

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1575

**Έλεγχος της λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών
Commander SK από εξωτερικό κύκλωμα και με
τη χρήση Η/Υ.**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΑΛΛΙΟΣ
ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΝΟΥΣΗΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ:
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΛΑΝΤΖΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

Πρόλογος

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των δυνατοτήτων του ρυθμιστή στροφών Commander SK και η αξιοποίηση τους τόσο μέσω του κατάλληλου λογισμικού όσο και μέσω κατάλληλων κυκλωμάτων. Το εργαστήριο Ηλεκτρικών Κινητήριων Συστημάτων του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας διαθέτει τέτοιους ρυθμιστές στροφών. Μέχρι σήμερα δεν υπήρχε πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων του συγκεκριμένου ρυθμιστή στροφών. Κι αυτό, γιατί δεν υπήρχε εύκολος και γρήγορος τρόπος για τη δημιουργία κυκλωμάτων μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου. Για να αξιοποιηθούν, λοιπόν, σε μεγαλύτερο βαθμό οι δυνατότητες του Commander SK στην εκπαιδευτική διαδικασία, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας υλοποιήθηκε ένας πίνακας ελέγχου που επιτρέπει στους φοιτητές να κατασκευάσουν τα απαραίτητα κυκλώματα με σκοπό τον έλεγχο του ρυθμιστή στροφών.

Σύμφωνα με την δομή της παρούσας πτυχιακής εργασίας, στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά σε ορισμένα βασικά κομμάτια θεωρίας σχετικά με τους ασύγχρονους επαγωγικούς κινητήρες, τους αντιστροφείς καθώς και στη μεταξύ τους συνεργασία ώστε να είναι εφικτός ο έλεγχος των στροφών ενός ασύγχρονου επαγωγικού κινητήρα. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζονται εκτενώς οι δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του Commander SK. Επίσης παρουσιάζονται στοιχεία όπως ο τρόπος σύνδεσης, οι υποστηριζόμενοι παράμετροι, οι ακροδέκτες ελέγχου και τα υποστηριζόμενα κυκλώματα ελέγχου με σκοπό να μπορεί κάποιος να δουλεύει τον εν λόγω ρυθμιστή στροφών. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη διαδικασία κατασκευής του πίνακα ελέγχου για τον Commander SK, στα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και στην πειραματική διαδικασία που ακολούθησε για τη δοκιμή της κατασκευής. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή στο λογισμικό CTSOft της Control Techniques που είναι η κατασκευάστρια εταιρία του Commander SK. Το λογισμικό αυτό αναπτύχθηκε για τον καλύτερο και ευκολότερο έλεγχο όλης της γκάμας προϊόντων της συγκεκριμένης εταιρίας. Με την μελέτη αυτού του κεφαλαίου, δύναται ο αναγνώστης να είναι σε θέση να χρησιμοποιεί αποτελεσματικά το λογισμικό CTSOft.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να τονίσουμε ότι είμαστε ιδιαίτερα χαρούμενοι που στο κλείσιμο της πορείας μας σε αυτή τη σχολή θα αφήσουμε πίσω μια κατασκευαστική πτυχιακή εργασία που μπορεί να βοηθήσει στη γενικότερη συγκομιδή γνώσεων τους επόμενους συναδέλφους μας. Για εμάς θα είναι μεγάλη ηθική ικανοποίηση αν στα προσεχή εξάμηνα η κατασκευή μας προστεθεί στις υπάρχουσες εργαστηριακές ασκήσεις.

Κλείνοντας θα πρέπει να ευχαριστήσουμε τους ανθρώπους που έχουμε δίπλα μας, μας ανέχτηκαν τόσα χρόνια και μας στήριξαν σε αυτή την προσπάθεια. Προφανώς οι οικογένειές μας είναι οι πρώτες σε αυτή τη λίστα την οποία συμπληρώνουν οι φίλοι μας. Επιπρόσθετα είμαστε πραγματικά ευγνώμονες στους εισηγητές μας κ.κ. Γεώργιο Αντωνόπουλο και Αθανάσιο Καλαντζόπουλο, αρχικά για την υπομονή τους και, εν συνεχεία για την υποστήριξη και τις υποδείξεις τους που βόηθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας.

Περίληψη

Ο Commander SK είναι ένας βιομηχανικός ρυθμιστής στροφών που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων. Στην απλούστερη του παραμετροποίηση, για χρήση μόνο του ενσωματωμένου σε αυτόν ηλεκτρολογίου, δεν επιτρέπει στον χρήστη να αξιοποιήσει όλες τις δυνατότητες του. Για να χρησιμοποιηθούν οι δυνατότητες που προσφέρει ο συγκεκριμένος ρυθμιστής στροφών θα πρέπει να υλοποιηθούν αφενός τα κατάλληλα κυκλώματα χρησιμοποιώντας τους διαθέσιμους ακροδέκτες ελέγχου και αφετέρου να τοποθετηθούν οι κατάλληλες τιμές στις αντίστοιχες παραμέτρους του ρυθμιστή στροφών ώστε να επιλεγεί η επιθυμητή λειτουργία. Με αυτό τον τρόπο παρέχεται στον χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει μια σειρά από προκαθορισμένες ταχύτητες περιστροφής, να ρυθμίσει την επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής μέσω μιας τάσης ή ενός ρεύματος εισόδου αξιοποιώντας ένα ποτενσιόμετρο, να χρησιμοποιήσει ανατροφοδότηση ταχύτητα αξιοποιώντας μια ταχογεννήτρια κλπ. Επιπρόσθετα Control Techniques που είναι η κατασκευάστρια εταιρία του ρυθμιστή στροφών, έχει αναπτύξει μια σειρά λογισμικών που επιτρέπουν στο χρήστη να χειριστεί και να ελέγξει τον συγκεκριμένο ρυθμιστή στροφών μέσω Η/Υ (Ηλεκτρονικού Υπολογιστή).

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα γίνει αρχικά μελέτη των δυνατοτήτων του ρυθμιστή στροφών και θα πραγματοποιηθούν διάφορα κυκλώματα που θα επιτρέπουν στον χρήστη να αξιοποιήσει διαφορετικές λειτουργίες του ρυθμιστή στροφών ανάλογα με τις τιμές που έχει επιλέξει στις αντίστοιχες παραμέτρους. Εν συνεχεία θα γίνει μελέτη και χρήση του προγράμματος CTSofT ώστε να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος και η παραμετροποίηση του ρυθμιστή στροφών μέσω Η/Υ.

Περιεχόμενα

Πρόλογος	iii
Περίληψη	v
Περιεχόμενα	vii
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή - Θεωρία	
1.1 Επαγωγικοί Κινητήρες.....	1
1.2 Έλεγχος Τριφασικού Ασύγχρονου Κινητήρα Κλωβού.....	6
1.3 Ρυθμιστές Στροφών.....	9
Κεφάλαιο 2. Ο ρυθμιστής στροφών CommanderSK.....	10
2.1 Εισαγωγή.....	10
2.2 Πληκτρολόγιο και Ενδεικτική Οθόνη.....	13
2.3 Ενδείξεις Οθόνης στη Διαμόρφωση Κατάστασης	16
2.4 Φίλτρο Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας.....	16
2.5 Ακροδέκτες Ελέγχου.....	18
2.6 Παράμετροι	20
2.6.1 Η παράμετρος 05	24
2.6.2 Ελάχιστη Απαίτηση Διασύνδεσης για τον έλεγχο του Commander SK.....	32
2.7 Γραμμική Χαρακτηριστική V/f.....	33
Κεφάλαιο 3. Κατασκευή Πίνακα Ελέγχου και Πειράματα	35
3.1 Κατασκευή Πίνακα Ελέγχου	35
3.2 Πειραματική Διαδικασία	38
3.2.1 Σταθερή Γραμμική Χαρακτηριστική.....	38
3.2.2 Δυναμική Γραμμική Χαρακτηριστική	43
Κεφάλαιο 4. Το Λογισμικό CTSoft	48
4.1 Εισαγωγή.....	48
4.2 Κύρια Χαρακτηριστικά	48
4.3 Λειτουργώντας το Λογισμικό CTSoft.....	50
4.3.1 Αρχικές Ρυθμίσεις.....	50
4.3.2 Παραμετροποίηση – Ομάδες Παραμέτρων.....	55
4.3.3 Terminal Configuration.....	57
4.4 Λειτουργία Monitoring	58
4.4.1 Analog and Digital I/O Panel.....	59
4.4.2 Faults Display.....	60
4.4.3 Drive Status	60
4.4.4 Fault Log	61
4.4.5 Control Panel.....	62
4.5 Setup Wizard.....	62
Βιβλιογραφία	70

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή – Θεωρία

1.1 Επαγωγικοί Κινητήρες

Οι επαγωγικοί κινητήρες είναι μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου σε μηχανική. Ονομάζονται και Ασύγχρονοι, ενώ διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Οι τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες αποτελούν τη συντριπτική πλειοψηφία των επαγωγικών κινητήρων και παράγονται σε τυποποιημένες ισχύεις από λίγες δεκάδες Watt μέχρι αρκετά MW. Μπορούν να ονομαστούν και *μηχανές απλής διέγερσης* καθώς τροφοδοτείται με ισχύ μόνο το κύκλωμα του στάτη τους. Είναι ευρύτατα διαδεδομένοι σε βιομηχανικές εφαρμογές, κυρίως λόγω της απλότητας της κατασκευαστικής δομής του δρομέα τους. Αρχικά ήταν πολύ μεγάλοι σε μέγεθος, με την πάροδο όμως των δεκαετιών και τη βελτίωση των υλικών και των μεθόδων παραγωγής οι διαστάσεις τους μίκρυναν. Ενδεικτικό αυτής της μείωσης των διαστάσεων είναι ότι ένας σημερινός κινητήρας των 100hp έχει τις ίδιες διαστάσεις με έναν κινητήρα των 7,5hp του 1897.



Εικόνα 1-1 : Επαγωγικός Κινητήρας

Οι ασύγχρονοι κινητήρες παράγουν μέση ροπή διάφορη του μηδενός σε όλες τις ταχύτητες εκτός από τη σύγχρονη ταχύτητα. Το τύλιγμα του στάτη ενός τριφασικού κινητήρα, αποτελείται από τρία όμοια ομοιόμορφα κατανεμημένα μονοφασικά τυλίγματα με διαφορά, μεταξύ τους 120 ηλεκτρικές μοίρες. Ο αριθμός των μαγνητικών πόλων των τυλιγμάτων αυτών καθορίζει τις ονομαστικές στροφές του κινητήρα για δεδομένη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας.



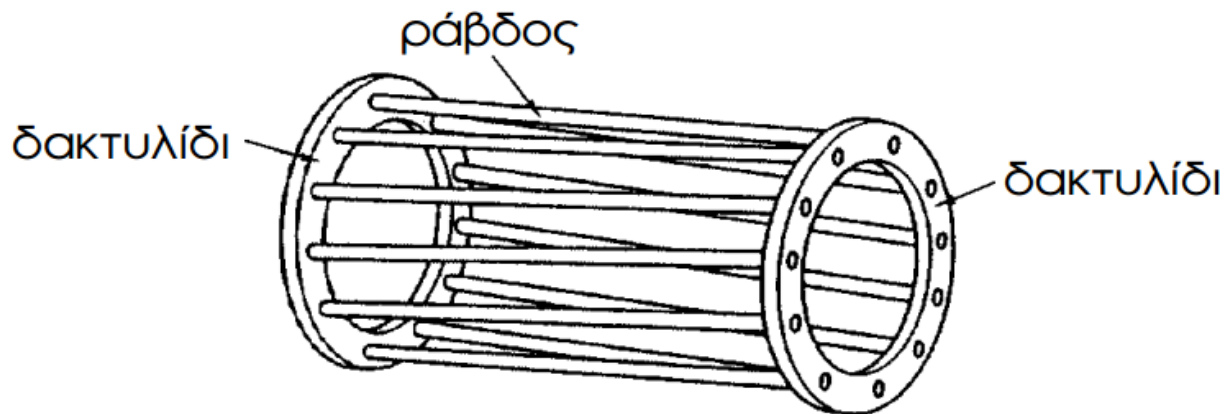
Εικόνα 1-2: Κοντινή άποψη ακροδεκτών ενός επαγωγικού κινητήρα

Οι τρεις φάσεις – τυλίγματα του στάτη συνδέονται κατά αστέρα ή τρίγωνο. Τα έξι άκρα των τριών φάσεων καταλήγουν στο ακροκιβώτιο του κινητήρα όπως φαίνεται και στην εικόνα 1-2. Στο δρομέα του επαγωγικού κινητήρα δεν υπάρχει διέγερση συνεχούς ρεύματος. Στο τύλιγμα του δρομέα αναπτύσσεται εναλλασσόμενο ρεύμα, έμμεσα από το στάτη λόγω επαγωγής. Το κύκλωμα του δρομέα πρέπει να είναι πάντοτε κλειστό, ούτως ώστε το ρεύμα διέγερσης να είναι διαφορετικό από το μηδέν. Αυτό το γεγονός δημιούργησε και την ιδέα της βραχυκύκλωσης των άκρων του τυλίγματος στην κατασκευή του δρομέα, κάτι που ξεχώρισε τους επαγωγικούς κινητήρες σε δύο βασικές κατηγορίες όπως φαίνεται και παρακάτω.

Εφόσον για τη λειτουργία του ασύγχρονου κινητήρα χρειάζεται να τροφοδοτηθεί με τάση μόνο το τύλιγμα του στάτη, μπορεί να ονομαστεί και κινητήρας απλής τροφοδότησης. Το ρεύμα διέγερσης που χρειάζεται για τη δημιουργία της συνισταμένης μαγνητικής ροής στο διάκενο της μηχανής είναι αρκετά μεγάλο, ίσως και το 40% του ονομαστικού ρεύματος.

Αυτό, διότι είναι σημαντικά αυξημένη η μαγνητική αντίσταση που εισάγεται στο σιδηρομαγνητικό κύκλωμα από την ύπαρξη του διακένου. Το ρεύμα διέγερσης που απαιτείται για τη λειτουργία του, ο ασύγχρονος κινητήρας το απορροφά από το δίκτυο. Τούτο συνεπάγεται ότι λειτουργεί πάντα με συντελεστή ισχύος μικρότερο από τη μονάδα. Επειδή απορροφά επαγωγική άεργη ισχύ από το δίκτυο. Για το λόγο αυτό στους κινητήρες μεσαίας και μεγάλης ισχύος είναι απαραίτητη η χρήση πυκνωτών αντιστάθμισης για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

Υπάρχουν δύο είδη επαγωγικών κινητήρων ανάλογα με το τύλιγμα του δρομέα: **Δακτυλιοφόρου Δρομέα** και **Βραχυκυκλωμένου Δρομέα**. Η κύρια διαφορά τους είναι πως μέσα στα αυλάκια του δρομέα του επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, υπάρχουν μεταλλικοί ράβδοι και όχι τύλιγμα. Στον άξονα του δρομέα των κινητήρων αυτών είναι στερεωμένος ο πυρήνας. Αυτός έχει σχήμα κυλινδρικού τυμπάνου και αποτελείται από πολλά σιδηρομαγνητικά ελάσματα. Τα ελάσματα αυτά έχουν οδοντώσεις οι οποίες δημιουργούν τα αυλάκια (εικόνα 1-4).



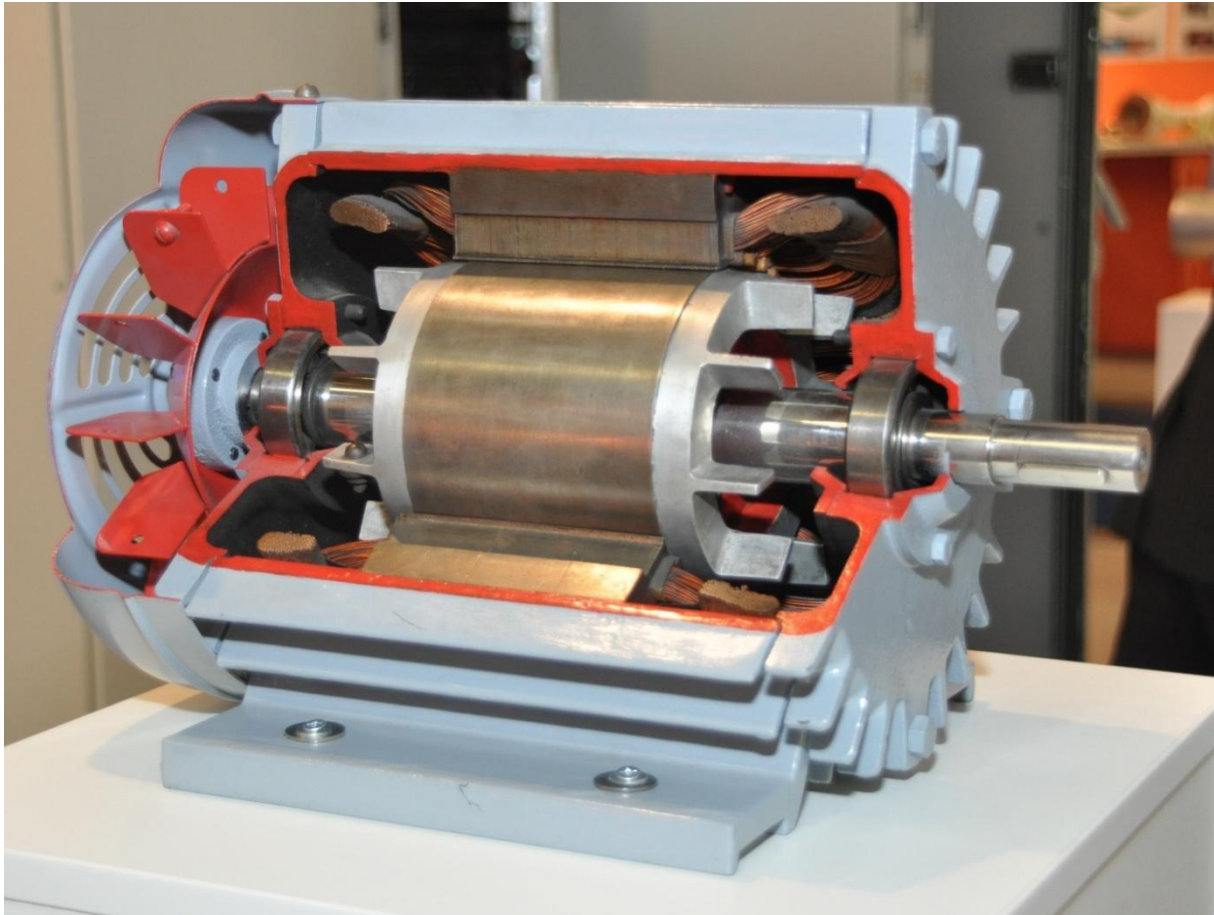
Εικόνα 1-3: Απλοποιημένο σχήμα κλωβού επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα



Εικόνα 1-4: Τύποι αυλακιών δρομέα

Μέσα στα αυλάκια του δρομέα τοποθετούνται χωρίς μόνωση μεταλλικές ράβδοι. Οι ράβδοι αυτές μπαίνουν χυτοπρεσσαριστές. Το σχήμα τους ποικίλει ανάλογα με τις οδοντώσεις. Είναι κολλημένες μεταξύ τους στα άκρα τους δημιουργώντας δύο μεταλλικά στεφάνια (δακτυλίδια) τα οποία καταλήγουν σε πτερύγια ανεμιστήρα όπως φαίνεται στην εικόνα 1-5.

Οι ράβδοι βραχυκύκλωσης ανάλογα με το μέγεθος του κινητήρα μπορεί να είναι κατασκευασμένες από χαλκό, ορείχαλκο ή αλουμίνιο. Επειδή το τύλιγμα αυτό μοιάζει με κλουβί, όπως άλλωστε φαίνεται και στην εικόνα 1-3, ονομάζεται και τύλιγμα κλωβού και ο κινητήρας μπορεί να αποκαλεστεί και κινητήρας κλωβού.



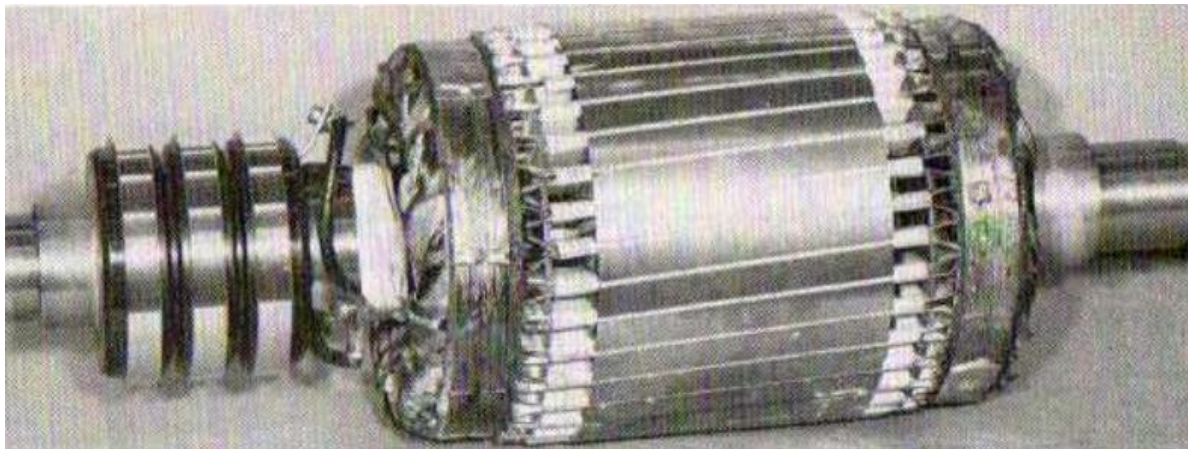
Εικόνα 1-5: Τομή επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Το τύλιγμα κλωβού μπορεί να είναι απλό ή διπλό. Τα αυλάκια του δρομέα δεν είναι ισόποσα με αυτά του στάτη για να επιτυγχάνεται ελάττωση του μαγνητικού θορύβου. Επίσης ποικίλει και το βάθος τους.

Η μορφή του κλωβού ποικίλλει από κινητήρα σε κινητήρα. Οι ράβδοι, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1-3, συγκολλούνται λοξά ώστε η ροπή στρέψης να είναι ανεξάρτητη από τη θέση του δρομέα. Τα αυλάκια του δρομέα μπορεί να έχουν διάφορα σχήματα όπως φαίνεται και στην εικόνα 1-4. Το γεγονός αυτό έχει επίδραση και στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του κινητήρα. Επίσης μπορεί να υπάρχουν δύο αυλάκια, ένα εσωτερικό κι ένα εξωτερικό, ανεξάρτητα μεταξύ τους, που σχηματίζουν το τύλιγμα διπλού κλωβού που προαναφέρθηκε. Για να επιτευχθούν περίπου τα ίδια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά με τις διπλές αυλακώσεις αλλά με απλούστερη κατασκευαστική διαδικασία, έχουν αναπτυχθεί και τα βαθιά αυλάκια

Αντίθετα στον επαγωγικό κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα η διαφορά έγκειται στις αυλακώσεις του δρομέα. Ο πυρήνας του αποτελείται επίσης από πολλά σιδηρομαγνητικά ελάσματα που έχουν ημίκλειστες οδοντώσεις. Εκεί υπάρχει τύλιγμα, τριφασικό συνδεδεμένο συνήθως σε αστέρα. Τα άκρα των τυλιγμάτων συνδέονται σε δακτυλίδια (εικόνα 1-6) που

υπάρχουν πάνω στον άξονα και μέσω ψηκτρών καταλήγουν σε τριφασικό σύστημα ωμικών αντιστάσεων που βρίσκονται έξω από τον κινητήρα.



Εικόνα 1-6: Δρομέας κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα

Ο αριθμός των πόλων των τυλιγμάτων του δρομέα πρέπει να είναι υποχρεωτικά ίδιος με αυτόν των τυλιγμάτων του στάτη. Οι τρεις φάσεις του δρομέα μπορούν να είναι συνδεδεμένες κατά αστέρα ή τρίγωνο και οι ωμικές αντιστάσεις σχεδόν πάντα κατά αστέρα. Κατά συνέπεια τα ρεύματα μπορούν να μετρηθούν και πάνω στις ψήκτρες και καθίσταται δυνατή η σύνδεση εξωτερικών αντιστάσεων στο κύκλωμα διέγερσης. Το τελευταίο δίνει το πλεονέκτημα στον κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα έναντι του κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ότι μπορεί να ρυθμιστεί η χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-ταχύτητας.

Η απλή κατασκευή του δρομέα στους κινητήρες κλωβού, σε σύγκριση με αυτή των κινητήρων δακτυλιοφόρου δρομέα, καθιστά τους κινητήρες κλωβού πολύ φθηνούς. Επιπλέον, τους καθιστά πολύ πιο ανθεκτικούς και αξιόπιστους σε δυσμενείς συνθήκες λειτουργίας, όπως π.χ. υπερφορτίσεις. Το συγκριτικό μειονέκτημά τους, έναντι των κινητήρων δακτυλιοφόρου δρομέα, που είναι η δυσκολία ρύθμισης των στροφών, όταν τροφοδοτούνται από το δίκτυο, έχει τις τελευταίες δεκαετίες ξεπεραστεί, όταν τροφοδοτούνται μέσω ηλεκτρονικών μετατροπών ισχύος. Για τους παραπάνω λόγους, ο τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα αποτελεί σήμερα τη δεσπόζουσα κατηγορία στους κινητήρες για πλήθος βιομηχανικών εφαρμογών.

Οι επαγωγικοί κινητήρες λειτουργούν με τον εξής τρόπο, ο οποίος διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τον N. Tesla στα τέλη του 19ου αιώνα: Το τύλιγμα του στάτη τροφοδοτείται με τριφασικό ρεύμα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται στο εσωτερικό του κινητήρα, στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Περνώντας το πεδίο αυτό από τους αγωγούς του δρομέα, επάγει πάνω τους τάση, η οποία με τη σειρά της δημιουργεί ρεύματα μέσα στους αγωγούς. Έτσι αναπτύσσονται δυνάμεις που ασκούν ροπή στο δρομέα, στη φορά που στρέφεται το μαγνητικό πεδίο. Ο κινητήρας λοιπόν ξεκινά να κινείται σε μια ταχύτητα η οποία θα είναι πάντα μικρότερη από την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Για αυτό και ονομάζονται ασύγχρονοι κινητήρες. Μάλιστα, η διαφορά αυτή των στροφών, του

στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου και του δρομέα, ονομάζεται ολίσθηση. Ένας επαγωγικός κινητήρας δεν είναι απαραίτητο να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα διέγερσης για να κινηθεί.

Για να αρχίσει να περιστρέφεται ένας ασύγχρονος κινητήρας πρέπει στο εσωτερικό του να αναπτυχθεί ροπή εκκίνησης μεγαλύτερη από τις ροπές αντίδρασης. Το ρεύμα εκκίνησης που χρειάζεται για να αναπτυχθεί αυτή η ροπή όταν ο κινητήρας δουλεύει υπό φορτίο, μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο από το ονομαστικό του ρεύμα. Αυτό το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης προκαλεί πτώση τάσης και μεγάλες απώλειες ισχύος, φαινόμενα τα οποία μπορεί να διορθώσει ως ένα βαθμό η χρήση ρυθμιστή στροφών, όπως θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο 3 της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Γενικότερα το ρεύμα εκκίνησης μπορεί να μειωθεί, μειώνοντας την τάση εισόδου ή αυξάνοντας τις ωμικές αντιστάσεις του δρομέα ή του στάτη.

Επιγραμματικά οι μέθοδοι εκκίνησης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα κλωβού είναι:

- η απευθείας εκκίνηση,
- η εκκίνηση αστέρα τριγώνου,
- η εκκίνηση μέσω αυτομετασχηματιστή,
- η ηλεκτρονική ρύθμιση της τάσης.

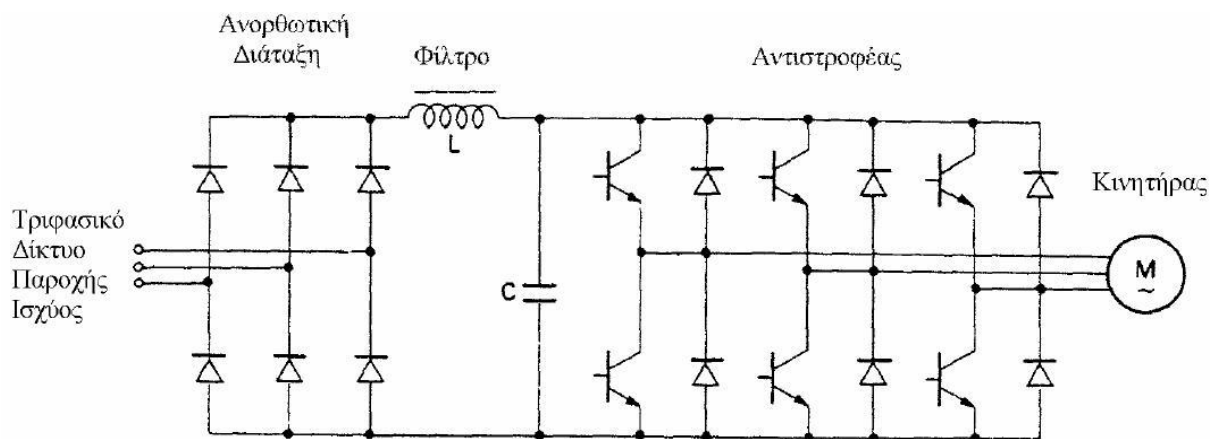
1.2 Έλεγχος Τριφασικού Ασύγχρονου Κινητήρα Κλωβού

Η μεταβολή και ο έλεγχος της ταχύτητας του δρομέα ενός ασύγχρονου κινητήρα πραγματοποιείται συνήθως με κάποιον από τους παρακάτω τρόπους:

- Με την μεταβολή της ολίσθησης της μηχανής η οποία επιτυγχάνεται συνήθως με την μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας. Ο τρόπος αυτός επιτρέπει μικρή μεταβολή της ταχύτητας του δρομέα.
- Με την μεταβολή του αριθμού των πόλων του τυλίγματος του στάτη. Για να είναι εφικτή η αλλαγή του αριθμού των πόλων του κινητήρα θα πρέπει ο κινητήρας να διαθέτει πολύπλοκα τυλίγματα όπως τα τυλίγματα Dahlander ή να διαθέτει διπλή περιέλιξη. Και πάλι όμως η ρύθμιση είναι εξαιρετικά περιορισμένη (2 επίπεδα ταχυτήτων).
- Η ριζική λύση για το πρόβλημα της ρύθμισης των στροφών σε ευρύτατα όρια (από εκκίνηση μέχρι και πέρα των ονομαστικών στροφών) μας παρέχεται σήμερα από τους ρυθμιστές στροφών, που βασίζονται σε ηλεκτρονικά ισχύος. Από τη θεωρία των ηλεκτρικών μηχανών είναι γνωστό ότι: $n_r = f/p * (1 - s)$ όπου
 - n_r : στροφές δρομέα
 - f : η συχνότητα τροφοδοσίας στάτη
 - p : αριθμός ζευγών μαγνητικών πόλων στάτη
 - s : ολίσθηση

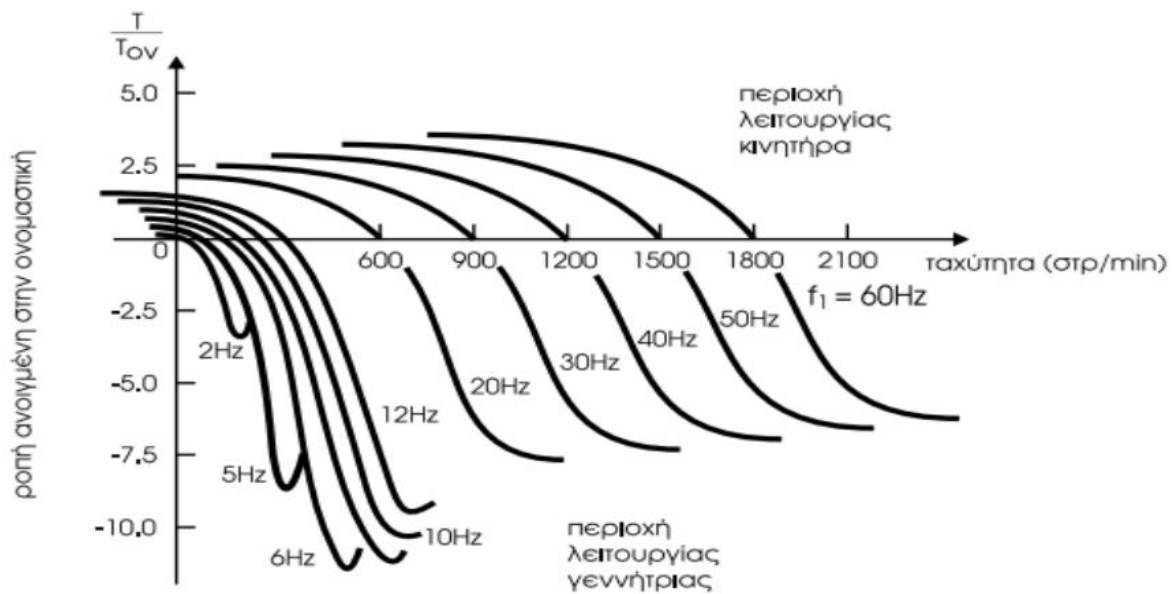
Με τους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές στροφών μπορούμε να μεταβάλουμε σε ευρύτατα όρια (από 0 Hz μέχρι πολύ πάνω από τα 50 Hz) τη συχνότητα τροφοδοσίας άρα και τις στροφές.

Μεταβάλλοντας όμως τη συχνότητα της τάσης του στάτη μεταβάλλονται και οι αντιστάσεις μαγνήτισης της μηχανής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αλλάζει και το ρεύμα του κινητήρα. Κατά συνέπεια ο λόγος τάσης/συχνότητας (V/f) πρέπει να είναι σταθερός και ορίζεται από τα ονομαστικά μεγέθη που έχει ο κινητήρας στην πινακίδα του. Στην εικόνα 1-7 φαίνεται μια διάταξη που επιτυγχάνει αυτό το αποτέλεσμα. Η εναλλασσόμενη τάση τροφοδοσίας αφού ανορθωθεί, εξομαλύνεται ώστε να γίνει συνεχής. Έπειτα στον αντιστροφέα, και με τον κατάλληλο προγραμματισμό των παλμών έναυσης των ημιαγωγικών διακοπών, μετατρέπεται ξανά σε εναλλασσόμενη τάση, αυτή τη φορά όμως με διαφορετική συχνότητα και ενεργό τιμή.



