

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Μεταπτυχιακό Τμήμα Σπουδών**

«Μηχανικών Η/Υ και Συστημάτων – Ευφυή Συστήματα &  
IoT»



**Προσομοίωση βιομηχανικού σεναρίου μέσω  
Labview, βασισμένο στον σταθμό εργασίας  
Festo Compact Workstation®**

*Μεταπτυχιακή Εργασία*

---

**ΧΟΝΔΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΒΛΑΣΙΟΣ**

*ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:*

*Δρ. ΞΕΝΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ*

*Λάρισα 2019*

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια ανάπτυξης μιας προσομοίωσης ενός σταθμού εργασίας της Festo ικανής να παράγει τιμές για την θερμοκρασία την στάθμη και την ροή του νερού στις δυο δεξαμενές που περιλαμβάνει το σύστημα. Πρακτικά το μοντέλο αυτό έχει σκοπό να εξάγει όσο τον δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα με στόχο την δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για το κάθε στάδιο της προσομοίωσης. Η διαδικασία που ακολουθείται καθώς και τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται αναλύονται εκτενώς στα αντίστοιχα κεφάλαια της εργασίας αυτής. Τα προγράμματα που μας απασχόλησαν διαδοχικά είναι το LabView και το Do-more Designer.

Αρχικά δημιουργήθηκε το γραφικό περιβάλλον που θα αναπαραστήσει τον σταθμό εργασίας. Τοποθετήθηκαν όσο το δυνατόν πιο κοντά στο πραγματικό σύστημα τα εξαρτήματα που αποτελούν τον σταθμό εργασίας. Οι πιο αξιόπιστες πηγές ήταν το εγχειρίδιο χρήσης που περιλαμβάνονταν μαζί με τον σταθμό εργασίας. Η διαδικασία ξεκινά με την παραμετροποίηση και εν τέλει την τροφοδοσία του συστήματος με δεδομένα εισόδου, όπως είναι η ροή καθώς και η εκκίνηση της αντλίας του νερού του συστήματος. Από την πρώτη στιγμή κιάλας καταγράφονται οι πρώτες τιμές των δεδομένων.

Για να καταστεί εφικτή η λειτουργία της προσομοίωσης στο πρόγραμμα LabView πρέπει να γίνουν οι αντίστοιχες συνδεσμολογίες στον πίνακα διαγραμμάτων μπλοκ (block diagram) όπου μας επιτρέπουν την παραμετροποίηση των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση του σταθμού εργασίας. Χρησιμοποιήσουμε μαθηματικές εξισώσεις για να λάβουμε δεδομένα για την κάθε τιμή του συστήματος καθώς και επιπλέον διασυνδέσεις για την εξαγωγή τους.

Αντίστοιχα στο πρόγραμμα Do-more Designer, δημιουργήσαμε ένα διάγραμμα Ladder το οποίο μας επιτρέπει να εκτελέσουμε σε πραγματικό χρόνο και να δούμε την συμπεριφορά του PLC κατά την διάρκεια των διαφόρων σταδίων της προσομοίωσης.

Αυτό που επιδιώκεται στην εργασία αυτή είναι να εξαχθούν ορισμένα δεδομένα – συμπεράσματα για το κάθε στάδιο της προσομοίωσης τους σταθμού εργασίας. Ο στόχος είναι να δώσει ένα ευρύ φάσμα τιμών για την θερμοκρασία την ροή και την στάθμη του συστήματος. Συνεπώς η εργασία αυτή παρουσιάζει μια προσομοίωση ενός πραγματικού συστήματος με σωληνοειδή διατάξεις, δεξαμενών και αντλιών που αντικατοπτρίζουν πραγματικές εφαρμογές τους στην βιομηχανία.

## ***Abstract***

This work attempts to develop a simulation of a Festo workstation capable of generating values for the temperature level and water flow in the two reservoirs of the system. Practically this model aims to extract the best possible results in order to create a database for each stage of the simulation. The procedure followed as well as the programs used are extensively analyzed in the corresponding chapters of this paper. The programs that have been successive to us are LabView and Do-more Designer.

The graphical environment that will represent the workstation was originally created. The components that make up the workstation are placed as near as possible to the actual system. The most reliable sources were the user manual included with the workstation. The process starts with parameterization and finally feeding the system with input data, such as flow and startup of the system water pump. From the very first moment, the first data values are recorded.

In order to make the LabView simulation work, the corresponding connections in the block diagram table allow us to configure the components used to simulate the workstation. We use mathematical equations to get data for each system value and extra interfaces to export them.

Similarly, to Do-more Designer, we've created a Ladder diagram that allows us to run in real time and see the behavior of the PLC during the various stages of the simulation.

What is being sought in this work is to extract some data - conclusions about each stage of the workstation simulation. The goal is to give a wide range of values for the flow temperature and system level. Therefore, this work presents a simulation of a real system with tubular devices, tanks and pumps that reflect their real applications in industry.

## **Ευχαριστίες**

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή Απόστολο Ξενάκη, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου καθώς και τον συνάδερφό μου Εμμανουήλ Λελεκάνο για την βοήθεια και την στήριξη που μου προσέφερε. Δε θα μπορούσα να παραλείψω τα άτομα του φιλικού μου περιβάλλοντος, που όλο αυτό το διάστημα, ήταν δίπλα μου αδιαμαρτύρητα, δίνοντάς μου δύναμη.*

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κεφαλαίο 1 <sup>ο</sup> : Εισαγωγή .....	1
1.1 Σκοπός της εργασίας .....	1
2.1 Δομή της εργασίας .....	1
Κεφαλαίο 2 <sup>ο</sup> : Συστήματα αυτοματου ελεγχου.....	3
2.1 Ιστορική αναδρομή .....	3
2.2 Αυτοματισμοί στην βιομηχανία .....	7
2.3 Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές & PID ελεγκτές.....	10
2.4 Συστήματα κλειστού & ανοιχτού βρόγχου .....	15
2.5 Σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού.....	22
Κεφαλαίο 3 <sup>ο</sup> : Σταθμός εργασίας Festo .....	26
3.1 Σταθμός εργασίας Festo .....	26
3.2 Τεχνικές πληροφορίες .....	29
3.3 Λειτουργικά στοιχεία .....	68
3.4 Εφαρμογές .....	87
Κεφαλαίο 4 <sup>ο</sup> : Μοντέλο συστήματος.....	97
4.1 Μοντέλο συστήματος.....	97
4.2 Προσομοίωση συστήματος σε LabView .....	100
4.3 Εξομοίωση PLC - Domore Designer.....	119
Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> : Πειραματικά αποτελέσματα .....	132
5.1 Βιομηχανικό σενάριο .....	132
5.2 Βάση δεδομένων .....	141
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> : Συμπεράσματα .....	144
Πηγές και Βιβλιογραφία .....	145

*Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα κενή.*

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην εργασία αυτή επιδιώξαμε να δημιουργήσουμε μια ολοκληρωμένη, συγκροτημένη και αυτοματοποιημένη προσομοίωση του σταθμού εργασίας Festo (Festo Compact WorkStation). Με την εξομοίωση αυτή μπορούν να εξαχθούν πολύτιμα δεδομένα βάση του εκάστοτε βήματος του σεναρίου που χρησιμοποιείται. Κατασκευάζεται μια προσομοίωση του σταθμού εργασίας με την χρήση του προγράμματος LabView, επίσης προσομοιώνεται και η λειτουργία του PLC μέσω εκτέλεσης διαγραμμάτων Ladder στο πρόγραμμα Do-more Designer. Ουσιαστικά γίνεται ανάπτυξη ενός γραφικού περιβάλλοντος όπου φαίνεται σε πραγματικό χρόνο η ροή η στάθμη και η θερμοκρασία του νερού στις δυο δεξαμενές που περιλαμβάνει ο σταθμός εργασίας.

Κύριος στόχος είναι η εξαγωγή όσο το δυνατόν καλύτερων αποτελεσμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση των τιμών που συγκεντρώνονται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας που περιγράφεται.

Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν είναι όπως προαναφέρθηκαν το LabView και το Do-more Designer. Το πρώτο πρόγραμμα έχει την δυνατότητα δημιουργίας τόσο ενός γραφικού περιβάλλοντος όσο και ενός προγραμματιστικού ταυτόχρονα με δυνατότητα εκτέλεσης πραγματικού χρόνου. Ανάλογα με τις παραμέτρους που μας δίνονται βάση του σεναρίου προσομοίωσης μπορούν να επέμβουμε στα δεδομένα εισόδου του συστήματος και συνεπώς να λάβουμε διαφορετικά δεδομένα εξόδου.

Στο δεύτερο κύριο πρόγραμμα, το Do-more Designer, δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα ladder που μας επιτρέπει την εικονική εκτέλεση του PLC με σκοπό την εκτέλεση σε πραγματικό χρόνο εντολών και αλλαγών καταστάσεων των εισόδων και εξόδων του PLC. Η εργασία αυτή μπορεί να αποτελέσει μια πηγή δεδομένων για εκτέλεση διαφόρων σεναρίων με σκοπό την απόκτηση δεδομένων για το καθένα. Επιπλέον, στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση ενός IOT συστήματος.

## 2.1 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο εισαγωγικό αυτό κεφάλαιο δίνονται ορισμένα στοιχεία στον αναγνώστη για την εργασία που πρόκειται να μελετήσει στην συνέχεια. Στο τμήμα αυτό της εργασίας αναφέρονται τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται καθώς και ο στόχος που έχει η παρούσα εργασία. Ο αναγνώστης δεν είναι υποχρεωμένος να γνωρίζει πληροφορίες επί του θέματος και τον τρόπο δημιουργίας του τελικού προγράμματος και τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Η εργασία είναι δομημένη κατά αυτόν τον τρόπο ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να κατατοπιστεί και να ενημερωθεί για το θέμα με τη λογική αλληλουχία γνώσεων. Στο τέλος ο αναγνώστης θα έχει αντιληφθεί

επαρκώς τον τρόπο δημιουργίας και λειτουργίας του προγράμματος που τελικά χρησιμοποιείται καθώς και των αποτελεσμάτων που εξάγονται.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται σε θέματα που αφορούν τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου. Γίνεται ιστορική αναδρομή των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου καθώς εξελισσόταν όλα αυτά τα χρόνια. Με το κεφάλαιο αυτό ο αναγνώστης καταλαβαίνει όλες τις έννοιες που καθορίζουν τα συστήματα αυτά και οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια της εργασίας. Τα συστήματα περιγράφονται θεωρητικά και από το κεφάλαιο αυτό μπορούμε να επιλέξουμε τις έννοιες που χρειάζεται να λάβουμε υπόψη μας για τη μελέτη της εργασίας.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται ο σταθμός εργασίας Festo. Γίνεται παρουσίαση και περιγραφή των εξαρτημάτων που συνθέτουν τον σταθμό εργασίας και παραθέτονται όλες οι τεχνικές πληροφορίες που αφορούν το κάθε εξάρτημα ξεχωριστά. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται επίσης αναφορά στα λειτουργικά στοιχεία του σταθμού εργασίας και πώς μπορούν το καθένα να χρησιμοποιηθούν. Τέλος περιγράφεται με παραδείγματα η εφαρμογή στο σύνολο ή και σαν μονάδες των εξαρτημάτων, στην βιομηχανία με πραγματικά παραδείγματα.

Στο επόμενο κεφάλαιο, το τέταρτο κεφάλαιο, βρίσκεται το μοντέλο του συστήματος όπου περιγράφει σχηματικά το σύστημα, τα στάδια του, καθώς και τις εισόδους και εξόδους του. Αρχικά περιγράφεται η δημιουργία προσομοίωσης του σταθμού εργασίας στο πρόγραμμα LabView και επεξηγούνται οι διασυνδέσεις μεταξύ των κάθε στοιχείων του σταθμού, με σκοπό την απόκτηση δεδομένων για την θερμοκρασία, την ροή και την στάθμη. Σε αυτό το κεφάλαιο επίσης αναφέρονται τα διαγράμματα Ladder που δημιουργήθηκαν για την προσομοίωση του PLC μέσω του προγράμματος Do-More Designer και παραθέτονται εικόνες κατά την λειτουργία του εικονικού PLC. Και στα δυο προγράμματα υπάρχουν αναλυτικά όλα τα μηνύματα που φαίνονται κατά την διάρκεια χρήσης του προγράμματος από τον χρήστη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα του αποκτήσαμε κατά την διάρκεια της προσομοίωσης και συγκρίνονται ανάλογα με το στάδιο που λαμβάνονται στο συγκεκριμένο σενάριο που εκτελούμε. Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται γραφική απεικόνιση των τιμών με διαγράμματα καθώς και επεξηγείτε η βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε.

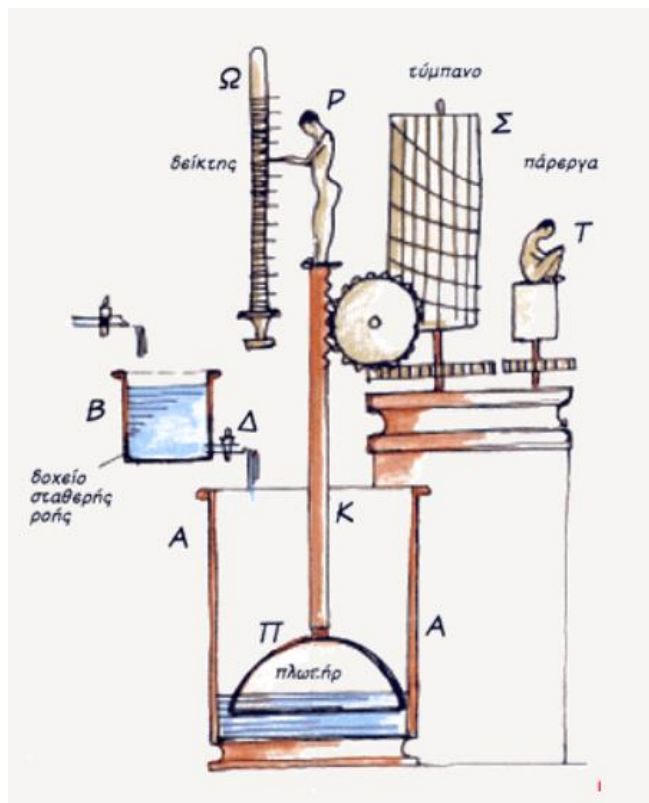
Το έκτο κεφάλαιο και τελευταίο, περικλείει τα συμπεράσματα και τις προσωπικές εκτιμήσεις που βγήκαν από αυτήν την εργασία. Από τα συμπεράσματα θα εκτιμηθεί η αξιοπιστία της προσομοίωσης. Τα συμπεράσματα που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή έχουν προκύψει με βάση τα αποτελέσματα και τις γνώσεις που υπάρχουν στο συγκεκριμένο θέμα. Ωστόσο τα δεδομένα της εργασίας αυτής σε δεύτερο στάδιο θα αξιοποιηθούν σε υλοποίηση ενός IOT συστήματος.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

## 2.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

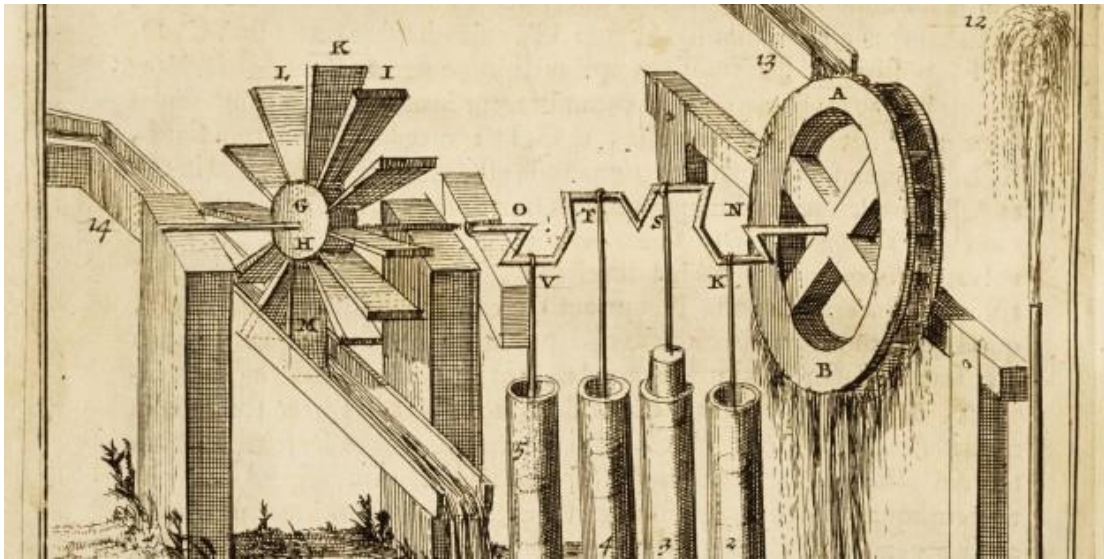
Ιστορικά, τα αυτόματα συστήματα ελέγχου ανατροφοδότησης είναι γνωστά και χρησιμοποιούνται για πάνω από 2000 χρόνια. μερικά από τα πρώτα παραδείγματα είναι τα ρολόγια νερού που περιγράφει ο Βιτρούβιος και αποδίδονται στον Κτεσβίβο (περίπου 270 π.Χ.). Το υδραυλικό ρολόι (Εικόνα 2.1) που επινοήθηκε από τον Κτησίβιο ήταν το πρώτο ρολόι που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί τη νύχτα, ή όταν η ημέρα είναι νεφελώδης. Βασίστηκε στην αρχή της κλεψύδρας και όπως περιγράφεται από τον Βιτρούβιο, είχε τρία συστατικά μέρη: μια δεξαμενή συλλέκτη, μια κλεψύδρα και μια δεξαμενή για να επιπλέει ένας πλωτήρας.



Εικόνα 2.1: Υδραυλικό Ρολόι

Ο μηχανισμός που καταγράφει τη συνεχή αυτόματη μετατόπιση του κλιμακωτού τυμπάνου είναι πιθανώς η εργασία νεότερων εφευρετών. Τρία περίπου χρόνια αργότερα, ο Ήρων της Αλεξάνδρειας περιγράφει μια σειρά αυτομάτων που χρησιμοποίησαν ποικίλους μηχανισμούς ανάδρασης, με τα αυτόματα πνευματικά και υδραυλικά συστήματα (Εικόνα 2.2). Αναλυτικότερα, περιγράφεται η λειτουργία της αιολόσφαιρας (η πρώτη ατμομηχανή). Η λέξη "feedback" είναι ένας νεολογισμός του 20ου αιώνα που εισήχθη στη δεκαετία του 1920 από ραδιομηχανικούς για να περιγράψει την θετική ανατροφοδότηση του σήματος από την έξοδο ενός ενισχυτή στο

κύκλωμα εισόδου η οποία έχει εισέλθει σε κοινή χρήση στον αγγλόφωνο κόσμο κατά το δεύτερο μισό του αιώνα



Εικόνα 2.2: Πνευματικά – Υδραυλικά Συστήματα

Το ιστορικό αυτόματου ελέγχου διαιρείται εύκολα σε τέσσερις κύριες περιόδους ως εξής:

- ❖ Αρχική Περίοδος: 1900
- ❖ Η προκλασική περίοδος: 1900-1940
- ❖ Η κλασική περίοδος: 1935-1960
- ❖ Σύγχρονος έλεγχος: Μετά το 1955

### **Αρχική Περίοδος: 1900**

Η γνώση των συστημάτων ελέγχου της ελληνικής περιόδου διατηρήθηκε μέσα στον ισλαμικό πολιτισμό που ανακαλύφθηκε εκ νέου στη Δύση προς το τέλος της Αναγέννησης. Νέες εφευρέσεις και εφαρμογές παλαιών αρχών άρχισαν να εμφανίζονται κατά τον 18ο αιώνα - για παράδειγμα, ο Rene-Antoine Ferchault de Reamur (1683-1757) πρότεινε αρκετές αυτόματες συσκευές για τον έλεγχο της θερμοκρασίας των φυτωρίων. Αυτά βασίστηκαν σε μια εφεύρεση του Cornelius Drebbel (1572-1663). Η θερμοκρασία μετρήθηκε με την επέκταση ενός υγρού που συγκρατείται σε ένα δοχείο που συνδέεται με ένα σωλήνα U που περιέχει υδράργυρο. Ένας πλωτήρας στον υδράργυρο χειριζόταν έναν βραχίονα ο οποίος, μέσω μηχανικής σύνδεσης, έλεγχε το βύθισμα σε έναν κλίβανο και συνεπώς τον ρυθμό καύσης και την παροχή θερμότητας.

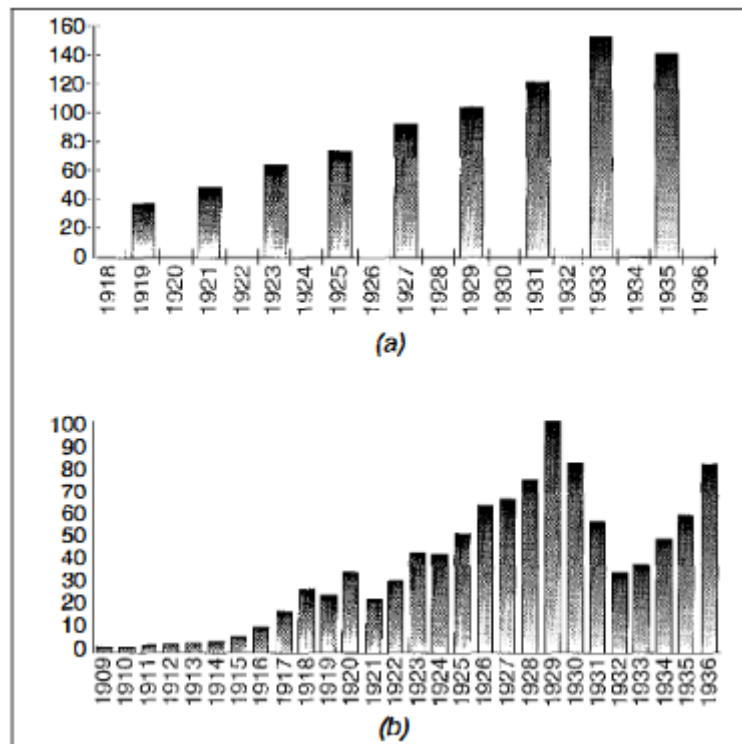
### **Η προκλασική περίοδος: 1900-1940**

Τα πρώτα χρόνια του 20ού αιώνα είδαν την ταχεία και ευρεία εφαρμογή των ελεγκτών ανάδρασης για την τάση, το ρεύμα και τη συρρίκνωση της συχνότητας. Έλεγχος λέβητα για παραγωγή ατμού. Έλεγχος ταχύτητας ηλεκτρικού κινητήρα. πλοήγηση και καθοδήγηση αεροσκαφών και αυτόματα σταθεροποίηση: και θερμοκρασία, πίεση και έλεγχος ροής στις

βιομηχανίες επεξεργασίας. Στα είκοσι χρόνια μεταξύ του 1909 και του 1929, οι πωλήσεις των οργάνων αυξήθηκαν ταχύτατα, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.3.

Η πλειοψηφία των συσκευών που πωλήθηκαν ήταν συσκευές μέτρησης, ένδειξης και καταγραφής, αλλά προς το τέλος της περιόδου οι πωλήσεις των ελεγκτών άρχισαν να αυξάνονται. Το φάσμα των συσκευών που σχεδιάστηκαν, κατασκευάστηκαν και κατασκευάστηκαν ήταν μεγάλες. Ωστόσο, οι περισσότεροι σχεδιάστηκαν χωρίς σαφή κατανόηση της δυναμικής κνήμης του συστήματος που πρόκειται να ελεγχθεί και των συσκευών μέτρησης και ενεργοποίησης που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο.

Η πλειονότητα των αιτήσεων αφορούσε απλή ρύθμιση και σε τέτοιες περιπτώσεις αυτή η έλλειψη κατανόησης δεν ήταν σοβαρό πρόβλημα. Εντούτοις, υπήρχαν μερικοί πολύπλοκοι μηχανισμοί που περιλάμβαναν περίπλοκους νόμους ελέγχου - για παράδειγμα τον αυτόματο μηχανισμό διεύθυνσης του πλοίου Elmer Sperry (1911) ο οποίος ενσωμάτωσε τον έλεγχο PID και την αυτόματη προσαρμογή κέρδους για να αντισταθμίσει τις διαταραχές που προκλήθηκαν όταν άλλαξαν οι συνθήκες στη θάλασσα.



Εικόνα 2.3: Πωλήσεις οργάνων ανά τα έτη

### **Η κλασική περίοδος: 1935-1960**

Κατά την περίοδο 1935-1940, οι πρόοδοι στην κατανόηση της ανάλυσης και του σχεδιασμού του συστήματος ελέγχου έγιναν ανεξάρτητα από διάφορες ομάδες σε διάφορες χώρες. Η πιο γνωστή και επιρροή εργασία προέρχεται από τρεις ομάδες που εργάζονται στις Η.Π.Α. Η

εξέλιξη στην Ευρώπη και στη Ρωσία κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου ακολούθησε μια κάπως διαφορετική πορεία που προέρχεται από το έργο του Vyschnegradsky στη Ρωσία και στη συνέχεια το έργο του Barkhausen στη Γερμανία, ακολουθούμενη από εξελίξεις που οφείλονται στους Cremer, Leonhard και Mikhailov.

Η AT&T συνέχισε με τις προσπάθειές της να βρει τρόπους επέκτασης του εύρους ζώνης των συστημάτων επικοινωνίας της και με την απόκτηση καλών χαρακτηριστικών απόκρισης συχνότητας. Το ιδεώδες που έβρισκαν ήταν ένα σταθερό κέρδος σε ένα ευρύ εύρος ζώνης με μια απότομη αποκοπή και με μια μικρή υστέρηση φάσης. Οι μηχανικοί των Bell Telephone Laboratories εργάστηκαν εκτενώς για αυτό το πρόβλημα, αλλά διαπίστωσαν ότι αν πέτυχαν το επιθυμητό χαρακτηριστικό κέρδους τότε η υστέρηση φάσης ήταν πολύ μεγάλη. Το 1940, ο Hendrik Bode, ο οποίος είχε μελετήσει επεκτάσεις στη μέθοδο σχεδιασμού τομέα συχνοτήτων, έδειξε ότι δεν υπάρχει οριστική και καθολική σχέση εξασθένησης και μετατόπισης φάσης για μια φυσική δομή αλλά ότι υπάρχει σχέση μεταξύ ενός δεδομένου χαρακτηριστικού εξασθένησης και του ελάχιστου μετατόπιση φάσης που μπορεί να συσχετιστεί με αυτήν. Στην ίδια εργασία υιοθέτησε το σημείο  $(-1,0)$  ως κρίσιμο σημείο αντί για το σημείο  $(+1,0)$  που χρησιμοποίησε η Nyquist και εισήγαγε την έννοια του κέρδους και των περιθωρίων φάσης και του περιορισμού κέρδους-εύρους ζώνης. Όλες οι λεπτομέρειες του έργου του Bode εμφανίστηκαν το 1945 στο βιβλίο του: Δίκτυο, Ανάλυση και Σχεδίαση Ενισχυτών Ανάδρασης.

### **Σύγχρονος έλεγχος: Μετά το 1955**

Αν και η κατεύθυνση κάποιου μεταπολεμικού έργου επηρεάστηκε από τις ιδέες και τις νέες αντιλήψεις που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του πολέμου, η τροχιά ανάπτυξης, η Alistair J.G. O MacFarlane (1979) υποστηρίζει ότι καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από δύο παράγοντες: πρώτον, το πρόβλημα που οι κυβερνήσεις θεωρούσαν σημαντικό. την εκτόξευση, τον ελιγμό, την καθοδήγηση και την παρακολούθηση των πυραύλων και των διαστημικών οχημάτων · και δεύτερον, από την έλευση του ψηφιακού υπολογιστή. Το πρώτο πρόβλημα ήταν ουσιαστικά ο έλεγχος των βαλλιστικών αντικειμένων και επομένως τα λεπτομερή φυσικά μοντέλα θα μπορούσαν να κατασκευαστούν με διαφορικές εξισώσεις τόσο γραμμικές όσο και μη γραμμικές. Θα μπορούσαν επίσης να αναπτυχθούν και να χρησιμοποιηθούν όργανα μέτρησης και άλλα στοιχεία μεγάλης ακρίβειας και ακρίβειας. Οι μηχανικοί που εργάζονται στις αεροναυπηγικές βιομηχανίες, ακολουθώντας το παράδειγμα που έδωσε ο Poinecare, στράφηκαν στη διατύπωση των γενικών διαφορικών εξισώσεων από την άποψη ενός συνόλου πρώτων ορκωτών εξισώσεων και έτσι άρχισαν την προσέγγιση που έγινε γνωστή ως η προσέγγιση "κρατικού χώρου". Μεταξύ του 1948 και του 1952 ο Richard Bellman, που εργάζεται στο τμήμα μαθηματικών της RAND Corporation, μελέτησε το πρόβλημα του καθορισμού της κατανομής των πυραύλων σε στόχους έτσι ώστε να προκαλέσει τις μέγιστες ζημιές. Αυτό το έργο τον οδήγησε να διαμορφώσει την "αρχή της βέλτιστης" και στον δυναμικό προγραμματισμό.

Η επιλογή του ονόματος ήταν, σύμφωνα με ένα λογαριασμό που δημοσιεύθηκε το 1984, καθοριζόμενη από πολιτική σκοπιμότητα. Η έρευνα υποστηρίχθηκε από την Πολεμική Αεροπορία, αλλά ο τότε Υπουργός Άμυνας είχε μια αποστροφή στη λέξη έρευνα και θεωρήθηκε ότι θα είχε μια ακόμα μεγαλύτερη αποστροφή στη μαθηματική έρευνα, η Δυναμική ήταν και εξακολουθεί να είναι μια λέξη με θετικές υποσχέσεις, και ο προγραμματισμός θεωρήθηκε πιο αποδεκτός από τον προγραμματισμό. (Τα ονόματα είναι σημαντικά και κοιτάζοντας πίσω πάνω από 50 χρόνια, φαίνεται ότι η χρήση της ονοματολογίας του ελέγχου ονομάτων, του αυτόματου

ελέγχου και της μηχανικής συστημάτων δεν έχει επιτύχει για το θέμα μας την αναγνώριση που θα μπορούσε να έχει αναμενεί. μεγαλύτερο βαθμό αναγνώρισης και φαινομενικής κατανόησης.)

Ένας κορυφαίος συνήγορος για τη χρήση του ψηφιακού υπολογιστή στις βιομηχανίες επεξεργασίας ήταν ο Donald P. Eckman, ο οποίος στις αρχές της δεκαετίας του 1950 πείθει αρκετές εταιρείες να υποστηρίξουν ένα ερευνητικό πρόγραμμα που βασίζεται στο Case Institute of Technology, Cleveland, Ohio. Το πρόγραμμα, αρχικά με τίτλο "Αυτοματοποίηση διαδικασιών", μετονομάστηκε σε "Έλεγχος σύνθετων συστημάτων", επειδή ο Eckman θέλησε να διακρίνει τι έκανε από τη δημοφιλή εικόνα αυτοματισμού, δηλαδή τη μηχανοποίηση της κατασκευής και την εκτόπιση της εργασίας. Μέχρι το τέλος της δεκαετίας, ο Eckman τάχτηκε υπέρ της «Μηχανικής Συστημάτων» με την ιδέα ότι ό, τι χρειάζονταν οι μηχανικοί ήταν οι μηχανικοί με «ένα ευρύ υπόβαθρο πέρα από τα συμβατικά όρια της φυσικής μηχανικής και των μαθηματικών επιστημών» και με ικανότητα να αναλύσει αναλυτικά τα προβλήματα, να μειώσει τα φυσικά συστήματα σε ένα κατάλληλο μαθηματικό μοντέλο στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί όλη η δύναμη του μαθηματικού χειρισμού και της ερμηνείας.

## 2.2 ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Η αυτοματοποίηση είναι ο έλεγχος μηχανών και διαδικασιών από ανεξάρτητα συστήματα μέσω της χρήσης διαφόρων τεχνολογιών που βασίζονται σε λογισμικό υπολογιστών ή ρομποτική.

Η βιομηχανία εφαρμόζει αυτοματοποίηση για την αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους εργασίας. Ο βιομηχανικός αυτοματισμός χρησιμοποιεί διάφορες συσκευές βιομηχανικής επικοινωνίας, όπως προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC), προγραμματιζόμενους αυτόματους ελεγκτές (PAC) που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της βιομηχανίας. Στις βιομηχανίες, οι στρατηγικές έλεγχου χρησιμοποιούν ένα σύνολο τεχνολογιών που εφαρμόζονται για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα, καθιστώντας απαραίτητα συστήματα αυτοματισμού στις βιομηχανίες.

Ο βιομηχανικός αυτοματισμός (Εικόνα 2.4) βελτιώνει τον ρυθμό παραγωγής με τον ανώτερο έλεγχο της παραγωγής. Βοηθά στην παραγωγή χύμα, μειώνοντας σημαντικά το χρόνο επεξεργασίας του προϊόντος με καλύτερη ποιότητα. Ως εκ τούτου, μια δεδομένη εισροή εργασίας παράγει ένα μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων .

Η ενσωμάτωση αρκετών διαδικασιών σε μια βιομηχανία με αυτοματοποιημένα μηχανήματα ελαχιστοποιεί τους χρόνους και την προσπάθεια του κύκλου, μειώνοντας την ανάγκη για ανθρώπινη εργασία. Λόγω του βιομηχανικού αυτοματισμού, η επένδυση στους εργαζόμενους έχει εξοικονομηθεί. Έτσι, η επένδυση σε εργαζόμενους εξοικονομείται με βιομηχανικό αυτοματισμό.





*Εικόνα 2.4: Αυτοματισμός στην βιομηχανία κατασκευής αυτοκινήτων*

Δεδομένου ότι η αυτοματοποίηση μειώνει την ανθρώπινη συμμετοχή, εξαλείφεται επίσης η πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος. Λόγω της αυτοματοποίησης, η συνεπής και αξιόπιστη ποιότητα του προϊόντος μπορεί να διατηρηθεί με μεγαλύτερη αυτοματοποίηση, προσαρμόζοντας τον έλεγχο και την παρακολούθηση των βιομηχανικών διαδικασιών σε όλα τα στάδια, από το εργαστήριο έως το βιομηχανικό επίπεδο.

Ο αυτοματισμός μπορεί να μειώσει εντελώς την ανάγκη για χειροκίνητο έλεγχο για διάφορες παραμέτρους διεργασίας. Με τη χρήση τεχνολογιών αυτοματισμού, οι βιομηχανικές διεργασίες ρυθμίζουν αυτόματα τις μεταβλητές διαδικασίας για να ορίσουν τιμές χρησιμοποιώντας τεχνικές ελέγχου κλειστού βρόχου. Η πολυπλοκότητα των λειτουργικών διαδικασιών μειώνεται με τον βιομηχανικό αυτοματισμό. Ο βιομηχανικός αυτοματισμός μειώνει το επίπεδο προσωπικής ασφάλειας αντικαθιστώντας το με αυτοματοποιημένες μηχανές που εργάζονται σε σκληρές συνθήκες.

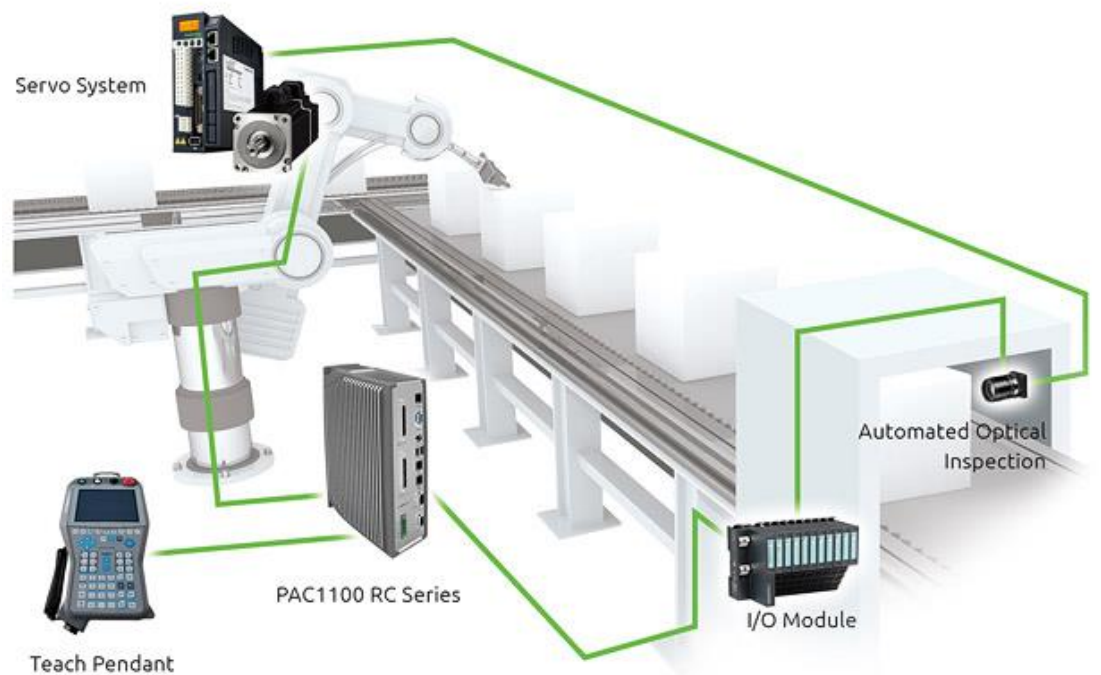
### ***Τύποι συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού:***

#### **➤ Προγραμματιζόμενος Αυτοματισμός**

Ο εξοπλισμός παραγωγής έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να τροποποιήσει την ακολουθία λειτουργιών στις διαφορετικές διαμορφώσεις προϊόντων σε αυτήν την αυτοματοποίηση (Εικόνα 2.5). Η ακολουθία λειτουργίας ελέγχεται από ένα προγραμματισμό, το

οποίο είναι ένα σύνολο κωδικοποιημένων οδηγιών που επιτρέπουν στο σύστημα να τις διαβάσει και να τις ερμηνεύσει.

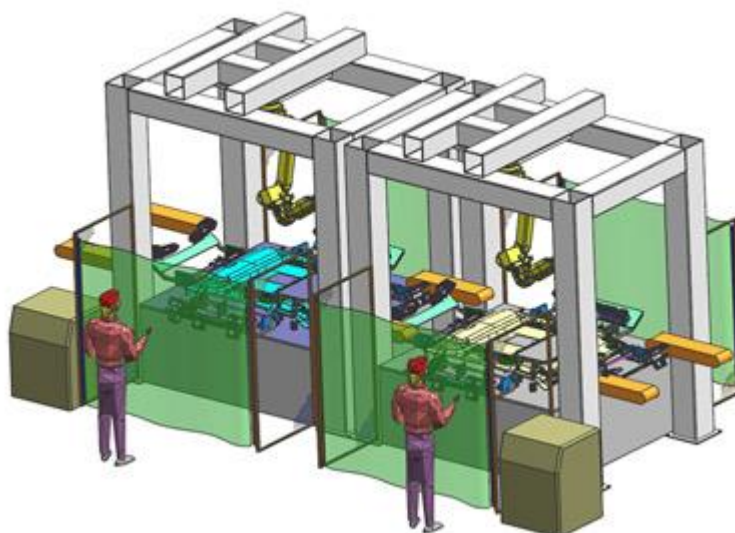
Αυτός ο αυτοματισμός είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για τη διαδικασία παραγωγής κατά παρτίδες, όπου ο όγκος παραγωγής είναι μέτριος έως υψηλός. Είναι δύσκολο να αλλάξετε και να αναγνωρίσετε το σύστημα για ένα νέο προϊόν ή μια σειρά λειτουργιών. Οι αριθμητικά ελεγχόμενες μηχανές, οι βιομηχανίες χάλυβα, οι χαρτοβιομηχανίες και τα βιομηχανικά ρομπότ είναι παραδείγματα προγραμματιζόμενου αυτοματισμού.



Εικόνα 2.5: Προγραμματιζόμενος Αυτοματισμός

### ➤ **Ευέλικτος Αυτοματισμός**

Ένα ευέλικτο ή μαλακό αυτοματοποιημένο σύστημα είναι ένα σύστημα που είναι ικανό να παράγει ένα ευρύ φάσμα προϊόντων χωρίς ουσιαστικά χρόνο για αλλαγές από το ένα προϊόν στο άλλο. Πρόκειται για μια πλήρως προγραμματιζόμενη αυτοματοποίηση. Δεν υπάρχει απώλεια χρόνου παραγωγής κατά τον επαναπρογραμματισμό του συστήματος αυτοματισμού και την αλλαγή της φυσικής παραμέτρου του προϊόντος. Ως αποτέλεσμα, το σύστημα μπορεί να παράγει διαφορετικούς συνδυασμούς και χρονοδιαγράμματα προϊόντων αντί να απαιτεί να κατασκευάζονται σε χωριστές παρτίδες. Παραδείγματα αυτού του συστήματος αυτοματισμού είναι αυτο-καθοδηγούμενα οχήματα, αυτοκίνητα και μηχανές CNC (Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6: Ευέλικτος Αυτοματισμός

## 2.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ & PID ΕΛΕΓΚΤΕΣ

### ➤ **Ελεγκτές PID:**

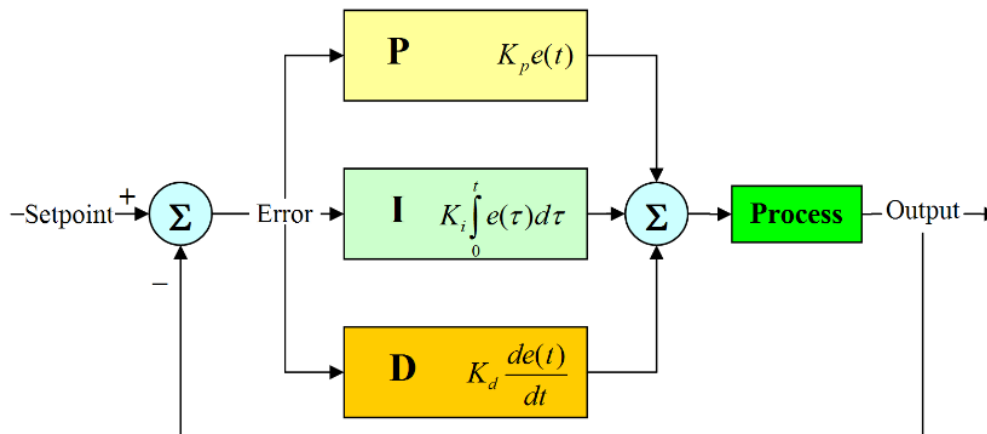
Ένας βρόχος ελέγχου (Εικόνα: 2.7) στοχεύει να πάρει μια διαδικασία σε μια επιθυμητή τιμή (σημείο ρύθμισης). Αυτό μπορεί να είναι τόσο απλό όσο ένας διακόπτης dimmer που συνδέεται με ένα λαμπτήρα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα του ελέγχου «ανοιχτού βρόχου» - όπου ο χειριστής πρέπει να ελέγχει τι συμβαίνει. Ο έλεγχος κλειστού βρόχου παρέχει ανατροφοδότηση στο σύστημα ελέγχου, ώστε οι αλλαγές στη διαδικασία να γίνονται αυτόματα. Συνεχίζοντας το θέμα των λαμπτήρων, αυτό θα απαιτούσε έναν αισθητήρα φωτός να τοποθετηθεί στο βρόχο έτσι ώστε, καθώς ένα δωμάτιο θα κατέστρεφε, το ρεύμα προς το βολβό θα αυξανόταν, ώστε ο λαμπτήρας να γινόταν φωτεινότερος. Το "σημείο ρύθμισης" σε αυτό το παράδειγμα θα είναι το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού στο δωμάτιο.

Ο έλεγχος PID χρησιμοποιείται όταν απαιτούνται μεγαλύτερα επίπεδα ακριβείας στον έλεγχο. Συνδυάζει τρεις όρους ελέγχου για να δώσει μια μόνο έξοδο για να καθοδηγήσει το σημείο ρύθμισης. Η αναλογική ζώνη δίνει μια έξοδο που είναι ανάλογη προς το σφάλμα (τη διαφορά μεταξύ της επιθυμητής τιμής και της πραγματικής τιμής διεργασίας). Ο ελεγκτής συντονίζεται με εύρος αναλογικής ζώνης που στοχεύει στην επίτευξη της τιμής διεργασίας στο σημείο ρύθμισης στο συντομότερο χρονικό διάστημα χωρίς παρατεταμένες ταλαντώσεις γύρω από την επιθυμητή τιμή. Εάν η ζώνη είναι πολύ μεγάλη, η πλήρης ισχύς θα αφαιρεθεί, ενώ εξακολουθεί να υπάρχει μεγάλο σφάλμα και η τιμή ρύθμισης δεν θα επιτευχθεί. Εάν η ζώνη είναι πολύ στενή, η ισχύς θα παραμείνει αναμμένη έως ότου η τιμή της διαδικασίας είναι πολύ κοντά στην επιθυμητή τιμή και θα υπάρξει σημαντική «υπέρβαση». Καθώς προσπαθεί να κάνει το ίδιο, η στενή ζώνη θα προκαλέσει την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση της τροφοδοσίας, γεγονός που θα προκαλέσει διακυμάνσεις γύρω από το σημείο ρύθμισης που θα χρειαστεί πολύς χρόνος για να διευθετηθεί - αν πράγματι κάνουν ποτέ.



Ο αναλογικός έλεγχος παρέχει στον χειριστή καμία δυνατότητα αύξησης της ζήτησης ισχύος εάν δεν είναι δυνατή η επίτευξη της επιθυμητής τιμής. Υπάρχουν πάντα απώλειες σε έναν βρόχο ελέγχου. Με απλά λόγια, σκεφτείτε το σπίτι σας και εάν είναι απολύτως μονωμένο, για παράδειγμα. Εάν οι απώλειες σε ένα σύστημα αντισταθμίζουν τον αναλογικό έλεγχο, η διαδικασία δεν θα φτάσει ποτέ στην επιθυμητή τιμή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, πρέπει να εισαχθεί περισσότερη ισχύς. Για την επίλυση αυτού του δυνητικού ζητήματος, ο ολοκληρωμένος έλεγχος καθορίζει την αντίδραση ελέγχου που βασίζεται στο άθροισμα των πρόσφατων σφαλμάτων για να κλείσει τυχόν κενά.

Ο αναλογικά ενσωματωμένος έλεγχος (PI) ελέγχει τις αλλαγές που παρατηρούνται από τον ελεγκτή διαδικασίας και, ως εκ τούτου, είναι αναδρομική. Ο παράγωγος έλεγχος προσδιορίζει την αντίδραση ελέγχου με βάση το ρυθμό που αλλάζει το σφάλμα και έτσι προβλέπει τις απαιτήσεις ελέγχου. Αυτός ο όρος του αλγορίθμου ελέγχου έχει σχεδιαστεί για να μειώνει την υπέρβαση και την υποτροπή του σημείου ρύθμισης ελέγχου. Βοηθάει στη βελτίωση της σταθερότητας και χειρίζεται ξαφνικές αλλαγές στη διαδικασία. Όπως μια ξαφνική αλλαγή θερμοκρασίας λόγω του ανοίγματος της πόρτας, για παράδειγμα.



Εικόνα 2.7: PID ελεγκτής

## ➤ Βιομηχανικές εφαρμογές ελέγχου PID

### 1) Έλεγχος θερμοκρασίας του κλιβάνου

Οι κλιβανοί τυπικά περιλαμβάνουν θέρμανση και συγκράτηση μεγάλων ποσοτήτων πρώτης ύλης σε υψηλή θερμοκρασία. Είναι συνηθισμένο το υλικό που εμπλέκεται να έχει μια μεγάλη μάζα. Ως αποτέλεσμα έχει υψηλό βαθμό αδράνειας - η θερμοκρασία του υλικού δεν αλλάζει γρήγορα ακόμα και όταν εφαρμόζεται υψηλή θερμότητα. Αυτό το χαρακτηριστικό έχει ως αποτέλεσμα ένα σχετικά σταθερό φωνητικό σήμα και επιτρέπει στον Παράγωγο όρο να διορθώνει αποτελεσματικά το Σφάλμα

## 2) Έλεγχος pH:

Το pH θεωρείται ευρέως στη βιομηχανία ως πρόκληση για τον έλεγχο. Για ένα: το pH είναι εξαιρετικά μη γραμμικό - η συμπεριφορά του αλλάζει από το ένα φάσμα λειτουργίας στο άλλο. Οι επιδράσεις κάποιου υλικού μπορούν να περιορίσουν αυτό που διαφορετικά θα ήταν η μεταβλητή δυναμική μέχρι να γίνει κορεσμός. Ενώ η δυναμική του pH είναι προκλητική από την άποψη του ελέγχου, είναι πολύ κατάλληλη για τη μορφή PID του ελεγκτή. Συγκεκριμένα, η δυναμική του pH τείνει να είναι αργή καθώς η ποσότητα καυστικού ή οξέος που προστίθεται συνήθως σε μια διαδικασία είναι σχετικά μικρή σε σύγκριση με τον όγκο του υπάρχοντος υγρού

## 3) Έλεγχος θερμοκρασίας παρτίδας

Σε αντίθεση με το παράδειγμα κλιβάνου που αναφέρθηκε παραπάνω, ο έλεγχος θερμοκρασίας παρτίδας λειτουργεί βασικά ως κλειστό σύστημα. Ενώ οι φούσκες και άλλοι θόρυβοι διεργασιών θα είναι προφανώς εμφανείς στα δεδομένα, ο θόρυβος συνολικά είναι λιγότερο θέμα σε ένα κλειστό σύστημα. Μία άλλη όψη του ελέγχου της θερμοκρασίας παρτίδας σχετίζεται με την ίδια τη θερμοκρασία. Ενώ η θερμότητα μπορεί να εφαρμοστεί είτε για τη διατήρηση είτε για την αύξηση της θερμοκρασίας, πολλές διαδικασίες ελέγχου της θερμοκρασίας κατά παρτίδες δεν περιλαμβάνουν ένα βρόχο ψύξης με το οποίο να αντισταθμίζονται οι επιδράσεις της θερμότητας. Είτε ένας άλλος τρόπος: Η θερμότητα μπορεί να προστεθεί, αλλά δεν μπορεί να αφαιρεθεί. Το καθαρό αποτέλεσμα είναι η δυναμική που είναι τόσο αργή όσο και μη γραμμική, και ο θόρυβος μέσα στα δεδομένα είναι περιορισμένος. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν ιδανική εφαρμογή του PID Control.

### ➤ Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC's):

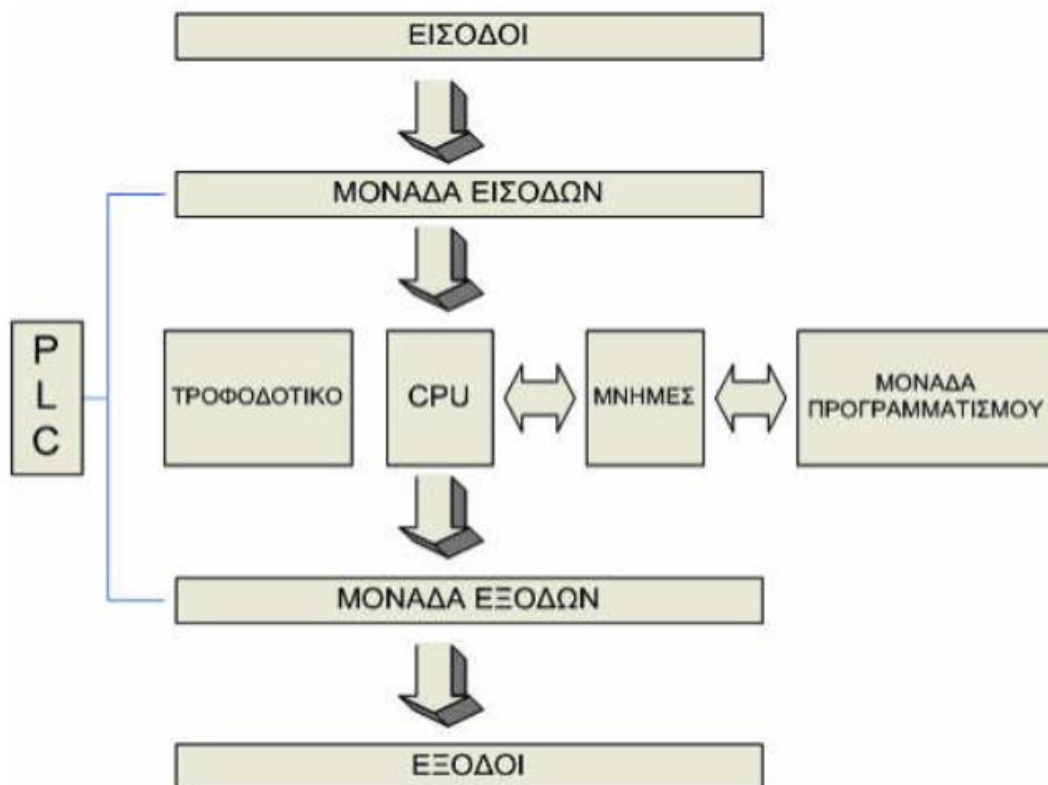
Ένα PLC είναι ένας ψηφιακός υπολογιστής βιομηχανικής ποιότητας σχεδιασμένος να εκτελεί λειτουργίες ελέγχου - ειδικά για βιομηχανικές εφαρμογές.

