

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ



**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη συστήματος αυτομάτου ελέγχου
διάταξης δοκιμής γεννητριών με τη χρήση βιομηχανικού
προγραμματιζόμενου ελεγκτή**

Σπουδαστής: ΑΝΤΩΝΑΚΟΣ ΔΙΟΝΥΣΗΣ

Εισηγητής: ΤΖΑΓΚΑΡΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, Ιούνιος 2009

ΣΚΟΠΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό την ανάπτυξη συστήματος αυτοματοποίησης της διαδικασίας δοκιμής και εξαγωγής της καμπύλης ισχύος γεννητριών σε κατάλληλα διαμορφωμένο δοκιμαστήριο γεννητριών.

Ο σπουδαστής καλείται να ρυθμίσει την συχνότητα μετατροπέα ισχύος (inverter) μέσω του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή. Οι τιμές που θα αποθηκεύονται στο PLC, θα αντιστοιχούν σε τιμές συχνότητας του μετατροπέα ισχύος. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα του μετατροπέα ισχύος, θα μεταβάλλονται οι στροφές περιστροφής ενός κινητήρα, στον άξονα του οποίου συνδέεται μια γεννήτρια.

Το PLC θα προγραμματιστεί και θα συνδεθεί με κατάλληλα αισθητήρια, ώστε να λειτουργεί και ως καταγραφικό της παραγόμενης ισχύος και της ταχύτητας περιστροφής της γεννήτριας.

Το σύστημα ελέγχου θα σχεδιαστεί για διάταξη δοκιμής γεννητριών μικρής ισχύος (μέχρι 5kW), ενώ θα είναι δυνατή η τροποποίησή του για γεννήτριες μεγαλύτερης ισχύος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, με τους οποίους είχα την ευκαιρία και την χαρά να συνεργαστώ όλα αυτά τα χρόνια.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου σε αυτή την πτυχιακή εργασία, Γιώργο Τζαγκαράκη, ο οποίος με κατεύθυνε όλο αυτόν τον καιρό.

Φυσικά θα ήθελα να πω ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον Αντώνη Καραντζή, ο οποίος ήταν στην ουσία αυτός που πραγματοποίησε αυτή την πτυχιακή εργασία. Χωρίς την πολύτιμη βοήθειά του δεν θα είχε γίνει τίποτα.

Δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τους φίλους μου, με τους οποίους περάσαμε αξέχαστα όλα αυτά τα χρόνια.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, η οποία με την αγάπη τους με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια ψυχικά και πρακτικά.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

T	Ροπή	Newton·meter	Nm
Φ	Μαγνητικό Πεδίο	Tesla	T
F	Μαγνητική Δύναμη Laplace	Newton	N
S	Ολίσθηση	-	-
P	Αποδιδόμενη Ισχύς	Watt	W
B	Μαγνητική Επαγωγή	Tesla	T
U	Ταχύτητα αγωγού	meter/second	m/sec
E	ΗΕΔ	Volt	V
n	Ταχύτητα Κινητήρα	-	στρ/min
n_s	Σύγχρονη Ταχύτητα Κινητήρα	-	στρ/min
f	Συχνότητα Τροφοδοσίας	Hertz	Hz
ρ	Ζεύγη Μαγνητικών Πόλων Κινητήρα	-	-
l	Μήκος Αγωγού	meter	m
I_r	Ρεύμα Δρομέα	Ampere	A
I_a	Ρεύμα Τυμπάνου	Ampere	A
I_m	Ρεύμα μαγνήτισης	Ampere	A
I_f	Ρεύμα Μαγνητικού Πεδίου	Ampere	A
I_s	Ρεύμα Στάτη	Ampere	A
V_s	Τάση Στάτη	Volt	V
R_s	Αντίσταση Στάτη	Ohm	Ω
L_s	Αυτεπαγωγή Στάτη	Henry	H

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)

1.1.1. <u>Βασικά στοιχεία και λειτουργίες των PLC</u>	1
1.1.1.1. Ιστορική αναδρομή	1
1.1.1.2. Περιγραφή και λειτουργία του PLC	3
1.1.1.3. Πλεονεκτήματα	5
1.1.1.4. Στάδια εργασίας	6
1.1.1.5. Δομή ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή	7
1.1.1.6. Η Μνήμη της Κεντρικής Μονάδας	11
1.1.1.7. Αρχή λειτουργίας ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή	12
1.1.1.8. Κύριες λειτουργίες Προγραμματιζόμενων Λογικών Ελεγκτών	14
1.1.2. <u>Βασικά χαρακτηριστικά του PLC</u>	15
1.1.2.1. Ανάπτυξη προγράμματος σε Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή	15
1.1.2.2. Προγραμματιστικά Χαρακτηριστικά ενός Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή	16
1.1.2.2.1. Εισόδων	17
1.1.2.2.2. Εξόδων	17
1.1.2.2.3. Βοηθητική Μνήμη	18
1.1.2.2.4. Ειδικές συναρτήσεις του PLC	18
1.1.2.3. Τύποι μεταβλητών S7-300	19
1.1.2.4. Μοντέλα S7-300 και τα χαρακτηριστικά τους	19
1.1.2.5. Διακόπτης λειτουργίας και αναλογικός ρυθμιστής	21
1.1.2.6. Κάρτα Μνήμης	21
1.1.2.7. Μονάδες Επέκτασης	22
1.1.2.7.1. Interface Module	22
1.1.2.7.2. Power Module	22

1.1.2.7.3. Ψηφιακές Μονάδες Επέκτασης	23
1.1.2.7.2. Αναλογικές Μονάδες Επέκτασης	25
1.1.3. <u>Προγραμματισμός του S7-300</u>	26
1.1.3.1. Περιβάλλον προγραμματισμού του S7-300	26
1.1.3.2. Γλώσσες προγραμματισμού του S7-300	27
<u>Κεφάλαιο 1.2.</u> AC DRIVES	28
2.1. Εισαγωγή	28
2.2. Έλεγχος V/f	29
2.3. Αρχή λειτουργίας του AC Ηλεκτρονικού Ρυθμιστή Στροφών (AC DRIVE)	31
<u>Κεφάλαιο1. 3.</u> ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	34
1.3.1. Αρχή λειτουργίας των Ασύγχρονων Τριφασικών Κινητήρων	34
1.3.2. Ροπή Ασύγχρονων Τριφασικών Κινητήρων	36
1.3.3. Ολίσθηση	38
<u>Κεφάλαιο1. 4.</u> ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	39
1.4.1. Αρχή Λειτουργίας Γεννητριών Συνεχούς Ρεύματος	39
1.4.2. Χαρακτηριστική Φορτίου Γεννήτριας με Παράλληλη Διέγερση	41
1.4.3. Ισχύς Γεννήτριας	42

B. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

<u>Κεφάλαιο 2.1.</u>	ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ PLC	
2.1.1.	Λειτουργία του OB1	43
2.1.2.	Λειτουργία του FC1	45
2.1.3.	Λειτουργία του FC10	46
2.1.4.	Λειτουργία του FC11	55
2.1.5.	Λειτουργία του FC12	60
2.1.6.	Λειτουργία του FC13	63
2.1.7.	Λειτουργία του FC20	66
2.1.8.	Λειτουργία του FC22	70
2.1.9.	Λειτουργία του FC23	79
2.1.10.	Λειτουργία του FC25	83
2.1.11.	Λειτουργία του FC26	85
2.1.12.	Λειτουργία του FC222	86
<u>Κεφάλαιο 2.2.</u>	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ MICROMASTER 440	89
2.2.1.	Παραμετροποίηση του MicroMaster 440	89
2.2.2.	Αναγνώριση Δεδομένων Κινητήρα	93
<u>Κεφάλαιο 2.3.</u>	HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)	100
2.3.1.	Εισαγωγή	100
2.3.2.	Πρώτη σελίδα του HMI	101
2.3.3.	Historical Trend	107

ΣΧΗΜΑΤΑ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1.1

Σχήμα 1.1.1.5.1 : Δομή PLC	8
Σχήμα 1.1.1.7.1 : Κύκλος Λειτουργίας PLC	13
Σχήμα 1.1.2.1.1 : Κατηγορίες Αυτοματισμού	16

Κεφάλαιο 1.2

Σχήμα 1.2.2.1 : Χαρακτηριστική V/f	30
Σχήμα 1.2.3.1 : Διάγραμμα Αντιστροφέα	31
Σχήμα 1.2.3.2 : Ανόρθωση του Εναλλασσόμενου Ρεύματος	32
Σχήμα 1.2.3.3 : Εξομάλυνση της τάσης μέσω του DC link	32
Σχήμα 1.2.3.4 : Έξοδος Μετατροπέα	33

Κεφάλαιο 1.3

Σχήμα 1.3.1.1 : Μαγνητικές Δυνάμεις	35
Σχήμα 1.3.2.1 : Καμπύλη Ροπής-Ταχύτητας Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα	37

Κεφάλαιο 1.4

Σχήμα 1.4.1.1 : Γεννήτρια με Παράλληλη Διέγερση	40
Σχήμα 1.4.2.1 : Χαρακτηριστική Φορτίου Γεννήτριας με Παράλληλη Διέγερση	42

B. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 2.1

Σχήμα 2.1.2.1 : Έξοδος του Timer	46
Σχήμα 2.1.3.1 : Χαρακτηριστική Γραμμικής Συνάρτησης Παρεμβολής	52

Σχήμα 2.1.4.1 : Υπολογισμός της ισχύος	58
Σχήμα 2.1.8.1 : Λειτουργία Display	73
Σχήμα 2.1.9.1 : Έναυσμα για εμφάνιση τιμών τρέχουσας / προηγούμενης ημέρας	81
Σχήμα 2.1.9.2 : Εμφάνιση τιμών Ισχύος προηγούμενης ημέρας	81
Σχήμα 2.1.9.3 : Εμφάνιση τιμών Ισχύος τρέχουσας ημέρας	81
Σχήμα 2.1.9.4 : Εμφάνιση μετρήσεων στο Display	82

Κεφάλαιο 2.2

Σχήμα 2.2.2.1 : Διάγραμμα Ροής Ταχείας Θέσης σε Λειτουργία (Quick Commissioning)	93-95
Σχήμα 2.2.2.2 : Ισοδύναμο Διάγραμμα Κυκλώματος	96
Σχήμα 2.2.2.3 : Χαρακτηριστική Μαγνήτισης	96

Κεφάλαιο 2.3

Σχήμα 2.3.1.1 : Επικοινωνία PLC – HMI	101
--	-----

ΠΙΝΑΚΕΣ

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1.1

Πίνακας 1.1.2.3.1 : Περιοχές Μνήμης του PLC	19
Πίνακας 1.1.2.3.2 : Περιοχές Τοπικών Μεταβλητών του PLC	19
Πίνακας 1.1.2.4.1 : Τύποι CPU του S7-300	20

B. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 2.1

Πίνακας 2.1.7.1 : Περιεχόμενο Μετρητή	68
---------------------------------------	----

ΕΙΚΟΝΕΣ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1.1

Εικόνα 1.1.2.4.1 : S7-300	20
Εικόνα 1.1.2.5.1 : Διακόπτης Λειτουργίας	21
Εικόνα 1.1.2.6.1 : Φορητή Μνήμη του PLC	21
Εικόνα 1.1.2.7.2.1 : Interface Module/Poewr Module	23
Εικόνα 1.1.2.7.3.1 : Μονάδα Ψηφιακής Εισόδου	24
Εικόνα 1.1.2.7.3.2 : Μονάδα Ψηφιακής Εξόδου	24
Εικόνα 1.1.2.7.4.1 : Μονάδα Αναλογικής Εισόδου	25
Εικόνα 1.1.2.7.1.2 : Μονάδα Αναλογικής Εξόδου	26

Β. ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 2.1

Εικόνα 2.1.1.1 : Networks του OB1	43
Εικόνα 2.1.2.1 : Networks 1, 2, 3	45
Εικόνα 2.1.3.1 : Networks 4, 5, 6, 7, 8	46
Εικόνα 2.1.3.2 : Networks 9, 10, 11	49
Εικόνα 2.1.3.3 : Networks 13, 14, 15, 16	50
Εικόνα 2.1.3.4 : Networks 18, 19, 20	51
Εικόνα 2.1.3.5 : Networks 24, 25, 26	53
Εικόνα 2.1.3.6 : Networks 29, 30, 31	54
Εικόνα 2.1.4.1 : Networks 1, 2, 3	55
Εικόνα 2.1.4.2 : Networks 4, 5	57
Εικόνα 2.1.4.3 : Networks 8, 9, 10, 11	59
Εικόνα 2.1.5.1 : Networks 2, 3, 4, 5	60
Εικόνα 2.1.5.2 : Networks 15, 16	62

Εικόνα 2.1.6.1 : Networks 2, 3	63
Εικόνα 2.1.6.2 : Networks 5, 6, 7	64
Εικόνα 2.1.6.3 : Networks 10, 11	65
Εικόνα 2.1.7.1 : Networks 1, 2, 3, 4	66
Εικόνα 2.1.7.2 : Networks 4, 5	67
Εικόνα 2.1.7.3 : Networks 6, 7, 8	68
Εικόνα 2.1.7.4 : Networks 10	69
Εικόνα 2.1.8.1 : Networks 1, 2, 3	70
Εικόνα 2.1.8.2 : Display	72
Εικόνα 2.1.8.3 : Networks 5, 6	74
Εικόνα 2.1.8.4 : Networks 8, 9	75
Εικόνα 2.1.8.5 : Networks 10, 11	76
Εικόνα 2.1.8.6 : Networks 12, 13, 14	77
Εικόνα 2.1.8.7 : Networks 16	78
Εικόνα 2.1.9.1 : Networks 1, 2, 3, 4, 5	79
Εικόνα 2.1.9.2 : Networks 6, 7, 8	80
Εικόνα 2.1.10.1 : Networks 1, 2	83
Εικόνα 2.1.10.2 : Networks 6	84
Εικόνα 2.1.11.1 : Networks 1	85
Εικόνα 2.1.12.1 : Networks 1, 2, 3	86

Κεφάλαιο 2.2

Εικόνα 2.2.1.1 : MicroMaster 440	89
Εικόνα 2.2.1.2 : Απεικόνιση Παραμέτρων στο MicroMaster 440	90

Κεφάλαιο 2.3

Εικόνα 2.3.2.1 : Πρώτη σελίδα του HMI	101
Εικόνα 2.3.2.2 : Τρέχοντα Δείγματα της Ισχύος	103
Εικόνα 2.3.2.3 : Προηγούμενα Δείγματα της Ισχύος	104
Εικόνα 2.3.3.1 :	107
Εικόνα 2.3.3.2 :	108

Εικόνα 2.3.3.3 :	109
Εικόνα 2.3.3.4 :	110

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)

1.1.1 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ PLC

1.1.1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ήδη από τη δεκαετία του `60 στην Ευρώπη άρχισε η μετάβαση στα συστήματα με ψηφιακά ηλεκτρονικά. Αυτό δεν άλλαξε μόνο τον τρόπο σκέψης των κατασκευαστών αλλά και τη δομή και το τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων και μηχανών. Υπήρξαν όμως και αρνητικά σημεία αφού απαιτήθηκε η γνώση υψηλής ηλεκτρονικής για τη σωστότερη εγκατάσταση και συντήρησή τους.

Οι πρώτοι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC – Programmable Logic Controllers) στην αρχή της δεκαετίας του `70 χρησιμοποιήθηκαν κυρίως για την αντικατάσταση των ρελέ.

Η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής άρχισε στην αρχή της δεκαετίας του `80. Η τεχνολογία γινόταν γρηγορότερη και αναπτυσσόταν συνεχώς, παράλληλα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Όπως σε όλους τους

τομείς έτσι κι εδώ, η επικοινωνία και η πληροφορία έγιναν η σημαντικότερη βάση για αποδοτική παραγωγή. Οι νέες συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπερκείμενους υπολογιστές.

Οι διαδικασίες παραγωγής γίνονται πιο σύνθετες, οι νεκροί χρόνοι στη παραγωγή μειώνονται συνεχώς, οι απαιτήσεις για αυξημένη ποιότητα αυξάνονται. Αλλάζει και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία, τώρα σχεδιάζει, κατασκευάζει, προγραμματίζει, επιτηρεί κι επισκευάζει.

Κι ενώ η τεχνολογία προχωρά, φθάνουμε στη δεκαετία του '90 όπου τεχνολογικά έγινε μεγάλο άλμα (συσκευές μικρότερες, φθηνότερες, με σημαντικά αυξημένες δυνατότητες συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης δεκαετίας) αλλά παράλληλα αυξήθηκε δυσανάλογα το κόστος εκπόνησης των προγραμμάτων και της θέσης σε λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Οι κατασκευαστές ρίχνουν πλέον σημαντικό βάρος στο λογισμικό όπου παρέχονται έτοιμες λύσεις για τομείς του αυτοματισμού με τη βοήθεια βιβλιοθηκών, εκμεταλλεύονται την πρόοδο των ηλεκτρονικών υπολογιστών και χρησιμοποιούν την εξέλιξη στο λειτουργικό τους σύστημα (τεχνολογία Windows) για να μειώσουν τους χρόνους στον προγραμματισμό των PLC (σχόλια προγράμματος, αντιγραφή τμημάτων προγράμματος από ένα πρόγραμμα σ' ένα άλλο κ.λ.π). Εμφανίζονται νέες γλώσσες προγραμματισμού για τεχνολόγους σε γραφική μορφή, όπου ο χρήστης μέσω βιβλιοθηκών κι έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας "συνθέτει" τον αυτοματισμό του. Τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο παρασκήνιο για λογαριασμό του. Υποστηρίζεται τέλος και η εξέλιξη στις γλώσσες προγραμματισμού των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα.

Τέλος ιδιαίτερη έμφαση δίνεται πλέον στη δικτύωση - ασύρματη ή ενσύρματη για τον προγραμματισμό / επιτήρηση εξ αποστάσεως μέσω ειδικών συσκευών επικοινωνίας και λογισμικού για ηλεκτρονικό υπολογιστή (SCADA) καθώς και στις επικοινωνίες Internet.

1.1.1.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ PLC

Το PLC είναι μία ηλεκτρονική διάταξη η οποία από την άποψη της λειτουργίας θα μπορούσε να προσομοιωθεί με έναν πίνακα αυτοματισμού. Έχει δηλαδή εισόδους και εξόδους που συνδέονται με τα στοιχεία μιας εγκατάστασης και βέβαια έναν αλγόριθμο που καθορίζει ότι κάποιος συνδυασμός εισόδων παράγει ένα αποτέλεσμα στις εξόδους (π.χ. η ενεργοποίηση ενός τερματικού διακόπτη σταματά τον κινητήρα μιας μεταφορικής ταινίας). Οι ομοιότητες όμως σταματούν εδώ μιας και το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των PLC είναι ότι οι "κανόνες" που καθορίζουν την συμπεριφορά των εξόδων δεν είναι σταθεροί και "καλωδιωμένοι" όπως σε ένα κλασικό πίνακα αυτοματισμού αλλά μπορούν να μεταβάλλονται με την επέμβαση στο πρόγραμμα του PLC χωρίς καμία επέμβαση στο Hardware του συστήματος. Δηλαδή η λογική της λειτουργίας που ενσωματώνεται στο PLC μέσω του προγραμματισμού του είναι μεταβαλλόμενη.

Έτσι σε ότι αφορά το υλικό όλα τα PLC αποτελούνται από την CPU, η οποία περιέχει την λογική του αυτοματισμού και η οποία αφού διαβάσει την κατάσταση των καρτών εισόδου (input modules) ενεργοποιεί τις κάρτες εξόδου (output modules) σύμφωνα με τους κανόνες (πρόγραμμα) που έχουμε αποθηκεύσει στην μνήμη του.

Βέβαια το σύστημα συμπληρώνεται από το τροφοδοτικό και πιθανόν από διατάξεις ενδείξεων και χειρισμών (operator panel, operator display). Η CPU με την βοήθεια της κάρτας εισόδου γνωρίζει κάθε στιγμή την κατάσταση ενός διακόπτη εάν δηλαδή είναι διεγερμένος ή όχι. Επιπλέον με τη βοήθεια της κάρτας εξόδου οπλίζει ένα ρελέ και μέσω αυτού ενεργοποιεί μία διάταξη κίνησης, φωτισμού κλπ.

Αυτό που απομένει είναι η "λογική", δηλαδή πότε πρέπει να οπλίσει το ρελέ. Αυτή η λογική είναι το πρόγραμμα του PLC που συντάσσεται σε συγκεκριμένη γλώσσα με την βοήθεια ειδικού λογισμικού και αποθηκεύεται στην μνήμη του PLC.

Έτσι τώρα το σύνολο του συστήματος λειτουργεί ως εξής:

Αρχικά η CPU διαβάζει τις εισόδους, δηλαδή παρατηρεί την κάθε είσοδο, και αν σε αυτή έχει εμφανισθεί τάση (που σημαίνει ότι έχει κλείσει ο διακόπτης) καταχωρεί ένα λογικό 1 σε μία περιοχή της μνήμης του που είναι ειδική για

αυτό τον σκοπό (Input Image). Η περιοχή αυτή περιέχει σε κάθε στιγμή την κατάσταση των εισόδων και λειτουργεί σαν ενδιάμεσος σταθμός ανάμεσα στον "έξω κόσμο" και την CPU.

Στην συνέχεια εκτελείται το πρόγραμμα, δηλαδή εξετάζεται η τιμή των εισόδων και αποφασίζεται η τιμή της εξόδου η οποία και καταχωρείται σε μία αντίστοιχη περιοχή μνήμης εξόδου (Output Image).

Τέλος η περιοχή της μνήμης εξόδου μεταφέρεται στην κάρτα εξόδου και διεγείρει με την σειρά της το ρελέ.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται από την αρχή και διαρκώς. Η διαδικασία αυτή λέγεται κυκλική επεξεργασία στο PLC.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό εδώ να τονιστεί ότι η πληροφορία για την κατάσταση της εισόδου αποκτάται μόνο στην αρχή του κύκλου και θεωρείται σταθερή κατά τον χρόνο εκτέλεσης του προγράμματος (πράγμα που βεβαίως μπορεί και να μην συμβαίνει), όμως ο κύκλος του PLC είναι τόσο σύντομος (τυπικά μερικά msec) που ακόμα και αν αλλάξει κατάσταση η είσοδος, η CPU θα το αντιληφθεί στον αμέσως επόμενο κύκλο (π.χ. μετά από 3 ms) και θα δράσει ανάλογα με καθυστέρηση μόνο χιλιοστών του δευτερολέπτου. Φυσικά για ιδιαίτερα κρίσιμες εισόδους υπάρχουν τεχνικές που επιτρέπουν την ακαριαία πληροφόρηση και δράση της CPU (Event driven interrupt).

Εδώ θα πρέπει να επίσης να υπογραμμιστεί, όπως εξάλλου φάνηκε και πιο πάνω, ότι το αποτέλεσμα του αυτοματισμού (διέγερση εξόδου) καθορίζεται απ' το πρόγραμμα και όχι απ' τις καλωδιώσεις.

Διατηρώντας τις ίδιες ακριβώς καλωδιώσεις και αλλάζοντας μόνο το πρόγραμμα, το σύστημα μπορεί να συμπεριφέρεται εντελώς διαφορετικά. Αυτή είναι βέβαια και η μεγάλη διαφορά του PLC από οποιοδήποτε άλλο σύστημα αυτοματισμού που καθορίζει και το όνομα του δηλαδή προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής.

1.1.1.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Συγκριτικά με τον κλασικό αυτοματισμό τα πλεονεκτήματα του προγραμματισμού με PLC είναι πάρα πολλά. Ενδεικτικά μπορεί να γίνει αναφορά σε ότι:

- Είναι συσκευές γενικής χρήσεως - δεν είναι κατασκευασμένοι για ένα συγκεκριμένο είδος παραγωγής.
- Δεν ενδιαφέρει ο συνολικός αριθμός των επαφών, χρονικών, απαριθμητών κ.λ.π., που θα χρησιμοποιηθούν μιας και αποτελούν στοιχεία μνήμης της CPU και όχι φυσικές οντότητες.
- Η λειτουργία του αυτοματισμού μπορεί ν' αλλάξει σε οποιοδήποτε στάδιο θελήσουμε (μελέτη, κατασκευή, Θέση σε λειτουργία ή αργότερα) χωρίς επέμβαση στο υλικό.
- Εύκολος οπτικός εντοπισμός με μία ματιά, της λειτουργίας ή μη στοιχείων της εγκατάστασης με τη βοήθεια των LED που υπάρχουν σε όλες τις κάρτες εισόδου / εξόδου. Με τη βοήθεια συσκευής προγραμματισμού μπορεί να παρακολουθηθεί και η ροή εκτέλεσης του προγράμματος.
- Η κατασκευή του πίνακα που θα τοποθετηθεί το PLC γίνεται παράλληλα με τον προγραμματισμό του, πράγμα το οποίο οδηγεί στη συντομότερη παράδοση του αυτοματισμού.
- Πολύ συχνό είναι το φαινόμενο ο τεχνικός να κληθεί να επισκευάσει μια βλάβη και να δει έκπληκτος ότι άλλα υπάρχουν στα σχέδια και άλλα βλέπει αυτός στην εγκατάσταση. Το πρόβλημα αυτό δεν υπάρχει στα PLC αφού πάντα υπάρχει μόνο ένα "σχέδιο" αποθηκευμένο - το τελευταίο πρόγραμμα που του έχουμε περάσει. Εάν απαιτούνται περισσότερα προγράμματα, αυτό είναι δυνατό με τη χρήση δισκετών.
- Τα PLC ως ηλεκτρονικές συσκευές καταλαμβάνουν πολύ μικρότερο χώρο στο πίνακα σε σχέση με τα υλικά του κλασικού αυτοματισμού και καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια από αυτά.

- Τοποθετούνται άφοβα και σε πεδία ισχύος - ο κατασκευαστής δίνει οδηγίες γι' αυτές τις περιπτώσεις οι οποίες πρέπει να τηρούνται (αποστάσεις, γειώσεις κ.λ.π.).
- Η γλώσσες προγραμματισμού καλύπτουν όλο το φάσμα των ανθρώπων που καλούνται να ασχοληθούν με την τεχνολογία αυτή - υπάρχει γλώσσα προγραμματισμού γι' ανθρώπους με γνώση στο συμβατικό αυτοματισμό (Ladder), γλώσσες για όσους έχουν υπόβαθρο σε υπολογιστές (Statement List, SCL, FBD, C++) καθώς και γλώσσες εξειδικευμένες για διάφορες τεχνολογίες (GRAPH 7, HIGRAPH, CSF).
- Τέλος, σαν ψηφιακές συσκευές σήμερα πια δίνουν τη δυνατότητα να συνδεθούν επάνω τους οθόνες, εκτυπωτές, πληκτρολόγια και να καταργηθούν έτσι τα κλασικά μιμικά διαγράμματα και οι πίνακες χειρισμών. Εύκολη είναι επίσης και η διασύνδεση μεταξύ τους για ανταλλαγή πληροφοριών, ο τηλεχειρισμός και η τηλεπλοπτεία, ο εξ αποστάσεως προγραμματισμός τους και η σύνδεσή τους στο Internet.

1.1.1.4. ΣΤΑΔΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Έξι είναι τα στάδια εργασίας που πρέπει ν' ακολουθηθούν για να υλοποιηθεί ένας αυτοματισμός:

1. **Τεχνική περιγραφή** - Καταγραφή δηλαδή των απαιτήσεων του πελάτη όσο αφορά τη σημερινή κατάσταση της εγκατάστασης, τις απαιτήσεις από τον αυτοματισμό αλλά και τις πιθανές μελλοντικές της επεκτάσεις.
2. **Επιλογή τύπου και μονάδων PLC** - Η επιλογή γίνεται πάντα με βάση τεχνικοοικονομικά κριτήρια, τη καλύτερη τεχνική λύση δηλαδή με το χαμηλότερο κόστος, μέσα από μια πληθώρα συστημάτων και των συνιστωσών τους.
3. **Εκπόνηση σχεδίων** - Κατασκευή πίνακα όπου θα τοποθετηθεί το PLC.
4. **Προγραμματισμός** - Υλοποίηση των προδιαγραφών που έθεσε ο πελάτης. Το πρόγραμμα δοκιμάζεται εν μέρει για τη σωστή του λειτουργία, αφού μια ολοκληρωμένη δοκιμή του είναι πρακτικά αδύνατη στο γραφείο καθόσον οι συνθήκες είναι συνήθως πολύ πιο διαφορετικές από αυτές της εγκατάστασης.

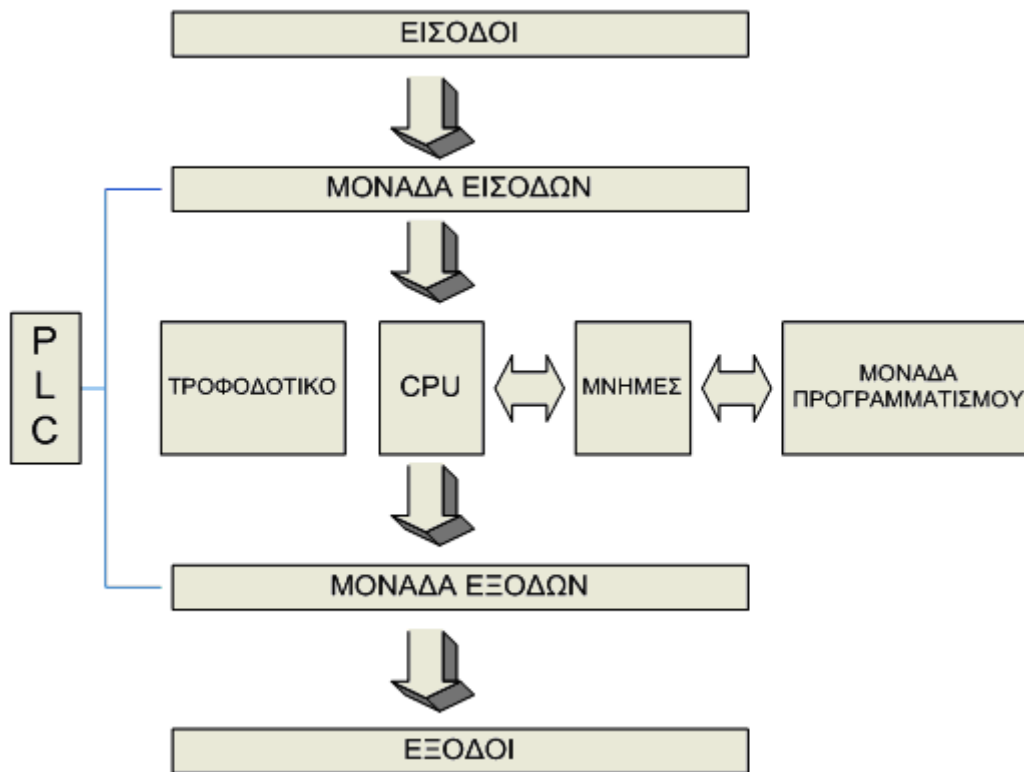
5. **Τοποθέτηση / Ενεργοποίηση** - Το PLC τοποθετημένο στο πίνακα μεταφέρεται και τοποθετείται στην εγκατάσταση, συρματώνεται με τα περιφερειακά στοιχεία (κινητήρες, βάνες, τερματικούς), γίνεται έλεγχος για την σωστή συρμάτωση και τέλος μεταφέρεται το πρόγραμμα στο PLC. Εδώ γίνεται ο οριστικός έλεγχος της σωστής σύμφωνα με τη τεχνική περιγραφή λειτουργίας του αυτοματισμού.
6. **Φάκελος έργου** - Δημιουργείται φάκελος του έργου με τα τελικά διορθωμένα σχέδια και το πρόγραμμα εκτυπωμένο με επεξηγηματικά σχόλια.

1.1.1.5. ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥ ΛΟΓΙΚΟ ΕΛΕΓΚΤΗ

Στην αγορά υπάρχουν σήμερα πάρα πολλά μοντέλα PLC κατασκευασμένα από πολλές εταιρίες. Η επιλογή ενός προγραμματιζόμενου ελεγκτή (τύπος, μέγεθος, κόστος) εξαρτάται από το πλήθος των στοιχείων που δίνουν εντολή σ' αυτόν (είσοδοι) και το πλήθος των στοιχείων που δέχονται εντολή απ' αυτόν (έξοδοι), καθώς και από το πλήθος των λειτουργιών που απαιτείται να κάνει ο αυτοματισμός (μέγεθος προγράμματος, δηλ. απαιτούμενη μνήμη και δυνατότητες της κεντρικής μονάδας).

Ανεξάρτητα όμως από τον τύπο και το μέγεθος, ένας προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, συνίσταται από τα εξής απαραίτητα στοιχεία:

- A.** Πλαίσιο τοποθέτησης των μονάδων.
- B.** Μονάδα τροφοδοσίας.
- Γ.** Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) που αποτελεί τον εγκέφαλο του PLC.
- Δ.** Μονάδες εισόδων / εξόδων.
- E.** Συσσκευή προγραμματισμού.



Σχήμα 1.1.1.5.1 : Δομή PLC (Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή)

A. Πλαίσιο τοποθέτησης μονάδων

Όλες οι μονάδες, από τις οποίες αποτελείται ένας προγραμματιζόμενος ελεγκτής, πρέπει να τοποθετηθούν σε κάποιο πλαίσιο. Σ' αυτό είναι ενσωματωμένο το σύστημα αγωγών (BUS), μέσω των οποίων επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες μεταξύ τους για την ανταλλαγή πληροφοριών και για την τροφοδοσία τους.

Αν οι θέσεις του κεντρικού πλαισίου που διατίθεται, δεν επαρκούν για να τοποθετηθούν οι μονάδες εισόδων και εξόδων που απαιτούνται σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή, τότε χρησιμοποιούνται περισσότερα πλαίσια επέκτασης για την τοποθέτηση των επιπλέον μονάδων. Κάθε πλαίσιο επέκτασης συνδέεται με το κεντρικό πλαίσιο ή με τα άλλα πλαίσια μέσω ειδικής μονάδας διασύνδεσης και καλωδίου.

B. Μονάδα τροφοδοσίας

Η μονάδα τροφοδοσίας χρησιμεύει για να δημιουργήσει από την τάση του δικτύου τις απαραίτητες εσωτερικές τάσεις για την τροφοδοσία αποκλειστικά των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, που υπάρχουν μέσα στον προγραμματιζόμενο ελεγκτή (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κλπ). Οι τυπικές εσωτερικές τάσεις των ελεγκτών είναι συνήθως: DC 5V, DC 9V, DC 24V.

Γ. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)

Είναι η βασική μονάδα του ελεγκτή, η οποία είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του αυτοματισμού. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι στην ουσία ένας μικροϋπολογιστής και διακρίνουμε σ' αυτήν όλα τα κύρια μέρη ενός μικροϋπολογιστή, δηλαδή τον μικροεπεξεργαστή και τη μνήμη. Ο μικροεπεξεργαστής είναι ο αυτός που εκτελεί όλες τις λειτουργίες του προγραμματιζόμενου ελεγκτή.

Δ. Μονάδες εισόδων / εξόδων

Οι μονάδες των εισόδων και των εξόδων αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με τον έξω κόσμο, δηλ. με τους αισθητήρες, τους διακόπτες, τα μπουτόν κ.α., που δίνουν τις πληροφορίες (εντολές) στη κεντρική μονάδα, καθώς και με τα ρελέ ισχύος των κινητήρων, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, ενδεικτικές λυχνίες και γενικά τους αποδέκτες που εκτελούν τις εντολές της κεντρικής μονάδας.

Η κεντρική μονάδα μπορεί να δεχτεί ψηφιακά σήματα εισόδου και εξόδου χαμηλής τάσης και πολύ μικρού ρεύματος. Η τάση που δέχεται είναι συνήθως 0 Volt για το λογικό "0" και 24Vdc για το λογικό "1". Το ρεύμα εισόδου καθώς και το ρεύμα εξόδου δεν μπορεί να ξεπεράσει τα λίγα mA. Οι μονάδες εισόδων και εξόδων αναλαμβάνουν να προσαρμόσουν τα σήματα εισόδου και εξόδου, που έχουμε στον αυτοματισμό, σε σήματα που μπορεί να δεχτεί η κεντρική μονάδα, τόσο από άποψη τάσεων όσο και από άποψη ρευμάτων. Η

προσαρμογή αυτή γίνεται με χρήση ηλεκτρονικών στοιχείων ισχύος, είτε με τη χρήση κατάλληλων μικρό-ρελέ.

Κάθε σύστημα PLC καταλήγει πάντα σε ακροδέκτες (κλέμες). Οι ακροδέκτες αυτοί ανήκουν στις μονάδες εισόδων και εξόδων του. Στους ακροδέκτες εισόδων καταλήγουν οι αγωγοί που έρχονται από αισθητήρες ή τερματικούς διακόπτες, πιεζοστάτες, διακόπτες μπουτόν, κτλ. Στους ακροδέκτες εξόδων καταλήγουν οι αγωγοί που τροφοδοτούν πηνία ρελέ ισχύος, ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες, λυχνίες ένδειξης και λοιπούς αποδέκτες.

Στους διάφορους τύπους των PLC που υπάρχουν, οι μονάδες εισόδων και εξόδων αντιμετωπίζονται με διαφορετικό τρόπο. Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω:

- Μια μονάδα εισόδων ή εξόδων μπορεί να λειτουργεί με συνεχή τάση ή με εναλλασσόμενη τάση. Τυπικές τάσεις λειτουργίας είναι: DC 24V, 48V, 60V & AC 24V, 48V, 115V, 230V, με συνηθέστερες τις DC 24V, AC 115V & AC 230V.
- Τα κυκλώματα και οι τάσεις των εισόδων είναι τελείως ανεξάρτητα από τα αντίστοιχα κυκλώματα των εξόδων. Επομένως η τάση για τις εισόδους μπορεί να είναι διαφορετική από την τάση για τις εξόδους. Αν τώρα αυτές οι τάσεις είναι ίδιες μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο τροφοδοτικό (για συνεχείς τάσεις), ή μετασχηματιστής χειρισμού (για AC τάσεις) για τις εισόδους και για τις εξόδους.
- Η τάση εισόδων (δηλ. η τάση που φτάνει σε μια είσοδο, όταν ενεργοποιηθεί ο αντιστοίχος αισθητήρας) συνήθως διαχωρίζεται γαλβανικά από το υπόλοιπο εσωτερικό κύκλωμα του PLC. Τα ίδια ισχύουν και για τις εξόδους. Αν σε κάποιες μονάδες εξόδων δεν έχουμε γαλβανική απομόνωση πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα το θέμα των γειώσεων.
- Στο συγκεκριμένο PLC η τάση τροφοδοσίας είναι 230V~AC η οποία παρέχεται από το δίκτυο. Οι εισοδοί δέχονται τάση DC. Οι έξοδοι είναι διακόπτες ρελέ ή ημιαγωγοί (τρανζίστορ) και δίνουν την τάση που έχουν στα άκρα τους .

E. Συσκευή προγραμματισμού

Η συσκευή προγραμματισμού είναι μια τελείως ξεχωριστή συσκευή από τη μονάδα αυτοματισμού. Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του προγράμματος στο PLC και την παρακολούθηση της εξέλιξης του αυτοματισμού μέσα από την οθόνη που διαθέτει. Με έναν μόνο προγραμματιστή μπορεί να γίνει ο χειρισμός όλων των μονάδων της ίδιας εταιρίας PLC σε μια αυτοματοποιημένη εγκατάσταση.

1.1.1.6. Η ΜΝΗΜΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Η μνήμη της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) διακρίνεται σε μνήμη RAM, ROM και EEPROM.

Μνήμη RAM: Η μνήμη RAM (Random Access Memory, μνήμη τυχαίας προσπέλασης) είναι εκείνη στην οποία μπορούν να γραφτούν και να σβηστούν δεδομένα, και η οποία χάνει τα περιεχόμενα της μόλις πέσει η τροφοδοσία της. Στη μνήμη RAM η κεντρική μονάδα αποθηκεύει μια σειρά από πληροφορίες σε ξεχωριστές περιοχές εργασίας. Μπορούν να διακριθούν οι εξής περιοχές:

- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι καταστάσεις των εισόδων και των εξόδων. Η περιοχή αυτή ονομάζεται για τις εισόδους "εικόνα εισόδου" και για τις εξόδους "εικόνα εξόδου".
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται οι ενδιάμεσες πληροφορίες που αφορούν τη λειτουργία του αυτοματισμού.
- Περιοχή μνήμης των χρονικών.
- Περιοχή μνήμης των απαριθμητών.
- Περιοχή μνήμης όπου αποθηκεύονται τα προγράμματα του χρήστη, δηλαδή τα προγράμματα που λειτουργούν ένα συγκεκριμένο αυτοματισμό.

Μνήμη ROM: Στη μνήμη ROM (Read Only Memory) ο κατασκευαστής του προγραμματιζόμενου ελεγκτή αποθηκεύει το λειτουργικό σύστημα του PLC, δηλαδή το πρόγραμμα για όλες τις βασικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες

για να δουλέψει το PLC.

Μνήμη EEPROM: Επειδή η μνήμη RAM με την απώλεια της τροφοδοσίας χάνει τα δεδομένα της (εκτός αν χρησιμοποιείται μπαταρία), τα PLC χρησιμοποιούν έναν άλλο τύπο μνήμης, την EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), η οποία προγραμματίζεται και σβήνει ηλεκτρικά. Πρόκειται για μνήμη που με την πτώση της τροφοδοσίας διατηρεί τα δεδομένα της και μπορεί να γραφτεί και να σβηστεί μέσω ειδικού μηχανήματος.