Εικόνα 1-7: Τριφασικός ρυθμιστής στροφών

Ο λόγος V/f μας δίνει μια χαρακτηριστική στην οποία για κάθε τιμή τάσης αντιστοιχεί μία τιμή συχνότητας. Για την ακρίβεια, τα δύο αυτά μεγέθη αφορούν την εναλλασσόμενη τάση εξόδου από τον αντιστροφέα του ρυθμιστή στροφών που είναι ταυτόχρονα η τάση τροφοδοσίας του κινητήρα. Επομένως ο λόγος V/f αναφέρεται στην ενεργό τιμή της τάσης προς την συχνότητα της παραγόμενης εναλλασσόμενης τάσης. Ανάλογα με την φύση του φορτίου η χαρακτηριστική V/f του ρυθμιστή στροφών μπορεί να είναι γραμμική ή τετραγωνική (square law). Επίσης στην περίπτωση της γραμμικής χαρακτηριστικής μπορεί είτε να έχει σταθερή κλίση είτε η κλίση της να μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο του κινητήρα. Οι δυνατότητες αυτές θα περιγραφούν στο επόμενο κεφάλαιο λεπτομερώς σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες παραμέτρους του Commander SK.

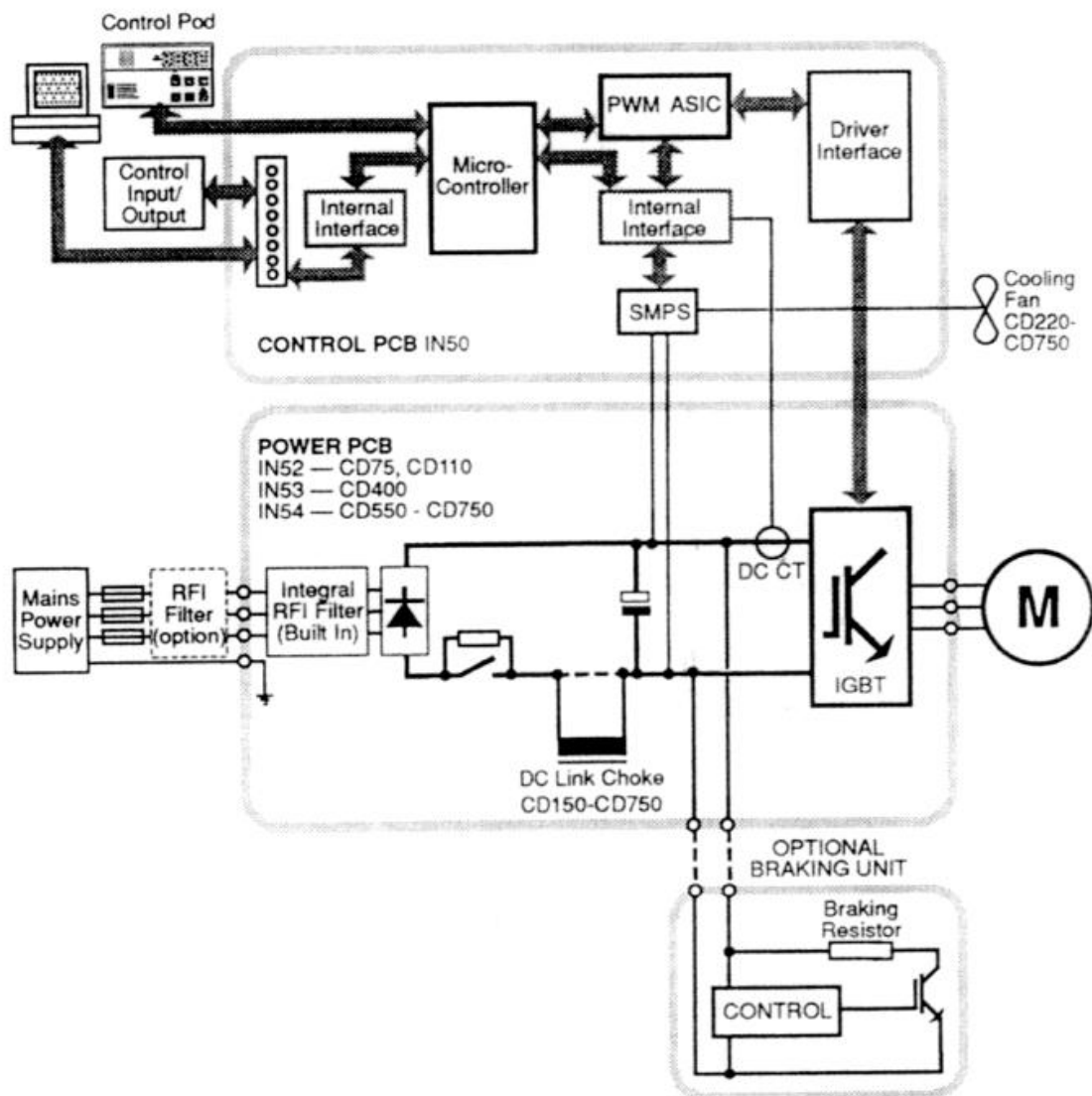


Εικόνα 1-8: Καμπύλες Ροπής – Στροφών ενός επαγωγικού κινητήρα καθώς μεταβάλεται η συχνότητα

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1-8, όσο μεγαλώνει η συχνότητα τόσο η καμπύλη ροπής – στροφών μετατοπίζεται προς τα δεξιά. Επίσης αλλάζει και το σημείο λειτουργίας του κινητήρα, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να ελέγχει τη μεταβολή των στροφών του. Περισσότερα για τον έλεγχο ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα από έναν ρυθμιστή στροφών αναφέρονται στα επόμενα δύο κεφάλαια της πτυχιακής εργασίας.

1.3 Ρυθμιστές Στροφών

Στην εικόνα 1-9 παρουσιάζεται το Block Diagram ενός ρυθμιστή στροφών όμοιου με τον Commander SK που απασχολεί αυτήν την εργασία. Το συγκεκριμένο Block Diagram χωρίζεται σε δύο τμήματα: Το τμήμα ισχύος Power PCB και το τμήμα ελέγχου Control PCB. Στο τμήμα ισχύος πραγματοποιούνται οι μετατροπές της συχνότητας και της τάσης για να επιτευχθεί η απαιτούμενη ρύθμιση των στροφών του τριφασικού κινητήρα. Η λειτουργία του τμήματος ελέγχου βασίζεται σε ένα μικροελεγκτή και στοχεύει στην παραγωγή των κατάλληλων παλμών για την διακοπτική λειτουργία των τρανζίστορ ισχύος του τριφασικού αντιστροφέα. Επιπλέον στην εικόνα 1-9 απεικονίζεται η μονάδα πέδησης (Breaking Unit), αλλά δεν είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του ρυθμιστή στροφών και μπορεί να συνδεθεί έπειτα από επιθυμία του χρήστη με σκοπό την ομαλή πέδηση του κινητηρίου συστήματος.



Εικόνα 1-9: Block Diagram ρυθμιστή στροφών

Κεφάλαιο 2

Ο ρυθμιστής στροφών Commander SK

2.1 Εισαγωγή

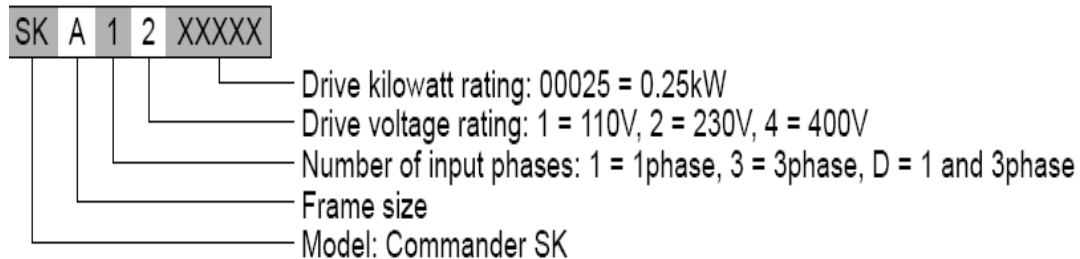
Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο έλεγχος ενός τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα μέσω ενός ρυθμιστή στροφών. Εν προκειμένω χρησιμοποιείται ένας ρυθμιστής στροφών Commander SK SKC-3400220 της εταιρίας Control Techniques (εικόνα 2-1). Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2-2 ο αριθμός SKC-3400220 είναι μία κωδικοποίηση για τα τεχνικά χαρακτηριστικά που έχει ο ρυθμιστής στροφών ενώ φαίνεται κι η γενικότερη φιλοσοφία κωδικοποίησης της κατασκευάστριας εταιρίας. Ο εν λόγω ρυθμιστής στροφών είναι σχεδιασμένος για να ελέγχει την ταχύτητα κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος μέσω διανυσματικού ελέγχου. Συνδέεται σε τριφασική εναλλασσόμενη τάση 400V από το δίκτυο, η οποία έχει μια συγκεκριμένη συχνότητα (50Hz για την Ευρώπη, 60 Hz για τις ΗΠΑ). Την τάση αυτή την ανορθώνει κάνοντάς τη συνεχή. Έπειτα την περνά μέσα από ένα κύκλωμα



Εικόνα 2-1: Ρυθμιστής Στροφών Commander SK

αντιστροφέα με ισχυρούς και γρήγορους ημιαγωγικούς διακόπτες. Στην περίπτωση του Commander SK πρόκειται για τρανζίστορ IGBT που δημιουργούν ανάλογα με το άνοιγμα και το κλείσιμο τους την επιθυμητή συχνότητας εναλλασσόμενη τάση εξόδου.

Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής στροφών έχει την δυνατότητα να παράγει τάση με ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων, που για το συγκεκριμένο μοντέλο κυμαίνεται από 0 έως 550 Hz.

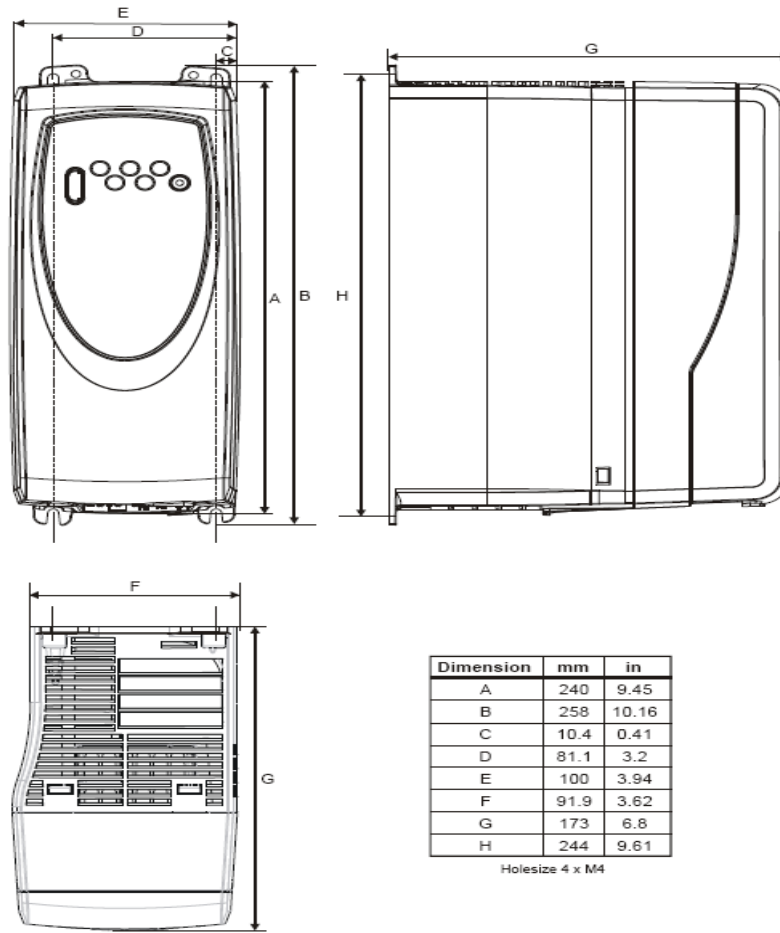


Model Number	Nominal motor power		Maximum input fuse rating A	Typical full load input current A	Maximum continuous input current A	100 % RMS output current A	150 % overload current for 60 s A	Minimum braking resistor value Ω
	kW	hp				Heavy Duty		
SKB3400037	0.37	0.5	6	1.7	2.5	1.3	1.95	100
SKB3400055	0.55	0.75	6	2.5	3.1	1.7	2.55	100
SKB3400075	0.75	1.0	6	3.1	3.75	2.1	3.15	100
SKB3400110	1.1	1.5	6	4.0	4.6	2.8	4.2	100
SKB3400150	1.5	2.0	10	5.2	5.9	3.8	5.7	100
SKC3400220	2.2	3.0	16	7.3	9.6	5.1	7.65	100
SKC3400300	3.0	3.0	16	9.5	11.2	7.2	10.8	55
SKC3400400	4.0	5.0	16	11.9	13.4	9.0	13.5	55
SKD3400550	5.5	7.5	16	12.4	14.3	13.0	19.5	53
SKD3400750	7.5	10.0	20	15.6	16.9	16.5	24.75	53

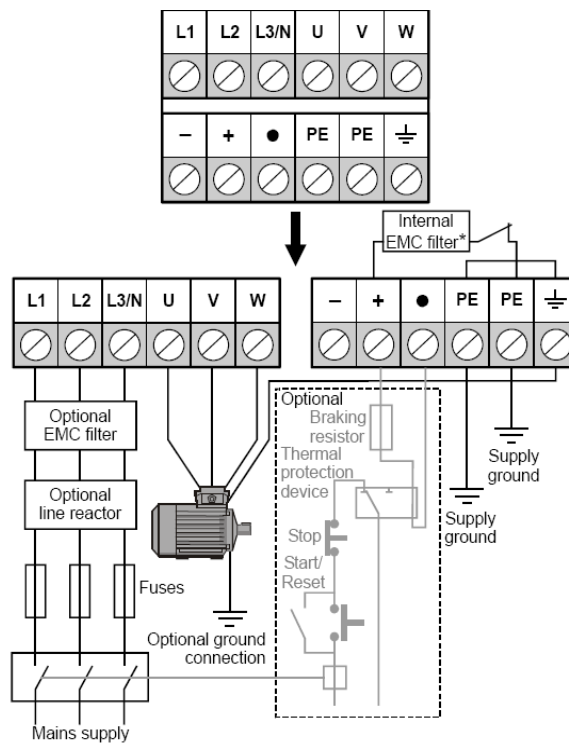
Εικόνα 2-2: Κωδικοποίηση Ονομασίας του Commander SK

Ονομαστική Ισχύς	2.2 kW , 3.0 hp
Τάση Εξόδου	0 – 480 V
Συχνότητα Εξόδου	0 – 550 Hz
RMS Ρεύμα Εξόδου	5,1 A
Ρεύμα Υπερφόρτωσης για 60 sec σε ποσοστό 150%	7,7 A
Ρεύμα Εισόδου για πλήρες φορτίο	7,3 A
Μέγιστο συνεχόμενο Ρεύμα Εισόδου	9,6 A
Βάρος	2,1 Kg
Φίλτρο ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC Filter)	Ναι

Πίνακας 2-1: Τεχνικά χαρακτηριστικά Commander SKC-3400220

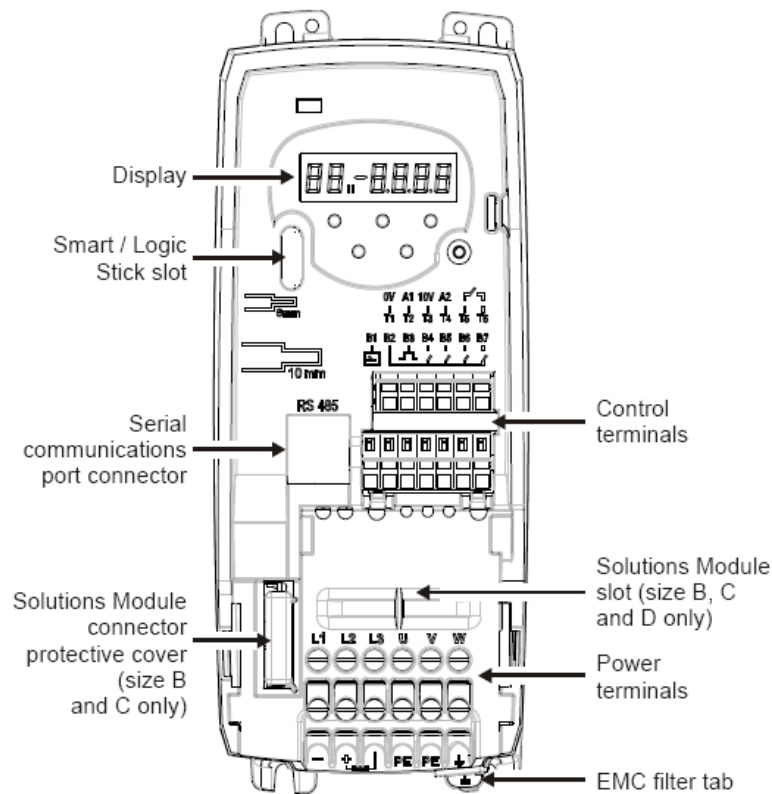


Εικόνα 2-3: Διαστάσεις Ρυθμιστή Στροφών Commander SKC3400220



Εικόνα 2-4: Ηλεκτρική Σύνδεση P/Σ Commander SKC3400220

Στην εικόνα 2-3 απεικονίζονται η πρόσοψη, η κάτωψη καθώς και η πλάγια όψη του ρυθμιστή στροφών. Διακρίνεται επίσης ένας πίνακας με τις εξωτερικές διαστάσεις του ρυθμιστή στροφών. Στην εικόνα 2-4 παρουσιάζεται η ηλεκτρική του σύνδεση ενώ στην εικόνα 2-5 παρουσιάζονται τα τμήματα του ρυθμιστή στροφών.



Εικόνα 2-5: Τα τμήματα του Commander SK

2.2 Πληκτρολόγιο και Ενδεικτική Οθόνη

Στο επάνω μέρος του αντιστροφέα υπάρχει ένα πληκτρολόγιο και μια ενδεικτική οθόνη (εικόνα 2-6). Στην οθόνη αυτή παρουσιάζεται η κατάσταση του, η έξοδός του – σε συχνότητα, στροφές ανά λεπτό ή η στιγμιαία ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος – και η τιμή της επιλεγμένης από τον χρήστη παραμέτρου.

- Με το πλήκτρο **M** (Mode) γίνεται η μετάβαση μεταξύ των υποστηριζόμενων συνόλων του ρυθμιστή στροφών.
- Με τα πλήκτρα **Πάνω** (\wedge) και **Κάτω** (\vee) επιλέγονται οι παράμετροι και αυξομειώνονται οι τιμές τους. Επίσης, όταν για την αυξομείωση της ταχύτητας έχει επιλεγθεί (παράμετρος 05 στην τιμή Pad) να χρησιμοποιηθεί το ενσωματωμένο πληκτρολόγιο, τα πλήκτρα αυτά επιτρέπουν την αύξηση ή την μείωση της ταχύτητας.
- Με το πλήκτρο **I** τίθεται σε λειτουργία ο ρυθμιστής στροφών εφόσον έχει επιλεγθεί ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών να πραγματοποιείται μέσω του πληκτρολογίου.

- Με το πλήκτρο **O** απενεργοποιείται ο ρυθμιστής στροφών εφόσον έχει επιλεγθεί ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών να πραγματοποιείται μέσω του πληκτρολογίου. Επίσης το πλήκτρο αυτό χρησιμοποιείται και για την επανεκκίνηση του ρυθμιστή στροφών όταν προκύψει κάποιο σφάλμα ανεξάρτητα από το αν ελέγχεται ο ρυθμιστής στροφών μέσω του πληκτρολογίου ή ελέγχεται από κάποιο εξωτερικό κύκλωμα που αξιοποιεί τους ακροδέκτες ελέγχου.



Εικόνα 2-6: Πληκτρολόγιο και ενδεικτική οθόνη αντιστροφέα Commander SK

Η οθόνη του συγκεκριμένου ρυθμιστή στροφών υποστηρίζει τρεις διαφορετικούς τρόπους διαμόρφωσης:

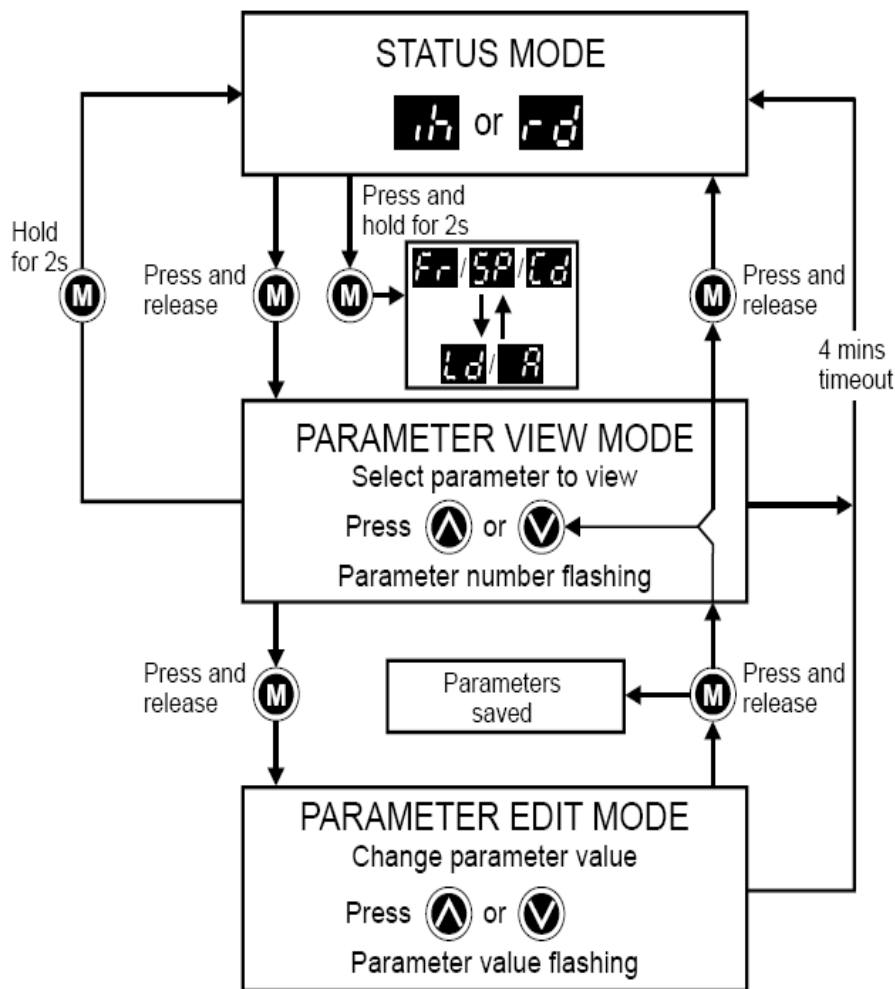
1. **Διαμόρφωση Κατάστασης:** Φαίνεται η κατάσταση του ρυθμιστή στροφών. Αν ο ρυθμιστής στροφών είναι σε λειτουργία, δηλαδή τροφοδοτεί με τάση τον κινητήρα τότε στην οθόνη φαίνεται ή η σύγχρονη ταχύτητα ή η συχνότητα της τάσης ή η ένταση του ρεύματος ή το ποσοστό φόρτισης του κινητήρα. Αν ο ρυθμιστής στροφών είναι σταματημένος τότε στην οθόνη εμφανίζεται αν ο ρυθμιστής στροφών είναι σε αναμονή ή το σφάλμα που προκάλεσε το σταμάτημα του ρυθμιστή στροφών και κατά επέκταση του κινητήρα.

2. **Διαμόρφωση παρακολούθησης παραμέτρων:** Με αυτή την λειτουργία ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει σε καθεμιά από τις διαθέσιμες παραμέτρους του ρυθμιστή στροφών και να παρατηρήσει την τιμή της. Στο αριστερό τμήμα της οθόνης φαίνεται ο αύξων αριθμός της παραμέτρου και στο δεξιό η τιμή της.

3. **Διαμόρφωση επεξεργασίας παραμέτρων:** Με αυτή την λειτουργία ο χρήστης μπορεί να επεξεργάζεται και να αλλάζει την τιμή παραμέτρου που επέλεξε κατά την διαμόρφωση παρακολούθησης παραμέτρων.

Οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν από το πληκτρολόγιο και να φανούν στην οθόνη του αντιστροφέα είναι οι ακόλουθες (εικόνα 2-7):

- Κρατώντας το πλήκτρο **M** πατημένο για δύο δευτερόλεπτα όταν η οθόνη βρίσκεται στην διαμόρφωση κατάστασης, αλλάζει το μέγεθος που εμφανίζεται στην οθόνη από την ταχύτητα στην ένταση και αντιστρόφως. Η ένδειξη στην οθόνη μπορεί να αναφέρεται σε ταχύτητα ή σε συχνότητα, κάτι που ορίζεται στην παράμετρο 23.
- Πατώντας απλά το πλήκτρο **M** όταν η οθόνη βρίσκεται σε διαμόρφωση κατάστασης τότε περνά σε διαμόρφωση παρακολούθησης παραμέτρων. Σε αυτή την περίπτωση στο αριστερό τμήμα της οθόνης, φαίνεται ο αριθμός της παραμέτρου ο οποίος αναβοσβήνει ενώ στο δεξίο τμήμα η τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου. Μέσω των πλήκτρων **Πάνω** – **Κάτω** ο χρήστης μπορεί να περάσει από την μία παράμετρο στην άλλη και να παρατηρεί την τιμή τους.



Εικόνα 2-7: Σχηματική απεικόνιση ενεργειών στο πληκτρολόγιο του Commander SK

- Εάν όμως πατηθεί άλλη μια φορά το πλήκτρο **M** τότε ξεκινά να αναβοσβήνει η τιμή της παραμέτρου. Στο σημείο αυτό με τη χρήση των πλήκτρων **Πάνω** – **Κάτω** μπορεί να γίνει η ρύθμιση της τιμής της όπως επιθυμεί ο χρήστης. Όταν ρυθμιστεί η τιμή της παραμέτρου και πατηθεί μία φορά το πλήκτρο **M**, η οθόνη γυρίζει στη διαμόρφωση παρακολούθησης παραμέτρων (αναβοσβήνει η παράμετρος στην αριστερή πλευρά) κι αν πατηθεί ακόμα μία φορά επιστρέφει στην διαμόρφωση κατάστασης.

2.3 Ενδείξεις Οθόνης στη Διαμόρφωση Κατάστασης

Όταν η οθόνη βρίσκεται στην αρχική της διαμόρφωση όπου επιδεικνύεται η κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ρυθμιστής στροφών, μπορούν να φαίνονται οι ακόλουθες ενδείξεις στο αριστερό μέρος της οθόνης:

1. Ρυθμιστής στροφών σταματημένος

- **rd** (drive ready): ο ρυθμιστής στροφών είναι έτοιμος και σε αναμονή για να ξεκινήσει.
- **ih** (drive inhibited): ο ρυθμιστής στροφών είναι σταματημένος και δεν μπορεί να εκκινήσει, είτε γιατί δεν έχει κλείσει ο διακόπτης enable/reset (B4), είτε γιατί προηγήθηκε κάποιο σφάλμα (trip). Επίσης το ih εμφανίζεται όταν διακόπτεται η παροχή ρεύματος στον ρυθμιστή στροφών και οδεύει προς κλείσιμο, κάτι το οποίο γίνεται μερικά δευτερόλεπτα μετά, λόγω των πυκνωτών που υπάρχουν στο εσωτερικό του.
- **tr** (drive has tripped): ο ρυθμιστής στροφών έχει σταματήσει λόγο κάποιου σφάλματος. Το αίτιο που προκάλεσε το σφάλμα φαίνεται στο δεξιό μέρος της οθόνης με το αντίστοιχο κωδικό. Για την αναλυτικότερη μελέτη των σφαλμάτων και των αντίστοιχων κωδικών ο χρήστης θα πρέπει να ανατρέξει στο εγχειρίδιο Getting Started Guide του συγκεκριμένου ρυθμιστή στροφών.
- **dc** (DC injection breaking): Ο ρυθμιστής στροφών διοχετεύει συνεχές ρεύμα για την πέδηση - ακινητοποίηση του κινητήρα.

2. Ρυθμιστής στροφών σε λειτουργία

Ενδείξεις Ταχύτητας

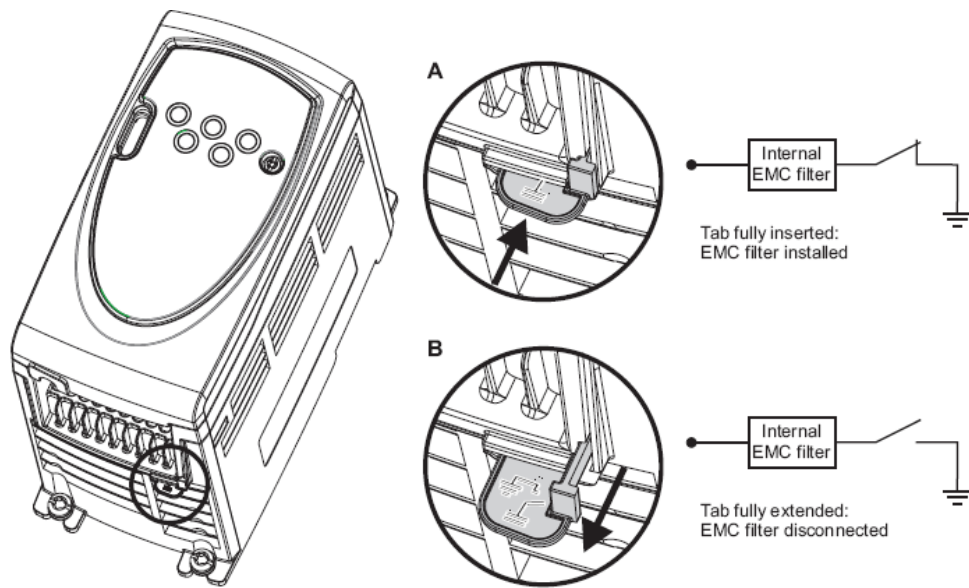
- **Fr**: συχνότητα εξόδου σε Hz
- **SP**: σύγχρονη ταχύτητα σε rpm
- **Cd**: ταχύτητα μηχανής σε μονάδες ορισμένες και βαθμονομημένες από τον χρήστη

Ενδείξεις Έντασης

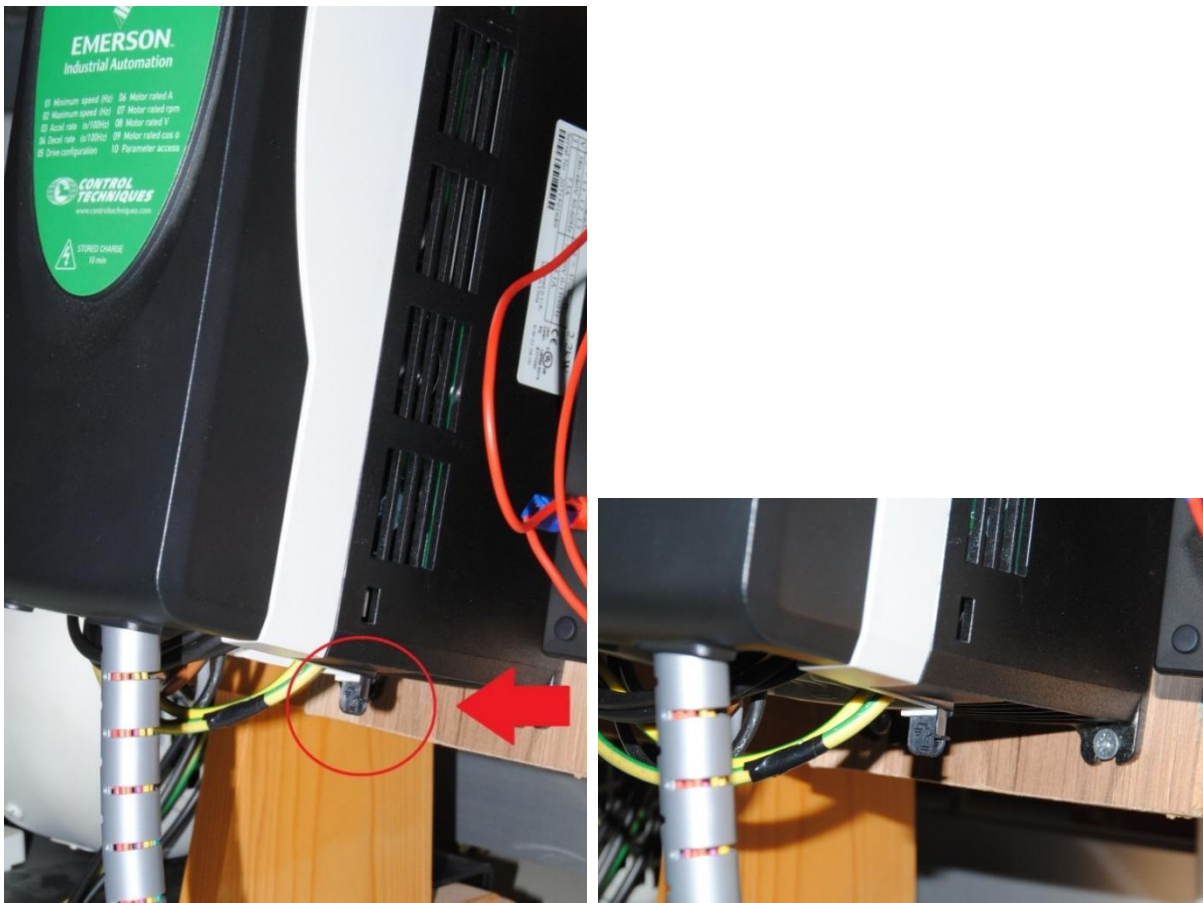
- **Ld**: ένταση ρεύματος σαν επί της % ποσοστό του ονομαστικού ρεύματος της μηχανής. Στην πραγματικότητα δείχνει το πόσο φορτισμένος είναι ο κινητήρας.
- **A**: ένταση ρεύματος εξόδου του ρυθμιστή στροφών ανά φάση σε A

2.4 Φίλτρο Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας

Ο Commander SK διαθέτει φίλτρο ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (εικόνες 2-8 και 2-9). Η δουλειά του φίλτρου αυτού είναι να μειώνει τις εκπομπές ραδιοσυχνοτήτων που κάνουν παρεμβολές στην κύρια τροφοδοσία κι αυτό αφορά κυρίως βιομηχανικές χρήσεις του ρυθμιστή στροφών όπου η απόστασή του από τους κινητήρες που ελέγχει μπορεί να είναι μεγάλη, κάτι που αυτομάτως σημαίνει και μεγάλο μήκος καλωδίων. Στο εργαστήριο, όπου τα μακρύτερα καλώδια έχουν μήκος γύρω στο ένα μέτρο, το φαινόμενο αυτό δεν είναι το ίδιο έντονο, αλλά ακόμα και σε αυτή την περίπτωση εξακολουθεί να δημιουργεί προβλήματα. Αν



Εικόνα 2-8: Φίλτρο Η/Μ Συμβατότητας στον Commander SK

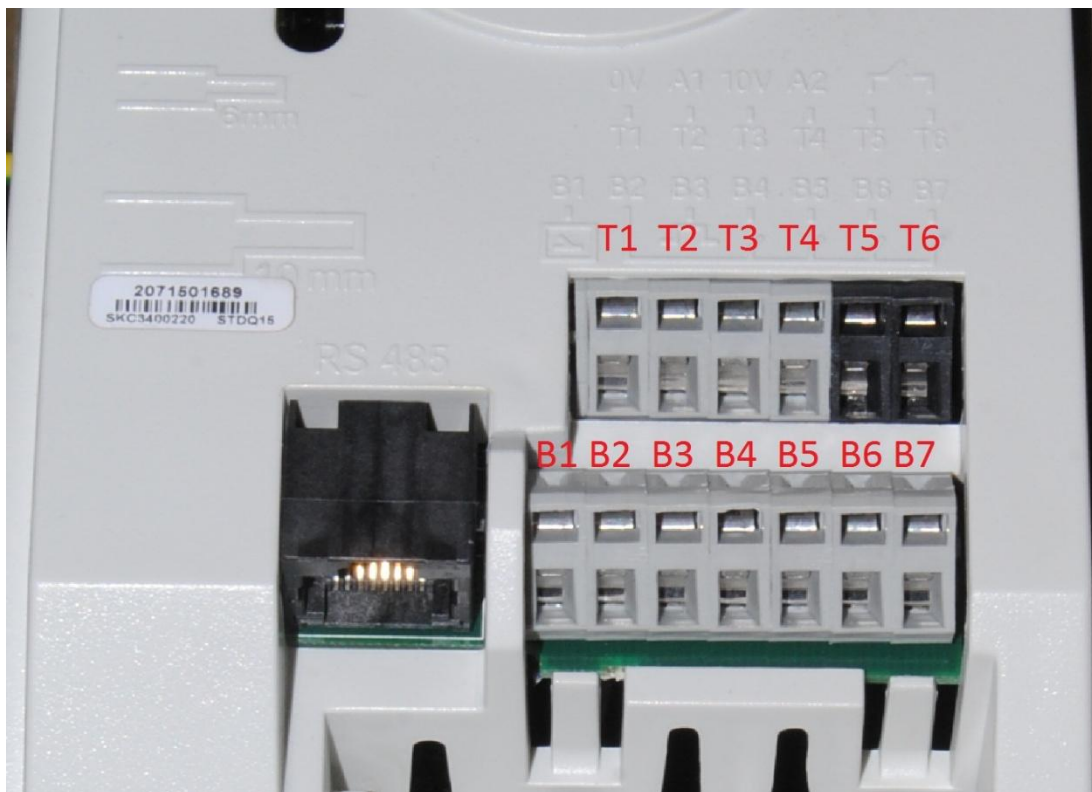


Εικόνα 2-9: Φίλτρο Η/Μ Συμβατότητας

το φίλτρο είναι ενεργοποιημένο τα παρασιτικά αυτά ρεύματα γειώνονται. Έτσι παρατηρείται το φαινόμενο, αν στην ίδια ηλεκτρική εγκατάσταση υπάρχει Διακόπτης Διαφυγής Έντασης, ο τελευταίος να ενεργοποιείται και να διακόπτει την τροφοδοσία. Για αυτό και το φίλτρο δε θα πρέπει να ενεργοποιείται σε τέτοια περίπτωση. Στην εικόνα 2-8 φαίνεται πώς μπορεί να τίθεται σε λειτουργία και να αφαιρείται το συγκεκριμένο φίλτρο.