Η πλειοψηφία των PLC (Εικόνα 2.8) σήμερα είναι αρθρωτοί, επιτρέποντας στον χρήστη να προσθέσει μια ποικιλία λειτουργιών, όπως διακριτικό έλεγχο, αναλογικό έλεγχο, έλεγχο PID, έλεγχο θέσης, έλεγχος κινητήρα, σειριακή επικοινωνία και δικτύωση υψηλής ταχύτητας. Σε σύγκριση με τις παλαιότερες τεχνολογίες, το PLC είναι πιο εύκολο στην αντιμετώπιση προβλημάτων, πιο αξιόπιστο, οικονομικότερο και πολύ πιο ευέλικτο.



Εικόνα 2.8: Προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής siemens s7-1200

Το PLC αποτελείται από μερικά βασικά μέρη (Εικόνα 2.9). Αυτά περιλαμβάνουν μια τροφοδοσία ρεύματος, μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή μια CPU, κάρτες εισόδου / εξόδου. Το backplane, δημιουργεί μια ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ όλων των ξεχωριστών εξαρτημάτων, παρέχοντας στο PLC τον αρθρωτό σχεδιασμό του. Αυτή η ηλεκτρική σύνδεση περιλαμβάνει σήματα ισχύος και επικοινωνίας. Πολλοί κατασκευαστές PLC χρησιμοποιούν ιδιόκτητα πρωτόκολλα επικοινωνίας στο backplane έτσι ώστε οι εισοδοί και οι εξοδοί να μπορούν να μιλήσουν με ασφάλεια στη CPU.



Εικόνα 2.9: Δομή ενός PLC

➤ **Εφαρμογές των PLC's:**

Η απλή κατάλληλη εφαρμογή είναι ένα σύστημα μεταφοράς. Οι απαιτήσεις των συστημάτων μεταφοράς είναι οι εξής:

- Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής χρησιμοποιείται για την εκκίνηση και τον τερματισμό των κινητήρων του μεταφορικού ιμάντα.
- Το σύστημα μεταφοράς έχει τρεις τμηματικούς μεταφορικούς ιμάντες. Κάθε τμήμα εκτελείται από κινητήρα.
- Για την ανίχνευση της θέσης μιας πλάκας, ένας διακόπτης προσέγγισης τοποθετείται στο άκρο του τμήματος.
- Το πρώτο τμήμα του μεταφορέα είναι πάντα ενεργοποιημένο.
- Ο διακόπτης προσέγγισης στο πρώτο τμήμα ανιχνεύει την πλάκα για να ενεργοποιήσει το δεύτερο τμήμα μεταφορέα.
- Το τρίτο τμήμα μεταφορέα ενεργοποιείται όταν ο διακόπτης προσέγγισης ανιχνεύει την πλάκα στον δεύτερο μεταφορέα.
- Καθώς η πλάκα εξέρχεται από την περιοχή ανίχνευσης, ο δεύτερος μεταφορέας σταματά μετά από 20 δευτερόλεπτα.
- Όταν ο διακόπτης προσέγγισης δεν καταφέρει να ανιχνεύσει την πλάκα, ο τρίτος μεταφορέας σταματά μετά από 20 δευτερόλεπτα.

➤ **Πλεονεκτήματα:**

- + Τα PLC μπορούν να προγραμματιστούν εύκολα, τα οποία μπορούν και να κατανοηθούν σαφώς καλά.
- + Κατασκευάζονται για να επιβιώσουν από κραδασμούς, θορύβους, υγρασία και θερμοκρασία.
- + Ο ελεγκτής έχει την είσοδο και την έξοδο για διασύνδεση.

➤ **Μειονεκτήματα:**

- Είναι περίπλοκο όσον αφορά την αντικατάσταση καθώς και τις αλλαγές στον ελεγκτή.
- Απαιτείται δεξιοτεχνία για να βρεθούν τα λάθη του.
- Πολλή προσπάθεια γίνεται για τη σύνδεση των καλωδίων.
- Ο χρόνος αναμονής είναι συνήθως ακαθόριστος όταν προκύψει οποιοδήποτε πρόβλημα.

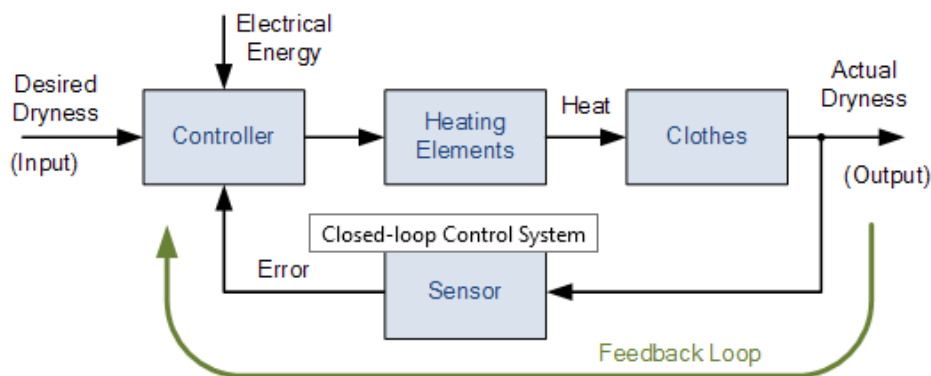
## 2.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ & ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ

➤ **Συστήματα Κλειστού Βρόγχου:**

Τα συστήματα στα οποία η ποσότητα εξόδου δεν επηρεάζει την είσοδο στη διαδικασία ελέγχου ονομάζονται συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόχου και ότι τα συστήματα ανοιχτού βρόχου είναι ακριβώς εκείνα, τα ανοικτά συστήματα μη ανάδρασης. Αλλά ο στόχος οποιουδήποτε ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου είναι να μετρά, να παρακολουθεί και να ελέγχει μια διαδικασία και ένας τρόπος με τον οποίο μπορούμε να ελέγξουμε με ακρίβεια τη διαδικασία είναι να παρακολουθούμε την παραγωγή της και να "τροφοδοτούμε" μερικά από αυτά πίσω για να συγκρίνουμε την πραγματική παραγωγή με την επιθυμητή έξοδο έτσι ώστε να μειωθεί το σφάλμα και αν διαταραχθεί, να επαναφέρετε την έξοδο του συστήματος στην αρχική ή την επιθυμητή απόκριση.

Η ποσότητα της μετρημένης εξόδου ονομάζεται "σήμα ανάδρασης" και ο τύπος του συστήματος ελέγχου που χρησιμοποιεί σήματα ανάδρασης τόσο για τον έλεγχο όσο και για την προσαρμογή, ονομάζεται σύστημα κλειστού βρόχου. Ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου (Εικόνα 2.10), γνωστό και ως σύστημα ελέγχου ανατροφοδότησης, είναι ένα σύστημα ελέγχου που χρησιμοποιεί την έννοια ενός ανοιχτού βρόχου ως την εμπρόσθια διαδρομή του αλλά έχει έναν ή περισσότερους βρόχους ανάδρασης (εξ ου και το όνομά του) ή διαδρομές μεταξύ της εξόδου του και του εισαγωγής.

Η αναφορά στην "ανατροφοδότηση" σημαίνει απλώς ότι κάποιο τμήμα της εξόδου επιστρέφεται στην είσοδο για να αποτελέσει μέρος της διέγερσης των συστημάτων.



Εικόνα 2.10: Περιγραφή συστήματος κλειστού βρόχου

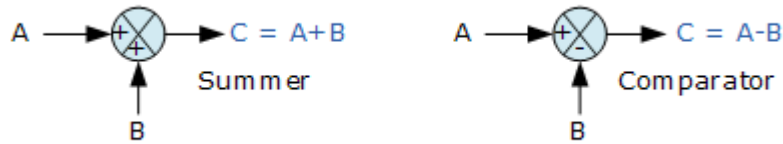
Τα συστήματα κλειστού βρόχου έχουν σχεδιαστεί για να επιτυγχάνουν και να διατηρούν αυτόματα την επιθυμητή κατάσταση εξόδου συγκρίνοντάς τα με την πραγματική κατάσταση. Αυτό επιτυγχάνεται δημιουργώντας ένα σήμα σφάλματος που είναι η διαφορά μεταξύ της εξόδου και της εισόδου αναφοράς. Με άλλα λόγια, ένα "σύστημα κλειστού βρόχου" είναι ένα πλήρως αυτόματο σύστημα ελέγχου στο οποίο η δράση του ελέγχου εξαρτάται από την έξοδο με κάποιο τρόπο. Για παράδειγμα, σκεφτείτε το ηλεκτρικό μας στεγνωτήριο ρούχων από το προηγούμενο εκπαιδευτικό πρόγραμμα Open-loop.

Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιήσαμε έναν αισθητήρα ή μετατροπέα (συσκευή εισόδου) για να παρακολουθούμε συνεχώς τη θερμοκρασία ή την ξηρότητα των ρούχων και να τροφοδοτούμε ένα σήμα σχετικά με την ξηρότητα πίσω στον ελεγκτή.

### Σημεία συγκέντρωσης κλειστού βρόχου:

Για ένα σύστημα ανάδρασης κλειστού βρόχου για τη ρύθμιση οποιουδήποτε σήματος ελέγχου, πρέπει πρώτα να προσδιορίσει το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής εξόδου και της επιθυμητής εξόδου. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ένα σημείο αθροίσεως, που επίσης αναφέρεται ως στοιχείο σύγκρισης, μεταξύ του βρόχου ανάδρασης και της εισόδου των συστημάτων. Αυτά τα σημεία αθροίσεως συγκρίνουν ένα καθορισμένο σημείο συστήματος με την πραγματική τιμή και παράγουν ένα σήμα θετικού ή αρνητικού σφάλματος το οποίο ο ελεγκτής αποκρίνεται επίσης. όπου:  $\text{Σφάλμα} = \text{Σημείο ρύθμισης} - \text{Πραγματικό}$

Το σύμβολο που χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύει ένα σημείο αθροίσεως στο διάγραμμα ροής κλειστού βρόχου είναι αυτό ενός κύκλου με δύο διασταυρωμένες γραμμές όπως φαίνεται στην εικόνα 2.11. Το σημείο αθροίσματος μπορεί είτε να προσθέσει σήματα μαζί, στα οποία χρησιμοποιείται ένα σύμβολο Plus (+) που δείχνει ότι η συσκευή είναι "καλοκαίρι" (χρησιμοποιείται για θετική ανατροφοδότηση), είτε μπορεί να αφαιρέσει σήματα μεταξύ τους, οπότε σε περίπτωση Μείον (- χρησιμοποιείται το σύμβολο που δείχνει ότι η συσκευή είναι ένας "συγκριτής" (χρησιμοποιείται για αρνητική ανάδραση) όπως φαίνεται.

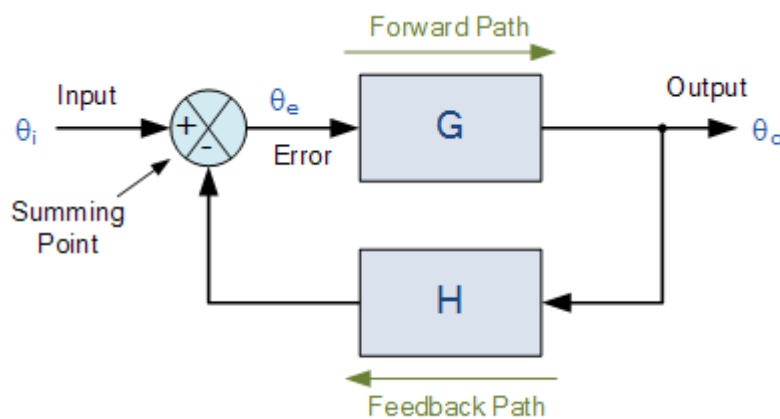


Εικόνα 2.11: Περιγραφή κομβικών σημείων συστήματος κλειστού βρόγχου

### Λειτουργία μεταφοράς συστήματος κλειστού βρόγχου

Η λειτουργία μεταφοράς οποιουδήποτε ηλεκτρικού ή ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου είναι η μαθηματική σχέση ανάμεσα στην είσοδο των συστημάτων και την έξοδο τους, και ως εκ τούτου περιγράφει τη συμπεριφορά του συστήματος. Σημειώστε επίσης ότι ο λόγος της εξόδου μιας συγκεκριμένης συσκευής προς την είσοδο της αντιπροσωπεύει το κέρδος της.

Στη συνέχεια, μπορούμε να πούμε σωστά ότι η έξοδος είναι πάντα η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος με την είσοδο. Όπως φαίνεται στο σύστημα κλειστού βρόγχου στην εικόνα παρακάτω 2.12



Εικόνα 2.12: Περιγραφή λειτουργίας μεταφοράς συστήματος κλειστού βρόγχου

Όπου: το μπλοκ G αντιπροσωπεύει τα κέρδη ανοιχτού βρόγχου του ελεγκτή ή του συστήματος και είναι η εμπρόσθια διαδρομή και το μπλοκ H αντιπροσωπεύει το κέρδος του αισθητήρα, του μορφοτροπέα ή του συστήματος μέτρησης στη διαδρομή ανάδρασης.

Για να βρούμε τη λειτουργία μεταφοράς του συστήματος κλειστού βρόγχου παραπάνω, πρέπει πρώτα να υπολογίσουμε το σήμα εξόδου  $\theta_o$  με βάση το σήμα εισόδου  $\theta_i$ . Για να γίνει αυτό, μπορούμε εύκολα να γράψουμε τις εξισώσεις του δοσμένου διαγράμματος ως εξής.

Η έξοδος από το σύστημα είναι ίση με:  $\text{Output} = G \times \text{Error}$

Το σήμα σφάλματος  $\theta_e$  είναι επίσης η είσοδος στο μπλοκ προώθησης: G

Η έξοδος από το σημείο άθροισης είναι ίση με:  $\text{Σφάλμα} = \text{Είσοδος} - H \times \text{Έξοδος}$

Αν  $H = 1$  (ανατροφοδότηση ενότητας) τότε:

Η έξοδος από το άθροισμα θα είναι: Σφάλμα ( $\theta_e$ ) = Είσοδος - Έξοδος

Κατάργηση του όρου σφάλματος, στη συνέχεια:

Η έξοδος είναι ίση με: Έξοδος =  $G \times (\text{Είσοδος} - \text{Έξοδος} \times H)$

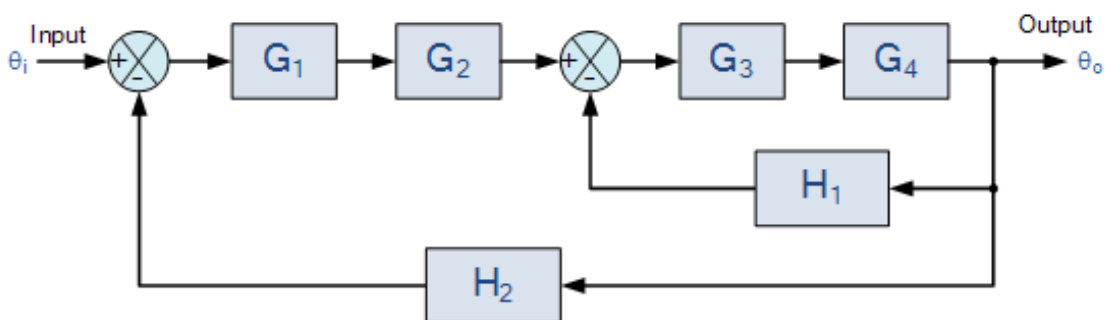
Επομένως:  $G \times \text{Input} = \text{Έξοδος} + G \times H \times \text{Έξοδος}$

Η αναδιάταξη των παραπάνω μας δίνει τη λειτουργία μεταφοράς κλειστού βρόχου:

$$\frac{\text{Output}}{\text{Input}} = \frac{\partial o}{\partial i} = \frac{G}{1+GH}$$

### Σύστημα κλειστού βρόχου πολλαπλών βρόγχων

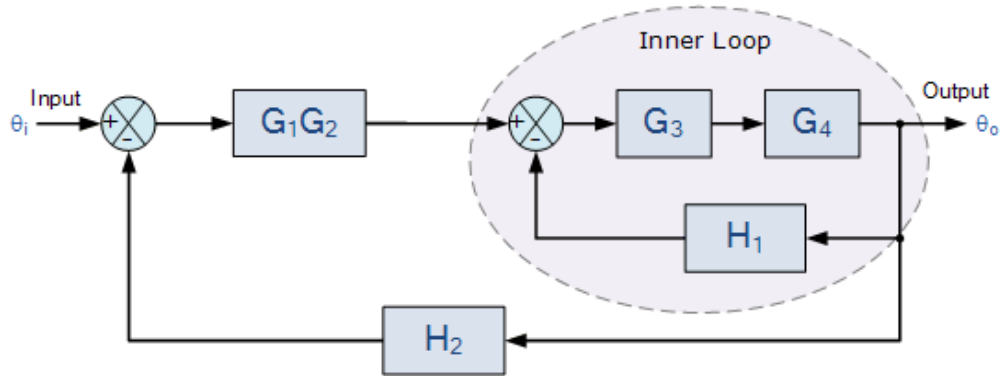
Παρόλο που το παραπάνω παράδειγμα είναι μιας μόνο εισόδου, ενός συστήματος κλειστού βρόχου εξόδου, η βασική λειτουργία μεταφοράς εξακολουθεί να ισχύει για πιο πολύπλοκα συστήματα πολλαπλών βρόχων (Εικόνα 2.13). Τα περισσότερα πρακτικά κυκλώματα ανατροφοδότησης έχουν κάποια μορφή ελέγχου πολλαπλού βρόχου και για μια διαμόρφωση πολλαπλών βρόχων η συνάρτηση μεταφοράς μεταξύ μίας ελεγχόμενης και μιας μεταβαλλόμενης μεταβλητής εξαρτάται από το εάν οι άλλοι βρόχοι ελέγχου ανατροφοδότησης είναι ανοιχτοί ή κλειστοί.



Εικόνα 2.13: Πολλαπλοί Βρόγχοι

Οποιοσδήποτε κλιμακωτές μονάδες όπως οι  $G_1$  και  $G_2$  μπορούν να μειωθούν, καθώς και η λειτουργία μεταφοράς του εσωτερικού βρόχου όπως φαίνεται παρακάτω:





### Σύνθεση συστημάτων κλειστού βρόχου

Έχουμε δει ότι ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου με ένα ή περισσότερα μονοπάτια ανάδρασης ονομάζεται Σύστημα κλειστού βρόχου. Τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου καλούνται επίσης "συστήματα ελέγχου ανατροφοδότησης" είναι πολύ κοινά στους ελέγχους διεργασιών και στα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου. Τα συστήματα ανάδρασης έχουν μέρος του σήματος εξόδου τους "τροφοδοτημένο πίσω" στην είσοδο για σύγκριση με την επιθυμητή κατάσταση τιμής. Ο τύπος του σήματος ανάδρασης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα θετική ανάδραση ή αρνητική ανάδραση.

Σε ένα σύστημα κλειστού βρόχου χρησιμοποιείται ένας ελεγκτής για να συγκρίνει την έξοδο ενός συστήματος με τις απαιτούμενες συνθήκες και να μετατρέψει το σφάλμα σε μια ενέργεια ελέγχου που έχει σχεδιαστεί για τη μείωση του σφάλματος και την επαναφορά της εξόδου του συστήματος στην επιθυμητή απόκριση. Στη συνέχεια, τα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου χρησιμοποιούν ανατροφοδότηση για να προσδιορίσουν την πραγματική είσοδο στο σύστημα και μπορούν να έχουν περισσότερους από έναν βρόχους ανάδρασης.

Εντούτοις, η σταθερότητα του συστήματος μπορεί να είναι ένα σημαντικό πρόβλημα, ειδικά σε κακώς σχεδιασμένα συστήματα κλειστού βρόχου, καθώς μπορεί να προσπαθήσουν να διορθώσουν υπερβολικά τυχόν σφάλματα τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν στο σύστημα απώλεια ελέγχου και ταλαντεύονται. Οι εισοδοί στο σύστημα και μπορούν να έχουν περισσότερους από έναν βρόχους ανάδρασης.

#### ➤ Συστήματα Ανοιχτού Βρόχου:

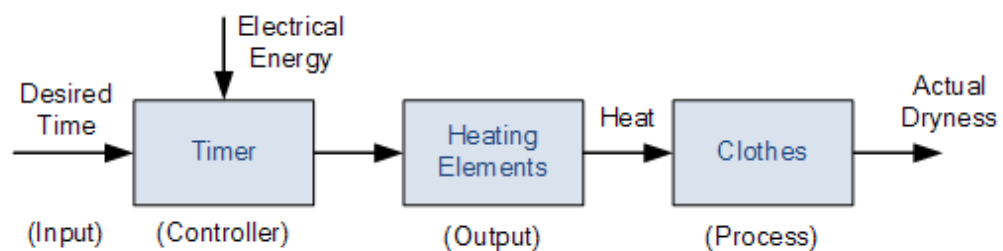
Η λειτουργία οποιουδήποτε ηλεκτρονικού συστήματος είναι να ρυθμίζει αυτόματα την έξοδο και να τη διατηρεί μέσα στα επιθυμητά συστήματα εισόδου ή "set point". Εάν οι εισροές των συστημάτων αλλάζουν για οποιοδήποτε λόγο, η έξοδος του συστήματος πρέπει να ανταποκρίνεται ανάλογα και να αλλάζει η ίδια ώστε να αντικατοπτρίζει τη νέα τιμή εισόδου.

Ομοίως, αν κάτι συμβαίνει να διαταράξει την έξοδο των συστημάτων χωρίς να αλλάξει η τιμή εισόδου, η έξοδος πρέπει να ανταποκριθεί επιστρέφοντας πίσω στην προηγούμενη

ρυθμισμένη τιμή. Στο παρελθόν, τα ηλεκτρικά συστήματα ελέγχου ήταν βασικά χειροκίνητα ή αυτό που ονομάζεται σύστημα Open-loop με πολύ λίγα χαρακτηριστικά αυτόματου ελέγχου ή ανάδρασης ενσωματωμένα για να ρυθμίζουν τη μεταβλητή της διαδικασίας έτσι ώστε να διατηρείται το επιθυμητό επίπεδο ή αξία εξόδου.

Για παράδειγμα, ένα ηλεκτρικό στεγνωτήριο ρούχων (Εικόνα 2.14). Ανάλογα με την ποσότητα των ρούχων ή το πόσο υγρό είναι, ένας χρήστης ή χειριστής θα ρυθμίζει ένα χρονόμετρο (ελεγκτή) για να πει 30 λεπτά και στο τέλος των 30 λεπτών το στεγνωτήριο θα σταματήσει αυτόματα και θα σβήσει ακόμη και αν τα ρούχα που ακόμα υγρό ή υγρό. Σε αυτή την περίπτωση, η δράση ελέγχου είναι ο χειρωνακτικός χειριστής που αξιολογεί την υγρασία των ρούχων και ρυθμίζει τη διαδικασία (το στεγνωτήριο) ανάλογα. Επομένως, σε αυτό το παράδειγμα, ο στεγνωτήρας ρούχων θα ήταν ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου, καθώς δεν παρακολουθεί ούτε μετράει την κατάσταση του σήματος εξόδου, δηλαδή την ξηρότητα των ρούχων. Στη συνέχεια, η ακρίβεια της διαδικασίας ξήρανσης ή η επιτυχία της ξήρανσης των ρούχων θα εξαρτηθεί από την εμπειρία του χρήστη (χειριστή).

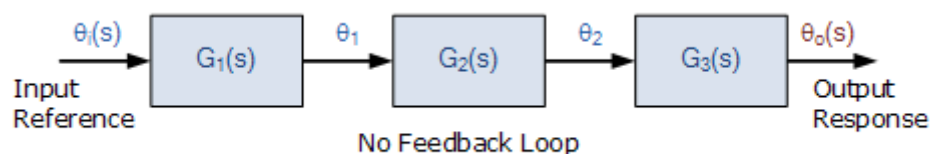
Ωστόσο, ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει ή να ρυθμίσει την διαδικασία ξήρανσης του συστήματος ανά πάσα στιγμή αυξάνοντας ή μειώνοντας τον χρόνο στεγνώματος των ελεγκτών χρονισμού, εάν πιστεύουν ότι δεν θα τηρηθεί η αρχική διαδικασία ξήρανσης. Για παράδειγμα, αυξήστε τον ελεγκτή χρονισμού σε 40 λεπτά για να παρατείνετε τη διαδικασία ξήρανσης.



Εικόνα 2.14: Σύστημα ηλεκτρονικού στεγνωτηρίου ρούχων

Οποιοδήποτε σύστημα ανοιχτού βρόχου μπορεί να αναπαρίσταται ως πολλαπλά κλιμακωτά μπλοκ σε σειρά ή ένα ενιαίο δομικό διάγραμμα με είσοδο και έξοδο. Το μπλοκ διάγραμμα ενός συστήματος ανοιχτού βρόχου δείχνει ότι η διαδρομή σήματος από την είσοδο στην έξοδο αντιπροσωπεύει μια γραμμική διαδρομή χωρίς βρόχο ανάδρασης και για κάθε τύπο συστήματος ελέγχου η είσοδος δίνεται στον ορισμό θ<sub>1</sub> και στην έξοδο θ<sub>0</sub>.

Γενικά, δεν χρειάζεται να χειριζόμαστε το διάγραμμα ροής του ανοικτού βρόχου για να υπολογίσουμε την πραγματική λειτουργία μεταφοράς. Μπορούμε απλώς να γράψουμε τις σωστές σχέσεις ή εξισώσεις από κάθε μπλοκ διάγραμμα και στη συνέχεια να υπολογίσουμε την τελική συνάρτηση μεταφοράς από αυτές τις εξισώσεις όπως φαίνεται παρακάτω:



Η λειτουργία μεταφοράς κάθε στοιχείου ορίζεται ως εξής:

$$G1 = \frac{\partial 1}{\partial 2}, \quad G2 = \frac{\partial 2}{\partial 1}, \quad G3 = \frac{\partial 0}{\partial 2}$$

Η συνολική συνάρτηση μεταφοράς δίνεται ως εξής:

$$G1 * G2 * G3 = \frac{\partial 1}{\partial i} * \frac{\partial 2}{\partial 1} * \frac{\partial 0}{\partial 2} = \frac{\partial 0}{\partial i}$$

Στη συνέχεια, το κέρδος Open-loop δίνεται ως εξής:

$$\text{Gain, } (G) = \frac{\partial o(s)}{\partial i(s)}$$

Όπου το  $G$  αντιπροσωπεύει τη λειτουργία μεταφοράς του συστήματος ή υποσυστήματος, μπορεί να ξαναγραφεί ως:  $G(s) = \theta o(s) / \theta i(s)$

Τα συστήματα ελέγχου ανοιχτού βρόχου χρησιμοποιούνται συχνά με διαδικασίες που απαιτούν την ακολουθία των συμβάντων με τη βοήθεια σημάτων "ON-OFF". Για παράδειγμα, ένα πλυντήριο ρούχων που απαιτεί την αλλαγή του νερού "ON" και στη συνέχεια όταν το πλήκτρο είναι απενεργοποιημένο "OFF" ακολουθούμενο από το διακόπτη "ON" για να ζεσταθεί το νερό και στη συνέχεια σε μια κατάλληλη θερμοκρασία "OFF" και ούτω καθεξής. Αυτός ο τύπος ελέγχου ανοιχτού βρόχου "ON-OFF" είναι κατάλληλος για συστήματα όπου οι αλλαγές στο φορτίο εμφανίζονται αργά και η διαδικασία είναι πολύ αργή, απαιτώντας σπάνιες αλλαγές στη λειτουργία ελέγχου από τον χειριστή.

### **Σύνοψη συστημάτων ελέγχου ανοιχτού βρόχου**

Έχουμε δει ότι ένας ελεγκτής μπορεί να χειριστεί τις εισόδους του για να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα στην έξοδο ενός συστήματος. Ένας τύπος συστήματος ελέγχου στο οποίο η έξοδος δεν έχει καμία επίδραση ή επίδραση στη δράση ελέγχου του σήματος εισόδου ονομάζεται σύστημα Open-loop.

Ένα "σύστημα ανοιχτού βρόχου" ορίζεται από το γεγονός ότι το σήμα εξόδου ή η κατάσταση δεν μετράτε ούτε "τροφοδοτείται ανάποδα" για σύγκριση με το σήμα εισόδου ή το σημείο ρύθμισης του συστήματος. Επομένως, τα συστήματα ανοιχτού βρόχου αναφέρονται συνήθως ως "Συστήματα χωρίς ανάδραση". Επίσης, επειδή ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου δεν χρησιμοποιεί ανατροφοδότηση για να προσδιορίσει εάν επιτεύχθηκε η απαιτούμενη έξοδος του, υποθέτει ότι ο επιθυμητός στόχος της εισόδου ήταν επιτυχής επειδή δεν μπορεί να διορθώσει τυχόν σφάλματα που μπορεί να κάνει και έτσι δεν μπορεί να αντισταθμίσει οποιαδήποτε εξωτερικές διαταραχές του συστήματος.

### 1) *The Internet of things (IoT):*

Σε πλήρη εξέλιξη θα εισέλθει σε μια πορεία υψηλής ανάπτυξης μέχρι το 2020 (Εικόνα 2.15). Σε μια εποχή που οι άνθρωποι και τα πράγματα συνδέονται όλοι με το δίκτυο, οι μηχανικοί αυτοματισμού και οι τελικοί χρήστες θα ασχοληθούν περισσότερο με τη σταθερότητα και την αξιοπιστία του βιομηχανικού δικτύου.

Η νοημοσύνη, η συλλογή και η ανίχνευση των δεδομένων θα επιλυθούν ως επί το πλείστον. Το πιο δύσκολο κομμάτι είναι η αντιμετώπιση προβλημάτων και η αξιοπιστία του βιομηχανικού δικτύου. Εάν προκύψουν καταστάσεις στο δίκτυο είτε στο επιχειρηματικό δίκτυο είτε στο δίκτυο που ελέγχει την παραγωγή, η όλη λειτουργία της επιχείρησης θα αντιμετωπίσει δυσκολίες και θα εμποδίσει τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο, επειδή οι μηχανικοί ελέγχου βασίζονται στο βιομηχανικό δίκτυο για αξιολόγηση και δείκτες. Η πρωταρχική μέριμνα για τους μηχανικούς θα είναι η σταθερότητα και η αξιοπιστία του δικτυωμένου αυτοματισμού.



Εικόνα 2.15: Βιομηχανικό IoT

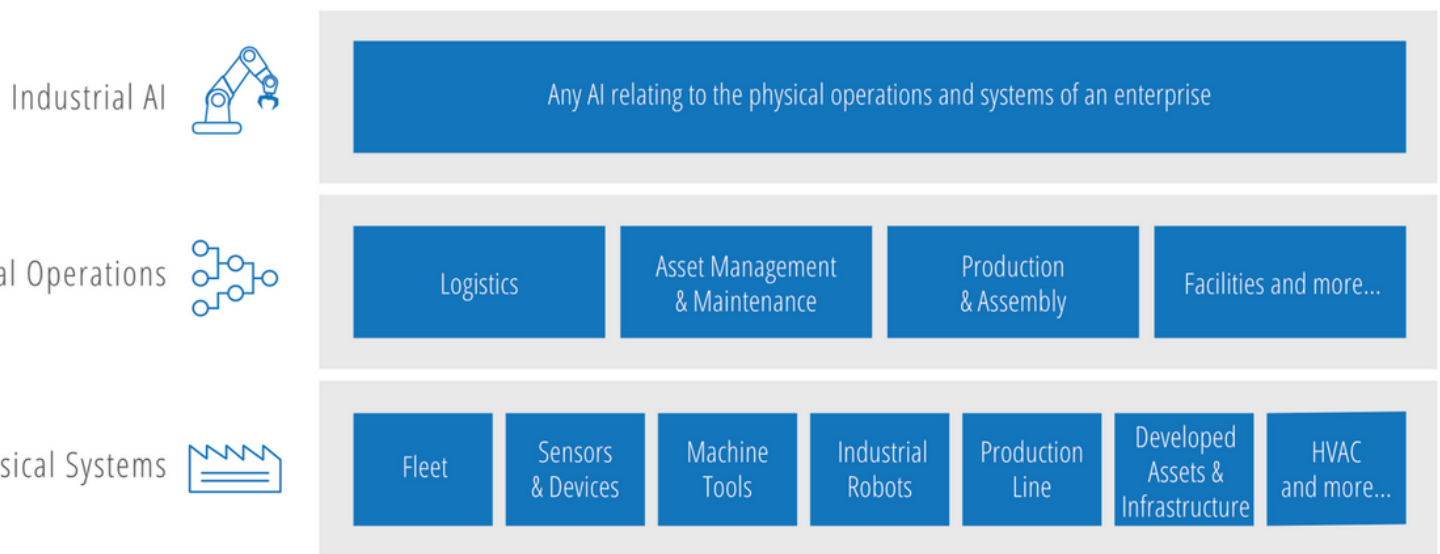
### 2) *The Internet of everything (IoE):*

Οι μελλοντικοί μηχανικοί αυτοματισμού δεν θα περιορίζονται πλέον στο πεδίο παραγωγής. Πολλά έργα αυτοματοποίησης, για παράδειγμα, θα υλοποιηθούν στο πλαίσιο της λεγόμενης Smart City. Στον τομέα των μεταφορών, των κτιρίων και της υγειονομικής περίθαλψης, τα μελλοντικά έργα αυτοματισμού θα έχουν στενότερη εγγύτητα με την καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Η τεχνογνωσία των μηχανικών στον τομέα της αυτοματοποίησης θα εφαρμοστεί σε πολλούς μη παραδοσιακούς τομείς. Αυτές οι καινοτομίες θα αλλάξουν δραματικά τις ζωές των ανθρώπων, προσθέτοντας ευκολία. Το σύστημα αυτοματισμού θα αποτελέσει ένα σημαντικό θεμέλιο για τη μελλοντική κατασκευή και λειτουργία πνευματικών και αυτοματοποιημένων κοινωνιών.

### 3) Τεχνητή Νοημοσύνη (AI):

Σε νέες αγορές όπου οι αλλαγές δημιουργούνται συνεχώς από νέες εφαρμογές, το αυτοματοποιημένο σύστημα και η ολοκλήρωση του συστήματος θα αποτελέσουν απαραίτητο μέρος της λύσης. Η καινοτομία και η ανάπτυξη προϊόντων και υπηρεσιών μηχανικής θα αποτελέσουν πρωταρχική εργασία για μηχανικούς αυτοματισμού. Σε ορισμένες νέες εφαρμογές, η τεχνητή νοημοσύνη (Εικόνα 2.16) θα γίνει ο προβολέας που αντανακλά την βασική αξία της αυτοματοποίησης.

#### DEFINING INDUSTRIAL AI



Εικόνα 2.16: Περιγραφή της βιομηχανικής τεχνητής νοημοσύνης

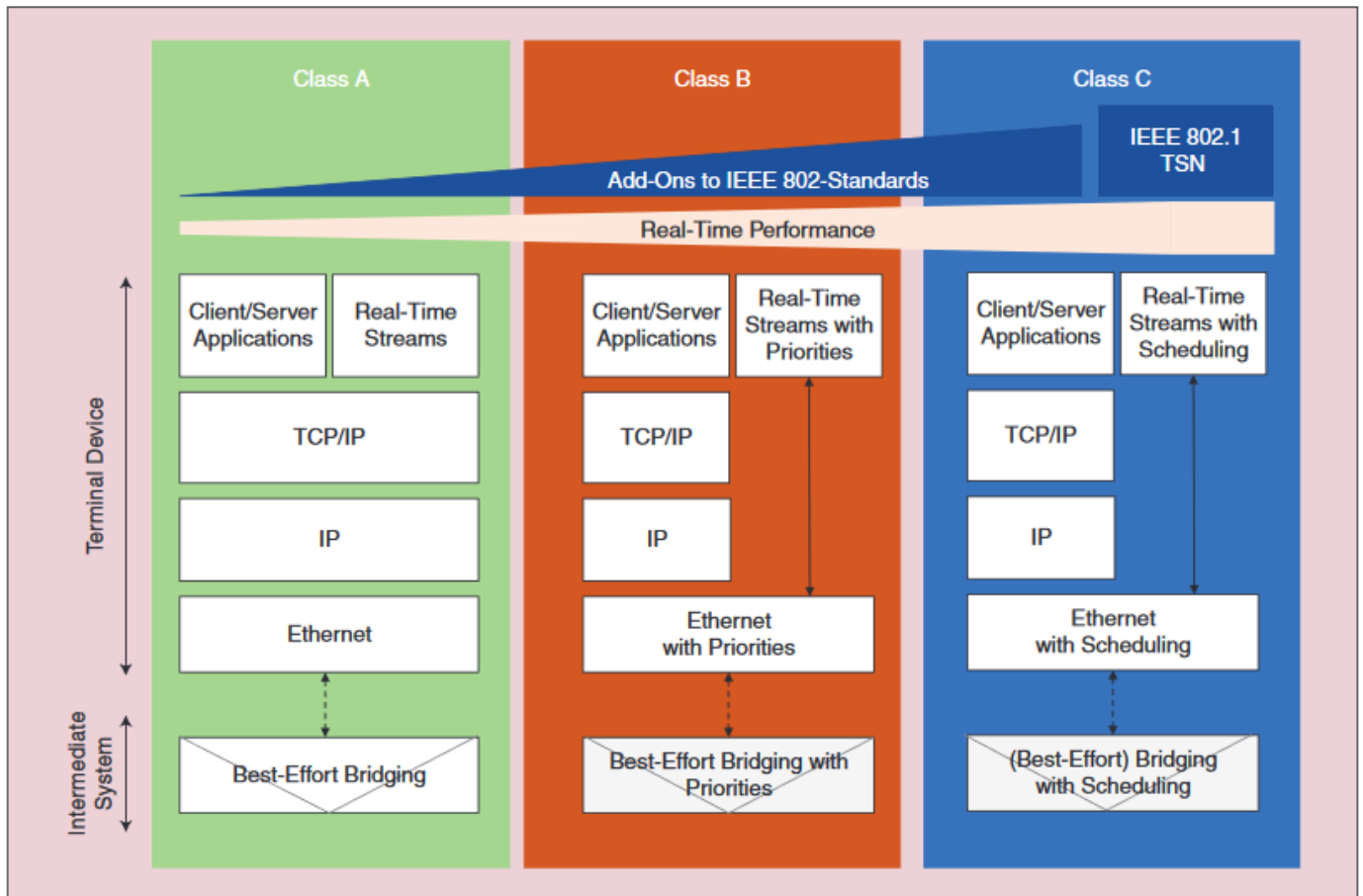
### Ο ρόλος των δικτύων στον βιομηχανικό αυτοματισμό

Ο μετασχηματισμός του πυρήνα είναι ο πυρήνας της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης και οι υποδομές δικτύων 5G θα αποτελέσουν βασικά πλεονεκτήματα. Κατά την επόμενη δεκαετία, η μεταποιητική βιομηχανία αναμένεται να εξελιχθεί σε μια κατακεντρωμένη οργάνωση παραγωγής, με συνδεδεμένα προϊόντα (προϊόντα με ικανότητα επικοινωνίας), διαδικασίες χαμηλής ενέργειας, συνεργατικά ρομπότ και ολοκληρωμένη κατασκευή και υλικοτεχνική υποστήριξη. Αυτές οι έννοιες δεν ενσωματώνονται στο πρότυπο Industry 4.0 και οδήγησαν σε διάφορα σενάρια εφαρμογών που ορίζονται από μια ομάδα εργασίας της γερμανικής Industrie 4.0.

Ένα σενάριο εφαρμογής οδήγησης είναι να διαμορφωθεί ένα δίκτυο γεωγραφικά κατακεντρωμένων εργοστασίων με ευέλικτη προσαρμογή των δυνατοτήτων παραγωγής και ανταλλαγή πόρων και περιουσιακών στοιχείων ώστε να αποφευχθεί η εκπλήρωση των παραγγελιών. Μεταξύ άλλων, απαιτείται μια αξιόπιστη επικοινωνία ευρείας ζώνης για αυτή τη χρήση. Ως αποτέλεσμα αυτών των μετασχηματισμών, οι κάθετες βιομηχανίες θα έχουν βελτιωμένη τεχνική ικανότητα διαθέσιμη για την ενεργοποίηση της ανάπτυξης νέων προϊόντων και υπηρεσιών. Μια κάθετη στο πλαίσιο αυτό αντιπροσωπεύει ένα σύστημα οντοτήτων τελικού χρήστη που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη βιομηχανία. Διαμένουν στην κορυφή της δικτυωμένης δομής, χρησιμοποιώντας υπηρεσίες

επικοινωνίας από άκρο σε άκρο που παρέχονται από το δίκτυο 5G. Το δίκτυο προσφέρει μια οριζόντια επικοινωνία μέσα σε μια κάθετη δομή και σε αυτά.

Σήμερα, το RTE (real time ethernet) έχει γίνει ένα πρότυπο στον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού. Ευτυχώς, προς το παρόν δεν υπάρχει ενιαίο πρότυπο αλλά πολλές διαφορετικές μη συμβατές υλοποιήσεις. Οι πρώην λύσεις RTE βασίζονται στο Fast Ethernet και μπορούν να χωριστούν σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες διαφέρουν ως προς την επιτυγχανόμενη απόδοση και την απαραίτητη επέκταση των προτύπων IEEE 802 (Εικόνα: 2.17).



Εικόνα 2.17: Ταξινόμηση Δικτύων σε κλάσεις

## Συμπεράσματα

Τα συστήματα βιομηχανικής επικοινωνίας δεν παρουσιάζουν μακρά εξέλιξη με πολλές επιρροές από τεχνολογίες εκτός του τομέα της αυτοματοποίησης. Οι θεμελιώδεις απαιτήσεις διατηρήθηκαν πάντοτε αμετάβλητες: η ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τις βιομηχανικές διαδικασίες με έγκαιρο, αξιόπιστο και ενδεχομένως ομοιόμορφο τρόπο. Η απουσία μιας βέλτιστης τεχνολογίας για την επίτευξη αυτών των στόχων ενέπνευσε τους μηχανικούς και τόνωσε ένα πλήθος διαφορετικών και ασυμβίβαστων λύσεων και οι κλήσεις για ενοποιημένες προσεγγίσεις ακούστηκαν, αλλά δεν έλαβαν υπόψη. Ακόμη και όταν η τεχνολογική βάση μετατοπίστηκε προς τα πρότυπα ΤΠΕ, η ποικιλία λύσεων παρέμεινε και επιδεινώθηκε ακόμη περισσότερο. Υπάρχει κάποια ελπίδα ότι τα πράγματα θα αλλάξουν τελικά στο επιθυμητό; Ίσως υπάρχει. Για πρώτη

φορά, οι απαιτήσεις των εφαρμογών βιομηχανικού αυτοματισμού λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη ενός νέου προτύπου ΤΠΕ.

Το Ethernet TSN έχει τη δυνατότητα να ικανοποιήσει ακόμα και απαιτητικές απαιτήσεις χωρίς να χρειάζεται πρόσθετα προσαρμοσμένα στις απαιτήσεις της αυτοματοποίησης. Πάνω από ένα νέο δίκτυο που μπορεί να φιλοξενήσει τόσο κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο όσο και καλύτερη προσπάθεια, τα υπάρχοντα πρωτόκολλα αυτόματης ρύθμισης υψηλού επιπέδου θα μπορούσαν να τοποθετηθούν για συμβατότητα προς τα πίσω ή μεσαία προϊόντα όπως OPC UA που εξυπηρετεί τις ανάγκες αυτοματισμού όσον αφορά τη λειτουργικότητα και τα μοντέλα δεδομένων, αλλά βασίζεται στην καθιερωμένη και ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία του Διαδικτύου για τις υπηρεσίες επικοινωνιών.

Το τεράστιο ενδιαφέρον των βιομηχανιών τηλεπικοινωνιών για βιομηχανικές εφαρμογές δεν έχει προτεραιότητα και άμεση συνέπεια της υιοθέτησης των σεναρίων IoT και CPS. Σε αντίθεση με την ανάπτυξη του TSN Ethernet, η πιθανή εφαρμογή των δικτύων 5G στη διαδικασία αυτόματης μετάδοσης δεν αποτελεί έκφραση μιας σταθερής εξέλιξης αλλά μάλλον μάλλον διαταραγμένη. Παρόλα αυτά, είναι απίθανο το 5G να είναι σε θέση να ικανοποιήσει όλες τις αυστηρές απαιτήσεις αυτοματισμού σε πραγματικό χρόνο και να αντικαταστήσει πλήρως τα αποκλειστικά δίκτυα αυτοματοποίησης βιομηχανικών δοκιμών. Μάλλον, θα μπορούσε να λειτουργήσει ως ένα είδος ραχοκοκαλιάς ή να επισυνάψει λιγότερο κρίσιμα σημεία δεδομένων. Πέρα όμως από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τα ίδια πρωτόκολλα υψηλότερου επιπέδου, όπως στην περίπτωση του Ethernet. Ποια είναι η εξέλιξη αυτή για την έρευνα και την εκπαίδευση; Αυτό, βέβαια, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σημείο θέασης. Από την άποψη της εφαρμογής, η βιομηχανική επικοινωνία πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις, τίποτα άλλο.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ως επί το πλείστον εκτός του πεδίου εφαρμογής των τελικών χρηστών. Θα βασίζονται σε πάροχους υπηρεσιών που εγγυώνται QoS για την προβλεπόμενη εφαρμογή, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη εάν αυτό παρέχεται από δίκτυα που κατέχουν ή από δημόσια ή ιδιωτικά δίκτυα. Η εναρμόνιση του δικτύου σε λογικό επίπεδο, καθορίζοντας τις υπηρεσίες γενικής επικοινωνίας και τα κατάλληλα μοντέλα πληροφόρησης, αποτελεί μία από τις προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει. Ωστόσο, από άποψη παρόχου επικοινωνίας ίσως εξακολουθεί να υπάρχει η ανάγκη για περαιτέρω βελτιστοποίηση ή ακόμα και εκτόνωση συγκεκριμένων βιομηχανικές τεχνολογίες, ειδικά όταν πρέπει να ικανοποιηθούν οι σκληρές απαιτήσεις εφαρμογής. Η υιοθέτηση των τεχνολογιών και των ιδεών του διαδικτύου στον αυτοματισμό θα αυξηθεί σημαντικά.

Αυτές οι τεχνολογίες πρέπει να αξιολογηθούν και πρέπει να προσαρμοστούν περαιτέρω στις ανάγκες βιομηχανικού αυτοματισμού. Για το 5G, μπορούν να παρατηρηθούν παρόμοια καθήκοντα. Η ενσωμάτωση των τελικών χρηστών που αντιπροσωπεύουν τις κατακόρυφες είναι πολλά υποσχόμενη. Μία από τις κύριες προκλήσεις της μελλοντικής βιομηχανικής επικοινωνίας θα είναι η διαχείριση της πολυπλοκότητας και της ετερογένειας. Το NFV και η χρήση του SDN θα μπορούσαν να είναι οι τεχνολογίες που επιτρέπουν την παροχή μιας ευέλικτης τοπολογίας δικτύου και της παρακολούθησης και της διαχείρισης της, ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των τελικών χρηστών κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής μιας επιχείρησης.



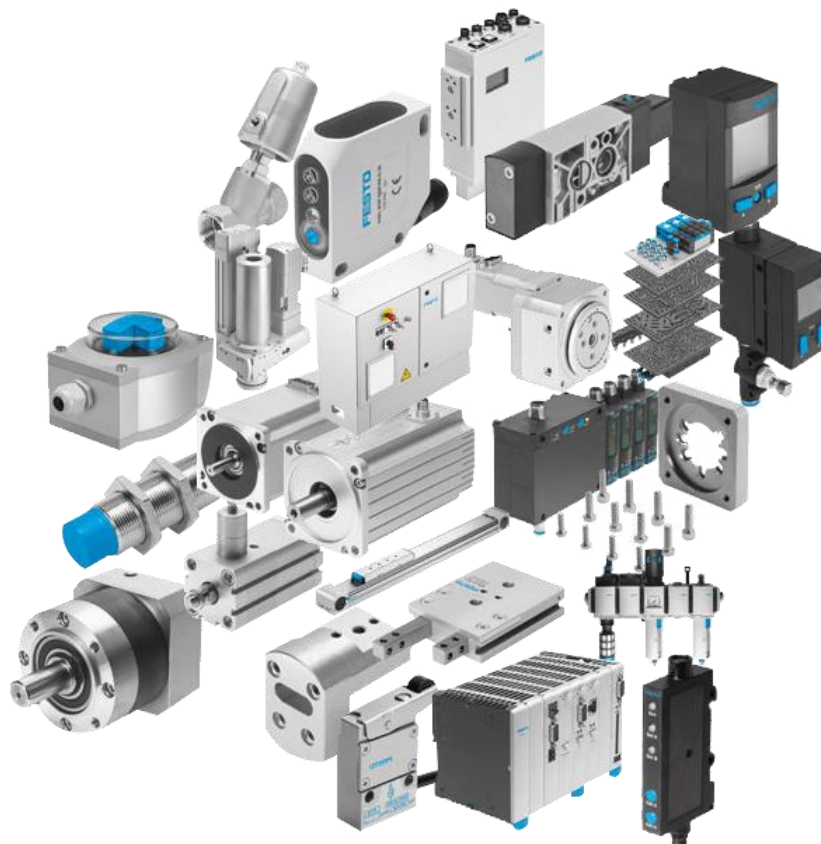
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ FESTO

## 3.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ FESTO

# FESTO

### Process automation

Η Festo είναι μια γερμανική πολυεθνική εταιρία βιομηχανικού ελέγχου και αυτοματισμού που εδρεύει στο Esslingen am Neckar της Γερμανίας. Είναι μια εταιρεία που παράγει και πωλεί πνευματικά και ηλεκτρικά συστήματα ελέγχου και κίνησης (Εικόνα 3.1) για αυτοματοποίηση εργοστασίων ή διαδικασιών. Η Festo ιδρύθηκε το 1925 από τους Albert Fezer και Gottlieb Stoll. Αρχικά, η εταιρεία κατασκεύαζε εργαλεία κοπής ξύλου και αργότερα αναπτύχθηκε σε βιομηχανία αυτοματισμού.



