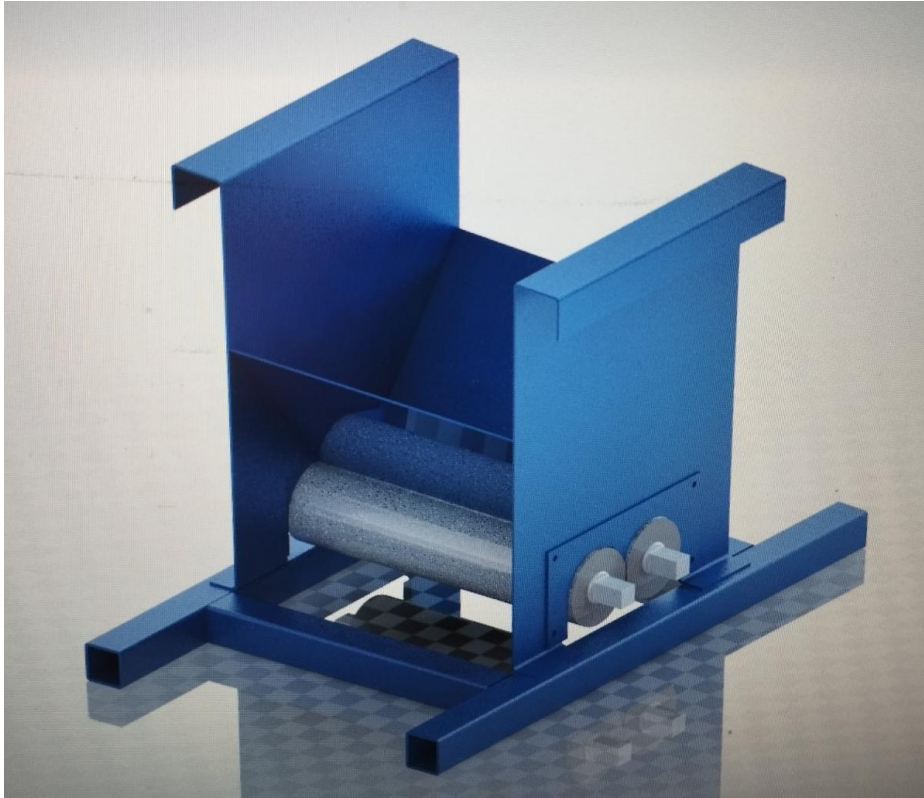




ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΠΡΩΗΝ Τ.Ε.Ι .Δ.Μ)
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ : Σχεδιασμός Μελέτη και Κατασκευή Πλήρως Αυτοματοποιημένου Κυλινδόμυλου

Επιβλέπων Καθηγητής

Τσιαμήτρος Δημήτριος

Προπτυχιακός Φοιτητής

Σταμούλης.Δ Γεώργιος

ΚΟΖΑΝΗ 2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και ο υποκείμενος ψηφιακός μετασχηματισμός, γνωστός ως Βιομηχανία 4.0, εξελίσσεται εκθετικά. Η ψηφιακή επανάσταση αναδιαμορφώνει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο τα άτομα ζουν και εργάζονται και το κοινό παραμένει αισιόδοξο όσον αφορά τις ευκαιρίες που μπορεί να προσφέρει η Βιομηχανία 4.0 για τη βιωσιμότητα. Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την μελέτη, σχεδιασμό και κατασκευή πλήρως αυτοματοποιημένου κυλινδρόμυλου για βιομηχανική ή οικιακή χρήση. Ο στόχος ήταν να κατασκευασθεί μια απλή μηχανή ώστε η χρήση της να μπορεί να γίνει ακόμη και απο έναν απλό ιδιώτη-χρήστη σε επίπεδο λιανικής πώλησης, αλλά και να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της σύγχρονης βιομηχανίας εφαρμόζοντας τον σχεδιασμό σε εξοπλισμό μεγαλύτερης κλίμακας.

ABSTRACT

The fourth industrial revolution and the underlying digital transformation, known as Industry 4.0, is evolving exponentially. The digital revolution is radically reshaping the way individuals live and work and the public remains optimistic about the opportunities Industry 4.0 can offer for sustainability. This thesis deals with the study, design and construction of a fully automated roller mill for industrial or domestic use. The objective was to build a simple machine so that its use can be done even by a simple private user as it concerns a low cost product, or developing a robust design ready to be implemented to the industrial sector.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «ΜΕΛΕΤΗ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΗΡΩΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΚΥΛΙΝΔΡΟΜΥΛΟΥ» πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας για το τμήμα ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Α.Τ.Ε.Ι Δυτικής Μακεδονίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω εδώ τους καθηγητές μου για την πολύτιμη γνώση και την καθοδήγηση που μου προσέφεραν καθόλη τη διάρκεια της φοίτησής μου.

Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την εκτίμηση μου προς τον επιβλέπων καθηγητή κ.Τσιαμήτρο Δημήτριο για την εμπιστοσύνη του, την καθοδήγηση που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μου και κυρίως την υπομονή του κατά τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια, χωρίς τους οποίους δε θα είχα καταφέρει να κάνω όσα έχω κάνει μέχρι σήμερα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	Error! Bookmark not defined.
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	Error! Bookmark not defined.
1.1 Γενικά.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Αντικείμενο έργου	14
Κεφάλαιο 2	Error! Bookmark not defined.
2.1 Χρήση της βιομηχανίας στην παραγωγή-επεξεργασία προϊόντων και αύξηση παραγωγής.....	15
2.1.1 Τα εννέα θεμέλια της τεχνολογικής προόδου	16
2.2 Πλεονεκτήματα που θα επιφέρει η χρήση της Βιομηχανίας 4.0.....	21
2.2.1 Ολοκλήρωση διαδικασιών παραγωγής και εφοδιαστικής	25
2.2.2 Αύξηση της συνεργασίας μεταξύ μηχανών και ανθρώπων	26
2.2.3 Αύξηση της παραγωγικότητας του εργοστασίου	26
Κεφάλαιο 3	28
3.1 Χρήση αυτοματισμού στη Βιομηχανία	28
3.1.1 Τι είναι ο αυτοματισμός;.....	28
3.1.2 Τύποι αυτοματισμού στην παραγωγή	28
3.2 Αυτοματισμοί με χρήση Ρελέ	30
3.2.1 Ορισμός.....	30
3.2.2 Χρήση των ρελέ.....	31
3.3 Αυτοματισμοί με χρήση PLC.....	32
3.3.1 Ορισμός.....	33
3.3.2 Ιστορική αναδρομή	34
3.3.3 Χαρακτηριστικά του PLC.....	34

3.3.4 Βασικά εξαρτήματα	34
3.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης PLC έναντι της χρήσης Ρελέ.....	36
3.5 Χρήση αισθητήριων στη βιομηχανία.....	42
3.5 Το PLC SR2 B201BD.....	429
3.6 Φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες.....	44
Κεφάλαιο 4	52
4.1 Τύποι κινητήρων	52
4.1.2Κινητήρες AC	52
4.2 Τρόποι εκκίνησης κινητήρων.....	54
4.3 Τυμπανοκινητήρας	57
4.4 Χρήσεις τυμπανοκινητήρα.....	62
4.5 Χαρακτηριστικά τυμπανοκινητήρων	68
4.6 Ο τυμπανοκινητήρας e Van der Graaf.....	
Κεφάλαιο 5	69
5.1 Διατάξεις προστασίας απο βραχυκυκλώματα	69
5.2 Διακόπτες φορτίου	71
5.2.1 Ποια είναι τα οφέλη από τη χρήση ενός διακόπτη διακοπής φορτίου;.....	73
5.2.2 Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ενός διακόπτη διακοπής φορτίου και ενός διακόπτη απομόνωσης;.....	74
5.3 Ρελέ ισχύος	75
5.3.1 Ποιος είναι ο σκοπός ενός ρελέ ισχύος;.....	75
5.3.2 Τι είναι μια ηλεκτρική μονάδα ρελέ;	75
5.4 Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων.....	77
5.6 Ηλεκτρικοί Πίνακες	80
Κεφάλαιο 6: ΜΕΛΕΤΗ- ΤΕΥΧΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ.....	82
Συμπεράσματα.....	100
Βιβλιογραφία	102
Παράρτημα	107

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Η Βιομηχανία 4.0	16
Εικόνα 2 Οι επίδραση της Βιομηχανίας 4.0.....	17
Εικόνα 3 Τα κέρδη παραγωγής στη Γερμανία λόγω της Βιομηχανίας 4.0	24
Εικόνα 4 Η Βιομηχανία 4.0 οδηγεί σε περισσότερες προσλήψεις.....	24
Εικόνα 5 Χρησιμοποιήθηκαν μεγάλοι πίνακες ρελέ για τον έλεγχο πολύπλοκων συστημάτων όπως οι ανελκυστήρες.....	32
Εικόνα 6 Εξαρτήματα ενός PLC.....	35
Εικόνα 7 Η λογική του ρελέ και του PLC	38
Εικόνα 8 Εσωτερικό φωτοηλεκτρικού αισθητήρα (πηγή: IEEE)	45
ΕΙΚΟΝΑ 9γ Οθόνη προγραμματισμού με γλώσσα FBD.....	
ΕΙΚΟΝΑ 9β Οθόνη προγραμματισμού με γλώσσα Ladder.....	
ΕΙΚΟΝΑ 9α Τάση τροφοδοσίας εισόδων του ελεγκτή.....	
ΕΙΚΟΝΑ 9 SR2 B201BD.....	
Εικόνα 9 Λειτουργία διάχυτης συγκλίνουσας δέσμης (πηγή: IEEE)	47
Εικόνα 10 Λειτουργία διάχυτης εικόνας με μηχανική καταστολή φόντου Error! Bookmark not defined.	
Εικόνα 11 Λειτουργία διάχυτης ακτινοβολίας με ηλεκτρονική καταστολή φόντου	48
Εικόνα 12 Λειτουργία ανάκλασης	50
Εικόνα 13 Άμεση έναρξη on line.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 14. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα.....	
ΕΙΚΟΝΑ 14α. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα, διαφορετικής φιλοσοφίας όσον αφορά την σχεδιασμό μετάδοσης κίνησης.....	
ΕΙΚΟΝΑ 15.α. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα της σειράς TM100.....	
ΕΙΚΟΝΑ 15.β. Κατηγορίες θερμοκρασιών λειτουργίας και ορίου αύξησης της θερμοκρασίας και τα τη διάρκεια λειτουργίας.....	
ΕΙΚΟΝΑ 15.γ. Διαστάσεις τυμπάνου και βάσεων έδρασης.....	
ΕΙΚΟΝΑ 16. Πίνακας χαρακτηριστικών όπως ίσχυ, γωνιακή ταχύτητα και γραμμική ταχύτητα	
ΕΙΚΟΝΑ 17.α Διαστάσεις τυμπάνου, σεμπεριλαμβανομένου του σημείου ηλεκτρικής σύνδεσης (καλωδίωση) του κινητήρα.....	

ΕΙΚΟΝΑ 17.β. Τύποι καλωδίωσης του κινητήρα.....

Εικόνα 18 Διακόπτης κυκλώματος 70

Εικόνα 19 RCD ή RCCB **Error! Bookmark not defined.**

Εικόνα 20 Συσκευή προστασίας από υπερτάσεις **Error! Bookmark not defined.**

Εικόνα 21 Σε ένα διμεταλλικό θερμικό ρελέ υπερφόρτωσης, η θέρμανση λόγω της ροής ρεύματος προκαλεί την κάμψη της διμεταλλικής λωρίδας προς τη μία πλευρά, ενεργοποιώντας έναν μηχανισμό ενεργοποίησης. Πηγή: Siemens..... 78

Εικόνα 22 Σε έναν ευθηκτικό θερμικό ηλεκτρονόμο υπερφόρτωσης, η θέρμανση λόγω ροής ρεύματος προκαλεί την ταχεία υγροποίηση ενός ευθηκτικού κράματος, ενεργοποιώντας μια μηχανική διάταξη που ενεργοποιεί τον ηλεκτρονόμο. Πηγή: Rockwell Automation..... 79

Εικόνα 23εώς 31, Αποτύπωση Ηλεκτρολογικού Πίνακα. Και πολυγραμμικά σχέδια του κυκλώματος ισχύος και ελέγχου.

ΕΙΚΟΝΑ 34. Κώδικας προγραμματισμού του ελεγκτή (PLC)

.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Στις αρχές του εικοστού πρώτου αιώνα, ο κόσμος βιώνει την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση και τον ψηφιακό μετασχηματισμό του επιχειρηματικού τομέα, γνωστό και ως Βιομηχανία 4.0. Η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση είναι πιο επιτυχημένη από ό,τι αναμενόταν (Ardito et al., 2019, Buer et al., 2018, Schroeder et al., 2019). Από το 2011 που εισήχθη η φράση "Βιομηχανία 4.0", ο ψηφιακός μετασχηματισμός που απαιτεί η Βιομηχανία 4.0 έχει συγκεντρώσει την επείγουσα προσοχή των βιομηχάνων και των κυβερνήσεων σε όλο τον κόσμο (Ghobakhloo, 2018, Nascimento et al., 2019). Από την πρώτη βιομηχανική επανάσταση του 18ου αιώνα, ο κόσμος αντιμετωπίζει την πρόκληση της παραγωγής περισσότερων αγαθών από περιορισμένους και μειούμενους φυσικούς πόρους για να ικανοποιήσει τη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για κατανάλωση, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τις αρνητικές περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις (Beier et al., 2018, Müller et al., 2018a). Με συνέπεια, οι συνέπειες της βιομηχανίας 4.0 για τη βιωσιμότητα και οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να συμβάλει στην οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική ανάπτυξη του μέλλοντος συγκεντρώνουν όλο και μεγαλύτερη προσοχή.

Η βιωσιμότητα είναι μια ευρεία έννοια που περιλαμβάνει την πλειονότητα της ανθρώπινης ύπαρξης (Beier et al., 2017). Η βιωσιμότητα περιλαμβάνει τη διατήρηση των οικονομικών και κοινωνικών πόρων εκτός από τους φυσικούς πόρους (Choi and Ng, 2011, Ford and Despeisse, 2016). Τα Ηνωμένα Έθνη περιγράφουν την αειφορία ως ένα κίνημα που αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των αιώνιων παγκόσμιων προβλημάτων της αδικίας, της ανισότητας, της ειρήνης, της κλιματικής αλλαγής, της ρύπανσης και της υποβάθμισης του περιβάλλοντος, παρέχοντας ένα καλύτερο και πιο βιώσιμο βιοτικό επίπεδο για όλους, συμπεριλαμβανομένων των μελλοντικών γενεών. Παρά το γεγονός ότι η αειφορία είναι μια σχετικά νέα ιδέα, οι ρίζες της βρίσκονται σε μακροχρόνια κινήματα όπως ο συντηρητισμός και η κοινωνικοοικονομική δικαιοσύνη (Caradonna, 2014). Η αειφορία περιλαμβάνει ένα τεράστιο σώμα βιβλιογραφίας και η ακαδημαϊκή κοινότητα έχει συμβάλει ουσιαστικά στην εννοιολόγηση και την υλοποίηση των τριών βασικών πυλώνων της: της περιβαλλοντικής, της οικονομικής και της κοινωνικής αειφορίας (Ford and Despeisse, 2016, Kamble et al., 2018, Khuntia et al., 2018). Η

περιβαλλοντική βιωσιμότητα αφορά κυρίως τη διατήρηση της ισορροπίας των περιβαλλοντικών συστημάτων της γης, την ισορροπία μεταξύ χρήσης και αναπλήρωσης των φυσικών πόρων και την οικολογική ακεραιότητα (Glavi and Lukman, 2007). Η οικονομική βιωσιμότητα είναι η διατήρηση των φυσικών και κοινωνικών πόρων με μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη. Από την άποψη αυτή, η επέκταση του οικονομικού κεφαλαίου δεν πρέπει να γίνεται με τίμημα το φυσικό ή το κοινωνικό κεφάλαιο. Ως εκ τούτου, η οικονομική επέκταση δεν θα πρέπει να αγνοεί την ισορροπία των φυσικών πόρων, των οικοσυστημάτων, της κοινωνικής ευημερίας και της κατανομής του πλούτου (Choi and Ng, 2011). Η κοινωνική βιωσιμότητα είναι η διαδικασία εντοπισμού και διαχείρισης των καλών και αρνητικών επιπτώσεων των επιχειρήσεων, του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της τεχνολογίας στους ανθρώπους. Ανώτερος στόχος της κοινωνικής βιωσιμότητας είναι η δημιουργία υγιών, βιώσιμων κοινωνιών στις οποίες όλοι προστατεύονται από τις διακρίσεις και έχουν πρόσβαση σε θεμελιώδη ανθρώπινα δικαιώματα και βασικές ανέσεις, όπως η ασφάλεια ή η υγειονομική περίθαλψη (Dempsey et al., 2011). Η βιωσιμότητα είναι απαραίτητη για έναν απλό λόγο: τα οικοσυστήματα της Γης και η επιδιωκόμενη ποιότητα ζωής για τους ανθρώπους δεν μπορούν να διατηρηθούν αν οι άνθρωποι δεν υιοθετήσουν τη βιωσιμότητα (Caradonna, 2014- Glavi and Lukman, 2007). Δεδομένου ότι οι προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις οδήγησαν σε βαθιές και μάλλον απρόβλεπτες οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές μεταμορφώσεις, οι συνέπειες της βιομηχανίας 4.0 για τη βιωσιμότητα δικαιολογούν την πλήρη προσοχή των ακαδημαϊκών. Παρά το γεγονός ότι βρίσκεται στα σπάργανα, αναμένεται ότι οι απροσδόκητες ή μη αναμενόμενες επιπτώσεις της Βιομηχανίας 4.0 και του ψηφιακού μετασχηματισμού στην τριπλή βιωσιμότητα θα είναι σημαντικές (Jabbour et al., 2018a, Kamble et al., 2018).

Σε ένα περιβάλλον Βιομηχανίας 4.0, οι δικτυωμένοι υπολογιστές, τα έξυπνα υλικά και οι ευφυείς μηχανές επικοινωνούν μεταξύ τους, αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον και τελικά κάνουν επιλογές με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση (Gilchrist, 2016). Ως η πραγματική δύναμη της Βιομηχανίας 4.0, η ψηφιακή συνδεσιμότητα και η ανάπτυξη και ανταλλαγή πληροφοριών μπορεί να έχουν παράδοξα αποτελέσματα στην τριπλή βιωσιμότητα (οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική) (Jabbour et al., 2018a, 2018b, Kamble et al., 2019, Müller et al., 2018b). Η ψηφιοποίηση των κατασκευαστικών και εμπορικών διαδικασιών και η ανάπτυξη εξυπνότερου εξοπλισμού και συσκευών μπορεί να επιφέρει ποικίλα οφέλη, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της παραγωγικότητας της παραγωγής, της αποδοτικότητας των πόρων και της μείωσης των αποβλήτων (Tortorella and Fettermann, 2018). Αντίθετα, η αύξηση του ρυθμού παραγωγής ως αποτέλεσμα της βιομηχανικής αυτοματοποίησης

θα συνοδευόταν από μεγαλύτερη κατανάλωση πόρων και ενέργειας, καθώς και από αυξανόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα (Beier et al., 2017, Liu and Bae, 2018). Από την άποψη της κοινωνικής ανάπτυξης, ο ψηφιακός μετασχηματισμός και η βιομηχανική αναδιοργάνωση αναμένεται να διαταράξουν σημαντικά την αγορά εργασίας. Οι ειδικοί προβλέπουν ότι η ψηφιοποίηση και η εμφάνιση τεχνολογιών εξοικονόμησης εργασίας (π.χ. ευφυή ρομπότ, αυτόνομα οχήματα και λύσεις cloud) θα εξαλείψουν τη συντριπτική πλειονότητα των θέσεων εργασίας χαμηλής ειδίκευσης, ενώ θα δημιουργήσουν αμέτρητες ευκαιρίες απασχόλησης σε τομείς όπως η μηχανική αυτοματισμού, ο σχεδιασμός συστημάτων ελέγχου, η μηχανική μάθηση και η μηχανική λογισμικού (Brougham and Haar, 2018, Frey and Osborne, 2017).

Η μελέτη σχετικά με τις επιπτώσεις της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης στη βιωσιμότητα βρίσκεται στα σπάργανα και οι οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις της ψηφιοποίησης της μεταποίησης χρήζουν πρόσθετης διερεύνησης. Η παρούσα μελέτη αντιμετωπίζει το ζήτημα αυτό με τη μοντελοποίηση της μεθόδου με την οποία η βιομηχανία 4.0 - που διακρίνεται από την υποκείμενη ψηφιακή τεχνολογία και τις αρχές σχεδιασμού - θα μπορούσε να συμβάλει θετικά στη βιώσιμη οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική ανάπτυξη. Ως εκ τούτου, η έρευνα ξεκινά με μια συνοπτική περιγραφή των φαινομένων της Βιομηχανίας 4.0 και της ιδέας της. Η μελέτη εφαρμόζει επίσης την ερμηνευτική δομική μοντελοποίηση (ISM) για τον προσδιορισμό των λειτουργιών βιωσιμότητας της Βιομηχανίας 4.0. Για να γίνει αυτό, η έρευνα διεξάγει πρώτα μια πρωτοποριακή αξιολόγηση και ανάλυση της βιβλιογραφίας με γνώμονα το περιεχόμενο για τον προσδιορισμό των βασικών ρόλων βιωσιμότητας της Βιομηχανίας 4.0. Μετά την καταγραφή των απόψεων των εμπειρογνομόνων σε θέματα έξυπνης κατασκευής, ψηφιοποίησης και βιωσιμότητας και τη χαρτογράφηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των προσδιορισμένων λειτουργιών βιωσιμότητας, η μελέτη διεξάγει μια ανάλυση "Matrice d'Impacts Croisés Multiplication Applied to a Classification" (MICMAC) για τον προσδιορισμό της κινητήριας δύναμης και της ισχύος εξάρτησης των λειτουργιών βιωσιμότητας. Η έρευνα ολοκληρώνεται με μια συζήτηση των ευρημάτων και μια εξήγηση του τρόπου με τον οποίο οι βασικές αρχές σχεδιασμού και οι τεχνολογικές εξελίξεις της Βιομηχανίας 4.0 μπορούν να βοηθήσουν τη βιωσιμότητα.

1.2 Αντικείμενο έργου

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την μελέτη, σχεδιασμό και κατασκευή πλήρως αυτοματοποιημένου κυλινδρόμυλου για βιομηχανική η οικιακή χρήση. Ο στόχος είναι να αναδειχθεί η χρήση PLC στη σύγχρονη βιομηχανία και όχι μόνο αλλά και τα πλεονεκτήματά της. Μέσω της κατασκευής της συσκευής μας θα παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του PLC όπως και θα εφαρμοστούν οι γνώσεις που αποκτήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για μία μηχανή θρυματισμού προϊόντων όπως δημητριακά για την παραγωγή ζωοτροφών για οικόσιτα ζώα ή και σαν αποφλοιωτής για καρπούς ακρόδρυων, π.χ καρπό αμυγδάλου ή καρδιάς ή άλλων καρπών που απαιτούν αποφλέιωση με μία απλή προσαρμογή της μηχανής στο εκάστοτε προϊόν. Κατά τον σχεδιασμό της κατασκευής δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην ασφάλεια του χρήστη αφού ο παράγοντας ασφάλεια είναι το σημαντικότερο σημείο σε μια βιομηχανική η μη παραγωγική διαδικασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

2.1 Χρήση της βιομηχανίας στην παραγωγή-επεξεργασία προϊόντων και αύξηση παραγωγής

Η τεχνολογική πρόοδος έχει οδηγήσει σε δραματική αύξηση της βιομηχανικής παραγωγικότητας από την αυγή της Βιομηχανικής Επανάστασης. Η ατμομηχανή τροφοδότησε τα εργοστάσια τον δέκατο ένατο αιώνα, ο εξηλεκτρισμός οδήγησε στη μαζική παραγωγή στις αρχές του εικοστού αιώνα και η βιομηχανία αυτοματοποιήθηκε τη δεκαετία του 1970. Στις δεκαετίες που ακολούθησαν, ωστόσο, οι βιομηχανικές τεχνολογικές εξελίξεις ήταν μόνο σταδιακές, ιδίως σε σύγκριση με τις ανακαλύψεις που μεταμόρφωσαν την πληροφορική, τις κινητές επικοινωνίες και το ηλεκτρονικό εμπόριο. Τώρα, όμως, βρισκόμαστε εν μέσω ενός τέταρτου κύματος τεχνολογικής προόδου: την άνοδο της νέας ψηφιακής βιομηχανικής τεχνολογίας, γνωστής ως Βιομηχανία 4.0, ένας μετασχηματισμός που τροφοδοτείται από εννέα θεμελιώδεις τεχνολογικές εξελίξεις (Beier et al., 2018).

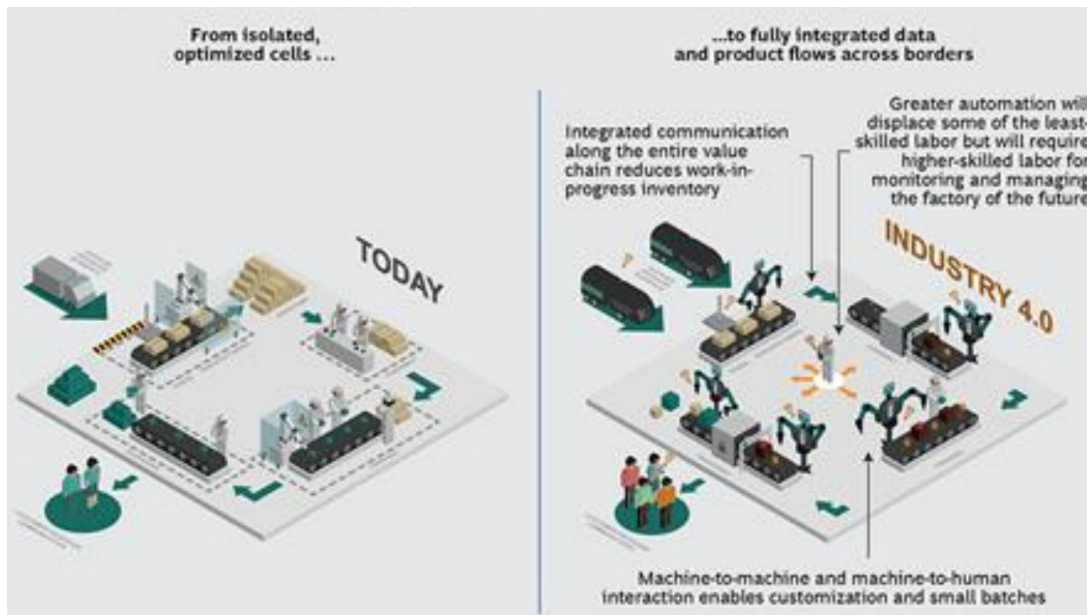
Σε αυτόν τον μετασχηματισμό, αισθητήρες, μηχανές, τεμάχια εργασίας και συστήματα ΤΠ θα συνδεθούν κατά μήκος της αλυσίδας αξίας πέρα από μια μεμονωμένη επιχείρηση. Αυτά τα συνδεδεμένα συστήματα (που αναφέρονται επίσης ως κυβερνοφυσικά συστήματα) θα μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας τυποποιημένα πρωτόκολλα βασισμένα στο Διαδίκτυο και να αναλύουν δεδομένα για να προβλέπουν την αποτυχία, να διαμορφώνονται και να προσαρμόζονται στις αλλαγές. Η βιομηχανία 4.0 θα καταστήσει δυνατή τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε όλες τις μηχανές, επιτρέποντας ταχύτερες, πιο ευέλικτες και πιο αποδοτικές διαδικασίες για την παραγωγή αγαθών υψηλότερης ποιότητας με μειωμένο κόστος. Αυτό με τη σειρά του θα αυξήσει την παραγωγικότητα της παραγωγής, θα αλλάξει την οικονομία, θα προωθήσει τη βιομηχανική ανάπτυξη και θα τροποποιήσει το προφίλ του εργατικού δυναμικού - αλλάζοντας τελικά την ανταγωνιστικότητα των εταιρειών και των περιφερειών. Η παρούσα έκθεση περιγράφει τις εννέα τεχνολογικές τάσεις που αποτελούν τα δομικά στοιχεία της Βιομηχανίας 4.0 και διερευνά τα πιθανά τεχνικά και οικονομικά οφέλη τους για τους κατασκευαστές και τους προμηθευτές εξοπλισμού παραγωγής. Για να καταδείξουμε τα συμπεράσματά μας, χρησιμοποιούμε μελέτες περιπτώσεων από τη Γερμανία, η οποία αναγνωρίζεται ως παγκόσμιος ηγέτης στον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού.

2.1.1 Τα εννέα θεμέλια της τεχνολογικής προόδου

Πολλές από τις εννέα τεχνολογικές εξελίξεις που αποτελούν τα θεμέλια της Βιομηχανίας 4.0 χρησιμοποιούνται ήδη στην παραγωγή, αλλά με τη Βιομηχανία 4.0 θα μεταμορφώσουν την παραγωγή: απομονωμένα, βελτιστοποιημένα κύτταρα θα ενωθούν ως μια πλήρως ολοκληρωμένη, αυτοματοποιημένη και βελτιστοποιημένη ροή παραγωγής, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποδοτικότητα και αλλαγή των παραδοσιακών σχέσεων παραγωγής μεταξύ προμηθευτών, παραγωγών, πελατών και ανθρώπων (Beier et al., 2018).



Εικόνα 1 Η Βιομηχανία 4.0



Εικόνα 2 Οι επίδραση της Βιομηχανίας 4.0

Μεγάλα δεδομένα και αναλύσεις

Μόλις πρόσφατα εμφανίστηκαν οι αναλύσεις που βασίζονται σε τεράστια σύνολα δεδομένων στη βιομηχανική βιομηχανία, όπου βελτιστοποιούν την ποιότητα της παραγωγής, εξοικονομούν ενέργεια και βελτιώνουν τη συντήρηση του εξοπλισμού. Σε ένα περιβάλλον Βιομηχανίας 4.0, η συλλογή και η εκτεταμένη αξιολόγηση δεδομένων από διάφορες πηγές - βιομηχανικός εξοπλισμός και συστήματα, καθώς και συστήματα διαχείρισης επιχειρήσεων και πελατών - θα γίνει ρουτίνα, προκειμένου να διευκολυνθεί η λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Η Infineon Technologies, ένας κατασκευαστής ημιαγωγών, μείωσε τις αστοχίες προϊόντων συνδέοντας τα δεδομένα μεμονωμένου τσιπ που συλλέγονται κατά τη φάση των δοκιμών της παραγωγικής διαδικασίας με τα δεδομένα διαδικασίας που λαμβάνονται κατά τη φάση της κατάστασης του πλακιδίου νωρίτερα στη διαδικασία παραγωγής. Έτσι, η Infineon είναι σε θέση να αποκαλύπτει τάσεις που επιτρέπουν την έγκαιρη εξάλειψη ελαττωματικών τσιπ και τη βελτίωση της ποιότητας παραγωγής.

Αυτόνομα ρομπότ

Οι κατασκευαστές σε διάφορους τομείς χρησιμοποιούν εδώ και πολύ καιρό ρομπότ για πολύπλοκες εργασίες, αλλά τα ρομπότ βελτιώνονται για περισσότερη χρησιμότητα. Αυξάνεται η αυτονομία, η προσαρμοστικότητα και η συνεργασία τους. Τελικά θα επικοινωνούν μεταξύ τους, θα εργάζονται με ασφάλεια δίπλα στους ανθρώπους και θα μαθαίνουν από αυτούς. Αυτά τα ρομπότ θα είναι λιγότερο ακριβά και πιο ευέλικτα από εκείνα που χρησιμοποιούνται τώρα στην παραγωγή. Ο ευρωπαϊκός κατασκευαστής ρομποτικού εξοπλισμού Kuka, για παράδειγμα, παράγει αυτόνομα ρομπότ που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Τα ρομπότ αυτά είναι δικτυωμένα έτσι ώστε να μπορούν να συνεργάζονται και να προσαρμόζουν αυτόματα τις λειτουργίες τους στο επόμενο ατελές αντικείμενο στη σειρά. Οι προηγμένοι αισθητήρες και οι μονάδες ελέγχου επιτρέπουν τη στενή συνεργασία με τον άνθρωπο. Παρομοίως, η εταιρεία κατασκευής βιομηχανικών ρομπότ ABB κυκλοφορεί ένα ρομπότ με δύο χέρια, το YuMi, το οποίο προορίζεται να κατασκευάζει πράγματα με ανθρώπους (όπως καταναλωτικά ηλεκτρονικά είδη). Δύο μαλακοί βραχίονες και η όραση υπολογιστή παρέχουν ασφαλή επαφή και αναγνώριση των εξαρτημάτων. Προσομοίωση Επί του παρόντος, στη φάση της μηχανικής χρησιμοποιούνται τρισδιάστατες προσομοιώσεις προϊόντων, υλικών και διαδικασιών κατασκευής. Στο μέλλον, οι προσομοιώσεις θα χρησιμοποιούνται συχνότερα και στη λειτουργία των εργοστασίων. Αυτές οι προσομοιώσεις θα χρησιμοποιούν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την αναπαραγωγή του φυσικού κόσμου σε ένα εικονικό μοντέλο που μπορεί να περιέχει μηχανήματα, προϊόντα και ανθρώπους. Αυτό επιτρέπει στους χειριστές να δοκιμάζουν και να βελτιώνουν τις ρυθμίσεις του μηχανήματος για το επόμενο προϊόν στη σειρά στον εικονικό κόσμο πριν από την πραγματική αλλαγή, μειώνοντας έτσι τους χρόνους ρύθμισης του μηχανήματος και ενισχύοντας την ποιότητα. Η Siemens και ένας γερμανός κατασκευαστής εργαλειομηχανών, για παράδειγμα, ανέπτυξαν μια εικονική μηχανή που μπορεί να αναπαράγει το φρεζάρισμα εξαρτημάτων χρησιμοποιώντας δεδομένα από την πραγματική μηχανή. Αυτό μειώνει το χρόνο ρύθμισης της πραγματικής διαδικασίας κατεργασίας κατά 80 τοις εκατό.

