

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΜΨΗΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ
ΕΛΑΣΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟ ΜΕ PLC»

«Εικόνα»

Του φοιτητή
Αποστολίδη Ιωακείμ
Αρ. Μητρώου: 518012

Επιβλέπων
Γιακουμής Άγγελος
Λέκτορας

Ημερομηνία 05/09/2022

Τίτλος Δ.Ε. Προσομοίωση Ηλεκτρομηχανικού Συστήματος κάμψης μεταλλικών ελασμάτων
ελεγχόμενο με PLC.

Κωδικός Δ.Ε. 21403

Ονοματεπώνυμο φοιτητή Αποστολίδης Ιωακείμ

Ονοματεπώνυμο εισηγητή Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 07/12/2021

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 05/09/2022

Βεβαιώνω ότι είμαι ο συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά, ειδικά ως διπλωματική εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών Αποστολίδη Ιωακείμ και Γούλας Θεόδωρος που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

«Αφιέρωση»

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην κατασκευή ενός αυτοματισμού ικανού να εφαρμοστεί σε βιομηχανική γραμμή παραγωγής με σκοπό την αύξηση της απόδοσης παραγωγής από πλευράς κόστους, ταχύτητας και ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Για την υλοποίηση της προ απαιτείται εξοικείωση του κατασκευαστή της με το αντικείμενο των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών καθώς μέσω αυτών θα επαναλαμβάνεται ο κύκλος εργασίας του αυτοματισμού. Ανέκαθεν υπήρχε ζωηρό ενδιαφέρον για αυτό το αντικείμενο καθώς συνδυάζει τον προγραμματισμό και την διαχείριση του ελέγχου βιομηχανικού εξοπλισμού στα πλαίσια της αυτοματοποίησης με χρήση εξοπλισμού PLC με στόχο την αναβάθμιση μίας γραμμής παραγωγής. Κατά την υλοποίηση της εργασίας δόθηκε η ευκαιρία να δημιουργηθεί μία κατασκευή από τα πρώτα βήματα του σχεδιασμού της μέχρι την έμπρακτη υλοποίηση της, γεγονός που πρόσφερε εμπειρία τόσο στην μελέτη και τον σχεδιασμό, όσο και στην κατασκευή και αντιμετώπιση εμποδίων που παρουσιάστηκαν εκτός πρόβλεψης.

Περίληψη

Η προσομοίωση ενός ηλεκτρομηχανικού συστήματος κάμψης μεταλλικών ελασμάτων το οποίο θα είναι ελεγχόμενο από έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή αφορά ένα σύνολο εργασίας το οποίο περιλαμβάνει την εφαρμογή αυτοματοποίησης μίας βιομηχανικής πρέσας κάμψης μεταλλικών ελασμάτων σε ορισμένη από τον σχεδιαστή της μορφή. Η εφαρμογή αυτή θα αποτελεί αναβάθμιση του ηλεκτρομηχανικού συστήματος καθώς αφαιρεί από τον έλεγχο της το ανθρώπινο στοιχείο για ένα μεγάλο μέρος του συνόλου των λειτουργιών της κατά την διάρκεια του κύκλου παραγωγής της.

Εστιάζεται στο αντικείμενο της εφαρμογής του ελέγχου χάρη στο οποίο εκκινήθηκε η τρίτη βιομηχανική επανάσταση και επίσης θεμελίωσε την εικόνα της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης χάρη στην ικανότητα επέκτασης των δυνατοτήτων του σε όλο και πιο ισχυρά με περισσότερες παροχές συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν το διαδίκτυο των πραγμάτων και το cloud.

Αρχικά παρουσιάζονται οι κύριοι τομείς του παρελθόντος οι οποίοι ανά τους αιώνες σύγκλιναν έτσι που κάποια στιγμή τεχνολογικά μπόρεσαν να αφομοιώσουν τον αυτοματοποιημένο έλεγχο μέσα από την επαρκή ανάπτυξη της τεχνογνωσίας. Έπειτα γίνεται η θεωρητική μελέτη του συστήματος λαμβάνοντας υπόψιν διάφορες παραμέτρους όπως οι ελάχιστες απαιτήσεις ελέγχου της μηχανής, ο αριθμός των διακοπών που θα ελέγχονται από το σύστημα αυτοματισμού, η επιλογή του κατάλληλου για έλεγχο υλικού, ο σχεδιασμός του αλγόριθμου λειτουργίας και η επιλογή της μεθόδου προγραμματισμού. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ο σχεδιασμός και η εκτέλεση της προσομοίωσης των λειτουργιών του αυτομάτου ελέγχου για επαλήθευση των αποτελεσμάτων της μελέτης και επιβεβαίωση του επόμενου λογικού βήματος το οποίο περιλαμβάνει το κατασκευαστικό μέρος.

Abstract

The simulation of an electromechanical sheet metal bending system that will be controlled by a programmable logic controller concerns a set of work that includes the implementation of automation of an industrial sheet metal bending press in a form defined by its designer. This application will be an upgrade of the electromechanical system as it removes from its control the human element for a large part of all its functions during its production cycle.

It focuses on the application of control that launched the third industrial revolution and also established the image of the fourth industrial revolution thanks to its ability to extend its capabilities to increasingly powerful and more feature-rich systems that include the Internet of Things and the cloud. .

Initially, the main areas of the past are presented which over the centuries converged so that at some point technologically they were able to assimilate automated control through the sufficient development of know-how. Then the theoretical study of the system is carried out taking into account various parameters such as the minimum control requirements of the machine, the number of switches to be controlled by the automation system, the selection of the appropriate hardware for control, the design of the operation algorithm and the selection of the programming method. Then the design and execution of the simulation of the functions of the automatic control is carried out to verify the results of the study and confirm the next logical step which includes the manufacturing part.

Ευχαριστίες

Σε αυτήν την ενότητα ο φοιτητής/ φοιτήτρια προαιρετικά μπορεί να ευχαριστήσει όσους αισθάνεται ότι συνέβαλαν (επιστημονικά, ηθικά, οικονομικά κτλ) στην ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	v
Περίληψη.....	vi
Abstract	vii
Ευχαριστίες	viii
Περιεχόμενα	ix
Κατάλογος Σχημάτων	xi
Κατάλογος Πινάκων.....	xi
Συντομογραφίες.....	xii
Κεφάλαιο 1ο: Βιομηχανία και αυτοματοποίηση της.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	3
1.3 Η εξέλιξη της βιομηχανίας.....	4
1.4 Βιομηχανία και Αυτοματοποίηση της.....	5
1.5 Αντίκτυπος στην κοινωνία	7
1.6 Εργοστασιακές μονάδες.....	11
1.7 Επίλογος.....	13
Κεφάλαιο 2ο: Σχεδιασμός αυτοματοποιημένης εφαρμογής.....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Μηχανές παραγωγής	15
2.2.1 Βασικές μηχανές.....	15
2.2.2 Μηχανές γραμμής παραγωγής.....	17
2.2.3 Εργαλειομηχανές.....	18
2.3 Αυτοματισμός.....	19
2.4 Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές	21
2.5 Προσομοιώσεις και εξομοιώσεις.....	23
2.5.1 Προσομοιώσεις.....	24
2.5.2 Εξομοιώσεις	24
2.6 Επίλογος.....	25
Κεφάλαιο 3ο: Προσομοίωση εργαλειομηχανής πρέσας.....	27
3.1 Εισαγωγή.....	27
3.2 Εργαλειομηχανή τύπου πρέσας.....	28
3.2.1 Αναβάθμιση εργαλειομηχανής πρέσας	30

3.3	Σύνολο υλικών αυτοματισμού.....	32
3.3.1	Αισθητήρια	32
3.3.2	Διακόπτες	33
3.3.3	Ηλεκτροκινητήρες	35
3.3.4	Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές	36
3.4	Λογισμικό μέρος	41
3.4.1	Ανάπτυξη αλγορίθμου	42
3.4.2	Η ανάπτυξη ενός προγράμματος από έναν αλγόριθμο	44
3.5	Προσομοίωση λειτουργίας προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.....	58
3.6	Επίλογος.....	60
Κεφάλαιο 4ο:	Συμπεράσματα ή/και προτάσεις βελτίωσης	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Το πρόγραμμα στις γλώσσες Ladder Logic, STL και FBD.....		65

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 3.1: Εργαλειομηχανή προοδευτικής πρέσας.	29
Σχήμα 3.2: Αλγόριθμος διεργασιών εργαλειομηχανής.	43
Σχήμα 3.3: Ηλεκτρολογικό σχέδιο εργαλειομηχανής πρέσας.	46
Σχήμα 3.4: Πίνακας εισόδων και εξόδων ηλεκτρολογικού σχεδίου.	51
Σχήμα 3.5: Πίνακες εισόδων και εξόδων προγραμμάτων microwin και logo V8.....	52
Σχήμα 3.6: Διάγραμμα 1 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.	57
Σχήμα 3.7: Διάγραμμα 2 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.	58
Σχήμα 3.8: Διάγραμμα 3 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.	58
Σχήμα 3.9: Περιβάλλον εργασίας εξομοιωτή προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	59
Σχήμα 3.10: Διάγραμμα Ladder Logic κατά την εκτέλεση προσομοίωσης.	59

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Αριθμητικά δεδομένα	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
--	--

Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΙΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία

Κεφάλαιο 1ο: Βιομηχανία και αυτοματοποίηση της

1.1 Εισαγωγή

Η μεγαλύτερη συμβολή στην πρόοδο της βιομηχανίας προέρχεται από την συνεχή και συνδυασμένη εφαρμογή έρευνας και ανάπτυξης από τον επιστημονικό χώρο των διαφόρων τομέων της μηχανικής όπως είναι η μηχανολογία, ηλεκτρονική, ηλεκτρολογία και χημεία. Με γνώμονα την βελτίωση της βιομηχανικής παραγωγής και παρασκευής προϊόντων ωθείται συνεχώς με εκθετικά αυξανόμενους ρυθμούς σε ανακαλύψεις που αυξάνουν την απόδοση και την ποιότητα των προϊόντων σε ολοένα και υψηλότερων απαιτήσεων προτύπων και ορίων. Στον κόσμο της βιομηχανίας το βασικότερο εφόδιο είναι η γραμμή παραγωγής ενός προϊόντος όπου ένα προϊόν συναρμολογείται από τα πιο βασικά του εξαρτήματα και πρώτες ύλες σε όλο και πιο σύνθετα αντικείμενα ώσπου στο τέλος να μπορεί να αποδοθεί από αυτά το τελικό προϊόν μετά από μια συστηματική ακολουθία επαναλήψεων των ίδιων λειτουργιών. Επομένως γίνεται αντιληπτό πως η ραχοκοκαλιά της βιομηχανικής παραγωγής και παρασκευής είναι η γραμμή παραγωγής, η οποία υποστηρίζεται από συμπληρωματικούς παράγοντες όπως η οργανωμένη τροφοδοσία πρώτων υλών, εξειδικευμένο εργατικό προσωπικό, τεχνικό προσωπικό συντήρησης που προνοεί και φροντίζει για την άριστη κατάσταση του εξοπλισμού, τμήμα πωλήσεων που φροντίζει να προωθεί τα προϊόντα, τμήμα οργάνωσης παραγωγής που φροντίζει να μην χάνεται χρόνος άσκοπα κατά την διάρκεια της παραγωγής.

Όταν η βιομηχανία πήρε την σύγχρονη μορφή της κατά την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, όπως τότε έτσι και σήμερα οι γραμμές παραγωγής διαφόρων προϊόντων είτε αυτά είχαν μεταξύ τους συνάφεια είτε όχι στεγάζονται συνήθως σε μία δομή η οποία ονομάζεται εργοστάσιο και η συντριπτική πλειοψηφία των διεργασιών που εκτελούνταν πραγματοποιούνταν από το ανθρώπινο δυναμικό που απασχολούσε το εργοστάσιο. Κατά συνέπεια υπήρχε ένα σχετικά υψηλό ποσοστό σφαλμάτων στο σύνολο της παραγωγής (λάθη στην αρίθμηση, ελλειπή και ελλειπτικά προϊόντα, τυχαίες φθορές, εργατικά ατυχήματα κτλ.) το οποίο όταν μελετάται στον χρόνο και χάρη στην αθροιστική του φύση καθώς έχει σταθερή συχνότητα επανάληψης, για όσο αμελούνταν παρουσίαζε γεωμετρικά αυξανόμενη απόκλιση μεταξύ του βέλτιστου αποτελέσματος και του πραγματικού, οδηγώντας τελικά στο συμπέρασμα πως είναι ένα ζήτημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης με σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας.

Καθώς η πλειοψηφία των σφαλμάτων φαίνεται να σχετίζεται με το ανθρώπινο στοιχείο της συνολικής διαδικασίας και έτσι χρηματοδοτήθηκε η έρευνα για την εύρεση λύσεων που θα μείωναν και αν ήταν δυνατόν να εξαλείψουν το σφάλμα που ήταν εις βάρος της αποδοτικότητας. Η έρευνα και ανάπτυξη γρήγορα επικεντρώθηκε κυρίως στην δημιουργία μηχανών οι οποίες μπορούσαν να εκτελέσουν κατ' επανάληψη την ίδια διεργασία που θα έκανε ένας εργάτης. Με την εφαρμογή τους προέκυψαν κάποια ευρήματα που ωφέλησαν ακόμη περισσότερο τον τομέα παραγωγής όπως το ότι μία μηχανή μπορούσε να επαναλαμβάνει τον κύκλο εργασίας της γρηγορότερα και με υψηλότερη ακρίβεια από ότι θα μπορούσε να αποδώσει ένας άνθρωπος ή ότι μία μηχανή δεν χρειάζεται διάλειμα ή ύπνο τα οποία ευρήματα τράβηξαν το ενδιαφέρον των βιομηχανιών που αναγνώρισαν το όφελος τους και χρηματοδότησαν ακόμη περισσότερο τον τομέα έρευνας και ανάπτυξης με στόχο την δημιουργία αποδοτικότερων μηχανών παραγωγής με ολοένα υψηλότερο βαθμό αυτοματοποίησης των εργασιών με σκοπό τον περιορισμό του ανθρώπινου στοιχείου.

Όταν εισάχθηκε στην αυτοματοποίηση η ψηφιακή τεχνολογία έγινε εφικτός ο έλεγχος τέτοιων μηχανών σε επίπεδο πρωτοφανές μέχρι το σημείο αυτό, αποκαλύπτοντας δυνατότητες ανάπτυξης της

τεχνογνωσίας στο αντικείμενο αυτό σε τομείς που ως τότε απαιτούσαν λύσεις σε διάφορα ζητήματα ασφαλείας, ταχύτητας, προστασίας, επέκτασης του ελέγχου σε πιο περίπλοκες λειτουργίες, ακρίβειας και ποιότητας. Εντός αυτού του πλαισίου πραγματεύεται το περιεχόμενο της παρούσας εργασίας το οποίο προσεγγίζει μία μηχανή παραγωγής βιομηχανικού επιπέδου και εφαρμόζει σε αυτήν αναβάθμιση στον έλεγχο της με την προσαρμογή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Η μηχανή συγκεκριμένα τροφοδοτείται αρχικά σε μία υποδοχή της με μεταλλικά ελάσματα, στην συνέχεια τα μεταφέρει μέσω μιας ταινίας ιμάντα μέσα σε έναν χώρο στον οποίο λειτουργεί μία πρέσα διαμόρφωσης των μεταλλικών ελασμάτων αλλά και ως φούρνος του οποίου η είσοδος είναι εξοπλισμένη με μία θύρα προστασίας η οποία κλείνει με την είσοδο του ελάσματος στον φούρνο, έπειτα θερμαίνει τον χώρο σε μία ορισμένη θερμοκρασία στην οποία το υλικό του ελάσματος γίνεται πιο εύκαμπτο και ελατό, μόλις η θερμοκρασία αγγίξει την επιθυμητή τιμή η πρέσα μορφοποιεί το μεταλλικό έλασμα, ανοίγει η θύρα ασφαλείας, η ταινία ιμάντα αφαιρεί το μεταλλικό έλασμα από τον χώρο της πρέσας και αδειάζει το περιεχόμενο της στο επόμενο βήμα της γραμμής παραγωγής. Η λειτουργίες αυτές πραγματοποιούνταν στο σύνολο τους από το ανθρώπινο δυναμικό που χειριζόταν την μηχανή σε κάθε της βήμα, γεγονός που μεταξύ μειονεκτημάτων απαιτούνταν και μία ελάχιστη εκπαίδευση του προκειμένου να μπορεί πιστοποιημένα να την χειρίζεται με άνεση και με ασφάλεια τόσο για την προστασία της ανθρώπινης ζωής αλλά και για την προστασία της μηχανής από το να πάθει ζημιά λόγω κακού χειρισμού της. Με την προσαρμογή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή στην μηχανή για τον έλεγχο των λειτουργιών της πραγματοποιείται αναβάθμιση του συνόλου των λειτουργιών της με τρόπο τέτοιο ώστε να λειτουργεί είτε με απόλυτη, είτε με μερική αυτονομία και στην παρούσα εργασία θα εξεταστεί η δεύτερη περίπτωση η οποία θα είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί με την χρήση διακοπών οι οποίοι θα αποτελούν ουσιαστικά μορφή διεπαφής για έλεγχο της από τον χρήστη. Για την πλήρη λειτουργικότητα είναι απαραίτητο να δοθούν με τρόπο κατάλληλο οι απαραίτητες οδηγίες προς τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή η οποίες θα είναι σε μορφή γλώσσας προγραμματισμού έτσι ώστε να μπορεί η μηχανή να ελεγχθεί πλήρως και με ακρίβεια από αυτόν. Η διαδικασία προγραμματισμού θα γίνει με την βοήθεια και τον σχεδιασμό ενός αλγόριθμου λειτουργιών ο οποίος θα παρουσιαστεί σε μορφή διαγράμματος ροής.

Η παρούσα εργασία θα δομηθεί αρχικά με ένα κεφάλαιο στο οποίο θα παρουσιαστούν τα αντικείμενα της ιστορικής αναδρομής του θέματος της για τις τεχνολογίες που οδήγησαν στην ανάπτυξη της, της λειτουργίας της βιομηχανίας με βασική αποσαφήνιση των κύριων τμημάτων της όπως της εξέλιξης της βιομηχανίας, το σημείο καμπής με την εισαγωγή της αυτοματοποίησης της, την συνεισφορά του αυτοματισμού ως οντότητα και την θέση και συνεισφορά της στην σύγχρονη κοινωνία. Στην συνέχεια θα αναλυθούν σε κεφάλαιο οι διαδικασίες της αναβάθμισης, ο λογικός προγραμματιζόμενος ελεγκτής, ο σχεδιασμός ενός συστήματος, η έννοια της προσομοίωσης, η συνολική μελέτη της εργασίας και η έννοια του διακόπτη. Σε ένα κεφάλαιο θα συμπεριληφθεί το λογισμικό μέρος της μελέτης εξηγώντας τα μέρη του λογισμικού τόσο ως προς τον βασικό του σχεδιασμό ώστε να προκύψει ένας ολοκληρωμένος αλγόριθμος, όσο και στο ποιες θα είναι οι απαραίτητες συναρτήσεις και πως θα προκύπτει η εκτέλεση τους, αλλά και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την οποία θα εξηγηθεί λεπτομερώς η παραμετροποίηση της προκειμένου να είναι διακριτό το πώς ακριβώς προκύπτουν αξιόπιστα τα αποτελέσματα της και τέλος θα παρουσιαστούν τα συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας και διάφορες προτάσεις βελτίωσης και συνέχισης της. Στο παράρτημα της εργασίας θα συμπεριληφθεί ο κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού με σχολιασμό ώστε να είναι κατανοητή η λειτουργία του.

1.2 Ιστορική αναδρομή

18^{ος} αιώνας: Με το πέρας του δεύτερου σταδίου του πρωτοβιομηχανισμού που σήμανε το τέλος της αγροκαλλιέργειας, στα μέσα του 18^{ου} αιώνα ξεκίνησε η πρώτη βιομηχανική επανάσταση με αντίκτυπο στην μεταρρύθμιση της οικονομικής βάσης, τεχνολογική πρόοδο, επενδύσεις κεφαλαίων σε νέες βιομηχανικές δομές, μεταρρύθμιση του επαρχιακού εργατικού δυναμικού σε βιομηχανικό εργατικό δυναμικό και την πρώιμη ανάπτυξη αντίληψης κοινωνικών τάξεων και φιλοσοφιών συνδεδεμένων με την αντίληψη αυτή.

1790: Ο Γαλλικής καταγωγής Joseph-Marie Jacquard συλλαμβάνει την ιδέα ενός νέου τύπου αργαλειού ο οποίος ανταποκρίνεται στα πρότυπα των βιομηχανικών προδιαγραφών. Αναγκάζεται να διακόψει το έργο του καθώς μεσολάβησε η Γαλλική επανάσταση στην οποία έλαβε μέρος.

1804-05: Ο Joseph-Marie Jacquard ολοκληρώνει το έργο του το οποίο μένει γνωστό στη ιστορία ως “Αργαλειός Jacquard” χάρη σε ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό. Ένας τέτοιος αργαλειός μπορεί να κάνει αυτόματα την εργασία του με την χρήση μιας αλυσίδας διάτρητων καρτών οι οποίες έδιναν οδηγία στην μηχανή ως προς το τι ακριβώς θα κάνει σύμφωνα με την κάρτα που διάβαζε. Το κυριότερο, κάποιος που είχε στην κατοχή του έναν τέτοιο αργαλειό, μπορούσε να πάρει την ίδια αλυσίδα διάτρητων καρτών και να παραγάγει την ίδια ακριβώς εργασία στην μηχανή του. Η εφεύρεση αυτή αποτέλεσε την βάση για διάφορες τεχνολογίες του 20^{ου} αιώνα όπως η διάτρητες κάρτες οδηγιών προς τα πρώτα υπολογιστικά συστήματα και τα bitmap αρχεία εικόνων.

1828: Ο James Beaumont Neilson κατασκευάζει έναν νέο τύπο καμινιού που χρησιμοποιεί τις καυτές αναθυμιάσεις που παράγονται από τα καύσιμα του καμινιού για να προθερμάνει τον ατμοσφαιρικό αέρα που προωθείται μέσω του φυσηρού στα καύσιμα αυξάνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος. Η τεχνική αυτή ονομάζεται Hot Blast. Η τεχνική αυτή αποκάλυψε κάποιες τεχνικές δυσκολίες στην εφαρμογή της καθώς πετύχαινε υψηλότερες θερμοκρασίες με αποτέλεσμα το φαινόμενο συστολής διαστολής των υλικών του καμινιού να προκαλεί φθορές και ρωγμές στα τοιχώματα του.

1857: Βασιζόμενος στο έργο του James Beaumont Neilson ο Edward Alfred Cowper εφευρίσκει έναν νέο τύπο καμινιού με εσωτερική επένδυση πυρότουβλων τα οποία προστατεύουν την δομή επιλύοντας τα προβλήματα που παρουσίαζε το σχέδιο του James Beaumont Neilson.

19^{ος} αιώνας: Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (1870) λαμβάνει χώρα η δεύτερη βιομηχανική επανάσταση στην οποία εδραιώνονται τεχνολογικές ανακαλύψεις, επιστημονική ανάπτυξη, θέσπιση προτύπων, η μαζική παραγωγή και η βιομηχανοποίηση. Η ραγδαία πρόοδος των τεχνολογιών παρασκευής και παραγωγής προώθησε την εξάπλωση τεχνολογικών συστημάτων σε ευρεία κατανάλωση όπως ο τηλεγράφος, τα σιδηροδρομικά δίκτυα, την οικιακή και βιομηχανική παροχή φυσικού αερίου και νερού, αποχετευτικών συστημάτων αλλά και την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών όπως η παροχή ηλεκτρισμού, ο κινητήρας εσωτερικής καύσης ορυκτών καυσίμων, το αεροπλάνο και το τηλέφωνο.

20^{ος} αιώνας: Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα πρωτοαναπτύχθηκαν οι δίοδοι τόσο λυχνίας όσο και ημιαγωγών πυριτίου αλλά αναπτύχθηκαν ξεχωριστά στον χώρο της ηλεκτρονικής. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ευρέως οι τύπου λυχνίας καθώς παρουσίαζαν πιο σταθερή συμπεριφορά λειτουργίας σε σχέση με αυτές του πυριτίου.

Δεκαετία του 1950: Αναπτύχθηκε μία σταθερή στην συμπεριφορά της δίοδος επαφής p-n η οποία αποτέλεσε την βάση για την ανάπτυξη της ψηφιακής τεχνολογίας και των υπολογιστικών συστημάτων.

1.3 Η εξέλιξη της βιομηχανίας

Παρόλο που υπάρχει διαφωνία μεταξύ των ειδικών ως προς το πότε ακριβώς ξεκίνησε η ανθρωπότητα να εφαρμόζει στην καθημερινότητα της την άσκηση βιομηχανικής παραγωγής, μπορεί κανείς να προσεγγίσει το ζήτημα από τον ορισμό της λέξης ως προς την έννοια της η οποία ορίζει την βιομηχανία ως την διαδικασία από την οποία με την χρήση πρώτων υλών μπορεί με την επεξεργασία τους να λάβει ένα παραγόμενο ή παρασκευασμένο προϊόν.

Ο πρωτοβιομηχανισμός περιγράφει την περιφερειακή ανάπτυξη που εξελίχθηκε παράλληλα με την εμπορική γεωργία και της αγροτικής βιοτεχνίας με σκοπό την εξαγωγή προϊόντων προς τις εξωτερικές αγορές. Ο συγκεκριμένος όρος πρωτοακούστηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970 από οικονομικούς ιστορικούς που υποστήριζαν ότι τέτοιες εξελίξεις σε μέρη της Ευρώπης μεταξύ του 16ου και του 19ου αιώνα δημιούργησαν τις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες που οδήγησαν στη Βιομηχανική Επανάσταση. Μεταγενέστεροι ερευνητές πρότειναν ότι παρόμοιες συνθήκες είχαν εμφανιστεί και σε άλλα μέρη του κόσμου. Ο πρωτοβιομηχανισμός είναι επίσης ένας όρος που αφορά μια συγκεκριμένη θεωρία για την συμβολή των πρωτοβιομηχανιών στην εκκίνηση της βιομηχανικής επανάστασης. Πτυχές της θεωρίας του πρωτοβιομηχανισμού έχουν αμφισβητηθεί από ιστορικούς. Αυτό δεν σημαίνει πως οι επικριτές της ιδέας του πρωτοβιομηχανισμού είναι απαραίτητα και επικριτές της ιδέας ότι οι πρωτοβιομηχανίες υπήρξαν σε εξέχουσα θέση ή έπαιξαν κάποιον ρόλο ως κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες. Ως αποτέλεσμα η κριτική της θεωρίας κατόρθωσε να αποδοθεί σε διάφορες μορφές όπως ότι οι πρωτοβιομηχανίες ήταν πράγματι σημαντικές και διαδεδομένες αλλά όχι και ο κύριος παράγοντας μετάβασης στον βιομηχανικό καπιταλισμό ή ότι οι πρωτοβιομηχανίες δεν ήταν αρκετά διαφορετικές από άλλους τύπους προβιομηχανικής παραγωγής ή αγροτικής βιοτεχνίας για να διαμορφώσουν ένα ευρύτερο φαινόμενο ή ότι ο πρωτοβιομηχανισμός είναι στην πραγματικότητα εκβιομηχανισμός. Άλλοι μελετητές έχουν οικοδομήσει και επεκταθεί στον πρωτοβιομηχανισμό ή ανακεφαλαίωσαν τα σημεία του σχετικά με τον ρόλο του πρωτοβιομηχανισμού στην ανάπτυξη των πρώιμων σύγχρονων οικονομικών και κοινωνικών συστημάτων της Ευρώπης και της Βιομηχανικής Επανάστασης [1].

Η Βιομηχανική Επανάσταση έδωσε τέλος στην εποχή του πρωτοβιομηχανισμού και χωρίζεται σε δύο μέρη που με την σειρά τους προώθησαν την πρόοδο της παγκόσμιας βιομηχανίας τα οποία ονομάστηκαν πρώτη και δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση. Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση όρισε την μετάβαση σε νέες διαδικασίες παραγωγής στη Μεγάλη Βρετανία, την ηπειρωτική Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες κατά την χρονική περίοδο από το 1760 περίπου έως κάποια στιγμή μεταξύ 1820 και 1840. Αυτή η μετάβαση περιλαμβάνει τη μετάβαση από τις χειρωνακτικές μεθόδους παραγωγής στην χρήση μηχανών, στη νέα χημική παραγωγή και τις διαδικασίες παραγωγής σιδήρου, στην αυξανόμενη χρήση ατμού και νερού, στην ανάπτυξη εργαλειομηχανών και στην άνοδο του μηχανοποιημένου εργοστασιακού συστήματος. Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση οδήγησε επίσης σε μια άνευ προηγουμένου αύξηση του ρυθμού της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού. Από άποψη απασχόλησης, επενδυτικού κεφαλαίου και αξία παραγωγής, τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ήταν η κυρίαρχη βιομηχανία της Βιομηχανικής Επανάστασης. Η βιομηχανία της κλωστοϋφαντουργίας ήταν επίσης η πρώτη που χρησιμοποίησε σύγχρονες μεθόδους παραγωγής. Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση ξεκίνησε στη Μεγάλη Βρετανία και κατά συνέπεια πολλές από τις τεχνολογικές και αρχιτεκτονικές καινοτομίες ήταν βρετανικής προέλευσης. Στα μέσα του 18ου αιώνα η Βρετανία υπήρξε το κορυφαίο εμπορικό έθνος στον κόσμο έχοντας υπό τον έλεγχο της μια παγκόσμια εμπορική αυτοκρατορία με αποικίες στη Βόρεια Αμερική και την Καραϊβική και με σημαντική στρατιωτική και πολιτική ηγεμονία στην Ινδία και τα γύρω της κράτη ιδιαίτερα με τους πρωτοβιομηχανοποιημένους Mughal στην Βεγγάλη μέσω των δραστηριοτήτων της Εταιρείας Ανατολικών Ινδίων. Η ανάπτυξη του εμπορίου και η άνοδος των επιχειρήσεων υπήρξαν κάποια από τα κυριότερα οφέλη της Βιομηχανικής

Επανάστασης. Η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση σηματοδοτεί μια σημαντική καμπή στην ιστορία καθώς σχεδόν κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής της ανθρωπότητας επηρεάστηκε κατά κάποιο τρόπο. Ειδικότερα, το μέσο εισόδημα και ο πληθυσμός άρχισαν να παρουσιάζουν έναν πρωτοφανή ρυθμό σταθερής ανάπτυξης. Μερικοί οικονομολόγοι έχουν πει ότι η πιο σημαντική επίδραση της πρώτης Βιομηχανικής Επανάστασης ήταν ότι το βιοτικό επίπεδο για τον γενικό πληθυσμό στον δυτικό κόσμο άρχισε να αυξάνεται σταθερά για πρώτη φορά στην παγκόσμια ιστορία, αν και άλλοι είπαν ότι δεν άρχισε να βελτιώνεται ουσιαστικά μέχρι στα τέλη του 19ου και του 20ου αιώνα [2].

Η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση η οποία είναι γνωστή και ως Τεχνολογική Επανάσταση, ήταν μια φάση ταχέων επιστημονικών ανακαλύψεων, της τυποποίησης, της μαζικής παραγωγής και εκβιομηχανισμού από το 1870 έως τις αρχές του 20ού αιώνα. Σημαντική αίσθηση προκάλεσε η παρατήρηση ότι η πρώτη Βιομηχανική Επανάσταση, η οποία έληξε στα μέσα του 19ου αιώνα, χαρακτηρίστηκε από μια επιβράδυνση του ρυθμού σημαντικών ανακαλύψεων και εφευρέσεων προτού την δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση που ξεκίνησε το 1870. Αν και ορισμένα από τα γεγονότα της μπορούν να ανιχνευθούν σε παλαιότερες καινοτομίες στον τομέα της μεταποίησης όπως είναι η καθιέρωση μιας βιομηχανίας εργαλειομηχανών, της ανάπτυξης μεθόδων για την κατασκευή εναλλάξιμων εξαρτημάτων και της εφεύρεσης της διαδικασίας Bessemer για την παραγωγή χάλυβα, η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση χρονολογείται γενικά μεταξύ 1870 και 1914, δηλαδή στην αρχή του Α' Παγκοσμίου Πολέμου. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία κατασκευής και παραγωγής επέτρεψαν την ευρεία υιοθέτηση τεχνολογικών συστημάτων όπως είναι τα τηλεγραφικά και τα σιδηροδρομικά δίκτυα, η παροχή αερίου και νερού και τα συστήματα αποχέτευσης στα αστικά και επαρχιακά κέντρα, τα οποία πρωτότερα είχαν εφαρμοστεί εγκαταστάσεις τους μόνο σε μερικές επιλεγμένες πόλεις. Ο αυξημένος ρυθμός επέκτασης των σιδηροδρομικών και τηλεγραφικών γραμμών μετά το 1870 επέτρεψε μια άνευ προηγουμένου μετακίνηση ανθρώπων και ιδεών που κορυφώθηκε σε ένα νέο κύμα παγκοσμιοποίησης. Την ίδια χρονική περίοδο εισήχθησαν νέα τεχνολογικά συστήματα και κυρίως τα δίκτυα και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και των τηλεφώνων. Η δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση συνεχίστηκε στον 20ο αιώνα με την πρώτη ηλεκτροδότηση των εργοστασίων και τη γραμμή παραγωγής και τελείωσε στην έναρξη του Α' Παγκοσμίου Πολέμου [3].

1.4 Βιομηχανία και Αυτοματοποίηση της

Το επόμενο σημαντικό εξελικτικό βήμα στις διαδικασίες και μεθόδους παραγωγής της βιομηχανίας υπήρξε η εισαγωγή του αυτόματου ελέγχου στις μηχανές παραγωγής των εργοστασίων με μεγάλο όφελος στην απόδοση της γραμμής παραγωγής κυρίως ως προς την ταχύτητα και την ποιότητα παραγωγής των προϊόντων. Αυτό έγινε δυνατό με την ενσωμάτωση των λογικών προγραμματιζόμενων ελεγκτών στις μηχανές παραγωγής.

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (Programmable Logic Controller - PLC) ή αλλιώς ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι ένα βιομηχανικού τύπου υπολογιστικό σύστημα που έχει κατασκευαστεί και προσαρμόζεται για τον έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής, όπως γραμμές συναρμολόγησης, μηχανές, ρομποτικές συσκευές ή οποιαδήποτε δραστηριότητα που απαιτεί υψηλή αξιοπιστία, ευκολία προγραμματισμού και διάγνωση σφαλμάτων διαδικασίας. Ο Dick Morley θεωρείται ο πατέρας των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών καθώς είναι ο εφευρέτης του πρώτου προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, το Modicon 084 το οποίο κατασκεύασε για την General Motors το 1968. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές μπορεί να ποικίλουν από μικρές αυτόνομες συσκευές με δεκάδες εισόδους και εξόδους (I/O) σε ένα περίβλημα ενσωματωμένο στον επεξεργαστή έως μεγάλες αυτόνομες συστοιχίες συσκευών τοποθετημένες σε κάποιου είδους ράγα με χιλιάδες I/O και οι οποίες συχνά είναι δικτυωμένες σε άλλους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές και συστήματα SCADA.

Μπορούν να σχεδιαστούν για πολλές διατάξεις ψηφιακών και αναλογικών I/O με εκτεταμένα εύρη αντοχής θερμοκρασιών, με θωράκιση ενάντια στον ηλεκτρικό θόρυβο και με αντοχή σε κραδασμούς και κρούσεις. Τα προγράμματα για τον έλεγχο της λειτουργίας του μηχανήματος συνήθως αποθηκεύονται στη μνήμη με εφεδρική μπαταρία ή σε μη πτητική μνήμη. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά στην αυτοκινητοβιομηχανία για να παρέχουν ευέλικτους, στιβαρούς και εύκολα προγραμματιζόμενους ελεγκτές για να αντικαταστήσουν τα ενσύρματα λογικά συστήματα ρελέ. Έκτοτε, έχουν υιοθετηθεί ευρέως ως ελεγκτές αυτοματισμού υψηλής αξιοπιστίας, κατάλληλοι για περιβάλλοντα στα οποία επικρατούν ακραίες για την λειτουργία τους συνθήκες. Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι ένα παράδειγμα ανθεκτικού υλικού συστήματος που λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο καθώς τα αποτελέσματα εξόδου πρέπει να παράγονται ως απόκριση στις συνθήκες εισόδου εντός περιορισμένου χρόνου διαφορετικά θα προκύψει ακούσια εκτός συγχρονισμού λειτουργία.

Επί της ουσίας ο πυρήνας ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο έχει προετοιμαστεί κατάλληλα έτσι ώστε να μπορεί να είναι μία έτοιμη λύση για χρήση ως άμεσα εγκαταστάσιμη συσκευή αναβάθμισης ενός συστήματος σε αυτοματοποιημένο. Ο μικροελεγκτής είναι μια αυτόνομη συσκευή ολοκληρωμένου κυκλώματος (Integrated Circuit - IC) που χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο των διαφόρων διατάξεων ενός ηλεκτρονικού συστήματος συνήθως μέσω μιας μονάδας μικροεπεξεργαστή (Micro Processor Unit - MPU), της μνήμης και ορισμένων περιφερειακών συσκευών. Αυτές οι συσκευές είναι βελτιστοποιημένες για ενσωματωμένες εφαρμογές που απαιτούν τόσο λειτουργικότητα επεξεργασίας όσο και ευέλικτη αλληλεπίδραση με απόκριση με ψηφιακά, αναλογικά ή ηλεκτρομηχανικά εξαρτήματα. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αναφοράς σε αυτήν την κατηγορία ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι ο "μικροελεγκτής" αλλά και η συντομογραφία "MCU" (Micro Controller Unit) χρησιμοποιείται εναλλακτικά καθώς σημαίνει "μονάδα μικροελεγκτή". Υπάρχει περίπτωση επίσης να βρεθεί και ως "μC" (καθώς το ελληνικό γράμμα μ αντικαθιστά το πρόθεμα micro). Η ονομασία "Microcontroller" είναι πολύ καλά επιλεγμένη επειδή δίνει έμφαση στα καθοριστικά χαρακτηριστικά αυτής της κατηγορίας προϊόντων. Το πρόθεμα "micro" υποδηλώνει την κλίμακα μεγέθους κατά την οποία είναι κατασκευασμένο το ολοκληρωμένο κύκλωμα και ο όρος "ελεγκτής" αναφέρεται σε μια βελτιωμένη ικανότητα εκτέλεσης λειτουργιών ελέγχου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυτή η λειτουργία είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού ψηφιακού επεξεργαστή και ψηφιακής μνήμης με πρόσθετο υλικό που έχει σχεδιαστεί ειδικά για να βοηθά τον μικροελεγκτή να αλληλοεπιδρά με άλλα εξαρτήματα.

Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη του αυτοματισμού είναι η αποδοτικότητα. Η εφαρμογή αυτοματοποιημένων διαδικασιών στην γραμμή παραγωγής μίας βιομηχανίας μπορεί να εξαλείψει τις πιο χρονοβόρες και επαναλαμβανόμενες εργασίες απελευθερώνοντας έτσι τον χρόνο των υπαλλήλων ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί σε πιο σημαντικές επιχειρήσεις και εργασίες. Επιπλέον, οι υπολογιστές και οι μηχανές τείνουν να είναι πιο ακριβείς στην εργασία τους εκτός και αν κάποιο τεχνικό σφάλμα διαταράξει τη ροή εργασίας. Η μη αυτόματη επεξεργασία οποιασδήποτε εργασίας είναι επιρρεπής σε σφάλματα, ανεξάρτητα από το πόσο αφοσιωμένο ή εξειδικευμένο είναι το άτομο που εισάγει τα δεδομένα και είναι επίσης χρονοβόρο και απαιτεί την δέσμευση πόρων. Η αυτοματοποίηση εργασιών που συνήθως απαιτούν σημαντική μη αυτόματη εισαγωγή μπορεί να εξαλείψει την πιθανότητα ανθρώπινου λάθους. Με την αυτοματοποίηση, οι επιχειρήσεις μπορούν να αναμένουν ακριβή και συνεπή αποτελέσματα που αυξάνουν την αξιοπιστία και παρέχουν σταθερή απόδοση. Με τις αυτοματοποιημένες τεχνολογίες, ό,τι απαιτεί από έναν άνθρωπο μέρες προσπάθειας μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα. Ο αυτοματισμός μπορεί επίσης να συμβάλει σε χαμηλότερο κόστος παραγωγής για τις λειτουργίες μίας βιομηχανίας επειδή η διαδικασία δεν

περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενα κόστη εκτός από τις συνήθεις συντηρήσεις και επισκευές. Ενώ η αρχική δαπάνη για την εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων μπορεί να προκύψει υψηλή, η συνολική επένδυση θα αποδειχθεί χρήσιμη και μακροπρόθεσμα θα αποσβεστεί. Ο αυτοματισμός εξαλείφει τους κινδύνους που σχετίζονται με πολλές επικίνδυνες εργασίες όπως η άρση μεγάλων βαρών και η εργασία με επικίνδυνα χημικά. Αυτοματοποιώντας αυτές τις επικίνδυνες εργασίες μειώνεται η πιθανότητα εργατικών ατυχημάτων συμβάλλοντας σε αυξημένη ασφάλεια στο εργασιακό περιβάλλον [4].

1.5 Αντίκτυπος στην κοινωνία

Η εφαρμογή του αυτοματισμού στην βιομηχανία έχει επηρεάσει σε διάφορους τομείς την κοινωνία με τέτοιο τρόπο που πυροδοτεί πολλές αντιπαραθέσεις καθιστώντας το τουλάχιστον αμφιλεγόμενο. Ο αντίκτυπος στην εργασία ήταν μία από τους τις πρώτες ανησυχίες των επαγγελματιών που ασχολήθηκαν με τις συνέπειες του αυτοματισμού καθώς επηρεάζονται δύο διαφορετικές πτυχές της ανθρώπινης εργασίας. Η μία αφορά την σωματική εργασία ανθρώπων ή/και ζώων η οποία αντικαθίσταται από την μηχανοποίηση και άλλη αφορά αισθητηριακά και τις πνευματικές ικανότητες ενός ανθρώπου που αντικαθίστανται από αυτοματοποιημένες συσκευές ή/και υπολογιστές. Στο πλαίσιο αυτό ο φόβος της απώλειας θέσεων εργασίας από μαζική εισαγωγή τεχνολογιών του Αυτοματισμού και του Ελέγχου φαίνεται να είναι λογικός. Συγκεκριμένα αυτό ισχύει για τμήματα της ανθρώπινης απασχόλησης όπου οι δουλειές είναι πολύ απλές και επαναλαμβανόμενες και σε τέτοιες περιπτώσεις η αυτοματοποίηση γίνεται αντιληπτή ως τεχνολογία “δολοφόνος εργασίας”. Πέρα από αυτό ωστόσο, η αυτοματοποίηση αποδεικνύεται να είναι στην πραγματικότητα δημιουργός θέσεων εργασίας. Με αυτήν την λογική χρειάζεται μια ορισμένη ανακατανομή των θέσεων στους χώρους εργασίας. Σίγουρα αυτό μπορεί να επηρεάσει με αρνητικό τρόπο ένα ποσοστό των εργαζομένων, κυρίως αυτούς με περιορισμένα εργασιακά προσόντα και ικανότητες. Αντίστοιχα έγιναν οι προβλέψεις γύρω στη δεκαετία του '80 οι οποίες έδειξαν ότι η αυτοματοποίηση αλλάζει κυρίως τη δομή αλλά όχι τον αριθμό των θέσεων εργασίας. Παρόλα αυτά μπορεί να γίνει κατανοητό ότι σε αυτή την περίπτωση αυτές οι μεταρρυθμίσεις είναι βαθιά ριζωμένες στη γενική αλλαγή της τεχνολογία εργασίας και σε κάθε περίπτωση φαίνεται ότι η γενική τάση τείνει στην αντικατάσταση της ανθρώπινης εργασίας στους τομείς της βιομηχανίας και στην γεωργία. Σαν συνέπεια αυτής της τάσης φαίνεται πως η ανθρώπινη εργασία κατευθύνεται στις παροχές υπηρεσιών. Το γεγονός αυτό δείχνει να είναι σύμφωνο με προβλέψεις που αναφέρουν ότι στα τέλη του 21ου αιώνα μόνο ένα μικρό ποσοστό των ανθρώπων θα εργάζονται με στόχο την παραγωγή αρκετών αγαθών για ολόκληρο το σύνολο του παγκόσμιου πληθυσμού.