1.1.1.7. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥ ΛΟΓΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Έστω ότι ένα PLC βρίσκεται σε κατάσταση εκτέλεσης του αυτοματισμού (RUN). Τα βήματα που ακολουθεί κατά τη λειτουργία του είναι τα εξής:

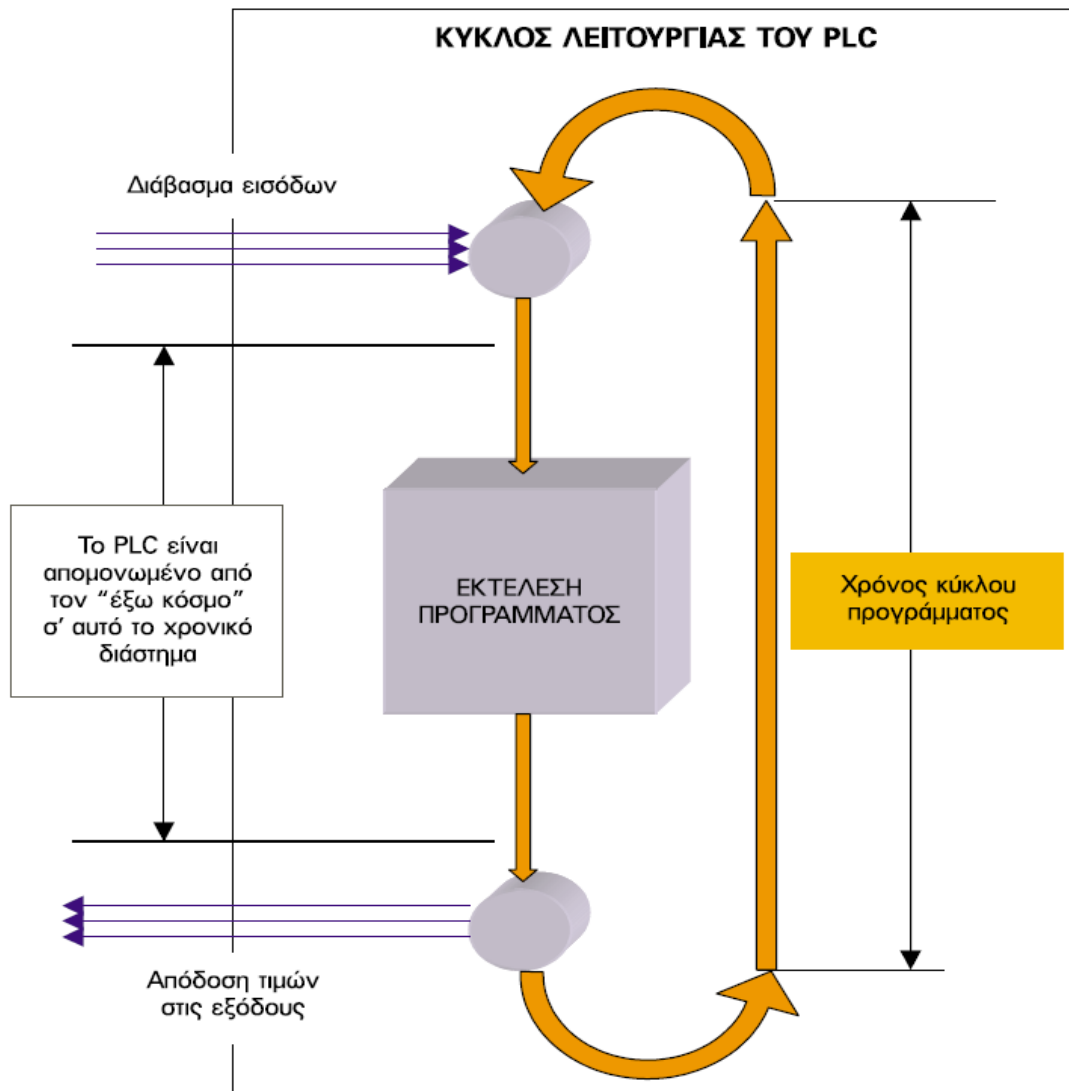
Βήμα 1^ο: Στην αρχή ο μικροεπεξεργαστής "διαβάζει" της εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε είσοδο ελέγχει αν έχει "υψηλή" τάση (λογικό "1") ή "χαμηλή" τάση (λογικό "0"). Η τιμή "0" ή "1" για κάθε είσοδο αποθηκεύεται σε μια ειδική περιοχή της μνήμης η οποία ονομάζεται εικόνα εισόδων (input image). Την εικόνα εισόδων μπορείτε να την φανταστείτε σαν έναν πίνακα, όπου ο μικροεπεξεργαστής σημειώνει τις τιμές που διάβασε. Π.χ. είσοδος I1="1", I2="0", I3="0" κ.ο.κ.

Βήμα 2^ο: Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής χρησιμοποιώντας σαν δεδομένα τις τιμές των εισόδων, που διάβασε, εκτελεί τις εντολές του προγράμματος. Το πρόγραμμα αυτό στην ουσία περιέχει μια σειρά από λογικές πράξεις. Η εκτέλεση του προγράμματος θα δώσει αποτελέσματα για τις εξόδους. Τα αποτελέσματα αυτά αποθηκεύονται στην ειδική περιοχή της μνήμης που ονομάζεται εικόνα εξόδων (output image). Όπως η εικόνα εισόδων, έτσι και η εικόνα εξόδων περιέχει την τιμή ("0" ή "1") για κάθε έξοδο. Σημειώνουμε ότι οι τιμές αυτές προκύπτουν από την εκτέλεση των λογικών πράξεων του προγράμματος.

Βήμα 3^ο: Στη συνέχεια ο μικροεπεξεργαστής θέτει τις τιμές της εικόνας εξόδων στις εξόδους. Αυτό σημαίνει ότι θα δοθεί "υψηλή" τάση σε όποια

έξοδο έχει "1" και χαμηλή τάση σε όποια έξοδο έχει "0".

Με τη συμπλήρωση του 3^{ου} βήματος συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας και η διαδικασία αρχίζει από την αρχή. Ο κύκλος λειτουργίας εκτελείται συνεχώς όσο το PLC βρίσκεται σε κατάσταση RUN. Δηλαδή ένα PLC εκτελεί συνεχώς τα βήματα του κύκλου λειτουργίας. Στο σχήμα 1.2 φαίνεται ένας κύκλος λειτουργίας PLC.



Σχήμα 1.1.1.7.1 : Κύκλος λειτουργίας PLC

Ο χρόνος που χρειάζεται για να εκτελέσει το PLC ένα πλήρη κύκλο λειτουργίας ονομάζεται χρόνος κύκλου και εξαρτάται από την ταχύτητα του επεξεργαστή του PLC, αλλά και από τον αριθμό και το είδος των εντολών του προγράμματος. Δηλαδή στο ίδιο PLC για ένα μεγαλύτερο πρόγραμμα έχουμε

μεγαλύτερο χρόνο κύκλου.

Ο χρόνος κύκλου αποτελεί ένα μέτρο σύγκρισης μεταξύ των PLC. Για να μπορούν να συγκριθούν τα PLC ως προς την ταχύτητα εκτέλεσης ενός προγράμματος, ορίζουμε τον μέσο χρόνο κύκλου, σαν το χρόνο κύκλου ενός προγράμματος που περιλαμβάνει 1 Kbytes δυαδικές εντολές. Πάντως στη χειρότερη περίπτωση και σε ένα αργό PLC, ο χρόνος κύκλου δεν ξεπερνά τις μερικές εκατοντάδες millisecond.

1.1.1.8. ΚΥΡΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΩΝ ΛΟΓΙΚΩΝ ΕΛΕΓΚΤΩΝ

Τα PLC σήμερα έχουν και επιπλέον λειτουργίες που βοηθούν στην δημιουργία του αυτοματισμού. Οι λειτουργίες αυτές αυξάνουν συνεχώς καθώς τα PLC εξελίσσονται με ταχύτατους ρυθμούς. Αναφέρονται ενδεικτικά οι σημαντικότερες από αυτές.

- **Λειτουργία απαριθμητών.** Οι απαριθμητές αποτελούν ακόμα ένα πολύ σημαντικό στοιχείο των PLC. Οι απαριθμητές μπορούν να απαριθμούν εξωτερικούς ή εσωτερικούς παλμούς. Η απαρίθμηση μπορεί να είναι προς τα πάνω (count up) ή προς τα κάτω (count down). Η λειτουργία των απαριθμητών δεν είναι ίδια σε όλα τα PLC.
- **Δυνατότητα πραγματικού ρολογιού,** μέσω του οποίου μπορούμε να προγραμματίσουμε κάποιες εξόδους σε πραγματικό χρόνο, ημερομηνία και ώρα.
- **Αριθμητικές επεξεργασίες.** Τα σύγχρονα PLC έχουν προσεγγίσει πάρα πολύ τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Σχεδόν όλα τα PLC έχουν σήμερα τη δυνατότητα να επεξεργάζονται αριθμητικές πράξεις.
- **Αναλογικές εισοδοί-εξοδοί.** Τα PLC ενώ αρχικά ήρθαν για να αντικαταστήσουν τους αυτοματισμούς καλωδιωμένης λογικής (αυτοματισμούς με ρελέ), οι δυνατότητές τους έχουν εξαπλωθεί με προοπτική να καλύψουν πλήρως και τα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, όπως είναι αναλογικοί έλεγχοι θερμοκρασίας, πίεσης, στάθμης, στροφών κινητήρων κλπ. Αυτό γίνεται δυνατό με την δυνατότητα των PLC να δέχονται και να επεξεργάζονται αναλογικές εισόδους, όπως και να

παρέχουν αναλογικές εξόδους. Το PLC μετατρέπει τις αναλογικές τιμές των εισόδων σε ψηφιακές τιμές και στη συνέχεια επεξεργάζεται τις τιμές αυτές αξιοποιώντας τις δυνατότητες για επεξεργασία ψηφιακών αριθμών όπως ήδη προαναφέρθηκε. Η δυνατότητα επεξεργασίας αναλογικών σημάτων έχει δώσει άλλη δυναμική στην εξέλιξη στα PLC.

- **Δικτύωση PLC** – Συνεργασία μεταξύ τους και με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Η εξέλιξη των PLC σήμερα αλλάζει τη μορφή της βιομηχανίας. Τα PLC μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πληροφορίες, όπως και να συνεργάζονται με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι ασχολούνται με τον έλεγχο όλης της παραγωγής και ακόμη με τον έλεγχο της αποθήκης και του λογιστηρίου του εργοστασίου. Όλα αυτά μαζί αποτελούν ένα βασικό Βιομηχανικό Δίκτυο Αυτοματισμού (Computer Automatic Network, CAN).

1.1.2. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ PLC

1.1.2.1. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟ ΛΟΓΙΚΟ ΕΛΕΓΚΤΗ

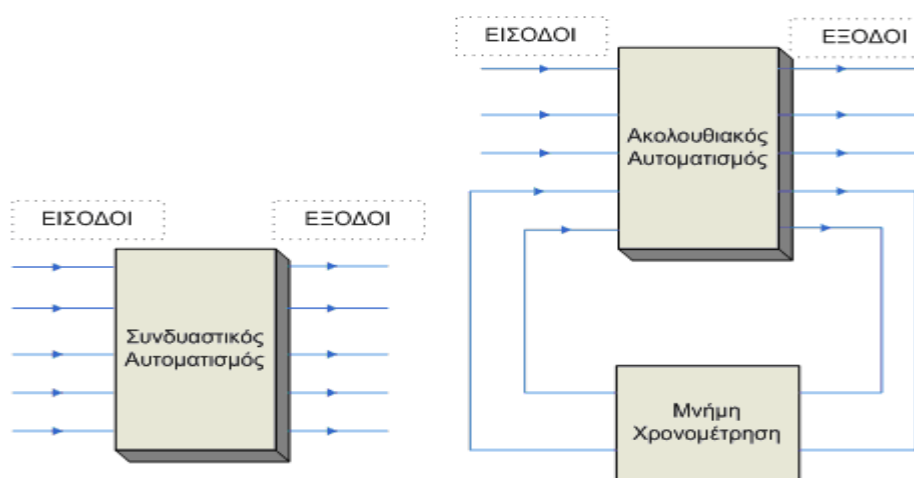
Οι ενότητες που ακολουθούν δείχνουν γενικά πως προγραμματίζεται ένα PLC. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού δεν είναι απαραίτητο προκειμένου να αναπτυχθεί το πρόγραμμα σε PLC για τον αυτοματισμό. Σε σύνθετους πολύπλοκους αυτοματισμούς η ανάπτυξη του ηλεκτρολογικού σχεδίου του αυτοματισμού είναι πολύ δυσκολότερη από την ανάπτυξη του προγράμματος. Μάλιστα σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιο εύκολο να αναπτυχθεί το πρόγραμμα άμεσα από τα δεδομένα του αυτοματισμού παρά χρησιμοποιώντας ένα έτοιμο ηλεκτρολογικό σχέδιο του αυτοματισμού.

Εδώ θα παρουσιαστεί ο προγραμματισμός των PLC σε δύο ενότητες. Στην πρώτη ενότητα θα γίνει προγραμματισμός σ' ένα PLC με **συνδυαστικούς αυτοματισμούς** και στη δεύτερη ενότητα με **ακολουθιακούς**

αυτοματισμούς. Αυτό γίνεται, γιατί οι βασικές διαφορές στον προγραμματισμό των PLC εμφανίζονται όταν υπάρχει χρήση χρονικών, απαριθμητών και των λοιπών ειδικών συναρτήσεων των ακολουθιακών αυτοματισμών.

Συνδυαστικός αυτοματισμός: Είναι ο αυτοματισμός στον οποίο οι έξοδοι εξαρτώνται μόνο από τις εισόδους. Αυτό σημαίνει ότι οι κινητήρες, βαλβίδες και οι υπόλοιποι αποδέκτες του αυτοματισμού λαμβάνουν εντολές μόνο από τους αισθητήρες και τους διακόπτες εισόδου και δεν εξαρτώνται από το χρόνο ή από προηγούμενες καταστάσεις των εξόδων.

Ακολουθιακός αυτοματισμός: Είναι ο αυτοματισμός στον οποίο οι έξοδοι εξαρτώνται όχι μόνο από τις εισόδους, αλλά και από το χρόνο ή και από προηγούμενες καταστάσεις των εξόδων. Σχηματικά οι δύο κατηγορίες των αυτοματισμών φαίνονται στο σχήμα 1.1.2.1.1:



Σχήμα 1.1.2.1.1 : Κατηγορίες αυτοματισμού

1.1.2.2. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΥ ΛΟΓΙΚΟΥ ΕΛΕΓΚΤΗ

Όταν ξεκινάει η μελέτη πως θα προγραμματιστεί ένα PLC, πρέπει να γνωρίζεται ο αριθμός και η περιγραφή των:

1.1.2.2.1. Εισόδων

Οι εισοδοι ενός PLC συμβολίζονται με το γράμμα I (Input). Μονοσήμαντα μια είσοδος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία:

- i. σε ποια οκτάδα ανήκει (byte) και
- ii. σε ποια επιμέρους θέση στα όρια αυτής της οκτάδας (bit).

Χαρακτηρισμός

I x.y

x - Διεύθυνση byte (0 ... n, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη CPU)

y - Διεύθυνση bit (0 ... 7)

Παράδειγμα

I 0.0, I 14.5, I 20.7

Byte εισόδων: π.χ. IB 5, περιλαμβάνει τα bit I 5.0 ... I 5.7

Word εισόδων: π.χ. IW 8, περιλαμβάνει τα byte I B8 και I B9

Double Word εισόδων: π.χ. ID4, περιλαμβάνει τις word IW4 και IW6

1.1.2.2.2. Εξόδων

Τα ίδια, που ισχύουν για τις εισόδους, ισχύουν και για τις εξόδους.

Οι εξοδοι ενός PLC συμβολίζονται με το γράμμα Q (Output). Μονοσήμαντα μια έξοδος χαρακτηρίζεται από δύο στοιχεία:

- i. σε ποια οκτάδα ανήκει (byte) και
- ii. σε ποια επιμέρους θέση στα όρια αυτής της οκτάδας (bit).

Χαρακτηρισμός

Q x.y

x - Διεύθυνση byte (0.. n, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη CPU)

y - Διεύθυνση bit (0 ... 7)

Παράδειγμα

Q5.0, Q 12.7, Q2.1

Byte εξόδων: π.χ. QB 5, περιλαμβάνει τα bit Q 5.0 ... Q 5.7

Word εξόδων: π.χ. QW 8, περιλαμβάνει τα byte QB8 και QB9

Double Word εξόδων: π.χ. QD4, περιλαμβάνει τις word QW4 και QW6

1.1.2.2.3. Βοηθητικών μνημών

Προκειμένου να γραφτεί ο επαναλαμβανόμενος κώδικας τόσες φορές όσες χρειάζονται, πράγμα που κοστίζει σε χρόνο και σε μνήμη προγράμματος, είναι προτιμότερη η χρήση βοηθητικών διευθύνσεων. Καταγράφεται μια φορά η λογική, αποθηκεύεται σ' μια βοηθητική διεύθυνση και αυτή χρησιμοποιείται όσες φορές και σε όποιο σημείο του προγράμματός είναι αναγκαίο.

Οι βοηθητικές μνήμες παίζουν το ρόλο των βοηθητικών ρελέ στο κλασσικό αυτοματισμό. Χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμά για να αποθηκευτούν ορισμένες καταστάσεις. Τα bit εδώ παρομοιάζονται όσον αφορά τη λειτουργία τους με τις εξόδους, με τη διαφορά ότι αυτά δεν απεικονίζονται σε LED (δεν πηγαίνουν απ' ευθείας στην εγκατάσταση και φαίνεται η κατάστασή τους μόνο με τη βοήθεια συσκευής προγραμματισμού).

Χαρακτηρισμός

M x.y

x - Διεύθυνση byte (0 ... n, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη CPU)

y - Διεύθυνση bit (0 ... 7)

Παράδειγμα

M 15.0, M 102.7, M 42.1

Byte Βοηθητικών: π.χ. MB 7, περιλαμβάνει τα bit M 7.0 ... M 7.7

Word βοηθητικών: π.χ. MW 6, περιλαμβάνει τα byte MB6 και MB7

Double Word Βοηθητικών : π.χ. MD4, περιλαμβάνει τις word MW4 και MW6

1.1.2.2.4. Τις ειδικές συναρτήσεις του PLC

Οι ειδικές συναρτήσεις είναι:

- χρονικά
- απαριθμητές
- συγκριτές
- γεννήτριες παλμοσειρών
- μετρητής πραγματικού χρόνου

1.1.2.3. ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ S7-300

Elementary Data	Description	Data Range
BOOL (1 bit)	Boolean	0 to 1
BYTE (8 bits)	Unsigned byte	0 to 255
WORD(16 bits)	Unsigned integer	0 to 65,535
INT(16 bits)	Signed integer	-32768 to +32767
DWORD(32 bits)	Unsigned double integer	0 to $2^{32} - 1$
DINT(32 bits)	Signed double integer	-2^{32} to $+2^{32} - 1$
REAL(32 bits)	IEEE 32-bit floating point	-10^{38} to $+10^{38}$

Πίνακας 1.1.2.3.1 : Περιοχές μνήμης του PLC

User Selected Addresses	Assigned Equivalent Data Type
M0.0	BOOL
MB0	BYTE
MW0	WORD, INT
MD0	DWORD, DINT, REAL

Πίνακας 1.1.2.3.2 : Περιοχές τοπικών μεταβλητών του PLC

1.1.2.4. ΜΟΝΤΕΛΑ S7-300 ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥΣ

Το S7-300 προορίζεται για μεσαίας κλίμακας εφαρμογές, στις οποίες συγκαταλέγονται και οι περισσότερες των εφαρμογών στην ελληνική αγορά.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του είναι:

- Μεγάλη ποικιλία από CPU για την βέλτιστη επιλογή ανάλογα με την επιθυμητή απόδοση
- Επεκτασιμότητα με έως 32 κάρτες
- Δικτυώνεται με όλα τα πρότυπα δίκτυα (Profibus, Industrial Ethernet)
- Δεν έχει περιορισμό για την θέση των επιμέρους καρτών

- Δεν υπάρχουν μικροδιακόπτες για την παραμετροποίηση , καθώς όλα γίνονται μέσω λογισμικού
- Ενσωματωμένες δυνατότητες διασύνδεσης με HMI
- Μνήμη διαγνωστικών, καθώς κάνει αυτόματη αποθήκευση με χρόνο και ημερομηνία όλων των συμβάντων στο PLC
- Μία μόνο κάρτα για όλους τους τύπους αναλογικών σημάτων



Εικόνα 1.1.2.4.1 : S7-300

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με κάποιους από τους πολλούς τύπους των CPU του S7-300.

S7-300 CPU
CPU 312 IFM
CPU 312C
CPU 313C – 2 DP
CPU 313C – 2 PtP
CPU 314C – 2 DP
CPU 314C – 2 PtP
CPU 315F – 2 DP
CPU 316 – 2 DP
CPU 317F - 2
CPU 318 - 2

Πίνακας 1.1.2.4.1 : Τύποι CPU S7-300

1.1.2.5. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ

Όταν ο διακόπτης λειτουργίας είναι σε θέση RUN η CPU είναι σε λειτουργία και εκτελεί το πρόγραμμα. Όταν ο διακόπτης λειτουργίας είναι σε θέση STOP η CPU σταματάει. Όταν ο διακόπτης λειτουργίας είναι σε θέση MRES τότε η συσκευή προγραμματισμού κάνει επαναρύθμιση(reset) στην κάρτα μνήμης.



Εικόνα 1.1.2.5.1 : Διακόπτης λειτουργίας

1.1.2.6. ΚΑΡΤΑ ΜΝΗΜΗΣ

Το S7-300 απαιτεί μια κάρτα μνήμης όπου αποθηκεύεται το πρόγραμμα και μπορούμε να το τρέξουμε. Η κάρτα μνήμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αντιγράψει το πρόγραμμα από ένα S7-300 PLC σε ένα άλλο S7-300 PLC.



Εικόνα 1.1.2.6.1 : Φορητή μνήμη του PLC

1.1.2.7. ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ

Τα Simatic S7-300 είναι επεκτάσιμα συστήματα PLC. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να γίνει επέκταση της βασικής συσκευής προσθέτοντας μονάδες επιπλέον εισόδων-εξόδων, μονάδες επικοινωνίας ή άλλες μονάδες ειδικού τύπου (π.χ. ελέγχου σερβοκινητήρων). Ο ρόλος τους είναι να μεταφέρουν την εικόνα της εγκατάστασης στην CPU.

1.1.2.7.1. Interface Module (IM)

Είναι η μονάδα διασύνδεσης μεταξύ της CPU και των μονάδων επέκτασης του συστήματος. Κάθε interface module έχει ένα μοναδικό αριθμό στο κύκλωμα του Profibus και έτσι η CPU γνωρίζει από που στέλνει και διαβάζει δεδομένα από και προς τις ψηφιακές εισόδους / εξόδους άλλα και αναλογικές εισόδους / εξόδους.

Ο τύπος της ομάδας διασύνδεσης που χρησιμοποιήσαμε στο σύστημά μας είναι ο εξής:

IM 151-1 Standard

1.1.2.7.2. Power Module (PM)

Όλες οι κάρτες (ψηφιακές και αναλογικές) απαιτούν μια τάση τροφοδοσίας για να λειτουργήσουν. Η συγκεκριμένη κάρτα παρέχει την απαιτούμενη τάση όπου χρειάζεται.

Στο σύστημά μας χρησιμοποιήσαμε δύο από αυτή την κατηγορία μονάδων, οι οποίες έχουν κοινό τύπο:

PM – E DC 24V με αριθμό σειράς **6ES7 138-4CA00-0AA0**

Interface Module

Power Module



Εικόνα 1.1.2.7.2.1 : Interface Module/ Power Module

1.1.2.7.3. Ψηφιακές Μονάδες Επέκτασης

Οι ψηφιακές μονάδες επέκτασης δέχονται πληροφορίες οι οποίες μπορούν να πάρουν δύο διακριτές τιμές είτε "0", είτε "1".

Υπάρχουν διάφοροι τύποι Ψηφιακών Μονάδων Εισόδων, οι οποίες όσο αναφορά το σύστημά μας είναι οι εξής:

- **4DI DC24V HF** με αριθμό σειράς **6ES7 131-4BD00-0AB0**
- **4DI DC24V HF** με αριθμό σειράς **6ES7 131-4BD00-0AB0**
- **4DI DC24V ST** με αριθμό σειράς **6ES7 131-4BD00-0AA0**



Εικόνα 1.1.2.7.3.1 : Μονάδα Ψηφιακής Εισόδου

και σε Μονάδες Ψηφιακών Εξόδων, οι οποίες είναι οι εξής:

- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**
- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**
- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**
- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**
- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**
- **4DO DC24V/2A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD30-0AA0**
- **4DO DC24V/0.5A ST** με αριθμό σειράς **6ES7 132-4BD00-0AA0**



Εικόνα 1.1.2.7.3.2 : Μονάδα Ψηφιακής Εξόδου

1.1.2.7.4. Αναλογικές Μονάδες Επέκτασης

Το PLC μπορεί να επεξεργαστεί εκτός από ψηφιακά σήματα και συνεχώς μεταβαλλόμενα σήματα, αναλογικά. Τέτοια σήματα έχουν τυπικά μεταβαλλόμενες τιμές από 0 έως 10V DC ή 4 έως 20mA.

Τα αναλογικά, συνεχώς μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά σήματα αναπαριστούν συνεχώς μεταβαλλόμενα φυσικά μεγέθη και φαινόμενα, όπως ταχύτητα, θερμοκρασία, πίεση, βάρος, ροή, στάθμη κ.α. Η ίδια η CPU του PLC μπορεί να επεξεργαστεί πληροφορίες μόνο σε ψηφιακή μορφή. Άρα τα αναλογικά σήματα πρέπει να “μεταφραστούν” σε ψηφιακά. Αυτό γίνεται με τις μονάδες αναλογικών σημάτων που προστίθενται στη βασική μονάδα του PLC. Αυτές (στην περίπτωση του S7-300) “μεταφράζουν” τα αναλογικά σήματα σε ψηφιακή μορφή αποτελούμενη από 12 ψηφιακά bit. Αυτή η ψηφιακή πληροφορία (κωδικοποιημένη με 12 bit) μεταφέρεται στη CPU του PLC που είναι σε θέση να την καταλάβει και να την επεξεργαστεί.

Οι Αναλογικές Μονάδες Επεκτάσεις, όπως και οι ψηφιακές, χωρίζονται σε Μονάδες Αναλογικών Εισόδων, οι οποίες στο σύστημα είναι οι εξής:

- **2AI I 2WIRE ST** με αριθμό σειράς **6ES7 134-4GB00-0AB0**
- **2AI V ST** με αριθμό σειράς **6ES7 134-4FB00-0AB0**
- **2AI V ST** με αριθμό σειράς **6ES7 134-4FB00-0AB0**



Εικόνα 1.1.2.7.4.1 : Μονάδα Αναλογικής Εισόδου

και σε Μονάδες Αναλογικών Εξόδων, οι οποίες είναι:

- **2ΑΟ U ST** με αριθμό σειράς **6ES7 135-4FB00-0ΑΒ0**
- **2ΑΟ U ST** με αριθμό σειράς **6ES7 135-4FB00-0ΑΒ0**
- **2ΑΟ U ST** με αριθμό σειράς **6ES7 135-4FB00-0ΑΒ0**



Εικόνα 1.1.2.7.4.2 : Μονάδα Αναλογικής Εξόδου

1.1.3. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥ S7-300

1.1.3.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ S7-300

Τα PLC από μόνα τους είναι ουδέτερες συσκευές αφού δεν είναι από πριν κατασκευασμένες για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Κάθε φορά, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εγκατάστασης προγραμματίζονται ποικίλες ενέργειες. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι προγραμματισμού που ποικίλουν ακριβώς γιατί ποικίλουν και τα επίπεδα γνώσης και εμπειριών του κάθε προγραμματιστή. Οι ουσιαστικές διαφορές είναι στο τι βλέπουμε στην οθόνη του υπολογιστή μας, αφού το τελικό αποτέλεσμα είναι πάντα ένα, η γλώσσα μηχανής MC7 (Machine Code 7) που καταλαβαίνει το PLC.

1.1.3.2. ΓΛΩΣΣΕΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ PLC

Υπάρχουν τρεις τυποποιημένες μορφές προγραμματισμού που έχουν επικρατήσει διεθνώς:

- Λίστα εντολών (STL – Statement List).
- Σχέδιο επαφών (LAD – Ladder Diagram) και
- Διάγραμμα λογικών πυλών (FBD – Function Block Diagram).

Η **STL** είναι η γλώσσα προγραμματισμού με μορφή κειμένου. Η σύνταξη των εντολών είναι παραπλήσια με αυτή του κώδικα μηχανής (Machine Code), όπου οι εντολές και οι λειτουργίες ακολουθούνται από διευθύνσεις. Η γλώσσα αυτή είναι αυτή που ενδείκνυται για βέλτιστη χρήση της μνήμης και εκτέλεση του προγράμματος.

Η **LAD** είναι γλώσσα προγραμματισμού, όπου η σύνταξη των εντολών μοιάζει με το διάγραμμα κυκλώματος κλασικού αυτοματισμού κι επιτρέπει να παρακολουθείται εύκολα η ροή του σήματος από τις επαφές και τα πηνία. Τα στοιχεία αυτά επιλέγονται και τοποθετούνται στον LAD/STL/FBD Editor από το ειδικό παράθυρο επιλογής στοιχείων.

Η **FBD** είναι κι αυτή γλώσσα προγραμματισμού με γραφικά. Οι εντολές εδώ αναπαρίστανται με λογικά "κουτιά", παρόμοια με αυτά που συναντάμε στην άλγεβρα Bool. Κι εδώ όπως και στα διαγράμματα στη ψηφιακή τεχνολογία μπορούμε να παρακολουθήσουμε τη ροή του σήματος ανάμεσα στα "κουτιά". Τα στοιχεία αυτά επιλέγονται και τοποθετούνται στον LAD/STL/FBD Editor από το ειδικό παράθυρο επιλογής στοιχείων.

Και οι τρεις αυτές μορφές υπάρχουν ενσωματωμένες στο πακέτο προγραμματισμού Step 7. Η επιλογή τους είναι ελεύθερη και μπορεί να γίνει οποιοσδήποτε συνδυασμός στα όρια ενός project.

Υπάρχει δυνατότητα της μετατροπής ενός μπλοκ από μια μορφή απεικόνισης σε μια άλλη. Αυτό είναι πάντα δυνατό από LAD ή FBD σε STL ενώ δεν ισχύει πάντοτε το αντίθετο, αφού στη λίστα εντολών μπορούν να προγραμματιστούν πράγματα που είναι αδύνατο να απεικονιστούν σε γραφική μορφή.

AC DRIVES

1.2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχύτητα ενός AC κινητήρα, εξαρτάται από την ταχύτητα του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου, το οποίο είναι ανάλογο της συχνότητας της AC τροφοδοσίας. Άρα, με αμετάβλητη τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας, οι στροφές ενός AC κινητήρα είναι πάντοτε σταθερές. Κάνοντας χρήση των ηλεκτρονικών ισχύος, μπορούμε να μεταβάλλουμε την συχνότητα της τάσης, άρα και της ταχύτητας ενός AC κινητήρα.

Ένας αντιστροφέας (inverter), ο οποίος παρέχει μεταβλητής συχνότητας ισχύ προς τον κινητήρα, θα πρέπει επίσης να μεταβάλλει την τάση σαν συνάρτηση της συχνότητας για να διατηρούνται σταθερές οι μαγνητικές συνθήκες στον πυρήνα του σώματος του κινητήρα. Πρακτικά, τα μαγνητικά κυκλώματα σχεδιάζονται για να λειτουργούν κοντά στην περιοχή του κορεσμού, για να μπορούν να παρέχουν την μέγιστη εκμετάλλευση του πυρήνα.

Όταν η συχνότητα λειτουργίας μειώνεται, η παρεχόμενη τάση είναι αναγκαίο να μειωθεί επίσης, κατά αναλογία, αλλιώς το μαγνητικό κύκλωμα δουλεύει στον κορεσμό, με αποτέλεσμα υπερβολικές απώλειες σιδήρου και μαγνητικών ρευμάτων. Αντίστοιχα, όταν η συχνότητα λειτουργίας αυξηθεί, η παρεχόμενη

τάση θα πρέπει επίσης να αυξηθεί αναλογικά, για να διατηρείται σταθερή η πυκνότητα του μαγνητικού πεδίου.

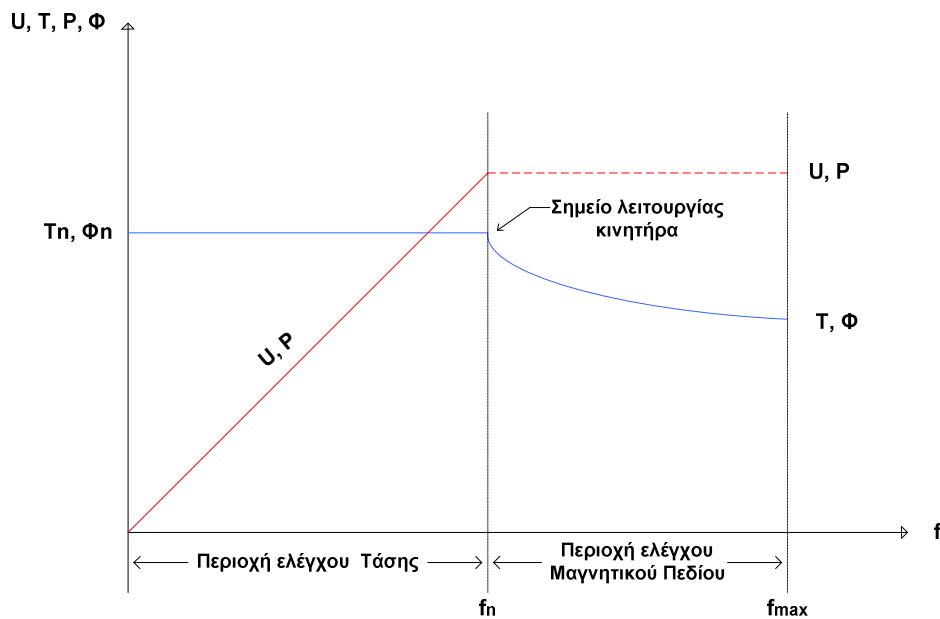
1.2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ V/f

Η ΗΕΔ που επάγεται σε ένα τύλιγμα, είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής. Καθώς η συχνότητα λειτουργίας αυξάνεται, ο ρυθμός της μεταβολής επίσης αυξάνεται και για σταθερό πλάτος ροής η επαγόμενη ΗΕΔ αυξάνεται γραμμικά με την συχνότητα.

Όταν μια μεταβαλλόμενη τάση παρέχεται στο τύλιγμα ενός κινητήρα με αμελητέα ωμική αντίσταση, μια αντί ΗΕΔ επάγεται, η οποία είναι ίση και αντίστροφη στην τάση τροφοδοσίας, κάθε στιγμή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι για να διατηρούμε σταθερή την μαγνητική ροή, η τάση τροφοδοσίας και η αντί ΗΕΔ, θα πρέπει να αυξάνονται γραμμικά με την συχνότητα ή αλλιώς, ο λόγος τάσης / συχνότητας θα πρέπει να είναι σταθερός. Η συγκεκριμένη λειτουργία είναι γνωστή και ως V/f .

Οι μέχρι τώρα τεχνικές που χρησιμοποιούνται στους αντιστροφείς (inverter), διατηρούν το λόγο V/f μέχρι τις ονομαστικές στροφές του κινητήρα (50Hz). Υπάρχουν, όμως, και περιπτώσεις όπου χρειάζεται να υπερβούμε τις ονομαστικές στροφές και στην περίπτωση αυτή η τάση τροφοδοσίας διατηρείται σταθερή στη μέγιστη τιμή της. Αυτό σημαίνει ότι η ροή διατηρείται επίσης σταθερή μέχρι τις ονομαστικές στροφές και πέρα αυτών η μαγνητική ροή μειώνεται αντίστροφα με την αύξηση της συχνότητας.



Σχήμα 1.2.2.1 : Χαρακτηριστική V/f

Μελετώντας το σχήμα, παρατηρούμε ότι χωρίζεται σε δύο περιοχές. Αυτές είναι:

- Σταθερής Ροπής
- Σταθερής Ισχύος.

Στην περιοχή σταθερής ροπής, το V/f είναι σταθερό, για να παρέχει σταθερή μαγνητική ροή, όταν ο κινητήρας περιστρέφεται από τις μηδέν στροφές, μέχρι τις ονομαστικές του (50Hz). Αυτό παράγει μια σταθερή ροπή στην περιοχή αυτή, αλλά η ισχύς αυξάνεται αναλογικά με την ταχύτητα.

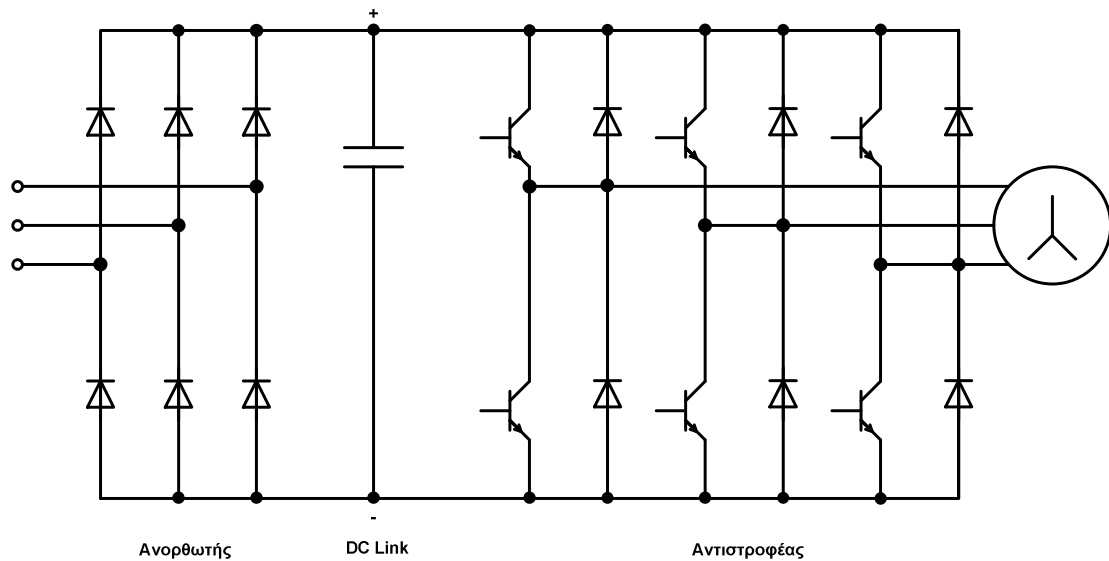
Όπως φαίνεται, είναι δυνατόν να αυξηθεί η συχνότητα εξόδου πέρα των 50Hz. Στις στροφές αυτές η τάση εξόδου παραμένει σταθερή στο μέγιστο επίπεδο που παρέχεται από το DC-bus. Το V/f θα μειωθεί αντιστρόφως ανάλογα ως προς την συχνότητα του αντιστροφέα και η ροπή εξόδου του κινητήρα θα μειωθεί σε αναλογία με την μαγνητική ροή. Στην περιοχή αυτή, παρότι η ροπή μειώνεται, η ισχύς εξόδου παραμένει σταθερή και είναι γνωστή ως περιοχή σταθερής ισχύος ή περιοχή εξασθένησης μαγνητικού πεδίου.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η παραγόμενη ροπή είναι ανάλογη του γινομένου της μαγνητικής ροής του διακένου και του ρεύματος του ρότορα. Το ρεύμα του στάτη μπορεί να θεωρηθεί σε γενικές γραμμές το ίδιο με το ρεύμα του ρότορα.

1.2.3. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑC ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΣΤΡΟΦΩΝ (ΑC DRIVE)

Ένα AC Drive, αποτελείται ουσιαστικά από δύο κυκλώματα:

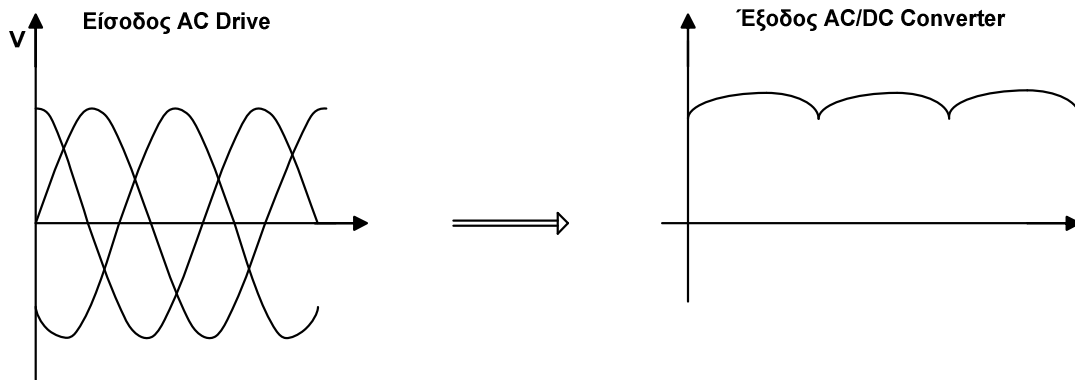
- Το κύκλωμα της ανόρθωσης (AC – DC)
- Το κύκλωμα του αντιστροφέα



Σχήμα 1.2.3.1 : Διάγραμμα Αντιστροφέα

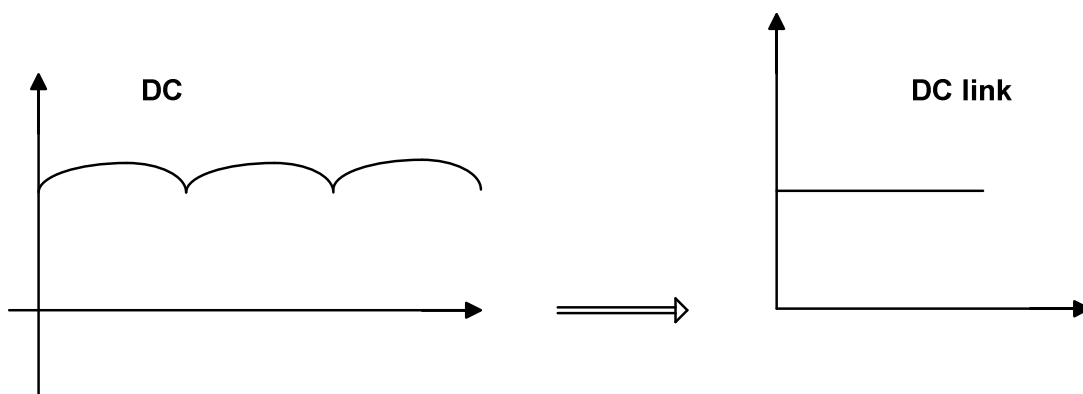
Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2.3.1., η σύνδεση αυτών των δύο κυκλωμάτων γίνεται με το DC link.