Ολοκλήρωση οριζόντιων και κάθετων συστημάτων

Η πλειονότητα των συστημάτων ΤΠ που χρησιμοποιούνται σήμερα δεν είναι σωστά συνδεδεμένα. Οι εταιρείες, οι προμηθευτές τους και οι καταναλωτές τους σπάνια διασυνδέονται μεταξύ τους. Εξαιρούνται επίσης τμήματα όπως η μηχανική, η παραγωγή και η εξυπηρέτηση. Οι λειτουργίες σε επίπεδο επιχείρησης και σε επίπεδο καταστήματος δεν είναι πλήρως συνδεδεμένες. Ακόμη και η ίδια η μηχανική δεν είναι πλήρως ενσωματωμένη, από τα προϊόντα έως τα εργοστάσια και τους αυτοματισμούς. Με τη Βιομηχανία 4.0, ωστόσο, οι επιχειρήσεις, τα τμήματα, οι λειτουργίες και οι ικανότητες θα γίνουν σημαντικά πιο συνεκτικά, καθώς τα δια-επιχειρησιακά, καθολικά δίκτυα ολοκλήρωσης δεδομένων θα αναπτυχθούν και θα επιτρέψουν πλήρως αυτοματοποιημένες αλυσίδες αξίας. Η Dassault Systèmes και η BoostAeroSpace, για παράδειγμα, δημιούργησαν μια πλατφόρμα συνεργασίας για την ευρωπαϊκή αεροδιαστημική και στρατιωτική βιομηχανία. Η πλατφόρμα AirDesign παρέχει έναν κοινόχρηστο χώρο εργασίας για τη συνεργασία σχεδιασμού και κατασκευής και προσφέρεται ως υπηρεσία σε ιδιωτικό cloud. Αντιμετωπίζει το δύσκολο έργο της κοινής χρήσης δεδομένων προϊόντων και κατασκευής από διάφορους εταίρους.

Διαδίκτυο των πραγμάτων στη βιομηχανία.

Επί του παρόντος, μόνο ένα μέρος των δικτυωμένων αισθητήρων και μηχανημάτων ενός κατασκευαστή χρησιμοποιεί ενσωματωμένους υπολογιστές. Σε μια τυπική κάθετη πυραμίδα αυτοματισμού, αισθητήρες, συσκευές πεδίου με περιορισμένη ευφυΐα και ελεγκτές αυτοματισμού εισέρχονται σε ένα συνολικό σύστημα ελέγχου της διαδικασίας παραγωγής. Με το Βιομηχανικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, ωστόσο, περισσότερα αντικείμενα, ακόμη και μερικές φορές ατελή αγαθά, θα ενσωματώνονται με υπολογιστές και θα συνδέονται μέσω τυποποιημένων προτύπων. Αυτό επιτρέπει στις συσκευές πεδίου να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους καθώς και με πιο κεντρικούς ελεγκτές, όπως απαιτείται. Επιπλέον, αποκεντρώνει την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων, επιτρέποντας αντιδράσεις σε πραγματικό χρόνο. Η Bosch Rexroth, πάροχος συστημάτων κίνησης και ελέγχου, κατασκεύασε ένα εργοστάσιο κατασκευής βαλβίδων με μια ημιαυτόματη, διασκορπισμένη μέθοδο παραγωγής. Χρησιμοποιούνται κωδικοί αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας για την αναγνώριση των προϊόντων

και οι σταθμοί εργασίας "γνωρίζουν" ποιες διαδικασίες παραγωγής πρέπει να ολοκληρωθούν για κάθε προϊόν και μπορούν να προσαρμοστούν για τη διεξαγωγή της καθορισμένης λειτουργίας.

Κυβερνοασφάλεια

Πολλές επιχειρήσεις εξακολουθούν να βασίζονται σε αποσυνδεδεμένα ή κλειστά συστήματα διαχείρισης και παραγωγής. Με τη μεγαλύτερη διασύνδεση της Βιομηχανίας 4.0 και την υιοθέτηση τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας, η απαίτηση για την προστασία σημαντικών βιομηχανικών συστημάτων και γραμμών παραγωγής από κυβερνοεπιθέσεις αυξάνεται σημαντικά. Ως εκ τούτου, απαιτούνται ασφαλείς, αξιόπιστες επικοινωνίες και προηγμένη ταυτοποίηση και έλεγχος πρόσβασης μηχανών και χρηστών. Κατά τη διάρκεια του περασμένου έτους, αρκετοί προμηθευτές βιομηχανικού εξοπλισμού συνεργάστηκαν ή εξαγόρασαν νεοσύστατες επιχειρήσεις στον τομέα της κυβερνοασφάλειας.

To Cloud

Οι εταιρείες χρησιμοποιούν επί του παρόντος λογισμικό που βασίζεται στο cloud για ορισμένες επιχειρηματικές και αναλυτικές εφαρμογές, αλλά με την έλευση της Βιομηχανίας 4.0, περισσότερες εργασίες που σχετίζονται με την παραγωγή θα απαιτήσουν την αύξηση της κοινής χρήσης δεδομένων σε όλες τις εταιρικές τοποθεσίες. Ταυτόχρονα, οι επιδόσεις των τεχνολογιών cloud θα αυξηθούν, με αποτέλεσμα οι χρόνοι αντίδρασης να είναι μόνο μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου. Ως αποτέλεσμα, τα δεδομένα και οι λειτουργίες των μηχανών θα προωθούνται συχνότερα στο cloud, επιτρέποντας περισσότερες υπηρεσίες συστημάτων παραγωγής με βάση τα δεδομένα. Ακόμη και τα συστήματα που παρακολουθούν και ρυθμίζουν τις λειτουργίες είναι ικανά να μεταφερθούν στο cloud. Οι πωλητές συστημάτων παραγωγής-εκτέλεσης είναι μεταξύ των οργανισμών που έχουν αρχίσει να προσφέρουν λύσεις που βασίζονται στο cloud.

Προσθετική κατασκευή (additive manufacturing)

Οι εταιρείες έχουν μόλις πρόσφατα αρχίσει να χρησιμοποιούν τεχνικές προσθετικής κατασκευής, όπως η τρισδιάστατη εκτύπωση, οι οποίες χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή πρωτοτύπων και συγκεκριμένων εξαρτημάτων. Με την έλευση της Βιομηχανίας 4.0, αυτές οι τεχνικές προσθετικής κατασκευής θα αξιοποιηθούν εκτενώς για την κατασκευή μικρών ποσοτήτων αντικειμένων κατά παραγγελία που παρέχουν κατασκευαστικά οφέλη, όπως ελαφριά, περίπλοκα σχέδια. Οι αποκεντρωμένες τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής υψηλής απόδοσης θα μειώσουν τις αποστάσεις μεταφοράς και τα επίπεδα αποθεμάτων. Οι αεροδιαστημικές επιχειρήσεις, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν ήδη την προσθετική εκτύπωση για την εφαρμογή καινοτόμων σχεδίων που μειώνουν το βάρος των αεροσκαφών, μειώνοντας έτσι το κόστος τους για πρώτες ύλες όπως το τιτάνιο.

Επαυξημένη πραγματικότητα

Διάφορες υπηρεσίες, όπως η επιλογή εξαρτημάτων σε μια αποθήκη και η παροχή οδηγιών επισκευής μέσω κινητών συσκευών, υποστηρίζονται από συστήματα που βασίζονται στην επαυξημένη πραγματικότητα. Επί του παρόντος, τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε νηπιακό στάδιο, αλλά στο μέλλον, οι επιχειρήσεις θα χρησιμοποιούν την επαυξημένη πραγματικότητα για να παρέχουν στους εργαζόμενους δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για να βελτιώσουν τη λήψη αποφάσεων και τις εργασίες. Οι εργαζόμενοι μπορούν να λαμβάνουν οδηγίες για το πώς να αντικαταστήσουν ένα συγκεκριμένο εξάρτημα, ενώ παρατηρούν το πραγματικό σύστημα που χρήζει επισκευής. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία όπως γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να εμφανίζονται άμεσα στο οπτικό πεδίο των εργαζομένων. Η εικονική εκπαίδευση αποτελεί μια δεύτερη εφαρμογή. Η Siemens δημιούργησε μια εικονική ενότητα εκπαίδευσης χειριστών εγκαταστάσεων για το λογισμικό Comos που χρησιμοποιεί ένα ρεαλιστικό, βασισμένο σε δεδομένα τρισδιάστατο περιβάλλον και γυαλιά επαυξημένης πραγματικότητας για να εκπαιδεύσει τους εργαζόμενους των εγκαταστάσεων να ανταποκρίνονται σε κρίσεις. Κάνοντας κλικ σε μια κυβερνοπαρουσίαση, οι χειριστές μπορούν να μάθουν πώς να αλληλεπιδρούν με τις μηχανές σε αυτό το εικονικό περιβάλλον. Επιπλέον, μπορούν να τροποποιούν τις ρυθμίσεις, να λαμβάνουν δεδομένα λειτουργίας και οδηγίες συντήρησης.

2.2 Πλεονεκτήματα που θα επιφέρει η χρήση της Βιομηχανίας 4.0

Ήδη, εταιρείες σε όλη την Ευρώπη, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ασία ανταγωνίζονται για την ενσωμάτωση στοιχείων της Βιομηχανίας 4.0.

Ποσοτικοποίηση των επιπτώσεων: Η περίπτωση της Γερμανίας

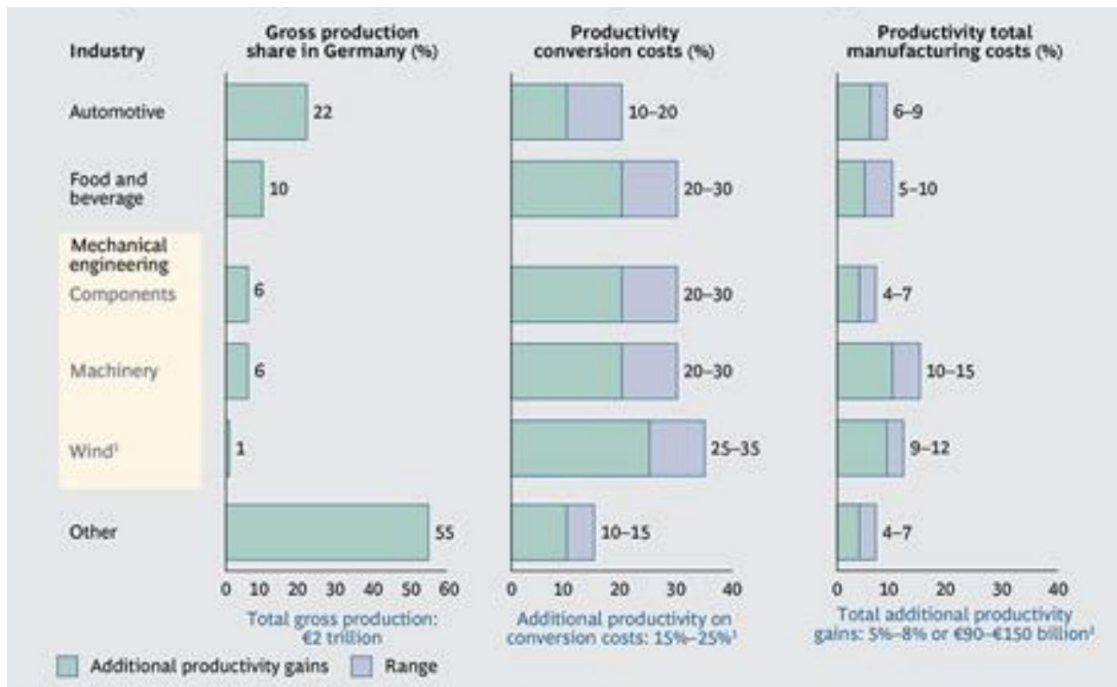
Για να παράσχουμε μια ποσοτική κατανόηση του δυνητικού παγκόσμιου αντίκτυπου της Βιομηχανίας 4.0, αναλύσαμε τις προοπτικές της μεταποίησης στη Γερμανία και διαπιστώσαμε ότι το τέταρτο κύμα τεχνολογικής προόδου θα αποφέρει οφέλη σε τέσσερις τομείς: Διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού Διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού Διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού (Caradonna, 2014).

1. Παραγωγικότητα. Στα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια, περισσότερες επιχειρήσεις θα υιοθετήσουν τη Βιομηχανία 4.0, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας κατά 90 έως 150 δισεκατομμύρια ευρώ σε όλους τους γερμανικούς βιομηχανικούς τομείς. Οι βελτιώσεις στην παραγωγικότητα του κόστους μετατροπής, εξαιρουμένου του κόστους των υλικών, θα κυμανθούν μεταξύ 15 και 25 τοις εκατό. Εάν τα έξοδα υλικών είναι
2. Απασχόλησης. Κατά την εξέταση της επίδρασης της Βιομηχανίας 4.0 στον γερμανικό μεταποιητικό τομέα, προσδιορίσαμε ότι η ανάπτυξη που προωθεί θα οδηγήσει σε αύξηση της απασχόλησης κατά έξι τοις εκατό κατά την επόμενη δεκαετία. Στο ίδιο χρονικό διάστημα, οι ανάγκες για εργαζόμενους στον κλάδο των μηχανολόγων μηχανικών μπορεί να αυξηθούν έως και κατά 10 τοις εκατό. Ωστόσο, θα χρειαστούν ξεχωριστές ικανότητες. Στο εγγύς μέλλον, η τάση για περισσότερη αυτοματοποίηση θα εκτοπίσει ένα μέρος των συχνά ανειδίκευτων εργαζομένων που κάνουν απλές, επαναλαμβανόμενες εργασίες. Ταυτόχρονα, η αυξανόμενη χρήση του λογισμικού, της συνδεσιμότητας και της ανάλυσης θα αυξήσει τη ζήτηση για προσωπικό με εξειδίκευση στην ανάπτυξη λογισμικού και στις τεχνολογίες πληροφορικής, όπως οι ειδικοί μηχαντρονικοί με γνώσεις λογισμικού. (Η μηχαντρονική είναι ένα αντικείμενο μηχανικής που περιλαμβάνει

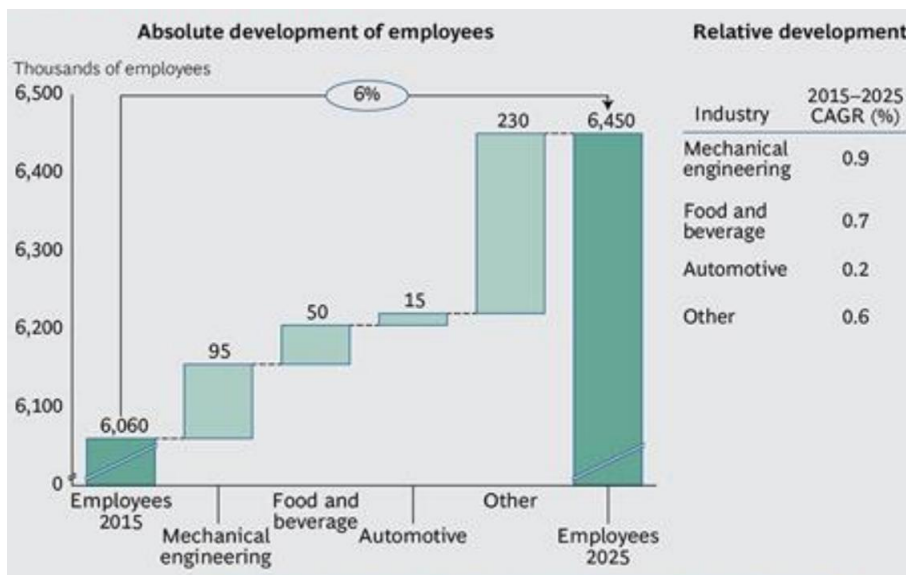
πολυάριθμους τομείς μηχανικής). Αυτή η μετάβαση σε δεξιότητες είναι μία από τις σημαντικότερες δυσκολίες που έρχονται.

3. Επενδύσεις. Προβλέπουμε ότι τα επόμενα δέκα χρόνια οι Γερμανοί κατασκευαστές θα πρέπει να επενδύσουν περίπου 250 δισεκατομμύρια ευρώ (1 έως 1,5 τοις εκατό των πωλήσεων των κατασκευαστών) για να εφαρμόσουν τη Βιομηχανία 4.0 στις παραγωγικές τους διαδικασίες. Όταν ληφθούν υπόψη όλοι οι παράγοντες, θα πραγματοποιηθεί αύξηση της παραγωγικότητας κατά 5 έως 8 τοις εκατό. Οι εν λόγω βελτιώσεις θα διαφέρουν ανάλογα με τον τομέα. Οι κατασκευαστές βιομηχανικών εξαρτημάτων, για παράδειγμα, αναμένεται να δουν μερικές από τις μεγαλύτερες αυξήσεις παραγωγικότητας (20 έως 30 τοις εκατό), ενώ οι επιχειρήσεις αυτοκινήτων μπορεί να αναμένουν κέρδη 10 έως 20 τοις εκατό.

4. Αύξηση των εσόδων. Η βιομηχανία 4.0 θα συμβάλει επίσης στην αύξηση των εσόδων. Η επιθυμία των κατασκευαστών για καλύτερο εξοπλισμό και νέες εφαρμογές δεδομένων, καθώς και η ζήτηση των καταναλωτών για μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων υψηλής εξατομίκευσης, θα δημιουργήσουν πρόσθετη ετήσια αύξηση των εσόδων κατά 30 δισεκατομμύρια ευρώ, ή σχεδόν 1 τοις εκατό του ΑΕΠ της Γερμανίας.



Εικόνα 3 Τα κέρδη παραγωγής στη Γερμανία λόγω της Βιομηχανίας 4.0



Εικόνα 4 Η Βιομηχανία 4.0 οδηγεί σε περισσότερες προσλήψεις

Το επόμενο κατασκευαστικό κύμα θα επηρεάσει ολόκληρη την αλυσίδα αξίας των παραγωγών, από το σχεδιασμό έως την εξυπηρέτηση μετά την πώληση:

1. Μέσω της ενσωμάτωσης των συστημάτων ΤΠ, οι βιομηχανικές διαδικασίες θα εξορθολογιστούν κατά μήκος της αλυσίδας αξίας. Κατά συνέπεια, τα σημερινά απομονωμένα κύτταρα παραγωγής θα αντικατασταθούν από πλήρως αυτοματοποιημένες, διασυνδεδεμένες γραμμές παραγωγής.
2. Μέσω της συνεργασίας παραγωγών και προμηθευτών, τα προϊόντα, οι διαδικασίες παραγωγής και ο αυτοματισμός παραγωγής θα δημιουργούνται και θα τίθενται σε λειτουργία ψηφιακά σε μια ενιαία ολοκληρωμένη διαδικασία. Ο αριθμός των φυσικών πρωτοτύπων θα ελαχιστοποιηθεί στο απόλυτο ελάχιστο.
3. Οι μέθοδοι κατασκευής θα γίνουν πιο ευέλικτες και θα επιτρέπουν την οικονομική παραγωγή μικροσκοπικών ποσοτήτων.
4. Αυτή η ευελιξία θα παρέχεται από ρομπότ, ευφυείς μηχανές και ευφυή αντικείμενα που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και κάνουν ορισμένες ανεξάρτητες κρίσεις.
5. Οι διαδικασίες παραγωγής θα βελτιωθούν από εξοπλισμό που μαθαίνει και βελτιστοποιείται, για παράδειγμα προσαρμόζοντας τις παραμέτρους του όταν εντοπίζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ημιτελούς προϊόντος.
6. Αξιοποιώντας αυτόνομα αυτοκίνητα και ρομποτική, τα αυτοματοποιημένα logistics θα προσαρμόζονται αυτόματα στις απαιτήσεις της παραγωγής.

2.2.1 Ολοκλήρωση διαδικασιών παραγωγής και εφοδιαστικής

Ο μετασχηματισμός ξεκινά με την ενοποίηση των διαδικασιών παραγωγής και εφοδιαστικής, καθώς και των αντίστοιχων συστημάτων πληροφορικής. Αυτό περιλαμβάνει την ανταλλαγή δεδομένων προϊόντων και παραγωγής με τους πελάτες και τους προμηθευτές, καθώς και στο εσωτερικό του οργανισμού. Συγκεκριμένα, οι προμηθευτές θα επωφεληθούν από την ανταλλαγή δεδομένων σχεδιασμού και εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι άνθρωποι, οι μηχανές, τα εξαρτήματα και τα προϊόντα θα επικοινωνούν σε (σχεδόν) πραγματικό χρόνο καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Τα σημερινά ιδιωτικά συστήματα θα εξελιχθούν σε πλέγματα και ιεραρχικά δίκτυα με τυποποιημένες, ανοικτές διεπαφές. Το νέφος θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση δεδομένων ώστε να βελτιωθεί η προσβασιμότητα και η ακρίβειά τους. Αυτό θα

επιτρέπει μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα σε αναμενόμενες και μη αναμενόμενες αλλαγές στη διαδικασία παραγωγής.

2.2.2 Αύξηση της συνεργασίας μεταξύ μηχανών και ανθρώπων

Σε κάθε κατασκευασμένο εξάρτημα θα ανατίθεται ένας μοναδικός κωδικός αναγνώρισης ή ένας μικρός ενσωματωμένος μικροεπεξεργαστής, από τον οποίο τα αυτόνομα ρομπότ θα αποκτούν πληροφορίες που θα υπαγορεύουν τα επόμενα στάδια κατασκευής. Οι οδηγίες αυτές θα είναι πιο "αντικειμενικές" από εκείνες που σήμερα είναι επικεντρωμένες στο έργο. Για παράδειγμα, το ρομπότ θα λαμβάνει την κατεύθυνση να τρυπήσει μια τρύπα σε ένα συγκεκριμένο σημείο, θα επιλέγει το κατάλληλο εργαλείο και θα καθορίζει τον τρόπο επίτευξης αυτού του στόχου, σε αντίθεση με το να λαμβάνει συγκεκριμένες οδηγίες για τη στροφή των διαφόρων τμημάτων του ρομποτικού βραχίονα. Στην επιδίωξη της πιο αντικειμενικής εντολής του, μπορεί να συνεργαστεί με άλλα ρομπότ για να συντονίσει τις αντίστοιχες κινήσεις των βραχιόνων τους, προκειμένου να βελτιστοποιήσει την παραγωγικότητα στο σύνολό της. Μπορεί επίσης να συνεργάζεται με ανθρώπους. Αυτή η βελτιωμένη συνεργασία μεταξύ μηχανών και ανθρώπων θα επιτρέψει στους κατασκευαστές εξαρτημάτων να δημιουργούν πολυάριθμους τύπους εξαρτημάτων από μια ενιαία γραμμή παραγωγής σε μικρότερα μεγέθη παρτίδων, όταν αυτό είναι επωφελές. Μέσω της εξάλειψης της ανθρώπινης εργασίας και της αυξανόμενης χρήσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τον εντοπισμό σφαλμάτων, η ποιότητα των προϊόντων θα βελτιωθεί (Brougham and Haar, 2018).

2.2.3 Αύξηση της παραγωγικότητας του εργοστασίου

Επιπλέον, η αυτοματοποίηση θα ενισχύσει την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής του εργοστασίου. Με βάση τα δεδομένα λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο, τα αυτόνομα φορτηγά μεταφοράς θα συνεργάζονται με τα ρομπότ αποστολής για την τροποποίηση των εισερχόμενων αντικειμένων. Τα αυτοκίνητα αυτά θα χρησιμοποιούν πλοήγηση με λέιζερ για την πλοήγηση στον χώρο παραγωγής και ασύρματα δίκτυα για τη σύνδεση με άλλα οχήματα. Τα ρομπότ

αποστολής θα εντοπίζουν και θα επιλέγουν αυτόνομα τα αντικείμενα που απαιτούνται για τις επερχόμενες διαδικασίες παραγωγής (Beier et al., 2018).

3.1 Χρήση αυτοματισμού στη Βιομηχανία

Οι κατασκευαστές αναζητούν την αυτοματοποίηση και τις τεχνολογίες Industry 4.0 για να ενισχύσουν την αποδοτικότητά τους, λόγω της συνεχιζόμενης ανάγκης τους να αυξήσουν την απόδοση και να μειώσουν το κόστος. Αυτό το άρθρο εξετάζει τη χρήση της αυτοματοποίησης στη μεταποίηση, καλύπτοντας τις διάφορες μορφές αυτοματοποίησης, τις περιπτώσεις αυτοματοποιημένης παραγωγής και τα βασικά πλεονεκτήματα της αυτοματοποίησης.

3.1.1 Τι είναι ο αυτοματισμός;

Στο πλαίσιο της μεταποίησης, ο αυτοματισμός είναι η χρήση μηχανημάτων για την αυτοματοποίηση συστημάτων ή διαδικασιών παραγωγής. Απώτερος στόχος είναι η επίτευξη υψηλότερης αποδοτικότητας μέσω της επέκτασης της παραγωγικής ικανότητας ή της μείωσης του κόστους, και συχνά και των δύο.

Ο αυτοματισμός έχει γίνει συνώνυμο της χρήσης μηχανών για την ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης εργασίας. Έχει γίνει συνώνυμο των ηλεκτρομηχανικών συστημάτων που είναι προγραμματισμένα να εκτελούν ποικίλες δραστηριότητες. Αν και ο αυτοματισμός μπορεί να μην είναι κατάλληλος για όλους τους κατασκευαστές, η πλειονότητα των επιχειρήσεων μπορεί να επωφεληθεί από μία από τις ακόλουθες μορφές αυτοματισμού: Σταθερή, προγραμματισμένη ή προσαρμόσιμη.

3.1.2 Τύποι αυτοματισμού στην παραγωγή

Σταθερός αυτοματισμός

Ο σταθερός αυτοματισμός έχει συχνά μια προκαθορισμένη εργασία, καθώς χαρακτηρίζεται από υψηλά εμπόδια εισόδου και υψηλούς όγκους παραγωγής. Η πλειονότητα του προγραμματισμού, συχνά γνωστός ως σκληρός αυτοματισμός, στεγάζεται μέσα σε μεμονωμένες μηχανές. Ο εξοπλισμός ή η γραμμή παραγωγής καθορίζει το ρυθμό και τη σειρά των διαδικασιών.

Το αμάξωμα και τα πάνελ των οχημάτων χρησιμεύουν ως μια πρώτης τάξεως απεικόνιση του σταθερού αυτοματισμού. Πριν από τον επανασχεδιασμό, είναι δυνατόν για τους μεγάλους προμηθευτές αυτοκινήτων να κατασκευάσουν πάνω από ένα εκατομμύριο τεμάχια. Επιπλέον, εργασίες όπως η σφράγιση ή η χύτευση μπορεί να μην απαιτούν τόσο πολύπλοκα συστήματα ελέγχου όσο το αυτοματοποιημένο φρεζάρισμα ή η ρομποτική συγκόλληση.

Συχνά, ο όγκος παραγωγής που συνδέεται με τον σταθερό αυτοματισμό δεν αφήνει χρόνο για αλλαγές. Οι αλλαγές στον σταθερό αυτοματισμό απαιτούν γενικά τη διακοπή λειτουργίας μιας γραμμής και τη χειροκίνητη εναλλαγή εργαλείων από τεχνικούς. Το υψηλό κόστος και ο χρόνος συνδέονται με αυτή τη διακοπή. Εξετάστε το ενδεχόμενο προγραμματιζόμενου αυτοματισμού για είδη χαμηλού όγκου ή για είδη με περιορισμένο κύκλο ζωής.

Προγραμματιζόμενος αυτοματισμός

Η παραγωγή παρτίδων είναι χαρακτηριστικό του προγραμματιζόμενου αυτοματισμού, ο οποίος χαρακτηρίζεται από την κατασκευή πολλών δεκάδων έως χιλιάδων τεμαχίων. Ο προγραμματιζόμενος αυτοματισμός επιτρέπει την παραγωγή πρόσθετων ποικιλιών εξαρτημάτων ή προϊόντων. Ωστόσο, οι αλλαγές χρειάζονται μια περίοδο διακοπής λειτουργίας. Αυτός ο χρόνος διακοπής λειτουργίας προβλέπεται και συμπεριλαμβάνεται στα μεγέθη των παρτίδων και στους χρόνους παράδοσης. Ωστόσο, ο χρόνος διακοπής λειτουργίας είναι δαπανηρός, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη του ευέλικτου αυτοματισμού ως επέκταση του προγραμματιζόμενου αυτοματισμού.

Ευέλικτος αυτοματισμός

Ο ευέλικτος αυτοματισμός είναι ικανός να εκτελεί αυτοματοποιημένες μεταβάσεις. Αυτό μπορεί να περιορίζει τον εξοπλισμό σε εξαρτήματα που μοιράζονται πανομοιότυπα εργαλεία

ή να καθιστά αναγκαία τη συμπερίληψη συσκευών που επιτρέπουν την αυτόματη αλλαγή εξαρτημάτων.

Επιπλέον, επειδή τα προγράμματα πρέπει να τροποποιούνται, ο ευέλικτος αυτοματισμός συνδέεται συχνά με ένα δίκτυο που ενισχύει την αξία του παρέχοντας απομακρυσμένη παρακολούθηση ή έλεγχο. Ανεξάρτητη ανάπτυξη προγραμμάτων σε υπολογιστή. Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης της συσκευής, ένας σχεδιαστής μπορεί να φορτώσει, να εκτελέσει ή να ενσωματώσει νέα προγράμματα στην υπάρχουσα παραγωγή από οποιαδήποτε θέση.

3.2 Αυτοματισμοί με χρήση Ρελέ

3.2.1 Ορισμός

Το ρελέ είναι ένας διακόπτης που ενεργοποιείται ηλεκτρικά. Αποτελείται από ένα σύνολο ακροδεκτών εισόδου για ένα ή πολλά σήματα ελέγχου και ένα σύνολο ακροδεκτών επαφής για τη λειτουργία. Ο διακόπτης μπορεί να έχει οποιονδήποτε αριθμό επαφών ενεργοποίησης, διακοπής ή συνδυασμούς αυτών Kamble et al., 2018.

Οι ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται όταν ένα κύκλωμα πρέπει να ελέγχεται από ένα ανεξάρτητο σήμα χαμηλής ισχύος ή όταν πολλά κυκλώματα πρέπει να ελέγχονται από ένα μόνο σήμα. Στις πρώτες τηλεγραφικές γραμμές μεγάλων αποστάσεων, οι ηλεκτρονόμοι χρησίμευαν ως επαναλήπτες σημάτων, αναμεταδίδοντας τα εισερχόμενα σήματα από ένα κύκλωμα σε ένα άλλο. Για τη διεξαγωγή λογικών διεργασιών, τα τηλεφωνικά κέντρα και οι πρώτοι υπολογιστές χρησιμοποιούσαν εκτενώς ρελέ.

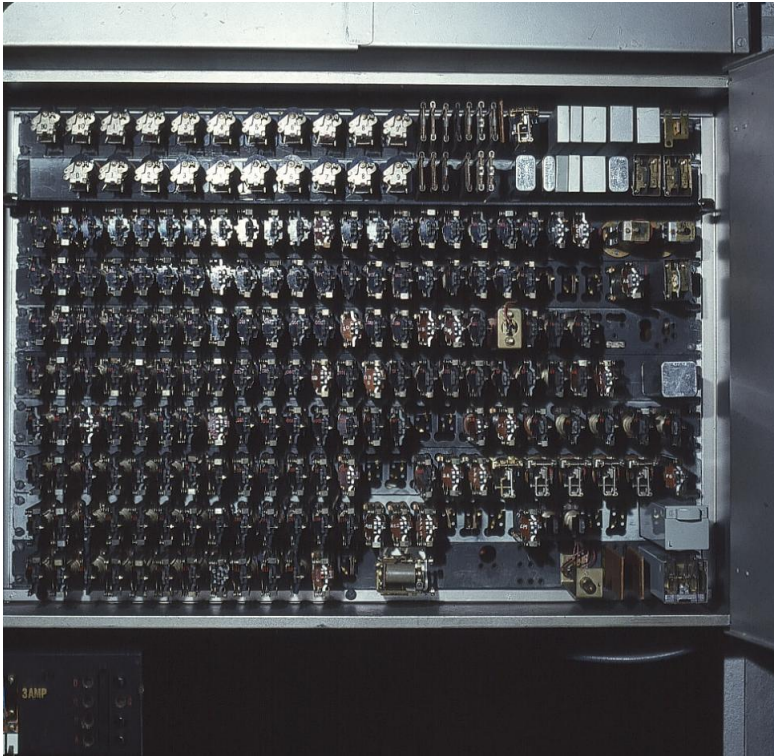
Οι παραδοσιακοί ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούν έναν ηλεκτρομαγνήτη για να κλείνουν ή να ανοίγουν τις επαφές, ωστόσο έχουν επίσης δημιουργηθεί ηλεκτρονόμοι που χρησιμοποιούν διάφορες αρχές λειτουργίας, όπως οι ηλεκτρονόμοι στερεάς κατάστασης που χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά ημιαγωγών για τον έλεγχο χωρίς να εξαρτώνται από κινούμενα στοιχεία. Για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από υπερφόρτωση ή ελαττώματα, χρησιμοποιούνται ηλεκτρονόμοι με βαθμονομημένα χαρακτηριστικά λειτουργίας και συχνά πολλά πηνία λειτουργίας- στα σημερινά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, παρόμοια καθήκοντα εκπληρώνουν ψηφιακά όργανα που εξακολουθούν να αναφέρονται ως ηλεκτρονόμοι προστασίας.

Οι ηλεκτρονόμοι μανδάλωσης απαιτούν μόνο έναν παλμό ισχύος ελέγχου για τη διατήρηση της λειτουργίας του διακόπτη. Ένας δεύτερος παλμός που παρέχεται σε ένα δεύτερο σύνολο ακροδεκτών ελέγχου ή ένας παλμός με αντίθετη πολικότητα επαναφέρει το διακόπτη, αν και επαναλαμβανόμενοι παλμοί του ίδιου τύπου δεν έχουν κανένα αποτέλεσμα. Οι ηλεκτρονόμοι μαγνητικής μανδάλωσης είναι χρήσιμοι σε περιπτώσεις όπου οι διακοπές ρεύματος δεν πρέπει να επηρεάζουν τα ελεγχόμενα κυκλώματα Kamble et al., 2018.