Η βασική ιδέα της αυτοματοποίησης ήταν να απαλλάξει τον άνθρωπο από την βαριά, επαναλαμβανόμενη και επικίνδυνη εργασία. Αλλά δεν υπάρχει αμφιβολία ότι αυτή η ίδια τεχνολογία έχει επιφέρει τις μέγιστες αλλαγές και προβλήματα στον τομέα της εργασίας και της οργάνωση εργασίας. Ένα μεγάλο μέρος των αιτιών για τα προβλήματα αυτά μπορούν να αποδοθούν σε αντικρουόμενους στόχους του αυτοματισμού, δηλαδή αφενός η διαχείριση στοχεύει στην επίτευξη της καλύτερης εκμετάλλευσης πόρων, ενώ αφετέρου οι εργαζόμενοι θέλουν ευκολότερες δουλειές και ικανοποίηση των προσωπικών και κοινωνικών τους αναγκών. Η αλόγιστη εισαγωγή του αυτοματισμού εις βάρος των αναγκών και των δυνατοτήτων των ανθρώπων είχαν πολλές ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιεχόμενο της εργασίας. Αλλά όπως συμβαίνει με όλα τα πράγματα, τα προβλήματα του κόσμου δεν προκαλούνται από την ίδια την τεχνολογία αλλά με τον τρόπο που εφαρμόζεται και μεταχειρίζεται. Οι αλλαγές στο περιεχόμενο και τον τρόπο που εκτελούνται οι εργασίες από την εφαρμογή του αυτοματισμού γίνονται αισθητές σε πολλές και διαφορετικές μορφές, προκαλώντας αποξένωση των εργαζομένων από τη δουλειά τους. Για παράδειγμα, μεταξύ των τυπικών συνεπειών της εφαρμογής του

αυτοματισμού είναι η μεταβολή της εργασίας σε ρυθμό και συχνότητα όπως όταν οι χειριστές ορισμένων αυτοματοποιημένων διεργασιών ή συσκευών (χημική βιομηχανία ή πτήσεις μεγάλων αποστάσεων) βιώνουν μεγάλες περιόδους ηρεμίας ή μονοτονίας ακολουθούμενοι από ξαφνική εμφάνιση πολλαπλών ταυτόχρονων συναγερμών που προκαλούν τεράστιο άγχος και ακανόνιστο ψυχολογικό φόρτο εργασίας στον χειριστή που πρέπει να διαχειριστεί την κάθε κατάσταση. Αυτή η κατάσταση έχει χαρακτηριστεί ως μία από τις ειρωνείες του αυτοματισμού καθώς όσο πιο προηγμένο είναι ένα σύστημα ελέγχου, τόσο περισσότερο κρίσιμη μπορεί να είναι η συμβολή του ανθρώπινου χειριστή. Δηλαδή το αυτοματοποιημένο σύστημα αναλαμβάνει από τον άνθρωπο χειριστή ως επί του πλείστου την απλούστερη εργασία ενώ οι πιο περίπλοκες και απρόβλεπτες εργασίες παραμένουν στην ευθύνη του ανθρώπου.

Οι συνέπειες αυτής της κατάστασης είναι πολλές. Πρώτον η αφηρημάδα καθώς η τακτική και μονότονη εργασιακή δραστηριότητα κάνει τον χειριστή να ξεχάσει τις βασικές του/της εργασιακές δεξιότητες. Δεύτερον το άγχος και υψηλός ψυχολογικός φόρτος εργασίας εξαιτίας καταστάσεων όπου το αυτοματοποιημένο σύστημα παρουσιάζει αστοχία και πρέπει να τεθεί ξανά σε καθήκον ο άνθρωπος όπου συχνά απαιτούνται ενέργειες και ταχύτητα χειρισμού που ξεπερνούν τις πραγματικές δυνατότητες του ατόμου σε ορισμένες περιπτώσεις οι οποίες οδηγούν το άτομο σε απογοήτευση και στο άσχημο συναίσθημα ότι όλα βρίσκονται εκτός ελέγχου. Όλα αυτά προκαλούν αποθάρρυνση του ανθρώπου ως προς το κίνητρο του για εργασία και σε ακραίες περιπτώσεις την απώλεια αυτοσεβασμού του εργαζομένου. Ένα άλλο πρόβλημα σε παρόμοιο πλαίσιο προκαλείται επίσης σε συστήματα αυτοματισμού με κεντρικό κόμβο ελέγχου. Αυτό συχνά προκαλεί στον εργαζόμενο τον φόβο της επίβλεψης ο οποίος προκαλείται από την ανησυχία του ότι σε στιγμή που μπορεί να αποσπαστεί η προσοχή θα συμβεί ένα καταστροφικό γεγονός και κατά συνέπεια προκαλεί άσχημη ψυχολογική κατάσταση λόγω της προσωπικής εντύπωσης στέρησης δυνατοτήτων και αμφιβολίας ως προς την ικανότητα λήψης αποφάσεων. Μεταξύ των σοβαρών προβλημάτων που προκαλούνται από τις αλλαγές στο οργάνωση της εργασίας μέσω της αυτοματοποίησης είναι επίσης η διάχυση και η παραμέληση της υπευθυνότητας του εργαζομένου για τα αποτελέσματα του στην εργασία. Επειδή συχνά τα όρια της ευθύνης είναι ασαφή έχει σημειωθεί το φαινόμενο μερικοί από τους εργαζόμενους να αποδίδουν ψευδώς την ευθύνη στο σύστημα ελέγχου ή στο υπολογιστικό σύστημα με συνέπεια την διαστρέβλωση της εμπιστοσύνης στα τεχνολογικά μέσα. Στην πραγματικότητα για πολλούς είτε είναι η μυστήρια φύση του “παντοδύναμου” συστήματος ελέγχου, είτε είναι η ολοκληρωτική δυσπιστία που προκαλείται από το γεγονός ότι ο ανθρώπινος χειριστής δεν μπορεί να κατανοήσει την λογική της “τεχνητής νοημοσύνης” η οποία είναι μία τεχνητή οντότητα που μπορεί να προγραμματιστεί στο υλικό και οφείλεται στην τεχνολογία. Γενικά οι ανεπιθύμητες παρενέργειες του αυτοματισμού απαριθμούνται στα παραπάνω και συχνά επιδεινώνονται καθώς εξακολουθούν να εφαρμόζονται τακτικές στην οργάνωση της εκτέλεσης της εργασίας από την προ αυτοματοποιημένη εποχή σε πολλούς χώρους εργασίας από πολλές βιομηχανίες. Η κατάσταση αυτή μπορεί να οδηγήσει τους εργαζόμενους στην εντύπωση ότι είναι υπόδουλοι των μηχανών. Αν συμβαίνει μια τέτοια κατάσταση τότε περιπλέκεται περαιτέρω από την μη ευαίσθητη μετάβαση των εργαζομένων λόγω της αποτυχίας εφαρμογής της νέας οργάνωσης της εργασίας που ενδεχομένως να γίνει η αιτία της απώλειας της κοινωνικής θέσης του εργάτη που σχετίζεται με την εργασία και στην ανεπάρκεια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και των εργασιακών δεξιοτήτων που απαιτούνται ως ελάχιστες για την ικανοποιητική κατάσταση υπόβαθρου του εργάτη ανεβάζοντας το εκπαιδευτικό επίπεδο πιστοποίησης τους όπου, κατά συνέπεια, μπορούν τελικά οι συνέπειες της αυτοματοποίησης για τους εργαζόμενους να είναι καταστρεπτικές.

Μερικές φορές φαίνεται πως υπάρχει η δυσκολία του να γίνει αντιληπτή η διασύνδεση μεταξύ αυτοματισμού και πολιτισμού και το θέμα αυτό είναι σημαντικό διότι οι κοινωνικές επιπτώσεις μπορούν

να κλιμακωθούν αρνητικά και ραγδαία. Με την εισαγωγή στην κοινωνία μιας τεχνολογικής καινοτομίας πρέπει να μπορεί να γίνει κατανοητή μόνο έναντι του υπόβαθρου της βάση του συγκεκριμένου πολιτισμικού πλαισίου, όπου ως πολιτισμός συνήθως εννοείται η συλλογική στάση της συμπεριφοράς μιας μεγαλύτερης ομάδας ανθρώπων που σχηματίζει μία κοινωνία ικανή να συνδέει το τεχνικό, το κοινωνικό και το πνευματικό επίπεδο δημιουργώντας ένα μείγμα αξιών, ηθών, παραδόσεις, ερμηνείες με μοναδική ταυτότητα. Όπως αναφέρεται και παρακάτω οι πολιτισμικοί παράγοντες πρέπει να μπορούν να ενσωματωθούν στην νέα τεχνολογία ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί ως κοινωνικά κατάλληλη. Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι ο ορισμός και οι απαιτήσεις της κοινωνικά κατάλληλης τεχνολογίας κριτικά εξαρτώνται από τις πολιτισμικές ιδιαιτερότητες της χώρας όπου αυτή η τεχνολογία θα αναπτυχθεί. Δεν είναι σημαντικό μόνο το ερώτημα ως προς ποιο είναι τελικά φθηνότερο, η ανθρώπινη ή η μηχανική εργασία αλλά υπάρχουν πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν, όπως η πολιτιστική πτυχή που επηρεάζεται από την εφαρμογή του αυτοματισμού αλλά και οι προηγμένες τεχνολογίες που σε διάφορες χώρες αντιμετωπίζονται στο αν ο αριθμός εργασιών που τους δόθηκαν εκτελείτε καλύτερα από τον ανθρώπινο παράγοντα ή όχι. Στην σύγχρονη εποχή πραγματοποιείται έντονη αντιπαράθεση ως προς το ποιες θα είναι οι μελλοντικές μορφές εργασίας και πώς θα έπρεπε η τεχνολογία να αξιοποιηθεί καλύτερα για την κάλυψη τόσο των οικονομικών όσο και των κοινωνικών αναγκών. Παράλληλα υπάρχει οξυμένος παγκόσμιος ανταγωνισμός στις επιχειρήσεις που παράγουν προϊόντα όπου η τεχνολογία η ίδια θεωρείται λιγότερο ως το κυρίαρχο τους μέσο καθώς με τον τρόπο που είναι οργανωμένες η κύρια παραγωγή η οποία εξαρτάται από τους ανθρώπινους πόρους όπως είναι οι δεξιότητες, η δημιουργικότητα, οι αξίες, η δέσμευση κ.λπ. που δίνει το καλύτερο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Τέτοιοι παράγοντες έχουν πολιτισμικό υπόβαθρο και έτσι πρέπει να αρχίσουμε να βλέπουμε τον πολιτισμό ως ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Επομένως προκύπτει πως το βαθύτερο ζητούμενο για έρευνα είναι το πως να δημιουργηθεί καλύτερα η ισχυρή πλευρά ενός πολιτισμού όπου πρέπει να πληρούνται οι κοινωνικές γνώσεις σε αρμονία με το ελάχιστο εκπαιδευτικό υπόβαθρο που να οδηγεί σε κοινωνικά επιθυμητές απαιτήσεις και κοινωνικά αποδεκτές εναλλακτικές λύσεις για το σχεδιασμό του αυτοματισμού. Υπό αυτές τις προϋποθέσεις πρόκειται να τεθούν κυρίως κατευθυντήριες γραμμές, κριτήρια, πρότυπα και άλλες μορφές συστάσεων για την ανάπτυξη κοινωνικά επιθυμητών τεχνολογιών επικοινωνιών και πληροφοριών καθώς και γνωστά παραδείγματα, προσεγγίσεις, μεθοδολογίες και καλός σχεδιασμός πρακτικών που οδηγούν σε συστήματα, τα οποία είναι κοινωνικά αποδεκτά. Για να κατανοηθούν αντικειμενικά οι προσπάθειες των ερευνητών είναι απαραίτητο να είναι σαφές τι σημαίνει όταν μία τεχνολογία μπορεί να χαρακτηριστεί ως κοινωνικά επιθυμητή ή κοινωνικά κατάλληλη. Επομένως ώστε να μπορεί ένας αυτοματισμός να χαρακτηριστεί ως κοινωνικά κατάλληλος και κοινωνικά επιθυμητός κατά τα συμφραζόμενα θα πρέπει να η κατασκευή του να είναι ευέλικτη σύμφωνα με τα πρότυπα των λεγόμενων κοινωνικοτεχνικών συστημάτων έτσι ώστε ο σχεδιασμός να λειτουργεί ως βάση για την ανάπτυξη των κοινωνικά επιθυμητών συστημάτων. Για την υλοποίηση όλων αυτών υπάρχουν μερικές πολύ απλές ιδέες που μπορούν να στηρίξουν αυτές τις αρχές και η βασικότερη είναι ο κοινός σχεδιασμός και η βελτιστοποίηση της τεχνολογίας και της οργάνωσης.

Μία εξαιρετική και συστηματική οργάνωση και εφαρμογή των κοινωνικοτεχνικών αρχών για τον σχεδιασμό του συστήματος με βάση όλες τις προηγούμενες διατυπώσεις μπορούν να αποδώσουν ένα πολύ συστηματικό μοντέλο ικανό να παρουσιάσει το κατάλληλα κοινωνικό πρόσωπο της αυτοματοποίησης και για τον σχεδιασμό τέτοιων συστημάτων αυτό σημαίνει την ενσωμάτωση τεχνικών, ανθρώπινων, οργανωτικών, οικονομικών και πολιτιστικών παραγόντων. Επιπλέον παρέχεται η βάση του κοινωνικά κατάλληλου σχεδιασμού όπου οι άνθρωποι είναι υπεύθυνοι σε τρεις κύριους σχεδιαστικούς στόχους. Ότι δηλαδή η τεχνολογία θα πρέπει πρώτον να παρέχει την κατάλληλη

υποστήριξη βοηθώντας τους ανθρώπους να ξεπεράσουν τους περιορισμούς τους, δεύτερον να παρέχει την κατάλληλη αλληλεπίδραση βοηθώντας τους ανθρώπους να βελτιώσουν τις ικανότητές τους και τρίτον την κατάλληλη ενθάρρυνση προς την διευκόλυνση της αποδοχής των χρηστών. Όταν γίνεται λόγος για τα κριτήρια ενός κοινωνικά κατάλληλου σχεδιασμού πρέπει να αναφέρεται επίσης η έμφαση στην οποία θα πρέπει να δίνεται στις απαιτήσεις για τον σχεδιασμό της οργάνωσης της εργασίας της παραγωγής σε ένα σύνθετο σύστημα ανθρώπου – μηχανής το οποίο βρίσκεται σε άμεσο συσχετισμό με τα ανωτέρω ένα ολοκληρωμένο σύνολο κριτηρίων για συμπληρωματική κατανομή λειτουργιών σε αυτοματοποιημένα συστήματα εργασίας, που χρησιμοποιούνται εντός των τριών σταδίων της κοινωνικής - τεχνικής προσέγγισης. Ίσως το πιο αντιπροσωπευτικό παράδειγμα που συνέβαλε στην ανάπτυξη κοινωνικά κατάλληλης τεχνολογίας συμπεριλαμβανομένων ειδικότερα των τεχνολογιών επικοινωνιών και πληροφοριών είναι αυτή του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού. Και πράγματι η έννοια της κοινωνικά κατάλληλης αυτοματοποίησης κατά κάποιο τρόπο συνεπάγεται ότι τέτοια συστήματα είναι ανθρωποκεντρικά όπου οι χρήστες εντοπίζονται στο κέντρο της διαχείρισης τους αν και μπορεί να σημειωθεί εδώ ότι αυτή η επίπτωση δεν ισχύει απαραίτητα σε αντίθετη περίπτωση. Τα συστήματα παραγωγής ήταν πολύ δημοφιλή στην Ευρώπη κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του ενενήντα και δημιούργησαν την βάση για την Ευρωπαϊκή ανταγωνιστικότητα στον 21ο αιώνα.

Τα θέματα περιβάλλοντος, υγείας και ασφάλειας πρέπει να συμπεριληφθούν επειδή είναι μεγάλης κοινωνικής σημασίας και το ανθρώπινο ενδιαφέρον σε σχέση με αυτά έχουν να κάνουν τόσο με τις πραγματικές όσο και με τις πιθανές επιπτώσεις του αυτοματισμού. Όπως για παράδειγμα ο ρόλος της πληροφορικής και των δικτύων στην προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης που εναρμονίζει τις αντικρουόμενες απαιτήσεις για την προστασία του περιβάλλοντος και της οικονομική ανάπτυξης ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες σχετικά με την νέα επιλογή της περίπτωσης της καθαρής τεχνολογίας σε σύγκριση με τις παλαιότερες Clean up και Dilute & Disperse επιλογές απεικονίζοντας τις τρεις επιλογές μέσω αντίστοιχων περιπτώσιολογικών μελετών. Αν και όχι ρητά, αναφέρθηκε πως τα ευρήματα είναι σχετικά με τους σχεδιαστές των περιβαλλοντικά αποδεκτών συστημάτων αυτοματισμού. Όσων αφορά τα θέματα υγείας μέσα στο πλαίσιο των συστημάτων αυτοματισμού εξετάζονται από δύο οπτικές γωνίες. Αφενός έχουν τον αρνητικό αντίκτυπο ο οποίος εξετάζεται κυρίως λαμβάνοντας υπόψιν τους αγγωτικούς χώρους εργασίας όπως αναφέρθηκε νωρίτερα στην παρούσα ενότητα. Ενώ από την άλλη πλευρά υπάρχουν επίσης πολλές θετικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή της τεχνολογίας ελέγχου σε συστήματα της βιοϊατρικής και υγειονομικής περίθαλψης. Τέλος όσων αφορά τα θέματα ασφάλειας οι σχετικές επιπτώσεις γίνονται ολοένα και περισσότερο σημαντικές και αντιμετωπίζονται εκτενώς από διάφορους φορείς. Οι προσεγγίσεις και οι αντίστοιχες λύσεις που εξετάζουν την ασφάλεια σε σχέση με τους ανθρώπινους και οργανωτικούς παράγοντες είναι σίγουρα όχι μόνο ενδιαφέροντες αλλά και έχουν πολύ νόημα ως προς το περιεχόμενο αλλά και την εφαρμογή τους.

Πολλά από αυτά που ήδη αναφέρθηκαν κατά τις προηγούμενες παραγράφους ισχύουν επίσης για ζητήματα ηθικής, ευθύνης και δημόσιας πολιτικής. Η ηθική και η υπευθυνότητα στην ανάπτυξη των συστημάτων αυτοματισμού αντιμετωπίζονται εδώ και δεκαετίες από ερευνητές που προέρχονται μέσα από όλους τους επιστημονικούς τομείς και είτε αφορούν άμεσα θέματα πολιτικής που αφορούν τον άμεσο συσχετισμό με νέες τεχνολογίες, είτε μπορούν να θεωρηθούν ως αξιολογη βάση για το σχεδιασμό τους σε τέτοιες κυβερνητικές ή επιχειρηματικές πολιτικές είτε σε εθνική, είτε σε περιφερειακή κλίμακα. Είναι ένα ζήτημα το οποίο περιλαμβάνει μεγάλη σπουδαιότητα λόγω της περιπλοκότητας του και απαιτεί την προσέγγιση σε αυτό από πάρα πολλές οπτικές πλευρές έτσι ώστε να γίνεται όσο το δυνατόν αμιγώς αποδεκτό από το σύνολο της σύγχρονης κοινωνίας [5].

1.6 Εργοστασιακές μονάδες

Μία σπουδαία αυτόνομη οντότητα η οποία αποτέλεσε σημαντικό ρόλο στην τεχνολογική προώθηση και ανάπτυξη του αυτομάτου ελέγχου γενικότερα αποτελεί η δημιουργία της εργοστασιακής δομής η οποία μπορεί να στεγάζει σε ένα γεωγραφικό σημείο έναν ελάχιστο αριθμό γραμμών παραγωγής και το απαραίτητο εργατικό προσωπικό το οποίο εκτελεί το σύνολο των απαραίτητων διεργασιών του καθώς και το απαιτούμενο προσωπικό υποστήριξης του. Γενικότερα οι σύγχρονες εργοστασιακές δομές προέκυψαν στην σημερινή γνωστή τους μορφή με την εισαγωγή των διάφορων μηχανημάτων και εργαλειομηχανών κατά τη διάρκεια της βιομηχανικής επανάστασης όπως αυτή συνέβη σε όλα της τα στάδια, όταν οι απαιτήσεις του κεφαλαίου και του χώρου εξελίχθηκαν σε πολύ μεγάλες ώστε να μπορούν να ικανοποιούνται από τους χώρους της οικοτεχνίας ή των παραδοσιακών εργαστηρίων. Οι πρώτες εργοστασιακές δομές οι οποίες μπορούσαν να περιέχουν στον χώρο τους μία ελάχιστη ποσότητα μηχανημάτων και εργαλειομηχανών, όπως για παράδειγμα μία ή δύο νηματουργικές ανεμώνες και λιγότερους από δώδεκα εργάτες ονομάστηκαν δοξασμένα εργαστήρια [6]. Οι περισσότερες σύγχρονες εργοστασιακές δομές διαθέτουν επίσης στους χώρους τους μεγάλες αποθήκες ή εγκαταστάσεις οι οποίες είναι όμοιες με αποθήκες οι οποίες στο περιεχόμενο τους διαθέτουν βαρύ βιομηχανικό εξοπλισμό ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή και/ή κατασκευή μίας ή και περισσότερων γραμμών συναρμολόγησης για της ανάγκες της εργοστασιακής δομής αναλόγως το προϊόν το οποίο θα παράγει. Οι μεγάλες εργοστασιακές δομές τείνουν να βρίσκονται γεωγραφικά τοποθετημένες έτσι που να διαθέτουν πρόσβαση σε πολλαπλούς τρόπους μεταφοράς, ορισμένα μάλιστα διαθέτουν εγκαταστάσεις φόρτωσης και εκφόρτωσης επί σιδηροδρομικών συρμών, αυτοκινητοδρόμων και νερού [7]. Οι εργοστασιακές δομές μπορούν είτε να παράγουν διακριτά προϊόντα ή κάποιο είδος συνεχούς παραγόμενου υλικού, όπως χημικά, πολτός και χαρτί ή προϊόντα επεξεργασίας πετρελαίου. Οι εργοστασιακές δομές οι οποίες παράγουν χημικά σκευάσματα ονομάζονται συχνά μεμονωμένα ως εργοστάσια και μπορεί να διαθέτουν το μεγαλύτερο μέρος του εξοπλισμού τους, όπως δεξαμενές, δοχεία πίεσης, χημικούς αντιδραστήρες, αντλίες και σωληνώσεις, σε εξωτερικούς χώρους στην γεωγραφική τοποθεσία της εργοστασιακής δομής όπου λειτουργούν και επιτηρούνται από δωμάτια ελέγχου. Για παράδειγμα τα διυλιστήρια πετρελαίου διαθέτουν το μεγαλύτερο μέρος του βιομηχανικού εξοπλισμού τους σε εξωτερικούς χώρους στον ίδιο χώρο της εργοστασιακής δομής. Τα διακριτά προϊόντα από την άλλη μπορεί να είναι είτε τελικά προϊόντα, είτε εξαρτήματα και υποσυστήματα τα οποία μετατρέπονται σε τελικά προϊόντα είτε στην ίδια εργοστασιακή δομή αλλά σε άλλη γραμμή συναρμολόγησης, είτε σε άλλη εργοστασιακή δομή η οποία μπορεί να τα έχει παραγγείλει βάση κάποιων συγκεκριμένων προδιαγραφών. Οι εργοστασιακές δομές δύναται να προμηθεύονται διάφορα ανταλλακτικά έτοιμα από άλλες εργοστασιακές δομές και βιοτεχνίες, αναλόγως την περιπλοκότητα τους μέγεθος τους ή ακόμη και ακρίβεια κατασκευής τους, ή να τα κατασκευάζουν εντός του χώρου τους οι ίδιες από πρώτες ύλες τις οποίες μπορεί να προμηθεύεται. Οι βιομηχανίες συνεχούς παραγωγής χρησιμοποιούν συνήθως θερμότητα ή ηλεκτρισμό για να μετατρέψουν τις ποσότητες των πρώτων υλών σε τελικά προϊόντα.

Ο όρος μύλος αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά στο άλεσμα διάφορων σιτηρών και δημητριακών με την βοήθεια ενός πέτρινου τροχού επί μίας επίπεδης σκληρής επιφάνειας, ο οποίος μέχρι ένα χρονικό σημείο συνήθως αξιοποιούσε διάφορους φυσικούς πόρους όπως το νερό ή την αιολική ενέργεια έως ότου αυτοί εκτοπίστηκαν και αντικαταστάθηκαν από την ατμοηλεκτρική ενέργεια τον 19^ο αιώνα. Επειδή πολλές διεργασίες όπως η κλώση και η ύφανση, η έλαση σιδήρου και η κατασκευή χαρτιού πραγματοποιούνταν αρχικά με τροφοδοσία νερού, ο όρος επιβιώνει όπως στη χαλυβουργία, τη χαρτοποιία και τα λοιπά. Πριν από την εμφάνιση των μαζικών μεταφορών, οι ανάγκες των εργοστασίων για ολόένα και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εργατών σήμαιναν ότι συνήθως εξελίσσονταν σε ένα είδους

αστικό περιβάλλον ή ενθάρρυναν έστω την δική τους αστικοποίηση. Οι βιομηχανικοί οικισμοί οι οποίοι χαρακτηρίζονταν από περιορισμένους πόρους και χαμηλή αντικειμενική αξία κατόρθωσαν να αναπτυχθούν και να ενισχυθούν αυτοδημιούργητα μέσω των σταθερών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ιδίων και των εργοστασίων της ευρύτερης περιοχής τους, όπως για παράδειγμα όταν η πρωτεύουσα παραγωγή ή τα απόβλητα ενός εργοστασίου έγιναν πρώτες ύλες ενός άλλου εργοστασίου ή βιοτεχνίας της ευρύτερης περιοχής. Τα κανάλια και οι σιδηρόδρομοι ως μέσα πρόσβασης σε αυτές τις εργοστασιακές δομές αυξήθηκαν και διαμορφώθηκαν κατάλληλα έτσι ώστε να μπορούν να παρέχουν την κατάλληλη πρόσβαση σε αυτές ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες τους και κατ' επέκταση συνέβαλαν στην δημιουργία και εξάπλωση των εργοστασιακών δομών γενικότερα. Έτσι η καθεμία από αυτές τις εργοστασιακές δομές συγκεντρώθηκε μαζί με τις υπόλοιπες γύρω από πηγές οικονομικότερης παροχής ενέργειας, διαθέσιμων υλικών και πρώτων υλών ή/και μαζικών αγορών επιτυγχάνοντας ακόμη οικονομικότερους πόρους πρώτων υλών. Την ίδια εποχή παρατηρήθηκε πως αυτό το φαινόμενο αύξησης του συνολικού οφέλους που παρέχει στο σύνολο της μία εργοστασιακή δομή μπορεί να παρέχεται ακόμη και όταν αυτή δημιουργηθεί σε καθαρά αγροτικό περιβάλλον ή γεωγραφική τοποθεσία γενικότερα, οι οποίες αρχικά ανέπτυξαν τα δικά τους συγκροτήματα εργατικών κατοικιών αλλά επωφελήθηκαν επίσης και από τα νέο ιδρυθείσα συστήματα συγκοινωνιών τα οποία σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξυπηρετούν κυρίως την μετακίνηση των εργαζομένων από και προς τις εργοστασιακές δομές. Κάποια στιγμή κρίθηκε απαραίτητο να θεσπιστούν σύνολα κανονισμών και ακόμη και νομικών πλαισίων κατά τα οποία περιορίστηκε η επιβολή της διοίκησης των εργοστασιακών δομών επί του εργατικού προσωπικού ως προς το θέμα της κατοικίας τους, κυρίως από τις χειρότερες υπερβολές της εργοστασιακής κοινωνίας της εκβιομηχάνισης, με τους εργάτες να πρωτοστατούν μέσω διαδηλώσεων διαμαρτυρίας υπέρ των εργατικών δικαιωμάτων. Παράλληλα όλα τα μέσα μαζικών μεταφορών όπως οι σιδηρόδρομοι, τα τραμ, τα λεωφορεία και τα αυτοκίνητα αλλά και η υπηρεσία πολεοδομίας της κάθε επικράτειας ενθάρρυναν τελικά την διακριτή ανάπτυξη των βιομηχανικών προαστίων και των οικιστικών προαστίων, με αποτέλεσμα την μετακίνηση του εργατικού προσωπικού να πραγματοποιείται μεταξύ των δύο προαστίων. Αν και κατά την αρχική περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης οι εργοστασιακές δομές κατόρθωσαν να διατηρήσουν ολοκληρωτική επικράτεια στον χώρο εκμετάλλευσης της εργατικής ισχύος, η ανάπτυξη στον τομέα των υπηρεσιών άρχισε τελικά να ελέγχει όλο και μεγαλύτερο ποσοστό της εργατικής ισχύος με την πάροδο του χρόνου μετατοπίζοντας το επίκεντρο της εργασίας σιγά σιγά στον δικό της χώρο εργασίας, το οποίο γενικότερα μετατοπίστηκε είτε σε πύργους γραφείων εντός κάποιου αστικού κέντρου, είτε σε ημιαγροτικές εγκαταστάσεις τύπου πανεπιστημιούπολης καθιστώντας έτσι έναν αριθμό εργοστασιακών δομών, οι οποίες ήδη είχαν υποβαθμιστεί λόγω τεχνολογικής προόδου, άχρηστες και εγκαταλελειμμένες. Το επόμενο πλήγμα στις παραδοσιακές εργοστασιακές δομές προήλθε από την εδραίωση της παγκοσμιοποίησης. Συγκεκριμένα οι διαδικασίες παραγωγής αλλά και οι λογικοί διάδοχοί τους οι εργοστασιακές δομές συναρμολόγησης, στα τέλη του 20^{ου} αιώνα επικεντρώθηκαν εκ νέου σε πολλές περιπτώσεις στις ειδικές οικονομικές ζώνες στις αναπτυσσόμενες χώρες ή στις εργοστασιακές δομές κρατών χαμηλής φορολογίας οι οποίες εντοπίζονταν γεωγραφικά ακριβώς πέρα από τα εθνικά σύνορα των βιομηχανοποιημένων κρατών. Περαιτέρω μετεγκατάσταση στα λιγότερο βιομηχανοποιημένα έθνη προκύπτει ιδιαίτερα πιθανή καθώς τα οφέλη από την ανάθεση σε κράτη του εξωτερικού και τα διδάγματα της ευέλικτης γεωγραφικής τοποθεσίας ισχύουν ακόμη περισσότερο στο εγγύς μέλλον. Μάλιστα μεγάλο μέρος της θεωρίας της διαχείρισης αναπτύχθηκε ως απάντηση στην ανάγκη ελέγχου των διεργασιών του εργοστασίου. Ωστόσο ένα παράδειγμα μιας πιο σύγχρονης προσέγγισης για τη σχεδίαση χειρισμού που εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις παραγωγής μπορεί να βρεθεί στα Κοινωνικο-Τεχνικά Συστήματα (Social Technical Systems - STS) [8][9].

1.7 Επίλογος

Το πρώτο κεφάλαιο γενικότερα περιλαμβάνει την απαραίτητη γνωστική βάση για την ορθή έκβαση του αποτελέσματος της παρούσας εργασίας που αφορά πολύ πιο συγκεκριμένη εξειδίκευση για τις ανάγκες της ολοκλήρωσης της. Περιλαμβάνει την εισαγωγή που περιγράφει το σύνολο της εργασίας, μία ιστορική αναδρομή, την σχετική με τη παρούσα εργασία εξέλιξη της βιομηχανίας, την επιρροή του αυτοματισμού και τον κοινωνικό αντίκτυπο.

Η έλευση της βιομηχανίας ήταν το αναμενόμενο αποτέλεσμα μίας σειράς ανάπτυξης στους τομείς του εμπορίου, του χρηματοοικονομικού, της τροφοδοσίας των αστικών κέντρων, της τεχνολογίας, των επιστημών και της παραγωγής που οδήγησαν στις βιομηχανικές επαναστάσεις από τον 18^ο αιώνα μέχρι και σήμερα.

Οι βιομηχανικές επαναστάσεις δεν ήταν μόνο το αναμενόμενο αποτέλεσμα διαφόρων εξελίξεων αλλά είχαν τεράστιο αντίκτυπο στις αναμορφώσεις στα πεδία της οργάνωσης, της υγείας, των εφαρμοσμένων φιλοσοφιών, της παιδείας, της παραγωγής και της αποδοτικότητας.

Μία γραμμή παραγωγής αποτελεί ένα εργαλείο που η χρησιμότητα του περιγράφει μία διαδικασία κατά την οποία διάφορες πρώτες ύλες, αντικείμενα και εξαρτήματα μέσα από μία αυστηρή σειρά εκτελέσεων διεργασιών αποδίδονται στο τέλος ως ένα ολοκληρωμένο προϊόν και μπορεί να πραγματοποιηθεί θεωρητικά επαναληπτικά επ' αορίστου.

Εργοστάσιο ονομάζεται μία δομή η οποία έχει την δυνατότητα και τις προδιαγραφές να στεγάσει έναν ορισμένο αριθμό λειτουργικών γραμμών παραγωγής και το εργατικό προσωπικό τους, καθώς και τα περιφερειακά τους τμήματα όπως το λογιστήριο, την έρευνα και ανάπτυξη, τον ποιοτικό έλεγχο, τις πωλήσεις και την διανομή έτσι που να αποτελεί την οντότητα μιας επιχείρησης.

Οι μηχανές παραγωγής πρωτοσχεδιάστηκαν έτσι ώστε να αντικαταστήσουν το ανθρώπινο στοιχείο στην διαδικασία λεπτομερούς παραγωγής και να το αναβαθμίσουν στον ρόλο του χειριστή, παρέχοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στην παραγωγή του προϊόντος σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

Η εισαγωγή του αυτοματισμού επέτρεψε την αναβάθμιση των μηχανών παραγωγής προσθέτοντας υψηλότερης ακρίβειας έλεγχο στην εκτέλεση των λειτουργιών τους, αναβαθμίζοντας παράλληλα και τον ρόλο των εργαζομένων χάρη στην απαίτηση εξειδίκευσης.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές έχουν την ικανότητα να αναλάβουν μεγάλο κομμάτι του αυτομάτου ελέγχου καθώς μπορούν μέσω του προγράμματος τους να επεκταθούν και σε περιπτώσεις που αφορούν ανεπιθύμητες καταστάσεις κατά την διαδικασία της παραγωγής.

Ο αντίκτυπος στην κοινωνία με την εισαγωγή του αυτοματισμού στις εργοστασιακές δομές αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας και μελέτης για πολλές επιστημονικές πτυχές οι οποίες συνέβαλαν στην ομαλή μετάβαση αυτής της τεχνολογικής εφαρμογής και παράλληλα κατόρθωσαν να αναπτύξουν ακόμη περισσότερο όλους τους σχετικούς επιστημονικούς τομείς.

Κεφάλαιο 2ο: Σχεδιασμός αυτοματοποιημένης εφαρμογής

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστεί σε θεωρητικό επίπεδο η αναβάθμιση μίας μηχανής παραγωγής από χειροκίνητη σε αυτοματοποιημένη η οποία θα πραγματοποιεί την μορφοποίηση μεταλλικών ελασμάτων πρεσάροντας τα. Η αναβάθμιση αφορά την εφαρμογή ενός αυτοματισμού αξιοποιώντας τις δυνατότητες ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος θα αναλάβει την εκτέλεση των λειτουργιών που αφορούν τα διάφορα βήματα της μορφοποίησης του μεταλλικού ελάσματος, παρέχοντας σταθερότητα χρόνου κατά την εκτέλεση του κάθε βήματος.

Οι μηχανές παραγωγής έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια του παραγόμενου προϊόντος και να παρέχουν ευκολία του χειρισμού τους από το ανθρώπινο εργατικό δυναμικό. Συνήθως αποτελούν μέρος της γραμμής παραγωγής και μπαίνουν σε σημεία της που επιδέχονται βελτίωση του σχεδιασμού της. Επιβάλλεται να υπάρχει και σχέδιο που να συμπεριλαμβάνει την εκπαίδευση του ανθρώπινου χειριστή στην χρήση της και τεχνικό προσωπικό, είτε του εργοστασίου είτε της εταιρίας που την κατασκεύασε, πιστοποιημένο που θα μπορεί να αναλάβει και θα φροντίζει βάση προγράμματος χρήσης της την αναγκαία συντήρηση της έτσι ώστε να διαφυλαχτεί τόσο η ανθρώπινη ασφάλεια γύρω της όσο και η αποτροπή βλάβης ή καταστροφής της. Από τον 18^ο αιώνα αποτελούν πολύτιμο απόκτημα του κόσμου της βιομηχανίας καθώς συμβάλουν σημαντικά στην απόδοση της παραγωγής των εργοστασίων από πλευράς κόστους, ταχύτητας, ακρίβειας και ποιότητας.

Ο αυτοματισμός σαν έννοια περιλαμβάνει την ψηφιακή και αναλογική τεχνολογία, την ηλεκτρολογία, την ηλεκτρονική, τους μικροελεγκτές και τα ενσωματωμένα συστήματα όπως είναι ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. Αποτελεί στοιχείο αναβάθμισης για την βιομηχανία καθώς με την κατάλληλη προσαρμογή του στις μηχανές παραγωγής μεταφέρεται ένα μέρος της εκτέλεσης των λειτουργιών τους από το ανθρώπινο στοιχείο στον αυτοματισμό. Το κατά πόσο μέρος του ελέγχου μεταφέρεται ακριβώς είναι σχετικό καθώς εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως είναι ο σχεδιασμός του συστήματος αυτοματισμού και η εργασία που εκτελείται από την μηχανή. Είναι δυνατό η μεταφορά του ελέγχου να είναι είτε μερική είτε πλήρης και εκφράζεται με ποσοστό επί της εκατό.

Οι εξομοιώσεις και οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα πολύ σπουδαίο εργαλείο που σαν πρακτική έχει σκοπό την παροχή πληροφορίας μέσου ενός μοντέλου υλοποιημένου σε λογισμικό σχετικά με την αναμενόμενη συμπεριφορά ενός συστήματος. Έχουν το προτέρημα ότι επιτρέπουν την παρατήρηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος κατά την διαδικασία του σχεδιασμού του προτού αυτό υλοποιηθεί έτσι ώστε να γίνει έλεγχος τυχόν σφαλμάτων σχεδιασμού αλλά και διαπίστωση πιθανών βελτιώσεων. Είναι προγράμματα τα οποία ανταποκρίνονται σε πολύ υψηλής ακρίβειας συμπεριφορών οι οποίες ανταποκρίνονται στις συνθήκες του πραγματικού κόσμου.

Θα παρουσιαστούν και θα εξηγηθούν λεπτομερώς οι διάφορων τεχνολογιών μηχανές παραγωγής με τα υπέρ και τα κατά τους, καθώς και ο ρόλος τους στην βελτίωση των γραμμών παραγωγής στα πλαίσια των εργοστασιακών δομών. Θα μελετηθεί γενικά ο αυτοματισμός με έμφαση στα ενσωματωμένα συστήματα και την προσαρμογή τους στις μηχανές παραγωγής, τόσο από πλευράς υλικού τους όσο και από πλευράς λογισμικού τους. Οι εξομοιώσεις και οι προσομοιώσεις απαραίτητα θα μελετηθούν καθώς αποτελούν σημαντικό μέρος της παρούσας εργασίας καθώς παρέχουν μία ακριβή πρόβλεψη ως προς τα αναμενόμενα αποτελέσματα του συστήματος κατά την μεταφορά του στον πραγματικό κόσμο.

2.2 Μηχανές παραγωγής

Μια μηχανή γενικότερα περιγράφεται ως ένα φυσικό σύστημα υλικού που χρησιμοποιεί ισχύ για να εφαρμόσει δυνάμεις και να ελέγξει την κίνηση προκειμένου να εκτελέσει μια ενέργεια. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται συνήθως σε τεχνητές συσκευές όπως αυτές που χρησιμοποιούν μηχανές ή κινητήρες αλλά και σε φυσικά βιολογικά μακροσκοπικά μόρια όπως είναι οι μοριακές μηχανές. Οι μηχανές μπορούν να οδηγηθούν από ζώα και ανθρώπους, από φυσικές δυνάμεις όπως ο άνεμος και το νερό, και από χημική, θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια και περιλαμβάνουν ένα σύστημα μηχανισμών που διαμορφώνουν την είσοδο του ενεργοποιητή για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη εφαρμογή των δυνάμεων εξόδου και της κίνησης. Μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν υπολογιστές και αισθητήρες που παρακολουθούν την απόδοση και σχεδιάζουν την κίνηση, που συχνά ονομάζονται μηχανικά συστήματα. Οι φυσικοί φιλόσοφοι της Αναγέννησης εντόπισαν έξι απλές μηχανές που ήταν οι στοιχειώδεις συσκευές που έβαζαν ένα φορτίο σε κίνηση και υπολόγισαν την αναλογία της δύναμης εξόδου προς τη δύναμη εισόδου, γνωστή σήμερα ως μηχανικό πλεονέκτημα. Τα σύγχρονα μηχανήματα είναι πολύπλοκα συστήματα που αποτελούνται από δομικά στοιχεία, μηχανισμούς και στοιχεία ελέγχου και περιλαμβάνουν διεπαφές για άνετη χρήση. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα οχημάτων, όπως είναι τα αυτοκίνητα, τα πλοία και τα αεροπλάνα. Οι οικιακές συσκευές και οι συσκευές γραφείου, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών, των συστημάτων διαχείρισης εξαιρισμού των κτιρίων και του νερού καθώς και αγροτικά μηχανήματα, εργαλειομηχανές και συστήματα αυτοματισμού εργοστασίων και ρομπότ. Η σκέψη ότι μια μηχανή μπορεί να αποδομηθεί σε απλά κινητά στοιχεία επέτρεψε στον Αρχιμήδη να ορίσει τον μοχλό, την τροχαλία και τη βίδα ως τις πιο απλές σε μορφή μηχανές. Μέχρι την εποχή της Αναγέννησης αυτός ο κατάλογος επεκτάθηκε έτσι ώστε να μπορεί να συμπεριλάβει τον τροχό, τον άξονα, τη σφήνα και το κεκλιμένο επίπεδο. Η σύγχρονη προσέγγιση χαρακτηρισμού μηχανών εστιάζει στα εξαρτήματα που επιτρέπουν την κίνηση τα οποία είναι γνωστά ως αρθρώσεις [10].

