

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδίαση και υλοποίηση διάταξης αυτοματισμού για  
βιομηχανική μηχανή παλετοποίησης



Του φοιτητή  
**Καρτσέα Μάρκο**  
Αρ. Μητρώου: 513077

Επιβλέπων  
**Ιορδάνης Κιοσκερίδης**  
Καθηγητής

Ημερομηνία 5/6/2026

Τίτλος Δ.Ε. Σχεδίαση και υλοποίηση διάταξης αυτοματισμού για βιομηχανική μηχανή παλετοποίησης

Κωδικός Δ.Ε. 22327

Ονοματεπώνυμο φοιτητή/τών Καρτσέα Μάρκο

Ονοματεπώνυμο εισηγητή Ιορδάνης Κιοσκερίδης

Ημερομηνία ανάληψης Δ.Ε. 18/9/2024

Ημερομηνία περάτωσης Δ.Ε. 5/6/2026

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

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

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

## Πρόλογος

Κατά την εκπόνηση της πρακτικής μου άσκησης ήρθα σε επαφή με διάφορα συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού που μου κίνησαν το ενδιαφέρον πάνω στον κλάδο αυτό με αποτέλεσμα να αναλάβω ένα τέτοιο σύστημα σαν το θέμα της Π.Ε. Αυτή η δράση είχε σαν σκοπό την εμπάθυση γνώσεων με την μελέτη των διάφορων πτυχών του βιομηχανικού αυτοματισμού, από άγνωστα αντικείμενα όπως την ορθή συναρμολόγηση του και χρήση ηλεκτρονικού υλικού έως και γνωστά αντικείμενα όπως την σύνθεση ενός προγράμματος PLC.

Παρόλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισα και τον χρόνο που επένδυσα, η εκπόνηση αυτής της Π.Ε. μου πρόσφερε πολύτιμες γνώσεις πάνω στα συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού που σκοπεύω να εκμεταλλευτώ και μετά την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

## Περίληψη

Οι εξελίξεις στον τομέα του βιομηχανικού αυτοματισμού έχουν φέρει επανάσταση στον τρόπο χειρισμού και κατασκευής των υλικών στη σημερινή μεταποίηση. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα παλετοποίησης αποτελούν κρίσιμο μέρος των σύγχρονων γραμμών παραγωγής, καθώς ενισχύουν την παραγωγικότητα, την αξιοπιστία, την ασφάλεια και το χειρισμό προϊόντων. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η εφαρμογή του αυτοματισμού του βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000 για τον αυτόματο χειρισμό και την στοίβαξη βιομηχανικών σακίων που περιέχουν χύδην υλικά, όπως δημητριακά, ζωοτροφές, pellets, λιπάσματα και κοκκώδη προϊόντα.

Το καρτεσιανό ρομπότ έχει τρεις άξονες γραμμικής κίνησης και έναν περιστρεφόμενο μηχανισμό αρπάγης. Το σύστημα αποτελείται από μια δομή αυτοματισμού που περιλαμβάνει έναν Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC) της Schneider Electric, ασύγχρονους κινητήρες ελεγχόμενους από μετατροπείς (inverter), έμβολα αέρος, φωτοκύτταρα και μια Βιομηχανική Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής(HMI). Το λογισμικό αυτοματισμού έχει σχεδιαστεί στο περιβάλλον προγραμματισμού SoMachine της Schneider Electric, με βάση το πρότυπο βιομηχανικού προγραμματισμού IEC 61131-3.

Η διατριβή διερευνά τον σχεδιασμό του παλετοποιητή, την αρχή λειτουργίας του καρτεσιανού συστήματος κίνησης, τον μηχανισμό τροφοδοσίας των σακίων, καθώς και την αρχιτεκτονική του αυτοματισμού που εφαρμόζεται στη βιομηχανική χρήση του παλετοποιητή. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο λογισμικό ελέγχου PLC που απαιτείται για την αλληλουχία της μηχανής, τον έλεγχο της κίνησης των διαφόρων εξαρτημάτων, τη διαχείριση της λογικής παλετοποίησης, τη διαχείριση συναγεμίων, την εποπτεία ασφάλειας και την αλληλεπίδραση του χειριστή.

Η χρήση συστημάτων κίνησης ελεγχόμενων από inverter και συντονισμένων εντολών PLC είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ομαλή μηχανική λειτουργία, τους μικρότερους χρόνους κύκλου και τη χαμηλότερη μηχανική καταπόνηση.

Τέλος, συζητούνται πιθανές μελλοντικές βελτιώσεις, όπως συστήματα αυτόματης τροφοδοσίας παλετών, ενσωμάτωση μηχανικής όρασης, εποπτεία μέσω SCADA, τεχνολογίες απομακρυσμένης παρακολούθησης και δυνατότητες επικοινωνίας Industry 4.0. Ο αναπτυγμένος παλετοποιητής EN-S 2000 αποτελεί επομένως μια αξιόπιστη και αποτελεσματική λύση βιομηχανικού αυτοματισμού που μπορεί να βελτιώσει την παραγωγικότητα και την απόδοση λειτουργίας των σύγχρονων εφαρμογών χειρισμού υλικών για παλετοποίηση.

# Design and implementation of an automation layout for an industrial palletizing machine

Carcea Marco

## Abstract

The advancements in the field of industrial automation have revolutionized the way materials are handled and manufactured in present day manufacturing. Automated palletizing systems are a critical part of modern manufacturing lines, as they enhance productivity, reliability, safety, and product handling. The purpose of this thesis is to design and implement the automation of the EN-S 2000 industrial palletizing system for the handling and stacking of industrial bags containing bulk materials, such as cereals, animal feed, pellets, fertilizers and granular products.

The Cartesian robot has three linear motion axes and a rotating gripper mechanism. The system is composed of an automation structure which include a Schneider Electric Programmable Logic Controller (PLC), inverter-controlled asynchronous motors, air pistons, photocells and an Industrial Human-Machine Interface (HMI). The automation software has been designed in Schneider Electric SoMachine programming environment, based on IEC 61131-3 industrial programming standard.

The thesis investigates the mechanical design of palletizer, the working principle of Cartesian motion system, the feeding mechanism the bag as well as the automation architecture applied in the industrial use of the palletizer. Special attention is given to the PLC control software needed to sequence the machine, control the motion of the various components, manage palletizing logic, alarm management, safety supervision and operator interaction.

The use of inverter controlled motion systems and coordinated PLC commands had a significant impact on smooth mechanical operation, shorter cycle times and lower mechanical stress.

Last but not least, possible future enhancements such as automatic pallet feeding systems, integration of machine vision, supervision through SCADA, remote monitoring technologies, and Industry 4.0 communication capabilities are discussed. The developed EN-S 2000 palletizer is thus a reliable and efficient industrial automation solution that can enhance the productivity and operation performance of modern material handling and palletizing applications.

## **Ευχαριστίες**

Ευχαριστώ όλους τους συγγενείς, φίλους και συναδέλφους που με υποστήριξαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

# Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	iii
Περίληψη.....	iv
Abstract .....	v
Ευχαριστίες .....	vi
Περιεχόμενα.....	vii
Συντομογραφίες.....	x
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στον Βιομηχανικό Αυτοματισμό.....	1
1.1 Βιομηχανικός Αυτοματισμός .....	1
1.2 Αυτοματισμός σε Σύγχρονα Συστήματα Παραγωγής .....	1
1.3 Συστήματα Παλετοποίησης σε Βιομηχανικές Εφαρμογές.....	4
1.4 Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) .....	5
1.5 Στόχοι της Διατριβής.....	7
1.6 Μεθοδολογία και Δομή Διατριβής.....	8
Κεφάλαιο 2ο: Βιομηχανικά Συστήματα Παλετοποίησης .....	10
2.1 Εισαγωγή στην Παλετοποίηση.....	10
2.2 Τύποι Μηχανών Παλετοποίησης.....	11
2.2.1 Παλετοποιητές Ρομποτικών Βραχιόνων.....	12
2.2.2 Καρτεσιανοί Παλετοποιητές.....	14
2.2.3 Παλετοποιητές στρώσεων .....	15
2.3 Βιομηχανικές Εφαρμογές Παλετοποιητών.....	16
2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Αυτοματοποιημένης Παλετοποίησης.....	18
2.5 Απαιτήσεις ασφαλείας σε συστήματα παλετοποίησης.....	19
2.6 Παράγοντες Παραγωγικότητας και Αποδοτικότητας.....	20
Κεφάλαιο 3ο: Περιγραφή του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000.....	23
3.1 Γενική περιγραφή του συστήματος.....	23
3.2 Αρχές λειτουργίας του παλετοποιητή.....	24
3.3 Μηχανική κατασκευή.....	26
3.3.1 Καρτεσιανή δομή.....	27
3.3.2 Μηχανισμός άξονα X.....	28
3.3.3 Μηχανισμός άξονα Y .....	29
3.3.4 Μηχανισμός ανύψωσης άξονα Z.....	29
3.3.5 Μηχανισμός περιστροφής αρπάγης.....	29

3.4	Σύστημα τροφοδοσίας και ευθυγράμμισης σακίων .....	30
3.4.1	Πνευματικό Σύστημα Αρπάγης .....	30
3.4.2	Σύστημα Ταινιομεταφορέα.....	31
3.4.3	Σύστημα Ρολών Μεταφορέα .....	32
3.5	Τεχνικές Προδιαγραφές.....	33
3.6	Βιομηχανικές Εφαρμογές του EN-S 2000.....	34
3.7	Λειτουργικά Χαρακτηριστικά και Παραγωγική Ικανότητα.....	34
Κεφάλαιο 4ο: Σχεδιασμός Ηλεκτρικών Συστημάτων και Συστημάτων Αυτοματισμού.....		35
4.1	Αρχιτεκτονική Συστήματος Αυτοματισμού .....	35
4.2	Συστήματα Ελέγχου που βασίζονται σε PLC.....	35
4.3	Schneider Electric PLC: Ένα λεπτομερές προφίλ εταιρείας.....	36
4.4	Περιβάλλον Προγραμματισμού SoMachine .....	36
4.5	Συσκευές Εισόδου και Εξόδου.....	36
4.5.1	Φωτοκύτταρα.....	37
4.5.2	Πνευματικοί Ενεργοποιητές .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Σύστημα κίνησης κινητήρα.....	37
4.6.1	Ασύγχρονοι Κινητήρες.....	37
4.6.2	Μετατροπείς Συχνότητας .....	37
4.7	Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής (HMI) .....	37
4.8	Απαιτήσεις Ηλεκτρικής Ισχύος.....	38
4.9	Συστήματα Ασφάλειας και Προστασίας .....	38
4.10	Επικοινωνία και Διαχείριση Σημάτων.....	38
Κεφάλαιο 5ο: Ανάπτυξη Λογισμικού PLC και Λογική Ελέγχου .....		39
5.1	Εισαγωγή στον Προγραμματισμό PLC .....	39
5.2	Γλώσσες Προγραμματισμού IEC 61131-3.....	39
5.3	Αρχιτεκτονική Λογισμικού του Παλετοποιητή.....	40
5.4	Διαχείριση Μεταβλητών και Μνήμης.....	40
5.5	Ακολουθία Λειτουργίας του Μηχανήματος.....	40
5.5.1	Αρχικοποίηση Συστήματος .....	40
5.5.2	Ανίχνευση Παλέτας.....	40
5.5.3	Ανίχνευση και Ευθυγράμμιση Σακουλών .....	40
5.5.4	Λειτουργία αρπάγης .....	41
5.5.5	Έλεγχος Κίνησης Άξονα .....	41
5.5.6	Διαδικασία Τοποθέτησης Σακούλας.....	41
5.5.7	Λογική Ολοκλήρωσης Στρώσεων .....	41

5.5.8	Λογική Ολοκλήρωσης Παλέτας.....	41
5.6	Αλγόριθμοι Ελέγχου Κίνησης.....	41
5.7	Τοποθέτηση και Διαμόρφωση Στρώσεων.....	41
5.8	Έλεγχος HMI και Αλληλεπίδραση Χειριστή.....	41
5.9	Χειρισμός και Διαγνωστικά Συναγερμών.....	41
5.10	Λογική Διακοπής Έκτακτης Ανάγκης και Ασφάλειας.....	42
5.11	Δοκιμή και Αποσφαλμάτωση Λογισμικού.....	42
5.12	Πλεονεκτήματα του Αναπτυγμένου Λογισμικού Αυτοματισμού.....	42
Κεφάλαιο 6ο: Δοκιμές Συστήματος και Πειραματικά Αποτελέσματα.....		43
6.1	Εισαγωγή.....	43
6.2	Πειραματική Διάταξη.....	43
6.3	Διαδικασίες Λειτουργικών Δοκιμών.....	44
6.4	Ανάλυση Χρόνου Κύκλου.....	44
6.5	Αξιολόγηση Παραγωγικότητας.....	44
6.6	Ακρίβεια Τοποθέτησης.....	45
6.7	Αξιολόγηση Σταθερότητας Παλέτας.....	45
6.8	Ζητήματα αξιοπιστίας και συντήρησης.....	45
Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και Μελλοντικές Βελτιώσεις.....		47
7.1	Συμπεράσματα.....	47
7.2	Αξιολόγηση του Συστήματος Αυτοματισμού.....	47
7.3	Πλεονεκτήματα της υλοποιημένης λύσης.....	48
7.4	Περιορισμοί του υπάρχοντος συστήματος.....	48
7.5	Μελλοντικές Βελτιώσεις.....	49
7.5.1	Αυτόματη Τροφοδοσία Παλετών.....	49
7.5.2	Ενσωμάτωση Συστημάτων Οπτικής Παρακολούθησης.....	49
7.5.3	Ενσωμάτωση SCADA.....	50
7.5.4	Απομακρυσμένη παρακολούθηση και χαρακτηριστικά Industry 4.0.....	50
7.6	Τελικές παρατηρήσεις.....	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΝ.....		55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PLC ΣΤΟ SOMACHINE.....		62

## Συντομογραφίες

Δ.Ε.	Διπλωματική Εργασία
ΔΠΑΕ	Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος
Π.Ε.	Πτυχιακή Εργασία
PLC	Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής

## Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στον Βιομηχανικό Αυτοματισμό

### 1.1 Βιομηχανικός Αυτοματισμός

Ο Βιομηχανικός Αυτοματισμός αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες εξελίξεις στα σύγχρονα συστήματα μηχανικής και παραγωγής. Οι παγκόσμιες βιομηχανίες έχουν σταδιακά μετατοπιστεί από τα παραδοσιακά χειροκίνητα συστήματα παραγωγής σε αυτοματοποιημένα συστήματα παραγωγής λόγω της επιθυμίας για υψηλότερη παραγωγικότητα, καλύτερη ποιότητα προϊόντων, μείωση του κόστους, καλύτερο εργασιακό περιβάλλον και συνθήκες ασφαλείας. Ο βιομηχανικός αυτοματισμός περιλαμβάνει τη χρήση ενός συστήματος ελέγχου, τεχνολογίας υπολογιστών, ηλεκτρικού εξοπλισμού, αισθητήρων, ενεργοποιητών και λογισμικού υπολογιστών για τον έλεγχο μιας βιομηχανικής διαδικασίας με ελάχιστη ή καθόλου ανθρώπινη συμμετοχή [1].

Οι παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής έχουν μετατραπεί σε πολύ έξυπνα και αποτελεσματικά συστήματα βιομηχανικής παραγωγής που μπορούν να λειτουργούν σε πλήρως αυτόματη λειτουργία σε σκληρό βιομηχανικό περιβάλλον λόγω της ανάπτυξης του Βιομηχανικού Αυτοματισμού. Τα μηχανικά συστήματα ελέγχου και η χειροκίνητη εργασία έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην κατασκευή σε προηγούμενα περιβάλλοντα. Αυτά θα είχαν ως αποτέλεσμα την απώλεια ποιότητας του προϊόντος, την απώλεια παραγωγικής ικανότητας, τον αυξημένο χρόνο διακοπής λειτουργίας και το αυξημένο λειτουργικό κόστος. Καθώς οι τεχνολογίες αυτοματισμού εξελίχθηκαν, οι βιομηχανίες μπόρεσαν να αυξήσουν την ακρίβεια εργασίας τους, την ταχύτητα κατασκευής και να μειώσουν τον κίνδυνο ανθρώπινου σφάλματος [2].

Πολλές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού, όλες συνεργαζόμενες σε ένα σύστημα ελέγχου. Αυτά περιλαμβάνουν τον Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή (PLC), τις Διεπαφές Ανθρώπου-Μηχανής (HMIs), τα Βιομηχανικά Δίκτυα Επικοινωνιών, τα συστήματα ελέγχου κίνησης, τους αισθητήρες, τους ενεργοποιητές, τους σερβοκινητήρες και τους ρομποτικούς μηχανισμούς. Αυτή η συνεργασία αυτών των συσκευών μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση και τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας σε πραγματικό χρόνο και να διασφαλίσει την αξιόπιστη και ασφαλή λειτουργία ενός βιομηχανικού συστήματος [3].

### 1.2 Αυτοματισμός σε Σύγχρονα Συστήματα Παραγωγής

Ο βιομηχανικός αυτοματισμός είναι μια τεχνολογία που χρησιμοποιείται από πολλές βιομηχανίες όπως η επεξεργασία τροφίμων, η φαρμακευτική, η χημική, η συσκευασία, η εφοδιαστική, η ενέργεια και η αυτοκινητοβιομηχανία. Για αυτές τις βιομηχανίες, τα πλεονεκτήματα των αυτόματων συστημάτων είναι η παραγωγικότητα, η ομοιομορφία των προϊόντων, η αξιοπιστία και η βελτιστοποίηση της διαδικασίας. Επιπλέον, ο αυτοματισμός βοηθά στην ελαχιστοποίηση των ατυχημάτων στον χώρο εργασίας αντικαθιστώντας επικίνδυνες ή επαναλαμβανόμενες χειροκίνητες ενέργειες με ενέργειες που ελέγχονται από μηχανήματα [4].

Οι τεχνολογίες Βιομηχανίας 4.0 είναι μια από τις πιο σημαντικές καινοτομίες στον τομέα της αυτοματοποιημένης τεχνολογίας. Η έννοια της Βιομηχανίας 4.0 ενσωματώνει τον αυτοματισμό με τεχνολογίες πληροφοριών υψηλής τεχνολογίας όπως το cloud computing, τα βιομηχανικά δίκτυα, η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η μηχανική μάθηση και η έξυπνη παρακολούθηση. Οι τεχνολογίες επιτρέπουν στα εργοστάσια να είναι συνδεδεμένα, καθιστώντας τα αρκετά έξυπνα ώστε να προβλέπουν τη συντήρησή τους, να αποκεντρώνουν τη λήψη αποφάσεων και να βελτιστοποιούν την παραγωγή τους [5].

Μία από τις πιο σημαντικές εφαρμογές που απαιτεί ακριβή και συνεχή τοποθέτηση και μετακίνηση βαρέων προϊόντων είναι η διαχείριση βαρέων προϊόντων και η παλετοποίηση υλικών, όπου τα συστήματα αυτοματισμού είναι τα πιο σημαντικά. Η παραδοσιακή χειροκίνητη εργασία παλετοποίησης απαιτεί επαναλαμβανόμενη ανθρώπινη εργασία, με αποτέλεσμα την κόπωση του χειριστή, την απώλεια αποτελεσματικότητας και τους κινδύνους για την ασφάλεια. Με τα αυτοματοποιημένα συστήματα παλετοποίησης, τα οποία χρησιμοποιούν ρομποτικούς μηχανισμούς και προγραμματιζόμενα συστήματα ελέγχου που είναι ικανά για συνεχή και ακριβή παλετοποίηση, αυτά τα μειονεκτήματα μπορούν να ξεπεραστούν.

Η εφαρμογή τεχνολογιών βιομηχανικού αυτοματισμού σε συστήματα παλετοποίησης αυξάνει την αποδοτικότητα της παραγωγής και προσφέρει βελτιωμένη σταθερότητα των φορτωμένων παλετών, μειώνει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και τις απαιτήσεις συντήρησης. Ως εκ τούτου, στο παρόν σενάριο των μεταποιητικών βιομηχανιών που απαιτούν ανταγωνιστικότητα και λειτουργική αριστεία, ο βιομηχανικός αυτοματισμός καθίσταται πολύ σημαντικό.

Σήμερα, ο αυτοματισμός αποτελεί ουσιαστικό μέρος των σημερινών συστημάτων παραγωγής. Στα σύγχρονα συστήματα παραγωγής, ο αυτοματισμός παίζει πλέον σημαντικό ρόλο.

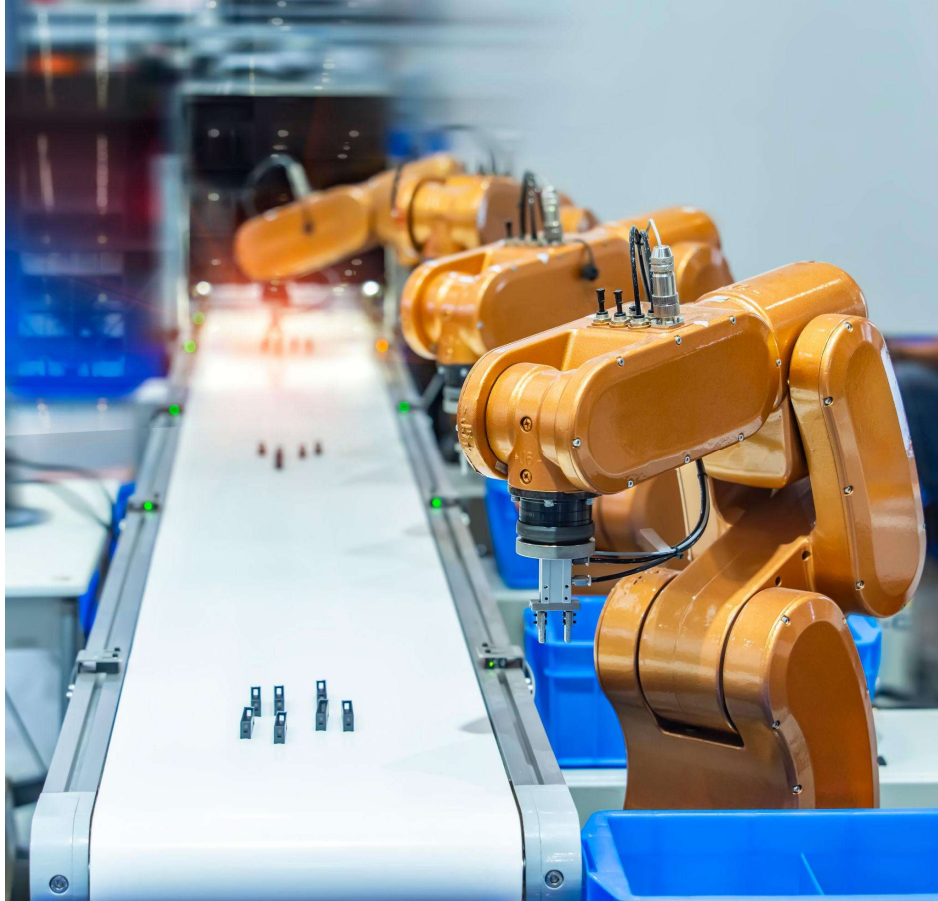
Λόγω της ραγδαίας προόδου της τεχνολογίας, η πολυπλοκότητα και η λειτουργία των σύγχρονων συστημάτων παραγωγής αυξάνονται συνεχώς στη βιομηχανική παραγωγή. Οι κατασκευαστές απαιτούν από αυτούς να παράγουν μεγάλες ποσότητες προϊόντων υψηλής ποιότητας και με χαμηλό λειτουργικό κόστος, και να έχουν γρήγορη αλλαγή για το προϊόν ώστε να ταιριάζει στις απαιτήσεις της αγοράς. Έτσι, οι τεχνολογίες αυτοματισμού παίζουν κρίσιμο ρόλο στα συστήματα παραγωγής της σημερινής εποχής [1].

Στα συστήματα παραγωγής, ο αυτοματισμός είναι η διαχείριση μηχανολογικού εξοπλισμού, ηλεκτρικών συστημάτων, εξοπλισμού που ελέγχεται από λογισμικό και τεχνολογιών βιομηχανικής επικοινωνίας σε ένα ενιαίο σύστημα. Οι αυτοματοποιημένες γραμμές είναι ικανές να παράγουν συνεχώς με υψηλή ταχύτητα, επαναληψιμότητα και ακρίβεια. Τα Προγραμματιζόμενα Συστήματα Ελέγχου επιτρέπουν στα βιομηχανικά μηχανήματα να ακολουθούν μια σειρά βημάτων και μεταβλητών διεργασιών με τρόπο που δεν απαιτεί συνεχή ανθρώπινη παρέμβαση [2].

Η βελτίωση της παραγωγικότητας της παραγωγής είναι ένα από τα πιο ουσιαστικά οφέλη των συστημάτων αυτοματισμού στην κατασκευή. Οι αυτοματοποιημένες μηχανές μπορούν να λειτουργούν για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα χωρίς την ανάγκη διαλειμμάτων και με σταθερή απόδοση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ωστόσο, τα χειροκίνητα συστήματα παραγωγής υποφέρουν από ανθρώπινη κόπωση, η παραγωγή και περιορισμένη ικανότητα εργασίας. Ο αυτοματισμός μπορεί να επιτρέψει στις βιομηχανίες να αυξήσουν τον ρυθμό παραγωγής τους χωρίς να θυσιάσουν την ποιότητα των προϊόντων [7].

Τα αυτοματοποιημένα συστήματα παραγωγής παρέχουν επίσης μεγάλη ευελιξία. Τα παραδοσιακά συστήματα παραγωγής ήταν σε μεγάλο βαθμό προσανατολισμένα σε σταθερές διαδικασίες παραγωγής και απαιτούσαν σημαντικές μηχανικές αλλαγές στη διαδικασία παραγωγής για να αλλάξουν οι απαιτήσεις παραγωγής. Ωστόσο, τα σύγχρονα αυτοματοποιημένα συστήματα μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να αλλάζουν γρήγορα, όπως απαιτείται, για να χειρίζονται διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας χρησιμοποιώντας αλλαγές λογισμικού και προγραμματιζόμενες παραμέτρους ελέγχου. Αυτή η ευελιξία μπορεί να επιτρέψει στις βιομηχανίες να προσαρμόζουν τις διαστάσεις των προϊόντων, τις ίδιες τις συσκευασίες και την ίδια τη διαδικασία παραγωγής με μικρό χρόνο διακοπής λειτουργίας [3].

Ο αυτοματισμός στη βιομηχανία βελτιώνει επίσης την ακρίβεια και την επαναληψιμότητα της διαδικασίας παραγωγής. Οι αισθητήρες, οι συσκευές ανάδρασης και οι μηχανισμοί ελέγχου κίνησης αποτελούν όλα μέρος ενός αυτοματοποιημένου συστήματος που παρακολουθεί συνεχώς τη λειτουργία μιας μηχανής και διορθώνει αυτόματα τυχόν αποκλίσεις. Αυτό αποδεικνύεται πολύ ωφέλιμο σε διαδικασίες όπως η κατασκευή ή άλλες εφαρμογές που απαιτούν ακριβή τοποθέτηση, ταυτόχρονη κίνηση και έλεγχο διεργασιών.



Εικόνα 1.1 - Αυτόματο βιομηχανικό ρομποτικό ρομπότ που λειτουργεί, βιομηχανία 4.0 και τεχνολογία έννοια

Ο αυτοματισμός παίζει σημαντικό ρόλο στην βιομηχανική ασφάλεια, εκτός από τα οφέλη του για την παραγωγικότητα. Σε πολλά βιομηχανικά περιβάλλοντα υπάρχουν επικίνδυνες δραστηριότητες, όπως ο χειρισμός βαρέων φορτίων, η χρήση μηχανημάτων υψηλής ταχύτητας και η έκθεση σε τοξικά υλικά. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα, τα οποία εξαλείφουν ή μειώνουν την άμεση ανθρώπινη εμπλοκή σε αυτές τις εργασίες, τις διευκολύνουν και τις καθιστούν ασφαλέστερες στους χώρους εργασίας, μειώνοντας τα ατυχήματα στον χώρο εργασίας [4].

Επίσης, στα συστήματα παραγωγής, η διατήρηση της εστίασης στην ενεργειακή απόδοση και τη βελτιστοποίηση της συντήρησης αποτελεί τρέχουσα τάση. Χρησιμοποιώντας μετατροπείς συχνότητας και έξυπνα συστήματα ελέγχου, ο βιομηχανικός εξοπλισμός μπορεί να λειτουργεί σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες παραγωγής και να εξοικονομεί περιττή κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, τα αυτόματα συστήματα της σύγχρονης εποχής μπορούν να συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τις συνθήκες

λειτουργίας και να παρέχουν μια διάγνωση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εφαρμογή ενός σχεδίου προληπτικής συντήρησης και την πρόληψη των απρόβλεπτων συμβάντων που μπορεί να συμβούν στο μηχάνημα [8].

Τα σύγχρονα συστήματα παραγωγής έχουν επομένως συνδεθεί στενά με την ανάπτυξη τεχνολογιών αυτοματισμού. Η χρήση προηγμένων συστημάτων αυτοματισμού φέρνει στις βιομηχανίες μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα μέσω μεγαλύτερης παραγωγικότητας, καλύτερης ποιότητας προϊόντων, χαμηλότερου κόστους κατασκευής και μεγαλύτερης αξιοπιστίας στη λειτουργία.).

### 1.3 Συστήματα Παλετοποίησης σε Βιομηχανικές Εφαρμογές

Στην πραγματικότητα, η παλετοποίηση χρησιμοποιείται πλέον σε βιομηχανικές εφαρμογές. Σήμερα, ακόμη και στη βιομηχανία, χρησιμοποιούνται συστήματα παλετοποίησης.

Τα ακόλουθα είναι τα βασικά μέρη των σύγχρονων εργοστασίων και μονάδων συσκευασίας: Συστήματα παλετοποίησης. Μια μηχανή για τη δημιουργία ενός σχεδίου στοιβάξης από προϊόντα όπως σακούλες, κουτιά, χαρτόκουτα ή δοχεία και την τοποθέτησή τους σε παλέτες. Ο κύριος στόχος των συστημάτων παλετοποίησης είναι να διευκολύνουν τον χειρισμό, την αποθήκευση και την εφοδιαστική αλυσίδα για τη μεταφορά του προϊόντος, να ελαχιστοποιήσουν τον απαιτούμενο χειρωνακτικό χειρισμό και να μειώσουν το μέγεθος του προϊόντος που πρόκειται να μεταφερθεί [6].

Τα βιομηχανικά συστήματα παλετοποίησης χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων, στη γεωργία, στην παραγωγή ζωοτροφών, στην παραγωγή λιπασμάτων, στη βιομηχανία τσιμέντου και σε άλλες βιομηχανίες όπως η εφοδιαστική αλυσίδα αποθηκών. Οι βαριές σακούλες ή δοχεία χρησιμοποιούνται συχνά για τη μεταφορά προϊόντων εδώ και τα προϊόντα πρέπει να στοιβάζονται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα για φόρτωση ή αποθήκευση.

Οι διαδικασίες χειροκίνητης παλετοποίησης είναι επίπονες και απαιτούν πολλή εργασία. Η ανύψωση βαρέων αντικειμένων είναι μια κοινή πρακτική για τον ανθρώπινο χειριστή, η οποία μπορεί να ευθύνεται για μυοσκελετικούς τραυματισμούς και μειωμένη παραγωγικότητα. Επιπλέον, η χειροκίνητη στοιβάξη μπορεί να προκαλέσει κακό σχηματισμό παλετών και προβλήματα σταθερότητας φορτίου που μπορούν να προκαλέσουν κατάρρευση των παλετών κατά τη μεταφορά [9].

Για να αντισταθμίσουν αυτά τα μειονεκτήματα, τα αυτοματοποιημένα συστήματα παλετοποίησης βασίζονται σε ρομπότ ή καρτεσιανούς μηχανισμούς και εξελιγμένα συστήματα ελέγχου. Αυτά τα μηχανήματα είναι ικανά να παράγουν συνεχείς κινήσεις βαρέων προϊόντων και ακρίβεια τοποθέτησης, καθώς και σταθερό σχηματισμό παλετών. Η βιομηχανική χρήση μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση ρομποτικών βραχιόνων, συστημάτων σχηματισμού στρώσεων ή καρτεσιανών δομών κίνησης [10].

Οι καρτεσιανοί παλετοποιητές βασίζονται στην έννοια της γραμμικής κίνησης και κινούν κάθετους άξονες που γενικά ονομάζονται άξονες X, Y και Z. Χρησιμοποιώντας αυτή τη διάταξη, η τοποθέτηση και η κίνηση του μηχανισμού λαβής κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παλετοποίησης ελέγχονται με ακρίβεια. Ένα καρτεσιανό σύστημα χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές λόγω του υψηλού βαθμού ακρίβειας, απλότητας και αξιοπιστίας του σε εφαρμογές βαρέων φορτίων [11].

Ο παλετοποιητής που ερευνάται σε αυτή τη διατριβή είναι καρτεσιανός ρομποτικός. Το σύστημα παραλαμβάνει σακούλες σε έναν μεταφορικό ιμάντα και τις μεταφέρει σε μια καθορισμένη περιοχή στην παλέτα χρησιμοποιώντας τον μεταφορικό ιμάντα και ελέγχοντας την κίνηση και την περιστροφή της κίνησης πολλαπλών αξόνων του αρπάγης. Η ακολουθία παλετοποίησης είναι προγραμματιζόμενη και ο χειριστής μπορεί να επιλέξει τα διαφορετικά μοτίβα στοιβάξης από την Ανθρώπινη Διεπαφή.

Ένας από τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την παλετοποίηση είναι η σταθερότητα των παλετών μετά την ολοκλήρωσή τους. Ο σχεδιασμός των σακουλών συσκευασίας σε ένα φορητό πρέπει όχι μόνο να είναι σωστός, αλλά και να διασφαλίζει ότι οι σακούλες είναι διατεταγμένες εναλλασσόμενου τρόπου για να βελτιωθεί η διάταξη φορτίου και οι σταθερές συνθήκες μεταφοράς. Επομένως, η ακρίβεια τοποθέτησης και η ακρίβεια σχηματισμού στρώσεων του συστήματος παλετοποίησης πρέπει να επιτυγχάνονται με ακρίβεια και συνέπεια κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παλετοποίησης [12].

Τα σημερινά μηχανήματα παλετοποίησης είναι επίσης εξοπλισμένα με συσκευές ασφαλείας όπως φωτοκύτταρα, κυκλώματα διακοπής έκτακτης ανάγκης, διακόπτες ορίου και συστήματα παρακολούθησης αισθητήρων. Αυτές οι συσκευές σύνθεσης εξασφαλίζουν ασφαλή λειτουργία του μηχανήματος και προστασία από επικίνδυνες συνθήκες για τον χειριστή και το μηχάνημα.

#### 1.4 Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC)

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) είναι βιομηχανικοί ψηφιακοί υπολογιστές που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση βιομηχανικών μηχανημάτων και διαδικασιών παραγωγής. Από την εισαγωγή τους τον εικοστό αιώνα, τα PLC είναι σήμερα η πιο κοινή τεχνολογία για τον αυτόματο έλεγχο βιομηχανικών διεργασιών και εξοπλισμού, χάρη στην αξιοπιστία, την προγραμματισιμότητα και την καταλληλότητά τους για λειτουργία σε σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα [2].



Εικόνα 1.2 - PLC υψηλής ακρίβειας για έλεγχο μηχανών ή διαδικασιών παραγωγής σε βιομηχανικές εφαρμογές

Ένα PLC μπορεί να λαμβάνει σήματα εισόδου από αισθητήρες, διακόπτες, συσκευές παρακολούθησης, να τα επεξεργάζεται σύμφωνα με ένα πρόγραμμα ελέγχου και να παρέχει σήματα εξόδου σε έναν κινητήρα, ρελέ, βαλβίδα, πνευματικούς ενεργοποιητές κ.λπ. και σε όλες τις άλλες βιομηχανικές

συσκευές. Είναι ιδανικό για εφαρμογές όπου οι μηχανές πρέπει να λειτουργούν συγχρονισμένα και με ακριβή χρονισμό, λόγω του ντετερμινιστικού ελέγχου που προσφέρει, στα PLC [3].

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των συστημάτων PLC είναι η ευελιξία τους. Όταν ήταν απαραίτητες αλλαγές λειτουργίας, στα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου που βασίζονται σε ρελέ, ήταν απαραίτητη η εκτεταμένη τροποποίηση της καλωδίωσης. Τα PLC απαλλάσσονται από αυτόν τον περιορισμό, καθιστώντας εύκολη την αλλαγή της λογικής ελέγχου μέσω προγραμματισμού λογισμικού αντί για επανασχεδιασμό υλικού. Αυτή η δυνατότητα βοηθά στην ευκολότερη συντήρηση και επίσης ανταποκρίνεται στις μεταβαλλόμενες βιομηχανικές απαιτήσεις έγκαιρα.

Αυτά τα σύγχρονα PLC προγραμματίζονται χρησιμοποιώντας διάφορες γλώσσες προγραμματισμού, όπως το Διάγραμμα Κλιμάκωσης (LD), το Δομημένο Κείμενο (ST), το Διάγραμμα Μπλοκ Συναρτήσεων (FBD), το Διάγραμμα Ακολουθιακών Συναρτήσεων (SFC) και τη Λίστα Εντολών (IL) [14]. Αυτές είναι οι μορφές προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ευελιξίας στην εφαρμογή ενός πιο σύνθετου συστήματος αυτοματισμού στη βιομηχανία.

Σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές, όπως συστήματα μεταφορικών ταινιών, ρομποτικά μηχανήματα, γραμμές παραγωγής, βιομηχανίες διεργασιών, συστήματα συσκευασίας και εξοπλισμός χειρισμού υλικών, τα PLC είναι συνηθισμένα. Τα PLC χρησιμοποιούνται σε συστήματα παλετοποίησης για τον έλεγχο των μεταφορικών ταινιών, των κινητήρων, των μετατροπέων, των αισθητήρων, των πνευματικών συστημάτων και των συσκευών ασφαλείας.



Εικόνα 1.3 - Έλεγχος βιομηχανικών μηχανών υψηλής τεχνολογίας μέσω PLC που προγραμματίζει λογικό έλεγχο για την κατασκευή

## 1.5 Στόχοι της Διατριβής

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει ένα σύστημα αυτοματισμού που έχει σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον προγραμματισμού λογισμικού Schneider Electric PLC και SoMachine. Το PLC ελέγχει όλες τις λειτουργίες του μηχανήματος, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης σάκων, του συντονισμού της κίνησης του άξονα, του ελέγχου της λαβίδας, της επικοινωνίας με τον μετατροπέα, της διαμόρφωσης παλετών, του συναγερμού και της διαχείρισης της Διεπαφής Ανθρώπου-Μηχανής (HMI).

Σε μια εφαρμογή παλετοποίησης, η χρήση της τεχνολογίας PLC προσφέρει μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως: Λειτουργική αξιοπιστία, Υψηλή ταχύτητα επεξεργασίας, Αρθρωτή αρχιτεκτονική λογισμικού, Απλοποιημένη συντήρηση, Αυξημένη ευελιξία παραγωγής. Επίσης, τα συστήματα PLC προσφέρουν τη δυνατότητα προσθήκης περισσότερων αισθητήρων, μονάδων επικοινωνίας και συστημάτων εποπτικού ελέγχου σε υπάρχουσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ώστε να γίνουν πιο επεκτάσιμες [15].



Εικόνα 1.4 - Ρομποτικός Παλετοποιητής - Wuxi Jianlong Packaging Co., Ltd

Η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στα εξής:

Ο κύριος στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός συστήματος αυτοματισμού για μια βιομηχανική μηχανή παλετοποίησης καρτεσιανού τύπου, η οποία θα χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές χειρισμού σακουλών. Το αναπτυγμένο σύστημα θα βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας των βιομηχανικών διεργασιών, καθώς και στην ακρίβεια της παλετοποίησης, στην ασφάλεια λειτουργίας και στην αξιοπιστία της διαδικασίας, εφαρμόζοντας τεχνολογίες αυτοματισμού και συντονισμένου ελέγχου κίνησης με βάση την τεχνολογία PLC.

Πιο συγκεκριμένα, οι ακόλουθοι στόχοι της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι:

Μελέτη και ανάλυση βιομηχανικών συστημάτων αυτοματισμού και τεχνολογιών παλετοποίησης.

Ανάλυση καρτεσιανών δομών ρομπότ σε παλετοποιητή για τη βιομηχανία.

Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος αυτοματισμού PLC με βιομηχανικό εξοπλισμό Schneider Electric και περιβάλλον προγραμματισμού SoMachine.

Συντονισμένος έλεγχος κίνησης των αξόνων κίνησης X, Y και Z και έλεγχος περιστροφής αρπάγης.

Δυνατότητα σύνδεσης συστημάτων μεταφορικών ταινιών, πνευματικών συστημάτων, αισθητήρων, μετατροπέων και συσκευών ασφαλείας σε ένα ενιαίο σύστημα ελέγχου βιομηχανίας.

Υποβοήθηση στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής και διαμόρφωση μηχανημάτων.

Εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης ασφαλείας και συναγερμού για εγγυημένη βιομηχανική λειτουργία.

Αξιολόγηση του συστήματος παλετοποίησης χρησιμοποιώντας λειτουργικές δοκιμές και ανάλυση απόδοσης.

Η διατριβή στοχεύει επίσης να τονίσει τη συμβολή των τεχνολογιών αυτοματισμού στο να βελτιώσουν την αποδοτικότητα στην κατασκευή και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος στο τρέχον βιομηχανικό περιβάλλον [1].

### **1.6 Μεθοδολογία και Δομή Διατριβής**

Η μεθοδολογία και η δομή της διατριβής είναι το πιο σημαντικό μέρος της ερευνητικής εργασίας.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται σε αυτή τη διατριβή πραγματοποιείται σε διάφορες φάσεις: θεωρητική ανάλυση, αξιολόγηση μηχανικού συστήματος, σχεδιασμός ηλεκτρικού και αυτοματισμού συστήματος, ανάπτυξη λογισμικού PLC, δοκιμές στη λειτουργία και αξιολόγηση απόδοσης.

Για την κατανόηση των αναγκών απόδοσης και των χαρακτηριστικών σχεδιασμού των βιομηχανικών παλετοποιητών, πραγματοποιήθηκε θεωρητική έρευνα σχετικά με την τεχνολογία βιομηχανικού αυτοματισμού και το σύστημα παλετοποίησης. Ανασκοπήθηκε η επιστημονική βιβλιογραφία και τα τεχνικά έγγραφα για την κατανόηση των υπάρχουσών μεθόδων παλετοποίησης, των ρομποτικών δομών, των συστημάτων κίνησης και των αρχιτεκτονικών βιομηχανικού ελέγχου [10].

Η θεωρητική μελέτη πραγματοποιήθηκε και αναλύθηκε μετά από λεπτομερή ανάλυση της μηχανικής δομής του παλετοποιητή. Με βάση τις λειτουργίες και τις βιομηχανικές ανάγκες, αναλύθηκαν το

καρτεσιανό σύστημα κίνησης, ο μηχανισμός τροφοδοσίας μεταφορικού ιμάντα, το πνευματικό σύστημα χειρισμού σακουλών, οι γραμμικοί οδηγοί και ο μηχανισμός περιστροφής της λαβίδας.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της αρχιτεκτονικής αυτοματισμού. Οι συσκευές αυτοματισμού της Schneider Electric επιλέχθηκαν και διασυνδέθηκαν με το σύστημα ελέγχου που βασίζεται σε PLC με σκοπό την επιλογή και σύνδεση βιομηχανικών αισθητήρων, κινητήρων, μετατροπέων, φωτοκυττάρων, διακοπών ορίου και συσκευών ασφαλείας. Όλες οι παράμετροι λειτουργίας του παλετοποιητή χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των ηλεκτρικών απαιτήσεων και των απαιτήσεων του συστήματος ελέγχου.

Η ανάπτυξη λογισμικού περιελάμβανε τον προγραμματισμό του ελεγκτή PLC χρησιμοποιώντας το Λογισμικό Ελέγχου PLC που περιλαμβάνεται στο περιβάλλον προγραμματισμού SoMachine. Η δομή του λογισμικού σχεδιάστηκε ώστε να δομείται σε λογικές λειτουργικές ενότητες, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αρχικοποίηση του μηχανήματος, τον έλεγχο των κινήσεων, τον συντονισμό των κινήσεων του μεταφορικού ιμάντα, την υλοποίηση της λογικής σχηματισμού παλέτας, τη διαχείριση της ασφάλειας και τη διαχείριση συναγεμμών. Διεξήχθησαν δοκιμές και βελτιστοποιήσεις των ακολουθιών κίνησης για να διασφαλιστεί η σταθερή και αξιόπιστη λειτουργία του μηχανήματος.

Τέλος, δοκιμάστηκε το τελικό σύστημα παλετοποίησης και αναλύθηκε η απόδοση. Η υλοποιημένη λύση αυτοματισμού αξιολογήθηκε ως προς την ταχύτητα παραγωγής, την ακρίβεια τοποθέτησης, τη σταθερότητα της παλέτας, καθώς και την αξιοπιστία και τη λειτουργική σταθερότητα.