3.2.2 Χρήση των ρελέ

Οι ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται έτσι ώστε ανεξάρτητα κυκλώματα, τα οποία συχνά λειτουργούν σε μεγαλύτερες τάσεις και ρεύματα, να μπορούν να ενεργοποιούνται και να απενεργοποιούνται από κυκλώματα ελέγχου με σημαντικά χαμηλότερη ισχύ, όπως οι ψηφιακές έξοδοι (DO) ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (PLC). Τα μικρά κυκλώματα ελέγχου ενεργοποίησης/απενεργοποίησης ενισχύονται για τον αποτελεσματικό έλεγχο τεράστιων κυκλωμάτων ενεργοποίησης/απενεργοποίησης ισχύος. Το κύκλωμα ελέγχου και το κύκλωμα ισχύος μπορεί να έχουν εντελώς ξεχωριστές τάσεις και να είναι ηλεκτρικά απομονωμένα. Οι επαφείς, ένας πιο στιβαρός τύπος ρελέ, χρησιμοποιούνται για τη μεταγωγή μεγαλύτερων φορτίων, όπως οι κινητήρες.

Οι ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται επίσης για τη δημιουργία λογικών κυκλωμάτων για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών. Για παράδειγμα, όταν τρεις επαφές ρελέ συνδέονται σε σειρά, το αποτέλεσμα είναι "Ρελέ1 ΚΑΙ Ρελέ2 ΚΑΙ Ρελέ3". Αυτή η έξοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για παράδειγμα, για την ενεργοποίηση ενός φωτός ή ενός ρελέ όταν και οι τρεις επαφές ρελέ είναι κλειστές. Εκατοντάδες ρελέ και χρονοδιακόπτες ήταν καλωδιωμένα στους πίνακες ελέγχου πολλών παλαιότερων ανελκυστήρων και άλλων πινάκων ελέγχου.



Εικόνα 5 Χρησιμοποιήθηκαν μεγάλοι πίνακες ρελέ για τον έλεγχο πολύπλοκων συστημάτων όπως οι ανελκυστήρες.

Σήμερα, ωστόσο, η πλειονότητα αυτών των συστημάτων είναι αυτοματοποιημένα με Η/Υ ή PLC να εκτελούν τη λογική και τα ρελέ να αλληλεπιδρούν με πιο ισχυρό εξοπλισμό. Ως αποτέλεσμα, αρκετοί άνθρωποι αναφέρονται στους ηλεκτρονόμους ως ηλεκτρονόμους διασύνδεσης ή ηλεκτρονόμους παρεμβολής. Στον εξοπλισμό αυτοματισμού, οι ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται συχνά για τον διαχωρισμό και την προστασία του ψηφιακού συστήματος ελέγχου.

3.3 Αυτοματισμοί με χρήση PLC

Ο αυτοματισμός είναι η εφαρμογή συστημάτων ελέγχου, όπως ο αριθμητικός έλεγχος, ο προγραμματιζόμενος λογικός έλεγχος και άλλα συστήματα βιομηχανικού ελέγχου σε συνδυασμό με άλλες εφαρμογές πληροφορικής (όπως CAD, CAM και CAX) για τον έλεγχο βιομηχανικών μηχανημάτων και διαδικασιών, μειώνοντας έτσι την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης. Ο αυτοματισμός είναι η επόμενη φάση της εκβιομηχάνισης μετά τη μηχανοποίηση. Η αυτοματοποίηση μειώνει σημαντικά την απαίτηση για ανθρώπινες

αισθητηριακές και νοητικές απαιτήσεις, ενώ η μηχανοποίηση απλώς μείωσε την ανάγκη για ανθρώπινες μυϊκές απαιτήσεις.

Επιπλέον, οι διαδικασίες και τα συστήματα μπορούν να αυτοματοποιηθούν. Η επιρροή της αυτοματοποίησης στην παγκόσμια οικονομία και στις καθημερινές δαπάνες αυξάνεται. Οι μηχανικοί προσπαθούν να συνδυάσουν τον αυτοματοποιημένο εξοπλισμό με μαθηματικές και οργανωτικές δεξιότητες για να κατασκευάσουν πολύπλοκα συστήματα για ανθρώπινες εφαρμογές και δραστηριότητες. Πολλές ανθρώπινες εργασίες σε βιομηχανικές διαδικασίες είναι πλέον ακατάλληλες για αυτοματοποίηση. Οι σύγχρονες μηχανολογικές τεχνολογίες και οι τεχνολογίες υπολογιστών δεν είναι σε θέση να αναγνωρίζουν πρότυπα και να παράγουν γλώσσα στο ίδιο επίπεδο με τον άνθρωπο. Επί του παρόντος, απαιτείται ανθρώπινη ικανότητα για εργασίες που περιλαμβάνουν υποκειμενική αξιολόγηση ή σύνθεση περίπλοκων αισθητηριακών εισροών, όπως ο ήχος, καθώς και για εργασίες όπως ο σχεδιασμός στρατηγικής. Συχνά, χρησιμοποιούνται προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) για τον συγχρονισμό της ροής εισόδου από αισθητήρες και γεγονότα με τη χρήση εξειδικευμένων σκληρών υπολογιστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τέλεια ρυθμισμένη δράση, η οποία επιτρέπει τον αυστηρό έλεγχο όλων των βιομηχανικών λειτουργιών.

3.3.1 Ορισμός

Ο προγραμματιζόμενος ελεγκτής είναι ένα προγραμματιζόμενο από τον χρήστη σύστημα ελέγχου στερεάς κατάστασης με δυνατότητες λογικής, αλληλουχίας, χρονισμού, αριθμητικής επεξεργασίας δεδομένων και καταμέτρησης. Είναι συγκρίσιμο με έναν βιομηχανικό υπολογιστή με κεντρική μονάδα επεξεργασίας, μνήμη, διεπαφή εισόδου/εξόδου και συσκευή προγραμματισμού. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας παρέχει στον ελεγκτή νοημοσύνη. Συλλέγει δεδομένα και πληροφορίες κατάστασης από διάφορες συσκευές ανίχνευσης, όπως διακόπτες ορίου και διακόπτες προσέγγισης, εκτελεί το πρόγραμμα ελέγχου του χρήστη που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη και στέλνει εντολές εξόδου σε συσκευές όπως ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, διακόπτες κ.λπ. Η διεπαφή I/O είναι η σύνδεση μεταξύ των συσκευών πεδίου και των ελεγκτών. Μέσω αυτών των διεπαφών, η CPU είναι σε θέση να αντιληφθεί και να μετρήσει φυσικά μεγέθη που αφορούν μια μηχανή ή μια διαδικασία, όπως η εγγύτητα, η θέση, η κίνηση, η στάθμη, η θερμοκρασία και η πίεση, μεταξύ άλλων. Η ΚΜΕ

παρέχει εντολές σε συσκευές εξόδου, όπως βαλβίδες, κινητήρες, συναγερμούς κ.λπ. με βάση την κατάσταση που ανιχνεύεται. Η μονάδα προγραμματισμού είναι υπεύθυνη για την παροχή της διεπαφής ανθρώπου-μηχανής. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του λογισμικού εφαρμογής, το οποίο συχνά χρησιμοποιεί βασική λογική που είναι φιλική προς τον χρήστη.

3.3.2 Ιστορική αναδρομή

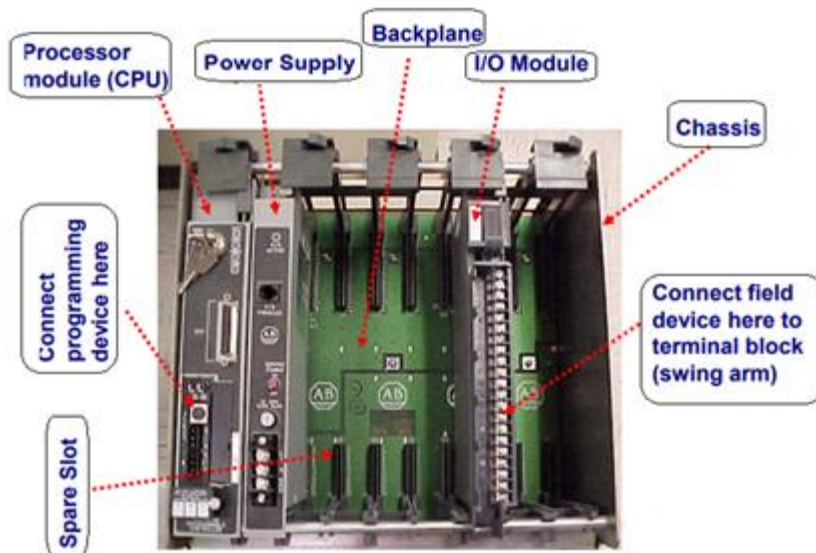
Ως απάντηση στις απαιτήσεις του αμερικανικού τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, σχεδιάστηκε το PLC. Το 1968, η GM Hydrometric (το τμήμα αυτόματων κιβωτίων ταχυτήτων της General Motors) δημοσίευσε μια προκήρυξη διαγωνισμού για μια ηλεκτρονική εναλλακτική λύση στα καλωδιωμένα συστήματα ρελέ. Το πρώτο PLC ονομάστηκε 084 επειδή ήταν το ογδοηκοστό έργο της Bedford Associates. Ο Dickey Morley, που θεωρείται ο "πατέρας" του PLC.

3.3.3 Χαρακτηριστικά του PLC

Τα PLC είναι σχεδιασμένα για διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες (όπως σκόνη, υγρασία, θερμότητα και κρύο) και έχουν τη δυνατότητα πολύπλοκων διαμορφώσεων εισόδου/εξόδου. Αυτές συνδέουν αισθητήρες και ενεργοποιητές με το PLC. Τα PLC ερμηνεύουν τους οριακούς διακόπτες, τις αναλογικές μεταβλητές διεργασίας (όπως η θερμοκρασία και η πίεση) και την περίπλοκη θέση του συστήματος. Αρκετά χρησιμοποιούν μηχανική όραση. Από την πλευρά των ενεργοποιητών, οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές ελέγχουν ηλεκτροκινητήρες, πνευματικούς και υδραυλικούς κυλίνδρους, μαγνητικά ρελέ, σωληνοειδή και αναλογικές εξόδους. Τα απλά PLC μπορεί να έχουν ενσωματωμένες ρυθμίσεις εισόδου/εξόδου ή να έχουν εξωτερικές ΙΟ συνδεδεμένες σε δίκτυα υπολογιστών που συνδέονται με το PLC.

3.3.4 Βασικά εξαρτήματα

Το PLC περιλαμβάνει κυρίως μια CPU, τμήματα μνήμης και κυκλώματα για τη λήψη δεδομένων εισόδου/εξόδου. Το PLC είναι ουσιαστικά ένα κουτί που περιέχει εκατοντάδες ή χιλιάδες μεμονωμένους ηλεκτρονόμους, μετρητές, χρονομετρητές και θέσεις αποθήκευσης δεδομένων. Δεν υπάρχουν στον πραγματικό κόσμο, αλλά μιμούνται και μπορούν να θεωρηθούν ως μετρητές λογισμικού, χρονιστές κ.λπ. Κάθε στοιχείο ενός PLC εξυπηρετεί έναν ξεχωριστό σκοπό.



Εικόνα 6 Εξαρτήματα ενός PLC

1. Ρελέ εισόδου (επαφές) - Αυτά συνδέονται φυσικά με το εξωτερικό περιβάλλον και λαμβάνουν σήματα από διακόπτες, αισθητήρες κ.λπ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν είναι ρελέ αλλά μάλλον τρανζίστορ.
2. Εσωτερικά βοηθητικά ρελέ - Αυτά δεν λαμβάνουν σήματα από το εξωτερικό περιβάλλον ούτε υπάρχουν φυσικά. Είναι προσομοιωμένα ρελέ που επιτρέπουν σε ένα PLC να μην χρειάζεται εξωτερικά ρελέ. Υπάρχουν επίσης ορισμένα εξειδικευμένα ρελέ που εκτελούν μόνο μία λειτουργία. Ορισμένοι εκτελούνται πάντα κατά την ενεργοποίηση και χρησιμοποιούνται συχνά για την αρχικοποίηση των αποθηκευμένων δεδομένων.
3. Αυτοί οι μετρητές είναι προσομοιώσεις που μπορούν να διαμορφωθούν ώστε να μετρούν προς τα πάνω, προς τα κάτω ή και προς τα πάνω και προς τα κάτω. Δεδομένου ότι είναι προσομοιώσεις, οι ταχύτητες καταμέτρησής τους είναι περιορισμένες. Ορισμένοι κατασκευαστές ενσωματώνουν επιπλέον μετρητές

υψηλής ταχύτητας βασισμένους σε υλικό. Θεωρούμε τα πράγματα ως απτές οντότητες.

4. Υπάρχουν διάφοροι τύποι και προσαυξήσεις χρονομετρητών. Η πιο διαδεδομένη ποικιλία είναι η on-delay. Άλλα είδη περιλαμβάνουν τόσο μη επιβραδυντικούς όσο και επιβραδυντικούς τύπους. Οι αυξήσεις κυμαίνονται μεταξύ 1 χιλιοστού του δευτερολέπτου και 1 δευτερολέπτου.
5. Αυτοί οι ηλεκτρονόμοι συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον. Αυτά υπάρχουν στον φυσικό κόσμο και μεταδίδουν σήματα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης σε σωληνοειδή, φώτα κ.λπ. Ανάλογα με το μοντέλο που επιλέγεται, αυτά μπορεί να είναι τρανζίστορ, ρελέ ή τριακ.
6. Αποθήκευση δεδομένων - Τυπικά, αυτοί οι καταχωρητές είναι επιφορτισμένοι με την αποθήκευση δεδομένων. Συνήθως, χρησιμεύουν ως προσωρινή αποθήκευση για μαθηματικά και χειρισμό δεδομένων. Συνήθως, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση δεδομένων όταν το PLC χάνει την ισχύ του. Όταν αποκατασταθεί η ηλεκτρική ενέργεια, θα έχουν το ίδιο περιεχόμενο με προηγουμένως.

3.4 Πλεονεκτήματα της χρήσης PLC έναντι της χρήσης Ρελέ

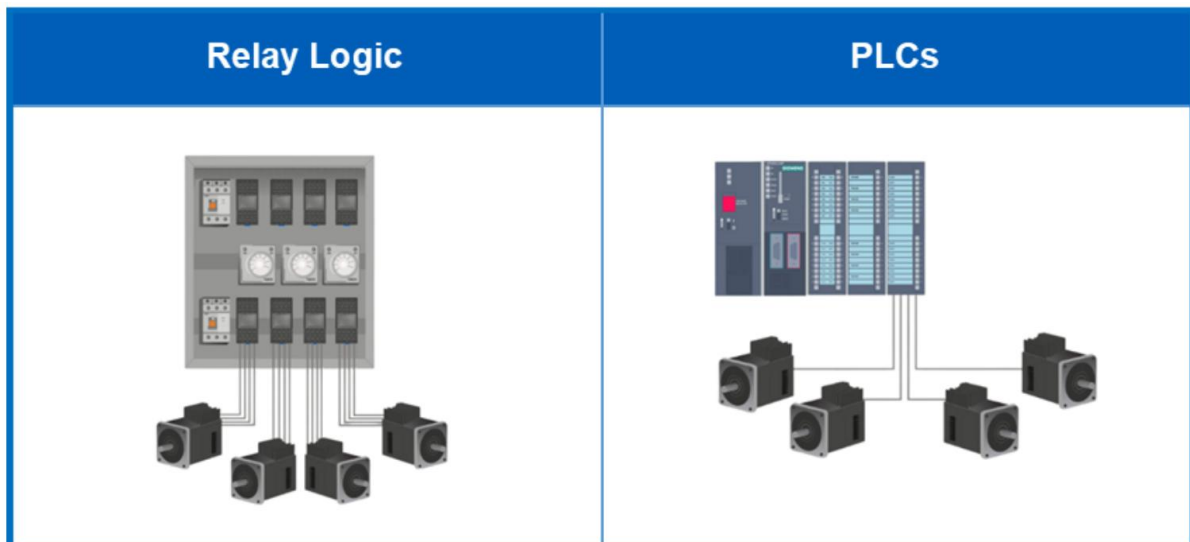
Μόνο οι πιο βασικές ηλεκτρικά τροφοδοτούμενες συσκευές και εξοπλισμός απαιτούν έναν απλό διακόπτη ενεργοποίησης/απενεργοποίησης. Στην πραγματικότητα, η πλειονότητα των διεργασιών απαιτεί ένα σύστημα ελέγχου για τη διαχείριση εντολών ή/και την καθοδήγηση ή τη ρύθμιση της συμπεριφοράς άλλων συσκευών ή συστημάτων.

Αρχικά, αυτά τα συστήματα ελέγχου θα είχαν κατασκευαστεί με τη χρήση της λογικής ρελέ, η οποία αποτελείται από ένα τεράστιο φάσμα ενσύρματων ελεγκτών που χρησιμοποιούν αισθητήρες, διακόπτες, χρονοδιακόπτες, ρελέ και επαφές. Η λογική ρελέ έχει διάφορες

χρήσεις, όπως συστήματα ελέγχου συμπιεστών, συστήματα ελέγχου φωτισμού, κυκλώματα ασφαλείας μηχανών και πολλά άλλα (Beier et al., 2018).

Η ανάπτυξη των μικροεπεξεργαστών στη δεκαετία του 1960 οδήγησε στη δημιουργία των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC). Η λογική σκάλας, μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται από τα PLC για τη δημιουργία λογικής ρελέ, έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα συμβατικά ρελέ. Τα κύρια πλεονεκτήματα των PLC έναντι των ρελέ περιλαμβάνουν:

1. **Αξιοπιστία.** Τα εξαρτήματα στερεάς κατάστασης των συστημάτων PLC τείνουν να ξεπερνούν σε διάρκεια τα κινούμενα τμήματα των ηλεκτρομηχανικών ηλεκτρονόμων.
2. **Αντιμετώπιση προβλημάτων.** Καθώς υπάρχουν λιγότερα καλώδια σε ένα PLC, είναι συνήθως απλούστερη η ανακάλυψη βλαβών. Ένα φυσικό ρελέ απαιτεί τουλάχιστον τέσσερα καλώδια για να λειτουργήσει κάθε συσκευή, αλλά μια έξοδος ρελέ παρέχει μόνο ένα καλώδιο στη συσκευή εξόδου.
3. **Απλή επεκτασιμότητα** Εάν επιθυμείτε να προσθέσετε δυνατότητες σε ένα PLC, μπορείτε απλώς να τις προσθέσετε στο πρόγραμμα και να ορίσετε τους περιορισμούς, ενώ ένα σύστημα ρελέ απαιτεί την προσθήκη του νέου φυσικού εξαρτήματος και την καλωδίωση που απαιτείται για τη λειτουργία του.
4. **Μικρότερο μέγεθος.** Συγκρίνοντας τον χώρο που απαιτείται για ένα σύστημα PLC με το ερμάριο που απαιτείται για τα λογικά κυκλώματα ρελέ, το σύστημα PLC απαιτεί σημαντικά λιγότερο χώρο.



Εικόνα 7 Η λογική του ρελέ και του PLC

Παρόλο που τα PLC προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, τα ρελέ εξακολουθούν να έχουν ρόλο στα συστήματα ελέγχου. Παρέχουν ένα απλό και αποτελεσματικό όργανο που δεν απαιτεί πολύπλοκο προγραμματισμό για την κατάλληλη θέση σε λειτουργία. Οι ηλεκτρονόμοι μπορούν να είναι πολύ χρήσιμοι:

1. Εάν υπάρχουν μόνο λίγα σημεία IO ανά σύστημα ελέγχου.
2. Όταν η εφαρμογή απαιτεί λιγότερη ενσύρματη αποσφαλμάτωση της λογικής.
3. για τη μείωση των προειδοποιήσεων του PLC ασφαλείας και των ευθυνών απόκρισης.
4. όταν παρεμβάλλονται ρελέ τάσης.

3.5 To PLC SR2 B201BD



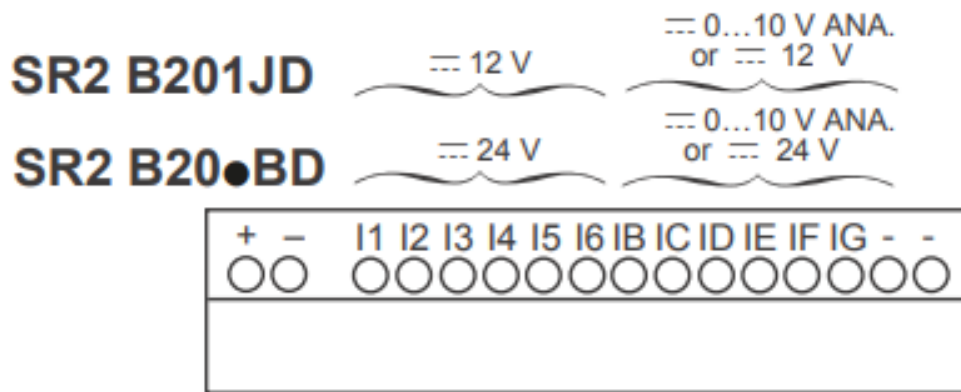
Zelio Logic μη επεκτάσιμοι ελεγκτές 20 I/O 24V τύπου DC με οθόνη

SR2B201BD

ΕΙΚΟΝΑ 9 SR2 B201BD

Μερικά βασικά χαρακτηριστικά.

[Us] ονομαστική τάση τροφοδοσίας	24 V DC
Όρια τάσης τροφοδοσίας	19,2...30 V
Maximum supply current	100 mA (χωρίς επέκταση)
Έκλυση ισχύος σε W	6 W χωρίς επέκταση
Προστασία αναστροφής πολικότητας	ΝΑΙ
Αριθμός ψηφιακών εισόδων	12 (συμμόρφωση με EN/IEC 61131-2 τύπος 1)
Τάση ψηφιακής εισόδου	24 V DC
Ρεύμα ψηφιακής εισόδου	4 mA
Αριθμός αναλογικών εισόδων	6
Ανάλυση αναλογικής εισόδου Λειτουργία	κοινού σημείου
Εύρος αναλογικής εισόδου	0...24 V 0...10 V
Μέγιστη επιτρεπόμενη τάση	30 V για κύκλωμα αναλογικής εισόδου
Θερμικό ρεύμα εξόδου	8 A για όλες τις 8 εξόδους για έξοδος ρελέ
Ικανότητα ενεργοποίησης σε mA	>= 10 mA σε 12 V (έξοδος ρελέ)



EIKONA 9a Τάση τροφοδοσίας εισόδων του ελεγκτή.

Zelio Soft 2 Programming Software Είναι σχεδιασμένο να προγραμματίζει τον Zelio Logic Smart Relay. Zelio Soft 2, σας επιτρέπει να επιλέγετε ποιά προγραμματιστική γλώσσα θα χρησιμοποιήσετε, εμφανίζει τον κώδικα του προγράμματος και δεδομένα παραμέτρων του κώδικα, μεταφέρει από και προς τον ελεγκτή προγράμματα και τυπώνει το πρόγραμμα με όλες τις πληροφορίες που αφορούν τόσο τον κώδικα όσο και τον χρήστη όπως ημερομηνίες, συγγραφέας κ.α.

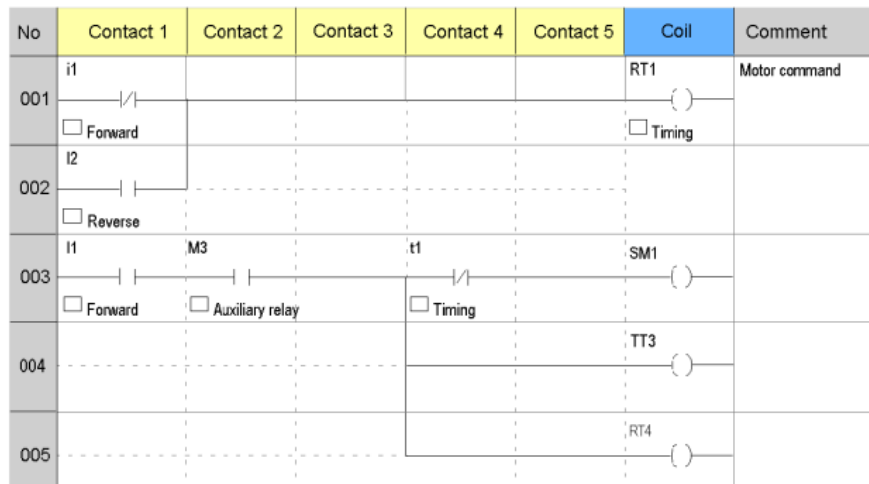
Υπάρχουν δύο τρόποι προγραμματισμού του ελεγκτή μας,

- 1) απο την μπροστινή οθόνη του ελεγκτή, πληκτρολογώντας τον κώδικα ψηφίο προς ψηφίο, δε συνίσταται για μακροσκελή προγράμματα λόγω του πολύ χρόνου που απαιτεί η διαδικασία.
- 2) μέσω το λογισμικού με τη χρήση H/Y. Αυτό μας δίνει δυο επιλογές προγραμματισμού.

LD mode: Ladder language

FBD mode: Function Block Diagram mode

Ladder language, ο προγραμματισμός γίνεται μέσω γραφικών συμβόλων , που περιγράφουν διαγράμματα με ρελέ και επαφές και είναι κατάλληλο για επιτήρηση κατα τη διάρκεια της προσομοίωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 9β Οθόνη προγραμματισμού με γλώσσα Ladder

FBD mode

FBD mode επιτρέπει τον προγραμματισμό με τη χρήση προσχεδιασμένων function blocks.

Παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μια μεγάλης γκάμας λειτουργιών όπως: timer, counter, logic.

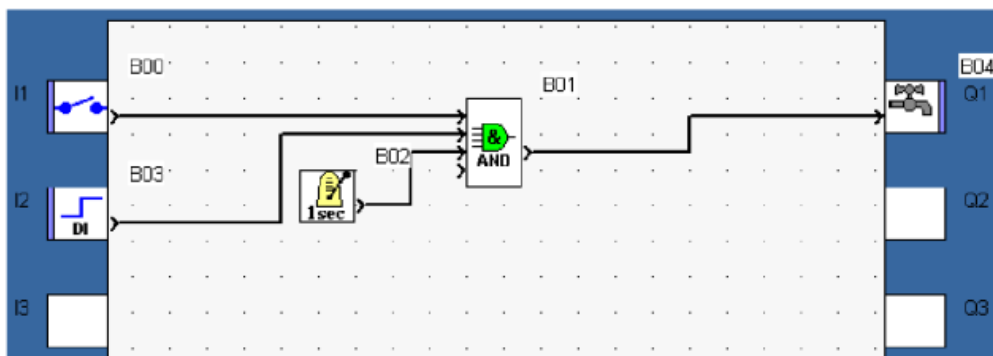
Overview of the Programming Software

FBD mode

FBD mode allows graphic programming based on the use of predefined function blocks.

It offers a large range of functions: timer, counter, logic, etc.

Example of a program in FBD.



ΕΙΚΟΝΑ 9γ Οθόνη προγραμματισμού με γλώσσα FBD

3.6 Χρήση αισθητήριων στη βιομηχανία

Η συλλογή δεδομένων και πληροφοριών είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη έξυπνων βιομηχανιών. Οι αισθητήρες είναι το νευρικό σύστημα της έξυπνης βιομηχανίας. Χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων και την παροχή βασικής υποστήριξης δεδομένων για την ανάπτυξη των έξυπνων βιομηχανιών (Caradonna, 2014). Παράλληλα με την ταχεία επέκταση του Διαδικτύου των πραγμάτων, της Βιομηχανίας 4.0 και της ευφυούς κατασκευής, οι απαιτήσεις των εφαρμογών γίνονται όλο και πιο απαιτητικές. Οι ευφυείς αισθητήρες που συλλέγουν τα πιο βασικά δεδομένα εξελίσσονται και επαναλαμβάνονται γρήγορα, ωθώντας έτσι τον ευφυή μετασχηματισμό των τερματικών βιομηχανικού διαδικτύου. Η εποχή του "βιομηχανικού αισθητήρα 4.0" ή των βιομηχανικών αισθητήρων ευδοκιμεί. Περιλαμβάνονται αισθητήρες βιομηχανικών διεργασιών και αυτοματισμοί εργοστασίων, μικροελεγκτές και ενσύρματη ή ασύρματη συνδεσιμότητα, καθώς και διακομιστές cloud.

Στον βιομηχανικό αυτοματισμό, οι αισθητήρες είναι ζωτικής σημασίας για την έξυπνη και αυτοματοποιημένη παραγωγή. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία, την κίνηση, την πίεση, το υψόμετρο, τις εξωτερικές συνθήκες και την ασφάλεια, για παράδειγμα, μπορούν να παρακολουθούνται, να αναλύονται και να επεξεργάζονται με τη χρήση αυτών των συσκευών.

Πρακτικά κάθε διαδικασία ή περιβαλλοντική κατάσταση έχει έναν αντίστοιχο τύπο αισθητήρα. Ο έξυπνος αισθητήρας ενσωματώνει την επεξεργασία σήματος, την τεχνολογία MEMS και το λογισμικό, προκειμένου να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των μηχανικών βιομηχανικού σχεδιασμού για εύκολη χρήση και χαμηλό κόστος αντίληψης και να μειώσει σημαντικά τον φόρτο εργασίας των μηχανικών σχεδιασμού.

3.6.1 Τύποι βιομηχανικών αισθητήρων

Οι ακόλουθοι τύποι βιομηχανικών αισθητήρων χρησιμοποιούνται συχνά στον αυτοματισμό:

1. Αισθητήρες θερμοκρασίας

2. Αισθητήρες πίεσης
3. Αισθητήρες στάθμης
4. Αισθητήρες υπερύθρων
5. Αισθητήρες προσέγγισης
6. Αισθητήρες καπνού
7. Οπτικοί αισθητήρες
8. Αισθητήρες MEMS

3.7) Πιο αναλυτικά για τους αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα κατασκευή,

3.7.1) Αισθητήρες θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία είναι η πιο συχνά μετρούμενη φυσική παράμετρος στη βιομηχανική παραγωγή και διάφοροι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση. Ένας αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μια συσκευή που λαμβάνει δεδομένα θερμοκρασίας από το περιβάλλον και τα μετατρέπει σε μετρήσιμους αριθμούς. Οι βιομηχανικοί αυτοματισμοί χρησιμοποιούν συχνότερα ψηφιακούς αισθητήρες θερμοκρασίας και αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας.

3.7.2) Αισθητήρες προσέγγισης

Ο αισθητήρας εγγύτητας είναι ένα gadget που μπορεί να ανιχνεύσει την εγγύτητα ενός αντικειμένου. Χρησιμοποιεί την ευαισθησία του αισθητήρα μετατόπισης για την ανίχνευση της εγγύτητας του αντικειμένου και εκπέμπει το σχετικό σήμα διακόπτη. Ο αισθητήρας προσέγγισης είναι ικανός για ανίχνευση χωρίς επαφή, επομένως δεν θα βλάψει ή δεν θα φθείρει το αντικείμενο που ανιχνεύεται, ούτε θα παράγει σπινθήρες ή θόρυβο. Δεδομένου ότι πρόκειται για λειτουργία εξόδου χωρίς επαφή, έχει μεγάλη διάρκεια ζωής και επηρεάζει ελάχιστα τη διάρκεια ζωής της επαφής. Ο αισθητήρας προσέγγισης διαφέρει από άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης στο

ότι είναι κατάλληλος για χρήση σε περιβάλλον με λάδι και νερό και επηρεάζεται ελάχιστα από λεκέδες νερού και λαδιού στο αντικείμενο ανίχνευσης. Ο αισθητήρας προσέγγισης μπορεί να ανιχνεύσει μεταλλικά αντικείμενα μόνο σε κοντινή απόσταση και χωρίς φυσική επαφή. Το πιο αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της συσκευής ελαστικής ράβδου μεταβλητής εμβέλειας είναι η ικανότητά της να υπερβαίνει το εύρος ανίχνευσης της επαφής. Σε γενικές γραμμές, τα έμβολα με ελατήριο, οι ανιχνευτές και τα κουμπιά χρησιμοποιούνται για να έρθουν σε επαφή με το προϊόν, να ανιχνεύσουν αν το προϊόν βρίσκεται στη θέση του, να επιτύχουν ακριβή τοποθέτηση και να ελέγξουν το ελεγχόμενο προϊόν.

Εφαρμογές των αισθητήρων προσέγγισης Οι αισθητήρες προσέγγισης χρησιμοποιούνται συχνά στην αεροπορία, την αεροδιαστημική τεχνολογία και τη βιομηχανική παραγωγή για την ανίχνευση της μετατόπισης αντικειμένων. Οι αυτοματοποιημένοι φουσητήρες θερμού αέρα έχουν χρήσεις στην καθημερινή ζωή, όπως ξενοδοχεία, εστιατόρια, γκαράζ και αυτόματες πόρτες. Σημαντικές τοποθεσίες, όπως αρχεία δεδομένων, λογιστήρια, τράπεζες, μουσεία και θησαυροφυλάκια, είναι συνήθως εφοδιασμένες με αντικλεπτικά συστήματα που αποτελούνται από διαφορετικούς διακόπτες προσέγγισης για την ασφάλεια και την πρόληψη κλοπών. Στην τεχνολογία μέτρησης, τη μέτρηση του μήκους και της θέσης- στην τεχνολογία ελέγχου, όπως η μέτρηση και ο έλεγχος της μετατόπισης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, ένας μεγάλος αριθμός διακοπών προσέγγισης είναι διαθέσιμος στους χρήστες.