2.2.1 Βασικές μηχανές

Η σφήνα ή ο πέλεκυς (τσεκούρι) αποτελεί ίσως το πρώτο παράδειγμα μιας συσκευής ή μηχανής που έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να διαχειρίζεται την μετατροπή της ισχύος που ονομάζεται επίσης και τσεκούρι χειρός. Τα πρώτα ιστορικά δείγματα αποκάλυψαν πως κατασκευάστηκαν από πελεκητή πέτρα και γενικότερα από πυριτόλιθο για να σχηματίσει μια διπρόσωπη άκρη ή σφήνα. Η σφήνα είναι ένα απλό μηχανήμα που μετατρέπει την πλευρική δύναμη και κίνηση του εργαλείου σε εγκάρσια δύναμη σχισίματος και κίνηση του τεμαχίου εργασίας. Η διαθέσιμη ισχύς περιορίζεται από την προσπάθεια του ατόμου που χρησιμοποιεί το εργαλείο, αλλά επειδή η ισχύς είναι προϊόν δύναμης και κίνησης, η σφήνα ενισχύει την συνολική δύναμη μειώνοντας την κίνηση. Αυτή η ενίσχυση ή αλλιώς το μηχανικό πλεονέκτημα είναι ο λόγος της ταχύτητας εισόδου προς την ταχύτητα εξόδου. Για μια σφήνα αυτό υπολογίζεται από την σχέση:

$$A_P = \frac{1}{\tan \alpha} \quad (1)$$

Όπου α είναι η γωνία κορυφής της σφήνας. Οι όψεις μιας σφήνας διαμορφώνονται ως ευθείες γραμμές για να σχηματίσουν μια ολισθαίνουσα ή πρισματική άρθρωση [11].

Ο μοχλός είναι μια άλλη σημαντική και απλή συσκευή ή μηχανή με την οποία μπορεί κανείς να διαχειριστεί την μετατροπή της ισχύος. Μπορεί να περιγραφεί ως ένα σώμα το οποίο περιστρέφεται σε ένα υπομόχλιο. Επειδή η ταχύτητα ενός σημείου μακρύτερα από τον άξονα περιστροφής είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα ενός σημείου κοντά στον άξονα περιστροφής οι δυνάμεις που

εφαρμόζονται μακριά από τον άξονα περιστροφής ενισχύονται κοντά στον άξονα περιστροφής από τη σχετική μείωση της ταχύτητας. Εάν a είναι η απόσταση από τον άξονα περιστροφής έως το σημείο όπου εφαρμόζεται η δύναμη εισόδου και b είναι η απόσταση από το σημείο όπου εφαρμόζεται η δύναμη εξόδου, τότε το a προς το b είναι το μηχανικό κέρδος του μοχλού. Το υπομόχλιο ενός μοχλού διαμορφώνεται ως αρθρωτός ή περιστροφικός σύνδεσμος [12].

Ο τροχός είναι ένα σημαντικό πρώιμο μηχανήμα το οποίο εφαρμόστηκε σε αναρίθμητες κατασκευές από την αρχαιότητα, όπως είναι για παράδειγμα το άρμα, μέχρι και στην σύγχρονη εποχή όπως για παράδειγμα στα οχήματα και γενικότερα τα μέσα μεταφοράς. Ένας τροχός γενικότερα χρησιμοποιεί το νόμο του μοχλού για να μειώσει τη δύναμη που απαιτείται για να ξεπεραστεί η τριβή που σχηματίζεται κατά την έλξη ενός φορτίου. Για να γίνει αντιληπτή αυτή η παρατήρηση, ότι δηλαδή η τριβή που σχετίζεται με το τράβηγμα ενός φορτίου στο έδαφος, πρέπει να τονιστεί πως είναι περίπου η ίδια με την τριβή σε ένα απλό ρουλεμάν που υποστηρίζει το φορτίο στον άξονα ενός τροχού. Ωστόσο, ο τροχός σχηματίζει έναν μοχλό που αυξάνει την δύναμη της έλξης από το άκρο της ακτίνας του τροχού έτσι ώστε να υπερνικήσει την αντίσταση τριβής στο ρουλεμάν που το κέντρο του είναι κοντά στο κέντρο του τροχού [13].

Η ταξινόμηση των απλών μηχανών για την παροχή μιας στρατηγικής για το σχεδιασμό νέων μηχανών αναπτύχθηκε από τον Franz Reuleaux ο οποίος συγκέντρωσε και μελέτησε πάνω από 800 στοιχειώδεις μηχανές. Αναγνώρισε ότι οι κλασικές απλές μηχανές μπορούν να διαχωριστούν στο μοχλό, την τροχαλία και τον τροχό και τον άξονα που σχηματίζονται από ένα σώμα που περιστρέφεται γύρω από έναν μεντεσέ, καθώς και το κεκλιμένο επίπεδο, την σφήνα και την βίδα που είναι ομοίως ένα μπλοκ που ολισθαίνει σε μια επίπεδη επιφάνεια.

Οι απλές μηχανές είναι στοιχειώδη παραδείγματα κινηματικών αλυσίδων ή συνδέσμων που χρησιμοποιούνται για την μοντελοποίηση των μηχανικών συστημάτων που κυμαίνονται από την ατμομηχανή έως τους χειριστές ρομπότ. Τα ρουλεμάν που σχηματίζουν το υπομόχλιο ενός μοχλού και που επιτρέπουν στον τροχό, τον άξονα και τις τροχαλίες να περιστρέφονται είναι παραδείγματα ενός κινηματικού ζεύγους που ονομάζεται αρθρωτός σύνδεσμος. Ομοίως, η επίπεδη επιφάνεια ενός κεκλιμένου επιπέδου και η σφήνα είναι παραδείγματα του κινηματικού ζεύγους που ονομάζεται ολισθαίνουσα άρθρωση. Η βίδα συνήθως αναγνωρίζεται ως το δικό της κινηματικό ζεύγος που ονομάζεται ελικοειδής άρθρωση. Αυτή η συνειδητοποίηση δείχνει ότι είναι οι αρθρώσεις ή οι συνδέσεις που παρέχουν κίνηση, που είναι τα κύρια στοιχεία μιας μηχανής. Ξεκινώντας με τέσσερις τύπους αρμών, την περιστροφική άρθρωση, την ολισθαίνουσα άρθρωση, την άρθρωση έκκεντρου και την άρθρωση γραναζιών, και τις σχετικές συνδέσεις όπως καλώδια και ιμάντες, είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή μια μηχανή ως ένα συγκρότημα στερεών εξαρτημάτων που συνδέουν αυτούς τους συνδέσμους και που ονομάζεται μηχανισμός. Δύο μοχλοί ή στρόφαλοι, συνδυάζονται σε μια επίπεδη σύνδεση τεσσάρων ράβδων συνδέοντας έναν σύνδεσμο που συνδέει την έξοδο ενός στρόφαλου με την είσοδο ενός άλλου και μπορούν να προσαρτηθούν πρόσθετοι σύνδεσμοι για να σχηματίσουν μια σύνδεση έξι ράβδων ή σε σειρά για να σχηματίσουν ένα ρομπότ.

Από το σύνολο των ανωτέρω προέκυψαν πολυπλοκότερες μηχανές των οποίων οι αρχές λειτουργίας βασίζονται σε αυτές και οδήγησαν στην ανάπτυξη και κατασκευή των μηχανικών συστημάτων όπου ουσιαστικά αποτελούν ένα σύστημα που αξιοποιεί εν μέρει ή ολόκληρο το σύνολο των αρχών των παραπάνω βασικών μηχανών, αλλά και στην ανάπτυξη των πηγών ενέργειας, που ουσιαστικά είναι μετατροπείς διάφορων φυσικών μεγεθών σε κινητική ενέργεια, όπως είναι ο ανεμόμυλος που αξιοποιεί τους ανέμους ή ο υδρόμυλος που εκμεταλλεύεται την ροή των υδάτων [14].

2.2.2 Μηχανές γραμμής παραγωγής

Η διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ονομάζεται γραμμή παραγωγής η οποία συχνά αποκαλείται προοδευτική συναρμολόγηση, στην οποία εισάγονται εξαρτήματα και πρώτες ύλες (συνήθως εναλλάξιμα μέρη) και καθώς το υπό ολοκλήρωση προϊόν μετακινείται από τον έναν σταθμό εργασίας στον επόμενο σταθμό εργασίας στους οποίους τα εξαρτήματα ή/και πρώτες ύλες προστίθενται διαδοχικά μέχρις ότου να παραχθεί το τελικό προϊόν [15]. Μετακινώντας με μηχανικά μέσα τα εξαρτήματα στην γραμμή παραγωγής και μετακινώντας το υπό ολοκλήρωση προϊόν από σταθμό εργασίας σε σταθμό εργασίας, ένα τελικό προϊόν μπορεί να συναρμολογηθεί γρηγορότερα και με λιγότερη επένδυση εργασίας από ό,τι όταν το εργατικό δυναμικό μεταφέρει τα εξαρτήματα δια χειρός σε ένα σταθερό σημείο για συναρμολόγηση. Οι γραμμές παραγωγής αποτελούν κοινές μεθόδους συναρμολόγησης σύνθετων αντικειμένων όπως είναι τα αυτοκίνητα και άλλοι εξοπλισμοί μεταφοράς, οικιακές συσκευές και ηλεκτρονικά είδη. Οι εργαζόμενοι που είναι υπεύθυνοι για τις εργασίες της γραμμής συναρμολόγησης ονομάζονται συναρμολογητές.

Οι γραμμές παραγωγής γενικότερα έχουν σχεδιαστεί για την οργάνωση των εργαζομένων, εργαλείων ή μηχανών και εξαρτημάτων έτσι που να εκτελούν σε μία διαδοχική σειρά διεργασίες που να αποδίδουν στο τέλος τους ένα τελικό προϊόν. Για να γίνει αυτό εφικτό, θα πρέπει η κίνηση των εργαζομένων να ελαχιστοποιηθεί στο μέτρο του δυνατού. Ο χειρισμός όλων των ανταλλακτικών ή/και πρώτων υλών πραγματοποιείται είτε από μεταφορείς είτε από μηχανοκίνητα οχήματα όπως περνοφόροι ανυψωτήρες ή εκμεταλλεζόμενοι την βαρύτητα χωρίς χειροκίνητη μεταφορά με φορτηγά. Η ανύψωση βαρέων βαρών γίνεται με μηχανήματα όπως γερανοί ή περνοφόρα ανυψωτικά. Κάθε εργαζόμενος εκτελεί συνήθως μια απλή λειτουργία εκτός και εάν εφαρμόζονται στρατηγικές εναλλαγής εργασίας. Σύμφωνα με τον Henry Ford, οι αρχές της συναρμολόγησης είναι πρώτων η τοποθέτηση των εργαλείων και των εργατών στη σειρά της λειτουργίας έτσι ώστε κάθε εξάρτημα να διανύει τη μικρότερη δυνατή απόσταση κατά τη διαδικασία φινιρίσματος. Δεύτερον να χρησιμοποιούνται τσουλήθρες εργασίας ή κάποια άλλη μορφή του φορέα έτσι ώστε όταν ένας εργάτης ολοκληρώσει την λειτουργία του να πέφτει το εξάρτημα πάντα στο ίδιο μέρος, το οποίο θα πρέπει πάντα να είναι το πιο βολικό και κοντινό μέρος για την έκταση του χεριού του και αν είναι δυνατόν να έχει βαρύτητα, να μεταφέρεται το εξάρτημα στον επόμενο εργάτη για την δική του εκτέλεση εργασίας. Τρίτον να χρησιμοποιούνται συρόμενες γραμμές συναρμολόγησης με τις οποίες τα προς συναρμολόγηση εξαρτήματα να παραδίδονται σε βολικές αποστάσεις.

Ο σχεδιασμός γραμμών παραγωγής είναι μια καθιερωμένη μαθηματική πρόκληση που αναφέρεται ως πρόβλημα εξισορρόπησης γραμμής παραγωγής. Στο απλό πρόβλημα εξισορρόπησης γραμμής συναρμολόγησης ο στόχος είναι να ανατεθεί ένα σύνολο εργασιών που πρέπει να εκτελεστούν στο τεμάχιο προϊόντος σε μια ακολουθία σταθμών εργασίας. Κάθε εργασία απαιτεί μια δεδομένη διάρκεια εργασίας για την ολοκλήρωση. Η ανάθεση εργασιών σε σταθμούς συνήθως περιορίζεται από δύο περιορισμούς. Ο πρώτος αφορά ένα γράφημα προτεραιότητας που υποδεικνύει ποιες άλλες εργασίες πρέπει να ολοκληρωθούν πριν ξεκινήσει μια συγκεκριμένη εργασία (π.χ. μη βίδα πριν από τη διάνοιξη της τρύπας) και ο δεύτερος αφορά έναν χρόνο κύκλου που περιορίζει το άθροισμα των χρόνων επεξεργασίας εργασιών που μπορούν να ολοκληρωθούν σε κάθε σταθμό εργασίας πριν το τεμάχιο εργασίας μετακινηθεί στον επόμενο σταθμό από τον ιμάντα μεταφοράς. Τα κύρια προβλήματα σχεδιασμού για τη λειτουργία των γραμμών παραγωγής περιλαμβάνουν την ενοποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τον έλεγχο των αποθεμάτων και τον προγραμματισμό παραγωγής [16].

2.2.3 Εργαλειομηχανές

Εργαλειομηχανή ονομάζεται μια μηχανή που προορίζεται για το χειρισμό ή την κατεργασία μετάλλων ή άλλων άκαμπτων υλικών ασκώντας ενέργειες όπως η λείανση, η διάτρηση, η κοπή, η διάτμηση ή άλλες μορφές παραμορφώσεων. Οι εργαλειομηχανές χρησιμοποιούν κατά κανόνα κάποιο είδος εργαλείου που κάνει την κοπή ή τη διαμόρφωση. Όλες οι εργαλειομηχανές διαθέτουν κάποιον τύπο μηχανισμού περιορισμού ή και ακινητοποίησης του προς επεξεργασία τεμαχίου εργασίας και παρέχουν μια καθοδηγούμενη κίνηση των τμημάτων της μηχανής. Έτσι, η κίνηση μεταξύ του τεμαχίου εργασίας σε σχέση με αυτήν και του εργαλείου κοπής ή διαμόρφωσης (το οποίο ονομάζεται διαδρομή εργαλείων) ελέγχεται ή έστω περιορίζεται από το μηχάνημα σε κάποιον βαθμό τουλάχιστον αντί να είναι εντελώς άσχετο ή ελεύθερο. Ουσιαστικά είναι μια μηχανοκίνητη μηχανή επεξεργασίας μετάλλων που βοηθά στη διαχείριση της απαραίτητης σχετικής κίνησης μεταξύ του εργαλείου επεξεργασίας και της εργασίας που αλλάζει το μέγεθος και το σχήμα του υλικού εργασίας.

Ο ακριβής ορισμός της ονομασίας της εργαλειομηχανής βρίσκεται σε αμφιλεγόμενη κατάσταση μεταξύ των χειριστών τους όπως αναφέρεται στην συνέχεια. Καθώς όλες οι εργαλειομηχανές είναι έμπρακτα μηχανές που έχουν σκοπό να βοηθούν το ανθρώπινο στοιχείο στην κατασκευή αντικειμένων πρέπει να τονιστεί πως δεν είναι όλες οι εργοστασιακές μηχανές εργαλειομηχανές. Στην σύγχρονη εποχή οι εργαλειομηχανές είναι δυνατόν να τροφοδοτούνται με τα απαραίτητα υλικά ή πρώτες ύλες εκτός από το ανθρώπινο στοιχείο και με μηχανικά μέσα, για παράδειγμα με ηλεκτρικά, υδραυλικά και μέσω άξονα γραμμής, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προπαρασκευασμένων στοιχείων ή εξαρτημάτων με διάφορους τρόπους που περιλαμβάνουν κοπή ή ορισμένα άλλα είδη παραμόρφωσης. Με την εγγενή τους ακρίβεια, οι εργαλειομηχανές επέτρεψαν την οικονομική παραγωγή ανταλλάξιμων εξαρτημάτων.

Οι βασικοί τύποι εργαλειομηχανών διακρίνονται μέσα από εκατοντάδες μορφές μεταλλικών εργαλειομηχανών οι οποίες χρησιμοποιούνται από το οικιακό μέχρι το βιομηχανικό επίπεδο και που τα μεγέθη τους ποικίλουν από μικρές εργαλειομηχανές που μπορούν να εγκατασταθούν σε πάγκους εργασίας μέχρι και σε τεράστιες εργαλειομηχανές παραγωγής που μπορούν να ξεπεράσουν σε βάρος τους εκατοντάδες τόνους. Όλες αυτές οι εργαλειομηχανές δύναται να κατηγοριοποιηθούν σε επτά βασικούς τύπους οι οποίοι βασίζονται στα βασικά χαρακτηριστικά των αρχικών εργαλειομηχανών του 19ου και των αρχών του 20ου αιώνα και συνεχίζουν να ταξινομούνται είτε ως μηχανές τόννου (τόρνοι και μύλοι διάτρησης), διαμορφωτές και πλάνη, μηχανές διάτρησης, φρέζες, μηχανές λείανσης, ηλεκτρικά πριόνια και πρέσες [17].

Η κατηγορία της πρέσας είναι αυτή που θα απασχολήσει στο σύνολο της παρούσας εργασίας. Αποτελεί μία μεγάλη κατηγορία μηχανών η οποία περιλαμβάνει στο σύνολο της τον κατάλληλο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση μεταλλικών υλικών με την εφαρμογή των διεργασιών της κάμψης, του τυλίγματος, της έλξης, της σφυρηλάτησης, της νομισματοκοπίας, της διάτμησης, της ανατροπής, της φλάντζας, της συμπίεσης και της διαμόρφωσης. Όλες αυτές οι διαδικασίες απαιτούν πρέσες με κινητό έμβολο το οποίο μπορεί να πιέσει το προς διαμόρφωση υλικό πάνω σε μια βάση ή σε κάποιου τύπου φόρμα που θα του δώσει το επιθυμητό σχήμα. Οτιδήποτε χρησιμοποιείτε σε μία εργαλειομηχανή πρέσας με την πρόθεση να δώσει μορφή στην επαναλαμβανόμενη εκτέλεση της εργασίας της ονομάζεται σετ μήτρας, το οποίο σετ μήτρας με την σειρά του αποτελείται από τεμάχια σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να ταιριάζουν μεταξύ τους με υψηλή ακρίβεια ώστε ανάμεσα τους να παγιδεύουν το προς διαμόρφωση υλικό δίνοντας του ταυτόχρονα την επιθυμητή μορφή. Το κινητό έμβολο μπορεί να τροφοδοτείται με πρώτες ύλες ή υλικά με διάφορους τρόπους όπως από τη βαρύτητα, τις μηχανικές συνδέσεις, τα υδραυλικά και τα πνευματικά συστήματα. Τα κατάλληλα σετ μήτρας έχουν το ένα τους

τεμάχιο τοποθετημένο στο κινητό έμβολο και το άλλο τους τεμάχιο το έχουν τοποθετημένο στη σταθερή κλίνη ή την πλάκα της εργαλειομηχανής και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του μηχανήματος. Οι πρέσες διάτρησης αφαιρούν τα μεταλλικά μέρη από τα μεταλλικά φύλλα λαμαρίνας τα οποία κρίνονται περιττά και έπειτα σχηματίζουν από το υπόλοιπο υλικό της λαμαρίνας στο επιθυμητό σχήμα. Επίσης οι μήτρες μπορούν να έχουν κοιλότητες σε ποικιλία σχημάτων και χρησιμοποιούνται σε πρέσες σφυρηλάτησης που σχηματίζουν λευκά θερμά μεταλλικά κενά στα επιθυμητά σχήματα. Οι πρέσες ισχύος χρησιμοποιούνται επίσης για διάτμηση, κάμψη, φλάντζα και διαμόρφωση λαμαρίνας όλων των μεγεθών.

2.3 Αυτοματισμός

Ως όρος ο αυτοματισμός αφορά την εφαρμογή των τεχνολογικών κατασκευών και παρασκευασμάτων στα οποία η ανθρώπινη συμμετοχή ελαχιστοποιείται ή απαλλάσσεται από τον κύριο όγκο εργασίας ως βοήθημα προς το ανθρώπινο στοιχείο. Ο αυτοματισμός ως οντότητα δύναται να εφαρμοστεί σε διάφορους τύπους εξοπλισμού και μηχανικών συστημάτων όπως είναι οι εργαλειομηχανές, οι εργοστασιακές διεργασίες, οι λέβητες και οι φούρνοι θερμικής επεξεργασίας, η ενεργοποίηση και διαχείριση των τηλεφωνικών δικτύων, η διεύθυνση και σταθεροποίηση πλοίων, των αεροσκαφών και σε πολλές άλλες εφαρμογές και οχήματα καθιστώντας την ανθρώπινη συμμετοχή στο ελάχιστο δυνατό.

Ο αυτοματισμός είναι δυνατόν να καλύπτει τον έλεγχο ενός θερμοστάτη οικιακής χρήσης που ελέγχει τις παραμέτρους λειτουργίας ενός λέβητα, ένα μεγάλο βιομηχανικό σύστημα ελέγχου με δεκάδες χιλιάδες μετρήσεις εισόδου και σήματα ελέγχου εξόδου, ακόμη και τις διαδικασίες που βρίσκουν εφαρμογή σε ένα τραπεζικό σύστημα. Γενικότερα σε όλες τις περιπτώσεις όπου η πολυπλοκότητα του ελέγχου διάφορων διεργασιών μπορεί να κυμαίνεται από απλό έλεγχο ενεργοποίησης και απενεργοποίησης διακοπτικής λειτουργίας έως αλγόριθμους υψηλού επιπέδου πολλαπλών μεταβλητών, η εφαρμογή ενός αυτοματισμού προκύπτει η βέλτιστη λύση.

Τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου βρήκαν ευρεία εφαρμογή στον χώρο του αυτοματισμού ακόμη και στον απλούστερο τύπο βρόχου αυτόματου ελέγχου όπου ένας ελεγκτής συγκρίνει μια μετρούμενη τιμή μιας διεργασίας με μια προκαθορισμένη τιμή αναφοράς και επεξεργάζεται το σήμα ως προς το σφάλμα που προκύπτει για να προσαρμόσει κατάλληλα σύμφωνα με το σημείο αναφοράς κάποια είσοδο στη διεργασία με τέτοιο τρόπο ώστε η διαδικασία να παραμένει πιστά στο σημείο αναφοράς παρά τα τυχόν σφάλματα που μπορεί να προκύπτουν. Ο έλεγχος αυτός του κλειστού βρόχου είναι μια εφαρμογή αρνητικής ανάδρασης σε ένα σύστημα. Η μαθηματική βάση της θεωρίας ελέγχου ξεκίνησε τον 18^ο αιώνα και εξελίχθηκε ραγδαία κατά τον 20^ο αιώνα, καθώς με την έλευση της επιστήμης της ηλεκτρονικής αναγνωρίστηκε άμεσα η πρακτική χρησιμότητα του. Έκτοτε ο αυτοματισμός έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε διάφορα μηχανικά συστήματα συμπεριλαμβανομένων μηχανικών, υδραυλικών, πνευματικών, ηλεκτρικών, ηλεκτρονικών συσκευών και υπολογιστών, συνήθως στον μεταξύ τους συνδυασμό. Τα συστήματα που παρουσιάζουν υψηλότερη περιπλοκότητα όπως είναι τα σύγχρονα εργοστάσια, τα αεροπλάνα και τα πλοία, χρησιμοποιούν συνήθως όλες αυτές τις τεχνικές σε μεταξύ τους συνδυασμό. Το όφελος του αυτοματισμού περιλαμβάνει καλύτερη αξιοποίηση της κατανομής εργασίας η οποία αποφέρει την μείωση της σπατάλης πόρων και του εργατικού δυναμικού, την εξοικονόμηση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας, την εξοικονόμηση του κόστους των πρώτων υλών και βελτιστοποίηση στην ποιότητα, την ταχύτητα και την ακρίβεια.

Η Έκθεση Παγκόσμιας Ανάπτυξης 2019 της Παγκόσμιας Τράπεζας δείχνει στοιχεία ότι οι νέες βιομηχανίες και θέσεις εργασίας στον τομέα της τεχνολογίας αντισταθμίζουν τις οικονομικές επιπτώσεις των εργαζομένων που εκτοπίζονται από την αυτοματοποίηση [18]. Η συμβολή της

εφαρμογής του αυτοματισμού στην βιομηχανία και γενικότερα στην αγορά εργασίας υπήρξε καταλύτης για την μεταστροφή ενός μεγάλου μέρους του ανθρώπινου εργατικού δυναμικού προς τον οικονομικό κλάδο της παροχής υπηρεσιών. Σύμφωνα με προβλέψεις οικονομολόγων ενδέχεται στο κοντινό μέλλον όπου θα υπάρξει συνδυασμός ακόμη πιο εξελιγμένων συστημάτων αυτοματισμού με τις τεχνολογίες IoT και cloud το απασχολούμενο εργατικό δυναμικό στην βιομηχανία να πέσει κάτω από το 20% του διαθέσιμου παγκόσμιου εργατικού δυναμικού. Καθώς η μέχρι τώρα χρηματοοικονομική εξέλιξη από την εισαγωγή του αυτοματισμού στην βιομηχανία δείχνει να συμφωνεί με αυτό το πόρισμα, προκύπτει εύκολα να συμπεράνει κανείς πως ενδεχομένως ο αυτοματισμός να οδηγήσει στην κατάργηση της αναγκαιότητας της απασχόλησης ανθρώπινου εργατικού δυναμικού στον χώρο της βιομηχανίας.

Παρόλο που ο όρος αυτοματισμός είναι γνωστός στον χώρο της επιστήμης για αιώνες, δεν υπήρξε ευρέως χρησιμοποιούμενος μέχρι το 1947 όπου η εταιρεία Ford εγκατέστησε στην εργοστασιακή δομή της σε μία γραμμή παραγωγής ένα τμήμα αυτοματισμού. Η κίνηση αυτή υπήρξε ορόσημο κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου κατά την οποία η βιομηχανία έκανε μεταστροφή από τις έως τότε παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής και υιοθέτησε εκ των ταχίστων ελεγκτές ανάδρασης, οι οποίοι ήδη είχαν εισαχθεί στον χώρο της βιομηχανίας κατά τη δεκαετία του 1930.

Στην σύγχρονη εποχή από αναγκαιότητα η οποία οφείλεται στην γρήγορη τεχνολογική εξέλιξη του αυτοματισμού υπάρχει κατηγοριοποίηση ως προς τους τύπους αυτοματισμού και συγκεκριμένα είναι ο βασικός αυτοματισμός, ο αυτοματισμός επεξεργασιών, ο αυτοματισμός ενσωματωμένου συστήματος και ο αυτοματισμός τεχνητής νοημοσύνης.

Οι αυτοματισμοί που ανήκουν στη κατηγορία των βασικών αυτοματισμών είναι κατάλληλα σχεδιασμένοι έτσι ώστε να μπορούν να αναλαμβάνουν τις σχετικά απλές και στοιχειώδεις εργασίες με απώτερο σκοπό την αυτοματοποίηση τους. Αυτό το επίπεδο αυτοματισμού αφορά συγκεκριμένα την ψηφιοποίηση της εργασίας με τη χρήση εργαλείων για τον εξορθολογισμό και τη συγκέντρωση εργασιών ρουτίνας, όπως είναι για παράδειγμα η χρήση ενός κοινόχρηστου συστήματος ανταλλαγής πληροφοριών πραγματικού χρόνου αντί της ύπαρξης βάσεων δεδομένων σε αποκομμένα τμήματα. Η διαχείριση επιχειρηματικών διαδικασιών και η ρομποτική αυτοματοποίηση διεργασιών είναι τύποι βασικών αυτοματισμών.

Οι αυτοματισμοί που ανήκουν στην κατηγορία των αυτοματισμών επεξεργασιών διαχειρίζονται τις επιχειρηματικές επεξεργασίες για την εξασφάλιση της ομοιομορφίας και της διαφάνειας. Συνήθως αυτά τα συστήματα αυτοματισμών χειρίζονται αποκλειστικό λογισμικό και επιχειρηματικές εφαρμογές. Η χρήση αυτοματισμών επεξεργασιών μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας των βιομηχανικών επιχειρήσεων. Επίσης μπορούν να παρέχουν νέες προτάσεις και ιδέες ως προς τις επιχειρηματικές προκλήσεις που προκύπτουν και να προτείνουν λύσεις. Η εξόρυξη των διεργασιών και η αυτοματοποίηση της ροής των εργασιών είναι τύποι αυτοματισμών επεξεργασιών.

Οι αυτοματισμοί που ανήκουν στην κατηγορία των αυτοματισμών ενσωματωμένων συστημάτων είναι αυτοί κατά τους οποίους οι μηχανές μπορούν να μιμηθούν τις εργασίες που εκτελούνται από το ανθρώπινο εργατικό δυναμικό και να επαναλάβουν με επιτυχία τις ίδιες ακριβώς ενέργειες, μόλις το ανθρώπινο στοιχείο καθορίσει τους παραμέτρους στο λογισμικό της μηχανής. Ένα παράδειγμα είναι ο ψηφιακός εργαζόμενος. Τα τελευταία χρόνια οι άνθρωποι έχουν ορίσει τους ψηφιακούς εργαζόμενους ως ρομπότ λογισμικού που έχουν εκπαιδευτεί να συνεργάζονται με ανθρώπους για να εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες. Κατέχουν ένα συγκεκριμένο σύνολο δεξιοτήτων και μπορούν να εγκατασταθούν στο σύνολο μίας εργατικής ομάδας.

Οι αυτοματισμοί που ανήκουν στην κατηγορία των αυτοματισμών τεχνητής νοημοσύνης είναι αυτοί που αποτελούν το πιο περίπλοκο επίπεδο αυτοματισμού. Η προσθήκη της τεχνητής νοημοσύνης στα πλαίσια της βιομηχανικής αυτοματοποίησης σημαίνει ότι οι μηχανές διαθέτουν την ικανότητα να μάθουν και να προσαρμοστούν βέλτιστα σε νέες καταστάσεις λαμβάνοντας αποφάσεις βασιζόμενες σε προηγούμενες καταστάσεις που έχουν ήδη αντιμετωπίσει και αναλύσει. Για παράδειγμα στον τομέα της εξυπηρέτησης πελατών οι εικονικοί βοηθοί που εξυπηρετούν το πελατειακό κοινό αποτελούν προβολή της τεχνητής νοημοσύνης και μπορούν να μειώσουν το λειτουργικό κόστος μιας επιχείρησης ενώ παράλληλα ενδυναμώνουν τόσο τους πελάτες όσο και τους ανθρώπινους πράκτορες, δημιουργώντας μια βέλτιστη εμπειρία εξυπηρέτησης πελατών [19].

2.4 Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές

Ένα από τα πιο εφαρμοσμένα εργαλεία στον κόσμο των αυτοματισμών είναι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (Programmable Logical Controllers - PLC) οι οποίοι στην κατασκευή τους αποτελούνται από ένα σύστημα μικροελεγκτή, σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι εύκολη η εγκατάσταση του στα πρότυπα των σύγχρονων βιομηχανιών και να μπορεί να αναλάβει ένα μέρος ή ακόμη και πλήρως τον έλεγχο μίας ή και περισσότερων εργαλειομηχανών. Επί της ουσίας είναι ένα αυτόνομο βιομηχανικό υπολογιστικό σύστημα που έχει κατασκευαστεί και προσαρμοστεί κατάλληλα για τον έλεγχο των διεργασιών της παραγωγής, όπως είναι οι γραμμές παραγωγής, οι εργαλειομηχανές, οι ρομποτικές εγκαταστάσεις ή οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική δραστηριότητα που απαιτεί υψηλή αξιοπιστία, ευκολία προγραμματισμού και διάγνωση των σφαλμάτων που δύναται να προκύψουν κατά την εκτέλεση μίας διαδικασίας. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές μπορούν να ποικίλουν από μικρές αυτόνομες συσκευές με δεκάδες εισόδους και εξόδους (I/O) εντός ενός ιδιαίτερα ανθεκτικού περιβλήματος το οποίο περιέχει στο εσωτερικό του εγκατεστημένο το σύστημα μικροελεγκτή μέχρι μεγάλες αυτόνομες συσκευές τοποθετημένες σε συστοιχία ικανές να διαχειρίζονται χιλιάδες εισόδους/εξόδους και οι οποίες συχνά είναι δικτυωμένες σε άλλους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για μεγάλα εύρη διατάξεων ψηφιακών και αναλογικών εισόδων/εξόδων, για θωράκιση στον ηλεκτρικό θόρυβο, για εκτεταμένα εύρη θερμοκρασιών και για αντοχή σε κραδασμούς και κρούσεις.

Το λογισμικό τους μέρος είναι αρκετά ευέλικτο στην δημιουργία τους ως προς το χρήστη καθώς επιτρέπεται ο προγραμματισμός τους να υλοποιηθεί είτε με γλώσσες προγραμματισμού όπως είναι η C, η C++ και η Assembly, είτε με ψευδογλώσσες προγραμματισμού όπως είναι η Ladder, η FBD (Function Block Diagram) και η STL (STatement List) και να σχηματίζει τέλος το υλικολογισμικό (firmware) το οποίο θα αποθηκευτεί στην μνήμη του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ως το σύνολο οδηγιών της συνολικής λειτουργίας του. Είναι υψηλής σημασίας το υλικολογισμικό να έχει γραφτεί έτσι ώστε κατά την διαδικασία της εκτέλεσης του να μπορεί να προβλέψει όσο το δυνατόν περισσότερες ανεπιθύμητες καταστάσεις ώστε να μπορεί να τις αντιμετωπίσει χωρίς να οδηγηθεί σε κατάρρευση. Για την εξασφάλιση του ελέγχου και της συνεχούς λειτουργίας της εργαλειομηχανής που είναι εξοπλισμένη με έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή, συνήθως το υλικολογισμικό αποθηκεύεται στην μνήμη του η οποία τροφοδοτείται από μία εφεδρική μπαταρία ή διαφορετικά αποθηκεύεται σε μία μη πτητική μνήμη, αναλόγως τον σχεδιασμό του κατασκευαστή.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές αναπτύχθηκαν αρχικά στον χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας με σκοπό να καλύψουν τις ανάγκες της που σχετίζονται με την διαθεσιμότητα ευέλικτων, στιβαρών και εύκολα προγραμματιζόμενων ελεγκτών ώστε να μπορέσουν να αντικατασταθούν τα ενσύρματα λογικά συστήματα ηλεκτρονικών. Έκτοτε γνώρισαν μεγάλο εύρος αναγνωρισιμότητας στον βιομηχανικό κόσμο και έχουν υιοθετηθεί ευρέως στον ρόλο ελεγκτών αυτοματισμού υψηλής αξιοπιστίας καθώς

προκύπτουν κατάλληλοι για αντίξοα περιβάλλοντα. Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αποτελεί παράδειγμα συστήματος υλικού το οποίο εκτελείται σε πραγματικό χρόνο καθώς τα αποτελέσματα των εξόδων θα πρέπει να προκύπτουν ως συνάρτηση σε απόκριση των συνθηκών των εισόδων εντός περιορισμένου και ελάχιστου χρόνου, διαφορετικά θα προκύψει ακούσια λειτουργία που μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα και καταστροφικά αποτελέσματα.

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι σχεδιασμένος για να λειτουργεί σε βιομηχανικό περιβάλλον και βασίζεται σε μικροελεγκτή με προγραμματιζόμενη μνήμη που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των εντολών προγράμματος και διαφόρων συναρτήσεων. Στο σύνολο του ως σύστημα μικροελεγκτή αποτελείται από μια μονάδα μικροεπεξεργαστή (MPU) η οποία ερμηνεύει τα σήματα που ανιχνεύει στις εισόδους, εκτελεί το πρόγραμμα ελέγχου που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη και αποδίδει στην έξοδο σήματα ελέγχου, μια διάταξη τροφοδοσίας η οποία μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα που παρέχει το δίκτυο από AC σε συνεχές ρεύμα DC, μια μονάδα μνήμης που αποθηκεύει τα δεδομένα που λαμβάνει από τις εισόδους και από το πρόγραμμα που θα εκτελεστεί από τον μικροεπεξεργαστή, μια διεπαφή εισόδου και εξόδου, όπου ο ελεγκτής λαμβάνει και αποστέλλει δεδομένα από/προς εξωτερικές συσκευές, μια διεπαφή επικοινωνίας για τη λήψη και τη μετάδοση δεδομένων σε δίκτυα επικοινωνίας από και προς απομακρυσμένους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές απαιτούν συσκευή προγραμματισμού, συνήθως ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα, το οποίο χρησιμοποιείται αρχικά για την ανάπτυξη και αργότερα την μεταφορά του δημιουργημένου προγράμματος στη μνήμη του ελεγκτή. Οι σύγχρονοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές περιέχουν συνήθως ένα λειτουργικό σύστημα σε πραγματικό χρόνο όπως είναι το OS-9 ή το VxWorks [20].

Πρακτικά υπάρχουν διαθέσιμοι δύο τύποι μηχανικού σχεδιασμού για συστήματα προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών οι οποίοι περιγράφονται πρώτον ως ένα μεμονωμένο κυτίο ή ως ένα τούβλο όπου αυτό είναι ένας μικρός προγραμματιζόμενος ελεγκτής που χωράει όλες τις μονάδες και τις διεπαφές σε ένα συμπαγές περίβλημα, αν και συνήθως υπάρχουν διαθέσιμες πρόσθετες μονάδες επέκτασης για εισόδους και εξόδους και δεύτερον ένας τύπος σχεδίασης που αφορά έναν αυτόνομο προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ο οποίος φέρει ένα πλαίσιο που επιτρέπει την προσαρμογή μονάδων με διαφορετικές λειτουργίες, όπως τροφοδοτικό, επεξεργαστή, επιλογή μονάδων I/O και διεπαφές επικοινωνίας - τα οποία μπορούν να προσαρμοστούν για συγκεκριμένη εφαρμογή και να λειτουργήσουν στο πλαίσιο μίας συστοιχίας. Πολλά τέτοια πλαίσια έχουν την δυνατότητα να διαχειρίζονται από έναν μόνο προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή και μπορεί να έχουν χιλιάδες εισόδους και εξόδους. Χρησιμοποιείται είτε ειδική σειριακή σύνδεση εισόδων/εξόδων υψηλής ταχύτητας είτε συγκρίσιμη μέθοδος επικοινωνίας έτσι ώστε τα πλαίσια των συστοιχιών να μπορούν να διανέμονται σε αξιόλογες αποστάσεις από τον επεξεργαστή, μειώνοντας με τον τρόπο αυτόν το κόστος καλωδίωσης για μεγάλες εγκαταστάσεις όπως είναι αυτές στον χώρο της βιομηχανίας. Υπάρχουν επίσης διαθέσιμες επιλογές για την τοποθέτηση σημείων εισόδων/εξόδων απευθείας στο μηχανήμα και τη χρήση καλωδίων γρήγορης αποσύνδεσης σε αισθητήρες και βαλβίδες, εξοικονομώντας χρόνο για καλωδίωση και αντικατάσταση εξαρτημάτων.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών είναι η δυνατότητα να επεξεργάζονται διακριτά και αναλογικά σήματα. Τα διακριτά ή αλλιώς ψηφιακά σήματα μπορούν να λάβουν ως τιμές μόνο δύο δυνατές καταστάσεις, υψηλής ή χαμηλής διαφοράς δυναμικού τάσης οι οποίες στον χώρο της ηλεκτρονικής συνήθως αναφέρονται ως 1 ή 0 ή αλλιώς true ή false αντίστοιχα. Υπάρχουν πολλές διαθέσιμες συσκευές που είναι σχεδιασμένες να λειτουργούν με διακριτά σήματα όπως για παράδειγμα οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες και οι κωδικοποιητές. Τα διακριτά σήματα αποστέλλονται είτε σε μορφή διαφοράς δυναμικού τάσης είτε σε μορφή ρεύματος (εννοείται πως με

τον όρο μορφή αναφέρεται στο κύριο ηλεκτρικό χαρακτηριστικό), όπου συγκεκριμένες ακραίες περιοχές ορίζονται ως τα σημεία κατάστασης λογικού ένα και λογικού μηδέν. Για παράδειγμα ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να τροφοδοτείται με 24Vdc, επομένως όταν θα ανιχνεύει στις εισόδους ή θα αποδίδει στις εξόδους σήματα με τιμές πάνω από 22Vdc θα τις αναγνωρίζει ως λογικό ένα, ενώ αντίστοιχα όταν θα ανιχνεύει στις εισόδους ή θα αποδίδει στις εξόδους σήματα με τιμές κάτω από 2Vdc θα τις αναγνωρίζει ως λογικό μηδέν και όλες τις ενδιάμεσες τιμές θα τις αναγνωρίζει ως απροσδιόριστες. Τα αναλογικά σήματα μπορούν να χρησιμοποιούν τάση ή ρεύμα που είναι ανάλογο με το μέγεθος της παρακολουθούμενης μεταβλητής και μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή εντός της κλίμακας τους. Η πίεση, η θερμοκρασία, η ροή και το βάρος συχνά αντιπροσωπεύονται από αναλογικά σήματα. Αυτές συνήθως μετατρέπονται από μία διάταξη μετατροπής σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό σε ακέραιες τιμές με διάφορα εύρη ακρίβειας ανάλογα με τη συσκευή μετατροπέα και τον αριθμό της ακρίβειας των διαθέσιμων bit για την αποθήκευση των δεδομένων. Για παράδειγμα μια αναλογική είσοδος βρόχου ρεύματος 0 έως 10 V ή 4-20 mA θα μετατραπεί σε μια ακέραια τιμή από 0 έως 32.767 όταν ο μετατροπέας από αναλογικά σήματα σε ψηφιακά έχει ακρίβεια 15 bit. Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα ανιχνεύσει σε μία του είσοδο αυτήν την τιμή και θα την μεταφέρει στις κατάλληλες μονάδες της διαδικασίας, ώστε ο χειριστής ή το πρόγραμμα να μπορεί να τη διαβάσει. Η σωστή ενσωμάτωση θα περιλαμβάνει επίσης τους απαιτούμενους χρόνους φίλτρου για την μείωση του θορύβου καθώς και υψηλά και χαμηλά όρια για την αναφορά σφαλμάτων. Οι είσοδοι ρεύματος είναι λιγότερο ευαίσθητες στον ηλεκτρικό θόρυβο (π.χ. από συγκολλητές ή εκκινήσεις ηλεκτροκινητήρα) από τις εισόδους τάσης. Η απόσταση από τη συσκευή και τον ελεγκτή προκαλεί επίσης ανησυχία καθώς η μέγιστη απόσταση διαδρομής ενός σήματος τάσης καλής ποιότητας 0-10 V είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με ενός σήματος ρεύματος 4-20 mA. Το σήμα ρεύματος 4-20mA παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα και αποτελεί μια πολύ τακτική εφαρμογής καθώς αν για παράδειγμα το καλώδιο για κάποιον λόγο αποσυνδεθεί σε κάποιο σημείο κατά μήκος της διαδρομής θα γινόταν άμεσα αντιληπτό καθώς ένα σήμα <4 mA θα υποδείκνυε σφάλμα [21].

