



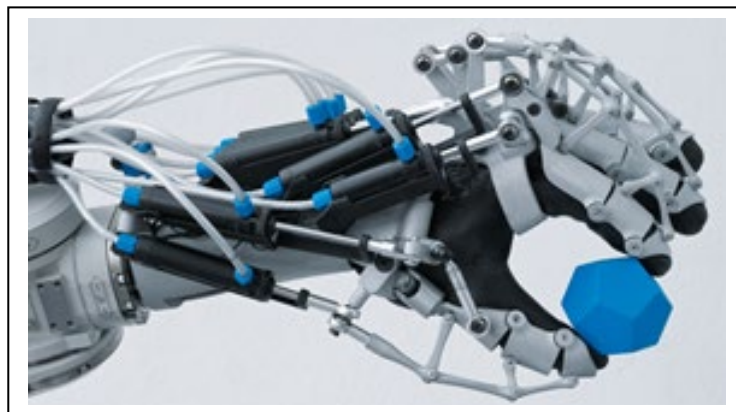
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΩ P.L.C.



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

Γιαννούλας Δημήτρης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Δρ. ΜΙΧΑΗΛ ΠΑΠΟΥΤΣΙΔΑΚΗΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2018



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο / Η κάτωθι υπογεγραμμένος / η .....Γιαννούλας Δημήτρης.....,  
του .....Μαρίνου...Γιαννούλα....., με αριθμό μητρώου ...22999..... φοιτητής / τρια του  
Τμήματος **Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής**, του **Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής** πριν  
αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα,  
όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή  
μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν  
λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα.  
Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των  
συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει  
απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του  
Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την  
εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω  
Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία  
ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος  
Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Ημερομηνία

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	6
Εισαγωγή .....	7
Κεφάλαιο 1ο : Εισαγωγή στα πνευματικά συστήματα .....	7
• Εξήγηση φυσικών στοιχείων .....	7
◦ Αέρας, Θερμοκρασία .....	7
◦ Θερμόμετρα, Όγκος .....	7
◦ Πίεση, Είδη πίεσης, Μονάδες πίεσης .....	8
• Σύνθεση του αέρα .....	9
• Χαρακτηριστικές ιδιότητες του αέρα .....	12
• Μεταβολές του αέρα .....	13
• Κρίσιμα μεγέθη .....	13
• Εκτόνωση – Στραγγαλισμός .....	13
• Είδη Ροής .....	14
• Βασικές έννοιες πνευματικών συστημάτων .....	14
Κεφάλαιο 2ο : Παραγωγή και διανομή συμπιεσμένου αέρα .....	16
• Παραγωγή συμπιεσμένου αέρα .....	16
◦ Η εγκατάσταση παραγωγής .....	17
◦ Τύποι αεροσυμπιεστών .....	17
▪ Παλινδρομικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής .....	19
▪ Περιστροφικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής .....	20
▪ Πτερυγιοφόρος αεροσυμπιεστής .....	21
▪ Κοχλιωτός αεροσυμπιεστής .....	22
▪ Αεροσυμπιεστής με λοβούς .....	23
▪ Αεροσυμπιεστή ροής - Στροβιλοαεροσυμπιεστής .....	23
▪ Διανομή πεπιεσμένου αέρα .....	24
• Επιλογή διαστάσεων των σωληνώσεων .....	25
• Εγκατάσταση των σωληνογραμμών .....	26
• Υλικό σωληνώσεων .....	28
Κεφάλαιο 3ο : Εισαγωγή στα πνευματικά συστήματα .....	30
• Ανάλυση πνευματικών κυκλωμάτων .....	31
• Πνευματικοί κύλινδροι .....	32
◦ Κύλινδροι απλής ενέργειας .....	32
◦ Κύλινδροι διπλής ενέργειας .....	32
◦ Κύλινδρος με βάκτρο και προς τις δύο πλευρές .....	33
◦ Κύλινδρος με διάταξη επιβράδυνσης στο τέρμα της διαδρομής .....	33
◦ Κύλινδρος Tandem .....	34
◦ Κύλινδροι με διάφραγμα .....	34
◦ Κύλινδροι με διάφραγμα που ξεδιπλώνεται .....	35
◦ Περιστροφικά πνευματικά στοιχεία (πνευματικοί κινητήρες) .....	35
• Βαλβίδες .....	38
◦ Βαλβίδες Εκκίνησης .....	38
◦ Βαλβίδες διεύθυνσης ροής .....	39
◦ Βαλβίδες αντεπιστροφής .....	43
◦ Βαλβίδες ελέγχου πίεσεως .....	45
◦ Βαλβίδες ελέγχου ροής .....	46
◦ Βάνες .....	47
Κεφάλαιο 4ο : Πνευματικός έλεγχος .....	48

• Εισαγωγή στη μηχανική έλεγχου .....	48
ο Ορισμός προβλήματος, καθορισμός συνθηκών .....	49
ο Ενέργεια εργασίας, στοιχεία εργασίας .....	49
ο Σχηματική απεικόνιση .....	49
ο Καθορισμός της ακολουθίας λειτουργιών .....	49
ο Διάγραμμα κυκλώματος .....	49
• Αυτοματισμός με πνευματικά στοιχεία .....	50
ο Διαγραμματική αναπαράσταση πνευματικών κυκλωμάτων .....	50
• Οδηγίες για το σχεδιασμό πνευματικών κυκλωμάτων .....	51
• Έλεγχος της κίνησης των πνευματικών κυλίνδρων .....	52
ο Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας .....	52
ο Έλεγχος κυλίνδρου διπλής ενέργειας .....	52
ο Έλεγχος της ταχύτητας πνευματικών κυλίνδρων .....	53
ο Έλεγχος ταχύτητας κυλίνδρου απλής ενέργειας .....	54
ο Έλεγχος ταχύτητας κυλίνδρου διπλής ενέργειας .....	55
ο Έλεγχος της δύναμης πνευματικών κυλίνδρων .....	55
ο Λογικές λειτουργίες .....	55
• Βηματικό διάγραμμα κινήσεων .....	57
• Ηλεκτροπνευματικός έλεγχος .....	58
ο E/P Converters .....	58
ο P/E converters .....	59
ο Ηλεκτρικά στοιχεία .....	59
Κεφάλαιο 5ο : Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές P.L.C .....	60
• Hardware .....	60
• Σήματα .....	61
ο Αναλογικά σήματα .....	61
ο Ψηφιακά σήματα .....	61
ο Δυναδικά σήματα .....	61
• Software .....	62
• Αισθητήρια .....	63
ο Οριακοί διακόπτες .....	63
ο επαγωγικοί, Χωρητικοί Αισθητήρες .....	63
ο Φράγματα φωτός .....	63
ο Θερμοστάτες .....	63
• Ενεργοποιητές .....	64
ο Συναγερμοί .....	64
ο Πνευματικοί κύλινδροι (με συστήματα βαλβίδων) .....	64
ο Ηλεκτροκινητήρες .....	64
ο Υδραυλικοί ενεργοποιητές (με σύστημα βαλβίδων) .....	64
ο Ηλεκτρουδραυλικοί κινητήρες .....	64
• Προγραμματιστής .....	65
ο Διευθύνσεις του PLC .....	66
ο Operands .....	67
ο Operators .....	69
ο Καταχωρητές - Registers .....	69
ο Χρονικά - Timers .....	72
ο Μετρητές - Counters .....	72
ο Βοηθητικές επαφές (Flags) .....	73
ο Παράδειγμα .....	73

• Βασικά τμήματα ενός PLC .....	76
ο Κεντρική μονάδα ελέγχου .....	76
ο Σύστημα Bus .....	77
ο Παράδειγμα .....	77
ο Μνήμες .....	78
ο I/O – μονάδες .....	80
Κεφάλαιο 6ο : Προγραμματισμός P.L.C .....	81
• Λίστα θέσεων .....	81
• Προγραμματισμός .....	82
• Μεταβίβαση στον ελεγκτή .....	82
Κεφάλαιο 7ο : Γλώσσα Προγραμματισμού STL .....	83
• Δομή προγράμματος .....	83
ο Σύντομη περιγραφή του STEP .....	83
ο Σύντομη περιγραφή της πρότασης – Sentence .....	83
ο Η εντολή STEP .....	84
ο Κανόνες εκτέλεσης .....	84
• Εντολές παρέμβασης στη ροή του προγράμματος .....	85
ο Εντολή NOP .....	85
ο Εντολή JUMP .....	86
ο Εντολή OTHRW .....	86
• Βασικές εντολές της STL .....	87
ο Εντολή PSE .....	87
ο Εντολή INC .....	87
ο Πλήρως διαδοχική διαδικασία .....	88
ο Μερικώς διαδοχικά βήματα διαδικασίας με τυχαία γεγονότα .....	90
Κεφάλαιο 8ο : Ολοκληρωμένη εφαρμογή .....	92
• Το Πρόβλημα .....	93
• Επίλυση .....	93
ο Βηματικό διάγραμμα κινήσεων .....	93
ο Προγραμματισμός PLC .....	94
ο Μεταφορά του προγράμματος στο P.L.C .....	96
• Hardware εφαρμογής .....	97
ο Πνευματικά στοιχεία .....	97
ο Ηλεκτρικά Στοιχεία .....	97
Παράρτημα .....	98
Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα πνευματικά (DIN/ISO 1219) .....	99
Βιβλιογραφία .....	102

## Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα περιγράψουμε τα πνευματικά συστήματα και τον έλεγχο τους με την χρήση P.L.C. Θα περιγράψουν αναλυτικά τα επιμέρους στοιχεία από τα οποία αποτελούνται ξεκινώντας από τα έμβολα, τους κινητήρες της βαλβίδες ελέγχου ροής, ανεπίστροφής, ελέγχου πίεσεως, ελέγχους ροής, τις βάνες όπως και τις διάφορες τροποποιήσεις τους. Θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά τους.

Ακόλουθος θα αποδοθούν διαγράμματα ολοκληρωμένων συστημάτων πνευματικών συστημάτων, οδηγίες για το σχεδιασμό τους, τους τρόπους ελέγχου της φοράς κίνησης, της ταχύτητας, της δύναμης και των σημεία τερματισμού του εμβόλου.

Θα αποδοθεί ο τρόπος δημιουργίας και η σημασία του βηματικού διαγράμματος κίνησης. Θα γίνει αναφορά στα σύνθετα ηλεκτροπνευματικά στοιχεία και τον έλεγχο τους.

Τέλος θα αναφερθούμε στον προγραμματισμό των λογικών ελεγκτών PLC, της γλώσσα προγραμματισμού STL και θα παρουσιαστούν ολοκληρωμένες εφαρμογές.

# Εισαγωγή

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup> : Εισαγωγή στα πνευματικά συστήματα

Ο όρος πνευματικά παραπέμπει στην λέξη ‘πνεύμα’ που στα αρχαία ελληνικά σημαίνει άνεμος, αέρας, και δηλώνει ότι τα συστήματα χρησιμοποιούν τον αέρα ως μέσο προκειμένου να κινήσουν τις κατάλληλες διατάξεις. Για να κατανοηθούν τα πνευματικά συστήματα θα πρέπει να εξηγηθούν τα φυσικά χαρακτηριστικά του στοιχείου του αέρα όπως η θερμοκρασία, πίεση και όγκος στα οποία στηρίζεται και η λειτουργία τους.

### Εξήγηση φυσικών στοιχείων [BA01]

#### Αέρας

Στα πνευματικά συστήματα ως μέσον μεταφοράς της ενέργειας χρησιμοποιείται ο αέρας, ο οποίος υπάρχει παντού στο περιβάλλον και συγκεκριμένα στην ατμόσφαιρα. Ο αέρας ως στοιχείο είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο. Για να γίνει χρήσιμος στα βιομηχανικά συστήματα, πρέπει να αφαιρεθούν πρώτα κάποια ανεπιθύμητα συστατικά του, όπως η σκόνη, η υγρασία ή και ανεπιθύμητα αέρια. Επίσης για να χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές εφαρμογές θα πρέπει να ελεγχθεί η πίεση του και να συμπιεσθεί ή να υποπιεστεί. Ο αέρας αυξημένης πίεση χαρακτηρίζεται ως πεπιεσμένος αέρας ενώ με τον όρο συμπιεσμένος αέρας δηλώνετε και η μέθοδο με την οποία αυξήθηκε η πίεσή του.

#### Θερμοκρασία

Θερμοκρασία είναι το φυσικό μέγεθος που μετρά την ενέργεια κίνησης ή ταλάντωσης της ύλης σε ατομικό επίπεδο. Μια αιτία που δημιουργεί αύξηση της θερμοκρασία κατά συνέπεια και της κίνηση των μορίων του σώματος είναι η αύξηση της πίεσης. Υπάρχουν διάφορες κλίμακες υπολογισμού της θερμοκρασίας και αυτές που συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής:

##### ✓ Η κλίμακα Κελσίου (°C)

Το πεδίο τιμών της κλίμακας αυτής προσδιορίζεται από δύο οριακές τιμές, οι οποίες είναι:

- Το σημείο τήξης του πάγου που καθορίζει την κατώτερη τιμή της κλίμακας (0°C), και
- Το σημείο εξάτμισης του νερού που καθορίζει την ανώτερη τιμή της κλίμακας (100°C).

##### ✓ Η κλίμακα Φαρενάιτ (°F)

Η κλίμακα Φαρενάιτ χρησιμοποιείται στις αγγλοσαξονικές χώρες.

- Το σημείο τήξης του πάγου καταγράφεται στους 32 °F
- Το σημείο βρασμού του νερού στους 212 °F.

##### ✓ Η κλίμακα Κέλβιν (°K)

Το πεδίο τιμών της κλίμακας αυτής καθορίζεται από την κατώτερη τιμή που είναι το σημείο του απόλυτου μηδενός 0°K, δηλ. δεν υπάρχει κίνηση στα σωματίδια της ύλης.

Στον ακόλουθος πίνακας παρουσιάζονται οι αντιστοιχίες των τριών προαναφερθέντων κλιμάκωνα μέτρησης της θερμοκρασίας.

<b>Θερμοκρασία</b>	<b>Κελσίου</b>	<b>Φαρενάιτ</b>	<b>Κέβιν</b>
Τήξη Πάγου	0	32	273.15
Απόλυτο Μηδέν	- 273.15	- 459,67	0

Πίνακας Σύγκριση κλιμάκων θερμοκρασίας

## Θερμόμετρα

Τα όργανα που μετρούν την θερμοκρασία ονομάζονται θερμόμετρα. Κάθε τύπος θερμομέτρου έχει διαφορετική αρχή λειτουργίας κατά συνέπια και διαφορετική κλίμακα ανάλογα με το θερμικό πεδίο που χρησιμοποιείται και τον τρόπο με τον οποίο θέλουμε να μετρήσουμε ένα φυσικό στοιχείο. Τα πρώτα και πιο γνωστά θερμόμετρα ήταν αυτά που λειτουργούσαν με υδράργυρο. Τα πιο σύγχρονα θερμόμετρα χρησιμοποιούν την ιδιότητα των υλικών της διαστολής και της συστολής που παρουσιάζουν στη θερμοκρασία για να μετρούν την θερμοκρασία.

## Όγκος

Με τον όρο όγκο ορίζουμε το χώρο που καταλαμβάνουν τα φυσικά στοιχεία. Το μέγεθος του χώρου που καταλαμβάνει ένα αέριο εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του. Μια μεγάλη μεταβολή του όγκου ενός αερίου παρουσιάζεται μεταβολή στην πίεση και η θερμοκρασία. Όγκος ο οποίος αναφέρεται στη μάζα του υλικού χαρακτηρίζεται ως ειδικός όγκος:  $v = V/m$ .

Η αντίστροφη σχέση του ειδικού όγκου χαρακτηρίζεται ως πυκνότητα  $\rho = 1/v = m/V$ .

Υπό κανονικές συνθήκες χαρακτηρίζουμε τον όγκο ως κανονικό. Όταν ο κανονικός όγκος αναφέρεται στην ποσότητα του υλικού συμβολίζεται με  $V_m$  και υπολογίζεται από τον τύπο  $V_m = V / \eta$ , όπου  $\eta$  συμβολίζει την ποσότητα ύλης. Σε όλα τα αέρια ο αριθμός των μορίων σε ένα  $m^3$  είναι ίδιος.

## Πίεση

Το φυσικό μέγεθος που εκφράζεται με το πηλίκο μίας δύναμης η οποία επιδρά κάθετα σε μία επιφάνεια διά της επιφάνειας αυτής χαρακτηρίζεται ως πίεση και υπολογίζεται από σχέση  $P = F/A$

## Είδη πίεσης

Η τιμές πίεσης που μετρούμε με διάφορα όργανα δεν εκφράζει απόλυτο μέγεθος αλλά σχετίζετε πάντα με μια πίεση αναφοράς. Τις περισσότερες φορές ως πίεση αναφοράς ορίζετε η ατμοσφαιρική πίεση που μετράτε στην επιφάνεια τις θάλασσας. Έτσι η πίεση μειώνεται όσο αυξάνει το ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας και ονομάζεται επίσης και πίεση ατμοσφαιρικού αέρα.

Οι ενδείξεις των οργάνων μέτρησης τιμής πίεσης μεγαλύτερης τιμής από την ατμοσφαιρική χαρακτηρίζονται ως υπερπίεση και τιμές πίεσης μικρότερης την ατμοσφαιρική ως υποπίεση.



Η πίεση η οποία εξαρτάται από το ύψος χαρακτηρίζεται και ως υψομετρική και υπολογίζεται από τον τύπο  $P = \rho g H$  και προέκυψε από τα πρώτα πιεσόμετρα στήλης υδραργύρου.

Ως απόλυτη πίεση ορίζετε η πίεση που μετράτε στο απόλυτο κενό.

Ως στατική πίεση ορίζετε η πίεση που προκύπτει από την επίδραση δυνάμεων σε ορισμένη επιφάνεια είναι ανεξάρτητη της ροής του στοιχείου και υπολογίζεται από τον τύπο  $P = F/A$ . Με  $P$  έχει οριστεί η πίεση σε Pa με  $F$  η δύναμη σε N και  $A$  η επιφάνεια σε  $m^2$ .

Ως δυναμική πίεση ορίζετε η αυξημένη πίεση που προκύπτει όταν το αέριο αποκτά ομοιόμορφη ροή σε όλη την μάζα του χωρίς απώλειες η μεταβολές όγκου.

Η ολική πίεση ορίζετε ως υπολογιστικό μέγεθος που προκύπτει από το άθροισμα της στατικής και της δυναμικής πίεσης και χαρακτηρίζει την κατάσταση κατά την οποία μετατρέπεται η ενέργεια ροής ενός αερίου σε πίεση χωρίς απώλειες. Όταν η ταχύτητα ροής είναι μηδενική συνεπάγεται ότι και η στατική πίεση είναι ίδια με τη δυναμική.

Ως κρίσιμη πίεση χαρακτηρίζεται η τιμή της πίεση πάνω από την οποία δεν προκύπτει αλλαγή κατάστασης του όγκου του φυσικού στοιχείου. Αναγωγική χαρακτηρίζεται η πίεση που προκύπτει από το πηλίκο της απόλυτης προς την κρίσιμη πίεση.

### Μονάδες πίεσης

Στο διεθνές σύστημα μονάδων CSI Η πίεσης έχει καθοριστεί από την τυποποίηση ως το Pasqual (Pa) και λόγω του μικρού μεγέθους τις τιμές τις μονάδας έχουν οριστεί πολλαπλάσια όπως το bar που ισούται με 105Pa. Επιπλέον έχουν δημιουργηθεί και άλλες μονάδες που αναφέρονται ακολούθως:

Μονάδα	at	atm	bar	Kp/cm2	N/cm2	Cm Hg	psi	Pa
Τεχνητή Ατμόσφαιρα	1		0.981	1		73.5	14.2	98066
Φυσική Ατμόσφαιρα		1		1.033		76		
Bar			1	1.02	10		14.5	105

Πίνακας αντιστοίχισης μονάδων

### Σύνθεση του αέρα [ΕΚ01]

Ο πραγματικός αέρας που αναπνέουμε περιέχει και μικρές ποσότητες υδρατμών και μολυσματικών στοιχείων και σωματιδίων που μεταβάλλονται ανάλογα με τον χώρο, την εποχή και άλλους παράγοντες. Η σύνθεση του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα σε ποσοστά βάρους και όγκου φαίνεται από τον πίνακα.

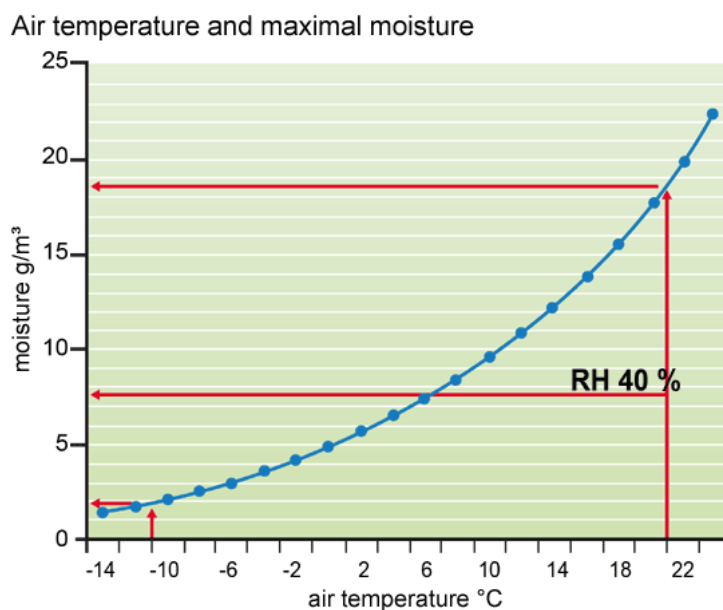
ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΗΜΙΚΟ ΣΥΜΒΟΛΟ	ΞΗΡΟΣ ΑΕΡΑΣ	
		Βάρος %	Όγκος %
Άζωτο	N <sub>2</sub>	75.47	78.03
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	23.19	20.99
Διοξείδιο Άνθρακος	CO <sub>2</sub>	0.04	0.03
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	0.00	0.01
Σπάνια αέρια		1.30	0.94
Σύνολο		100.00	100.00

Οι ποσότητες των ρύπων έχουν μεγάλη σημασία για το είδος και τον τύπο των φίλτρων που θα χρησιμοποιήσουμε για αυτό και θα αναλύσουμε εκτενέστερα τα στοιχεία που βρίσκουμε στον αέρα για να αναγνωρίσουμε την σπουδαιότητά τους.



1.1 Φίλτρο αέρα απομάκρυνσης νερού με ρυθμιστική βαλβίδα και λίπανση

Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει την ιδιότητα να διατηρεί υδρατμούς νερού H<sub>2</sub>O σε μικρό ποσοστό κάτω από οποιοσδήποτε συνθήκες ακόμα και όταν βρίσκετε σε κορεσμό. Έχει μετρηθεί ότι στους 25°C ο κορεσμένος αέρας περιέχει 2% του βάρους του σε υδρατμούς ενώ στους 14°C περιέχει 1%. Από τις μετρήσεις προέκυψε το συμπέρασμα ότι η μείωση της θερμοκρασίας μειώνει τους υδρατμούς.



1.2 Διάγραμμα υγρασίας σε σχέση με την θερμοκρασία

Τα μολυσματικά στοιχεία που μπορούμε να βρούμε στον αέρα έχουν τις ακόλουθες μορφές

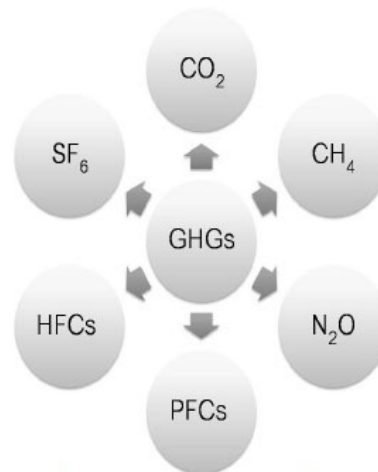
- Σε μορφή σκόνης που εμπεριέχει μικρά στερεά σωματίδια.
- Σε μορφή ατμού που εμπεριέχει πολύ μικρά σωματίδια υγρού.
- Σε μορφή αερίων διαφόρων χημικών συστάσεων.

Τα μολυσματικά στοιχεία μπορεί να είναι βλαβερά η μη, οργανικά ή ανόργανα, ορατά ή αόρατα και το ποσοστό αυτών κατά 99% είναι αιωρούμενα σωματίδια μικρότερα από 1μm και σε πάρα πολύ μεγάλος ποσοστό.

Μετρήσεις σε καθαρό αέρα στην εξοχή έχουν δείξει ότι σε όγκο ενός κυβικού μέτρου 1m<sup>3</sup> θα μετρήσουμε πάνω από 35 εκατομμύρια σωματίδια μεγαλύτερα τις τάξης των 0,3 μm ενώ στο καθημερινό περιβάλλον ο αριθμός τους φτάνει τα 100 εκατομμύρια σωματίδια αλλά το σύνθετο βάρος τους δεν υπερβαίνει τα 0,002gr/m<sup>3</sup>.

**Parameters:**

- Carbon Dioxide
- Carbon Monoxide
- Nitrogen Dioxide
- Sulphur Dioxide
- Total Volatile Organic Compounds
- Relative Humidity
- Hydrogen Sulphide
- Temperature
- Oxygen
- Ozone
- Ammonia
- Air Velocity
- Formaldehyde



equinox LABS

1.3 Διάγραμμα στοιχείων που εμπεριέχονται στον αέρα

## Χαρακτηριστικές ιδιότητες του αέρα [ΕΚ02]

### ✓ Πυκνότητα - Βάρος - Πίεση

Ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει μάζα με ειδική πυκνότητα 1,2 kg/m<sup>3</sup> και ειδικό βάρος που μπορεί να υπολογιστεί και να μετρηθεί και η πίεση που δημιουργεί λόγω του βάρους του στην επιφάνεια της γης είναι 760mmHg ή 29,921in.Hg ή 14,7 psi, στο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας.

### ✓ Ειδικός Όγκος

Ως ειδικός όγκος του αέρα μείγματος ορίζετε ο όγκος που καταλαμβάνει μια μονάδα βάρους ξηρού αέρα m<sup>3</sup>/kg ή ft<sup>3</sup>/lb ο οποίος αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασία.

### ✓ Θερμοκρασία Ξηρού Θερμομέτρου

Ως θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου ορίζετε η θερμοκρασία του αέρα που μετράται με ένα κοινό θερμόμετρο. Η θερμοκρασία αυτή αποτελεί έμμεσα και ένα μέτρο της αίσθησης της θερμότητας που περιέχεται στον αέρα. Η τιμή της θερμοκρασία είναι δυσανάλογη με το υψόμετρο δηλαδή μειώνεται όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος στις τροπόσφαιρα.

### ✓ Θερμοκρασία Υγρού Θερμομέτρου

Ως θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου ορίζετε η θερμοκρασία που μετράτε με θερμόμετρο του οποίου ο βολβός είναι καλυμμένος καλύπτεται με νωπό πανί ο οποίος βρίσκεται εκτεθειμένος στο ρεύμα του ατμοσφαιρικού αέρα. Έτσι όταν ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι κορεσμένος δεν έχουμε εξάτμισή του υγρού στο νωπό βολβό και το θερμόμετρο σε αυτή την συνθήκη μετρά θερμοκρασία ίση με αυτή του ξηρού θερμομέτρου, αντίστοιχα όταν ο αέρας είναι ακόρεστος το θερμόμετρο μετρά θερμοκρασία μικρότερη αυτής του ξηρού θερμομέτρου. Αυτό το στοιχείο δηλώνει ότι ο αέρας έχει μικρότερη ενέργεια όταν είναι ακόρεστος από ότι κορεσμένος και γίνετε αντιληπτό από τον άνθρωπο με αίσθημα δυσφορίας όταν η θερμοκρασία είναι μεγάλη και ο κορεσμός μεγάλος με μεγάλα ποσοστά υγρασία.

Όταν ο αέρας είναι κορεσμένος σε υδρατμούς συμπίπτει με τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Όταν ο αέρας έχει λιγότερους από το σημείο κορεσμού υδρατμούς η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου. Άρα η θερμοκρασία Υ.Θ. αποτελεί έμμεσα ένα μέτρο της λανθάνουσας θερμοκρασίας που περιέχεται στον αέρα. Δηλαδή της θερμότητας που δαπανήθηκε για την ατμοποίηση της ποσότητας νερού που υπάρχει στον αέρα.

### ✓ Θερμοκρασία Σημείου Δρόσου

Ως Θερμοκρασία δρόσου ορίζετε η τιμή τις θερμοκρασίας του αέρα στην οποία αρχίζει η συμπύκνωση των υδρατμών όταν τον ψύχουμε βαθμιαία και εμφανίζετε στον κορεσμένο αέρα. Σε αυτό το φαινόμενο και οι τρεις θερμοκρασίες είναι ισότιμες, θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου , θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου και θερμοκρασία δρόσου.

### ✓ Σχετική Υγρασία

Σαν σχετική υγρασία ορίζετε ο λόγος του βάρους των παραγόμενων υδρατμών που περιέχονται στον αέρα προς το βάρος των υδρατμών αν ήταν κορεσμένος στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και βαρομετρικής πίεσης.

### ✓ Απόλυτη Υγρασία

Ως απόλυτη υγρασία ορίζετε ο λόγος του βάρους των υδρατμών προς τον όγκο αυτό του αέρα και μετρείται σε kg/m<sup>3</sup> ξηρού αέρα ή σε grains/ft<sup>3</sup>.

### ✓ Ειδική Υγρασία

Ως ειδική υγρασία ορίζετε το βάρος των υδρατμών προς βάρους της ποσότητας αυτής του αέρα και μετρείται σε kg/kg ξηρού αέρα ή σε grains/lb.

### ✓ Ενθαλπία ή Θερμοπεριεκτικότητα

Η ενθαλπία είναι θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμότητας που περιέχει μια μονάδα βάρους αέρα μετρείται σε kcal/kg και Btu/lb.

## Μεταβολές του αέρα

Στις πνευματικές διατάξεις όταν ο αέρας κινείται στις σωληνώσεις δημιουργούνται μεταβολές στη πυκνότητα και τον όγκο του. Παρακάτω περιγράφονται οι μεταβολές που υπόκεινται ο αέρας.

### Κρίσιμα μεγέθη [BA02]

Όταν ένα αέριο συμπιέζεται μέσω της μεταβολής του όγκου του ή μέσω μείωσης της θερμοκρασίας ως προς μια κατά πολύ υψηλότερη τιμή τότε μεταβάλετε η φυσική του κατάσταση και υγροποιείτε. Κάθε αέριο έχει ορισμένη θερμοκρασία και πίεση για την οποία μεταβάλετε η φυσική του κατάσταση και υγροποιείτε. Υπάρχουν κατηγορίες αερίων για τα οποία όσο μεγάλη και να είναι η ελάττωση τις θερμοκρασία ή η αύξηση τις πίεση δεν υγροποιούνται. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται και οι δύο τεχνικές δηλαδή αύξηση τις συμπίεσης και ελάττωση τις θερμοκρασίας. Οι τιμές αυτές για τις οποίες επιτυγχάνετε η υγροποίηση ονομάζονται κρίσιμα μεγέθη. Το οξυγόνο έχει κρίσιμη θερμοκρασία 116°C και κρίσιμη πίεση 50 at ενώ το άζωτο έχει κρίσιμη θερμοκρασία -147° C και κρίσιμη πίεση 33 at.

### Εκτόνωση – Στραγγαλισμός [BA02]

Με τον όρο εκτόνωση ορίζετε η αποδέσμευση της ενέργειας που είναι συσσωρευμένη σε ένα στερεά, υγρά, αέρια ή και άλλος συνδυασμός. Κατά την εκτόνωση του αέρα από ένα ακροφύσιο τα μόρια διαφεύγουν με μεγαλύτερη ταχύτητα από την αρχική τους τα οποία μεταδίδουν την ενέργεια υπό μορφής κίνησης και έχουμε κατανάλωσης έργου με μειώνεται της πίεση του αλλά και εμφανίζει και μείωση της θερμοκρασία του.

Με τον στραγγαλισμό δημιουργούνται στροβιλισμοί δηλαδή τριβή κατά την διαφυγή του αέρα κατά συνέπεια η ταχύτητα των μορίων να είναι μικρότερη της αρχική έχοντας μεταφορά έργου μικρότερης της εκτόνωσης. Μέρος αυτής της ενέργειας καταναλώνετε στην τριβή στροβιλισμού με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασία.

## Είδη Ροής [BA02]

Οι σωληνώσεις που χρησιμοποιούνται στα πνευματικά συστήματα έχουν κυλινδρική διατομή και η ροή ενός αερίου χαρακτηρίζετε ως παράλληλη κίνηση των συστατικών του υπό την μορφή στρωμάτων και χαρακτηρίζεται ως ομαλή. Η ταχύτητα ροής όμως δεν είναι σταθερή σε όλη τη διατομή με αποτέλεσμα τα στρώματα του αερίου τα οποία βρίσκονται στο κέντρο του σωλήνα κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτά που βρίσκονται πλησίον των τοιχωμάτων όπου η ταχύτητα είναι μηδενική. Αυτό το είδος ροής προκύπτει όταν οι ταχύτητες ροής είναι μικρές είτε όταν η διάμετρος του σωλήνα είναι μικρή.

Το γινόμενο της ταχύτητας ροής  $V$  του αέρα με της διατομής του σωλήνα  $A$  που είναι σταθερή σε όλο το μήκος της ορίζετε ως όγκος διαρροής ανά μονάδα επιφάνειας.

Όταν η ταχύτητα ροής είναι ερπετά μεγάλη τότε τα στρώματα του αέρα δεν κινούνται παράλληλα κατά μήκος του σωλήνα και δεν έχουν σταθερή ταχύτητα. Η ροή αυτή ονομάζεται τυρβώδης.

Όταν η μέση τιμή της ταχύτητας ροής δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο, τότε η ροή ορίζετε ως στάσιμη.

Ο σημαντικότερος λόγος για την μη ομαλή ροή είναι το ιξώδες που σχετίζετε με τις δυνάμεις τριβής οι οποίες δημιουργούν τις διαφορετικές ροές που καταλήγουν σε στροβιλισμούς. Η δύναμη ολίσθησης μεταξύ δύο διαδοχικών επιφανειών είναι ανάλογη της επιφάνειας, της ταχύτητας και το δυναμικό ιξώδες που χαρακτηρίζει κάθε υλικό.



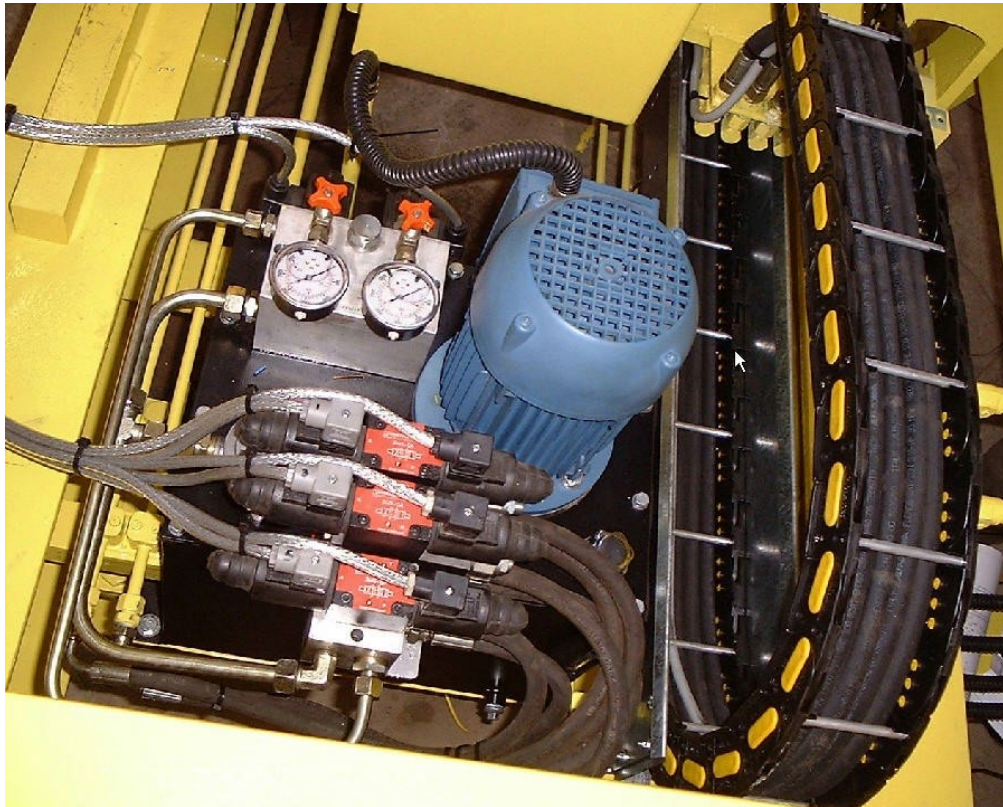
1.4 Εξάρτημα σύνδεσης πνευματικών σωληνώσεων

## Βασικές έννοιες πνευματικών συστημάτων [BA03]

Όπως σε κάθε τεχνολογικό τομέα χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες έννοιες που εκφράζουν καταστάσεις ή γεγονότα έτσι υπάρχουν και για τα πνευματικά συστήματα. Παρακάτω περιγράφουν οι θεμελιώδεις έννοιες αυτών των συστημάτων.

- ✓ **Ποσότητα:** Υπάρχει διαθεσιμότητα αέριου μέσου σε μεγάλες ποσότητες.
- ✓ **Μεταφορά:** Η μεταφορά του αέρα γίνεται με σωλήνες ανεξαρτήτου απόστασης
- ✓ **Αποθήκευση:** Ο αεροσυμπιεστής συμπιέζει τον αέρα και τον αποθηκεύει σε αεριοφυλάκιο. Ο αποθηκευμένος αέρας μπορεί να μεταφερθεί με δοχεία. Ο προς χρήση αέρας λαμβάνετε από το αεριοφυλάκιο που είναι αποθηκευμένος.
- ✓ **Θερμοκρασία:** Ο συμπιεσμένος αέρας παραμένει ανεπηρέαστος στις θερμοκρασιακές μεταβολές και εμφανίζει λειτουργική αξιοπιστία σε ακραίες θερμοκρασίες.
- ✓ **Αντιεκρηκτική ιδιότητα:** Ο συμπιεσμένος αέρας δεν είναι εύφλεκτος και δεν εκρήγνυται γι' αυτό δεν χρειάζονται συσκευές μεγάλου κόστους που να λειτουργούν σε επικίνδυνα περιβάλλοντα.
- ✓ **Καθαρότητα:** Ο συμπιεσμένος αέρας είναι καθαρός και σε τυχόν διαρροή δεν προκαλείτε μόλυνση λόγω για τον οποίο χρησιμοποιείτε στη βιομηχανίες τροφίμων.
- ✓ **Κατασκευή:** Τα πνευματικά συστήματα αποτελούν απλές κατασκευές με φτηνά υλικά
- ✓ **Ταχύτητα:** Με τον συμπιεσμένο αέρα επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες λειτουργίας λόγω τις μεγάλης πίεσης του.
- ✓ **Δύναμη:** Τα πνευματικά στοιχεία μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες δυνάμεις.
- ✓ **Ρύθμιση:** Ο συμπιεσμένος αέρας έχει μεγάλη δύναμη και η ταχύτητα του μπορεί να ρυθμιστεί με κατάλληλες διατάξεις
- ✓ **Ασφάλεια στην υπερφόρτωση:** Τα επιμέρους εξαρτήματα των πνευματικών συστημάτων αντέχουν στην υπερφόρτωση, δεν καίγονται και δεν καταστρέφονται.
- ✓ **Προετοιμασία:** Ο συμπιεσμένος αέρας απαιτεί ειδικά φίλτρα για να καθαριστεί πριν χρησιμοποιηθεί.
- ✓ **Συμπιεστότητα:** Με τον συμπιεσμένο αέρα επιτυγχάνονται σταθερές ταχύτητες λειτουργίας σε κινητήρες και έμβολα.
- ✓ **Εκτόνωση αέρα:** Κατά την εκτόνωση του στις εξόδους ο αέρας παράγει θόρυβο που λύνετε με υλικά ηχητικής απορρόφησης.
- ✓ **Κόστος:** Το κόστος παραγωγής του συμπιεσμένου αέρα είναι μεγάλο αλλά εξισορροπείτε από το μικρό κόστος τον επιμέρους εξαρτημάτων.

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> : Παραγωγή και διανομή συμπιεσμένου αέρα



### Παραγωγή συμπιεσμένου αέρα [BA04]

Ο συμπιεσμένος αέρας που χρησιμοποιείτε στα πνευματικά συστήματα παράγεται με μηχανές που ονομάζονται συμπιεστές και πιο συγκεκριμένα αεροσυμπιεστές. Οι αεροσυμπιεστές συμπιέζουν τον ατμοσφαιρικό αέρα για την απόκτηση μεγαλύτερης πίεσης της ατμοσφαιρικής σε τιμές που απαιτείται για τη λειτουργία των εξαρτημάτων των πνευματικών συστημάτων κατά συνέπεια και την εκτέλεση των προκαθορισμένων διεργασιών. Ο παραγόμενος συμπιεσμένος αέρας αφού φιλτραριστεί οδηγείται μέσω σωληνώσεις σε αεροθάλαμο όπου και αποθηκεύεται και είναι έτοιμος για χρήση οπότε απειθεί.

