

**Σ.Ν.Δ.
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

**Ρύθμιση Στροφών
Επαγωγικού Κινητήρα
με Κύκλωμα Οδήγησης
Μεταβλητής Συχνότητας**

Β' έκδοση, Οκτώβριος 2004

[Α' Προσωρινή ημιτελής έκδοση : Μάρτιος 2002]

Ν.ΔΟΚΙΜΟΣ :

ΕΤΟΣ / ΤΜΗΜΑ :

Τετράμηνο / Εκπ. Έτος :

Ημερομηνία Πειράματος :

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

**Ρύθμιση Στροφών Επαγωγικού Κινητήρα
με Κύκλωμα Οδήγησης Μεταβλητής Συχνότητας**

*** Για την προετοιμασία αυτού του πειράματος έχουν συμμετάσχει οι :**

Ι.Κ. ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ
Σ. ΠΕΡΡΟΣ
ΣΠ. ΚΟΦΙΝΑΣ
Π. ΚΟΝΤΟΔΙΟΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ι.Κ. ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ, «Ηλεκτρικές Μηχανές», ΣΝΔ 1981.
2. Ι.Κ. ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ, «Συμπληρωματικά Κεφάλαια στις Ηλεκτρικές Μηχανές», Μέρος Ι, ΣΝΔ 1987
3. Εδρα Ηλεκτροτεχνίας ΣΝΔ, «Εγχειρίδιο Εργαστηρίου Ηλεκτροτεχνίας και Ηλεκτροτεχνικών Εφαρμογών»
4. Εδρα Ηλεκτροτεχνίας ΣΝΔ, «Όργανα Μετρήσεων Εργαστηρίων Ηλεκτροτεχνίας»
5. Ι.Κ.ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ, Σ. ΠΕΡΡΟΣ, «Μετατροπείς Ενέργειας και ΣΑΕ Ηλ. Συστημάτων με Ηλεκτρονικά Ισχύος», ΣΝΔ 2001
6. Ι.Κ. ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ, Π. ΚΟΝΤΟΔΙΟΣ, «Δυναμική και ΣΑΕ Ηλεκτρικών Μηχανών», ΣΝΔ 1999
7. Εγχειρίδιο οδηγιών χρήσεως ρυθμιστή KBVF της PENTA POWER.

Γενικές Οδηγίες

Κατά την διάρκεια του πειράματος εκτελέσατε την ενότητα «**VI. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**» και καταχωρήσατε τα αποτελέσματα των μετρήσεων, όσων υπολογισμών είναι απαραίτητο να γίνουν κατά τη διάρκεια του Πειράματος και ότι παρατηρήσεις έχετε στο «ΠΡΟΧΕΙΡΟ» της ενότητας «**VI**». Μετά το εργαστηριακό πείραμα, την ώρα της μελέτης, θα γίνει η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ (η ΕΚΘΕΣΗ) του Πειράματος στην ενότητα «**V. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ**».

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- I. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ
- II. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ
- III. ΟΡΓΑΝΑ/ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ
- IV. ΘΕΩΡΙΑ
- V. ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ
- VI. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ
- VII. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ
- VIII. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

I. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

1. Επίδειξη συστήματος εκκίνησης επαγωγικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.
2. Επίδειξη της μεθόδου ρυθμίσεως στροφών επαγωγικού κινητήρα με μεταβολή της συχνότητας τροφοδοσίας.
3. Μέτρηση και καταγραφή των κυματομορφών τάσεως και ρεύματος σε διάφορες στροφές και φορτία του κινητήρα.
4. Ρύθμιση και μέτρηση των παραμέτρων λειτουργίας του κυκλώματος οδήγησης.
5. Μέτρηση των αρμονικών τάσεως και ρεύματος στην είσοδο και έξοδο του κυκλώματος οδήγησης.

II. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Βασικές αρχές μετρήσεων, μέτρα ασφαλείας και τρόπος εργασίας στο εργαστήριο.
- Βασικοί νόμοι ηλεκτροτεχνίας περί επιλύσεως κυκλωμάτων.
- Γνώσεις που αποκτήθηκαν από τα προηγούμενα πειράματα.
- Γνώσεις επί θεμάτων Ηλεκτρικών Κινητήρων, Ηλεκτρονικών Ισχύος