Το DC link, αποτελείται από μια συστοιχία πυκνωτών ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν πιο σταθερή και ομαλή τάση στην είσοδο του αντιστροφέα. Ξεκινώντας από την αρχή, η τροφοδοσία του AC Drive είναι τριφασική και σύμφωνα με την SIEMENS χρησιμοποιείται μια τριφασική γέφυρα με διόδους για την ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος.



Σχήμα 1.2.3.2 : Ανόρθωση του Εναλλασσόμενου Ρεύματος

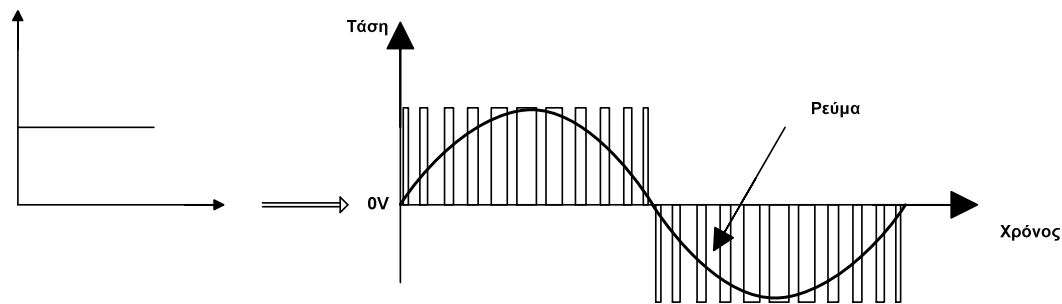
Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.2.3.2., στην έξοδο του μετατροπέα (converter), η τάση δεν έχει μια σταθερή τιμή, αλλά μεταβάλλεται μεταξύ μιας μέγιστης και μιας ελάχιστης τιμής. Για να έχουμε τον αντιστροφέα συνδεδεμένο σε μια σταθερή πηγή τάσης, όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, τοποθετείτε μια συστοιχία πυκνωτών. Ο σκοπός τους είναι να εξασφαλίζουν ότι κατά την μεταβατική και διακοπτική λειτουργία, του αντιστροφέα, δεν θα υπάρχει σημαντική διακύμανση της DC τάσης, δηλαδή οι πυκνωτές θα φορτίζονται και θα εκφορτίζονται, εάν θα είναι απαραίτητο, για να μετατρέπουν ξαφνικές αλλαγές της DC τάσης.



Σχήμα 1.2.3.3 : Εξομάλυνση της τάσης μέσω του DC link

Στην συνέχεια ακολουθεί ο AC μετατροπέας. Θεωρώντας ότι υπάρχει μια τάση σταθερού πλάτους, μετατρέπεται ξανά σε AC, χρησιμοποιώντας τεχνικές διαμόρφωσης του πλάτους των παλμών (PWM). Σύμφωνα με το PWM, τα IGBT βρίσκονται σε αγωγή ή όχι με μια συγκεκριμένη συχνότητα. Η τάση

εξόδου του μετατροπέα αποτελείται από μια σειρά τετραγωνικών παλμών διαφορετικού πλάτους.



Σχήμα 1.2.3.4 : Έξοδος Μετατροπέα

Παρατηρώντας στο σχήμα 1.2.3.4., εύκολα γίνεται κατανοητό γιατί ο μετατροπέας απαιτεί στην είσοδό του μια τάση σταθερής τιμής.

Εκτός της λειτουργίας V/f , ενός αντιστροφέα, έχει αναπτυχθεί κι άλλη τεχνική ελέγχου που εφαρμόζεται σε έναν DC κινητήρα, οπότε γίνεται και ο διαχωρισμός του (ενός) ρεύματος στον ρότορα σε δύο διανυσματικά ρεύματα. Σε ένα DC Drive, η ροπή εξόδου είναι ανάλογη του γινομένου των δύο διανυσματικών ρευμάτων, του ρεύματος τυμπάνου I_a (που παράγει τη ροπή) και του ρεύματος μαγνητικού πεδίου I_f (που παράγει το μαγνητικό πεδίο), τα οποία βρίσκονται σε 90° μεταξύ τους. Συνήθως, στην πράξη, το ρεύμα διέγερσης είναι ανάλογο της παραγόμενης ροπής στον άξονα του κινητήρα. Σε έναν AC επαγωγικό κινητήρα, το ρεύμα της μαγνητικής ροής (I_m) και το ρεύμα της ροπής (I_r), είναι ουσιαστικά ένα και βρίσκονται “μέσα” στον κινητήρα και δεν μπορούν να ελεγχθούν ξεχωριστά το καθένα. Ο σκοπός του Drive είναι να κάνει διαχωρισμό του ρεύματος σε δύο ξεχωριστά διανυσματικά ρεύματα (όπως στον DC κινητήρα), για να επιτύχει έλεγχο ξεχωριστό τόσο της μαγνητικής ροής, όσο και/ή της ροπής του κινητήρα, σε όλες τις στροφές και συνθήκες λειτουργίας.

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

1.3.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η λειτουργία των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βασίζεται στο φαινόμενο της δημιουργίας ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων από επαγωγή στους αγωγούς του δρομέα. Αυτός είναι ο λόγος που οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται και επαγωγικοί κινητήρες.

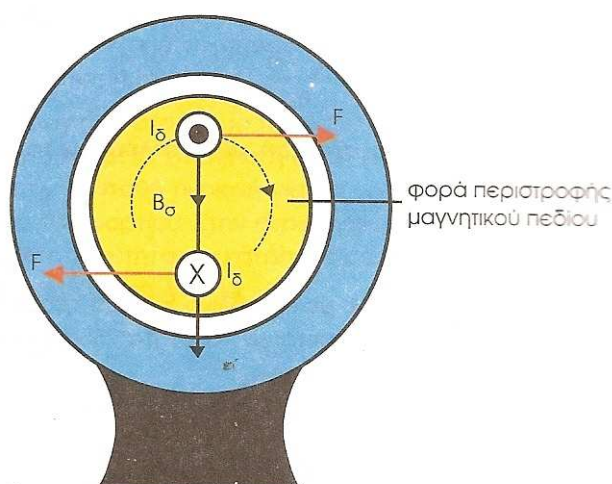
Ας υποθέσουμε ότι έχουμε έναν απλό κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα. Το τύλιγμα κλωβού του δρομέα, αυτού του κινητήρα, έχει μόνο δύο αγωγούς (ράβδους). Το τύλιγμα του στάτη, είναι τριφασικό με ένα ζεύγος πόλων. Όταν τροφοδοτήσουμε το τύλιγμα αυτό με τριφασικό ρεύμα, θα δημιουργηθεί περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο με δύο πόλους.

Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου, τέμνουν τους αγωγούς του δρομέα, που είναι ακόμα ακίνητος. Όπως γνωρίζουμε θα δημιουργηθούν μέσα στους αγωγούς ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις από επαγωγή, οι οποίες σύμφωνα με τον κανόνα του δεξιού χεριού, θα έχουν τη φορά που δείχνουν τα σύμβολα στο σχήμα 1.3.1.1. Οι ηλεκτρεγερτικές αυτές δυνάμεις δημιουργούν ρεύματα της ίδιας φοράς, τα οποία κλείνουν κύκλωμα μέσα από τα στεφάνια βραχυκυκλώσεως.

Με τα ρεύματα που κυκλοφορούν μέσα στους αγωγούς, εμφανίζεται το γνωστό φαινόμενο κινητήρα. Στους αγωγούς, αυτούς, που βρίσκονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο και διαρρέονται από ρεύμα, αναπτύσσονται δυνάμεις, των οποίων η διεύθυνση ορίζεται από τον κανόνα του αριστερού χεριού. Οι δυνάμεις αυτές δημιουργούν ροπή, η οποία βάζει σε κίνηση τον δρομέα κατά τη φορά που περιστρέφεται το μαγνητικό πεδίο.

Τα ρεύματα που δημιουργούνται από επαγωγή μέσα στους αγωγούς του δρομέα είναι εναλλασσόμενα. Η φορά, όμως, της ροπής των δυνάμεων, που αναπτύσσονται από αυτά, είναι πάντοτε η ίδια. Αυτό είναι εύκολο να το διαπιστώσει κανείς, αν εξετάσει μια χρονική στιγμή επόμενη από αυτή που δείχνει το σχήμα 1.3.1.1., κατά την οποία απέναντι από τον πάνω αγωγό, θα βρίσκεται ο νότιος πόλος του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου και απέναντι από τον κάτω αγωγό ο βόρειος.

Στο παράδειγμα του σχήματος 1.3.1.1., θεωρήθηκε για λόγους απλότητας ότι ο δρομέας έχει τυλίγματα κλωβού με δύο αγωγούς. Τα πραγματικά τυλίγματα κλωβού έχουν πολλούς περισσότερους από δύο αγωγούς. Σε κάθε αγωγό αναπτύσσονται δυνάμεις, οι οποίες ασκούν ροπή στον δρομέα κατά την ίδια φορά, δηλαδή την φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Το ίδιο συμβαίνει και αν το τύλιγμα του στάτη έχει περισσότερους από δύο πόλους.



Σχήμα 1.3.1.1 : Μαγνητικές Δυνάμεις

Οι αγωγοί του παραδείγματός μας, μπορεί να είναι και από το τύλιγμα του δρομέα ενός κινητήρα με δακτυλίους. Στην περίπτωση αυτή οι αγωγοί

κλείνουν κύκλωμα όχι πια από τα στεφάνια βραχυκυκλώσεως, αλλά με τις αντιστάσεις του εκκινητή. Συνεπώς όλα τα παραπάνω συμπεράσματα ισχύουν και για τους κινητήρες με δακτυλίους, των οποίων η αρχή λειτουργίας είναι όμοια με αυτήν των κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Οι δυνάμεις που το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο ασκεί στον δρομέα, έχουν σαν αποτέλεσμα να ξεκινήσει ο ασύγχρονος κινητήρας και στην συνέχεια να επιταχυνθεί, μέχρι να φτάσει σε μία ταχύτητα n . Η ταχύτητα αυτή είναι πάντοτε μικρότερη από την σύγχρονη ταχύτητα n_s , του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Γι'αυτό οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται, **ασύγχρονοι κινητήρες**.

Ο λόγος, για τον οποίο η ταχύτητα του ασύγχρονου κινητήρα δεν μπορεί να γίνει ίση με την σύγχρονη ταχύτητα, είναι σχεδόν φανερός. Αν ο δρομέας έφθανε την ταχύτητα n_s , τότε οι μαγνητικές γραμμές του περιστρεφόμενου πεδίου δεν θα έτεμναν αγωγούς του τυλίγματος του δρομέα. Συνεπώς δεν θα αναπτύσσονταν ούτε δυνάμεις, ούτε ροπή στον δρομέα. Η ροπή, όμως, είναι απαραίτητη για να περιστρέφεται ο κινητήρας, έστω και αν εργάζεται χωρίς φορτίο, γιατί πρέπει να υπερνικηθούν οι μηχανικές απώλειες του δρομέα.

1.3.2. ΡΟΠΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του κινητήρα είναι η ροπή (T) που μπορεί να αναπτύξει στον άξονά του για να περιστρέψει το φορτίο.

Μέσα από σχέσεις της Μηχανικής καταλήγουμε στην έκφραση της ροπής :

$$T = \frac{9,55 \times P}{n}$$

όπου: **T**: ροπή σε (Nm)

P: αποδιδόμενη ισχύς σε (W)

n: ταχύτητα κινητήρα σε (στρ/min)

Στο σχήμα που βρίσκεται παρακάτω, φαίνεται η τυπική καμπύλη ροπής-στροφών ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα. Η καμπύλη αυτή είναι σημαντική για την λειτουργία των κινητήρων.

Κατά την εκκίνηση, όταν οι στροφές είναι πρακτικά μηδέν, η ροπή του κινητήρα έχει τιμή $T_{εκ}$ και λέγεται **ροπή εκκίνησης**. Καθώς αυξάνονται οι στροφές, αυξάνεται και η ροπή μέχρι την τιμή $T_{μεγ}$ που λέγεται **μέγιστη ροπή ή ροπή ανατροπής**.

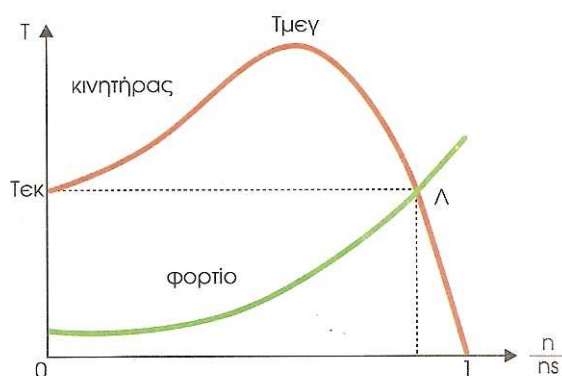
Στην συνέχεια η ροπή μειώνεται απότομα και μηδενίζεται, όταν η ταχύτητα του κινητήρα φθάσει την σύγχρονη ταχύτητα.

Στο σχήμα 1.2.3.1, που παρουσιάζεται παρακάτω, φαίνεται η καμπύλη ροπής-στροφών του φορτίου. Σε κάθε ταχύτητα η διαφορά μεταξύ της ροπής του κινητήρα και της ροπής του φορτίου λέγεται **ροπή επιτάχυνσης**.

Η ροπή εκκίνησης του κινητήρα πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ροπή εκκίνησης του φορτίου. Η ροπή του κινητήρα πρέπει να παραμένει μεγαλύτερη από τη ροπή του φορτίου όλο το διάστημα που ο κινητήρας επιταχύνεται μέχρι να φτάσει στην ταχύτητα λειτουργίας του.

Η ταχύτητα λειτουργίας και η ροπή λειτουργίας καθορίζονται από το **σημείο λειτουργίας Λ** που είναι η τομή των δύο καμπυλών του σχήματος.

Η λειτουργία του κινητήρα στο τμήμα της καμπύλης πριν τη μέγιστη ροπή ($T_{μεγ}$) είναι **ασταθής λειτουργία** και μετά τη μέγιστη ροπή είναι **ευσταθής λειτουργία**. Ο κινητήρας εργάζεται στην ευσταθή περιοχή για να μπορεί να προσαρμόζεται αυτόματα στις διακυμάνσεις του φορτίου. Στην περιοχή αυτή, αν για κάποιο λόγο αυξηθεί το φορτίο, θα μειωθεί η ταχύτητα και κατόπιν θα αυξηθεί η ροπή ώστε να μπορέσει ο κινητήρας να περιστρέψει το φορτίο.



Σχήμα 1.3.2.1 : Καμπύλη Ροπής-Ταχύτητας
Ασύγχρονου Τριφασικού Κινητήρα

1.3.3. ΟΛΙΣΘΗΣΗ

Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται με ταχύτητα που εξαρτάται από την συχνότητα (**f**) του ρεύματος τροφοδοσίας και τα ζεύγη πόλων (**p**) του τυλίγματος του στάτη. Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα **n_s**.

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

n_s : σύγχρονη ταχύτητα σε στρ/min(Σ.Α.Λ.)

f : συχνότητα τροφοδοσίας σε Hz(1/sec)

p : ζεύγη μαγνητικών πόλων

Ο δρομέας του κινητήρα περιστρέφεται με ταχύτητα **n** που εξαρτάται από το φορτίο του άξονα. Ο λόγος της διαφοράς μεταξύ της σύγχρονης ταχύτητας **n_s** και της ταχύτητας **n** του κινητήρα, προς την σύγχρονη ταχύτητα, ονομάζεται **ολίσθηση S**.

$$S = \frac{n_s - n}{n_s}$$

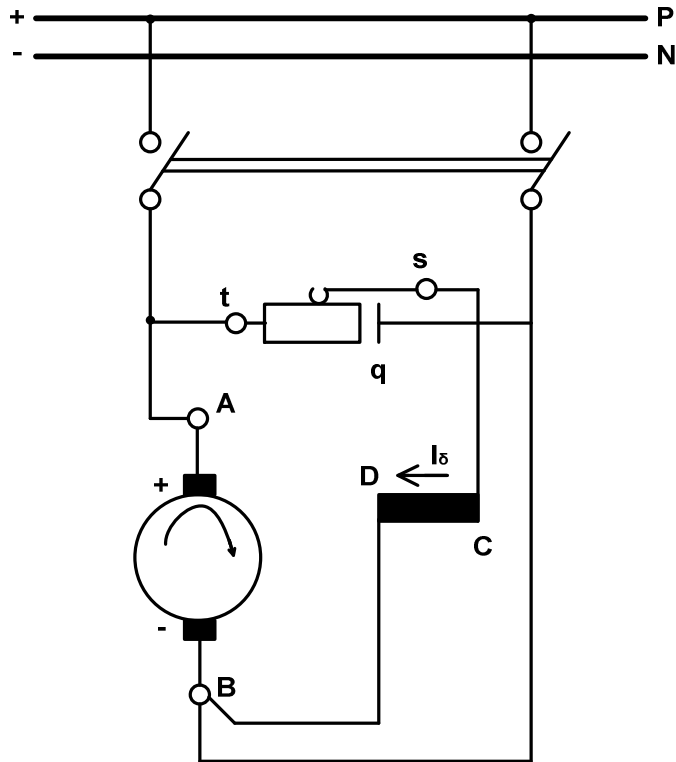
Η ολίσθηση ενός κινητήρα δεν είναι σταθερή, μεταβάλλεται με το φορτίο και αυξάνεται μ'αυτό.

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

1.4.1. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Ονομάζεται γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης, εκείνη που το τύλιγμα της διέγερσής της είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου. Ανήκει δε στην κατηγορία των αυτοδιεγειρόμενων γεννητριών. Το τύλιγμα παράλληλης διέγερσης είναι συνήθως κατασκευασμένο από σύρμα μικρής διατομής και μεγάλου αριθμού σπειρών.

Το σχήμα 1.4.1.1., δείχνει την συνδεσμολογία μιας γεννήτριας με παράλληλη διέγερση. Όπως παρατηρούμε, το τύλιγμα διεγέρσεως C–D, είναι συνδεδεμένο παράλληλα με το επαγωγικό τύμπανο A–B της μηχανής. Η σύνδεση γίνεται μέσω ρυθμιστικής αντίστασης, που χρησιμεύει για την ρύθμιση της εντάσεως διεγέρσεως. Το φορτίο έχει αντικατασταθεί από τους ζυγούς P και N, που βρίσκονται στον πίνακα ελέγχου της γεννήτριας και από τους οποίους τροφοδοτείται η κατανάλωση. Στον πίνακα ελέγχου βρίσκεται και η ρυθμιστική αντίσταση που αναφέραμε παραπάνω.



Σχήμα 1.4.1.1 : Γεννήτρια με παράλληλη Διέγερση

Η **αυτοδιέγερση** των γεννητριών αυτών, πραγματοποιείται με την βοήθεια του μαγνητισμού που παραμένει στους μαγνητικούς πόλους και όταν δεν περνά ρεύμα μέσα από το τύλιγμα διεγέρσεως. Χωρίς να κάνουμε αναλυτική ανάπτυξη του φαινομένου, αναφέρουμε μόνο ότι ο μαγνητισμός που παραμένει δημιουργεί ένα αδύνατο μαγνητικό πεδίο μέσα στην μηχανή, το οποίο όμως είναι αρκετό, όταν θέσουμε σε περιστροφή το επαγωγικό τύμπανο, να δημιουργήσει μεταξύ των ακροδεκτών A και B μια μικρή τάση. Η τάση αυτή δημιουργεί ένα αδύνατο ρεύμα μέσα στο τύλιγμα διεγέρσεως C και D (ακόμα δεν έχει συνδεθεί), το οποίο ενισχύει το μαγνητικό πεδίο. Αυτό έχει σαν συνέπεια να δημιουργηθεί τώρα μια μεγαλύτερη τάση μεταξύ A και B, η οποία δημιουργεί ένα ισχυρότερο ρεύμα μέσα στο τύλιγμα διεγέρσεως κ.ο.κ. Με τον τρόπο αυτό, αυτοδιεγείρεται η γεννήτρια. Την τάση, στην οποία θέλουμε να φθάνει, την κανονίζουμε με την ρυθμιστική αντίσταση διεγέρσεως. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι για να μπορέσει να αυτοδιεγερθεί μια γεννήτρια πρέπει η φορά περιστροφής του τυμπάνου να είναι τέτοια, ώστε το αδύνατο ρεύμα, που δημιουργεί στο τύλιγμα διεγέρσεως η τάση που παράγεται από τον παραμένοντα μαγνητισμό, να έχει διεύθυνση που να

ενισχύει το μαγνητικό πεδίο. Διαφορετικά η μηχανή χάνει τον παραμένοντα μαγνητισμό της και δεν αυτοδιεγείρεται.

Η σύνδεση φορτίου σε μία γεννήτρια με παράλληλη διέγερση, πρέπει να γίνεται αφού η γεννήτρια αποκτήσει πρώτα την κανονική της τάση, διαφορετικά εμποδίζεται η αυτοδιέγερση της μηχανής. Όταν η γεννήτρια εργάζεται με φορτίο, για την τάση U της γεννήτριας, έχουμε:

$$U = E_{\phi} - I_T \times R_T$$

Όπου, E_{ϕ} : η ηλεκτρεργετική δύναμη της γεννήτριας υπό φορτίο

R_T : η ωμική αντίσταση του τυλίγματος του τυμπάνου

I_T : η ένταση που περνά μέσα από το τύμπανο

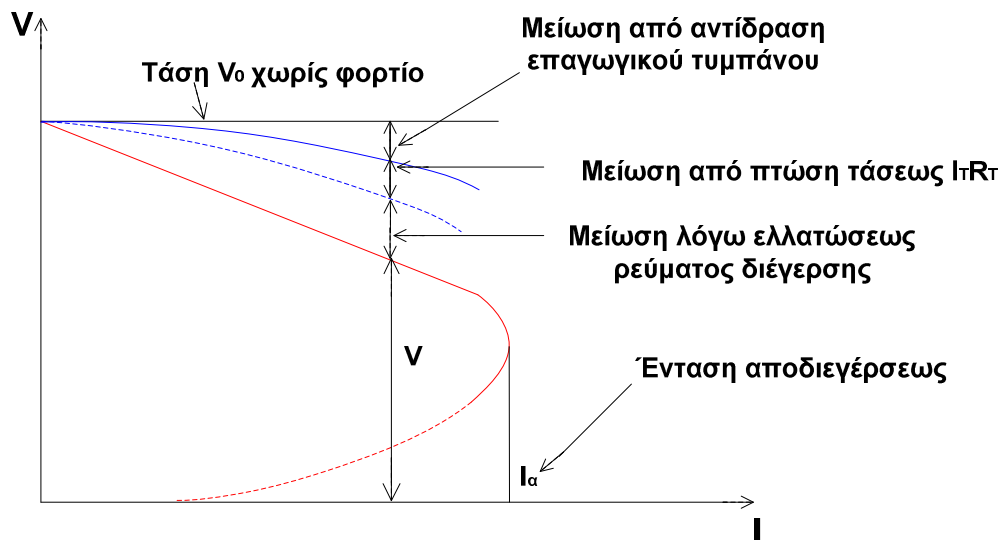
Εδώ η ένταση του τυμπάνου είναι ίση με το άθροισμα της εντάσεως του φορτίου I και της εντάσεως διεγέρσεως I_{δ} :

$$I_T = I + I_{\delta}$$

1.4.2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ

Στο διάγραμμα του σχήματος 1.4.2.1., φαίνεται (κόκκινη καμπύλη) ο τρόπος που μεταβάλλεται η τάση U μιας γεννήτριας με παράλληλη διέγερση, όταν μεταβάλλεται η ένταση φορτίσεως της μηχανής, χωρίς να μεταβάλλεται η θέση του στροφάλου στη ρυθμιστική αντίσταση και οι στροφές της μηχανής. Εκτός από την αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου και την πτώση τάσης στο τύλιγμά του, έχουμε και μια τρίτη αιτία για την μείωση της τάσης. Το τύλιγμα της διέγερσης τροφοδοτείται από την τάση της γεννήτριας. Όταν, λοιπόν, η τάση αυτή μειώνεται από τις δύο προηγούμενες αιτίες, όσο αυξάνει το φορτίο θα μειώνεται και η τάση που επιβάλλεται στο τύλιγμα διεγέρσεως. Δηλαδή, όσο αυξάνει το φορτίο έχουμε μείωση του ρεύματος διέγερσης, με συνέπεια πρόσθετη μείωση της τάσεως.

Όταν η ένταση φορτίσεως της γεννήτριας αυξηθεί πολύ πάνω από την κανονική της τιμή I_K και φθάσει μία ορισμένη, για κάθε μηχανή τιμή I_a , η γεννήτρια θα αποδιεγερθεί και η τάση της θα μηδενισθεί.



Σχήμα 1.4.2.1 : Χαρακτηριστική φορτίου γεννήτριας με παράλληλη διέγερση

1.4.3. ΙΣΧΥΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Όταν μιλάμε για την ισχύ μιας γεννήτριας εννοούμε πάντα την ισχύ P που παίρνουμε από αυτή. Όπως είναι γνωστό, η ισχύς αυτή δίνεται από τη σχέση:

$$P = U \times I \quad \text{σε Watt (W)}$$

Όπου, U : είναι η τάση της γεννήτριας σε Volts (V)

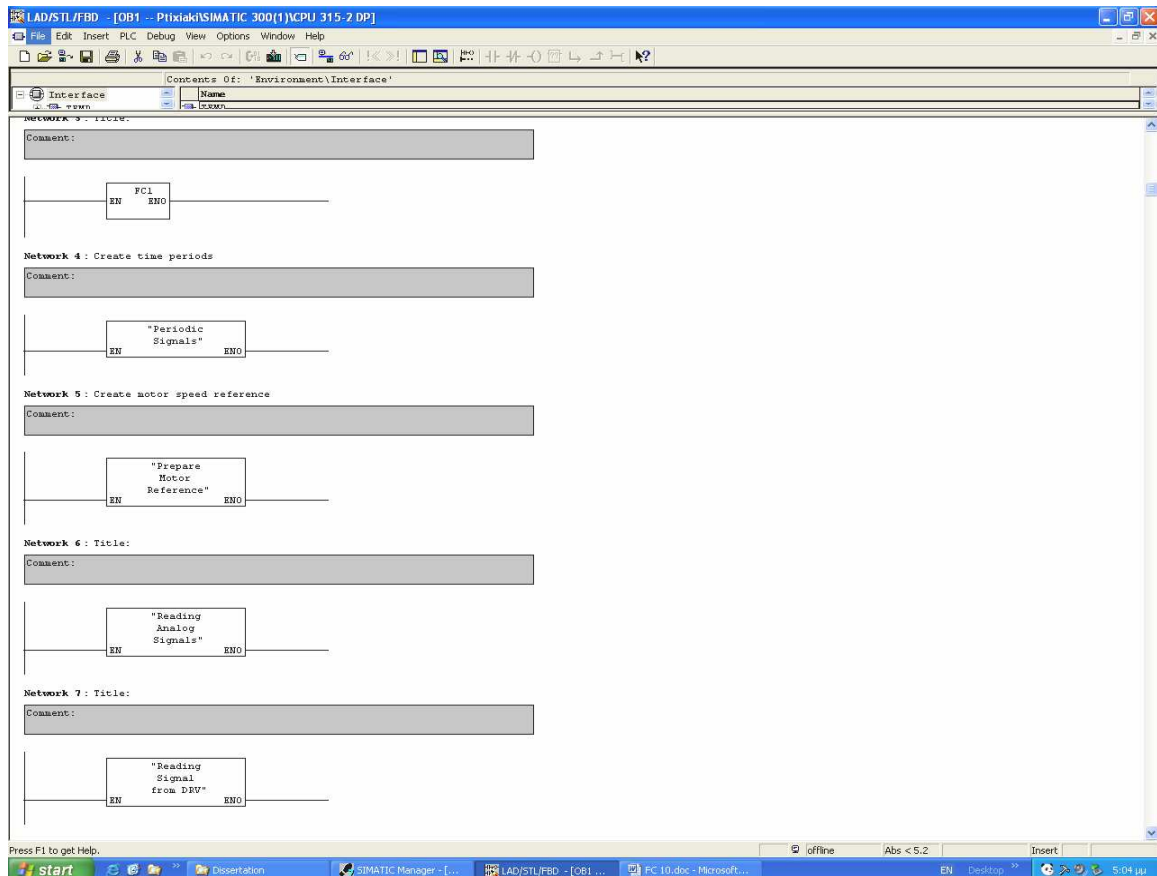
I : η ένταση του ρεύματος που δίνει σε Ampere (A)

Στην πινακίδα που έχει κάθε γεννήτρια, από τον κατασκευαστή της αναφέρεται η ονομαστική ισχύς της. Αυτή είναι η πιο μεγάλη ισχύς που μπορεί να δίνει συνεχώς η γεννήτρια, όταν εργάζεται με την ονομαστική της τάση (που την αναφέρει επίσης η πινακίδα), χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη η μηχανή από υπερφόρτιση. Στην πινακίδα του κατασκευαστή αναφέρεται και η ονομαστική ένταση της γεννήτριας, η οποία συνδέεται με την ονομαστική ισχύ και την ονομαστική τάση με τον τύπο που δώσαμε παραπάνω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ PLC

2.1.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ OB1



Εικόνα 2.1.1.1: Networks του OB1

Το **OB1**, είναι το βασικό Block που η CPU χρειάζεται για να εκτελέσει ένα οποιοδήποτε πρόγραμμα.

Θα μπορούσαμε να γράψουμε όλο τον κώδικα μόνο στο OB1, αλλά στο τέλος θα ήταν αρκετά δύσκολο και δυσνόητο για κάποιον να καταλάβει τη λειτουργία του προγράμματος.

Για τον λόγο αυτό το πρόγραμμα είναι χωρισμένο σε διάφορα **Functions (FC)**. Κάθε FC εκτελεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, οπότε μπορούμε να ελέγχουμε και να εποπτεύουμε καλύτερα όλο το πρόγραμμά μας.

Το FC, είναι ένα λογικό “κουτί”, που μπορούμε εκεί να γράψουμε τον κώδικά μας, το οποίο δεν έχει μνήμη, δηλαδή οι μεταβλητές οι οποίες ονομάζονται “temporary” (προσωρινές), έχουν αξία μόνο όσο “τρέχει” το συγκεκριμένο FC. Για να μπορούμε να αποθηκεύουμε δεδομένα χωρίς να τα χάνουμε, χρησιμοποιούμε τα λεγόμενα Data Blocks (shared) ή την ίδια την μνήμη του συστήματος (εξαρτάται από την CPU).

Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί FC και για να αποθηκεύουμε διάφορες μεταβλητές χρησιμοποιούμε: –Data Blocks [π.χ. DB1,DBX3.0(bit), DB1.DBW10(word)]

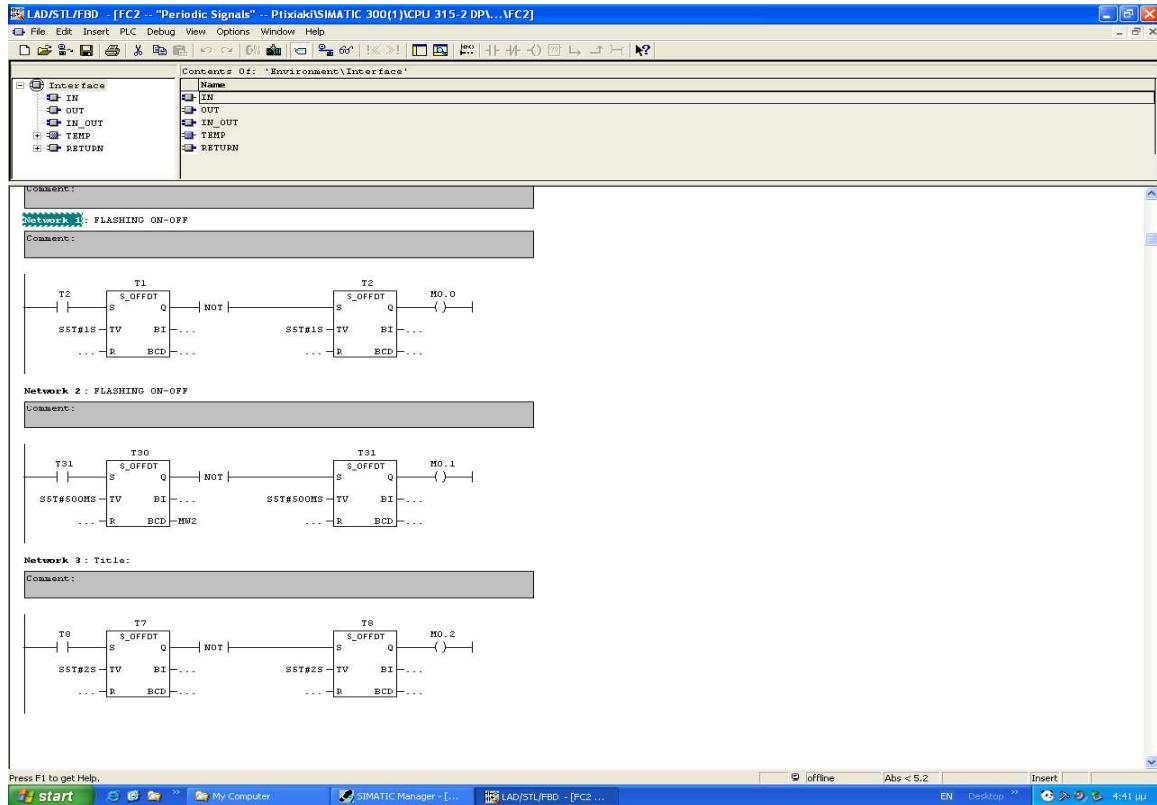
–Internal Memory [π.χ. MW 100(word), M32.0(bit)]

Τα FC είναι τα εξής:

- FC2 - Periods Signals
- FC3 - Scaling Function
- FC10 - Prepare Motor Reference
- FC11 - Reading Analog Signals
- FC12 - HMI Indications
- FC13 - Reading Signals from Drive
- FC20 - Power Management
- FC22 - Data Recording
- FC23 - Power Samples Display
- FC25 - Display Value on HMI
- FC26 - Aver Value every 10 Samples
- FC222 - Power Samples Recording
- FC223 - Voltage Samples Recording
- FC224 - Current Samples Recording

Στις επόμενες παραγράφους ακολουθεί η λειτουργία του κάθε FC μέσα στο όλο πρόγραμμα που εκτελεί η CPU.

2.1.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC1

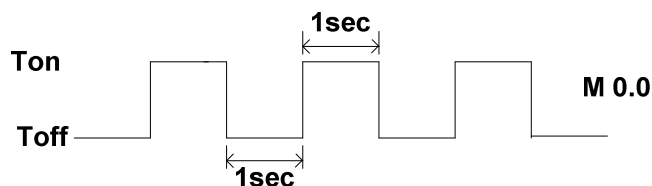


Εικόνα 2.1.2.1: Networks 1, 2, 3

Το **FC1** αποτελείται από μόλις τρία Networks, τα οποία δουλεύουν σαν μία “γεννήτρια συχνότητας”.

Δηλαδή το **Network 1**, δημιουργεί στην έξοδό του έναν παλμό κάθε xxx δευτερόλεπτα. Η έξοδος του παραμένει απενεργοποιημένη για yyy δευτερόλεπτα και η λειτουργία επαναλαμβάνεται.

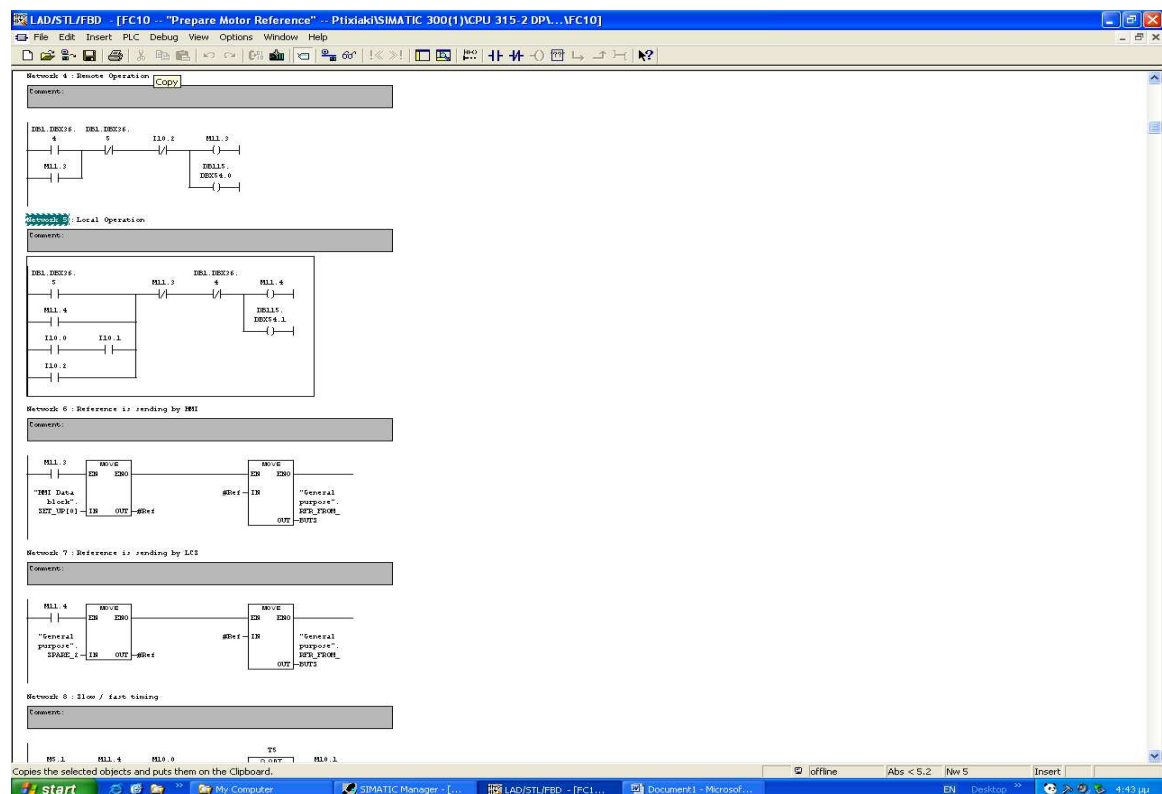
Συγκεκριμένα για το Network 1 και με τις τιμές που έχουν δηλωθεί στα Timer η έξοδος θα είναι:



Σχήμα 2.1.2.1: Έξοδος του Timer

Ακριβώς το ίδιο συμβαίνει και με τα άλλα δύο **Networks 2 & 3**, αλλά έχουν δηλωθεί άλλοι χρόνοι στους Timers, με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικά σήματα εξόδου, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορα σημεία στο πρόγραμμα.

2.1.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC10



Εικόνα 2.1.3.1: Networks 4, 5, 6, 7, 8

Το FC10 είναι από τα πιο σημαντικά στο πρόγραμμα της CPU, διότι είναι αυτό που δημιουργεί:

- το reference για τον AC κινητήρα
- τις εντολές για την λειτουργία του Drive

Το σύστημα έχει την δυνατότητα να δουλέψει, δηλαδή να δεχθεί σήματα ελέγχου είτε από:

- το τοπικό χειριστήριο(local operation-LCS (local control station))
- τον υπολογιστή HMI (remote operation)

Στο τοπικό χειριστήριο υπάρχουν τα μπουτόν για:

- αύξηση της συχνότητας
- μείωση της συχνότητας
- reset του reference / reset του σφάλματος του Drive
- επιλογή ένδειξης μεταβλητών στο Display
- συνδυασμός μπουτόν για επιλογή φορτίων

Οι ίδιες δυνατότητες υπάρχουν και στο HMI. Το σύστημα έχει την επιλογή να ελέγχεται με δύο διαφορετικούς τρόπους, αλλά αυτό που στο τέλος δημιουργεί είναι το ίδιο, δηλαδή το reference προς το Drive και τις εντολές εκκίνησής του. Το **Network 1**, διαβάζει τις πληροφορίες που έρχονται από το HMI (DB115.DBW32) και τις αποθηκεύει σε μια διεύθυνση ενός Data Block (DB1.DBW36) και ακριβώς μετά το περιεχόμενο της πληροφορίας από το HMI “καθαρίζεται”. Οι πληροφορίες, όμως, για το τι θα κάνει το πρόγραμμα στην συνέχεια έχουν αποθηκευτεί στο DB1.DBW36 και αυτές χρησιμοποιούνται μέσα στο FC.

Στο τέλος του FC, στο τελευταίο Network (**Network 35**), γίνεται πάλι “καθαρισμός” της DB1.DBW36, ώστε στον επόμενο κύκλο της CPU (περίπου κάθε 15ms) να δεχθεί το νέο πακέτο δεδομένων από το HMI.

Στα **Networks 2 & 3**, δηλώνονται τα merker M 10.0 και M 10.5, αντίστοιχα, που σημαίνει ότι έχει ενεργοποιηθεί η είσοδος I 10.0 και I 10.1, δηλαδή ότι ζητάμε από τα μπουτόν αύξηση ή μείωση του reference. Αυτά τα μπουτόν μπορούν, επίσης, να προσθέσουν ή να αφαιρέσουν φορτία από την γεννήτρια.