2.5 Προσομοιώσεις και εξομοιώσεις

Στον τομέα της έρευνας και ανάπτυξης συστημάτων υπάρχουν πολλά δεδομένα και λεπτομέρειες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν από πλευράς των ερευνητών. Για την ακρίβεια είναι απαραίτητο να καλυφτούν πολλές οπτικές πλευρές έτσι ώστε στο τέλος της ανάπτυξης να προκύψει ένα πρωτότυπο σύστημα το οποίο να είναι λειτουργικό και αξιόπιστο ως προς τα αναμενόμενα αποτελέσματα του σχεδιασμού του. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να λαμβάνεται ως οδηγός της ανάπτυξης μία πολύ λεπτομερής και αυστηρή μεθοδολογία η οποία θα εξασφαλίζει την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου πρωτότυπου. Μία τυπική μεθοδολογία ανάπτυξης πρωτοτύπου περιλαμβάνει την θέσπιση μίας αρχικής ιδέας ως προς τις λειτουργίες μίας συσκευής, την αρχική ανάπτυξη των διατάξεων και αλγόριθμου σε μπλοκ διαγράμματα και διαγράμματα ροής, αν είναι απαραίτητο την ανάπτυξη των επιμέρους τμημάτων των διαγραμμάτων σε πιο μικροσκοπικά και λεπτομερή διαγράμματα, αρχικό σχεδιασμό των διατάξεων και των συναρτήσεων, επαλήθευση ορθής λειτουργίας τους μέσω εξομοιώσεων και προσομοιώσεων, περεταίρω ανάπτυξη συμπεριλαμβάνοντας πιθανές περιπτώσεις αστοχίας και πρόληψης βλαβών και προστασίας υλικού και λογισμικού μέρους, επαλήθευση ορθής λειτουργίας τους μέσω εξομοιώσεων και προσομοιώσεων, πρόχειρη τμηματική συναρμολόγηση για δοκιμές πραγματικών υλικών, συναρμολόγηση ενός πρωτότυπου για δοκιμές και αν προκύψουν όλα καλά τότε μπορεί να θεωρηθεί ως τελικό προϊόν, διαφορετικά ανάλυση των αστοχιών, ανάπτυξη επόμενης έκδοσης πρωτότυπου για δοκιμές κ.ο.κ. Στην ενότητα αυτή θα εξεταστούν οι διαδικασίες των προσομοιώσεων και των εξομοιώσεων ως προς τις γενικές έννοιες τους.

2.5.1 Προσομοιώσεις

Όταν γίνεται λόγος στον όρο προσομοίωση τότε γίνεται αναφορά σε μία ενέργεια η οποία είναι η μίμηση της λειτουργίας μιας διαδικασίας ή συστήματος του πραγματικού κόσμου σε πραγματικό χρόνο. Γενικότερα οι προσομοιώσεις είναι οντότητες λογισμικού και απαιτούν τη χρήση μοντέλων πραγματικού κόσμου. Ένα μοντέλο αντιπροσωπεύει τα βασικά χαρακτηριστικά ή συμπεριφορές του επιλεγμένου συστήματος ή διαδικασίας, ενώ η προσομοίωση αντιπροσωπεύει την συμπεριφορά του μοντέλου όπως αυτό εξελίσσεται καθώς εκτελείται μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι προσομοιώσεις εκτελούνται από ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα τα οποία έχουν την ικανότητα να παρέχουν την εκτέλεση εντός ενός ελάχιστου ικανοποιητικού χρονικού διαστήματος και όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σύμφωνα με την παραμετροποίηση της. Σε γενικές γραμμές η προσομοίωση εφαρμόζεται σε ευρύ φάσμα εφαρμογών όπως είναι η προσομοίωση που αφορά τεχνολογίες για συντονισμό ή βελτιστοποίηση απόδοσης, μηχανική ασφάλειας, δοκιμές, εκπαίδευση, και εφαρμογές επίλυσης προβλημάτων γραφικού περιβάλλοντος. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται επίσης με την επιστημονική μοντελοποίηση φυσικών συστημάτων ή ανθρώπινων συστημάτων για την απόκτηση εικόνας σχετικά με τη λειτουργία τους όπως για παράδειγμα στον τομέα των οικονομικών. Μία προσομοίωση μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίσει τα ενδεχόμενα πραγματικά αποτελέσματα εναλλακτικών συνθηκών και τρόπων δράσης. Μία προσομοίωση εφαρμόζεται επίσης όταν το πραγματικό σύστημα δεν μπορεί να λειτουργήσει ή να εκτελεστεί καθώς απλούστατα ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμο ή μπορεί να είναι επικίνδυνο ή απαράδεκτο να λειτουργήσει ή και να εκτελεστεί, ή ακόμη και όταν βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού του αλλά δεν έχει ακόμη αναπτυχθεί λειτουργικά το υλικό του μέρους, ή μπορεί απλούστατα να μην υπάρχει. Τα βασικά ζητούμενα στη μοντελοποίηση και την προσομοίωση περιλαμβάνουν την πρόσβαση σε έγκυρες πηγές πληροφοριών σχετικά με τη προσεγγιστική επιλογή βασικών χαρακτηριστικών και συμπεριφορών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του μοντέλου, τη χρήση απλοποιημένων προσεγγίσεων και υποθέσεων εντός του μοντέλου και την πιστότητα και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Οι διαδικασίες και τα πρωτόκολλα για την επαλήθευση και την επικύρωση του μοντέλου είναι ένα συνεχές πεδίο ακαδημαϊκής μελέτης, βελτίωσης, έρευνας και ανάπτυξης στην τεχνολογία ή την πρακτική προσομοίωσης, ιδιαίτερα στο έργο της προσομοίωσης υπολογιστή [22][23].

2.5.2 Εξομοιώσεις

Όταν γίνεται λόγος στον όρο του εξομοιωτή, τότε γίνεται αναφορά στο υλικό ή στο λογισμικό που επιτρέπει σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα, το οποίο παίρνει τον ρόλο του συστήματος διαχειριστή, να συμπεριφέρεται όπως ένα άλλο ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα το οποίο παίρνει τον ρόλο του εξαρτώμενου συστήματος. Ένας εξομοιωτής επιτρέπει συνήθως στο σύστημα διαχειριστή να εκτελεί λογισμικό ή να χρησιμοποιεί περιφερειακές συσκευές που έχουν σχεδιαστεί για τα εξαρτώμενα συστήματα. Η εξομοίωση αναφέρεται στην ικανότητα ενός προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος σε μια ηλεκτρονική συσκευή να μιμείται ένα άλλο πρόγραμμα ή συσκευή. Πολλές ηλεκτρονικές συσκευές για παράδειγμα σχεδιάζονται για να μιμούνται μία επιτυχημένη συσκευή στην αγορά καθώς έχει ήδη αναπτυχθεί τόσο μεγάλο σε μέγεθος λογισμικό για την συγκεκριμένη συσκευή. Εάν λοιπόν μία ηλεκτρονική συσκευή που δεν είναι της ίδιας εταιρείας που παρασκευάζει το πετυχημένο μοντέλο, διαθέτει την ικανότητα να το προσομοιώνει, οποιοδήποτε λογισμικό που είναι γραμμένο για την λειτουργία της πετυχημένης ηλεκτρονικής συσκευής θα εκτελείται επίσης στην εξομοίωση της παραπλήσιας ηλεκτρονικής συσκευής και θα μπορεί να εκτελέσει ισοδύναμες λειτουργίες. Ήδη από την δεκαετία του 1990 τουλάχιστον, πολλοί λάτρεις των εφαρμογών επίλυσης προβλημάτων γραφικού περιβάλλοντος και χομπίστες έχουν χρησιμοποιήσει εξομοιωτές για

να παίζουν κλασικά (ή/και ξεχασμένα) παιχνίδια arcade από τη δεκαετία του 1980 χρησιμοποιώντας τον αρχικό κώδικα μηχανής και τα δεδομένα της δεκαετίας του 1980, τα οποία ερμηνεύονται από ένα σύστημα της τρέχουσας εποχής. και να μιμηθούν παλιές κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών. Ένας εξομοιωτής υλικού είναι ένας εξομοιωτής που έχει τη μορφή συσκευής υλικού. Παραδείγματα περιλαμβάνουν την κάρτα η οποία είναι συμβατή με DOS (Disk Operating System) που ήταν εγκατεστημένη σε ορισμένους υπολογιστές Macintosh της δεκαετίας του 1990, όπως το Centris 610 ή το Performa 630, που τους επέτρεπε να εκτελούν προγράμματα λογισμικού προσωπικού υπολογιστή (PC) και εξομοιωτές υλικού που βασίζονται σε ολοκληρωμένα κυκλώματα ψηφιακής λογικής FPGA. Η διατριβή Church-Turing υπονοεί ότι οποιοδήποτε λειτουργικό περιβάλλον μπορεί να εξομοιωθεί σε οποιοδήποτε άλλο περιβάλλον υποθέτοντας ότι οι περιορισμοί μνήμης αγνοούνται. Ωστόσο, στην πράξη, μπορεί να είναι αρκετά δύσκολο, ιδιαίτερα όταν η ακριβής συμπεριφορά του συστήματος που πρόκειται να προσομοιωθεί δεν τεκμηριώνεται και πρέπει μερικές φορές με αξιόλογο κόπο να εξαχθεί όλη η συμπεριφορά μέσω της εφαρμογής της αντίστροφης μηχανικής. Επίσης δεν γίνεται κανένας λόγος και/ή αναφορά σχετικά με τους χρονικούς περιορισμούς. Επομένως εάν ο εξομοιωτής δεν λειτουργεί τουλάχιστον το ίδιο γρήγορα με το αρχικό υλικό, το λογισμικό μέσα στην εξομοίωση μπορεί να λειτουργεί πολύ πιο αργά και πιθανώς η ενεργοποίηση του χρονοδιακόπτη να διακόπτει αυτή τη συμπεριφορά [24].

2.6 Επίλογος

Για την εκπόνηση μίας εργασίας πρέπει αρχικά να οριστεί το πλαίσιο κατά το οποίο θα πρέπει να περιοριστεί το θέμα της. Το πλαίσιο αυτό θα αποτελεί την συνολική μελέτη της η οποία θα περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες θεωρητικές βάσεις που αφορούν την υλοποίηση της. Αποτελεί καλή πρακτική καθώς εξυπηρετεί τόσο στο να αποδοθεί μία αρχική εικόνα του συνόλου της εργασίας, όσο και στο να παρέχει πρόληψη και προσοχή σε παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε αστοχία και αποτυχία της.

Οι μηχανές παραγωγής αποτελούν κύριο στοιχείο στην παρούσα. Η εξέλιξη τους εντοπίζεται στην δημιουργία των απλών μηχανών και διακρίνονται σε τρεις συγκεκριμένες βασικές κατηγορίες. Στην σφήνα, στον μοχλό και στον τροχό.

Από τις τρεις απλές μηχανές προέκυψε από περαιτέρω ανάλυση τους το συμπέρασμα ότι οι βασικοί μηχανισμοί τους διακρίνονται στον μοχλό, στην τροχαλία και στον τροχό και στον άξονα που σχηματίζονται από ένα σώμα που περιστρέφεται γύρω από έναν μεντεσέ, καθώς και στο κεκλιμένο επίπεδο, στην σφήνα και στην βίδα που είναι ομοίως ένα μπλοκ που ολισθαίνει σε μια επίπεδη επιφάνεια.

Από την χρήση των απλών μηχανών προέκυψαν με την πάροδο του χρόνου τα μηχανικά συστήματα, μία σύνθεση από μικρό έως μεγάλο βαθμό των απλών μηχανών με σκοπό να παρέχουν εργασίες υψηλότερων απαιτήσεων.

Ένα από τα σπουδαιότερα παραδείγματα μηχανικών συστημάτων αποτελεί η ανάπτυξη της γραμμής παραγωγής, η οποία είναι μία μηχανή που μπορεί να αξιοποιεί όλες τις αρχές των απλών μηχανών στο σύνολο της και αποτελεί την ραχοκοκαλιά της εργοστασιακής δομής αλλά και της βιομηχανίας γενικότερα.

Οι εργαλειομηχανές αποτελούν το εξελικτικό στάδιο των μηχανικών συστημάτων καθώς πρόκειται για πλήρη συστήματα σχεδιασμένα να επεξεργάζονται διάφορα υλικά υπό συγκεκριμένη εργασία. Οι κατηγορίες τους προκύπτουν από το είδος της εργασίας που εκτελούν για την επεξεργασία των υλικών με τα οποία τροφοδοτούνται. Διακρίνονται στις κατηγορίες της πρέσας, του τόννου, τους διαμορφωτές και την πλάνη, τις μηχανές διάτρησης, τις φρέζες, τις μηχανές λείανσης και τα ηλεκτρικά πριόνια. Τα

κύρια χαρακτηριστικά μιας εργαλειομηχανής που απασχολούν στην διαδικασία παραγωγής είναι ο χρόνος εκτέλεσης κάθε βήματος του κύκλου εργασίας της και ο συνολικός χρόνος του κάθε κύκλου εργασίας. Σε αυτές τις εργαλειομηχανές όπου ο κύκλος εργασίας πραγματοποιείται από το ανθρώπινο εργατικό δυναμικό, υπάρχει διακύμανση του χρόνου σε κάθε βήμα εργασίας και στο σύνολο του κάθε κύκλου εργασίας.

Η λειτουργία της εργαλειομηχανής τύπου πρέσας περιορίζεται στην σκόπιμη, συστηματική και με ακρίβεια πίεση ενός υλικού εντός ενός συνόλου μήτρας έτσι ώστε να αποδοθεί σε αυτό μία συγκεκριμένη και επιθυμητή μορφή.

Μία από τις σπουδαιότερες αναβαθμίσεις των εργαλειομηχανών πραγματοποιήθηκε με την ενσωμάτωση σε αυτές του αυτομάτου ελέγχου. Η κυριότερη βελτίωση αφορά την σταθεροποίηση των χρόνων εκτέλεσης των κύκλων εργασίας στο σύνολο της παραγωγής. Επίσης σημαίνει πως με την αναβάθμιση αυτήν μετατρέπονται σε ψηφιακά συστήματα ικανά να λειτουργήσουν σε περιβάλλον πραγματικού κόσμου.

Οι αυτοματισμοί διακρίνονται και αυτοί σε συγκεκριμένες κατηγορίες. Αυτές είναι ο βασικός αυτοματισμός, ο αυτοματισμός επεξεργασιών, ο αυτοματισμός ενσωματωμένου συστήματος και ο αυτοματισμός τεχνητής νοημοσύνης.

Ο συνηθέστερος τρόπος εφαρμογής ενός αυτοματισμού στην βιομηχανία πραγματοποιείται με την εγκατάσταση ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αποτελείται από ένα σύστημα μικροελεγκτή ο οποίος εντοπίζεται έγκλειστος εντός ανθεκτικού κυτίου και ο οποίος έχει προετοιμαστεί κατάλληλα ώστε να μπορεί να λειτουργήσει σε βιομηχανικό περιβάλλον επιτρέποντας πρόσβαση μόνο στις θύρες εισόδων και εξόδων σημάτων, καθώς και στην τροφοδοσία του. Απαιτεί συνήθως την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος για την πρόσβαση στην μνήμη του ώστε να αποθηκευτεί το κατάλληλο υλικολογισμικό το οποίο θα παρέχει τις κατάλληλες οδηγίες λειτουργίας του.

Ένα από τα σημαντικότερα στάδια της μελέτης αφορά την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του τελικού προϊόντος όταν αυτό θα λειτουργήσει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Καθώς η ανάπτυξη υλικού για δοκιμές είναι μία διαδικασία η οποία αποδεικνύεται αφενός χρονοβόρα και αφετέρου δαπανηρή, προτιμάται να εφαρμόζεται μία πρακτική η οποία στερείται αυτών των μειονεκτημάτων. Η πρακτική αυτή κάνει χρήση των μεθόδων της προσομοίωσης και της εξομοίωσης.

Η προσομοίωση ως διαδικασία περιγράφει την λειτουργία ενός λογισμικού που μιμείται ένα γεγονός που πραγματοποιείται στον πραγματικό κόσμο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα κάνοντας χρήση ειδικών μοντέλων λογισμικού τα οποία είναι κατάλληλα ώστε να αποδώσουν με ακρίβεια αποτελέσματα όπως αυτά θα συνέβαιναν στον πραγματικό κόσμο.

Η εξομοίωση ως διαδικασία περιγράφει την λειτουργία όπου ένα υλικό ή λογισμικό επιτρέπει σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα να αναλάβει τον ρόλο του συστήματος διαχειριστή, να συμπεριφέρεται όπως ένα άλλο ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα το οποίο παίρνει τον ρόλο του εξαρτώμενου συστήματος.

Κεφάλαιο 3ο: Προσομοίωση εργαλειομηχανής πρέσας

3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί όλη η διαδικασία η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα την επιτυχή προσομοίωση του κύκλου εργασίας μίας εργαλειομηχανής πρέσας που κάμπτει και παραμορφώνει μεταλλικά ελάσματα ελεγχόμενη από ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου που υλοποιείται από έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή. Συγκεκριμένα η διάρθρωση του κεφαλαίου θα περιλαμβάνει το μοντέλο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή που θα χρησιμοποιηθεί, το πρόγραμμα που θα εκτελέσει την προσομοίωση, το πρόγραμμα που θα δίνει τις οδηγίες στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή το οποίο θα αποδοθεί στις τρεις πιο τυπικές γλώσσες που έχουν αναπτυχθεί για τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές οι οποίες είναι οι Ladder, STL και FBD, το μοντέλο της εργαλειομηχανής τύπου πρέσας, την αναβάθμιση της εργαλειομηχανής με την ενσωμάτωση του αυτοματισμού και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Αρχικά θα περιγραφεί το μοντέλο της εργαλειομηχανής τύπου πρέσας ως προς την τυπική του λειτουργία, τον κύκλο εργασίας της και τα βήματα του κύκλου εργασίας της. Στην συνέχεια θα εξηγηθεί το ποια σημεία της και γιατί συγκεκριμένα αυτά θα υποστούν επέμβαση ώστε να μπορέσει να προετοιμαστεί κατάλληλα το υλικό της για να αναβαθμιστεί με την ενσωμάτωση ενός συστήματος αυτοματισμού βασιζόμενο σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.

Θα αποδοθεί με λεπτομέρεια ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής του οποίου το ψηφιακό μοντέλο θα λειτουργήσει στα πλαίσια της προσομοίωσης ως προς τα χαρακτηριστικά του υλικού του για τα όρια των δυνατοτήτων που μπορεί να παρέχει για τις ανάγκες της αναβάθμισης της εργαλειομηχανής, καθώς και την ανάλυση των επιθυμητών λειτουργιών της.

Θα αναλυθεί το μέρος του λογισμικού που θα οδηγεί τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ώστε να μπορεί όχι μόνο να εκτελεί με επιτυχία τον κύκλο εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας αλλά και με αποδεδειγμένη αυξημένη αποδοτικότητα από την προηγούμενη κατάσταση της ώστε να θεωρηθεί επιτυχημένη η αναβάθμιση της. Αρχικά θα σχεδιαστεί το πρόγραμμα σε μορφή αλγόριθμου ο οποίος θα περιγράφει όλο το σύνολο του προγράμματος μέσω ενός διαγράμματος ροής και στην συνέχεια θα γραφτεί ο κώδικας που θα εγκατασταθεί στην μνήμη του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Το εγχείρημα αυτό θα γραφτεί στις τρεις πιο χρησιμοποιούμενες γλώσσες προγραμματισμού που συνηθίζονται για τον προγραμματισμό των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στον χώρο της βιομηχανίας, την Ladder, την STL και την FBD.

Θα παρουσιαστεί με λεπτομέρεια το πρόγραμμα στο οποίο θα εκτελεστεί η προσομοίωση, το οποίο είναι ικανό να την πραγματοποιήσει με τέτοιο τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται σε αποτελέσματα πραγματικού κόσμου, χάρη στον ακριβή σχεδιασμό των ψηφιακών μοντέλων που διαθέτει τα οποία ανταποκρίνονται πιστοποιημένα στην συμπεριφορά των πραγματικών υλικών συσκευών. Συγκεκριμένα το μοντέλο του οποίου θα γίνει χρήση στο πρόγραμμα εξομοίωσης θα είναι αυτό ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος θα εκτελέσει έναν κύκλο εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας αφού πρώτα αποθηκευτεί στην μνήμη του το πρόγραμμα οδήγησης το οποίο θα αποδώσει την εξομοίωση σε πραγματικό χρόνο.

Τέλος θα παρουσιαστούν τα τελικά αποτελέσματα της προσομοίωσης όπως αυτά προκύπτουν τα οποία θα αποτελούν έναν ακριβή οδηγό ως προς το τι θα μπορεί να αναμένει κανείς εάν εφαρμόσει το σύνολο της αναβάθμισης αυτής σε μία όμοια εργαλειομηχανή στον πραγματικό κόσμο με όμοια παραμετροποίηση του ενσωματωμένου αυτοματισμού.

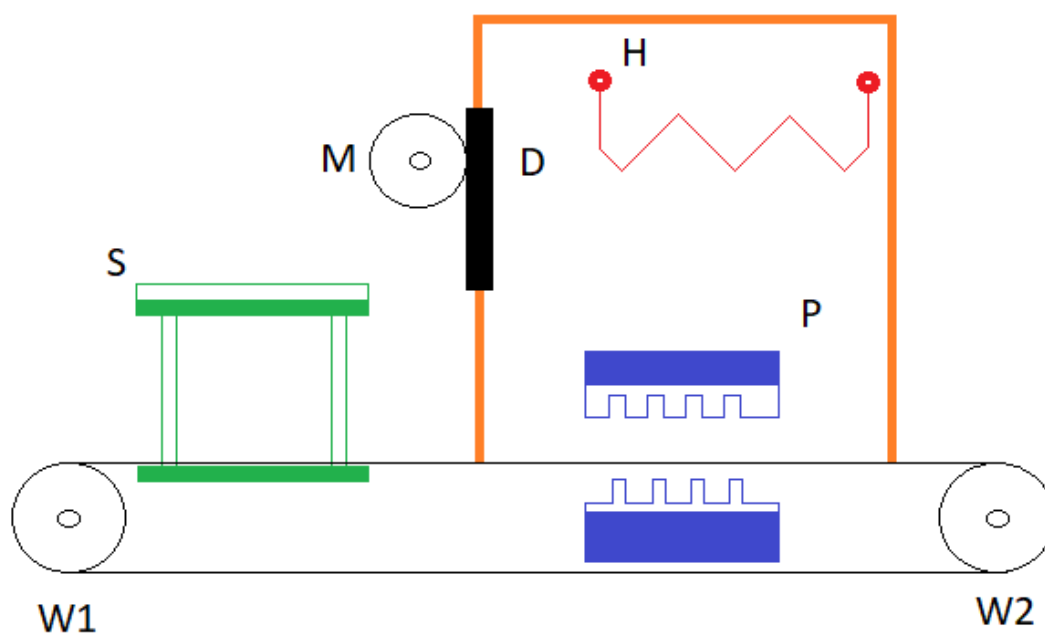
3.2 Εργαλειομηχανή τύπου πρέσας

Οι εργαλειομηχανές γενικότερα αποτελούν μία σύνθεση των απλών μηχανών και συγκεκριμένα των βασικών αρχών λειτουργίας τους, αποδίδοντας έτσι μία μηχανική σύνθεση ικανή να εκτελέσει μία ολοκληρωμένη λειτουργία. Στο σύνολο της συγκεκριμένης ενότητας θα παρουσιαστεί στο πλήρες εύρος πλαισίου μία τυπική εργαλειομηχανής τύπου πρέσας και συγκεκριμένα στα διακριτά τμήματα της ώστε να αποσαφηνιστεί ακριβώς το περιεχόμενο της και οι αρχές λειτουργίας της. Αρχικά πρέπει να διατυπωθεί η αναγκαιότητα που οδήγησε στην ανάπτυξη της, κατά την εποχή του πρωτοβιομηχανισμού όλες οι επεξεργασίες μετάλλων πραγματοποιούνταν λίγο πολύ στο επίπεδο των έως τότε πρακτικών οι οποίες βασίζονταν κυρίως στην σφυρηλάτηση, δηλαδή την διαμόρφωση της μορφής ενός μεταλλικού αντικειμένου μέσα από μία διαδικασία θέρμανσης του ώστε να γίνει πιο εύπλαστο και συστηματικής και διαδοχικής κρούσης του με σφυρί. Κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης αναπτύχθηκαν διάφορα συστήματα, κυρίως μηχανικά που επέτρεπαν πολλές από αυτές τις εργασίες να μπορούν να πραγματοποιηθούν με μεγαλύτερη αποδοτικότητα τόσο σε χρόνο, όσο και σε ακρίβεια. Τα εξαρτήματα πρέσας χρησιμοποιήθηκαν για ποδήλατα μαζικής παραγωγής κατά τα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Η πρέσα αντικατέστησε τη σφυρηλάτηση αλλά και τη μηχανική κατεργασία με χρήση καλουπιού με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά το κόστος της διαδικασίας, αν και δεν ήταν τόσο ανθεκτικά όσο τα σφυρήλατα εξαρτήματα αλλά παρόλα αυτά ήταν και πάλι αρκετά καλής ποιότητας. Τα πρεσαριστά ανταλλακτικά ποδηλάτων εισήχθησαν από τη Γερμανία στις Ηνωμένες Πολιτείες στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και οι αμερικανικές εταιρείες άρχισαν με την σειρά τους να προμηθεύονται εργαλειομηχανές πρέσας που κατασκευάζονταν κατά παραγγελία από Αμερικανικές κατασκευαστικές εταιρείες εργαλειομηχανών. Συγκεκριμένα η Western Wheel επένδυσε στην ανάπτυξη του τομέα έρευνας και ανάπτυξης ώστε να κατορθώσει να κατασκευάσει τα περισσότερα μέρη του ποδηλάτου με εργαλειομηχανή πρέσας. Στην συνέχεια αρκετές κατασκευάστριες εταιρείες αυτοκινήτων υιοθέτησαν την κατασκευή ανταλλακτικών μέσω εργαλειομηχανής πρέσας. Χαρακτηριστικά ο Χένρι Φορντ αρχικά αντιστάθηκε στις προτροπές των μηχανικών του να χρησιμοποιήσει εξαρτήματα και ανταλλακτικά που κατασκευάστηκαν από εργαλειομηχανές πρέσας αλλά όταν τελικά η εταιρεία του δεν μπορούσε να ικανοποιήσει τη ζήτηση με σφυρήλατα ανταλλακτικά, ο Φορντ αναγκάστηκε να χρησιμοποιήσει την μέθοδο της πρέσας. Κατά τη διάρκεια της ιστορίας της πρέσας μετάλλων, της σφυρηλάτησης και της βαθιάς έλξης, οι πρέσες όλων των τύπων αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της κατασκευής μετάλλων. Οι διαδικασίες παρασκευής και παραγωγής συνεχίζουν να βελτιώνονται ως προς τη μετακίνηση όλο και περισσότερων μετάλλων με το πάτημα ενός κουμπιού. Οι πρεσαριστές και οι διασυνδεδεμένες συσκευές αυτοματισμού αυξάνουν τα ποσοστά παραγωγής, μειώνουν το κόστος εργασίας και παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια στους εργαζόμενους [25].

Οι διάφορες λειτουργίες που μπορεί να εκτελέσει μία εργαλειομηχανή πρέσας περιλαμβάνουν την κάμψη, όπου το προς επεξεργασία υλικό παραμορφώνεται ή κάμπτεται κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής, την καμπύλωση, όπου το προς επεξεργασία υλικό κάμπτεται κατά μήκος μιας καμπύλης γραμμής, το ανάγλυφο σχέδιο, όπου το προς επεξεργασία υλικό τεντώνεται σε μια ρηχή κοιλότητα, μία λειτουργία που συνήθως χρησιμοποιείται κυρίως για την προσθήκη διακοσμητικών σχεδίων, την αποκοπή όπου από το προς επεξεργασία υλικό αφαιρείται ένα προκαθορισμένο κομμάτι, συνήθως για να δημιουργηθεί ένα κενό για περαιτέρω επεξεργασία, την νομισματοποίηση, όπου στο προς επεξεργασία υλικό εφαρμόζεται συμπίεση ώστε να εμφανιστεί ένα συγκεκριμένο σχέδιο στο υλικό και παραδοσιακά εφαρμόζεται ως πρακτική για την κατασκευή νομισμάτων, το σχέδιο, όπου η επιφάνεια ενός κενού υλικού τεντώνεται ώστε να διαμορφωθεί σε ένα εναλλακτικό σχήμα μέσω της ελεγχόμενης ροής του υλικού, το τέντωμα, όπου το εμβαδόν της επιφάνειας ενός ακατέργαστου τεμαχίου αυξάνεται από την τάση, χωρίς κίνηση προς τα μέσα του τυφλού άκρου και συχνά χρησιμοποιείται για την

κατασκευή λείων εξαρτημάτων αμαξώματος αυτοκινήτου, το σιδέρωμα, όπου το προς επεξεργασία υλικό συμπιέζεται και μειώνεται σε πάχος κατά μήκος ενός κατακόρυφου τοιχίου. Χρησιμοποιείται συνήθως για δοχεία ποτών και φυσίγγια πυρομαχικών, την αναγωγή, η οποία χρησιμοποιείται για τη σταδιακή μείωση της διαμέτρου του ανοιχτού άκρου ενός αγγείου ή σωλήνα, την συρμάτωση, η οποία αφορά την παραμόρφωση του προς επεξεργασία υλικού σε σωληνοειδές προφίλ, όπως για παράδειγμα στους μεντεσέδες μίας πόρτας, το στρίψωμα, που αφορά την αναδίπλωση μιας άκρης πάνω από τον εαυτό της ώστε να προστεθεί επιπλέον πάχος όπως για παράδειγμα είναι οι άκρες των θυρών των αυτοκινήτων, η διάτρηση, όπου το προς επεξεργασία υλικό υφίσταται διαμπερές οπές ορισμένων σχημάτων και τέλος η κοπή, όπου από το προς επεξεργασία υλικό αφαιρούνται επιλεκτικά τμήματα του τα οποία περισσεύουν από το σύνολο της επεξεργασίας και διαμόρφωσης του. Η προοδευτική πρέσα αποτελεί έναν συνδυασμό των παραπάνω λειτουργιών η οποία πραγματοποιείται με ένα σετ καλουπιών στη σειρά από τις οποίες μια λωρίδα του υλικού περνά ένα βήμα τη φορά.

Στην παρούσα εργασία η εργαλειομηχανή πρέσας η οποία αποτελεί το αντικείμενο μελέτης αφορά τον τύπο της προοδευτικής πρέσας η οποία θα αναβαθμιστεί με έναν αυτοματισμό τύπου προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή και της οποίας το σχέδιο παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα του σχήματος 3.1.



Σχήμα 3.1: Εργαλειομηχανή προοδευτικής πρέσας.

Στο συγκεκριμένο σχήμα όπως αυτό απεικονίζεται διακρίνονται τα διάφορα μέρη της συγκεκριμένης εργαλειομηχανής τα οποία καλούνται να αναβαθμιστούν με την προσθήκη αυτομάτου ελέγχου και τα οποία είναι οι σερβοκινητήρες ακριβούς μετακίνησης του ιμάντα τροφοδοσίας με τις ονομασίες W1 και W2 και χρώματος μαύρου, ο τροφοδότης των μεταλλικών ελασμάτων με την ονομασία S και χρώματος πράσινου, ο κινητήρας ο οποίος ανοίγει και κλείνει την θύρα ασφαλείας του φούρνου πρέσας με την ονομασία M και χρώματος μαύρου, το περίβλημα του φούρνου της εργαλειομηχανής πρέσας χρώματος πορτοκαλί, η θύρα ασφαλείας του φούρνου εργαλειομηχανής πρέσας με την ονομασία D και χρώματος μαύρου, το μέσο θέρμανσης του εσωτερικού του φούρνου της εργαλειομηχανής πρέσας με ονομασία H και χρώματος κόκκινου και τελικά τις μήτρες μορφοποίησης των μεταλλικών ελασμάτων με ονομασία

P και χρώματος μπλε. Η αναβάθμιση θα πραγματοποιηθεί με την προσθήκη ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή στον οποίο θα συνδεθούν στις εισόδους και εξόδους του αισθητήρια, κινηματικά στοιχεία και ενδείκτες ως περιφερειακές συσκευές προκειμένου να αυτοματοποιήσει ένα μεγάλο μέρος των διεργασιών τις οποίες πρέπει να πραγματοποιεί το ανθρώπινο στοιχείο χειριστή. Ο κινηματικός έλεγχος συγκεκριμένα θα πραγματοποιείται στα σερβοκινητήρια, στον κινητήρα της θύρας ασφαλείας, στις μήτρες μορφοποίησης και στον τροφοδότη, σε άλλη έξοδο θα πραγματοποιείται ο έλεγχος του μέσου θέρμανσης του εσωτερικού του φούρνου. Τα αισθητήρια θα τοποθετηθούν στην θύρα ασφαλείας και στο εσωτερικό του φούρνου.

3.2.1 Αναβάθμιση εργαλειομηχανής πρέσας

Στον χώρο της σύγχρονης βιομηχανίας οι εργαλειομηχανές πλέον περιλαμβάνουν στην έννοια του όρου τους και την αυτοματοποίηση, Πρακτικά η αυτοματοποίηση μίας εργαλειομηχανής αποτελεί μία ξεχωριστή οντότητα η οποία πραγματοποιείται με μία διαδικασία προσαρμογής ενός συστήματος αυτοματισμού, συνήθως ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, η οποία αποτελείται από διάφορα επίπεδα περιπλοκότητας και δυσκολιών και ως εκ τούτου απαιτεί την σχολαστική ενασχόληση μίας ομάδας ατόμων για να κατορθώσει να δημιουργήσει μία μελέτη και να αναπτύξει κατάλληλα το πλήρες σύστημα αυτοματισμού που θα αναβαθμίσει την εργαλειομηχανή σε αυτοματοποιημένη.

Αρχικά απαιτείται να είναι γνωστή η δομή της εργαλειομηχανής τύπου πρέσας. Η εργαλειομηχανή στο σύνολο της διαθέτει έναν τροφοδότη, έναν ιμάντα θέσης των προς επεξεργασίας υλικών, το σετ μήτρας και έναν φούρνο για θέρμανση των μεταλλικών ελασμάτων με στεγανή πόρτα. Επίσης γνωστή πρέπει να είναι η διαδικασία του ολοκληρωμένου κύκλου λειτουργίας της εργαλειομηχανής ώστε να μπορέσουν να γίνουν διακριτά τα βήματα της. Στην συγκεκριμένη περίπτωση η εργαλειομηχανή που θα αυτοματοποιηθεί είναι μία εργαλειομηχανή πρέσας η οποία διαμορφώνει μεταλλικά φύλλα ελασμάτων και η οποία σε έναν κύκλο εργασίας της που πραγματοποιεί, εκτελεί διαδοχικά τα ακόλουθα βήματα. Αρχικά ο τροφοδότης της πρέπει να περιέχει έναν ελάχιστο αριθμό μεταλλικών ελασμάτων ώστε να μπορεί να τα παρέχει στον ιμάντα θέσης του μεταλλικού ελάσματος. Δεν έχει σημασία το πλήθος του αριθμού, αρκεί να μην βρεθεί ποτέ κενός. Η ευθύνη αυτή επιτηρείται από το εργατικό προσωπικό που χειρίζεται την εργαλειομηχανή πρέσας. Στην συνέχεια το εργατικό δυναμικό που χειρίζεται την εργαλειομηχανή πρέσας μεταφέρει από τον τροφοδότη στον ιμάντα θέσης ένα μεταλλικό έλασμα, τοποθετώντας το σε ένα συγκεκριμένο σημείο με την βοήθεια ενός οδηγού. Αφού έχει πλέον τοποθετηθεί σωστά το μεταλλικό έλασμα επί του ιμάντα, μεταφέρεται εντός του εσωτερικού του φούρνου σε συγκεκριμένη θέση μεταξύ των δύο τεμαχίων μήτρας και κλείνει η πόρτα του φούρνου. Παραμένει η εργαλειομηχανή πρέσας σε αυτήν την κατάσταση για ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα το οποίο θα επιτρέψει το μεταλλικό έλασμα να βρεθεί σε συγκεκριμένα επίπεδα θερμοκρασίας. Μόλις παρέλθει το ελάχιστο χρονικό διάστημα, τότε ενεργοποιούνται τα δύο τεμάχια μήτρας και συγκλίνουν μεταξύ τους εφαρμόζοντας την κατάλληλη πίεση ώστε να διαμορφώσουν το μεταλλικό έλασμα στην επιθυμητή του μορφή. Τότε τα δύο τεμάχια μήτρας απομακρύνονται στις αρχικές τους θέσεις και ανοίγει η πόρτα του φούρνου από το εργατικό δυναμικό που χειρίζεται την εργαλειομηχανή, έλκουν μέσω του ιμάντα θέσης το διαμορφωμένο μεταλλικό έλασμα εκτός του χώρου του φούρνου και το απομακρύνουν από τον ιμάντα θέσης ώστε να συνεχίσει στο επόμενο στάδιο της γραμμής παραγωγής και η διαδικασία σε αυτό το σημείο μπορεί να επαναληφθεί κατά τον επιθυμητό αριθμό επαναλήψεων.

Επομένως γίνεται σαφές πως ο κύκλος εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας πραγματοποιεί τα βήματα της τροφοδότησης του ιμάντα θέσης, της μεταφοράς του μεταλλικού ελάσματος στο εσωτερικού του φούρνου, το κλείσιμο της πόρτας του φούρνου, την αναμονή ενός ελάχιστου χρονικού διαστήματος, την σύγκλιση των τμημάτων της μήτρας, την απομάκρυνση των τμημάτων της μήτρας, το άνοιγμα της

πόρτας του φούρνου, την εξαγωγή του μεταλλικού ελάσματος από το εσωτερικό του φούρνου μέσω του ιμάντα θέσης και την απομάκρυνση του μεταλλικού ελάσματος από τον ιμάντα θέσης. Συνολικά στον αριθμό εννιά διακριτά βήματα που αποδίδουν το σύνολο του κύκλου εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας και αυτό αποτελεί και το πρώτο βήμα της διαδικασίας ανάλυσης που θα καθορίσει το σύνολο του αυτοματισμού που θα εγκατασταθεί στην εργαλειομηχανή ως οντότητα της διαχείρισης της. Το σύνολο του συστήματος του αυτοματισμού θα αποτελείται από επιμέρους τμήματα τα οποία θα αντιστοιχούνται στα βήματα του κύκλου εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας και θα είναι προσαρμοσμένα έτσι που να εκτελούν την επιθυμητή αυτοματοποιημένη διεργασία στο κάθε βήμα. Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία των αυτοματισμών είναι ο ηλεκτροκινητήρας καθώς μπορεί να ελεγχθεί με ηλεκτρικά μέσα και μπορεί να παρέχει την απαραίτητη κινηματική για την μετακίνηση των διάφορων υλικών σύμφωνα με τον επιθυμητό τρόπο της κάθε διαδικασίας.

Στο πρώτο βήμα όπου ο τροφοδότης θα παρέχει στον ιμάντα θέσης το μεταλλικό έλασμα θα εξοπλιστεί με μία πλατφόρμα σχεδιασμένη έτσι που να μεταφέρει το μεταλλικό έλασμα από τον τροφοδότη επί του ιμάντα θέσης σε μία προκαθορισμένη θέση με την βοήθεια ηλεκτροκινητήρων που θα παρέχουν την κατάλληλη κινηματική. Ο αυτοματισμός ως προς το υλικό του ολοκληρώνεται με την προσθήκη διακοπών οι οποίοι θα λειτουργούν ως αισθητήρια τα οποία θα ενημερώνουν τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή στον οποίο είναι συνδεδεμένοι ως προς το σε ποιο σημείο βρίσκεται το μεταλλικό έλασμα. Οι διακόπτες αυτοί αποτελούν το μέσο με το οποίο ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αντιλαμβάνεται το φυσικό περιβάλλον μέσα στο οποίο λειτουργεί. Στην πράξη φυσικά είναι μόνο ένας τύπος από τους οποίους ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής αντιλαμβάνεται το περιβάλλον γύρω του αλλά αυτά θα αναλυθούν σε μετέπειτα ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.

Όταν έχει τοποθετηθεί το μεταλλικό έλασμα επί του ιμάντα θέσης από τον τροφοδότη, η πλατφόρμα επιστρέφει στην αρχική της θέση και ο ιμάντας θέσης με την βοήθεια δύο τουλάχιστον ηλεκτροκινητήρων μετακινεί το μεταλλικό έλασμα στο εσωτερικό του φούρνου. Για να εξακριβωθεί η σωστή θέση του μεταλλικού ελάσματος στο εσωτερικό του φούρνου, εγκαθίσταται ένα αισθητήριο κάποιου τύπου κατάλληλου έτσι που να παρέχει με ακρίβεια την σχετική πληροφορία στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ώστε να μπορέσει να επιτρέψει την συνέχεια στο επόμενο βήμα του κύκλου εργασίας της εργαλειομηχανής.

Όταν ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής έχει διαπιστώσει την σωστή τοποθέτηση του μεταλλικού ελάσματος στο εσωτερικό του φούρνου, δίνει την εντολή η οποία θα κλείσει την πόρτα του φούρνου με την βοήθεια ηλεκτροκινητήρων και με την βοήθεια κάποιου διακόπτη θα αναγνωρίσει ότι η πόρτα είναι πράγματι κλειστή και σε αυτό το σημείο ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα δώσει την εντολή να ενεργοποιηθεί το μέσο θέρμανσης και θα εκτελέσει έναν ορισμένο ελάχιστο χρόνο αναμονής κατά τον οποίον το μεταλλικό έλασμα θα θερμανθεί ώστε να γίνει πιο εύπλαστο το υλικό του επιτρέποντας την επεξεργασία του να γίνει ευκολότερη, προστατεύοντας παράλληλα το υλικό των τμημάτων της μήτρας.

Όταν με την βοήθεια κάποιου αισθητηρίου θερμοκρασίας ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής έχει διαπιστώσει ότι η θερμοκρασία έχει φτάσει μία ελάχιστη τιμή, τότε θα δώσει την εντολή με την οποία τα δύο τμήματα της μήτρας, ανάμεσα στα οποία βρίσκεται τοποθετημένο το μεταλλικό έλασμα, θα συγκλίνουν το ένα προς το άλλο αξιοποιώντας κάποιο μέσο παροχής κινηματικής όπως πνευματικό, υδραυλικό ή ηλεκτροκινητήριο μηχανισμό, παραμορφώνοντας κατά κάποιον επιθυμητό τρόπο το προς επεξεργασία μεταλλικό έλασμα εντός συγκεκριμένης τιμής πίεσεως κατά την οποία μόλις την ανιχνεύσει ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα δώσει την εντολή να απομακρυνθούν τα δύο τμήματα μήτρας μεταξύ τους απελευθερώνοντας το επεξεργασμένο μεταλλικό έλασμα.