Τα κυριότερα μέρη μιας μονάδας παραγωγής συμπιεσμένου αέρα είναι:

- ✓ Ο αεροσυμπιεστής που μπορεί να είναι εμβολοφόρος, περιστροφικός γνωστός ως Scroll Compressor ή ελικοειδής .
- ✓ Ο ηλεκτρικός κινητήρας που μπορεί να είναι μονοφασικός ή τριφασικός
- ✓ Το αεριοφυλάκιο που έχει κυλινδρική μορφή και είναι κατασκευασμένο από χάλυβα για να αντέχει σε μεγάλες εσωτερικές πιέσεις.
- ✓ Τα Φίλτρα που καθαρίζουν τον συμπιεσμένο αέρα πριν την αποθήκευση τους ή την χρήση τους
- ✓ Ελαιοπαγίδες που απομακρύνουν το λάδι από τον συμπιεσμένο αέρα



## Η εγκατάσταση παραγωγής [ΕΠ01]

Η εγκατάσταση παραγωγής αποτελεί μια κεντρική πηγή τροφοδοσίας συμπιεσμένου αέρα για την λειτουργία των μηχανημάτων που τα τροφοδοτεί μέσω δικτύου σωληνώσεων. Ο συμπιεσμένος αέρας που παράγεται από τους αεροσυμπιεστές και αποθηκεύεται στα αεριοφυλάκια υπερκαλύπτει τις ανάγκες και δεν απαιτείτε ο υπολογισμός της μεταβολής ισχύος σε κάθε κατανάλωση.

Στις περιπτώσεις εκείνες που τα μηχανήματα αλλάζουν συχνά θέσεις χρησιμοποιούνται κινητοί αεροσυμπιεστές με εύκαμπτες σωληνώσεις που τα τροφοδοτούν με συμπιεσμένο αέρα .

Στην μελέτη μιας νέας εγκατάστασης πρέπει να λαμβάνετε υπόψη και να προβλέπετε η δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης νέων πνευματικών μηχανών και εργαλείων. Έτσι κατά την σχεδίαση της δεν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ακέραια τα οικονομικά δεδομένα έτσι ώστε να προκύπτουν στοιχεία που θα υπερκαλύπτουν την αρχική ανάγκη αλλά μελλοντικά θα δίνουν την δυνατότητα επέκτασης της.

Η εμπειρία στον χώρο της βιομηχανίας έχει αποδείξει ότι η εκ των ύστερων επέκταση μιας εγκατάστασης αεροσυμπιεστών και αεριοφυλακίων είναι πολύ πιο δαπανηρή. Έτσι οι τύποι των κατάλαλων συμπιεστών που θα χρησιμοποιηθούν θα επιλεγούν ώστε να υπερκαλύπτουν τις λειτουργικές αποτίσεις ολόκληρης της εγκατάστασης των μηχανημάτων και των εργαλείων σε παρεχόμενο όγκο συμπιεσμένου αέρα.

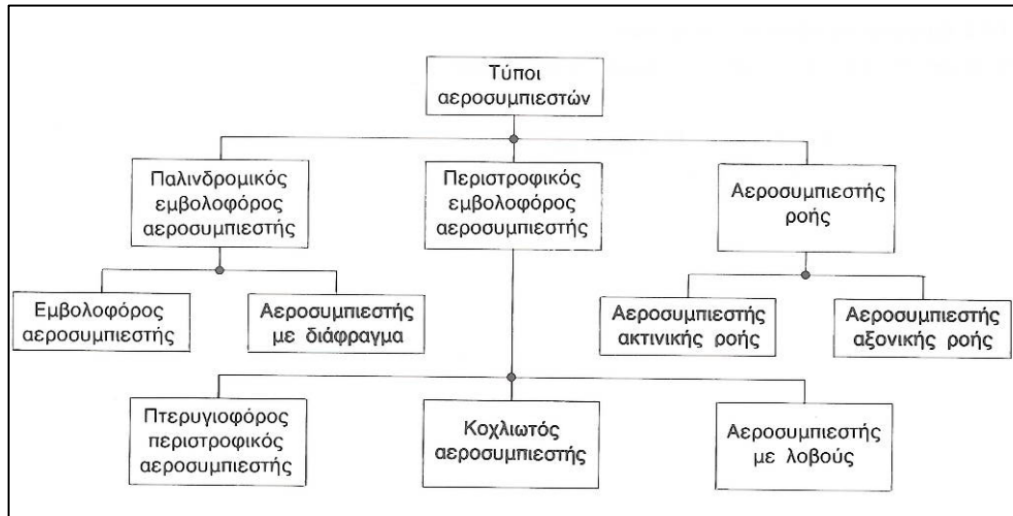
## Τύποι αεροσυμπιεστών [ΕΠ02]

Οι συμπιεστές αέρα διαφέρουν ως προς τον τρόπο κατασκευής τους και τον τρόπο η την τεχνική με την οποία συμπιέζουν τον ατμοσφαιρικό αέρα και διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες και είναι οι εξής.

- ✓ Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι συμπιεστές που συμπιέζουν τον αέρα χρησιμοποιώντας την αρχή της ελάττωσης του όγκου που καταλαμβάνει το αέριο στον θάλαμο μέσω πιστονιού και ονομάζονται εμβολοφόροι συμπιεστές. Όταν το έμβολο λαμβάνει την κινητική του ενέργεια μέσω τις μπιέλας από στροφαλοφόρο άξονα που κινητέ περιστροφικά τότε οι συμπιεστές αυτοί ονομάζονται εμβολοφόροι περιστροφικοί συμπιεστές. Όταν το έμβολο κινητέ κατά μήκος του θαλάμου χωρίς ενδιάμεσα μηχανικά μέρη δηλαδή παλινδρομεί γραμμικά ονομάζετε παλινδρομικός συμπιεστής.
- ✓ Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν συμπιεστές που λειτουργούν με την αρχή της ελάττωσης του όγκου αλλά δεν φέρουν τυπικά πιστόνι. Οι συμπιεστές αυτοί κάνουν χρήση ενός έκκεντρου πιστονιού που ονομάζετε βάκτρο και περιστρέφετε εντός κυλίνδρου που ονομάζετε θάλαμος.

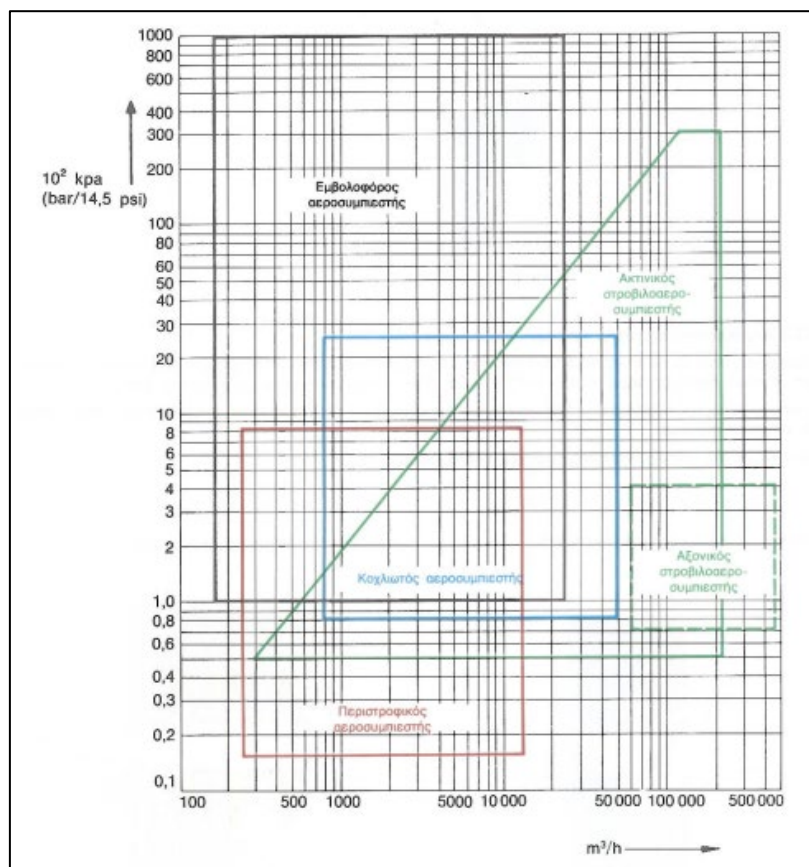
Η πλήρωση του θαλάμου γίνεται από οπή καθόλη την διάρκεια περιστροφής του πιστονιού και πριν την διέλευση αυτής. Αντίθετα της διαδικασίας αυτής έχουμε συμπίεση του αερίου που διαφεύγει μέσω της οπής εξόδου. Οι συμπιεστές αυτοί ονομάζονται γενικά περιστροφικοί συμπιεστές. Όταν το βάκτρο έχει σχήμα κυλίνδρου Roller τότε ονομάζονται συμπιεστές τύπου Rotary. Ενώ όταν το βάκτρο έχει πτερύγια τότε ονομάζονται συμπιεστές τύπου impeller.

- ✓ Στην τρίτη κατηγορία κατατάσσονται οι συμπιεστές που συμπιέζουν τον αέρα με βάση την αρχή της επιτάχυνσής τις μάζας του.



2.1 Κατηγορίες και τύποι συμπιεστών

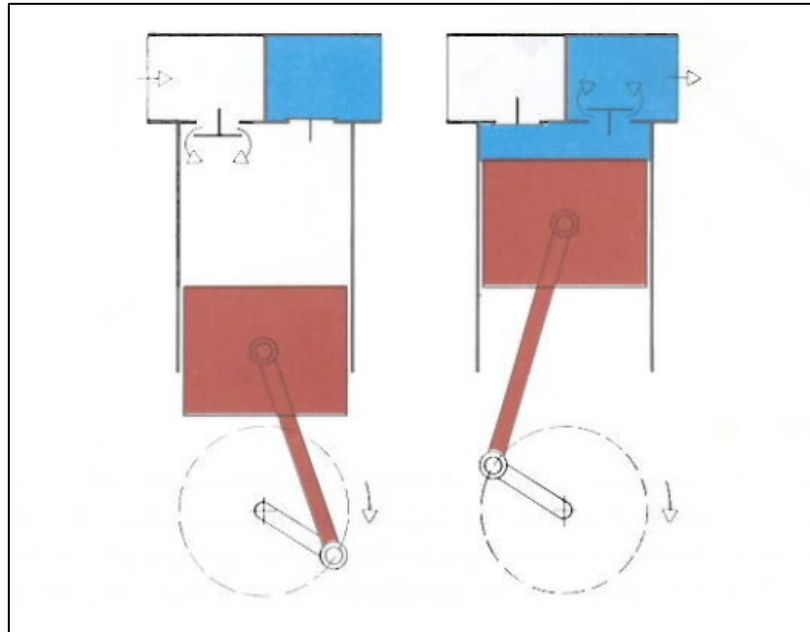
Κάθε συμπιεστής εμφανίζει συγκεκριμένο συντελεστή συμπίεσης και δυνατότητα παροχής συμπιεσμένου αέρα ανάλογα με τον τύπο του και την κατασκευή του. Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζονται διάφοροι τύποι συμπιεστών και τα διαγράμματα πίεσης τους σε σχέση με την παροχή.



2.2 Διάγραμμα Πίεσης - Παροχής Αεροσυμπιεστών

## Παλινδρομικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής [ΕΠ03]

Ο πιο διαδεδομένος συμπιεστής είναι ο παλινδρομικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής γιατί μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές που απαιτούν συμπίεση αέρα μικρής, μέσης και πολύ υψηλής πίεσης επιτυγχάνοντας συμπίεση με εύρος της τάξης των 100kPa μέχρι ορισμένες χιλιάδες kPa



### 2.3 Παλινδρομικός Εμβολοφόρος Αεροσυμπιεστής

Σε εφαρμογές που απαιτούνται υψηλότερες πιέσεις χρησιμοποιούνται πολυβάθμιοι αεροσυμπιεστές. Οι συμπιεστές αυτοί αποτελούνται από διαδοχικές διατάξεις εμβόλων και για να επιτευχθεί η συμπίεση γίνεται με μεταβολή του όγκου αλλά και της θερμοκρασίας. Έτσι ο συμπιεσμένος αέρας που παράγεται από την πρώτη βαθμίδα ψύχεται προς ελάττωση του όγκου του και οδηγείτε στην δεύτερη βαθμίδα τις οποίας ο θάλαμος συμπίεσης είναι μικρότερος της προηγούμενης.

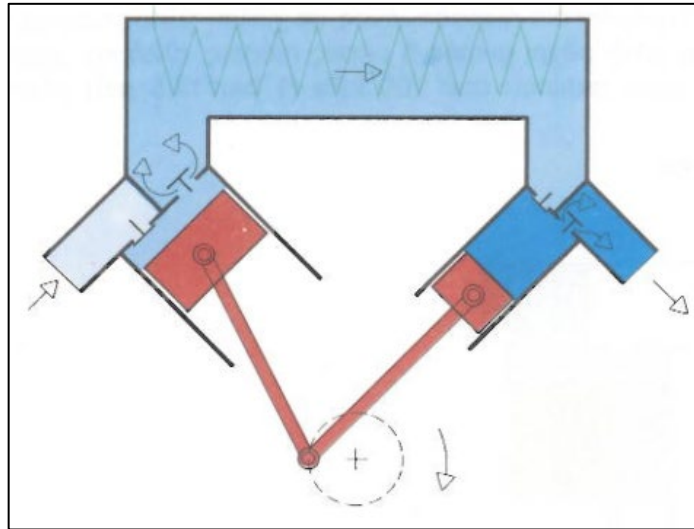
Ο συμπιεσμένος αέρας που προκύπτει από την συμπίεση στην δεύτερη βαθμίδα έχει επαυξημένη πίεση αλλά και θερμοκρασία. Η θερμοκρασία που παράγεται κατά τα στάδια συμπίεσης απομακρύνετε φυσικά ή εξαναγκασμένα μέσω ανεμιστήρων αέρα ή μέσω συστήματος κυκλοφορίας υγρού και αντίστοιχα χαρακτηρίζονται σαν αερόψυκτοι ή υδρόψυκτοι αεροσυμπιεστές.

Τα όρια λειτουργίας στα οποία οι παλινδρομικοί εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές εμφανίζουν κανονική και κατά συνέπια οικονομική λειτουργία είναι τα εξής

Τύπος	Οικονομική Λειτουργία ως	Μη Οικονομική Λειτουργία ως
Μονοβάθμιος	400 kPa (4 bar, 58 psi)	1200 kPa (12 bar, 174 psi)
Διβάθμιοι	1000 kPa (10 bar, 145 psi)	3000 kPa (30 bar, 435 psi)
Τριβάθμιους	1500 kPa (15 bar, 217.5 psi)	22000 kPa (220 bar, 3190 psi)

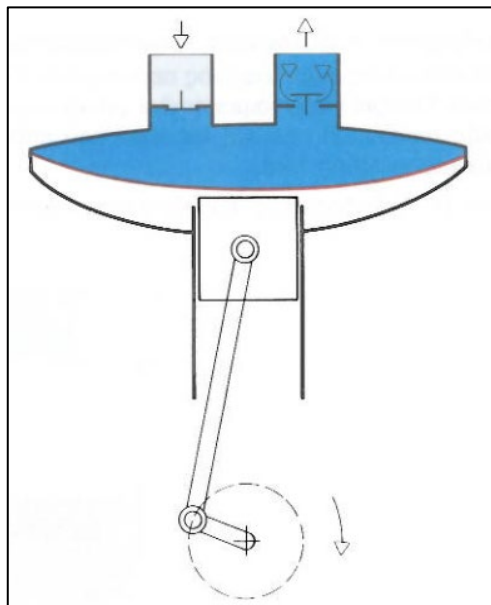
## Περιστροφικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής

Ο περιστροφικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής είναι όμοιος με τον παλινδρομικό εμβολοφόρο συμπιεστή και η συμπίεση του αέρα γίνεται σε βαθμίδες με πιστόνια που παίρνουν κίνηση από περιστρεφόμενο άξονα ή μπιέλας. Ο συμπιεσμένος αέρας ψύχεται κατά την μετάβαση του από το ένα στάδιο στο άλλο. [ΕΠ05]



2.4 Διβάθμιος περιστροφικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής με ψυγείο ψύξης μεταξύ των βαθμίδων συμπίεσης

Υπάρχουν και άλλοι τύποι περιστροφικών συμπιεστών στους οποίους το έμβολο δεν κινείται μέσα σε θάλαμο αλλά κινεί μεμβράνη που δημιουργεί θύλακα μεταβλητού όγκου. [ΕΠ04]

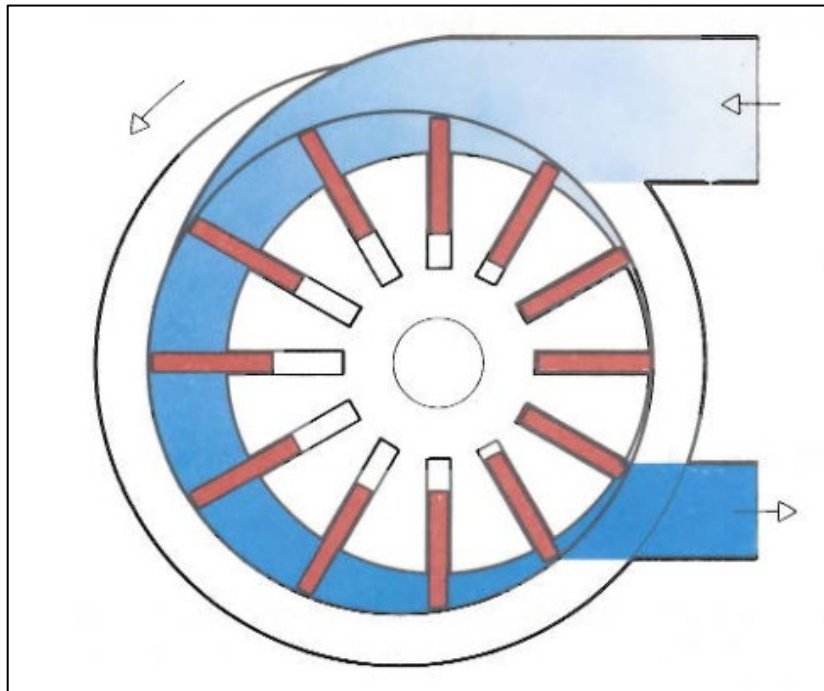


2.5 Αεροσυμπιεστής με διάφραγμα

## Πτερυγιοφόρος αεροσυμπιεστής [ΕΠ06]

Ο πτερυγιοφόρος συμπιεστής συμπιέζει τον αέρα με βάση την αρχή μεταβολής του όγκου. Στο εσωτερικό του υπάρχει κυλινδρικός θάλαμος στον οποίο φέρει έκκεντρο ρότορα με πτερύγια. Ο θάλαμος έχει οπές ως θυρίδες εισόδου και εξόδου ενώ τα πτερύγια του ρότορα βρίσκονται μέσα σε γλίστρες στο σώμα του. Οι γλίστρες στο εσωτερικό τους φέρουν ελάσματα ή ελατήρια που απωθούν τα πτερύγια προς την επιφάνεια του θαλάμου. Έτσι σχηματίζονται θάλαμοι που κατά την έκκεντρη περιστροφή του ρότορα κινούνται σε θέσεις με μικρότερο όγκο. Κατά την περιστροφή ο συμπιεσμένος αέρας συναντά την οπή εξόδου όπου εξέρχεται συμπιεσμένος. Αντίστοιχα οι θάλαμοι διερχόμενοι από την οπή εισόδου πληρώνονται με αέρα.

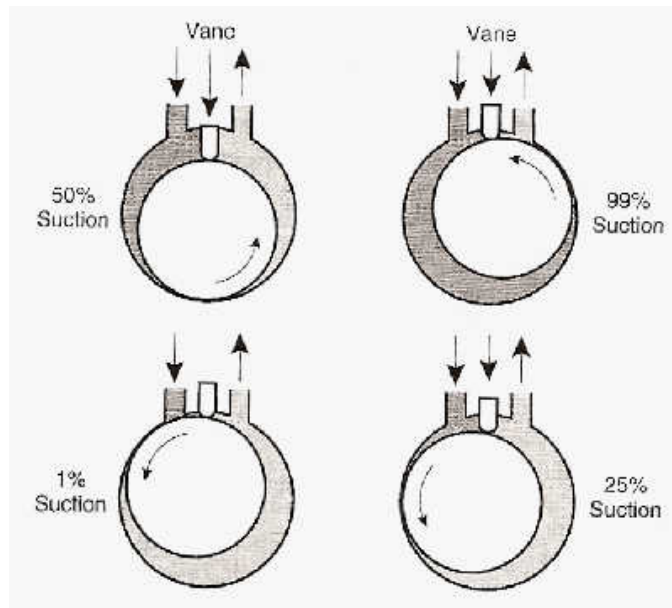
Αποτελείται από ένα δρομέα (Ρότορα) του οποίου ο άξονας περιστροφής έχει εκκεντρότητα ως προς το κέλυφος του αεροσυμπιεστή, το οποίο φέρει και τις θυρίδες εισόδου-εξόδου. Τα πτερύγια βρίσκονται μέσα σε διαμήκειες γλίστρες στο σώμα του δρομέα και σχηματίζουν έναν αριθμό επί μέρους θαλάμων (ίσο με τον αριθμό των πτερυγίων). Κάθε θάλαμος σχηματίζεται μεταξύ δύο διαδοχικών πτερυγίων και του κελύφους του αεροσυμπιεστή.



2.6 Πτερυγιοφόρος αεροσυμπιεστής

Τα πλεονεκτήματα αυτού του αεροσυμπιεστή είναι οι μικρές διαστάσεις του, η αθόρυβη λειτουργία του και η σταθερή και ομαλή παροχή αέρα.

Η φθορές στα πτερύγια οδήγησαν στην δημιουργία του ίδιου μοντέλου λειτουργίας αλλά με ένα πτερύγιο που βρίσκεται μεταξύ των οπών. Σε αυτόν τον συμπιεστή ο ρότορα κινείται έκκεντρα και πάντα επαπτομενικά στην επιφάνεια θαλάμου. Το πτερύγιο βρίσκεται και κινείται μέσα σε γλίστρα στον κορμό και εφάπτεται συνεχώς στον περιστρεφόμενο ρότορα με την βοήθεια ελατήριου. Ο αέρας συμπιέζεται κατά διαδοχική κίνηση του ρότορα από την οπή εισόδου στην οπή εξόδου.

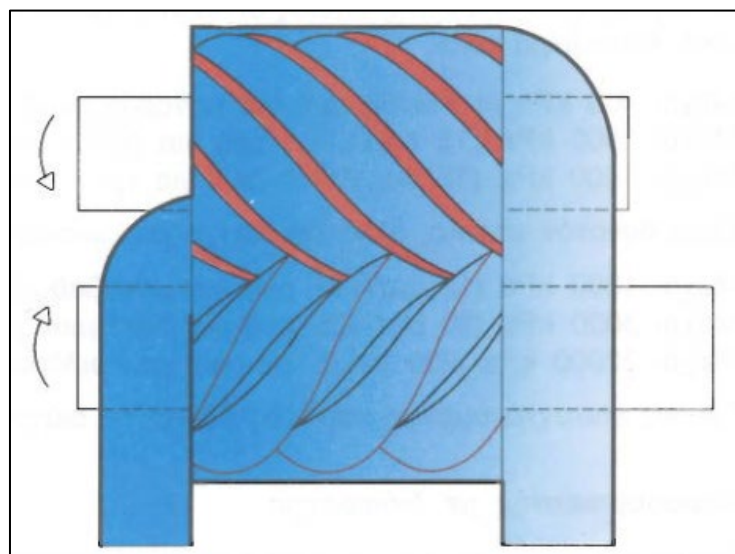


2.7 Πτερυγιοφόρος Αεροσυμπιεστής τύπου Scroll

### Κοχλιωτός αεροσυμπιεστής [ΕΠ07]

Ο κοχλιωτός αεροσυμπιεστής αποτελείται από δύο ελικοειδή ή κοχλιωτά στροφεία που σχηματίζουν δυο ατέρμονους άξονες εκ των οποίων ο ένας είναι κυρτός και ο άλλος είναι κοίλος ώστε να βρίσκονται σε επαφή ο ένας με τον άλλον. Κατά την περιστροφή τους ο αέρας οδηγείται από την είσοδο στην έξοδο. Οι ελικοειδείς άξονες μπορούν να φέρουν διαφορετικό αριθμό ελίκων με τέσσερα ή πέντε πτερύγια ο αρσενικός και έξι ή επτά ο θρυλικός.

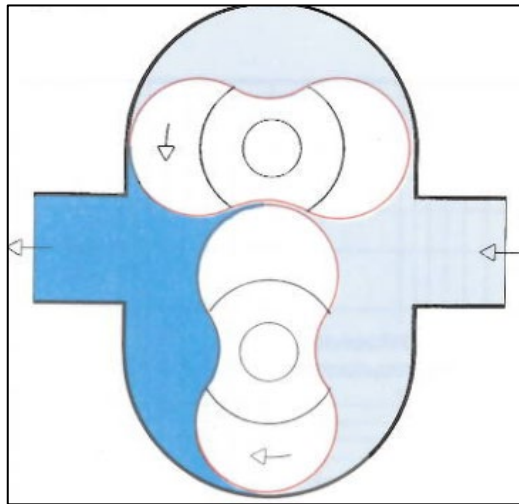
Οι συμπιεστές αυτοί λόγω της σχεδίασης και κατασκευής τους αποτελούνται από λιγότερα κινούμενα μέρη σε σχέση με τους εμβολοφόρους συμπιεστές με αποτέλεσμα να είναι πιο αξιόπιστοι και να εμφανίζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



2.8 Κοχλιωτός αεροσυμπιεστής ή Scroll

## Αεροσυμπιεστής με λοβούς [ΕΠ08]

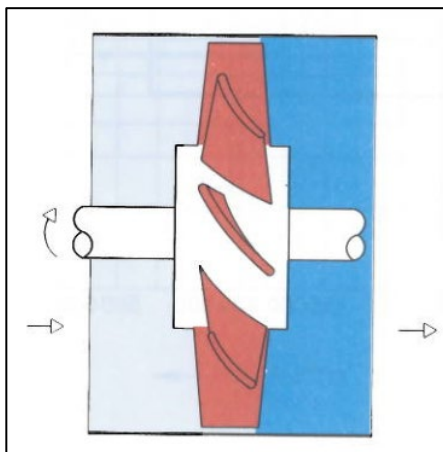
Οι συμπιεστές αυτοί αποτελούνται από δύο περιστρεφόμενους άξονες που φέρουν δύο λοβούς σε επαφή μεταξύ αλλά και με τον θάλαμο στον οποίο βρίσκονται σχηματίζοντας έτσι δύο διαφορετικούς μεταβλητού ογκου υποθαλάμους της εισόδου και της εξόδου. Η διάταξη πρέπει να εξασφαλίζει την μέγιστη στεγανότητα μεταξύ του θαλάμου εισόδου και του θαλάμου εξόδου ώστε ο ατμοσφαιρικός αέρας να οδηγείται από την είσοδο στην έξοδο συμπιεσμένος.



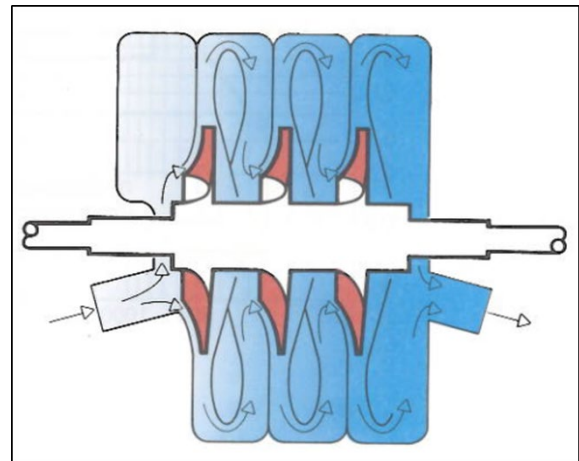
2.9 Αεροσυμπιεστής με λοβούς

## Αεροσυμπιεστή ροής - Στροβιλοαεροσυμπιεστής [ΕΠ09]

Ο αεροσυμπιεστής ροής είναι κατασκευασμένος ώστε να συμπιέζει τον αέρα με βάση την αρχή της ροής του αέρα κατά την οποία τα περιστρεφόμενα πτερύγια αυξάνουν την κινητική του ενέργεια κατά συνέπεια και την πίεση του. Η πιο απλή μορφή του είναι έναν άξονα ή τύμπανο που προσαρτώνται πτερύγια και κατασκευάζονται σε δύο τύπους της ακτινικής και αξονικής ροής. Χαρακτηριστικό αυτού του τύπου συμπιεστή είναι η στιβαρότητα και η συμπαγή κατασκευή του και πλεονεκτεί σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλες παροχές συμπιεσμένου αέρα.



2.10 Αξονικός αεροσυμπιεστής



2.11 Ακτινικός αεροσυμπιεστής

## Διανομή πεπιεσμένου αέρα [ΕΠΙ10]

Στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις ο συμπιεσμένος αέρας παράγεται και αποθηκεύεται σε κεντρικά σημεία με αεροθάλαμους και οδηγείται στα πνευματικά στοιχεία με σωληνώσεις.

Κατά την εγκατάσταση του δικτύου των σωληνώσεων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή. Οι σωληνώσεις τοποθετούνται με κλίση 1% εστί ώστε να αποφεύγετε η μεταφορά της υγρασίας που δημιουργείτε ως συμπυκνώματα. Η κλίση αυτή ορίζετε ως προς το χαμηλότερο σημείο που είναι ο συμπιεστής. Η αποστράγγιση του δικτύου επιτυγχάνετε με τοποθέτηση ειδικού θαλάμου που φέρει βάνα στο κάτω μέρος του και τοποθετείτε στο χαμηλότερο σημείο του δικτύου.

Η συνεχής ανάπτυξη της βιομηχανίας και των αυτομάτων συστημάτων στα συστήματα παραγωγής, συνεχώς αυξάνουν και τις απαιτήσεις σε μονάδες που χρησιμοποιούν συμπιεσμένο αέρα. Κάθε μηχανή και κάθε πνευματικό εξάρτημα απαιτεί μια ορισμένη ποσότητα συμπιεσμένου αέρα για να λειτουργήσουν.

Ο συμπιεσμένος αέρας που παράγετε από τον συμπιεστή και αποθηκεύετε στο αεριοφυλάκιο αλλά και ο συμπιεσμένος αέρας από το αεριοφυλάκιο μέχρι τα πνευματικά εξαρτήματα διανέμετε μέσω συστήματος ιδικών σωληνώσεων. Ο τύπος του σωλήνα η διάμετρος και το υλικό του πρέπει να επιλεγθεί ώστε να μην έχουμε πτώση πίεσης μεγαλύτερης των 10 kPa (0,1 bar/1,45 psi) μεταξύ του αεριοφυλακίου και του σημείου κατανάλωσης.

Οι μεγάλες πτώσεις πίεσης βάζουν σε κίνδυνο την λειτουργικότητα του συστήματος, μειώνουν εσθίτα την ποιότητα λειτουργίας της μονάδας και αυξάνουν το λειτουργικό κόστος. Για τους λόγους αυτούς όταν σχεδιάζετε μια καινούρια εγκατάσταση προβλέπετε μια ποσοστό θετικής ανοχής της υψηλότερης κατανάλωσης που να δίνει την δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης χωρίς την προσθήκη η αντικατάσταση των αεροσυμπιεστών. Η μεταγενέστερη αντικατάσταση των συμπιεστών καθίσταται πολυδάπανη.



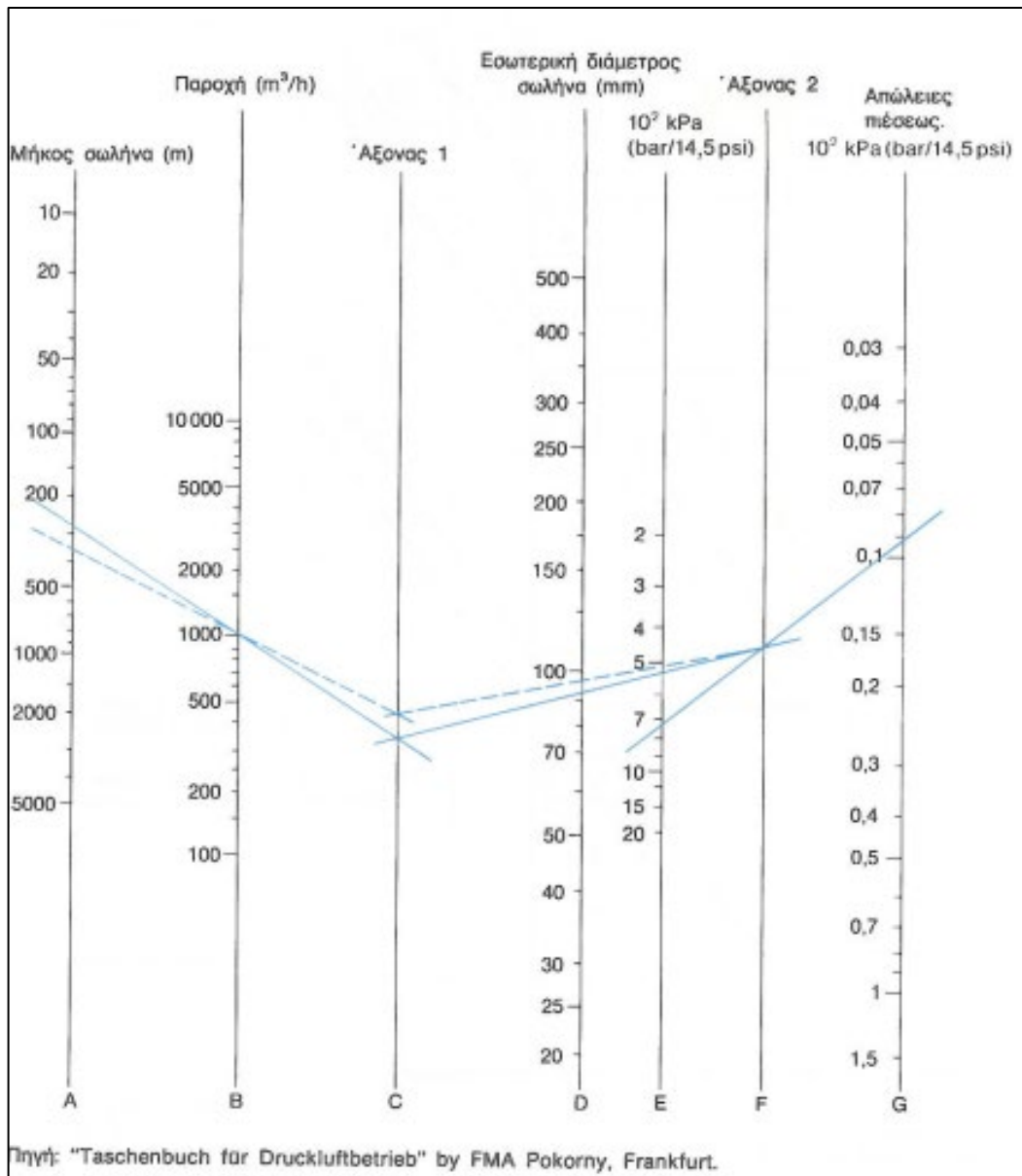
2.12 Ειδικού τύπου σωληνώσεων αλουμινίου για πνευματικά συστήματα



## Επιλογή διαστάσεων των σωληνώσεων [ΕΠΙ1]

Η διάμετρος των σωληνώσεων δεν επιλέγεται με βάση τη διαθεσιμότητα ή με απλά συμπεράσματα, αλλά παίρνοντας υπόψη τους εξής παράγοντες:

- ✓ Όγκος ροής
- ✓ Μήκος σωληνώσεως
- ✓ Πτώση πίεσεως - Μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση πίεσης
- ✓ Πίεση εργασίας - Ελάχιστη επιτρεπτή πίεση λειτουργία
- ✓ Αριθμός των εναλλαγών στη διεύθυνση όδευσης της σωλήνωσης.

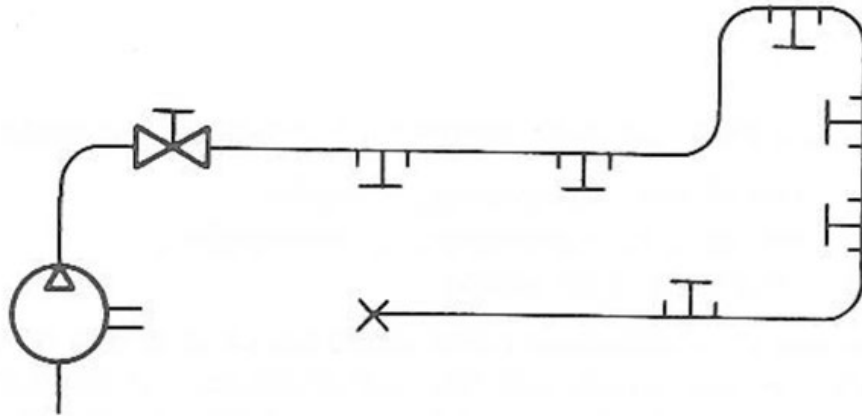


2.13 Διάγραμμα πτώσης πίεσης πνευματικών σωληνώσεων

## Εγκατάσταση των σωληνογραμμών [ΕΠ12]

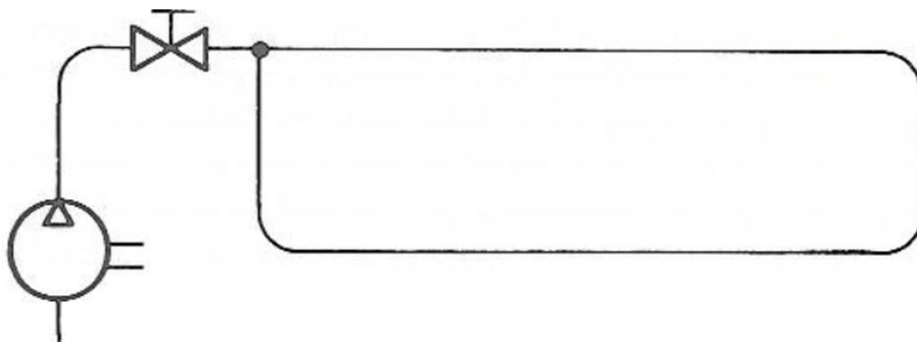
Σε μια εγκατάσταση πνευματικής διανομής δεν έχει σημασία μόνο η σωστή διαστασιολόγηση των σωληνογραμμών, αλλά και ο τρόπος εγκατάστασή τους. Οι σωληνογραμμές πεπιεσμένου αέρος απαιτούν συντήρηση και κατά τακτά διαστήματα έλεγχο, θα πρέπει αν είναι δυνατόν να μην τοποθετούνται εντός της τοιχοποιίας ή σε στενά σωληνωτά περάσματα γιατί καθίσταται δύσκολος ο έλεγχος των διαρροών που επιφέρει αξιόλογες απώλειες πίεσης.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνετε στην τοποθέτηση των κλάδων των σωληνώσεων που θα πρέπει να σχηματίζουν κλίση 1-2% με υψηλότερο σημείο αυτό της πλευράς της κατανάλωσης. Στις οριζόντιες οδεύσεις των σωληνώσεων δημιουργούνται κλάδοι για τα σημεία λήψης του πεπιεσμένου αέρα που λαμβάνονται από το ανώτερο σημείο του σωλήνα προς αποφυγή των συμπυκνωμάτων, τα οποία κυκλοφορούν ή συσσωρεύονται σε χαμηλότερο ύψος, προστατεύοντας έτσι τα αντίστοιχα σημεία χρήσεως αλλά και τα πνευματικά εξαρτήματα.



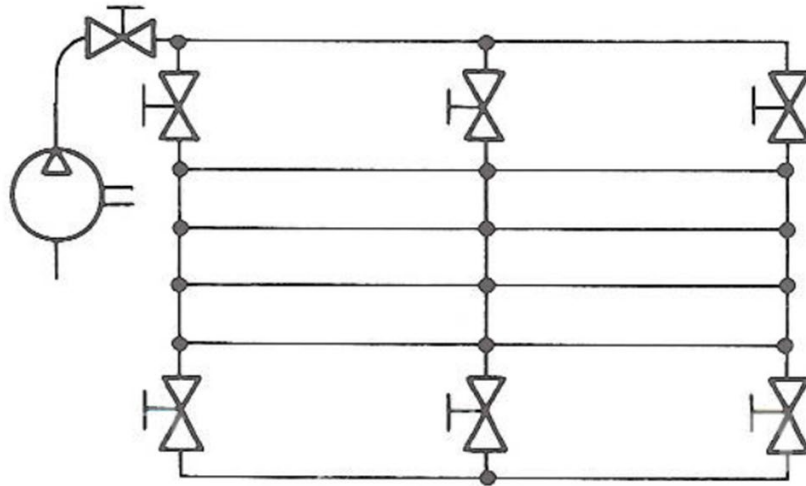
2.14 Σωληνογραμμή κλάδου

Μια διαφορετική τεχνική συγκέντρωσης των συμπυκνωμάτων είναι η προσθήκη ειδικών σωληνώσεων που προσαρμόζονται κάτω από την κύρια Σωληνογραμμή για να την εγκλωβίσουν. Οι συγκεντρώσεις των συμπυκνωμάτων απομακρύνονται με ιδιές βαλβίδες αποστράγγισης.