3.7.3) Φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες

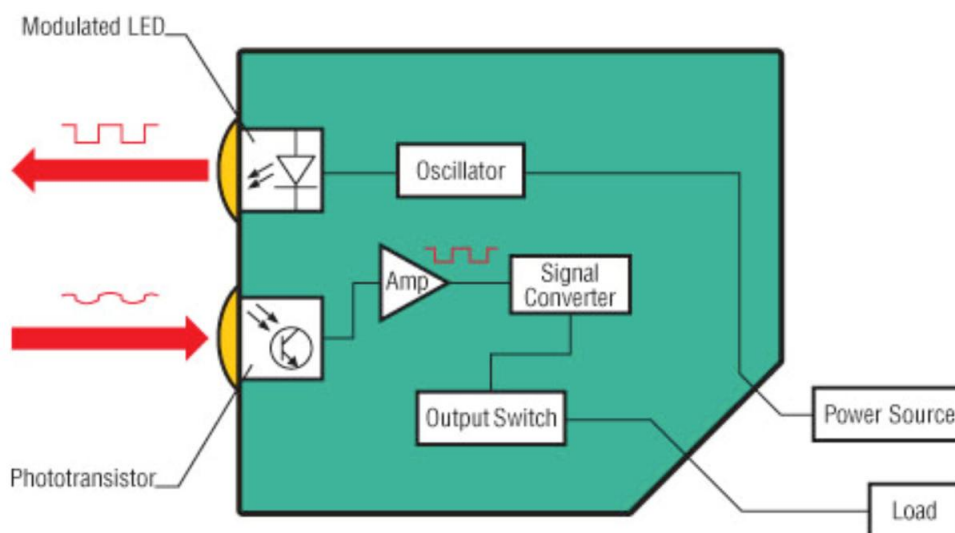
Καθώς η παραγωγή αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο, οι βιομηχανικοί αισθητήρες έχουν αναδειχθεί ως το κλειδί για την ενίσχυση τόσο της παραγωγικότητας όσο και της ασφάλειας.

Οι βιομηχανικοί αισθητήρες είναι τα μάτια και τα αυτιά του σύγχρονου εργοστασίου και διατίθενται σε διάφορα μεγέθη, μορφές και τεχνολογίες. Οι επαγωγικοί, χωρητικοί, φωτοηλεκτρικοί, μαγνητικοί και υπερήχων είναι οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες. Κάθε τεχνολογία έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, συνεπώς οι ανάγκες της εφαρμογής θα καθορίσουν ποια τεχνολογία θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Αυτό το άρθρο επικεντρώνεται στους φωτοηλεκτρικούς αισθητήρες και περιγράφει τι είναι, τα πλεονεκτήματά τους και τους βασικούς τρόπους λειτουργίας τους.

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες είναι πανταχού παρόντες στη σύγχρονη κοινωνία. Βοηθούν στο ασφαλές άνοιγμα και κλείσιμο των γκαραζόπορτων, στην ενεργοποίηση των βρυσών του νεροχύτη με το κούνημα του χεριού, στον έλεγχο των ανελκυστήρων, στο άνοιγμα των θυρών των παντοπωλείων, στην ανίχνευση του νικητήριου οχήματος σε αγώνες δρόμου και σε πολλά άλλα.

Ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας είναι μια συσκευή που ανιχνεύει διακυμάνσεις στην ένταση του φωτός. Συνήθως, αυτό σημαίνει ότι η **πηγή φωτός που εκπέμπει ο αισθητήρας είτε δεν ανιχνεύεται είτε ανιχνεύεται**. Ανάλογα με τον αισθητήρα, ο τύπος του φωτός και ο τρόπος με τον οποίο ανιχνεύεται ο στόχος ποικίλλουν.

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες αποτελούνται από μια πηγή φωτός (LED), έναν δέκτη φωτοτρανζίστορ, έναν μετατροπέα σήματος και έναν ενισχυτή. Το φωτοτρανζίστορ εξετάζει το εισερχόμενο φως, επικυρώνει ότι προέρχεται από το LED και ενεργοποιεί ανάλογα την έξοδο.



Εικόνα 9 Εσωτερικό φωτοηλεκτρικού αισθητήρα (πηγή: IEEE)

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα έναντι άλλων τεχνολογιών. Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες έχουν σημαντικά μεγαλύτερα εύρη ανίχνευσης από τις επαγωγικές, χωρητικές, μαγνητικές και υπερηχητικές τεχνολογίες. Το μέτριο μέγεθός τους σε σχέση με το εύρος ανίχνευσης και οι καινοτόμες επιλογές περιβλήματος τους καθιστούν ιδανικούς για σχεδόν κάθε εφαρμογή. Τέλος, λόγω των συνεχών τεχνολογικών εξελίξεων, οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες έχουν ανταγωνιστικές τιμές σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης.

Τρόποι ανίχνευσης

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες παρέχουν παραλλαγές διάχυτης, αντανακλαστικής και διαμπερούς ανίχνευσης.

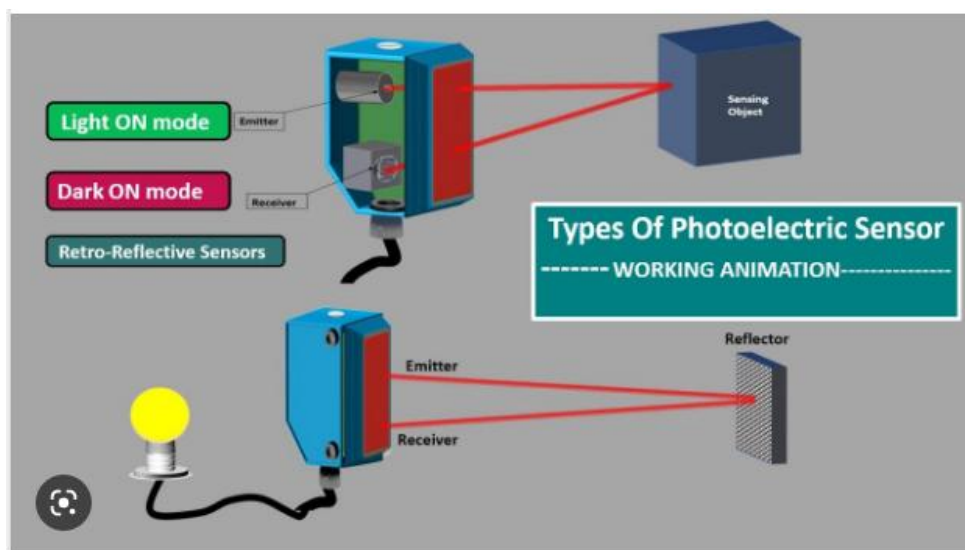
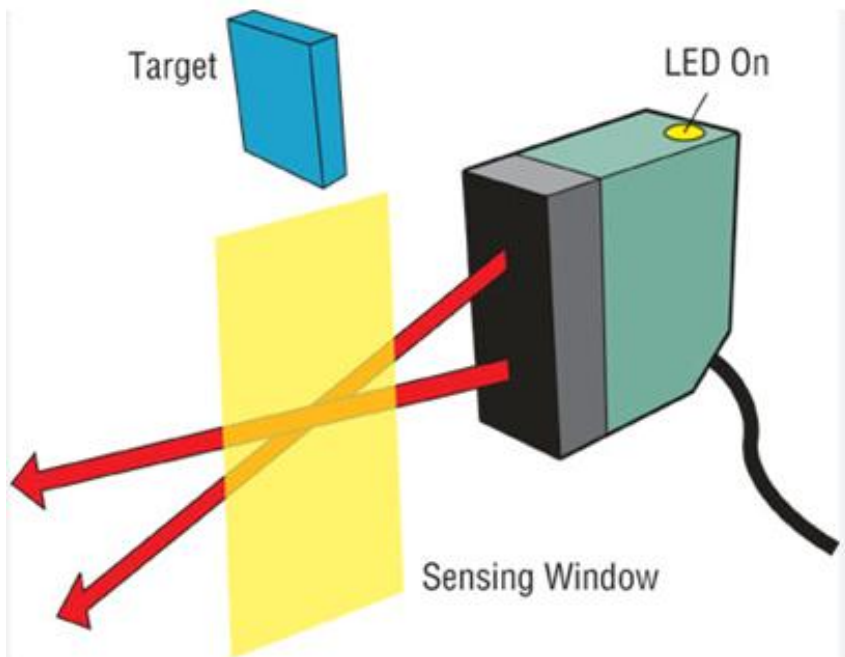
Λειτουργία διάχυσης

Στη διάχυτη λειτουργία ανίχνευσης, γνωστή και ως λειτουργία προσέγγισης, ο πομπός και ο δέκτης στεγάζονται στο ίδιο περίβλημα. Το φως που εκπέμπεται από τον πομπό προσπίπτει στο στόχο, ο οποίος αντανακλά το φως σε τυχαίες γωνίες. Μέρος του ανακλώμενου φωτός αντανακλάται πίσω στον δέκτη, επιτρέποντας την αναγνώριση του στόχου. Η διάχυτη λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερες εμβέλειες ανίχνευσης από τις λειτουργίες ανακλαστικής και διαμπερούς δέσμης, επειδή ένα σημαντικό μέρος της μεταδιδόμενης ενέργειας σπαταλιέται λόγω της γωνίας και της ικανότητας του στόχου να ανακλά το φως.

Δεν απαιτείται δευτερεύουσα συσκευή, όπως ανακλαστήρας ή ξεχωριστός δέκτης. Το χρώμα, το μέγεθος και το φινίρισμα του στόχου επηρεάζουν την εμβέλεια της ανίχνευσης με διάχυτο τρόπο, καθώς επηρεάζουν άμεσα την ανακλαστικότητα του στόχου και, συνεπώς, την ικανότητά του να ανακλά το φως πίσω στον δέκτη του αισθητήρα. Ο ακόλουθος πίνακας δείχνει πώς ο στόχος επηρεάζει το εύρος ανίχνευσης για την ανίχνευση με διάχυτη λειτουργία.

Λειτουργία διάχυτης συγκλίνουσας δέσμης

Η λειτουργία συγκλίνουσας δέσμης είναι μια πιο αποτελεσματική μέθοδος ανίχνευσης με διάχυτη λειτουργία. Στη λειτουργία συγκλίνουσας δέσμης, ο φακός του πομπού εστιάζεται σε ένα ακριβές σημείο μπροστά από τον αισθητήρα και ο φακός του δέκτη εστιάζεται στο ίδιο σημείο. Το εύρος ανίχνευσης είναι σταθερό και ορίζεται ως το σημείο εστίασης. Ο αισθητήρας είναι τότε σε θέση να ανιχνεύσει ένα αντικείμενο σε αυτό το σημείο εστίασης, συν ή μείον κάποια απόσταση, γνωστή ως "παράθυρο ανίχνευσης". Αντικείμενα μπροστά ή πίσω από αυτό το παράθυρο ανίχνευσης αγνοούνται. Το παράθυρο ανίχνευσης εξαρτάται από την ανακλαστικότητα του στόχου και τη ρύθμιση ευαισθησίας. Επειδή όλη η εκπεμπόμενη ενέργεια εστιάζεται σε ένα μόνο σημείο, είναι διαθέσιμη μεγάλη ποσότητα πλεονάζοντος κέρδους, η οποία επιτρέπει στον αισθητήρα να ανιχνεύει εύκολα στενούς ή χαμηλής ανακλαστικότητας στόχους.



Εικόνα 8α Λειτουργία διάχυτης συγκλίνουσας δέσμης (πηγή: IEEE)

Λειτουργία διάχυσης με καταστολή φόντου

Η ανίχνευση σε διάχυτη λειτουργία με καταστολή φόντου αναγνωρίζει στόχους μέχρι μια προκαθορισμένη απόσταση "αποκοπής", αλλά αγνοεί αντικείμενα πέραν αυτής της απόστασης. Αυτή η ρύθμιση ελαχιστοποιεί την ευαισθησία στο χρώμα ενός στόχου μεταξύ των παραλλαγών της αραιής λειτουργίας. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της διάχυτης λειτουργίας με καταστολή φόντου είναι η δυνατότητα να μην λαμβάνεται υπόψη ένα αντικείμενο φόντου που ένας

κανονικός φωτοηλεκτρικός αισθητήρας διάχυτης λειτουργίας μπορεί να αναγνωρίσει λανθασμένα ως στόχο.

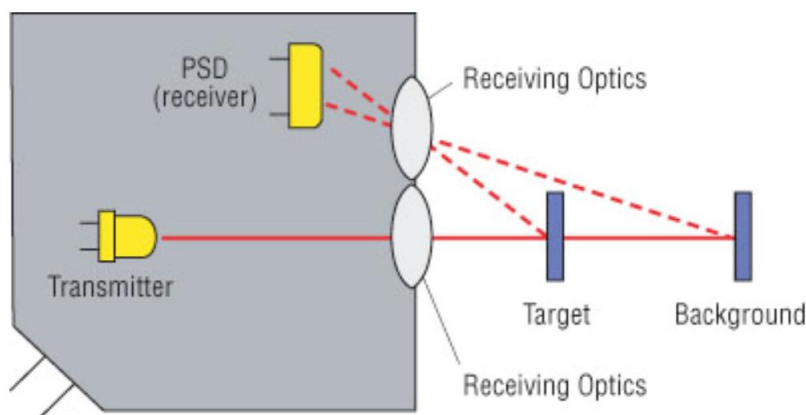
Η διάχυτη λειτουργία με καταστολή φόντου μπορεί να λειτουργήσει είτε σε σταθερή είτε σε μεταβλητή απόσταση. Τεχνικά, υπάρχουν δύο τρόποι μείωσης του φόντου: μηχανικά ή ηλεκτρικά.

Λειτουργία διάχυτης εικόνας με μηχανική καταστολή φόντου

Για τη μηχανική καταστολή φόντου, ο φωτοηλεκτρικός αισθητήρας περιέχει δύο στοιχεία λήψης, το ένα εκ των οποίων λαμβάνει φως από το στόχο και το άλλο από το φόντο. Ο στόχος αναγνωρίζεται και η έξοδος ενεργοποιείται όταν η ποσότητα του ανακλώμενου φωτός στο δέκτη του στόχου υπερβαίνει εκείνη στο δέκτη του φόντου. Όταν ο δέκτης υποβάθρου λαμβάνει περισσότερο ανακλώμενο φως από τον δέκτη στόχου, ο στόχος δεν αναγνωρίζεται και η έξοδος δεν αλλάζει κατάσταση. Για τους αισθητήρες μεταβλητής απόστασης, το εστιακό σημείο είναι μηχανικά ρυθμιζόμενο.

Λειτουργία διάχυτης ακτινοβολίας με ηλεκτρονική καταστολή φόντου

Με την ηλεκτρονική καταστολή φόντου, αντί για μηχανικά μέρη χρησιμοποιείται μια διάταξη ευαίσθητη στη θέση (PSD) στο εσωτερικό του αισθητήρα. Ο πομπός εκπέμπει μια δέσμη φωτός, η οποία ανακλάται σε δύο διαφορετικά σημεία της PSD τόσο από τον στόχο όσο και από το υλικό υποβάθρου. Ο αισθητήρας αξιολογεί το φως που προσπίπτει σε αυτά τα δύο σημεία του PSD και συγκρίνει αυτό το σήμα με την προκαθορισμένη τιμή για να καθορίσει αν η έξοδος αλλάζει κατάσταση.



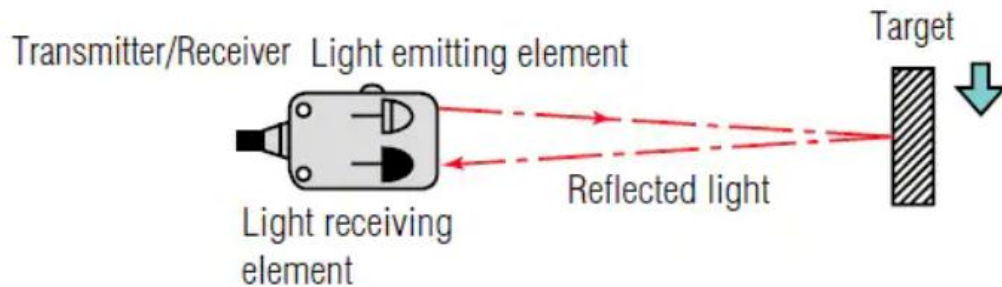
Εικόνα 9 Λειτουργία διάχυτης ακτινοβολίας με ηλεκτρονική καταστολή φόντου

Λειτουργία ανάκλασης

Η δεύτερη σημαντική τεχνική της φωτοηλεκτρικής ανίχνευσης είναι η ανακλαστική. Παρόμοια με τη διάχυτη λειτουργία ανίχνευσης, ο πομπός και ο δέκτης στεγάζονται στο ίδιο περίβλημα, αλλά χρησιμοποιείται ένας ανακλαστήρας για την ανακατεύθυνση του φωτός από τον πομπό στον δέκτη. Όταν ο στόχος σταματήσει τη δέσμη από τον φωτοηλεκτρικό αισθητήρα στον ανακλαστήρα, ανιχνεύεται. Η ανακλαστική λειτουργία επιτρέπει συχνά μεγαλύτερες εμβέλειες ανίχνευσης από τη διάχυτη λειτουργία λόγω της βελτιωμένης απόδοσης του ανακλαστήρα σε σχέση με την ανακλαστικότητα της πλειονότητας των στόχων. Στην αντανακλαστική λειτουργία, το χρώμα και το φινιρίσμα του στόχου δεν επηρεάζουν την εμβέλεια ανίχνευσης, σε αντίθεση με τη διάχυτη λειτουργία.

Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες με λειτουργία αντανάκλασης προσφέρονται με ή χωρίς φίλτρα πόλωσης. Ένα φίλτρο πόλωσης επιτρέπει την επιστροφή στον δέκτη μόνο φωτός με συγκεκριμένη γωνία φάσης, επιτρέποντας στον αισθητήρα να αναγνωρίζει με ακρίβεια ένα φωτεινό αντικείμενο ως στόχο και όχι ως ανακλαστήρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το φως που αντανακλάται από ανακλαστήρες αλλάζει τη φάση του φωτός, αλλά το φως που αντανακλάται από ένα γυαλιστερό αντικείμενο δεν το κάνει. Ένας πολωμένος φωτοηλεκτρικός αισθητήρας ανάκλασης πρέπει να συνδυαστεί με έναν ανακλαστήρα γωνιακού κύβου, μια μορφή ανακλαστήρα που μπορεί να επιστρέψει σωστά φωτεινή ενέργεια κατά μήκος ενός παράλληλου άξονα στον δέκτη. Για κάθε εφαρμογή με ανακλαστικούς στόχους, προτείνονται πολωμένοι ανακλαστικοί αισθητήρες.

Reflective model



Both the light emitting and light receiving elements are contained in a single housing. The sensor receives the light reflected from the target.



Εικόνα 10 Λειτουργία ανάκλασης

Λειτουργία ανάκλασης για σαφή ανίχνευση αντικειμένων

Ένας φωτοηλεκτρικός αισθητήρας με λειτουργία αντανάκλασης για σαφή αναγνώριση αντικειμένων μπορεί να αναγνωρίσει διαφανή αντικείμενα. Αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν ένα κύκλωμα με χαμηλή υστέρηση για την ανίχνευση μικρών αλλαγών στο φως που επικρατούν κατά την ανίχνευση διαφανών αντικειμένων. Ο αισθητήρας λειτουργίας διαυγούς αντικειμένου χρησιμοποιεί πολωμένα φίλτρα τόσο στον πομπό όσο και στον δέκτη του αισθητήρα για την εξάλειψη των εσφαλμένων αποκρίσεων που προκαλούνται από τις ανακλάσεις του στόχου.

Λειτουργία ανάκλασης με καταστολή του προσκηνίου

Εντός μιας συγκεκριμένης απόστασης ή νεκρής ζώνης, οι αισθητήρες αντανάκλασης με καταστολή προσκηνίου δεν θα ανιχνεύουν λανθασμένα γυαλιστερές στοχεύσεις ως ανακλαστήρα. Αυτή η λειτουργία είναι κατάλληλη για την ανίχνευση παλετών σε συρρικνωμένες συσκευασίες, καθώς ένας τυπικός αισθητήρας λειτουργίας ανάκλασης μπορεί να αναγνωρίσει λανθασμένα τη γυαλιστερή επίστρωση ως ανακλαστήρα και να μην αλλάξει κατάσταση. Τα οπτικά ανοίγματα μπροστά από τα τμήματα πομπού και δέκτη στο περίβλημα του αισθητήρα δημιουργούν μια ζώνη που αποτρέπει την εσφαλμένη ανίχνευση ανακλώμενων υλικών.

Λειτουργία διαμπερούς δέσμης

Η τρίτη και τελευταία κύρια τεχνική ανίχνευσης για τους φωτοηλεκτρικούς αισθητήρες είναι η λειτουργία διαμπερούς δέσμης, γνωστή και ως αντιθετική λειτουργία. Αυτή η προσέγγιση έχει ξεχωριστά περιβλήματα για τον πομπό και τον δέκτη. Το φως από τον πομπό κατευθύνεται προς τον δέκτη και όταν ένας στόχος διακόπτει αυτή τη δέσμη φωτός, ενεργοποιείται η έξοδος του δέκτη. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι ο πιο αποδοτικός από τους τρεις και επιτρέπει τις μεγαλύτερες δυνατές αποστάσεις ανίχνευσης για τους φωτοηλεκτρικούς αισθητήρες.

Υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων διαμπερούς δέσμης. Η πιο διαδεδομένη διαμόρφωση αποτελείται από ένα περίβλημα πομπού, ένα περίβλημα δέκτη και μια δέσμη φωτός που συνδέει τα δύο περιβλήματα. Ο τύπος φωτοηλεκτρικού αισθητήρα "σχισμής" ή "πιρούνι" συνδυάζει τον πομπό και τον δέκτη σε ένα ενιαίο περίβλημα, χωρίς να απαιτείται ευθυγράμμιση. Τα φωτεινά πλέγματα είναι συστοιχίες πολυάριθμων πομπών σε ένα περίβλημα και πολυάριθμων δεκτών σε ένα άλλο περίβλημα, οι οποίες, όταν προσανατολίζονται η μία προς την άλλη, παράγουν ένα εικονικό "φύλλο" φωτεινών ακτίνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Όπως είναι γνωστό, οι ηλεκτροκινητήρες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε κάθε τομέα της βιομηχανίας και σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρικών κινητήρων που διατίθενται για αγορά στην αγορά. Οι κινητήρες αυτοί μπορούν να επιλεγούν ανάλογα με τη λειτουργία τους, την τάση και τις εφαρμογές τους. Κάθε κινητήρας αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: το τύλιγμα πεδίου και το τύλιγμα οπλισμού. Ο πρωταρχικός σκοπός του τυλίγματος πεδίου είναι η δημιουργία ενός σταθερού μαγνητικού πεδίου, ενώ το τύλιγμα του οπλισμού μοιάζει με αγωγό οργανωμένο μέσα στο μαγνητικό πεδίο. Λόγω του μαγνητικού πεδίου, το τύλιγμα του οπλισμού χρησιμοποιεί ενέργεια για να δημιουργήσει επαρκή ροπή για την κίνηση του άξονα του κινητήρα. Η τρέχουσα μέθοδος ταξινόμησης των κινητήρων συνεχούς ρεύματος βασίζεται στις συνδέσεις των τυλιγμάτων ή στον τρόπο με τον οποίο τα δύο πηνία του κινητήρα συνδέονται μεταξύ τους.

4.1 Τύποι κινητήρων

Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες ηλεκτρικών κινητήρων: **Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, κινητήρες συνεχούς ρεύματος και κινητήρες ειδικής χρήσης** (Brougham and Haar, 2018).

Κινητήρες AC

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος είναι οι σύγχρονοι, οι ασύγχρονοι και οι επαγωγικοί.

Σύγχρονος κινητήρας

Η λειτουργία του σύγχρονου κινητήρα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τριφασική τροφοδοσία. Το ρεύμα πεδίου ενός ηλεκτροκινητήρα παράγεται από τον στάτη, ο οποίος περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα με βάση τη συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος. Ομοίως, ο δρομέας εξαρτάται από την ίδια ταχύτητα ρεύματος με τον στάτη. Δεν υπάρχει κενό αέρος μεταξύ της ταχύτητας ρεύματος του στάτη και της ταχύτητας του δρομέα. Όταν το επίπεδο ακρίβειας περιστροφής είναι μεγάλο, οι κινητήρες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον αυτοματισμό, τη ρομποτική κ.λπ. Επισκεφθείτε αυτή τη σελίδα για να μάθετε περισσότερα για τα είδη και τις εφαρμογές των σύγχρονων κινητήρων.

Επαγωγικός κινητήρας

Ο ηλεκτρικός κινητήρας που λειτουργεί με ασύγχρονη ταχύτητα είναι γνωστός ως επαγωγικός κινητήρας και η άλλη ονομασία του είναι ασύγχρονος κινητήρας. Ο επαγωγικός κινητήρας χρησιμοποιεί κυρίως την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Με βάση τη δομή του δρομέα, οι κινητήρες αυτοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: κλωβός σκουληκιού και τυλιγμένοι σε φάση. Παρακαλούμε μεταβείτε εδώ για να μάθετε περισσότερα σχετικά με τους τύπους επαγωγικών κινητήρων και τα πλεονεκτήματά τους.

Κινητήρας επαγωγής

Ουσιαστικά, ένας κινητήρας αυτεπαγωγής είναι ένας μονοφασικός σύγχρονος κινητήρας και η δομή του τύπου κλωβού είναι σχετικά παρόμοια με εκείνη ενός επαγωγικού κινητήρα. Ο δρομέας του κινητήρα μοιάζει με κλωβό σκουληκιού, ενώ ο στάτης περιλαμβάνει σύνολα τυλιγμάτων, όπως τα βοηθητικά και τα πρωτεύοντα τυλίγματα. Η πρόσθετη περιέλιξη είναι εξαιρετικά επωφελής στην αρχή της λειτουργίας του κινητήρα. Καθώς παρέχουν μια συνεπή λειτουργία σε σταθερό ρυθμό. Συνήθως, αυτοί οι κινητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές συγχρονισμού, όπως γεννήτριες σημάτων, καταγραφικά μηχανήματα κ.λπ.

Κινητήρας γενικής χρήσης

Πρόκειται για έναν μοναδικό τύπο κινητήρα που λειτουργεί με μία μόνο τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος έναντι μιας τροφοδοσίας συνεχούς ρεύματος. Τα τυλίγματα πεδίου και οπλισμού των κινητήρων γενικής χρήσης συνδέονται σε σειρά, γεγονός που δημιουργεί ισχυρή ροπή εκκίνησης. Αυτοί οι κινητήρες προορίζονται κυρίως για χρήση σε ταχύτητες άνω των 3500 στροφών ανά λεπτό. Χρησιμοποιούν τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος χαμηλής ταχύτητας και τροφοδοσία συνεχούς ρεύματος με συγκρίσιμη τάση.

4.2 Τρόποι εκκίνησης κινητήρων

Παρέχοντας σε έναν επαγωγικό κινητήρα τριφασική τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος, δημιουργείται ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Αυτό το πεδίο αλληλεπιδρά με τους αγωγούς του δρομέα για να δημιουργήσει ροπή για τον δρομέα. Έτσι, ένας επαγωγικός κινητήρας τίθεται σε λειτουργία. Ωστόσο, αυτή η τεχνική απαιτεί υψηλό ρεύμα εισόδου δικτύου εναλλασσόμενου ρεύματος. Ποιο είναι λοιπόν το πρόβλημα με αυτό;

Η υψηλή ζήτηση ρεύματος ενός συγκεκριμένου φορτίου μπορεί να προκαλέσει σημαντικές βυθίσεις τάσης στο σύστημα διανομής εναλλασσόμενου ρεύματος. Αυτό επηρεάζει επίσης άλλα συναφή ηλεκτρικά φορτία εντός του ίδιου συστήματος. Μπορεί ακόμη και να αναφλέξει τα πηνία του κινητήρα. Σε σοβαρές περιπτώσεις, μπορεί να οδηγήσει σε ολική διακοπή ρεύματος.

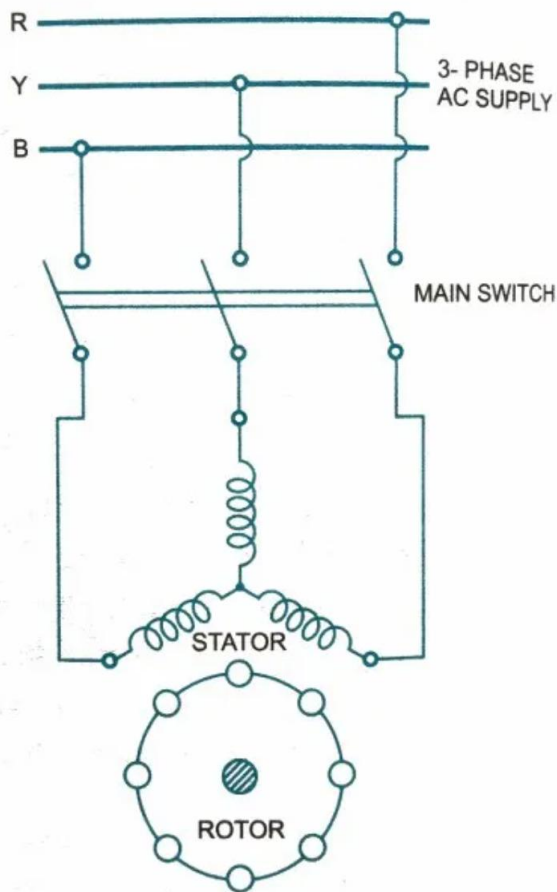
Ωστόσο, μπορούμε εύκολα να εξαλείψουμε αυτό το ζήτημα εάν περιορίσουμε το ρεύμα εκκίνησης του επαγωγικού κινητήρα. Με την υιοθέτηση μεθόδων εκκίνησης του επαγωγικού κινητήρα, το ρεύμα εκκίνησης μπορεί να μειωθεί σε ασφαλές επίπεδο.

Όλες οι τεχνικές εκκίνησης ενός επαγωγικού κινητήρα χρησιμοποιούν έναν εκκινητή για να περιορίσουν το ρεύμα εκκίνησης σε ένα ασφαλές επίπεδο. Επομένως, για έναν επαγωγικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου κλωβού, οι εκκινητές αυτοί μπορεί να είναι είτε:

1. Άμεση εκκίνηση σε απευθείας σύνδεση (DOL)
2. Εκκινητής αρχικής ή πρωτογενούς αντίστασης
3. Εκκινητής αυτόματου μετασχηματιστή
4. Εκκινητής αστέρα-τριγώνου

Άμεση έναρξη on line

Είναι ο φθηνότερος τρόπος εκκίνησης επαγωγικών κινητήρων χαμηλής ονομαστικής ισχύος (δηλ. έως 1,5kW). Αυτός ο εκκινητής παρέχει στον επαγωγικό κινητήρα πλήρη τάση. Κατά συνέπεια, το ονομαστικό ρεύμα πλήρους φορτίου διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, είναι ζωτικής σημασίας ο περιορισμός του ρεύματος εκκίνησης. Περιορίζει αυτός ο εκκινητής το ρεύμα εκκίνησης με οποιονδήποτε τρόπο; Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η στρατηγική αυτή περιορίζεται σε κινητήρες χαμηλής ονομαστικής τιμής. Η απαίτηση ρεύματος εκκίνησης για αυτούς τους κινητήρες είναι εντός των επιτρεπτών ορίων και δεν προκαλεί σημαντική πτώση της τάσης του συστήματος τροφοδοσίας. Επομένως, δεν υπάρχει καμία δυσκολία με την εφαρμογή της μέγιστης ονομαστικής τάσης στους ακροδέκτες του κινητήρα.



Εικόνα 11 Άμεση έναρξη on line

Προστασία

Αυτός ο εκκινητής διαθέτει κυκλώματα προστασίας για υπέρταση, υπόταση και θερμική υπερφόρτωση. Κατά συνέπεια, το κύκλωμα ελέγχου αποσυνδέει τον κινητήρα από το δίκτυο τροφοδοσίας εναλλασσόμενου ρεύματος σε περίπτωση μεταβολών. Κατά συνέπεια, διασφαλίζει τον επαγωγικό κινητήρα.

Πλεονεκτήματα

1. Είναι η λιγότερο δαπανηρή αρχή.
2. Διαθέτει σημαντική ροπή εκκίνησης.
3. Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για την εκκίνηση του κινητήρα.

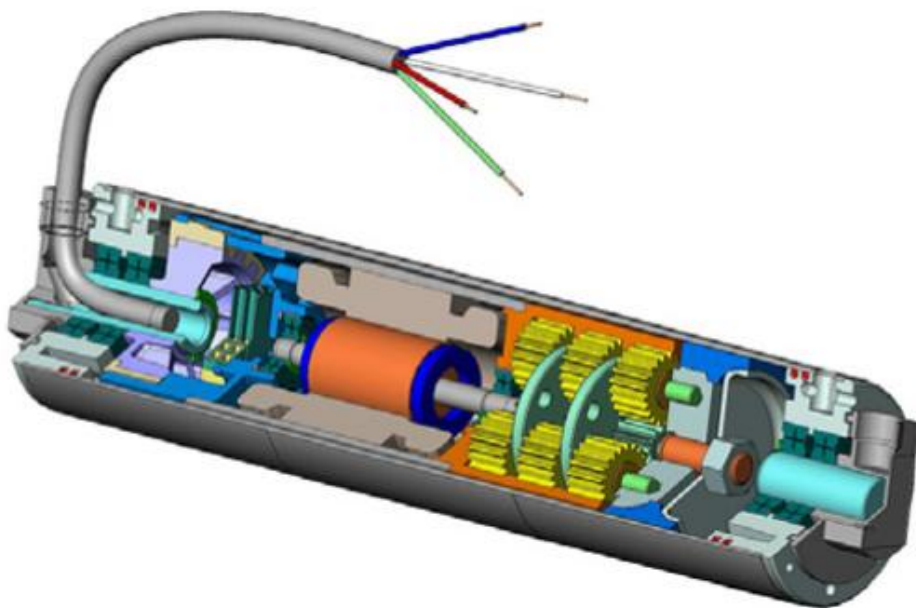
Μειονεκτήματα

1. Είναι κατάλληλη μόνο για επαγωγικούς κινητήρες χαμηλής ισχύος.
2. Τα τυλίγματα του κινητήρα παρουσιάζουν υψηλή ένταση ρεύματος.

