



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**Χρήση PLC, SCADA και HMI
για διαχείριση ξενοδοχειακής μονάδας**

Διπλωματική Εργασία

Γιοβάνης Σταύρος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Φεβρουάριος 2025



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

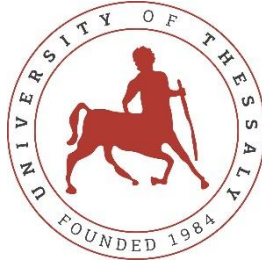
**Χρήση PLC, SCADA και HMI
για διαχείριση ξενοδοχειακής μονάδας**

Διπλωματική Εργασία

Γιοβάνης Σταύρος

Επιβλέπων: Μπαργιώτας Δημήτριος

Φεβρουάριος 2025



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Use of PLC, SCADA and HMI
for hotel facilities management**

Diploma Thesis

Giovanis Stavros

Supervisor: Bargiotas Dimitrios

February 2025

Εγκρίνεται από την Επιτροπή Εξέτασης:

Επιβλέπων

Μπαργιώτας Δημήτριος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Ασπασία Δασκαλοπούλου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Μέλος

Αλέξανδρος Χροναίος

Καθηγητής, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελούν αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλουν οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχουν έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Δηλώνω επίσης ότι τα αποτελέσματα της εργασίας δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για την απόκτηση άλλου πτυχίου. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο Δηλών
Γιοβάνης Σταύρος

DISCLAIMER ON ACADEMIC ETHICS AND INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

Being fully aware of the implications of copyright laws, I expressly state that this diploma thesis, as well as the electronic files and source codes developed or modified in the course of this thesis, are solely the product of my personal work and do not infringe any rights of intellectual property, personality and personal data of third parties, do not contain work / contributions of third parties for which the permission of the authors / beneficiaries is required and are not a product of partial or complete plagiarism, while the sources used are limited to the bibliographic references only and meet the rules of scientific citing. The points where I have used ideas, text, files and / or sources of other authors are clearly mentioned in the text with the appropriate citation and the relevant complete reference is included in the bibliographic references section. I also declare that the results of the work have not been used to obtain another degree. I fully, individually and personally undertake all legal and administrative consequences that may arise in the event that it is proven, in the course of time, that this thesis or part of it does not belong to me because it is a product of plagiarism.

The Declarant

Giovanis Stavros

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω προς τον καθηγητή μου κύριο Μπαργιώτα ο οποίος δέχθηκε να αναλάβει την επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας, καθώς και στον καθηγητή μου κύριο Πιπή με τον οποίο συνεργαστήκαμε και βρισκόμασταν σε επικοινωνία καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης και ο οποίος με «έφερε» σε επαφή με τον κόσμο των αυτοματισμών. Επίσης, θα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια Ασπασία Δασκαλοπούλου και τον καθηγητή Αλέξανδρο Χροναίο που δέχθηκαν να είναι μέλη της επιτροπής αξιολόγησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένειά μου, που μου προσέφερε τη δυνατότητα να σπουδάσω, καθώς και με στήριξε σε όλη την πορεία των σπουδών μου και όχι μόνο.

Τέλος, είμαι πολύ ευγνώμων για τους υπέροχους και ξεχωριστούς ανθρώπους που γνώρισα όλα αυτά τα χρόνια της φοιτητικής μου περιόδου. Χωρίς αυτούς δεν θα ήμουν ο άνθρωπος που είμαι σήμερα και για αυτό τους ευχαριστώ.

**Χρήση PLC, SCADA και HMI
για διαχείριση ξενοδοχειακής μονάδας**
Γιοβάννης Σταύρος

Περίληψη

Η αυτοματοποίηση στη βιομηχανία φιλοξενίας αποτελεί θεμέλιο για τη βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας και την παροχή εξαιρετικών εμπειριών στους πελάτες, ιδιαίτερα για νέες επιχειρήσεις που στοχεύουν σε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Με την έλευση της **Βιομηχανίας 4.0**, η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως **PLC (Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές)**, **HMI (Διασύνδεση Ανθρώπου-Μηχανής)** και **SCADA (Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων)** έχει φέρει επανάσταση στις λειτουργίες των ξενοδοχείων. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση κρίσιμων διαδικασιών σε πραγματικό χρόνο, δημιουργώντας ένα περιβάλλον απρόσκοπτο, ενεργειακά αποδοτικό και επικεντρωμένο στον πελάτη.

Τα συστήματα PLC διευκολύνουν τον ακριβή έλεγχο μηχανικών και ηλεκτρικών συστημάτων, όπως τα HVAC (θέρμανση, αερισμός, κλιματισμός), το ZNX (ζεστό νερό χρήσης), ο φωτισμός και η ασφάλεια. Τα HMI συστήματα παρέχουν εύχρηστους πίνακες ελέγχου για το προσωπικό των ξενοδοχείων ώστε να παρακολουθεί και να ρυθμίζει αποτελεσματικά τις παραμέτρους των συστημάτων. Τα συστήματα SCADA επιτρέπουν την κεντρική διαχείριση και την απομακρυσμένη εποπτεία πολλαπλών λειτουργικών συστημάτων, εξασφαλίζοντας βέλτιστη απόδοση και γρήγορη ανταπόκριση σε προβλήματα. Για νέα ξενοδοχεία, η υιοθέτηση τέτοιων τεχνολογιών αυτοματισμού μειώνει το κόστος εργασίας, βελτιώνει τη διαχείριση ενέργειας και εξασφαλίζει σταθερή ποιότητα υπηρεσιών.

Στο πλαίσιο της Βιομηχανίας 4.0, η έξυπνη αυτοματοποίηση στα ξενοδοχεία υπερβαίνει την επιχειρησιακή αποδοτικότητα, επιτρέποντας την προληπτική συντήρηση, την

ενισχυμένη ασφάλεια και τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Υποστηρίζει εξατομικευμένες υπηρεσίες πελατών μέσω της ενσωμάτωσης συσκευών IoT, προσφέροντας προσαρμοσμένες εμπειρίες μέσω αυτοματοποιημένων ελέγχων δωματίου και συστημάτων άμεσης ανατροφοδότησης. Επιπλέον, η παρακολούθηση ενέργειας και η βελτιστοποίηση των πόρων ευθυγραμμίζονται με τους στόχους βιωσιμότητας, ενισχύοντας τη φήμη του ξενοδοχείου και μειώνοντας τα λειτουργικά κόστη.

Συμπερασματικά, η αυτοματοποίηση με τη χρήση συστημάτων PLC, HMI και SCADA προσφέρει στα νέα ξενοδοχεία ισχυρές και επεκτάσιμες λύσεις που βελτιστοποιούν τις ροές εργασίας, μειώνουν τα κόστη και ανταποκρίνονται στις εξελισσόμενες απαιτήσεις των τεχνολογικά εξοικειωμένων πελατών. Μέσα από την ευθυγράμμιση με τις αρχές της Βιομηχανίας 4.0, τα ξενοδοχεία μπορούν να αξιοποιήσουν την έξυπνη αυτοματοποίηση για να εξασφαλίσουν μακροπρόθεσμη ανάπτυξη και επιτυχία σε μια εξαιρετικά ανταγωνιστική αγορά.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα μελετηθούν αρχικά ο τρόπος λειτουργίας και οι ανάγκες μιας ξενοδοχειακής μονάδας και ύστερα σε πρακτικό επίπεδο η κωδικοποίηση του PLC ώστε να υλοποιηθούν οι αυτοματισμοί, ο προγραμματισμός ενός HMI για την διαχείριση βασικών συστημάτων από το προσωπικό του ξενοδοχείου καθώς και η υλοποίηση συστήματος SCADA μέσω του οποίου πραγματοποιείται η εποπτεία των συστημάτων που χρειάζεται ένα ξενοδοχείο.

Λέξεις-κλειδιά:

PLC, αυτοματισμοί, αυτόματος έλεγχος, ξενοδοχειακές μονάδες, Industry 4.0, εξοικονόμηση ενέργειας, SCADA, HMI, ZNX

Use of PLC, SCADA and HMI for hotel facilities management

Giovanis Stavros

Abstract

Automation in the hotel industry is a cornerstone for enhancing operational efficiency and delivering exceptional guest experiences, especially for new establishments aiming to establish a competitive edge. With the advent of **Industry 4.0**, the integration of advanced technologies such as **PLC (Programmable Logic Controller)**, **HMI (Human-Machine Interface)**, and **SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** has revolutionized hotel operations. These technologies enable real-time monitoring, control, and automation of critical processes, fostering a seamless, energy-efficient, and guest-centric environment.

PLC systems facilitate precise control of mechanical and electrical systems, including HVAC, DHW, lighting, and security. HMI interfaces offer intuitive dashboards for hotel staff to monitor and adjust system parameters efficiently. SCADA systems empower centralized management and remote supervision of multiple operational systems, ensuring optimal performance and swift response to issues. For new hotels, implementing such automation technologies reduces labor costs, enhances energy management, and ensures consistent service quality.

Under the framework of Industry 4.0, smart automation in hotels goes beyond operational efficiency, enabling predictive maintenance, enhanced safety, and data-driven decision-making. It supports personalized guest services by integrating IoT devices, delivering tailored experiences through automated room controls and real-time feedback systems. Furthermore, energy monitoring and resource optimization align with sustainability goals, enhancing the hotel's reputation and reducing operational costs.

In summary, automation using PLC, HMI, and SCADA systems provides new hotels with robust, scalable solutions that optimize workflows, reduce costs, and meet the evolving

demands of tech-savvy guests. By aligning with Industry 4.0 principles, hotels can leverage smart automation to secure long-term growth and success in a highly competitive market. In this thesis, the operation and needs of a hotel unit will first be studied, followed by the practical implementation of PLC programming to execute the required automations. Additionally, the programming of an HMI will be developed to enable hotel staff to manage key systems, and a SCADA system will be implemented to oversee the systems necessary for a hotel's operation.

Keywords:

PLC, Industry automation, Automatic control systems, Hotel units, Industry 4.0, Power and energy saving, SCADA, HMI, HVAC

Περιεχόμενα

<i>Ευχαριστίες.....</i>	<i>vii</i>
<i>Περίληψη.....</i>	<i>viii</i>
<i>Abstract</i>	<i>x</i>
<i>Περιεχόμενα</i>	<i>xii</i>
<i>Κατάλογος εικόνων</i>	<i>xv</i>
<i>Κατάλογος πινάκων</i>	<i>xvii</i>
<i>Συντομογραφίες.....</i>	<i>xviii</i>
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής	1
1.2 Οργάνωση του τόμου	1
Κεφάλαιο 2 Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA.....	3
2.1 Βασικά χαρακτηριστικά συστημάτων SCADA.....	3
2.2 Δομή συστημάτων SCADA	4
2.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας συστημάτων SCADA	5
2.3.1 IEC 60870-5	6
2.3.2 Distributed Network Protocol 3.....	7
2.3.3 Modbus RTU	8
2.3.4 Profibus.....	9
2.3.5 Simple Network Management Protocol	9
2.3.6 Ethernet	10
2.3.7 TCP/IP Networks	11
2.3.8 Σύγκριση πρωτοκόλλων επικοινωνίας PLC.....	11
2.4 Επισκόπηση και σύγκριση λογισμικών SCADA.....	11
2.4.1 Ignition	12
2.4.2 Indusoft Web Studio	13
2.4.3 WinCC	14
2.4.4 FactoryTalk.....	15
2.4.5 GE Digital iFIX.....	16

Κεφάλαιο 3 Human Machine Interface - HMI.....	18
3.1 Η Σημασία των HMI στη Βιομηχανία 4.0.....	18
3.1.1 Απλοποίηση Λειτουργιών και Βελτίωση Χρηστικότητας.....	18
3.1.2 Αξιοποίηση Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο για Ενημερωμένη Λήψη Αποφάσεων	18
3.1.3 Ενίσχυση της Συνεργασίας Ανθρώπων και Μηχανών	19
3.1.4 Υποστήριξη Ευελιξίας και Κλιμάκωσης στην Παραγωγή.....	19
3.1.5 Βελτίωση της Ασφάλειας των Εργαζομένων	20
3.1.6 Συμπέρασμα	20
3.2 Κορυφαίες Λύσεις HMI	20
Κεφάλαιο 4 Programmable Logic Controller - PLC.....	25
4.1 Πρώτη επαφή με τα PLC.....	25
4.2 Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές PLC.....	26
4.2.1 Δομή συστήματος PLC	28
4.2.2 Αρχή λειτουργίας των PLC	31
4.3 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα των PLC.....	32
4.4 Γλώσσες προγραμματισμού PLC.....	34
4.4.1 Function Block Diagram (FBD)	35
4.4.2 Ladder Diagram (LD)	35
4.4.3 Structured Text (ST)	37
4.4.4 Instruction List (IL)	38
4.4.5 Sequential Function Chart (SFC)	39
4.4.6 Συγκριτικός Πίνακας και σύνοψη γλωσσών προγραμματισμού PLC	39
4.5 Πλατφόρμα CODESYS	41
Κεφάλαιο 5 Αυτοματοποίηση της ξενοδοχειακής μονάδας	43
5.1 Συστήματα απαραίτητα για την εύρυθμη λειτουργία μια ξενοδοχειακής μονάδας και αλγόριθμοι λειτουργίας	43
5.1.1 Εισαγωγή	43
5.1.2 Ζεστό νερό χρήσης.....	44
5.1.3 Κλιματισμός και εξαερισμός δωματίου.....	48
5.1.4 Φωτισμός.....	49
Κεφάλαιο 6 - Υλοποίηση Ladder, SCADA, HMI	51
6.1 Software για την υλοποίηση των συστημάτων	51

6.2 Υλοποίηση συστήματος ZNX	51
6.2.1 Επικοινωνία PLC με αντλία θερμότητας (Α.Θ).....	51
6.2.2 Αλγόριθμος λειτουργίας ZNX σε κώδικα Ladder:	53
6.2.3 Υλοποίηση SCADA για Ζεστό Νερό Χρήσης	60
6.3 Υλοποίηση συστήματος κλιματισμού	64
6.3.1 Επικοινωνία PLC με σύστημα κλιματισμού	64
6.3.2 Αλγόριθμος λειτουργίας συστήματος κλιματισμού σε κώδικα Ladder.....	65
6.3.3 Υλοποίηση SCADA για σύστημα κλιματισμού	69
6.4 Υλοποίηση συστήματος φωτισμού	72
6.4.1 Αλγόριθμος λειτουργίας συστήματος φωτισμού σε κώδικα Ladder	72
6.4.2 Υλοποίηση SCADA για σύστημα φωτισμού	74
6.5 Υλοποίηση Human-Machine-Interface (HMI)	76
6.5.1 Επικοινωνία HMI με PLC	76
6.5.2 Σχεδιασμός και πλοήγηση στο HMI:.....	76
Κεφάλαιο 7 Σύνοψη και συμπεράσματα	79
Βιβλιογραφία.....	80

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1 Βασική δομή συστημάτων αυτοματισμού - SCADA [1]	4
Εικόνα 2 Ignition SCADA Software Interface [6]	12
Εικόνα 3 AVEVA Interface example	13
Εικόνα 4 Indusoft launch window	13
Εικόνα 5 WinCC interface [8].....	14
Εικόνα 6 FactoryTalk Interface example [9]	15
Εικόνα 7 iFIX interface example [10]	16
Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική ενός PLC [37]	29
Εικόνα 9 Μέρη ενός PLC [37]	30
Εικόνα 10 Συγκεντρωτικά οι 5 βασικότερες γλώσσες προγραμματισμού PLC	34
Εικόνα 11 Κομμάτι κώδικα από FBD	35
Εικόνα 12 Κομμάτι κώδικα από ladder	36
Εικόνα 13 Κομμάτι κώδικα από ST	37
Εικόνα 14 Κομμάτι κώδικα από IL	38
Εικόνα 15 Κομμάτι κώδικα από SFC.....	39
Εικόνα 16 Κομμάτι κώδικα από CODESYS [41]	41
Εικόνα 17 Περιβάλλον προγραμματισμού CODESYS [41]	42
Εικόνα 18 Σχέδιο λειτουργίας/εγκατάστασης ZNX	45
Εικόνα 19 Σενάρια λειτουργίας φωτισμού	50
Εικόνα 20 Modbus table για Α.Θ. στο σύστημα ZNX_3	52
Εικόνα 21 Modbus Function in WinProLadder.....	52
Εικόνα 22 Modbus Read Write and delay	53
Εικόνα 23 I/O List στην αρχή του κώδικα της Ladder	54
Εικόνα 24 Χρήση συνάρτησης «<» και «>» για έλεγχο του κυκλοφορητή της Α.Θ.....	55
Εικόνα 25 Λειτουργία ηλιακών συλλεκτών	55
Εικόνα 26 Λειτουργία κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας	56
Εικόνα 27 Λειτουργία αντίστασης Boiler	57
Εικόνα 28 Λειτουργία ηλεκτροβάνας και κλήση του label «sensor»	58

Εικόνα 29 Γραμμική παρεμβολή για αισθητήρες θερμοκρασίας.....	59
Εικόνα 30 Δοκιμή αισθητήρα Belimo στον πάγκο.	60
Εικόνα 31 SCADA δοκιμής αλγόριθμου.....	61
Εικόνα 32 SCADA για χρήση κατά την περίοδο των δοκιμών.....	61
Εικόνα 33 Διάγραμμα συστήματος ZNX.....	62
Εικόνα 34 Διαχείριση και επίβλεψη ZNX από το προσωπικό του ξενοδοχείου	62
Εικόνα 35 Communication page and FATEK driver sheet	63
Εικόνα 36 Link table για διασύνδεση master PLC με τα slave	64
Εικόνα 37 Χρήση Ethernet Configuration Tool για αλλαγή διεύθυνσης και slave id	65
Εικόνα 38 Ανάγνωση από τα PLC του εκάστοτε δωματίου	66
Εικόνα 39 Επιλογή λειτουργιών χειριστηρίου ανάλογα με το σενάριο λειτουργίας	66
Εικόνα 40 Ανάγνωση error code και αναγνώριση προέλευσης	67
Εικόνα 41 Επιλογή σεναρίου στο slave PLC ανάλογα τα δεδομένα του εκάστοτε δωματίου	68
Εικόνα 42 Επιλογή ψύξης/θέρμανσης από το slave PLC λαμβάνοντας εντολή από το master PLC.....	68
Εικόνα 43 Αρχική σελίδα SCADA	69
Εικόνα 44 SCADA Log In.....	70
Εικόνα 45 Αρχική σελίδα Α' ορόφου	70
Εικόνα 46 Σελίδα ρυθμίσεων	71
Εικόνα 47 Ρυθμίσεις κλιματιστικού.	71
Εικόνα 48 Ρύθμιση counter.....	72
Εικόνα 49 Επιλογή ανάλογα με τον αριθμό του counter	73
Εικόνα 50 Επιλογή ανάλογα με το status του φωτισμού	73
Εικόνα 51 Συνδυασμός μεθόδων	74
Εικόνα 52 Σελίδα ρυθμίσεων χωρίς Log IN.	74
Εικόνα 53 Δωμάτιο χωρίς κάρτα	75
Εικόνα 54 Δωμάτιο με κάρτα	75
Εικόνα 55 Επιλογή PLC και διευθύνσεων.....	76
Εικόνα 56 Αρχική σελίδα HMI	77
Εικόνα 57 Διαχείριση ZNX Α' & Β' ορόφων	77
Εικόνα 58 Διαχείριση φωτισμού κοινόχρηστων χώρων	78

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Σύγκριση πρωτοκόλλων SCADA [3].....	11
Πίνακας 2 Σύγκριση συστημάτων SCADA	17
Πίνακας 3 Σύγκριση Λύσεων HMI από Κορυφαίες Εταιρείες.....	24
Πίνακας 4 Οι 22 μεγαλύτεροι κατασκευαστές PLC παγκοσμίως Δομή και αρχή λειτουργίας PLC.....	26
Πίνακας 5 Στοιχεία και χαρακτηριστικά γλωσσών προγραμματισμού PLC	40
Πίνακας 6 Σενάρια κλιματισμού Standby και Maintenance.....	48
Πίνακας 7 Set Point θερμοκρασιών κλιματισμού ανάλογα το σενάριο	48
Πίνακας 8 Λειτουργίες κατά την είσοδο/έξοδο από το δωμάτιο	49
Πίνακας 9 Σενάρια φωτισμού και κοινές λειτουργίες	50

Συντομογραφίες

ZNX	Ζεστό Νερό Χρήσης
κ.α.	και άλλα
κ.λπ.	και λοιπά
κ.ο.κ	και ούτω καθεξής
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
HMI	Human Machine Interface
I/O	Inputs and outputs
IoT	Internet of Things
PLC	Programmable Logic Controller
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

Όπως οι περισσότερες βιομηχανίες, έτσι και η βιομηχανία της φιλοξενίας σταδιακά αυτοματοποιούν όλο και περισσότερο τις συχνά επαναλαμβανόμενες διαδικασίες στα πλαίσια του να αυξήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο την αποδοτικότητα τους. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται ο παράγοντας του ανθρωπίνου λάθους και πλέον σημαντικές διαδικασίες ελέγχονται από υπολογιστές με μεγάλη ακρίβεια.

1.1 Αντικείμενο της διπλωματικής

Η διπλωματική εργασία μελετά συγκεκριμένα τους αυτοματισμούς του συστήματος φωτισμού, Ζεστού νερού χρήσης (ZNX) και κλιματισμού σε μια ξενοδοχειακή μονάδα. Στόχος είναι, εφόσον γίνει πρώτα μια ανάλυση των βιομηχανικών αυτοματισμών, να μελετηθούν οι ανάγκες μια ξενοδοχειακής μονάδας από συστήματα αυτοματισμού και ύστερα σε πρακτικό κομμάτι να υλοποιήσουμε τους αυτοματισμούς αυτούς με προγραμματισμό προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC), υλοποίηση του συστήματος σε Supervisory Control and Data Acquisition - Εποπτικός Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων (SCADA), ώστε να επιτευχθεί η συνεχής συλλογή δεδομένων για τα συστήματα και τέλος, χρήση Human Machine Interface (HMI) για την διευκόλυνση και άμεση παρέμβαση του προσωπικού στα κύρια συστήματα του ξενοδοχείου.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Στο **Κεφάλαιο 2** αναλύεται το σύστημα SCADA, οι χρήσεις του, καθώς και τις δυνατότητες που προσφέρονται μέσω αυτού σε βιομηχανίες, ξενοδοχεία κ.α.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια αναφορά στα συστήματα HMI και την χρησιμότητά τους.

Στο **Κεφάλαιο 4** εισάγονται τα συστήματα PLC. Εξηγώντας τι είναι αυτά, τον τρόπο λειτουργίας τους, τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν με το SCADA και το HMI

Στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζεται η γενική ιδέα πίσω από την οργάνωση των συστημάτων αυτοματισμού με προγραμματισμό PLC, η ενσωμάτωση του HMI για την άμεση και εύκολη χρήση και λειτουργία των συστημάτων.

Στο **Κεφάλαιο 6** αναλύεται η πρακτική υλοποίηση όλων των συστημάτων όπως η κωδικοποίηση των PLC, των HMI και του συστήματος SCADA μέσω του οποίου πραγματοποιείται η εποπτεία ολόκληρης της εγκατάστασης.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 7** παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κυριότερα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και γίνεται μια σύνοψη της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2 Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA

2.1 Βασικά χαρακτηριστικά συστημάτων SCADA

Οι σύγχρονες ξενοδοχειακές μονάδες απαιτούν την ταυτόχρονη λειτουργία πολλών και διαφόρων συστημάτων ώστε να μπορούν να είναι αποδοτικές και παράλληλα να εξασφαλίζεται στον μέγιστο βαθμό η ικανοποίηση του κάθε χρήστη. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται σωστή και προσεκτική εποπτεία όλων αυτών σε πραγματικό χρόνο ώστε το αποτέλεσμα να είναι το καλύτερο δυνατό. Η ύπαρξη και ανάγκη, λοιπόν, όλων αυτών των συστημάτων καθιστά ασύμφορη και πρακτικά αδύνατη την διαχείρισή τους από το ανθρώπινο δυναμικό υπεύθυνο για το καθένα σύστημα ξεχωριστά, καθώς «εισάγει στην εξίσωση» τον παράγοντα του ανθρωπίνου σφάλματος (προβλήματα στην επικοινωνία, καθυστέρηση στην επικοινωνία κ.α.). Θα ήταν, σαφώς, ιδανικό να μπορούσαμε να παρακολουθήσουμε τη λειτουργία όλων των συστημάτων από τον ίδιο χώρο, χωρίς λάθη στην επικοινωνία, σε πραγματικό χρόνο και με μεγάλη ακρίβεια. Αυτήν την ανάγκη έρχεται να καλύψει το σύστημα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Ένα σύστημα δηλαδή, για την επίτευξη εποπτικού ελέγχου, ανάκτησης δεδομένων, το οποίο μας επιτρέπει, παράλληλα, να εκτελούμε ενέργειες πάνω στα συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το SCADA. Το SCADA δεν αντικαθιστά σε καμία περίπτωση το σύστημα ελέγχου, όπως θα δούμε και αργότερα, και κυρίως χρησιμοποιείται στον τομέα της εποπτείας και ανάκτησης δεδομένων.

Συνεπώς, με τη χρήση SCADA επιτυγχάνουμε την ταυτόχρονη παρακολούθηση όλων των συστημάτων και παράλληλα τη συλλογή δεδομένων, με χρήση αισθητηρίων, για τα συστήματα, σε πραγματικό χρόνο, τα οποία δεδομένα μπορούμε ύστερα να αξιοποιήσουμε με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πρόβλεψη βλαβών και συντηρήσεων ή ώστε να προσομοιωθεί η χρήση των συστημάτων και να καταλήξουμε σε συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητά τους, καθώς και για άλλες χρήσεις. Επιπλέον, λαμβάνοντας τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο μπορεί ταχύτατα να εντοπιστεί κάποιο σφάλμα καθώς και να αντιμετωπιστεί απομακρυσμένα δίνοντας στο σύστημα SCADA τις κατάλληλες εντολές,

οι οποίες μεταφέρονται στο σύστημα αυτοματισμού (συνήθως PLC) μέσω πρωτοκόλλων επικοινωνίας, συνήθως MODBUS TCP/IP.

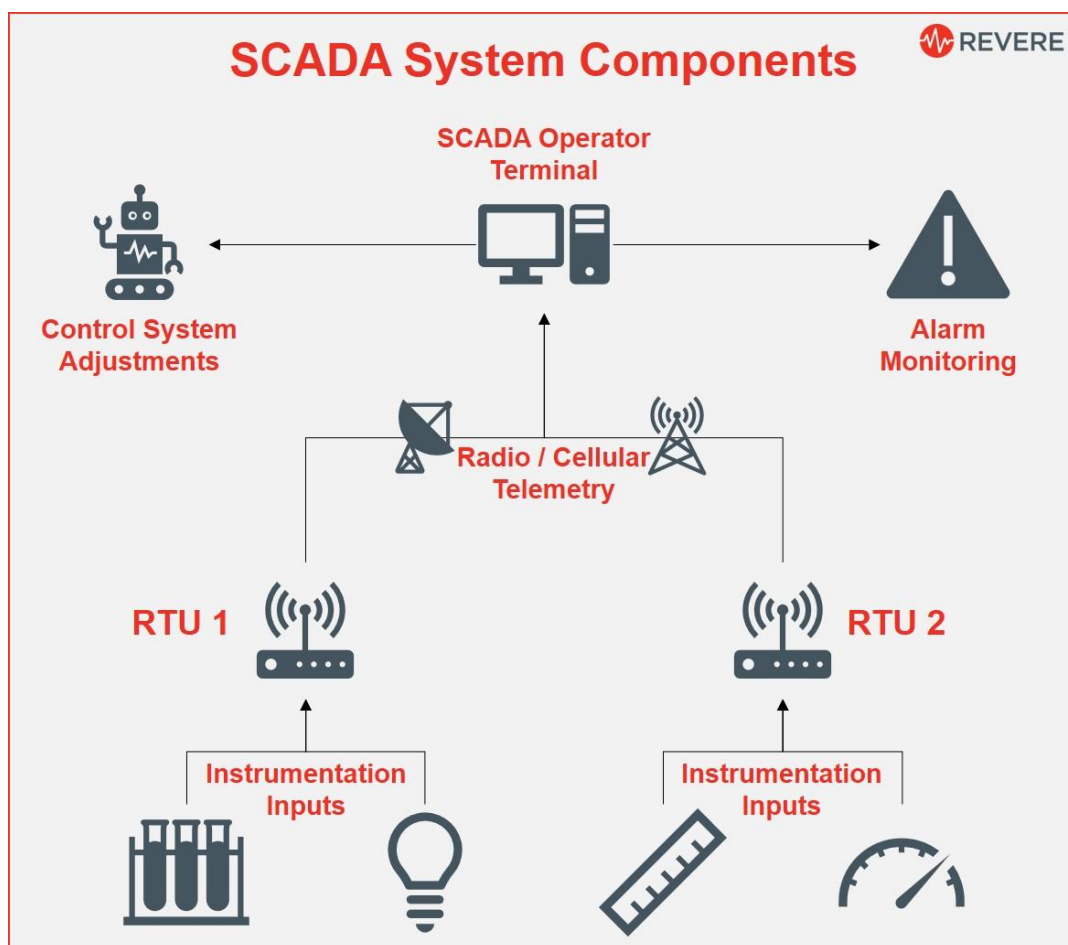
Συνοψίζοντας, με τα συστήματα SCADA:

- Συλλέγονται και αποθηκεύονται και αναπαρίστανται δεδομένα για τα συστήματα που χρησιμοποιούνται
- Καταγράφονται “trends” (ιστορικού) για τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων
- Δίνεται η δυνατότητα για απομακρυσμένο και άμεσο έλεγχο των συστημάτων
- Χρησιμοποιούνται και ελέγχονται τα συστήματα από τους εκάστοτε υπευθύνους (access groups)

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη λειτουργία των συστημάτων ακόμα και σε περίπτωση κάποιας άμεσα αντιμετωπίσιμης βλάβης.

2.2 Δομή συστημάτων SCADA

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται ένα δομημένο σύστημα αυτοματισμού:



Εικόνα 1 Βασική δομή συστημάτων αυτοματισμού - SCADA [1]

Τα συστήματα SCADA αποτελούνται από ένα σύνολο απομακρυσμένων τερματικών μονάδων (RTU), οι οποίες συλλέγουν δεδομένα από τα συστήματα μιας εγκατάστασης και τα μεταφέρουν σε μια κεντρική μονάδα, π.χ. έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω καλωδίων, τηλεφωνικών γραμμών κ.α., ανάλογα πάντα με το μοντέλο της τερματικής μονάδας. Ο υπολογιστής λαμβάνει τα δεδομένα και τα επεξεργάζεται μέσω του συστήματος SCADA σε πραγματικό χρόνο και με μεγάλη ακρίβεια, έτσι παράγονται στην οθόνη δεδομένα και πληροφορίες σχετικά με τα συστήματα της εγκατάστασης. Τα δεδομένα αυτά προέρχονται είτε από τους αισθητήρες που έχουν τοποθετηθεί στο σύστημα ή από σήματα τα οποία παρέχονται απευθείας από κάποια κεντρική μονάδα. Για παράδειγμα μια Αντλία Θερμότητας (Α.Θ.) συνήθως παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου χωρίς να χρειαστεί να τοποθετηθεί κάποιος αισθητήρας επιπλέον της αντλίας. Με αυτό τον τρόπο γίνεται, λοιπόν, εφικτό να διαχειριστούν τα συστήματα με ακρίβεια ώστε να παρέχει το επιθυμητό αποτέλεσμα τελείως αυτόματα. Ακόμη, σε περίπτωση τοπικής βλάβης ο χειριστής του SCADA μπορεί απομακρυσμένα να τροποποιήσει προσωρινά την λειτουργία των συστημάτων ώστε να μην χρειαστεί να διακοπεί ολοκληρωτικά η λειτουργία της εγκατάστασης μέχρι την πλήρη αποκατάσταση της βλάβης. Συνοψίζοντας, εφόσον όλα τα δεδομένα συλλέγονται σε έναν κεντρικό υπολογιστή μπορεί να εξασφαλιστεί σε μεγάλο βαθμό, και εφόσον υπάρχει η γνώση, η καλή λειτουργία των συστημάτων ανά πάσα στιγμή.

Τα βασικά στοιχεία ενός συστήματος SCADA είναι:

- Ο κεντρικός υπολογιστής (Interface, Ρουτίνες, Βάση δεδομένων)
- Μονάδες RTU και τρόπος επικοινωνίας με τον κεντρικό υπολογιστή
- Συσκευές ελέγχου
- Αισθητήρια
- PLC και controllers

2.3 Πρωτόκολλα επικοινωνίας συστημάτων SCADA

Για να λειτουργήσει ένα σύστημα SCADA θα πρέπει η πληροφορία να μεταφερθεί σωστά και άμεσα στον κεντρικό υπολογιστή. Για να επιτευχθεί μια υψηλού επιπέδου επικοινωνία των μονάδων RTU με τον κεντρικό υπολογιστή χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα συστήματα SCADA έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν με πολλά

πρωτόκολλα ώστε να μπορούν να καλύψουν το ευρύ φάσμα αναγκών στην αγορά. Παρακάτω θα αναλύσουμε μερικά από τα πιο βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται:

2.3.1 IEC 60870-5

Το IEC 60870-5 είναι η συλλογή προτύπων που δημιουργήθηκε από την IEC (Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή). Δημιουργήθηκε για να παρέχει ένα ανοιχτό πρότυπο για τη μετάδοση τηλεμετρικού ελέγχου και πληροφοριών SCADA. Παρέχει λεπτομερή λειτουργική περιγραφή για εξοπλισμό και συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο διεσπαρμένων γεωγραφικά διαδικασιών, συγκεκριμένα για συστήματα SCADA. Το πρότυπο προορίζεται για εφαρμογή στη βιομηχανία ηλεκτρισμού και περιλαμβάνει δεδομένα αντικείμενα που είναι ειδικά σχεδιασμένα για τέτοιες εφαρμογές. Είναι επίσης κατάλληλο για γενικές εφαρμογές SCADA σε οποιαδήποτε βιομηχανία. Ωστόσο, το πρωτόκολλο IEC 60870-5 χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία ηλεκτρισμού των ευρωπαϊκών χωρών [2], [3].

