

ΑΕΝ / ΑΣΠΡΟΠΥΡΓΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

# Σημειώσεις Πνευματικού Ελέγχου

Κ. ΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ – Α. ΧΡΗΣΤΙΔΟΥ



## Πνευματικά Συστήματα

### Γενικά

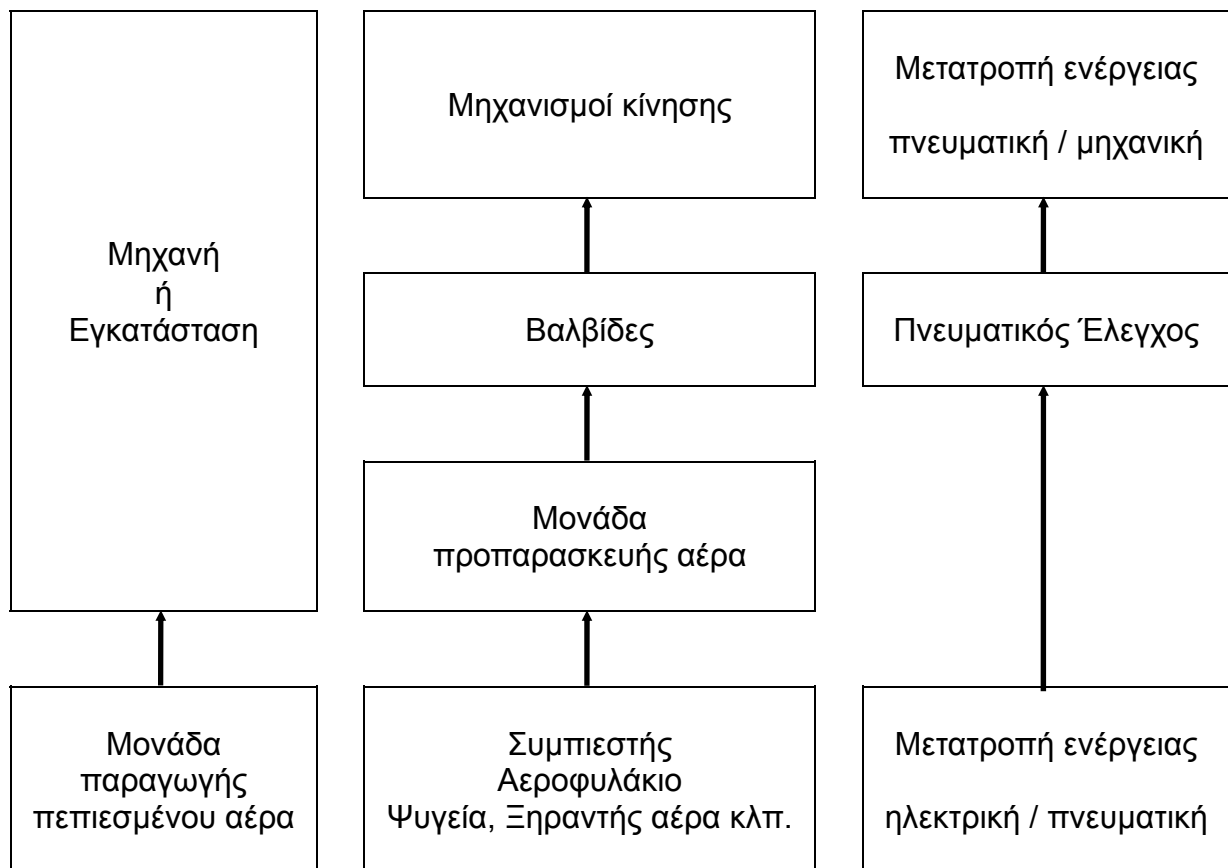
Οποιοδήποτε σύστημα χρησιμοποιεί την ενέργεια που έχει αποθηκευθεί στον πεπιεσμένο αέρα για να παράγει ωφέλιμο έργο ονομάζεται Πνευματικό Σύστημα.

Τα Πνευματικά Συστήματα χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση μιας εργασίας που μπορεί να είναι επαναλαμβανόμενη, επικίνδυνη για τους χειριστές ή βαριά, να πραγματοποιείται σε μη φιλικό περιβάλλον ή να απαιτεί ακρίβεια ή ταχύτητα.

Τα Πνευματικά Συστήματα χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία σαν μέσο αυτοματισμού χαμηλού κόστους.

Σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπως νοούνται σήμερα, στον αυτοματισμό εργοστασίων, ο πεπιεσμένος αέρας άρχισε να χρησιμοποιείται τη δεκαετία του 1950 και από τότε η χρήση του αυξάνεται συνεχώς.