4.3 Τυμπανοκινητήρας

Ο κινητήρας τυμπάνου (ή μηχανοκίνητη τροχαλία) είναι ένας οδοντωτός κινητήρας που στεγάζεται σε ένα χαλύβδινο περίβλημα και χρησιμεύει ως τροχαλία κίνησης ιμάντα μεταφοράς ενός συστατικού. Η έννοια του κινητήρα τυμπάνου περιγράφηκε αρχικά το 1928, αλλά δεν χρησιμοποιήθηκε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1950, όταν κατασκευάστηκαν οι πρώτοι κινητήρες τυμπάνου που απευθύνονταν σε μεταφορικές ταινίες. Στόχος ήταν η δημιουργία μιας μικρής, πλήρως κλειστής, μονοσυστατικής μονάδας κίνησης με μεγαλύτερη απόδοση και μειωμένες απώλειες τριβής σε σχέση με έναν παραδοσιακό κινητήρα με γρανάζια. Οι κινητήρες τυμπάνου χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεταφορικές ταινίες ελέγχου και μηχανήματα ασφαλείας αεροδρομίων, σε πάγκους ελέγχου σούπερ μάρκετ, σε μεταφορικές ταινίες επεξεργασίας τροφίμων και σε εξοπλισμό ζύγισης. Οι πόρτες ρολών χρησιμοποιούν επίσης αναστρέψιμους κινητήρες τυμπάνου (Jabbour et al., 2018a).

Η ιδέα της κίνησης ιμάντα με κινητήρα τυμπάνου εισήλθε στη βιομηχανία μεταφορέων ως μια νέα κίνηση για εφαρμογές ταινιόδρομων στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Οι κινητήρες τυμπάνου διαφέρουν από τους παραδοσιακούς κινητήρες ταινιόδρομου στο ότι όλα τα κινητήρια εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτροκινητήρα, του μειωτήρα και των ρουλεμάν, περιέχονται στο τύμπανο.

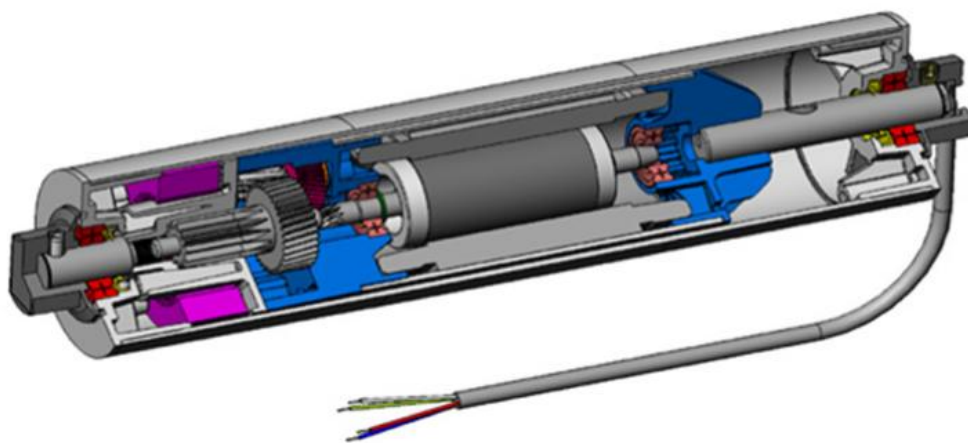


ΕΙΚΟΝΑ 14.α. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα.

Ο κινητήρας τυμπάνου έχει μια μοναδική αρχιτεκτονική κίνησης μάντα χωρίς ορατά εξαρτήματα κίνησης και χωρίς άλλα εξαρτήματα κίνησης που περιστρέφονται εκτός του πλαισίου του μεταφορέα. Επιπλέον, ο κινητήρας τυμπάνου βελτιστοποιεί τόσο τη χρήση χώρου όσο και την ασφάλεια των εργαζομένων. Όταν χρησιμοποιείται ένας κινητήρας τυμπάνου, δεν απαιτείται να τοποθετηθούν στο πλαίσιο του μεταφορέα ένας εξωτερικός ηλεκτροκινητήρας, ένας μειωτήρας, ρουλεμάν, αλυσίδα και προστατευτικά αλυσίδας.

Οι πιο συνηθισμένοι τυπικοί κινητήρες μεταφορέα χρησιμοποιούν είτε έναν μειωτήρα ταχυτήτων που τοποθετείται απευθείας στον άξονα κίνησης είτε οδοντωτούς τροχούς και αλυσίδες για την κίνηση του τυμπάνου κίνησης της κεφαλής του μεταφορέα. Η χρήση μειωτήρα οδοντωτών τροχών 90 μοιρών μειώνει την απόδοση της κίνησης, με αποτέλεσμα μηχανικές απώλειες. Στην κίνηση με κινητήρα τυμπάνου μεταφορέα, ο κινητήρας και ο μειωτήρας είναι μηχανικά συνδεδεμένοι σε σειρά. Ανάλογα με τον τύπο του μειωτήρα ταχυτήτων που αξιολογείται, αυτό βελτιώνει τη μηχανική απόδοση κατά 20 έως 40 τοις εκατό.

Ο κινητήρας τυμπάνου αποτελείται από έναν κύλινδρο με δύο τετράγωνους άξονες που εκτείνονται από κάθε πλευρά, καθώς και από ένα κουτί ηλεκτρικών συνδέσεων στη μία πλευρά που συγκρατεί τις ηλεκτρικές συνδέσεις. Οι άξονες είναι τετράγωνοι και παραμένουν ακίνητοι. Είναι προσαρτημένοι στο πλαίσιο του μεταφορέα, καταργώντας την ανάγκη για ρουλεμάν μπλοκ μαξιλαριών. Ο κινητήρας βραχυκυκλωμένου κλωβού εναλλασσόμενου ρεύματος περιλαμβάνει τον ηλεκτροκινητήρα που περιέχεται εντός του κυλίνδρου (τύμπανο κίνησης). Δεν υπάρχει ανάγκη για κινούμενες ψήκτρες ή δακτυλίους ολίσθησης για τη μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας στα τυλίγματα του στάτη, δεδομένου ότι ο στάτης δεν περιστρέφεται.





ΕΙΚΟΝΑ 14.β. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα, διαφορετικής φιλοσοφίας όσον αφορά την σχεδιασμό μετάδοσης κίνησης.

Ο άξονας του δρομέα είναι ο οδοντωτός τροχός εισόδου που κινεί μια μείωση του γραναζιού δύο ή τριών βαθμίδων. Η τελευταία βαθμίδα του μειωτήρα γραναζιών κινεί έναν οδοντωτό δακτύλιο που στερεώνεται απευθείας στην ακραία φλάντζα και η ακραία φλάντζα βιδώνεται απευθείας στο τύμπανο κίνησης, το οποίο περιστρέφει τον κινητήρα τυμπάνου.

Όλα τα εσωτερικά εξαρτήματα, συμπεριλαμβανομένου του κινητήρα, των γραναζιών και των ρουλεμάν, είναι βυθισμένα σε λάδι. Ο κινητήρας τυμπάνου είναι ερμητικά σφραγισμένος και φορτωμένος με λάδι σε βάθος ενός τρίτου. Το λάδι εντός του κινητήρα τυμπάνου χρησιμεύει τόσο ως λιπαντικό όσο και ως ψυκτικό μέσο. Όταν ο κινητήρας τυμπάνου λειτουργεί, το λάδι μεταφέρει τη θερμότητα που παράγεται από τον ηλεκτροκινητήρα και τον μειωτήρα γραναζιών στο περιστρεφόμενο τύμπανο, το οποίο στη συνέχεια διαχέει τη θερμότητα στον ιμάντα μεταφοράς. Καθώς η θερμοκρασία εντός του κινητήρα τυμπάνου αυξάνεται, η εσωτερική πίεση μπορεί να φτάσει το 1 ατμόσφαιρα (14,6 psi). Λόγω της εσωτερικής πίεσης, απαιτείται η ερμητική στεγανοποίηση του κινητήρα τυμπάνου για την αποφυγή διαρροής λαδιού.

Διαφορετικοί κατασκευαστές παρέχουν κινητήρες τυμπάνου με διαφορετικά μεγέθη τυμπάνου, ταχύτητες ιμάντα και ιπποδύναμη (HP). Η διάμετρος του κινητήρα τυμπάνου καθορίζεται από την απαιτούμενη ιπποδύναμη και η ιπποδύναμη είναι συνεπώς γεωμετρικά περιορισμένη, επειδή όλα τα μηχανικά και ηλεκτρικά εξαρτήματα πρέπει να χωράνε μέσα στον κύλινδρο του κινητήρα τυμπάνου. Οι κινητήρες τυμπάνου προσφέρουν ένα εύρος καθορισμένων ταχυτήτων ιμάντα προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ταχύτητα ιμάντα. Όταν απαιτείται μεταβλητή ταχύτητα ιμάντα, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση του λόγου μείωσης του μειωτήρα ή με τη χρήση ενός μετατροπέα συχνότητας.

Συνήθως, έως και το 95% της ισχύος εξόδου του κινητήρα αποδίδεται στο κέλυφος του τυμπάνου λόγω του εν σειρά συστήματος μετάδοσης που χρησιμοποιεί δύο ή τρία στάδια ελικοειδών ή πλανητικών γραναζιών. Τα γρανάζια μπορούν να κατασκευαστούν από υψηλής ποιότητας χάλυβα, συμπτυκνωμένο μέταλλο ή πλαστικό.

Χρησιμοποιώντας παρεμβύσματα συμπίεσης, σχηματίζεται σύνδεση ηλεκτρικού καλωδίου ή υδραυλικού σωλήνα μέσω ενός από τους σταθερούς άξονες. Για τη στεγανοποίηση του άξονα και της σύνδεσης χρησιμοποιούνται υλικά υψηλής ποιότητας, όπως NBR, FPM ή άνθρακα. Για τη λίπανση χρησιμοποιούνται λάδι και γράσο. Το λάδι βοηθά επίσης στην ψύξη του κινητήρα, ωστόσο οι κινητήρες μπορούν επίσης να ψύχονται με αέρα.

Το κέλυφος του τυμπάνου (ή η πρόσοψη της τροχαλίας) είναι συχνά στεφανωμένο για να επιτρέπει την κεντρική παρακολούθηση του ιμάντα και μπορεί να κατασκευαστεί από αλουμίνιο, χάλυβα ή ανοξείδωτο χάλυβα. Για συγκεκριμένους σκοπούς, μπορούν να κατασκευαστούν κυλινδρικά κελύφη και να εξοπλιστούν με εξωτερικούς οδοντωτούς τροχούς ή περιστρεφόμενες βούρτσες. Για τη βελτίωση της τριβής μεταξύ του κελύφους και του μεταφορικού ιμάντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν καουτσούκ NBR, PU και άλλες επιστρώσεις. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν θερμά βουλκανισμένα ή χυτευμένα διαμορφωμένα προφίλ για την κίνηση πλαστικών ή χαλύβδινων σπονδυλωτών ιμάντων.

Οι μη περιστρεφόμενοι εκτεθειμένοι άξονες τυμπάνου χρησιμοποιούνται για την τοποθέτηση και τη στερέωση του κινητήρα τυμπάνου στο πλαίσιο του μεταφορέα. Ο άξονας μπορεί να είναι ένας ενιαίος "διαμερής" άξονας στον οποίο συναρμολογούνται και ασφαρίζονται ο κινητήρας και το κιβώτιο ταχυτήτων χρησιμοποιώντας κλειδιά ή πείρους. Λόγω των δυνάμεων κάμψης που προκαλούνται από τη συνήθη τάση του ιμάντα ενός μεταφορέα, αυτός ο τύπος σχεδιασμού κινητήρα τυμπάνου έχει περιορισμένο μέγιστο ακτινικό φορτίο και συνεπώς χρησιμοποιείται κυρίως για μικρούς, ελαφρούς μεταφορείς και φορτία. Για βαρύτερα φορτία, ο πιο συνηθισμένος σχεδιασμός αποτελείται από δύο ξεχωριστούς άξονες, ο ένας στερεωμένος στο περίβλημα του κινητήρα και ο άλλος στερεωμένος στο περίβλημα του κιβωτίου ταχυτήτων, όπου η μάζα του μετάλλου από τον κινητήρα και το κιβώτιο ταχυτήτων αυξάνει σημαντικά την αντοχή του κινητήρα τυμπάνου, επιτρέποντας έτσι σημαντικά υψηλότερα ωφέλιμα φορτία και μεγαλύτερες εφαρμογές σε μεταφορείς. Συνήθως, ο ένας άξονας είναι μικρός (stub shaft) και έχει σταθερό μήκος, ενώ το μήκος του άλλου

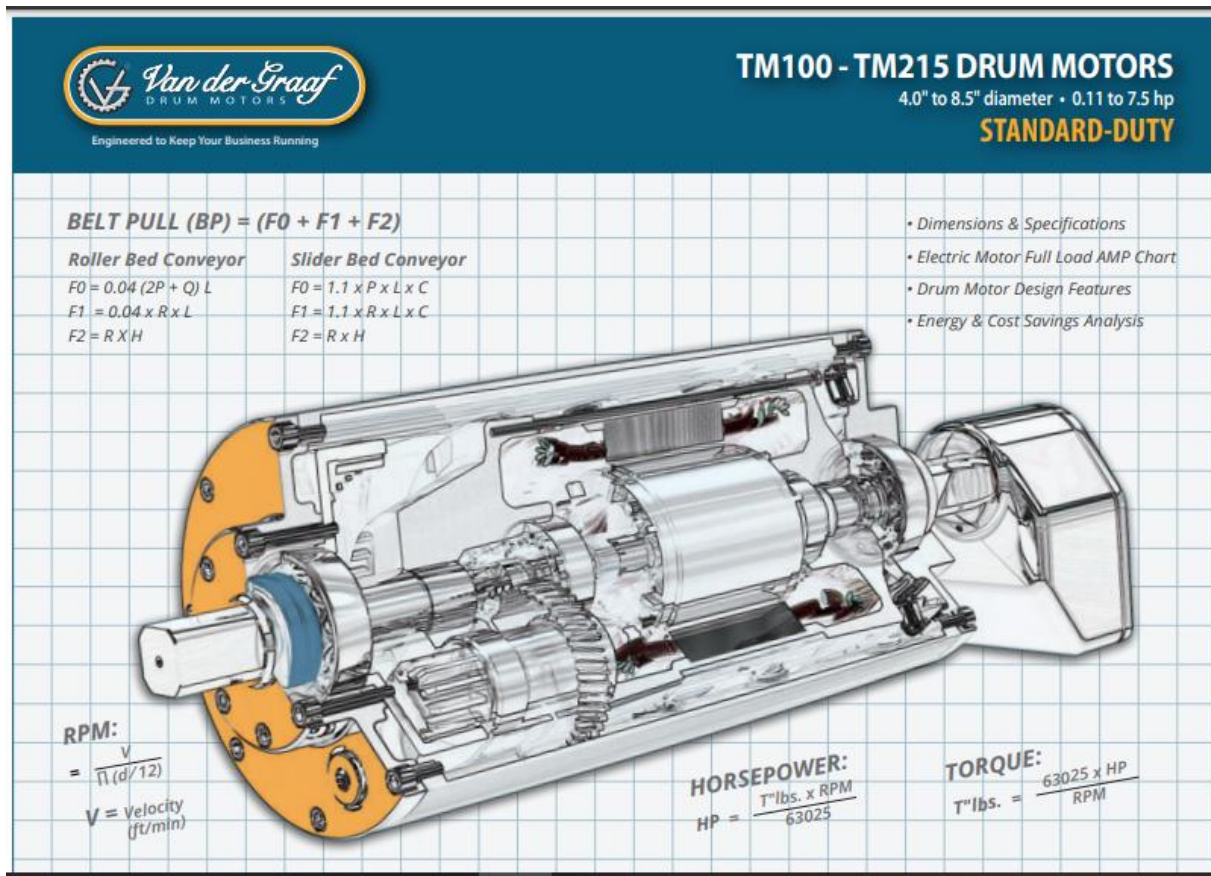
άξονα αυξάνεται αναλογικά με το κέλυφος του τυμπάνου ή το πλάτος του ιμάντα. Πάνω από συγκεκριμένα πλάτη, ο άξονας μπορεί να ενισχυθεί περαιτέρω για να αποτραπεί η κάμψη του κάτω από την έντονη καταπόνηση του ιμάντα.

Η πλειονότητα των κινητήρων τυμπάνου μπορεί να εξοπλιστεί με μη αναστρέψιμα έδρανα backstop για να αποτρέπεται η κύλιση των κεκλιμένων ταινιών μεταφοράς προς τα πίσω ή με ηλεκτρομαγνητικά φρένα για αναστρέψιμες κεκλιμένες ταινίες μεταφοράς ή για ταχεία διακοπή. Επιπλέον, στα έδρανα του ρότορα μπορούν να ενσωματωθούν αυξητικοί κωδικοποιητές για να παρέχουν ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου για ακριβή παρακολούθηση, τοποθέτηση και εντοπισμό του προϊόντος στον ιμάντα.

Λόγω του γεγονότος ότι ο κινητήρας τυμπάνου είναι πλήρως κλειστός, δεν απαιτεί συντήρηση και έχει καθαρό, ομαλό προφίλ χωρίς πρόσθετο εξοπλισμό ή προεξοχές. Δεν μπορεί να μολύνει τα τρόφιμα, τον ηλεκτρικό εξοπλισμό ή τις φαρμακευτικές ενώσεις. [dubious - discuss] Επιπλέον, όταν είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα, ο κινητήρας τυμπάνου μπορεί να καθαρίζεται και να αποστειρώνεται περιοδικά με τη χρήση νερού υψηλής πίεσης, ατμού ή χημικών ουσιών, καθιστώντας τον τον πιο υγιεινό σχεδιασμό για μια κίνηση μεταφορικής ταινίας μέχρι σήμερα. Ιδιαίτερα σε εφαρμογές επεξεργασίας τροφίμων, ο καθαρισμός είναι σημαντικά ταχύτερος και λιγότερο απαιτητικός σε εργασία, γεγονός που συχνά μειώνει τα λειτουργικά έξοδα.

Ο κινητήρας τυμπάνου διαθέτει λιγότερα εξαρτήματα και έχει ελάχιστο κόστος απογραφής, καθώς αποτελείται μόνο από τον κινητήρα τυμπάνου και δύο βραχίονες στήριξης. Σε αντίθεση με τους παραδοσιακούς κινητήρες, οι οποίοι απαιτούν τουλάχιστον οκτώ ανεξάρτητα εξαρτήματα, η πλειονότητα των οποίων πρέπει να προμηθεύεται από πολλαπλές πηγές ή κατασκευαστές. Το μέγεθος είναι ένα πρόσθετο πλεονέκτημα. Ο κινητήρας τυμπάνου είναι συχνά ελαφρύτερος από τους παραδοσιακούς κινητήρες και το βάρος του πλαισίου του μεταφορέα κατανέμεται ισομερώς. Επειδή ο κινητήρας, το κιβώτιο ταχυτήτων και τα ρουλεμάν είναι πλήρως εγκιβωτισμένα και σφραγισμένα σε ένα περίβλημα, είναι απίθανο να παρουσιάσουν βλάβη λόγω περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως νερό, σκόνη, βρωμιά, τρίμματα, χημικά, γράσο, λάδι κ.λπ.

4.3.1 Ο κινητήρας Van der Graaf (σειρά TM127A25 ή TM127-25)



ΕΙΚΟΝΑ 15.α. 3D απεικόνιση του εσωτερικού ενός τυμπανοκινητήρα της σειράς TM100.

Ο τυμπανοκινητήρας Van der Graaf μηχανή ενός στοιχείου που συμπεριλαμβάνει στο εσωτερικό της όλα τα εξαρτήματα, έτσι εξαλείφεται η ανάγκη για εξωτερικά μηχανικά μέρη όπως κινητήρας, κιβώτιο μετάδοσης κίνησης, γρανάζια, ιμάντας ή αλυσίδα κίνησης και κουζινέτα. Αυτό μειώνει τα λειτουργικά κόστη, τα κόστη συντήρησης και βελτιώνει την συνθήκες εργασίας κατά τη διάρκεια της λειτουργίας και της συντήρησης και επειδή είναι εντελώς σφραγισμένο μπορεί να λειτουργεί σε εξαιρετικά δύσκολες συνθήκες.

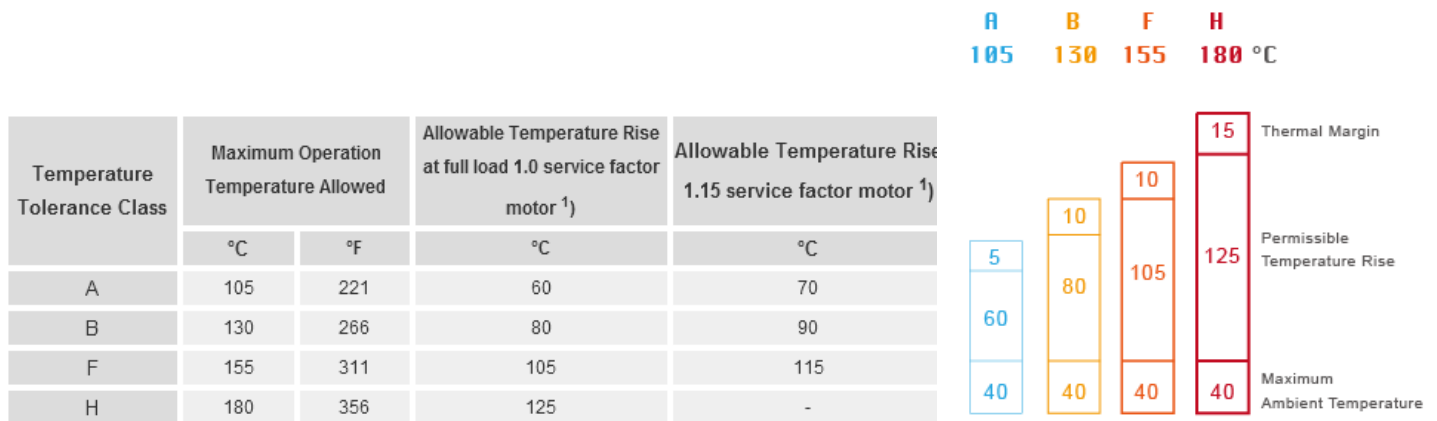
ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ. Όλα τα κινούμενα μέρη όπως αναφέραμε και παραπάνω είναι ενκιβωτισμένα στο εσωτερικό της μηχανής πράγμα που μειώνει εξαιρετικά την επικινδυνότητα εργασίας.

ΧΑΜΗΛΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ. Οι κινητήρες Van der Graaf drum λειτουργούν με απόδοση 96% πράγμα που μπορεί να μας εξοικονομήσει μέχρι και 30% ενέργειας σε σχέση με παραδοσιακά συστήματα κίνησης και μετάδοσης.

ΧΑΜΗΛΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΘΟΡΥΒΟΥ. Τα μηχανικά μέρη του κιβωτίου μετάδοσης είναι κατασκευασμένα απο υψηλής ποιότητας ατσάλι και επεξεργασμένα-χαραγμένα σύμφωνα με τα πρότυπα AGMA/DIN 6 , μειώνοντας έτσι τον θόρυβο που παράγεται απο τη λειτουργία.

ΑΠΟΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ. Όλα τα μηχανικά μέρη του κινητήρα είναι βυθισμενα στο λαδί που βρίσκεται στο εσωτερικό του και είναι σφραγισμένο απο το εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμότητα που παράγεται απο τη λειτουργία του κιβωτίου μετάδοσης μεταδίδεται προς το περιβάλλον μέσω του λαδίου.

ΜΟΝΩΣΗ. Όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για να κατασκευαστούν τα τυλύγματα του κινητήρα πληρούν τις προϋποθέσεις του προτύπου Class F standards (155°C), όσον αφορά τη θερμοκρασία λειτουργίας. Επιπλέον επίπεδα πιστοποίησης είναι εφικτά εφόσον απαιτηθεί.

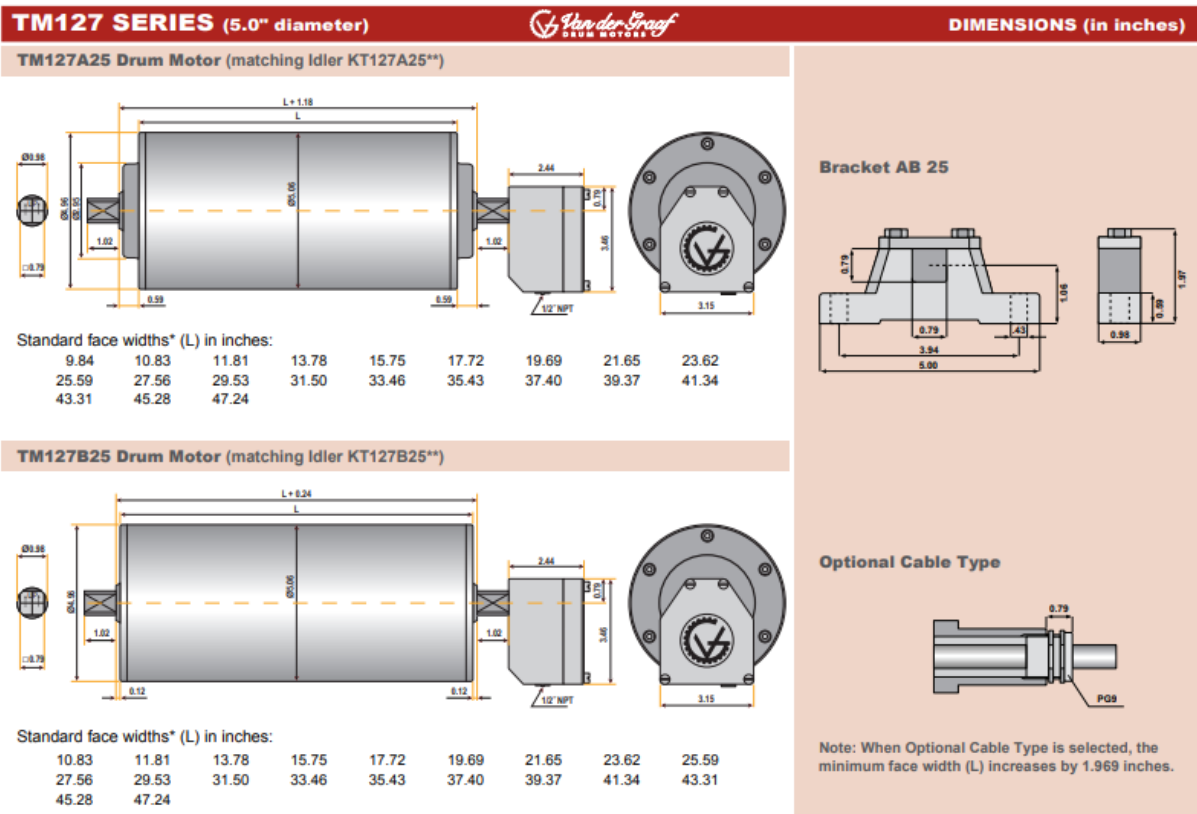


ΕΙΚΟΝΑ 15.β. Κατηγορίες θερμοκρασιών λειτουργίας και ορίου αύξησης της θερμοκρασίας και τα τη διάρκεια λειτουργίας.

$$T(^{\circ}F) = [T(^{\circ}C)](9/5) + 32$$

- Η επιτρεπόμενη θερμοκρασία ελιτοργίας υπολογίζεται με βάση τη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C.
- Η θερμοκρασία λειτουργίας είναι θερμοκρασία αναφοράς+επιτρεπόμενη άυξηση θερμοκρασίας+ επιτρεπόμενο όριο θερμοκρασίας τυλιγμάτων.
- Example Temperature Tolerance Class F: 40°C + 105°C + 10°C = 155°C.
- Γενικά η θερμοκρασία λειτουργίας του κινητήρα δεν πρέπει να υπερβαίνει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία των προδιαγραφών. Κάθε δέκα βαθμοί θερμοκρασίας πάνω απο το όριο μειώνουν το χρόνο ζωής του κινητήρα στο μισό.

- Temperature Tolerance Class B is the most common insulation class used on most 60 cycle US motors. Temperature Tolerance Class F is the most common for international and 50 cycle motors.



ΕΙΚΟΝΑ 15.γ. Διαστάσεις τυμπάνου και βάσεων έδρασης.

1.5 HP

V (ft/min) MIG	316 4/S2	237 4/S2	201 4/S2	124 4/S2
Belt Pull (lbs)	156	207	244	396
Drum RPM	243	182	155	95

1.0 HP

V (ft/min) MIG	646 2/S2	484 2/S2	411 2/S2	316 4/S2	237 4/S2	201 4/S2	147 4/S2	124 4/S2	110 4/S2	73 4/PL2	58 4/PL2	49 4/PL2	38 4/PL2
Belt Pull (lbs)	51	68	80	104	138	163	223	264	298	449	565	669	767
Drum RPM	497	372	316	243	182	155	113	95	85	56	45	38	29

0.75 HP

V (ft/min) MIG	651 2/S2	488 2/S2	414 2/S2	328 4/S2	246 4/S2	209 4/S2	152 4/S2	134 4/S3	114 4/S2	97 4/S2	87 6/S2	74 6/S2	62 4/S3	56 4/S3	50 4/PL2
Belt Pull (lbs)	38	50	59	75	100	118	162	183	216	253	282	332	366	408	491
Drum RPM	501	375	318	252	189	161	117	103	88	75	67	57	48	43	38

V (ft/min) MIG	40 4/PL2
Belt Pull (lbs)	614
Drum RPM	31

0.5 HP

V (ft/min) MIG	321 4/S2	241 4/S2	205 4/S2	149 4/S2	131 4/S2	98 4/S2	83 4/S2	64 6/S2	54 4/S3	41 4/S3	33 6/PL2	26 6/PL2
Belt Pull (lbs)	51	68	80	110	125	167	197	256	303	400	496	630
Drum RPM	247	185	158	115	101	75	64	49	42	32	25	20

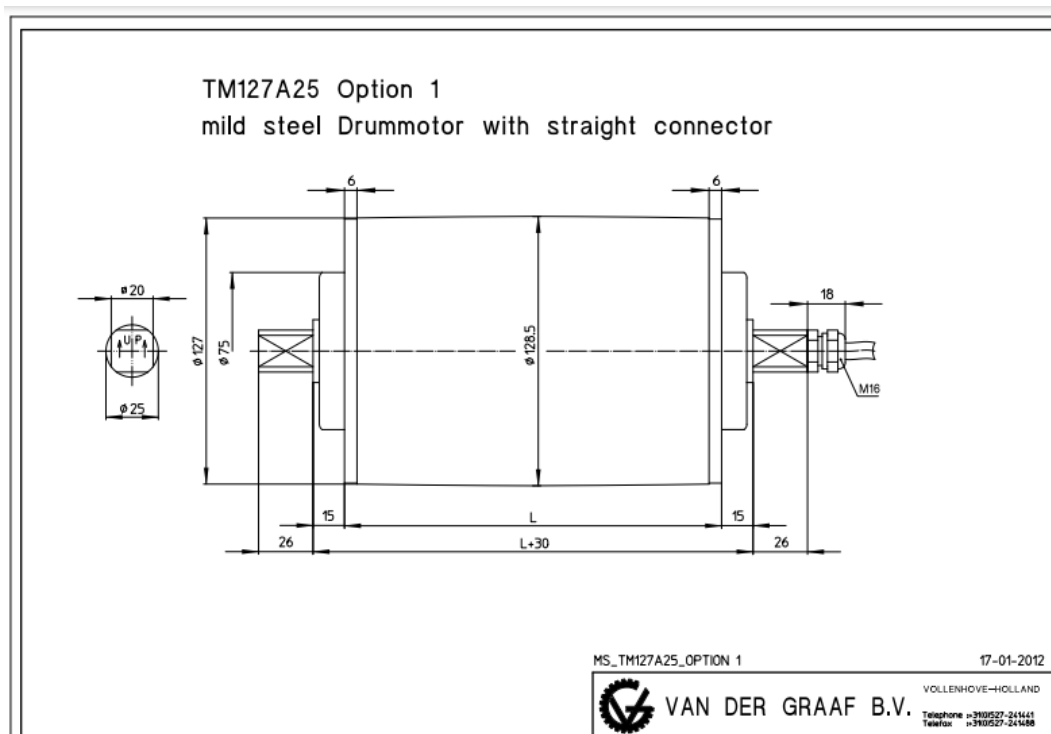
0.34 HP

V (ft/min) MIG	322 4/S2	241 4/S2	205 4/S2	149 4/S2	131 4/S2	99 4/S2	84 4/S2	61 4/S3	54 4/S3	41 4/S3
Belt Pull (lbs)	35	46	54	75	85	113	133	183	206	272
Drum RPM	248	185	158	115	101	76	65	47	42	32

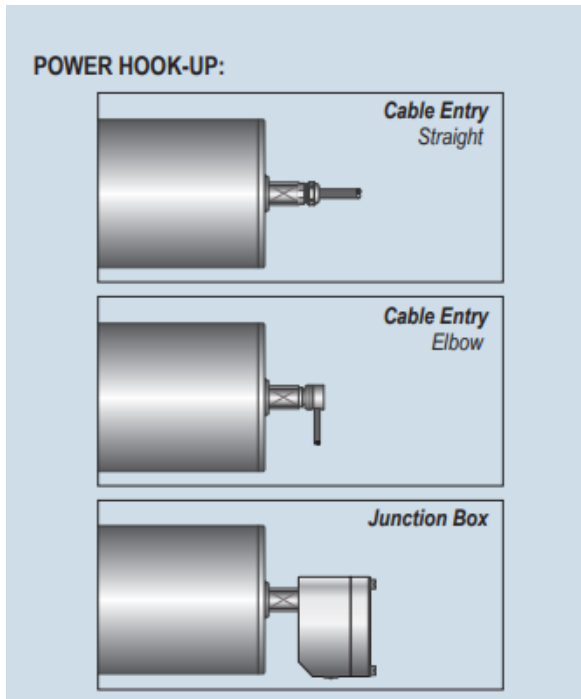
0.25 HP

V (ft/min) MIG	11.1 4/PL3	8.7 4/PL3	7.3 4/PL3	5.8 4/PL3
Belt Pull (lbs)	738	767	767	767
Drum RPM	8.3	6.7	5.6	4.5

EIKONA 16. Πίνακας χαρακτηριστικών όπως ίσχυ, γωνιακή ταχύτητα και γραμμική ταχύτητα.