2.15 Κλειστό κύκλωμα

Μια συνηθισμένη τακτική είναι η χρήση κλειστών κυκλωμάτων στις εγκαταστάσεις στις κύριες γραμμές, ενώ οι κλάδοι και οι συνδέσεις ξεκινούν από αυτή την κύρια γραμμή. Χρησιμοποιώντας αυτή την τοπολογία δικτύωσης πεπιεσμένου αέρα μπορούμε να επιτυγχάνουμε ομοιόμορφη παροχή όταν υπάρχει μμεγάλη κατανάλωση πεπιεσμένου αέρα. Με αυτό τον τρόπο ο πεπιεσμένος αέρας μπορεί να ρέει προς όλες τις διευθύνσεις.



2.16 Μικτό σύστημα με διασταυρώσεις

## Υλικό σωληνώσεων [ΕΠΙ3]

Οι κύριες γραμμές των σωληνογραμμών κατασκευάζονται σε διάφορες διαμέτρους και με μια ποικιλία διαφόρων υλικών. Στο εμπόριο μπορούμε να βρούμε σωληνώσεις χαλκού, ορείχαλκου, σωληνώσεις χάλυβα, τούμπο, γαλβανισμένες υψηλής ποιότητας χάλυβας, και πλαστικές σωληνώσεις.

Οι σωληνογραμμές θα πρέπει να μπορούν να εγκαθίστανται με ευκολία, να παρουσιάζουν αντοχή στην διάβρωση και να είναι οικονομικά δυσπρόσιτες. Τα δίκτυα σωληνογραμμών που προορίζονται να εγκατασταθούν και να χρησιμοποιηθεί για μεγάλες χρονικές περιόδους τοποθετούνται με συνδέσμους ή ηλεκτροσυγκολλούντε ή κολούντε.

Οι μεταλλικές σωληνογραμμές που ηλεκτροσυγκολλούντε δεν παρουσιάζουν διαρροές και έχουν μικρό κόστος. Το μειονέκτημα των ηλεκτροσυγκολλήσεων είναι ότι κατά συγκόλληση σχηματίζονται μικρά σφαιρικά υπολείμματα που πρέπει να απομακρυνθούν για να μην μετακινηθούν σε άλλα σημεία του δικτύου.

Ένας άλλος τύπος σύνδεσης είναι η συγκόλληση με ραφή η οποία παράγει σκουριά λόγω οξείδωσης στα σημεία σύνδεσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις επιβάλλεται η χρήση μονάδας προπαρασκευής με διατάξεις φίλτρων για τις αφαιρέση των σωματιδιακών ρίπων άλλα και την αφαίρεσης της υγρασίας του πεπιεσμένου αέρα.



2.17 Σύνδεση με ηλεκτροσυγκόλληση



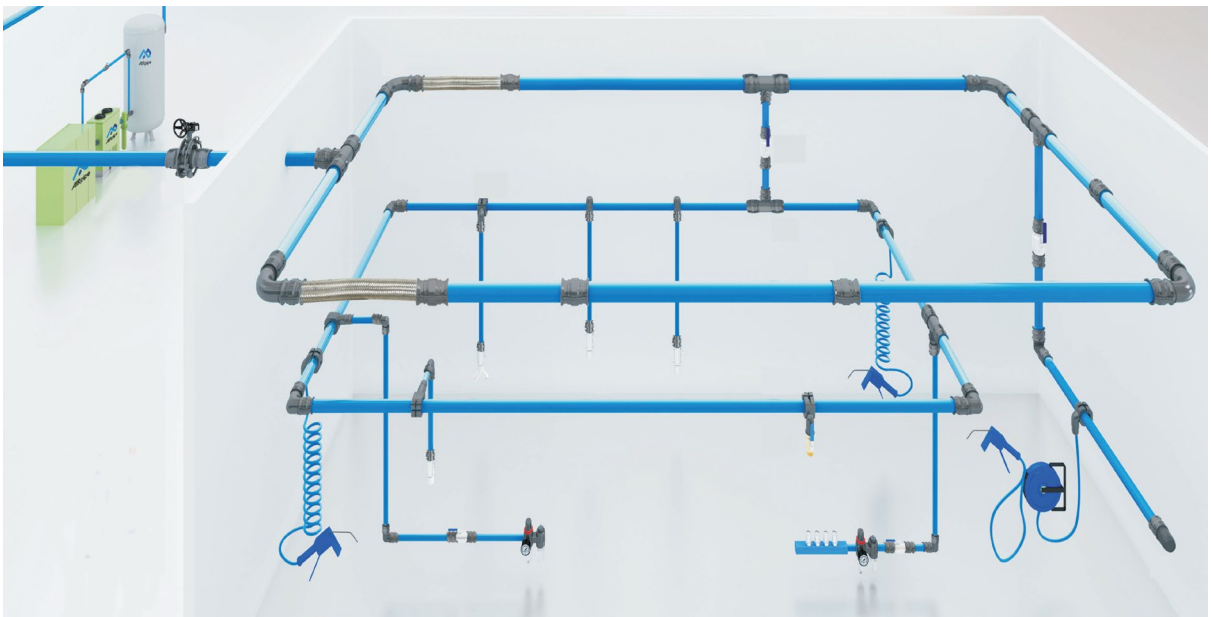
2.18 Σύνδεση με ραφή

Οι σωληνογραμμές από χαλύβδινες γαλβανισμένες σωλήνες με κοχλιωτές συνδέσεις συχνά εμφανίζουν διαρροές αλλά εμφανίζουν μεγάλη αντοχή στην διάβρωση σε σχέση με αυτή των μούρων σωληνώσεων που είναι πολύ μεγαλύτερη. Και σε αυτόν τον τύπο σωληνώσεων χρησιμοποιείτε μονάδας προπαρασκευής γιατί εμφανίζονται σκουριές στα σημεία που έχουν υποστεί μηχανική κατεργασία όπως τα σπειρώματα.

Παλαιότερα οι σωληνογραμμές με σωλήνες από χαλκό, πλαστικό ή αλουμίνιο λόγω του μεγάλου κόστους χρησιμοποιούνταν σε ειδικές περιπτώσεις ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε σύγχρονες μονάδες.

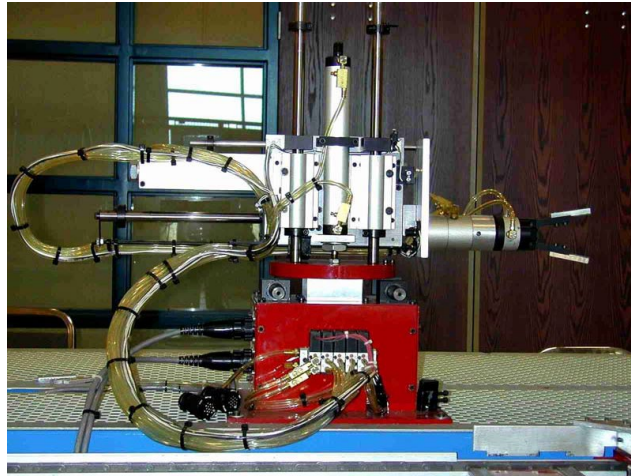
Για την σύνδεση των μηχανημάτων με τις κεντρικές σωληνογραμμές χρησιμοποιούνται μόνο ελαστικοί σωλήνες γιατί είναι εύκαμπτοι και εμφανίζουν μεγάλη μηχανική αντοχή ενώ είναι πιο δαπανηρές και δύσχρηστες από τις πλαστικές και επιπλέον εμφανίζουν μικρότερο χρόνο ζωής.

Σήμερα οι ελαστικές σωληνώσεις αντικαθίστανται με πλαστικές σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο και πολυαμίδιο γιατί εμφανίζουν τα ίδια χαρακτηριστικά ως προς την ελαστικότητα για την σύνδεση κινούμενων πνευματικών διατάξεων και αντικαθίστανται εύκολα απλά γρήγορα με μικρό κόστος με την χρήση ταχυσυνδέσμων.



2.19 Διάταξη σωληνώσεων πνευματικού συστήματος

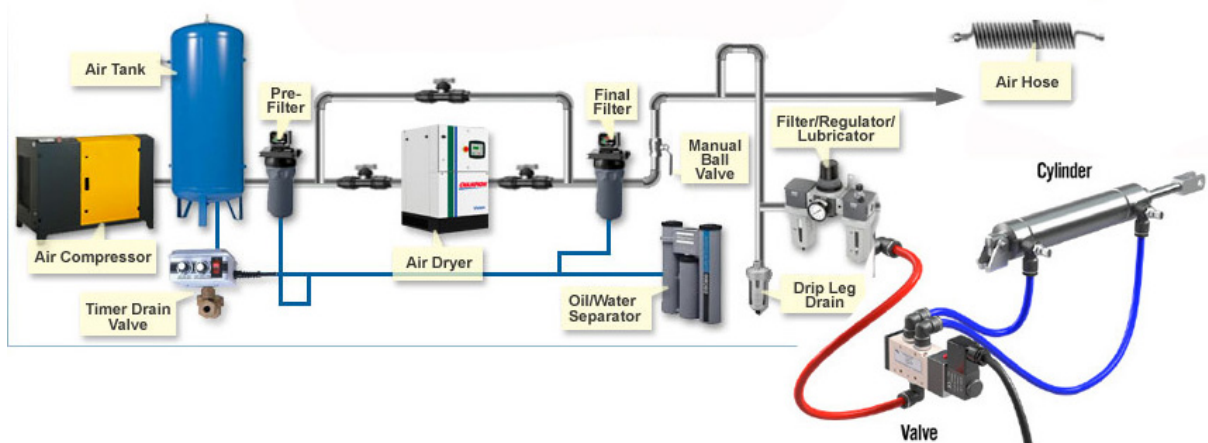
## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Εισαγωγή στα πνευματικά συστήματα [ΕΚΠΣ01]



Η ραγδαίως αυξανόμενη χρήση πνευματικών συστημάτων στην σύγχρονη βιομηχανία οφείλεται στο γεγονός ότι τα λειτουργικά προβλήματα του αυτοματισμού επιλύθηκαν και πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του συμπιεσμένου αέρα. Τα πνευματικά συστήματα μπορούν πλέον να εκτελούν τις ίδιες λειτουργίες με τα ηλεκτρομηχανικά με εξαρτήματα που έχουν μεγαλύτερη ζωή και είναι οικονομικότερα.

Τα πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων είναι πολλαπλά. Ο συμπιεσμένος αέρας παράγεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα που υπάρχει παντού, είναι ανεξάντλητος σε ποσότητες. Μερικά ακόμα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι αποθηκεύεται σε δεξαμενές που του αποδίδουν μεγάλη ενέργεια με σχετικό κόστος και μεταφέρεται εύκολα με σωληνώσεις επειδή δεν είναι εύφλεκτος αλλά και μη επικίνδυνος για ρύπους κατά την εκτόνωση του στο περιβάλλον.

Με τον αέρα τα πνευματικά συστήματα μπορούν παράγουν με χαμηλό κόστος γραμμική κίνηση με σχετικά μεγάλες ταχύτητες 0,5-1 m/sec αλλά και περιστροφική. Τα στοιχεία του αυτοματισμού εμφανίζουν μεγάλη αντοχή σε υπερφορτώσεις, ενώ μπορούν να εργάζονται σε όλες τις περιβαλλοντικές συνθήκες για μεγάλα χρονικά διαστήματα χωρίς συντήρηση ενώ είναι εύκολη η ρύθμιση της ταχύτητας και δύναμης που ασκούν.



3.1 Πνευματική διάταξη παραγωγής αέρα

## Ανάλυση πνευματικών κυκλωμάτων [ΕΚΠΣ02]

Τα πνευματικά στοιχεία που υλοποιούν τα πνευματικά κυκλώματα και κατά συνέπεια τις πνευματικές διατάξεις μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες που είναι οι εξής.

- ✓ Τα στοιχεία κίνησης που περιλαμβάνει τους μετατροπείς της πνευματικής ισχύς σε κινητική ευθύγραμμη ή περιστροφική που ονομάζονται αντίστοιχα εμβολα και κινητήρες.
- ✓ Τα στοιχεία ελέγχου που περιλαμβάνει τα στοιχεία ελέγχου των πνευματικών στοιχείων όπως οι βαλβίδες και οι βάνες κάθε τύπου.

Τα πνευματικά κυκλώματα συμπληρώνονται βέβαια και από τα στοιχεία παραγωγής συμπιεσμένου αέρα όπως οι αεροσυμπιεστές, τα στοιχεία απομάκρυνσης των ξένων στοιχείων όπως τα φίλτρα, οι ξηραντές κλπ στα οποία θα αναφερθούμε αναλυτικότερα για το καθένα.

Όπως έχουμε αναφέρει για την παραγωγή συμπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούνται οι αεροσυμπιεστές που τίθεται σε λειτουργία όταν η τιμή πίεσης του αποθηκευμένου αέρα πέσει κάτω από μια τιμή και λειτουργούν έως ότου επιτευχθεί η προρυθμισμένη τιμή πίεσης. Σε μηχανήματα ή εγκαταστάσεις που αλλάζουν θέσεις χρησιμοποιούνται φορητοί οι κινητοί αεροσυμπιεστές.

Οι αεροσυμπιεστές ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ο αέρας συμπιέζεται με βάση την αρχή της μεταβολής του όγκου. Ο αέρας εισέρχεται σε θάλαμο και συμπιέζεται με κινούμενο εμβολο που μεταβάλλει τον όγκο. Οι συμπιεστές αυτοί ονομάζονται εμβολοφόροι αεροσυμπιεστές. Στη δεύτερη κατηγορία αέρα συμπιέζεται με βάση την αρχή της επιτάχυνσης της μάζας του και ονομάζονται αεροσυμπιεστές ροής.

Το αεριοφυλάκιο είναι απαραίτητο γιατί λειτουργεί ως χωρητικότητα αποθήκευσης του αέρα και εξισορροπεί την παροχή του συμπιεσμένου αέρα και επιτυγχάνεται εξομάλυνση των μικρών διακυμάνσεων πίεσης στις σωληνώσεις του σύστημα διανομής όταν καταναλώνεται από τις πνευματικές διατάξεις. Κατά την εκτόνωση του αέρα πραγματοποιείτε ελάττωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του αεριοφυλακίου με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συμπυκνώματα λόγω της υγρασίας που περιέχει ο αέρας ο οποίος απομακρύνεται με τη μορφή νερού με την χρήση βαλβίδας διαρροής.

Η πολυετής εμπειρία σε εφαρμογές με συμπιεσμένο αέρα έχει δείξει ότι η καλή ποιότητα του εξασφαλίζει το μέγιστο της ζωής των εξαρτημάτων αλλά και την σωστή λειτουργία των μονάδων, για αυτό δίνετε μεγάλη σημασία στην προπαρασκευή του. Ο κακής ποιότητας αέρας μεταφέρει ρύπους σωματιδίων ακαθαρσιών ή σκουριάς, ποσότητες λιπαντικού και υγρασίας που καταστρέφουν τον πνευματικό εξοπλισμό και τα δομικά στοιχεία .

Η απομάκρυνση των διαφόρων ρίπων πραγματοποιείτε με διάφορες διατάξεις και ιδικά φίλτρα για κάθε περίπτωση ανάλογα με το βαθμό ρύπανσης. Οι σωματιδιακοί ρίπου απομακρύνονται με απλά φίλτρα χαρτιού ή ειδικά μοριακά και καταλυτικά φίλτρα. Η απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται σε μορφή νερού με διατάξεις υδροπαγίδων ή κεραμικά φίλτρα σε διάφορα σημεία του κυκλώματος συνήθως πριν από τα ευαίσθητα εργαλεία ή μηχανήματα. Η απομάκρυνση των ρίπων του λαδιού από υπερλίπανση απομακρύνονται με διατάξεις ελαιοπαγίδων με φίλτρα strainer πλέγματος. Επίσης τα φίλτρα πρέπει να καθαρίζονται και να αντικαθίστανται σε τακτά χρονικά διαστήματα.

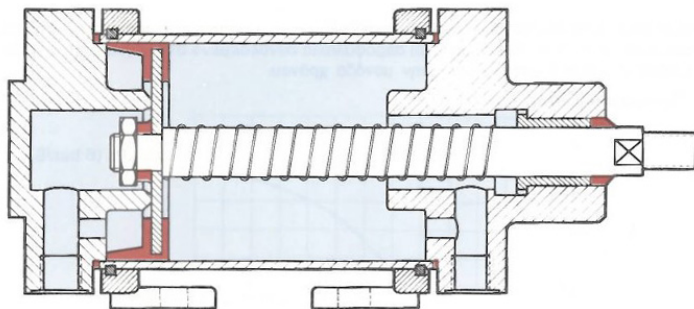
Εκτός των ρύπων που δεν πρέπει να μεταδίδονται μέσω του συμπιεσμένου αέρα υπάρχουν και στοιχεία που πρέπει να μεταδίδονται όπως τα λιπαντικά. Οι διατάξεις που εκτελούν αυτή την λειτουργία ονομάζονται λιπαντήρες και τοποθετούνται μετά τις διατάξεις των φίλτρων. Η λίπανση περιορίζει τη φθορά των κινούμενων μερών μειώνοντας τις τριβές και προστατεύει τα στοιχεία του κυκλώματος από τη διάβρωση.

## Πνευματικοί κύλινδροι [ΕΚΠΣ03]

### Κύλινδροι απλής ενέργειας [ΕΠ14]

Οι πνευματικοί κύλινδροι είναι τα στοιχεία που μετατρέπουν την ενέργεια του συμπιεσμένου αέρα σε ευθύγραμμη κίνηση και ανάλογα με τον βαθμό ενεργειών που εκτελούν διακρίνουμε σε κύλινδρους απλής ενέργειας, διπλής ενέργειας και κύλινδρους ειδικών εφαρμογών.

Στους κύλινδρους απλής ενέργειας ο συμπιεσμένος αέρας εφαρμόζεται μόνο από τη μία πλευρά του εμβόλου με αποτέλεσμα να παράγεται μηχανικό έργο μόνο προς τη μία διεύθυνση ενώ η επαναφορά του στην αρχική του θέση επιτυγχάνεται με ενσωματωμένο ελατήριο ή άλλη διάταξη που εφαρμόζει εξωτερική δύναμη. Το ελατήριο επιλέγεται με τέτοια χαρακτηριστικά ώστε η δύναμη του να επαναφέρει το έμβολο στην αρχική του θέση με σχετικά υψηλή ταχύτητα. Οι κύλινδροι με ενσωματωμένο ελατήριο εμφανίζουν ελαττωμένο μήκος έκτασης διαδρομής που καθορίζεται από το μήκος του ελατηρίου και κατασκευάζονται με ελάχιστο μήκος διαδρομής 10cm περίπου.



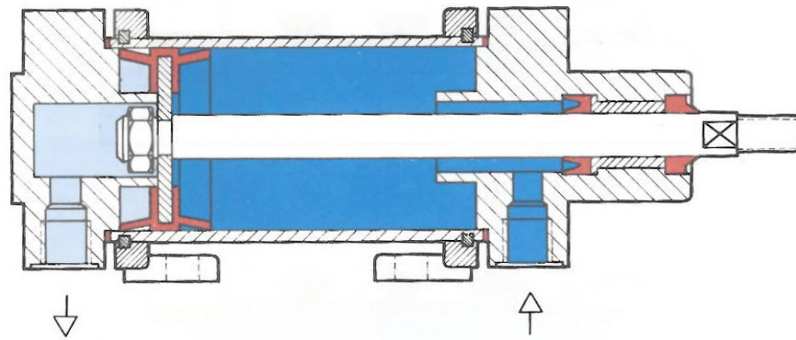
3.2 Κύλινδρος απλής ενέργειας

### Κύλινδροι διπλής ενέργειας [ΕΠ15]

Στους κύλινδρους διπλής ενέργειας ο συμπιεσμένος αέρας έχει την δυνατότητα να κινεί το έμβολο και προς τις δύο διευθύνσεις ανάλογα της επιλογής της εισόδου. Οι κύλινδροι διπλής ενέργειας χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές που απαιτείτε η παραγωγή έργου τόσο κατά την έκταση του βάκτρου αλλά και κατά την σύμπτυξη του.

Το μήκος της διαδρομής του βάκτρου των κυλίνδρων διπλής ενέργειας μπορεί να είναι οποιοδήποτε μήκος αλλά πρέπει να προβλέπονται οι καταπονήσεις που υπόκεινται το σώμα του κυλίνδρου αλλά και του βάκτρου σε λύγισμα και κάμψη κατά την έκταση.

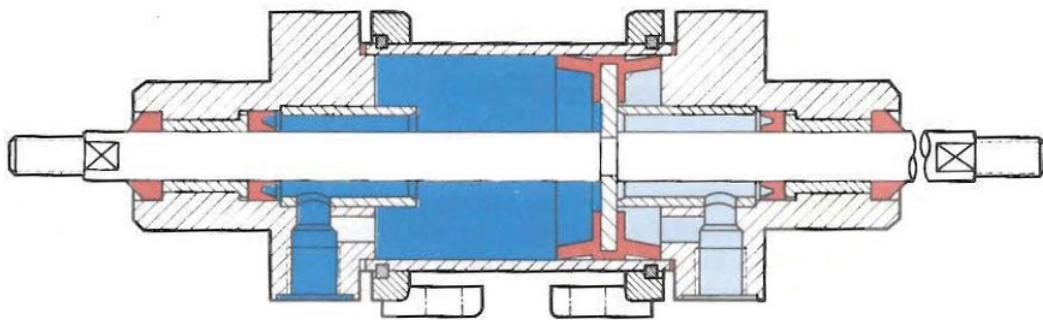




3.3 Κύλινδρος διπλής ενέργειας

### Κύλινδρος με βάκτρο και προς τις δύο πλευρές [ΕΠ16]

Στους κυλίνδρους με βάκτρο και στις δυο πλευρές το βάκτρο διέρχεται διάμεσο του κυλίνδρου ώστε να εξέρχεται και από την αντίθετη πλευρά. Η κατασκευή αυτών των κυλίνδρων πλεονεκτεί τόσο σε κυλίνδρους μεγάλου μήκους και εφαρμογή μεγάλων δυνάμεων στο βάκτρο λόγω του ότι εδράζετε σταθερά σε δυο σημεία εκατέρωθεν του κυλίνδρου αλλά μπορεί να δεχτεί και τοπικά ακτινικά φορτία. Η ασκούμενη δύναμη του βάκτρου στις δυο πλευρές και στις δυο κατευθύνσεις είναι ίδια.



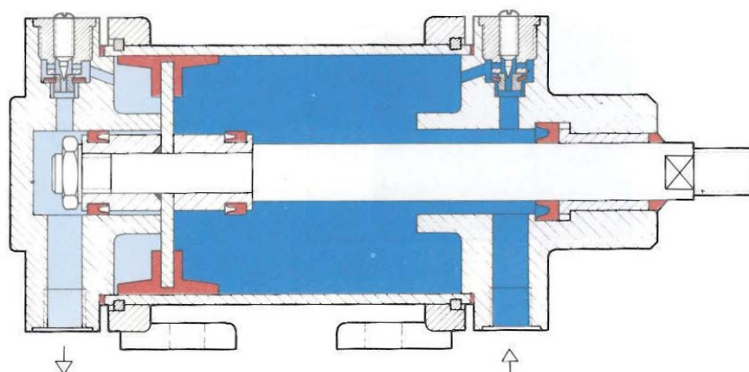
3.4 Κύλινδρος με βάκτρο και προς τις δύο πλευρές

### Κύλινδρος με διάταξη επιβράδυνσης στο τέρμα της διαδρομής [ΕΠ15]

Η άσκηση μεγάλης δύναμης από τον συμπιεσμένο αέρα ή της μεγάλης μάζας του φορτιού κατά την έκταση ή την σύμπτυξη του βάκτρου σε οριζόντια ή κατακόρυφη θέση δημιουργεί εσωτερικές κρούσεις του εμβόλου του βάκτρου με το σώμα του κυλίνδρου στα σημεία τερματισμού που δημιουργούν βλάβες και καταστροφή των κυλίνδρων. Για την αποφυγή αυτών των κρούσεων χρησιμοποιούνται διατάξεις απόσβεσης ή ειδικά κατασκευασμένοι κύλινδροι που ενσωματώνουν μηχανισμούς επιβράδυνσης της κίνησης στα σημεία τερματισμού.

Η κατασκευή αυτού του ιδιού κυλίνδρου εκτός των κανονικών εισόδων και εξόδων εκτόνωσης περιέχει και δευτερεύουσες εισόδους αντεπιστροφής και εξόδους ανακούφισης μέσω ρυθμιζόμενων στραγγαλιστικών βαλβίδων. Το έμβολο του κυλίνδρου μπορεί και κινείται με κανονικές ταχύτητες εκτός των ορίων τερματισμού τόσο κατά την έκταση αλλά και την σύμπτυξη. Όταν όμως το έμβολο του κυλίνδρου περάσει ένα σημείο της κίνησης του προς τον τερματισμό τότε μπλοκάρει η ελεύθερη έξοδος εκτόνωσης και ο αέρας μπορεί να διαφύγει μόνο από την έξοδο με την στραγγαλιστική βαλβίδα, έτσι συμπιέζεται και επιβραδύνει η κίνηση του βάκτρου μέχρι το τέλος τις διαδρομής.

Όταν το έμβολο αλλάζει φορά κίνησης ο αέρας εισέρχεται χωρίς αντίσταση στο χώρο του κυλίνδρου διά μέσου της βαλβίδας αντεπιστροφής.

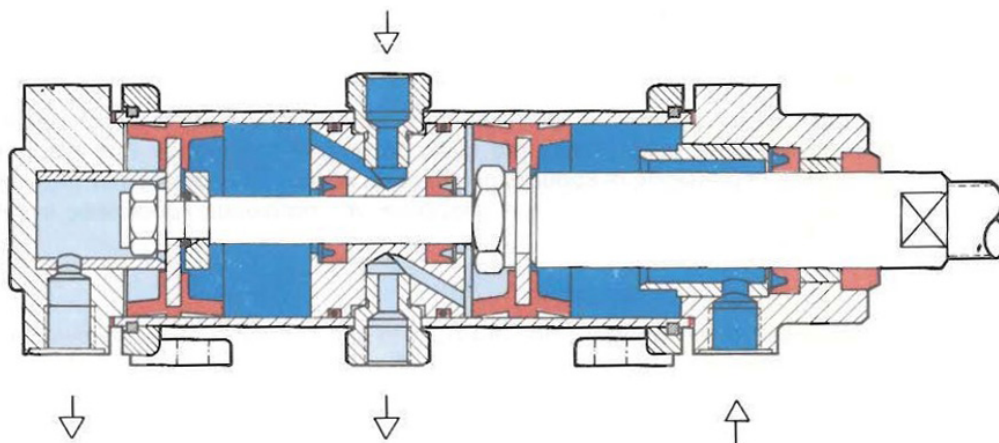


3.5 Κύλινδρος με διάταξη επιβράδυνσης

### Κύλινδρος Tandem [ΕΠ17]

Ο κύλινδρος Tandem είναι ένας συνδυαστικός τύπος κυλίνδρου που αποτελείτε από δύο κυλίνδρους διπλής ενέργειας που σχηματίζουντας μία ενιαία μονάδα.

Η διάταξη αυτή έχει την δυνατότητα την ταυτόχρονης φόρτιση στα δύο έμβολα με αποτέλεσμα η δύναμη που αναπτύσσεται στο βάκτρο να διπλασιάζεται. Η διάταξη αυτού του κυλίνδρου βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να εφαρμοστεί μεγάλη δύναμη, αλλά με περιορισμένη διάμετρο κυλίνδρου.

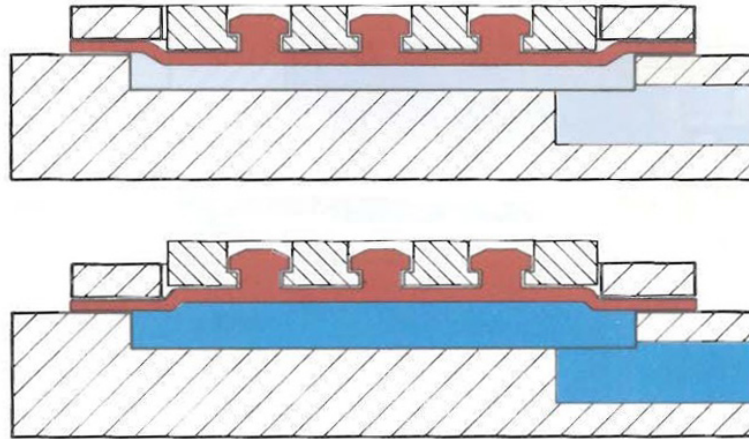


3.6 Κύλινδρος Tandem

### Κύλινδροι με διάφραγμα [ΕΠ18]

Οι κύλινδροι με διάφραγμα είναι διατάξεις που δεν φέρουν στην κατασκευή τους κινούμενο έμβολο αλλά ελαστικό διάφραγμα μεμβράνης κατασκευασμένη από τεχνικό καουτσούκ, πλαστικό ή ελαστικό μέταλλο. Το βάκτρο είναι πακτωμένο απευθείας στο κέντρο του διαφράγματος και δεν απαιτούνται ολισθαίνοντα στεγανοποιητικά ενώ η μοναδική τριβή που εμφανίζεται οφείλεται στην κάμψη του υλικού του διαφράγματος. Ο τύπος αυτού του εμβόλου λόγω της περιορισμένης κίνησης της μεμβράνης και του βάκτρου βρίσκει εφαρμογή σε μηχανικές διατάξεις τύπου πρέσας για την παραγωγή εργαλείων και την μορφοποίηση φύλων

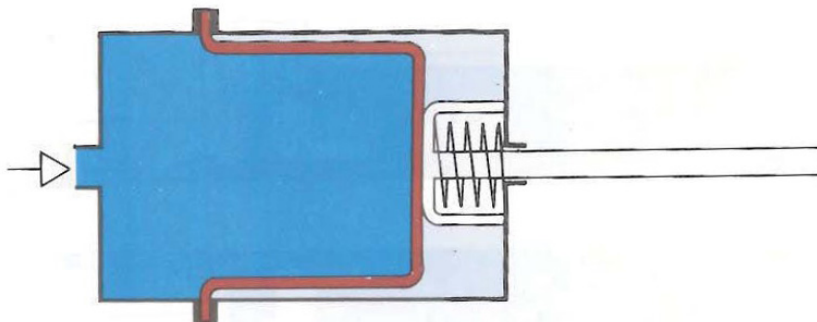
μετάλλου, διατάξεις συγκράτησης, καρφώματος και σε συστήματα πέδησης.



3.7 Κύλινδρος με διάφραγμα

### Κύλινδροι με διάφραγμα που ξεδιπλώνεται [ΕΠ18]

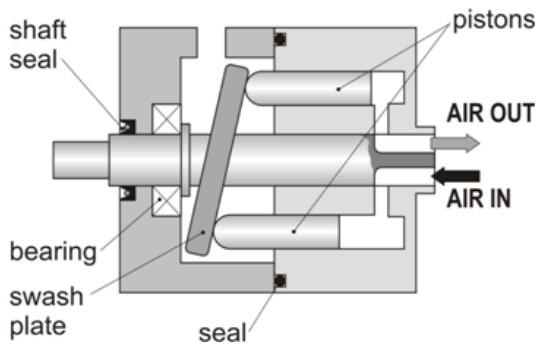
Ο κύλινδρος με ξεδιπλούμενο διάφραγμα αποτελείται και αυτός από ελαστικό διάφραγμα αντί του εμβόλου αλλά πολύ μεγαλύτερης επιφάνειας. Το βάκτρο είναι και εδώ πακτωμένο απευθείας στο κέντρο του διαφράγματος και φέρει ελατήριο επαναφοράς. Το διάφραγμα με το βάκτρο με την εφαρμογή συμπιεσμένου αέρα ξεδιπλώνεται και κινείται σε προστατευμένο θάλαμο που ονομάζετε καμπάνα και ωθεί το βάκτρο προς τα έξω. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνετε μεγαλύτερη διαδρομή έκτασης του βάκτρου που κυμαίνεται από 5 ως 8 cm σε σύγκριση με τις διαδρομή έκτασης των κυλίνδρων με διάφραγμα.



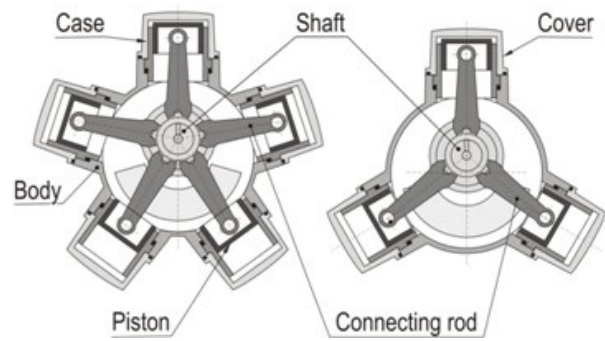
3.8 Κύλινδρος με διάφραγμα που ξεδιπλώνεται

### Περιστροφικά πνευματικά στοιχεία (πνευματικοί κινητήρες)

Τα πνευματικά στοιχεία που μετατρέπουν την ενέργεια του συμπιεσμένου αέρα σε μηχανική περιστροφική ενέργεια ονομάζονται πνευματικοί κινητήρες. Η σχεδίαση τους και ο τρόπος λειτουργίας τους σε διάφορες κατηγορίες όπως εμβολοφόρους αξονικούς και ακτινικούς, γραναζωτούς, πτερυγιόφορους και στροβιλοφόρους και οι απαιτήσεις του κάθε κυκλώματος καθορίζουν και τον τύπο ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί.

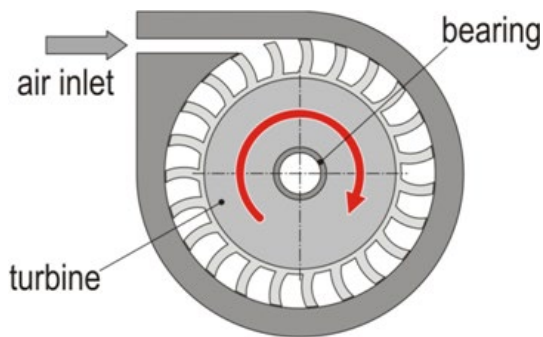


3.9 Εμβολοφόρος αξονικός κινητήρας



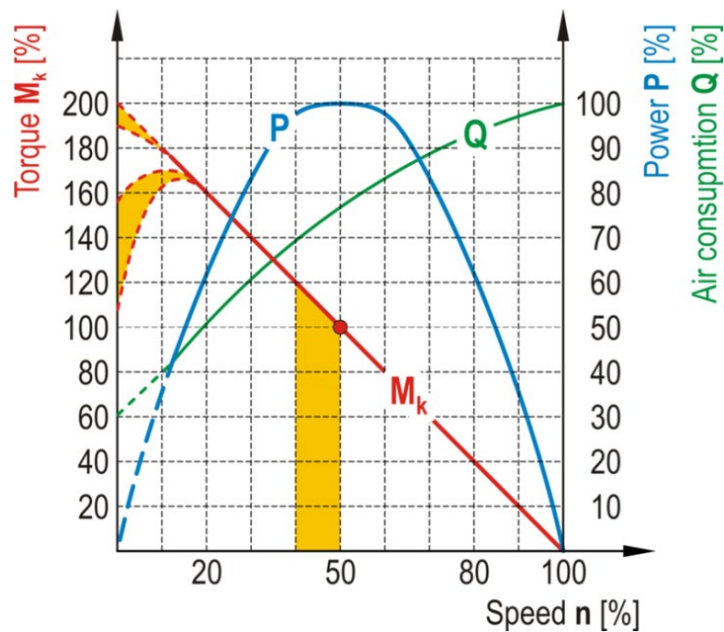
3.10 Εμβολοφόρος ακτινικός κινητήρας

Οι στροβιλοφόροι κινητήρες χρησιμοποιούνται όπου απαιτείτε μικρή ισχύ αλλά πολύ μεγάλη απόδοση στροφών. Οι γραναζωτοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σαν μηχανές έλξεως γιατί αναπτύσσουν μεγάλες ροπές λόγω του γραναζωματος που μεταδίδει την κίνηση στον άξονα.

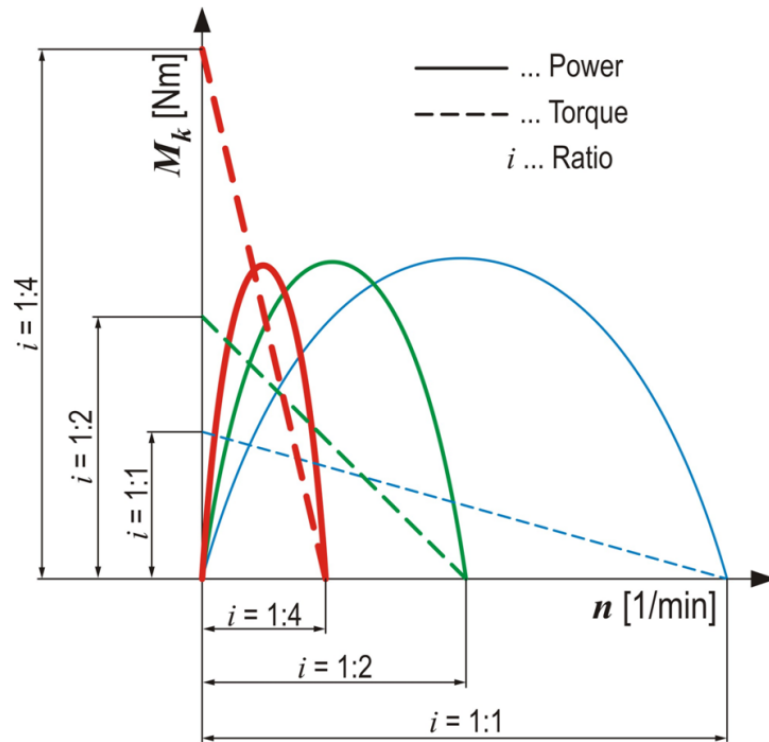


3.11 Στροβιλοφόροι κινητήρες

Οι πτερυγιοφόροι χαρακτηρίζονται για την απλότητα κατασκευής και το μικρό τους βάρος και βρίσκουν εφαρμογή σε διατάξεις που δεν απαιτούν μεγάλες δυνάμεις και μεγάλες στροφές.

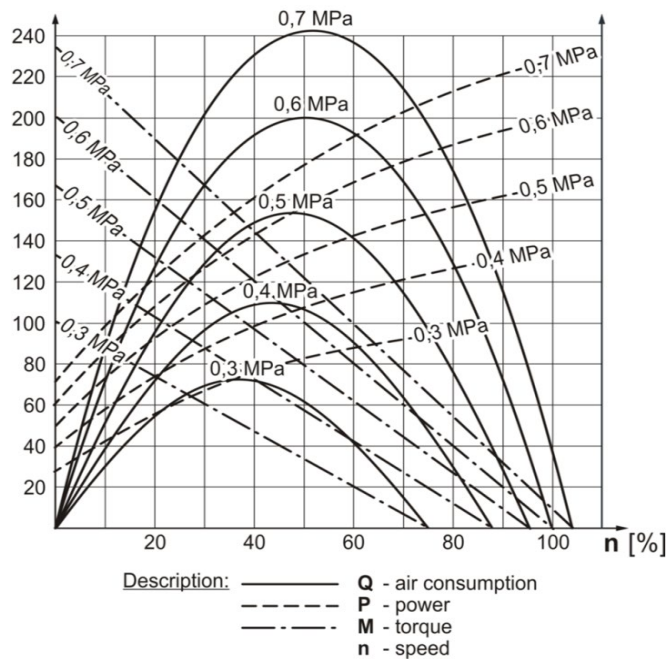


3.12 Διάγραμμα προσδιορισμού απόδοσης πνευματικού κινητήρα



3.13 Απόδοση πνευματικών κινητήρων σε σχέση με το γράναζωμα μετάδοση

Να σημειώσουμε ότι η σωστή λειτουργία των πνευματικών κινητήρων όπως και κάθε εξαρτήματος καθορίζετε από το φάσμα των πιέσεων εργασίας αλλά και τον ρυθμός των διακυμάνσεων της πίεσης αυτής. Ακολούθως απεικονίζετε ένα γενικό διάγραμμα απόδοση του συμπιεσμένου αέρα για διάφορες τιμές πίεσης.

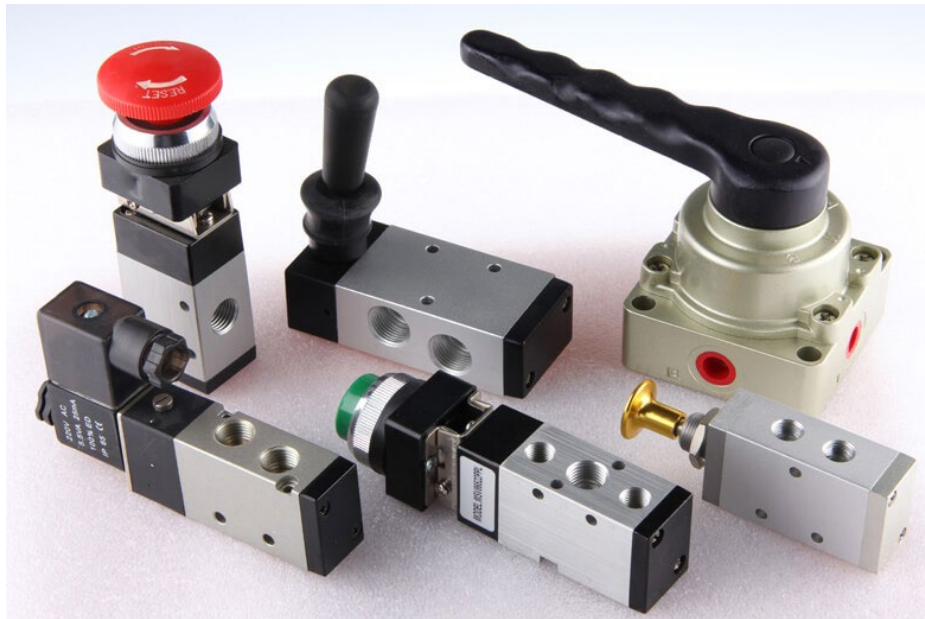


3.14 Απόδοση αέρα σε διάφορες πιέσει

## Βαλβίδες [BA05]

Τα πνευματικά συστήματα εκτός από τα στοιχεία εργασίας αποτελούνται και από τα στοιχεία σημάτων και τα στοιχεία ελέγχου που καθορίζουν την ακολουθία λειτουργίας των μηχανικών μερών μιας μηχανής ακριβώς όπως απεικονίζετε στο διάγραμμα λειτουργίας.