Κάθε φορά, όμως, έχουμε μια λειτουργία από τα μπουτόν, είτε:

- αύξηση / μείωση του reference
- αύξηση/μείωση των φορτίων

Τα **Networks 4 & 5**, δημιουργούν, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, την λειτουργία:

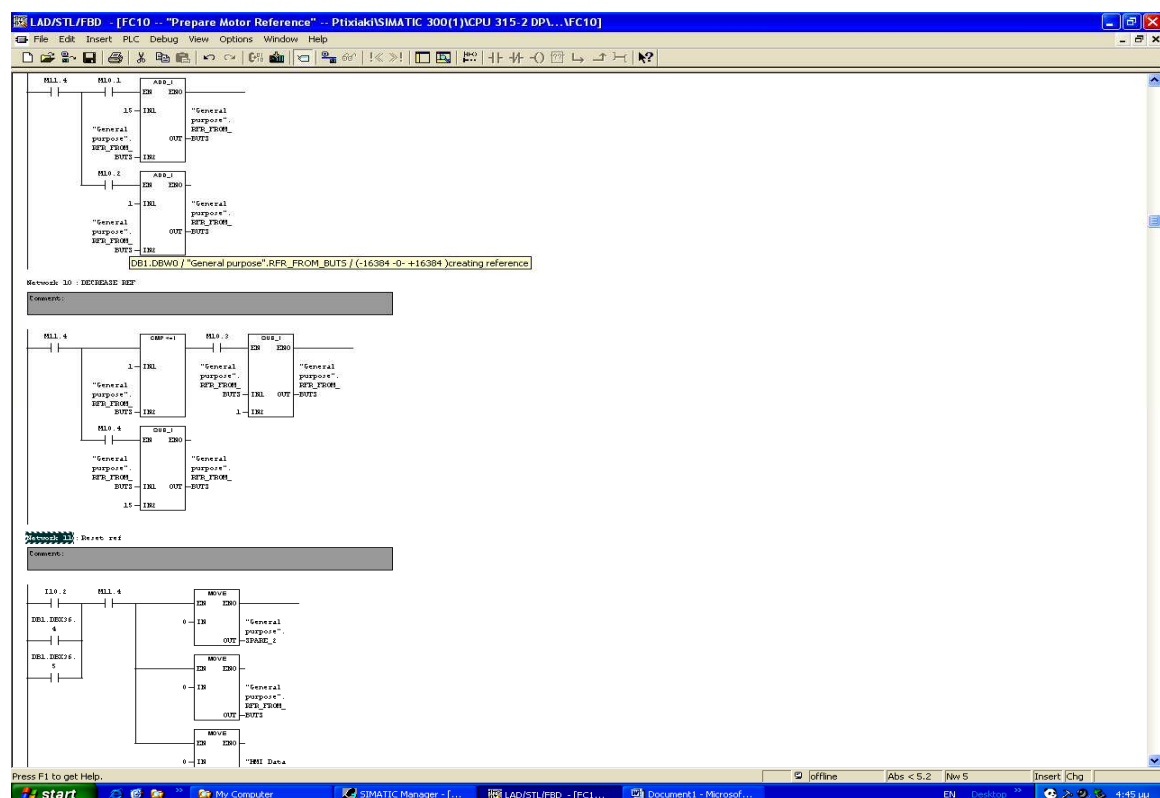
- Remote operation – M 11.3
- Local operation – M 11.4

Στο **Network 6**, στέλνουμε το reference που ζητάμε από το HMI και στην συνέχεια χρησιμοποιείται σε όλο το FC10 σαν το reference για όλους τους υπολογισμούς.

Στο **Network 7**, στέλνουμε το reference από το τοπικό χειριστήριο και το οποίο στην συνέχεια χρησιμοποιείται σε όλο το FC10. Όπως είναι φανερό κάθε φορά μόνο ένα reference χρησιμοποιείται από το σύστημα για τους υπολογισμούς του.

Το **Network 8**, λαμβάνει το σήμα από τα merker M 10.0 και M 10.5 και αφότου μετρήσει ένας χρόνος των 3sec, δίνεται ένα σήμα:

- M 10.0 : 0 ÷ 3sec M 10.2
3.... M 10.1
- M10.5 : 0 ÷ 3sec M 10.3
3.... M 10.4



Εικόνα 2.1.3.2: Networks 9, 10, 11

Το **Network 9**, δημιουργεί την αύξηση του reference (local operation). Μέχρι να περάσει ο χρόνος των 3sec έχουμε αύξηση του reference με χαμηλό

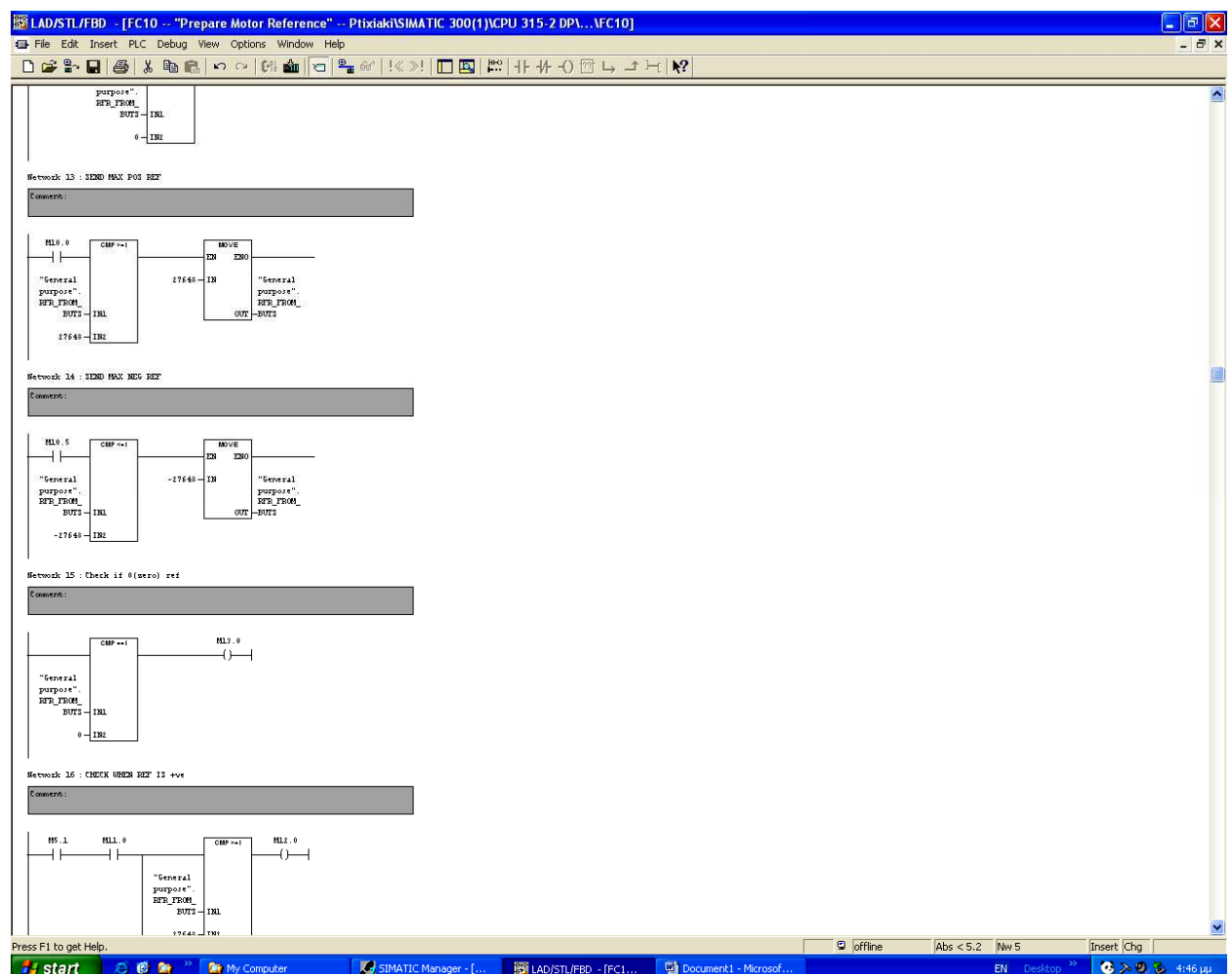
ρυθμό (για μεγαλύτερη ακρίβεια) και πέρα των 3sec το reference αυξάνεται πολύ γρήγορα (για να φτάσουμε γρηγορότερα στην τιμή που θέλουμε).

Ακριβώς τα ίδια ισχύουν στο **Network 10**, το οποίο δημιουργεί την μείωση του reference. Η μόνη διαφορά είναι ότι το reference δεν μπορεί να πάρει τιμές χαμηλότερες του μηδενός, διότι αυτό σημαίνει ότι ο AC κινητήρας θα πρέπει να γυρίσει ανάποδα. Η λειτουργία αυτή δεν επιτρέπεται, όσο αναφορά την μέτρηση της παραγόμενης ισχύος από το σύστημα και ο λόγος θα αναλυθεί στα υπόλοιπα κεφάλαια.

Το επόμενο είναι το **Network 11**, στο οποίο γίνεται ο μηδενισμός του reference, με αποτέλεσμα οι στροφές του κινητήρα να είναι μηδέν.

Επίσης κατά την εναλλαγή από τον χρήστη από “remote” σε “local operation” ή αντίστροφα, το reference πάντα μηδενίζεται.

Το **Network 12**, ελέγχει την “πολικότητα” του reference, δηλαδή βλέπει αν είναι θετικό ή αρνητικό και ενεργοποιεί τα αντίστοιχα merker.



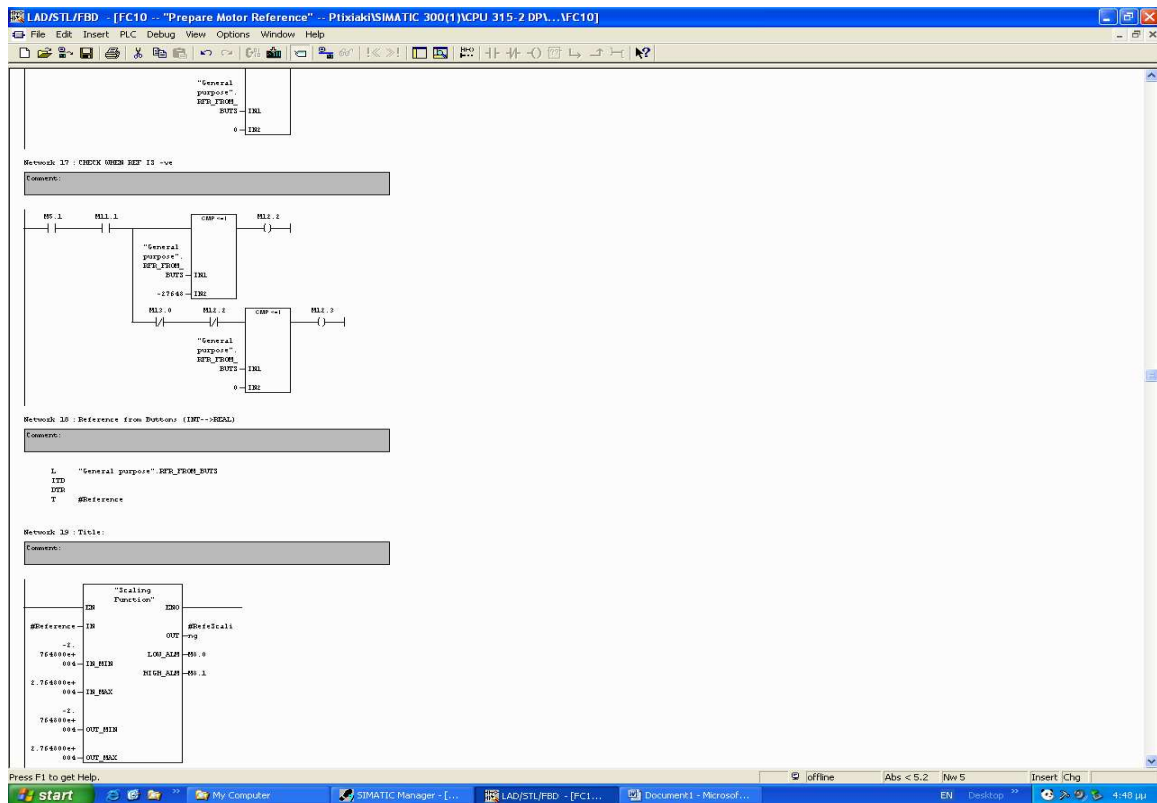
Εικόνα 2.1.3.3: Networks 13, 14, 15, 16

Το **Network 13**, διαβάζει την τιμή του reference και στην συνέχεια την συγκρίνει με μία τιμή (27648). Στην περίπτωση που η τιμή του reference υπερβεί αυτή την τιμή, συνέχεια στέλνεται στο reference η τιμή 27648.

Το **Network 14**, κάνει ακριβώς την ίδια λειτουργία, αλλά στην περίπτωση που το reference είναι αρνητικό. Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, εμείς πρέπει να γυρίζουμε τον κινητήρα πάντα προς μία φορά περιστροφής, όσον αφορά την κίνηση που μεταφέρει προς την γεννήτρια.

Το reference έχει ανώτατη τιμή το 27648, επειδή με αυτήν την τιμή στην αναλογική κάρτα εξόδου τάσης, έχουμε την τιμή των 10Vdc. Αυτή είναι η μέγιστη τιμή της DC τάσης, από την αντίστοιχη αναλογική κάρτα τάσεως, οπότε δεν υπάρχει νόημα να υπερβούμε το 27648, διότι δεν αλλάζει κάτι. Σαφώς και μπορούμε να δημιουργήσουμε για παράδειγμα τον αριθμό 40000, αλλά πάλι στην έξοδο της αναλογικής κάρτας τάσεως θα μετρήσουμε 10Vdc.

Με το **Network 15**, το PLC ελέγχει ότι το reference είναι μηδέν. Αυτό χρειάζεται, όπως θα δούμε παρακάτω, για τον έλεγχο του Drive από το τοπικό χειριστήριο.



Εικόνα 2.1.3.4: Networks 18, 19, 20

Στο **Network 18**, γίνεται η μετατροπή της τιμής του reference, το οποίο από μορφή Integer μετατρέπεται σε μορφή Real. Αυτό χρειάζεται γιατί η ρουτίνα "Scaling Function", έχει φτιαχτεί για πράξεις με πραγματικούς αριθμούς, δηλαδή αριθμούς με υποδιαστολή.

Τα **Networks 18 & 19**, στην περίπτωση μας, δεν είναι απαραίτητα διότι όπως φαίνεται από την λειτουργία του FC3, η είσοδος μεταβάλλεται από ± 27648.0 και η έξοδος από ± 27648.0 . Δηλαδή, η έξοδος της συνάρτησης του FC3, η #RefeScaling, είναι πάντα μέσα στα σωστά όρια.

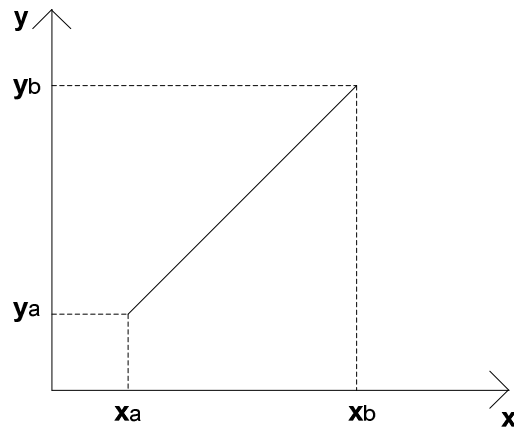
Με το **Network 20**, μετατρέπουμε πάλι το reference σε ακέραιο αριθμό και με το **Network 21**, στέλνουμε το νούμερο στην διεύθυνση PQW300, που είναι η μία από τις εξόδους της αναλογικής κάρτας τάσεως.

Με το **Network 23**, κάνουμε την προβολή του reference, δηλαδή από 0-27648 σε 0-100. Όπως φαίνεται αυτό είναι η Γραμμική Συνάρτηση Παρεμβολής (Linear Interpolation Function) και υπόκειται στην μαθηματική σχέση:

$$y = y_a + (x - x_a) \times \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

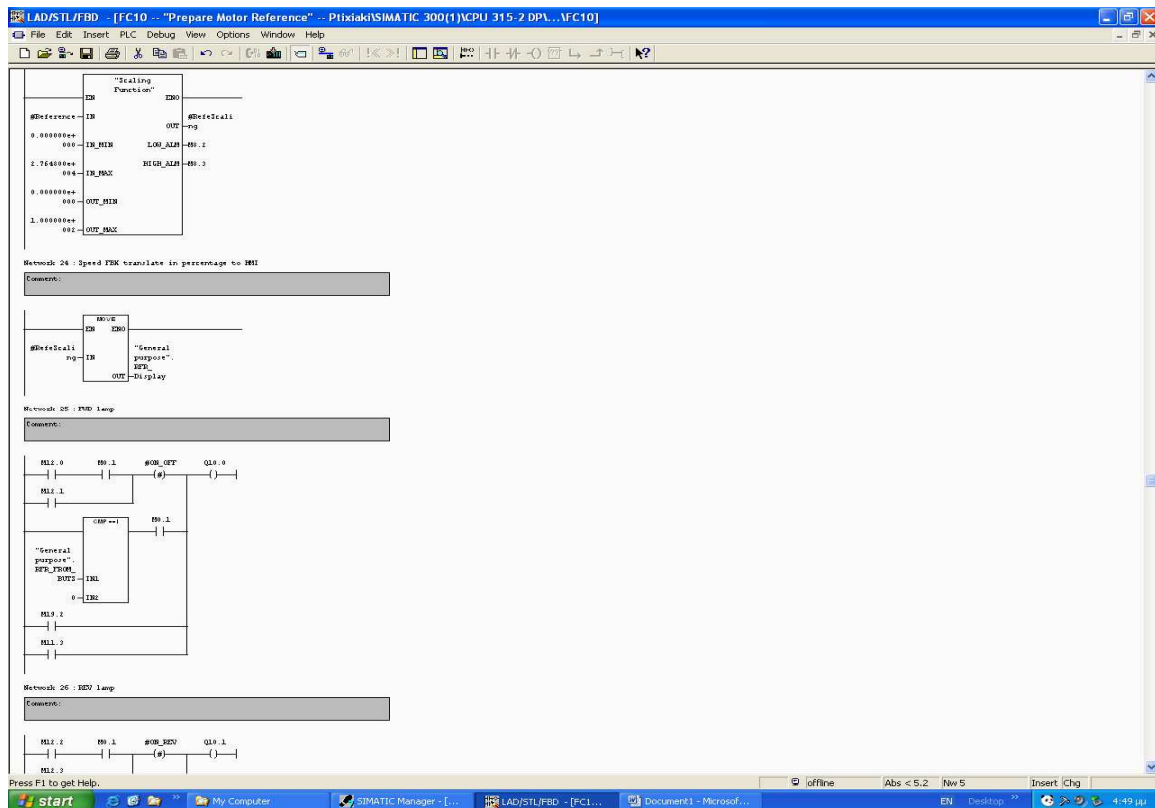
για κάθε σημείο

(x,y)



Σχήμα 2.1.3.1: Χαρακτηριστική Γραμμικής Συνάρτησης Παρεμβολής

Δηλαδή με την Γραμμική Συνάρτηση Παρεμβολής (Linear Interpolation Function), φτιάχνουμε νέα σημεία δεδομένων (OUT_MAX και OUT_MIN), μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή τιμών από γνωστά σημεία δεδομένων.



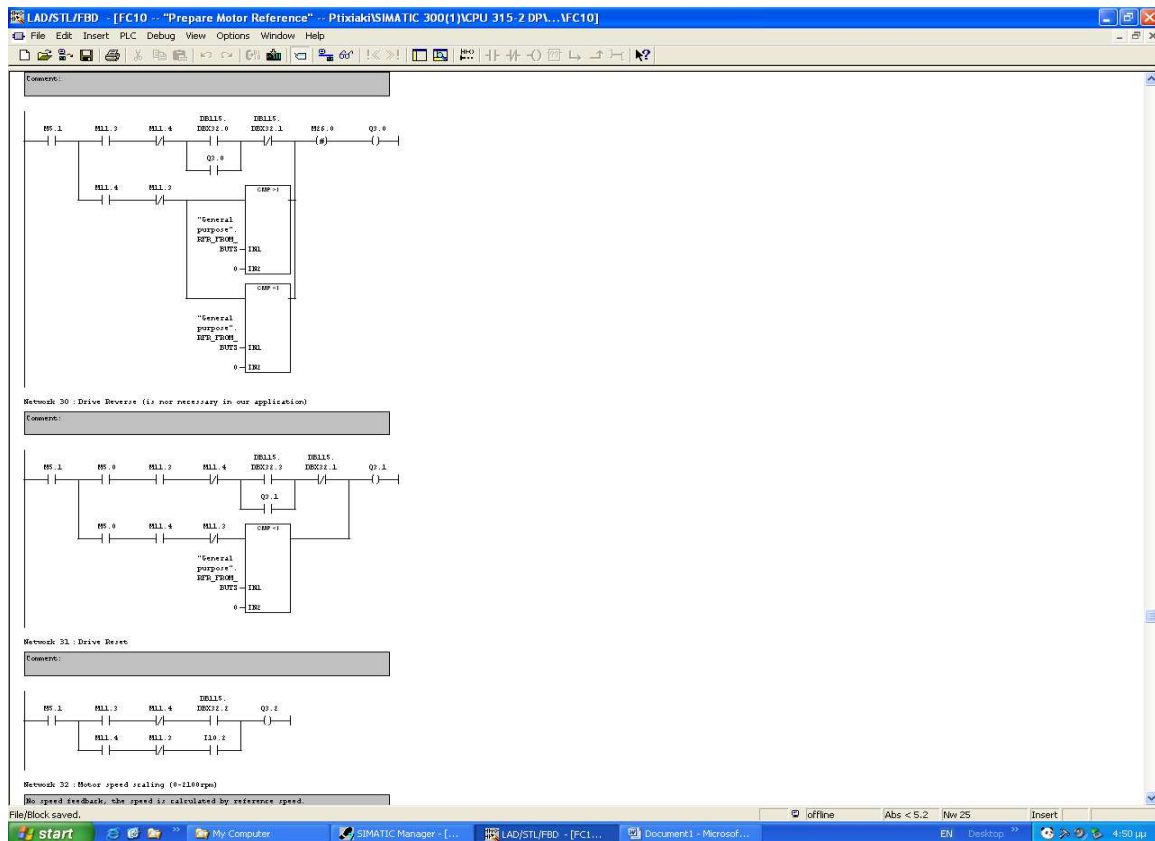
Εικόνα 2.1.3.5: Networks 24, 25, 26

Με τα **Networks 25 & 26**, έχουμε ενεργοποιήσει δύο εξόδους, Q 10.0 και Q 10.1, στα αντίστοιχα μπουτόν I 10.0 και I 10.1 .

Όταν το σύστημα είναι σε local operation, με reference μηδέν, και τα δύο leds αναβοσβήνουν με συχνότητα 1sec. Στην περίπτωση που ο χειριστής ζητήσει αύξηση του reference, το Forward (FWD) led θα ανάβει συνεχώς και το Reverse (REV) led θα σβήσει. Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα έχει ένα reference από 0 – 27647 (θετικό).

Όταν το reference φτάσει την τιμή 27648 ή και υπερβεί αυτή την τιμή, το led αναβοσβήνει, πράγμα που σημαίνει ότι έχουμε φτάσει την μέγιστη τιμή του. Αυτό βοηθάει ώστε ο χειριστής να έχει μια εποπτεία των πραγμάτων που επιβλέπει.

Το ίδιο συμβαίνει, αντίστοιχα και στο **Network 26**. Στην περίπτωση που έχουμε αρνητικό reference [0 ÷ (-27647)] , το led Q 10.1, θα ανάβει συνεχώς, ενώ το FWD led θα παραμένει σβηστό. Όταν φθάσουμε στην μέγιστη τιμή τότε θα ανάβει παλμικά.



Εικόνα 2.1.3.6: Networks 29, 30, 31

Στα **Networks 29, 30, 31**, έχουμε τα σήματα- εντολές που πηγαίνουν προς το Drive.

Το Drive για να ξεκινήσει χρειάζεται μια εντολή ON. Όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα, το σύστημα ελέγχεται είτε από το HMI, είτε από το LCS. Όταν είναι επιλεγμένο το HMI, υπάρχει ένα μπουτόν (STSRT), το οποίο πηγαίνει και ενεργοποιεί την έξοδο Q 3.0. Επίσης υπάρχει και ένα άλλο μπουτόν (STOP), στην περίπτωση που θέλουμε να σταματήσουμε το DRV.

Όταν είναι επιλεγμένο το LCS και επειδή δεν υπήρχε θέση για να τοποθετηθούν μπουτόν START και STOP, η εντολή προς το DRV, δηλαδή το ON, γίνεται όταν ο χειριστής ζητήσει και επιλέξει το μπουτόν για θετικό reference. Το σύστημα αντιλαμβάνεται ότι υπάρχει reference μεγαλύτερο του μηδενός και ενεργοποιεί την έξοδο Q 3.0 .

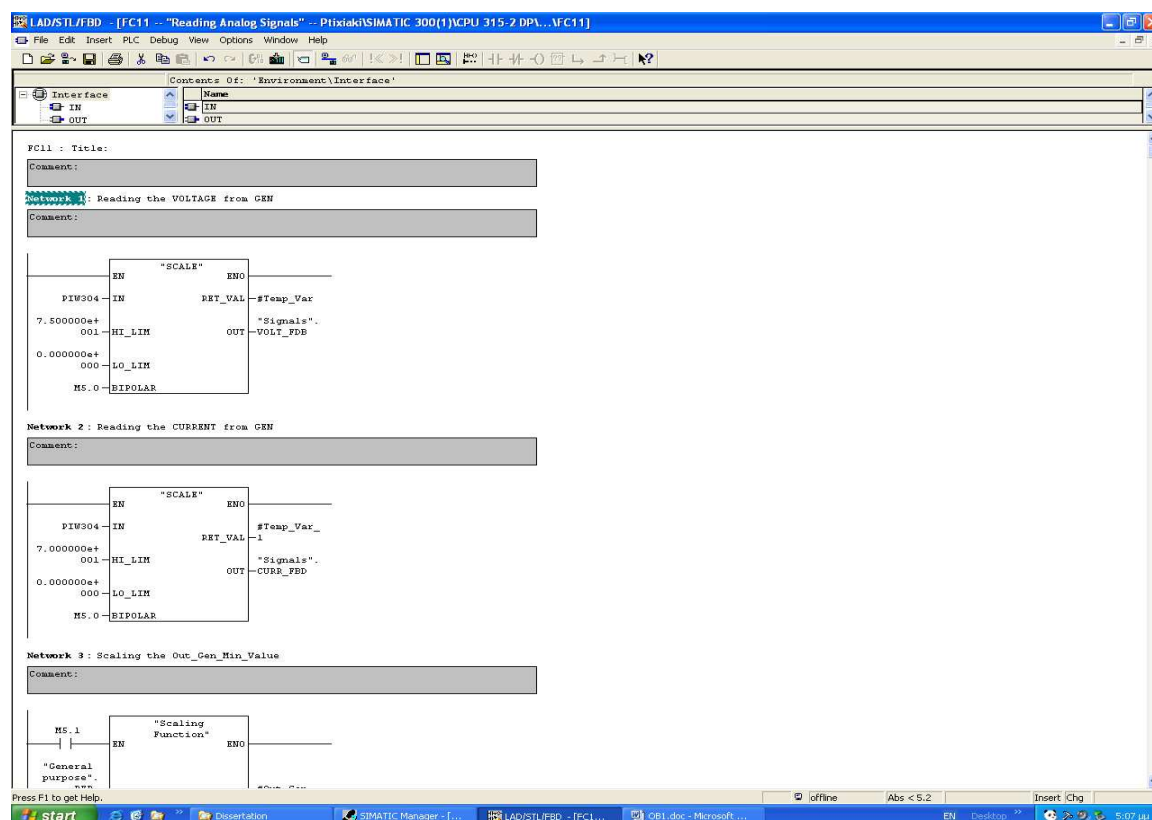
Στην περίπτωση που είμαστε με μηδενικό reference και ο χειριστής επιλέξει αρνητικό reference, το σύστημα θα ενεργοποιήσει εκτός από την Q 3.0 και την Q 3.1, που σημαίνει ότι πρέπει να γίνει αλλαγή φοράς περιστροφής του AC

κινητήρα και να φθάσει τις στροφές του σύμφωνα με το reference που έχει δοθεί στο DRV.

Στην περίπτωση του HMI, για αλλαγή φοράς περιστροφής, έχουμε το μπουτόν του REV. Ο κινητήρας δεν επιταχύνει παρότι έχουμε πατήσει το ON+REV, μέχρι να του δοθεί ένα reference. Αυτό θα αναλυθεί εκτενέστερα στην λειτουργία του DRV και το πως δουλεύει κάποιος από το HMI.

Το Reset για το DRV, στην περίπτωση που υπάρχει κάποιο σφάλμα, γίνεται από το αντίστοιχο μπουτόν στο HMI ή από το μπουτόν στο LCS (I 10.2).

2.1.4. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC11



Εικόνα 2.1.4.1: Networks 1, 2, 3

Το FC11, είναι το κομμάτι εκείνο του προγράμματος της CPU, όπου διαβάζονται τα αναλογικά σήματα της τάσης και του ρεύματος από την γεννήτρια, επεξεργάζονται και στο τέλος γίνεται ο υπολογισμός της ισχύος που αποδίδει η γεννήτρια (πάντα σύμφωνα με το φορτίο).

Το FC11, ξεκινάει με το **Network 1**, όπου διαβάζεται η PIW 304 από το PLC. Η PIW304, είναι μια αναλογική είσοδος τάσης, όπου εκεί έχουμε συνδέσει τα δύο καλώδια, τα οποία έρχονται από τα άκρα της αντίστασης που

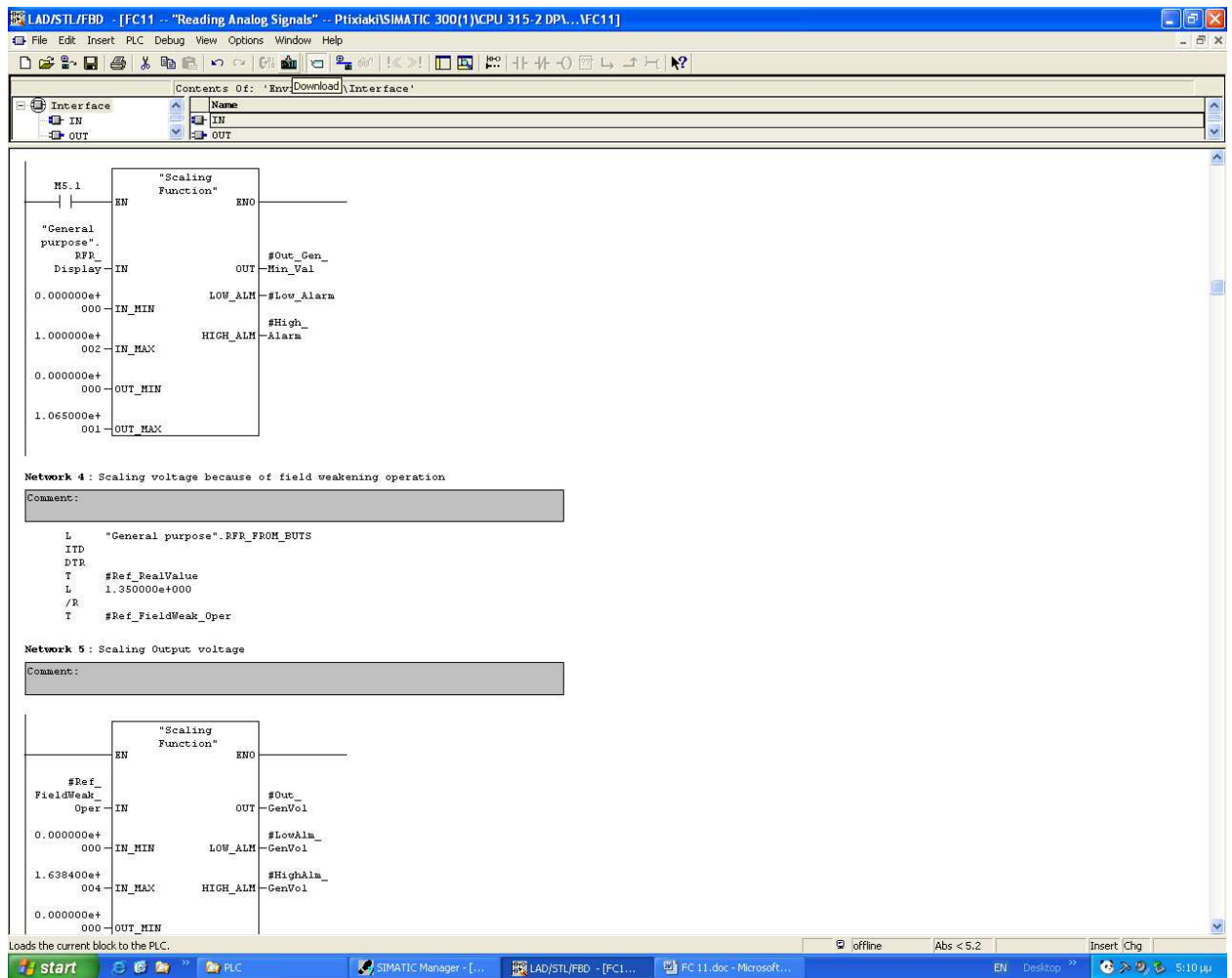
χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε το συνολικό ρεύμα που παρέχει η γεννήτρια προς το φορτίο.

Ακολουθεί το **Network 2**, όπου διαβάζεται πάλι η PIW 304, δηλαδή το ίδιο σήμα που έρχεται από τα άκρα της αντίστασης. Η τιμή της αντίστασης είναι $R = 0.15\Omega$ και με $V_a = 25V_{dc}$ (δηλαδή η γεννήτρια να περιστρέφεται με 2100rpm) και βραχυκυκλώνοντας τα άκρα της έχουμε $I_a = 4.55$ A. Οπότε η μέγιστη τάση που διαβάζει η αναλογική κάρτα είναι στην περίπτωση όπου έχουμε το μέγιστο ρεύμα της γεννήτριας :

$$V_{CARD} = R_m \times I_a = 0.15 \times 4.55 \Rightarrow \underline{V_{CARD} = 0.6825 V_{dc}}$$

Το ρεύμα της γεννήτριας μπορεί να υπολογιστεί, έμμεσα, όπως είναι γνωστό μετρώντας την πτώση τάσης που δημιουργείται πάνω στην αντίσταση. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα και θεωρώντας - και πρακτικά είναι - σταθερή την τιμή της αντίστασης R_m , τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση τάσης που δημιουργείται και το βασικό είναι ότι είναι πάντα σε αναλογία. Οπότε η CPU, διαβάζοντας την τάση (στο PIW 304), που δημιουργείται στα άκρα της αντίστασης και με κατάλληλο προγραμματισμό μπορούμε να υπολογίσουμε το ρεύμα της γεννήτριας.

Κάποιος, όμως, μπορεί να αναρωτηθεί πως φθάσαμε να μετράμε την παραγόμενη τάση της γεννήτριας από το ίδιο σήμα (δηλαδή το PIW 304), που χρησιμοποιούμε για να μετράμε (με αρκετά μεγάλη ακρίβεια όπως θα δούμε και στο πρακτικό μέρος), το ρεύμα της γεννήτριας. Σε παρακάτω κεφάλαιο, δίνεται η εξήγηση για τον τρόπο υπολογισμού, ο οποίος όπως θα δούμε παρακάτω, γίνεται μέσα από το πρόγραμμα, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο αισθητήριο για άμεση μέτρηση του φυσικού μεγέθους της τάσης. Ο τρόπος αυτός, παρότι υπολογιστικός, παρέχει μια αρκετά μεγάλη ακρίβεια στις μετρήσεις, όπως φάνηκε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με εκείνα ενός κανονικού βολτόμετρου.



Εικόνα 2.1.4.2: Networks 4, 5

Τα **Networks 3, 4, 5, 6**, χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της παραγόμενης τάσης της γεννήτριας. Τα συγκεκριμένα αυτά κομμάτια του προγράμματος έγιναν αφότου είχαν συνδεθεί το αμπερόμετρο και το βολτόμετρο, ώστε να γίνει κατανοητή η συμπεριφορά του συστήματος.

Όπως είναι φανερό κατά την λειτουργία του συστήματος και λόγω της μεγάλης εσωτερικής αντίστασης που παρουσιάζει η γεννήτρια, έχουμε μια σημαντική πτώση τάσης στο φορτίο, η οποία εξαρτάται και από το ίδιο το φορτίο (την τιμή της τελικής αντίστασης του φορτίου).

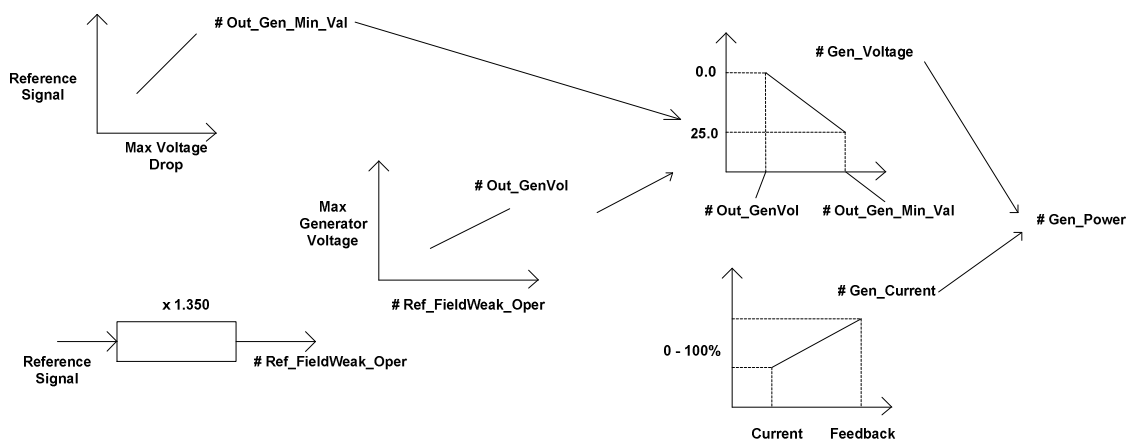
Πρακτικά η μέγιστη τάση που αναπτύσσεται στα άκρα της γεννήτριας είναι 25Vdc (όταν περιστρέφεται με 2100rpm) και με φορτία τα οποία παρουσιάζουν ωμική αντίσταση (ως προς την γεννήτρια), της τάξεως των 3,5 Ω, η τάση είναι 10.5 Vdc. Παίρνοντας την τιμή του reference από το PLC (θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και η τιμή της ταχύτητας περιστροφών του AC

κινητήρα) και την τιμή της τάσης (25Vdc) στο μέγιστο φορτίο της γεννήτριας και χρησιμοποιώντας την συνάρτηση Scaling με το FC3 δημιουργούμε την τοπική μεταβλητή #Ont_Gen_Min_Val.

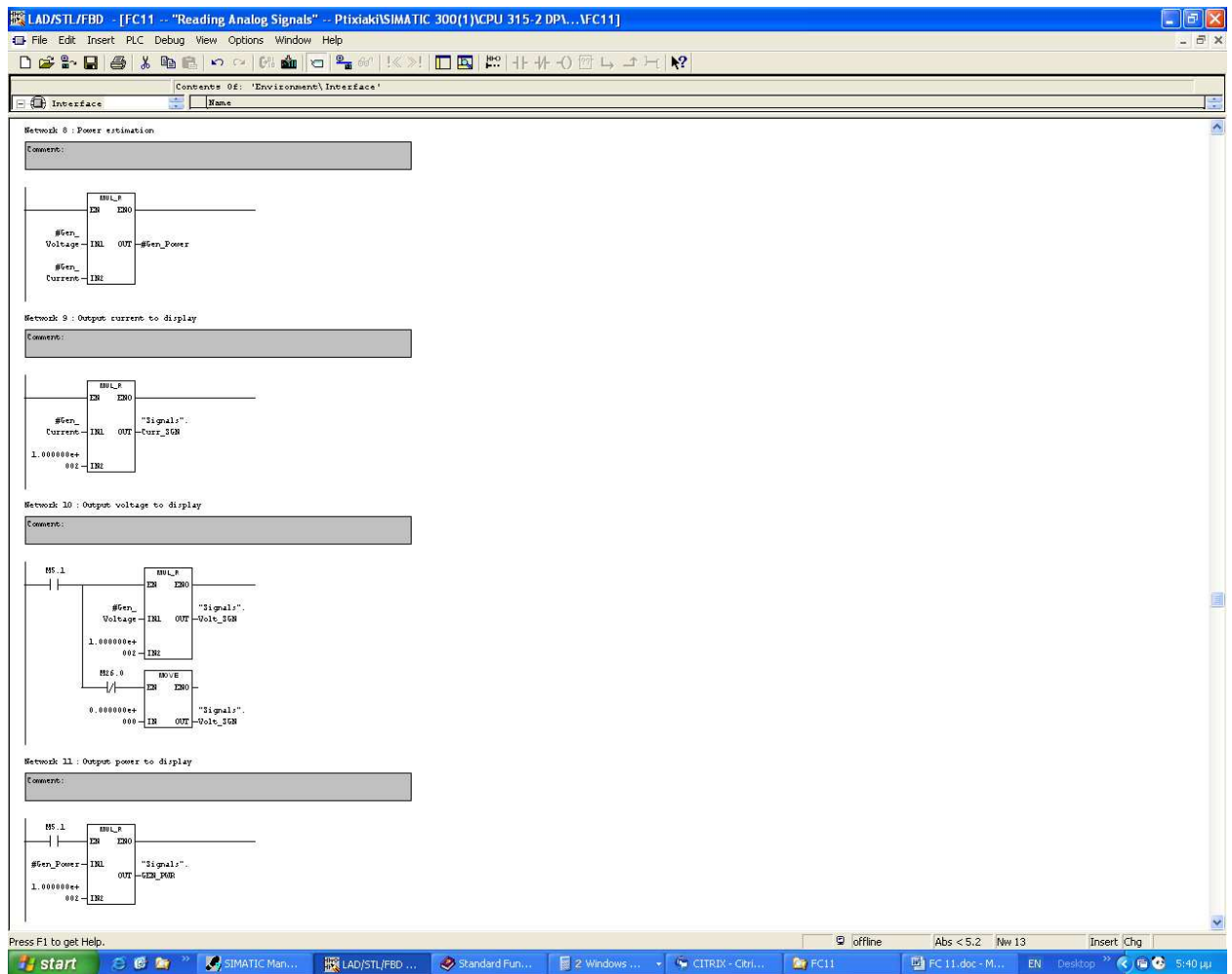
Στο **Network 4**, χρησιμοποιώντας το reference από το PLC (ισχύει ότι και παραπάνω), μετατρέποντάς το σε πραγματικό αριθμό (τύπου REAL) και πολλαπλασιάζοντάς το με “1.350” (λόγω της λειτουργίας Field Weakening του Drive – Κινητήρα), έχουμε την τοπική μεταβλητή # Ref_FieldWeak_Oper .

Το **Network 5**, έχει σαν σήμα εισόδου την μεταβλητή # Ref_FieldWeak_Oper και δημιουργεί την # Out_GenVol .

Στο **Network 6**, χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μεταβλητές έχουμε τον υπολογισμό της τάσης της γεννήτριας προς το φορτίο.