ΕΙΚΟΝΑ 17.α Διαστάσεις τυμπάνου, σεμπεριλαμβανομένου του σημείου ηλεκτρικής σύνδεσης (καλωδίωση) του κινητήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 17.β. Τύποι καλωδίωσης του κινητήρα.

4.4 Χρήσεις τυμπανοκινητήρα

Τρόφιμα και ποτά

Η κατάλληλη κίνηση για εφαρμογές επεξεργασίας τροφίμων και παραγωγής τροφίμων είναι οι κινητήρες τυμπάνων. Χάρη στον εγκιβωτισμένο σχεδιασμό τους από ανοξείδωτο χάλυβα, οι κινητήρες τυμπάνου υπερέχουν από άποψη καθαριότητας. Οι κινητήρες τυμπάνου μας πληρούν τις υψηλότερες δυνατές απαιτήσεις υγιεινής, καθώς χρησιμοποιούν μόνο υψηλής ποιότητας εξαρτήματα που είναι ασφαλή για τρόφιμα, όπως ανοξείδωτο ατσάλι και ειδικό μη τοξικό λάδι.

Οι ταινιομεταφορείς που είναι εξοπλισμένοι με ενσωματωμένο κινητήρα τυμπάνου είναι πιο παραγωγικοί από εκείνους με παραδοσιακό κινητήρα. Οι κινητήρες τυμπάνου είναι εξαιρετικά ακριβείς και μπορούν να εκκινήσουν και να σταματήσουν γρήγορα. Όλα τα

εξαρτήματα ενσωματώνονται στο εσωτερικό του κινητήρα τυμπάνου, μειώνοντας το αποτύπωμά του. Οι κινητήρες τυμπάνου μας είναι εύκολα στην εγκατάσταση μοντέλα plug-and-play που εξοικονομούν χρόνο και χρήμα.

Πλεονεκτήματα

1. Πλήρως εγκιβωτισμένοι σε ανοξείδωτο χάλυβα (IP69K)
2. Χωρίς εξωτερικό μειωτήρα
3. Συμμόρφωση με τα πρότυπα υγιεινής
4. Δεν συσσωρεύεται σκόνη ή βρωμιά
5. Αβίαστος καθαρισμός με ατμό και πίεση

Συσκευασία & Logistics

Οι κινητήρες τυμπάνων χρησιμοποιούνται κυρίως στις βιομηχανίες συσκευασίας και εφοδιαστικής για τη μεταφορά, ώθηση, τροφοδοσία και απόρριψη αντικειμένων. Για οριζόντια κινητικότητα εκτός από τη μετάβαση μεταξύ ορόφων.

Οι κινητήρες τυμπάνων χρησιμοποιούνται επίσης σε δυναμικές αποθήκες, όπου αντικείμενα με υψηλή διακίνηση διακινούνται γρήγορα, ενώ παράλληλα μεγιστοποιείται η αποδοτικότητα του χώρου. Οι ροές παλετών και οι ροές χαρτοκιβωτίων ελαχιστοποιούν σημαντικά τον χρόνο που απαιτείται για την παραλαβή παραγγελιών.

Πλεονεκτήματα

1. Προαιρετική δυναμική ανατροφοδότηση με κωδικοποιητή για μη οριζόντιους μεταφορείς
2. Συμπαγής σχεδιασμός
3. Ανθεκτικότητα και μικρή συντήρηση
4. Κατάλληλο για S1-100

4.5 Χαρακτηριστικά τυμπανοκινητήρων

Λόγω της αυτόνομης αρχιτεκτονικής του κινητήρα τυμπάνου, μπορεί να επιβιώσει σε διαδικασίες πλύσης με υψηλή πίεση, γεγονός που προάγει την καθαριότητα και την υγιεινή, καθιστώντας τον μια μοναδική και επιθυμητή λύση για εφαρμογές επεξεργασίας τροφίμων.

Οι κινητήρες τυμπάνου είναι επίσης πιο αποδοτικοί από τους εξωτερικά τοποθετημένους ιμάντες, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας χωρίς απώλεια ροπής ή επιδόσεων. Ως αποτέλεσμα της συμβολής τους σε έναν πιο εξορθολογισμένο σχεδιασμό του μεταφορέα, οι κινητήρες τυμπάνου αυξάνουν την ασφάλεια των εργαζομένων, καθώς εξαλείφεται η ανάγκη για αλυσίδα και οδοντωτούς τροχούς (Caradonna, 2014).

Ο χρόνος που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός κινητήρα τυμπάνου εντός του πλαισίου ενός μεταφορέα είναι σημαντικά μικρότερος από τον χρόνο που απαιτείται για την εγκατάσταση ενός εξωτερικού συμβατικού κινητήρα.

Ο κινητήρας του τυμπάνου δεν απαιτεί καμία συντήρηση. Σε περίπτωση βλάβης του ηλεκτροκινητήρα ή του μειωτήρα ταχυτήτων, ο κινητήρας τυμπάνου πρέπει να αφαιρεθεί από το πλαίσιο του μεταφορέα, με αποτέλεσμα τη διακοπή της παραγωγής. Χρησιμοποιώντας τη συνήθη διάταξη εξωτερικού κινητήρα/κιβωτίου ταχυτήτων, οι συντηρητές μπορούν να πραγματοποιούν επισκευές σε συντομότερο χρόνο, καθώς όλα τα εξαρτήματα της κίνησης είναι τοποθετημένα εκτός του πλαισίου του μεταφορέα και επομένως είναι πιο εύκολα προσβάσιμα.

5.1 Διατάξεις προστασίας απο βραχυκυκλώματα

Οι διατάξεις προστασίας για τα ηλεκτρικά κυκλώματα παρέχουν δύο πρωταρχικούς σκοπούς: συνοχή και προστασία. Η προστασία από υπερένταση εξασφαλίζει την ασφάλεια αποσυνδέοντας την παροχή ρεύματος σε ένα κύκλωμα, εξαλείφοντας έτσι τον κίνδυνο πυρκαγιάς και ηλεκτροπληξίας. Επιπλέον, για ορισμένα στοιχεία, η σωστή προστασία μπορεί να είναι απαραίτητη για τη συμμόρφωση με τις οργανωτικές αρχές. Οι σχεδιαστές πρέπει να καταβάλλουν προσπάθεια για να κατανοήσουν τις διάφορες διατάξεις προστασίας κυκλωμάτων. Συσκευές προστασίας που χρησιμοποιούνται για την προστασία των κυκλωμάτων από υπερβολικές τάσεις ή ρεύματα. Αυτό το άρθρο ορίζει τη συσκευή προστασίας και περιγράφει τους πολλούς τύπους συσκευών προστασίας που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Η συσκευή προστασίας κυκλώματος είναι μια ηλεκτρική συσκευή που χρησιμοποιείται για την αποτροπή βραχυκυκλώματος που προκαλείται από υπερβολική ποσότητα ρεύματος. Για να εξασφαλιστεί το μέγιστο επίπεδο ασφάλειας, υπάρχει μια ποικιλία συσκευών προστασίας στην αγορά, όπως ασφάλειες, διακόπτες κυκλώματος, RCCBs, σωλήνες εκκένωσης αερίου, θυρίστορ και άλλα.

Παραδείγματα των πολλών τύπων συσκευών προστασίας κυκλωμάτων περιλαμβάνουν τα ακόλουθα.

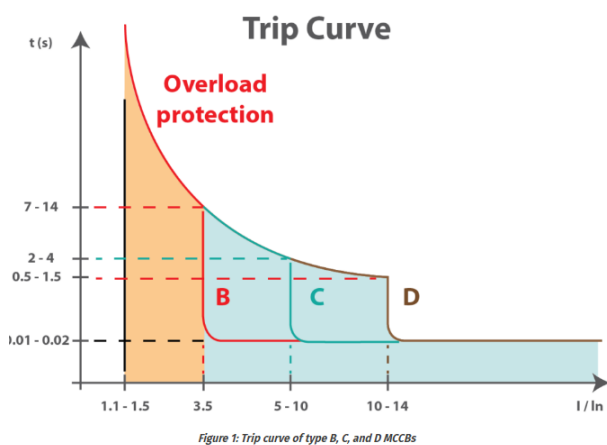
Ασφάλεια

Η ασφάλεια είναι μια ηλεκτρική συσκευή που χρησιμοποιείται για την προστασία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων από υπερβολικό ρεύμα. Αποτελείται από μια μεταλλική λωρίδα που υγροποιείται όταν την διαρρέει ισχυρό ρεύμα. Οι ασφάλειες είναι κρίσιμες ηλεκτρικές συσκευές και στην αγορά διατίθενται πλέον διάφοροι τύποι ασφαλειών ανάλογα με τις ονομαστικές τιμές τάσης και ρεύματος, την εφαρμογή, τον χρόνο αντίδρασης και την ικανότητα διακοπής. Οι ιδιότητες του χρόνου και του ρεύματος των ασφαλειών επιλέγονται έτσι ώστε να παρέχουν επαρκή προστασία χωρίς να προκαλούν αδικαιολόγητη διακοπή.

Διακόπτης κυκλώματος

Ο διακόπτης κυκλώματος είναι ένας τύπος ηλεκτρικού διακόπτη που χρησιμοποιείται για την προστασία ενός ηλεκτρικού κυκλώματος από βραχυκύκλωμα ή υπερφόρτωση που προκαλείται από υπερβολική παροχή ρεύματος. Όταν παρουσιαστεί ένα πρόβλημα, ο πρωταρχικός σκοπός ενός διακόπτη κυκλώματος είναι να διακόψει τη ροή του ρεύματος. Σε αντίθεση με τις ασφάλειες, ένας διακόπτης κυκλώματος μπορεί να επαναρυθμιστεί χειροκίνητα ή αυτόματα για να αποκατασταθεί η κανονική λειτουργία.

Οι διακόπτες κυκλώματος διατίθενται σε πολλά μεγέθη, που κυμαίνονται από μικρές συσκευές έως τεράστιους διακόπτες, και χρησιμοποιούνται για την προστασία κυκλωμάτων τόσο χαμηλού ρεύματος όσο και υψηλής τάσης.



Εικόνα 12 Διακόπτης κυκλώματος, MCB (miniature circuit breaker) και καμπύλη λειτουργίας.

Πολυασφάλεια ή επαναφερόμενος διακόπτης

Η επαναφερόμενη ασφάλεια είναι ένα παθητικό ηλεκτρικό εξάρτημα που χρησιμοποιείται για την προστασία των κυκλωμάτων από τυχαία υπερένταση. Αυτή η συσκευή φέρει επίσης τις ονομασίες πολυδιακόπτης, πολυασφάλεια και πολυασφάλεια. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η λειτουργία αυτών των ασφαλειών είναι πανομοιότυπη με εκείνη των θερμίστορ PTC- ωστόσο, βασίζονται σε μηχανικούς μετασχηματισμούς και όχι σε διεργασίες φορέων φορτίου εντός ημιαγωγών. Σε τομείς όπου η αντικατάσταση είναι δύσκολη, όπως η τροφοδοσία ηλεκτρονικών υπολογιστών, οι πυρηνικές ή οι αεροδιαστημικές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται ασφάλειες με δυνατότητα επαναφοράς.

Σφιγκτήρας έναντι σύσφιξης

Οι όροι crowbar vs. clamping χρησιμοποιούνται συχνά για να περιγράψουν τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων προσωρινής προστασίας από υπέρταση. Μια διάταξη προστασίας crowbar μειώνει την τάση κάτω από την τάση λειτουργίας του συστήματος. Μόλις τελειώσει η προσωρινή, ο μηχανισμός crowbar επανασυντονίζεται και επιτρέπει στο κύκλωμα να λειτουργεί κανονικά. Κατά τη διάρκεια μιας στιγμιαίας εμφάνισης, ένας μηχανισμός σύσφιξης συλλαμβάνει την τάση λίγο πάνω από την τάση λειτουργίας του συστήματος.

5.2 Διακόπτες φορτίου

Η πλειονότητα των σύγχρονων ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιεί την ισχύ, τη λειτουργικότητα και το μέγεθος. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή απόδοση είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που αξιολογούν οι μηχανικοί σχεδιασμού. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα φορητά gadgets που λειτουργούν με μπαταρία, όπως οι φωτογραφικές μηχανές, τα tablet, τα smartphones, ο λοιπός βιομηχανικός εξοπλισμός και οι φορητοί υπολογιστές (Kamble et al., 2018).

Παρόλο που η πλειονότητα των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων είναι κατασκευασμένα για εξαιρετικά μεγάλη ενεργειακή απόδοση, εντούτοις καταναλώνουν ενέργεια όταν βρίσκονται σε κατάσταση αναμονής ή σε "κατάσταση αναστολής λειτουργίας". Όταν συμβαίνει αυτό, θέλετε η συσκευή να διαθέτει έναν διακόπτη φορτίου που απενεργοποιεί τη ράγα τροφοδοσίας για τη διατήρηση της ισχύος και στη συνέχεια την ενεργοποιεί ξανά όταν η συσκευή ξυπνάει.

Ο διακόπτης μπορεί επίσης να αποσυνδέσει τη συσκευή σας από την πηγή τροφοδοσίας, διασφαλίζοντάς την από ζημιές σε περίπτωση μη φυσιολογικών συνθηκών τροφοδοσίας, όπως ένα ηλεκτρικό μεταβατικό φαινόμενο, μια υπέρταση ρεύματος, η αφαίρεση ή η τοποθέτηση μπαταρίας.

Αυτό το ηλεκτρικό εξάρτημα δεν έχει κινούμενα εξαρτήματα και λειτουργεί παρόμοια με ένα ρελέ. Γενικά, δύο τρανζίστορ MOSFET, το ένα με κανάλι P και το άλλο με κανάλι N, λειτουργούν ως στοιχείο μεταγωγής.

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα διακόπτη φορτίου (IC) είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα τροφοδοσίας CMOS με ενσωματωμένους οδηγούς εξόδου και τρανζίστορ εξόδου. Αυτό το σύστημα είναι σημαντικά πιο συμπαγές από τη συμβατική διακριτή διάταξη.

Επιπλέον, διαθέτει λειτουργία χαμηλής τάσης, χαμηλή κατανάλωση ρεύματος, χαρακτηριστικά χαμηλής αντίστασης ενεργοποίησης και ορισμένα πρόσθετα χαρακτηριστικά. Τα εξαιρετικά μικρά προϊόντα της κατηγορίας τετραγωνικών του ενός χιλιοστού αποτελούν το επίκεντρο της γκάμας των συσκευασιών. Η σειρά συσκευασιών περιλαμβάνει προϊόντα που είναι κατάλληλα για χρήση σε φορητές συσκευές με περιορισμένο χώρο.

Ένας διακόπτης LBS (Load Break Switch) είναι ένας διακόπτης αποσύνδεσης που προορίζεται να διακόπτει ή να δημιουργεί τα απαιτούμενα ρεύματα. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη ενός εξοπλισμού που αυξάνει την ταχύτητα λειτουργίας της λεπίδας του διακόπτη αποσύνδεσης και ενός άλλου εξοπλισμού που τροποποιεί τα φαινόμενα τόξου και επιτρέπει την ασφαλή διακοπή του επακόλουθου τόξου κάθε φορά που αλλάζουν τα ρεύματα φορτίου.

Για να παρέχεται περιορισμένη ικανότητα μεταγωγής φορτίων, μπορεί να περιλαμβάνονται διακόπτες αποσύνδεσης στον εξοπλισμό. Οι διακόπτες χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση ενός κυκλώματος με περιορισμένη ποσότητα χωρητικού ή μαγνητικού ρεύματος, όπως το εξερχόμενο ρεύμα ενός μετασχηματιστή ή ένα ρεύμα φόρτισης γραμμής.

Για να προστεθεί ένας διακόπτης σειράς, μπορεί να αλλάξει ένας κανονικός διακόπτης SF6 ή αέρος κενού. Αυτό εξασφαλίζει υψηλότερα επίπεδα διακοπής ρεύματος και τάσης. Επιπλέον, οι διακόπτες αυξάνουν την ικανότητα διακοπής φορτίου του διακόπτη αποσύνδεσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διακοπή των ρευμάτων σφάλματος ή φορτίου του εξοπλισμού.

5.2.1 Ποια είναι τα οφέλη από τη χρήση ενός διακόπτη διακοπής φορτίου;

Λιγότερο ακριβός από τη δομή 2 πόλων

Το κόστος εγκατάστασης και απόκτησης ενός διακόπτη διακοπής φορτίου είναι σημαντικά φθηνότερο από εκείνο μιας διάταξης 2 πόλων, ανεξάρτητα από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Παρ' όλα αυτά, η τιμολόγησή του εξαρτάται από την παροχή ρεύματος, την ονομαστική προστασία IP, την τάση/ισχύ, τη συχνότητα και την ονομαστική ένταση ρεύματος. Η ευρεία εφαρμογή του LBS σε συστήματα δικτύων διανομής 10kV οφείλεται στη φιλικότητα προς το χρήστη και την προσιτή τιμή του.

Ασφαλέστερο

Αντί για διακόπτη κυκλώματος, ένας διακόπτης διακοπής φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μια ασφάλεια υψηλής τάσης για να κλείσει και να διακόψει το ρεύμα φορτίου. Η συνετή επιλογή του διακόπτη εξισορρόπησης φορτίου στο σχεδιασμό συμβάλλει σημαντικά στην ασφάλεια και την αξιοπιστία. Ως εκ τούτου, ελαχιστοποιούνται οι κίνδυνοι που συνδέονται με την ενεργοποίηση των διακοπών ισχύος, με αποτέλεσμα την ασφαλέστερη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρέχεται με προστασία από ασφάλειες

Οι διακόπτες διαχωρισμού φορτίου διαθέτουν επιπλέον ασφάλειες HRC για την προστασία του μετασχηματιστή, προσφέροντας αυξημένη ασφάλεια και αξιοπιστία. Ωστόσο, μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε διακόπτη κενού, ο οποίος είναι πιο ακριβός αλλά πιο αξιόπιστος.

Επιπλέον, οι γραμμές μεταφοράς προστατεύονται από την υπερθέρμανση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά, και ο εξοπλισμός όπως οι μετασχηματιστές προστατεύεται από ζημιές που προκαλούνται από βραχυκύκλωμα ή πυρκαγιά. Η ενεργοποίηση και η απενεργοποίηση της παροχής ρεύματος είναι απλή. Συνήθως, οι διακόπτες διακοπής φορτίου χρησιμοποιούν μηχανισμό ελατηρίου για την ενεργοποίηση ή την απενεργοποίηση της παροχής ρεύματος. Αυτό απλοποιεί τη διαδικασία ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης της πηγής ισχύος.

5.2.2 Ποια είναι η διαφορά μεταξύ ενός διακόπτη διακοπής φορτίου και ενός διακόπτη απομόνωσης;

Διακόπτες απομόνωσης

Ένας διακόπτης απομόνωσης, γνωστός και ως αποζεύκτης, είναι μια μηχανική συσκευή που πληροί τις προδιαγραφές του προτύπου IEC 60947-1. (λειτουργία απομόνωσης). Εδώ, η απόσταση ανοίγματος είναι το καθοριστικό στοιχείο. Η απομόνωση πρέπει να εξασφαλίζεται μεταξύ των πόλων και μεταξύ εξόδου και εισόδου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός ορατού διακένου απομόνωσης ή σχεδιαστικών χαρακτηριστικών εντός της συσκευής Kamble et al., 2018.

Η συσκευή πρέπει επιπλέον να διαθέτει ένδειξη θέσης για τις κινητές επαφές που πρέπει να είναι σταθερά συνδεδεμένες με τον ενεργοποιητή. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60947-3, ένας απομονωτής θα πρέπει να διακόπτει και να σχηματίζει κύκλωμα μόνο όταν ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται ρεύμα αμελητέου μεγέθους ή όταν δεν υπάρχει διακριτή διαφορά τάσης μεταξύ των ακροδεκτών των δύο πόλων.

Είναι ικανός να διεξάγει ρεύματα λειτουργίας υπό κανονικές συνθήκες και μεγαλύτερα ρεύματα υπό μη κανονικές καταστάσεις για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Οι συνδέσεις ασφαλειών με δυνατότητα απομόνωσης, οι αποζεύκτες, οι αποζεύκτες διακοπών και οι διακόπτες ισχύος μπορούν να ικανοποιούν τα πρότυπα του IEC 60947-3.

Διακόπτες αποκοπής φορτίου

Υπό τυπικές συνθήκες κυκλώματος, οι LBS είναι μηχανικές διατάξεις μεταγωγής που μπορούν να δημιουργούν, να διακόπτουν και να μεταφέρουν ρεύματα. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει μια συγκεκριμένη κατάσταση υπερφόρτωσης και τη μεταφορά ρευμάτων για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα υπό συγκεκριμένες ανώμαλες συνθήκες κυκλώματος, όπως κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος.

Παρόλο που ένας διακόπτης διακοπής φορτίου μπορεί να έχει την ικανότητα παραγωγής βραχυκυκλώματος που ορίζεται από το IEC 60947-1, δεν έχει την ικανότητα διακοπής. Αυτό υποδηλώνει ότι το ρεύμα του κυκλώματος που κάμισου μπορεί να διεξαχθεί, αλλά δεν μπορεί να διακοπεί. Η λειτουργία ενός διακόπτη μεταφοράς φορτίου είναι η εναλλαγή του φορτίου μεταξύ δύο πηγών.

5.3 Ρελέ ισχύος

Είναι ένας διακόπτης με ηλεκτρομαγνήτη για το κλείσιμο ή το άνοιγμα ενός κυκλώματος. Χρησιμοποιεί έναν οπλισμό, έναν ηλεκτρομαγνήτη, επαφές και ένα ελατήριο ως επί το πλείστον. Συνήθως, ένα ρελέ ισχύος λαμβάνει ηλεκτρική ενέργεια από μια παροχή μπαταρίας και ο μαγνήτης έλκει τον οπλισμό. Επιπλέον, διαθέτει έναν κινητό σιδερένιο βραχίονα. Χρησιμοποιεί ένα ελατήριο για τη στερέωση του οπλισμού. Ο οπλισμός έλκεται απευθείας πάνω στο πηνίο, προκειμένου να έρθει σε επαφή και να ολοκληρωθεί το κύκλωμα. Στην κλειστή κατάσταση του ηλεκτρονόμου, το πηνίο θα τραβήξει τον οπλισμό μακριά από την επαφή. Αυτό θα αποσυνδέσει το κύκλωμα. Ένας ηλεκτρονόμος ισχύος είναι λειτουργικός σε ρυθμίσεις χαμηλής τάσης. Παρ' όλα αυτά, ένας διακόπτης ρελέ ισχύος μπορεί να είναι κατάλληλος σε περιβάλλοντα υψηλής τάσης. Αυτό το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό καθιστά ένα ρελέ ισχύος κατάλληλο για ποικίλες εφαρμογές.

5.3.1 Ποιος είναι ο σκοπός ενός ρελέ ισχύος;

Ένα ρελέ ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς. Αυτοί οι διακόπτες χρησιμοποιούνται σε συστήματα ενίσχυσης τηλεφώνου και ήχου. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρονικά συστήματα αυτοκινήτων και υπολογιστώ (Jabbour et al., 2018a).

Ο στόχος είναι η αναμετάδοση οποιουδήποτε σήματος μεταξύ δύο κυκλωμάτων. Επιπλέον, τα αυτοκίνητα διαθέτουν διάφορα ηλεκτρικά συστήματα και εξοπλισμό. Όλα αυτά βασίζονται σε μια μπαταρία 12 βολτ για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, τα ρελέ ισχύος είναι ιδανικά για αυτές τις εφαρμογές. Ορισμένα αυτοκίνητα διαθέτουν περισσότερα από είκοσι ρελέ ισχύος που ελέγχουν τους υαλοκαθαριστήρες, την κόρνα και το σύστημα μετάδοσης κίνησης.

5.3.2 Τι είναι μια ηλεκτρική μονάδα ρελέ;

Πρόκειται για έναν ηλεκτρικό διακόπτη που λειτουργεί χρησιμοποιώντας έναν ηλεκτρομαγνήτη. Όταν πρόκειται για τον ηλεκτρομαγνήτη, χρησιμοποιείται ένα σήμα χαμηλής ισχύος για την ενεργοποίησή του. Το σήμα παράγεται από έναν μικροελεγκτή. Αφού ενεργοποιηθεί, ο μαγνήτης θα τραβήξει είτε για να κλείσει είτε για να ανοίξει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Ένα ρελέ έχει ένα πηνίο σύρματος τυλιγμένο γύρω από ένα σωληνοειδές ή έναν πυρήνα μαλακού σιδήρου. Επιπλέον, ένας σιδερένιος ζυγός παρέχει μια χαμηλή διαδρομή για τη μαγνητική ροή, σύνολα επαφών και έναν κινητό σιδερένιο οπλισμό. Ο κινητός οπλισμός θα συνδεθεί στη συνέχεια με μία ή περισσότερες επαφές αφού συνδεθεί με τον ζυγό.

Ένα ελατήριο θα τους συγκρατήσει στη θέση τους και, εάν ο ηλεκτρονόμος χάσει την ισχύ του, ο οπλισμός θα δημιουργήσει ένα κενό στο μαγνητικό κύκλωμα. Σε αυτό το σημείο, μία ή περισσότερες επαφές εξακολουθούν να είναι κλειστές. Ωστόσο, άλλες θα παραμείνουν διαθέσιμες.

Όταν το ρεύμα διαρρέει το πηνίο, θα δημιουργηθεί ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο θα ενεργοποιήσει τον οπλισμό. Η κίνηση θα αποσυνδέσει ή θα επανασυνδέσει τις σταθερές επαφές. Εάν ο ηλεκτρονόμος χάσει την τροφοδοσία, οι ανοικτές και οι κλειστές επαφές θα αποσυνδέσουν το κύκλωμα.

Με τη διακοπή του ρεύματος, ο οπλισμός θα επιστρέψει στη θέση ηρεμίας του. Το ελατήριο παρέχει τη δύναμη, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί η βαρύτητα. Η πλειονότητα των ηλεκτρονόμων ισχύος λειτουργεί γρήγορα και είναι κατάλληλοι για ποικίλες εφαρμογές. Σε εφαρμογές υψηλού ρεύματος, ωστόσο, αρκούν μόνο τα εξαρτήματα υψηλής ποιότητας.

Τι είναι ένα ρελέ ισχύος με αντίστροφη φορά;

Λειτουργεί ως ρελέ προστασίας κατεύθυνσης, σκοπός του οποίου είναι να εμποδίζει τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αυτά τα ρελέ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια εφαρμογή στην οποία μια γεννήτρια λειτουργεί παράλληλα με μια άλλη γεννήτρια ή ένα δίκτυο κοινής ωφέλειας. Όταν η έξοδος αποτύχει, εμποδίζει την επιστροφή της ηλεκτρικής ενέργειας από μια άλλη γεννήτρια ή υπηρεσία κοινής ωφέλειας στην ενεργή γεννήτρια.

Η ισχύς θα παρακολουθείται μέσω του ηλεκτρονόμου. Όταν η έξοδος της γεννήτριας πέσει κάτω από το προκαθορισμένο όριο, η γεννήτρια θα αποσυνδεθεί γρήγορα για να αποτραπεί η διαρροή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα πηνίο στάτη.

Επιπλέον, η έξοδος της γεννήτριας μπορεί να μη λειτουργεί λόγω προβλημάτων με την κύρια κινητήρια μηχανή, τον κινητήρα ή τον στρόβιλο. Εάν ο πρωτεύων κινητήρας της γεννήτριας σταματήσει να λειτουργεί, θα πάψει να παράγει ηλεκτρική ενέργεια και μπορεί να την

αναζητήσει από εναλλακτικές πηγές. Το ρελέ αντίστροφης ισχύος είναι σε θέση να ανιχνεύσει οποιαδήποτε αντίστροφη κατεύθυνση ροής και θα κλείσει τη γεννήτρια για να αποτρέψει βλάβη.

5.4 Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων

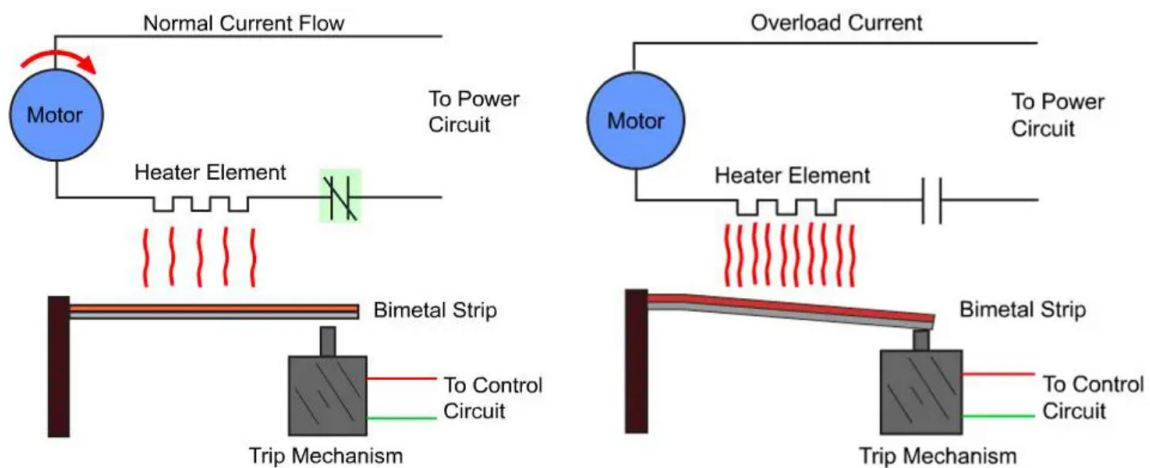
Το ρεύμα που διαρρέει τις περιελίξεις του κινητήρα είναι μία από τις βασικές πηγές θέρμανσης του κινητήρα. Η θερμότητα αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την απόδοση και τη μακροζωία ενός κινητήρα. Δεδομένου ότι η θέρμανση είναι ένα αναπόφευκτο υποπροϊόν της δραστηριότητας του κινητήρα, είναι ζωτικής σημασίας η προστασία του κινητήρα από την υπερθέρμανση, γνωστή και ως θερμική υπερφόρτωση (Brougham and Haar, 2018).

Σε ένα προηγούμενο κομμάτι, συζητήσαμε πολυάριθμους τύπους αισθητήρων που μπορούν να παρακολουθούν άμεσα τη θερμοκρασία των περιελίξεων του κινητήρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, ιδίως για τους επαγωγικούς κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, η θέρμανση του κινητήρα μπορεί να ανιχνευθεί έμμεσα από ρελέ θερμικής υπερφόρτωσης, τα οποία υπολογίζουν τη θερμοκρασία του κινητήρα μετρώντας την ποσότητα του ρεύματος που παρέχεται στον κινητήρα.

Οι θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης συνδέονται σε σειρά με τον κινητήρα έτσι ώστε το ρεύμα που διέρχεται από τον κινητήρα να διέρχεται και από τον ηλεκτρονόμο υπερφόρτωσης. Όταν το ρεύμα φτάσει ή ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιεί έναν μηχανισμό που ανοίγει μία ή περισσότερες επαφές για να σταματήσει τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας προς τον κινητήρα (Jabbour et al., 2018a). Οι θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης διαβαθμίζονται ανάλογα με την κατηγορία ενεργοποίησής τους, η οποία καθορίζει πόσο καιρό μπορεί να διαρκέσει μια υπερφόρτωση μέχρι να ανταποκριθεί ή να ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος. Οι τυπικές κλάσεις ενεργοποίησης αποτελούνται από 5, 10, 20 και 30 δευτερόλεπτα.

Οι επαγωγικοί κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος απαιτούν την εξέταση τόσο του χρόνου όσο και του ρεύματος, δεδομένου ότι, κατά την εκκίνηση, απαιτούν πολύ περισσότερο από ολόκληρο το ονομαστικό τους ρεύμα (συνήθως 600% ή περισσότερο). Εάν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιηθεί γρήγορα όταν ξεπεραστεί το ρεύμα υπερφόρτωσης, θα ήταν αδύνατη η εκκίνηση του κινητήρα.

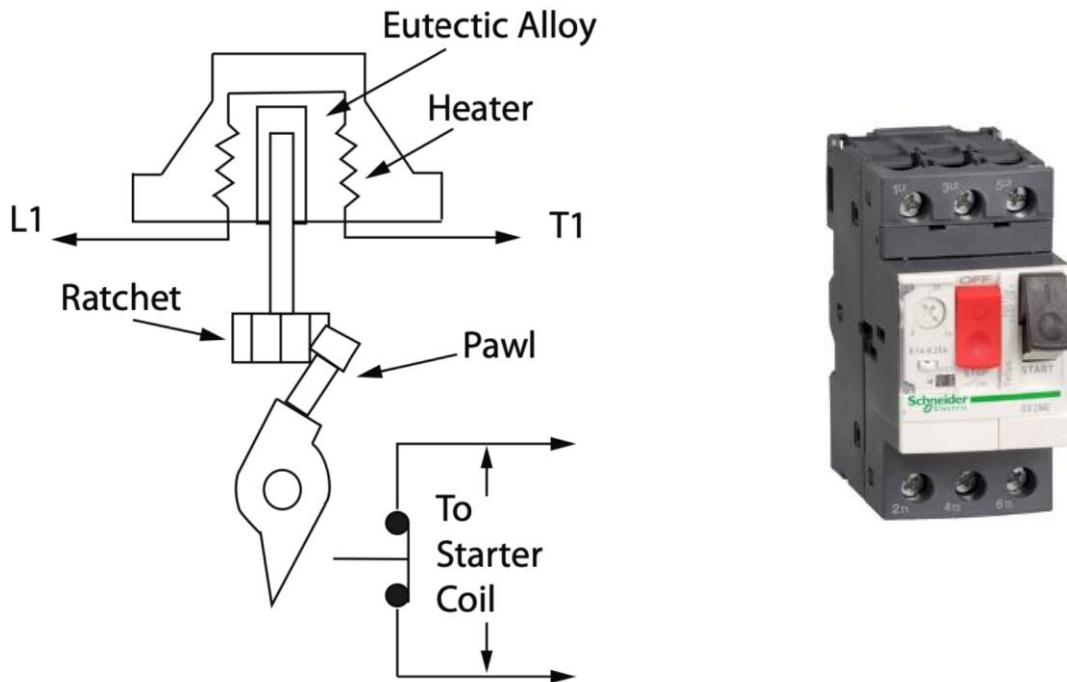
Υπάρχουν διμεταλλικοί, ευτηκτικοί και ηλεκτρονικοί θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης. Οι διμεταλλικοί θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης (γνωστοί και ως θερμαντικά στοιχεία) αποτελούνται από δύο μέταλλα με διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής που συγκολλούνται ή συνδέονται μεταξύ τους. Το ρεύμα μεταφέρεται από ένα τύλιγμα που τυλίγεται γύρω ή τοποθετείται κοντά στη διμεταλλική ταινία.



