου ενός κυλίνδρου ή κινητήρα. Κάθε θύρα εξαγωγής εξυπηρετεί μια θύρα ενεργοποιητή.



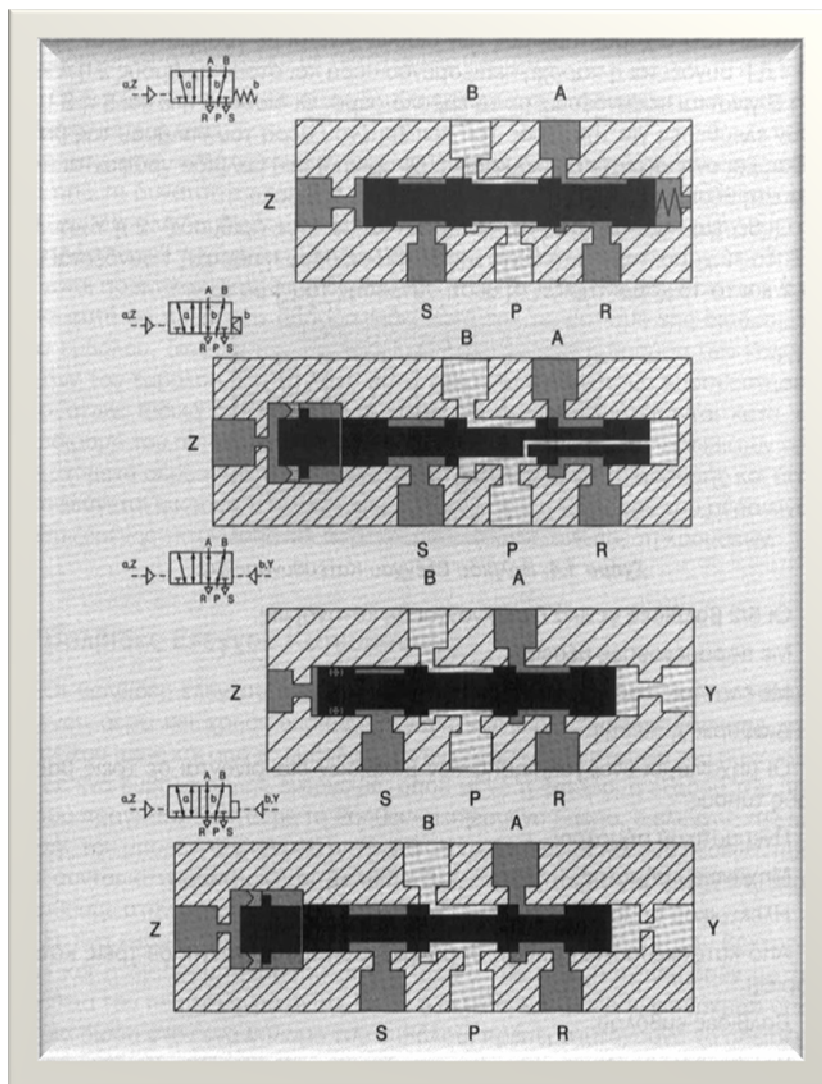
5-Ported, 4-Way Valve



Σχήμα 2.12: Πέντε θυρών / Τετράοδη βαλβίδα κατεύθυνσης (Five-Port / Four-Way Directional Valve) [6.2.17]

2.3.1.3 Βαλβίδες Εμβόλου 5/2

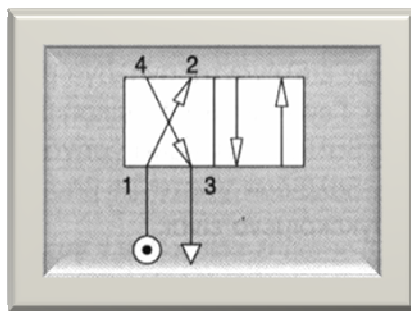
Από τους παραπάνω τύπους βαλβίδων οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες είναι οι βαλβίδες με 5/2 με (μετακινούμενο) έμβολο (Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Είδη και Τομές Βαλβίδων Ελέγχου Κατεύθυνσης 5/2. [6.1.16]

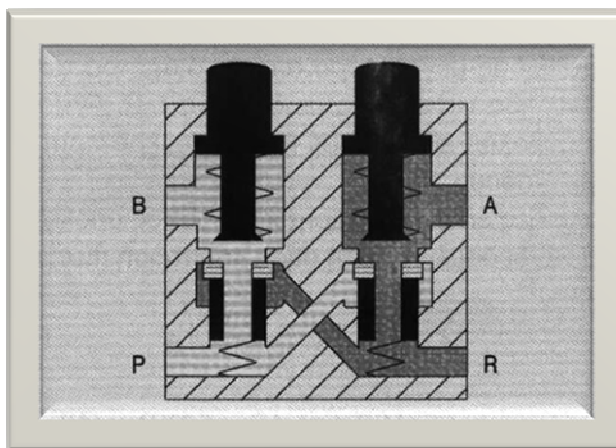
Οι βαλβίδες αυτές αποτελούνται από ένα σώμα βαλβίδας στο οποίο υπάρχουν οι δίοδοι για τη σύνδεση του αέρα και ένα έμβολο με παρεμβύσματα, συνήθως O-RINGS, το οποίο παλινδρομεί εντός του σώματος. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπεται ή απαγορεύεται η ροή του αέρα από τις διόδους της βαλβίδας.

Οι βαλβίδες με έδρες έχουν διαφορετική εσωτερική κατασκευή. Έχουν και αυτές εσωτερικό κινούμενο μηχανισμό, ο οποίος καλύπτει με έδρες τις διόδους. Έτσι με την ελάχιστη μετακίνηση του κινούμενου μηχανισμού έχουμε πλήρη απελευθέρωση των διόδων.



Σχήμα 2.14: Βαλβίδα Ελέγχου Κατεύθυνσης 4/2. [6.1.17]

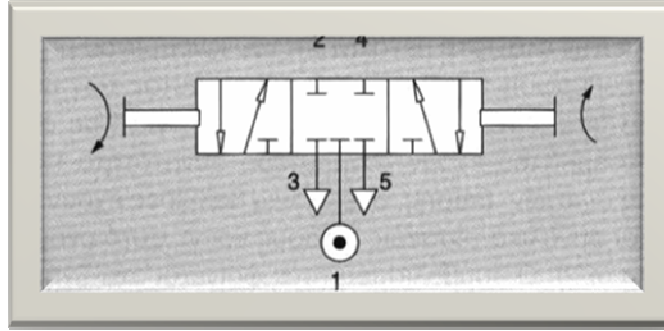
Ο τύπος αυτός των βαλβίδων χρησιμοποιείται όπου απαιτείται μεγάλη παροχή αέρα, γιατί σε σύγκριση με τις βαλβίδες τύπου εμβόλου έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα παροχής για τις ίδιες διαστάσεις αγωγών. Επίσης, οι εν λόγω βαλβίδες έχουν μόνο μια δίοδο ανακούφισης και συνολικά τέσσερις διόδους και γι' αυτό ονομάζονται τετραοδικές βαλβίδες (4/2). Ο συμβολισμός τους φαίνεται στο Σχήμα 2.14 και η τομή στο Σχήμα 2.15



Σχήμα 2.15: Τομή 4/2 Βαλβίδας Ελέγχου Κατεύθυνσης. [6.1.17]

Οι βαλβίδες δίσκου περιέχουν ως κινούμενο μέρος ένα κυκλικής επιφανείας μεταλλικό δίσκο, ο οποίος περιστρέφεται με τη βοήθεια χειροκίνητου μοχλού.

Οι βαλβίδες αυτές μπορεί να έχουν τέσσερις ή πέντε διόδους και συμβολίζονται σύμφωνα με το Σχήμα 2.16. Οι βαλβίδες δίσκου με χειρομοχλό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κίνηση εμβόλων διπλής ενεργείας, όμως οι βαλβίδες δίσκου καθώς και οι βαλβίδες με έδρες χρησιμοποιούνται ευρύτατα για λειτουργία συστημάτων με κακής ποιότητας αέρα, που περιέχει υγρασία και σωματίδια.