Σχήμα 2.4.1: Υπολογισμός της Ισχύος

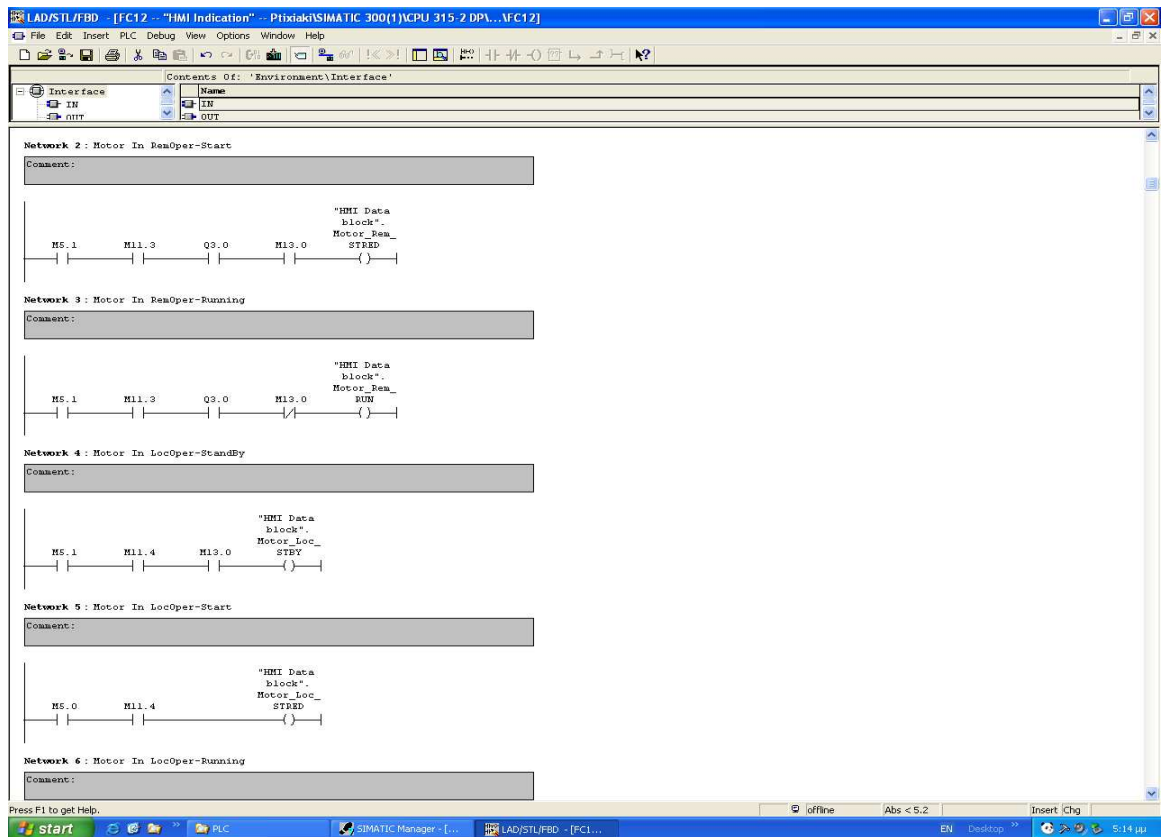


Εικόνα 2.1.4.3: Networks 8, 9, 10, 11

Στο **Network 8**, που ακολουθεί, παίρνοντας την τιμή του ρεύματος και της τάση γίνεται ο υπολογισμός της παραγόμενης ισχύος της γεννήτριας.

Στα **Networks 9, 10, 11**, οι τιμές του ρεύματος της τάσης και ισχύος, αντίστοιχα, πολλαπλασιάζονται με μια σταθερά (στην περίπτωση μας το 100.0), για να μπορούν να διαβαστούν στο Display.

2.1.5. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC12



Εικόνα 2.1.5.1: Networks 2, 3, 4, 5

Το FC12, χρησιμοποιείται για να δημιουργεί όλα τα απαραίτητα σήματα που χρειάζονται για το HMI.

Όπως φαίνεται στο HMI (στην πρώτη σελίδα), υπάρχει γραφική αναπαράσταση του κινητήρα και της γεννήτριας. Αυτά είναι δυναμικά και σύμφωνα με την κατάσταση στην οποία βρίσκονται, εμφανίζονται με διαφορετικά χρώματα που δηλώνουν μια συγκεκριμένη κατάσταση. Όσον αφορά τον AC κινητήρα, υπάρχει η Local και η Remote λειτουργία. Αυτό εμφανίζεται στην οθόνη.

Για τον κινητήρα έχουμε τέσσερις διαφορετικές καταστάσεις:

- Stand-by → Γκρι χρώμα
- Ready → Μπλε χρώμα

- Running → Πράσινο χρώμα
- Fault → Κόκκινο χρώμα

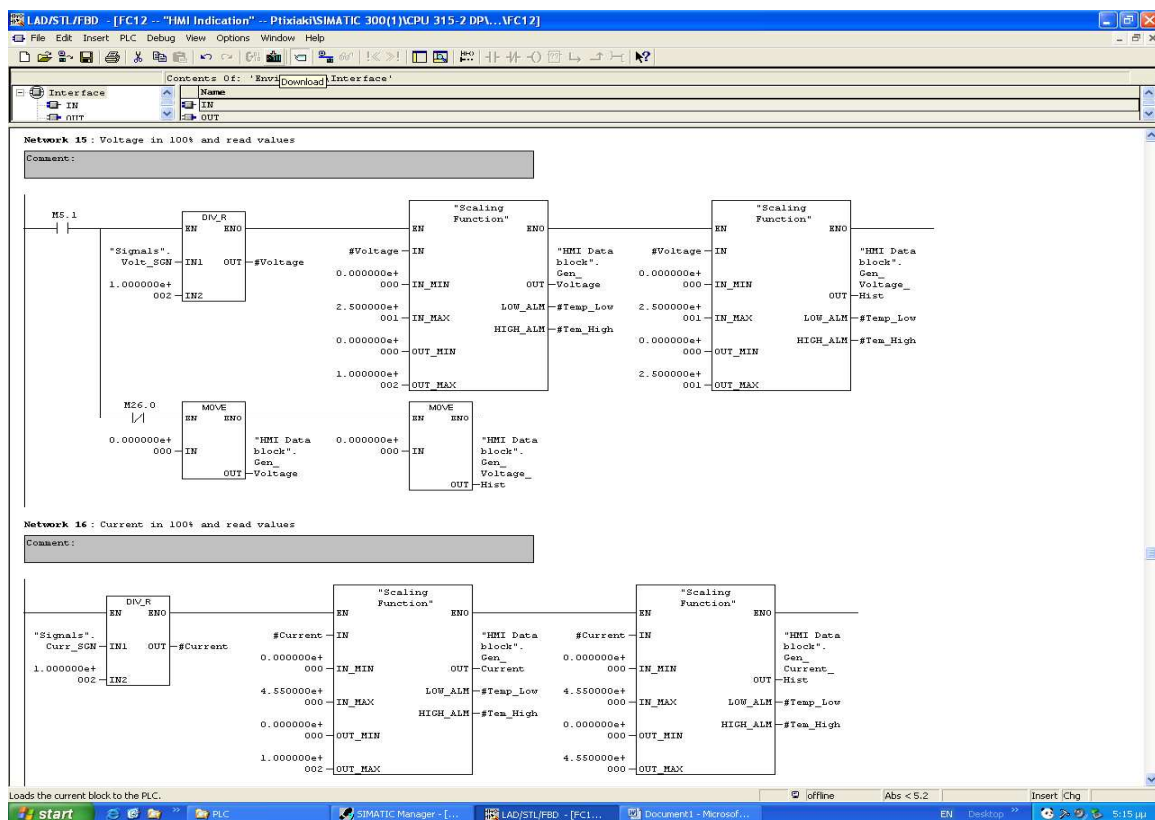
Οι παραπάνω καταστάσεις έχουν δημιουργηθεί στα **Networks 2, 3, 4, 5, 6, 7.**

Όπως και στον κινητήρα, έτσι και στην γεννήτρια έχουμε την λειτουργία Local και την λειτουργία Remote και σύμφωνα με την κατάσταση που βρίσκεται, ο χειριστής βλέπει διαφορετικούς χρωματισμούς στο HMI, οι οποίοι είναι οι εξής:

- Stand-by → Γκρι χρώμα
- Running → Μπλε χρώμα
- Loading → Πράσινο χρώμα
- Fault → Κόκκινο χρώμα

Οι παραπάνω καταστάσεις έχουν δημιουργηθεί στα **Networks 8, 9, 10, 11, 12, 13.** Το τι σημαίνει η κάθε κατάσταση του AC κίνητρα και της γεννήτριας, αναλύεται στο κεφάλαιο για το HMI.

Στο **Network 14,** έχουμε την ένδειξη ότι το φορτίο που έχει επιλέξει ο χειριστής έχει ενεργοποιηθεί. Το σήμα αυτό έρχεται από μια επαφή του ίδιου του ρελέ, όταν είναι ενεργοποιημένο.



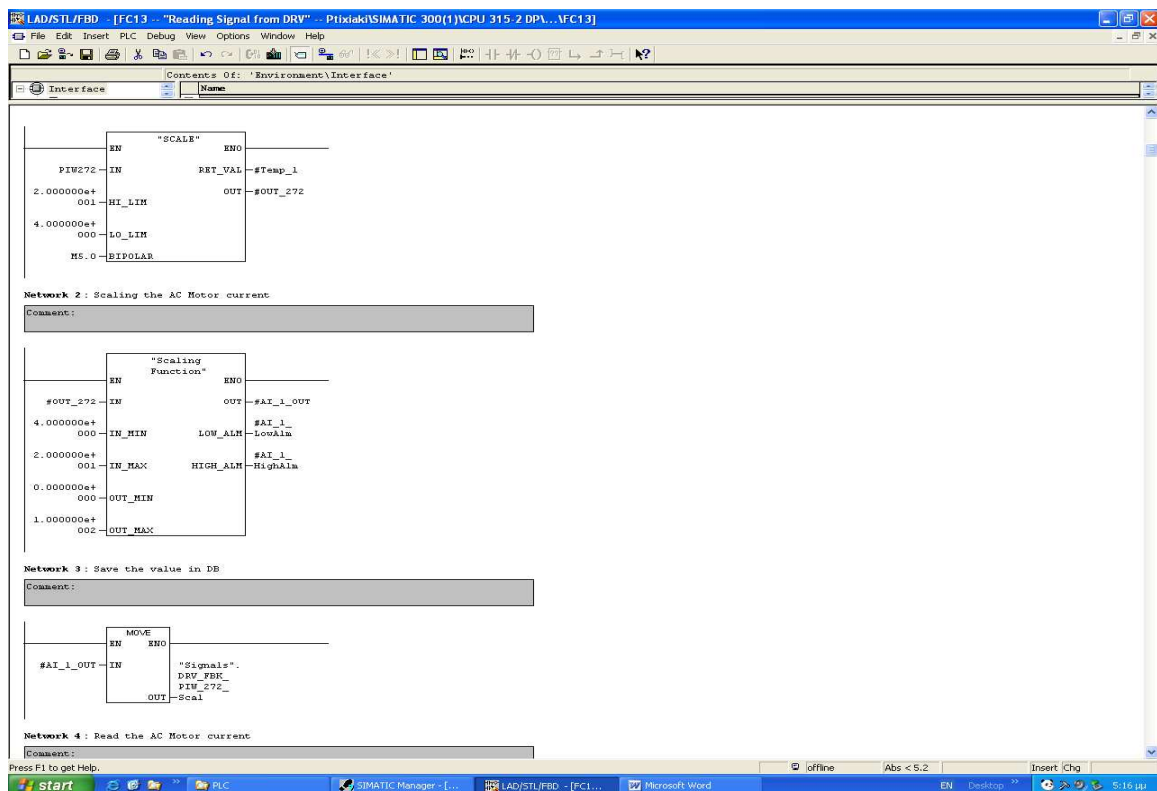
Εικόνα 2.1.5.2: Networks 15, 16

Στο FC11, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, γίνεται ο υπολογισμός της τάσεως, του ρεύματος και κατ'επέκταση της ισχύος. Οι πληροφορίες αυτές στην συνέχεια και με κατάλληλο format, εμφανίζονται στο Display (με BCD format). Οι ίδιες πληροφορίες (τάση-ρεύμα-ισχύς), εμφανίζονται και στο HMI με δύο τρόπους:

- Μετρούμενη τιμή του μεγέθους (π.χ. 1.632 A ,10.65 V κ.τ.λ.)
- Επί τοις εκατό τιμή του μεγέθους (π.χ. 63.2% A , 32.15% V)

Ο λόγος που χρειάζεται η επί τοις εκατό τιμή του ηλεκτρικού μεγέθους θα αναλυθεί στο κεφάλαιο του HMI.

2.1.6. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC13



Εικόνα 2.1.6.1: Networks 2, 3

Το FC13, είναι το FC που χρησιμοποιούμε για να διαβάζουμε όλα τα αναλογικά σήματα και τις καταστάσεις που μας στέλνει το Drive.

Στο Drive είναι ενσωματωμένες δύο αναλογικές θύρες εξόδου, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να είναι ρεύματος ή τάσεως (επιλογή από παραμέτρους του Drive).

Όταν έχουμε επιλέξει σαν feedback από το Drive ρεύμα, αυτό είναι είτε 0....20mA είτε 4....20mA. Αντίστοιχες επιλογές υπάρχουν όταν το feedback είναι τάση (0....5V, 0...10 V κ.τ.λ.).

Για την εφαρμογή μας έχει γίνει επιλογή ώστε το feedback να είναι σε μορφή 4....20mA (όχι τυχαία) και οι λόγοι θα αναπτυχθούν στο κεφάλαιο που αφορά το Drive.

Αντίστοιχα στο PLC, υπάρχει μια αναλογική κάρτα εισόδου ρεύματος προγραμματισμένη να διαβάζει 4....20mA. Οπότε έχουμε:

PLC

Analog Input PIW272

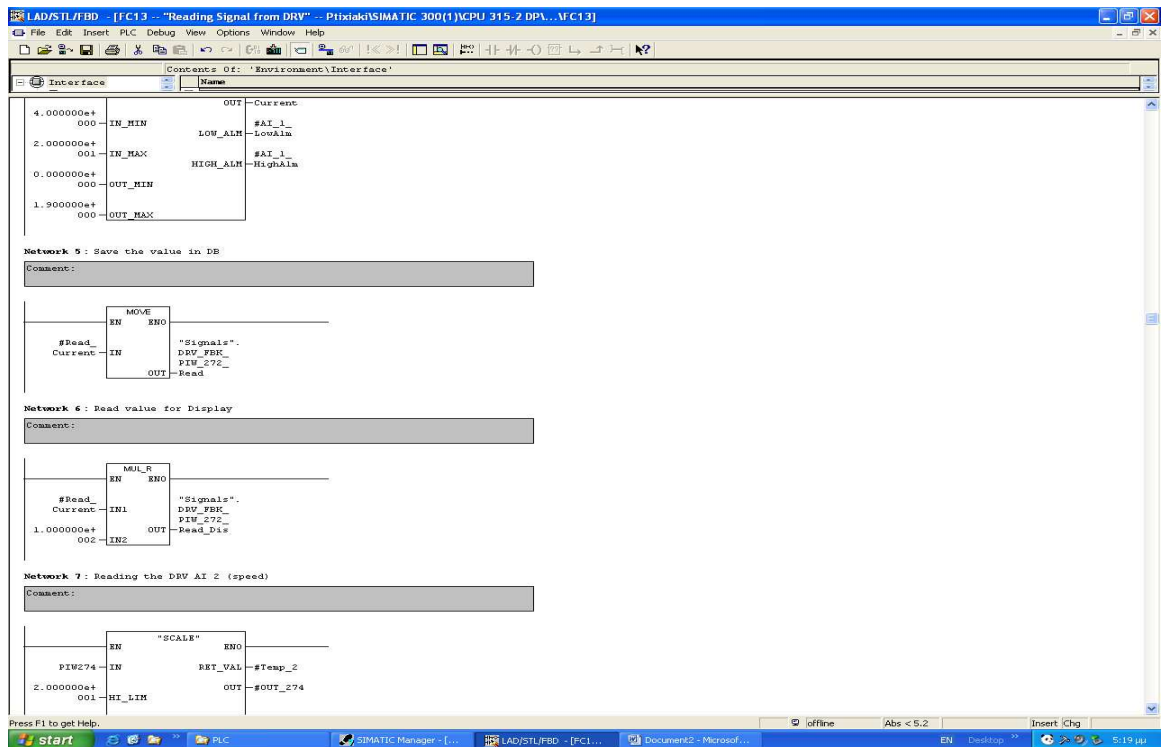
Analog Input PIW272

Drive

Analog Output 1

Analog Output 2

Στο Analog Output 1, του Drive, κρίθηκε σκόπιμο να έχουμε την πληροφορία για το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας κατά την λειτουργία του. Ενώ, στην Analog Input 2, του Drive, υπάρχει η πληροφορία για την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.

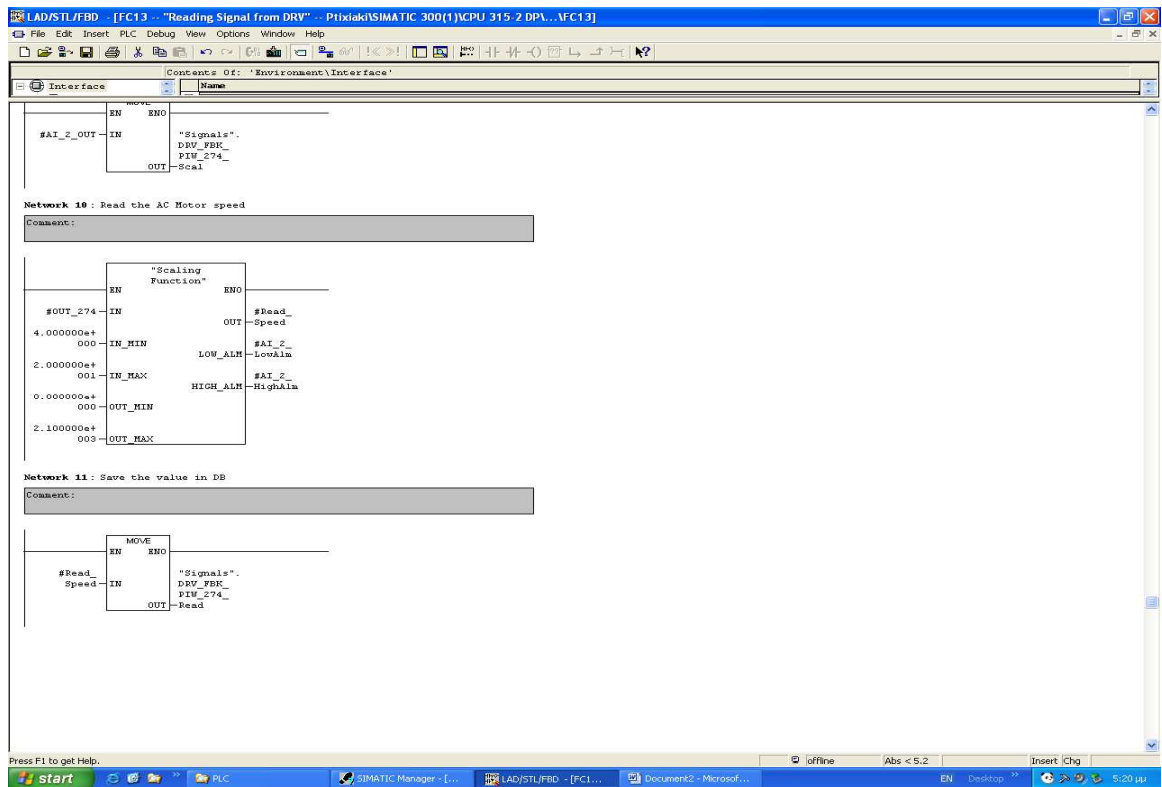


Εικόνα 2.1.6.2: Networks 5, 6, 7

Τα **Networks 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7**, διαβάζουν το σήμα που έρχεται από το Drive και στην συνέχεια η τιμή αυτή εκφράζεται σαν:

- Επί τοις εκατό τιμή του ρεύματος του κινητήρα
- Κανονική τιμή του ρεύματος που απορροφά ο κινητήρας

Στο Network 7, η τιμή του ρεύματος πολλαπλασιάζεται με μια σταθερά (100.0), για να μπορεί να διαβαστεί από το Display.

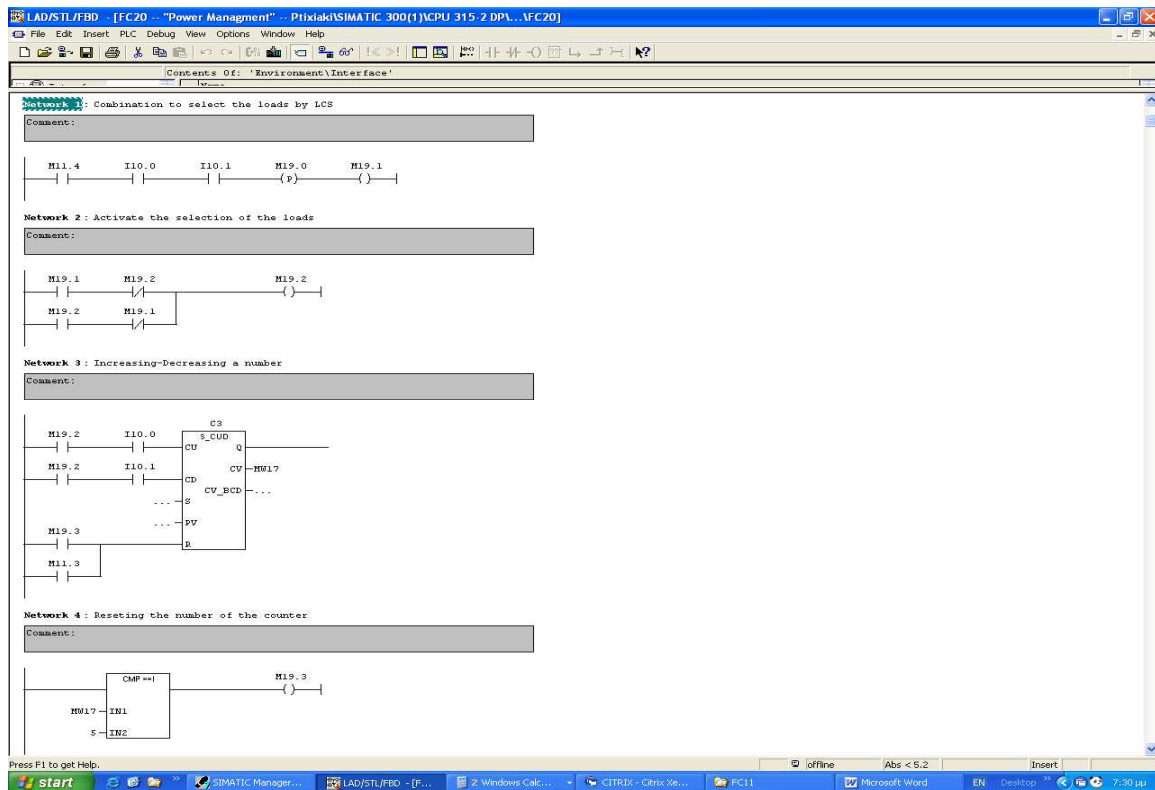


Εικόνα 2.1.6.3: Networks 10, 11

Τα **Networks 8, 9, 10, 11, 12**, διαβάζουν πάλι το σήμα που έρχεται από το Analog Input 2, του Drive, και αντίστοιχα με παραπάνω, η τιμή εκφράζεται σαν:

- Επί τοις εκατό τιμή της ταχύτητας περιστροφής
- Στροφές του κινητήρα

2.1.7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC20



Εικόνα 2.1.7.1: Networks 1, 2, 3, 4

Όπως έχει αναφερθεί, ο σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή της παραγόμενης ισχύος από μια DC γεννήτρια. Για να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε ισχύ, θα πρέπει να υπάρχει ένα φορτίο στα άκρα της γεννήτριας.

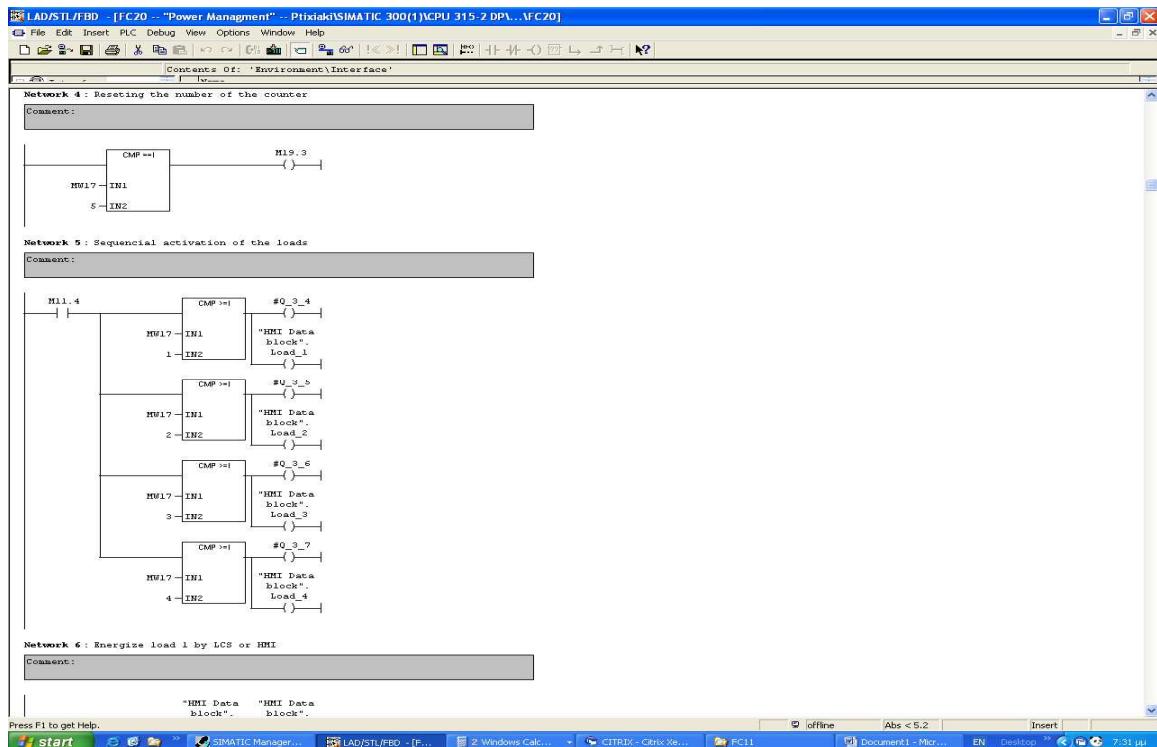
Το FC20, κάνει τον έλεγχο αυτών των φορτίων. Σαν φορτία στην περίπτωση μας έχουμε επιλέξει αντιστάσεις διαφόρων τιμών. Συνδυασμός αυτών των αντιστάσεων προκαλεί κι ένα διαφορετικό ρεύμα φόρτισης της γεννήτριας.

Για δική μας ευκολία, αλλά και για καλύτερο έλεγχο των φορτίων, έχουν χρησιμοποιηθεί ρελέ των οποίων την λειτουργία ελέγχουμε μέσα από το πρόγραμμα του PLC, ανάλογα με το τι επιθυμούμε.

Το FC20, ξεκινάει με τα **Networks 1 και 2**, όπου ζητάμε τον έλεγχο από το τοπικό χειριστήριο για να ελέγχουμε τα ρελέ, άρα και το φορτίο μας. Τα μπουτόν συν (+) και πλην (-), που είναι για την αύξηση και μείωση του reference του κινητήρα, εάν πατηθούν ταυτόχρονα έχουν πλέον άλλη λειτουργία.

Στο **Network 3**, υπάρχει ένας μετρητής (counter), όπου το περιεχόμενό του αυξάνεται ή μειώνεται, αντίστοιχα, από τα μπουτόν συν (+) και πλην (-).

Στο **Network 4**, γίνεται το reset του περιεχομένου του μετρητή όταν αυτός περάσει την τιμή 4, οπότε και αρχίζει να μετράει πάλι από την αρχή.



Εικόνα 2.1.7.2: Networks 4, 5

Στο **Network 5**, οι προσωρινές μεταβλητές:

- # Q_3_4
- # Q_3_5
- # Q_3_6
- # Q_3_7

ενεργοποιούνται όταν αληθεύει η σύγκριση των δύο μεταβλητών στον συγκριτή. Δηλαδή:

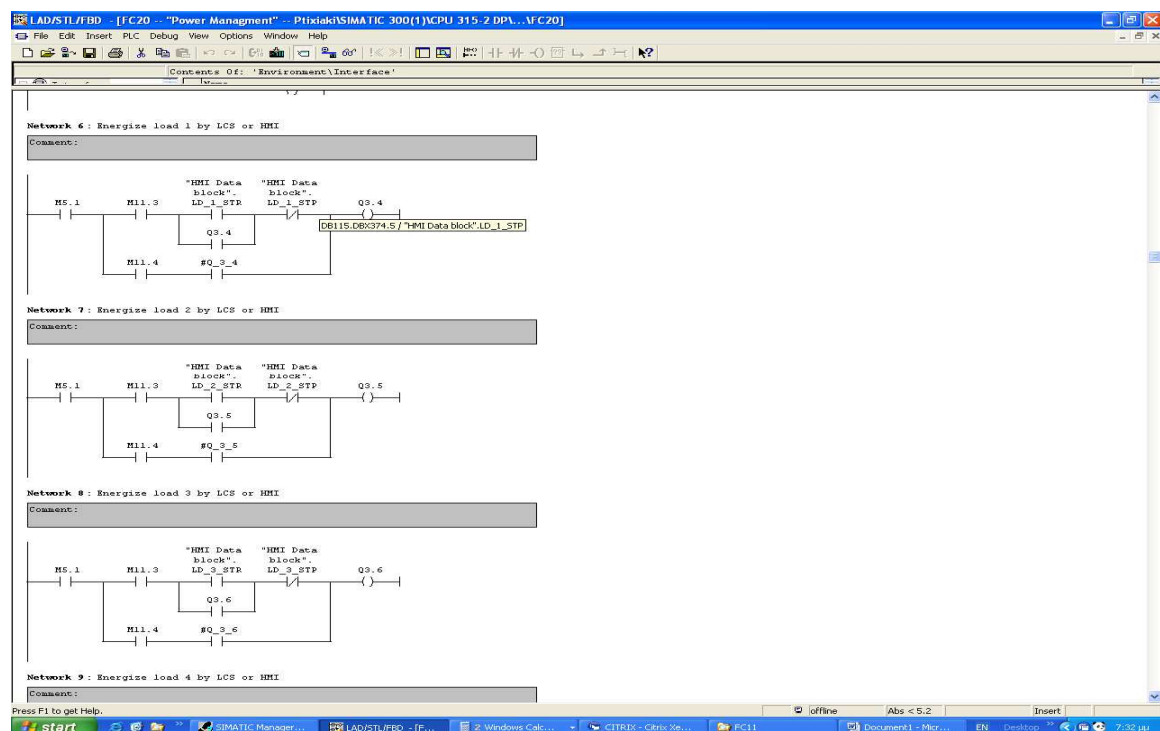
Περιεχόμενο Μετρητή						
Έξοδος	0	1	2	3	4	5
Q_3_4	0	1	1	1	1	0
Q_3_5	0	0	1	1	1	0
Q_3_6	0	0	0	1	1	0

Q_3_7	0	0	0	0	1	0
--------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Πίνακας 2.1.7.1: Περιεχόμενο Μετρητή

Αυτό σημαίνει ότι κάθε φορά που πατάω το μπουτόν συν (+), αυξάνω το περιεχόμενο του μετρητή, αλλά όπως φαίνεται και στα **Networks 6, 7, 8, 9**, προστίθεται επιπλέον φορτίο στην γεννήτρια, γιατί ενεργοποιείται κι ένα άλλο ρελέ κάθε φορά.

Στα παραπάνω Networks έχουμε, δηλαδή, την επιλογή των φορτίων που συνδέονται στην παροχή της γεννήτριας.

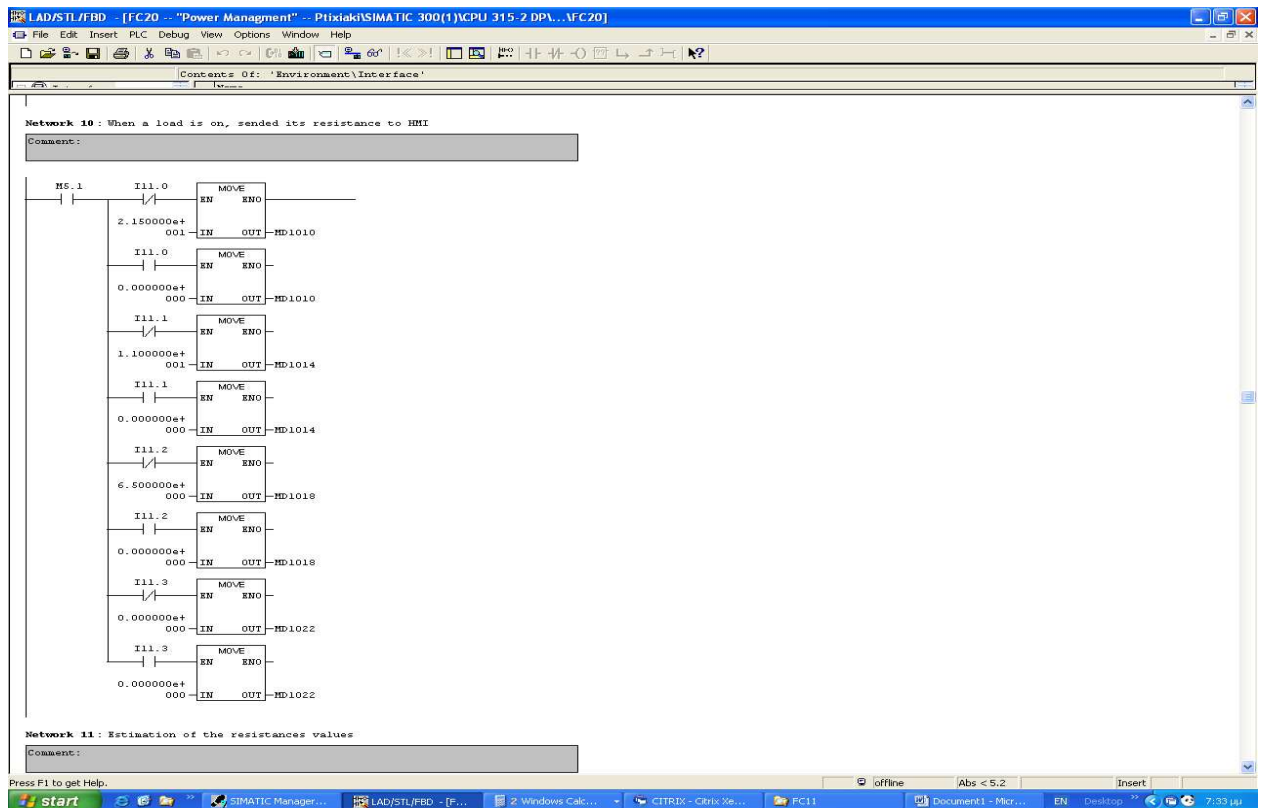


Εικόνα 2.1.7.3: Networks 6, 7, 8

Στα **Networks 5, 6, 7, 8**, τα ρελέ όπως φαίνεται, ενεργοποιούνται:

- είτε από το τοπικό χειριστήριο (με την λειτουργία που έχει αναφερθεί)
- είτε από το remote (HMI)

Τα ρελέ που έχουν τοποθετηθεί είναι 4, οπότε και στην αντίστοιχη σελίδα στο HMI, υπάρχουν μπουτόν Start και Stop, για τα τέσσερα αυτά φορτία.



Εικόνα 2.1.7.4: Network 10

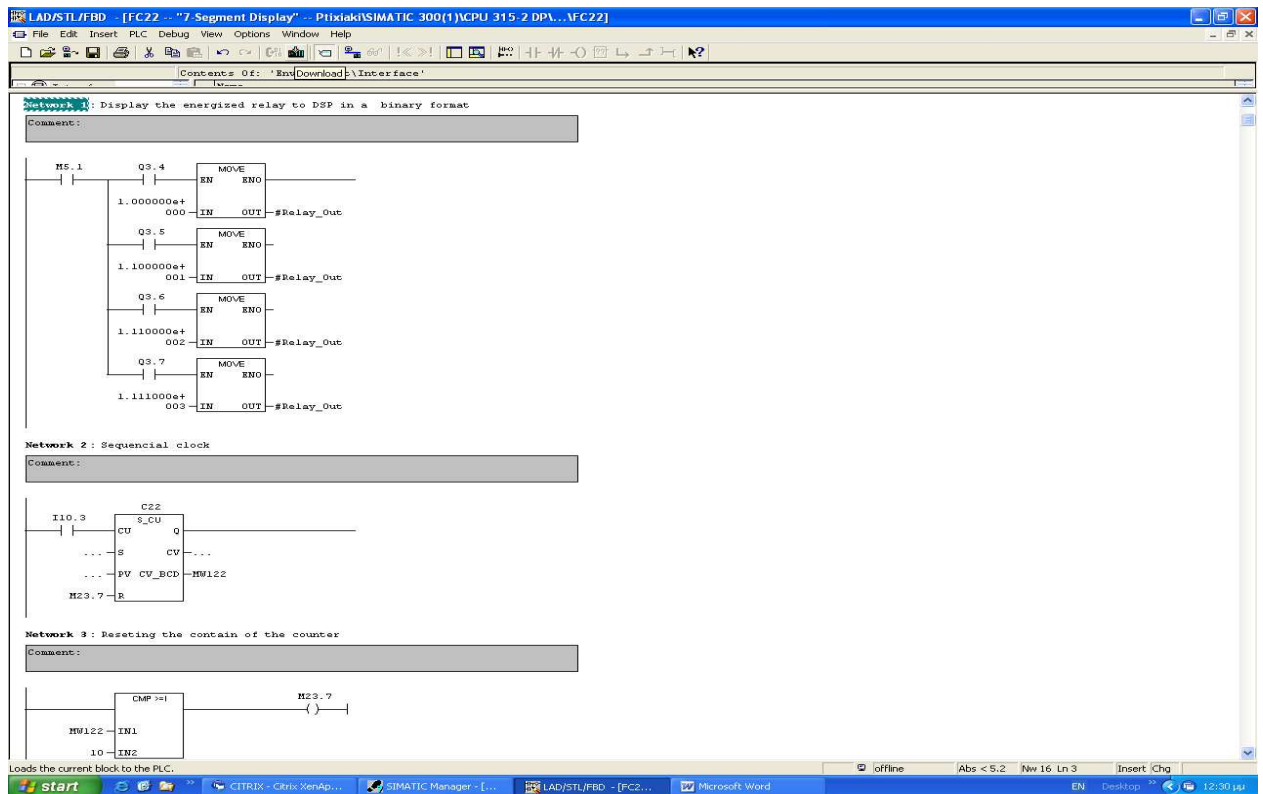
Στην περίπτωση του γραφικού περιβάλλοντος (HMI), για να μπορέσουμε να έχουμε καλύτερη εντύπωση των αλλαγών την ώρα που ένα φορτίο συνδέεται στην γεννήτρια, το αναπαριστούμε με μία τιμή. Αυτή η τιμή, είναι η τιμή της αντίστασης του φορτίου, δηλαδή:

- $LD_1 = 21.5 \Omega$
- $LD_2 = 11.5 \Omega$
- $LD_3 = 6.5 \Omega$
- $LD_4 = -$

Όταν τα φορτία είναι όλα συνδεδεμένα, η τιμή της μεταβλητής θα είναι 39Ω , που σημαίνει ότι όλα είναι εντός.

Προσοχή: Η τιμή αυτή δεν δείχνει την συνολική αντίσταση των φορτίων. Αυτή η τιμή υπολογίζεται αλλιώς.

2.1.8. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC22



Εικόνα 2.1.8.1: Networks 1, 2, 3

Ο σκοπός της εργασίας είναι να γίνεται η μέτρηση και η καταγραφή της παραγόμενης ισχύος της γεννήτριας. Μέχρι αυτή τη στιγμή, όπως έχουμε δει αναλυτικά, στο πρόγραμμα γίνεται η μέτρηση της τάσης και του ρεύματος και προκύπτει η ισχύς. Σίγουρα, κάποιος ο οποίος μπορεί να συνδεθεί on-line με την CPU, θα μπορεί να παρακολουθεί όλα αυτά τα μεγέθη αλλά και λιγότερο σημαντικές πληροφορίες, χρήσιμες τόσο για το σύστημα, όσο και για τον ίδιο τον χρήστη.

Θα πρέπει, όμως, το σύστημα να παρέχει τις πληροφορίες για τις οποίες ενδιαφερόμαστε με έναν τρόπο άμεσο και κατανοητό από τον καθένα και σίγουρα χωρίς την χρήση οποιουδήποτε Η/Υ, για να επικοινωνεί με το PLC. Για να επιτευχθεί η ιδέα αυτή, απαιτείται σίγουρα η χρήση κάποιου Display, το οποίο θα εμφανίζει τις πληροφορίες που εμείς κρίνουμε σαν τις πιο σημαντικές.