Μια από τις εκδόσεις του IEC 60870-5 είναι το T101 ή IEC 60870-5-101 (IEC101).

Το T101 είναι ένα διεθνές πρότυπο που έχει προετοιμαστεί από την TC57 για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τις σχετικές επικοινωνίες των συστημάτων ισχύος. Είναι συμβατό με τα πρότυπα IEC 60870-5-1 έως IEC 60870-5-5 και χρησιμοποιεί μια τυπική ασύγχρονη σειριακή διεπαφή τήλε-ελέγχου μεταξύ του DTE (Data Terminal Equipment) και του DCE (Data Circuit-terminating Equipment). Το πρότυπο είναι κατάλληλο για πολλαπλές διαμορφώσεις, όπως σημείο-προς-σημείο, αστέρι, πολλαπλές συνδέσεις κ.λπ. [2].

Τα βασικά χαρακτηριστικά του T101 είναι:

- Υποστηρίζει μη ισορροπημένες (μηνύματα που ξεκινούν από τον master) και ισορροπημένες (μηνύματα που ξεκινούν από τον master/slave) λειτουργίες μεταφοράς δεδομένων. Παρέχονται διευθύνσεις συνδέσμου και διευθύνσεις ASDU για την ταξινόμηση του τερματικού σταθμού και των διαφορετικών τομέων που βρίσκονται υπό αυτόν.
- Τα δεδομένα ταξινομούνται σε διαφορετικά αντικείμενα πληροφοριών και κάθε αντικείμενο πληροφοριών παρέχεται με συγκεκριμένη διεύθυνση.

- Παρέχεται δυνατότητα ταξινόμησης των δεδομένων σε υψηλή προτεραιότητα (κλάση 1) και χαμηλή προτεραιότητα (κλάση 2) και μεταφορά αυτών μέσω διαφορετικών μηχανισμών.
- Δυνατότητα ταξινόμησης των δεδομένων σε διαφορετικές ομάδες (1-16) για λήψη δεδομένων ανά ομάδα με την έκδοση συγκεκριμένων εντολών ομαδικής ανάκρισης από τον κύριο και λήψη δεδομένων από όλες τις ομάδες μέσω γενικής ανάκρισης.
- Παρέχονται σχήματα κυκλικής και αυθόρμητης ενημέρωσης δεδομένων.
- Δυνατότητα συγχρονισμού χρόνου.

2.3.2 Distributed Network Protocol 3

Το DNP3 ή Distributed Network Protocol 3 είναι ένα σύνολο πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται μεταξύ των στοιχείων σε συστήματα αυτοματοποίησης διεργασιών. Συνήθως χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, όπως εταιρείες ύδρευσης και ηλεκτρισμού. Τεχνικά είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους τομείς. Αναπτύχθηκε ειδικά για να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ διαφόρων τύπων συστημάτων συλλογής δεδομένων και ελέγχου. Παίζει καθοριστικό ρόλο στα συστήματα SCADA. Χρησιμοποιείται από τους κεντρικούς σταθμούς SCADA ή τα κέντρα ελέγχου, τις απομακρυσμένες τερματικές μονάδες (RTU) και τις έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές (IEDs).

Το πρωτόκολλο DNP3 χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ διαφόρων στοιχείων ενός συστήματος SCADA. Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν τον κεντρικό σταθμό SCADA ή το HMI, τις Απομακρυσμένες Τερματικές Μονάδες (RTUs) και τις Έξυπνες Ηλεκτρονικές Συσκευές (IEDs).. Υποστηρίζει επικοινωνίες πολλαπλών υποτελών, peer-to-peer, καθώς και πολλαπλών κύριων σταθμών. Υποστηρίζει τις λειτουργικές λειτουργίες της λειτουργίας με ερωτήσεις (rolled) και της ησυχαστικής λειτουργίας (quiescent operation). Η τελευταία αναφέρεται επίσης ως αναφορά κατά εξαίρεση (reporting by exception) [2], [3].

Οι χειριστές συστημάτων SCADA μπορούν να παρακολουθούν το πρωτόκολλο DNP3 στις λειτουργίες τους για να αυξήσουν την αξιοπιστία του συστήματος. Αυτό μειώνει την ενόχληση των πελατών μειώνοντας τους χρόνους διακοπής λειτουργίας. Το πρωτόκολλο DNP3 σχεδιάστηκε έτσι ώστε να αποφεύγονται οι παραμορφώσεις από παλαιότερο

εξοπλισμό, καθώς και από θόρυβο EMI και κανάλια μετάδοσης χαμηλής ποιότητας.

Ενώ αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου, το πρωτόκολλο DNP3 δεν περιλαμβάνει προβλέψεις για την ασφάλεια των επικοινωνιών.

Πλεονεκτήματα χρήσης DNP3:

- Είναι open source πρωτόκολλο
- Είναι φτιαγμένο και βελτιστοποιημένο για χρήση σε επικοινωνίες SCADA
- Υποστηρίζεται από μεγάλο αριθμό κατασκευαστών εξοπλισμού SCADA
- Επιτρέπει την χρήση μεταξύ εξοπλισμού διαφορετικών προμηθευτών
- Προσφέρει άμεσα και μακροπρόθεσμα οφέλη στους χρήστες

2.3.3 Modbus RTU

Το Modbus RTU είναι ένα πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας που δημοσιεύθηκε από την Modicon το 1979 για χρήση με τους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές της (PLC). Έχει καταστεί ένα «de facto» πρότυπο πρωτόκολλο επικοινωνίας στη βιομηχανία και αποτελεί πλέον το πιο κοινό μέσο σύνδεσης βιομηχανικών ηλεκτρονικών συσκευών [2], [4].

Οι κύριοι λόγοι για την εκτεταμένη χρήση του Modbus έναντι άλλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας είναι:

- Είναι open source πρωτόκολλο.
- Είναι ένα σχετικά εύκολο βιομηχανικό δίκτυο για ανάπτυξη.
- Μεταφέρει ακατέργαστα Bits ή λέξεις χωρίς να επιβάλλει πολλούς περιορισμούς στους κατασκευαστές.

Το Modbus επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ πολλών συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο ίδιο δίκτυο, για παράδειγμα, ένα σύστημα που μετρά τη θερμοκρασία και την υγρασία και επικοινωνεί τα αποτελέσματα σε έναν υπολογιστή. Το Modbus χρησιμοποιείται συχνά για τη σύνδεση ενός εποπτικού υπολογιστή με μια απομακρυσμένη τερματική μονάδα RTU σε συστήματα SCADA.

2.3.4 Profibus

Οι συσκευές Profibus επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το τυποποιημένο προφίλ επικοινωνίας PROFIBUS DP (Decentralized Periphery), το οποίο καθορίζει τους κανόνες που διέπουν την επικοινωνία. Στον πυρήνα του προφίλ επικοινωνίας βρίσκεται η έννοια του master/slave, όπου ένας master (ενεργός κόμβος επικοινωνίας) πραγματοποιεί κυκλικές ερωτήσεις στους συνδεδεμένους slave (παθητικούς κόμβους επικοινωνίας). Όταν ο master κάνει ερώτηση, ο slave απαντά με ένα πλαίσιο απόκρισης προς τον ερωτώντα master. Ένα πλαίσιο ερώτησης περιέχει τα δεδομένα εξόδου, π.χ. την επιθυμητή ταχύτητα ενός κινητήρα, ενώ το αντίστοιχο πλαίσιο απόκρισης περιέχει τα δεδομένα εισόδου, π.χ. την τελευταία μετρηθείσα τιμή από έναν αισθητήρα. Σε έναν κύκλο του διαύλου, ο master ερωτά, δηλαδή ανταλλάσσει δεδομένα I/O, με όλους τους συνδεδεμένους slave. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται όσο το δυνατόν ταχύτερα [2], [3].

Παράλληλα με αυτόν τον τύπο επικοινωνίας, ο οποίος περιγράφεται ως κυκλικός και υποστηρίζει την τακτική ανταλλαγή δεδομένων εισόδου και εξόδου μεταξύ ενός master και των slave του, δεδομένα παραμέτρων, π.χ. ρυθμίσεις συσκευών, μπορούν επίσης να μεταδοθούν μέσω του PROFIBUS. Αυτή η ενέργεια ξεκινά από τον master (συνήθως μέσω ελέγχου χρήστη) μεταξύ των κύκλων I/O για ανάγνωση ή/και εγγραφή δεδομένων παραμέτρων slave. Αυτός ο τύπος επικοινωνίας περιγράφεται ως μη κυκλικός (acyclic communication). Ένα σύστημα PROFIBUS μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερους από έναν master. Σε τέτοια συστήματα, τα δικαιώματα πρόσβασης μεταβιβάζονται από τον έναν master στον επόμενο μέσω διαδοχής token (token passing). Για να καλύψει τις ειδικές απαιτήσεις των διαφόρων πεδίων εφαρμογής όσο το δυνατόν καλύτερα, το σύστημα επικοινωνίας PROFIBUS έχει επεκταθεί πέρα από τη βασική του λειτουργικότητα, περιλαμβάνοντας επιπλέον επίπεδα που υποστηρίζουν ειδικές λειτουργίες. Υπάρχουν σήμερα τρία τέτοια επίπεδα πρωτοκόλλου: DP-V0, DP-V1 και DP-V2.

2.3.5 Simple Network Management Protocol

Το Simple Network Management Protocol (SNMP) είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής. Όπως και τα Modbus και DNP3, το SNMP βασίζεται στην αρχιτεκτονική manager/slave. Ο manager συλλέγει και επεξεργάζεται δεδομένα για τις συσκευές του

δικτύου, ενώ οι slaves (ή agents) είναι οποιοδήποτε είδος συσκευής συνδεδεμένο στο ίδιο δίκτυο. Η αρχιτεκτονική του SNMP περιλαμβάνει επίσης ένα τρίτο στοιχείο: τη Βάση Διαχείρισης Πληροφοριών (Management Information Base - MIB). Η MIB λειτουργεί ως μια βάση δεδομένων για τους agents του SNMP. Αυτό σημαίνει ότι όταν ο manager υποβάλει μια ερώτηση σε έναν agent, οι agent χρησιμοποιούν την MIB για να παρέχουν την απάντηση. Το SNMP χρησιμοποιεί τόσο συγχρονισμένα όσο και ασύγχρονα μηνύματα. Οι RTU στέλνουν δεδομένα στον manager είτε κατόπιν αιτήματος είτε αυτόνομα όταν προκύψει ένας σημαντικός συναγερμός. Οι συγχρονισμένες ειδοποιήσεις SNMP πραγματοποιούνται όταν ο manager στέλνει ένα μήνυμα Get και ο agent απαντά με ένα μήνυμα GetResponse. Από την άλλη πλευρά, οι ασύγχρονες ειδοποιήσεις ξεκινούν από τους agents μέσω μηνυμάτων Trap [2].

2.3.6 Ethernet

Το Ethernet είναι ένα από τα πρώτα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (LAN), το οποίο εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Αυτή η τεχνολογία μεταφοράς έφερε μια σημαντική αλλαγή στον τρόπο που πραγματοποιείται η υπολογιστική εργασία. Αντί οι χρήστες να χρησιμοποιούν τερματικά για πρόσβαση σε έναν κοινόχρηστο κεντρικό υπολογιστή ή μίνι-υπολογιστή, πλέον εργάζονται απευθείας σε έναν υπολογιστή για έναν χρήστη. Ο υπολογιστής, με τη σειρά του, συνδέεται σε ένα τοπικό δίκτυο, παρέχοντας στον χρήστη κοινή πρόσβαση σε πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες και σε κοινόχρηστο εξοπλισμό δικτύου, όπως εκτυπωτές ή συσκευές φαξ. Αυτό οδηγεί σε αλλαγές στη δικτύωση ευρείας περιοχής (WAN). Η συνδεσιμότητα LAN προς LAN αντικαθιστά τη σύνδεση τερματικού προς υπολογιστή, δημιουργώντας έτσι απαιτήσεις για υψηλότερες ταχύτητες επικοινωνίας [5].

Το Ethernet είναι επίσης ένα πρωτόκολλο προσανατολισμένο σε πακέτα. Τα πακέτα του δημιουργούνται ανεξάρτητα από τα πρωτόκολλα εισερχόμενων δεδομένων. Οι συσκευές με δυνατότητα Ethernet πρέπει να ακολουθούν τους κανόνες του πρωτοκόλλου, οι οποίοι συνδέονται με τις απαιτήσεις του Ethernet. Αυτό επιτρέπει τη σύνδεση μιας ποικιλίας συσκευών σε ένα δίκτυο Ethernet, παρόμοια με το frame relay.

2.3.7 TCP/IP Networks

Τα δίκτυα TCP/IP έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά πακέτων με τα δίκτυα frame relay και Ethernet. Δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των πακέτων IP και των εισερχόμενων πακέτων δεδομένων ερωτήσεων/απαντήσεων SCADA [4].

Το TCP είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970 για να παρέχει διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφόρων προμηθευτών εξοπλισμού. Σε αντίθεση με το OSI, το TCP/IP δεν αποτελεί ένα πραγματικά διεθνές πρότυπο, αλλά ένα ανοιχτό πρότυπο που χρησιμοποιείται ευρέως σε διεθνές επίπεδο.

2.3.8 Σύγκριση πρωτοκόλλων επικοινωνίας PLC

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια σύγκριση μεταξύ των πρωτοκόλλων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές PLC.

Πίνακας 1 Σύγκριση πρωτοκόλλων SCADA [3]

Protocol	Network Infrastructure	Topologies	Data Rates	Maximum Distance
BITBUS	Fieldbus	Bus	62.5 Kbps, 375 Kbps, 1.5 Mbps	1200m
DC-BUS	2-wire cable	Line	115.2 Kbps up to 1.3 Mbps	100 km
Distributed Network Protocol 3	Ethernet	Line, Peer-to-Peer	100 Mbps, 1 Gbps	100m
EtherCAT	Ethernet	Ring, Line, Daisy-chain	100 Mbps	100m
Ethernet Powerlink	Ethernet	Tree, Line, Star, Peer-to-Peer	100 Mbps	100m
Foundation Fieldbus H1	Fieldbus	Point-to-point, Bus with Spur, Daisy-chain, Tree	31.25 Kbps	1900 m without repeater, 9500 m with up to 4 repeaters
Foundation HSE	Ethernet	Tree, Line, Star, Peer-to-Peer	100 Mbps	100m
HART	2-wire cable	Point-to-point, Multi-drop	1.2 Kbps	3 km
IEC 60870	Serial, Ethernet	Ring, Tree, Line, Star	N/A	N/A
IEC 61850	Ethernet	Ring, Tree, Line, Star	N/A	100m
Modbus	Serial, Ethernet	Line, Star, Ring, Mesh (MB+)	100 Mbps, 1 Gbps	N/A
PROFIBUS	Fieldbus	Point-to-point, Bus with spur, Daisy-chain, Tree	9.6 Kbps to 12 Mbps	100 to 1200m, 15km for optical channel
PROFINET	Ethernet	Ring, Tree, Line, Star	100 Mbps, 1 Gbps	100m
RAPIDnet	Ethernet	Line, Ring	100 Mbps	100m
SERCOS III	Ethernet	Line, Ring	100 Mbps, 1 Gbps	N/A
Unitronics PCOM	Serial, Ethernet	Ring, Line, Star	100 Mbps	100m
WorldFIP	Fieldbus	Bus	31.25 Kbps, 1 Mbps, 2.5 Mbps, 5 Mbps	1km

2.4 Επισκόπηση και σύγκριση λογισμικών SCADA

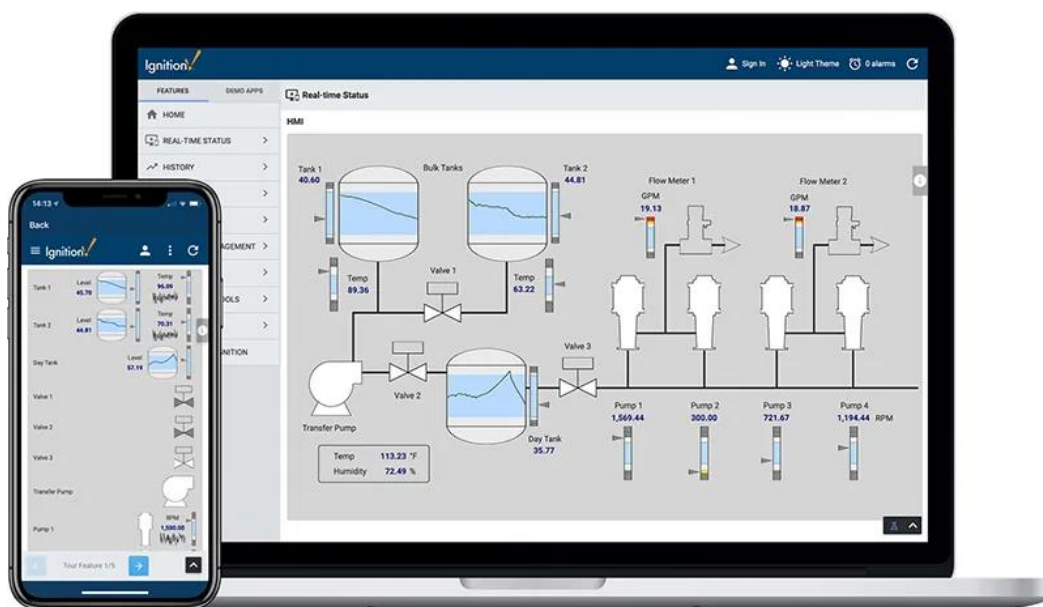
Τα συστήματα SCADA είναι κρίσιμα για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την αυτοματοποίηση βιομηχανικών διαδικασιών. Καθώς βαίνουμε προς το Industry 4.0, και

εφόσον η ζήτηση για τέτοια λογισμικά αυξάνεται, όλο και περισσότερες εταιρείες προσπαθούν να αναπτύξουν το δικό τους λογισμικό συστημάτων SCADA.

Ακολουθεί μια επισκόπηση ορισμένων από τα καλύτερα λογισμικά SCADA και μια σύγκριση των χαρακτηριστικών και διαφορών τους.

2.4.1 Ignition

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον (Interface) του Ignition σε κινητή συσκευή και υπολογιστή.



Εικόνα 2 Ignition SCADA Software Interface [6]

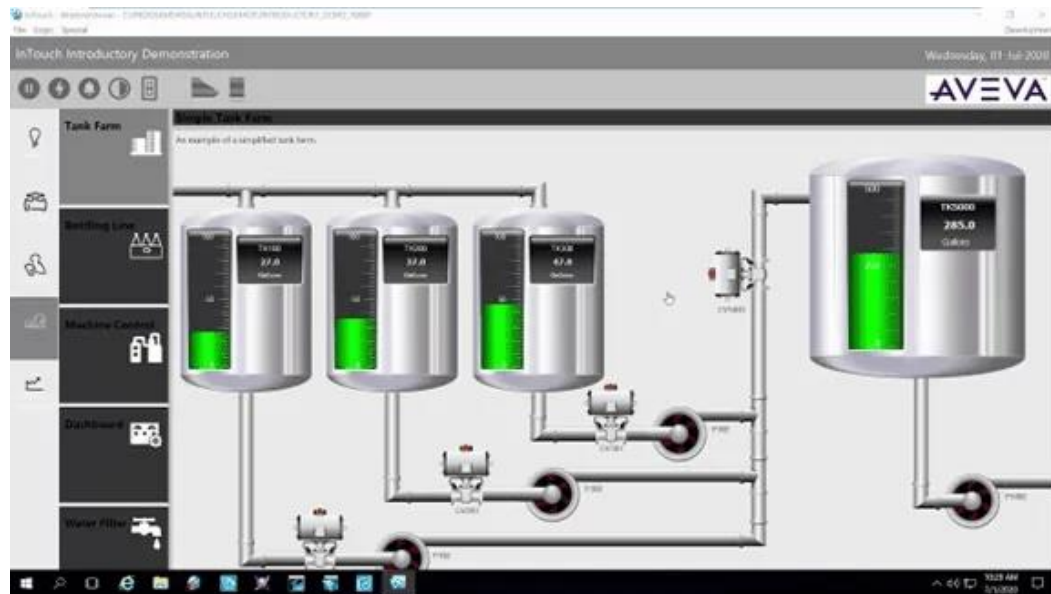
Ignition από την Inductive Automation:

Το υπό εξέταση σύστημα διαθέτει πληθώρα χαρακτηριστικών που το καθιστούν ιδιαίτερα ανταγωνιστικό στον τομέα των σύγχρονων λύσεων SCADA. Συγκεκριμένα, προσφέρει απεριόριστους δείκτες, πελάτες και συνδέσεις χωρίς επιπλέον κόστος, ενώ ενσωματώνει μοντέλα HMI (Human-Machine Interface) και MES (Manufacturing Execution Systems) για βελτιστοποίηση της λειτουργικότητας. Επιπλέον, είναι πλήρως συμβατό με βάσεις δεδομένων SQL, διασφαλίζοντας την ομαλή ενσωμάτωση και διαχείριση δεδομένων. Η ανεξαρτησία από συγκεκριμένη πλατφόρμα (Windows, macOS, Linux) σε συνδυασμό με την αρθρωτή αρχιτεκτονική του, καθιστά το σύστημα ιδανικό για κλιμακούμενες λύσεις, προσαρμοσμένες στις ανάγκες κάθε οργανισμού. Επιπρόσθετα, προσφέρει εξαιρετική υποστήριξη κινητών συσκευών, ενισχύοντας τη δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και διαχείρισης. Το σύστημα απευθύνεται κυρίως σε οργανισμούς που

επιζητούν οικονομικές, σύγχρονες και κλιμακούμενες λύσεις SCADA. Ωστόσο, ένα σημαντικό μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται τεχνική εξειδίκευση για την πλήρη προσαρμογή και παραμετροποίησή του στις ανάγκες του εκάστοτε οργανισμού [6].

2.4.2 Indusoft Web Studio

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται το Interface του Indusoft και στην Εικόνα 4 η σελίδα εκκίνησης του προγράμματος.



Εικόνα 3 AVEVA Interface example



Εικόνα 4 Indusoft launch window

Indusoft (πλέον AVEVA EDGE) από την AVEVA:

Η πλατφόρμα Indusoft, γνωστή πλέον ως AVEVA Edge, αποτελεί προϊόν της AVEVA και έχει καθιερωθεί ως μία από τις κορυφαίες λύσεις SCADA στην αγορά. Ένα από τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι η διαισθητική και εύκολη στη χρήση διεπαφή, που διευκολύνει την ανάπτυξη και την παραμετροποίηση συστημάτων. Παρέχει δυνατότητες οπτικοποίησης και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που ενισχύει την

αποτελεσματικότητα και την ταχύτητα λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, διαθέτει ισχυρή υποστήριξη οικοσυστήματος, προσφέροντας πολλαπλές ενσωματώσεις με άλλα εργαλεία και συστήματα, ενώ περιλαμβάνει προηγμένο σύστημα διαχείρισης συναγερμών για άμεση αντιμετώπιση κρίσιμων καταστάσεων. Η πλατφόρμα αυτή είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για βιομηχανίες όπως η κατασκευή, η ενέργεια και η επεξεργασία νερού, όπου απαιτείται ένα στιβαρό και διαδεδομένο σύστημα SCADA. Παρά τα πλεονεκτήματά της, η Indusoft αντιμετωπίζει ορισμένα μειονεκτήματα, όπως το ακριβό μοντέλο αδειοδότησης και οι υψηλότερες απαιτήσεις συστήματος σε σύγκριση με άλλες διαθέσιμες λύσεις SCADA [7].

2.4.3 WinCC

Στην Εικόνα 5 παρουσιάζεται το Interface του προγράμματος WinCC.



Εικόνα 5 WinCC interface [8]

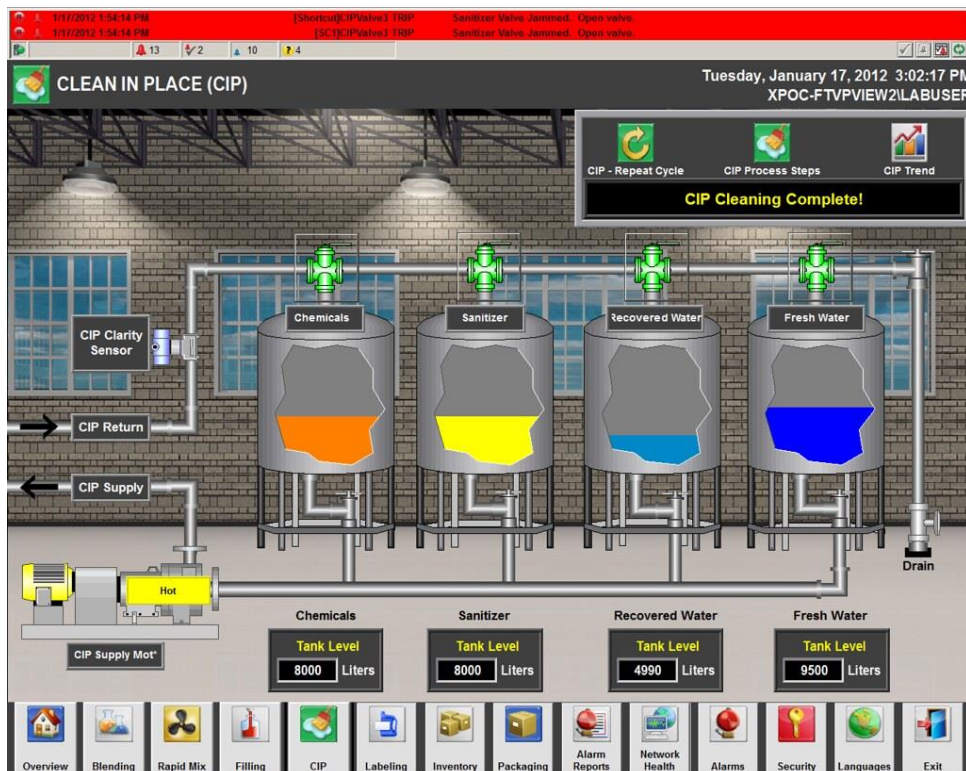
WinCC από τη Siemens:

Το WinCC της Siemens αποτελεί μία από τις πιο διαδεδομένες λύσεις SCADA, ειδικά για επιχειρήσεις που βασίζονται εκτενώς σε αυτοματισμούς της Siemens. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η ομαλή ενσωμάτωση με το υλικό και τα PLC της Siemens, γεγονός που εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργικότητα και υψηλό επίπεδο συμβατότητας. Το σύστημα προσφέρει ολοκληρωμένα εργαλεία διάγνωσης και αναφοράς, τα οποία ενισχύουν τη διαχείριση και την ανάλυση δεδομένων, ενώ η κλιμακούμενη αρχιτεκτονική του επιτρέπει τη χρήση του τόσο σε μικρής κλίμακας

συστήματα όσο και σε μεγάλα, σύνθετα περιβάλλοντα. Επιπλέον, υποστηρίζει πολλές γλώσσες, καθιστώντας το κατάλληλο για παγκόσμιες εφαρμογές. Ωστόσο, το WinCC παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, όπως η περιορισμένη ευελιξία κατά τη χρήση υλικού τρίτων κατασκευαστών, γεγονός που μπορεί να αποτελεί εμπόδιο για επιχειρήσεις που δεν βασίζονται αποκλειστικά σε λύσεις της Siemens [8].

2.4.4 FactoryTalk

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζεται το Interface του προγράμματος FactoryTalk.



Εικόνα 6 FactoryTalk Interface example [9]

FactoryTalk από τη Rockwell Automation:

Το FactoryTalk της Rockwell Automation αποτελεί μια κορυφαία λύση SCADA, ειδικά σχεδιασμένη για επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν προϊόντα της Rockwell στον τομέα των βιομηχανικών αυτοματισμών. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος είναι η ομαλή ενσωμάτωσή του με PLC και υλικό της Rockwell, διασφαλίζοντας βέλτιστη απόδοση και συμβατότητα. Η αρχιτεκτονική του είναι έτοιμη για το cloud, επιτρέποντας απομακρυσμένη πρόσβαση και διευκολύνοντας τη διαχείριση συστημάτων από οπουδήποτε. Επιπλέον, περιλαμβάνει ολοκληρωμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας, τα οποία προστατεύουν κρίσιμα δεδομένα και διαδικασίες από κυβερνοαπειλές. Το FactoryTalk διαθέτει επίσης προηγμένα εργαλεία ανάλυσης και αναφοράς, προσφέροντας

πολύτιμη πληροφόρηση για τη βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών. Παρόλο που αποτελεί μια ισχυρή και ολοκληρωμένη λύση, το υψηλότερο κόστος του μπορεί να αποτελέσει αποτρεπτικό παράγοντα για μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις που αναζητούν οικονομικότερες επιλογές [9].

2.4.5 GE Digital iFIX

Στην Εικόνα 7 φαίνεται το Interface του προγράμματος iFIX.



Εικόνα 7 iFIX interface example [10]

Το SCADA σύστημα της GE Verona διακρίνεται για την υψηλή αξιοπιστία του, καθιστώντας το ιδανικό για εφαρμογές κρίσιμης σημασίας, όπως οι τομείς της υγείας, της επεξεργασίας τροφίμων και των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι τα φιλικά προς τον χρήστη εργαλεία παραμετροποίησης, τα οποία διευκολύνουν τη ρύθμιση και προσαρμογή του συστήματος στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε εφαρμογής. Επιπλέον, προσφέρει ισχυρές δυνατότητες διαχείρισης ιστορικών δεδομένων, επιτρέποντας την αποδοτική αποθήκευση και ανάλυση μεγάλου όγκου πληροφοριών. Η εξαιρετική υποστήριξη για ενσωμάτωση τρίτων συστημάτων ενισχύει την ευελιξία και τη λειτουργικότητα του λογισμικού. Ωστόσο, ένα από τα κύρια μειονεκτήματα του συστήματος είναι η απότομη καμπύλη εκμάθησης, που μπορεί να αποτελέσει πρόκληση για αρχάριους χρήστες, αυξάνοντας τον απαιτούμενο χρόνο εκπαίδευσης και προσαρμογής [10].

SCADA Comparison Table

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται μια συνοπτική σύγκριση των κύριων χαρακτηριστικών των προγραμμάτων SCADA που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Πίνακας 2 Σύγκριση συστημάτων SCADA

Χαρακτηριστικό	Ignition	Wonderware	WinCC	FactoryTalk	iFIX
Οικονομική Αποτελεσματικότητα	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Ευκολία Χρήσης	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Κλιμακωσιμότητα	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓
Ενσωμάτωση	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓✓
Υποστήριξη Κινητών	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓
Προηγμένη Ανάλυση	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Προτάσεις:

Οι προτάσεις επιλογής SCADA συστημάτων βασίζονται σε συγκεκριμένες ανάγκες και προτεραιότητες κάθε έργου. Για οικονομικά έργα, το **Ignition** αποτελεί εξαιρετική επιλογή, χάρη στο οικονομικό και αρθρωτό μοντέλο αδειοδότησής του, που προσφέρει ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Σε περιπτώσεις όπου η ευκολία χρήσης είναι κρίσιμη, συστήνονται οι πλατφόρμες **Indusoft** και **iFIX**, οι οποίες διαθέτουν διαισθητικές διεπαφές και φιλικά εργαλεία, κατάλληλα για αρχάριους χρήστες.

Για βιομηχανικές εφαρμογές, η επιλογή του κατάλληλου συστήματος εξαρτάται από το υπάρχον υλικό και τις απαιτήσεις της επιχείρησης. Το **WinCC** είναι ιδανικό για εγκαταστάσεις που βασίζονται σε υλικό της Siemens, ενώ το **FactoryTalk** ξεχωρίζει για την ενσωμάτωσή του με αυτοματισμούς της Rockwell. Επιπλέον, το **iFIX** προτείνεται για κρίσιμους τομείς, όπως η υγεία και η επεξεργασία τροφίμων, λόγω της αξιοπιστίας και των χαρακτηριστικών ασφαλείας του.

Τέλος, για επιχειρήσεις που επιζητούν κλιμακούμενες και σύγχρονες λύσεις, το **Ignition** αναδεικνύεται ως η βέλτιστη επιλογή, καθώς προσφέρει ευέλικτες δυνατότητες και συμβατότητα με το Cloud, καθιστώντας το κατάλληλο για αναπτυσσόμενες επιχειρήσεις που επιδιώκουν την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών.

Η επιλογή του λογισμικού SCADA εξαρτάται από συγκεκριμένες ανάγκες, όπως ο προϋπολογισμός, η ευκολία χρήσης, η συμβατότητα με το υλικό και οι απαιτήσεις του κλάδου. Κάθε πλατφόρμα προσφέρει μοναδικά πλεονεκτήματα και περιορισμούς, καθιστώντας σημαντική την αξιολόγησή τους με βάση τους στόχους του έργου και την τεχνική εξειδίκευση.

Κεφάλαιο 3 Human Machine Interface - HMI

3.1 Η Σημασία των HMI στη Βιομηχανία 4.0

Τα HMI διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην υλοποίηση της Βιομηχανίας 4.0, της τρέχουσας βιομηχανικής επανάστασης που χαρακτηρίζεται από την ενσωμάτωση ψηφιακών τεχνολογιών όπως το IoT, η τεχνητή νοημοσύνη και τα προηγμένα συστήματα αυτοματισμού [11]. Τα HMI λειτουργούν ως η γέφυρα μεταξύ ανθρώπων και μηχανών, επιτρέποντας την αποτελεσματική επικοινωνία και συνεργασία για την επίτευξη βελτιωμένης αποδοτικότητας, παραγωγικότητας και λήψης αποφάσεων. Ακολουθούν οι λόγοι για τους οποίους τα HMI είναι απαραίτητα στη Βιομηχανία [11], [12].