Η διατριβή διατυπώνεται ως εξής:

Το Κεφάλαιο 1 αποτελεί εισαγωγή στη θεωρητική γνώση των συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού και της τεχνολογίας βιομηχανικής παραγωγής, του συστήματος παλετοποίησης και του βιομηχανικού ελέγχου που βασίζεται σε PLC. Στο Κεφάλαιο 1, παρουσιάζονται οι θεωρητικές γνώσεις των συστημάτων βιομηχανικού αυτοματισμού, των τεχνολογιών βιομηχανικής παραγωγής, των συστημάτων παλετοποίησης και του βιομηχανικού ελέγχου που βασίζεται σε PLC.

Το Κεφάλαιο 2 εξετάζει την ανάλυση των βιομηχανικών εφαρμογών και των βιομηχανικών τεχνολογιών στη διαδικασία παλετοποίησης.

Οι μηχανικές και λειτουργικές ιδιότητες του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000 συζητούνται στο Κεφάλαιο 3.

Ο ηλεκτρικός σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική του παλετοποιητή δίνονται στο Κεφάλαιο 4.

Το Κεφάλαιο 5 ασχολείται με τον προγραμματισμό του λογισμικού PLC, την εφαρμογή του ελέγχου κίνησης και τον προγραμματισμό της λογικής λειτουργίας της μηχανής.

Οι διαδικασίες λειτουργικών δοκιμών, τα πειραματικά αποτελέσματα και η αξιολόγηση της απόδοσης δίνονται στο Κεφάλαιο 6.

Τα αποτελέσματα της διατριβής συνοψίζονται στο τελευταίο κεφάλαιο και παρέχονται προτάσεις για τη βελτίωση του συστήματος αυτοματισμού..

## Κεφάλαιο 2ο: Βιομηχανικά Συστήματα Παλετοποίησης

### 2.1 Εισαγωγή στην Παλετοποίηση

Η παλετοποίηση είναι μια από τις πιο κρίσιμες διαδικασίες στις σύγχρονες βιομηχανικές διαδικασίες παραγωγής και εφοδιαστικής. Ο όρος παλετοποίηση είναι μια διαδικασία τακτοποίησης και στοίβαξης προϊόντων σε μια συγκεκριμένη και προβλέψιμη δομή, η οποία είναι κατάλληλη για μεταφορά, αποθήκευση και διανομή. Τα βιομηχανικά συστήματα παλετοποίησης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταποιητική βιομηχανία για τη συνεχή και αποτελεσματική επεξεργασία ενός ευρέος φάσματος προϊόντων όπως σακούλες, χαρτόκουτα, κουτιά, δοχεία και συσκευασμένα προϊόντα.

Οι δραστηριότητες παλετοποίησης έχουν υποστεί δραματικές αλλαγές τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς αναπτύσσονται οι τεχνολογίες βιομηχανικού αυτοματισμού. Η ένταση εργασίας, η χαμηλή παραγωγή, η κόπωση του χειριστή, η κακή ποιότητα στοίβαξης και η κακή ασφάλεια της στοίβας ήταν μερικά από τα μειονεκτήματα των χειροκίνητων βημάτων παλετοποίησης. Καθώς τα επίπεδα παραγωγής αυξάνονταν και ο ανταγωνισμός αυξανόταν, οι κατασκευαστές αναζητούσαν αυτοματοποιημένες λύσεις που θα βοηθούσαν στην ενίσχυση των λειτουργιών τους, στη μείωση των εξόδων εργασίας και των λαθών χειρισμού υλικών [2].

Τα σημερινά συστήματα παλετοποίησης χρησιμοποιούν μια ποικιλία τεχνολογιών αυτοματισμού αιχμής, όπως ρομποτικά χειριστήρια, καρτεσιανά συστήματα κίνησης, προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές (PLC) και αισθητήρες, κινητήρες κίνησης, συστήματα μεταφοράς και βιομηχανικά δίκτυα επικοινωνίας. Ως αποτέλεσμα αυτού του τύπου τεχνολογιών, οι παλετοποιητές είναι σε θέση να λειτουργούν συνεχώς ακόμη και στο πιο αυστηρό βιομηχανικό περιβάλλον με την υψηλότερη ακρίβεια, επαναληψιμότητα και αξιοπιστία. [3]

Η κύρια λειτουργία των συστημάτων παλετοποίησης είναι να διευκολύνουν τον χειρισμό και την εφοδιαστική του προϊόντος. Η χρήση μιας παλέτας στην αποθήκη καθιστά τη χρήση της παλέτας πιο αποτελεσματική, μειώνει τις ζημιές στο προϊόν και σταθεροποιεί το φορτίο κατά τη μετακίνηση και την αποθήκευση. Μια μηχανή παλετοποίησης [4] είναι μια βιομηχανική παλετοποιητής που χρησιμοποιείται για την γρήγορη και σωστή στοίβαξη παλετών σύμφωνα με ένα προγραμματισμένο μοτίβο.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες βιομηχανίες όπως η βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων, η γεωργία, η χημική βιομηχανία, η βιομηχανία παραγωγής λιπασμάτων, η φαρμακευτική βιομηχανία, η τσιμεντοβιομηχανία, η εφοδιαστική αποθήκης κ.λπ. Σε αυτές τις βιομηχανίες, το σύστημα είναι γενικά μεγάλο και ογκώδες και ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παλετοποίησης είναι απαραίτητο για την επίτευξη ασφαλούς ροής παραγωγής και την ασφάλεια του χειριστή [5].

Λόγω της τεχνολογίας και της Βιομηχανίας 4.0, τα συστήματα παλετοποίησης έχουν προχωρήσει ακόμη περισσότερο. Οι σύγχρονοι παλετοποιητές μπορούν επίσης να ενσωματωθούν με ένα σύστημα εποπτικού ελέγχου, ένα σύστημα ελέγχου αποθήκης και ένα βιομηχανικό δίκτυο επικοινωνίας, επιτρέποντας την παρακολούθηση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής μέσω αυτοματισμού, σε πραγματικό χρόνο. [6]

Συχνά, τα αυτοματοποιημένα συστήματα παλετοποίησης έχουν προγραμματισμένες ακολουθίες κίνησης για την οδήγηση του αυτοματοποιημένου συστήματος. Ο στόχος του παλετοποιητή είναι να επιλέγει προϊόντα από τα συστήματα μεταφορικών ταινιών και να τα φορτώνει διαδοχικά στην επιλεγμένη παλέτα με το επιλεγμένο μοτίβο. Ανάλογα με τον σχεδιασμό του συστήματος, οι

παλετοποιητές μπορούν να σχεδιαστούν με βάση τους ρομποτικούς βραχίονες ή τις καρτεσιανές δομές ή τα συστήματα σχηματισμού στρώσεων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με το καρτεσιανό σύστημα παλετοποίησης που χρησιμοποιείται σήμερα για τον υπό μελέτη παλετοποιητή. Έχει πολλαπλούς γραμμικούς άξονες με περιστρεφόμενο μηχανισμό λαβής για την ασφαλή και ακριβή μεταφορά και τοποθέτηση σακουλών σε παλέτες.



Εικόνα 2.1 - Παλετοποίηση βραχίονα ρομπότ στο ιστολόγιο της Ruby Najjar

## 2.2 Τύποι Μηχανών Παλετοποίησης

Οι μηχανές παλετοποίησης διατίθενται σε μια ποικιλία διαφορετικών τύπων. Λάβετε υπόψη ότι υπάρχουν διάφορα είδη παλετοποιητών.

Τα βιομηχανικά συστήματα παλετοποίησης μπορούν να ταξινομηθούν σε συστήματα ανύψωσης και περιστροφής, συστήματα μεταφορικών ταινιών και συστήματα οδήγησης με βάση τη μηχανική δομή. Λαμβάνοντας ως κριτήριο την αρχή της κίνησης, μπορούν να χωριστούν σε συστήματα ανύψωσης και περιστροφής, συστήματα μεταφορικών ταινιών και συστήματα οδήγησης. Τα πιο δημοφιλή είναι οι Ρομποτικοί Βραχίονες, οι Καρτεσιανοί και οι Παλετοποιητές Στρώσεων. Ανάλογα με τις ανάγκες

παραγωγής, τα χαρακτηριστικά φορτίου, την ευελιξία στη λειτουργία και τη βιομηχανική χρήση, υπάρχουν συγκεκριμένα οφέλη για κάθε κατηγορία [7].

Όσον αφορά ένα σύστημα παλετοποίησης, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως ο όγκος παραγωγής, το μέγεθος του προϊόντος, το ωφέλιμο φορτίο, η ακρίβεια τοποθέτησης, ο περιορισμός χώρου και η ευελιξία. Η αυτοματοποιημένη παλετοποίηση γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στις σύγχρονες βιομηχανίες για την παραγωγικότητα και τη συνέπεια στη λειτουργία της σε σχέση με τη χειροκίνητη παλετοποίηση [8].

### **2.2.1 Παλετοποιητές Ρομποτικών Βραχιόνων**

Ένας από τους πιο ευρέως χρησιμοποιούμενους και δημοφιλείς αυτόματους παλετοποιητές είναι ο παλετοποιητής ρομποτικού βραχίονα, ο οποίος χρησιμοποιείται στις σύγχρονες βιομηχανίες. Είναι αρθρωτοί και βασίζονται σε έναν ρομποτικό χειριστή που μπορεί να εκτελέσει διάφορες πολύπλοκες κινήσεις και είναι ευέλικτος στην αντιμετώπιση διαφόρων προϊόντων. Σε έναν γενικό παλετοποιητή, όλοι οι ρομποτικοί βραχίονες θα είναι εξοπλισμένοι με πολλαπλές περιστροφικές αρθρώσεις και έναν σερβοκινητήρα, επιτρέποντας στον βραχίονα να κινείται ελεύθερα στον τεράστιο χώρο λειτουργίας [9].

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα των παλετοποιητών ρομποτικών βραχιόνων είναι η ευελιξία τους. Αυτά τα συστήματα μπορούν να είναι γρήγορα απλώς αναδιαμορφώνονται για διάφορες διατάξεις παλετοποίησης, ποικιλίες προϊόντων και λειτουργικές απαιτήσεις, απλώς τροποποιώντας το λογισμικό χωρίς σημαντικές μηχανικές αλλαγές. Έτσι, οι ρομποτικοί παλετοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εγκαταστάσεις παραγωγής με συχνή αλλαγή σειρών προϊόντων και όπου τα προϊόντα διατίθενται σε διάφορα μεγέθη ή/και πρότυπα παλετοποίησης.



Εικόνα 2.2 - Αυτοματοποιημένα Συστήματα Παλετοποίησης & Αποπαλετοποίησης | Toyota Automated Logistics

Οι ρομποτικοί παλετοποιητές είναι συνήθως εξοπλισμένοι με έναν συγκεκριμένο τύπο λαβής που είναι ικανός να χειρίζεται σακούλες, χαρτόκουτα, μπουκάλια ή δοχεία. Η λαβή μπορεί να λειτουργεί πνευματικά, μηχανικά ή με αναρρόφηση κενού ανάλογα με την εφαρμογή. Όλες οι ακολουθίες κινήσεων προγραμματίζονται με τον ελεγκτή ρομπότ και χρησιμοποιούνται για να εξασφαλιστεί η ακριβής τοποθέτηση και η ακριβής συγχρονισμένη λειτουργία του ρομπότ με το σύστημα μεταφοράς ή άλλες συσκευές παραγωγής.

Παρόλο που είναι ευέλικτοι και με υψηλή απόδοση κίνησης, οι παλετοποιητές ρομποτικού βραχίονα έχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Έχουν αρκετά υψηλή πολυπλοκότητα και χρειάζονται ειδική διαδικασία συντήρησης. Επιπλέον, το κόστος των ρομποτικών συστημάτων είναι επίσης υψηλότερο από τα πιο απλά συστήματα παλετοποίησης γενικά [11].

Οι παλετοποιητές ρομποτικού βραχίονα χρησιμοποιούνται σε διάφορες βιομηχανίες και υλικά, όπως η αυτοκινητοβιομηχανία, η συσκευασία τροφίμων, η φαρμακευτική βιομηχανία και η εφοδιαστική, όπου η ευελιξία και η ταχύτητα στις εργασίες παλετοποίησης είναι κρίσιμες.

### 2.2.2 Καρτεσιανοί Παλετοποιητές

Οι Καρτεσιανοί παλετοποιητές παρουσιάζουν γραμμική κίνηση με τους άξονες των κινήσεων ορθογώνιους και συχνά αναφέρονται ως άξονας X, άξονας Y και άξονας Z. Τα προϊόντα μεταφέρονται μέσω γραμμικών οδηγών, μηχανικών μεταδόσεων και συστημάτων κίνησης με κινήτηρα σε αυτά τα συστήματα με στόχο την ακριβή μεταφορά τους σε έναν καθορισμένο χώρο εργασίας [12].

Συγκεκριμένα, οι Καρτεσιανοί παλετοποιητές είναι ιδανικοί για βαριές εφαρμογές, όπως βιομηχανικές σακούλες, σάκους και μεγάλα δοχεία. Χάρη στην υψηλή τους σταθερότητα, την ακρίβεια τοποθέτησης και την υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας υπό βαρύ φορτίο, οι καλές μηχανικές ιδιότητες των Καρτεσιανών συστημάτων βασίζονται σε αυτούς. Επιπλέον, ο μηχανικός σχεδιασμός είναι απλός, γεγονός που βοηθά στην ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης και του κόστους λειτουργίας [13].

Αυτός ο απλός Καρτεσιανός παλετοποιητής κινείται σε 3 κατευθύνσεις, οριζόντια (άξονας X), οριζόντια (άξονας Y) και κάθετη (άξονας Z). Πολλά συστήματα έχουν επίσης έναν περιστροφικό άξονα στον μηχανισμό λαβής για να επιτρέπουν τον έλεγχο του προσανατολισμού των χειριζόμενων προϊόντων.

Ο Καρτεσιανός παλετοποιητής είναι ο τύπος μηχανής παλετοποίησης που διερευνάται σε αυτή τη διπλωματική εργασία. Το σύστημα παραλαμβάνει τις σακούλες από τον μεταφορικό ιμάντα και χρησιμοποιώντας τη συντονισμένη κίνηση των 2 αξόνων και τον έλεγχο της περιστροφής της λαβίδας, οι σακούλες κατευθύνονται στις σωστές θέσεις στην παλέτα. Το μοτίβο παλετοποίησης μπορεί να αλλάξει μέσω της Διεπαφής Ανθρώπου-Μηχανής (HMI), έτσι ώστε ο χειριστής να μπορεί να επιλέξει ένα διαφορετικό μοτίβο παλετοποίησης για τις απαιτήσεις παραγωγής.

Οι Καρτεσιανοί παλετοποιητές προσφέρουν μια σειρά από βασικά πλεονεκτήματα, όπως η απλότητα της δομής, η χωρητικότητα, η ακρίβεια και η αξιοπιστία. Ωστόσο, είναι λιγότερο ευέλικτοι από τους ρομποτικούς παλετοποιητές βραχίονα, καθώς έχουν μόνο γραμμική κίνηση αξόνων.

Τα βαριά προϊόντα πρέπει να παλετοποιούνται συνεχώς και αποτελεσματικά, ειδικά στη γεωργική βιομηχανία, σε μονάδες παραγωγής λιπασμάτων, σε μονάδες παραγωγής τσιμέντου, σε εργοστάσια παραγωγής ζωοτροφών ή στη βιομηχανία συσκευασίας.



Εικόνα 2.3 - Έξυπνος Παλετοποιητής

### 2.2.3 Παλετοποιητές στρώσεων

Οι παλετοποιητές στρώσεων λειτουργούν με διαφορετική αρχή παλετοποίησης από τους ρομποτικούς και τους Καρτεσιανούς παλετοποιητές. Αντί να τοποθετούν τα προϊόντα ένα προς ένα, οι παλετοποιητές στρώσεων σχηματίζουν ένα ολόκληρο στρώμα προϊόντων και στη συνέχεια τοποθετούν ολόκληρο το στρώμα ταυτόχρονα στην παλέτα [15].

Συνήθως, ένας παλετοποιητής στρώσεων αποτελείται από μεταφορικούς μάντες, μηχανισμούς ευθυγράμμισης προϊόντων και μια πλατφόρμα σχηματισμού στρώσεων. Τα προϊόντα κατευθύνονται σε ένα προκαθορισμένο μοτίβο και όλο το στρώμα εναποτίθεται στην παλέτα. Μπορεί να επιτύχει υψηλές ταχύτητες παλετοποίησης, οι οποίες είναι ιδιαίτερα εφαρμόσιμες στη βιομηχανία με παραγωγή μεγάλης κλίμακας.

Η ανάγκη για γρήγορη και συνεπή συσκευασία του ίδιου προϊόντος έχει οδηγήσει στη χρήση πολυάριθμων παλετοποιητών στρώσεων στις βιομηχανίες ποτών, στις διαδικασίες συσκευασίας τροφίμων και στο σύστημα χειρισμού σε δοχεία ποτών. Αυτά τα συστήματα δεν είναι ειδικά για κάθε

προϊόν και μπορούν να επεξεργάζονται πολλά προϊόντα ταυτόχρονα και μπορούν να επιτύχουν πολύ υψηλούς ρυθμούς παραγωγής [16].

Τα πλεονεκτήματα της παραγωγικότητας των παλετοποιητών στρώσεων είναι προφανή, αλλά υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Συχνά είναι λεπτορυθμισμένοι για συγκεκριμένες διαστάσεις και μεθόδους στοίβαξης προϊόντων και δεν είναι τόσο προσαρμόσιμοι όσο άλλοι τύποι πρέσες. Επιπλέον, μπορεί να είναι σχετικά περίπλοκοι μηχανικά, λόγω μηχανικών μηχανισμών και συγχρονισμού

### **2.3 Βιομηχανικές Εφαρμογές Παλετοποιητών**

Στον κλάδο, οι ακόλουθες χρήσεις των παλετοποιητών είναι:

Τα συστήματα παλετοποίησης αποδεικνύονται ουσιαστικό μέρος της βελτίωσης της αποδοτικότητας της παραγωγής, της εφοδιαστικής και των λειτουργιών σε πολλές βιομηχανίες. Στον σημερινό κόσμο της μεταποίησης, όπου πρέπει να διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες προϊόντων, Σε συνεχή βάση και με ασφαλή τρόπο, η αυτοματοποιημένη παλετοποίηση έχει γίνει επιτακτική [17].

Η πιο συνηθισμένη χρήση των παλετοποιητών είναι στον τομέα των τροφίμων και των ποτών. Είτε πρόκειται για σακούλες αλευριού, σακούλες ζάχαρης, εμφιαλωμένα ποτά, κονσερβοποιημένα προϊόντα και συσκευασμένες συσκευασίες τροφίμων, η αποτελεσματικότητα της παλετοποίησης είναι απαραίτητη για όλα τα προϊόντα που πρόκειται να συσκευαστούν και να μεταφερθούν για αποθήκευση. Οι αυτοματοποιημένοι παλετοποιητές παρέχουν ταχύτερη ταχύτητα χειρισμού προϊόντων, μειώνουν τις ζημιές στο προϊόν και παρέχουν συνεπή διαμόρφωση παλετών.

Μια άλλη χρήση ενός συστήματος παλετοποίησης είναι στον γεωργικό τομέα. Η σημαντική πτυχή των συνήθως χρησιμοποιούμενων βαρέων συσκευασιών, όπως αυτές για δημητριακά, ζωοτροφές, λιπάσματα, σπόρους και σφαιρίδια, είναι ότι μπορούν να θεωρηθούν ως παλέτες. Αυτές είναι κατάλληλες εφαρμογές για έναν καρτεσιανό παλετοποιητή, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα και έχει υψηλή χωρητικότητα φορτίου [18].



Εικόνα 2.4 - XYZ Robotics | MMR για την αυτοματοποίηση logistics

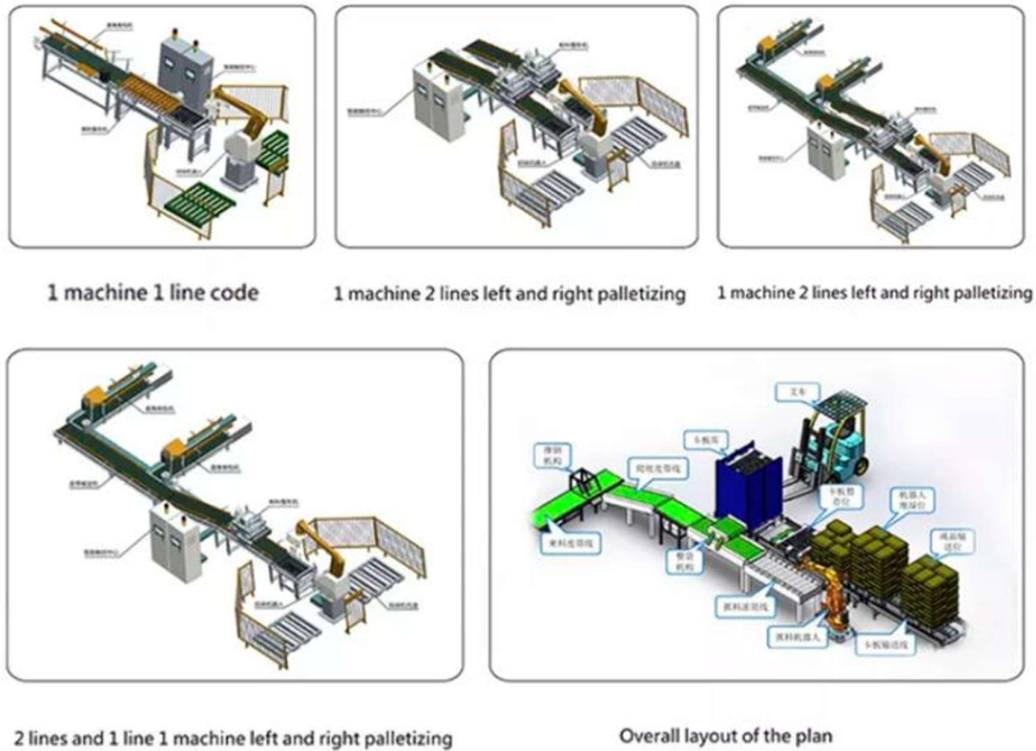
Στις χημικές βιομηχανίες και στα φαρμακευτικά εργοστάσια παραγωγής, οι τεχνολογίες παλετοποίησης χρησιμοποιούνται επίσης εκτενώς. Σε αυτές τις εφαρμογές, ο αυτοματισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της ασφάλειας ελαχιστοποιώντας την έκθεση του ανθρώπινου χειριστή σε επικίνδυνα ή ευαίσθητα υλικά. Επιπλέον, η αυτόματη παλετοποίηση εγγυάται τη σωστή στοιβάζη των παλετών και τον χειρισμό των προϊόντων.

Όλο και περισσότερο, οι αυτοματοποιημένοι παλετοποιητές χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με το σύστημα μεταφοράς, τους αναγνώστες γραμμωτού κώδικα και τα συστήματα διαχείρισης αποθήκης σε αποθήκες ή κέντρα διανομής. Αυτή η ενσωμάτωση μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματική διαλογή, παρακολούθηση και μεταφορά προϊόντων και απόδοση logistics [19].

Άλλες χρήσεις των παλετοποιητών είναι στη βιομηχανία τσιμέντου, καθώς ένας μεγάλος αριθμός βαρέων προϊόντων μπορεί να τοποθετηθεί και να υποβληθεί σε επεξεργασία με ασφάλεια, και στη βιομηχανία βιομηχανικών συσκευασιών, όπου πολλά βαριά προϊόντα στοιβάζονται με ασφάλεια.

#### **2.4 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της Αυτοματοποιημένης Παλετοποίησης**

Ενώ υπάρχουν πλεονεκτήματα στην αυτοματοποιημένη παλετοποίηση, υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παλετοποίησης έχει το πλεονέκτημα πολλών παραγόντων σε σύγκριση με τη χειροκίνητη παλετοποίηση. Το κύριο πλεονέκτημα είναι η σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας. Οι αυτοματοποιημένοι παλετοποιητές μπορούν να είναι πολύ γρήγοροι και ακριβείς ταυτόχρονα, λόγω της μεγιστοποίησης της ελαχιστοποίησης των διακυμάνσεων της απόδοσης για τις μεγάλες παραγωγικές περιόδους [20]. Το πλεονέκτημα είναι ότι κάποιος είναι ασφαλής στην εργασία. Οι χειροκίνητες εργασίες παλετοποίησης είναι επαναλαμβανόμενες και επαναλαμβανόμενες ανυψώσεις βαρέων προϊόντων και μπορούν να προκαλέσουν μυοσκελετικούς τραυματισμούς και εργατικά ατυχήματα. Μεγάλο μέρος της χειροκίνητης προσπάθειας στην εκτέλεση εργασιών χειρισμού υλικών μπορεί να αυτοματοποιηθεί [21]. Οι αυτοματοποιημένοι παλετοποιητές βελτιώνουν επίσης την ποιότητα των παλετών και τη σταθερότητα του φορτίου. Τοποθετώντας τα προϊόντα με ακρίβεια στη στοίβα, το μοτίβο στοίβαξης θα είναι συνεπές, καθώς και θα επιτυγχάνεται μια ισορροπημένη κατανομή φορτίου, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο κατάρρευσης της παλέτας κατά τη μεταφορά και την αποθήκευση. Πρόσθετα πλεονεκτήματα είναι η μείωση του κόστους εργασίας, η μεγαλύτερη αξιοπιστία λειτουργίας, η μειωμένη ζημιά στο προϊόν και οι μειωμένες ανάγκες μακροπρόθεσμης συντήρησης. Επιπλέον, με τις σύγχρονες λύσεις συστημάτων αυτοματισμού, είναι δυνατή η σύνδεση του συστήματος με βιομηχανικά συστήματα επικοινωνίας και συστήματα εποπτικού ελέγχου για να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση και η διάγνωση σε πραγματικό χρόνο.



Εικόνα 2.5 - Μηχανή παλετοποίησης τσαντών - Wuxi Jianlong Packaging Co., Ltd.

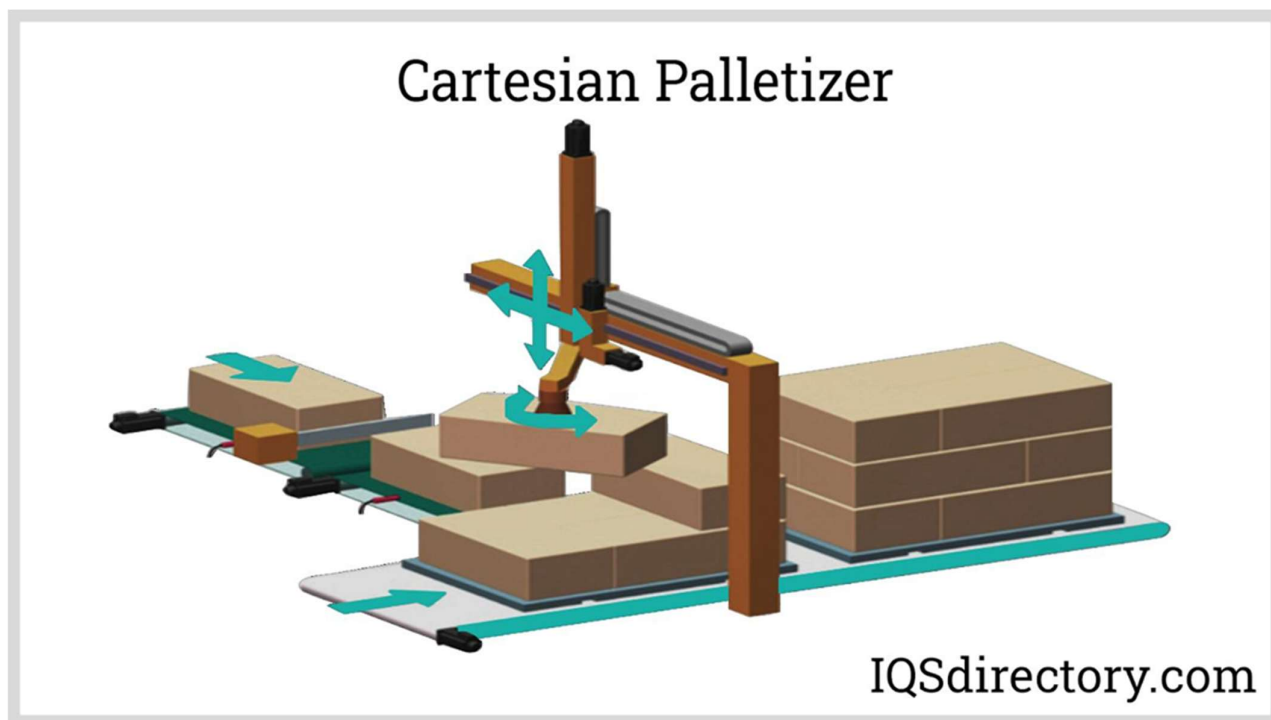
## 2.5 Απαιτήσεις ασφαλείας σε συστήματα παλετοποίησης

Η ασφάλεια είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες του βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης. Οι αυτοματοποιημένοι παλετοποιητές είναι μια σειρά από μηχανικά εξαρτήματα, μεταφορικούς μίαντες, βαριά φορτία και ηλεκτρικό εξοπλισμό που κινούνται συνεχώς σε μια εγκατάσταση παραγωγής. Επομένως, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας για να διασφαλιστεί η ασφάλεια του χειριστή, του προσωπικού συντήρησης και του εξοπλισμού [23].

Τα συστήματα ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στις σημερινές μηχανές παλετοποίησης περιλαμβάνουν κυκλώματα διακοπής έκτακτης ανάγκης, προστατευτικά φράγματα, ρελέ ασφαλείας, φωτοκύτταρα, κουρτίνες φωτός, διακόπτες ορίου και συστήματα προστασίας από υπερφόρτωση. Αυτές οι συσκευές θα ελέγχουν πάντα τη λειτουργία των μηχανημάτων και όταν εντοπιστούν επικίνδυνες συνθήκες, θα διακόπτουν αμέσως τη λειτουργία του μηχανήματος [24].

Είναι επιτακτική ανάγκη οι βιομηχανικοί παλετοποιητές να διαθέτουν σύστημα διακοπής έκτακτης ανάγκης για την ασφάλεια των εργαζομένων. Κουμπιά διακοπής έκτακτης ανάγκης τοποθετούνται γύρω από το μηχάνημα, έτσι ώστε σε περίπτωση κινδύνου το μηχάνημα να μπορεί να σταματήσει αμέσως. Οι συνθήκες για την εκκίνηση και την ασφαλή απενεργοποίηση του μηχανήματος παρέχονται από τα μέτρα ασφαλείας.

Ένας συνηθισμένος τρόπος ανίχνευσης εάν ένας χειριστής βρίσκεται σε επικίνδυνη περιοχή ενός μηχανήματος είναι η χρήση φωτοκυττάρων ή μιας φωτεινής κουρτίνας. Προστατεύετε αυτόματα από τραυματισμό εάν κάποιος εισέλθει σε περιορισμένη περιοχή λειτουργίας, το σύστημα ελέγχου θα σταματήσει το μηχάνημα.



Εικόνα 2.6 - Τύποι και Λειτουργίες Παλετοποιητών

Η ασφάλεια του μηχανικού συστήματος είναι ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό συστημάτων παλετοποίησης. Ένα προστατευτικό κάλυμμα, ένας φράχτης ασφαλείας ή ενισχυμένα δομικά μέρη αποτρέπουν την τυχαία επαφή με κινούμενα μέρη, διασφαλίζοντας την ασφαλή λειτουργία του μηχανήματος όταν είναι φορτωμένο με μεγάλο φορτίο.

Οι αρχές της ηλεκτρικής ασφάλειας είναι: συστήματα γείωσης, προστασία από υπερφόρτωση, προστασία από βραχυκύκλωμα και καταλληλότητα της μόνωσης των ηλεκτρικών εξαρτημάτων. Επίσης, για να διασφαλιστεί ότι οι ενεργοποιητές δεν κινούνται ανεξέλεγκτα, τα πνευματικά συστήματα πρέπει να περιλαμβάνουν ρύθμιση πίεσης και λειτουργία έκτακτης απελευθέρωσης αέρα.

Όλοι οι αυτοματισμοί παλετοποιητών θα πρέπει να πληρούν τα πρότυπα και τους κανονισμούς βιομηχανικής ασφάλειας. Ο καλός σχεδιασμός μπορεί να βοηθήσει στην εξασφάλιση της ασφάλειας του προσωπικού, των ατυχημάτων και στην αύξηση της αξιοπιστίας των λειτουργιών και στην αποφυγή ζημιών στον εξοπλισμό..

## 2.6 Παράγοντες Παραγωγικότητας και Αποδοτικότητας

Δύο από τους σημαντικότερους KPI των βιομηχανικών συστημάτων παλετοποίησης είναι η παραγωγικότητα και η λειτουργική αποδοτικότητα. Οι παλετοποιητές στις σύγχρονες βιομηχανίες πρέπει να είναι γρήγοροι, ακριβείς, χωρίς βλάβες και χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης [26].

Μερικά από τα πράγματα που επηρεάζουν την παραγωγικότητα σε ένα σύστημα παλετοποίησης είναι η ταχύτητα της μηχανής, ο συγχρονισμός της κίνησης της μηχανής, η χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου μιας μηχανής, ο συγχρονισμός του μεταφορικού μάντα και η βελτιστοποίηση του μοτίβου παλετοποίησης. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα γενικά μπορούν να παράγουν πολύ υψηλότερη

παραγωγικότητα από τα χειροκίνητα συστήματα παλετοποίησης, καθώς δεν υπάρχουν προβλήματα ανθρώπινης κόπωσης και ανθρώπινης απόδοσης με τα αυτοματοποιημένα συστήματα.



Εικόνα 2.7 - Εξοπλισμός Ρομποτικής Παλετοποίησης από την Robot Palletizing LLC

Η απόδοση του παλετοποιητή είναι ένας σημαντικός παράγοντας και ο ρόλος του συστήματος ελέγχου κίνησης είναι σημαντικός. Τα οφέλη από τη χρήση κινητήρων μεταβλητής συχνότητας και βελτιστοποιημένων καμπυλών επιτάχυνσης και επιβράδυνσης της μηχανής είναι ότι η μηχανή λειτουργεί χωρίς μηχανική καταπόνηση αλλά με μικρότερους κύκλους [27].

Ένας άλλος παράγοντας απόδοσης που μπορεί να συσχετιστεί με την αξιοπιστία του συστήματος είναι η απόδοση. Για να είναι χρήσιμοι, οι βιομηχανικοί παλετοποιητές πρέπει να είναι σταθεροί, ώστε να μπορούν να λειτουργούν με σταθερό τρόπο κατά τη συνεχή παραγωγή. Η χρήση προληπτικής συντήρησης καθώς και η παρακολούθηση αισθητήρων και η διάγνωση σφαλμάτων ελαχιστοποιούν τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και τη διαθεσιμότητα της μηχανής.

Δίνεται επίσης αυξανόμενη έμφαση στην ενεργειακή απόδοση στα τρέχοντα συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού. Με τα έξυπνα συστήματα ελέγχου, η χρήση του κινητήρα βελτιστοποιείται και δεν σπαταλιέται ενέργεια, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται υψηλή παραγωγική ικανότητα.



Εικόνα 2.8 - Παλετοποιητής καρτεσιανών RPC500 – Robotec & Packing S.L

Τέλος, και το πιο σημαντικό, η βελτιστοποίηση των προτύπων παλετοποίησης για την εφοδιαστική αλυσίδα είναι σημαντική. Η σωστή διαμόρφωση του προϊόντος μπορεί να καταστήσει δυνατή την επίτευξη καλύτερης σταθερότητας και αξιοποίησης της παλέτας, καθώς και χαμηλότερου κόστους μεταφοράς [28].

Επομένως, οι λύσεις για τον σημερινό αυτοματισμό παλετοποίησης πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να βελτιστοποιούν ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής, την αξιοπιστία και την ανταγωνιστικότητά της στη βιομηχανία

## Κεφάλαιο 3ο: Περιγραφή του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000

### 3.1 Γενική περιγραφή του συστήματος

Η μονάδα παλετοποίησης EN-S 2000 είναι μια πλήρως αυτόματη βιομηχανική μηχανή παλετοποίησης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετακίνηση, τοποθέτηση και στοίβαξη βαριών σάκων χύδην υλικών. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να χειρίζεται βιομηχανικές διεργασίες με προϊόντα όπως δημητριακά, ζωοτροφές, λιπάσματα, σφαιρίδια, τριμμένη φρυγανιά, κομπόστ και άλλα κοκκώδη προϊόντα, τα οποία απαιτούν μια αξιόπιστη και αποτελεσματική διαδικασία παλετοποίησης.

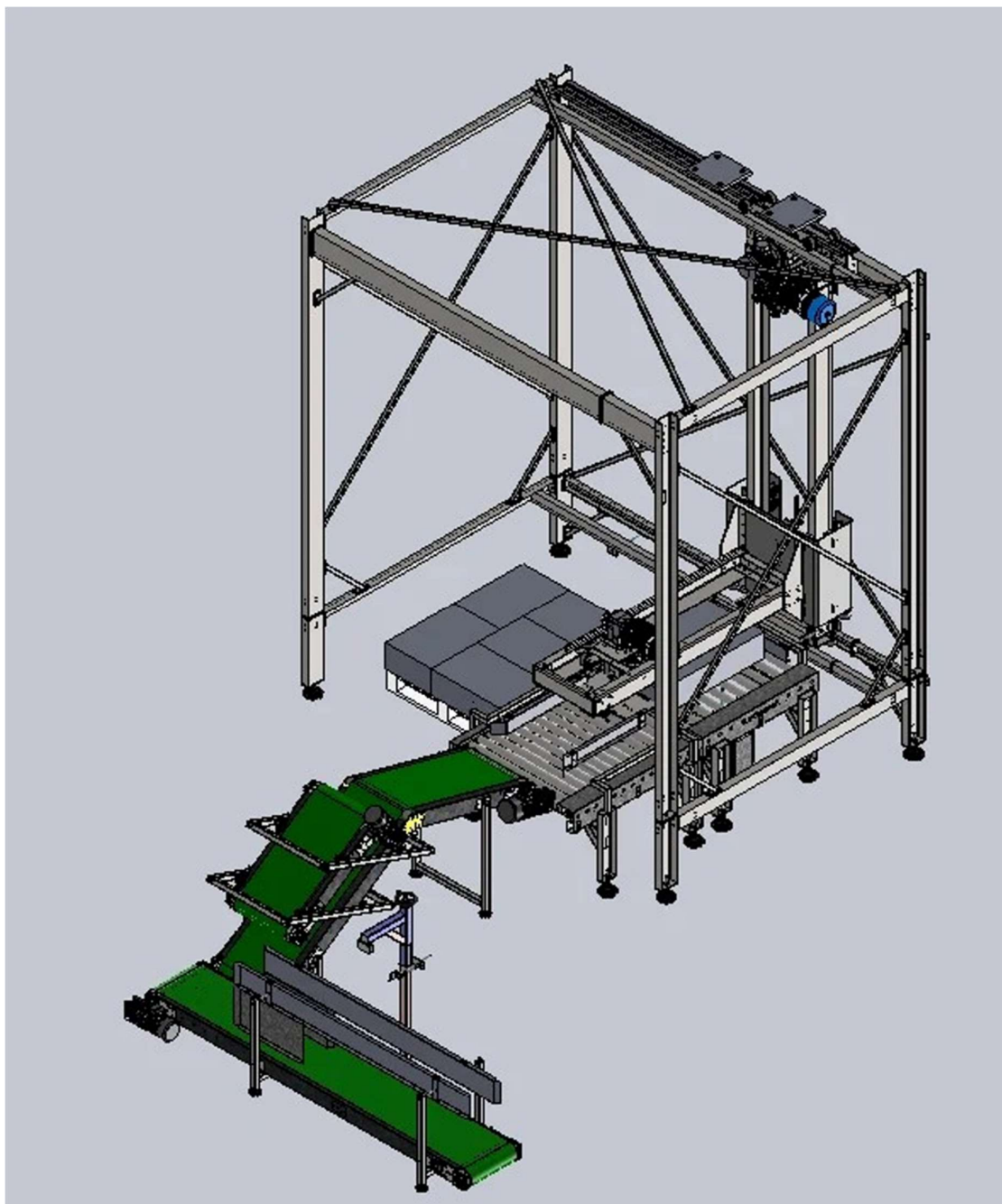
Η μηχανή παλετοποίησης είναι ένα καρτεσιανό ρομποτικό σύστημα που αποτελείται από διάφορους άξονες γραμμικής κίνησης και έναν μηχανισμό περιστροφικής λαβής, βασισμένο στην αρχή λειτουργίας. Χρησιμοποιώντας το σύστημα συντονισμένου ελέγχου κίνησης, ο παλετοποιητής μπορεί να μεταφέρει σακούλες στην επιθυμητή θέση στην παλέτα με υψηλή ακρίβεια τοποθέτησης και σταθερή λειτουργία, από το σύστημα μεταφοράς τροφοδοσίας. Το σύστημα αυτοματισμού είναι σε θέση να ελέγχει τον παλετοποιητή για να δημιουργεί διάφορα μοτίβα στοίβαξης ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής και το μοτίβο παλετοποίησης [2].

Το σύστημα EN-S 2000 έχει σχεδιαστεί με βάση το βιομηχανικό πρότυπο που υπογραμμίζει την αξιοπιστία του στη λειτουργία, την ανθεκτικότητα της δομής του, την ελάχιστη απαίτηση συντήρησης και την ευκολία χρήσης. Υιοθετεί ασύγχρονη μέθοδο ηλεκτροκινητήρα και ελέγχει την μέσω μετατροπέα συχνότητας, η οποία μπορεί να κάνει τους μηχανικούς άξονες να κινούνται ομαλά, να επιβραδύνουν σταθερά και να κινούνται σταθερά. Επιπλέον, τα πνευματικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με φωτοκύτταρα, διακόπτες ορίου και προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές, γεγονός που καθιστά αξιόπιστες τις βιομηχανικές εφαρμογές σε απαιτητικά περιβάλλοντα παραγωγής [3].

Σάκοι έως 50 κιλών, με υψηλό ρυθμό παραγωγής και υψηλή σταθερότητα παλέτας, ο παλετοποιητής EN-S 2000 μπορεί να φιλοξενήσει όλους τους σάκους. Ανάλογα με τον τύπο διαμόρφωσης στοίβας και το μέγεθος της σακούλας, έως και 150 ή 250 σάκοι ανά ώρα μπορούν να παλετοποιηθούν στο μηχάνημα. Επιπλέον, ο χειριστής μπορεί να αλλάξει το μοτίβο παλετοποίησης απευθείας από το HMI, γεγονός που επιτρέπει την προσαρμοστικότητα των ευέλικτων απαιτήσεων παραγωγής [4].

Ο παλετοποιητής είναι ικανός να συνεργάζεται με σύστημα τροφοδοσίας και ευθυγράμμισης σακουλών, αυτοκινούμενους κυλίνδρους, πνευματικό σύστημα αναστροφής και μεταφορικούς ιμάντες. Αυτό το σύστημα τροφοδοσίας εγγυάται ότι οι σακούλες είναι προσανατολισμένες πριν από την έξοδο τους από την περιοχή παλετοποίησης. Ο παλετοποιητής μπορεί να πραγματοποιήσει τη συνεχή και αποτελεσματική βιομηχανική διαδικασία παλετοποίησης, να συντονίσει τη λειτουργία του συστήματος μεταφοράς και την καρτεσιανή δομή κίνησης.

Ένα βιομηχανικό σύστημα αυτοματισμού με αρχιτεκτονική PLC που αναπτύχθηκε με περιβάλλον προγραμματισμού SoMachine και εξοπλισμό βιομηχανικού αυτοματισμού Schneider Electric χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ενός πλήρους συστήματος αυτοματισμού. Το PLC ελέγχει όλες τις πτυχές της λειτουργίας του μηχανήματος, όπως τον έλεγχο κίνησης, τον συγχρονισμό του μεταφορέα, τη λειτουργία της αρπάγης, την ασφάλεια και την παρακολούθηση συναγερμού [5]



Εικόνα 3.1 - Απεικόνιση του παλετοποιητή EN-S 2000

### 3.2 Αρχές λειτουργίας του παλετοποιητή

Η ιδέα του παλετοποιητή EN-S 2000 είναι η αυτόματη μεταφορά και τοποθέτηση βιομηχανικών σακουλών σε ένα συγκεκριμένο προκαθορισμένο μοτίβο. Οι γεμάτες σακούλες μεταφέρονται στη συνέχεια στον μεταφορικό ιμάντα τροφοδοσίας και στη συνέχεια παραδίδονται στην παλέτα από τον παλετοποιητή, ο οποίος παραδίδει τις σακούλες κατά μήκος των καρτεσιανών αξόνων και περιστροφής της αρπάγης, μεταφέροντας μία σακούλα κάθε φορά [6].

Η σακούλα περνάει πρώτα από το τμήμα τροφοδοσίας του μεταφορικού ιμάντα και ευθυγραμμίζεται και προσανατολίζεται στη σωστή θέση πριν μετακινηθεί στο τμήμα παλετοποίησης. Ανάλογα με τη

ρυθμισμένη διαμόρφωση παλετοποίησης, ο πνευματικός μηχανισμός αναστροφής μπορεί να περιστρέψει την σακούλα ώστε να είναι στραμμένη προς την αντίθετη κατεύθυνση για παλετοποίηση, έτσι ώστε να είναι στραμμένη προς την επιθυμητή κατεύθυνση.