Εικόνα 13 Σε ένα διμεταλλικό θερμικό ρελέ υπερφόρτωσης, η θέρμανση λόγω της ροής ρεύματος προκαλεί την κάμψη της διμεταλλικής λωρίδας προς τη μία πλευρά, ενεργοποιώντας έναν μηχανισμό ενεργοποίησης. Πηγής: Siemens

Καθώς το ρεύμα που διαρρέει τον ηλεκτρονόμο (και, επομένως, τον κινητήρα) θερμαίνει τη διμεταλλική λωρίδα, τα δύο μέταλλα διαστέλλονται με διαφορετικούς ρυθμούς, προκαλώντας την κάμψη της λωρίδας προς την πλευρά με τον μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής. Όταν η λωρίδα λυγίζει, ενεργοποιεί έναν κανονικά κλειστό επαφέα (NC), προκαλώντας το άνοιγμά του και διακόπτοντας τη ροή ρεύματος προς τον κινητήρα. Μόλις το διμεταλλικό ρελέ κρυώσει και οι μεταλλικές λωρίδες επανέλθουν στην κανονική τους κατάσταση, το κύκλωμα επαναφέρεται αυτόματα και ο κινητήρας μπορεί να επανεκκινήσει.

Οι ευτηκτικοί θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης χρησιμοποιούν ένα ευτηκτικό κράμα (συνδυασμός μετάλλων που λιώνει και στερεοποιείται σε καθορισμένη θερμοκρασία), το οποίο στεγάζεται σε σωλήνα και συνδέεται με περιέλιξη θερμαντήρα. Το ρεύμα τροφοδοσίας του κινητήρα διαρρέει την περιέλιξη θέρμανσης και θερμαίνει το κράμα. Όταν το κράμα φτάσει σε επαρκή θερμοκρασία, μετατρέπεται γρήγορα σε υγρό.



Εικόνα 14 Σε έναν ευθηκτικό θερμικό ηλεκτρονόμο υπερφόρτωσης, η θέρμανση λόγω ροής ρεύματος προκαλεί την ταχεία υγροποίηση ενός ευθηκτικού κράματος, ενεργοποιώντας μια μηχανική διάταξη που ενεργοποιεί τον ηλεκτρονόμο. Πηγή: Rockwell Automation

Ως στερεό, το κράμα συγκρατεί μια μηχανική συσκευή, όπως ένα ελατήριο ή μια καστάνια, στη θέση της. Όταν όμως το κράμα λιώνει, η μηχανική συσκευή απελευθερώνεται, ανοίγοντας τις επαφές υπερφόρτωσης. Όπως και η διμεταλλική κατασκευή, ένας ευθηκτικός θερμικός ηλεκτρονόμος υπερφόρτωσης δεν μπορεί να επανέλθει μέχρι το κράμα να ψυχθεί επαρκώς και να επανέλθει στην αρχική, στερεή του κατάσταση. Οι ηλεκτρονικοί θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης μετρούν το ρεύμα ηλεκτρονικά, αντί να βασίζονται σε μηχανισμό θέρμανσης, και έτσι είναι αναισθητοί στις μεταβολές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Είναι επίσης λιγότερο επιρρεπείς σε "ενοχλητικές" ή ψευδείς ενεργοποιήσεις. Οι ηλεκτρονικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης μπορούν να παρέχουν δεδομένα όπως το ποσοστό χρήσης της θερμικής ικανότητας (%TCU), το ποσοστό των ενισχυτών πλήρους φορτίου (%FLA), ο χρόνος μέχρι την ενεργοποίηση, το ρεύμα RMS και το ρεύμα σφάλματος γείωσης - πληροφορίες που μπορούν να βοηθήσουν τους χειριστές να διεξάγουν διαγνωστικά και να προβλέψουν πότε ο ηλεκτρονόμος κινδυνεύει να ενεργοποιηθεί.

Οι ηλεκτρονικοί σχεδιασμοί μπορούν επίσης να προστατεύσουν τους κινητήρες από την απώλεια φάσης (που αναφέρεται επίσης ως αστοχία φάσης), η οποία συμβαίνει όταν μια φάση

ρεύματος ισούται με μηδέν αμπέρ, συχνά λόγω βραχυκυκλώματος ή καμένης ασφάλειας. Αυτό προκαλεί την υπερβολική κατανάλωση ρεύματος από τον κινητήρα στις υπόλοιπες δύο φάσεις και οδηγεί σε σημαντική θέρμανση του κινητήρα.

Οι θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης αποτελούν συνήθως μέρος του εκκινητή κινητήρα, ο οποίος περιλαμβάνει τον ηλεκτρονόμο υπερφόρτωσης καθώς και επαφές. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι θερμικοί ηλεκτρονόμοι υπερφόρτωσης έχουν σχεδιαστεί μόνο για να προστατεύουν τον κινητήρα από την υπερθέρμανση και δεν θα ενεργοποιηθούν εάν υπάρχει βραχυκύκλωμα, οπότε απαιτούνται πρόσθετες ασφάλειες ή διακόπτες κυκλώματος για την προστασία του κυκλώματος.

5.6 Ηλεκτρικοί Πίνακες

Οι βιομηχανικοί ηλεκτρικοί πίνακες ελέγχου ορίζονται από τον Εθνικό Ηλεκτρικό Κώδικα ως περιβλήματα ή ανοικτοί πίνακες που διαθέτουν δύο ή περισσότερα στοιχεία κυκλωμάτων ισχύος, στοιχεία κυκλωμάτων ελέγχου ή συνδυασμό των δύο. Οι πίνακες μπορεί να αποτελούνται από:

1. Βοηθητικές συσκευές
2. Αποσύνδεση σηματοδοτεί
3. Συσκευές προστασίας κυκλωμάτων διακλάδωσης για κινητήρες

Και άλλες συσκευές ελέγχου, όπως - Ρελέ - Διακόπτες Και άλλες συσκευές ελέγχου.

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις NEC, οι βιομηχανικοί ηλεκτρικοί πίνακες ελέγχου λειτουργούν σε τάσεις χαμηλότερες από 600V. Οι πίνακες προσφέρουν τα σήματα που απαιτούνται για τον έλεγχο του εξοπλισμού, αλλά δεν περιλαμβάνουν τον εξοπλισμό ή την κύρια πηγή ισχύος. Οι

βιομηχανικοί πίνακες ελέγχου παρέχουν σήματα σε μια ποικιλία βιομηχανικού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των ακόλουθων:

1. Εξοπλισμός θέρμανσης
2. Βιομηχανικά μηχανήματα
3. Φωτισμός
4. Κινητήρες
5. Φορτία αντλιών
6. Συσκευές ψύξης.

Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις τύποι βιομηχανικών πινάκων ελέγχου: οι κλειστοί και οι ανοικτοί. Οι κλειστοί βιομηχανικοί πίνακες ελέγχου αποτελούνται από το περίβλημα, όλα τα εξαρτήματα που περιέχονται εντός του περιβλήματος και τυχόν εξαρτήματα που είναι προσαρτημένα στα τοιχώματα ή στο κάλυμμα του περιβλήματος.

Οι ανοικτοί βιομηχανικοί πίνακες ελέγχου διαθέτουν εσωτερική καλωδίωση, συνδέσμους για καλωδίωση πεδίου και εξαρτήματα που βρίσκονται σε υποπίνακα, αλλά δεν διαθέτουν περίβλημα.

Εκτός από το NEC 409.2, οι βιομηχανικοί πίνακες ελέγχου πρέπει να συμμορφώνονται με ορισμένα πρόσθετα πρότυπα. Αυτά περιλαμβάνουν το NFPA 70 (Ηλεκτρικό πρότυπο για βιομηχανικά μηχανήματα) και το UL 508A (Πρότυπο για βιομηχανικούς πίνακες ελέγχου). Επιπλέον, ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση, η δοκιμή και η συντήρηση των πινάκων ελέγχου πρέπει να συμμορφώνονται με τα πρότυπα IEEE, NECA και NETA.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΛΕΤΗ- ΤΕΥΧΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ –ΣΧΕΔΙΑΣΗ

- 6.1) Υπολογισμοί Διανομής Ισχύος 400 VAC
- 6.2) Υπολογισμοί Διατομών Καλωδίων.
- 6.3) Υπολογισμός Πτώσης Τάσης
- 6.4) Στοιχεία Υπολογισμών.
- 6.5 Μηχανολογική Σχεδίαση

6.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΙΣΧΥΟΣ 400 VAC

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει :

- Τους υπολογισμούς ηλεκτρικών φορτίων και των απαιτούμενων πηγών τροφοδοσίας 400 VAC
- Τους υπολογισμούς των καλωδίων χαμηλής τάσης.
- Τους υπολογισμούς των στοιχείων των ηλεκτρικών πινάκων

6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΙΑΤΟΜΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Ο υπολογισμός του πλήθους και των απαιτούμενων διατομών των καλωδίων χαμηλής τάσης γίνεται έτσι ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη :

$$I_{\max} > I_{\Delta} > I_N$$

Οπου I_{\max} το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα σύμφωνα με τις συγκεκριμένες συνθήκες εγκατάστασης του καλωδίου, I_{Δ} η ρύθμιση θερμοκτικού του διακόπτη προστασίας του καλωδίου που πρέπει να είναι μεγαλύτερη η ίση από το I_N που είναι το ονομαστικό ρεύμα που διαρρέει την γραμμή

Το I_{\max} υπολογίζεται σύμφωνα με ΕΛΟΤ HD 384 από την σχέση :

$$I_{\max} = I_0 \times f_1 \times f_2$$

Οπου :

I_0 : το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου

(όπως προκύπτει από τους Πίνακες του ΕΛΟΤ HD 384 52-K2 για καλώδια στον αέρα η 52- K3 για καλώδια στο έδαφος)

f_1 : συντελεστής διόρθωσης του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος, εξαρτώμενος από την θερμοκρασία περιβάλλοντος (όπως προκύπτει από τους Πίνακες του ΕΛΟΤ HD 384 52- Δ1 για καλώδια στον αέρα η 52- Δ2 για καλώδια στο έδαφος)

f_2 : συντελεστής διόρθωσης του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος, εξαρτώμενος από τον τύπο και από τον τρόπο εγκατάστασης του καλωδίου (όπως προκύπτει από τους Πίνακες του ΕΛΟΤ HD 384 52-E3 για παράλληλα υπόγεια καλώδια σε σωλήνα η 52-E4 για πολυπολικά παράλληλα καλώδια σε σχάρες η 52-E5 για μονοπολικά παράλληλα καλώδια σε σχάρες η)

f_3 : συντελεστής διόρθωσης του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος, εξαρτώμενος από τη θερμική αντίσταση του εδάφους (όπως προκύπτει από τον Πίνακα του ΕΛΟΤ HD 384 52- Δ3 για καλώδια στο έδαφος)

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζονται τα καλώδια σύμφωνα με τα επισυναπτόμενα φύλλα υπολογισμών των πινάκων. **Οι διατομές ελέγχονται επιπρόσθετα με τον υπολογισμό πτώσης τάσης.**

6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

6.3.1 Γενικά

Ο υπολογισμός πτώσης τάσης γίνεται έτσι ώστε αυτή να μην υπερβαίνει συνολικά το 5% για φορτία κίνησης, 3% για φορτία εσωτερικού φωτισμού και 4% για φορτία εξωτερικού φωτισμού.

Οι αναλυτικοί υπολογισμοί πτώσης τάσης για κάθε επιμέρους ηλεκτρικό πίνακα δίδονται στους υπολογισμούς των πινάκων.

6.3.2 Τύποι υπολογισμού

Γενικά για μονοφασική γραμμή η γραμμή Συνεχούς Ρεύματος ο υπολογισμός πτώσης τάσης είναι:

$$\Delta U (\%) = 2 \cdot K \cdot L \cdot \chi \cdot V \cdot P \cdot V \cdot 100 = 2 \cdot K \cdot L \cdot I \cdot V \cdot 100$$

Για διφασική γραμμή

$$\Delta U (\%) = \sqrt{2} \cdot K \cdot L \cdot V \cdot P \cdot V \cdot 100 = \sqrt{2} \cdot K \cdot L \cdot I \cdot V \cdot 100$$

Και για τριφασική γραμμή

$$\Delta U (\%) = \sqrt{3} \cdot K \cdot L \cdot V \cdot P \cdot V \cdot 100 = \sqrt{3} \cdot K \cdot L \cdot I \cdot V \cdot 100$$

όπου: L = μήκος σε Km

K = αντίσταση καλωδίου σε Ω/Km

P = η ισχύς σε VA

V = τάση 230 volt (για μονοφασική γραμμή) η 400 volt (για διφασική η τριφασική γραμμή)

I = ένταση ρεύματος σε A

Οι τιμές των αντιστάσεων για καλώδια NYCY η XLPE 0.6 / 1 KV με αγωγούς χαλκού για θερμοκρασία αγωγού αντίστοιχα 700C η 900C και Cosφ = 0,8, λαμβάνονται από τους αντίστοιχους Πίνακες που επισυνάπτονται στους συνημμένους πίνακες του παρόντος κεφαλαίου.

6.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τιμές των R και X καλωδίων J1VV (NYY) για θερμοκρασία αγωγού 70° C (κατά VDE 0271)

<i>effective resistances per unit length of pvc-insulated cables with copper conductors as per DIN VDE 0271 0,6/1 KV (ABB SWITCHGEAR MANUAL - 10th edition 2001)</i>							
number of conductors and cross-section	d.c. resistance at 70°C	Ohmic resistance at 70°C	inductive reactance at 70°C	effective resistance per unit length $RL\cos\varphi + XL\sin\varphi$ at $\cos\varphi$			
	R' (Ω/Km)	R' (Ω/Km)	XL' (Ω/Km)	0,95 (Ω/Km)	0,90 (Ω/Km)	0,80 (Ω/Km)	0,70 (Ω/Km)
4x1,5	14,470	14,470	0,115	13,800	13,100	11,650	10,200
4x2,5	8,710	8,710	0,110	8,310	7,890	7,030	6,180
4x4	5,450	5,450	0,107	5,210	4,950	4,420	3,890
4x6	3,620	3,620	0,100	3,470	3,300	2,960	2,610
4x10	2,160	2,160	0,094	2,080	1,990	1,780	1,580
4x16	1,360	1,360	0,090	1,320	1,260	1,140	1,020
4x25	0,863	0,863	0,086	0,847	0,814	0,742	0,666
4x35	0,627	0,627	0,083	0,622	0,600	0,550	0,498
4x50	0,463	0,463	0,083	0,466	0,453	0,420	0,380
4x70	0,321	0,321	0,082	0,331	0,326	0,306	0,283
4x95	0,231	0,232	0,082	0,246	0,245	0,235	0,221
4x120	0,183	0,184	0,080	0,200	0,200	0,195	0,186
4x150	0,149	0,150	0,080	0,168	0,170	0,168	0,162
4x185	0,118	0,120	0,080	0,139	0,143	0,144	0,141
4x240	0,090	0,092	0,079	0,112	0,117	0,121	0,121
4x300	0,072	0,075	0,079	0,095	0,101	0,107	0,109

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Οι Τιμές των R και X καλωδίων XLPE η EPR για θερμοκρασία αγωγού 90οC υπολογίσθηκαν με βάση τις τιμές που δίδονται από κατασκευαστές για θερμοκρασία 20οC και αναγωγή τους στη θερμοκρασία 90οC

<i>effective resistances per unit length of XLPE or EPR-insulated cables with copper conductors at 90°C</i>							
number of conductors and cross-section	Ohmic resistance at 20°C	Ohmic resistance at 90°C	inductive reactance at 90°C	effective resistance per unit length $RL\cos\phi+XL\sin\phi$ at $\cos\phi$			
	R' (Ω/Km)	R' (Ω/Km)	XL' (Ω/Km)	0,95 (Ω/Km)	0,90 (Ω/Km)	0,80 (Ω/Km)	0,70 (Ω/Km)
<i>4x1,5</i>	12,10	15,43	0,129	14,689	13,935	12,413	10,886
<i>4x2,5</i>	7,41	9,45	0,118	9,014	8,557	7,361	6,669
<i>4x4</i>	4,61	5,88	0,110	5,620	5,923	4,770	4,195
<i>4x6</i>	3,08	3,93	0,104	3,766	3,583	3,206	2,825
<i>4x10</i>	1,83	2,33	0,0967	2,245	2,139	1,922	1,700
<i>4x16</i>	1,15	1,466	0,0913	1,421	1,359	1,223	1,091
<i>4x25</i>	0,727	0,930	0,0895	0,911	0,876	0,798	0,715
<i>4x35</i>	0,524	0,668	0,0863	0,661	0,639	0,586	0,529
<i>4x50</i>	0,387	0,493	0,0829	0,494	0,480	0,444	0,404
<i>4x70</i>	0,268	0,342	0,0798	0,350	0,343	0,321	0,296
<i>4x95</i>	0,193	0,246	0,0790	0,258	0,256	0,244	0,223
<i>4x120</i>	0,153	0,195	0,0765	0,209	0,209	0,202	0,191
<i>4x150</i>	0,124	0,158	0,0765	0,174	0,176	0,172	0,165
<i>4x185</i>	0,0991	0,1264	0,0762	0,144	0,147	0,147	0,143
<i>4x240</i>	0,0754	0,0961	0,0751	0,115	0,119	0,122	0,121
<i>4x300</i>	0,0601	0,0767	0,0746	0,096	0,103	0,106	0,107

6.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΙΝΑΚΑ ΕΛΕΓΧΟΥ.

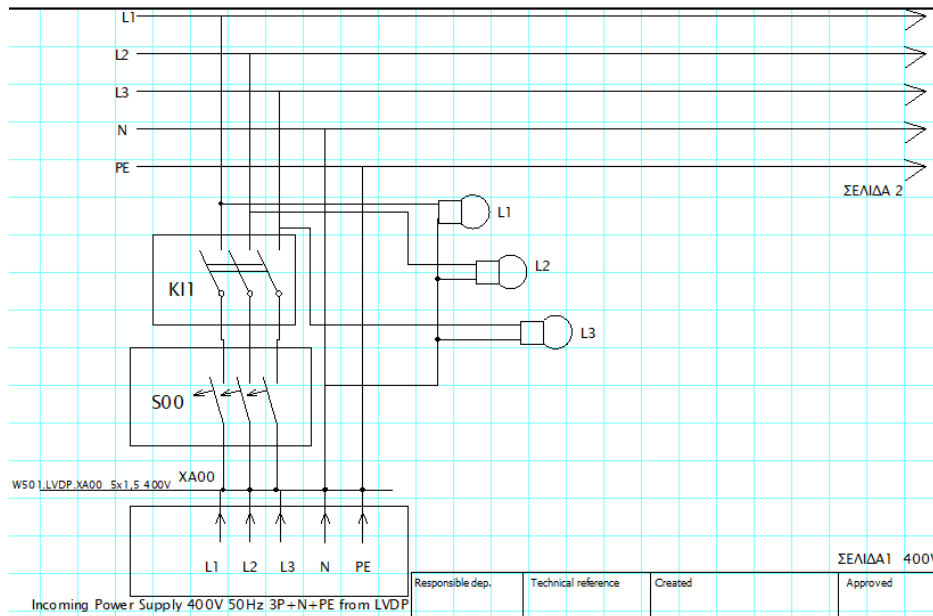
Ο πίνακας ελέγχου του σπαστήρα αποτελείται κυρίως από συσκευές απομόνωσης διακοπής του κυκλώματος, συσκευές ελέγχου και συσκευές προστασίας των κυκλωμάτων. Πιο αναλυτικά, το μεγαλύτερο μέρος των κυκλωμάτων βρίσκεται τοποθετημένο σε μεταλλικό στεγανό πίνακα με διαστάσεις 50cmX80cmX20.

Στο κατώτερο σημείο του πίνακα όπου βρίσκονται και τα σημεία εισόδου των καλωδίων τοποθετήθηκαν οι κλέμες που δέχονται τα καλώδια που έρχονται από πηγή τροφοδοσίας, συσκευές ελέγχου και αισθητήρια της μηχανής και συνδέονται με τα εσωτερικά κυκλώματα του ηλεκτρολογικού πίνακα.

Αρχικά το καλώδιο τροφοδοσίας που έρχεται από τον LVDP διατομής τουλάχιστον $4 \times 15 \text{ mm}^2$ $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$ σε περίπτωση που δεν υπάρχει κοντά σημείο γείωσης της συσκευής (Πίνακας ελέγχου και μεταλλικά μέρη, σασσί.)

1) Ο έλεγχος-διακοπή τάσης τροφοδοσίας γίνεται αρχικά με τον διακόπτη **S00**.

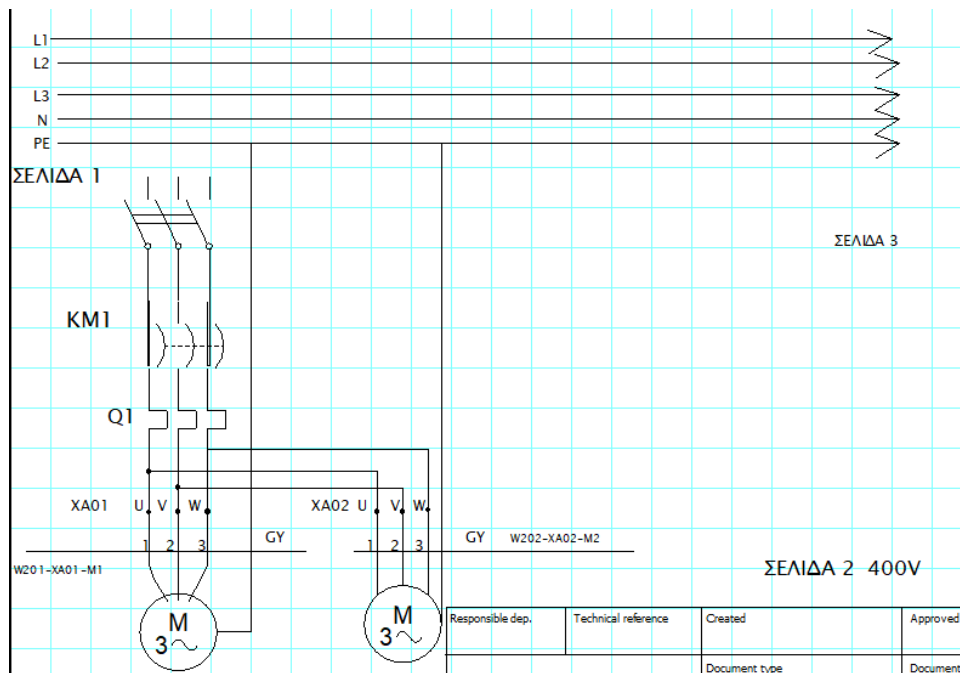
(MCB ABB C10)



ΕΙΚΟΝΑ 23, Τροφοδοσία από δίκτυο.

1.α) Το κύκλωμα των 400V (K1) θα έχει τάση μόνο αν το κομβίο κινδύνου S01 είναι απελευθερωμένο, με συνέπεια οι επαφές του ρελέ K1 να είναι κλειστές.

1.β) Τα ρελέ ισχύος K1 και KM1 ελέγχονται απο το PLC και τροφοδοτούν το κύκλωμά μας με 400V και τους κινητήρες αντίστοιχα.



ΕΙΚΟΝΑ 24, κύκλωμα ισχύος κινητήρων.



Part Number	LC1D12
Manufacturers	Telemecanique
Sub-Category	Contactor
Family	TeSys D
Type	LC1D
Voltage	600
Coil Voltage Max	120
Coil Voltage Min	110
Amperage	25
Phase	3
Poles	3

ΕΙΚΟΝΑ 25, ρελέ ισχύος K1 & KM1

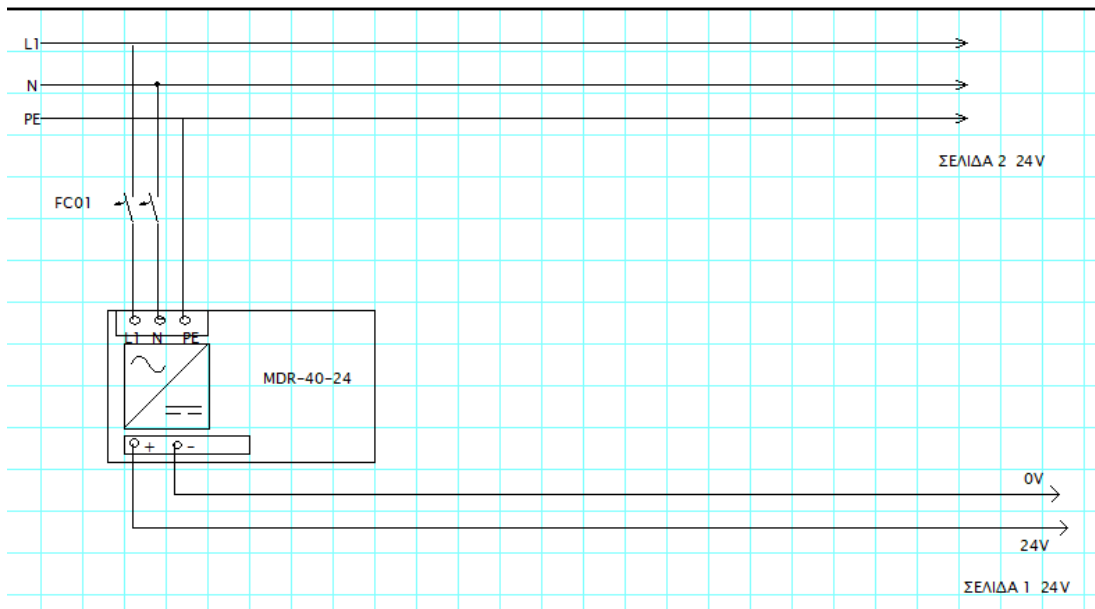


Αριθμός Προστατευόμενων πόλων	3
Ενσωματ. βοηθητικό διακόπτη	NAI
Ονομαστική τάση λειτουργίας	690V
Ονομαστικό μόνιμο ρεύμα Iu	3kA
Ρύθμιση προστασίας υπερέντασης	6-10A
Τεχνική απενεργοποίησης	Θερμομαγνητική
Τύπος σύνδεσης	Βιδωτή σύνδεση

ΕΙΚΟΝΑ 26, θερμομαγνητική προστασία των κινητήρων.

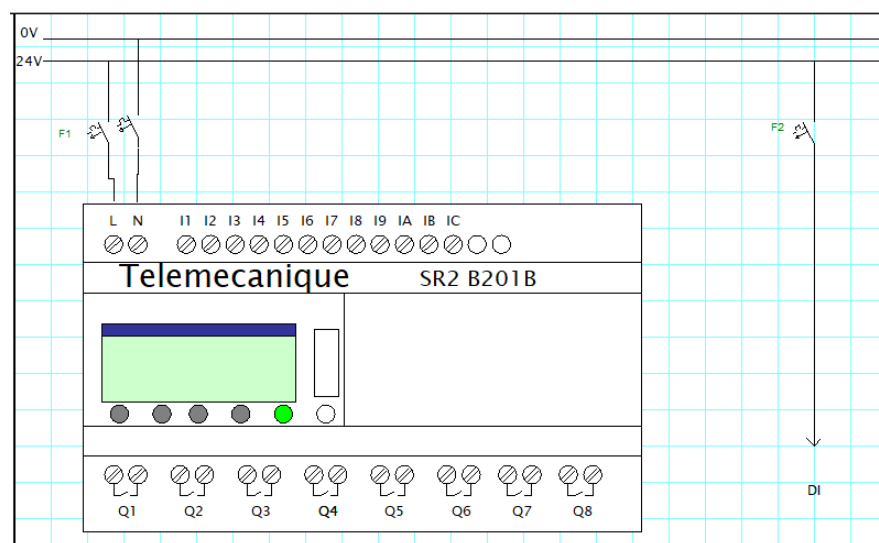
1.γ) Η ρύθμιση του θερμικού είναι στο 1,0 A όπου είναι και η ονομαστική ένταση σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κινητήρα.

2) Η τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου γίνεται απο τον FC01 (συνδέεται με έξοδο S00 στο σημείο CP240V στο σχέδιο ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΠΙΝΑΚΑ.pdf.) ο οποίος τροφοδοτεί το τροφοδοτικό των 24VDC που απαιτείται για την τροφοδοσία του (FDC01) PLC των κομβίων ελέγχου και των αισθητήρων και των βοηθητικών ρελέ (μικρορελέ) του κυκλώματος. (FDC02).



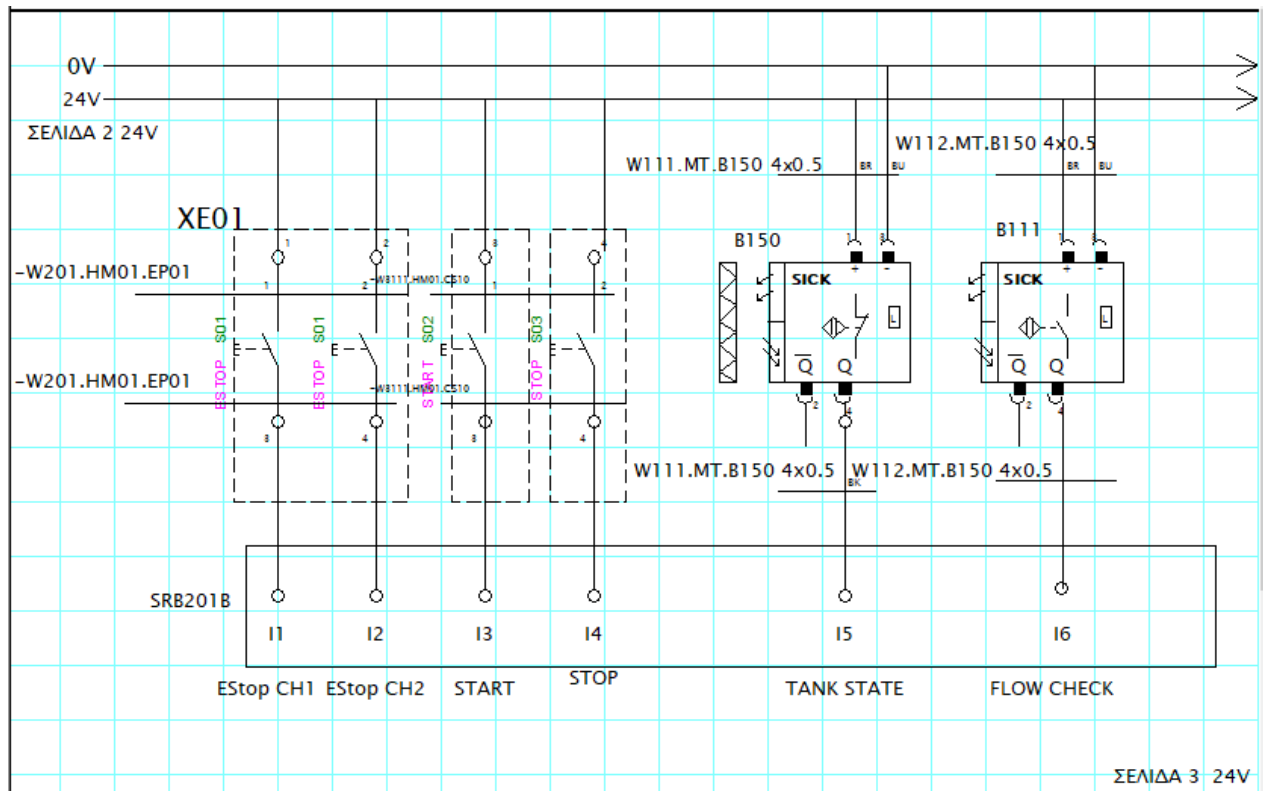
ΕΙΚΟΝΑ 27, τροφοδοσία κυκλώματος ελέγχου.

ΠΡΟΣΟΧΗ. Εκκινώντας το κύλωμα ελέγχου, 1) τροφοδοτούμε το PLC (FDC01) ώστε να εκκινήσει ο ελεγκτής μας και έπειτα 2) τροφοδοτούμε τον ζυγό των 24V, ώστε κατα την εκκίνηση του PLC να μην δέχεται σήματα στην είσοδό του.



ΕΙΚΟΝΑ 28, κύκλωμα τροφοδοσίας 24V του PLC.