Ξεκινώντας την ανάλυση του προγράμματος, θα πρέπει να αναφερθεί ποιες είναι οι πληροφορίες που ενδιαφερόμαστε να γνωρίζουμε, άρα και να εμφανίζονται. Αυτές αφορούν στοιχεία της παραγόμενης ισχύος, οι οποίες αποθηκεύονται για περαιτέρω ανάλυση, αλλά και στοιχεία που αφορούν τα

ηλεκτρικά μεγέθη τόσο της γεννήτριας, όσο και του κινητήρα. Πιο συγκεκριμένα:

<u>ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ</u>		<u>ΕΝΔΕΙΞΗ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ</u>
0	————→	Εμφάνιση του 8888
1	————→	Εμφάνιση των αποθηκευμένων τιμών της Ισχύος της προηγούμενης ημέρας
2	————→	Εμφάνιση των αποθηκευμένων τιμών της Ισχύος της τρέχουσας ημέρας
3	————→	Ισχύς της Γεννήτριας
4	————→	Τρέχουσα Τάση της Γεννήτριας
5	————→	Τρέχον Ρεύμα της Γεννήτριας
6	————→	Reference του Κινητήρα
7	————→	Feedback Στροφών του Κινητήρα
8	————→	Feedback Ρεύματος του Κινητήρα
9	————→	Κατάσταση των Ρελέ των Φορτίων

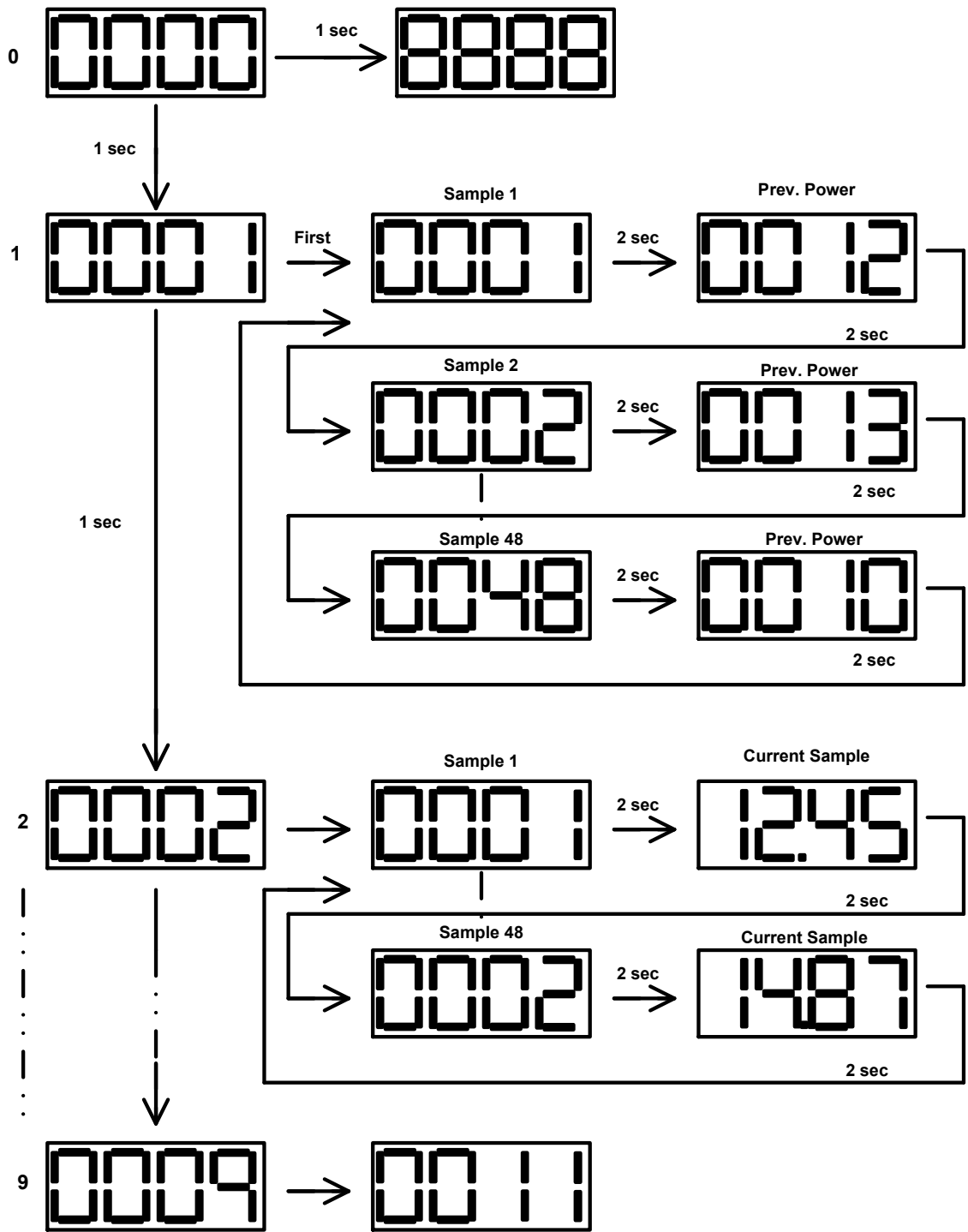
Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι το Display αποτελείται από τέσσερα 7-segment display, δηλαδή μπορούμε να απεικονίζουμε νούμερα από 0000 – 9999 (ακέрайους αριθμούς), αλλά και προγραμματίζοντας τις τρεις κινητές υποδιαστολές , να εμφανίζουμε νούμερα από 0000 – 999.9 (πραγματικούς αριθμούς), πάντα όμως και στις δύο περιπτώσεις θετικούς αριθμούς.

Ο χειρισμός του Display είναι απλούστατος. Αφότου καταλήξαμε ότι θα πρέπει να εμφανίζονται 10 καταστάσεις, πατώντας ένα και μόνο μπουτόν, μπορούμε να μεταβαίνουμε στην επόμενη κατάσταση (0...9) και να διαβάζουμε την ένδειξη. Δηλαδή, υπάρχει κυκλική εναλλαγή των καταστάσεων, ξεκινώντας από το 0 φτάνουμε στην κατάσταση 9 και πάλι από την αρχή. Αυτό υλοποιείται με τα Networks 2 και 3, όπου με το σήμα από το μπουτόν I 10.3, αυξάνεται το περιεχόμενο ενός μετρητή.

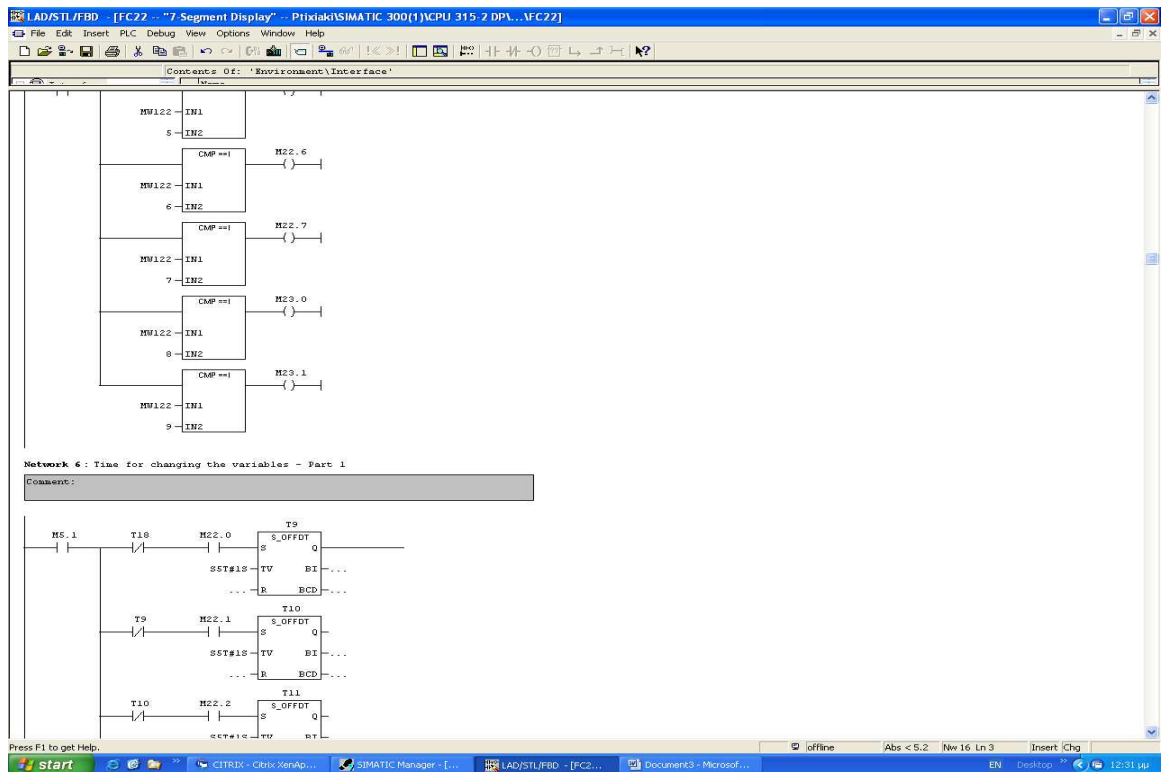


Εικόνα 2.1.8.2: Display

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ DISPLAY



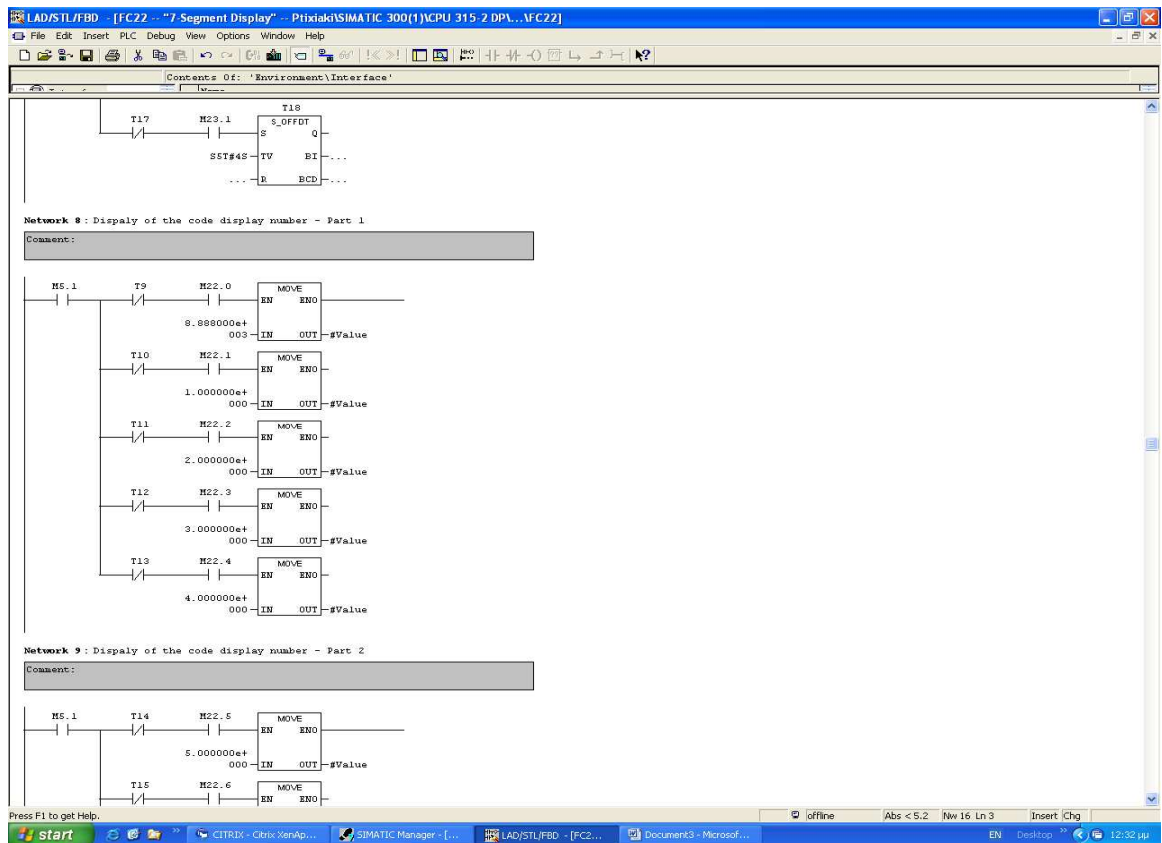
Σχήμα 2.1.8.1: Λειτουργία Display



Εικόνα 2.1.8.3: Networks 5, 6

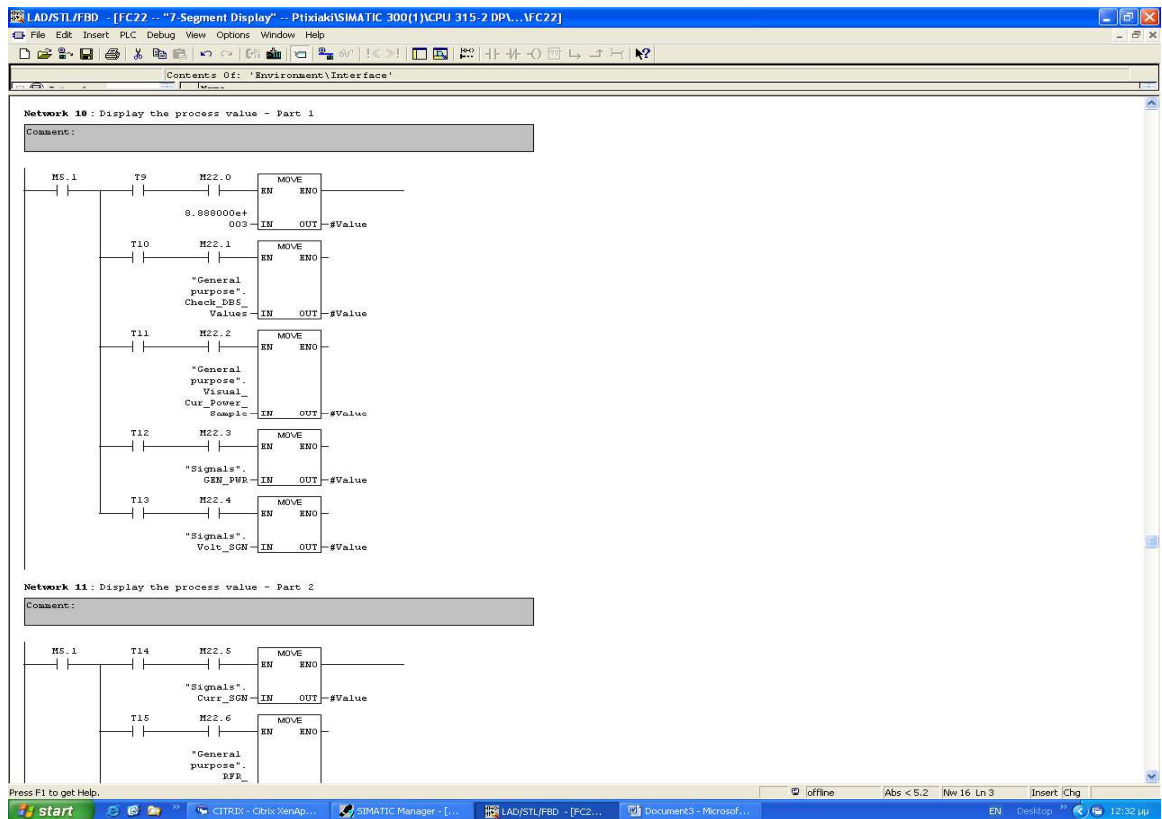
Το περιεχόμενο του μετρητή συγκρίνεται με μια σταθερά και αντίστοιχα ενεργοποιείται ένα merker (βοηθητική μνήμη), για αποθηκεύουμε την συγκεκριμένη κατάσταση.

Στην συνέχεια το κάθε merker ενεργοποιεί ένα χρονικό για να δημιουργήσει μια καθυστέρηση 1 sec, που χρειάζεται κατά την εναλλαγή των καταστάσεων και των τιμών που επιθυμούμε να βλέπουμε.



Εικόνα 2.1.8.4: Networks 8, 9

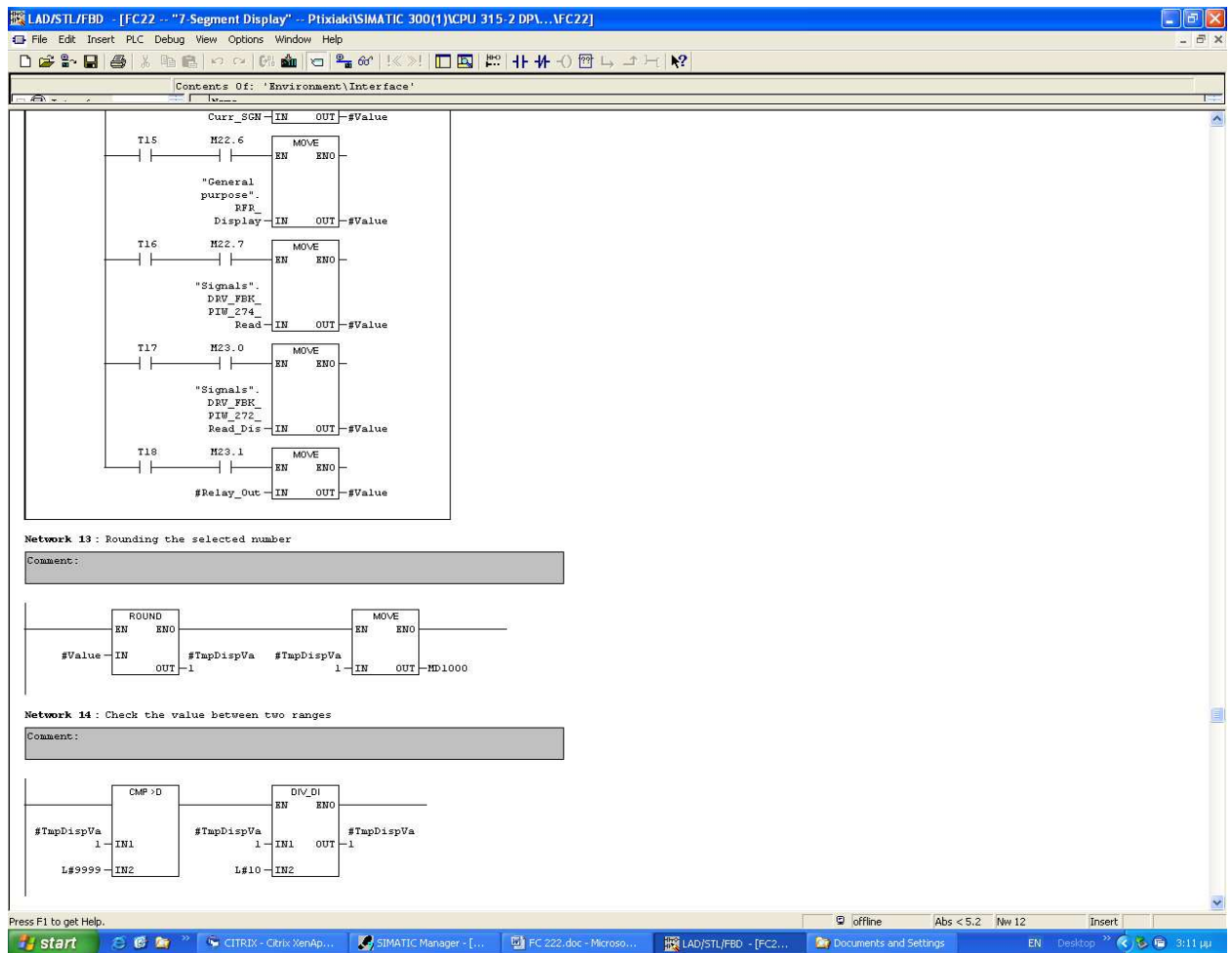
Με τα **Networks 8 και 9**, δημιουργούμε τις καταστάσεις από 0 ÷ 9 για την εμφάνισή τους στο Display.



Εικόνα 2.1.8.5: Networks 10, 11

Στα **Networks 10 και 11**, ενημερώνουμε το σύστημα για το ποιό είναι το μετρούμενο μέγεθος που θα μας εμφανίσει στην συγκεκριμένη κατάσταση. Δηλαδή, όταν ο χειριστής επιλέξει την κατάσταση 3, θα μπορεί να διαβάζει πάντα την παραγόμενη ισχύ από την γεννήτρια, στην κατάσταση 4, την τάση στα άκρα της γεννήτριας κ.ο.κ.

Το ότι το Display έχει προγραμματιστεί για να εμφανίζει 10 συνολικά καταστάσεις, δεν σημαίνει ότι είναι και οι μέγιστες που μπορούμε να δείχνουμε. Απλώς με την χρήση ενός και μόνο μπουτόν, γίνεται κουραστικό και είναι λίγο χρονοβόρο η επιλογή μιας μεγάλης τιμής μιας κατάστασης π.χ. του 20, όταν δεν είναι τόσο σημαντικές ή απαραίτητες.

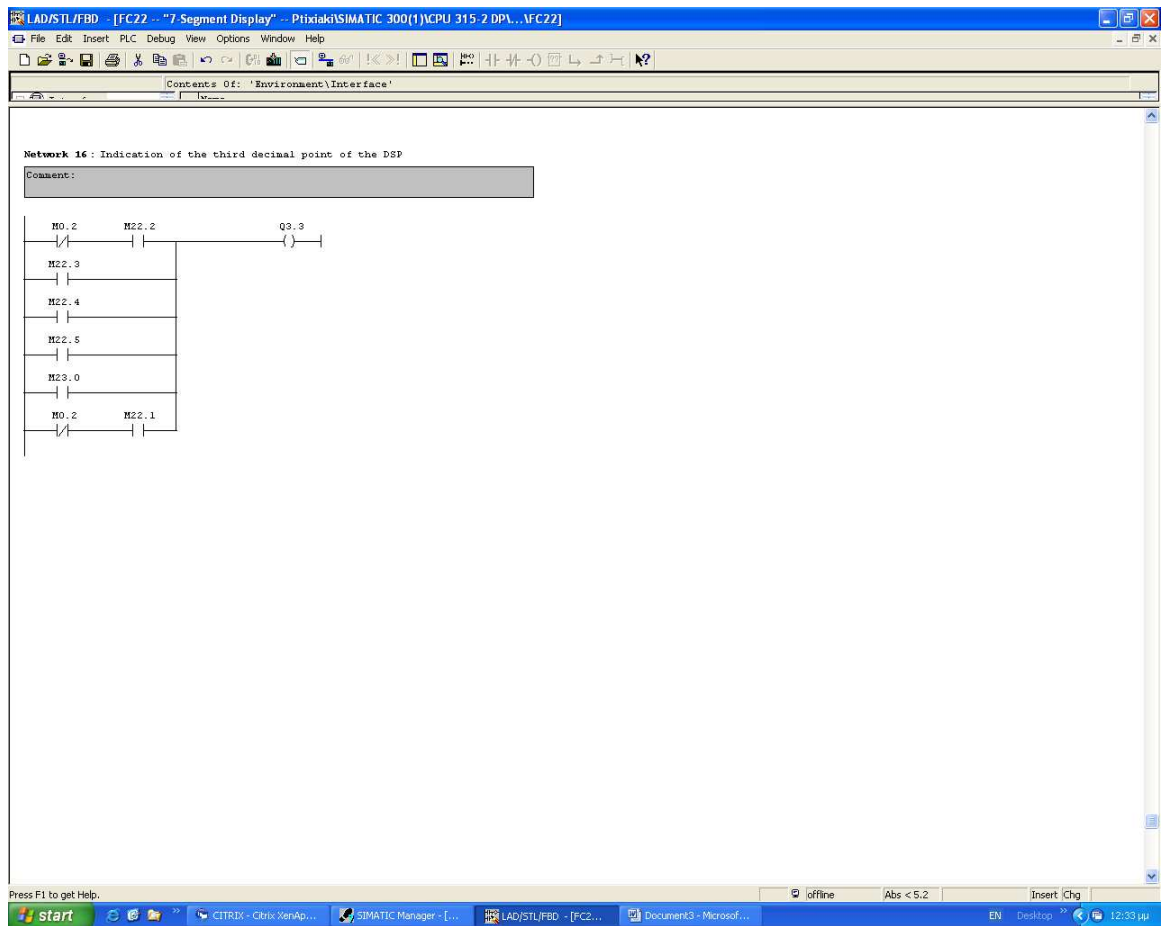


Εικόνα 2.1.8.6: Networks 12, 13, 14

Με τα **Networks 12, 13, 14, 15**, παίρνουμε την πληροφορία που έχουμε δημιουργήσει, δηλαδή που περιλαμβάνει:

- την κατάσταση
- την ένδειξη του μετρούμενου μεγέθους

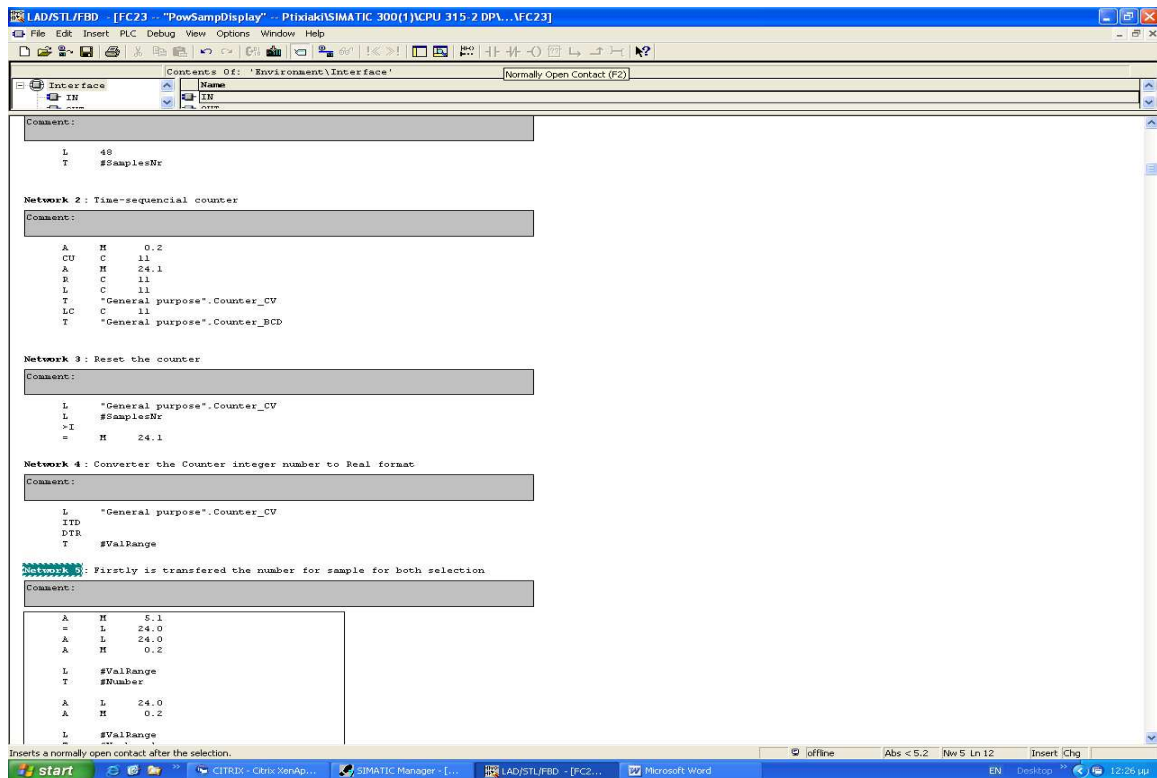
η οποία είναι ένας πραγματικός αριθμός (real number), την μετατρέπουμε σε BCD αριθμό και την στέλνουμε για να εμφανιστεί στο Display.



Εικόνα 2.1.8.7: Network 16

Το τελευταίο είναι το **Network 16**, το οποίο σύμφωνα με την ένδειξη που πρόκειται να εμφανιστεί, ενεργοποιείται ή όχι η υποδιαστολή για να διαβάσουμε το μετρούμενο μέγεθος σαν πραγματικό αριθμό, όταν χρειάζεται.

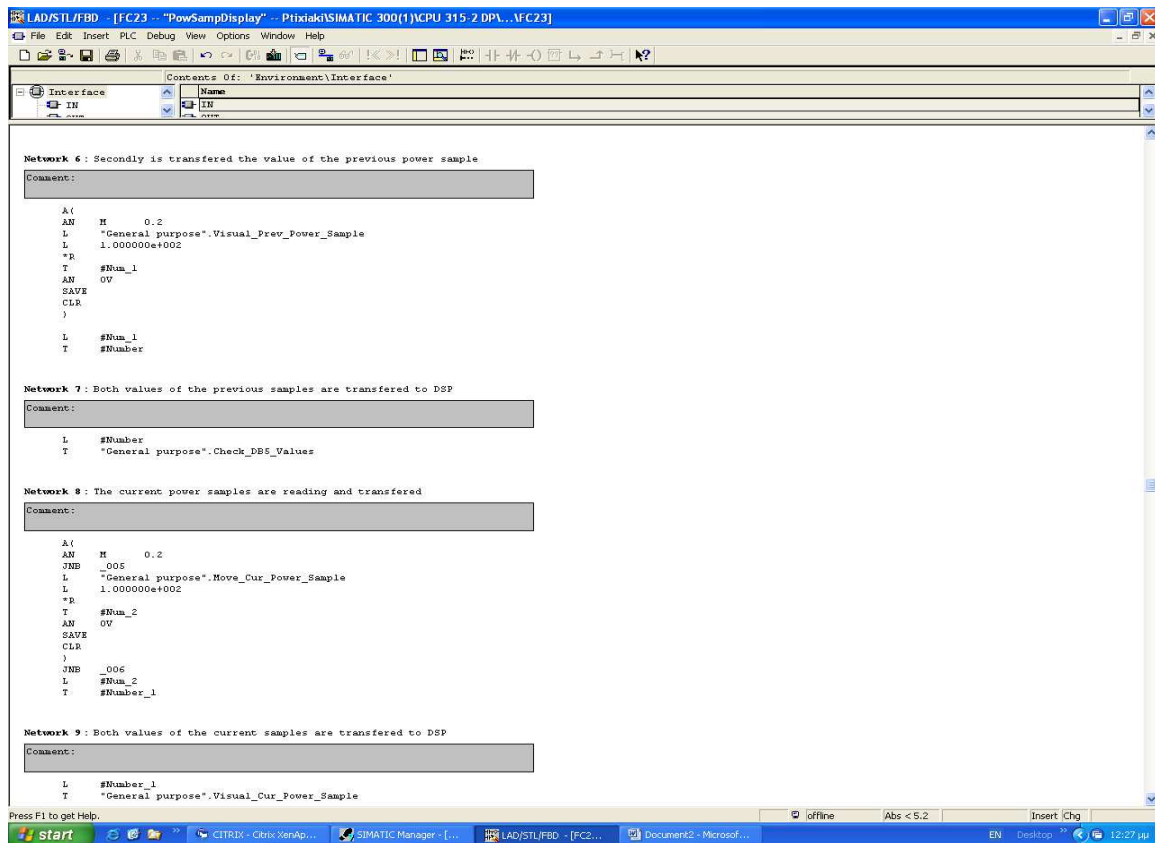
2.1.9. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC23



Εικόνα 2.1.9.1: Networks 1, 2, 3, 4, 5

Το FC23, δημιουργήθηκε για να εμφανίζει τις αποθηκευμένες τιμές τόσο της προηγούμενης ημέρας, όσο και της τρέχουσας. Με τα **Networks 1, 2, 3**, έχουμε δημιουργήσει να μετράμε κυκλικά από 0 ÷ 48 (το γιατί αναλύεται στο FC222).

Στην συνέχεια το περιεχόμενο του μετρητή, μετατρέπεται σε πραγματικό αριθμό για να υπάρχει το ίδιο format με όλους τους αριθμούς. Στο **Network 5**, μεταφέρεται η τιμή του μετρητή, τόσο για τις ενδείξεις των τιμών της τρέχουσας ημέρας, όσο και για τις τιμές τη προηγούμενης ημέρας, στην προσωρινή μνήμη # Number.

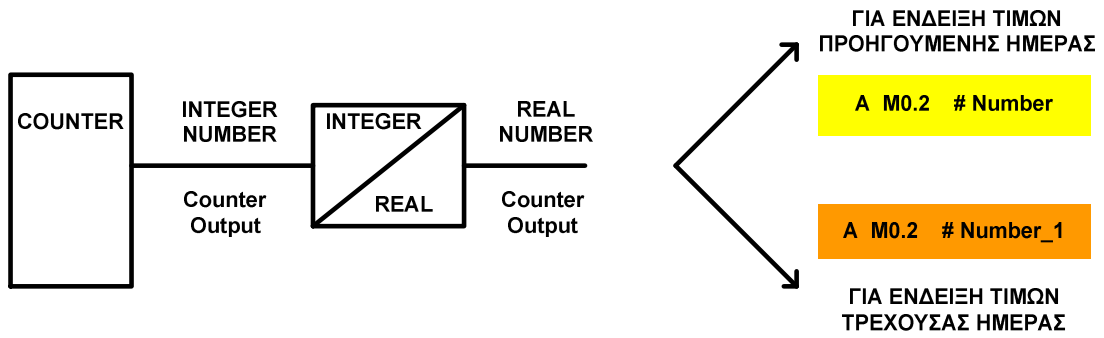


Εικόνα 2.1.9.2: Networks 6, 7, 8

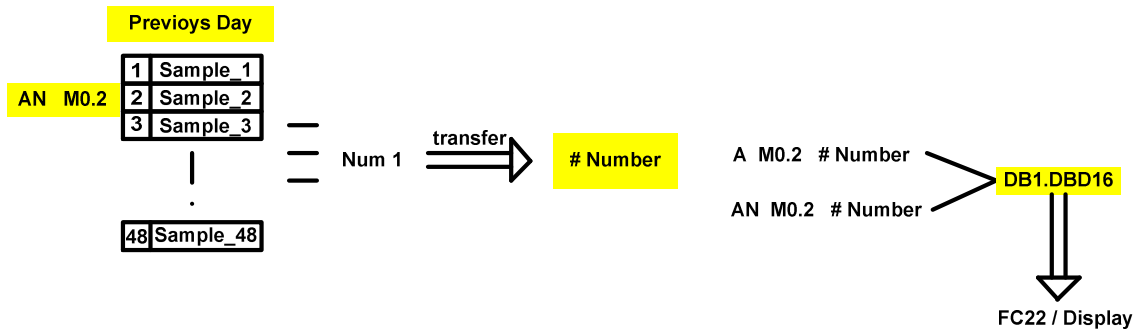
Στο **Network 6**, διαβάζεται η τιμή από το Data Block των τιμών της προηγούμενης ημέρας, πολλαπλασιάζεται με μια σταθερά και αποθηκεύεται στην προσωρινή μεταβλητή # Number, επίσης.

Δεν εμφανίζονται, όμως, και τα δύο ταυτόχρονα, ποτέ, επειδή ενεργοποιούνται κάθε φορά από το ίδιο bit με αντίθετη λογική (σταθερά χρόνου 2 sec). Αφότου και τα δύο μεταφέρονται στην προσωρινή μεταβλητή # Number, στην συνέχεια μεταφέρονται στην περιοχή μνήμης DB1.DBD16, προς εμφάνιση στο Display.

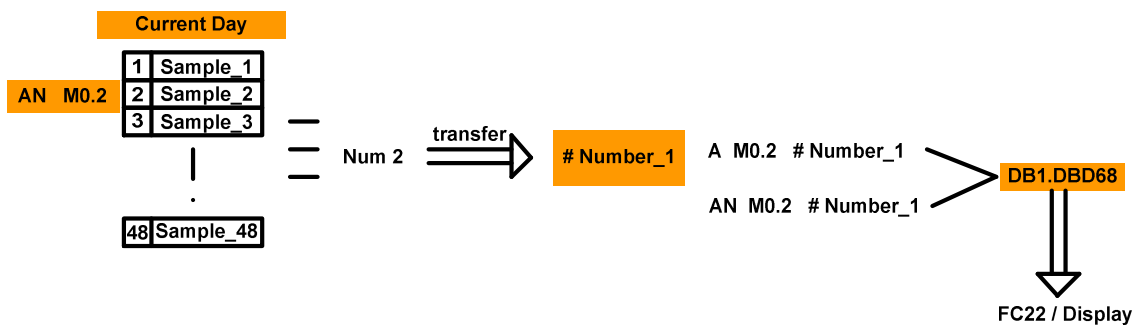
Η ίδια διαδικασία γίνεται και για την εμφάνιση των τιμών της τρέχουσας ημέρας.



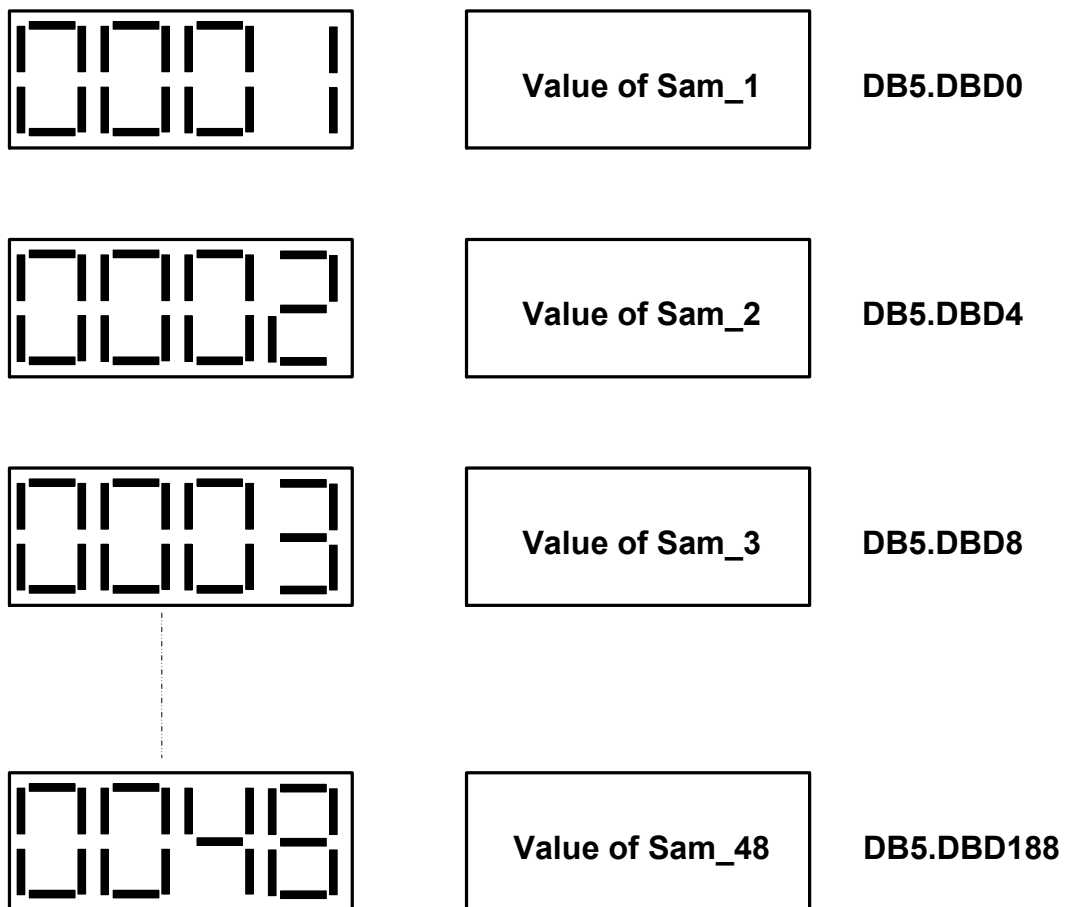
Σχήμα 2.1.9.1: Έναυσμα για εμφάνιση τιμών τρέχουσας / προηγούμενης ημέρας



Σχήμα 2.1.9.2: Εμφάνιση τιμών Ισχύος προηγούμενης ημέρας

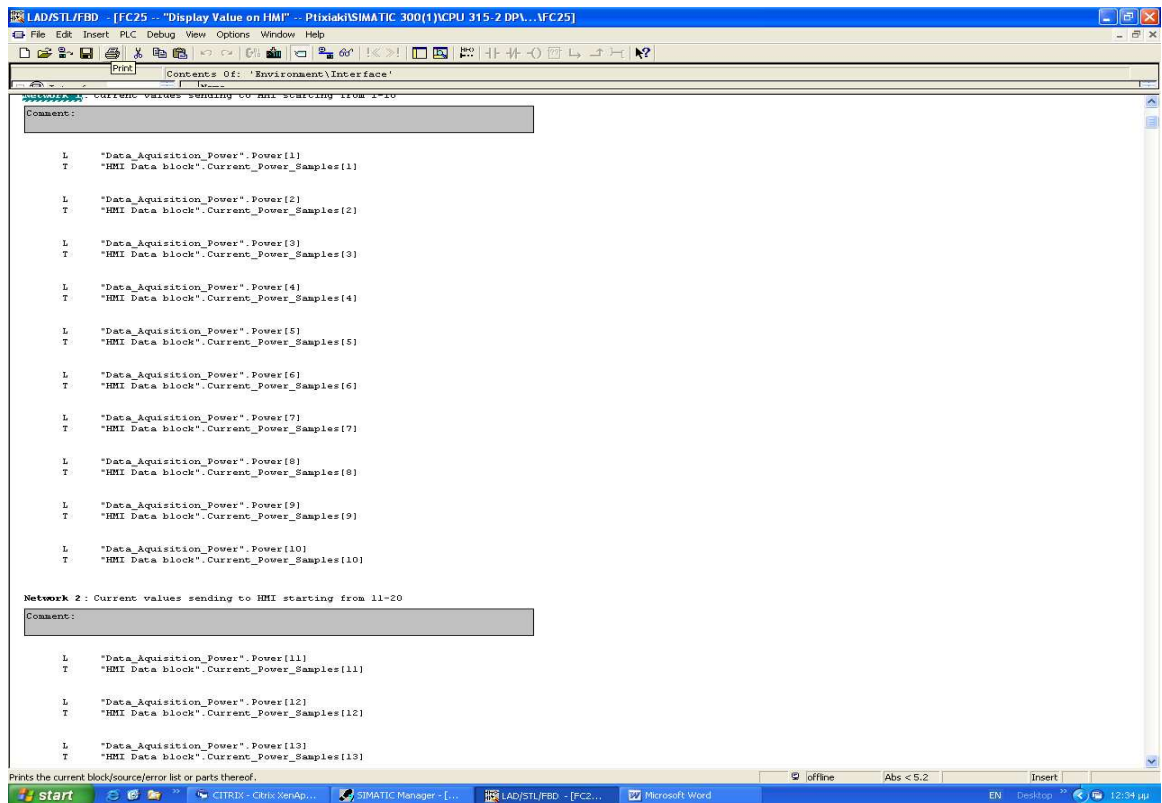


Σχήμα 2.1.9.3: Εμφάνιση τιμών Ισχύος τρέχουσας ημέρας



Σχήμα 2.1.9.4: Εμφάνιση μετρήσεων στο Display

2.1.10. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC25

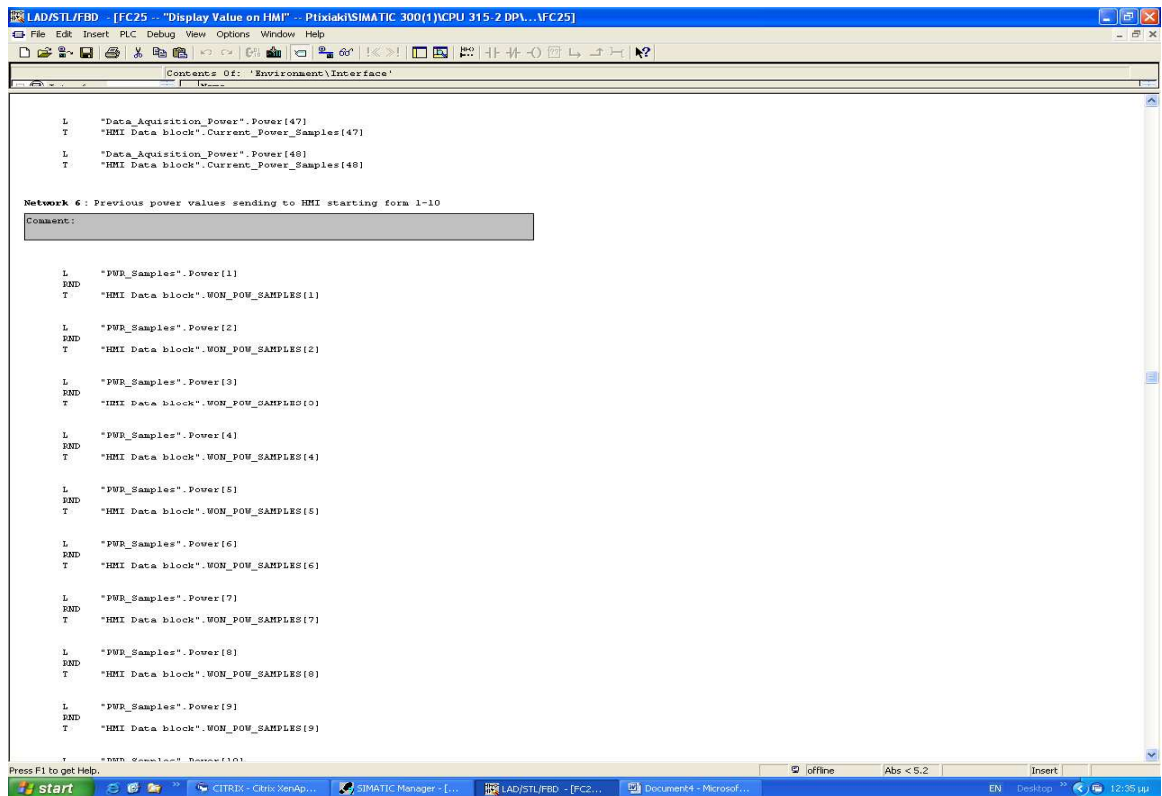


Εικόνα 2.1.10.1: Networks 1, 2

Στο FC25, στέλνουμε τις αποθηκευμένες τιμές της ισχύος:

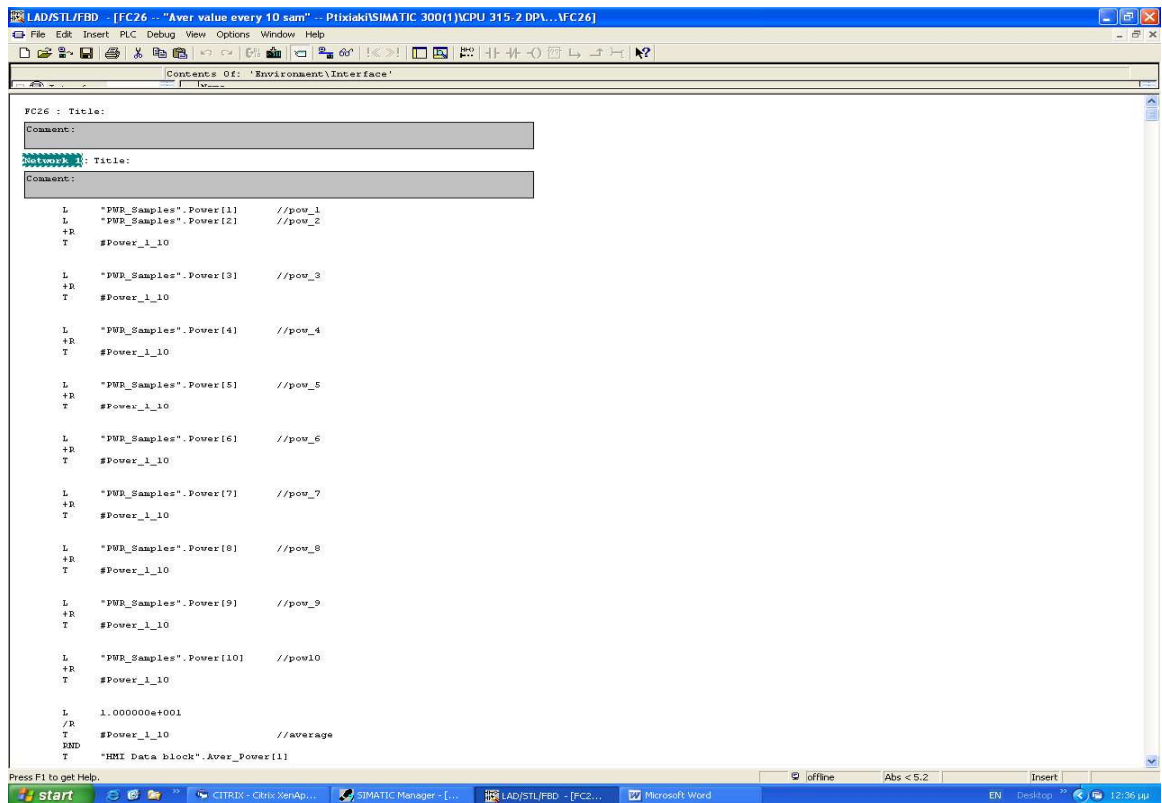
- της προηγούμενης ημέρας
- της τρέχουσας ημέρας

στο αντίστοιχο Data Block που επικοινωνεί με το HMI για να τις πλέουμε στον Η/Υ.