Όταν ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής διαπιστώσει πως τα δύο τμήματα μήτρας έχουν επιστρέψει στην αρχική τους θέση θα δώσει την κατάλληλη εντολή για να ανοίξει η πόρτα του φούρνου κάνοντας χρήση των ηλεκτροκινητήρων που ελέγχουν την κινηματική της. Όταν ολοκληρωθεί το άνοιγμα της πόρτας του φούρνου θα μπορέσει ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής να προχωρήσει στο επόμενο βήμα του κύκλου εργασίας της εργαλειομηχανής τύπου πρέσας.

Μόλις ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής διαπιστώσει με την βοήθεια κάποιου αισθητηρίου πως η πόρτα του φούρνου είναι ανοιχτή, θα δώσει την εντολή με την οποία ο ιμάντας θέσης θα απομακρύνει το επεξεργασμένο μεταλλικό έλασμα από το εσωτερικό του φούρνου κάνοντας χρήση κάποιων ηλεκτροκινητήρων σε μία συγκεκριμένη θέση, την οποία και θα διαπιστώσει αξιοποιώντας κάποιου τύπου αισθητηρίου. Μόλις ολοκληρωθεί η ενέργεια αυτή, το επεξεργασμένο μεταλλικό έλασμα απομακρύνεται από τον ιμάντα θέσης.

Στο σημείο αυτό έχουν πραγματοποιηθεί όλα τα βήματα του κύκλου εργασίας και ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής είναι έτοιμος να επαναλάβει όλη την διαδικασία από την αρχή για απεριόριστους κύκλους εργασίας. Συμπερασματικά προκύπτει πως για την αυτοματοποίηση μίας εργαλειομηχανής η οποία εκτελεί τον κύκλο εργασίας της αποκλειστικά από χειρισμό εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού, από πλευράς υλικού μέρους απαιτείται ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής με χαρακτηριστικά που να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις της εργαλειομηχανής, ένα σύνολο κινηματικών στοιχείων, συνήθως ηλεκτροκινητήρων και ένα σύνολο διάφορων αισθητηρίων που θα επιτρέψουν στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή να αντιλαμβάνεται εντός ενός πλαισίου ακρίβειας το περιβάλλον οι οποίοι εκ των πλείστων θα αποτελούνται από διακόπτες.

3.3 Σύνολο υλικών αυτοματισμού

Ο αυτοματισμός αποτελεί την καρδιά ενός αυτοματοποιημένου συστήματος και στο σύνολο του αποτελείται από αρκετά τμήματα. Αρχικά ένας αυτοματισμός διακρίνεται από το υλικό του μέρος και από το λογισμικό του μέρος και στην παρούσα ενότητα θα εξεταστεί με λεπτομέρεια το υλικό του μέρος το οποίο θα περιλαμβάνει τον ίδιο τον προγραμματιζόμενο ελεγκτή, τα μέσα κινηματικής όπως είναι οι ηλεκτροκινητήρες, τους διακόπτες και τα αισθητήρια.

3.3.1 Αισθητήρια

Τα αισθητήρια ως κατηγορία υλικού περιλαμβάνει μεγάλου εύρους ποικιλία, αλλά ουσιαστικά ως έννοια αφορά μετατροπείς κάποιων φυσικών μεγεθών πληροφορίας σήματος σε κάποιου είδους ηλεκτρικό σήμα που να μπορεί να επεξεργαστεί από ηλεκτρονικές διατάξεις. Οι δύο κύριες κατηγορίες τους τα διακρίνει σε ενεργά και παθητικά αισθητήρια όπου τα ενεργά απαιτούν για την λειτουργία τους μία εξωτερική πηγή ενέργειας ενώ τα παθητικά δεν είναι απαραίτητο να τροφοδοτούνται από εξωτερική πηγή ενέργειας. Γενικότερα διακρίνονται σε κατηγορίες οι οποίες αντιδρούν σε συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα όπως είναι η βαρύτητα, η πίεση, η επιτάχυνση, το φως, ο μαγνητισμός, ο ηλεκτρισμός.

Με τον όρο αισθητήρια περιγράφεται ένα σύνολο συσκευών οι οποίες παραγάγουν κάποιο σήμα εξόδου με σκοπό την ανίχνευση ενός φυσικού φαινομένου. Στον ευρύτερο ορισμό ένα αισθητήριο είναι είτε μια συσκευή, είτε μία μονάδα, είτε μία μηχανή ή υποσύστημα το οποίο ανιχνεύει γεγονότα ή αλλαγές στο περιβάλλον του και στέλνει τις πληροφορίες σε άλλα ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία συχνά φέρουν έναν επεξεργαστή υπολογιστή. Τα αισθητήρια χρησιμοποιούνται πάντα με άλλες ηλεκτρονικές διατάξεις και συστήματα ηλεκτρονικών. Τα αισθητήρια μπορούν να χρησιμοποιούνται σε καθημερινά αντικείμενα όπως είναι τα κουμπιά ανελκυστήρων τα οποία χαρακτηρίζονται ως ευαίσθητα στην αφή και λαμπτήρες που μειώνουν ή αυξάνουν τον φωτισμό τους δια της επαφής της βάσης τους και σε

αναρίθμητες άλλες εφαρμογές τις οποίες οι περισσότεροι άνθρωποι δεν είναι εις θέση να διακρίνουν στον ρου της καθημερινότητας τους. Με την πρόοδο που παρατηρείται στον χώρο της μικρομηχανικής και στις εύχρηστες πλατφόρμες μικροελεγκτών οι χρήσεις των αισθητηρίων έχουν κατορθώσει να εξαπλωθούν πέρα από τα παραδοσιακά πεδία της μέτρησης θερμοκρασίας, της πίεσης και της ροής όπως για παράδειγμα στους αισθητήρες τύπου MARG (Magnetic, Angular Rate and Gravity). Οι αναλογικοί αισθητήρες όπως είναι τα ποτενσιόμετρα και οι αντιστάσεις ανίχνευσης δύναμης εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως. Οι εφαρμογές τους περιλαμβάνουν τον χώρο των κατασκευών και των μηχανημάτων, των αεροσκαφών και της αεροδιαστημικής, της αυτοκινητοβιομηχανίας, της ιατρικής, της ρομποτικής και πολλών άλλων πτυχών της καθημερινής ζωής μιας κοινωνίας. Επίσης υπάρχει ένα ευρύτερο φάσμα άλλων αισθητήρων που μετρούν τις χημικές και φυσικές ιδιότητες των υλικών, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών αισθητήρων για τη μέτρηση του δείκτη διάθλασης, των αισθητήρων δόνησης για τη μέτρηση του ιξώδους του υγρού και των ηλεκτροχημικών αισθητήρων για την παρακολούθηση του pH των υγρών. Η ευαισθησία ενός αισθητηρίου υποδεικνύει το κατά πόσο μεταβάλλεται η τιμή της εξόδου του όταν μεταβάλλεται η τιμή του φυσικού μεγέθους που ανιχνεύεται στην είσοδο. Για παράδειγμα εάν ο υδράργυρος που περιέχεται σε ένα θερμόμετρο κινείται κατά ένα εκατοστό όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά έναν βαθμό Κελσίου τότε η ευαισθησία του θα είναι ένα εκατοστό ανά βαθμό Κελσίου. Μερικοί αισθητήρες μπορούν επίσης να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της μέτρησης εισάγοντας ένα ποσοστό σφάλματος στο τελικό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο θερμοκρασίας δωματίου που εισάγεται σε ένα ζεστό φλιτζάνι υγρού ψύχει το υγρό ενώ το υγρό θερμαίνει το θερμόμετρο. Για τον λόγο αυτόν τα αισθητήρια συνήθως σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερη επίδραση στο μέσο του οποίου απαιτείται η μέτρηση κάποιου φυσικού μεγέθους. Με το να κατασκευαστεί ένα αισθητήριο όσο το δυνατόν μικρότερο στο φυσικό του μέγεθος, τόσο σε μάζα όσο και σε όγκο, συχνά βελτιστοποιείται και μπορεί να εισαγάγει άλλα πλεονεκτήματα. Η τεχνολογική πρόοδος επιτρέπει την κατασκευή ολοένα και περισσότερων αισθητηρίων σε μικροσκοπική κλίμακα ως μικροαισθητήρες χρησιμοποιώντας την τεχνολογία MEMS (MicroElectroMechanical Systems). Στις περισσότερες περιπτώσεις ένας μικροαισθητήρας επιτυγχάνει σημαντικά ταχύτερο χρόνο μέτρησης και υψηλότερη ευαισθησία σε σύγκριση με τις μακροσκοπικές προσεγγίσεις τους. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για γρήγορες, οικονομικά προσιτές και αξιόπιστες πληροφορίες στην σύγχρονη εποχή, οι αισθητήρες μιας χρήσης που χαρακτηρίζουν χαμηλού κόστους και εύχρηστες συσκευές για βραχυπρόθεσμη παρακολούθηση ή μετρήσεις με μία λήψη, έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη και αυξανόμενη σημαντικότητα. Χρησιμοποιώντας τα αισθητήρια στον χώρο της αυτοματοποίησης είναι δυνατόν για τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή να μπορεί να συλλέγει και να αναλύει κρίσιμες πληροφορίες σε όλον τον χρόνο κατά τον οποίο θα εκτελεί το πρόγραμμα του χωρίς την ανάγκη επαναβαθμονόμησης και ανησυχίας για απόκλιση από τα όρια λειτουργίας του συστήματος που ελέγχει.

3.3.2 Διακόπτες

Οι διακόπτες αποτελούν ένα από τα πιο βασικά και σπουδαία εργαλεία στον χώρο του αυτοματισμού. Γενικότερα στον χώρο της ηλεκτρολογικής μηχανικής με τον όρο διακόπτης περιγράφεται ένα ηλεκτρικό εξάρτημα το οποίο έχει την δυνατότητα να διακόψει ή να συνδέσει την αγωγίμη διαδρομή ενός ηλεκτρικού κυκλώματος διακόπτοντας το ηλεκτρικό ρεύμα ή εκτρέποντάς το από τον έναν αγωγό στον άλλο. Ο πιο συνηθισμένος τύπος διακόπτη είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που αποτελείται από ένα ή περισσότερα σετ κινητών ηλεκτρικών επαφών συνδεδεμένων σε εξωτερικά κυκλώματα. Όταν ένα ζεύγος επαφών έρχεται σε επαφή τότε μπορεί να υπάρξει ροή ρεύματος μεταξύ τους ενώ όταν οι επαφές είναι απομονωμένες τότε δεν μπορεί να υπάρχει μεταξύ τους ροή ρεύματος. Οι διακόπτες κατασκευάζονται εντός πολλών διαφορετικών διαμορφώσεων στις οποίες μπορεί να περιέχονται

πολλαπλά σετ επαφών ελεγχόμενα από το ίδιο κουμπί ή ενεργοποιητή και οι επαφές δύναται να λειτουργούν ταυτόχρονα, διαδοχικά ή εναλλάξ. Ένας διακόπτης μπορεί να λειτουργεί χειροκίνητα όπως για παράδειγμα ένας διακόπτης φώτων ή ένα κουμπί πληκτρολογίου ή μπορεί ακόμη να λειτουργεί ως αισθητήριο στοιχείο για την ανίχνευση της θέσης ενός τμήματος της μηχανής, της στάθμης του υγρού, της πίεσης ή και της θερμοκρασίας όπως είναι ένας θερμοστάτης. Υπάρχουν πολλές εξειδικευμένες μορφές διακόπτων όπως είναι ο διακόπτης εναλλαγής, ο περιστροφικός διακόπτης, ο διακόπτης υδραργύρου, ο διακόπτης με ελατήριο, ο διακόπτης αντιστροφής, ο ηλεκτρονόμος και ο διακόπτης κυκλώματος. Μια κοινή χρήση των διακόπτων σε οικιακό επίπεδο είναι ο έλεγχος του φωτισμού όπου πολλοί διακόπτες μπορούν να συνδεθούν με καλώδιο σε ένα κύκλωμα για να επιτρέπουν τον εύκολο έλεγχο των φωτιστικών μιας οικιακής εγκατάστασης. Οι διακόπτες σε κυκλώματα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων υψηλής ισχύος πρέπει να είναι ειδικής κατασκευής έτσι ώστε να μπορεί να αποφευχθεί η δημιουργία καταστροφικού βολταϊκού τόξου κατά το άνοιγμα τους.

Η πιο γνωστή μορφή διακόπτη είναι μια χειροκίνητη ηλεκτρομηχανική συσκευή με ένα ή περισσότερα σετ ηλεκτρικών επαφών, οι οποίες συνδέονται με εξωτερικά κυκλώματα και κάθε σετ επαφών μπορεί να βρίσκεται αυστηρά σε μία από τις δύο δυνατές καταστάσεις όπου είναι είτε κλειστές, που σημαίνει ότι οι επαφές βρίσκονται σε μεταξύ τους επαφή και μπορεί να ρέει ηλεκτρισμός διαμέσου τους, είτε είναι ανοιχτές, που σημαίνει ότι οι επαφές είναι μεταξύ τους απομονωμένες και ο διακόπτης είναι μη αγωγίσιμος. Ο μηχανισμός που ενεργοποιεί τη μετάβαση μεταξύ αυτών των δύο καταστάσεων, ανοιχτή ή κλειστή, είναι συνήθως είτε μια εναλλακτική ενέργεια όπου μπορεί να βρίσκεται μόνιμα είτε στην ενεργή κατάσταση είτε στην κατάσταση αποκοπής, είτε στιγμιαία όπου βρίσκεται μόνιμα σε μία από τις δύο καταστάσεις και μεταβαίνει στην άλλη μόνο για όση χρονική περίοδο του ασκείται ωστική πίεση. Ένας διακόπτης μπορεί να χειριστεί απευθείας από έναν άνθρωπο ως σήμα ελέγχου σε ένα σύστημα όπως για παράδειγμα ένα κουμπί πληκτρολογίου ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος ή για τον έλεγχο της ροής ισχύος σε ένα κύκλωμα όπως για παράδειγμα ένας διακόπτης φωτισμού. Επίσης υπάρχουν και διακόπτες οι οποίοι μπορούν να λειτουργούν αυτόματα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των κινήσεων των μηχανών, για παράδειγμα για να υποδείξουν ότι μια γκαραζόπορτα έχει φτάσει στη θέση της πλήρως ανοιχτής ή ότι μια εργαλειομηχανή είναι σε θέση να δεχτεί ένα άλλο τεμάχιο για τον κύκλο εργασίας της. Οι διακόπτες μπορούν ακόμη και να λειτουργούν με ενδιάμεσες και μεταβλητές τιμές σημείου ενεργοποίησης/αποκοπής για διάφορα φυσικά μεγέθη όπως πίεση, θερμοκρασία, ροή, ρεύμα, τάση και δύναμη, αντιδρώντας ως αισθητήρες κατά την εκτέλεση μιας διαδικασίας και χρησιμοποιούνται για τον αυτόματο έλεγχο ενός συστήματος όπως για παράδειγμα όταν ένας θερμοστάτης, που έμπρακτα είναι ένας διακόπτης, ο οποίος αντιδρά στις μεταβολές του φυσικού μεγέθους της θερμοκρασίας και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της σταθερής διατήρησης της θέρμανσης ενός κλειστού χώρου. Ο ηλεκτρονόμος είναι ένας διακόπτης ο οποίος ελέγχεται από δευτερεύον ηλεκτρικό κύκλωμα ώστε να μεταβαίνει μεταξύ καταστάσεων κλειστού και ανοιχτού κυκλώματος. Οι μεγάλοι διακόπτες έχουν την δυνατότητα να ελέγχονται εξ αποστάσεως από έναν μηχανισμό κίνησης κινητήρα. Ορισμένοι διακόπτες χρησιμοποιούνται για την απομόνωση ηλεκτρικής ενέργειας από ένα σύστημα παρέχοντας ένα ορατό σημείο απομόνωσης που μπορεί να κλειδωθεί εάν είναι απαραίτητο για να αποφευχθεί η ακούσια λειτουργία ενός μηχανήματος κατά τη συντήρηση ή για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας. Ένας ιδανικός διακόπτης δεν θα είχε καμία πτώση τάσης όταν ήταν κλειστός και δεν θα είχε όρια στην ονομαστική τάση ή ρεύμα. Θα είχε μηδενικό χρόνο ανόδου και πτώσης κατά τις αλλαγές κατάστασης και θα άλλαζε κατάσταση χωρίς να αναπηδά μεταξύ των θέσεων ενεργοποίησης και απενεργοποίησης. Στην πράξη όμως οι διακόπτες αποκλίνουν από την κατάσταση του ιδανικού και ως αποτέλεσμα των επεμβατικών καταστάσεων τραχύτητας και οξειδίου που συμβάλουν ως ατέλειες παρουσιάζουν τελικά κάποια αντίσταση επαφής, όρια στο ρεύμα και την

τάση που έχουν την δυνατότητα να χειριστούν, πεπερασμένο χρόνο μεταγωγής κ.λπ. Ο ιδανικός διακόπτης αφορά ένα θεωρητικό μοντέλο κατάλληλο για χρήση όταν πρόκειται να αναλυθεί η λειτουργία ενός κυκλώματος καθώς απλοποιεί πολύ το συνολικό σύστημα εξισώσεων που απαιτείται να λυθούν αλλά επίσης υπάρχει το μειονέκτημα ότι αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια λιγότερο ακριβή απεικόνιση της αναμενόμενης απόκρισης σε σχέση με το πραγματικό υλικό. Συμπληρωματικά απαιτείται θεωρητική αντιμετώπιση των επιπτώσεων των μη ιδανικών ιδιοτήτων στο σχεδιασμό μεγάλων δικτύων μεταγωγών, όπως για παράδειγμα χρησιμοποιούνται σε τηλεφωνικά κέντρα, εισάγοντας θεωρητικά μοντέλα σφαλμάτων στο σύνολο των θεωρητικών υπολογισμών.

3.3.3 Ηλεκτροκινητήρες

Οι ηλεκτροκινητήρες αποτελούν την εξέλιξη κάποιων βασικών μηχανών όπως αυτή του τροχού, του άξονα και της τροχαλίας σε πιο σύνθετη κατασκευή ενός μηχανικού συστήματος το οποίο μετατρέπει κάποιου είδους ενέργεια σε κινητική ενέργεια και το αντίστροφο. Οι περισσότεροι ηλεκτρικοί κινητήρες λειτουργούν μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ του μαγνητικού πεδίου του κινητήρα και του ηλεκτρικού ρεύματος σε μια περιέλιξη μονωμένου σύρματος το οποίο ονομάζεται νήμα πηνίου για να δημιουργήσουν δύναμη με τη μορφή ροπής η οποία εφαρμόζεται στον άξονα του κινητήρα. Μια ηλεκτρική γεννήτρια είναι μηχανικά πανομοιότυπη με έναν ηλεκτροκινητήρα με την διαφορά ότι λειτουργεί με αντίστροφη ροή ισχύος μετατρέποντας τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να τροφοδοτούνται από πηγές συνεχούς ρεύματος όπως είναι οι μπαταρίες ή οι ανορθωτές ή από πηγές εναλλασσόμενου ρεύματος όπως είναι το ηλεκτρικό δίκτυο, οι μετατροπείς ή οι ηλεκτρικές γεννήτριες. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες μπορούν να ταξινομηθούν βάσει εκτιμήσεων όπως ο τύπος της πηγής ισχύος, η κατασκευή, η εφαρμογή και ο τύπος απόδοσης κίνησης. Μπορούν να τροφοδοτούνται από εναλλασσόμενο ή συνεχές ρεύμα, να είναι εξοπλισμένοι με ψήκτρες τύπου χτένας ή ψήκτρες τύπου συμπαγή, μονοφασικοί, διφασικοί ή τριφασικοί, αξονικοί ή ακτινικοί και μπορούν ακόμη να είναι αερόψυκτοι ή υδρόψυκτοι. Οι τυποποιημένοι κινητήρες που προκύπτουν από γραμμή παραγωγής παρέχουν βολική μηχανική ισχύ για βιομηχανική χρήση. Οι μεγαλύτεροι σε απόδοση ισχύος χρησιμοποιούνται για εφαρμογές πρόωσης πλοίων, συμπίεσης αγωγών και αντλιών αποθήκευσης με ισχύ που ξεπερνάει σε τιμές τα 100 μεγαβάτ. Οι πρακτικές εφαρμογές τους περιλαμβάνουν βιομηχανικούς ανεμιστήρες, φυσητήρες και αντλίες, εργαλειομηχανές, οικιακές συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία, οχήματα και μονάδες δίσκου. Σε ορισμένες εφαρμογές, όπως στην αναγεννητική πέδηση με κινητήρες έλξης οι ηλεκτροκινητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντίστροφα ως γεννήτριες για την ανάκτηση ενέργειας που διαφορετικά θα μπορούσε να χαθεί ως θερμότητα και τριβή. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες παράγουν γραμμική ή περιστροφική δύναμη (ροπή) που προορίζεται να προωθήσει κάποιον εξωτερικό μηχανισμό, όπως έναν ανεμιστήρα ή έναν ανελκυστήρα. Ένας ηλεκτροκινητήρας είναι γενικά σχεδιασμένος για συνεχή περιστροφή ή για γραμμική κίνηση σε σημαντική απόσταση σε σύγκριση με το μέγεθός του. Οι μαγνητικές ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες είναι επίσης μορφομετατροπείς που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική κίνηση, αλλά μπορούν να παράγουν κίνηση μόνο σε περιορισμένη απόσταση. Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι πολύ πιο αποδοτικοί από τον άλλο κύριο κινητήρα που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία και τις μεταφορές, τον κινητήρα εσωτερικής καύσης (Inter Combustion Engine - ICE). Οι ηλεκτροκινητήρες είναι συνήθως πάνω από 95% αποδοτικοί ενώ οι ICE είναι πολύ κάτω από 50%. Είναι ελαφρύτεροι στην μάζα τους, μικρότεροι ως προς το όγκο τους στον χώρο, μηχανικά πιο απλοί, φθηνότεροι στην κατασκευή τους, πιο ανθεκτικοί, μπορούν να παρέχουν άμεση και σταθερή ροπή σε οποιαδήποτε ταχύτητα, μπορούν να λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και δεν εκπέμπουν ρύπους όπως άνθρακα και μονοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Για αυτούς τους λόγους οι ηλεκτροκινητήρες αντικαθιστούν την εσωτερική καύση στις περισσότερες εφαρμογές [25].

Στον χώρο του αυτοματισμού γίνεται μία προσαρμογή της συγκεκριμένης λειτουργίας προκειμένου να μπορεί να ελεγχθεί σε υψηλότερο μέτρο από μία μονάδα αυτοματισμού όπως είναι αυτή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Η προσαρμογή αυτή περιλαμβάνει την συμπερίληψη στο σύνολο του κινητήρα μιας μικρής ανεξάρτητης ηλεκτρονικής οντότητας η οποία τον αναβαθμίζει σε σερβοκινητήρα. Ένας σερβοκινητήρας είναι ένας περιστροφικός ενεργοποιητής ή γραμμικός ενεργοποιητής που επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της γωνιακής ή γραμμικής θέσης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Αποτελείται από έναν κατάλληλο κινητήρα συνδεδεμένο με έναν αισθητήρα για ανάδραση της θέσης. Απαιτεί επίσης στο σύνολο του συστήματος του έναν σχετικά εξελιγμένο ελεγκτή που συχνά είναι μια ειδική μονάδα που έχει σχεδιαστεί ειδικά για να λειτουργεί με σερβοκινητήρες. Οι σερβοκινητήρες δεν είναι μια συγκεκριμένη κατηγορία κινητήρα αν και ο όρος σερβοκινητήρας χρησιμοποιείται συχνά για να αναφέρεται σε έναν κινητήρα κατάλληλο για χρήση σε ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου. Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως η ρομποτική, οι εργαλειομηχανές CNC και η αυτοματοποιημένη κατασκευή. Ένας σερβοκινητήρας είναι ένας σερβομηχανισμός κλειστού βρόχου που χρησιμοποιεί μία μέθοδο ανάδρασης θέσης για να πετύχει έλεγχο στην κίνηση και στην τελική του θέση. Η είσοδος στον έλεγχο του είναι ένα σήμα, είτε αναλογικό είτε ψηφιακό, που αντιπροσωπεύει τη θέση κατά την οποία έχει δοθεί εντολή για τον άξονα εξόδου. Ο κινητήρας συνδυάζεται με κάποιον τύπου κωδικοποιητή της θέσης του ώστε να παρέχει ανάδραση θέσης και ταχύτητας και στην απλούστερη περίπτωση μετρίεται μόνο η θέση του. Η μετρούμενη θέση της εξόδου συγκρίνεται με τη θέση εντολής η οποία αποτελεί την εξωτερική είσοδο στον ελεγκτή. Εάν η θέση εξόδου διαφέρει από αυτή που έχει προκαθοριστεί τότε δημιουργείται και αποστέλλεται ένα σήμα σφάλματος το οποίο στη συνέχεια αναγκάζει τον κινητήρα να περιστραφεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση έτσι ώστε να φέρει τον άξονα εξόδου στην κατάλληλη θέση. Καθώς περιστρέφεται και πλησιάζει στην προκαθορισμένη θέση το σήμα σφάλματος μειώνεται ως προς την τιμή του τείνοντας στο μηδέν και ο κινητήρας σταματά. Οι απλούστεροι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούν ανίχνευση θέσης μόνο μέσω ενός ποτενσιόμετρου και ελέγχου δύο καταστάσεων του κινητήρα τους μεταξύ αποκοπής και κόρου, δηλαδή ο κινητήρας μπορεί περιστρέφεται πάντα στην πλήρη ταχύτητα του ή να είναι ολοκληρωτικά σταματημένος στην προκαθορισμένη θέση του. Αυτός ο τύπος σερβοκινητήρα δεν χρησιμοποιείται ευρέως στον βιομηχανικό έλεγχο κίνησης, αλλά αποτελεί τη βάση των απλών και φθηνών σερβοκινητήρων που χρησιμοποιούνται στον χώρο των τηλεκατευθυνόμενων μοντέλων. Οι πιο εξελιγμένοι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούν οπτικούς περιστροφικούς κωδικοποιητές για τη μέτρηση της ταχύτητας του άξονα εξόδου και μια κίνηση μεταβλητής ταχύτητας για τον έλεγχο της ταχύτητας του κινητήρα. Και οι δύο αυτές βελτιώσεις, συνήθως σε συνδυασμό με έναν αλγόριθμο ελέγχου PID (Proportional Integral Derivative controller) επιτρέπουν στον σερβοκινητήρα να φέρει την προκαθορισμένη θέση εντολής του πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια με την ελάχιστη δυνατή υπέρβαση [26]. Η χρήση τους στο σύνολο της παρούσας αποτελεί αναπόσπαστο μέρος καθώς ο έλεγχος της ακριβούς θέσης τους συμβάλει στην κίνηση της ταινίας της γραμμής παραγωγής παρέχοντας ως σύστημα την απαραίτητη ακρίβεια της θέσεως του μεταλλικού ελάσματος καθιστώντας δυνατή την εκτέλεση του πλήρους κύκλου εργασίας της εργαλειομηχανής πρέσας.

3.3.4 Προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (Programmable Logical Controllers - PLC) περιλαμβάνουν στην έννοια τους μία σύνθετη κατασκευή η οποία σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει δύο γενικές κατηγορίες οντοτήτων, αυτή του υλικού της μέρους και αυτήν του λογισμικού της μέρους. Στην συγκεκριμένη ενότητα θα εξεταστεί ως προς το υλικό της μέρους ώστε να γίνει σαφές ο τρόπος λειτουργίας της και το πώς ακριβώς κατορθώνει να αυτοματοποιήσει μία εργαλειομηχανή και σε ποιο

ακριβώς επίπεδο είναι δυνατόν να το πετύχει. Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός ελεγκτής αποτελεί στο σύνολο του ένα ενσωματωμένο σύστημα και η τεχνολογία που το καθιστά αυτό δυνατό είναι αυτή του μικροελεγκτή.

Μία συσκευή μικροελεγκτή (Micro Controller Unit - MCU) ουσιαστικά είναι ένα μικρό ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα που περιέχεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (Integrated Circuit - IC) μονοξειδίου μεταλλικού ημιαγωγού (Mono Oxide Semiconductor - MOS). Ένας μικροελεγκτής περιέχει μία ή περισσότερες μονάδες κεντρικής επεξεργασίας (Central Processor Units – CPUs) ως πυρήνες επεξεργαστή μαζί με την μνήμη και προγραμματιζόμενα περιφερειακά εισόδου/εξόδου. Η μνήμη προγράμματος με τη μορφή σιδηροηλεκτρικής RAM, NOR flash ή OTP ROM συνηθίζεται να περιλαμβάνεται επίσης στο ολοκληρωμένο κύκλωμα καθώς και μια μικρού μεγέθους σε byte μνήμη RAM. Οι μικροελεγκτές έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογές των ενσωματωμένων συστημάτων σε αντίθεση με τους μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται σε οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα ή άλλες εφαρμογές γενικής χρήσης που αποτελούνται από διάφορα διακριτά ολοκληρωμένα κυκλώματα. Στη σύγχρονη ορολογία ένας μικροελεγκτής είναι παρόμοιος αλλά λιγότερο εξελιγμένος από ένα σύστημα επί ενός κυκλώματος (SoC). Ένα σύστημα επί ενός κυκλώματος έχει την δυνατότητα να συνδέει τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μιας ανεξάρτητης συσκευής μικροελεγκτή ως διατάξεις της μητρικής πλακέτας αλλά ένα σύστημα επί ενός κυκλώματος συνήθως ενσωματώνει τα προηγμένα περιφερειακά όπως είναι η μονάδα επεξεργασίας γραφικών (Graphics Processor Unit - GPU) και ο ελεγκτής διασύνδεσης ασύρματου πρωτοκόλλου Wi-Fi ως τα εσωτερικά κυκλώματα της μονάδας μικροελεγκτή. Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται σε αυτόματα ελεγχόμενα προϊόντα και συσκευές, όπως συστήματα ελέγχου κινητήρα αυτοκινήτων, εμφυτεύσιμες ιατρικές συσκευές, τηλεχειριστήρια, μηχανές γραφείου, συσκευές, ηλεκτρικά εργαλεία, παιχνίδια και άλλα ενσωματωμένα συστήματα. Μειώνοντας το μέγεθος και το κόστος σε σύγκριση με ένα σχέδιο που χρησιμοποιεί ξεχωριστό μικροεπεξεργαστή, μνήμη και συσκευές εισόδου/εξόδου, οι μικροελεγκτές καθιστούν οικονομικό τον ψηφιακό έλεγχο ακόμη περισσότερων συσκευών και διεργασιών. Οι μικροελεγκτές μικτού σήματος είναι κοινοί, οι οποίοι ενσωματώνουν αναλογικά στοιχεία που απαιτούνται για τον έλεγχο μη ψηφιακών ηλεκτρονικών συστημάτων. Στο πλαίσιο του Διαδικτύου των πραγμάτων οι μικροελεγκτές είναι ένα οικονομικό και δημοφιλές μέσο συλλογής δεδομένων, ανίχνευσης και ενεργοποίησης του φυσικού κόσμου ως συσκευές αιχμής. Ορισμένοι μικροελεγκτές μπορεί να χρησιμοποιούν λέξεις τεσσάρων bit και να λειτουργούν σε συχνότητες έως και 4 kHz για χαμηλή κατανάλωση ενέργειας έως και μονοψήφιο σε milliwatts ή microwatts. Έχουν γενικά τη δυνατότητα να διατηρούν τη λειτουργικότητα ενώ βρίσκονται σε αναμονή ενός συμβάντος όπως για παράδειγμα ένα πάτημα διακόπτη ή άλλου είδους διακοπή. Η κατανάλωση ενέργειας κατά τη διάρκεια της κατάστασης ύπνου όπου κατά την οποία το ρολόι της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και τα περισσότερα περιφερειακά είναι απενεργοποιημένα μπορεί να είναι μόνο μερικά nanowatts καθιστώντας πολλούς από αυτούς κατάλληλους για εφαρμογές που κάνουν χρήση μπαταρίας μεγάλης διάρκειας. Άλλοι μικροελεγκτές μπορεί να εκτελούν κρίσιμους ρόλους ως προς την απόδοση όπου μπορεί να χρειαστεί να λειτουργούν περισσότερο σαν επεξεργαστής ψηφιακού σήματος (Digital Signal Processor - DSP) με υψηλότερες ταχύτητες ρολογιού και κατανάλωση ενέργειας [27].

Η τεχνολογία της μνήμης διακρίνεται σε δύο διαφορετικά είδη μνήμης τα οποία εφαρμόζονται συνήθως στους μικροελεγκτές, μια μη πτητική μνήμη για την αποθήκευση του υλικολογισμικού και μια μνήμη ανάγνωσης-εγγραφής για τα προσωρινά δεδομένα. Από τους πρώτους μικροελεγκτές μέχρι και τα σύγχρονα συστήματα η μνήμη SRAM του τύπου “έξι τρανζίστορ” χρησιμοποιείται σχεδόν πάντα ως μνήμη εκτέλεσης των εργασιών ανάγνωσης/εγγραφής με μερικά ακόμη τρανζίστορ ανά bit να χρησιμοποιούνται για τον καταχωρητή. Εκτός από την SRAM μνήμη ορισμένοι μικροελεγκτές

διαθέτουν επίσης μία εσωτερική EEPROM μνήμη για την αποθήκευση δεδομένων αλλά ακόμη και οι μικροελεγκτές που είτε δεν διαθέτουν καθόλου είτε δεν επαρκεί η χωρητικότητα τους ασκείται συχνά η πρακτική να συνδέονται με αυτόνομο σειριακό ολοκληρωμένο κύκλωμα EEPROM όπως είναι το BASIC Stamp ή το αυτόνομο σειριακό ολοκληρωμένο κύκλωμα μνήμης flash. Πιο σύγχρονα μοντέλα μικροελεγκτών που εμφανίστηκαν στην αγορά από το 2003 συνήθως διαθέτουν αυτοπρογραμματιζόμενη μνήμη τύπου flash.

Όταν πρωτοαναπτύχθηκαν οι πρώτοι μικροελεγκτές διέθεταν μνήμη τύπου mask ROM για την αποθήκευση του υλικολογισμικού, στην συνέχεια οι μεταγενέστεροι μικροελεγκτές όπως οι πρώιμες εκδόσεις του Freescale 68HC11 και οι πρώιμοι μικροελεγκτές PIC διέθεταν ενσωματωμένη μνήμη EPROM η οποία με την προσθήκη ενός ημιδιαφανούς παράθυρου μέσω του οποίου ήταν δυνατή η διαγραφή του περιεχομένου της φέγγοντας την με έκθεση υπεριώδους φωτός ενώ κάποιες εκδόσεις παραγωγής που δεν διέθεταν τέτοιο παράθυρο ανήκαν στην κατηγορία της μίας φορές προγραμματιζόμενα (One Time Programmable – OTP) και οι ενημερώσεις του υλικολογισμικού ισοδυναμούσαν με την αντικατάσταση του ίδιου του μικροελεγκτή επομένως πολλά προϊόντα δεν ήταν δυνατόν να αναβαθμιστούν. Ο μικροελεγκτής της εταιρείας Motorola MC68HC805 υπήρξε ο πρώτος μικροελεγκτής που χρησιμοποίησε μνήμη τεχνολογίας EEPROM για την αποθήκευση του υλικολογισμικού. Οι μικροελεγκτές που διέθεταν μνήμη τεχνολογίας EEPROM έγιναν πιο δημοφιλείς το 1993 όταν η εταιρεία κατασκευής μικροελεγκτών Microchip παρουσίασε τον PIC16C84 και η εταιρεία κατασκευής μικροελεγκτών Atmel παρουσίασε τον μικροελεγκτή 8051 ο οποίος ήταν ο πρώτος που διέθετει μνήμη τεχνολογίας Flash NOR με σκοπό την αποθήκευση του υλικολογισμικού. Οι σύγχρονοι μικροελεγκτές κατασκευάζονται σχεδόν αποκλειστικά με μνήμη τεχνολογίας flash με μερικά μοντέλα να χρησιμοποιούν τον τύπο μνήμης FRAM και ορισμένα εξαιρετικά χαμηλού κόστους μοντέλα εξακολουθούν να χρησιμοποιούν μνήμη τεχνολογιών OTP ή Mask-ROM.

Οι ανωτέρω δυνατότητες μιας συσκευής μικροελεγκτή κρίνονται κατάλληλες για την ανάπτυξη ενός εύχρηστου συστήματος αυτοματισμού με την μορφή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Η κύρια διαφορά από τις περισσότερες άλλες υπολογιστικές συσκευές είναι ότι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές προορίζονται για εγκατάσταση και εφαρμογή σε συστήματα βιομηχανικού επιπέδου και επομένως είναι ανεκτικοί σε πιο αφιλόξενες συνθήκες περιβάλλοντος όπως είναι η σκόνη, η υγρασία, η ζέστη και το κρύο ενώ διαθέτουν εκτεταμένη παροχή εισόδων/εξόδων για τη σύνδεση του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με αισθητήρες και ενεργοποιητές. Οι είσοδοι ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή μπορούν να ανιχνεύουν μεγάλου εύρους δεδομένων συμπεριλαμβανομένου απλών ψηφιακών ενδείξεων όπως από διακόπτες ορίου, αναλογικές μεταβλητές από αισθητήρες διεργασίας όπως η θερμοκρασία και η πίεση αλλά ακόμη και πιο περίπλοκα δεδομένα όπως αυτά από συστήματα εντοπισμού θέσης ή μηχανικής όρασης. Οι έξοδοι μπορούν να αποδίδουν διάφορα σήματα μεγάλου εύρους όπως ενδεικτικές λυχνίες, σειρήνες, ηλεκτρικούς κινητήρες, πνευματικούς ή υδραυλικούς κυλίνδρους, μαγνητικούς ηλεκτρονόμους, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες ή εξόδους αναλογικών σημάτων. Το σύνολο των εισόδων και εξόδων μπορούν να είναι ενσωματωμένες σε έναν απλό προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ή να είναι εξωτερικές μονάδες συνδεδεμένες με τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή μέσω ενός διαύλου ή ενός υπολογιστικού δικτύου που είναι συνδεδεμένο στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή.

Η λειτουργικότητα ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή έχει εξελιχθεί με την πάροδο του χρόνου και περιλαμβάνει τον διαδοχικό έλεγχο ηλεκτρονόμων, τον έλεγχο κίνησης, τον έλεγχο διαδικασίας, κατανεμημένα συστήματα ελέγχου και δικτύωση. Ο χειρισμός δεδομένων, η αποθήκευση, η ισχύς επεξεργασίας και οι δυνατότητες επικοινωνίας ορισμένων σύγχρονων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών είναι περίπου ισοδύναμες με τα οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα. Η διαδικασία

προγραμματισμού των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών διαμέσου υλικού απομακρυσμένης εισόδου/εξόδου επιτρέπει σε ένα οικιακό ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα γενικής χρήσης να μπορεί να υποστηρίξει ορισμένους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές σε ορισμένες πιο απαιτητικές εφαρμογές. Οι ελεγκτές που είναι βασισμένοι σε οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα γενικότερα αποφεύγονται και δεν γίνονται αποδεκτοί στον χώρο της βαριάς βιομηχανίας καθώς τα οικιακά ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα τείνουν να λειτουργούν με λιγότερο σταθερά λειτουργικά συστήματα από ότι οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές και επειδή το υλικό μέρος ενός οικιακού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος δεν είναι συνήθως σχεδιασμένο στα ίδια επίπεδα ανοχής παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, οι κραδασμοί αλλά και τη μακροζωία όπως στους επεξεργαστές που χρησιμοποιούνται στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Στο σύνολο τους τα λειτουργικά συστήματα δεν προσφέρονται για καθοριστική λογική εκτέλεση με αποτέλεσμα ο ελεγκτής να μην ανταποκρίνεται σταθερά στις αλλαγές της κατάστασης εισόδου αλλά και με την αναμενόμενη συνέπεια στο χρονοδιάγραμμα όπως αυτή αναμένεται από τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές. Οι εφαρμογές λογικής επιφάνειας εργασίας βρίσκουν χρήση σε λιγότερο κρίσιμες καταστάσεις, όπως ο αυτοματισμός εργαστηρίου και χρήση σε μικρές εγκαταστάσεις όπου η εφαρμογή είναι λιγότερο απαιτητική και κρίσιμη.

Μεταξύ των λειτουργιών ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή είναι αυτή που παρέχει την μίμηση των λειτουργιών των ηλεκτρομηχανικών ηλεκτρονόμενων. Στις διακριτές εισόδους δίνεται μια μοναδική διεύθυνση και μια εντολή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή μπορεί να ελέγξει εάν η κατάσταση εισόδου βρίσκεται στον κόρο ή στην αποκοπή, ακριβώς όπως όταν μια σειρά από επαφές ηλεκτρονόμων εκτελούν μια λογική λειτουργία πύλης AND η οποία δεν επιτρέπει τη διέλευση ρεύματος εκτός και αν είναι κλειστό όλο το σύνολο των επαφών έτσι και μια σειρά οδηγιών του τύπου “εξετάστε αν είναι ενεργοποιημένο” θα ενεργοποιήσει το bit αποθήκευσης εξόδου του εάν όλα τα bit εισόδου είναι ενεργοποιημένα και ομοίως ένα παράλληλο σύνολο εντολών θα εκτελέσει την λειτουργία ενός λογικού OR όπου αρκεί από όλο το σύνολο των συνδεδεμένων επαφών μόνο μία να είναι κλειστή ώστε να επιτραπεί η διέλευση ρεύματος. Σε ένα ηλεκτρομηχανικό διάγραμμα καλωδίωσης ηλεκτρονόμων μια ομάδα επαφών η οποία μπορεί να ελέγχει ένα πηνίο ονομάζεται "σκάλα" ενός "διαγράμματος σκάλας" και αυτή η έννοια χρησιμοποιείται επίσης για την περιγραφή της λογικής των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών και ορισμένα μοντέλα προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών είναι σχεδιασμένα έτσι που να περιορίζουν τον αριθμό των σειρών και των παράλληλων εντολών εντός ενός λογικού πλαισίου. Η έξοδος κάθε βαθμίδας θέτει ή διαγράφει ένα bit αποθήκευσης το οποίο μπορεί να σχετίζεται με μια φυσική διεύθυνση εξόδου ή το οποίο μπορεί να είναι ένα εσωτερικό πηνίο το οποίο δεν διαθέτει κάποια φυσική διασύνδεση. Τέτοια εσωτερικά πηνία μπορούν να εφαρμοστούν για παράδειγμα ως κοινό στοιχείο σε πολλαπλές ξεχωριστές βαθμίδες. Σε αντίθεση με τους ηλεκτρονόμους ως φυσικά υλικά συνήθως δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των φορών κατά τον οποίο μπορεί να γίνει αναφορά σε μια είσοδο, έξοδο ή εσωτερικό πηνίο σε ένα πρόγραμμα προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Μάλιστα σε ορισμένους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές επιβάλλεται μια αυστηρή εντολή εκτέλεσης από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω για την αξιολόγηση της λογικής του κλιμακίου. Αυτό διαφέρει από τις ηλεκτρομηχανικές επαφές ηλεκτρονόμων οι οποίες, σε ένα σύνθετο κύκλωμα μιας ελάχιστης περιπλοκότητας, μπορούν να επιτρέψουν επιλεκτικά την διέλευση ρεύματος κατά αμφίδρομο τρόπο ανάλογα με τον τρόπο της συνδεσμολογίας των επαφών. Η εξάλειψη αυτών των κρυφών διαδρομών μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως σφάλμα, αλλά είτε ως σκόπιμα υπαρκτό χαρακτηριστικό ανάλογα με την μεθοδολογία του προγραμματισμού. Πιο προηγμένες οδηγίες του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή μπορούν να υλοποιηθούν ως ένα λειτουργικό σύνολο συναρτήσεων οι οποίες εκτελούν μία ορισμένη λειτουργία όταν ενεργοποιούνται από μια λογική είσοδο

και οι οποίες παράγουν σήματα εξόδων για επισήμανση όπως για παράδειγμα την ολοκλήρωση μίας διεργασίας ή την ειδοποίηση κάποιων σφαλμάτων ενώ παράλληλα διαχειρίζονται εσωτερικά μεταβλητές οι οποίες μπορεί και να μην αντιστοιχούν σε διακριτή λογική.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές διαθέτουν ενσωματωμένες ενσύρματες θύρες όπως του τύπου USB, Ethernet, RS-232, RS-485 ή RS-422 για επικοινωνία με εξωτερικές περιφερειακές συσκευές όπως αισθητήρες και ενεργοποιητές αλλά και συστήματα λογισμικού όπως λογισμικό προγραμματισμού, SCADA, HMI. Η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω διαφόρων βιομηχανικών πρωτοκόλλων δικτύου, όπως είναι το Modbus ή το EtherNet/IP. Πολλά από αυτά τα πρωτόκολλα αποτελούν συγκεκριμένα πρότυπα τα οποία ωφελούν να τηρούνται από τον προμηθευτή από άποψη συμβατότητας των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών ως υλικές συσκευές. Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές που αξιοποιούνται σε μεγαλύτερα συστήματα ως προς τις συνολικές εισόδους/εξόδους τους ενδέχεται να διαθέτουν το πρωτόκολλο ενσύρματης επικοινωνίας peer-to-peer (P2P) μεταξύ των μικροεπεξεργαστών. Αυτό επιτρέπει στα διάφορα διακριτά μέρη μιας πολύπλοκης διαδικασίας να διατηρούν μία αυτονομία στον έλεγχο τους ενώ παράλληλα επιτρέπει στα διάφορα υποσυστήματα του να συντονίζονται μέσω της σύνδεσης επικοινωνίας. Αυτές οι ζεύξεις επικοινωνίας χρησιμοποιούνται επίσης συχνά στις συσκευές HMI όπως τα πληκτρολόγια ή τους σταθμούς εργασίας τύπου ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Σε πιο πρώιμα συστήματα ορισμένοι κατασκευαστές πρόσφεραν αποκλειστικές μονάδες επικοινωνίας ως πρόσθετα αυτόνομα συστήματα στα οποία ο μικροεπεξεργαστής δεν είχε ενσωματωμένη σύνδεση δικτύου.

Οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές ενδεχομένως να χρειαστεί να αλληλοεπιδρούν με το ανθρώπινο στοιχείο για σκοπούς διαμόρφωσης, αναφοράς συναγερμού ή καθημερινού ελέγχου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται μια διεπαφή ανθρώπου μηχανής (Human Machine Interface - HMI). Οι διεπαφές ανθρώπου μηχανής αναφέρονται επίσης ως διεπαφές ανδρός μηχανής (Man Machine Interface - MMI) αλλά και ως γραφικές διεπαφές χρήστη (Graphic User Interfaces - GUIs). Ένα απλό σύστημα μπορεί να χρησιμοποιεί κουμπιά και ενδείκτες για να αλληλοεπιδρά με τον χρήστη του. Στο εμπόριο διατίθενται οθόνες κειμένου καθώς και οθόνες αφής γραφικών ως αυτόνομες εξωτερικές συσκευές οι οποίες παρέχουν την δυνατότητα εγκατάστασης τους στο σύνολο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ως στοιχεία επέκτασης τους και συνήθως συμπεριλαμβάνουν και τις κατάλληλες βιβλιοθήκες λογισμικού για απευθείας συμπερίληψη τους στο πρόγραμμα εκτέλεσης οι οποίες παρέχουν όλο το λογισμικό της διαχείρισης των λειτουργιών τους. Πιο πολύπλοκα συστήματα χρησιμοποιούν λογισμικό προγραμματισμού και παρακολούθησης εγκατεστημένο σε ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα με τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή να είναι συνδεδεμένος μέσω μιας διεπαφής επικοινωνίας.

Ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής μπορεί να λειτουργεί χάρη σε μία διαδικασία η οποία ονομάζεται κύκλος σάρωσης προγράμματος, κατά την οποία εκτελεί το σύνολο του προγράμματος του μέσα σε έναν βρόγχο επανάληψης. Ο απλούστερος κύκλος σάρωσης αποτελείται από 3 βήματα: ανάγνωση σημάτων εισόδων, εκτέλεση κατά τις οδηγίες του προγράμματος και εγγραφή των σημάτων εξόδων. Γενικότερα η δομή των προγραμμάτων ακολουθεί τη σειρά των οδηγιών όπως αυτές έχουν οριστεί κατά την ανάπτυξη τους. Συνήθως απαιτείται ένα χρονικό διάστημα σε κλίμακα των δεκάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου για να αξιολογήσει ο μικροεπεξεργαστής όλες τις οδηγίες και να προσδιορίσει την κατάσταση όλων των εξόδων. Εάν το σύστημα στο σύνολο του περιλαμβάνει εξωτερική αυτόνομη περιφερειακή μονάδα επέκτασης εισόδων και εξόδων όπως για παράδειγμα σε μία επιτοίχια εξωτερική σχάρα στην οποία είναι εγκατεστημένες αυτόνομες περιφερειακές μονάδες επέκτασης του συνολικού αριθμού εισόδων και εξόδων ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, τότε εισάγεται μία πρόσθετη πιθανότητα αβεβαιότητας ως προς τον χρόνο απόκρισης του συνολικού συστήματος του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Καθώς οι προγραμματιζόμενοι λογικοί

ελεγκτές έγιναν με την πάροδο του χρόνου όλο και πιο προηγμένοι ως συστήματα αυτοματισμού, αναπτύχθηκαν μέθοδοι για την αλλαγή της ακολουθίας εκτέλεσης ladder και εφαρμόστηκαν υπορουτίνες. Αυτός ο βελτιωμένος τρόπος προγραμματισμού θα μπορούσε να εφαρμοστεί έτσι ώστε να εξοικονομηθεί χρόνος σάρωσης για την εκτέλεση διαδικασιών υψηλής ταχύτητας. Για παράδειγμα μέρη του προγράμματος που χρησιμοποιούνται μόνο για τη ρύθμιση του μηχανήματος θα μπορούσαν να διαχωριστούν από εκείνα τα μέρη που απαιτούνται για λειτουργία με υψηλότερη ταχύτητα. Οι πιο πρόσφατοι σχεδιασμού προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές παρέχουν πλέον την επιλογή να εκτελούν το πρόγραμμα λογικής συγχρονισμένα με τη σάρωση των εισόδων και εξόδων. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα εισόδων και εξόδων ενημερώνεται στο παρασκήνιο κατά την λειτουργία του κύριου προγράμματος και η λογική μονάδα σαρώνει και εγγράφει τιμές όπως απαιτείται κατά τη διάρκεια της λογικής σάρωσης. Υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν μονάδες εισόδων και εξόδων ειδικού σκοπού όπου ο χρόνος σάρωσης του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή είναι πολύ μεγάλος για να επιτρέψει κάποια προβλέψιμη απόδοση τους. Οι μονάδες χρονισμού ακριβείας ή οι μονάδες μετρητή που είναι σχεδιασμένες για χρήση με κωδικοποιητές άξονα χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου ο χρόνος σάρωσης θα προέκυπτε υπερβολικά μεγάλος για να μετρηθούν αξιόπιστα οι παλμοί ή να ανιχνευθεί με ακρίβεια η αίσθηση περιστροφής ενός κωδικοποιητή. Αυτό επιτρέπει ακόμη και σε έναν σχετικά αργό προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή να εξακολουθεί να ερμηνεύει τις μετρήσιμες τιμές για τον έλεγχο μιας μηχανής καθώς ταυτόχρονα η συσσώρευση παλμών γίνεται από μια ειδική μονάδα που δεν επηρεάζεται από την ταχύτητα εκτέλεσης του προγράμματος.

Η συσκευή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή του οποίου το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί για της ανάγκες της προσομοίωσης της παρούσας εργασίας κατασκευάζεται από την εταιρεία Siemens μοντέλο S7 200. Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής SIMATIC S7-200 SMART έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των αναπτυσσόμενων αγορών που έχουν υψηλότερες απαιτήσεις μειωμένων τιμών και υψηλότερων αποδόσεων. Παρέχοντας εξαιρετική αναλογία απόδοσης προς τιμή, ο SIMATIC S7-200 SMART προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής όταν συνδυάζεται με άλλα προϊόντα SMART drive της Siemens συμβάλει στην δημιουργία εξαιρετικά αποδοτικών λύσεων αυτοματισμού. Ο τέλειος συνδυασμός προϊόντων συστημάτων αυτοματισμού Siemens SIMATIC και προϊόντων SINAMICS drive έχει δημιουργήσει νέες λύσεις μικροαυτοματισμού οι οποίες είναι οικονομικές, αξιόπιστες και εύχρηστες.

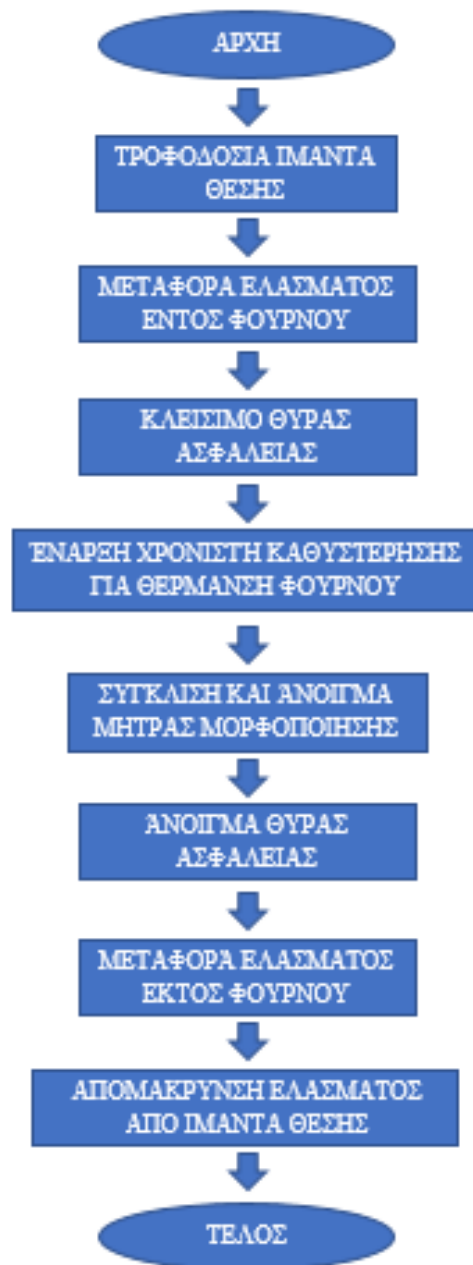
3.4 Λογισμικό μέρος

Σημαντικό μέρος του συνόλου ενός ενσωματωμένου συστήματος αποτελεί η οντότητα του λογισμικού καθώς είναι αυτό το οποίο περιέχει το σύνολο των οδηγιών μέσω των οποίων μπορεί το υλικό να αντιδράει κατάλληλα αναλόγως τις συνθήκες τις οποίες καλείται να αντιμετωπίσει. Στην παρούσα ενότητα θα εξεταστεί πλήρως και λεπτομερώς όλο το εύρος του λογισμικού μέρους ως αλγόριθμος, ως πρόγραμμα και η προσέγγιση του μέσα από διάφορες γλώσσες προγραμματισμού συμβατές με το υλικό του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή, τα προγράμματα ανάπτυξης και επαλήθευσης των προγραμμάτων αλλά ακόμη και το πρόγραμμα προσομοίωσης του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή στο οποίο θα ενεργοποιηθεί το λογισμικό του μοντέλο για προσομοίωση στο οποίο θα αποθηκευτεί το πρόγραμμα που θα παρέχει τις κατάλληλες οδηγίες ενεργειών του. Επίσης θα εξηγηθεί η διαφορά μεταξύ ενός προγράμματος που προορίζεται να λειτουργήσει σε ένα οικιακό ηλεκτρονικό υπολογιστικό σύστημα και ενός υλικολογισμικού το οποίο προορίζεται να λειτουργήσει σε ένα ενσωματωμένο σύστημα ελεγχόμενο από μία μονάδα μικροελεγκτή.

3.4.1 Ανάπτυξη αλγορίθμου

Το κυριότερο βήμα κατά την ανάπτυξη ενός λογισμικού είναι το αρχικό κατά το οποίο απαιτείται ο σχεδιασμός ενός μακροσκοπικού διαγράμματος ροής το οποίο θα απεικονίσει την λογική ροή του αλγορίθμου επιτρέποντας την επέμβαση σε αυτόν για κάθε είδους βελτιστοποιήσεις όπως κατάλληλη και λειτουργική ροή των διάφορων διεργασιών του και προσθήκη αντιμετώπισης ανεπιθύμητων καταστάσεων προς αποφυγή καταστροφικών ενεργειών. Γενικότερα στον χώρο της επιστήμης των υπολογιστών και των μαθηματικών ένας αλγόριθμος εκφράζεται ως μια πεπερασμένη ακολουθία καλά καθορισμένων εντολών οι οποίες χρησιμοποιούνται συνήθως για την επίλυση μιας κατηγορίας συγκεκριμένων προβλημάτων ή για την εκτέλεση ενός υπολογισμού. Οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται ως η εφαρμογή μιας παραμετροποίησης για την εκτέλεση υπολογισμών και επεξεργασίας δεδομένων. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της τεχνητής νοημοσύνης οι αλγόριθμοι μπορούν να εκτελούν αυτοματοποιημένες αφαιρέσεις, οι οποίες αναφέρονται και ως αυτοματοποιημένη συλλογιστική, και να εκτελούν μαθηματικούς και λογικούς ελέγχους ώστε να μπορούν να εκτρέψουν την εκτέλεση του κώδικα κατά τρόπο τέτοιο που να εκτελέσει μία συγκεκριμένη συλλογή εντολών και οδηγιών κατάλληλη για το αίτιο της εκτροπής και αναφέρεται και ως αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων. Η χρήση των ανθρώπινων χαρακτηριστικών ως περιγραφών μηχανών με μεταφορικούς τρόπους έχει ήδη εφαρμοστεί από τον Άλαν Τούρινγκ με όρους όπως η μνήμη, η αναζήτηση και το ερέθισμα. Μια προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων που μπορεί να μην είναι πλήρως παραμετροποιημένη ή μπορεί να μην εγγυάται σωστά ή βέλτιστα αποτελέσματα, ειδικά σε τομείς προβλημάτων όπου δεν υπάρχει καλά καθορισμένο σωστό ή βέλτιστο αποτέλεσμα είναι η προσέγγιση της ευρετικής. Ως αποτελεσματική μέθοδος ένας αλγόριθμος μπορεί να εκφραστεί εντός ενός πεπερασμένου χώρου και χρόνου και σε μια καλά καθορισμένη επίσημη γλώσσα προγραμματισμού για τον υπολογισμό μιας ή και περισσότερων συναρτήσεων. Ορίζοντας μία συγκεκριμένη αρχική κατάσταση και αρχική είσοδο η οποία μπορεί να είναι ακόμη και κενή οι ακόλουθες οδηγίες περιγράφουν έναν υπολογισμό ο οποίος όταν εκτελείται μεταβαίνει μέσω ενός πεπερασμένου αριθμού καλά καθορισμένων διαδοχικών καταστάσεων παράγοντας τελικά μία πιθανή έξοδο και που ολοκληρώνεται σε μια τελική κατάσταση. Η μετάβαση από τη μια κατάσταση στην επόμενη δεν είναι απαραίτητα καθοριστική καθώς ορισμένοι αλγόριθμοι γνωστοί και ως τυχαίοι αλγόριθμοι, ενσωματώνουν μία τυχαία είσοδο.

Ο αλγόριθμος που θα εκτελέσει την αυτοματοποιημένη λειτουργία της εργαλειομηχανής πρέσας θα εκτελεί μία αυστηρά συγκεκριμένη ακολουθία εντολών. Αρχικά θα θεωρηθεί ότι η αρχική θέση της εργαλειομηχανής θα είναι αυτή που θα περιμένει τον τροφοδότη μεταλλικών ελασμάτων να την τροφοδοτήσει με μεταλλικό έλασμα ώστε να εκκινήσει τον κύκλο λειτουργίας της. Το σύνολο του αυτοματισμού αποτελεί μία κατάσταση κατά την οποία ενώ τα βήματα της εκτελούνται το κάθε ένα αυτοματοποιημένα η μετάβαση από βήμα σε βήμα πραγματοποιείται από το ανθρώπινο στοιχείο που επιβλέπει τον κύκλο λειτουργίας της εργαλειομηχανής που σημαίνει πως για τον έλεγχο της θα πρέπει να υπάρχει απαραίτητα κάποιου είδους διεπαφή και στην περίπτωση αυτή η διεπαφή θα σχηματιστεί από ένα σύνολο διακοπών τους οποίους το ανθρώπινο στοιχείο θα μπορεί να τους ενεργοποιεί και ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα επαληθεύει την ορθότητα της ενέργειας και θα εκτελεί τις κατάλληλες ενέργειες όπως αυτές ορίζονται στο σύνολο του προγράμματος του.



Σχήμα 3.2: Αλγόριθμος διεργασιών εργαλειομηχανής.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2 απεικονίζεται ο αλγόριθμος του προγράμματος κατά τον οποίο θα εκτελούνται οι κύριες διεργασίες κατά βήματα της εργαλειομηχανής από το προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή όπως αυτός περιεγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Το ανωτέρω διάγραμμα ονομάζεται διάγραμμα ροής του αλγορίθμου και απεικονίζει τις διάφορες εργασίες μέσα σε διακριτά κουτιά που αντιπροσωπεύουν το σύνολο εντολών και συναρτήσεων κάποιας γλώσσας προγραμματισμού. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ δημοφιλής στον χώρο των προγραμματιστών καθώς επιτρέπει την μακροσκοπική απεικόνιση του προγράμματος ώστε να παρέχει μία ιδέα ως προς το τι ακριβώς θα κάνει το σύνολο του προγράμματος ενώ ταυτόχρονα παρέχει και μία ιδέα ως προς το πως θα πρέπει να δομηθεί το πρόγραμμα στο σύνολο του. Από το συγκεκριμένο διάγραμμα ροής είναι ξεκάθαρο ότι θα ξεκινάει από μία καθορισμένη κατάσταση, θα εκτελεί μία ακολουθία εντολών και θα τελειώνει σε μία καθορισμένη κατάσταση η οποία θα συμπίπτει με την αρχική ώστε να μπορεί να την εκτελεί εσαεί.

3.4.2 Η ανάπτυξη ενός προγράμματος από έναν αλγόριθμο

Στον χώρο της επιστήμης των υπολογιστών κύριο θέμα αποτελεί η ανάπτυξη ενός προγράμματος. Στον επιτακτικό προγραμματισμό με τον όρο πρόγραμμα ενός υπολογιστή εννοείται συγκεκριμένα μια ακολουθία εντολών ανεπτυγμένη σε μια γλώσσα προγραμματισμού την οποία ένας υπολογιστής μπορεί να εκτελέσει ή να ερμηνεύσει. Αντίστοιχα στον δηλωτικό προγραμματισμό ένα πρόγραμμα υπολογιστή είναι ένα σύνολο εντολών. Ένα πρόγραμμα υπολογιστή στην αναγνώσιμη από τον άνθρωπο μορφή του ονομάζεται πηγαίος κώδικας. Ο πηγαίος κώδικας χρειάζεται άλλο πρόγραμμα υπολογιστή για να είναι δυνατή η εκτέλεση του καθώς οι υπολογιστές μπορούν να εκτελέσουν μόνο τις εγγενείς εντολές της μηχανής και επομένως ο πηγαίος κώδικας μπορεί να μεταφραστεί σε οδηγίες μηχανής χρησιμοποιώντας τον μεταγλωττιστή (compiler) της γλώσσας και τα προγράμματα γλώσσας μηχανής μεταφράζονται με χρήση ενός συναρμολογητή (assembler). Το αρχείο που προκύπτει από την διαδικασία αυτή ονομάζεται εκτελέσιμο (executable). Εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα ο πηγαίος κώδικας να μπορεί να εκτελεστεί εντός του διερμηνέα της γλώσσας. Στην περίπτωση της γλώσσας προγραμματισμού Java υπάρχει η δυνατότητα να μπορεί να μεταγλωττίζεται σε μια ενδιάμεση μορφή η οποία στη συνέχεια εκτελείται από έναν διερμηνέα Java. Εάν το εκτελέσιμο ζητηθεί για εκτέλεση, τότε το λειτουργικό σύστημα το φορτώνει στη μνήμη και ξεκινά μια διαδικασία κατά την οποία η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processor Unit - CPU) θα εκκινήσει την εκτέλεση της έτσι ώστε να μπορεί να ανακτήσει, να αποκωδικοποιήσει και στη συνέχεια να εκτελέσει κάθε εντολή μηχανής που υπάρχει στο σύνολο του περιεχομένου της. Εάν ο πηγαίος κώδικας ζητηθεί για εκτέλεση τότε το λειτουργικό σύστημα εντοπίζει την τοποθεσία του αντίστοιχου και κατάλληλου διερμηνέα και τον μεταφέρει στο περιεχόμενο της μνήμης ώστε να εκκινήσει την κατάλληλη διαδικασία εκτέλεσης του περιεχομένου του. Στη συνέχεια ο διερμηνέας μεταφέρει τον πηγαίο κώδικα στο περιεχόμενο της μνήμης για να μεταφράσει και να εκτελέσει κάθε πρόταση του. Η εκτέλεση του πηγαίου κώδικα είναι πιο αργή σαν διαδικασία από την εκτέλεση ενός εκτελέσιμου αρχείου και επιπλέον ο διερμηνέας πρέπει να είναι διαθέσιμος μέσω εγκατάστασης στο λειτουργικό σύστημα του ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος.

Επομένως ο προγραμματισμός των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων που είναι και γνωστός ως ανάπτυξη λογισμικού ή και μηχανική του λογισμικού είναι η διαδικασία σύνταξης ή επεξεργασίας του πηγαίου κώδικα. Σε ένα επίσημο διαδραστικό περιβάλλον ένας αναλυτής συστημάτων θα συλλέξει τις απαραίτητες και κατάλληλες πληροφορίες από τους διάφορους διαχειριστές σχετικά με όλες τις διαδικασίες της προς αυτοματοποίηση οντότητας και στην συνέχεια θα προετοιμάσει ένα λεπτομερές σχέδιο διαγράμματος ροής είτε για το καινούργιο είτε για το τροποποιημένο σύστημα. Το σχέδιο ενός διαγράμματος ροής είναι ανάλογο με το δομικό σχέδιο ενός αρχιτέκτονα ή πολιτικού μηχανικού. Ένας προγραμματιστής ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων είναι ένας ειδικός υπεύθυνος για τη σύνταξη ή την τροποποίηση του πηγαίου κώδικα για την υλοποίηση του λεπτομερούς σχεδίου.

Ένα από τα απαραίτητα βήματα κατά τη σύνταξη του προγράμματος είναι και η επιλογή της κατάλληλης γλώσσας προγραμματισμού κατά την οποία θα αναπτυχθεί ο κώδικας του προγράμματος. Καταρχάς να διευκρινιστεί πως ως γλώσσα προγραμματισμού περιγράφεται οποιοδήποτε σύνολο κανόνων που μετατρέπει είτε τις συμβολοσειρές είτε γενικότερα τα γραφικά στοιχεία ενός προγράμματος στην περίπτωση οπτικών γλωσσών προγραμματισμού, που συνήθως παράγονται από ένα περιφερειακό μέσο ή συσκευή όπως ένα πληκτρολόγιο ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος σε διάφορα είδη εξόδου κώδικα μηχανής. Γενικότερα οι γλώσσες προγραμματισμού είναι ένα είδος γλώσσας ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος και χρησιμοποιούνται στον προγραμματισμό ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων για την υλοποίηση των αλγορίθμων. Οι περισσότερες γλώσσες προγραμματισμού αποτελούνται από οδηγίες οι οποίες απευθύνονται σε

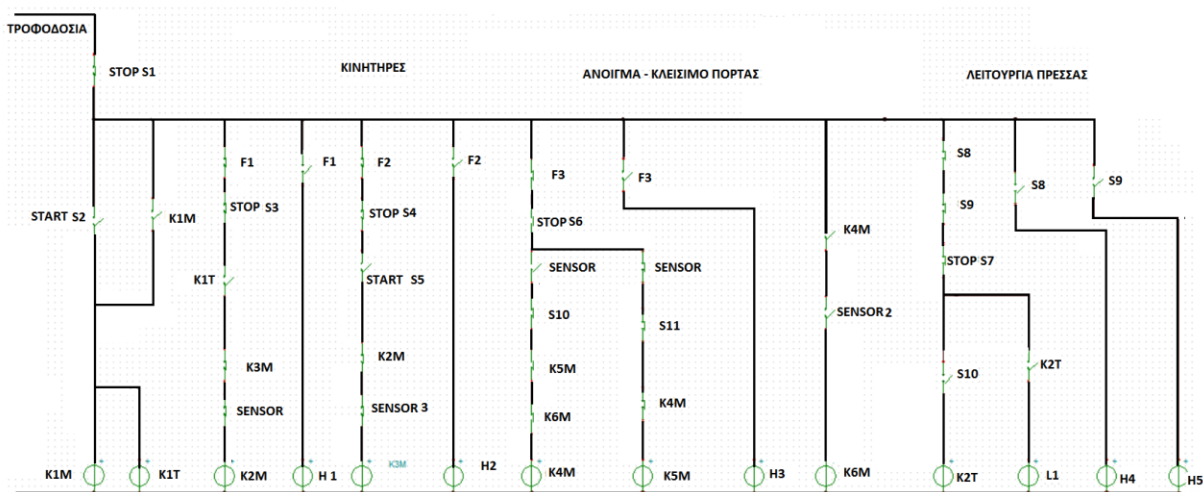
ηλεκτρονικά υπολογιστικά συστήματα. Υπάρχουν προγραμματιζόμενες μηχανές που χρησιμοποιούν ένα σύνολο συγκεκριμένων οδηγιών αντί για γενικές γλώσσες προγραμματισμού. Από τις αρχές του 1800 τα προγράμματα χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τη συμπεριφορά μηχανών όπως οι αργαλειοί Jacquard, τα μουσικά κουτιά και τα πιάνα αυτόματης αναπαραγωγής μουσικών κομματιών. Τα προγράμματα που οδηγούν αυτές τις μηχανές όπως για παράδειγμα τους κυλίνδρους ενός αυτόματου πιάνου δεν παρήγαγαν διαφορετική συμπεριφορά ως απόκριση σε διαφορετικές εισόδους ή συνθήκες. Μέχρι σήμερα έχουν δημιουργηθεί χιλιάδες διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού και περισσότερες δημιουργούνται κάθε χρόνο. Πολλές γλώσσες προγραμματισμού έχουν αναπτυχθεί ώστε να αποδίδουν μια επιτακτική μορφή, δηλαδή ως μια πολύ συγκεκριμένη ακολουθία πράξεων οι οποίες θα πρέπει να εκτελεστούν σε αυστηρή σειρά, ενώ άλλες γλώσσες έχουν αναπτυχθεί ώστε να αποδίδουν τη δηλωτική μορφή, δηλαδή να καθορίζεται το επιθυμητό αποτέλεσμα και όχι το με ποιον τρόπο να επιτευχθεί. Η περιγραφή μιας γλώσσας προγραμματισμού συνήθως χωρίζεται στα δύο συστατικά της σύνταξης και της σημασιολογίας, τα οποία συνήθως ορίζονται από μια επίσημη γλώσσα προγραμματισμού. Ορισμένες γλώσσες προγραμματισμού ορίζονται από ένα έγγραφο προδιαγραφών προερχόμενο ως πιστοποίηση από κάποιον επίσημο κρατικό ή εγκεκριμένο ιδιωτικό φορέα, για παράδειγμα η γλώσσα προγραμματισμού C καθορίζεται από ένα πρότυπο ISO, ενώ άλλες γλώσσες προγραμματισμού βασίζονται σε κάποια άλλη κυρίαρχη γλώσσα προγραμματισμού την οποία θέτει ως σημείο αναφοράς. Ορισμένες γλώσσες αξιοποιούν και τις δύο προσεγγίσεις έτσι ώστε η βασική γλώσσα να ορίζεται από ένα πρότυπο και οι επεκτάσεις που βασίζονται από την κυρίαρχη γλώσσα προγραμματισμού να είναι κοινές. Το αντικείμενο της θεωρίας των γλωσσών προγραμματισμού αποτελεί μία υποκατηγορία του χώρου της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστικών συστημάτων η οποία ασχολείται με τον σχεδιασμό, την υλοποίηση, την ανάλυση, τον χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των γλωσσών προγραμματισμού.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας οι γλώσσες προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του προγράμματος που θα υλοποιεί τον αλγόριθμο όπως αυτός παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα 3.4.1 και που θα εκτελεί τις αυτόματες λειτουργίες της εργαλειομηχανής πρέσας θα είναι η Ladder Logic, η STL (Statement List) και η FBD (F Block Diagram). Η Ladder Logic ως γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιείται ευρέως για τον προγραμματισμό των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών στον χώρο της βαριάς βιομηχανίας όπου απαιτείται ο αυτοματοποιημένος έλεγχος μιας διεργασίας της γραμμής παραγωγής ή της ανακατασκευής ενός δικτύου ηλεκτρονικών. Η γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic είναι χρήσιμη για τον έλεγχο μιας παρασκευαστικής ακολουθίας ή των απλών αλλά κρίσιμων συστημάτων ελέγχου. Καθώς οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές έγιναν με την πάροδο του χρόνου όλο και πιο εξελιγμένοι χρησιμοποιούνται επίσης σε όλο και πιο περίπλοκα συστήματα αυτοματισμού. Συχνά το πρόγραμμα λογικής κλίμακας χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα σύστημα διεπαφής χρήστη HMI (Human-Machine Interface) το οποίο μπορεί να λειτουργεί σε έναν σταθμό εργασίας ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος. Το κίνητρο για την αναπαράσταση της λογικής διαδοχικού ελέγχου σε ένα διάγραμμα κλίμακας ήταν να επιτραπεί σε μηχανικούς και τεχνικούς εργοστασίων να αναπτύξουν λογισμικό χωρίς πρόσθετη εκπαίδευση για την εκμάθηση μιας γλώσσας προγραμματισμού όπως είναι για παράδειγμα η FORTRAN ή κάποια άλλη γλώσσα προγραμματισμού ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος γενικού σκοπού. Η ανάπτυξη και η συντήρηση των προγραμμάτων που αναπτύχθηκαν σε αυτήν την γλώσσα προγραμματισμού απλοποιήθηκαν ως αποτέλεσμα της ομοιότητας με γνώριμα ηλεκτρολογικά διαγράμματα στα οποία απεικονίζονται ηλεκτρολογικά υλικά όπως είναι οι ηλεκτρονόμοι και οι λυχνίες ένδειξης. Οι υλοποιήσεις της λογικής κλίμακας μπορεί να έχουν χαρακτηριστικά όπως η διαδοχική εκτέλεση και η υποστήριξη για χαρακτηριστικά ροής ελέγχου τα οποία καθιστούν την αναλογία με το υλικό ανακριβή.

Η γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic μπορεί να θεωρηθεί ως προς την βάση της ως γλώσσα προγραμματισμού βασισμένη σε κανόνες και όχι ως διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού. Μία βαθμίδα της συνολικής κλίμακας ουσιαστικά αντιπροσωπεύει έναν κανόνα. Όταν οι κλίμακες του προγράμματος υλοποιούνται με ηλεκτρονόμους και άλλες ηλεκτρομηχανικές συσκευές οι διάφοροι κανόνες εκτελούνται ταυτόχρονα και άμεσα. Όταν οι κλίμακες υλοποιούνται σε έναν προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή οι κανόνες τυπικά εκτελούνται διαδοχικά όπως αυτές ορίστηκαν στο λογισμικό σε συνεχή βρόχο. Με την εκτέλεση του βρόχου αρκετά υψηλή συχνότητα επανάληψης, συνήθως πολλές φορές ανά δευτερόλεπτο, μειώνεται ο χρόνος επεξεργασίας επιτυγχάνοντας το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης και άμεσης εκτέλεσης του. Η σωστή χρήση προγραμματιζόμενων ελεγκτών απαιτεί κατανόηση των περιορισμών της σειράς εκτέλεσης των κλιμακίων.

Οι γλώσσες STL και FBD αποτελούν μέρος τις ομάδας γλωσσών προγραμματισμού που αναπτύχθηκαν αποκλειστικά για τον προγραμματισμό των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών με κύρια και απαραίτητη την γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic. Συγκεκριμένα η γλώσσα προγραμματισμού STL αναπτύχθηκε ως παραλλαγή της κατηγορίας των γλωσσών προγραμματισμού για προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές των IL (Instruction List) για την εταιρεία Siemens και είναι απόλυτα όμοιες σε εξαιρετικά υψηλό ποσοστό που ξεπερνά το 95%. Ουσιαστικά η ίδια η γλώσσα είναι μία περιγραφή αναφερόμενη σε ένα λογικό διάγραμμα κλίμακας με σκοπό να εκφράσει ως κείμενο το ίδιο πρόγραμμα. Αντίστοιχα η γλώσσα προγραμματισμού του διαγράμματος μπλοκ συναρτήσεων (Functional Block Diagram - FBD) είναι μια γλώσσα προγραμματισμού με γραφικό προσανατολισμό και η λειτουργία της βασίζεται στην δημιουργία μιας λίστας δικτυωμάτων. Το κάθε δίκτυο που δημιουργείται στα πλαίσια της συγκεκριμένης γλώσσας περιέχει μια γραφική δομή κουτιών ή μπλοκ και γραμμών σύνδεσης η οποία δομή αντιπροσωπεύει είτε μια λογική είτε μια αριθμητική έκφραση, την κλήση ενός μπλοκ συνάρτησης, μία παράβλεψη ή μια εντολή επιστροφής.

Για την συγκεκριμένη εφαρμογή θα πρέπει το κάθε βήμα του αλγορίθμου να γραφτεί αρχικά στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic έτσι ώστε να μπορεί να εκτελεί τις περιγραφόμενες λειτουργίες του. Για την καλύτερη δυνατή προσέγγιση θα πρέπει να ληφθεί σαν πρώτο βήμα υπόψιν το πλήρες ηλεκτρολογικό δίκτυωμα σε μορφή ηλεκτρολογικού σχεδίου το οποίο να περιλαμβάνει στο περιεχόμενο του όλα τα ηλεκτρικά στοιχεία τα οποία θα εκτελούν τον αλγόριθμο στο σύνολο του. Με γνώμονα τον αλγόριθμο το ηλεκτρολογικό σχέδιο θα προκύψει όπως ακριβώς φαίνεται στο σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3: Ηλεκτρολογικό σχέδιο εργαλειομηχανής πρέσας.

Το ηλεκτρολογικό σχέδιο αποδίδει το σύνολο των λειτουργιών της εργαλειομηχανής πρέσας αποδίδοντας τες αρχικά σε τρεις γενικές λειτουργίες τις οποίες έπειτα αποδίδει με ακρίβεια στα ανάλογα δικτυώματα τα οποία περιλαμβάνουν με λεπτομέρεια όλα τα απαραίτητα ηλεκτρικά στοιχεία που απαιτούνται για την πλήρη εκτέλεση τους. Οι κύριες λειτουργίες διακρίνονται στον έλεγχο των κινητήρων, στον έλεγχο της θύρας του φούρνου και στον έλεγχο της πρέσας. Ωστόσο με την μετάβαση από την γενικευμένη προσέγγιση στην αναλυτική προσέγγιση γίνεται απαραίτητο να εξακριβωθεί το σύνολο του δικτυώματος το οποίο θα εκτελεί και θα ελέγχει το σύνολο των λειτουργιών του αυτοματισμού.

Σύμφωνα λοιπόν με το διάγραμμα ροής του αλγόριθμου το πρώτο βήμα θα είναι η εκκίνηση θέρμανσης του εσωτερικού του φούρνου. Από το ηλεκτρολογικό σχέδιο αυτό θα γίνεται με το κλείσιμο του διακόπτη S2 ο οποίος θα ενεργοποιεί μία από τις εισόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ώστε να αποδώσει σε μία από τις εξόδους του, συγκεκριμένα στην K1M, το σήμα ενεργοποίησης το οποίο θα ωθεί το σύστημα να ενεργοποιεί το σύστημα θέρμανσης του φούρνου ώστε να αποκτήσει την κατάλληλη διαφορά θερμοκρασίας. Για την διεργασία αυτήν τοποθετείται ένας χρονιστής καθυστέρησης παράλληλα με την έξοδο K1M, ο K1T, ο οποίος θα μετρήσει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα το οποίο είναι απαιτούμενο για να επιτευχθεί η ζητούμενη διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό του φούρνου. Αναλύοντας περισσότερο στην ουσία την συγκεκριμένη λειτουργία και δεδομένου ότι τον χρόνο εκκίνησης της λειτουργίας θα τον καθορίζει το ανθρώπινο στοιχείο που θα εκτελεί το έργο του χειριστή, τότε θα πρέπει να επιλεγεί και ο κατάλληλος διακόπτης ο οποίος θα ενεργοποιείται από τον χειριστή. Ιδανικά ο διακόπτης θα πρέπει να παρέχει ένα σήμα εκκίνησης της λειτουργίας προς τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ώστε αυτός να οδηγήσει στις εξόδους του τα κατάλληλα σήματα που θα εκτελέσουν την συγκεκριμένη λειτουργία. Επομένως χρειάζεται να εφαρμοστεί ένας διακόπτης πίεσεως ο οποίος όταν θα ενεργοποιείται θα κλείνει κύκλωμα και θα προωθεί το κατάλληλο σήμα στην είσοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή το οποίο θα πρέπει να έχει μία ελάχιστη χρονική διάρκεια ώστε να γίνει αντιληπτό. Μόλις γίνει αντιληπτό τότε για το υπόλοιπο του κύκλου εργασίας ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής θα το αγνοεί όσες φορές και αν πατηθεί, τόσο για την ασφάλεια της μηχανής, όσο και για την ορθή λειτουργία του κύκλου διεργασίας.

Έπειτα θα πραγματοποιείται η τροφοδοσία ενός μεταλλικού ελάσματος στον ιμάντα θέσης και η μεταφορά του μεταλλικού ελάσματος από τον ιμάντα θέσης στο εσωτερικό του φούρνου. Από το ηλεκτρολογικό σχέδιο η λειτουργία αυτή θα ελέγχεται ηλεκτρομηχανικά από τις εξόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Σε αυτό το στάδιο λειτουργίας έχουν ληφθεί υπόψιν και κάποιες καταστάσεις οι οποίες συσχετίζονται με την ασφάλεια του συστήματος από ανεπιθύμητες καταστάσεις. Στο δικτύωμα της εξόδου K2M ο κλάδος περιλαμβάνει έναν αριθμό κλάδων στο εσωτερικό του, τους F1, STOP S3, K1T, SENSOR και K3M, οι οποίοι συμβάλουν στην ορθή διεξαγωγή του συνόλου του αυτοματισμού όπως θα περιγραφούν στην συνέχεια. Αρχικά διευκρινίζεται πως η έξοδος K2M αντιστοιχεί και ελέγχει τον κινητήρα που μετακινεί το μεταλλικό έλασμα στο εσωτερικό του φούρνου και καταχωρείται με την μεταβλητή W2. Ο διακόπτης F1 είναι ένας θερμικός διακόπτης του οποίου η φυσική του σταθερή κατάσταση είναι η κλειστή και έχει τον έλεγχο του κινητήρα W2 για την περίπτωση που αυτός υπερθερμανθεί, όπου σε τέτοια περίπτωση και για την αποφυγή καταστροφικής αστοχίας του κινητήρα λαμβάνει σήμα από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ώστε να ανοίξει, οδηγώντας το κύκλωμα τροφοδοσίας του κινητήρα σε αποκοπή ώστε να ελεγχθεί από αρμόδιο τεχνικό προσωπικό. Για την αναγνώριση της συγκεκριμένης κατάστασης ενεργοποιείται η ενδεικτική λυχνία H1 μόλις ανοίξει ο διακόπτης F1 ώστε να γίνει οπτικά αντιληπτό από τον χειριστή της εργαλειομηχανής το σφάλμα που ενεργοποιήθηκε. Διακρίνεται στον κλάδο ο κλάδος ενός διακόπτη με την ονομασία μεταβλητής STOP S3, του οποίου η λειτουργία αφορά την περίπτωση που πραγματοποιηθεί ένα

περιβαλλοντικό γεγονός απροσδόκητης κατάστασης το οποίο δεν έχει συμπεριληφθεί στις λειτουργίες του συστήματος, μεταφέροντας τον έλεγχο διακοπής της λειτουργίας της εργαλειομηχανής στο ανθρώπινο στοιχείο που χειρίζεται την εργαλειομηχανή ώστε να μπορέσει να διακόψει την λειτουργία της ώστε να αποφευχθεί κάποια καταστροφική αστοχία ή ακόμη και ανθρώπινες βλάβες και τραυματισμοί. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής K3M αναφέρεται στην έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή η οποία είναι συνδεδεμένη και ελέγχει την λειτουργία του κινητήρα που απομακρύνει το μεταλλικό έλασμα από το εσωτερικό του φούρνου ο οποίος ορίζεται με την μεταβλητή W1 όπου με τον τρόπο που συνδεσμοποιείται εξασφαλίζει την αποτροπή της ταυτόχρονης λειτουργίας των δύο κινητήρων ώστε να μην υπάρξει μεγάλο αντίθετο φορτίο στο σύνολο του συστήματος ώστε να αποφευχθεί η οποιαδήποτε καταστροφική αστοχία. Δηλαδή όταν θα είναι ενεργοποιημένος ο κινητήρας W2 μέσω της εξόδου K2M ο κινητήρας W1 θα είναι απενεργοποιημένος, ενώ όταν θα ενεργοποιείται ο κινητήρας W1 μέσω της εξόδου K3M τότε ο κινητήρας W2 θα γίνεται απενεργοποιημένος. Τελικά ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής SENSOR αναφέρεται στην λειτουργία ενός αισθητήρα ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο εσωτερικό του φούρνου ώστε να καθορίζει την κατάλληλη τοποθέτηση του μεταλλικού ελάσματος σε αυτόν, έτσι που μόλις το μεταλλικό έλασμα βρεθεί στην κατάλληλη θέση, μεταφέρει το κατάλληλο σήμα στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ο οποίος τερματίζει την λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα W2.