3.1.1 Απλοποίηση Λειτουργιών και Βελτίωση Χρηστικότητας

Τα HMI παρέχουν μια διαισθητική και φιλική προς τον χρήστη διεπαφή, ούτως ώστε οι χειριστές να παρακολουθούν, να ελέγχουν και να αλληλοεπιδρούν με βιομηχανικά συστήματα. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές διεπαφές, τα σύγχρονα HMI ενσωματώνονται με τεχνολογίες της Βιομηχανίας για την προβολή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, καταστάσεων μηχανών και ειδοποιήσεων με οπτικά κατανοητό τρόπο. Για παράδειγμα, σε έξυπνα εργοστάσια, τα HMI επιτρέπουν στους χειριστές να επιβλέπουν ολόκληρες γραμμές παραγωγής μέσω ενός κεντρικού πίνακα ελέγχου, να εντοπίζουν εμπόδια και να προσαρμόζουν παραμέτρους χωρίς να διακόπτουν την παραγωγή. Αυτή η διαφάνεια στις λειτουργίες αυξάνει την παραγωγικότητα και μειώνει τον χρόνο διακοπής.

3.1.2 Αξιοποίηση Δεδομένων σε Πραγματικό Χρόνο για Ενημερωμένη Λήψη Αποφάσεων

Η βάση της Βιομηχανίας είναι η λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Τα HMI είναι απαραίτητα για την οπτικοποίηση των τεράστιων δεδομένων που παράγονται από διασυνδεδεμένες συσκευές και αισθητήρες. Με την παροχή αναλυτικών στοιχείων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, τα HMI δίνουν τη δυνατότητα στους χειριστές και τους διευθυντές να λαμβάνουν γρήγορες και ενημερωμένες αποφάσεις.

Για παράδειγμα, τα συστήματα προγνωστικής συντήρησης που είναι ενσωματωμένα με HMI μπορούν να προειδοποιούν τους τεχνικούς για πιθανές βλάβες εξοπλισμού πριν συμβούν πράγμα άκρως σημαντικό για την καλή λειτουργία μιας εγκατάστασης. Η οπτικοποίηση δεδομένων από αισθητήρες, όπως δονήσεις, θερμοκρασία ή πίεση, επιτρέπει προληπτικές επεμβάσεις, μειώνοντας τις δαπανηρές βλάβες και επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού.

3.1.3 Ενίσχυση της Συνεργασίας Ανθρώπων και Μηχανών

Στη Βιομηχανία, η συνεργασία μεταξύ ανθρώπων και μηχανών είναι πιο κρίσιμη από ποτέ. Τα HMI επιτρέπουν αυτή τη συνέργεια παρουσιάζοντας σύνθετες διαδικασίες μηχανών σε μορφές κατανοητές από τους ανθρώπους. Τα προηγμένα HMI, εξοπλισμένα με τεχνολογίες επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και εικονικής πραγματικότητας (VR), ενισχύουν ακόμη περισσότερο αυτή τη συνεργασία μέσω καθηλωτικής εκπαίδευσης και απομακρυσμένης επίλυσης προβλημάτων. Για παράδειγμα, ένα HMI συνδεδεμένο με έναν ρομποτικό βραχίονα μπορεί να παρέχει στους χειριστές οδηγίες βήμα προς βήμα για τον προγραμματισμό ή τη συντήρηση. Με τη βοήθεια του AR, τα HMI μπορούν να προβάλλουν δεδομένα μηχανών σε πραγματικό χρόνο πάνω στον φυσικό εξοπλισμό, επιτρέποντας ταχύτερες και ακριβέστερες επεμβάσεις.

3.1.4 Υποστήριξη Ευελιξίας και Κλιμάκωσης στην Παραγωγή

Η Βιομηχανία βασίζεται στην ευελιξία να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις της αγοράς. Τα HMI διευκολύνουν την ταχεία αναδιάρθρωση των μηχανών και των γραμμών παραγωγής για να προσαρμοστούν σε νέα προϊόντα ή διαδικασίες. Με την ενσωμάτωση πλατφορμών Industrial IoT (IIoT), τα HMI διασφαλίζουν απρόσκοπτη επικοινωνία μεταξύ όλων των συσκευών, επιτρέποντας κλιμακούμενα και προσαρμόσιμα συστήματα παραγωγής.

Για παράδειγμα, σε ένα εργοστάσιο που παράγει εξατομικευμένα προϊόντα, τα HMI επιτρέπουν στους χειριστές να αλλάζουν γρήγορα τρόπους παραγωγής, να προσαρμόζουν προδιαγραφές και να παρακολουθούν τα αποτελέσματα χωρίς χειροκίνητο επαναπρογραμματισμό.

3.1.5 Βελτίωση της Ασφάλειας των Εργαζομένων

Η ασφάλεια των εργαζομένων είναι πρωταρχικής σημασίας σε βιομηχανικά περιβάλλοντα και τα HMI συμβάλλουν σημαντικά σε αυτό παρέχοντας σαφείς προειδοποιήσεις, πρωτόκολλα ασφαλείας και κουμπιά έκτακτης ανάγκης. Τα HMI που είναι ενσωματωμένα με αισθητήρες μπορούν να προειδοποιούν τους εργαζομένους για επικίνδυνες συνθήκες, όπως βλάβες εξοπλισμού ή επικίνδυνες θερμοκρασίες, διασφαλίζοντας άμεσες ενέργειες για την πρόληψη ατυχημάτων.

3.1.6 Συμπέρασμα

Στη Βιομηχανία, όπου τα έξυπνα εργοστάσια και τα ψηφιακά οικοσυστήματα είναι ο κανόνας, τα HMI είναι αναντικατάστατα εργαλεία για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ ανθρώπων και μηχανών. Βελτιώνουν τη χρηστικότητα, επιτρέπουν τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων, ενισχύουν τη συνεργασία ανθρώπων και μηχανών, υποστηρίζουν ευέλικτη παραγωγή και βελτιώνουν την ασφάλεια. Με την ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών όπως IoT, AI και AR, τα HMI δίνουν τη δυνατότητα στις βιομηχανίες να επιτύχουν μεγαλύτερη αποδοτικότητα, καινοτομία και ανταγωνιστικότητα στη νέα εποχή της Βιομηχανίας 4.0. Καθώς οι βιομηχανίες εξελίσσονται, τα HMI θα παραμείνουν θεμέλιο αυτής της μεταμόρφωσης.

3.2 Κορυφαίες Λύσεις HMI

I. Siemens Σειρά Προϊόντων: SIMATIC HMI [13]

Η σειρά προϊόντων **SIMATIC HMI** της Siemens αποτελεί μία ολοκληρωμένη λύση για τέτοια συστήματα, προσφέροντας κλιμακούμενες επιλογές από βασικά πάνελ έως προηγμένους βιομηχανικούς υπολογιστές. Οι συσκευές διαθέτουν οθόνες υψηλής ανάλυσης με δυνατότητες multi-touch, ενισχύοντας τη διαδραστικότητα και την ακρίβεια κατά τη χρήση. Η ενσωμάτωση με το **TIA Portal** (Totally Integrated Automation) διασφαλίζει την απρόσκοπτη διασύνδεση με άλλα συστήματα της Siemens, ενώ η δυνατότητα σύνδεσης στο **MindSphere** παρέχει πρόσβαση σε υπηρεσίες IoT, επιτρέποντας την προηγμένη παρακολούθηση και ανάλυση δεδομένων. Τέλος, τα συστήματα προσφέρουν προγνωστική συντήρηση και

προηγμένα διαγνωστικά, ενισχύοντας την αξιοπιστία και μειώνοντας τον χρόνο διακοπής λειτουργίας.

Η σειρά SIMATIC HMI είναι ιδανική για περιβάλλοντα που βασίζονται σε λύσεις αυτοματισμού της Siemens, προσφέροντας ανθεκτικότητα και υψηλή απόδοση. Ο συνδυασμός αυτών των χαρακτηριστικών την καθιστά κορυφαία επιλογή για βιομηχανικές εφαρμογές που απαιτούν αξιοπιστία και ενσωμάτωση σύγχρονων τεχνολογιών [13].

II. Rockwell Automation Σειρά Προϊόντων: Allen-Bradley PanelView [14]

Η σειρά προϊόντων **Allen-Bradley PanelView** της Rockwell Automation προσφέρει ευέλικτες λύσεις HMI, κατάλληλες για διάφορες βιομηχανικές εφαρμογές. Περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία μορφών, όπως οθόνες αφής και συστήματα με πληκτρολόγια, ικανοποιώντας διαφορετικές ανάγκες χρήσης. Τα προϊόντα είναι πλήρως συμβατά με τα συστήματα **ControlLogix** και το λογισμικό **FactoryTalk**, εξασφαλίζοντας απρόσκοπτη διασύνδεση και υψηλή λειτουργικότητα. Επιπλέον, υποστηρίζουν προηγμένα εργαλεία οπτικοποίησης σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι φιλικά προς τις κινητές συσκευές, επιτρέποντας την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση.

Η σειρά **PanelView** ξεχωρίζει για την αξιοπιστία της και αποτελεί ιδανική επιλογή για περιβάλλοντα που βασίζονται σε συστήματα αυτοματισμού της Rockwell. Με έμφαση στην ευελιξία και τη δυνατότητα χρήσης κινητών συσκευών, τα προϊόντα αυτά ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις σύγχρονων βιομηχανικών διαδικασιών, διασφαλίζοντας υψηλά επίπεδα απόδοσης και προσαρμοστικότητας [14].

III. Schneider Electric Σειρά Προϊόντων: Harmony HMI [15]

Η σειρά προϊόντων **Harmony HMI** της Schneider Electric αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση HMI, παρέχοντας επιλογές που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών, από βασικές οθόνες κειμένου έως προηγμένα πάνελ αφής. Τα προϊόντα υποστηρίζουν την ενσωμάτωση με το **EcoStruxure**, την IoT πλατφόρμα της

Schneider, επιτρέποντας προηγμένη συνδεσιμότητα και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, τα Harmony HMI προσφέρουν δυνατότητες διαχείρισης ενέργειας, ενώ υποστηρίζουν πολλαπλά βιομηχανικά πρωτόκολλα, διευκολύνοντας την ενσωμάτωσή τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Η σειρά **Harmony HMI** είναι ιδανική για βιομηχανίες που δίνουν έμφαση στη διαχείριση ενέργειας και σε ευέλικτες εφαρμογές, εξασφαλίζοντας υψηλή προσαρμοστικότητα και αξιοπιστία. Με την ενσωμάτωση IoT και τις προηγμένες δυνατότητες συνδεσιμότητας, τα προϊόντα της Schneider Electric ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις σύγχρονων βιομηχανικών διαδικασιών, παρέχοντας εξαιρετική απόδοση και δυνατότητες ανάλυσης [15].

IV. ABB Σειρά Προϊόντων: CP600 και CP600-Pro [16]

Η σειρά προϊόντων **CP600** και **CP600-Pro** της ABB προσφέρει προηγμένες λύσεις HMI, σχεδιασμένες για απαιτητικά βιομηχανικά περιβάλλοντα. Οι συσκευές διαθέτουν ανθεκτικό σχεδιασμό, καθιστώντας τις κατάλληλες για χρήση σε σκληρές συνθήκες λειτουργίας, ενώ οι οθόνες υψηλής ανάλυσης με δυνατότητες multi-touch προσφέρουν εξαιρετική εμπειρία χρήσης. Η υποστήριξη σύγχρονων πρωτοκόλλων συνδεσιμότητας, όπως **OPC UA** και **MQTT**, επιτρέπει τη διασύνδεση με δίκτυα IoT και την απομακρυσμένη παρακολούθηση συστημάτων. Παράλληλα, οι ενισχυμένες λειτουργίες κυβερνοασφάλειας διασφαλίζουν την προστασία κρίσιμων δεδομένων και διαδικασιών.

Η σειρά **CP600** και **CP600-Pro** ξεχωρίζει για την αξιοπιστία και την ευελιξία της, καθιστώντας την ιδανική επιλογή για βιομηχανίες που απαιτούν ασφαλείς λειτουργίες και εξοπλισμό ανθεκτικό στις πιο δύσκολες συνθήκες. Ο συνδυασμός καινοτόμου σχεδιασμού και προηγμένων χαρακτηριστικών διασφαλίζει υψηλή απόδοση και αντοχή σε βάθος χρόνου [16].

V. Mitsubishi Electric Σειρά Προϊόντων: GOT2000 [17]

Η σειρά προϊόντων **GOT2000** της Mitsubishi Electric προσφέρει προηγμένες λύσεις HMI που ξεχωρίζουν για την υψηλή ποιότητα και την ευελιξία τους. Οι συσκευές διαθέτουν οθόνες υψηλής ανάλυσης με δυνατότητες προσαρμογής, παρέχοντας μια εξατομικευμένη εμπειρία χρήσης, ενώ τα προηγμένα διαγνωστικά διευκολύνουν τη συντήρηση και τη βελτιστοποίηση των συστημάτων. Η ενσωμάτωση με τα PLC, τα συστήματα κίνησης και τη ρομποτική της Mitsubishi επιτρέπει την απρόσκοπτη διασύνδεση και τη συνολική διαχείριση των προϊόντων αυτοματισμού της εταιρείας.

Επιπλέον, η απομακρυσμένη πρόσβαση μέσω της εφαρμογής **GOT Mobile** και τα εργαλεία παρακολούθησης ενέργειας ενισχύουν τη λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητα του συστήματος. Η σειρά **GOT2000** αποτελεί ιδανική επιλογή για επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν προϊόντα αυτοματισμού Mitsubishi και αναζητούν λύσεις με δυνατότητα απομακρυσμένων λειτουργιών και προηγμένης διαχείρισης. Η συνδυαστική προσέγγιση προσαρμοστικότητας και τεχνολογικής καινοτομίας καθιστά τη σειρά GOT2000 μία από τις κορυφαίες επιλογές στην αγορά HMI [17].

VI. Weintek Σειρά Προϊόντων: cMT [18]

Η σειρά προϊόντων **cMT** της Weintek προσφέρει υψηλής απόδοσης λύσεις HMI, σχεδιασμένες για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις σύγχρονων βιομηχανικών εφαρμογών. Τα προϊόντα διαθέτουν ζωντανές οθόνες, παρέχοντας ευκρινή και λεπτομερή γραφικά, που διευκολύνουν τη λειτουργία και την παρακολούθηση των συστημάτων. Ένα από τα ισχυρότερα χαρακτηριστικά της σειράς είναι η κορυφαία συνδεσιμότητά της, καθώς υποστηρίζει πάνω από 300 πρωτόκολλα επικοινωνίας, διασφαλίζοντας την απρόσκοπτη ενσωμάτωση με διάφορα συστήματα και εξοπλισμό.

Επιπλέον, τα προϊόντα **cMT** ενσωματώνουν cloud υπηρεσίες μέσω του **EasyAccess2.0**, επιτρέποντας την απομακρυσμένη διαχείριση και τη χρήση εφαρμογών IoT. Η υποστήριξη web-based HMI ενισχύει περαιτέρω τη δυνατότητα

απομακρυσμένης λειτουργίας και παρακολούθησης. Η σειρά **cMT** αποτελεί μια εξαιρετική επιλογή για βιομηχανίες που απαιτούν ευελιξία, εκτεταμένη συνδεσιμότητα και προηγμένες δυνατότητες cloud, ενώ παραμένει μια οικονομικά αποδοτική λύση, καθιστώντας την προσιτή για επιχειρήσεις διαφόρων μεγεθών [18].

HMI Comparison Table

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται μια συνοπτική σύγκριση των κύριων χαρακτηριστικών των προγραμμάτων HMI που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Πίνακας 3 Σύγκριση Λύσεων HMI από Κορυφαίες Εταιρείες

Χαρακτηριστικό	Siemens	Rockwell Automation	Schneider Electric	ABB	Weintek
Ευκολία Χρήσης	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
Κλιμακωσιμότητα	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓
Ενσωμάτωση	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓
Συνδεσιμότητα	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓

Συμπερασματικά, η επιλογή της κατάλληλης λύσης HMI εξαρτάται από τις ειδικές ανάγκες και προτεραιότητες κάθε εφαρμογής. Η **Siemens** αποτελεί την ιδανική επιλογή για επιχειρήσεις που λειτουργούν σε οικοσυστήματα Siemens, προσφέροντας απρόσκοπτη ενσωμάτωση και αξιοπιστία. Η Rockwell **Automation** ξεχωρίζει για τα προηγμένα εργαλεία οπτικοποίησης, καθιστώντας την κατάλληλη για βιομηχανίες που απαιτούν υψηλή ακρίβεια και λειτουργικότητα σε πραγματικό χρόνο.

Η **Schneider Electric** είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για βιομηχανίες που δίνουν έμφαση στη διαχείριση ενέργειας και την ενσωμάτωση IoT, ενώ η **ABB** προσφέρει λύσεις ανθεκτικές σε σκληρά περιβάλλοντα, με αυξημένες δυνατότητες κυβερνοασφάλειας. Η **Mitsubishi Electric** αποτελεί ιδανική επιλογή για εφαρμογές προηγμένης ρομποτικής και απομακρυσμένης διαχείρισης, προσφέροντας ευελιξία και τεχνολογική καινοτομία. Τέλος, η **Weintek** ξεχωρίζει ως οικονομική λύση για περιβάλλοντα IoT, προσφέροντας κορυφαία συνδεσιμότητα και ενσωμάτωση cloud για μικρότερους προϋπολογισμούς.

Ανάλογα με τις τεχνολογικές απαιτήσεις, τις οικονομικές δυνατότητες και το υπάρχον οικοσύστημα της κάθε επιχείρησης, η επιλογή της κατάλληλης πλατφόρμας HMI μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας.

Κεφάλαιο 4 Programmable Logic Controller - PLC

4.1 Πρώτη επαφή με τα PLC

Ένα PLC είναι ένας βιομηχανικός υπολογιστής που έχει ενισχυθεί και προσαρμοστεί για τον έλεγχο βιομηχανικών διαδικασιών, όπως γραμμές συναρμολόγησης, μηχανές, ρομποτικές συσκευές ή οποιαδήποτε δραστηριότητα που απαιτεί υψηλή αξιοπιστία, ευκολία στον προγραμματισμό και διάγνωση βλαβών στη διαδικασία [19].

Τα PLC μπορούν να κυμαίνονται από μικρές αρθρωτές συσκευές με δεκάδες εισόδους και εξόδους (I/O) σε ένα περίβλημα ενσωματωμένο με τον επεξεργαστή, έως μεγάλες αρθρωτές συσκευές σε ράφι με χιλιάδες I/O, που συχνά συνδέονται δικτυακά με άλλα συστήματα PLC και SCADA. Μπορούν να σχεδιαστούν για πολλές διατάξεις ψηφιακών και αναλογικών I/O, εκτεταμένα εύρη θερμοκρασιών, ανοσία σε ηλεκτρικό θόρυβο και αντοχή σε κραδασμούς και κρούσεις με σκοπό να μπορούν να ανταποκριθούν σε κάθε περιβάλλον λειτουργίας.

Τα PLC αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά στη βιομηχανία κατασκευής αυτοκινήτων, για να παρέχουν ευέλικτους, ανθεκτικούς και εύκολα προγραμματιζόμενους ελεγκτές, αντικαθιστώντας τα συστήματα λογικής με ρελέ που ήταν συνδεδεμένα ενσύρματα. Ο Dick Morley, που εφηύρε τον πρώτο PLC, τον Modicon 084, για τη General Motors το 1968, θεωρείται ο πατέρας του PLC [20], [21].

Όπως είναι εύκολα κατανοητό, η αλλαγή που επήλθε με την εφεύρεση των PLC στον τομέα της βιομηχανίας ήταν τεράστια και η εναλλαγή από τα ρελέ στους υπολογιστές υπήρξε άμεση. Για τον λόγο αυτό οι βιομηχανίες προσπάθησαν να εντάξουν όσο πιο ομαλά γινόταν τα PLC στην καθημερινότητα τους και για να το πετύχουν αυτό:

- Δεν χρησιμοποιούσαν όρους που θα φόβιζαν τους εργαζομένους της βιομηχανίας και προσπάθησαν όσο το δυνατό περισσότερο να απλοποιούν τις ορολογίες, για παράδειγμα ακόμη και τον όρο Programmable Logic Controller τον ανέφεραν απλώς ως PLC.
- Έγινε, επίσης, προσπάθεια ώστε να μην διαφοροποιήσουν τον ήδη χρησιμοποιούμενο τρόπο λειτουργίας στον τομέα των αυτοματισμών.
- Σκοπός των αρχικά χρησιμοποιούμενων γλωσσών προγραμματισμού των PLC ήταν απλώς να γίνει αντικατάσταση του σχεδίου του ηλεκτρολογικού αυτοματισμού με μια συσκευή προγραμματισμού που διέθετε πλήκτρα [22].

4.2 Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές PLC

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι 22 μεγαλύτεροι κατασκευαστές PLC στην Ευρώπη και κάποια στατιστικά αυτών.

Πίνακας 4 Οι 22 μεγαλύτεροι κατασκευαστές PLC παγκοσμίως Δομή και αρχή λειτουργίας PLC

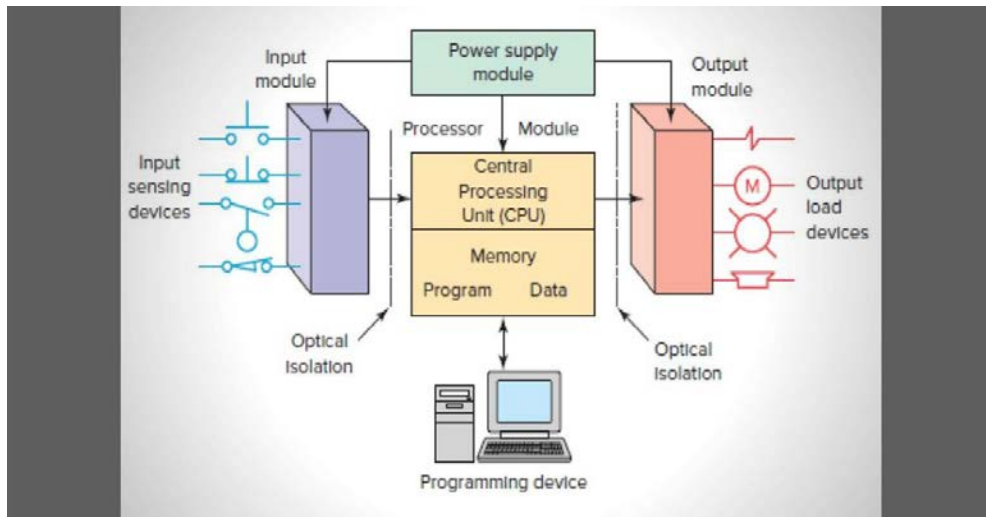
Manufacturer	Market Share	Market Cap (USD)	Annual Revenue (USD)	Employees	Key Features/Strengths	Source
Siemens	30-40%	\$124B	\$60B	385,000	Broadest range of PLCs, European leader.	[23]
Rockwell Automation	-	\$25B	\$7B	23,000	Nano to large systems, historic American brand.	[24]
Mitsubishi Electric	-	\$28B	\$37B	145,696	Wide PLC range, strong presence in Japan.	Mitsubishi Electric Financial Information
Schneider Electric	-	\$55B	€27B	135,000	Modicon brand, strong industrial focus.	[25]
ABB	-	\$50B	\$28B	105,000	Diverse product range, strong robotics integration.	[26]
Honeywell Process	-	\$103B	\$42B	99,000	Focus on edge computing and security.	[27]
Omron	-	\$14B	\$8B	30,000	High volume of products, micro to modular PLCs.	[28]

Hitachi	-	\$36B	\$90B	368,247	General and ultra-fast PLCs, strong industrial presence.	[29]
IDEC	-	\$523M	\$500M	3,000	Specializes in Ethernet-based PLCs, remote monitoring.	IDEC Financial Information
B&R Automation	-	Acquired by ABB	€620M (2016)	3,000	Innovative modular PLCs, decentralized systems.	B&R Company Information
Bosch Rexroth	-	-	€7.5B	31,000	IoT-enabled systems, synchronized motion control.	[30]
Koyo Electronics	-	\$2.7B (Parent: JTEKT)	-	12,000	Wide PLC range, Toyota connection.	[31]
Delta	-	\$16B	\$9B	80,000	Modular and hot-swappable PLCs, broad product portfolio.	Delta Electronics Investor Relations
Eaton	-	\$37B	\$21B	92,000	User-friendly PLCs, modular capabilities.	[32]
Keyence	-	\$100B	\$5B	8,419	Compact and modular PLCs, diverse automation products.	Keyence Corporation Financial Information
LS Electric	-	\$1.4B	\$2B	3,500	Motion and positioning	LS Electric Investor Relations

					modules, spin-off from LG.	
Panasonic	-	\$23B	\$75B	240,198	Entry to high-powered modular PLCs.	[33]
Phoenix Contact	-	-	€2.3B	20,300	Diverse product range, specialized PLCs for infrastructure.	Phoenix Contact Company Information
Pilz	-	-	€340M	2,500	Aesthetic design, tailored for complex plants.	[34]
WAGO	-	-	\$1B	8,500	High-end PLCs for extreme environments.	[35]
Yokogawa Electric	-	\$4.3B	\$3.7B	17,848	Ultra high-speed and stable PLCs.	[36]
Toshiba	-	\$15B	\$35B	125,648	Micro PLCs, robotics integration.	Toshiba Investor Relations

4.2.1 Δομή συστήματος PLC

Στην Εικόνα 8 και την Εικόνα 9 παρουσιάζονται η αρχιτεκτονική και η δομή ενός PLC, αντίστοιχα.



Εικόνα 8 Αρχιτεκτονική ενός PLC [37]

Παρακάτω θα αναλυθεί η Εικόνα 9 ώστε να γίνει πιο κατανοητή η δομή ενός PLC.

1. Μονάδα Τροφοδοσίας Ρεύματος (Power Supply Module):

- Παρέχει την απαραίτητη τροφοδοσία στο σύστημα PLC, συμπεριλαμβανομένου του επεξεργαστή, των μονάδων εισόδου και εξόδου.

2. Μονάδα Εισόδου (Input Module):

- Συνδέεται με τις συσκευές εισόδου, όπως διακόπτες, αισθητήρες και κουμπιά.
- Τα σήματα από αυτές τις συσκευές αποστέλλονται στη CPU αφού περάσουν από **οπτική απομόνωση**, η οποία διασφαλίζει ηλεκτρικό διαχωρισμό και ασφάλεια.

3. Επεξεργαστής (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας - CPU):

- Λειτουργεί ως ο "εγκέφαλος" του συστήματος PLC.
- Περιλαμβάνει τη **μνήμη**, η οποία χωρίζεται σε:
 - **Μνήμη Προγράμματος:** Αποθηκεύει τη λογική που ορίζει ο χρήστης (π.χ. λογική σκάλας, μπλοκ λειτουργιών κ.λπ.).
 - **Μνήμη Δεδομένων:** Αποθηκεύει μεταβλητές και λειτουργικά δεδομένα.
- Η CPU επεξεργάζεται τα δεδομένα εισόδου, εκτελεί το πρόγραμμα ελέγχου και καθορίζει τις κατάλληλες ενέργειες εξόδου.

4. Μονάδα Εξόδου (Output Module):

- Λαμβάνει εντολές από τη CPU και ελέγχει τις **συσκευές φορτίου εξόδου**, όπως μοτέρ, φώτα, βαλβίδες ή συναγερμούς.
- Όπως και η μονάδα εισόδου, περιλαμβάνει **οπτική απομόνωση** για την προστασία του συστήματος.

5. Συσσκευή Προγραμματισμού (Programming Device):

- Χρησιμοποιείται για τη συγγραφή, μεταφόρτωση και αποσφαλμάτωση του προγράμματος ελέγχου στο PLC.
- Η συσκευή προγραμματισμού είναι συνήθως ένας υπολογιστής με εξειδικευμένο λογισμικό για προγραμματισμό PLC.

6. Οπτική Απομόνωση (Optical Isolation):

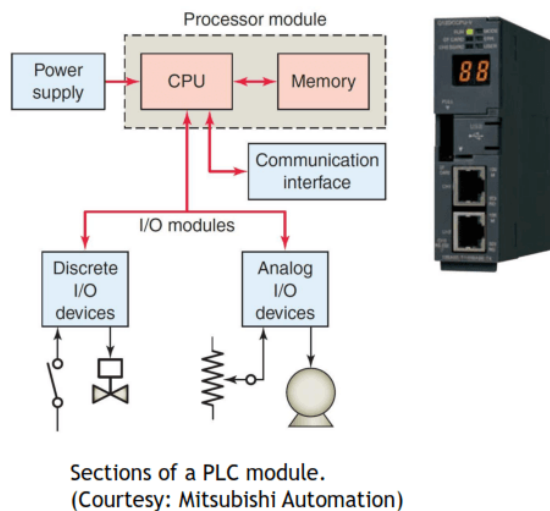
- Προστατεύει τη CPU και άλλα εξαρτήματα από ηλεκτρικές βλάβες ή θόρυβο στις πλευρές εισόδου και εξόδου.
- Διασφαλίζει την ακεραιότητα του σήματος και την ασφάλεια.

Αυτή η αρθρωτή αρχιτεκτονική καθιστά τα PLC αξιόπιστα, ευέλικτα και κατάλληλα για βιομηχανικές εφαρμογές αυτοματισμού.

Parts of a PLC.

Basic parts of a PLC

- Power Supply
- Processor Module
 - CPU
 - Memory
- Communication Interface.
 - HMI - Status
 - HMI - Programming
- I/O Modules
 - Discrete/Digital Inputs
 - Analog Inputs
- Output Modules



Εικόνα 9 Μέρη ενός PLC [37]

4.2.2 Αρχή λειτουργίας των PLC

Η βασική αρχή λειτουργίας ενός PLC βασίζεται στον **κύκλο σάρωσης**. Ένα PLC λειτουργεί σε έναν συνεχή, επαναλαμβανόμενο βρόγχο που αποτελείται από τρία βασικά βήματα:

1. **Σάρωση Εισόδων**
2. **Εκτέλεση Προγράμματος**
3. **Σάρωση Εξόδων**

1. Σάρωση Εισόδων (Input Scan):

- Το PLC διαβάζει την κατάσταση όλων των συνδεδεμένων συσκευών εισόδου (π.χ. διακόπτες, αισθητήρες, κουμπιά).
- Οι είσοδοι αυτές αποστέλλονται στη μονάδα εισόδου, η οποία μετατρέπει τα σήματα σε μορφή κατανοητή από τη CPU.
- Η CPU αποθηκεύει αυτά τα σήματα στη μνήμη εισόδου.

2. Εκτέλεση Προγράμματος (Program Execution):

- Το PLC επεξεργάζεται το πρόγραμμα ελέγχου που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη του (π.χ. Λογική Σκάλας, Διάγραμμα Λειτουργικών Μπλοκ κ.λπ.).
- Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί τα τρέχοντα δεδομένα εισόδου για να λάβει αποφάσεις βάσει της λογικής που έχει ορίσει ο χρήστης.
- Τα ενδιαμέσα αποτελέσματα αποθηκεύονται στη μνήμη δεδομένων.

3. Σάρωση Εξόδων (Output Scan):

- Μετά την εκτέλεση του προγράμματος, το PLC ενημερώνει την κατάσταση όλων των συσκευών εξόδου (π.χ. μοτέρ, βαλβίδες, φώτα).
- Η CPU αποστέλλει τα σήματα ελέγχου στη μονάδα εξόδου, η οποία τα μετατρέπει σε σήματα που ενεργοποιούν τις συνδεδεμένες συσκευές.

4. Επανάληψη του Κύκλου:

- Ολόκληρος ο κύκλος σάρωσης επαναλαμβάνεται συνεχώς, συνήθως μέσα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου.
- Αυτή η ταχεία σάρωση εξασφαλίζει ότι το PLC μπορεί να ανταποκρίνεται σχεδόν άμεσα στις αλλαγές των εισόδων.

Αυτή η απλή, αλλά ισχυρή, αρχή λειτουργίας επιτρέπει στα PLC να αυτοματοποιούν σύνθετες διαδικασίες σε βιομηχανίες όπως η κατασκευή, οι μεταφορές, η ενέργεια και πολλές άλλες.

4.3 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα των PLC

Όπως και σε κάθε άλλο νέο σύστημα που έρχεται στη βιομηχανία, έτσι και τα PLC καλύπτουν κάποιες ανάγκες καλύτερα από άλλες, δεν μπορούν όμως να είναι ταυτόχρονα άριστα σε όλους τους τομείς. Για αυτό, σημαντικό είναι να εξετάσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των PLC.

Πλεονεκτήματα των PLC:

1. **Αξιοπιστία:** Σχεδιασμένα για σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα, τα PLC λειτουργούν συνεχώς με ελάχιστη συντήρηση, εξασφαλίζοντας σταθερή απόδοση [38].
2. **Ευελιξία:** Εύκολα προγραμματιζόμενα για τον έλεγχο μιας ευρείας γκάμας διαδικασιών και εξοπλισμού, καθιστώντας τα κατάλληλα για διάφορους κλάδους [38].
3. **Ευκολία Χρήσης:** Χρησιμοποιούν φιλικές προς τον χρήστη γλώσσες προγραμματισμού, επιτρέποντας σε άτομα με διαφορετικό τεχνικό υπόβαθρο να τα προγραμματίσουν και να τα λειτουργήσουν αποτελεσματικά [38].
4. **Οικονομία:** Είναι γενικά πιο οικονομικά από τα παραδοσιακά συστήματα ελέγχου που βασίζονται σε ρελέ, ειδικά αν ληφθούν υπόψη το κόστος εγκατάστασης, συντήρησης και λειτουργίας [37].
5. **Ασφάλεια:** Μπορούν να προγραμματιστούν με χαρακτηριστικά ασφαλείας για την προστασία τόσο του προσωπικού όσο και του εξοπλισμού, όπως αυτόματες απενεργοποιήσεις σε περίπτωση δυσλειτουργίας [38].
6. **Συμπαγές Μέγεθος:** Τα PLC είναι σχετικά μικρά, αντικαθιστώντας πολλαπλούς χρονοδιακόπτες ή ρελέ μέσα σε έναν ηλεκτρικό πίνακα, εξοικονομώντας χώρο και απλοποιώντας την καλωδίωση [39].
7. **Γρήγοροι Χρόνοι Ανταπόκρισης:** Ικανά να επεξεργάζονται πληροφορίες γρήγορα, κάτι που είναι κρίσιμο σε συστήματα όπου η ταχύτητα είναι απαραίτητη [39].