Στη συνέχεια, το σακί τοποθετείται στη θέση του για ανάκτηση και η αρπάγη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να το μετακινήσει προς τα πάνω ή προς τα κάτω στο σύστημα κίνησης του άξονα Z και να το ανακτήσει. Συντονισμένοι από το πρόγραμμα παλετοποίησης, οι οριζόντιοι μηχανισμοί του άξονα X και του άξονα Y ανυψώνουν στη συνέχεια την σακούλα πάνω από την κορυφή της παλέτας. Η αρπάγη μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να περιστρέφει την σακούλα για να επιτευχθεί ο επιθυμητός προσανατολισμός στοίβαξης κατά τη μεταφορά [7].

Η ακολουθία επεξεργασίας των παλετών έχει προγραμματιστεί εκ των προτέρων στο σύστημα ελέγχου PLC μέσω των αλγορίθμων λογισμικού. Ο χειριστής μπορεί να αλλάξει τα μοτίβα στοίβαξης χρησιμοποιώντας το HMI ανάλογα με το μέγεθος του προϊόντος, τις διαστάσεις των παλετών και την επιθυμητή σταθερότητα. Οι συντεταγμένες υπολογίζονται αυτόματα για κάθε λειτουργία τοποθέτησης σακούλας στο σύστημα.

Αυτό επαναλαμβάνεται συνεχώς μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό ύψος ή βάρος στην παλέτα που κατασκευάζεται. Όταν ολοκληρωθεί η παλέτα, το μηχάνημα θα σταματήσει αυτόματα και θα περιμένει την εκφόρτωση της παλέτας από το μηχάνημα με παλετοφόρο. Ο παλετοποιητής θα συνεχίσει αυτόματα να λειτουργεί όταν μια νέα παλέτα ωθηθεί στον παλετοποιητή.

Όλη η διαδικασία λειτουργίας παρακολουθείται με τη βοήθεια αισθητήρων, φωτοκυττάρων και ενός συστήματος ανάδρασης μετατροπέα. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται για να διασφαλίσουν ότι το σύστημα παλετοποίησης λειτουργεί σωστά, στην τοποθέτηση και τον συγχρονισμό της κίνησης των παλετών και στην ασφάλεια.[ 8].



Εικόνα 3.2 - Παλετοποιητής σε περιβάλλον εργασίας

### 3.3 Μηχανική κατασκευή

Η δομική σταθερότητα, η ακριβής τοποθέτηση και η αξιόπιστη λειτουργία υπό συνθήκες συνεχούς βιομηχανικής φόρτωσης επιτυγχάνονται με τη μηχανική δομή του παλετοποιητή EN-S 2000. Το μηχάνημα είναι ο συνδυασμός του άκαμπτου μηχανισμού, του μηχανισμού παλινδρόμησης γραμμικής κίνησης, του μηχανισμού μεταφοράς και του πνευματικού μηχανισμού που είναι ενσωματωμένοι σε ένα σώμα παλετοποίησης [9].

Ο παλετοποιητής είναι ένα καρτεσιανό μηχανικό σύστημα που είναι ένας συνδυασμός γραμμικών αξόνων κίνησης (οι οποίοι κινούνται κάθετα μεταξύ τους) και ο μηχανισμός λαβής είναι περιστροφικού τύπου. Μια τέτοια κατασκευή μπορεί να εγγυηθεί την ακρίβεια τοποθέτησης και τη μηχανική αξιοπιστία και ευκολία λειτουργίας.

Μηχανικό πλαίσιο από ενισχυμένο χαλύβδινο προφίλ, το οποίο μπορεί να αντέξει το φορτίο κατά την παλετοποίηση. Ο γραμμικός οδηγός είναι ένα εξάρτημα που χρησιμοποιείται για εγκατάσταση στον κινούμενο άξονα για την καθοδήγηση του κινούμενου άξονα και για τη μεταφορά της κίνησης του κινούμενου άξονα στον μηχανισμό μετάδοσης κίνησης για την επίτευξη ομαλής κίνησης και ακριβούς απόδοσης τοποθέτησης. Με τη χρήση ασύγχρονων κινητήρων που ελέγχονται από μετατροπείς

συχνότητας, επιτυγχάνεται μηχανική σταθερότητα χωρίς κραδασμούς και μηχανικές καταπονήσεις [10].

### **3.3.1 Καρτεσιανή δομή**

Οι αρχές ενός Καρτεσιανού ρομποτικού συστήματος χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του παλετοποιητή EN-S 2000. Οι Καρτεσιανές δομές διαμορφώνονται με τρόπο που επιτρέπει καθεμία από τις γραμμικές κινήσεις κατά μήκος του κάθετου άξονα, που συνήθως αναφέρεται ως άξονας X, άξονας Y και άξονας Z. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ακριβέστερη τοποθέτηση, χωρίς να απαιτείται αρθρωτό ρομποτικό σύστημα για τον έλεγχο της κίνησης.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει η Καρτεσιανή δομή στη βιομηχανική παλετοποίηση. Η γραμμική κίνηση μπορεί να επιτύχει υψηλή ικανότητα φορτίου και σταθερή λειτουργία σε περίπτωση χειρισμού βαρέων σακουλών. Δεύτερον, τα Καρτεσιανά συστήματα είναι απλούστερα στη δομή, πράγμα που σημαίνει ότι είναι πιο εύκολα στη συντήρηση και έχουν λιγότερη μηχανική αξιοπιστία.

Το πλαίσιο παλετοποιητή είναι η δομή που υποστηρίζει όλα τα γραμμικά εξαρτήματα κίνησης, όπως ράγες οδήγησης, συστήματα κίνησης, συγκροτήματα κινητήρα και εξαρτήματα ανύψωσης. Κατά τη λειτουργία, η δομή κάμπτεται λιγότερο και ο μηχανισμός λαβής τοποθετείται με ακρίβεια σε ολόκληρη την περιοχή παλετοποίησης.

Ο εύκολος προγραμματισμός κίνησης είναι επίσης εφικτός, καθώς η κίνηση κάθε άξονα βασίζεται στις προγραμματισμένες συντεταγμένες θέσης που έχουν προγραμματιστεί από το σύστημα αυτοματισμού PLC.



Εικόνα 3.3 - Καρτεσιανό ρομπότ 3 αξόνων για βιομηχανική παλετοποίηση: W833, W843 | WITTMANN BATTENFELD

### 3.3.2 Μηχανισμός άξονα X

Για να επιτευχθεί η οριζόντια διαμήκης κίνηση του συγκροτήματος λαβής στην περιοχή παλετοποίησης, υιοθετείται ο μηχανισμός άξονα X. Αυτός ο άξονας επιτρέπει την τοποθέτηση των σακουλών σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της παλέτας [12].

Ο άξονας X αποτελείται από γραμμικές ράγες οδήγησης, μηχανισμό μετάδοσης με κινητήρα και υποστηρικτικά δομικά μέρη με την ικανότητα να αντέχουν τις συνθήκες φόρτωσης λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η κίνηση συγχρονίζεται κατά μήκος αυτού του άξονα με έναν ασύγχρονο ηλεκτροκινητήρα που ελέγχεται από έναν μετατροπέα συχνότητας με προφίλ επιτάχυνσης, ταχύτητας και επιβράδυνσης.

Το σύστημα αυτοματισμού PLC ελέγχει συνεχώς τη θέση του άξονα X χρησιμοποιώντας αισθητήρες και διακόπτες ορίου, για να εγγυηθεί την ακριβή και ασφαλή λειτουργία. Ο σωστός συγχρονισμός με τους άλλους άξονες της μηχανής παλετοποίησης και η σταθερότητα της παλέτας με τους άλλους άξονες είναι ένα σημαντικό στοιχείο όσον αφορά το σωστό μοτίβο παλετοποίησης

### 3.3.3 Μηχανισμός άξονα Y

Ο μηχανισμός άξονα Y χρησιμοποιείται για την κίνηση του συγκροτήματος λαβής στην εγκάρσια κατεύθυνση προς την κατεύθυνση του άξονα X. Με τη χρήση του άξονα Y, επιτυγχάνεται πλήρης τοποθέτηση της επιφάνειας πάνω στην επιφάνεια της παλέτας. [13]

Η μηχανική αρχή του άξονα Y είναι παρόμοια και χρησιμοποιεί γραμμικούς οδηγούς, μηχανικές κινήσεις, δομή στήριξης και ηλεκτροκινητήρες ελεγχόμενους από μετατροπέα. Ακόμα και αν τοποθετηθεί, ο μηχανισμός τοποθέτησης είναι κατάλληλος για σταθερή λειτουργία για τη μεταφορά και τη μετακίνηση βαριών σακουλών.

Ο παλετοποιητής κινείται ταυτόχρονα στον άξονα X και στον άξονα Y και μπορεί να τοποθετήσει τις σακούλες στην απαιτούμενη θέση στο μοτίβο στοιβαξης. Είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η ισορροπία του συγκροτήματος παλέτας και να μεγιστοποιηθεί η χρήση της παλέτας.

Όλες οι εντολές τοποθέτησης στον άξονα Y υπολογίζονται και ελέγχονται από το σύστημα ελέγχου PLC και παρακολουθούνται όλα τα δεδομένα από διάφορους αισθητήρες ή συσκευές ασφαλείας

### 3.3.4 Μηχανισμός ανύψωσης άξονα Z

Η κίνηση της σακούλας προς τα πάνω/κάτω, όπως απαιτείται για την παραλαβή και την τοποθέτηση, ελέγχεται από τον μηχανισμό του άξονα Z. Σε αυτή την κατεύθυνση, ο παλετοποιητής μπορεί να μετακινήσει τις σακούλες από το σύστημα τροφοδοσίας του μεταφορικού ιμάντα στην κορυφή της παλέτας και να αλλάξει το ύψος της παλέτας.

Ο μηχανισμός κατακόρυφης ανύψωσης έχει σχεδιαστεί για την ανύψωση βαρέων σακουλών και για ομαλή και ελεγχόμενη ανύψωση. Ο άξονας Z είναι επίσης εξοπλισμένος με ενισχυμένες δομές ανύψωσης, γραμμικούς οδηγούς, το σύστημα μετάδοσης και ηλεκτροκινητήρες ελεγχόμενους από μετατροπέα που επιτρέπουν την κατακόρυφη τοποθέτηση με ακρίβεια.

Στη λειτουργία παλετοποίησης, ο άξονας Z χρησιμοποιείται για τη θέση παραλαβής για στερέωση. Όταν έχει συλλάβει το πίσω μέρος στη συνέχεια, ανυψώνεται και μετακινείται πάνω από την παλέτα με συντονισμένη κίνηση τόσο στον άξονα X όσο και στον άξονα Y. Το τελικό βήμα είναι ο άξονας Z, ο οποίος θα μετακινήσει την τσάντα στη σωστή θέση πριν την απελευθερώσει από τον άξονα Z.

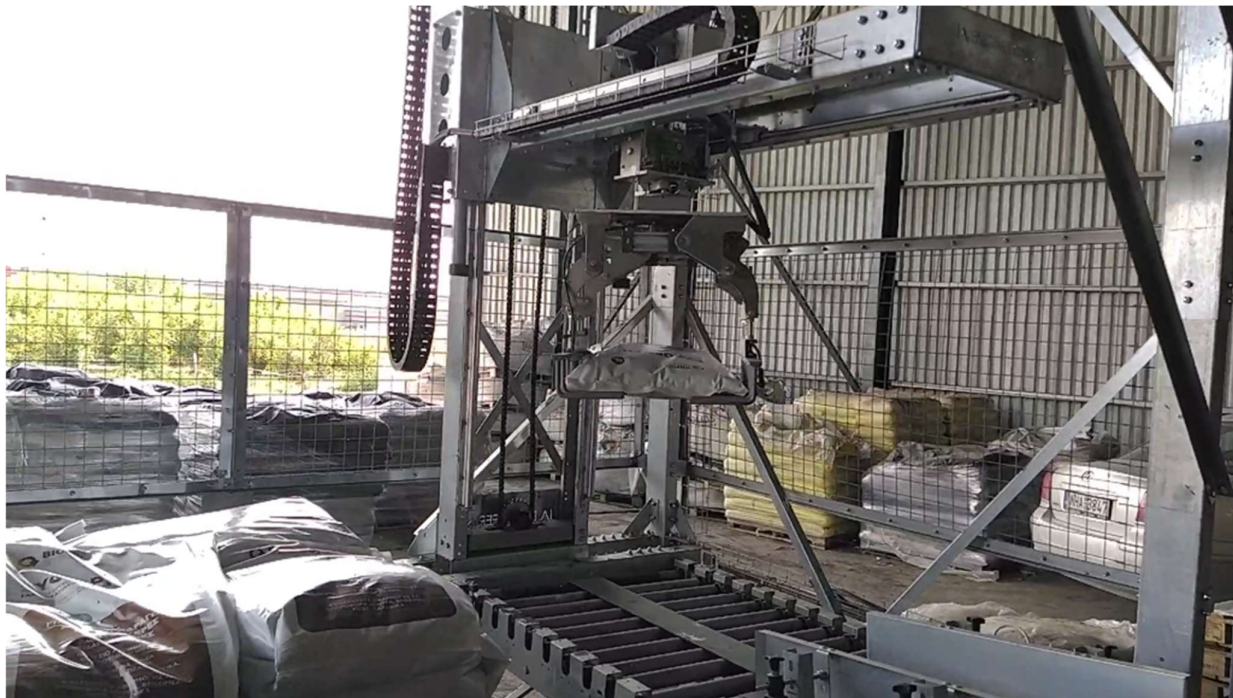
Το σύστημα κάθετης κίνησης παρακολουθείται πάντα από το PLC για την αποφυγή συγκρούσεων, υπερφόρτωσης και μη ασφαλούς λειτουργίας. Η θέση ανύψωσης ελέγχεται με διακόπτες ορίου ασφαλείας και αισθητήρες θέσης για να διασφαλιστεί ο ακριβής έλεγχος του μηχανισμού ανύψωσης κατά την ανύψωση

### 3.3.5 Μηχανισμός περιστροφής αρπάγης

Ο μηχανισμός περιστροφής της λαβίδας επιτρέπει την περιστροφή της τσάντας κατά την παλετοποίηση. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για την εφαρμογή διαφορετικού μοτίβου παλετοποίησης, ακόμη και για την κατάλληλη κατανομή φορτίου στην παλέτα [15].

Ένας κινητήρας είναι συνδεδεμένος σε έναν μηχανισμό και στερεώνεται στο συγκρότημα της λαβίδας για να παρέχει ένα περιστροφικό σύστημα, με τον μηχανισμό να ελέγχεται από ένα σύστημα αυτοματισμού PLC. Στη συνέχεια, με την τσάντα προσανατολισμένη στη σωστή θέση, με βάση το μοτίβο στο οποίο παλετοποιούνται οι σακούλες, η λαβίδα περιστρέφει την τσάντα στη σωστή θέση επιτρέποντας στην τσάντα να μετακινηθεί στην παλέτα.

Η δυνατότητα περιστροφής σημαίνει ότι η εναλλακτική στοίβαξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει στην παροχή σταθερότητας φορτίου και να αποφευχθεί η κατάρρευση του φορτίου κατά τη μεταφορά και τη φόρτωση. Το λογισμικό παλετοποίησης ρυθμίζει την περιστροφή της λαβίδας και την κίνηση του μηχανήματος στις συντεταγμένες του άξονα X, του άξονα Y και του άξονα Z για να εγγυηθεί συντονισμένες και αποτελεσματικές λειτουργίες παλετοποίησης.



Εικόνα 3.4 - Περιστροφή σακιού

#### 3.4 Σύστημα τροφοδοσίας και ευθυγράμμισης σακίων

Το σύστημα τροφοδοσίας και ευθυγράμμισης σακουλών αποτελεί μέρος του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000, το οποίο διασφαλίζει ότι οι σακούλες τροφοδοτούνται και προσανατολίζονται σωστά και εξασφαλίζει συνεχή ροή υλικού στην περιοχή παλετοποίησης. Το σύστημα τροφοδοσίας αποτελείται από μηχανές μεταφοράς και πνευματικές μηχανές που κινούν, τοποθετούν και ευθυγραμμίζουν τις σακούλες πριν από την παλετοποίηση [16].

Η σωστή ρύθμιση των σακουλών είναι ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για τη σωστή σταθερότητα των παλετών και τα πρότυπα στοίβαξης. Η πιθανότητα προβλημάτων τοποθέτησης, αστάθειας παλετών και διακοπής λειτουργίας της παραγωγής λόγω κακής ευθυγράμμισης των σακουλών. Το σύστημα τροφοδοσίας υποτίθεται ότι είναι ένα αξιόπιστο και σύγχρονο σύστημα χειρισμού σακουλών

##### 3.4.1 Πνευματικό Σύστημα Αρπαγής

Οι σακούλες περιστρέφονται για παραλαβή με πνευματικό σύστημα αντιστροφής. Η αρχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο του παλετοποιητή, ώστε να τοποθετούνται οι σακούλες στο επιθυμητό μοτίβο στοίβαξης [17].

Προτείνεται ο έλεγχος από το σύστημα αυτοματισμού PLC μέσω πνευματικών ενεργοποιητών στο σύστημα αντιστροφής. Το σύστημα περιστρέφει/επανατοποθετεί την σακούλα (ανάλογα με το μοτίβο της σακούλας) για να παρέχει τον σωστό προσανατολισμό της ραφής της σακούλας και την κατανομή φορτίου στην παλέτα.

Η πνευματική τεχνολογία έχει σύντομο χρόνο απόκρισης, αξιόπιστη λειτουργία και είναι εύκολο να κατασκευαστεί ως μηχανικά μέρη για βιομηχανικές εφαρμογές.



Εικόνα 3.5 -Τοποθέτηση σακιού

### 3.4.2 Σύστημα Ταινιομεταφορέα

Από την ανοδική γραμμή παραγωγής, οι σακούλες μεταφέρονται μέσω συστήματος ταινιομεταφορέα στην περιοχή παλετοποίησης. Μια σταθερή κίνηση των σακουλών κατά τη λειτουργία τροφοδοσίας μπορεί να εγγυηθεί η συνεχής λειτουργία της μεταφορικής ταινίας [18].

Οι κινητήρες της μεταφορικής ταινίας ελέγχονται από μετατροπέα, γεγονός που επιτρέπει στην μεταφορική ταινία να λειτουργεί πιο αργά ή πιο γρήγορα και να συντονίζεται με τη μηχανή

παλετοποίησης. Ανάλογα με την κατάσταση του παλετοποιητή και τις απαιτήσεις της παραγωγής, το σύστημα αυτοματισμού PLC ρυθμίζει τη λειτουργία των μεταφορικών ταινιών.

Αισθητήρες τοποθετούνται γύρω από τον μεταφορικό ιμάντα για να παρακολουθούν τις σακούλες, την κίνησή τους και να αποφεύγουν την κατάσταση συμφόρησης στον μεταφορικό ιμάντα

### **3.4.3 Σύστημα Ρολών Μεταφορέα**

Το αυτοκινούμενο σύστημα ρολό μεταφοράς βοηθά στην ευθυγράμμιση και την τοποθέτηση των σακουλών πριν από την παλετοποίηση. Ο τύπος ρολό μεταφοράς που μπορεί να παρέχει ελεγχόμενη κίνηση των σακουλών χωρίς τριβή και μπορεί να παρέχει ομαλή μεταφορά αναφέρεται ως ρολό μεταφορέας.

Ο ιμάντας μεταφοράς και το πνευματικά ελεγχόμενο σύστημα αντιστροφής συνδυάζονται με το σύστημα κυλίνδρων για να παρέχουν τη σωστή θέση της σακούλας στο σημείο παραλαβής για τη λαβίδα των σακουλών. Είναι εξαιρετικά σημαντικό να συγχρονίζονται μεταξύ τους για συνεχή και αξιόπιστη παλετοποίηση.



Εικόνα 3.6 - Τροφοδοσία σακιού

### 3.5 Τεχνικές Προδιαγραφές

Ο παλετοποιητής EN-S 2000 είναι εξοπλισμένος με τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Κατασκευή: Καρτεσιανή
- Άξονες λειτουργίας: Τέσσερις
- Κινητήρες: Ασύγχρονοι με inverter
- Διαστάσεις ΜxΠxΥ: 2300X2600X3000mm
- Βάρος σάκων: Έως 50kg
- Εγκατεστημένη Ισχύς: 9 KW
- Πεπιεσμένος Αέρας: 6 bar

- Ηλεκτρική Τροφοδοσία: 400V/50Hz
- Διάσταση Παλέτας (mm): min 800×1200, max 1100×1400
- Διάσταση Σάκου (mm): min. 180×350, max 600×1100
- Ύψος Παλέτας: 1800mm
- Max Βάρος Παλέτας: 2000kg
- Έλεγχος: PLC

### 3.6 Βιομηχανικές Εφαρμογές του EN-S 2000

Ο EN-S 2000 μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Ο παλετοποιητής είναι κατάλληλος για διαφορετικές βιομηχανίες στην διαχείριση χύδην υλικών και την παλετοποίηση σακίων. Αυτό εφαρμόζεται ιδιαίτερα στη λειτουργία στοίβαξης βαριών σακουλών ζωοτροφών στο εργοστάσιο παραγωγής ζωοτροφών πριν από την αποστολή της τροφής [21].

Το μηχάνημα χρησιμοποιείται επίσης ευρέως στη γεωργική βιομηχανία, όπως στη βιομηχανία δημητριακών, λιπασμάτων, σπόρων και προϊόντων σιτηρών. Επιπλέον, το παλετοποιητή μπορεί να εφαρμοστεί στις ακόλουθες μονάδες όπου παράγονται κοκκώδη υλικά: το εργοστάσιο παραγωγής pellet, το εργοστάσιο συσκευασίας κομποστ και το εργοστάσιο παραγωγής χημικών.

Οι αλλαγές στο μέγεθος των σακουλών και στη διάταξη των παλετών γίνονται εύκολα χρησιμοποιώντας παραμέτρους λογισμικού με το EN-S 2000, το οποίο μπορεί να παλετοποιηθεί με ευελιξία. Η ευελιξία του συστήματος επιτρέπει την εφαρμογή του σε μια μεγάλη ποικιλία βιομηχανικών περιβαλλόντων παραγωγής όπου είναι επιτακτική η αξιόπιστη, αυτοματοποιημένη διαχείριση σακουλών

### 3.7 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά και Παραγωγική Ικανότητα

Ο παλετοποιητής EN-S 2000 χαρακτηρίζεται από την υψηλή παραγωγικότητα, την αξιόπιστη λειτουργία και τον σταθερό σχηματισμό παλετών. Το σύστημα είναι σε θέση να επεξεργάζεται 150-250 σακούλες ανά ώρα [22] ανάλογα με το πρότυπο παλετοποίησης και το μέγεθος της σακούλας.

Ο παλετοποιητής εκτελεί εύκολα την εργασία δεδομένης της παραγωγικής του ικανότητας 4-7 τόνων/ώρα και της ικανότητάς του να τοποθετεί σακούλες σε μια ακριβή θέση και να τις κατανέμει ισορροπημένα. Με την ομαλή επιτάχυνση και επιβράδυνση των κινητήρων που ελέγχονται από μετατροπέα, μειώνεται η μηχανική καταπόνηση, οδηγώντας σε πιο σταθερή λειτουργία.

Το άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του λογισμικού παλετοποίησης είναι η ευελιξία του. Ο χειριστής μπορεί εύκολα να αλλάξει τις διάφορες διαμορφώσεις παλετοποίησης με λίγες μόνο μηχανικές λειτουργίες και με τη Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής.

Ένα PLC χρησιμοποιείται για την εποπτεία όλων των συσκευών ασφαλείας, των φωτοκυττάρων και των διακοπών ορίου, διασφαλίζοντας την ορθή λειτουργία τους ακόμη και αν λειτουργούν συνεχώς στο βιομηχανικό περιβάλλον. Επίσης, ο Καρτεσιανός είναι εύκολα δομημένος, γεγονός που μειώνει την ανθεκτικότητα συντήρησης και λειτουργίας.

Συνολικά, ο παλετοποιητής EN-S 2000 είναι μια αποτελεσματική και αξιόπιστη λύση βιομηχανικού αυτοματισμού για τις τρέχουσες εφαρμογές παλετοποίησης βαριών σακουλών και υψηλών απαιτήσεων παραγωγής.

## Κεφάλαιο 4ο: Σχεδιασμός Ηλεκτρικών Συστημάτων και Συστημάτων Αυτοματισμού

### 4.1 Αρχιτεκτονική Συστήματος Αυτοματισμού

Η ηλεκτρική και αυτοματοποιημένη δομή του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000 παίζει σημαντικό ρόλο στο σύστημα, καθώς συντονίζει όλα τα μηχανικά, ηλεκτρικά και πνευματικά εξαρτήματα του μηχανήματος. Οι σημερινοί σύγχρονοι βιομηχανικοί παλετοποιητές απαιτούν δομές αυτοματισμού υψηλής ενσωμάτωσης που μπορούν να εγγυηθούν αξιόπιστη λειτουργία, ακριβή έλεγχο κίνησης και 24/7 παρακολούθηση όλων των διαδικασιών παραγωγής. Στην αρχιτεκτονική αυτοματισμού παλετοποιητή, όλες οι εργασίες αυτοματισμού χειρίζονται από ένα κεντρικό σύστημα που αποτελείται από έναν ελεγκτή PLC και καταναμημένο αισθητήρα, κινητήρα, ασφάλεια και τεχνολογία HMI. Ο στόχος μιας αρχιτεκτονικής βιομηχανικού αυτοματισμού είναι να επιτευχθεί συγχρονισμός μεταξύ των συσκευών πεδίου, των μονάδων ελέγχου και των συστημάτων εποπτείας και να προσφέρει μια λειτουργική αρχιτεκτονική με αξιοπιστία σε σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα (Groover, 2015).

Ο παλετοποιητής EN-S 2000 διαθέτει μια αρθρωτή ιδέα αυτοματισμού με όλες τις συσκευές πεδίου να επικοινωνούν με τον κεντρικό ελεγκτή PLC μέσω ψηφιακών και αναλογικών συνδέσεων εισόδου/εξόδου. Το PLC παρακολουθεί συνεχώς τις καταστάσεις όλων των αισθητήρων, τη θέση του μηχανήματος, την κατάσταση ασφαλείας, τη λειτουργία του μεταφορέα και την κατάσταση του ενεργοποιητή. Τα δεδομένα χρησιμοποιούνται στη συνέχεια από το σύστημα ελέγχου για την αποστολή εντολών εξόδου για τους κινητήρες, τις πνευματικές βαλβίδες, τους μετατροπείς και τα βοηθητικά συστήματα. Με αυτόν τον τρόπο, όλες οι διαδικασίες παλετοποίησης μπορούν να παρακολουθούνται εν κινήσει και το σύστημα ανταποκρίνεται γρήγορα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες της διαδικασίας.

Άλλα συστήματα που περιλαμβάνονται είναι κινητήρες ελεγχόμενοι από μετατροπέα, ηλεκτροπνευματικά συστήματα και βιομηχανικές διεπαφές επικοινωνίας για συντονισμένη κίνηση μηχανών εντός του συστήματος αυτοματισμού. Ενσωματώνοντας τεχνολογίες ελέγχου κίνησης και αυτοματισμού διεργασιών, ο παλετοποιητής είναι σταθερός και αξιόπιστος υπό συνεχείς κύκλους βιομηχανικής παραγωγής

### 4.2 Συστήματα Ελέγχου που βασίζονται σε PLC

Η βασική τεχνολογία ελέγχου για τα σημερινά συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού είναι ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (PLC). Τα PLC είναι ένα ειδικό είδος βιομηχανικού ψηφιακού ελεγκτή που έχει σχεδιαστεί ειδικά για διαδοχικό έλεγχο, εποπτεία διεργασιών και εφαρμογές αυτοματισμού μηχανών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλοντα με σκληρές συνθήκες, όπως συστήματα παλετοποίησης, γραμμές μεταφοράς, ρομποτικοί χειριστές και μηχανήματα συσκευασίας (Bolton, 2015).

Ο παλετοποιητής που σχεδιάστηκε σε αυτή την εργασία βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική PLC που ελέγχει όλες τις ακολουθίες εργασίας, όπως ο συγχρονισμός των μεταφορικών ταινιών, η τοποθέτηση αξόνων, ο έλεγχος της λαβής, η επεξεργασία συναγερωμών και η παρακολούθηση ασφαλείας. Το PLC λαμβάνει σήματα από αισθητήρες, φωτοκύτταρα και διακόπτες ορίου και δίνει σήμα στους κινητήρες, τα πνευματικά συστήματα και τα συστήματα μετατροπών.

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα των συστημάτων PLC σε σχέση με τα συστήματα που ελέγχονται με ρελέ. Είναι επίσης δυνατό να προγραμματιστεί η λογική ελέγχου με λογισμικό χωρίς πολλές αλλαγές στο υλικό, αυξάνοντας έτσι την ευελιξία του συστήματος και διευκολύνοντας τις διαδικασίες συντήρησης. Επιπλέον, τα συστήματα PLC μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδιασμό αρθρωτού λογισμικού, διάγνωση σφαλμάτων, επικοινωνία με άλλες βιομηχανικές συσκευές

### 4.3 Schneider Electric PLC: Ένα λεπτομερές προφίλ εταιρείας

Για διάφορες τεχνικές και λειτουργικές παραμέτρους, όπως η αξιοπιστία, η ισχύς επεξεργασίας, η επικοινωνία, η επεκτασιμότητα και η συμβατότητα με βιομηχανικά συστήματα ελέγχου κίνησης, το Schneider Electric PLC επιλέχθηκε ως ο παλετοποιητής EN-S 2000. Οι ελεγκτές Schneider Electric είναι επίσης δημοφιλείς σε εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού λόγω του στιβαρού σχεδιασμού τους και της υποστήριξης προηγμένων περιβαλλόντων προγραμματισμού όπως το SoMachine.

Το προγραμματισμένο PLC διαθέτει επαρκή χώρο εισόδου/εξόδου για όλους τους αισθητήρες, τους κινητήρες, τους ενεργοποιητές και τις συσκευές ασφαλείας στη μηχανή παλετοποίησης. Επιπλέον, το PLC μπορεί να επικοινωνεί με το σύστημα μετατροπέα και τις συσκευές HMI και έτσι η λειτουργία της μηχανής μπορεί να παρακολουθείται κεντρικά.

Η συμβατότητα του εξοπλισμού Schneider Electric με τα βιομηχανικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και το αρθρωτό σύστημα επέκτασης ήταν επίσης ένας σημαντικός παράγοντας που ελήφθη υπόψη. Αυτό θα επιτρέψει τη μελλοντική επέκταση της αρχιτεκτονικής αυτοματισμού εάν επιθυμούμε πρόσθετους αισθητήρες ή/και περισσότερους άξονες ή άλλα συστήματα παρακολούθησης

### 4.4 Περιβάλλον Προγραμματισμού SoMachine

Το λογισμικό αυτοματισμού Schneider Electric SoMachine χρησιμοποιήθηκε για τον προγραμματισμό του λογισμικού αυτοματισμού του παλετοποιητή. Το SoMachine είναι μια ολοκληρωμένη σουίτα λογισμικού για εφαρμογές βιομηχανικού αυτοματισμού, συμπεριλαμβανομένου του προγραμματισμού PLC, του ελέγχου κίνησης και της διαμόρφωσης HMI και της διαχείρισης επικοινωνίας.

Το περιβάλλον προγραμματισμού υποστηρίζει γλώσσες προγραμματισμού Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST), Function Block Diagram (FBD) και Sequential Function Chart (SFC) που χρησιμοποιούνται στο IEC 61131-3. Τέτοιες τεχνικές προγραμματισμού επιτρέπουν την ανάπτυξη αρθρωτού και ευέλικτου λογισμικού αυτοματισμού για σύνθετες βιομηχανικές εφαρμογές.

Στο σύστημα παλετοποίησης, το περιβάλλον λογισμικού SoMachine, όπως η λογική αλληλουχίας της μηχανής, οι ρουτίνες ελέγχου κίνησης της μηχανής. Χρησιμοποιήθηκαν η εποπτεία ασφαλείας, η διαχείριση συναγεμών και η επικοινωνία με τον χειριστή. Το λογισμικό χωρίστηκε σε λειτουργικές ενότητες για τις επιμέρους λειτουργίες του μηχανήματος, καθιστώντας πολύ πιο εύκολη την ανάγνωση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και τη συντήρησή του στο μέλλον

### 4.5 Συσκευές Εισόδου και Εξόδου

Οι συσκευές εισόδου και εξόδου είναι τα μέσα επικοινωνίας μεταξύ του περιβάλλοντος του μηχανήματος και του ελεγκτή PLC. Οι συσκευές εισόδου παρέχουν πληροφορίες στο PLC σχετικά με τη λειτουργία του και οι συσκευές εξόδου εκτελούν ελέγχους που δίνονται από το σύστημα αυτοματισμού.

Ο παλετοποιητής είναι εξοπλισμένος με αισθητήρες σε όλο το μήκος του για την παρακολούθηση των σακουλών, της κίνησης του μηχανήματος, της λειτουργίας του μεταφορικού ιμάντα και της ασφάλειας.

Το σήμα από τους αισθητήρες αποστέλλεται στο PLC, το οποίο το αναλύει συνεχώς για τη διαχείριση των μηχανημάτων και για να διασφαλίσει μια αξιόπιστη ακολουθία παλετοποίησης

#### **4.5.1 Φωτοκύτταρα**

Τα φωτοκύτταρα είναι οπτικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση και την παρακολούθηση προϊόντων για λόγους ασφαλείας. Παρέχεται ένα σύστημα μεταφορικού ιμάντα για τη μεταφορά σακουλών σε μια περιοχή παλετοποίησης και στον παλετοποιητή παρέχεται ένα φωτοκύτταρο για την ανίχνευση της παρουσίας και της θέσης των σακουλών στο σύστημα μεταφορικού ιμάντα.

#### **4.5.2 Έμβολο αέρος**

Ένα έμβολο αέρος είναι πνευματικός ενεργοποιητής που μετατρέπει την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε γραμμική κίνηση. Ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο, μετακινεί το έμβολο και δημιουργεί δύναμη για λειτουργίες όπως ώθηση, έλξη, ανύψωση, συγκράτηση ή μεταφορά τεμαχίων. Η λήψη των σακίων γίνεται με πνευματικούς ενεργοποιητές. Τη ροή του πεπιεσμένου αέρα προς τους ενεργοποιητές την διαχειρίζεται το PLC μέσω βαλβίδων.

Η επιλογή κατάλληλου εμβόλου αέρος γίνεται με βάση τη δύναμη που απαιτείται, τη διαδρομή, τον διαθέσιμο χώρο, την ταχύτητα κίνησης και τον τρόπο στήριξης. Σημαντικό ρόλο παίζουν επίσης η πίεση λειτουργίας, το φορτίο που θα μετακινηθεί και το αν απαιτείται καθοδήγηση, απόσβεση ή αισθητήρας θέσης. Ο παλετοποιητής λειτουργεί με πίεση αέρα στα 6 bar.

### **4.6 Σύστημα κίνησης κινητήρα**

Ο παλετοποιητής χρησιμοποιεί διάφορους μηχανισμούς που κινούνται με κινητήρα για τη μεταφορά των μεταφορικών ιμάντων, την τοποθέτηση του άξονα και την ανύψωση των μεταφορικών ιμάντων. Οι κινητήρες ελέγχονται από το σύστημα αυτοματισμού PLC.

#### **4.6.1 Ασύγχρονοι Κινητήρες**

Επιλέχθηκε ένας ασύγχρονος επαγωγικός κινητήρας λόγω της εύκολης συντήρησης, της αξιοπιστίας και της ικανότητάς του να παρέχει συνεχή λειτουργία σε βιομηχανικές εφαρμογές

#### **4.6.2 Μετατροπείς Συχνότητας**

Η ταχύτητα, η επιτάχυνση και η επιβράδυνση του κινητήρα ελέγχονται από μετατροπείς συχνότητας που βοηθούν στην τοποθέτηση με μεγαλύτερη ακρίβεια, στην πρόληψη μηχανικών καταπονήσεων και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας

### **4.7 Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής (HMI)**

Το HMI επιτρέπει στον χειριστή να χειρίζεται ένα μηχάνημα μέσω της εργονομικής οθόνης αφής και να βλέπει την κατάσταση του μηχανήματος, να επιλέγει μοτίβα παλετοποίησης, να διαγράφει συναγερμούς και να ορίζει παραμέτρους λειτουργίας

#### **4.8 Απαιτήσεις Ηλεκτρικής Ισχύος**

Αυτός ο παλετοποιητής τροφοδοτείται από βιομηχανική τροφοδοσία 400V/50Hz, η οποία έχει εγκατεστημένη ισχύ περίπου 9kW. Συσκευές προστασίας από υπερφόρτωση, γείωση και συσκευές απομόνωσης κυκλωμάτων περιλαμβάνονται όλα στα συστήματα ηλεκτρικής διανομής.

Κατανόηση των συστημάτων ασφαλείας και προστασίας.

#### **4.9 Συστήματα Ασφάλειας και Προστασίας**

Τα συστήματα ασφαλείας περιλαμβάνουν κυκλώματα διακοπής έκτακτης ανάγκης, συσκευές προστασίας από υπερφόρτωση, φωτοκύτταρα, ρελέ ασφαλείας και διακόπτες ορίου που χρησιμοποιούνται για την προστασία του μηχανολογικού εξοπλισμού και των χειριστών.

Αυτό το μάθημα παρέχει στον εκπαιδευόμενο κατανόηση των στοιχείων επικοινωνίας και διαχείρισης σημάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον

#### **4.10 Επικοινωνία και Διαχείριση Σημάτων**

Τα βιομηχανικά συστήματα διαχείρισης σημάτων παρέχουν αξιόπιστη κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ του PLC, των μετατροπέων, των αισθητήρων και των συσκευών HMI για να επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών αυτοματισμού.

## Κεφάλαιο 5ο: Ανάπτυξη Λογισμικού PLC και Λογική Ελέγχου

### 5.1 Εισαγωγή στον Προγραμματισμό PLC

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) βρίσκονται στην καρδιά του σημερινού βιομηχανικού αυτοματισμού και χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιομηχανικές διεργασίες, ρομποτικά συστήματα, γραμμές μεταφοράς και βιομηχανικές εφαρμογές παλετοποίησης. Με τον προγραμματισμό PLC, είναι δυνατή η υλοποίηση λογικής ελέγχου που βασίζεται σε λογισμικό και χρησιμοποιείται για ακολουθίες λειτουργιών, συντονισμό μηχανών και εποπτεία σφαλμάτων, βελτιστοποίηση διεργασιών κ.λπ. Σε αυτή τη διατριβή, αναπτύσσεται ένα σύστημα παλετοποίησης που βασίζεται σε μια αρχιτεκτονική ελέγχου που βασίζεται σε PLC και χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση όλων των λειτουργιών του μηχανήματος, όπως ο συγχρονισμός του μεταφορέα, η τοποθέτηση του άξονα, η λειτουργία της λαβής, ο σχηματισμός παλέτας, η διαχείριση συναγερμών και η διαχείριση ασφάλειας.

Τα υψηλά επίπεδα ηλεκτρικού θορύβου, κραδασμών, σκόνης, υγρασίας και συνεχούς λειτουργίας μπορούν να επιλυθούν χρησιμοποιώντας ένα σύστημα PLC. Οι ελεγκτές PLC διαφέρουν από τα συστήματα ελέγχου που βασίζονται σε ρελέ στο ότι η λογική ελέγχου μπορεί να αλλάξει μέσω λογισμικού χωρίς πολύ επανασχεδιασμό του υλικού. Αυτό παρέχει τεράστια ευελιξία, επιλογές συντήρησης και επέκτασης συστήματος.

### 5.2 Γλώσσες Προγραμματισμού IEC 61131-3

Το διεθνές πρότυπο προγραμματισμού IEC 61131-3 χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό βιομηχανικών συστημάτων PLC. Αυτό το πρότυπο ορίζει τις γλώσσες προγραμματισμού, την αρχιτεκτονική του λογισμικού και τις αρχές λειτουργίας των βιομηχανικών συστημάτων αυτοματισμού. Οι κύριες γλώσσες προγραμματισμού IEC 61131-3 είναι: Διάγραμμα Κλίμακας (LD), Δομημένο Κείμενο (ST), Διάγραμμα Μπλοκ Συναρτήσεων (FBD), Διάγραμμα Ακολουθιακών Συναρτήσεων (SFC) και Λίστα Εντολών (IL).

Οι μέθοδοι προγραμματισμού Διάγραμμα Κλίμακας και Μπλοκ Συναρτήσεων επιλέχθηκαν κυρίως λόγω της εφαρμοσιμότητάς τους για βιομηχανική αλληλουχία, έλεγχο κινητήρα και εφαρμογή λογικής ασφαλείας για σύστημα αυτοματισμού παλετοποίησης. Υπάρχει επίσης μια γραφική αναπαράσταση γνωστή ως προγραμματισμός κλίμακας, η οποία είναι παρόμοια με τη συμβατική λογική ρελέ, καθιστώντας πολύ εύκολη την εκτέλεση διαδικασιών αντιμετώπισης προβλημάτων και συντήρησης. Ο προγραμματισμός Μπλοκ Συναρτήσεων καθιστά δυνατή την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας προσέγγισης λογισμικού σε αρθρωτό επίπεδο και τη χρήση αλγορίθμων ελέγχου που μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. 5.3 Αρχιτεκτονική Λογισμικού του Παλετοποιητή

Με βάση τις αρχές του αρθρωτού προγραμματισμού, η αρχιτεκτονική λογισμικού του παλετοποιητή EN-S 2000 αναπτύχθηκε με τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: Κάνει το λογισμικό πιο ευανάγνωστο, συντηρήσιμο, εύελικτο στην αντιμετώπιση προβλημάτων και λειτουργία. Το πρόγραμμα PLC χωρίστηκε σε λειτουργικές ενότητες που ελέγχουν διάφορες πτυχές του μηχανήματος, όπως έλεγχος μεταφορικού μάντα, έλεγχος κίνησης, ακολουθία παλετοποίησης, έλεγχος αρπάγης, διαχείριση συναγερμού, επικοινωνία HMI και εποπτεία ασφαλείας

### **5.3 Αρχιτεκτονική Λογισμικού του Παλετοποιητή**

Είναι ένα αρθρωτό πρόγραμμα που επιτρέπει την ανάπτυξη και δοκιμή κάθε λειτουργικού τμήματος ξεχωριστά, καθώς και την πραγματοποίηση μελλοντικών αλλαγών στο λογισμικό. Το PLC εκτελεί επανειλημμένα τις κυκλικές λειτουργίες σάρωσης, διαβάζοντας όλα τα σήματα εισόδου, εκτελώντας τη λογική ελέγχου, αλλάζοντας τις εσωτερικές μεταβλητές και στέλνοντας τις εντολές εξόδου στις συσκευές πεδίου κατά τη διάρκεια ζωής του PLC. Είναι πολύ σημαντικό να διασφαλιστεί ο ντετερμινιστικός έλεγχος σε πραγματικό χρόνο όλων των λειτουργιών του μηχανήματος (Webb και Reis, 2003) στην κυκλική λειτουργία

### **5.4 Διαχείριση Μεταβλητών και Μνήμης**

Η διαχείριση μεταβλητών και μνήμης είναι κρίσιμες πτυχές της ανάπτυξης λογισμικού PLC που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα, την αξιοπιστία και την οργάνωση ενός συστήματος αυτοματισμού. Το λογισμικό ελέγχου παλετοποιητή αποτελείται από διάφορους τύπους μεταβλητών όπως ψηφιακές εισόδους, ψηφιακές εξόδους, αναλογικές τιμές, χρονοδιακόπτες, μετρητές, bits εσωτερικής μνήμης και μεταβλητές ελέγχου κίνησης.