### Οργάνωση Πνευματικού Συστήματος



## Μηχανισμοί κίνησης

Οι μηχανισμοί κίνησης (drive elements) είναι τα ενεργά στοιχεία ή επενεργητές (actuators) στα πνευματικά συστήματα και πρέπει να ελέγχονται έτσι ώστε η ενέργεια που παρέχει ο πεπιεσμένος αέρας να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες κατεργασίες, όπως π.χ. σε πρέσες, σφύρες κ.λ.π..

Στους μηχανισμούς κίνησης λαμβάνει χώρα μετατροπή ενέργειας από πνευματική σε μηχανική, δηλαδή η αποθηκευμένη στον πεπιεσμένο αέρα ενέργεια μετατρέπεται, στους μηχανισμούς κίνησης, σε μηχανικό έργο.

Οι μηχανισμοί κίνησης διαιρούνται σε μηχανισμούς γραμμικής και μηχανισμούς περιστροφικής κίνησης.

Στους μηχανισμούς γραμμικής κίνησης ανήκουν οι κύλινδροι απλής ενέργειας (single-acting cylinders) και οι κύλινδροι διπλής ενέργειας (double-acting cylinders).

Στους μηχανισμούς περιστροφικής κίνησης ανήκουν οι περιστροφικοί επενεργητές (rotary actuators) και οι κινητήρες πεπιεσμένου αέρα (compressed-air motors).

## Βαλβίδες

Ο έλεγχος στα πνευματικά συστήματα γίνεται με βαλβίδες. Οι βαλβίδες ελέγχουν το δρόμο του πεπιεσμένου αέρα προς τους μηχανισμούς κίνησης. Η λειτουργία καθώς και ο τρόπος ενεργοποίησης των βαλβίδων διαφέρει ανάλογα με τις απαιτήσεις των κατεργασιών.

Στις βαλβίδες ανήκουν οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης (directional control valves), οι βαλβίδες ελέγχου παροχής (flow-control valves), οι βαλβίδες ελέγχου (check valves) και οι βαλβίδες ελέγχου πίεσης (pressure-control valves).

## Πνευματικός έλεγχος

### Βασικές κατηγορίες πνευματικού ελέγχου

Υπάρχουν πολλοί τρόποι ελέγχου των πνευματικών συστημάτων που εξαρτώνται από τη φύση και το σκοπό της χρήσης τους. Θεωρούμε όμως ότι όλοι εμπίπτουν σε τρεις βασικές κατηγορίες.

- **Press and release control** (έλεγχος με πάτημα και άφεση – κάτι παρόμοιο με το ηλεκτρικό κουδούνι)
- **Hold on control** (έλεγχος με συγκράτηση – δηλαδή μια κατάσταση ενεργοποιημένη ωστόσο δοθεί η αντίθετη εντολή)
- **Sequence control** (ακολουθιακός έλεγχος – μια σειρά από on - off γεγονότα)

### Επίπεδα δράσης πνευματικού ελέγχου

Ένα πνευματικό κύκλωμα περιέχει συνήθως τρία επίπεδα

3 <sup>ο</sup>	Επίπεδο εκτέλεσης	Εκτέλεση εντολής από μηχανισμό κίνησης
2 <sup>ο</sup>	Επίπεδο ελέγχου	Επεξεργασία σήματος και μεταφορά του προς εκτέλεση
1 <sup>ο</sup>	Επίπεδο εντολών – – Στοιχεία σήματος	Θέτει το σύστημα σε κίνηση, δηλαδή δίνει το σήμα εισόδου

Ένα πνευματικό κύκλωμα δείχνει τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων σήματος, ελέγχου και εκτέλεσης.

### Μορφές ελέγχου γενικά

Στο επίπεδο ελέγχου, ο τρόπος λειτουργίας των βαλβίδων ελέγχου εξαρτάται από την εργασία για την οποία χρησιμοποιούνται.

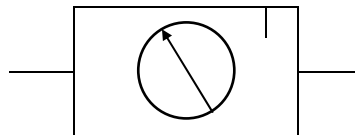
Τα απλά συστήματα ελέγχονται πνευματικά, δηλαδή τα στοιχεία ελέγχου λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα που τους παρέχουν τα στοιχεία σήματος.

Για πιο σύνθετες εργασίες ο έλεγχος είναι ηλεκτροπνευματικός. Τα στοιχεία ελέγχου λειτουργούν ηλεκτρικά. Τα στοιχεία σήματος όπως διακόπτες (switches) και αισθητήρες (sensors) παρέχουν ηλεκτρικά σήματα. Λογικές λειτουργίες (on – off) στα σήματα εκτελούνται από ηλεκτρικούς διακόπτες κυκλώματος (circuit brakes) και ρελέ (relays).