Στα στοιχεία ελέγχου συμπεριλαμβάνονται οι βαλβίδες με τις οποίες ελέγχετε η ρυθμίζετε η εκκίνηση και η στάση των στοιχείων εργασίας αλλά ελέγχετε και η διεύθυνσης κίνησης. Η ονομασία τους και ο συμβολισμός τους ορίζετε με σύμβολα που καθορίζετε με βάση διεθνούς ορολογίας και προτυποποίησης κατά DIN ISO 1219. Οι βαλβίδες ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες ανάλογα με λειτουργία τους.



3.15 Βαλβίδες ελέγχου εκκίνησης και διεύθυνσης

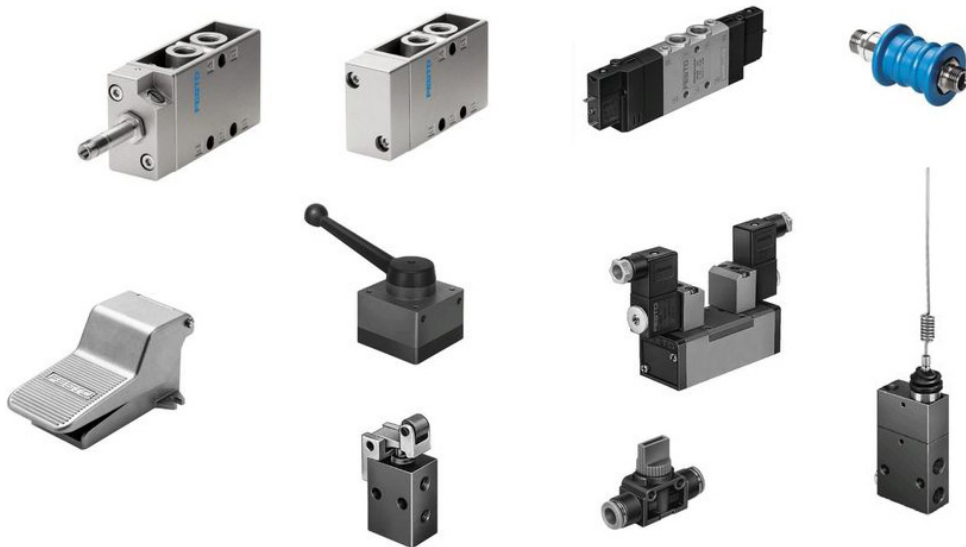
### Βαλβίδες Εκκίνησης

Οι βαλβίδες εκκίνησης λειτουργίας αποτελούν τα πιο απλά στοιχεία ελέγχου και χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση ενός κύκλου εργασίας η την έναρξη και διακοπή μιας επαναλαμβανομένης εργασίας μιας πνευματικής διάταξης. Οι βαλβίδες αυτές αποτελούντες από το κομβίο χειρισμού του χρήστη, τον εσωτερικό μηχανισμό που φέρει ελατήριακη διάταξη επαναφοράς και τις αντίστοιχες σε αριθμό εισόδους και εξόδους που καθορίζονται από τον κατασκευαστή.

Με την ενεργοποίηση του κουμπιού και για όσο χρονικό διάστημα είναι πατημένο ο εσωτερικός της μηχανισμός μεταβαίνει σε κατάλληλη θέση όπου επιτρέπει την διέλευση του συμπιεσμένου αέρα στην έξοδο προς ενεργοποίηση άλλων πνευματικών στοιχείων. Με την απελευθέρωση του κουμπιού ο ελατηριακός μηχανισμός επαναφέρει τον εσωτερικό μηχανισμό στην αρχική κατάσταση όπου διακόπτετε η διέλευση του συμπιεσμένου αέρα.

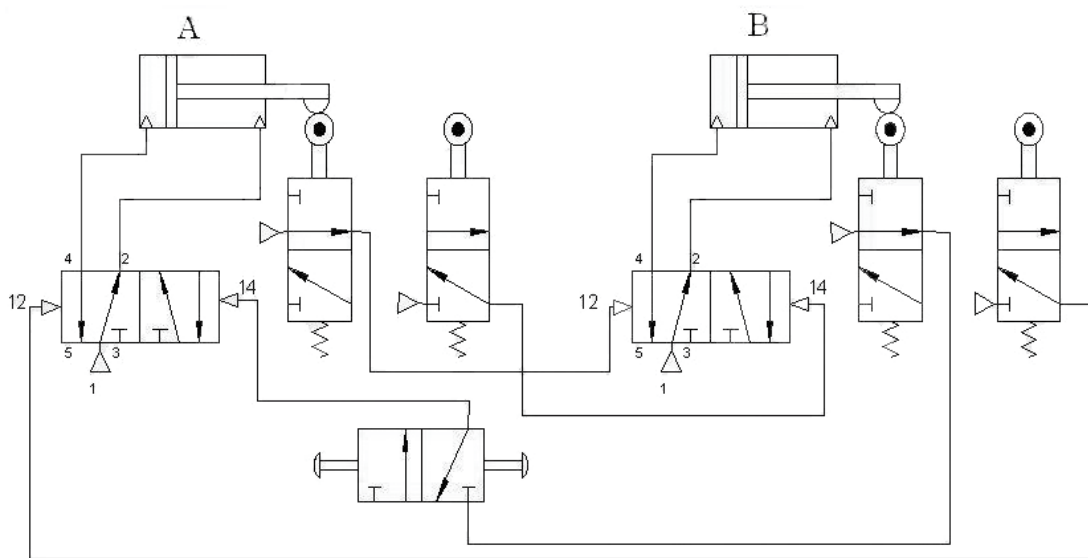
### Βαλβίδες διεύθυνσης ροής

Οι βαλβίδες διεύθυνσης ροής είναι τα πνευματικά στοιχεία ελέγχου με τα οποία ορίζετε η διεύθυνση κίνησης ενός πνευματικού κινητήρα η κυλίνδρου διπλής ενέργειας. Ο μηχανισμός αυτών των βαλβίδων αποτελείτε εσωτερικά από ένα κυλινδρικό έμβολο που φέρει οπές έτσι ώστε στις αντίστοιχες θέσεις λειτουργίας να επιτρέπει την διέλευση του συμπιεσμένου αέρα σε προκαθορισμένη έξοδο ή εξόδους και μπορεί να φέρει εσωτερικό ελατήριο επαναφοράς ενώ η κίνηση του εμβόλου πραγματοποιείται με λαβή όταν επρόκειτο για χειριστή ή άλλο τερματικό εξάρτημα όταν πρόκειται για εφαρμογές ελέγχου πάνω στην πνευματική διάταξη.




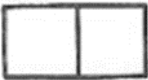



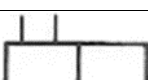
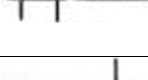
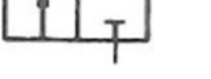
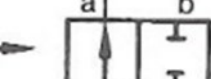
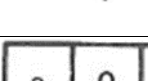
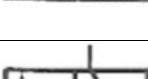
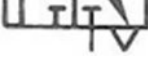
3.16 Τύποι βαλβίδων διεύθυνσης ροής

Στα λειτουργικά και τα σχέδια κυκλωμάτων σύμβολα που παριστάνουν την λειτουργία τις κάθε βαλβίδας και δεν απεικονίζουν την αρχή βάσει της οποίας κατασκευάζεται η βαλβίδα.



3.17 Λειτουργικό διάγραμμα A+B+A-B-

Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα ορίζονται κατά DIN ISO 1219 και έχουν προκύψει με τις εξής παραδοχές [BA06]

	Οι θέσεις των δυνατών καταστάσεων λειτουργίας παριστάνονται από τετράγωνα που κάθε ένα απ' αυτά υποδηλώνει και μία θέση λειτουργίας.
	Ο αριθμός των τετραγώνων δηλώνει τις θέσεις λειτουργίας. Δύο τετράγωνα με κοινή πλευρά συμβολίζουν δύο θέσεις του στοιχείου χωρίς να μεσολαβεί κάποια ενδιάμεση.
	Τα σύμβολα που σχηματίζονται με γραμμές στο εσωτερικό των τετραγώνων συμβολίζουν δρόμους ροής του πεπιεσμένου αέρα και τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση της ροής.
	Οι θέσεις διακοπής της ροής παριστάνονται με γραμμές σε ορθές γωνίες.
	Τα σημεία συνάντησης των δρόμων ροής παριστάνονται από κουκίδες στο σημείο ένωσης.
	Οι σύνδεσμοι των πόρτες εισόδου και εξόδου σύνδεσης παριστάνονται από γραμμές στο εξωτερικό του τετραγώνου και το τετράγωνο στο οποίο είναι σχεδιασμένες δηλώνει την αρχική θέση λειτουργίας.
	Με τη νοητή μεταθέσουμε τη θέση των άλλων τετραγώνων πάνω στο αρχικό τότε τα βέλη δείχνουν τη διεύθυνση της ροής του αέρα όταν η βαλβίδα έχει ενεργοποιηθεί στην αντίστοιχη θέση που εξετάζουμε.
	Οι θέσεις της βαλβίδας ορίζονται με 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 με μηχανική ελατηριακή επαναφορά σαν αρχική θέση ορίζεται η θέση που βρίσκονται τα κινητά μέρη της βαλβίδας πριν αυτή ενεργοποιηθεί. 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.
	Οι έξοδοι εκτόνωσης του αέρα στην ατμόσφαιρα που γίνονται απευθείας χωρίς τη χρήση σωληνώσεων συμβολίζονται με ένα τρίγωνο επαπτόμενο στο τετράγωνο της αντίστοιχης κατάστασης.
	Οι έξοδοι εκτόνωσης του αέρα που συνδέονται με σωληνώσεις συμβολίζονται με τρίγωνο απομακρυσμένο από το τετράγωνο.



Για την απλοποίηση της διαδικασίας σύνδεσης των βαλβίδων στην πνευματική διάταξη που θα λειτουργήσουν επιλέχθηκε να συμβολίζονται οι συνδέσεις με κεφαλαία γράμματα ως εξής

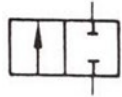
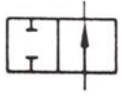

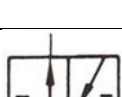
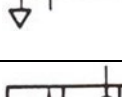
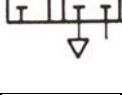

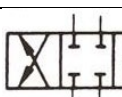
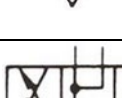
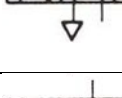
[BA07] :

Γραμμές Εργασίας : A, B, C,

Γραμμές Παροχής : P

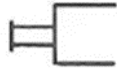
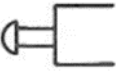
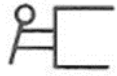
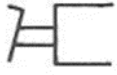
Γραμμές Εξαγωγής : R, S, T,

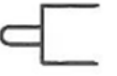

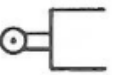

Γραμμές Ελέγχου : Z, Y, X,

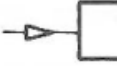
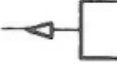
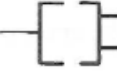
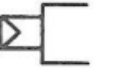
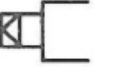
Συμβολισμός	Περιγραφή	Κανονική Κατάσταση
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 1 Γραμμής εργασίας	Παροχή κλειστή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 1 Γραμμής εργασίας	Παροχή ανοικτή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 1 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή ανοικτή με κλειστή την εξαγωγή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 1 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή κλειστή με εξαγωγή σε ελεύθερη εκτόνωση
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 3 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 1 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή και εξαγωγή κλειστή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 2 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή ανοικτή έξοδος ανοικτή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 3 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 2 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή κλειστή έξοδος κλειστή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 3 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 2 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή κλειστή με τις εξόδους εργασίας στην μη ελεύθερη έξοδο
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 2 θέσεων με 1 Γραμμής παροχής 2 Γραμμής εργασίας 2 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχή ανοικτή στην γραμμή εργασίας B με την γραμμή εργασίας A στην μη ελεύθερη έξοδο S
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 3 θέσεων με 2 Γραμμής παροχής 3 Γραμμής εργασίας 1 Γραμμή μη ελεύθερης εξαγωγής	Παροχές P κλειστές με γραμμή εργασίας A στην μη ελεύθερη έξοδο

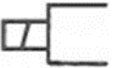

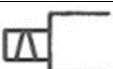
Περληπτικός πίνακας βαλβίδων διεύθυνσης ροής


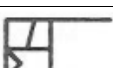
Ακολουθως παρουσιάζονται διάφοροι τύποι βαλβίδων εκκίνησης και ελέγχου θέσης λειτουργίας ανάλογα με την εφαρμογή του [BA07]

<b>Βαλβίδες που ενεργοποιούνται με το χέρι</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με το χέρι. Κοινός συμβολισμός
	Βαλβίδα ελέγχου με μπουτόν
	Βαλβίδα ελέγχου με μοχλό
	Βαλβίδα ελέγχου με πετάλ

<b>Βαλβίδες που ενεργοποιούνται μηχανικά</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με μηχανικό σωτήριο
	Βαλβίδα ελέγχου με ελατήριο
	Βαλβίδα ελέγχου με ράουλο
	Βαλβίδα ελέγχου με ράουλο και άρθρωση για νεκρή επαναφορά

<b>Βαλβίδες που ενεργοποιούνται με πίεση</b>	
<b>Άμεσος έλεγχος</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με άμεση πίεση
	Βαλβίδα ελέγχου με ανακούφιση τις πίεσης
	Βαλβίδα ελέγχου με διαφορική πίεση
<b>Έμμεσος έλεγχος</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με πίεση που εφαρμόζετε μέσω βαλβίδας πιλότου
	Βαλβίδα ελέγχου με ανακούφιση μέσο βαλβίδας πιλότου

<b>Βαλβίδες που ενεργοποιούνται ηλεκτρικά</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με σωληνοειδές απλού τυλιγματος
	Βαλβίδα ελέγχου με δυο τυλιγμάτων ενεργοποίησης προς τις δυο διευθύνσεις
	Βαλβίδα ελέγχου με σωληνοειδές δυο τυλιγμάτων που ενεργούν σε αντίθετη διεύθυνση

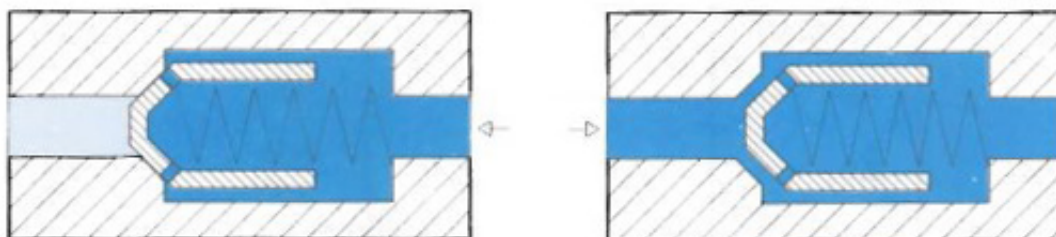
<b>Βαλβίδες που ενεργοποιούνται με συνδυασμό μεσών</b>	
	Βαλβίδα ελέγχου με σωληνοειδές και βαλβίδα πιλότο. Λογικό ΚΑΙ
	Βαλβίδα ελέγχου με σωληνοειδές ή βαλβίδα πιλότο. Λογικό Η

### Βαλβίδες αντεπιστροφής

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής είναι στοιχεία που επιτρέπουν τη ροή προς τη μία μόνο κατεύθυνση ελεύθερα χωρίς παρεμπόδιση, ενώ προς την αντίθετη κατεύθυνση σταματούν πλήρως την ροή του συμπιεσμένου αερίου. Η πίεση κατά την μη επιτρεπτή κατεύθυνση των βαλβίδων αυτών ενεργεί κόντρα στο στοιχείο στεγανότητας και επομένως αποτελεί παράγοντα στην φράξη και την στεγανοποίηση της διόδου. Οι τύποι των βαλβίδων αντεπιστροφής μπορεί να είναι μιας εισόδου και ονομάζονται απλού ελέγχου η δύο εισόδων και ονομάζονται διπλού ελέγχου.

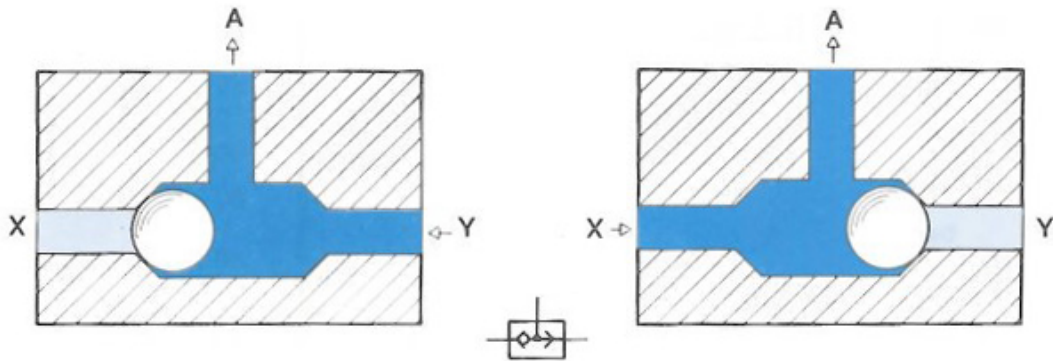
Η βαλβίδες αντεπιστροφής απλού ελέγχου σταματά τη ροή προς τη μία κατεύθυνση, ενώ ο αέρας ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση με ελάχιστη απώλεια πίεσης. Η αποτροπή της ροής προς τη μία κατεύθυνση επιτυγχάνεται με στοιχείων στεγανοποίησης που να έχει μορφή κώνου, σφαίρας, πλάκας ή διαφράγματος.

Στο ακόλουθο σκαρίφημα απεικονίζετε ο τρόπος λειτουργίας της βαλβίδας αντεπιστροφής που κλείνει με τη δύναμη που πεπιεσμένου αέρα, ενώ στο δεύτερο σκαρίφημα απεικονίζετε η βαλβίδας με ελατήριο, όπου το κλείσιμο της επιτυγχάνεται όταν η πίεση στην έξοδο είναι μεγαλύτερη ή ίση από την πίεση εισόδου.



3.18 Βαλβίδα αντεπιστροφής απλού ελέγχου

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής διπλού ελέγχου διαθέτει δύο εισόδους X και Y και μία έξοδο A. Όταν ο συμπιεσμένος αέρας εφαρμόζεται στην είσοδο X το στοιχείο στεγανοποίησης κινείται στην είσοδο Y και την κλείνει και ο συμπιεσμένος αέρας διαφεύγει προς την έξοδο A. Με τον ίδιο τρόπο όταν ο συμπιεσμένος αέρας εφαρμόζεται στην είσοδο Y φράζει την είσοδο X. Όταν αντιστρέφεται η ροή του αέρα, η βαλβίδα παραμένει στη θέση που είχε προηγουμένως.



3.19 Βαλβίδα αντεπιστροφής διπλού ελέγχου

Η ονομαστική περιγραφή μιας βαλβίδας εξαρτάται από τον αριθμό των συνδέσεων που ελέγχει και τον αριθμό των δυνατών καταστάσεων των θέσεων λειτουργίας. Ο πρώτος αριθμός της περιγραφής αντιστοιχεί στις συνδέσεις, ο δεύτερος στις δυνατές καταστάσεις ή θέσεις λειτουργίας.

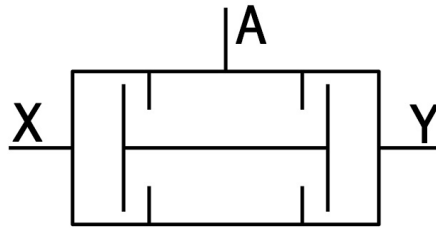
**Παράδειγμα :** Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 3/2 αποτελείται από 3 συνδέσεις και 2 θέσεις μετάβασης.

: Βαλβίδα διεύθυνσης ροής 4/3 αποτελείται από 4 συνδέσεις και 3 θέσεις μετάβασης

Μια βαλβίδα αντεπιστροφής μπορείς να συμπεριλαμβάνει και στραγγαλιστική ανακουφιστική βαλβίδα μείωσης της ταχύτητας εκτόνωσης η βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης και ειδικές βαλβίδες δύο πιέσεων.

Η στραγγαλιστική ανακουφιστική βαλβίδα ρυθμίζει της ταχύτητας ροής του συμπιεσμένου αέρα στραγγαλίζοντας μόνο προς τη μία κατεύθυνση. Μια συνθέτη βαλβίδα αντεπιστροφής σε συνδυασμό με μια στραγγαλιστική βαλβίδα μπορείς να μπλοκάρει τη ροή προς τη μία διεύθυνση ενώ ο συμπιεσμένος αέρας μπορεί να ρέει διαμέσου της διάταξης στραγγαλισμού. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου χρησιμοποιούνται για την ρύθμιση της ταχύτητας στους πνευματικούς κυλίνδρους.

Τέλος, οι βαλβίδες δύο πιέσεων έχουν δύο εισόδους X και Y και μία έξοδο A. Ο συμπιεσμένος αέρας ρέει μέσω της βαλβίδας μόνο όταν εφαρμόζονται σήματα και στις δύο εισόδους. Όταν τα σήματα δεν εφαρμοστούν ταυτόχρονα και στις δύο εισόδους, τότε το σήμα που εφαρμόστηκε τελευταίο περνάει προς την έξοδο. Εάν τα σήματα έχουν διαφορετική πίεση, εκείνο με τη μεγαλύτερη τιμή κλείνει τη βαλβίδα και διέρχεται το άλλο με τη μικρότερη πίεση προς την έξοδο A.

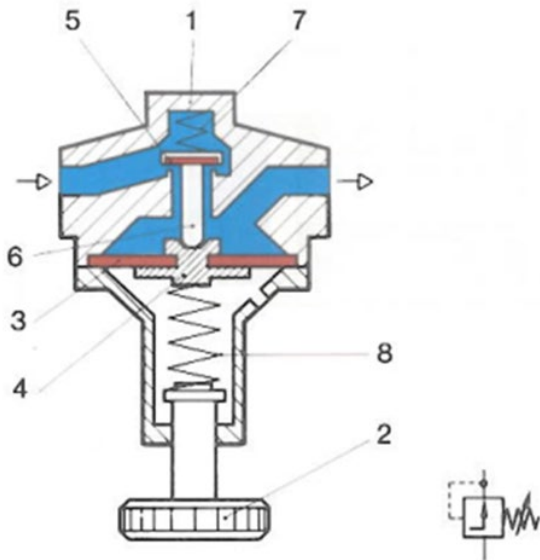


3.20 Διάγραμμα διαφορικής βαλβίδας 2 εισόδων 1 εξόδου

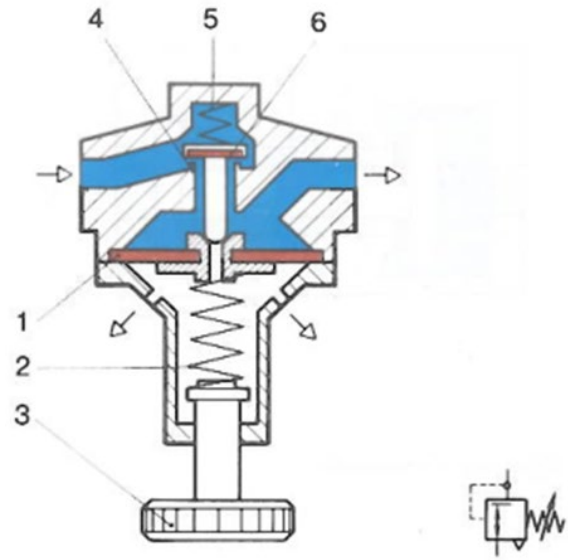
### Βαλβίδες ελέγχου πίεσεως

Οι βαλβίδες ελέγχου πίεσης είναι στοιχεία που ρυθμίζουν την πίεση του συμπιεσμένου αέρα ή ελέγχουν το μέγεθος της πίεσης και διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- Οι βαλβίδες ρύθμισης πίεσης έχουν σκοπό να διατηρούν την πίεση σταθερή του συμπιεσμένου αέρα. Η επιλογή της τιμής της πίεσης γίνεται μέσω του ενδεικτικού οργάνου που ονομάζεται μανόμετρο και θα πρέπει να διατηρείτε σταθερή στο κύκλωμα ακόμα και όταν υπάρχουν διακυμάνσεις τις πίεσης κατά την λειτουργία του κυκλώματος. Η διατήρηση τις πίεσης του συμπιεσμένου αέρα σε σταθερή τιμή γίνεται με ελατηριακό μηχανισμό που συνδέετε μέσω διαφράγματος σε υποβαλβίδα όπως απεικονίζετε στο ακόλουθο σκαρίφημα.



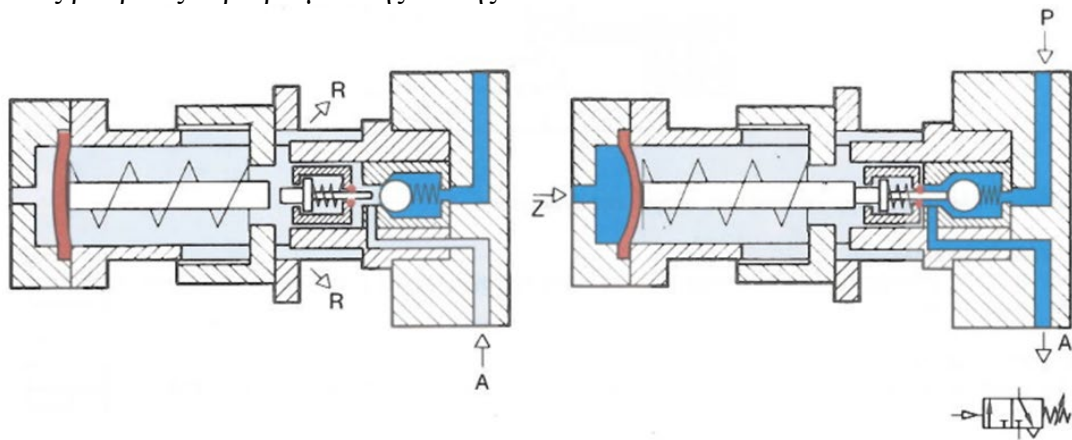
3.21 Βαλβίδα ρύθμισης πίεσης χωρίς οπή διαπνοής



3.22 Βαλβίδα ρύθμισης πίεσης με οπή διαπνοής

- Οι βαλβίδες περιορισμού της πίεσης χρησιμοποιούνται σαν βαλβίδες ασφαλείας και ονομάζονται ανακουφιστικές βαλβίδες. Σκοπός τους είναι η τιμή πίεσης να μην υπερβεί ένα επιτρεπόμενο μέγιστο όριο. Όταν η μέγιστη τιμή πίεσης στην είσοδο της υπερβεί το προκαθορισμένο όριο ανοίγει η έξοδος της και ο συμπιεσμένος αέρας διαφεύγει στην ατμόσφαιρα. Το ενσωματωμένο ελατήριο διατηρεί την βαλβίδα ανοιχτή έως ότου η τιμή της πίεσης φτάσει στα επιτρεπτά όρια.

- Οι βαλβίδες διαδοχικής δράσης χρησιμοποιούνται σε πνευματικές διατάξεις ελέγχου όπου απαιτείται μια ορισμένη πίεση για να γίνει αλλαγή καταστάσεων δηλαδή όπου γίνεται έλεγχος ο οποίος εξαρτάται από την πίεση. Το σήμα τους ελέγχους επιτρέπεται μόνο όταν έχει επιτευχθεί η απαιτούμενη πίεση ελέγχου. Η αρχή λειτουργούν των βαλβίδων αυτών είναι η ίδια με τις βαλβίδες περιορισμού της πίεσης.



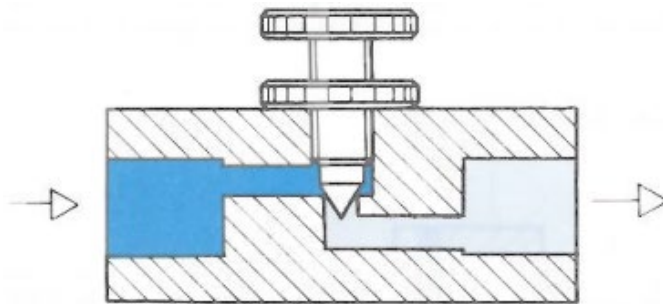
3.23 Βαλβίδα διαδοχικής δράσης

### Βαλβίδες ελέγχου ροής

Οι βαλβίδες ελέγχου της ροής έχουν ως χαρακτηριστικό ότι ελέγχουν τον όγκο ροής του συμπιεσμένου αέρα και προς τις δύο κατευθύνσεις. Οι βαλβίδες ελέγχου της ροής μπορούν να ρυθμιζόμενες μηχανικά, ηλεκτρικά ή πνευματικά.

Οι βαλβίδες ελέγχου ροής χωρίζονται στα εξής είδη :

- ✓ Βαλβίδα στραγγαλισμού στις οποίες η διάμετρος της διατομής στραγγαλισμού είναι μικρότερη από την διάμετρό της όδευσης της παροχής .

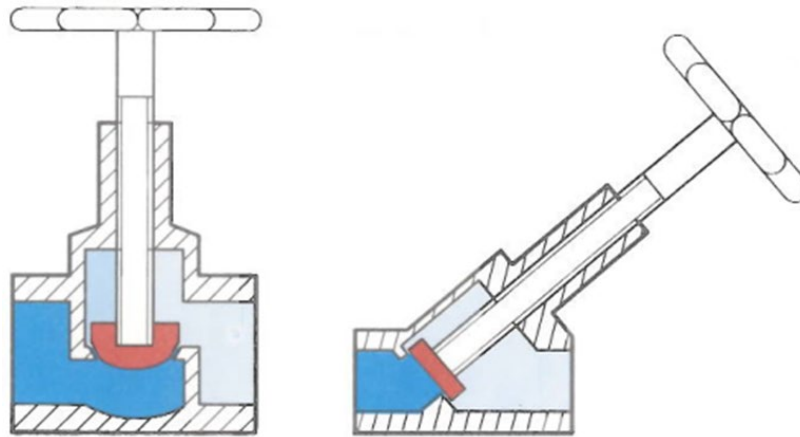


3.24 Στραγγαλιστική βαλβίδα

- ✓ Βαλβίδα διαφράγματος στις οποίες η διάμετρος της διατομής στραγγαλισμού είναι ίση με την διάμετρό της όδευσης της παροχής .
- ✓ Βαλβίδες ελέγχου ροής με ρυθμιζόμενο στόμιο στραγγαλισμού.
- ✓ Βαλβίδα στραγγαλισμού ρυθμιζόμενη.
- ✓ Βαλβίδα στραγγαλισμού με μηχανικής ενεργοποίηση με ενσωματωμένο ελατήριο επαναφοράς.

## Βάνες

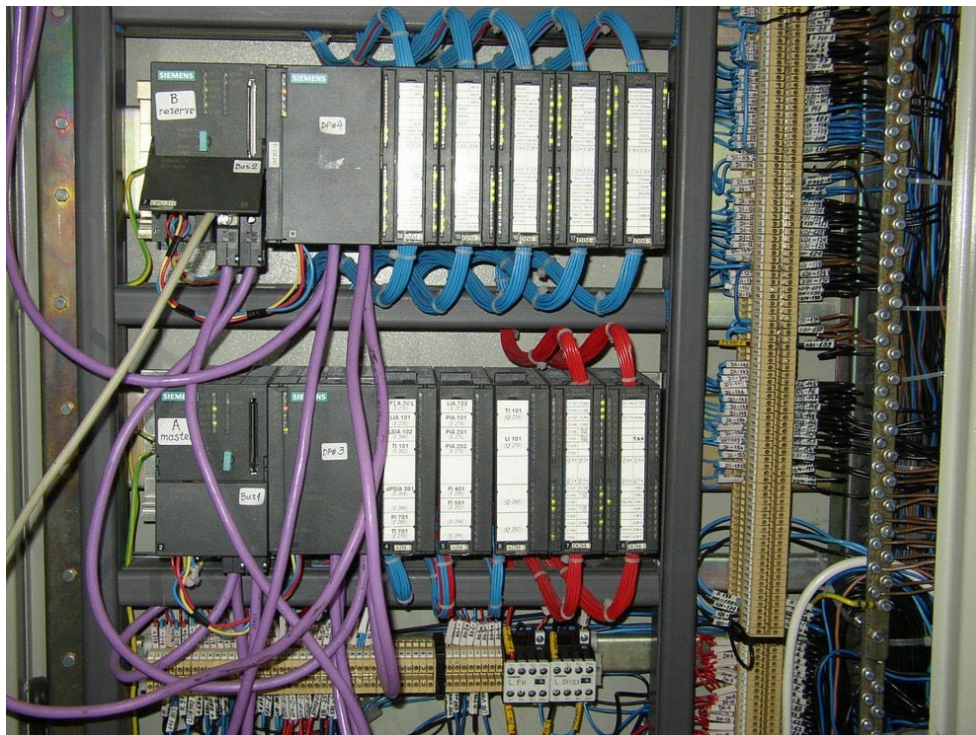
Οι βάνες είναι στοιχεία που επιτρέπουν την ροή πλήρως σε μια γραμμή ή την διακόπτουν. Οι βάνες ανήκουν στην κατηγορία των στραγγαλιστικών βαλβίδων και η λειτουργική τους αξιοπιστία αυξάνεται όταν τοποθετούνται απ' ευθείας πάνω στα στοιχεία που θέλουμε να ελέγξουμε.



3.25 Βαλβίδα διακόπτης τύπου Βάνας

Ο μηχανισμός φραγής του συμπιεσμένου αέρα στο εσωτερικό της είναι πολύ απλός. Ο χειρίστης περιστρέφει το χειριστήριο της βάνας το οποίο φέρει κοχλιωτό άξονα ώστε να πλησιάζει ή να απομακρύνετε από την οπή στο σημείο φραγής. Το άκρο αυτό του άξονα μπορεί να φέρει στεγανοποιητικό από διάφορα υλικά μεταλλικά, πλαστικά ή ελαστικά και αντίστοιχα με σφαιρικούς, επίπεδους ή κωνικούς σχηματισμούς.

## Κεφάλαιο 4ο Πνευματικός έλεγχος



### Εισαγωγή στη μηχανική ελέγχου [ΕΚΠΣ04]

Η συνεχής απαίτηση για εξέλιξης των αυτοματισμών, η ανάγκη για ανάπτυξη νέων συστημάτων και εξαρτημάτων καθώς και η βελτίωση και επέκταση των ήδη υπάρχοντων, δημιούργησε την ανάγκη για της επέκτασης, τροποποίησης και της αναθεώρησης των υπάρχοντων κανονισμών και τυποποιήσεων.

Οι θεμελιακές αρχές που ορίστηκαν στη μηχανική ελέγχου αφορούν το αντικείμενο σαν μία πλήρη ενότητα και επομένως είναι εφαρμόσιμες ανεξάρτητα από το μέσο ελέγχου και τον τύπο των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται.

Για την επίλυση των προβλήματος ελέγχου δημιουργήθηκε μία διαδικασία ενεργειών κάθε σημείο της οποίας πρέπει να διευκρινισθεί για κάθε πρόβλημα και οι συνθήκες πρέπει να καθορισθούν και να σημειωθούν. Η διαδικασία καταγραφής του προβλήματος είναι η εξής :

#### ✓ Ορισμός προβλήματος, καθορισμός συνθηκών [ΕΚΠΣ05]

Το πρόβλημα και οι στόχοι υλοποίησης πρέπει να καθορισθούν από την αρχή με σαφήνεια. Είναι πολύ σημαντικό να καταγραφούν οι συνθήκες που αφορούν το πρόβλημα, όπως πχ για παράδειγμα ο τρόπος λειτουργίας, η ασφάλεια του συστήματος, η αξιοπιστία λειτουργίας κλπ.

Επίσης πρέπει να καθορίζονται επιπρόσθετες συνθήκες για της λειτουργικές επιρροές όπως το περιβάλλον, τον χώρο εγκατάστασης και το προσωπικό.



### ✓ **Ενέργεια εργασίας, στοιχεία εργασίας** [ΕΚΠΣ06]

Η δυνατότητα που μας δίνουν τα εξαρτήματα να μπορούμε να μετατρέψουμε σήματα από τον ένα τύπο ενέργειας σε σήματα άλλου τύπου ενέργειας μας επιτρέπει στη μηχανική ελέγχου να μπορούμε να εργαστούμε στο σύστημα με διαφορετικούς τύπου ενέργειας. Επομένως είναι δυνατόν να σχεδιασθεί ένας έλεγχος με τις καλύτερες οικονομικές και τεχνικές αποδώσεις.

Έτσι τα μέσα εργασίας μπορεί να είναι ηλεκτρικά, υδραυλικά ή πνευματικά που ορίζονται από συγκεκριμένα κριτήρια, ενώ τα μέσα ελέγχου μπορεί να είναι μηχανικά, ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά, πνευματικά χαμηλής ή υψηλής πίεσης είτε υδραυλικά. Ο καθορισμός του τύπου της ενέργεια εργασίας καθορίζει και τα χαρακτηριστικά των στοιχεία της διεργασίας.

### ✓ **Σχηματική απεικόνιση**

Η περιγραφή του προβλήματος συνηθίζεται να απεικονίζεται σχηματικά υπό την μορφή σκαριφήματος. Η σχηματική απεικόνιση βοηθά στην ευκολότερη αναγνώριση των παραμέτρων που αφορούν τα στοιχεία εργασίας, την τοποθέτησή τους και πιθανόν τη μέθοδο εργασίας.

### ✓ **Καθορισμός της ακολουθίας λειτουργιών** [ΕΚΠΣ07]

Η ακολουθία των κινήσεων και οι συνθήκες ενεργοποίησης των στοιχείων εργασίας και ελέγχου της διάταξης αναπαρίστανται με σαφή τρόπο μέσω διαγραμμάτων έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η κατανόηση των δύσκολων και πολύπλοκων προβλημάτων. Οι μορφές αναπαράστασης των κινήσεων και των χαρακτηριστικών μια διάταξης είναι οι ακόλουθες :

1. Καταγραφή της χρονικής ακολουθίας
2. Πίνακας βημάτων εργασίας
3. Διανυσματικό διάγραμμα
4. Συντετμημένος συμβολισμός
5. Λειτουργικός χάρτης
6. Βηματικό διάγραμμα κινήσεων
7. Χρονικό διάγραμμα κινήσεων
8. Διάγραμμα ελέγχου

Η μορφή αναπαράστασης που θα επιλεγεί καθορίζετε από το πρόβλημα. Η πολυπλοκότητα ενός προβλήματος σε αρκετές περιπτώσεις απαιτεί την παράλληλη χρήση διάφορων τύπων αναπαράστασης όπως διάγραμμα κινήσεων και υπό μορφής λίστας και πίνακα για την αναπαράσταση σε σχέδιο αλλά και τους αντίστοιχους υπολογισμούς.