8. **Δυνατότητα Προσομοίωσης:** Επιτρέπουν την προσομοίωση προγραμμάτων πριν από την εφαρμογή τους, διευκολύνοντας την ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων πριν από τη λειτουργία, ενισχύοντας την αξιοπιστία του συστήματος [39].

Κατανοούμε λοιπόν, ότι τα PLC προσφέρουν πολλά οφέλη, εφόσον χρησιμοποιηθούν σωστά, στη βιομηχανία και πλέον με την έπαρση αυτής στη Βιομηχανία 4.0 τα PLC σταδιακά θα βελτιώνονται περαιτέρω και θα γίνονται απολύτως απαραίτητα. Ποια είναι όμως τα μειονεκτήματα που κρύβει η χρήση PLC.

Μειονεκτήματα των PLC:

1. **Αρχικό Κόστος:** Η αρχική επένδυση για την αγορά και εγκατάσταση των PLC μπορεί να είναι σημαντική, ιδιαίτερα για μεγάλα ή σύνθετα συστήματα [38].
2. **Απαιτήσεις Προγραμματισμού:** Η αποτελεσματική χρήση των PLC απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, κάτι που μπορεί να χρειαστεί επιπλέον εκπαίδευση ή εξειδικευμένο προσωπικό [38].
3. **Περιορισμένη Ευελιξία:** Αν και ευέλικτα, τα PLC ίσως δεν είναι τόσο προσαρμόσιμα όσο άλλα συστήματα ελέγχου σε πολύπλοκες εργασίες ή σε διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων [38].
4. **Πολυπλοκότητα:** Σε μεγάλες εφαρμογές, τα συστήματα PLC μπορεί να γίνουν πολύπλοκα, δημιουργώντας προκλήσεις κατανόησης και λειτουργίας για μη εξειδικευμένα άτομα [38].
5. **Απαιτήσεις Συντήρησης:** Η τακτική συντήρηση είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης, κάτι που μπορεί να είναι χρονοβόρο και να απαιτεί εξειδικευμένες δεξιότητες [38].
6. **Προβλήματα Συμβατότητας:** Τα εξαρτήματα και το λογισμικό από έναν κατασκευαστή PLC μπορεί να μην είναι συμβατά με αυτά άλλου κατασκευαστή, προκαλώντας προκλήσεις στην ενσωμάτωση [40].
7. **Αυτόματη Επανεκκίνηση μετά από Διακοπή Ρεύματος:** Τα PLC μπορεί να επανεκκινήσουν αυτόματα μετά από διακοπή ρεύματος, κάτι που μπορεί να είναι επικίνδυνο εάν δεν διαχειριστεί σωστά, προκαλώντας ζημιά στον εξοπλισμό ή κινδύνους ασφαλείας [40].

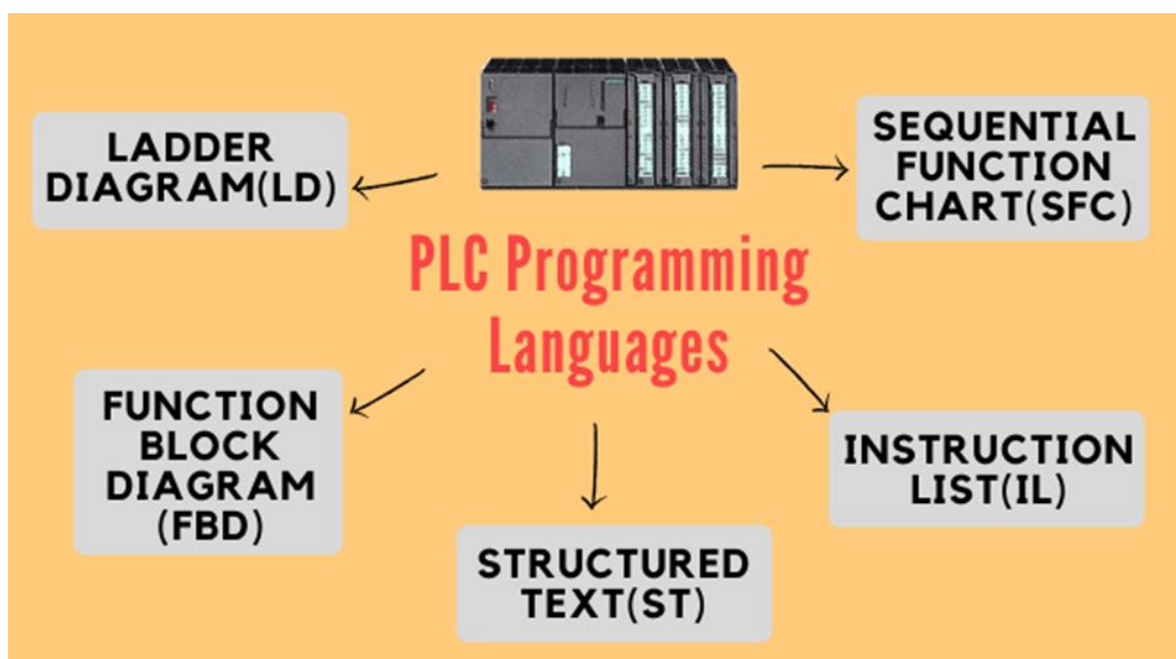
8. **Περιορισμός Προγράμματος σε Συμπαγή PLC:** Κάποια συμπαγή PLC μπορούν να εκτελέσουν μόνο ένα πρόγραμμα τη φορά, περιορίζοντας την εφαρμογή τους σε πιο σύνθετα σενάρια ελέγχου [40].

Η κατανόηση αυτών των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων είναι κρίσιμη για τη λήψη σωστών αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή των PLC στη βιομηχανική αυτοματοποίηση.

4.4 Γλώσσες προγραμματισμού PLC

Όπως και στον κλασικό προγραμματισμό έτσι και στον προγραμματισμό PLC δεν υπάρχει μόνο μια γλώσσα προγραμματισμού. Με την πάροδο των χρόνων τα PLC εξελίχθηκαν και έτσι και οι γλώσσες που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό τους (Εικόνα 10).

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) υποστηρίζουν διάφορες γλώσσες προγραμματισμού που επιτρέπουν στους χρήστες να δημιουργούν λογική ελέγχου για βιομηχανικό αυτοματισμό. Αυτές οι γλώσσες είναι τυποποιημένες σύμφωνα με το πρότυπο **IEC 61131-3**, το οποίο καθορίζει πέντε κύριες γλώσσες προγραμματισμού. Επιπλέον, υπάρχουν πλατφόρμες όπως το **CODESYS**, που διευκολύνουν τον προγραμματισμό PLC μέσω αυτών των γλωσσών.

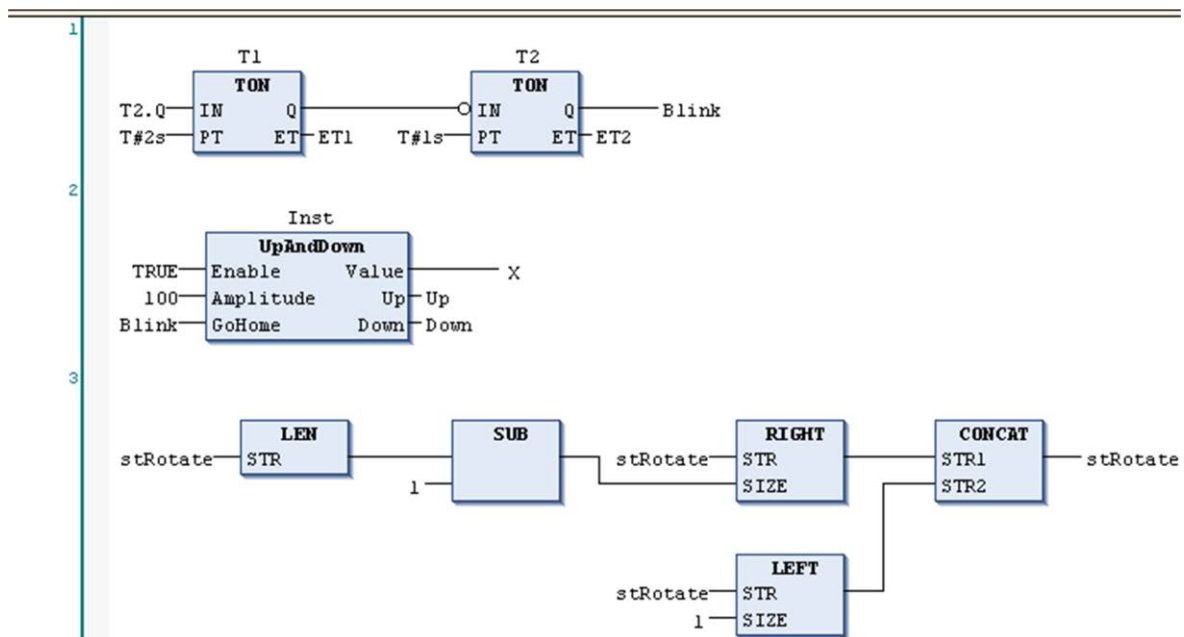


Εικόνα 10 Συγκεντρωτικά οι 5 βασικότερες γλώσσες προγραμματισμού PLC

4.4.1 Function Block Diagram (FBD)

- **Δημιουργία:** Εισήχθη τη δεκαετία του 1980 ως μέρος του προτύπου IEC 61131-3.
- **Περιγραφή:** Μια γραφική γλώσσα όπου οι λειτουργίες ελέγχου αναπαρίστανται ως μπλοκ. Αυτά τα μπλοκ συνδέονται με γραμμές για να υποδείξουν τη ροή δεδομένων.
- **Περίπτωση Χρήσης:** Κατάλληλη για έλεγχο διεργασιών και εφαρμογές που απαιτούν αρθρωτό προγραμματισμό.
- **Εφαρμογές:** Συνήθης στα συστήματα HVAC, τη χημική επεξεργασία και τις μονάδες επεξεργασίας νερού.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - ο Αρθρωτά και επαναχρησιμοποιήσιμα εξαρτήματα.
 - ο Εύκολο στην ανάγνωση και κατανόηση.
- **Περιορισμοί:**
 - ο Μπορεί να γίνει πολύπλοκο σε πολύπλοκη λογική.

Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από κώδικα σε γλώσσα FBD.



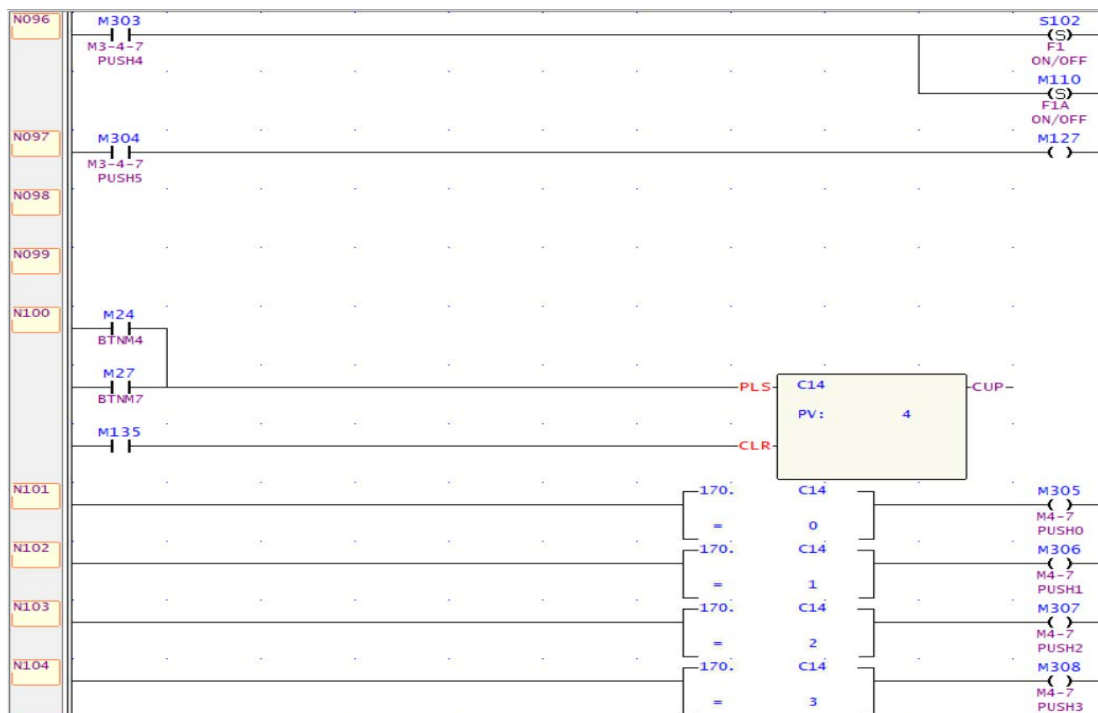
Εικόνα 11 Κομμάτι κώδικα από FBD

4.4.2 Ladder Diagram (LD)

- **Δημιουργία:** Αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1960 και 1970, εμπνευσμένο από τα διαγράμματα λογικής ρελέ που χρησιμοποιούνται στη μηχανολογία ηλεκτρισμού.

- **Περιγραφή:** Γραφική γλώσσα προγραμματισμού που μοιάζει με λογική ηλεκτρικών ρελέ. Χρησιμοποιεί σύμβολα όπως επαφές, πηνία και χρονοδιακόπτες για τη δημιουργία λογικής ελέγχου.
- **Περίπτωση Χρήσης:** Ιδανική για απλά συστήματα ελέγχου, όπως ο έλεγχος κινητήρα, η ακολουθιακή λειτουργία και οι βασικές λογικές πράξεις.
- **Εφαρμογές:** Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία, τη συσκευασία και τα συστήματα μεταφορικών ταινιών.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - ο Εύκολη κατανόηση από ηλεκτρολόγους και μηχανικούς που γνωρίζουν λογική ρελέ.
 - ο Εξαιρετική για εντοπισμό σφαλμάτων και οπτικοποίηση.
- **Περιορισμοί:**
 - ο Λιγότερο αποδοτική για σύνθετες μαθηματικές ή βαριές σε δεδομένα εργασίες.

Στην Εικόνα 12 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από κώδικα σε γλώσσα Ladder.



Εικόνα 12 Κομμάτι κώδικα από ladder

4.4.3 Structured Text (ST)

- **Δημιουργία:** Εμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1980 ως μια γλώσσα υψηλού επιπέδου για PLC.
- **Περιγραφή:** Μια κειμενική (text-based) γλώσσα παρόμοια με Pascal ή C, σχεδιασμένη για σύνθετους αλγορίθμους και χειρισμό δεδομένων.
- **Περίπτωση Χρήσης:** Ιδανική για μαθηματικές λειτουργίες, επεξεργασία δεδομένων και χειρισμό σύνθετης λογικής.
- **Εφαρμογές:** Ρομποτική, προηγμένα συστήματα αυτοματισμού και παρτίδες επεξεργασίας.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - ο Ισχυρή για σύνθετες εφαρμογές.
 - ο Υποστηρίζει βρόχους, συνθήκες και προηγμένους υπολογισμούς.
- **Περιορισμοί:**
 - ο Απαιτεί εξειδίκευση στον προγραμματισμό.
 - ο Δύσκολο στον εντοπισμό σφαλμάτων σε σύγκριση με τις γραφικές γλώσσες.

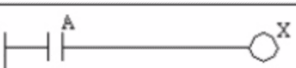
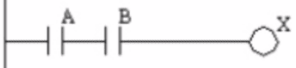
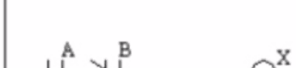
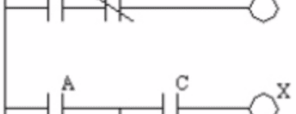
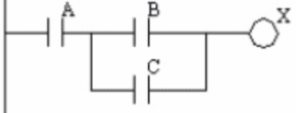
Στην Εικόνα 13 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από κώδικα σε γλώσσα ST.

```
1 PROGRAM POU
2 VAR
3 MotorOverload : ARRAY[1..3] OF BOOL;
4 MotorOverCurrent : ARRAY[1..3] OF BOOL;
5 MotorPBStart : ARRAY[1..3] OF BOOL;
6 MotorPBStop : ARRAY[1..3] OF BOOL;
7 MotorCoil : ARRAY[1..3] OF BOOL;
8 i : INT;
9
10 END_VAR
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
```

4.4.4 Instruction List (IL)

- **Δημιουργία:** Εμφανίστηκε μαζί με το πρότυπο IEC 61131-3 στα τέλη της δεκαετίας του 1980.
- **Περιγραφή:** Μια γλώσσα χαμηλού επιπέδου παρόμοια με τη γλώσσα assembly. Χρησιμοποιεί κωδικούς για την αναπαράσταση εντολών.
- **Περίπτωση Χρήσης:** Κατάλληλη για απλά, συμπαγή προγράμματα ελέγχου.
- **Εφαρμογές:** Συστήματα παλαιού τύπου και εφαρμογές με περιορισμούς μνήμης ή ταχύτητας.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - ο Συμπαγής και αποδοτική.
 - ο Κατάλληλη για απλές εργασίες.
- **Περιορισμοί:**
 - ο Δύσκολη στην ανάγνωση και τον εντοπισμό σφαλμάτων.
 - ο Γίνεται σταδιακά απαρχαιωμένη.

Στην Εικόνα 14 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από κώδικα σε γλώσσα IL.

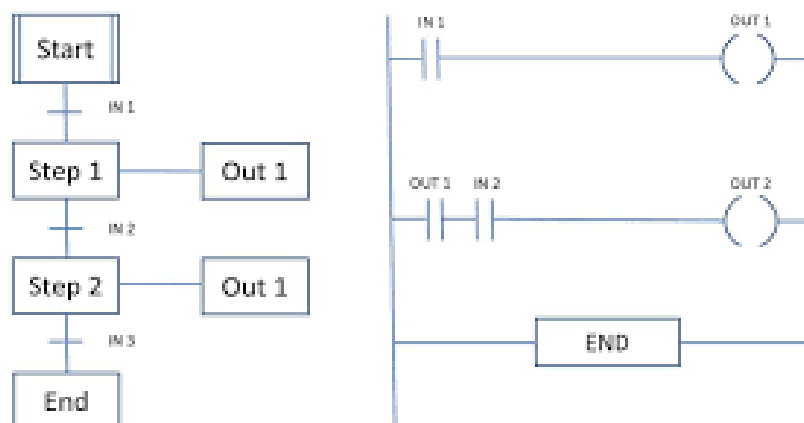
Ladder	Instruction List (IL)
	LD A ST X
	LDN A ST X
	LD A LD A LD B AND B ANB ST X
	LD A LD A LDN B ANDN B ANB ST X
	LD A LD A LD B OR B ORB AND C LD C ST X ANB ST X
	LD A LD A LD B LD B LD C OR C ORB ANB ANB ST X ST X
	LD A LD A LD B OR B ORB LD C LD C OR D LD D ANB ORB ST X ANB ST X ST X

Εικόνα 14 Κομμάτι κώδικα από IL

4.4.5 Sequential Function Chart (SFC)

- **Δημιουργία:** Εισήχθη ως μέρος του προτύπου IEC 61131-3 τη δεκαετία του 1980.
- **Περιγραφή:** Μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση ακολουθιακών λειτουργιών με τη μορφή διαγράμματος ροής.
- **Περίπτωση Χρήσης:** Ιδανική για ακολουθιακές διεργασίες και λογική μηχανών καταστάσεων.
- **Εφαρμογές:** Γραμμές συναρμολόγησης, εμφιάλωση και εργαλειομηχανές.
- **Πλεονεκτήματα:**
 - ο Καθαρή αναπαράσταση ακολουθιακών λειτουργιών.
 - ο Εύκολη στην αντιμετώπιση σφαλμάτων και τροποποίηση.
- **Περιορισμοί:**
 - ο Δεν είναι κατάλληλη για παράλληλη ή πολύπλοκη λογική.

Στην Εικόνα 15 παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από κώδικα σε γλώσσα SFC.



Εικόνα 15 Κομμάτι κώδικα από SFC

4.4.6 Συγκριτικός Πίνακας και σύνοψη γλωσσών προγραμματισμού PLC

Κάθε γλώσσα και πλατφόρμα προγραμματισμού PLC έχει μοναδικά πλεονεκτήματα και περιορισμούς, καθιστώντας την κατάλληλη για διαφορετικές εφαρμογές. Η επιλογή εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του συστήματος, την εξειδίκευση των προγραμματιστών και τις απαιτήσεις της εφαρμογής.

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται συνοπτικά στοιχεία σχετικά με τις γλώσσες προγραμματισμού PLC. Αναλυτικότερα, θα παρουσιαστούν οι συνήθεις εφαρμογές κάθε γλώσσας, τα πλεονεκτήματα της καθεμίας καθώς και τα μειονεκτήματά τους και τέλος την ιδανική τους χρήση ανάλογα τις απαιτήσεις του κάθε έργου.

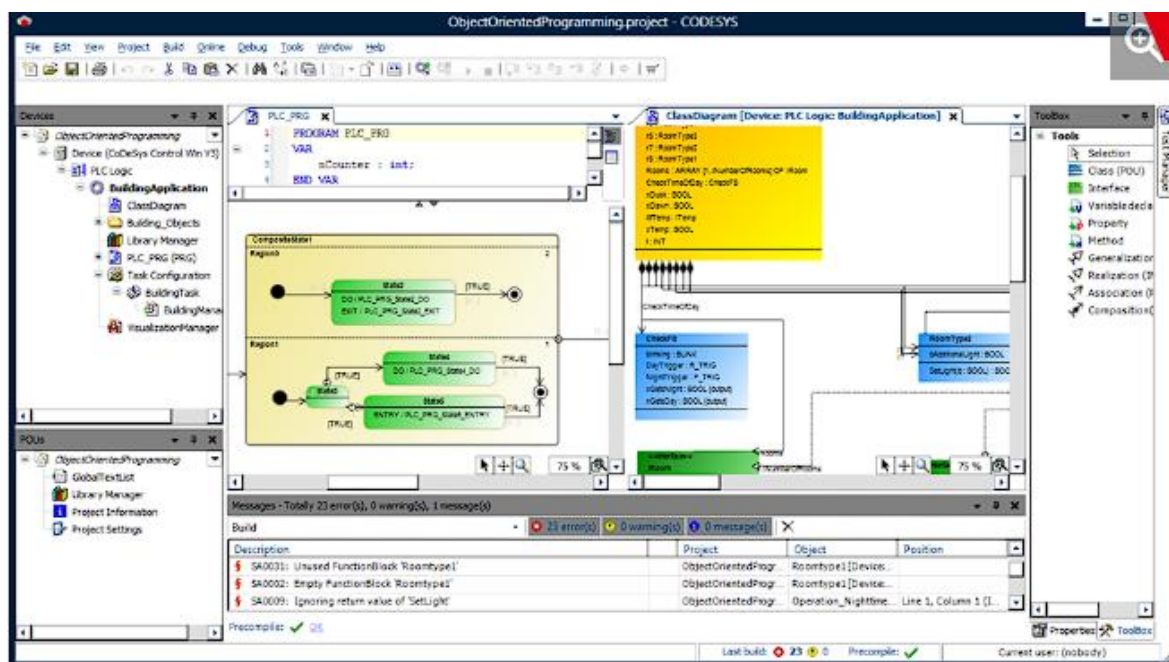
Πίνακας 5 Στοιχεία και χαρακτηριστικά γλωσσών προγραμματισμού PLC

Γλώσσα/ Πλατφόρμα	Δημιουργία (έτος)	Ιδανικό για	Εφαρμογές	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Ladder Diagram	1960s- 1970s	Απλά συστήματα ελέγχου	Βιομηχανία, συσκευασίας μεταφορικές ταινίες	Εύκολη κατανόηση και εντοπισμός σφαλμάτων	Μη αποδοτική για σύνθετες εφαρμογές
Function Block Diagram	1980s	Έλεγχος διεργασιών	HVAC, χημική επεξεργασία, μονάδες νερού	Αρθρωτά και επαναχρησιμοπ οιήσιμα εξαρτήματα	Μπορεί να γίνει περίπλοκη
Structured Text	Late 1980s	Σύνθετη λογική και επεξεργασία δεδομένων	Ρομποτική, αυτοματισμο ί παρτίδων	Ισχυρή για σύνθετες εφαρμογές	Απαιτεί εξειδίκευση στον προγραμματι σμό
Instruction List	Late 1980s	Συμπαγή προγράμματα	Συστήματα παλαιού τύπου	Συμπαγής και αποδοτική	Δύσκολη στην ανάγνωση, απαρχαιωμέ νη
Sequential Function Chart	1980s	Ακολουθιακές λειτουργίες	Γραμμές συναρμολόγ ησης, εμφιάλωσης	Καθαρή αναπαράσταση ακολουθιών	Όχι για παράλληλη λογική

4.5 Πλατφόρμα CODESYS

Η ύπαρξη πολλών κατασκευαστών PLC που χρησιμοποιούσαν το δικό τους software για την δημιουργία αυτοματισμών σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση στη ζήτηση αυτοματισμών στη σύγχρονη βιομηχανία άρχισε να δημιουργεί ένα πρόβλημα ασυμβατότητας και δυσκολίας μετάβασης από τη χρήση ενός κατασκευαστή PLC σε κάποιον άλλο. Αυτό το πρόβλημα ήρθε να λύσει η πλατφόρμα CODESYS.

Η πλατφόρμα **CODESYS** (Controller Development System), όπως φαίνεται στην Εικόνα 16 και Εικόνα 17, κυκλοφόρησε αρχικά το 1994 από την εταιρεία **3S-Smart Software Solutions** και αποτελεί μία από τις κορυφαίες πλατφόρμες ανάπτυξης για προγραμματισμό PLC. Δεν πρόκειται για γλώσσα προγραμματισμού, αλλά για ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) που υποστηρίζει όλες τις γλώσσες του προτύπου **IEC 61131-3**, προσφέροντας στους χρήστες ένα ευέλικτο και αποτελεσματικό εργαλείο για τη διαχείριση βιομηχανικών ελεγκτών.

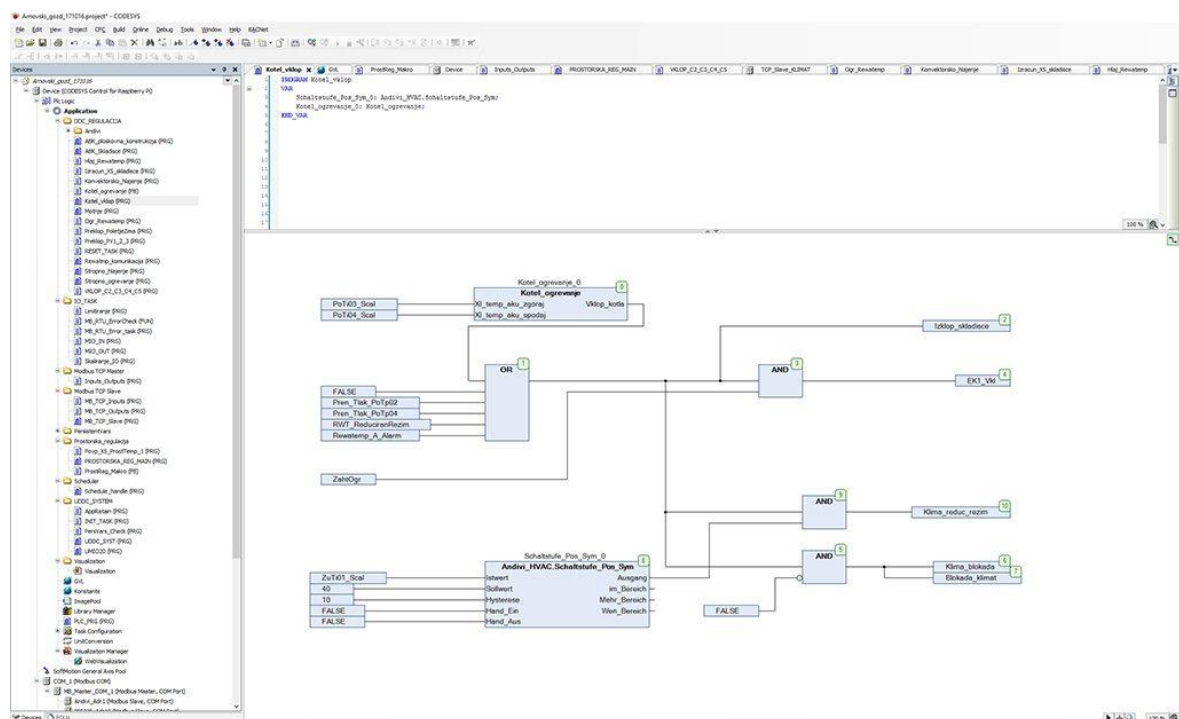


Εικόνα 16 Κομμάτι κώδικα από CODESYS [41]

Η κύρια χρήση της πλατφόρμας CODESYS έγκειται στην απλοποίηση της ανάπτυξης εφαρμογών σε πολλαπλές πλατφόρμες, ανεξαρτήτως του κατασκευαστή των PLC. Είναι ευρέως διαδεδομένο σε βιομηχανίες όπως η ενέργεια, η αυτοκινητοβιομηχανία και ο

εργοστασιακός αυτοματισμός, όπου η συμβατότητα και η αποδοτικότητα είναι κρίσιμες παράμετροι.

Τα πλεονεκτήματα της πλατφόρμας περιλαμβάνουν τη **συμβατότητα με πολλαπλές πλατφόρμες**, την ενσωματωμένη υποστήριξη για όλες τις γλώσσες του **IEC 61131-3**, καθώς και τα ισχυρά εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων και προσομοίωσης, που ενισχύουν τη διαδικασία ανάπτυξης. Ωστόσο, υπάρχουν και περιορισμοί, όπως η **εξάρτηση από το runtime του CODESYS** για λειτουργία σε υποστηριζόμενο υλικό και τα **κόστη αδειοδότησης** που απαιτούνται για την πρόσβαση σε προηγμένες λειτουργίες. Παρά τα μειονεκτήματα, το CODESYS παραμένει μια εξαιρετική επιλογή για την ανάπτυξη συστημάτων αυτοματισμού με ευρεία εφαρμογή σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας.



Εικόνα 17 Περιβάλλον προγραμματισμού CODESYS [41]

Κεφάλαιο 5 Αυτοματοποίηση της ξενοδοχειακής μονάδας

5.1 Συστήματα απαραίτητα για την εύρυθμη λειτουργία μια ξενοδοχειακής μονάδας και αλγόριθμοι λειτουργίας

5.1.1 Εισαγωγή

Η διασφάλιση των βασικών ανέσεων αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία μιας ξενοδοχειακής μονάδας, ανεξαρτήτως του σκοπού διαμονής των πελατών, είτε πρόκειται για αναψυχή, επαγγελματική δραστηριότητα, είτε για οποιονδήποτε άλλο λόγο. Είναι ζωτικής σημασίας για μια ξενοδοχειακή επιχείρηση να μπορεί να παρέχει τις υπηρεσίες της αδιάλειπτα, ανταποκρινόμενη στις προσδοκίες των πελατών της.

Ειδικότερα, πέρα από την προσφορά στέγης, η μονάδα οφείλει να εξασφαλίζει συνθήκες θερμικής άνεσης, μέσω συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, ώστε να διατηρείται ένα ευχάριστο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια της παραμονής των επισκεπτών. Επίσης, η συνεχής παροχή ζεστού νερού αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την κάλυψη των βασικών αναγκών των πελατών.

Σε μεγάλες και σύγχρονες ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις, η χρήση ξεχωριστών συστημάτων θέρμανσης ή κλιματισμού για κάθε δωμάτιο είναι οικονομικά και πρακτικά ασύμφορη. Αντί αυτού, προτιμάται η εγκατάσταση μίας ή περισσότερων κεντρικών μονάδων, οι οποίες εξυπηρετούν συλλογικά τις ανάγκες του συνόλου των δωματίων, επιτυγχάνοντας έτσι την αποδοτικότερη διαχείριση των πόρων και την ομαλή λειτουργία της μονάδας. Ακόμη, κάθε κτήριο ανάλογα με τη χρήση του πρέπει να πληροί κάποιος προδιαγραφές οι οποίες τίθενται από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (KENAK). Μετρικές οι οποίες επηρεάζουν μια τέτοια μελέτη μπορεί να είναι ο αριθμός των ατόμων που θα χρησιμοποιούν την, καθώς επηρεάζει τις απαιτήσεις σε θέρμανση, ψύξη, αερισμό, ζεστό νερό χρήσης και γενικότερα τις ενεργειακές ανάγκες. Εξίσου σημαντική είναι η φύση της χρήσης της εγκατάστασης, είτε πρόκειται για κατοικία, εμπορικό χώρο, ξενοδοχείο ή βιομηχανική μονάδα, καθώς κάθε τύπος χρήσης επιβάλλει διαφορετικές προδιαγραφές λειτουργίας.