Σχήμα 2.16: Χειροκίνητη Βαλβίδα Ελέγχου Κατεύθυνσης 5/2. [6.1.17]

Τα μεγέθη των βαλβίδων επιλέγονται ανάλογα με την επιδιωκόμενη ταχύτητα κίνησης του εμβόλου. Γενικά ισχύει ότι μικρή βαλβίδα προκαλεί αργή κίνηση εμβόλου και μεγάλη βαλβίδα προκαλεί γρήγορη κίνηση εμβόλου. Η κατάταξη του μεγέθους των βαλβίδων γίνεται με βάση τα σπειρώματα που διαθέτουν, κατά BSP, και συγκεκριμένα είναι:

1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"
------	------	------	------	------	----

Όταν επιζητούμε τη μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα του εμβόλου επιλέγουμε μέγεθος βαλβίδας μεγαλύτερο από τη διάμετρο των διόδων του εμβόλου, π.χ. 3/8" βαλβίδα για έμβολο με διόδους 1/4". Αντίστοιχα και για την αργή κίνηση του εμβόλου επιλέγουμε βαλβίδα μικρότερη, δηλαδή βαλβίδα 1/8" για έμβολο με διόδους 1/4".

Σε όλες τις βαλβίδες υπάρχει θεωρητικός τρόπος υπολογισμού της πραγματικής παροχής για δεδομένη πίεση αέρα και πτώση πίεσης στη βαλβίδα. Η σχέση αυτή είναι:

$$Q = 1,6 \cdot K_v \cdot \sqrt{\Delta P \cdot P_{εξ}}$$

όπου:

ΔP : Πτώση πίεσης στη βαλβίδα με $\Delta P < 50\%P_{εισ}$ (At).

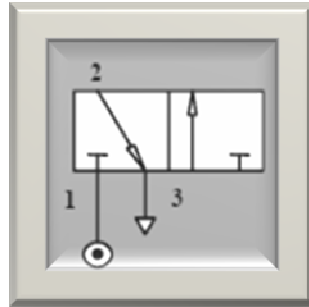
$P_{εξ}$: Πίεση αέρα στην έξοδο (At).

Q : Παροχή της βαλβίδας (Nm^3/hr).

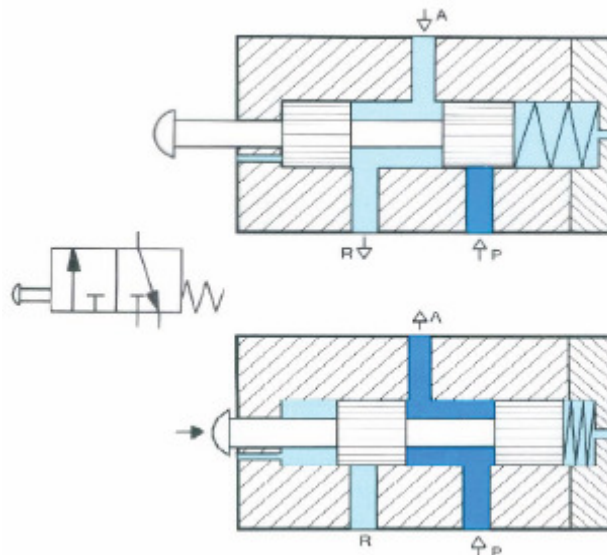
K_v : Συντελεστής δυνατότητας παροχής βαλβίδων.

2.3.2 Βαλβίδες Σημάτων 3/2

Μια άλλη μεγάλη κατηγορία βαλβίδων είναι οι βαλβίδες σημάτων. Πρόκειται για βαλβίδες τριών διόδων και δυο θέσεων (3/2).



Σχηματική παράσταση μιας βαλβίδας 3/2



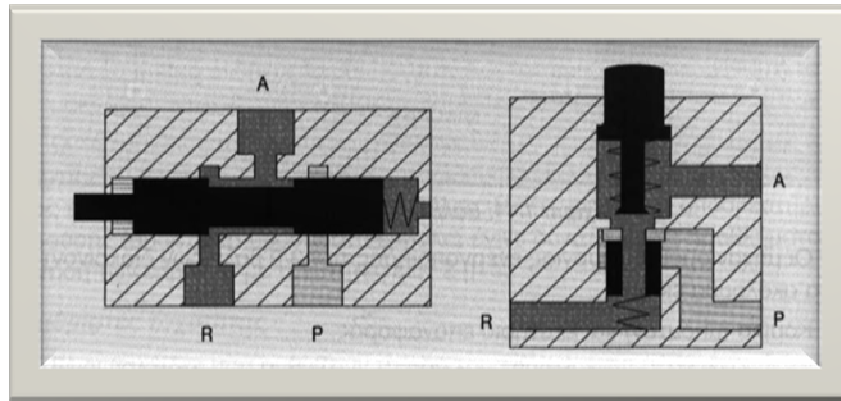
Σχήμα 2.17: Ενεργοποίηση με κομβίο βαλβίδας 3/2 και επαναφορά ελατηρίου[6.1.16]

Η γενική κατάταξη των βαλβίδων σημάτων, που είναι 3/2 βαλβίδες γίνεται σε κανονικά κλειστές και κανονικά ανοικτές. Κανονικά κλειστές είναι οι βαλβίδες που σε κατάσταση ηρεμίας (χωρίς ενεργοποίηση) δεν παρέχουν σήμα αέρος, και κανονικά ανοικτές είναι οι βαλβίδες που χωρίς ενεργοποίηση παρέχουν σήμα αέρος. Συνήθως οι βαλβίδες 3/2 είναι κανονικά κλειστές.

Οι μηχανισμοί ενεργοποίησης διακρίνονται σε τρεις βασικούς τύπους με πνευματικό σήμα, με μηχανικό σήμα ή με ηλεκτρικό σήμα. Μηχανισμοί ενεργοποίησης 3/2 βαλβίδων σημάτων είναι με κομβίο – μπουτόν και ελατήριο επαναφοράς, με περιστρεφόμενο κομβίο, με μηχανισμό ρόλλερ διπλής κατεύθυνσης, με μηχανισμό ρόλλερ μονής κατεύθυνσης ή με μεμβράνη χαμηλής πίεσης.

Από κατασκευαστική άποψη οι βαλβίδες 3/2 ,όπως και οι 5/2, διακρίνονται σε εμβόλου (Spool) και εδρών (Poppet).

Χαρακτηριστικές τομές των βαλβίδων σήματος δίδονται στο Σχήμα 2.18.



Σχήμα 2.18: Χαρακτηριστικές Τομές 3/2 Βαλβίδων Σήματος. [6.1.16]

Άλλη κατάταξη των βαλβίδων αυτών γίνεται με βάση το κατά πόσον οι θέσεις των βαλβίδων είναι παραμένουσες ή υπάρχει ελατήριο επαναφοράς. Συνήθως οι 3/2 βαλβίδες σημάτων είναι με ελατήριο επαναφοράς, γιατί η χρήση του σήματος είναι στιγμιαία. Το πλεονέκτημα των 3/2 βαλβίδων εμβόλου είναι ότι ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των αγωγών αέρος μπορεί να είναι κανονικά κλειστές ή κανονικά ανοικτές, ενώ τούτο δεν συμβαίνει στις βαλβίδες με έδρες, οι οποίες λειτουργούν ως κανονικά κλειστές ή κανονικά ανοικτές, όπως καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Οι 3/2 βαλβίδες σημάτων έχουν μικρά μεγέθη και μικρές δυνατότητες παροχής, το μέγεθος τους κατά BSP είναι 1/8" και οι επιτρεπόμενες παροχές αέρα είναι της τάξης των 10 Nm³/hr.

2.3.3 Ρυθμιστικές Βαλβίδες

Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ένα βάκτρο εμβόλου αέρος εξαρτάται από την επιτρεπόμενη ταχύτητα πρόσκρουσης του πιστονιού του εμβόλου αέρος στα εμπρός ή στα πίσω καλύμματα και από το ρυθμό ανάπτυξης θερμότητας και την επιτρεπόμενη μέγιστη θερμοκρασία αντοχής των ελαστικών παρεμβυσμάτων.