Το επόμενο στάδιο του ηλεκτροπνευματικού ελέγχου είναι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (programmable logic controllers, P.L.C.), όπου τα ρελέ αντικαθίστανται από μια αποθηκευμένη σειρά λογικών εντολών (πρόγραμμα).

### Μονάδα προπαρασκευής αέρα (Air-service unit)

Είναι αναγκαίο, για την προστασία του πνευματικού εξοπλισμού, ο χρησιμοποιούμενος πεπιεσμένος αέρας να είναι καλής ποιότητας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η μονάδα προπαρασκευής αέρα.



Η μονάδα προπαρασκευής αέρα αποτελείται από :

- **φίλτρο αέρα** (για κατακράτηση στερεών σωματιδίων)
- **διαχωριστή νερού** (για αφαίρεση της υγρασίας)
- **βαλβίδα ρύθμισης πίεσης** (για μείωση της πίεσης και διατήρησή της στην τιμή λειτουργίας του κυκλώματος, ανεξάρτητα από την κατανάλωση αέρα και τις διακυμάνσεις της πίεσης παροχής)
- **μανόμετρο** (για την ένδειξη της πίεσης λειτουργίας στην είσοδο του κυκλώματος)
- **βαλβίδα** (για τροφοδοσία με πεπιεσμένο αέρα του κυκλώματος, όταν είναι ενεργοποιημένη και διακοπή τροφοδοσίας και εξαέρωση του πεπιεσμένου αέρα στην ατμόσφαιρα, όταν είναι απενεργοποιημένη)

## Βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης (Directional control valves)

### Λειτουργία

Στον πνευματικό έλεγχο, ως προς τη λειτουργία τους, οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης χρησιμοποιούνται σαν :

- στοιχεία σήματος (signaling elements)
- στοιχεία ελέγχου (control elements)

### Συμβολισμός

Οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης χαρακτηρίζονται από :

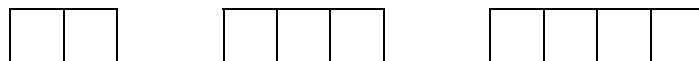
- στόμια (connections ή ports)
- και
- θέσεις (switching positions)

Βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης που έχει  $\mu$  στόμια και  $\nu$  θέσεις ονομάζεται "βαλβίδα  $\mu/\nu$ " ή " $\mu$ -οδική βαλβίδα  $\nu$  θέσεων".

Στα σύμβολα των βαλβίδων ελέγχου κατεύθυνσης :

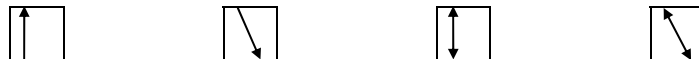
#### ◆ Θέσεις

Κάθε θέση τους παριστάνεται από ένα τετραγωνίδιο.

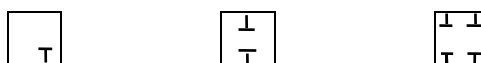


Σε κάθε θέση, δηλ. μέσα σε κάθε τετραγωνίδιο, συμβολίζονται :

- ◇ οι μεταξύ των στομίων οδεύσεις, που επιτρέπει η θέση αυτή, από γραμμές με βέλη.



- ◇ τα στόμια που είναι φραγμένα (T blocks), στη θέση αυτή, από γραμμές με παύλα.



♦ **Στόμια**

Τα στόμια φαίνονται σε μια θέση, δηλ. μέσα σε ένα τετραγωνίδιο, στα σημεία εκείνα που οι γραμμές με τα βέλη ή οι γραμμές με παύλα συναντούν την περίμετρο του τετραγωνίδιου.

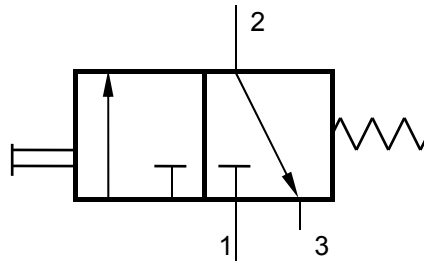
Κάθε στόμιο συμβολίζεται με ένα γράμμα ή αριθμό που δηλώνει την καταλληλότητά του για ορισμένη χρήση, όπως περιγράφεται στον παρακάτω πίνακα :