Στο επόμενο στάδιο εκτέλεσης της διαδικασίας του αλγόριθμου θα πρέπει να κλείσει η θύρα ασφαλείας του φούρνου της εργαλειομηχανής πρέσας ώστε η διαφορά θερμοκρασίας στο εσωτερικό του φούρνου να αγγίξει την επιθυμητή τιμή και να συγκλίνουν τα τμήματα μήτρας της πρέσας στο μεταλλικό έλασμα ώστε να το μορφοποιήσουν στην επιθυμητή μορφή. Στο ηλεκτρολογικό σχέδιο το δικτύωμα που ελέγχει το κλείσιμο της θύρας ασφαλείας φαίνεται ότι ελέγχεται από την έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K4M. Ο κλάδος της εξόδου K4M αποτελείται από έξι συνολικά κλάδους, τους F3, STOP S6, SENSOR, S10, K5M και K6M. Ο κλάδος F3 ως όνομα μεταβλητής αναφέρεται στην επιτήρηση και έλεγχο μιας θερμικής ασφάλειας της οποίας η κανονική κατάσταση λειτουργίας είναι η κανονικά κλειστή σαν διακόπτης και η οποία είναι τοποθετημένη στον μηχανισμό που εκτελεί την λειτουργία του κλεισίματος της θύρας ασφαλείας του φούρνου της εργαλειομηχανής πρέσας. Σε περίπτωση που ανιχνεύσει η θερμική ασφάλεια επικίνδυνα για τον μηχανισμό επίπεδα θερμοκρασίας τότε ανοίγει ως διακόπτης μεταφέροντας το σήμα διακοπής στην είσοδο F3 του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος με την σειρά του ενεργοποιεί την ανάλογη λυχνία ενδείκτη από την έξοδο H3, όπως φαίνεται στο ανάλογο δικτύωμα στο ηλεκτρολογικό σχέδιο ώστε να γίνει οπτικά αντιληπτό από τον χειριστή της εργαλειομηχανής το σφάλμα που ενεργοποιήθηκε. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής SENSOR ανταποκρίνεται στον ίδιο κλάδο του δικτύωματος K2M, εννοώντας πως είναι ο ίδιος κλάδος στα δύο δικτύωματα K2M και K4M. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι διότι από την συγκεκριμένη λειτουργία που εκτελεί ο συγκεκριμένος κλάδος μπορούν να εκκινηθούν δύο διεργασίες, η μία όπως περιεγράφηκε στον κλάδο του διακόπτη K2M και η δεύτερη στον κλάδο K4M για την εντολή προς τον μηχανισμό ο οποίος θα κλείσει την θύρα ασφαλείας του φούρνου. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής STOP S6 αναφέρεται σε έναν διακόπτη ασφαλείας ο οποίος ενεργοποιείται από το ανθρώπινο στοιχείο χειριστή της εργαλειομηχανής πρέσας στην περίπτωση που κατά την εκτέλεση της λειτουργίας του κλεισίματος της θύρας ασφαλείας του φούρνου πραγματοποιηθεί αναπάντεχο ανεπιθύμητο γεγονός το οποίο μπορεί να προκαλέσει καταστροφική αστοχία ή επικίνδυνα κατάσταση τραυματισμού του ανθρώπινου στοιχείου, έτσι ώστε να διακόψει ακαριαία την οποιαδήποτε λειτουργία εκτελεί εκείνη την στιγμή η εργαλειομηχανή πρέσας. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής S10 αφορά έναν διακόπτη ηλεκτρικού σήματος ως είσοδος του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος στην κανονική του κατάσταση είναι κανονικά κλειστός

ώστε να διαβάζει η είσοδος του προγραμματιζόμενου ελεγκτή υψηλό δυναμικό. Μόλις λοιπόν λάβει ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής το κατάλληλο σήμα στην είσοδο SENSOR το οποίο θα σημαίνει ότι το μεταλλικό έλασμα τοποθετήθηκε στην σωστή θέση στο εσωτερικό του φούρνου τότε λαμβάνει υπόψιν του ότι πρέπει να εκτελέσει την λειτουργία κλεισίματος της θύρας ασφαλείας φούρνου ενεργοποιώντας τον μηχανισμό της. Ο διακόπτης S10 θα συνεχίσει να είναι κλειστός έως ότου η θύρα ασφαλείας φούρνου τερματίσει την διαδρομή της και έχει κλείσει απομονώσει το εσωτερικό του φούρνου από το εξωτερικό περιβάλλον. Στο σημείο αυτό ο διακόπτης θα μεταβεί από την κανονική του κατάσταση στην μεταβατική η οποία θα είναι αυτή του ανοιχτού διακόπτη οδηγώντας την ανάλογη είσοδο στον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή σε αποκοπή του σήματος ώστε να διακόψει την λειτουργία του μηχανισμού κλεισίματος της θύρας ασφαλείας και κλειδώνοντας τον σε αυτήν την θέση μέχρι να προχωρήσει ο αλγόριθμος στα επόμενα στάδια του. Στο σημείο αυτό η εργαλειομηχανή πρέσας θα παραμείνει σε αδράνεια μέχρι να ολοκληρώσει την λειτουργία του ο χρονιστής καθυστέρησης K1T ώστε να επιτραπεί στο εσωτερικό του φούρνου να φτάσει την επιθυμητή θερμοκρασία και να επιτραπεί στον αλγόριθμο να συνεχίσει την διαδικασία του. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής K5M αναφέρεται στην έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή στην οποία θα μεταβεί κατά την εκτέλεση του αλγόριθμου όταν θα έχει ολοκληρωθεί το στάδιο μορφοποίησης του μεταλλικού ελάσματος από την εργαλειομηχανή πρέσας, κατά το οποίο θα απενεργοποιεί την έξοδο K4M ώστε αυτές οι δύο έξοδοι να μην είναι παράλληλα ενεργοποιημένοι καθώς το σύνολο των λειτουργιών που εκτελούν είναι διαμετρικά αντίθετο. Συγκεκριμένα όταν η διαδικασία του αλγόριθμου μεταφέρει τον έλεγχο στην έξοδο K5M, σύμφωνα με τον κλάδο του, μέσα από ένα σύνολο κλάδων θα ανοίγει την θύρα ασφαλείας φούρνου ώστε να μπορέσει να απομακρυνθεί από το εσωτερικό του το μορφοποιημένο μεταλλικό έλασμα. Τέλος ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής K6M αφορά την έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος θα διακόπτει την έξοδο K4M όταν κατά την διαδικασία εκτέλεσης του κλεισίματος της θύρας ασφαλείας φούρνου όταν θα ανιχνεύεται μέσω του κλάδου SENSOR 2 ότι για κάποιον ή οποιονδήποτε λόγο η θύρα ασφαλείας φούρνου δεν κατόρθωσε ποτέ να κλείσει πλήρως αυξάνοντας τον παράγοντα επικινδυνότητας.

Στο επόμενο στάδιο εκτέλεσης της διαδικασίας του αλγόριθμου θα πραγματοποιηθεί η διεργασία της πρέσας η οποία χειρίζεται δύο τμήματα μήτρας μεταξύ των οποίων βρίσκεται το μεταλλικό έλασμα το οποίο θα μορφοποιηθεί από αυτές. Στο ηλεκτρολογικό σχέδιο η διαδικασία αυτή διακρίνεται στο δικτύωμα που ελέγχει τις ενέργειες της λειτουργίας της πρέσας, όπου το δικτύωμα στο σύνολο του αποτελείται από το κύριο δικτύωμα λειτουργίας που περιλαμβάνει τους κλάδους K2T, L1, S10, STOP S7, S8 και S9, καθώς και από τα δύο συμπληρωματικά δικτυώματα ελέγχου που περιλαμβάνουν τους κλάδους S8, H4 και S9, H5. Συγκεκριμένα σε αυτό το δικτύωμα, όταν ενεργοποιηθεί ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής S10 ο οποίος ενημερώνει τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή ότι η θύρα ασφαλείας φούρνου είναι πλέον κλειστή, οδηγεί στην ενεργοποίηση του κλάδου με την ονομασία μεταβλητής K2T ο οποίος αφορά έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή η οποία θα εκτελέσει λειτουργία χρονιστή καθυστέρησης. Το χρονικό διάστημα καθυστέρησης αφορά τον απαιτούμενο χρόνο κατά τον οποίο θα πρέπει να μείνει η μήτρα σε θέση σύγκλισης ώστε να επιτρέψει στο μεταλλικό έλασμα να ηρεμήσει στην νέα του μορφή χωρίς να επιδείξει αλλοιώσεις ελαστικής επαναφοράς του μεταλλικού ελάσματος. Ταυτόχρονα με την ενεργοποίηση της εξόδου K2T ενεργοποιείται και ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής L1, η οποία αφορά έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή η οποία λειτουργεί την διαδικασία σύγκλισης και απομάκρυνσης των μερών της μήτρας της εργαλειομηχανής πρέσας. Συγκεκριμένα η σειρά λειτουργιών σε αυτό το στάδιο του αλγόριθμου είναι η ενεργοποίηση του χρονιστή K2T, η σύγκλιση των μερών της μήτρας μορφοποίησης του μεταλλικού ελάσματος, αναμονή ολοκλήρωσης της λειτουργίας χρονικής καθυστέρησης και απομάκρυνση των

μερών μήτρας μεταξύ τους. Συμπληρωματικά περιλαμβάνονται στα μέρη μήτρας δύο αισθητήρες πίεσης οι οποίοι ανιχνεύουν αν η πίεση μεταξύ των μερών της μήτρας μορφοποίησης κατά την μορφοποίηση του μεταλλικού ελάσματος πετυχαίνει ικανοποιητικά επίπεδα ώστε να επιτυγχάνεται η αναμενόμενη μορφοποίηση του. Οι αισθητήρες αυτοί διακρίνονται στο ηλεκτρολογικό διάγραμμα με τις ονομασίες μεταβλητών S9 και S8, οι οποίοι στα διακριτά τους δικτυώματα βρίσκονται ως κλάδοι σε σειρά με τους κλάδους H5 και H4 αντίστοιχα οι οποίοι αφορούν ενδεικτικές λυχνίες με σκοπό λειτουργίας την ένδειξη σε περίπτωση απόκλισης της πίεσης τους από το προκαθορισμένο.

Στο επόμενο στάδιο εκτέλεσης της διαδικασίας του αλγόριθμου θα πραγματοποιηθεί η διεργασία απομάκρυνσης του μορφοποιημένου ελάσματος από το εσωτερικό του φούρνου της εργαλειομηχανής πρέσας. Σύμφωνα με το ηλεκτρολογικό σχέδιο το στάδιο αυτό θα ελέγχεται από το δικτύωμα του διακόπτη K5M και από το δικτύωμα του διακόπτη K3M. Τα δικτυώματα αυτά περιλαμβάνουν τους κλάδους F3, STOP S6, SENSOR, S11 και K4M, καθώς και τους κλάδους F2, STOP S4, START S5, K2M και SENSOR 3 αντίστοιχα. Το δικτύωμα το οποίο ελέγχεται από τον διακόπτη με την ονομασία μεταβλητής K5M περιέχει τον κλάδο με την ονομασία μεταβλητής F3 ο οποίος αφορά έναν θερμικό διακόπτη ασφαλείας του οποίου η κανονική του κατάσταση είναι η κλειστή. Επίσης περιέχει και τον κλάδο με την ονομασία μεταβλητής STOP S6 ο οποίος αφορά έναν διακόπτη άμεσης διακοπής των διεργασιών της εργαλειομηχανής πρέσας από το ανθρώπινο στοιχείο χειριστή. Οι δύο αυτοί κλάδοι είναι κοινοί με το δικτύωμα που ελέγχεται από τον διακόπτη με την ονομασία μεταβλητής K4M και η λειτουργία τους είναι η ίδια ακριβώς. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής SENSOR αντίστοιχα είναι ο ίδιος όπως εμφανίζεται στα δικτυώματα K2M και K4M ο οποίος εκτελεί ακριβώς την ίδια λειτουργία. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής S11 αφορά έναν διακόπτη ο οποίος εκτελεί την λειτουργία αισθητήρα ο οποίος ανιχνεύει εάν η θύρα ασφαλείας θα βρεθεί στην κατάλληλη θέση ώστε να επιτρέψει την ανεμπόδιστη έξοδο του μορφοποιημένου μεταλλικού ελάσματος από το εσωτερικό του φούρνου. Εάν για κάποιον λόγο δεν κατορθώσει να ενεργοποιηθεί ο διακόπτης αισθητήρα S11 ενώ πραγματοποιείται η λειτουργία ανοίγματος της θύρας ασφαλείας τότε ο έλεγχος του διακόπτη με την ονομασία μεταβλητής K5M διακόπτεται και μεταφέρεται στον διακόπτη με την ονομασία μεταβλητής K6M του οποίου η λειτουργία έχει ήδη περιγραφεί σε προηγούμενο στάδιο του αλγορίθμου. Μόλις εκτελεστεί με επιτυχία η λειτουργία ανοίγματος της θύρας ασφαλείας του φούρνου τότε ο έλεγχος μεταφέρεται στον διακόπτη με ονομασία μεταβλητής K3M ο οποίος ελέγχει το δικτύωμα που αφορά την απομάκρυνση του μορφοποιημένου μεταλλικού ελάσματος από το εσωτερικό του φούρνου μέσω του ιμάντα θέσης. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η εκτέλεση των λειτουργιών των δύο αυτών δικτυωμάτων δεν εκκινείται αυτόματα αλλά πρέπει να εκκινηθούν από το ανθρώπινο στοιχείο του χειριστή και αυτό πραγματοποιείται με την ενεργοποίηση ενός χειροκίνητου διακόπτη. Ο διακόπτης ενεργοποίησης περιλαμβάνεται στο δικτύωμα με την ονομασία μεταβλητής START S5 ως κλάδος της. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής F2 αφορά έναν θερμικό διακόπτη ασφαλείας ο οποίος ελέγχει τα επίπεδα θερμοκρασίας του ηλεκτροκινητήρα W1 ο οποίος λειτουργεί έτσι ώστε να απομακρύνει το μορφοποιημένο μεταλλικό έλασμα από το εσωτερικό του φούρνου μέσω του ιμάντα θέσης. Η κανονική κατάσταση του διακόπτη είναι η κλειστή και παραμένει σε αυτήν για όσο η θερμοκρασία του ηλεκτροκινητήρα δεν υπερβεί κάποια επίπεδα. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία του ηλεκτροκινητήρα W1 υπερβεί κάποια επίπεδα τότε ο διακόπτης ασφαλείας ανοίγει, διακόπτεται η λειτουργία της εργαλειομηχανής πρέσας και ο έλεγχος μεταφέρεται στην έξοδο του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή που ενεργοποιεί την λυχνία ενδείκτη H2 ώστε να ενημερώσει το ανθρώπινο στοιχείο του χειριστή για την φύση της δυσλειτουργίας που πραγματοποιήθηκε κατά την εκτέλεση των λειτουργιών της εργαλειομηχανής πρέσας. Ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής SENSOR 3 αφορά έναν διακοπτικό αισθητήρα ο οποίος λειτουργεί σαν αισθητήρας θέσης. Η λειτουργία του περιλαμβάνει την

ανίχνευση του μορφοποιημένου μεταλλικού ελάσματος έτσι ώστε μόλις αυτό βρεθεί σε συγκεκριμένη θέση να μεταφέρει το κατάλληλο σήμα σε μία από τις εισόδους του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ώστε να διακόψει την λειτουργία της εξόδου με την ονομασία K3M και να διακόψει τον ηλεκτροκινητήρα W1. Τέλος ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής K2M αναφέρεται στον διακόπτη με την ίδια ονομασία και μέσα σε αυτό το δικτύωμα που ελέγχεται από τον διακόπτη με την ονομασία K3M ο οποίος τον διακόπτη ώστε να εξασφαλίσει ότι δεν θα λειτουργούν ταυτόχρονα καθώς εξ' ορισμού εκτελούν ακριβώς ανάστροφες λειτουργίες μεταξύ τους. Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται ο κύκλος του αλγόριθμου ο οποίος επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση και είναι σε αναμονή επανέναρξης του από το ανθρώπινο στοιχείο.

Σύμφωνα με όλα τα ανωτέρω έχει περιγραφεί με πλήρη λεπτομέρεια το σύνολο του αλγορίθμου σε σχέση με το ηλεκτρολογικό του σχέδιο και μπορεί να ξεκινήσει η ανάπτυξη του προγράμματος που θα εγγραφεί στην μνήμη του μικροελεγκτή ώστε να εκτελέσει τις λειτουργίες του αλγόριθμου της διαδικασίας της εργαλειομηχανής πρέσας. Τα προγράμματα που προορίζονται για προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές συνήθιζεται να γράφονται από εξειδικευμένους τεχνικούς, συνήθως ηλεκτρολόγους συντηρητές του εργοστασιακού συμπλέγματος στο οποίο βρίσκονται εγκατεστημένες. Ως εκ τούτου υπήρξε η αναγκαιότητα εφαρμογής μίας γλώσσας προγραμματισμού του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή η οποία να είναι εύκολα διαχειρίσιμη. Για τον σκοπό αυτόν αναπτύχθηκε η γλώσσα Ladder Logic η οποία ουσιαστικά είναι μία ψευδογλώσσα καθώς το σύνολο των εντολών της σχεδιάζεται σε μορφή δικτυωμάτων με κλάδους. Αυτό έγινε από σκοπιμότητα καθώς κατά την ανάπτυξη της λήφθηκε υπόψιν το γεγονός ότι απευθύνεται σε προσωπικό που συσχετίζεται με τον κλάδο της ηλεκτρολογίας σε τεχνικό επίπεδο, επομένως η Ladder Logic ουσιαστικά προσομοιώνεται ή παρομοιάζεται με τον ίδιο τρόπο που σχεδιάζεται ένα ηλεκτρολογικό σχέδιο σε κλίση ενενήντα μοιρών. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτό το γεγονός το επόμενο που έχει να κάνει ο μηχανικός ανάπτυξης του προγράμματος είναι να ξεκινήσει την μεθοδολογία ανάπτυξης του. Αρχικά θα πρέπει να λάβει υπόψιν από το σύνολο του ηλεκτρολογικού σχεδίου, άσχετα από τα δικτυώματα τους το σύνολο των κλάδων του και να τα διακρίνει σε εισόδους και εξόδους όπως ακριβώς απεικονίζεται στο σχήμα 3.4.

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ	
ΕΙΣΟΔΟΙ	ΕΞΟΔΟΙ
STOP S1	K1M
START S2	K2M
F1	H1
STOP S3	K3M
SENSOR	H2
F2	K4M
STOP S4	K5M
START S5	H3
SENSOR 3	K6M
F3	L1
STOP S6	H4
S10	H5
S11	K1T
SENSOR 2	K2T
S8	
S9	
STOP S7	

Σχήμα 3.4: Πίνακας εισόδων και εξόδων ηλεκτρολογικού σχεδίου.

Σύμφωνα με τον πίνακα το ηλεκτρολογικό σχέδιο περιέχει στο σύνολο του 17 εισόδους και 14 εξόδους οι οποίες ήδη έχουν περιγραφεί ως προς την λειτουργία τους. Στο σημείο αυτό αξίζει να παρατηρηθεί αρχικά πως όλες μαζί ως κλάδοι του ηλεκτρολογικού σχεδίου η βασική τους λειτουργία περιγράφεται πάντοτε ως διακοπτική, μπορεί δηλαδή πάντοτε να περιγραφεί μεταξύ δύο δυνατών καταστάσεων, της ενεργούς κατάστασης και της κατάστασης αποκοπής. Η λεπτομέρεια αυτή είναι καθοριστική καθώς είναι αυτή που καθιστά δυνατή την συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού. Διότι όπως ακριβώς σχεδιάζεται το ηλεκτρολογικό σχέδιο ως ένα σύνολο δικτυωμάτων και κλάδων, ακριβώς έτσι θα σχεδιαστούν και τα δικτυώματα και οι κλάδοι τους στην γλώσσα Ladder Logic. Με γνώμονα αυτήν την τοποθέτηση και έχοντας σχηματίσει τον πίνακα του σχήματος 3.3, μπορεί πλέον να σχηματίσει τους αντίστοιχους πίνακες για τα προγράμματα-εφαρμογές μέσω των οποίων θα μπορεί να προγραμματιστεί ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής. Τα προγράμματα αυτά δρουν ως εξειδικευμένοι εκτελεστές για συγκεκριμένες διεργασίες και διαφέρουν αναλόγως για ποιον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή καλούνται να διαχειριστούν. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας η εξομοίωση θα πραγματοποιηθεί για τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή S7 200 της εταιρείας Siemens μέσω των προγραμμάτων εξομοίωσης Logo V8 και Microwin. Σε αυτά τα προγράμματα λοιπόν θα προσαρμοστεί ο πίνακας του σχήματος 3.5 ώστε να αποδοθούν οι έξοδοι και εισοδοι στο σύνολο τους ως αντίστοιχες μεταβλητές.

MICROWIN		LOGO V8	
ΕΙΣΟΔΟΙ	ΕΞΟΔΟΙ	ΕΙΣΟΔΟΙ	ΕΞΟΔΟΙ
I0.0	Q0.0	I1	Q1
I0.1	Q0.1	I2	Q2
I0.2	Q0.2	I3	Q3
I0.3	Q0.3	I4	Q4
I0.4	Q0.4	I5	Q5
I0.5	Q0.5	I6	Q6
I0.6	Q0.6	I7	Q7
I0.7	Q0.7	I8	Q8
I1.0	Q1.0	I9	Q9
I1.1	Q1.1	I10	Q10
I1.2	Q1.2	I11	Q11
I1.3	Q1.3	I12	Q12
I1.4	T37(TIMER)	I13	B004
I1.5	T33(TIMER)	I14	B038
I1.6		I15	
I1.7		I16	
I2.0		I17	

Σχήμα 3.5: Πίνακες εισόδων και εξόδων προγραμμάτων microwin και logo V8.

Στο σχήμα 3.4 παρατίθενται οι δύο πίνακες στους οποίους έχουν μεταφερθεί οι εισοδοι και εξοδοι του σχήματος 3.3 στο σύνολο τους ως αντιστοιχίες ώστε να μπορεί το κάθε πρόγραμμα να αναγνωρίσει το περιεχόμενο τους σύμφωνα με τα πρότυπα κατά τα οποία αναπτύχθηκαν. Συγκεκριμένα στο αριστερό δίστηλο διακρίνονται οι εισοδοι και οι εξοδοι με τις ονομασίες κατά τις οποίες θα τις αναγνωρίσει το πρόγραμμα της microwin και στο δεξί δίστηλο διακρίνονται οι εισοδοι και οι εξοδοι με τις ονομασίες κατά τις οποίες θα τις αναγνωρίσει το πρόγραμμα της logo V8.

Το πρόγραμμα microwin της Siemens είναι ένα βοηθητικό πρόγραμμα ανεπτυγμένο ώστε να συνοδεύει μία συγκεκριμένη οικογένεια προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών που κατασκευάζονται από την

ίδια εταιρεία με σκοπό την διαχείριση τόσο του υλικού όσο και του λογισμικού της μέρους. Αρχικά παρέχει την λειτουργία του κειμενογράφου ως μέρος των δυνατοτήτων του στον οποίο καθίσταται δυνατή η ανάπτυξη του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις επιθυμητές λειτουργίες όπως αυτές έχουν οριστεί στο αρχικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα. Ο συγκεκριμένος κειμενογράφος ουσιαστικά είναι ένα σύστημα σχεδιασμού κλάδων διάφορων τύπων διακόπτων εντός συγκεκριμένων δικτυωμάτων. Η κεντρική ιδέα συνοψίζεται στην ανάπτυξη πλήρους δικτυωμάτων με συγκεκριμένη σειρά ώστε να εκτελεστεί το ένα μετά το άλλο. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάπτυξης του προγράμματος στο σύνολο του, το πρόγραμμα ανάπτυξης παρέχει την δυνατότητα μετατροπής του δικτυώματος από Ladder Logic απευθείας στις μορφές STL και FBD. Τα προγράμματα σε όλες τις μορφές τους παρατίθενται στο παράρτημα Α της παρούσας εργασίας.

Όπως συμβαίνει με το microwin, παρόμοια το Logo V8 είναι ένα βοηθητικό πρόγραμμα ανεπτυγμένο ώστε να συνοδεύει μία συγκεκριμένη οικογένεια προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών που κατασκευάζονται από την ίδια εταιρεία με σκοπό την διαχείριση τόσο του υλικού όσο και του λογισμικού της μέρους. Αρχικά παρέχει την λειτουργία του κειμενογράφου ως μέρος των δυνατοτήτων του στον οποίο καθίσταται δυνατή η ανάπτυξη του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις επιθυμητές λειτουργίες όπως αυτές έχουν οριστεί στο αρχικό ηλεκτρολογικό διάγραμμα. Ο συγκεκριμένος κειμενογράφος ουσιαστικά είναι ένα σύστημα σχεδιασμού κλάδων διάφορων τύπων διακόπτων εντός συγκεκριμένων δικτυωμάτων. Η κεντρική ιδέα συνοψίζεται στην ανάπτυξη πλήρους δικτυωμάτων με συγκεκριμένη σειρά ώστε να εκτελεστεί το ένα μετά το άλλο. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία ανάπτυξης του προγράμματος στο σύνολο του, το πρόγραμμα ανάπτυξης παρέχει την δυνατότητα μετατροπής του δικτυώματος από Ladder Logic απευθείας στην μορφή FBD. Τα προγράμματα σε όλες τις μορφές τους παρατίθενται στο παράρτημα Α της παρούσας εργασίας.

Συμπληρωματικά είναι δυνατόν όλα τα ανωτέρω να εκφραστούν μέσα από λογικές πράξεις, γεγονός το οποίο επιτρέπει την εφαρμογή μίας καλής πρακτικής από άποψη προσέγγισης ώστε να επαληθευτεί η ορθότητα του συνόλου των λειτουργιών ενισχύοντας παράλληλα την αξιοπιστία του συστήματος ως προς την λειτουργία του. Όταν γίνεται αναφορά σε λογικές πράξεις γίνεται προσέγγιση κατά την άλγεβρα Boolean στην οποία το αποτέλεσμα των λογικών πράξεων κυμαίνεται μεταξύ δύο δυνατών καταστάσεων, αυτήν της αληθούς και αυτήν της ψευδούς. Οι κύριοι τελεστές των λογικών πράξεων είναι η διάζευξη (OR), η σύζευξη (AND), η αναστροφή (NOT) και η αποκλειστική διάζευξη (XOR). Ο πιο απλός στην εργασία του λογικός τελεστής είναι αυτός την αναστροφής όπου χαρακτηρίζεται από μία είσοδο και μία έξοδο στις οποίες υπάρχει πάντα η αντίστροφη κατάσταση. Δηλαδή αν στην είσοδο του εφαρμόζεται η αληθής κατάσταση (συνήθως συμβολίζεται στο δυαδικό αριθμητικό σύστημα με τον αριθμό 1) τότε στην έξοδο του θα αποδίδεται η ψευδής κατάσταση (συνήθως συμβολίζεται στο δυαδικό αριθμητικό σύστημα με τον αριθμό 0) και αν στην είσοδο του εφαρμόζεται η ψευδής κατάσταση τότε στην έξοδο του θα αποδίδεται η αληθής κατάσταση. Οι υπόλοιποι τελεστές εκτελούν μία πιο σύνθετη λειτουργία κατά την τέλεση τους. Ο τελεστής της διάζευξης εκτελεί μεταξύ δύο δυαδικών αριθμών την πράξη κατά την οποία αν οποιοσδήποτε από τους δύο ή ακόμη και οι δύο αριθμοί ή και περισσότεροι από δύο είναι διάφοροι του ψευδούς τότε θα αποδίδεται η αληθής κατάσταση, το οποίο σημαίνει πως η μόνη περίπτωση να υπάρχει ως αποτέλεσμα της τέλεσης της διάζευξης ψευδή κατάσταση είναι όλοι οι αριθμοί της τέλεσης να είναι σε ψευδή κατάσταση. Ο τελεστής της σύζευξης όταν εκτελείται μεταξύ τουλάχιστον δύο ή και περισσότερων δυαδικών αριθμών, τότε το αποτέλεσμα της τέλεσης θα είναι αληθές μόνο όταν όλοι οι αριθμοί της τέλεσης θα είναι αληθής διαφορετικά το αποτέλεσμα της τέλεσης θα προκύπτει ψευδές. Τέλος, ο τελεστής της αποκλειστικής διάζευξης όταν εκτελείται μεταξύ δύο ή και

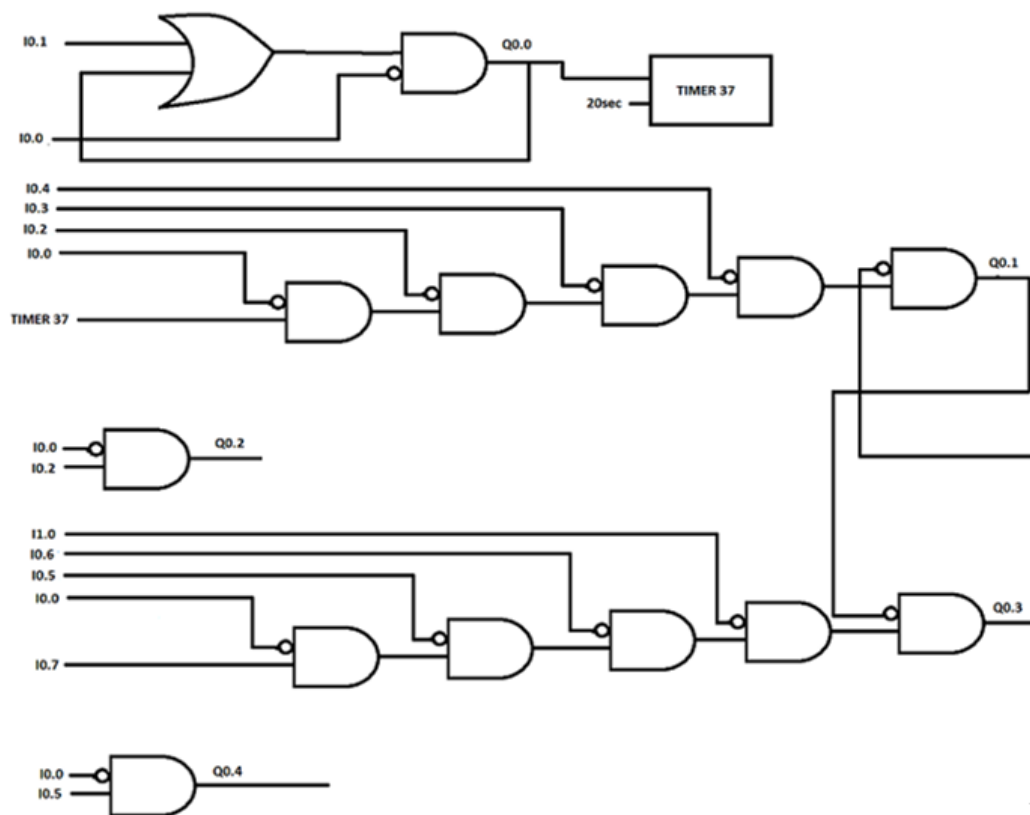
περισσότερων δυαδικών αριθμών θα αποδίδει την ψευδή κατάσταση όταν οι αριθμοί θα είναι μεταξύ τους ομώνυμοι. Εάν έστω και ένας από τους αριθμούς διαφέρει σε κατάσταση από τους υπόλοιπους τότε ο συγκεκριμένος τελεστής θα αποδίδει την αληθή κατάσταση ως αποτέλεσμα του τελεστή. Τέλος οι τελεστές λογικών πράξεων της σύζευξης, διάζευξης και αποκλειστικής διάζευξης συνδυάζουν συχνά στην απόδοση τους και τον τελεστή της αναστροφής ώστε να αναστρέφουν το τελικό τους αποτέλεσμα σχηματίζοντας σύνθετους τελεστές οι οποίοι είναι ο τελεστής της αναστροφής σύζευξης, της αναστροφής διάζευξης και της αναστροφής αποκλειστικής διάζευξης. Στον χώρο της ηλεκτρονικής μηχανικής οι τελεστές αυτοί είναι δυνατόν να εκτελούνται μέσα από την χρήση υλικού το οποίο σχηματίζει ηλεκτρονικές διατάξεις από το σύνολο δικτυωμάτων των οποίων οι κλάδοι περιλαμβάνουν παθητικά αλλά και ενεργά ηλεκτρονικά στοιχεία τα οποία διαχειρίζονται τα ηλεκτρικά σήματα με τρόπο τέτοιο ώστε να μεταβαίνουν μεταξύ δύο δυνατών καταστάσεων, αυτές της ενεργούς και της αποκοπής, οι οποίες αντίστοιχα συμβολίζουν στις λογικές πράξεις την αληθή και ψευδή κατάσταση, ή στο δυαδικό αριθμητικό σύστημα τους αριθμούς ένα και μηδέν. Στον χώρο της ηλεκτρονικής μηχανικής οι διατάξεις αυτές ονομάζονται λογικές πύλες, φέρουν τις ίδιες αντίστοιχες ονομασίες και μπορούν να εκτελούν τις ίδιες ακριβώς λογικές πράξεις. Οι λογικοί τελεστές έχουν τους δικούς τους συμβολισμούς όταν εκφράζονται σε παραστάσεις, όπως ακριβώς και οι αριθμητικοί τελεστές. Ο λογικός τελεστής της σύζευξης συμβολίζεται με το σύμβολο $\wedge$, ο λογικός τελεστής της διάζευξης συμβολίζεται με το σύμβολο $\vee$, ο λογικός τελεστής της αναστροφής συμβολίζεται με το σύμβολο $\neg$ και ο λογικός τελεστής της αποκλειστικής διάζευξης συμβολίζεται με το σύμβολο το οποίο είναι ένας σταυρός μέσα σε έναν κύκλο ο οποίος εφαρμόζεται ακριβώς στα όρια της περιμέτρου του κύκλου και ο λόγος που περιγράφεται είναι διότι δεν περιλαμβάνεται στα σύμβολα του κειμενογράφου, αλλά και καθώς δεν θα χρειαστεί στις λογικές εξισώσεις του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.

Επομένως εάν πρόκειται να αποδοθούν όλα τα ανωτέρω σε λογικές πράξεις τότε θα πρέπει αυτό να γίνει με βάση το υπάρχον ηλεκτρολογικό διάγραμμα, αναλύοντας ένα προς ένα τα δικτύωματα από τα οποία αποτελείται έτσι ώστε να εξεταστεί η διακριτή δομή τους ως προς τους κλάδους κατά τους οποίους αποτελείται έτσι ώστε να μπορούν να αποδοθούν με λογικές πύλες. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να εκφραστεί το κάθε δίκτυωμα ξεχωριστά από κλάδο σε κλάδο σε αναλογία με λογική πύλη. Το πρώτο δίκτυωμα κατά το ηλεκτρολογικό διάγραμμα ξεκινάει με τον κλάδο ο οποίος έχει την ονομασία μεταβλητής K1M και η οποία εκφράζει το σύνολο του κλάδου. Οι κλάδοι που συμπεριλαμβάνονται στο συγκεκριμένο δίκτυωμα είναι οι STOP S1, START S2 και K1M. Παρατηρείται πως οι κλάδοι K1M και START S2 είναι παράλληλοι μεταξύ τους και σε σειρά με τον STOP S1, το οποίο σύμφωνα με την λογική σημαίνει πως από τους δύο παράλληλους κλάδους αρκεί να άγει έστω ο ένας ώστε να κλείνει κύκλωμα ενώ ο STOP S1 θα πρέπει να άγει οπωσδήποτε ώστε να κλείνει κύκλωμα. Επομένως η λογική εξίσωση που θα εκφράζει αυτό το δίκτυωμα θα εκφράζεται ως $K1M = STOP\ S1 \wedge (K1M' \vee START\ S2')$, το οποίο σημαίνει πως θα υπάρχει μία λογική πύλη σύζευξης με δύο ακροδέκτες εισόδων όπου η μία είσοδος θα οδηγείται από τον κλάδο STOP S1 και η άλλη θα οδηγείται από την έξοδο μίας λογικής πύλης διάζευξης δύο εισόδων όπου η μία θα οδηγείται από τον κλάδο K1M και η δεύτερη θα οδηγείται από τον κλάδο START S2. Πρέπει να σημειωθεί και να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην λεπτομέρεια ότι οι κλάδοι είναι διακόπτες οι οποίοι βρίσκονται ο καθένας σε μία συγκεκριμένη προκαθορισμένη κατάσταση η οποία μπορεί να είναι είτε της ενεργούς, είτε της αποκοπής. Συγκεκριμένα αν παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δίκτυωμα ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής STOP S1 διακρίνεται πως η κανονική του κατάσταση σαν διακόπτης είναι αυτή της ενεργούς κατά την οποία είναι κλειστός, ενώ αντίστοιχα ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής START S2 διακρίνεται πως η κανονική του κατάσταση σαν διακόπτης είναι αυτή της αποκοπής κατά την οποία είναι ανοιχτός. Για τον λόγο αυτόν, έτσι ώστε να μπορούν να διακριθούν οι δύο αυτές καταστάσεις

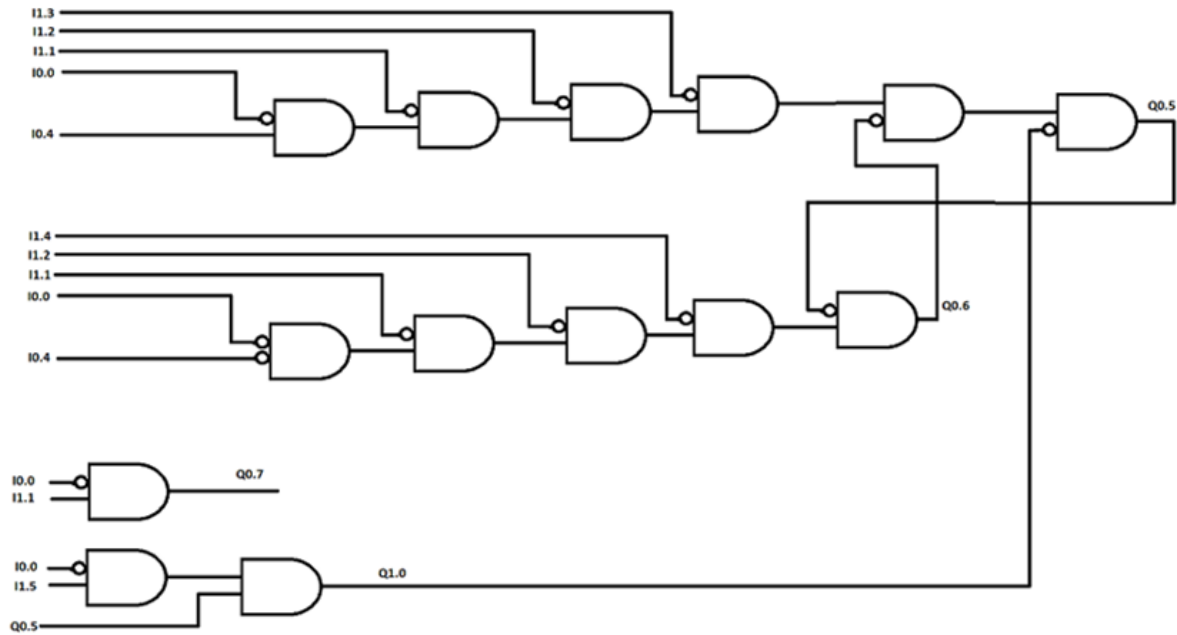
μεταξύ τους, στις λογικές εξισώσεις οι διακόπτες των οποίων η κανονική κατάσταση θα είναι αυτή της αποκοπής θα συμπεριλαμβάνουν στην ονομασία μεταβλητής τους και έναν τόνο. Παρομοίως, όπως διακρίνεται στο ηλεκτρολογικό διάγραμμα, ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K1T ο οποίος είναι απευθείας συνδεδεμένος στο ίδιο δικτύωμα που ελέγχει ο κλάδος με την ονομασία μεταβλητής K1M, γεγονός το οποίο σημαίνει πως θα ισχύει ακριβώς η ίδια εξίσωση με αυτήν του κλάδου K1M, δηλαδή η εξίσωση θα είναι $K1T = STOP S1 \wedge (K1M' \vee START S2')$, το οποίο σημαίνει πως θα υπάρχει μία λογική πύλη σύζευξης με δύο ακροδέκτες εισόδων όπου η μία είσοδος θα οδηγείται από τον κλάδο STOP S1 και η άλλη θα οδηγείται από την έξοδο μίας λογικής πύλης διάζευξης δύο εισόδων όπου η μία θα οδηγείται από τον κλάδο K1M και η δεύτερη θα οδηγείται από τον κλάδο START S2. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K2M ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, F1, STOP S3, K1T, K3M και SENSOR. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμολογημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δίκτυωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δίκτυωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K2M = STOP S1 \wedge F1 \wedge STOP S3 \wedge K1T' \wedge K3M \wedge SENSOR$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και έξι εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής H1 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1 και F1. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δίκτυωμα υπάρχουν δύο κλάδοι το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα θα πρέπει και οι δύο συγκεκριμένοι κλάδοι να είναι οπωσδήποτε κλειστοί ή αλλιώς να βρίσκονται στην ενεργή κατάσταση τους. Επομένως λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δίκτυωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $H1 = STOP S1 \wedge F1'$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και δύο εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K3M ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, F2, STOP S4, START S5, K2M και SENSOR 3. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμολογημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δίκτυωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δίκτυωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K2M = STOP S1 \wedge F2 \wedge STOP S4 \wedge START S5' \wedge K2M \wedge SENSOR 3$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και έξι εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής H2 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1 και F2. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δίκτυωμα υπάρχουν δύο κλάδοι το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα θα πρέπει και οι δύο συγκεκριμένοι κλάδοι να είναι οπωσδήποτε κλειστοί ή αλλιώς να βρίσκονται στην ενεργή κατάσταση τους. Επομένως λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δίκτυωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $H2 = STOP S1 \wedge F2'$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και δύο εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K4M ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, F3, STOP S6, SENSOR, S10,

K5M και K6M. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμοιογνημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δικτύωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K4M = STOP\ S1 \wedge F3 \wedge STOP\ S6 \wedge SENSOR' \wedge S10 \wedge K5M \wedge K6M$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και επτά εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K5M ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, F3, STOP S6, SENSOR, S11 και K4M. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμοιογνημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δικτύωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K4M = STOP\ S1 \wedge F3 \wedge STOP\ S6 \wedge SENSOR \wedge S10 \wedge K5M \wedge K6M$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και έξι εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής H3 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1 και F3. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δικτύωμα υπάρχουν δύο κλάδοι το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα θα πρέπει και οι δύο συγκεκριμένοι κλάδοι να είναι οπωσδήποτε κλειστοί ή αλλιώς να βρίσκονται στην ενεργή κατάσταση τους. Επομένως λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι η $H3 = STOP\ S1 \wedge F3'$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και δύο εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K6M ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, K4M και SENSOR 2. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμοιογνημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δικτύωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K6M = STOP\ S1 \wedge K4M' \wedge SENSOR\ 2'$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και τρεις εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής K2T ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, S8, S9, STOP S7 και S10. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμοιογνημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δικτύωμα θα πρέπει όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $K2T = STOP\ S1 \wedge S8 \wedge S9 \wedge STOP\ S7 \wedge S10'$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και πέντε εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής L1 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1, S8, S9, STOP S7 και K2T. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί όλοι οι κλάδοι του συγκεκριμένου δικτύωματος είναι συνδεδεσμοιογνημένοι μεταξύ τους σε σειρά, το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα και να εκτελεστεί το συγκεκριμένο δικτύωμα θα πρέπει

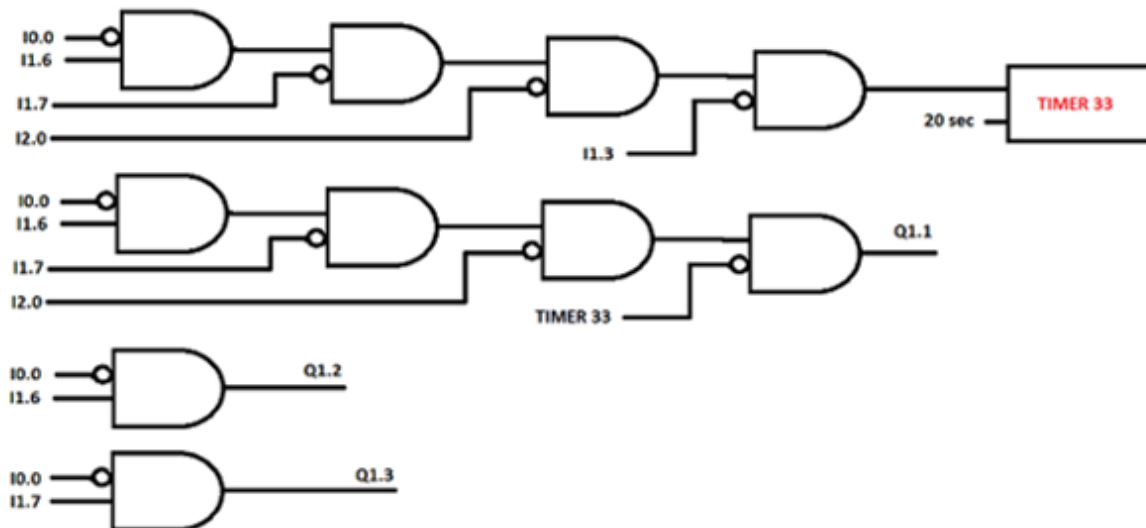
όλοι οι κλάδοι του να βρεθούν στην κατάσταση ενεργούς λειτουργίας ή αλλιώς να είναι όλοι τους κλειστοί. Λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι $L1 = STOP\ S1 \wedge S8 \wedge S9 \wedge STOP\ S7 \wedge K2T$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και πέντε εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής H4 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1 και S8. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δικτύωμα υπάρχουν δύο κλάδοι το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα θα πρέπει και οι δύο συγκεκριμένοι κλάδοι να είναι οπωσδήποτε κλειστοί ή αλλιώς να βρίσκονται στην ενεργή κατάσταση τους. Επομένως λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι η $H4 = STOP\ S1 \wedge S8$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και δύο εισόδους. Ο κλάδος ο οποίος ελέγχεται απευθείας από τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή με την ονομασία μεταβλητής H5 ελέγχει με την σειρά του το δικτύωμα το οποίο συμπεριλαμβάνει τους κλάδους με τις ονομασίες μεταβλητής STOP S1 και S9. Όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο συγκεκριμένο δικτύωμα υπάρχουν δύο κλάδοι το οποίο σημαίνει πως προκειμένου να κλείσει κύκλωμα θα πρέπει και οι δύο συγκεκριμένοι κλάδοι να είναι οπωσδήποτε κλειστοί ή αλλιώς να βρίσκονται στην ενεργή κατάσταση τους. Επομένως λαμβάνοντας υπόψιν το ηλεκτρολογικό διάγραμμα για το συγκεκριμένο δικτύωμα η λογική εξίσωση που το εκφράζει προκύπτει να είναι η $H5 = STOP\ S1 \wedge S9$ η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μία λογική πύλη σύζευξης με μία έξοδο και δύο εισόδους. Με την επιτυχή απόδοση όλων των ανωτέρω σε λογικές εξισώσεις μπορεί πλέον να αποδοθεί και το ανάλογο ψηφιακό κύκλωμα το οποίο θα μπορεί να εκτελεί τις επιθυμητές λειτουργίες.