III. ΟΡΓΑΝΑ/ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ

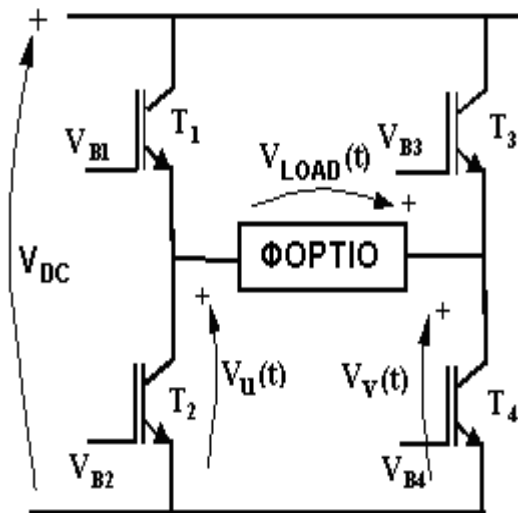
- Κύκλωμα Οδήγησης Επαγωγικού Κινητήρα Μεταβλητής Συχνότητας (KBVF)
- Μονάδα 3φασικού Επαγωγικού Κινητήρα
- Μονάδα Ηλεκτροδυναμόμετρου
- Παλμογράφος HAMEG
- Καταγραφικό HAMEG
- Αναλυτής Ισχύος EL-CONTROL
- Αμπεροτσιμπίδα CHAUVIN
- Στροφόμετρο HIOKI
- Αμπερόμετρο
- Βολτόμετρο
- Συνδετικοί αγωγοί
- Συνδετικός Ιμάντας

IV. ΘΕΩΡΙΑ

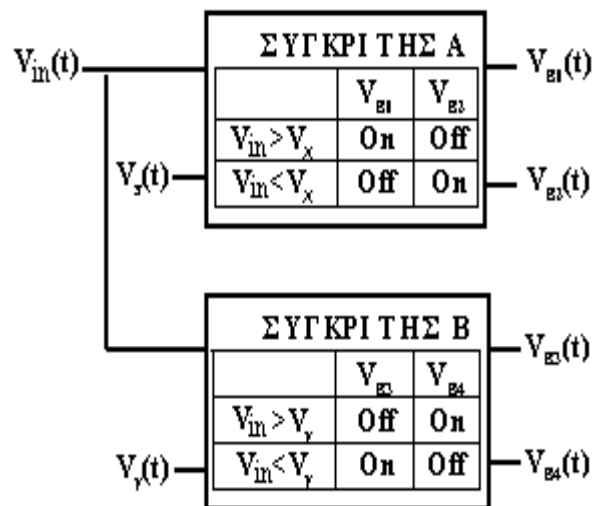
Από την θεωρία των επαγωγικών κινητήρων είναι γνωστό ότι η ρύθμιση της ταχύτητας αυτών, μπορεί να επιτευχθεί με τη ρύθμιση της συχνότητας (f) της τάσης τροφοδοσίας του στάτη. Από την σχέση $\Phi = \frac{V_m}{\omega N} \cos \omega t$ όμως φαίνεται, ότι η μεταβολή της συχνότητας ($\omega=2\pi f$) προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής Φ , με αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης του κινητήρα. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται μεταβάλλοντας αντίστοιχα την τάση V_m , έτσι ώστε ο λόγος V/ω να παραμένει σταθερός.

Στα Σχήματα 1α και 1β παρουσιάζεται ένας μονοφασικός αντιστροφάς PWM για τον έλεγχο μονοφασικού κινητήρα, ο οποίος χρησιμοποιεί την τεχνική της γραμμικής μεταβολής της ενεργούς τιμής της τάσης με ταυτόχρονη μεταβολή της συχνότητας εξόδου. Η τεχνική αυτή λέγεται *Διαμόρφωση Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation, PWM)*. Σύμφωνα με την PWM, η τάση ΕΡ αφού ανορθωθεί μέσω μιας γέφυρας ανορθώσεως, μετατρέπεται εν συνεχεία σε εναλλασσόμενη μεταβλητής συχνότητας και ενεργούς τιμής μέσω αντιστροφέα. Η ρύθμιση της ενεργούς τιμής και της συχνότητας της εναλλασσόμενης τάσης επιτυγχάνεται δια κατάλληλου προγραμματισμού των παλμών εκκίνησης των ημιαγωγικών στοιχείων του αντιστροφέα. Οι κυματομορφές του συστήματος αυτού παρουσιάζονται στο Σχήμα 2. Το μέγεθος της ενεργούς τιμής της τάσης ρυθμίζεται ανάλογα με το κλάσμα του χρόνου στο οποίο εμφανίζεται η τάση στην έξοδο του κινητήρα, ενώ η συχνότητα ρυθμίζεται από το ρυθμό, που μεταβάλλεται η πολικότητα των παλμών από θετική σε αρνητική και αντίστροφα.