Η αρχιτεκτονική λογισμικού οργανώνει τις μεταβλητές με βάση τις λειτουργίες που εκτελούν στη λειτουργία του λογισμικού και διευκολύνει τη συντήρηση και την αντιμετώπιση προβλημάτων του λογισμικού. Οι μεταβλητές εισόδου συνδέονται με έναν αισθητήρα, φωτοκύτταρα, συσκευές ασφαλείας και εντολές χειριστή, ενώ οι μεταβλητές εξόδου συνδέονται με κινητήρες, πνευματικές βαλβίδες, μετατροπείς και σύστημα ενδείξεων. Οι ακολουθίες διαχειρίζονται και αποθηκεύονται σε ένα σύνολο μεταβλητών εσωτερικής μνήμης, καθώς και σε μια σημαία λειτουργίας, αριθμό παλετών, συναγερμό και κατάσταση αλληλοσύνδεσης

### **5.5 Ακολουθία Λειτουργίας του Μηχανήματος**

Ο παλετοποιητής λειτουργεί σε μια αυτοματοποιημένη ακολουθία η οποία είναι πλήρως προγραμματισμένη υπό τον έλεγχο του PLC. Ο κύκλος λειτουργίας ξεκινά με την αρχικοποίηση των μηχανημάτων, ακολουθούμενη από τις διαδικασίες χειρισμού σακουλών, τοποθέτησης, στοίβαξης και ολοκλήρωσης παλετών

#### **5.5.1 Αρχικοποίηση Συστήματος**

Όλοι οι άξονες ελέγχου κίνησης, οι επικοινωνίες, οι συσκευές ασφαλείας και οι αισθητήρες ελέγχονται κατά την εκκίνηση του συστήματος από το PLC. Εάν ΔΕΝ πληρούται κάποια από τις συνθήκες ασφαλείας ή λειτουργίας, το μηχανήμα δεν θα ξεκινήσει να λειτουργεί

#### **5.5.2 Ανίχνευση Παλέτας**

Η λογική ανίχνευσης παλέτας εγγυάται ότι μια παλέτα θα εγκατασταθεί σωστά στη ζώνη παλετοποίησης πριν ξεκινήσει η διαδικασία παλετοποίησης. Η παρουσία και η ευθυγράμμιση της παλέτας επιβεβαιώνονται από αισθητήρες και φωτοκύτταρα

#### **5.5.3 Ανίχνευση και Ευθυγράμμιση Σακουλών**

Ο μεταφορέας του συστήματος τροφοδοσίας ελέγχεται από PLC και ελέγχεται εάν η σακούλα τροφοδοτείται στο σύστημα μεταφοράς με ένα σετ φωτοκυττάρων και αισθητήρων θέσης. Τα συστήματα ευθυγράμμισης σακούλας είναι πνευματικά και ευθυγραμμίζουν την σακούλα προς την κατεύθυνση του μοτίβου παλετοποίησης

#### 5.5.4 Λειτουργία αρπάγης

Ο μηχανισμός της λαβίδας χρησιμοποιείται μόνο κατά την παραλαβή για να συγκρατήσει την σακούλα και στη συνέχεια, σε συνεργασία με τον μηχανισμό ανύψωσης του άξονα Z, για να μετακινήσει την σακούλα προς την παλέτα.

#### 5.5.5 Έλεγχος Κίνησης Άξονα

Οι κινήσεις των αξόνων X, Y και Z πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας συντονισμένες εντολές PLC για τους ασύγχρονους κινητήρες που ελέγχονται από μετατροπέα. Ο συγχρονισμός κίνησης διασφαλίζει την σωστή τοποθέτηση της σακούλας

#### 5.5.6 Διαδικασία Τοποθέτησης Σακούλας

Μόλις επιτευχθεί η προκαθορισμένη συντεταγμένη της παλέτας, το PLC θα δώσει το σήμα στην λαβίδα να αφήσει την σακούλα και να διατηρήσει τη θέση και το φορτίο.

#### 5.5.7 Λογική Ολοκλήρωσης Στρώσεων

Αυτό το λογισμικό παρακολουθεί αυτόματα την ποσότητα των σακουλών και την ακολουθία τους στην τρέχουσα στρώση παλέτας. Μόλις ολοκληρωθεί το μοτίβο στοιβαξης, ενεργοποιείται ένα άλλο μοτίβο στοιβαξης.

#### 5.5.8 Λογική Ολοκλήρωσης Παλέτας

Ο παλετοποιητής σταματά αυτόματα όταν επιτευχθεί το καθορισμένο ύψος ή ο αριθμός των σάκων και θα περιμένει την αντικατάσταση της παλέτας

### 5.6 Αλγόριθμοι Ελέγχου Κίνησης

Όλοι οι άξονες του παλετοποιητή ελέγχονται από αλγόριθμους ελέγχου κίνησης που διασφαλίζουν την επιτάχυνση, την επιβράδυνση, τον έλεγχο της ταχύτητας και τη συγχρονισμένη κίνηση κάθε άξονα. Η ακρίβεια τοποθέτησης βελτιώνεται και η μηχανική καταπόνηση μειώνεται χρησιμοποιώντας αυτούς τους αλγόριθμους

### 5.7 Τοποθέτηση και Διαμόρφωση Στρώσεων

Υπάρχουν πολλά λογισμικά παλετοποιητή διαθέσιμα που μπορούν να ρυθμιστούν σε διαφορετικά επίπεδα και συντεταγμένες. Ανάλογα με τις απαιτήσεις παραγωγής, οι χειριστές μπορούν να επιλέξουν τα διαφορετικά μοτίβα παλετοποίησης μέσω της διεπαφής HMI.

### 5.8 Έλεγχος HMI και Αλληλεπίδραση Χειριστή

Η Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής (HMI) εμφανίζει την κατάσταση του μηχανήματος, μηνύματα συναγερμού, μετρητές παραγωγής και μενού επιλογής μοτίβων παλετοποίησης στον χειριστή σε πραγματικό χρόνο.

### 5.9 Χειρισμός και Διαγνωστικά Συναγερμών

Το λογισμικό PLC διαθέτει επίσης λειτουργίες διαχείρισης συναγερμών, ανιχνεύοντας σφάλματα λειτουργίας όπως βλάβη αισθητήρα, υπερφόρτωση, εμπλοκή μεταφορικού ιμάντα, σφάλμα τοποθέτησης κ.ο.κ.

### **5.10 Λογική Διακοπής Έκτακτης Ανάγκης και Ασφάλειας**

Τα κυκλώματα διακοπής έκτακτης ανάγκης, τα ρελέ ασφαλείας, τα φωτοκύτταρα και οι διακόπτες ορίου παρακολουθούνται συνεχώς από ρουτίνες λογικής ασφαλείας. Σε περίπτωση μη ασφαλούς κατάστασης, το μηχάνημα σταματά αμέσως.

### **5.11 Δοκιμή και Αποσφαλμάτωση Λογισμικού**

Πραγματοποιήθηκε μια διαδικασία θέσης σε λειτουργία του συστήματος, η οποία περιλάμβανε εκτεταμένες δοκιμές και αποσφαλμάτωση λογισμικού. Διεξήχθησαν δοκιμές σε συνθήκες λειτουργίας σε ακολουθίες κίνησης, αποκρίσεις αισθητήρων, κατάσταση συναγερμού και λειτουργίες ασφαλείας

### **5.12 Πλεονεκτήματα του Αναπτυγμένου Λογισμικού Αυτοματισμού**

Το αναπτυγμένο πρόγραμμα PLC διαθέτει υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας, δυνατότητα διαμόρφωσης, εύκολη αντιμετώπιση προβλημάτων και ευέλικτη διαμόρφωση παλετοποίησης και συντονισμό μηχανήματος για συνεχή βιομηχανική λειτουργία.

## Κεφάλαιο 6ο: Δοκιμές Συστήματος και Πειραματικά Αποτελέσματα

### 6.1 Εισαγωγή

Η δοκιμή του συστήματος και η πειραματική αξιολόγηση είναι ένα από τα πολλά βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την ανάπτυξη και την εφαρμογή ενός βιομηχανικού συστήματος αυτοματισμού. Η διαδικασία δοκιμής χρησιμοποιείται για να ελεγχθεί η αξιοπιστία της λειτουργίας, η ακρίβεια τοποθέτησης, η ασφάλεια και η παραγωγικότητα της νεοαναπτυγμένης μηχανής παλετοποίησης στο πραγματικό βιομηχανικό περιβάλλον. Οι διαδικασίες δοκιμής είναι πολύ σημαντικό στα αυτοματοποιημένα συστήματα παλετοποίησης για να διασφαλιστεί ότι όλα τα μηχανικά, ηλεκτρικά και λογισμικά εξαρτήματα λειτουργούν σωστά και είναι συγχρονισμένα μεταξύ τους.

Μετά την ολοκλήρωση της μηχανικής εγκατάστασης, της ηλεκτρικής ενσωμάτωσης και της ανάπτυξης λογισμικού για το PLC στον παλετοποιητή EN-S 2000, ο παλετοποιητής υποβλήθηκε σε πλήθωρα διαδικασιών δοκιμής. Στόχος αυτών των δοκιμών ήταν η αξιολόγηση της συνολικής λειτουργικής απόδοσης του παλετοποιητή, ο προσδιορισμός τυχόν πιθανών προβλημάτων λογισμικού ή/και υλικού και ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας του συστήματος αυτοματισμού που υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τον παλετοποιητή, το PLC TM221CE40R της Schneider Electric και το περιβάλλον προγραμματισμού του, το SoMachine.

Οι κρίσιμες λειτουργικές παράμετροι, ο χρόνος κύκλου, η παραγωγικότητα παλετοποίησης, η ακρίβεια κίνησης, η σταθερότητα της παλέτας και η λειτουργική αξιοπιστία και η λειτουργικότητα ασφάλειας ήταν οι κύριες πτυχές που αξιολογήθηκαν στις πειραματικές δοκιμές. Αυτές οι διαδικασίες δοκιμών πραγματοποιήθηκαν υπό βιομηχανικές συνθήκες λειτουργίας, υπό το φορτίο που συνεπάγεται η διαχείριση βαριών σακουλών και με συνεχή παλετοποίηση

### 6.2 Πειραματική Διάταξη

Ο πειραματικός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του τύπου παλετοποιητή, EN-S 2000, ήταν το πλήρες βιομηχανικό σύστημα παλετοποίησης, το οποίο αποτελούνταν από την καρτεσιανή δομή κίνησης, το σύστημα τροφοδοσίας μεταφορικού μάντα, το πνευματικό σύστημα αναστροφής, το σύστημα λαβίδας, τον πίνακα ελέγχου PLC, τους κινητήρες ελεγχόμενους από μετατροπέα, τους αισθητήρες και τη διεπαφή ανθρώπου-μηχανής.

Για τη δοκιμή του παλετοποιητή χρησιμοποιήθηκαν βιομηχανικοί σάκοι διαφορετικού μεγέθους και βάρους έως 50 kg. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε τυπικές βιομηχανικές παλέτες σύμφωνα με τις προδιαγραφές των μηχανημάτων, με διαστάσεις από 800 x 1200 mm έως 1100 x 1400 mm.

Όλες οι παράμετροι λειτουργίας του συστήματος αυτοματισμού PLC καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της δοκιμής, όπως ο συγχρονισμός των μεταφορικών ταινιών, η τοποθέτηση των αξόνων, ο τρόπος λειτουργίας της αρπάγης, το λογικό πρόγραμμα για τον σχηματισμό παλέτας, οι συνθήκες συναγερμού κ.λπ. Ο χειροκίνητος χρονισμός και η διαγνωστική λειτουργικότητα PLC χρησιμοποιήθηκαν για τα άλλα μέτρα, τα οποία ήταν οι χρόνοι κύκλου, οι αποκλίσεις τοποθέτησης και η παραγωγικότητα της διαδικασίας παλετοποίησης

### 6.3 Διαδικασίες Λειτουργικών Δοκιμών

Οι διαδικασίες λειτουργικών δοκιμών χωρίστηκαν σε διάφορα βήματα, για να είναι δυνατή η αξιολόγηση όλων των λειτουργικών πτυχών του συστήματος παλετοποίησης. Για τον συγχρονισμό της κίνησης του άξονα, της κίνησης του μεταφορικού ταινιόδρομου, της σωστής λειτουργίας των αισθητήρων και της σωστής λογικής αλληλουχίας του λογισμικού, πραγματοποιήθηκε πρώτα η δοκιμή ξηρής λειτουργίας.

Η δοκιμή φόρτωσης πραγματοποιήθηκε υπό κανονική λειτουργία βιομηχανικών σάκων με επιτυχημένο αποτέλεσμα μετά τη δοκιμή ξηρής λειτουργίας. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά μοτίβα παλετοποίησης και μεγέθη σάκων για τον προσδιορισμό της ακρίβειας και της σταθερότητας των θέσεων των παλετών.

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στον συγχρονισμό του συστήματος τροφοδοσίας του μεταφορικού ταινιόδρομου με την καρτεσιανή κίνηση των αξόνων. Ο μηχανισμός πιασίματος δοκιμάστηκε πολλές φορές για να βεβαιωθεί ότι οι σάκοι πιάστηκαν, ανυψώθηκαν και μετακινήθηκαν σωστά και ότι απελευθερώθηκαν. Η διακοπή έκτακτης ανάγκης, ο χειρισμός συναγερμού και οι αλληλοσυνδέσεις ασφαλείας δοκιμάστηκαν επίσης, για να διασφαλιστεί η διατήρηση της βιομηχανικής ασφάλειας

### 6.4 Ανάλυση Χρόνου Κύκλου

Η αναποτελεσματικότητα ενός συστήματος παραγωγής, καθώς και η παραγωγική ικανότητα και η ταχύτητα του βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης, εξαρτώνται από μια σημαντική παράμετρο: την ανάλυση του χρόνου κύκλου. Ο χρόνος κύκλου του παλετοποιητή EN-S 2000 μετρήθηκε από τη στιγμή που μια σακούλα τοποθετήθηκε σε θέση παραλαβής έως τη στιγμή που η σακούλα τοποθετήθηκε στην παλέτα.

Τα πειράματα έδειξαν τη σταθερότητα των χρόνων κύκλου σε συνεχή λειτουργία. Ο μέσος χρόνος κύκλου ήταν συνάρτηση του μοτίβου παλετοποίησης, του μεγέθους της σακούλας, του ύψους της παλέτας και της επιθυμητής ακολουθίας περιστροφής πιασίματος της σακούλας. Χρησιμοποιήθηκαν απλά μοτίβα στοιβαξης για την παραγωγή μικρότερου χρόνου κύκλου, ενώ πιο σύνθετα μοτίβα στοιβαξης χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή μεγαλύτερου χρόνου κύκλου.

Η χρήση ασύγχρονων κινητήρων ελεγχόμενων από μετατροπέα ήταν ένας από τους κύριους παράγοντες που αναφέρθηκαν για τις βελτιστοποιήσεις του χρόνου κύκλου, καθώς αυτοί οι κινητήρες παρέχουν ομαλή επιτάχυνση και επιβράδυνση και βοηθούν στη μείωση των μηχανικών καταπονήσεων και στον αποτελεσματικό έλεγχο της κίνησης. Επιπλέον, οι αλγόριθμοι ελέγχου κίνησης PLC βελτίωσαν περαιτέρω τον συγχρονισμό της εργασίας κίνησης του μεταφορικού μάντα με την κίνηση του άξονα, προκειμένου να αποφευχθεί η περιττή καθυστέρηση που θα προέκυπτε εάν ο μεταφορικός μάντας χρησιμοποιούνταν με τον άξονα

### 6.5 Αξιολόγηση Παραγωγικότητας

Σε αυτήν την αξιολόγηση παραγωγικότητας του παλετοποιητή, δίνεται έμφαση στη συνολική ικανότητα χειρισμού σακουλών και στη συνεχή βιομηχανική λειτουργική απόδοση. Πειραματικές δοκιμές επιβεβαίωσαν ότι ο παλετοποιητής EN-S 2000 μπορούσε να επεξεργαστεί 150 – 250 σακούλες/ώρα ανάλογα με την επιλεγμένη διαμόρφωση παλετοποίησης και συνθήκες λειτουργίας.

Ο ρυθμός παραγωγής του παλετοποιητή ήταν 4 – 7 τόνοι/ώρα, ικανοποιώντας τις απαιτήσεις ρυθμού παραγωγής που ορίστηκαν κατά τον σχεδιασμό του. Τα μέτρα παραγωγικότητας αποδείχθηκαν σταθερά κατά τη διάρκεια πολλών δοκιμών, χωρίς μείωση στην ταχύτητα ή την ακρίβεια τοποθέτησης.

Επιπλέον, ο παλετοποιητής αποδείχθηκε συνεπής στην απόδοση όσον αφορά το σχήμα της παλέτας και το μέγεθος της σακούλας. Διαφορετικά μοτίβα στοίβαξης μπορούσαν να αλλάξουν γρήγορα με τη λογική του λογισμικού μέσω της διεπαφής HMI, χωρίς εκτεταμένες μηχανικές αλλαγές ή χρόνο διακοπής λειτουργίας

## 6.6 Ακρίβεια Τοποθέτησης

Η σωστή τοποθέτηση των σακουλών είναι πιο σημαντική από ποτέ για τη λειτουργία ενός βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης, καθώς η λανθασμένα τοποθετημένη σακούλα θα μπορούσε να επηρεάσει τη σταθερότητα της παλέτας ή την ασφάλεια μεταφοράς. Η καρτεσιανή δομή του παλετοποιητή EN-S 2000 πέτυχε υψηλή ακρίβεια θέσης κατά την πειραματική αξιολόγηση.

Όλοι οι μηχανισμοί, ο άξονας X, ο άξονας Y και ο άξονας Z σχεδιάστηκαν για να λειτουργούν συγχρονισμένα, συγχρονίζοντάς τους μέσω του συστήματος αυτοματισμού PLC και των κινητήρων που κινούνται με μετατροπέα. Στις δοκιμές, τα σφάλματα τοποθέτησης παρέμειναν στις βιομηχανικές ανοχές.

Η ενσωμάτωση διακοπών ορίου, αισθητήρων, συστημάτων ανάδρασης μετατροπέα και αλγορίθμων ελέγχου κίνησης χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη ακριβούς απόδοσης τοποθέτησης. Επιπλέον, ο καρτεσιανός παλετοποιητής είναι μηχανικά άκαμπος, ελαχιστοποιώντας έτσι τους κραδασμούς και τη μηχανική παραμόρφωση στη διαδικασία μεταφοράς βαρέων φορτίων.

## 6.7 Αξιολόγηση Σταθερότητας Παλέτας

Η σταθερότητα των παλετών είναι ένα από τα πιο σημαντικά σημεία που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση του βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης, καθώς οι παλέτες ενδέχεται να πέσουν κατά την αποθήκευση ή τη μεταφορά εάν δεν είναι σταθερές. Οι πειραματικές δοκιμές αποκάλυψαν ότι με την σωστή τοποθέτηση της σακούλας και το βέλτιστο μοτίβο στοίβαξης, ο παλετοποιητής EN-S 2000 μπορούσε να σχηματίσει σταθερές παλέτες.

Ο μηχανισμός εναλλαγής προσανατολισμού της σακούλας στα στρώματα των παλετών επιτεύχθηκε από τον μηχανισμό περιστροφής της λαβίδας, ο οποίος έχει βελτιώσει την κατανομή φορτίου και έχει αυξήσει τη δομική σταθερότητα. Με τους αλγόριθμους παλετοποίησης PLC, η σακούλα είναι εγγυημένη ότι βρίσκεται στη σωστή θέση για κάθε διαμόρφωση των παλετών.

Πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σταθερότητας στις τελικές παλέτες κατά την επιθεώρηση φορτίου και προσομοιώσεις μεταφοράς για τον έλεγχο της κίνησης, χωρίς να παρατηρηθεί κίνηση. Επομένως, ο παλετοποιητής πληρούσε τα κριτήρια για λειτουργική σταθερότητα που πρέπει να πληρούνται για βιομηχανικές εφαρμογές logistics

## 6.8 Ζητήματα αξιοπιστίας και συντήρησης

Το σύστημα βιομηχανικού αυτοματισμού πρέπει να είναι αξιόπιστο και να λειτουργεί συνεχώς σε απαιτητικά περιβάλλοντα παραγωγής. Η ανθεκτικότητα και η αποτελεσματικότητα της συντήρησης είναι επιθυμητά χαρακτηριστικά ενός συστήματος βιομηχανικού αυτοματισμού και έχουν μεγάλη ζήτηση. Κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου αξιολόγησης, ο παλετοποιητής EN-S 2000 διατήρησε τις λειτουργικές διακοπές στο ελάχιστο, προκειμένου να επιτευχθεί σταθερή και αξιόπιστη λειτουργία.

Η ασύγχρονη λειτουργία των κινητήρων, ο έλεγχος του συστήματος κίνησης με χρήση μετατροπέα, οι συμπαιγείς μηχανικές κατασκευές και το λογισμικό PLC με αρθρωτή δομή συνέβαλαν σημαντικά στην

αξιοπιστία του συστήματος. Επιπλέον, η καρτεσιανή μηχανική δομή ήταν ευκολότερη στη συντήρηση, καθώς ήταν λιγότερο περίπλοκη από τις αρθρωτές ρομποτικές μηχανικές κατασκευές.

Το λογισμικό PLC είχε αρθρωτό σχεδιασμό, γεγονός που διευκόλυνε την αντιμετώπιση προβλημάτων και τις διαδικασίες διάγνωσης. Οι ρουτίνες διαχείρισης συναγερμών επέτρεψαν τον εντοπισμό λειτουργικών προβλημάτων, όπως βλάβες αισθητήρων, ανακρίβειες στην τοποθέτηση, στάσεις μεταφορικών ταινιών, παραβιάσεις ασφαλείας κ.λπ.

Η χρήση εξαρτημάτων βιομηχανικής ποιότητας και προφίλ ομαλού ελέγχου κίνησης για τη μείωση της μηχανικής καταπόνησης και της φθοράς στα κινούμενα μέρη ελαχιστοποίησε τις απαιτήσεις προληπτικής συντήρησης. 6.9 Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Η πειραματική δοκιμή ενός παλετοποιητή, ο οποίος εφαρμόζεται για το σύστημα αυτοματισμού που αναπτύχθηκε, επιβεβαίωσε ότι οι στόχοι που τέθηκαν στη φάση σχεδιασμού του έργου επιτυγχάνονται. Ο παλετοποιητής λειτουργεί με επιτυχία σε βιομηχανικά περιβάλλοντα με υψηλή παραγωγικότητα, σωστή θέση και σταθερή παραγωγή παλετών.

Η ενσωμάτωση του συστήματος αυτοματισμού Schneider Electric PLC σε συνδυασμό με τους κινητήρες κίνησης ελεγχόμενους από μετατροπέα και τη δομή του αρθρωτού λογισμικού επέτρεψε τη σταθερή λειτουργία του μηχανήματος και τον αποτελεσματικό συντονισμό των διαδικασιών. Η αρχή του καρτεσιανού ρομπότ ανακαλύφθηκε ότι είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για βαριές σακούλες για χειρισμό υψηλής ακρίβειας και αξιοπιστίας.

Το άλλο μεγάλο πλεονέκτημα του παλετοποιητή ήταν ότι μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία διαφορετικών διαμορφώσεων χωρίς σημαντική μείωση των μηχανικών τροποποιήσεων μέσω της Διεπαφής Ανθρώπου-Μηχανής. Κατά τη διάρκεια των διαδικασιών δοκιμών, τα συστήματα ασφαλείας και οι διαδικασίες διαχείρισης συναγερμού λειτούργησαν όπως αναμενόταν και διατηρήθηκε η κατάσταση ασφάλειας του κλάδου.

Τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος συνολικά υποδεικνύουν ότι το αναπτυγμένο σύστημα παλετοποίησης είναι μια αποτελεσματική λύση για τον βιομηχανικό αυτοματισμό, προκειμένου να βελτιωθεί η παραγωγικότητα, να μειωθεί η χειρωνακτική εργασία και να βελτιωθεί η αξιοπιστία λειτουργίας στον κλάδο συστημάτων εφαρμογών χειρισμού υλικών.

## Κεφάλαιο 7ο: Συμπεράσματα και Μελλοντικές Βελτιώσεις

### 7.1 Συμπεράσματα

Προκειμένου να διαχειρίζεται το υλικό αξιόπιστα και αποτελεσματικά, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή του βιομηχανικού συστήματος παλετοποίησης (EN-S 2000) είναι ο επιτυχημένος συνδυασμός τεχνολογιών βιομηχανικού αυτοματισμού αιχμής. Ο σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική αυτοματισμού, ο σχεδιασμός λογισμικού PLC, η μηχανική λειτουργία και η πειραματική αξιολόγηση του παλετοποιητή συζητήθηκαν λεπτομερώς σε αυτή τη διατριβή. Το σύστημα που εγκαταστάθηκε στο πείραμα αποδείχθηκε αποτελεσματικό στην επίτευξη των λειτουργικών στόχων κατά τη φάση σχεδιασμού και παρατηρήθηκε ότι λειτουργεί συνεχώς σε μια τακτική και αξιόπιστη βιομηχανική διαδικασία.

Ένα καρτεσιανό ρομποτικό σύστημα, ασύγχρονοι κινητήρες ελεγχόμενοι από μετατροπέα, πνευματικά συστήματα χειρισμού, μηχανισμοί συγχρονισμού μεταφορικών ταινιών και αυτοματοποιημένος έλεγχος PLC ενσωματώθηκαν με επιτυχία στον παλετοποιητή. Χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα Schneider Electric PLC και το περιβάλλον προγραμματισμού SoMachine, εφαρμόστηκαν ευέλικτοι αλγόριθμοι ελέγχου κίνησης, ρουτίνες εποπτείας ασφαλείας, λειτουργίες χειρισμού συναγερμών και συστήματα επικοινωνίας Ανθρώπου-Μηχανής.

Οι πειραματικές δοκιμές έδειξαν υψηλή αξιοπιστία λειτουργίας του παλετοποιητή, σταθερά χαρακτηριστικά σχηματισμού παλέτας, ικανοποιητική ακρίβεια τοποθέτησης και παραγωγική ικανότητα, που θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν την βιομηχανική παραγωγή με βαριά λειτουργία χειρισμού σακουλών. Αυτό το μηχάνημα μπορούσε να επεξεργάζεται σακούλες διαφόρων μεγεθών και βαρών και ήταν σταθερό και αποτελεσματικό υπό διάφορα πρότυπα παλετοποίησης.

### 7.2 Αξιολόγηση του Συστήματος Αυτοματισμού

Η δοκιμή του συστήματος αυτοματισμού κατέληξε στην αξιοπιστία και την αποφασιστικότητα του συστήματος αυτοματισμού που βασίζεται στην αρχιτεκτονική ελέγχου PLC για λειτουργία σε όλες τις διαδικασίες παλετοποίησης. Λογισμικό αρθρωτής διαμόρφωσης που αναπτύχθηκε/δημιουργήθηκε στο περιβάλλον λογισμικού SoMachine, το οποίο έγινε ευκολότερο στη συντήρηση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και τη λειτουργία του.

Ακριβείς αισθητήρες, φωτοκύτταρα, διακόπτες ορίου, συστήματα μετατροπέων και ηλεκτροπνευματικές συσκευές χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο όλων των λειτουργιών του μηχανήματος. Υπό συνεχή φόρτωση στη βιομηχανική γραμμή παραγωγής, το σύστημα PLC χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο του συγχρονισμού των μεταφορικών ταινιών, της τοποθέτησης των αξόνων, της λειτουργίας του μηχανισμού πιασίματος, της αλληλουχίας της παλετοποίησης και της διαχείρισης ασφαλείας για να διασφαλιστεί η σταθερή λειτουργία αυτού του μηχανήματος.

Η Διεπαφή Ανθρώπου-Μηχανής βελτίωσε επίσης την αλληλεπίδραση του χειριστή με τον παλετοποιητή, με την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο του μηχανήματος, την κατάσταση προειδοποίησης, τον αριθμό παραγωγής και τις επιλογές διαμόρφωσης παλετοποίησης. Έτσι, η αρχιτεκτονική αυτοματισμού που αναπτύχθηκε ανταποκρίθηκε στις λειτουργικές ανάγκες των σύγχρονων βιομηχανικών συστημάτων παλετοποίησης και λειτούργησε με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

### 7.3 Πλεονεκτήματα της υλοποιημένης λύσης

Τα ακόλουθα οφέλη μπορούν να συνοψιστούν για το σύστημα παλετοποίησης: EN-S 2000, σε σύγκριση με την παραδοσιακή χειροκίνητη διαδικασία παλετοποίησης και τα λιγότερο πολύπλοκα συστήματα αυτοματισμού. Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη της αυτοματοποιημένης λειτουργίας είναι η σημαντική αύξηση της παραγωγικότητας. Ο παλετοποιητής έχει χωρητικότητα 150-250 σάκων ανά ώρα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επεξεργασία με σχετικά καλή τοποθέτηση παλετών και σταθερή διαμόρφωση των παλετών.

Το άλλο μεγάλο πλεονέκτημα είναι η μείωση της κόπωσης του χειριστή και η ανάγκη για χειρωνακτική εργασία. Η αυτόματη παλετοποίηση βαρέων βιομηχανικών σάκων προσφέρει το πλεονέκτημα καλύτερων εργονομικών συνθηκών εργασίας και μειώνει τους τραυματισμούς των εργαζομένων.

Επιπλέον, η καρτεσιανή μηχανική δομή έχει εξαιρετική ακρίβεια τοποθέτησης, απλή δομή και αξιόπιστη λειτουργία όταν εφαρμόζεται βαρύ φορτίο. Γενικά, οι καρτεσιανοί παλετοποιητές θα χρειάζονται λιγότερη συντήρηση από τα αρθρωτά ρομποτικά συστήματα και θα είναι πιο εύκολο να ενσωματώσουν τον έλεγχο κίνησης σε ένα ρομποτικό σύστημα. Τα αρθρωτά ρομποτικά συστήματα είναι γενικά πιο πολύπλοκα στον έλεγχο της κίνησής τους και οι διαδικασίες συντήρησης είναι πιο πολύπλοκες από αυτές που απαιτούνται για τα καρτεσιανά συστήματα. Τα αρθρωτά ρομποτικά συστήματα απαιτούν γενικά πιο πολύπλοκες διαδικασίες ελέγχου κίνησης και συντήρησης σε σύγκριση με τα καρτεσιανά συστήματα, όπου η φύση της λειτουργίας τους είναι γενικά πιο σταθερή.

Το άλλο πλεονέκτημα της αρθρωτής αρχιτεκτονικής λογισμικού PLC είναι ότι μπορεί να διαμορφωθεί ευέλικτα, η αντιμετώπιση προβλημάτων είναι εύκολη και θα έχει την επιλογή επέκτασης του λογισμικού στο μέλλον. Η ενεργειακή απόδοση, η ομαλή κίνηση και η ακρίβεια τοποθέτησης βελτιώθηκαν με τη χρήση κινητήρων ελεγχόμενων από μετατροπέα, μειώνοντας παράλληλα τη μηχανική καταπόνηση στα εξαρτήματα της μηχανής.

### 7.4 Περιορισμοί του υπάρχοντος συστήματος

Μετά την πειραματική αξιολόγηση και τη βιομηχανική λειτουργία του παλετοποιητή, ανακαλύφθηκαν ορισμένοι περιορισμοί στο τρέχον σύστημα παλετοποίησης, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω ως αποτέλεσμα της εμπειρίας που αποκτήθηκε κατά την εφαρμογή του παλετοποιητή και τη χρήση του σε βιομηχανικό περιβάλλον.

Υπάρχει ένα μειονέκτημα στην ημιαυτόματη διαχείριση παλετών: Η παλετοποίηση είναι αυτόματη, εκτός εάν οι παλέτες εισάγονται και αφαιρούνται χειροκίνητα, κάτι που είναι πιο συνηθισμένο, χρησιμοποιώντας ένα παλετοφόρο. Αυτή η ανάγκη οδηγεί σε διαταραχές στις λειτουργίες και περιορίζει τον βαθμό στον οποίο μπορεί να αυτοματοποιηθεί ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής.

Ένας άλλος περιορισμός σχετίζεται με την ευελιξία της καρτεσιανής δομής σε λειτουργία. Οι καρτεσιανοί παλετοποιητές παρέχουν ακρίβεια τοποθέτησης και δυνατότητα ανύψωσης βαρύτερων φορτίων από άλλους τύπους, αλλά είναι περιορισμένοι όσον αφορά το εύρος κίνησης και την ευελιξία σε σύγκριση με τα πλήρως αρθρωτά ρομποτικά συστήματα παλετοποίησης.

Επιπλέον, η τρέχουσα διαμόρφωση παλετοποιητή είναι σχετικά απλή και δεν εφαρμόζεται με το προηγμένο σύστημα μηχανικής όρασης που μπορεί να πραγματοποιήσει προσαρμοστική αναγνώριση αντικειμένων και αυτόματη διόρθωση της θέσης. Ως εκ τούτου, οι συνθήκες τροφοδοσίας για τα προϊόντα στο σύστημα είναι σχετικά σταθερές, ώστε το σύστημα να μπορεί να λειτουργεί με μέγιστη ακρίβεια.

Τέλος, υπάρχει τοπικός αυτοματισμός ελέγχου και αλληλεπίδρασης με το HMI που χρησιμοποιείται, αλλά δεν περιέχει τεχνολογίες Βιομηχανίας 4.0, όπως προηγμένα συστήματα εποπτικού ελέγχου ή απομακρυσμένη παρακολούθηση στο cloud.

## 7.5 Μελλοντικές Βελτιώσεις

Η λειτουργική ικανότητα, η παραγωγικότητα, η ευέλικτη λειτουργία και η ψηφιακή ενσωμάτωση του συστήματος παλετοποίησης EN-S 2000 μπορούν να βελτιωθούν σημαντικά με μελλοντικές τεχνολογικές βελτιώσεις. Υπάρχουν πολλές ευκαιρίες για περαιτέρω βελτιστοποίηση και επέκταση του παλετοποιητή μέσω της προώθησης του βιομηχανικού αυτοματισμού, της ρομποτικής, της επικοινωνίας και των ευφυών συστημάτων ελέγχου.

Στο μέλλον, μπορούν να εξεταστούν πλήρως αυτόματα συστήματα τροφοδοσίας παλετών, τεχνολογίες μηχανικής όρασης, συστήματα εποπτείας SCADA και απομακρυσμένη παρακολούθηση μέσω αρχιτεκτονικών επικοινωνίας Industry 4.0. Αυτές οι βελτιώσεις όχι μόνο θα μειώσουν την ποσότητα της χειρωνακτικής εργασίας που απαιτείται, αλλά θα βοηθήσουν επίσης στην αύξηση της παραγωγικότητας, της διαθεσιμότητας και της βελτιστοποίησης των διαδικασιών.

### 7.5.1 Αυτόματη Τροφοδοσία Παλετών

Μία από τις πιο σημαντικές βελτιώσεις του μέλλοντος για το σύστημα παλετοποίησης είναι ο αυτόματος μηχανισμός τροφοδοσίας για τις παλέτες. Το παρόν σύστημα είναι η χειροκίνητη εισαγωγή παλετών στο σύστημα και η χειροκίνητη αφαίρεση των παλετών από το σύστημα με το παλετοφόρο, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή της παραγωγής και την αύξηση του εργατικού δυναμικού.

Σε έναν αυτόματο μηχανισμό μεταφοράς παλετών σε ένα αυτόματο σύστημα τροφοδοσίας παλετών, οι παλέτες μπορούν να μεταφερθούν με μεταφορικό ιμάντα, εξοπλισμένο με γεμιστήρες παλετών και ένα αυτόματο σύστημα τοποθέτησης. Ένας συντονισμός PLC και ανίχνευση παλετών με χρήση αισθητήρων θα επέτρεπε την αυτόματη φόρτωση παλετών στην περιοχή παλετοποίησης και την άμεση μεταφορά των τελικών παλετών σε χώρους αποθήκευσης ή logistics.

Η αυτόματη τροφοδοσία παλετών θα βοηθούσε στην αύξηση του αυτοματισμού της παραγωγής και θα επηρέαζε θετικά τη συνέχεια της παραγωγής, μειώνοντας παράλληλα τον αριθμό των διακοπών του κύκλου

### 7.5.2 Ενσωμάτωση Συστημάτων Οπτικής Παρακολούθησης

Η άλλη εξέλιξη που θα πραγματοποιηθεί στο μέλλον θα είναι η ενσωμάτωση του βιομηχανικού συστήματος μηχανικής όρασης στην αρχιτεκτονική αυτοματισμού του παλετοποιητή. Τα συστήματα όρασης είναι ικανά για αυτόματη αναγνώριση σακουλών, διόρθωση θέσης, επιθεώρηση παλετών και ποιοτικό έλεγχο.

Οι συμβατικές βιομηχανικές κάμερες και οι αλγόριθμοι επεξεργασίας εικόνας ενδέχεται να είναι σε θέση να ανιχνεύουν τα σφάλματα προσανατολισμού, μεγέθους και τοποθέτησης των σακουλών πριν από τις εργασίες παλετοποίησης. Το αυτόματο σύστημα PLC μπορεί στη συνέχεια να συντονίζει δυναμικά τις συντεταγμένες τοποθέτησης των αρπάγων με βάση την οπτική ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο.

Η ενσωμάτωση του συστήματος όρασης θα αύξανε την ευελιξία, την ακρίβεια τοποθέτησης και την προσαρμοστικότητα λόγω της απουσίας της ανάγκης για σταθερή μηχανική ευθυγράμμιση

### 7.5.3 Ενσωμάτωση SCADA

Οι επερχόμενες βελτιώσεις στον παλετοποιητή περιλαμβάνουν ένα σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (SCADA). Ένα σύστημα SCADA είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση, την καταγραφή, την ειδοποίηση και την ανάλυση της παραγωγής, καθώς και για την παροχή απομακρυσμένης εποπτείας σε βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

Ένα σύστημα SCADA συνδεδεμένο με το PLC του παλετοποιητή μπορεί να βοηθήσει στην απεικόνιση των δεδομένων λειτουργίας και παραγωγής του μηχανήματος, της κατανάλωσης ενέργειας, της διάγνωσης σφαλμάτων και των δεδομένων συντήρησης σε πραγματικό χρόνο. Οι χειριστές και το προσωπικό συντήρησης θα μπορούσαν να παρακολουθούν τη λειτουργία του μηχανήματος ανά πάσα στιγμή και επίσης να εξετάζουν τα προηγούμενα λειτουργικά δεδομένα για περαιτέρω βελτιστοποίηση της απόδοσης του μηχανήματος και σχεδιασμό για μελλοντική προληπτική συντήρηση.

Επομένως, η εφαρμογή του SCADA θα μπορούσε να είναι επωφελής για τη βελτίωση της επιχειρησιακής εποπτείας, της ανάλυσης διεργασιών και της διαχείρισης της βιομηχανικής παραγωγής

### 7.5.4 Απομακρυσμένη παρακολούθηση και χαρακτηριστικά Industry 4.0

Το Industry 4.0 περιλαμβάνει έξυπνες συσκευές, επικοινωνία cloud, απομακρυσμένη διάγνωση και συστήματα προγνωστικής συντήρησης που εφαρμόζονται όλο και περισσότερο στα σύγχρονα συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού. Η επόμενη γενιά του παλετοποιητή EN-S 2000 θα μπορούσε να περιλαμβάνει τεχνολογίες βιομηχανικής δικτύωσης όπως απομακρυσμένη παρακολούθηση και έξυπνες τεχνολογίες διαχείρισης παραγωγής.

Οι ρυθμοί παραγωγής, τα φορτία κινητήρα, η κατάσταση συναγερμού, η κατανάλωση ενέργειας, η κατάσταση συντήρησης και άλλα λειτουργικά δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν εξ αποστάσεως από τα μηχανήματα χρησιμοποιώντας επικοινωνία Ethernet και συστήματα συλλογής δεδομένων που βασίζονται στο cloud σε συστήματα εποπτείας ή κινητές συσκευές.

Τα δεδομένα του μηχανήματος κατά τη λειτουργία του θα μπορούσαν επίσης να τροφοδοτηθούν σε αλγόριθμους προγνωστικής συντήρησης, οι οποίοι θα επέτρεπαν τον εντοπισμό μη φυσιολογικών καταστάσεων λειτουργίας του μηχανήματος και την πρόβλεψη των απαιτήσεων συντήρησης πριν από την αστοχία του. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα βοηθούσαν στη βελτίωση της αξιοπιστίας των λειτουργιών, στη μείωση του χρόνου διακοπής λειτουργίας και στην απλοποίηση των διαδικασιών συντήρησης.

Με την ενσωμάτωση των τεχνολογιών Industry 4.0, ο παλετοποιητής θα γινόταν ένα «έξυπνο σύστημα βιομηχανικού αυτοματισμού» που θα μπορούσε να εκτελεί διαγνωστικά υψηλού επιπέδου, απομακρυσμένη εποπτεία και βελτιστοποίηση λειτουργίας βάσει δεδομένων.

### 7.6 Τελικές παρατηρήσεις

Η τεχνολογία για τον βιομηχανικό αυτοματισμό, που αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε σε αυτήν την εργασία για τον χειρισμό βαρέων σακουλών και την παλετοποίηση, αποτελεί μια επιτυχημένη εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μιας βιομηχανικής λύσης παλετοποίησης, η οποία είναι αξιόπιστη και αποτελεσματική, βασισμένη στην καρτεσιανή τεχνολογία ρομπότ, σε συστήματα ελεγχόμενα από PLC, σε συστήματα ελέγχου κίνησης που κινούνται με μετατροπέα, σε συστήματα πνευματικής διαχείρισης, καθώς και σε αρθρωτή αρχιτεκτονική λογισμικού.

Όλοι οι κύριοι στόχοι σχεδιασμού ενός συστήματος για την αύξηση της παραγωγικότητας, την αξιοπιστία στη λειτουργία και τη σταθερότητα των παλετών, καθώς και για την αυτοματοποίηση του επαναλαμβανόμενου βιομηχανικού χειρισμού, επιτεύχθηκαν. Το αποτέλεσμα της πειραματικής αξιολόγησης έδειξε ότι η επιλεγμένη αρχιτεκτονική αυτοματισμού είναι κατάλληλη για εφαρμογή σε βιομηχανικό περιβάλλον όπου η διαδικασία παλετοποίησης θα πρέπει να εκτελείται χωρίς διακοπή, παρέχοντας παράλληλα τη βέλτιστη απόδοση για τη διαδικασία παλετοποίησης.

Η μελέτη τόνισε επίσης τη σημασία των προηγμένων λύσεων αυτοματισμού για τη βελτίωση της παραγωγικότητας της παραγωγής, τη μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης και τη διασφάλιση της ασφάλειας στον χώρο εργασίας. Οι λειτουργικές δυνατότητες και η βιομηχανική ανταγωνιστικότητα του συστήματος παλετοποίησης μπορούν να ενισχυθούν περαιτέρω με την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως το σύστημα μηχανικής όρασης, η εποπτεία SCADA και οι αρχιτεκτονικές επικοινωνίας Industry 4.0.

Συνολικά, ο παλετοποιητής που αναπτύχθηκε σε αυτή τη μελέτη είναι μια πρακτική και αποτελεσματική λύση βιομηχανικού αυτοματισμού, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύγχρονο σύστημα παραγωγής και logistics που βασίζεται σε αυτοματοποιημένο σύστημα χειρισμού υλικών και παλετοποίησης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] M. P. Groover, Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. 4th ed. Boston, MA: Pearson, 2015.
- [2] W. Bolton, Programmable Logic Controllers. 6th ed. Oxford, U.K.: Newnes, 2015.
- [3] J. W. Webb and R. A. Reis, Programmable Logic Controllers: Principles and Applications. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2003.
- [4] F. G. Shinskey, Process Control Systems: Application, Design, and Tuning. New York: McGraw-Hill, 1996.
- [5] J. Angeles, Fundamentals of Robotic Mechanical Systems. New York: Springer, 2007.
- [6] Y. Koren, Robotics for Engineers. New York: McGraw-Hill, 1985.
- [7] B. Siciliano and O. Khatib, Springer Handbook of Robotics. Berlin, Germany: Springer, 2016.
- [8] R. Zurawski, Industrial Communication Technology Handbook. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2015.
- [9] K. Erickson, Programmable Logic Controllers: An Emphasis on Design and Application. 2nd ed. Knoxville, TN: Dogwood Valley Press, 2005.
- [10] S. B. Morris, Automated Manufacturing Systems. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [11] M. P. Groover, Industrial Robotics: Technology, Programming, and Applications. New York: McGraw-Hill, 2010.
- [12] R. G. Askin and C. R. Standridge, Modeling and Analysis of Manufacturing Systems. New York: Wiley, 1993.
- [13] Schneider Electric, SoMachine Programming Guide. Rueil-Malmaison, France: Schneider Electric, 2020.
- [14] Schneider Electric, Modicon M241 Logic Controller – Hardware Guide. Rueil-Malmaison, France: Schneider Electric, 2021.
- [15] Schneider Electric, Industrial Inverter Systems and Motor Control. Rueil-Malmaison, France: Schneider Electric Industrial Solutions Guide, 2020.
- [16] ABB Robotics, “Palletizing solutions for industrial automation,” ABB Application Manual, Zurich, Switzerland, 2020.
- [17] FANUC Robotics, “Industrial robotic palletizing systems,” FANUC Technical Manual, Oshino, Japan, 2019.
- [18] KUKA Robotics, “Automated robotic palletizing applications,” KUKA Industrial Automation Guide, Augsburg, Germany, 2021.
- [19] Mitsubishi Electric, “Industrial palletizing technologies,” Mitsubishi Automation Handbook, Tokyo, Japan, 2018.
- [20] Siemens AG, “Automated layer palletizing systems,” Siemens Industrial Automation Manual, Munich, Germany, 2019.