Εικόνα 2.1.10.2: Network 6

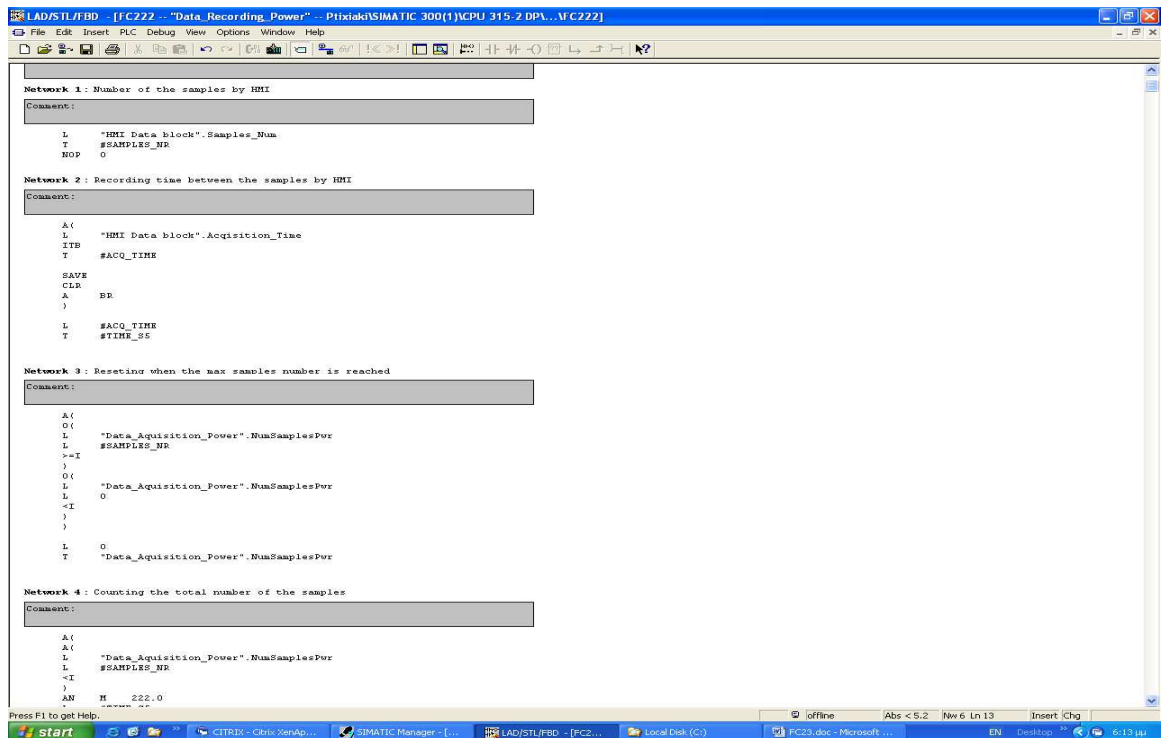
2.1.11. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC26



Εικόνα 2.1.11.1: Network 1

Στο FC26, παίρνοντας τις αποθηκευμένες τιμές της ισχύος της προηγούμενης ημέρας, υπολογίζουμε τον μέσο όρο ανά 10 δειγματοληψίες και τις εμφανίζουμε στο HMI.

2.1.12. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ FC222



Εικόνα 2.1.12.1: Networks 1, 2, 3

Ο σκοπός του FC222, είναι να αποθηκεύει την τιμή της παραγόμενης ισχύος και στην συνέχεια να έχουμε την δυνατότητα να παίρνουμε τις τιμές αυτές για μελέτη και εξαγωγή συμπερασμάτων για την συμπεριφορά του φορτίου μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Θεωρώντας ότι ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος παρέχει ισχύ προς τους καταναλωτές σε όλη την διάρκεια της ημέρας και θέλοντας να παρακολουθούμε την συμπεριφορά του σε όλη αυτή τη χρονική περίοδο θα πρέπει να καταγράφεται η ισχύς του σε διάστημα 24 ωρών, δηλαδή μιας ημέρας.

Αν θέλουμε να είμαστε πολύ ακριβής στα συμπεράσματά μας, θα πρέπει να έχουμε καταγραφή της ισχύος κάθε λεπτό, αλλά και μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα παρέχουν ικανοποιητικές πληροφορίες, επίσης.

Στην περίπτωση μας, έχουμε καταγραφή της ισχύος κάθε 30 λεπτά και έχοντας 48 δειγματοληψίες (που αποθηκεύονται στο σύστημα), προκύπτει η διάρκεια μιας ημέρας. Όπως φαίνεται και στον κώδικα, ο αριθμός των δειγματοληψιών, αλλά και ο χρόνος για το πότε γίνεται μια δειγματοληψία, είναι παραμετροποιήσιμοι, που σημαίνει ότι μπορούν να αλλάζουν κάθε φορά από τον χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο μέσω του HMI, αλλά όχι και

από το τοπικό χειριστήριο, γιατί αυτό απαιτεί (με τα υπάρχοντα μπουτόν), ένα σαφώς πιο πολύπλοκο κώδικα που είναι εκτός του σκοπού αυτής της εργασίας. Ο χρήστης, δηλαδή, μπορεί να επιλέξει τον αριθμό δειγματοληψιών (μέγιστος αριθμός δειγματοληψιών είναι το 48, λόγω του ότι τόσες είναι και οι περιοχές της θέσης μνήμης του Data Block που καταχωρούνται), αλλά και να αλλάξει τον χρόνο για το πότε θα γίνεται η δειγματοληψία.

Επειδή είναι χρονοβόρο να περιμένει κάποιος $48\text{sam} \times 30\text{min} = 24$ ώρες, για να συμπληρωθεί ένας κύκλος αυτής της λειτουργίας, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει χρόνο από το HMI από το 1 (1ms) : έως το 999 (9.9sec). Δηλαδή, ο κύκλος λειτουργίας για την καταγραφή είναι 480sec. Θεωρώντας ότι το PLC είναι σβηστό (Power Off), αν τροφοδοτηθεί η CPU και δοθεί π.χ. ένας χρόνος δειγματοληψίας 2sec, τότε σε 96sec θα έχουμε ολοκληρώσει έναν κύκλο λειτουργίας (τον πρώτο) της καταγραφής. Τα δεδομένα καταχωρούνται στο DB4 και μέχρι το 48^ο δείγμα ονομάζοντας τις τιμές “τρέχουσες τιμές ισχύος της γεννήτριας”.

Τι γίνεται, όμως, όταν συμπληρωθεί αυτός ο χρόνος;

Για να μπορέσει κάποιος να δει όλες αυτές τις πληροφορίες, στο τέλος του 48^{ου} δείγματος, τα αποτελέσματα μεταφέρονται στο DB5. Όταν έχει ολοκληρωθεί η μεταφορά των δεδομένων, τα περιεχόμενα του DB4 μηδενίζονται για να μπορέσουμε να αποθηκεύσουμε τα νέα δεδομένα της ισχύος κάθε 2sec, μέχρι να συμπληρωθεί ο αριθμός των δειγματοληψιών που έχουμε ορίσει εξ'αρχής (96sec).

Μετά την ολοκλήρωση και της 48^{ης} δειγματοληψίας (στο τέλος του κύκλου), τα περιεχόμενα του DB4 μεταφέρονται στο DB5 που μέχρι εκείνη την στιγμή είχε στην μνήμη του αυτά του προηγούμενου κύκλου. Δηλαδή, το DB4 περιέχει τα δεδομένα της ισχύος του δεύτερου κύκλου που τον ονομάζουμε “Current Data” και το DB5 τα περιεχόμενα του προηγούμενου κύκλου, “Previous Data”. Αυτό έγινε ώστε κάποιος να μπορεί, μέσα σε διάστημα μιας ημέρας (αμ μιλάμε για χρόνο δειγματοληψίας 30 λεπτά), να πάρει όλα αυτά τα στοιχεία.

Τα δεδομένα μεταφέρονται είτε στο Display:

- Previous Data – ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 1
- Current Data – ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 2

είτε στο HMI σε αντίστοιχες σελίδες.

Με τα **Networks 1, 2, 3, 4**, έχουμε καταφέρει να πούμε στο PLC ποιος είναι ο χρόνος της δειγματοληψίας και πόσες δειγματοληψίες θα γίνουν για να ολοκληρωθεί το “Current Data”.

Στο **Network 5**, έχουμε την καταγραφή της ισχύος (από τον υπολογισμό της τάσης και του ρεύματος), κάθε xx χρόνο που έχουμε εμείς ορίσει και το αποθηκεύουμε στο DB4.

Στο **Network 6**, γίνεται η μεταφορά όλων των δεδομένων από το DB4 στο DB5, την στιγμή που έχει συμπληρωθεί και η 48^η δειγματοληψία.

Στο **Network 7**, γίνεται η μεταφορά των δεδομένων από το DB5 στο FC23, δηλαδή για να εμφανιστούν είτε στο Display, είτε στο HMI.

Στο **Network 8**, έχουμε πάλι την μεταφορά των δεδομένων από το DB4, τώρα όμως, στο FC23, για να εμφανιστούν πάλι είτε στο Display, είτε στο HMI.

Τέλος, στο **Network 9**, γίνεται ο μηδενισμός όλων των τιμών στο DB4, ώστε να έρθουν οι νέες τιμές της ισχύος και να αποθηκευτούν.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ MICROMASTER 440

2.2.1. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ MICROMASTER 440

Το Drive που έχουμε χρησιμοποιήσει στο σύστημά μας, είναι της SIEMENS της σειράς MicroMaster 440.



Εικόνα 2.2.1.1 : MicroMaster 440

P No.	Name	Ind	Index text	Parameter value	Dim
0002	Drive state			1	Drive ready
0003	User access level			3	Edget
0004	Parameter filter			0	All parameters
0005	Display selection	000	1st Drive data set (EDS)	27	
0006	Display mode			2	Allemake: P0005 / 00020
0007	Backlight delay time			0	
0008	Commissioning parameter			0	Ready
0009	Lock for user defined parameter			0	
0010	Key for user defined parameter			0	
0011	User defined parameter	000	1st user parameter	0	
0012	Slave mode	000	Serial interface COM link	0	Volatile (RAM)
0018	Firmware version			2.11	
0019	CO/BD: BOP control word			0000000000000000	
0020	CO: Freq. setpoint before RFG			0.05	Hz
0021	CO: Act. filtered frequency 1			0.00	Hz
0022	CO: Act. filtered rotor speed			0	rpm ¹
0024	CO: Act. filtered output freq			0.00	Hz
0025	CO: Act. filtered output voltage			0	V
0026	CO: Act. filtered DC link volt			553	V
0027	CO: Act. filtered output current			0.00	A
0028	CO: Act. filtered current lsd			0.00	A
0030	CO: Act. filtered current lsd			0.00	A
0031	CO: Act. filtered torque			0.00	Nm
0032	CO: Act. filtered power			0.00	Nm
0035	CO: Act. motor temperature	000	1st Drive data set (EDS)	22	°C
0036	CO: Inverter overload utilization			0.0	%
0037	CO: Inverter temperature [C]	000	Measured heat sink temperature	31	°C
0038	CO: Act. power factor			0.000	
0039	CO: Energy consumpt. meter [kWh]			0.3	kWh
0040	Reset energy consumption meter			0	No reset
0060	CO: Active command data set			0	1st Command data set (EDS)
0061	CO: Active drive data set (EDS)	000	Selected drive data set	0	1st Drive data set (EDS)
0062	CO/BD: Act. status word 1			1111101100110001	
0063	CO/BD: Act. status word 2			0000010101100100	
0064	CO/BD: Act. control word 1			0000100011111110	
0065	CO/BD: Act. control word 2			0010000000000000	
0066	CO/BD: Status of motor control			0000000000000011	
0061	CO: Act. encoder frequency			0.00	Hz
0062	CO: Freq. setpoint			0.00	Hz
0063	CO: Act. frequency			0.00	Hz
0064	CO: Dev. frequency controller			0.00	Hz
0065	CO: Slip frequency			0.00	%
0066	CO: Act. output frequency			0.00	Hz
0067	CO: Act. output current limit			2.95	A
0068	CO: Output current			0.00	A
0069	CO: Act. phase currents	000	U_phase	0.00	A
0070	CO: Act. DC link voltage			561	V
0071	CO: Max. output voltage			400.0	V
0072	CO: Act. output voltage			0.0	V
0074	CO: Act. modulation			0.0	%
0075	CO: Current setpoint lsd			0.00	A
0076	CO: Act. current lsd			0.00	A
0077	CO: Current setpoint lsd			0.00	A
0078	CO: Act. current lsd			0.00	A
0079	CO: Torque setpoint (lval)			0.00	Nm
0080	CO: Act. torque			0.00	Nm
0084	CO: Act. slip flux			100.0	%
0086	CO: Act. active current			0.00	A
0080	CO: Act. rotor angle			0.0	°

Εικόνα 2.2.1.2 : Απεικόνιση Παραμέτρων στο MicroMaster 440

Όπως έχει αναφερθεί και στο θεωρητικό μέρος που αφορά το AC Drive, είναι αυτό που δίνει την απαιτούμενη ισχύ στον κινητήρα. Αποτελείται από δύο κύκλωμα:

- το κύκλωμα που αφορά την παροχή της ισχύος
- το κύκλωμα του ελέγχου

Το κύκλωμα ισχύος αποτελείται από τα ημιαγωγά στοιχεία (διόδους και τα IGBT τρτζίστορ) και δεν επιδέχεται καμία αλλαγή (μετατροπή από τον προγραμματιστή). Αντίθετα με αυτό, το κύκλωμα ελέγχου του AC Drive είναι πλήρως παραμετροποιήσιμο και αποτελείται από αρκετές παραμέτρους, έτσι ώστε να μπορεί να εγκατασταθεί σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών και να προγραμματιστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τον έλεγχο που πρέπει να εκτελεί.

Για την επικοινωνία με τον προγραμματιστή, υπάρχει ένα Display για την εμφάνιση όλων των παραμέτρων που περιέχει. Ταυτόχρονα, όμως, εγκαθιστώντας το απαραίτητο λογισμικό σε Η/Υ, μπορεί κάποιος να

προγραμματίσει / ελέγξει σαφώς πιο εύκολα και γρήγορα, όλες τις παραμέτρους που περιέχονται στην μνήμη του.

Ο προγραμματισμός του AC Drive, έγινε μέσω H/Y, όπου απαιτείται ένα καλώδιο επικοινωνίας και μια αντίστοιχη κάρτα που τοποθετείται στο AC Drive (πρωτόκολλο επικοινωνίας RS-485). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.2.1.1., τριών ειδών παράμετροι απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα:

- Κίτρινο – παράμετροι οι οποίες μπορεί κάποιος να διαβάσει την κατάσταση τους
- Πράσινο – παράμετροι οι οποίες αναφέρονται στο “Drive Data Set”
- Μπλε – παράμετροι οι οποίες αναφέρονται στο “Command Data Set”

Για να μπορεί κάποιος να έχει πρόσβαση σε όλες τις παραμέτρους, θα πρέπει να ισχύει:

P 0003 = 3 (expert)

Ένα AC Drive, το οποίο χρησιμοποιείται για πρώτη φορά, έχει σαν τιμές σε όλες τις παραμέτρους που περιέχει, τις εργοστασιακές ρυθμίσεις, οι οποίες και επιδέχονται αλλαγές.

Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, για να μπορέσει κάποιος να τροποποιήσει τις παραμέτρους (αυτές που αναφέρονται στην διαδικασία Commissioning), σύμφωνα με την εφαρμογή του θα πρέπει να επιλέξει:

P 0010 = Quick Commissioning

Ο προγραμματιστής τότε μπορεί να τροποποιήσει τις παραμέτρους που φαίνονται σύμφωνα με τον κινητήρα (στοιχεία πινακίδας) και την εφαρμογή του.

Όπως φαίνεται από τις παραμέτρους από P 0205 – P 0640, θα πρέπει να δηλωθούν τα στοιχεία που αναφέρονται στην πινακίδα του κινητήρα, δηλαδή θα πρέπει να δηλωθούν στοιχεία όπως:

- Ονομαστική Ισχύς
- Ονομαστικό Ρεύμα
- Ονομαστική Ταχύτητα

τόσο κατά την διάρκεια της κανονικής του λειτουργίας (στην εφαρμογή), αλλά και στην διαδικασία του Motor Identification, που είναι σημαντικό να γίνεται όταν χρησιμοποιούνται μέθοδοι ελέγχου πέρα του V/f.

Το κομμάτι των παραμέτρων ξεκινώντας από την P 0700 – P 0708, αφορά τα ψηφιακά σήματα που χρειάζεται το Drive για τις λειτουργίες:

- Start
- Stop
- Fault Acknowledge

Με τις παραμέτρους P 1000 – P 1135, προγραμματίζουμε το Drive σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής που έχουμε, δηλαδή:

P 1080 – είναι η μικρότερη ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα

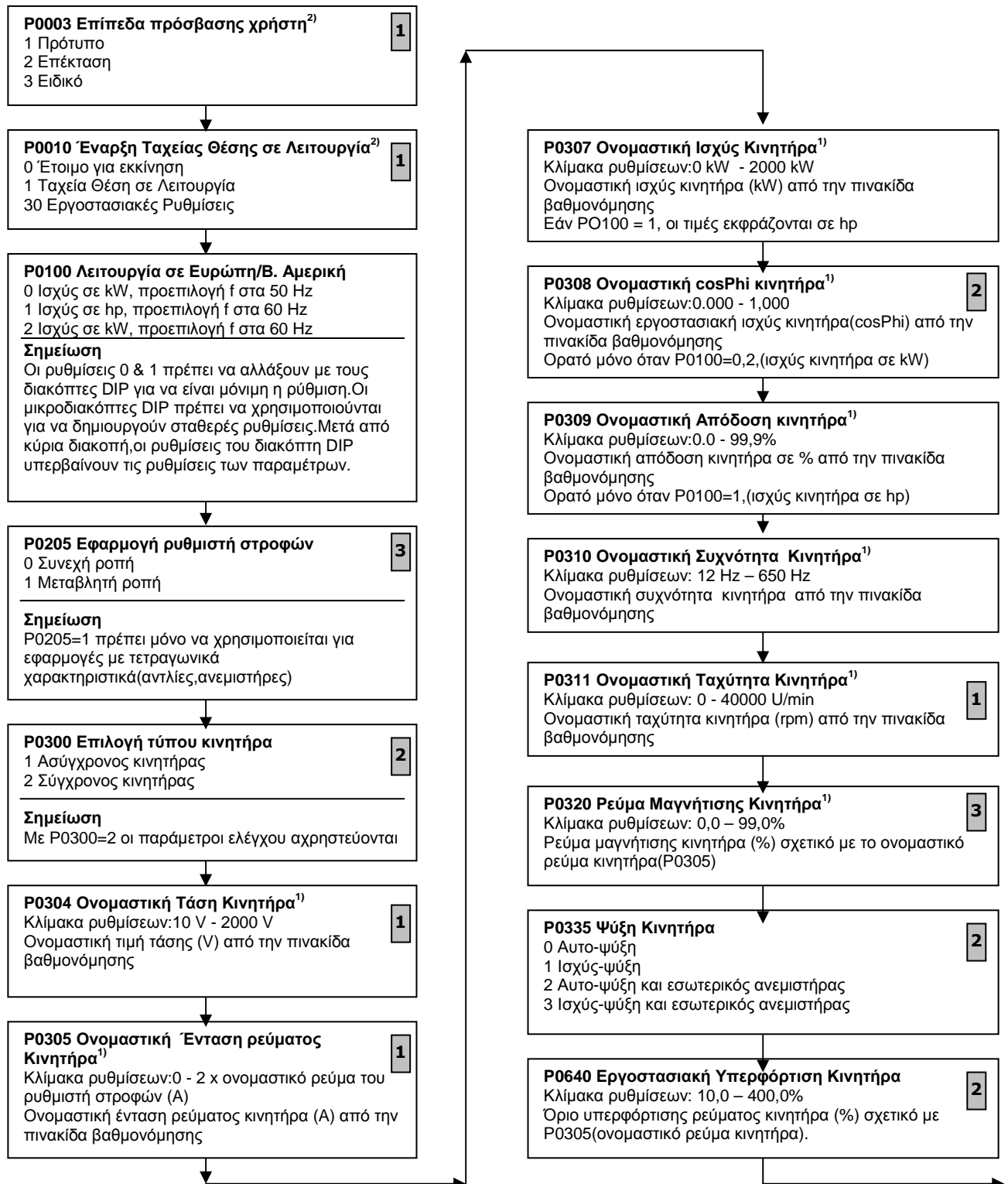
P 1121 – χρόνος ραμπών καθόδου κατά την επιβράδυνση

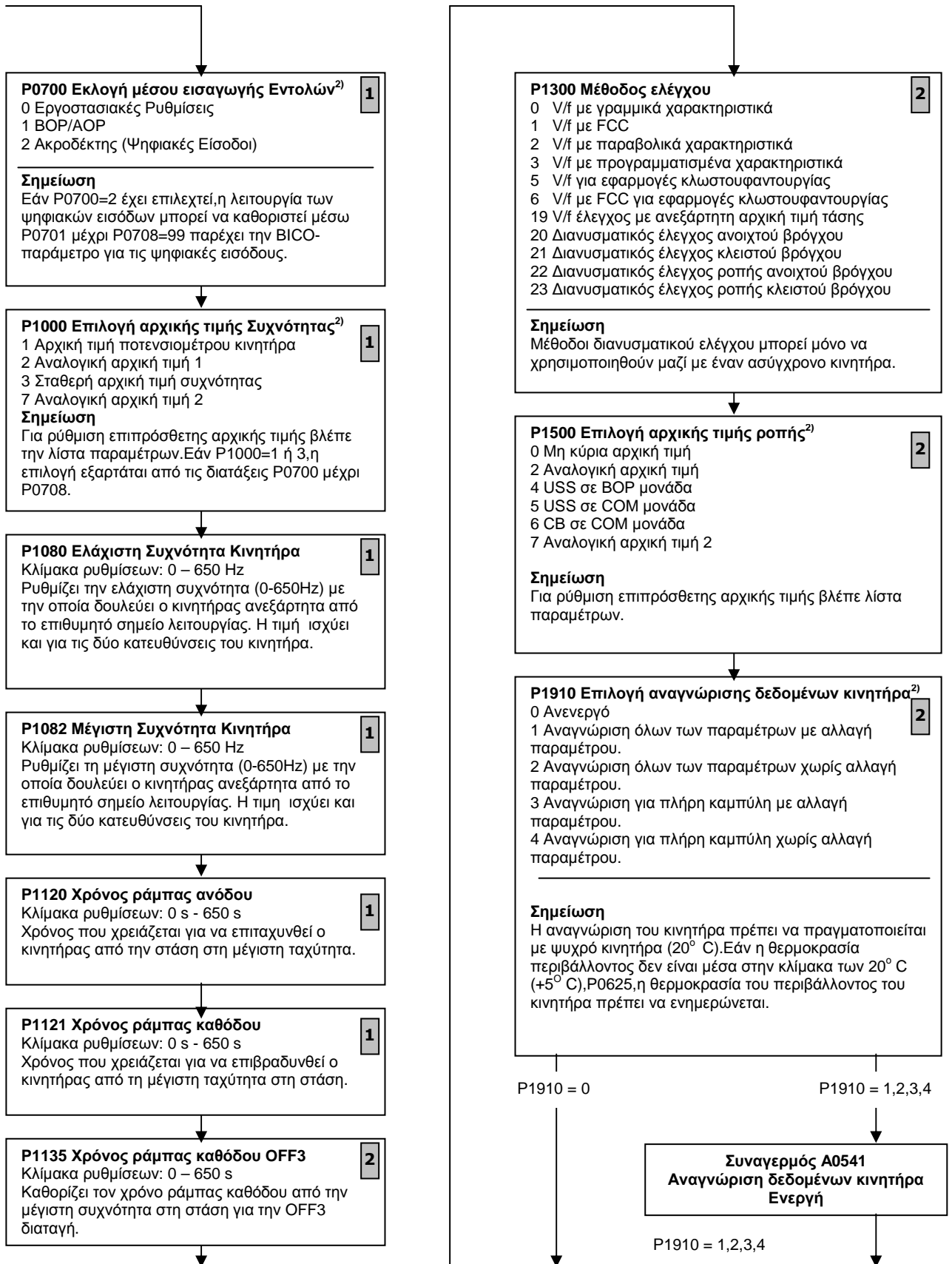
Με την παράμετρο P 1300 επιλέγουμε ποιόν τρόπο ελέγχου / λειτουργίας επιθυμούμε να γίνεται, δηλαδή:

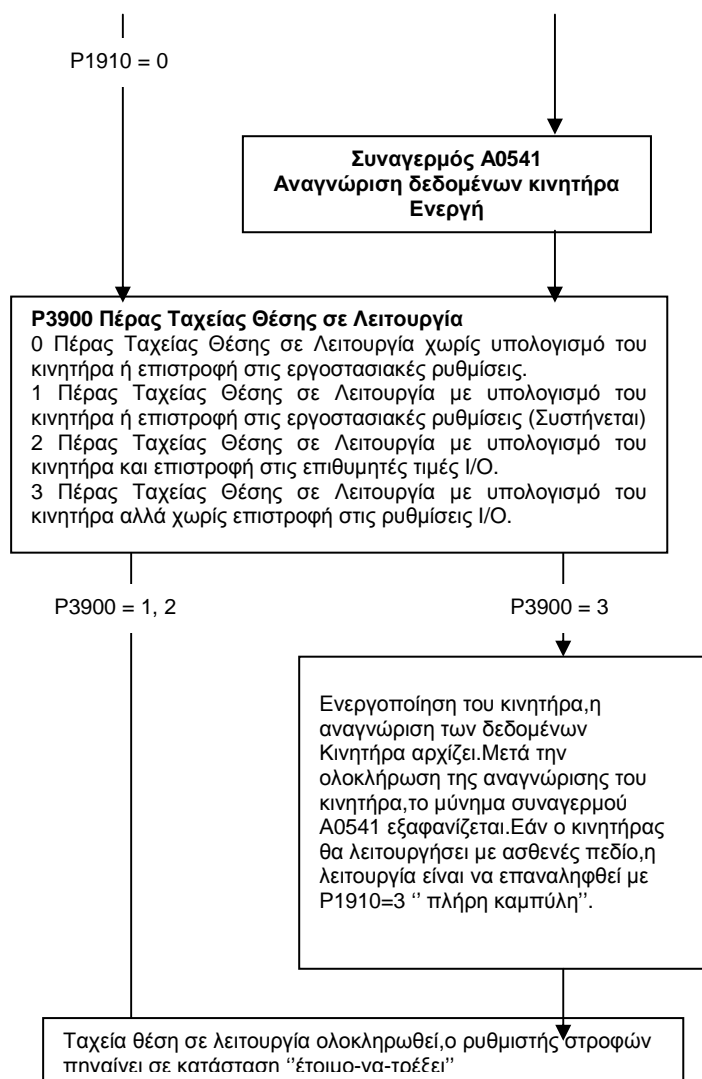
- V/f
- Vector Control with sensor
- Vector Torque – Control with sensor

Με την παράμετρο P 1910, γίνεται το Identification του κινητήρα, ώστε να ξέρει στοιχεία όπως, η αντίσταση που παρουσιάζει R_s και R_R και η αυτεπαγωγή του L_s και L_R . Επίσης το Drive υπολογίζει και την καμπύλη μαγνήτισης του κινητήρα, σύμφωνα με το ρεύμα μαγνήτισης.

2.2.2. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ





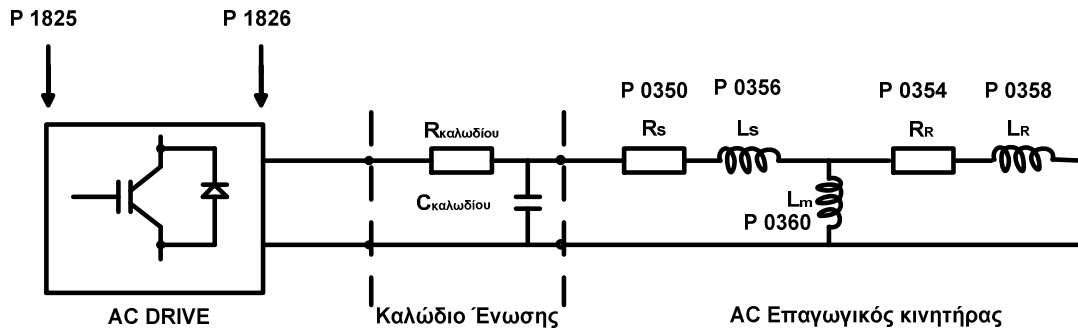


Σχήμα 2.2.2.1 : Διάγραμμα Ροής Ταχείας Θέσης σε Λειτουργία (Quick Commissioning)

Εκτός αυτών των βασικών παραμέτρων που χρειάζεται, θα πρέπει να προγραμματιστούν και κάποιες άλλοι παράμετροι που αφορούν:

- Το reference που στέλνει το PLC
- Τα αναλογικά σήματα εξόδου που στέλνει στο PLC
- Παραμέτρους για την λειτουργία από το τοπικό του χειριστήριο

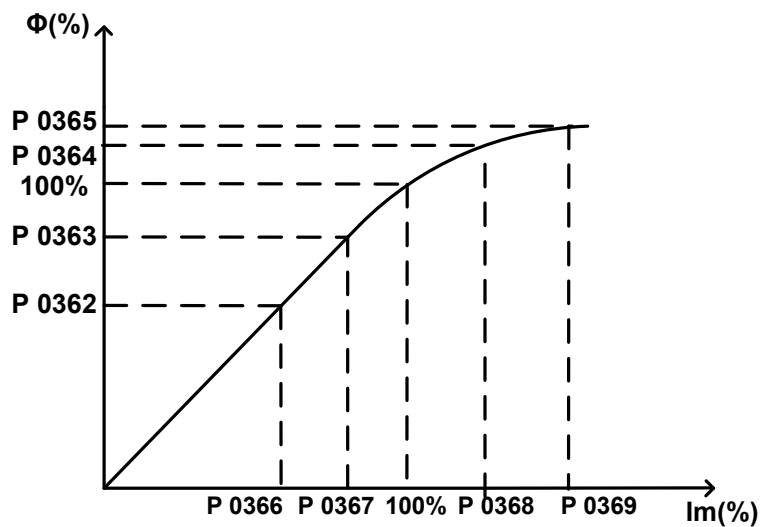
Ξεκινώντας τον προγραμματισμό του Drive και έχοντας συνδέσει τον κινητήρα, θα πρέπει να γίνει το Identification του Drive – κινητήρα.



Σχήμα 2.2.2.2 : Ισοδύναμο Διάγραμμα Κυκλώματος

Με την διαδικασία αυτή το Drive αναγνωρίζει ακριβώς τα στοιχεία του κινητήρα και των καλωδίων σύνδεσης και τα καταχωρεί στις παραμέτρους που αντιστοιχούν.

Η επόμενη διαδικασία είναι η κατασκευή της καμπύλης μαγνήτισης του κινητήρα και το αντίστοιχο ρεύμα μαγνήτισης.



Σχήμα 2.2.2.3 : Χαρακτηριστική Μαγνήτισης

Εδώ φαίνεται ότι το Drive υπολογίζει την μαγνήτιση του κινητήρα και πέρα του 100% της τιμής για την λειτουργία εξασθένησης μαγνητικού πεδίου.

Επίσης χρειάζεται ο κινητήρας να είναι κρύος, ώστε να γίνει ο ακριβής υπολογισμός των τιμών L / R .

Το επόμενο βήμα είναι ο προγραμματισμός των ψηφιακών εισόδων, ώστε να μπορούμε να εκκινούμε τον κινητήρα. Στην παράμετρο P 700, θα πρέπει να δηλωθεί ο τρόπος της εισαγωγής των εντολών και σύμφωνα με την καλωδίωση της κατάστασης, έχει επιλεγθεί για την P 700 = 2 (terminal). Στην συνέχεια δηλώνουμε τις παραμέτρους:

- P 701 = 99 Enable BICO Parameterization
- P 702 = 99 Enable BICO Parameterization
- P 703 = 9 Fault Acknowledge

Μέχρι τώρα έχουμε προγραμματίσει τις ψηφιακές εισόδους του Drive. Με τις παραμέτρους P840 / P 842, ενημερώνουμε το Drive από ποιές εισόδους θα εκκινεί.

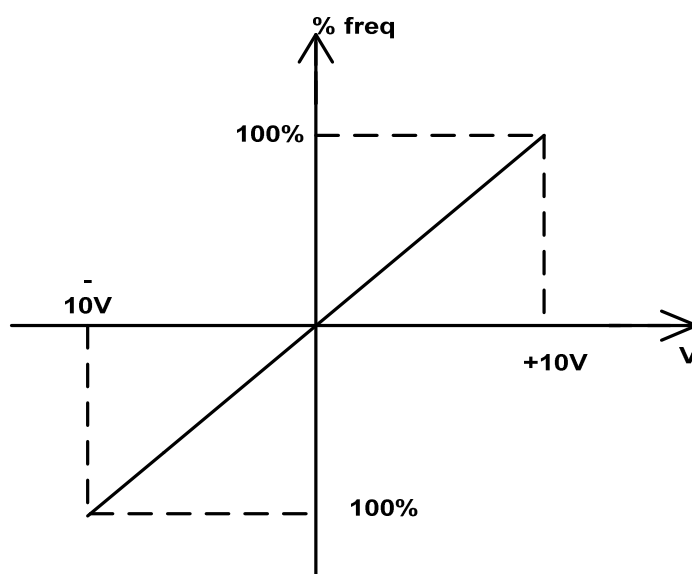
- P 840 = 722:0 (ON / OFF)
- P842 = 722:1 (ON reverse / OFF1)

Όταν έχει, λοιπόν, bit 0 από το word 722, θα ξεκινάει τον κινητήρα και για περιστροφή με αντίθετη φορά, το Drive θα περιμένει το bit 1 της word 722.

Το επόμενο κομμάτι για προγραμματισμό είναι η αναλογική είσοδος όπου το PLC στέλνει το reference. Το σήμα από το PLC είναι $\pm 10\text{Vdc}$ (βέβαια στην περίπτωση μας 0 – 10Vdc), οπότε για να διαβάσει το Drive και αρνητικές τιμές τάσης, έχουμε την παράμετρο:

P 756 = 4 Bip. Volt Input (-10V to +10V)

Με τις παραμέτρους P 757, P 758, P 759, P 760, η επί τοις εκατό (%) τιμή του reference, σύμφωνα με την τάση που διαβάζει το Drive στα άκρα του.



που σημαίνει ότι όταν η τιμή της τάσης του reference είναι 10Vdc, τότε έχουμε την μέγιστη τιμή της συχνότητας εξόδου, σύμφωνα με το πόσο είναι αυτή η συχνότητα (αριθμητική τιμή).

Για να έχουμε έναν έλεγχο της τιμής του reference που φτάνει από το PLC στο Drive, θα μπορούσε κάποιος να το επιβεβαιώσει μετρώντας την DC τάση στους ακροδέκτες της αναλογικής εισόδου του Drive. Μπορεί, όμως, να διαβάζει την τιμή του reference σαν επί τοις εκατό (%) τιμή ή σε δεκαεξαδικό format από τις παραμέτρους :

- r 0754 → reference (%)
- r 0755 → reference (4000 h)

Με τις παραμέτρους:

- P 1120 = 2.0 sec (Ramp-up time)
- P 1121 = 2.0 sec (Ramp-down time)

Ορίζουμε τον χρόνο που χρειάζεται για να επιταχύνει ο κινητήρας από μηδέν στροφές, μέχρι τον μέγιστο αριθμό στροφών του. Αντίστοιχα, στην P 1121, είναι ο χρόνος που ορίζουμε για να ακινητοποιηθεί ο κινητήρας από τις μέγιστες στροφές μέχρι τις μηδέν στροφές.

Στην παράμετρο P 1300, δηλώνεται ο τρόπος ελέγχου που κάνει το Drive, δηλαδή η μέθοδος που ελέγχεται η ταχύτητα περιστροφής και η ροπή στον άξονα του κινητήρα. Ο βασικός έλεγχος που μπορεί κάποιος να επιλέξει στο Drive, είναι το V/f. Είναι δηλαδή η ταυτόχρονη μεταβολή της τάσης εξόδου με την συχνότητα, για να έχουμε μεταβολή των στροφών λειτουργίας του κινητήρα. Ένας πιο πολύπλοκος τρόπος ελέγχου με καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ταχύτητα περιστροφής και το έλεγχο της ροπής, είναι:

P 1300 = Sensorless Vector Control

Όπως έχει αναφερθεί, και σε προηγούμενα κεφάλαια, δεν υπάρχει κάποια παλμογεννήτρια συνδεδεμένη στον άξονα του κινητήρα, για επιτήρηση των στροφών του, έτσι ώστε να έχουμε έναν Έλεγχο κλειστού βρόγχου (Close loop control).

Με τον έλεγχο “Sensorless Vector Control” (SLVC), δεν απαιτείται χρήση encoder, αλλά το σύστημα θεωρεί την ταχύτητα του κινητήρα ίδια με την συχνότητα του Set Point .