Ο περιορισμός της ταχύτητας ενός εμβόλου γίνεται με τη ρύθμιση της παροχής του αέρα με συγκεκριμένου μεγέθους διόδους, σε σχέση με το μέγεθος των θαλάμων (διάμετρος) του εμβόλου. Με τη χρήση των αποσβεστήρων κρούσης (αμορτισέρ αέρος)

στο έμβολο, έγινε δυνατή χωρίς προβλήματα η κίνηση των εμβόλων με ταχύτητες έως 2 m/s.

Οι ρυθμιστές ταχύτητας είναι βαλβίδες που ρυθμίζουν τη ροή του πεπιεσμένου αέρα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μια ταχύτητα βάρου-εμβόλου μεταξύ μηδενικής και μέγιστης.

Επίσης σημαντικό είναι η ταχύτητα του βάρου να είναι σταθερή καθ' όλη τη διαδρομή του.

Από τις ανωτέρω παραδοχές προκύπτει ότι όταν έχουμε ρύθμιση εισερχόμενου αέρα, όπως συμβαίνει στο παρακάτω Σχήμα 2.19, εάν το F_e/A είναι σταθερό, δηλαδή δεν έχουμε μεταβολή του εξωτερικού βάρους που μετακινεί το βάκτρο, τότε, και ο στραγγαλισμός-ρύθμιση του εισερχόμενου πεπιεσμένου αέρα οδηγεί σε κίνηση του εμβόλου ομαλή, με σταθερή ταχύτητα.

$$P_1 \cdot A = P_{εξ} + P_2 \cdot A \wedge P_1 \cdot A - P_2 \cdot A = P_{εξ} \cdot A$$

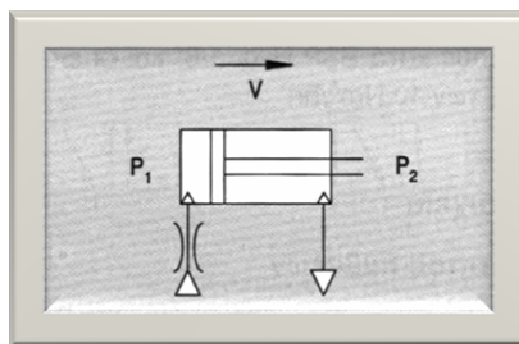
όπου:

A : Επιφάνεια εμβόλου (mm^2).

P_1 : Εισερχόμενη πίεση αέρα (Nt/mm^2).

P_2 : Εξερχόμενη πίεση αέρα (Nt/mm^2).

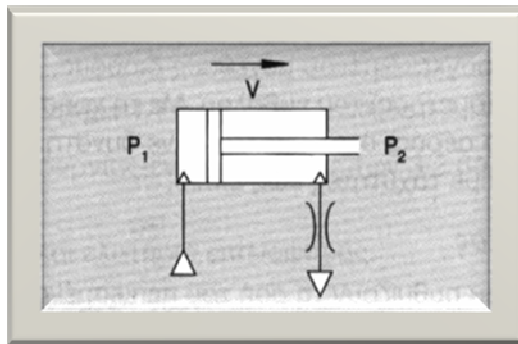
$P_{εξ}$: Εξωτερική αντιδρώσα δύναμη (Nt).



Σχήμα 2.19: Ρύθμιση Ταχύτητας Εμβόλου με Επίδραση Εισερχομένου Αέρα. [6.1.16]

Όταν έχουμε αιφνίδια μεταβολή του εξωτερικού βάρους F_e με σταθερή P_1 τότε προκαλείται διαταραχή της ταχύτητας του βάρου, επιτάχυνση ή επιβράδυνση, και η

επαναφορά σε ομαλή ταχύτητα γίνεται μόνο όταν έχουμε ρύθμιση του εξερχόμενου αέρα (Σχήμα 2.20).



Σχήμα 2.20: Ρύθμιση Ταχύτητας Εμβόλου με Επίδραση Εξερχόμενου Αέρα. [6.1.16]

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι, για να έχουμε τις μικρότερες διαταραχές στη ρύθμιση της ταχύτητας εμβόλου, πρέπει να στραγγαλίζουμε τον εξερχόμενο αέρα για κάθε κατεύθυνση κίνησης.

Οι βαλβίδες που είναι κατάλληλες για τη ρύθμιση της ροής του αέρα, επειδή τοποθετούνται σε σωλήνες που μεταφέρουν εισερχόμενο και εξερχόμενο αέρα, πρέπει να είναι κατασκευασμένες ώστε να ρυθμίζουν τη ροή του αέρα προς τη μια κατεύθυνση, ενώ κατά την άλλη κατεύθυνση να επιτρέπουν ελεύθερη ροή. Η βαλβίδα, που καλύπτει αυτές τις συνθήκες ονομάζεται ελέγχου ταχύτητας ή ελέγχου ροής ή στραγγαλιστής μίας κατεύθυνσης ή ρυθμιστής ροής.

2.3.3.1 *Ανεπίστροφη βαλβίδα*



Σχήμα 2.21: Ανεπίστροφη βαλβίδα [6.1.16]

Βαλβίδα που επιτρέπει τη ροή σε μία κατεύθυνση, αλλά εμποδίζει τη ροή στην άλλη κατεύθυνση. Σε αυτό το παράδειγμα, ροή μπορεί να πάει από δεξιά προς τα αριστερά, αλλά η πορεία από αριστερά προς τα δεξιά είναι αποκλεισμένη.

2.3.3.2 *Ανεπίστροφη βαλβίδα με ελατήριο*



Σχήμα 2.22: Ανεπίστροφη βαλβίδα με ελατήριο[6.1.16]

Βαλβίδα που επιτρέπει τη ροή σε μία κατεύθυνση, αλλά εμποδίζει τη ροή στην άλλη κατεύθυνση. Σε αυτό το παράδειγμα, ροή μπορεί να πάει από δεξιά προς τα αριστερά, αλλά η πορεία από αριστερά προς τα δεξιά είναι αποκλεισμένη. Η επαναφορά γίνεται μέσω του ελατηρίου.

2.3.3.3 *Στραγγαλιστική βαλβίδα*



Σχήμα 2.23: Στραγγαλιστική βαλβίδα [6.1.16]

Η παροχή του αέρα γίνεται αναγκαστικά μέσα από το προκαθορισμένο στένεμα, άρα έχουμε μείωση της παροχής. Ρυθμίζουν την ταχύτητα λειτουργίας των κυλίνδρων, Μια είσοδο μια έξοδο.

2.3.3.4 *Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα διπλής κατεύθυνσης*



Σχήμα 2.24: Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα διπλής κατεύθυνσης [6.1.16]

Η παροχή του αέρα γίνεται αναγκαστικά μέσα από το ρυθμιζόμενο στένεμα, άρα έχουμε ρύθμιση της παροχής. Ρυθμίζουν την ταχύτητα λειτουργίας των κυλίνδρων, Μια είσοδο μια έξοδο.

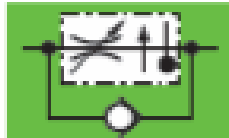
2.3.3.5 *Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα μονής κατεύθυνσης*



Σχήμα 2.25: Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα μονής κατεύθυνσης[6.1.16]

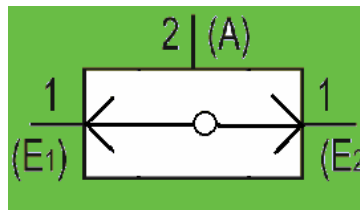
Η παροχή του αέρα από το A στο B γίνεται αναγκαστικά μέσα από το ρυθμιζόμενο στένεμα, άρα έχουμε ρύθμιση της παροχής. Όταν έχουμε ροή προς την αντίθετη κατεύθυνση από το B στο A, τότε δεν έχουμε στραγγαλισμό της ροής αφού ο ρυθμιστικός δακτύλιος - που συγκρατείται στη θέση ρύθμισης με μαλακό ελατήριο - ανεβαίνει και η ροή περνά ανεμπόδιστα

2.3.3.6 Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα μιας φοράς ροής με αντιστάθμιση πίεσης και θερμοκρασίας