### ✓ **Διάγραμμα κυκλώματος** [ΕΚΠΣ08]

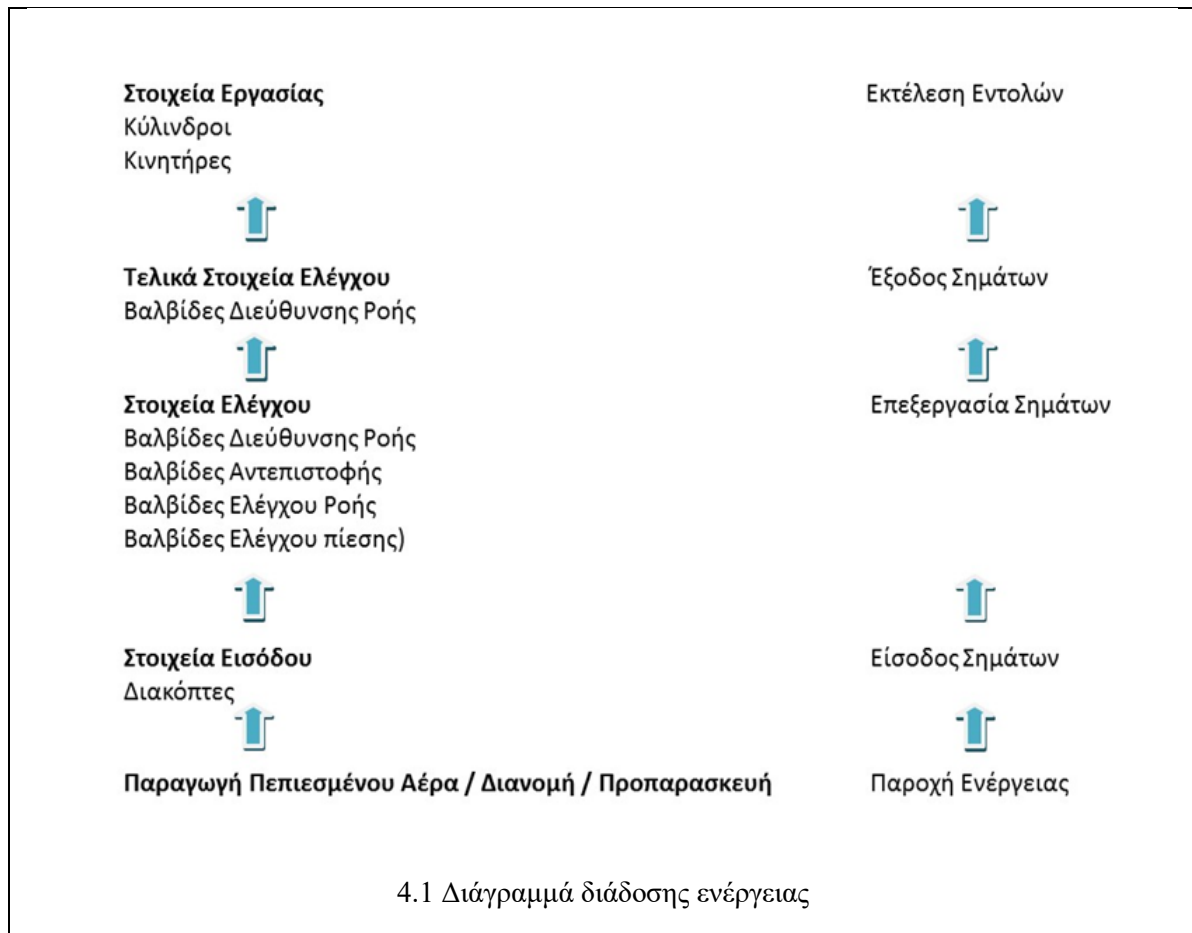
Μετά τον προκαθορισμό όλων των προαναφερθέντων σημείων μπορεί να αρχίσει ο σχεδιασμός του διαγράμματος ελέγχου. Η ακολουθία που θα προκύψει θα εξαρτηθεί από το μέσο την ενέργεια ελέγχου που θα χρησιμοποιηθεί ενώ απαιτεί ακριβή γνώση της τεχνολογίας των εξαρτημάτων, των εξοπλισμών, των συμβόλων, τη συμπεριφορά και την συσχέτιση των διαφόρων στοιχείων για τη εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

## Αυτοματισμός με πνευματικά στοιχεία [ΕΚΠΣ09]

Στο παρόν κεφάλαιο θα γίνει μια περιληπτική αναφορά για το πώς χρησιμοποιούμε τα πνευματικά στοιχεία ώστε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Θα γίνει αναφορά στον τρόπο ρύθμισης της ταχύτητας, της δύναμης των εμβόλων, τον συνδυασμό των πνευματικά στοιχεία μεταξύ τους σαν λογικά στοιχεία για την επίτευξη πολύπλοκων κινήσεων καθώς και πως φτιάχνετε ένα Βηματικό διάγραμμα. Οι αναφορές αυτές θα βοηθήσουν στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του πνευματικού ελέγχου και τις διαφορές του με τον πνευματικό έλεγχο με τη χρήση P.L.C.

### Διαγραμματική αναπαράσταση πνευματικών κυκλωμάτων [ΕΚΠΣ10]

Σε ένα διάγραμμα κυκλώματος πρέπει να υπάρχει ροή σημάτων από κάτω προς τα πάνω καθώς η παροχή ενέργειας είναι σημαντική για το διάγραμμα ενώ όλα τα στοιχεία που απαιτούνται για την παροχή ενέργειας πρέπει να σχεδιασθούν στο κάτω μέρος και η ενέργεια να διανέμεται προς τα πάνω. Η διάδοση της ενέργειας γίνεται αντιληπτή με τη ακόλουθη παράσταση:



## Οδηγίες για το σχεδιασμό πνευματικών κυκλωμάτων

Ο καθορισμός των συνδέσεων στα πνευματικά κυκλώματα γίνεται είτε με αριθμούς κατά ISO 5599 είτε με γράμματα, δηλαδή :

ISO 5599	Συμβολισμός	Περιγραφή Λειτουργίας
1	P	Πόρτα παροχής, σύνδεση συμπιεσμένου Αέρα
2	B	Γραμμή εργασίας
3	S	Πόρτα εκτόνωσης
4	A	Γραμμή εργασίας
5	R	Πόρτα εκτόνωσης
(10)	(Z)	Πόρτα ελέγχου, ακύρωση σημ. εξόδου
12	Y	Πόρτα ελέγχου (διαμέσου πιλότου)
14	Z	Πόρτα ελέγχου (διαμέσου πιλότου)
	X	Πόρτα ελέγχου (διαμέσου πιλότου)
	C	Γραμμή εργασίας
	L	Γραμμή διαρροής

Σε απλά διαγράμματά είναι πιθανή η παράλληλη χρήση και των δύο μεθόδων καθορισμού, ενώ στα πολυπλοκότερα κυκλώματα ο καθορισμός αυτός συνήθως αγνοείται για λόγους ευκολίας ανάγνωσης.

Για την εύκολη ανάγνωση ενός πνευματικού κυκλώματος θα πρέπει να ονοματοδοτούνται και τα στοιχεία. Ο συνηθέστερος τρόπος καθορισμού των στοιχείων είναι με τη χρήση γραμμάτων.

Συμβολισμός	Περιγραφή
A, B, C,	Καθορισμός των στοιχείων εργασίας
ao, bo co,	Όρια διακοπών που ενεργοποιούνται στη θέση σύμπτυξης των κυλίνδρων A, B, C,
a1, b1, c1,	Όρια διακοπών που ενεργοποιούνται στη θέση έκτασης των κυλίνδρων A, B, C,

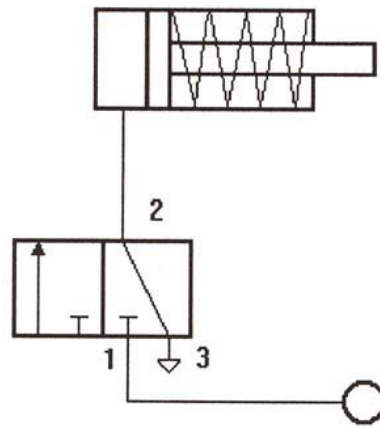
Τέλος κατά το σχεδιασμό ενός πνευματικού κυκλώματος το σύστημα παρουσιάζεται στο διάγραμμά όταν αυτό βρίσκεται στη θέση ηρεμίας, δηλαδή τις θέσεις που θα έχουν τα στοιχεία κίνησης όταν το κύκλωμα συνδεθεί με το δίκτυο πεπιεσμένου αέρα.

## Έλεγχος της κίνησης των πνευματικών κυλίνδρων [BA05]

Για την περαιτέρω κατανόηση των πνευματικών κυκλωμάτων απαιτείτε η γνώση του τρόπου ελέγχου των πνευματικών κυλίνδρων. Η γνώση της λειτουργίας και του ελέγχου των πνευματικών κυλίνδρων μπορούμε να μας βοηθήσουν στην σχεδίαση πολύπλοκων κυκλωμάτων σε συνδυασμό με την χρήση βαλβίδων. Ακολούθως θα αναφερθούμε στον έλεγχο κυλίνδρου απλής και διπλής ενέργειας χωρίς να επεκταθούμε σε πολυπλοκότερα κυκλώματα.

### Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας

Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζετε η συνδεσμολογία ενός έμβολου απλής ενέργειας το οποίο ελέγχεται με μια βαλβίδα 3/2.



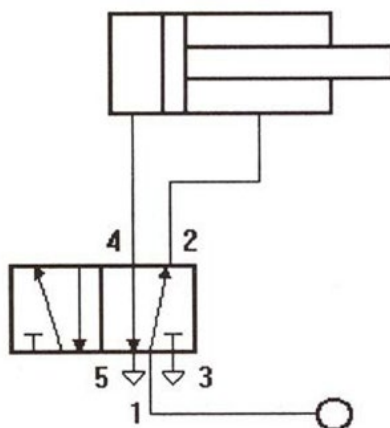
4.2 Έλεγχος κυλίνδρου απλής ενέργειας με βαλβίδα 3/2

Στη θέση ηρεμίας η βαλβίδα είναι απενεργοποιημένη στη δεξιά θέση ο συμπιεσμένος αέρας οδηγείται σε αδιέξοδο και ο κύλινδρος με την βοήθεια του ελατηριακού μηχανισμού βρίσκεται σε σύμπτυξη. Όταν η βαλβίδα ενεργοποιηθεί και βρεθεί στην αριστερή θέση ο συμπιεσμένος αέρας μέσω των εσωτερικών αυλών της βαλβίδας οδηγείται στον κύλινδρο το οποίο θα εκταθεί και θα παραμείνει στην έκταση όση ώρα η βαλβίδα είναι ενεργοποιημένη.

Όταν απενεργοποιηθεί η βαλβίδα διακόπτετε η όδευση του συμπιεσμένου αέρα προς το έμβολο το οποίο θα επιστρέψει στην αρχική της θέση με την βοήθεια της δύναμης του ελατηρίου και της εκτόνωση του αέρα του θαλάμου θα οδηγηθεί στην ατμόσφαιρα μέσω της βαλβίδας στην έξοδο 3.

### Έλεγχος κυλίνδρου διπλής ενέργειας.

Στο ακόλουθο διάγραμμά απεικονίζετε ένα έμβολο διπλής ενέργειας που ελέγχεται με βαλβίδας 5/2 ή βαλβίδας 4/2. Με τη χρήση της βαλβίδας 5/2, η συνδεσμολογία η οποία φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα δίνει την δυνατότητα στον αέρα να εκτονώνεται μέσω της βαλβίδας σε ξεχωριστές εξόδους κατά την έκταση και την σύμπτυξη.



#### 4.3 Έλεγχος κυλίνδρου διπλής ενέργειας με βαλβίδα 5/2

Στην θέση ισορροπίας η βαλβίδα βρίσκεται στην δεξιά θέση με αποτέλεσμα ο συμπιεσμένος αέρας να διέρχεται μέσα από την βαλβίδα από τις πόρτες 1 και μέσω της εξόδου 2 οδηγείτε στο έμβολο αναγκάζοντας το να συμπυκωθεί και να διατηρηθεί σε θέση σύμπτυξης. Με την ενεργοποίηση της βαλβίδας και την κίνηση της στα αριστερά ο συμπιεσμένος αέρας οδηγείτε στο έμβολο μέσω της βαλβίδας στην έξοδο 4 και το έμβολο θα εκταθεί ενώ ο παραμένον αέρας του θαλάμου σύμπτυξης του εμβόλου θα εκτονωθεί στην έξοδο 3 της βαλβίδας. Αν απενεργοποιηθεί η βαλβίδα το έμβολο θα συμμιχθεί όπως περιγράφετε στην κατάσταση ισορροπίας.

#### Έλεγχος της ταχύτητας πνευματικών κυλίνδρων

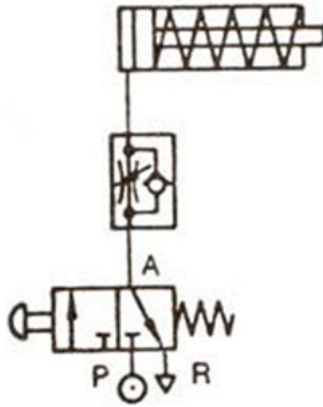
Η μείωση της ταχύτητας έκτασης ή σύμπτυξης ενός κυλίνδρου επιτυγχάνεται με τη χρήση στραγγαλιστών. Αν θέλουμε να πετύχουμε μείωση της ταχύτητας μόνο προς την μια κατεύθυνση τότε συνδέουμε παράλια με τον στραγγαλιστή μια βαλβίδα αντεπιστροφής. Τα στοιχεία των στραγγαλιστών ανάλογα την λειτουργία του χορδίζονται ως εξής.

Συμβολισμός		Περιγραφή
		Σταθερή – Μη ρυθμιζόμενη
		Χειροκίνητα ρυθμιζόμενη – Σταθερή κατά τη διαδρομή
		Συνεχούς ρυθμίσεως στραγγαλισμό

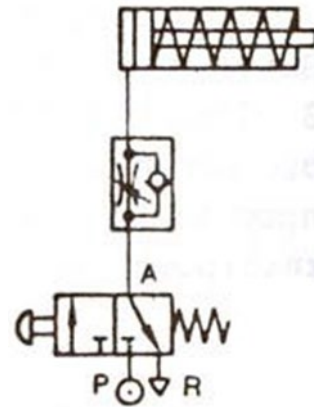
Η αύξηση της ταχύτητας επιτυγχάνετε μόνο με την εγκατάσταση βαλβίδων ταχείας εκτόνωσης.

### Έλεγχος ταχύτητας κυλίνδρου απλής ενέργειας

Η ρύθμιση της ταχύτητας ενός εμβόλου απλής ενεργείας κατά την κίνηση έκταση δηλαδή την προς τα έξω κίνηση του βάρου πραγματοποιείται με την τοποθέτηση στραγγαλιστή στην ροή της παροχής προς το έμβολο για να ρυθμίζει τον αέρα τροφοδοσίας. Στο ακόλουθο διάγραμμα απεικονίζεται έλεγχος ταχύτητας κατά την σύμπτυξη και έλεγχος ταχύτητας κατά την έκταση.



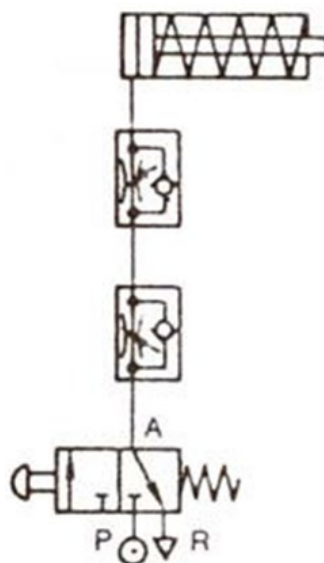
4.4 Έλεγχος ταχύτητας κατά την έκταση



4.5 Έλεγχος ταχύτητας κατά την σύμπτυξη

Όταν θέλουμε να ρυθμίζουμε την ταχύτητα του εμβόλου ενός κυλίνδρου απλής ενεργείας κατά την κίνηση της σύμπτυξη δηλαδή την κατά προς τα μέσα κίνηση του βάρου τότε τοποθετούμε ένα ρυθμιζόμενο στραγγαλιστή στην διεύθυνση της εκροής του κυλίνδρου.

Όταν θέλουμε να ρυθμίζουμε την ταχύτητα του εμβόλου ενός κυλίνδρου απλής ενεργείας χωριστά για την κίνηση προώθησης και για την κίνηση επιστροφής του βάρου τότε τοποθετούμε δύο συγκροτήματα ρυθμίσεως με τις βαλβίδες αντεπιστροφής τοποθετημένες με αντίθετες φορές. Αυτό γίνεται γιατί εργάζεται μόνο ο ένας θάλαμος του κυλίνδρου και υπάρχει μία μόνο γραμμή που ενώνει τον θάλαμο του κυλίνδρου με την κύρια βαλβίδα του κυκλώματος.

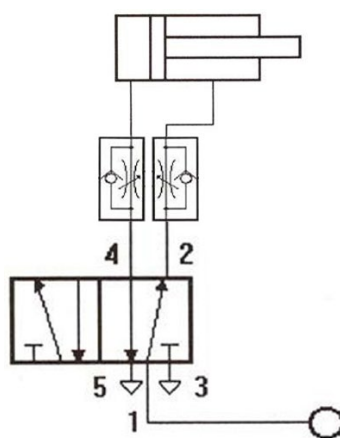


4.6 Έλεγχος ταχύτητας εμβόλου απλής ενέργειας και προς τις δύο κατευθύνσεις

## Έλεγχος ταχύτητας κυλίνδρου διπλής ενέργειας

Η ρύθμιση της ταχύτητας ενός κυλίνδρου διπλής ενέργειας γίνεται με την τοποθέτηση δύο ρυθμιζόμενων στραγγαλιστικών βαλβίδων που φέρουν αντεπίστροφες βαλβίδες αντίστοιχα για την κάθε ροή με την ίδια φορά. Όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην αρχική της θέση ο αέρας ρέει από την παροχή 1 στην έξοδο 4 και πριν οδηγηθεί στον κύλινδρο περνά από την στραγγαλιστική βαλβίδα ενώ ο αέρας από τον θάλαμο σύμπτυξης περνά από την ανεπίστροφη βαλβίδα και μέσω του βαλβίδας ελέγχου από το 2 στο 3 εκτονώνετε στην ατμόσφαιρα.

Με την αλλαγή της θέσης της βαλβίδας ελέγχου ο συμπιεσμένος αέρας περνά από το 1 και 2 της βαλβίδας στον κύλινδρο μέσω της στραγγαλιστικής βαλβίδας στον θάλαμο εκτόνωσης ενώ ο αέρας του θαλάμου σύμπτυξης ρέει μέσω της αντεπίστροφης βαλβίδας της γραμμής εκτόνωσης και μέσω του 4 και 5 ελευθερώνετε στην ατμόσφαιρα.



4.7 Έλεγχος ταχύτητας κυλίνδρου διπλής ενέργειας

## Έλεγχος της δύναμης πνευματικών κυλίνδρων

Η δύναμη που ασκεί κατά την έκταση ή την σύμπτυξη ένας πνευματικός κύλινδρος εξαρτάται από την πίεση του συμπιεσμένου αέρα και από τη διάμετρο του κυλίνδρου. Όταν όμως θέλουμε το έμβολο να έχει διαφορετική δύναμη ή να ρυθμίζετε όποτε απαιτείτε τότε χρησιμοποιείται ρυθμιστής πίεσης ο οποίος τοποθετείται μεταξύ της πόρτας A της βαλβίδας κίνησης και της πόρτας εισαγωγής του εμβόλου.

## Λογικές λειτουργίες [ΕΚΠΣ11]

Πέρα από τις απλές λειτουργίες ελέγχου ο συνδυασμός των στοιχείων μεταξύ τους μπορούν να αποδώσουν και πολύπλοκες λογικές λειτουργίες που είναι πολύ σημαντικές.

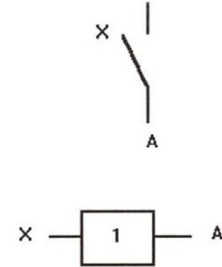
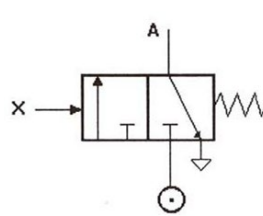
Ακολουθως παρατίθενται οι βασικές λογικές εντολές με τους πίνακες αληθείας τους την λογική εξίσωση που τις εκφράζει αλλά και ο συμβολισμός τους με το διεθνές πρότυπο DIN 40700 και η αντιστοίχιση τους με τα ηλεκτρονικά σύμβολα κατά DIN 40713.

✓ **Λογική εντολή YES :**

Ίδια κατάσταση στην είσοδο X και στην έξοδο A.

Λογική εξίσωση :  $A = X$

Πίνακας αλήθειας	
X	A
0	0
1	1

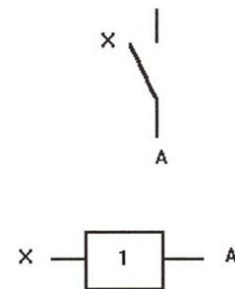
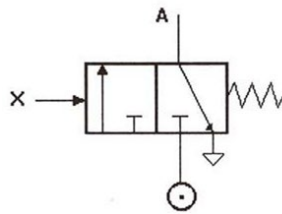


✓ **Λογική εντολή NOT :**

Η έξοδος A έχει την αντίθετη κατάσταση από την είσοδο X.

Λογική εξίσωση :  $A = - X$

Πίνακας αλήθειας	
X	A
0	1
1	0

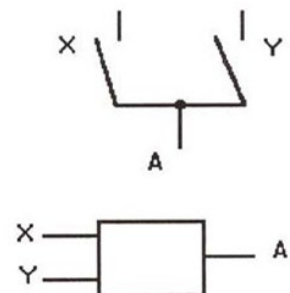
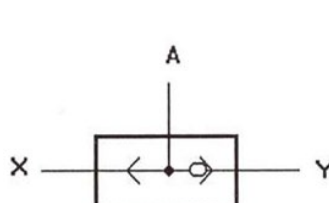


✓ **Λογική εντολή OR :**

Έχουμε σήμα στην έξοδο A όταν έχουμε σήμα στην είσοδο X ή στην είσοδο Y ή και στις δύο.

Λογική εξίσωση :  $A = X \vee Y$

Πίνακας αλήθειας		
X	Y	A
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1



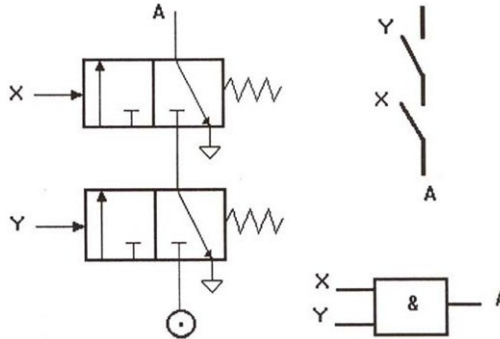


✓ **Λογική εντολή AND :**

Έχουμε σήμα στην έξοδο A μόνο όταν έχουμε σήμα και στις δύο εισόδους X και Y

Λογική εξίσωση :  $A = X \wedge Y$

Πίνακας αλήθειας		
X	Y	A
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

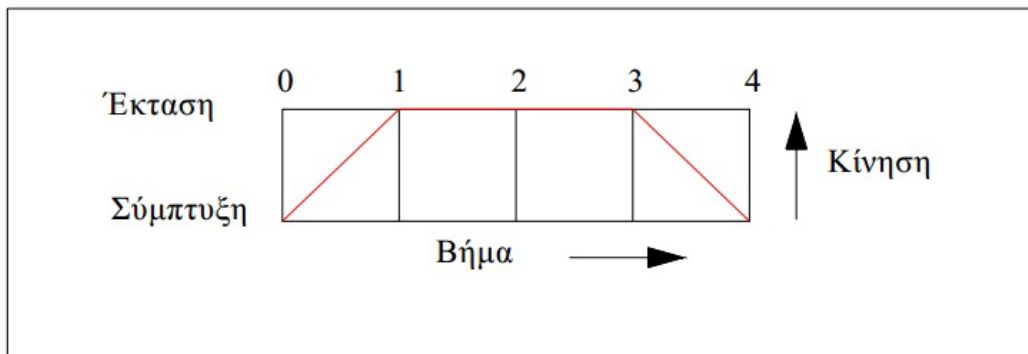


Πέρα από τις βασικές αυτές λογικές εντολές υπάρχουν και άλλες που βασίζονται στην ίδια φιλοσοφία και περιγράφουν ιδιαίτερα πολύπλοκες κινήσεις.

**Βηματικό διάγραμμα κινήσεων [ΕΚΠΣ12]**

Η λειτουργία του κάθε πνευματικού στοιχείου που μεταβαίνει σε καταστάσεις κατά την λειτουργία του αναπαρίσταται με ένα διάγραμμα που ονομάζεται βηματικό διάγραμμα κινήσεων. Με την ίδια λογική δημιουργούνται και ολικά βηματικά διαγράμματα ολοκληρωμένος πνευματικών κυκλωμάτων.

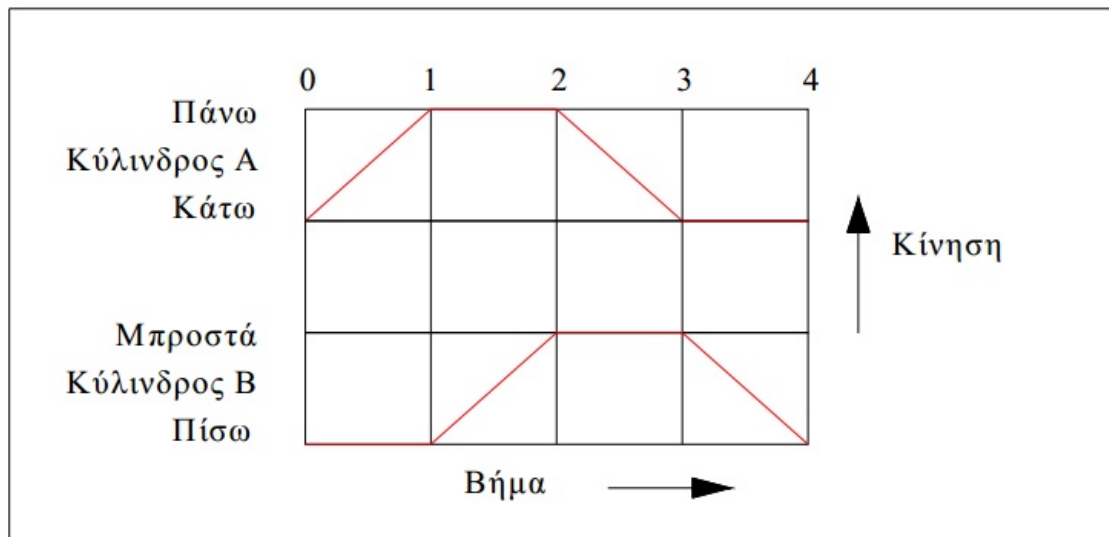
Το βηματικό διάγραμμα κινήσεως ενός κυλίνδρου A φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :



Όταν το κύκλωμα έλεγχου αποτελείτε και από άλλα πνευματικά στοιχεία εργασίας τότε αυτά αναπαρίστανται με τον ίδιο τρόπο και σχεδιάζονται το ένα κάτω από το άλλο.

Παράδειγμα : Έστω ότι έχουμε το ακόλουθο πρόβλημα στο οποίο ένα κιβώτιο που φθάνουν σε συγκριμένη θέση με την βοήθεια ραουλόδρομο και στην συνέχεια υψώνονται από ένα πνευματικό κύλινδρο Α και ωθούνται σε έναν άλλο ραουλόδρομο από έναν δεύτερο κύλινδρο Β. Ο κύλινδρος Β επιστρέφει στην αρχική του θέση μόνον όταν ο κύλινδρος Α έχει φτάσει στην τελική θέση σύμπτυξης. Τα βήματα με βάση τον συντεταγμένο συμβολισμό είναι : **A+**, **B+**, **A-**, **B-**.

Το βηματικό διάγραμμα κινήσεων του προβλήματος είναι το ακόλουθο :



## Ηλεκτροπνευματικός έλεγχος [ΕΚΠΣ13]

Ηλεκτροπνευματικά συστήματα ονομάζονται τα σύνθετα συστήματα που εμπεριέχουν τόσο πνευματικά άλλα και ηλεκτρικά. Τα ηλεκτρικά συστήματα που συμμετέχουν στα πνευματικά συστήματα κατά κύριο λόγο μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα σε πνευματικά και ονομάζεται **E/P converter**, ενώ τα πνευματικά συστήματα που μετατρέπουν τα πνευματικά σήματα σε ηλεκτρικά ονομάζεται **P/E converter**.

Η χρήση μετατροπέων από ηλεκτρικά σε πνευματικά και αντίστροφα μας δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιούμε πεπιεσμένο αέρα σαν στοιχείο κίνησης και ηλεκτρικά σήματα για τον αυτοματισμό της εφαρμογής.

### E/P Converters

Οι μετατροπείς E/P σαν στοιχεία είναι είτε ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είτε αναλογικοί ρυθμιστές πίεσης.

Οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι το πιο σύνηθες στοιχείο μετατροπής ηλεκτρικού σήματος σε πνευματικό και η μόνη διαφορά τους με τις πνευματικές είναι ότι οι ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ενεργοποιούνται με ηλεκτρική τάση που εφαρμόζεται στο πηνίο τους ενώ οι πνευματικές ενεργοποιούνται με συμπιεσμένο αέρα.

Ο συμβολισμός τους δίνεται στο παράρτημα ΙΙ, όπου φαίνεται καθαρά ότι διαφέρουν από τις αντίστοιχες πνευματικές μόνο στους πιλότους ενεργοποίησης. Η ενεργοποίηση μπορεί να γίνει άμεσα ή έμμεσα για την αποφυγή της κατανάλωσης μεγάλης ισχύος.

Οι αναλογικοί ρυθμιστές πίεσης είναι βαλβίδες ρύθμισης πίεσης οι οποίες διαθέτουν αναλογικό πηνίο. Ανάλογα την τάση ή την τιμή του ρεύμα που εφαρμόζουμε στο πηνίο 0-10 V ή 0-20 mA παίρνουμε αντίστοιχα τιμές πίεση από 0-10 bar.

### **P/E converters**

Οι μετατροπείς πνευματικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι είτε πρεσοστάτες είτε αναλογικά αισθητήρια πίεσης. Οι πρεσοστάτες είναι ηλεκτροπνευματικά στοιχεία που μετατρέπουν ένα πνευματικό σήμα σε ηλεκτρικό και μπορεί να είναι είτε απλοί με προκαθορισμένη πίεση από κατασκευής, είτε ρυθμιζόμενοι κατά την πίεση ενεργοποίησης.

Τα αναλογικά αισθητήρια πίεσης μπορούν να δεχθούν τιμές πίεση από 0 ως 2.5 ή 10 ή 16 bar και μας δίνουν ηλεκτρικό ρεύμα ή τάση εύρους 4 έως 20 mA ή 0 έως 10 V.

### **Ηλεκτρικά στοιχεία**

Όταν στα σύστημα μας χρησιμοποιούμε ηλεκτρικά σήματα για τον αυτοματισμό τότε αντί για πνευματικούς οριακούς διακόπτες χρησιμοποιούμε αντίστοιχους ηλεκτρικούς μπορεί να είναι μηχανικοί που ενεργοποιούνται με επαφή, ή μαγνητικοί ή χωρητικά αισθητήρια.

Οι μαγνητικοί διακόπτες ενεργοποιούνται από μαγνητικά υλικά που προσαρμόζονται πάνω στο βάκτρο του έμβολο του κυλίνδρου. Όταν το έμβολο του πνευματικού κυλίνδρου με το μαγνητικό υλικό πλησιάζει τον διακόπτη έλκονται οι επαφές μεταξύ τους και κλείνει το κύκλωμα.

Τα επαγωγικά αισθητήρια έχουν την ιδιότητα να παράγουν ηλεκτρικά σήματα όταν πλησιάζει σε αυτά κάποιο μεταλλικό αντικείμενο ενώ τα χωρητικά αισθητήρια αντίθετα ανταποκρίνονται σε όλα τα υλικά. Τέλος υπάρχουν και οπτικά αισθητήρια όπως ανάκλασης, πομπού-δέκτη ή οπτικής ίνας που επιλέγονται ανάλογα τις ανάγκες της εφαρμογής. Ο ηλεκτρικός έλεγχος του αυτοματισμού των ηλεκτροπνευματικών διατάξεων γίνεται με τη χρήση P.L.C.

## Κεφάλαιο 5° Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές P.L.C [ΕΚΠΣ14]

Τα ηλεκτροπνευματικά συστήματα ελέγχου που πραγματοποιούνται και ελέγχονται με PLC ποικίλλουν σε περιπλοκότητα και εφαρμογές. Τα επιμέρους στοιχεία που αποτελούν ένα ελεγχόμενο σύστημα με PLC και τα οποία θα πρέπει να γνωρίζουμε για να μπορούμε να υλοποιούμε αντίστοιχες εφαρμογές είναι τα εξής.

### Hardware

Με τον όρο hardware εννοούμε όλα εκείνα τα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέρη που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση η την εφαρμογή του συστήματος και μέσω των οποίων θα υλοποιούνται όλες οι λειτουργίες με μια προγραμματισμένη λογική σειρά.

Το πιο σημαντικό στοιχείο για την διατήρηση της ακολουθίας των κινήσεων του αυτοματισμού είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής PLC που μέσω της κεντρικής του μονάδας επεξεργασίας CPU επεξεργάζεται τα σήματα εισόδου για να δώσει τις κατάλληλες εντολές εξόδου για την ενεργοποίηση των ηλεκτροπνευματικών εξόδων.

Τα δεδομένα των σημάτων που επεξεργάζεται η CPU είναι σε δυαδική μορφή δηλαδή σε ακολουθίες ψηφίων bit's με καταστάσεις 0 ή 1.

Οι μονάδες εισόδου και εξόδου κάνουν δυνατή τη σύνδεση μεταξύ της κεντρικής μονάδας ελέγχου PLC και των ενεργοποιητών και αισθητηρίων. Κάθε μονάδα από αυτές περιέχει ένα συγκεκριμένο αριθμό από εισόδους και εξόδους οι οποίες μπορούν να δεχθούν ή να στείλουν αναλογικά και ψηφιακά σήματα.

Ένα εξίσου σημαντικό τμήμα της κεντρικής μονάδας ελέγχου CPU είναι η μνήμη του ενδεικτικού. Τα ενδεικτικά είναι μνήμες ενός ψηφίου bit μέσω των οποίων το PLC μπορεί να αναγνώσει την κατάσταση των δυαδικών σημάτων .



5.1 Κεντρική μονάδα PLC με τις μονάδες εισόδου εξόδου

## Σήματα

Τα σήματα που εισέρχονται ή εξέρχονται στην μονάδα PLC εμπεριέχουν πληροφορίες για την τιμή μιας φυσικής ποσότητας ή μιας κατάστασης σε μία συγκεκριμένη στιγμή. Οι τύποι των σημάτων που επεξεργάζονται οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές είναι τα εξής :

### Αναλογικά σήματα

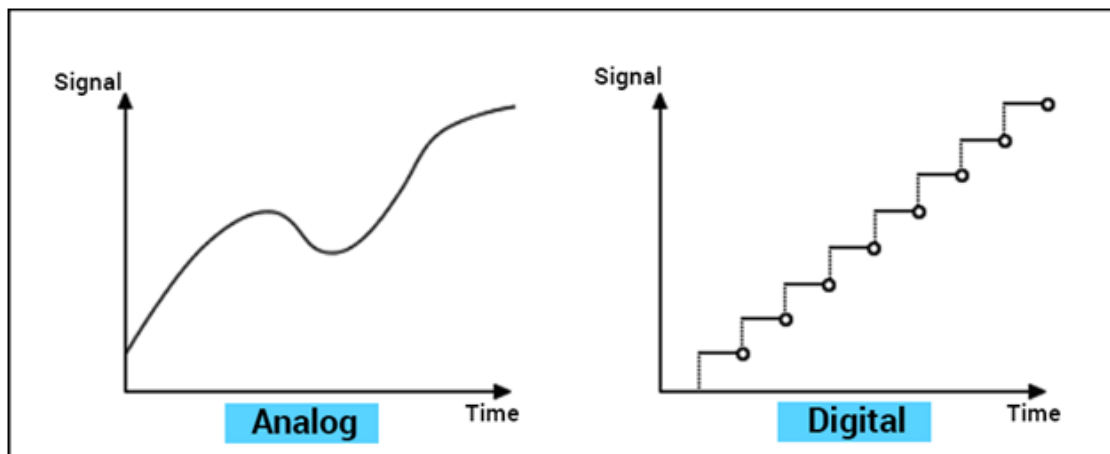
Ως αναλογικό σήμα ορίζουμε την χρονικά μεταβαλλόμενη τιμή ενός μεγέθους σε σχέση με τον χρόνο και συγκεκριμένα για τα ηλεκτρικά κυκλώματα, μια ομαλά μεταβαλλόμενη τιμή ηλεκτρικής τάσης ή έντασης ρεύματος δηλαδή ένα σήμα με πλάτος χρονικά μεταβαλλόμενο.

Τα σήματα που διαβάζουν και επεξεργάζονται οι περιφερικές μονάδες παίρνουν οποιανδήποτε τιμή μέσα σε ένα ορισμένο εύρος τιμών που ορίζετε και ως εύρος μέτρησης του αισθητήριου. Π.χ. όταν μετράμε συνεχώς μια μεταβαλλόμενη πίεση μεταξύ 0 και 600 kPa το αντίστοιχο αισθητήριο θα την εκφράζει με ένα εύρος τιμής τάσης από 0-10volt.

### Ψηφιακά σήματα

Ως ψηφιακό σήμα ορίζετε ένα σήμα διακριτού χρόνου το οποίο μπορεί να πάρει συγκεκριμένες διακριτές τιμές στον άξονα του χρόνου για χρονικό διάστημα dT. Σε αυτή τη περίπτωση μιλάμε για ένα σήμα το οποίο παράγεται μέσω μιας μεθόδου ψηφιακής διαμόρφωσης και παρομοιάζει με το αναλογικό σήμα από το οποίο δημιουργείτε. Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του πραγματοποιούν αυτή την μετατροπή ονομάζονται κβαντιστές

Έστω η μεταβαλλόμενη τιμή πίεση μεταξύ 0 και 600 kPa όπως και προηγουμένως αν μετρηθεί με ψηφιακά μέσα, η αναπαράσταση της δείχνεται ως ακολούθως. Το ψηφιακό αυτό σήμα τείνει να εκφράσει το αναλογικό σήμα όσο τα διακριτά τμήματα πλάτους μικραίνουν σε χρονική διάρκεια.

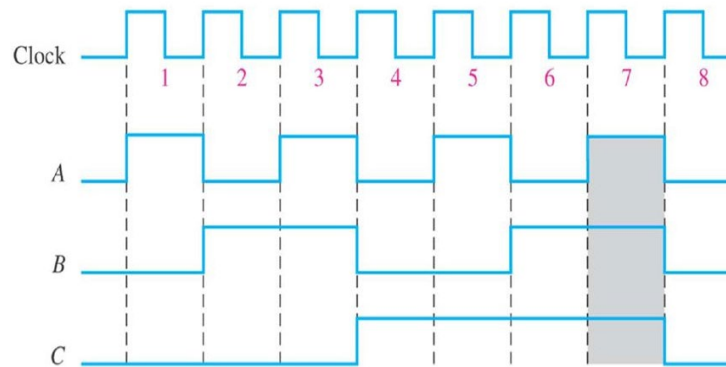


5.2 Αναλογικό και ψηφιακό σήμα

## Δυαδικά σήματα

Ως δυαδικό σήμα ορίζεται το ψηφιακό σήματος το οποίο αποτελείται από μια ακολουθία δυαδικών σταθμών 0 και 1 και το οποίο μεταφέρει πληροφορία.

Έστω το προηγούμενο παράδειγμα όπου έχουμε μεταβαλλόμενη τιμή πίεσης μεταξύ 0 και 600 kPa. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που θα μετατρέπει τις αντίστοιχες τιμές πίεσης τις αποδίδει σαν δυαδική ακολουθία και από την ακρίβεια του μετατροπέα θα καθορίζεται και το μήκος αυτής σε bits πχ 8, 10, 12, 16 bit.



2.3 3bit διάδικό σήμα για χρονικά διαστήματα 1,2,3,4...8

Τα δυαδικά σήματα συχνά απομνημονεύονται στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, πρὸς μελλοντική επεξεργασία ή αποθήκευση.

## Software

Με τον όρο Software εννοούμε όλα εκείνα τα προγράμματα μέσω των οποίων προγραμματίζονται και δημιουργούνται προγράμματα που εκτελούν οι λογικοί ελεγκτές. Ο κώδικας που παράγεται από αυτά τοποθετείται σε μια ειδική μνήμη hardware που μπορεί να τροποποιηθεί όποτε απαιτηθεί. Η σειρά ελέγχου αλλάζει με το νέο πρόγραμμα και έτσι δεν απαιτείται τροποποίηση στο hardware.

Τα προγράμματα των PLC έχουν συγκεκριμένη δομή, διαμορφωμένη από τα ηλεκτρονικά στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Αυτά δημιουργούνται από τον προγραμματιστή από τον πηγαίο κώδικα προγραμματισμού Source Code. Ο προγραμματιστής μπορεί να δημιουργήσει αυτά τα προγράμματα με 3 διαφορετικές μεθόδους :

- ✓ Σαν πρόγραμμα που αποτελείται από μια λίστα εντολών (STL)
- ✓ Σαν ένα διάγραμμα επαφών (LAD)
- ✓ Σαν ένα λειτουργικό χάρτη (FUC)

Ο σκοπός του προγραμματιστή είναι να εργάζεται μόνο με τα πηγαία προγράμματα χωρίς να είναι αναγκαία η πλήρη γνώση των εξαρτημάτων ενώ είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό της συσκευής, την διόρθωση και την τεκμηρίωση του προγράμματος.

## Αισθητήρια

Τα αισθητήρια τοποθετούνται κατευθείαν πάνω στη μηχανή ή την ηλεκτροπνευματική εγκατάσταση, δημιουργούν τα σήματα και μεταφέρουν απαραίτητες πληροφορίες στο PLC για την διάγνωση της κατάστασης και την εξέλιξη του κύκλου εργασίας του συστήματος αυτοματισμού. Καθώς το PLC δουλεύει με ηλεκτρικό ρεύμα, τα αισθητήρια πρέπει να μετατρέψουν τα πνευματικά σήματα σε ηλεκτρικά έτσι ώστε να γίνονται αναγνώσιμα από τις μονάδες εισόδων.



### 5.4 Ηλεκτροπνευματικοί αισθητήρες πίεσης - κενού – ροής αέρα

Οι διάφοροι τύποι αισθητήρων είναι οι εξής

#### Οριακοί διακόπτες

- ✓ Οι οριακοί διακόπτες είναι κανονικά κλειστές επαφές ή κανονικά ανοικτές επαφές που δίνουν σήμα λογικές καταστάσεις 0 ή 1 όταν τις ενεργοποιήσει ένα αντικείμενο.