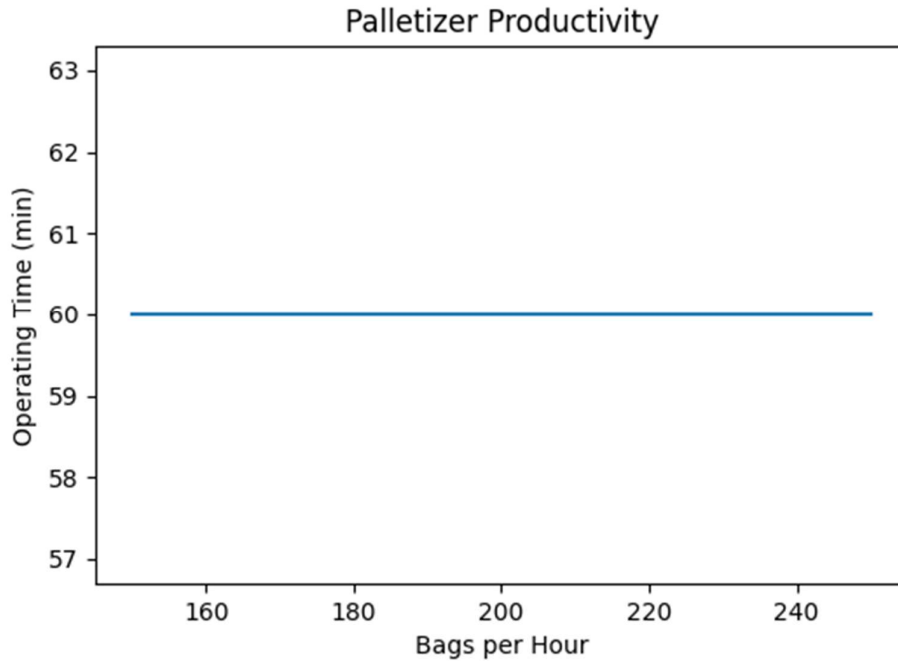
- [21] Siemens AG, “Industrial automation and motion systems,” Siemens Engineering Manual, Munich, Germany, 2019.
- [22] Siemens AG, “Industrial conveyor technologies,” Siemens Conveyor Engineering Guide, Munich, Germany, 2020.
- [23] Siemens AG, “Industrial safety integrated systems,” Siemens Safety Engineering Manual, Munich, Germany, 2020.
- [24] ABB Group, “Variable frequency drives for industrial automation,” ABB Technical Guide, Zurich, Switzerland, 2019.
- [25] Rockwell Automation, “Industrial material handling systems,” Rockwell Engineering Guide, Milwaukee, WI, 2020.
- [26] Rockwell Automation, “Industrial lifting and positioning systems,” Rockwell Automation Engineering Guide, Milwaukee, WI, 2020.
- [27] Honeywell Intelligrated, “Warehouse automation and palletizing systems,” Honeywell Logistics Solutions Guide, Charlotte, NC, 2021.
- [28] Honeywell Intelligrated, “Roller conveyor automation systems,” Honeywell Material Handling Guide, Charlotte, NC, 2021.
- [29] Festo AG, “Pneumatic systems for industrial automation,” Festo Technical Manual, Esslingen, Germany, 2019.
- [30] Pilz GmbH, “Industrial machine safety solutions,” Pilz Automation Safety Guide, Ostfildern, Germany, 2020.
- [31] Universal Robots, “Collaborative robotic palletizing systems,” Universal Robots Technical Report, Odense, Denmark, 2021.
- [32] Universal Robots, “Automated palletizing productivity analysis,” Universal Robots Industrial Report, Odense, Denmark, 2021.
- [33] Dematic Group, “Automated palletizing and logistics optimization,” Dematic Engineering Solutions Guide, Atlanta, GA, 2021.
- [34] Dematic Group, “Conveyor systems for industrial material handling,” Dematic Logistics Handbook, Atlanta, GA, 2021.
- [35] International Electrotechnical Commission, “IEC 61131-3: Programmable controllers – Part 3: Programming languages,” IEC Standard, Geneva, Switzerland, 2013.
- [36] International Organization for Standardization, “ISO 10218-1: Robots and robotic devices – Safety requirements for industrial robots,” ISO Standard, Geneva, Switzerland, 2011.
- [37] Occupational Safety and Health Administration, “Machine guarding and industrial safety,” OSHA Safety Standards Manual, Washington, DC, 2020.
- [38] Texas Instruments, “High speed CMOS logic analog multiplexers/demultiplexers,” 74HC4051 datasheet, Nov. 1997.
- [39] K. A. Nelson, R. J. Davis, D. R. Lutz, and W. Smith, “Optical generation of tunable ultrasonic waves,” *Journal of Applied Physics*, vol. 53, no. 2, pp. 1144-1149, Feb. 2002.

[40] European Telecommunications Standards Institute, “Industrial communication networks and systems,” ETSI Standards, 2020. [Online]. Available: <http://www.etsi.org>.

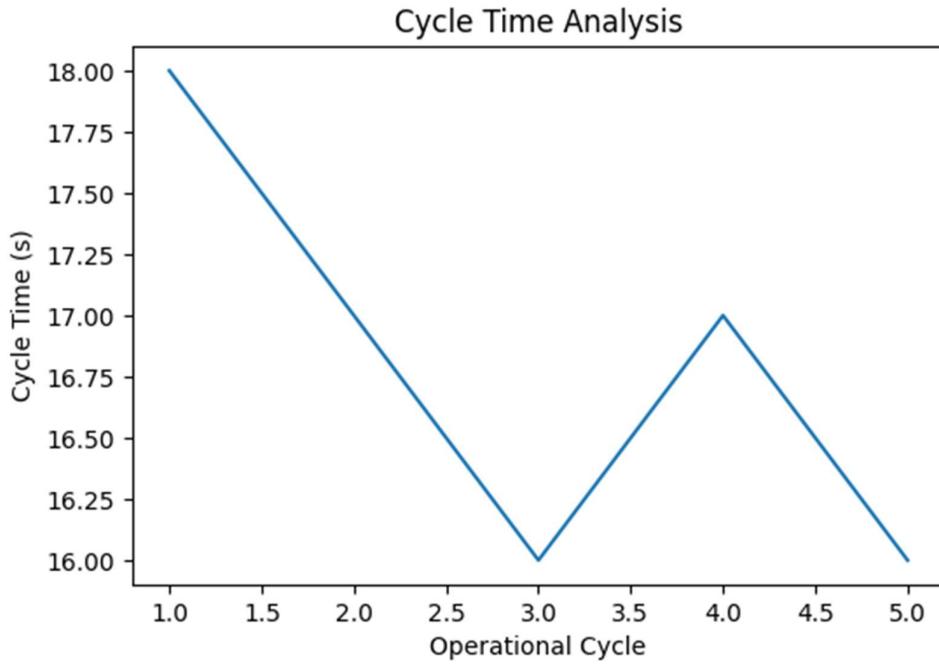
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΚΙΝΗΣΕΩΝ

Τα διαγράμματα ακολουθίας κινήσεων δείχνουν πώς θα λειτουργεί και θα συγχρονίζεται το σύστημα παλετοποίησης όταν βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία. Τα διαγράμματα δείχνουν τον συγχρονισμό του μεταφορικού ιμάντα, τη λειτουργία της λαβίδας, τον συγχρονισμό της κίνησης του άξονα, τη λογική σχηματισμού παλέτας και τη διαδικασία αλληλουχίας στρώσεων.

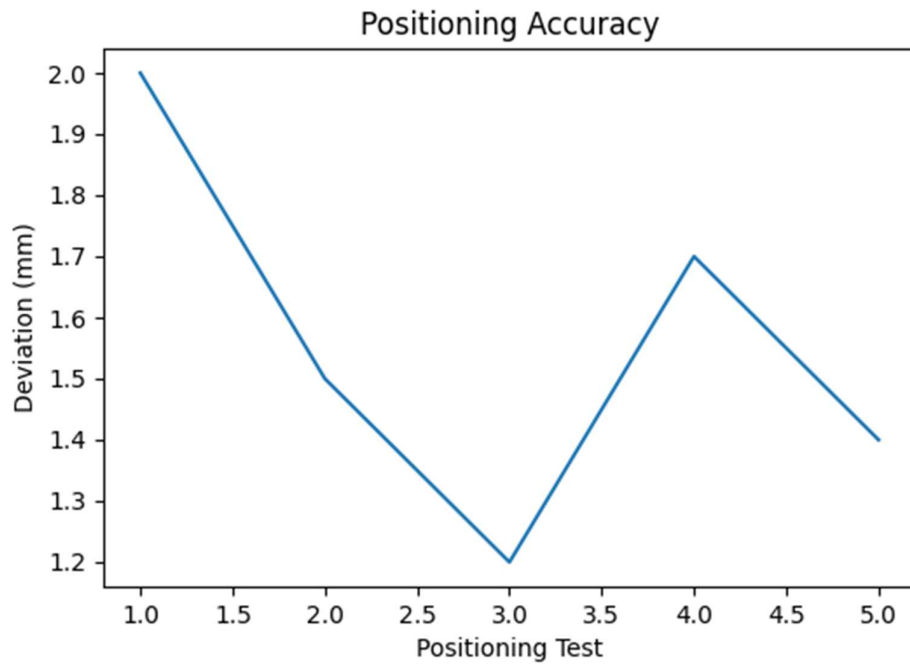
Τα διαγράμματα ακολουθίας θα είναι χρήσιμα για μελλοντικές αλλαγές στη λογική παλετοποίησης, τις διαδικασίες συντήρησης, την λειτουργική ανάλυση και την αποσφαλμάτωση λογισμικού



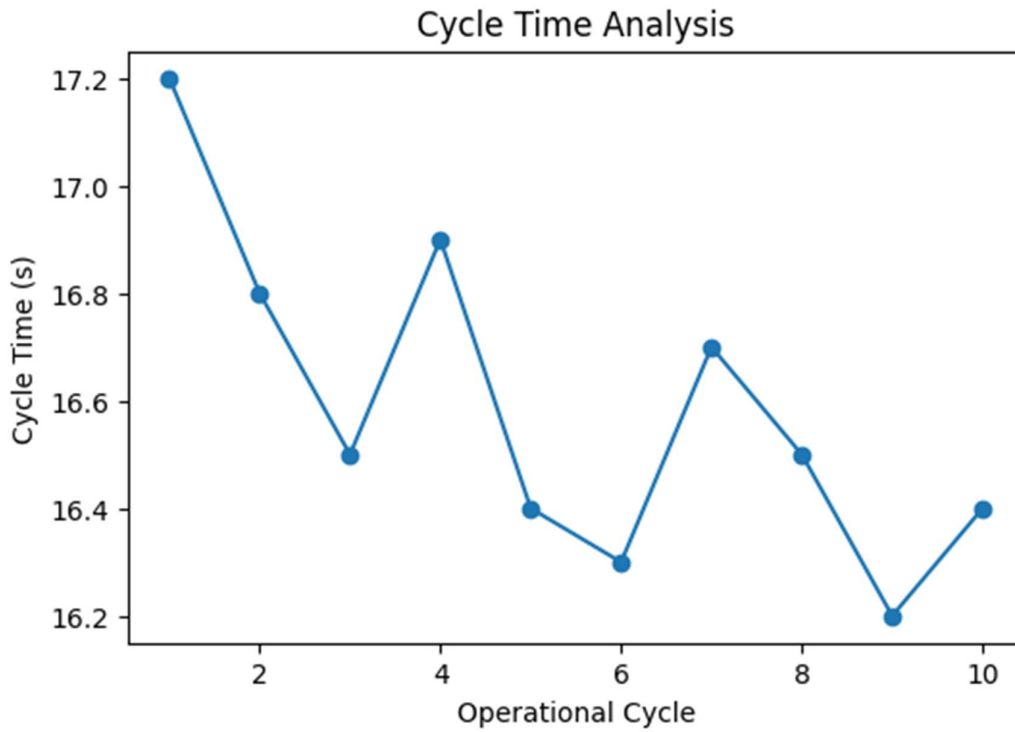
Διάγραμμα 1 - Ανάλυση παραγωγικότητας του συστήματος παλετοποίησης



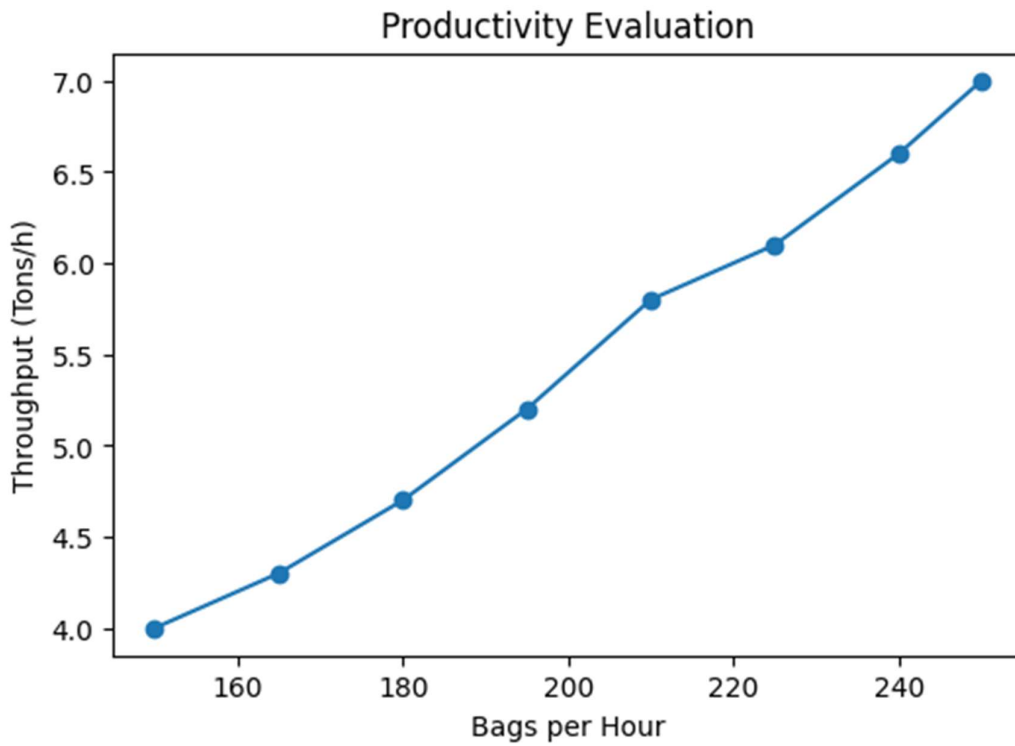
Διάγραμμα 2 - Ανάλυση χρόνου κύκλου κατά τη διάρκεια λειτουργικών δοκιμών



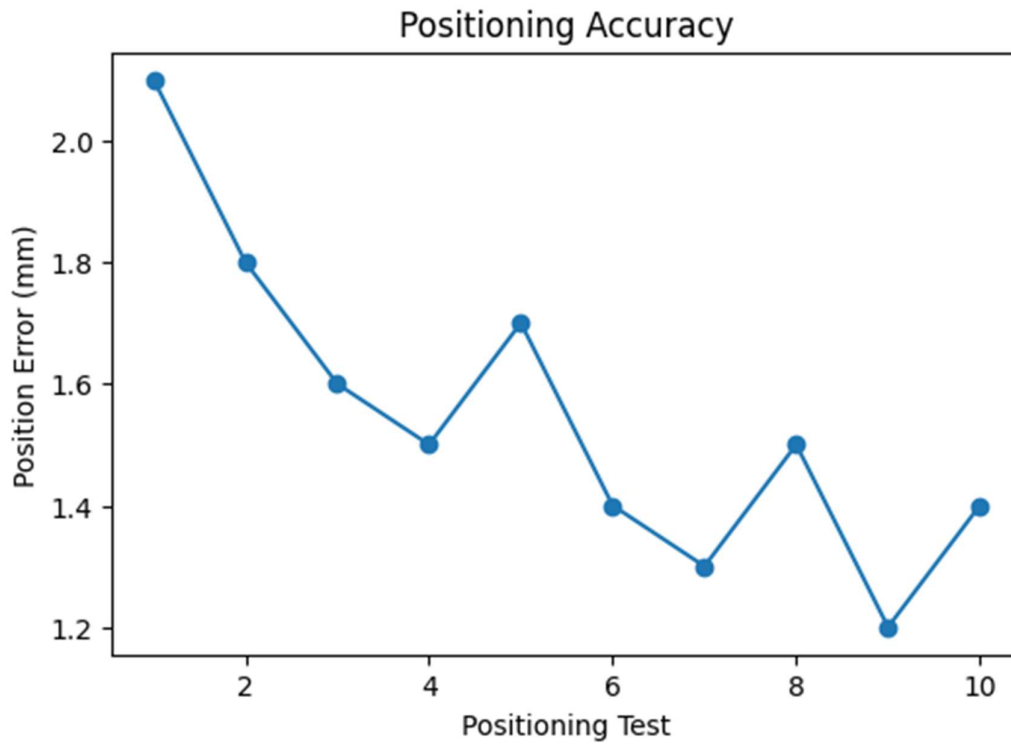
Διάγραμμα 3 - Μετρήσεις ακρίβειας τοποθέτησης



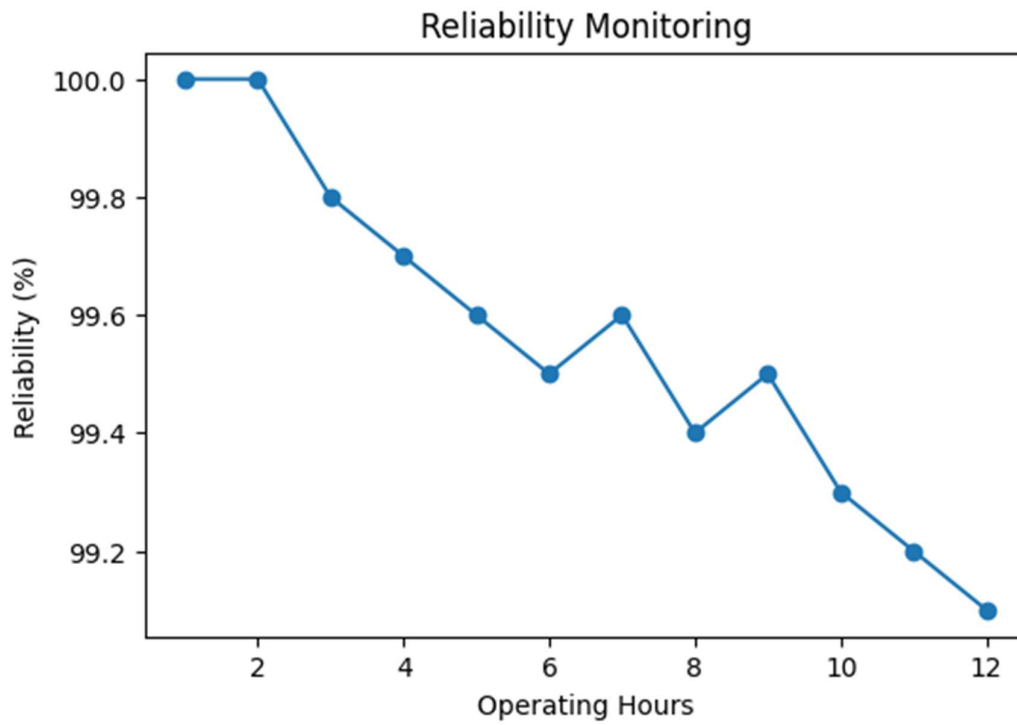
Διάγραμμα 4 - Ανάλυση χρόνου κύκλου κατά τη διάρκεια των εργασιών παλετοποίησης



Διάγραμμα 5 - Παραγωγικότητα και απόδοση διεκπεραίωσης του παλετοποιητή



Διάγραμμα 6 - Αποτελέσματα αξιολόγησης ακρίβειας τοποθέτησης.



Διάγραμμα 7 - Παρακολούθηση αξιοπιστίας κατά τη συνεχή βιομηχανική λειτουργία

Πίνακας 1 - Ανάλυση Χρόνου Κύκλου

Cycle	Cycle Time (s)
1.0	17.2
2.0	16.8
3.0	16.5
4.0	16.9
5.0	16.4
6.0	16.3
7.0	16.7
8.0	16.5
9.0	16.2
10.0	16.4

Πίνακας 2 - Αξιολόγηση Παραγωγικότητας

Bags per Hour	Throughput (Tons/h)
150.0	4.0
165.0	4.3
180.0	4.7
195.0	5.2
210.0	5.8
225.0	6.1
240.0	6.6
250.0	7.0

Πίνακας 3 - Αξιολόγηση Σφάλματος Τοποθεσίας

Test	Position Error (mm)
1.0	2.1
2.0	1.8
3.0	1.6
4.0	1.5
5.0	1.7
6.0	1.4
7.0	1.3
8.0	1.5
9.0	1.2
10.0	1.4

Πίνακας 4 - Παρακολούθηση Αξιοπιστίας

Operating Hour	Reliability (%)
1.0	100.0
2.0	100.0
3.0	99.8
4.0	99.7
5.0	99.6
6.0	99.5
7.0	99.6
8.0	99.4
9.0	99.5
10.0	99.3
11.0	99.2
12.0	99.1



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β : ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ PLC ΣΤΟ SOMACHINE**

**Project Name: Palletizer V1**

---

Project Name: Palletizer V1  
05/26/2026 - 10:51 PM  
1/250

# PROGRAM

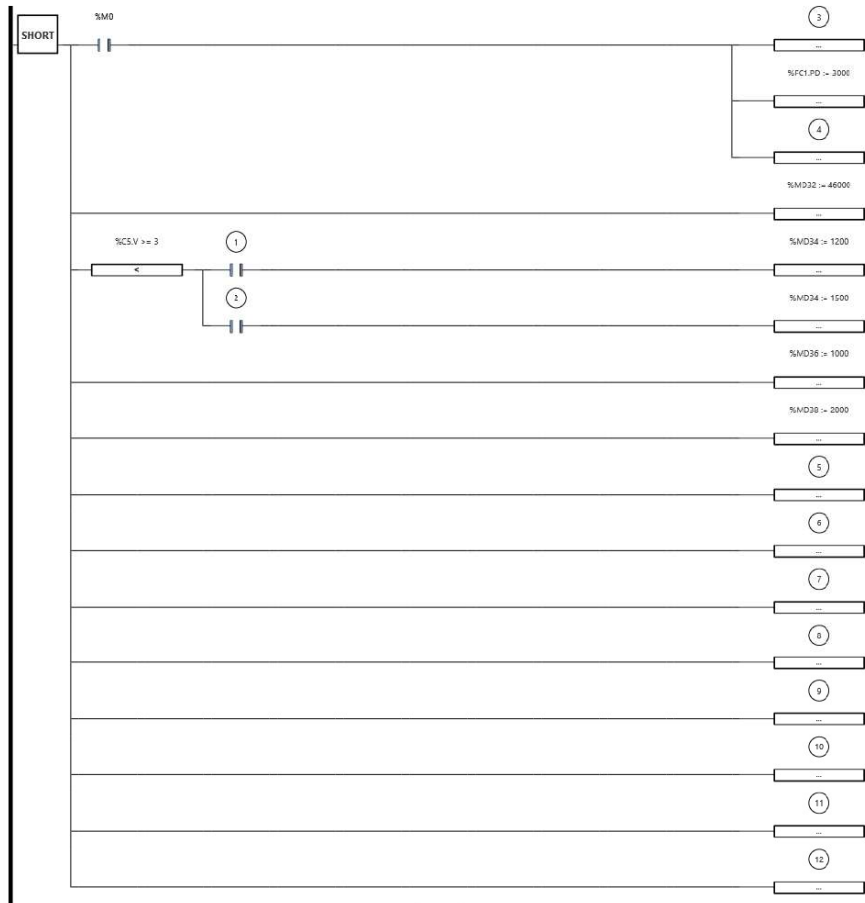
## POU

### Master Task

1 - New POU

Master Task

Rung0 - INIT



Project Name: Palletizer V1  
05/26/2026 - 10:51 PM  
28/250



**Legend:**

```
1 %MW2:X0
2 %MW5:X0
3 %FC0.PD := 74000
4 %FC2.PD := 12500
5 %MD100 := %FC0.VD / 10
6 %MD102 := %FC1.VD
7 %MD104 := %FC2.VD / 10
8 %MD114 := %FC3.VD
9 %MD106 := %FC0.PD / 10
10 %MD108 := %FC1.PD
11 %MD110 := %FC2.PD / 10
12 %MD112 := %FC3.PD
```

**Variables used:**

```
%C5.V          LAYER_COUNTER.V
%FC0.PD
%FC0.VD
%FC1.PD
%FC1.VD
%FC2.PD
%FC2.VD
%FC3.PD
%FC3.VD
%M0            START_1ST_TIME
%MD32         HOR_STEP
%MD34         VERT_STEP
%MD36         GRIP1_STEP
%MD38         GRIP2_STEP
%MD100        HMI_HOR_ENCODER
%MD102        HMI_VERT_ENCODER
%MD104        HMI_GRIPMTR_ENCODER
%MD106        HMI_PRESET_HOR
%MD108        HMI_PRESET_VERT
%MD110        HMI_PRESET_GRIPMTR
%MD112        HMI_PRESET_ROTATE
%MD114        HMI_ENCODER_ROTATE
%MW2:X0       HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0       HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
```

**Rung1 - TIMES**



**Variables used:**

%M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M173         PALLET\_TIME\_MEM  
 %TM37         PALLET\_TIME

**Rung2**



**Variables used:**

%M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M78           SYSTEM\_PAUSE  
 %M127         PALLET\_PAUSE\_TIME  
 %TM11

**Rung3**



**Variables used:**

%M0            START\_1ST\_TIME  
 %TM11.P

**Rung4**



**Variables used:**

%M0            START\_1ST\_TIME  
 %TM11.P

**Rung5**



**Variables used:**

%I0.22         PALLET\_EXIST  
 %M31           LAYER\_MEM  
 %M117         MEM\_SAVE\_PALLET\_TIME

**Rung6 - pallet build time**



**Legend:**

1 %MW90 := %TM37.V - %TM11.V

**Variables used:**

%M117 MEM\_SAVE\_PALLET\_TIME  
 %MW90 READY\_PALLET\_TIME  
 %TM11.V  
 %TM37.V PALLET\_TIME.V

**Rung7**



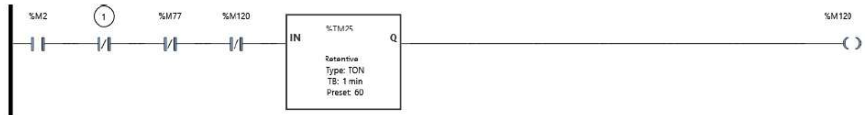
**Legend:**

1 %MW120 := %TM37.V

**Variables used:**

%M137 END\_STOP\_VERT when pallet ready, stops the gripper above roller conv  
 %MW120 PALLET\_TIME\_HMI  
 %TM37.V PALLET\_TIME.V

**Rung8**



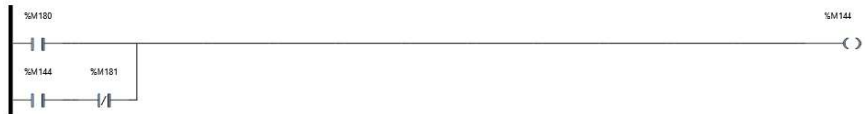
**Legend:**

1 %MW4:X0

**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M77 SECURITY\_PAUSE  
 %M120 M120  
 %MW4:X0 HMII\_PAUSE:X0  
 %TM25 OPERATION\_TIME

**Rung9**



**Variables used:**

%M144 YEAR\_EXIST  
 %M180 YEARS\_COUNT  
 %M181 RESET\_YEARS

**Rung10**



**Variables used:**

%C14            HOURS\_COUNT  
%M120           M120  
%M180           YEARS\_COUNT

**Rung11**



**Variables used:**

%C15            YEAR\_COUNT  
%M180           YEARS\_COUNT  
%M181           RESET\_YEARS

**Rung12 - operation time**



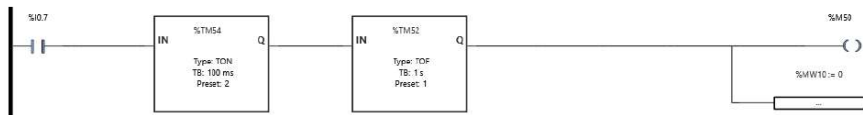
**Legend:**

- 1 %MW54 := %TM25.V
- 2 %MW55 := %C14.V
- 3 %MW56 := %C15.V

**Variables used:**

- %C14.V                    HOURS\_COUNT.V
- %C15.V                    YEAR\_COUNT.V
- %MW54
- %MW55
- %MW56
- %TM25.V                    OPERATION\_TIME.V

**Rung13 - SENSORS hor sensors**



**Variables used:**

- %I0.7                    HOR\_ZERO\_SENS
- %M50                    HMI\_ZERO\_HOR
- %MW10                    HOR\_MOTOR\_LEFT\_HMI\_BTN
- %TMS2
- %TMS4

**Rung14**



**Variables used:**

- %I0.6                    HOR\_LIMIT\_SENS
- %M53                    HMI\_LIMIT\_HOR
- %MW11                    HOR\_MOTOR\_RIGHT\_HMI\_BTN
- %TMS5

**Rung15 - vertical sensors**



**Variables used:**

%I0.20	VERT_ZERO_SENS
%M51	HMI_ZERO_VERT
%MW13	VERT_MOTOR_DOWN_HMI_BTN

**Rung16**



**Variables used:**

%I0.19	VERT_LIMIT_DOWN_SENS
%M91	SENS_LIMIT_DOWN_MEM

**Rung17**



**Variables used:**

%I0.9	VERT_LIMIT_UP_SENS
%M54	HMI_LIMIT_VERT
%MW12	VERT_MOTOR_UP_HMI_BTN

**Rung18**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M175	M0_VERT_LIMIT
%TM38	

**Rung19**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%M50	HMI_ZERO_HOR
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%M177	M0_PAUSE
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0
%TM38.P	

**Rung20**



**Variables used:**

%M50	HMI_ZERO_HOR
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%TM38.P	

**Rung21 - security sens (OV\_RO) over roller**



**Variables used:**

%I0.8	SENS_SECURITY_GRIP_OV_RO
%M48	SECURITY_SENS_OVER_ROLLER_MEM

**Rung22**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M11	UP_VERT_MOTOR
%M48	SECURITY_SENS_OVER_ROLLER_MEM
%M50	HMI_ZERO_HOR
%M126	SECURITY_GRIPPER_OVER_ROLLER_AUX
%M340	HOR_STAGE1
%M341	HOR_STAGE2

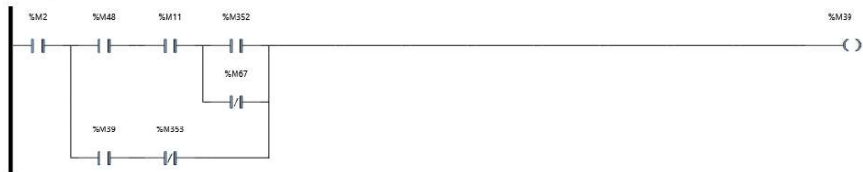
**Rung23**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M12	DOWN_VERT_MOTOR
%M48	SECURITY_SENS_OVER_ROLLER_MEM
%M67	SECURITY_SENS_OV_RO_TOGGLE
%M351	VERT_STAGE2
%M353	VERT_STAGE4

**Rung24**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M11	UP_VERT_MOTOR
%M39	AUX_SECURITY_SENS_OVER_ROLLER
%M48	SECURITY_SENS_OVER_ROLLER_MEM
%M67	SECURITY_SENS_OV_RO_TOGGLE
%M352	VERT_STAGE3
%M353	VERT_STAGE4

**Rung25 - gripper motor sensors**



**Variables used:**

%I0.10	GRIPMTR_ZERO_SENS
%M2	AUX_START
%M18	GRIPPER_OUT
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%MW15	GRIP_MOTOR_IN_HMI_BTN

**Rung26**



**Variables used:**

%I0.10	GRIPMTR_ZERO_SENS
%M125	HOLD_SENS_GROP_MTR
%TM22	

**Rung27**



**Variables used:**

%I0.11	GRPMTR_LIMIT_SENS
%M2	AUX_START
%M19	GRIPPER_IN
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR
%MW14	GRIP_MOTOR_OUT_HMI_BTN

**Rung28**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M54	HMI_LIMIT_VERT
%M175	M0_VERT_LIMIT
%M176	M0_GRIP_LIMIT
%TM39	

**Rung29 - gripper sens**



**Variables used:**

%I0.0            GRIP\_OPENED\_SENS  
%M56            GRIP\_OPEN

**Rung30**



**Variables used:**

%I0.0            GRIP\_OPENED\_SENS  
%M2            AUX\_START  
%M113           SAFETY\_GRIP\_OPEN            triggers sens gripper open after time  
%TM41

**Rung31**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
%M113           SAFETY\_GRIP\_OPEN            triggers sens gripper open after time  
%M121           HOLD\_GRIPPER\_OPEN\_MEM  
%TM6

**Rung32**

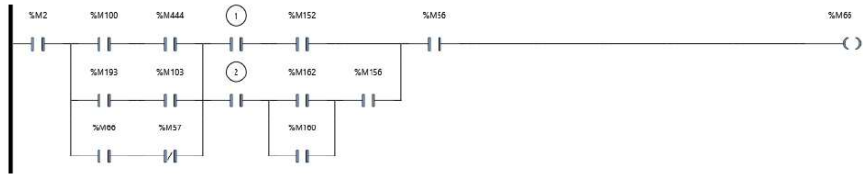


**Variables used:**

%I0.1            GRIP\_CLOSED\_SENS  
%M57            GRIP\_CLOSE



**Rung36**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M56	GRIP_OPEN	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M66	HOLD_M100	
%M100	FC3_ZERO_ROTATE	set zero rotate from FC3 after reached SENS_RIGHT_90
%M103	DISABLE_ZERO_ON_90R	disable Zero Sens if was at 90 Right
%M152	PATTERN_X5_3	
%M156	EVEN_LAYER	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M162	PATTERN_X3_3	
%M193		
%M444	NO_USE	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

**Rung37**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM	moves further Zero if it was at 90 Right
%M102		
%M103	DISABLE_ZERO_ON_90R	disable Zero Sens if was at 90 Right

**Rung38**



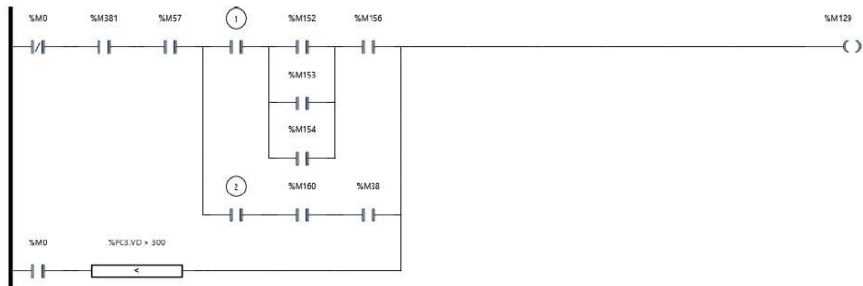
**Variables used:**

%M2                   AUX\_START  
 %M66                   HOLD\_M100

%M102  
 %TM40

moves further Zero if it was at 90  
 Right

**Rung39 - left 180**



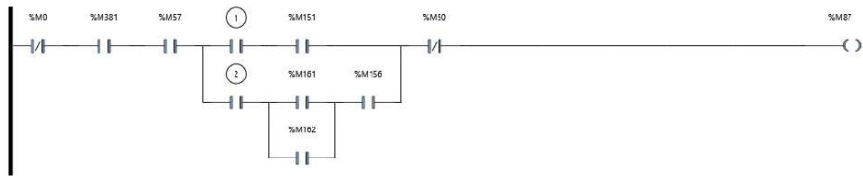
**Legend:**

1    %MW5:X0  
 2    %MW2:X0

**Variables used:**

%FC3.VD  
 %M0                   START\_1ST\_TIME  
 %M38                   X3\_1ST\_ROW\_BAG\_ORIANTATION           set oriantation for 1st row bag  
 %M57                   GRIP\_CLOSE  
 %M129                   AUX\_SENS\_180\_LEFT  
 %M152                   PATTERN\_X5\_3  
 %M153                   PATTERN\_X5\_4  
 %M154                   PATTERN\_X5\_5  
 %M156                   EVEN\_LAYER  
 %M160                   PATTERN\_X3\_1  
 %M381                   ROTATE\_MTR\_STAGE2  
 %MW2:X0                HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0  
 %MW5:X0                HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0

**Rung40 - right 90**



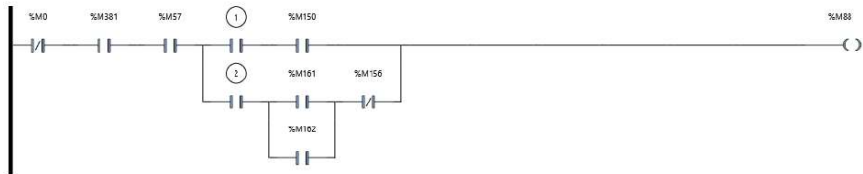
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M50	HMI_ZERO_HOR
%M57	GRIP_CLOSE
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM
%M151	PATTERN_X5_2
%M156	EVEN_LAYER
%M161	PATTERN_X3_2
%M162	PATTERN_X3_3
%M381	ROTATE_MTR_STAGE2
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung41 - left 90**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M57	GRIP_CLOSE
%M88	LEFT_90_ROTATE_SENS_MEM
%M150	PATTERN_X5_1
%M156	EVEN_LAYER
%M161	PATTERN_X3_2
%M162	PATTERN_X3_3
%M381	ROTATE_MTR_STAGE2
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung42 - rotation limit sens**



**Variables used:**

%I1.0                    SENS\_ROTATION\_LIMIT  
 %M179                   SENS\_ROTATION\_LIMIT\_MEM  
 %TM64

**Rung43 - alarm left rotate limit**



**Variables used:**

%M2                    AUX\_START  
 %M58                   ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M129                AUX\_SENS\_180\_LEFT  
 %M179                SENS\_ROTATION\_LIMIT\_MEM  
 %M183                LEFT\_ROTATE\_LIMIT\_ALARM  
 %M184                RIGHT\_ROTATE\_LIMIT\_ALARM  
 %M185  
 %M186

**Rung44**



**Variables used:**

%M183                   LEFT\_ROTATE\_LIMIT\_ALARM  
 %M187                   DELAY\_LEFT\_ROTATE\_LIMIT  
 %TM67



**Rung48**



**Variables used:**

%M22                    AUX\_LEFT\_ROTATE  
%M186  
%TM66

**Rung49 - left limit**



**Variables used:**

%M2                    AUX\_START  
%M22                    AUX\_LEFT\_ROTATE  
%M58                    ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
%M129                    AUX\_SENS\_180\_LEFT  
%M142                    ROTATION\_LIMIT\_RIGHT\_MEM  
%M179                    SENS\_ROTATION\_LIMIT\_MEM  
%M182                    AUX\_M133

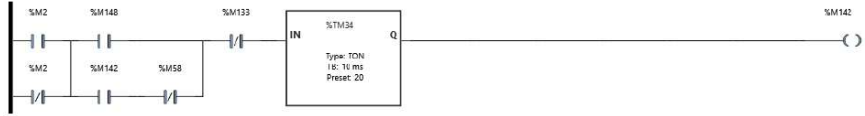
**Rung50**



**Variables used:**

%M2                    AUX\_START  
%M133                    ROTATION\_LIMIT\_LEFT\_MEM  
%M182                    AUX\_M133  
%TM63

**Rung51 - right limit**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M58            ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M133           ROTATION\_LIMIT\_LEFT\_MEM  
 %M142           ROTATION\_LIMIT\_RIGHT\_MEM  
 %M148           AUX\_M142  
 %TM34

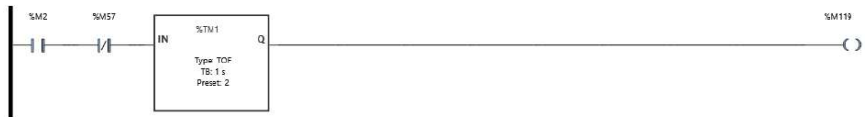
**Rung52**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M22            AUX\_LEFT\_ROTATE  
 %M23            AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %M87            RIGHT\_90\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M133           ROTATION\_LIMIT\_LEFT\_MEM  
 %M148           AUX\_M142  
 %M179           SENS\_ROTATION\_LIMIT\_MEM

**Rung53 - bag sens**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M57            GRIP\_CLOSE  
 %M119           HOLD\_BAG\_SENS  
 %TM1            T\_DELAY\_HOLD\_BAG\_SENS

**Rung54 - pallet x3 x5**



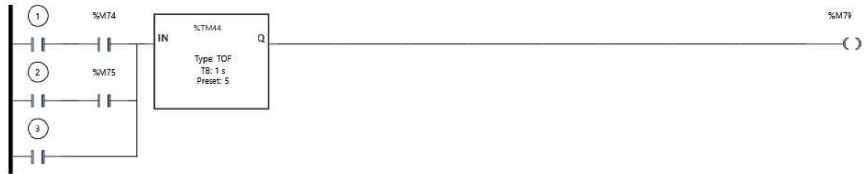
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%I0.12	SENS_BAG_EXIST_X5
%M2	AUX_START
%M74	BAG_EXIST_X5
%M75	BAG_EXIST_X3
%M119	HOLD_BAG_SENS
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung55**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0
- 3 %MW7:X0

**Variables used:**

%M74	BAG_EXIST_X5
%M75	BAG_EXIST_X3
%M79	BAG_EXIST_ON_ROLLER
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW7:X0	HMI_BTN_BAG_EXIST:X0
%TM44	

**Rung56 - flat**



**Variables used:**

%I0.14	SENS_FLAT
%M76	BAG_ON_SLOPE
%M123	HOLD_SENS_BAG_ON_FLAT

**Rung57**



**Variables used:**

%I0.13	SENS_BAG_EXIST_X3
%M2	AUX_START
%M123	HOLD_SENS_BAG_ON_FLAT
%TM21	

**Rung58 - SECURITY SENS**

**Comment:** M77 resets from HMI tag SECURITY\_PAUSE



**Legend:**

1 %MW52:X0

**Variables used:**

%I0.15	SENS_ENTRY_SECURITY
%I0.22	PALLET_EXIST
%M2	AUX_START
%M77	SECURITY_PAUSE
%M105	SECURITY_BTN_HMI
%M118	HMI_PALLET_READY_TAG
%MW52:X0	RESET_SECURITY_HMI_BTN

**Rung59**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M31         LAYER\_MEM  
 %M64         DISABLE\_PAUSE\_ON\_END

**Rung60**



**Legend:**

1    %MW52:X0

**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %MW52  
 %MW52:X0       RESET\_SECURITY\_HMI\_BTN  
 %T17

**Rung61 - reject sens**



**Variables used:**

%I0.15         SENS\_ENTRY\_SECURITY  
 %M80           BAG\_ON\_REJECT

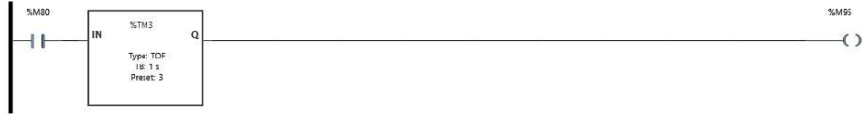
**Rung62**



**Variables used:**

%C9  
 %M80           BAG\_ON\_REJECT  
 %M86           BLIND\_REJECT\_SENS  
 %M95           BLIND\_REJECT\_SENS\_MEM           blinds reject sens to return reject rod

**Rung63**



**Variables used:**

%M80            BAG\_ON\_REJECT  
%M95            BLIND\_REJECT\_SENS\_MEM            blinds reject sens to return reject rod  
%T13            T\_TO\_BLIND\_REJECT\_SENS

**Rung64 - roller thermal protection**



**Variables used:**

%I1.4            ROLLER\_THERMAL\_PROTECTION  
%M169            ROLLER\_THERMAL\_PROTECTION\_MEM

**Rung65 - slope thermal protection**



**Variables used:**

%I1.5            SLOPE\_CONV\_THERMAL\_PROTECTION  
%M170            SLOPE\_THERMAL\_PROTECTION\_MEM

**Rung66 - PALLET READY**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
%M3            PALLET\_READY  
%M31            LAYER\_MEM

**Rung67 - gripper bump sens**



**Variables used:**

%I0.21            GRIPPER\_BUMP\_SECURITY\_SENS  
%M195            GRIPPER\_BUMP\_SECURITY\_SENS\_MEM

**Rung68 - PAUSE**



**Legend:**

1 %MW4:X0

**Variables used:**

%M77	SECURITY_PAUSE
%M107	SLOW_ON_PAUSE
%M199	GENERAL_ERROR
%MW4:X0	HMI_PAUSE:X0
%TM0	AFTER_PAUSE_DELAY

**Rung69**



**Variables used:**

%M78	SYSTEM_PAUSE
%M107	SLOW_ON_PAUSE
%TM59	

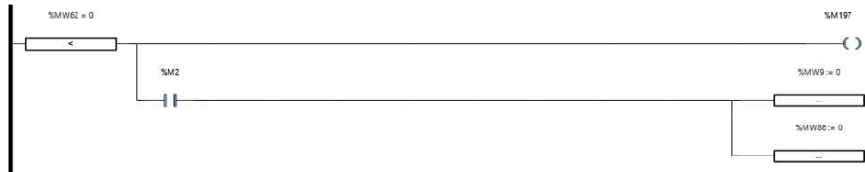
**Rung70 - FIRST RUN RESET**



**Variables used:**

%MW0	HMI_START_BTN1	
%S13	SB_FIRSTRUN	Indicates the first controller cycle in RUN mode

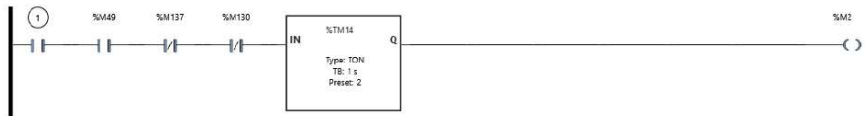
**Rung71**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M197	ERROR_HMI_PALLET_HIGH
%MW9	PALLET_ANIMATION_HMI_SCRE
%MW62	HMI_PALLET_HEIGHT
%MW86	AUTO_SCREEN_HMI_BTN

**Rung72 - START**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M49	PALLET_EXIST_BTN	HMI btn "NO PALLET"
%M130	ERR_PATTERN_SET	
%M137	END_STOP_VERT	when pallet ready, stops the gripper above roller conv
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0	
%TM14		