2.5 Ακροδέκτες Ελέγχου

Ο ρυθμιστής στροφών διαθέτει 13 ακροδέκτες ελέγχου (control terminals), οι συνδέσεις των οποίων καθορίζουν και τον τρόπο λειτουργίας του. Τα κυκλώματα που μπορούν να υλοποιηθούν μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου και άλλων στοιχείων (π.χ. διακόπτες) είναι πολλά και δίνουν στο χρήστη ένα εύρος διαφορετικών μεθόδων ελέγχου. Αυξομείωση της ταχύτητας μέσω ποτενσιομέτρου, αλλαγή φοράς περιστροφής και προεπιλεγμένες ταχύτητες είναι κάποιες από τις δυνατότητες που προσφέρουν. Επιγραμματικά κάθε ακροδέκτης ονομάζεται και έχει ρόλο όπως φαίνεται παρακάτω:

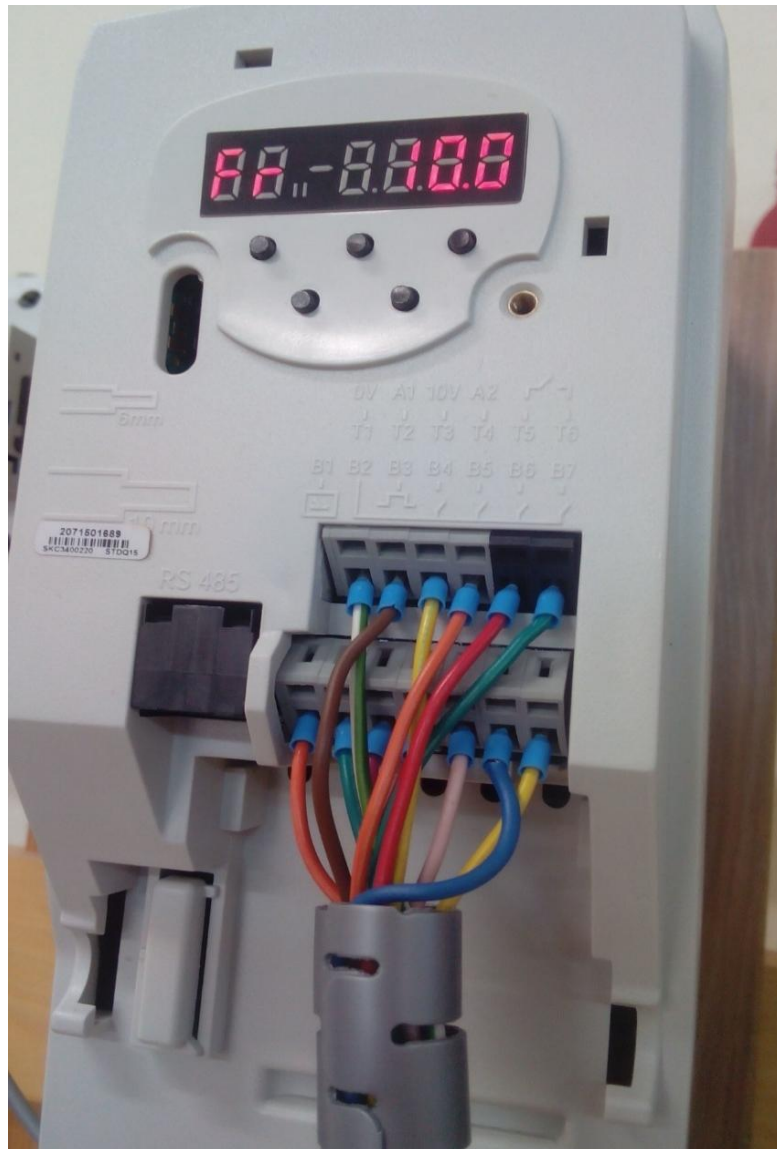


Εικόνα 2-10: Ακροδέκτες ελέγχου του Commander SK

Ομάδα T

- T1 0 Volts Κοινός ακροδέκτης (Common terminal)
- T2 Αναλογική Είσοδος 1 (A1) που δέχεται είτε τάση είτε ένταση. Το εύρος τιμών στο οποίο δουλεύει ρυθμίζεται από την παράμετρο 16
- T3 +10 Volts έξοδος της τάσης αναφοράς. Ο ακροδέκτης αυτό προσφέρει μέγιστο ρεύμα 5mA.

- T4 Αναλογική Είσοδος 2 (A2) που δέχεται τάση. Ο συγκεκριμένος ακροδέκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ψηφιακή είσοδος.
- T5 και T6 είναι μια κανονικά ανοιχτή (NO – Normally Open) επαφή του ρελέ κατάστασης που διαθέτει ο ρυθμιστής στροφών. Η επαφή αυτή κλείνει όταν ο ρυθμιστής στροφών σταματήσει να λειτουργεί λόγω κάποιου σφάλματος.



Εικόνα 2-11: Άποψη των ακροδεκτών ελέγχου, συνδεδεμένων στον πίνακα ελέγχου

Ομάδα Β

- B1 Αναλογική έξοδος τάσης η οποία σχετίζεται με την ταχύτητα της μηχανής και παίρνει τιμές από 0 έως 10V με μέγιστο ρεύμα 5mA.
- B2 Έξοδος +24 Volts με μέγιστο ρεύμα 100mA
- B3 Ψηφιακή Έξοδος η οποία δείχνει αν ο κινητήρας στρέφεται ή όχι (Μηδενική Ταχύτητα)

- B4 Ψηφιακή Είσοδος για την ενεργοποίηση ή την επανεκκίνηση του ρυθμιστή στροφών.
- B5 Ψηφιακή Είσοδος που καθορίζει αν η φορά περιστροφής θα είναι δεξιόστροφη (κίνηση εμπρός – Forward)
- B6 Ψηφιακή Είσοδος που καθορίζει αν η φορά περιστροφής θα είναι αριστερόστροφη (κίνηση πίσω – Reverse)
- B7 Ψηφιακή Είσοδος για την επιλογή τοπικής ή απομακρυσμένης αναφοράς ταχύτητας αξιοποιώντας μια εκ των αναλογικών εισόδων A1 (T2) ή A2 (T4). Ουσιαστικά επιλέγεται ο τρόπος με τον οποίο ο χρήστης θα καθορίζει την ταχύτητα του κινητήρα.

Αν ο ρυθμιστής στροφών παρουσιάσει σφάλμα και σταματήσει (trip), τότε ανοίγοντας και κλείνοντας ξανά τον διακόπτη που καταλήγει στον ακροδέκτη B4, γίνεται επανεκκίνηση (reset) του ρυθμιστή στροφών. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί δε χρειάζεται να κλείσει και να ξαναοίξει ο ρυθμιστής στροφών από την κεντρική του παροχή. Φυσικά θέλει προσοχή, καθώς αν οι ακροδέκτες B5 και B6 είναι υπό τάση μέσω κάποιων διακοπών, τότε δίνοντας τάση και στον ακροδέκτη B4, ο ρυθμιστής στροφών θα τεθεί σε λειτουργία με αποτέλεσμα ο κινητήρας να κινηθεί.

Όσον αφορά τους ακροδέκτες B5 και B6 που καθορίζουν τη φορά περιστροφής, μπορούν να συνδέονται είτε ξεχωριστά σε δύο διακόπτες των δύο καταστάσεων ON/OFF ή μαζί σε ένα διακόπτη τριών καταστάσεων ON/OFF/ON. Αν συνδεθούν ξεχωριστά τότε όταν και οι δύο διακόπτες είναι ανοιχτοί ο κινητήρας δεν κινείται. Είναι δηλαδή άλλη μια δικλίδα ασφαλείας. Αν συνδεθούν σε διακόπτη τριών καταστάσεων ON/OFF/ON τότε άπαξ και κλείσει ο διακόπτης στο B4, ο κινητήρας κινείται στη φορά που είναι επιλεγμένη εκείνη τη στιγμή μέσω του συγκεκριμένου διακόπτη.

Εναλλακτικά, μετά από σφάλμα μπορεί να γίνει επανεκκίνηση από το πλήκτρο **O (reset)** που βρίσκεται στο πληκτρολόγιο του ρυθμιστή στροφών.

2.6 Παράμετροι

Ο Commander SK έχει 95 βασικές παραμέτρους από τις οποίες οι 80 πρώτες είναι διαθέσιμες για εγγραφή και ανάγνωση (R/W - Read/Write) εκτός από τις παραμέτρους 45,55,56,57,58 και 60 που είναι διαθέσιμες μόνο για ανάγνωση (R/O - Read Only). Ενώ οι τελευταίες 15 παράμετροι είναι διαθέσιμες μόνο για ανάγνωση. Με το σύνολο των παραπάνω παραμέτρων μπορούν να επιλεγούν και να ρυθμιστούν όλες οι βασικές του λειτουργίες του ρυθμιστή στροφών. Οι παράμετροι του Commander SK είναι χωρισμένες σε τρία επίπεδα προσβασιμότητας του χρήστη όπως φαίνεται παρακάτω.

- **Επίπεδο 1**

Παράμετροι 1 – 10: Βασικές παράμετροι ρύθμισης του ρυθμιστή στροφών

- **Επίπεδο 2**

Παράμετροι 11 – 12: Ρύθμιση λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών

Παράμετροι 15 – 21: Παράμετροι αναφοράς

Παράμετροι 22 – 29: Διαμόρφωση ενδείξεων και ηλεκτρολογίου
Παράμετροι 30 – 33: Διαμόρφωση συστήματος
Παράμετροι 34 – 36: Διαμόρφωση ακροδεκτών ελέγχου
Παράμετροι 37 – 42: Επιλογή παραμέτρων του κινητήρα
Παράμετροι 43 – 44: Διαμόρφωση σειριακής επικοινωνίας
Παράμετρος 45 : Έκδοση λογισμικού του ρυθμιστή στροφών
Παράμετροι 46 – 51: Επιλογή παραμέτρων της μηχανικής πέδης
Παράμετροι 52 – 54: Διαμόρφωση πρόσθετου υλικού επικοινωνίας
Παράμετροι 55 – 58: Δείχνουν τα 4 τελευταία σφάλματα του ρυθμιστή στροφών
Παράμετροι 59 – 60: Ενεργοποίηση του PLC προγραμματισμού σε γλώσσα Ladder
Παράμετροι 61 – 70: Η τιμή των παραμέτρων που έχουν οριστεί από το χρήστη στις παραμέτρους 71-80

- **Επίπεδο 3**

Παράμετροι 71 – 80: Παράμετροι ορισμένες από το χρήστη

Παράμετροι 81 – 95: Διαγνωστικές παράμετροι του ρυθμιστή στροφών

Σύμφωνα με το Εγχειρίδιο Προχωρημένου Χρήστη (Advanced User Guide) το σύνολο των παραμέτρων που υποστηρίζει ο Commander SK είναι 687 και απευθύνονται σε προχωρημένους χρήστες. Οι παραπάνω παράμετροι είναι προσβάσιμες στο σύνολό τους μόνο μέσω του λογισμικού που συνοδεύει τον Commander SK και δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη αφενός να ρυθμίσει με λεπτομέρεια την λειτουργία του ρυθμιστή στροφών και αφετέρου να αξιοποιήσει στον μέγιστο βαθμό τις δυνατότητες του Commander SK.

Οι βασικές 95 παράμετροι του Commander SK παρουσιάζονται επιγραμματικά παρακάτω.

Pr. 1 Ελάχιστη Ταχύτητα

Pr. 2 Μέγιστη Ταχύτητα

Pr. 3 Ρυθμός Επιτάχυνσης

Pr. 4 Ρυθμός Επιβράδυνσης

Pr. 5 Διαμόρφωση του Ρυθμιστή Στροφών

Pr. 6 Ονομαστικό Ρεύμα Κινητήρα

Pr. 7 Ονομαστική Ταχύτητα Κινητήρα

Pr. 8 Ονομαστική Τάση Κινητήρα

Pr. 9 Συντελεστής Ισχύος Κινητήρα

Pr. 10 Επίπεδο Πρόσβασης στις Παραμέτρους. Υπάρχουν τέσσερις ομάδες παραμέτρων που είναι προσβάσιμες ανάλογα με το επίπεδο ασφαλείας που επιλέγεται σε αυτήν την παράμετρο. Στο πρώτο επίπεδο είναι προσβάσιμες οι παράμετροι 1-10. Στο δεύτερο επίπεδο οι παράμετροι 1-60 και στο τρίτο όλες. Στο τελευταίο επίπεδο ορίζεται ένας κωδικός ασφαλείας από το χρήστη κι όλες οι παράμετροι

μετατρέπονται σε R/O για μη εξουσιοδοτημένους χρήστες. Ο κωδικός αυτός μπορεί να τεθεί στην παράμετρο 25.

- Pr. 11** **Επιλογή Λογικής Έναρξης/Παύσης.** Σε αυτήν την παράμετρο μπορεί να καθοριστεί ο τρόπος λειτουργίας των ακροδεκτών B4,B5 και B6 καθώς και η λειτουργία μανδάλωσης των αντίστοιχων ακροδεκτών.
- Pr. 12** **Ενεργοποίηση του ελεγκτή φρεναρίσματος.**
- Pr. 13** **Δεν χρησιμοποιείται**
- Pr. 14** **Δεν χρησιμοποιείται**
- Pr. 15** **Αναφορά Χαλαρής Ταχύτητας**
- Pr. 16** **Λειτουργία της Αναλογικής Εισόδου 1.** Καθορίζει το είδος και το εύρος των τιμών της αναλογικής εισόδου 1 (Ακροδέκτης Ελέγχου T2)
- Pr. 17** **Ενεργοποίηση των Αρνητικών Προεπιλεγμένων Ταχυτήτων**
- Pr. 18** **Προεπιλεγμένη Ταχύτητα 1**
- Pr. 19** **Προεπιλεγμένη Ταχύτητα 2**
- Pr. 20** **Προεπιλεγμένη Ταχύτητα 3**
- Pr. 21** **Προεπιλεγμένη Ταχύτητα 4**
- Pr. 22** **Μονάδες απεικόνισης φορτίου (έντασης)**
- Pr. 23** **Μονάδες απεικόνισης ταχύτητας**
- Pr. 24** **Βαθμονόμηση Ταχύτητας από τον Χρήστη.** Ο χρήστης του ρυθμιστή στροφών δύναται να μετρά την ταχύτητα με τη δική του επιθυμητή βαθμονόμηση η οποία όμως σχετίζεται πάντα ως πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο με τις rpm
- Pr. 25** **Κωδικός Ασφαλείας.** Ο κωδικός ασφαλείας ορίζεται αν στην παράμετρο 10 έχει επιλεγεί το τελευταίο επίπεδο πρόσβασης στις παραμέτρους του ρυθμιστή στροφών.
- Pr. 26** **Δεν χρησιμοποιείται**
- Pr. 27** **Κατάσταση του Πληκτρολογίου όταν ο Ρυθμιστής Στροφών Τεθεί Υπό Τάση**
- Pr. 28** **Κλωνοποίηση παραμέτρων**
- Pr. 29** **Φόρτωση Προκαθορισμένων Ρυθμίσεων**
- Pr. 30** **Επιλογή Λειτουργίας Ράμπας**
- Pr. 31** **Επιλογή Τρόπου Σταματήματος**
- Pr. 32** **Επιλογή Δυναμικής V/f Χαρακτηριστικής.** Εδώ επιλέγεται αν η V/f χαρακτηριστική του ρυθμιστή στροφών είναι γραμμική ή δυναμική.
- Pr. 33** **Ανίχνευση αν ο Κινητήρας Ολισθαίνει**
- Pr. 34** **Επιλογή Τρόπου Λειτουργίας του Ακροδέκτη Ελέγχου B7**
- Pr. 35** **Έλεγχος Ψηφιακής Εξόδου (Ακροδέκτης Ελέγχου B3)**
- Pr. 36** **Έλεγχος Αναλογικής Εξόδου (Ακροδέκτης Ελέγχου B1)**
- Pr. 37** **Μέγιστη Διακοπτική Συχνότητα**
- Pr. 38** **Αυτόματος Ρύθμιση**

- Pr. 39 Ονομαστική Συχνότητα Κινητήρα**
- Pr. 40 Αριθμός Πόλων Κινητήρα**
- Pr. 41 Επιλογή Τρόπου Λειτουργίας Τάσης.** Εδώ επιλέγεται το είδος της χαρακτηριστικής V/f του ρυθμιστή στροφών. Μέσα από μία σειρά έξι επιλογών ο χρήστης μπορεί να ορίσει αν η χαρακτηριστική V/f θα είναι γραμμική (επιλογή **Fd**) ή τετραγωνική (επιλογή **SrE**).
- Pr. 42 Ενίσχυση Τάσης στις Χαμηλές Συχνότητες.** Όταν έχει επιλεγεί γραμμική ή τετραγωνική χαρακτηριστική στην παράμετρο 41, ο χρήστης μπορεί να ενισχύσει την τάση στις χαμηλές συχνότητες. Αυτό γίνεται για να μπορέσει να εκκινήσει ο κινητήρας με φορτίο. Θέλει προσοχή γιατί όσο μεγαλύτερο γίνεται το ποσοστό της ενίσχυσης, τόσο μεγαλύτερο γίνεται και το ρεύμα εκκίνησης.
- Pr. 43 Ρυθμός Μετάδοσης της Σειριακής Επικοινωνίας.** Όταν ο ρυθμιστής στροφών συνδεθεί με H/Y μέσω σειριακής θύρας η τιμή αυτής της παραμέτρου θα πρέπει να συμφωνεί με την τιμή που ορίζεται στο αντίστοιχο λογισμικό.
- Pr. 44 Διεύθυνση Σειριακής Επικοινωνίας**
- Pr. 45 Έκδοση Λογισμικού**
- Pr. 46 Κατώφλι Ρεύματος Ελευθέρωσης Πέδησης**
- Pr. 47 Κατώφλι Ρεύματος Εφαρμογής Πέδησης**
- Pr. 48 Συχνότητα Ελευθέρωσης Πέδησης**
- Pr. 49 Συχνότητα Εφαρμογής Πέδησης**
- Pr. 50 Καθυστέρηση πριν την Πέδηση**
- Pr. 51 Καθυστέρηση μετά την Πέδηση**
- Pr. 52 Διεύθυνση Κόμβου του Fieldbus**
- Pr. 53 Ρυθμός Μετάδοσης του Fieldbus**
- Pr. 54 Διαγνωστικά του Fieldbus**
- Pr. 55 Τελευταίο Σταμάτημα Λόγω Σφάλματος (last trip).** Στην παράμετρο αυτή, όπως και στις τρεις επόμενες, φαίνεται η αιτία που προκάλεσε την διακοπή λειτουργίας (trip). Όταν γίνει κάτι τέτοιο ο ρυθμιστής στροφών σταματά να τροφοδοτεί τον κινητήρα. Οι αιτίες που μπορεί να προκαλέσουν trip είναι διάφορες. Για αναλυτική μελέτη τους μπορεί κάποιος να ανατρέξει στον Advanced User Guide.
- Pr. 56 Τελευταίο Σταμάτημα Λόγω Σφάλματος πριν από αυτό της Παραμέτρου 55**
- Pr. 57 Τελευταίο Σταμάτημα Λόγω Σφάλματος πριν από αυτό της Παραμέτρου 56**
- Pr. 58 Τελευταίο Σταμάτημα Λόγω Σφάλματος πριν από αυτό της Παραμέτρου 57**
- Pr. 59 Ενεργοποίηση PLC προγράμματος σε Ladder**
- Pr. 60 Κατάσταση του PLC προγράμματος σε Ladder**
- Pr. 61 Τιμές Επεξεργάσιμης Παραμέτρου 1.** Στις παραμέτρους 61 έως 70 ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την τιμή της αντίστοιχης παραμέτρου που επιθυμεί και έχει θέσει στις παραμέτρους 71 έως 80. Για να γίνει κατανοητή η διαδικασία που ακολουθείται για τις ανωτέρω δύο ομάδες παραμέτρων θα αναφερθεί ένα παράδειγμα. Έστω η παράμετρος 5.17 (αντίσταση στάτη) από τις προχωρημένες ομάδες παραμέτρων. Για να γίνει δυνατή η επεξεργασία αυτής ο χρήστης πάει στην

παράμετρο 71 και θέτει σε αυτή την τιμή 5.17. Εφόσον έγινε αυτό πλέον έχει εμφανιστεί στο μενού του ρυθμιστή στροφών και η παράμετρος 61. Σε αυτή μπορεί να τεθεί η επιθυμητή τιμή της παραμέτρου 71, η οποία ουσιαστικά αντιστοιχεί στην παράμετρο 5.17.

- Pr. 71** **Επεξεργάσιμη Παράμετρος 1.** Στις παραμέτρους 71 έως 80 ο χρήστης μπορεί να θέσει τον αριθμό μίας παραμέτρου, ούτως ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί την τιμή αυτής στην αντίστοιχη παράμετρο από 61 έως 70. Αυτό γίνεται για να μπορούν να δουλεύουν οι προχωρημένες παράμετροι που όπως έχει προαναφερθεί είναι 687. Για αυτό και η μορφή των τιμών που μπορούν να δοθούν είναι αριθμητική τύπου xx.xx.
- Pr. 81** **Επιλεγμένη Συχνότητα Αναφοράς**
- Pr. 82** **Αναφορά Προ – Ράμπας**
- Pr. 83** **Αναφορά Μετά – Ράμπας**
- Pr. 84** **Τάση του DC Link**
- Pr. 85** **Συχνότητα Κινητήρα**
- Pr. 86** **Τάση Κινητήρα**
- Pr. 87** **Ταχύτητα Κινητήρα**
- Pr. 88** **Ρεύμα Κινητήρα**
- Pr. 89** **Ενεργό Ρεύμα Κινητήρα**
- Pr. 90** **Ψηφιακή I/O Λέξη Ανάγνωσης**
- Pr. 91** **Ενδείκτης Αναφοράς Ενεργοποίησης**
- Pr. 92** **Ενδείκτης Επιλογής της Αντίθετης Περιστροφής**
- Pr. 93** **Ενδείκτης Επιλογής της Χαλαρής Ταχύτητας (jog)**
- Pr. 94** **Επίπεδο Αναλογικής Εισόδου 1**
- Pr. 95** **Επίπεδο Αναλογικής Εισόδου 2**

Όσον αφορά τη σύνδεση με H/Y η κατασκευάστρια εταιρία προσφέρει στο χρήστη μία σειρά λογισμικών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση εγκαταστάθηκε το CTSoft που επιτρέπει κυρίως την παραμετροποίηση αλλά και τον ‘χειροκίνητο’ έλεγχο του ρυθμιστή στροφών.

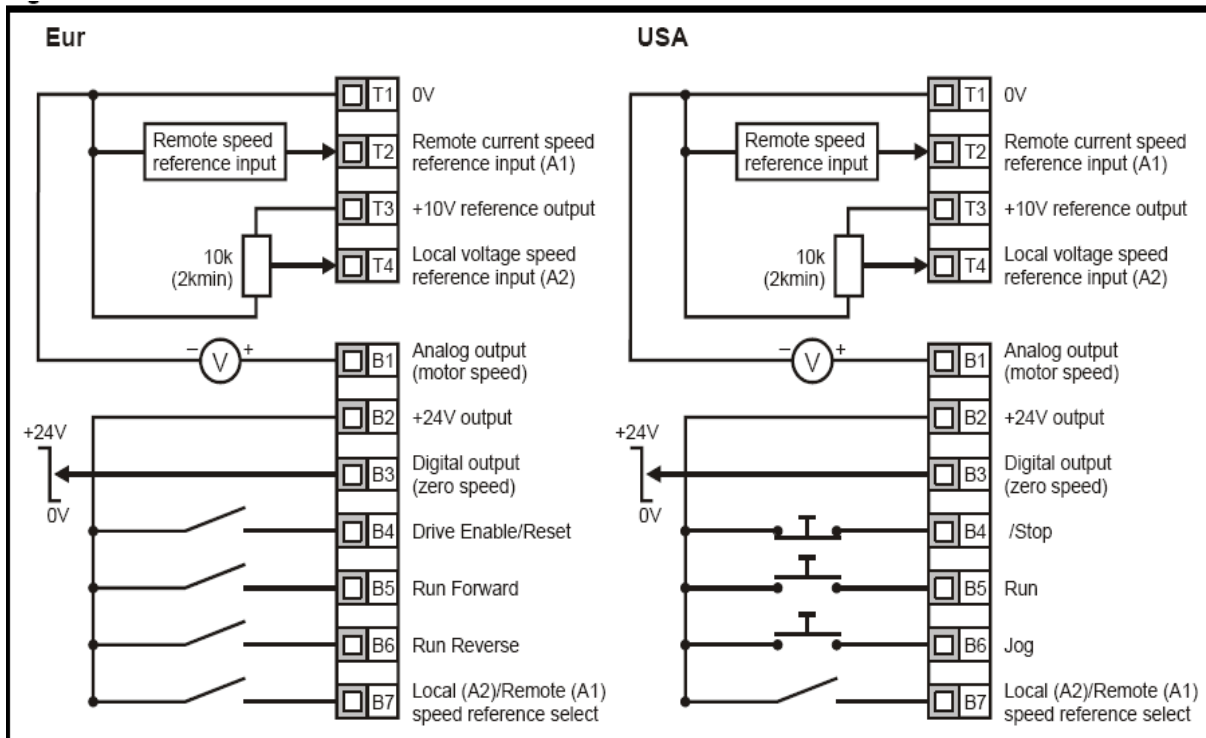
2.6.1 Η παράμετρος 05

Νευραλγική για τον τρόπο λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών είναι η παράμετρος 05. Από αυτήν καθορίζεται πώς θα δουλέψει, επιλέγοντας από απλό χειρισμό με το πληκτρολόγιο που βρίσκεται πάνω στο ρυθμιστή στροφών, μέχρι πολύπλοκη λειτουργία με χρήση απομακρυσμένου PLC.

Σημαντικά είναι δύο σημεία: η τιμή που θα πάρει η παράμετρος 05 και εν συνεχεία τα κυκλώματα που πρέπει να δημιουργηθούν στους ακροδέκτες ελέγχου του ρυθμιστή στροφών ούτως ώστε να μπορούν να δοθούν όλες οι τιμές στην παράμετρο 05 πράγμα που θα σημαίνει και την αξιοποίηση του ρυθμιστή στροφών στο μέγιστο βαθμό.

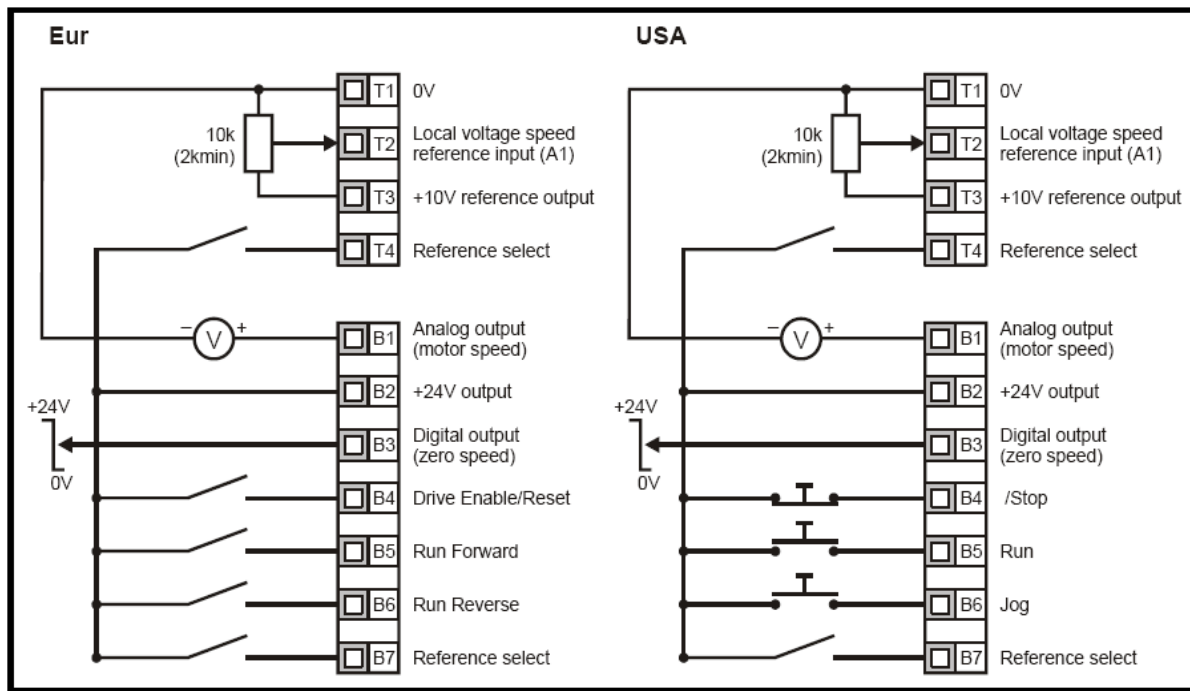
Οι τιμές που μπορεί να δεχθεί η παράμετρος 05, καθώς και τα κυκλώματα που πρέπει να συνδεθούν για να λειτουργήσει σε κάθε τιμή φαίνονται παρακάτω:

1. **AI.AV (voltage and current input):** Με αυτή την τιμή μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ του ελέγχου της τάσης εισόδου μέσω ποτενσιόμετρου, και της τιμής που μας δίνει κάποιο απομακρυσμένο PLC ή άλλη διάταξη. Η επιλογή γίνεται από τον διακόπτη που υπάρχει ανάμεσα στο B2 και B7 σύμφωνα με την εικόνα 2-11



Εικόνα 2-12: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή AI.AV στην παράμετρο 05

2. **AV.Pr (voltage input and 3 preset speeds):** Με αυτή την τιμή ο χρήστης επιλέγει αν θα γίνεται ρύθμιση ταχύτητας μέσω ποτενσιόμετρου ή θα αξιοποιείται μια από τις τρεις προεπιλεγμένες τιμές ταχύτητας. Υπενθυμίζεται πως ο χρήστης μπορεί να θέσει τέσσερις προεπιλεγμένες ταχύτητες στις παραμέτρους 18-21. Βέβαια αν ο χρήστης εργάζεται με το προχωρημένο μενού παραμέτρων οι προεπιλεγμένες ταχύτητες δύνανται να είναι οκτώ και ορίζονται από τις παραμέτρους 1.21 έως 1.28. Η επιλογή μεταξύ χρήσης ποτενσιόμετρου ή προεπιλεγμένων ταχυτήτων γίνεται με συνδυασμό των διακοπών στα T4 και B7 όπως φαίνεται στην εικόνα 2-12 και στον πίνακα 2-2.