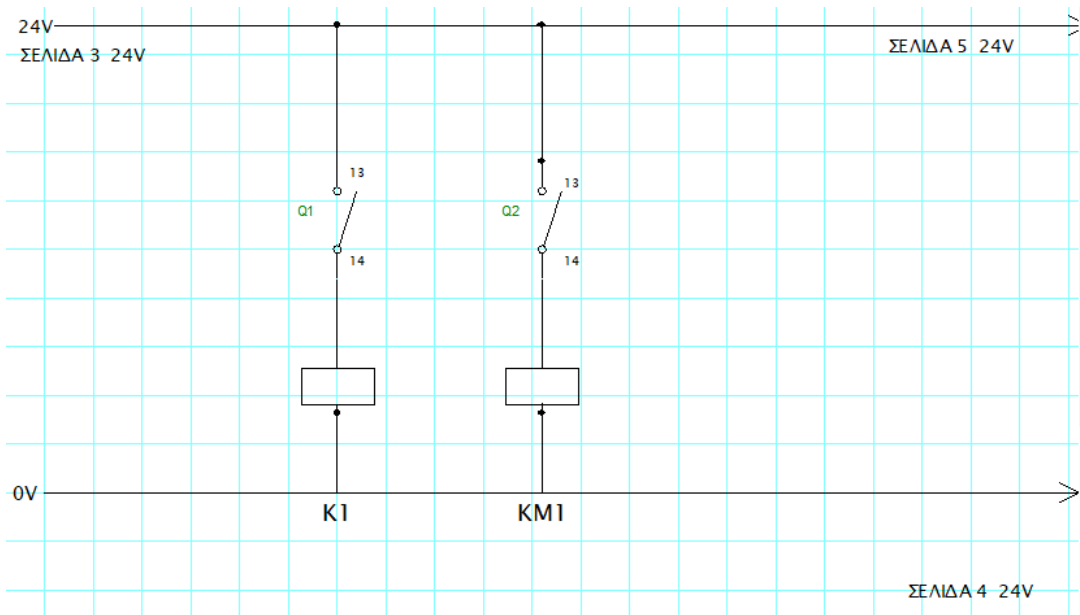
2.α) Απο τον ζυγό των 24V τροφοδοτούνται τα κομβία χειρισμού που είναι και οι είσοδοι (Digital Input) και οι αισθητήρες (φωτοκύτταρα SICK B150 & SICK B111)



ΕΙΚΟΝΑ 29, πολυγραμμικό σχέδιο κυκλώματος ελέγχου Digital Input.

Ο αισθητήρας **B150** του αυτοματισμού μας , φωτοκύττατο με ανακλαστήρα, ελέγχει την στάθμη του υλικού στη δεξαμενή. Δίνει σήμα στο θέση 15 του ελεγκτή , για τον άν υπάρχει ή όχι υλικό στη δεξαμενή.

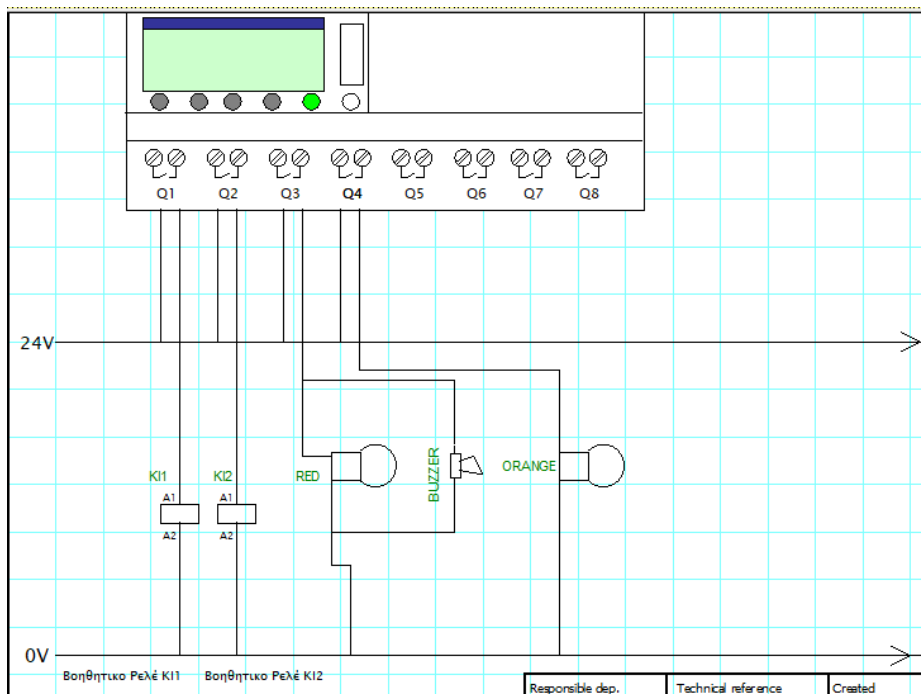
Ο αισθητήρας **B111** του αυτοματισμού μας , φωτοκύττατο χωρίς ανακλαστήρα,(autoreflector), ελέγχει την έξοδο της συσκευής, εάν δεν βγαίνει υλικό στην έξοδο δίνει σήμα στον ελεγκτή στη θέση 16, τότε ο ελεγκτής αρχίζει και μετράει 20 δευτερόλεπτα και σταματά τη λειτουργία της μηχανής. Εάν η δεξαμενή είναι γεμάτη, ανάβει ο πορτοκαλί φάρος, που σημαίνει έμφραξη του συστήματος, εάν η δεξαμενή είναι άδεια τότε απλά σταματά τη μηχανή επειδή τελείωσε το υλικό.



ΕΙΚΟΝΑ 30, κύκλωμα ελέγχου πηνίων K1 & KM1

3) **Digital Output.** Τα δύο μικρορελέ (βοηθητικά) χρησιμεύουν στον έλεγχο των πηνίων των δύο ρελέ ισχύος διότι τα πηνία των K1 και KM1 λειτουργούν με τάση 230V ενώ στις OUT επαφές του PLC (Q1 και Q2) εφαρμόζουμε τάση μόνο 24V.

Επίσης από τις εξόδους του ελεγκτή μας ελέγχονται και οι φανοσειρήνες κινδύνου (κόκκινη) και έμφραξης (πορτοκαλί).



ΕΙΚΟΝΑ 31, πολυγραμμικό σχέδιο κυκλώματος ελέγχου Digital Output.

Τα βοηθητικά ρελέ (KI1 & KI2) που χρησιμοποιήσαμε είναι **Zelio RSB** μικρορελέ 8 επαφών 24V 8A τύπου DC με βάση στήριξης ράγας



Αναγκαστική καθοδήγηση επαφών	OXI
Αριθμός μεταγωγικών επαφών CO	2CO
Βαθμός προστασίας (IP)	IP20
Βάθος (mm)	15,7mm
Με αποσπώμενους σφιγκτήρες	OXI
Μετάδοση κίνησης, πόλωση	Ελεύθερη πολικότητα
Μετάδοση κίνησης, αλλαγή στάσης	Μονότροπο σταθερό
Πλάτος (mm)	12,5mm
Πλήρες με φινι	ΝΑΙ
Τύπος ηλεκτρικής σύνδεσης	Βιδωτή σύνδεση
Ύψος (mm)	29mm

ΕΙΚΟΝΑ 32. Μικρορελέ 8 επαφών **Zelio RSB**

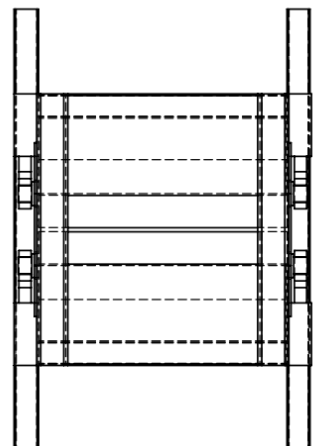
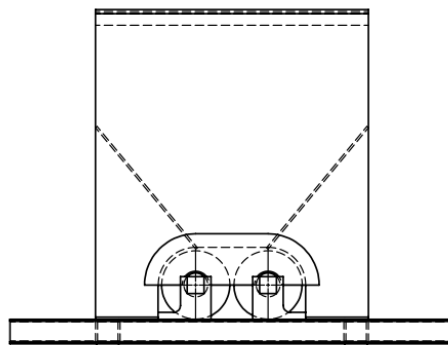
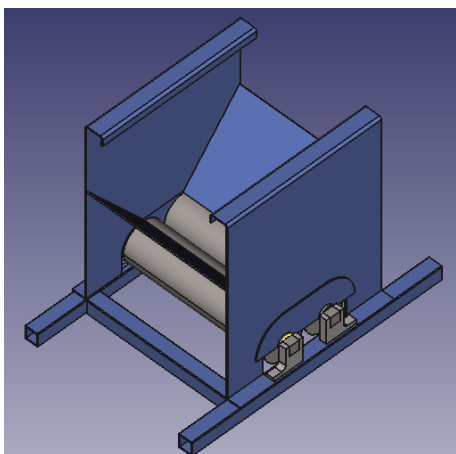
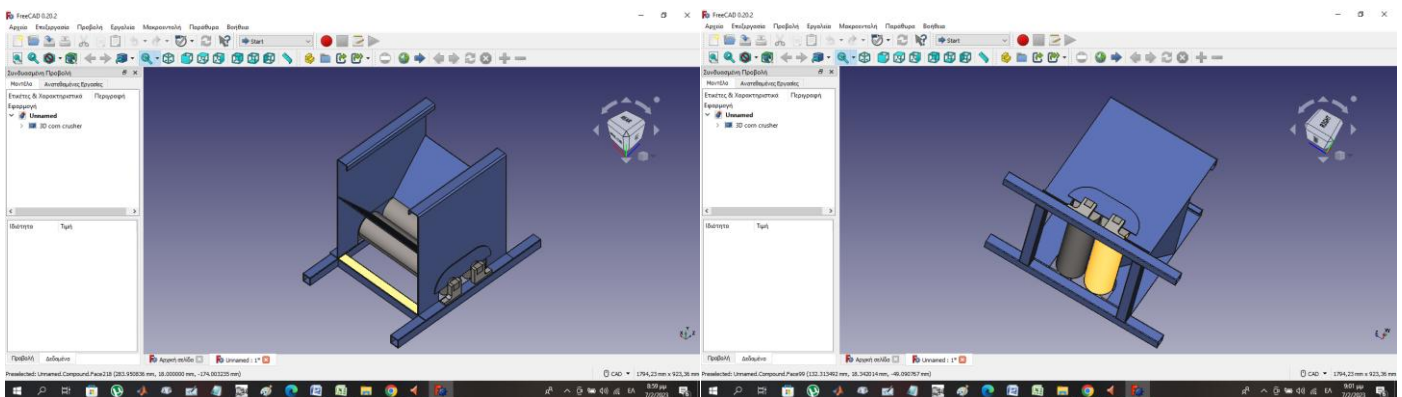
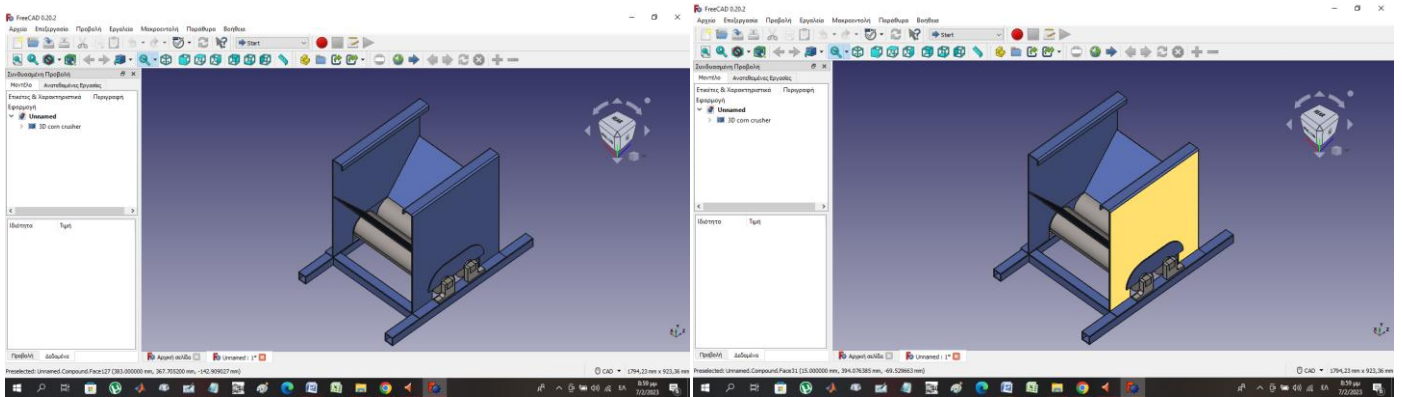
Program diagram

No	Contact 1	Contact 2	Contact 3	Contact 4	Contact 5	Coil	Comment
001	I1 e-stop					,Q1	ΚΟΜΒΙΟΥ ΣΦΑΛΕΙΑΣ. ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΙ ΤΗΝ ΤΑΣΗ ΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΟΝΟΝΤΑΣ ΤΟ ΡΕΛΕ Κ1
002	I2 start	I3 stop	I1		Q1	,Q2	ΤΟ ΡΕΛΕ ΙΣΧΥΟΣ ΚΜ1 ΠΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙ ΤΟΥΣ ΔΥΟ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
003	Q2						
004	I4 αισθητήρας πληρω...					,Q3	ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΟ ΣΤΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΚΑΙ ΜΑΣ ΔΙΝΕΙ ΕΝΔΕΙΞΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ. ΔΥΟ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (ΔΑΔΕΙΑ ΓΕΜΑΤΩ) ΧΡΟΝΙΚΟ ΡΕΛΕ ΤΟ ΟΠΟΙΟ
005	I5 αισθητήριο εξόδου	I2 start		M1		TT1	ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΡΟΗΣ. ΑΝ ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΡΟΗ ΣΤΗΝ ΕΞΟΔΟ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΞΕΚΙΝΑ Η ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΦΟΡΟΚΑΛΙ ΛΥΧΝΙΑ ΟΝ, ΣΦΑΛΜΑ ΒΟΥΛΩΣΕ Η ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ
006			I4 αισθητήρας πληρω...	T1		,Q5	
007							
008			I4 αισθητήρας πληρω...	T1			ΛΥΧΝΙΑ ΟΝ, STOP λόγω αδειου δοχείου πληρωσεως
009							
010				I1 e-stop		,Q4	ΚΟΚΚΙΝΗ ΦΑΡΟΣ ΕΙΡΗΝΑ ΠΟΥ ΜΑΣ ΕΙΔΟΠΟΙΕΙ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΟΜΒΙΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.
011							
012	I2 start	I3 stop				,M1	ΜΝΗΜΗ ΠΟΥ ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙ ΤΗΝ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΣΕΙΡΗΝΑ (ΔΗΛΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΔΕΙΞΗ ΕΜΦΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ)
013	M1						




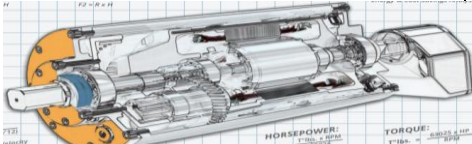
ΕΙΚΟΝΑ 34. Κώδικας προγραμματισμού του ελεγκτή (PLC)








6.6 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Στις εικόνες που ακολουθούν αποτυπώνεται η τμηματοποίηση των μερών που αποτελούν το σασί της μηχανής. Έτσι είναι δυνατή η παραγωγή των τεμαχίων από σύγχρονα μηχανήματα σε γραμμή παραγωγής όπως CNC κ.α. Αυτό μειώνει σημαντικά το κόστος παραγωγής μερών της μηχανής.



Πίνακας Υλικών/ Περιγραφή Χρήσης.

Είδος συσκευής.	Εικόνα.	Χρήση.	Κόστος σε (Ευρώ.)
Programmable Logic Controller		<p>Απο εδώ γίνεται όλος ο χειρισμός του αυτοματισμού. Προγραμματίζεται και έπειτα ελέγχει όλες τις ενέργειες που γίνονται όσον αφορά την κανονική λειτουργία του συστήματος αλλά και τα σφάλματα που μπορεί να συμβούν.</p>	155
Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες		<p>Ο συγκεκριμένος, είναι ο αισθητήρας B150 του αυτοματισμού μας , φωτοκύττατο με ανακλαστήρα, ελέγχει την στάθμη του υλικού στη δεξαμενή. Δίνει σήμα στο θέση 15 του ελεγκτή , για τον άν η δεξαμενή είναι άδεια ή γεμάτη.</p>	130
Οι φωτοηλεκτρικοί αισθητήρες		<p>Ο συγκεκριμένος, είναι ο αισθητήρας B111 του αυτοματισμού μας , φωτοκύττατο χωρίς ανακλαστήρα, (autoreflector), ελέγχει την έξοδο της συσκευής, εάν δεν βγαίνει υλικό στην έξοδο δίνει σήμα στον ελεγκτή στη θέση 16, τότε ο ελεγκτής αρχίζει και μετράει 20 δευτερόλεπτα και σταματά τη λειτουργία της μηχανής. Εάν η δεξαμενή είναι γεμάτη, ανάβει ο πορτοκαλί φάρος, που σημαίνει έμφραξη του συστήματος, εάν η δεξαμενή είναι άδεια τότε απλά σταματά τη μηχανή επειδή τελείωσε το υλικό.</p>	250
2 x Κινητήρας τυμπάνου		<p>Οι τυμπανοκινητήρες το βασικό τμήμα της μηχανής. Τοποθετημένες κοντά ο ένας στον άλλο (απόσταση που ρυθμίζεται ανάλογα με τις ανάγκες) περιστρέφονται με διαφορετική φορά μεκατέυθυνση ο ένας προς τον άλλο με αποτέλεσμα να συνθλίβουν το υλικό και να το οδηγούν προς την έξοδο.</p>	1000

<p>Διακόπτης Κυκλώματος.</p>		<p>Χρησιμεύει στην διακοπή της τάσης του κυκλώματος ώστε να γίνονται με ασφάλεια εργασίες συντήρησης και προστατεύει το κύκλωμά μας απο υπερεντάσεις.</p>	<p>15</p>
<p>Ρελέ ισχύος</p>		<p>Χρησιμεύει στον έλεγχο της τάσης των 400V αφού η ελεγκτής μας λειτουργεί με τάση 24V.</p>	<p>35</p>
<p>Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων</p>		<p>Θερμομαγνητικός διακόπτης ισχύος με χειροκίνητη λειτουργία, χρησιμοποιείται για την προστασία του κινητήρα απο υπερθέρμανση και υπερεντάσεις.</p>	<p>32</p>
<p>μικρορελέ. (ρελε μεταγωγής)</p>		<p>Χρησιμεύει στον έλεγχο των ρελέ ισχύος διότι τα πηνία των ρελέ ισχύος λειτουργούν με τάση 110-230V , ενώ ο ελεγκτής με 24V.</p>	<p>7</p>
<p>φάρος πορτοκαλί</p>		<p>Πορτοκαλί φάρος, είναι εντολή Output του ελεγκτή μας και ειδοποιεί για σφάλμα στη λειτουργία του συστήματος, συγκεκριμένα για έμφραξη στο σημείο εξόδου.</p>	<p>7</p>
<p>φαροσειρήνα κόκκινη</p>		<p>Κόκκινη φαροσειρήνα, μας ειδοποιεί για ενεργοποίηση του μποτόν κινδύνου με φωτεινή και ηχητική ένδειξη.</p>	<p>7</p>
<p>Ηλεκτρολογικός Πίνακας</p>		<p>Περιέχει τον μεγαλύτερο όγκο των ηλεκτρικών συσκευών και κυκλωμάτων, είναι ο εγκέφαλος της μηχανής.</p>	<p>80</p>

τροφοδοτικό 24V



Τροφοδοτικό 24V για την τροφοδοσία του ελεγκτή και του ζυγού των 24V που είναι η τάση λειτουργίας όλων των αισθητήρων και τον κομβίων χειρισμού και των φωτεινών ενδείξεων(φάρος + φαροσειρήνα)

41

Control Station



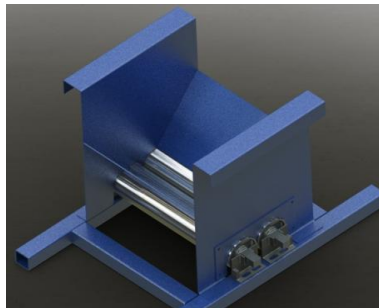
Μπουτονιέρα ελέγχου της μηχανής, με τα κομβία start & stop ελέγχουμε την εκκίνηση και τον τερματισμό λειτουργίας, όπως και την επαναφορά απο κατάσταση σφάλματος.

καλώδια/κλέμες/πλαστικό κανάλι.

Ηλεκτρική σύνδεση συσκευών και ταχιοποίηση καλωδίων

30

Σασί μηχανής



Συνολικό Κόστος

1790
ευρώ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για να απελευθερωθεί η αξία της αυτοματοποιημένης παραγωγής, πρέπει να αναπτυχθεί ως ολιστική λύση που καλύπτει όλες τις δραστηριότητες της εταιρείας, επιτρέποντας τη ροή πληροφοριών σε όλα τα στοιχεία της.

Η προστιθέμενη αξία της αυτοματοποίησης στη Βιομηχανία 4.0 δεν βασίζεται πλέον μόνο στην αποδοτικότητα και την κερδοφορία της, αλλά και στην αύξηση της ευελιξίας και στη μεγάλη βελτίωση της ποιότητας των βιομηχανικών διαδικασιών, μειώνοντας έτσι σημαντικά τα περιθώρια σφάλματος στην εργασία. Τα ψηφιακά δίδυμα παρακολουθούν τη διάρκεια ζωής μιας διαδικασίας εκτελώντας εικονικά μοντέλα που χρησιμεύουν ως βάση για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Σε εργασίες όπου το περιθώριο σφάλματος μπορεί να φτάσει έως και το 10% όταν εκτελείται από άνθρωπο, μια πλατφόρμα για την αυτοματοποίηση διαδικασιών μπορεί να το μειώσει στο 0,00001%.

Παρά το γεγονός ότι η αυτοματοποίηση 4.0 υπόσχεται πολλά για τις επιχειρήσεις, είναι ζωτικής σημασίας να γνωρίζουμε και να αξιολογούμε τα εμπόδια που παρέχει αυτό το νέο επιχειρηματικό μοντέλο:

1. **Επενδύσεις και υποδομές:** Η προσαρμογή της υφιστάμενης υποδομής στη νέα υποδομή μπορεί να αποτελέσει σημαντική πρόκληση για τις επιχειρήσεις, οι οποίες θα πρέπει να επενδύσουν μεγάλα χρηματικά ποσά και σε πολλές περιπτώσεις να λάβουν χρηματοδότηση για να αποκτήσουν την απαραίτητη υποδομή και να καθορίσουν ποιες λύσεις θα είναι οι πιο κερδοφόρες.
2. **Στρατηγικό σχέδιο:** Ο μετασχηματισμός δεν απαιτεί μόνο επένδυση σε μηχανήματα και υλικό, αλλά και χρόνο, νοητική αλλαγή, τεκμηριωμένη ανάλυση και ένα ολοκληρωμένο σχέδιο που μεγιστοποιεί την εκτέλεση και μεγιστοποιεί την απόδοση της επένδυσης.
3. **Τα έξυπνα gadgets** δεν είναι πλέον λειτουργικά εργαλεία- αντίθετα, έχουν εξελιχθεί σε ένα έξυπνο εργατικό δυναμικό- έτσι, εκατομμύρια θέσεις εργασίας αναμένεται να χαθούν λόγω των διαδικασιών αυτοματοποίησης. Ως εκ τούτου, η

κοινωνία και οι μεγάλες επιχειρήσεις θα πρέπει να υποστηρίζουν τη συνεχή κατάρτιση των ανθρώπων για την απόκτηση ψηφιακών δεξιοτήτων που συμπληρώνουν αυτή τη νέα μορφή βιομηχανίας.

Παρά το γεγονός ότι η πλειονότητα των επιχειρήσεων παγκοσμίως δεν έχει ακόμη διαμορφώσει μια εμπειριστατωμένη στρατηγική για να βυθιστεί στη Βιομηχανία 4.0, η αλήθεια είναι ότι μια ακόμη πιο εξελιγμένη τάση βρίσκεται ήδη σε έξαρση: Η βιομηχανία 5.0. Δίνει έμφαση στην εξατομίκευση, τη γρήγορη εξυπηρέτηση των πελατών και τη συγχώνευση των ανθρώπων με τα "cobots". Ο στόχος είναι να παραχθεί μια σύνθεση μεταξύ της τεχνολογικής προόδου και της ανθρωπότητας, με πρωταρχικό σκοπό οι άνθρωποι και τα ρομπότ να συμπληρώνουν ο ένας τις δραστηριότητες του άλλου και όχι να αντικαθίστανται οι άνθρωποι. Σε αυτή την ανατρεπτική μέθοδο, η παραδοσιακή προσέγγιση της εκπαίδευσης πρέπει να τροποποιηθεί προκειμένου να αναπτυχθεί μια ευφυής κοινωνία. Οι άνθρωποι πρέπει να εκπαιδευτούν και να πιστοποιηθούν προκειμένου να είναι ενεργητικοί σε αυτό το νέο κοινωνικό παράδειγμα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Åkerman, M., Fast-Berglund, Å., Halvordsson, E., Stahre, J., 2018. Modularized assembly system: a digital innovation hub for the Swedish smart industry. *Manuf. Lett.* 15 (1), 143e146.
2. Ardito, L., Petruzzelli, A.M., Panniello, U., Garavelli, A.C., 2019. Towards Industry 4.0: mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *Bus. Process Manag. J.* 25 (2), 323e346.
3. Barata, J., Rupino Da Cunha, P., Stal, J., 2018. Mobile supply chain management in the industry 4.0 era: an annotated bibliography and guide for future research. *J. Enterp. Inf. Manag.* 31 (1), 173e192.
4. Bartunek, J.M., Murningham, J.K., 1984. The nominal group technique: expanding the basic procedure and underlying assumptions. *Group Organ. Stud.* 9 (3), 417e432.
5. Batista, N., Melício, R., Mendes, V.M.F., 2017. Services enabler architecture for smart grid and smart living services providers under industry 4.0. *Energy Build.* 141 (1), 16e27.
6. Bauer, J.M., 2018. The Internet and income inequality: socio-economic challenges in a hyperconnected society. *Telecommun. Policy* 42 (4), 333e343.
7. Bechtsis, D., Tsolakis, N., Vlachos, D., Srai, J.S., 2018. Intelligent Autonomous Vehicles in digital supply chains: a framework for integrating innovations towards sustainable value networks. *J. Clean. Prod.* 181 (1), 60e71.
8. Beier, G., Niehoff, S., Xue, B., 2018. More sustainability in industry through industrial internet of things? *Appl. Sci.* 8 (2), 1e12.
9. Beier, G., Niehoff, S., Ziems, T., Xue, B., 2017. Sustainability aspects of a digitalized industry: A comparative study from China and Germany. *Int. J. Precis. Eng. Manuf. Green Technol.* 4 (2), 227e234.

10. Braccini, A., Margherita, E., 2019. Exploring organizational sustainability of industry 4.0 under the triple bottom line: the case of a manufacturing company. *Sustainability* 11 (1), 1e17.
11. Bragança, S., Costa, E., Castellucci, I., Arezes, P.M., 2019. A brief overview of the use of collaborative robots in industry 4.0: human role and safety. In: Arezes, P.M., Baptista, J.S., Barroso, M.P., Carneiro, P., Cordeiro, P., Costa, N., Melo, R.B., Miguel, A.S., Perestrelo, G. (Eds.), *Occupational and Environmental Safety and Health*. Springer, pp. 641e650.
12. Branger, J., Pang, Z., 2015. From automated home to sustainable, healthy and manufacturing home: a new story enabled by the Internet-of-Things and Industry 4.0. *J. Manag. Anal.* 2 (4), 314e332.
13. Brettel, M., Klein, M., Friederichsen, N., 2016. The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP* 41 (1), 105e110.
14. Brougham, D., Haar, J., 2018. Smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithms (STARA): employees' perceptions of our future workplace. *J. Manag. Organ.* 24 (2), 239e257.
15. Buer, S.-V., Strandhagen, J.O., Chan, F.T., 2018. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. *Int. J. Prod. Res.* 56 (8), 2924e2940.
16. Cezarino, L.O., Liboni, L.B., Oliveira Stefanelli, N., Oliveira, B.G., Stocco, L.C., 2019. Diving into emerging economies bottleneck: industry 4.0 and implications for circular economy. *Manag. Decis.* <https://doi.org/10.1108/MD-10-2018-1084/full/html>.
17. Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., Yin, B., 2017. Smart factory of industry 4.0: key technologies, application case, and challenges. *IEEE Access* 6 (1), 6505e6519.
18. Cherubini, A., Passama, R., Crosnier, A., Lasnier, A., Fraisse, P., 2016. Collaborative manufacturing with physical human-robot interaction. *Robot. Comput. Integr. Manuf.* 40 (1), 1e13.

19. Choi, S., Ng, A., 2011. Environmental and economic dimensions of sustainability and price effects on consumer responses. *J. Bus. Ethics* 104 (2), 269e282.
20. Cusumano, M.A., Kahl, S.J., Suarez, F.F., 2015. Services, industry evolution, and the competitive strategies of product firms. *Strateg. Manag. J.* 36 (4), 559e575.
21. Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., Frank, A.G., 2018. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *Int. J. Prod. Econ.* 204 (1), 383e394.
22. Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., Sarli, M., 2012. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Comput. Chem. Eng.* 47 (1), 145e156.
23. De Zubielqui, G.C., Fryges, H., Jones, J., 2019. Social media, open innovation & HRM: implications for performance. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 144 (1), 334e347.
24. Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., Brown, C., 2011. The social dimension of sustainable development: defining urban social sustainability. *Sustain. Dev.* 19 (5), 289e300.
25. Dev, N.K., Shankar, R., 2016. Using interpretive structure modeling to analyze the interactions between environmental sustainability boundary enablers. *Benchmarking Int. J.* 23 (3), 601e617
26. Hongyu, P.B., 2019. Towards factories of the future: migration of industrial legacy automation systems in the cloud computing and Internet-of-things context. *Enterp Inf. Syst.* 1e21. <https://doi.org/10.1080/17517575.2018.1556814>.
27. Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., Feng, Y., 2017. Planning community energy system in the industry 4.0 era: achievements, challenges and a potential solution. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 78 (1), 710e721.
28. Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., 2019. The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *Int. J. Prod. Res.* 57 (3), 829e846.

29. Jabbour, A.B. L.d.S., Jabbour, C.J.C., Godinho Filho, M., Roubaud, D., 2018a. Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations. *Ann. Oper. Res.* 270 (1e2), 273e286.
30. Jabbour, A.B. L.d.S., Jabboura, C.J.C., Foropona, C., Filho, M.G., 2018b. When titans meet: Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 132 (1), 18e25.
31. Jiang, P., Ding, K., Leng, J., 2016. Towards a cyber-physical-social-connected and service-oriented manufacturing paradigm: social Manufacturing. *Manuf. Lett.* 7 (1), 15e21.
32. Jin, M., Tang, R., Ji, Y., Liu, F., Gao, L., Huisingh, D., 2017. Impact of advanced manufacturing on sustainability: an overview of the special volume on advanced manufacturing for sustainability and low fossil carbon emissions. *J. Clean. Prod.* 161 (1), 69e74.
33. Kim, D.-Y., Park, J.-W., Baek, S., Park, K.-B., Kim, H.-R., Park, J.-I., et al., 2019. A modular factory testbed for the rapid reconfiguration of manufacturing systems. *J. Intell. Manuf.* 1e20. <https://doi.org/10.1007/s10845-019-01471-2>.
34. Kubota, F.I., Hsuan, J., Cauchick-Miguel, P.A., 2017. Theoretical analysis of the relationships between modularity in design and modularity in production. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 89 (5e8), 1943e1958.
35. Kumar, A., 2018. Methods and materials for smart manufacturing: additive manufacturing, internet of things, flexible sensors and soft robotics. *Manuf. Lett.* 15 (1), 122e125.
36. Kusiak, A., 2018. Smart manufacturing. *Int. J. Prod. Res.* 56 (1e2), 508e517.
37. Kusiak, A., 2019. Fundamentals of smart manufacturing: a multi-thread perspective. *Annu. Rev. Contr.* <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.02.001>.
38. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M., 2014. Industry 4.0. *Bus. Inf. Syst. Eng.* 6 (4), 239e242.

39. Li, Z., Wang, Y., Wang, K.-S., 2017. Intelligent predictive maintenance for fault diagnosis and prognosis in machine centers: industry 4.0 scenario. *Adv. Manuf.* 5 (4), 377e387.
40. Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.d.F.R., Ramos, L.F.P., 2017. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. *Int. J. Prod. Res.* 55 (12), 3609e3629.
41. Lim, M.K., Tseng, M.-L., Tan, K.H., Bui, T.D., 2017. Knowledge management in sustainable supply chain management: improving performance through an interpretive structural modelling approach. *J. Clean. Prod.* 162 (1), 806e816.
42. Lin, D., Lee, C., Lau, H., Yang, Y., 2018. Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on the Chinese automotive industry. *Ind. Manag. Data Syst.* 118 (3), 589e605.
43. Lin, K., Shyu, J., Ding, K., 2017. A cross-strait comparison of innovation policy under industry 4.0 and sustainability development transition. *Sustainability* 9 (5), 1e17.
44. Liu, X., Bae, J., 2018. Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China. *J. Clean. Prod.* 172 (1), 178e186.
45. Longo, F., Nicoletti, L., Padovano, A., 2017. Smart operators in industry 4.0: a humancentered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory context. *Comput. Ind. Eng.* 113 (1), 144e159.
46. Lu, H.-P., Weng, C.-I., 2018. Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 133 (1), 85e94.
47. Lu, Y., 2017. Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *J. Ind. Inf. Integrat.* 6 (1), 1e10.
48. Marion, T.J., Meyer, M.H., Barczak, G., 2015. The influence of digital design and IT on modular product architecture. *J. Prod. Innov. Manag.* 32 (1), 98e110.

49. Martín-Gutierrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M.D., Mora, C.E., 2015. Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Comput. Hum. Behav.* 51 (1), 752e761.
50. Sony, M., Naik, S., 2019. Key ingredients for evaluating Industry 4.0 readiness for organizations: a literature review. *Benchmarking Int. J.* <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0284>.
51. Stahel, W.R., 2016. The circular economy. *Nature News* 531 (7595), 435e438.
- Stone, C.B., Neely, A.R., Lengnick-Hall, M.L., 2018. Human resource management in the digital age: big data, HR analytics and artificial intelligence. In: Melo, P.N., Machado, C. (Eds.), *Management and Technological Challenges in the Digital Age*. CRC Press, pp. 13e42.
52. Strandhagen, J.W., Alfnes, E., Strandhagen, J.O., Vallandingham, L.R., 2017. The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: a multiple case study. *Adv. Manuf.* 5 (4), 344e358.
53. Strange, R., Zucchella, A., 2017. Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinat. Bus. Rev.* 25 (3), 174e184.
54. Sung, T.K., 2018. Industry 4.0: a Korea perspective. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 132 (1), 40e45.
55. Zhou, Y., Tyers, R., 2018. Automation and inequality in China. *China Econ. Rev.* <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2018.07.008>.

Παράρτημα