**Rung73**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0
%MW2	HMI_BTN_PATTERN_X3
%MW5	HMI_BTN_PATTERN_X5
%MW22	BTN_BAG_SIZE1
%MW23	BTN_BAG_SIZE2
%MW26	BTN_BAG_SIZE3

**Rung74**



**Variables used:**

%I0.23	PAUSE_BTN
%MW4	HMI_PAUSE

**Rung75**



**Variables used:**

%I0.22	PALLET_EXIST
%MW4	HMI_PAUSE

**Rung76 - PALLET EXIST**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%I0.22	PALLET_EXIST	
%M49	PALLET_EXIST_BTN	HMI btn "NO PALLET"
%M137	END_STOP_VERT	when pallet ready, stops the gripper
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0	above roller conv

**Rung77**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%C18		
%M0	START_1ST_TIME	
%M174	M174	
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0	

**Rung78**



**Legend:**

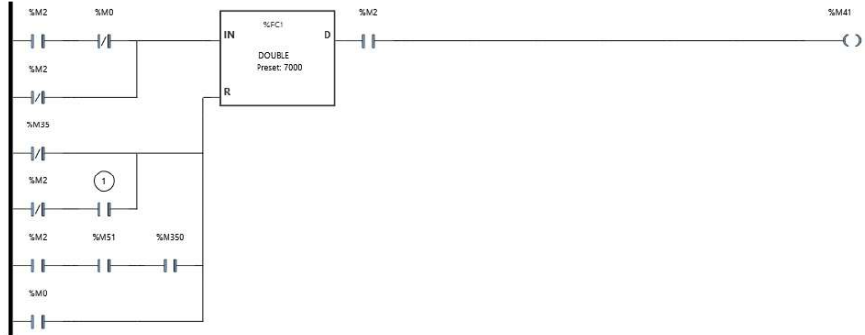
1 %MW0:X0

**Variables used:**

%M49	PALLET_EXIST_BTN	HMI btn "NO PALLET"
%M70	PALLET_EXIST_SENS	
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0	
%TM35		



**Rung82 - vertical**



**Legend:**

1 %MW1:X0

**Variables used:**

%FC1  
 %M0                   START\_1ST\_TIME  
 %M2                   AUX\_START  
 %M35                  AUX\_VERT\_MTR  
 %M41                  END\_FC1  
 %M51                  HMI\_ZERO\_VERT  
 %M350                 VERT\_STAGE1  
 %MW1:X0              HMI\_RESET\_ENCODERS:X0

**Rung83**



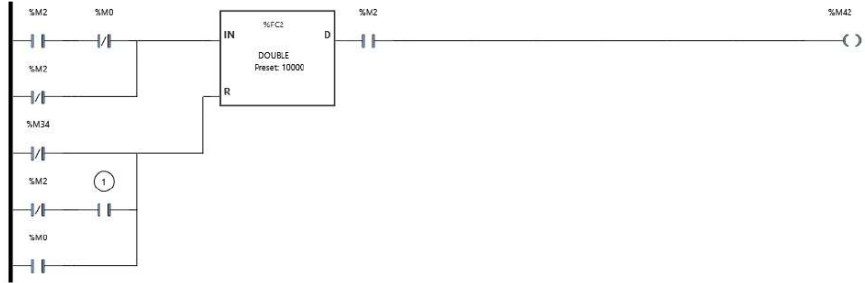
**Legend:**

1 %MD130 := %FC1.VD

**Variables used:**

%FC1.VD  
 %M35                  AUX\_VERT\_MTR  
 %MD130

**Rung84 - projection**



**Legend:**

1 %MW1:X0

**Variables used:**

%FC2  
 %M0                    START\_1ST\_TIME  
 %M2                    AUX\_START  
 %M34                   AUX\_GRIPPER\_MTR  
 %M42                   END\_FC2  
 %MW1:X0               HMI\_RESET\_ENCODERS:X0

**Rung85**



**Legend:**

1 %MD132 := %FC2.VD

**Variables used:**

%FC2.VD  
 %M34                   AUX\_GRIPPER\_MTR  
 %MD132

**Rung86 - rotation**



**Legend:**

1 %MW1:X0

**Variables used:**

%FC3  
 %M2 AUX\_START  
 %M22 AUX\_LEFT\_ROTATE  
 %M23 AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %M134 END\_FC3  
 %MW1:X0 HMI\_RESET\_ENCODERS:X0

**Rung87**



**Legend:**

1 %MD134 := %FC3.VD

**Variables used:**

%FC3.VD  
 %M22 AUX\_LEFT\_ROTATE  
 %M23 AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %MD134

**Rung88 - SET ENCODERS END set hor end**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M10	END_HOR
%M40	END_FC0
%M50	HMI_ZERO_HOR
%M53	HMI_LIMIT_HOR
%M340	HOR_STAGE1
%M341	HOR_STAGE2

**Rung89 - set vert end**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M15	END_VERT
%M41	END_FC1
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M54	HMI_LIMIT_VERT
%M208	GRIPPER_BUMP_AUTO_RESET_MEM
%M350	VERT_STAGE1
%M351	VERT_STAGE2
%M352	VERT_STAGE3
%M353	VERT_STAGE4

**Rung90 - set grip end**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M25	END_GRIP_MTR
%M42	END_FC2
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR
%M360	GRIP_MTR_STAGE1
%M361	GRIP_MTR_STAGE2

**Rung91 - set rotate end**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM
%M134	END_FC3
%M140	ROTATE_END
%M381	ROTATE_MTR_STAGE2

**Rung92**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM
%M112	HOLD_M87_FOR_FC3
%M150	PATTERN_X5_1
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5

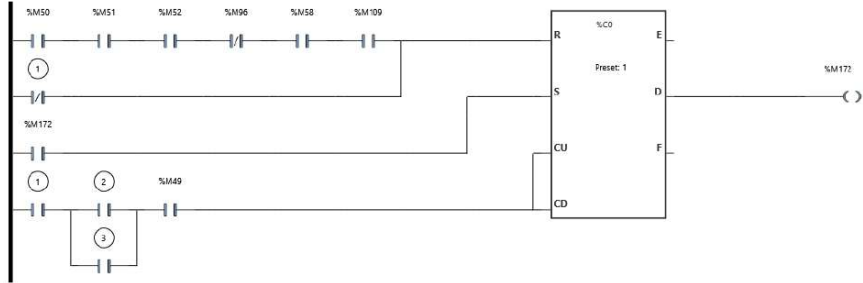
**Rung93 - PALLET READY**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M51	HMI_ZERO_VERT	
%M118	HMI_PALLET_READY_TAG	
%M137	END_STOP_VERT	when pallet ready, stops the gripper above roller conv
%M340	HOR_STAGE1	

**Rung94 - AUTO PROCEDURE**



**Legend:**

- 1 %MW0:X0
- 2 %MW5:X0
- 3 %MW2:X0

**Variables used:**

%C0	HOR_COUNTER	
%M49	PALLET_EXIST_BTN	HMI btn "NO PALLET"
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M51	HMI_ZERO_VERT	
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M96	ZERO_ROTATE_GRIP_MEM	sets gripper to zero on initial start
%M109	M109	
%M172	START_1ST_TIME_MEM	
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

**Rung95**

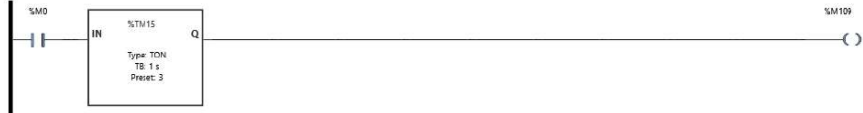


**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M172	START_1ST_TIME_MEM

**Rung96**

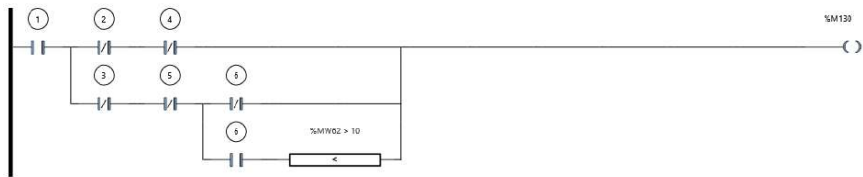
**Comment:** delay to reset M0



**Variables used:**

%M0                    START\_1ST\_TIME  
 %M109                 M109  
 %TM15

**Rung97 - ERROR PATTERN OF PALLET**



**Legend:**

1    %MW0:X0  
 2    %MW5:X0  
 3    %MW23:X0  
 4    %MW2:X0  
 5    %MW22:X0  
 6    %MW26:X0

**Variables used:**

%M130                 ERR\_PATTERN\_SET  
 %MW0:X0             HMI\_START\_BTN1:X0  
 %MW2:X0             HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0  
 %MW5:X0             HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0  
 %MW22:X0            BTN\_BAG\_SIZE1:X0  
 %MW23:X0            BTN\_BAG\_SIZE2:X0  
 %MW26:X0            BTN\_BAG\_SIZE3:X0  
 %MW62                HMI\_PALLET\_HEIGHT

**Rung98**



**Legend:**

- 1 %MW22:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %MW26:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M194
- %MW22:X0 BTN\_BAG\_SIZE1:X0
- %MW23:X0 BTN\_BAG\_SIZE2:X0
- %MW26:X0 BTN\_BAG\_SIZE3:X0

**Rung99 - INITIAL M0 MEM TO ZERO**



**Variables used:**

- %M0 START\_1ST\_TIME
- %M2 AUX\_START
- %M28 INIT\_HOR\_MEM
- %M50 HMI\_ZERO\_HOR

**Rung100**



**Variables used:**

- %M0 START\_1ST\_TIME
- %M2 AUX\_START
- %M29 INIT\_VERT\_MEM
- %M54 HMI\_LIMIT\_VERT
- %M175 M0\_VERT\_LIMIT

**Rung101**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M33	INIT_GRIPMTR_MEM	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M96	ZERO_ROTATE_GRIP_MEM	sets gripper to zero on initial start

**Rung102**

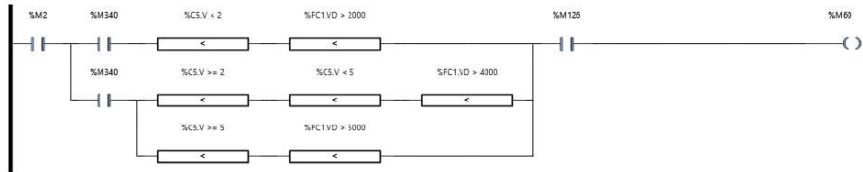


**Variables used:**

%M28	INIT_HOR_MEM
%M29	INIT_VERT_MEM
%M33	INIT_GRIPMTR_MEM
%M108	M108

**Rung103 - HORIZONTAL MOTOR**

**Comment:** counts vertical move up to allow horizontal move to limit

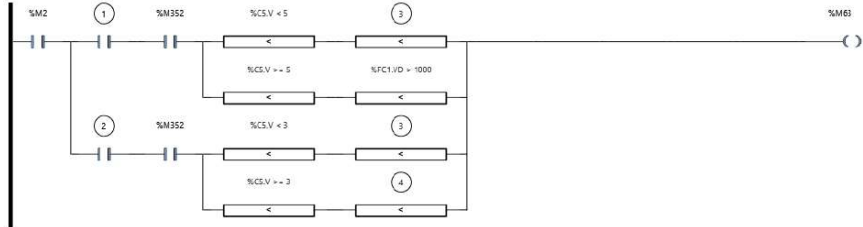


**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V	
%FC1.VD		
%M2	AUX_START	
%M60	SAFE1_VERT_MOVE	safe move of gripper on M340
%M126	SECURITY_GRIPPER_OVER_ROLLER_AUX	
%M340	HOR_STAGE1	

### Rung104 - checks vert move

**Comment:** counts vertical move up to allow horizontal move to zero



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0
- 3 %FC1.VD > %FC1.PD - 3000
- 4 %FC1.VD > %FC1.PD - 1000

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V	
%FC1.PD		
%FC1.VD		
%M2	AUX_START	
%M63	SAFE2_VERT_MOVE	allow gripper move when FC1 > LVL and change LVL with pallet layer
%M352	VERT_STAGE3	
%MD2028		
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

### Rung105



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M106	SECURITY_HOR_MOVE_TO_LIMIT	delay to move to limit whenn bag exists
%M340	HOR_STAGE1	
%TM49		

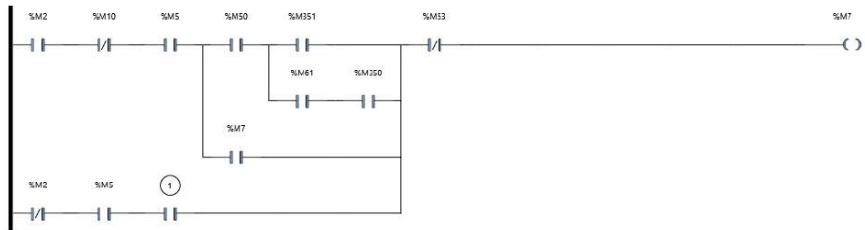
**Rung106**



**Variables used:**

%I0.1	GRIP_CLOSED_SENS	
%M2	AUX_START	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M60	SAFE1_VERT_MOVE	safe move of gripper on M340
%M61	SAFE_HOR_MOVE	allow gripper move when FC1 > LEVEL
%M106	SECURITY_HOR_MOVE_TO_LIMIT	delay to move to limit whenn bag exists
%M126	SECURITY_GRIPPER_OVER_ROLLER_AUX	
%M340	HOR_STAGE1	

**Rung107 - move to limit**



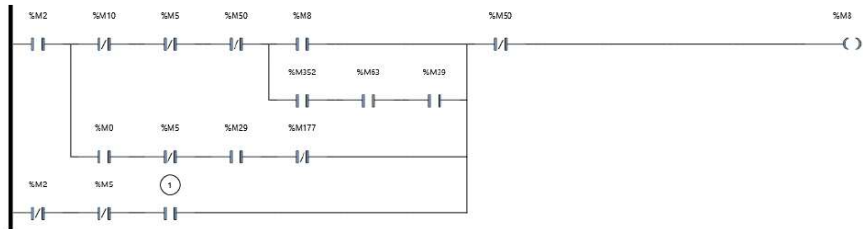
**Legend:**

1 %MW11:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M5	HOR_DIR_SET	
%M7	HOR_1_LIMIT	
%M10	END_HOR	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M53	HMI_LIMIT_HOR	
%M61	SAFE_HOR_MOVE	allow gripper move when FC1 > LEVEL
%M350	VERT_STAGE1	
%M351	VERT_STAGE2	
%MW11:X0	HOR_MOTOR_RIGHT_HMI_BTN:X0	

**Rung108 - move to zero**



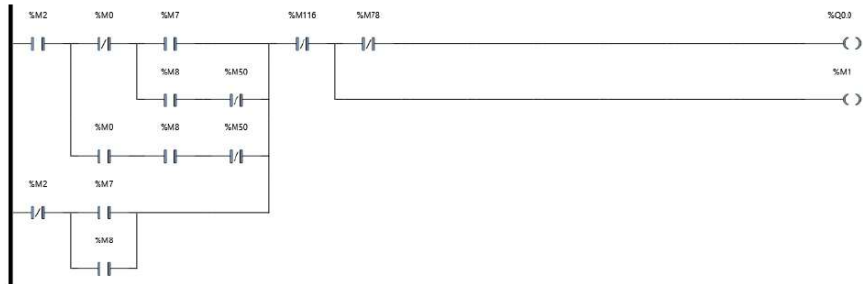
**Legend:**

1 %MW10:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M5	HOR_DIR_SET	
%M8	HOR_0_START	
%M10	END_HOR	
%M29	INIT_VERT_MEM	
%M39	AUX_SECURITY_SENS_OVER_ROLLER	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M63	SAFE2_VERT_MOVE	allow gripper move when FC1 > LVL and change LVL with pallet layer
%M177	M0_PAUSE	
%M352	VERT_STAGE3	
%MW10:X0	HOR_MOTOR_LEFT_HMI_BTN:X0	

**Rung109 - output motion**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M1	AUX_MOTOR_HOR	
%M2	AUX_START	
%M7	HOR_1_LIMIT	
%M8	HOR_0_START	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M116	DELAY_Q_HOR_FOR_FC0	delay to enable Q0.1 (HOR output) to update preset value of FC0
%Q0.0	MOTOR_HOR	OPIZONTIA KINHTHPAE

**Rung110**



**Variables used:**

%M1	AUX_MOTOR_HOR
%M2	AUX_START
%M132	M132
%TM26	

**Rung111 - delay Qhor to update FC0**

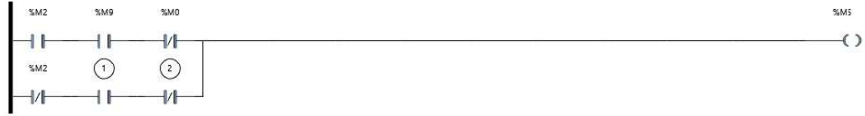


**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M116	DELAY_Q_HOR_FOR_FC0	delay to enable Q0.1 (HOR output) to update preset value of FC0
%M340	HOR_STAGE1	
%TM19	QHOR_DELAY_UPDATE	



**Rung115**



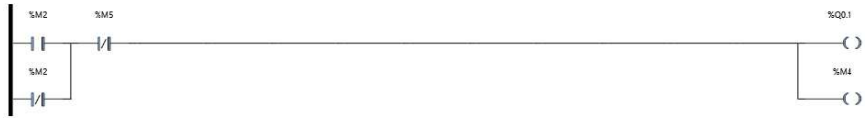
**Legend:**

- 1 %MW11:X0
- 2 %MW10:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M5	HOR_DIR_SET
%M9	AUX_HOR_DIR_SET
%MW10:X0	HOR_MOTOR_LEFT_HMI_BTN:X0
%MW11:X0	HOR_MOTOR_RIGHT_HMI_BTN:X0

**Rung116 - dir output**

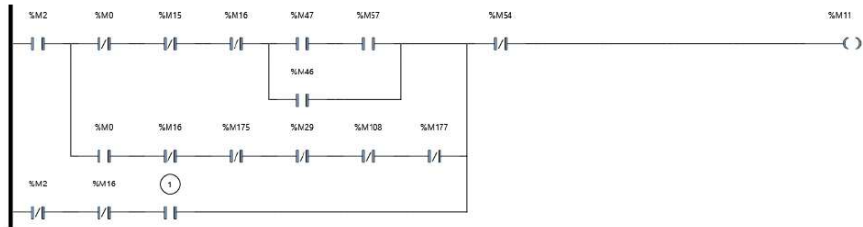


**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M4	AUX_DIR_HOR
%M5	HOR_DIR_SET
%Q0.1	DIR_HOR

OPIZONTIA KATEY@YNEH

**Rung117 - VERTICAL MOTOR - motion up**



**Legend:**

1 %MW12:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M11	UP_VERT_MOTOR	
%M15	END_VERT	
%M16	VERT_DIR_SET	
%M29	INIT_VERT_MEM	
%M46	AUX1_M11	defines stage to move up
%M47	AUX2_M11	defines stage to move up
%M54	HMI_LIMIT_VERT	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M108	M108	
%M175	M0_VERT_LIMIT	
%M177	M0_PAUSE	
%MW12:X0	VERT_MOTOR_UP_HMI_BTN:X0	

**Rung118**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M46	AUX1_M11	defines stage to move up
%M341	HOR_STAGE2	
%M352	VERT_STAGE3	

**Rung119**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M47	AUX2_M11	defines stage to move up
%M340	HOR_STAGE1	
%M350	VERT_STAGE1	

**Rung120**



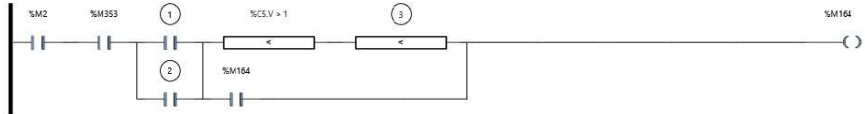
**Legend:**

1 %MD92 := %FC0.PD - %FC0.VD

**Variables used:**

%FC0.PD  
 %FC0.VD  
 %MD92

**Rung121**



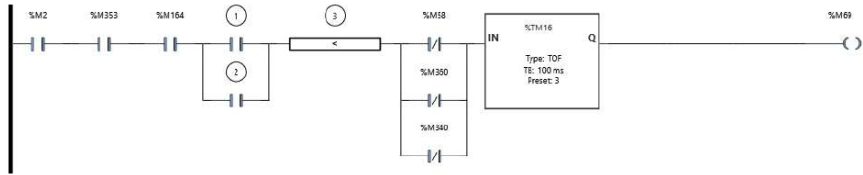
**Legend:**

1 %MW5:X0  
 2 %MW2:X0  
 3 %FC0.PD - %FC0.VD < 40000

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%FC0.PD	
%FC0.VD	
%M2	AUX_START
%M164	SPEED1_VERT_TO_ZERO
%M353	VERT_STAGE4
%MD2028	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung122**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0
- 3 %FC1.VD > %FC1.PD - 4000

**Variables used:**

- %FC1.PD
- %FC1.VD
- %M2 AUX\_START
- %M58 ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM
- %M69 VERT\_MTR\_SLOW\_SECURITY\_PAUSE
- %M164 SPEED1\_VERT\_TO\_ZERO
- %M340 HOR\_STAGE1
- %M353 VERT\_STAGE4
- %M360 GRIP\_MTR\_STAGE1
- %MD2028
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %TM16

**Rung123**



**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M69 VERT\_MTR\_SLOW\_SECURITY\_PAUSE
- %M171 PAUSE\_VERT\_ABOVE\_ZERO
- %TM57



**Rung125 - motion output**



**Variables used:**

%M0                    START\_1ST\_TIME  
 %M2                    AUX\_START  
 %M11                  UP\_VERT\_MOTOR  
 %M12                  DOWN\_VERT\_MOTOR  
 %M35                  AUX\_VERT\_MTR  
 %M62                  DELAY\_Q\_VERT\_FOR\_FC1

delay to enable Q0.4 (vert output) to update preset value of FC1

**Rung126 - delay Qvert to update FC1**

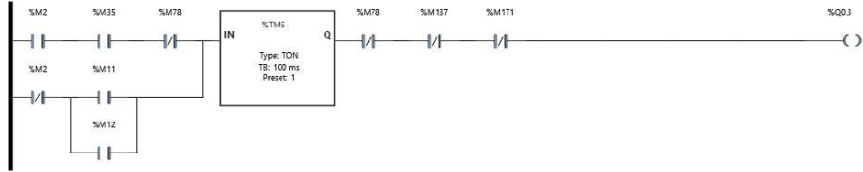


**Variables used:**

%M2                    AUX\_START  
 %M62                  DELAY\_Q\_VERT\_FOR\_FC1  
 %M350                 VERT\_STAGE1  
 %M351                 VERT\_STAGE2  
 %M353                 VERT\_STAGE4  
 %TM18                 QVERT\_DELAY\_UPDATE

delay to enable Q0.4 (vert output) to update preset value of FC1

**Rung127**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M11	UP_VERT_MOTOR	
%M12	DOWN_VERT_MOTOR	
%M35	AUX_VERT_MTR	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M137	END_STOP_VERT	when pallet ready, stops the gripper above roller conv
%M171	PAUSE_VERT_ABOVE_ZERO	
%Q0.3	MOTOR_VERT	KAΘETH KINHTHPAE
%TM5	VERT_DELAY_TO_START	

**Rung128 - soft stop vertical**



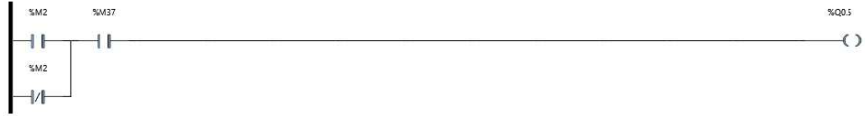
**Legend:**

1 %FC1.VD > %FC1.PD - 3000

**Variables used:**

%FC1.PD	
%FC1.VD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M11	UP_VERT_MOTOR
%M12	DOWN_VERT_MOTOR
%M37	VERT_SLOW_MEM
%M69	VERT_MTR_SLOW_SECURITY_PAUSE
%M107	SLOW_ON_PAUSE
%MD2028	

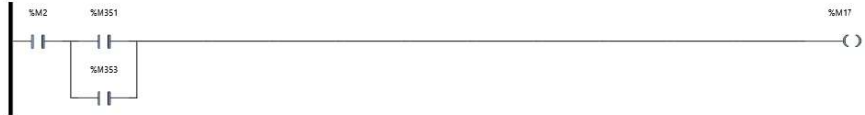
**Rung129**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M37	VERT_SLOW_MEM	
%Q0.5	SLOW_VERT	KA0ETH APT0

**Rung130 - set dir**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M17	AUX_VERT_DIR_SET	
%M351	VERT_STAGE2	
%M353	VERT_STAGE4	

**Rung131**



**Legend:**

1	%MW13:X0
2	%MW12:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M16	VERT_DIR_SET	
%M17	AUX_VERT_DIR_SET	
%M29	INIT_VERT_MEM	
%MW12:X0	VERT_MOTOR_UP_HMI_BTN:X0	
%MW13:X0	VERT_MOTOR_DOWN_HMI_BTN:X0	

**Rung132 - dir output**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M14	AUX_DIR_FC1	
%M16	VERT_DIR_SET	
%Q0.4	DIR_VERT	KA0ETH KATEYOVNEH

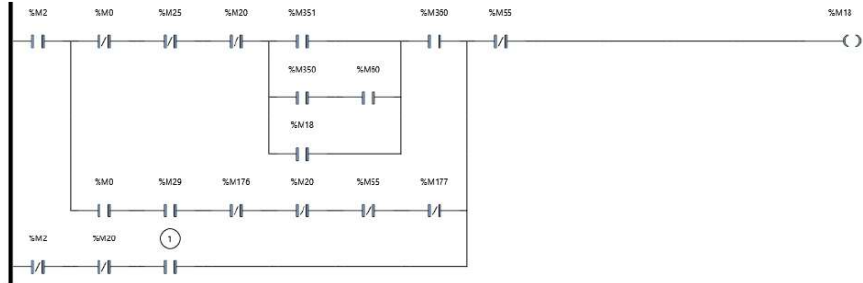
**Rung133**



**Variables used:**

%FC2.VD		
%M2	AUX_START	
%M56	GRIP_OPEN	
%M98	SAFE_GRIP_MOVE	safe grip move to enable safe rotation

Rung134 - GRIPPER MOTOR move out



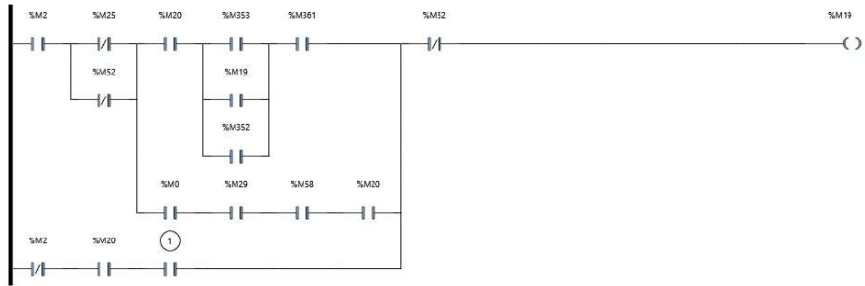
**Legend:**

1 %MW14:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M18	GRIPPER_OUT	
%M20	AUX_GRIP_DIR	
%M25	END_GRIP_MTR	
%M29	INIT_VERT_MEM	
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR	
%M60	SAFE1_VERT_MOVE	safe move of gripper on M340
%M176	M0_GRIP_LIMIT	
%M177	M0_PAUSE	
%M350	VERT_STAGE1	
%M351	VERT_STAGE2	
%M360	GRIP_MTR_STAGE1	
%MW14:X0	GRIP_MOTOR_OUT_HMI_BTN:X0	

**Rung135 - move in**



**Legend:**

1 %MW15:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M19	GRIPPER_IN
%M20	AUX_GRIP_DIR
%M25	END_GRIP_MTR
%M29	INIT_VERT_MEM
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM
%M352	VERT_STAGE3
%M353	VERT_STAGE4
%M361	GRIP_MTR_STAGE2
%MW15:X0	GRIP_MOTOR_IN_HMI_BTN:X0

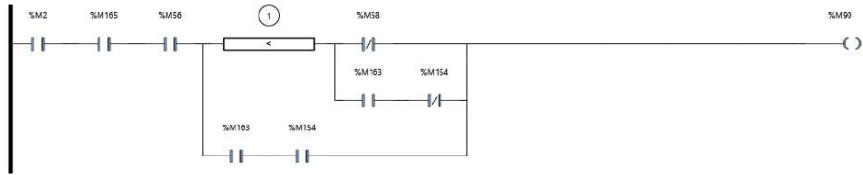
**Rung136 - security moves**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%M165	GRPMTR_SECURITY_AUX
%M352	VERT_STAGE3
%M361	GRIP_MTR_STAGE2

**Rung137**



**Legend:**

1 %FC2.VD >= %FC2.PD - 5000

**Variables used:**

%FC2.PD		
%FC2.VD		
%M2	AUX_START	
%M56	GRIP_OPEN	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M90	GRIP_MTR_SLOW_SECURITY_PAUSE	
%M154	PATTERN_X5_5	
%M163	AUX1_GRPMTTR_SECURITY	delay off Right_90_ses to pause grip motor
%M165	GRPMTR_SECURITY_AUX	
%MD2028		

**Rung138**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M90	GRIP_MTR_SLOW_SECURITY_PAUSE
%M166	GRIPMTR_SECURITY_PAUSE
%TMS8	

**Rung139 - not used yet**



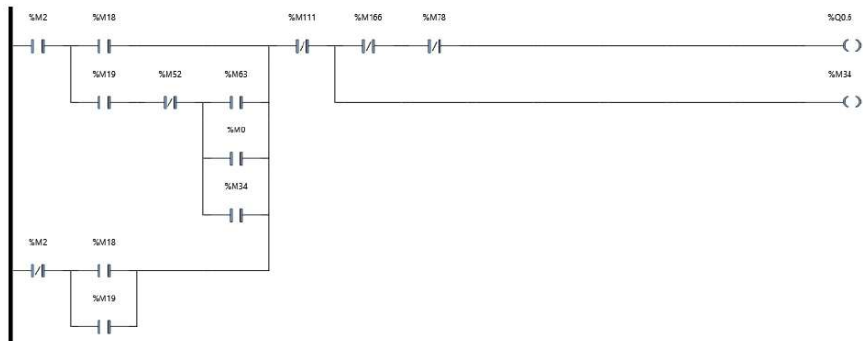
**Legend:**

1 %FC2.VD >= %FC2.PD - 1600

**Variables used:**

%FC2.PD		
%FC2.VD		
%M2	AUX_START	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M131	BYPASS_GRIPMTR_SECURITY	bypass M166 security if pause
%M163	AUX1_GRPMTTR_SECURITY	delay off Right_90_ses to pause grip motor
%M166	GRIPMTR_SECURITY_PAUSE	
%MD2028		

**Rung140 - output motion**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M18	GRIPPER_OUT	
%M19	GRIPPER_IN	
%M34	AUX_GRIPPER_MTR	
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR	
%M63	SAFE2_VERT_MOVE	allow gripper move when FC1 > LVL and change LVL with pallet layer
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M111	DELAY_Q_GRIPMTR_FOR_FC2	delay to enable Q0.8 (GRIP MTR output) to update preset value of FC2
%M166	GRIPMTR_SECURITY_PAUSE	
%Q0.6	GRIP_MOTOR	KINHTHPA APNATHE

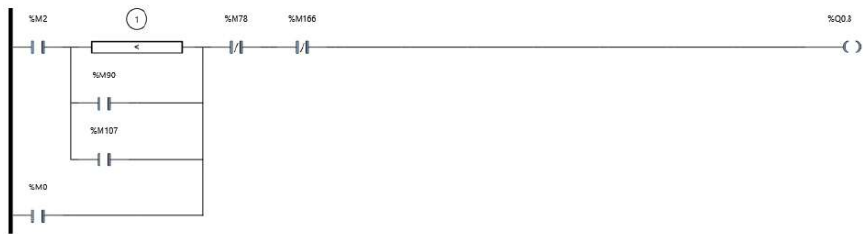
**Rung141 - delay Qgripmtr to update FC2**



**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M111	DELAY_Q_GRIPMTR_FOR_FC2	delay to enable Q0.8 (GRIP MTR output) to update preset value of FC2
%M360	GRIP_MTR_STAGE1	
%M361	GRIP_MTR_STAGE2	
%TM29		

**Rung142 - soft stop grip motor**



**Legend:**

1 %FC2.VD > %FC2.PD - 3000

**Variables used:**

%FC2.PD		
%FC2.VD		
%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M90	GRIP_MTR_SLOW_SECURITY_PAUSE	
%M107	SLOW_ON_PAUSE	
%M166	GRIPMTR_SECURITY_PAUSE	
%MD2028		
%Q0.8	SLOW_GRIP_MOTOR	KINHTRAE APATHE APTO

**Rung143 - set dir**

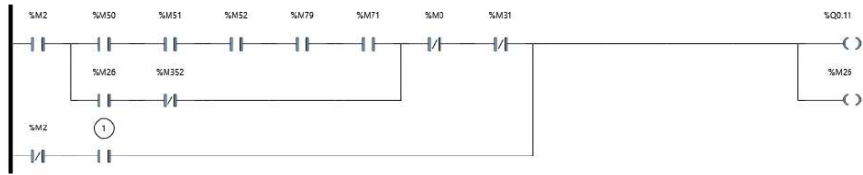


**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M21	AUX_GRIP_DIR_SET
%M361	GRIP_MTR_STAGE2



### Rung147 - GRIPPER VALVE



**Legend:**

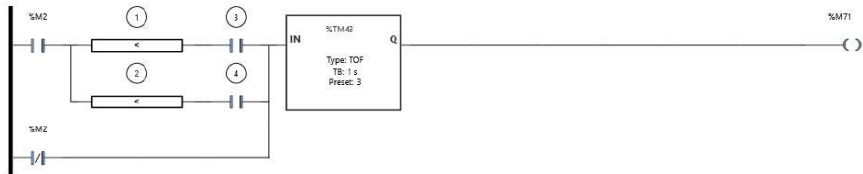
1 %MW17:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M26	AUX_GRIPPER
%M31	LAYER_MEM
%M50	HMI_ZERO_HOR
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M52	HMI_ZERO_GRIPMTR
%M71	BAG_COUNTER_ALARM
%M79	BAG_EXIST_ON_ROLLER
%M352	VERT_STAGE3
%MW17:X0	GRIPPER_HMI_BTN:X0
%Q0.11	GRIPPER

APIATH

### Rung148



**Legend:**

- 1 %C2.V = %C5.V \* 5 + %C4.V
- 2 %C2.V = %C5.V \* 3 + %C13.V
- 3 %MW5:X0
- 4 %MW2:X0

**Variables used:**

%C2.V	BAG_NO_COUNTER.V
%C4.V	PAT1X5_BAG_LAYER_COUNTER.V
%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%C13.V	PAT1X3_BAG_LAYER_COUNTER.V
%M2	AUX_START
%M71	BAG_COUNTER_ALARM
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW2029	
%TM43	

**Rung149**



**Variables used:**

%I0.21	GRIPPER_BUMP_SECURITY_SENS
%M2	AUX_START
%M56	GRIP_OPEN
%M57	GRIP_CLOSE
%M93	AUX_SLOW_VALVE

**Rung150 - bag production counter**



**Variables used:**

%C2	BAG_NO_COUNTER
%M2	AUX_START
%M26	AUX_GRIPPER

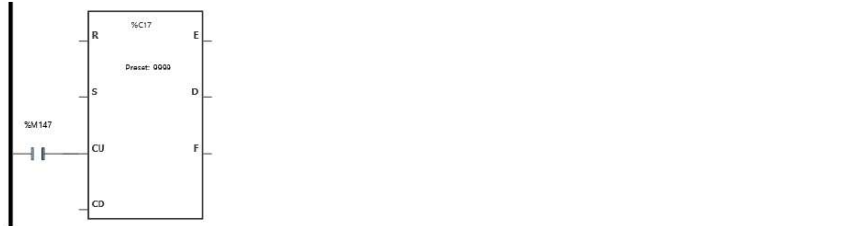
**Rung151 - TOTAL BAGS COUNTER**



**Variables used:**

%C16	TOTAL_BAGS_COUNT
%M26	AUX_GRIPPER
%M147	TOTAL_BAGS_MEM

**Rung152**



**Variables used:**

%C17           TOTAL\_BAGS\_MULTIPLIER  
 %M147         TOTAL\_BAGS\_MEM

**Rung153**



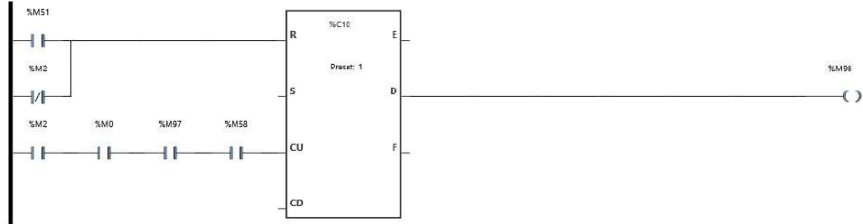
**Legend:**

1    %MW71 := %C16.V  
 2    %MW73 := %C17.V  
 3    %MD77 := %MD73 \* 10000  
 4    %MD79 := (%MD71 + %MD77) + 12800

**Variables used:**

%C2.V           BAG\_NO\_COUNTER.V  
 %C16.V         TOTAL\_BAGS\_COUNT.V  
 %C17.V         TOTAL\_BAGS\_MULTIPLIER.V  
 %MD71  
 %MD73  
 %MD77  
 %MW3           HMI\_BAG\_COUNTER  
 %MW71  
 %MW73

**Rung154 - ROTATE MOTOR**



**Variables used:**

%C10		
%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M51	HMI_ZERO_VERT	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M96	ZERO_ROTATE_GRIP_MEM	sets gripper to zero on initial start
%M97	ROTATE_LEFT_SENS_TOGGLE	toggles "90 left" sens on initial start

**Rung155**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M97	ROTATE_LEFT_SENS_TOGGLE	toggles "90 left" sens on initial start
%M129	AUX_SENS_180_LEFT	

**Rung156**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M115	ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%M136	X3_ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%M138	X5_ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

**Rung157**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M114	ALLOW_LEFT_ROTATE
%M135	X3_ALLOW_LEFT_ROTATE
%M139	X5_ALLOW_LEFT_ROTATE
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung158**



**Legend:**

- 1 %MW57 := (%C5.V + 3) / 2

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
-------	-----------------

**Rung159**



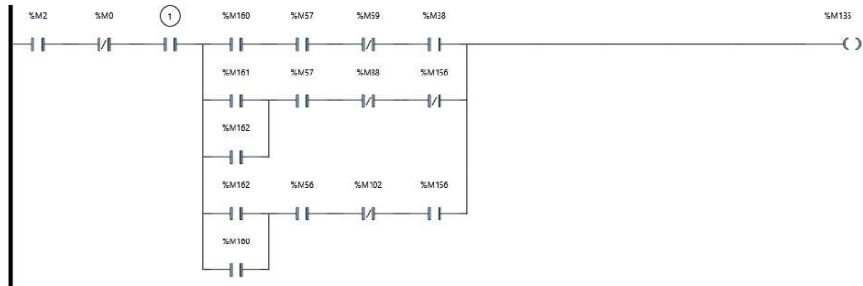
**Legend:**

- 1 %MW57 REM 2 = 0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M38	X3_1ST_ROW_BAG_ORIANTATION	set orientation for 1st row bag
%MW57	X3_LAYER_SET	
%MW2029		

**Rung160 - x3 CW rotate**



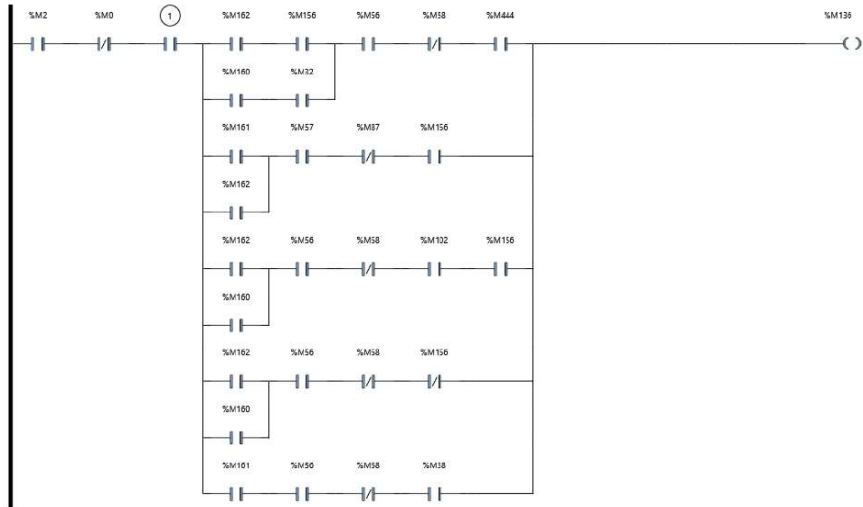
**Legend:**

1 %MW2:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M38	X3_1ST_ROW_BAG_ORIANTATION	set oriantation for 1st row bag
%M56	GRIP_OPEN	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M59	LEFT_180_ROTATE_SENS_MEM	
%M88	LEFT_90_ROTATE_SENS_MEM	
%M102		moves further Zero if it was at 90 Right
%M135	X3_ALLOW_LEFT_ROTATE	
%M156	EVEN_LAYER	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M161	PATTERN_X3_2	
%M162	PATTERN_X3_3	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	

**Rung161 - x3 ACW rotate**



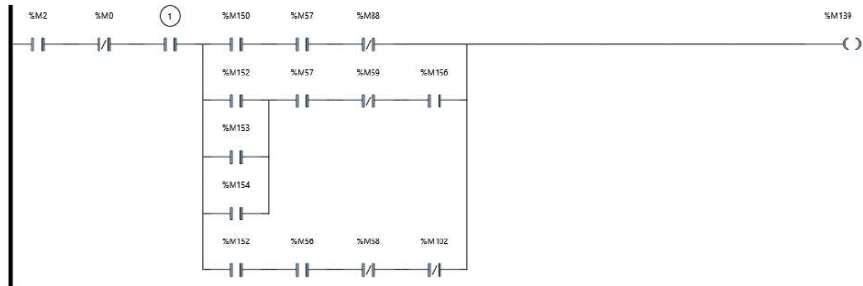
**Legend:**

1 %MW2:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M32	AUX_ROTATE_ON_M154	allows gripper to reach Zero at last row bag
%M38	X3_1ST_ROW_BAG_ORIANTATION	set orientation for 1st row bag
%M56	GRIP_OPEN	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM	
%M102		moves further Zero if it was at 90 Right
%M136	X3_ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%M156	EVEN_LAYER	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M161	PATTERN_X3_2	
%M162	PATTERN_X3_3	
%M444	NO_USE	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	

**Rung162 - x5 CW rotate**



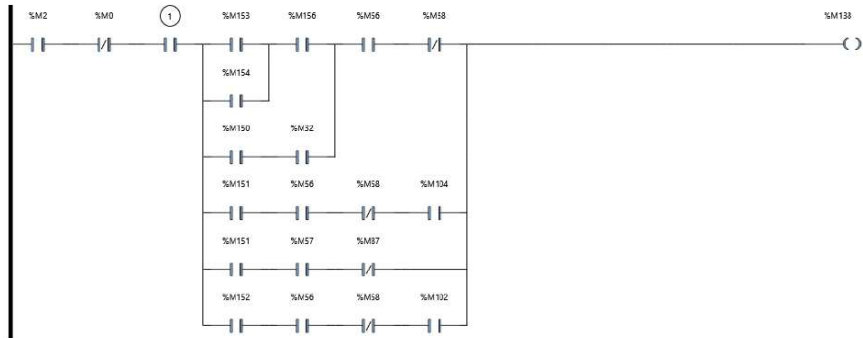
**Legend:**

1 %MW5:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M56	GRIP_OPEN	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M59	LEFT_180_ROTATE_SENS_MEM	
%M88	LEFT_90_ROTATE_SENS_MEM	
%M102		moves further Zero if it was at 90 Right
%M139	X5_ALLOW_LEFT_ROTATE	
%M150	PATTERN_X5_1	
%M152	PATTERN_X5_3	
%M153	PATTERN_X5_4	
%M154	PATTERN_X5_5	
%M156	EVEN_LAYER	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

Rung163 - x5 ACW rotate



**Legend:**

1 %MW5:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M32	AUX_ROTATE_ON_M154	allows gripper to reach Zero at last row bag
%M56	GRIP_OPEN	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM	
%M102		moves further Zero if it was at 90 Right
%M104	AUX_ROTATE_RIGHT_M151	disables rotate right after 2nd bag (M151) drop
%M138	X5_ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%M150	PATTERN_X5_1	
%M151	PATTERN_X5_2	
%M152	PATTERN_X5_3	
%M153	PATTERN_X5_4	
%M154	PATTERN_X5_5	
%M156	EVEN_LAYER	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

**Rung164**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M104	AUX_ROTATE_RIGHT_M151	disables rotate right after 2nd bag (M151) drop
%M150	PATTERN_X5_1	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M340	HOR_STAGE1	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