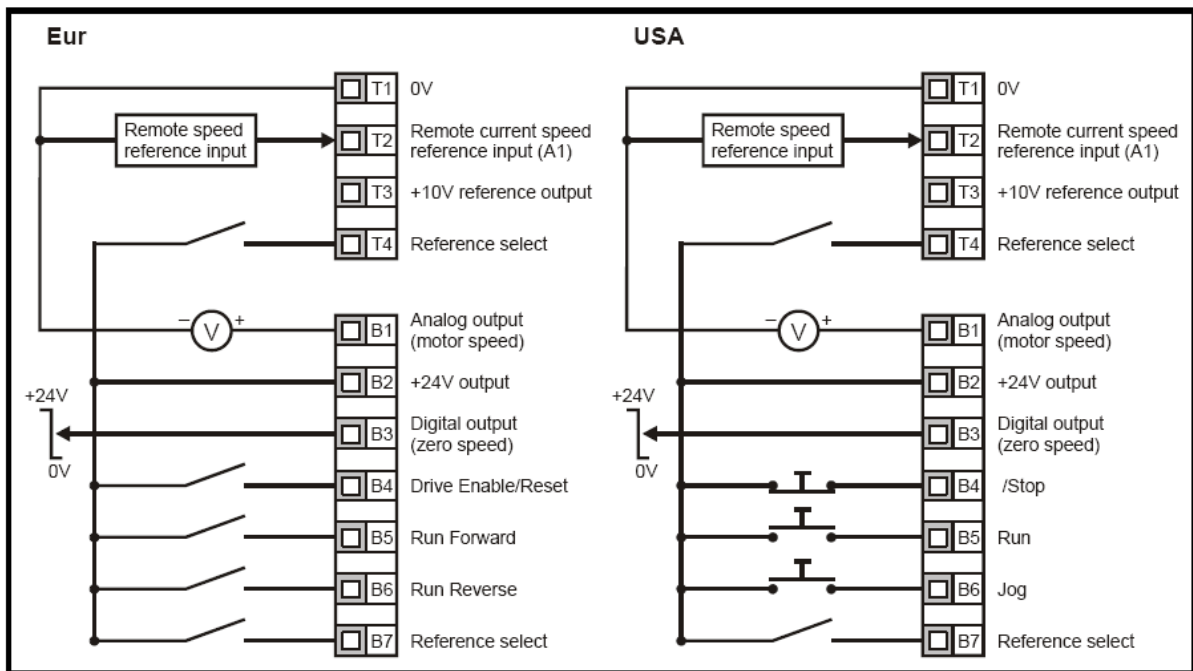


Εικόνα 2-13: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή AV.Pr στην παράμετρο 05

T4	B7	Έλεγχος Ταχύτητας
0	0	Μέσω Ποτενσιόμετρου
0	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 2
1	0	Προεπιλεγμένη Τιμή 3
1	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 4

Πίνακας 2-2: Έλεγχος ταχύτητας όταν είναι επιλεγμένη η τιμή AV.Pr ανάλογα με τον συνδυασμό των διακοπών στους ακροδέκτες T4 και B7

3. **AI.Pr (current input and 3 preset speeds):** Επιλέγοντας AI.Pr δίνουμε τη δυνατότητα στο ρυθμιστή στροφών να ελεγχθεί από πηγή ρεύματος ή να αξιοποιήσει μία από τρεις προκαθορισμένες τιμές ταχύτητας με κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου όπως φαίνονται στην εικόνα 2-13 και στον πίνακα 2-3.

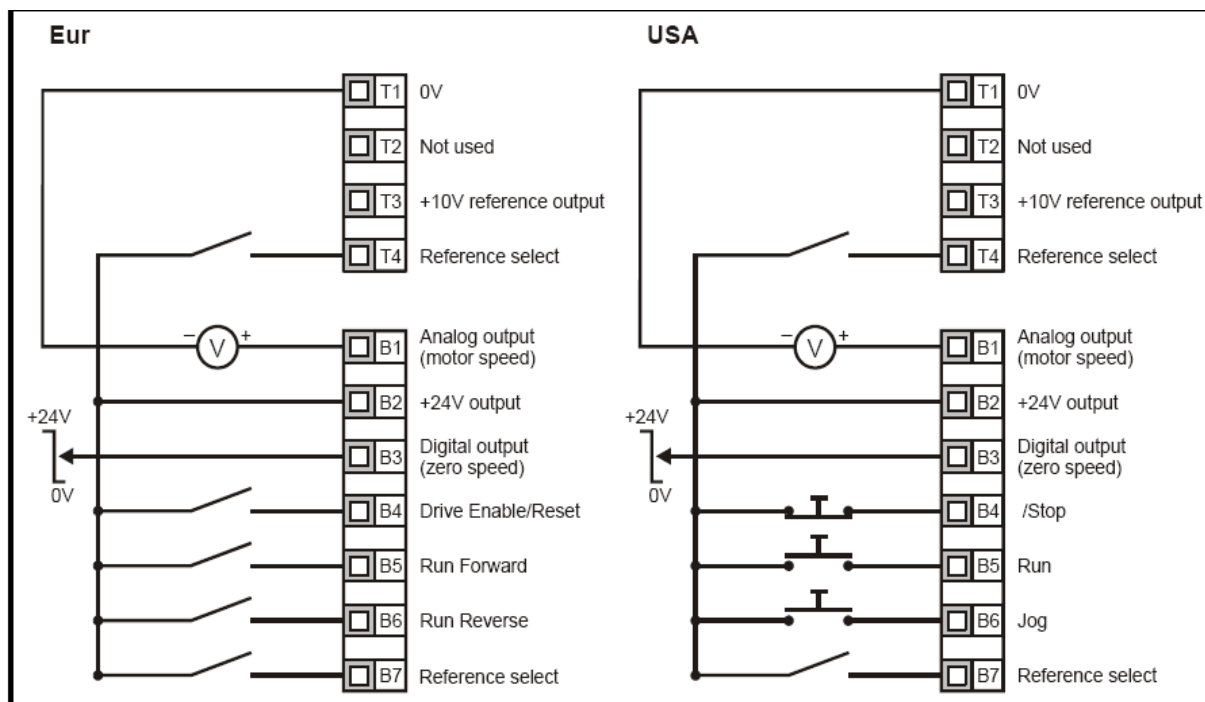


Εικόνα 2-14: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή AI.Pr στην παράμετρο 05

T4	B7	Έλεγχος Ταχύτητας
0	0	Μέσω PLC
0	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 2
1	0	Προεπιλεγμένη Τιμή 3
1	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 4

Πίνακας 2-3: Έλεγχος ταχύτητας όταν είναι επιλεγμένη η τιμή AI.Pr ανάλογα με τον συνδυασμό των διακοπτών στους ακροδέκτες T4 και B7

4. **Pr (4 preset speeds):** Με αυτή την τιμή ο ρυθμιστής στροφών δουλεύει με μια από τις τέσσερις προκαθορισμένες τιμές ταχύτητας, ανάλογα με το συνδυασμό των διακοπτών που συνδέονται στους ακροδέκτες ελέγχου T4 και B7. Στην εικόνα 2-14 φαίνονται τα απαραίτητα κυκλώματα που πρέπει να υλοποιηθούν ούτως ώστε να γίνει ο έλεγχος της ταχύτητας κατά αυτόν τον τρόπο. Η εργασία με προκαθορισμένες ταχύτητες προσφέρει στο χρήστη τη συντόμευση της διαδικασίας ελέγχου. Αν τα φορτία με τα οποία τροφοδοτείται ο κινητήρας που ελέγχεται είναι σταθερά και συγκεκριμένα, τότε ο χρήστης μπορεί να ξέρει και σε ποιές ταχύτητες χρειάζεται να δουλέψει ο κινητήρας ή οι κινητήρες που έχει υπό την εποπτεία του. Η διαδικασία με την οποία επιλέγονται οι προκαθορισμένες ταχύτητες αναφέρθηκε παραπάνω.

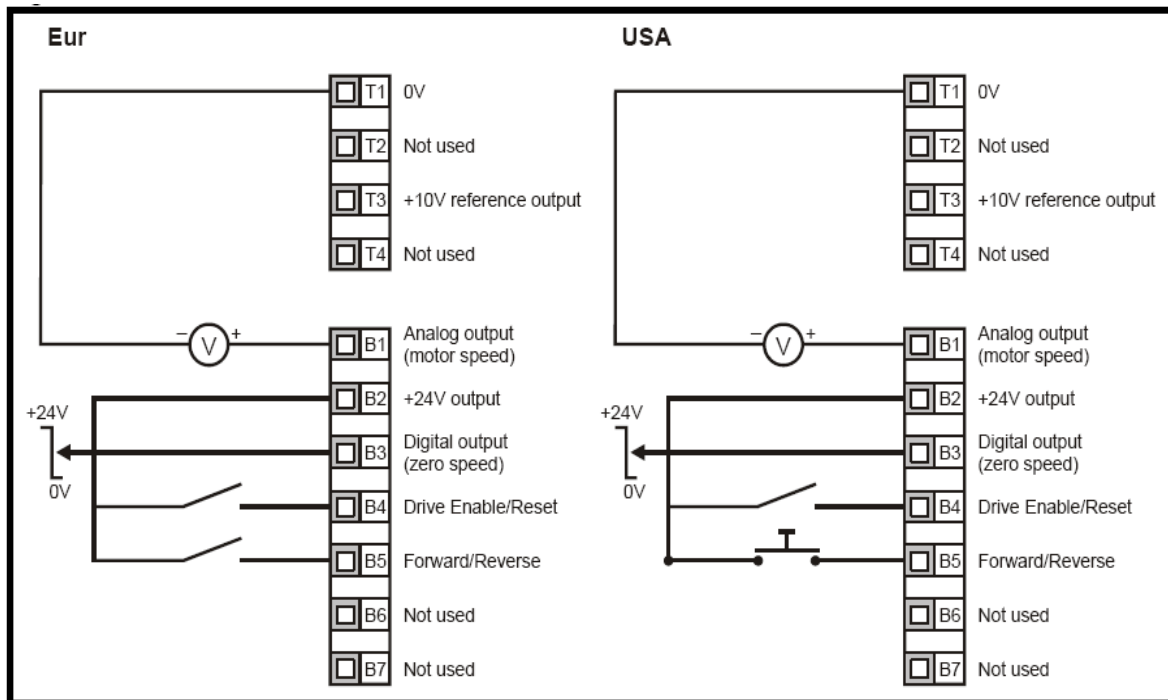


Εικόνα 2-15: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή Pr στην παράμετρο 05

T4	B7	Έλεγχος Ταχύτητας
0	0	Προεπιλεγμένη Τιμή 1
0	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 2
1	0	Προεπιλεγμένη Τιμή 3
1	1	Προεπιλεγμένη Τιμή 4

Πίνακας 2-4: Έλεγχος ταχύτητας όταν είναι επιλεγμένη η τιμή Pr ανάλογα με τον συνδυασμό των διακοπών στους ακροδέκτες T4 και B7

5. **PAd (Keypad control):** Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα σε αυτό το κεφάλαιο ο Commander SK δύναται να ελεγχθεί από το πληκτρολόγιο που είναι εγκατεστημένο πάνω σε αυτόν. Τα κυκλώματα που πρέπει να υλοποιηθούν στην περίπτωση αυτή μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου είναι απλά και φαίνονται στην εικόνα 2-15. Βέβαια σε μία τέτοια περίπτωση δεν αξιοποιούνται στο έπακρον οι δυνατότητες του ρυθμιστή στροφών, αλλά είναι μια πολύ καλή λύση για απλές εφαρμογές και χρήσεις του ρυθμιστή στροφών ή όταν οι περιστάσεις επιβάλλουν μία λύση ανάγκης. Προηγουμένως, στις παραγράφους 2.2 και 2.3 έχει αναφερθεί το πώς γίνεται η αυξομείωση της ταχύτητας και η παραμετροποίηση του ρυθμιστή στροφών, χρησιμοποιώντας μόνο το ενσωματωμένο σε αυτόν πληκτρολόγιο.

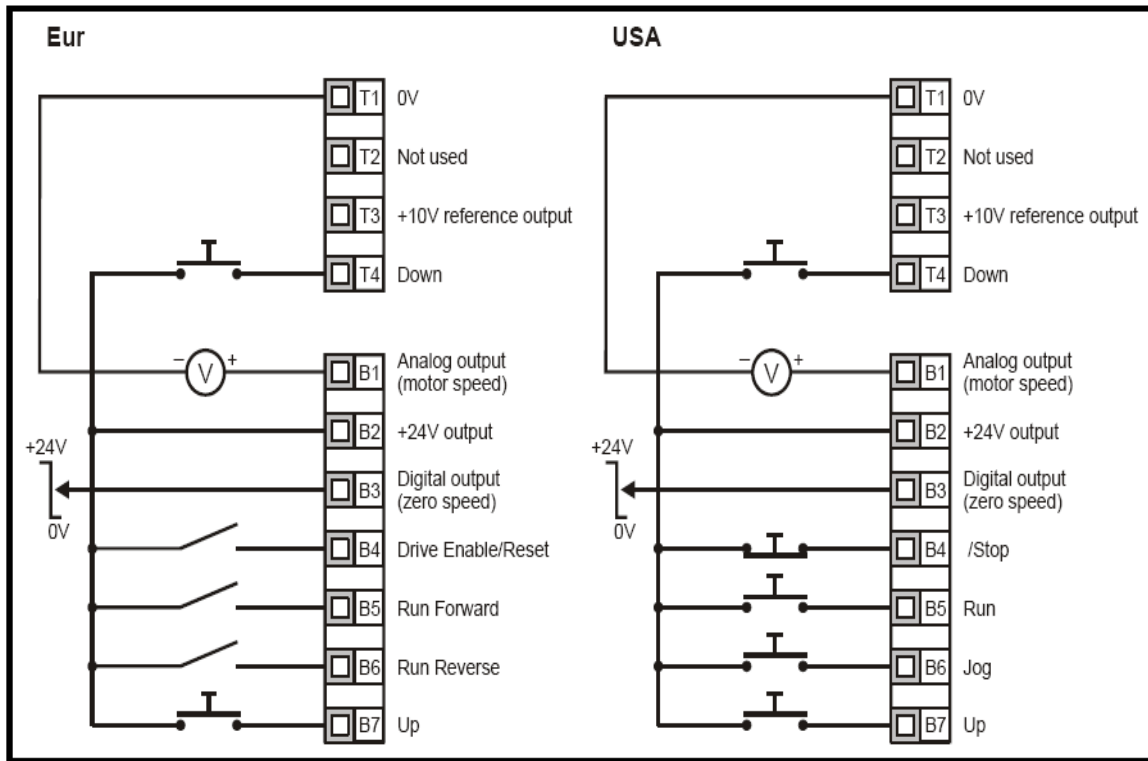


Εικόνα 2-16: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή PAd στην παράμετρο 05

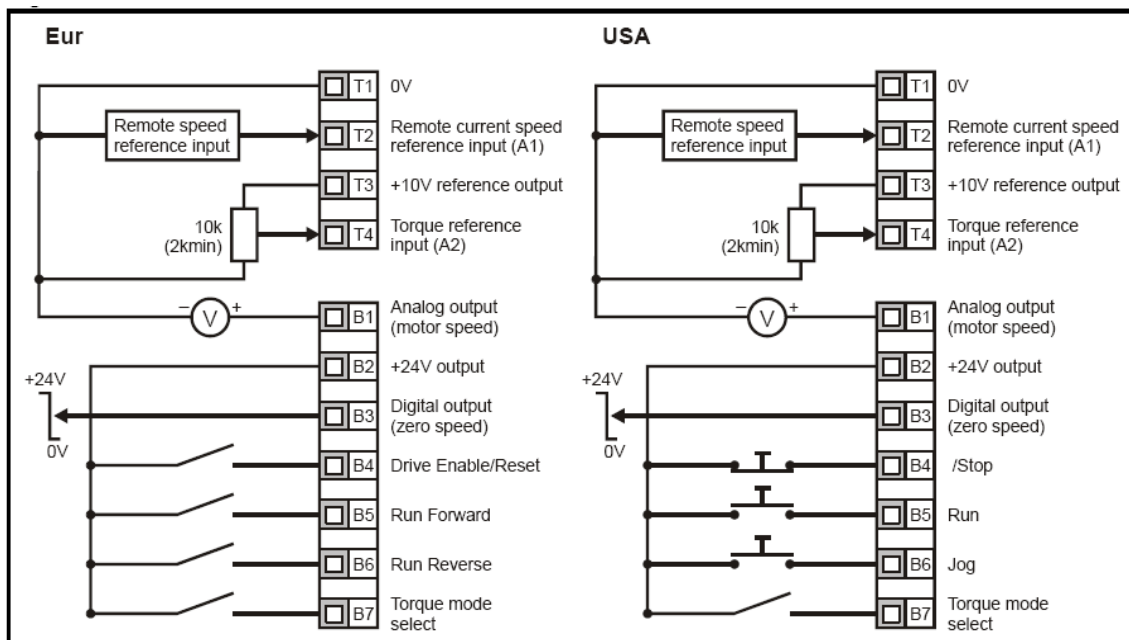
6. **E.Pot (Electronic motorized potentiometer control):** επιλέγοντας E.Pot και συνδέοντας στο κύκλωμα που απεικονίζεται στην εικόνα 2-16, δύο push buttons ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αυξομειώνει την ταχύτητα πατώντας τα αντίστοιχα push buttons. Όταν στην παράμετρο 05 επιλεγεί η τιμή E.Pot, τότε εμφανίζονται και είναι διαθέσιμες για επεξεργασία οι κάτωθι παράμετροι:

- **Pr 61:** Motorized pot up/down rate (s/100 %), ρυθμίζει την ευαισθησία κατά το πάτημα των push buttons. Δηλαδή καθορίζει τον ρυθμό αύξησης ή μείωσης της συχνότητας ανάλογα με τον χρόνο που παραμένει πατημένο το αντίστοιχο push button.
- **Pr 62:** Motorized pot bipolar select (0 = unipolar, 1 = bipolar), ρυθμίζει αν επιτρέπεται να πάρει αρνητικές τιμές (περίπτωση bipolar) ώστε να επιτυγχάνεται αλλαγή στην φορά περιστροφής.
- **Pr 63:** Motorized pot mode: 0 = zero at power-up, 1 = last value at power-up, 2= zero at power-up and only change when drive is running, 3= last value at power-up and only change when drive is running. Καθορίζει την αρχική τιμή της συχνότητας καθώς και τον τρόπο που θα αντιδρά ο ρυθμιστής στροφών σε κάποια ενέργεια του χρήστη.

Επομένως, η ταχύτητα μεταβάλλεται ανάλογα με το ρυθμό αυξομείωσης που καθορίζεται μέσω των παραμέτρων 61, 62 και 63, κι ανάλογα με τη διάρκεια που θα κρατήσει ο χρήστης πατημένο το αντίστοιχο push button. Όπως διαπιστώθηκε στην πράξη, από την πειραματική διαδικασία που συνόδευσε αυτή την εργασία, η χρήση των push buttons προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια στη ρύθμιση της ταχύτητας έναντι της χρήσης του ποτενσιόμετρου. Ειδικά εάν στην παράμετρο 61 επιλεγεί μεγάλη ευαισθησία στο πάτημα των push buttons ο χρήστης μπορεί πολύ εύκολα να θέσει την έξοδο του ρυθμιστή στροφών σε οποιαδήποτε συχνότητα επιθυμεί.



Εικόνα 2-17: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή E.Pot στην παράμετρο 05

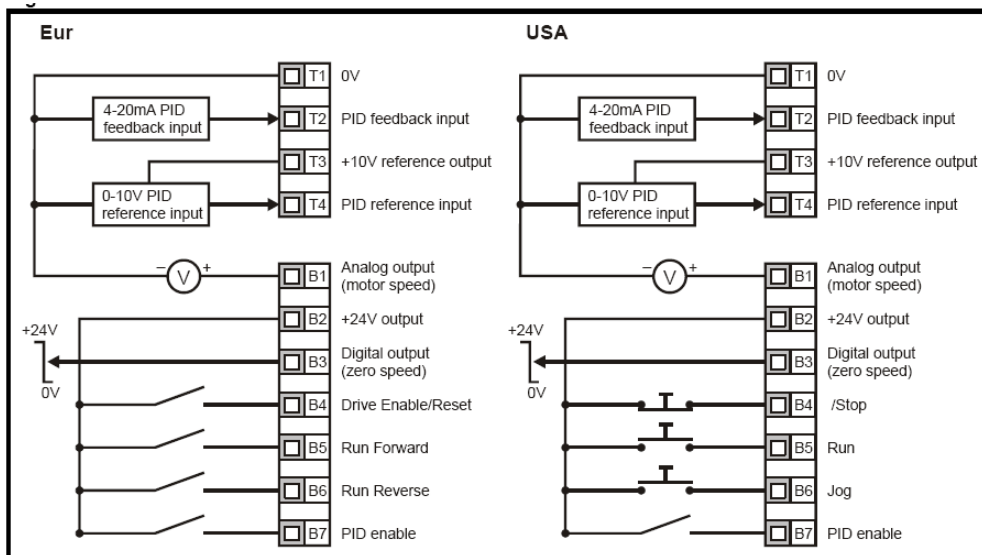


Εικόνα 2-18: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή tor στην παράμετρο 05

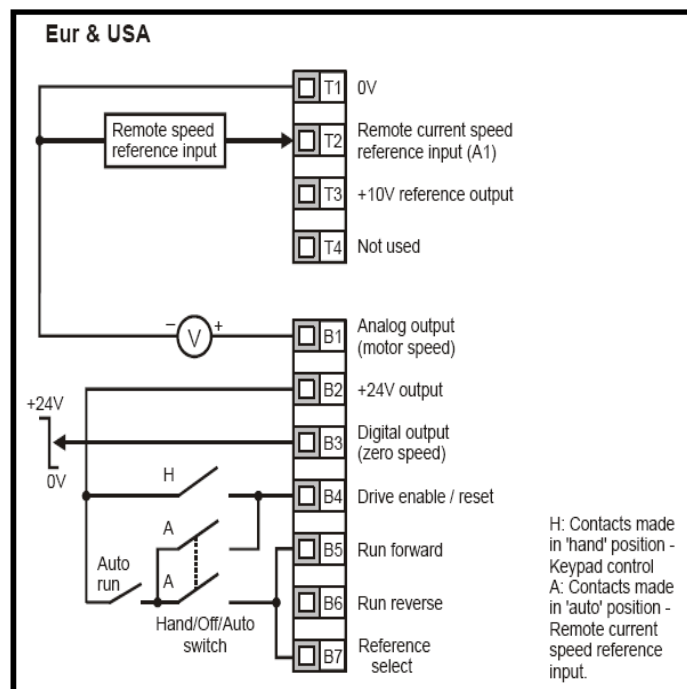
- tor (Torque control operation):** Μέσω του ποτενσιομέτρου το οποίο όπως φαίνεται και στην εικόνα 2-17 συνδέεται μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου T1,T3 και T4 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγχει την ροπή του κινητήρα. Σε αυτήν την περίπτωση

εφιστάται η προσοχή του χρήστη καθώς εάν έχει επιλεγεί αυτή η τιμή στην παράμετρο 05, τότε αν ο ρυθμιστής στροφών συνδεθεί με έναν κινητήρα ο οποίος δεν έχει φορτίο, μπορεί η ταχύτητα να αυξηθεί γρήγορα στη μέγιστη ταχύτητα η οποία είναι αυτή που έχει οριστεί στην παράμετρο 02 ή ακόμα και να πάρει τιμή + 20% αυτής.

- 8. Pid (PID control):** Σε αυτή την περίπτωση ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών και κατά επέκταση του κινητήρα πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το σήμα ανατροφοδότησης που παρέχει ένας PID ρυθμιστής, με τα κυκλώματα υλοποιημένα όπως φαίνονται στην εικόνα 2-18



Εικόνα 2-19: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή Pid στην παράμετρο 05

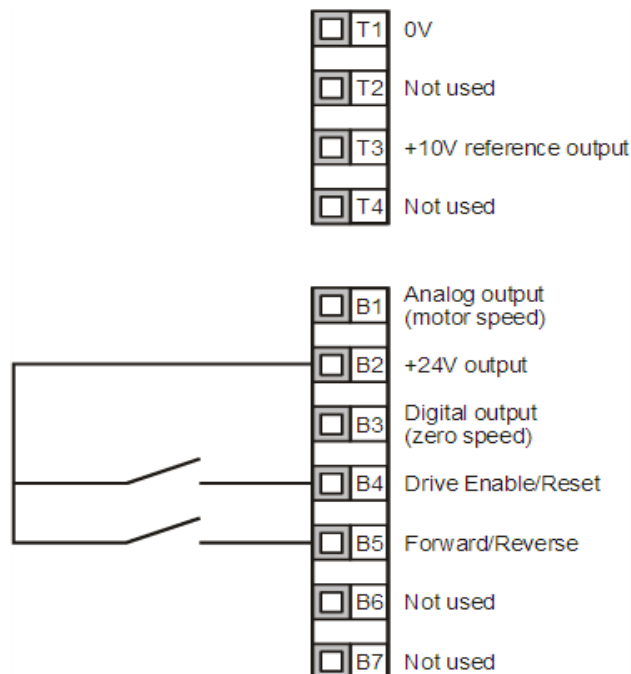


Εικόνα 2-20: Κυκλώματα μεταξύ των ακροδεκτών ελέγχου του Commander SK για την τιμή HVAC στην παράμετρο 05

9. **HVAC (Heating Ventilating Air-Conditioning):** Η λειτουργία αυτή προσφέρει στον χρήστη την δυνατότητα να επιλέγει αν η ρύθμιση της ταχύτητας θα πραγματοποιείται μέσω του πληκτρολογίου που διαθέτει ο Commander SK ή μέσω ενός ρεύματος αναφοράς που προέρχεται από κάποια άλλη διάταξη όπως φαίνεται και στην εικόνα 2-19.

2.6.2 Ελάχιστη Απαίτηση Διασύνδεσης για τον Έλεγχο του Commander SK

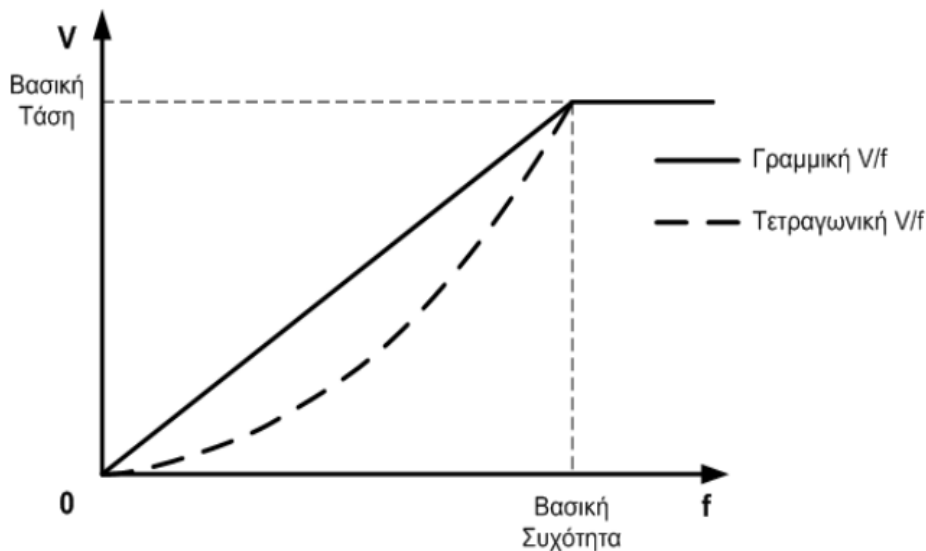
Αξίζει να σημειωθεί πως ο ρυθμιστής στροφών Commander SK δύναται να δουλέψει ενώ ο χρήστης έχει στη διάθεση του τα ελάχιστα δυνατά μέσα. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2-20, αρκεί να συνδεθεί ο ακροδέκτης ελέγχου B2 με τους ακροδέκτες B4 και B5. Σε αυτή την περίπτωση στην παράμετρο 05 θα πρέπει να τεθεί η τιμή PAd ώστε ο έλεγχος της ταχύτητας να πραγματοποιείται από το ενσωματωμένο πληκτρολόγιο του ρυθμιστή στροφών. Παρόλο που συνδέονται μόνο οι ακροδέκτες ελέγχου B4 και B5 ο ρυθμιστής στροφών έχει τη δυνατότητα να δουλέψει και με τις δύο φορές περιστροφής ανάλογα με την κατάσταση του διακόπτη στον ακροδέκτη ελέγχου B5. Για να γίνει αυτό εφικτό, πρέπει να υλοποιηθεί η εξής ρύθμιση: Στην παράμετρο 71 τίθεται η τιμή 8.23. Αυτό σημαίνει πως πλέον η παράμετρος 61 περιέχει την τιμή της παραμέτρου 8.23 (Terminal B5 digital input destination) από το προχωρημένο μενού παραμέτρων. Τότε, λοιπόν, στην παράμετρο 61 πρέπει να δοθεί η τιμή 6.33. Αν ο χρήστης ανατρέξει στο προχωρημένο μενού παραμέτρων θα διαπιστώσει πως η παράμετρος 6.33 ονομάζεται Sequencing bit: Fwd/Rev και μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στον ακροδέκτη ελέγχου B5 να καθορίζει τη φορά περιστροφής. Θέτοντας λοιπόν, την τιμή 6.33 στην παράμετρο 61 ο ρυθμιστής στροφών αγνοεί τον ακροδέκτη B6 και αν στον ακροδέκτη B5 υπάρχει τάση μέσω κάποιου κλειστού διακόπτη, ο κινητήρας στρέφεται προς την μια φορά περιστροφής. Ενώ αν ο ακροδέκτης B5 δεν δέχεται τάση (ανοικτός διακόπτης) ο κινητήρας στρέφεται με την αντίθετη φορά.



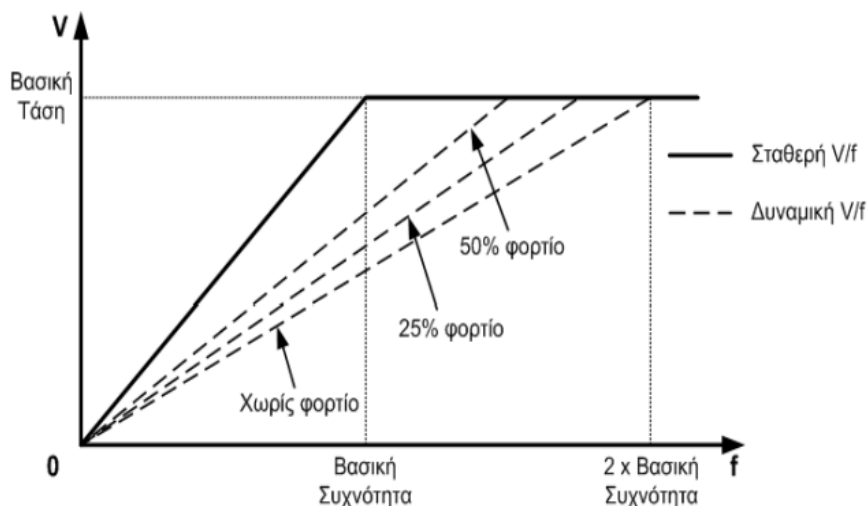
Εικόνα 2-21: Ελάχιστη δυνατή σύνδεση των ακροδεκτών ελέγχου για λειτουργία του Commander SK

2.7 Γραμμική Χαρακτηριστική V/f

Όσον αφορά το είδος της χαρακτηριστικής V/f, αυτό καθορίζεται από τις παραμέτρους 32 και 41. Η παράμετρος 41 μπορεί να δεχθεί 6 διαφορετικές τιμές. Από αυτές ξεχωρίζουμε τις: Fd και SrE. Όταν επιλεγεί η τιμή Fd ο ρυθμιστής στροφών παράγει γραμμική χαρακτηριστική η οποία χρησιμοποιείται για μηχανικά φορτία με σταθερή ροπή που δε μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται οι στροφές, τέτοια φορτία είναι κυρίως τα ανυψωτικά μηχανήματα. Αντιθέτως με την τιμή SrE παράγεται χαρακτηριστική που είναι καμπύλη 2^{ου} βαθμού και χρησιμοποιείται για μηχανικά φορτία που η ροπή τους μεταβάλλεται με το τετράγωνο των στροφών. Μηχανικά φορτία με μεταβλητή ροπή είναι αντλίες, φυσιτήρες, καθώς επίσης, μηχανήματα που συναντώνται σε εφαρμογές θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού (HVAC).



Εικόνα 2-22: Γραμμική και τετραγωνική V/f.



Εικόνα 2-23: Σταθερή και δυναμική γραμμική χαρακτηριστική

Όταν ο ρυθμιστής στροφών δουλεύει με γραμμική χαρακτηριστική ο χρήστης μπορεί από την παράμετρο 32 να επιλέξει αν αυτή θα είναι σταθερή (Pr32=off) ή δυναμική

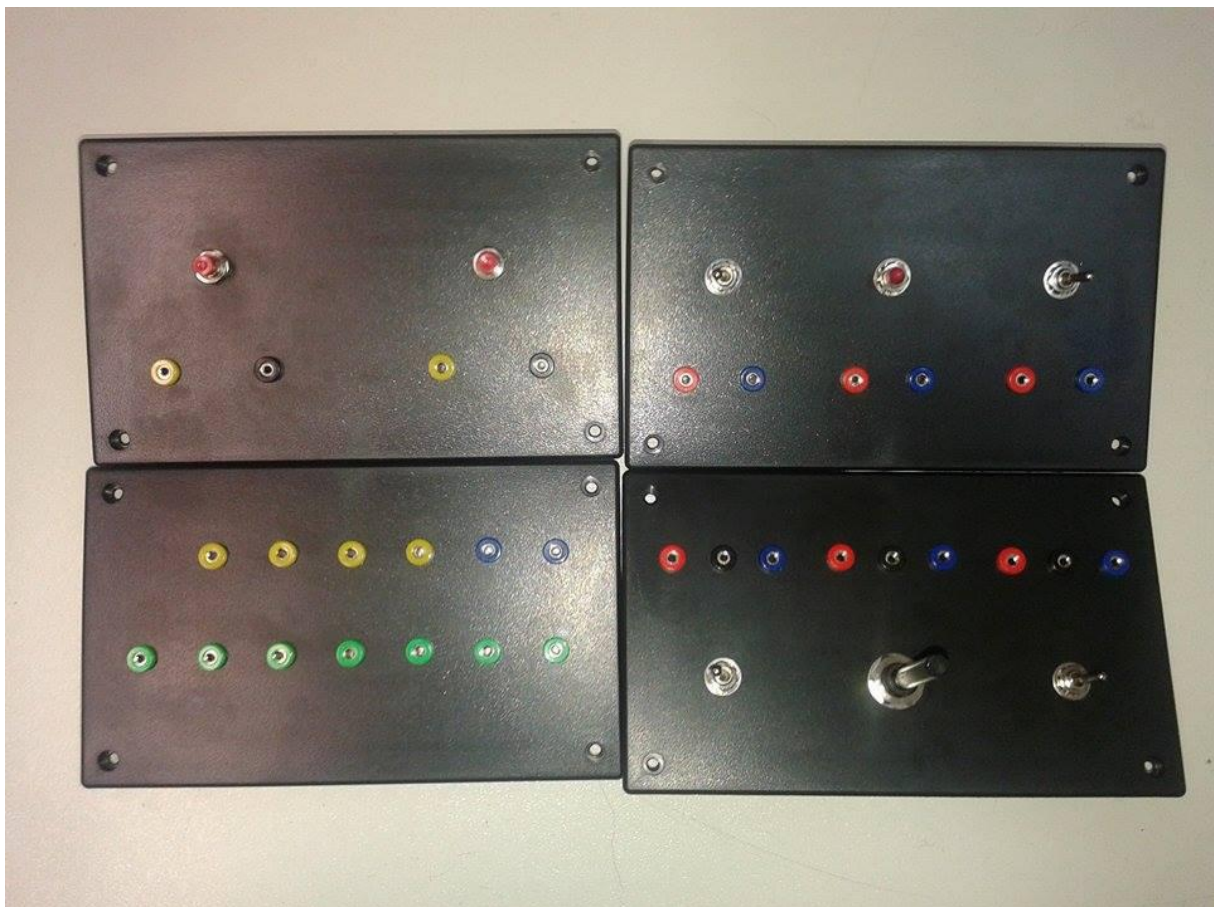
(Pr32=on). Η σταθερή χαρακτηριστική V/f συστήνεται για φορτία με σταθερή ροπή επειδή ο λόγος V/f είναι πάντα σταθερός και δεν εξαρτάται από το φορτίο. Στην περίπτωση της δυναμικής V/f ο λόγος V/f και κατά επέκταση η τάση εξόδου εξαρτάται από το φορτίο του κινητήρα και συστήνεται για μεταβλητά φορτία. Στις εικόνες 2-21 και 2-22 φαίνονται οι διαφορές της γραμμικής χαρακτηριστικής όταν είναι σταθερή και όταν είναι δυναμική. Στο επόμενο κεφάλαιο, όπου θα περιγραφεί η πειραματική διαδικασία, θα φανεί στην πράξη η διαφορά μεταξύ σταθερής και δυναμικής χαρακτηριστικής V/f.