Σχήμα 2.26: Ρυθμιζόμενη στραγγαλιστική βαλβίδα μιας φοράς ροής με αντιστάθμιση πίεσης και θερμοκρασίας [6.1.16]

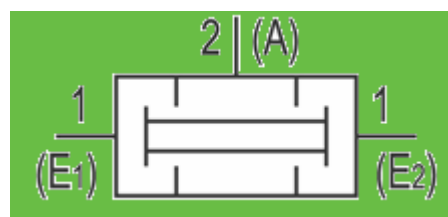
2.3.3.7 Βαλβίδα διαζευκτικής επιλογής (OR)



Σχήμα 2.27: Βαλβίδα OR [6.1.16]

Αρκεί μια από τις δύο εισοδοι E1 και E2 να είναι ενεργοποιημένες για να έχουμε έξοδο A

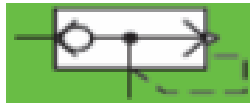
2.3.3.8 Βαλβίδα συνδετικής επιλογής (AND)



Σχήμα 2.28: Βαλβίδα AND [6.1.16]

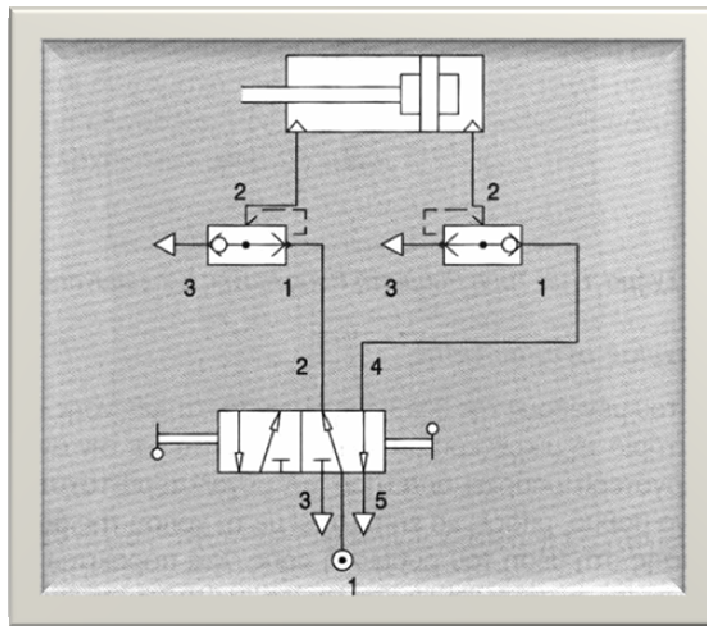
Και οι δύο εισοδοι E1 και E2 πρέπει να είναι ίδιες για να έχουμε έξοδο A.

2.3.3.9 Βαλβίδα ταχείας ανακούφισης



Σχήμα 2.29: Βαλβίδα Ταχείας Ανακούφισης[6.1.16]

Η επιλογή του μεγέθους της βαλβίδας ελέγχου κατεύθυνσης ενός εμβόλου, γίνεται με κριτήριο τη μικρότερη αποδεκτή ταχύτητα και την αντίστοιχη οικονομία.



Σχήμα 2.30: Χρήση Βαλβίδων Ταχείας Ανακούφισης για Αύξηση της Ταχύτητας Εμβόλου κατά τις δυο Κατευθύνσεις.

Εάν αργότερα υπάρξει απαίτηση για μεγαλύτερη ταχύτητα εμβόλου, τούτο, έως ένα βαθμό, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση της βαλβίδας ταχείας ανακούφισης στη θέση του ρυθμιστή ροής. Στα παρακάτω. Ο τρόπος σύνδεσης, για αύξηση της ταχύτητας του εμβόλου κατά τις δυο κατευθύνσεις κίνησης, απεικονίζεται στο διάγραμμα του Σχήματος 2.30.

Η δράση των βαλβίδων αυτών γίνεται ώστε η ροή 1 - 2 να γίνεται από τη βαλβίδα ελέγχου προς το έμβολο και η ροή 2 - 3 να γίνεται από το έμβολο προς το περιβάλλον. Έτσι επιτυγχάνουμε αύξηση της ταχύτητας του βάρου, επειδή ο εξερχόμενος αέρας δε διατρέχει το κύκλωμα μέχρι την ανακούφιση της βαλβίδας ελέγχου, όπου θα αντιμετώπιζε κάποιον στραγγαλισμό της ροής του.

2.3.3.10 Ρυθμιζόμενη πνευματική ασφαλιστική βαλβίδα



Σχήμα 2.31: Ρυθμιζόμενη πνευματική ασφαλιστική βαλβίδα [6.1.16]

Βαλβίδες ρύθμισης πίεσης χρησιμοποιούνται σε θέσεις των κυκλωμάτων όπου επιθυμούμε να έχουμε συγκεκριμένη πίεση - μικρότερη αυτής που λειτουργεί το σύστημα.

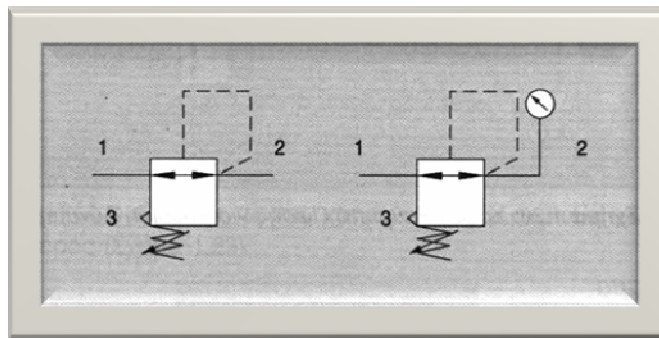
2.3.3.11 Ρυθμιζόμενη ανακουφιστική βαλβίδα



Σχήμα 2.32: Ρυθμιζόμενη ανακουφιστική βαλβίδα [6.1.16]

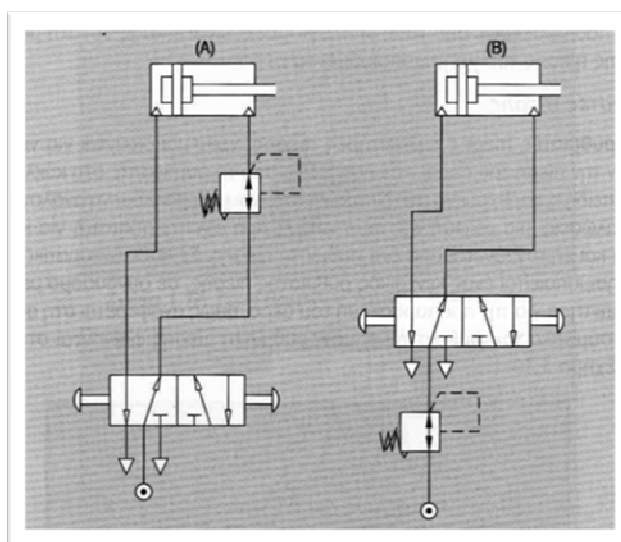
Οι βαλβίδες ανακούφισης τοποθετούνται συνήθως αμέσως μετά τον αεροσυμπιεστή ή την αντλία λαδιού και περιορίζουν την πίεση σε όλο το σύστημα κάτω από μία ορισμένη τιμή. Είναι συνεπώς βασικές μονάδες της ασφάλειας του συστήματος, γι αυτό και συχνά αποκαλούνται και βαλβίδες ασφαλείας. Σε ένα πνευματικό σύστημα, αν για κάποιο λόγο ο πιεσοστάτης που ρυθμίζει το σταμάτημα και την εκκίνηση του αεροσυμπιεστή δεν λειτουργήσει καλά, η πίεση στο σύστημα μπορεί να ανέβει μέχρι το όριο που έχει ρυθμισθεί η βαλβίδα ανακούφισης, οπότε η τελευταία ανοίγει και διοχετεύει αέρα στην ατμόσφαιρα. Η αρχή λειτουργίας μία τέτοιας βαλβίδας φαίνεται στο διπλανό σχήμα

2.3.3.12 Ρυθμιστής πίεσης



Σχήμα 2.33: Ρυθμιστής Πίεσης.[6.1.15]

Οι ρυθμιστές πίεσης ή μειωτήρες πίεσης, όπως περιγράφονται στη παράγραφο 1.6.2.2, χρησιμοποιούνται για να υποβιβάζουν την πίεση του αέρα, που παρέχεται από το συμπιεστή, στο κύκλωμα αέρος. Επειδή η παρεχόμενη στο δίκτυο πίεση είναι μεταβαλλόμενη ανάλογα με τις καταναλώσεις, μια μείωσή της σε σταθερή τιμή είναι απαραίτητη για κάθε κύκλωμα και επιτυγχάνεται από ένα ρυθμιστή πίεσης. Σε κάθε πνευματικό σύστημα χρησιμοποιείται ένας κεντρικός ρυθμιστής πίεσης, σε συνδυασμό με φίλτρο και λιπαντήρα για την προπαρασκευή του αέρα, όπως αναφέρεται στη συνέχεια. Τα σύμβολα του ρυθμιστή και μανορρυθμιστή πίεσης φαίνονται στο Σχήμα 2.33.