**Rung165**



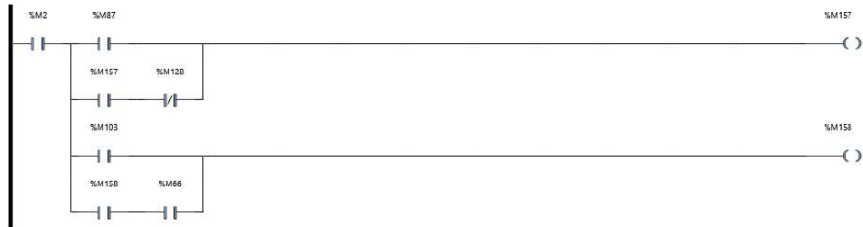
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M32	AUX_ROTATE_ON_M154	allows gripper to reach Zero at last row bag
%M57	GRIP_CLOSE	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M154	PATTERN_X5_5	
%M161	PATTERN_X3_2	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	

### Rung166



#### Variables used:

%M2	AUX_START	
%M66	HOLD_M100	
%M87	RIGHT_90_ROTATE_SENS_MEM	
%M103	DISABLE_ZERO_ON_90R	disable Zero Sens if was at 90 Right
%M128	HOLD_AUX_SENS_90_LEFT	
%M157	AUX1_RIGHT_90_SENS	toggles right_90_sens to reach Zero_sens
%M158	AUX2_RIGHT_90_SENS	toggles Right_90_sens to allow reverse move to Reach Zero_sens

### Rung167



#### Variables used:

%M2	AUX_START	
%M157	AUX1_RIGHT_90_SENS	toggles right_90_sens to reach Zero_sens
%M163	AUX1_GRPTR_SECURITY	delay off Right_90_ses to pause grip motor
%TM24		

### Rung168 - reset layer for rotation

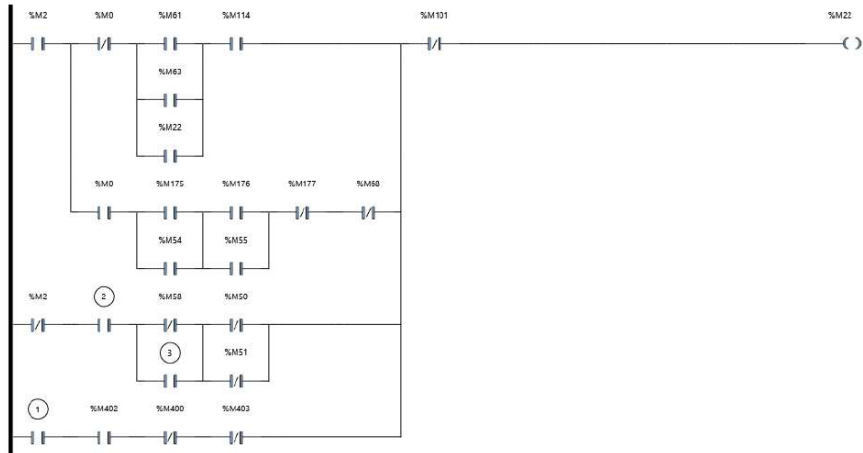


#### Variables used:

%M2	AUX_START	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M128	HOLD_AUX_SENS_90_LEFT	
%M157	AUX1_RIGHT_90_SENS	toggles right_90_sens to reach Zero_sens
%TM23		



Rung173 - clock rotate



**Legend:**

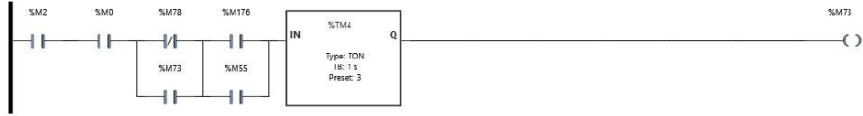
- 1 %MW82:X0
- 2 %MW18:X0
- 3 %MW43:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M22	AUX_LEFT_ROTATE
%M50	HMI_ZERO_HOR
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M54	HMI_LIMIT_VERT
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM
%M61	SAFE_HOR_MOVE
%M63	SAFE2_VERT_MOVE
%M68	M0_AUX_ROTATE
%M101	DELAY_QROTATE
%M114	ALLOW_LEFT_ROTATE
%M175	M0_VERT_LIMIT
%M176	M0_GRIP_LIMIT
%M177	M0_PAUSE
%M400	
%M402	
%M403	
%MW18:X0	ROTATE_GRIP_LEFT_HMI_BTN:X0
%MW43:X0	HMI_ROTATEZE_ZERO_BTN:X0
%MW82:X0	GRIPPER_TEST:X0

allow gripper move when FC1 > LEVEL  
 allow gripper move when FC1 > LVL and  
 change LVL with pallet layer

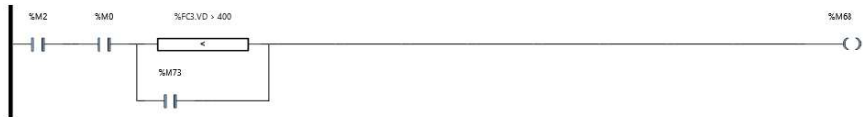
### Rung174



#### Variables used:

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR	
%M73	M0_TIME_ROTATE_LEFT	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M176	M0_GRIP_LIMIT	
%TM4	X3_DELAY_TO_STOP_REJECT_ROD	disables reject rod for T4 after reject sens disable

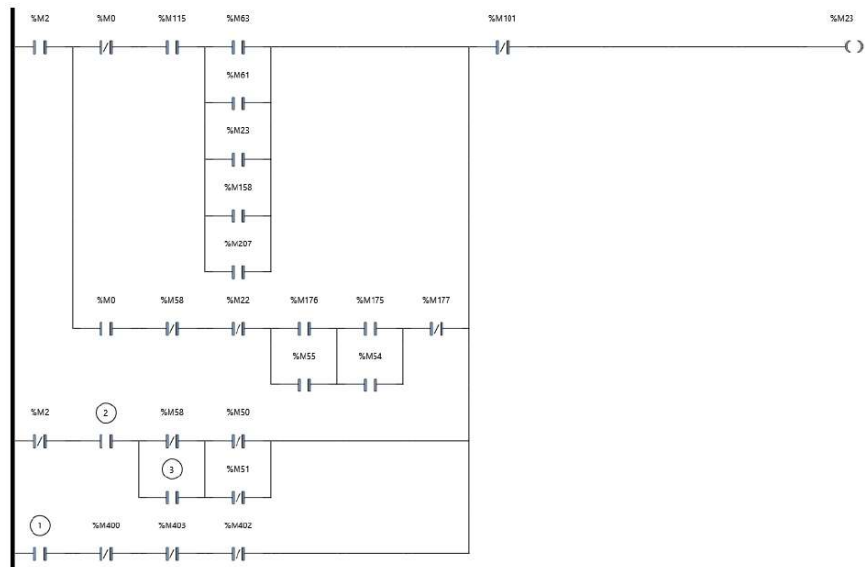
### Rung175



#### Variables used:

%FC3.VD		
%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M68	M0_AUX_ROTATE	
%M73	M0_TIME_ROTATE_LEFT	

### Rung176 - AntiClock rotate



**Legend:**

- 1 %MW82:X0
- 2 %MW8:X0
- 3 %MW43:X0

**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M22	AUX_LEFT_ROTATE	
%M23	AUX_RIGHT_ROTATE	
%M50	HMI_ZERO_HOR	
%M51	HMI_ZERO_VERT	
%M54	HMI_LIMIT_VERT	
%M55	HMI_LIMIT_GRIPMTR	
%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM	
%M61	SAFE_HOR_MOVE	allow gripper move when FC1 > LEVEL
%M63	SAFE2_VERT_MOVE	allow gripper move when FC1 > LVL and change LVL with pallet layer
%M101	DELAY_QROTATE	
%M115	ALLOW_RIGHT_ROTATE	
%M158	AUX2_RIGHT_90_SENS	toggles Right_90_sens to allow reverse move to reach Zero_sens
%M175	M0_VERT_LIMIT	
%M176	M0_GRIP_LIMIT	
%M177	M0_PAUSE	
%M207		
%M400		
%M402		

%M403  
 %MW8:X0 ROTATE\_GRIP\_RIGHT\_HMI\_BTN:X0  
 %MW43:X0 HMI\_ROTATEZE\_ZERO\_BTN:X0  
 %MW82:X0 GRIPPER\_TEST:X0

**Rung177**



**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M23 AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %M115 ALLOW\_RIGHT\_ROTATE  
 %M207  
 %TM62

**Rung178 - soft stop rotation**



**Legend:**

1 %FC3.VD >= %FC3.PD - 200

**Variables used:**

%FC3.PD  
 %FC3.VD  
 %M2 AUX\_START  
 %M22 AUX\_LEFT\_ROTATE  
 %M23 AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %MD2028  
 %Q1.5 SLOW\_ROTATION ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΑΡΤΑ

**Rung179 - output rotate motor**



**Variables used:**

%M22	AUX_LEFT_ROTATE	
%M23	AUX_RIGHT_ROTATE	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M187	DELAY_LEFT_ROTATE_LIMIT	
%M191		
%M192	DELAY_RIGHT_ROTATE_LIMIT	
%M340	HOR_STAGE1	
%Q0.9	ROTATE_MOTOR	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

**Rung180**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M191	
%TM71	

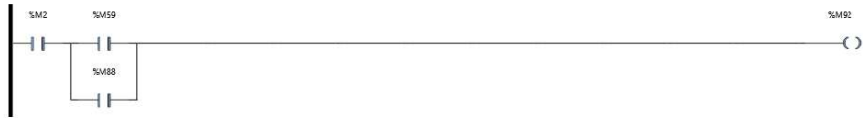
**Rung181 - dir rotate motor**



**Variables used:**

%M22	AUX_LEFT_ROTATE	
%Q0.10	ROTATE_DIR	ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

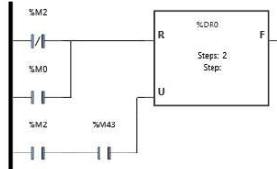
**Rung182**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M59	LEFT_180_ROTATE_SENS_MEM
%M88	LEFT_90_ROTATE_SENS_MEM
%M92	NO_LEFT_GRIPPER_SENS

**Rung183 - HOR STAGES**



**Variables used:**

%DR0            PALLET\_HOR\_STAGES  
 %M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M43           INIT\_HOR\_ENCODER

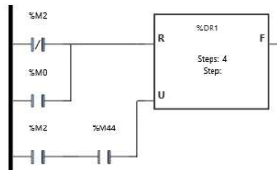
**Rung184**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M10           END\_HOR  
 %M43           INIT\_HOR\_ENCODER  
 %TM7

**Rung185 - VERT STAGES**



**Variables used:**

%DR1            PALLET\_VERT\_STAGES  
 %M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M44           INIT\_VERT\_ENCODER

**Rung186**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
%M15           END\_VERT  
%M44           INIT\_VERT\_ENCODER  
%TM8

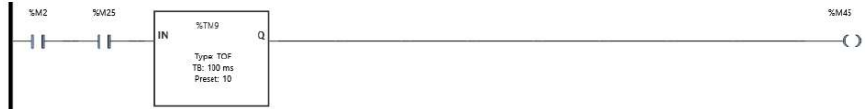
**Rung187 - GRIP MTR STAGES**



**Variables used:**

%DR2           PALLET\_GRIP\_STAGES  
%M0            START\_1ST\_TIME  
%M2            AUX\_START  
%M45           INIT\_GRIP\_ENCODER

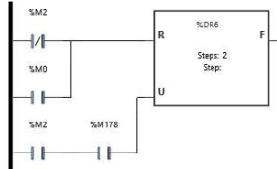
**Rung188**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
%M25           END\_GRIP\_MTR  
%M45           INIT\_GRIP\_ENCODER  
%TM9

**Rung189 - ROTATE STAGES**



**Variables used:**

%DR6	ROTATE_STAGES
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M178	STEP_ROTATE_ENCODER

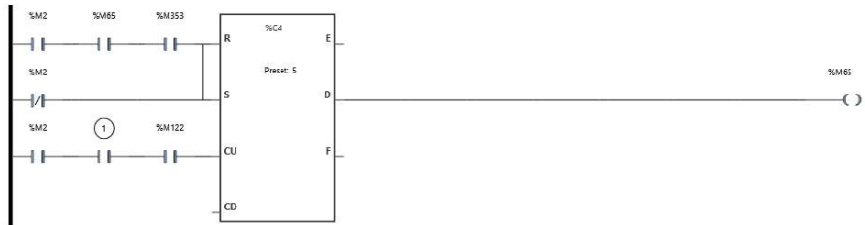
**Rung190**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M140	ROTATE_END
%M178	STEP_ROTATE_ENCODER
%TM27	

**Rung191 - x5 PALLET STAGES**



**Legend:**

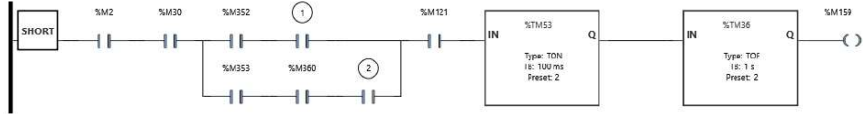
1 %MW5:X0

**Variables used:**

%C4	PAT1X5_BAG_LAYER_COUNTER
%M2	AUX_START
%M65	PAT1X5_BAG_LAYER_COUNT_MEM
%M122	HOLD_GRIPPER_CLOSE_MEM
%M353	VERT_STAGE4
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0



**Rung194 - ODD - EVEN LAYER DRUM**



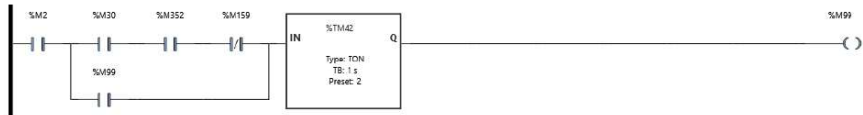
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M30	BAG_LAYER_MEM
%M121	HOLD_GRIPPER_OPEN_MEM
%M159	EVEN_ODD_SET
%M352	VERT_STAGE3
%M353	VERT_STAGE4
%M360	GRIP_MTR_STAGE1
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%TM36	
%TMS3	

**Rung195**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M30	BAG_LAYER_MEM
%M99	LAYER_CHANGE_CHECK
%M159	EVEN_ODD_SET
%M352	VERT_STAGE3
%TM42	

**Rung196**



**Variables used:**

%DR5	CHANGE_LAYER
%M2	AUX_START
%M159	EVEN_ODD_SET

**Rung197 - layer counter**



**Variables used:**

%C5	LAYER_COUNTER
%M2	AUX_START
%M30	BAG_LAYER_MEM
%M31	LAYER_MEM
%M352	VERT_STAGE3

**Rung198**



**Legend:**

1 %MW63 := %C5.V + 1

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%MW63	

**Rung199 - sign pallet ready**



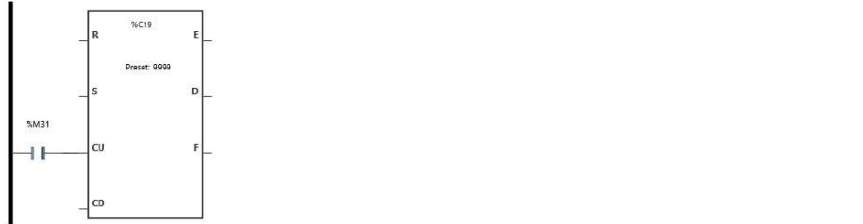
**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%I0.22	PALLET_EXIST
%M31	LAYER_MEM
%M118	HMI_PALLET_READY_TAG
%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0

**Rung200 - Count Pallet production**



**Variables used:**

%C19                    PALLET\_PRODUCTION\_C  
 %M31                    LAYER\_MEM

**Rung201**



**Legend:**

1    %MW31 := %C19.V

**Variables used:**

%C19.V                    PALLET\_PRODUCTION\_C.V  
 %MW31                    PALLET\_X5\_COUNTER\_HMI

**Rung202 - SET PALLET HEIGHT**



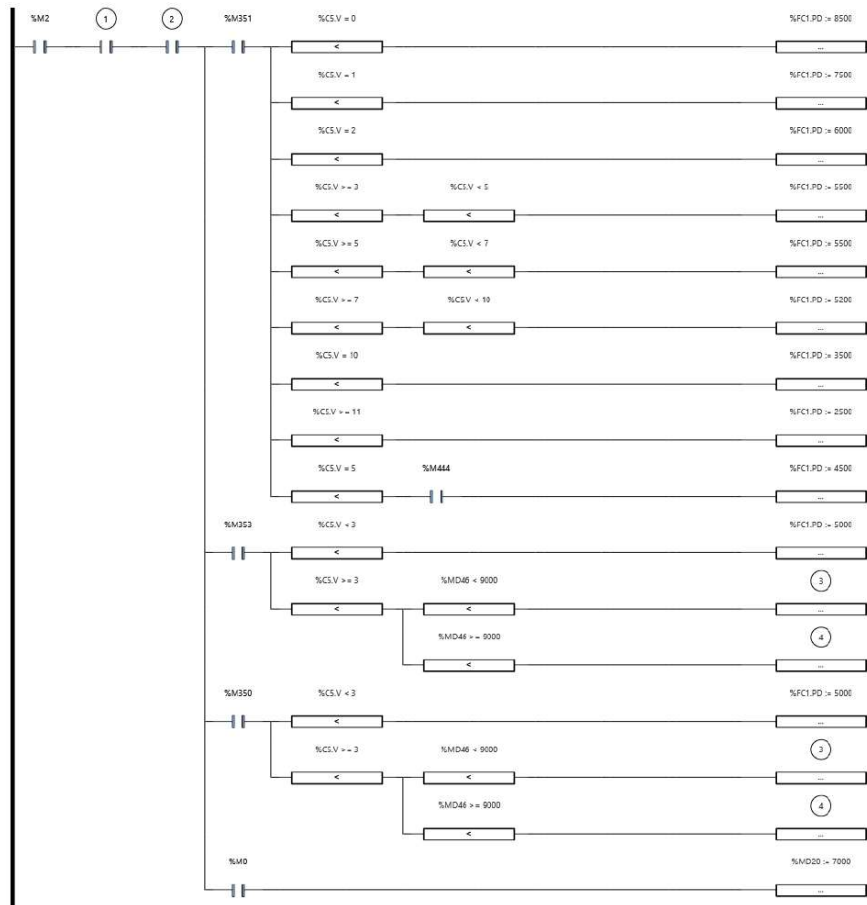
**Legend:**

1    %MW5:X0  
 2    %MW2:X0  
 3    %C5.P := %MW62

**Variables used:**

%C5.P                    LAYER\_COUNTER.P  
 %M2                    AUX\_START  
 %MW2:X0                HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0  
 %MW5:X0                HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0  
 %MW62                    HMI\_PALLET\_HEIGHT

**Rung203 - PALLET x3.1 VERT SETTINGS**



**Legend:**

- 1 %MW2:X0
- 2 %MW22:X0
- 3 %FC1.PD := 5000 + %MD46
- 4 %FC1.PD := 5000 + 9000

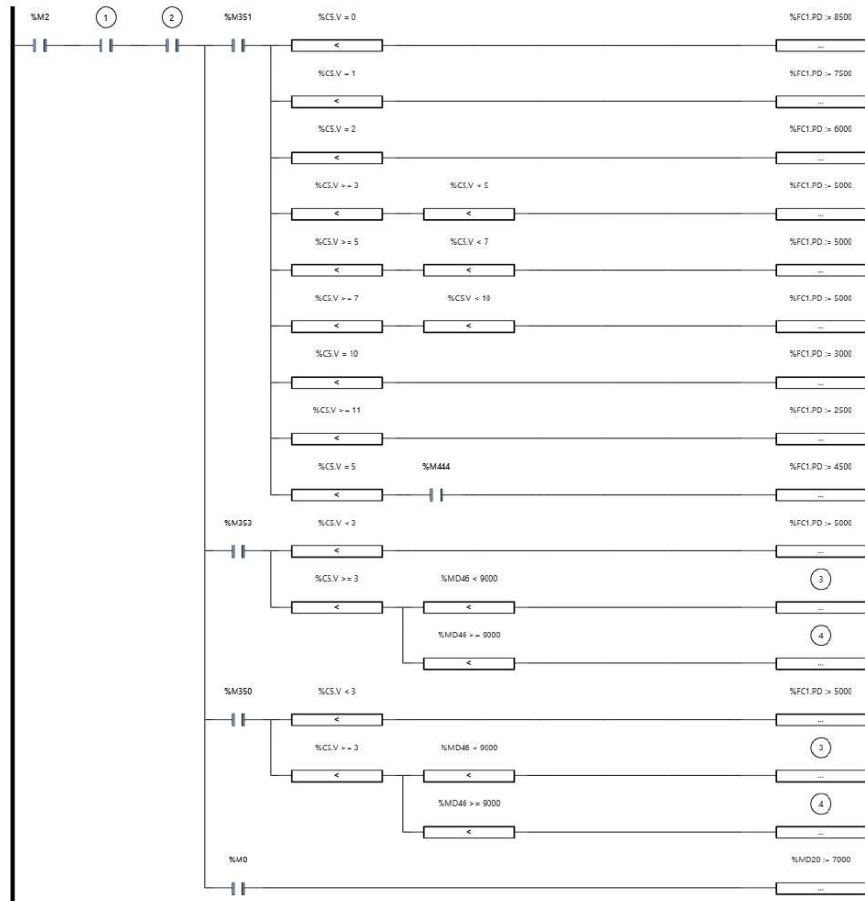
**Variables used:**

- %C5.V            LAYER\_COUNTER.V
- %FC1.PD
- %M0              START\_1ST\_TIME
- %M2              AUX\_START
- %M350            VERT\_STAGE1
- %M351            VERT\_STAGE2
- %M353            VERT\_STAGE4

Project Name: Palletizer V1  
 05/26/2026 - 10:51 PM  
 110/250

%M444 NO\_USE  
 %MD20 VERT\_VALUE\_ACT  
 %MD46  
 %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0  
 %MW22:X0 BTN\_BAG\_SIZE1:X0

**Rung204 - PALLET x3.2 VERT SETTINGS**



**Legend:**

- 1 %MW2:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %FC1.PD := 5000 + %MD46
- 4 %FC1.PD := 5000 + 9000

**Variables used:**

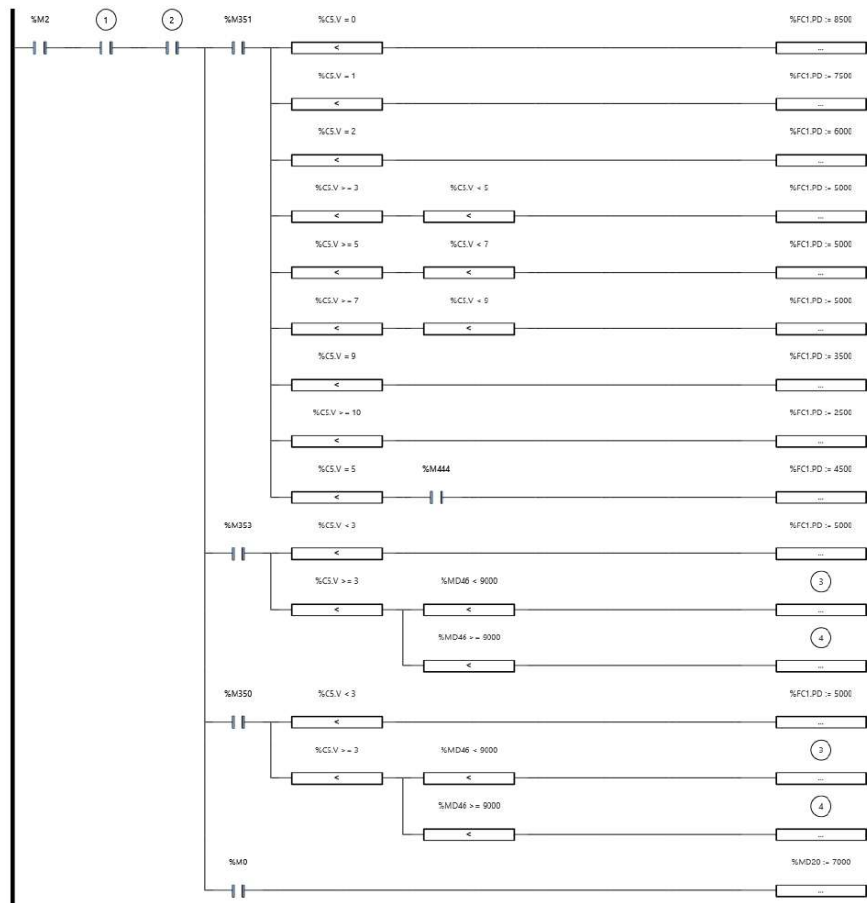
Project Name: Palletizer V1  
 05/26/2026 - 10:51 PM  
 111/250

```

%C5.V          LAYER_COUNTER.V
%FC1.PD        START_1ST_TIME
%M0            START_1ST_TIME
%M2            AUX_START
%M350          VERT_STAGE1
%M351          VERT_STAGE2
%M353          VERT_STAGE4
%M444          NO_USE
%MD20          VERT_VALUE_ACT
%MD46
%MW2:X0        HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW23:X0      BTN_BAG_SIZE2:X0

```

**Rung205 - PALLET x3.3 VERT SETTINGS**



Project Name: Palletizer V1  
05/26/2026 - 10:51 PM  
112/250

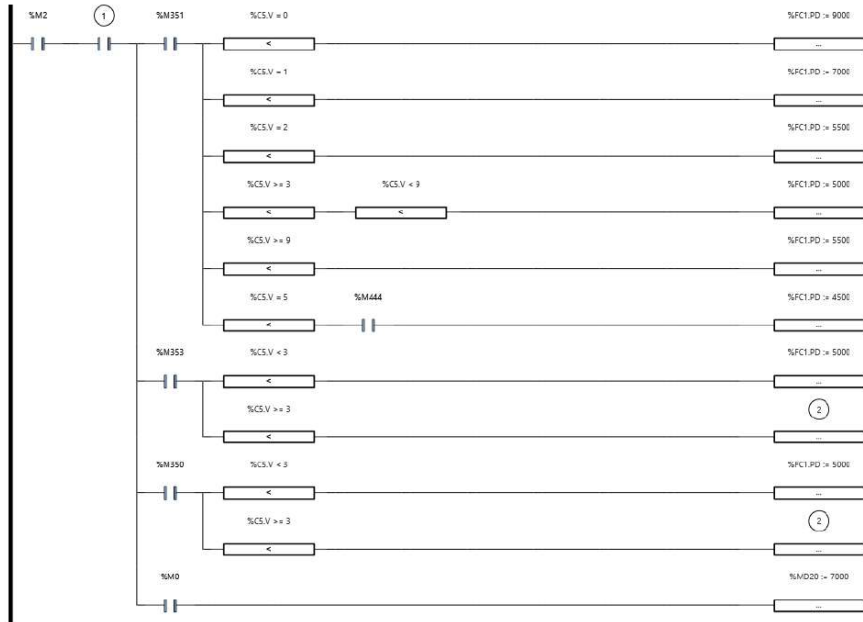
**Legend:**

- 1 %MW2:X0
- 2 %MW26:X0
- 3 %FC1.PD := 5000 + %MD46
- 4 %FC1.PD := 5000 + 9000

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%FC1.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M350	VERT_STAGE1
%M351	VERT_STAGE2
%M353	VERT_STAGE4
%M444	NO_USE
%MD20	VERT_VALUE_ACT
%MD46	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW26:X0	BTN_BAG_SIZE3:X0

Rung206 - PALLET x5.1 VERT SETTINGS



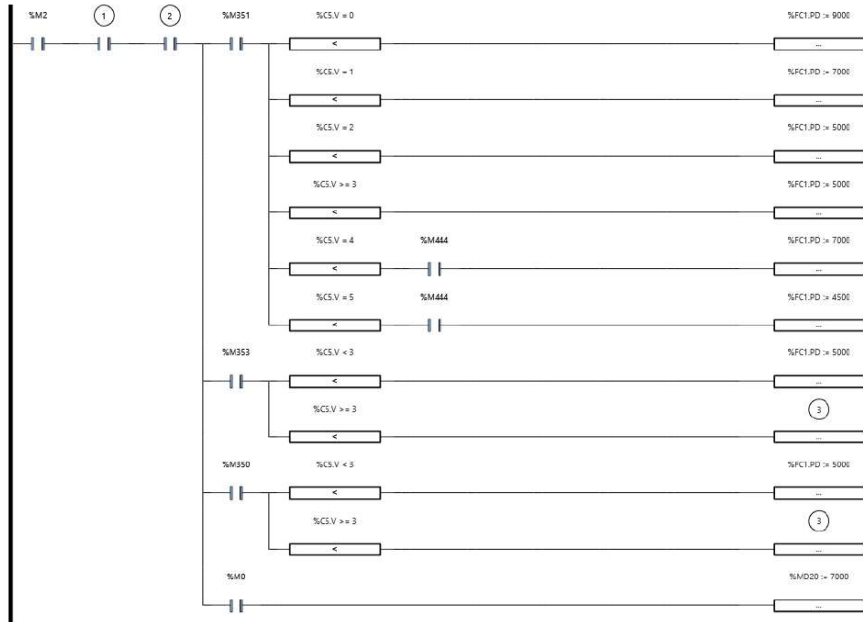
**Legend:**

- 1 %MWS:X0
- 2 %FC1.PD := 5000 + %MD46

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%FC1.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M350	VERT_STAGE1
%M351	VERT_STAGE2
%M353	VERT_STAGE4
%M444	NO_USE
%MD20	VERT_VALUE_ACT
%MD46	
%MWS:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

Rung207 - PALLET x5.2 VERT SETTINGS



**Legend:**

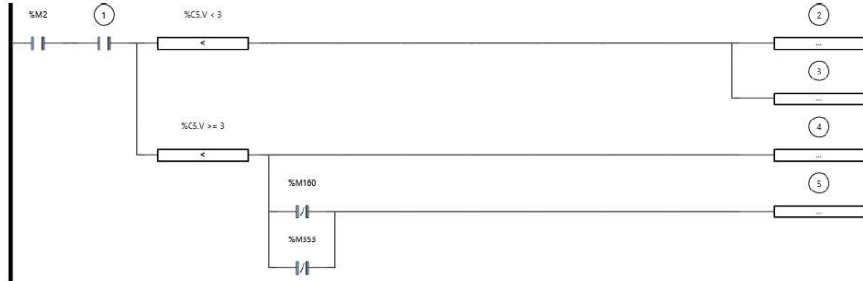
- 1 %MW5:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %FC1.PD := 5000 + %MD46

**Variables used:**

%C5.V	LAYER_COUNTER.V
%FC1.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M350	VERT_STAGE1
%M351	VERT_STAGE2
%M353	VERT_STAGE4
%M444	NO_USE
%MD20	VERT_VALUE_ACT
%MD46	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW23:X0	BTN_BAG_SIZE2:X0

**Rung208 - x3 adjust vertical move**

**Comment:** changes the hight according to pallet layer



**Legend:**

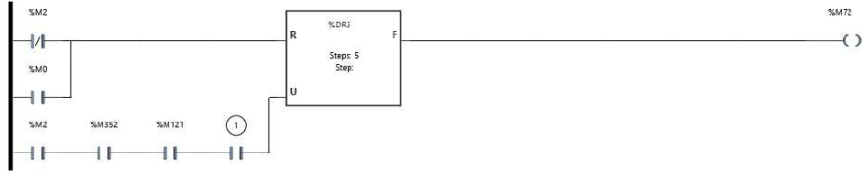
- 1 %MW2:X0
- 2 %MW42 := %C5.P - %C5.V
- 3 %MW40 := %C5.V \* %MW34
- 4 %MW44 := %C5.V - 2
- 5 %MD46 := %MD44 \* %MD34

**Variables used:**

- %C5.P LAYER\_COUNTER.P
- %C5.V LAYER\_COUNTER.V
- %M2 AUX\_START
- %M160 PATTERN\_X3\_1
- %M353 VERT\_STAGE4
- %MD34 VERT\_STEP
- %MD44
- %MD46
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW34
- %MW40
- %MW42
- %MW44



**Rung210 - x5 PALLET GRIP PATTERN**



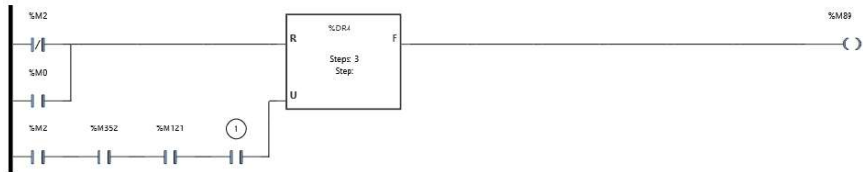
**Legend:**

1 %MW5:X0

**Variables used:**

%DR3	X5_PALLET_PATERN_STAGES
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M72	PALLET_X5_LAYER_FULL
%M121	HOLD_GRIPPER_OPEN_MEM
%M352	VERT_STAGE3
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

**Rung211 - x3**



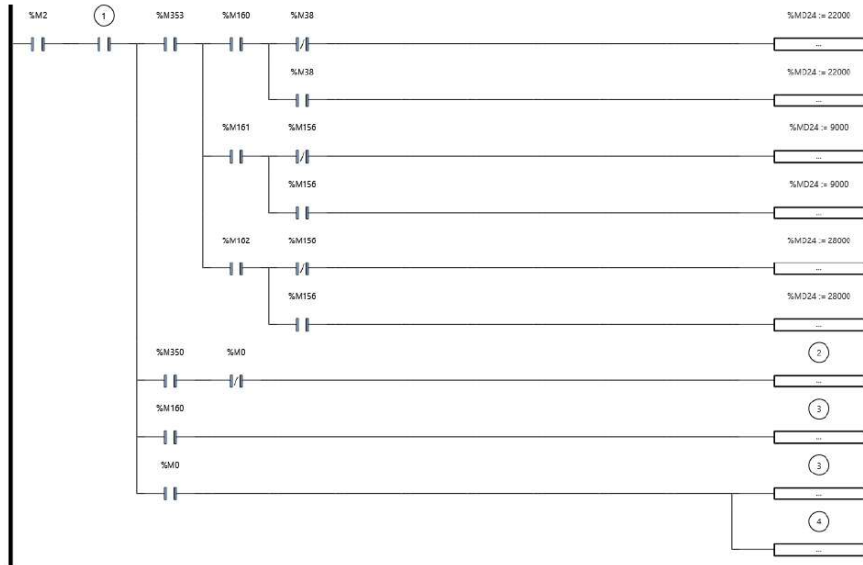
**Legend:**

1 %MW2:X0

**Variables used:**

%DR4	X3_PALLET_PATERN_STAGES
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M89	PALLET_X3_LAYER_FULL
%M121	HOLD_GRIPPER_OPEN_MEM
%M352	VERT_STAGE3
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0

**Rung212 - PALLET x3 GRIP SETTINGS**



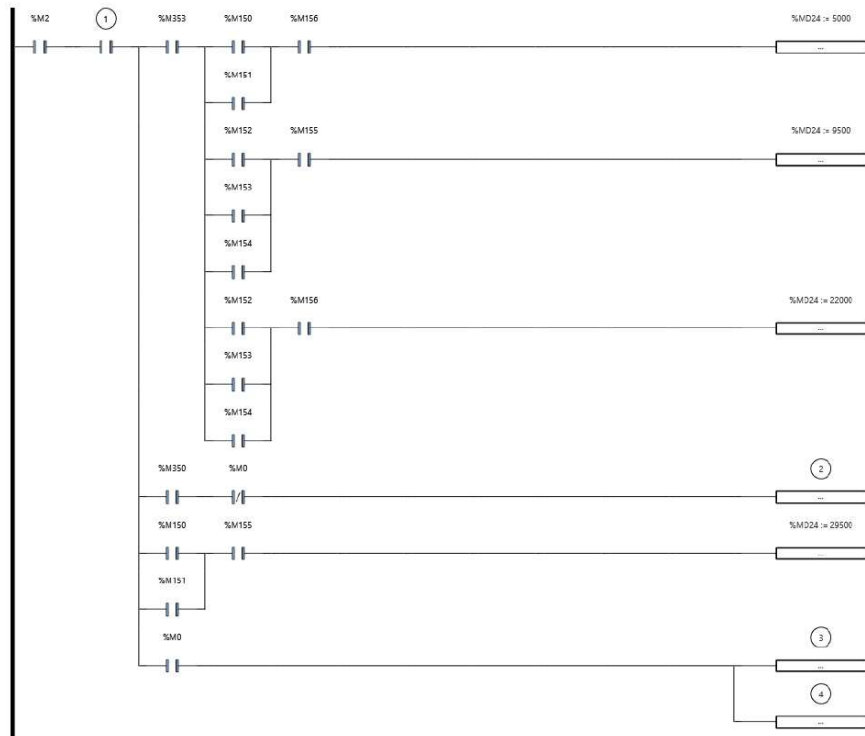
**Legend:**

- 1 %MW2:X0
- 2 %FC2.PD := %MD24
- 3 %MD24 := %MD126
- 4 %MD126 := 20000

**Variables used:**

%FC2.PD		
%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M38	X3_1ST_ROW_BAG_ORIANTATION	set oriantation for 1st row bag
%M156	EVEN_LAYER	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M161	PATTERN_X3_2	
%M162	PATTERN_X3_3	
%M350	VERT_STAGE1	
%M353	VERT_STAGE4	
%MD24	GRIP_VALUE_ACT	
%MD126	GRIPMTR_ACT_START_VALUE	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	

**Rung213 - PALLET x5.1 GRIP SETTINGS**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %FC2.PD := %MD24
- 3 %MD24 := %MD126
- 4 %MD126 := 30000

**Variables used:**

```

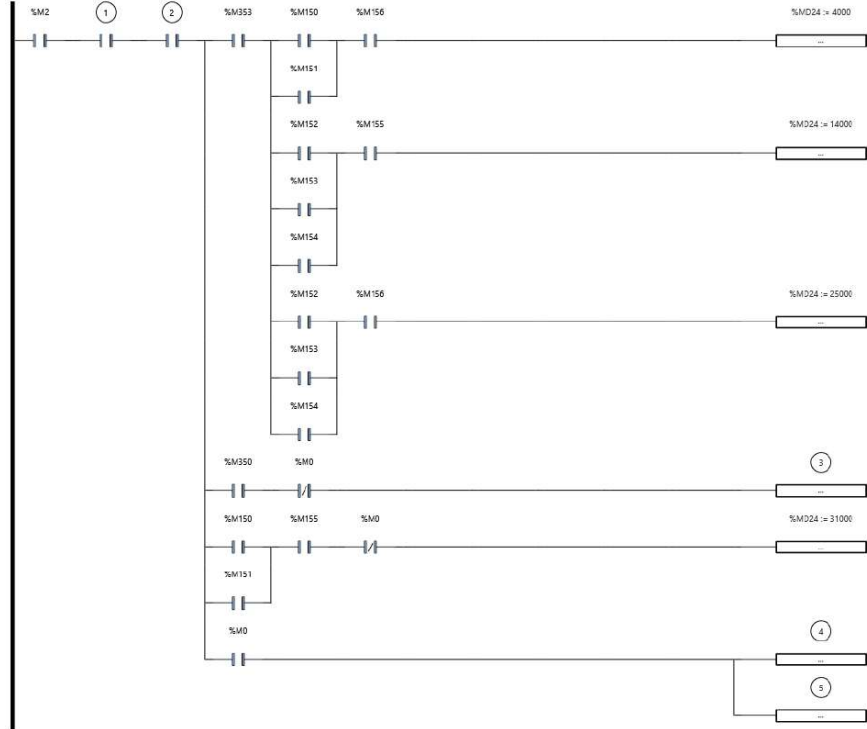
%FC2.PD
%M0          START_1ST_TIME
%M2          AUX_START
%M150       PATTERN_X5_1
%M151       PATTERN_X5_2
%M152       PATTERN_X5_3
%M153       PATTERN_X5_4
%M154       PATTERN_X5_5
%M155       ODD_LAYER
%M156       EVEN_LAYER
%M350       VERT_STAGE1
%M353       VERT_STAGE4
%MD24       GRIP_VALUE_ACT
%MD126      GRIPMTR_ACT_START_VALUE

```

Project Name: Palletizer V1  
05/26/2026 - 10:51 PM  
120/250

%MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0

**Rung214 - PALLET x5.2 GRIP SETTINGS**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %FC2.PD := %MD24
- 4 %MD24 := %MD126
- 5 %MD126 := 30000

**Variables used:**

%FC2.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M150	PATTERN_X5_1
%M151	PATTERN_X5_2
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5
%M155	ODD_LAYER
%M156	EVEN_LAYER

Project Name: Palletizer V1  
 05/26/2026 - 10:51 PM  
 121/250

```

%M350          VERT_STAGE1
%M353          VERT_STAGE4
%MD24          GRIP_VALUE_ACT
%MD126         GRIPMTR_ACT_START_VALUE
%MW5:X0        HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW23:X0       BTN_BAG_SIZE2:X0

```

**Rung215 - PALLET x3 HOR SETTINGS**



**Legend:**

```

1  %MW2:X0
2  %FC0.PD := %MD28

```

**Variables used:**

```

%FC0.PD
%M0          START_1ST_TIME
%M2          AUX_START
%M156        EVEN_LAYER
%M160        PATTERN_X3_1
%M161        PATTERN_X3_2
%M162        PATTERN_X3_3
%M340        HOR_STAGE1
%MD28        HOR_VALUE_ACT
%MW2:X0      HMI_BTN_PATTERN_X3:X0

```

Rung216 - PALLET x5.1 HOR SETTINGS



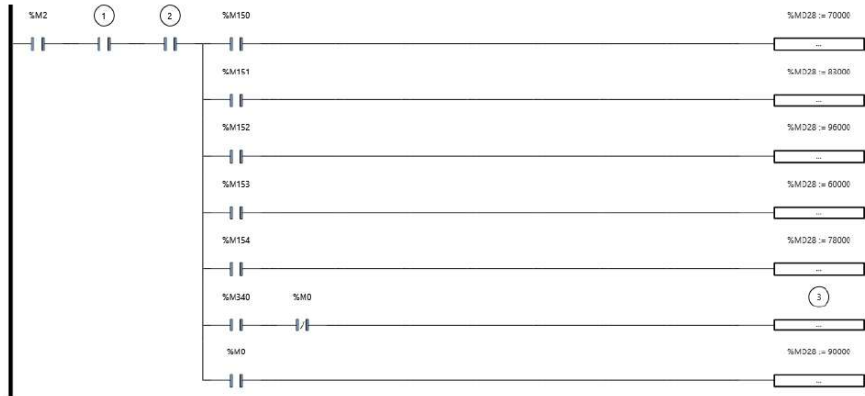
**Legend:**

- 1 %MWS:X0
- 2 %FC0.PD := %MD28

**Variables used:**

%FC0.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M150	PATTERN_X5_1
%M151	PATTERN_X5_2
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5
%M340	HOR_STAGE1
%MD28	HOR_VALUE_ACT
%MWS:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

Rung217 - PALLET x5.2 HOR SETTINGS



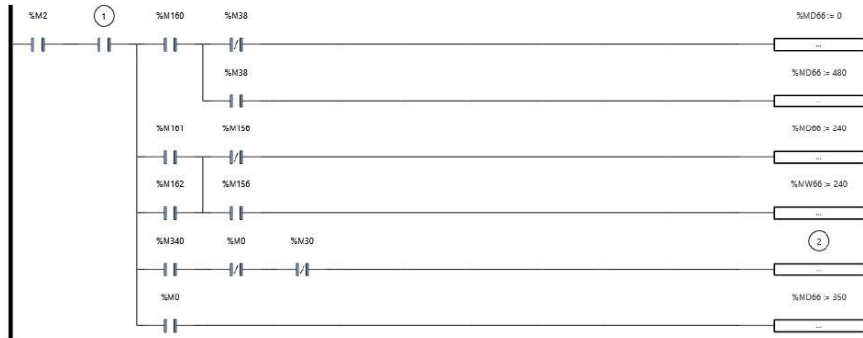
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %FC0.PD := %MD28

**Variables used:**

%FC0.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M150	PATTERN_X5_1
%M151	PATTERN_X5_2
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5
%M340	HOR_STAGE1
%MD28	HOR_VALUE_ACT
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW23:X0	BTN_BAG_SIZE2:X0

**Rung218 - PALLET x3 ROTATE SETTINGS**



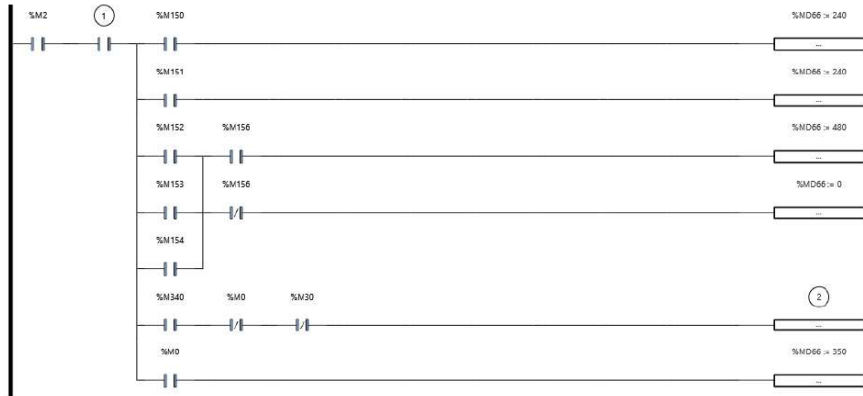
**Legend:**

- 1 %MW2:X0
- 2 %FC3.PD := %MD66

**Variables used:**

%FC3.PD		
%M0	START_1ST_TIME	
%M2	AUX_START	
%M30	BAG_LAYER_MEM	
%M38	X3_1ST_ROW_BAG_ORIANTATION	set orientation for 1st row bag
%M156	EVEN_LAYER	
%M160	PATTERN_X3_1	
%M161	PATTERN_X3_2	
%M162	PATTERN_X3_3	
%M340	HOR_STAGE1	
%MD66	ROTATE_VALUE_ACT	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW66		

