



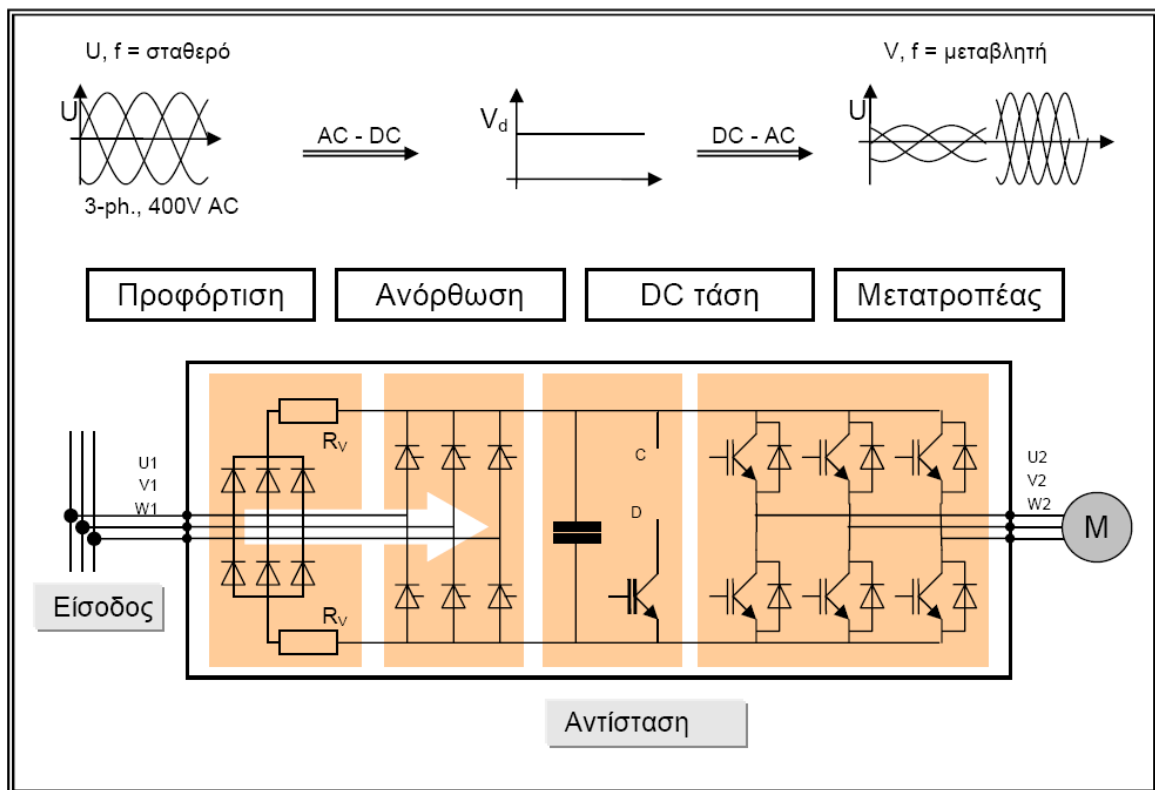
ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### Σχεδίαση και Κατασκευή Διάταξης Ρύθμισης Στροφών Προσομοιωτή Βλαβών



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΤΡΩΓΑΛΗΣ Γ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2008

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Πρόλογος	4
Περίληψη	5
<b>1. Τρόπος λειτουργίας</b>	6
<b>1.1</b> Γενικές πληροφορίες	6
<b>1.2</b> Εισερχόμενο κύκλωμα προ-φόρτισης	12
<b>1.3</b> Κύκλωμα εξόδου	13
<b>1.4</b> Πέδηση του κινητήρα	16
<b>2. Διαστασιολόγηση ρυθμιστή στροφών</b>	17
<b>2.1</b> Σύνδεση με γραμμή τροφοδοσίας	18
<b>2.1.1</b> Χαμηλόσυχνες αρμονικές	21
<b>2.1.2</b> Βυθίσεις τάσης τροφοδοσίας	24
<b>2.2</b> Συνδέοντας τον κινητήρα	25
<b>2.2.1</b> Υπερ-ρεύματα στην έξοδο	27
<b>2.2.2</b> Συνθήκες υπερφόρτισης στην έξοδο	28
<b>2.3</b> Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα	29
<b>2.3.1</b> Γενικές πληροφορίες και standards	29
<b>2.3.2</b> Μειώνοντας τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο και τις διαταραχές	30
<b>3. Διαστασιολογώντας το σύστημα ελέγχου</b>	34
<b>3.1</b> Χαρακτηριστικές φορτίου	35
<b>3.2</b> Κύκλοι φορτίου	37
<b>3.2.1</b> Όρια ροπής επαγωγικού κινητήρα	38
<b>4. Παραδείγματα διαστασιολόγησης</b>	40
<b>4.1</b> Ροπή φορτίου τετραγωνικού νόμου	41
<b>4.2</b> Σύστημα δύο αξόνων	45
<b>4.3</b> Τυλιχτικό μηχάνημα	56
<b>5. Παραδείγματα παραμετροποίησης για Micromaster 440</b>	61
<b>5.1</b> Έλεγχος στροφών τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα με ποτενσιόμετρο και εξωτερικό διακόπτη start / stop	62
<b>5.2</b> Περιστροφή κινητήρα σε στροφές μεγαλύτερες των ονομαστικών (χρήση αναλογικής εισόδου)	63
<b>5.3</b> Έλεγχος ταχύτητας με την χρήση ψηφιακών εισόδων (αθροιστικός έλεγχος)	65
<b>5.4</b> Έλεγχος ταχύτητας με την χρήση του πίνακα αληθείας του Micromaster 440	79
<b>6. Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC)</b>	75
<b>6.1</b> Ταξινόμηση απόδοσης της EMC	77
<b>6.2</b> Οδηγίες ορθής εγκατάστασης ρυθμιστών στροφών χωρίς προβλήματα EMC	80

<b>7.Μελέτη – κατασκευή – σύνδεση 2 κινητήρων siemens 7.5 kw</b>	<b>89</b>
Πολυγραμμικά σχέδια του πίνακα τροφοδοσίας	92
Σχέδιο πρόσοψης του πίνακα τροφοδοσίας - σχόλια	95
Πολυγραμμικά σχέδια του πίνακα φορτίου	97
Σχέδιο πρόσοψης του πίνακα φορτίου	99
Σχόλια	100

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρακάτω εργασία απευθύνεται κυρίως σε σπουδαστές της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ με βασικό γνώμονα τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει κατά την διάρκεια των σπουδών τους σχετικά με την λειτουργία των τριφασικών κινητήρων. Επίσης έχει σαν σκοπό να βοηθήσει τους χρήστες ρυθμιστών στροφών να χρησιμοποιήσουν και να εγκαταστήσουν με επιτυχία ρυθμιστές στροφών σε ασύγχρονους τριφασικούς επαγωγικούς κινητήρες (βραχυκυκλωμένου κλωβού). Το αποτέλεσμα της όλης προσπάθειας οφείλεται στην άριστη συνεργασία τριών «ομάδων» υπό την επίβλεψη του Δρ Αντωνιάδη Ιωάννη. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τους τεχνικούς του τμήματος ηλεκτροκίνησης της εταιρίας SIEMENS, η δεύτερη ομάδα από τους τεχνικούς της εταιρίας SELLER HELLAS στο τμήμα ειδικής κατασκευής πινάκων χαμηλής τάσης ,και η τρίτη ομάδα από τους Χρήστο Γιακόπουδο και Φώτη Παπασπυρίδη. Ο συντάξας την εργασία είχε εκτός όλων των άλλων, την εποπτεία της κατασκευής αλλά και τοποθέτησης - εγκατάστασης των ηλεκτρολογικών πινάκων.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις πρώτες ενότητες του εν λόγω συγγράμματος περιγράφεται η **βασική αρχή λειτουργίας** ενός ρυθμιστή στροφών(INVERTER) για τριφασικό κινητήρα. Αναλύονται με απλό και κατανοητό τρόπο το **κύκλωμα εισόδου και εξόδου** του inverter , καθώς και ο **τρόπος πέδησης** των κινητήρων με την βοήθεια των ρυθμιστών στροφών. Στην συνέχεια αναφέρονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή ενός ρυθμιστή στροφών, δηλαδή η **διαστασιολόγησή** του σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος στο οποίο εντάσσεται. Επίσης γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις που έχει η σύνδεση του ρυθμιστή στροφών στην γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα σχετικά με τις **αρμονικές** που δημιουργούνται, αλλά και τα **υπερ-ρεύματα** στην έξοδό του. Ένα άλλο ζήτημα με το οποίο καταπιάνεται η συγκεκριμένη εργασία είναι η **ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα** του συστήματος. Παρουσιάζονται τα προβλήματα που εμφανίζονται λόγω **ηλεκτρομαγνητικού θορύβου** στις συσκευές της εγκατάστασης , αλλά και πώς αυτά αντιμετωπίζονται, τα διεθνή standards, οι κατευθύνσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και τα πρότυπα που εφαρμόζονται για το συγκεκριμένο θέμα. Ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι της εργασίας είναι τα **παραδείγματα διαστασιολόγησης** των inverter αλλά και **παραμετροποίησης** αυτών βάσει την λειτουργία του εκάστοτε συστήματος. Σε αυτά τα παραδείγματα έχει επιλεγεί η σειρά MICROMASTER 440 της SIEMENS. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα **κατασκευαστικά ηλεκτρολογικά σχέδια** της εγκατάστασης που δημιουργήθηκε για πειραματικούς σκοπούς στο εργαστήριο Δυναμικής και Κατασκευών της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Περιγράφονται επίσης οι **απαιτήσεις του εν λόγω συστήματος** , οι **περιορισμοί** που υπήρξαν , και οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν.

## 1 Τρόπος λειτουργίας

### 1.1 Γενικές πληροφορίες

#### Τι είναι ένας Σύστημα Κίνησης Μεταβλητών Στροφών;

Ένα Σύστημα Κίνησης Μεταβλητών Στροφών (Variable Speed Drive, VSD) περιλαμβάνει ένα κινητήρα και κάποιας μορφής ελεγκτή. Τα πρώτα τέτοια συστήματα αποτελούνταν από συνδυασμούς κινητήρων AC και DC τα οποία χρησιμοποιούνταν σαν περιστρεφόμενοι ρυθμιστές. Οι πρώτοι ηλεκτρονικοί ρυθμιστές χρησιμοποιούσαν ανορθωτές με Θυρίστορες (SCR) οι οποίοι έλεγχαν την τάση και κατά συνέπεια την ταχύτητα DC κινητήρων. Αυτά τα DC Συστήματα Κίνησης Μεταβλητών Στροφών χρησιμοποιούνται ακόμη ευρέως και παρέχουν πολύ εξελιγμένη ικανότητα ελέγχου.

Οι AC ρυθμιστές στροφών<sup>\*)</sup> επιτρέπουν τη χρήση των τριφασικών επαγωγικών κινητήρων σε εφαρμογές μεταβλητής ταχύτητας. Αντικαθιστούν τις εφαρμογές που παλαιότερα χρησιμοποιούνταν DC κινητήρες. Ο έλεγχος (κλειστού βρόχου) ταχύτητας και ροπής ενός DC κινητήρα είναι πολύ απλός. Ο DC κινητήρας έχει μερικά μειονεκτήματα όπως για παράδειγμα δεν είναι standard κινητήρας, έχει χαμηλότερο βαθμό προστασίας και έχει πηγία και ψήκτρες τα οποία απαιτούν ένα ιδιαίτερο ποσό επισκευής- συντήρησης. Ο επαγωγικός κινητήρας μπορεί να αντισταθμίσει τα μειονεκτήματα της κληρονομημένης σχεδίασης των DC κινητήρων, ωστόσο ο έλεγχος (κλειστού βρόχου) ταχύτητας και ροπής είναι περισσότερο πολύπλοκος.

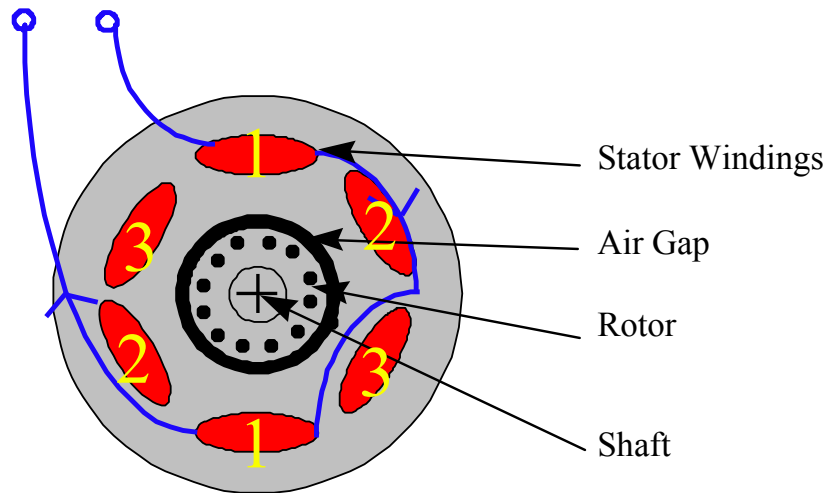
Για να μπορέσει να ελεγχθεί η ταχύτητα ενός επαγωγικού κινητήρα απαιτείται ένας πιο περίπλοκος ρυθμιστής, ο οποίος συχνά ονομάζεται γενικά inverter (αναστροφέας, από το τρίτο και βασικό τμήμα της συσκευής του AC Ρυθμιστή Στροφών).

Για να γίνει κατανοητό πως λειτουργεί ένας Ρυθμιστή Στροφών, είναι απαραίτητο να γίνει κατανοητό πως λειτουργεί ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας.

Ένας επαγωγικός κινητήρας λειτουργεί όπως ένας μετασχηματιστής. Όταν ο στάτορας (ή στάτης, το σταθερό εξωτερικό τύλιγμα του κινητήρα) συνδέεται με μια τριφασική πηγή τάσης, δημιουργείται ένα κινούμενο μαγνητικό πεδίο που περιστρέφεται με την συχνότητα της πηγής.

---

\*) Σαν παράδειγμα Ρυθμιστή Στροφών στην παρουσίαση αυτή χρησιμοποιείται ο Ρυθμιστής τύπου MICROMASTER 4 της SIEMENS



Simplified Induction Motor - Cross Section

Αυτό το πεδίο διαρρέει το διάκενο μεταξύ στάτορα και ρότορα και δημιουργεί ροή ρεύματος στα τυλίγματα του ρότορα. Αυτή παράγει μια δύναμη στον ρότορα, καθώς το ρεύμα αλληλεπιδρά με το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο και ο κινητήρας περιστρέφεται.

*Αν τα τυλίγματα είναι οργανωμένα σε διάφορα ζεύγη (πόλοι), η συχνότητα του περιστρεφόμενου πεδίου θα είναι μικρότερη από την επιβαλλόμενη συχνότητα (δηλ. 2 πόλοι = 50/60Hz = 3000/3600 στροφές/λεπτό, αλλά 4 πόλοι = 50/60Hz = 1500/1800 στροφές/λεπτό).*

Ωστόσο, αν ο ρότορας περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα με το περιστρεφόμενο πεδίο, δεν θα υπάρχει μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο, άρα δεν θα παράγεται ροπή. Κατά συνέπεια ο ρότορας πάντα περιστρέφεται λίγο πιο αργά από το περιστρεφόμενο πεδίο, έτσι ώστε να παράγεται πάντα ροπή. Αυτή η διαφορά ταχύτητας ονομάζεται ολίσθηση.

Η ταχύτητα ενός επαγωγικού κινητήρα είναι περίπου ανάλογη της συχνότητας του περιστρεφόμενου πεδίου της τροφοδοσίας. Υποθέτοντας ότι το  $K$  αντιπροσωπεύει τα δεδομένα μηχανικής σχεδίασης του κινητήρα, ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$n \approx K * f$$

Αυτό σημαίνει ότι προκειμένου να μεταβληθεί η ταχύτητα πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα τροφοδοσίας. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η μαγνητική ροή στον κινητήρα εξαρτάται από την αναλογία μεταξύ τάσης και συχνότητας:

$$\Phi \approx V/f$$

Προκειμένου να αποφευχθεί ο κορεσμός ή μια υπερβολικά χαμηλή μαγνήτιση του μαγνητικού κυκλώματος, η ροή στον κινητήρα θα

έπρεπε να κρατηθεί σταθερή. Αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη μεταβολή της τάσης και της συχνότητας του κινητήρα.

Η ροπή ενός επαγωγικού κινητήρα είναι επίσης ανάλογη της μαγνητικής ροής.

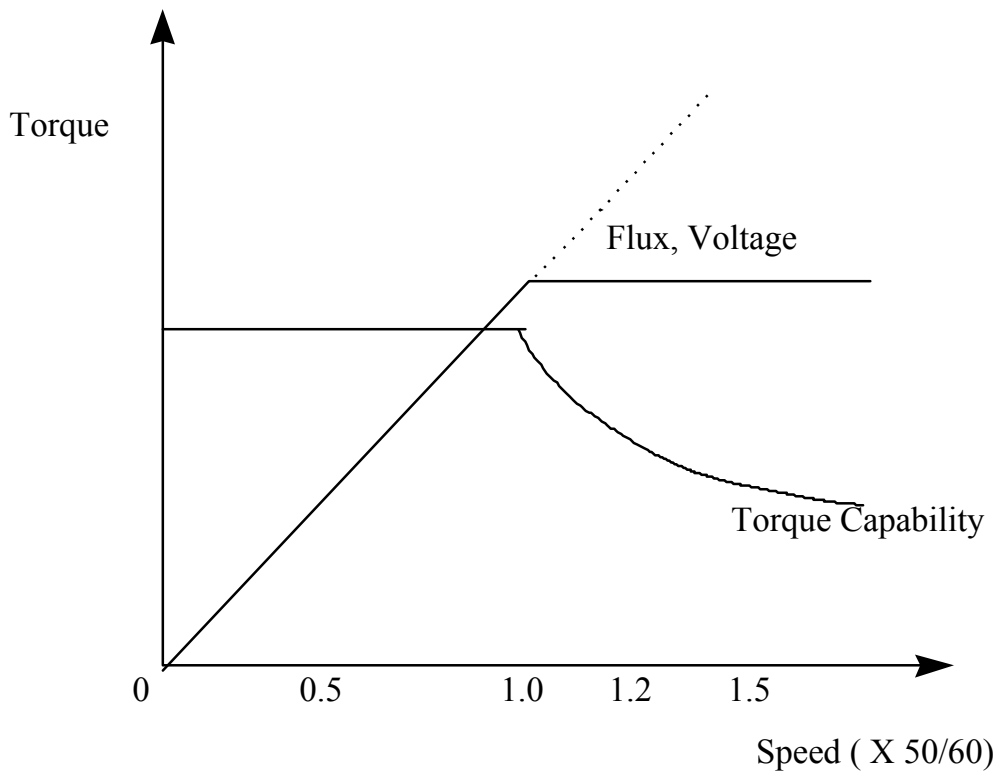
$$M \approx K * \Phi$$

Η ροπή λοιπόν του κινητήρα είναι άμεσα εξαρτώμενη από τη μαγνητική ροή στον κινητήρα και καθορίζεται τόσο από την τάση όσο και από τη συχνότητά του.

Έτσι η ταχύτητα του κινητήρα εξαρτάται από την επιβαλλόμενη συχνότητα, όπως και από την οργάνωση των τυλιγμάτων και κατά λίγο από το φορτίο.

Κατά συνέπεια για να ελεγχθεί η ταχύτητα του κινητήρα είναι απαραίτητο να ελεγχθεί η συχνότητα της τροφοδοσίας.

Αν η συχνότητα μειωθεί, η τάση πρέπει επίσης να μειωθεί, ειδάλως η μαγνητική ροή θα γίνει πολύ υψηλή και ο κινητήρας θα κορεσθεί. Έτσι η τάση πρέπει να ελεγχθεί όπως και η συχνότητα. Αν η συχνότητα αυξηθεί πάνω από το κανονικό, κανονικά αυτό θα απαιτούσε περισσότερη τάση για να διατηρηθεί μέγιστη μαγνητική ροή. Αυτό συνήθως δεν είναι εφικτό και κατά συνέπεια σε υψηλές ταχύτητες είναι διαθέσιμη μικρότερη ροπή.



Torque Reduction above Base speed



Άρα για να ελεγχθεί η ταχύτητα ενός συνήθους AC κινητήρα, πρέπει να ελέγχονται οι εφαρμοζόμενες τάση και συχνότητα.

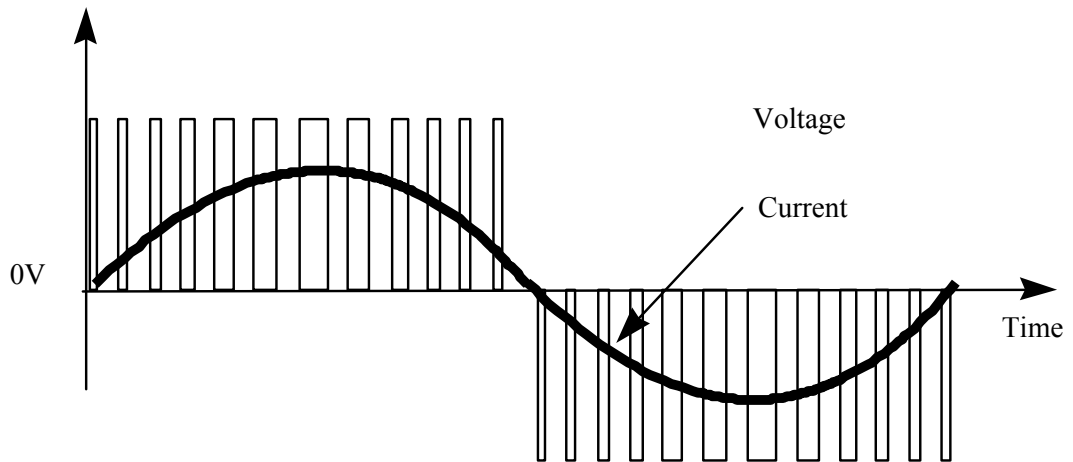
Παρόλο που είναι δύσκολο να ελεγχθούν η τάσεις και η συχνότητες σε τόσο μεγάλη ισχύ, η χρήση ενός συνήθους επαγωγικού κινητήρα, προσφέρει μια πολύ οικονομική λύση για τη δημιουργία ενός Συστήματος Κίνησης Μεταβλητών Στροφών.

### Ο Ρυθμιστής Μεταβλητής Συχνότητας.

Ένας ηλεκτρονικός μετατροπέας που μετατρέπει Συνεχές Ρεύμα (DC) σε Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC) είναι γνωστός σαν **inverter**. Ηλεκτρονικοί ρυθμιστές ταχύτητας για AC κινητήρες, συνήθως μετατρέπουν την AC τροφοδοσία σε DC χρησιμοποιώντας ένα ανορθωτή και μετά το μετατρέπουν πίσω σε μεταβλητής συχνότητας, μεταβλητής τάσης AC έξοδο τροφοδοσίας, χρησιμοποιώντας μια γέφυρα αντιστροφής. Η διασύνδεση μεταξύ του ανορθωτή και του αντιστροφέα ονομάζεται Σύνδεση Συνεχούς Ρεύματος (DC link). Το διάγραμμα λειτουργίας ενός ρυθμιστή ταχύτητας (inverter) φαίνεται στη συνέχεια:

Η τροφοδοσία, η οποία μπορεί να είναι μονοφασική (συνήθως σε μικρή ισχύ) ή τριφασική, διοχετεύεται σε μια ανορθωτική γέφυρα πλήρους κύματος, η οποία τροφοδοτεί τους ηλεκτρολυτικούς πυκνωτές της Σύνδεσης ΣΡ. Οι πυκνωτές μειώνουν την διακύμανση του ανορθωμένου ρεύματος (ειδικά σε μονοφασικές τροφοδοσίες) και παρέχουν ενέργεια σε περιπτώσεις βραχύχρονων βυθίσεων της τάσης τροφοδοσίας. Η τάση στους πυκνωτές δεν ελέγχεται και εξαρτάται από την αιχμή της AC τάσης τροφοδοσίας.

Η DC τάση μετατρέπεται στη συνέχεια ξανά σε AC χρησιμοποιώντας Διαμόρφωση Πλάτους Παλμού (PWM). Η ζητούμενη κυματομορφή παράγεται με την διακοπτική λειτουργία των τρανζίστορ εξόδου (Insulated Gate Bipolar Transistors, IGBTs) που ανοιγοκλείνουν σε μια σταθερή συχνότητα (την συχνότητα μεταγωγής). Μεταβάλλοντας τον χρόνο αγωγής και αποκοπής των IGBT παράγεται το ζητούμενο ρεύμα, αλλά η τάση εξόδου είναι πάντα μια σειρά τετραγωνικών παλμών. Η λειτουργία της Διαμόρφωσης Πλάτους Παλμού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



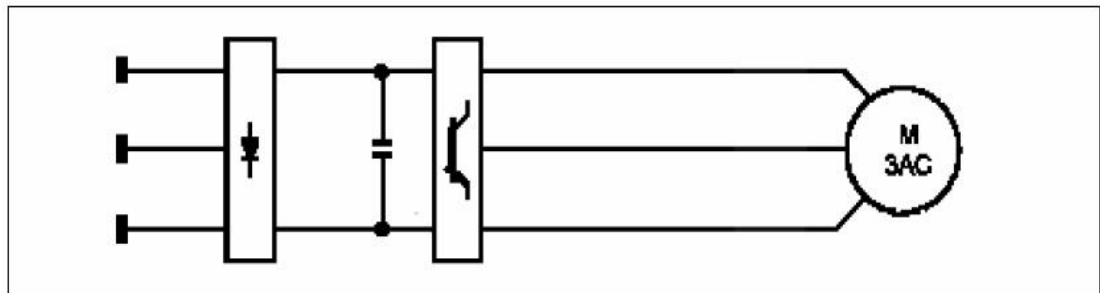
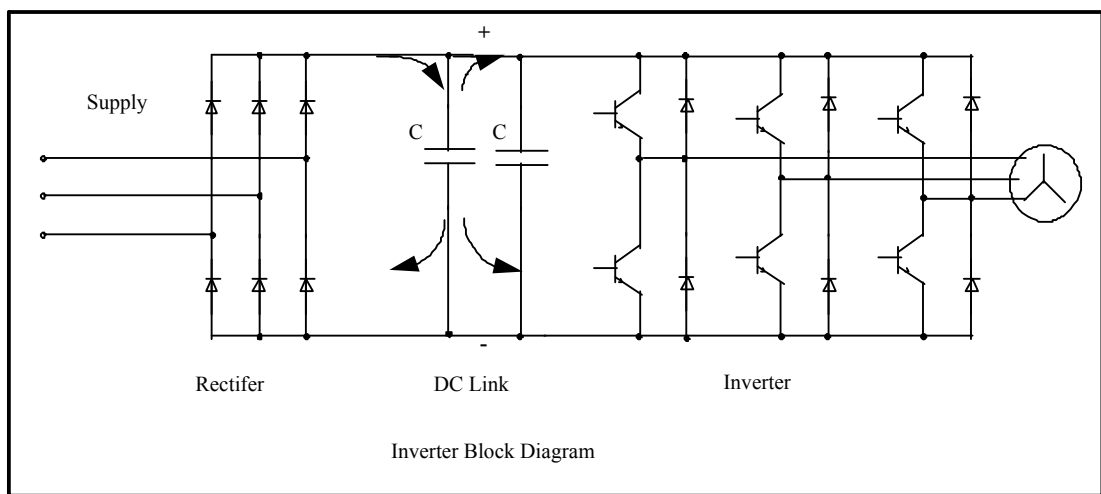
### Pulse Width Modulation

Υπάρχουν πολλές περίπλοκες πλευρές της λειτουργίας των Ρυθμιστών Στροφών που πρέπει να εξετασθούν κατά τη σχεδίαση:

- Το σύστημα ελέγχου που υπολογίζει τις απαιτήσεις της PWM είναι πολύ περίπλοκο και απαιτούνται ειδικά σχεδιασμένα ολοκληρωμένα κυκλώματα (ASICs).
- Τα ηλεκτρονικά ελέγχου συνδέονται συχνά στο DC link, που συνδέεται με την τροφοδοσία και κατά συνέπεια τα σήματα ελέγχου, ο ενδείκτης της πρόσοψης κλπ., πρέπει να απομονώνονται αποτελεσματικά από αυτό.
- Το ρεύμα εξόδου πρέπει να επιτηρείται προσεκτικά για να προστατεύεται ο ρυθμιστής και ο κινητήρας κατά τη διάρκεια υπερφόρτισης και βραχυκυκλώματος.
- Με την πρώτη έναυση της συσκευής οι πυκνωτές του DC link εκφορτίζονται και το ρεύμα που διαρρέει πρέπει να περιοριστεί, συνήθως μέσω μια αντίστασης που απομονώνεται με ένα μεταγωγέα μετά από μερικά δευτερόλεπτα.
- Όλες οι συνδέσεις προς τον Ρυθμιστή Στροφών, ειδικά οι συνδέσεις τροφοδοσίας και ελέγχου, πιθανόν να μεταφέρουν μεγάλο ποσό θερμού και πρέπει να διαθέτουν τα απαραίτητα στοιχεία προστασίας.
- Μια εσωτερική πηγή τροφοδοσίας με διάφορες διαφορετικές τάσεις εξόδου απαιτείται για την τροφοδοσία των ηλεκτρονικών ελέγχου.
- Ο Ρυθμιστής Στροφών, ειδικά τα IGBT και οι δίοδοι ανόρθωσης, παράγουν θερμότητα που πρέπει να απομακρυνθεί με τη χρήση ανεμιστήρα και ψήκτρας.
- Η τάση εξόδου PWM περιέχει πολλές υψίσυχνες αρμονικές συχνότητες (λόγω της υψίσυχνης μεταγωγής) και είναι μια βασική πηγή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.
- Ο ανορθωτής εισόδου συλλέγει ρεύμα μόνο στην κορυφή της κυματομορφής τροφοδοσίας, έτσι τα ρεύματα εισόδου έχουν πολύ φτωχό συντελεστή μορφής (δηλ. Η ενεργός τιμή μπορεί να είναι πολύ υψηλή – αυτό όμως δεν σημαίνει ότι ο ρυθμιστής στροφών έχει μικρή ικανότητα!)

Ένας πρακτικός ρυθμιστής στροφών πρέπει να είναι σχεδιασμένος για ευκολία χρήσης και εγκατάστασης. Οι μεγάλες συσκευές είναι ειδικά σχεδιασμένες και κατασκευασμένες για ειδικές εφαρμογές, ενώ οι μικρότεροι ρυθμιστές σχεδιάζονται για γενική εφαρμογή και είναι ομοιόμορφη κατασκευής.

Ο AC ρυθμιστής στροφών μετατρέπει το ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας σταθερής τάσης και συχνότητας, σε ένα τριφασικό ρεύμα μεταβλητής τάσης και συχνότητας. Το πρώτο βήμα είναι η ανόρθωση της τάσης τροφοδοσίας και εν συνεχεία η δημιουργία ενός τριφασικού ρεύματος με την απαιτούμενη τάση και συχνότητα από την ανορθωμένη DC τάση. Για τον ακριβή έλεγχο (κλειστού βρόχου) ταχύτητας και ροπής είναι διαθέσιμες ποικίλες τεχνικές – για παράδειγμα, ο διανυσματικός έλεγχος.



Σχήμα 1-1 Βασικό κυκλωματικό διάγραμμα AC ρυθμιστή στροφών και κινητήρα

Τα ακόλουθα πλεονεκτήματα παρατηρούνται κατά τη χρήση τριφασικών, μεταβλητής ταχύτητας drives:

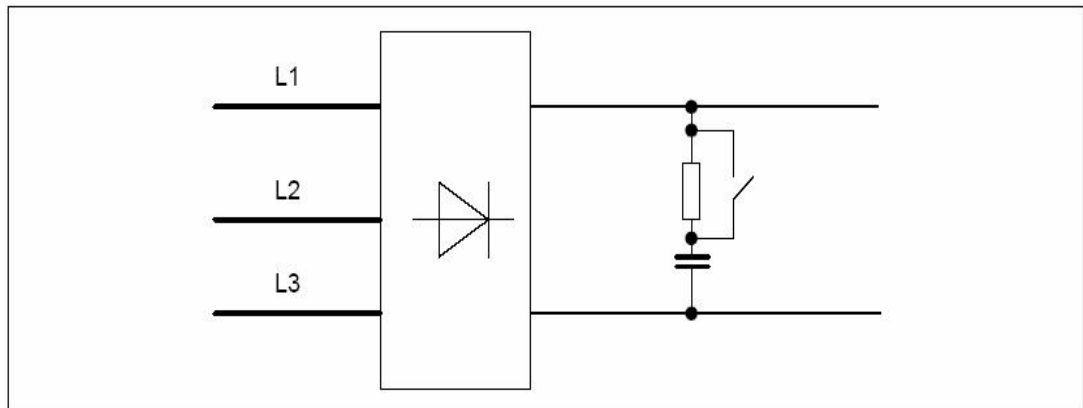
- Ομαλή επιτάχυνση και πέδηση
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Λειτουργία με συχνότητες > 50 Hz
- Επιπρόσθετες συναρτήσεις στον AC ρυθμιστή στροφών, για παράδειγμα: προστασία κινητήρα, ελεγκτής PID, λογικές συναρτήσεις
- Επικοινωνία μέσω δικτύων πεδίου
- Και ακόμα περισσότερα

## 1.2 Εισερχόμενο κύκλωμα προ-φόρτισης

Το κύκλωμα εισόδου ενός AC ρυθμιστή στροφών περιλαμβάνει έναν ανορθωτή, ο οποίος μετατρέπει την AC τάση τροφοδοσίας της γραμμής σε DC τάση. Στην DC σύνδεση υπάρχουν συνδεδεμένοι πυκνωτές, οι οποίοι έχουν τις ακόλουθες λειτουργίες:

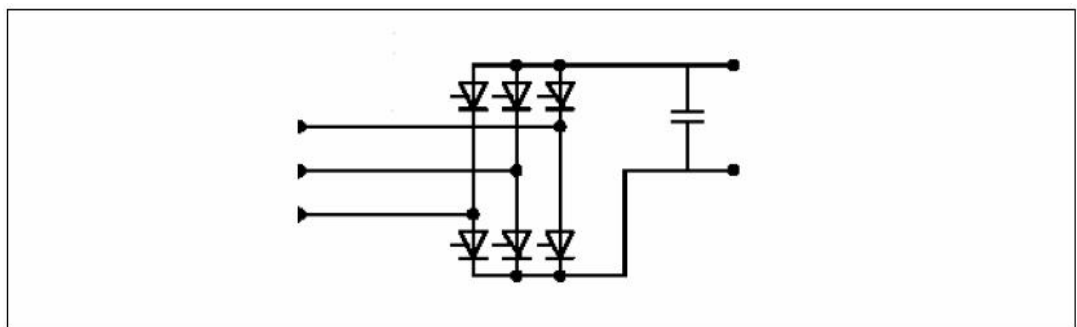
- Να εξομαλύνουν την ανορθωμένη DC τάση
- Να παρέχουν τη δύναμη αντίστασης που απαιτείται από τον κινητήρα
- Να αποθηκεύουν ενέργεια η οποία ελευθερώνεται κατά τη μεταγωγή

Ο εισερχόμενος ανορθωτής, για μικρές διακυμάνσεις ισχύος, πραγματοποιείται με τη χρήση είτε μιας μονοφασικής ή μιας τριφασικής γέφυρας διόδου και ενός κυκλώματος προ-φόρτισης μπροστά από τους πυκνωτές.



Σχήμα 1-2 Κύκλωμα εισόδου Ρυθμιστή Στροφών

Για τις μονάδες ελέγχου ενός Ρυθμιστή Στροφών, το κύκλωμα εισόδου διαμορφώνεται αντίστοιχα με αυτό του σχήματος 1-2. Το κύκλωμα προ-φόρτισης περιέχει μια αντίσταση, συνδεδεμένη σε σειρά, η οποία περιορίζει το ρεύμα προ-φόρτισης στον πυκνωτή και παρακάμπτεται όταν ολοκληρωθεί η φόρτιση.

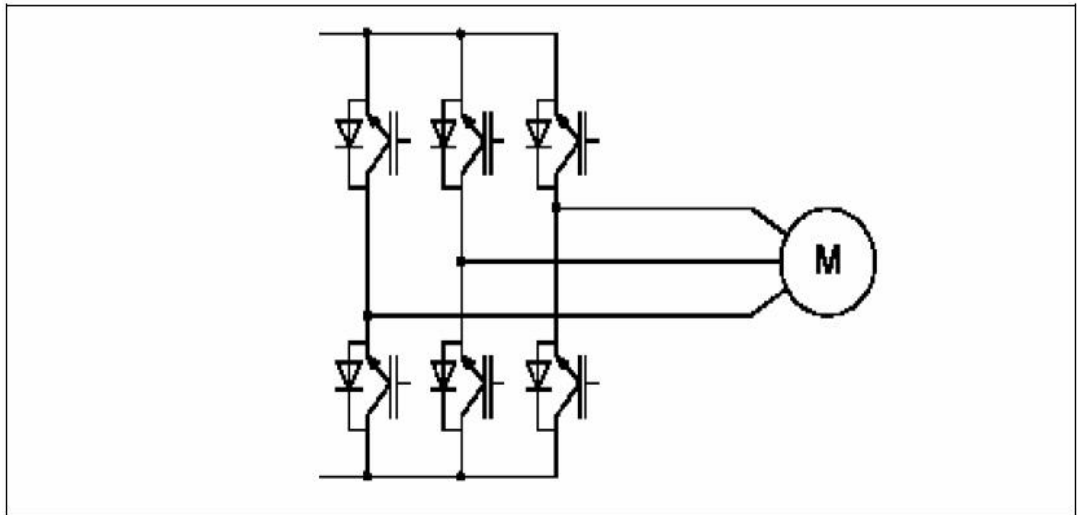


Σχήμα 1-3 Γέφυρα θυρίστωρ εισόδου

### 1.3 Κύκλωμα εξόδου

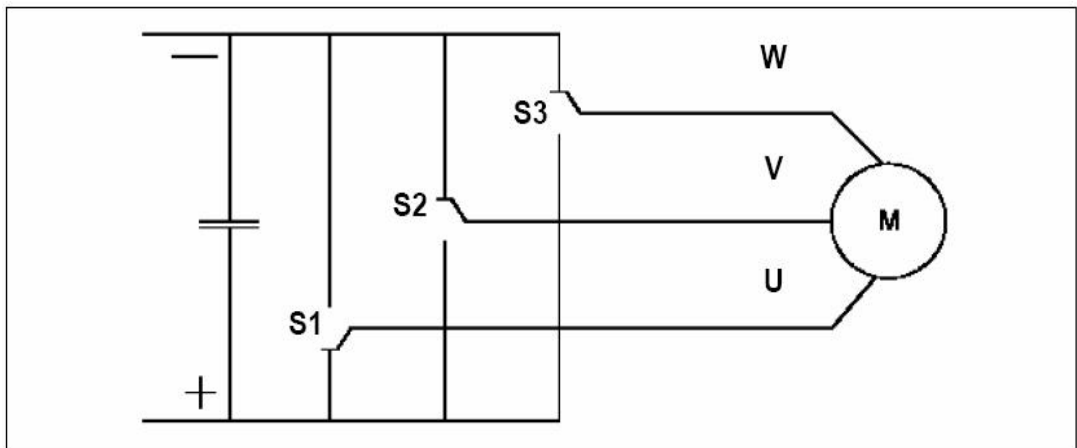
Το κύκλωμα εξόδου, το οποίο περιλαμβάνει μια τριφασική γέφυρα τρανζίστορ, έχει ως στόχο την μετατροπή της DC τάσης σε τριφασικό ρεύμα με μεταβλητό πλάτος και συχνότητα.