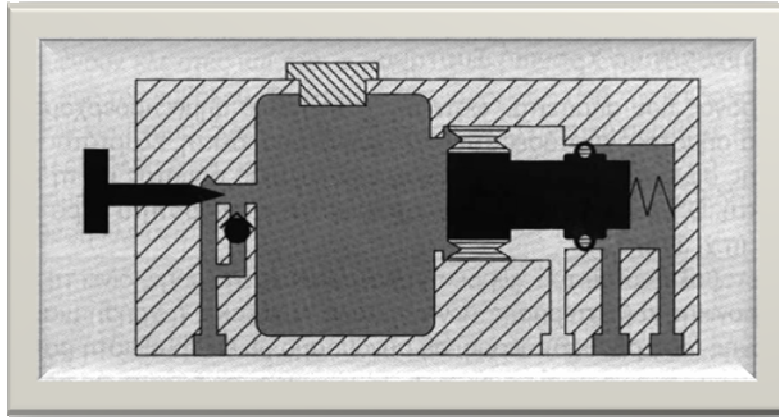


Σχήμα 2.34: Χρήση Ρυθμιστή Πίεσης για Ρύθμιση Δύναμης.

Για τη ρύθμιση της δύναμης ενός εμβόλου χρησιμοποιείται ο ρυθμιστής πίεσης, ο οποίος όπως και οι ρυθμιστές ροής, τοποθετείται σε κάθε γραμμή της βαλβίδας ελέγχου κατεύθυνσης κατά κανόνα, ή σπανιότερα στην είσοδο της βαλβίδας ελέγχου όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.34. Στην περίπτωση (A) έχουμε μείωση της δύναμης κατά την κατεύθυνση κίνησης (-) του εμβόλου, ενώ στη (B) έχουμε μείωση της δύναμης και κατά τις δυο κατευθύνσεις.

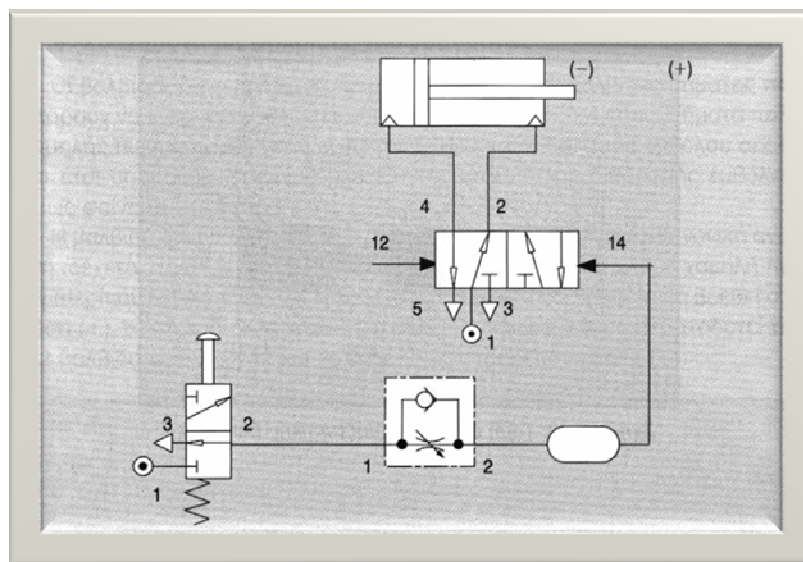
2.3.4 Πνευματικό Χρονικό Σύστημα

Ο χρόνος που απαιτείται, ώστε ένα πνευματικό σήμα προερχόμενο από βαλβίδα σήματος να φτάσει στην 5/2 βαλβίδα-αποδέκτη, εξαρτάται από τον όγκο της σωληνογραμμής που συνδέει τη βαλβίδα σήματος με τη βαλβίδα αποδέκτη. Ο χώρος αυτός πρέπει να γεμίσει με μια ποσότητα αέρα κάποιας πίεσης (π.χ. 3 At).



Σχήμα 2.36: Τομή Πνευματικής Χρονοβαλβίδας.

Στο Σχήμα 2.37 φαίνεται η χρήση χρονικού συστήματος για την καθυστέρηση έναρξης κίνησης ενός εμβόλου.



Σχήμα 2.37: Πνευματικό Διάγραμμα Εκκίνησης Εμβόλου με Χρονοβαλβίδα.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΗΛΕΚΤΡΟΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα προκύπτουν από το συνδυασμό ηλεκτρικών και πνευματικών συστημάτων. Τέτοιοι συνδυασμοί συναντώνται συχνά σε μηχανές και σε εγκαταστάσεις και διακρίνονται σε δυο είδη:

1. Ηλεκτρικοί έλεγχοι πνευματικών συστημάτων.
2. Πνευματικοί έλεγχοι ηλεκτρικών συστημάτων.

Τα στοιχεία με τα οποία επιτυγχάνονται οι παραπάνω συνδυασμοί αντίστοιχα είναι:

- Ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες.
- Πιεζοστατικοί διακόπτες.

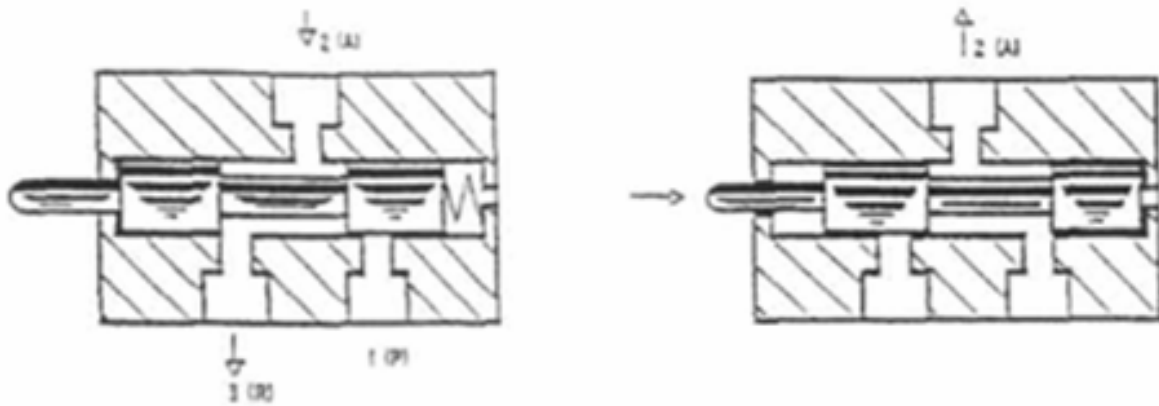
Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τη χρήση των ηλεκτροπνευματικών συστημάτων είναι σε γενικές γραμμές τα ακόλουθα:

- Γρήγορη μετάδοση των σημάτων, γιατί τα σήματα είναι ηλεκτρικά.
- Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας, γιατί τα ηλεκτρικά σήματα είναι μικρότερης απαίτησης ενέργειας από τα πνευματικά.
- Αύξηση δυνατοτήτων ελέγχου, λόγω ευκολίας μετατροπής φυσικών μεγεθών σε ανάλογα ηλεκτρικά σήματα (π.χ. ηλεκτρικό σήμα θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας).
- Οικονομικότερα υλικά.
- Ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά στοιχεία μικρού μεγέθους.