#### Επαγωγικοί, Χωρητικοί Αισθητήρες

- ✓ Οι αισθητήρες αυτοί δίνουν σήμα λογική κατάσταση 0 ή 1 όταν τους πλησιάσει ένα αντικείμενο. Οι επαγωγικές γεννήτριες αντιδρούν σε μεταλλικά αντικείμενα ενώ οι χωρητικές γεννήτριες αντιδρούν και σε μη μεταλλικά υλικά.

#### Φράγματα φωτός

- ✓ Οι αισθητήρες φράγματος φωτός δημιουργούν σήματα λογικής κατάστασης 0 ή 1 όταν διακόπτεται μια οπτική σύνδεση.

#### Θερμοστάτες

- ✓ Οι διακόπτες θερμοκρασίας δημιουργούν και αυτοί σήματα λογικής 0 ή 1 όταν η θερμοκρασία αποκτήσει μια συγκεκριμένη τιμή θερμοκρασίας.

## Ενεργοποιητές [ΕΚΠΣ15]

Οι ενεργοποιητές είναι εξαρτήματα που τοποθετούνται πάνω στην μηχανή ή την εγκατάσταση, ενεργοποιούνται από την μονάδα του PLC όταν απαιτείτε για να εκτελεστεί μια λειτουργία ή για να συνεχιστεί η διαδοχική λειτουργία της διαδικασίας. Ως ενεργοποιητές ορίζονται οι βομβητές και οι ηλεκτροβαλβίδες.

Ενεργοποιητές είναι οι μονάδες που ενισχύουν τα δυαδικά σήματα της εξόδου και τα μετατρέπουν σε σημάτων του ίδιου η άλλου τύπου ενέργειας πχ συμπιεσμένου αέρα και ταξινομούνται σαν ηλεκτρικοί, ηλεκτρουδραυλικοί και ηλεκτροπνευματικοί ενεργοποιητές. Οι ενεργοποιητές που συναντάμε στις διατάξεις των ηλεκτροπνευματικών διατάξεων είναι οι έξι :

### Συναγερμοί

- ✓ Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται τα εξαρτήματα που μας ενημερώνουν για λογικές καταστάσεις και είναι οι λάμπες, οι σειρήνες και κουδούνια.

### Πνευματικοί κύλινδροι (με συστήματα βαλβίδων)

- ✓ Στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλοι οι κύλινδροι που φέρουν ηλεκτρικά πηνία ενεργοποίησης όπως οι κύλινδροι απλής ή διπλής ενέργειας, κύλινδροι με διπλό βάκτρο, κύλινδροι με διπλό έμβολο (Tandem) και κύλινδροι πολλαπλών θέσεων.

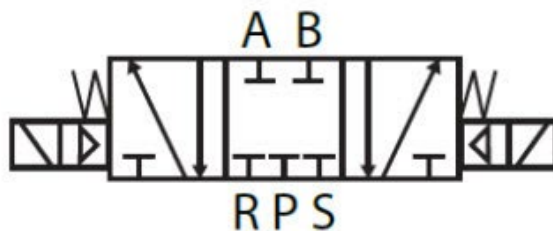
### Ηλεκτροκινητήρες

- ✓ Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι DC-κινητήρες, οι βηματικοί κινητήρες, σύγχρονοι κινητήρες, AC κινητήρες και οι περιστροφικού κινητήρες αέρος.

### Υδραυλικοί ενεργοποιητές (με σύστημα βαλβίδων)

- ✓ Η κατηγορία συμπεριλαμβάνει όλους τους κυλίνδρους απλής ή διπλής ενέργειας, βαλβίδες ελέγχου ροής, υδραυλικοί κινητήρες.
- ✓ Ηλεκτρουδραυλικοί κινητήρες

Η κατηγορία συμπεριλαμβάνει βηματικού κινητήρες και σερβοκινητήρες.



5.5 Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα 5 πορτών 3 θέσεων



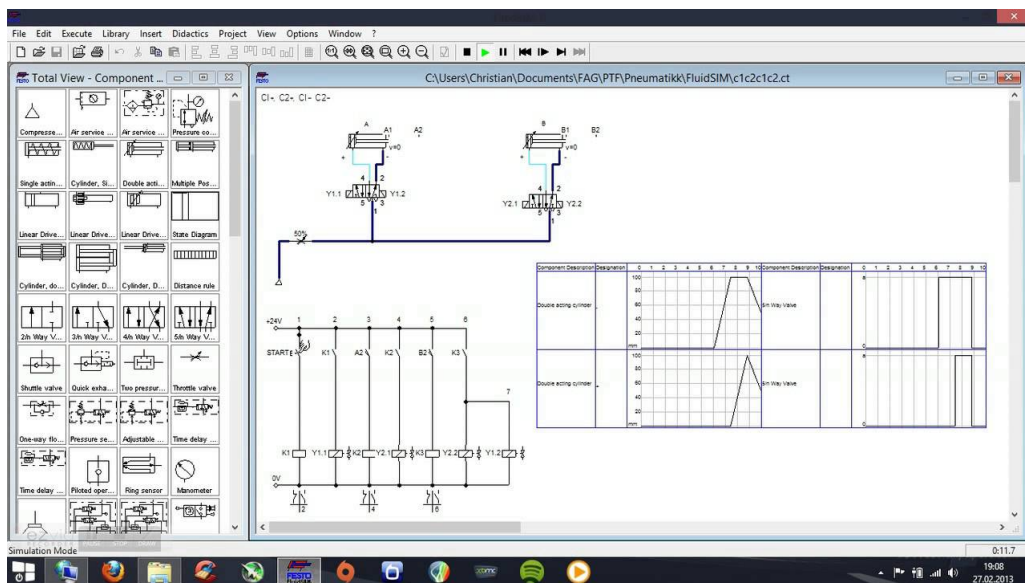
## Προγραμματιστής [ΕΚΠΣ16]

Ο προγραμματιστής χρησιμοποιείται για να δημιουργία και την διόρθωση του κώδικα εκτέλεσης τις διεργασίες, την μετατροπή του κώδικα αυτού σε γλώσσα μηχανής κατανοητού από την μονάδα του PLC, την μεταφορά του κώδικα στην μνήμη της μονάδας PLC, και σε πιο σύγχρονες εκδόσεις να τρέξει εξομοιώσεις τις διαδικασίες για αναγνώριση σφαλμάτων.

Στο παρελθόν ο προγραμματισμός γινόταν χρησιμοποιώντας εξειδικευμένα εργαλεία, προσαρμοσμένα στις ατομικές ανάγκες του συστήματος αυτομάτου ελέγχου του κατασκευαστή ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται διάφορα συμβατά προγράμματα προγραμματισμού.

Τα συστήματα προγραμματισμού βασισμένα στους προσωπικούς υπολογιστές προσφέρουν πολλαπλές δυνατότητες στον προγραμματισμό έτσι ο προγραμματιστής μπορεί να δημιουργεί ένα πηγαίο πρόγραμμα με απλό κείμενο ή με γραφικά. Το σύστημα προγραμματισμού μετατρέπει το πηγαίο πρόγραμμα σε γλώσσα μηχανής (μεταγλωττίζει το πρόγραμμα) και το φορτώνει. Εάν ο προσωπικός υπολογιστής διαθέτει μια διασύνδεση δεδομένων κατάλληλη για το PLC, τα προγράμματα μπορούν να μεταβιβασθούν απευθείας στη μνήμη του .

Οι ειδικά σχεδιασμένοι προγραμματιστές κάνουν δυνατό τον προγραμματισμό με συγκεκριμένα σύμβολα σταθερά για τον ελεγκτή που εμπεριέχουν τους κωδικούς των εξαρτημάτων που έχουν οριστεί κατά DIN 19239.



### 5.6 Πλατφόρμα προγραμματισμού και εξομοίωσης ηλεκτροπνευματικής διάταξης

Για να αποκτήσει κανείς μια συνοπτική εικόνα και για σκοπούς τεκμηρίωσης της μεθόδου προγραμματισμού του δίνετε η δυνατότητα να τυπώσει τα προγράμματα που δημιουργήθηκαν.

Η ύπαρξη προγραμματιστές τσέπης με τα κατάλληλα εργαλεία προγραμματισμού μας δίνουν την δυνατότητα της δόκιμης και της μετατροπής των προγραμμάτων της μονάδας που μας ενδιαφέρει στον χώρο της εγκατάστασης απευθείας.

## Διευθύνσεις του PLC [ΕΚΠΣ17]

Το PLC ως μονάδα έχει ένα συγκεκριμένο αριθμό εισόδων και εξόδων που συνδέονται με τα αισθητήρια και τους ενεργοποιητές. Το πρόγραμμα το οποίο μεταφέρεται στο σύστημα ελέγχου περιέχει τις εντολές οι οποίες ενεργοποιούν τις διάφορες εισόδους και εξόδους όταν αληθεύει μια ορισμένη συνθήκη που έχει οριστεί από τα βήματα λειτουργίας.

Οι εντολές ενεργοποιούν ή απενεργοποιούν τις αντίστοιχες εισόδου ή εξόδου όταν ενημερώνουν αντίστοιχα τις κατάλληλες διευθύνσεις. Οι διάφορες συνθήκες με τα ορίσματα των διευθύνσεων των μεταβλητών και των εισόδων και εξόδων I/O είναι τυποποιημένες.

Το DIN 1239 εκτός των άλλων τυποποιήσεων καθορίζει και τυποποιεί και τα χαρακτηριστικά των προγραμματιζόμενων μονάδων PLC :

I: είσοδος

O: έξοδος

F: ενδεικτικό

T: χρονομετρικό

C: απαριθμητής

Οι αριθμοί των διευθύνσεων αντιστοιχούν και σε χαρακτήρες όρων που καθορίζονται από το ηλεκτρικό κύκλωμα ή από την αρίθμηση των ακροδεκτών και από τον αριθμό θέσης της κάρτας του I/O τμήματος. (Το I/O τμήμα συνδέει τις εισόδους και τις εξόδους με τα αισθητήρια και τους ενεργοποιητές).

Οι αριθμοί των διευθύνσεων έχουν καθορισθεί κατά την σχεδίαση της εφαρμογής και δεν πρέπει να αλλαχθούν καθώς αυτοί θα χρησιμοποιηθούν αργότερα στο πρόγραμμα. Για την τεκμηρίωση, οι διευθύνσεις του PLC εισάγονται σε μία λίστα θέσεων (allocation list) η οποία περιέχει και τον ακριβή καθορισμό των αισθητηρίων και “ενεργοποιητών”, συντμήσεις και μία δήλωση με τη σημασία των δεδομένων πάνω στις εισόδους και τις εξόδους. Οι κοντές φόρμες (ή συμβολικές διευθύνσεις) είναι χρήσιμες συντμήσεις για τα αισθητήρια και τους ενεργοποιητές.

Σημείωση: Η λέξη “ενεργοποιητής” έχει μπει με εισαγωγικά γιατί δεν αναφαίρετε μόνο στους πρωτεύοντες γραμμικούς και περιστροφικούς κινητήρες ή κυλίνδρους, τους συνηθισμένους ενεργοποιητές, αλλά και τα ποικίλα ελεγχόμενα και ελέγχοντα τμήματα εκτός από τα αισθητήρια.

Οι λογικοί ελεγκτές PLC αναγνωρίζουν μόνο τα δεδομένα 1 και 0 από τα οποία δεν μπορούμε άμεσα να γνωρίζουμε τα στοιχεία στα οποία αντιστοιχούν και η μεταβολή τους τι επίδραση θα προκαλέσει στην διάταξη. π.χ. Ένα σήμα με τιμή 1 σε μία έξοδο μπορεί να σημαίνει ότι ο κύλινδρος εξέρχεται ενώ το σήμα με 0 ότι ο κύλινδρος εισέρχεται. Οι ενεργοποιητές, εντούτοις, μπορούν να ενεργοποιηθούν κατά τέτοιο τρόπο ώστε, το σήμα με τιμή 0 να μην έχει επίδραση στην μονάδα (αόριστο σήμα). Επιστροφή του κυλίνδρου τότε πρέπει να ελεγχθεί δια μέσου μίας άλλης εξόδου.

Για την αποφυγή σφαλμάτων κατά τον προγραμματισμό, οι διευθύνσεις και η σημασία των δεδομένων στις εισόδους και τις εξόδους θα πρέπει να ομαδοποιηθούν και να συγκεκριμενοποιηθούν σε λίστα (allocation list) πριν γραφτεί το πρόγραμμα.

Οι διευθύνσεις του PLC δεν πρέπει να συγχέονται με τις διευθύνσεις των εντολών σ' ένα πρόγραμμα. Αυτοί οι αριθμοί χρησιμοποιούνται στο να τοποθετούνται οι εντολές στην μνήμη. Η μεταπήδηση ή επιστροφή σε ένα βρόγχο εκτελούνται χρησιμοποιώντας αριθμούς γραμμής ή συμβολικές διευθύνσεις Labels.

### Παράδειγμα κώδικα προγραμματισμού :

Διεύθυνση Εντολής	Εντολή
xxxx	xxxxxxxx
xxxx	xxxxxxxx
xxxx	xxxxxxxx
0125	JUMP TO 132 εντολή μεταπήδησεως
0126	xxxxxxxx
0127	xxxxxxxx
0128	xxxxxxxx
0129	xxxxxxxx
0130	xxxxxxxx
0131	xxxxxxxx
0132	IF I.4
0133	AND O.2

Η διεύθυνση εντολής ορίζετε αυτόματα από το PLC.

### Operands [ΕΚΠΣ18]

Για την σύνταξη και την εκτέλεση των προγραμμάτων εκτός από τις εντολές οι λογικοί ελεγκτές διαθέτουν και τους χειριστές Operands όπως τα χρονικά, οι είσοδοι, οι έξοδοι που διακρίνονται σε δυο κατηγορίες τους Single και Multibit.

Οι Single bit Operands (SBO) μπορούν να ελεγχθούν για το αν ισχύουν ή όχι στο υποθετικό μέρος (Conditional Part) μιας πρότασης προγράμματος και να χρησιμοποιηθούν ανάλογα στο εκτελέσιμο μέρος (Executive Part) μιας πρότασης.

Οι Multibit Operands (MBO) μπορούν να ελεγχθούν για την αξία τους είναι <, >, =, με τιμές με εύρος 0-255, 0-65535, +/- 32767 κτλ. ή να συγκριθούν με άλλα Multibit Operands στο υποθετικό μέρος μιας πρότασης. Στο εκτελέσιμο μέρος μιας πρότασης προγράμματος στους Multibit Operands μπορεί να αποδοθεί μια τιμή, να αυξηθεί ή να μειωθεί μέσω ενός μεγάλου αριθμού διαθέσιμων αριθμητικών και λογικών χειριστών.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται συμβολισμοί καθώς και πληροφορίες για τον τρόπο που οι Single bit Operands χρησιμοποιούνται στη γλώσσα προγραμματισμού STL.

Χειριστής	Μορφή STL	Συμβολισμός	Μέρος	Τυπικό Παράδειγμα
Είσοδος	I	In.n	c	IF I2.0
Έξοδος	O	On.n	c	IF O2.6
Έξοδος	O	On.n	e	SET O2.6
Flag	F	Fn.n	c	IF F7.16
Flag	F	Fn.n	e	RESET F9.3
Counter	C	Cn	c	IF C3
Counter	C	Cn	e	SET C5
Timer	T	Tn	c	IF T7
Timer	T	Tn	e	SET T4

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται πληροφορίες για τους Multibit Operands, καθώς και τον τρόπο που αυτοί χρησιμοποιούνται στη γλώσσα προγραμματισμού STL.

Χειριστής	Μορφή STL	Συμβολισμός	Μέρος	Τυπικό Παράδειγμα
Input Word	IW	Iwn	c	IF (IW3=V255)
Output Word	OW	Own	c	IF (OW3=V80)
Output Word	OW	Own	e	LOAD V128 TO OW3
Flag Word	FW	FWn	c	IF (FW3=V220)
Flag Word	FW	FWn	e	LOAD V80 TO FW1
Counter Word	CW	CWn	c	IF (CW3<>V50)
Counter Word	CW	CWn	e	THEN INC CW5
Counter Preselect	CP	CPn	c	IF (CP3=V555)
Counter Preselect	CP	CPn	e	LOAD V67 TO CP5
Timer Word	TW	TWn	c	IF (TW2<V2000)
Timer Word	TW	TWn	e	LOAD V135 TO TW6
Timer Preselect	TP	TPn	c	IF (TP0<V20)
Timer Preselect	TP	TPn	e	THEN LOAD V5 TO TP4

## Operators [ΕΚΠΣ18]

Σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού οι εκφράσεις\* αποτελούνται από δύο μέρη, τους Operands και τους Operators. Οι Operands παρουσιάστηκαν συνοπτικά νωρίτερα ενώ οι Operators αναπαριστούν συγκεκριμένες πράξεις και είναι οι εξής :

Σύμβολο	Λειτουργία
N	NOT Άρνηση
V	VALUE Απόδοση τιμής σε Multibit Operands (δεκαδικό)
V%	VALUE Απόδοση τιμής σε Multibit Operands (δυαδικό)
+	Πρόσθεση Multibit Operands και σταθερών
-	Αφαίρεση Multibit Operands και σταθερών
*	Πολλαπλασιασμός Multibit Operands και σταθερών
/	Διαίρεση Multibit Operands και σταθερών
<	Σύγκριση Multibit Operands μικρότερο από
>	Σύγκριση Multibit Operands μεγαλύτερο από
=	Σύγκριση Multibit Operands ίσο με
<>	Σύγκριση Multibit Operands διαφορετικό από
<=	Σύγκριση Multibit Operands μικρότερο από ή ίσο με
>=	Σύγκριση Multibit Operands μεγαλύτερο από ή ίσο με
( )	Οι παρενθέσεις καθορίζουν την προτεραιότητα στις λογικές και αριθμητικές πράξεις

Οι εκφράσεις \*expression στον προγραμματισμό είναι οποιοσδήποτε επιτρεπτός από τη γλώσσα προγραμματισμού συνδυασμός συμβόλων που αναπαριστούν μία τιμή.

### Καταχωρητές - Registers

Οι Registers αποτελούν άλλη μια μορφή Multibit Operand και αποτελούνται από 16bit και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αριθμών με εύρος:

- 0 – 65535
- +/- 32767

Οι Registers χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με την εντολή LOAD TO ενώ δεν είναι δυνατό να προσπελάσουν bit to bit. Για τέτοιου είδους ανάγκες κρίνεται καταλληλότερη η χρήση των Flag Words που παρουσιάζονται παρακάτω.

# Siemens S7 Statement List (STL)

by category

Bit logic	
<b>A</b>	And
<b>AN</b>	And Not
<b>O</b>	Or
<b>ON</b>	Or Not
<b>X</b>	Exclusive Or
<b>XN</b>	Exclusive Or Not
<b>FN</b>	Edge Negative
<b>FP</b>	Edge Positive
<b>( )</b>	Nesting
<b>=</b>	Assign
<b>R</b>	Reset
<b>S</b>	Set
<b>NOT</b>	Negate RLO
<b>SET</b>	Set RLO (=1)
<b>CLR</b>	Clear RLO (=0)
<b>SAVE</b>	Save RLO in BR Register

Convert	
<b>BTI</b>	BCD to Integer
<b>ITB</b>	Integer to BCD
<b>BTD</b>	BCD to Integer
<b>ITD</b>	Integer to Double Integer
<b>DTB</b>	Double Integer to BCD
<b>DTR</b>	Double Integer to Floating-Point
<b>INVI</b>	Ones Complement Integer
<b>INVD</b>	Ones Complement Double Integer
<b>NEGI</b>	Twos Complement Integer
<b>NEGD</b>	Twos Complement Double Integer
<b>NEGR</b>	Negate Floating-Point Number
<b>CAW</b>	Change Byte Sequence in ACC1 Word
<b>CAD</b>	Change Byte Sequence in ACC1 Double
<b>RND</b>	Round
<b>TRUNC</b>	Truncate
<b>RND-</b>	Round to Lower Double Integer
<b>RND+</b>	Round to Upper Double Integer

Note: For Compare and Math	
<b>I</b>	Integer (16 bit)
<b>D</b>	Double Integer (32 bit)
<b>R</b>	Real - Floating Point (32 bit)

Compare if true RLO = 1	
<b>==I ==D</b>	ACC2 is equal to ACC1
<b>&lt;&gt;I &lt;&gt;D</b>	ACC2 is not equal to ACC1
<b>&gt;I &gt;D</b>	ACC2 is greater then to ACC1
<b>&gt;=I &gt;=D</b>	ACC2 is greater then equal to ACC1
<b>&lt;I &lt;D</b>	ACC2 is less then to ACC1
<b>&lt;=I &lt;=D</b>	ACC2 is less then equal to ACC1

Math	
<b>+</b>	Add Integer Constant (16, 32-Bit)
<b>+I +D</b>	Add ACC1 and ACC2
<b>-I -D</b>	Subtract ACC1 from ACC2
<b>*I *D</b>	Multiply ACC1 and ACC2
<b>/I /D</b>	Divide ACC2 by ACC1
<b>MOD</b>	Division Remainder Double Integer

Floating Point Math	
<b>ABS</b>	Absolute Value
<b>ACOS</b>	Arc Cosine
<b>ASIN</b>	Arc Sine
<b>ATAN</b>	Arc Tangent
<b>COS</b>	Cosine of Angles
<b>EXP</b>	Exponential Value
<b>LN</b>	Natural Logarithm
<b>SIN</b>	Sine of Angles
<b>SQR</b>	Square
<b>SQRT</b>	Square Root
<b>TAN</b>	Tangent of Angles

Word logic	
<b>AW</b>	AND Word
<b>AD</b>	AND Double Word
<b>OW</b>	OR Word
<b>OD</b>	OR Double Word
<b>XOW</b>	Exclusive Or Word
<b>XOD</b>	Exclusive Or Double Word

Shift/Rotate	
<b>SSI</b>	Shift Sign Integer
<b>SSD</b>	Shift Sign Double Integer
<b>SLW</b>	Shift Left Word
<b>SRW</b>	Shift Right Word
<b>SLD</b>	Shift Left Double Word
<b>SRD</b>	Shift Right Double Word
<b>RLD</b>	Rotate Left Double Word
<b>RRD</b>	Rotate Right Double Word
<b>RLDA</b>	Rotate ACC1 Left via CC 1
<b>RRDA</b>	Rotate ACC1 Right via CC 1

Accumulator	
<b>TAK</b>	Toggle ACC1 with ACC2
<b>POP</b>	Pop accumulators
<b>PUSH</b>	Push accumulators
<b>ENT</b>	Enter ACC Stack
<b>LEAVE</b>	Leave ACC Stack
<b>DEC</b>	Decrement ACC
<b>INC</b>	Increment ACC
<b>+AR1</b>	Add ACC1 to Address Register 1
<b>+AR2</b>	Add ACC1 to Address Register 2
<b>BLD</b>	Program Display Instruction (Null)
<b>NOP 0</b>	Null Instruction

Formats	
<b>B#</b>	Byte (8 bit)
<b>W#</b>	Word (16 bit)
<b>L#</b>	Long (32 bit)
<b>S5Time#</b>	S5 Time (2H46M30S0MS)
<b>T#</b>	IEC Time (24D20H31M23S648MS)
<b>D#</b>	IEC Date (2007-10-28)
<b>TOD#</b>	Time of Day (23:59:59.999)
<b>C#</b>	BCD
<b>P#</b>	Pointer Address
<b>2#</b>	Binary
<b>16#</b>	Hexadecimal
<b>#Symbol</b>	Local stack variable
<b>//</b>	Comment

## 5.7 Λίστα εντολών ανά κατηγορία γλώσσας STL για Siemens PLC

Program Control	
<b>CALL</b>	Call FC,FB,SFC,SFB Example parameter passing <b>CALL FC1 or FB1, DB1</b> PARAM1 := 10.0 PARAM2 := "Example".Test
<b>CC</b>	Conditional Call
<b>UC</b>	Unconditional Call
<b>BE</b>	Block End
<b>REC</b>	Block End Conditional
<b>BEU</b>	Block End Unconditional
<b>MCR(</b>	Save RLO in MCR Stack, Begin MCR
<b>)MCR</b>	End MCR
<b>MCRA</b>	Activate MCR
<b>MCRD</b>	Deactivate MCR

Jumps	
<b>JU</b>	Jump Unconditional
<b>JL</b>	Jump to Labels
<b>JC</b>	Jump if RLO = 1
<b>JCN</b>	Jump if RLO = 0
<b>JCB</b>	Jump if RLO = 1 with BR
<b>JNB</b>	Jump if RLO = 0 with BR
<b>JBI</b>	Jump if BR = 1
<b>JNBI</b>	Jump if BR = 0
<b>JO</b>	Jump if OV = 1
<b>JOS</b>	Jump if OS = 1
<b>JZ</b>	Jump if Zero
<b>JN</b>	Jump if Not Zero
<b>JP</b>	Jump if Plus
<b>JM</b>	Jump if Minus
<b>JPZ</b>	Jump if Plus or Zero
<b>JMZ</b>	Jump if Minus or Zero
<b>JUG</b>	Jump if Unordered
<b>LOOP</b>	Loop

Data Blocks	
<b>OPN</b>	Open a Data Block
<b>CDB</b>	Exchange Shared DB and Instance DB
<b>L DBLG</b>	Load Length of Shared DB in ACC1
<b>L DBNO</b>	Load Number of Shared DB in ACC1
<b>L IBLG</b>	Load Length of Instance DB in ACC1
<b>L IINO</b>	Load Number of Instance DB in ACC1

Load	
<b>L</b>	Load
<b>L STW</b>	Load Status Word into ACC1
<b>LAR1</b>	Load Address Register 1 from ACC1
<b>LAR1 &lt;D&gt;</b>	Load Address Register 1 with Double Integer (32-Bit Pointer)
<b>LAR1 AR2</b>	Load Address Register 1 from Address Register 2
<b>LAR2</b>	Load Address Register 2 from ACC1
<b>LAR2 &lt;D&gt;</b>	Load Address Register 2 with Double Integer (32-Bit Pointer)
<b>CAR</b>	Exchange Address Register 1 with Address Register 2

Transfer	
<b>T</b>	Transfer
<b>T STW</b>	Transfer ACC1 into Status Word
<b>TAR1</b>	Transfer Address Register 1 to ACC1
<b>TAR1 &lt;D&gt;</b>	Transfer Address Register 1 to Destination (32- Bit Pointer)
<b>TAR1 AR2</b>	Transfer Address Register 1 to Address Register 2
<b>TAR2</b>	Transfer Address Register 2 to ACC1
<b>TAR2 &lt;D&gt;</b>	Transfer Address Register 2 to Destination (32- Bit Pointer)

Timers/Counters (0 to 255)	
<b>FR</b>	Enable Timer/Counter (Free)
<b>L</b>	Load Current Timer/Counter Value into ACC1 as Integer (i.e. L T 32)
<b>LC</b>	Load Current Timer/Counter Value into ACC1 as BCD (i.e. LC T 32)
<b>R</b>	Reset Timer/Counter
<b>S</b>	Set Counter Preset Value (i.e. S C 15)
<b>SD</b>	On-Delay Timer
<b>SS</b>	Retentive On-Delay Timer
<b>SP</b>	Pulse Timer
<b>SF</b>	Off-Delay Timer
<b>SE</b>	Extended Pulse Timer
<b>CD</b>	Counter Down
<b>CU</b>	Counter Up

OBs	
<b>1</b>	Main Program Scan
<b>10-17</b>	Time of Day
<b>20-23</b>	Time Delay
<b>30-38</b>	Cyclic (Periodic)
<b>40-47</b>	Hardware
<b>80</b>	Time Error
<b>81</b>	Power Supply Error
<b>82</b>	Diagnostic Interrupt
<b>83</b>	Insert/Remove Module Interrupt
<b>84</b>	CPU Hardware Fault
<b>85</b>	Program Cycle Error
<b>86</b>	Rack Failure - Missing Profibus device
<b>87</b>	Communication Error
<b>100</b>	Warm restart
<b>101</b>	Hot restart
<b>102</b>	Cold restart
<b>121</b>	Programming Error
<b>122</b>	I/O Access Error



[www.plcdev.com](http://www.plcdev.com)

## 5.8 Λίστα εντολών ανά κατηγορία γλώσσας STL για Siemens PLC

## Χρονικά - Timers

Τα χρονικά είναι εσωτερικοί καταχωρητές που λειτουργούν ως χρονόμετρα του PLC και χρησιμοποιούνται σαν μονάδες μέτρησης χρόνου και είναι οι εξής :

Operand	Συμβολισμός	Λειτουργία
Time Status Bit	Tn	Επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγξει αν το χρονικό είναι ενεργό. Αυτό το bit μετατρέπεται σε ενεργό με την εντολή SET.  Όταν η προγραμματισμένη περίοδος ολοκληρωθεί ή το χρονικό σταματήσει μέσω της εντολής RESET το bit κατάστασης γίνεται ανενεργό
Timer Preselect	TPn	Πρόκειται για 16bit Operand ο οποίος ορίζει την χρονική περίοδο του χρονικού Tn
Timer Word	TWn	16bit Operand στον οποίο ο TPn μεταφέρεται μόλις ο Timer εκκινήσει (SET). Το περιεχόμενο του αυτόματα ελαττώνεται από το σύστημα σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Πριν την χρήση της εντολής και του χρονικού πρέπει πρώτα να οριστεί η τιμή του καταχωρητής TPn.

Ο καταχωρητής χρειάζεται να οριστεί ξανά μόνο όταν η τιμή του χρόνου χρειάζεται να αλλάξει. Ο καταχωρητής TPn δεν είναι απαραίτητο να ξανά οριστεί κάθε φορά που το συγκεκριμένο χρονικό εκκινείτε. Στον καταχωρητή μπορεί να καταχωρηθεί είτε μια τιμή είτε το περιεχόμενο οποιασδήποτε MBO π.χ. register, input word, flag word.

## Μετρητές - Counters

Οι μετρητές συμβολίζονται Cn με n τελεστή τον αριθμό του μετρητή, ορίζονται ως αυξητικοί είτε μειωτικοί και έχουν σαν λειτουργία την μέτρηση επαναληπτικών διαδικασιών του προγραμματιστή στις διεργασιών, την καταγραφή του αριθμού επανάληψης ενός γεγονότος που έχουν εκτελεστεί σε έναν κύκλο εργασίας της μηχανής και γενικότερα τη μέτρηση διαφορών εσωτερικών ή εξωτερικών μεταβολών. Πριν την έναρξη χρήσης του μετρητή πρέπει να τίθεται σε **ON** ενώ όταν ολοκληρώνετε η μέτρηση πρέπει να τίθεται σε κατάσταση **OFF** ώστε να μπορεί να παρέχει πληροφορίες κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

Operand	Συμβολισμός	Λειτουργία
Counter Status Bit	Cn	Επιτρέπει στο πρόγραμμα να ελέγξει αν ο μετρητής είναι ενεργός (δηλαδή αν δεν έχει υπερχειλίσει). Αυτό το bit μετατρέπεται σε ενεργό με την εντολή SET.  Όταν ο προκαθορισμένος αριθμός επαναλήψεων μιας διεργασίας ολοκληρωθεί ή το χρονικό σταματήσει μέσω της εντολής RESET το bit κατάστασης γίνεται ανενεργό



Counter Preselect	CPn	Ορίζει το μήκος του καταχωρητή 16bit μήκους
Counter Word	CWn	Ορίζει τον αριθμό των επαναλήψεων του 16bit καταχωρητή ο οποίος μεταβάλετε μέσω των DECrement και INCrement εντολών. Όταν η SET Cn εντολή εκτελεστεί ο CW αυτόματα μηδενίζεται.

### Βοηθητικές επαφές (Flags) [ΕΚΠΣ18]

Οι βοηθητικοί Καταχωρητές αποτελούν τον πιο διαδεδομένο τρόπο δόμησης ενός προγράμματος παράλληλων διεργασιών. Από την μεριά του PLC οι βοηθητικοί Καταχωρητές ή αλλιώς βοηθητικές επαφές μοιάζουν με εισόδους που μπορούν να ελεγχθούν με την χρήση των εντολών σύγκρισης και μπορούν να ελέγξουν την ροή του προγράμματος. Μια άλλη σημαντική εφαρμογή των βοηθητικών επαφών είναι η αποθήκευση των στιγμιαίων καταστάσεων των συμβάντων για χρήση τους από το πρόγραμμα .

Μια μεγάλη διαφορά μεταξύ των Flags και των Multibit Operands είναι ότι κάθε 16bit Flag Word μπορεί να συμβολιστεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που ορίζονται κάθε ένα από τα 16 ανεξάρτητα Flags που την αποτελούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα Flag Words να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με οποιαδήποτε από τις εντολές της STL που είναι κατάλληλη για Multibit Operands ενώ κάθε ένα από τα 16 μεμονωμένα bits που αποτελούν τη Flag Word, είναι προσβάσιμα από εκείνες τις εντολές της STL οι οποίες προορίζονται μόνο για Single Bit Operands.

Οι ελεγκτές που υποστηρίζουν πολλές CPU (Multi-Processing) επιτρέπουν την πρόσβαση των Flags σε οποιαδήποτε CPU. Αυτό σημαίνει ότι κάθε CPU έχει τη δυνατότητα να διαβάσει από ή να γράψει σε Flags μιας άλλης CPU. Συνεπώς τα Flags παρέχουν έναν εύκολο τρόπο ενδοεπικοινωνίας μεταξύ των CPU.

Παράδειγμα : Αν T6 στην τρέχουσα CPU είναι ενεργό, ενεργοποίησε το Flag 3.3 έτσι ώστε μία άλλη CPU να μπορεί να ελέγξει την τιμή της T6

**Παράδειγμα** : θέλουμε να υλοποιήσουμε ένα πρόγραμμα για μια γραμμή παραγωγής στην οποία θα γίνεται κατεργασία τεμαχίων μέσω χύτευσης. Τα τεμάχια θα φορτώνονται στο σταθμό 0 της μηχανής και θα ακολουθούν διάφορες κατεργασίες του κάθε αντικειμένου στους υπόλοιπους 15 σταθμούς. Η μηχανή στο σύνολό της θα καταγράφει κάθε 2 δευτερόλεπτα την θέση των αντικειμένων και κατά την διάρκεια της καταγραφής ένα νέο τεμάχιο θα μπορεί να φορτωθεί προς κατεργασία και θα ελέγχετε αν μπορεί να φορτωθεί στο σταθμό 0 με την χρήση αισθητήρα.

Οι σταθμοί 1-15 έχουν αισθητήρες και το μόνο που απαιτείται είναι να δουλέψει ο σταθμός όταν ένα κομμάτι είναι στην αντίστοιχη θέση.

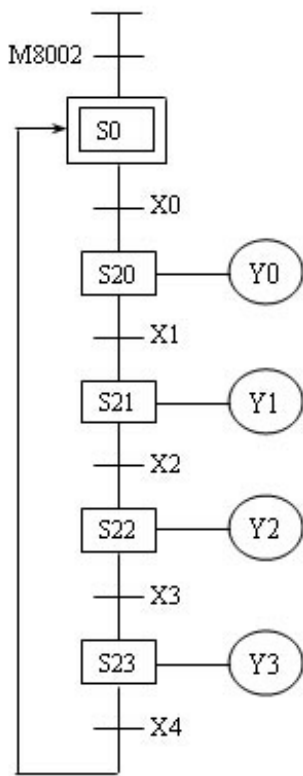
Θα χρησιμοποιηθεί η FW6 για την καταγραφή των σταθμών που περιέχουν τεμάχιο προς κατεργασία. Η εντολή SHL χρησιμοποιείται για την μετακίνηση των bits μέσα στην FW.

### Λίστα θέσεων

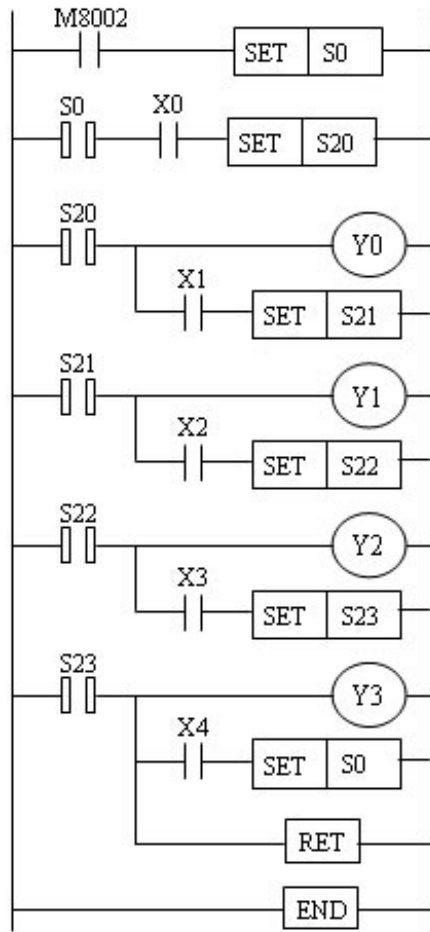
I0.0	Όταν το κουμπί έναρξης είναι ενεργοποιημένο
I1.0	Ανίχνευση τεμαχίου στο σταθμό 0 από τον αισθητήρα
I2.2	Έγινε καταγραφή της γραμμής
O2.0	Έναρξη καταγραφής

### Εντολές Προγράμματος

Εντολές Προγράμματος			Έναρξη Προγράμματος	
STEP 10	IF		I0.0	Αν πατηθεί το κουμπί έναρξης
		AND	I2.2	Έγινε καταγραφή της γραμμής
THEN	LOAD		V200	Φόρτωσε 2 δευτερόλεπτα
		TO	TP0	στο TP0
		LOAD	V0	Νέα γραμμή παραγωγής
		TO	FW6	Ξεφόρτωμα του σταθμούς
STEP 15				<b>Αναμονή για νέο τεμάχιο στο σταθμό</b>
IF			I1.0	Όταν το τεμάχιο βρεθεί στο σταθμό
THEN	SET		F6.0	Καταχώρησε το στο Flag
IF		(	FW6	Αν υπάρχει τεμάχιο για κατεργασία
		>	V0	
THEN	LOAD		FW6	ενεργοποίηση των κινητήρων στον
				σταθμούς που υπάρχει τεμάχιο
		TO	OW1	
		SET	T0	εκκίνησε το χρονικό του χρόνου κατεργασίας
STEP 20				<b>Έλεγχος χρόνου κατεργασίας</b>
IF		N	T0	Αν ο χρόνος κατεργασία ολοκληρώθηκε
THEN	LOAD		V0	απενεργοποίηση κινητήρων
	SET		O2.0	Εκκίνηση καταγραφής
STEP 25				<b>αναμονή έως την εκκίνηση της καταγραφής</b>
IF		N	I2.2	Αν δεν έχει ολοκληρωθεί η καταγραφής
THEN	LOAD		FW6	ενημέρωση της κατάσταση τω σταθμών
			SHL	μετακίνηση των bits και αντιστοίχιση με τα
				τεμάχια
			FW6	
		TO	FW6	
STEP 30				<b>Ολοκλήρωση καταγραφής;</b>
IF			I2.2	Έναρξη νέου σημείο καταγραφής
THEN	RESET		O2.0	απενεργοποίηση των κινητήρων καταγραφής
			15	πίσω στο STEP 15
	JMP TO			



(a)



(b)

```

0 LD M8002
1 SET S0
3 STL S0
4 LD X0
5 SET S20
7 STL S20
8 OUT Y0
9 LD X1
10 SET S21
12 STL S21
13 OUT Y1
14 LD X2
15 SET S22
17 STL S22
18 OUT Y2
19 LD X3
20 SET S23
22 STL S23
23 OUT Y3
24 LD X4
25 SET S0
27 RET
28 END

```

(c)

STL, RET

### 5.9 Mitsubishi γραφικός προγραμματισμός STL

## Βασικά τμήματα ενός PLC [ΕΚΠΣ19]

### Κεντρική μονάδα ελέγχου

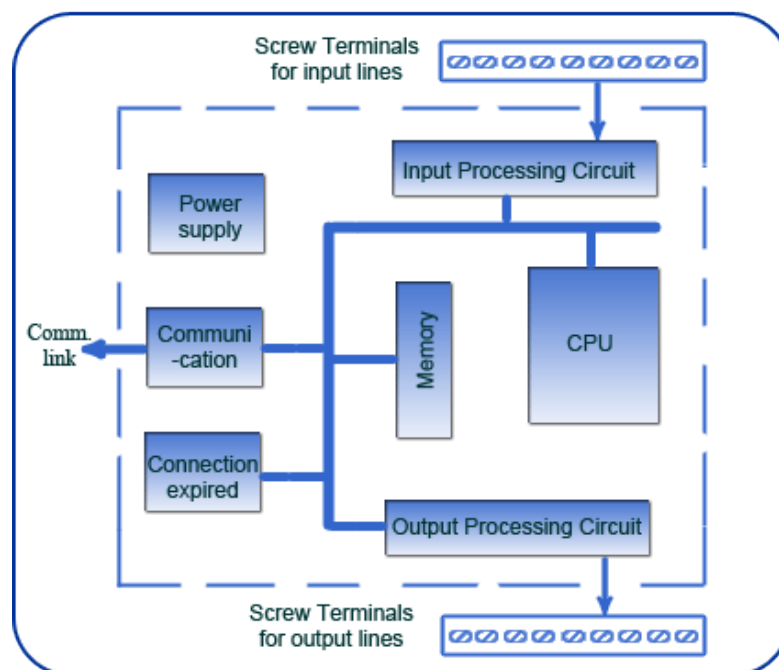
Το PLC πρόγραμμα γράφεται από τον προγραμματιστή και εισάγεται στον ελεγκτή. Το πρόγραμμα αποτελείται από μία σειρά εντολών. Τα σήματα εισόδων επεξεργάζονται από τον ελεγκτή στην κεντρική μονάδα ελέγχου για να δημιουργηθούν συγκεκριμένα σήματα εξόδων. Μια μονάδα PLC αποτελείται από τα ακόλουθες μονάδες εκ των οποίων η κάθε μια επιτελεί συγκεκριμένο ρόλο.