Παλαιότερα, χρησιμοποιούνταν ηλεκτρονικά στοιχεία ποικίλης ισχύος, για παράδειγμα διπολικά τρανζίστορ, MOSFET, GTO κ.τ.λ. Σήμερα, τα IGBT (διπολικά τρανζίστορ μονωμένης πύλης), έχουν καθιερωθεί απόλυτα. Το IGBT έχει όλα τα πλεονεκτήματα ενός διπολικού τρανζίστορ, για παράδειγμα ένα υψηλό ρεύμα εξόδου και μια υψηλή συχνότητα παλμών. Επιπλέον, λειτουργεί με ελεγχόμενη τάση και ως εκ τούτου απαιτεί μόνο μια χαμηλή ισχύ πύλης η οποία είναι αποτελεσματική σε μικρούς χρόνους και έχει μεγαλύτερη αποδοτικότητα.



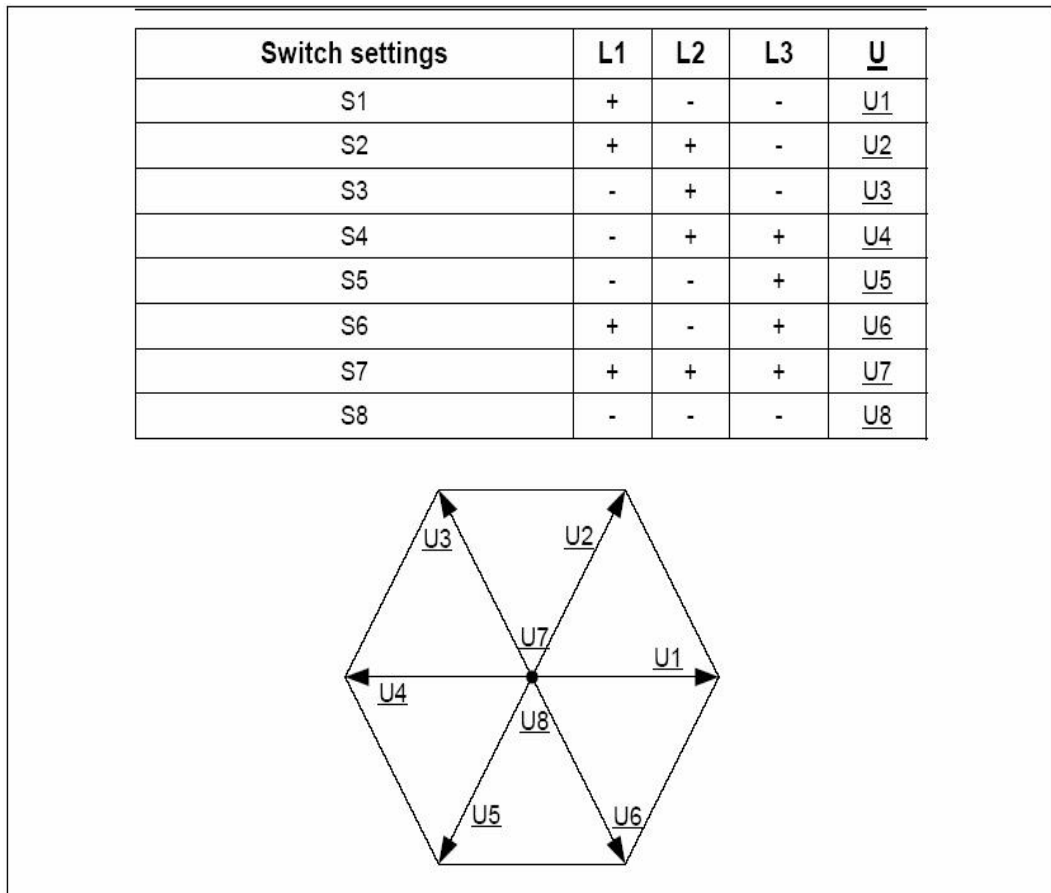
Σχήμα 1-4 Ρυθμιστής στροφών εξόδου

Τα τρανζίστορ εξόδου λειτουργούν ως διακόπτες, για παράδειγμα αλλάζουν μεταξύ αγωγής και διακοπής. Με αυτό τον τρόπο συνδέουν τις τρεις φάσεις του κινητήρα εναλλακτικά στην DC σύνδεση και κατά συνέπεια παράγεται ένα διάνυσμα τάσης με σταθερό πλάτος που περιστρέφεται στον χώρο.



Σχήμα 1-5 Παραγωγή τριφασικής τάσης με τη χρήση τρανζίστορ

Η συνδεσμολογία  $U$  του τυλίγματος συνδέεται στον θετικό οπλισμό της DC σύνδεσης, όπως φαίνεται στο **σχήμα 1-5**. Από την άλλη πλευρά, οι συνδεσμολογίες  $V$  και  $W$  συνδέονται στον αρνητικό οπλισμό. Αυτό επιδρά στο διάνυσμα της τάσης  $\underline{U}_1$ , του οποίου το πλάτος αντιστοιχεί στην DC τάση. Εάν το τυλίγμα  $V$  μεταγεται στον θετικό οπλισμό της DC σύνδεσης, τότε το προκύπτον διάνυσμα τάσης περιστρέφεται  $60^\circ$  γύρω από το  $\underline{U}_2$ . Το πλάτος δε μεταβάλλεται. Κάθε μια από τις πιθανές τοποθετήσεις διακοπών μπορεί να οριστεί με ένα διάνυσμα τάσης  $\underline{U}_1$  έως  $\underline{U}_8$ .

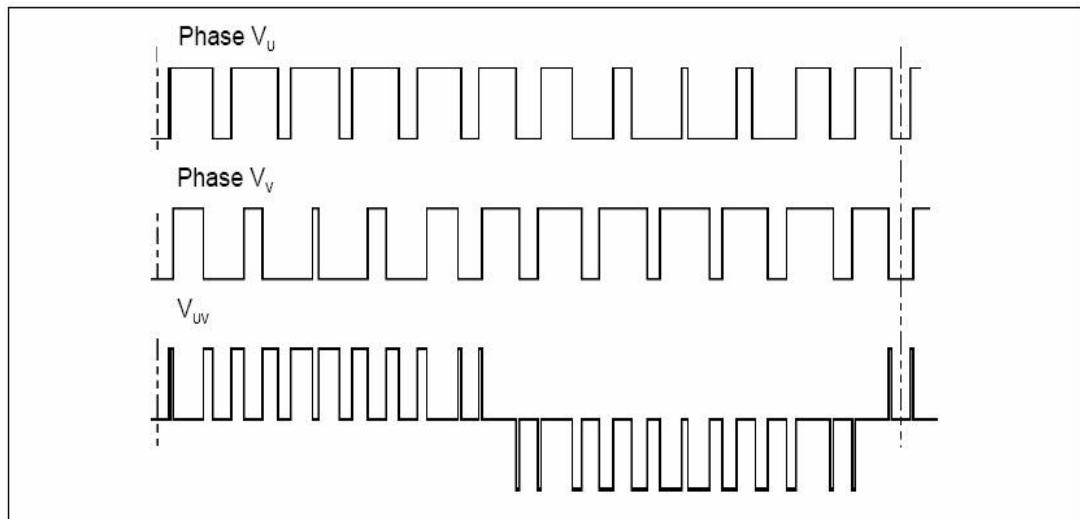


**Σχήμα 1-6** Διανυσματικό διάγραμμα χώρου με στοιχειώδες διάνυσμα χώρου  $\underline{U}_1 \dots \underline{U}_8$

Στις ρυθμίσεις διακόπτη 7 και 8 και οι τρεις συνδέσεις τυλίγματος είναι συνδεδεμένες στο ίδιο δυναμικό, το οποίο σημαίνει ότι το προκύπτον διάνυσμα έχει μηδενικό μήκος.

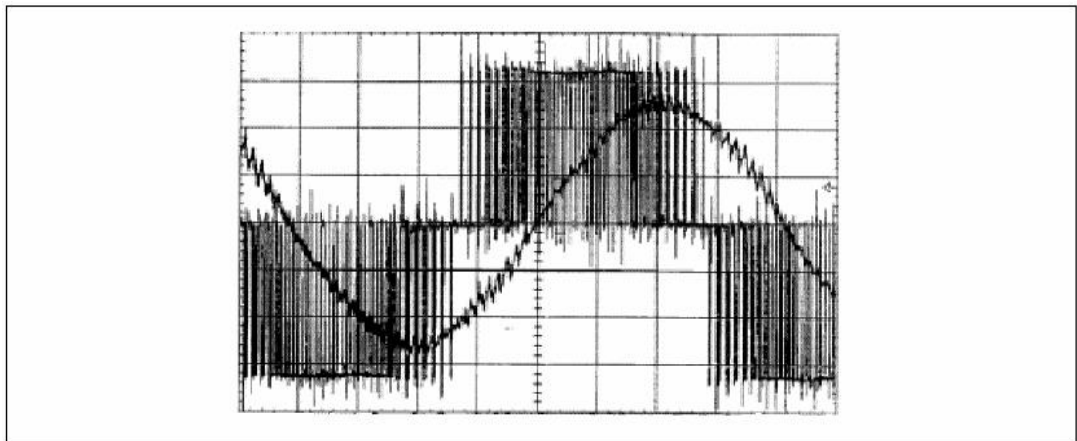
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο κινητήρας πρέπει να τροφοδοτείται με μια μεταβλητή συχνότητα και τάση. Αυτός είναι ο λόγος που δεν είναι επαρκής για να χρονομετρήσει χωριστά S1 έως S6 το ένα μετά το άλλο με την απαιτούμενη συχνότητα. Η εξάγωνη κυμάτωση του διανύσματος τάσης κυκλοφορίας δεν παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα στην πράξη. Πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλες τεχνικές διαμόρφωσης προκειμένου να λαμβάνεται ένα συνεχώς περιστρεφόμενο διάνυσμα τάσης με ένα μεταβλητό μήκος. Κατάλληλες τεχνικές διαμόρφωσης

περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, διαμόρφωση πλάτους ή διαμόρφωση διανύσματος χώρου.



Σχήμα 1-7 PWM τάση εξόδου

Οι μεμονωμένες τάσεις αγωγού παραμένουν παλλόμενες όταν χρησιμοποιείται η PWM τεχνική. Η συχνότητα μεταφοράς αντιστοιχεί στην συχνότητα ελέγχου του τρανζίστορ. Οι διαφορετικές περιοχές τάσης-χρόνου είναι καθαρά εμφανείς και διαμορφώνονται σε αντιστοιχία με τον παλμό εισόδου. Ως αποτέλεσμα του κανόνα σύμφωνα με τον οποίο διαμορφώνονται οι παλμοί, παρατηρείται μια τρέχουσα χαρακτηριστική με μια περίπου ημιτονοειδή κυμάτωση από χαρακτηριστική παλλόμενης τάσης, υπό την επίδραση της αυτεπαγωγής του κινητήρα.



Σχήμα 1-8 Ρεύμα και τάση εξόδου

Σημαντικό είναι ότι η καλύτερη πιθανή ημιτονοειδής χαρακτηριστική ρεύματος παρατηρείται επειδή όλες οι μαγνητικές ποσότητες και κατά συνέπεια και η ροπή που μεταφέρεται μέσω του κενού αέρος, εξαρτώνται από το ρεύμα. Εάν το ρεύμα δεν έχει ημιτονοειδή χαρακτηριστική, τότε οι απώλειες στον κινητήρα αυξάνουν και οι διακυμάνσεις της ροπής μπορεί εμφανιστούν σε διαφορετικό άξονα.

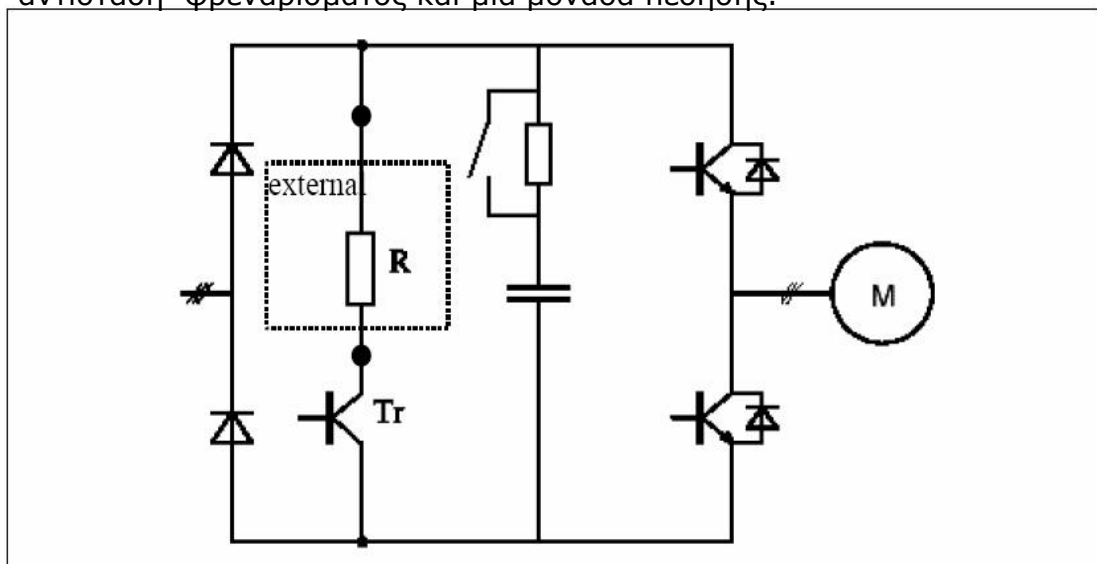
#### 1.4 Πέδηση του κινητήρα

Ο κινητήρας με συνδεδεμένο φορτίο πρέπει να είναι ικανός να φρενάρει ώστε να σταματά με ελεγχόμενο τρόπο. Η γέφυρα του τρανζίστορ στο κύκλωμα εξόδου του AC ρυθμιστή στροφών είναι αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει και στις δύο διευθύνσεις. Εάν ο κινητήρας ξαναφορτίζεται, παράδειγμα κατά την πέδηση, η ενέργεια ρέει πίσω στην DC σύνδεση μέσω της γέφυρας τρανζίστορ. Εντούτοις, η μη ελεγχόμενη γέφυρα διόδου στο κύκλωμα εισόδου του AC ρυθμιστή στροφών δεν επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει πίσω στη γραμμή τροφοδοσίας. Η ενέργεια που προέρχεται από τον κινητήρα παραμένει στη DC σύνδεση, φορτίζει τους πυκνωτές και επομένως η τάση της DC σύνδεσης αυξάνει. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος τάσης της DC σύνδεσης ενεργοποιείται γρήγορα. Όταν ξεπερνιέται η ανώτερη τάση κατωφλίου, όλα τα τρανζίστορ εξόδου μπλοκάρονται προκειμένου να προστατεύσουν τον AC ρυθμιστή στροφών. Αυτό σημαίνει ότι η ενεργειακή ροή από τον κινητήρα στην DC σύνδεση διακόπτεται. Ο κινητήρας δεν φρενάρει πλέον με ελεγχόμενο τρόπο, αλλά απλά ρολάρει με ανεξέλεγκτη ράμπα στάσης.

Προκειμένου να αποφευχθεί η κατάσταση σφάλματος (όπως αναφέρθηκε ανωτέρω) στους AC ρυθμιστές στροφών, αυτοί έχουν διαφορετικές συναρτήσεις ελέγχου πέδησης:

- Ελεγκτής DC τάσης
- DC πέδηση ρεύματος
- Δυναμική πέδηση
- Σύνθετη πέδηση

Μια από τις δυνατότητες είναι να συνδεθεί στον ρυθμιστή στροφών μια αντίσταση φρεναρίσματος και μια μονάδα πέδησης.



Σχήμα 1-9

Μπλοκ διάγραμμα ρυθμιστή στροφών με αντίσταση φρεναρίσματος.



Στην περίπτωση αυτή, συνδέεται παράλληλα με την DC σύνδεση, μια εξωτερική αντίσταση ( $R$ ), η οποία τροφοδοτείται μέσω ενός τρανζίστορ ( $Tr$ ). Η τάση της DC σύνδεσης ελέγχεται. Αφού ξεπεραστεί μια τάση κατωφλίου, το φορτίο της αντίστασης μεταγεται μέσα στο τρανζίστορ. Η αντίσταση πρέπει να είναι διαστασιολογημένη έτσι ώστε να μπορεί να απορροφήσει την απαραίτητη ισχύ κατά τη συνολική διάρκεια της λειτουργίας πέδησης.

Μια δεύτερη δυνατότητα πέδησης του κινητήρα έως το σταμάτημα είναι η DC πέδηση. Στην περίπτωση αυτή, ο κινητήρας τροφοδοτείται με DC ρεύμα μέσω δύο φάσεων από τη γέφυρα εξόδου, το οποίο παράγει ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο. Ο ρότορας φρενάρει σύμφωνα με την αρχή της πέδησης του δινορεύματος. Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι δεν απαιτούνται επιπρόσθετα εξωτερικά στοιχεία. Ωστόσο, έχει επίσης ποικίλα μειονεκτήματα:

- Η πέδηση δεν είναι ακριβής, επειδή η ροπή μεταβάλλεται με την ταχύτητα και επίσης σε ταχύτητες κοντά στο μηδέν είναι εξαιρετικά χαμηλή.
- Για υψηλή ροπή πέδησης, που προσεγγίζει την ονομαστική ροπή του κινητήρα, πρέπει να "επικαλεστούμε" ένα υψηλότερο ρεύμα.
- Η ροπή πέδησης εξαρτάται από τη χαρακτηριστική ταχύτητας-ροπής του κινητήρα.
- Όλη η ενέργεια πέδησης μέσα στον κινητήρα μετατρέπεται σε θερμότητα και ενδέχεται να υπάρξει σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας.

## 2 Διαστασιολόγηση ενός Ρυθμιστή Στροφών

### Επιλέγοντας ένα Ρυθμιστή Στροφών.

Συχνά η επιλογή ενός ρυθμιστή στροφών είναι άμεση, καθώς ο κινητήρας είναι συνήθως ήδη εγκατεστημένος και οι απαιτήσεις ρύθμισης ταχύτητας δεν είναι υπερβολικές. Ωστόσο, όταν ένα σύστημα κίνησης μεταβλητών στροφών επιλέγεται εξ' αρχής, προσεκτική επιλογή μπορεί να ελαχιστοποιήσει τα προβλήματα σε εγκατάσταση και λειτουργία, καθώς και να μειώσει το λειτουργικό κόστος.

### Γενικές Προϋποθέσεις.

- Ελέγξτε το ονομαστικό ρεύμα του Ρυθμιστή Στροφών και του κινητήρα. Η επιλογή βάσει της ισχύος είναι ένας γενικός οδηγός μόνο.
- Ελέγξτε ότι έχετε επιλέξει την σωστή τάση λειτουργίας. Π.χ. Ρυθμιστής στροφών 230V 3φασικής εισόδου μπορεί να λειτουργήσει σε μονοφασική ή τριφασική τροφοδοσία, αλλά Ρυθμιστές στα 400V λειτουργούν μόνο σε τριφασική τροφοδοσία. Μονοφασικές συσκευές μπορεί να συμφέρουν οικονομικά σε ορισμένες περιπτώσεις, αλλά θα καταστραφούν αν συνδεθούν σε τριφασική τροφοδοσία 400V.
- Ορισμένοι ρυθμιστές στροφών λειτουργούν μόνο με τριφασική τροφοδοσία και διατίθενται σε τάσεις τροφοδοσίας 230V, 400V ή 575V.
- Ελέγξτε την απαιτούμενη περιοχή ταχυτήτων λειτουργίας. Λειτουργία πάνω από την συνήθη συχνότητα τροφοδοσίας (50 ή 60Hz) είναι συνήθως δυνατή μόνο με μειωμένη ισχύ. Λειτουργία σε μικρή συχνότητα και υψηλή ροπή μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση του κινητήρα λόγω ελλιπούς ψύξης.
- Σύγχρονοι κινητήρες απαιτούν υπερδιαστασιολόγηση του ρυθμιστή, τυπικά 2-3 φορές. *Αυτό γιατί ο συντελεστής ισχύος και κατά συνέπεια το ρεύμα, μπορεί να είναι πολύ υψηλός σε χαμηλές συχνότητες.*
- Ελέγξτε την απόδοση σε υπερφόρτιση. Ο Ρυθμιστή Στροφών θα περιορίσει το ρεύμα εξόδου στο 150 ή 200 % του ονομαστικού ρεύματος (του ίδιου) πολύ γρήγορα – ένας συνήθης, σταθερής ταχύτητας κινητήρας μπορεί να ανεχθεί άνετα τέτοιες υπερφορτίσεις.
- Χρειάζεστε να φρενάρει ο κινητήρας γρήγορα; Αν ναι, σκεφτείτε αν χρειάζεστε αντίσταση πέδησης (σύστημα με ελεγκτή+αντίσταση πέδησης) ώστε να απορροφηθεί η ενέργεια που δημιουργείται στο φρενάρισμα.
- Απαιτείται να συνδεθεί ο Ρυθμιστή Στροφών με τον κινητήρα με καλώδια μεγαλύτερα από 50 μέτρα, ή θωρακισμένα καλώδια μεγαλύτερα από 25 μέτρα; Αν ναι, ίσως είναι απαραίτητο να υπερδιαστασιολογήσετε τον Ρυθμιστή Στροφών (δηλ. να χρησιμοποιήσετε μεγαλύτερου αποδιδόμενου ρεύματος Ρυθμιστή Στροφών από αυτόν που καθορίζει το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα) ή να χρησιμοποιήσετε πηνίο εξόδου στον Ρυθμιστή Στροφών για να αντισταθμίσετε την χωρητικότητα του καλωδίου.

## 2.1 Σύνδεση με τη γραμμή τροφοδοσίας

Όταν λειτουργούν οι AC ρυθμιστές στροφών, δημιουργούνται κάποιες ανεπιθύμητες επιδράσεις στην γραμμή τροφοδοσίας. Ουσιαστικά είναι δύο οι κύριες αιτίες της δημιουργίας αυτών των επιδράσεων:

- Μη γραμμικότητα των στοιχείων και των συσκευών ηλεκτρονικών ισχύος.
- Υψηλή συχνότητα ελέγχου των τρανζίστορ εξόδου

Το μέγεθος αυτών των επιδράσεων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, για παράδειγμα από τις χαρακτηριστικές της γραμμής τροφοδοσίας και από τον τύπο και την ισχύ των AC ρυθμιστών στροφών. Προκειμένου να προστατευτούν οι AC ρυθμιστές στροφών (MICROMASTER 4) και η γραμμή τροφοδοσίας και να αποκοπούν αποτελεσματικά οι αρμονικές, υπάρχουν ποικίλες επιλογές και εξαρτήματα.

Ο AC ρυθμιστής στροφών θα έπρεπε να συνδέεται στην γραμμή τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας κατάλληλες ασφάλειες ή αντιστάτες κυκλώματος προκειμένου να προστατεύεται το εισερχόμενο κύκλωμα. Για τα MICROMASTER 4, δεν απαιτούνται ημιαγωγικές ασφάλειες (υπερταχείας τήξεως) για την προστασία του ρυθμιστή στροφών. Οι συνήθεις ασφάλειες για προστασία καλωδίου, τύπου gL, είναι επαρκείς. Οι εσωτερικές συσκευές προστασίας του MICROMASTER χρησιμοποιούνται για να προστατεύουν το κύκλωμα εξόδου.

Επιπλέον, τα EMC φίλτρα και τα πηνία εισόδου είναι διαθέσιμα ως παρελκόμενα. Το EMC φίλτρο αποκόπτει τις διακυμάνσεις και το θόρυβο υψηλής συχνότητας που παράγονται από τη συχνότητα παλμών των τρανζίστορ εξόδου. Το αντικείμενο των ηλεκτρομαγνητικών διακυμάνσεων θα συζητηθεί λεπτομερέστερα στην ενότητα 2.3.

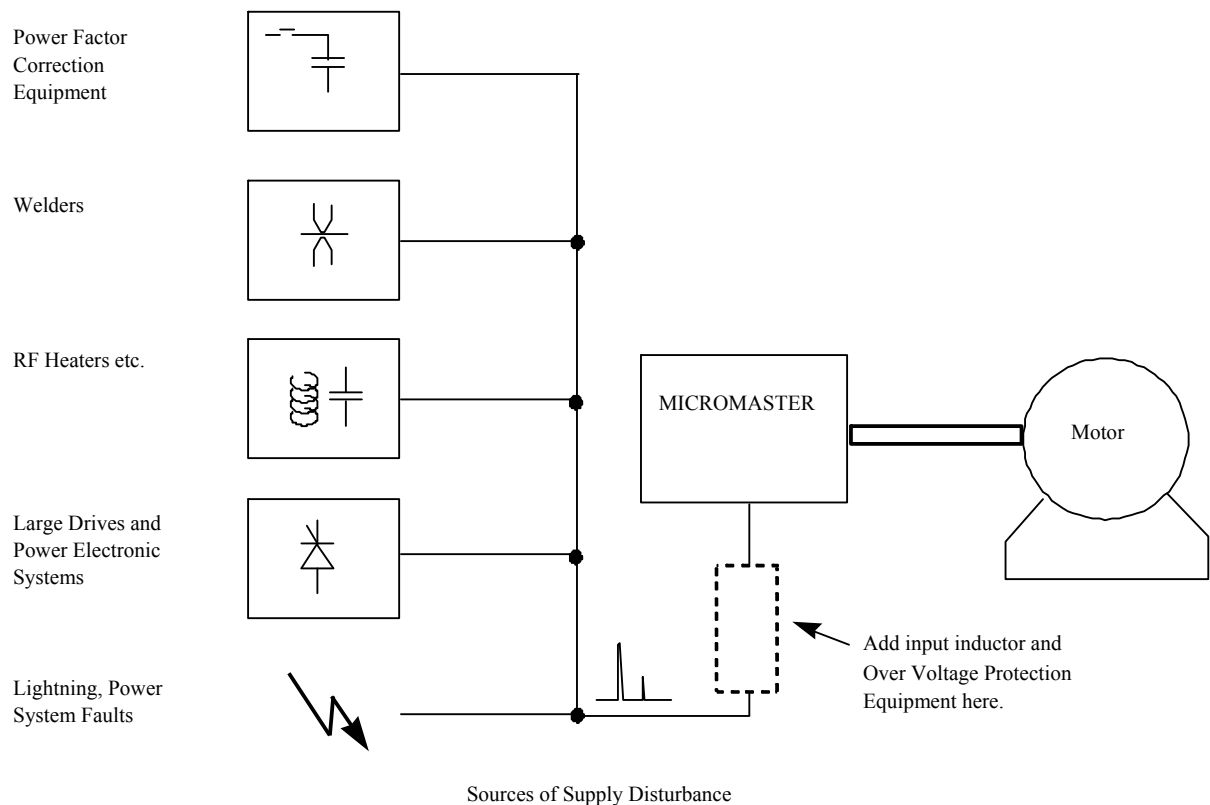
Το πηνίο εισόδου χρησιμοποιείται για να μειώσει τις αρμονικές που ανατροφοδοτούνται στην γραμμή τροφοδοσίας από τον AC ρυθμιστή στροφών, όπως οι χαμηλής συχνότητας αρμονικές και οι περιοδικές βυθίσεις και αιχμές τάσης.

Πολλές πηγές τροφοδοσίας είναι καλά ελεγχόμενες και παραμένουν εντός των ορίων των προδιαγραφών, αλλά επηρεάζονται από τοπικές παρεμβολές. Αυτές μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένη λειτουργία και να προκαλέσουν βλάβες στους inverters. Ειδικότερα, ελέγξτε για:

- Εξοπλισμό Ρύθμισης Συνημίτονου. Μη φιλτραρισμένη μεταγωγή βαθμίδων πυκνωτών μπορεί να προκαλέσει πολύ μεγάλες αιχμές τάσης και είναι συχνή πηγή βλαβών σε Ρυθμιστή Στροφών.
- Μεγάλης ισχύος συγκολλητικός εξοπλισμός, ειδικά συγκολλητικά θέρμανσης και επαγωγικά.
- Άλλοι ρυθμιστές στροφών, ημιαγώγιμα συστήματα ελέγχου θέρμανσης, κλπ.

Ο Ρυθμιστή Στροφών έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να απορροφά μεγάλα ποσά παρεμβολής στην πλευρά της τροφοδοσίας – για παράδειγμα αιχμές τάσης ως και 4kV. Ωστόσο ο παραπάνω εξοπλισμός μπορεί να παράγει παρεμβολές που να ξεπερνούν αυτά τα επίπεδα. Είναι απαραίτητο να κατασταλεί αυτή η παρεμβολή – κατά προτίμηση στην πηγή – ή τουλάχιστον με την τοποθέτηση ενός πηνίου στην είσοδο του Ρυθμιστή Στροφών. Τα φίλτρα Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC) δεν καταστέλλουν παρεμβολές με αυτά τα επίπεδα ενέργειας. Είναι συχνά απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί εξοπλισμός κατά των υπερτάσεων όπως βαρίστορς οξειδίου μετάλλου.

Βλάβες μπορούν επίσης να προκληθούν από τοπικές βλάβες της τροφοδοσίας και από ηλεκτρικές καταιγίδες. Σε περιοχές όπου αναμένονται τέτοια φαινόμενα θα πρέπει να ληφθούν οι ανάλογες προσαρμογές.



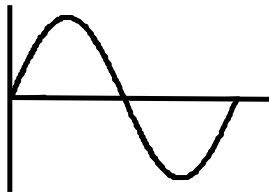
### **Μη Γειωμένες Πηγές Τροφοδοσίας**

Ορισμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις λειτουργούν με τροφοδοσία που είναι απομονωμένες από την γη (δίκτυα IT). Αυτό επιτρέπει σε μηχανές να λειτουργούν μετά από μια διαρροή προς γη. Ωστόσο οι περισσότεροι ρυθμιστές στροφών είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε γειωμένα δίκτυα και είναι εξοπλισμένοι με πυκνωτές καταστολής παρεμβολών ανάμεσα στην πηγή τροφοδοσίας και τη γη. Έτσι η λειτουργία σε μη γειωμένα δίκτυα πρέπει να αποφεύγεται χωρίς ειδικές οδηγίες από τον κατασκευαστή.

### 2.1.1 Χαμηλόσυχνες αρμονικές

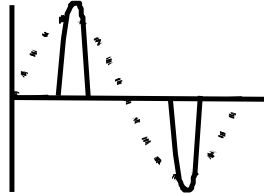
Οι ακόλουθες πληροφορίες αναφέρονται αποκλειστικά σε αρμονικές τάσεις και ρεύματα με χαμηλές συχνότητες μέχρι το μέγιστο 1 kHz το οποίο ανατροφοδοτείται από τον ρυθμιστή στροφών στην γραμμή τροφοδοσίας.

Input Voltage



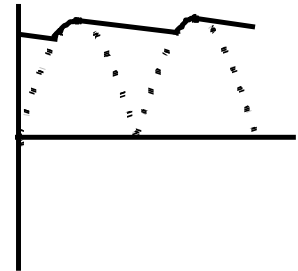
Single Phase

Input Current

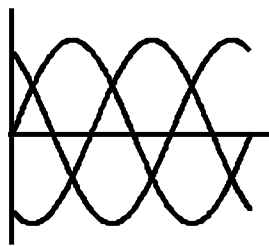


Single Phase

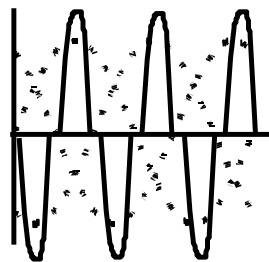
DC link Voltage



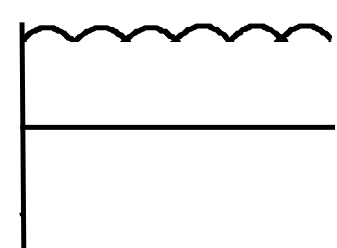
Single Phase



Three Phase



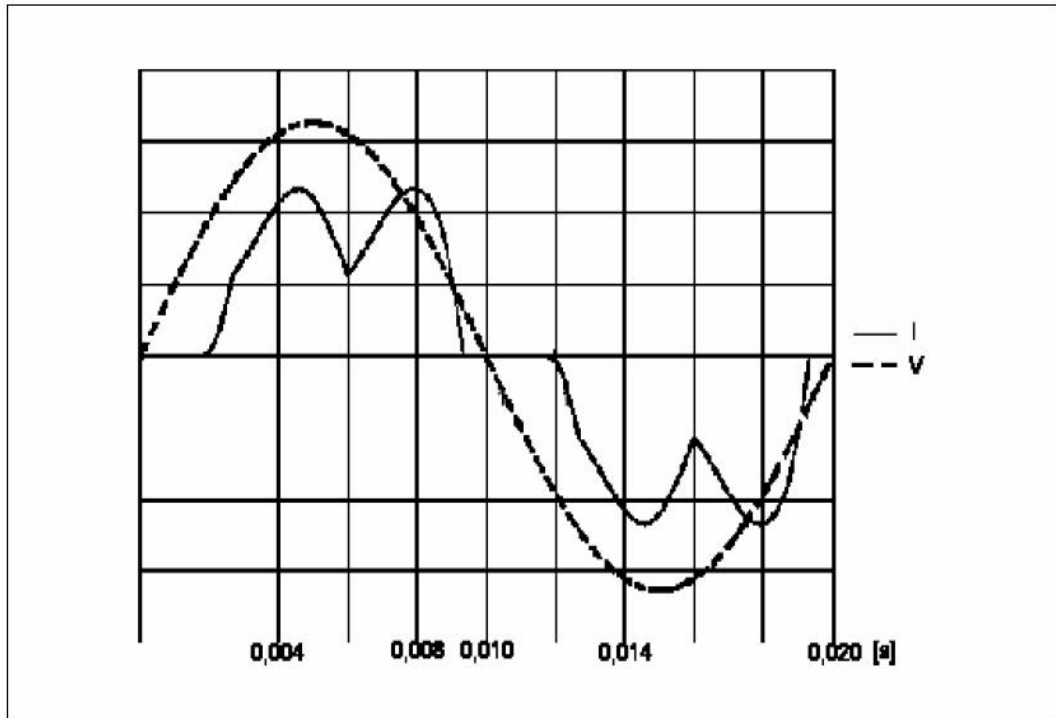
Three Phase



Three Phase

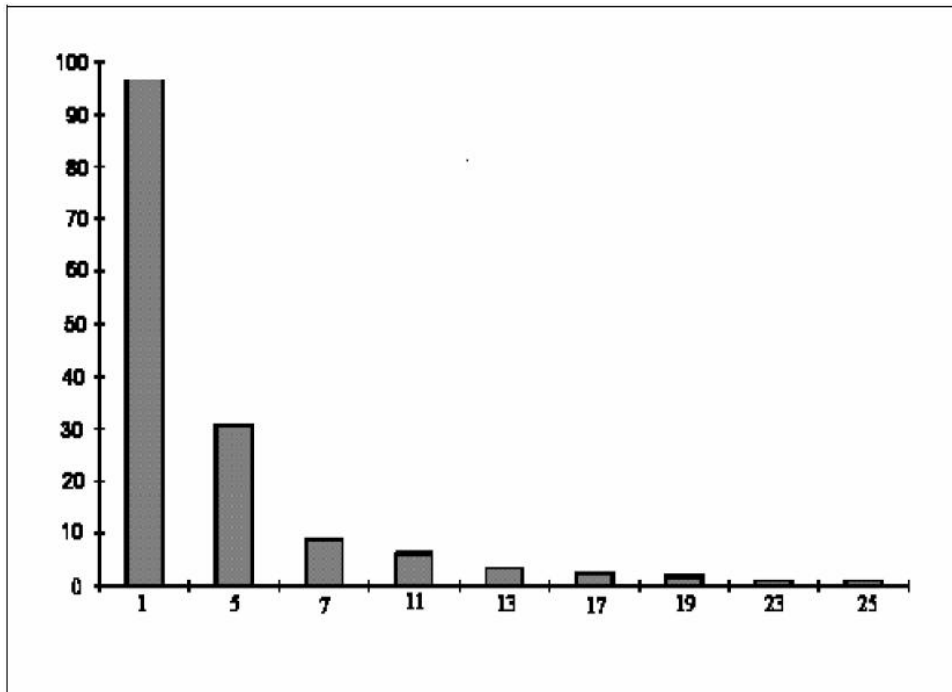
Rectifier Input Voltages and Currents

Το εισερχόμενο κύκλωμα του AC ρυθμιστή στροφών περιλαμβάνει μια μη ελεγχόμενη γέφυρα διόδου και τους πυκνωτές στην DC σύνδεση. Οι διόδοι άγουν μόνο εάν η τάση γραμμής υπερβεί την τάση των πυκνωτών. Αυτό σημαίνει ότι οι πυκνωτές σύντομα επαναφορτίζονται με υψηλούς παλμούς ρεύματος, για παράδειγμα αφού έχει προφορτιστεί η DC σύνδεση, τότε η επαναφόρτιση εμφανίζεται ξανά μόνο στο επόμενο μέγιστο της τάσης τροφοδοσίας. Η ροή ρεύματος περιορίζεται μόνο από την σύνθετη αντίσταση της γραμμής τροφοδοσίας και της DC σύνδεσης. Η κυματομορφή του ρεύματος δεν είναι πλέον ημιτονοειδής όπως είναι εμφανές στο ακόλουθο διάγραμμα:



Σχήμα 2-1 Κυματομορφή ρεύματος και τάσης μιας φάσης

Η ανάλυση Fourier του ρεύματος δείχνει ότι επιπρόσθετα με το βασικό θεμελιώδες ρεύμα υπάρχουν επίσης και αρμονικά ρεύματα.