*Εικόνα 3.1: Συστήματα αυτοματισμού Festo*



## **Σταθμός εργασίας Festo**

Το σύστημα διδακτικής εκπαίδευσης Festo (Εικόνα 3.2) για την αυτοματοποίηση και την τεχνολογία των διαδικασιών έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί διάφορες εκπαιδευτικές και επαγγελματικές απαιτήσεις όπως:

- **Μηχανικές γνώσεις:** Μηχανική κατασκευή ενός σταθμού
- **Μηχανική διεργασιών:** Διαγράμματα ροής και τεκμηρίωσης ανάγνωσης και σχεδίασης
- **Πνευματικές γνώσεις:** Σύνδεσμοι σωληνώσεων των πεπιεσμένων στοιχείων
- **Ηλεκτρολογικές γνώσεις:** Καλωδίωση ηλεκτρικών εξαρτημάτων
- **Αισθητήρες:** Χρήση αισθητήρων, μέτρηση μη ηλεκτρικών μεταβλητών, μεταβλητών διεργασιών και ελέγχου
- **PLC:** Προγραμματισμός και χρήση PLC
- **Τεχνολογία Fieldbus:** Τεχνολογία ελέγχου κλειστού βρόχου
- **Βασικές αρχές της τεχνολογίας ελέγχου κλειστού βρόχου**
- **Επέκταση των αλυσίδων μέτρησης σε κλειστούς βρόχους ελέγχου**
- **Διαμόρφωση, αντιστοίχιση παραμέτρων λειτουργίας και βελτιστοποίηση ελεγκτή κλειστού βρόχου**
- **Έλεγχος PID**
- **Θέση σε λειτουργία του συστήματος κλειστού βρόχου**
- **Συστηματική ανίχνευση σφαλμάτων σε ένα μηχανικό σύστημα**
- **Λειτουργία και παρατήρηση μιας διαδικασίας**

Ο σταθμός εργασίας της Festo συνδυάζει 4 κλειστούς βρόχους με ψηφιακούς και αναλογικούς αισθητήρες και ενεργοποιητές. Με PLC ή ελεγκτή είναι δυνατή η χρήση τους μεμονωμένα ή και κλιμακωτά όπου και περιλαμβάνει τα παρακάτω συστήματα:

- Σύστημα ελέγχου στάθμης
- Σύστημα ελέγχου ροής

- Σύστημα ελέγχου πίεσης
- Σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας



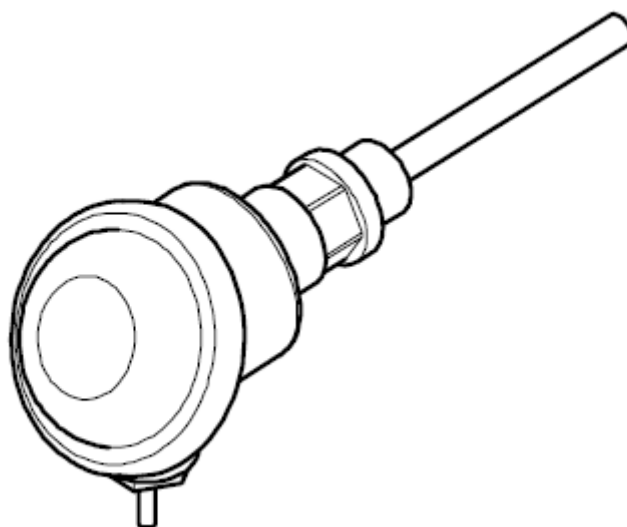
*Εικόνα 3.2: Σταθμός εργασίας Festo*

### 3.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

Ο εργασίας της Festo αποτελείται από τα εξαρτήματα που αναγράφονται στην παρακάτω λίστα:

- Αισθητήρας Θερμοκρασίας (Temperature Sensor)
- Αντλία (Pump)
- Μονάδα Θέρμανσης (Heating Unit)
- Αναλογική Βαλβίδα (Analog Valve)
- Ηλεκτρομαγνητική Βαλβίδα 2 Κατευθύνσεων (2/2 Way )
- Βαλβίδα Σφαίρας (Ball Valve)
- Σωληνώσεις (Solenoids)
- Αναλογικό Τερματικό (Analog Terminal)
- Αισθητήρας Εγγύτητας (Proximity Sensor)
- Ελεγκτής Κινητήρα (Motor Controller)
- Αισθητήρας Ροής (Flow Sensor)
- Αισθητήρας Πίεσης (Pressure Sensor)
- Στρογγυλή Δεξαμενή (Round Tank)
- Ορθογώνια Δεξαμενή (Rectangular Tank)
- Αισθητήρας Υπερήχων (Ultrasonic Sensor)
- I/O Τερματικό (I/O Terminal)
- Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC)

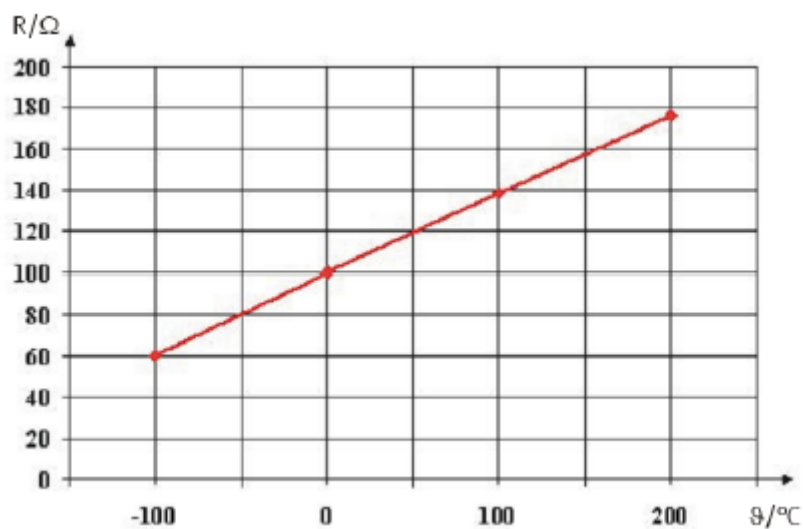
## Αισθητήρας Θερμοκρασίας:



Λειτουργία :	<p>Ο αισθητήρας θερμοκρασίας περιλαμβάνει ένα θερμόμετρο αντίστασης από πλατίνα και ένα εναλλάξιμο ένθετο μέτρησης. Ο αισθητήρας αποτελείται από ένα προστατευτικό σωλήνα, α την κεφαλή σύνδεσης και το ένθετο μέτρησης. Κατά την εγκατάσταση του αισθητήρα, βεβαιωθείτε ότι ο αισθητήρας δέχεται τη μέτρηση της θερμοκρασίας όσο το δυνατόν ακριβέστερα.</p> <p>Η απορρόφηση θερμότητας ή η παροχή θερμότητας μέσω του αισθητήρα πρέπει να αποφεύγονται.</p>
Σχεδιασμός :	<p>Ο αισθητήρας θερμοκρασίας βιδώνεται μέσα στην οπή (με σπείρωμα) ενός δοχείου.</p>
Σημείωση:	<p>Η επιτρεπόμενη ταχύτητα ροής είναι 3 m / s.</p> <p>Για να αποσυναρμολογήσετε τον αισθητήρα, δεν είναι απαραίτητο να απελευθερώσετε ολόκληρη τη βάση στο δοχείο. Αρκεί να χαλαρώσετε και τις δύο βίδες ρύθμισης. Αυτό τότε σας επιτρέπει να τραβήξετε το θερμικό στοιχείο από το προστατευτικό χιτώνιο.</p>

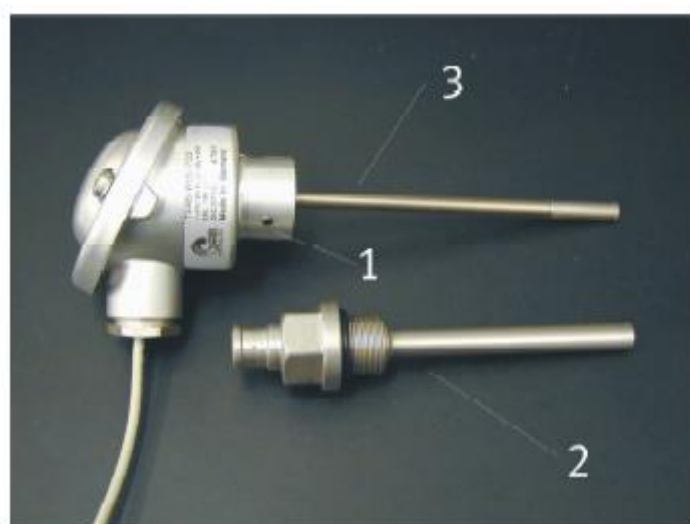
Βασικές τιμές αντίστασης Pt 100 ως συνάρτηση της θερμοκρασίας:

- Θερμοκρασία [° C] -100.00 0.00 100.00 200.00
- Βασική τιμή [W] 60.25 100.00 138,50 175.84



Χαρακτηριστική γραμμή: Καμπύλη αντίστασης Pt 100 σε θερμοκρασία εντός εύρους από -100 ° C έως +200 ° C.

Αποσυναρμολόγηση του αισθητήρα:



1) Βίδες(x2) 2) Προστατευτικό μανίκι 3) Θερμικό στοιχείο  
Τεχνικές πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Σχεδιασμός	43 763
Εύρος μέτρησης	-50 °C – +150 °C
Αντίσταση μέτρησης	Pt 100
Υλικό	Πλαστικό
Ανοχή	+/- 0.12 Ω +/- 0.30 Ω

Υλικά Θήκη Προστατευτικό μανίκι	Ανοξείδωτο ατσάλι Ανοξείδωτο ατσάλι
Διάμετροι Μήκος Μέτρηση μήκους ένθετου Βιδωτό νήμα	100 mm 145 mm G ½"
Ηλεκτρική σύνδεση	Καλώδιο 750 mm

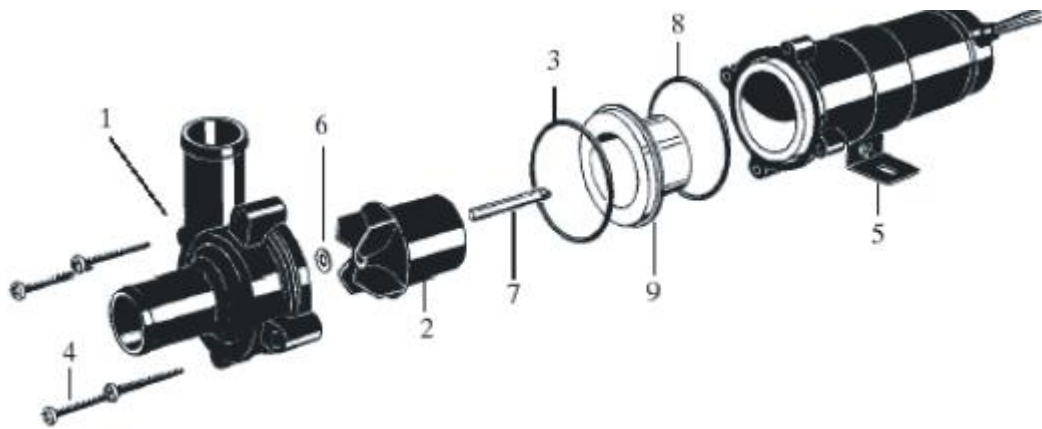
### Αντλία:



Τυπικοί τομείς εφαρμογής:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αντλία ανακυκλοφορίας για νερό, αντιψυκτικές ενώσεις σε συστήματα θέρμανσης για μηχανοκίνητα οχήματα, σκάφη, τροχόσπιτα κ.λπ.</li> <li>• Αντλία ανακύκλωσης για ψύξη γλυκού νερού σε οχήματα.</li> <li>• Αντλία γενικής χρήσης για εφαρμογές όπου δεν απαιτείται αυτόματη προετοιμασία</li> </ul>
Οδηγίες συναρμολόγησης:	<p>Οι αντλίες αυτές είναι φυγοκεντρικές αντλίες εισαγωγής και πρέπει να γεμίζονται με το μέσο άντλησης πριν από τη θέση λειτουργίας. Δεν πρέπει να λειτουργούν στεγνά. Μια σύντομη περίοδος ξηρής λειτουργίας δεν συμβάλει στην βλάβη της αντλίας. Λάβετε υπόψη ότι αν η αντλία λειτουργήσει σε υπερχειλίση για περισσότερο από 30 λεπτά, θα καταστεί άχρηστη. Σε περίπτωση στεγνώματος, θα ακουστεί θόρυβος. <b>Σημαντικό:</b> Αυτή η αντλία πρέπει πάντα να λειτουργεί στην καθορισμένη κατεύθυνση περιστροφής.</p> <p>Οι αντλίες είναι σχεδιασμένες για συνεχή λειτουργία και διακυμάνσεις τάσης <math>\pm 20\%</math>.</p>

	Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για λύματα που περιέχουν σωματίδια ακαθαρσίας. Οι αντλίες μπορούν να εγκατασταθούν σε οποιαδήποτε θέση εργασίας - οριζόντια ή κάθετη. Για να αποφεύγετε το σχηματισμό θυλάκων αέρα, η έξοδος της αντλίας θα πρέπει να στραφεί προς τα πάνω.
Σχεδιασμός:	Η αντλία κρατιέται μέσα σε ένα δακτύλιο σύσφιξης και τοποθετείται πάνω σε μια πλάκα διατομής χρησιμοποιώντας δύο βίδες και παξιμάδια T-κεφαλής.
Σημείωση:	Κατά τη λειτουργία, σημειώστε ότι ισχύει η πολικότητα της τάσης. Οι καλωδιακές συνδέσεις είναι χρωματικά κωδικοποιημένες.

#### Εξαρτήματα της Αντλίας:



- 1) Στεγανό 2) Στροφείο 3) Ο δακτύλιος 4) Βίδα 5) Δακτύλιος σύσφιξης 6) Ροδέλα 7) Άξονας 8) Σφραγίδα 9) Περίβλημα μαγνήτη

#### Τεχνικές πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Στεγανό Αντλίας:	Πλαστικό ενισχυμένο με υαλοβάμβακα (PPA, GF 30%)
Άξονας:	Ανοξείδωτο ατσάλι
Πλάκα Φθοράς:	Ανοξείδωτο ατσάλι
O-ring:	EPDM
Στροφείο:	Σώμα: Πλαστικό ενισχυμένο με υαλοβάμβακα (PPS, GF 40%) Μαγνήτης: Φερρίτης Ρουλεμάν: Άνθρακας δεσμευμένος με ρητίνη

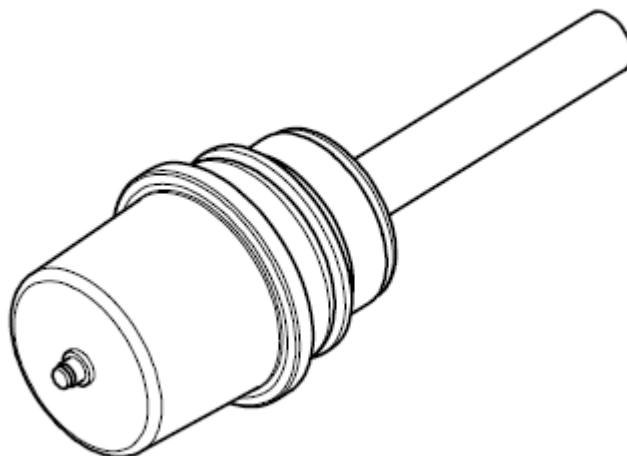
Θήκη μαγνητών:	Πλαστικά ενισχυμένα με υαλοβάμβακα (PSU, GF 30%)
Φλάντζα κινητήρα:	Πλαστικό ενισχυμένο με υαλοβάμβακα (PA66, GF 30%)
Κέλυφος κινητήρα:	Χάλυβας, κατεργασμένος με ψευδάργυρο
Κάλυμμα κινητήρα:	Πλαστικό ενισχυμένο με υαλοβάμβακα (PA66, GF 30%)
Βίδες:	Χάλυβας, κατεργασμένος με ψευδάργυρο
Κινητήρας:	Κινητήρας με ρουλεμάν, με μόνιμο μαγνήτη 12/24 V
Βάση κινητήρα:	Αλουμίνιο, βερνικωμένο
Κατηγορία προστασίας:	IP 67 (DIN 40050)
Σύνδεση:	20 mm (¾")
Σύνδεση ώθησης για τη διάμετρο σωληνώσεων, εξωτερική:	15 mm
Παρεμπόδιση παρεμβολών:	EN 55014
Εύρος θερμοκρασίας:	-40°C – + 100°C
Περιβάλλον:	-40°C – +70°C
Μέγιστη πίεση του συστήματος:	2.5 bar
Τάση λειτουργίας:	24V DC
Ισχύς:	26 W
Μέγιστη ροή:	10 l/min
Διαστάσεις	
Μήκος:	170 mm
Πλάτος:	62 mm
Ύψος:	75 mm
Βάρος:	0.53 Kg

#### Πίεση και απόδοση:

Πίεση (bar)	Ποσοστό παράδοσης (l / λεπτό)	Ρεύμα στα 24 V (A)
0.1	26	1.1
0.2	19.5	1.0
0.3	9.0	0.75



## Μονάδα θέρμανσης:



Λειτουργία:	Η μονάδα θέρμανσης λειτουργεί μέσω τροφοδοσίας AC 230 V. Διευκολύνει την ψηφιακή ή την αναλογική λειτουργία. Εάν χρησιμοποιείται ο ψηφιακός τρόπος λειτουργίας, ο θερμαντήρας ενεργοποιείται και απενεργοποιείται μέσω μιας εισόδου 24 V. Σε περίπτωση αναλογικής λειτουργίας, η ισχύς θέρμανσης μπορεί να ρυθμιστεί απεριόριστα από 0 έως 10 V. Μια ενδεικτική λυχνία υποδεικνύει την κατάσταση μεταγωγής και τυχόν βλάβες.
Εγκατάσταση:	Ο θερμαντήρας βιδώνεται σε μια οπή διαμέτρου 50 mm σε ένα δοχείο και συγκρατείται μέσω ενός βιδωτού χιτώνιού.

### Τεχνικές πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Ισχύς θέρμανσης:	1000 W / 230 V AC
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος:	24 V DC / 100 mA
Ψηφιακή είσοδος:	24 V DC / 12 mA
Αναλογική είσοδος:	0 έως 10 V
Διαστάσεις Θερμαντικού σωλήνα:	150 mm x 20 mm διάμετρος
Υλικά (περίβλημα θερμαντικού σωλήνα):	Ανοξείδωτο ατσάλι
Συνδέσεις Θερμάστρα: Έλεγχος:	Καλώδιο δικτύου με βύσμα μήκους 2000 mm ακροδέκτης 4 ακίδων M8

Οθόνη LED:

Παράμετροι	Τιμές
24 V τροφοδοσία	Plug pin 1 – καφέ
0 V τροφοδοσία	Plug pin 4 – μπλε
24 V ψηφιακή είσοδος	Plug pin 3 – μαύρο
0 to 10 V / 24 V αναλογική είσοδος	Plug pin 2 – άσπρο

### Αναλογική βαλβίδα:



Λειτουργία:	<p>Η αναλογική βαλβίδα διευκολύνει τον έλεγχο της ροής των ουδέτερων αερίων και υγρών. Μπορεί να χρησιμοποιείται ως τηλεχειριζόμενο τελικό στοιχείο ελέγχου ή σε κλειστούς βρόχους ελέγχου. Η αναλογική βαλβίδα είναι μια απευθείας ενεργοποιημένη 2/2-way βαλβίδα. Το έμβολο της βαλβίδας ανυψώνεται της θέσης του ως συνάρτηση του ρεύματος πηνίου μαγνητών και απελευθερώνει τη ροή σύνδεση 1 στη σύνδεση 2. Μόλις η βαλβίδα απενεργοποιηθεί, κλείνει μέσω μιας επαναφοράς. Το σήμα ελέγχου, το οποίο μετασχηματίζεται σε σήμα PWM, ανυψώνει το έμβολο της. Η συχνότητα του σήματος PWM μπορεί να αλλάξει. Η τιμή εξαρτάται από τι είδους βαλβίδα χρησιμοποιείται</p>
Σχεδιασμός:	<p>Η αναλογική βαλβίδα είναι τοποθετημένη σε γωνιακό βραχίονα και μπορεί να συνδεθεί με μια πλάκα προφίλ MPS χρησιμοποιώντας μια βίδα και ένα παξιμάδι T-κεφαλής.</p>

Πληροφορίες:	Η μέγιστη παροχή νερού δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 3 m / s.
--------------	---

Τεχνικές Πληροφορίες της Βαλβίδας:

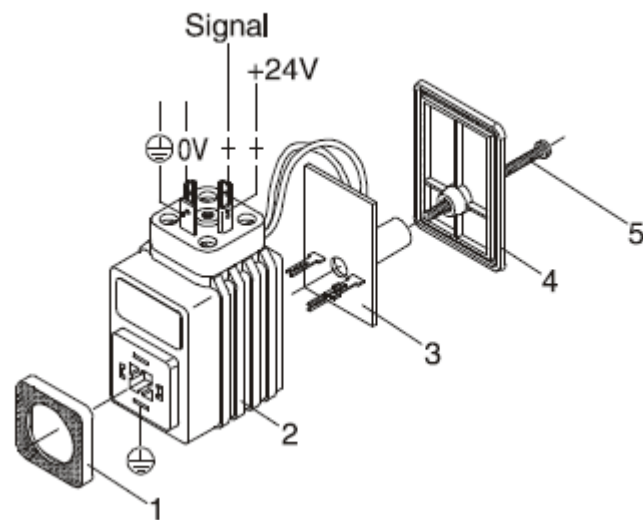
Παράμετροι	Τιμές
Επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας (για σύνδεση με ηλεκτρονικά ελέγχου):	24 V DC
Κατανάλωση ισχύος (ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα):	8 W
Λειτουργία:	Συνεχόμενη
Βαθμός προστασίας:	IP 65
Ονομαστικό μέγεθος:	7,1 mm
Πίεση λειτουργίας:	Μέγιστη Διαφορά πίεσης 1 bar
Θερμοκρασία λειτουργίας περιβάλλοντος:	Μέγιστη +75 °C
Ευαισθησία απόκρισης:	<2% της τελικής τιμής
Ακρίβεια επανάληψης:	<3% της τελικής τιμής
Μέσα ροής:	Ουδέτερα μέσα π.χ. νερό, πεπιεσμένος αέρας
Συντελεστής ροής:	15,0 l / λεπτό 0,9 m <sup>3</sup> /h
Θερμοκρασία του μέσου:	10 °C έως +90 °C
Υλικά Στεγανό: Εσωτερικά μέρη βαλβίδων: Μόνωση:	Ορείχαλκος Ανοξείδωτο ατσάλι FPM
Διαστάσεις Ύψος με τα συνδεδεμένα ηλεκτρονικά ελέγχου: Μήκος:	129,5 mm 40 mm
Σύνδεση σωλήνα:	G 3/8

Ηλεκτρική σύνδεση:	Πλαίσιο επαφής με 4 ακίδες
--------------------	----------------------------

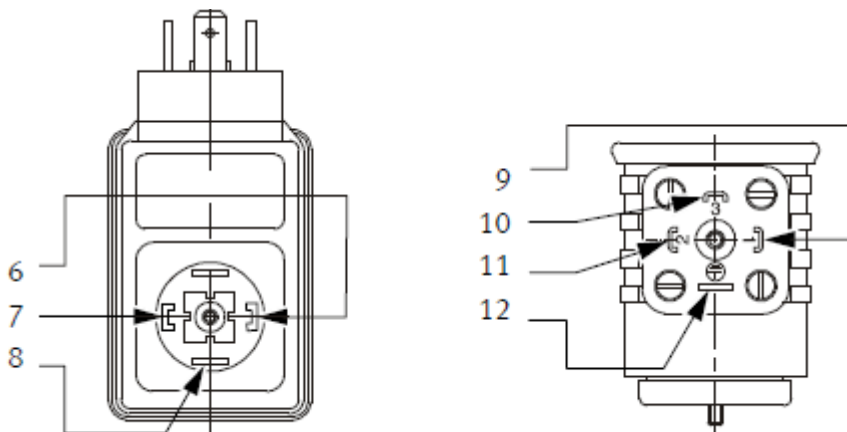
Τεχνικά δεδομένα του ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου:

Παράμετροι	Τιμές
Επιτρεπόμενη τροφοδοσία τάσης:	24 VDC +/- 10%
Υπολειπόμενη κυμάτωση:	μέγιστο 10 %
Είσοδος σήματος:	0 ... 10 V, 0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA
Κατανάλωση ενέργειας:	0,8 W
Κατανάλωση ρεύματος σε περίπου 24V:	μέγιστη 1100 mA
Ελάχιστο ρεύμα:	Ρυθμιζόμενο μεταξύ 15 - 50% του μέγιστου ρεύματος
Μέγιστο ρεύμα:	Ρυθμιζόμενο μεταξύ 30 - 100% του μέγιστου ρεύματος
Χρονική ράμπα:	Προαιρετική ON / OFF, ρυθμιζόμενη μεταξύ 0,1 - 3s
Ρυθμιζόμενη συχνότητα μεταγωγής:	40 – 700 Hz
Τάση λειτουργίας περιβάλλοντος:	-10 έως + 75°C
Υλικό (Στεγανό):	Πλαστικό
Ηλεκτρική σύνδεση:	Πλαίσιο επαφής με 4 ακίδες

Οδηγίες σύνδεσης:

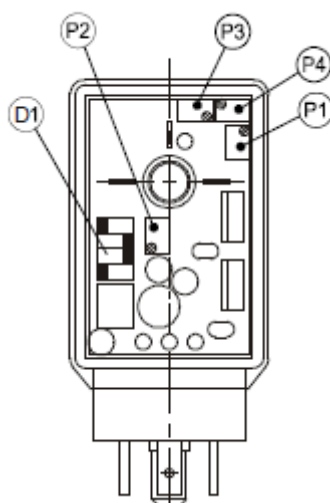


- 1) Τσιμούχα
- 2) Συνδετήρας
- 3) Τυπωμένο Κύκλωμα
- 4) Καπάκι και Φλάντζα
- 5) Βίδα



- 6) Συρμάτινο Πηνίο
- 7) Συρμάτινο Πηνίο
- 8) Γείωση
- 9) Τροφοδοσία 24V DC
- 10) Σήμα Ελέγχου
- 11) Ουδέτερος αγωγός 0 V
- 12) Γείωση

Ποτενσιόμετρο:



P1) Ελάχιστο Ποσοστό Ροής (από το σημείο προέλευσης)

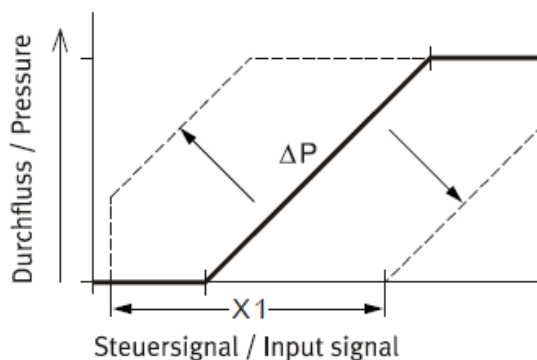
P2) Χρόνος

P3) Μέγιστος Ρυθμός Ροής

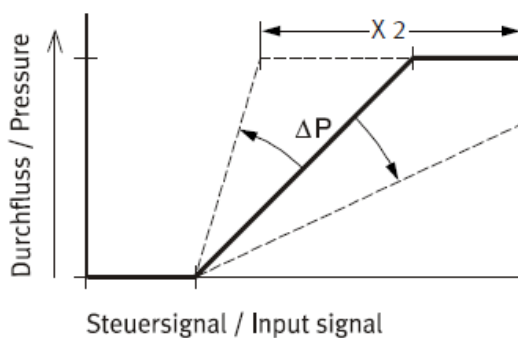
P4) Συχνότητα Μεταγωγής

D1) Σήμα εισόδου

Καμπύλη ροής:



Το ελάχιστο εύρος ελέγχου μπορεί να ρυθμιστεί από το ποτενσιόμετρο P1



Το μέγιστο εύρος ελέγχου μπορεί να ρυθμιστεί από το ποτενσιόμετρο P3.

### **Διπλή Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα DN10:**



Λειτουργία:	Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα 2/2 κατευθύνσεων είναι μια ελεγχόμενη βαλβίδα. Εάν δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από το πηνίο, η βαλβίδα κλείνει με ισχύς του ελατηρίου.
Λειτουργική αρχή:	Σε κανονική θέση, ο οπλισμός με σφράγιση πιέζεται από την ισχύ του ελατηρίου στο κάθισμα της βαλβίδας. Το μέσο ενισχύει το αποτέλεσμα της σφράγισης. Με τη σύνδεση του πηνίου σωληνοειδούς, το οπλισμό ανυψώνεται από το κάθισμα της βαλβίδας με το οποίο απελευθερώνεται. Το μέσο είναι δυνατόν να ρέει ανεξέλεγκτα από το P στο A. Απενεργοποιώντας το σπειροειδές πηνίο, ο σφικτήρας πιέζει το οπλισμό, οπότε η βαλβίδα είναι κλειδωμένη.
Σχεδιασμός:	Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα συναρμολογείτε με βύσματα για συνδέσμους μέσα στη σωλήνωση.
Θέση συναρμολόγησης:	Η θέση συναρμολόγησης της βαλβίδας είναι σε οποιαδήποτε διεύθυνση, κατά προτίμηση όμως σε κατακόρυφη θέση.
Μέσο:	Ουδέτερα αέρια, υγρά και ατμός.
Ηλεκτρική Σύνδεση:	Συνδέστε σύμφωνα με το DIN 43650 A για υποδοχή σύνδεσης τύπου 2508.
Σημειώσεις:	Για μια σταθερή σύνδεση, ένας σφικτήρας στον σωλήνα μπορεί να τοποθετηθεί μπροστά και πίσω από τη βαλβίδα.

Τεχνικές Πληροφορίες της Βαλβίδας:

Παράμετροι	Τιμές
Ονομαστική διάμετρος:	10 mm (DN10)
Σύνδεση:	G 1/2
Διαφορά πίεσης:	0...0,3 bar
Στατική πίεση:	Μέγιστο 10 bar
Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος αέρα:	50 °C
Υλικό κατασκευής:	Ορείχαλκος
Πυρήνες:	Ανοξείδωτος χάλυβας (1.4105)
Θέση συναρμολόγησης:	Κατά προτίμηση κάθετη θέση
Τάση λειτουργίας:	24 VDC ±10 %
Κύκλοι λειτουργίας:	Μέγιστο 360/min.
Ιξώδες χρησιμοποιούμενων μέσων:	Μέγιστο 21 mm <sup>2</sup> /s (3 °E)
Κατανάλωση:	8 W
Τιμή Kv (νερό, + 20 ° C):	1,2 m <sup>3</sup> /h
Κατηγορία προστασίας:	IP 54
Βάρος:	0,415 kg

**Βαλβίδα Σφαίρας:**





Λειτουργία:	Η περιστροφή του μοχλού, προκαλεί την πλήρη διακοπή της ροής και προς τις δύο κατευθύνσεις.
Σχεδιασμός:	Η σφαιρική βαλβίδα εγκαθίσταται στις σωληνώσεις με τη βοήθεια συνδετήρων ταχείας ώθησης.
Σημειώσεις:	Το παραπάνω σχήμα δείχνει την σφαιρική βαλβίδα σε κλειστή θέση. Αν ο μοχλός είναι στραμμένος σε 90 °τότε η σφαιρική βαλβίδα ανοίγει τελείως.

#### Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Σύνδεση:	15 mm
Ονομαστικό Μέγεθος:	15
Περιοχή πίεσης:	0 ... 7 bar
Εύρος θερμοκρασίας (με πλαστικές συνδέσεις):	0 ... +65 °C
Δύναμη ενεργοποίησης:	5 Nm
Βάρος:	~0,45 kg

#### Σωληνώσεις:



Λειτουργία:	Αυτές οι πλαστικές σωληνώσεις από πολυαιθυλένιο χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό όλων των συνδέσεων, με εξαίρεση τις σωληνώσεις με ακρυλικό γυαλί.
-------------	--

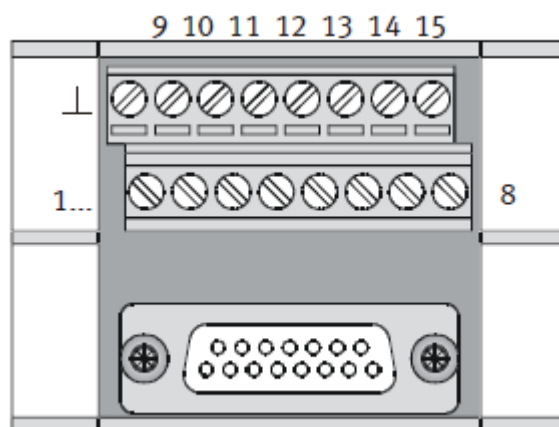
Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Υλικό κατασκευής:	Πολυαιθυλένιο (PE)**
Θερμοκρασία & Πίεση Ζεστό Νερό: Κρύο Νερό: Περιοδικά με διακοπές*:	6 bar Στους 65 °C 12 bar στους 20 °C  114 °C
Διαστολή:	1% σε όλο το μήκος (20 °C - 82 °C)
Μέσο:	Νερό
Φως:	Προστασία από το υπεριώδες φως (μακροχρόνια ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.).
Διαστάσεις Εξωτερική διάμετρο σωληνώσεων: Μήκος σωληνώσεων:	15 mm  2 mm

\* Δεν χρησιμοποιούμε αυτή τη σωλήνωση σε συνδυασμό με μια ανεξέλεγκτη πηγή θερμότητας.

\*\*Χωρίς μόλυβδο (μη τοξικός). Μεγάλη διάρκεια ζωής.

**Αναλογικό Τερματικό:**



Λειτουργία:	Το αναλογικό τερματικό είναι μια βελτιστοποιημένη λωρίδα ακροδεκτών για τη σύνδεση αναλογικών αισθητήρων και ενεργοποιητών σε μονάδα ελέγχου (PLC, EasyPortDA, Simu-Box κ.λπ.) μέσω διασυνδέσεων Sub-D 15 ακίδων. Ένα καλώδιο 15 ακίδων με διατομή πυρήνα 0,25 mm <sup>2</sup> συνδέει το αναλογικό τερματικό παράλληλα με τη μονάδα ελέγχου. Μπορούν να συνδεθούν 4 σήματα αναλογικών εισόδων και 2 σήματα αναλογικών εξόδων.
Σχεδιασμός:	Ο αναλογικός ακροδέκτης πρέπει να τοποθετηθεί σε μια ράγα τύπου-H.

#### Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Αριθμός αναλογικών εισόδων:	4
Αριθμός αναλογικών εξόδων:	2
Αριθμός γείωσης για εισόδους και εξόδους:	2
Ονομαστική τάση VN:	125 V
Μέγιστη ικανότητα ρεύματος ανά κλάδο:	2.5 A
Αριθμός ακίδων:	15
Διαστάσεις Μήκος: Πλάτος: Ύψος:	45 mm 65 mm 42 mm
Θερμοκρασία περιβάλλοντος (σε λειτουργία):	-20 °C – 50 °C

Η λειτουργία των ακροδεκτών περιγράφεται γενικά στον κατάλογο κατανομής και υπόκειται στο πεδίο λειτουργίας του βιομηχανικού ελεγκτή.

#### Κατανομή ακίδων:

Κατανομή ακίδων		Αναλογικό Τερματικό
Αναλογικό Σήμα	Λειτουργία	Τερματικό
OUT	VO1	1
	VO2	2
	AGNDO	3

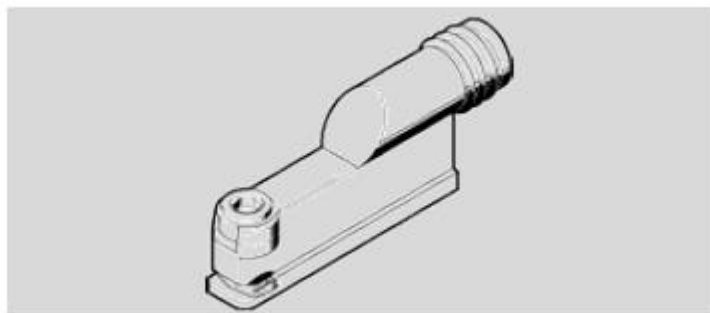
IN	II2	4
	II1	5
	AGNDI	6
	VI2	7
	VI1	8
OUT	IO2	9
	IO1	10
IN	II4	12
	II3	13
	VI4	14
	VI3	15

U = Τάση      A = Έξοδοι

I = Ρεύμα      GND = Γείωση

E = Είσοδοι

### **Αισθητήρας Εγγύτητας:**



Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Εύρος τάσης λειτουργίας DC:	10 - 30 V
Εύρος τάσης λειτουργίας AC:	10 - 30 V
Αλλαγή εξόδου:	Με διπολική επαφή
Λειτουργία στοιχείου μεταγωγής:	Κανονικά ανοιχτή επαφή
Μέγιστο ρεύμα εξόδου:	500 mA
Ηλεκτρική σύνδεση:	Βύσμα, M8x1 - 3 ακίδων
Σχεδιασμός:	Για υποδοχή T
Συμμόρφωση με το πρότυπο:	DIN EN 60947-5-2
Αντοχή βραχυκυκλώματος:	Όχι
Αρχή μέτρησης:	Μαγνητικό μαγνήσιο
Προστασία της πολικότητας:	Όχι
Ένδειξη κατάστασης λειτουργίας:	Κίτρινο LED
Χρόνος απενεργοποίησης:	0.05 ms
Χρόνος ενεργοποίησης:	$\leq 0.6$ ms
Μέγιστη συχνότητα μεταγωγής:	500 Hz
Τάση μόνωσης:	50 V
Μέγιστη βαθμολογία επαφής AC:	10 VA
Μέγιστη. βαθμολογία επαφής DC:	10 W
Πτώση τάσης:	0 V
Αντοχή στις υπερτάσεις:	0.8 kV
Αντοχή σε υπερφόρτωση:	Όχι
Βαθμός μόλυνσης:	3

Σήμα CE (βλ. Δήλωση συμμόρφωσης):	Προς την οδηγία της ΕΕ για την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα
Κατηγορία προστασίας:	IP65 - IP67
Θερμοκρασία περιβάλλοντος:	-20 - 60 °C
Ροπή σύσφιξης:	0.2 Nm
Βάρος προϊόντος:	5 g
Αναπαραγωγικότητα της τιμής μεταγωγής:	+/- 0,1 mm
Κατεύθυνση εξόδου σύνδεση	Αξονική
Τύπος συναρμολόγησης:	Σφίγγεται στην υποδοχή T Τοποθετείται σε σχισμή κατά μήκος
Σημείωση για τα υλικά:	Χωρίς χαλκό και PTFE Συμμορφώνεται με την οδηγία RoHS
Πληροφορίες υλικών, στέγασ	Εποξική ρητίνη PC PET Υψηλό κράμα χάλυβα, μη διαβρωτικό
Πληροφορίες υλικών, θήκες καλωδίων:	PUR

### **Ελεγκτής Κινητήρα:**



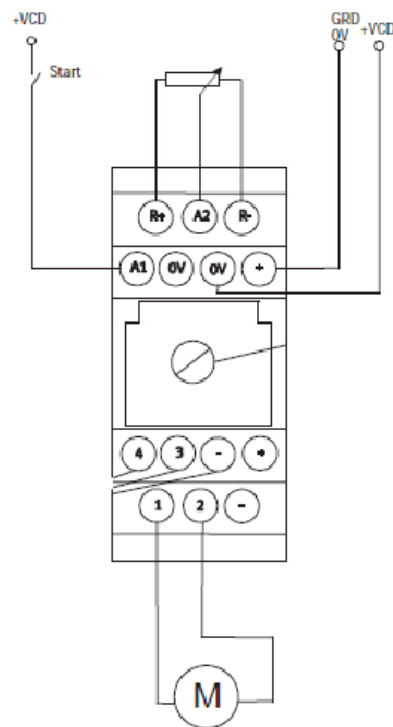
Λειτουργία:	Ο ελεγκτής Maxi-1Q-4-30 είναι ένας ελεγκτής κινητήρα με ρύθμιση ταχύτητας, για κινητήρες 24V DC. Εξασφαλίζει την αξιόπιστη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση των κινητήρων. Στην κατάσταση εκτός λειτουργίας, η δυναμική πέδηση είναι ενεργή. Η ενίσχυση
-------------	--

	IxR μπορεί να ρυθμιστεί μέσω μίας γέφυρας μεταξύ GND και τερματικού 3 (ενίσχυση 1) ή τερματικού 4 (ενίσχυση 2).
Σχεδιασμός:	Ο ελεγκτής κινητήρα πρέπει να τοποθετηθεί σε μια ράγα Η.

IxR ενίσχυση:

Γέφυρες	Λειτουργία
Καμία:	Ελάχιστη ενίσχυση
GND και τερματικό 3:	Ρυθμιζόμενη ενίσχυση
GND και τερματικό 4:	Μέγιστη ενίσχυση, σταθερή

Αντιστοίχιση Ακροδεκτών:



R+	Ref. 10V	Externe potentiometer 10 kΩ. Speed setpoint adjustment
A2	n-setpoint	
R-	Ref. 0V	
A1	Start	
0V	Earth	
0V	AGNDO (Analogue earth for outputs)	
+	+VCC (supply voltage)	
4	IxR amplification 2	
3	IxR amplification 1	
-	GND (earth) amplification 1+2	
+	Supply voltage	
1	Motor (+)	Motor connection
2	Motor (-)	
-	Earth	

Τεχνικά χαρακτηριστικά: Κύκλωμα εισόδου

Παράμετροι	Τιμές
Ονομαστική τάση / τάση ενεργοποίησης:	24V DC
Ονομαστικό εύρος τάσης min./max.:	18V – 35V DC
Ρεύμα εισόδου για Vn:	10 mA
Περιοχή τάσης αναλογικ εισόδου:	0V – 10V DC

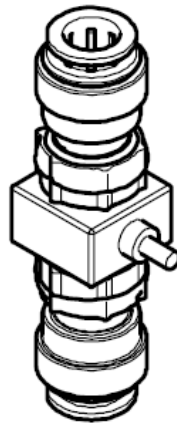
Τεχνικά χαρακτηριστικά: Κύκλωμα εξόδου

Παράμετροι	Τιμές
Περιοχή τάσης διακοπής τάση κινητήρα:	18V – 35V DC
Μέγιστο ρεύμα μόνιμης φόρτισης:	3.5 A



Περιοριστής ρεύματος με την αποκοπή θερμοκρασί	15 A
Ταχύτητα:	0V – V CC
Οδηγός ισχύος:	MOS-FET

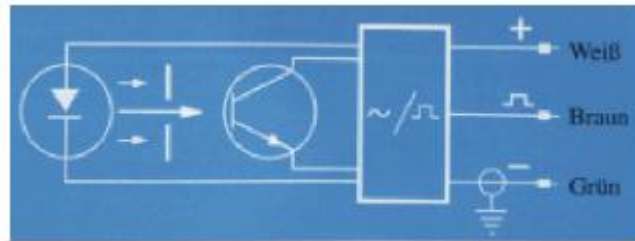
### **Αισθητήρας Ροής:**



Λειτουργία:	<p>Το διαφανές υγρό που εισέρχεται στην κατεύθυνση του βέλους υιοθετεί μια φυγόκεντρη κίνηση μέσω του περιστρεφόμενου σώματος στο θάλαμο μέτρησης και κατευθύνεται προς τον ελαφρύ, τριφασικό δρομέα. Η ταχύτητα του δρομέα είναι ανάλογη προς τη ροή και ανιχνεύεται χωρίς επαφή μέσω του ενσωματωμένου οπτοηλεκτρονικού συστήματος υπέρυθρων (διόδου και φωτο τρανζίστορ). Ο ενσωματωμένος ενισχυτής παρέχει ένα σταθερό σήμα τετραγωνικού κύματος, με το οποίο το επίπεδο σήματος εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση τροφοδοσίας (8 - 24V DC). Χάρη στην ειδική διαμόρφωση του δρομέα, τυχόν πιθανές φυσαλίδες αερίου στο υγρό (παγιδευμένος αέρας) δεν διασκορπίζονται, αλλά μεταφέρονται με το υγρό. Η θέση συναρμολόγησης είναι αυθαίρετη. Η κατεύθυνση ροής υποδεικνύεται με ένα βέλος στο περίβλημα του αισθητήρα. Οι ογκομετρικές διακυμάνσεις ή παλμοί του ρυθμού ροής δεν έχουν αρνητικό αποτέλεσμα στο αποτέλεσμα μέτρησης. Ένα προστατευτικό φίλτρο είναι τοποθετημένο στην πλευρά εισόδου. Όλα τα εξαρτήματα του περιβλήματος αισθητήρα που έρχονται σε επαφή με τα μέσα είναι κατασκευασμένα από φθοριούχο πολυβινυλιδένιο (PVDF).</p>
-------------	--

Σχεδιασμός:	Ο αισθητήρας ροής πρέπει να τοποθετηθεί σε σωληνώσεις με τη βοήθεια προσαρμογέων
Σημειώσεις:	<p>Η πολικότητα της εφαρμοζόμενης τάσης πρέπει να τηρείται κατά τη λειτουργία. Το καλώδιο και οι συνδέσεις είναι έγχρωμες:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Τάση λειτουργίας : Θετικό τερματικό - λευκό Αρνητικό τερματικό - πράσινο</li> <li>• Έξοδος σήματος : Τετραγωνικό σήμα κύματος -καφέ</li> </ul>

Ηλεκτρολογικό σχέδιο:

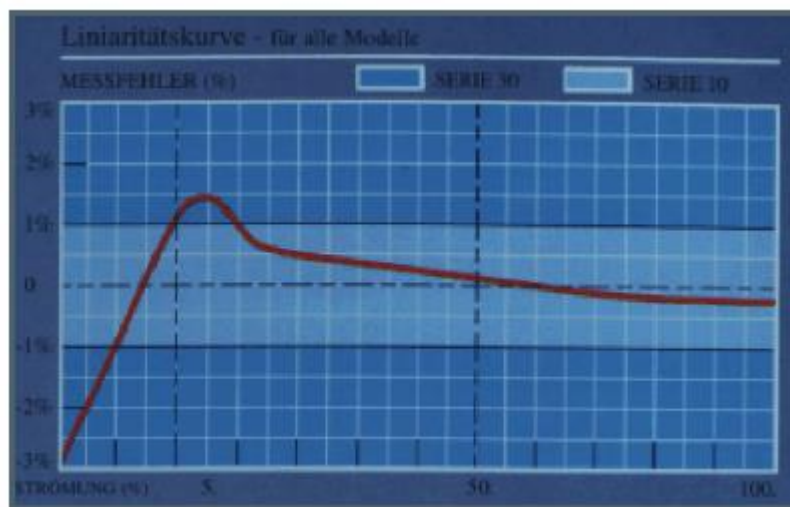


Τεχνικές Πληροφορίες:

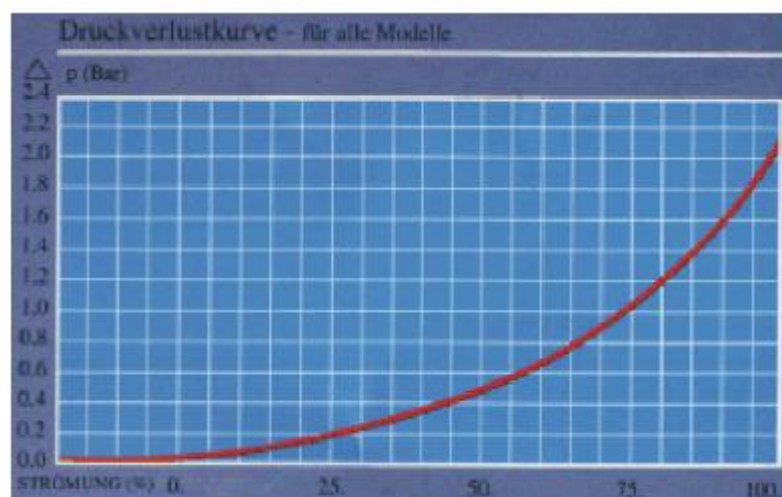
Παράμετροι	Τιμές
Επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας:	8 – 24V DC
Κατανάλωση ρεύματος:	18 – 30 mA
Εύρος συχνοτήτων (έξοδος):	40 – 1200 Hz
Μέγιστο φορτίο:	2.2 kΩ
Λήψη σήματος:	Υπέρυθρες (οπτοηλεκτρονικές)
Συντελεστής K (παλμός / dm <sup>3</sup> ):	8000
Εύρος μέτρησης:	0.3 – 9.0 l/min
Αβεβαιότητα μέτρησης:	± 1 % της μετρούμενης τιμής, at 20 °C
Γραμμικότητα:	± 1% της μετρούμενης τιμής
Ιξώδες:	Μέγιστο 15 cSt
Πίεση λειτουργίας:	Μέγιστο 10 bar
Πρότυπο εύρος θερμοκρασίας:	-40 °C – +85 °C
Προστασία αντιστροφής πολικότητας:	Ναι

Υλικά Όλα τα εξαρτήματα που έρχονται σε επαφή με τα μέσα: Σφραγίδες:	PVDF Viton
Διαστάσεις Μήκος: Σύνδεση νήματος:	47 mm G 1/2"
Σύνδεση ώθησης για τη εξωτερική διάμετρο σωληνώσεων:	15 mm
Ηλεκτρική σύνδεση:	Καλώδιο

Χαρακτηριστικές καμπύλες και κλίμακες:



Καμπύλη απώλειας πίεσης:



## Αισθητήρας Πίεσης:



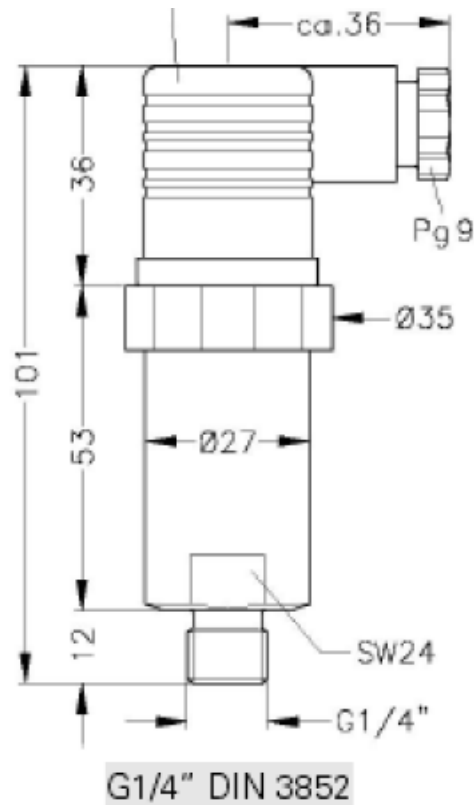
Λειτουργία:	Ο μετατροπέας μέτρησης πίεσης χρησιμοποιεί κεραμικό κυψέλη μέτρησης ως αισθητήρα. Λόγω του στιβαρού σχεδιασμού του, αυτός ο αισθητήρας είναι κατάλληλος για χρήση και σε ακατέργαστα βιομηχανικά περιβάλλοντα. Το μέγιστο εύρος θερμοκρασίας διεργασίας δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 100 ° C.
Σχεδιασμός:	Προστατεύει από τις κραδασμούς και την υγρασία. Ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί σε τεχνολογία 2 καλωδίων ή 3 καλωδίων. Η αντιστάθμιση πίεσης πραγματοποιείται από μια οπή στην κορυφή του αισθητήρα.
Σημειώσεις:	Προσέξτε την πολικότητα της συνδεδεμένης παροχής τάσης.

Αντιστοίχιση ακίδων:

Παράμετροι	Τιμές

Τεχνολογία 2-καλωδίων (4..20mA) 1: 2: 3: Γείωση:	Θετικό τερματικό Αρνητικό τερματικό Δεν χρησιμοποιείται Συνδεδεμένη
3-wire τεχνολογία (0..20mA / 0..10V) 1: 2: 3: Γείωση:	Σήμα εξόδου Αρνητικό σήμα τερματικού / εξόδου Θετικό τερματικό Συνδεδεμένη

Τεχνικό διάγραμμα:

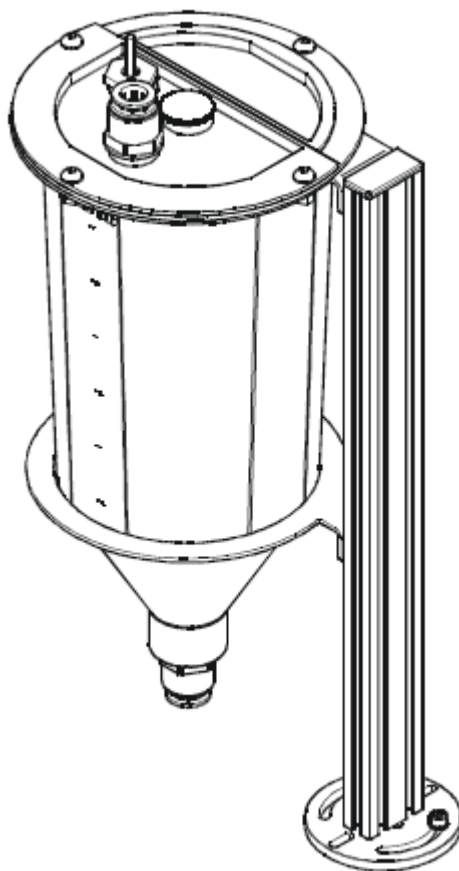


Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Εύρος μέτρησης:	0 ... 400 mbar
Ηλεκτρική σύνδεση:	Σύνδεση με τον σύνδεσμο με το DIN 43650
Κατηγορία προστασίας:	IP 65
Σύνδεση διαδικασίας:	G 1/2

Μέρη σε επαφή με τη μετρούμενη ουσία:	Κεραμικό, ανοξειδωτο ατσάλι, δακτύλιος στεγανοποίησης NBR
Σύστημα μέτρησης:	Κεραμικό κελί
Περιοχές θερμοκρασίας Θερμοκρασία διεργασίας (σε μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 50 ° C): Θερμοκρασία αποθήκευσης: Επιτρεπόμενη θερμοκρασία περιβάλλοντος Αντισταθμισμένη περιοχή θερμοκρασίας:	-25 °C..+100 °C -40 °C..+85 °C -25 °C..85 °C -10 °C..55 °C
Επιρροή της θερμοκρασίας σε μηδενικό σημείο: στην εμβέλεια:	<0,25 % f.E./10 K <0,15 % f.E./10 K
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος Ονομαστική τάση: Τάση: Μέγιστη επιτρεπόμενη παροχή τάσης:	24 V DC 11 V DC..40 V DC 40 V DC
Έξοδος σήματος Τεχνολογία 2 συρμάτων: Τεχνολογία 3 συρμάτων:	4..20 mA 0..20 mA or 0..10 V
Περιορισμός ρεύματος στο σήμα εξόδου:	Στο 110% της κλίμακας πίεσης
Εύρος ρύθμισης:	Σημείο μηδέν ± 10%
Χαρακτηριστική απόκλιση καμπύλης (Γραμμικότητα, υστέρηση, επαναληψιμότητα):	<0,5% f.E. (ρύθμιση μηδενικού σημείου)
Χρόνος απόκρισης:	< 3 ms
Μέγιστο φορτίο RI:	$U_{supply} - 11/0,02$
Φόρτιση στην έξοδο σήματος 0..10 V:	> 2,5 kHz
Βάρος:	~ 300 g
Ασφάλεια θορύβου:	DIN 50082

## Στρογγυλή Δεξαμενή:

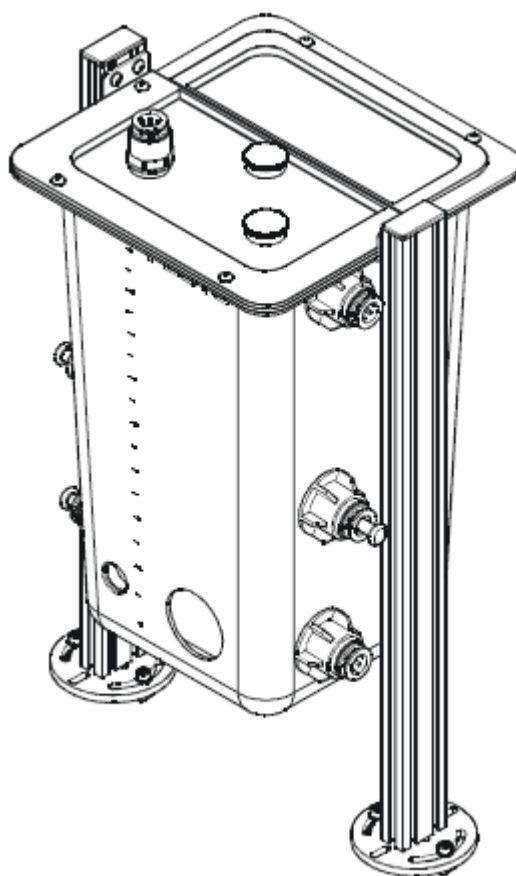


Λειτουργία:	Η στρογγυλή δεξαμενή έχει χωρητικότητα 3 λίτρων (αποτελεσματική λειτουργική ικανότητα) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υγρά και στερεά. Το κάλυμμα της δεξαμενής είναι εφοδιασμένο με αρκετές οπές με βιδωτή σύνδεση για εισροή και αισθητήρες. Οι οπές που δεν απαιτούνται είναι εφοδιασμένες με βύσμα. Ένας σύνδεσμος d40 είναι τοποθετημένος στο κάτω άκρο του δοχείου για εκφόρτωση.
Σχεδιασμός:	Το δοχείο προσαρτάται πλευρικά σε μια στήλη προφίλ μέσω βραχιόνων, χρησιμοποιώντας βίδες και βίδες με κεφαλή T και στη συνέχεια τοποθετείται στην πλάκα προφίλ. Διαφορετικές παραλλαγές σχεδιασμού με διαφορετικά πόδια προφίλ μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντός του MPS-PA.
Σημειώσεις:	Σφίξτε προσεκτικά τις βίδες στερέωσης.

### Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Υλικό:	Macrolon 2805
Επιτρεπτή θερμοκρασία λειτουργίας:	Μέγιστη +65 °C
Χωρητικότητα Αποτελεσματική λειτουργική ικανότητα:	Μέγιστη. 4 λίτρα ολικού όγκου δοχείου 3 λίτρα
Κλίμακα δοχείων:	0,5 - 3 λίτρα
Διαστάσεις του κυλίνδρου περίπου Διάμετρος εξωτερική / εσωτερική: Ύψος εξωτερικό / εσωτερικό:	150 mm/140 mm 210 mm/200 mm
Διαστάσεις του κόλουρου (κάτω) Διάμετρος εξωτερική / εσωτερική: Ύψος εξωτερικό / εσωτερικό:	60 mm/50 mm 90 mm/80 mm
Ενσωματωμένες συνδέσεις για την εξωτερική διάμετρο σωληνώσεων:	15 mm

### Ορθογώνια Δεξαμενή:



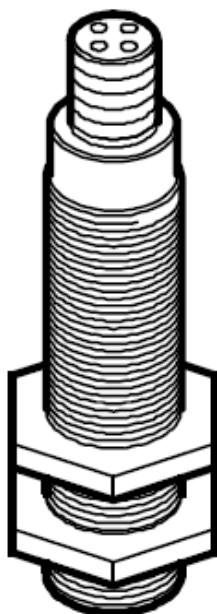


Λειτουργία:	Η ορθογώνια δεξαμενή έχει χωρητικότητα 10 λίτρων (αποτελεσματική λειτουργική ικανότητα) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υγρά και στερεά. Μια οπή με βιδωτή σύνδεση προβλέπεται για την εκκένωση στο κάτω μέρος του δοχείου. Οι οπές με σύνδεση με σπείρωμα και σύνδεση δεξαμενής νερού βρίσκονται στο πλάι για είσοδο και αισθητήρες. Κάθε μία από τις οπές παρέχεται για τη συναρμολόγηση ενός θερμαντικού στοιχείου και ενός αισθητήρα θερμοκρασίας. Οι οπές που δεν απαιτούνται σφραγίζονται με ένα βύσμα φραγής. Το κάλυμμα έχει αρκετά ανοίγματα, τα αποκαλούμενα στελέχη. Ένα από τα παξιμάδια προορίζεται για τον αναδευτήρα. Διαφορετικές παραλλαγές δοχείων μπορούν να χρησιμοποιηθούν εντός του MPS-PA.
Σχεδιασμός:	Το δοχείο προσαρτάται πλευρικά σε δύο στήλες προφίλ μέσω βραχιόνων, χρησιμοποιώντας τέσσερις βίδες και παξιμάδια της κεφαλής T και στη συνέχεια τοποθετείται πάνω στην πλάκα προφίλ με σχισμές. Διαφορετικές παραλλαγές σχεδιασμού με διαφορετικά πόδια προφίλ είναι δυνατές μέσα στο MPS-PA.
Σημειώσεις:	Σφίξτε προσεκτικά τις βίδες στερέωσης.

#### Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Υλικό:	Macrolon 2805
Επιτρεπτή θερμοκρασία λειτουργίας:	Μέγιστη +65 °C
Χωρητικότητα Αποτελεσματική λειτουργική ικανότητα: Κλίμακα δοχείων:	Μέγιστη. Συνολικός όγκος δοχείου 12 λίτρων 10 λίτρα 0,5 - 10 λίτρα
Διαστάσεις Πλάτος εξωτερικό / εσωτερικό: Βάθος εξωτερικό / εσωτερικό: Ύψος εξωτερικό / εσωτερικό:	200 mm/190 mm 200 mm/190 mm 350mm/340 mm
Ενσωματωμένες συνδέσεις για την εξωτερική διάμετρο σωληνώσεων:	15 mm

## Αισθητήρας Υπερήχων:

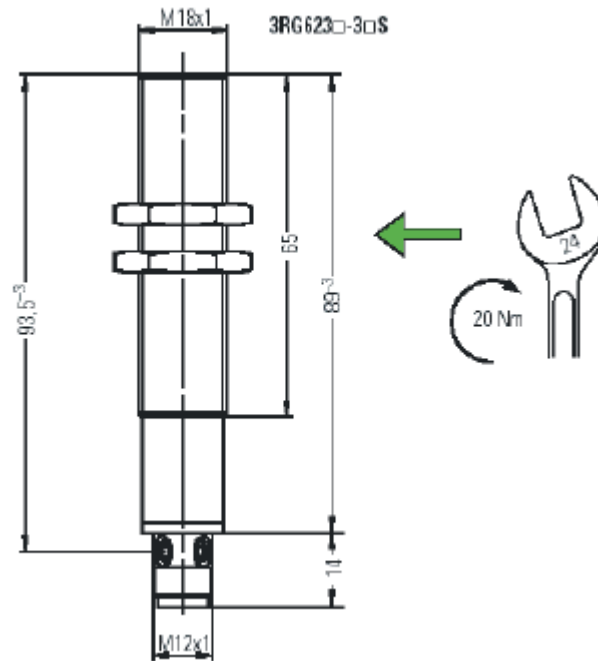


Λειτουργία:	<p>Η λειτουργική αρχή ενός υπερηχητικού αισθητήρα βασίζεται στην παραγωγή ακουστικών κυμάτων και στην ανίχνευσή τους μετά από ανάκλαση μέσω ενός αντικειμένου. Ο φορέας των ακουστικών κυμάτων είναι συνήθως ο ατμοσφαιρικός αέρας. Μια γεννήτρια υπερήχων ενεργοποιείται για μια σύντομη περίοδο και εκπέμπει έναν παλμό υπερηχητικής ενέργειας που δεν ακούγεται στο ανθρώπινο αυτί. Μόλις εκπέμπεται, ο παλμός της υπερηχητικής ενέργειας αντανακλάται μέσω ενός αντικειμένου που βρίσκεται μέσα στην εμβέλεια και αναπήδησε πίσω στον δέκτη. Σε ένα ορισμένο εύρος, το σήμα εξόδου είναι ανάλογο με τη διάρκεια του σήματος του υπερήχου παλμού. Το προς ανίχνευση αντικείμενο μπορεί να είναι από διαφορετικά υλικά. Ούτε το σχήμα ούτε το χρώμα, ούτε η κατάσταση υγρού ή σκόνης, έχουν κάποια ή μόνο ελάχιστη επίδραση στην ανίχνευση. Στην περίπτωση αντικειμένου με ομαλή, ομοιόμορφη επιφάνεια, η επιφάνεια πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένη κατακόρυφα με τη δέσμη υπερήχων. Στην κατάσταση λειτουργίας του, το σήμα εξόδου αυξάνεται με την αυξανόμενη απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και του προς μέτρηση αντικειμένου. Αυτή η ρύθμιση δεν είναι κατάλληλη για μέτρηση στάθμης σε δοχείο. Με την αύξηση του επιπέδου πλήρωσης, την απόσταση μεταξύ του αισθητήρα και του προς μέτρηση αντικειμένου (επιφάνεια νερού), η απόσταση μειώνεται, ενώ το σήμα μετρητή θα πρέπει να αυξηθεί. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η ρύθμιση του αυξανόμενου σήματος εξόδου έχει αντιστραφεί. Ομοίως, το εύρος μέτρησης του αισθητήρα έχει ρυθμιστεί στο δοχείο.</p>
-------------	--

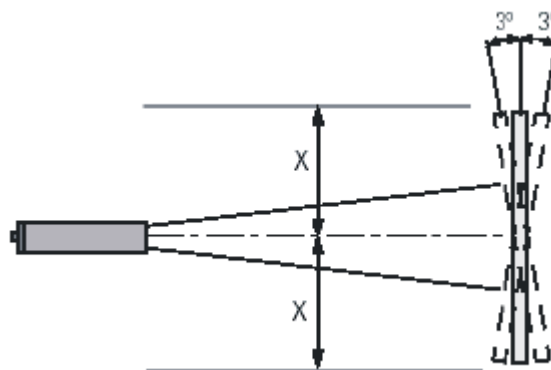
Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Αναλογική έξοδος (VO) Εύρος τάσης:	0 – 10 V
Κατηγορία προστασίας:	IP 67
Βάρος:	67 g
Θερμοκρασία περιβάλλοντος:	-25 – 70 °C
Σφάλμα σημείου αλλαγής:	± 2.5 % (-25 to 70 °C)
Ονομαστική τάση λειτουργίας V <sub>e</sub> :	24V DC
Εύρος τάσης λειτουργίας V <sub>B</sub> :	10 - 35 V DC (σε 12 - 20V DC, ευαισθησία μειωμένη κατά 20%)
Επιτρεπόμενη υπολειπόμενη κυμάτω	10 %
Ανενεργό ρεύμα I <sub>0</sub> :	< 50 mA
Εύρος μέτρησης Προγραμματισμένη: Εργοστασιακή ρύθμιση	48 – 270 mm 50 – 300 mm
Χαρακτηριστική καμπ Προγραμματισμένη: Εργοστασιακή ρύθμιση	Μειωμένη Αυξανόμενη

Εγκατάσταση:

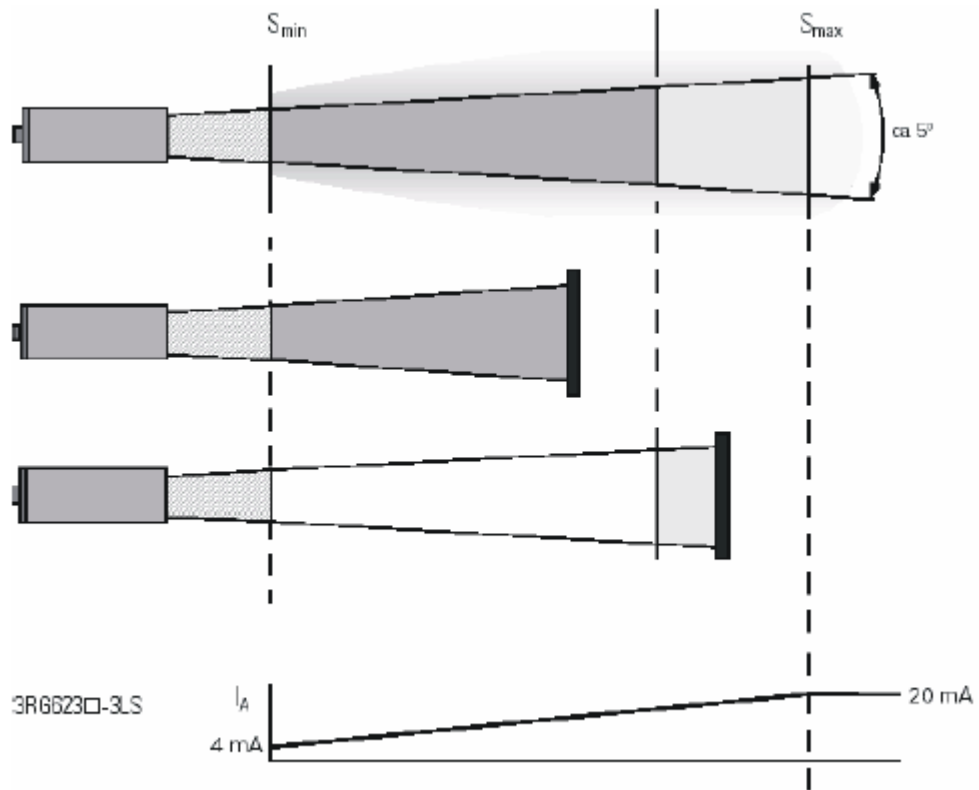
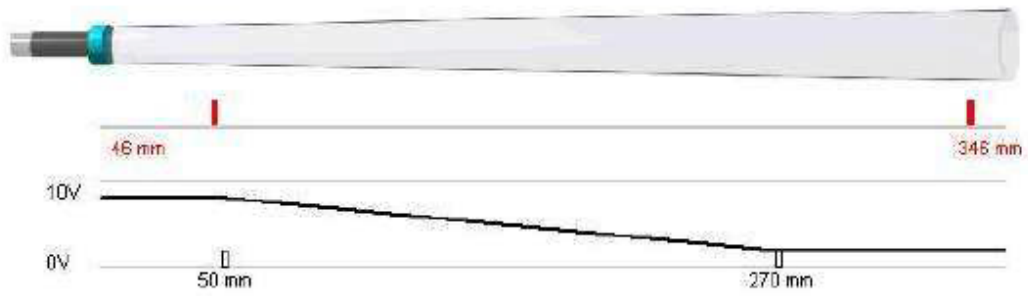


Ελεύθεροι χώροι:



Κρατήστε ελεύθερο χώρο μέσα στην απόσταση "x" γύρω από τον κώνο ήχου χωρίς να παρεμβάλλονται αντικείμενα. Για ομαλές επιφάνειες ισχύει γωνιακή απόκλιση 3 °.

Εύρος αλλαγής (Ρυθμίσεις προμηθευτή):



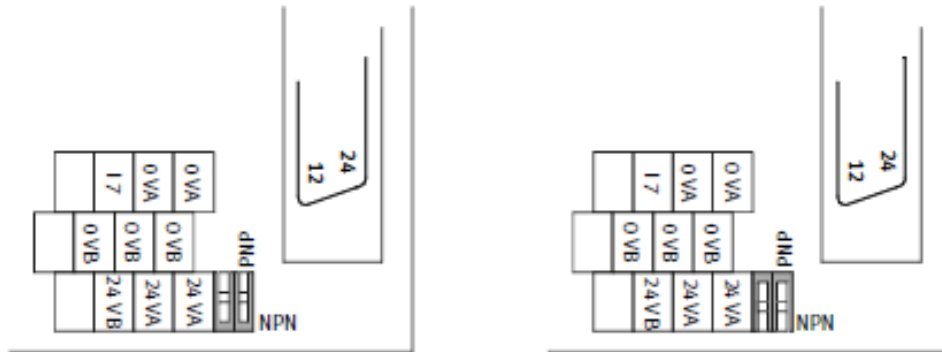
**I/O τερματικό:**



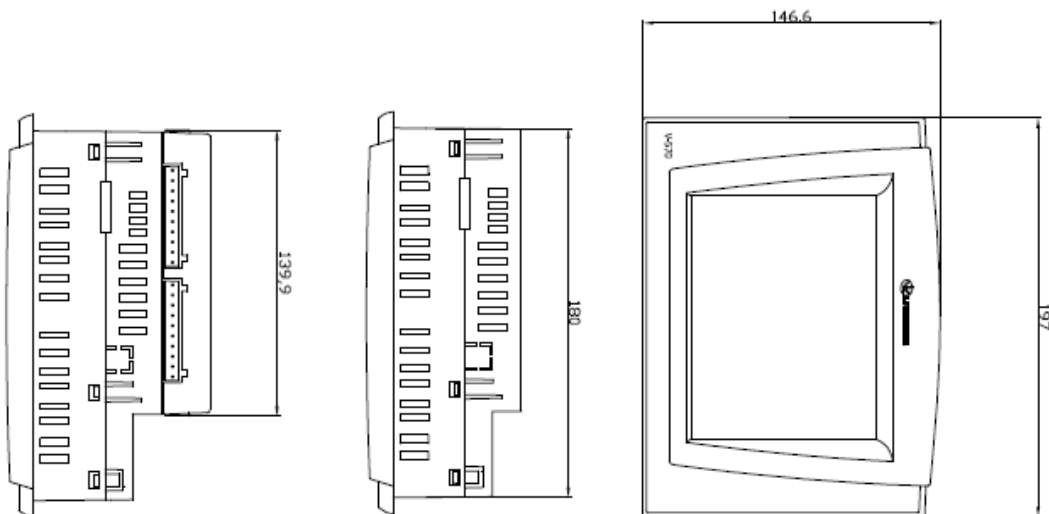


Σημείωση:	Οι εισοδοι του ακροδέκτη I / O μπορούν να μεταβιβαστούν για τη σύνδεση αισθητήρων θετικού διακόπτη (PNP) ή αρνητικού διακόπτη (NPN) μέσω δύο διακοπών.
-----------	--

Θέσεις διπλανού διακόπτη:



### Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής:





Λειτουργία:	Το V570 PLC είναι ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής που περιλαμβάνει ένα ενσωματωμένο χειριστήριο αφής που περιέχεται στην 5.7 ιντσών έγχρωμη οθόνη αφής όπου και εμφανίζεται όταν η εφαρμογή απαιτεί από τον χειριστή να εισάγει δεδομένα.
Σχεδιασμός:	Το PLC υποστηρίζει I / O μετρήσεις ψηφιακής, υψηλής ταχύτητας, αναλογικού σήματος, βάρους και θερμοκρασίας μέσω: Ενσωματωμένων μονάδων εισόδου / εξόδου (plug-in I / O).

#### Τεχνικές Πληροφορίες:

Παράμετροι	Τιμές
Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος Τάση εισόδου: Επιτρεπτό εύρος: Μέγιστη κατανάλωση ρεύματος:	12 ή 24VDC 10,2-28,8VDC με κυματισμό μικρότερο από 10% 540mA @ 12VDC 270mA @ 24VDC
Μπαταρία:	7 έτη τυπικά στους 25 ° C
Οθόνη γραφικών απεικονίσεων Τύπος LCD: Ανάλυση οθόνης, εικονοστοιχεία: Μέγεθος: Χρώματα:	TFT 320x240 (QVGA) 5.7” 65,536 (16-bit)



Οθόνη αφής: Πληκτρολόγιο:	Ανθεκτική, αναλογική Εμφανίζει εικονικό πληκτρολόγιο όταν η εφαρμογή απαιτεί την εισαγωγή δεδομένων
Αφαιρούμενη μνήμη:	Συμβατό με γρήγορες κάρτες SD, Συναγερμοί, Τάσεις, Πίνακες Δεδομένων, HMI και OS
Διαστάσεις Μέγεθος: Βάρος:	197X146.6X68.5mm 750 γραμμάρια
Βάση:	Τοποθέτηση σε πίνακα μέσω αγκυλών
Κατηγορία προστασίας:	IP20 / NEMA1

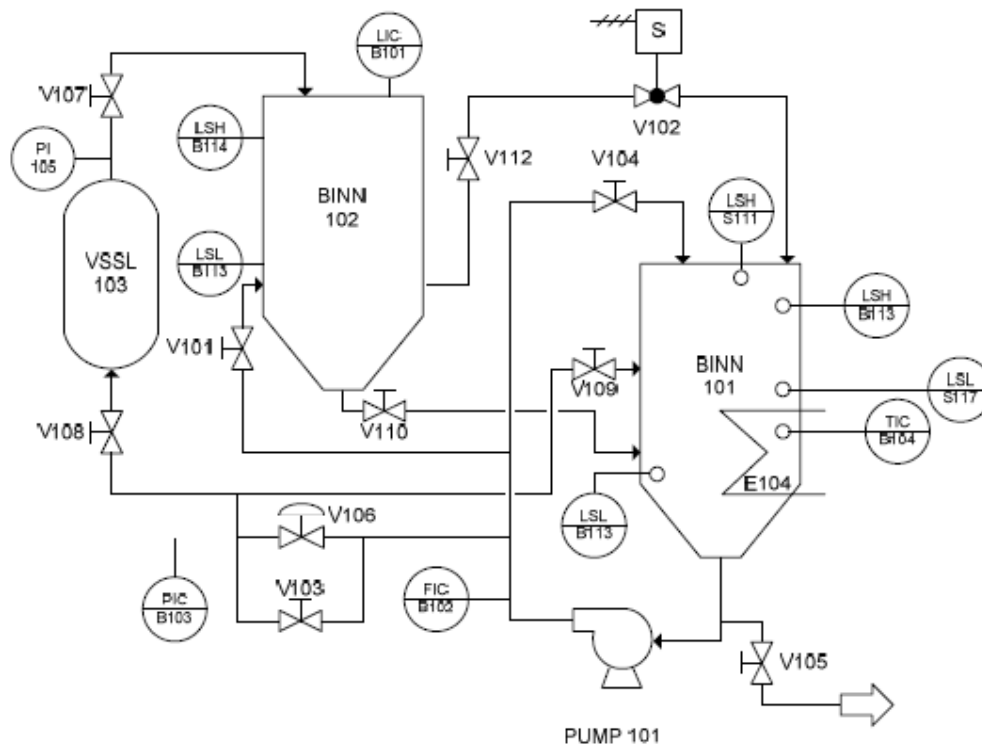
Πληροφορίες επικοινωνίας:

Παράμετροι	Τιμές
RS232 Γαλβανική απομόνωση: Όρια τάσης: Εύρος ρυθμού μετάδοσης: Μήκος καλωδίου:	Ναι 20VDC  300 έως 115200 bps Μέχρι και 15μ
RS485 Γαλβανική απομόνωση: Όρια τάσης: Εύρος ρυθμού μετάδοσης: Μήκος καλωδίου: Τύπος Καλωδίου: Κόμβοι:	Ναι 7 έως +12VDC  300 έως 115200 bps 1200μ Θωρακισμένο συνεστραμμένο ζεύγος, σύμφωνα με το EIA RS485 Μέχρι και 32
USB Τύπος θύρας: Γαλβανική απομόνωση: Εύρος ρυθμού μετάδοσης : Καλώδιο:	Mini-B Όχι  300 έως 115200 bps USB 2.0, μέχρι και 3μ
Προαιρετικές θύρες:	Ο χρήστης μπορεί να εγκαταστήσει μια θύρα Ethernet μια θύρα RS232 / RS485.
I/Os Ενότητες προσθήκης:  Ενότητες επέκτασης:	Ενσωματώνει έως και 8 μονάδες επέκτασης I / O που περιλαμβάνουν έως και 128 επιπλέον εισόδους / εξόδους. Σύνδεση έως και 60 προσαρμογέων, έως και 8 μονάδες επέκτασης I / O σε κάθε προσαρμογέα.

### 3.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε ο σταθμός εργασίας περιλαμβάνει τέσσερα συστήματα ελέγχου: Στάθμης, Ροής, Θερμοκρασίας και Πίεσης

Διάγραμμα Ροής:



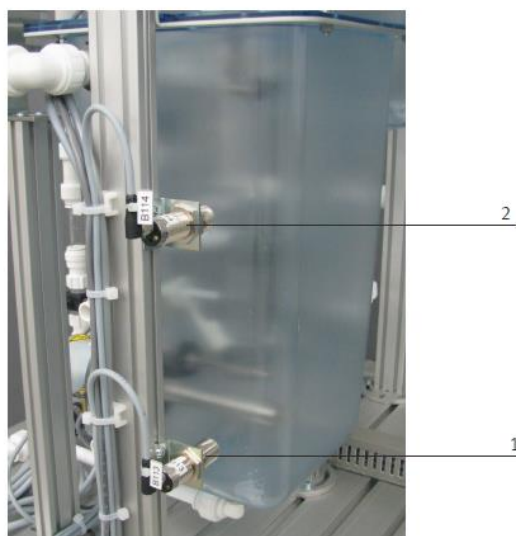
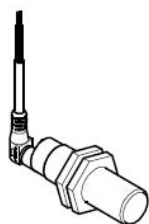
Είναι δυνατή η εργασία με τις ακόλουθες λειτουργίες χρησιμοποιώντας τα 4 συστήματα κλειστού βρόχου:

- Έλεγχος δύο σημείων ενός συστήματος ελέγχου στάθμης με αναλογικό πρότυπο σήμα
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου στάθμης με αναλογικό πρότυπο σήμα
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου ροής με έλεγχο της αντλίας συστήματος και ένα σήμα παλμού για τη μέτρηση συχνότητας
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου παροχής με αναλογική βαλβίδα, (ελεγχόμενο σύστημα) και ένα σήμα παλμού για τη μέτρηση συχνότητας
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου ροής με έλεγχο της αντλίας συστήματος και με αναλογικό πρότυπο σήμα
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου ροής με αναλογική βαλβίδα όπως ελεγχόμενο σύστημα και με αναλογικό πρότυπο σήμα

- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου πίεσης με ελεγχόμενη αντλία συστήματος και με αναλογικό πρότυπο σήμα
- Συνεχής έλεγχος συστήματος ελέγχου πίεσης με αναλογική βαλβίδα όπως ελεγχόμενο σύστημα και με αναλογικό πρότυπο σήμα
- Έλεγχος δύο σημείων ενός συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας με αναλογικό πρότυπο σήμα

## 1) Παρακολούθηση στάθμης:

Διακόπτες προσέγγισης	Δύο χωρητικοί διακόπτες προσέγγισης B113 (1) και B114 (2) βρίσκονται στην πλευρά της κατώτερης δεξαμενής B101 και τοποθετούνται σε μια πλάκα προφίλ. Οι διακόπτες προσέγγισης μπορούν να ρυθμιστούν μηχανικά. Η απόσταση ανίχνευσης μέσω του τοίχου της δεξαμενής μπορεί να ρυθμιστεί με μια βίδα. Τα δυαδικά σήματα εισόδου 24 V είναι συνδεδεμένα στο τερματικό I / O XMA1.
-----------------------	---



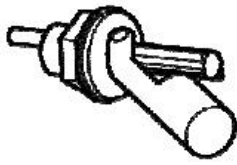
Η ελάχιστη στάθμη της δεξαμενής B101 υποδεικνύεται από τον κάτω αισθητήρα B113. Σε ελάχιστη στάθμη, το θερμαντικό στοιχείο E104 θα πρέπει να είναι πλήρως βυθισμένο στο υγρό. Η μέγιστη στάθμη της δεξαμενής B101 υποδεικνύεται από τον άνω αισθητήρα B114. Στη θέση επαναφοράς του συστήματος πρέπει να ενεργοποιηθούν και οι δύο αισθητήρες.

Ασφάλεια υπερχειλίσσης:	Η υπερχειλίση στη δεξαμενή B101 παρακολουθείται με το διακόπτη πλωτήρα S111 (1). Εάν η στάθμη στη δεξαμενή υπερβεί τη μέγιστη στάθμη, ο διαφανής κύλινδρος πλωτήρα ωθείται προς τα πάνω. Μέσα στον κύλινδρο πλωτήρα υπάρχουν μαγνήτες που ενεργοποιούν μια επαφή καλαμιού.
-------------------------	--



Τα δυαδικά σήματα εισόδου 24 V (κανονικά ανοιχτά) είναι συνδεδεμένα στο τερματικό I / O XMA1. Το σήμα του διακόπτη υπερχειλίσσης θα πρέπει να ενεργοποιεί μια λειτουργία συναγερμού στο πρόγραμμα PLC και να έχει επίδραση στη βαλβίδα μπάλας V102 και την αντλία P101. Εάν αλλάξει ηλεκτρικά, ο διακόπτης υπερχειλίσσης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να απενεργοποιήσει την αντλία ή τη βαλβίδα με ένα κύκλωμα ρελέ ή για την ένδειξη σήματος σε ένα ρελέ έκτακτης ανάγκης.

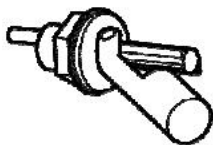
Λειτουργία κατώτατου ορίου:	Η αυξανόμενη στάθμη υγρού στην άνω δεξαμενή B102 παρακολουθείται σε ένα ορισμένο ελάχιστο επίπεδο από τον διακόπτη πλωτήρα S112 (1). Εάν αλλάξει η θέση τοποθέτησης, ο διακόπτης μπορεί επίσης να υποδεικνύει τη φθίνουσα στάθμη.
-----------------------------	---



Τα δυαδικά σήματα εισόδου 24 V (κανονικά κλειστά) συνδέονται στο τερματικό I / O ΧΜΑ1. Το καλώδιο του διακόπτη έχει μια σύνδεση βύσματος για εύκολη σύνδεση / αποσύνδεση κατά την αλλαγή της θέσης τοποθέτησης.

Προστασία ενεργοποίησης για θέρμανσης:

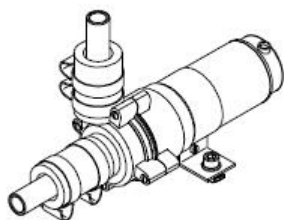
Ο πλωτός διακόπτης παρακολουθεί τη μείωση της στάθμης στη δεξαμενή. Αποφεύγει τη συνεχή θέρμανση αν το επίπεδο πλήρωσης υποχωρεί στο κρίσιμο σημείο. Η θέρμανση πρέπει να περικλείεται πλήρως από το ρευστό.



Το καλώδιο του διακόπτη έχει μια σύνδεση βύσματος και συνδέεται απευθείας με τη θέρμανση και το καλώδιο σύνδεσης για την πλακέτα σύνδεσης I / O.

## 2) Αντλία:

Αντλία:	Η φυγόκεντρη αντλία P101 (1) είναι ο εξοπλισμός ελέγχου που χρησιμοποιείται σε όλα τα ελεγχόμενα συστήματα. Η αντλία παρέχει υγρό από δεξαμενή δεξαμενής B101 μέσω του συστήματος σωληνώσεων.
---------	---



Η αντλία δεν πρέπει να λειτουργεί με ξηρό τρόπο. Πριν από τη θέση σε λειτουργία της δεξαμενής ή του συστήματος σωληνώσεων προς / από την αντλία θα πρέπει να γεμίσει με υγρό. Η αντλία κινείται από τον ελεγκτή κινητήρα A4 και το ρελέ K1. Με ψηφιακή έξοδο (O2 στο XMA1) είναι δυνατή η εναλλαγή του ψηφιακού δυαδικού ελέγχου σε μεταβλητή από 0 έως 24 V. Στο ψηφιακό δυαδικό σύστημα ελέγχου (O2 = 0) η αντλία ενεργοποιείται / απενεργοποιείται με επιπλέον έξοδο (O3 στο XMA1). Στο αναλογικό έλεγχο (O2 = 1) η τάση μετάδοσης κίνησης από το κανάλι σήματος αναλογικού σήματος 0 (UA1 στο X2) ρυθμίζει την ταχύτητα της αντλίας από 0 έως 10 V.

## 3) Αναλογική βαλβίδα:

Αναλογική βαλβίδα	Η αναλογική βαλβίδα V106 (1) είναι μια απευθείας ενεργοποιημένη βαλβίδα 2/2-δρόμων για τον έλεγχο ροής υγρών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ρυθμιζόμενο στοιχείο σε ανοικτούς ή κλειστούς βρόχους. Τα έμβολα βαλβίδων ανυψώνονται από το κάθισμά τους ως συνάρτηση του ρεύματος του πηνίου μαγνησίου και απελευθερώνουν τη ροή μέσω της βαλβίδας.
-------------------	---



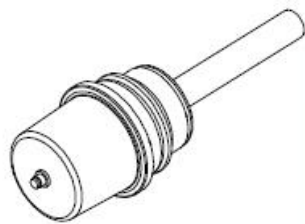


1

Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου της αναλογικής βαλβίδας ενεργοποιείται με δυαδική έξοδο (O4 στο XMA1). Ένα αναλογικό σήμα από το κανάλι 1 (UA2 στο X2) οδηγεί την είσοδο σήματος της αναλογικής βαλβίδας με ένα τυπικό αναλογικό σήμα από 0 έως 10 V. Το πρότυπο αναλογικό σήμα μετατρέπεται σε διαμόρφωση πλάτους παλμού (PWM) και το άνοιγμα του η βαλβίδα είναι απείρως ρυθμιζόμενη. Η συχνότητα του PWM μπορεί να προσαρμοστεί για διαφορετικούς τύπους βαλβίδων.

#### 4) Θέρμανση:

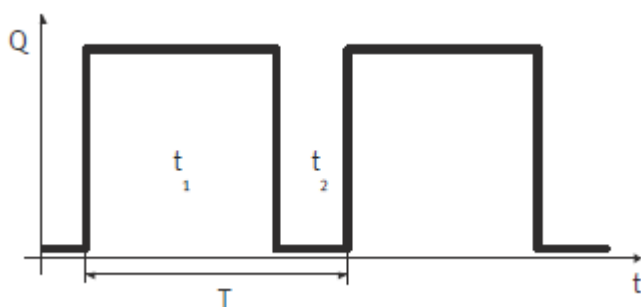
Θέρμανση:	Το θερμαντικό στοιχείο ελέγχεται από έναν εσωτερικό μικροελεγκτή, κατά την ενεργοποίηση μιας δυαδικής οπτικής επαφής (Q1 στο XMA1).
-----------	---



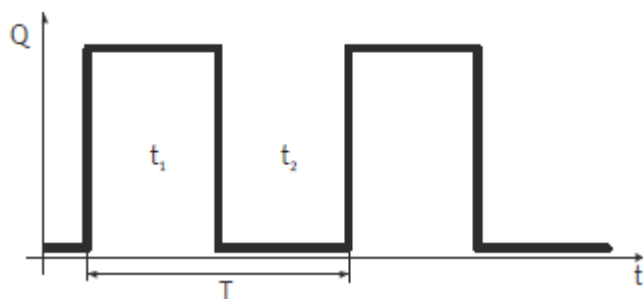
### Έλεγχος του στοιχείου θερμότητας:

Η θέρμανση μπορεί να ελέγχεται δυαδικά καθώς και αναλογική (συνεχής). Για το MPS®PA Compact Workstation η θέρμανση ελέγχεται μόνο δυαδικά. Για να χρησιμοποιηθεί η θέρμανση ως στοιχείο συνεχούς εξόδου, χρησιμοποιείται μια διαμόρφωση εύρους παλμού (PWM). Ο έλεγχος ρυθμίζει τον χρόνο ενεργοποίησης και απενεργοποίησης της θέρμανσης. Η χρονική περίοδος  $T$  είναι σταθερή (π.χ. 10 δευτερόλεπτα). Με την αλλαγή του χρόνου ON  $t_1$  της θέρμανσης η θερμική ισχύς  $Q$  χειρίζεται. Όταν είναι το ON-time ανυψωμένο, τότε είναι και η θερμική ισχύς ανυψωμένη.

PWM με αναλογία παλμού-πλάτους 75%:



PWM με αναλογία πλάτους παλμού 50%



Όπου:

$t_1$ : χρόνος εκτός

$t_2$ : χρόνος λειτουργίας

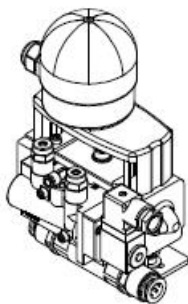
$T$ : περίοδος χρόνου

$Q$ : θερμική ισχύς



## 5) Διπλή βαλβίδα σφαίρας με πνευματική περιστροφική κίνηση:

<p>Διπλή βαλβίδα σφαίρας με πνευματική περιστροφική κίνηση:</p>	<p>Η σφαιρική βαλβίδα 2 κατευθύνσεων V102 ανοίγει και κλείνει με μια πνευματική περιστροφική κίνηση. Ο ελεγχόμενος εξοπλισμός αποτελείται από μια σφαιρική βαλβίδα (1) με περιστροφική κίνηση τύπου SYPAR (4), με χρήση της αρχής του ζυγού. Μια βαλβίδα 5/2 τρόπου ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας (2) με διαμόρφωση θύρας στο NAMUR και το κιβώτιο αισθητήρα (5) είναι φλάντζα συναρμολογημένη πάνω στην περιστροφική κίνηση. Η ροή του ρευστού από την άνω δεξαμενή B102 στην κατώτερη δεξαμενή B101 ελέγχεται με τη σφαιρική βαλβίδα της περιστροφικής κίνησης.</p>
---	--



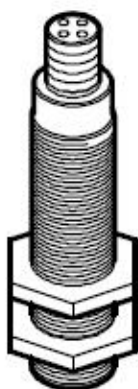
- 1) Σφαιρική βαλβίδα ορείχαλκου
- 2) Σωληνοειδές
- 3) Βαλβίδα 5/2 με σχέδιο θύρας στο NAMUR
- 4) Τύπος περιστροφικής κίνησης SYPAR, αρχή ζυγού Scotch
- 5) Κουτί αισθητήρα

Το εξάρτημα ανίχνευσης της τελικής θέσης (5) αποτελείται από δύο ηλεκτρικούς μικροδιακόπτες με μοχλό κυλίνδρων. Τα δύο δυαδικά σήματα 24 VDC (S115 και S116) συνδέονται ως είσοδοι στο τερματικό I / O XMA1. Υπάρχει επίσης οπτική ένδειξη της θέσης του οδηγού για τον χειριστή.

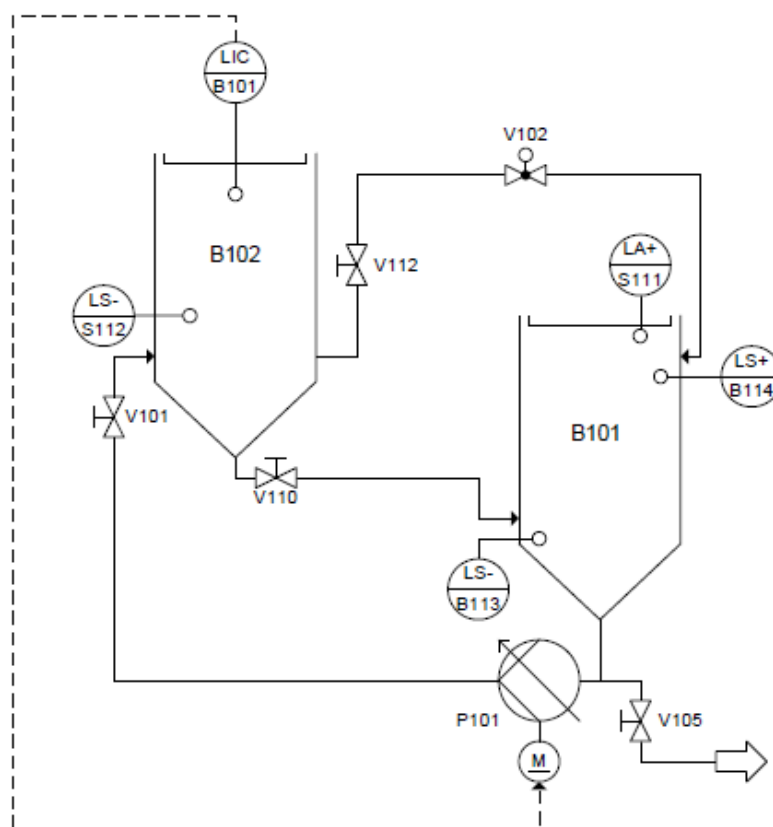
## 6) Λειτουργία ελέγχου στάθμης:

Λειτουργία ελέγχου  
στάθμης:

Η λειτουργία του ελεγχόμενου επιπέδου συστήματος είναι η ρύθμιση της στάθμης ενός ρευστού σε μια δεξαμενή. Το ελεγχόμενο σύστημα στάθμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ελεγχόμενο σύστημα I ή PT1. Ελεγχόμενο σύστημα επιπέδων - άνω δοχείο B102 με αισθητήρα υπερήχων B101 (σημείο μέτρησης LIC B102')



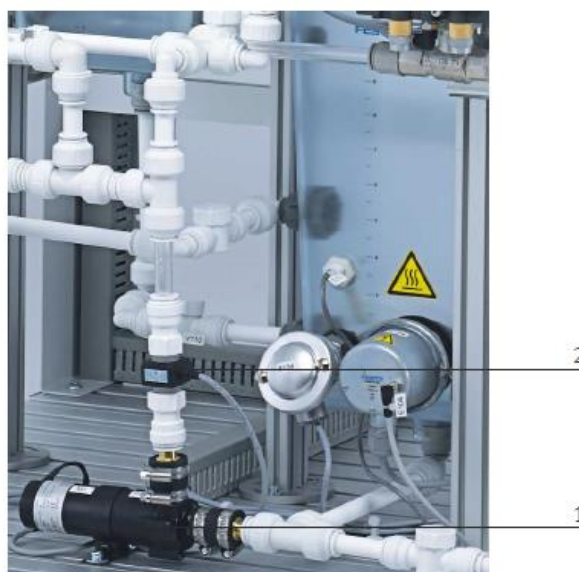
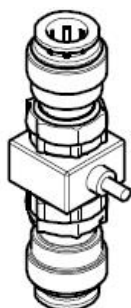
## Διάγραμμα Ροής:



Η αντλία P101 παρέχει ένα ρευστό από μια δεξαμενή αποθήκευσης B101 σε δεξαμενή δεξαμενής B102 (1) μέσω συστήματος σωληνώσεων. Η στάθμη της δεξαμενής υγρού B102 παρακολουθείται με αναλογικό υπερηχητικό αισθητήρα B101 (2) στο σημείο μέτρησης «LIC B101» και διαβάζεται ως πραγματική τιμή. Η πραγματική τιμή θα πρέπει να διατηρείται σε ένα ορισμένο επίπεδο και σε περίπτωση που προκύψουν διαταραχές ή αλλαγές σημείων. Για τη λειτουργία και την χαρακτηριστική καμπύλη του υπερηχητικού αισθητήρα, ανατρέξτε στο φύλλο δεδομένων. Η ποσότητα ρευστού της αντλίας P101 μπορεί να είναι δυαδική ή χειροκίνητη τιμή. Για το σύστημα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια θέση δύο θέσεων ή ένα συνεχές στοιχείο (βλέπε επίσης διαγράμματα μπλοκ EMCS). Για διαταραχή είναι δυνατό να ανοιχθεί / κλείσει εν μέρει ή πλήρως η σφαιρική βαλβίδα V102 για να στραγγίξει το επάνω μέρος στο κάτω δοχείο ή να ανοίξει / κλείσει τη βαλβίδα χειρός V104. Το αναλογικό σήμα ρεύματος (4 ... 20 mA) του υπερηχητικού αισθητήρα συνδέεται ως πρότυπο σήμα στον αναλογικό ακροδέκτη X2 (IE1) ως κανάλι 0. Το σήμα ρεύματος συνδέεται επίσης με τον μετασχηματιστή μέτρησης A1. Ο μετασχηματιστής αλλάζει το αναλογικό σήμα ρεύματος σε ένα τυπικό σήμα τάσης (0 ... 10 V). Το τυποποιημένο σήμα τάσης συνδέεται επίσης στον αναλογικό ακροδέκτη X2 (UE1).

## 7) Λειτουργία ελέγχου ροής:

Λειτουργία ελέγχου ροής	Σε ένα σύστημα σωληνώσεων ή σε μια μονάδα φίλτρου ρυθμίζεται η ταχύτητα ροής ενός ρευστού. Το σύστημα που χρησιμοποιείται είναι ένα ελεγχόμενο σύστημα με αυτορρύθμιση (σύστημα ελεγχόμενο με P). Δεν έχει χρονική καθυστέρηση. Ο βρόχος ελέγχου σε συνδυασμό με την αντλία (συμπεριφορά PT1) δημιουργεί ένα εύκολα ελεγχόμενο σύστημα.
-------------------------	---



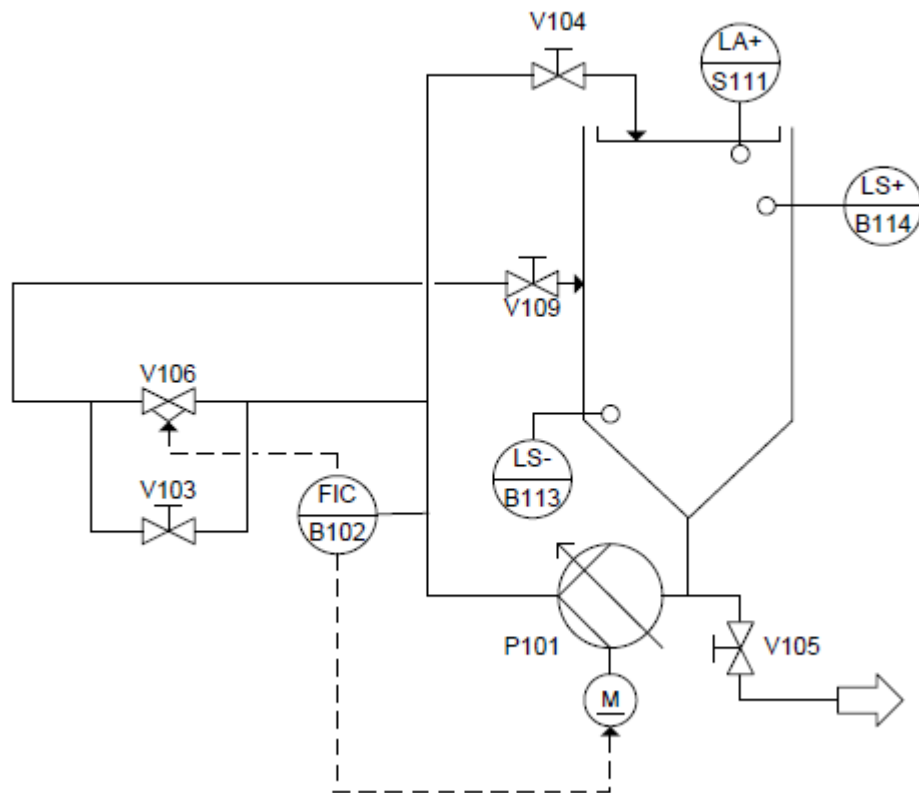
Η αντλία παραδίδει ένα ρευστό από τη δεξαμενή μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων. Ο ρυθμός ροής ανιχνεύεται μέσω ενός αισθητήρα οπτικοηλεκτρονικού πτερυγίου B102 (2) με τη μορφή πραγματικής τιμής. Η πραγματική τιμή θα πρέπει να διατηρείται σε ορισμένο ρυθμό ροής, επίσης εάν προκύψουν διαταραχές ή αλλαγές σημείου αναφοράς. Για το σύστημα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα συνεχές στοιχείο (βλ. Επίσης διαγράμματα μπλοκ EMCS). Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας:

- Έλεγχος του ρυθμού ροής με τη βοήθεια της αντλίας P101 ως ελεγχόμενου συστήματος. Χειρισμένη τιμή είναι η τάση της αντλίας, η οποία καθορίζει την ταχύτητα περιστροφής.

- Έλεγχος του ρυθμού ροής με τη βοήθεια της αναλογικής βαλβίδας V106 ως ελεγχόμενου συστήματος. Χειρισμένη τιμή είναι η τάση του πηνίου της βαλβίδας, η οποία ρυθμίζει τη διαδρομή του εμβόλου της βαλβίδας. Η αντλία P101 λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.

Για διαταραχή είναι δυνατό να ανοίξει / κλείσει εν μέρει ή πλήρως η βαλβίδα χειρός V104.

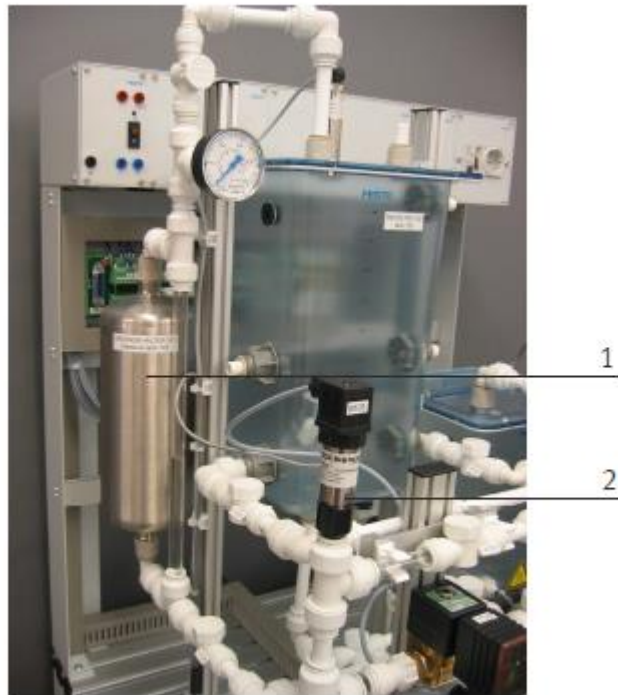
### Διάγραμμα Ροής:



Ένα σταθερό σήμα τετραγωνικού κύματος του αισθητήρα παροχής ροής συνδέεται με μια δυαδική είσοδο στο τερματικό I / O XMA1 (I0). Το επίπεδο σήματος εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση τροφοδοσίας (8 ... 24 V). Το σήμα παλμού μπορεί να επεξεργαστεί με PLC με ενσωματωμένες εισόδους μετρητών. Το σήμα συχνότητας συνδέεται επίσης στον μετασχηματιστή μέτρησης A2. Ο μετασχηματιστής αλλάζει το σήμα συχνότητας σε ένα τυπικό σήμα τάσης (0 ... 10 V). Το τυποποιημένο σήμα τάσης συνδέεται επίσης στον αναλογικό ακροδέκτη X2 (UE2).

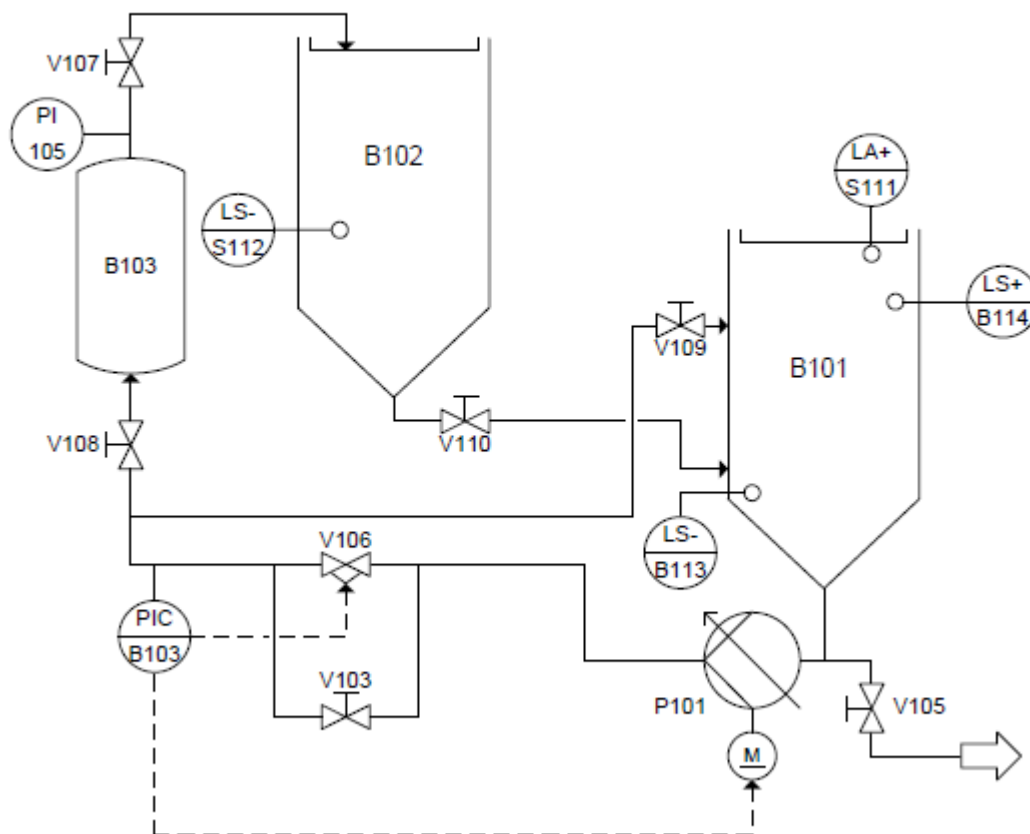
### 8) Λειτουργία ελέγχου πίεσης:

Λειτουργία ελέγχου πίεσης	Πρέπει να ρυθμίζεται η πίεση λειτουργίας ενός ρευστού μέσα σε μια δεξαμενή πίεσης. Το ελεγχόμενο σύστημα πίεσης που χρησιμοποιείται είναι ένα ελεγχόμενο σύστημα με αυτορρύθμιση (PT1-ελεγχόμενο σύστημα). Επειδή η δεξαμενή πίεσης είναι μερικώς γεμάτη με αέριο (αέρας), είναι ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας.
---------------------------	---



Μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων, η αντλία P101 παρέχει ένα ρευστό από μια δεξαμενή σε μια δεξαμενή πίεσης αερίου B103 (1). Η πίεση του αερίου (αέρος) στη δεξαμενή πίεσης ανιχνεύεται μέσω ενός αισθητήρα πίεσης με πιεζοηλεκτρική πίεση υπό μορφή πραγματικής τιμής. Η πραγματική τιμή θα πρέπει να διατηρείται σε ορισμένη πίεση και σε περίπτωση που προκύψουν διαταραχές ή αλλαγές σημείου. Ως σύστημα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα συνεχές στοιχείο (βλ. Επίσης διαγράμματα μπλοκ EMCS). Κατά τον έλεγχο, δημιουργείται πίεση και ελέγχεται από υγρό προς αέριο μέσω στο δοχείο πίεσης B103. Η ποσότητα του υγρού μέσα στο δοχείο πίεσης μπορεί να αυξηθεί ανοίγοντας / κλείνοντας τη βαλβίδα εξαγωγής V107 αν η αντλία P101 λειτουργεί πριν χρησιμοποιήσετε τον έλεγχο κλειστού βρόχου. Συνιστάται η ρύθμιση της στάθμης του νερού στη δεξαμενή πίεσης στο μισό επίπεδο με V107 για μια μέγιστη περιοχή εργασίας κατά τη διάρκεια ελέγχου κλειστού βρόχου.

## Διάγραμμα Ροής:



Υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας:

- Έλεγχος της πίεσης με τη βοήθεια της αντλίας P101 ως ελεγχόμενου συστήματος. Η χειριζόμενη τιμή είναι η τάση της αντλίας, η οποία καθορίζει την ταχύτητα περιστροφής.