Η κεντρική μονάδα ελέγχου MCU - CPU είναι υπεύθυνη για όλες τις λειτουργίες που εκτελούνται εσωτερικά στο PLC, διαβάζει το πρόγραμμα από μνήμη, συγκρίνει τα δεδομένα στις εισόδους και ενεργοποιεί τις αντίστοιχες εξόδους. Η επικοινωνία της MCU – CPU με τις εσωτερικές μονάδες πραγματοποιείται μέσω του κοινού διαύλου επικοινωνίας bus.

Η μνήμη προγράμματος (Program Memory) περιέχει τις εντολές ενώ η κεντρική μονάδα έχει πρόσβαση στην μνήμη προγράμματος ROM κατά συνέπεια και στον κώδικα του προγράμματος.

Η μονάδα επεξεργασίας αποκτά τα δεδομένα των αισθητήριων και των στοιχείων θέσης διαμέσου των μονάδων εισόδου (Input Modules) και τα μεταφέρει στην αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) όπου τα μετατρέπει σύμφωνα με τις εντολές του προγράμματος και τις αποθηκεύει στη μνήμη δεδομένων (Ram Memory).

Μέσω της μονάδας επεξεργασίας και των μονάδων εξόδου, τα δεδομένα εξόδου μεταβιβάζονται στα στοιχεία ελέγχου της εγκατάστασης που πρέπει να ενεργοποιηθούν. Η αριθμητική και λογική μονάδα εκτελεί υπολογισμούς και λογικές λειτουργίες όπως πρόσθεση, αφαίρεση, άρνηση, κ.λπ.



5.10 Εσωτερικό διάγραμμα PLC

## Σύστημα Bus [ΕΚΠΣ19]

Όπως προαναφέρθηκε για να εκτελεστεί το πρόγραμμα από την κεντρική μονάδα θα πρέπει τα επιμέρους εσωτερικά στοιχεία του PLC να είναι διασυνδεδεμένα με την CPU. Η σύνδεση των μονάδων καλείται Bus που αποτελείται από ένα σύστημα γραμμών οι οποίες ενώ έχουν διάφορα τμήματα συνδεδεμένα και επιτρέπει μόνο σε δύο τμήματα να επικοινωνήσουν σε κάποια χρονική στιγμή.

Η σωστή σειρά εκτέλεσης του προγράμματος πραγματοποιείτε με τον απαριθμητής προγράμματος που καλεί τις εντολές από την μνήμη προγράμματος προς τον επεξεργαστή συνεπώς, οποιοδήποτε υπάρχει μία εντολή προς εκτέλεση μεταβιβάζετε στον καταχωρητή εντολών.

Οι εντολές οι οποίες έχουν εισαχθεί από την γλώσσα προγραμματισμού STL έχουν μετατραπεί σε γλώσσα μηχανής με την μεταφορά του προγράμματος στην μονάδα του PLC. Η γλώσσα μηχανής αποτελείται από εντολές εκφρασμένες με δυαδικούς αριθμούς συγκεκριμένη σειρά ψηφίων 1 και 0.

Οι σειρές των εντολών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες.

- ✓ Εντολές ελέγχου που υλοποιούν τα βήματα τις διαδικασίας.
- ✓ Εντολές διευθύνσεων στις οποίες η CPU μεταβαίνει για να αναγνώσει τον κώδικα
- ✓ Εντολές δεδομένων οι οποίες δηλώνουν τις διευθύνσεις μνήμης που είναι καταχωρημένες οι τιμές των μεταβλητών.

Οι εντολές μεταβιβάζονται στις επιμέρους διατάξεις του PLC μέσω των γραμμών δεδομένος οι οποίες ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες :

- ✓ Διαύλους ελέγχου **Control bus**
- ✓ Διαύλους διεύθυνσης **Address bus**
- ✓ Διαύλους δεδομένων **Data bus**

### Παράδειγμα :

Έστω ότι το PLC έχει διαβάσει την εντολή SET O0.2.

Τότε ο κεντρικός επεξεργαστής μέσω του διαύλου bus διαβάζει από την μνήμη του προγράμματος την εντολή ενεργοποίησης - απενεργοποίησης που πρέπει να εκτελέσει. Η εντολή δηλώνει ότι πρέπει η έξοδο O0.2 να ενεργοποιηθεί. Ο κεντρικός επεξεργαστής μέσω του αγωγός δεδομένων δίνει την εντολή στο αντίστοιχο περιφερικό που η έξοδος του έχει αυτό το όνομα να ενεργοποιηθεί.

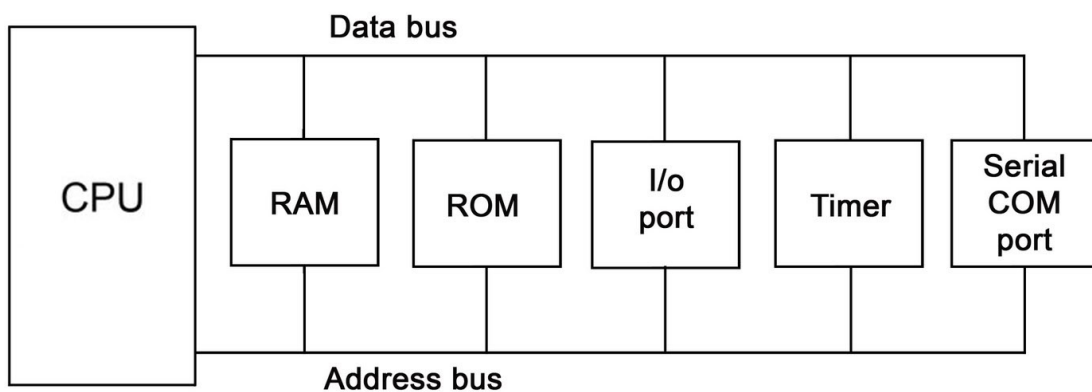
Η επικοινωνία μεταξύ των μονάδων για ανταλλαγή δεδομένος ενεργοποίησης η απενεργοποίησης εξόδων γίνεται μέσω αλλού διαύλου επικοινωνίας και διευθυνσιοδότηση. Το πρότυπο επικοινωνίας του διαύλου αυτού των μονάδων έχει ορίσει για την διευθυνσιοδότηση λέξεις μήκους 8bit δηλαδή 8 δυαδικά ψηφία που μπορεί να παρέχει  $2^8 = 256$  διευθύνσεις.

Όταν το PLC χρησιμοποιεί ένα bus τότε τα σήματα ελέγχου, διευθύνσεις και των δεδομένα εναλλάσσονται στο ίδιο μέσο με χρονική σειρά. Κάθε μονάδα αναγνωρίζει τα σήματα στα οποία πρέπει να ανταποκριθεί από την διεύθυνση που φέρει το σήμα επικοινωνίας.

Σήμερα εφαρμογή βρίσκει η δομή multi-bus (Multi-bus Structure) όπου τα δεδομένα, οι διευθύνσεις και τα σήματα ελέγχου έχουν τα δικά τους ανεξάρτητα συστήματα bus.

### Μνήμες [ΕΚΠΣ19]

Οι μεταβλητές υπό μορφή δυαδικών ψηφίων είναι αποθηκευμένες στην προσωρινή μνήμη δεδομένων RAM και είναι διαθέσιμες από τον κεντρικό επεξεργαστή όποτε αυτές απειθούν από το πρόγραμμα ενώ οι νέες επεξεργασμένες μεταβλητές αποθηκεύονται στις ίδιες θέσεις μνήμης για να ξανά χρησιμοποιηθούν αργότερα. Οι εντολές του προγράμματος αποθηκεύονται σε ειδικές μνήμες ROM (μνήμες προγράμματος) που μπορούν μόνο να διαβαστούν από τον επεξεργαστή και να γραφτούν μόνο κατά τον προγραμματισμό. Η ονομασίες των μνημών RAM προέρχονται από τα αρχικά **Random Access Memory** και των μνημών ROM από τα αρχικά **Read Only Memory**.



5.11 Διάγραμμα διασύνδεσης μνημών

Οι μνήμες αποτελούνται από μικρότερα στοιχεία που μπορούν να γράφοντες δυαδικά δεδομένων bits των 1 ή 0. Μια ομάδα τέτοιων θέσεων οργανωμένη σε οκτάδες ή δεκαεξάρες δημιουργούν τα μπλοκ μνήμης (Memory Block) και πολλές ομάδες αυτών των μπλοκ οργανώνουν ένα στοιχείο μνήμης. Έτσι μπορούμε να έχουμε π.χ. μια μνήμη με 8 μπλοκ που το κάθε ένα έχει 8 θέσεις μνήμης των 8bit δηλαδή  $(8\text{bit} \times 8 \text{ θέσεις}) \times 8 \text{ μπλοκ} = 512\text{bit}$  μνήμη ή 64Byte .

Διαδικασία μεταφοράς των δεδομένων των 0 και 1 bit σε μια μνήμη ονομάζεται εγγραφή ή φόρτωμα **Writing Data**. Στην περίπτωση που τα δεδομένα των 0 και 1 bit μεταφέρονται στον επεξεργαστή ονομάζεται ανάγνωση δεδομένων **Reading Data**.

Διάκριση γίνεται μεταξύ δύο πιθανών μεθόδων γραψίματος και διαβάσματος:

**Bit Organized** ορίζετε η ιδιότητα που έχει μια μνήμη από κατασκευή της να μπορεί να γραφεί η να αναγνωστεί η τιμή μόνο ενός.

**Word Organized** ορίζετε η ιδιότητα που έχει μια μνήμη από κατασκευή της να είναι οργανωμένη σε ομάδες λέξεων των 8 ή 16 bit. Η ιδιότητα αυτή δίνει την δυνατότητα ανάγνωσης η εγγραφής με την χρήση μιας μόνο εντολής. Οι μνήμες προγράμματος είναι πάντοτε οργανωμένες κατά λέξεις γιατί κάθε εντολή αποτελείται από ένα αριθμό ψηφίων bits οργανωμένα σε λέξεις τα οποία διαβάζονται ταυτόχρονα.

Διευθύνσεις απαιτούνται για να είναι δυνατόν να βρούμε μία συγκεκριμένη θέση μνήμης ή κύτταρο μνήμης. Ανάλογα υπάρχουν δύο μέθοδοι καθορισμού διεύθυνσης κατά ψηφίο και κατά λέξη. Στην πρώτη περίπτωση, γραμμές και στήλες πρέπει να καθορισθούν στην δεύτερη περίπτωση ο καθορισμός γραμμής είναι αρκετός.

Η μικρότερη μονάδα πληροφορίας είναι τα bit 0 ή 1. Μια ομάδα των 8 bits δημιουργεί μια λέξη που ονομάζεται byte και μια χιλιάδα αυτών των αποτελεί το Kilobyte =  $2^{10} = 1.024$  bytes.

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των διαφόρων τύπων των μνημών είναι ότι μνήμες RAM μπορεί να γραφεί και να διαβασθεί χωρίς περιορισμούς με τα δεδομένα της όμως να χάνονται όταν αυτή τεθεί εκτός λειτουργίας. Για αυτούς τους λόγους οι μνήμες RAM χρησιμοποιείται στα PLC σαν μνήμες εργασίας. Οι μνήμες ROM είναι μνήμες που μπορούν να διαβαστούν απεριόριστες φορές αλλά εμφανίζουν περιορισμένο αριθμό επανεγγραφών που καθορίζετε από την κατασκευή τους. Οι μνήμες ROM χρησιμοποιείται στα PLC σαν μνήμες προγράμματος.

Οι μνήμες που προγραμματίζονται από τον χρήστη αλλά όχι από τον κατασκευαστή ονομάζονται (PROMS) και είναι μνήμες μόνο ανάγνωσης **Read Only Memories**. Οι μνήμες που μπορούν να σβηστούν και να αναπρογραμματισθούν όταν χρειαστεί ονομάζονται αναπρογραμματιζόμενες ROMs. Ο Τρόπος με τον οποί σβήνονται τις διακρίνει σε EPROM και RPRM που σβήνονται με υπεριώδη ακτινοβολία και EEROM που σβήνονται με εφαρμογή ηλεκτρικής τάσης.

Οι μνήμες **RAM** χαρακτηρίζονται σαν πρόσκαιρες **Volatile** μνήμες γιατί τα δεδομένα χάνονται με την απουσία της τροφοδοσία του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι μνήμες **ROM** χαρακτηρίζονται σαν μη πρόσκαιρες **Non Volatile** και τα περιεχόμενο της δεν χάνονται με την απουσία της τροφοδοσίας.

RAM	Differences	ROM
❖ stores during and after processing	<b>Data and Program</b>	❖ stored by manufacturer
❖ stores information temporarily	<b>Content</b>	❖ stores information permanently
❖ very fast but uses a lot of power	<b>Processing Time</b>	❖ fast but uses very little power
❖ volatility	<b>Volatile</b>	❖ non-volatile

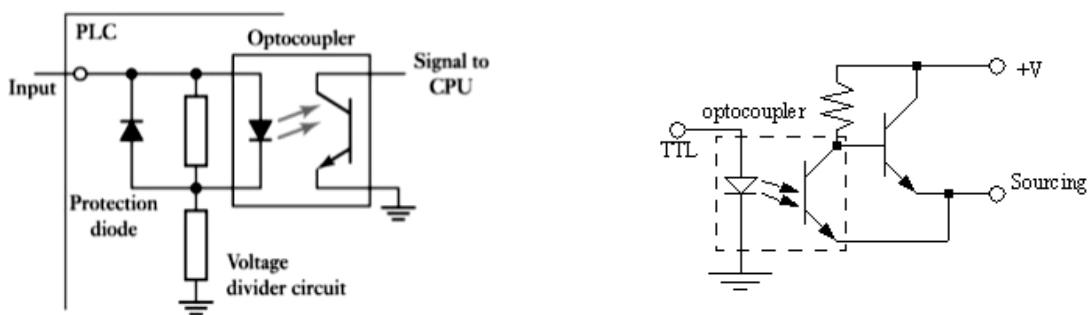
5.12 Συνοπτικός πίνακας διαφόρων RAM και ROM

## I/O – μονάδες [ΕΚΠΣ19]

Τα σήματα των αισθητηρίων που φτάνουν στις μονάδες εισόδου μετατρέπονται από αυτές σε σήματα bit ή ψηφιακά σήματα και αποστέλλονται από την μονάδες εισόδου στην κεντρική μονάδα του επεξεργαστή. Αντίστοιχα άλλα σήματα από την κεντρική μονάδα του επεξεργαστή περνούν στις μονάδες εξόδου και μέσω των μονάδων εξόδου στους ενεργοποιητές για να εκτελεστεί μια διεργασία.

Οι σύγχρονες μονάδες εισόδου φέρουν προδιαγραφές ασφάλειας που προστατεύουν τις ίδιες αλλά και τις ακόλουθες μονάδες από μεταβολές τάσης υπερφόρτωσης ή υπέρτασης και από σήματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών. Η προδιαγραφές αυτές διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

Η διάταξη προστασίας εισόδου εξασφαλίζει ότι η τάση εισόδου παραμένει στα επιτρεπτά όρια ανάγνωσης. Οι εμφάνιση υπερτάσεων στις εισόδους απορροφάτε από το εσωτερικό δίκτυο προστασίας. Το εσωτερικό κύκλωμα προστασίας των εισόδων προσφέρει ηλεκτρική απομόνωση των εισόδων και των εξόδων από την κεντρική μονάδα επεξεργασία και τις μνήμες. Η ηλεκτρική απομόνωση από το εξωτερικό κύκλωμα πραγματοποιείται με εξαρτήματα που ονομάζονται οπτοζεύκτες **Optocoupler**.



### 5.13 Κυκλώματα οπτικής απομόνωσης εισόδου - εξόδου

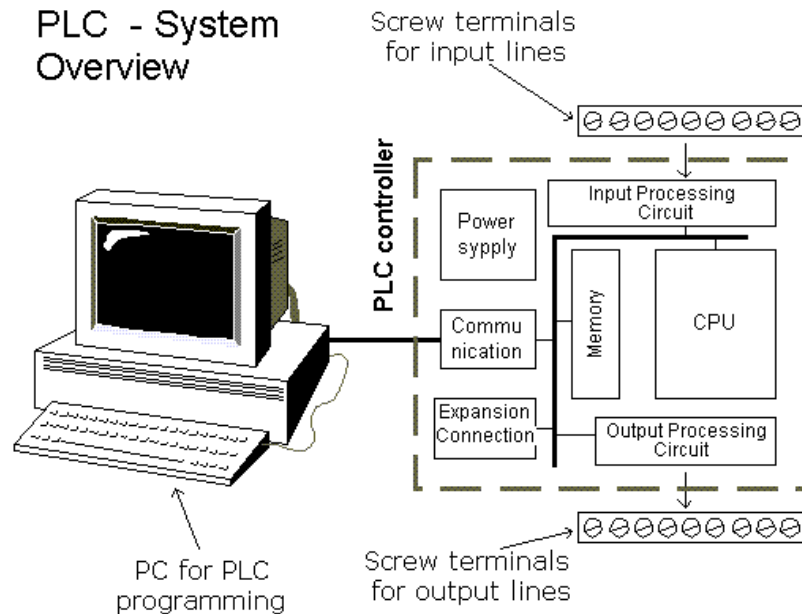
Στις διατάξεις των I/O ανήκουν και οι ενδεικτικές λυχνίες LED's που αποδίδουν την ύπαρξη σήματος στις εισόδους και στις εξόδους. Τα σήματα των διατάξεων εξόδου στα εξωτερικά κυκλώματα είναι σήμα τάση των 24V και προστατεύονται **Screened** με κυκλώματα καθυστέρηση σήματος.

Οι μονάδες εξόδου που διασυνδέονται σε ένα PLC έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με τις μονάδες εισόδου αλλά με την αντίστροφη διαδικασία η οποία είναι η εξής. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας μεταβιβάζει το επιθυμητό σήμα εξόδου του στην μονάδα απόζευξης που αποτελείτε από ένα οπτοζεύκτη **Optocoupler**. Ο οπτοζεύκτης μεταφέρει στην έξοδο του το σήμα εισόδου αφού πρώτα το μετατρέψει σε σήμα φωτός και αντίστροφα το σήμα φωτός σε ηλεκτρικό. Το σήμα εξόδου του οπτοζεύκτη οδηγεί μια διάταξη **Transistor** που το ενισχύει και το αποδίδει στις αντίστοιχες εξόδους.

Τα ενισχυμένα σήματα των στοιχείων εξόδων πολλές φορές απαιτείτε να ενισχυθούν από μονάδες ισχύος **Power Components** για να οδηγήσουν απευθείας τα στοιχεία κίνησης ή θα πρέπει να οδηγήσουν ρελέ των οποίων οι επαφές ισχύος θα ελέγξουν τα στοιχεία κίνησης. Τα κυκλώματα ενίσχυσης ή οδήγησης με ρελέ πρέπει να διαθέτουν και αυτά διατάξεις προστασίας κατά των υπερτάσεων και των βραχυκυκλωμάτων.



## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup> : Προγραμματισμός P.L.C [ΕΚΠΣ20]



Πριν την έναρξη της υλοποίησης του προγράμματος και του προγραμματισμού του PLC θα πρέπει να γνωρίζουμε ποιο είναι το πρόβλημα και την έκτασή του. Η ακριβή καταγραφή του προβλήματος απαιτείται. Στη συνέχεια θα πρέπει να γνωρίζουμε τα αισθητήρια και τους ενεργοποιητές που θα χρησιμοποιηθούν για να το υλοποιήσουν αλλά να γνωρίζουμε και τον τρόπο λειτουργίας τους. Στην συνέχεια θα πρέπει να καταγραφούν η χρονική ακολουθία των βημάτων για την υλοποίηση του προβλήματος. Τέλος η δημιουργία ενός διαγράμματος κυκλώματος απαιτείται για την ολοκληρωμένη εικόνα των δυναμικών στοιχείων. Μια μέθοδος επίλυση αποτελούμενη από τρία βήματα αναπτύσσεται σε αυτό το κεφάλαιο.

### Λίστα θέσεων

Πριν την έναρξη του προγραμματισμού θα πρέπει να δημιουργηθεί μια λίστα θέσεων (allocation list) με τις θέσεις των εξαρτημάτων και των αισθητήριων. Ακολούθως, οι διατυπώνονται οι βασικές συνθήκες για τις οποίες πρέπει να ενεργοποιηθούν. Για αυτόν το λόγο δημιουργείτε μια λίστα θέσεων διαχωρισμένη σε τρία τμήματα.

Στην πρώτη στήλη καταγράφονται οι εισοδοί του PLC και οι διευθύνσεις τους. Τα σύμβολα και οι όροι που χρησιμοποιούνται είναι τυποποιημένα. Οι αριθμοί των διευθύνσεων ορίζονται ανάλογα με την επιλεγμένες θέσεις. Στο πρόγραμμα του PLC οι συμβολικές διευθύνσεις διαχωρίζονται σε δύο στήλες αυτών των συμβολικών διευθύνσεων και των εσωτερικών διευθύνσεων του PLC και καταγράφονται στην δεύτερη στήλη. Οι ορισμοί αυτοί θα χρησιμοποιηθούν στην δημιουργία προγραμμάτων. Στους ορισμούς υπάρχει ελευθερία επιλογής αλλά θα πρέπει να είναι σαφείς. Με τους συμβολισμούς S1, S2, S3 ορίζονται οι διάφοροι διακόπτες. Ο αριθμός και ο τύπος των συμβόλων πρέπει να είναι αποδεκτά από το σύστημα προγραμματισμού. Στην τελευταία στήλη, υπάρχει σημείωση με τη σημασία των σημάτων στις εισόδους και τις εξόδους.

## Προγραμματισμός [ΕΚΠΣ20]

Σε αυτό το βήμα ο προγραμματιστής αποφασίζει την οδό του προγραμματισμού με βάση την προσωπική του εκτίμηση και προτίμηση με βάση την φύση του προβλήματος διατυπωμένη σε ένα απλό διάγραμμα χωρίς να γνωρίζει την εφαρμοζόμενη τεχνολογία και τις τεχνικές λεπτομέρειες. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την υλοποίηση που είναι οι εξής

- Η υλοποίηση με **διάγραμμα ladder (LAD)** είναι κατάλληλο για προβλήματα ελέγχου που απεικονίζονται με διάγραμμα κυκλώματος και είναι επιθυμητή από ηλεκτρολόγους μηχανικοί γιατί επί το πλείστον υλοποιούν τέτοια προβλήματα.
- Στα συστήματα ελέγχου που ακολουθούν μία λογική χρονοσειρά το πρόβλημα μπορεί να αναπαρασταθεί με ένα διάγραμμα ροής. Αυτό το διάγραμμα ροής μπορεί να προγραμματισθεί με **λειτουργικό χάρτη (FUC)**.
- Όταν το πρόβλημα συνοδεύεται από ένα Βηματικό διάγραμμα τότε το πρόγραμμα μπορεί να γραφτεί απευθείας με χρήση της λίστας εντολών (**STL**).

Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος ακόμα και όταν δεν υπάρχουν μηνύματα λάθους το πρόγραμμα μπορεί να ελεγχθεί με τη βοήθεια της λίστας θέσεων και των διευθύνσεων εισόδων. Το πρόγραμμα μπορεί να τυπωθεί για να τεκμηριωθεί για να μπορεί κάποιος να αποκτήσει μια καλύτερη εικόνα.

## Μεταβίβαση στον ελεγκτή [ΕΚΠΣ21]

Το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί μετατρέπεται σε γλώσσα μηχανής έτσι ώστε να μπορεί να φορτωθεί και να αναγνωστεί από την κεντρική μονάδα ελέγχου του PLC. Αν το πρόγραμμα έχει αναπτυχθεί με συμβολικές διευθύνσεις τότε απαιτείται η τοποθέτηση των πραγματικών διευθύνσεων πριν την μετατροπή σε γλώσσα μηχανής.

Μετά τον προγραμματισμό του λογικού ελεγκτή το πρόγραμμα πρέπει να εκτελεστεί υπό την εποπτεία κάποιου τεχνικού και μηχανικού ώστε να διαπιστωθούν και αν υπάρχουν να διατυπωθούν τα τυχόν προβλήματα στην διαδικασία υλοποίησης του προβλήματος.

## Κεφάλαιο 7<sup>ο</sup> : Γλώσσα Προγραμματισμού STL [ΕΚΠΣ22]

### Δομή προγράμματος

Όπως σε κάθε γλώσσα προγραμματισμού έτσι και στην γλώσσα **STL** τα προγράμματα που δημιουργούνται έχουν μια συγκεκριμένη δομή η οποία είναι η εξής :

- Πρόγραμμα
  - Βήμα
    - Πρόταση
      - Υπόθεση
    - Εκτέλεση

### Σύντομη περιγραφή του STEP

Στα περισσότερα προγράμματα **STL** γίνεται χρήση της εντολής **STEP** παρόλο που δεν είναι απαραίτητη. Η εντολή **STEP** σηματοδοτεί την εκκίνηση ενός νέου λογικού τμήματος (logical block) του προγράμματος. Κάθε πρόγραμμα της **STL** (Statement List) μπορεί να περιέχει έως 255 διακριτά **STEPS** ενώ κάθε **STEP** μπορεί να εμπεριέχει μια ή περισσότερες προτάσεις και μπορεί να χαρακτηριστεί με ένα όνομα.

Η ονομασία του **STEP** είναι αναγκαία όταν το συγκεκριμένο **STEP** θα χρησιμοποιηθεί περισσότερες από μια φορές σε επόμενα βήματα του προγράμματος. Ουσιαστικά μπορούμε να πούμε ότι αντικαθιστά την εντολή **JUMP**. Η εντολή **STEP** θα γίνει πιο κατανοητή σε επόμενα παραδείγματα με τη χρήση και άλλων εντολών ή προτάσεων.

### Σύντομη περιγραφή της πρότασης - Sentence

Η πρόταση αποτελεί το πιο βασικό τμήμα της δομής οργάνωσης του προγράμματος. Κάθε πρόταση αποτελείται από το υποθετικό μέρος **Conditional Part** και το εκτελέσιμο μέρος **Executive Part**.

Στο υποθετικό μέρος ορίζονται μια ή περισσότερες συνθήκες οι οποίες θα εκτιμηθούν για το αν ισχύουν ή όχι κατά την εκτέλεση του προγράμματος (**Run Time**). Το υποθετικό μέρος πάντοτε ξεκινά με την σύνταξη **IF** και συνεχίζει με μια ή περισσότερες δηλώσεις που περιγράφουν τις συνθήκες οι οποίες πρόκειται να εκτιμηθούν. Όταν η συνθήκη αληθείς τότε εκτελούνται οι εντολές που περιλαμβάνονται στο εκτελέσιμο μέρος της πρότασης. Το εκτελέσιμο μέρος της πρότασης ορίζεται με την σύνταξη **THEN**.

Παραδείγματα:

IF			I1.0	Εάν η είσοδος 1.0 είναι ενεργή
THEN	SET		O1.2	τότε ενεργοποίησε την έξοδο 1.2
IF		N	I2.0	Εάν η είσοδος 2.0 είναι ανενεργή
THEN	SET		O2.3	τότε ενεργοποίησε την έξοδο 2.3
IF			I6.0	Εάν η είσοδος 6.0 είναι ενεργή
	AND	N	I2.1	και η είσοδος 2.1 είναι ανενεργή
	AND		O3.1	και η έξοδος 3.1 είναι ενεργή
THEN	RESET		O2.1	τότε κλείσε την έξοδο 2.1
	RESET		T6	και μηδένισε (reset) το χρονικό T6

Τα προγράμματα που κατασκευάζονται με αυτόν τον τρόπο χαρακτηρίζονται ως σειριακά προγράμματα (**Serial Programs**). Με την χρήση της εντολής **STEP** αυτά τα προγράμματα μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα (**Parallel Programing**). Για την συνεχομένη εκτέλεση αυτών των προγραμμάτων είναι απαραίτητη η συμπερίληψη την εντολή **PSE**.

### Η εντολή **STEP** [ΕΚΠΣ23]

Στην απλή της μορφή η εντολή **STEP** περιέχει μια πρόταση (**Sentence**) ως εξής

STEP (label)				
IF			I1.0	Αν η είσοδος 1.0 είναι ενεργή
THEN	SET		O2.4	τότε ενεργοποίησε την έξοδο 2.4 και προχώρησε στο επόμενο (STEP)

Εδώ είναι απαραίτητο να αναφέρουμε ότι το πρόγραμμα θα παραμείνει σε αυτό το βήμα ως ότου η συνθήκη γίνει αληθείς. Όταν η συνθήκη είναι αληθής μόνο και μόνο τότε το πρόγραμμα θα προχωρήσει στο επόμενο βήμα (**STEP**).

Τα προγράμματα με τη χρήση **STEP** μπορούν φυσικά να περιλαμβάνουν και πολλαπλές προτάσεις :

STEP				
IF			I2.2	Αν η είσοδος 2.2 είναι ενεργή
THEN	SET		O4.4	Τότε ενεργοποίησε την έξοδο 4.4
IF			I1.6 O2.4	Αν η είσοδος 1.6 είναι ενεργή
	RESET			Τότε απενεργοποίησε την έξοδο 2.4
THEN	SET		O3.3	Ενεργοποίησε την έξοδο 3.3

Στο προηγούμενο παράδειγμα εισήχθη η έννοια των πολλαπλών προτάσεων μέσα σε ένα βήμα (**Single Step**). Όταν το πρόγραμμα φτάσει σε αυτό το βήμα θα εκτελέσει την πρώτη πρόταση (σε αυτή την περίπτωση θα ενεργοποιήσει την έξοδο 4.4 εάν η είσοδος 2.2 είναι ενεργή) και τότε θα μετακινηθεί στη δεύτερη πρόταση ανεξάρτητα από το αν οι συνθήκες στην πρώτη πρόταση ήταν αληθείς.

Όταν η τελευταία πρόταση ενός βήματος εκτελείται, αν το υποθετικό μέρος είναι αληθές τότε το εκτελέσιμο μέρος του προγράμματος θα εκτελεστεί και το πρόγραμμα θα προχωρήσει στο επόμενο βήμα. Αν το υποθετικό τμήμα της τελευταίας πρότασης δεν είναι αληθές, τότε το πρόγραμμα θα επιστρέψει στην πρώτη πρόταση του τρέχοντος βήματος.

### Κανόνες εκτέλεσης

Για να εκτελεστούν τα βήματα και οι προτάσεις θα πρέπει να ισχύουν οι ακόλουθες συνθήκες.

- ✓ Όταν οι συνθήκες μιας πρότασης είναι αληθείς τότε οι προγραμματισμένες ενέργειες θα εκτελεστούν
- ✓ Όταν οι συνθήκες της τελευταίας πρότασης μέσα στο βήμα είναι αληθείς τότε οι προγραμματισμένες ενέργειες πραγματοποιούνται και το πρόγραμμα προχωράει στο επόμενο βήμα.

- ✓ Όταν οι συνθήκες μιας πρότασης δεν είναι αληθείς τότε το πρόγραμμα θα μετακινηθεί στην επόμενη πρόταση του τρέχοντος βήματος.
- ✓ Αν οι συνθήκες της τελευταίας πρότασης μέσα σε ένα βήμα δεν είναι αληθείς τότε το πρόγραμμα θα επιστρέψει στην πρώτη πρόταση του τρέχοντος βήματος.

## Εντολές παρέμβασης στη ροή του προγράμματος

Εκτός από την εντολή STEP η οποία μπορεί να επέμβει στη ροή ενός προγράμματος υπάρχουν και άλλες εντολές της STL που επηρεάζουν τα κριτήρια εκτέλεσης των STEPS και των προτάσεων (**Sentences**).

### Εντολή NOP [ΕΚΠΣ23]

Η εντολή NOP μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο υποθετικό είτε στο εκτελέσιμο μέρος μιας πρότασης. Η εντολή NOP θεωρείται πάντοτε αληθείς όταν χρησιμοποιείτε στο υποθετικό μέρος ενώ στο εκτελέσιμο μέρος χωρίς να προκαλέσει καμία μεταβολή.

IF	NOP			αυτό είναι πάντα αληθές
THEN	SET		O1.0	η είσοδος 1.0 θα είναι πάντα
				ανοικτή όταν το πρόγραμμα
				φτάσει εδώ.

Ένα παράδειγμα στο οποίο θέλαμε πολλές συνθήκες να ελεγχθούν και εφόσον ήταν αληθείς να εκτελεστούν οι κατάλληλες πράξεις, είναι το ακόλουθο.

STEP 50				
IF			I1.0	Αν η είσοδος 1.0 είναι ενεργή
THEN	SET		O2.2	Τότε άνοιξε την έξοδο 2.2
IF		N	I3.5	Αν η είσοδος 3.5 ΔΕΝ είναι ενεργή
		AND	I4.4	και η είσοδος 4.4 είναι ενεργή
THEN	RESET	O1.2		Τότε κλείσε την έξοδο 1.2
IF			T3	Αν το χρονικό 3 είναι ενεργό
THEN	SET		F0.0	Τότε θέσε την βοηθητική επαφή 0.0
IF	NOP			σε οποιαδήποτε περίπτωση καθιστούμε βέβαιο ότι η ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ πρόταση θα είναι πάντα αληθής
THEN	SET		O3.6	Κλείσε την έξοδο 3.6, Πήγαινε στο επόμενο STEP.

Ανεξάρτητα από το αν κάποιες ή όλες οι προτάσεις ήταν αληθείς, αφότου είχαν ελεγχθεί ακριβώς μια φορά το πρόγραμμα θα ενεργοποιούσε την έξοδο 3.6 και θα προχωρούσε στο επόμενο βήμα επειδή έχουμε εξαναγκάσει την τελευταία πρόταση να είναι αληθής μέσω της εντολής **NOP**.

Η εντολή **NOP** μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στο εκτελέσιμο μέρος ενός προγράμματος και είναι ισοδύναμη με το να μην κάνει τίποτα και χρησιμοποιείται όταν το πρόγραμμα περιμένει συγκεκριμένες συνθήκες για να προχωρήσει στο επόμενο βήμα.

IF			I3.2	Αν η είσοδος 3.2 είναι ενεργή
THEN	NOP		O1.0	τίποτα και πήγαινε στο επόμενο STEP.

### Εντολή **JUMP** [ΕΚΠΣ23]

Η εντολή **JUMP** δίνει τη δυνατότητα μεταπήδησης στη γλωσσά **STL**. Στο επόμενο παράδειγμα ελεγχθούν οι συνθήκες κάθε πρότασης και αν είναι αληθείς πραγματοποιούνται οι προγραμματισμένες ενέργειες και με τη χρήση της εντολής **JUMP** το πρόγραμμα μεταβαίνει σε ένα άλλο **STEP**.

STEP 50				
IF			I1.0	Αν η είσοδος 1.0 είναι ενεργή
THEN	SET		O2.2	τότε άνοιξε την έξοδο 2.2
	JMP TO		70	και πήγαινε στο STEP 70
IF		N	I3.5	Αν η είσοδος 3.5 ΔΕΝ είναι ενεργή
	AND		I4.4	και η είσοδος 4.4 είναι ενεργή
THEN	RESET		O1.2	τότε κλείσε την έξοδο 1.2
	JMP TO		6	πήγαινε στο STEP 6
IF			T3	Αν το χρονικό 3 είναι ενεργό
THEN	SET		F0.0	τότε θέσε την βοηθητική επαφή 0.0
IF	NOP			πάντα αληθής
THEN	SET		O3.6	ενεργοποίησε την έξοδο 3.6 πήγαινε στο επόμενο STEP.

Είναι προφανές ότι με την εντολή **JUMP** τροποποιείτε η ροή του προγράμματος αλλά δημιουργούνται προτεραιότητες μεταξύ των προτάσεων.

Αν η πρόταση 1 ισχύει τότε θα εκτελεστεί το πρόγραμμα θα περάσει με **JUMP** στο **STEP 70** χωρίς ποτέ να εκτελέσει καμία από τις προτάσεις που βρίσκονται κάτω από το πρώτο **JUMP** του STEP 50. Αν η πρόταση 1 δεν ισχύει το πρόγραμμα θα εκτελέσει τις προτάσεις 2,3 και 4.

### Εντολή **OTHRW** [ΕΚΠΣ23]

Η **OTHRW** (Otherwise) εκτελείτε όταν η τελευταία εντολή **IF** αξιολογηθεί ως μη αληθής.

IF			I2.0	Αν η είσοδος 2.0 είναι ενεργή
THEN	SET		O3.3	ενεργοποίησε την έξοδο 3.3
OTHRW	SET		O4.5	διαφορετικά ενεργοποίησε την έξοδο 4.5

## Βασικές εντολές της STL [ΕΚΠΣ24]

### Εντολή PSE

Η εντολή **PSE (Program Section End)** χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον τερματισμό του προγράμματος ή τμήματος του προγράμματος όταν χρησιμοποιεί μέσα στο STEP.

Ένα πρόγραμμα σταματά να εκτελείται αν το πρόγραμμα τελειώνει με μια πρόταση που δεν αποτελεί τμήμα της εντολής STEP και δεν ακολουθούν άλλες εντολές.

Γενικά με την εκτέλεση της εντολής PSE σε ένα πρόγραμμα, το πρόγραμμα

- είτε θα μεταβεί στην πρώτη πρόταση του τρέχοντος **STEP**

STEP 10			
IF		I1.1	Κουμπί εκκίνησης
THEN	SET	O2.1	Έκταση κυλίνδρου
STEP 20			
IF		I3.1	Ο κύλινδρος είναι σε έκταση
THEN	RESET	O2.1	Σύμπτυξη κυλίνδρου
	PSE		Μετάβαση στη πρώτη πρόταση
OTHRW	PSE		Μετάβαση στη πρώτη πρόταση

- είτε θα μεταβεί στην πρώτη πρόταση του προγράμματος όταν δεν υπάρχει εντολή STEP

....			
IF	NOP		Πάντα αληθής
THEN	PSE		ολοκλήρωση τμήματος προγράμματος - μετάβαση στην αρχή του προγράμματος

### Εντολή INC [ΕΚΠΣ24]

Η εντολή **INC (Increment)** αυξάνει την τιμή οποιουδήποτε **multibit operand** κατά μία μονάδα και μπορεί να εκτελεστεί απευθείας χωρίς να απαιτείται η φόρτωση του **operand** που πρόκειται να αυξηθεί στον **multibit accumulator**.

[ΕΚΠΣ25]

**Παράδειγμα** : Έστω γραμμή παραγωγής γεμίσματος μπουκαλιών που φέρει αισθητήρα ανίχνευσης μπουκαλιών στην είσοδο I1.3 και αισθητήρα πληρότητας στην είσοδο I2.2. Όταν ένα μπουκάλι περνά από τον αισθητήρα μπουκαλιών ανιχνεύετε από τον αισθητήρα στην είσοδο I1.3 του ελεγκτή και αυτός αυξάνει τον καταχωρητή (**Register**) 9 κατά μια μονάδα. Αν το ίδιο μπουκάλι δεν είναι καλά γεμισμένο τότε ανιχνεύετε από τον αισθητήρα στην είσοδο I2.2 και ο καταχωρητής ελαττώνετε κατά μια μονάδα. Το πρόγραμμα που ακολουθεί απεικονίζει αυτή την λειτουργία.

IF			I1.3	Μπουκάλι στην είσοδος I1.3
THEN	INC		R9	+1 στον καταχωρητή
IF			I2.2	Μπουκάλι στον σημείο ελέγχου
	AND	N	I3.6	και δεν είναι γεμάτο
THEN	DEC		R9	Ελάττωσε κατά μια μονάδα το σύνολο

Το ισοδύναμο πρόγραμμα χωρίς την χρήση της εντολής INC είναι το εξής :

IF			I1.3	Μπουκάλι στην είσοδος I1.3
THEN	LOAD		R9	Φόρτωσε καταχωρητή R9 στον MBA
		+	V1	Πρόσθεσε μια μονάδα
	TO		R9	Το αποτέλεσμα μεταφέρετε στον R9
IF			I2.2	Μπουκάλι στον σημείο ελέγχου
	AND	N	I3.6	και δεν είναι γεμάτο
THEN	LOAD		R9	Φόρτωσε καταχωρητή R9 στον MBA
		-	V1	Ελάττωσε μια μονάδα
	TO		R9	Το αποτέλεσμα μεταφέρετε στον R9

Τα περισσότερα προβλήματα τα οποία καλείται να επιλύσει ένας μηχανικός με τη χρήση της STL διακρίνονται στις δύο ακόλουθες κατηγορίες:

- Πλήρως διαδοχική διαδικασία
- Μερικώς διαδοχικά βήματα διαδικασίας με τυχαία γεγονότα

### Πλήρως διαδοχική διαδικασία

Έστω διεργασίας με την οποία ελέγχετε η κίνησης τριών κυλίνδρων (εμβόλων) μέσω τριών βαλβίδων τύπου 3/2 σε προκαθορισμένη ακολουθία.