Έχοντας επιλέξει την λειτουργία SLVC, έχουμε την δυνατότητα να αλλάζουμε τιμές των παραμέτρων που αφορούν:

- Speed control
- Torque / current / flux setpoint
- Current control

Στην συνέχεια θα μιλήσουμε για τα σήματα που στέλνει το Drive στο PLC, τα οποία είναι:

- Αναλογικό σήμα του ρεύματος του κινητήρα
- Αναλογικό σήμα της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα
- Ψηφιακό σήμα ότι το Drive, δεν είναι σε κατάσταση Fault

Τα δύο αναλογικά σήματα που μπορεί να παρέχει το Drive στις εξόδους του, μπορεί να είναι, εκτός του ρεύματος και της ταχύτητας, οποιοδήποτε άλλο αν επιλεγεί στην αντίστοιχη αναλογική έξοδο. Τα σήματα αυτά είναι της μορφής 4...20mA, μπορούμε όμως και να ήταν σήματα τάσης, αλλά θα απαιτούνταν τότε η προσθήκη κατάλληλης τιμής αντιστάσεως για την μετατροπή από ρεύμα (0...20mA), σε τάση (0...10V). Το Drive γνωρίζει σε ποια κατάσταση λειτουργίας βρίσκεται, συνεχώς. Στην περίπτωση που υπάρχει κάποιο πρόβλημα και βρίσκεται σε κατάσταση FAULT, τότε η αντίστοιχη ψηφιακή έξοδος (P 731), που είναι προγραμματισμένη, ενημερώνει το PLC.

HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)

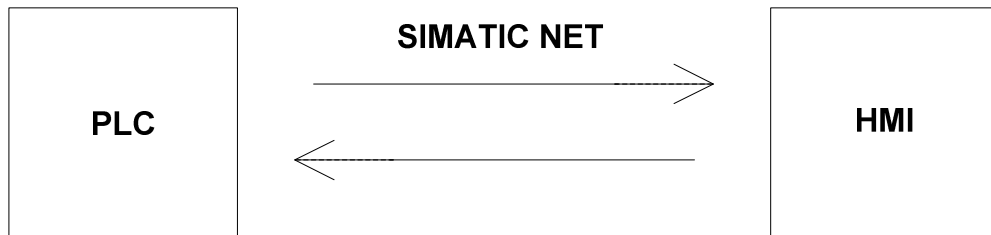
2.3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το HMI, είναι ένα γραφικό περιβάλλον όπου προγραμματίζοντας το κατάλληλα, μπορεί να εμφανίσει πληροφορίες που αφορούν την εφαρμογή.

Το HMI από μόνο του δεν μπορεί να ξέρει την κατάσταση της εφαρμογής. Αυτό που ελέγχει την εφαρμογή είναι το PLC, σύμφωνα με τον κώδικα που έχει στην μνήμη του. Όταν, λοιπόν, είναι το PLC και το HMI συνδεδεμένα κατάλληλα για να επικοινωνούν μεταξύ τους το PLC στέλνει όσες πληροφορίες ζητάει κάθε φορά το HMI. Ταυτόχρονα, όμως, μπορούμε και να ελέγχουμε την εφαρμογή μας, δηλαδή να ξεκινάμε ή να σταματάμε έναν κινητήρα.

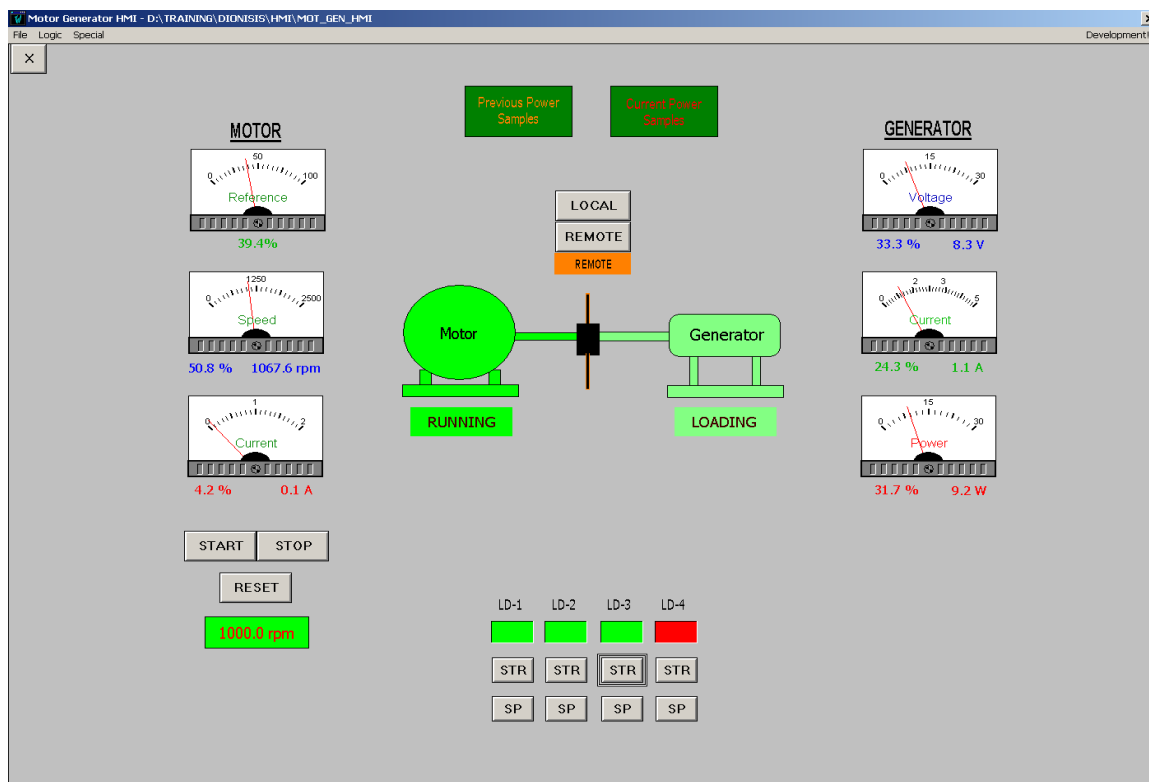
Αυτό που πρέπει να γίνει κατανοητό είναι ότι το HMI είναι βοηθητικό για τον έλεγχο της εφαρμογής. Στην περίπτωση που το πρόγραμμα “κολλήσει” ή ο Η/Υ έχει κάποιο πρόβλημα, η εφαρμογή μας θα εξακολουθεί να τρέχει με τις εντολές που είχε δεχθεί τελευταία φορά το σύστημα, επειδή αυτός που κάνει τον έλεγχο είναι αποκλειστικά το PLC.

Έχοντας, λοιπόν, από την μια πλευρά το HMI και από την άλλη το PLC, για να επικοινωνήσουν αυτά τα δύο μεταξύ τους, το ενδιάμεσο σημείο, το μονοπάτι, αν μπορούμε να το πούμε πιο απλά, είναι το SIMATIC NET.



Σχήμα 2.3.1.1 : Επικοινωνία PLC - HMI

2.3.2. ΠΡΩΤΗ ΣΕΛΙΔΑ ΤΟΥ HMI



Εικόνα 2.3.2.1 : Πρώτη σελίδα του HMI

Ανοίγοντας κάποιος την εφαρμογή του HMI, βλέπει μπροστά του την βασική εικόνα όπου υπάρχουν πληροφορίες για τον AC κινητήρα και την DC γεννήτρια κ.α.

Ξεκινώντας από τον AC κινητήρα, παρατηρούμε τα τρία αναλογικά όργανα για:

- reference του Drive

- ταχύτητα του κινητήρα
- ρεύμα του κινητήρα

Εκτός της αναλογικής ένδειξης κάτω από κάθε όργανο, υπάρχουν οι αντίστοιχες τιμές τόσο σαν αριθμητική ένδειξη, όσο και σαν τιμή σε επί τοις εκατό για κάθε μετρούμενο μέγεθος. Τέλος, υπάρχουν τρία μπουτόν τα οποία είναι για τον έλεγχο του κινητήρα:

- START κινητήρα
- STOP κινητήρα
- RESET Drive

Επίσης υπάρχει ένα “κουτί” με την ένδειξη rpm, όπου εκεί δηλώνουμε με πόσες στροφές ζητάμε να περιστρέφεται ο κινητήρας. Κοιτώντας πιο δεξιά, βλέπουμε τα αντίστοιχα αναλογικά όργανα που αφορούν την DC γεννήτρια. Τα τρία αυτά όργανα είναι:

- τάση γεννήτριας
- ρεύμα γεννήτριας
- ισχύς γεννήτριας

Αντίστοιχα σε κάθε όργανο υπάρχει η ψηφιακή του τιμή, καθώς και ένδειξη της επί τοις εκατό (%) τιμής του μετρούμενου μεγέθους. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η κλίμακα των αναλογικών οργάνων έχει επιλεγθεί ώστε να έχουμε την μέγιστη δυνατή ανάλυση από αυτά.

Στο κάτω μέρος της σελίδας, φαίνονται τα μπουτόν των φορτίων:

- STR (START)
- SP (STOP)

Όταν ένα φορτίο έχει επιλεγθεί, η αντίστοιχη ένδειξη του γίνεται πράσινη, ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι κόκκινη.

Στην μέση της σελίδας υπάρχουν τα μπουτόν:

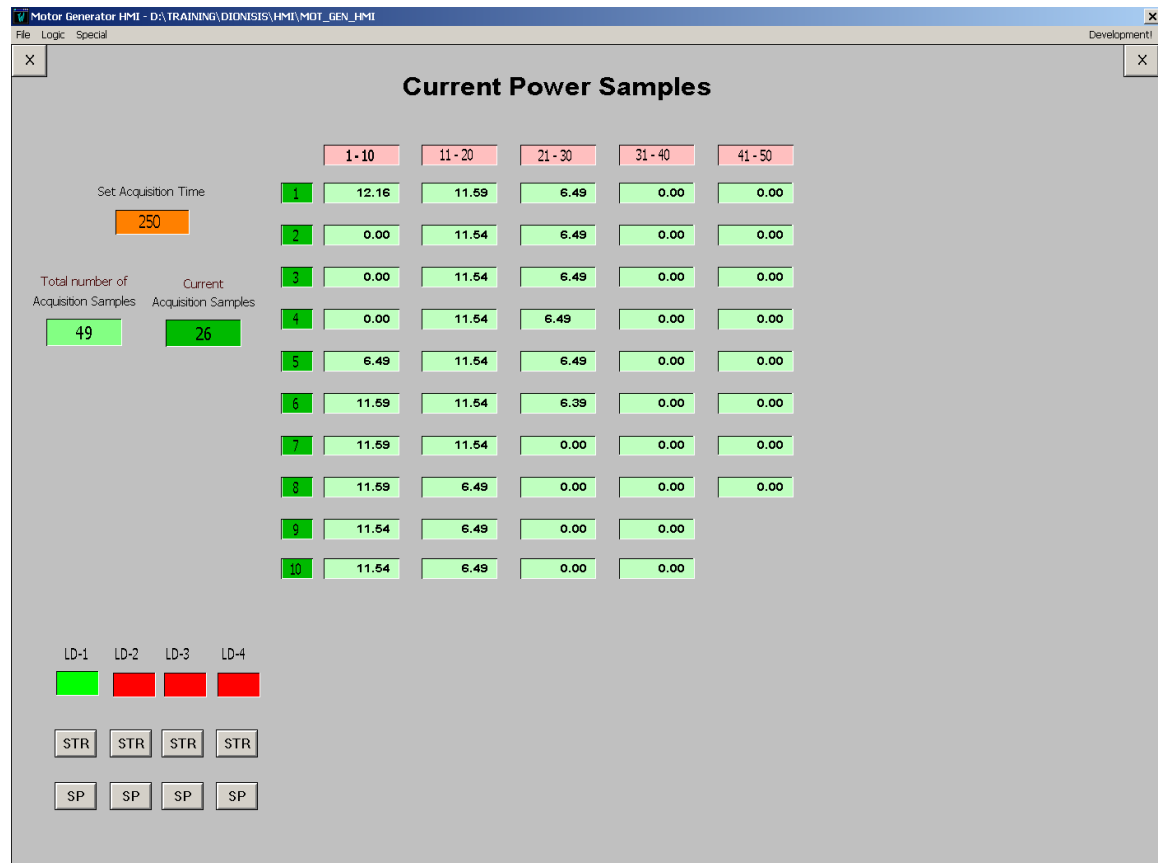
- LOCAL (Τοπικό χειριστήριο)
- REMOTE (Απομακρυσμένος έλεγχος - HMI)

Σύμφωνα με την επιλογή, υπάρχει και η αντίστοιχη ένδειξη. Όταν είναι επιλεγμένη η LOCAL λειτουργία, ο έλεγχος της κατασκευής γίνεται αποκλειστικά από το τοπικό χειριστήριο, ενώ στην λειτουργία REMOTE ο έλεγχος γίνεται από τον Η/Υ. Στην περίπτωση που υπάρξει οποιοδήποτε πρόβλημα με το HMI και την επικοινωνία του με το PLC, πατώντας το

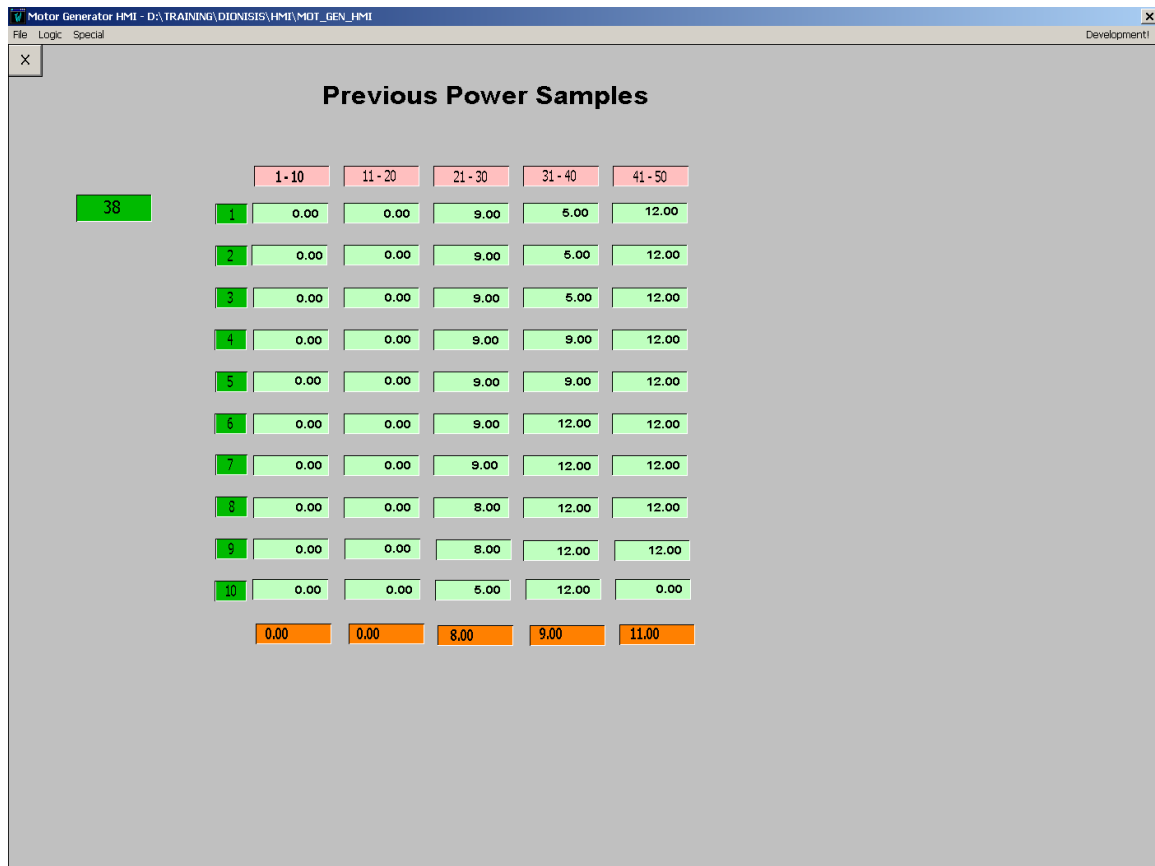
μποτών I 10.3, από το τοπικό χειριστήριο, ο έλεγχος πλέον γίνεται τοπικά (από τα αντίστοιχα μπουτόν).

Στο πάνω μέρος της σελίδας, υπάρχουν δύο εικονίδια:

- Current Power Samples (Δειγματοληψίες Τρέχουσας Ημέρας)
- Previous Power Samples (Δειγματοληψίες Προηγούμενης Ημέρας)



Εικόνα 2.3.2.2 : Τρέχοντα Δείγματα της Ισχύος



Εικόνα 2.3.2.3 : Προηγούμενα Δείγματα της Ισχύος

Επιλέγοντας τα εικονίδια, βλέπουμε το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας για την ημέρα που θέλουμε.

Θα πρέπει να πούμε, ότι στη σελίδα Current Power Samples, ο χρήστης θα πρέπει να δηλώσει:

- τον αριθμό των δειγματοληψιών (total number of acq sam)
- το διάστημα κάθε δειγματοληψίας (set acquisition time)

Ο αριθμός των δειγματοληψιών, όπως έχουμε αναφέρει και στην ανάλυση του FC222 περιορίζεται στις 48. Οπότε μπορούμε να έχουμε μια τιμή μεταξύ 1 και 48 δειγματοληψιών (προτείνουμε τις 48 ώστε να έχουμε πιο σωστή αναπαράσταση των ενδείξεων στο HMI).

Η άλλη μεταβλητή που μπορούμε να αλλάζουμε, είναι ο χρόνος που γίνεται η κάθε δειγματοληψία. Επειδή υπάρχει ένας περιορισμός στις τιμές που θέτουν το χρόνο στα Timers του PLC και σύμφωνα με τον υπάρχον κώδικα έχουμε:

- 0 – 999 → 0 – 9.999 ms

- 1000 – 9999 → 10.0 – 99.99 ms
- 10000 – 99999 → 100 – 999.99 ms

Άρα ο χρόνος που έχουμε ξεκινάει από 1 – 999, δηλαδή από 1ms – 9sec και 999ms. Δίνοντας τιμές σε αυτές τις δύο μεταβλητές, ξεκινάει και η καταγραφή των στοιχείων της ενέργειας.

Στο μέσο της σελίδας φαίνεται καθαρά μια αναπαράσταση του AC κινητήρα και της γεννήτριας που έχουμε.

Το μπλοκ του AC κινητήρα είναι δυναμικό, δηλαδή σύμφωνα με την κατάσταση που βρίσκεται ο κινητήρας αλλάζει και ο χρωματισμός του.

Έχουμε 4 καταστάσεις:

- Γκρι → STAND-BY
- Μπλε → READY
- Πράσινο → RUNNING
- Κόκκινο → FAULT (Motor / Drive)

Κάτω από τον κινητήρα υπάρχει και ένδειξη που μας ενημερώνει την κατάσταση του σε περίπτωση που κάποιος δεν γνωρίζει τον συμβολισμό του κάθε χρώματος.

Σχεδόν τα ίδια πράγματα ισχύουν και για την γεννήτρια. Ο χρωματισμός του μπλοκ της γεννήτριας μεταβάλλεται σύμφωνα με τη κατάσταση που βρίσκεται. Έχουμε πάλι κι εδώ 4 καταστάσεις:

- Γκρι → STAND-BY
- Μπλε → READY
- Πράσινο → LOADING
- Κόκκινο → FAULT

Για τον κινητήρα ο χρωματισμός ΓΚΡΙ, σημαίνει ότι είναι σταματημένος. Δεν υπάρχει εντολή ON /FWD. Αν κάποιος ζητήσει από το σύστημα να κάνει START, τότε ο κινητήρας γίνεται ΜΠΛΕ, που σημαίνει ότι είναι σε ετοιμότητα και το μόνο που θέλει για να περιστραφεί είναι ο αριθμός των στροφών του. Εισάγοντας την επιθυμητή ταχύτητα, ο κινητήρας γίνεται χρώματος ΠΡΑΣΙΝΟ και έχει ήδη αρχίσει να περιστρέφεται.

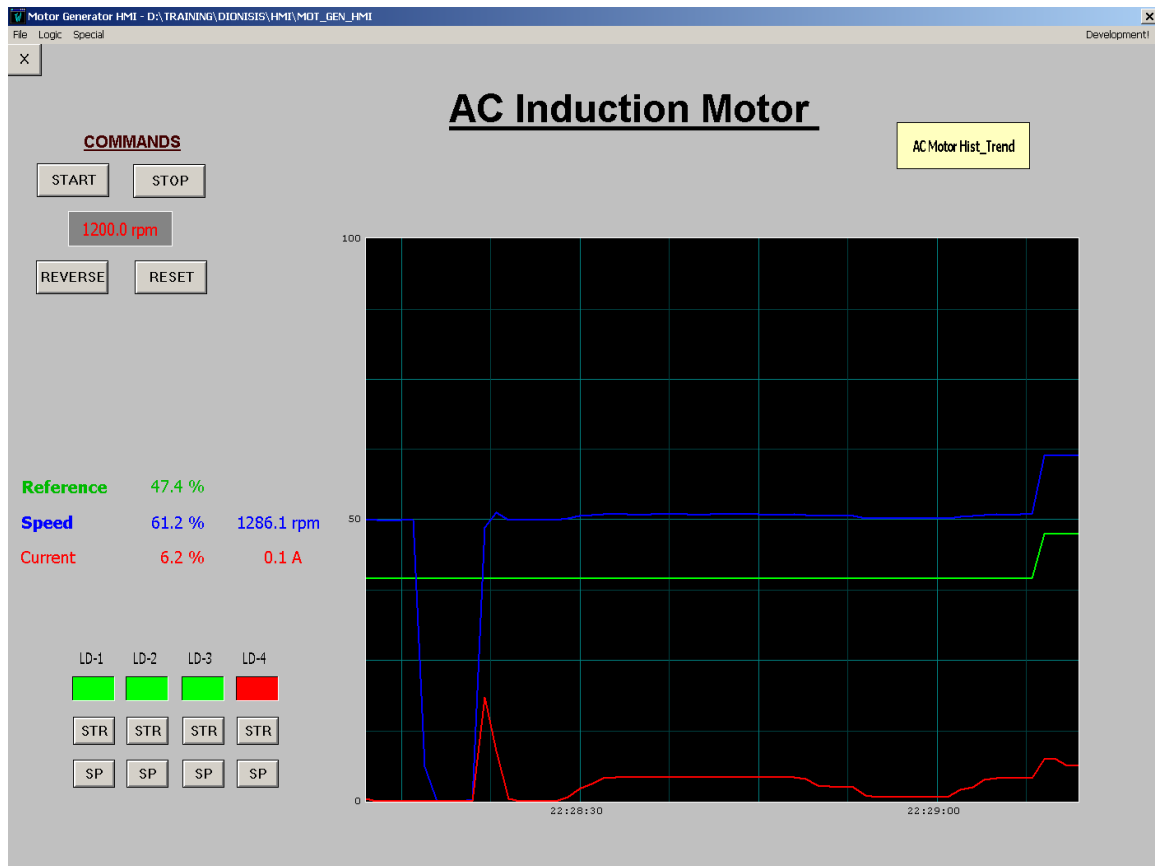
Αντίστοιχα, η ίδια λογική ισχύει και για την γεννήτρια. Όταν είναι ακινητοποιημένη είναι χρώματος ΓΚΡΙ. Όταν ο κινητήρας έχει αρχίσει να

περιστρέφεται τότε γίνεται ΜΠΛΕ, που δηλώνει ότι υπάρχει τάση στα άκρα της. Όταν υπάρχει τάση στα άκρα της γεννήτριας, έχει επιλεχθεί ένα φορτίο αλλά και το ρεύμα που αποδίδει είναι πάνω από 2%, γίνεται χρώματος ΠΡΑΣΙΝΟ, που σημαίνει ότι παρέχει ενέργεια στο φορτίο, δηλαδή φορτίζεται. Τόσο για τον κινητήρα, όσο και για την γεννήτρια όταν το χρώμα είναι ΚΟΚΚΙΝΟ, σημαίνει σφάλμα:

Κινητήρας σε σφάλμα. Το Drive στέλνει μια πληροφορία ότι βρίσκεται σε fault, οπότε ο κινητήρας” κοκκινίζει”. Επίσης αν έχουμε επιλέξει ένα reference και ο κινητήρας δεν έχει περιστραφεί μέσα σε ένα χρονικό διάστημα, τότε έχουμε πάλι τον κινητήρα να “κοκκινίζει”.

Για τη γεννήτρια σφάλμα έχουμε, όταν περιστρέφεται και το σύστημα μετράει τάση, έχει γίνει επιλογή κάποιου φορτίου αλλά δεν μετράμε κάποιο ρεύμα μέσα από την αντίσταση μέτρησης.

2.3.3. HISTORICAL TREND



Εικόνα 2.3.3.1 :

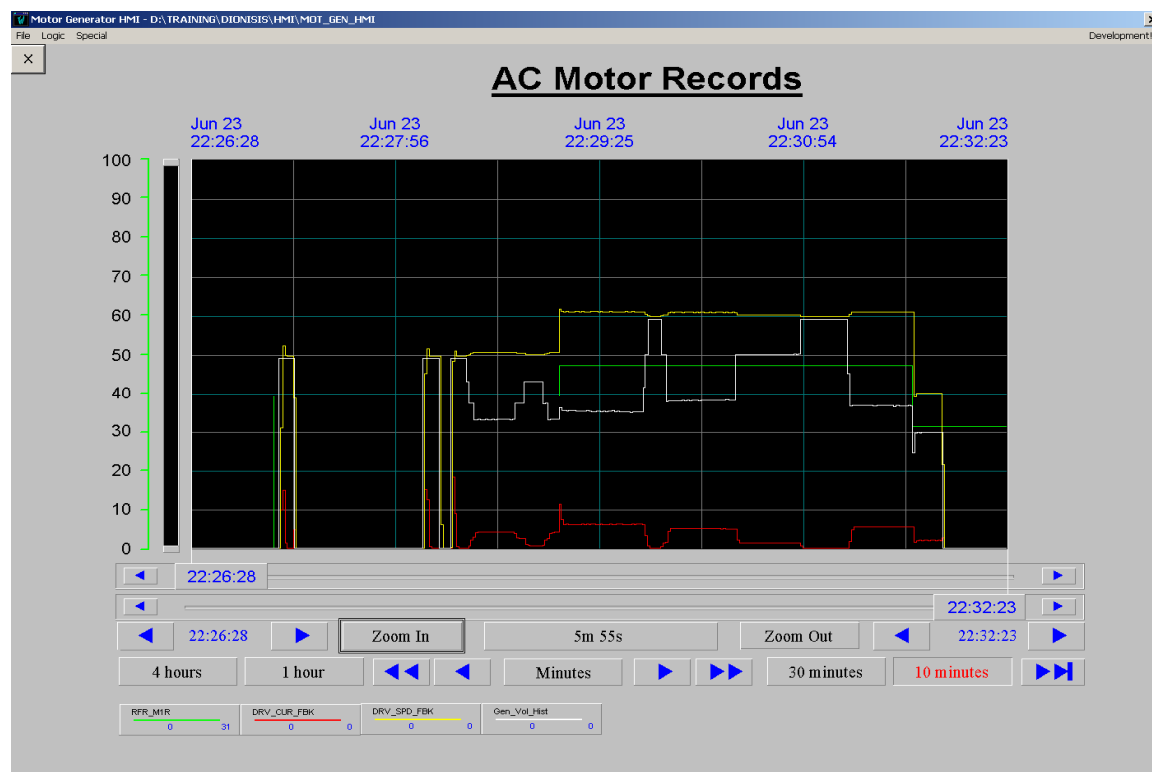
Όταν κάποιος κάνει “κλικ” πάνω στον κινητήρα, πηγαίνει σε μια άλλη σελίδα με πληροφορίες που αφορούν τον κινητήρα (ίδιες με αυτές της πρώτης σελίδας). Επιπλέον υπάρχει σε πραγματικό χρόνο η καταγραφή των:

- reference
- speed
- current

διάρκειας ενός λεπτού.

Οι τιμές αυτές εκφράζονται σε επί τοις εκατό με μέγιστο το 100%, ώστε να μπορούν να εμφανίζονται όλες ταυτόχρονα στο “Real Time Trend”. Δηλαδή, το reference είναι από 0 – 16384, η ταχύτητα από 0 – 2100 rpm και το ρεύμα από 0 – 1.9 A. Για να εμφανιστούν και τα τρία μεγέθη σύμφωνα με την αριθμητική τους τιμή, θα έπρεπε να είχαμε τον άξονα y από 0 – 16384. Στην περίπτωση αυτή, το ρεύμα που έχει και την συγκριτικά πολύ χαμηλότερη τιμή, ουσιαστικά δεν θα φαινόταν καθόλου, σε κλίμακα 0 – 16384.

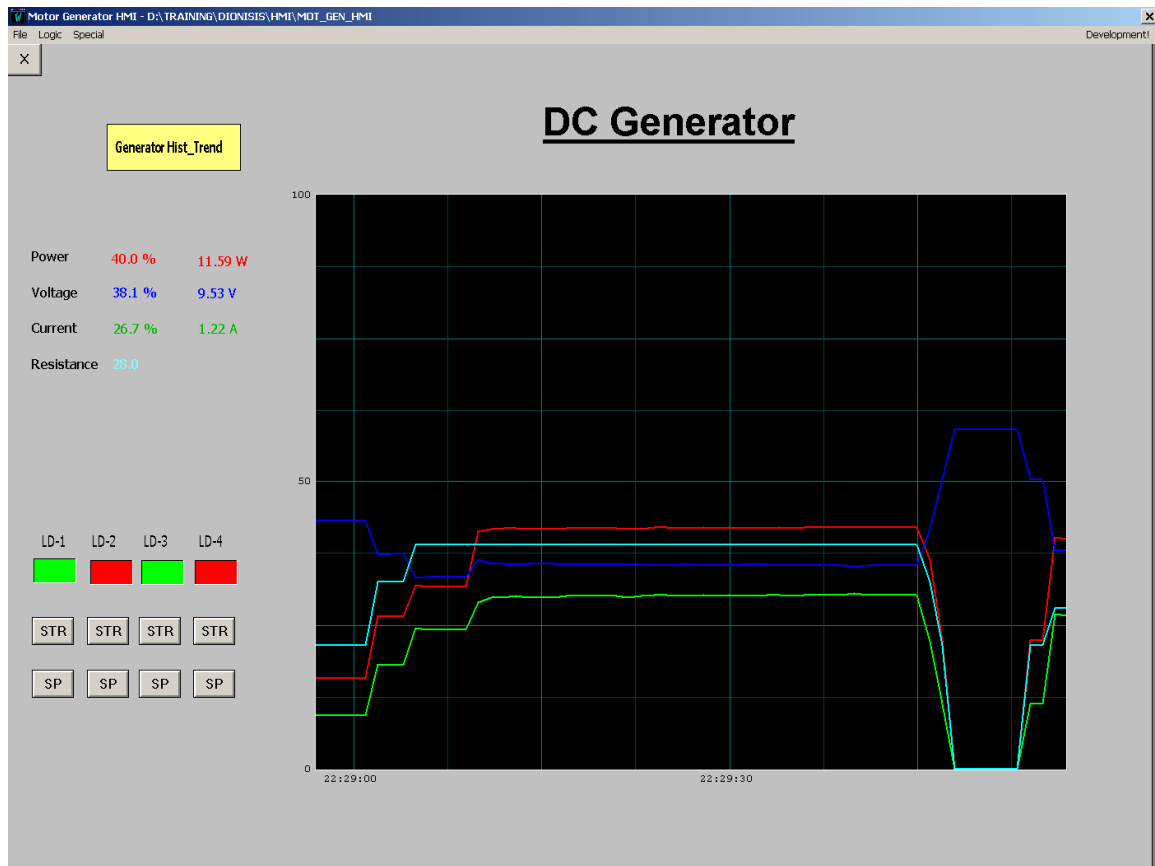
Στην ίδια σελίδα υπάρχει και το εικονίδιο “AC Motor Hist Trend”, όπου κάνοντας “κλικ” μας πηγαίνει σε μία σελίδα με τις καταγραφές των ίδιων μεγεθών, αλλά με ιστορικότητα έως 90 ημέρες.



Εικόνα 2.3.3.2 :

Όπως φαίνεται, η ανάλυση των κυματομορφών είναι σαφώς καλύτερη στις διάφορες μεταβολές του ρεύματος κ.τ.λ. Κάνοντας “Zoom In” για την χρονική περίοδο που ενδιαφερόμαστε, βλέπουμε αυτή την μεταβολή αυτών των μεγεθών στο χρόνο βγάζοντας χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του κινητήρα π.χ. στην αλλαγή του reference ή στην περίπτωση που ζητάμε ένα επιπλέον φορτίο να συνδεθεί στα άκρα της γεννήτριας.

Με αριστερό “κλικ” πάνω στην ένδειξη των κυματομορφών, μπορούμε να επιλέξουμε οποιαδήποτε μεταβλητή για εμφάνιση. Αντίστοιχα, τα ίδια συμβαίνουν όταν κάποιος “κλικάρει” πάνω στην γεννήτρια.

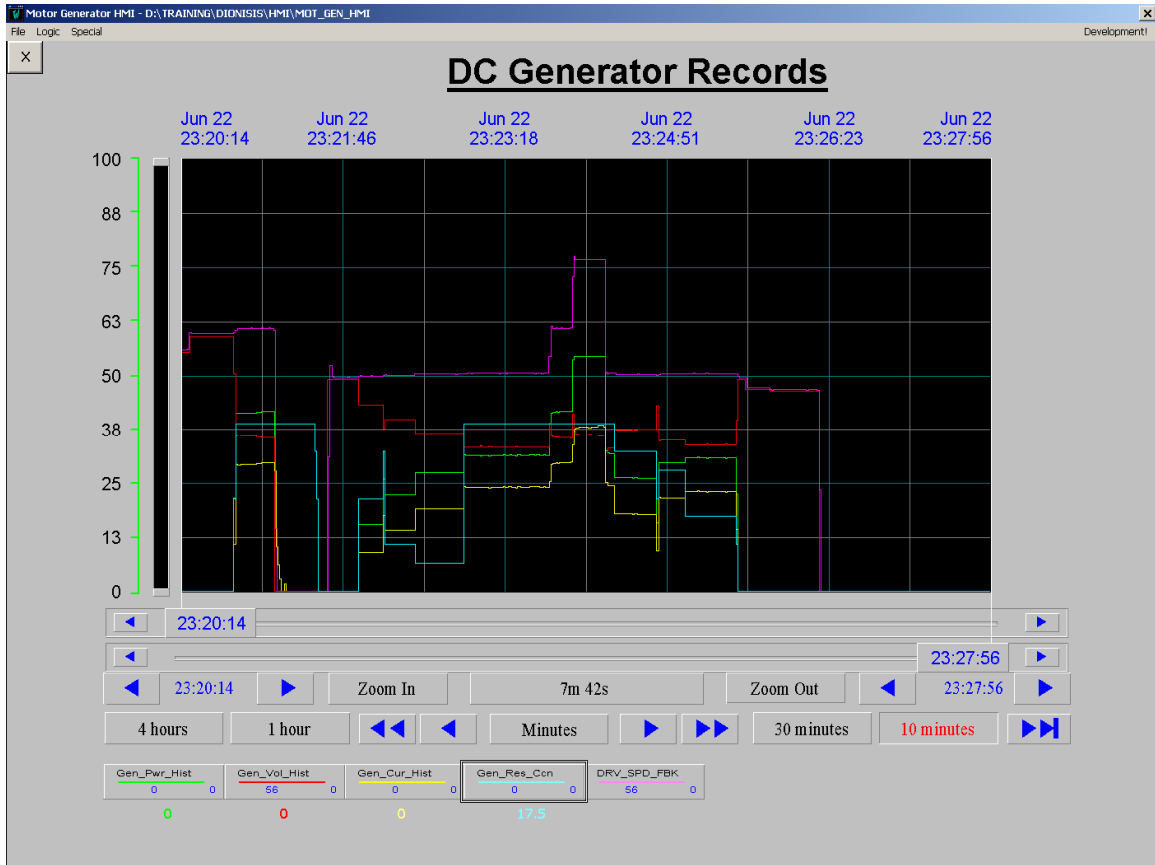


Εικόνα 2.3.3.3 :

Μπορεί να δει το ρεύμα, την τάση και την ισχύ που αποδίδει η γεννήτρια σε πραγματικό χρόνο (διάρκεια 1 min). Επίσης υπάρχει και η μεταβλητή “Resistance”, η οποία μας ενημερώνει ποιό φορτίο έχει συνδεθεί στο κύκλωμα, δηλαδή στη περίπτωση μας έχουμε μετρήσει την ωμική αντίσταση καθενός από τα τρία φορτία που έχουμε για τις δοκιμές μας:

- LOAD 1 → 21.5 Ω
- LOAD 2 → 11.5 Ω
- LOAD 3 → 6.5 Ω

Αντίστοιχα, και με την σελίδα του κινητήρα, επιλέγοντας το εικονίδιο “Generator Hist Trend”, πηγαίνουμε στην σελίδα όπου πλέον μπορούμε να διαβάσουμε την ιστορικότητα των μεγεθών (τάση, ρεύμα, ισχύς) σύμφωνα με την επιλογή των φορτίων μας.



Εικόνα 2.3.3.4 :

ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο σύστημα που έχουμε δημιουργήσει υπάρχει η δυνατότητα να γίνουν βελτιώσεις, οι οποίες δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθούν αυτή την χρονική περίοδο. Οι βελτιώσεις αυτές είναι οι εξής:

1. Να χρησιμοποιηθεί για DC γεννήτρια αντίστοιχης ισχύος με τον κινητήρα
2. Για να επιτευχθεί σταθερός αριθμός στροφών, που συνεπάγεται σταθερή τάση, θα πρέπει να τοποθετηθεί παλμογεννήτρια (encoder) στον άξονα του AC κινητήρα, για να έχουμε έλεγχο κλειστού βρόγχου
3. Το σύστημα θα μπορούσε να παρακολουθεί την παραγόμενη DC τάση της γεννήτριας και να προσπαθεί να την κρατάει σταθερή. Δηλαδή, το PLC να διαβάζει την τάση, να υπολογίζει ένα νέο reference (αν κρίνεται αναγκαίο) και να το στέλνει στο AC Drive.
4. Η σύνδεση του PLC με το AC Drive, θα μπορεί και να υλοποιηθεί μέσω Profibus. Οι πληροφορίες που θα ανταλλάζουν τότε θα είναι πιο ακριβής, που σημαίνει και καλύτερο έλεγχο. Απαιτείται μόνο μία ειδική κάρτα Profibus, η οποία συνδέεται στο Drive.
5. Το γραφικό περιβάλλον στον Η/Υ είναι ένα πολύ ειδικό πρόγραμμα, σίγουρα για πιο δύσκολες εφαρμογές. Όλο αυτό το περιβάλλον και οι λειτουργίες (οι οποίες είναι σχετικά απλές), θα μπορούσαν να υλοποιηθούν χρησιμοποιώντας το Excel και ένα ειδικό πρόγραμμα, για την επικοινωνία με το PLC.
6. Στην περίπτωση που γίνεται χρήση του συστήματος από το χειριστήριο, θα ήταν χρήσιμο να προστεθούν μερικά μπουτόν ακόμα

για να βελτιωθεί η λειτουργικότητα και να γίνει φιλικότερο ως προς τον χειριστή.

7. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στην μέτρηση της τιμής της τάσης, απαιτείται η χρήση αισθητηρίου κατάλληλου για τον σκοπό αυτό. Ένα LEM, είχε δοκιμαστεί με πολύ καλή ακρίβεια (σε τάση μεγέθους τάξεως 500Vac).
8. Αλλαγές στο πρόγραμμα της CPU, ώστε να καταχωρούνται και να αποθηκεύονται περισσότερες ημέρες, για καλύτερο έλεγχο των μετρήσεων.
9. Display με γράμματα για εμφάνιση μηνυμάτων είτε από το PLC, είτε από το AC Drive.
10. Θα μπορούσε να κατασκευαστεί ένας πίνακας και να τοποθετηθούν ασφάλειες για την τροφοδότηση των φορτίων, ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να μην έχουμε μεγάλα ρεύματα στην γεννήτρια.
11. Όλη η κατασκευή προτείνεται να τοποθετηθεί σε ειδικό πίνακα για να είναι προστατευμένη και εύκολη στην μεταφορά της.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της εργασίας, ήταν η καταγραφή της ισχύος που μπορεί να παρέχει, ένα σύστημα κινητήρα – γεννήτριας σε διάφορες καταναλώσεις.

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε σαν γεννήτρια μια DC μηχανή παράλληλης διέγερσης, η οποία κινείται μηχανικά από έναν επαγωγικό κινητήρα. Ελέγχοντας τον AC κινητήρα με έναν μετατροπέα συχνότητας, είναι δυνατή η μεταβολή των στροφών και κατ'επέκταση η παραγόμενη τάση στα άκρα της γεννήτριας.

Ο κεντρικός έλεγχος όλου του συστήματος γίνεται με την χρήση ενός PLC. Χρησιμοποιώντας μια αντίσταση για την μέτρηση του ρεύματος της γεννήτριας, το PLC υπολογίζει την ισχύ του φορτίου και παράλληλα παίρνει δείγματα της ισχύος σε τακτά χρονικά διαστήματα. Όλες αυτές οι τιμές αποθηκεύονται και στην συνέχεια μπορούν να εξαχθούν για περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Ο έλεγχος της κατασκευής γίνεται είτε με την χρήση ενός τοπικού χειριστηρίου, είτε απομακρυσμένα μέσω Η/Υ (HMI). Στην πρώτη περίπτωση, εκτελείται αποτελεσματικά ο έλεγχος της κατασκευής όπως και στην δεύτερη. Στην περίπτωση, όμως, που ο έλεγχος γίνεται με την χρήση Η/Υ, οι πληροφορίες που παρέχει το σύστημα είναι σαφώς περισσότερες και σίγουρα γίνεται καλύτερη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Διαβάζοντας τα δεδομένα της καταγραφής από ένα Display, γίνεται ο υπολογισμός της καμπύλης του φορτίου για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ή με την χρήση Η/Υ (HMI), μπορούμε να έχουμε τις καταγραφές της ισχύος σε γράφημα, για τιμές τόσο του παρόντος χρόνου, όσο και του παρελθόντος (μέγιστη διάρκεια 90 ημερών).