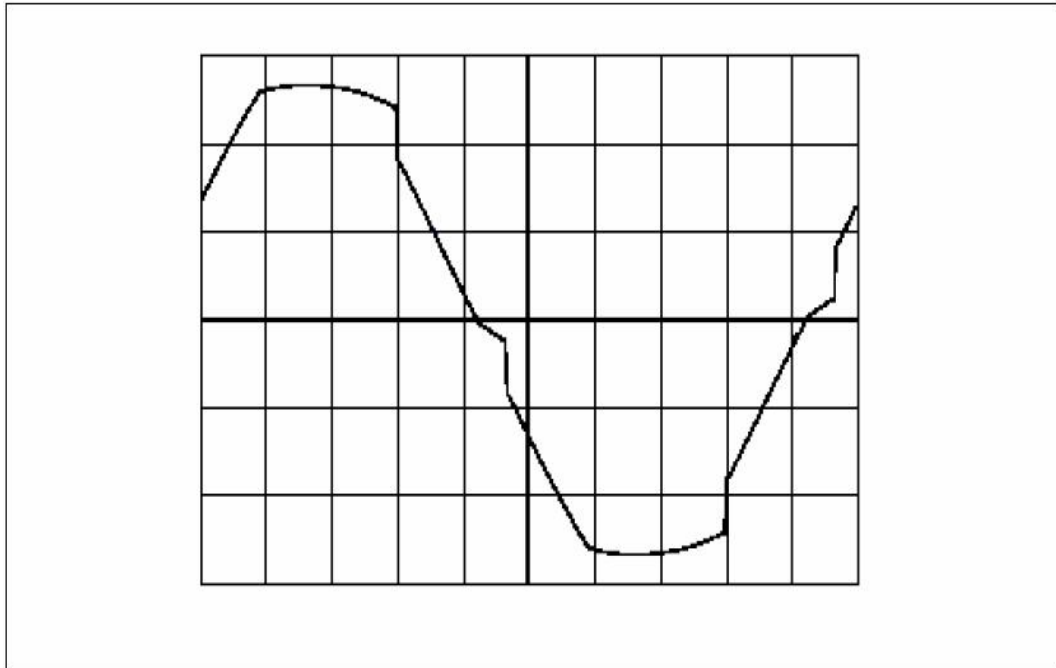


Σχήμα 2-2 Αρμονικό φάσμα

Για γέφυρες διόδων 6-παλμών, στην γραμμή εμφανίζονται ουσιαστικά μόνο ανώμαλες αρμονικές τάσης και ρεύματος οι οποίες δεν μπορούν να διαιρεθούν με το 3.

Η εμφάνιση των λειτουργικών σφαλμάτων στη γραμμή τροφοδοσίας δεν γίνεται μόνο λόγω των αρμονικών ρευμάτων, αλλά επίσης και

εξαιτίας των πτώσεων τάσης που προκαλούνται στην γραμμή τροφοδοσίας από τις ποικίλες αρμονικές συχνότητες. Η κυματομορφή της τάσης διαστρεβλώνεται από αυτές τις τάσεις εξαιτίας της αλληλεπίδρασης με την τάση της γραμμής τροφοδοσίας.



Σχήμα 2-3 Διαστρεβλωμένη κυματομορφή τάσης

Η διακύμανση μπορεί να διοχετευθεί στην γραμμή τροφοδοσίας του AC ρυθμιστή στροφών εξαιτίας των αρμονικών συστατικών. Αυτές οι επιδράσεις συμβαίνουν με έναν υψηλό βαθμό πιθανότητας, εάν για παράδειγμα, εγκατασταθεί στην γραμμή τροφοδοσίας μια χωρητική αντιστάθμιση ισχύος με πυκνωτές χωρίς πηνία προστασίας.

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος περιορισμού της αρμονικής ανατροφοδότησης ενός AC ρυθμιστή στροφών στις επιτρεπτές τιμές, είναι να αυξηθεί η αυτεπαγωγή της γραμμής τροφοδοσίας με τη χρήση ενός πηνίου εισόδου. Αυτό το πηνίο εισόδου περιορίζει το ρεύμα ρυθμού ανόδου, επεκτείνει το χρόνο ροής ρεύματος, μειώνει το πλάτος του ρεύματος και στη συνέχεια αυτό μειώνει τα αρμονικά ρεύματα. Η περιοχή ρεύματος-χρόνου των παλλόμενων ρευμάτων παραμένει σταθερή σε σύγκριση με τη λειτουργία χωρίς κανένα πηνίο. Την ίδια στιγμή, μειώνοντας τις αιχμές του ρεύματος φόρτισης, εκτείνεται ο χρόνος ζωής των πυκνωτών της DC σύνδεσης.

Η ερώτηση ως προς το εάν απαιτείται ένα στραγγαλιστικό πηνίο εισόδου, ουσιαστικά βασίζεται στην αναλογία ανάμεσα στην ονομαστική ισχύ του ρυθμιστή στροφών και του επιτρεπτού επιπέδου σφάλματος του συστήματος για τον συγκεκριμένο τύπο ρυθμιστή στροφών. Για ένα ρυθμιστή στροφών πρέπει να χρησιμοποιείται ένα πηνίο εισόδου, εάν ισχύουν τα ακόλουθα για το επίπεδο σφάλματος του δικτύου τροφοδοσίας:

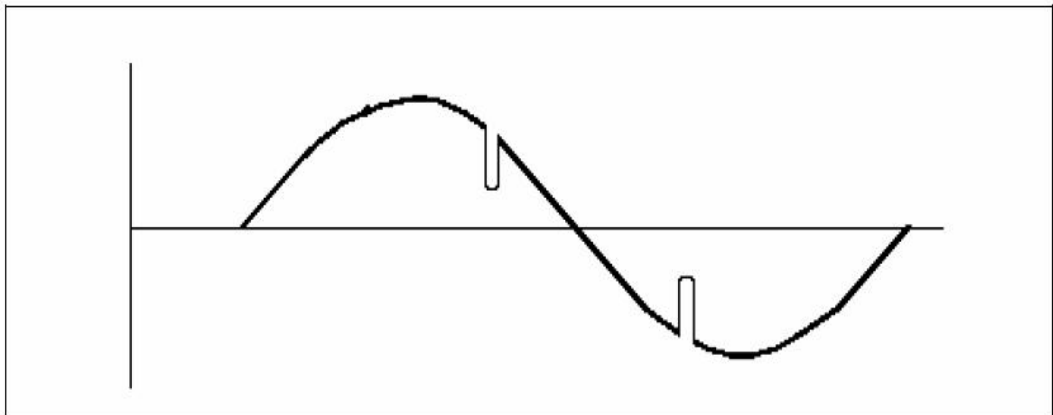
$$S_{K\_line} \geq 100 * S_{inv}$$

$$S_{inv} = \sqrt{3} * V_{line} * I_{inv\_input}$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις, το επίπεδο σφάλματος του δικτύου τροφοδοσίας  $S_{K\_line}$  δεν είναι γνωστό. Αυτός είναι ο λόγος που προτείνουμε τη χρήση ενός πηνίου εισόδου.

### 2.1.2 Βυθίσεις τάσης τροφοδοσίας

Η διαστρέβλωση της τάσης γραμμής φανερώνεται υπό την μορφή περιοδικών βυθίσεων τάσης, οι οποίες προκαλούνται άμεσα από λειτουργίες μεταγωγής και ως εκ τούτου είναι επίσης γνωστές ως μεταγωγικές βυθίσεις. Μεταγωγή είναι η μετάβαση του ρεύματος από τον ένα οπλισμό της γέφυρας εισόδου στον επόμενο οπλισμό από όπου άγεται το ρεύμα. Αυτά τα στιγμιαία βραχυκυκλώματα επιφέρουν βυθίσεις στη τάση τροφοδοσίας της γραμμής, των οποίων ο μαγνητισμός καθορίζεται από την αναλογία ανάμεσα στην αυτεπαγωγή της γραμμής και την αυτεπαγωγή σε σειρά με τον converter ή τον AC Ρυθμιστή Στροφών (για παράδειγμα πηνίο εισόδου).



Σχήμα 2-4 Κυματομορφή τάσης σε μια γραμμή φάσης

Για τις μη ελεγχόμενες γέφυρες διόδων, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τους μικρότερους ρυθμιστές στροφών, αυτή η μεταγωγή υπάρχει πάντα κοντά στο φυσική στιγμή πυροδότησης. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν δεν υπάρχει "μεταγωγή επικάλυψης".

Αυτό σημαίνει ότι τα εμφανή κενά της τάσης είναι καταλλήλως μικρά. Μεγαλύτερες μεταβατικές βυθίσεις είναι τυπικές για πλήρως ελεγχόμενες γέφυρες θυρίστορ, όπως χρησιμοποιούνται στους μεγαλύτερους ρυθμιστές. Τα στραγγαλιστικά πηνία χρησιμοποιούνται στο κύκλωμα εισόδου για να κόψουν τα κενά τάσης και να περιορίσουν το ρεύμα στους ρυθμιστές.

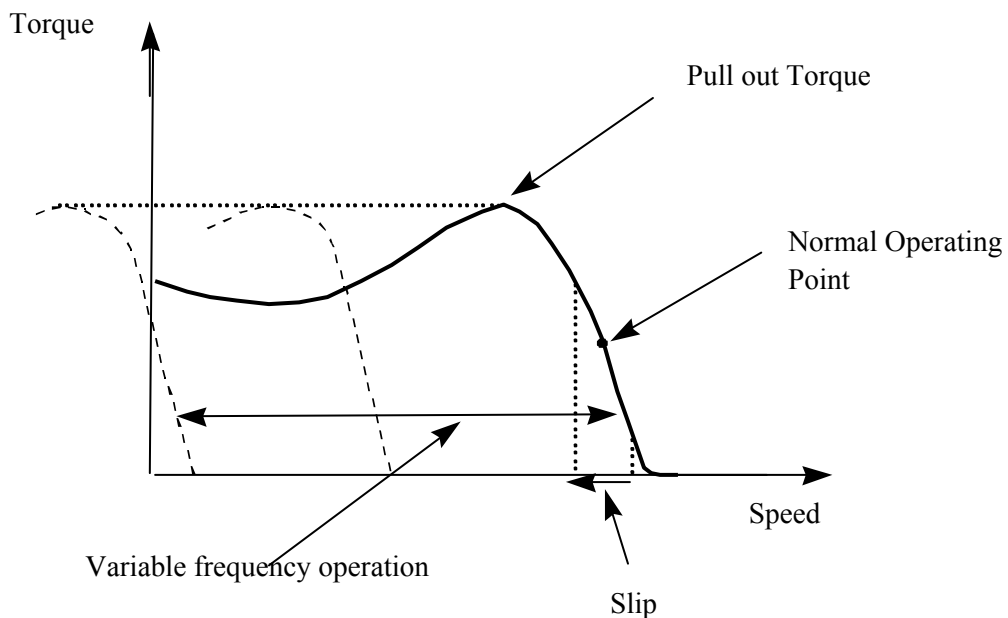
Δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν ειδικά στραγγαλιστικά πηνία για τη σειρά ρυθμιστών στροφών MICROMASTER 4. Εάν



χρησιμοποιείται ένα πηνίο εισόδου, τότε αυτό αντικαθιστά τη λειτουργία ενός στραγγαλιστικού πηνίου.

## 2.2 Συνδέοντας τον κινητήρα

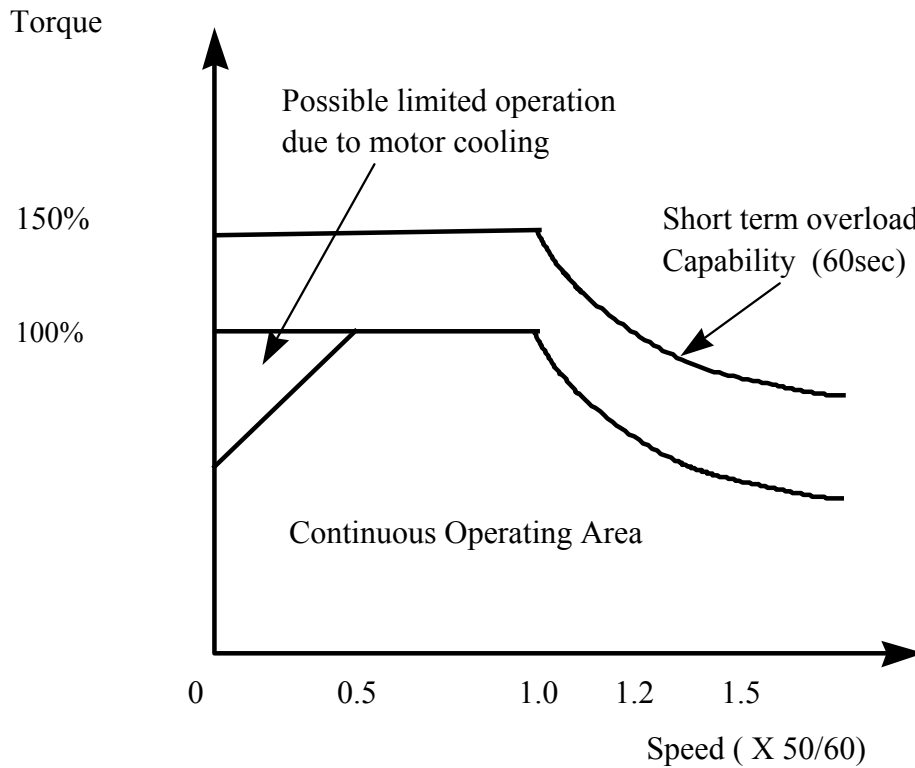
Η ταχύτητα του κινητήρα καθορίζεται κυρίως από την εφαρμοζόμενη συχνότητα. Ο κινητήρας επιβραδύνει λίγο με την αύξηση του φορτίου και της ολίσθησης. Αν το φορτίο είναι πολύ μεγάλο, ο κινητήρας θα υπερβεί την μέγιστη ροπή και θα χάσει ισχύ. Οι περισσότεροι κινητήρες και inverters μπορούν να λειτουργήσουν σε 150% του ονομαστικού φορτίου για μικρό διάστημα, για παράδειγμα για 60 δευτερόλεπτα.



Torque Speed Characteristic of An Induction Motor

Ο κινητήρας ψύχεται συνήθως από ένα ενσωματωμένο ανεμιστήρα που είναι κομπλαρισμένος στον άξονα και λειτουργεί στις στροφές του κινητήρα. Η διάταξη είναι σχεδιασμένη να ψύχει τον κινητήρα σε πλήρες φορτίο και βασική ταχύτητα. Αν ο κινητήρας λειτουργεί σε χαμηλότερη συχνότητα και πλήρη ροπή – δηλ. μεγάλο ρεύμα λειτουργίας – η ψύξη μπορεί να μην επαρκεί. Οι κατασκευαστές κινητήρων δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες υπερδιαστασιολόγησης, αλλά μια τυπική καμπύλη υπερδιαστασιολόγησης περιορίζει την αποδιδόμενη ροπή στο 75% σε μηδενική συχνότητα αυξανόμενη ως την πλήρη δυναμικότητα στο 50% της βασικής ταχύτητας (δείτε διάγραμμα). Βεβαιωθείτε ότι δεν έχουμε υπέρβαση αυτών των περιορισμών σε μακρόχρονη λειτουργία.

Μελετήστε αν είναι χρήσιμο να χρησιμοποιήσετε την λειτουργία  $I^2t$  για να βοηθήσετε στην προστασία του κινητήρα ή αν είναι χρήσιμο να χρησιμοποιηθεί ενσωματωμένη θερμική προστασία στον κινητήρα (π.χ. με θερμίστορ PTC).



Operating Capabilities of Motor/Inverter Combinations

Η λειτουργία μεγάλων ταχυτήτων σε συνήθεις κινητήρες περιορίζεται συνήθως στο διπλάσιο της ονομαστικής ταχύτητας λειτουργίας (π.χ. ως 6000 ή 7200 στροφές/ λεπτό) για 2-πολικό κινητήρα, λόγω περιορισμών από τα τριβεία (ρουλεμάν). Ωστόσο, επειδή το επίπεδο μαγνητικής ροής θα μειωθεί πάνω από την βασική ταχύτητα (καθώς η τάση εξόδου περιορίζεται περίπου στην τάση εισόδου), η μέγιστη ροπή θα μειώνεται αντίστροφα ανάλογα με την ταχύτητα πάνω από την βασική ταχύτητα.

Ωστόσο, αν ένας κινητήρας είναι συνδεδεμένος σε τρίγωνο (χαμηλής τάσης κινητήρας) και λειτουργείται από ένα υψηλότερης τάσης Ρυθμιστή Στροφών, μπορεί να επιτευχθεί πλήρης ροπή σε ταχύτητες ως και 1.7 φορές της βασικής, αν παραμετροποιηθεί σωστά ο ρυθμιστής στροφών.

Ένας κινητήρας που συνδέεται σε έναν AC ρυθμιστή στροφών υπόκειται σε υψηλότερες ηλεκτρικές και θερμικές πιέσεις ως αποτέλεσμα της κυματομορφής των παλμών τάσης, εξ ου και η αναφορά στη χρήση των κινητήρων που θα λειτουργήσουν με ρυθμιστές στροφών ως F/F αντί του συνήθους F/B (κατασκευή των μονώσεων των τυλιγμάτων για αντοχή σε ανύψωση θερμοκρασίας κλάσης F, αλλά χρήση των κινητήρων σε περιβάλλον κλάσης B).

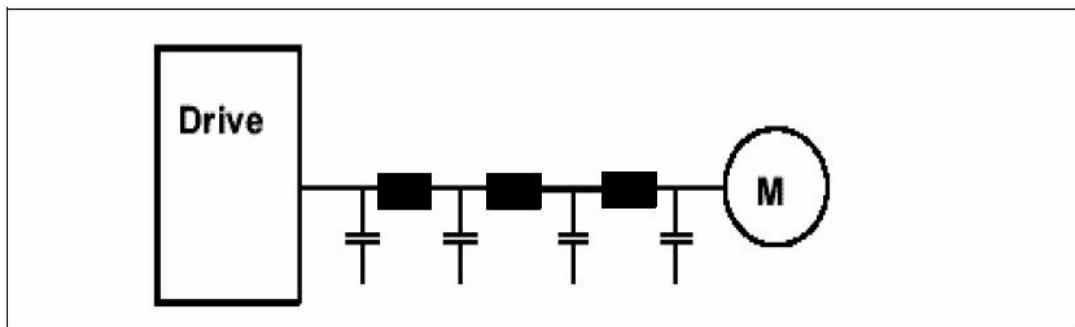
Η χαρακτηριστική κυματομορφή τάσης περιλαμβάνει μια ακολουθία παλμών των οποίων το πλάτος ανταποκρίνεται στην τάση της DC σύνδεσης. Ο χρόνος αποκατάστασης των παλμών αυτών καθορίζεται από τον χρόνο μεταγωγής του IGBT περίπου 0,1 μs. Για μια τροφοδοσία 400V οι ρυθμοί ανόδου της τάσης (κλίση) δίνονται από:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{400V * 1.35}{0.1s} \approx \underline{\underline{5kV / \mu s}}$$

Οι μεγάλες κλίσεις της τάσης είναι η κύρια αιτία του υπέρ-ρεύματος και των αιχμών τάσης που επιπρόσθετα φορτίζουν τον AC ρυθμιστή στροφών, τα καλώδια τροφοδοσίας του κινητήρα και τους κινητήρες.

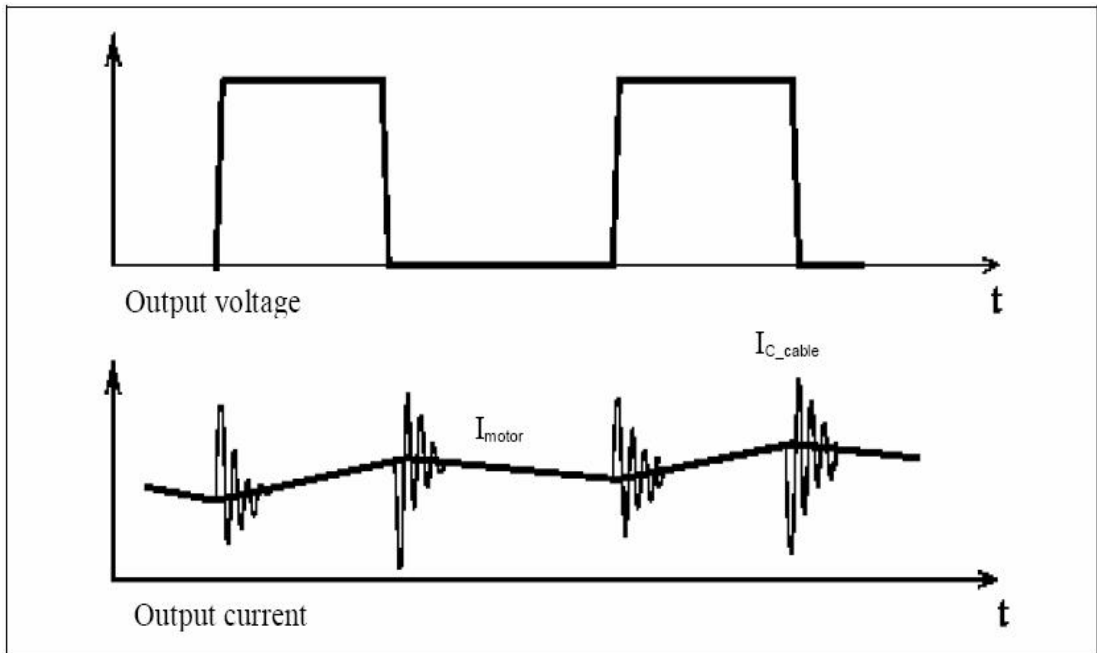
### 2.2.1 Υπέρ-ρεύματα στην έξοδο

Τα ρεύματα εξόδου στον AC ρυθμιστή στροφών, που είναι υψηλότερα από αυτά που πραγματικά απαιτούνται, δημιουργούνται λόγω της εγγενούς χωρητικότητας του καλωδίου τροφοδοσίας του κινητήρα. Οι χωρητικότητες αυτές δεν μπορούν να αγνοηθούν για τις συχνότητες που είναι σχετικές εδώ.



Σχήμα 2-5 Χωρητικότητες του καλωδίου τροφοδοσίας του κινητήρα

Η ακολουθία των παλμών (τραίνο παλμών) που άγεται κατά μήκος του καλωδίου προκαλεί στους πυκνωτές μια συνεχή φόρτιση και αποφόρτιση. Αυτά τα ρεύματα φόρτισης υπερτίθενται στο RMS ρεύμα και επιπρόσθετα φορτίζουν τον AC ρυθμιστή στροφών.

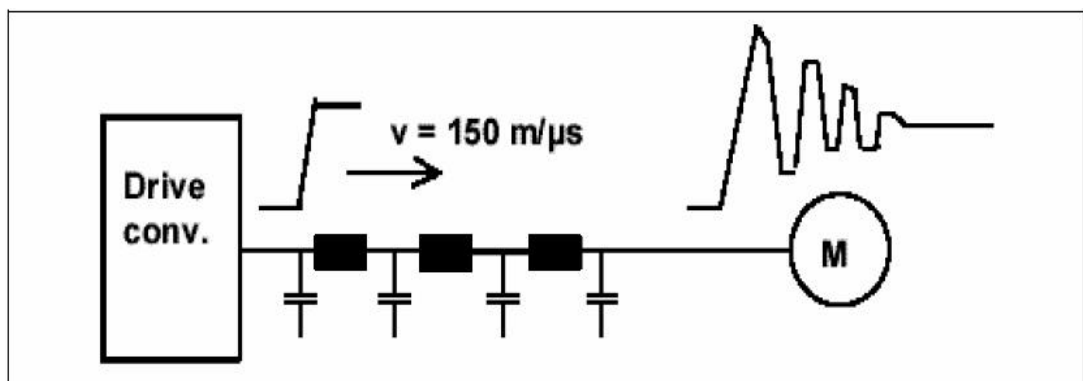


Σχήμα 2-6 Τάση εξόδου και ρεύμα

Όσο υψηλότερη είναι η χωρητικότητα που περιλαμβάνεται, τόσο μεγαλύτερο είναι το καλώδιο και τόσο υψηλότερη η συχνότητα παλμών του AC ρυθμιστή στροφών. Τα μέγιστα μήκη καλωδίων που μπορούν να συνδεθούν διευκρινίζονται στην τεχνική τεκμηρίωση του AC ρυθμιστή στροφών. Τα επαναφορτιζόμενα ρεύματα είναι εφικτό να αποκόπτονται και επομένως τα μήκη των καλωδίων να εκτείνονται με την εγκατάσταση ειδικών πηνίων εξόδου.

### 2.2.2 Συνθήκες υπερφόρτισης στην έξοδο

Η αύξηση της τάσης στον κινητήρα προκαλείται από τις απότομες αιχμές της τάσης και το διακινούμενο κύμα το οποίο παράγεται. Το διακινούμενο κύμα ανάμεσα στην έξοδο του ρυθμιστή στροφών και του κινητήρα διαδίδεται σε ποσοστό 150m/μs μέσα στο καλώδιο.



Σχήμα 2-7 Χαρακτηριστική τάσης στην έξοδο του ρυθμιστή στροφών και στον κινητήρα

Όταν το διακινούμενο κύμα πλησιάζει τον κινητήρα, βλέπει ξαφνικά μια διαφορετική χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση  $R_{mot} \approx 10-20 * R_{cable}$

Και αντανακλάται πίσω στον AC ρυθμιστή στροφών.

Αντανακλάται τότε πίσω στον κινητήρα κ.τ.λ. Αυτή η λειτουργία ρύθμισης ολοκληρώνεται περίπου μετά από 1μs. Για λειτουργία στην ονομαστική τάση, οι αιχμές της τάσης μπορεί να εμφανιστούν στον κινητήρα με μια μέγιστη τιμή:

$$V_{\max\_mot} = 1.9 * V_{DClink} = 2.6 * V_{line}$$

Η τάση στην DC σύνδεση συνεχίζει να αυξάνεται στις φάσεις μετάβασης, παράδειγμα όταν ο κινητήρας επιταχύνει ή φρενάρει. Αυτό στη συνέχεια έχει ως αποτέλεσμα μια κατάλληλη αύξηση των αιχμών της τάσης στις κλέμμες του κινητήρα.

Προκειμένου να ανακλαστεί πλήρως η τάση, ο χρόνος αποκατάστασης της τάσης πρέπει να είναι λιγότερος από το χρόνο διάδοσης του διακινούμενου κύματος από τον AC ρυθμιστή στροφών προς τον κινητήρα.

$$\Delta t < t_{propagate} = \frac{l_{cable}}{v}$$

Το κρίσιμο μέγεθος καλωδίου λαμβάνεται ως ακολούθως:

$$l_{cable} > v * \Delta t = 150 \frac{m}{\mu s} * 0.1 \mu s = \underline{\underline{15m}}$$

Το αποτέλεσμα είναι ότι η πλήρης ανάκλαση της τάσης έχει ήδη ληφθεί για μικρά μήκη καλωδίων της τάξεως των 15 μ. και μεγαλύτερα. Αυτό το μήκος καλωδίου πρέπει πάντοτε να θεωρείται στην πράξη.

Τα πηνία εξόδου, καθώς και το LC φίλτρο, είναι τα διαθέσιμα παρελκόμενα για τους ρυθμιστές στροφών προκειμένου να μειώσουν αυτές τις ανακλάσεις της τάσης. Τα πηνία εξόδου περιορίζουν την άνοδο της τάσης μετά το πηνίο και μειώνουν τα χωρητικά ρεύματα επαναφόρτισης. Τα LC φίλτρα περιορίζουν την άνοδο της τάσης και μειώνουν τις αιχμές της τάσης. Επιπλέον, επηρεάζουν επίσης την κυματομορφή τάσης έτσι ώστε να προσεγγίζει μια ημιτονοειδή κυματομορφή.

## 2.3 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

### 2.3.1 Γενικές πληροφορίες και σχετικά standards

Τα ηλεκτρομαγνητικά σφάλματα και οι διακυμάνσεις, όπως για παράδειγμα ισχυρά μαγνητικά πεδία και οι επιδράσεις της ηλεκτροστατικής εκφόρτισης συνοψίζονται κάτω από τον όρο της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Ένας AC ρυθμιστής στροφών πρέπει από μόνος του να είναι "ανθεκτικός" σε εξωτερικές EMC επιδράσεις και στην λειτουργία μπορεί να παραγάγει μόνο περιορισμένο

ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο για άλλες συσκευές και εξοπλισμό. Τα σφάλματα και οι διαταραχές που εκπέμπονται από τους AC ρυθμιστές στροφών προκαλούνται κυρίως από τον μεγάλο κύκλο της συχνότητας του ρυθμιστή στροφών της εξόδου. Παλαιότερα, τα φαινόμενα αυτά ερευνήθηκαν περιορισμένα σε κρίσιμες περιπτώσεις σχετιζόμενες με πραγματικά λειτουργικά σφάλματα. Εντούτοις, ύστερα από την εισαγωγή της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 89/336/EEC, αυτό επεκτείνεται όλο και περισσότερο πέρα από την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (ΗΜΣ). Η οδηγία για την ΗΜΣ περιορίζεται στην απαίτηση ότι καμία ηλεκτρική συσκευή δεν μπορεί να προκαλέσει ηλεκτρομαγνητικά σφάλματα και διαταραχές στο περιβάλλον της, ούτε να είναι ευαίσθητη σε σφάλματα /διαταραχές από το περιβάλλον. Εντούτοις, τα λεπτομερή ζητήματα, με την εκτίμηση πως αυτές οι απαιτήσεις είναι πραγματικά εφαρμόσιμες, αντιμετωπίζονται με τα πρότυπα ποικίλων εφαρμογών. Αυτό είναι το πρότυπο EN-61800-3 για AC ρυθμιστές στροφών και για χρήση σε κατοικημένες περιοχές, το ειδικό βασικό πρότυπο για ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές σε οικιστικές περιοχές EN50081-1. Στο πρότυπο υπάρχει μια διαφοροποίηση μεταξύ των εφαρμογών σε βιομηχανικά και εμπορικά περιβάλλοντα (Κλάση A) και σε οικιστικά περιβάλλοντα (Κλάση B).

Για εφαρμογές σύμφωνα με την Κλάση A, οι απαιτήσεις που τοποθετούνται στην ανοχή σε θόρυβο είναι υψηλότερες από τις απαιτήσεις που τοποθετούνται στην εκπομπή θορύβου/ διαταραχών.

Για εφαρμογές σύμφωνα με την Κλάση B, οι απαιτήσεις καθορίζονται αντιστρόφως.

Είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στο ότι ο AC ρυθμιστής στροφών εξετάζεται, στα εφαρμόσιμα standards, όπως "Στοιχεία" ενός "Συστήματος". Κάθε EMC πιστοποιητικό και η προκύπτουσα έκδοση ενός CE mark πρέπει να ισχύουν για ολόκληρο το σύστημα. Το όλο σύστημα δεν πιστοποιείται αυτόματα με την πιστοποίηση του ρυθμιστή στροφών με τον ίδιο τρόπο όπως κάθε άλλο στοιχείο. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα στοιχεία, από την γραμμή τροφοδοσίας έως τον κινητήρα πρέπει να εγκατασταθούν και να καλωδιωθούν σύμφωνα με τους κανονισμούς που ορίζονται στα EMC standards. Ο σχεδιαστής της εγκατάστασης/ συστήματος μπορεί είτε να πιστοποιήσει αυτό το σχέδιο από ένα ειδικό ίδρυμα ή να το πιστοποιήσει μόνος του με την πραγματοποίηση των standards. Γενικά, η εγκατάσταση/ σύστημα υφίσταται μόνο υπό τον όρο μιας βαθιάς ανάλυσης εάν έχουν ήδη παρουσιαστεί τα προβλήματα που συνδέονται με τον EMC θόρυβο και τις διαταραχές.

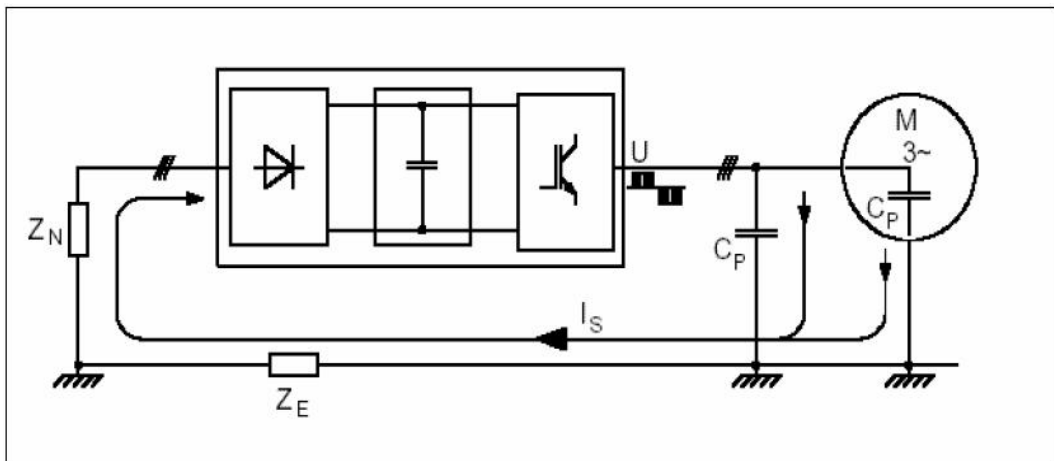
### **2.3.2 Μειώνοντας τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο και τις διαταραχές**

Ανάλογα με το πώς διαδίδονται, τα σφάλματα υποδιαιρούνται ως ακολούθως:

Καλωδιακά μεταφερόμενος θόρυβος/ διαταραχές που διαδίδεται μέσω των καλωδίων και των αγωγών

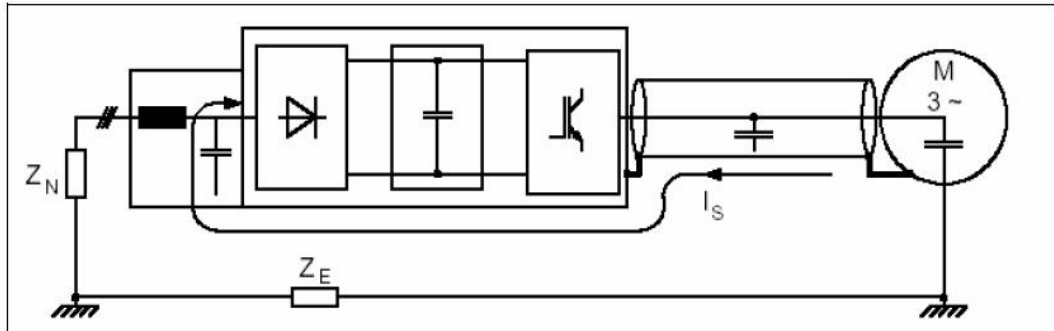
μη καλωδιακά μεταφερόμενος θόρυβος / διαταραχές όπως ο υψίσυχνος θόρυβος ο οποίος διαδίδεται υπό τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Χωρίς κατάλληλα μέτρα, ο θόρυβος / διαταραχές διαδίδονται, για παράδειγμα υπό τη μορφή θορύβου ρεύματος, με μια μη ελεγχόμενη διαδρομή μέσω της ολοκληρωμένης εγκατάστασης ή συστήματος, μέσω των καλωδίων σύνδεσης και το σύστημα γείωσης. Το επίπεδο του θορύβου μπορεί να μειωθεί μόνο παίρνοντας ειδικά μέτρα για την συμπίεση των δύο τύπων διάδοσης που αναφέρονται ανωτέρω. Το αντικείμενο είναι ότι ο θόρυβος και οι διαταραχές διαδίδονται κατά μήκος συγκεκριμένων μονοπατιών, έτσι η αλληλεπίδραση με άλλα μέρη και τομείς της εγκατάστασης / συστήματος είναι μειωμένη και με έναν ειδικό τρόπο το κύκλωμα μπορεί να απαλλαγεί από τα ρεύματα που εμπεριέχουν σφάλμα.



Σχήμα 2-8 Ρεύμα θορύβου για τα μη θωρακισμένα καλώδια τροφοδοσίας του κινητήρα

Οι παρασιτικοί πυκνωτές  $C_p$  φορτίζονται και εκφορτίζονται ως αποτέλεσμα της παλλόμενης τάσης εξόδου του AC ρυθμιστή στροφών. Το ρεύμα θορύβου πρέπει να οδεύσει πίσω στην πηγή του, για παράδειγμα στον AC ρυθμιστή στροφών. Εάν χρησιμοποιούνται μη-θωρακισμένα καλώδια, το ρεύμα θορύβου ρέει πίσω σε μια ακαθόριστη διαδρομή μέσω της σύνθετης αντίστασης της γείωσης  $Z_e$  και το καλώδιο γραμμής τροφοδοσίας  $Z_n$ , παράδειγμα μέσω της γενικής γείωσης, των καλωδίων και αγωγών κ.τ.λ. Το ρεύμα και οι τάσεις που παράγουν το ρεύμα θορύβου, μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά άλλες συσκευές και εξοπλισμό και ακόμα να τις καταστρέψουν.



Σχήμα 2-9 Θωρακισμένα καλώδια τροφοδοσίας κινητήρα και εγκατάσταση του EMC φίλτρο

Τα θωρακισμένα καλώδια είναι απαραίτητα προκειμένου να επιτρέψουν σε ένα παρασιτικό ρεύμα θορύβου να οδεύσει πίσω στον AC ρυθμιστή στροφών με έναν καθορισμένο τρόπο. Το προστατευτικό κάλυμμα πρέπει να συνδέεται μέσω της μεγαλύτερης δυνατής επιφάνειας στο γειωμένο περίβλημα του ρυθμιστή στροφών και στο γειωμένο πλαίσιο του κινητήρα. Η προστασία του καλωδίου δεν πρέπει να διακόπτεται - για παράδειγμα σε τοποθεσίες σύνδεσης καλωδίων (όπως σημεία κλεμμών). Σε μερικές περιπτώσεις είναι εύκολο να καθιερωθεί μια δυναμική σύνδεση ανάμεσα στον κινητήρα και τον ρυθμιστή στροφών χρησιμοποιώντας ένα ξεχωριστό επίπεδο καλώδιο γείωσης με μια μεγάλη διατομή. Αυτό μπορεί να μειώσει το παρασιτικό ρεύμα θορύβου.

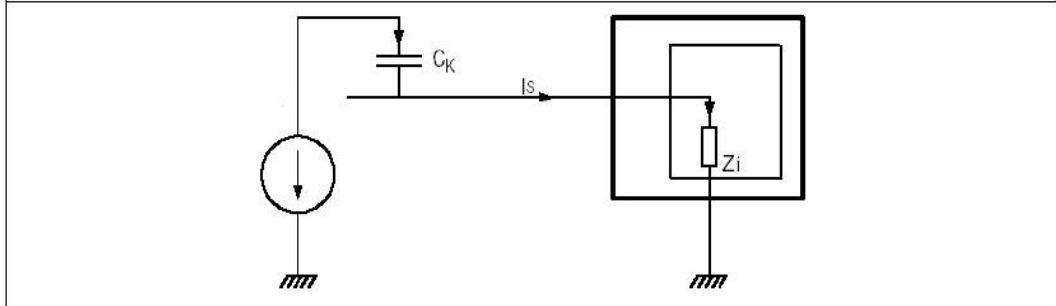
Μια χωρητική σύζευξη μέσω των πυκνωτών εφαρμόζεται έτσι ώστε το υψηλής συχνότητας ρεύμα θορύβου να μπορεί να ρέει πίσω στην DC σύνδεση του ρυθμιστή στροφών μέσω της χαμηλότερης πιθανής σύνθετης αντίστασης. Οι μονάδες MICROMASTER 4 έχουν ήδη μια λειτουργία καταστολής θορύβου.

Ακόμα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται εάν χρησιμοποιείται ένα ειδικό EMC φίλτρο στην είσοδο της γραμμής τροφοδοσίας του AC ρυθμιστή στροφών. Κατάλληλα EMC φίλτρα προσφέρονται ως παρελκόμενα εισόδου της γραμμής τροφοδοσίας ή ένα φίλτρο το οποίο είναι ήδη ολοκληρωμένο στη μονάδα ελέγχου.