3.1 Ηλεκτροπνευματικές Βαλβίδες - 3/2 βαλβίδες

Είναι βαλβίδες σήματος στις οποίες μια ηλεκτρική διέγερση μετατρέπεται σε πνευματικό σήμα. Σε γενικές γραμμές, η ηλεκτροπνευματική βαλβίδα αποτελείται από πνευματική βαλβίδα με τρεις διόδους, που περιλαμβάνει ένα πηνίο ενεργοποίησης. Εντός του πηνίου υπάρχει ένας μαγνητικός πυρήνας, που ενεργεί σαν διπλό διάφραγμα, και σε κάθε θέση του κλείνει μια διόδο. Όταν το πηνίο ενεργοποιείται -δέχεται ηλεκτρικό ρεύμα- ο μαγνητικός πυρήνας μετακινείται ανοίγοντας έτσι τη διόδο.

Οι συμβολισμοί των 3/2 ηλεκτροπνευματικών βαλβίδων φαίνονται στο παρακάτω Σχήμα 3.1, όπου παριστάνονται η κανονικά κλειστή και η κανονικά ανοικτή βαλβίδα. Ο τύπος αυτής της βαλβίδας χρησιμοποιείται και ως βαλβίδα ελέγχου εμβόλων απλής ενέργειας.

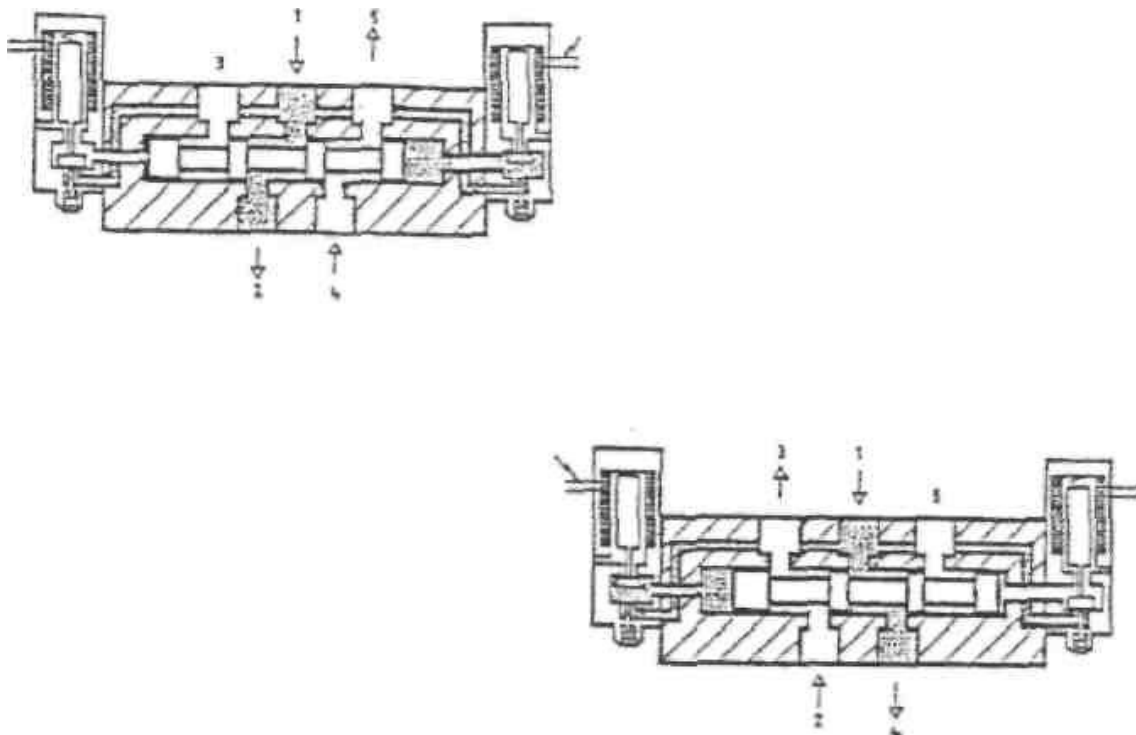


Σχήμα 3.1: Σύμβολο και Τομές 3/2 Ηλεκτροπνευματικών Βαλβίδων.[6.1.15]

3.2 Βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης 5/2

Αποτελούνται από 5/2 πνευματικές βαλβίδες ελέγχου, οι οποίες δέχονται πνευματικά σήματα από 3/2 ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες, για ευκολία έχουν κατασκευασθεί 5/2 βαλβίδες με ενσωματωμένες τις 3/2 βαλβίδες, όπου το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε πνευματικό εντός της 3/2 βαλβίδας (Σχήμα 3.2).

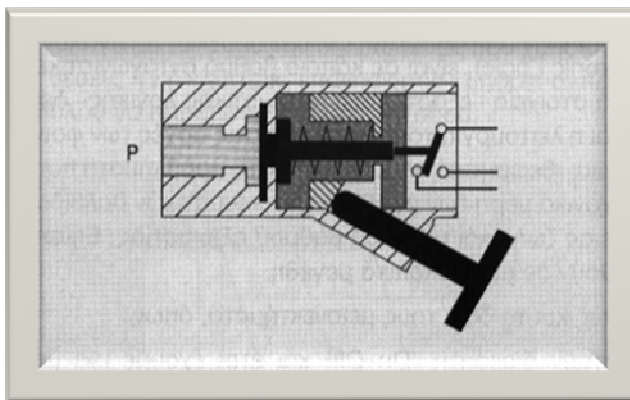
Σε γενικές γραμμές μπορούμε να θεωρήσουμε την 3/2 ηλεκτροπνευματική βαλβίδα ως μηχανισμό, ο οποίος μπορεί να συνδυαστεί με κάθε 5/2 πνευματική βαλβίδα και να μας δώσει αντίστοιχο ηλεκτροπνευματικά είδος βαλβίδας.



Σχήμα 3.2: Σύμβολα και Τομές 5/2 Ηλεκτροπνευματικών Βαλβίδων. .[6.1.15]

3.3 Πιεζοστατικοί Διακόπτες

Χρησιμοποιούνται για να δίνουν την ένδειξη παρουσίας πίεσης αέρα με ηλεκτρικό σήμα. Η χαρακτηριστική τομή του πιεζοστατικού διακόπτη φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Τομή Πιεζοστατικού Διακόπτη.

3.4 Υδροπνευματικά Συστήματα

Προκειμένου να εξουδετερωθούν οι ατέλειες, που παρουσιάζονται στα πνευματικά συστήματα για ορισμένες εφαρμογές (αστάθεια διαδρομής, μεταβολές ταχύτητας), χρησιμοποιούνται συστήματα, που στηρίζονται στο συνδυασμό του πεπιεσμένου αέρα με πεπιεσμένο υδραυλικό ρευστό. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται Υδροπνευματικά και διακρίνονται σε δυο τύπους:

- Συστήματα που χρησιμοποιούν υδραυλικό έμβολο χαμηλής πίεσης λειτουργίας και εναλλάκτες αέρος λαδιού. Το υπόλοιπο σύστημα ελέγχου είναι πνευματικό.
- Συστήματα που χρησιμοποιούν υδραυλικό έμβολο συνδεδεμένο μηχανικά με το πνευματικό έμβολο, για τη σταθεροποίηση της ταχύτητάς του.

3.5 Πνευματική Λογική (Fluidics)

Είναι ο τομέας που περιλαμβάνει τη μελέτη και τις εφαρμογές βασικών στοιχείων ελέγχου πνευματικών αυτοματισμών, που λειτουργούν με αεροδυναμικές ή υδροδυναμικές αρχές και έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν λογικές συναρτήσεις.

Οι κύριες εφαρμογές των Fluidics είναι στη δημιουργία σημάτων ελέγχου (Control Signals), κατ' αναλογία με τις πνευματικές βαλβίδες σημάτων ή τα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Οι δυο μορφές λογικής, πνευματική λογική (Fluid Logic) και ηλεκτρονική λογική (Electronic Logic), είναι σε κάποιο βαθμό ανταγωνιστικές.