- Έλεγχος της πίεσης με τη βοήθεια της αναλογικής βαλβίδας V106 ως ελεγχόμενου συστήματος. Η χειριζόμενη τιμή είναι η τάση του πηνίου της βαλβίδας, η οποία ρυθμίζει τη διαδρομή του εμβόλου της βαλβίδας. Η αντλία P101 λειτουργεί με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.

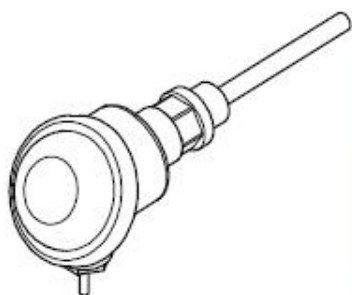
Για διαταραχή είναι δυνατό να ανοίξετε / κλείσετε εν μέρει ή εντελώς τη βαλβίδα χειρός V109. Το τυποποιημένο σήμα τάσης συνδέεται επίσης στον αναλογικό ακροδέκτη X2 (UE3). Επιπλέον, η πίεση της δεξαμενής μπορεί να διαβαστεί με ένα μανόμετρο.

Για να αδειάσετε τις χειροκίνητες βαλβίδες δεξαμενής πίεσης η V 109, V 108 και V107 πρέπει να ανοίξουν και η αντλία P101 να απενεργοποιηθεί. Σημειώστε ότι η στάθμη νερού του δοχείου πίεσης δεν μπορεί να πέσει κάτω από το επίπεδο της κάτω δεξαμενής B101. Ίσως να είναι απαραίτητο να αντλήσετε νερό από το κατώτερο στην άνω δεξαμενή B102.



## 9) Λειτουργία ελέγχου θερμοκρασίας:

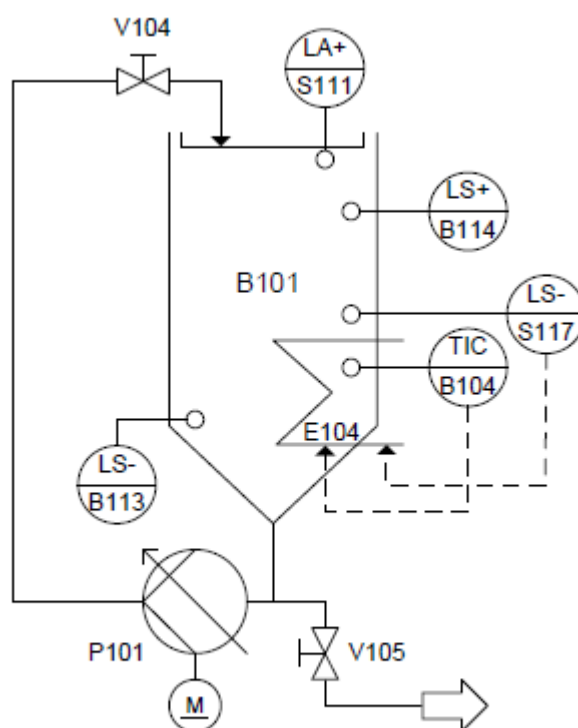
Λειτουργία ελέγχου θερμοκρασίας:	Η θερμοκρασία επεξεργασίας ρευστού ενός εναλλάκτη θερμότητας πρέπει να ρυθμίζεται. Το σύστημα ελεγχόμενης θερμοκρασίας που χρησιμοποιείται είναι ένα ελεγχόμενο σύστημα με αυτορύθμιση (PT1-ελεγχόμενο σύστημα). Επειδή η μετατροπή της ενέργειας συμβαίνει αργά, αυτό το ελεγχόμενο σύστημα έχει μεγάλη χρονική σταθερά (χρονικής καθυστέρησης).
----------------------------------	---



Το νερό στο δοχείο του αντιδραστήρα B101 του εναλλάκτη θερμότητας E104 θερμαίνεται μέσω ενός θερμαντικού στοιχείου και ανακυκλώνεται μέσω της αντλίας P101. Χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας PT100 B104 (2) για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του συστήματος στο σημείο μέτρησης «TIC B104» με τη μορφή πραγματικής τιμής. Η πραγματική τιμή θα πρέπει να διατηρείται σε ορισμένη θερμοκρασία, επίσης, εάν προκύψουν διαταραχές ή αλλαγές σημείων.



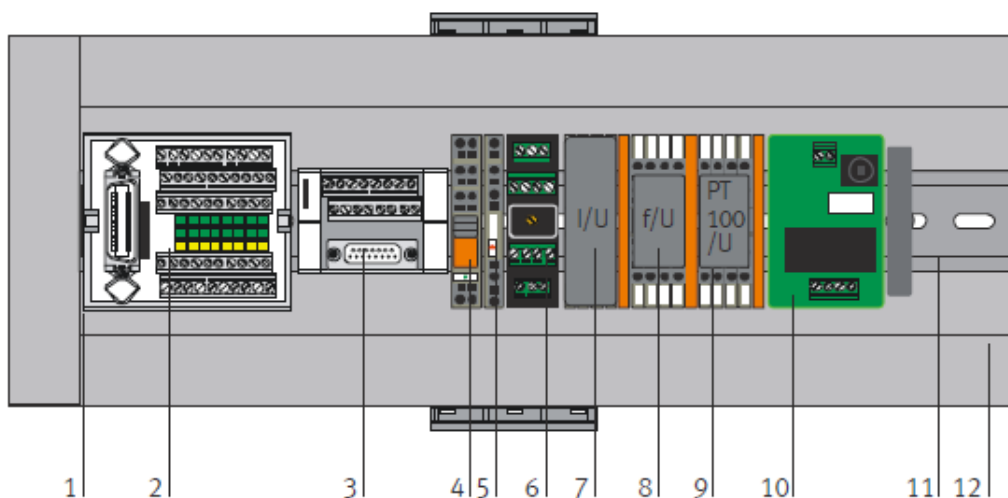
## Διάγραμμα Ροής:



Η περίοδος ενεργοποίησης / απενεργοποίησης του θερμαντικού στοιχείου E104, η οποία είναι η μεταβλητή χειρισμού, καθορίζει την απόδοση θερμότητας του εναλλάκτη θερμότητας. Για το σύστημα ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα στοιχείο δύο σημείων (βλέπε επίσης διαγράμματα μπλοκ EMCS). Για διαταραχή είναι δυνατόν να χρησιμοποιείτε ψυχρό υγρό ή (π.χ. παγοκύστες) ή να αναμιγνύετε με νερό από την άνω δεξαμενή. Η αντίσταση του αισθητήρα θερμοκρασίας συνδέεται με τον μετασχηματιστή μέτρησης A3. Ο μετασχηματιστής αλλάζει την αντίσταση σε ένα τυπικό σήμα τάσης 0 έως 10 V. Το σήμα τυπικής τάσης συνδέεται στον αναλογικό ακροδέκτη X2 (UE4). Η θέρμανση ελέγχεται από ένα εσωτερικό ρελέ. Με μια ψηφιακή έξοδο (O1 στο XMA1), ο ηλεκτρονόμος μπορεί να ενεργοποιηθεί / απενεργοποιηθεί.

## 10) I/O - Πίνακας:

I/O - Πίνακας:	Η πλακέτα σύνδεσης χρησιμεύει ως διεπαφή για αναλογικά και ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου. Όλα τα αναλογικά σήματα μετατρέπονται σε 0 - 10 V και εφαρμόζονται στο αναλογικό τερματικό. Δυαδικά σήματα max. 8 εισόδοι και 8 εξόδους ανά σταθμό εφαρμόζονται στο τερματικό I / O. Αυτό εξασφαλίζει τη συμβατότητα με τις κάρτες EasyPort, SimuBox, EduTrainer και PLC
----------------	--

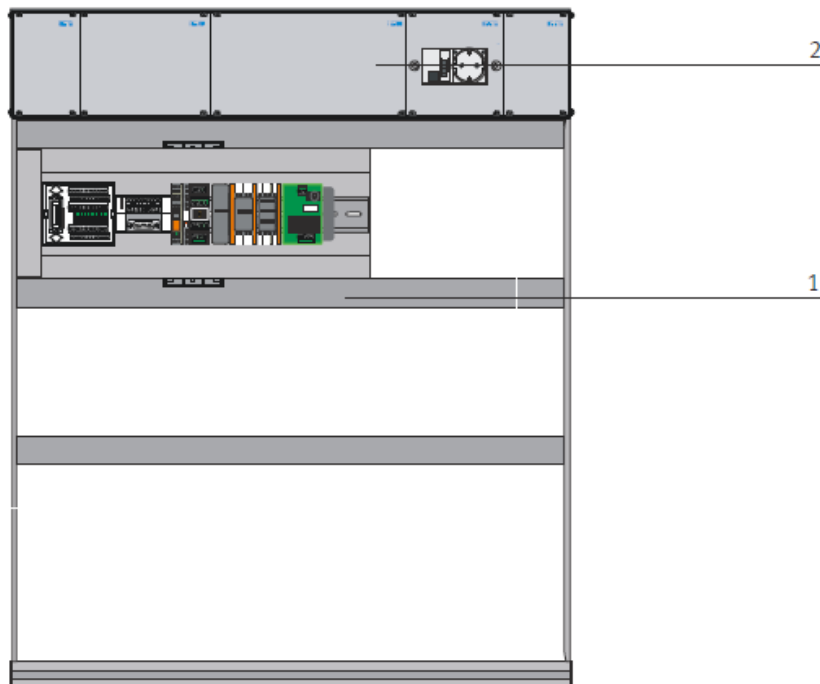


- 1) Πλάκα συναρμολόγησης
- 2) Τερματικό I / O (σταθμός Syslink): Σύνδεση εισόδων, π.χ. χωρητικό αισθητήρα εγγύτητας και σύνδεση εξόδων, π.χ. Αναλογική βαλβίδα, βαλβίδα δύο σφαιρών.
- 3) Αναλογικό τερματικό (Αναλογική Syslink): Αναλογική σύνδεση των πραγματικών τιμών της στάθμης, της παροχής, της πίεσης και της θερμοκρασίας και της μεταβλητής  $y$  της αντλίας και της αναλογικής βαλβίδας.
- 4) Ρελέ K1: Έλεγχος της αντλίας. Αν το K1 είναι ενεργό, η αντλία μπορεί να ελέγχεται με συνεχή τάση χειρισμού 0-10V.
- 5) Ρελέ ισχύος K106: Ενεργοποίηση της ηλεκτρονικής ισχύος μέσω της αναλογικής βαλβίδας
- 6) Ελεγκτής κινητήρα: δυαδικός και αναλογικός έλεγχος της αντλίας.
- 7) Μετρητής μετατροπέα I / U: Το σήμα του υπερηχητικού αισθητήρα για τη μέτρηση της στάθμης θα μετατραπεί από σήμα ρεύματος 4-20 mA σε σήμα τυπικής τάσης 0-10 V.
- 8) Μετρητής μορφοτροπέα f / U: Το σήμα του αισθητήρα ροής για τη μέτρηση ροής θα μετατραπεί από ένα σήμα παλμού συχνότητας ορθογωνίου σε σήμα τυπικής τάσης 0-10 V.
- 9) Αισθητήρας μέτρησης PT100 / U: το σήμα του αισθητήρα θερμοκρασίας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας θα μετατραπεί από αντίσταση σε σήμα τυπικής τάσης 0-10 V.

10) Περιοριστής ρεύματος: περιορίζει το μέγιστο ρεύμα εκκίνησης του ελεγκτή κινητήρα για να αποτραπεί η πτώση τάσης στον ελεγκτή

### 11) Πλαίσιο στήριξης:

Πλαίσιο στήριξης:	<p>Το πλαίσιο στήριξης του MPS® PA Compact Workstation αποτελείται από ένα πλαίσιο ERframe δύο θέσεων για τους εκπαιδευτές EduTrainers και ένα πλαίσιο βάσης 19" για μονάδες 19". Το πλαίσιο ER μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>· 3 πλατφόρμες EduTrainer (h x w x d = 145 x 240 x 170 mm), π.χ. EduTrainer SIMATIC S7</li><li>· 1 μικρό εκπαιδευτικό (H x B X T = 85 x 240 x 170 mm), π.χ. Πίνακας Ελέγχου</li></ul>
-------------------	---



Ο πίνακας ελέγχου 19" είναι κατάλληλος για τις παρακάτω λειτουργίες ή μονάδες ένδειξης:

- Τροφοδοσία 19" 24 V DC / 4,5 A
- Πίνακας ελέγχου 19" με 3 κουμπιά, 1 διακόπτη με κλειδί και 4 ένδειξη
- 19" πίνακες επικοινωνίας με 4 εισόδους και 4 έξοδοι διαθέσιμες σε πρίζες ασφαλείας 4 mm (χρήση μόνο με πίνακα ελέγχου 19")
- 19" πίνακας έκτακτης διακοπής

## Ανάθεση για λειτουργία

Προετοιμασία σταθμού λειτουργίας



Οπτικός έλεγχος



Σύνδεση καλωδίων



Σύνδεση πνευματικών γραμμών



Σύνδεση τροφοδοσίας



Σύνδεση συστήματος ελεγκτή



Φόρτωση Προγράμματος PLC



Γέμισμα δεξαμενών



Εξαέρωση σωλήνων



Εκκίνηση ελεγκτή



Επιλογή σημείων ρύθμισης



Εκτέλεση κλειστού βρόγχου

### 3.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών για τα συστήματα της Festo, όπως φαίνεται στην παρακάτω λίστα:

- Πνευματικές και ηλεκτρομηχανικές κινήσεις
- Σέρβο-πνευματικά συστήματα τοποθέτησης
- Κινητήρες και ελεγκτές
- Συστήματα χειρισμού και γάντζοι
- Τεχνολογία κενού
- Βαλβίδες και τερματικά βαλβίδων
- Βαλβίδα επεξεργασίας
- Αισθητήρες
- Συστήματα ορατότητας
- Προετοιμασία πεπιεσμένου αέρα
- Πνευματική και ηλεκτρική σύνδεση
- Τεχνολογία ελέγχου και λογισμικό
- Λύσεις έτοιμες προς εγκατάσταση, όπως πλήρη συστήματα χειρισμού (γραμμικά, 3D, T- ή H-γερανογέφυρες, τρίποδα), πλάκες συναρμολόγησης, ερμάρια ελέγχου κλπ.
- Συστήματα μάθησης (Didactic Festo)

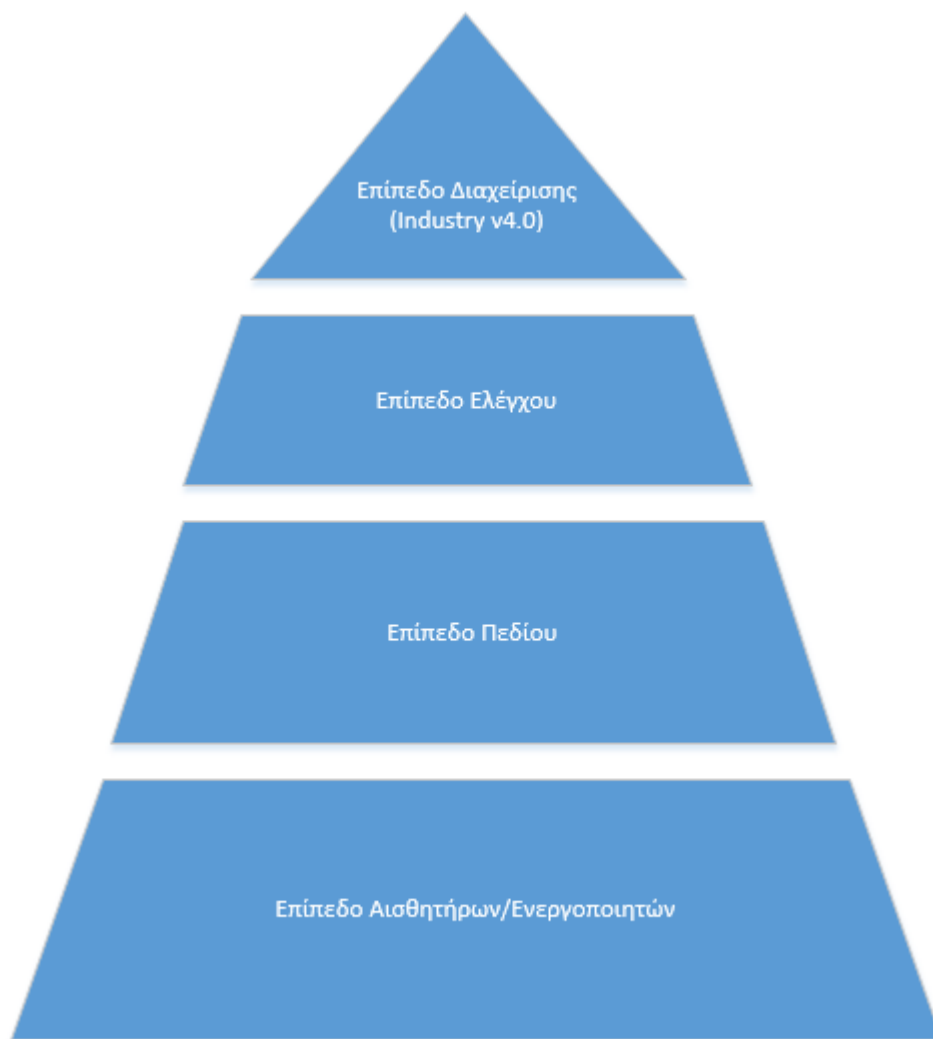
Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι έχουμε πλήρη έλεγχο, από το αρχικό επίπεδο (επίπεδο αισθητήρων) έως και το επίπεδο διαχείρισης (Εικόνα 3.3).

**Επίπεδο Αισθητήρων:** Έλεγχος μέσω πνευματικών και ηλεκτρικών συστημάτων

**Επίπεδο Πεδίου:** Συστήματα για τον έλεγχο κίνησης, ενσωμάτωση λειτουργιών

**Επίπεδο Ελέγχου:** Κεντρικός έλεγχος

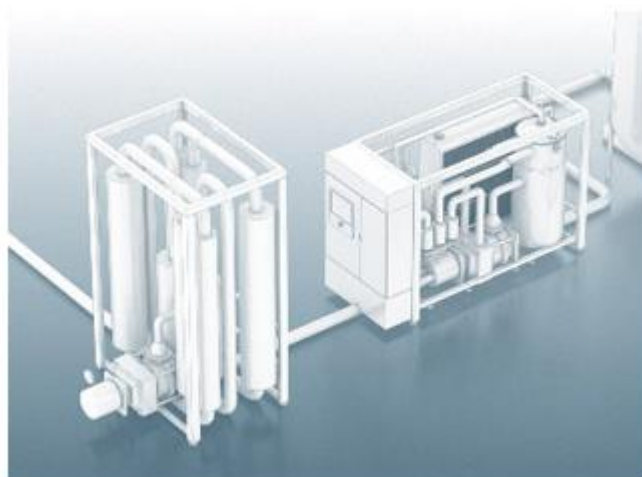
**Επίπεδο Διαχείρισης:** Επικοινωνία μέχρι και τους τερματικούς σταθμούς και διαχείριση δεδομένων όλου του συστήματος



Εικόνα 3.3: *Επίπεδα ελέγχου*

Ωστόσο η πειραματική διάταξη (Festo Compact workstation), χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό από τις παραπάνω τεχνολογίες, βρίσκει εφαρμογές στην βιομηχανία.

## Βιομηχανία Γαλακτοκομικών:



Διαδικασίες παστερίωσης, ομογενοποίησης και αποστείρωσης γάλακτος.

Κύρια συστήματα:

- Βαλβίδες



Εικόνα 3.4: Βαλβίδα 2 κατευθύνσεων [1] και 3 κατευθύνσεων [2]

Σφαιρική βαλβίδα 2 κατευθύνσεων από ανοξείδωτο χάλυβα υψηλής αντοχής. (Εικόνα 3.4 [1])  
Βαλβίδα 3 κατευθύνσεων διαθέσιμη με προ-συναρμολογημένη μονάδα μετάδοσης κίνησης. (Εικόνα 3.4 [2])

- Ενεργοποιητές



Εικόνα 3.5: Τετράγωνος ενεργοποιητής από ανοξείδωτο ασάλι [1] και Τετράγωνος ενεργοποιητής 90 μοιρών [2]

Ενεργοποιητής τριγωνικής περιστροφής με τεχνολογία ζυγοστάθμισης. Είναι ένα μηχανικό σύστημα με χαμηλή φθορά και μεγάλη διάρκεια ζωής. Χαρακτηριστικά ροπής ειδικά προσαρμοσμένα στις βαλβίδες επεξεργασίας. Επίσης σε σχεδιασμό από ανοξείδωτο χάλυβα για τη βιομηχανία τροφίμων και ποτών (Εικόνα 3.5 [1]).

Ενεργοποιητής σταθερής ροπής 90 μοιρών (Εικόνα 3.5 [2])

- Έλεγχος ροών μέσω στους αγωγούς



Εικόνα 3.6: Αναλογικός ελεγκτής θέσης

Αναλογικός ελεγκτής θέσης για την παρακολούθηση της θέσης των ενεργοποιητών τετραγωνικής στροφής. (Εικόνα 3.6)

### Αυτοκινητοβιομηχανία:



### **Στάδια :**

#### **1. Τυποποίηση**

Ο εξοπλισμός πρέπει να λειτουργεί με ακρίβεια και με την υψηλότερη δυνατή ταχύτητα, ενώ χρησιμοποιεί τεράστιες δυνάμεις. Τα συστήματα χρησιμοποιούνται για ακριβείς χειρισμούς και εργασίες πιασίματος, όπως τροφοδοσία και διαχωρισμός λαμαρίνας, η ασφαλή στερέωση, ανύψωση και μεταφορά.





Εικόνα 3.7: Γεννήτρια κενού

Η γεννήτρια κενού (Εικόνα 3.7) συνδυάζει την παραγωγή κενού και την παρακολούθηση σε μία συμπαγή μονάδα. Με παρακολούθηση κατάστασης για αυξημένη αξιοπιστία της διαδικασίας. Εξοικονόμηση ενέργειας: η ενσωματωμένη βαλβίδα ελέγχου αποτρέπει την πτώση πίεσης μετά την απενεργοποίηση του κενού



Εικόνα 3.8: Συστήματα μεταφοράς

Χρησιμοποιούνται συστήματα μεταφοράς (Εικόνα 3.8) για την μεταφορά μικρών και εύθραυστων αντικειμένων έως και μεγάλων και βαριών αντικειμένων

## 2. Συγκόλληση αμαξώματος

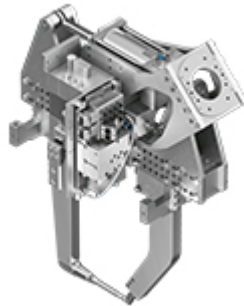
Η κατασκευή του αμαξώματος στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι μια δουλειά για τα ρομπότ συγκολλητές . Οι εύρωστες λύσεις πρέπει να τοποθετούν το φύλλο μετάλλου με μεγάλη ακρίβεια, να τροφοδοτούν τη γραμμή με μικρά εξαρτήματα και τα όπλα συγκόλλησης με πεπιεσμένο αέρα και νερό ψύξης.



Εικόνα 3.9: Ηλεκτρικός ακροδέκτης μαζί με το τερματικό βαλβίδας

Αυτή η λύση αυτοματισμού (Εικόνα 3.9) συνδυάζει ενότητες I / O, λειτουργικότητα βαλβίδων και λειτουργίες ασφαλείας σύμφωνα με το πρότυπο ISO 13849-1 σε μία μονάδα.

Το υψηλό επίπεδο ολοκλήρωσης λειτουργίας, οι ολοκληρωμένες επιλογές fieldbus και το IO-Link® καθιστούν αυτή τη μονάδα τον δρόμο για τα σενάρια Βιομηχανίας 4.0



Εικόνα 3.10: Σέρβο-πνευματική κινητήρας

Η λύση σέρβο-πνευματικής κίνησης (Εικόνα 3.10) στην βιομηχανία 4.0, για όπλα συγκόλλησης, παρέχει τη συνολική δύναμη από το πρώτο σημείο συγκόλλησης (έως 24 kN), σε υψηλό επίπεδο ποιότητας.

### 3. Βαφείο

Η παροχή ακριβούς και συνεπούς παροχής πεπιεσμένου αέρα συμβάλλει σημαντικά στα σώματα αυτοκινήτων που κινούνται μέσω του βαγονέτου με υψηλό ρυθμό κύκλου και με ομοιόμορφη ποιότητα.



Εικόνα 3.11: Φίλτρα και στεγνωτήρια

Φίλτρα και στεγνωτήρια αέρα για την απαιτούμενη ποιότητα πεπιεσμένου αέρα με βελτιστοποιημένο τρόπο ενέργειας. (Εικόνα 3.11)



Εικόνα 3.12: Έλεγχος ψεκασμού

Ακριβής έλεγχος πίδακα ψεκασμού με υψηλή δυναμική απόκριση. Η βαλβίδα ελέγχου ροής (Εικόνα 3.12) πληροί τις υψηλότερες απαιτήσεις για δυναμική απόκριση και ακρίβεια επανάληψης με γραμμική χαρακτηριστική καμπύλη. Είναι ανθεκτικό ακόμα και σε δύσκολα περιβάλλοντα, καθώς είναι πιστοποιημένο κατά IP65.

#### 4. Ενσωμάτωση κινητήρα

Εξαρτήματα και συστήματα για την ταχεία και ακριβή μετακίνηση φορτίων, εξασφαλίζοντας τόσο την γρήγορη μεταφορά τους όσο και την εκτέλεση των εργασιών παρακολούθησης ακρίβειας.



Εικόνα 3.13: Ηλεκτρικός αναστολέας

Ο ηλεκτρικός αναστολέας (Εικόνα 3.13) με ενσωματωμένη ανατροφοδότηση θέσης έχει σχεδιαστεί ειδικά για χρήση σε συστήματα μεταφοράς όπου τα αντικείμενα μεταφέρονται από ένα σταθμό επεξεργασίας σε άλλο. Είναι κατάλληλο για μεταφορά εμπορευμάτων μέχρι 100 kg.



Εικόνα 3.14: Κύλινδρος φραγής

Ο κύλινδρος φραγής (Εικόνα 3.14) είναι ιδανικός για τη διακοπή και το διαχωρισμό των μεταφορέων αντικειμένων ή για τα συστήματα γρήγορης μεταφοράς. Τα αμορτισέρ λειτουργούν χωρίς ελάχιστο φορτίο: απαιτείται ένα μόνο μέγεθος στο σύστημα τόσο για τους γεμάτους όσο και για τους άδειους φορείς εργασίας.

## 5. Τελική συναρμολόγηση

Εξαρτήματα για αξιόπιστη τοποθέτηση, για τον χειρισμό και τη συναρμολόγηση, καθώς και για διάφορα συστήματα συγκράτησης καθώς και συστήματα κενού.



Εικόνα 3.15: Γερανός

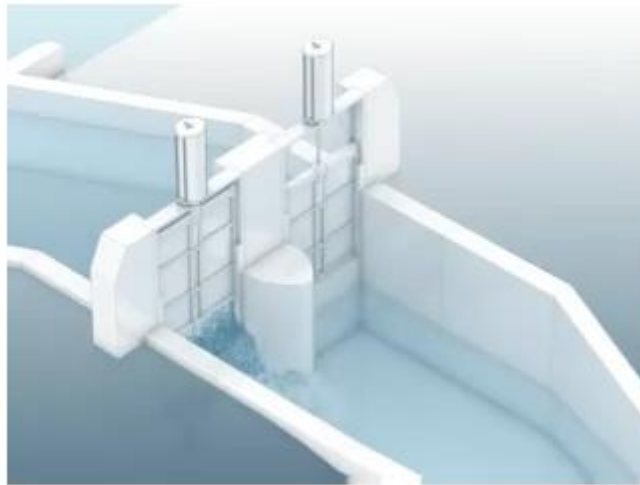
Μια αξιόπιστη λύση (Εικόνα 3.15) σέρβο-πνευματικής κίνησης όλων των ειδών. Με γρήγορη, αυτόματη ανίχνευση βάρους και ασφάλεια. Κατάλληλο για φορτία 70 - 999 kg και με όλα τα συμβατικά κινηματικά συστήματα.



Εικόνα 3.16: Εργαλείο συναρμολόγησης

Το εργαλείο συναρμολόγησης (Εικόνα 3.16) φροντίζει για χρονοβόρες και εργονομικά αγχωτικές εργασίες με έναν καθαρό, παλμό πεπιεσμένου αέρα που στερεώνει αυτόματα τους συνδετήρες στη θέση τους. Αυτό εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας της διαδικασίας και μια πιο άνετη εμπειρία για τους εργαζόμενους στην παραγωγή.

## Αυτοματοποίηση μιας βαλβίδας πύλης:



Εικόνα 3.17: Βαλβίδα πύλης νερού

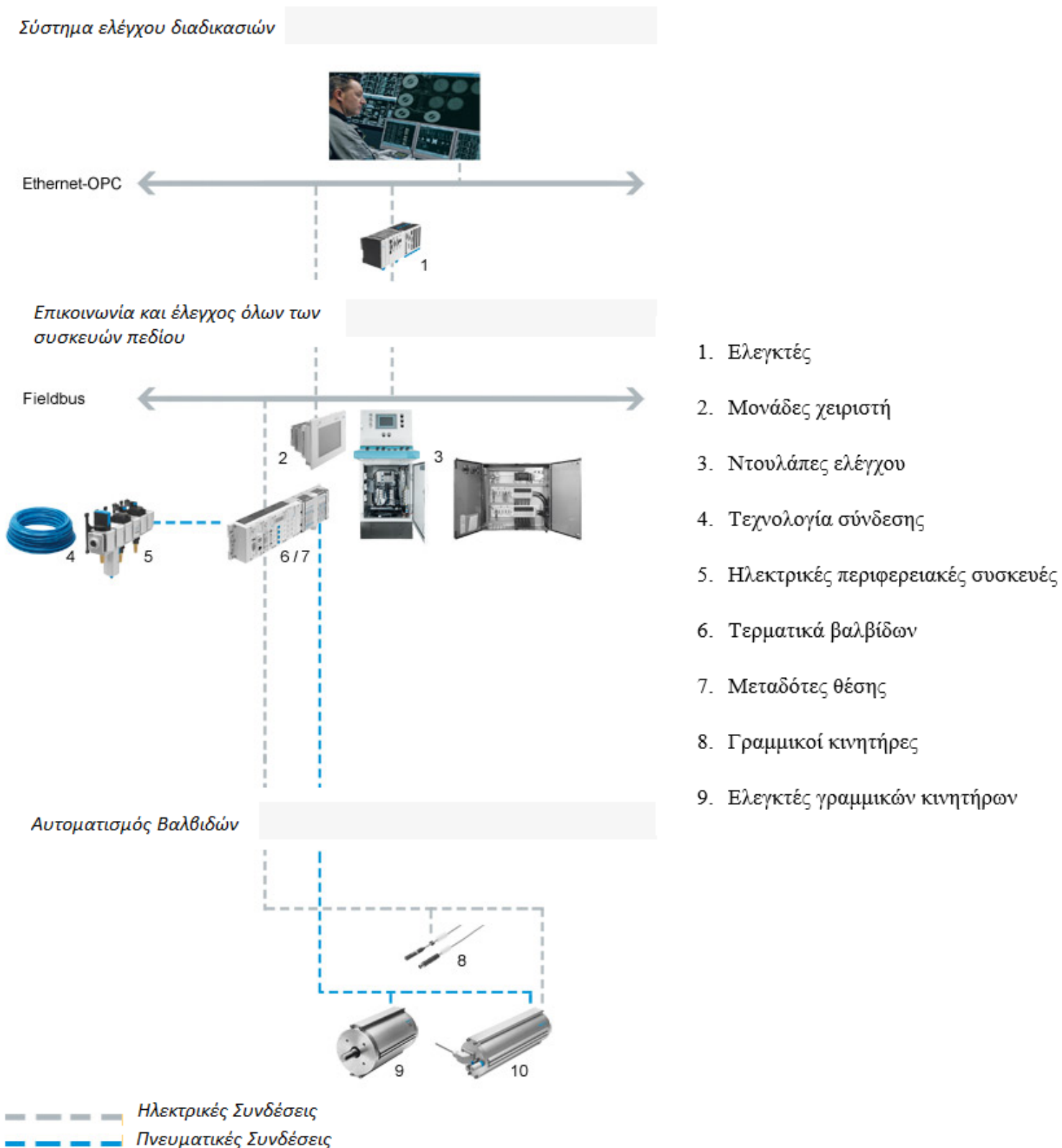
Η εφαρμογή: αυτοματοποίηση μιας βαλβίδας πύλης (Εικόνα 3.17) χωρίς περίβλημα

Στόχος: να εξασφαλίσει την εισροή ακατέργαστου νερού προς μια δεξαμενή. (Εικόνα 3.18)



Εικόνα 3.18: Δεξαμενή

## Διάγραμμα επικοινωνιών και συνδέσεων αυτοματισμού:



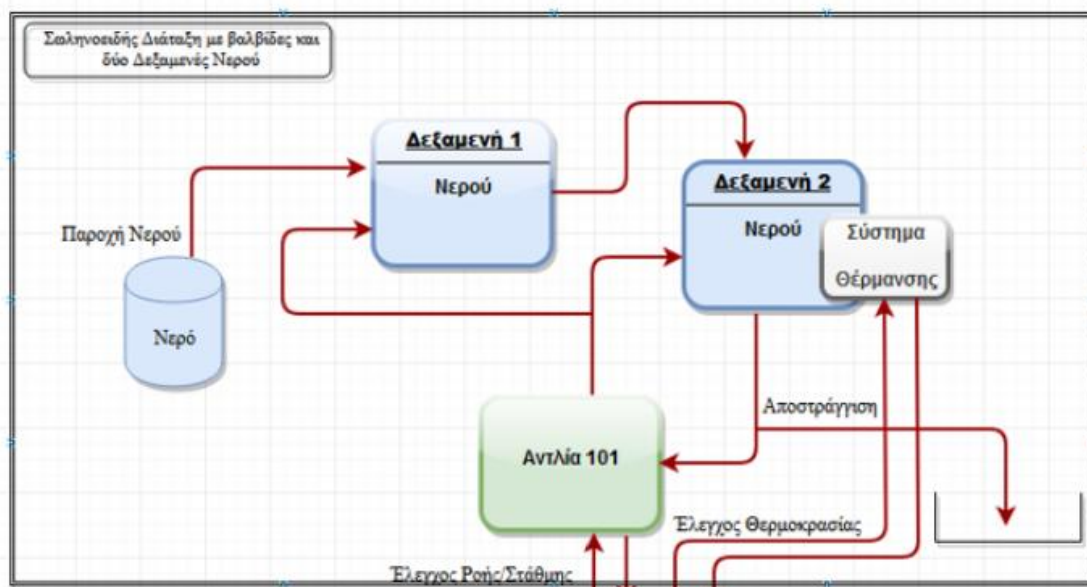
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

## 4.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το μοντέλο αποτελεί ένα εξειδικευμένο μέσο έρευνας με το οποίο μπορούμε να προσεγγίσουμε ένα σύστημα που μεταβάλλεται στον χώρο και στον χρόνο. Ο σκοπός ενός μοντέλου είναι να υποκαταστήσει την πραγματικότητα, επιτρέποντας μετρήσεις και πειραματισμούς με φθινό και γρήγορο τρόπο, όταν τα πραγματικά πειράματα έχουν πολύ υψηλό οικονομικό κόστος καθώς και κόστος χρόνου. Η προσομοίωση πρέπει να συμβάλει στην αντίληψη της πραγματικότητας, πάντα βέβαια με γνώμονα την σωστή εφαρμογή και την ορθολογική κρίση.

Το σύστημα που προσομοιώνεται, ο σταθμός εργασίας της Festo, μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα κομμάτια, με το τελευταίο να αφορά περεταίρω μελέτη:

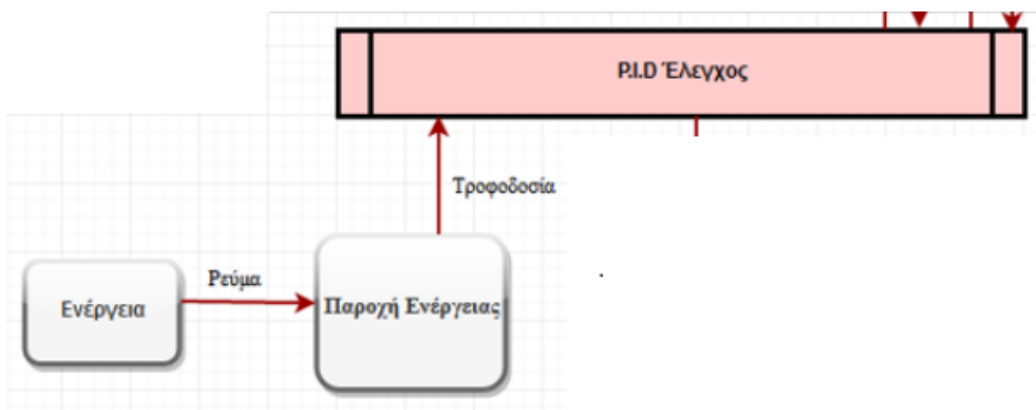
1) Η σωληνοειδής διάταξη (Εικόνα 4.1.0) του σταθμού εργασίας



Εικόνα 4.1.0: Διάταξη του σταθμού εργασίας

Η παραπάνω εικόνα περιγράφει τις σωληνοειδή διατάξεις του συστήματος. Περιλαμβάνονται δυο δεξαμενές νερού, μία παροχή νερού καθώς και η αντλία η οποία είναι υπεύθυνη για την μετακίνηση του νερού στις σωληνώσεις. Το νερό ξεκινά την διαδρομή του από την παροχή προς την δεξαμενή 1 και στην συνέχεια στην δεξαμενή 2. Ενεργοποιώντας την αντλία πραγματοποιείται ανακυκλοφορία του νερού στην διάταξη. Υπάρχει η δυνατότητα θέρμανσης του νερού, η λειτουργία της θα περιγραφεί στο επόμενο κεφάλαιο. Τέλος μπορούμε να αδειάσουμε το νερό από τις δεξαμενές μας ανοίγοντας την βαλβίδα αποστράγγισης.

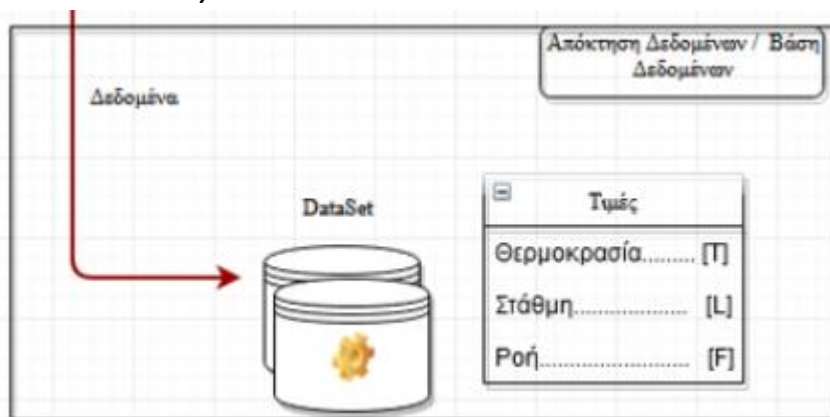
## 2) P.I.D έλεγχος (Εικόνα 4.1.1)



Εικόνα 4.1.1: P.I.D έλεγχος

Στο δεύτερο κομμάτι του μοντέλου συστήματος, βρίσκεται ο ελεγκτής του συστήματος. Από εδώ μπορούμε να πραγματοποιήσουμε έλεγχο στους ενεργοποιητές του συστήματος (σύστημα θέρμανσης, αντλία, βαλβίδες), για το πότε θα πρέπει να λειτουργήσουν ή να απενεργοποιηθούν.

## 3) Δεδομένα (Εικόνα 4.1.2)

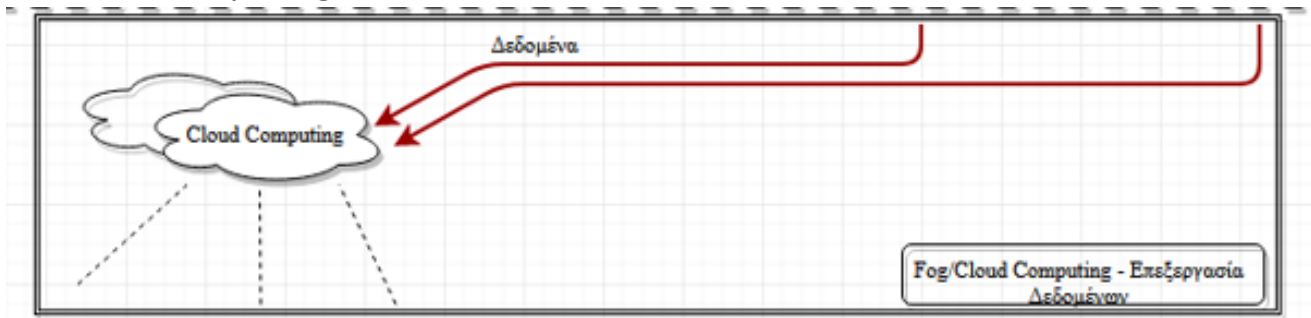


Εικόνα 4.1.2: Απόκτηση Δεδομένων

Το τρίτο μέρος του συστήματος αφορά την απόκτηση δεδομένων από τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές του συστήματος. Συγκεκριμένα τα δεδομένα αφορούν την θερμοκρασία του νερού την στάθμη καθώς και την ροή. Θα συλλέξουμε αυτά τα δεδομένα και τις τιμές τους και θα δημιουργήσουμε μια βάση δεδομένων όπου θα μας βοηθήσει στην σύγκριση των τιμών που συλλέξαμε καθώς και στο επόμενο κομμάτι του συστήματος.

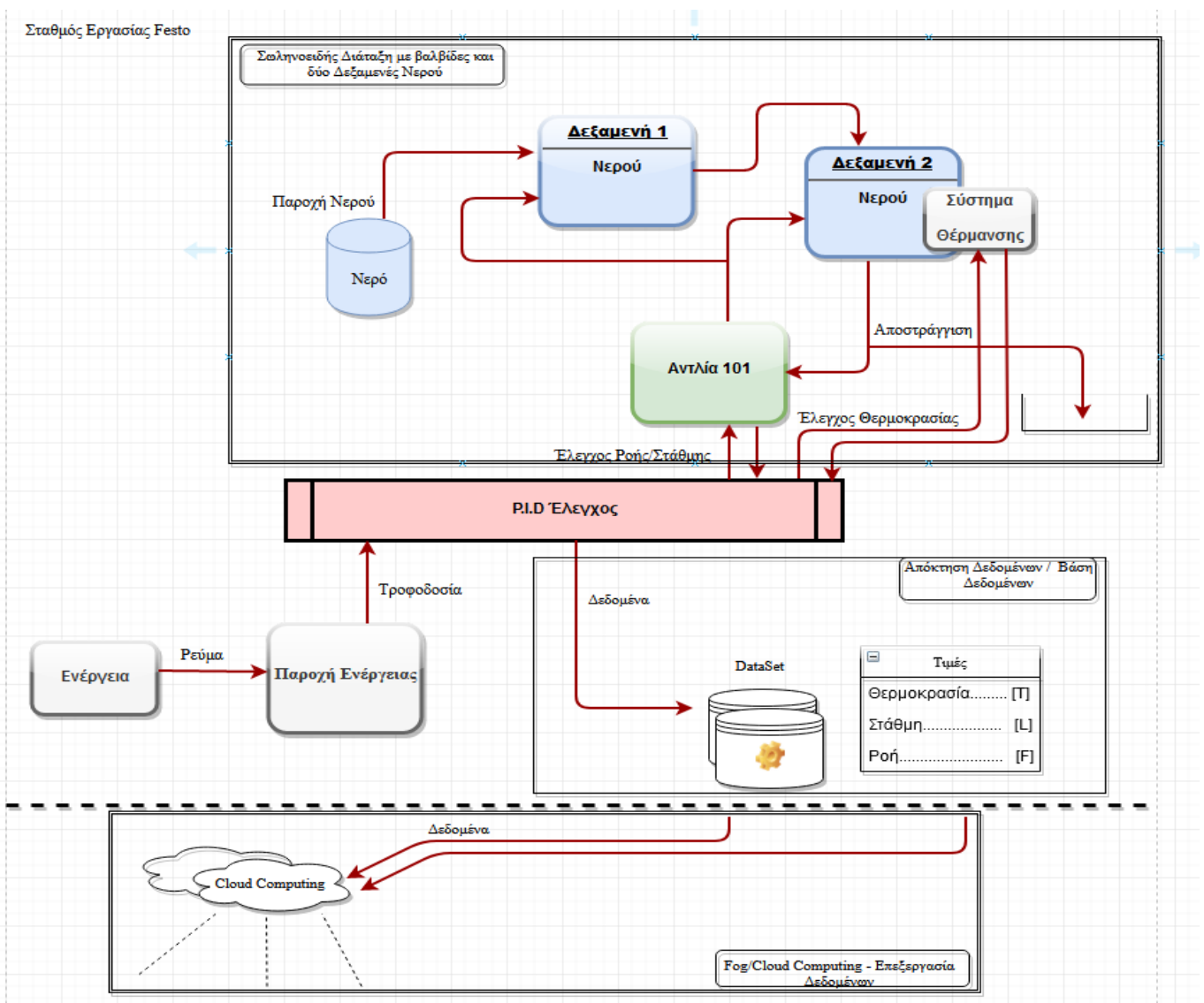


#### 4) Cloud computing (Εικόνα 4.1.3)



Εικόνα 4.1.3: Cloud Computing

Στο τελευταίο κομμάτι του συστήματος, αφού έχουμε εξάγει δεδομένα από σύστημα μας, τα μεταφέρουμε τους στο cloud όπου μέσω επεξεργασίας και φιλτραρίσματος τους θα πάρουμε πολύτιμες πληροφορίες που μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση της λειτουργίας τους συστήματος. Στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 4.1.4) παρουσιάζεται ολοκληρωμένο όλο το σύστημα από το πρώτο κομμάτι του που είναι η διάταξη του σταθμού εργασίας έως και το τελευταίο κομμάτι που αφορά το cloud computing.



Το LabView είναι μια οπτική γλώσσα προγραμματισμού, βασίζεται σε μια πλατφόρμα σχεδιασμού και σε ένα περιβάλλον ανάπτυξης που αποσκοπεί στην ανάπτυξη όλων των μορφών ενός συστήματος. Το LabView αναπτύχθηκε από την National Instruments ως πάγκος εργασίας για τον έλεγχο των οργάνων ελέγχου. Ωστόσο, οι εφαρμογές της έχουν εξαπλωθεί πολύ πέρα από τα όργανα ελέγχου μόνο σε όλο το πεδίο του σχεδιασμού και της λειτουργίας του συστήματος. Χρησιμοποιεί μια γραφική διεπαφή που επιτρέπει την ένωση διαφορετικών στοιχείων για την παροχή της απαιτούμενης ροής, είναι ουσιαστικά ένα περιβάλλον που επιτρέπει τον προγραμματισμό στην G - αυτή είναι μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που δημιουργήθηκε από την National Instruments που αρχικά αναπτύχθηκε για να επικοινωνήσει μέσω GPIB, αλλά από τότε έχει ενημερωθεί σημαντικά. Σήμερα, η G μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτοματοποιημένες εφαρμογές δοκιμών, γενική λήψη δεδομένων, προγραμματισμό FPGA, κλπ. Με αυτόν τον τρόπο, το LabView λειτουργεί ως πύλη για μια ποικιλία εγκαταστάσεων, όπου φέρνει μαζί τους ένα ενιαίο στοιχείο που είναι εύκολο στη διαχείριση.

### Βασικές έννοιες του LabView:

Στο LabView υπάρχουν πολλά στοιχεία και έννοιες που είναι βασικά για τη μορφή και τη λειτουργία του περιβάλλοντος. Αυτά περιλαμβάνουν:

- **Το περιβάλλον LabView:** Το περιβάλλον LabView αποτελείται από το διαχειριστή LabView VI, τα εργαλεία προγραμματισμού, τις δυνατότητες εντοπισμού σφαλμάτων, τα πρότυπα και τα έτοιμα παραδείγματα δειγμάτων και μια εύκολη διασύνδεση με τους οδηγούς υλικού.
- **LabView VI:** Το LabView VI είναι ένα "εικονικό μέσο" που επιτρέπει τη δημιουργία μιας διεπαφής χρήστη και περιέχει τον κώδικα προγραμματισμού.
- **Προγραμματισμός LabView G:** Αυτή είναι η γραφική γλώσσα προγραμματισμού όπου οι λειτουργικοί αλγόριθμοι κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τεχνικές "drag and drop".
- **Η ροή δεδομένων LabView:** Αυτή είναι η βασική ιδέα που καθορίζει τη σειρά εκτέλεσης του προγράμματος.

Το LabView παρέχει μια ισχυρή πλατφόρμα για την πραγματοποίηση μιας ευρείας ποικιλίας διαφορετικών εφαρμογών. Ξεκίνησε ως ένα περιβάλλον για τη διαχείριση του προγραμματισμού δοκιμών, αλλά από την έναρξή του οι εφαρμογές για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί έχουν επεκταθεί σημαντικά. Έχει επεκταθεί από μια γραφική γλώσσα διαχείρισης δοκιμών για να γίνει ένα γραφικό περιβάλλον σχεδιασμού του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια τεράστια ποικιλία ενδιαφέρουσες και ποικίλες εφαρμογές. Όχι μόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του εξοπλισμού (συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου του μεγάλου ανιχνευτή αδρονίων στο CERN) και μια ποικιλία εφαρμογών συλλογής δεδομένων (συμπεριλαμβανομένης προσομοίωσης ανάπτυξης αυτοκινήτου όπου πραγματοποιείται παρακολούθηση Big Data) στο χώρο

σχεδιασμού του συστήματος όπου έχει χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη έργων από κυκλώματα RF σε βιοϊατρικό εξοπλισμό, πράσινη τεχνολογία και πολλά άλλα.

Όπως κάθε προϊόν ή πλατφόρμα, το LabView έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του:

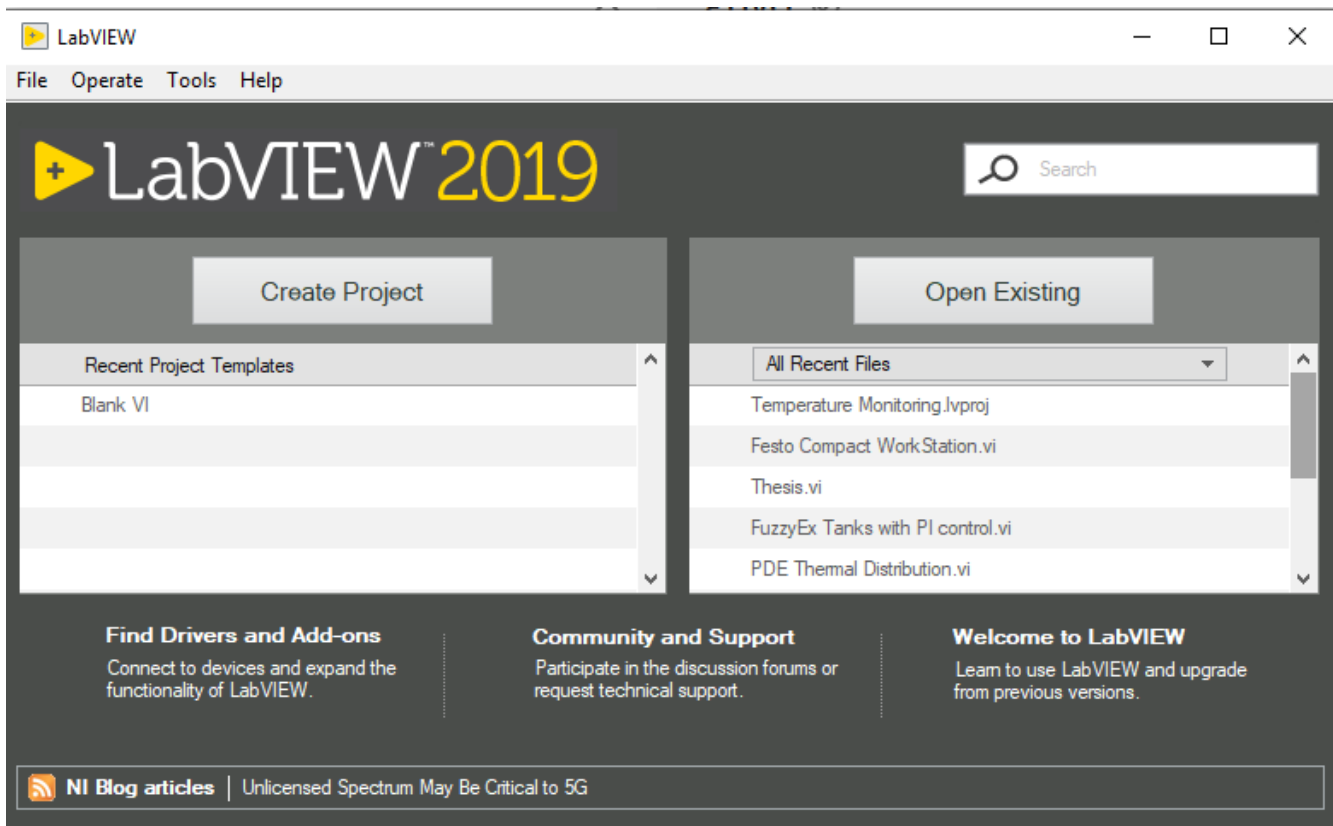
#### Πλεονεκτήματα:

- Η γραφική διεπαφή είναι ευέλικτη και απλή στη χρήση.
- Το LabView παρέχει μια παγκόσμια πλατφόρμα για πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς.
- Το LabView μπορεί να χρησιμοποιηθεί με υλικό τρίτων : Σύνδεση με C / C ++, VB, Fortran κτλ.
- Εύκολη διασύνδεση με πολλά αντικείμενα υλικού, όπως η απόκτηση δεδομένων και τα προϊόντα εξοπλισμού δοκιμών.
- Έχει εξαιρετική υποστήριξη πελατών και ένα μεγάλο ενεργό φόρουμ κοινότητας.