Η σύνδεση ανάμεσα στον ρυθμιστή στροφών και στο EMC φίλτρο πρέπει να κρατείται όσο το δυνατόν στενότερη γίνεται. Μια καλή σύνδεση ανάμεσα στο περίβλημα του ρυθμιστή στροφών και στο περίβλημα του EMC φίλτρου είναι εξαιρετικά σημαντική. Στην πλέον ευνοϊκή περίπτωση, το EMC φίλτρο μπορεί να τοποθετηθεί άμεσα στον ρυθμιστή στροφών, παράδειγμα το τοποθετούμενο κάτω από τον ρυθμιστή MICROMASTER 4 φίλτρο. Αλλιώς, ένα θωρακισμένο καλώδιο σύνδεσης θα έπρεπε να χρησιμοποιείται ανάμεσα στο φίλτρο και τον ρυθμιστή στροφών. Τόσο το EMC φίλτρο, όσο και ο ρυθμιστής στροφών πρέπει να γειώνονται μέσω της μεγαλύτερης δυνατής επιφάνειας. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτησή τους σε ένα κοινή αγωγίμη επιφάνεια ή στο πίσω μέρος της ηλεκτρικής καμπίνας το οποίο πρέπει να είναι καλά γειωμένο.

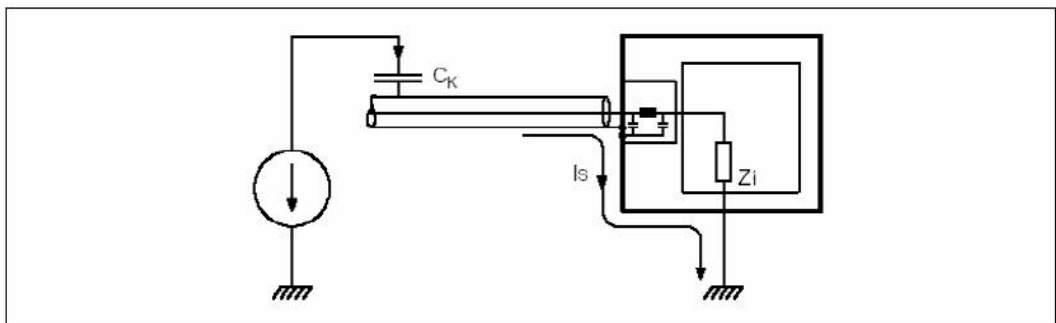


Προκειμένου να αποφευχθεί η σύζευξη του θορύβου στους αγωγούς, προτείνουμε τα καλώδια τροφοδοσίας του κινητήρα να οδηγούνται ξεχωριστά και να διατηρείται μια ελάχιστη απόσταση σε κάθε αγωγό. Τα καλώδια δεν θα πρέπει να οδηγούνται παράλληλα. Επιπλέον βελτιώσεις επιτυγχάνονται εάν χρησιμοποιούνται θωρακισμένα καλώδια.



Σχήμα 2-10 Απόμακρο ρεύμα θορύβου σε τμήμα ηλεκτρικού εξοπλισμού

Για χωρητική σύζευξη μέσω του  $C_k$ , το ρεύμα θορύβου  $I_s$  (παρασιτικό ρεύμα) επιφέρει μια πτώση τάσης στα άκρα της σύνθετης αντίστασης  $Z_i$ . Για ευαίσθητα στοιχεία, παράδειγμα μικροεπεξεργαστές, drivers εισόδου για ψηφιακά συστήματα κ.τ.λ., αυτή η τάση μπορεί να επιφέρει λειτουργικά σφάλματα ή ακόμα και καταστροφή του ίδιου του στοιχείου.



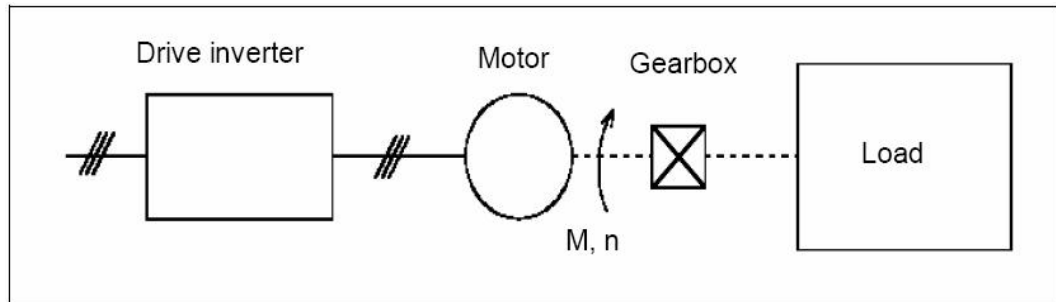
Σχήμα 2-11 Ρεύμα θορύβου διαρροής

Εάν χρησιμοποιούνται τα θωρακισμένα απλά καλώδια, το ρεύμα θορύβου  $I_s$  περνά στη γη μέσω του περιβλήματος (θωράκιση καλωδίου) και δεν επιδρά στα εσωτερικά κυκλώματα. Το πλέγμα θωράκισης του καλωδίου πρέπει να συνδέεται και από τις δύο άκρες στη γη μέσω της μεγαλύτερης πιθανής επιφάνειας. Για αναλογικά σήματα, αυτό μπορεί να προκαλέσει θόρυβο σήματος. Στην περίπτωση αυτή, η μια άκρη του καλωδίου συνδέεται στη γη μέσω ενός πυκνωτή (0.01-0.1F). Ο πυκνωτής έχει πολύ μικρή σύνθετη αντίσταση σε υψηλές συχνότητες.

**Περισσότερες πληροφορίες για την Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα αναφέρονται στο κεφάλαιο 6**

### 3 Διαστασιολογώντας το σύστημα ελέγχου

Η διαστασιολόγηση του συστήματος ελέγχου περιλαμβάνει τον καθορισμό όλων των συστατικών που απαιτούνται για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Η βασική σχεδίαση ενός συστήματος ελέγχου είναι εμφανής στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 3-1 Βασική διαμόρφωση ενός συστήματος ελέγχου με φορτίο

Συχνά, ένα σύστημα ελέγχου διαστασιολογείται χρησιμοποιώντας εύχρηστα λειτουργικά εργαλεία.

Τα πλέον βασικά βήματα διαστασιολόγησης συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Συλλογή των διαθέσιμων μηχανικών δεδομένων
- Καθορισμός μιας χαρακτηριστικής φορτίου ή ενός κύκλου φορτίου για μια εφαρμογή
- Υπολογισμός του ονομαστικού φορτίου καθώς και των ροπών και ταχυτήτων υπερφόρτισης
- Επιλογή της λόγου μείωσης
- Επιλογή του βέλτιστου τύπου κινητήρα
- Επιλογή του AC ρυθμιστή στροφών βάσει του απαιτούμενου φορτίου και των ρευμάτων υπερφόρτισης

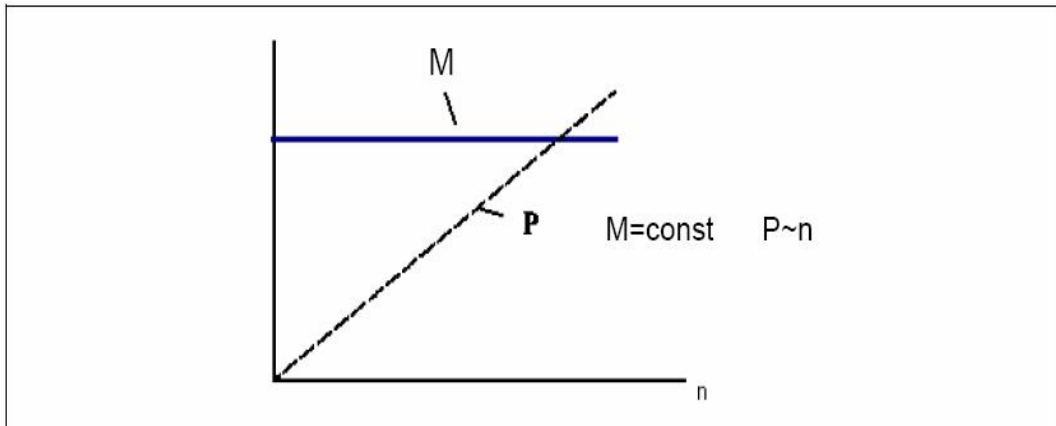
Τα επιπρόσθετα κριτήρια επιλογής και οι παράγοντες επίδρασης έχουν ως εξής:

- Επιτρεπτές μηχανικές ταχύτητες περιορισμού των κινητήρων και των μηχανικών μειωτήρων
- Θερμικά και δυναμικά όρια ροπής κινητήρα
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Ύψος εγκατάστασης
- Κλάση ανόδου θερμοκρασίας του κινητήρα

### 3.1 Χαρακτηριστικές φορτίου

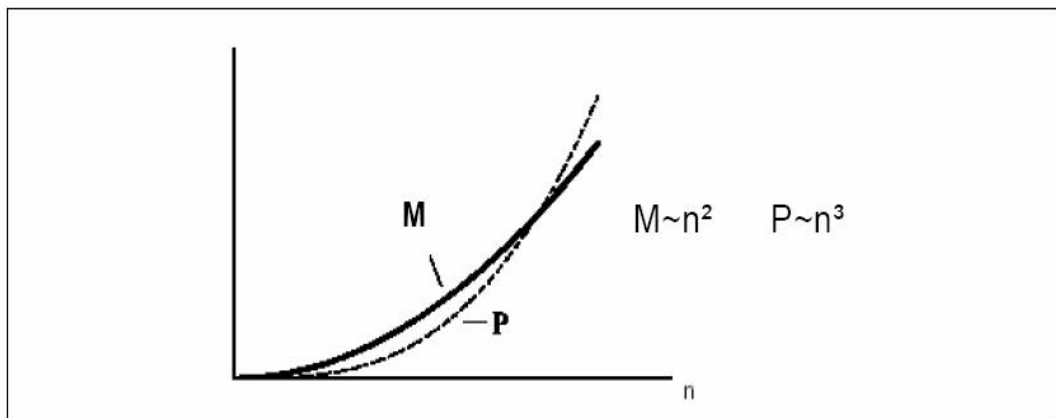
Οι χαρακτηριστικές φορτίου είναι διαθέσιμες για drives τα οποία χρησιμοποιούνται ουσιαστικά σε λειτουργία σταθερής κατάστασης. Η ροπή του φορτίου αναπαρίσταται σε συνάρτηση με την ταχύτητα.

Για φορτία σταθερής ροπής, η ροπή δεν αλλάζει με τη μεταβολή της ταχύτητας.



Σχήμα 3-2 Φορτίο σταθερής ροπής

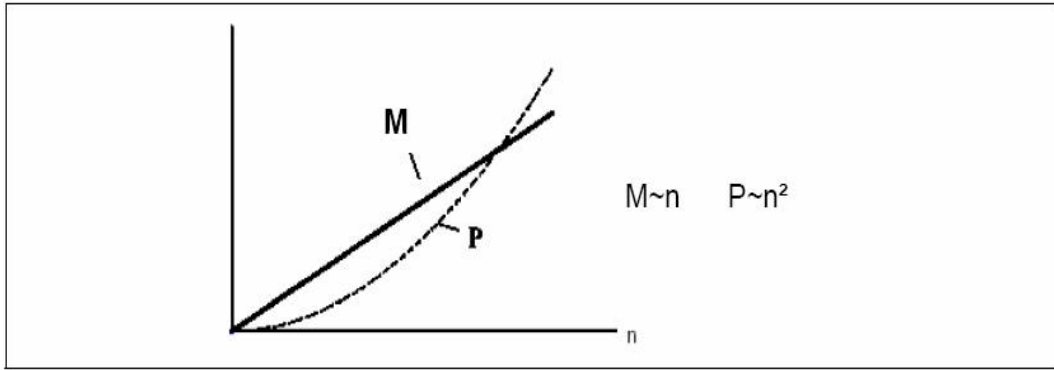
Για φορτία με τετραγωνικού νόμου χαρακτηριστικές φορτίου, η ροπή φορτίου μεταβάλλεται ανάλογα με το τετράγωνο της ταχύτητας. Αυτό είναι τυπικό για μηχανές άντλησης υγρών και αερίων, παράδειγμα αντλίες, φυγοκεντρωτές και ανεμιστήρες.



Σχήμα 3-3 Χαρακτηριστική φορτίου με ροπή ανάλογη του τετραγώνου της ταχύτητας

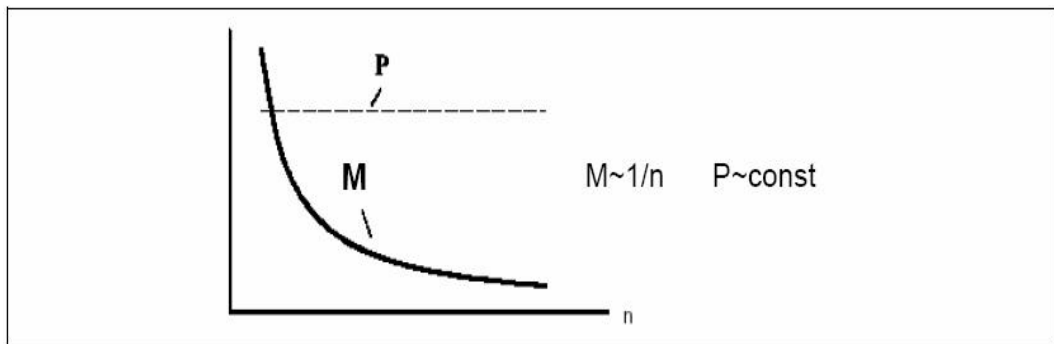
Κατά τη σχεδίαση μηχανών, θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη ότι οι πιεστικές αντλίες (παράδειγμα οι παλινδρομικές αντλίες) είναι μηχανές σταθερής ροπής.

Οι χαρακτηριστικές φορτίου όπου η ροπή τυπικά αυξάνει αναλογικά και γραμμικά με την ταχύτητα, συμπεριλαμβάνουν για παράδειγμα τις ραουλόδρομους ελάστρων.



Σχήμα 3-4 Γραμμική χαρακτηριστική φορτίου

Συστήματα Κίνησης όπου η ροπή μειώνεται με αυξανόμενη ταχύτητα, συμπεριλαμβάνουν για παράδειγμα ανεμιστήρες και spindle drives (π.χ. σε εργαλειομηχανές).



Σχήμα 3-5 Μειούμενη χαρακτηριστική φορτίου

Οι τύποι που αναφέρθηκαν ανωτέρω είναι εντούτοις ειδικές περιπτώσεις. Η πλειονότητα των εφαρμογών αναπαρίσταται με τους δύο πρώτους τύπους φορτίου (με φορτίο σταθερής ροπής και φορτίο ροπής ανάλογης του τετραγώνου της ταχύτητας).

Κατά τη διαστασιολόγηση του κινητήρα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι standard επαγωγικοί κινητήρες ψύχονται με τη χρήση ενός ανεμιστήρα κομπλαρισμένου στον άξονα του κινητήρα. Η ισχύς της ψύξης αυτού του κινητήρα είναι ανάλογο με το  $n^3$ . Σε γενικές γραμμές, υπάρχει μια άμεση σχέση μεταξύ της ροπής του κινητήρα, του ρεύματός του και της θερμοκρασίας του.

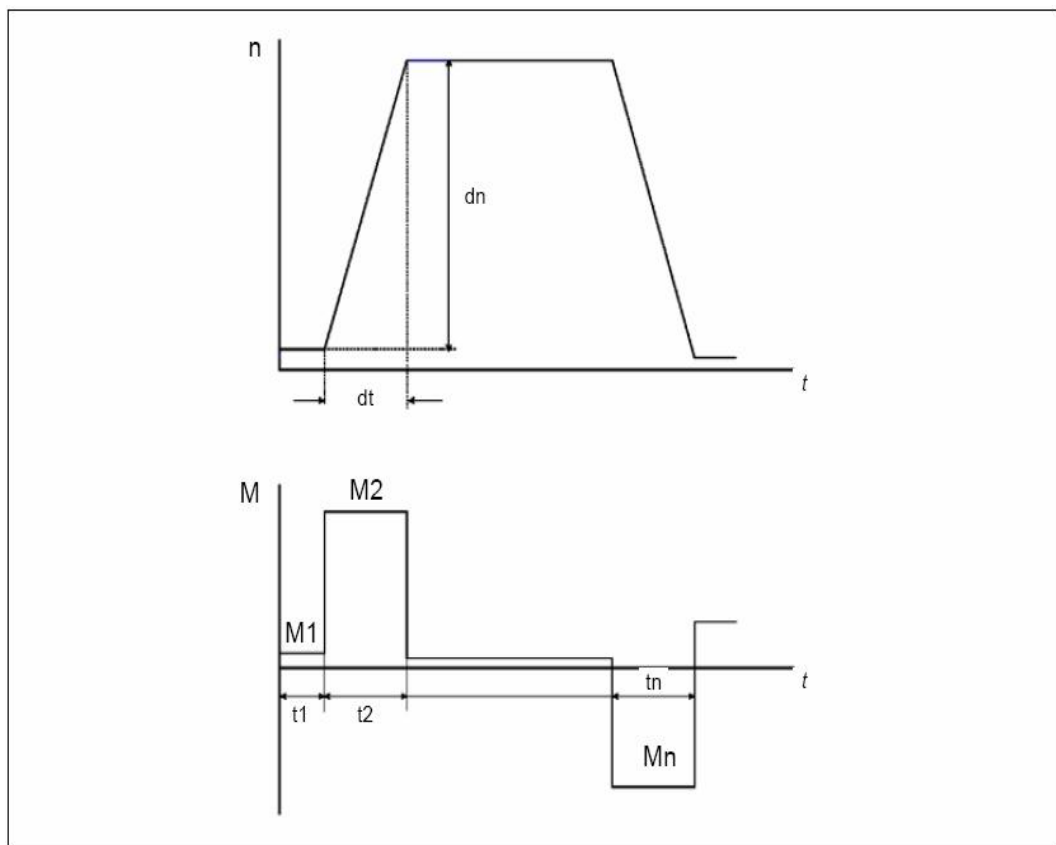
Για λειτουργία με ροπές φορτίων τετραγωνικού νόμου, η ροπή φορτίου αυξάνει με την ταχύτητα. Ο κινητήρας πάντα ψύχεται επαρκώς και έτσι δεν υφίσταται θερμική υπερφόρτιση.

Από την άλλη πλευρά, για λειτουργία με σταθερό φορτίο, σε χαμηλές ταχύτητες ο ανεμιστήρας δεν μπορεί να διασκορπίσει όλη την απώλεια ισχύος (θερμική ενέργεια). Στην περίπτωση αυτή ένας ξεχωριστά ελεγχόμενος ανεμιστήρας πρέπει να τοποθετείται πάνω στον κινητήρα προκειμένου να αποφευχθεί η θερμική υπερφόρτιση ή η καταστροφή του κινητήρα.

### 3.2 Κύκλοι φορτίου

Τα drives με περιοδικές καμπύλες φορτίου που βασίζονται στην συγκεκριμένη εφαρμογή διαστασιολογούνται χρησιμοποιώντας ως βάση έναν κύκλο φορτίου. Η ροπή φορτίου και η ταχύτητα, τα οποία μεταβάλλονται κυκλικά, πρέπει πρώτα να παράγονται από το μηχανικό σύστημα και από τις συνθήκες της εφαρμογής, παράδειγμα ένα σύστημα κίνησης με μειωτήρα. Στην περίπτωση αυτή, η ροπή περιλαμβάνει τη ροπή επιτάχυνσης, τη ροπή του φορτίου, τη ροπή της τριβής, κ.τ.λ.

Κάνοντας τους απαραίτητους υπολογισμούς, είναι εύκολο να γίνει κατανομή του πλήρους κύκλου σε μερικές υπό-ενότητες - για παράδειγμα εκκίνηση, σταθερή ταχύτητα και πέδηση. Ένας κινητήρας μπορεί να επιλεγεί κατόπιν του υπολογισμού της μέγιστης ροπής και της αποτελεσματικής (RMS) ροπής στις σχετικές ταχύτητες. Ο ταιριαστός AC ρυθμιστής στροφών μπορεί να επιλεγεί από τα απαιτούμενα ρεύματα του κινητήρα που παράγονται από τις ροπές του κινητήρα.



Σχήμα 3-6 Παράδειγμα χαρακτηριστικής ταχύτητας και ροπής για ένα κύκλο φορτίου

Η μέγιστη ροπή λαμβάνεται από το υψηλότερο φορτίο. Η RMS ροπή υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$M_{rms} = \sqrt{\frac{M_1^2 * t_1 + M_2^2 * t_2 + \dots + M_n^2 * t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

Όπως φαίνεται στο **σχήμα 3-6**, απαιτείται ροπή M2 καθώς επιταχύνει το φορτίο. Η ροπή M2 περιλαμβάνει τη ροπή σταθερού φορτίου M1 και τη ροπή επιτάχυνσης. Κατά την πέδηση, η ροπή πέδησης και η ροπή σταθερού φορτίου αφαιρούνται.

Όταν παρέχεται η μέγιστη ροπή φορτίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ικανότητα υπερφόρτισης των επαγωγικών κινητήρων όπως και των AC ρυθμιστών στροφών. Ωστόσο, θα έπρεπε να παρατηρηθούν τα ακόλουθα:

- Τα θερμικά και δυναμικά όρια της ροπής των κινητήρων στην περιοχή της σταθερής ροπής και στην περιοχή εξασθένισης του πεδίου
- Οι ποικίλοι κύκλοι υπερφόρτισης των AC ρυθμιστών στροφών οι οποίοι εξαρτώνται από τον τύπο και το μέγεθος της μονάδος ελέγχου

Για φορτία με ροπή τετραγωνικού νόμου (είναι επίσης γνωστή και ως μεταβλητή ροπή), η ισχύς του ρυθμιστή στροφών συλλέγεται από ένα πίνακα VT. Η ουσία πίσω από το φαινόμενο αυτό είναι ότι για χαρακτηριστικές φορτίου τετραγωνικού νόμου, το μέγιστο σημείο φορτίου επιτυγχάνεται στην ονομαστική ταχύτητα. Συχνά, δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη κανένας άλλος παράγοντας υπερφόρτισης. Για τον AC ρυθμιστή στροφών αυτό σημαίνει ότι είναι επιτρεπτό ένα υψηλότερο συνεχόμενο ρεύμα φορτίου, αλλά ωστόσο και μια χαμηλότερη ικανότητα υπερφόρτισης.

Αυτό σημαίνει ότι για το MICROMASTER 4 μια υψηλότερη επιτρεπτή VT ισχύς, λαμβάνεται για μια συγκεκριμένη μονάδα ελέγχου – για παράδειγμα:

MM440 με κωδικό παραγγελίας 6SE6440-2UC24-0CA1

**CT (Σταθερή Ροπή)**

Ισχύς 4.0.kW,  $I_{inv\_out} = 17.5A$   
 $I_{inv\_max} = 1.5 * 17.5A$  για 60s από  
300s

**VT (Μεταβλητή Ροπή)**

Ισχύς 5.5kW,  $I_{inv\_out} = 22A$   
 $I_{inv\_max} = 1.1 * 17.6A$  για 60s από  
300s

Θα πρέπει να παρατηρηθεί ότι για ανεμιστήρες με υψηλή αδράνεια και όπου οι μεταβολές της ταχύτητας συμβαίνουν σχετικά γρήγορα, απαιτούνται υψηλότερες ροπές επιτάχυνσης. Για εφαρμογές όπως αυτή, η επιλογή του ρυθμιστή στροφών θα έπρεπε να ελέγχεται μέχρι εκεί που απαιτούν τα μέγιστα ρεύματα του κινητήρα.

### 3.2.1 Όρια ροπής ενός επαγωγικού κινητήρα

Προκειμένου να μεταβληθεί η ταχύτητα των επαγωγικών κινητήρων, ο AC ρυθμιστής στροφών ρυθμίζει τόσο την τάση όσο και την συχνότητα. Προκειμένου να παραμείνει σταθερή η ροή μέσα στον κινητήρα, πρέπει

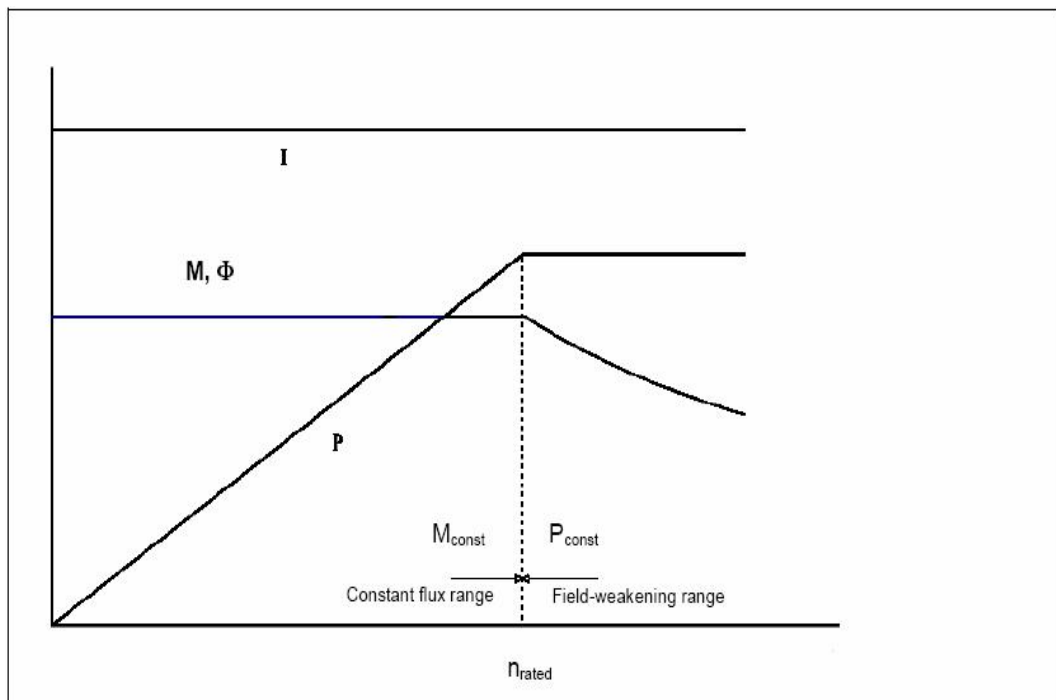
να παραμείνει σταθερή η αναλογία μεταξύ τάσης και συχνότητας. Αυτό σημαίνει επίσης ότι λαμβάνεται μια σταθερή ροπή.

$$M \approx \varphi \approx \frac{V}{f} = const$$

Στην περιοχή της σταθερής ροπής, λαμβάνεται μια σταθερή ροπή όπως και ένα σταθερό ρεύμα κινητήρα.

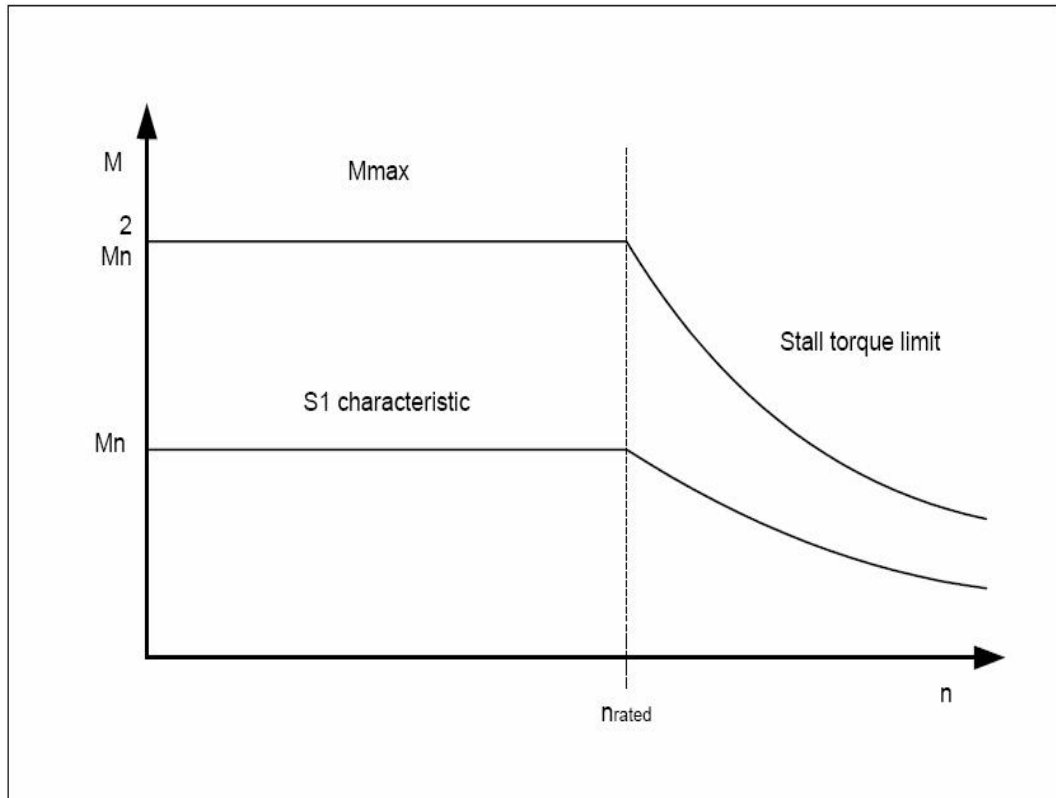
Όταν επιτυγχάνεται η μέγιστη συχνότητα εξόδου του ρυθμιστή στροφών, η αναλογία  $V/f$  δεν μπορεί πλέον να τίθεται σταθερή. Από αυτό το σημείο και πέρα ο επαγωγικός κινητήρας εισέρχεται στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου. Η ταχύτητα του κινητήρα μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω με την αύξηση της συχνότητας – παράδειγμα μέχρι τη μηχανική ταχύτητα περιορισμού.

Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου ο επαγωγικός κινητήρας δύναται να λειτουργήσει με περίπου σταθερή ροπή. Αυτό σημαίνει ότι και οι απώλειες και το ρεύμα του κινητήρα παραμένουν σταθερά. Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου η ροπή είναι ανάλογη με το  $1/n$ .



Σχήμα 3-7 Σχέση μεταξύ ροπής, ροής, ισχύος και ρεύματος

Κατά τη διαστασιολόγηση του κινητήρα, τα ειδικά όρια της ροπής του drive πρέπει να διατηρούνται.



Σχήμα 3-8 Χαρακτηριστική περιορισμού του επαγωγικού κινητήρα

Για συνεχή χρήση (continuous duty), η S1 χαρακτηριστική καμπύλη χρήσης διευκρινίζει την θερμικά επιτρεπτή ροπή του κινητήρα. Για φυσιολογική λειτουργία γραμμής τροφοδοσίας η ονομαστική ροπή είναι ίδια με την S1 ροπή. Για λόγους ευστάθειας, η μέγιστη ροπή δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από  $2 M_n$ . Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου πρέπει να διατηρείται μια ικανοποιητικά μεγάλη ευκρίνεια στο όριο διατήρησης ροπής. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου η ροπή του κινητήρα μειώνεται σύμφωνα με το νόμο του τετραγώνου. Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου ισχύουν τα ακόλουθα για τη ροπή

$$M \approx 1/f \text{ και από την άλλη πλευρά } M_{stall} \approx 1/f^2 .$$

Κατά τη διαστασιολόγηση του drive, θα πρέπει να διατηρείται ένα περιθώριο ασφάλειας της τάξεως του 30% στην ροπή ανατροπής (stall torque) προκειμένου να αποφευχθεί η καθυστέρηση του κινητήρα.



## 4 Παραδείγματα διαστασιολόγησης Ρυθμιστή Στροφών

Παραδείγματα διαστασιολόγησης drives παρέχονται ακολούθως. Τα παραδείγματα εμπεριέχουν την επιλογή του AC ρυθμιστή στροφών και τα επιπροσθέτως απαιτούμενα παρελκόμενα συστατικά. Οι ακόλουθες συνθήκες ισχύουν για κάθε ένα από αυτά τα παραδείγματα:

Θερμοκρασία περιβάλλοντος 20°C για τον AC ρυθμιστή στροφών και 40°C για τον κινητήρα

Ύψος εγκατάστασης < 1000m

Χρήση κινητήρα σύμφωνα με την κλάση θερμοκρασίας F

### 4.1 Ροπή φορτίου τετραγωνικού νόμου

#### 4.1.1 Περιγραφή

Ένας κινητήρας ελέγχου πρέπει να επιλεγεί για έναν ανεμιστήρα για ένα σύστημα απαγωγής καπνού. Η ταχύτητα θα ελέγχεται με έναν MM440 AC ρυθμιστή στροφών σαν συνάρτηση μιας πίεσης. Ο ανεμιστήρας πρέπει να επιταχύνει από το σταμάτημα έως την ονομαστική του ταχύτητα μέσα σε 30s. Το drive ενεργοποιείται περισσότερες από μια φορές ανά ώρα. Στην λειτουργία, οι διακυμάνσεις της ταχύτητας της τάξεως του ± 5% μέσα σε 5s επιτρέπονται ως αποτέλεσμα του ελέγχου κλειστού βρόχου. Το μήκος του καλωδίου ανάμεσα στον κινητήρα και στον ρυθμιστή στροφών είναι περίπου 30m.

#### 4.1.2 Δεδομένα

Τα ακόλουθα δεδομένα φορτίου ισχύουν κατά τη διαστασιολόγηση του κινητήρα:

- Απαιτούμενη ροπή από τον ανεμιστήρα,  $M_{fan} = 240 Nm$
- Ταχύτητα ανεμιστήρα  $n_{fan} = 1100 RPM$
- Αδράνεια του ανεμιστήρα  $J_{fan} = 10 kgm^2$
- Ολική απόδοση  $\eta = 0.80$

#### 4.1.3 Υπολογισμός

Η απαιτούμενη ισχύς ελέγχου στον ανεμιστήρα μπορεί να μεταφερθεί από την ειδική χαρακτηριστική φορτίου.

$$P_{fan} = 0.105 * M_{fan} * n_{fan} = 0.105 * 240Nm * 1100RPM \approx \underline{\underline{28kW}}$$

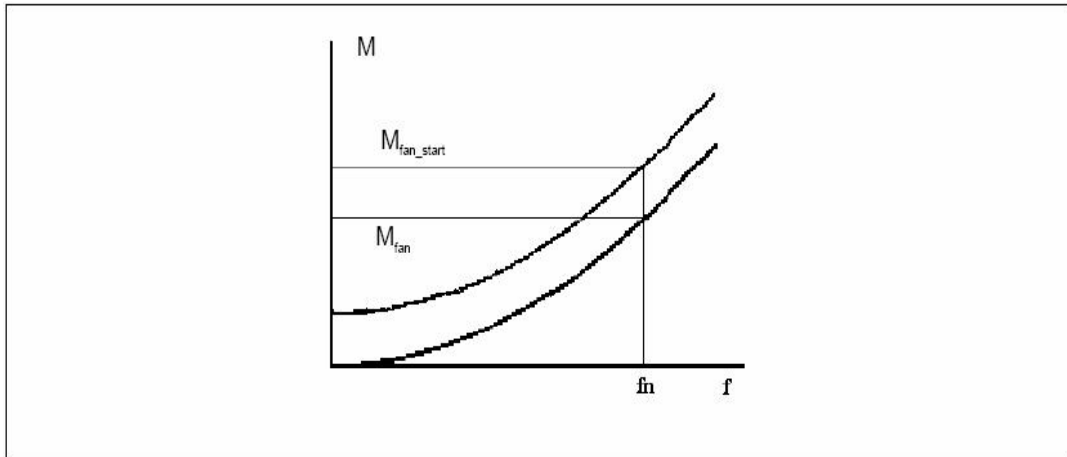
Η ροπή που απαιτείται από τον ανεμιστήρα κατά τη λειτουργία είναι γνωστή. Η ροπή επιτάχυνσης μέχρι την ονομαστική ταχύτητα, υπολογίζεται ακολούθως:

$$M_{accel} = \frac{J_{fan} * \Delta n}{9.55 * t_{up}} = \frac{10kgm^2 * 1100RPM}{9.55 * 30s} \approx \underline{\underline{38Nm}}$$

Η ολική ροπή που απαιτείται για την εκκίνηση δίνεται από:

$$M_{fan\_start} = M_{fan} + M_{accel} = 240Nm + 38Nm = \underline{\underline{278Nm}}$$

Τα φορτίο στην περίπτωση αυτή έχει μια χαρακτηριστική ροπής τετραγωνικού νόμου το οποίο σημαίνει ότι η πλήρης ροπή απαιτείται μόνο στο τέλος της φάσης επιτάχυνσης.



Σχήμα 4-1 Χαρακτηριστική ροπής

Η ροπή εκκίνησης  $M_{fan\_start}$  απαιτείται το πολύ, μια φορά την ώρα και μπορεί να αγνοείται κατά τη θερμική διαστασιολόγηση του κινητήρα. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένας AC ρυθμιστής στροφών ο οποίος μπορεί να τροφοδοτήσει το ρεύμα εκκίνησης.

Θα αναλύσουμε τώρα τις διακυμάνσεις ταχύτητας και ροπής που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας ελέγχου κλειστού βρόχου. Διακυμάνσεις ταχύτητας της τάξεως του  $\pm 5\%$  της αναλογικής ταχύτητας είναι επιτρεπτές μέσα σε 5s. Τα ακόλουθα ισχύουν για την απαιτούμενη ροπή:

$$M_{fan\_reg} = \frac{J_{fan} * \Delta n}{9.55 * \Delta t} = \frac{10kgm^2 * 0.05 * 1100RPM}{9.55 * 5s} = \underline{\underline{12Nm}}$$

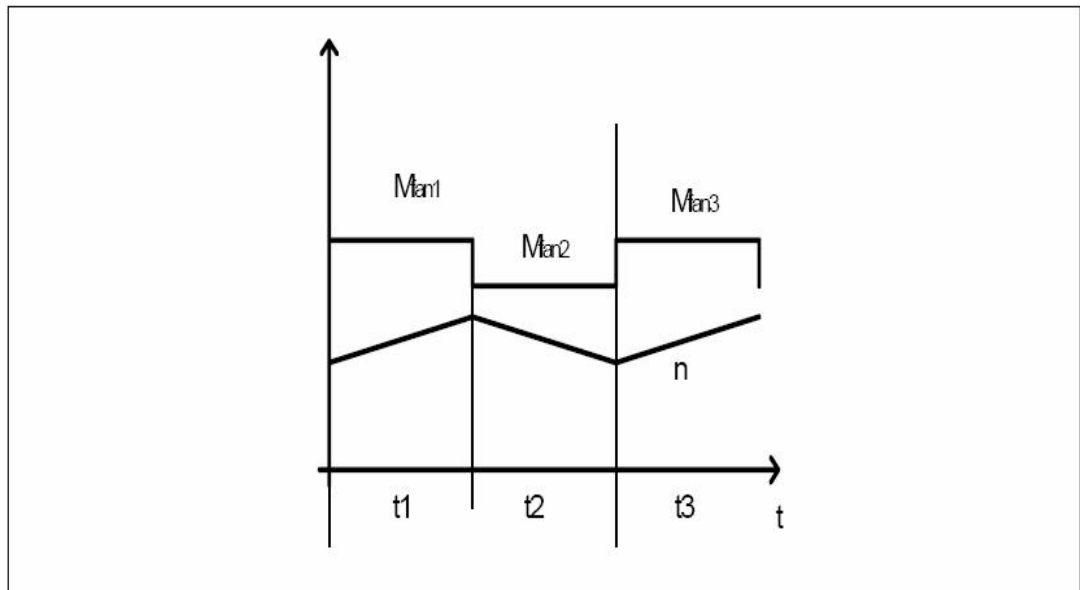
Η περισσότερο δυσμενής περίπτωση είναι ο έλεγχος κλειστού βρόχου του ονομαστικού φορτίου και της ονομαστικής ταχύτητας του κινητήρα.