Ένας μονοφασικός αντιστροφάς PWM χρησιμοποιεί τέσσερα ηλεκτρονικά στοιχεία ισχύος, που οι καταστάσεις λειτουργίας τους ρυθμίζονται από δύο συγκριτές, Α και Β (Σχήμα 1β). Ο συγκριτής Α συγκρίνει την τάση εισόδου $V_{in}(t)$ με μια τριγωνική τάση αναφοράς $V_x(t)$ και ελέγχει τα δυο IGBT, τα T_1 και T_2 .



Σχήμα 1α : Μονοφασικός Αντιστροφάς PWM με IGBT.

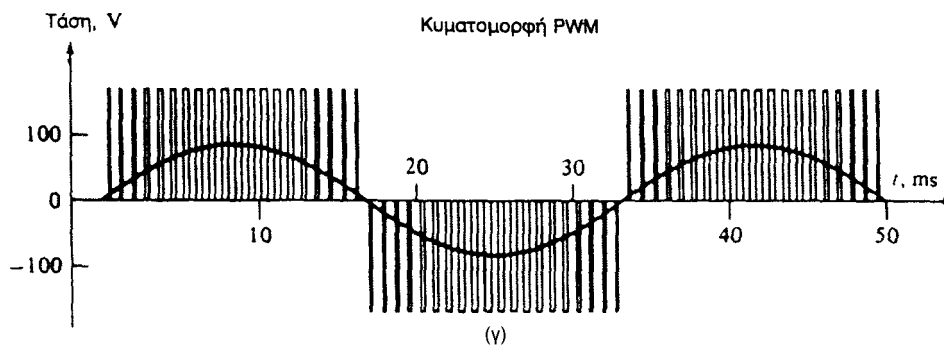
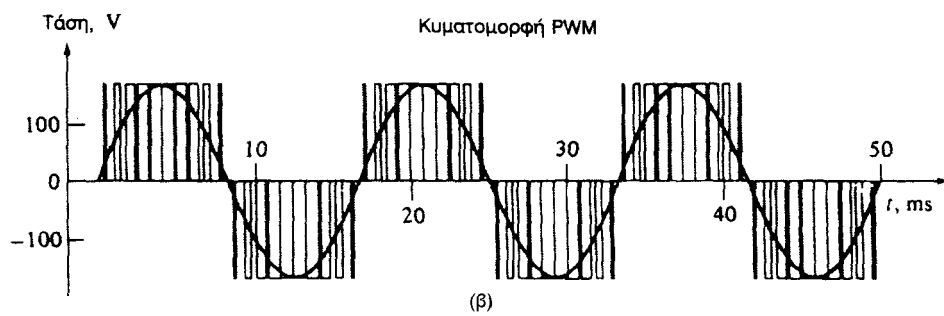
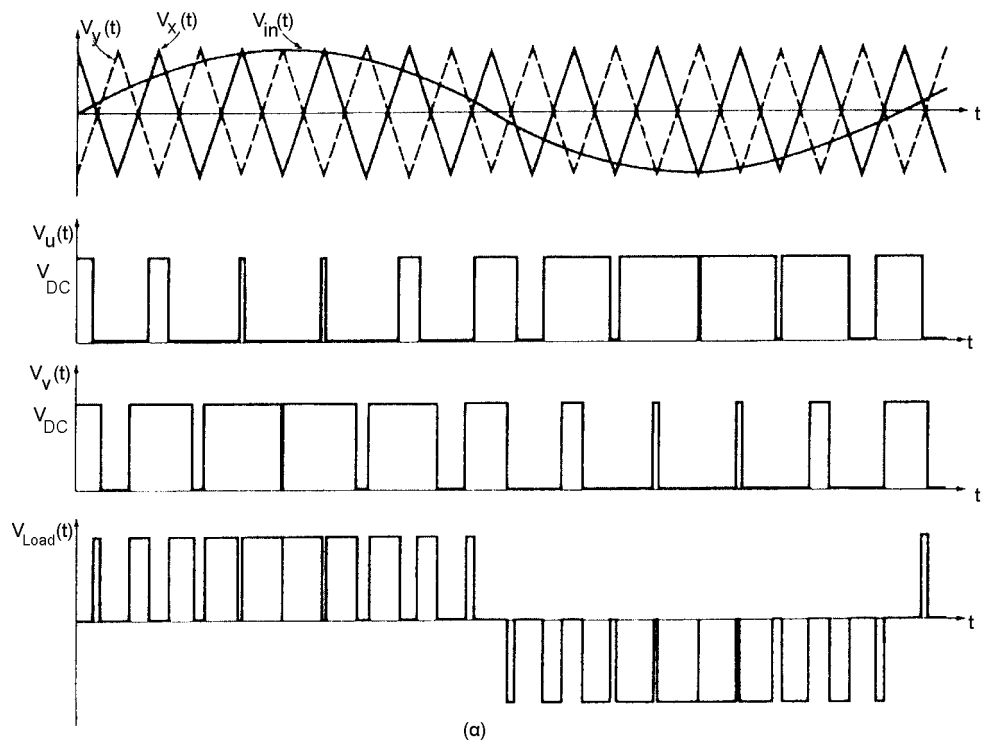


Σχήμα 1β : Συγκριτές ελέγχου εκκίνησης και αποκοπής των IGBT.