#### Μειονεκτήματα:

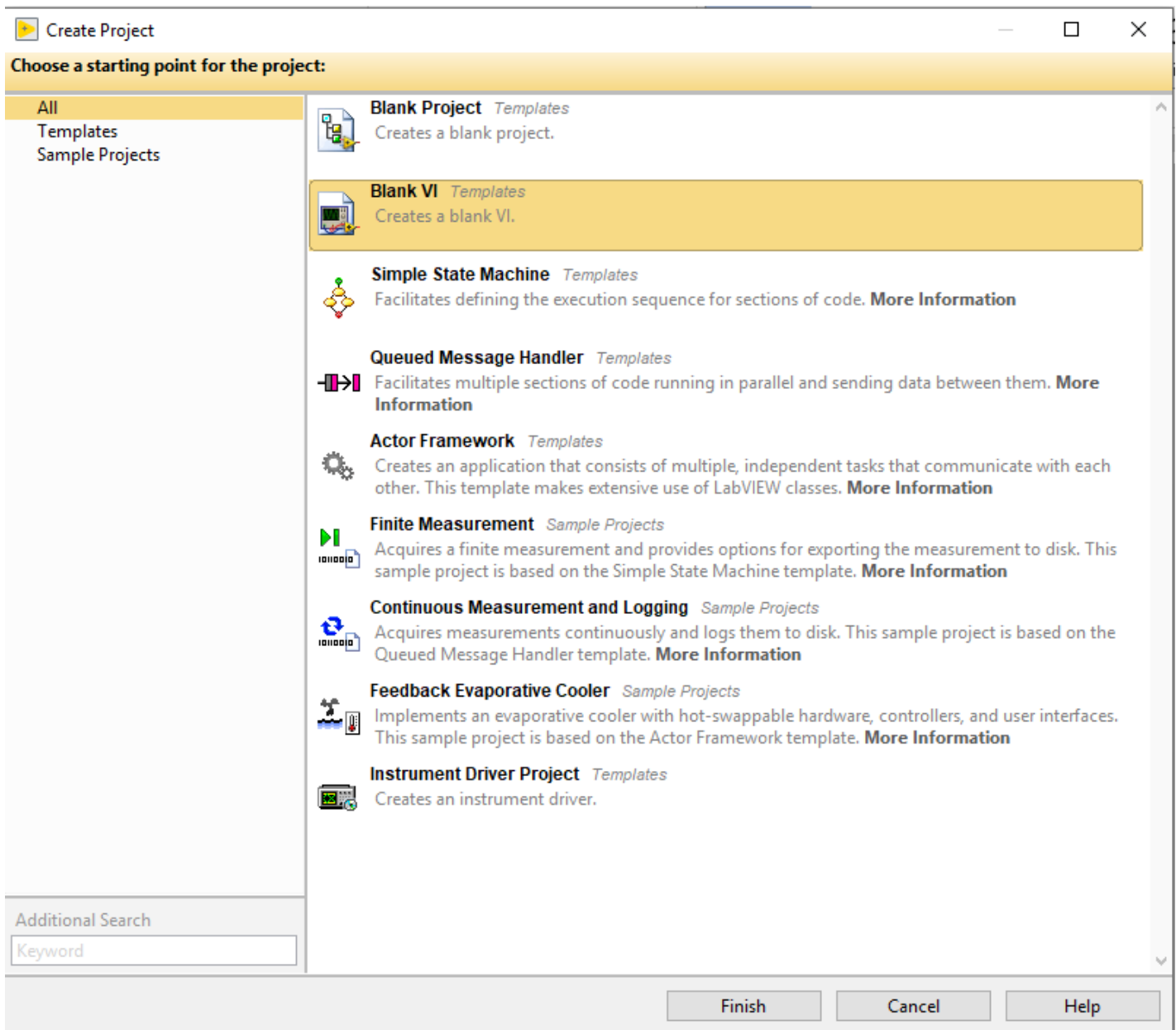
- Το LabView είναι ενιαίας προέλευσης και ορισμένες εταιρείες μπορεί να μην επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν ένα προϊόν που προέρχεται από τον ίδιο κλάδο και δεν είναι τυποποιημένο.
- Κόστος ιδιοκτησίας - αν και συμβαδίζει με πολλά άλλα προϊόντα της βιομηχανίας παρόμοιας φύσης, το κόστος της πρέπει να εξεταστεί πριν από την απόκτηση του (Υπάρχει και δοκιμαστική έκδοση).
- Για όσους είναι πιο συνηθισμένοι στον προγραμματισμό κειμένου, ο γραφικός προγραμματισμός μπορεί να πάρει λίγο χρόνο εξοικείωσης.

Όλα τα συστατικά που θα χρησιμοποιήσουμε για να προσομοιώσουμε τον σταθμό εργασίας στο Labview θα δημιουργηθούν σε ένα περιβάλλον γραφικής απεικόνισης και θα προγραμματιστούν σε ένα περιβάλλον μπλοκ διαγράμματος όπου θα γίνουν και οι απαραίτητες συνδεσμολογίες. Αυτές τις δυνατότητες τις προσφέρει η αρχική οθόνη του LabView (Εικόνα 4.1.5). Στην αρχική οθόνη έχουμε δυο επιλογές, είτε να δημιουργήσουμε ένα καινούριο πρόγραμμα είτε να ανοίξουμε ένα προ υπάρχων πρόγραμμα που έχουμε δημιουργήσει.



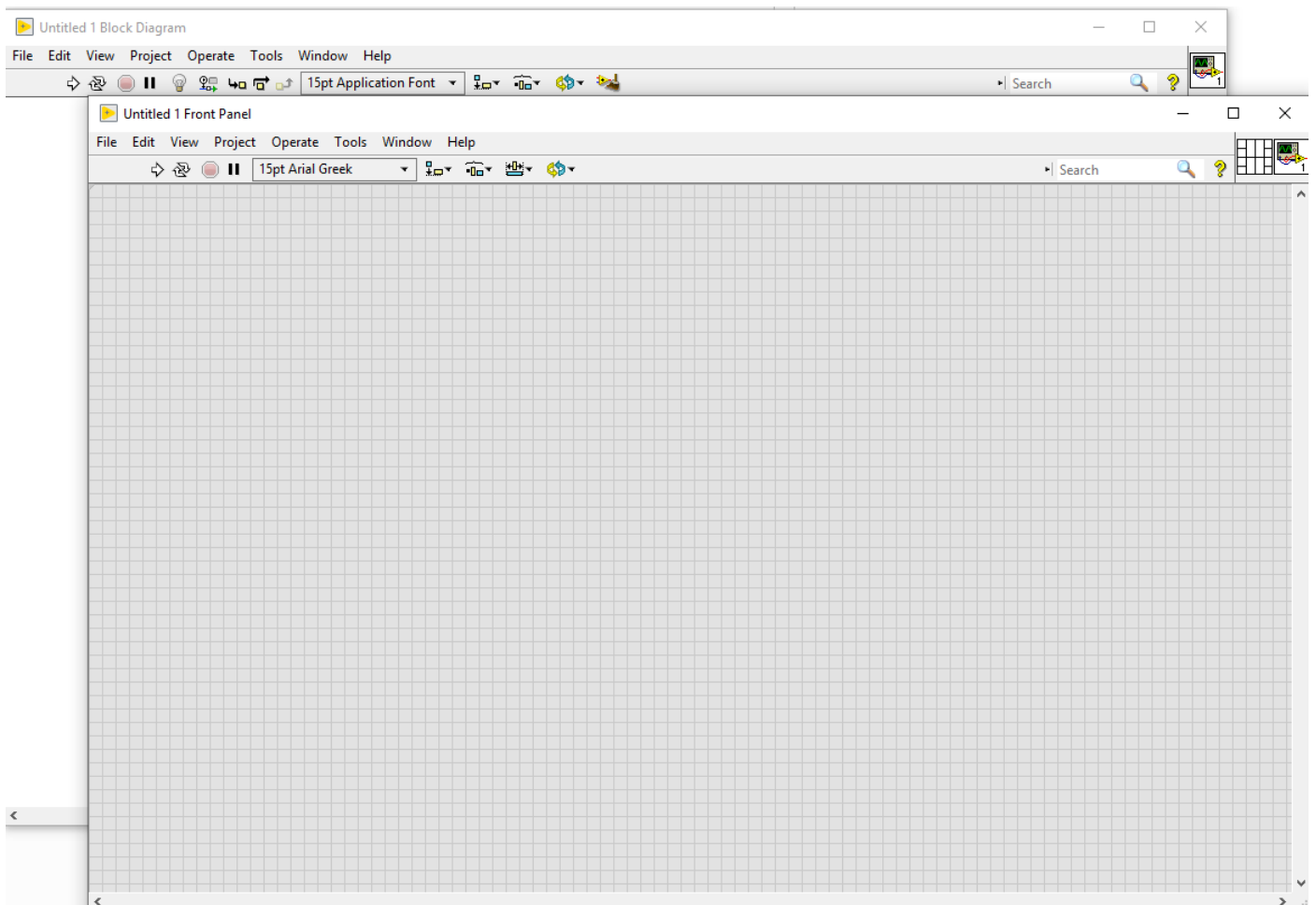
Εικόνα 4.1.5: Αρχική Οθόνη του Labview

Επιλέγοντας δημιουργία καινούριου προγράμματος ακολουθεί ένα νέο παράθυρο όπου παρουσιάζονται ορισμένες επιλογές για το πρόγραμμα που θέλουμε να δημιουργήσουμε. Εμείς θα επιλέξουμε την δεύτερη επιλογή «Blank Vi» (Εικόνα 4.1.6) έτσι ώστε να μας δημιουργήσει ένα καινούριο γραφικό περιβάλλον καθώς και ένα κενό περιβάλλον προγραμματισμού μπλοκ διαγράμματος. Όταν επιλέξουμε το πρότυπο (template), πατάμε τερματισμό (finish) για να ξεκινήσουμε.



Εικόνα 4.1.6: Αρχική Οθόνη του Labview

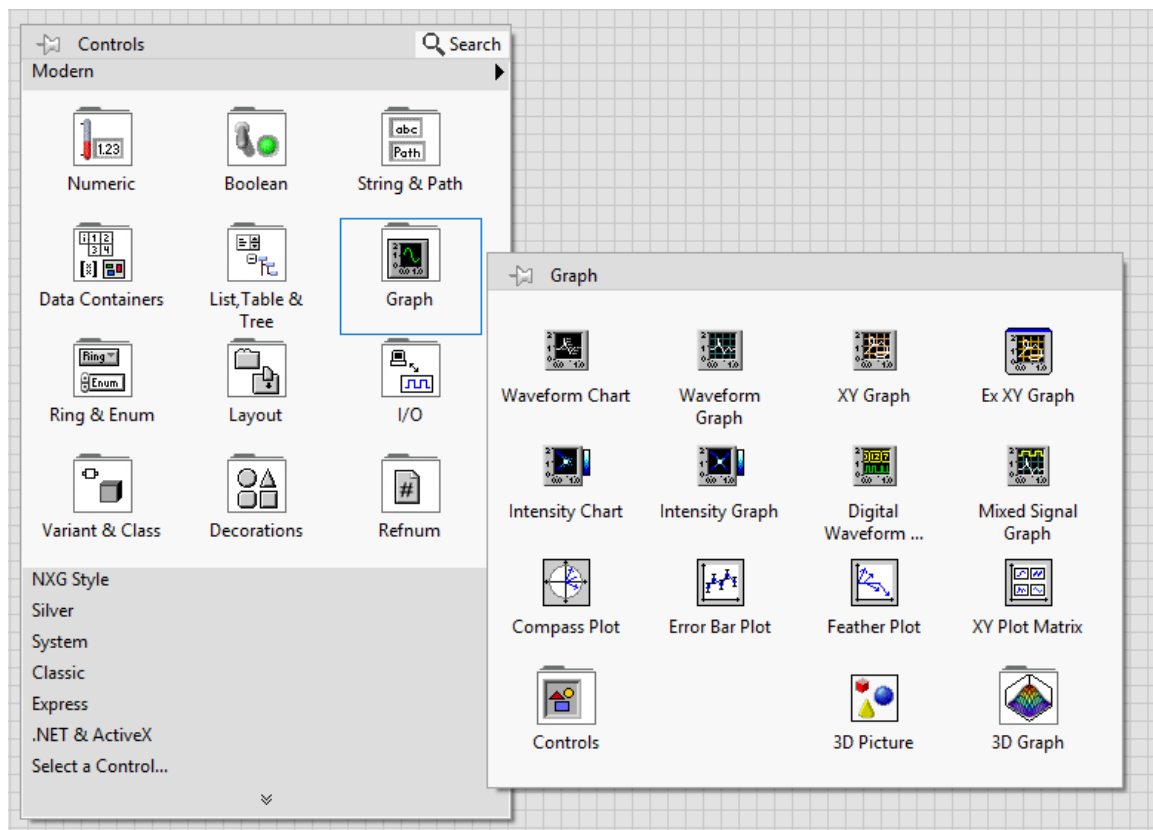
Στην συνέχεια έχοντας πατήσει, όπως προαναφέρθηκε, τερματισμός ανοίγουν αυτόματα δυο παράθυρα, με το ένα να είναι το παράθυρο του γραφικού προγραμματισμού και το δεύτερο να είναι το παράθυρο του προγραμματισμού διαγράμματος μπλοκ (Εικόνα 4.1.7).



*Εικόνα 4.1.7: Παράθυρα προγραμματισμού*

Έχοντας κάνει αυτές τις επιλογές μπορούμε πλέον να αρχίσουμε να προγραμματίζουμε αρχικά με την τεχνική “drag & drop”, όπου μπορούμε να εισάγουμε στο κενό μέσα στο παράθυρο, τα συστατικά/εξαρτήματα που θα χρειαστούμε για να προσομοιώσουμε τον σταθμό εργασίας της Festo.

Όλα τα συστατικά παρουσιάζονται μόλις πατήσουμε δεξί κλικ κάτω στην εν λόγω επιφάνεια (Εικόνα 4.1.8) με το όνομα και το σχήμα του κουμπιού που αντιπροσωπεύουν.



Εικόνα 4.1.8: Άνοιγμα μενού συστατικών

Το συστατικό που είναι επιλεγμένο και είναι έτοιμο για εισαγωγή φαίνεται με ένα μπλε περίγραμμα. Μπορεί να γίνει συνδυαστική επιλογή οποιονδήποτε κουμπιών στην επιφάνεια εργασίας καθώς και η μη περιορισμένη χρήση τους σε φορές που θα εμφανίζονται. Μια σύντομη αναφορά στα συστατικά που χρησιμοποιούνται για την επιφάνεια εργασίας :

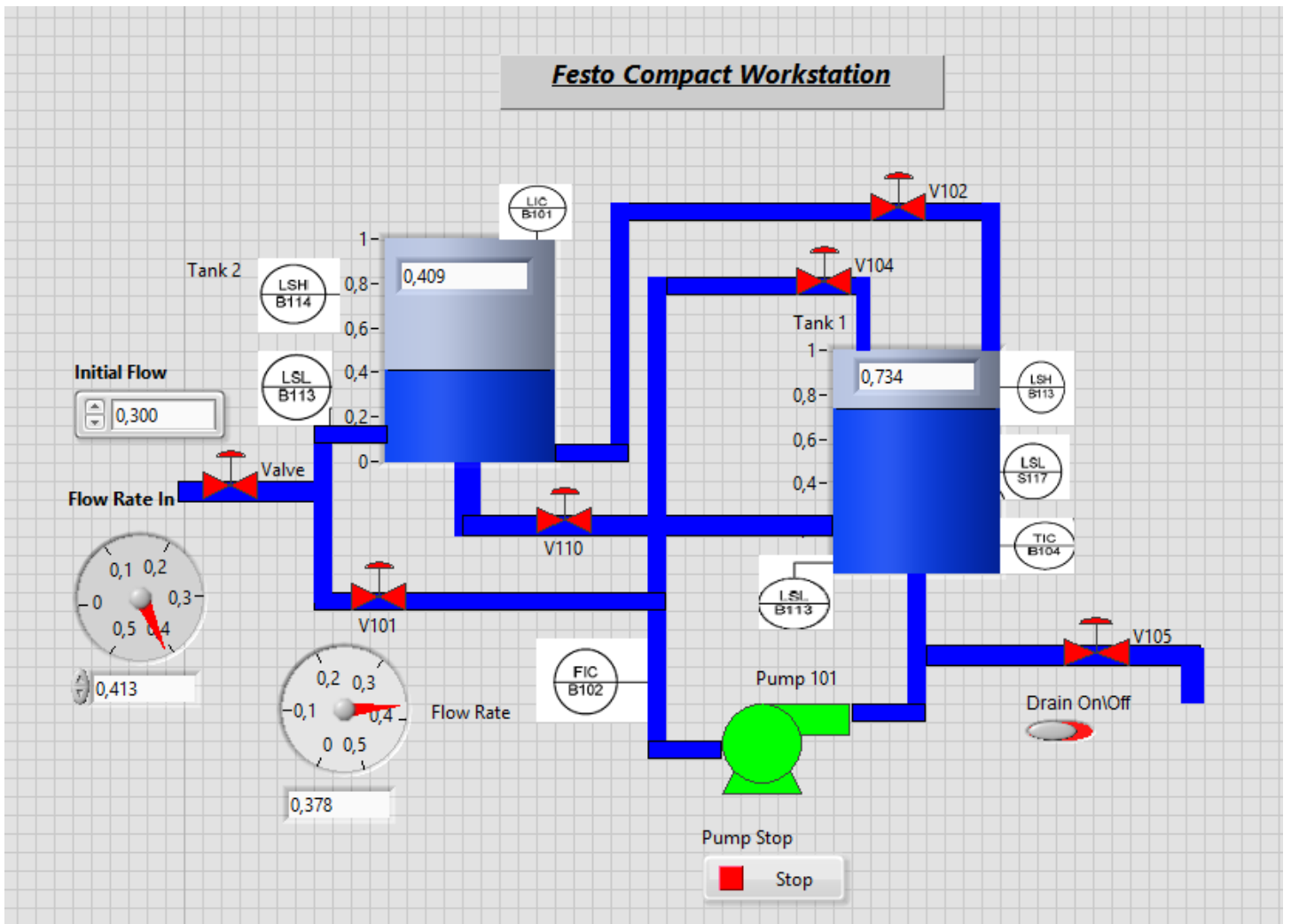
- **Αριθμητικά στοιχεία ελέγχου (Numeric):** Περιέχει στοιχεία για τον αριθμητικό έλεγχο, μπάρες προόδου, ολισθητήρες, θερμομέτρα, διάφορους μετρητές και δείκτες.
- **Στοιχεία ελέγχου τύπου Boolean (Boolean):** Περιέχει κυρίως κουμπιά (ακύρωσης, διακοπής, παύσης), διακόπτες διαφόρου προσανατολισμού (κάθετους, οριζόντιους, πλάγιους) και φωτάκια Led.
- **Διαδρομές και συμβολοσειρές (String & Path):** Εδώ βρίσκονται έλεγχοι και δείκτες συμβολοσειρών. Μπορούμε να εισάγουμε στοιχεία ελέγχου και δείκτες για να εμφανίσουμε κείμενο. Χρησιμοποιούμε στοιχεία ελέγχου και δείκτες διαδρομής για να εισάγουμε ή να εμφανίσουμε διαδρομές αρχείων ή φακέλων.
- **Δοχεία δεδομένων (Data containers):** Το μενού αυτό περιλαμβάνει παρατάξεις για δεδομένα, συμπλέγματα καθώς και πίνακες δεδομένων. Μπορούμε να εισάγουμε στοιχεία ελέγχου στοιχείων και δείκτες πίνακα, συμπλέγματος, ρύθμισης και χάρτη για να ομαδοποιήσετε στοιχεία δεδομένων. Χρησιμοποιήστε στοιχεία ελέγχου και δείκτες μήτρας για να εισάγετε και

να εμφανίσετε δεδομένα πίνακα.

- **Λίστες, τραπέζια και δένδρα (List, Table & Tree):** Εδώ μπορούμε να δημιουργήσουμε λίστες, τραπέζια και δένδρα δεδομένων.
- **Γραφικές παραστάσεις (Graph):** Εδώ μπορούμε να εισάγουμε στην επιφάνεια εργασίας διαγράμματα κυματομορφών, εικόνες, τρισδιάστατα γραφήματα καθώς και διάφορους γράφους.
- **Δακτυλίδια και αρίθμηση (Ring & Enumerated):** Τα στοιχεία ελέγχου δακτυλίου είναι αριθμητικά αντικείμενα που συσχετίζουν αριθμητικές τιμές με συμβολοσειρές ή εικόνες. Ένας απαριθμημένος τύπος ελέγχου είναι παρόμοιος με έναν έλεγχο κειμένου ή μενού δακτυλίου, καθώς και οι δύο περιέχουν λίστες συμβολοσειρών.
- **Σχέδιο (Layout):** Εδώ υπάρχουν στοιχεία ελέγχου που βρίσκονται στις παλέτες για την ομαδοποίηση των στοιχείων ελέγχου και των ενδείξεων.
- **I/O:** Σε αυτήν την καρτέλα βρίσκονται στοιχεία ελέγχου και ενδείξεις ονόματος I / O.
- **Μεταβλητές και κλάσεις (Variant & Class) :** Παραθέτονται μεταβλητές ελέγχου και δείκτες ελέγχου.
- **Διακοσμητικά στοιχεία (Decorations):** Εδώ μπορούμε να εισάγουμε διακοσμήσεις για να ομαδοποιήσουμε γραφικά ή να διαχωρίσουμε αντικείμενα στην πρόσοψη χωρίς να επηρεαστεί η λειτουργικότητα του VI. Τα διακοσμητικά αντικείμενα περιλαμβάνουν αντικείμενα όπως κουτιά, γραμμές ή βέλη.
- **Αριθμοί αναφοράς (Refnumbers):** Ένας αριθμός αναφοράς, ή refnum, είναι ένα μοναδικό αναγνωριστικό για ένα αντικείμενο, όπως ένα αρχείο, συσκευή ή σύνδεση δικτύου. Όταν ανοίγετε ένα αρχείο, συσκευή ή σύνδεση δικτύου, το LabView δημιουργεί ένα refnum που σχετίζεται με αυτό το αρχείο, συσκευή ή σύνδεση δικτύου. Όλες οι λειτουργίες που εκτελούνται σε ανοιχτά αρχεία, συσκευές ή συνδέσεις δικτύου χρησιμοποιούν τα refnums για την αναγνώριση κάθε αντικειμένου.

Στην συνέχεια τοποθετήσαμε όλα τα απαραίτητα συστατικά που χρειάστηκαν για να αναπαραστήσουμε με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τον σταθμό εργασίας της Festo. (Εικόνα 4.1.9)



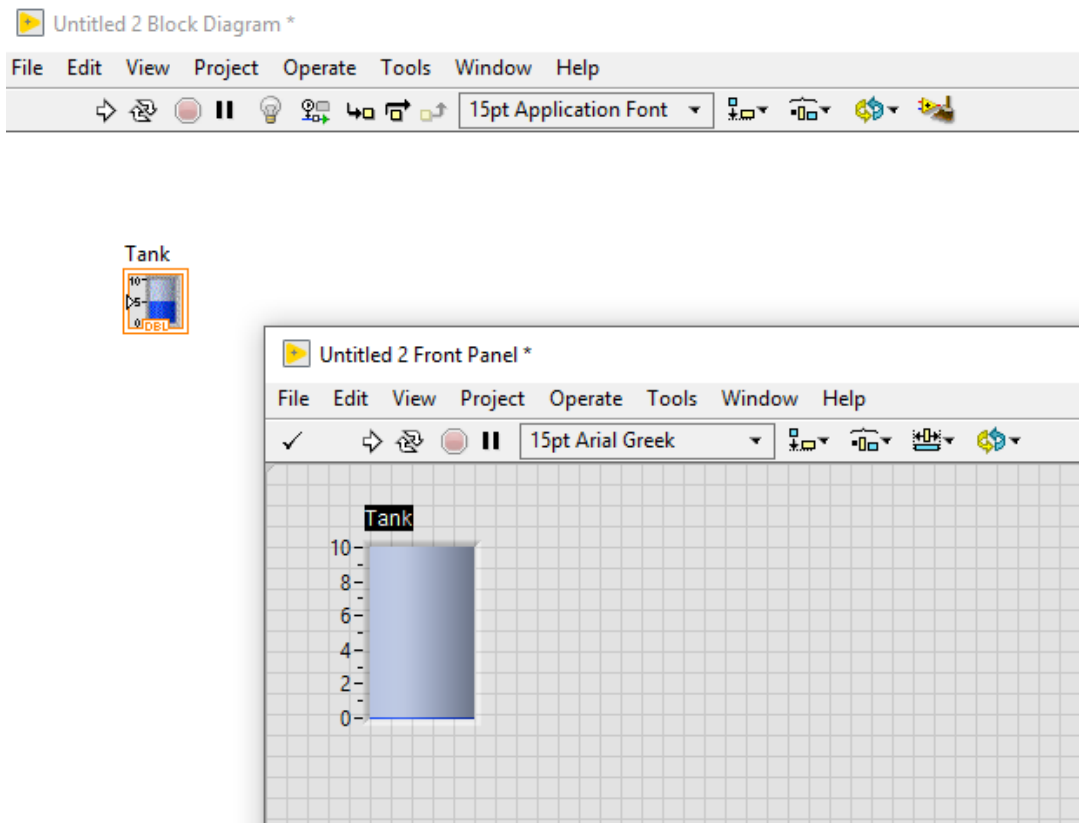


Εικόνα 4.1.9: Σταθμός εργασίας σε περιβάλλον γραφικού προγραμματισμού

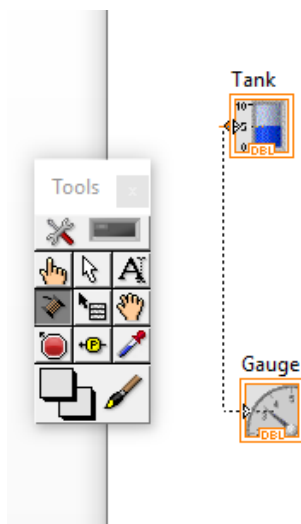
Στην παραπάνω γραφική απεικόνιση τοποθετήσαμε τα εξής συστατικά:

- Δεξαμενές νερού
- Αντλία
- Βαλβίδες
- Ροόμετρα
- Θερμόμετρα
- Σύστημα θέρμανσης
- Αισθητήρες στάθμης
- Κουμπιά
- Σωλήνες

Με κάθε απόθεση στοιχείου στην επιφάνεια εργασίας δημιουργείτε αυτόματα το αντίστοιχο στοιχείο στο παράθυρο του διαγράμματος μπλοκ. (Εικόνα 4.1.10)



*Εικόνα 4.1.10: Δημιουργία στοιχείου μπλοκ αυτόματα*



Αφού αποθέσαμε όλα τα στοιχεία στην επιφάνεια εργασίας δημιουργήθηκαν, όπως προαναφέρθηκε, όλα τα στοιχεία παράλληλα στο μπλοκ διάγραμμα ωστόσο χρειάζεται να γίνουν οι απαραίτητες συνδέσεις μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί χρησιμοποιώντας, από την παλέτα εργαλείων, το καλώδιο σύνδεσης (Εικόνα 4.1.11).

*Εικόνα 4.1.11: Καλώδιο σύνδεσης*

Συνολική μορφή διαγράμματος μπλοκ του συστήματος (Εικόνα 4.1.12):

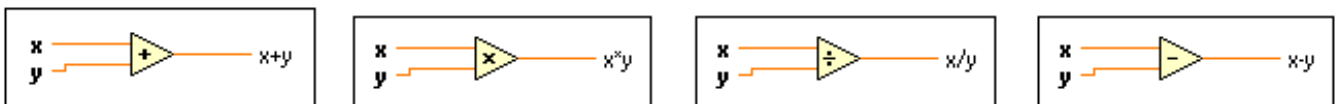


Όπως προαναφέρθηκε απαιτείται σύνδεση των συστατικών του μπλοκ διαγράμματος, ωστόσο δεν επαρκεί για να κάνει το σύστημα λειτουργικό. Θα χρειαστούμε είσοδο δεδομένων, όπου στην περίπτωση του συστήματος θα είναι το νερό, καθώς και προσομοίωση του ελεγκτή όπου θα εκτελεί αριθμητικές πράξεις για να μπορέσουμε να παράγουμε δεδομένα καθώς και για να πραγματοποιήσουμε PID έλεγχο. Στην συνέχεια παραθέτονται επεξηγήσεις για τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στο διάγραμμα μπλοκ:

Βασικά στοιχεία μπλοκ διαγράμματος:

➤ **Λειτουργία διαίρεσης/πολλαπλασιασμού/πρόσθεσης/αφαίρεσης (Εικόνα 4.1.13):**

Συνδέοντας δύο τιμές κυματομορφής ή δύο τιμές δυναμικού τύπου δεδομένων σε αυτή τη λειτουργία, στη λειτουργία εμφανίζονται τα τερματικά σφάλματος και σφάλματα. Το παράθυρο σύνδεσης εμφανίζει τους προεπιλεγμένους τύπους δεδομένων για αυτήν την πολυμορφική λειτουργία.



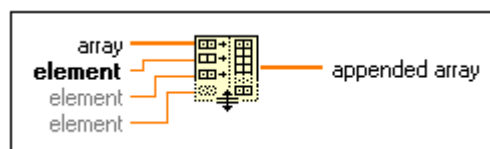
Εικόνα 4.1.13: Λογικές πύλες πολλαπλασιασμού/διαίρεσης/πρόσθεσης/αφαίρεσης

Όπου:

$x / y$  : Μπορεί να είναι ένας κλιμακωτός αριθμός, ένας πίνακας ή ένα σύνολο αριθμών η ακόμα και ένας πίνακας αριθμών συστοιχίας.

➤ **Δημιουργία πίνακα λειτουργίας (Εικόνα 4.1.14):**

Συνενώνει πολλαπλές συστοιχίες ή προσθέτει στοιχεία σε μια διάταξη n-διαστάσεων. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση Replace Array Subset για να τροποποιήσουμε έναν υπάρχοντα πίνακα. Το παράθυρο σύνδεσης εμφανίζει τους προεπιλεγμένους τύπους δεδομένων για αυτήν την πολυμορφική λειτουργία.



Εικόνα 4.1.14: Πίνακας λειτουργίας

Όπου:

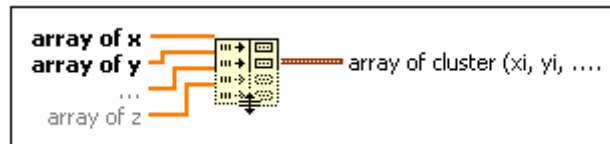
**Πίνακας ή στοιχείο:** Μπορεί να είναι οποιαδήποτε n-διάστατη διάταξη ή βαθμιδωτό στοιχείο. Όλες οι είσοδοι πρέπει να είναι στοιχεία και συστοιχίες 1D ή n-διαστάσεων και

(n-1) -διαστασιοποιημένες συστοιχίες. Όλες οι εισοδοί πρέπει να έχουν τον ίδιο τύπο βάσης.

*Συνημμένος πίνακας (appended array):* Είναι ο πίνακας που προκύπτει.

➤ **Λειτουργία πίνακα συστοιχιών ευρετηρίου και δέσμης (Εικόνα 4.1.15):**

Ευρετηριάζει ένα σύνολο από πίνακες και δημιουργεί μια συστοιχία συστοιχιών στην οποία το στοιχείο  $i$  περιέχει το στοιχείο  $i$  του κάθε πίνακα εισόδου.



Εικόνα 4.1.15: Πίνακας συστοιχιών ευρετηρίου και δέσμης

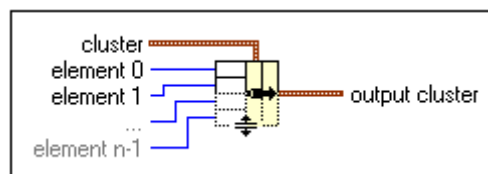
Όπου:

*Πίνακας  $x..z$*  : Μπορεί να είναι ένας πίνακας 1D οποιαδήποτε τύπου. Οι εισοδοί των συστοιχιών δεν χρειάζεται όλοι να είναι του ίδιου τύπου.

*Συστοιχία συστοιχιών (array of cluster):* Είναι μια συστοιχία συστοιχιών που περιέχει ένα στοιχείο από κάθε συστοιχία εισόδου. Ο αριθμός των στοιχείων στη συστοιχία εξόδου ισούται με τον αριθμό των στοιχείων στη συντομότερη συστοιχία εισόδου.

➤ **Λειτουργία δέσμης (Εικόνα 4.1.16):**

Συγκεντρώνει ένα σύμπλεγμα από μεμονωμένα στοιχεία. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε αυτήν τη λειτουργία για να αλλάξουμε τις τιμές μεμονωμένων στοιχείων σε ένα υπάρχον σύμπλεγμα χωρίς να χρειάζεται να ορίσουμε νέες τιμές για όλα τα στοιχεία. Για να το κάνουμε αυτό, σέρνουμε το σύμπλεγμα που χρειάζεται και αλλάζουμε τον ακροδέκτη μεσαίας συστοιχίας αυτής της λειτουργίας. Όταν συνδέουμε ένα σύμπλεγμα σε αυτή τη λειτουργία, η λειτουργία αλλάζει αυτόματα για να εμφανίζει εισόδους για κάθε στοιχείο του συμπλέγματος.



Εικόνα 4.1.16: Λειτουργία δέσμης

Όπου:

*Σύμπλεγμα (cluster):* Είναι το σύμπλεγμα του οποίου την τιμή θέλουμε να μεταβάλουμε. Εάν δεν συνδέσουμε αυτή την είσοδο, η λειτουργία δημιουργεί ένα σύμπλεγμα. Μετακινώντας

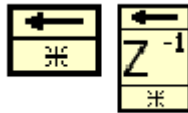
σύμπλεγμα, η λειτουργία αντικαθιστά τα στοιχεία του συμπλέγματος με το στοιχείο 0..n-1. Εάν μετακινήσουμε ένα σύμπλεγμα, ο αριθμός των τερματικών εισόδου πρέπει να ταιριάζει με τον αριθμό των στοιχείων στο σύμπλεγμα εισόδου.

*Στοιχείο 0 έως n-1:* Οποιοσδήποτε τύπος δεδομένων.

*Cluster εξόδου:* Είναι το σύμπλεγμα που προκύπτει

➤ **Κόμβος ανάδρασης (Εικόνα 4.1.17):**

Ένας κόμβος ανάδρασης είναι ανάλογος με ένα μπλοκ z-1 στη θεωρία ελέγχου ανατροφοδότησης και στην επεξεργασία ψηφιακού σήματος. Μπορούμε να αλλάξουμε την εμφάνιση του κόμβου Feedback ώστε να μοιάζει με εκείνη ενός μπλοκ z-1 κάνοντας δεξί κλικ στον κόμβο Feedback και επιλέγοντας την επιλογή Z-Transform View από το μενού συντομεύσεων.

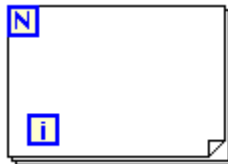


*Εικόνα 4.1.17: Κόμβος ανάδρασης*

Ο κόμβος ανάδρασης χρησιμοποιεί την τιμή που σύρετε στο τερματικό του αρχικοποιητή ως την αρχική τιμή για την πρώτη εκτέλεση του διαγράμματος ή επανάληψης βρόχου. Εάν δεν συνδέσουμε μια τιμή στο τερματικό του αρχικοποιητή, ο κόμβος ανάδρασης χρησιμοποιεί την προεπιλεγμένη τιμή για τον τύπο δεδομένων. Ο κόμβος ανάδρασης αποθηκεύει τότε το προηγούμενο αποτέλεσμα εκτέλεσης ή επανάληψης.

➤ **Βρόγχος For (For Loop)(Εικόνα 4.1.18):**

Εκτελεί το υποδιάγραμμα του n - φορές, όπου n είναι η τιμή προς τον τετραγωνισμό (N). Το τερματικό επανάληψης (i) παρέχει τον αριθμό επαναλήψεων του τρέχοντος βρόχου, που κυμαίνεται από 0 έως n-1.



*Εικόνα 4.1.18: Βρόγχος for*

Όπου:

(*N*) : Το τερματικό μέτρησης καθορίζει τον αριθμό των φορών που θα εκτελέσει τον κώδικα μέσα στο For Loop. Αν σύρουμε με 0 ή αρνητικό αριθμό στο τερματικό μέτρησης, ο βρόχος δεν εκτελείται.

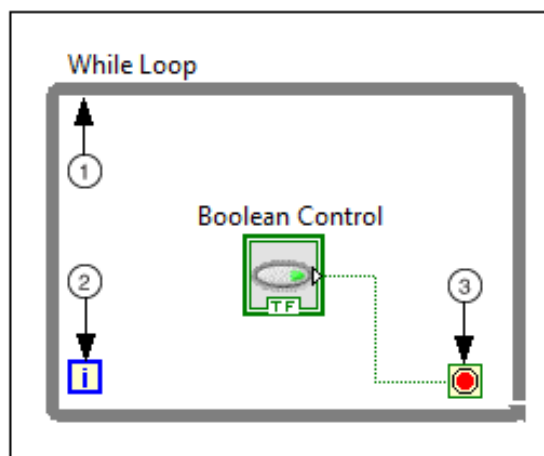
➤ **Βρόγχος While (While Loop) (Εικόνα 4.1.19):**

Επαναλαμβάνει τον κώδικα εντός του δευτερεύοντος διαγράμματος του, έως ότου εμφανιστεί μια ειδική κατάσταση. Ένας τέτοιος βρόγχος εκτελείται πάντα τουλάχιστον μία φορά.



Εικόνα 4.1.19: Βρόγχος while

Συστατικά ενός βρόχου While (Εικόνα 6.0):

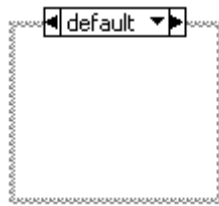


Εικόνα 6.0: Συστατικά βρόχου while

1. Υποδιαγράμματα - Περιέχει κώδικα που εκτελεί ο Κύκλος Ενώσεων μία φορά ανά επανάληψη.
2. Ακροδέκτης επανάληψης (i) - Παρέχει τον αριθμό επαναλήψεων του τρέχοντος βρόχου. Ο αριθμός των βρόχων αρχίζει πάντα από το μηδέν για την πρώτη επανάληψη.
3. Υποθετικός τερματικός σταθμός- Αξιολογεί μια τιμή εισόδου Boolean για να καθορίσει εάν θα συνεχίσει να εκτελεί το Loop While.

➤ **Υποχρεωτική δομή υπό όρους (Conditional Disable Structure) (Εικόνα 4.1.20):**

Έχει ένα ή περισσότερα υποδιαγράμματα, ακριβώς ένα από τα οποία χρησιμοποιεί το LabView κατά την διάρκεια εκτέλεσης, ανάλογα με τη διαμόρφωση των συνθηκών του υποδιαγράμματος. Χρησιμοποιούμε αυτήν τη δομή όταν θέλετε να απενεργοποιήσουμε συγκεκριμένες ενότητες κώδικα στο μπλοκ διάγραμμα βάσει ορισμένων συνθηκών που ορίζονται από το χρήστη. Με δεξί κλικ στο πλαίσιο δομής προσθέτουμε ή να διαγράψουμε ένα δευτερεύον διάγραμμα. Όταν προσθέσουμε ένα υποδιάγραμμα ή κάνουμε δεξί κλικ στο περίγραμμα της δομής και επιλέγουμε «Επεξεργασία συνθήκης για αυτό το υποδιάγραμμα» από το μενού συντόμευσης, μπορούμε επίσης να διαμορφώσουμε τις συνθήκες στο παράθυρο διαλόγου «Διαμόρφωση παραμέτρων».

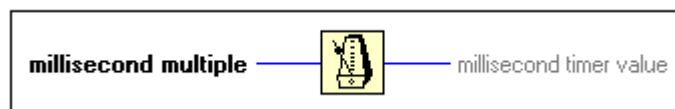


Εικόνα 4.1.20: Υποχρεωτική δομή υπό όρους

➤ **Αναμονή μέχρι το επόμενο ms – Πολλαπλών συναρτήσεων (Εικόνα 4.1.21):**

Περιμένει έως ότου η τιμή του χρονομετρητή χιλιοστών του δευτερολέπτου γίνει πολλαπλάσιο του πολλαπλάσιου του συγκεκριμένου χιλιοστού του δευτερολέπτου. Χρησιμοποιούμε αυτή τη λειτουργία για να συγχρονίσουμε δραστηριότητες, στο σύστημα μας χρησιμοποιείται για να συγχρονίσει την στάθμη των δυο δεξαμενών. Μπορούμε να ονομάσουμε αυτή τη λειτουργία σε βρόχο για να ελέγξουμε την ταχύτητα εκτέλεσης του βρόχου. Ωστόσο, είναι πιθανό η περίοδος του πρώτου βρόχου να είναι σύντομη. Η σύνδεση μιας τιμής 0 με την πολλαπλή είσοδο των χιλιοστών του δευτερολέπτου αναγκάζει το τρέχον νήμα να αποδώσει τον έλεγχο της CPU.

Αυτή η λειτουργία πραγματοποιεί ασύγχρονες κλήσεις συστήματος, αλλά οι ίδιοι οι κόμβοι λειτουργούν συγχρόνως. Επομένως, δεν ολοκληρώνει την εκτέλεση μέχρι να περάσει ο καθορισμένος χρόνος.



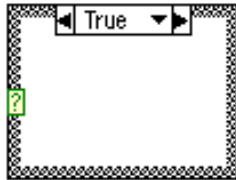
Εικόνα 4.1.21: Λειτουργία συγχρονισμού

*Χιλιοστό του δευτερολέπτου:* Είναι η είσοδος που καθορίζει πόσα χιλιοστά του δευτερολέπτου παύουν όταν εκτελείται το VI. Η καλωδίωση μιας τιμής 0 σε αυτήν την παράμετρο αναγκάζει το τρέχον νήμα να αποδώσει τον έλεγχο της CPU.



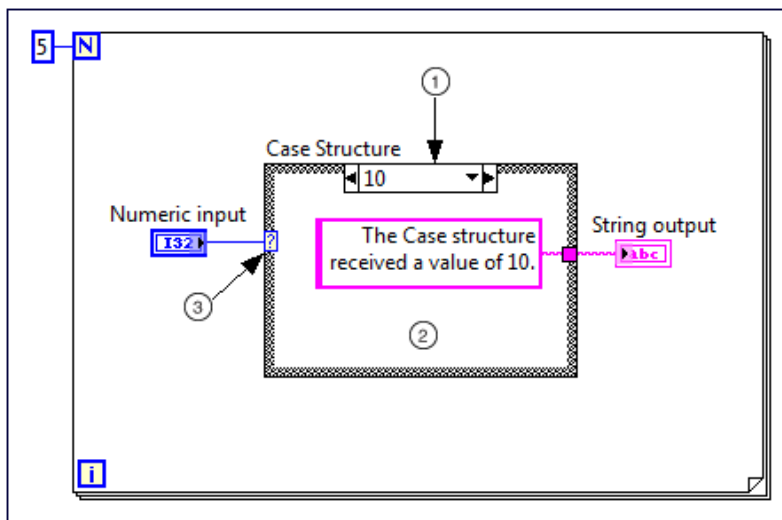
➤ **Δομή του περιγράμματος (Case structure) (Εικόνα 4.1.22):**

Περιέχει ένα ή περισσότερα υποδιαγράμματα ή περιπτώσεις, ακριβώς ένα εκ των οποίων εκτελείται κατά την εκτέλεση της δομής. Η τιμή που συνδέεται με τον επιλογέα θέσης καθορίζει την περίπτωση που θα εκτελεστεί.



Εικόνα 6.3: Δομή του περιγράμματος

Στοιχεία δομής περιγράμματος (Εικόνα 4.1.23):

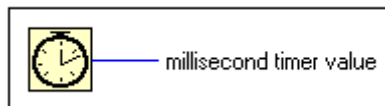


Εικόνα 4.1.23: Στοιχεία δομής περιγράμματος

1. **Ετικέτα επιλογέα:** Εμφανίζει την τιμή ή τις τιμές για τις οποίες εκτελείται η σχετική περίπτωση. Μπορούμε να ορίσουμε μια μόνο τιμή ή ένα εύρος τιμών. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε την ετικέτα επιλογέα για να ορίσουμε μια προεπιλεγμένη περίπτωση.
2. **Υποδιάγραμμα (περίπτωση):** Περιέχει τον κώδικα που εκτελείται όταν η τιμή που συνδέεται στον επιλογέα θέσης αντιστοιχεί στην τιμή που εμφανίζεται στην ετικέτα επιλογέα. Για να τροποποιήσουμε τον αριθμό ή τη σειρά των υποδιαγραμμάτων, κάνουμε δεξί κλικ στο περίγραμμα της δομής της υπόθεσης και επιλέγουμε την κατάλληλη επιλογή.
3. **Επιλογή θέσης:** Επιλέγει την περίπτωση που θα εκτελεστεί με βάση την τιμή των δεδομένων εισόδου. Τα δεδομένα εισόδου μπορούν να είναι Boolean, string, ακέραιοι, απαριθμημένοι τύποι ή cluster σφάλματος. Ο τύπος δεδομένων που συνδέετε στον επιλογέα θέσης καθορίζει τις επιτρεπόμενες περιπτώσεις που μπορούμε να εισάγουμε στην ετικέτα επιλογέα.

### ➤ **Συνάρτηση μετρητή τίκ (Εικόνα 4.1.24):**

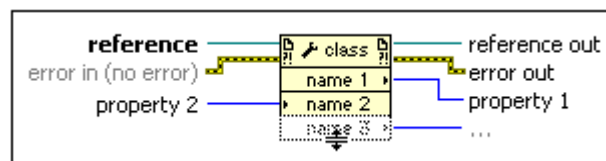
Επιστρέφει την τιμή του μετρητή σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Ο βασικός χρόνος αναφοράς (μηδενικό χιλιοστό του δευτερολέπτου) δεν είναι καθορισμένος. Δηλαδή, δεν μπορούμε να μετατρέψουμε την τιμή του μετρητή χιλιοστών σε πραγματικό χρόνο ή ημερομηνία. Προσέχουμε όταν χρησιμοποιούμε αυτή τη λειτουργία σε συγκρίσεις επειδή η τιμή του χρονομετρητή είναι χιλιοστά του δευτερολέπτου και αναδιπλώνεται από  $(2^{32}) - 1$  στο 0.



Εικόνα 4.1.24: Συνάρτηση μετρητή τίκ

### ➤ **Κόμβος ιδιοτήτων (Property Node) (Εικόνα 4.1.25):**

Λαμβάνει (διαβάζει) / ορίζει (γράφει) ιδιότητες μιας αναφοράς. Χρησιμοποιούμε αυτόν τον κόμβο ιδιότητας για να πάρουμε ή να ορίσουμε ιδιότητες και μεθόδους σε τοπικές ή απομακρυσμένες εφαρμογές εφαρμογής, VIs και αντικείμενα. Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε τον κόμβο ιδιότητας για να αποκτήσουμε πρόσβαση στα ιδιωτικά δεδομένα μιας κλάσης LabView. Ο κόμβος ιδιότητας προσαρμόζεται αυτόματα στην κλάση του αντικειμένου που αναφέρετε.



Εικόνα 4.1.25: Κόμβος ιδιοτήτων

Όπου:

**Αναφορά:** Είναι το νούμερο αναφοράς που σχετίζεται με το αντικείμενο για το οποίο θέλουμε να ορίσουμε ή να πάρουμε τις ιδιότητες του. Αν η κλάση Node Property είναι για εφαρμογή ή VI, δεν χρειάζεται να εισάγουμε το νούμερο αναφοράς σε αυτήν την είσοδο. Για την κλάση εφαρμογής, η προεπιλογή είναι η τρέχουσα περίπτωση εφαρμογής. Για την κλάση VI, η προεπιλογή είναι η VI που περιέχει τον κόμβο ιδιότητας.

**Σφάλμα εισόδου:** Περιγράφει συνθήκες σφάλματος που εμφανίζονται πριν από την εκτέλεση αυτού του κόμβου. Αυτή η είσοδος παρέχει τυπικό σφάλμα στη λειτουργικότητα.

**Ιδιότητα 2..n:** Είναι παραδείγματα ιδιοτήτων που θέλουμε να ορίσουμε (γράψουμε).

**Αναφορά παραπομπών:** Επιστρέφει την αναφορά αμετάβλητη.

**Σφάλμα εξόδου:** Περιέχει πληροφορίες σφάλματος. Αυτή η έξοδος παρέχει τυπική λειτουργία σφάλματος.

**Ιδιότητα 1..n:** Είναι παραδείγματα ιδιοτήτων που θέλουμε να λάβουμε (προς ανάγνωση).

### Λεπτομέρειες κόμβου ιδιοτήτων:

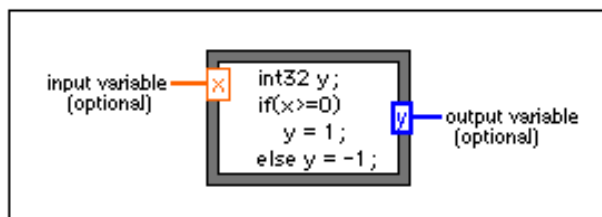
Για να επιλέξουμε την κλάση στην οποία πρέπει να εκτελέσουμε την ιδιότητα, σέρνουμε το νούμερο αναφοράς στην είσοδο αναφοράς. Για παράδειγμα, για να επιλέξουμε τη κλάση VI, Generic ή Application, συνδέουμε το αντικείμενο VI, VI ή αναφορά εφαρμογής στην είσοδο αναφοράς. Ο κόμβος προσαρμόζεται αυτόματα στην κλάση. Μπορούμε επίσης να κάνουμε δεξί κλικ στον κόμβο και να επιλέξουμε μια κλάση από το μενού συντομεύσεων.

Μπορούμε να συνδέσουμε μια κλάση LabView στην είσοδο αναφοράς ενός κόμβου ιδιότητας. Εάν η κλάση LabView έχει accessor VIs στα οποία μπορούμε να αποκτήσουμε πρόσβαση μέσω ενός κόμβου ιδιότητας, μπορούμε να διαβάσουμε από ή να γράψουμε στα VIs του εξαρτήματος χρησιμοποιώντας έναν κόμβο ιδιότητας.

Μπορούμε επίσης να δούμε γρήγορα την υλοποίηση μιας ιδιότητας κλάσης LabView, εάν είναι διαθέσιμο το μπλοκ διάγραμμα του εξαρτήματος VI. Για να εμφανίσουμε την υλοποίηση μιας ιδιότητας κλάσης LabView, κάνουμε δεξί κλικ στην ιδιότητα και επιλέγουμε το Open Accessor VI από το μενού συντομεύσεων. Εάν η ιδιότητα είναι δυναμική με περισσότερες από μία υλοποιήσεις, επιλέγοντας αυτή την επιλογή εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου «Επιλογή εφαρμογής». Χρησιμοποιούμε αυτό το παράθυρο διαλόγου για να δούμε όλες τις υλοποιήσεις της ιδιότητας ή του δυναμικού μέλους αποστολής VI και ανοίγουμε μία ή περισσότερες υλοποιήσεις.

### ➤ **Κόμβος τύπων (Formula Node) (Εικόνα 4.1.26):**

Αξιολογεί μαθηματικούς τύπους και εκφράσεις παρόμοιες με την C στο διάγραμμα. Οι ακόλουθες ενσωματωμένες λειτουργίες επιτρέπονται σε τύπους: abs, acos, acosh, asin, asinh, atan, atan2, atanh, ceil, cos, cosh, csc, exp, expm1, getexp, getman, int, intz, ln, lnp1, log2, max, min, mod, pow, rand, rem, sec, sinc, sinh, sizeofDim, sqrt, tan, tanh. Υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ του αναλυτή στα Μαθηματικά VI και στον Κόμβο Τύπου.



Εικόνα 4.1.26: Κόμβος τύπων

Οι κόμβοι τύπων έχουν τους ακόλουθους περιορισμούς:

- 1) Οι κόμβοι τύπων δέχονται μόνο την περίοδο (.) Ως δεκαδικό διαχωριστή. Επίσης, οι κόμβοι, δεν αναγνωρίζουν τους τοπικούς δεκαδικούς διαχωριστές.
- 2) Οι κόμβοι τύπων δέχονται μόνο ρί ως σταθερά τους. Στην σταθερά γίνεται διάκριση μεταξύ πεζών και κεφαλαίων.