Η καθορισμένη ροπή πρέπει να προστίθεται με την έννοια της μέγιστης ροπής φορτίου. Από την άλλη έπρεπε να αφαιρείται από αυτή, έτσι ώστε να λαμβάνονται δύο τιμές.

$$M_{fan1} = M_{fan} + M_{fan\_reg} = 240Nm + 12Nm = \underline{\underline{252Nm}}$$

$$M_{fan2} = M_{fan} - M_{fan\_reg} = 240Nm - 12Nm = \underline{\underline{228Nm}}$$

Για την χειρότερη περίπτωση φορτίου θεωρείται ένας συμμετρικός κύκλος (αναφορά στο σχήμα 4-2) και υπολογίζεται η μέση ροπή του κύκλου.



Σχήμα 4-2 Συμμετρικός κύκλος

$$M_{fan\_rms} = \sqrt{\frac{M_{fan1}^2 * t_1 + M_{fan2}^2 * t_2}{t_1 + t_2}}$$

$$M_{fan\_rms} = \sqrt{\frac{(252Nm)^2 * 5s + (228Nm)^2 * 5s}{5s + 5s}} \approx \underline{\underline{245Nm}}$$

Είναι εμφανές ότι όταν αναμειγνύεται η RMS ροπή, ο έλεγχος δεν επιφέρει μια σημαντική αλλαγή από την απαιτούμενη ροπή.

Στην φάση της πέδησης, η ροπή αυτή αναπαριστά την αναπαραγόμενη ισχύ με μαγνητισμό που δίνεται από:

$$\Delta P_{fan\_reg} = 0.105 * M_{fan\_reg} * \Delta n = 0.105 * 12Nm * 55RPM = \underline{\underline{0.070kW}}$$

Η ισχύς αυτή είναι λιγότερη από 1% της ονομαστικής ισχύος του ανεμιστήρα. Δεν απαιτείται ένας αντιστάτης πέδησης καθώς η ισχύς αυτή επάγεται από τις εσωτερικές απώλειες στον AC ρυθμιστή στροφών και τις απώλειες μεταφοράς.

Υποθέτοντας ότι χρησιμοποιείται ένας τετραπολικός κινητήρας με  $n = 1500$  RPM, προκειμένου να χρησιμοποιήσει το πλήρες φάσμα της ταχύτητάς του, πρέπει να χρησιμοποιείται ένας μειωτήρας ανάμεσα στον ανεμιστήρα και τον κινητήρα με την ακόλουθη αναλογία:

$$i = \frac{n_{mot}}{n_{fan}} = \frac{1500}{1100} \approx 1.36$$

Σε αυτή την συγκεκριμένη εφαρμογή, προτιμάται ένας τετραπολικός κινητήρας από έναν εξαπολικό με 1000 RPM, καθώς ο τελευταίος θα έπρεπε να λειτουργεί με ένα σημαντικό επίπεδο εξασθένησης πεδίου προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη ταχύτητα.

Οι ακόλουθες ροπές κινητήρα (είσοδοι στο gearbox) λαμβάνονται από τις προηγούμενες υπολογισμένες ροπές για την πλευρά του φορτίου (έξοδος από μειωτήρα).

$$P_{mot} = \frac{1}{\eta_{total}} * P_{fan} = \frac{1}{0.8} * 28kW \approx \underline{\underline{35kW}}$$

$$M_{mot} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{fan} = \frac{1}{0.8} * \frac{1}{1.36} * 240Nm \approx \underline{\underline{220Nm}}$$

$$M_{mot\_rms} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{fan\_rms} = \frac{1}{0.8} * \frac{1}{1.36} * 245Nm \approx \underline{\underline{225Nm}}$$

$$M_{mot\_start} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{fan\_start} = \frac{1}{0.8} * \frac{1}{1.36} * 278Nm \approx \underline{\underline{255Nm}}$$

#### 4.1.4 Επιλογή των επί μέρους στοιχείων

Κατά τη λειτουργία ενός ανεμιστήρα, ένα φορτίο των 220 Nm στον κινητήρα με 1500 RPM απαιτεί μια RMS ροπή των 225 Nm. Ένας 1LA7220-4AA\_\_ κινητήρας είναι ο μικρότερος που μπορεί να εκπληρώσει αυτές τις απαιτήσεις. Εντούτοις, ο επόμενος μεγαλύτερος κινητήρας και ρυθμιστής στροφών θα έπρεπε να χρησιμοποιούνται προκειμένου να λαμβάνουν υπόψη τις ποικίλες ανοχές και τις ανακρίβειες δεδομένων.

<b>Κινητήρας</b>	<i>1LA7223-4AA__</i>
	$P_n = 45 kW, n_n = 1470 RPM, M_n = 293 Nm$
	$I_n = 80 A, \cos\varphi = 0,87$

Η μέγιστη απαιτούμενη ροπή είναι χαμηλότερη από την ονομαστική ροπή του κινητήρα 1LA7223-4AA\_\_, έτσι ώστε να μη χρειάζεται να υπολογιστεί ένα ρεύμα υπερφόρτισης. Η αναλογία του μειωτήρα μπορεί τώρα να προσαρμόζεται με μεγαλύτερη ακρίβεια στον επιλεγμένο κινητήρα για ένα ακόμα έλεγχο. Η κατάλληλη ροπή φορτίου μπορεί τότε στη συνέχεια να υπολογιστεί. Επειδή ο κινητήρας έχει ένα τόσο μεγάλο απόθεμα ισχύος, έχουμε αποφασίσει να μην τον χρησιμοποιήσουμε.

Ο ρυθμιστής στροφών μπορεί να σχεδιαστεί για το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα. Επειδή το φορτίο που χρησιμοποιείται έχει φορτίο ροπής τετραγωνικού νόμου, ο ρυθμιστής στροφών μπορεί να επιλεγεί

χρησιμοποιώντας τις τιμές που παρατίθενται στον πίνακα VT. Για χρήση σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, ο ρυθμιστής στροφών έχει ένα ολοκληρωμένο φίλτρο κλάσης A.

**MM440**                      6SE6440-2AD33-7EA1  
*P<sub>n</sub> = 45 kW (VT), I<sub>n</sub> = 90 A*

Τα παρελκόμενα εισόδου περιλαμβάνουν:

**Πηνίο εισόδου**      6SE6400-3CC08-3ED0  
*Ασφάλειες 3 x 3NA3032*

Δεν απαιτούνται πηνία εξόδου εξαιτίας του μικρού μήκους του καλωδίου μεταξύ κινητήρα και του AC ρυθμιστή στροφών.

## 4.2 Χειροκίνητο σύστημα δύο αξόνων

Έστω ότι πρέπει να ελεγχθεί ένα χειροκίνητο σύστημα δύο αξόνων – ενός οριζόντιου και ενός καθέτου. Μια εξωτερική μονάδα που ελέγχει τον AC ρυθμιστή στροφών με αναλογικά σήματα, χρησιμοποιείται για τον έλεγχο κίνησης. Το καλώδιο σύνδεσης μεταξύ του κινητήρα και του ρυθμιστή στροφών είναι 100μ.

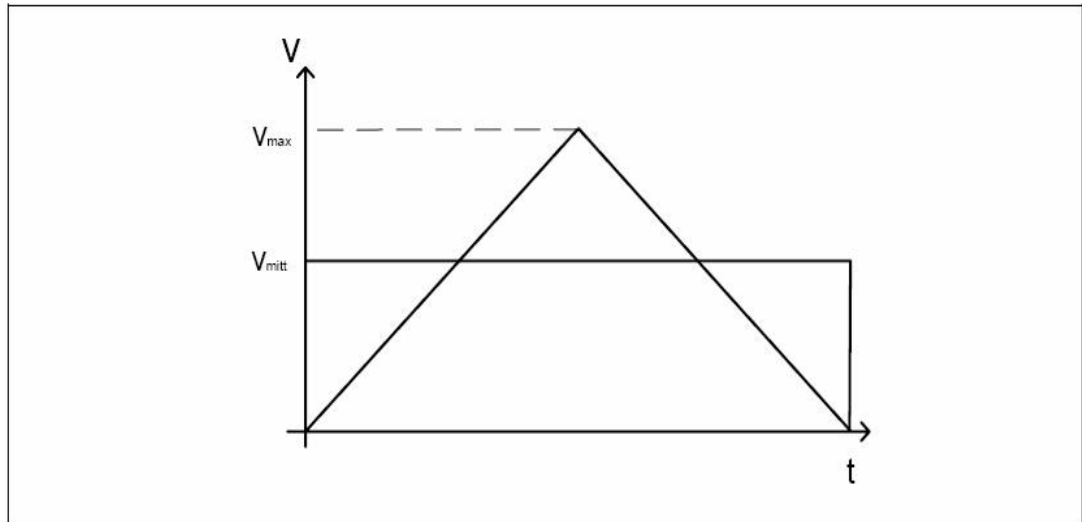
### 4.2.1 Δεδομένα

	Κατακόρυφος άξονας	Οριζόντιος άξονας
Απόσταση κίνησης	s <sub>1</sub> = 1 m	s <sub>2</sub> = 2 m
Χρόνος	t <sub>1</sub> = 2 s	t <sub>2</sub> = 2 s
Βάρος	m <sub>1</sub> = 500 kg	m <sub>2</sub> = 800 kg

Κάθε άξονας κινείται ανά 3s. Η κίνηση μεταφέρεται με ζώνες τροχαλιών με διάμετρο 20 εκατοστά.

### 4.2.2 Υπολογισμός

Κατά την επιλογή του σχεδίου κίνησης των αξόνων, επιλέχθηκε ένα τριγωνικό σχήμα το οποίο έχει το πλεονέκτημα των χαμηλότερων επιπέδων επιτάχυνσης και ως εκ τούτου χαμηλότερη μηχανική καταπόνηση.



Σχήμα 4-3 Τριγωνικό διάγραμμα traversing

Απόσταση κίνησης  $s = v_{av.} * t = \frac{1}{2} v_{max} * t$

Μέγιστη Ταχύτητα  $v_{max} = 2 * v_{av.}$

Μέση Ταχύτητα  $v_{av.} = \frac{s}{t}$

#### Κατακόρυφος άξονας

Καταρχάς, υπολογίζονται οι παράμετροι για τον κύκλο:

$$v_{av._1} = \frac{s_1}{t_1} = \frac{1m}{2s} = \underline{\underline{0.5m/s}}$$

$$v_{max_1} = 2 * v_{av._1} = \underline{\underline{1m/s}}$$

$$t_{accel_1} = t_{bra_1} = \frac{t_1}{2} = \frac{2s}{2} = \underline{\underline{1s}}$$

$$a_1 = \frac{v_{max_1}}{t_{accel_1}} = \frac{1m/s}{1s} = \underline{\underline{1m/s^2}}$$

Προκειμένου να αυξηθεί το φορτίο είναι απαραίτητο ένα δυναμικό στοιχείο ώστε να υπερνικήσει την αδράνεια. Ένα δεύτερο δυναμικό στοιχείο απαιτείται ώστε να εξισορροπήσει τη δύναμη εξαιτίας του βάρους. Για την επιτάχυνση της μάζας απαιτείται μια δύναμη:

$$F_{accel_1} = m_1 * a_1 = 500kg * 1m/s^2 = \underline{\underline{500N}}$$

Ενώ η ισχύς που απαιτείται για την επιτάχυνση δίνεται από:

$$P_{accel\_1} = \frac{F_{accel\_1} * v_{max\_1}}{1000} = \frac{500N * 1m/s}{1000} = \underline{\underline{0.5kW}}$$

Η δύναμη και η ισχύς που απαιτούνται για να αυξηθεί το διευκρινισμένο βάρος, υπολογίζονται ως εξής:

$$F_{weight\_1} = m_1 * g = 500kg * 9.81m/s^2 = \underline{\underline{4905N}}$$

$$P_{weight\_1} = \frac{F_{weight\_1} * v_{max\_1}}{1000} = \frac{4905N * 1m/s}{1000} \approx \underline{\underline{4.9kW}}$$

Καθώς αυξάνεται το φορτίο, η μέγιστη δύναμη που απαιτείται κατά την επιτάχυνση είναι:

$$P_{H\_accel} = P_{accel\_1} + P_{weight\_1} = 0.5kW + 4.9kW = \underline{\underline{5.4kW}}$$

Από την άλλη πλευρά, κατά την πέδηση ενώ αυξάνει το φορτίο, οι δύο ισχύεις πρέπει να αφαιρούνται η μια από την άλλη

$$P_{H\_brake} = -P_{accel\_1} + P_{weight\_1} = -0.5kW + 4.9kW = \underline{\underline{4.4kW}}$$

Οι ακόλουθες τιμές ισχύος λαμβάνονται κατά τη μείωση του φορτίου:

$$P_{S\_accel} = P_{accel\_1} - P_{weight\_1} = 0.5kW - 4.9kW = \underline{\underline{-4.4kW}}$$

$$P_{S\_brake} = -P_{accel\_1} - P_{weight\_1} = -0.5kW - 4.9kW = \underline{\underline{-5.4kW}}$$

Οι ποσότητες μετατρέπονται τώρα σε περιστροφικές ποσότητες χρησιμοποιώντας τα διευκρινισμένα μηχανικά δεδομένα.

Περιφέρεια της τροχαλίας  $U = \pi * d = \pi * 0.2 m = 0.628 m$  \_\_\_\_\_

Η μέγιστη γραμμική ταχύτητα αντιστοιχεί σε μια μέγιστη ταχύτητα:

$$n_{max\_1} = \frac{v_{max\_1}}{U} = \frac{1m/s}{0.628m} = 1.59s^{-1} = \underline{\underline{95.54RPM}}$$

Κατά τη χρήση ενός τετραπολικού κινητήρα,  $n_{mot} = 1500 RPM$

Ο απαραίτητος μειωτήρας επομένως έχει την αναλογία μείωσης:

$$i = \frac{n_{mot}}{n_{max\_1}} = \frac{1500RPM}{957.54RPM} = \underline{\underline{15.7}}$$

Για μια αποδοτικότητα ελέγχου τάξεως του 0.85 και μια αποδοτικότητα κινητήρα 0.86, λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές για τις απαιτούμενες ελάχιστες και μέγιστες ροπές κινητήρα.

$$M_{H\_accel} = \frac{9.55 * P_{H\_accel}}{\eta_{mot} * \eta_{mech} * n_{mot}} = \frac{9.55 * 5400W}{0.86 * 0.85 * 1500RPM} \approx \underline{\underline{47Nm}}$$

$$M_{H\_bra} = \frac{9.55 * P_{H\_bra}}{\eta_{mot} * \eta_{mech} * n_{mot}} = \frac{9.55 * 4400W}{0.86 * 0.85 * 1500RPM} \approx \underline{\underline{38Nm}}$$

$$M_{S\_accel} = \eta_{mot} * \eta_{mech} \frac{9.55 * P_{S\_accel}}{n_{mot}} = 0.86 * 0.85 * \frac{9.55 * -4400W}{1500RPM} \approx \underline{\underline{-21Nm}}$$

$$M_{S\_bra} = \eta_{mot} * \eta_{mech} \frac{9.55 * P_{S\_bra}}{n_{mot}} = 0.86 * 0.85 * \frac{9.55 * -5400W}{1500RPM} \approx \underline{\underline{-25Nm}}$$

Όπως έχει ήδη γίνει εμφανές εμφανίζονται ροπές κίνησης όσο και ανάστροφες (γεννήτριας). Κατά τον υπολογισμό της μέσης ροπής, θεωρείται ένας κύκλος που εμπεριέχει αύξηση και μείωση με μια παύση των 3s.

$$M_{rms\_1} = \sqrt{\frac{M_{H\_accel}^2 * t_{accel\_1} + M_{H\_bra}^2 * t_{bra\_1} + M_{S\_accel}^2 * t_{accel\_1} + M_{S\_bra}^2 * t_{bra\_1}}{(2s + 3s + 2s + 3s)}}$$

$$M_{rms\_1} = \sqrt{\frac{(47Nm)^2 * 1s + (38Nm)^2 * 1s + (-21Nm)^2 * 1s + (-25Nm)^2 * 1s}{10s}}$$

$$M_{rms\_1} \approx \underline{\underline{22Nm}}$$

### Οριζόντιος άξονας

Η ίδια διαδικασία εφαρμόζεται ουσιαστικά κατά τη διαστασιολόγηση του συστήματος κίνησης και για τον οριζόντιο άξονα. Κατά τον υπολογισμό ποικίλων δυνάμεων, οι δυνάμεις που εξαιτίας του βάρους πρέπει να υπερνικηθούν στις δυνάμεις τριβής, μόλις τείνει να φρενάρει την κίνηση.

Οι παράμετροι ενός κύκλου υπολογίζονται ως ακολούθως:



$$v_{av\_2} = \frac{s_2}{t_2} = \frac{2m}{2s} = \underline{\underline{1m/s}}$$

$$v_{max\_2} = 2 * v_{av\_2} = \underline{\underline{2m/s}}$$

$$t_{accel\_2} = t_{bra\_2} = \frac{t_2}{2} = \frac{2s}{2} = \underline{\underline{1s}}$$

$$a_2 = \frac{v_{max}}{t_{accel\_2}} = \frac{2m/s}{1s} = \underline{\underline{2m/s^2}}$$

Η απαιτούμενη δύναμη επιτάχυνσης είναι:

$$F_{accel\_2} = m_2 * a_2 = 800kg * 2m/s^2 = \underline{\underline{1600N}}$$

Αυτό σημαίνει ότι η ισχύς που απαιτείται για επιτάχυνση δίνεται από:

$$P_{accel\_2} = \frac{F_{accel\_2} * v_{max\_2}}{1000} = \frac{1600N * 2m/s}{1000} = \underline{\underline{3.2kW}}$$

Για ένα συντελεστή τριβής 0.05, απαιτείται η ακόλουθη δύναμη για κίνηση:

$$F_{fric\_2} = F_{weight\_2} * \mu = (800kg * 9.81m/s^2) * 0.05 = \underline{\underline{392N}}$$

που αυτό σημαίνει ότι η ισχύς που απαιτείται δίνεται από:

$$P_{fric\_2} = \frac{F_{fric\_2} * v_{max\_2}}{1000} = \frac{392Nm * 2m/s}{1000} \approx \underline{\underline{0.8kW}}$$

Για το σύνολο κίνησης, για τη φάση επιτάχυνσης, η μέγιστη ισχύς που λαμβάνεται είναι η ακόλουθη:

$$P_{max\_2} = P_{accel\_2} + P_{fric\_2} = 3.2 + 0.8 = \underline{\underline{4kW}}$$

και κατά την πέδηση, η ελάχιστη ισχύς είναι:

$$P_{min\_2} = -P_{accel\_2} + P_{fric\_2} = -3.2 + 0.8 = \underline{\underline{-2.4kW}}$$

Χρησιμοποιώντας τα διευκρινισμένα μηχανικά δεδομένα, μπορούμε να μετατρέψουμε τις ποσότητες σε περιστροφικές ποσότητες

Περιφέρεια της τροχαλίας:  $U = \pi * d = \pi * 0.2 \text{ m} = 0.628 \text{ m}$

Η μέγιστη γραμμική ταχύτητα αντιστοιχεί σε μια μέγιστη ταχύτητα:

$$n_{\max\_2} = \frac{v_{\max\_2}}{U} = \frac{2 \text{ m/s}}{0.628 \text{ m}} = 3.185 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{191.08 \text{ RPM}}}$$

Κατά τη χρήση ενός τετραπολικού κινητήρα,  $n_{\text{mot}} = 1500 \text{ RPM}$

Το απαραίτητο reduction gearbox επομένως έχει την step-down αναλογία:

$$i = \frac{n_{\text{mot}}}{n_{\max\_2}} = \frac{1500 \text{ RPM}}{191 \text{ RPM}} = \underline{\underline{7.85}}$$

Για μια αποδοτικότητα ελέγχου τάξεως του 0.85 και μια αποδοτικότητα κινητήρα 0.86, λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές για τις απαιτούμενες ελάχιστες και μέγιστες ροπές κινητήρα.

$$M_{\text{mot\_max } 2} = \frac{9.55 * P_{\max\_2}}{\eta_{\text{mot}} * \eta_{\text{mech}} * n_{\text{mot}}} = \frac{9.55 * 4000 \text{ W}}{0.86 * 0.85 * 1500 \text{ RPM}} \approx \underline{\underline{35 \text{ Nm}}}$$

$$M_{\text{mot\_min } 2} = \eta_{\text{mot}} * \eta_{\text{mech}} \frac{9.55 * P_{\min\_2}}{n_{\text{mot}}} = 0.86 * 0.85 * \frac{9.55 * -2400 \text{ W}}{1500 \text{ RPM}}$$

$$M_{\text{mot\_min } 2} \approx \underline{\underline{-11 \text{ Nm}}}$$

Κατά τον υπολογισμό της RMS ροπής, θεωρείται ένας κύκλος που περιλαμβάνει traversing με παύση 3s.

$$M_{\text{rms } 2} = \sqrt{\frac{M_{\text{mot\_max } 2}^2 * t_{\text{accel } 2} + M_{\text{mot\_min } 2}^2 * t_{\text{bra } 2}}{(2 + 3)}}$$

$$M_{\text{rms } 2} = \sqrt{\frac{(35 \text{ Nm})^2 * 1 \text{ s} + (-11 \text{ Nm})^2 * 1 \text{ s}}{5}} \approx \underline{\underline{16.5 \text{ Nm}}}$$

### 4.2.3 Επιλέγοντας τα συστατικά στοιχεία του συστήματος κίνησης

Η εφαρμογή αυτή απαιτεί έναν σχετικά υψηλής ακρίβειας έλεγχο σε μια σχετικά χαμηλή ταχύτητα. Αυτός είναι ο λόγος που επιλέχθηκε ένας βρόχος ελέγχου με ανατροφοδότηση ταχύτητας (παλμογεννήτρια). Οι δύο άξονες, και ειδικά οι κατακόρυφοι, μπορούν να παραμείνουν στάσιμοι για μεγαλύτερη χρονική περίοδο με τη ροπή να είναι ακόμα απαιτητική. Αυτός είναι ο λόγος που οι κινητήρες έχουν εξωτερικούς ανεμιστήρες. Επιπλέον, για λόγους ασφαλείας, και οι δύο κινητήρες είναι εξοπλισμένοι με φρένα συγκράτησης για να κλειδώνουν τους άξονες,

#### Κατακόρυφος άξονας

Ένας κινητήρας 1LA7113-4AA\_\_ είναι ο κοντινότερος κινητήρας που μπορεί να παρέχει την ακριβώς υπολογισμένη ροπή (22 Nm). Εντούτοις, ένας κάπως μεγαλύτερος κινητήρας θα έπρεπε να χρησιμοποιείται προκειμένου να ληφθούν υπόψη τα επίπεδα ανοχής και οι ανακρίβειες στα δεδομένα.

Επομένως επιλέχθηκε ο ακόλουθος τύπος κινητήρα:

<i>Κινητήρας</i>	<i>1LA7130-4AA__-Z</i>
	<i>H64 = τοποθετημένο φρένο, ξεχωριστά</i>
	<i>ελεγχόμενος ανεμιστήρας &amp; παλμογεννήτρια</i>
	<i>Pn = 5.5 kW, n = 1440 RPM, Mn = 36 Nm</i>
	<i>In = 11.4 A, cos φ = 0.83, J = 0.018 Kgm<sup>2</sup></i>

Η επίδραση της αδράνειας του κινητήρα θα έπρεπε τότε να ελεγχθεί. Για αυτό τον σκοπό, υπολογίζεται η απαιτούμενη ροπή για την επιτάχυνση του ρότορα:

$$M_{rotor\_accel} = \frac{J_{mot1} * \Delta n}{9.55 * t_{accel\_1}} = \frac{0.018kgm^2 * 1500RPM}{9.55 * 1s} \approx \underline{\underline{2.8Nm}}$$

Εάν η RMS ροπή υπολογιστεί ξανά και εισαχθεί αυτή η τιμή, τότε θα φαίνεται ότι η επίδρασή του μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Η ροπή επιτάχυνσης για το ρότορα του κινητήρα γίνεται σχετική μόνο για υψηλά επίπεδα επιτάχυνσης, εάν η αδράνεια του ρότορα θεωρεί μια τιμή η οποία είναι συγκρίσιμη με το προς επιτάχυνση φορτίο ή υπερβαίνει την τιμή αυτή.

Για τον επιλεγμένο κινητήρα, η ονομαστική ροπή βρίσκεται κάτω από τη μέγιστη απαιτούμενη ροπή από το φορτίο αυτό. Αυτός είναι ο λόγος όπου το απαιτούμενο υπέρ-ρεύμα του ρυθμιστή στροφών πρέπει να υπολογιστεί. Για επαγωγικούς κινητήρες, το ρεύμα του κινητήρα για κάθε συγκεκριμένο σημείο του φορτίου δίνεται περίπου από:

Σταθερή ροή

$$I_{motor} \approx \sqrt{I_{\mu}^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 * I_w^2}$$

Περιοχή εξασθένησης πεδίου 
$$I_{motor} \approx \sqrt{\left(\frac{n_n}{n}\right)^2 I_{\mu}^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 * \left(\frac{n}{n_n}\right)^2 * I_w^2}$$

Τα ακόλουθα λαμβάνονται με το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα και τον παράγοντα ισχύος:

Ενεργητικό ρεύμα 
$$I_w = I_n * \cos \varphi = 11.4A * 0.83 = \underline{9.46A}$$

Ρεύμα χωρίς φορτίο 
$$I_{\mu} = \sqrt{I_n^2 - I_w^2} = \sqrt{(11.4A)^2 - (9.46A)^2} = \underline{6.36A}$$

Μέγιστη ροπή 
$$M = M_{H\_accel} + M_{rotor\_accel1}$$

$$M = 47Nm + 2.8Nm \approx \underline{50Nm}$$

Για το συνολικό ρεύμα, λαμβάνοντας υπόψη ότι το σημείο στο οποίο αρχίζει η εξασθένηση του πεδίου είναι εγγύτερα, ως αποτέλεσμα της περιορισμένης τάσης του MM440, το ρεύμα του κινητήρα δίνεται από:

$$I_{motor} \approx \sqrt{\left(\frac{0.91 * n_n}{n}\right)^2 I_{\mu}^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 * \left(\frac{n}{0.91 * n_n}\right)^2 * I_w^2}$$

$$I_{motor} \approx \sqrt{\left(\frac{1310RPM}{1500RPM}\right)^2 (6.36A)^2 + \left(\frac{50Nm}{36Nm}\right)^2 * \left(\frac{1500RPM}{1310RPM}\right)^2 * (9.46A)^2}$$

$$I_{motor} \approx \underline{16A}$$

Επομένως επιλέχθηκε ο ακόλουθος ρυθμιστής στροφών:

MM440 με ολοκληρωμένο φίλτρο Κλάσης A 6SE6440-2AD25-5CA1  
 $P_n = 5.5 Kw, I_n = 13.2 A$

Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητος ένας αντιστάτης πέδησης επειδή ο κινητήρας ξαναφορτίζεται καθώς μειώνεται το φορτίο. Ξεκινώντας από τον traversing κύκλο (αύξηση - παύση - μείωση - παύση) ο αντιστάτης πέδησης έχει έναν κύκλο που περιλαμβάνει 8s παύσης και 2s πέδησης. Η μέση ισχύς πέδησης υπολογίζεται ως ακολούθως, λαμβάνοντας υπόψη την αποδοτικότητα:

$$\bar{P} = \frac{\left(\frac{P_{lowering\_accel}}{2} * t + \frac{P_{lowering\_brake}}{2} * t\right)}{t_{brake\_cycle}}$$

$$\bar{P} = \frac{\left(\frac{4.4kW}{2} * 1s + \frac{5.4kW}{2} * 1s\right)}{10s}$$

$$\bar{P} = \underline{\underline{490W}}$$

Η μέση ισχύς πέδησης πρέπει να είναι χαμηλότερη από την επιτρεπτή συνεχή ισχύ πέδησης της αντίστασης. Αυτός είναι ο λόγος που επιλέγουμε τον ακόλουθο τύπο:

Αντίσταση πέδησης *6SE6400-4BD16-5CA0*  
*Pn = 650 W, Pmax = 13 Kw*

Το drive τότε ολοκληρώνεται με τα ακόλουθα παρελκόμενα:

Προστατευτικές ασφάλειες καλωδίου: *3 x 3NA3007*  
 Πηνίο εισόδου: *6SE6400-3CC02-2CD0*  
 Πηνίο εξόδου: *6SE6400-3TC03-2CD0*  
 Μονάδα παλμογεννήτριας: *6SE6400-0EN00-0AA0*

Τα πηνία εξόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται επειδή τα θωρακισμένα καλώδια μήκους > 50m (μέγιστο μήκος για θωρακισμένα καλώδια) χρησιμοποιούνται για το καλώδιο τροφοδοσίας του κινητήρα.

### Οριζόντιος άξονας

Ο κινητήρας τύπου 1LA7107-4AA\_\_ με ονομαστική ροπή 20 Nm είναι ο κοντινότερος κινητήρας που παρέχει την ροπή που απαιτείται για τον οριζόντιο άξονα. Επίσης στην περίπτωση αυτή, επιλέχθηκε ένας μεγαλύτερος κινητήρας για τους ίδιους λόγους.

**Κινητήρας** *1LA7130-4AA\_-Z*  
*H64 = τοποθετημένο φρένο, ξεχωριστά*  
*ελεγχόμενος ανεμιστήρας & παλμογεννήτρια*  
*Pn = 4 kW, n = 1440 RPM, Mn = 27 Nm*  
*In = 8.2 A, cos φ = 0.83, J = 0.011 Kgm²*

Η επίδραση της αδράνειας του κινητήρα θα έπρεπε τότε να ελεγχθεί. Για αυτό τον σκοπό, υπολογίζεται η απαιτούμενη ροπή για την επιτάχυνση του ρότορα:

$$M_{rotor\_accel2} = \frac{J_{mot2} * \Delta n}{9.55 * t_{accel\_1}} = \frac{0.011kgm^2 * 1500RPM}{9.55 * 1s} \approx \underline{\underline{1.73Nm}}$$

Η ροπή που απαιτείται για την επιτάχυνση του ρότορα είναι σχετικά μικρή και ως εκ τούτου μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα κατά τον υπολογισμό της RMS ροπής.

Με το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα και τον παράγοντα ισχύος, λαμβάνονται τα ακόλουθα:

Ενεργητικό ρεύμα  $I_w = I_n * \cos \varphi = 8.2A * 0.83 = \underline{\underline{6.8A}}$

Ρεύμα χωρίς φορτίο  $I_\mu = \sqrt{I_n^2 - I_w^2} = \sqrt{(8.2A)^2 - (6.8A)^2} = \underline{\underline{4.6A}}$

Μέγιστη ροπή

$$M = M_{mot\_max2} + M_{rotor\_accel2}$$

$$M = 35Nm + 1.73Nm \approx \underline{\underline{37Nm}}$$

Για το συνολικό ρεύμα, λαμβάνοντας υπόψη το σημείο στο οποίο αρχίζει η εξασθένηση του πεδίου είναι εγγύτερα ως αποτέλεσμα της περιορισμένης τάσης του MM440, το ρεύμα του κινητήρα δίνεται από:

$$I_{motor} \approx \sqrt{\left(\frac{0.91 * n_n}{n}\right)^2 I_\mu^2 + \left(\frac{M}{M_n}\right)^2 * \left(\frac{n}{0.91 * n_n}\right)^2 * I_w^2}$$

$$I_{motor} \approx \sqrt{\left(\frac{1310RPM}{1500RPM}\right)^2 (4.6A)^2 + \left(\frac{37Nm}{27Nm}\right)^2 * \left(\frac{1500RPM}{1310RPM}\right)^2 * (6.8A)^2}$$

$$I_{motor} \approx \underline{\underline{11.4A}}$$

Επομένως επιλέχθηκε ο ακόλουθος ρυθμιστής στροφών:

*MM440 με ενσωματωμένο φίλτρο Κλάσης A 6SE6440-2AD24-0BA1*  
*Pn = 4 kW, In = 10.2 A*

Θα ακολουθήσει ένας έλεγχος ως προς το εάν απαιτείται ένας αντιστάτης πέδησης. Ο κινητήρας ξαναφορτίζεται μόνο κατά την πέδηση στην διάρκεια ενός κύκλου χρήσης.

Η μέση ισχύς πέδησης υπολογίζεται ως ακολούθως, δίχως να λαμβάνεται υπόψη η αποδοτικότητα:

$$\bar{P} = \frac{\left(\frac{P_{\min} - 2}{2} * t\right)}{t_{brake\_cycle}}$$

$$\bar{P} = \frac{\left(\frac{2.4kW}{2} * 1s\right)}{5s}$$

$$\bar{P} = \underline{\underline{240W}}$$

Η υπολογισμένη ισχύς πέδησης (θερμική ενέργεια) πρέπει να διασκορπίζεται με τη χρήση ενός αντιστάτη πέδησης. Κατά την επιλογή του αντιστάτη πέδησης, η μέση ισχύς πέδησης του κύκλου του φορτίου πρέπει να είναι μικρότερη από τη συνεχή ισχύ πέδησης του αντιστάτη. Αυτός είναι ο λόγος που έχουμε επιλέξει τα ακόλουθα στοιχεία:

Αντιστάτης πέδησης

6SE6400-4BD16-5CA0

$P_n = 650 W, P_{max} = 13 Kw$

Προστατευτικές ασφάλειες καλωδίου: 3 x 3NA3007

Πηγίο εισόδου: 6SE6400-3CC02-2CD0

Πηγίο εξόδου: 6SE6400-3TC03-2CD0

Μονάδα παλμογεννήτριας: 6SE6400-0EN00-0AA0

Τα πηνία εξόδου πρέπει να χρησιμοποιούνται επειδή τα θωρακισμένα καλώδια μήκους > 50m (μέγιστο μήκος για θωρακισμένα καλώδια) χρησιμοποιούνται για το καλώδιο τροφοδοσίας του κινητήρα.

### 4.3 Τυλικτικό μηχάνημα

#### 4.3.1 Περιγραφή

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η διάμετρος και ο έλεγχος κλειστού βρόχου από τη δύναμη έντασης υπολογίζονται έξω από τον AC ρυθμιστή στροφών. Η ένταση είναι έμμεσα ελεγχόμενη (κλειστός βρόχος) με τον περιορισμό της ροπής. Ο AC ρυθμιστής στροφών λαμβάνει ένα setpoint ροπής και ταχύτητας, από το υψηλότερο επίπεδο ελέγχου (π.χ. PLC).

#### 4.3.2 Δεδομένα

Μέγιστη διάμετρος	$d_{max} = 1.5 \text{ m}$
Ελάχιστη διάμετρος	$d_{min} = 0.18 \text{ m}$
Δύναμη έντασης	$F = 100 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 = 981 \text{ N}$
Ταχύτητα δικτύου	$v = 200 \text{ m/min}$
Gearbox ratio	$i = 4$
Αποδοτικότητα, gearbox	$\eta = 0.95$
Βάρος του full roll	$m = 1000 \text{ Kg}$
Συμπληρωματική αδράνεια	$J_{suppl} = 0.03 \text{ Kgm}^2$
Χρόνος ανόδου – καθόδου	$t = 10 \text{ s}$

#### 4.3.3 Υπολογισμός

Η ταχύτητα και η ροπή υπολογίζονται για λειτουργία σταθερής κατάστασης τόσο με άδειο όσο και με πλήρες τύμπανο τύλιξης.

Τα ακόλουθα λαμβάνονται στην ελάχιστη διάμετρο:

$$n_{max} = \frac{v}{\pi * d_{min}} = \frac{200 \text{ m/min}}{\pi * 0.18 \text{ m}} = \underline{\underline{354 \text{ RPM}}} \quad (\text{max. speed})$$

$$M_{stat\_min} = F * \frac{d_{min}}{2} = 981 \text{ N} * \frac{0.18 \text{ m}}{2} = \underline{\underline{88 \text{ Nm}}} \quad (\text{min. torque})$$

Από την άλλη πλευρά, στην μέγιστη διάμετρο:

$$n_{min} = \frac{v}{\pi * d_{max}} = \frac{200 \text{ m/min}}{\pi * 1.5 \text{ m}} = \underline{\underline{42.4 \text{ RPM}}} \quad (\text{min. speed})$$

$$M_{stat\_max} = F * \frac{d_{max}}{2} = 981 \text{ N} * \frac{1.5 \text{ m}}{2} = \underline{\underline{736 \text{ Nm}}} \quad (\text{max. torque})$$

Η ισχύς των τυλιγμάτων υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$P_{winder} = 0.105 * M * n = 736 \text{ Nm} * 42.4 \text{ RPM} \approx \underline{\underline{3.3 \text{ kW}}}$$



Ένα τυλικτικό μηχάνημα έχει αρνητική χαρακτηρισική ταχύτητας – ροπής. Αυτό σημαίνει ότι η ισχύς σε όλα τα σημεία λειτουργίας είναι σταθερή υπό συνθήκες λειτουργίας σε συνθήκες σταθερής κατάστασης.

Η απαιτούμενη ισχύς του κινητήρα είναι ευθέως κατανομημένη λαμβανομένης υπόψη της αποδοτικότητας. Αυτή είναι η RMS ισχύς που παράγεται από τον κινητήρα. Αυτός είναι ο λόγος που ένας κινητήρας με την ίδια ονομαστική ισχύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί, καθώς διαστασιολογείται βέλτιστα. Η ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα θα αντιστοιχούσε στην ελάχιστη ταχύτητα και η μέγιστη ταχύτητα θα επιτυγχάνεται όταν το drive θα βρίσκεται στην περιοχή της εξασθένησης του πεδίου. Οι ακόλουθες τιμές λαμβάνονται από την είσοδο στο μειωτήρα

$$n_{motor-max} = n_{max} * i = 354RPM * 4 = \underline{\underline{1416RPM}}$$

$$n_{motor-min} = n_{min} * i = 42.4RPM * 4 = \underline{\underline{170RPM}}$$

$$M_{motor-max} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{stat-max} = \frac{1}{0.95} * \frac{1}{4} * 736Nm = \underline{\underline{193.68Nm}}$$

$$M_{motor-min} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{stat-min} = \frac{1}{0.95} * \frac{1}{4} * 88Nm = \underline{\underline{23.16Nm}}$$

Όπως μπορούμε να δούμε στο παράδειγμά μας, η ελάχιστη ταχύτητα δεν αντιστοιχεί στην ονομαστική ταχύτητα ενός standard κινητήρα.

Στο δεύτερο βήμα, οι ταχύτητες και οι ροπές υπό συνθήκες δυναμικού φορτίου, υπολογίζονται τόσο με άδειο όσο και με γεμάτο ρολό τύλιξης.