Κεφάλαιο 3

Κατασκευή Πίνακα Ελέγχου και Πειράματα

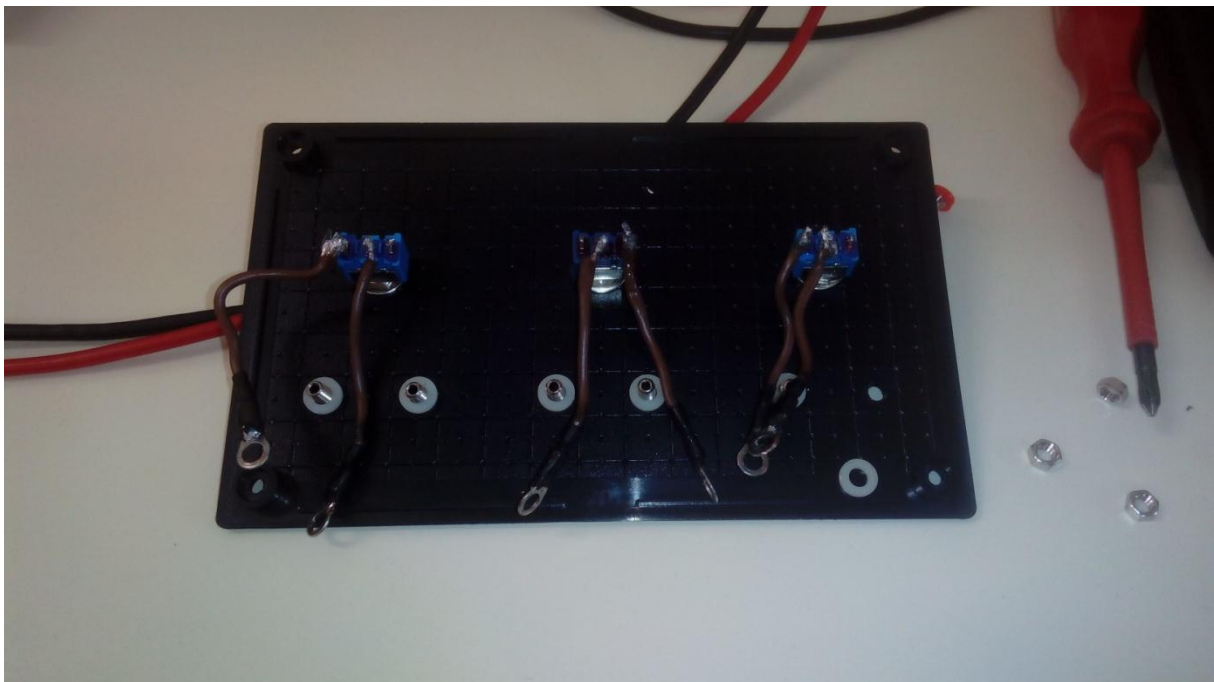
3.1 Κατασκευή Πίνακα Ελέγχου

Κύριο μέλημα της εργασίας αυτής ήταν η αξιοποίηση της παραμέτρου 05 του ρυθμιστή στροφών στον κατά το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό. Για να μπορέσει να γίνει αυτό έπρεπε να βρεθεί τρόπος να γίνονται τα απαραίτητα κυκλώματα στους ακροδέκτες ελέγχου γρήγορα και με τη μικρότερη δυνατή καταπόνηση για τη συσκευή. Μια διαδικασία με συχνή αλλαγή καλωδίων πάνω στον ίδιο το ρυθμιστή στροφών θα ήταν άβολη για το χρήστη, καθώς επίσης θα πρόσθετε φθορές στο σώμα του ρυθμιστή στροφών. Αποφασίστηκε λοιπόν, όλη αυτή η διαδικασία να γίνεται σε εξωτερικό πάνελ με τα απαραίτητα εξαρτήματα, το οποίο κατασκευάστηκε εξαρχής από τους μετέχοντες σε αυτή την εργασία, στο εργαστήριο των Ηλεκτρικών Κινητήριων Συστημάτων με εργαλεία και μέσα του εργαστηρίου και παρελκόμενα που αγοράστηκαν από το εμπόριο.



Εικόνα 3-1: Τα κουτιά που αποτελούν τον πίνακα ελέγχου

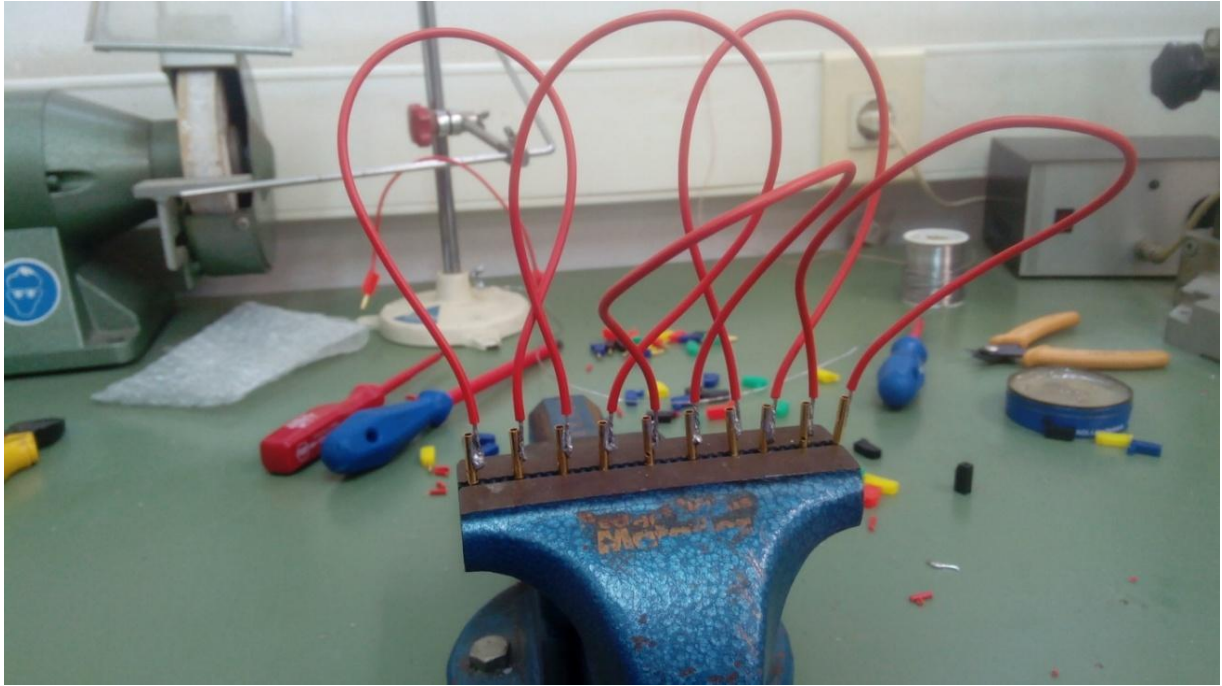
Τα παρελκόμενα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ‘μπόρνες’ και ‘μπαπάνες’ των 2mm, 5 διακόπτες τριών καταστάσεων ON/OFF/ON, ένα ποτενσιόμετρο των 10KΩ, 2 Push Buttons και τέσσερα πλαστικά κουτιά 157.8 x 95.5 x 50.5mm. Αρχικά έγινε σχεδίαση της επιθυμητής διάταξης των παρελκομένων πάνω στα κουτιά. Οι 13 ακροδέκτες ελέγχου μεταφέρθηκαν σε ισάριθμες μπόρνες στο πρώτο κουτί. Σε δεύτερο κουτί τοποθετήθηκαν δύο push buttons με ισάριθμες μπόρνες το καθένα. Στο τρίτο κουτί τοποθετήθηκαν τρεις διακόπτες τριών καταστάσεων με δύο μπόρνες ο καθένας. Στο τελευταίο κουτί εγκαταστάθηκαν άλλοι δυο διακόπτες κι ένα ποτενσιόμετρο κάθε ένα με τρεις μπόρνες. Σε αυτό το κουτί οι διακόπτες πήραν από τρεις μπόρνες ούτως ώστε να μπορεί να γίνει και αλλαγή φοράς περιστροφής με έναν διακόπτη, αλλά και για να υπάρχει κι ένας εφεδρικός διακόπτης για πιθανή μελλοντική επέκταση των κυκλωμάτων.



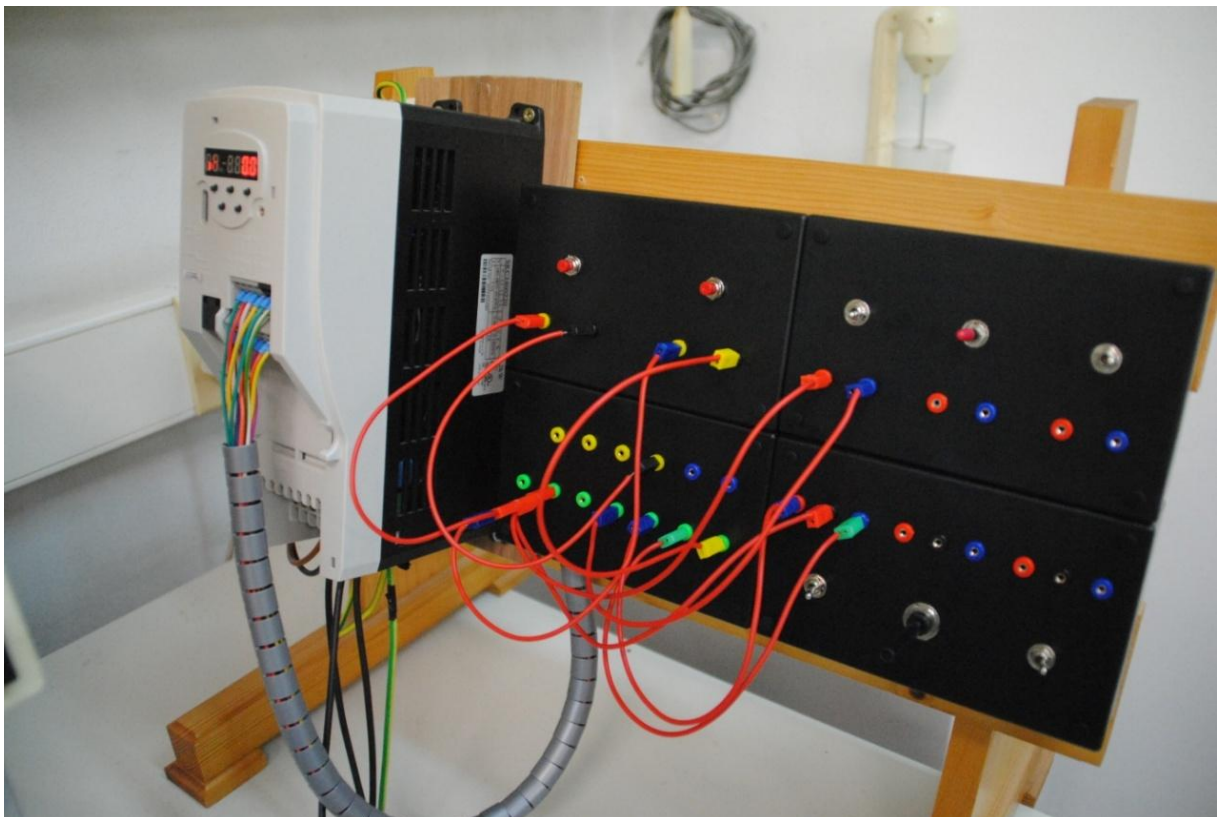
Εικόνα 3-2: Εσωτερικές διασυνδέσεις σε ένα από τα κουτιά

Ακολούθησε η διαδικασία σύνδεσης των ακροδεκτών ελέγχου του ρυθμιστή με την αντίστοιχη μπόρνα που αναλογεί στον καθένα. Έγιναν οι απαραίτητες κολλήσεις εκεί, καθώς και οι κολλήσεις μεταξύ κάθε διακόπτη και των μπορνών που του αντιστοιχούν. Τέλος κατασκευάστηκε ικανός αριθμός καλωδίων με αντίστοιχες μπαπάνες για να μπορούν να υλοποιηθούν τα απαραίτητα κυκλώματα και να ξεκινήσει η πειραματική διαδικασία (εικόνα 3-3).

Πλέον κατέστη δυνατή η ευρύτερη αξιοποίηση της παραμέτρου 05, ενώ νωρίτερα ο χρήστης μπορούσε να χρησιμοποιήσει μόνο την τιμή Rad ώστε ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών να πραγματοποιείται από το ενσωματωμένο πληκτρολόγιο .



Εικόνα 3-3: Κατασκευή ακροδεκτών 2mm σε καλώδια ελέγχου



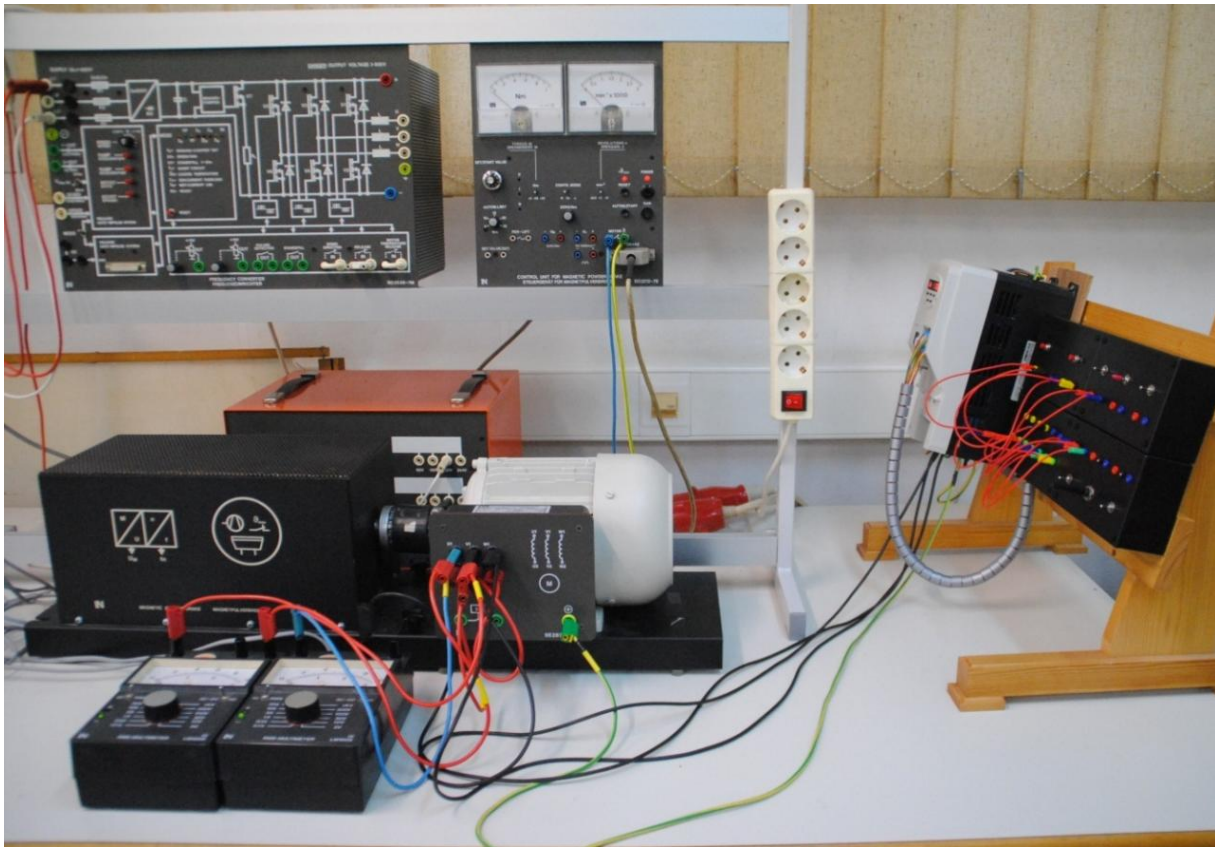
Εικόνα 3-4: Ο Commander SK και ο πίνακας ελέγχου μετά το πέρας της κατασκευής.

Συμπερασματικά, στο εργαστήριο των Ηλεκτρικών Κινητήριων Συστημάτων, με τον εξοπλισμό που αυτό διαθέτει μπορούν πλέον, να αξιοποιηθούν οι ακόλουθες τιμές της παραμέτρου 05: α) AV.Pr, β) Pr, γ) Pad και δ) E.Pot.

3.2 Πειραματική Διαδικασία

3.2.1 Σταθερή Γραμμική Χαρακτηριστική

Για την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε ένας επαγωγικός κινητήρας se2673-1h της Lukas – Nuelle του 1 KW και 50Hz. Σε σύνδεση σε αστέρα η ονομαστική τάση και το ρεύμα του είναι αντίστοιχα 400V και 2,7 A. Το εύρος συχνοτήτων ήταν 0 – 50 Hz.



Εικόνα 3-5: Κύκλωμα πειραματικής διαδικασίας

Επιλέγοντας στην παράμετρο 05 τις τιμές **AV.Pr** ή **E.Pot** έγιναν διάφορες μετρήσεις για να διαπιστωθούν οι τιμές διαφόρων ζητούμενων μεγεθών. Βασικό μεταβλητό μέγεθος ήταν η συχνότητα στην έξοδο του ρυθμιστή στροφών. Μετρήθηκαν οι πραγματικές στροφές και οι πολικές τιμές τάσης και ρεύματος στα άκρα U1 και V1 του κινητήρα. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι παράμετροι που αφορούν τη χαρακτηριστική V/f είχαν τις εξής τιμές: **Pr32: OFF**, **Pr41: Fd** και **Pr:42: 0.0%**. Συνεπώς ο ρυθμιστής στροφών έδινε μία σταθερή

γραμμική χαρακτηριστική χωρίς καμία ενίσχυση τάσης στην αρχή. Να σημειωθεί πως όλες οι ακόλουθες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χωρίς μηχανικό φορτίο.

Επομένως χωρίς να υπάρχει ενίσχυση τάσης στην αρχή, παρατηρήθηκε το εξής φαινόμενο στις τιμές από 5,4 έως 5,6 Herz και αφορά την τάση στην έξοδο του αντιστροφέα: μέχρι τα 5,4 Hz παρατηρείται μια γρήγορη αύξηση της τάσης που φτάνει την τιμή των 70V. Στα 5,5 Hz έχουμε αδιευκρίνιστη τιμή τάσης και η βελόνα του βολτομέτρου μετακινείται από 45 έως 65 Volts.

Πλέον από τα 5,6 Hz και πάνω αρχίζει και ομαλοποιείται η κατάσταση με την τάση να επιστρέφει στα 21 V και να αυξάνεται πλέον με βραδύτερο ρυθμό καταλήγοντας να πάρει την τιμή των 70 V που είχε στα 5,4 Hz λίγο πριν τα 15 Hz.

Η τιμή των 5,6 Hz που ομαλοποιήθηκε η τάση δύναται να μειωθεί αλλάζοντας την τιμή στην παράμετρο 42 (VBoost). Στη συγκεκριμένη μέτρηση η τιμή της παραμέτρου αυτής ήταν στο 0,0%. Βέβαια χρειάζεται προσοχή, καθώς αυξάνοντας την τιμή της παραμέτρου 42, και μεν μειώνεται η συχνότητα στην οποία εμφανίζεται το μεταβατικό αυτό φαινόμενο, αλλά αυξάνεται και το ρεύμα εκκίνησης που δίνει ο ρυθμιστής στροφών. Το τελευταίο, αν υπερβεί μία συγκεκριμένη τιμή τότε ενεργοποιείται ο περιοριστής ρεύματος και ο ρυθμιστής στροφών παρουσιάζει σφάλμα - σταματά (Trip).

Το ρεύμα που δίνει ο ρυθμιστής στροφών ξεκινά και αυξάνεται ομαλά μέχρι μια τιμή γύρω στα 1,25 A. Ένα σταθερό ρεύμα είναι και το ζητούμενο σε αυτή την περίπτωση, καθώς έχει επιλεγεί σταθερή γραμμική χαρακτηριστική.

Επί της ουσίας κι εκτός εργαστηρίου αυτό θα σήμαινε πως το φορτίο που τροφοδοτείται είναι σταθερό. Να σημειωθεί επίσης ότι το ρεύμα στον κινητήρα δεν αυξήθηκε κατά την εκκίνηση, παραπάνω από τη σταθερή του τιμή. Αυτό βέβαια δε συμβαίνει πάντα. Όπως προαναφέρθηκε αυξάνοντας το Vboost δηλαδή την παράμετρο 42, αρχίζει να εμφανίζεται ρεύμα εκκίνησης στον κινητήρα μεγαλύτερο από το ρεύμα λειτουργίας που κάποια στιγμή σταθεροποιείται. Επίσης, όσο αυξάνεται το Vboost αυξάνεται και η τιμή της συχνότητας στην οποία σταθεροποιείται το ρεύμα λειτουργίας του κινητήρα.

Η τιμή αυτή των 5,5 Hz που συμβαίνει το μεταβατικό φαινόμενο μειώνεται όσο αυξάνεται η τιμή στην παράμετρο 42. Στην πράξη αυτό γίνεται μέχρι το 10% περίπου. Εκεί, πλέον το φαινόμενο συμβαίνει στα 2,8 Hz αλλά εμφανίζονται μεγάλα ρεύματα εκκίνησης. Εάν αυξηθεί κι άλλο η παράμετρος 42, τότε ο κινητήρας δεν εκκινεί καθόλου και ο ρυθμιστής στροφών παρουσιάζει σφάλμα (trip) με την ένδειξη: **AC.Lt**.

Πρόκειται για εκούσιο σταμάτημα του ρυθμιστή στροφών για να προστατέψει τον κινητήρα από υπερένταση. Γίνεται όταν, κατά την εκκίνηση, το ρεύμα που δίνει ο ρυθμιστής στροφών τείνει να γίνει πολύ μεγαλύτερο από το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Η τιμή αυτή είναι εκείνη που έχει ορίσει ο χρήστης στην παράμετρο 06 και είναι η ίδια που αναγράφεται πάνω στην πινακίδα στοιχείων του κινητήρα. Όσο αυξάνεται η τιμή αυτής της παραμέτρου, τόσο μεγαλώνει και η ανοχή του ρυθμιστή στροφών και σταματά να παρουσιάζει σφάλμα (trip) κατά την εκκίνηση, πράγμα το οποίο χρειάζεται προσοχή, αλλά και γνώση των ορίων αντοχής του κινητήρα που τροφοδοτείται.

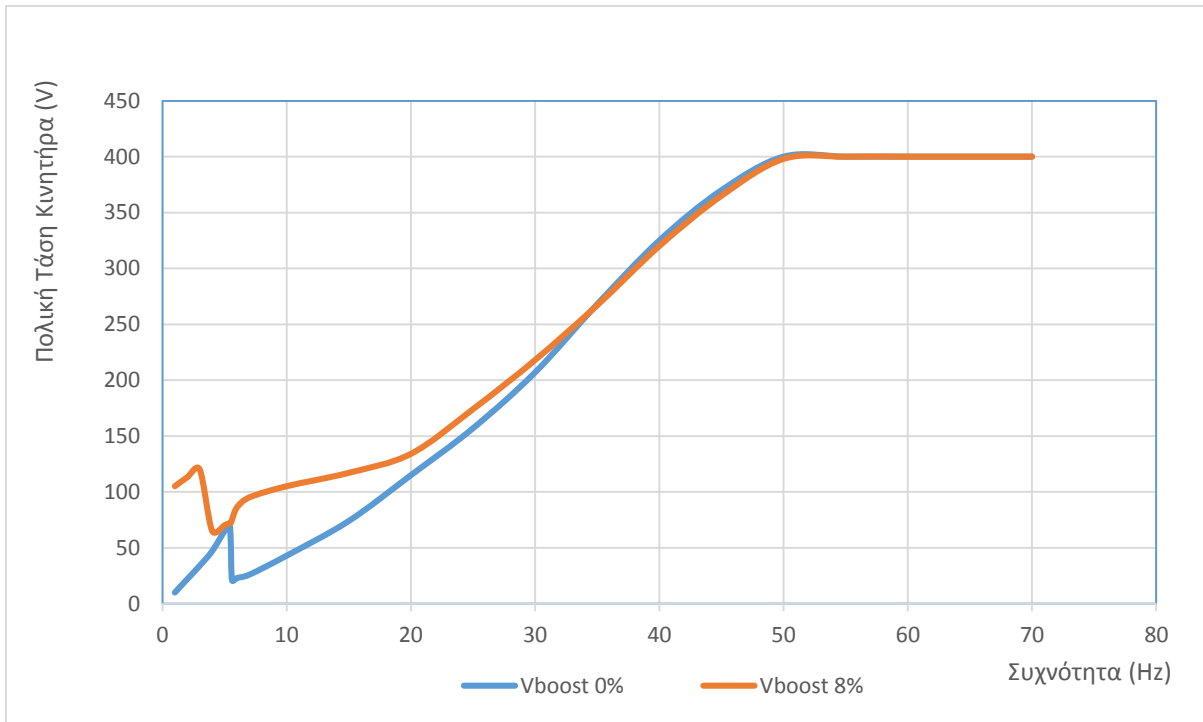
Ενδεικτικά για να γίνει αυτό κατανοητό μετρήθηκε το ρεύμα και για Vboost = 8%. (το μεταβατικό φαινόμενο παρατηρήθηκε στα 4 Hz). Εμφανής είναι η διαφορά, όπως φαίνεται και στον πίνακα, των τιμών του ρεύματος. Είναι αρκετά υψηλό στην αρχή, τείνοντας στο ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα και ομαλοποιείται βαίνοντας μειούμενο μετά τα 20 Hz.

Παρακάτω, στον πίνακα 3.1 φαίνονται οι μετρήσεις που έγιναν για σταθερή γραμμική χαρακτηριστική. Παρατηρείται, όπως προαναφέρθηκε, η μεγάλη αύξηση της τάσης στην αρχή. Για Vboost ίσο με 0% η τάση αυξάνεται γρήγορα μέχρι τη συχνότητα των 5,5 Hz περίπου, όπου παρατηρείται το μεταβατικό φαινόμενο. Έπειτα, από τα 5,6 Hz και μετά, μειώνεται και από την νέα τιμή πλέον, αρχίζει και αυξάνεται ομαλότερα.

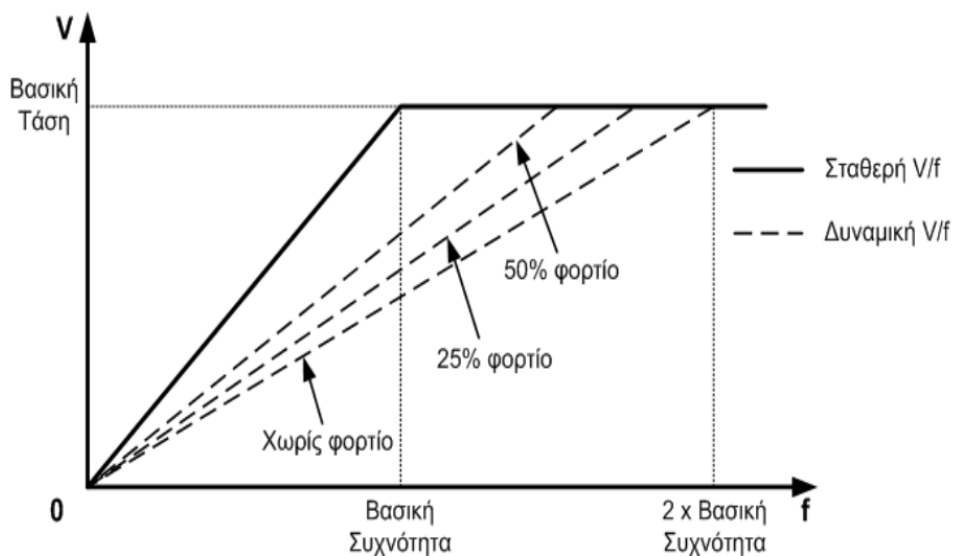
Συχνότητα (Hz)	Ταχύτητα (rpm)	Πολική Τάση Κινητήρα με Vboost= 0% (V)	Πολική Τάση Κινητήρα με Vboost= 8% (V)	Πολικό Ρεύμα Κινητήρα με Vboost= 0% (A)	Πολικό Ρεύμα Κινητήρα με Vboost= 8% (A)
0	0	0	0	0,08	0.2
1	27	10	105	0,7	2.65
2	60	22	113	0,85	2.60
3	90	34	120	0,95	2.54
4	117	47	65	1	2.48
5	153	65	70	1,05	2,34
5,4	162	70	72	1,08	2,34
5,5	165	55	72	1,1	2,30
5,6	168	21	75	1,13	2,30
6	180	23	86	1,13	2,25
7	207	26	95	1,15	2,08
10	303	43	105	1,18	1,8
15	447	74	117	1,2	1,45
20	603	115	134	1,2	1,3
25	747	157	174	1,25	1,25
30	897	207	218	1,25	1,25
35	1048	268	267	1,25	1,25
40	1200	325	320	1,25	1,25
45	1350	370	365	1,25	1,25
50	1500	400	398	1,25	1,25
55	1648	400	400	1,24	1,23
60	1797	400	400	1,22	1,21
65	1950	400	400	1,21	1,21
70	2095	400	400	1,19	1,20

Πίνακας 3-1: Μετρήσεις για σταθερή γραμμική χαρακτηριστική V/f

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει όταν το Vboost τεθεί στο 8%. Βέβαια τώρα το μεταβατικό φαινόμενο προκύπτει μεταξύ 3 – 4 Hz και η αύξηση της τάσης είναι πιο ραγδαία. Ήδη σε συχνότητα 3 Hz η τάση έχει πάρει τιμή 120 V τη στιγμή που για Vboost = 0% στα 3Hz η τιμή της ήταν 34 V. Επίσης για Vboost = 8% μετά την πάροδο του μεταβατικού φαινομένου η τάση επιστρέφει σε τιμή 65 V σε αντίθεση με όταν είχε Vboost = 0% όπου μετά το μεταβατικό φαινόμενο η τάση ξεκίνησε την αύξησή της από τα 20V. Τελικά, είτε με τη μία τιμή του Vboost είτε με την άλλη, η τάση αυξάνεται σταδιακά και καταλήγει στην τιμή των 400V η οποία είναι η ονομαστική τομή τάσης του ρυθμιστή στροφών.

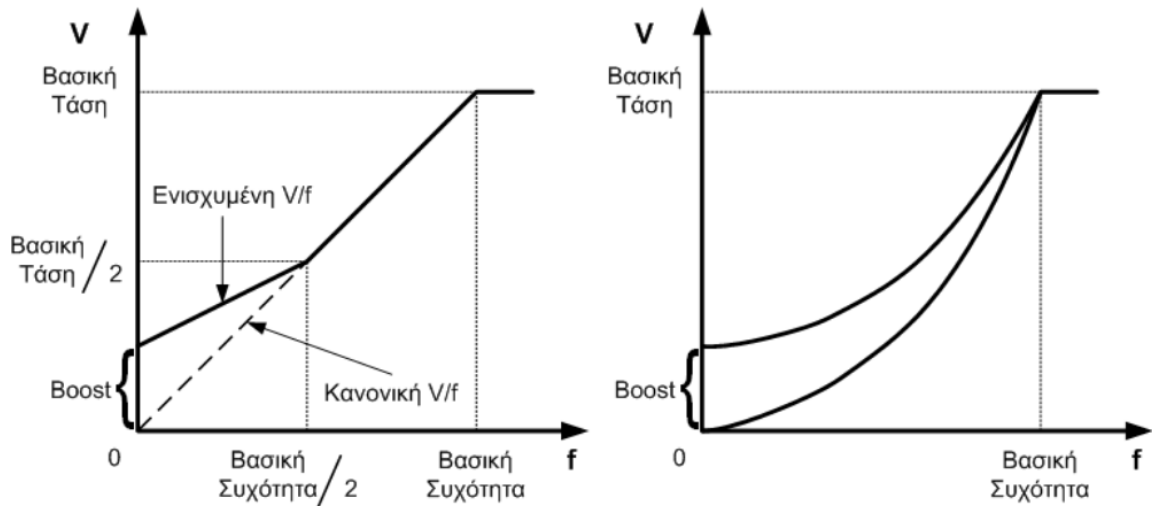


Εικόνα 3-6: Γραφική παράσταση τάσης/συχνότητας για τις μετρήσεις για σταθερή γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες

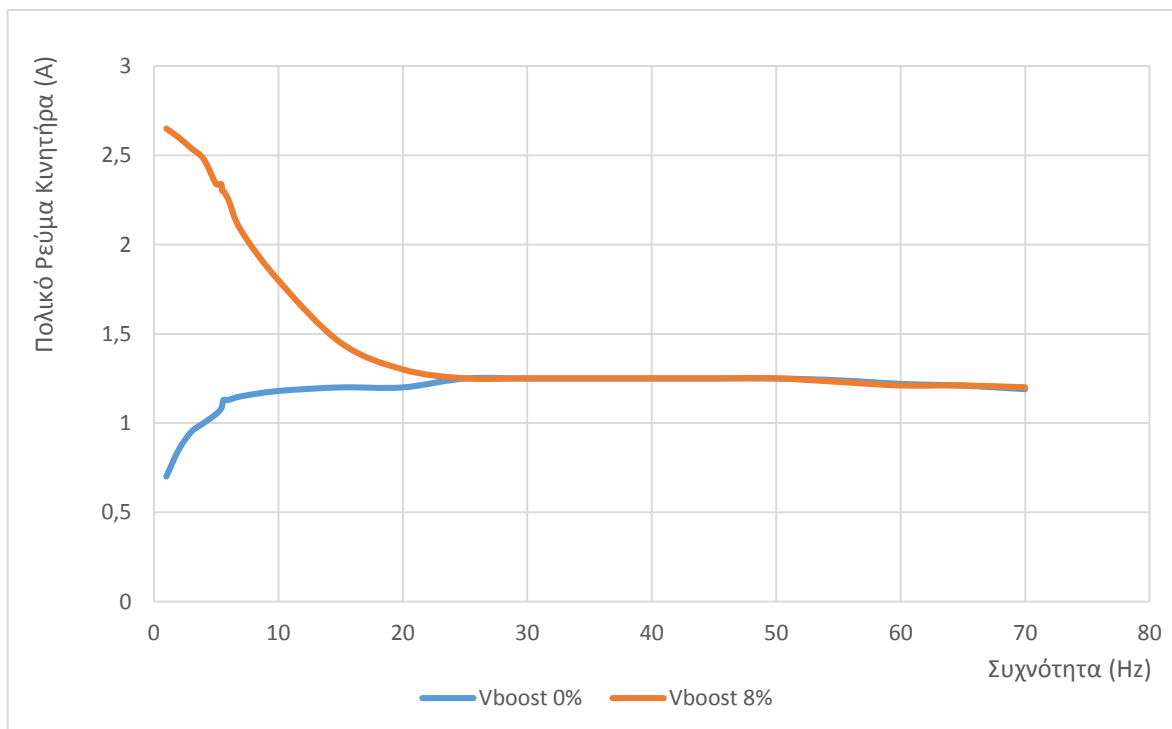


Εικόνα 3-7: Θεωρητική απεικόνιση γραφικών παραστάσεων τάσης/συχνότητας για σταθερή και δυναμική χαρακτηριστική V/f

Στην εικόνα 3-6 απεικονίζεται η γραφική παράσταση που δημιουργείται με τις τιμές της τάσης και της συχνότητας που λήφθηκαν κατά τις μετρήσεις για σταθερή γραμμική χαρακτηριστική. Συγκρίνοντας τη γραφική παράσταση της εικόνας 3-6 με αυτήν της εικόνας 3-7, βλέπουμε πως αν δεν ληφθεί υπόψη το μεταβατικό φαινόμενο οι δύο χαρακτηριστικές είναι σε γενικές γραμμές όμοιες. Αυτό που φαίνεται ξεκάθαρα είναι η διαφορά της χαρακτηριστικής σε σχέση με το Vboost που είχε κάθε φορά. Εδώ υπάρχει και καλύτερη σύγκλιση με το αποτέλεσμα που θεωρητικά έπρεπε να εξαχθεί και φαίνεται στις χαρακτηριστικές της εικόνας 3-8



Εικόνα 3-8: Θεωρητική ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες



Εικόνα 3-9: Γραφική παράσταση ρεύματος/συχνότητας για σταθερή γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες

Όσον αφορά την ένταση του ρεύματος, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα της εικόνας 3-9, είναι αξιοσημείωτη η διαφορά στον τρόπο αυξομειώσής του με τις διαφορετικές τιμές του Vboost. Για Vboost = 0% το ρεύμα ξεκινά από την αρχή με αύξηση και αυτή είναι η πορεία του μέχρι το τέλος. Δεν επηρεάζεται από το μεταβατικό φαινόμενο και έχει μια ομαλά αυξανόμενη πορεία με κατάληξη μια σταθερή τιμή την οποία λαμβάνει σχετικά νωρίς, στα 25Hz και κρατά μέχρι το τέλος. Για Vboost = 8% η τιμή του ρεύματος είναι ιδιαίτερα υψηλή στις χαμηλές συχνότητες και καταλήγει σε μια σταθερή τιμή όμοια με αυτή που πήρε για Vboost = 0%, την οποία όμως λαμβάνει στην ίδια τιμή συχνότητας όπως και για Vboost = 0% και κρατά μέχρι το τέλος. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι ο κινητήρας έχει μεγαλύτερη ροπή στις χαμηλές συχνότητες λόγω της αυξημένης τάσης και του ρεύματος όταν έχει επιλεγεί Vboost = 8%.