Τα καθαρά στοιχεία -εξαρτήματα πνευματικής λογικής- δεν έχουν κινούμενα μέρη, και η λειτουργία τους βασίζεται στις αρχές των φαινομένων ροής. Έτσι δίδουν μια -θεωρητικά πλήρη- λύση στα προβλήματα που δημιουργούν τα κινητά μηχανικά μέρη των συμβατικών πνευματικών βαλβίδων και είναι μεγάλης διάρκειας ζωής και μεγάλου βαθμού αξιοπιστίας. Επίσης μπορούν να κατασκευασθούν σε μικροσκοπικά μεγέθη.

Έχουν όμως και τα δικά τους μειονεκτήματα, όπως:

- Δεν διαθέτουν διακόπτη (On-Off) και έτσι έχουμε μια μόνιμη απώλεια ενέργειας και για αυτό λειτουργούν σε χαμηλές πιέσεις (0,07-0,35 At) και με πολύ μικρές παροχές αέρα.
- Λειτουργούν με αέρα πολύ υψηλής καθαρότητας και απόλυτα ελεγχόμενης ακρίβειας πίεσης.

Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων των στοιχείων πνευματικής λογικής που αναφέραμε, υπάρχει μια τάση για κατασκευή μικροσκοπικών πνευματικών βαλβίδων εμβόλου, ώστε σε συνδυασμό με λοιπά στοιχεία πνευματικής λογικής να έχουμε κάθε δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων αυτοματισμού.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

4.1 Απεικόνιση Συσχετιζόμενων Κινήσεων

Κατά την πρώτη φάση του σχεδιασμού ενός σύνθετου συστήματος πνευματικού αυτοματισμού, το κύριο θέμα είναι η αποτύπωση του τρόπου με τον οποίο εκτελείται μια ακολουθία κινήσεων εμβόλων παραβλέποντας τις λοιπές λειτουργικές ανάγκες του συστήματος, όπως είναι η ρύθμιση ταχύτητας, η στήριξη των εμβόλων, κ.λπ.

Τα πνευματικά διαγράμματα σύνθετων συστημάτων, όπου μερικά έμβολα αέρος μετά την παροχή ενός σήματος έναρξης συνεργάζονται σε μια ακολουθία συσχετισμένων κινήσεων, φαίνονται από μια πρώτη θεώρηση πολύπλοκα.

Στην πραγματικότητα, αυτά τα διαγράμματα αποτελούνται από ένα συνδυασμό απλών συστημάτων (ενός εμβόλου) πνευματικού αυτοματισμού, όπου η βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης κάθε εμβόλου είναι σχεδιασμένη πλησίον του.

Για την υποβοήθηση του τρόπου απεικόνισης, τα έμβολα αέρος χαρακτηρίζονται με ένα από τα γράμματα ABCD... και οι καταστάσεις των βάκτρων με τα σημεία (+) ή (-) ανάλογα με τη θέση τους εκτός ή εντός των εμβόλων αντίστοιχα. Κατόπιν καθορίζουμε τις χρονικές φάσεις κινήσεων των εμβόλων και τις θέσεις αυτών. Έτσι ένας ολοκληρωμένος κύκλος συσχετισμένων κινήσεων εμβόλων μπορεί να παρασταθεί με δυο τρόπους.

4.1.1 Πίνακας Θέσεων

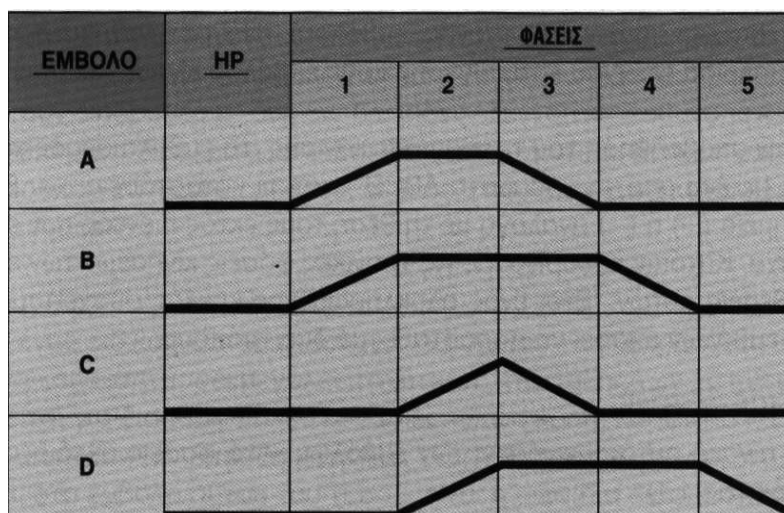
Στον πίνακα αυτό οι κινήσεις των εμβόλων κατά φάσεις σχεδιάζονται ως εξής (Πίνακας 4.1):

Πίνακας 4.1: Πίνακας Θέσεων Εμβόλων.

Έμβολο	Θέσεις και κίνηση εμβόλων κατά φάσεις					
	Ηρεμία	1	2	3	4	5
A	-	(+)	+	(-)	-	-
B	-	(+)	+	+	(-)	-
C	-	-	(+)	(-)	-	-
D	-	-	(+)	+	+	(-)

- Στην πρώτη στήλη καταγράφονται τα έμβολα.
- Στην δεύτερη στήλη ορίζεται η θέση των βάκτρων σε κατάσταση ηρεμίας, προ της έναρξης του κύκλου.
- Στις επόμενες στήλες ορίζεται η θέση των βάκτρων σε κάθε φάση, ενώ τοποθετείται σε παρένθεση η αλλαγή θέσης των βάκτρων, σε σχέση με την προηγούμενη φάση. Η στήλη της τελευταίας φάσης πρέπει να είναι ίδια με αυτήν της κατάστασης ηρεμίας.

Στο αυτό σχεδιάζονται οι κινήσεις των εμβόλων κατά φάσεις, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1, που εμφανίζει τον ίδιο συσχετισμό κινήσεων με τον Πίνακα 4.1.



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα Φάσεων Κινήσεων Εμβόλων.

Όταν οι γραμμές είναι οριζόντιες το έμβολο ηρεμεί, στις θέσεις (+) ή (-), ανάλογα με την πάνω ή κάτω θέση της γραμμής.

Η κίνηση εμφανίζεται με πλάγιες γραμμές, ανερχόμενες ή κατερχόμενες.

Τα διαγράμματα φάσεων κινήσεων αναλύονται εκτενέστερα στη συνέχεια.

Αφού καλυφθεί με τον έναν ή τον άλλο τρόπο η παράσταση του συσχετισμού των κινήσεων των εμβόλων, τότε ακολουθεί η σχεδίαση των αναγκαίων εξαρτημάτων στο πνευματικό διάγραμμα.

Στη συνέχεια εξετάζεται ένας αριθμός σύνθετων συστημάτων αυτοματισμού για την εξοικείωση με τα σύμβολα, την ανάλυση της ακολουθίας των κινήσεων και το σχεδιασμό των πνευματικών διαγραμμάτων.

4.1.2 Παραδείγματα Εφαρμογής Συσχετιζόμενων Κινήσεων

4.1.2.1 Σύστημα Συγκράτησης-Κοπής Ξύλινης Δοκού

Το σύστημα που φαίνεται στο Σχήμα 1.60 είναι το πνευματικό διάγραμμα αυτοματισμού μηχανής κοπής ξύλου, στην οποία τα έμβολα αέρος συγκράτησης (A) και κοπής (B), έχουν τον εξής συσχετισμό κινήσεων:

- Το βάκτρα του εμβόλου A εξέρχεται.
- Το βάκτρο του εμβόλου B εξέρχεται.
- Τα βάκτρα των εμβόλων A και B εισέρχονται.

Αυτά απεικονίζονται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2.: Πίνακας Θέσεων Εμβόλων

ΕΜΒΟΛΟ	ΦΑΣΕΙΣ - ΚΙΝΗΣΕΙΣ			
	ΗΡΕΜΙΑ	1	2	3
A	-	(+)	+	(-)
B	-	-	(+)	(-)

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2 η ξύλινη δοκός προωθείται μέχρι να σταματήσει σε ρυθμιζόμενο στόπερ.