Η αδράνεια ενός πλήρους ρολού τύλιξης είναι:

$$J_{winder} = \frac{1}{2} * m * \left( \left( \frac{d_{max}}{2} \right)^2 + \left( \frac{d_{min}}{2} \right)^2 \right)$$

$$J_{winder} = \frac{1}{2} * 1000kg * \left( \left( \frac{1.5m}{2} \right)^2 + \left( \frac{0.18m}{2} \right)^2 \right) = \underline{\underline{285.30kgm^2}}$$

επιτάχυνση υπό ένταση, άδειο τύλιγμα

$$M_{accel-1} = J_{sup pl} * \frac{\Delta n}{9.55 * t_{up}} + M_{min}$$

$$M_{accel-1} = 0.03kgm^2 * \frac{354RPM}{9.55 * 10s} + 88Nm = \underline{\underline{88.11Nm}}$$

επιτάχυνση με ένταση, πλήρες roll

$$M_{accel\_2} = (J_{sup pl} + J_{winder}) * \frac{\Delta n}{9.55 * t_{up}} + M_{max}$$

$$M_{accel\_2} = (0.03 + 285.30)kgm^2 * \frac{42.4RPM}{9.55 * 10s} + 736Nm = \underline{\underline{862.68Nm}}$$

επιβράδυνση χωρίς ένταση, άδειο τύλιγμα

$$M_{decel\_1} = J_{sup pl} * \frac{\Delta n}{9.55 * t_{up}} = 0.03kgm^2 * \frac{-354RPM}{9.55 * 10s} = \underline{\underline{-0.11Nm}}$$

επιβράδυνση χωρίς ένταση, πλήρες ρολό τύλιξης

$$M_{decel\_2} = (J_{sup pl} + J_{winder}) * \frac{\Delta n}{9.55 * t_{down}}$$

$$M_{decel\_2} = (0.03 + 285.30)kgm^2 * \frac{-42.4RPM}{9.55 * 10s} = \underline{\underline{-126.68Nm}}$$

Για τις ροπές σε δυναμική λειτουργία, τότε η μέγιστη ροπή ελέγχου είναι απαραίτητη, λογικά, κατά την επιτάχυνση υπό ένταση (περίπτωση 2). Από την άλλη πλευρά, η μέγιστη ροπή πέδησης απαιτείται κατά την πέδηση χωρίς ένταση.

Οι ακόλουθες ροπές λαμβάνονται, αναφορικά με την είσοδο στο gearbox:

$$M_{motor\_accel1} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{accel\_1} = \frac{1}{0.95} * \frac{1}{4} * 88.11Nm \approx \underline{\underline{23Nm}}$$

$$M_{motor\_accel2} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{accel\_2} = \frac{1}{0.95} * \frac{1}{4} * 863Nm \approx \underline{\underline{227Nm}}$$

$$M_{motor\_decel} = \frac{1}{\eta} * \frac{1}{i} * M_{decel\_2} = \frac{1}{0.95} * \frac{1}{4} * -127Nm \approx \underline{\underline{-34Nm}}$$

#### 4.3.4 Επιλογή των επιμέρους στοιχείων

Οι ανωτέρω πληροφορίες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι έχει νόημα η λειτουργία του κινητήρα με σταθερή ισχύ. Αυτός είναι ο λόγος που επιλέγεται ένας 8-πολικός κινητήρας με ροπή  $\geq 194 Nm$  στις 170 RPM. Ο τύπος κινητήρα 1LA5207-8AB είναι ο κοντινότερος που παρέχει αυτή την τιμή με ονομαστική ροπή 198 Nm. Ο κινητήρας αυτός λειτουργεί στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου με σταθερή ισχύ έως μια

ταχύτητα 1416 RPM. Έπρεπε να ελεγχθεί ως προς το εάν υπάρχει διαθέσιμη ουσιαστική ροπή κινητήρα στη μέγιστη ταχύτητα. Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου, το τύλιγμα είναι άδριο, που σημαίνει ότι μόνο η ροπή της σταθερής κατάστασης  $M_{motor\_min}$  ή η  $M_{motor\_accel1}$  απαιτούνται προκειμένου να επιταχυνθεί το τυλικτικό.

Από τα δεδομένα του καταλόγου γνωρίζουμε ότι:  $M_{stall} = 2.2 * M_n$

Στην περιοχή εξασθένησης του πεδίου η μέγιστη ροπή του κινητήρα δίνεται από:

$$M_{mot\_max} = M_{stall} * \left( \frac{n_n}{n_{max}} \right)^2$$

Προκειμένου να διατηρηθεί ένα ουσιαστικά μεγάλο περιθώριο στο όριο ανατροπής, πρέπει να χρησιμοποιείται ένα περιθώριο ασφαλείας περίπου 30%.

$$M_{mot\_max} = \frac{M_{stall}}{1.3} * \left( \frac{n_n}{n_{max}} \right)^2 = \frac{2.2 * 198 Nm}{1.3} * \left( \frac{725 RPM}{1414 RPM} \right)^2 = \underline{\underline{86.3 Nm}}$$

Αυτή η τιμή βρίσκεται αρκετά ανωτέρω από τις απαιτούμενες τιμές:

$$M_{motor\_min} \text{ or } M_{motor\_accel1} \leq 86.3 Nm$$

Κατά την επιλογή του κινητήρα είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο κινητήρας έχει ανεξάρτητη ψύξη. Προτείνουμε τη χρήση μιας παλμογεννήτριας έτσι ώστε να επιτυγχάνουμε ακριβή έλεγχο ροπής (κλειστού βρόχου).

**Κινητήρας**

*1LA7207-8AB\_-Z H61*

*H61 = sep. - driven fan + pulse encoder*

*Pn = 15 kW, n = 725 RPM, Mn = 198 N*

*In = 32 A, cos*

Το κατάλληλο MM440 με φίλτρο εισόδου Κλάσης A έχει τον ακόλουθο τύπο:

*MM440*

*6SE6440-2AD31-8DA1*

*Pn = 18.5 Kw, In = 38 A, Imax = 57 A*

Κατά την επιλογή του αντιστάτη πέδησης πρέπει να γίνεται κάποιος έλεγχος σχετικά με το πόσο υψηλή είναι η μέγιστη ισχύς πέδησης ώστε να φρενάρει το πλήρες ρολό (τυλιγματος) χωρίς καθόλου ένταση. Η μέγιστη ισχύς πέδησης υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\hat{P} = 0.105 * M_{motor\_decel} * n_{motor\_min}$$

$$\hat{P} = 0.105 * -34Nm * 170RPM \approx \underline{\underline{-0.6kW}}$$

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η μέση ισχύς πέδησης κατά τη λειτουργία είναι εξαιρετικά χαμηλή. Ένας κύκλος λειτουργίας θα έπρεπε να αναλυθεί, ώστε να γίνει ακριβής υπολογισμός. Εάν εκπληρώνονται οι συνθήκες σχετικά με τη μέγιστη δύναμη φρεναρίσματος, τότε μπορούμε να επιλέξουμε την αντίσταση πέδησης η οποία ταιριάζει τον τύπο του ρυθμιστή στροφών.

Αντίσταση πέδησης *6SE6400-4BD21-2DA0*  
*Pn = 1200 W, Pmax = 21 kW*

Το drive συμπληρώνεται με τη χρήση των ακόλουθων παρελκόμενων:

Ασφάλειες προστασίας καλωδίου *3 x 3NA3022*  
Πηνία προστασίας εισόδου *6SE6400-3CC04-4DD0*  
Παλμογεννήτρια *6SE6400-0EN00-0AA0*

## **5 Παραδείγματα Παραμετροποίησης Ρυθμιστή MICROMASTER 440**

Στις παρακάτω ενότητες θα παρουσιαστούν βασικές ρυθμίσεις και επιλογές παραμέτρων του ρυθμιστή στροφών Siemens MICROMASTER 440 για τον προγραμματισμό αυτού ώστε να επιτελέσει συνήθεις λειτουργίες που να καλύπτουν απαιτήσεις βασικών εφαρμογών ηλεκτροκίνησης.

Ειδικότερα θα αντιμετωπισθούν οι περιπτώσεις:

- 5.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ START / STOP
- 5.2 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΩΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ)
- 5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)
- 5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΤΟΥ MICROMASTER 440)

5.1 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ START / STOP

**P0700=2** ΕΛΕΓΧΟΣ START / STOP ΑΠΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ  
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ  
ΕΙΣΟΔΟΥΣ  
(ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ : ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ  
ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΠΟΥ ΑΥΤΟΣ ΔΙΑΘΕΤΕΙ)



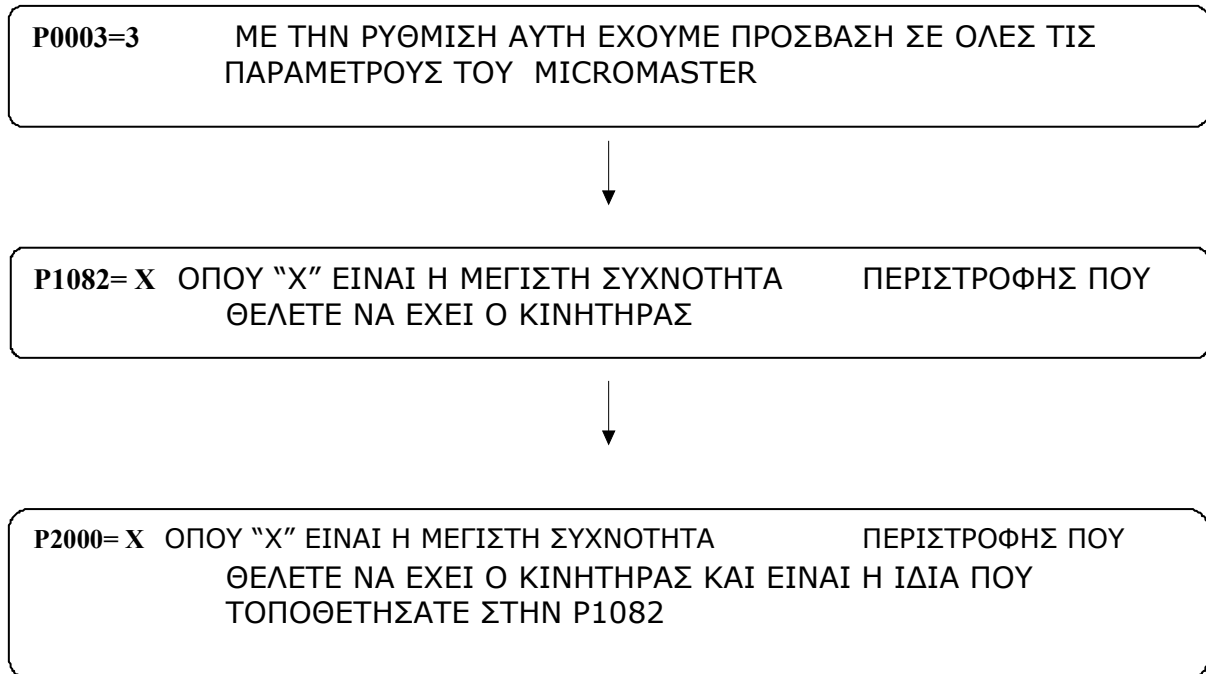
**P0701= 1** ΚΑΘΟΡΙΖΟΥΜΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1  
(DIN 1) ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ON / OFF1.  
Η ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΣΤΙΣ  
ΚΛΕΜΜΕΣ 5-9  
**ΠΡΟΣΟΧΗ!!!** ΟΙ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΣΟΔΟΙ ΕΧΟΥΝ ΡΥΘΜΙΣΤΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΜΕ ΚΑΠΟΙΕΣ ΑΡΧΙΚΕΣ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ. ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΝΑ ΠΛΗΘΟΣ ΑΛΛΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΠΟΥ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΕΚΤΕΛΕΣΟΥΝ.  
ΑΠΕΥΘΥΝΘΕΙΤΕ ΣΤΗΝ ΛΙΣΤΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ



**P1000=2** ΟΙ ΣΤΡΟΦΕΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟ ΤΟ  
ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ  
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1(AIN 1).  
Η ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΣΤΟ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Με τις παραπάνω ρυθμίσεις ο κινητήρας μπορεί να περιστραφεί από μηδέν έως και στις ονομαστικές του στροφές δηλαδή από 0 Hz έως και 50Hz. Εάν θέλετε να περιστρέψετε τον κινητήρα σε στροφές μεγαλύτερες από τις ονομαστικές του θα πρέπει να το «δηλώσετε» μέσα από κάποιες άλλες παραμέτρους (βλέπε ενότητα 5.2).

5.2 ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΣΤΡΟΦΕΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΤΩΝ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ)



**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Με τον εξωτερικό διακόπτη μπορείτε να δίνετε εντολή ενεργοποίησης/ απενεργοποίησης στον MICROMASTER 440. με το ποτενσιόμετρο καθορίζετε την συχνότητα περιστροφής του κινητήρα (setpoint)

**ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ**

- Ο χρόνος επιτάχυνσης καθορίζεται από την παράμετρο P1120 και ο χρόνος επιβράδυνσης καθορίζεται από την παράμετρο P1121
- Έστω ότι θέλετε να περιστρέψετε τον κινητήρα στα 62 Hz τότε θα πρέπει να ακολουθήσετε την παρακάτω διαδικασία

P0003=3

P1082=62

P2000=62

- ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΚΑΙ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ

Για να περιστρέψετε τον κινητήρα ανάστροφα θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε δύο ψηφιακές εισόδους και για να τις παραμετροποιήσετε κατάλληλα υπάρχουν δύο τρόποι που μπορείτε να ακολουθήσετε:

### **ΠΡΩΤΟΣ ΤΡΟΠΟΣ**

Χρησιμοποιείτε την ψηφιακή είσοδο 1 (DIN 1) και δώστε της την τιμή **P0701=1 (on/off1)** ενώ στην ψηφιακή είσοδο 2 (DIN 2) δώστε την τιμή **P0702=12 (αναστροφή)**, με αυτή την παραμετροποίηση πετυχαίνετε την εξής λειτουργία: Όταν ενεργοποιήσετε την DIN1 ο κινητήρας αρχίζει να κινείται δεξιόστροφα και με συχνότητα περιστροφής η οποία καθορίζεται από το ποτενσιόμετρο. Όταν θελήσετε να κάνετε αναστροφή θα πρέπει να ενεργοποιήσετε και την DIN2 **χωρίς όμως να απενεργοποιήσετε** την DIN1 τότε ο κινητήρας θα αρχίσει να περιστρέφεται ανάστροφα και με συχνότητα η οποία θα καθορίζεται από το ποτενσιόμετρο.

### **ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΤΡΟΠΟΣ**

Χρησιμοποιείτε την ψηφιακή είσοδο 1 (DIN 1) και δώστε της την τιμή **P0701=1 (ON/OFF1)** ενώ στην ψηφιακή είσοδο 2 (DIN 2) δώστε την τιμή **P0702=2 (ON αναστροφή/OFF1)**, με αυτή την παραμετροποίηση πετυχαίνετε την εξής λειτουργία: Όταν ενεργοποιήσετε την DIN1 ο κινητήρας αρχίζει να κινείται δεξιόστροφα και με συχνότητα περιστροφής η οποία καθορίζεται από το ποτενσιόμετρο.

Στην συνέχεια απενεργοποιείτε την DIN1 **και περιμένετε μέχρι να σταματήσει ο κινητήρας** Μετά ενεργοποιείτε την DIN2 και ο κινητήρας αρχίζει να κινείται ανάστροφα. Ο έλεγχος της ταχύτητας του κινητήρα γίνεται από το ποτενσιόμετρο.



5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
(ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)

**P0003=2** ΜΕ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ.



**P0700=2** ΕΛΕΓΧΟΣ START / STOP ΑΠΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥΣ  
(ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ : ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΠΟΥ ΑΥΤΟΣ ΔΙΑΘΕΤΕΙ)



**P1000 = 3** Ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ



**P0701=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (**DIN 1**) ΤΟΝ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:  
ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η **DIN 1** ΤΟΤΕ ΕΠΙΛΕΓΕΤΑΙ Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΕΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ **P1001** ΕΝΩ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ ΔΙΝΕΤΑΙ ΣΤΟΝ MICROMASTER ΕΝΤΟΛΗ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ.  
ΕΠΟΜΕΝΩΣ ΜΕ ΑΥΤΟΝ ΤΟ ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΕΝ ΧΡΕΙΑΖΕΣΤΕ ΞΕΧΩΡΙΣΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ ΓΙΑ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΔΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΞΕΧΩΡΙΣΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ MICROMASTER

**P1001=X1 Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 1 (DIN 1)

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 1 (DIN 1) : ΚΛΕΜΜΕΣ 5-9**



5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
(ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)

**P0702=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 2 (DIN 2) ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΟΙΟ ΜΕ ΑΥΤΟ ΠΟΥ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΟΡΙΣΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (DIN 1)

**P1002=X2 Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 2 (DIN 2)

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 2 (DIN 2) : ΚΛΕΜΜΕΣ 6-9**



**P0703=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 3 (DIN 3) ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΟΙΟ ΜΕ ΑΥΤΟΝ ΠΟΥ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΟΡΙΣΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (DIN 1)

**P1003=X3Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 3 (DIN 3)

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 3 (DIN 3) : ΚΛΕΜΜΕΣ 7-9**



**P0704=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 4 (DIN 4) ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΟΙΟ ΜΕ ΑΥΤΟΝ ΠΟΥ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΟΡΙΣΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (DIN 1)

**P1004=X4 Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 4 (DIN 4)



5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
(ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)

**P0705=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 5 (**DIN 5**) ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΟΙΟ ΜΕ ΑΥΤΟΝ ΠΟΥ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΟΡΙΣΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (**DIN 1**)

**P1005=X5 Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 5 (**DIN 5**)



**P0706=16** ΜΕ ΑΥΤΗΝ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΑΣ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 6 (**DIN 6**) ΤΡΟΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΜΟΙΟ ΜΕ ΑΥΤΟΝ ΠΟΥ ΕΧΕΤΕ ΚΑΘΟΡΙΣΕΙ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟ 1 (**DIN 1**)

**P1006=X6 Hz** ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΠΟΙΑ ΘΕΛΕΤΕ ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΕΤΑΙ Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΘΕΙ Η ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 5 (**DIN 5**)

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Με αυτό τον τρόπο λειτουργίας σε κάθε μια ψηφιακή είσοδο έχετε καθορίσει και μία προεπιλεγμένη συχνότητα. Αυτό σημαίνει ότι όταν ενεργοποιείτε κάποια ψηφιακή είσοδο ο MICROMASTER 440 θα αρχίσει να περιστρέφεται με την συχνότητα που καθορίσατε στην συγκεκριμένη είσοδο.

Στην περίπτωση που ενεργοποιήσετε περισσότερες από μία ψηφιακές εισόδους τότε η συνολική συχνότητα περιστροφής του κινητήρα προέρχεται από το άθροισμα των συχνοτήτων που αντιστοιχούν στις ενεργοποιημένες ψηφιακές εισόδους.

### 5.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ)

---

#### ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ

Έστω ότι χρησιμοποιείτε τρεις ψηφιακές εισόδους για τον έλεγχο των στροφών του κινητήρα την DIN3 την DIN4 και την DIN5 για στις οποίες έχετε θέσει αντίστοιχα συχνότητες περιστροφής 9Hz, 14Hz και 6Hz. Στην περίπτωση που ενεργοποιήσετε μόνο την DIN4 ο κινητήρας θα περιστραφεί στα 14Hz. Εάν ενεργοποιήσετε την DIN3 και την DIN5 τότε ο κινητήρας θα περιστραφεί στα 15Hz

- ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΟΡΘΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Έστω ότι χρησιμοποιείτε τις ψηφιακές εισόδους DIN 1 & DIN 2 και θέλετε όταν είναι ενεργή η DIN 1 να κινείται ο κινητήρας με ορθή φορά και με ταχύτητα περιστροφής 18 Hz ενώ όταν είναι ενεργοποιημένη η DIN 2 να κινείται ο κινητήρας με αναστροφή φορά και με ταχύτητα περιστροφής 32 Hz. Τότε θα κάνετε τις εξής ρυθμίσεις:

P1001= 18 Hz & P1002= -32 Hz

ΠΡΟΣΞΕΤΕ ΤΟ ΑΡΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΣΗΜΟ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΕΙ ΤΗΝ  
ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ

- ΠΡΟΣΟΧΗ!!!

Στην προηγούμενη περίπτωση εάν ενεργοποιηθούν και οι δύο ψηφιακές εισοδοί ταυτόχρονα τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται με αναστροφή φορά περιστροφής και με συχνότητα -14 Hz διότι  $18+(-32)=-14$   
Μην ξεχνάτε στην συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας οι ψηφιακές συχνότητες αθροίζονται!!!

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Δεν είναι απαραίτητο να προσδώσετε και στις έξη ψηφιακές εισόδους τον ίδιο τρόπο λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε όσες χρειάζεστε για τον έλεγχο της περιστροφής του κινητήρα (έχετε στην διάθεσή σας από μία έως και έξη ψηφιακές εισόδους). Ενώ αυτές που περισσεύουν είτε τις χρησιμοποιείτε για άλλες λειτουργίες είτε δεν τις χρησιμοποιείτε καθόλου.

5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)

**P0003=3** ΜΕ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΗ ΑΥΤΗ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΑΙ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ.



**P0700=2** ΕΛΕΓΧΟΣ START / STOP ΑΠΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΕ ΚΑΠΟΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΕΙΣΟΔΟΥΣ (ΓΕΝΙΚΟΤΕΡΑ : ΟΙ ΕΝΤΟΛΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΠΟΥ ΑΥΤΟΣ ΔΙΑΘΕΤΕΙ)



**P1000 = 3** ΜΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΗ Ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟ ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΟΙ ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΚΑΘΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ P1001 ΕΩΣ ΚΑΙ P1015. ΣΥΝΟΛΙΚΑ 16 ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ



**P0701= 17** ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ 1 (DIN 1) .  
ΜΕ ΑΥΤΗ ΤΗΝ ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙΤΕ ΤΗΝ DIN 1 ΤΟΤΕ ΔΙΝΕΤΑΙ ΕΝΤΟΛΗ ΣΤΟΝ MICROMASTER 440 ΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΕΨΕΙ ΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΕ ΠΡΟΕΠΙΛΕΓΜΕΝΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΚΑΘΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ. ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΕΙΤΕ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΩΣΤΕ ΝΑ ΓΝΩΡΙΖΕΤΕ ΠΟΙΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΣΑΣ ΔΕΙΝΕΙ ΤΗΝ ΕΠΙΘΥΜΙΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 1 (DIN 1) : ΚΛΕΜΜΕΣ 5-9**



5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
(ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)

---

**P0702= 17**    ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ 2 (DIN 2) . Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΙΝΑΙ ΙΔΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ DIN 1

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 2 (DIN 2) : ΚΛΕΜΜΕΣ 6-9**



**P0703= 17**    ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ 3 (DIN 3) . Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΙΝΑΙ ΙΔΙΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ DIN 1

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 3 (DIN 3) : ΚΛΕΜΜΕΣ 7-9**



**P0704= 17**    ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ 4 (DIN 4) . Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΕΙΝΑΙ ΙΔΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ DIN 1

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ! ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ 4 (DIN 4) : ΚΛΕΜΜΕΣ 8-9**



5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
(ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)

P1001=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 1	[FF1]
P1002=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 2	[FF2]
P1003=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 3	[FF3]
P1004=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 4	[FF4]
P1005=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 5	[FF5]
P1006=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 6	[FF6]
P1007=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 7	[FF7]
P1008=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 8	[FF8]
P1009=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 9	[FF9]
P1010=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 10	[FF10]
P1011=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 11	[FF11]
P1012=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 12	[FF12]
P1013=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 13	[FF13]
P1014=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 14	[FF14]
P1015=	ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Νο 15	[FF15]



**P1016= P1017=P1018=P1019=3**

ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΟΤΑΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΜΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΤΕ ΣΤΟΝ MICROMASTER ΔΙΝΕΤΑΙ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ Η ΕΝΤΟΛΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.

**ΠΡΟΣΟΧΗ!!! ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΛΕΓΧΕΤΕ ΟΤΙ ΟΙ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΧΟΥΝ ΤΗΝ ΤΙΜΗ 3**

**5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)**

---

		<b>DIN1</b>	<b>DIN2</b>	<b>DIN3</b>	<b>DIN4</b>
<b>ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>		<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1001</b>	<b>FF01</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1002</b>	<b>FF02</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1003</b>	<b>FF03</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1004</b>	<b>FF04</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1005</b>	<b>FF05</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1006</b>	<b>FF06</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1007</b>	<b>FF07</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1008</b>	<b>FF08</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1009</b>	<b>FF09</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1010</b>	<b>FF10</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1011</b>	<b>FF11</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1012</b>	<b>FF12</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1013</b>	<b>FF13</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1014</b>	<b>FF14</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1015</b>	<b>FF15</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ MICROMASTER 440

**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**

Όταν επιλέξετε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας τότε με την χρήση τεσσάρων σημάτων (DIN 1 , DIN 2 , DIN 3 & DIN 4 ) θα έχετε στην διάθεσή σας 16 προεπιλεγμένες συχνότητες.

Ο πίνακας αληθείας σας δείχνει ποιες προεπιλεγμένες συχνότητες ενεργοποιούνται στους διάφορους συνδυασμούς ψηφιακών εισόδων.



**5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)**

---

**ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ**

- Έστω ότι έχετε επιλέξει τις παρακάτω συχνότητες λειτουργίας για τις οποίες έχετε αποφασίσει ότι είναι οι κατάλληλες για την εφαρμογή σας

		<b>DIN1</b>	<b>DIN2</b>	<b>DIN3</b>	<b>DIN4</b>
<b>ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>		<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1001</b>	5 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1002</b>	14 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1003</b>	22 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1004</b>	3 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1005</b>	34 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1006</b>	11 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1007</b>	39 Hz	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1008</b>	-45 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1009</b>	28 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1010</b>	40 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1011</b>	-7 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1012</b>	8 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1013</b>	19 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1014</b>	50 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1015</b>	-20 Hz	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>

Από τον πίνακα αληθείας προκύπτουν τα εξής:

- ο Εάν είναι ενεργές οι **DIN 1** και **DIN 2** και **DIN 3** τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται με **50 Hz**
- ο Εάν είναι ενεργές οι **DIN 3** και **DIN 4** τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται με **39 Hz**

Συνεχίζοντας την μελέτη του πίνακα αληθείας μπορείτε να γνωρίζετε όλους τους πιθανούς συνδυασμούς που έχετε στην διάθεσή σας

- **ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**  
Εάν ενεργοποιήσετε τις **DIN 1** και **DIN 3** και **DIN 4** τότε ο κινητήρας θα περιστρέφεται με **-7Hz** αυτό σημαίνει ότι θα έχετε ανάστροφη περιστροφή του κινητήρα. Διαπιστώσατε λοιπόν με ποιον τρόπο μπορείτε να έχετε ανάστροφη περιστροφή του κινητήρα και σε αυτή την περίπτωση λειτουργίας του MICROMASTER 440

**5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ (ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΛΗΘΕΙΑΣ MICROMASTER 440)**

---

- ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΛΙΓΟΤΕΡΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ  
Έστω ότι θέλετε να χρησιμοποιήσετε μόνο τις ψηφιακές εισόδους **DIN1** και **DIN2** τότε οι πιθανοί συνδυασμοί είναι οι εξής:

		<b>DIN1</b>	<b>DIN2</b>	<b>DIN3</b>	<b>DIN4</b>
<b>ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ</b>		<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1008</b>	<b>FF08</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1004</b>	<b>FF04</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>
<b>P1012</b>	<b>FF12</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>	<b>ΑΝΕΝΕΡΓΗ</b>

Από το παραπάνω παράδειγμα παρατηρείτε ότι χρησιμοποιούνται εκείνες οι προεπιλεγμένες συχνότητες στις οποίες οι ψηφιακές εισοδοί που δεν χρησιμοποιούνται εκλαμβάνονται ως ανενεργές.

**ΠΡΟΣΟΧΗ !!!**

Στην προκειμένη περίπτωση θα χρειαστείτε μία ακόμη ψηφιακή είσοδο η οποία θα χρησιμοποιείται για να δίνει την εντολή start / stop στον MICROMASTER 440.

## **6 Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC)**

Όλοι οι κατασκευαστές / συναρμολογητές ηλεκτρικών συσκευών που “επιτελούν μια ολοκληρωμένη ενδογενή λειτουργία και διατίθενται στην αγορά ως μεμονωμένες συσκευές που προορίζονται για τον τελικό χρήστη” οφείλουν να υπακούουν στην οδηγία Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας EMC 89/336/ΕΟΚ.

Οι κατασκευαστές/ συναρμολογητές έχουν τρεις δυνατότητες απόδειξης της συμβατότητας των συσκευών τους με την οδηγία.

### **Αυτο-πιστοποίηση**

Συνίσταται στη δήλωση του κατασκευαστή ότι τα Ευρωπαϊκά πρότυπα που ισχύουν για τα ηλεκτρολογικά περιβάλλοντα, για τα οποία προορίζεται η συσκευή, έχουν τηρηθεί. Οι κατασκευαστές, στη δήλωσή τους, μπορούν να παραπέμπουν μόνο σε πρότυπα που έχουν επισήμως δημοσιευθεί στην Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

### **Φάκελος τεχνικής κατασκευής**

Για τη συσκευή, μπορεί να δημιουργηθεί ένας φάκελος τεχνικής κατασκευής, που να περιγράφει τα χαρακτηριστικά ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Ο φάκελος αυτός υπόκειται στην έγκριση ενός Άρμόδιου Φορέα τον οποίο ορίζει ο αρμόδιος οργανισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει τη χρήση προτύπων που βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της προετοιμασίας.

### **Πιστοποιητικό εξέτασης τύπου EC**

Η λύση αυτή ισχύει μόνο για διατάξεις εκπομπής ραδιοεπικοινωνιών. Όλες οι μονάδες MICROMASTER π.χ. έχουν πιστοποιηθεί, ως προς τη συμβατότητά τους, με την οδηγία EMC, όταν εγκαθίστανται σύμφωνα με τις προτάσεις και οδηγίες που αναφέρονται στο εγχειρίδιο λειτουργίας-εγκατάστασης.

**Συμβατότητα της Οδηγίας EMC με τον επικείμενο Κανονισμό Αρμονικών Ρευμάτων**

Από την 1η Ιανουαρίου 2001, όλες οι ηλεκτρικές συσκευές, που υπάγονται στην Οδηγία EMC οφείλουν να τηρούν τον κανονισμό EN 61000-3-2 "Όρια αρμονικών εκπομπών ρευμάτων (συσκευές με είσοδο  $\leq 16$  A ανά φάση)".

Όλοι οι οδηγοί μεταβλητής ταχύτητας της Siemens των μοντέλων MICROMASTER, MIDIMASTER, MICROMASTER Eco και COMBIMASTER, που φέρουν το χαρακτηρισμό "Επαγγελματικός Εξοπλισμός", σύμφωνα με την ορολογία του προτύπου, εκπληρώνουν τις απαιτήσεις του προτύπου.

Ειδική μέριμνα ελήφθη για τους οδηγούς 250 W ως 550 W, με παροχή δικτύου 230 V 1ac, όταν χρησιμοποιούνται σε μη βιομηχανικές εφαρμογές

Οι μονάδες σε αυτά τα πλαίσια τάσης και ισχύος, παρέχονται με την ακόλουθη ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ:

*"Η σύνδεση της συσκευής με το δημόσιο δίκτυο ηλεκτροδότησης προϋποθέτει την έγκριση της δημόσιας επιχείρησης ηλεκτρισμού".*

Μπορείτε να ανατρέξετε στη διάταξη EN 61000-3-12 τμήματα 5.3 και 6.4 για περισσότερες πληροφορίες. Οι μονάδες που συνδέονται σε Βιομηχανικά Δίκτυα<sup>1</sup> δεν απαιτούν έγκριση σύνδεσης με το δίκτυο (βλέπε EN 61800-3, τμήμα 6.1.2.2).

Οι εκπομπές αρμονικών ρευμάτων από αυτά τα προϊόντα περιγράφονται στον παρακείμενο πίνακα:

Πίνακας 9-1 Επιτρεπτές εκπομπές αρμονικών ρευμάτων

Όνομ. Τιμή	Τυπικό Αρμονικό Ρεύμα (A)					Τυπικό Αρμονικό Ρεύμα (%)					Τυπική Παραμόρφωση Τάσης		
	3 <sup>η</sup>	5 <sup>η</sup>	7 <sup>η</sup>	9 <sup>η</sup>	11 <sup>η</sup>	3 <sup>η</sup>	5 <sup>η</sup>	7 <sup>η</sup>	9 <sup>η</sup>	11 <sup>η</sup>	Διανομή 10 kVA THD (%)	Μετασχηματιστής 100 kVA THD (%)	Όνομ. τιμή 1MVA THD (%)
250 W 1AC 230 V	2.1 5	1.4 4	0.7 2	0.2 6	0.1 9	83	56	28	10	7	0.77	0.077	0.008
370 W 1AC 230 V	2.9 6	2.0 2	1.0 5	0.3 8	0.2 4	83	56	28	10	7	1.1	0.11	0.011
550 W 1AC 230 V	4.0 4	2.7 0	1.3 6	0.4 8	0.3 6	83	56	28	10	7	1.5	0.15	0.015

Τα επιτρεπτά αρμονικά ρεύματα για "επαγγελματικό εξοπλισμό" με ισχύ εισόδου > 1 kW δεν έχουν καθοριστεί ακόμα. Κατά συνέπεια, οι ηλεκτρικές συσκευές που περιλαμβάνουν τους παραπάνω οδηγούς με ισχύ εισόδου > 1 kW δεν απαιτούν έγκριση σύνδεσης με το δίκτυο.

Εναλλακτικά, η υποχρέωση αίτησης για έγκριση της σύνδεσης μπορεί να αποφευχθεί εάν τοποθετηθούν τα στραγγαλιστικά πηνία εισόδου, που συστήνουν οι τεχνικοί κατάλογοι (εκτός από τις μονάδες 550 W 230 V 1ac).

<sup>1</sup> Βιομηχανικά Δίκτυα ονομάζονται τα δίκτυα που δε δίνουν παροχή σε κτίρια οικιακών εγκαταστάσεων.

### 6.1 Ταξινόμηση απόδοσης της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας EMC

Για την απόδοση της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας διατίθενται τρεις γενικές κατηγορίες (κλάσεις), όπως αναλύονται στη συνέχεια:

#### Κλάση 1: Γενική Βιομηχανική

Συμβατότητα με το Πρότυπο EMC Προϊόντων για Συστήματα Οδήγησης Ισχύος EN 68100-3 για χρήση σε Δευτερεύοντα Περιβάλλοντα (Βιομηχανικά) και περιοχές Περιορισμένης Διανομής.

Πίνακας 9-2 Κλάση 1 – Γενική Βιομηχανική

Φαινόμενο EMC	Πρότυπο	Επίπεδο
<b>Εκπομπές:</b>		
Ακτινοβολούμενες εκπομπές	EN 55011	Επίπεδο A1
Αγώγιμες εκπομπές	EN 68100-3	Όρια υπό συζήτηση
<b>Προστασία:</b>		
Ηλεκτροστατική εκφόρτιση	EN 61000-4-2	8 kV air discharge
Απότομη παρεμβολή (Burst)	EN 61000-4-4	2 kV power cables, 1 kV control
Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας	IEC 1000-4-3	26-1000 MHz, 10 V/m

#### Κλάση 2: Βιομηχανική, με φίλτρο

Για αποδόσεις αυτού του επιπέδου, ο κατασκευαστής/ συναρμολογητής μπορεί να πιστοποιήσει ο ίδιος τη συσκευή ως προς τη συμβατότητά της με την Οδηγία EMC σε βιομηχανικά περιβάλλοντα, ως προς τα χαρακτηριστικά απόδοσης του συστήματος οδήγησης ισχύος. Τα όρια απόδοσης ορίζονται στα πρότυπα Γενικών Βιομηχανικών Εκπομπών και Ανοσίας, EN 50081-2 και EN 50082-2.

Πίνακας 9-3 Κλάση 2 – Βιομηχανική με φίλτρο

Φαινόμενο EMC	Πρότυπο	Επίπεδο
<b>Εκπομπές:</b>		
Ακτινοβολούμενες εκπομπές	EN 55011	Επίπεδο A1
Αγώγιμες εκπομπές	EN 55011	Επίπεδο A1
<b>Προστασία:</b>		
Παραμόρφωση τάσης παροχής	IEC 1000-2-4(1993)	
Διακυμανσεις δυναμικού, πτώσεις τάσης, ελλιπής εξισορρόπηση, αποκλίσεις συχνότητας	IEC 1000-2-1	
Μαγνητικά πεδία	EN 61000-4-8	50 Hz, 30 A/m
Ηλεκτροστατική εκκένωση	EN 61000-4-2	Εκκένωση αέρα 8 kV
Απότομη παρεμβολή (Burst)	EN 61000-4-4	2 kV καλώδια ισχύος, 2 kV καλώδια ελέγχου
Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας, διαμόρφωση εύρους	ENV 50 140	80-1000 MHz, 10 V/m, 80% AM, γραμμές ισχύος και σηματοδότησης
Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας, διαμόρφωση παλμού	ENV 50 204	900 MHz, κύκλος εργασίας 10 V/m 50%, ρυθμός επανάληψης 200 Hz

**Κλάση 3: Με φίλτρο - για οικιακή, εμπορική χρήση και ανάγκες ελαφριάς βιομηχανίας**

Για αποδόσεις αυτού του επιπέδου, ο κατασκευαστής /συναρμολογητής μπορεί να πιστοποιήσει ο ίδιος τη συσκευή, ως προς τη συμβατότητά της, με την Οδηγία EMC, για περιβάλλοντα οικιστικών, εμπορικών και ελαφρά βιομηχανικών αναγκών, ως προς τα χαρακτηριστικά απόδοσης του συστήματος οδήγησης ισχύος. Τα όρια απόδοσης ορίζονται στα πρότυπα Γενικών Βιομηχανικών Εκπομπών και Ανοσίας, EN 50081-1 και EN 50082-1.

Πίνακας 9-4 Κλάση 3 – Με φίλτρο για οικιστικές, εμπορικές ανάγκες και ελαφριά βιομηχανία

Φαινόμενο EMC	Πρότυπο	Επίπεδο
<b>Εκπομπές:</b>	.	
Ακτινοβολούμενες εκπομπές	EN 55011	Επίπεδο Β
Αγώγιμες εκπομπές	EN 55011	Επίπεδο Β
<b>Προστασία:</b>	.	
Παραμόρφωση τάσης παροχής	IEC 1000-2-4(1993)	
Διακυμάνσεις δυναμικού, πτώσεις τάσης, ελλιπής εξισορρόπηση, αποκλίσεις συχνότητας	IEC 1000-2-1	
Μαγνητικά πεδία	EN 61000-4-8	50 Hz, 30 A/m
Ηλεκτροστατική εκκένωση	EN 61000-4-2	Εκκένωση αέρα 8 kV
Απότομη παρεμβολή (Burst)	EN 61000-4-4	2 kV καλώδια ισχύος, 2 kV ελέγχου
Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητας, διαμόρφωση εύρους	ENV 50 140	80-1000 MHz, 10 V/m, 80% M, γραμμές ισχύος και σηματοδότησης
Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ραδιοσυχνότητα, διαμόρφωση παλμού	ENV 50 204	900 MHz, κύκλος εργασίας 10 V/m 50%, ρυθμός επανάληψης 200 Hz

\* Τα όρια αυτά εξαρτώνται από το εάν ο ρυθμιστής στροφών έχει εγκατασταθεί σωστά μέσα στο μεταλλικό ερμάριο εξοπλισμού διακοπής. Εάν ο ρυθμιστής δεν είναι εντός του ερμαρίου, τα όρια δεν ικανοποιούνται.