Με το πάτημα του κουμπιού εκκίνησης ο κύλινδρος A θα πρέπει να εκταθεί για τρία δευτερόλεπτα και στη συνέχεια να συμπτυχθεί. Στη συνέχεια ο κύλινδρος B πρόκειται να εκταθεί και να επιστρέψει στην αρχική του θέση τέσσερις φορές και στη συνέχεια να εκταθεί πλήρως και να παραμείνει στη θέση αυτή. Τέλος ο κύλινδρος C θα εκταθεί πλήρως και στη συνέχεια θα εκταθεί και ο κύλινδρος A. Αφότου ο κύλινδρος A έχει εκταθεί πλήρως οι τρεις κύλινδροι θα συμπτυχθούν όπου το σύστημα θα σταματήσει έως ότου γίνει νέα ενεργοποίηση από το πλήκτρο εκκίνησης.

Το Βηματικό διάγραμμα της διεργασίας που προκύπτει από την περιγραφή και το πρόγραμμα υλοποίησης που συντάσσετε από τον προγραμματιστή είναι τα εξής :



Λίστα θέσεων - Allocation List		
I1.0	START	Πάτημα Κουμπιού εκκίνησης
O1.0	VA	Έκταση Κυλίνδρου A
O1.1	VB	Έκταση Κυλίνδρου B
O1.2	VC	Έκταση Κυλίνδρου C
I1.1	A0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου A
I1.2	A1	Έκταση Κυλίνδρου A
I1.3	B0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου B
I1.4	B1	Έκταση Κυλίνδρου B
I1.5	C_0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου C
I1.6	C_1	Έκταση Κυλίνδρου C
TP0	TIMER	Χρονικό 0
CP2	COUPRE2	Μετρητής 2

Πρόγραμμα διεργασίας – μέρος 1				
STEP 1				Εκκίνηση διαδικασίας
IF			NOP	Εκτελούνται πάντα τα παρακάτω
THEN	LOAD		V0	Φόρτωση μηδέν σε όλες
	TO		OW1	τις εξόδους
	LOAD		V300	Κάνε το χρονικό 3
	TO		TP0	χρονικό 3 δευτερολέπτων
	LOAD		V4	Φόρτωση την τιμή 4
	TO		CP2	Στον μετρητή 2
STEP 5				Όλοι οι κύλινδροι σε σύμπτυξη
IF			I1.0	Το START είναι ενεργό
	AND		I1.1	Ο κύλινδρος A έχει συμπτυχθεί
	AND		I1.3	Ο κύλινδρος B έχει συμπτυχθεί
	AND		I1.5	Ο κύλινδρος C έχει συμπτυχθεί
THEN	SET		O1.0	Εκκίνηση έκτασης του Κυλίνδρου A
STEP 10				Έλεγχος κυλίνδρου A
IF			I1.2	Αν ο κύλινδρος A είναι πλήρως εκτεταμένος
THEN	SET		T0	Έναρξη χρονικού 3 sec
STEP 12				Αναμονή 3 sec
IF		N	T0	Το χρονικό ολοκλήρωσε
THEN	RESET		O1.0	έναρξη σύμπτυξης Κυλίνδρου A
STEP 15				Έλεγχος σύμπτυξης κυλίνδρου A
IF			I1.1	Αν ο κύλινδρος A έχει συμπτυχθεί
THEN	SET		C2	Εκκίνηση του μετρητή 2 για 4 μετρήσεις
	SET		O1.1	Εκκίνηση σύμπτυξης Κυλίνδρου B
STEP 20				Έλεγχος σύμπτυξης κυλίνδρου B
IF			I1.4	Ο κύλινδρος B έχει εκταθεί πλήρως
THEN	INC		CW2	Αύξηση της τιμής των κύκλων κατά ένα
RESET			O1.1	Έναρξη σύμπτυξης Κυλίνδρου B

Πρόγραμμα διεργασίας – μέρος 2				
STEP 22				Έλεγχος τέταρτης επανάληψης
IF			I1.3	Ο κύλινδρος B έχει συμπτυχθεί
AND			C2	Και δεν έχουν ολοκληρωθεί 4 επαναλήψεις
THEN	SET		O1.1	Εκκίνηση έκτασης κυλίνδρου B
	JMP TO		20	Συνέχιση επαναλήψεων
IF			I1.3	Αν ο κύλινδρος B έχει συμπτυχθεί
	AND	N	C2	Έχουν εκτελεστεί 4 επαναλήψεις
THEN	SET		O1.1	Εκκίνηση έκτασης του κυλίνδρου B
STEP 30				Έλεγχος έκτασης κυλίνδρου B
IF			I1.4	Αν ο κύλινδρος B έχει εκταθεί πλήρως
THEN	SET		O1.2	Εκκίνηση έκτασης του κυλίνδρου C
STEP 35				Έλεγχος έκτασης κυλίνδρου C
IF			I1.6	Αν ο κύλινδρος C έχει εκταθεί πλήρως
THEN	SET		O1.0	Εκκίνηση έκτασης του κυλίνδρου A
STEP 40				Έλεγχος έκτασης όλων των κυλίνδρων
IF			I1.2	Ο Κύλινδρος A έχει εκταθεί πλήρως
THEN	RESET		O1.0	Σύμπτυξε τον κύλινδρο A
	RESET		O1.1	Σύμπτυξε τον κύλινδρο B
	RESET		O1.2	Σύμπτυξε τον κύλινδρο C
	JMP TO		5	Επιστροφή στο STEP 5

### Μερικώς διαδοχικά βήματα διαδικασίας με τυχαία γεγονότα

Στις συνηθισμένες διεργασίες των μηχανών ακολουθείτε μια αλληλουχία διαδικασιών κατά τη λειτουργία τους όμως υπάρχουν και περιπτώσεις που η αλληλουχία μπορεί να αλλάξει όταν απαιτηθεί έτσι ώστε να αλλάζει η διεργασία. Σε αυτή την περίπτωση λέμε ότι έχουμε διεργασία με διαδοχικά βήματα βασισμένη σε τυχαία γεγονότα.

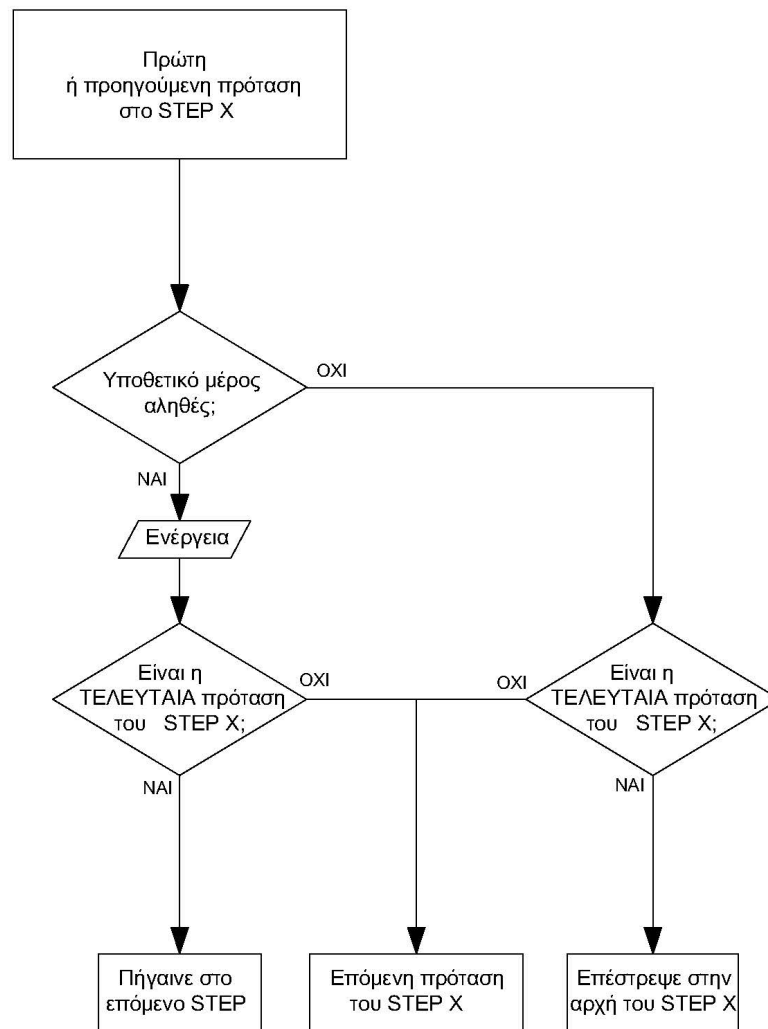
Για να συμβάλει ένα τυχαίο γεγονός στην διεργασία θα πρέπει να εισαχθεί μια πρόταση προγράμματος στην αρχή ή στο τέλος κάθε υπάρχον βήμα του προγράμματος. Αν στο προηγούμενο πρόγραμμα θέλουμε η διαδικασία να ανασταλεί με το πάτημα ενός κουμπιού **pause** θα πρέπει να συμπληρωθούν γραμμές κώδικα όπως παρουσιάζετε ακολούθως για κάποια **STEP'S**

Πρόγραμμα διεργασίας με Pause – μέρος 1				
.....				
STEP 5				Όλοι οι κύλινδροι σε σύμπτυξη
IF			I1.0	Το πλήκτρο START είναι ενεργό
	AND		I1.1	Ο κύλινδρος A έχει συμπτυχθεί
	AND		I1.3	Ο κύλινδρος B έχει συμπτυχθεί
	AND		I1.5	Ο κύλινδρος C έχει συμπτυχθεί
	AND	N	I1.7	Το κουμπί PAUSE δεν είναι ενεργό
THEN	SET		O1.0	Εκκίνηση έκτασης του κυλίνδρου A

Πρόγραμμα διεργασίας με Pause – μέρος 2				
STEP 10				Έλεγχος έκτασης κυλίνδρου A
IF			I1.7	Αν είναι ενεργοποιημένο το PAUSE
THEN	JMP TO		10	Το πρόγραμμα επανελέγχει το PAUSE
IF			I1.2	Έκταση κυλίνδρου A
THEN	SET		T0	έναρξη του χρονικού των 3 sec
STEP 12				Αναμονή 3 sec
.....				
.....				

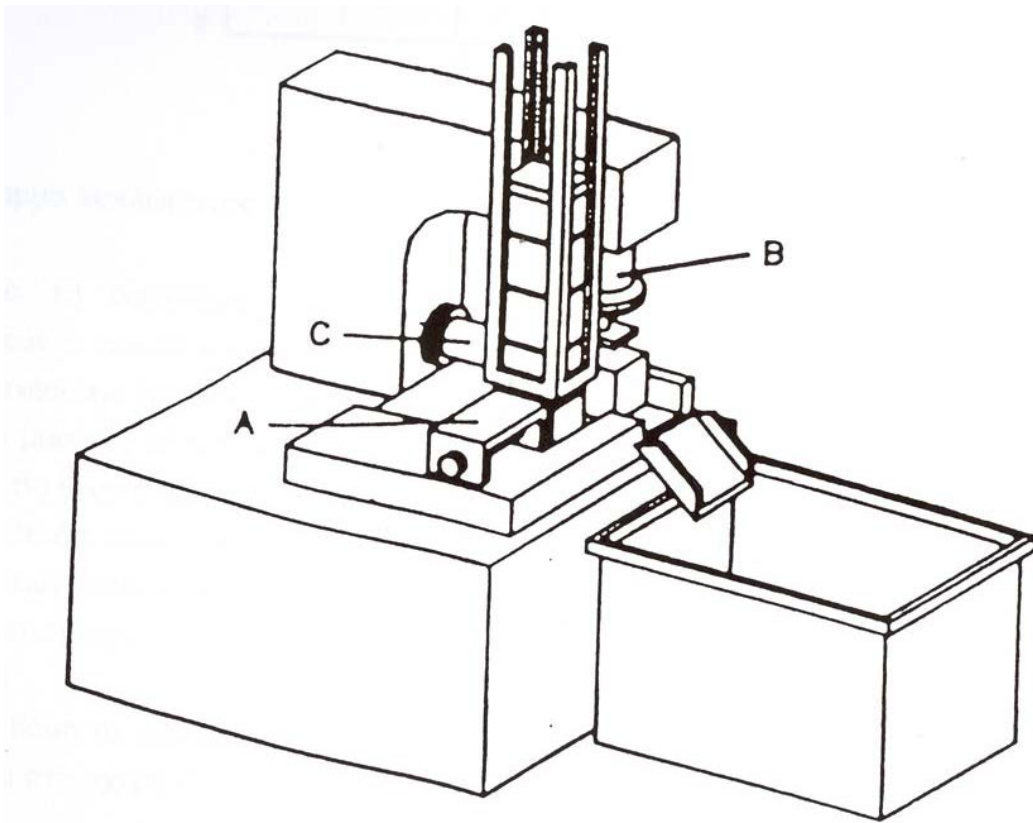
Εφαρμόζοντας την ίδια τεχνική και για άλλα σημεία του κώδικα θα επιτύχουμε την επιθυμητή παύση της διεργασίας για όσο χρονικό διάστημα παραμένει πατημένο το πλήκτρο Pause.

Ακολούθως παρουσιάζετε και ένα τυπικό λογικό διάγραμμα STEP με το οποίο μπορεί ο προγραμματιστής να συντάξει τον κώδικα.



7.1 Λογικό διάγραμμα προγράμματος STEP

## Κεφάλαιο 8<sup>ο</sup> : Ολοκληρωμένη εφαρμογή [ΕΚΠΣ26]



## Το Πρόβλημα

Έστω χώρος ο οποίος περιέχει αντικείμενα προς κατεργασία. Τα αντικείμενα μεταφέρονται διαδοχικά στον σταθμό κατεργασίας, υπόκεινται την διεργασία και με την ολοκλήρωση τις μεταφέρονται σε νέο αποθηκευτικό χώρο ή σε επόμενο στάδιο επεξεργασίας μέσω ταινιόδρομου.

## Επίλυση

Μετά την μελέτη του προβλήματος, η επίλυση του επιλέγεται είναι με την χρήση τριών κυλίνδρων A, B, C. Το πρόγραμμα που θα δημιουργηθεί θα πρέπει να εκκινεί την διαδικασία με το πάτημα του μπουτόν Start. Με την εκκίνηση της διαδικασίας το έμβολο A θα μεταφέρει ένα αντικείμενο από τον χώρο αποθήκευσης στο σημείο κατεργασίας. Με την άφιξη του αντικειμένου θα ενεργοποιείται το έμβολο B για να πραγματοποιηθεί η κατεργασία όπου με το πέρας αυτής θα ενεργοποιείται το έμβολο C όπου θα μεταφέρει το αντικείμενο στο επόμενο στάδιο.

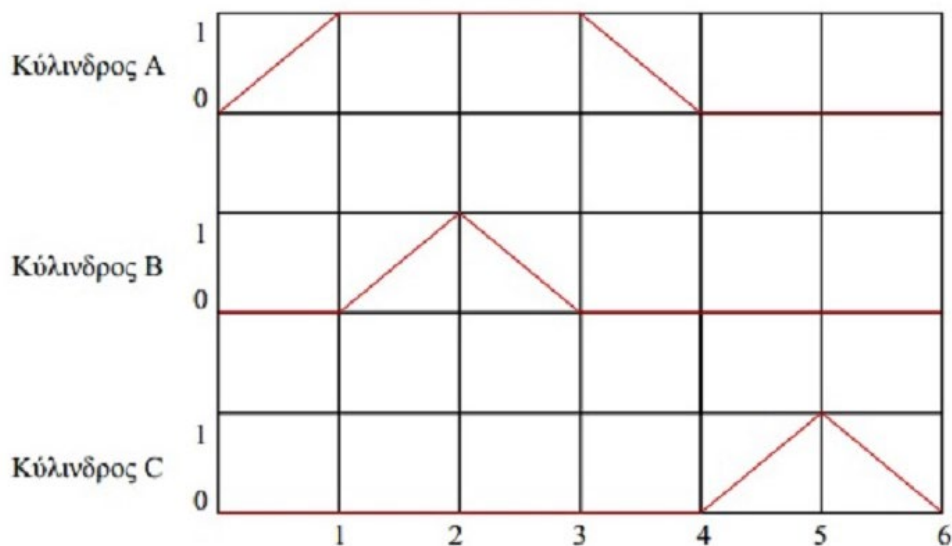
## Βηματικό διάγραμμα κινήσεων

Η επίλυση του προβλήματος που επιλέχθηκε μπορεί να απεικονιστεί με το βηματικό διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται καθαρά τα βήματα που θα εκτελεστούν από τα έμβολα.

Η σειρά των κινήσεων του προβλήματος μπορεί να συμβολιστεί ως εξής :

A+, B+, B-, A-, C+, C-

Το βηματικό διάγραμμα που περιγράφει πλήρως την ακολουθία των κινήσεων είναι το εξής:



8.1 Βηματικό διάγραμμα κινήσεων

## Προγραμματισμός PLC

Στην έναρξη του προγράμματος φορτώνουμε την αρχική τιμή **V1** στο **Counterword 0** και απενεργοποιούμε όλες τις εξόδους εξασφαλίζοντας ότι όλοι οι κύλινδροι είναι σε σύμπτυξη.

Στην πρώτη υπόθεση στο **STEP** ελέγχουμε τον **CW0** αν έχει την τιμή **V1** και αν είναι ενεργοποιημένες οι είσοδοι **I0.0, I0.1, I0.3, I0.5** που αντιστοιχούν στο κουμπί **Start** και τους τερματικούς διακόπτες **A0, B0** και **C0** των εμβόλων όταν βρίσκονται σε σύμπτυξη. Αν η υπόθεση ισχύει τότε ενεργοποιείται με **SET** η έξοδος **O0.0** που ενεργοποιεί την **VALVE A** ώστε ο κύλινδρος **A** να εκταθεί και αυξάνουμε κατά μία μονάδα τον **CW0**.

Στην δεύτερη υπόθεση του **STEP** ελέγχουμε τον **CW0** αν έχει την τιμή **V2** και αν είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **A1** - είσοδος **I0.2** που δηλώνει την έκταση του κυλίνδρου **A**. Αν η υπόθεση ισχύει τότε ενεργοποιείται με **SET** η έξοδος **O0.1** που ενεργοποιεί την **VALVE B** ώστε να εκταθεί ο κύλινδρος **B** και αυξάνουμε κατά μία μονάδα τον **CW0**.

Στην τρίτη υπόθεση του **STEP** ελέγχουμε τον **CW0** αν έχει την τιμή **V3** και αν είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **B1** - είσοδος **I0.4** που δηλώνει ότι ο κύλινδρος **B** έχει εκταθεί. Αν η υπόθεση ισχύει τότε απενεργοποίηση με **RESET** η έξοδος **O0.1** που απενεργοποιεί τη **VALVE B** ώστε ο κύλινδρος **B** να συμπτυχθεί και αυξάνουμε κατά μία μονάδα τη τιμή του **CW0**.

Στην τέταρτη υπόθεση ελέγχουμε αν ο **CW0** έχει τιμή **V4** και αν είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **B0** - είσοδος **I0.3** που δηλώνει ότι ο κύλινδρος **B** έχει συμπτυχθεί. Αν η υπόθεση ισχύει τότε απενεργοποιεί με **RESET** την έξοδος **O0.0** που απενεργοποιεί την **VALVE A** ώστε ο κύλινδρος **A** να συμπτυχθεί ενώ αυξάνετε κατά μια μονάδα ο **CW0**.

Στην πέμπτη υπόθεση ελέγχουμε αν το **CW0** έχει την τιμή **V5** και αν είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **A0** - είσοδος **I0.1** που δηλώνει ότι ο κύλινδρος **A** έχει συμπτυχθεί. Αν η υπόθεση ισχύει τότε ενεργοποιείται με **SET** την έξοδος **O0.2** που ενεργοποιεί τη **VALVE C** ώστε να εκταθεί του κυλίνδρου **C** ενώ αυξάνεται κατά μία μονάδα ο **CW0**.

Στην έκτη υπόθεση του **STEP** αν το **CW0** έχει την τιμή **V6** και είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **C1** - είσοδος **I0.6** που δηλώνει ότι ο κύλινδρος **C** έχει εκταθεί τότε απενεργοποιείται με **RESET** η έξοδος **O0.2** που συνδέετε με την **VALVE C** ώστε να συμπτυχθεί ο κύλινδρος **C** ενώ αυξάνεται κατά μια μονάδα ο **CW0**.

Στην έβδομη υπόθεση ελέγχουμε αν το **CW0** έχει την τιμή **V7** και αν είναι ενεργοποιημένος ο οριακός διακόπτης **C0** - είσοδος **I0.5** που δηλώνει ότι έχει συμπτυχθεί ο κύλινδρος **C**. Αν η υπόθεση ισχύει τότε με την φορτώνουμε με **LOAD TO** στο **CW0** την αρχική τιμή **V1** ώστε το πρόγραμμα να είναι έτοιμο για νέο κύκλο εκτέλεσης εργασίας. Στο τέλος του προγράμματος τοποθετείται η εντολή **PSE**.

Στην συνέχεια παρατίθενται οι λίστες θέσεων και ο κώδικας του προγράμματος

Λίστα θέσεων - Allocation List		
O0.0	VALVE A	Βαλβίδα A
O0.1	VALVE B	Βαλβίδα B
O0.2	VALVE C	Βαλβίδα C
I0.0	START	Κουμπί εκκίνησης
I0.1	A0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου A
I0.2	A1	Έκταση Κυλίνδρου A
I0.3	B0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου B
I0.4	B1	Έκταση Κυλίνδρου B
I0.5	C 0	Σύμπτυξη Κυλίνδρου C
I0.6	C 1	Έκταση Κυλίνδρου C

Πρόγραμμα διεργασίας – μέρος 1				
0001	STEP	INITIAL		
0002	IF			NOP
0003	THEN	LOAD		V1
0004		TO		CW0
0005	STEP	Program		
0006	IF		(	CW0
0007		=		V1 )
0008		AND		I0.0
0009		AND		I0.1
0010		AND		I0.3
0011		AND		I0.5
0012	THEN	SET		O0.0
0013		INC		CW0
0014	IF		(	CW0
0015		=		V2 )
0016		AND		I0.2
0017	THEN	SET		O0.1
0018		INC		CW0
0019	IF		(	CW0
0020		=		V3 )
0021		AND		I0.4
0022	THEN	RESET		O0.1
0023		INC		CW0
0024	IF		(	CW0
0025		=		V4 )
0026		AND		I0.3
0027	THEN	RESET		O0.0
0028		INC		CW0

Πρόγραμμα διεργασίας – μέρος 2				
0029	IF		(	CW0
0030		=		V5 )
0031		AND		I0.1
0032	THEN	SET		O0.2
0033		INC		CW0
0034	IF		(	CW0
0035		=		V6 )
0036		AND		I0.6
0037	THEN	RESET		O0.2
0038		INC		CW0
0039	IF		(	CW0
0040		=		V7 )
0041		AND		I0.5
0042	THEN	LOAD		V1
0043		TO		CW0
0044		PSE		

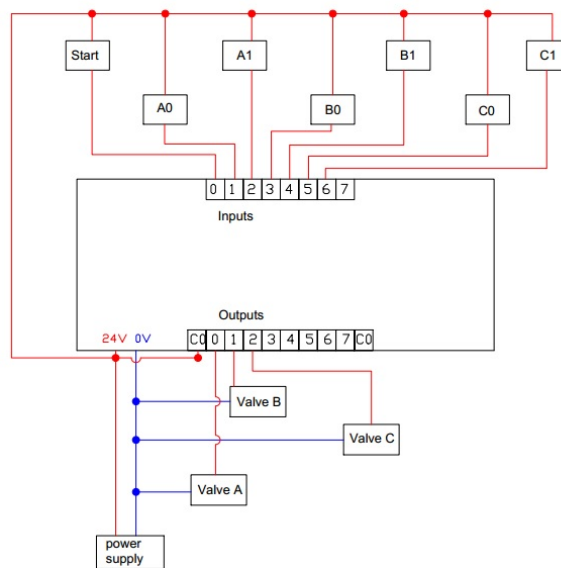
## Μεταφορά του προγράμματος στο P.L.C

Η μεταφορά του προγράμματος στο P.L.C γίνεται με τον προγραμματιστή διαμέσου της σειριακής θήρας επικοινωνίας με κατάλληλες εντολές που δημιουργούνται από τον editor fst202c.

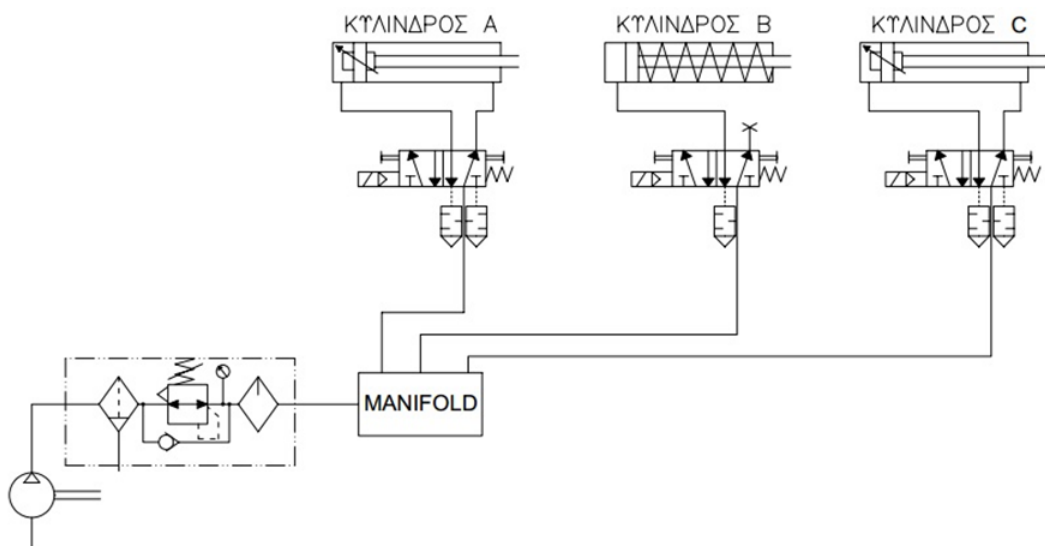
Η εκτέλεση του προγράμματος γίνεται είτε μέσω του editor είτε μέσω του πληκτρολογίου που είναι πάνω στο P.L.C.

Στο πρόγραμμα της STL με την χρήση του editor fst202c η δεξιά στήλη περιέχει το σχόλιο που αντιστοιχεί στο αντίστοιχο operand όπως αυτό έχει δηλωθεί στην allocation list.

Ακολούθως παρουσιάζεται σε απλή μορφή το ηλεκτρικό κύκλωμα καθώς και το πνευματικό διάγραμμα της εφαρμογής



8.2 Ηλεκτρικό κύκλωμα εφαρμογής



8.3 Πνευματικό διάγραμμα εφαρμογής



## Hardware εφαρμογής

Τα στοιχεία που μπορούν να υλοποιήσουν την εφαρμογή είναι τα εξής

### Πνευματικά στοιχεία



- **Αεροσυμπιεστής**  
Ο αεροσυμπιεστής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι εμβολοφόρος και ο τύπος του είναι JUN-AIR 6-25.
- **Φίλτρο – Ρυθμιστής Πίεσης- Λιπαντήρας**  
Ο τύπος του φίλτρου-λιπαντήρα της FESTO είναι FRC-1/4-D Midi.
- **Διανομέας (Manifold)**  
Ο διανομέας είναι τύπου FESTO FR-8-1/8.
- **Βαλβίδες κυλίνδρου απλής και διπλής ενέργειας**  
Πρόκειται για βαλβίδα τύπου MFH-5-3.3 και βαλβίδα τύπου MFH-5-PK-3 με ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά, ως προς τις πιέσεις λειτουργίας, με την βαλβίδα του κυλίνδρου απλής ενέργειας.
- **Πηνία κυλίνδρων απλής και διπλής ενέργειας**  
Είναι του ίδιου τύπου MSFG-24.
- **Λυχνία ένδειξης κατάστασης**  
Τύπου MFL-24
- **Κύλινδρος απλής και διπλής ενέργειας**  
Είναι τύπου ESN-25-50 και τύπου DSN-25-100 με τις ίδιες πιέσεις λειτουργίας αλλά με διπλάσια διαδρομή βάρκρου.

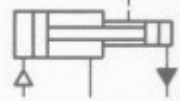
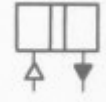
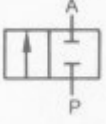
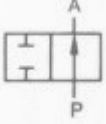
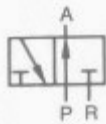
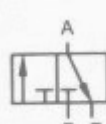
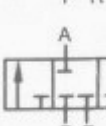
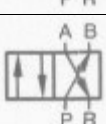
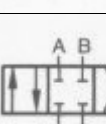
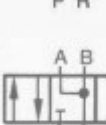
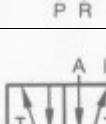
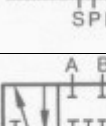

### Ηλεκτρικά Στοιχεία

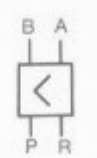


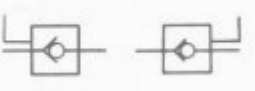
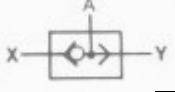

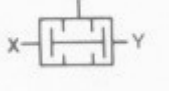
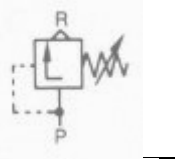
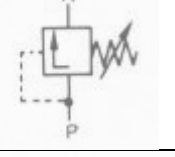
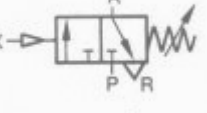
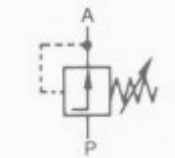
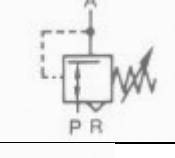



- **Επαγωγικό αισθητήριο πλήρης έκτασης εμβόλου**  
Είναι της FESTO DIDACTIC 011094.
- **Επαγωγικά αισθητήρια σύμπτυξης εμβόλου**  
Είναι της FESTO SME-1-LED-24. Όταν χρησιμοποιηθεί αισθητήριο που ενεργοποιείται με την επαφή της κεφαλή του βάρκρου και ο τύπος του είναι FESTO ER-318.
- **Panel εκκίνησης**  
Είναι της FESTO DIDACTIC 011088.
- **Μονάδα ελέγχου PLC**  
Το PLC είναι το E.SSG FESTO ELECTRONIC με 16 εισόδους και 16 εξόδους ενώ τροφοδοτείται με 24V DC. Την τροφοδοσία του PLC παρέχει τροφοδοτικό τύπου BIONIK 220V AC, 24V/3A DC.


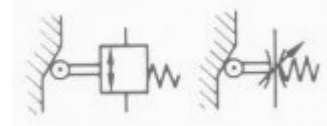





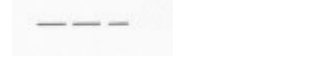

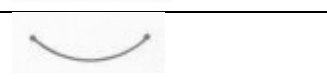


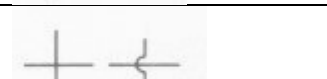

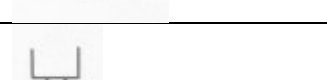
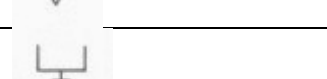
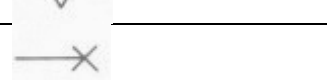
## Παράρτημα

Σύμβολα που χρησιμοποιούνται στα πνευματικά (DIN/ISO 1219)

Σύμβολο	Περιγραφή
	Αεροσυμπιεστής αέρα
	Αντλία κενού
	Περιστρεφόμενος κινητήρας αέρα μίας διεύθυνσης σταθερού αριθμού στροφών
	Περιστρεφόμενος κινητήρας αέρα δύο διευθύνσεων σταθερού αριθμού στροφών
	Περιστρεφόμενος κινητήρας αέρα μίας διεύθυνσης μεταβλητού αριθμού στροφών
	Περιστρεφόμενος κινητήρας αέρα δύο διευθύνσεων μεταβλητού αριθμού στροφών
	Ταλαντευόμενος περιστροφικός κινητήρας
	Κύλινδρος απλής ενέργειας χωρίς ελατήριο
	Κύλινδρος απλής ενέργειας με ελατήριο επαναφοράς
	Κύλινδρος διπλής ενέργειας
	Κύλινδρος διπλής ενέργειας με διπλό βάκτρο
	Διαφορικός κύλινδρος διπλής ενέργειας
	Κύλινδρος διπλής ενέργειας με ρυθμιζόμενη διάταξη επιβράδυνσης
	Τηλεσκοπικός κύλινδρος απλής ενέργειας
	Τηλεσκοπικός κύλινδρος διπλής ενέργειας
	Πολλαπλασιαστής πίεσης αέρος-αέρος

	Πολλαπλασιαστής πίεσης αέρος-λαδιού
	Μετατροπέας μέσου πίεσης
	Βαλβίδα 2/2 κανονικά ανοικτή
	Βαλβίδα 2/2 κανονικά κλειστή
	Βαλβίδα 3/2 κανονικά ανοικτή
	Βαλβίδα 3/2 κανονικά κλειστή
	Βαλβίδα 3/3 μεσαία θέση κλειστή
	Βαλβίδα 4/2
	Βαλβίδα 4/3 μεσαία θέση κλειστή
	Βαλβίδα 4/3. Στη μεσαία θέση συνδέει τους κλάδους εργασίας A και B με το R
	Βαλβίδα 5/2
	Βαλβίδα 5/3 μεσαία θέση κλειστή
	Βαλβίδα διεύθυνσης ροής με άπειρο αριθμό ενδιάμεσων θέσεων και με δύο τελικές θέσεις

	Απλή αναπαράσταση βαλβίδας διεύθυνσης ροής με 4 συνδέσεις
	Βαλβίδα αντεπιστροφής
	Βαλβίδα αντεπιστροφής με ελατήριο
	Βαλβίδα αντεπιστροφής με πιλότο
	Βαλβίδα OR
	Βαλβίδα ταχείας εκτόνωσης
	Βαλβίδα δύο πιέσεων (AND)
	Βαλβίδα ασφάλειας πίεσης ρυθμιζόμενη
	Βαλβίδα πίεσης διαδοχικής δράσης ρυθμιζόμενη
	Βαλβίδα διαδοχικής δράσης με εκτόνωση (λειτουργία 3/2) ρυθμιζόμενη
	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης ρυθμιζόμενης (χωρίς διαπνοή)
	Βαλβίδα ελέγχου πίεσης ρυθμιζόμενης (με διαπνοή)
	Βαλβίδα στραγγαλισμού σταθερή
	Βαλβίδα διαφράγματος σταθερή
	Βαλβίδα στραγγαλισμού ρυθμιζόμενη

	Βαλβίδα στραγγαλισμού ρυθμιζόμενη με χειροκίνητη ενεργοποίηση
	Βαλβίδα στραγγαλισμού ρυθμιζόμενη με μηχανική ενεργοποίηση
	Βάνα
	Βαλβίδα στραγγαλισμού ρυθμιζόμενη με ενσωματωμένη αντεπιστροφή
	Βαλβίδα στραγγαλισμού διαφραγματικού τύπου ρυθμιζόμενη με ενσωματωμένη αντεπιστροφή
	Πηγή πίεσης
	Γραμμή ενέργειας
	Γραμμή ελέγχου
	Γραμμή εκτόνωσης
	Εύκαμπτος αγωγός
	Γραμμή ηλεκτρική
	Ένωση γραμμών
	Διασταύρωση γραμμών
	Σημείο εκτόνωσης
	Σημείο εκτόνωσης χωρίς σύνδεση
	Σημείο εκτόνωσης με σύνδεση
	Σημείο πίεσης σφραγισμένο

## Βιβλιογραφία

- **Ίδρυμα Ευγενίδου - Κλιματισμός**
  - [EK01] Σύνθεση του αέρα
  - [EK02] Ιδιότητες του αέρα
- **Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί - ΣΤΕΦ Ηλεκτρονικής Α.Τ.Ε.Ι.Θ**
  - [BA01] Εξήγηση φυσικών στοιχείων
  - [BA02] Διαδικασίες μεταβολής του αέρα
  - [BA03] Βασικές έννοιες πνευματικών συστημάτων
  - [BA04] Παραγωγή και διανομή πεπιεσμένου αέρα
  - [BA05] Βαλβίδες
  - [BA06] Κιβώτια θέσης
  - [BA07] Τρόποι ενεργοποίησης βαλβίδων, Χειροκίνητος - Μηχανικός έλεγχος
- **Festo – Εισαγωγή στα πνευματικά**
  - [ΕΠ01] Εγκατάσταση παραγωγή
  - [ΕΠ02] Τύποι αεροσυμπιεστών
  - [ΕΠ03] Εμβολοφόροι συμπιεστές
  - [ΕΠ04] Αεροσυμπιεστής με διάφραγμα
  - [ΕΠ05] Περιστροφικός εμβολοφόρος αεροσυμπιεστής
  - [ΕΠ06] Πτερυγιοφόρος συμπιεστής
  - [ΕΠ07] Κοχλιωτός αεροσυμπιεστής
  - [ΕΠ08] Αεροσυμπιεστής με λοβούς
  - [ΕΠ09] Αεροσυμπιεστής ροής
  - [ΕΠ10] Διανομή πιεσμένου αέρα
  - [ΕΠ11] Διαστάσεις σωληνώσεων
  - [ΕΠ12] Εγκατάσταση σωληνογραμμών
  - [ΕΠ13] Υλικό σωληνογραμμών
  - [ΕΠ14] Κύλινδρος απλής ενέργειας
  - [ΕΠ15] Κύλινδρος διπλής ενέργειας
  - [ΕΠ16] Κύλινδρος ειδικής κατασκευής με βάκτρο και προς τις δύο πλευρές
  - [ΕΠ17] Κύλινδρος Tandem
  - [ΕΠ18] Κύλινδρος με διάφραγμα
- **ΕΜΠ ΔΕ - Έλεγχος κινήσεων στα πνευματικά συστήματα**
  - [ΕΚΠΣ01] Εισαγωγή στα πνευματικά συστήματα
  - [ΕΚΠΣ02] Ανάλυση πνευματικών κυκλωμάτων
  - [ΕΚΠΣ03] Πνευματικοί κύλινδροι
  - [ΕΚΠΣ04] Εισαγωγή στον πνευματικό έλεγχο
  - [ΕΚΠΣ05] Ορισμός προβλήματος
  - [ΕΚΠΣ06] Στοιχεία εργασίας
  - [ΕΚΠΣ07] Καθορισμός ακολουθίας λειτουργίας
  - [ΕΚΠΣ08] Διάγραμμα κυκλώματος
  - [ΕΚΠΣ09] Αυτοματισμός με πνευματικά στοιχεία
  - [ΕΚΠΣ10] Σχεδίαση πνευματικών κυκλωμάτων
  - [ΕΚΠΣ11] Λογικές λειτουργίες
  - [ΕΚΠΣ12] Βηματικό διάγραμμα
  - [ΕΚΠΣ13] Ηλεκτροπνευματικός έλεγχος
  - [ΕΚΠΣ14] Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές, hardware, σήματα, software, αισθητήρες
  - [ΕΚΠΣ15] Ενεργοποιητές
  - [ΕΚΠΣ16] Προγραμματιστής
  - [ΕΚΠΣ17] P.L.C διευθύνσεις
  - [ΕΚΠΣ18] Operands, Flags

[ΕΚΠΣ19] Βασικά τμήματα PLC, μονάδα ελέγχου, Bus, μνήμες, I/O  
[ΕΚΠΣ20] Προγραμματισμός PLC  
[ΕΚΠΣ21] Μετάβαση στον ελεγκτή  
[ΕΚΠΣ22] Γλώσσα STL  
[ΕΚΠΣ23] Εντολές STEP, IF THEN, NOP, JUMP, OTHRW  
[ΕΚΠΣ24] Εντολές PSE, INC, DEC  
[ΕΚΠΣ25] Παραδείγματα STL  
[ΕΚΠΣ26] Παραδείγματα Εφαρμογής

- ✓ Υδραυλικά και Πνευματικά συστήματα, Θ.Ν. Κωστόπουλος, εκδόσεις Συμεών
- ✓ Υδραυλικά - πνευματικά συστήματα. Εφαρμογές, Αθανάσιος Τ. Ρούτουλας, Σύγχρονη Εκδοτική
- ✓ Hydraulic and Pneumatic: A technician's and engineer's guide Second edition, Andrew Parr
- ✓ Introduction to Pneumatics and Pneumatic Circuit Problems, John R. Groot,
- ✓ Pneumatic Drives, System Design, Modeling and Control, Peter Beater, Springer
- ✓ Αυτοματισμός με προγραμματιζόμενους ελεγκτές, Σταύρου Ρουμπή SIEMENS A.E
- ✓ Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές, FESTO DIDACTIC
- ✓ Έλεγχος Πνευματικών Συστημάτων με χρήση Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών (P.L.C), Διπλωματική εργασία Κοκκοτός Ανδρέας - Κουράκος Νικόλαος
- ✓ Pneumatics. Theory and Application, BOSCH Automation
- ✓ [www.festo.com](http://www.festo.com)
- ✓ [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)
- ✓ [www.junair.com](http://www.junair.com)
- ✓ [www.norgren.com](http://www.norgren.com)
- ✓ [www.webopedia.com](http://www.webopedia.com)
- ✓ <http://www.mindman-hellas.com>
- ✓ <http://www.camozzi.com/>
- ✓ <http://www.westgroup.co.uk>