3.2.2 Δυναμική Γραμμική Χαρακτηριστική

Αλλάζοντας την τιμή στην παράμετρο 32 σε ON, ο ρυθμιστής στροφών δίνει πλέον δυναμική γραμμική χαρακτηριστική. Σε αυτήν ο λόγος V/f δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από το φορτίο.

Παρατηρείται πως με τη δυναμική γραμμική χαρακτηριστική έχουμε μικρότερες τιμές τάσης, με την ανώτερη τιμή της πολικής να φτάνει τα 280 V όταν ο κινητήρας δεν έχει φορτίο. Επίσης, το ρεύμα σταθεροποιείται σε μικρότερη τιμή σε σχέση με τη σταθερή χαρακτηριστική, στα 0,6 A. Αυτό είναι απολύτως λογικό, καθώς η πειραματική αυτή διαδικασία πραγματοποιήθηκε χωρίς φορτίο. Άρα ο ρυθμιστής στροφών κάνει εξοικονόμηση ενέργειας όταν δουλεύει χωρίς φορτίο και είναι σε αναμονή για να δώσει μεγαλύτερες τιμές τάσης και κατά επέκταση ρεύματος όταν αυτό χρειαστεί. Για να γίνει κατανοητό αυτό, αρκεί να αναλογιστεί κάποιος το παράδειγμα των κυλιόμενων σκαλών που είναι ευρέως διαδεδομένες σε χώρους μεγάλης συνάθροισης κοινού. Οι ρυθμιστές στροφών που τις ελέγχουν, τροφοδοτούν τις κινητήριες μηχανές ανάλογα με το βάρος που υπάρχει κάθε στιγμή πάνω σε αυτές, για να μη γίνεται άσκοπη σπατάλη ενέργειας όταν δεν υπάρχουν πάνω τους άτομα.

Μελετώντας τον πίνακα 3-2 εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά της τάσης και της έντασης του ρεύματος, τόσο για τα διαφορετικά Vboost στη δυναμική χαρακτηριστική, όσο και σε σύγκριση με τις τιμές των εν λόγω μεγεθών στην σταθερή χαρακτηριστική. Όσον αφορά την τάση για Vboost = 0%, αυτή αυξάνεται με μικρότερο ρυθμό από ότι πριν και στο μεταβατικό φαινόμενο στα 5.5 Hz έχει σχεδόν τη μισή τιμή σε σχέση με τη σταθερή χαρακτηριστική. Φυσικά, εφόσον οι μετρήσεις έγιναν εν κενώ, η μέγιστη τιμή της δεν είναι η ονομαστική τιμή τάσης του ρυθμιστή στροφών, και καταληγεί στα 280V για συχνότητα 70Hz. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και όταν το Vboost = 8%. Αύξηση μέχρι το μεταβατικό φαινόμενο, πτώση της τιμής της και μετά ομαλή αύξηση.

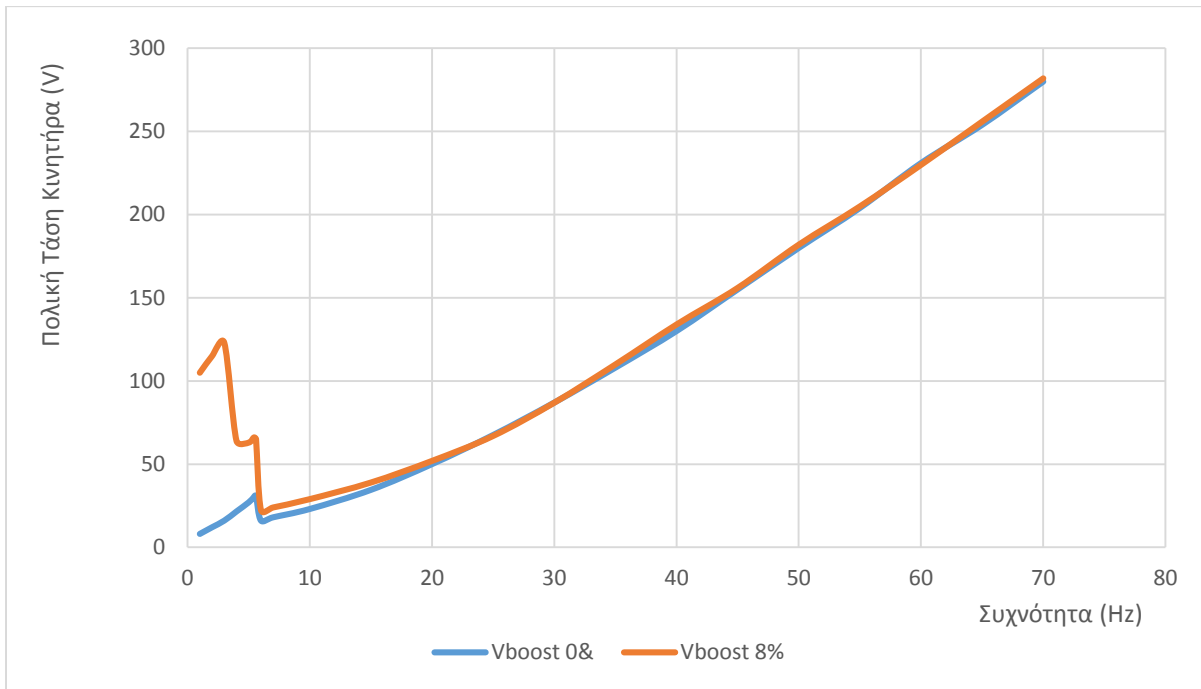
Το ρεύμα έχει την ίδια συμπεριφορά με πριν, έχοντας όμως, διαφορετικές τιμές οι οποίες καταλήγουν να είναι το ήμισυ των τιμών που είχε στη σταθερή χαρακτηριστική. Για Vboost = 0% ξεκινά με μικρή μείωση και καταλήγει πολύ νωρίς, στα 10 Hz περίπου να σταθεροποιείται. Επίσης, για Vboost = 8% έχει, όπως και πριν μια απότομη αύξηση στην

αρχή και μετά την πάροδο του μεταβατικού φαινομένου, μειώνεται και σταθεροποιείται κι αυτό στα 0,6 A περίπου, λίγο αργότερα από ότι με Vboost = 0%, στα 25Hz περίπου.

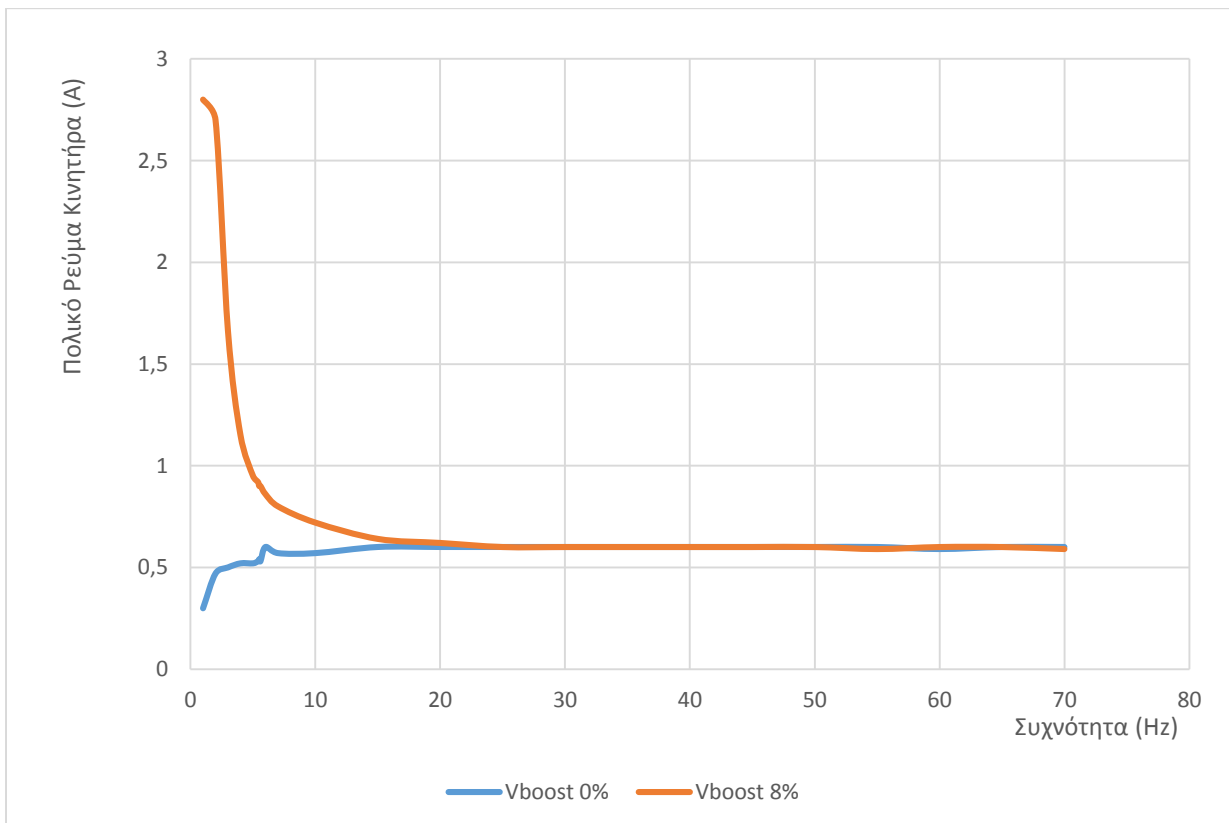
Συχνότητα (Hz)	Ταχύτητα (rpm)	Πολική Τάση Κινητήρα με Vboost= 0% (V)	Πολική Τάση Κινητήρα με Vboost= 8% (V)	Πολικό Ρεύμα Κινητήρα με Vboost= 0% (A)	Πολικό Ρεύμα Κινητήρα με Vboost= 8% (A)
0	0	0	13	0,15	0,2
1	27	8	105	0,3	2,8
2	60	12	115	0,47	2,7
3	90	16	123	0,5	1,66
4	117	21,5	64	0,52	1,15
5	153	27	63	0,52	0,95
5,4	162	30	66	0,53	0,92
5,5	165	31	66	0,54	0,9
5,6	168	31	65	0,53	0,9
6	180	16	22,5	0,6	0,86
7	207	18	24	0,57	0,8
10	303	23	29	0,57	0,72
15	447	34,5	39	0,6	0,64
20	603	50	52	0,6	0,62
25	747	67,5	67	0,6	0,6
30	897	87	87	0,6	0,6
35	1048	108	110	0,6	0,6
40	1200	130	134	0,6	0,6
45	1350	155	156	0,6	0,6
50	1500	180	182	0,6	0,6
55	1650	204	205	0,6	0,59
60	1795	231	230	0,59	0,6
65	1952	254	256	0,6	0,6
70	210	280	282	0,6	0,59

Πίνακας 3-2: Μετρήσεις για δυναμική γραμμική χαρακτηριστική

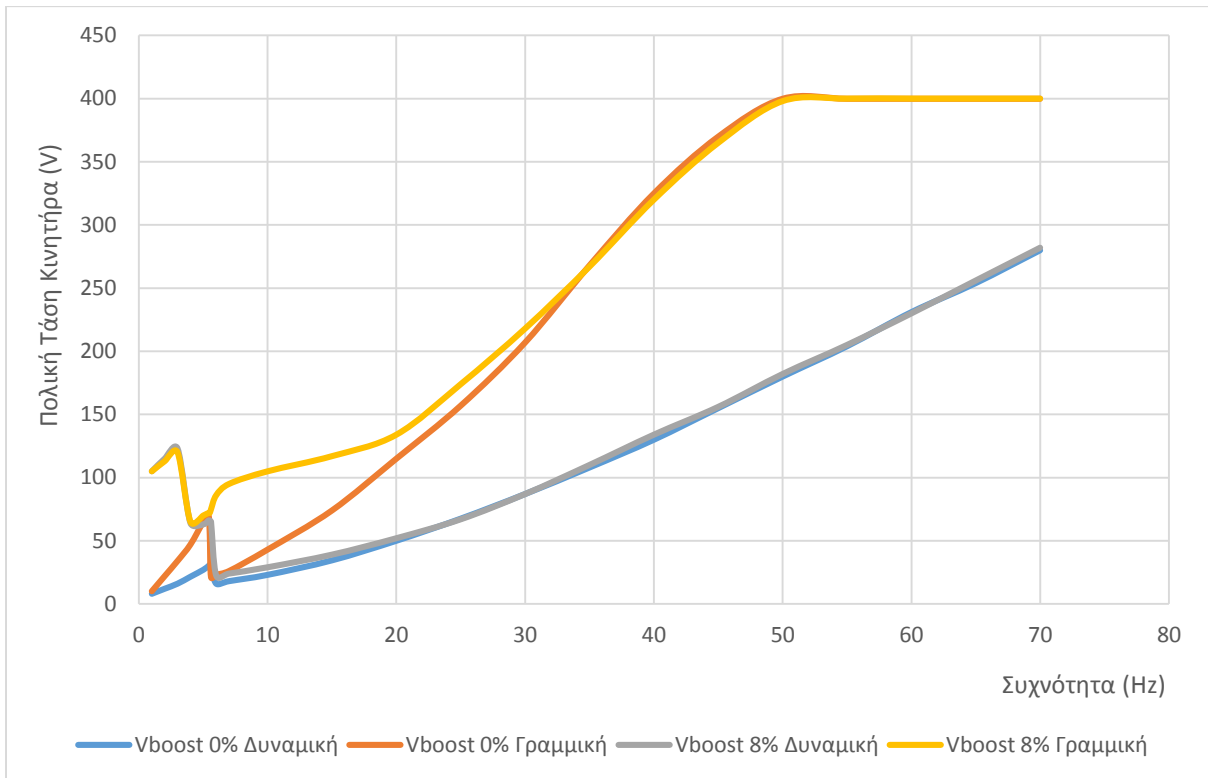
Στις γραφικές παραστάσεις των εικόνων 3-10 και 3-11 φαίνεται η συμπεριφορά των μεγεθών στη δυναμική γραμμική χαρακτηριστική. Επίσης στις εικόνες 3-12 και 3-13 φαίνεται η σύγκριση της συμπεριφοράς αυτής με την αντίστοιχη συμπεριφορά που είχαν τα μεγέθη στη σταθερή γραμμική χαρακτηριστική.



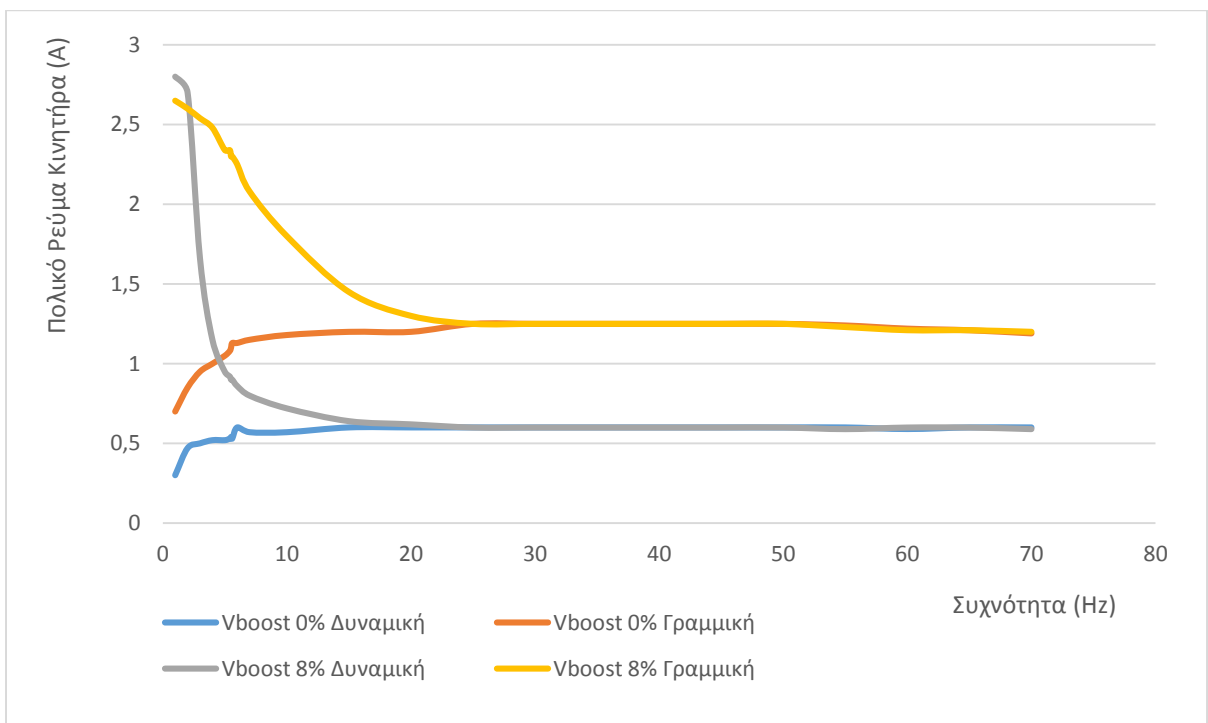
Εικόνα 3-10: Γραφική παράσταση τάσης/συχνότητας για τις μετρήσεις για δυναμική γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες



Εικόνα 3-11: Γραφική παράσταση ρεύματος/συχνότητας για τις μετρήσεις για δυναμική γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες



Εικόνα 3-12: Σύγκριση γραφικών παραστάσεων τάσης/συχνότητας για τις μετρήσεις για σταθερή και δυναμική γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες



Εικόνα 3-13: Σύγκριση γραφικών παραστάσεων ρεύματος/συχνότητας για τις μετρήσεις για σταθερή και δυναμική γραμμική χαρακτηριστική με ή χωρίς ενίσχυση τάσης στις χαμηλές συχνότητες

Μελετώντας τη γραφική παράσταση της εικόνας 3-12 και για $V_{boost} = 0\%$ φαίνεται καταρχήν η διαφορά στη μέγιστη τιμή της τάσης. Λογικό είναι, όπως προαναφέρθηκε, στη δυναμική χαρακτηριστική η τάση να παραμένει σε χαμηλότερα επίπεδα εν αναμονή φορτίου στον κινητήρα. Το ίδιο συμβαίνει και για $V_{boost} = 8\%$ με την τάση όμως να εκκινεί από υψηλότερα επίπεδα λόγω της ενίσχυσης, κάτι που ικανοποιεί τη θεωρητική σχεδίαση των χαρακτηριστικών με ενίσχυση τάσης όπως φαίνεται στις γραφικές παραστάσεις της εικόνας 3-8. Παρατηρώντας και τις γραφικές παραστάσεις ρεύματος/συχνότητας που φαίνονται παρακάτω στην εικόνα 3-13 φαίνεται πως για $V_{boost} = 0\%$ υπάρχει διαφορά στο ρεύμα εκκίνησης αλλά και στα επίπεδα τιμών που λαμβάνει το ρεύμα. Στη δυναμική γραμμική χαρακτηριστική το ρεύμα παραμένει σε χαμηλότερα επίπεδα εν αναμονή φορτίου. Για $V_{boost} = 8\%$ το ρεύμα έχει μεγαλύτερη τιμή εκκίνησης και σιγά σιγά ομαλοποιείται μειούμενο. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε όλες τις γραφικές παραστάσεις και των δύο εικόνων (3-12 και 3-13) πως τα μεγέθη με διαφορετικό V_{boost} αλλά για ίδιο είδος χαρακτηριστικής καταλήγουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στις ίδιες τιμές. Αυτό γίνεται καθώς οι μετρήσεις για δυναμική γραμμική χαρακτηριστική έγιναν χωρίς φορτίο.

Κεφάλαιο 4

Το Λογισμικό CTSOft

4.1 Εισαγωγή

Το CTSOft είναι ένα λογισμικό ανεπτυγμένο για χρήση με το λειτουργικό σύστημα Windows και επιτρέπει την απεικόνιση και τον έλεγχο όλων των παραμέτρων του ρυθμιστή στροφών Commander SK, καθώς και τον έλεγχο της λειτουργίας όλης της γκάμας ρυθμιστών στροφών της εταιρίας Control Techniques.

Το CTSOft παρέχει στο χρήστη ένα γραφικό διαδραστικό περιβάλλον που είναι κατανεμημένο σε μια σειρά από οθόνες. Προσφέρει γρήγορη και εύκολη παρακολούθηση των παραμέτρων και, όπου επιτρέπεται, τη δυνατότητα ρύθμισης αυτών. Οι πληροφορίες κάθε παραμέτρου μπορούν ανά πάσα στιγμή να προβληθούν δείχνοντας στο χρήστη τη λειτουργία, τον τύπο και το εύρος των επιτρεπόμενων τιμών.

Οι παράμετροι του εκάστοτε ρυθμιστή στροφών είναι χωρισμένες σε μια σειρά από σχετικές ομάδες και καταλόγους. Πολλοί από αυτούς τους καταλόγους έχουν ένα σχετικό γραφικό block diagram το οποίο μπορεί να προβληθεί και να χρησιμοποιηθεί διαδραστικά μέσα στο CTSOft. Για όλες τις πληροφορίες των παραμέτρων οι σχετικές σελίδες από τους Προχωρημένους Οδηγούς Χρήσης του εκάστοτε ρυθμιστή στροφών μπορούν να προβληθούν απλά κάνοντας κλικ στην παράμετρο σε οποιαδήποτε λίστα ή block diagram.

Εκτός από τις λίστες και τα διαγράμματα, μια πληθώρα από άλλες λειτουργίες παρέχεται για να κάνει δυνατή τη συντήρηση της ομάδας παραμέτρων ενός ρυθμιστή στροφών. Στις λειτουργίες αυτές περιλαμβάνονται αναλογικές και ψηφιακές εισοδοί/έξοδοι (I/Os – Inputs/Outputs), ‘φόρτωμα’ και ‘κατέβασμα’ των παραμέτρων από/στο ρυθμιστή στροφών, αποθήκευση και διάβασμα των τιμών των παραμέτρων από αποθηκευμένο αρχείο και σύγκριση των παραμέτρων με ένα αρχείο ή με τις αρχικές τιμές.

4.2 Κύρια Χαρακτηριστικά

- **Σύνδεση**

Το CTSOft μπορεί να δουλέψει με δύο τρόπους: Είτε συνδεδεμένο με τον ρυθμιστή στροφών –ONLINE- είτε ασύνδετο –OFFLINE-. Εν προκειμένω για τον Commander SK η σύνδεση με τον υπολογιστή γίνεται μέσω της σειριακής θύρας. Τότε τα δεδομένα του ρυθμιστή στροφών μπορούν να προβάλλονται σε πραγματικό χρόνο και οι παράμετροί του να διαβάζονται και να δέχονται επεξεργασία. Όλες οι παράμετροι που επιδέχονται αλλαγή στις τιμές τους μπορούν να επεξεργαστούν. Οποιαδήποτε αλλαγή στην τιμή μιας παραμέτρου αντικατοπτρίζεται στο drive image του CTSOft. Όταν το CTSOft συνδέεται για πρώτη φορά

με κάποιον ρυθμιστή στροφών, τότε ελέγχεται η έκδοση του firmware αυτού. Από εκεί και πέρα η λειτουργία του CTSOft είναι συμβατή με την έκδοση firmware του ρυθμιστή στροφών.

Όταν είναι ασύνδετο το πρόγραμμα ανοίγει με μια βασική απεικόνιση των παραμέτρων του ρυθμιστή στροφών. Ο χρήστης τότε μπορεί να ξεκινήσει να επεξεργάζεται τις παραμέτρους για να ταιριάξουν με την επιθυμητή εφαρμογή. Ένα εφεδρικό αρχείο με τις τροποποιημένες τιμές των παραμέτρων μπορεί να δημιουργηθεί για να 'κατεβεί' στο ρυθμιστή στροφών όταν τελικά αυτός τεθεί σε λειτουργία. Αυτός ο φάκελος έχει τον στάνταρ τίτλο 'UserDataAutoBackup' και μπορεί να βρεθεί στον φάκελο **Parameter Files**. Ο χρήστης μπορεί μετά να ξαναφορτώσει αυτό το αρχείο ώστε να θέσει τις τιμές στις παραμέτρους του ρυθμιστή στροφών. Αν η μόνη διαφορά μεταξύ του αποθηκευμένου αρχείου παραμέτρων και του ρυθμιστή στροφών είναι το firmware, τότε το φόρτωμα γίνεται ξανά αυτόματα.

- **Λίστες παραμέτρων**

Όλες οι παράμετροι του ρυθμιστή στροφών εμφανίζονται σε ομαδοποιημένες λίστες ανάλογα με τη λειτουργία τους. Υπάρχουν 17 ομάδες παραμέτρων. Εκτός από αυτές, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει δικιές του λίστες με παραμέτρους, ανάλογα με τις ανάγκες του και τον τρόπο χρήσης του ρυθμιστή στροφών.

- **Block Diagrams**

Πολλά από τα μενού του ρυθμιστή στροφών έχουν ένα διάγραμμα ελέγχου, το οποίο σχεδιαγραμματικά δείχνει στο χρήστη πώς επενεργούν οι παράμετροι στην λειτουργία του ρυθμιστή στροφών. Το πρόγραμμα δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δει τυχόν αλλαγές. Όταν το πρόγραμμα είναι online οι τιμές κάθε παραμέτρου μέσα σε ένα block διάγραμμα αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο για να καθίσταται γνωστός ο τρόπος λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών.

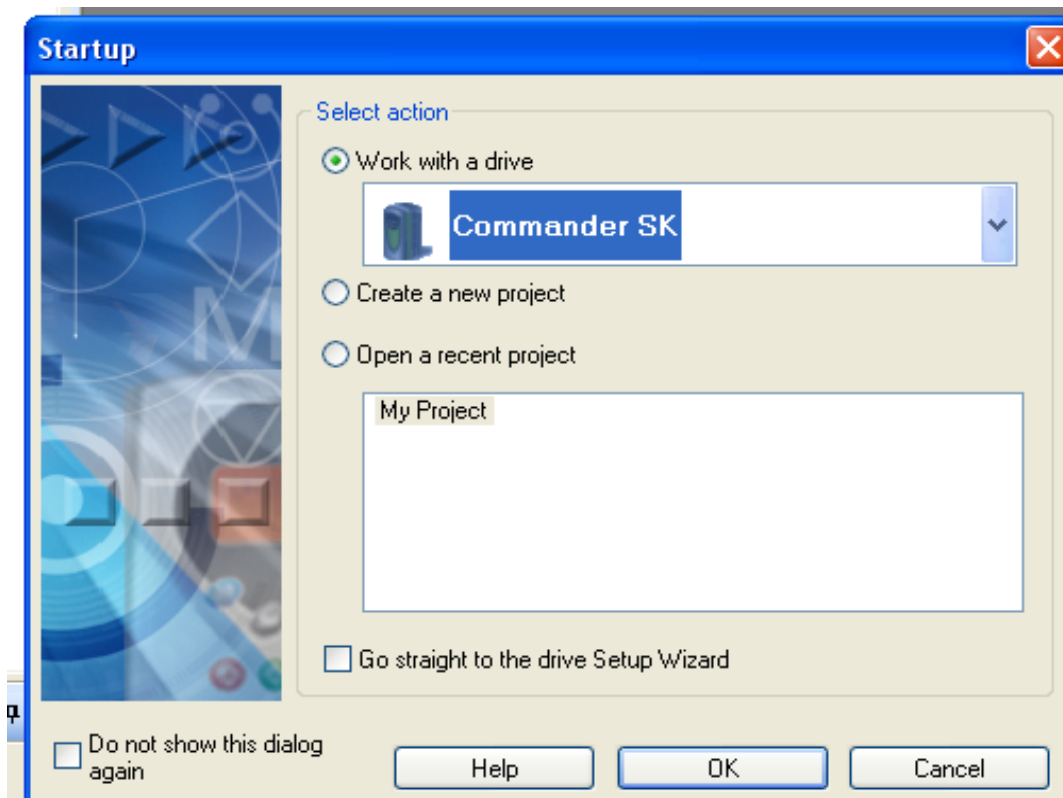
- **Παρακολούθηση**

Όταν επιλεγεί η δυνατότητα monitoring το πρόγραμμα μπορεί να ανοίξει μια σειρά από οθόνες που επιτρέπουν την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας του ρυθμιστή στροφών. Οι τιμές των παραμέτρων εμφανίζονται σε 7-segment displays και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποιες έξι παραμέτρους επιθυμεί να παρακολουθεί. Εναλλακτικά υπάρχει η οθόνη σφαλμάτων (**Faults Display**), και η οθόνη κατάστασης του ρυθμιστή στροφών (**Drive Status**) που με τη μορφή ενδεικτικών λυχνιών ενημερώνουν για τη λειτουργία και για σφάλματα του ρυθμιστή στροφών. Υπάρχει επίσης παράθυρο στον οποίο εμφανίζονται τα αίτια που προκάλεσαν σφάλμα (trip) στον ρυθμιστή στροφών (**Fault Log**). Υπάρχει οθόνη ελέγχου των control terminals του ρυθμιστή στροφών. Διατίθεται επίσης πίνακας ελέγχου (Control Panel) ο οποίος δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να θέσει σε λειτουργία το ρυθμιστή στροφών. Περιλαμβάνει 6 πλήκτρα: run, stop, jog, reverse, reset και ποτενσιόμετρο ταχύτητας.

4.3 Λειτουργώντας το Λογισμικό CTSoft

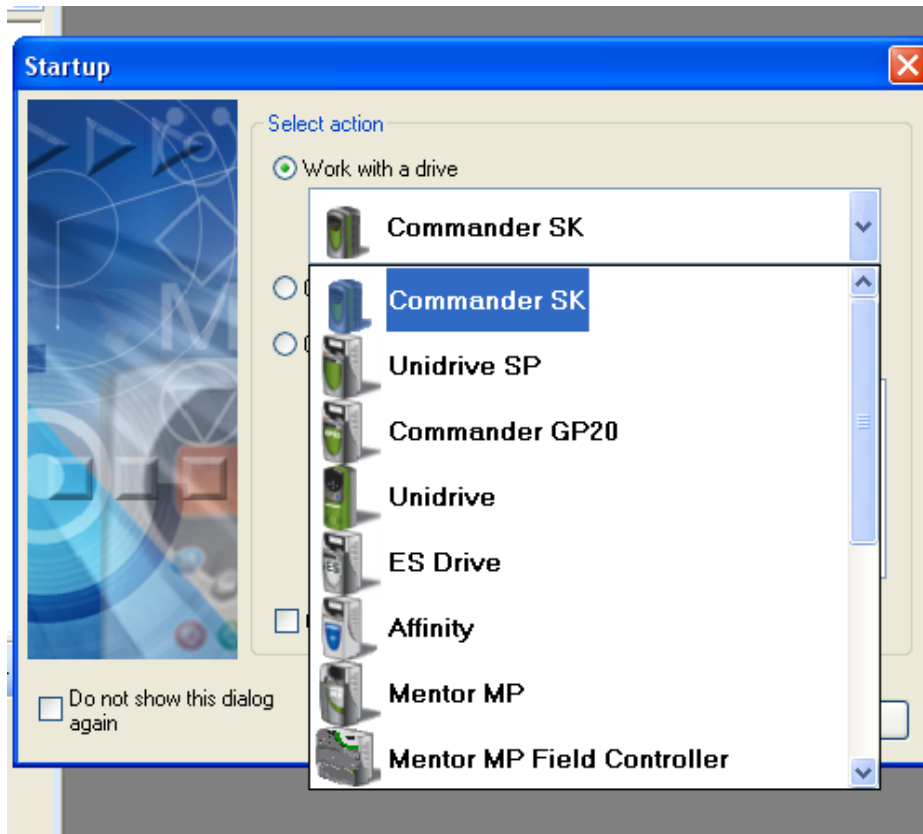
4.3.1 Αρχικές Ρυθμίσεις

Ανοίγοντας το πρόγραμμα εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου της εικόνας 4-1. Υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγεί ο ρυθμιστής στροφών με τον οποίο επιθυμεί να δουλέψει ο χρήστης, μέσα από τη γκάμα προϊόντων της κατασκευάστριας εταιρίας Control Techniques (εικόνα 4-2). Δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να ξεκινήσει μια καινούρια εργασία με τον ρυθμιστή στροφών που επιθυμεί. Επιπροσθέτως, υπάρχει η δυνατότητα να ‘φορτωθεί’ κάποια ήδη υπάρχουσα και αποθηκευμένη εργασία. Αφού γίνουν οι ανωτέρω επιλογές, το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, εάν αυτός επιθυμεί, να μεταβεί κατευθείαν με το κλείσιμο αυτού του παραθύρου, στον Setup Wizard. Ο Setup Wizard, που περιγράφεται παρακάτω, δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη, να ρυθμίσει τις βασικότερες παραμέτρους του ρυθμιστή στροφών με τον οποίο πρόκειται να εργαστεί.