**ΣΥΜΒΟΛΑ ΣΤΟΜΙΩΝ**

Είδος στομίου	Γράμμα	Αριθμός (ISO 5599)	Χρήση
Στόμιο τροφοδοσίας Compressed - air supply (inputs)	P	1	Το στόμιο στο οποίο συνδέεται ο αγωγός που φέρνει τον αέρα από την πηγή
Στόμια εργασίας Working lines (outputs)	A, B	4, 2	Στόμια στα οποία συνδέονται αγωγοί που οδηγούν τον αέρα προς διάφορες χρήσεις μέσα στο υπόλοιπο σύστημα αυτοματισμού
Στόμια αποπίεσης Vents (output ports)	R, S	5, 3	Στόμια που βγάζουν στην ατμόσφαιρα. Συμβολίζονται με τρίγωνο
Στόμια ελέγχου (σε βαλβίδες 3/2) Pilot (control) ports (on 3/2 valves)	Z, Y	12, 10	
Στόμια ελέγχου (σε βαλβίδες 4/2 και 5/2) Pilot (control) ports (on 4/2 and 5/2 valves)	Z, Y	14, 12	



**Βαλβίδα 3/2 χειρισμός με μπουτόν**  
**θέση ηρεμίας κλειστή**  
**επαναφορά με ελατήριο**

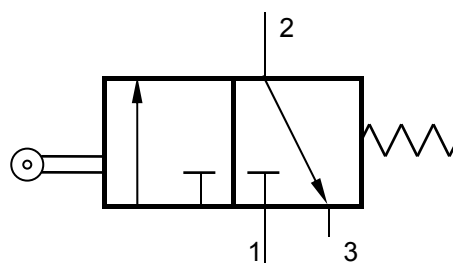


Όταν η βαλβίδα είναι ενεργοποιημένη, δηλαδή όσο το μπουτόν χειρισμού της είναι πατημένο, αυτή βρίσκεται στην αριστερή θέση. Σ' αυτή την περίπτωση πεπιεσμένος αέρας ρέει μέσω της διόδου της βαλβίδας από το στόμιο τροφοδοσίας "1" προς το στόμιο εργασίας "2".

Όταν η βαλβίδα απενεργοποιηθεί, δηλαδή το μπουτόν της παύει να είναι πατημένο, αυτή επανέρχεται στη δεξιά θέση της (θέση ηρεμίας), μέσω του ελατηρίου επαναφοράς. Αν πεπιεσμένος αέρας βρίσκεται στο στόμιο εργασίας "2", αυτός εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα ρέοντας προς το στόμιο αποπίεσης "3".

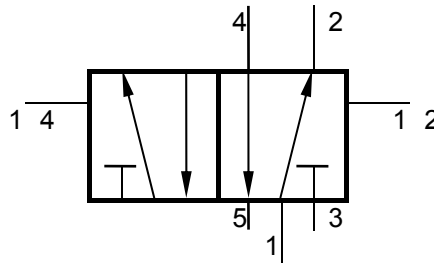
Οι βαλβίδες 3/2 αποτελούν συνήθως στοιχεία σήματος.

**Βαλβίδα 3/2 οδήγηση από ράουλο**  
**θέση ηρεμίας κλειστή**  
**επαναφορά με ελατήριο**



Λειτουργία όμοια με εκείνη της προηγούμενης βαλβίδας

## Βαλβίδα 5/2 με πνευματική οδήγηση



Όταν πεπιεσμένος αέρας ρέει προς το στόμιο ελέγχου "14" η βαλβίδα τίθεται στην αριστερή της θέση. Στην περίπτωση αυτή πεπιεσμένος αέρας ρέει μέσω της διόδου της βαλβίδας από το στόμιο τροφοδοσίας "1" προς το στόμιο εργασίας "4", ενώ πεπιεσμένος αέρας που βρίσκεται στο στόμιο εργασίας "2" εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα ρέοντας προς το στόμιο αποπίεσης "3".

Αντίθετα όταν πεπιεσμένος αέρας ρέει προς το στόμιο ελέγχου "12" η βαλβίδα τίθεται στην δεξιά της θέση. Στην περίπτωση αυτή πεπιεσμένος αέρας ρέει μέσω της διόδου της βαλβίδας από το στόμιο τροφοδοσίας "1" προς το στόμιο εργασίας "2", ενώ πεπιεσμένος αέρας που βρίσκεται στο στόμιο εργασίας "4" εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα ρέοντας προς το στόμιο αποπίεσης "5".