## ➤ **Ο αλγόριθμος PID:**

Ο ελεγκτής PID συγκρίνει την επιθυμητή τιμή (SP) με τη μεταβλητή διεργασίας (PV) για να αποκτήσει το σφάλμα (e) :

$$e = SP - PV$$

Στη συνέχεια ο ελεγκτής PID υπολογίζει τη δράση του ελεγκτή,  $u(t)$ , όπου  $K_c$  είναι το κέρδος του ελεγκτή :

$$u(t) = K_c \left( e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

Εάν το σφάλμα και η έξοδος του ελεγκτή έχουν το ίδιο εύρος, -100% έως 100%, τότε το κέρδος του ελεγκτή είναι το αντίστροφο της αναλογικής ζώνης. Το  $T_i$  είναι ο συνολικός χρόνος σε λεπτά, που ονομάζεται επίσης χρόνος επαναφοράς, και  $T_d$  είναι ο παράγωγος χρόνος σε λεπτά, που ονομάζεται επίσης χρόνος ρυθμού. Ο παρακάτω τύπος αντιπροσωπεύει την αναλογική δράση :

$$U_p(t) = K_c e$$

Ο ακόλουθος τύπος αντιπροσωπεύει την ολοκληρωμένη δράση :

$$u_i(t) = \frac{K_c}{T_i} \int_0^t e dt$$

Ο ακόλουθος τύπος αντιπροσωπεύει την παράγωγη δράση :

$$U_D(t) = K_c T_d \frac{de}{dt}$$

Ο παρακάτω τύπος αντιπροσωπεύει το τρέχον σφάλμα που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της αναλογικής, ολοκληρωμένης και παράγωγης ενέργειας :

$$e(k) = (SP - PV_f)$$

Αναλογική ενέργεια είναι ο χρόνος κέρδους του σφάλματος του ελεγκτή, όπως φαίνεται στον παρακάτω τύπο :

$$U_p(k) = (K_c * e(k))$$

Η έξοδος του ελεγκτή είναι η άθροιση της αναλογικής, ολοκληρωμένης και παράγωγης ενέργειας, όπως φαίνεται στον ακόλουθο τύπο :

$$u(k) = u_p(k) + u_i(k) + u_D(k)$$

Η πραγματική έξοδος του ελεγκτή περιορίζεται στην περιοχή που καθορίζεται για την έξοδο ελέγχου:

$$\begin{aligned} \text{Αν } u(k) \geq u_{max} \text{ τότε } u(k) &= u_{max} \\ &\text{και} \\ \text{Αν } u(k) \leq u_{min} \text{ τότε } u(k) &= u_{min} \end{aligned}$$

Ο παρακάτω τύπος δείχνει το πρακτικό μοντέλο του ελεγκτή PID :

$$u(t) = Kc[(SP - PV) + \frac{1}{Ti} \int_0^t (SP - PV)dt - T_d \frac{dPV}{dt}]$$

Το PID VI χρησιμοποιεί έναν ολοκληρωμένο αλγόριθμο διόρθωσης ποσού, ο οποίος διευκολύνει το χειροκίνητο και αυτόματη μεταβίβαση. Το Windup εμφανίζεται στο ανώτερο όριο της εξόδου του ελεγκτή, για παράδειγμα, 100%. Όταν το σφάλμα ε μειωθεί, η έξοδος του ελεγκτή μειώνεται, κινούμενη από την περιοχή windup. Ο αλγόριθμος διόρθωσης ολοκληρωμένου αθροίσματος εμποδίζει τις απότομες μεταβολές εξόδου του ελεγκτή όταν αλλάζετε από χειροκίνητη σε αυτόματη λειτουργία ή αλλάζετε οποιεσδήποτε άλλες παραμέτρους. Οι προεπιλεγμένες κλίμακες για τις παραμέτρους SP, PV και εξόδου αντιστοιχούν σε ποσοστιαίες τιμές. Οι παράμετροι Ti και Td καθορίζονται σε λεπτά. Μπορούμε να καλέσουμε αυτά τα PID VIs μέσα από ένα Lo Loop με ένα σταθερό χρόνο κύκλου. Όλα τα PID Control VIs είναι επαναλαμβανόμενα. Οι πολλαπλές κλήσεις από VIs υψηλού επιπέδου χρησιμοποιούν χωριστά και διακριτά δεδομένα.

#### 4.3 ΕΞΟΜΟΙΩΣΗ PLC - DOMORE DESIGNER

Το Do-more Designer είναι ένα πλήρως εξοπλισμένο λογισμικό PLC για τη σειρά προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLCs) Do-more. Η ευέλικτη διαχείριση του προγράμματος υποστηρίζει ένα μείγμα λογικής και προγραμματισμού ladder για μια προσέγγιση που απλοποιεί τον προγραμματισμό και διευκολύνει τη επίλυση των προβλημάτων. Το λογισμικό του PLC παρέχει τα εργαλεία προγραμματισμού και διαμόρφωσης του υλικού για τις συγκεκριμένες ανάγκες του συστήματος. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σε σχέση με τα υπόλοιπα επιλέχθηκε για τους παρακάτω λόγους:

	<b>Do-More Designer</b>	<b>Unitronics Visio Logic</b>	<b>Siemens Step-7</b>
<i>Χαρακτηριστικά</i>			
Προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο	γ	γ	γ
Εγχειρίδια χρήσης	γ	γ	γ
Παραδείγματα	χ	γ	γ
Απαραίτητη σύνδεση με PLC για προσομοίωση	χ	γ	γ
Κόστος	Δωρεάν	Δωρεάν	Επί Πληρωμή

Στο παραπάνω πινακάκι καταγράφηκαν όπως παρατηρούμε τα απολύτως βασικά κριτήρια από τα οποία κρίθηκε η επιλογή του προγράμματος για την εξομοίωση του PLC. Επιλέξαμε το Do-More Designer διότι, ανάμεσα από τα υπόλοιπα προγράμματα, είναι το μοναδικό που μας επιτρέπει να τρέξουμε σε πραγματικό χρόνο εξομοίωση του PLC, χωρίς όμως να είναι απαραίτητη η σύνδεση του προγράμματος με πραγματικό PLC. Μεγάλο βάρος έχουν ωστόσο και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του προγράμματος που προαναφέρθηκε, όπως η δωρεάν διάθεση του και λειτουργία του, καθώς και η πληθώρα από οδηγίες χρήσης. Θα πρέπει να σημειώσουμε όμως στα αρνητικά του πως δεν υπήρχαν παραδείγματα διαθέσιμα, κάτι που δεν ισχύει για τα υπόλοιπα προγράμματα.

#### *Βασικές έννοιες προγραμματισμού Ladder:*

Από την εμφάνιση των πρώτων συστημάτων ελέγχου και μέτρησης που βασίζονται στο λογισμικό στη δεκαετία του 1960, έχουν εισαχθεί πολυάριθμες γλώσσες προγραμματισμού και εργαλεία προγραμματισμού για τους μηχανικούς ώστε να προγραμματίζουν πιο αποτελεσματικά τα συστήματα. Η επιλογή και η χρήση του σωστού "εργαλείου" μπορεί να κάνει τα συστήματα μέτρησης και ελέγχου πιο γρήγορα στον σχεδιασμό, πιο αποτελεσματικά στην λειτουργία τους και διευκολύνουν τη συντήρηση και τον εντοπισμό σφαλμάτων. Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στο Μπέρκλεϊ, που μελετούν την ανάπτυξη σε πραγματικό χρόνο και την ενσωματωμένη ανάπτυξη, καλούν τις διαφορετικές αναπαραστάσεις λογισμικού ως «μοντέλα υπολογισμού». Ένα μοντέλο υπολογισμού είναι ένας ακαδημαϊκός όρος που αναφέρεται σε έναν συγκεκριμένο τρόπο αντιπροσώπευσης της συμπεριφοράς ενός συστήματος, ως μηχανή πεπερασμένης κατάστασης ή ως αναπαράσταση ροής δεδομένων.

Η λογική της γλώσσας προγραμματισμού Ladder ήταν αρχικά μια γραπτή μέθοδος για την τεκμηρίωση του σχεδιασμού και της κατασκευής των ράβδων Ρελέ όπως χρησιμοποιείται στην κατασκευή και τον έλεγχο διαδικασιών αυτοματισμού. Κάθε συσκευή στη σχάρα ρελέ απεικονίζεται με ένα σύμβολο στο διάγραμμα ladder με τις συνδέσεις μεταξύ των συσκευών που εμφανίζονται. Επιπλέον, άλλα στοιχεία εξωτερικά του ράφι ρελέ, όπως αντλίες, θερμοαντλίες και ούτω καθεξής, εμφανίζονται επίσης στο διάγραμμα της σκάλας.

Η λογική της Ladder χρησιμοποιείται ευρέως για τον προγραμματισμό των PLC, όπου απαιτείται διαδοχικός έλεγχος μιας διαδικασίας ή μιας διαδικασίας κατασκευής. Η λογική της είναι χρήσιμη για απλά αλλά κρίσιμα συστήματα ελέγχου ή για την ανακατασκευή παλαιών κυκλωμάτων ηλεκτρονόμενων. Καθώς οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές έγιναν πιο εξελιγμένοι, χρησιμοποιήθηκαν επίσης σε πολύπλοκα συστήματα αυτοματισμού. Συχνά το πρόγραμμα λογικής κλίμακας χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα HMI που λειτουργεί σε ένα σταθμό εργασίας υπολογιστών.

Το κίνητρο για την εκπροσώπηση της διαδοχικής λογικής ελέγχου σε ένα διάγραμμα κλίμακας ήταν να επιτραπεί στους εργοδηγούς και στους τεχνικούς να αναπτύξουν λογισμικό χωρίς πρόσθετη εκπαίδευση για να μάθουν μια γλώσσα όπως FORTRAN ή άλλη γλώσσα υπολογιστή γενικού σκοπού. Η ανάπτυξη και η συντήρηση απλοποιήθηκαν εξαιτίας της ομοιότητας με τα γνωστά συστήματα υλικού ρελέ. [2] Οι εφαρμογές της λογικής της κλίμακας μπορεί να έχουν χαρακτηριστικά, όπως διαδοχική εκτέλεση και υποστήριξη για χαρακτηριστικά ροής ελέγχου, που καθιστούν την αναλογία με το υλικό κάπως ανακριβή.

Η λογική ladder μπορεί να θεωρηθεί ως γλώσσα βασισμένη σε κανόνες και όχι ως γλώσσα διαδικασίας. Ένα "σκαλοπάτι" στη σκάλα αντιπροσωπεύει έναν κανόνα. Όταν εφαρμόζονται με ρελέ και άλλες ηλεκτρομηχανικές συσκευές, οι διάφοροι κανόνες εκτελούνται ταυτόχρονα και αμέσως. Όταν εφαρμόζονται σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, οι κανόνες τυπικά εκτελούνται διαδοχικά από λογισμικό σε συνεχή βρόχο ή σε "σάρωση". Με την εκτέλεση του βρόχου αρκετά γρήγορα, συνήθως πολλές φορές ανά δευτερόλεπτο, επιτυγχάνεται η επίδραση ταυτόχρονης και άμεσης εκτέλεσης. Η σωστή χρήση των προγραμματιζόμενων ελεγκτών απαιτεί την κατανόηση των περιορισμών της σειράς εκτέλεσης των σκαλοπατιών.

### ***Πλεονεκτήματα χρήσης του προγραμματισμού Ladder:***

- Ένα διάγραμμα ladder διαθέτει μια εξαιρετική γραφική παράσταση που βασίζεται σε καλά κατανοητές έννοιες σχεδιασμού κυκλώματος. Λόγω της εξοικείωσης του περιβάλλοντος, η καμπύλη μάθησης για να ξεκινήσετε με ένα διάγραμμα ladder είναι πολύ χαμηλή. Οι βασικές δεξιότητες προγραμματισμού αναπτύσσονται γρήγορα. Αυτό έχει κάνει το διάγραμμα ladder ιδιαίτερα δημοφιλές για εφαρμογές που πρέπει να διορθωθούν ή να συντηρηθούν από προσωπικό χωρίς κατάρτιση στο λογισμικό, συμπεριλαμβανομένων ηλεκτρολόγων ή τεχνικών εγκαταστάσεων.
- Εξαιρετικά εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων. Τα σύγχρονα εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων στο διαδίκτυο που διατίθενται σε ένα διάγραμμα ladder παρέχουν μια κινούμενη εικόνα που δείχνει ζωντανή "ροή ισχύος". Αυτό καθιστά πολύ εύκολη την κατανόηση της λογικής διάγραμμα και την απομάκρυνση σφαλμάτων.
- Αντιπροσωπεύει αξιόλογα την διακριτή λογική. Επειδή ένα διάγραμμα ladder έχει σχεδιαστεί για να αντικατοπτρίζει τα ηλεκτρικά κυκλώματα, είναι φυσικά ένας καλός τρόπος να αντιπροσωπεύεται η διακριτή λογική. Για την ψηφιακή λογική, ένα διάγραμμα ladder είναι σχεδόν απαραίτητο.

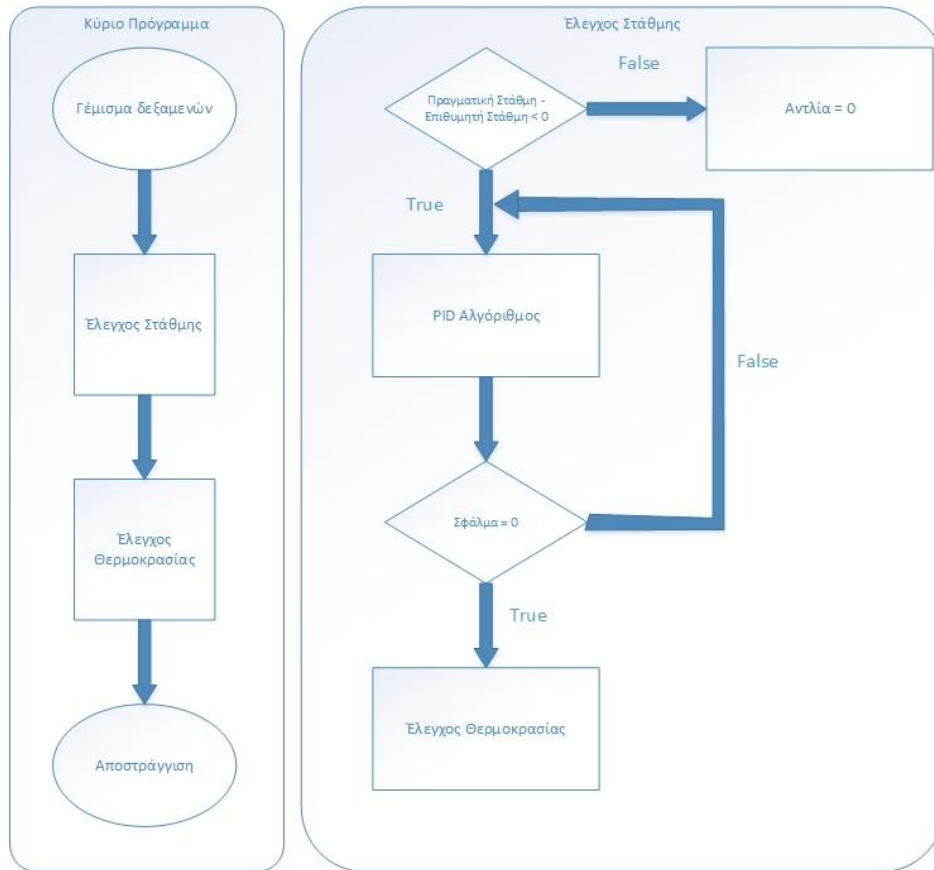
### **Μειονεκτήματα χρήσης του προγραμματισμού Ladder:**

- Ιεραρχικά δεδομένα και εγκλωβισμός της λογικής. Ένας περιορισμός ενός καθαρού διαγράμματος ladder (χωρίς λειτουργίες) είναι η αδυναμία να ενσωματωθεί ο κώδικας για επαναχρησιμοποίηση. Αν προγραμματίσουμε μόνο σε ένα διάγραμμα ladder, τα προγράμματα θα ήταν μακράν εκτεταμένα, πράγμα που καθιστά πολύ δύσκολη την κωδικοποίηση, την αποσφαλμάτωση καθώς και την επεξεργασία. Επειδή ο ιεραρχικός προγραμματισμός αποτελεί θεμελιώδη απαίτηση του σύγχρονου σχεδιασμού λογισμικού, σχεδόν όλα τα μεγάλα πακέτα διάγραμμα κλίμακας σήμερα περιλαμβάνουν λειτουργίες και λειτουργικά μπλοκ που μπορούν να καλούνται από την κλίμακα σκάλας. Ωστόσο, πολλά προγράμματα κλίμακας υποστηρίζουν έναν περιορισμένο αριθμό υπορουτίνας ή μπλοκ προγράμματος, γεγονός που μπορεί να δυσχεράνει να σπάσει ένα μεγάλο πρόγραμμα σε διαχειρίσιμα μέρη.
- Κακή δομή δεδομένων. Γενικά, τα διαγράμματα ladder διαχωρίζουν τη μνήμη σε μνήμες μίας μνήμης ή καταχωρητές και μπορούν να διαβάζουν και να γράφουν σε μεταβλητές οπουδήποτε στο πρόγραμμα. Αυτό καθιστά δύσκολη την προστασία δεδομένων ή την ομαδοποίηση δεδομένων ως δομή. Επειδή η διεύθυνση των δεδομένων είναι πολύ χαμηλή, είναι εύκολο να έχουμε πρόσβαση σε λάθος καταχωρητές κατά λάθος, προκαλώντας απροσδόκητη συμπεριφορά του συστήματος. Αυτό μπορεί επίσης να δυσχεράνει την προστασία των εσωτερικών πληροφοριών και εισάγει τον κίνδυνο να τροποποιηθούν τα εσωτερικά δεδομένα από ελαττωματικό κώδικα αλλού στο πρόγραμμα. Η χρήση ονομαστικών μεταβλητών βοηθά, αλλά ακόμα και όταν χρησιμοποιούμε μεταβλητές, είναι δυνατή η δημιουργία μεταβλητών με επικαλυπτόμενες θέσεις μνήμης. Οι περισσότεροι καλοί συντάκτες έχουν εργαλεία που δείχνουν πού διαβάζονται και εγγράφονται τα μητρώα μνήμης στο πρόγραμμα και ελέγχουν για συγκρούσεις
- Περιορισμένος έλεγχος εκτέλεσης. Σε ένα διάγραμμα ladder, τα σκαλοπάτια της κλίμακας εκτελούνται από αριστερά προς τα δεξιά από το πάνω προς τα κάτω και ο χρονισμός καθορίζεται από την ταχύτητα με την οποία ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (PLC) μπορεί να σαρώσει και να εκτελέσει. Αυτό το εύχρηστο μοντέλο λειτουργεί καλά για μεγάλο αριθμό εφαρμογών που χρησιμοποιούν κυρίως διακεκριμένη λογική. Ωστόσο, καθιστά δύσκολη την οικοδόμηση εφαρμογών πολλαπλών δομών. Για να αλλάξουμε την δομή εκτέλεσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εντολές "άλματος" για να μετακινηθούμε σε διαφορετικά μέρη του διαγράμματος. Αλλά επειδή ο συνολικός χρόνος απόκρισης εξαρτάται από το μήκος και την πολυπλοκότητα του προγράμματος ladder, αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα κατά το σχεδιασμό συστημάτων που πρέπει να ανταποκρίνονται με συγκεκριμένο χρονισμό. Μπορεί να χρειαστεί χρόνος και προσπάθεια για να οργανωθεί ο προγραμματισμός διαφόρων τμημάτων του κώδικα. Αυτό γίνεται ακόμη πιο προβληματικό κατά την εκτέλεση αναλογικών ή διαδικασιών ελέγχου. Ο αναλογικός έλεγχος, όπως το PID, εξαρτάται από τον συνεχή χρόνο εκτέλεσης. Όταν μεταβάλλονται τμήματα του κώδικα μέσα και έξω, ο χρόνος κύκλου από τον ένα χρόνο εκτέλεσης στον επόμενο μεταβάλλεται και μπορεί να προκαλέσει προβλήματα με τον αναλογικό έλεγχο.
- Αριθμητικές πράξεις. Παραδοσιακά, η λογική της ladder έχει ασχοληθεί μόνο με διακριτές τιμές και μετρητές / χρονομετρητές, αλλά το διάγραμμα ladder σήμερα υποστηρίζει επίσης μαθηματικές λειτουργίες χρησιμοποιώντας μπλοκ λειτουργιών. Ωστόσο, στην ladder, σε αντίθεση με τους επεξεργαστές μπλοκ λειτουργίας, οι είσοδοι και οι έξοδοι των λειτουργικών μονάδων δεν συνδέονται μεταξύ τους. Αντίθετα, αναφέρονται σε τοποθεσίες μνήμης. Για απλές λειτουργίες αυτό αρκεί, αλλά για σύνθετους αλγόριθμους που περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό μεταβλητών και



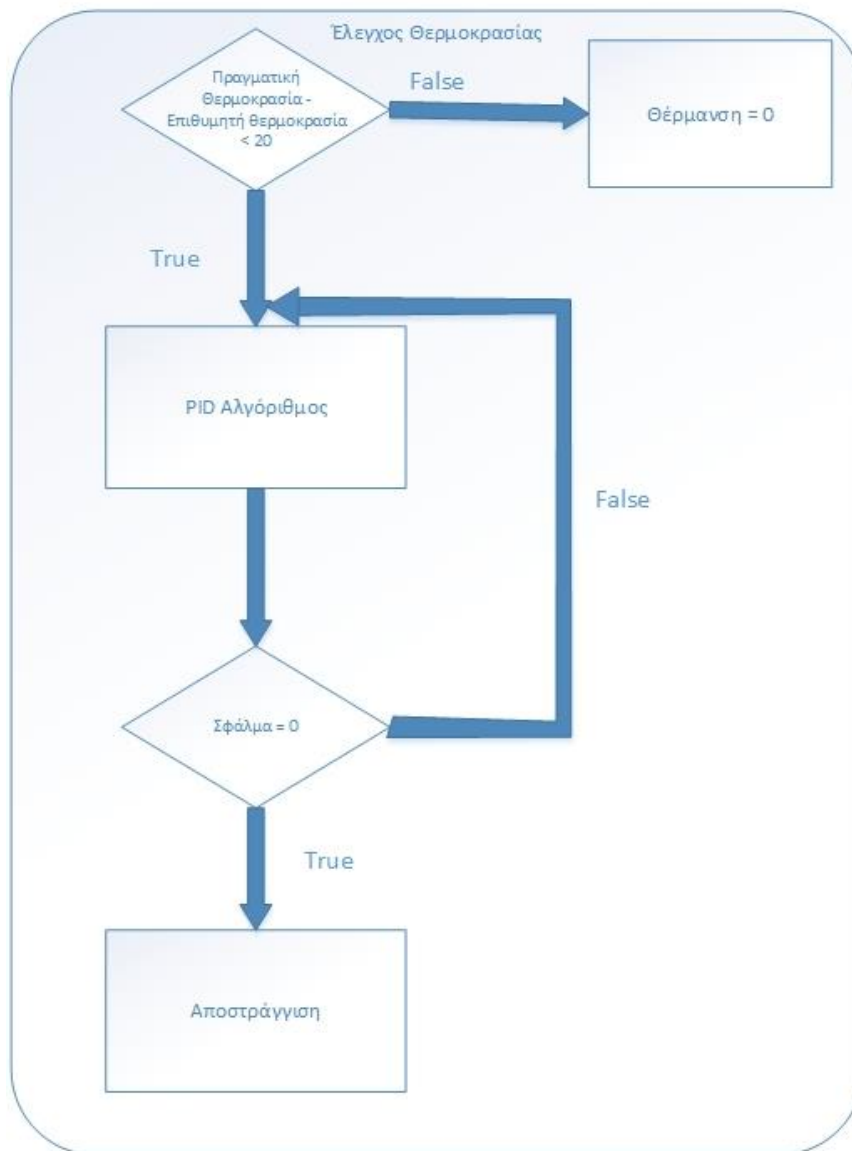
ενδιάμεσα αποτελέσματα μπορεί να αποβούν πολύ δυσκίνητοι για τον προγραμματισμό, την τεκμηρίωση, την εκκαθάριση σφαλμάτων και την επεξεργασία.

Για την εξομοίωση αρχικά σχεδιάσαμε ένα διάγραμμα ροής (εικόνα 4.2.0/1) το οποίο περιγράφει τον προτεινόμενο αλγόριθμο ο οποίος μας βοηθάει στην συνέχεια στον προγραμματισμό του PLC.



Εικόνα 4.2.0: Κύριο πρόγραμμα και έλεγχος στάθμης

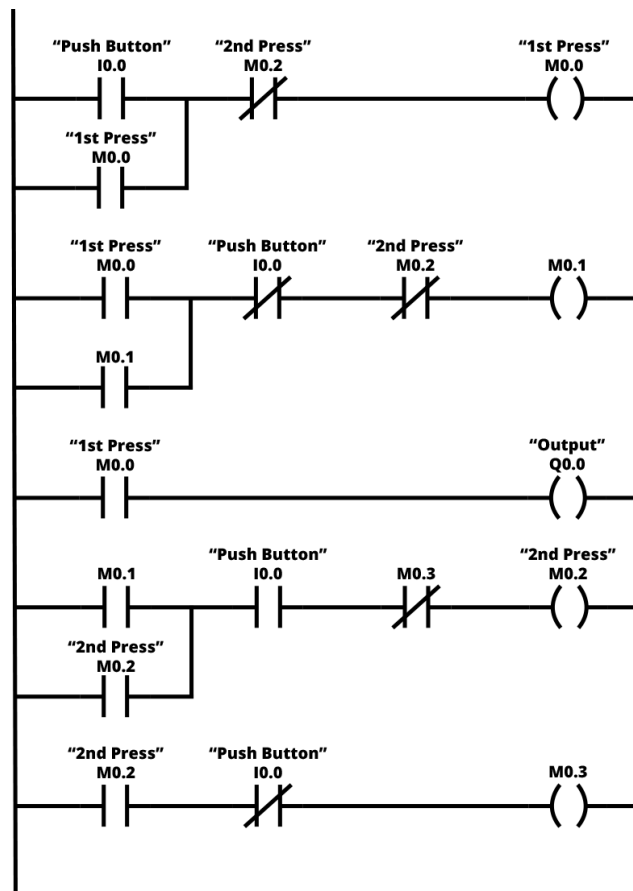
Και:



Εικόνα 4.2.1: Έλεγχος θερμοκρασίας και αποστράγγιση

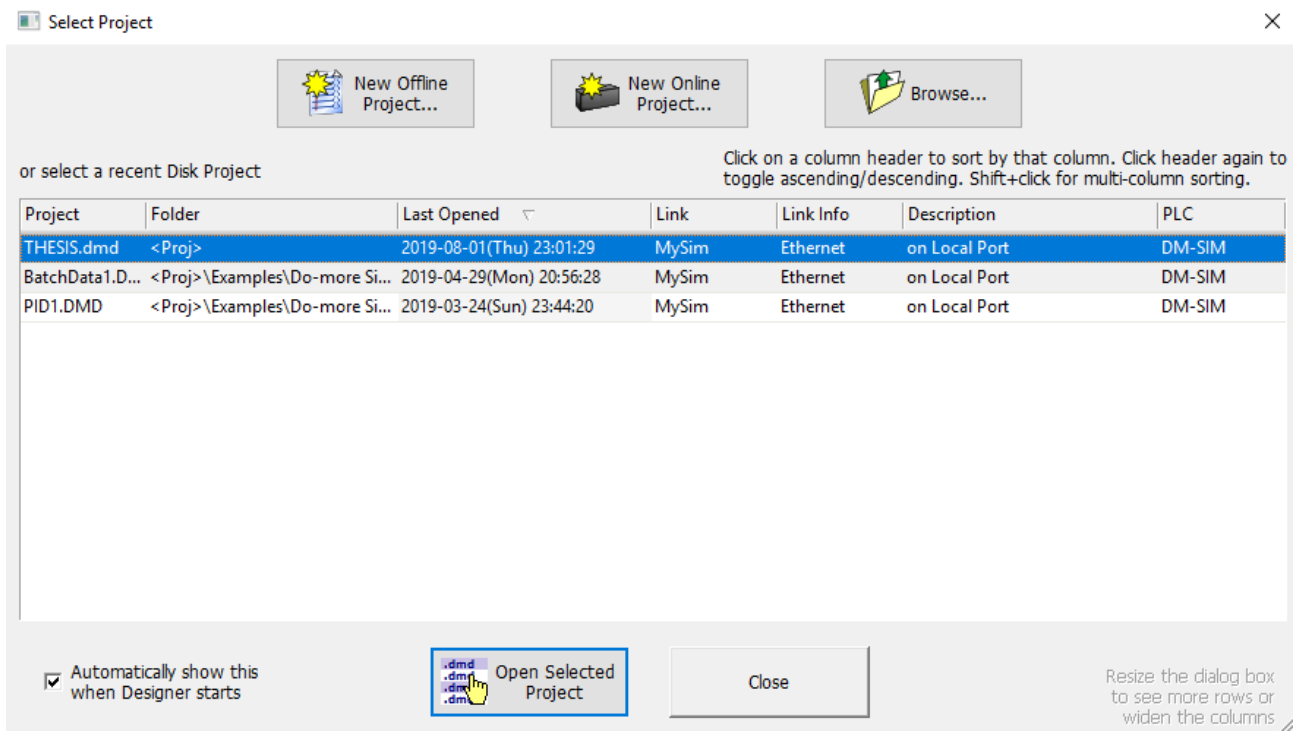
## Πρόγραμμα Ladder:

Το διάγραμμα ladder μοιάζει με σκάλα με δύο κάθετες ράγες και πολλά σκαλοπάτια για προγραμματισμό. Σε ένα διάγραμμα ladder, όλα τα εξαρτήματα πρέπει να συνδέονται και στις δύο πλευρές, καθώς οι δύο κάθετες ράγες αντιπροσωπεύουν την παροχή ρεύματος. Το ρεύμα ρέει από τα αριστερά του διαγράμματος ladder προς τα δεξιά. Ένα παράδειγμα διαγράμματος σκάλας φαίνεται στην εικόνα 4.2.3. Από την εικόνα, μπορεί να φανεί ότι το διάγραμμα της σκάλας είναι παρόμοιο με το παραδοσιακό διάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται σε ένα διάγραμμα τέτοιο σχετίζονται με τις πραγματικές φυσικές τους λειτουργίες.



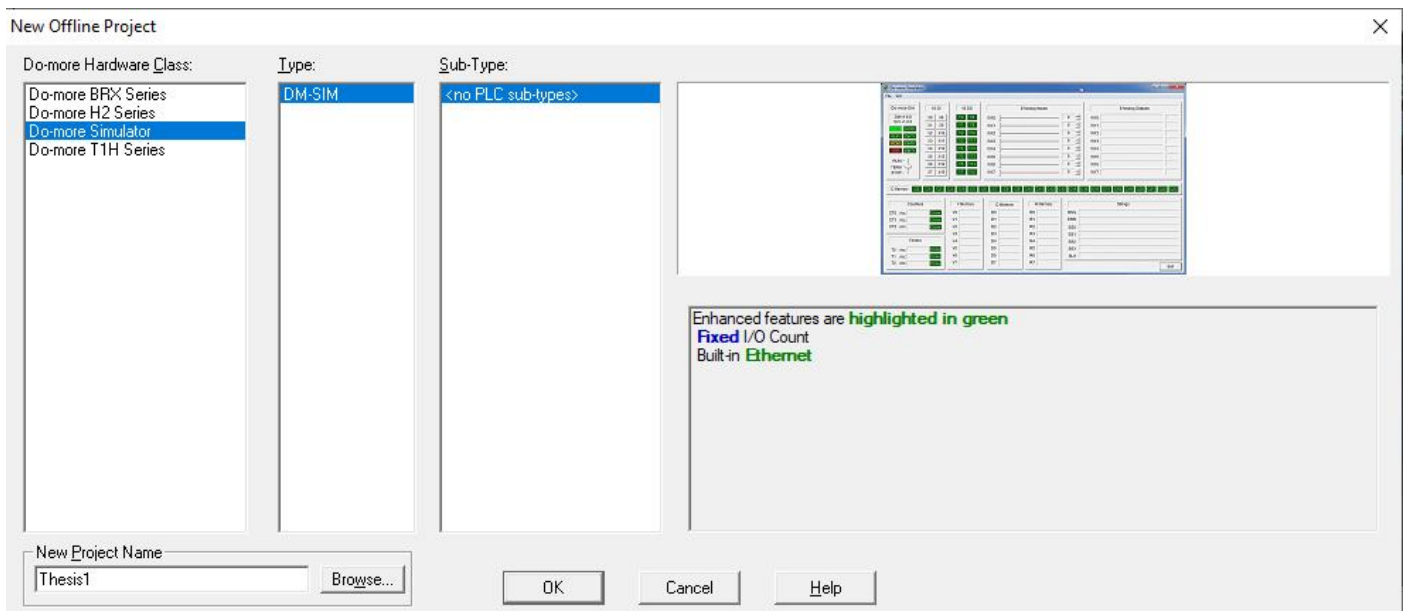
Εικόνα 4.2.3: Παράδειγμα διαγράμματος ladder

Ξεκινώντας το πρόγραμμα εμφανίζεται το πρώτο παράθυρο του προγράμματος (Εικόνα 4.2.4) όπου καλούμαστε να επιλέξουμε αν θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα νέο πρόγραμμα ή να ανοίξουμε ένα προϋπάρχον. Στην δημιουργία καινούριου προγράμματος έχουμε δυο επιπλέον επιλογές, η πρώτη είναι να δημιουργήσουμε ένα πρόγραμμα εκτός σύνδεσης, δηλαδή να προγραμματίσουμε και να λειτουργήσουμε μια εξομοίωση του PLC και η δεύτερη επιλογή είναι να προγραμματίσουμε έναν κώδικα ladder για PLC τον οποίο όμως για να τον τρέξουμε θα πρέπει να συνδέσουμε τον υπολογιστή με το PLC και να φορτώσουμε το πρόγραμμα απευθείας στο PLC.



Εικόνα 4.2.4: Αρχικό παράθυρο δημιουργίας προγράμματος

Αφού επιλέξουμε την δημιουργία καινούριου προγράμματος ανοίγει ένα καινούριο παράθυρο στο οποίο θα πρέπει να επιλέξουμε το όνομα του προγράμματος καθώς και το PLC στο οποίο θα προγραμματίσουμε. Επιλέγουμε τον εξομοιωτή Do-more για να μπορούμε, σε πραγματικό χρόνο, να τρέξουμε την εξομοίωση του PLC (Εικόνα 4.2.5).

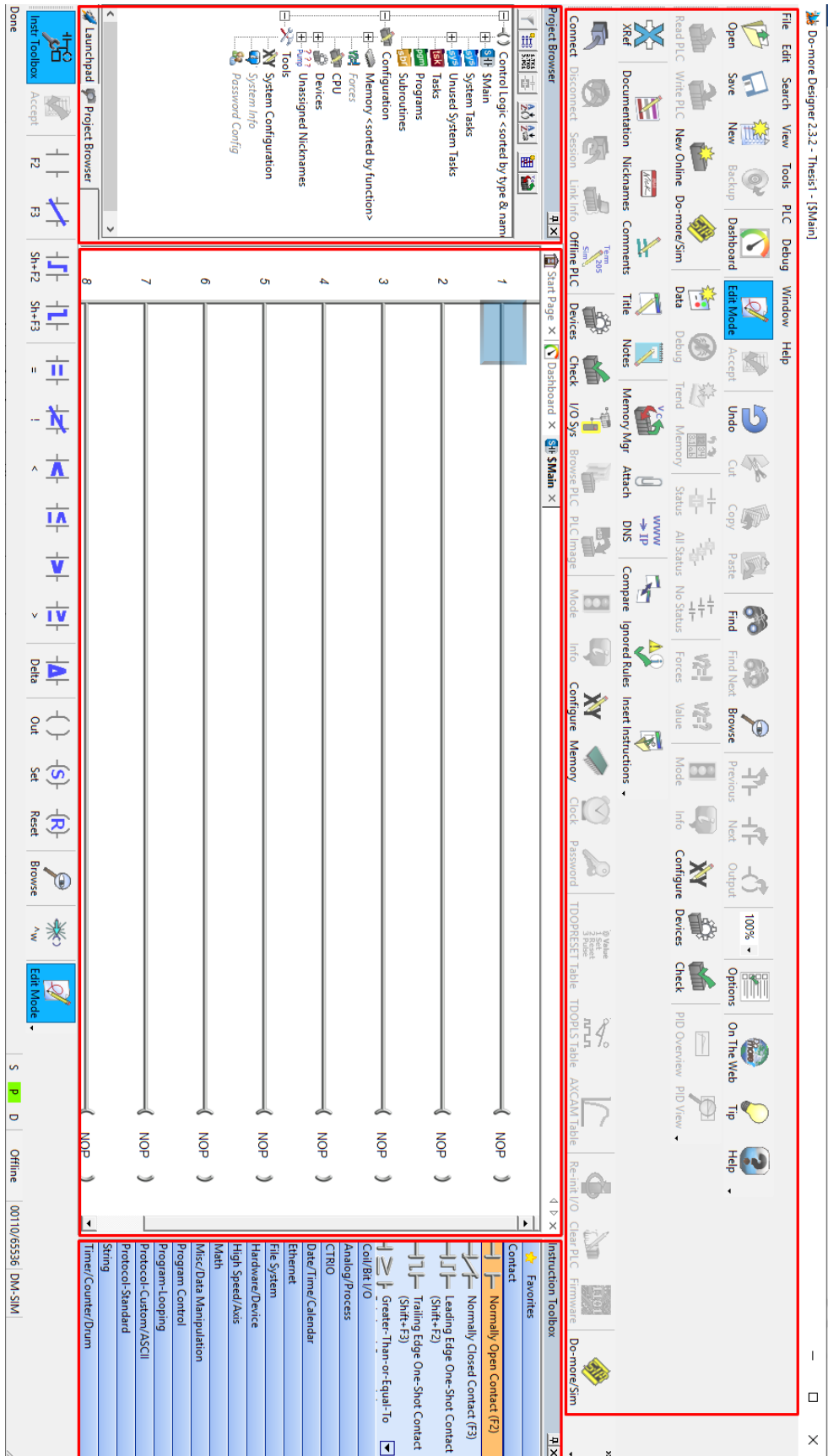


Εικόνα 4.2.5: Επιλογή PLC και όνομα του προγράμματος

Αφού κάνουμε τις παραπάνω επιλογές, ανοίγει το κεντρικό παράθυρο του προγράμματος όπου αποτελείτε από τέσσερα κεντρικά μέρη (Εικόνα 4.2.6). Το πρώτο μέρος απάνω περιέχει τέσσερις λωρίδες με τα πιο κύρια κουμπιά διεργασιών καθώς και τα μενού εργασιών (αρχείο, επεξεργασία, αναζήτηση κτλ.).

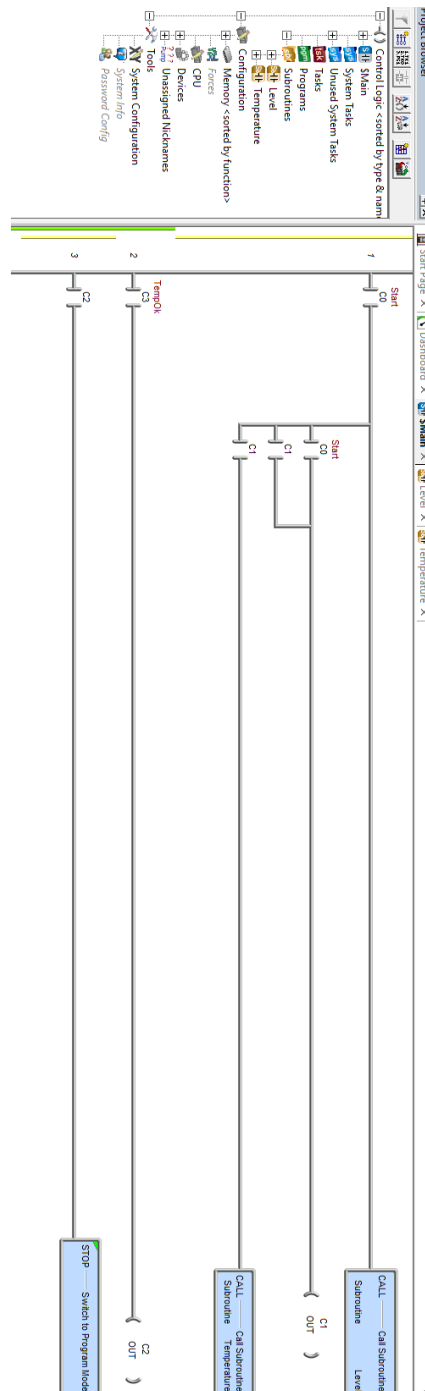
Στο αριστερό μέρος βρίσκετε το μενού πλοήγησης όπου φαίνεται η ραχοκοκαλιά του προγράμματος. Σε αυτό το μενού το πρόγραμμα χωρίζεται στις ρουτίνες του προγράμματος, στην παραμετροποίηση και στα εργαλεία. Στο κεντρικό μέρος του προγράμματος βρίσκεται το διάγραμμα ladder όπου γίνεται γραφικός προγραμματισμός του προγράμματος ladder. Τέλος στο δεξί μέρος του προγράμματος μπορούμε να βρούμε όλα τα στοιχεία που χρειαζόμαστε για να συνθέσουμε το πρόγραμμα ladder. Αναφορικά περιέχονται οι επαφές, τα πηνία, οι εισοδοί και έξοδοι καθώς διάφορα πρωτόκολλα και μετρητές.

Για να χρησιμοποιήσουμε τα προαναφερθέντα στοιχεία αρκεί μόνο να επιλέξουμε αυτό που θέλουμε με αριστερό κλικ και μπορούμε να το σύρουμε πάνω στο σημείο του διαγράμματος που θέλουμε να φτιάξουμε, επίσης μπορούμε να κάνουμε την ίδια διαδικασία πατώντας διπλό αριστερό κλικ, με την διαφορά όμως στην τοποθέτηση του στοιχείου, όπου γίνεται προκαθορισμένα από το πρόγραμμα.



Εικόνα 4.2.6: Κύριο παράθυρο του προγράμματος με επιλογές και στοιχεία προγραμματισμού

Για τον προγραμματισμό του αρχείου ladder για το PLC φτιάξαμε το κύριο πρόγραμμα καθώς και δυο υπορουτίνες. Αυτή η διάρθρωση επιλέχθηκε για την καλύτερη διαχείριση του προγράμματος. Αρχικά προγραμματίσαμε την κύρια ρουτίνα του προγράμματος (Εικόνα 4.2.7). Αποτελείτε από δυο συναρτήσεις «call», οι οποίες καλούν τις δυο υπορουτίνες του προγράμματος. Η πρώτη υπορουτίνα αφορά τον έλεγχο της στάθμης και η δεύτερη τον έλεγχο θερμοκρασίας του νερού στην διάταξη.

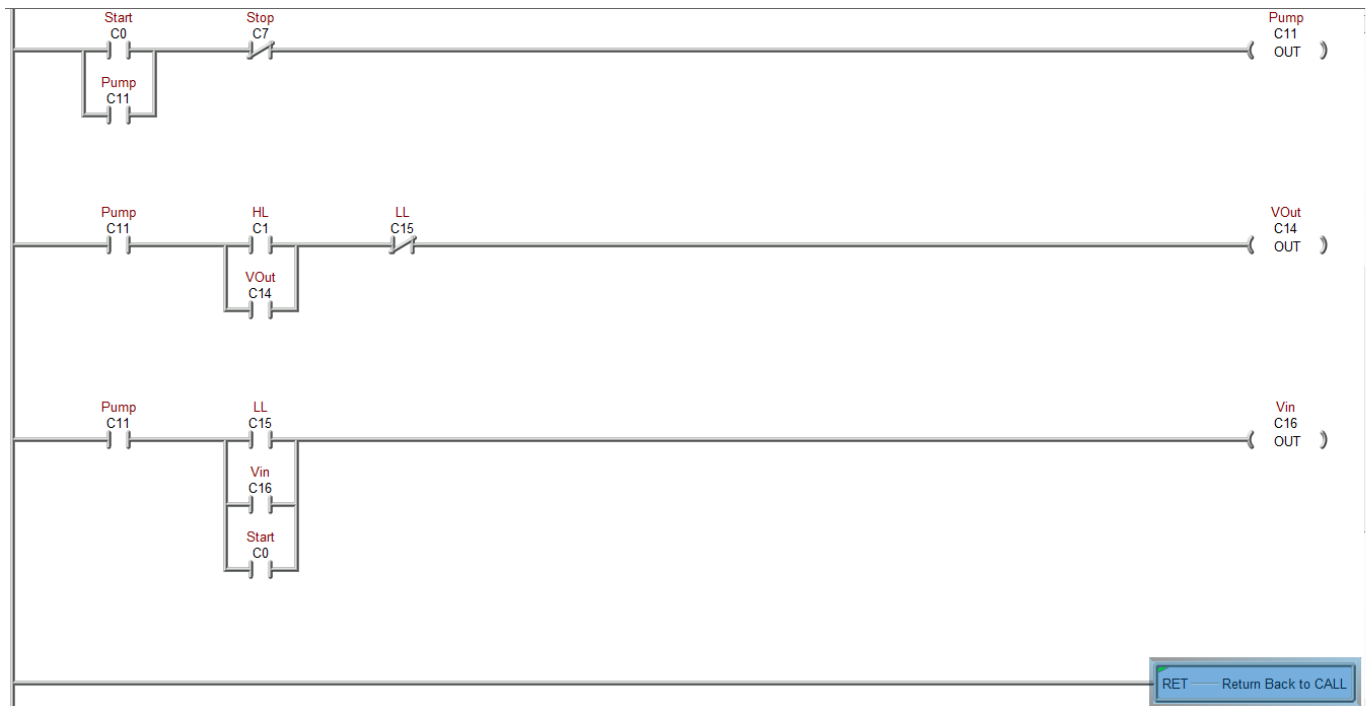


Εικόνα 4.2.7: Κύρια ρουτίνα προγράμματος Ladder

Η πρώτη γραμμή του κύριου προγράμματος είναι μια εντολή εκτελέσεως, η οποία δίνει το σήμα για την κλήση της υπορουτίνας ελέγχου στάθμης. Η δεύτερη γραμμή είναι μια λειτουργία διακόπτη μανδάλωσης, η οποία χρησιμοποιείται για να απενεργοποιήσει την υπορουτίνα για τον έλεγχο της

στάθμης και να ενεργοποιήσει την υπορουτίνα για τον έλεγχο θερμοκρασία. Τέλος η τρίτη γραμμή περιγράφει το στάδιο της αποστράγγισης όπου και τελειώνει το πρόγραμμα και συνεπώς το σενάριο.

### 1<sup>η</sup> Υπορουτίνα – Έλεγχος Στάθμης (Εικόνα 4.2.8)

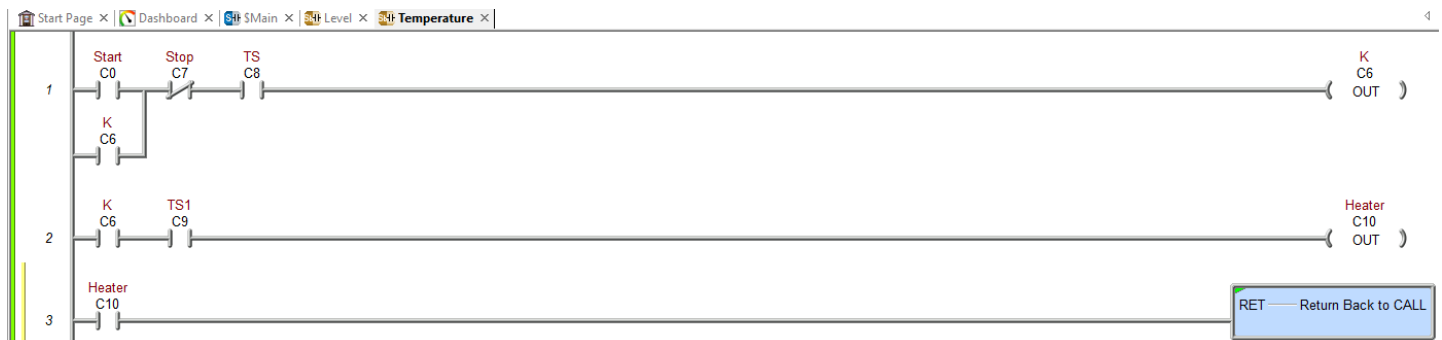


Εικόνα 4.2.7: Υπορουτίνα ελέγχου στάθμης

Στην πρώτη υπορουτίνα εκτελείται ο βρόγχος για τον έλεγχο της στάθμης. Αρχικά στην πρώτη γραμμή εκτελείται ο έλεγχος για το μανδάλωμα της λειτουργίας start. Η μανδάλωση της εξόδου C14 γίνεται επειδή ανιχνεύεται υψηλό επίπεδο στάθμης. Ομοίως λειτουργεί και η τρίτη γραμμή με την διαφορά όμως υπάρχει επιπλέον η επαφή Vin παράλληλα με την LLS (αισθητήρας χαμηλής στάθμης), αυτό το σχεδιάσαμε διότι αν υποθέσουμε ότι όταν ξεκινήσει το σύστημα και η δεξαμενή είναι μερικώς γεμάτη, δεν ανιχνεύεται ούτε LHS ούτε LLS. Στην περίπτωση αυτή η αντλία λειτουργεί κανονικά επειδή η δεξαμενή είναι μερικώς γεμάτη, έτσι σχεδιάσαμε την παραπάνω παραλληλία έτσι ώστε αν δεν ανιχνευτεί το LHS (αισθητήρας υψηλής στάθμης) η αντλία συνεχίζει να λειτουργεί μέχρι να ανιχνευθεί το LHS. Στην τελευταία γραμμή επιστρέφονται τα δεδομένα στο κύριο πρόγραμμα.

### 2<sup>η</sup> Υπορουτίνα – Έλεγχος Θερμοκρασίας (Εικόνα 4.2.9)





Εικόνα 4.2.9: Υπορουτίνα ελέγχου θερμοκρασίας

Αρχικά, στην πρώτη γραμμή ξεκινάμε την υπορουτίνα, υπάρχει ένα ρελέ C6 (στην δεξιά στήλη), το οποίο χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του θερμαντήρα ανάλογα με την κατάσταση του θερμομέτρου. Ο θερμαντήρας (TS) συνδέεται μεταξύ του stop (C7) και του ρελέ, εάν ενεργοποιηθεί το TS (σημαίνει ότι η επαφή TS αλλάζει από κανονικά κλειστή – normally closed σε κανονικά ανοιχτή – normally open), τότε η συσκευή θέρμανσης θα είναι κλειστή.

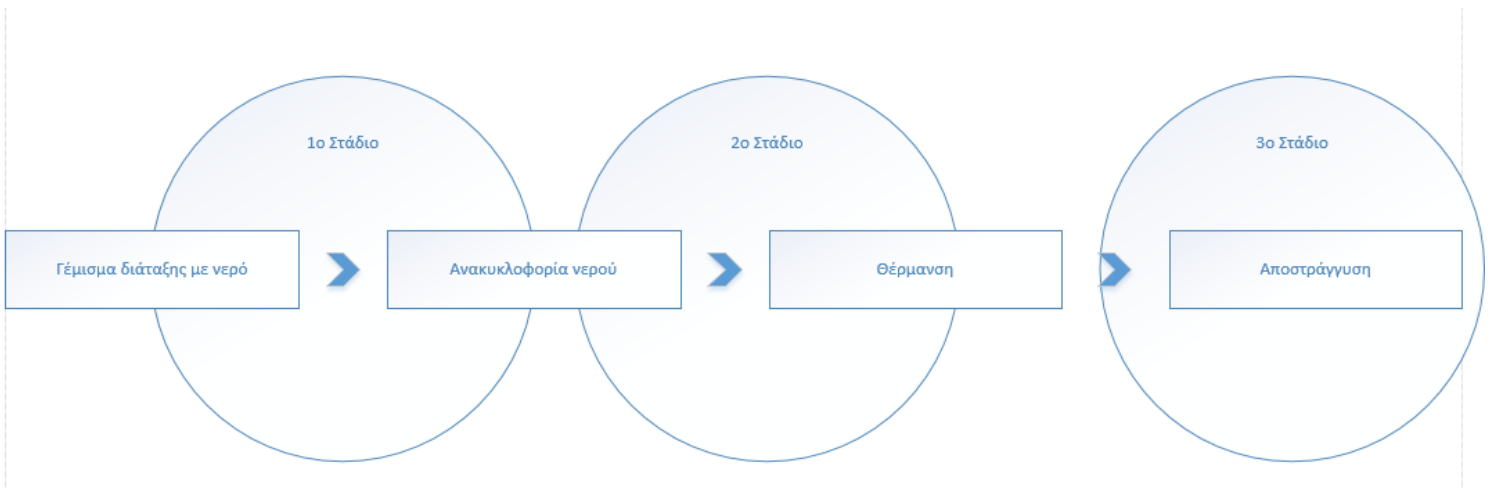
Στην δεύτερη γραμμή της υπορουτίνας μια σύνδεση σε κατάσταση «κανονικά ανοιχτή» του ρελέ (C6) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του θερμαντήρα (C10). Όταν τρέξει η υπορουτίνα αυτή η επαφή γυρνάει σε «κανονικά κλειστή» και κατά συνέπεια θα λειτουργήσει ο θερμαντήρας. Στην τελευταία γραμμή όπως και στην πρώτη υπορουτίνα επιστρέφονται τα αποτελέσματα στο κύριο πρόγραμμα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο παρόν κεφάλαιο εξηγείται το σενάριο που ακολουθήθηκε από την προσομοίωση καθώς και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από το κάθε στάδιο της προσομοίωσης.

## 5.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Το βιομηχανικό σενάριο που ακολουθήσαμε αποτελείται από τρία στάδια, όπως απεικονίζονται στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 5.0.1).