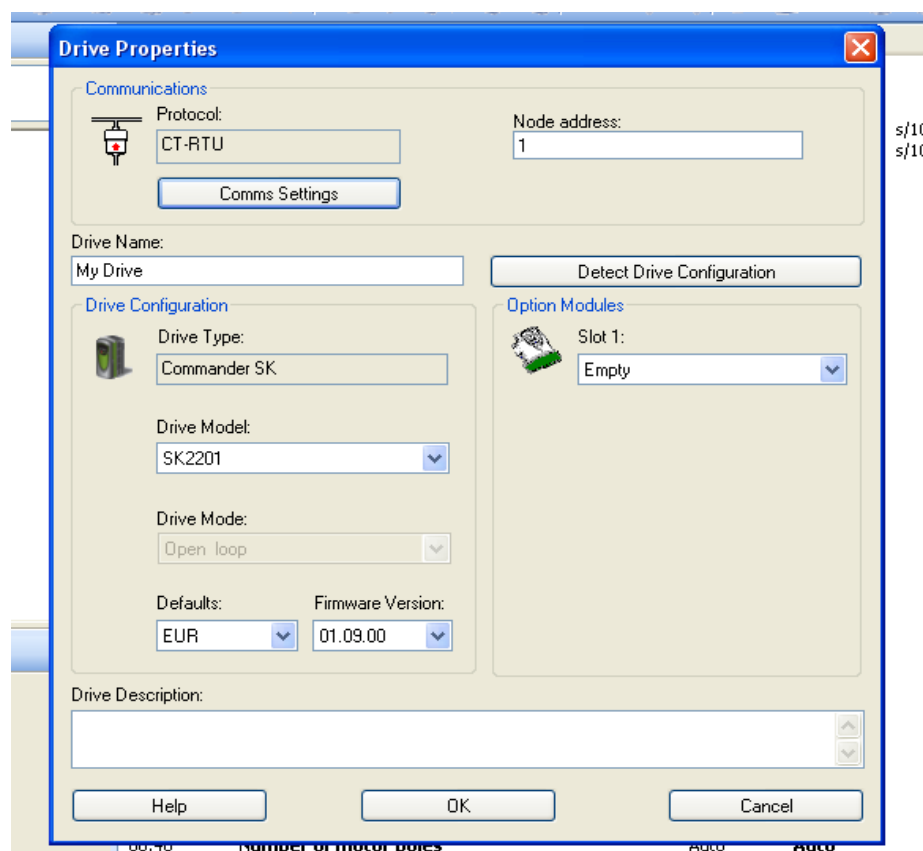


Εικόνα 4-1: Αρχικό παράθυρο διαλόγου

Εν προκειμένω, η παρουσίαση αυτή θα επικεντρωθεί στο πώς μπορεί να ξεκινήσει από την αρχή μια εργασία για τον ρυθμιστή στροφών Commander SK που υπάρχει στο εργαστήριο. Συνεπώς ο χρήστης αρχικά θα πρέπει να επιλέξει ‘Work with a drive’ και ‘Commander SK’ και έπειτα να πατήσει το πλήκτρο OK. Στην συνέχεια θα εμφανιστεί το παράθυρο διαλόγου της εικόνας 4-3 που δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ρυθμίσει κάποιες βασικές παραμέτρους.

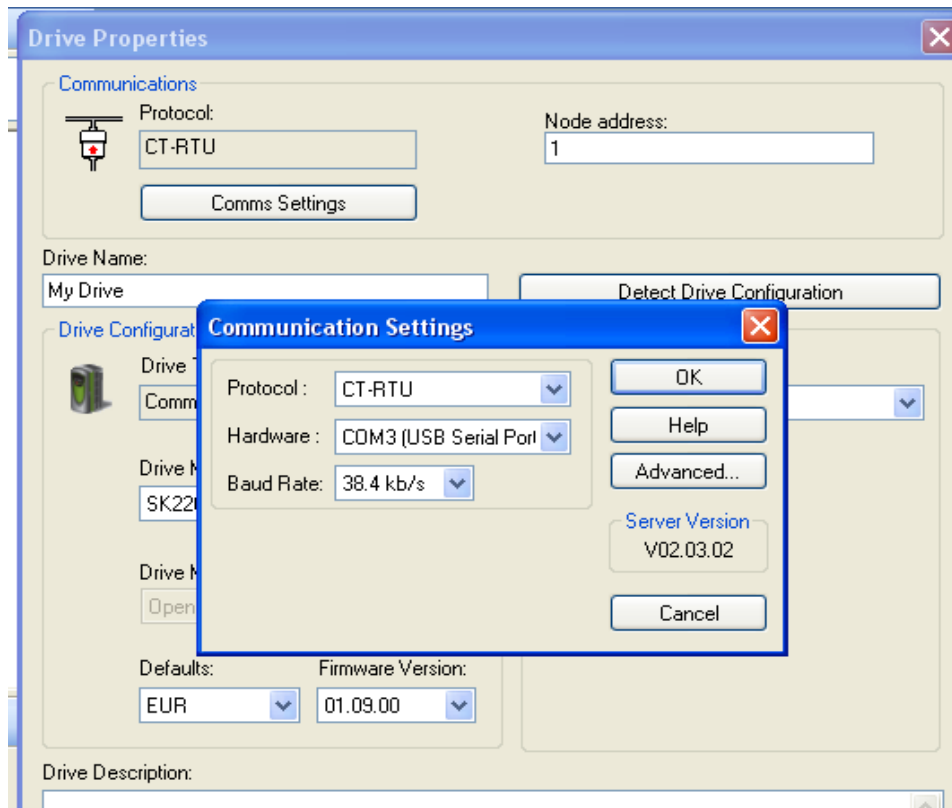


Εικόνα 4-2: Επιλογή ρυθμιστή στροφών

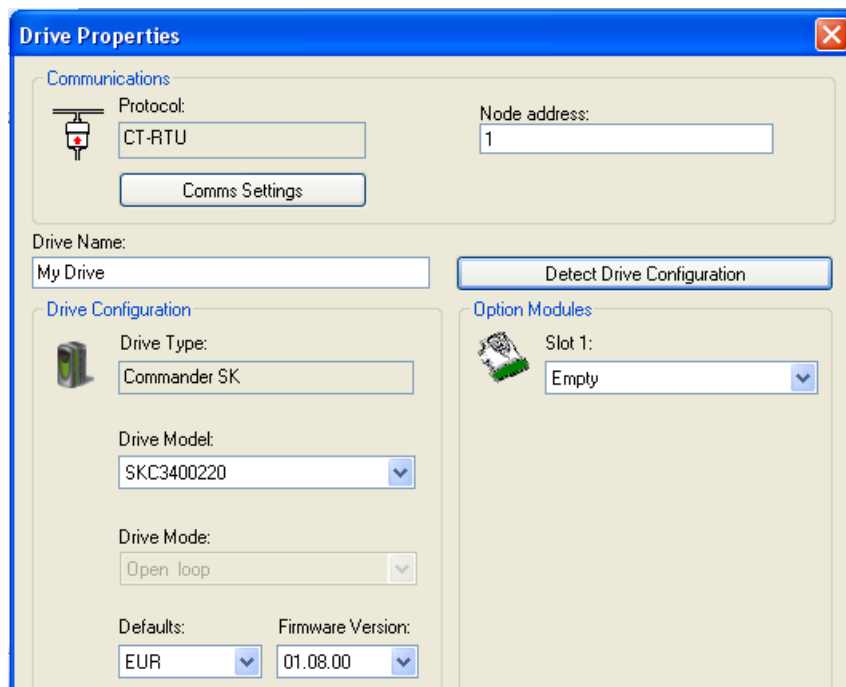


Εικόνα 4-3: Παράθυρο Drive Properties για τη ρύθμιση βασικών αρχικών παραμέτρων

Στο επάνω μέρος του παραθύρου Drive Properties, στο πεδίο ‘Communications’, ο χρήστης μπορεί να καθορίσει τη ‘διαδρομή’ σύνδεσης του ρυθμιστή στροφών με τον Η/Υ, το πρωτόκολλο επικοινωνίας καθώς και την ταχύτητα αυτής (εικόνα 4-4).



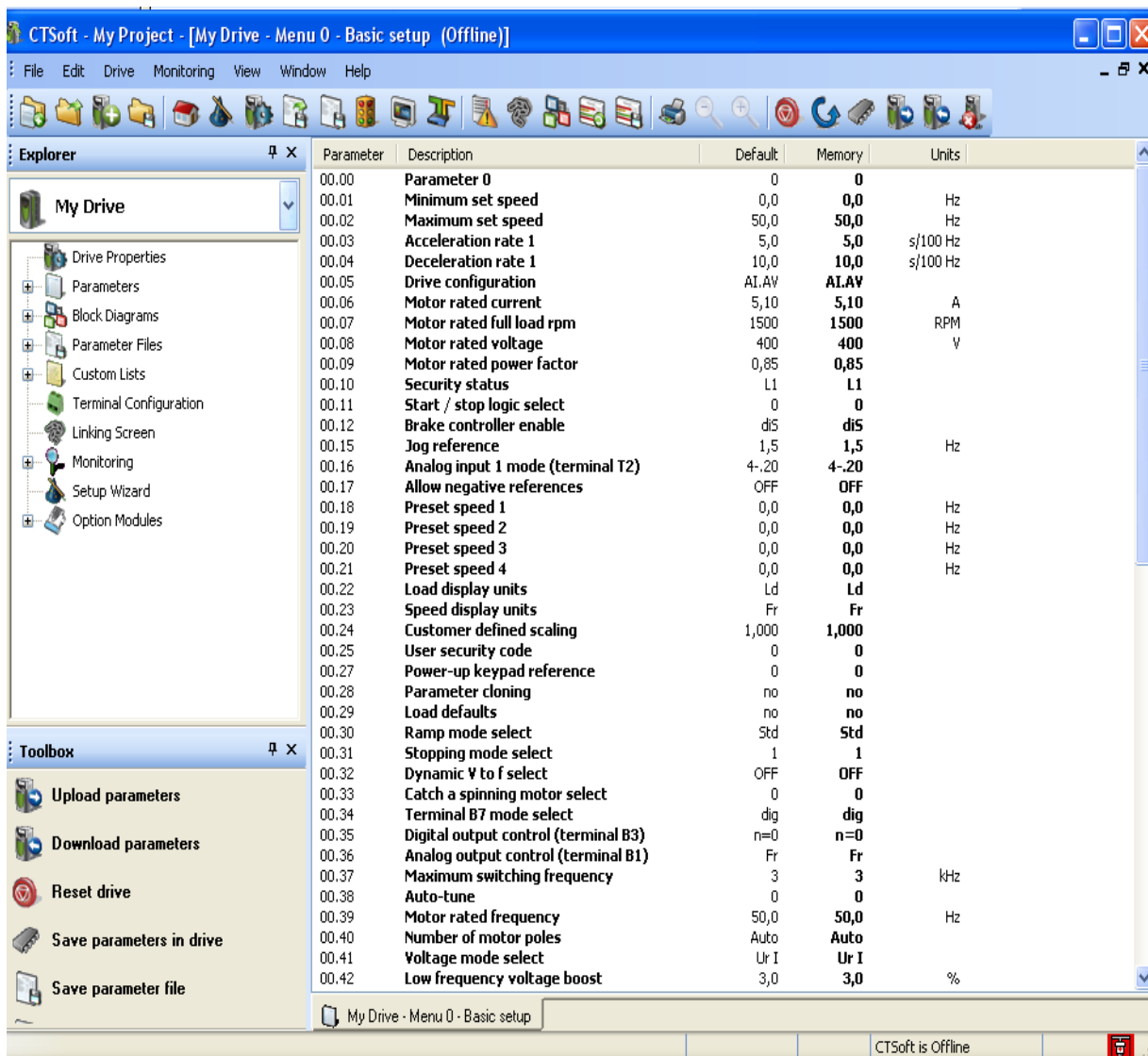
Εικόνα 4-4: Παράθυρο διαλόγου Communication Settings όπου ρυθμίζονται τα βασικά για την επικοινωνία του ρυθμιστή στροφών με τον Η/Υ.



Εικόνα 4-5: Παράθυρο Drive Properties μετά το πάτημα του κουμπιού Detect Drive Configuration, όπου ανιχνεύθηκε επιτυχώς ο ρυθμιστής στροφών που είχε συνδεθεί στον Η/Υ

Στο τμήμα ‘Drive Configuration’ δύναται να καθοριστεί ακριβώς το μοντέλο του ρυθμιστή στροφών που χρησιμοποιείται. Εναλλακτικά, αν ο ρυθμιστής στροφών είναι υπό τάση και φυσικά είναι συνδεδεμένος με τον Η/Υ, αν πατηθεί το κουμπί: ‘Detect Drive Configuration’ τότε το πρόγραμμα αυτομάτως ανιχνεύει το ακριβές μοντέλο του ρυθμιστή στροφών μαζί με την έκδοση του firmware που είναι εγκατεστημένη σε αυτόν. Όπως φαίνεται στην εικόνα 4-5 στην περίπτωση του εργαστηρίου, μόλις πατήθηκε το κουμπί ‘Detect Drive Configuration’, ανιχνεύθηκε σωστά ο ρυθμιστής στροφών που ήταν συνδεδεμένος.

Έπειτα εμφανίζεται η κύρια οθόνη του προγράμματος με όλες τις επιλογές (εικόνα 4-6). Στην επάνω μεριά, κάτω από τη γραμμή του καταλόγου επιλογών, υπάρχει μια γραμμή εργαλείων με τις βασικότερες λειτουργίες του προγράμματος σε άμεση πρόσβαση για το χρήστη. Αριστερά υπάρχει το παράθυρο εξερεύνησης με όλες τις διαθέσιμες ενέργειες σε μενού τύπου δέντρου. Όπως φαίνεται όλες οι παράμετροι έχουν τις εργοστασιακές τιμές.



Εικόνα 4-6: Κύρια οθόνη του προγράμματος CTSoft

Βασική ενέργεια για να ξεκινήσει ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών είναι το πάτημα του πλήκτρου Toggle On-Line Status το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4-7 τέρμα δεξιά. Αμέσως το πρόγραμμα θα 'διαβάσει' τις τιμές σε όλες τις παραμέτρους που υπάρχουν τη δεδομένη χρονική στιγμή στον ρυθμιστή στροφών.



Εικόνα 4-7: Το εικονίδιο Toggle On-Line Status μεταξύ άλλων εικονιδίων

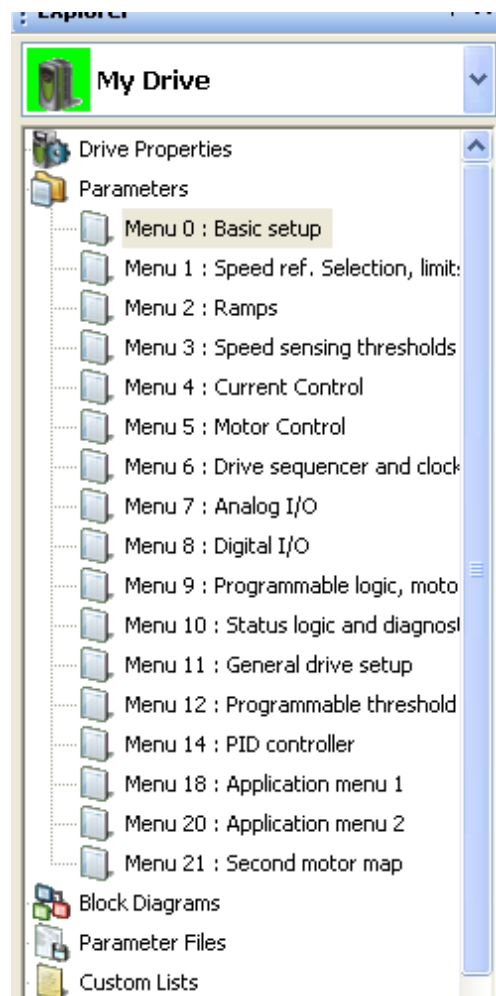
Parameter	Description	Default	Memory	Units
00.00	Parameter 0	0	0	
00.01	Minimum set speed	0,0	0,0	Hz
00.02	Maximum set speed	50,0	50,0	Hz
00.03	Acceleration rate 1	5,0	10,0	s/100 Hz
00.04	Deceleration rate 1	10,0	10,0	s/100 Hz
00.05	Drive configuration	AI,AV	E.Pot	
00.06	Motor rated current	5,10	2,70	A
00.07	Motor rated full load rpm	1500	1400	RPM
00.08	Motor rated voltage	400	340	V
00.09	Motor rated power factor	0,85	0,75	
00.10	Security status	L1	L3	
00.11	Start / stop logic select	0	0	
00.12	Brake controller enable	dis	dis	
00.15	Jog reference	1,5	1,5	Hz
00.16	Analog input 1 mode (terminal T2)	4-.20	VolT	
00.17	Allow negative references	OFF	OFF	
00.18	Preset speed 1	0,0	0,0	Hz
00.19	Preset speed 2	0,0	30,0	Hz
00.20	Preset speed 3	0,0	40,0	Hz
00.21	Preset speed 4	0,0	50,0	Hz
00.22	Load display units	Ld	A	
00.23	Speed display units	Fr	Fr	
00.24	Customer defined scaling	1,000	1,000	
00.25	User security code	0	0	
00.27	Power-up keypad reference	0	0	
00.28	Parameter cloning	no	no	
00.29	Load defaults	no	no	
00.30	Ramp mode select	Std	FSt.HV	
00.31	Stopping mode select	1	1	
00.32	Dynamic V to f select	OFF	OFF	
00.33	Catch a spinning motor select	0	0	
00.34	Terminal B7 mode select	dig	dig	
00.35	Digital output control (terminal B3)	n=0	n=0	
00.36	Analog output control (terminal B1)	Fr	Fr	
00.37	Maximum switching frequency	3	12	kHz
00.38	Auto-tune	0	0	
00.39	Motor rated frequency	50,0	50,0	Hz
00.40	Number of motor poles	Auto	4 pole	
00.41	Voltage mode select	Ur I	Fd	
00.42	Low frequency voltage boost	3,0	8,0	%
00.43	Serial comms baud rate	19.2	38.4	
00.44	Serial comms address	1	1	
00.45	Software version	1,08	1,08	
00.46	Brake release current threshold	50	50	%
00.47	Brake apply current threshold	10	10	%
00.48	Brake release frequency	1,0	1,0	Hz
00.49	Brake apply frequency	2,0	2,0	Hz
00.50	Pre-brake release delay	1,0	1,0	s
00.51	Post brake release delay	1,0	1,0	s
00.55	Last Trip	no trip	OLAC	
00.56	Trip 1	no trip	IT.AC	
00.57	Trip 2	no trip	UU	
00.58	Trip 3	no trip	UU	
00.59	PLC ladder program enable	Halt	Halt	
00.60	PLC ladder program status	0	3	
00.61	Motorised pot rate	20	20	s
00.62	Motorised pot bipolar select	OFF	OFF	
00.63	Motorised pot mode	2	2	
00.64	Skip reference 1	0,0	0,0	Hz
00.71	Parameter 61 set-up	0,00	9,23	menu.param

Εικόνα 4-8: Οι παράμετροι του ρυθμιστή στροφών μετά το πάτημα του κουμπιού Toggle On-Line Status

Πατώντας, λοιπόν, το **Toggle On-Line Status** το πρόγραμμα ‘ανέβασε’ όλες τις τιμές των παραμέτρων, ακριβώς όπως είχαν τεθεί προηγουμένως, στον ρυθμιστή στροφών (εικόνα 4-8). Εναλλακτικά για να γίνει αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πλήκτρο ‘Upload Parameters From Drive’ με το πάτημα του οποίου ‘φορτώνονται’ οι τιμές των παραμέτρων στο πρόγραμμα. Επίσης ο χρήστης μπορεί να επεξεργαστεί τις παραμέτρους μέσα στο πρόγραμμα πριν συνδεθεί με τον ρυθμιστή στροφών που επιθυμεί να ελέγξει και έπειτα με το πλήκτρο ‘Download Parameters To Drive’ είναι δυνατόν να ‘κατέβουν’ οι τιμές των παραμέτρων στον ρυθμιστή στροφών.

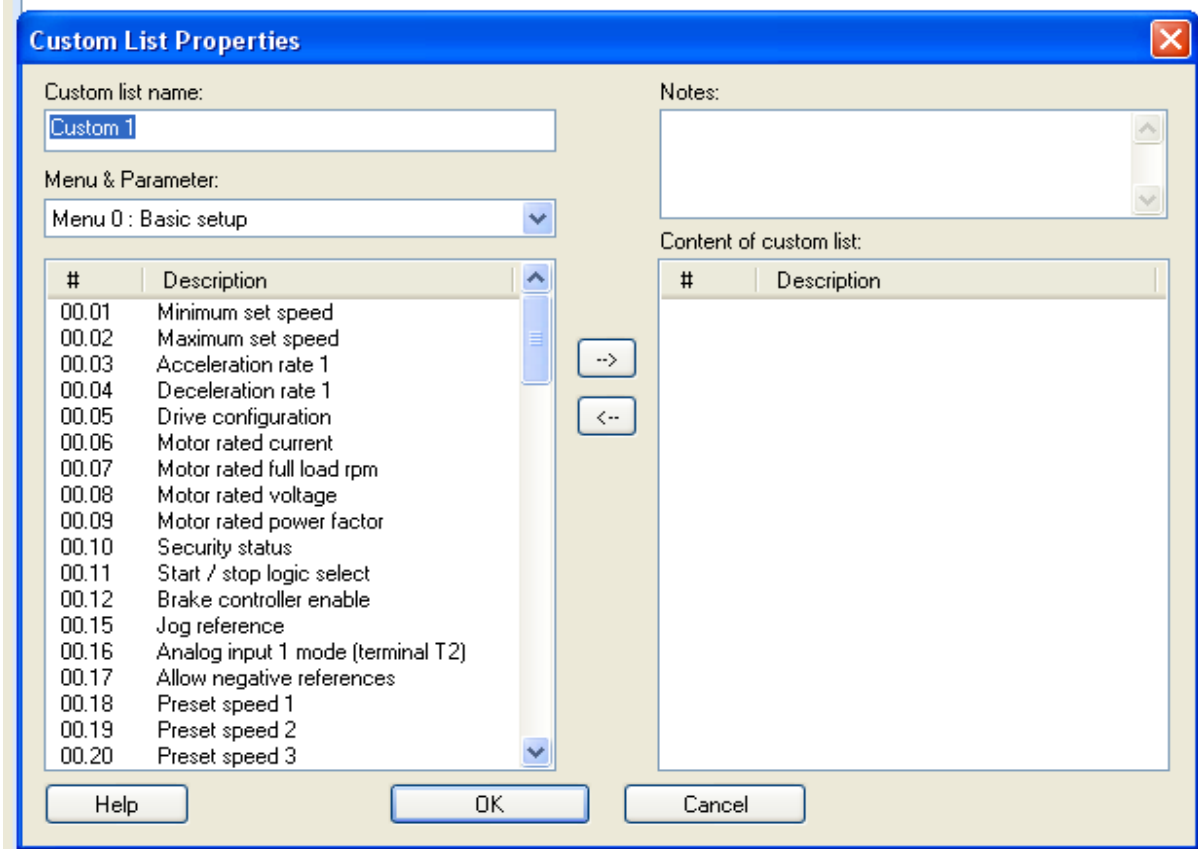
4.3.2 Παραμετροποίηση – Ομάδες Παραμέτρων

Στο παράθυρο εξερεύνησης αριστερά, υπάρχει ο φάκελος ‘Parameters’. Εάν πατηθεί θα εμφανιστούν 17 υποφάκελοι με τα ισάριθμα μενού παραμέτρων (εικόνα 4-9). Γίνεται εύκολα κατανοητό πως είναι διαθέσιμη ολόκληρη η γκάμα των παραμέτρων όπως αυτές παρουσιάζονται και στο Advanced User Guide Manual του Commander SK. Κάνοντας διπλό κλικ σε κάθε ένα από τα μενού, εμφανίζονται οι αντίστοιχες παράμετροι οι οποίες είναι διαθέσιμες για επεξεργασία – αλλαγή τιμής.



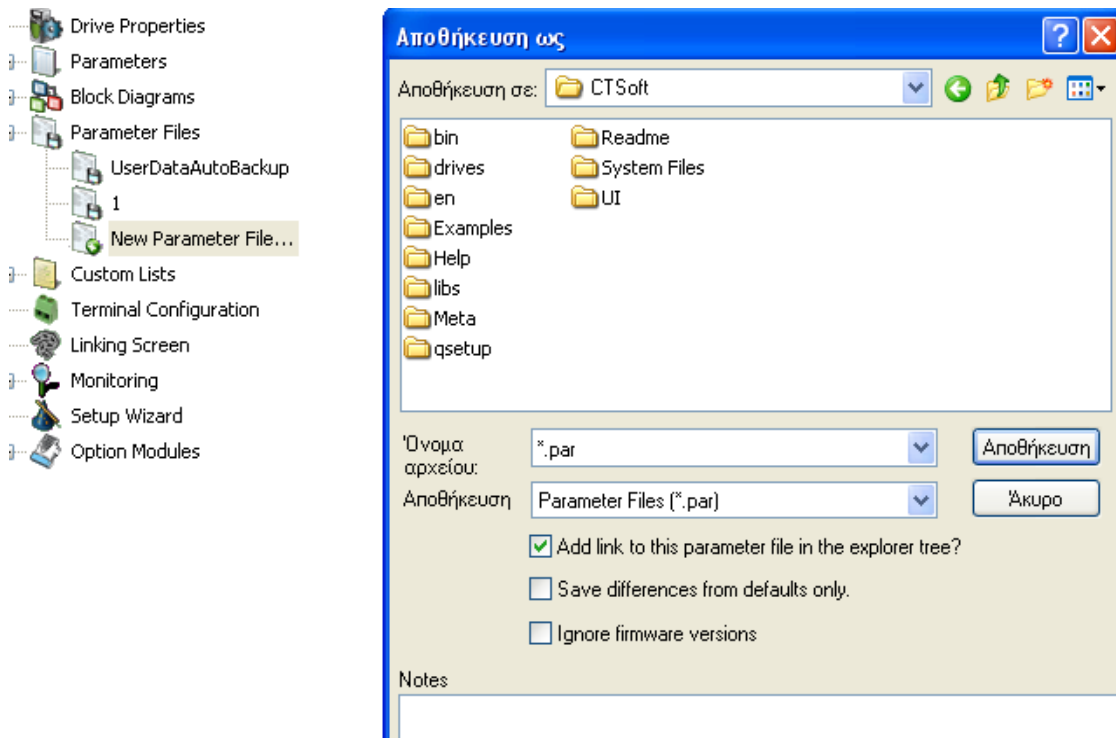
Εικόνα 4-9: Μενού τύπου δέντρου στο παράθυρο εξερεύνησης του προγράμματος όπου έχει ανοιχθεί ο φάκελος: Parameters

Εκτός από τα ήδη υπάρχοντα 17 μενού παραμέτρων, παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να ομαδοποιήσει τις παραμέτρους ανάλογα με τις ανάγκες του, δημιουργώντας μενού μόνο με παραμέτρους της αρεσκείας του. Κάνοντας κλικ στο φάκελο 'Custom Lists' και κατόπιν στην επιλογή 'New Custom List' είναι εφικτή αυτή η λειτουργία. Μπορεί να δοθεί οποιοδήποτε όνομα και να προσθαφαιρεθεί οποιαδήποτε παράμετρος από κάθε μενού χρησιμοποιώντας τα βελάκια (εικόνα 4-10).



Εικόνα 4-10: Παράθυρο Custom Lists Properties όπου ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ομάδες παραμέτρων της αρεσκείας του

Αφού δοθούν στις παραμέτρους οι επιθυμητές τιμές μπορούν να φορτωθούν κατευθείαν στον ρυθμιστή στροφών με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω. Εναλλακτικά είναι δυνατή η δημιουργία αρχείου με τη συγκεκριμένη παραμετροποίηση και η αποθήκευση αυτού στον H/Y σε φάκελο της αρεσκείας του χρήστη. Αυτό γίνεται με το άνοιγμα του φακέλου 'Parameter Files' στο παράθυρο εξερεύνησης και κατόπιν ενεργοποιώντας την εντολή 'New Parameter File'. Τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου για να επιλεγεί η ονομασία και ο προορισμός του αρχείου (Εικόνα 4-11).



Εικόνα 4-11: Παράθυρο αποθήκευσης αρχείου παραμετροποίησης

4.3.3 Terminal Configuration

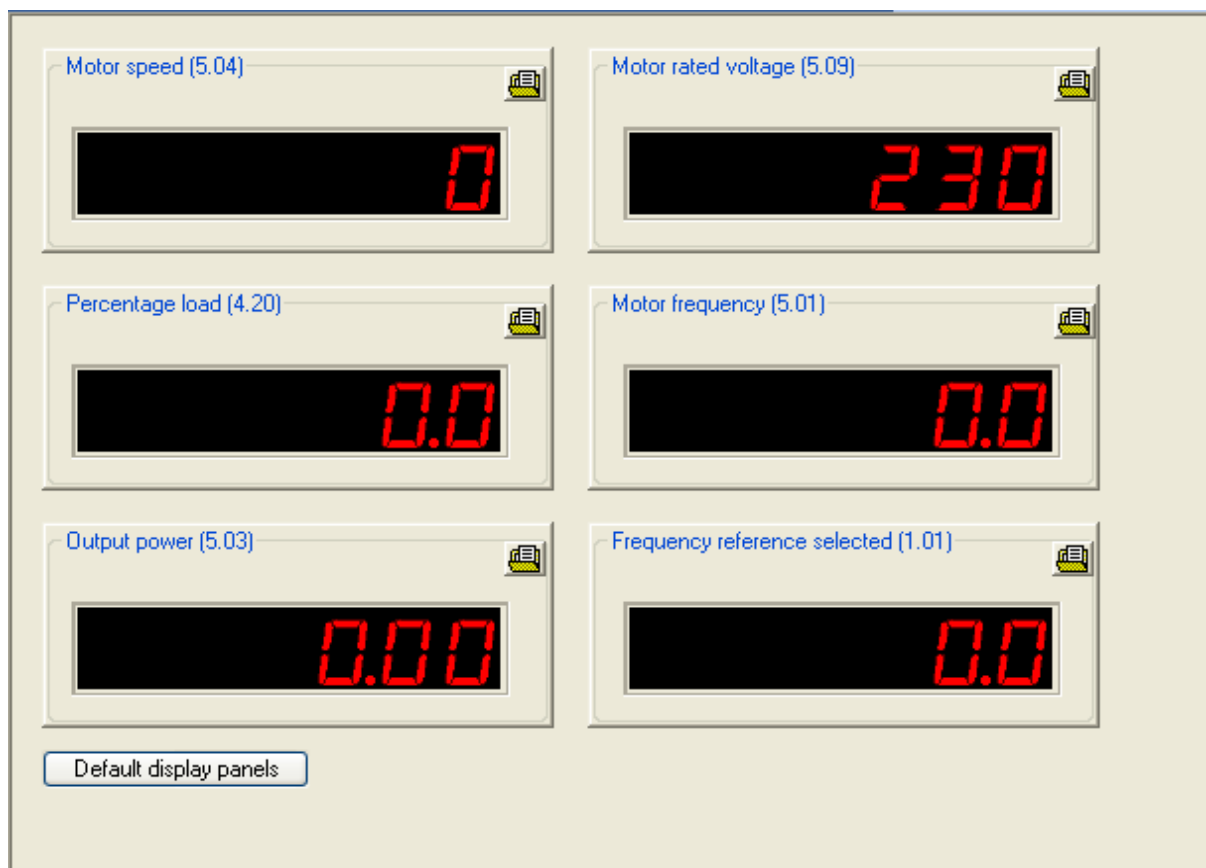
Κάνοντας κλικ στην επιλογή Terminal Configuration εμφανίζεται ένα διάγραμμα των ακροδεκτών ελέγχου του ρυθμιστή στροφών. Από εκεί μπορεί να γίνει επεξεργασία των παραμέτρων και του εύρους των τιμών που δουλεύει ο κάθε ακροδέκτης και εξαρτώνται από τις συνδέσεις που γίνονται κάθε φορά σε αυτούς (Εικόνα 4-12).

Εικόνα 4-12: Παράθυρο επεξεργασίας των ακροδεκτών ελέγχου

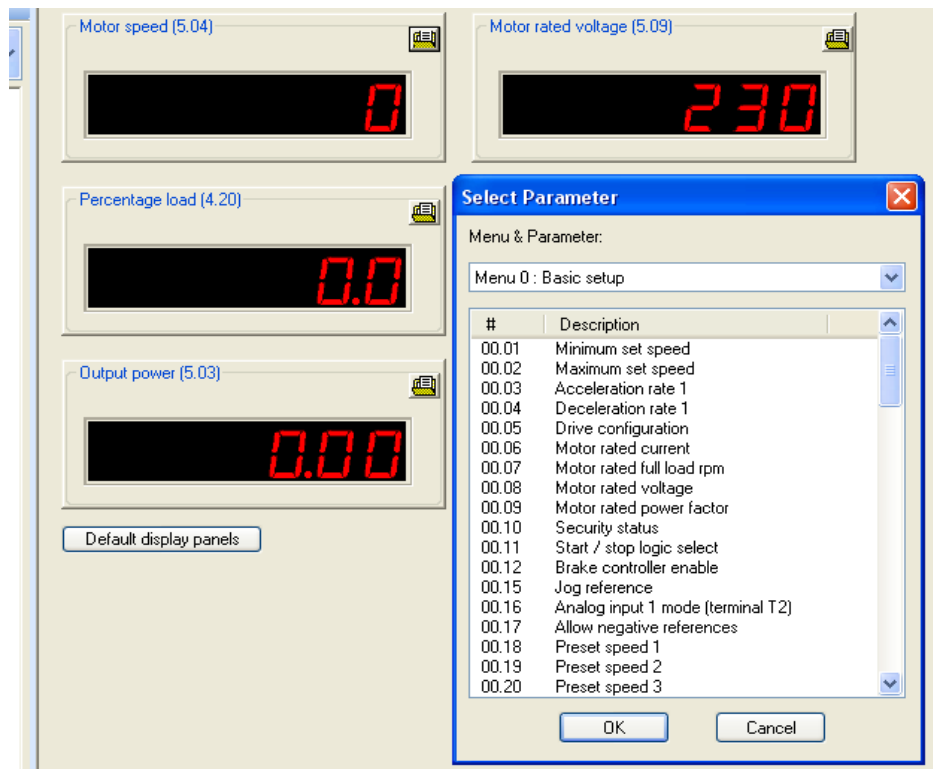
4.4 Λειτουργία Monitoring

Όπως ήδη αναφέρθηκε, το πρόγραμμα CTSOft δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ελέγξει σε πραγματικό χρόνο τον ρυθμιστή στροφών που είναι συνδεδεμένος με τον Η/Υ. Αν γίνει επιλογή του 'monitoring' μπορεί να εμφανιστεί μια σειρά από οθόνες που συμβάλουν σε αυτό. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε μια βιομηχανία, όπου ο χρήστης – ηλεκτρολόγος βάρδιας χρειάζεται να ελέγχει περισσότερους από έναν κινητήρες. Πόσο μάλλον και αν οι κινητήρες αυτοί βρίσκονται τοποθετημένοι σε διαφορετικούς χώρους του εργοστασίου. Πολύ απλά από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο χρήστης έχοντας ένα λογισμικό σαν το CTSOft, μπορεί να ελέγχει όλους τους ρυθμιστές στροφών που έχει υπό την εποπτεία του.