5 ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κλείνοντας γίνεται σαφές πως η χρήση πεπιεσμένου αέρα σε εφαρμογές αυτοματισμού ενδείκνυται σε περιπτώσεις που έχουμε επενέργεια σε μικρά φορτία, θέλομε μεγάλες ταχύτητες ή επιθυμούμε απλά μία φτηνή λύση στο πρόβλημά μας. Ο περιορισμός στα φορτία οφείλεται στο γεγονός ότι η διαθέσιμες πιέσεις είναι το πολύ 10 bar. Τα πνευματικά συστήματα είναι ιδανική λύση για ένα μεγάλο εύρος περιπτώσεων αυτοματισμού. Στα πλεονεκτήματά τους περιλαμβάνονται :

-χαμηλό κόστος, αξιοπιστία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα με υψηλές θερμοκρασίες, δεν λερώνουν, παρέχουν εύκολη αποθήκευση και μεταφορά ενέργειας, παράγουν απλή και χαμηλού κόστους γραμμική κίνηση, με σχετικά μεγάλες ταχύτητες (1-2 m/sec), τα στοιχεία του αυτοματισμού είναι αντικρηκτικά, δεν κινδυνεύουν από υπερφόρτιση, ενώ εργάζονται και σε μη κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος και τέλος διαθέτουν τη δυνατότητα εύκολης ρύθμισης ταχύτητας, ή/και δύναμης.

στα δε μειονεκτήματά τους περιλαμβάνονται τα παρακάτω :

-δεν είναι κατάλληλα για εφαρμογές ελέγχου θέσης που απαιτούν μεγάλη ακρίβεια, δεν είναι κατάλληλα για περιπτώσεις όπου απαιτείται να ασκηθούν μεγάλες δυνάμεις, έχουν υψηλό κόστος παραγωγής, υπάρχει κίνδυνος διάρρηξης του συστήματος λόγω της πολύ μεγάλης αποθηκευμένης ενέργειας, έχουν μεγάλη ευαισθησία στα παραμικρά ξένα σωματίδια που θα υπεισέλθουν στον πεπιεσμένο αέρα, η δημιουργία γραμμικής κίνησης είναι περιορισμένης απόστασης (2 m) και περιορισμένης δύναμης (3.000 Kg).

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Βιβλία

1. Ρουμπής Σ., *Αυτοματισμός με προγραμματιζόμενους ελεγκτές*
2. Festo Didactic, *Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές*
3. Bosch Automation, *Pneumatic. Theory and applications*
4. Ρακόπουλος Κ., (1988), *Αρχές εμβολοφόρων μηχανών εσωτερικής καύσης. Εισαγωγή – Λειτουργία – Θερμοδυναμική*, Εκδόσεις Γ. Φούντας, Αθήνα.
5. Ρακόπουλος Κ., (2000), *Εμβολοφόρες μηχανές εσωτερικής καύσης II. Εμβάθυνση στην κατασκευή και λειτουργία*, Εκδόσεις Γ. Φούντας, Αθήνα.
6. Heywood J.B., (1988), *Internal combustion engine fundamentals*, New York, McGraw-Hill.
7. Lefas C. - Pantazis N., *Control Systems Laboratory Exercises - Part II Mechanical Engineering*, 1984.
8. Chretien P. - Pantazis N., *Εργαστηριακές Ασκήσεις στα Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου*, 1976.
9. Hasebrink J.P., Kobler R., *Fundamentals of Pneumatic Control Engineering. Festo Didactic*, Esslingen, 1978.
10. Deppert W., Stoll K., *Pneumatic Application. Festo*, Vogel Verlag. Wuerzburg, 1986.
11. Deppert W., Stoll K., *Pneumatic Control. Festo*, Vogel Verlag. Wuerzburg, 1987.
12. *Pneumatic Handbook*. Trade & Technical Press Ltd, Surrey, England, 1980.
13. Mannesmann Rexroth, *Know how In Pneumatics*, Germany, 1993.

14. Mannesmann Rexroth, *Pneumatic Marine Technique-Components and Systems*. Germany, 1993.
15. Εκπαιδευτικό Εγχειρίδιο ηλεκτροπνευματικών συστημάτων, **2001 MECHATRONICS**.
16. Ρούτουλας Α., *Σημειώσεις Υδραυλικών-Πνευματικών Συστημάτων, Αυτοματισμού*, Τ.Ε.Ι. Πειραιά, 1990.

6.2 Φυλλάδια

1. SR-Series Steering Gear, Tenfjord A.S., Norway
2. Plug-in Steering Gear, Tenfjord A.S., Norway
3. Air Compressors, Sperre B.V., Holland
4. Mini-Marex III-System, Mannesmann Rexroth Pneumatic GmbH, Germany
5. Power Steering Units, S.A.M. Hydraulik S.P.A., Italy
6. Pneumatics Sales Program, Herion-Werke K.G., Germany
7. Universal 2000 Standard Plus Cylinders, Festo Pneumatic, Germany
8. DSM Semi-rotary Module, Festo Pneumatic, Germany
9. High Force, High Profile Cylinders, Festo Pneumatic, Germany
10. Compact Cylinders, Festo Pneumatic, Germany
11. Actuator-Sensor Interface, Festo Pneumatic, Germany
12. Valve Terminals With PLC's, Festo Pneumatic, Germany
13. CP Valves, Festo Pneumatic, Germany
14. Telemacanique Pneumatic. Pneumatic Valve Technical Handbook.
15. Πρόγραμμα Αέρος, Hydropneumatik Hellas, Ελλάς
16. Γενικός Κατάλογος Εξαρτημάτων Hm, Hydropneumatik Hellas, Ελλάς

17. Introduction to Pneumatics and Pneumatic Circuit Problems for FPEF Trainer /John R. Groot, Birmingham, Michigan

6.3 Διαδίκτυο

1. www.wikipedia.org
2. www.dieselnet.com
3. www.britanica.com
4. www.carttech.com/news
5. www.insaco.com/MatPages
6. www.ultrasonic.de
7. www.tokyo-radiator.co.jp/seihin/egr.html
8. www.lubricants.elf.com/lub/contet
9. www.machinedesign.com
10. www.aa1car.com/library
11. www.engineersedge.com
12. www.pumpschool.com
13. www.festo.com
14. www.howstuffworks.com
15. www.junair.com
16. www.webopedia.com
17. www.hydraulicspneumatics.com
18. www.airblock.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Contents

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	5
1.1	Τεχνολογίες Συστημάτων Αυτοματισμού	5
1.2	Πνευματικά Συστήματα	6
1.3	Μονάδες Παραγωγής Πνευματικής Ισχύος	6
1.3.1	Γραμμές Πεπιεσμένου Αέρα	8
1.3.2	Προπαρασκευαστής Αέρα	9
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΕΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΒΑΛΒΙΔΕΣ	13
2.1	Γενικά	13
2.2	Έμβολα Αέρος	16
2.2.1	Έμβολα Απλής Ενέργειας	16
2.2.2	Έμβολα Διπλής Ενέργειας	18
2.3	Πνευματικές βαλβίδες	21
2.3.1	Βαλβίδες Ελέγχου Κατεύθυνσης	25
2.3.2	Βαλβίδες Σημάτων 3/2	36
2.3.3	Ρυθμιστικές Βαλβίδες	37
2.3.4	Πνευματικό Χρονικό Σύστημα	44
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΗΛΕΚΤΡΟΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ- ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	47
3.1	Ηλεκτροπνευματικές Βαλβίδες - 3/2 βαλβίδες	48
3.2	Βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης 5/2	49

3.3	Πιεζοστατικοί Διακόπτες	50
3.4	Υδροπνευματικά Συστήματα	50
3.5	Πνευματική Λογική (Fluidics)	50
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ : ΈΛΕΓΧΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	52
4.1	Απεικόνιση Συσχετιζόμενων Κινήσεων	52
4.1.1	Πίνακας Θέσεων	52
4.1.2	Παραδείγματα Εφαρμογής Συσχετιζόμενων Κινήσεων	54
5	ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	56
6	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	57
6.1	Βιβλία	57
6.2	Φυλλάδια	58
6.3	Διαδίκτυο	59