Επιπλέον, η μορφή και η δομή της εγκατάστασης διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο. Ο αριθμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων, όπως τα παράθυρα και οι πόρτες, επηρεάζουν άμεσα τη θερμική απώλεια και τα φορτία θέρμανσης ή ψύξης. Η κατηγοριοποίηση των χώρων σε θερμαινόμενους και μη θερμαινόμενους, καθώς και ο αριθμός των ορόφων και η συνολική διάταξη της εγκατάστασης, καθορίζουν την κατανομή των ενεργειακών αναγκών. Παράλληλα, οι θερμογέφυρες αυξάνουν τις θερμικές απώλειες, μειώνοντας την ενεργειακή απόδοση [42], [43].

Τα υλικά κατασκευής είναι εξίσου σημαντικά, καθώς η ποιότητα και το πάχος της θερμομόνωσης, καθώς και τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται για τοίχους, δάπεδα και οροφή, επηρεάζουν σημαντικά τη θερμική αγωγιμότητα και τη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Τέλος, πρόσθετοι παράγοντες, όπως η γεωγραφική θέση της εγκατάστασης, το κλίμα της περιοχής, η έκθεση στον ήλιο και οι απαιτήσεις εξαερισμού, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη για τη διαμόρφωση ενός βιώσιμου και ενεργειακά αποδοτικού σχεδίου. Η ενδελεχής ανάλυση όλων αυτών των στοιχείων διασφαλίζει τη δημιουργία μιας εγκατάστασης που ανταποκρίνεται πλήρως στις λειτουργικές της ανάγκες [43].

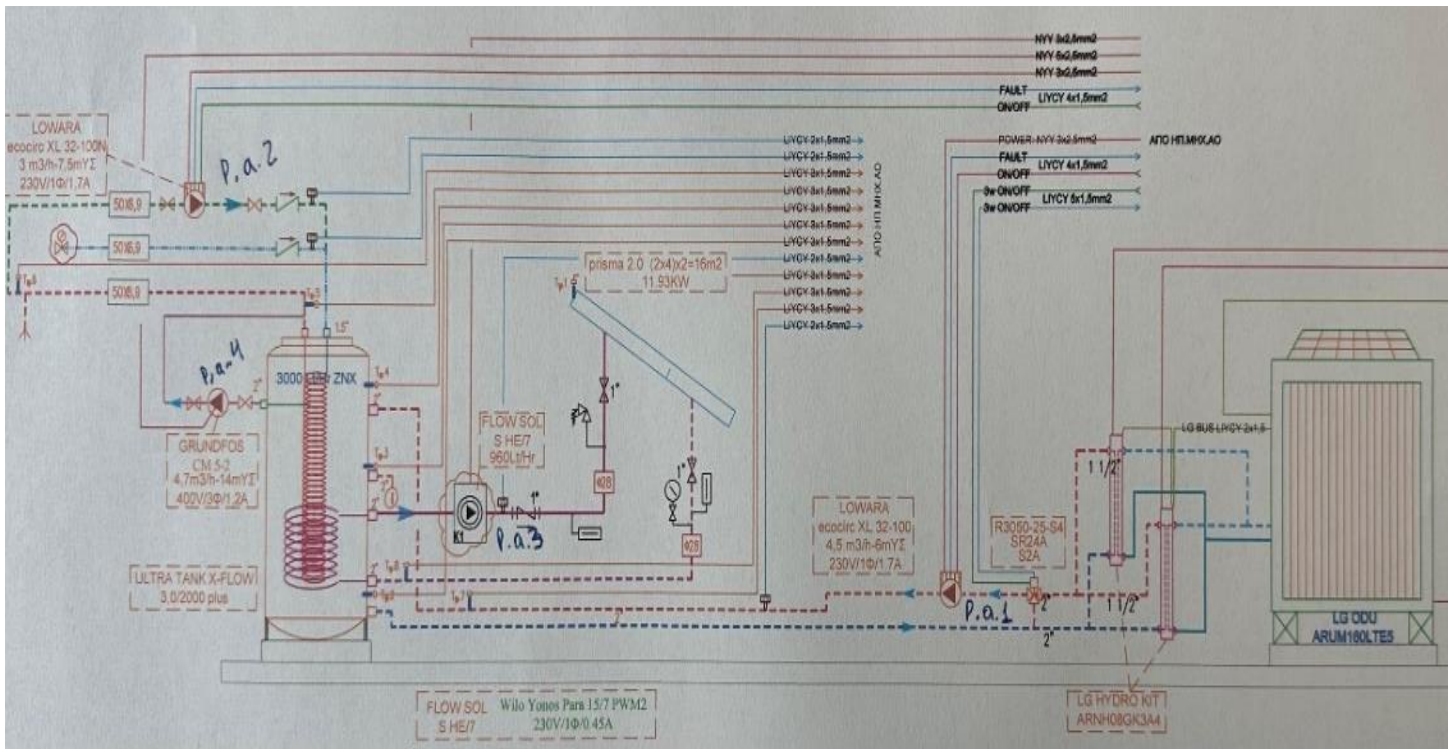
Στην παρούσα διπλωματική δίνεται έμφαση στον τρόπο με τον οποίο και με ποια μέσα θα αυτοματοποιήσουμε τις διαδικασίες των μονάδων αυτών, ώστε η εγκατάσταση να έχει κατά ζήτηση ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση στους χώρους της. Ο σκοπός του αυτοματισμού δεν είναι μόνο να παρέχονται οι υπηρεσίες στους πελάτες ανά πάσα στιγμή, αλλά και να εξοικονομήσει η εγκατάσταση όσο το δυνατό περισσότερο ενέργεια ώστε να παρέχει αυτές τις υπηρεσίες [44], [45].

5.1.2 Ζεστό νερό χρήσης

Η ανάλυση ξεκινά με την παροχή ζεστού νερού χρήσης, ένα βασικό στοιχείο για τη διασφάλιση της άνεσης και της λειτουργικότητας της εγκατάστασης (Εικόνα 18). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, προβλέπεται η χρήση εξοπλισμού και συστημάτων που θα καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις σε ζεστό νερό, λαμβάνοντας υπόψη τον αριθμό των χρηστών, τη συχνότητα χρήσης, καθώς και τη συνολική κατανάλωση.

Χρησιμοποιούνται:

1. Σύστημα ηλιακών συλλεκτών
2. Αντλία θερμότητας με εναλλάκτη
3. Δοχείο boiler το οποίο θα λειτουργήσει ως εναλλάκτης
4. Αντίσταση στο δοχείο Boiler για θέρμανση του μέσου στο boiler



Εικόνα 18 Σχέδιο λειτουργίας/εγκατάστασης ZNX

Πιο συγκεκριμένα, για το σύστημα ZNX έχουν χρησιμοποιηθεί:

- Αντλίες θερμότητας: LGE MULTI V 5 [46]
- Εναλλάκτες θερμότητας: LG Hydrokit ARNH08GK3A4 [47]
- Κυκλοφορητές: Lowara ecocirc XL 32-100 [48]
- Κυκλοφορητές: Grundfos CM [49]
- Κυκλοφορητές: FlowSol S HE [50]
- Boiler: Calpak Ultra tank X-Flow 3.0/2000 plus [51]
- Ηλιακοί συλλέκτες: Calpak Prisma 2.0 [52]
- Αισθητήρες θερμοκρασίας: Belimo 22DT-12N [53]
- Flow switch: Flow switch FLU 25 [54]

Αναλυτικά ο αλγόριθμος λειτουργίας του συστήματος ZNX είναι:

1. Λειτουργία Αντλίας Θερμότητας:
 - Αν η θερμοκρασία στο μέσο του Boiler είναι μικρότερη από 60 °C τότε ενεργοποιείται η αντλία θερμότητας (Α.Θ.)

- Μόλις η θερμοκρασία στο μέσο του Boiler ξεπεράσει τους 65 °C τότε δίνεται εντολή στην αντλία να σταματήσει την λειτουργία της.

Αφήνουμε ένα deadband 5 °C σε αυτή την περίπτωση. Αυτό το κάνουμε γιατί σε περίπτωση που η θερμοκρασία βρισκόταν κοντά στο σημείο ελέγχου πχ 59.9 °C – 60.1 °C θα στέλναμε συνεχώς ON/OFF σήμα στην Α.Θ. κάτι το οποίο δεν θέλουμε. Αυτή η μέθοδος, όπως φαίνεται και παρακάτω, χρησιμοποιείται στα περισσότερα από τα συστήματα τα οποία λαμβάνουν εντολές ON/OFF με βάση τη θερμοκρασία.

Η αντλία θερμότητας ζεσταίνει το Α θερμαντικό μέσο και φτάνει την θερμοκρασία του περίπου στους 50 °C [46]. Επαγωγικά, ο εναλλάκτης θερμότητας μετατρέπει αυτήν τη θερμοκρασία σε περίπου 70 °C στο Β θερμαντικό μέσο [47]. Το Boiler περιέχει το Β θερμαντικό μέσο και όχι το ζεστό νερό χρήσης. Όταν υπάρχει ζήτηση για ζεστό νερό πρακτικά αυτό που συμβαίνει είναι ότι ενεργοποιείται ο κυκλοφορητής κρύου νερού που μεταφέρει το νερό χρήσης στα σπινάλ του Boiler και εκεί επαγωγικά θερμαίνεται το κρύο νερό και μεταφέρεται στην έξοδο για χρήση ως ζεστό νερό πλέον (Εικόνα 18). Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε μεγαλύτερη οικονομία καθώς και αδράνεια στο σύστημα. Δηλαδή πολύ δύσκολα θα μειωθεί η θερμοκρασία του θερμαντικού μέσου σε σημείο που το νερό δεν θα είναι αρκετά ζεστό για χρήση.

2. Λειτουργία Ηλιακών Συλλεκτών:

- Σε κάθε περίπτωση και με προτεραιότητα εάν η θερμοκρασία των ηλιακών συλλεκτών είναι μικρότερη από 40 °C τίθεται ο κυκλοφορητής του ΚΙΤ των ηλιακών συλλεκτών σε παύση.
- Εφόσον η θερμοκρασία των συλλεκτών είναι μεγαλύτερη από 40 °C και η θερμοκρασία στη μέση του boiler είναι μικρότερη κατά 4 °C από την θερμοκρασία των ηλιακών συλλεκτών τότε στέλνεται εντολή έναρξης λειτουργίας στον κυκλοφορητή του ΚΙΤ του ηλιακού.
- Εάν η θερμοκρασία των ηλιακών συλλεκτών γίνει μικρότερη από τη θερμοκρασία στη μέση του Boiler τότε επίσης σταματά η λειτουργία του ΚΙΤ του ηλιακού.

3. Λειτουργία κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας:

- Εάν υπάρχει ζήτηση για νερό τίθεται σε λειτουργία τον κυκλοφορητής Ανακυκλοφορίας.

- Εάν η θερμοκρασία στη μέση του Boiler γίνει μεγαλύτερη από 70 °C τότε ο κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας ενεργοποιείται.
- Μόλις η θερμοκρασία στη μέση του Boiler γίνει μικρότερη από 68°C ο κυκλοφορητής λαμβάνει εντολή OFF.
- Εάν η θερμοκρασία του νερού ανακυκλοφορίας είναι μικρότερη από 30°C ο κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας ενεργοποιείται.
- Ενώ, αν η θερμοκρασία νερού ανακυκλοφορίας γίνει μεγαλύτερη από 60 °C ο κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας σταματά.

Σε κάθε περίπτωση όταν ο κυκλοφορητής ανακυκλοφορίας είναι ενεργός στέλνεται σήμα ON και στον κυκλοφορητή αντιρροής.

Η χρήση του κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας είναι ώστε να έχουμε απευθείας ζεστό νερό κοντά στις βρύσες. Να μη χρειάζεται δηλαδή ο πελάτης να περιμένει για κάποιο χρόνο μέχρι να έρθει το ζεστό νερό από το Boiler.

4. Λειτουργία Αντίστασης Boiler:

- Σε περίπτωση που ο κυκλοφορητής του KIT ηλιακών συλλεκτών είναι εκτός λειτουργίας και η θερμοκρασία στη μέση του Boiler < 50 °C τότε ενεργοποιείται την αντίσταση του Boiler.
- Εφόσον περάσουν 15 λεπτά ελέγχεται η διαφορά θερμοκρασίας. Αν αυτή είναι μικρότερη από 3 °C τότε η αντίσταση ενεργοποιείται, σε άλλη περίπτωση παύει η λειτουργία της αντίστασης.

5. Λειτουργία ηλεκτροβάνας:

- Εάν η θερμοκρασία στο πιο πάνω σημείο του Boiler είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία στο πιο κάτω σημείο του Boiler κατά 3 °C τότε δίνεται εντολή ON στην ηλεκτροβάννα.
- Μόλις η θερμοκρασία στο πιο πάνω σημείο του Boiler γίνει μεγαλύτερη κατά 1 °C μόνο από την θερμοκρασία στο πιο κάτω σημείο του Boiler τότε η ηλεκτροβάννα σταματά.

Καθώς το Boiler έχει μεγάλες διαστάσεις και λόγω της τάσης των θερμών υγρών να ανεβαίνουν ψηλά θα χρησιμοποιήσουμε τρία αισθητήρια θερμοκρασίας στο Boiler. Ένα πάνω (πιο θερμό σημείο), ένα στη μέση και ένα κάτω. Έτσι για να είναι ομοιόμορφα θερμό το Boiler αν η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του Boiler στο πάνω σημείο και της θερμοκρασίας στο κάτω σημείο του Boiler είναι μεγάλη, θα χρησιμοποιήσουμε την ηλεκτροβάννα για να λύσουμε το προαναφερθέν πρόβλημα.

5.1.3 Κλιματισμός και εξαερισμός δωματίου

Κατά τη λειτουργία του κλιματισμού για λόγους συντήρησης και για τη μείωση των απωλειών τα κλιματιστικά θα βρίσκονται πάντα σε λειτουργία σύμφωνα με τις παρακάτω ρυθμίσεις.

Comfort: Το δωμάτιο βρίσκεται υπό κράτηση και η κάρτα εισόδου είναι στην βάση της

Standby: Το δωμάτιο βρίσκεται υπό κράτηση και η κάρτα εισόδου δεν είναι στην βάση

Συντήρηση κτηρίου: α) Η μπαλκονόπορτα/παράθυρο είναι ανοιχτό ή β) Το δωμάτιο δεν βρίσκεται υπό κράτηση. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι θερμικές απώλειες λόγω επαγωγής (Πίνακας 6).

Ορίζονται τα παρακάτω σημεία επιθυμητής θερμοκρασίας (SET POINT) λειτουργίας του κλιματισμού (Πίνακας 7).

Πίνακας 6 Σενάρια κλιματισμού Standby και Maintenance

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ STANDBY & Maintenance	
1 ^η είσοδος πελάτη στο δωμάτιο	$SP_M \rightarrow SP_C$
Έξοδος πελάτη από το δωμάτιο	$SP_C \rightarrow SP_{SB}$
Είσοδος πελάτη στο δωμάτιο	$SP_{SB} \rightarrow SP_C$
Άνοιγμα μπαλκονόπορτας για 30sec	$SP_C \rightarrow SP_M$, κλείδωμα χειριστηρίου
Κλείσιμο μπαλκονόπορτας για 10 sec	$SP_M \rightarrow SP_C$, κλείδωμα χειριστηρίου
Έξοδος πελάτη από το δωμάτιο	$SP_C \rightarrow SP_{SB}$
Απουσία πελάτη (1)	$SP_{SB} \rightarrow SP_M$

Πίνακας 7 Set Point θερμοκρασιών κλιματισμού ανάλογα το σενάριο

SET POINT ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ		
	ΘΕΡΜΑΝΣΗ	ΨΥΞΗ
SET POINT COMFORT (SP_C)	SP_C 20°C	SP_C 25°C
SET POINT STANDBY (SP_{SB})	SP_{SB} 17°C	SP_{SB} 29°C
SET POINT ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (SP_M)	SP_M 12°C	SP_M 32°C

- (1) Κάθε μέρα ελέγχεται η παρουσία του πελάτη από τις 12:30 έως τις 18:00, μέσω του συστήματος της κάρτας εισόδου. Εάν δεν ενεργοποιηθεί σε αυτό το διάστημα η κάρτα εισόδου, τότε το SP_{SB} μεταβάλλεται σε SP_M . Το χρονικό διάστημα RESET είναι υπολογισμένο με την προϋπόθεση ότι το συνεργείο καθαρισμού εισέρχεται στο δωμάτιο πριν τις 12:30.

Ακολουθεί ο Πίνακας 8 με τις λειτουργίες του κλιματισμού ανάλογα με τις ενέργειες του πελάτη.

Πίνακας 8 Λειτουργίες κατά την είσοδο/έξοδο από το δωμάτιο

ΠΕΛΑΤΗΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ
Είσοδος πελάτη στο δωμάτιο και είσοδος κάρτας στον καρτοϋποδοχέα	Μετάβαση του κλιματισμού σε SP_C
Κατά την παραμονή του πελάτη στο δωμάτιο	- Χειρίζεται τον κλιματισμό εντός επιτρεπτών ορίων - Αν αφήσει την μπαλκονόπορτα ανοικτή για 30sec, μετάβαση κλιματισμού σε SP_{SB} και κλείδωμα χειριστηρίου - Κλείσιμο μπαλκονόπορτας για 10sec: Αν το SET POINT είναι σε STANDBY τότε αλλαγή σε SET POINT COMFORT και ξεκλείδωμα χειριστηρίου
Αφαίρεση κάρτας από καρτοϋποδοχέα και έξοδος από το δωμάτιο	Μετάβαση του κλιματισμού σε SP_{SB}

Τέλος, σε κάθε περίπτωση όταν λειτουργεί ο ανεμιστήρας (FAN) της εσωτερικής μονάδας τίθεται σε λειτουργία ο in-line ανεμιστήρας.

5.1.4 Φωτισμός

Στην υλοποίηση του συστήματος φωτισμού έχουμε 3 σενάρια τα οποία επιλέγουμε είτε για να επιλύσουμε κάποιο δυσλειτουργία στο σύστημα είτε ανάλογα με τις προτιμήσεις του ξενοδόχου ή του πελάτη (Εικόνα 19). Ακόμη, δίνεται η δυνατότητα επιλογής Α) αυτόματης λειτουργίας του φωτισμού ή Β) χειροκίνητης λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης.



Εικόνα 19 Σενάρια λειτουργίας φωτισμού

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται οι κοινές λειτουργίες στα σενάρια:

Α) ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Πίνακας 9 Σενάρια φωτισμού και κοινές λειτουργίες

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΚΟΙΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	- Με την είσοδο της κάρτας στον καρτούποδοχέα αφή κρυφού φωτισμού δωματίου. - Με την έξοδο της κάρτας από τον καρτούποδοχέα σβέση όλου του φωτισμού και αφή φωτισμού διαδρόμου για 15 sec.
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	

Β) ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (MANUAL)

Σε περίπτωση βλάβης δίνεται η δυνατότητα μεταγωγής σε MANUAL MODE (Μεταγωγικός Α/Μ), ώστε να μπορεί ο χρήστης να χειρίζεται το φωτισμό, εκτός σεναρίων.

Κεφάλαιο 6 - Υλοποίηση Ladder, SCADA, HMI

6.1 Software για την υλοποίηση των συστημάτων

Για τον αυτοματισμό στο ξενοδοχειακό συγκρότημα έχουν χρησιμοποιηθεί:

- PLC main unit: FATEK FBs-24MC [55]
- PLC I/O extension: FATEK FBS-8XY [55]
- PLC analog to digital: FATEK FBS-6AD [55]
- Ladder coding: WinProLadder της εταιρείας FATEK [56]
- SCADA software: Indusoft 8.1 3SP [7]
- HMI οθόνη: Weintek 2078x [18]
- HMI software: EasyBuilderPro [57]

6.2 Υλοποίηση συστήματος ZNX

Το σύστημα ZNX χωρίζεται σε 2 διαφορετικούς κώδικες ώστε να μπορεί να επιτευχθεί καλύτερα η διαχείριση του κτηρίου και καλύτερος διαμοιρασμός φόρτου ανά τα PLC. Για αυτό τον λόγο θα χρησιμοποιηθούν 3 συστήματα για την διαχείριση των ZNX. Το πρώτο σύστημα ZNX_1 διαχειρίζεται το ζεστό νερό για τους χώρους του Α' Υπογείου και του Ισογείου, το σύστημα ZNX_2 διαχειρίζεται το ζεστό νερό στον Α' όροφο και Β' όροφο, τέλος το ZNX_3 διαχειρίζεται το νερό στους Γ', Δ', Ε' ορόφους. Τα συστήματα ZNX_1 και ZNX_2 διαχειρίζονται από το PLC του Α' μηχανολογικού ορόφου ενώ το σύστημα ZNX_3 το διαχειρίζεται το PLC του Ε' ορόφου.

6.2.1 Επικοινωνία PLC με αντλία θερμότητας (Α.Θ).

Για να μπορέσει να επικοινωνήσει το PLC με την αντλία θερμότητας χρειάζεται αρχικά ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Η συγκεκριμένη Α.Θ. χρησιμοποιεί MODBUS TCP/IP για να επικοινωνήσει με το PLC [46]. Στη συγκεκριμένη Α.Θ. δεν μπορούμε να επικοινωνήσουμε απευθείας με την Α.Θ και πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα gateway το οποίο ουσιαστικά λειτουργεί ως μεταφραστής από Modbus LG (Πρωτόκολλο επικοινωνίας την Α.Θ.) σε Modbus TCP/IP που όπως είπαμε «καταλαβαίνει» το PLC. Η διασύνδεση στον κώδικα

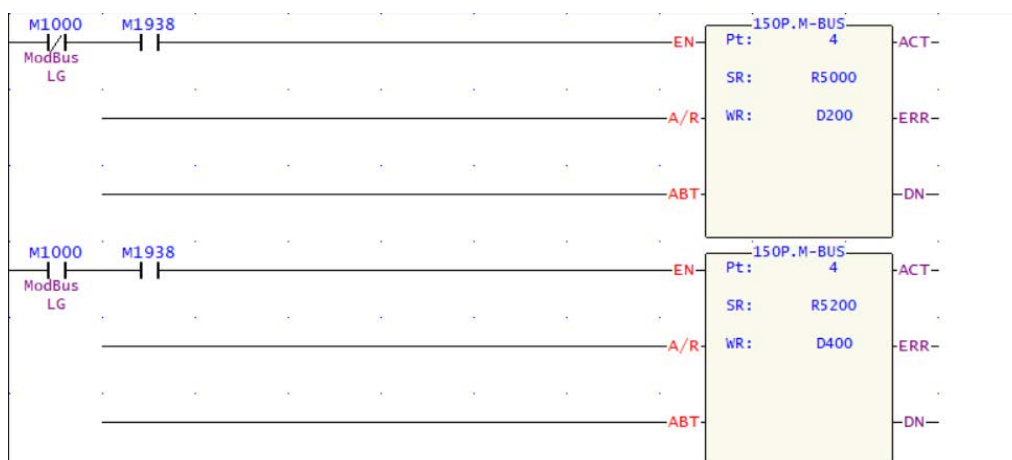
γίνεται μέσω ενός πίνακα επικοινωνίας-συσχέτισης (Modbus table) εφόσον γνωρίζουμε τον πίνακα συσχέτισης καταχωρητών (register mapping) (Εικόνα 20) [46].

ModBus Master Table - [Table1]						
Command						
Seq.	Command	Slave	Master Data		Slave Data	Data Size
0	Read	1	M500	<-	000017	2
1	Read	1	M502	<-	000020	1
2	Read	1	M503	<-	100017	5
3	Read	1	R0	<-	400021	3
4	Read	1	R3	<-	300021	6
5	Read	2	R1300	<-	445057	7
6	Read	2	R1307	<-	445066	16
7	Read	2	R1323	<-	445153	12
8	Read	2	R1335	<-	445441	24
9	Read	3	R1400	<-	445057	7
10	Read	3	R1407	<-	445066	16
11	Read	3	R1423	<-	445153	12
12	Read	3	R1435	<-	445441	24
13	Read	4	R1500	<-	445057	7
14	Read	4	R1507	<-	445066	16
15	Read	4	R1523	<-	445153	12
16	Read	4	R1535	<-	445441	24
17	Read	5	R1600	<-	445057	7
18	Read	5	R1607	<-	445066	16
19	Read	5	R1623	<-	445153	12
20	Read	5	R1635	<-	445441	24

Εικόνα 20 Modbus table για Α.Θ. στο σύστημα ZNX_3

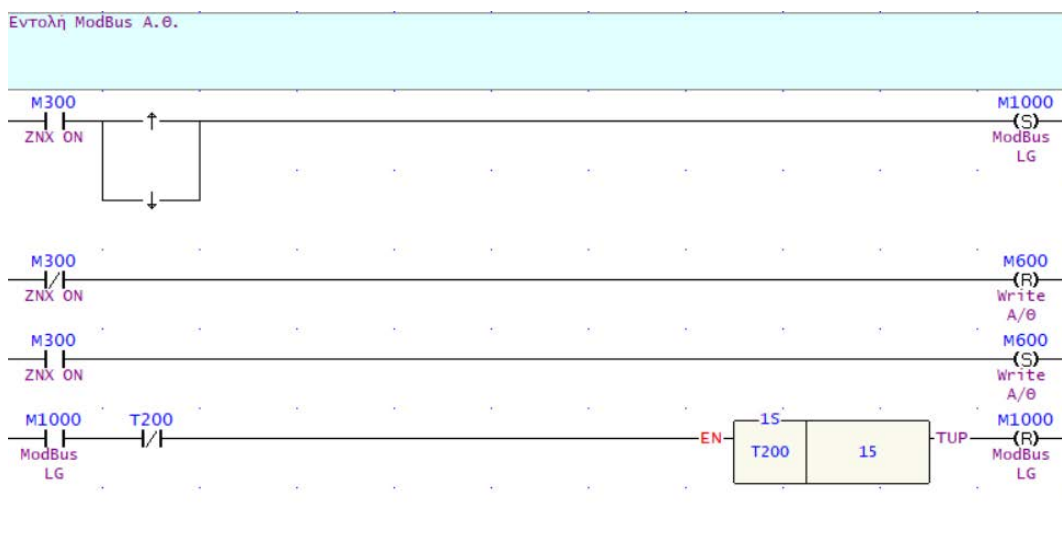
Στο PLC του Α' μηχανολογικού ορόφου επειδή έχουμε 2 συστήματα ZNX στο ίδιο gateway πρέπει κάπως να γίνει ο διαχωρισμός μεταξύ των συστημάτων. Για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιείται το register mapping της Α.Θ. [46].

Για να μπορέσουμε να διαβάσουμε από το Modbus τα σήματα της Α.Θ. χρειάζεται στον κώδικά μας να εισάγουμε ένα Modbus Function όπως φαίνεται στην Εικόνα 21.



Εικόνα 21 Modbus Function in WinProLadder

Ακόμη, επειδή δεν είναι δυνατό να στέλνουμε σήματα προς το gateway (write) και ταυτόχρονα να διαβάζουμε από αυτό (read) θα πρέπει να εισάγουμε μια συνθήκη για το πότε θα «γράφουμε» εμείς στο Modbus, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση θα διαβάζουμε από αυτό. Επίσης, επειδή η εντολή καταχώρησης (write) μια τιμής σε έναν register μέσω Modbus δεν γίνεται στιγμιαία και ο χρόνος που χρειάζεται για να προσπελάσουμε όλον τον πίνακα ώστε να ολοκληρωθεί η καταχώρηση εξαρτάται από το μέγεθος του, χρησιμοποιούμε ένα delay. Για να εισαχθεί το delay χρησιμοποιείται ένα χρονικό (timer) στην ladder το οποίο μετράει για κάποιο χρόνο και ύστερα στέλνει έναν παλμό στην έξοδό του. Συνεπώς όταν δοθεί εντολή ON/OFF στο σύστημα ZNX (M300) στέλνεται ένας παλμός στον register M1000 (υπεύθυνος για τη διαχείριση read/write στο Modbus). Ανάλογα με την κατάσταση του M300, αν είναι ON ή OFF δηλαδή, στέλνεται μέσω του M600 η αντίστοιχη εντολή ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης της Α.Θ. Εφόσον έχει ενεργοποιηθεί ο M1000 μέσω του χρονικού T200 μετρούνται 15 δευτερόλεπτα και ύστερα επαναφέρουμε (Reset) τον M1000 σε κατάσταση OFF ώστε να συνεχίσει η ανάγνωση του Modbus για την Α.Θ. όπως φαίνεται στην Εικόνα 22.



Εικόνα 22 Modbus Read Write and delay

6.2.2 Αλγόριθμος λειτουργίας ZNX σε κώδικα Ladder:

Παρακάτω θα παρουσιαστεί βήμα-βήμα ο αλγόριθμος λειτουργίας του συστήματος ζεστού νερού χρήσης, όπως περιεγράφηκε νωρίτερα.

Αρχικά, μια καλή πρακτική όταν γράφεται ένας κώδικας Ladder είναι να ξεκινά ο κώδικας κάνοντας μια διασύνδεση των εισόδων εξόδων (I/O) με τις μεταβλητές (tags) της Ladder (Εικόνα 23).

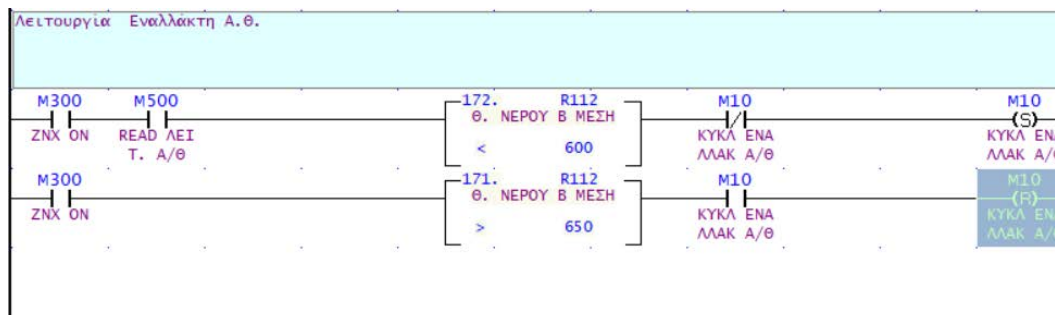
Έτσι ξεκινώντας διασυνδέουμε για παράδειγμα το M1 με το Y1 της Ladder το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση του φωτισμού της ζώνης ένα στον χώρο του BAR. Το M2 με το Y2 για την διαχείριση του φωτισμού στα της ζώνης δύο στον χώρο του BAR κ.ο.κ. για τα υπόλοιπα Y (εξόδους) και X (εισόδους) που θα χρησιμοποιηθούν.

I/O Table	
N000	M1 BAR Φ. Z1
N001	M2 BAR LED. Z2
N002	M3 Φ. ΔΑΠ ΕΞ. BAR
N003	M4 ΦΩΤΑ ΠΕΡ ΓΚΟΛΕΣ
N004	M5 Φ. ΦΥΤΩΝ ΕΧ. BA
N005	M12 Φ. ΚΟΙΝ. ΧΩΡΩΝ
N006	M6 ΑΡΔΕΥΣΗ
N007	M7 ΑΝΤΙΡΟΗ Ε' ΟΡΟΦ
N008	M8 ΑΝΤΙΣΤΑΣ Η BOILER
N009	M9 ΚΥΚΛ ΗΛΙΑΚΟΥ
N010	M10 ΚΥΚΛ ΕΝΑ ΛΛΑΚ Α/Θ
N011	M11
	Y1 BAR Φ. Z1
	Y2 BAR LED Z2
	Y3 Φ. ΔΑΠ ΕΞ. BAR
	Y4 ΦΩΤΑ ΠΕΡ ΓΚΟΛΕΣ
	Y5 Φ. ΦΥΤΩΝ ΕΧ. BAR
	Y12 Φ. ΚΟΙΝ. ΧΩΡΩΝ
	Y6 ΑΡΔΕΥΣΗ Ε' ΟΡΟΦ
	Y7 ΑΝΤΙΡΟΗ Ε' ΟΡΟΦ
	Y8 ΑΝΤΙΣΤΑΣ Η BOILER
	Y9 ΚΥΚΛ ΗΛΙΑΚΟΥ
	Y10 ΚΥΚΛ ΕΝΑ ΛΛΑΚ Α/Θ
	Y11

Εικόνα 23 I/O List στην αρχή του κώδικα της Ladder

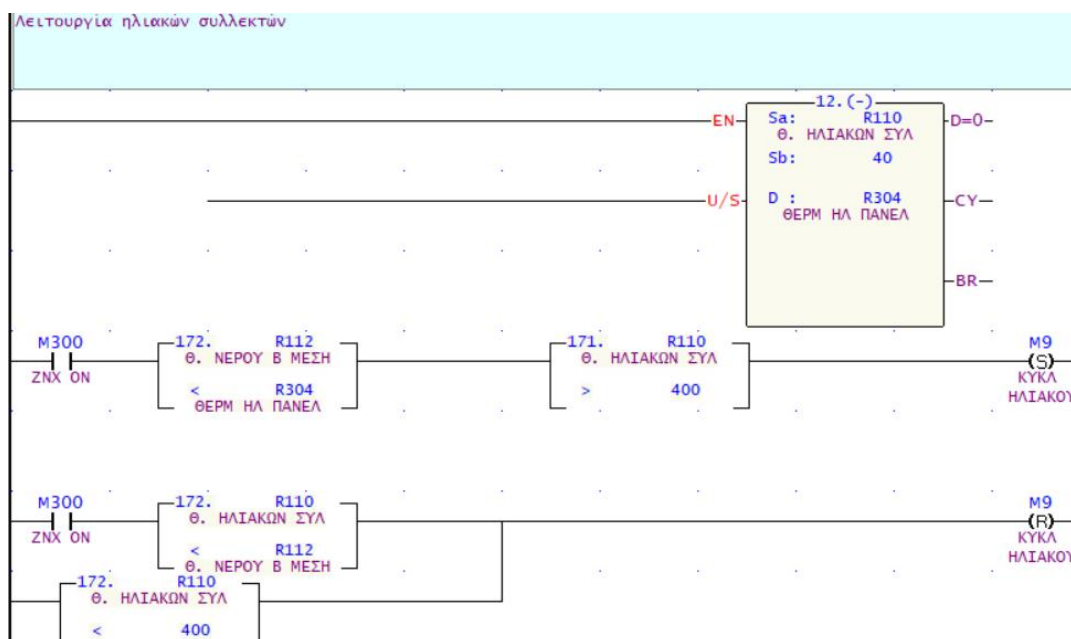
Ύστερα για την διαχείριση του κυκλοφορητή του εναλλάκτη της Α.Θ. εφόσον δοθεί εντολή ON στο σύστημα ZNX (M300) και εφόσον διαβάσουμε από το Modbus ότι η αντλία βρίσκεται σε λειτουργία (M500), ελέγχεται εάν η θερμοκρασία του νερού στη μέση του Boiler (R112) είναι μικρότερη από 60 °C. Αυτό γίνεται με τη χρήση της συνάρτησης «<» που ελέγχει αν μια τιμή είναι μικρότερη από μια άλλη και σε περίπτωση που είναι στέλνει θετικό σήμα στην έξοδο της. Αν ο κυκλοφορητής του εναλλάκτη δεν είναι σε λειτουργία (ανάστροφο M10) και οι υπόλοιπες συνθήκες είναι αληθείς μανδαλώνουμε (Enable) τον

κυκλοφορητή του εναλλάκτη (M10) για να ενεργοποιηθεί. Για την απενεργοποίηση ελέγχουμε με την αντίστοιχη συνάρτηση «>» αν η θερμοκρασία (R112) έχει υπερβεί τους 65 °C και εφόσον ο κυκλοφορητής είναι μανδαλωμένος (M10), τον επαναφέρουμε (Reset M10) σε εκτός λειτουργίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.