Η οθόνη 'Display Panel' εμφανίζει έναν πίνακα ελέγχου με έξι μετρητές, οι οποίοι παρουσιάζουν σε πραγματικό χρόνο τις τιμές διαφόρων παραμέτρων. Ο χρήστης μπορεί να επωφεληθεί από την άμεση εμφάνιση των τιμών κρίσιμων παραμέτρων, τις οποίες μπορεί να ορίσει ο ίδιος πατώντας το εικονίδιο του φακέλου στο επάνω δεξιά μέρος κάθε μετρητή (εικόνες 4-13 και 4-14).



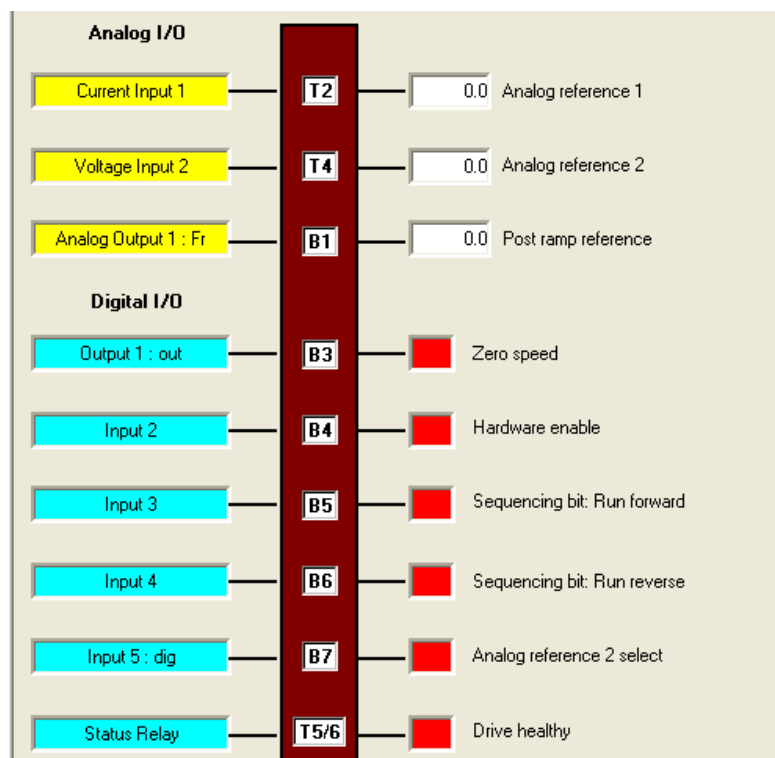
Εικόνα 4-13: Οθόνη Display Panel



Εικόνα 4-14: Παράθυρο επιλογής μεγεθών που θα απεικονίζονται στην οθόνη Display Panel

4.4.1 Analog and Digital I/O Panel

Σε αυτόν τον πίνακα ελέγχου φαίνεται η κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι ακροδέκτες ελέγχου του ρυθμιστή στροφών. Στα αριστερά αποτυπώνεται η ρύθμισή τους και δεξιά είτε η τιμή τους είτε η ψηφιακή τους κατάσταση (Εικόνα 4-15).



Εικόνα 4-15: Οθόνη Analog and Digital I/O Panel

4.4.2 Faults Display

Το παράθυρο **Faults Display** καταδεικνύει τυχόν σφάλματα. Απεικονίζεται σαν πίνακας με λυχνίες. Σε περίπτωση σταματήματος λόγω σφάλματος ('trip') του ρυθμιστή στροφών οι ενδεικτικές λυχνίες γίνονται κόκκινες και αναφέρεται ο κωδικός αριθμός του 'trip' ούτως ώστε να γίνει δυνατή η αναγνώριση και αντιμετώπισή του (Εικόνα 4-16).



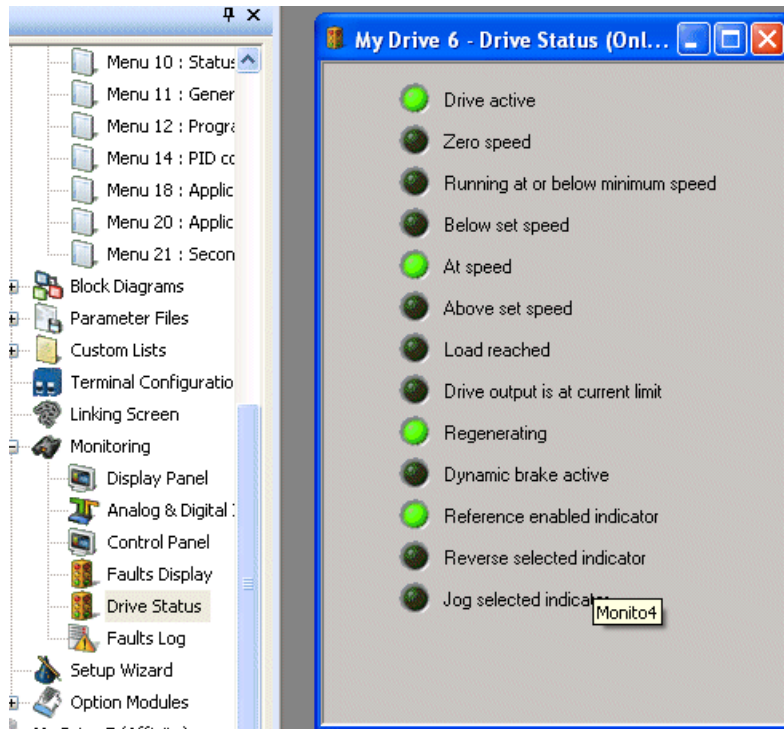
(α)

(β)

Εικόνα 4-16: Το παράθυρο Faults Display. (α) Ο ρυθμιστής στροφών χωρίς σφάλμα και (β) ο ρυθμιστής στροφών με σφάλμα

4.4.3 Drive Status

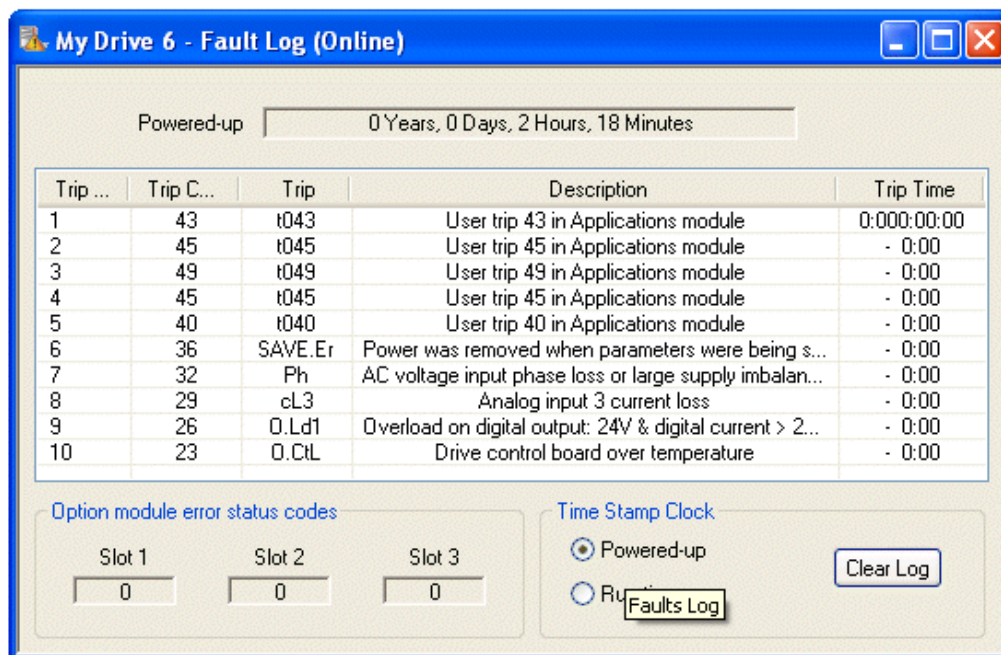
Στην οθόνη **Drive Status** με τη μορφή ενδεικτικών λυχνιών φαίνεται η κατάσταση του ρυθμιστή στροφών κι αν όλα βαίνουν καλώς (Εικόνα 4-17). Μπορεί να γίνει διάγνωση ορισμένων λειτουργιών ή δυσλειτουργιών και να δοθεί μια πρώτη εικόνα στο χρήστη. Για να γίνει κατανοητή η σημασία αυτού του παραθύρου αρκεί να αναλογιστεί κάποιος πως ο χρήστης ασκεί απομακρυσμένο έλεγχο στον ρυθμιστή στροφών. Αρα του είναι χρήσιμο καταρχήν να ξέρει αν ο ρυθμιστής στροφών δουλεύει (Drive Active). Όπως φαίνεται και στο παράθυρο της εικόνας 4-17 ο χρήστης μπορεί να δει εκτός από το αν ο ρυθμιστής στροφών δουλεύει, αν έχει σταματήσει (Zero Speed). Επίσης μπορεί να έχει μια διάγνωση για την ταχύτητα και αν αυτή είναι στα ορισμένα πλαίσια (Running at or below minimum speed, Below set speed, At speed, και Above set speed). Επιπρόσθετα υπάρχει μια πρώτη διάγνωση για την κατάσταση του ρεύματος (Load reached και Drive output is at current limit) και μερικές ακόμα ενδείξεις αναφορικά με τη φορά περιστροφής (reference enabled indicator και reverse selected indicator) και με το αν ο κινητήρας έχει μπει σε φάση ζεστάματος (jog selected indicator)



Εικόνα 4-17: Παράθυρο Drive Status

4.4.4 Fault Log

Το **Fault Log** δείχνει συγκεντρωμένα τα τελευταία σφάλματα με συνέπεια το σταμάτημα (trip) του ρυθμιστή στροφών.(Εικόνα 4-18). Στο επάνω μέρος φαίνεται το χρονικό διάστημα στο οποίο ο ρυθμιστής στροφών είναι σε λειτουργία. Από κάτω, στον πίνακα φαίνεται ο αριθμός



Εικόνα 4-18: Το παράθυρο Fault Log όπου φάνονται τα σφάλματα και οι αιτίες που τα προκάλεσαν.

του σφάλματος και η κωδικοποίηση του όπως αυτή έχει οριστεί και παρουσιάζεται στα εγχειρίδια χρήσης του Commander SK. Δίπλα φαίνεται η περιγραφή του σφάλματος και δεξιά η χρονική στιγμή στη οποία συνέβη με βάση το χρονόμετρο που υπάρχει από πάνω. Στο κάτω δεξιό μέρος του παραθύρου δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να καθαρίσει το αρχείο των σφαλμάτων.

4.4.5 Control Panel

Ο πίνακας ελέγχου (Εικόνα 4-19) δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να ελέγξει τη λειτουργία του ρυθμιστή στροφών μέσω εικονικών πλήκτρων. Όπως φαίνεται υπάρχει ποτενσιόμετρο αυξομείωσης της ταχύτητας και πλήκτρα για τις λειτουργίες: **reset**, **stop**, **run**, **reverse** και **jog**. Εδώ εφίσταται η προσοχή του χρήστη, καθώς ανοίγοντας αυτόν τον πίνακα ελέγχου, παρακάμπτονται όλες οι δικλίδες ασφαλείας που έχουν οριστεί σε αντίστοιχες παραμέτρους.



Εικόνα 4-19: Παράθυρο Control Panel

4.5 Setup Wizard

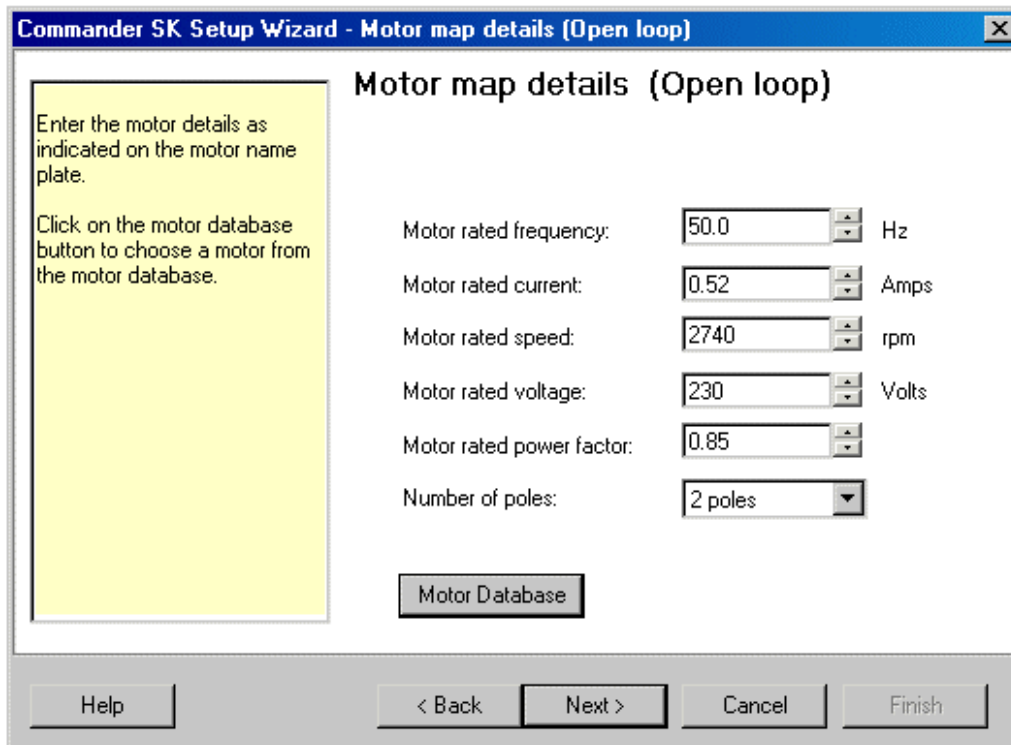
Στο παράθυρο εξερεύνησης βρίσκεται και ο **Setup Wizard** ο οποίος βοηθά στην βήμα προς βήμα παραμετροποίηση του ρυθμιστή στροφών. Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η διαδικασία που ακολουθείται αν επιλέξει ο χρήστης να παραμετροποιήσει κατά αυτόν τον τρόπο τον ρυθμιστή στροφών. Ουσιαστικά πρόκειται για τις σημαντικότερες παραμέτρους οι

οποίες είναι συγκεντρωμένες σε έναν οδηγό ρύθμισης. Στο αρχικό παράθυρο διαλόγου γίνεται επιλογή της συχνότητας λειτουργίας (Εικόνα 4-20)

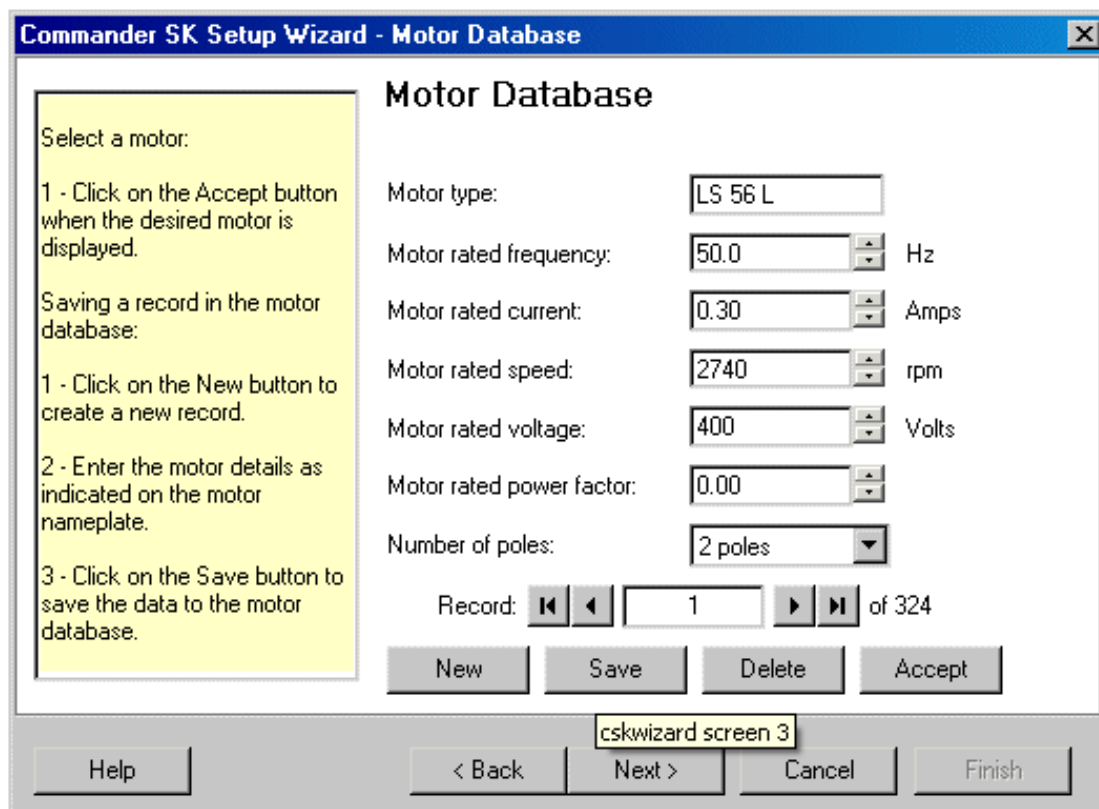


Εικόνα 4-20: Αρχικό,παράθυρο διαλόγου του Setup Wizard

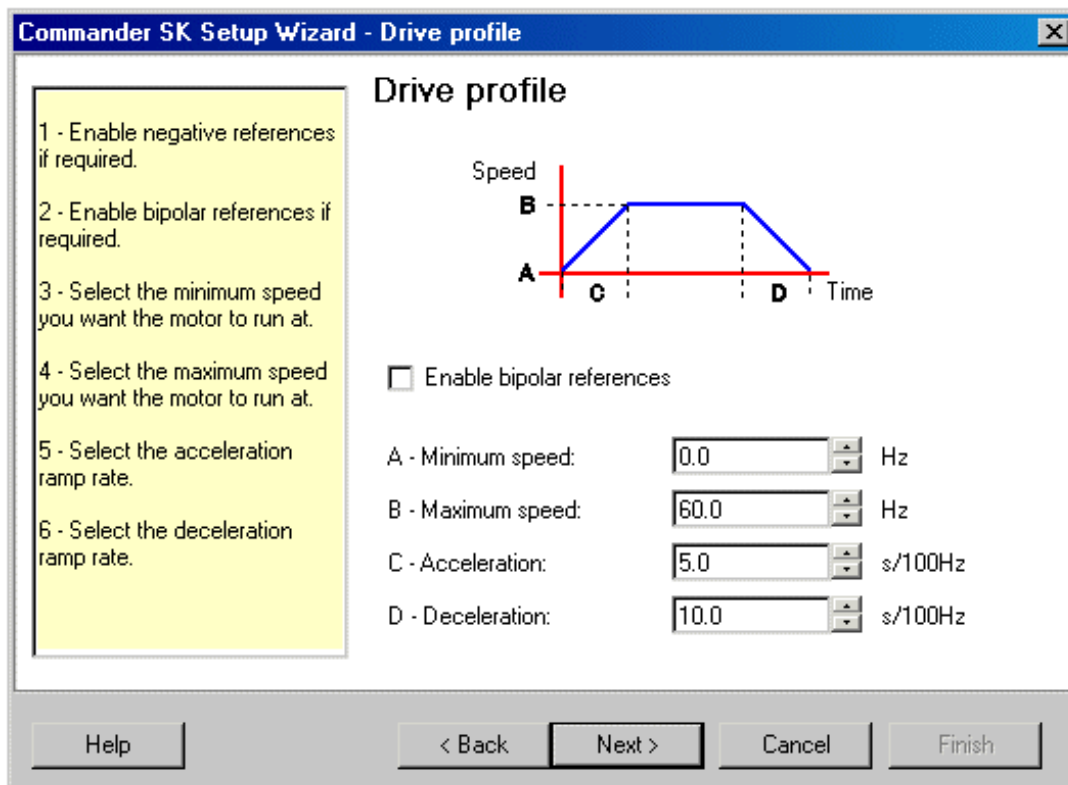
Αμέσως μετά ο χρήστης καλείται να θέσει τα ονομαστικά μεγέθη του κινητήρα ο οποίος θα ελέγχεται από τον ρυθμιστή στροφών (εικόνα 4-21). Εδώ, εάν πατηθεί το πλήκτρο **‘Motor Database’**, εμφανίζεται ένα άλλο παράθυρο διαλόγου.(εικόνα 4-22) Σε αυτό η κατασκευάστρια εταιρία έχει προνοήσει για μια βάση δεδομένων στην οποία είναι περασμένα τα στοιχεία ενός μεγάλου αριθμού τυποποιημένων τριφασικών ασύγχρονων κινητήρων που ξεπερνά τους 800.



Εικόνα 4-21: Παράθυρο ορισμού ονομαστικών μεγεθών κινητήρα



Εικόνα 4-22: Παράθυρο βάσης δεδομένων κινητήρων του λογισμικού CTSoft

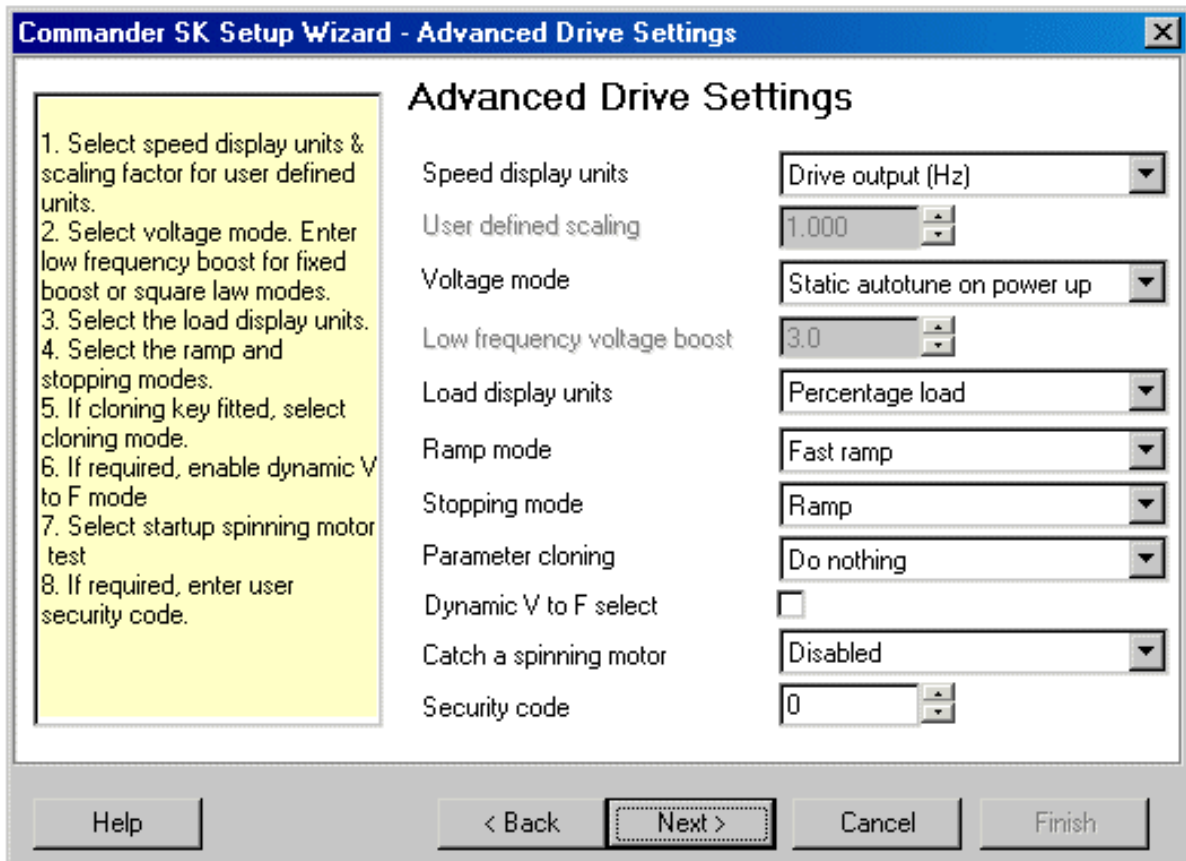


Εικόνα 4-23: Παράθυρο επεξεργασίας ράμπας ταχύτητας και επιτάχυνσης – επιβράδυνσης

Έτσι, ο χρήστης μπορεί να δώσει κατευθείαν τα ονομαστικά μεγέθη του κινητήρα που επιθυμεί να ελέγξει. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περίπτωση που είναι φθαρμένη η πινακίδα του κινητήρα ή όταν ο χρήστης ασκεί απομακρυσμένο έλεγχο.

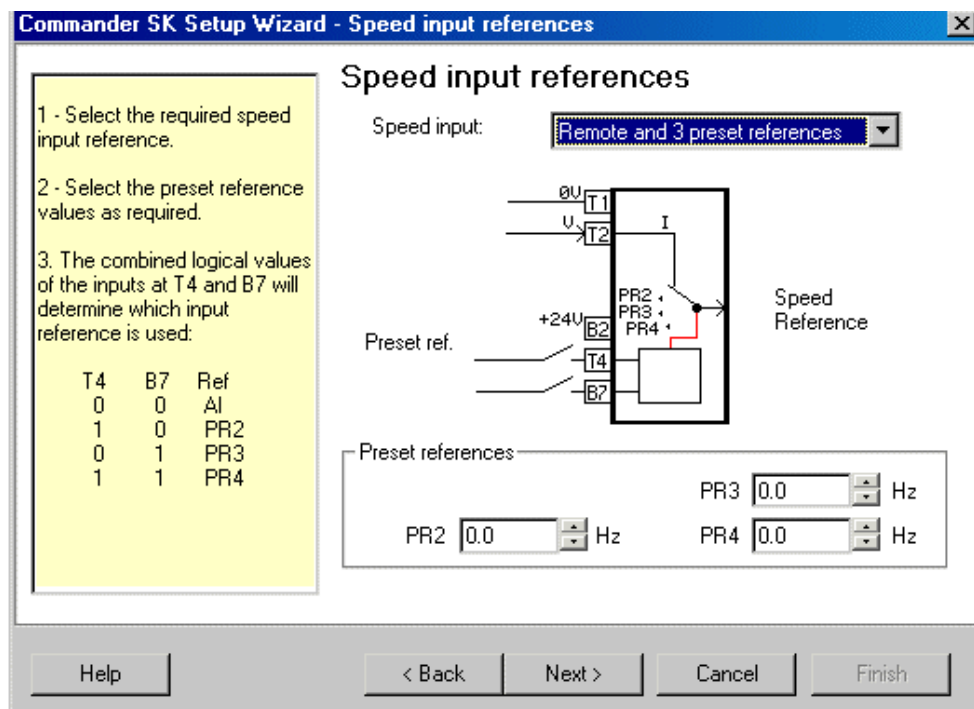
Στο επόμενο παράθυρο διαλόγου μπορεί να γίνει η ρύθμιση των χαρακτηριστικών μεγεθών της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης του κινητήρα (εικόνα 4-23), και να ρυθμιστούν οι σχετικές ράμπες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Να σημειωθεί εδώ, πως σε όλα τα παράθυρα του Setup Wizard στο κίτρινο πλαίσιο στα αριστερά, δίνονται οδηγίες για τις επιλογές που θα κάνει ο χρήστης στα διάφορα πεδία ενδιαφέροντός του. Στο συγκεκριμένο παράθυρο δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει την ελάχιστη και την μέγιστη ταχύτητα και τον ρυθμό επιτάχυνσης και επιβράδυνσης. Ουσιαστικά πρόκειται για τις παραμέτρους 1 έως και 4 του ρυθμιστή στροφών μαζί. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης έχει την εικόνα της ράμπας που δημιουργείται.

Στη συνέχεια υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμιστούν κάποιες πιο εξειδικευμένες παράμετροι. Στην πραγματικότητα οι περισσότεροι χρήστες αφήνουν τις παραμέτρους αυτές στις αρχικές τους τιμές (Εικόνα 4-24).

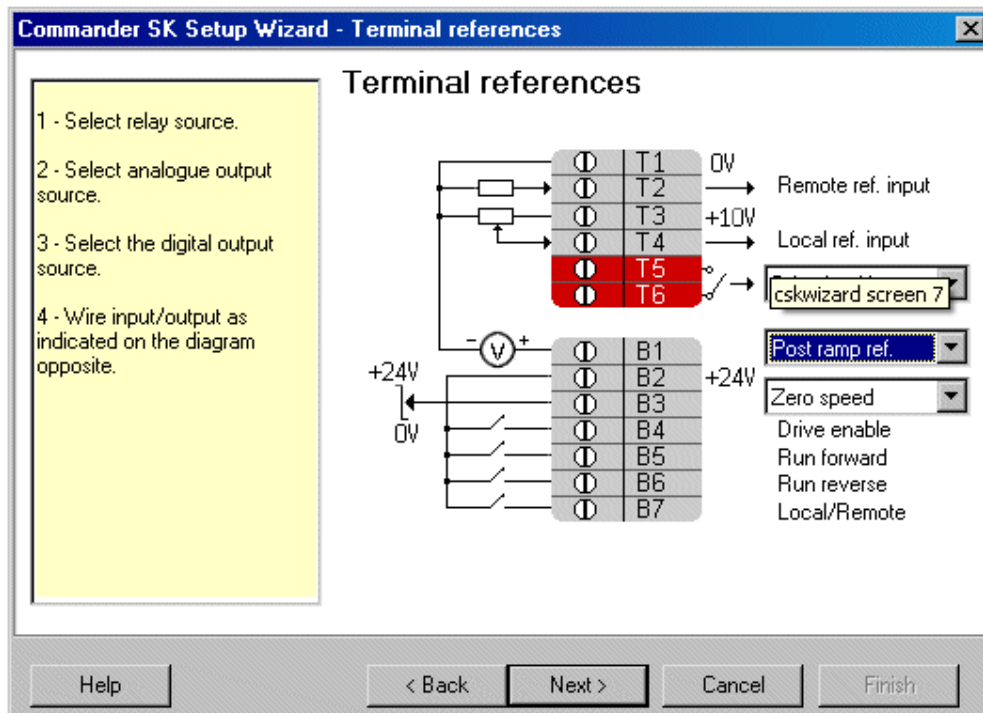


Εικόνα 4-24: Παράθυρο ρύθμισης εξειδικευμένων παραμέτρων

Στο επόμενο παράθυρο γίνεται επιλογή του τρόπου ελέγχου της ταχύτητας (εικόνα 4-25). Οι επιλογές που δίνονται στο χρήστη είναι στην ουσία οι τιμές που μπορεί να πάρει η παράμετρος 05. Στο παράθυρο διαλόγου που παρουσιάζεται στην εικόνα 4-26, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει την λειτουργία των ακροδεκτών ελέγχου του ρυθμιστή στροφών.



Εικόνα 4-25: Παράθυρο επιλογής τρόπου ελέγχου ταχύτητας



Εικόνα 4-26: Παράθυρο καθορισμού τρόπου λειτουργίας των ακροδεκτών ελέγχου

Στο τέλος της επεξεργασίας δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να φορτώσει τις ρυθμίσεις στον ρυθμιστή στροφών που χρησιμοποιεί με το παράθυρο διαλόγου που φαίνεται στην εικόνα 4-27. Έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο της εικόνας 4-28 στο οποίο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ενεργοποιήσει την διαδικασία αυτόματης ρύθμισης (autotune). Τέλος η διαδικασία ολοκληρώνεται (εικόνα 4-29) και ο ρυθμιστής στροφών είναι έτοιμος για χρήση.



Εικόνα 4-27: Παράθυρο επιλογής φόρτωσης επεξεργασμένων ρυθμίσεων στο ρυθιστή στροφών



Εικόνα 4-28: Παράθυρο ενεργοποίησης της λειτουργίας autotune



Εικόνα 4-29: Παράθυρο ολοκλήρωσης της διαδικασίας ρύθμισης

Βιβλιογραφία

- [1] Control Techniques, Commander SK AC Variable Speed Drive for 3 Phase Induction Motors, Technical Data Guide, Issue 10, July 2013.
- [2] Stephen J. Chapman, Ηλεκτρικές Μηχανές AC-DC, Έκδοση 3η, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003
- [3] Γεώργιος Αντωνόπουλος, Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα, Σημειώσεις εργαστηριακών ασκήσεων, Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, 2010.
- [4] Στέφανος Ν. Μανιάς, Ηλεκτρονικά Ισχύος, Τόμος 1ος, Έκδοση 5η, Εκδόσεις Συμεών, 2000.
- [5] Στέφανος Ν. Μανιάς, Ηλεκτρονικά Ισχύος, Τόμος 1ος, Έκδοση 3η, Εκδόσεις Συμεών, 1988.
- [6] Στέφανος Ν. Μανιάς, Αθανάσιος Καλετσάνος, Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά, Έκδοση Πρώτη, Εκδόσεις Συμεών, 2001.
- [7] Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins, Ηλεκτρονικά Ισχύος, Έκδοση 2η, Εκδόσεις Α. Τζιόλα, 1996.
- [8] Κωνσταντίνος Φωτιάδης, Ηλεκτρικές Μηχανές 2, Ανωτέρα Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, 1981.
- [9] Gregor D. Haberie, Heinz D. Haberie, Μετασχηματιστές και Ηλεκτρικές Μηχανές, Έκδοση 2η, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις, 1994.
- [10] Σπυρίδων Βασιλακόπουλος, Ηλεκτρικές Μηχανές, Έκδοση 1η, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, 1996.
- [11] Παντελής Β. Μαλατέστας, Ηλεκτρικές Μηχανές, Έκδοση 3η, Εκδόσεις Τζιόλα, 2015.
- [12] electronews.gr , www.electronews.gr/2011/05/inverter.html (Ανάκτηση την 15/10/16)
- [13] Σωτήρης Γαντζούδης, Μιχαήλ Λαγουδάκος και Αθανάσιος Μπινιάρης, Ηλεκτρικές Μηχανές, Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια, Τομέας Ηλεκτρολογικός, Β' Τάξη Ιου κύκλου, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 2013.
- [14] Βασίλειος Νεκτάριος Χαραλαμπάκος, Ηλεκτρικές Μηχανές II, Σημειώσεις Διαλέξεων, Τμ. Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΤΕ, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.
- [15] Bimal K. Bose, Modern Power Electronics and AC Drives, Prentice Hall PTR, 2002.
- [16] Andrzej M. Trzynadlowski, Control of Induction Motors, Academic Press 2001.
- [17] Muhammad H. Rashid, Power Electronics Handbook, 3rd Edition, Elsevier, 2011.