Οι βαλβίδες 5/2 με πνευματική οδήγηση δεν έχουν θέση ηρεμίας και ελέγχονται από πνευματικούς παλμούς (σύντομα σήματα). Αποκαλούνται "κρουστικές βαλβίδες" ("impulse valves") ή "πνευματικές μνήμες" ("pneumatic memories"). Μερικές φορές ονομάζονται βαλβίδες flip-flop.

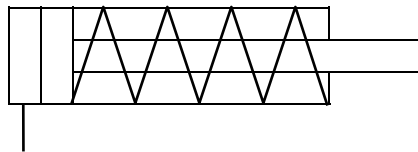
Όταν ένας πνευματικός παλμός εφαρμοσθεί σε ένα από τα δύο στόμια ελέγχου, η βαλβίδα λαμβάνει την αντίστοιχη θέση. Όταν ο παλμός αποσυρθεί η βαλβίδα διατηρεί τη θέση της μέχρις ότου ένας δεύτερος πνευματικός παλμός εφαρμοσθεί στο άλλο στόμιο ελέγχου.

Οι βαλβίδες 5/2 χρησιμοποιούνται κυρίως στο επίπεδο ελέγχου, αποτελούν δηλαδή ένα από τα βασικότερα στοιχεία επεξεργασίας σήματος, ενώ συγχρόνως μεταφέρουν τα σήματα που κινούν τους κυλίνδρους.

## Κύλινδροι

Οι κύλινδροι βρίσκονται συνήθως στο επίπεδο εκτέλεσης, αποτελούν δηλαδή μηχανισμούς κίνησης

### Κύλινδρος απλής ενέργειας με επαναφορά ελατηρίου



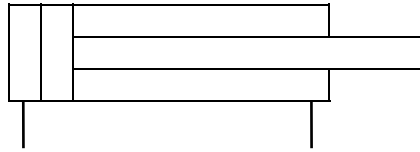
Ο κύλινδρος απλής ενέργειας ονομάζεται έτσι γιατί καλείται να λειτουργήσει (να ενεργήσει) σε μία μόνο κατεύθυνση και προς τούτο τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα από το στόμιο εισαγωγής. Η αντίθετη κατεύθυνση τροφοδοτείται με διαφορετικά μέσα από τον αέρα, συνήθως μέσω ελατηρίου επαναφοράς αλλά και μέσω κάποιας εξωτερικής μηχανικής δύναμης.

Όσο ο κύλινδρος τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα διατηρεί την "προς τα έξω" θέση, υπερνικώντας τη δύναμη επαναφοράς του ελατηρίου. Ο αέρας της πλευράς του βάρκτρου εκτονώνεται στην ατμόσφαιρα μέσω της οπής αποπίεσης.

Όταν απενεργοποιηθεί ο κύλινδρος, δηλαδή σταματήσει η τροφοδότηση και γίνει εκτόνωση του πεπιεσμένου αέρα μέσω της διόδου της βαλβίδας που συνδέεται με τον κύλινδρο, το ελατήριο επαναφοράς παρέχει την απαιτούμενη δύναμη για την "προς τα μέσα" θέση του εμβόλου και ο χώρος της πλευράς του βάρκτρου γεμίζει με αέρα μέσω της οπής αποπίεσης.

Οι κύλινδροι αυτοί χρησιμοποιούνται σε πρέσες, ανυψωτικές διατάξεις, μηχανήματα τροφοδότησης κ.ά.

### Κύλινδρος διπλής ενέργειας



Ο κύλινδρος διπλής ενέργειας ονομάζεται έτσι γιατί καλείται να λειτουργήσει (να ενεργήσει) και προς τις δύο κατευθύνσεις κίνησης και προς τούτο έχει δύο στόμια σύνδεσης για τροφοδότησή του με πεπιεσμένο αέρα. Έτσι δεν έχει ανάγκη ελατηρίου επαναφοράς.

Όταν το ένα στόμιο σύνδεσης τροφοδοτείται με πεπιεσμένο αέρα το έμβολο ενεργεί κατά τη μία κατεύθυνση κίνησης και από το άλλο στόμιο εκτονώνεται αέρας. Το έμβολο διατηρεί τη θέση που απέκτησε με την παραπάνω κίνηση έως ότου αναστραφεί η τροφοδότηση του κυλίνδρου, οπότε ενεργεί κατά την άλλη κατεύθυνση κίνησης και ούτω καθ' εξής.

Όταν τα έμβολα διπλής ενέργειας κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, εφοδιάζονται με διατάξεις απόσβεσης τερματισμού.

Κύλινδροι διπλής ενέργειας χρησιμοποιούνται όταν το έμβολο πρέπει να ενεργοποιήσει και άλλες διατάξεις κατά τον κύκλο επιστροφής του.