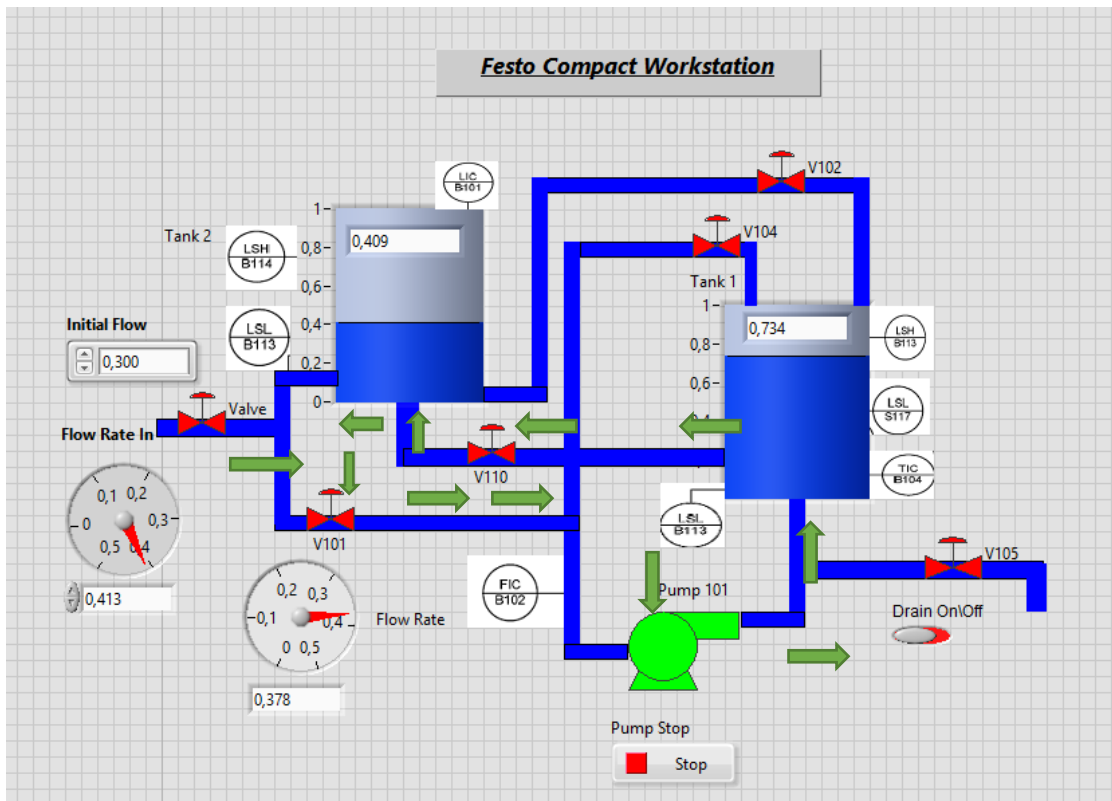


Εικόνα 5.0.1: Διάγραμμα φάσεων του σεναρίου

Τα στάδια που ακολουθούνται στην προσομοίωση μέσω του προγράμματος LabView είναι τα εξής:

### 1. Γέμισμα διάταξης με νερό – ανακυκλοφορία :

Στο αρχικό στάδιο έχουμε σαν στόχο να κυκλοφορήσει το νερό στο κύκλωμα που έχουμε σχεδιάσει καθώς και στις δεξαμενές. Αυτό θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια της αντλίας.



Εικόνα 5.0.2: Πορεία του νερού στο σύστημα Festo.

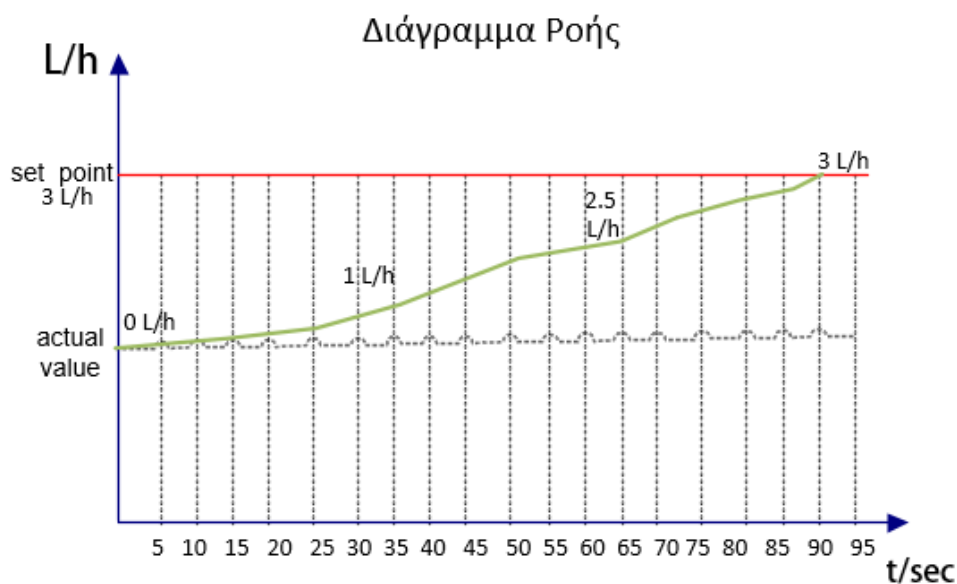
Η πορεία του νερού είναι από τα αριστερά προς τα δεξιά όπως φαίνεται με τα πράσινα βέλη στην παραπάνω εικόνα (εικόνα 5.0.2). Αρχικά γεμίζουμε με νερό την δεξαμενή 1 και στην συνέχεια ανοίγοντας την βαλβίδα 110 το νερό ρέει προς την δεύτερη δεξαμενή, ολοκληρώνοντας έτσι τον κύκλο της διάταξης.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε τις μετρήσεις της ροής (εικόνα 5.0.4.) της θερμοκρασίας (εικόνα 5.0.3.) και της στάθμης (εικόνα 5.0.5.), για το πρώτο στάδιο της εξομοίωσης, στα παρακάτω διαγράμματα.



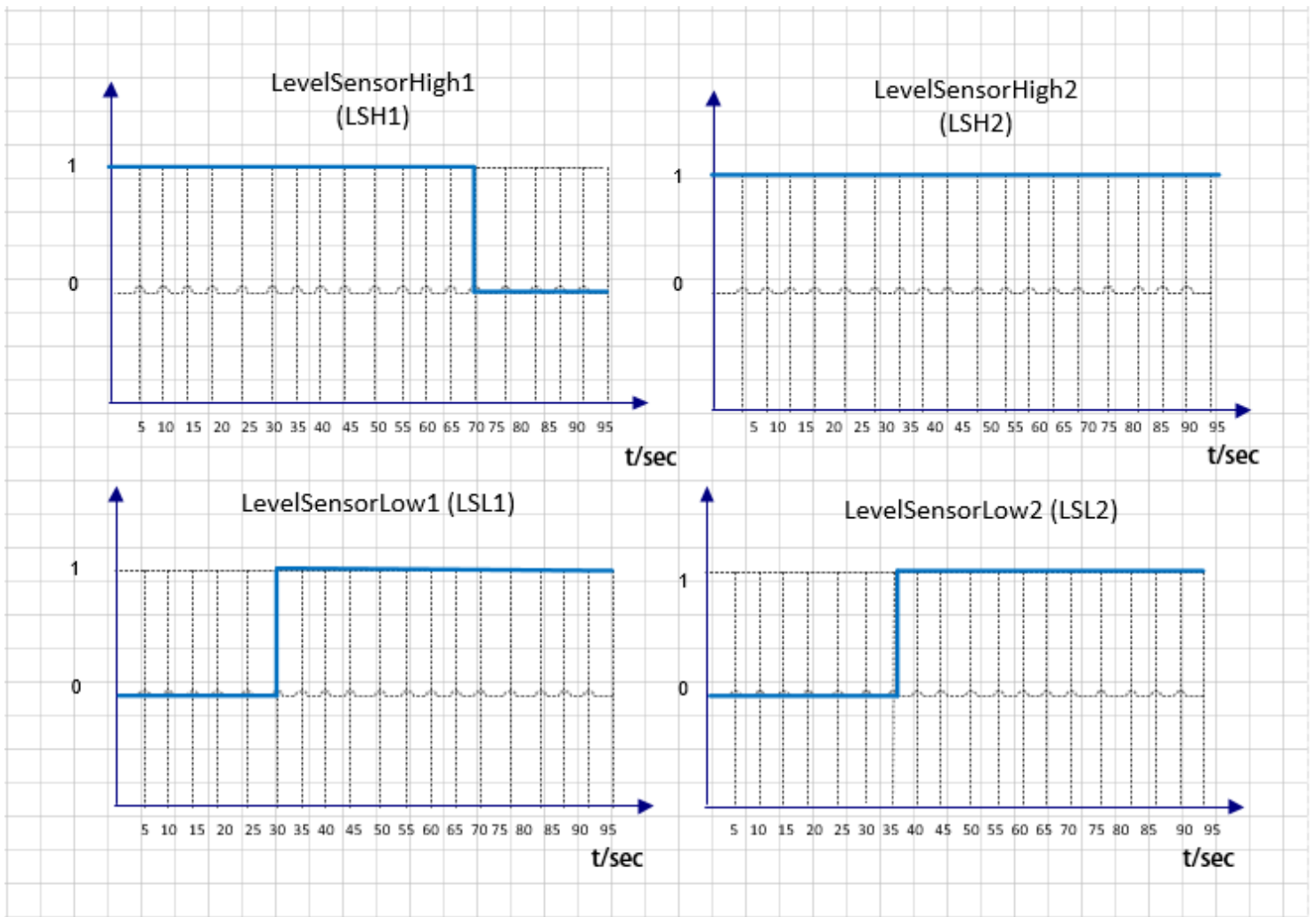
Εικόνα 5.0.3: Διάγραμμα θερμοκρασίας

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή καθώς δεν χρησιμοποιούμε κάποιο στοιχείο θέρμανσης σε αυτή την φάση της εξομοίωσης. Το διάγραμμα χρησιμοποιεί δυο άξονες με τον κάθετο να είναι των τιμών της θερμοκρασίας, και με τον οριζόντιο να μας δείχνει τον κύκλο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκε.



Εικόνα 5.0.4: Διάγραμμα Ροής

Στο διάγραμμα ροής υπάρχουν τρεις δείκτες, στον οριζόντιο άξονα έχουμε τον χρόνο, ενώ στον οριζόντιο έχουμε την τιμή που έχουμε ορίσει για την αντλία (set point) καθώς και την πραγματική τιμή της αντλίας (actual value). Παρατηρείται ότι ξεκινώντας η αντλία έχει μηδενική ροή, στην συνέχεια όμως αυξάνεται η ροή της έως ότου να φτάσει την ροή που της έχουμε ορίσει. Όταν η αντλία φτάσει την επιθυμητή ροή τότε σταθεροποιεί την ταχύτητα της. Αυτό επιτυγχάνεται δίνοντας εντολή από τον ελεγκτή στην αντλία.



Εικόνα 5.0.5: Γραφήματα Στάθμης Δεξαμενών

Στα παραπάνω γραφήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε την κατάσταση των τεσσάρων αισθητήρων για κάθε μια από τις δεξαμενές. Ονομαστικά υπάρχουν οι εξής αισθητήρες:

- 1) Αισθητήρας χαμηλής στάθμης της δεξαμενής 1 (LSL1)
- 2) Αισθητήρας χαμηλής στάθμης της δεξαμενής 2 (LSL2)
- 3) Αισθητήρας υψηλής στάθμης της δεξαμενής 1 (LSH1)
- 4) Αισθητήρας υψηλής στάθμης της δεξαμενής 2 (LSH2)

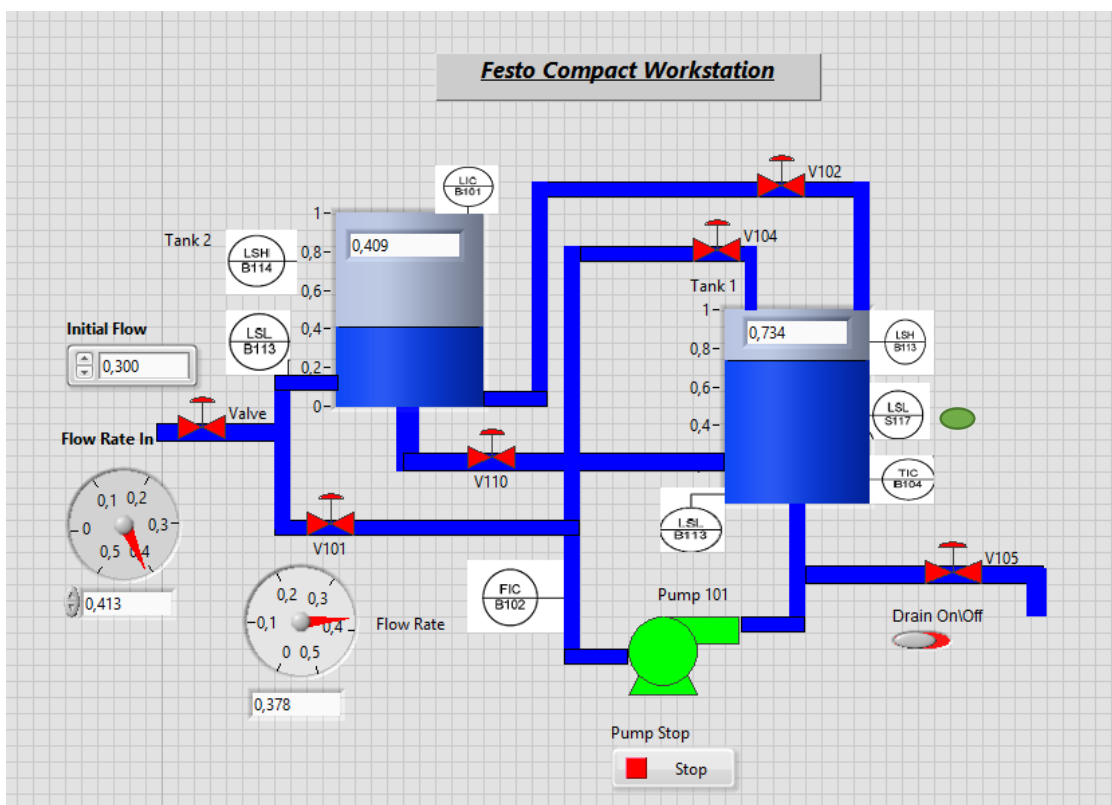
Οι καταστάσεις που υπάρχουν για τον κάθε αισθητήρα είναι δυο. Το 0 αντιστοιχεί σε κανονικά κλειστή επαφή (NC) καθώς και το 1 αντιστοιχεί σε κανονικά ανοιχτή επαφή (NO).

Στην περίπτωση του συγκεκριμένου σταδίου της προσομοίωσης παρατηρούμε ότι ο αισθητήρας της δεξαμενής 1 (LSL1) αλλάζει κατάσταση (γίνεται από 0 -> 1) καθώς αγγίζει το νερό τον αισθητήρα. Το ίδιο ισχύει και τον αισθητήρα της δεξαμενής 2 (LSL2). Όσον

αφορά τους αισθητήρες της υψηλής στάθμης των δεξαμενών, ο LSH1 αλλάζει κατάσταση από 1 -> 0 υποδεικνύοντας ότι το νερό έχει φτάσει στην κορυφή της δεξαμενής, ενώ ο LSH2 δεν αλλάζει κατάσταση καθώς το νερό δεν φτάνει ποτέ στον αισθητήρα της.

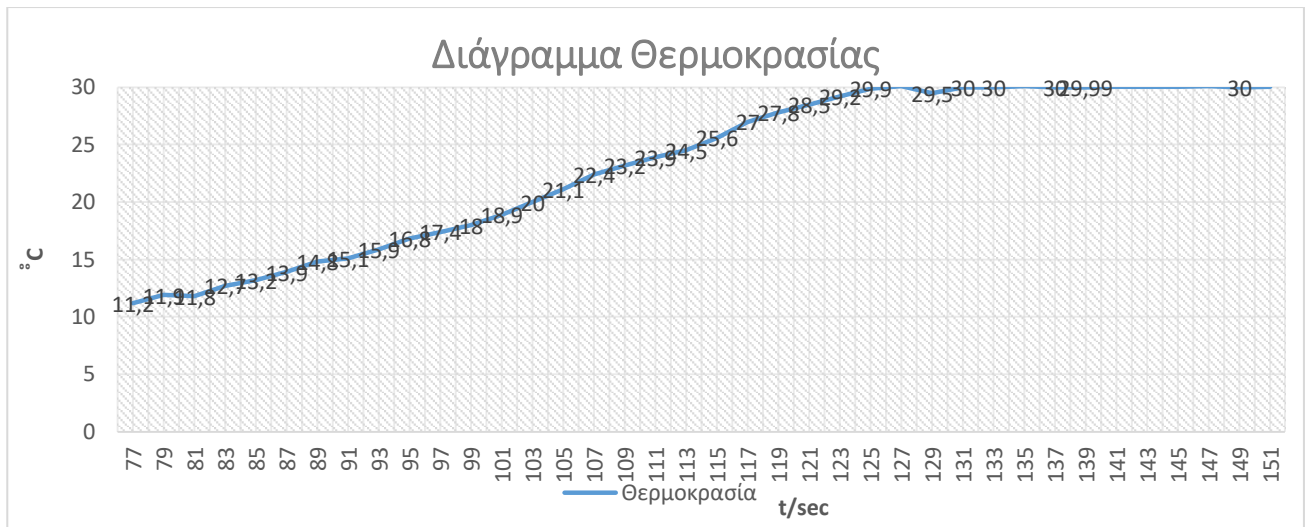
## 2. Θέρμανση του νερού – ανακυκλοφορία :

Σε αυτό το στάδιο της προσομοίωσης θέλουμε να θερμάνουμε το νερό στους 30 °C. Για να το επιτύχουμε αυτό ενεργοποιείται η θέρμανση (heater) της δεξαμενής 1 (εικόνα 5.0.6). Επίσης η αντλία συνεχίζει να λειτουργεί έτσι ώστε να επιτύχουμε γρηγορότερα αποτελέσματα στην θέρμανση του νερού.



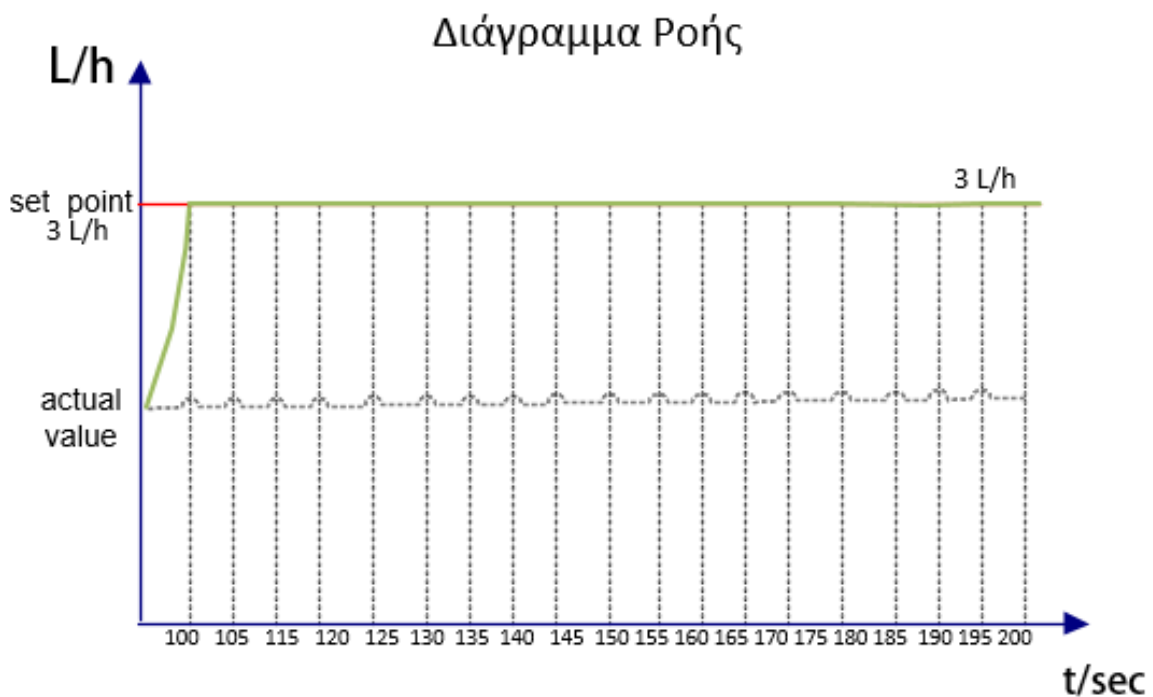
Εικόνα 5.0.6: Ενεργοποίηση της θέρμανσης στην δεξαμενή 1.

Όπως και στο προηγούμενο στάδιο της προσομοίωσης, έτσι και σε αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε τα διαγράμματα και τα γραφήματα που προκύπτουν από την διαδικασία της θέρμανσης του νερού.



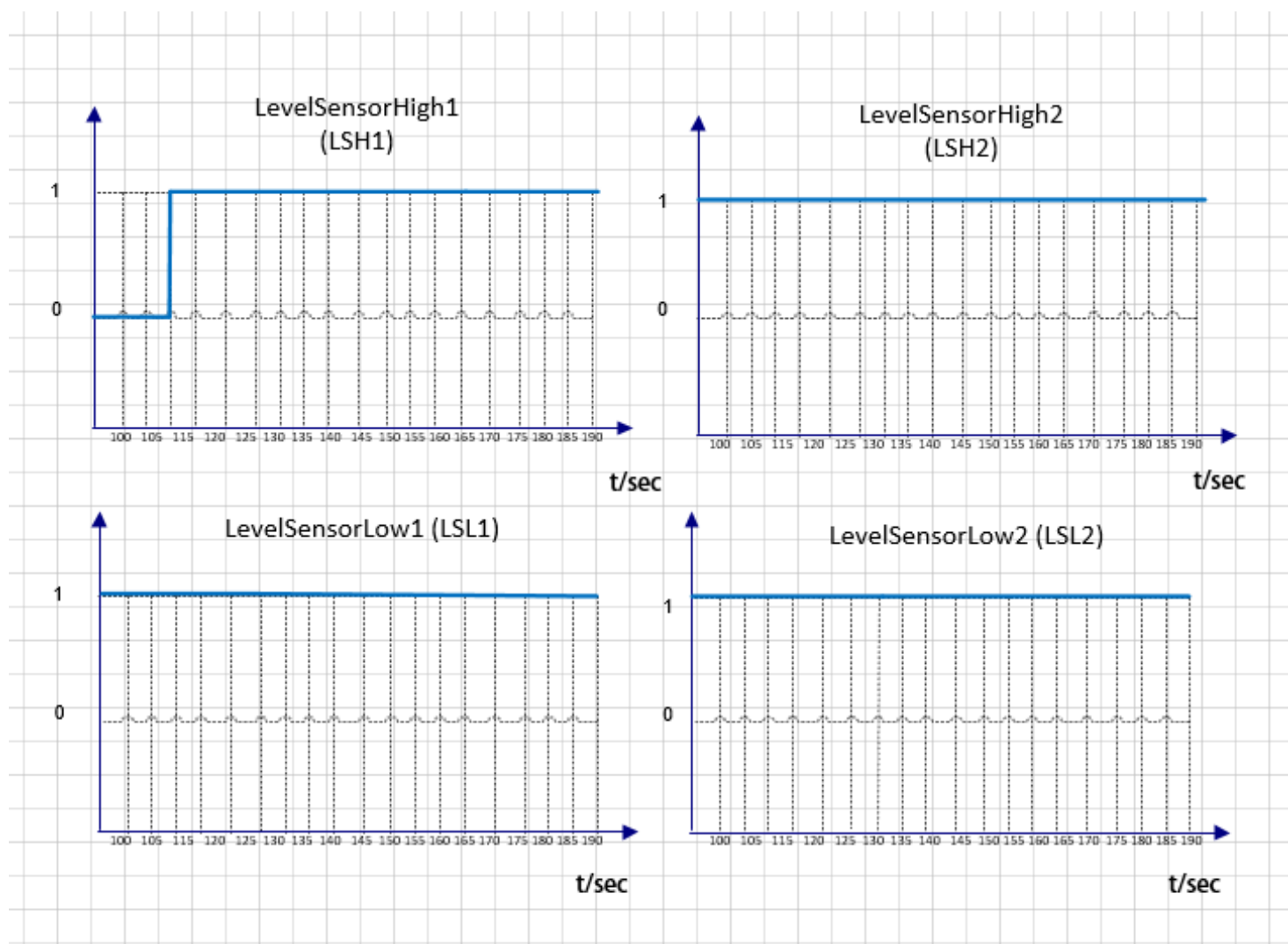
Εικόνα 5.0.7: Διάγραμμα θερμοκρασίας

Από την εικόνα 5.0.7 συμπεραίνουμε ότι η θερμοκρασία μετά από την συνεχόμενη ανακυκλοφορία του νερού καθώς και με την ενεργοποίηση της θέρμανσης φτάνει σταδιακά στο όριο που έχουμε ορίσει το οποίο είναι οι 30 °C. Παρατηρείται επίσης ανά μέτρηση η θερμοκρασία που έχει αναπτυχθεί εκείνη την χρονική στιγμή.



Εικόνα 5.0.8: Διάγραμμα Ροής

Στο παραπάνω διάγραμμα ροής (εικόνα 5.0.8) παρατηρούμε την συμπεριφορά της αντλίας. Στην παρούσα φάση της προσομοίωσης σκοπός της αντλίας είναι να κάνει ανακυκλοφορία το νερό, συνεπώς έχοντας φτάσει από το πρώτο στάδιο κιόλας την ταχύτητα που θέλουμε, η αντλία συνεχίζει να την κρατάει έως ότου δεχτεί διαφορετική εντολή από τον ελεγκτή.



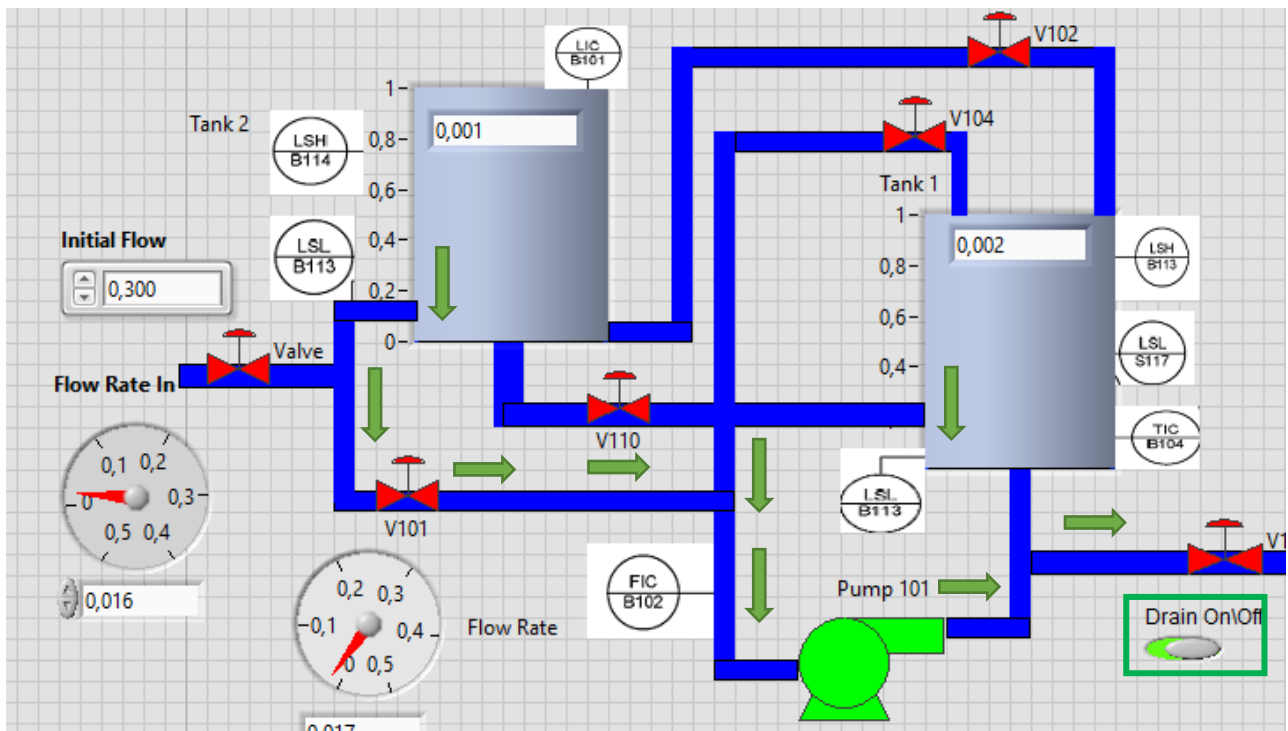
Εικόνα 5.0.9: Γραφήματα Στάθμης Δεξαμενών

Στην εικόνα 5.0.9, ο αισθητήρας υψηλής στάθμης της δεξαμενής 1 (LSH1), απενεργοποιείται καθώς το νερό κυκλοφορεί στο σύστημα ενώ ο αισθητήρας LSH2 παραμένει απενεργοποιημένος. Οι υπόλοιποι αισθητήρες (LSL1 – LSL2) παραμένουν απενεργοποιημένοι καθώς το νερό τους αγγίζει συνεχώς

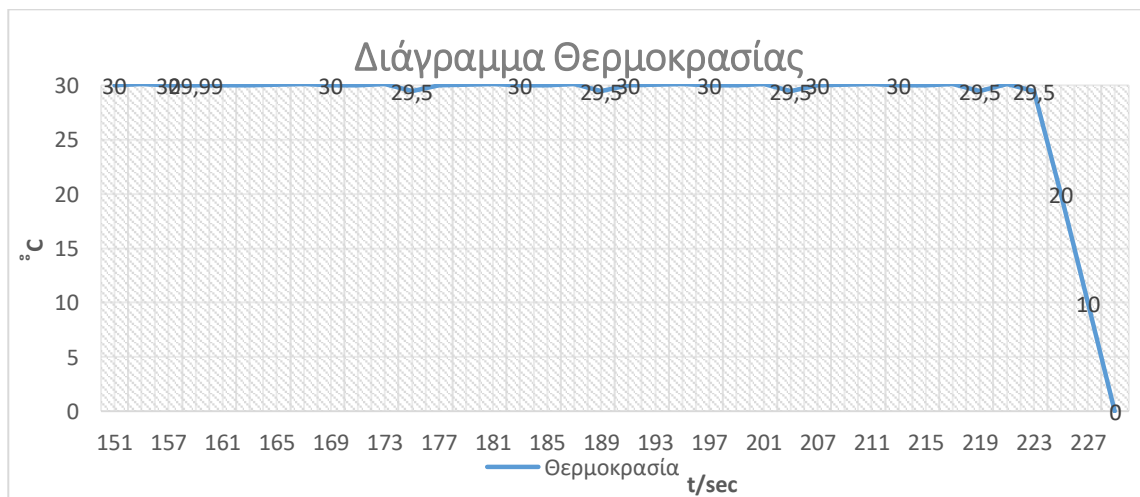


### 3. Αποστράγγιση του νερού :

Στο τρίτο και τελικό στάδιο της εξομοίωσης, έχοντας φτάσει την επιθυμητή θερμοκρασία στο νερό, στόχος μας είναι να αδειάσουμε όλες τις σωληνώσεις καθώς και τις δεξαμενές από το νερό (εικόνα 5.0.10). Για να πραγματοποιηθεί η παραπάνω ενέργεια μόλις φτάσουμε την επιθυμητή θερμοκρασία ο ελεγκτής στέλνει σήμα για να ανοίξει βαλβίδα αποστράγγισης (V105), επίσης όταν αδειάσει η δεξαμενή 1 (όταν το low level sensor της δεξαμενής 1 μεταβεί από την κατάσταση 1 σε 0) τότε παρομοίως ο ελεγκτής στέλνει σήμα για να απενεργοποιηθεί η θέρμανση.. Η αντλία μετά το πέρας 20 δευτερολέπτων απενεργοποιείται για να προστατευτεί από την λειτουργία σε κενό αέρος.

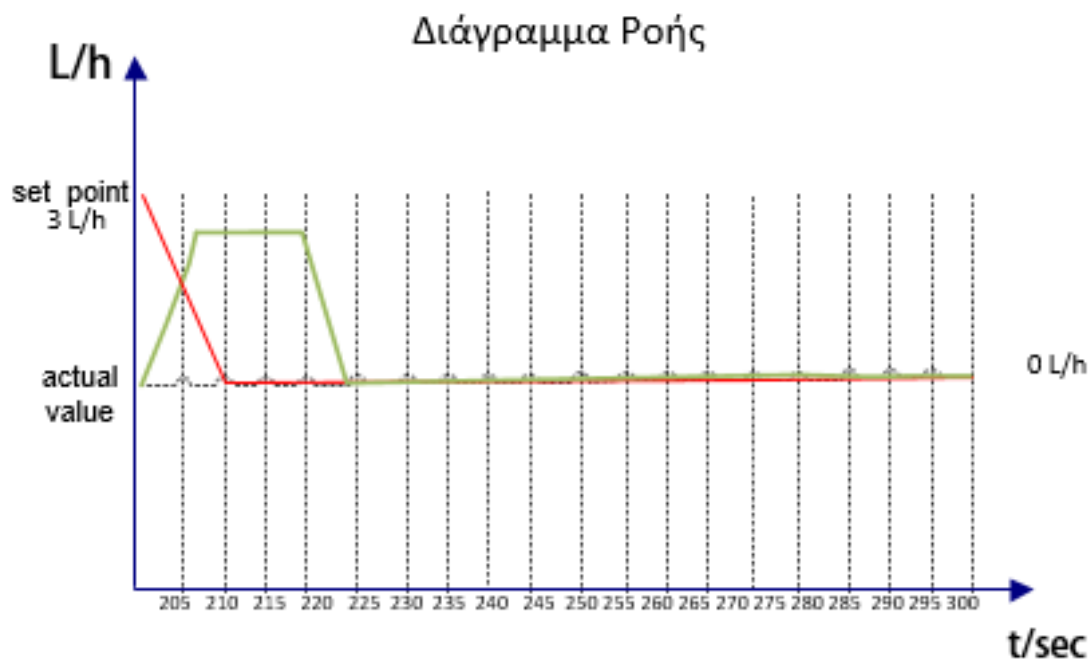


Εικόνα 5.0.10: Ενεργοποίηση βαλβίδας αποστράγγισης



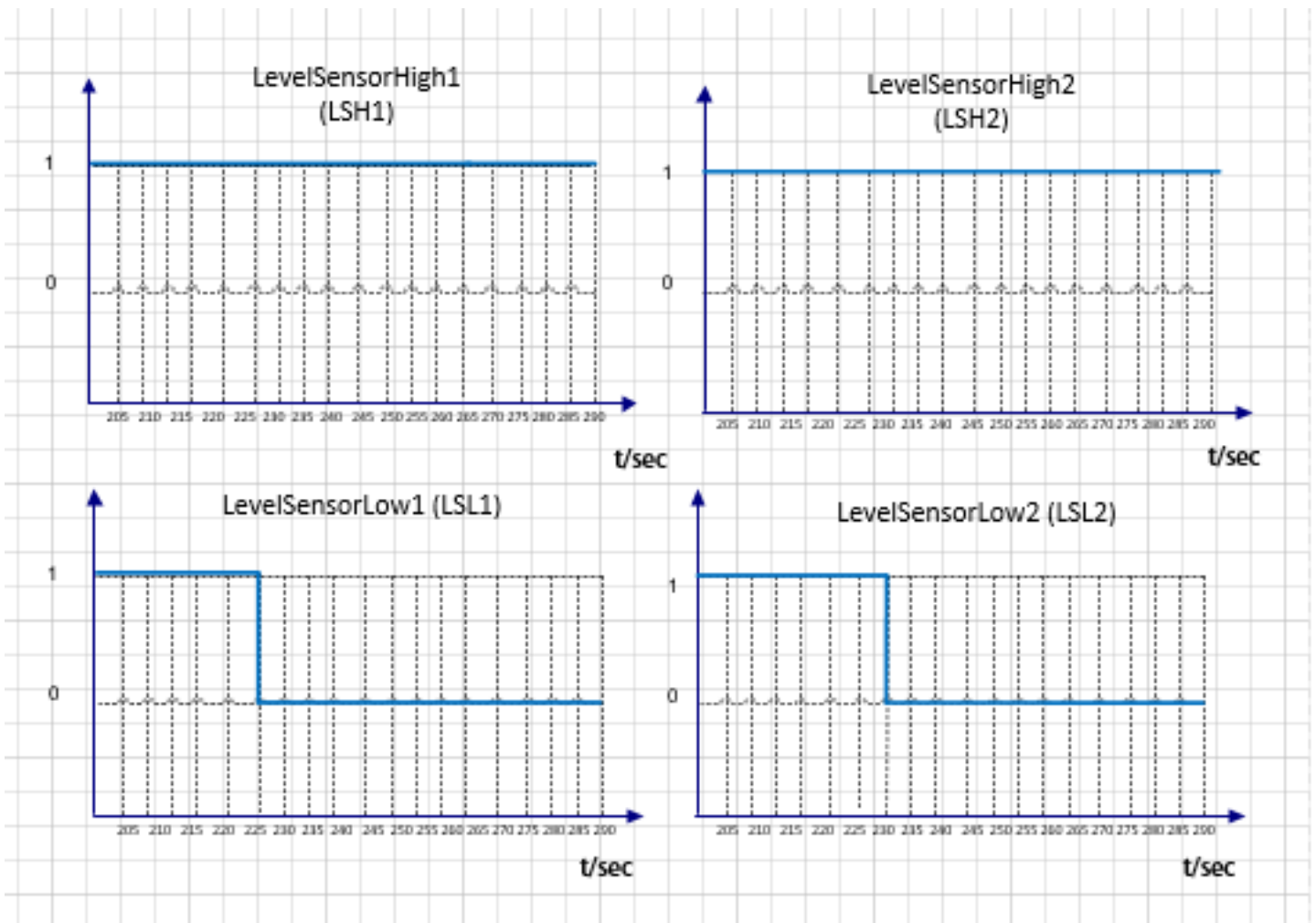
Εικόνα 5.0.11: Διάγραμμα θερμοκρασίας

Από το διάγραμμα της θερμοκρασίας (εικόνα 5.0.11) παρατηρούμε πώς η θερμοκρασία ακολουθεί μια απότομη πτώση. Αυτό οφείλεται στο άδειασμα του νερού στην δεξαμενή 1 (όπου και βρίσκεται το θερμόμετρο.), μετά από εντολή του ελεγκτή.



Εικόνα 5.0.12: Διάγραμμα Ροής

Η λειτουργία της αντλίας αναστέλλεται μετά από είκοσι δευτερόλεπτα όπως προαναφέρθηκε πιο πάνω. Συνεπώς, κοιτώντας το διάγραμμα (εικόνα 5.0.12) παρατηρούμε μια απότομη πτώση στις στροφές της αντλία μέχρι και τον μηδενισμό της. Σε αυτό το στάδιο ο ελεγκτής δίνει σήμα στην αντλία να σταματήσει.



Εικόνα 5.0.13: Γραφήματα Στάθμης Δεξαμενών

Στην εικόνα 5.0.13, οι αισθητήρες υψηλής στάθμης της δεξαμενής 1 (LSH1) και της δεξαμενής 2 (LSH2) παραμένουν απενεργοποιημένοι, καθώς το νερό κατά την διάρκεια αυτού τα σταδίου της προσομοίωσης αδειάζει από τις σωληνώσεις. Οι αισθητήρες χαμηλής στάθμης (LSL1/2) μετά από περίπου είκοσι δευτερόλεπτα όπου και αδειάζουν από νερό γυρνάνε σε κατάσταση NC (κανονικά κλειστές).

## 5.2 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

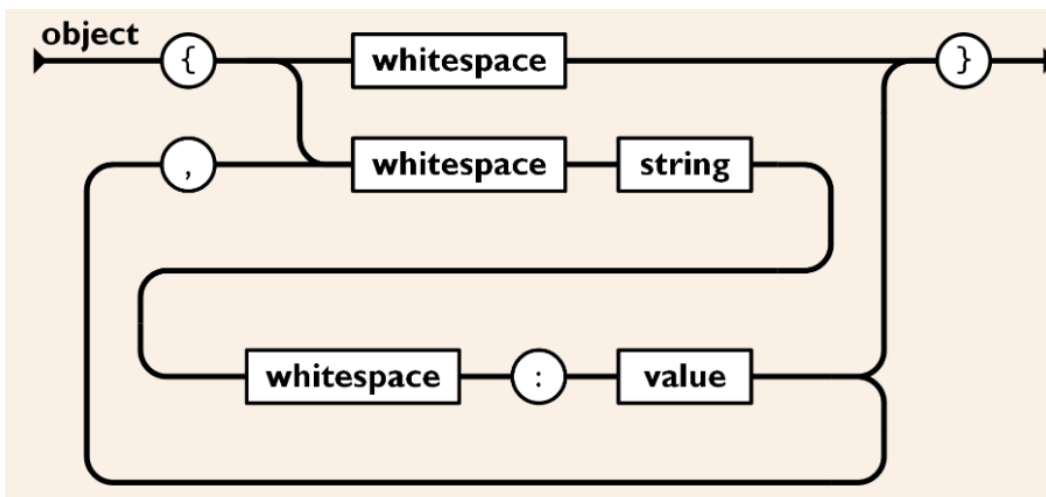
Για να δημιουργήσουμε τα δεδομένα που χρειαζόμαστε και για να τα επεξεργαστούμε διαδικτυακά θα πρέπει να τα εξάγουμε σε μορφή .json. Τα αρχεία JSON (JavaScript Object Notation) περιγράφουν μια ελαφριά μορφή ανταλλαγής δεδομένων. Είναι εύκολο για τον άνθρωπο να διαβάζει και να γράφει καθώς και για τα μηχανήματα διευκολύνει την διαδικασία ανάλυσης και παραγωγής. Βασίζεται σε ένα υποσύνολο προτύπου γλώσσας προγραμματισμού JavaScript ECMA-262 3ης Έκδοσης - Δεκέμβριος 1999. Το JSON είναι μια μορφή κειμένου που είναι πλήρως ανεξάρτητη από τη γλώσσα, αλλά χρησιμοποιεί συμβατικές πρακτικές που είναι γνωστές στους προγραμματιστές της οικογένειας γλωσσών C, συμπεριλαμβανομένων των C, C ++, C #, Java, JavaScript, Perl, Python και πολλά άλλα.

Αυτές οι ιδιότητες καθιστούν την JSON ιδανική γλώσσα ανταλλαγής δεδομένων. Αποτελείται από δυο δομές:

- Μια συλλογή ζευγών ονόματος / τιμής. Σε διάφορες γλώσσες, αυτό πραγματοποιείται ως αντικείμενο, εγγραφή, δομή, λεξικό, πίνακας κατακερματισμού, λίστα κλειδιών ή συσσωματικός πίνακας.
- Μια ταξινομημένη λίστα τιμών. Στις περισσότερες γλώσσες, αυτό πραγματοποιείται ως ένας πίνακας, ένας φορέας, ένας κατάλογος ή μια ακολουθία.

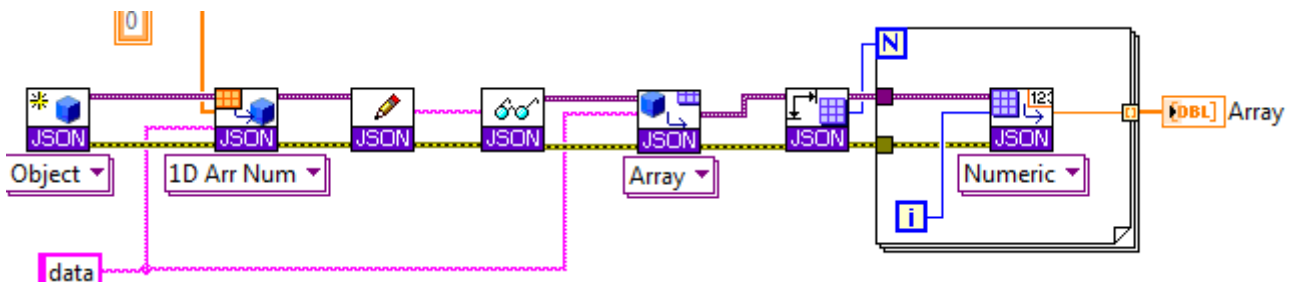
Πρόκειται για καθολικές δομές δεδομένων. Σχεδόν όλες οι σύγχρονες γλώσσες προγραμματισμού τις υποστηρίζουν σε μία ή σε άλλη μορφή. Αξίζει να σημειωθεί ότι μια μορφή δεδομένων που είναι εφάμιλλη με τις γλώσσες προγραμματισμού βασίζεται επίσης σε αυτές τις δομές. Τα αρχεία αυτά παίρνουν τις εξής μορφές:

- Ένα αντικείμενο είναι ένα μη ταξινομημένο σύνολο ζευγών ονόματος / τιμής.
- Ένα αντικείμενο αρχίζει με το αριστερό στήριγμα και τελειώνει με το δεξί στήριγμα.
- Κάθε όνομα ακολουθείται από: το παχύ έντερο και τα ζεύγη ονόματος / τιμής διαχωρίζονται με κόμμα.



Εικόνα 5.1.0: Διάγραμμα αρχείου Json

Για να παράξουμε ένα τέτοιο αρχείο θα χρειαστεί μια συστοιχία από blocks στο LabView (εικόνα 5.1.1) έτσι ώστε το αρχείο που θα εξαχθεί να εμφανίζεται στην μορφή που θέλουμε.



Εικόνα 5.1.1: Συστοιχία Block για την αποθήκευση αρχείου .json

Η παραπάνω εικόνα που περιγράφει τον προγραμματισμό στο LabView χρησιμοποιεί ένα σύνολο κατηγοριών LVOOP για να ταιριάζει με την αναδρομική δομή του JSON. Επιτρέπει τη συνομιλία από και προς το JSON. Όλες οι λειτουργίες διατίθενται μέσω δύο πολυμορφικών VI: Set and Get. Για την παραμετροποίηση στα δικά μας πρότυπα, του αρχείου που θέλουμε να εξάγουμε, χρειαζόμαστε πέντε ζευγάρια ονόματος και τιμής:

1. Στάδιο | «Περιγραφή»
2. Ημερομηνία | «Τιμή»
3. Χρόνος | «Τιμή»
4. Θερμοκρασία | «Τιμή»
5. Ροή | «Τιμή»

Συνεπώς, το τελικό αποτέλεσμα που εξάγεται φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

```
[{"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:35", "Temp": 18, "Flow": 0.01}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:36", "Temp": 18, "Flow": 0.09}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:37", "Temp": 18, "Flow": 0.25}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:38", "Temp": 21, "Flow": 0.65}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:39", "Temp": 21, "Flow": 1.25}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:40", "Temp": 22, "Flow": 1.55}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:41", "Temp": 25, "Flow": 2.00}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:42", "Temp": 26, "Flow": 2.00}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:43", "Temp": 30, "Flow": 2.00}, {"Case 1 ":"Circulation", "Date": "02/04/2019", "Time": "09:44", "Temp": 30, "Flow": 2.00}]
```

#### *Εικόνα 5.1.0: Μορφή αρχείου Json*

Συνολικά, συλλέχθηκαν και εξήχθησαν δεδομένα και για τις τρεις φάσεις της προσομοίωσης για διάφορες ημερομηνίες αν μήνα. Τέλος, τα δεδομένα προορίζονται για την επεξεργασία τους καθώς και για την εξαγωγή περεταίρω συμπερασμάτων μέσω του cloud και της πλατφόρμας IoT(internet of things) NodeRed .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παραθέτετε μια γενική σύνοψη της διπλωματικής εργασίας και της προσομοίωσης που αναπτύχθηκε. Παρουσιάζονται επίσης μερικοί περιορισμοί και δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν κατά την διάρκεια της ανάπτυξης προσομοίωσης. Τέλος επισημαίνονται και κάποιες προτάσεις και ιδέες για μελλοντική ανάπτυξη του συστήματος.

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη μιας προσομοίωσης ενός βιομηχανικού σεναρίου μέσω του προγράμματος Labview, η απόκτηση δεδομένων με σκοπό την δημιουργία βάσης δεδομένων καθώς και ανάπτυξη εξομοίωσης του προγράμματος PLC σε γλώσσα προγραμματισμού Ladder. Το σενάριο που ακολουθήθηκε περιέχει τρία στάδια, με το πρώτο να είναι το γέμισμα της διάταξης με νερό και με συνεχόμενη ανακυκλοφορία του. Το δεύτερο στάδιο αφορά την θέρμανση του νερού επίσης με ανακυκλοφορία. Και το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την αποστράγγιση της διάταξης από το νερό.

Στην πρώτη φάση της ανάπτυξης σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε η προτεινόμενη διάταξη του σταθμού εργασίας Festo μέσω του προγράμματος Labview όπου και έγινε προσπάθεια για, όσο το δυνατόν πιο πιστή αναπαράσταση του σταθμού εργασίας. Στην επόμενη φάση, μετά από διαδοχικές εκτελέσεις της προσομοίωσης, δημιουργήθηκε βάση δεδομένων με στοιχεία από τις μετρήσεις της ροής της θερμοκρασίας και της στάθμης. Η βάση δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί και στο επόμενο σκέλος της διπλωματικής εργασίας όπου αφορά την διαχείριση των δεδομένων στο cloud. Επίσης αναπτύχθηκε και εξομοίωση του κώδικα του PLC που αφορά τον έλεγχο των τριών σταδίων της προσομοίωσης.

Το παρών πρότυπο αν και λειτουργικό και καλύπτει του σκοπούς της διπλωματικής, θα μπορούσε να βελτιωθεί περισσότερο ως προς το μέγεθος του και τις δυνατότητες του. Μερικές από αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Σύνδεση της εξομοίωσης με πραγματικό σταθμό εργασίας, για αναπαράσταση σε πραγματικό χρόνο.
- Προσθήκη πιο πολύπλοκης διάταξης με περισσότερα στοιχεία όπως η πίεση.
- Δυνατότητα απομακρυσμένου χειρισμού της διάταξης και διαχείριση των δεδομένων του στο cloud.

## ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Sun Chunyan, Fang Baoyi, The PID Flow Control System Based on PLC, Yantai Vocational College, China: 2015
- [2] Chengqi Tian, Xin Lv, Huamin Yang, Temperature Control in High Precision by PID Based on LabVIEW, School of Computer Science and Technology, China: 2014
- [3] Wang Hui, Xu Zhuo, Simulation Research on Fuzzy Adaptive PID Control of Variable Pump Control System, Liaoning Technical University, China: 2012
- [4] Xin Zhang, Research and Design of Temperature Monitoring System in Industry Applications Based on PLC, Jilin Business and Technology College, China: 2013
- [5] Hongyu Wang, Xin Lu, Jian Tian, Precise PID Temperature Control Based on LabVIEW, Changchun University of Science and Technology, China: 2013
- [6] Valery Vodovozov, Zoja Raud, Levon Gevorkov, PLC-Based Pressure Control in Multi-Pump Applications, Tallinn University of Technology, 2015
- [7] E.B. Priyanka, C. Maheswari, S. Thangavel, Online Monitoring and Control of Flow rate in Oil Pipelines Transportation System by using PLC based Fuzzy-PID Controller, Department of Mechatronics Engineering, Kongu Engineering College, India: 2018
- [8] Ali Etem Gürel, İlhan Ceylan, Thermodynamic analysis of PID temperature controlled heatpump system, Department of Electrical and Energy, Turkey: 2014
- [9] Haoqiang Ji, LC Programming For A Water Level Control System: Design and System Implementation, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, University of Victoria, Beijing: 2013
- [10] V. G. Domrachev, A. A. Skripnik, AUTOMATION OF CALIBRATION OF TANKS IN INDUSTRIAL PRODUCTION PROCESS CONTROL SYSTEMS, Moscow State Forestry University, Russia: 2012
- [11] E. G. Kazakov, A. V. Kirillov, V. V. Kutsin, N. D. Yasenev, Educational Process at Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department of USTU–UPI and Its Methodical and Laboratory Support, ISSN 1068-3712, Russian Electrical Engineering, 2009
- [12] A. M. Zyuzev, A. V. Kostylev, K. E. Nesterov, Yu. V. Plotnikov, V. N. Polyakov, D. P. Stepanyuk, Experience in Introducing Automation Equipment for Electric Drives and Industrial Systems into the Educational Process, Ural State Technical University, Russia: 2009

- [13] Kleanthis Thramboulidis, Georg Frey, Towards a Model-Driven IEC 61131-Based Development Process in Industrial Automation, Journal of Software Engineering and Applications, 2011
- [14] André Slowak, STANDARD-SETTING CAPABILITIES IN INDUSTRIAL AUTOMATION: A COLLABORATIVE PROCESS, Journal of Innovation Economics & Management 2008
- [15] M. Dominguez, J. J. Fuertes, M. A. Prada, S. Alonso, A. Moran, Remote Laboratory of a Quadruple Tank Process for Learning in Control Engineering Using Different Industrial Controllers, University of Leon, Spain: 2012
- [16] Adarsha Swarnakar , Horacio Jose Marquez, Tongwen Chen, A design framework for overlapping controllers and its industrial application, Department of Electrical and Computer Engineering, Canada: 2009
- [17] Massimiliano Veronesi, Antonio Visioli, An industrial application of a performance assessment and retuning technique for PI controllers, Dipartimento di Elettronica per l'Automazione, University of Brescia, Italy: 2010
- [18] Patrick Onotu, Uche M. Dimkpagu, Deployment of the Festo PA Workstation for Undergraduate Training on Industrial Process Automation, The International Journal Of Engineering And Science (IJES), SSN: 2319, 2016
- [19] Process automation MPS® PA Compact Workstation Manual, 2012
- [20] LabVIEW, PID and Fuzzy Logic Toolkit User Manual, National Instruments, 2009
- [21] Ρυθμοί ροής των συστημάτων θέρμανσης :  
[https://www.engineeringtoolbox.com/water-flow-rates-heating-systems-d\\_659.html](https://www.engineeringtoolbox.com/water-flow-rates-heating-systems-d_659.html)