Εικόνα 24 Χρήση συνάρτησης «<» και «>» για έλεγχο του κυκλοφορητή της Α.Θ.

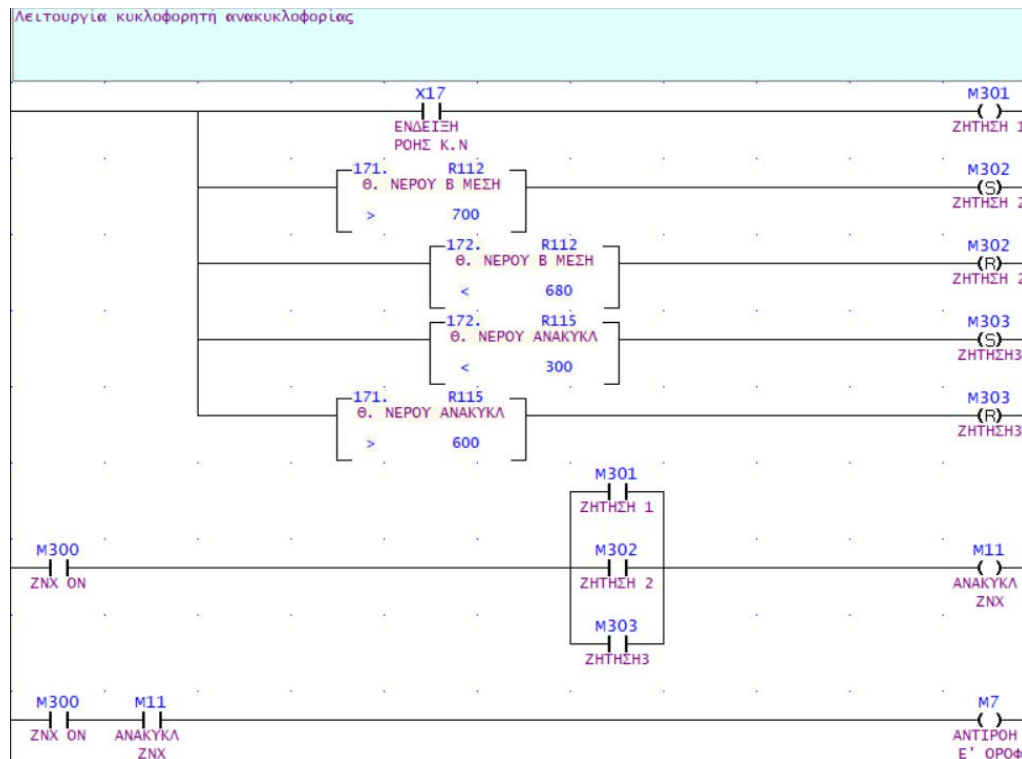
Συνεχίζοντας, για τον έλεγχο του κυκλοφορητή του ΚΙΤ ηλιακών συλλεκτών (M9). Θα χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση «-» στην Ladder ώστε να δηλωθεί η διαφορά θερμοκρασίας κατά 4 °C ($R304 = R110 - 4\text{ }^{\circ}\text{C}$) μεταξύ της θερμοκρασίας των ηλιακών συλλεκτών (R110) και της θερμοκρασίας στη μέση του Boiler (R110). Μετά, με χρήση της συνάρτησης «<» ελέγχεται η διαφορά της θερμοκρασίας ($R112 < R304$). Εφόσον η συνθήκη είναι αληθής και η θερμοκρασία των συλλεκτών (R110) είναι μεγαλύτερη από 40 °C τότε γίνεται το Enable του κυκλοφορητή του ηλιακού (M9). Η επαναφορά του κυκλοφορητή γίνεται εάν η θερμοκρασία του Boiler ξεπεράσει αυτή των συλλεκτών ή εάν η θερμοκρασία των συλλεκτών γίνει μικρότερη από 40 °C όπως φαίνεται και στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25 Λειτουργία ηλιακών συλλεκτών

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται η ενεργοποίηση του κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας. Οι τρόποι ενεργοποίησης του είναι 3 (ΖΗΤΗΣΗ 1 M301, ΖΗΤΗΣΗ 2 M302, ΖΗΤΗΣΗ 3 M303). Το βοηθητικό ρελέ (coil) της ζήτησης 1 είναι ενεργό όσο ο αισθητήρας ροής κρύου νερού (flow switch) (X17) είναι και αυτός ενεργός. Συνεχίζοντας, ελέγχεται η θερμοκρασία του νερού στη μέση του Boiler με χρήση της συνάρτησης «>» και μόλις αυτή γίνει μεγαλύτερη των 70°C μανταλώνεται το coil της ζήτησης 2, ενώ μόλις μειωθεί κάτω από τους 68 °C απενεργοποιείται. Επίσης, αν η θερμοκρασία του νερού ανακυκλοφορίας είναι μικρότερη από 30°C, ξανά με έλεγχο μέσω της συνάρτησης «<», μανταλώνεται το coil της ζήτησης 3 το οποίο απενεργοποιείται όταν αυξηθεί η θερμοκρασία πάνω από 60°C. Τέλος, γίνεται μια διάταξη τύπου «ή» (OR) η οποία ενεργοποιεί τον κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας (M11) αν έστω μία από της ζητήσεις έχει ενεργοποιηθεί (M301 | M302 | M303). Αξίζει να σημειωθεί ότι στην επιβεβαίωση της ροής του κρύου νερού X17 δεν χρησιμοποιείται SET, αλλά απλό coil ώστε να ενεργοποιείται ο κυκλοφορητής μόνο όσο υπάρχει ζήτηση, έτσι δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί εντολή RESET.

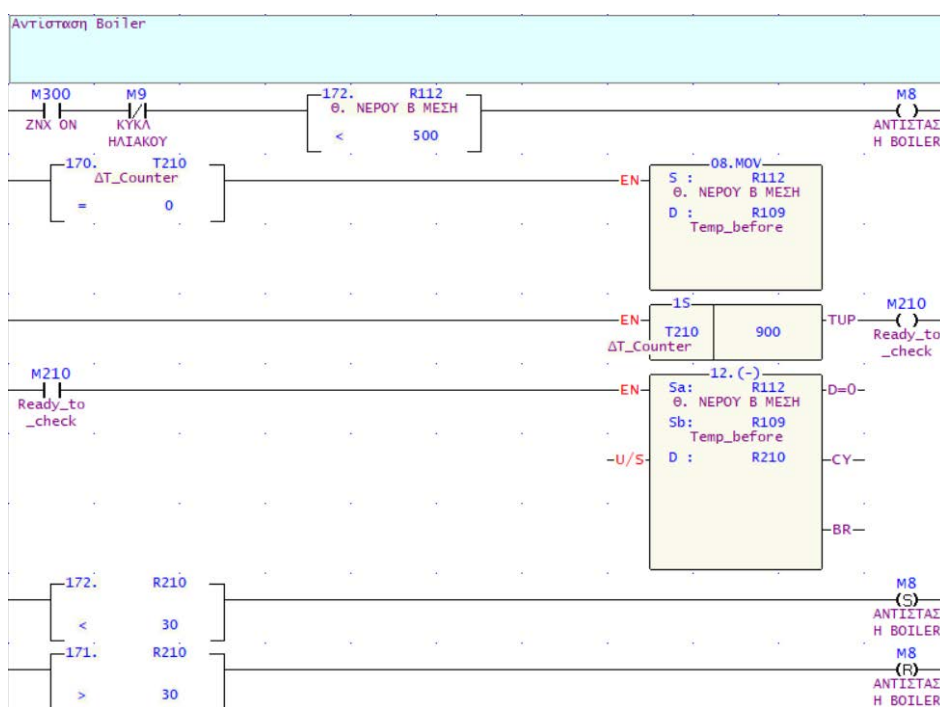
Στην Εικόνα 26 επίσης φαίνεται και η λειτουργία του κυκλοφορητή αντιρροής (M7), ο οποίος λειτουργεί παράλληλα με τον κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας.



Εικόνα 26 Λειτουργία κυκλοφορητή ανακυκλοφορίας

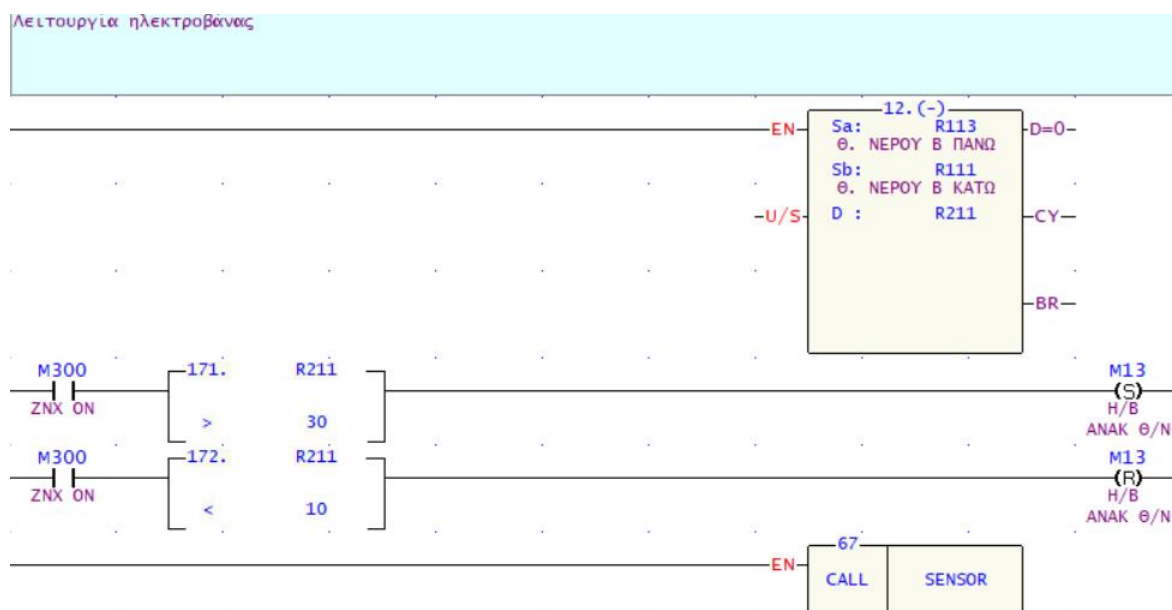
Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί ο κώδικας λειτουργίας της αντίστασης του Boiler.

Αρχικά θα ελεγχθεί αν ο κυκλοφορητής του KIT είναι ανενεργός (Ανάστροφο M9) και με χρήση «<» άμα η θερμοκρασία στη μέση του Boiler είναι μικρότερη από 50 °C. Σε αυτή την περίπτωση ενεργοποιούμε το coil της αντίστασης του Boiler (M8). Συνεχίζοντας, χρησιμοποιείται η συνάρτηση ελέγχου ισότητας «=» για να ελέγξουμε αν το χρονικό των 15 λεπτών (T210) έχει μόλις ξεκινήσει να μετράει (είναι δηλαδή ίσο με 0). Εφόσον ο μετρητής είναι ίσος με το 0 και κάθε φορά που γίνεται ξανά 0 κάνουμε μετακίνηση της τιμής του R112 στον register R109 ο οποίος χρησιμοποιείται για προσωρινή αποθήκευση της τιμής του Boiler με χρήση της συνάρτησης «MOV». Συνεπώς, κάθε 15 λεπτά ελέγχουμε και αποθηκεύουμε την τιμή που έχει ο Boiler. Μόλις περάσουν τα 15 λεπτά ενεργοποιείται το βοηθητικό coil που σηματοδοτεί την πάροδο των 15 λεπτών (M210), για να επιτευχθεί αυτό χρησιμοποιούμε την συνάρτηση του χρονικού (TIMER). Εφόσον το coil M210 γίνει ενεργό (στιγμιαία) χρησιμοποιούμε την συνάρτηση αφαίρεσης «-» για να βρούμε την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της τωρινής τιμής στη μέση του Boiler (R112) και τις τιμές που έχει αποθηκευτεί 15 λεπτά νωρίτερα (R109) και την αποθηκεύουμε στον register R210. Τέλος, με χρήση των συναρτήσεων «<» και «>» ελέγχεται αν η διαφορά θερμοκρασίας και εφόσον είναι μεγαλύτερη από 3 °C η αντίσταση ενεργοποιείται (Enable M8), σε διαφορετική περίπτωση απενεργοποιείται (Reset M8) (Εικόνα 27).



Εικόνα 27 Λειτουργία αντίστασης Boiler

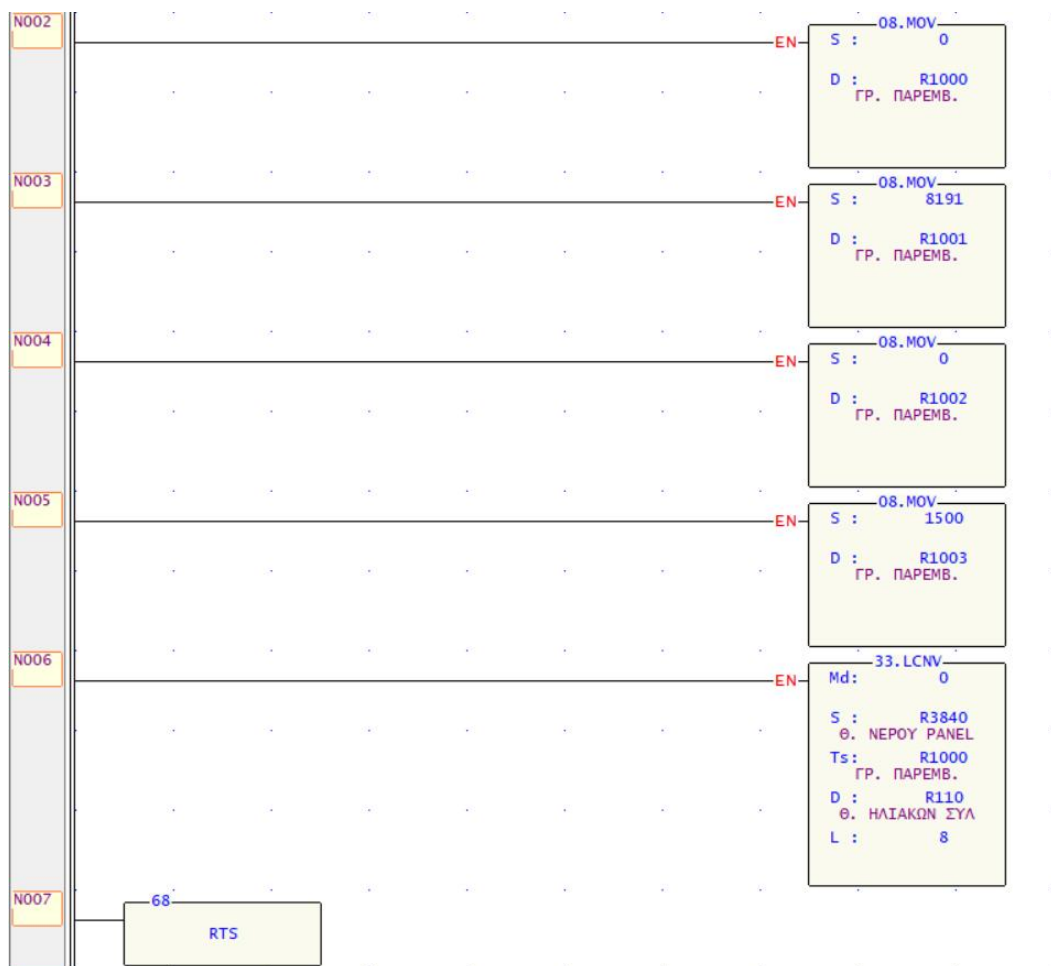
Τέλος, θα παρουσιαστεί το σύστημα της ηλεκτροβάνας. Για την ηλεκτροβάνα θα χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση «-» ώστε να δούμε την διαφορά θερμοκρασίας από το πάνω σημείο του Boiler (R113) στο κάτω (R111). Η διαφορά αποθηκεύεται στον καταχωρητή R211. Ύστερα με χρήση των συναρτήσεων «<» και «>» ελέγχεται εάν η τιμή του R211 είναι μεγαλύτερη από 3 °C ή μικρότερη από 1°C. Στην πρώτη περίπτωση η ηλεκτροβάνα ενεργοποιείται (Enable M13), ενώ στην δεύτερη επαναφέρεται σε OFF (Reset M13). Τέλος, στην Εικόνα 28 φαίνεται η χρήση της συνάρτησης «CALL» για να καλέσουμε την υπορουτίνα (sub-routine) «SENSOR», το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω.



Εικόνα 28 Λειτουργία ηλεκτροβάνας και κλήση του label «sensor»

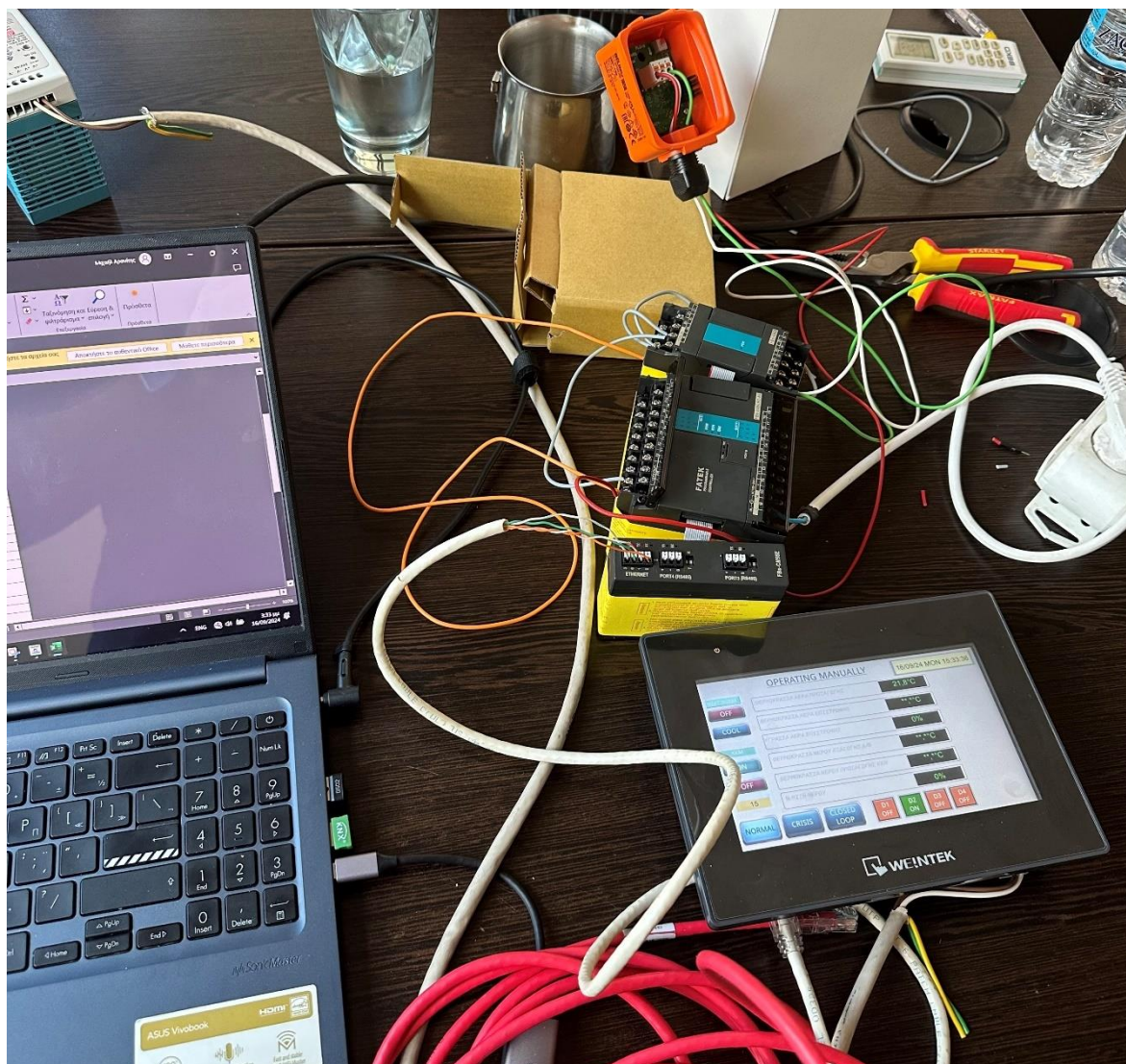
Κλείνοντας, σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι για να λειτουργήσουν οι αισθητήρες της Belimo χρειάζεται να κάνουμε μια γραμμική παρεμβολή ώστε να μετατρέψουμε το 0 – 8191 που μας δίνει ο αισθητήρας σε 0 – 150 °C που θέλουμε εμείς [53]. Ο αισθητήρας μπορεί να δουλέψει και σε άλλο εύρος θερμοκρασιών. Αυτό μπορεί να ρυθμιστεί μέσω dip switch. Η εικόνα παρουσιάζει το label «SENSOR». Συγκεκριμένα μεταφέρονται με χρήση της συνάρτησης (MOV) η τιμή 0 (αρχική τιμή ανάγνωσης της κάρτας επέκτασης της FATEK στον register R1000, η τιμή 8191 (αντίστοιχα τελική τιμή) στον register R1001 [55]. Στη συνέχεια μεταφέρουμε πάλι με χρήση της συνάρτησης «MOV» την αρχική τιμή που θέλουμε να διαβάσει ο αισθητήρας, 0 δηλαδή, στον register R1002 και την τελική 1500 (150 βαθμοί *10 για το δεκαδικό), στον register R1003 [53]. Για να ολοκληρωθεί η γραμμική παρεμβολή καλείται η συνάρτηση «LCNV». Η συνάρτηση χρησιμοποιεί ως

ορίσματα αρχικά τον register από τον οποίο θα διαβάσει την κάρτα επέκτασης R3840, ύστερα τον register που ξεκινά η γραμμική παρεμβολή R1000, τον register που θα ξεκινήσει να αποθηκεύει τα αποτελέσματα της γραμμικής παρεμβολής (R110) και τέλος, τον αριθμό των register που χρειαζόμαστε για αποθήκευση (8 στη συγκεκριμένη περίπτωση), δηλαδή το πόσα αισθητήρια χρειάζονται αυτή τη γραμμική παρεμβολή. Έτσι δημιουργείτε μια γραμμική παρεμβολή που μετατρέπει τις τιμές που διαβάζει η κάρτα (0-8191) σε θερμοκρασίες αισθητηρίου (0-150 στη συγκεκριμένη περίπτωση). Αυτό γίνεται για 8 αισθητήρες με τον πρώτο να αποθηκεύει τις τιμές του στον register R110, τον δεύτερο στον register R111 κ.ο.κ. (Εικόνα 29).



Εικόνα 29 Γραμμική παρεμβολή για αισθητήρες θερμοκρασίας

Στην Εικόνα 30 παρουσιάζεται μία αποτύπωση από τις πραγματικές δοκιμές τμήματος του εξοπλισμού σε πάγκο.

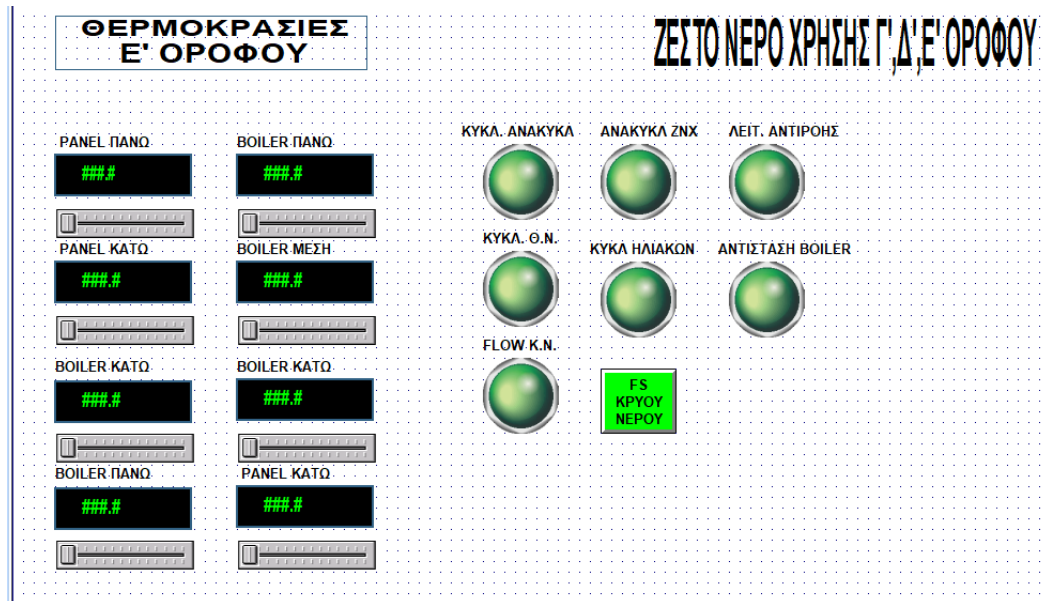


Εικόνα 30 Δοκιμή αισθητήρα Belimo στον πάγκο. Στην εικόνα φαίνεται επίσης το PLC της FATEK με μια επέκταση δικτύου CM55 (από την μεριά της οθόνης) και μια επέκταση 6AD (από την μεριά του αισθητηρίου), καθώς και η οθόνη HMI της Weintek. Η δοκιμή γίνεται με ένα ποτήρι κρύο νερό και ένα μεταλλικό δοχείο με ζεστό. Το PLC τροφοδοτείται απευθείας από παροχή 230 V 50 Hz.

6.2.3 Υλοποίηση SCADA για Ζεστό Νερό Χρήσης

Για το SCADA των ZNX έχουν προγραμματιστεί 3 διαφορετικές εκδοχές. Η μια είναι τέτοια, ώστε να δοκιμαστεί ο αλγόριθμος λειτουργίας χειροκίνητα πριν συνδεθούν τα συστήματα στην εγκατάσταση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 31, η δεύτερη είναι για χρήση κατά τη διάρκεια των δοκιμών, όπως φαίνεται στην Εικόνα 32 και στην Εικόνα 33 και η τρίτη προορίζεται για χρήση από το προσωπικό του ξενοδοχείου (Εικόνα 34).

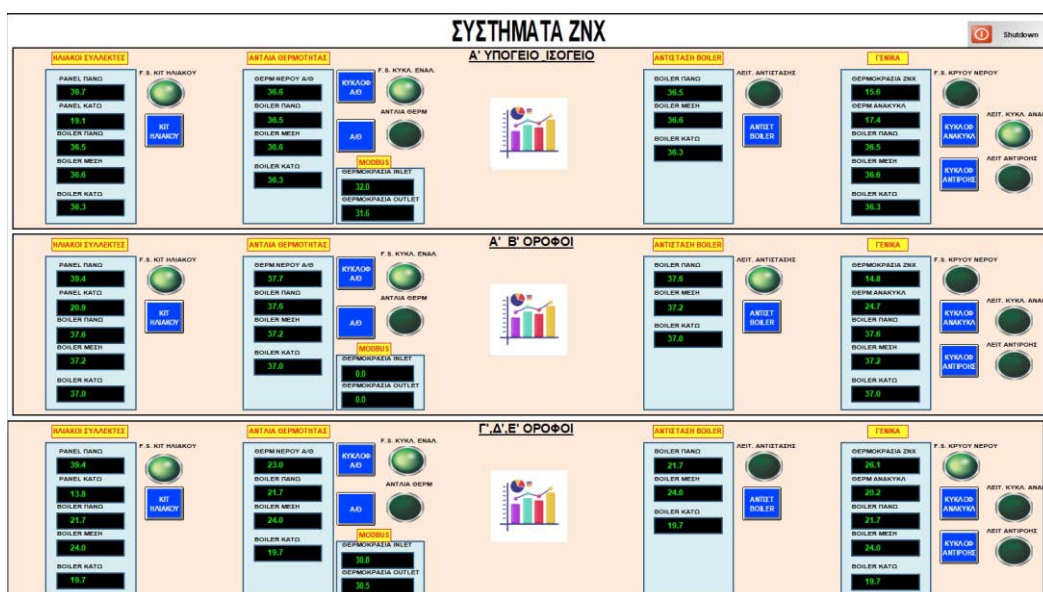
1. Για δοκιμή αλγορίθμου πριν από τη σύνδεση των συστημάτων στην εγκατάσταση:



Εικόνα 31 SCADA δοκιμής αλγορίθμου

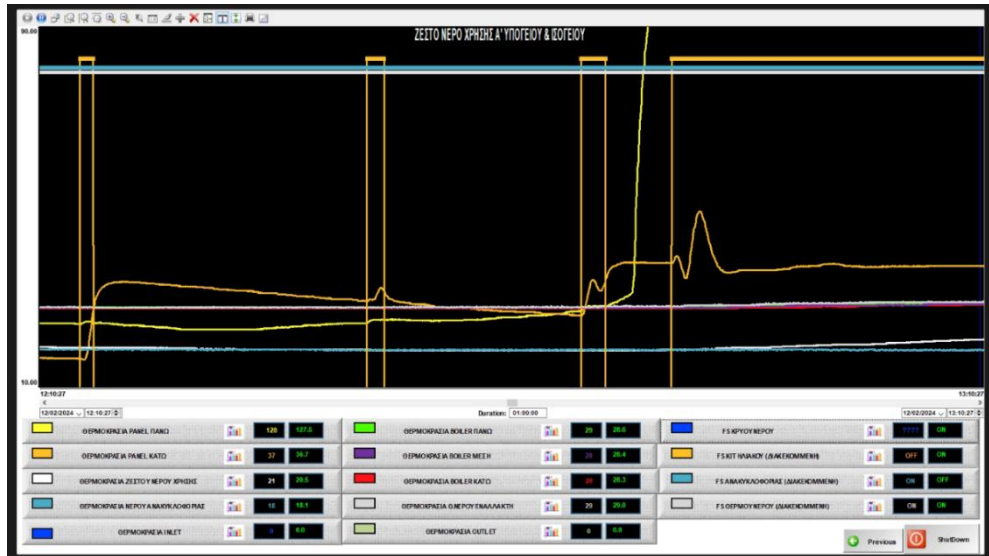
Σε αυτή την έκδοση SCADA δεν έχει δοθεί έμφαση στα γραφικά και στη δομή. Χρησιμοποιούνται sliders ώστε να μπορούν να τροποποιηθούν οι θερμοκρασίες στα αισθητήρια (εικονικά) και να ελεγχθεί το ποιες από τις ενδείξεις ενεργοποιούνται. Είναι εφικτό είτε να το δοκιμαστεί με εικονικούς κατχωρητητές (registers) (στο SCADA δηλαδή χωρίς την χρήση PLC), είτε να περαστεί η ladder σε ένα PLC (Flush), να γίνει η σύνδεση SCADA-PLC και να το γίνει έλεγχος online πάνω στο PLC. Σαφώς, η δεύτερη μέθοδος είναι πιο αξιόπιστη και αξίζει τον παραπάνω χρόνο που χρειάζεται για τον προγραμματισμό του PLC. Κάθε slider, μπουτόν (button) και ένδειξη είναι συνδεδεμένο με το αντίστοιχο του σήμα στην ladder.