Σχήμα 3.6: Διάγραμμα 1 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.



Σχήμα 3.7: Διάγραμμα 2 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.



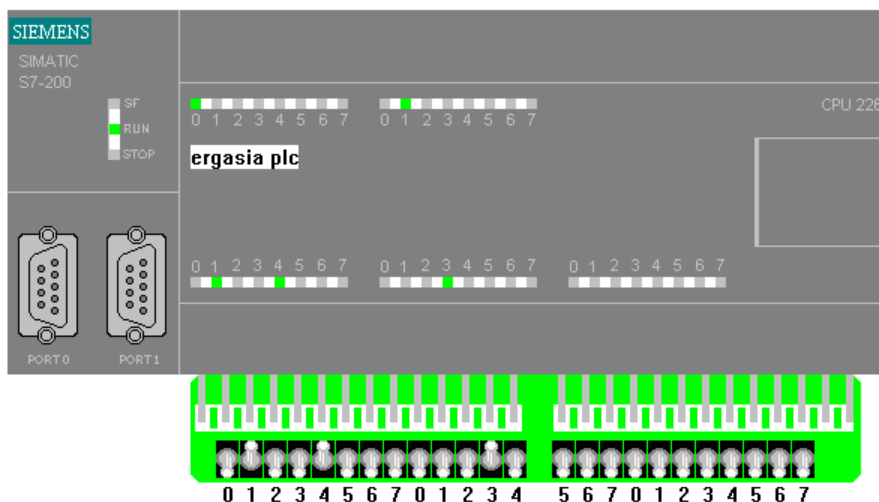
Σχήμα 3.8 Διάγραμμα 3 λογικών πυλών του ηλεκτρολογικού διαγράμματος.

Στα σχήματα 3.6, 3.7 και 3.8 απεικονίζονται οι διατάξεις των λογικών πυλών οι οποίες σχηματίζουν τα αντίστοιχα δικτύωματα του ηλεκτρολογικού διαγράμματος έτσι ώστε να εκτελείται ακριβώς η ίδια λειτουργία σε ένα ψηφιακό κύκλωμα.

3.5 Προσομοίωση λειτουργίας προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή

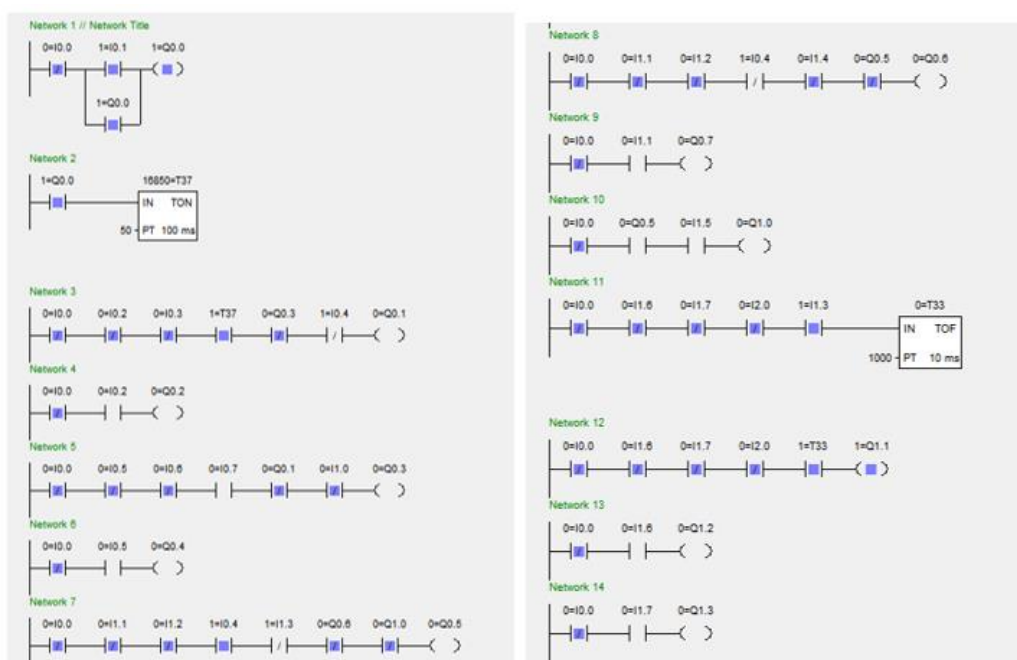
Για την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας στο σύνολο της είναι απαραίτητη η εκτέλεση μίας προσομοίωσης η οποία θα αποδώσει τον πλήρη κύκλο λειτουργίας του προγράμματος το οποίο θα διενεργεί τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή έτσι ώστε μέσω των εισόδων και εξόδων του να ελέγχει πλήρως την εργαλειομηχανή πρέσας. Η προσομοίωση αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέσω ενός προγράμματος εξομοίωσης σε περιβάλλον ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος το οποίο μοντελοποιεί μία υπαρκτή συσκευή ικανή να εκτελέσει τις ίδιες ακριβώς λειτουργίες όπως αυτές θα

συνέβαιναν στο πραγματικό περιβάλλον. Η προσομοίωση αυτή, αφού αφορά τον προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή της εταιρείας Siemens S7 200, θα πραγματοποιηθεί μέσω του προγράμματος εξομοίωσης του, τον S7 200 Emulator. Ο συγκεκριμένος εξομοιωτής παρέχει την δυνατότητα εφαρμογής προγράμματος σε διάφορες γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες απευθύνονται σε προγραμματιζόμενο λογικό ελεγκτή και να το εκτελέσει έτσι ώστε να τρέξει όπως ακριβώς θα εκτελούταν σε πραγματική συσκευή.



Σχήμα 3.9: Περιβάλλον εργασίας εξομοιωτή προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.

Στο σχήμα 3.9 απεικονίζεται το γραφικό περιβάλλον κατά το οποίο αποδίδεται το περιβάλλον εργασίας του εξομοιωτή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή S7 200. Αφού θα έχει αποθηκευτεί στην μνήμη του εξομοιωτή το πρόγραμμα σε γλώσσα Ladder Logic και δοθεί η εντολή εκτέλεσης του τότε αν δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην σύνταξη του προγράμματος τότε αυτό θα εκτελεστεί κανονικά και εάν δεν υπάρχει και κάποιο λογικό λάθος στο πρόγραμμα τότε θα εκτελέσει την αναμενόμενη λειτουργία του.



Σχήμα 3.10: Διάγραμμα Ladder Logic κατά την εκτέλεση προσομοίωσης.

Στα σχήματα 3.9 και 3.10 απεικονίζεται η κατάσταση του εξομοιωτή όταν αυτός εκτελεί το πρόγραμμα κατά το οποίο θα πραγματοποιείται ο έλεγχος της εργαλειομηχανής πρέσας και συγκεκριμένα την στιγμή που θα πραγματοποιεί την μορφοποίηση του μεταλλικού ελάσματος, συμπεραίνοντας πως η προσομοίωση πραγματοποιείται με άρτιο τρόπο στο σύνολο της, τόσο συντακτικά, όσο και λογικά.

3.6 Επίλογος

Οι εργαλειομηχανές γενικότερα επέτρεψαν την τεχνολογική πρόοδο και μετάβαση από χρονοβόρες διαδικασίες βιομηχανικής παραγωγής σε πιο αποδοτικές τόσο από άποψη χρόνου, όσο και από άποψη ποιότητας.

Οι εργαλειομηχανές διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα την εργασία που μπορούν να πραγματοποιήσουν, αλλά στην παρούσα αναλύεται η εργαλειομηχανή πρέσας η οποία μπορεί να πραγματοποιήσει διάφορες λειτουργίες όπως η κάμψη, η καμπύλωση, το ανάγλυφο σχέδιο, η αποκοπή η νομισματοποίηση, το σχέδιο, το τέντωμα, το σιδέρωμα, η αναγωγή, η συρμάτωση, το στρίψωμα, η διάτρηση και η κοπή.

Ένας τρόπος αναβάθμισης των εργαλειομηχανών είναι με την ενσωμάτωση ηλεκτρονικών συστημάτων αυτοματοποίησης της εκτέλεσης των λειτουργιών της απαλλάσσοντας το ανθρώπινο στοιχείο από αυτόν τον όγκο εργασίας.

Η πιο ευρέως διαδεδομένη μεθοδολογία και πρακτική αναβάθμισης των εργαλειομηχανών πραγματοποιείται με την ενσωμάτωση ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή ο οποίος αναλαμβάνει τον έλεγχο των πιο απλών λειτουργιών καθώς αυτές μπορούν να ερμηνευτούν ως καταστάσεις διακόπτων.

Τα κύρια μέρη τα οποία αξιοποιεί ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής ώστε να πραγματοποιεί τον επιθυμητό έλεγχο είναι τα αισθητήρια, οι ηλεκτροκινητήρες, οι διακόπτες, οι μικροελεγκτές και το υλικολογισμικό.

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής ουσιαστικά είναι ένα σύστημα μικροελεγκτή το οποίο έχει προετοιμαστεί κατάλληλα έτσι ώστε να μπορεί να εγκατασταθεί εύκολα σε βιομηχανικό περιβάλλον και να αντέξει σε αφιλόξενο για τα ηλεκτρονικά του μέρη περιβάλλον.

Το υλικολογισμικό είναι μία μορφή λογισμικού η οποία αναπτύσσεται κατάλληλα έτσι ώστε να αξιοποιήσει τους περιορισμένους πόρους που μπορεί να διαθέτει ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

Ο αλγόριθμος αποτελεί το βασικό στάδιο σχεδίασης του υλικολογισμικού σκιαγραφώντας την ακολουθία των λειτουργιών του στην πιο μακροσκοπική δυνατή εκδοχή τους έτσι ώστε αργότερα να μπορεί να εμβαθύνει στην κάθε μία από αυτές ξεχωριστά, αναλύοντας τις όλο και πιο μικροσκοπικά.

Οι κύριες γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές είναι η Ladder Logic, η STL και η FBD.

Η προσομοίωση ενός συστήματος αποτελεί ένα απαραίτητο αρχικό στάδιο κατά τον σχεδιασμό και ανάπτυξης κάποιας συσκευής καθώς επιτρέπει την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας της αλλά και πιθανών ανεπιθύμητων καταστάσεων, προτού αυτή να προχωρήσει στο στάδιο ανάπτυξης και κατασκευής.

Η προσομοίωση της παρούσας εργασίας εκτελεί ορθά τον πλήρη κύκλο λειτουργίας μιας εργαλειομηχανής πρέσας όταν αυτή μορφοποιεί ένα μεταλλικό έλασμα.

Κεφάλαιο 4ο: Συμπεράσματα ή/και προτάσεις βελτίωσης

Η διεξαγωγή συμπερασμάτων μετά το πέρας μίας εργασίας αποτελεί καλή πρακτική καθώς επιτρέπει την ανάδειξη της χρησιμότητας ως προς τα πιο πρακτικά ζητήματα όπως την πιθανή εφαρμογή της σε διάφορους άλλους τομείς, είτε επιμέρους είτε εξ' ολοκλήρου. Ταυτοχρόνως παρέχει μία μακροσκοπική προσέγγιση τέτοιου επιπέδου η οποία καταλήγει να μην απευθύνεται μόνο στους πολύ εξειδικευμένους μηχανικούς που αντικείμενο ενασχόλησης τους είναι το πεδίο της ηλεκτρονικής, αλλά να μπορούν να την προσεγγίσουν και αυτοί που μπορούν να υιοθετήσουν πτυχές της στις δικές τους εργασίες ακόμη και αν δεν είναι ακριβώς στο ίδιο αντικείμενο.

Κατά την διεξαγωγή και ανάπτυξη της παρούσας εργασίας προέκυψαν αρκετά ενδιαφέροντα συμπεράσματα τα οποία αξίζει να τους δοθεί η κατάλληλη προσοχή. Ένα από τα κυριότερα είναι η απόπειρα ανάπτυξης μιας μεθοδολογίας η οποία να επεκτείνεται σε διάφορα επίπεδα οπτικής, από το πιο μακροσκοπικό στο πιο μικροσκοπικό, όταν γίνεται λόγος μιας εργασίας στα διάφορα στάδια της από την σύλληψη της κεντρικής ιδέας μέχρι την τελική ανάπτυξη της.

Ένα άλλο είναι η σπουδαιότητα της εξάντλησης όλων των μεθόδων επαλήθευσης και δοκιμών των αρχών που εξετάζουν την εγκυρότητα της ορθής λειτουργίας του ζητούμενου μίας εργασίας προτού αυτή προχωρήσει στο στάδιο της ανάπτυξης του υλικού της μέρους, καθώς η οποιαδήποτε διόρθωση μετά από αυτό το στάδιο ειδικά όταν πρόκειται για επέμβαση στο υλικό της μέρος προκύπτει με αυξημένη δυσκολία στην μετατροπή αλλά και στο κόστος είτε αυτό είναι χρηματικό είτε σε χρόνο.

Η χρήση ειδικών προγραμμάτων κατά το στάδιο σχεδίασης τα οποία αφορούν προσομοιώσεις και εξομοιώσεις επιτρέπουν στον σχεδιαστεί που αναπτύσσει την εργασία του όχι μόνο να δοκιμάσει την ορθότητα των σχεδιασμών του ως προς την λειτουργία τους αλλά και να πειραματιστεί στα όρια των ιδεών προκειμένου να πετύχει πιθανές βελτιστοποιήσεις εφαρμόζοντας διάφορες προσεγγίσεις.

Συμπαιρένεται επίσης ότι η μεθοδολογία που επιλέχθηκε για την υλοποίηση της συγκεκριμένης προσομοίωσης προκύπτει έγκυρη στην εφαρμογή της καθώς με το πέρας της μελέτης αλλά και της υλοποίησης της παραμετροποίησης της στο πρόγραμμα προσομοίωσης αποδεικνύεται ορθή καθώς η προσομοίωση εκτελείται ορθά καθ' όλη την διάρκεια εκτέλεσης της και επομένως μπορεί ήδη να υλοποιηθεί ως κατασκευή.

Για την βελτίωση της παρούσας εργασίας προτείνεται η εξέταση και άλλων πρόσθετων παραμετροποιήσεων στο συνολικό ηλεκτρικό δίκτυο όπως κάποιοι ελεγκτές θερμοκρασίας ώστε να εκτελείται η διαδικασία μορφοποίησης σε ακόμη πιο συγκεκριμένες θερμοκρασιακές συνθήκες ώστε να διασφαλίζεται η ποιοτική ομοιομορφία των μορφοποιημένων μεταλλικών ελασμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [4] Lutz Lampe, Andrea M. Tonello, Theo G. Swart, *Power Line Communications: Principles, Standards and Applications from Multimedia to Smart Grid, Second Edition*. Print ISBN: 9781118676714, Online ISBN: 9781118676684, DOI: 10.1002/9781118676684, John Wiley & Sons, Ltd. 22 April 2016.
- [6] David S. Landes, *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present / Edition 2*. ISBN-10: 052153402X, ISBN-13: 9780521534024, Cambridge University Press. 26 June 2003.
- [10] Abbott Payson Asher, *A HISTORY OF MECHANICAL INVENTIONS, Revised Edition*. ISBN: 0-486-25593-X, Dover Publications Inc. 1954.
- [12] Chisholm, Hugh, *Lever, Encyclopedia Britannica*. Volume 16, 11th Edition, p. 510, Cambridge University Press. 1911.
- [13] Hans J. J. G. Holm, *The Earliest Wheel Finds, Their Archeology and Indo-European Terminology in Time and Space, and Early Migrations around the Caucasus*. ISBN: 978-615-5766-30-5, ISSN: 12 166 847, Archaeolingua. 2019.
- [17] Holland Max, *When the Machine Stopped: A Cautionary Tale from Industrial America*, ISBN: 978-0-87584-208-0, OCLC: 246343673, Harvard Business School Press. 1989.
- [20] Bolton William, *Programmable Logic Controllers*, 6th revised edition, ISBN: 9780081003534, Newnes. 2015.
- [21] Parr E. A., *Computers and industrial control*, ISBN: 0-8311-3085-7, Industrial Press Inc. 1998.
- [23] Jerry Banks, Barry L. Nelson, David Nicol, John Carson, *Discrete-Event System Simulation*, ISBN-13: 978-0-13-144679-3, ISBN: 0-13-129342-7, Prentice Hall. 2001.
- [25] Dan t. Parker, *Building Victory: Aircraft Manufacturing in the Los Angeles Area in World War II*, ISBN: 978-0-9897906-0-4, Cypress. 2013.

Journal Articles

- [5] Frederique Mayer, "Social impact of automation trends and issues: an human centred systems engineering perspective," *IFAC Proceeding Volumes*, Volume 41, Issue 2, pp. 5251-5256, 2008.
- [7] Hozdić, Elvis, "Smart Factory for Industry 4.0: A review," *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, Volume 7, Issue 1, pp. 28-35, 2015.
- [8] Sklair, L., *Assembling For Development: The Maquila Industry in Mexico and the United States*. San Diego: The Center for U.S.–Mexican Studies University of California. p. 10, 1993.
- [9] Victor R. Basili, Gianluigi Caldiera, H. Dieter Rombach, "THE EXPERIENCE FACTORY," *Encyclopedia of Software Engineering*, Volume 2, ISBN: #1-54004-8, John Wiley & Sons, Inc. 1994.
- [11] Asfaw Berhane, Beyene Yonas, Suwa Gen, Walter Robert C., White Tim D., Woldegabriel Giday, Yemane Tesfaye, 1992. "The earliest Acheulean from Konso-Gardula," *Nature*, Volume 360, Issue 6406, pp. 732-735. Bibcode: 1992Natur.360..732A, DOI: 10.1038/360732a0, December 1992.

[15] Armin Sholl, Christian Becker, “State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing,” *European journal for operational research*, Volume 168, Issue 3, pp. 666-693, 1 February 2006.

Internet Site

[1] Wikipedia, “Proto-industrialization,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Proto-industrialization#cite_note-1

[2] Wikipedia, “Industrial Revolution,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution

[3] Wikipedia, “Second Industrial Revolution,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Second_Industrial_Revolution

[14] Wikipedia, “Machine,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Machine>

[16] Wikipedia, “Assembly Line,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Assembly_line

[18] Wikipedia, “Automation,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Automation>

[19] IBM, “What is automation,” *IBM*. [Online]. Available:

<https://www.ibm.com/topics/automation>

[22] Wikipedia, “Simulation,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>

[23] Wikipedia, “Emulator,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Emulator>

[24] Wikipedia, “Electric Motor,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_motor

[26] Wikipedia, “Servomotor,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

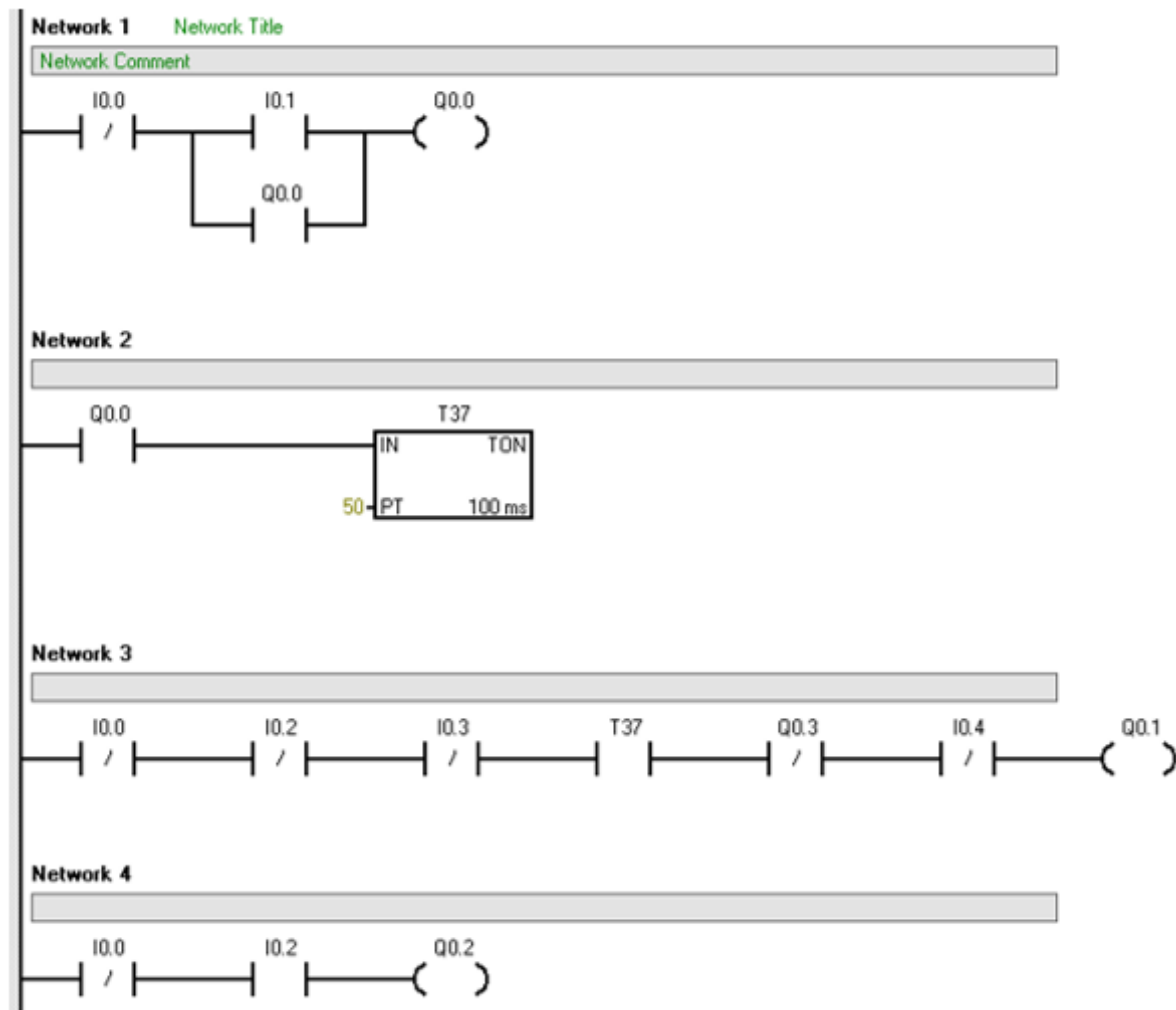
<https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

[27] Wikipedia, “Microcontroller,” *Wikipedia*, 2022. [Online]. Available:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller>

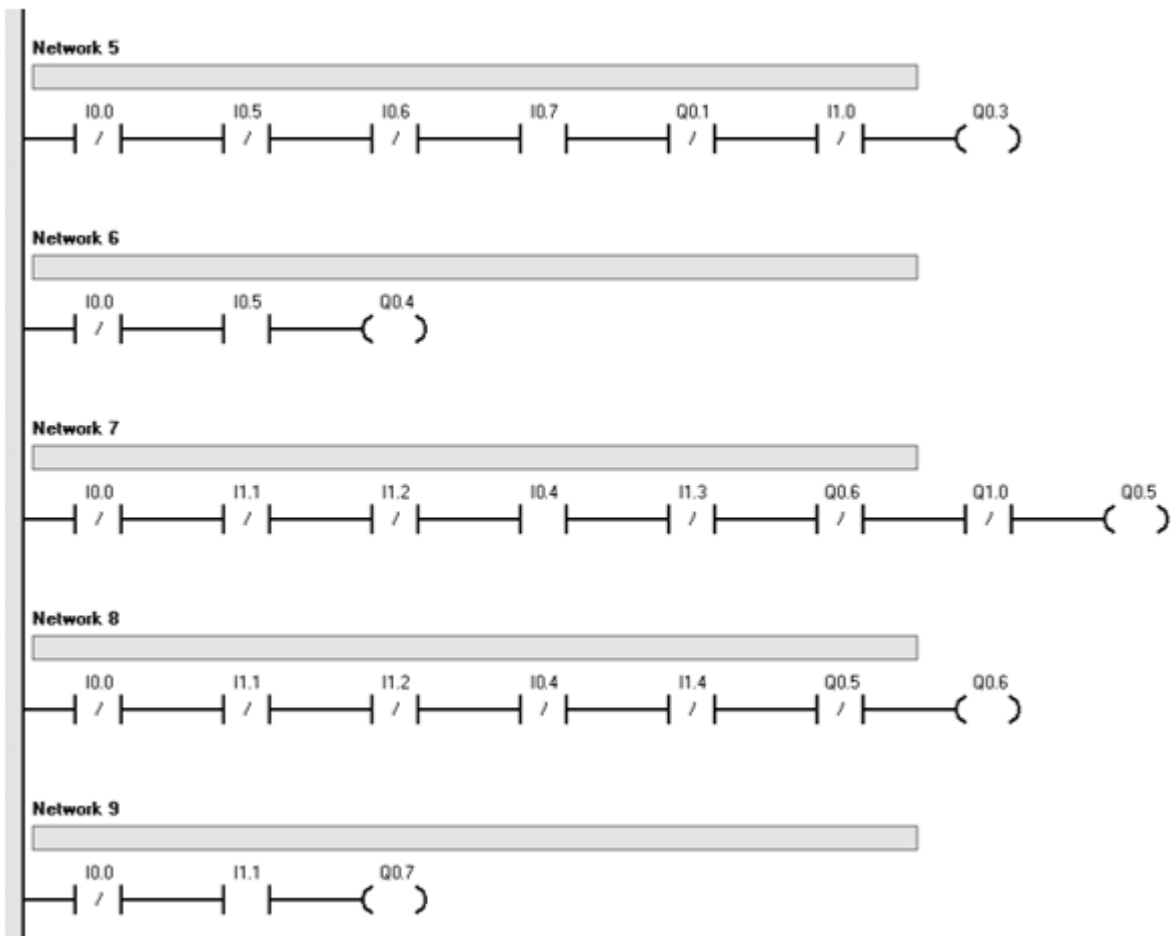
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : Το πρόγραμμα στις γλώσσες Ladder Logic, STL και FBD

Καθώς αυτές οι γλώσσες προγραμματισμού δεν πραγματοποιούνται ως κείμενο κώδικα στο πλαίσιο κάποιου κειμενογράφου αλλά ως σχέδια κάποιας μορφής με την βοήθεια συγκεκριμένων προγραμμάτων, δεν μπορούν να αποδοθούν ως κείμενο αλλά ως φωτογραφίες οι οποίες θα εξηγηθούν ως προς το περιεχόμενο τους όπως αυτό απεικονίζεται σε αυτές. Η πρώτη εικόνα απεικονίζει το πρώτο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic.



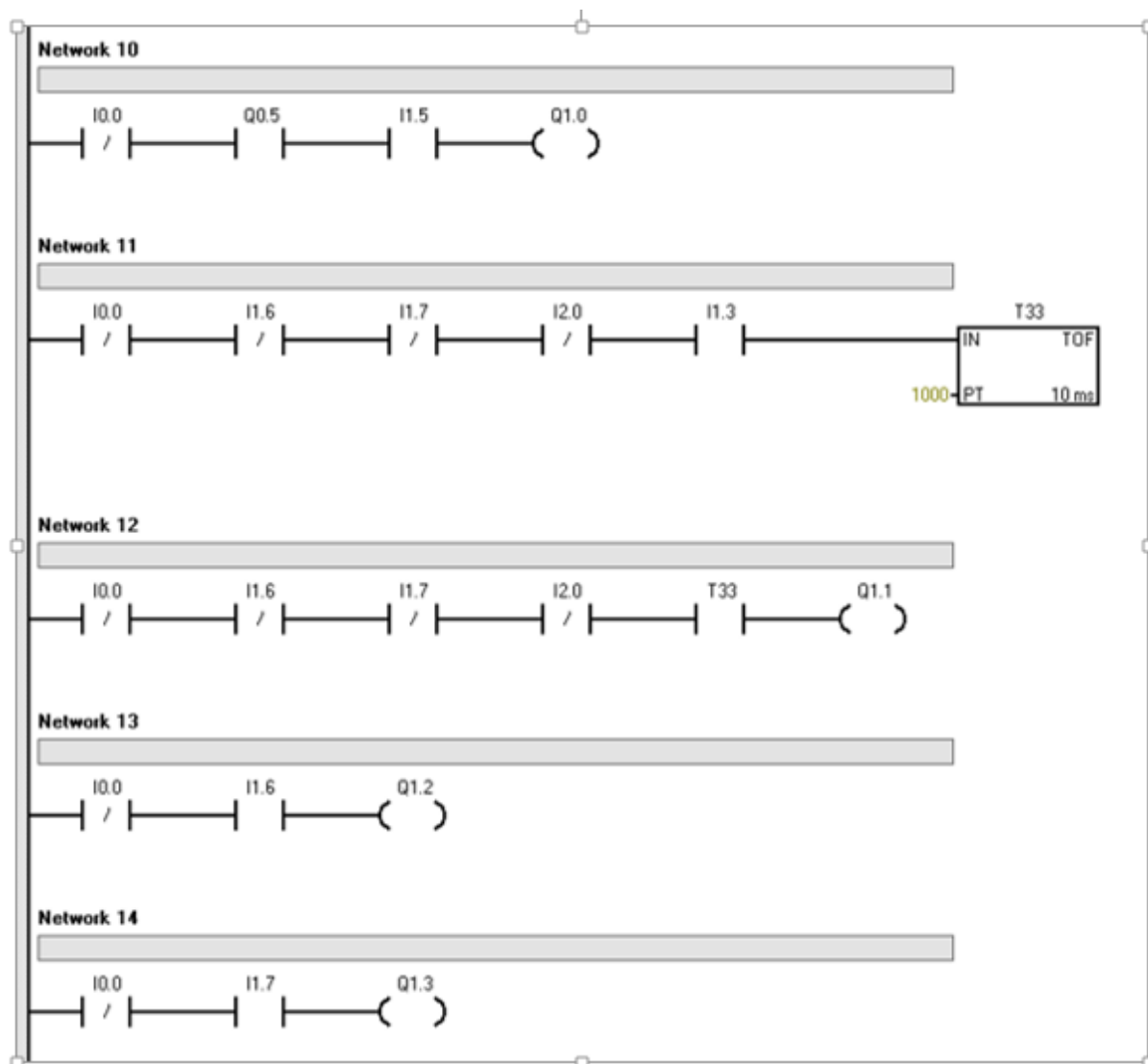
Στην πρώτη αυτή εικόνα διακρίνονται τα πρώτα δικτύωματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα πρώτα τέσσερα δικτύωματα. Στο πρώτο πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε παραλληλία όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2. Στο δεύτερο περιλαμβάνεται η λειτουργία του χρονιστή. Στο τρίτο μία απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά, όπως ακριβώς και στο τέταρτο δικτύωμα της συγκεκριμένης εικόνας.

Η δεύτερη εικόνα απεικονίζει το δεύτερο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic.



Στην δεύτερη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτυώματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτυώματα από το πέμπτο μέχρι και το ένατο. Σε όλα τα δικτυώματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2.

Η τρίτη εικόνα απεικονίζει το τρίτο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού Ladder Logic.

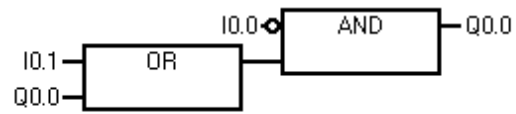
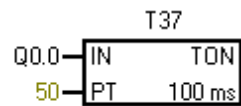
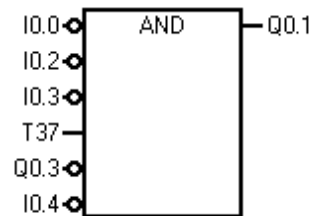
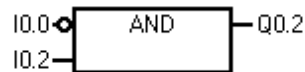


Στην τρίτη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτύωματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτύωματα από το δέκατο μέχρι και το δέκατο τέταρτο. Σε όλα τα δικτύωματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2. Συγκεκριμένα στο εντέκατο δίκτυωμα περιλαμβάνεται σε σειρά και ο χρονιστής T33.

Στην συνέχεια το ίδιο πρόγραμμα απεικονίζεται στην γλώσσα FBD η οποία απεικονίζεται στην μορφή λογικών πυλών κατά τις οποίες εκφράζεται η ίδια εκτέλεση λειτουργίας της προσομοίωσης όπως το πρόγραμμα στην μορφή Ladder Logic και το οποίο απεικονίζεται στις ακόλουθες εικόνες όπου στην πρώτη εικόνα διακρίνονται στο πρώτο δίκτυωμα δύο λογικές πύλες οι οποίες εκτελούν την λειτουργία του πρώτου δικτύωματος του ηλεκτρολογικού σχεδίου της ενότητας 3.4.2. Στο δεύτερο δίκτυωμα απεικονίζεται ο χρονιστής ο οποίος είναι παραμετροποιημένος έτσι ώστε να εκτελέσει την σωστή λειτουργία. Στα δικτύωματα τρία και τέσσερα εκτελεί λειτουργία λογικής σύζευξης έτσι ώστε να εκτελέσει διακοπτική λειτουργία σε σειρά συνδεσμολογία.

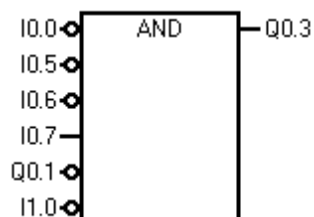
Network 1 Network Title

Network Comment

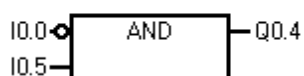
**Network 2****Network 3****Network 4**

Η δεύτερη εικόνα απεικονίζει το δεύτερο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού FBD.

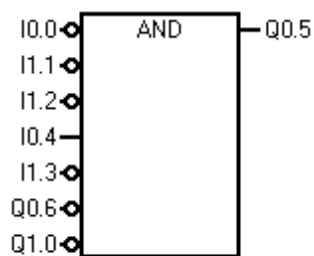
Network 5



Network 6



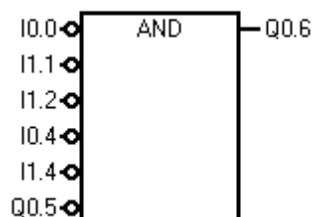
Network 7



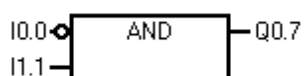
Στην δεύτερη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτυώματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτυώματα από το πέμπτο μέχρι και το έβδομο. Σε όλα τα δικτυώματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2 κάνοντας χρήση λογικών πυλών σύζευξης.

Η τρίτη εικόνα απεικονίζει το τρίτο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού FBD.

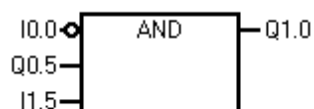
Network 8



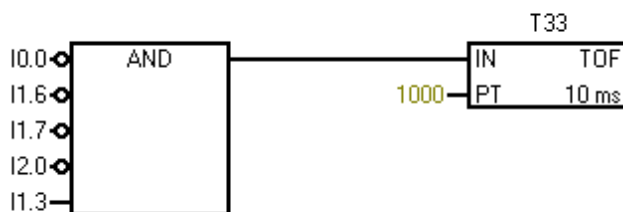
Network 9



Network 10



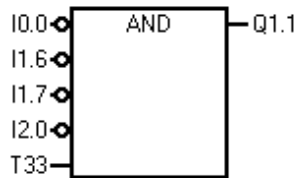
Network 11



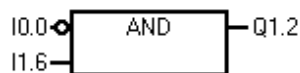
Στην τρίτη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτυώματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτυώματα από το όγδοο μέχρι και το εντέκατο. Σε όλα τα δικτυώματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2 κάνοντας χρήση λογικών πυλών σύζευξης. Συγκεκριμένα στο εντέκατο δικτύωμα περιλαμβάνεται και ο χρονιστής ο οποίος ελέγχεται στην είσοδο του από την έξοδο της λογικής πύλης σύζευξης.

Η τέταρτη εικόνα απεικονίζει το τέταρτο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού FBD.

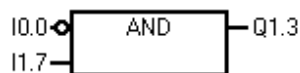
Network 12



Network 13



Network 14



Στην τέταρτη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτύωματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτύωματα από το δωδέκατο μέχρι και το δέκατο τέταρτο. Σε όλα τα δικτύωματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2 κάνοντας χρήση λογικών πυλών σύζευξης.

Στην συνέχεια το ίδιο πρόγραμμα απεικονίζεται στην γλώσσα STL η οποία απεικονίζεται στην μορφή συναρτήσεων κειμένου κατά τις οποίες εκφράζεται η ίδια εκτέλεση λειτουργίας της προσομοίωσης όπως το πρόγραμμα στην μορφή Ladder Logic και το οποίο απεικονίζεται στις ακόλουθες εικόνες όπου στην πρώτη εικόνα διακρίνονται στο πρώτο δίκτυωμα ο κώδικας ο οποίος περιγράφει ξεχωριστά και με την σειρά την κάθε είσοδο και έξοδο έτσι ώστε να πραγματοποιείται με ακρίβεια η επιθυμητή λειτουργία του δικτύωματος στην έξοδο του.

Network 1 Network Title

Network Comment

```
LDN      I0.0
LD        I0.1
O         Q0.0
ALD
=         Q0.0
```

Network 2

```
LD        Q0.0
TON       T37, 50
```

Network 3

```
LDN      I0.0
AN       I0.2
AN       I0.3
A        T37
AN       Q0.3
AN       I0.4
=         Q0.1
```

Network 4

```
LDN      I0.0
A        I0.2
=         Q0.2
```

Network 5

```
LDN      I0.0
AN       I0.5
AN       I0.6
A        I0.7
AN       Q0.1
AN       I1.0
=         Q0.3
```

Network 6

```
LDN      I0.0
A        I0.5
=         Q0.4
```

Συγκεκριμένα στην πρώτη εικόνα περιγράφονται στην γλώσσα προγραμματισμού STL το πρώτο μέχρι το έκτο δικτύωμα.

Η δεύτερη εικόνα απεικονίζει το δεύτερο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού STL.

Network 7

```
LDN      I0.0
AN        I1.1
AN        I1.2
A         I0.4
AN        I1.3
AN        Q0.6
AN        Q1.0
=         Q0.5
```

Network 8

```
LDN      I0.0
AN        I1.1
AN        I1.2
AN        I0.4
AN        I1.4
AN        Q0.5
=         Q0.6
```

Network 9

```
LDN      I0.0
A         I1.1
=         Q0.7
```

Network 10

```
LDN      I0.0
A         Q0.5
A         I1.5
=         Q1.0
```

Network 11

```
LDN      I0.0
AN        I1.6
AN        I1.7
AN        I2.0
A         I1.3
TOF       T33, 1000
```

Στην δεύτερη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτυώματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτυώματα από το έβδομο μέχρι και το εντέκατο. Σε όλα τα δικτυώματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2. Εξάιρεση αποτελεί το εντέκατο δικτύωμα που περιλαμβάνει σε σειρά έναν χρονιστή.

Η τρίτη εικόνα απεικονίζει το τρίτο μέρος του προγράμματος στην γλώσσα προγραμματισμού STL.

Network 12

LDN	I0.0
AN	I1.6
AN	I1.7
AN	I2.0
A	T33
=	Q1.1

Network 13

LDN	I0.0
A	I1.6
=	Q1.2

Network 14

LDN	I0.0
A	I1.7
=	Q1.3

Στην τρίτη αυτή εικόνα διακρίνονται τα επόμενα δικτυώματα όπως αυτά προκύπτουν σε αντιστοιχία από το ηλεκτρολογικό διάγραμμα, όπως αυτό διαβάζεται από αριστερά προς τα δεξιά σε κάθετες στήλες. Στην συγκεκριμένη εικόνα περιλαμβάνονται τα δικτυώματα από το δωδέκατο μέχρι και το δέκατο τέταρτο. Σε όλα τα δικτυώματα πραγματοποιείται απλή διακοπτική λειτουργία σε σειρά μεταξύ τους όπως αυτή περιεγράφηκε στην ενότητα 3.4.2.