**Σημείωση**

- Για να επιτύχετε τα παραπάνω επίπεδα απόδοσης, δεν πρέπει να υπερβαίνετε την προεπιλεγμένη παλμική συχνότητα ή να χρησιμοποιείτε καλώδια μήκους μεγαλύτερου των 25 m.
- Οι ρυθμιστές στροφών MICROMASTER προορίζονται αποκλειστικά για Επαγγελματικές εφαρμογές. Κατά συνέπεια, δεν εμπίπτουν στο αντικείμενο της προδιαγραφής αρμονικών εκπομπών EN 61000-3-2
- Η μέγιστη τάση παροχής από το δίκτυο, όταν έχουν τοποθετηθεί φίλτρα, είναι 460V.

Πίνακας 9-5      Πίνακας Συμβατότητας

<b>Μοντέλο</b>	<b>Παρατηρήσεις</b>
<b>Γενικό Βιομηχανικό κλάσης 1</b>	
6SE6440-2U***-**A0	Μονάδες χωρίς φίλτρα, όλες οι τιμές τάσης και ισχύος.
<b>Βιομηχανικό, φίλτρου, κλάσης 2</b>	
6SE6440-2A***-**A0	Όλες οι μονάδες με ενσωματωμένα φίλτρα κλάσης A
6SE6440-2A***-**A0 με 6SE6440-2FA00-6AD0	Μονάδες με πλαίσια μεγέθους A 400-480 V με εξωτερικά φίλτρα αποτυπώματος κλάσης A
<b>Κλάση 3 – Με φίλτρο, για οικιακή, εμπορική χρήση και ελαφρά βιομηχανία</b>	
6SE6440-2U***-**A0 με 6SE6400-2FB0*-***0	Μονάδες χωρίς φίλτρα με εξωτερικά φίλτρα αποτυπώματος κλάσης B.
* δηλώνει ότι επιτρέπονται όλες οι τιμές	

## **6.2 ΟΔΗΓΙΕΣ ΟΡΘΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ (EMC)**

Η Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα των βιομηχανικών συσκευών ορίζεται ως η ικανότητα μια μονάδας να λειτουργεί ικανοποιητικά σε ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον χωρίς να επηρεάζεται και χωρίς να δημιουργεί σημαντικές παρεμβολές σε άλλες συσκευές.

Άρα η ΗΜΣ χαρακτηρίζεται από δύο χαρακτηριστικά μιας συσκευής, τον εκπεμπόμενο θόρυβο και την ανοχή σε αυτόν.

Από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παγκοσμίως έχουν καθοριστεί όρια τιμών για αυτά τα μεγέθη ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται η συσκευή. Σε βιομηχανικές εφαρμογές η ανοχή σε θόρυβο των συσκευών πρέπει να είναι ιδιαίτερα υψηλή, αλλά η απαιτήσεις για μειωμένη παραγωγή θορύβου είναι μικρότερες. Το αντίθετο περίπου απαιτείται σε εφαρμογές οικιστικού περιβάλλοντος.

Ο ρυθμιστής στροφών δεν αποτελεί από μόνος του αυτόνομη συσκευή (χωρίς κινητήρα δεν βρίσκει συνήθως εφαρμογή) και δεν υπόκειται στους κανονισμούς σχετικούς με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα. Ωστόσο το σύστημα κίνησης που αποτελείται από τον ρυθμιστή στροφών και τον κινητήρα υπόκειται στους κανονισμούς αυτούς και οι κατασκευαστές θα πρέπει να βεβαιώνουν για τη συμβατότητα αυτή.

Για την βεβαίωση αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιούνται φίλτρα ραδιοσυχνοτήτων και μεταγωγικά πηνία ανάλογα με την κάθε περίπτωση εγκατάστασης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ελεγχθούν ορισμένες συνθήκες λειτουργίας. Για παράδειγμα σε ορισμένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται μη γειωμένα δίκτυα (δίκτυα IT) ώστε να αυξάνεται η διαθεσιμότητα της εγκατάστασης. Σε περίπτωση βλάβης γείωσης δεν διαρρέει ρεύμα και η εγκατάσταση εξακολουθεί να λειτουργεί. Αν όμως χρησιμοποιηθεί φίλτρο αποκοπής ραδιοσυχνοτήτων το ρεύμα που θα διαρρεύσει σε βλάβη γείωσης έχει σαν αποτέλεσμα την διακοπή λειτουργίας των ρυθμιστών στροφών και την πιθανή καταστροφή των φίλτρων. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα σε τέτοιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ειδικά σχεδιασμένα φίλτρα. Τα φίλτρα RFI επηρεάζουν επιπλέον την φιλοσοφία των μη γειωμένων δικτύων με αποτέλεσμα την επισφαλή λειτουργία τους. Αν απαιτούνται, θα πρέπει να γίνεται καταστολή των παρασιτικών ραδιοσυχνοτήτων στο γειωμένο πρωτεύων πηνίο του μετασχηματιστή τροφοδοσίας ή με ένα μοναδικό ειδικό φίλτρο στο δευτερεύων πηνίο. Το ειδικό αυτό φίλτρο παράγει επίσης ρεύματα διαρροής προς την γη. Η συσκευή επίβλεψης διαρροών που χρησιμοποιείται συνήθως σε μη γειωμένα δίκτυα θα πρέπει να ρυθμιστεί έτσι ώστε να λαμβάνει υπόψη της το ειδικό φίλτρο.

### **Ο ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΑΝ ΠΗΓΗ ΘΟΡΥΒΟΥ**

Οι ρυθμιστές στροφών λειτουργούν παράγοντας από ένα ανορθωμένο και εξομαλυμένο DC ρεύμα, ένα ρεύμα με ρυθμιζόμενη τάση και συχνότητα, που προσομοιάζει πολύ ένα ημιτονικό σήμα.

Για να διατηρήσει τις απώλειες ισχύος χαμηλά ο ρυθμιστής στροφών αποκόπτει την DC τάση προς τα τυλίγματα του κινητήρα σε διαδοχικά τμήματα τάσης, διαμορφώνοντας ένα σχεδόν ημιτονικό σήμα ρεύματος.

Αυτός ο τρόπος λειτουργίας, σε συνδυασμό με ημιαγωγά στοιχεία υψηλής απόδοσης, δημιουργεί ένα πολύ ευέλικτο και αξιόπιστο σύστημα οδήγησης τριφασικών επαγωγικών κινητήρων. Ωστόσο εμφανίζεται ένα σημαντικό μειονέκτημα λόγω των ταχύτατων μεταγωγών ημιαγωγών: ένα ρεύμα θορύβου



μορφής παλμού διαρρέει προς τη γη μέσω παρασιτικών χωρητικότητων  $C_p$  σε κάθε αιχμή παλμού. Αυτές οι παρασιτικές χωρητικότητες εμφανίζονται τόσο μεταξύ των καλωδίων σύνδεσης ρυθμιστή και κινητήρα όσο και μέσα στον κινητήρα. Η πηγή του ρεύματος θορύβου  $I_S$  είναι ο ρυθμιστής, γι' αυτό και το ρεύμα θα επιστρέψει πίσω στον ρυθμιστή. Η σύνθετη αντίσταση ανάμεσα σε ρυθμιστή και γη και η σύνθετη αντίσταση της γης λειτουργούν σαν η οδός επιστροφής. Αυτό το ρεύμα αποτελεί τον υψίσυχνο θόρυβο που παράγουν οι ρυθμιστές στροφών. Παράγονται επίσης και χαμηλόσυχνες αρμονικές συχνότητες σαν αποτέλεσμα της ανόρθωσης της τάσης τροφοδοσίας που δημιουργεί ένα μη ημιτονικό ρεύμα και παραμόρφωση της τάσης τροφοδοσίας.

**ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ**

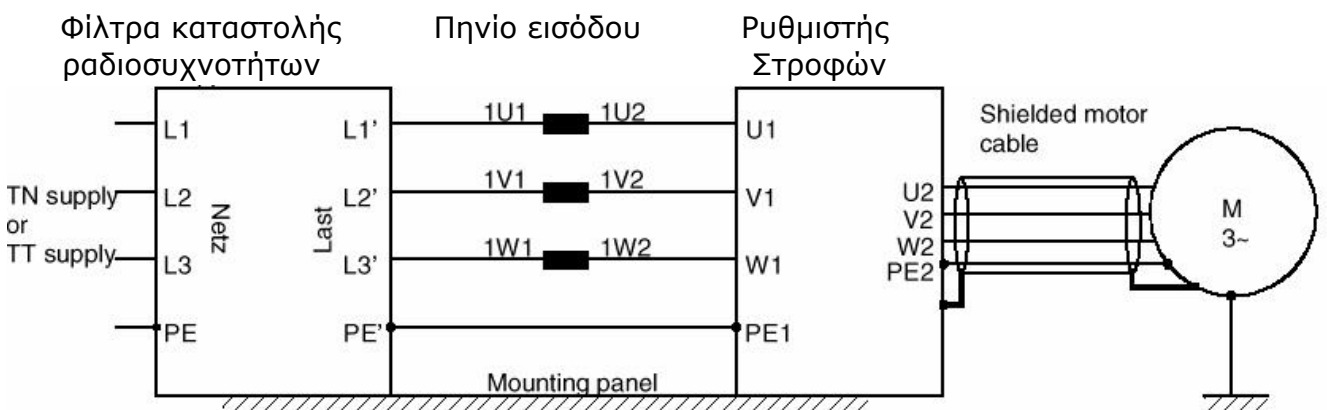
Για να αντιμετωπισθούν οι χαμηλόσυχνες αρμονικές τοποθετούνται στην είσοδο του ρυθμιστή πηνία αποκοπής.

Ο υψίσυχνος θόρυβος που παράγεται μπορεί να μειωθεί μόνο αν οδηγηθεί σωστά το ρεύμα θορύβου. Με τη χρήση μη θωρακισμένων καλωδίων το ρεύμα θορύβου επιστρέφει στον ρυθμιστή με ανεξέλεγκτη διόδευση π.χ. από βίδες γείωσης, κανάλια καλωδίων, μεταλλικά πλαίσια πεδίων κλπ. Αυτές οι οδοί έχουν πολύ χαμηλή αντίσταση για ρεύματα συχνότητας 50 ή 60 Hz. Ωστόσο το ρεύμα υψίσυχνου θορύβου μπορεί να δημιουργήσει εκεί προβληματικές πτώσεις τάσης.

Ένα θωρακισμένο καλώδιο σύνδεσης ρυθμιστή στροφών με κινητήρα είναι απόλυτα απαραίτητο για την διόδευση του θορύβου πίσω στον ρυθμιστή με ελεγχόμενο τρόπο.

Η θωράκιση πρέπει να συνδεθεί στο σασί του ρυθμιστή και στο κέλυφος του κινητήρα μέσω μιας μεγάλης αγώγιμης επιφάνειας, δημιουργώντας έτσι την ευκολότερη οδό διαρροής του ρεύματος θορύβου. Η θωράκιση του καλωδίου πρέπει να είναι γειωμένη καλά και από τις δύο πλευρές. Αν όμως η γείωση του ρυθμιστή στροφών δεν είναι αρκετά καλή, η πτώση τάσης στην αντίσταση ρυθμιστή προς γη μπορεί να προκαλέσει βλάβες σε ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται φίλτρα καταστολής ραδιοσυχνότητας στην είσοδο τροφοδοσίας των ρυθμιστών στροφών, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Τα φίλτρα και οι ρυθμιστές στροφών πρέπει να συνδέονται με μέσο πολύ χαμηλής ωμικής αντίστασης για τη μείωση της επίδρασης των ρευμάτων υψίσυχνου θορύβου. Στην πράξη αυτό υλοποιείται με την τοποθέτηση και σύνδεση και των δύο σε κοινή αγώγιμη επιφάνεια (π.χ. πλάτη του πίνακα) έχοντας την μεγαλύτερη δυνατή κοινή επιφάνεια σύνδεσης.

Οι ρυθμιστές στροφών πρέπει να τοποθετούνται σε περικλειστα μεταλλικά ερμάρια (πεδία), ώστε να μειώνεται η εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία που παράγεται από ένα ρυθμιστή είναι ανάλογη με αυτή ενός επιτραπέζιου υπολογιστή. Αν δεν υπάρχουν ευαίσθητες συσκευές στην άμεση περιοχή του ρυθμιστή στροφών δεν κρίνεται απαραίτητη η χρήση μεταλλικού ερμαρίου αποκοπής ραδιοσυχνότητας.

### Ο ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΑΝ ΔΕΚΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ

Ο ηλεκτρικός θόρυβος γενικά εισέρχεται σε μια συσκευή γαλβανικά, επαγωγικά ή χωρητικά. Το ρεύμα του θορύβου προκαλεί μια πτώση τάσης στη δεδομένη σύνθετη αντίσταση ενός μέσου. Αν το ρεύμα αυτό διαρρεύσει μια πλακέτα με ταχέα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, όπως ένα μικροεπεξεργαστή, ακόμα και μια μικρή αιχμή διάρκειας  $\mu\text{secs}$  και μεγέθους λίγων Volts αρκεί για την δημιουργία ενοχλητικής επίδρασης.

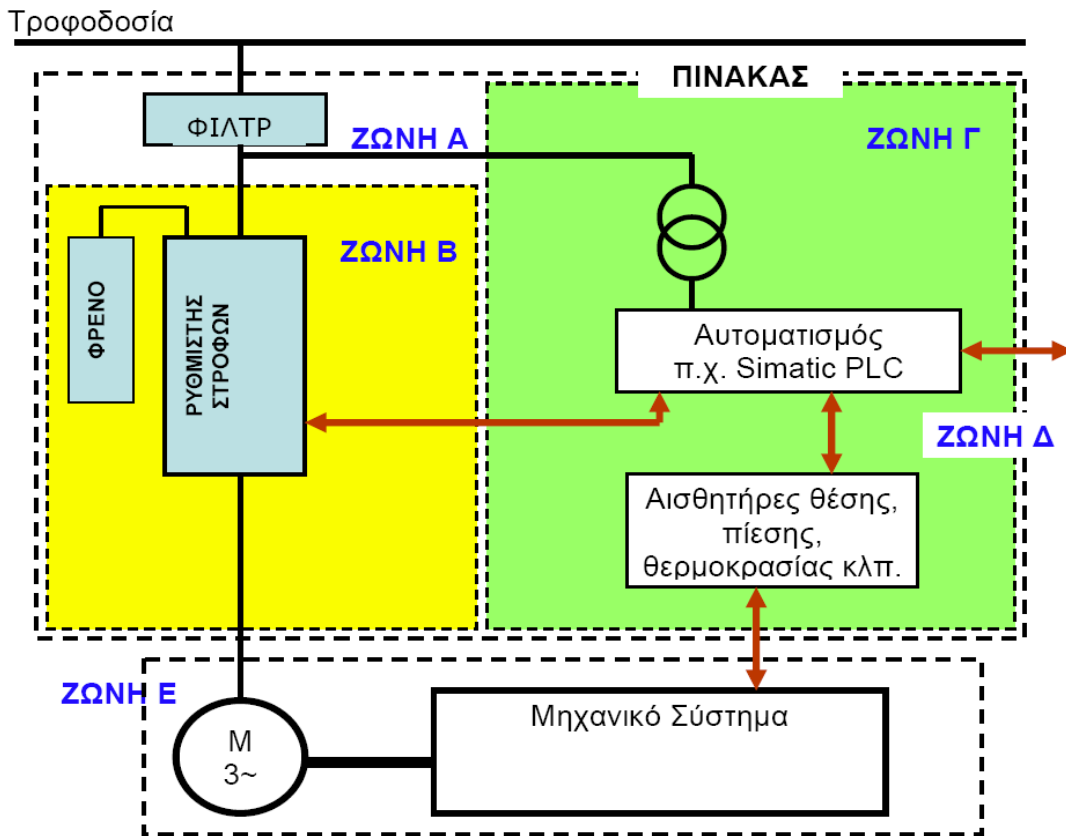
Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος να εμποδίσουμε τον επαγόμενο θόρυβο είναι να **διαχωρίζονται απόλυτα τα καλώδια σημάτων ελέγχου και ισχύος**. Οι εισοδοί και έξοδοι ελέγχου των ρυθμιστών στροφών πρέπει να διαθέτουν φίλτρα που εμποδίζουν την όδευση θορύβου προς τα ηλεκτρονικά και επιπλέον εξομαλύνουν το σήμα εισόδου. Στην περίπτωση συνδέσεων που φέρουν υψίσυχνα σήματα, όπως π.χ. από ψηφιακή ταχογεννήτρια, αυτή η εξομαλυνση είναι ενοχλητική. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να χρησιμοποιούνται θωρακισμένα καλώδια σημάτων ελέγχου. Το ρεύμα θορύβου επιστρέφει στην πηγή του μέσω της θωρακίσεως και του περιβλήματος της συσκευής. Η θωράκιση των καλωδίων ψηφιακών σημάτων πρέπει να γειώνεται και στα δύο άκρα, δηλ. του εκπομπού και του δέκτη του σήματος.

Στην περίπτωση των καλωδίων αναλογικών σημάτων συχνά δημιουργείται χαμηλόσυχνος θόρυβος αν η θωράκιση συνδεθεί και στα δύο άκρα. Αν γίνει αυτό η θωράκιση πρέπει να συνδεθεί μόνο στην πλευρά του ρυθμιστή στροφών. Η άλλη πλευρά της θωράκισης πρέπει να γειωθεί μέσω ενός πυκνωτή (π.χ. 10 nF/100V), έτσι ώστε να επιτρέπεται η γείωση και από τις δύο πλευρές χωρίς προβλήματα υψίσυχνου θορύβου.

### ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ

Αν δύο συσκευές επιδρούν ηλεκτρομαγνητικά η μία επί της άλλης πρέπει η να μειωθεί το επίπεδο του εκπεμπόμενου θορύβου ή να ενισχυθεί η ανοχή των συσκευών στο θόρυβο αυτό. Οι πηγές θορύβου είναι συνήθως συσκευές με ηλεκτρονικά ισχύος που τραβούν μεγάλο ρεύμα. Για αυτές τις συσκευές απαιτούνται περίπλοκα φίλτρα για την εκπομπή και ειδικές διατάξεις για τον έλεγχο ανοχής σε θόρυβο. Για συσκευές χαμηλής ισχύος δεν απαιτούνται τόσο περίπλοκες ή ακριβές διατάξεις. Άλλωστε για συσκευές που λειτουργούν με βιομηχανικές προδιαγραφές είναι πιο εύκολο και φθηνό να αυξηθεί η ανοχή σε θόρυβο παρά να μειωθεί η εκπομπή αυτού.

Πριν αποφασίσουμε που είναι απαραίτητο να προβλέψουμε ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστεί σε ποιες περιπτώσεις και σημεία απαιτείται αυτό. Το παρακάτω σχήμα βοηθά να γίνει κατανοητό αυτό.



Ο σκοπός του ρυθμιστή στροφών είναι να οδηγεί τον κινητήρα. Ο μετατροπέας συχνότητας, ο σχετικός έλεγχος ανοικτού βρόχου και το σύστημα αισθητήρων βρίσκονται τοποθετημένα σε ένα πίνακα. Ο εκπεμπόμενος θόρυβος πρέπει να περιορίζεται στο σημείο σύνδεσης της τροφοδοσίας, κατά συνέπεια τα φίλτρα και τα πηνία εισόδου πρέπει να τοποθετηθούν μέσα στον πίνακα. Η λειτουργία όμως με ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα δεν εξασφαλίζεται μόνο με την παρουσία του φίλτρου αν έχουμε παρεμβολές από το κύκλωμα ελέγχου και από το σύστημα αισθητήρων.

Η πιο απλή και φθηνή μέθοδος μείωσης παρεμβολών είναι ο διαχωρισμός των πηγών και των δεκτών θορύβου κατά την φάση σχεδίασης του πίνακα. Πρέπει να εντοπιστούν ποια στοιχεία θα λειτουργούν σαν πηγές (π.χ. ρυθμιστές στροφών, μονάδες φρένου, ρελέ) και ποια σαν δέκτες θορύβου (π.χ. λογικοί ελεγκτές, encoders και αισθητήρια). Η μηχανή/σύστημα χωρίζεται σε ζώνες, όπως φαίνεται στο σχήμα, και οι συσκευές καθορίζονται σε αυτές τις ζώνες. Κάθε ζώνη έχει τις δικές της απαιτήσεις σχετικά με εκπομπές και ανοχές θορύβου. Οι ζώνες είναι ξεχωριστά καθορισμένες, πράγμα που επιτυγχάνεται καλύτερα με μεταλλικά περιβλήματα ή μέσα στον πίνακα με γειωμένα χωρίσματα. Αν είναι απαραίτητο πρέπει να χρησιμοποιηθούν φίλτρα στα σημεία διασύνδεσης των ζωνών.

- Η Ζώνη Α είναι η σύνδεση του πίνακα στην γραμμή τροφοδοσίας, συμπεριλαμβάνοντας και το φίλτρο. Ο εκπεμπόμενος θόρυβος πρέπει να διατηρείται σε καθορισμένα επίπεδα εκεί.
- Η Ζώνη Β περιλαμβάνει το πηνίο γραμμής εισόδου και τις πηγές θορύβου: ρυθμιστές στροφών, μονάδα φρένου, ρελέ.
- Η Ζώνη Γ περιλαμβάνει τον μετασχηματιστή του τμήματος ελέγχου και τους δέκτες θορύβου: τα τμήματα ελέγχου και αισθητηρίων
- Η Ζώνη Δ αποτελεί το ενδιάμεσο μεταξύ των καλωδίων σημάτων ελέγχου και ισχύος στην περιφέρεια. Στη περιοχή αυτή απαιτείται ένα δεδομένο επίπεδο ανοχής θορύβου.
- Η Ζώνη Ε περιλαμβάνει τον τριφασικό κινητήρα και το καλώδιο σύνδεσης ρυθμιστή-κινητήρα.
- Οι ζώνες θα πρέπει να είναι χωρικά αποκομμένες ώστε να επιτυγχάνεται ηλεκτρομαγνητική απόζευξη.
- Η ελάχιστη απόσταση είναι 20 εκατοστά
- Η απόζευξη μέσω γειωμένων χωρισμάτων είναι ακόμη πιο αποτελεσματική. Δεν είναι επιτρεπτό να περνούν καλώδια που βρίσκονται σε ορισμένες ζώνες μαζί μέσα στα ίδια κανάλια.
- Αν κριθεί απαραίτητο μπορούν να τοποθετηθούν φίλτρα στα ενδιάμεσα σημεία ανάμεσα στις ζώνες.
- Στην περιοχή κάθε ζώνης τα καλώδια μπορούν να είναι αθωράκιστα.
- Όλα τα καλώδια δικτύων/ επικοινωνίας (π.χ. RS485, RS232) και τα καλώδια σημάτων που βγαίνουν από τον πίνακα πρέπει να είναι γειωμένα.

### **ΧΡΗΣΗ ΦΙΛΤΡΩΝ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΥΖΕΥΞΗΣ**

Η χρήση και εγκατάσταση φίλτρων δεν εξασφαλίζει την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα στον πίνακα! Επιπλέον μέτρα, όπως θωρακισμένα καλώδια προς τον κινητήρα και χωρικός διαχωρισμός, κρίνονται απαραίτητα.

Τα φίλτρα αποκοπής ραδιοσυχνοτήτων μειώνουν την αγώμενη στα καλώδια τάση θορύβου στο σημείο σύνδεσης της τροφοδοσίας. Για την επίτευξη των επιπέδων που ορίζουν οι κανονισμοί, το φίλτρο είναι απαραίτητο, ακόμα και αν χρησιμοποιείται  $dv/dt$  ή ημιτονοειδές φίλτρο στην έξοδο του ρυθμιστή.

Τα φίλτρα  $dv/dt$  βασικά χρησιμοποιούνται για να προστατεύσουν τα τυλίγματα του κινητήρα, μειώνοντας την ένταση της μέγιστης τάσης και μειώνοντας το ρεύμα θορύβου, χαμηλώνοντας επιπρόσθετα τη βαθμωτή μεταβολή τάσης.

Το ημιτονοειδές φίλτρο είναι ένα βαθυπερατό φίλτρο που παράγει μια σχεδόν ημιτονοειδής τάση από τα διαμορφωμένα τμήματα τάσης που παράγει ο ρυθμιστής.

Οι μεταβολές και οι αιχμές τάσης μειώνονται ακόμα καλύτερα από τα  $dv/dt$  φίλτρα.

Επιπρόσθετα, μπορεί να απαιτηθούν φίλτρα σημάτων ή στοιχεία σύζευξης στα ενδιάμεσα σημεία ανάμεσα στις ζώνες. Τα στοιχεία σύζευξης με ηλεκτρική απομόνωση αποκλείουν την μεταφορά θορύβου από ζώνη σε ζώνη. Αυτά πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιηθούν στα αναλογικά σήματα.

**6.3 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΙΝΑΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ ΣΤΡΟΦΩΝ ΣΥΜΒΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ**

Από τους παρακάτω κανόνες οι 1 ως 13 είναι γενικά εφαρμόσιμοι. Οι κανόνες 14 ως 20 είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για τον περιορισμό της εκπομπής θορύβου

- Κανόνας 1** Όλα τα μεταλλικά μέρη του πίνακα πρέπει να συνδέονται μέσω της μεγαλύτερης δυνατής αγωγίμης επιφάνειας (χωρίς βαφή ή βερνίκι). Αν απαιτείται, χρησιμοποιείτε οδοντωτές ροδέλες. Η πόρτα του πίνακα πρέπει να συνδέεται με τον πίνακα με ταινίες γείωσης που πρέπει να είναι όσο δυνατόν πιο κοντές. Παρόλο που η σωστή γείωση αποτελεί διάταξη προστασίας στην περίπτωση των ρυθμιστών στροφών η γείωση έχει επίδραση στην εκπομπή και ανοχή θορύβου. Ένα σύστημα πρέπει είτε να γειώνεται σε διαμόρφωση αστέρα ή να γειώνεται κάθε στοιχείο χωριστά (το τελευταίο είναι το πιο αποτελεσματικό).
- Κανόνας 2** Τα καλώδια ισχύος και σημάτων πρέπει να οδεύονται χωριστά, με ελάχιστη απόσταση 20 εκατ. Πρέπει να προβλέπονται μεταλλικά διαχωριστικά ανάμεσα στα καλώδια σημάτων και ισχύος και τα διαχωριστικά να γειώνονται σε τακτά διαστήματα κατά μήκος τους.
- Κανόνας 3** Τα ρελέ, ηλεκτροβαλβίδες, ηλεκτρομηχανικοί ωρομετρητές λειτουργίας κλπ. που βρίσκονται στον πίνακα πρέπει να διαθέτουν διατάξεις καταστολής παλμών τάσης, όπως στοιχεία RC, διόδους, βαρίστορς. Αυτές οι διατάξεις πρέπει να συνδέονται απ' ευθείας στο πηνίο.
- Κανόνας 4** Καλώδια χωρίς θωράκιση που ανήκουν στο ίδιο κύκλωμα (εισερχόμενοι και εξερχόμενοι αγωγοί) πρέπει να είναι συνεστραμένα ή η επιφάνεια ανάμεσά τους να διατηρείται όσο δυνατόν μικρότερη, ώστε να αποφεύγονται ανεπιθύμητα φαινόμενα σύζευξης.
- Κανόνας 5** Αποφύγετε περιττά μήκη καλωδίων, ώστε να διατηρούνται χαμηλά οι παρασιτικές χωρητικότητες και επαγωγές.
- Κανόνας 6** Γειώστε τους εφεδρικούς αγωγούς και στα δύο μέρη, έτσι ώστε να επιτευχθεί επιπρόσθετη θωράκιση.
- Κανόνας 7** Γενικά, είναι δυνατό να μειωθεί ο θόρυβος με όδευση των καλωδίων όσο πιο κοντά γίνεται σε (ή σε επαφή με) γειωμένες μεταλλικές επιφάνειες και όχι ελεύθερα μέσα στον πίνακα.
- Κανόνας 8** Τα σήματα επιστροφής από ταχογεννήτριες, encoders ή resolvers πρέπει να οδεύονται από θωρακισμένα καλώδια. Η θωράκιση πρέπει να γειώνεται στην ταχογεννήτρια, encoders, resolvers ή ρυθμιστή στροφών με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αγωγίμη επιφάνεια. Η θωράκιση δεν πρέπει να διακόπτεται, όπως π.χ. με τη χρήση ενδιάμεσων κλεμμών. Για encoders και resolvers θα πρέπει να χρησιμοποιείται έτοιμο καλώδιο με δεδομένο μήκος και πολλαπλή θωράκιση.
- Κανόνας 9** Οι θωρακίσεις των καλωδίων των ψηφιακών σημάτων πρέπει να γειώνονται και από τις δύο πλευρές με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αγωγίμη επιφάνεια. Αν δεν μπορούμε να πετύχουμε ισοδυναμική κατάσταση ανάμεσα στα δύο σημεία γείωσης, πρέπει να χρησιμοποιηθεί επιπρόσθετος αγωγός τουλάχιστον 10mm<sup>2</sup> παράλληλα

με την θωράκιση, για να μειωθεί το ρεύμα που την διαρρέει. Γενικά η θωράκιση πρέπει να γειώνεται σε πολλά σημεία μέσα στον πίνακα (ή στο σασί του), αλλά και εκτός αυτού. Η θωράκιση με μεταλλικό φύλλο δεν είναι τόσο καλή όσο αυτή με μεταλλικό πλέγμα, που είναι γενικά 5 φορές καλύτερη.

**Κανόνας 10** Η θωράκιση των αναλογικών σημάτων πρέπει να συνδέεται και στις δύο πλευρές, αν μπορούμε να πετύχουμε ισοδυναμική κατάσταση ανάμεσα στα δύο σημεία γείωσης. Αυτό επιτυγχάνεται ακολουθώντας τον Κανόνα 1.

Σε περίπτωση χαμηλόσυχνου θορύβου στα αναλογικά σήματα (π.χ. διακύμανση της μέτρησης αριθμού στροφών λόγω ρευμάτων εξισορρόπησης) η γείωση πρέπει να συνδέεται μόνο στην πλευρά του ρυθμιστή στροφών. Η άλλη πλευρά μπορεί γειώνεται μέσω πυκνωτή (π.χ. 10 nF/100V), εξασφαλίζοντας γείωση της θωράκισης για υψίσυχνα παράσιτα και από τις δύο πλευρές.

**Κανόνας 11** Αν είναι δυνατόν, τα καλώδια πρέπει να εισάγονται στον πίνακα μόνο από μία πλευρά.

**Κανόνας 12** Αν ο ρυθμιστής στροφών τροφοδοτείται με εξωτερική πηγή 24V για τα ηλεκτρονικά του, αυτό το τροφοδοτικό δεν θα πρέπει να τροφοδοτεί και συσκευές που βρίσκονται σε άλλα σημεία (άλλους πίνακες). Απαιτείται ξεχωριστό τροφοδοτικό για κάθε πίνακα.

**Κανόνας 13** Οι ρυθμιστές στροφών και οι συσκευές αυτοματισμού πρέπει να τροφοδοτούνται από διαφορετικά δίκτυα. Όταν αυτό δεν είναι εφικτό, οι συσκευές αυτοματισμού και άλλα ηλεκτρονικά ελέγχου θα πρέπει να τροφοδοτούνται μέσω μετασχηματιστή απομόνωσης.

**Κανόνας 14** Η χρήση φίλτρων καταστολής ραδιοσυχνοτήτων είναι απαραίτητη για την διατήρηση των επιπέδων θορύβου σε αυτά που ορίζουν οι κανονισμοί για βιομηχανικό (Κλάση A1) ή οικιστικό περιβάλλον (Κλάση B1), ακόμα και αν χρησιμοποιούνται ημιτονοειδή ή dv/dt φίλτρα στην έξοδο του ρυθμιστή προς τον κινητήρα.

**Κανόνας 15** Το φίλτρο καταστολής ραδιοσυχνοτήτων πρέπει πάντα να τοποθετείται κοντά στην πηγή θορύβου. Αυτό πρέπει πάντα να συνδέεται στην μεταλλική επιφάνεια του πίνακα με όσο δυνατόν μεγαλύτερη αγωγίμη επιφάνεια. Η καλύτερη λύση είναι η χρήση ενός άβαφου μεταλλικού φύλλου από ανοξείδωτο ή επιψευδαργυρωμένο χάλυβα, το οποίο επιτρέπει αγωγίμη επαφή σε όλη την επιφάνεια. Αν το μεταλλικό φύλλο είναι βαμμένο, πρέπει να αφαιρεθεί η βαφή στα σημεία στήριξης του ρυθμιστή στροφών και του φίλτρου, για να εξασφαλιστεί ηλεκτρική επαφή. Τα καλώδια σύνδεσης του φίλτρου πρέπει να είναι χωροταξικά διαχωρισμένα.

**Κανόνας 16** Για να περιοριστεί ο εκπεμπόμενος παρασιτικός θόρυβος ο κινητήρας πρέπει να συνδεθεί με θωρακισμένα καλώδια, με την θωράκιση να γειώνεται και στα δύο μέρη με την μέγιστη δυνατή αγωγίμη επιφάνεια. Ακόμα και στο εσωτερικό του πίνακα τα καλώδια προς τον κινητήρα πρέπει να είναι θωρακισμένα ή τουλάχιστον να θωρακίζονται με τοποθέτηση εντός γειωμένων μεταλλικών ελασμάτων. Κατάλληλα είναι τα καλώδια με θωράκιση από χαλκό (π.χ. το SIEMENS

PROTOFLEX-EMV-CY 4x1.5mm<sup>2</sup>...4x120mm<sup>2</sup>), ενώ αντίθετα δεν ενδείκνυνται τα καλώδια με θωράκιση από ατσάλι.

Στον κινητήρα πρέπει να χρησιμοποιείται ο κατάλληλος στυπιοθλίπτης για τη γείωση της θωράκισης. Πρέπει να επιτευχθεί σύνδεση με χαμηλή αντίσταση μεταξύ κλεμμοκιβωτίου και του περιβλήματος του κινητήρα.. Αν απαιτείται, χρησιμοποιείστε πρόσθετο αγωγό γείωσης. Το κλεμμοκιβώτιο του κινητήρα δεν πρέπει να είναι από πλαστικό!

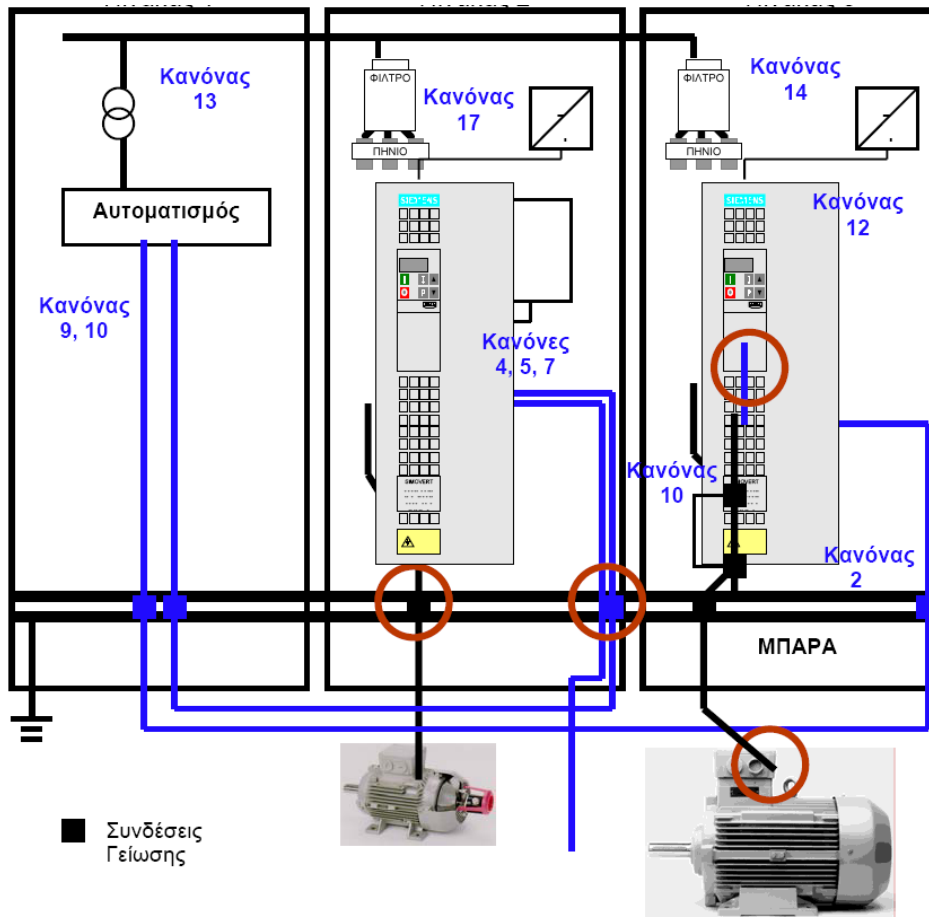
**Κανόνας 17** Το πηνίο εισόδου πρέπει να τοποθετείται ανάμεσα στο φίλτρο καταστολής ραδιοσυχνοτήτων και τον ρυθμιστή στροφών (αν το φίλτρο δεν είναι ενσωματωμένο στον ρυθμιστή).

**Κανόνας 18** Τα καλώδια τροφοδοσίας από το δίκτυο πρέπει να είναι χωροταξικά διαχωρισμένα από τα καλώδια του κινητήρα π.χ. με γειωμένα διαχωριστικά ελάσματα.

**Κανόνας 19** Η θωράκιση ανάμεσα στον κινητήρα και τον ρυθμιστή στροφών δεν πρέπει να διακόπτεται με παρεμβολή στοιχείων όπως πηνία εξόδου, ημιτονοειδή φίλτρα, φίλτρα  $dv/dt$ , ασφάλειες και ρελέ. Αυτά τα στοιχεία θα πρέπει να τοποθετούνται σε κάποιο έλασμα στήριξης, το οποίο χρησιμεύει ταυτόχρονα και σαν θωράκιση για τα καλώδια σύνδεσης του κινητήρα. Πιθανώς να χρειαστεί επιπλέον θωράκιση των παρελκόμενων στοιχείων με γειωμένα μεταλλικά ελάσματα.

**Κανόνας 20** Για να περιοριστούν οι ραδιοακτινοβολίες σε επίπεδο Κλάσης B1 (οικιστικό περιβάλλον) θα πρέπει όλα τα καλώδια που εισέρχονται στον πίνακα, όπως και το καλώδιο τροφοδοσίας από το δίκτυο, να είναι θωρακισμένα.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα σημεία στα οποία αναφέρονται οι παραπάνω κανόνες.