2. Για χρήση κατά την περίοδο των δοκιμών:



Εικόνα 32 SCADA για χρήση κατά την περίοδο των δοκιμών

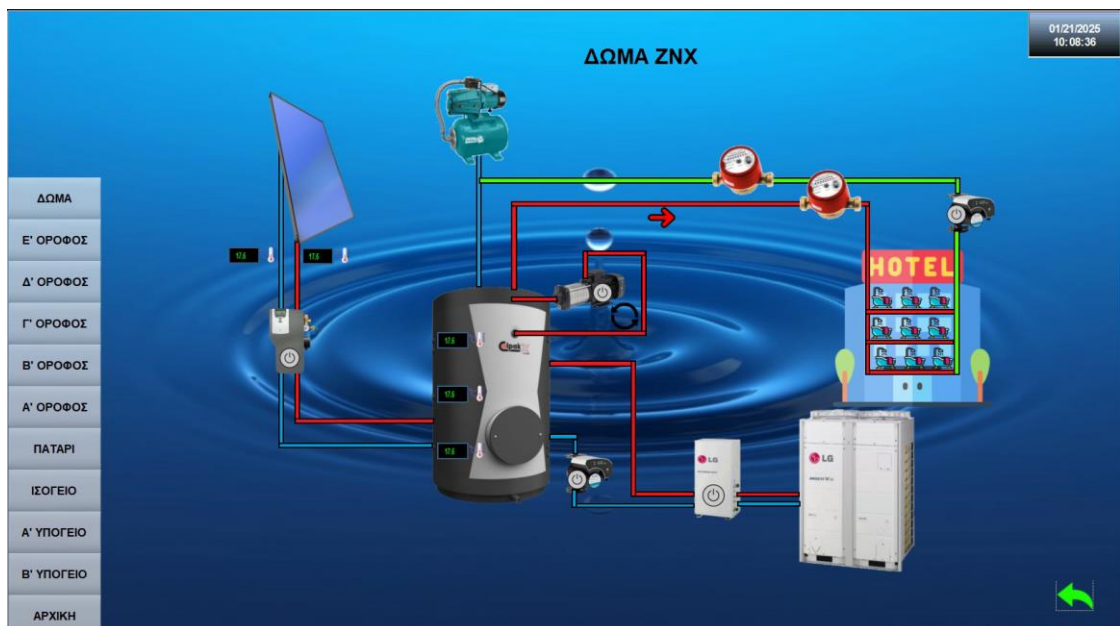
Σε αυτή την περίπτωση έχουν προστεθεί περισσότερα γραφικά, περισσότερες ενδείξεις και καλύτερη δομή. Ακόμα υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής των σημάτων σε διαγράμματα ώστε να είναι εφικτή η παρακολούθηση της πραγματικής λειτουργίας των συστημάτων.



Εικόνα 33 Διάγραμμα συστήματος ZNX

Από τα διαγράμματα του συστήματος μπορούν να αντληθούν σημαντικές πληροφορίες για την λειτουργικότητα του συνόλου του συστήματος.

3. Για χρήση από το προσωπικό του ξενοδοχείου:

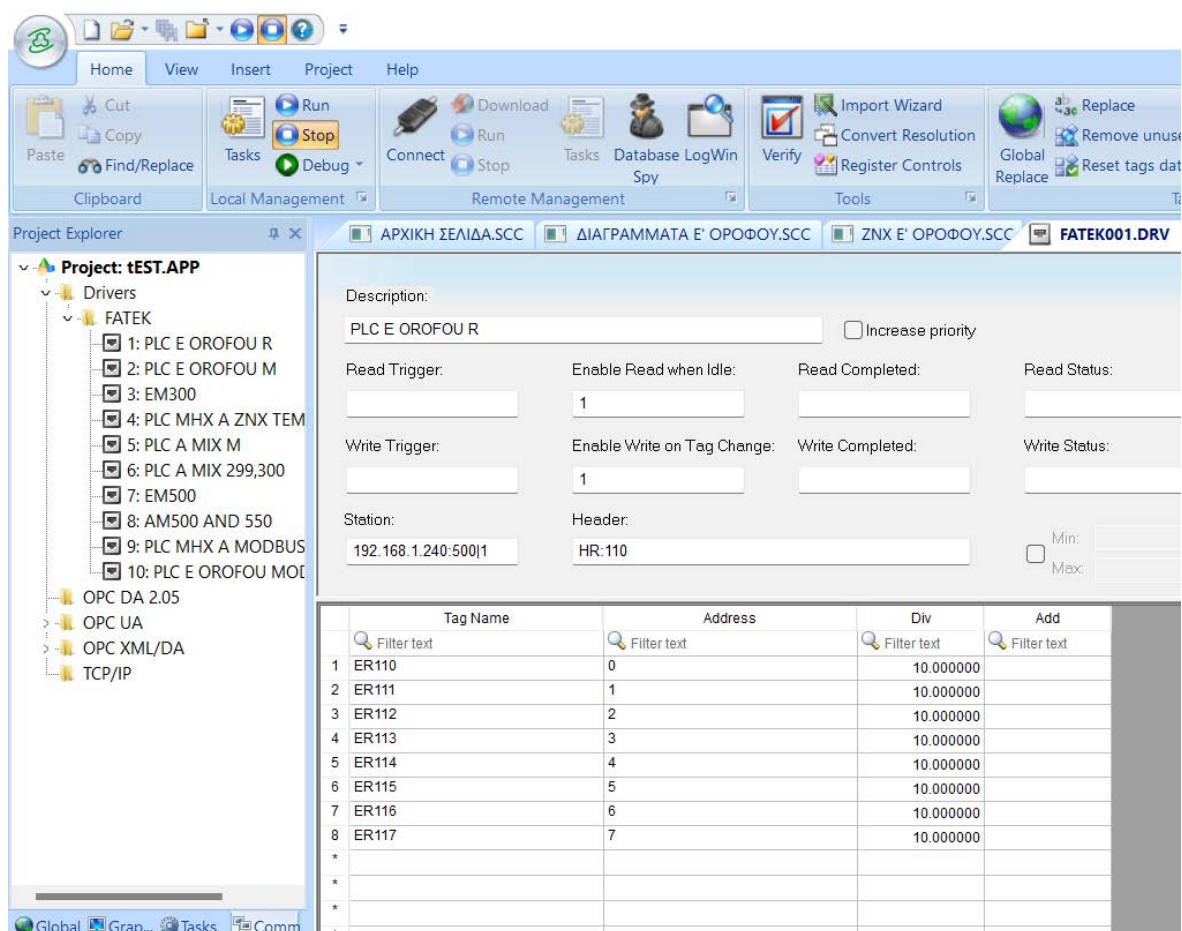


Εικόνα 34 Διαχείριση και επίβλεψη ZNX από το προσωπικό του ξενοδοχείου

Τέλος, στο SCADA για χρήση από το προσωπικό του ξενοδοχείου έχουμε εισάγει «ευχάριστα» γραφικά και ένα πιο απλό σύστημα παρακολούθησης ώστε να μπορεί το προσωπικό να το χειριστεί χωρίς να χρειάζεται κάποια κατάρτιση με τα συστήματα SCADA.

Σύνδεση SCADA-PLC:

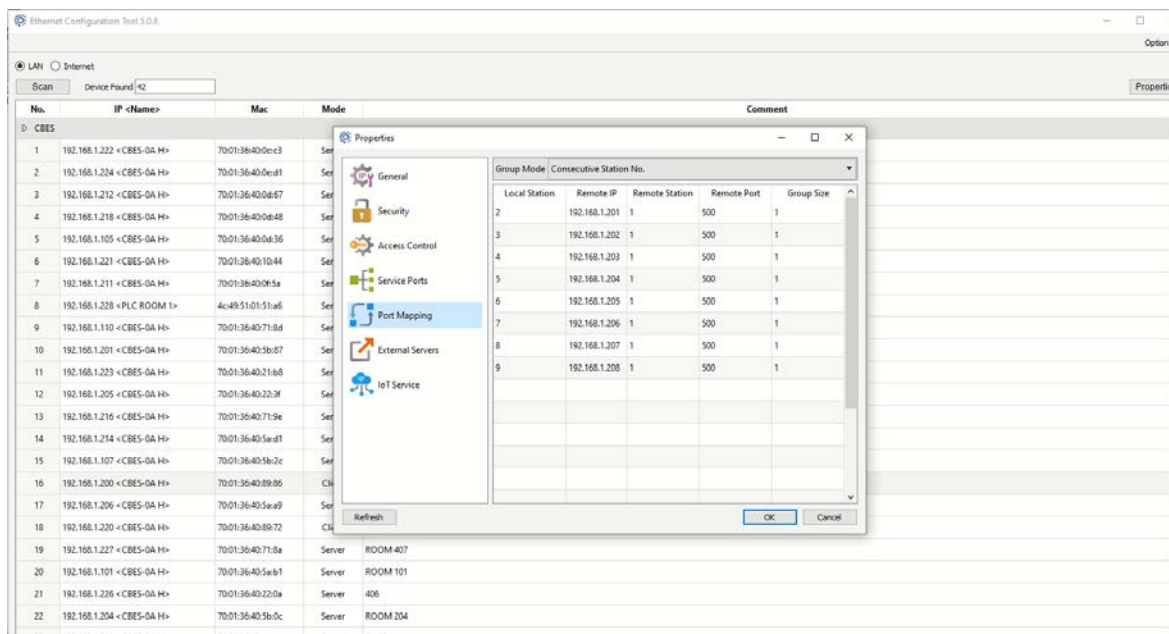
Επιλέγουμε το communication page στην αρχική σελίδα του Indusoft SCADA. Επιλέγουμε πρωτόκολλα επικοινωνίας FATEK PLC στους drivers. Εισάγουμε τα tags όπως φαίνεται στην Εικόνα 35.



Εικόνα 35 Communication page and FATEK driver sheet

Όπως φαίνεται και στην εικόνα στο πεδίο station βάζουμε την IP του PLC, στο πεδίο tag name βάζουμε το όνομα που θέλουμε να έχει το tag στο PLC. Μια καλή πρακτική είναι να έχουμε δομή η οποία παραπέμπει στο tag όπως είναι γραμμένο στη ladder. Για παράδειγμα το ER110 είναι (Ε' όροφος, Tag τύπου R και αριθμός tag 110, οπότε άμεσα καταλαβαίνουμε περί τίνος πρόκειται).

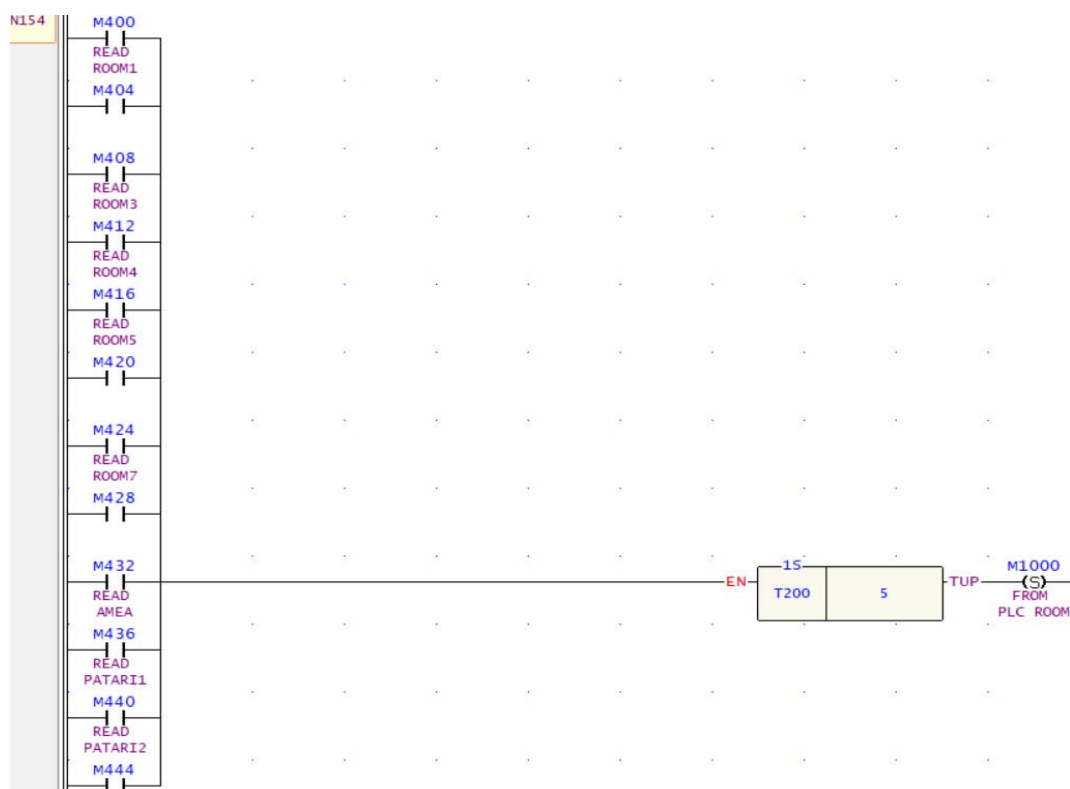
Στην Εικόνα 37 παρουσιάζεται η χρήση του εργαλείου “Ethernet Configuration Tool” για την αναγνώριση των PLC στο δίκτυο. Στα PLC έχει συνδεθεί επίσης μια επέκταση η FBs-CM55. Η επέκταση αυτή επιτρέπει την σύνδεση του PLC σε switch ώστε να μπορεί να επικοινωνεί ταυτόχρονα με άλλα PLC στο δίκτυο. Στην αρχική σελίδα του προγράμματος επιλέγουμε την IP του δικτύου στην οποία είναι συγχρονισμένα και τα υπόλοιπα PLC να ψάξουμε. Ύστερα επιλέγουμε το PLC που θέλουμε να γίνει Master στο δίκτυο και καταχωρούμε σε αυτό τις διευθύνσεις τον PLC που θα είναι slave σε εκείνο [55].



Εικόνα 37 Χρήση Ethernet Configuration Tool για αλλαγή διεύθυνσης και slave id

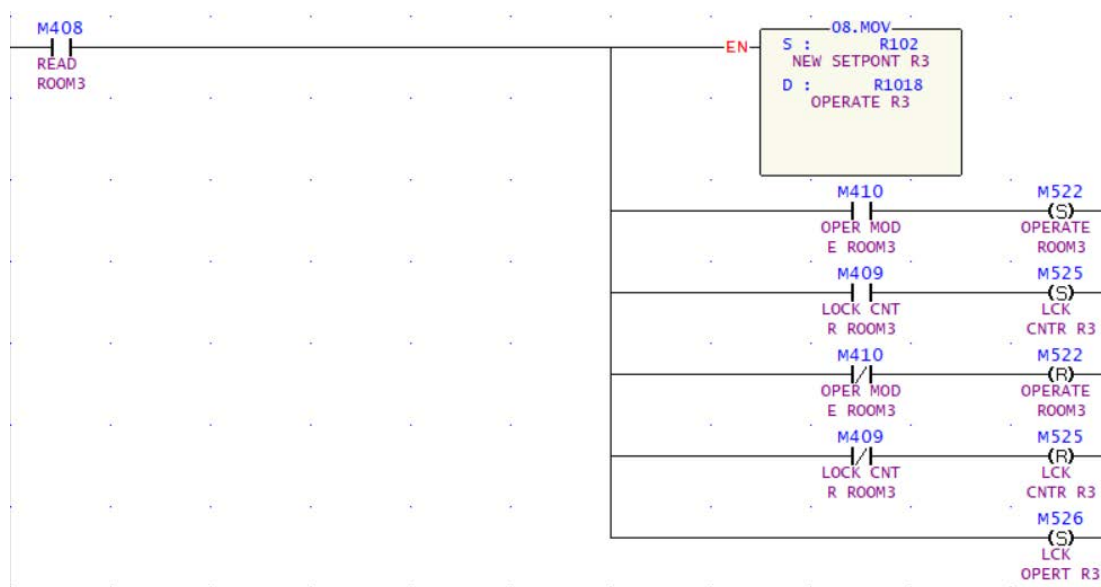
6.3.2 Αλγόριθμος λειτουργίας συστήματος κλιματισμού σε κώδικα Ladder

Σε αυτό το σημείο να αναφέρω πως θα παρουσιαστούν μόνο τα κυριότερα σημεία του κώδικα καθώς αυτός είναι αρκετά μεγάλος για να παρουσιαστεί ολόκληρος όπως ο κώδικας για τα ZNX. Αρχικά, θα γίνει μια διάταξη «OR» των μεταβλητών που είναι υπεύθυνες για να διαβάζουν την λειτουργία κάθε εσωτερικής μονάδας FCU από το Modbus. Εφόσον δοθεί εντολή ενεργοποίησης σε κάποιο από τα FCU ενεργοποιείται μετά από 5 δευτερόλεπτα, με χρήση χρονικού (T200), το register M1000 ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία μέσω του link table (Εικόνα 38).



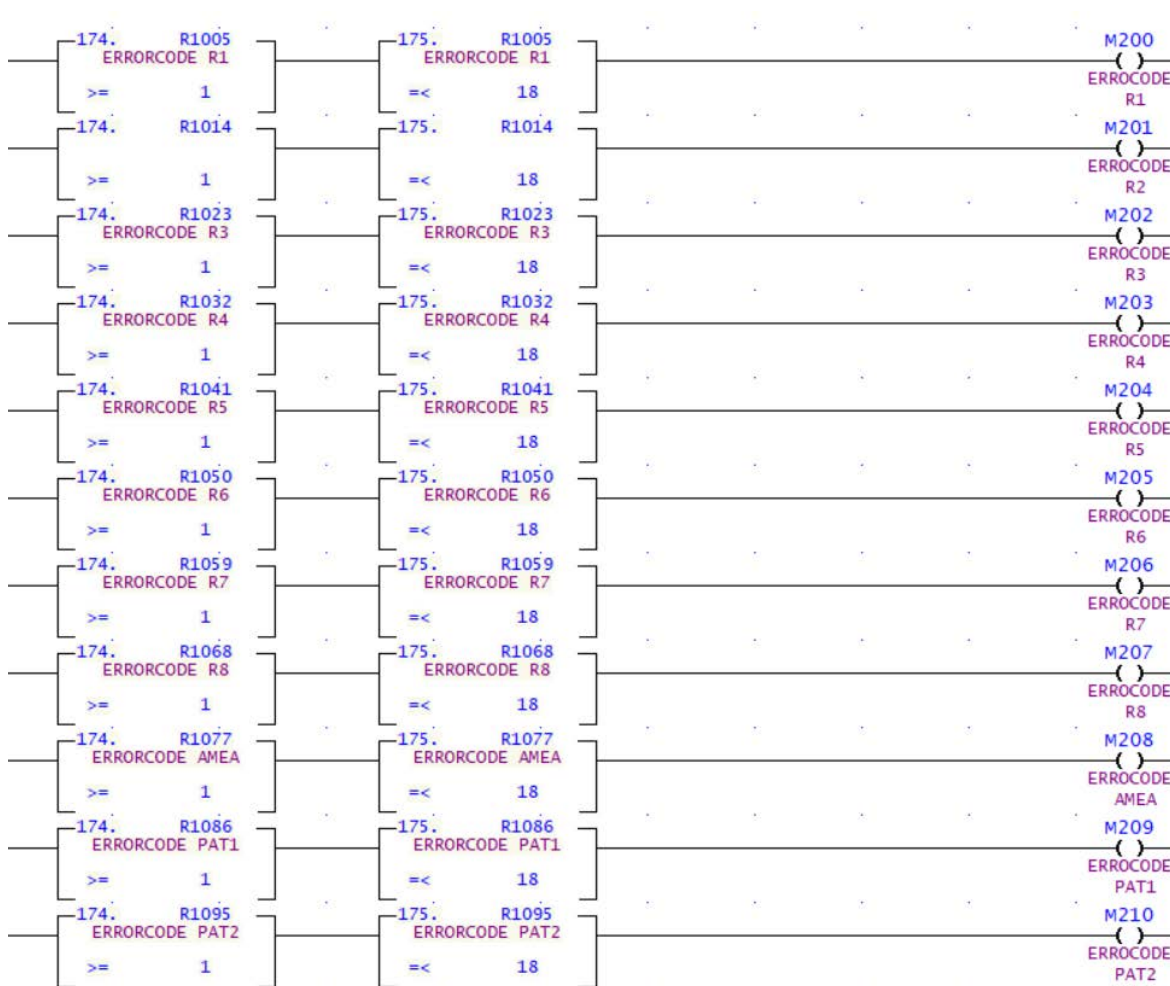
Εικόνα 38 Ανάγνωση από τα PLC του εκάστοτε δωματίου

Στην Εικόνα 39 φαίνεται η χρήση της συνάρτησης «MOV» ώστε να μεταφέρουμε το νέο set point (R102) (ανάλογα με το σενάριο) στον register R1018 για χρήση από το δωμάτιο μέσω του Link table. Παρακάτω, ξανά ανάλογα με το σενάριο, δίνεται η εντολή για κλείδωμα/ξεκλείδωμα του χειριστηρίου στο δωμάτιο (M525) καθώς και η εντολή για την ενεργοποίηση του κλιματιστικού του δωματίου ανάλογα με το Link table μέσω του register M522.



Εικόνα 39 Επιλογή λειτουργιών χειριστηρίου ανάλογα με το σενάριο λειτουργίας

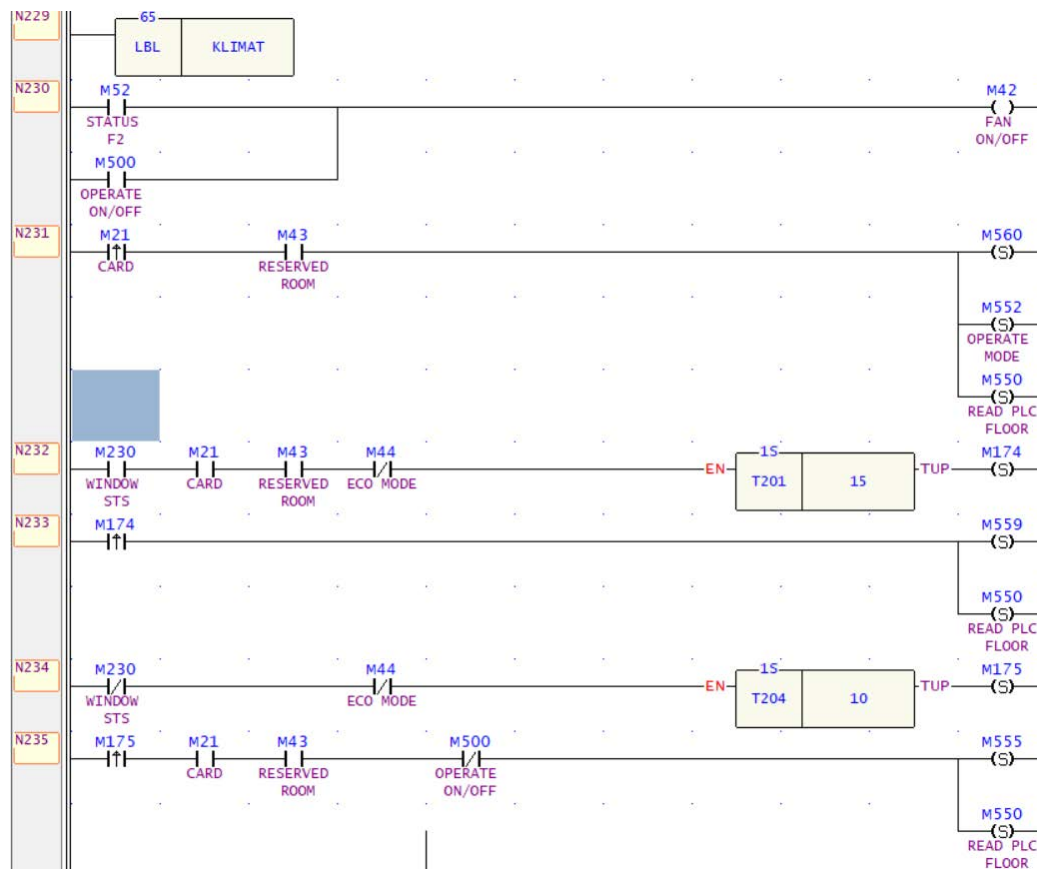
Σε αυτό το σημείο του κώδικα γίνεται έλεγχος σφαλμάτων για καθένα από τα δωμάτια του ορόφου. Σε περίπτωση που υπάρχει λάθος ενεργοποιείται το αντίστοιχο coil και μεταφέρεται το σήμα στο slave PLC μέσω του Link Table (Εικόνα 40).



Εικόνα 40 Ανάγνωση error code και αναγνώριση προέλευσης

Εδώ παρουσιάζεται το label «KLIMAT» για τον κλιματισμό. Αρχικά ελέγχεται το η κατάσταση του φωτιστικού F2 (M52), εάν το φωτιστικό είναι ενεργό ή εάν έχει δοθεί εντολή στο κλιματιστικό να λειτουργήσει (M500), τότε ενεργοποιείται ο εξαερισμός του WC (M42). Παρακάτω, ελέγχονται οι καταστάσεις των δωματίων όπως αν στο δωμάτιο η κάρτα βρίσκεται στον καρτοϋποδοχέα (M21), αν το παράθυρο είναι ανοιχτό M230, ή τέλος αν το δωμάτιο είναι με ή χωρίς κράτησης (M43). Ανάλογα με την κατάσταση του κάθε δωματίου γίνεται SET και το αντίστοιχο σενάριο λειτουργίας με τα κατάλληλα set point. Ουσιαστικά δίνεται εντολή ή οποία διαβάζεται από το master PLC μέσω των Register M560, M552 και M550. Συγκεκριμένα το M550 στέλνει το master PLC την εντολή για read

από το δωμάτιο, ενώ τα M174 και M175 καθορίζουν το σενάριο λειτουργίας ώστε να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα set point (Εικόνα 41).



Εικόνα 41 Επιλογή σεναρίου στο salve PLC ανάλογα τα δεδομένα του εκάστοτε δωματίου

Σε αυτό το σημείο γίνεται έλεγχος με την συνάρτηση «=» ώστε να καθοριστεί το operation mode του κλιματισμού. Σε περίπτωση που το R1000 είναι ίσο με 0 μανταλώνεται η ψύξη (R170) και επαναφέρεται η θέρμανση (R171), σε περίπτωση που το R1000 είναι ίσο με 4 τότε έχουμε θέρμανση οπότε επαναφέρουμε τον register της ψύξης (R170) και μανδαλώνουμε τον register υπεύθυνο για την (R171). Ενώ σε περίπτωση που το R1000 είναι ίσο με 0 (αυτόματη λειτουργία) επαναφέρουμε και τους 2 register (Εικόνα 42).



Εικόνα 42 Επιλογή ψύξης/θέρμανσης από το slave PLC λαμβάνοντας εντολή από το master PLC

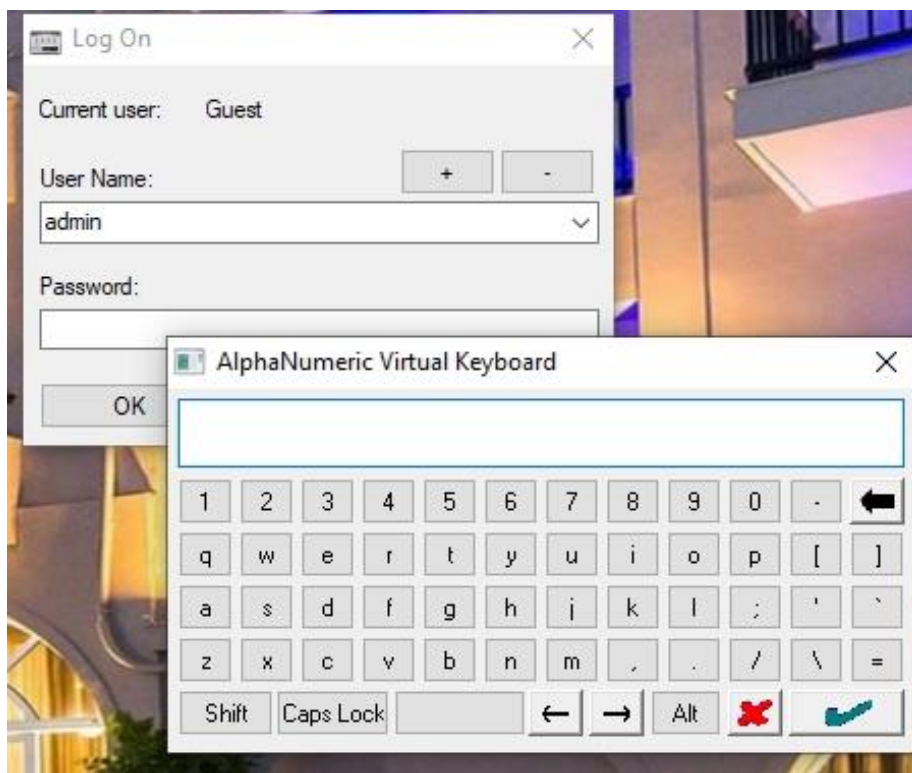
6.3.3 Υλοποίηση SCADA για σύστημα κλιματισμού

Σε αυτό το σύστημα δεν έχει γίνει δοκιμαστικό SCADA ή SCADA λειτουργίας αλγορίθμου και έχουμε μόνο SCADA λειτουργίας για το προσωπικό του ξενοδοχείου (Εικόνα 43).



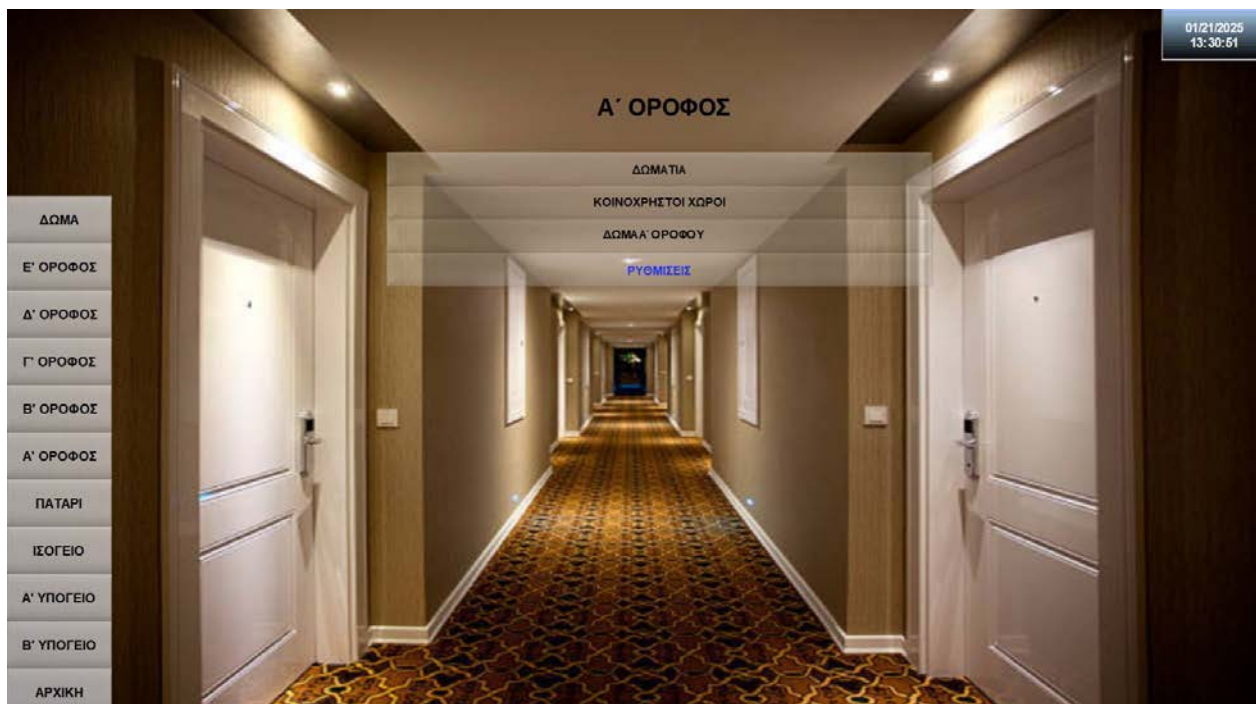
Εικόνα 43 Αρχική σελίδα SCADA

Για να μπορεί κάποιος να διαχειριστεί και να κάνει ρυθμίσεις στα δωμάτια πρέπει πρώτα να συνδεθεί (Log In) όπως φαίνεται στην Εικόνα 44 στο σύστημα του SCADA. Το Log in μπορεί να υποστηρίξει και είσοδος διαφορετικών χρηστών (group). Το κάθε group μπορεί να έχει διαφορετικά δικαιώματα χρήσης σε ένα σύστημα SCADA και να συνδέεται με το δικό του username και password. Μπορεί για παράδειγμα όλοι ο κάθε υπαλληλος να έχει το δικό του συνθηματικό και όνομα εισόδου. Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας έχει χρησιμοποιηθεί μόνο ένα group, το admin, με πλήρη δικαιώματα στο σύστημα SCADA. Στην Εικόνα 44 φαίνεται το pop-up παράθυρο που εμφανίζεται μόλις κάποιος επιλέξει το Log In στην αρχική οθόνη του SCADA.



Εικόνα 44 SCADA Log In

Πατώντας από την αρχική οθόνη στην επιλογή «Α΄ ΟΡΟΦΟΣ» εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο, στην Εικόνα 45, με τις εικονιζόμενες επιλογές. Σε περίπτωση που δεν έχει γίνει Log In η επιλογή ρυθμίσεις εμφανίζεται γκριζαρισμένη και δεν μπορεί να επιλεγεί.



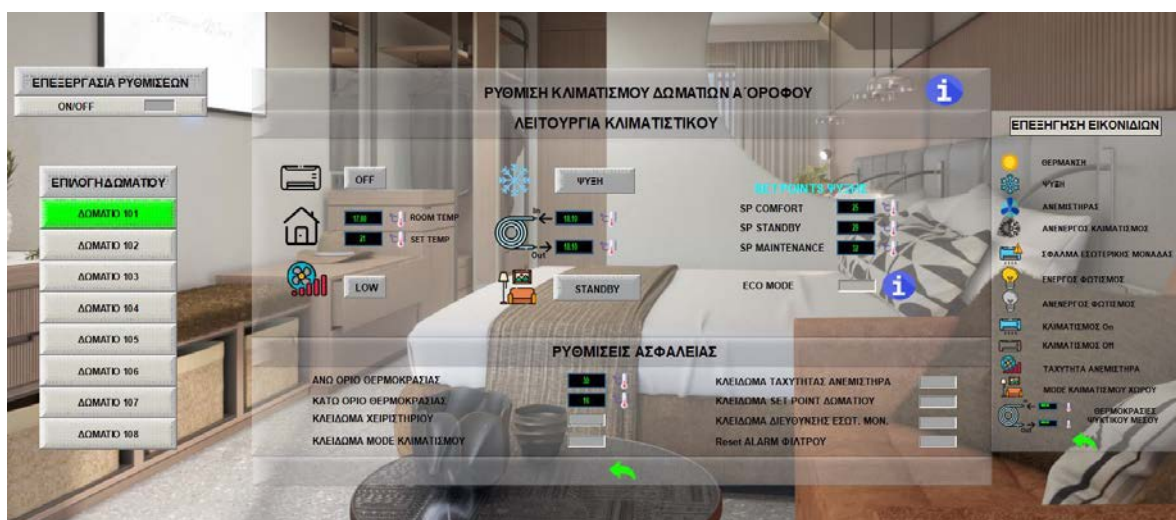
Εικόνα 45 Αρχική σελίδα Α΄ ορόφου

Πατώντας στην επιλογή «ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ» εμφανίζεται το παράθυρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 46 με επιλογές για τα συστήματα φωτισμού, κλιματισμού και κοινόχρηστων χώρων.