Rung219 - PALLET x5.1 ROTATE SETTINGS



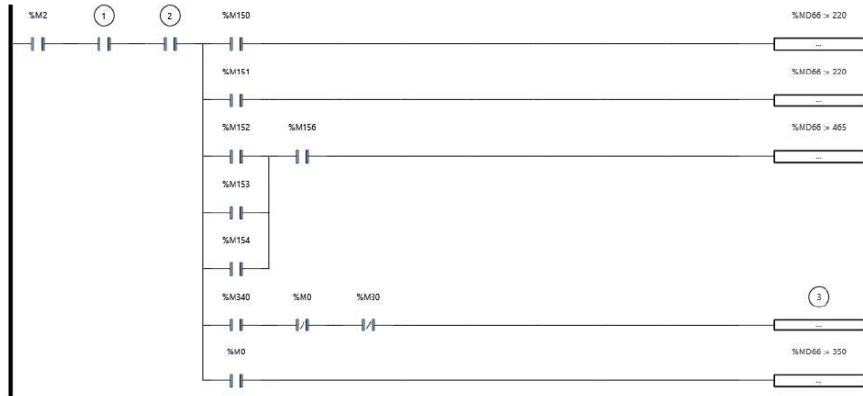
**Legend:**

- 1 %MWS:X0
- 2 %FC3.PD := %MD66

**Variables used:**

%FC3.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M30	BAG_LAYER_MEM
%M150	PATTERN_X5_1
%M151	PATTERN_X5_2
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5
%M156	EVEN_LAYER
%M340	HOR_STAGE1
%MD66	ROTATE_VALUE_ACT
%MWS:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0

Rung220 - PALLET x5.2 ROTATE SETTINGS



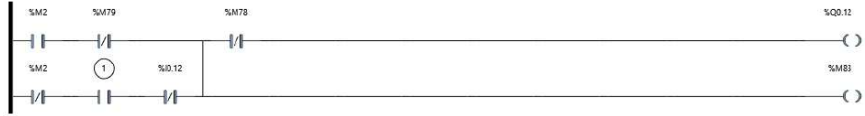
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW23:X0
- 3 %FC3.PD := %MD66

**Variables used:**

%FC3.PD	
%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M30	BAG_LAYER_MEM
%M150	PATTERN_X5_1
%M151	PATTERN_X5_2
%M152	PATTERN_X5_3
%M153	PATTERN_X5_4
%M154	PATTERN_X5_5
%M156	EVEN_LAYER
%M340	HOR_STAGE1
%MD66	ROTATE_VALUE_ACT
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW23:X0	BTN_BAG_SIZE2:X0

**Rung221 - ROLLER CONV**



**Legend:**

1 %MW19:X0

**Variables used:**

%I0.12	SENS_BAG_EXIST_X5	
%M2	AUX_START	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M79	BAG_EXIST_ON_ROLLER	
%M83	AUX_ROLLER_CONV	
%MW19:X0	ROLLER_CONV_HMI_BTN:X0	
%Q0.12	ROLLER_CONV	ΠΑΟΥΛΟΔΡΟΜΟΣ

**Rung222 - SLOPE CONV**



**Legend:**

1 %MW16:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M13	M13	
%M76	BAG_ON_SLOPE	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M79	BAG_EXIST_ON_ROLLER	
%M83	AUX_ROLLER_CONV	
%M84	AUX_SLOPE_CONV	
%MW16:X0	FLAT_CONV_HMI_BTN:X0	
%Q0.13	SLOPE_CONV	ΚΕΚΑΙΜΕΝΗ ΤΑΙΝΙΑ

**Rung223**



**Variables used:**

%C8  
 %M6 M6  
 %M13 M13  
 %M76 BAG\_ON\_SLOPE  
 %M79 BAG\_EXIST\_ON\_ROLLER

**Rung224**

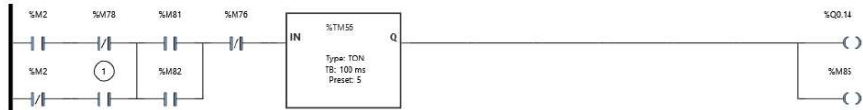
**Comment:** T4=T10 & T12=T13



**Variables used:**

%M6 M6  
 %M13 M13  
 %TM2 START\_DELAY\_T\_SEWING\_CONV

**Rung225 - REJECT ROD**



**Legend:**

1 %MW16:X0

**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M76 BAG\_ON\_SLOPE  
 %M78 SYSTEM\_PAUSE  
 %M81 STOP\_SEWING\_CONV sewing conv works on NC contact  
 %M82 STOP\_DELAY\_SEWING\_CONV  
 %M85 AUX\_REJECT\_ROD  
 %MW16:X0 FLAT\_CONV\_HMI\_BTN:X0  
 %Q0.14 REJECT\_ROD EMBOΛO ANOPPIWHE ΣAKOY  
 %TM56

**Rung226**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M81	STOP_SEWING_CONV	sewing conv works on NC contact
%M82	STOP_DELAY_SEWING_CONV	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	
%TM12	X5_DELAY_TO_STOP_REJECT_ROD	disables reject rod for T4 after reject sens disable

**Rung227**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START	
%M80	BAG_ON_REJECT	
%M82	STOP_DELAY_SEWING_CONV	
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0	
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0	
%TM13	X5_T_STOP_DELAY_SEWING_CONV	stops sewing conv T4 after reject sens enable

**Rung228 - SEWING CONV**



**Legend:**

1 %MW16:X0

**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M82 STOP\_DELAY\_SEWING\_CONV  
 %M85 AUX\_REJECT\_ROD  
 %M141 AUX\_SEWING\_CONV  
 %MW16:X0 FLAT\_CONV\_HMI\_BTN:X0

**Rung229**



**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M118 HMI\_PALLET\_READY\_TAG  
 %M141 AUX\_SEWING\_CONV  
 %Q0.15 REJECT\_CONV TAINIA ANOPPIWHE  
 %TM60

**Rung230 - speed rotate to reach zero**

**Comment:** rotates gripper to reach zero when on 90 right



**Variables used:**

%M2 AUX\_START  
 %M58 ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M145 SPEED\_ROTATE\_MEM  
 %TM28 SPEED\_ROTATE

**Rung231**



**Variables used:**

%M2           AUX\_START  
 %M57           GRIP\_CLOSE  
 %M58           ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M145          SPEED\_ROTATE\_MEM  
 %M146          SECURITY\_SPEED\_ROTATE

**Rung232 - security gripper mtr**



**Legend:**

1    %FC2.VD > %FC2.PD - 1800

**Variables used:**

%FC2.PD  
 %FC2.VD  
 %M2            AUX\_START  
 %M58           ZERO\_ROTATE\_SENS\_MEM  
 %M143          GRIP\_MTR\_SECURITY1  
 %M156          EVEN\_LAYER  
 %M352          VERT\_STAGE3  
 %MD2028

**Rung233 - MEASUREMENT**



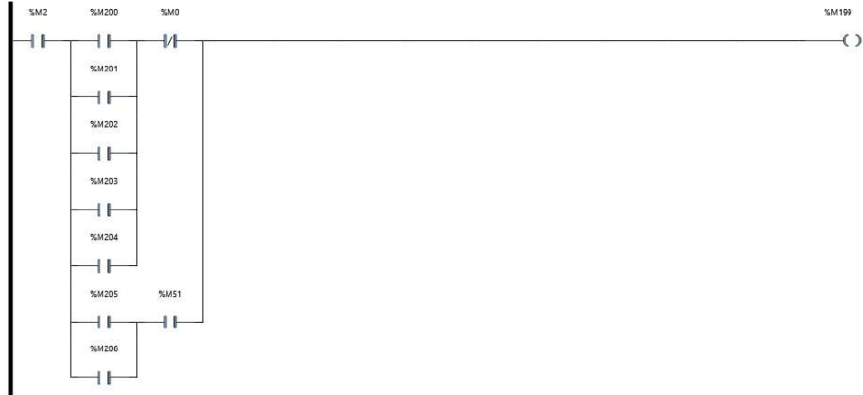
**Legend:**

1    %MD138 := %FC0.PD / 436  
 2    %MD140 := %FC1.PD / 113  
 3    %MD142 := %FC2.PD / 436

**Variables used:**

%FC0.PD  
 %FC1.PD  
 %FC2.PD  
 %MD138  
 %MD140  
 %MD142

**Rung234 - SAFETY ERRORS**



**Variables used:**

%M0	START_1ST_TIME
%M2	AUX_START
%M51	HMI_ZERO_VERT
%M199	GENERAL_ERROR
%M200	ERROR_HOR
%M201	ERROR_VERT
%M202	ERROR_GRIP_MTR
%M203	ERROR_GRIPPER_ROTATION
%M204	ERROR_GRIPPER_VALVE
%M205	ERROR_ROLLER_CONV
%M206	ERROR_SLOPE_CONV

**Rung235**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M199	GENERAL_ERROR
%MW58	RESET_ERROR_BTN

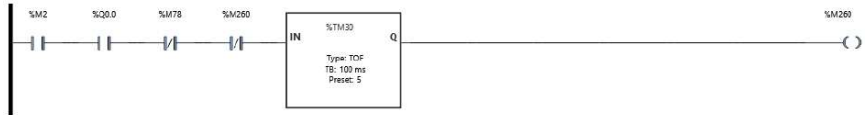
**Rung236**



**Variables used:**

%M200	ERROR_HOR
%M201	ERROR_VERT
%M202	ERROR_GRIP_MTR
%M203	ERROR_GRIPPER_ROTATION
%M250	HOR_ERROR
%M251	VERT_ERROR
%M252	GRIPMTR_ERROR
%M253	ROTATE_ERROR
%M444	NO_USE

**Rung237 - hor encoder error**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M78	SYSTEM_PAUSE
%M260	HOR_CHECK_SAMPLE_
%Q0.0	MOTOR_HOR
%TM30	

OPIZONTIA KINHTRPAE

**Rung238**



**Variables used:**

%M1	AUX_MOTOR_HOR
%M2	AUX_START
%MD160	HOR_SAMPLE

### Rung239



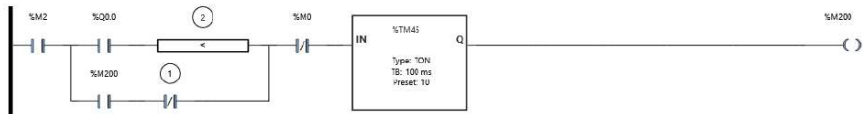
#### Legend:

1 %MD160 := %FC0.VD

#### Variables used:

%FC0.VD  
 %M2 AUX\_START  
 %M260 HOR\_CHECK\_SAMPLE\_  
 %M261  
 %MD160 HOR\_SAMPLE

### Rung240



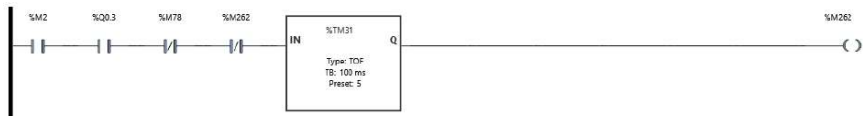
#### Legend:

1 %MW58:X0  
 2 %FC0.VD <= %MD160 + 500

#### Variables used:

%FC0.VD  
 %M0 START\_1ST\_TIME  
 %M2 AUX\_START  
 %M200 ERROR\_HOR  
 %MD160 HOR\_SAMPLE  
 %MD2028  
 %MW58:X0 RESET\_ERROR\_BTN:X0  
 %Q0.0 MOTOR\_HOR OPIZONTIA KINHHPAE  
 %TM45

### Rung241 - vert encoder error



#### Variables used:

%M2 AUX\_START  
 %M78 SYSTEM\_PAUSE  
 %M262 VERT\_CHECK\_SAMPLE  
 %Q0.3 MOTOR\_VERT KAEETH KINHHPAE  
 %TM31

**Rung242**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M35         AUX\_VERT\_MTR  
 %MD162       VERT\_SAMPLE

**Rung243**



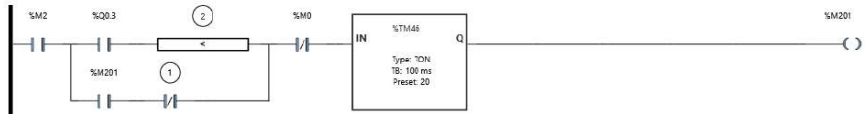
**Legend:**

1    %MD162 := %FC1.VD

**Variables used:**

%FC1.VD  
 %M2            AUX\_START  
 %M262         VERT\_CHECK\_SAMPLE  
 %M263  
 %MD162       VERT\_SAMPLE

**Rung244**



**Legend:**

1    %MW58:X0  
 2    %FC1.VD <= %MD162 + 400

**Variables used:**

%FC1.VD  
 %M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M201         ERROR\_VERT  
 %MD162       VERT\_SAMPLE  
 %MD2028  
 %MW58:X0      RESET\_ERROR\_BTN:X0  
 %Q0.3         MOTOR\_VERT  
 %TM46

KAΘETH KINHHPAE

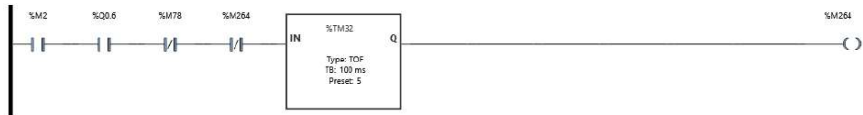
**Rung245**



**Variables used:**

%C1            VERT\_ERROR\_COUNTER  
 %M2            AUX\_START  
 %M201         ERROR\_VERT

**Rung246 - gripper mtr encoder error**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M78           SYSTEM\_PAUSE  
 %M264         GRIP\_MTR\_CHECK\_SAMPLE  
 %Q0.6         GRIP\_MOTOR  
 %TM32  
 KINHTHPA APHATHE

**Rung247**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M34           AUX\_GRIPPER\_MTR  
 %MD164       GRIP\_MTR\_SAMPLE

### Rung248



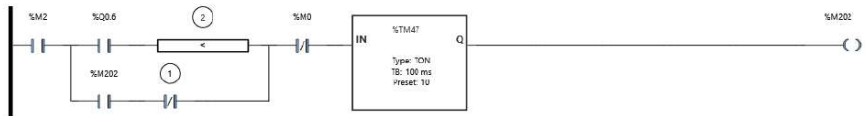
#### Legend:

1 %MD164 := %FC2.VD

#### Variables used:

%FC2.VD  
 %M2 AUX\_START  
 %M264 GRIP\_MTR\_CHECK\_SAMPLE  
 %M265 GRIP\_MTR\_SAMPLE  
 %MD164 GRIP\_MTR\_SAMPLE

### Rung249



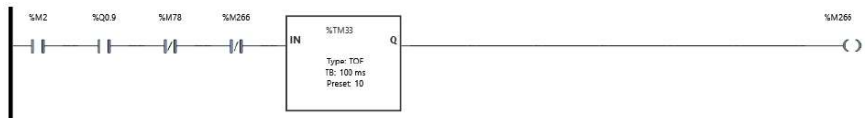
#### Legend:

1 %MW58:X0  
 2 %FC2.VD <= %MD164 + 500

#### Variables used:

%FC2.VD  
 %M0 START\_1ST\_TIME  
 %M2 AUX\_START  
 %M202 ERROR\_GRIP\_MTR  
 %MD164 GRIP\_MTR\_SAMPLE  
 %MD2028  
 %MW58:X0 RESET\_ERROR\_BTN:X0  
 %Q0.6 GRIP\_MOTOR KINHTRPA APATHE  
 %TM47

### Rung250 - rotate encoder error



#### Variables used:

%M2 AUX\_START  
 %M78 SYSTEM\_PAUSE  
 %M266 ROTATE\_CHECK\_SAMPLE  
 %Q0.9 ROTATE\_MOTOR ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ  
 %TM33

**Rung251**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M22         AUX\_LEFT\_ROTATE  
 %M23         AUX\_RIGHT\_ROTATE  
 %MD166       GRIP\_ROTATE\_SAMPLE

**Rung252**



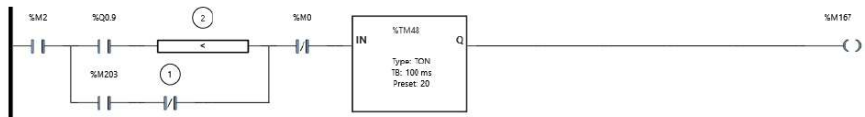
**Legend:**

1    %MD166 := %FC3.VD

**Variables used:**

%FC3.VD  
 %M2            AUX\_START  
 %M266         ROTATE\_CHECK\_SAMPLE  
 %M267  
 %MD166       GRIP\_ROTATE\_SAMPLE

**Rung253**



**Legend:**

1    %MW58:X0  
 2    %FC3.VD <= %MD166 + 50

**Variables used:**

%FC3.VD  
 %M0            START\_1ST\_TIME  
 %M2            AUX\_START  
 %M167         ERROR\_GRIPPER\_ROTATION\_AUX  
 %M203         ERROR\_GRIPPER\_ROTATION  
 %MD166       GRIP\_ROTATE\_SAMPLE  
 %MD2028  
 %MW58:X0      RESET\_ERROR\_BTN:X0  
 %Q0.9         ROTATE\_MOTOR                    ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ  
 %TM48

**Rung254 - alarm gripper on zero**



**Variables used:**

%I0.18	SENS_SECURITY_ZERO_ROTATION	
%M57	GRIP_CLOSE	
%M103	DISABLE_ZERO_ON_90R	disable Zero Sens if was at 90 Right
%M188		
%TM68		

**Rung255**



**Variables used:**

%M58	ZERO_ROTATE_SENS_MEM
%M189	
%TM69	

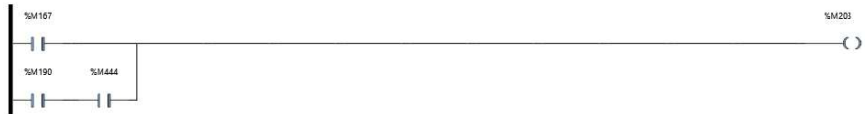
**Rung256**



**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M188	
%M189	
%M190	
%TM70	

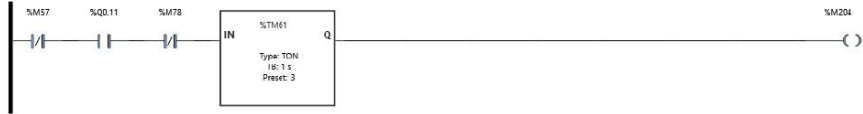
**Rung257**



**Variables used:**

%M167	ERROR_GRIPPER_ROTATION_AUX
%M190	
%M203	ERROR_GRIPPER_ROTATION
%M444	NO_USE

**Rung258 - gripper valve error**



**Variables used:**

%M57	GRIP_CLOSE	
%M78	SYSTEM_PAUSE	
%M204	ERROR_GRIPPER_VALVE	
%Q0.11	GRIPPER	APIAPH
%TM61		

**Rung259 - roller conv**



**Variables used:**

%M169	ROLLER_THERMAL_PROTECTION_MEM	
%M205	ERROR_ROLLER_CONV	
%M444	NO_USE	

**Rung260 - slope conv**



**Variables used:**

%M170	SLOPE_THERMAL_PROTECTION_MEM	
%M206	ERROR_SLOPE_CONV	
%M444	NO_USE	

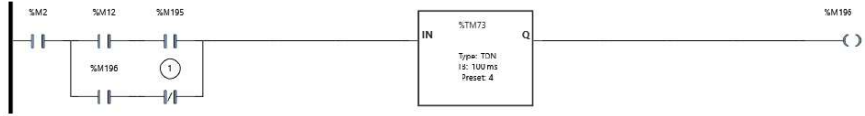
**Rung261 - RUNTIME PLC ERROR**



**Variables used:**

%M168	PLC_RUN_MODE_MEM	HMI tag for plc run mode
%S12	SB_RUNMODE	The controller is running

**Rung262 - gripper bump error**



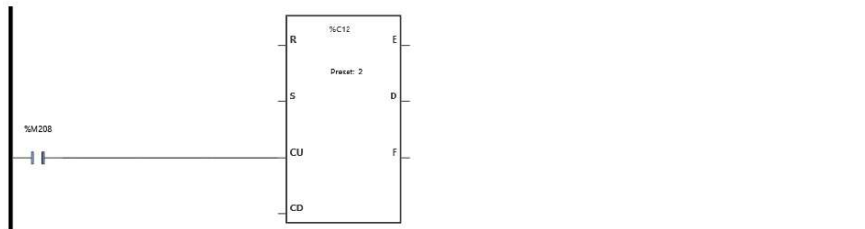
**Legend:**

1 %MW50:X0

**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M12           DOWN\_VERT\_MOTOR  
 %M195           GRIPPER\_BUMP\_SECURITY\_SENS\_MEM  
 %M196           ERROR\_GRIPPER\_BUMP\_SECURITY  
 %MW50:X0        BUMP\_GRIPPER\_RESET\_BTN:X0  
 %TM73

**Rung263**



**Variables used:**

%C12  
 %M208            GRIPPER\_BUMP\_AUTO\_RESET\_MEM

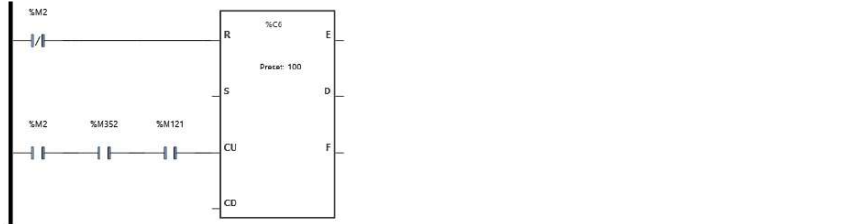
**Rung264**



**Variables used:**

%M2            AUX\_START  
 %M195           GRIPPER\_BUMP\_SECURITY\_SENS\_MEM  
 %M208           GRIPPER\_BUMP\_AUTO\_RESET\_MEM  
 %M351           VERT\_STAGE2

**Rung265 - ANIMATION FOR PALLET**



**Variables used:**

%C6	BAG_ANIMATION_COUNTER
%M2	AUX_START
%M121	HOLD_GRIPPER_OPEN_MEM
%M352	VERT_STAGE3

**Rung266**



**Legend:**

1 %MW0:X0

**Variables used:**

%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0
%MW9	PALLET_ANIMATION_HMI_SCRE

**Rung267**



**Legend:**

1 %MW0:X0

2 %MW86:X0

**Variables used:**

%MW0:X0	HMI_START_BTN1:X0
%MW9	PALLET_ANIMATION_HMI_SCRE
%MW86:X0	AUTO_SCREEN_HMI_BTN:X0

**Rung268**



**Legend:**

1 %MW86:X0

**Variables used:**

%MW9	PALLET_ANIMATION_HMI_SCRE
%MW86:X0	AUTO_SCREEN_HMI_BTN:X0

**Rung269**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %C6.V BAG\_ANIMATION\_COUNTER.V
- %M2 AUX\_START
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung270 - bags anim**



**Legend:**

- 1 %MW5:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M211 HMI\_ANIMATION\_BAG1
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung271**



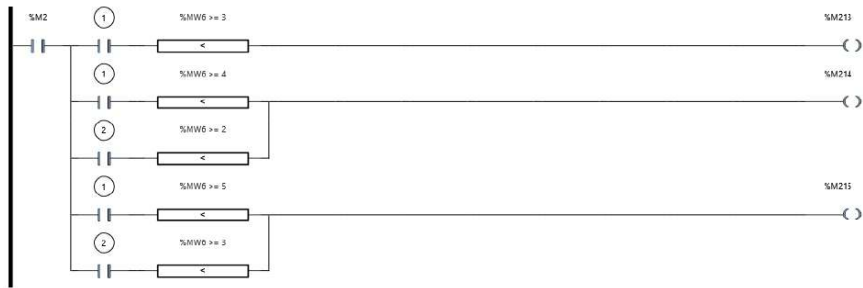
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M212 HMI\_ANIMATION\_BAG2
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung272**



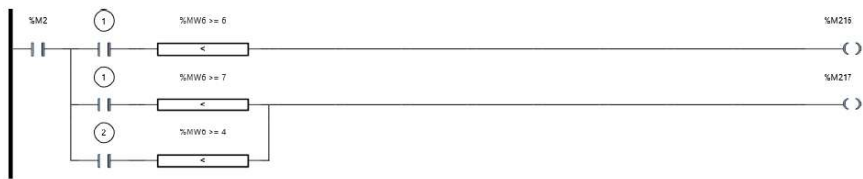
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M213	HMI_ANIMATION_BAG3
%M214	HMI_ANIMATION_BAG4
%M215	HMI_ANIMATION_BAG5
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung273**



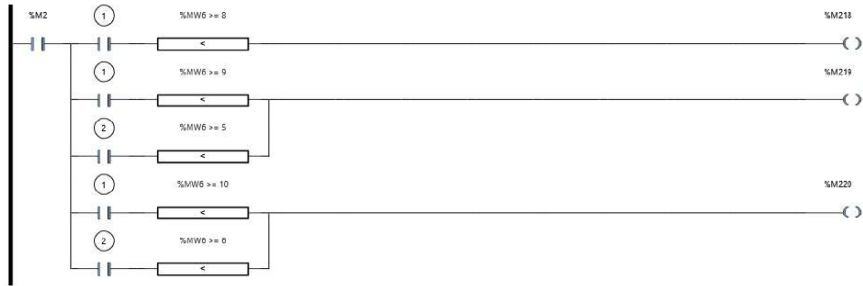
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M216	HMI_ANIMATION_BAG6
%M217	HMI_ANIMATION_BAG7
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung274**



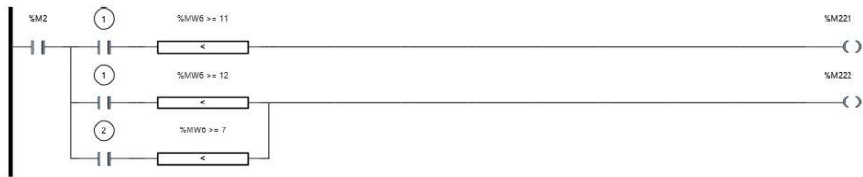
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M218 HMI\_ANIMATION\_BAG8
- %M219 HMI\_ANIMATION\_BAG9
- %M220 HMI\_ANIMATION\_BAG10
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung275**



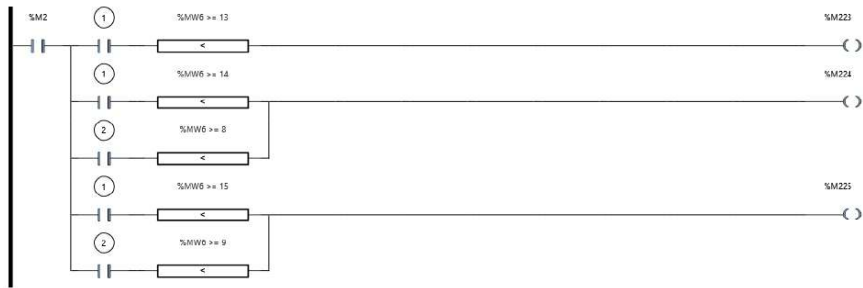
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M221 HMI\_ANIMATION\_BAG11
- %M222 HMI\_ANIMATION\_BAG12
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung276**



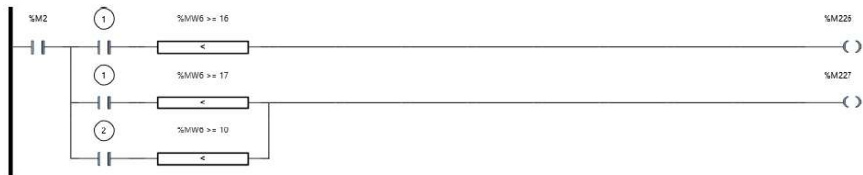
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M223 HMI\_ANIMATION\_BAG13
- %M224 HMI\_ANIMATION\_BAG14
- %M225 HMI\_ANIMATION\_BAG15
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung277**



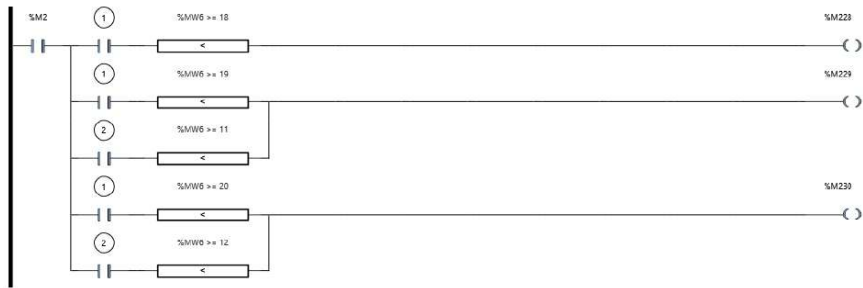
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

- %M2 AUX\_START
- %M226 HMI\_ANIMATION\_BAG16
- %M227 HMI\_ANIMATION\_BAG17
- %MW2:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X3:X0
- %MW5:X0 HMI\_BTN\_PATTERN\_X5:X0
- %MW6 ANIM\_PALLET

**Rung278**



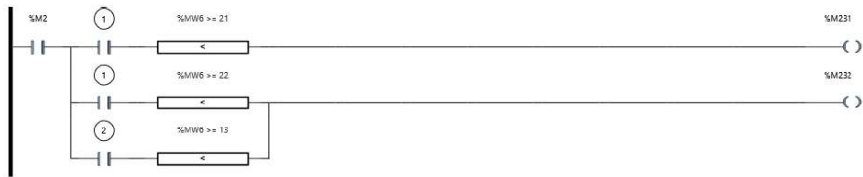
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M228	HMI_ANIMATION_BAG18
%M229	HMI_ANIMATION_BAG19
%M230	HMI_ANIMATION_BAG20
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung279**



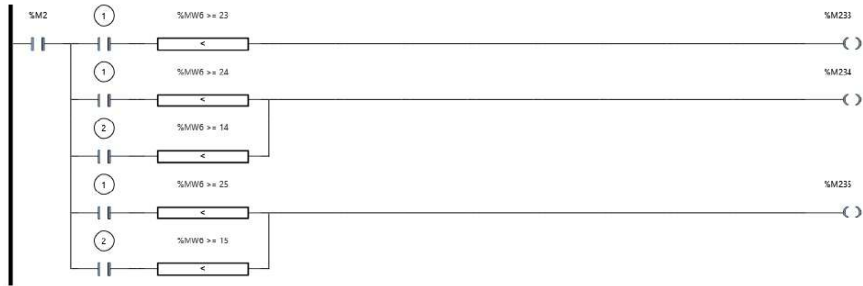
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M231	HMI_ANIMATION_BAG21
%M232	HMI_ANIMATION_BAG22
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung280**



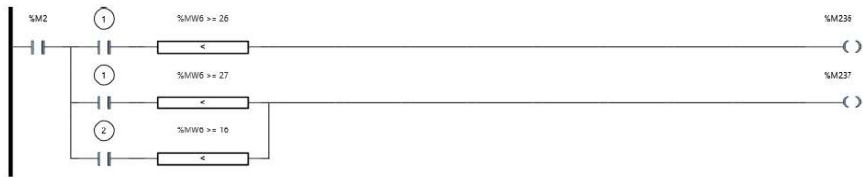
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M233	HMI_ANIMATION_BAG23
%M234	HMI_ANIMATION_BAG24
%M235	HMI_ANIMATION_BAG25
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung281**



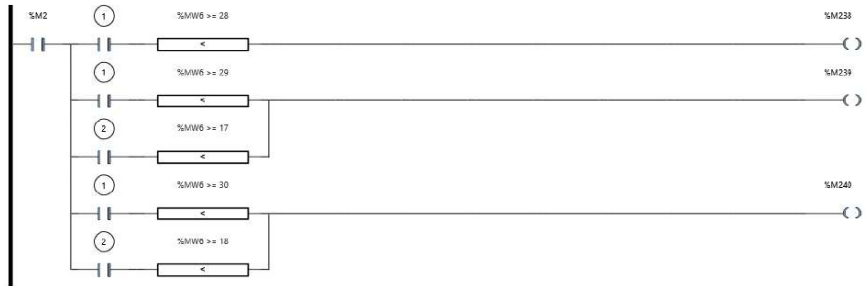
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M236	HMI_ANIMATION_BAG26
%M237	HMI_ANIMATION_BAG27
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung282**



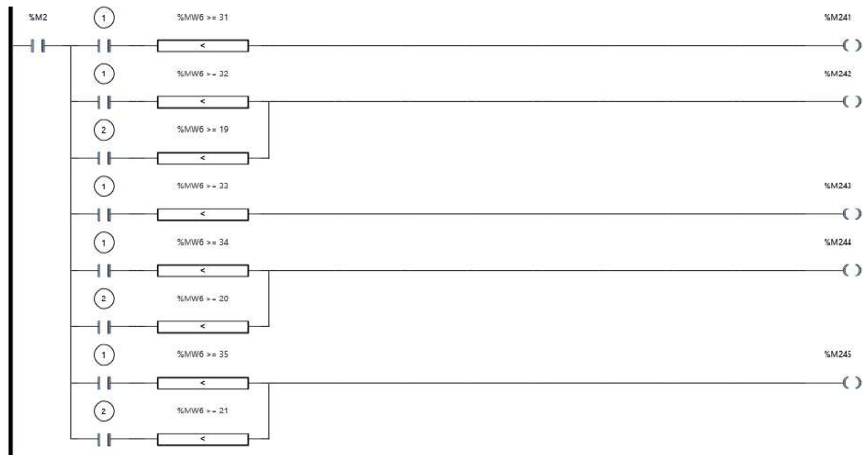
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M238	HMI_ANIMATION_BAG28
%M239	HMI_ANIMATION_BAG29
%M240	HMI_ANIMATION_BAG30
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

Rung283



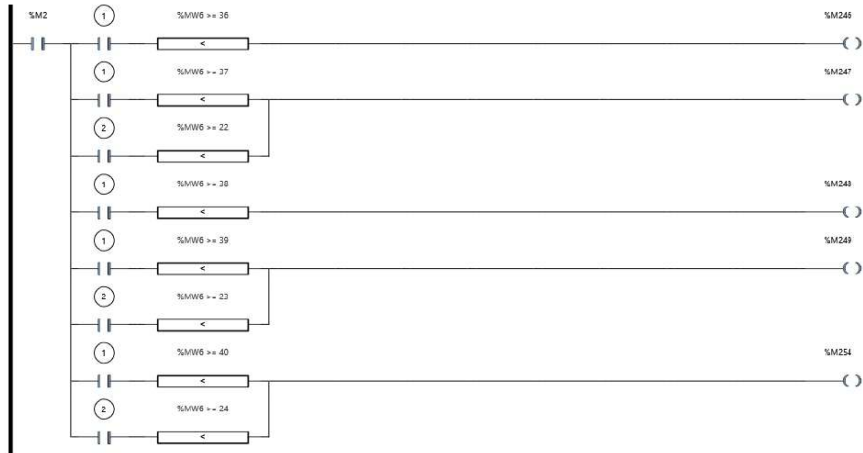
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M241	HMI_ANIMATION_BAG31
%M242	HMI_ANIMATION_BAG32
%M243	HMI_ANIMATION_BAG33
%M244	HMI_ANIMATION_BAG34
%M245	HMI_ANIMATION_BAG35
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

Rung284



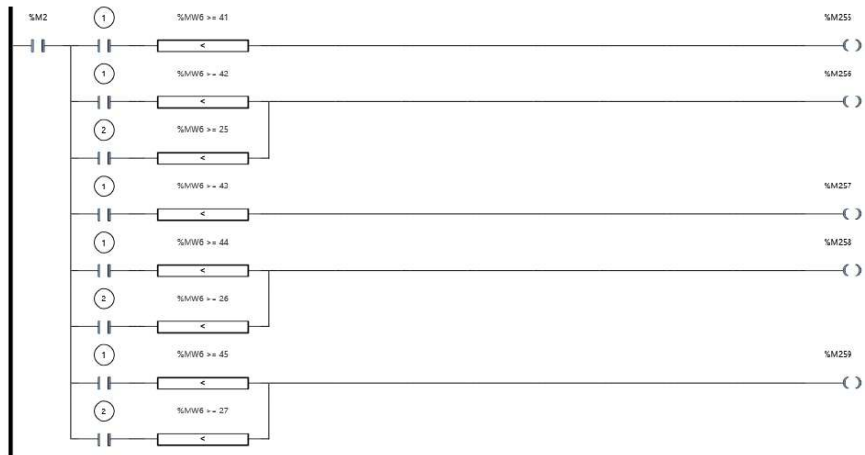
Legend:

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

Variables used:

%M2	AUX_START
%M246	HMI_ANIMATION_BAG36
%M247	HMI_ANIMATION_BAG37
%M248	HMI_ANIMATION_BAG38
%M249	HMI_ANIMATION_BAG39
%M254	HMI_ANIMATION_BAG40
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung285**



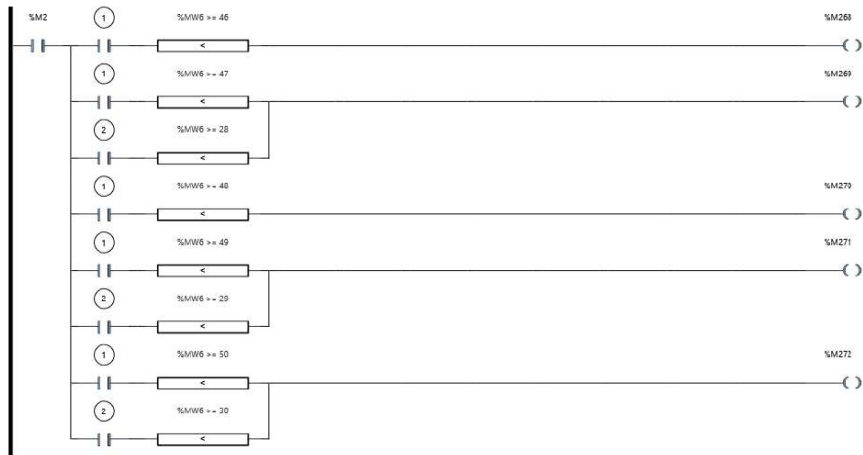
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M255	HMI_ANIMATION_BAG41
%M256	HMI_ANIMATION_BAG42
%M257	HMI_ANIMATION_BAG43
%M258	HMI_ANIMATION_BAG44
%M259	HMI_ANIMATION_BAG45
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

Rung286



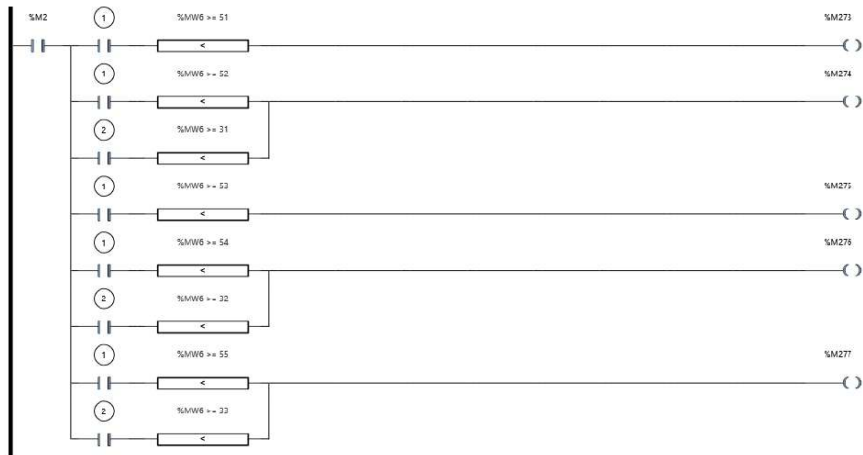
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M268	HMI_ANIMATION_BAG46
%M269	HMI_ANIMATION_BAG47
%M270	HMI_ANIMATION_BAG48
%M271	HMI_ANIMATION_BAG49
%M272	HMI_ANIMATION_BAG50
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

Rung287



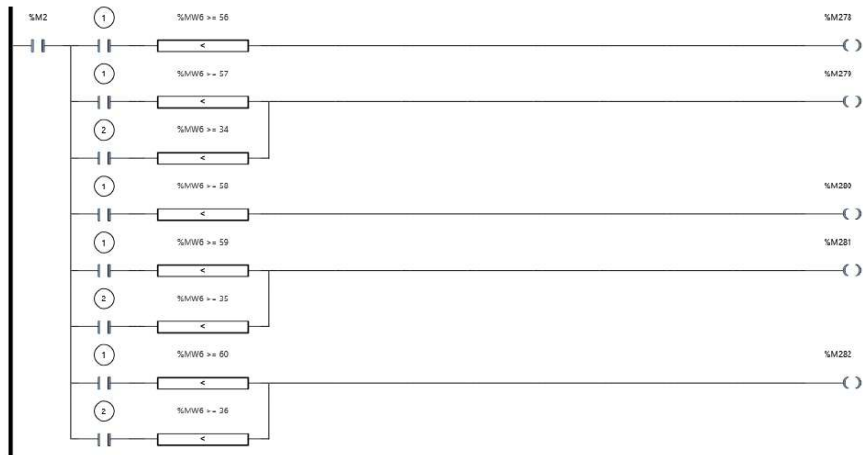
Legend:

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

Variables used:

%M2	AUX_START
%M273	HMI_ANIMATION_BAG51
%M274	HMI_ANIMATION_BAG52
%M275	HMI_ANIMATION_BAG53
%M276	HMI_ANIMATION_BAG54
%M277	HMI_ANIMATION_BAG55
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung288**



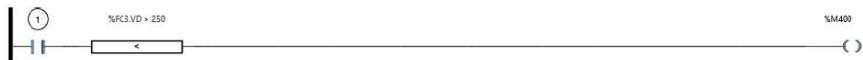
**Legend:**

- 1 %MW5:X0
- 2 %MW2:X0

**Variables used:**

%M2	AUX_START
%M278	HMI_ANIMATION_BAG56
%M279	HMI_ANIMATION_BAG57
%M280	HMI_ANIMATION_BAG58
%M281	HMI_ANIMATION_BAG59
%M282	HMI_ANIMATION_BAG60
%MW2:X0	HMI_BTN_PATTERN_X3:X0
%MW5:X0	HMI_BTN_PATTERN_X5:X0
%MW6	ANIM_PALLET

**Rung289 - GRIPPER TESTING**



**Legend:**

- 1 %MW82:X0

**Variables used:**

%FC3.VD	
%M400	
%MW82:X0	GRIPPER_TEST:X0

**Rung290**



**Legend:**

1 %MW82:X0

**Variables used:**

%M400

%M403

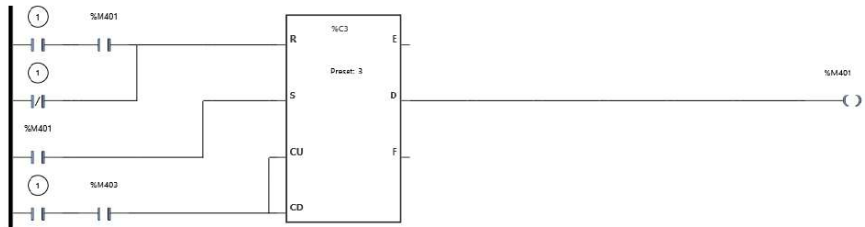
%MW82:X0

GRIPPER\_TEST:X0

%TMS0

TMS0

**Rung291**



**Legend:**

1 %MW82:X0

**Variables used:**

%C3

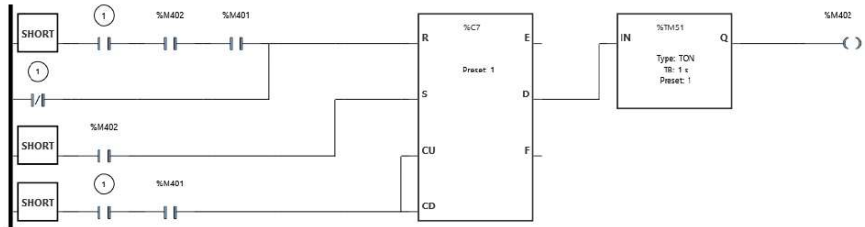
%M401

%M403

%MW82:X0

GRIPPER\_TEST:X0

**Rung292**



**Legend:**

1 %MW82:X0

**Variables used:**

%C7  
 %M401  
 %M402  
 %MW82:X0 GRIPPER\_TEST:X0  
 %TM51

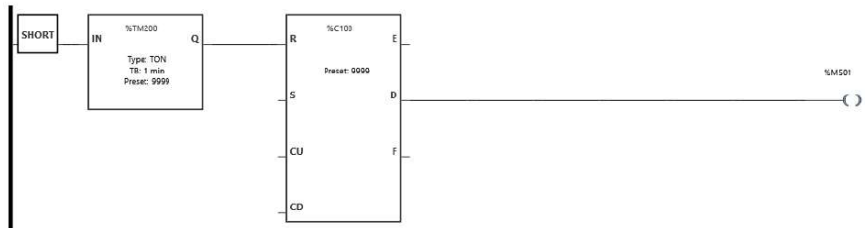
**Rung293**



**Variables used:**

%C11  
 %M403

**Rung294 - DUMP LINE**



**Variables used:**

%C100  
 %M501  
 %TM200