## 7 ΜΕΛΕΤΗ – ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ – ΣΥΝΔΕΣΗ 2 ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ 7,5 KW

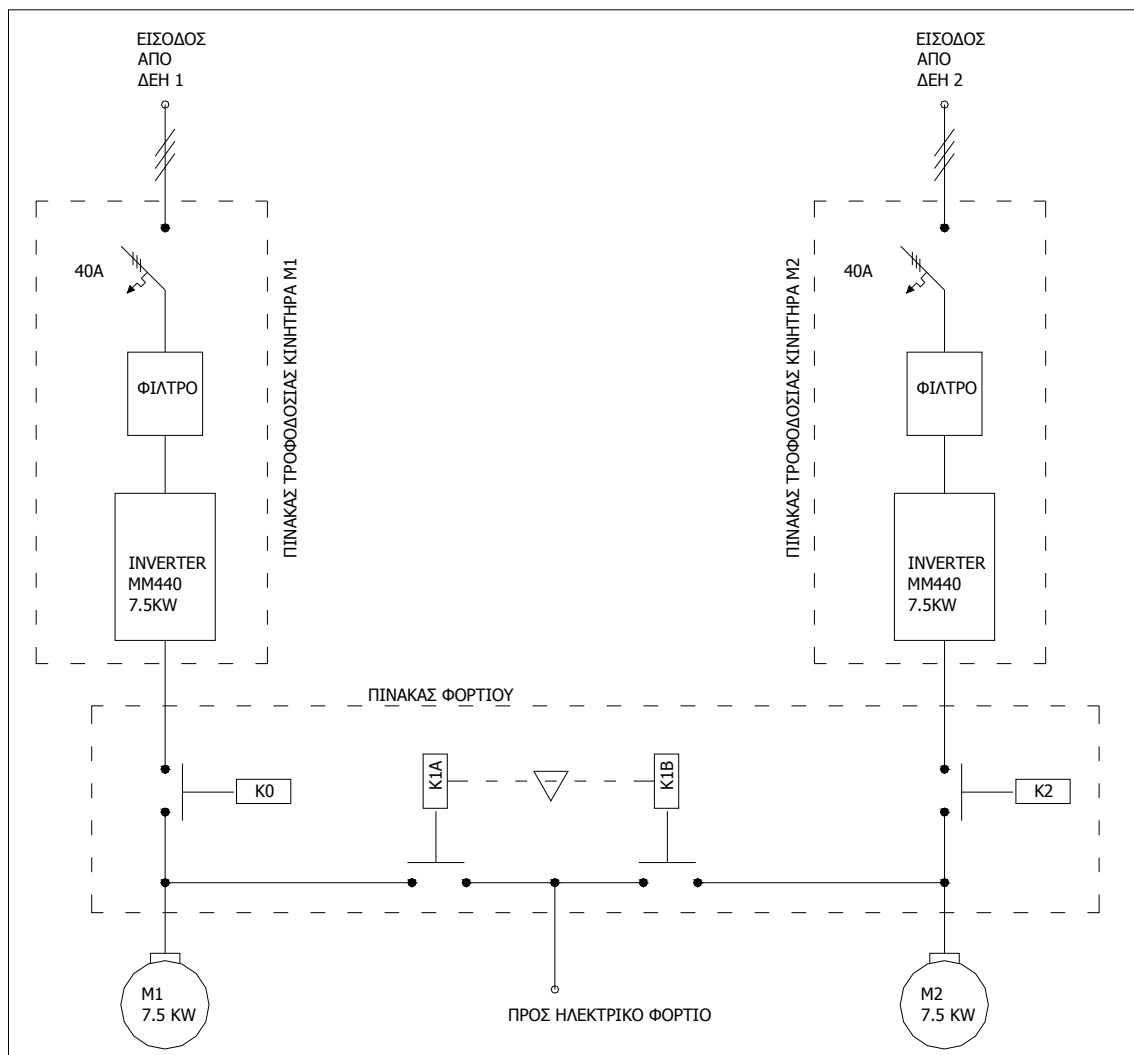
Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται τα τελικά σχέδια για την εγκατάσταση που συνδέθηκε στο εργαστήριο και αφορούσε την λειτουργία δυο τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου κλωβού (7,5 kw ο καθένας ) με τρεις διαφορετικούς τρόπους.

**Λειτουργία 1:** Οι δύο κινητήρες λειτουργούν ανεξάρτητα, χωρίς καμία μηχανική σύνδεση μεταξύ τους.

**Λειτουργία 2:** Ο κινητήρας M1 κινεί τον M2 έχοντας συνδεθεί μηχανικά με ιμάντες.

**Λειτουργία 3:** Ο κινητήρας M2 κινεί τον M1 έχοντας συνδεθεί μηχανικά με ιμάντες.

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης.



Γενικό μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης.

## **ΣΧΟΛΙΑ**

Κατά την **Λειτουργία 1** οπλίζουν τα ρελέ ισχύος **K0** και **K2**, ενώ τα ρελέ K1A και K1B μένουν ανοιχτά. Έτσι απομονώνεται το ηλεκτρικό φορτίο και δεν υπάρχει ηλεκτρική σύνδεση των δυο κινητήρων.

Κατά την **Λειτουργία 2** οπλίζουν τα ρελέ ισχύος **K0** και **K1B**, ενώ τα ρελέ K1A και K2 μένουν ανοιχτά. Επίσης οι δυο κινητήρες έχουν συνδεθεί μηχανικά με ιμάντες το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα ο M1 να κινεί τον M2. Λόγω κίνησης του ρότορα στον M2 στα άκρα των τυλιγμάτων του εμφανίζεται τάση. Η ισχύς που παράγεται από τον M2 καταναλώνεται από το ηλεκτρικό φορτίο.

Κατά την **Λειτουργία 3** οπλίζουν τα ρελέ ισχύος **K2** και **K1A**, ενώ τα ρελέ K1B και K0 μένουν ανοιχτά. Επίσης οι δυο κινητήρες έχουν συνδεθεί μηχανικά με ιμάντες το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα ο M2 να κινεί τον M1. Λόγω κίνησης του ρότορα στον M1 στα άκρα των τυλιγμάτων του εμφανίζεται τάση. Η ισχύς που παράγεται από τον M1 καταναλώνεται από το ηλεκτρικό φορτίο.

Μεταξύ των ρελέ **K1A** και **K1B** εκτός από την **ηλεκτρική** υπάρχει και **μηχανική μανδάλωση**. Έτσι εξασφαλίζεται ότι δεν συνδέονται ηλεκτρικά ποτέ τα τυλίγματα των δυο κινητήρων.

Τα κύρια υλικά (ρελέ ισχύος, αυτόματοι διακόπτες, φίλτρα) που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή επιλέχθηκαν βάσει καταλόγων της κατασκευάστριας εταιρίας SIEMENS.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι συνδυασμοί με τους οποίους οπλίζουν τα ρελέ ισχύος.

	<b>K0</b>	<b>K1A</b>	<b>K1B</b>	<b>K2</b>
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 1</b>	ON	OFF	OFF	ON
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 2</b>	ON	OFF	ON	OFF
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ 3</b>	OFF	ON	OFF	ON

πίνακας συνδυασμών (ΠΒ1)

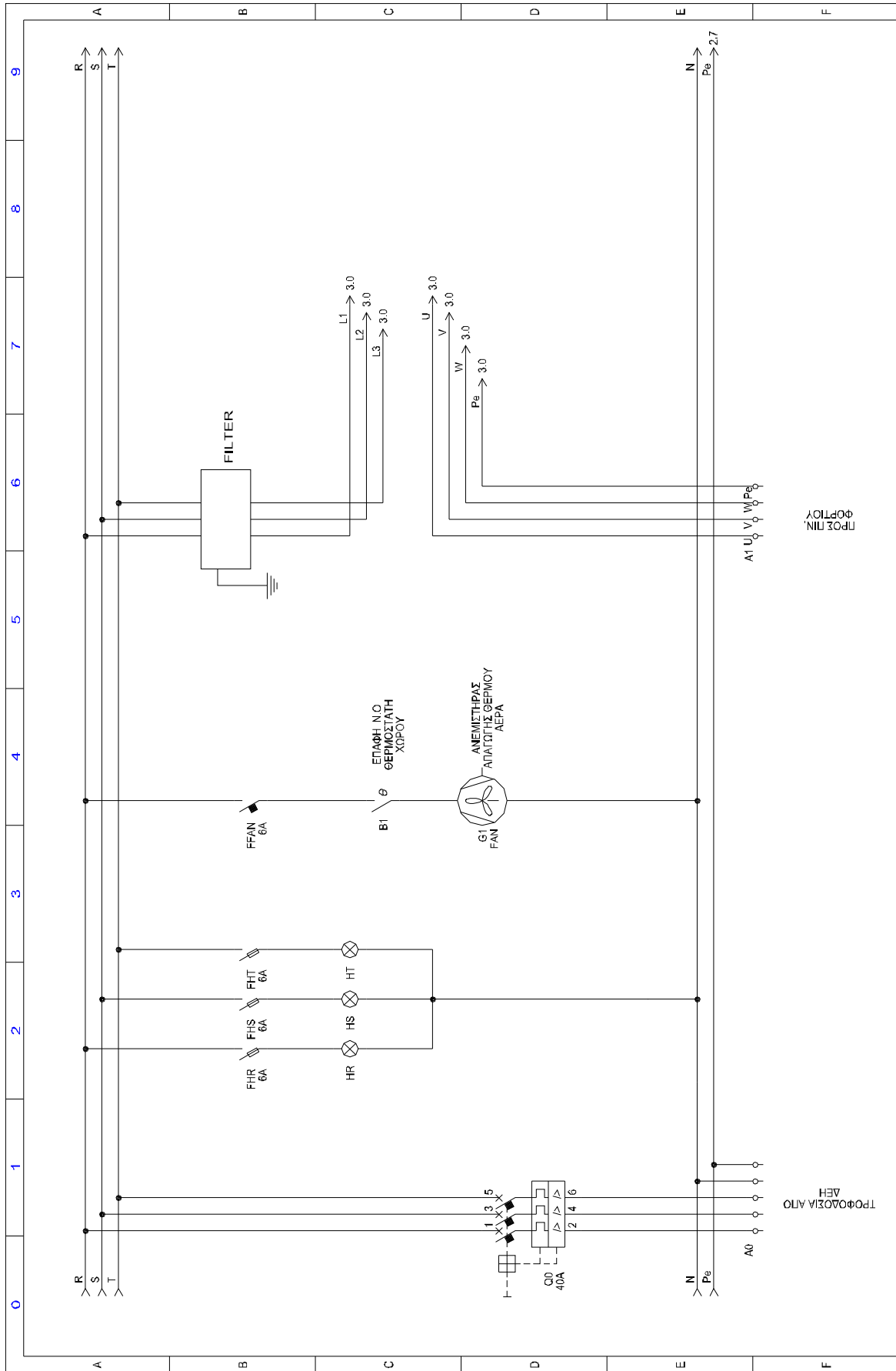
## SELLER ΕΛΛΑΣ Α.Ε

ΒΙΟΜΗΧ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ  
ΜΕΣΗΣ & ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

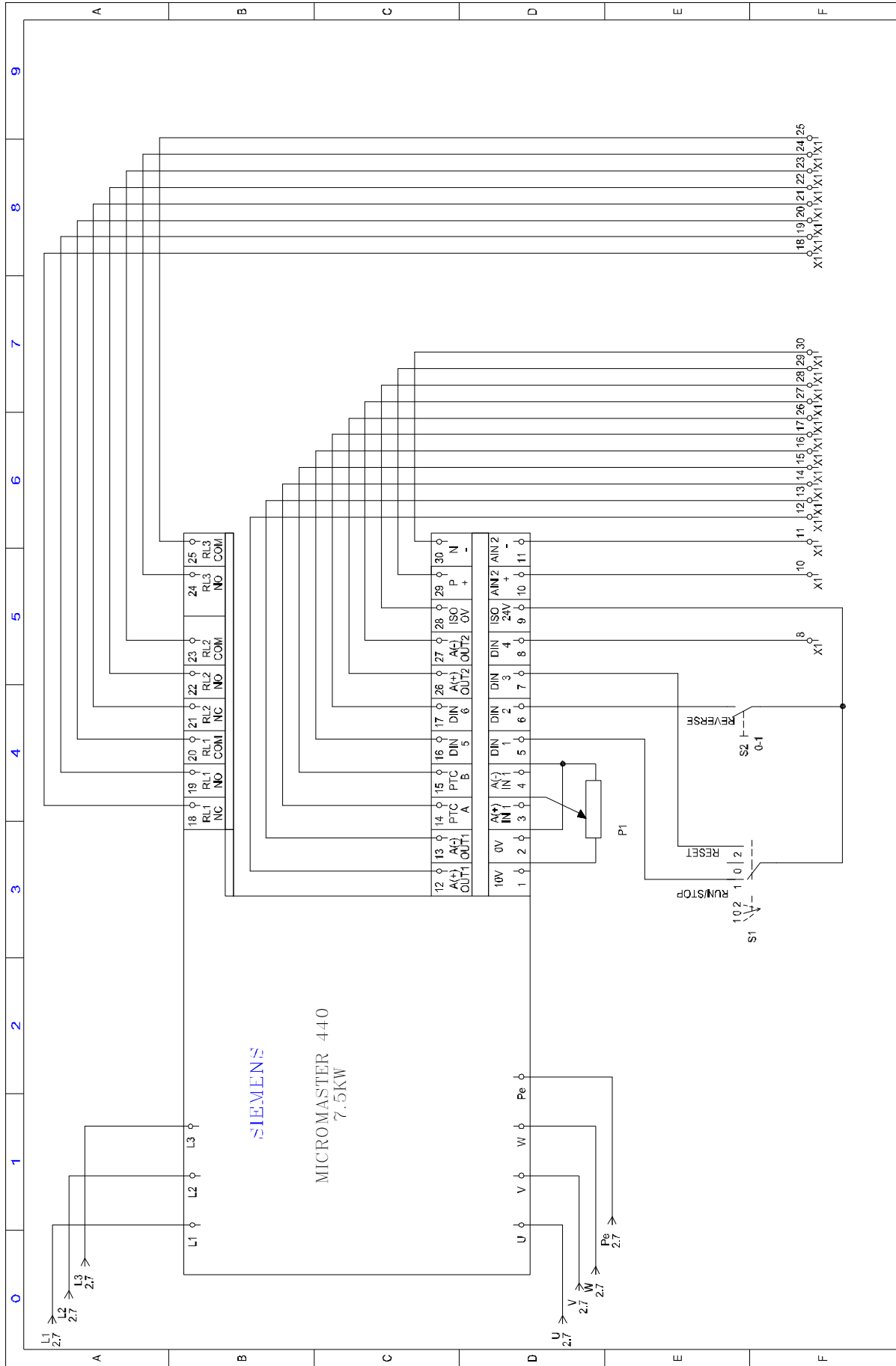
ΣΠΥΡΟΥ ΒΡΕΤΤΟΥ 54 , 13671 ΛΟΥΤΡΟ ΑΧΑΡΝΑΙ  
τηλ. 010 2466962 , 010 2462389 , FAX 010 2462393  
e-mail : sellergr@otenet.gr

## Πολυγραμμικά σχέδια του πίνακα τροφοδοσίας

Πελάτης :	Ε.Μ.Π	ΕΡΓΟ :	ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	
Διεύθυνση :	Τηλ : Fax :	Αριθμός Παραγγελίας :	6412	
Υπεύθυνος Έργου :	Τηλ :	Τοποθεσία :		
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :	Προτάραφές			
		Συνθήκες εγκατάστασης :		
		Βαθμός προστασίας :		
		Κανονισμοί κατασκευής :		
		Τάση τροφοδοσίας :		
			Όνομα	Ημερομηνία
			Μελέτη	Β. ΤΡΩΓΑΔΗΣ
			Σχεδίαση	Β. ΤΡΩΓΑΔΗΣ
			Έλεγχος	18/10/2007
			Εγκριση	
Ημερομηνία ανάθεσης Έργου :	Ημερομηνία εκτίπωσης :			
Ημερομηνία παράδοσης :				

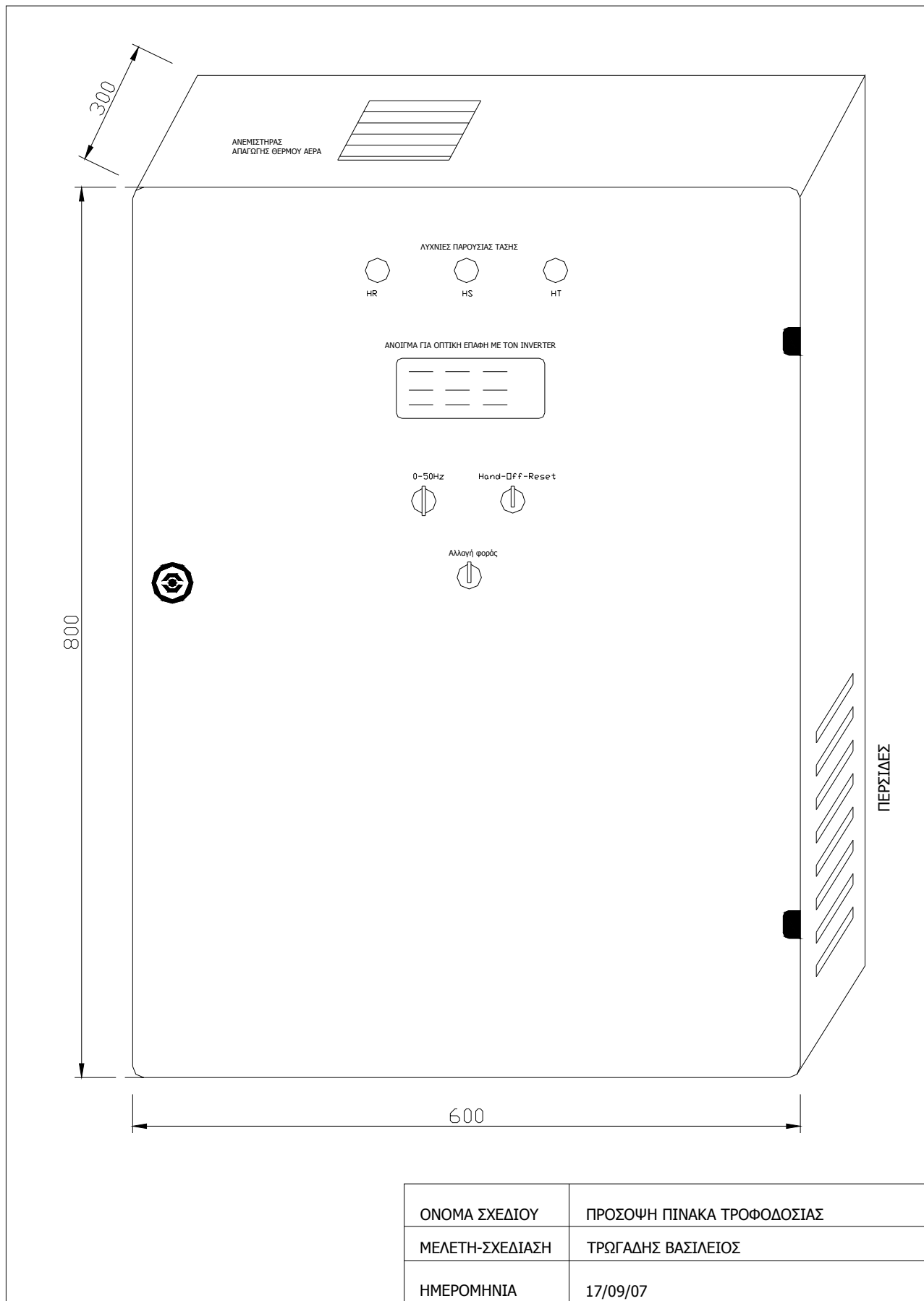


<b>SELLER ΕΛΛΑΣ ΑΕ</b> ΒΙΟΜΗΧ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ ΣΤΡΟΥ ΒΡΕΤΤΟΥ 66 - ΖΑΧΑΡΙΑΙ ΤΗΛ. 210 2460902 - FAX 210 2462383 e-mail: sel@elgr@otenet.gr	Σχεδίαση: Β. ΤΡΩΓΑΔΗΤΣ	Ημερ/Μη: 18/10/2007	ΕΡΓΟ: ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	φάση: 2
	Ελεγχός: Β. ΤΡΩΓΑΔΗΤΣ	ΑΡΧΕΙΟ CADdy: 6412_ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ/ΕΛ/ΑΤΗ/Ε.Μ.Π	ΚΙΝΗΤΗΡΑ	περίγραφή φύλλου: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ



<b>SELLER ΕΛΛΑΣ ΑΕ</b> <small>ΒΙΟΗΘ. ΠΑΥΛΙΝΙΩΝ 1 ΠΙΣΚΑΡΙ ΠΥΡΡΟΥ ΕΡΕΤΤΟΥ 64 - ΑΣΠΡΟΠΟΛΙ 15701 ΠΙΣΚΑΡΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ e-mail: seller@siemens.gr</small>	<b>Σχεδίαση</b> <b>Ελεγχός</b> <small>ΑΡΧΕΙΟ CAD: 6412_ΠΙΣΚΑΡΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ</small>	<b>Β. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ</b> <b>Β. ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ</b>	<b>ΗΜ/Υ</b> <b>ΗΜ/Υ</b>	<b>ΕΡΓΟ:</b> 18/10/2007	<b>ΠΙΣΚΑΡΙ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b> <b>ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ</b>	<b>Φύλλα:</b> <b>3</b>
						<b>Σελίδα:</b> <b>3</b>

## Σχέδιο πρόσοψης του πίνακα τροφοδοσίας



## **ΣΧΟΛΙΑ**

Ο πίνακας τροφοδοσίας είναι ίδιος και για τους δύο κινητήρες. Στον συγκεκριμένο πίνακα έχει τοποθετηθεί εκτός από τον ανεμιστήρα που διαθέτει ο inverter και ένας επιπλέον ανεμιστήρας για την καλύτερη απαγωγή της θερμοκρασίας. Στην πρόσοψη του πίνακα έχει τοποθετηθεί ποτενσιόμετρο, συνδεδεμένο στην αναλογική είσοδο του ρυθμιστή. Επίσης υπάρχουν δυο διακόπτες, ο ένας τριών θέσεων (**S1**) για τις λειτουργίες **run-off-reset** και ένας δυο θέσεων (**S2**) για την λειτουργία **αλλαγής φοράς**. Ο διακόπτης S1 έχει συνδεθεί στις ψηφιακές εισόδους DN1 και DN3 (κλέμες 5 και 7 αντίστοιχα), ενώ ο διακόπτης S2 έχει συνδεθεί στην ψηφιακή είσοδο DN2 (κλέμα 6).

Η παραπάνω συνδεσμολογία απαιτεί την **βασική (default) παραμετροποίηση** για τον συγκεκριμένο ρυθμιστή.

Όλες οι υπόλοιπες εισοδοί και έξοδοι του ρυθμιστή έχουν «βγει» σε κατάλληλη κλεμοσειρά (X1) για ευκολότερη σύνδεση εξαρτημάτων στο μέλλον.

Η τοποθέτηση του πίνακα έγινε σε μεταλλική βάση (ύψους 20cm) με αποσπώμενα καπάκια για να διευκολυνθεί η είσοδος των καλωδίων από ειδικό άνοιγμα στο κάτω μέρος του πίνακα.

**Όλα τα μεταλλικά μέρη του πίνακα είναι γειωμένα μεταξύ τους**, ενώ το εξωτερικό περίβλημα είναι **ηλεκτροστατικά βαμμένο** με χρώμα απόχρωσης RAL7035.

## SELLER ΕΛΛΑΣ Α.Ε

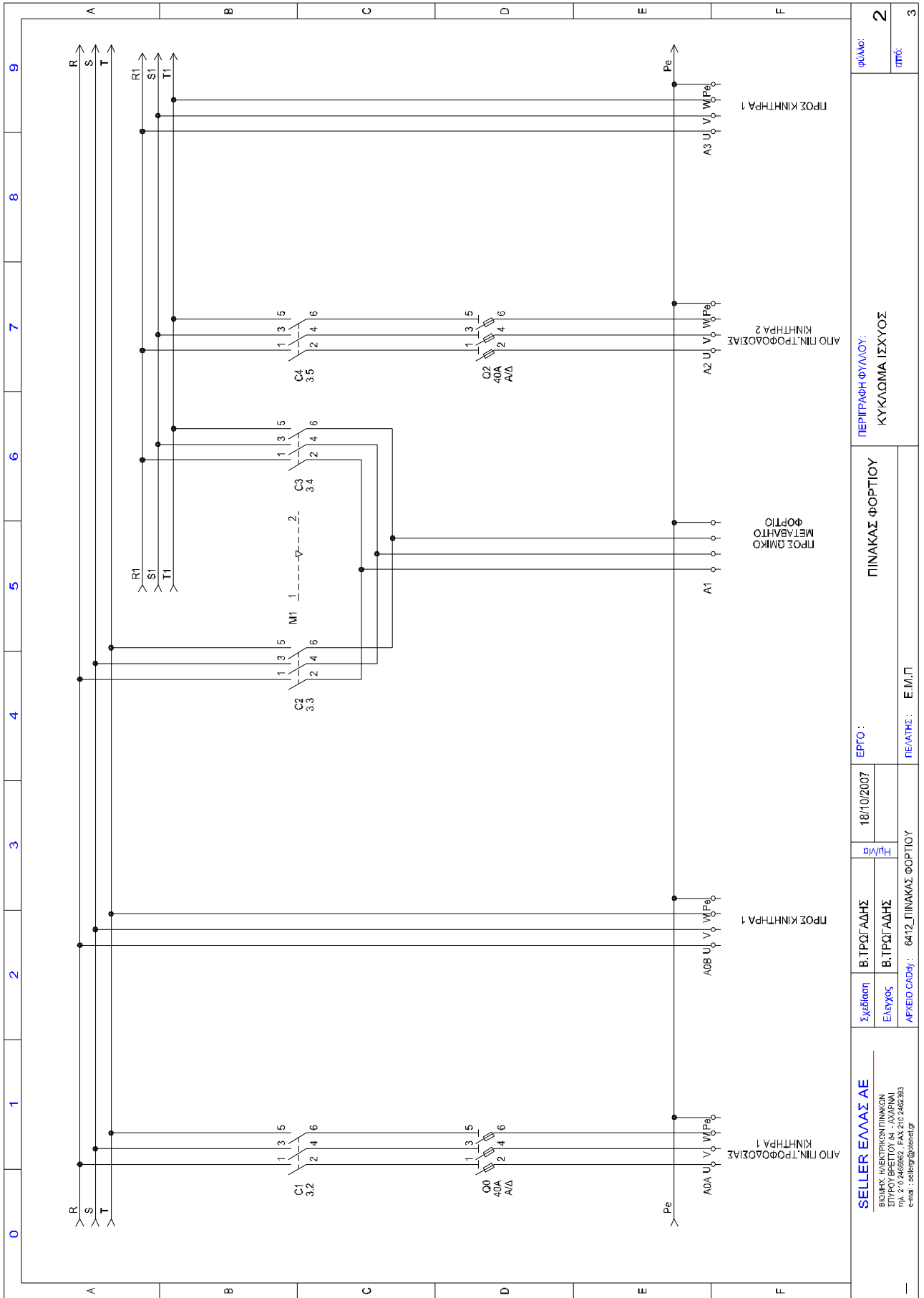
ΒΙΟΜΗΧ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΠΙΝΑΚΩΝ  
ΜΕΣΗΣ & ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΣΠΥΡΟΥ ΒΡΕΤΤΟΥ 54 , 13671 ΛΟΥΤΡΟ ΑΧΑΡΝΑΙ  
τηλ. 010 2466962 , 010 2462389 , FAX 010 2462393  
e-mail : sellergr@otenet.gr

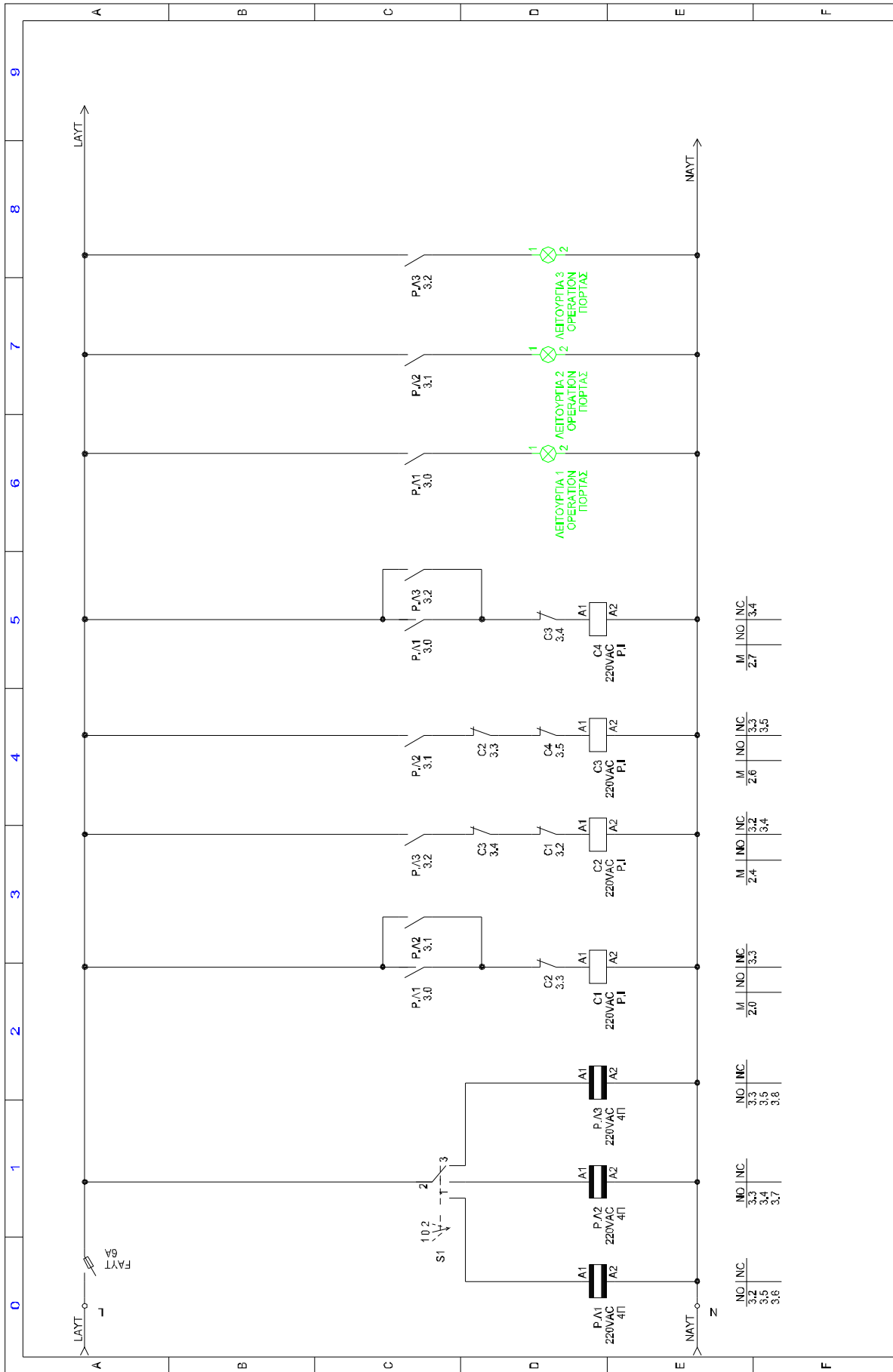
## Πολυγραμμικά σχέδια του πίνακα φορτίου

Πελάτης :	Ε.Μ.Π	ΕΡΓΟ :	ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ
Διεύθυνση :	Τηλ : Fax :	Αριθμός Παραγγελίας :	6412
Υπεύθυνος Έργου :	Τηλ :	Τοποθεσία :	
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :		Συνθήκες εγκατάστασης :	
		Βαθμός προστασίας :	
		Κανονισμοί κατασκευής :	
		Τάση τροφοδοσίας :	
		Προδιαγραφές	
		Όνομα	Ημερομηνία
		Μελέτη	Β. ΤΡΩΓΑΔΗΣ
		Σχεδίαση	Β. ΤΡΩΓΑΔΗΣ
		Ελεγχος	18/10/2007
		Εγκριση	
Ημερομηνία ανάθεσης Έργου :		Ημερομηνία εκτύπωσης :	
Ημερομηνία παράδοσης :			



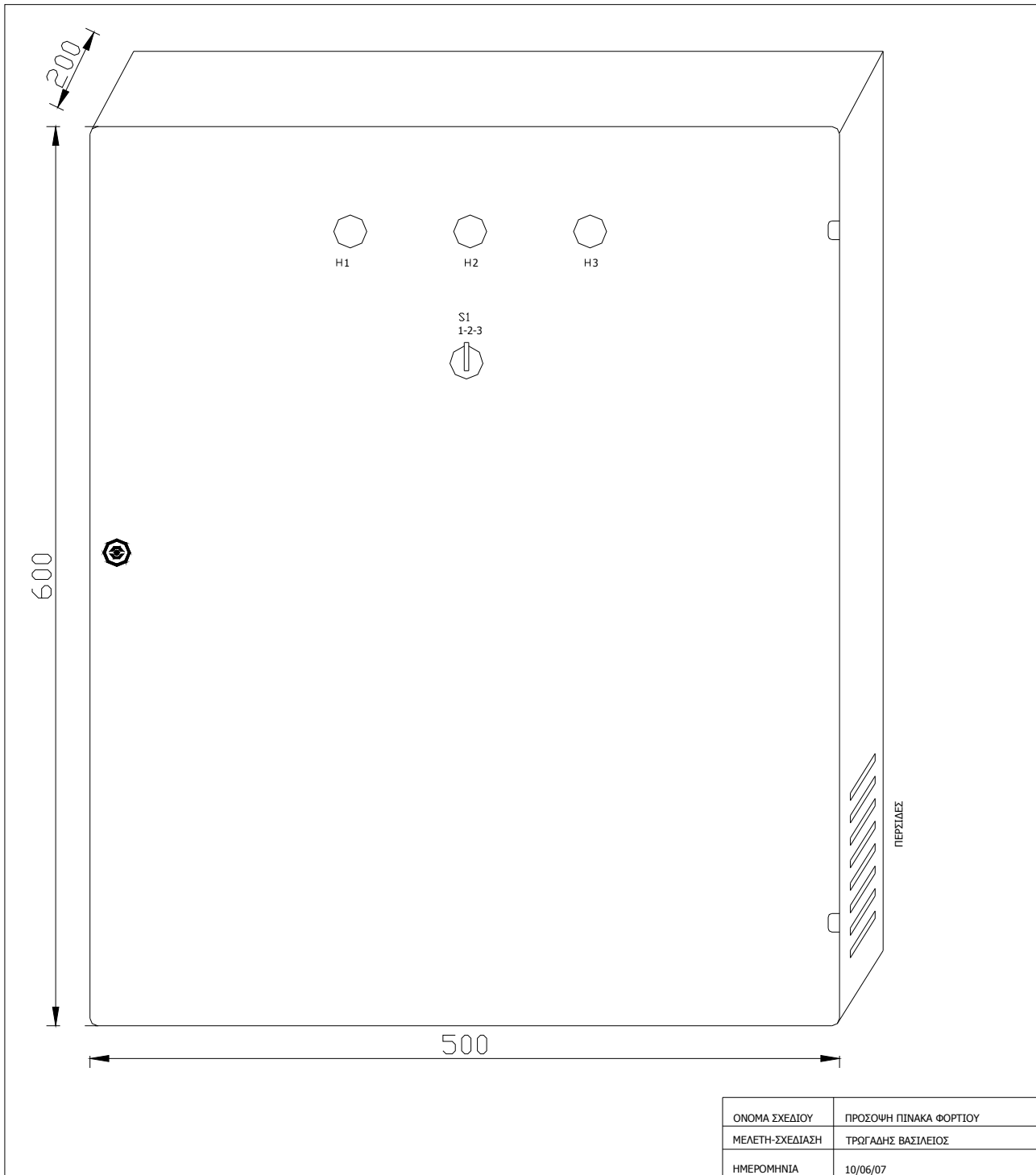


<b>SELLER ΕΛΛΑΣ ΑΕ</b> ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΗΛ: 210 2462832 FAX: 210 2462833 e-mail: seller@elmas.gr	Σχεδίαση Ελεγχος	Β. ΤΡΩΓ. ΔΑΔΗΣ Β. ΤΡΩΓ. ΔΑΔΗΣ	Η/Μ/Δ 18/10/2007	ΕΡΓΟ : ΠΕΛΑΤΗΣ : Ε.Μ.Π.	ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΕΛΑΤΗΣ : Ε.Μ.Π.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΛΛΟΥ: ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ	φύλλο: 2
	ΑΡΧΕΙΟ CAD: 6412_ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	Ε.Μ.Π.	Ε.Μ.Π.	Ε.Μ.Π.	Ε.Μ.Π.	Ε.Μ.Π.	σελίδα: 3



SELLER ΕΛΛΑΣ ΑΕ	Σχεδίαση	Β. ΤΡΟΓΙΑΛΗΣ	18/10/2007	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΦΥΛΛΙΟΥ:	φύλλος
ΒΙΟΜΗΧ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΠΑΡΚΟΙ	Εκτύπωση	Β. ΤΡΟΓΙΑΛΗΣ		ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	3
ΣΤΥΛΟΥ ΣΠΕΡΤΟΥ 65 - ΑΔΑΡΝΑ					
ΤΗΛ. 210 2468652 - FAX 210 2462393					
e-mail : see_cgr@hellen.gr					
		ΑΡΧΕΙΟ CADdy : 6412_ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ		ΠΙΝΑΚΑΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	στίβος
				ΕΡΓΟ :	3
				ΠΕΛΑΤΗΣ :	
				Ε.Μ.Π	

## Σχέδιο πρόσοψης του πίνακα φορτίου



## **ΣΧΟΛΙΑ**

Στην πρόσοψη του πίνακα έχουν συνδεθεί τρεις ενδεικτικές λυχνίες που η κάθε μια δηλώνει μια από τις τρεις λειτουργίες της εγκατάστασης αντίστοιχα. Επίσης έχει τοποθετηθεί ένας επιλογικός διακόπτης τριών θέσεως για την επιλογή μιας εκ των τριών λειτουργιών. Εκτός από την **μηχανική -ηλεκτρική μανδάλωση** των δυο ρελέ K1A και K1B **υπάρχει ηλεκτρική μανδάλωση και στα αλλά δυο ρελέ ισχύος K1 και K2** , η οποία δεν επιτρέπει κανέναν άλλον συνδυασμό εκτός αυτών που παρουσιάζονται στον πίνακα συνδυασμών (ΠΒ1).

Η τοποθέτηση του πίνακα έγινε σε μεταλλική βάση (ύψους 20cm) με αποσπώμενα καπάκια για να διευκολυνθεί η είσοδος των καλωδίων από ειδικό άνοιγμα στο κάτω μέρος του πίνακα.

**Όλα τα μεταλλικά μέρη του πίνακα είναι γειωμένα μεταξύ τους**, ενώ το εξωτερικό περίβλημα είναι **ηλεκτροστατικά βαμμένο** με χρώμα απόχρωσης RAL7035.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών – Πέτρος Ντοκόπουλος
2. ΕΛΟΤ – HD384, σελίδα [www.elot.gr](http://www.elot.gr)
3. SIEMENS Engineering Manual for Drive Converters
4. SIEMENS HELLAS σελίδα [www.siemens.gr](http://www.siemens.gr)
5. MANUAL FOR MICROMASTER 440
6. SIEMENS STANDARD DRIVERS HANDBOOK