Εικόνα 46 Σελίδα ρυθμίσεων

Επιλέγοντας «ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΩΜΑΤΙΩΝ» εμφανίζεται η παρακάτω σελίδα (Εικόνα 47). Σε αυτή τη σελίδα εάν πατήσουμε το  θα εμφανιστεί το υπόμνημα δεξιά στην σελίδα ώστε να μπορεί κανείς να καταλάβει τη σημαίνει κάθε σύμβολο που εμφανίζεται στην οθόνη. Ακόμη στην αριστερή μεριά της σελίδας μπορεί να επιλεγθεί κάθε δωμάτιο του ορόφου ώστε να γίνουν ρυθμίσεις σε αυτό. Για να περαστούν όμως οι ρυθμίσεις θα πρέπει ο χρήστης να επιλέξει πρώτα την εντολή ON στο πεδίο «ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ» που βρίσκεται πάνω αριστερά. Έτσι δίνονται 20 δευτερόλεπτα για να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές. Αυτό χρειάζεται για την επικοινωνία με το Modbus, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα δεν γίνεται να κάνουμε ταυτόχρονα read και write.



Εικόνα 47 Ρυθμίσεις κλιματιστικού

6.4 Υλοποίηση συστήματος φωτισμού

6.4.1 Αλγόριθμος λειτουργίας συστήματος φωτισμού σε κώδικα Ladder

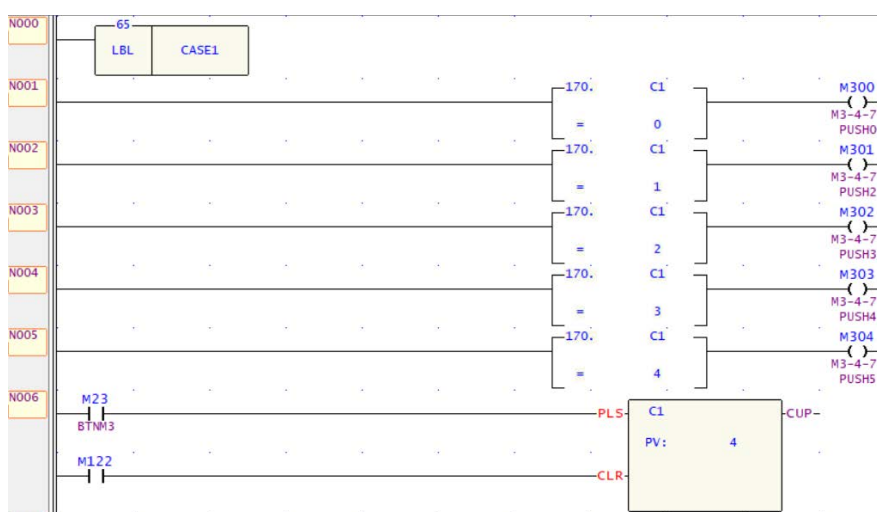
Σε αυτό το σύστημα δεν υπάρχει κάποιο θέμα με τη διασύνδεση και δεν χρειάζεται κάποιο Modbus table καθώς λειτουργεί με ψυχρές επαφές.

Υπάρχουν 2 τρόποι να υλοποιήσουμε με κώδικα τα πατήματα των διακοπών ώστε να λειτουργήσουν σύμφωνα με τα σενάρια.

1^{ος} Τρόπος: Χρήση μετρητή (counter) το οποίο μετά με τη σειρά του ανάλογα τον αριθμό του counter (πατημάτων) ελέγχει τα φώτα όπως φαίνεται στην Εικόνα 48 και Εικόνα 49.

Με κάθε πάτημα αυξάνεται η τιμή του counter κατά 1. Ανάλογα με την τιμή του counter γίνονται και τα αντίστοιχα set.

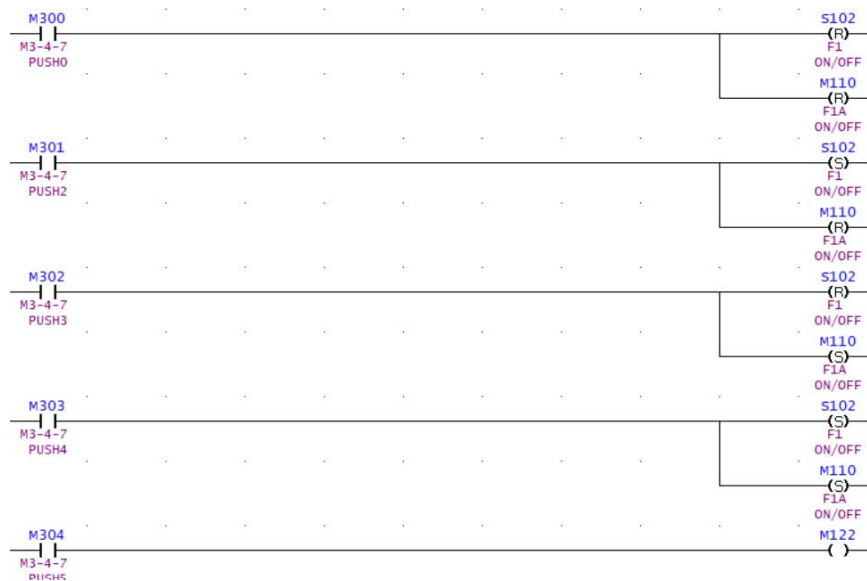
Με το πάτημα του μπουτόν 3 (M23) αυξάνεται σταδιακά η τιμή του counter (C1). Όταν η τιμή γίνει ίση με 4 τότε ο counter μηδενίζεται.



Εικόνα 48 Ρύθμιση counter

Συγκεκριμένα όταν ο μετρητής λάβει την τιμή 1 ενεργοποιείται ο register 301 ο οποίος με τη σειρά του ενεργοποιεί τον register S102, υπεύθυνο για το φως F1 ενώ επαναφέρει τον register M110 ο οποίος είναι υπεύθυνος για το φως F1A.

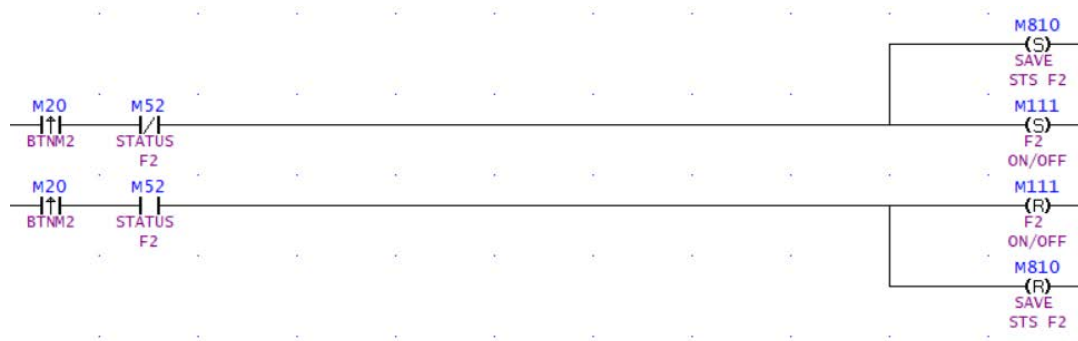
Αντίστοιχα με τις υπόλοιπες τιμές του counter μέχρις ότου να πάρει ο counter την τιμή 4, να ενεργοποιήσει τον register M304 ο οποίος με τη σειρά του ενεργοποιεί το M122 το οποίο είναι συνδεδεμένο στο Reset του counter.



Εικόνα 49 Επιλογή ανάλογα με τον αριθμό του counter

2^{ος} Τρόπος: Με χρήση επιβεβαίωσης λειτουργίας όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 50.

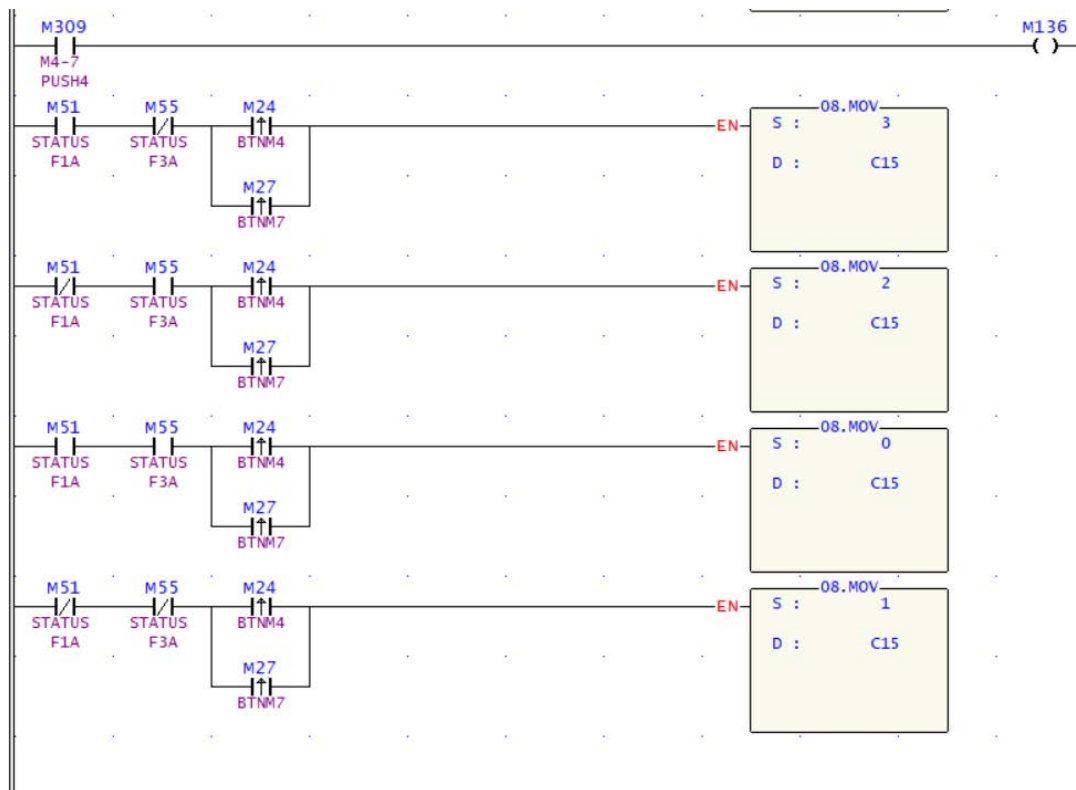
Ελέγχοντας δηλαδή σε τι κατάσταση βρίσκονται τα φώτα ανά πάσα στιγμή ώστε να γνωρίζουμε σε ποια κατάσταση πρέπει να μεταβούμε με το επόμενο πάτημα. Επίσης σε αυτό το σημείο του κώδικα φαίνεται και η χρήση pulse για την διαχείριση των πατημάτων του κουμπιού ώστε να μην έχουμε μόνιμο SET.



Εικόνα 50 Επιλογή ανάλογα με το status του φωτισμού

Σε μερικές περιπτώσεις γίνεται και συνδυασμός μεθόδων όπως φαίνεται στην Εικόνα 51, σε περίπτωση που δηλαδή δημιουργείτε σύγκρουση μεταξύ πατήματος 2 μπουτόν. Γίνεται δηλαδή και έλεγχος κατάστασης, αλλά και μετακίνηση μιας τιμής σε έναν counter, με χρήση συνάρτησης «MOV», ώστε να αλλάξει η κατάσταση του φωτισμού σύμφωνα με το σενάριο λειτουργίας του. Συγκεκριμένα αν η κατάσταση του F1A (M51) είναι σε θέση ON ενώ το φωτιστικό F3A είναι σε κατάσταση OFF (Ανάστροφο M55) και πατηθεί είτε το μπουτόν 4 (M24) είτε το μπουτόν 7 (M27) τότε ενεργοποιείται η συνάρτηση «MOV» και

μεταφέρεται η τιμή 3 στον counter 15 ώστε να ακολουθείτε σωστά η δομή του σεναρίου. Αυτό χρειάζεται να συμβεί σε φώτα τα οποία χειρίζονται από περισσότερα από 1 κουμπιά.



Εικόνα 51 Συνδυασμός μεθόδων

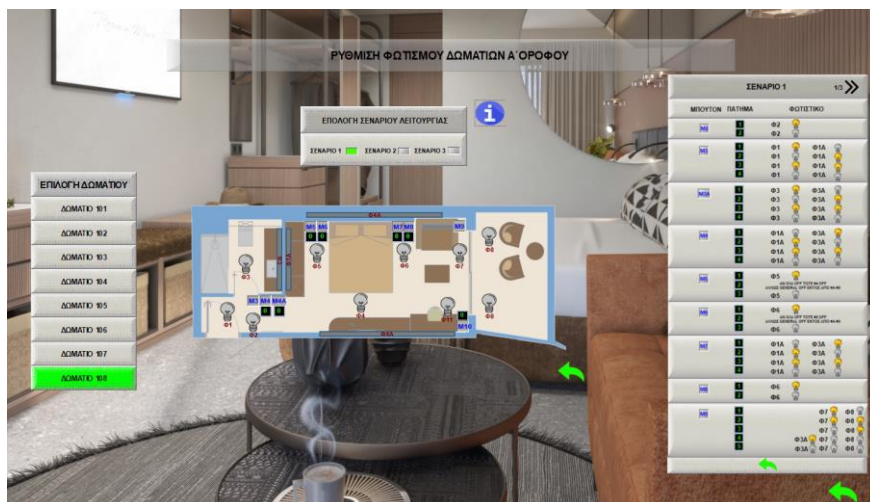
6.4.2 Υλοποίηση SCADA για σύστημα φωτισμού

Ξανά μέσω της ίδιας διαδικασίας με πριν (Log In-> Α' Όροφος-> Ρυθμίσεις) μεταβαίνουμε ξανά στη σελίδα του SCADA όπως δείχνει η Εικόνα 52 που μας επιτρέπει να επιλέξουμε τις ρυθμίσεις του συστήματος.



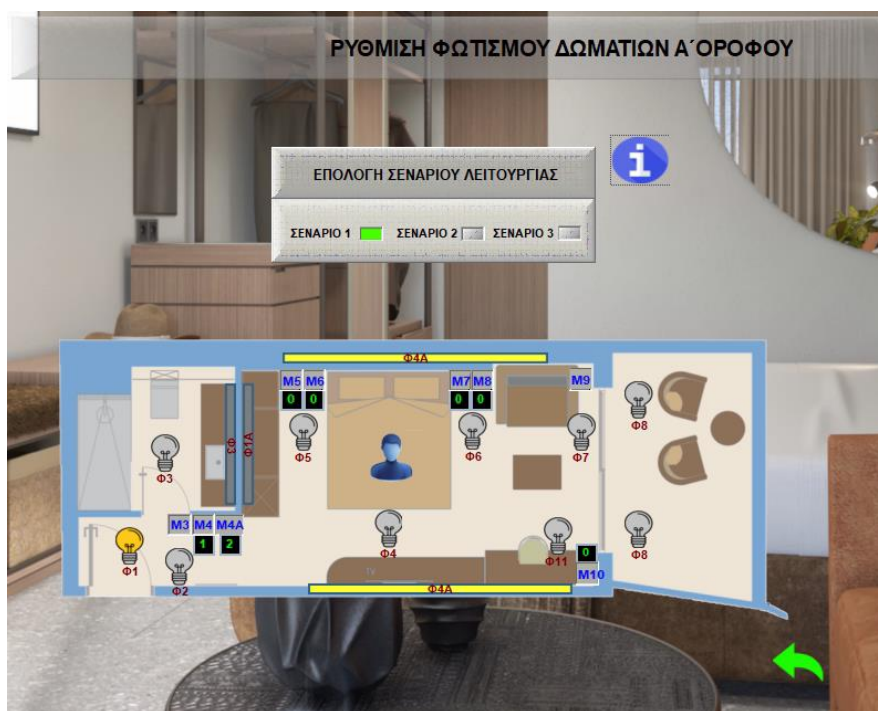
Εικόνα 52 Σελίδα ρυθμίσεων χωρίς Log IN.

Εφόσον επιλεγεί το κουμπί «ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΩΜΑΤΙΩΝ» θα μετάβουμε στην παρακάτω σελίδα (Εικόνα 53). Αριστερά στην οθόνη μπορεί να γίνεται η επιλογή του δωματίου στο οποίο επιθυμεί το προσωπικό να κάνει ρυθμίσεις. Πατώντας το  εμφανίζεται δεξιά το σχεδιάγραμμα των σεναρίων λειτουργίας του φωτισμού. Πάνω στην κάτοψη του δωματίου υπάρχουν τα μπουτόν στην πραγματική θέση που βρίσκονται και στο δωμάτιο από εκεί μπορεί να γίνει η διαχείριση του φωτισμού στο δωμάτιο.



Εικόνα 53 Δωμάτιο χωρίς κάρτα

Εφόσον έχει συνδεθεί η κάρτα στο δωμάτιο εμφανίζεται το σύμβολο «  » στο κέντρο του δωματίου όπως φαίνεται στην Εικόνα 54.

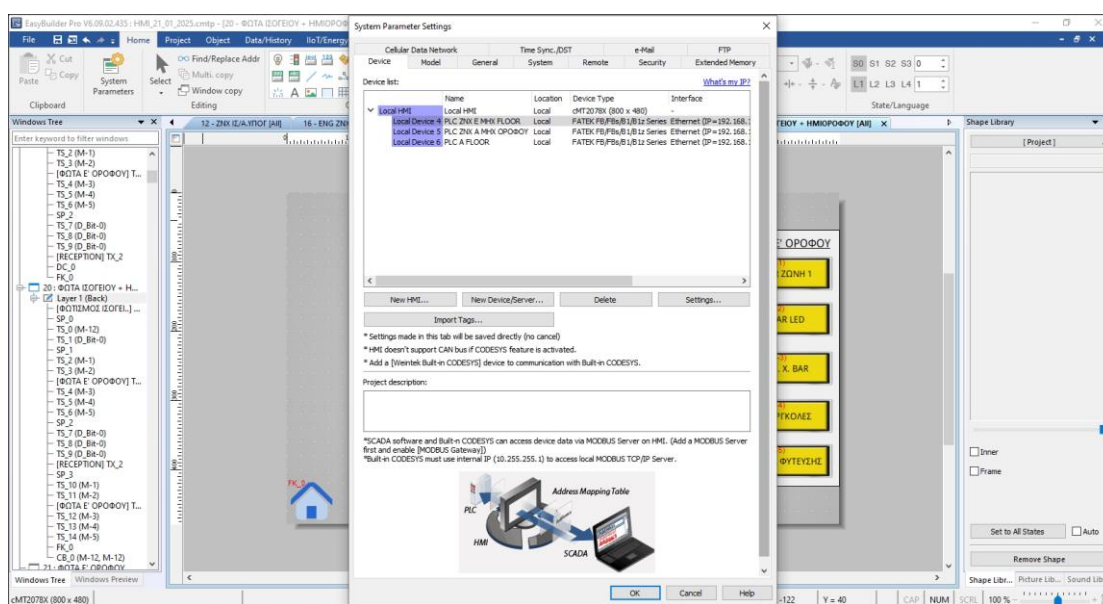


Εικόνα 54 Δωμάτιο με κάρτα

6.5 Υλοποίηση Human-Machine-Interface (HMI)

6.5.1 Επικοινωνία HMI με PLC

Για να γίνει η επικοινωνία μεταξύ PLC και HMI εφικτή πρέπει να ορίσουμε από ποια συσκευή θέλουμε να διαβάζουμε και να γράφουμε στην οθόνη, χρειάζεται δηλαδή να ορίζουμε ακριβώς το μοντέλο της συσκευής καθώς και τη διεύθυνση IP αυτής. Αυτό γίνεται μέσω της επιλογής «System Parameters» στην αρχική σελίδα του EasyBuilderPro της Weintek (Εικόνα 55) [57]. Συγκεκριμένα στο HMI που προγραμματίζεται στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας θα χρησιμοποιήσουμε 3 PLC. Το PLC του Α' μηχανολογικού ορόφου (διαχείριση ZNX1 και ZNX2), το PLC του Ε' μηχανολογικού ορόφου (διαχείριση ZNX3 και φωτισμό Bar) και το PLC του Α' ορόφου (διαχείριση κλιματισμού Α' Ορόφου και φωτισμού χώρου Reception και κοινόχρηστων χώρων). Στην εικόνα φαίνεται η επιλογή ονομασίας των PLC, οι επιλογή διευθύνσεων ανά το PLC, καθώς και το μοντέλο του κάθε PLC.



Εικόνα 55 Επιλογή PLC και διευθύνσεων

6.5.2 Σχεδιασμός και πλοήγηση στο HMI

Ξεκινάμε με την αρχική σελίδα του HMI:

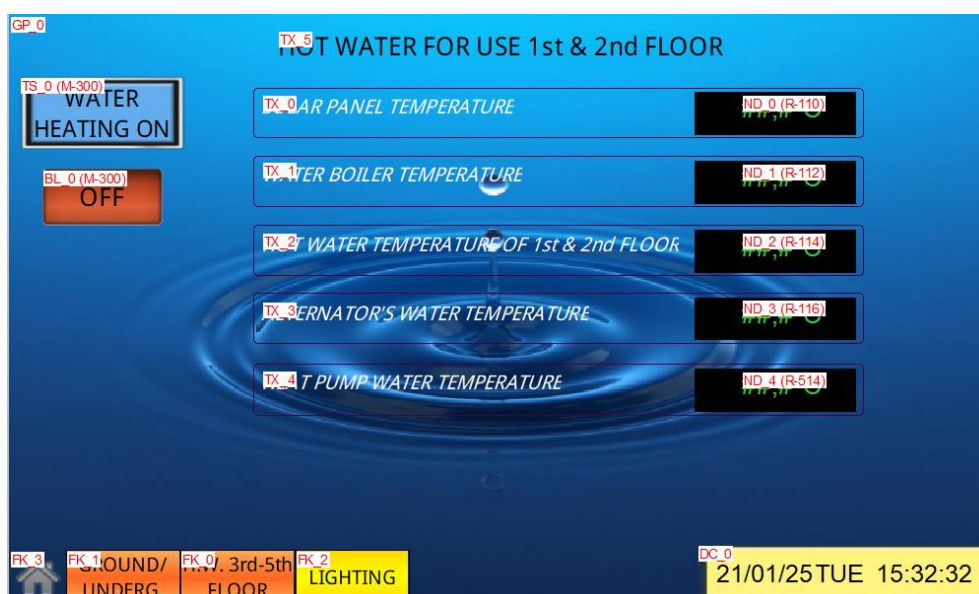
Από την αρχική σελίδα μπορεί κανείς να προηγηθεί στα 4 βασικά συστήματα της ξενοδοχειακής μονάδας. Η οθόνη HMI θα βρίσκεται στη ρεσεψιόν ώστε να μπορεί εύκολα και άμεσα να διαχειριστεί το προσωπικό τα συστήματα ZNX καθώς και τον φωτισμό των

κοινόχρηστων χώρων όπως φαίνεται στην Εικόνα 56. Ακόμα στην αρχική σελίδα υπάρχει η επιλογή για αλλαγή γλώσσας στα αγγλικά καθώς ενδέχεται το προσωπικό να μην γνωρίζει ελληνικά λόγω της φύσης της εργασίας.



Εικόνα 56 Αρχική σελίδα HMI

Πατώντας λοιπόν στην οθόνη το Ζεστό Νερό Χρήσης Α' και Β' ορόφων εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο. Σε αυτό μπορεί να ελεγχθεί η λειτουργία του συστήματος ZNX καθώς και να εποπτευθούν οι θερμοκρασίες του συστήματος ZNX ώστε να παρατηρηθεί κάποιο πρόβλημα να μπορεί γρήγορα να λυθεί (Εικόνα 57).



Εικόνα 57 Διαχείριση ZNX Α' & Β' ορόφων

Αντίστοιχα βεβαίως είναι και τα παράθυρα του HMI για το Ζεστό Νερό Χρήσης των συστημάτων ZNX1 και ZNX3.

Τέλος, επιλέγοντας στην οθόνη το «ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΟΙΝΟΧΡΗΣΤΩΝ ΧΩΡΩΝ» εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 58, που επιτρέπει την διαχείριση του φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους όπως τα φώτα ανάδειξης, διαδρόμων ή στον Ε' όροφο τον φωτισμό του BAR κ.α.



Εικόνα 58 Διαχείριση φωτισμού κοινόχρηστων χώρων

Κεφάλαιο 7 Σύνοψη και συμπεράσματα

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετηθεί και να υλοποιηθεί η χρησιμότητα των αυτοματισμών με χρήση PLC, SCADA και HMI, σε μια ξενοδοχειακή μονάδα. Η εργασία ξεκίνησε κάνοντας μια εισαγωγή στους σύγχρονους αυτοματισμούς αναφέροντας το αντίκτυπο που έχουν στις βιομηχανίες. Εφόσον, είχε γίνει η πρώτη επαφή με τους βασικούς όρους, καθώς και είχε αναπτυχθεί μια κατανόηση στο πως αυτά μπορούν να συνεισφέρουν προχωρήσαμε σε μια αναφορά στις μεγαλύτερες εταιρείες αυτοματισμού, μια σύγκριση μεταξύ τους καθώς και σε ποιον τομέα διαπρέπει η καθεμία. Σε επόμενο βήμα προχωρήσαμε στο πρακτικό μέρος της εργασίας με μια εισαγωγή στα συστήματα και προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν και ύστερα στην επεξήγηση των αλγορίθμων λειτουργίας. Ακολούθησε η υλοποίηση των αλγορίθμων σε γλώσσα Ladder, ο προγραμματισμός και διασύνδεση με το SCADA και τέλος η παρουσίαση του HMI.

Στην πορεία, βέβαια, είδαμε ότι τα θέματα που απασχολούν μια εγκατάσταση είναι πάρα πολλά και θα μπορούσαν να αποτελούν ένα ξεχωριστό αντικείμενο έρευνας από μόνα τους. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα δυστυχώς δεν γίνεται να αναπτυχθούν στα πλαίσια αυτής της εργασίας όμως σίγουρα αποτελούν πεδίο μελλοντικής μελέτης. Τέλος, μέσω της εργασίας μπορούμε να καταλάβουμε ότι σε μια ξενοδοχειακή μονάδα ο τομέας των αυτοματισμών μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμος και για αυτό τον λόγο αξίζει κανείς να ασχοληθεί και να μελετήσει πάνω σε αυτό.

Βιβλιογραφία

- [1] REVERE, «System Integrator,» 24 07 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.reverecontrol.com/tag/system-integrator/>.
- [2] J.Jayasamraj, «SCADA Communication & Protocols,» NPTI, PSTI, Bangalore , 2013.
- [3] M. I. P. S. M. I. T. L. S. M. I. a. A. G. S. M. I. Dimitrios Pliatsios, «A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics,» IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, 2020.
- [4] M. Siggins, «What Is SCADA Protocol And Communication Transport?,» DPS Telecom, 2020.
- [5] K. S. Manoj, Industrial Automation with SCADA Concepts, Communications and Security, Notion Press, 2019.
- [6] Ignition, «IGNITION,» 23 10 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.docs.inductiveautomation.com/docs/8.1/intro>.
- [7] AVEVA, «AVEVA edge,» 7 01 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.aveva.com/en/products/edge/>.
- [8] Siemens, «SCADA System,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:70cd7167-050a-47d0-b6f5-a4e1aa02113e/iPdf-WinCC-Systemuebersicht-eng.pdf>.
- [9] Automation, Rockwell, «Rockwell Automation,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.rockwellautomation.com/en-gb/products/software/factorytalk.html>.
- [10] GE VERNova, «Industrial Software,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.gevernova.com/software/products/hmi-scada/ifix>.
- [11] Z. B. C. R. Vitor Rodrigues, «The implications of industry 4.0 for the tourism sector: A systematic literature review,» *Heliyon*, 2024.
- [12] J.-Y. Fiset, Human-machine Interface Design for Process Control Applications, Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2009.

- [13] Siemens, «SIMATIC HMI Panels,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels.html>.
- [14] Rockwell Automation, «Allen-Bradley,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.rockwellautomation.com/en-gb/products/hardware/allen-bradley/hmi/graphic-terminals.html>.
- [15] Schneider, «Schneider Electric,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.se.com/gr/el/product-category/2100-%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%BD%CF%84%CE%B1-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%BF%CF%85-%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%8E%CF%80%CE%BF%CF%85-%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%AE%CF%82-hmi/>.
- [16] ABB, «Control panels CP600-Pro,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://new.abb.com/plc/control-panels/cp600-pro>.
- [17] MITSUBISHI, «Factory Automation,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.mitsubishielectric.com/fa/products/hmi/got/items/got2000/index.html>.
- [18] Weintek, «CMT SERIES,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://www.weintek.com/globalw/Product/Product_cMT.aspx.
- [19] R. Legarski, PLCs: From Origin to Present and Future Technology, SolveForce, 2024.
- [20] M. M. Lashin, «DIFFERENT APPLICATIONS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC),» International Journal of Computer Science, Banha University, Egypt, 2014.
- [21] Wikipedia, «Programmable logic controller,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller.
- [22] B. Av., ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ, Εκδόσεις Τζιόλα, 2017.
- [23] SIEMENS, «SIEMENS,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://new.siemens.com/global/en/company/investor-relations.html>.
- [24] Rockwell Automation, «Rockwell Automation,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://ir.rockwellautomation.com/>.

- [25] Schneider Electric, «Schneider Electric,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.se.com/ww/en/about-us/investor-relations/>.
- [26] ABB, «ABB,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://global.abb/group/en/investors>.
- [27] Honeywell, «Honeywell,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://investor.honeywell.com/>.
- [28] OMRON, «OMRON,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.omron.com/global/en/ir/>.
- [29] HITACHI, «HITACHI,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.hitachi.com/IR-e/>.
- [30] Rexroth, «Rexroth A Bosch Company,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.boschrexroth.com/en/dc/company/figures/>.
- [31] JTEKT, «JTEKT,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.jtekt.co.jp/e/ir/>.
- [32] EATON, «EATON,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.eaton.com/us/en-us/company/investor-relations.html>.
- [33] Panasonic, «Panasonic,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.panasonic.com/global/corporate/ir.html>.
- [34] PILZ, «PILZ,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.pilz.com/en-INT/company>.
- [35] WAGO, «Wago,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.wago.com/global/company>.
- [36] YOKOGAWA, «YOKOGAWA,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.yokogawa.com/about/ir/>.
- [37] Automation Community, «Automation Community,» 30 12 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://automationcommunity.com/advantages-and-disadvantages-of-plc>.
- [38] AspiringYouths, «AspiringYouths,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://aspiringyouths.com/advantages-disadvantages/plc>.

- [39] Engineer Fix, 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://engineerfix.com/electrical/plc/the-advantages-and-disadvantages-of-plcs>.
- [40] D. Chaudhari, «Dislab,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://dipslab.com/plc-advantages-disadvantages>.
- [41] CODESYS, «WHY CODESYS?,» 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.codesys.com/the-system/why-codesys.html>.
- [42] Π. Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2017.
- [43] Γ. Παντελίδης, Οδηγός Ενεργειακής Επιθεώρησης Κτηρίων, Αθήνα: Εκδόσεις ΔΕΔΕΜΑΝΗ, 2017.
- [44] P. C. K. a. C. Y. C. J.S. Hu, «ENERGY SAVING STUDY IN A HOTEL HVAC SYSTEM,» Department of Mechanical Engineering, The Hong Kong University of Science and Technology, Clear Water Bay, Hong Kong, 2007.
- [45] M. A. A.-H. M. A. H. N. Beithou, «Proposed Domestic Hot Water Storage System with PLC Control,» Engineering Faculty, Applied Science Private University,, Amman - Jordan , 2011.
- [46] LG, «LGE MULTI V 5 Specification Data,» LG, 2025.
- [47] LG, «LG OWNERS MANUAL,» 21 08 2024. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://gscs-manual.lge.com/DMZ/MFL67086810/en-gb/main.html?utm_source=lgweb&utm_medium=dotcom&utm_campaign=base&model=ARNH08GK3A4.ENWALEU&rdate=.
- [48] Lowara, Lowara electronic drive manual, Lowara, 2025.
- [49] GRUNDFOS, ΟΔΗΓΙΕΣ GRUNDFOS, GRUNDFOS, 2025.
- [50] RESOL, FlowSol® S/S HE : Manual for the specialised craftsman, RESOL, 2025.
- [51] Calpak, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ Calpak X-FLOW Ultratank, Calpak, 2025.
- [52] Calpak, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ PRISMA, Calpak, 2024.
- [53] Belimo, Technical data sheet 22DT-12..., Belimo, 2025.

- [54] Watts, «Manual Flow Switch FLU25,» 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://www.watts.eu/en/technical-support/manuals/safety-devices-and-exp.-vessels-sanitary/3154>.
- [55] FATEK, Fatek PLC FBs Catalogue, FATEK, 2024.
- [56] FATEK, «WinProladder User Guide,» 07 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://www.smartdk.com/SmartFTP/Fatek/Manualer/WinProladder_Manual_en_v330.pdf. [Πρόσβαση 2025].
- [57] WEINTEK, «EASY BUILDER PRO MANUAL,» 2025. [Ηλεκτρονικό]. Available:
https://dl.weintek.com/public/EBPro/UserManual/eng/EasyBuilderPro_V60802_UserManual_eng.pdf.
- [58] The Automization.com, «The Automization,» 2023. [Ηλεκτρονικό]. Available:
<https://theautomization.com/what-is-plc/>.