Με βάση το αποτέλεσμα της σύγκρισης, αν η $V_{in}(t)$ είναι μεγαλύτερη από την $V_x(t)$ σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή t ο συγκριτής A δίνει ένα παλμό έναυσης στο T_1 και ένα παλμό σβέσης στο T_2 , με αποτέλεσμα τη δημιουργία της τάσης $V_u(t)$. Παρόμοια, ο συγκριτής B συγκρίνει την $V_{in}(t)$ με την $V_y(t)$ και ελέγχει τα IGBT, T_3 και T_4 με αποτέλεσμα τη δημιουργία της τάσης $V_v(t)$. Η διαφορά των τάσεων ($V_v(t) - V_u(t)$) είναι ίση με την τάση $V_{Load}(t)$ που τροφοδοτεί το φορτίο.

Αν η τάση ελέγχου $V_{in}(t)$ είναι ημιτονοειδής (Σχήμα 2) τότε τα εύρη των παλμών της δημιουργούμενης παλμοσειράς είναι ανάλογα με το εκάστοτε πλάτος της ημιτονοειδούς τάσης ελέγχου. Τελικά, η μέση τιμή και η βασική συχνότητα της δημιουργούμενης παλμοσειράς είναι ανάλογες με αυτές της τάσης ελέγχου.

Οι αντιστροφείς PWM απαιτούν ηλεκτρονικά στοιχεία ισχύος υψηλής διακοπτικής συχνότητας, όπως τα GTOs και IGBTs ή τρανζίστορ ισχύος. Η τάση ελέγχου, που τροφοδοτεί τα κυκλώματα των συγκριτών, δημιουργείται συνήθως από μικροεπεξεργαστή, ο οποίος έχει την δυνατότητα να την μεταβάλει, κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατόν να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο συχνότητας και τάσης.



Σχήμα 2 : (α) Δημιουργία διαμόρφωσης PWM. (β), (γ) Κυματομορφές τάσεως εξόδου για διάφορες ταχύτητες του κινητήρα.

V. ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ

1. Γενικά

Το κύκλωμα Οδήγησης Ρυθμιζόμενης Συχνότητας KBVF είναι σχεδιασμένο για να παρέχει ρύθμιση της ταχύτητας 3-φασικών ΕΡ Επαγωγικών Κινητήρων. Παρέχει επίσης ρύθμιση γραμμικής επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, καθιστώντας το κύκλωμα κατάλληλο για ομαλές εκκινήσεις. Η τάση εξόδου είναι ημιτονοειδής κωδικοποιημένη κατά PWM με συχνότητα 16KHz, η οποία παρέχει υψηλή ροπή κινητήρα, υψηλή απόδοση και χαμηλό θόρυβο. Το κύκλωμα οδήγησης KBVF ρυθμίζεται μέσω κομβίων ρύθμισης.

Στα κύρια χαρακτηριστικά του KBVF περιλαμβάνονται: Ο περιοριστής ρεύματος RMS και η προστασία λόγω I^2t υπερφόρτωσης του κινητήρα. Η ρυθμιζόμενη συρρίκνωση ολίσθησης παρέχει εξαιρετική ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα σε μια μεγάλη περιοχή μεταβολής του φορτίου του. Ισχύ εκκίνησης η οποία αποδίδει πάνω από 200% ροπή κινητήρα ώστε να εξασφαλισθεί εκκίνηση σε φορτία με υψηλή αδράνεια. Το KBVF ρυθμίζεται εύκολα στις συγκεκριμένες απαιτήσεις λειτουργίας μέσω καταλλήλων jumpers, όπως η περιοχή της συχνότητας λειτουργίας, η χειροκίνητη και αυτόματη Εκκίνηση, και η Ορθή-Κράτηση-Αντίστροφη λειτουργία. Άλλα βασικά χαρακτηριστικά είναι, ο ηλεκτρονικός περιοριστής Ρεύματος (EICL), που περιορίζει το επιβλαβές εισερχόμενο AC ρεύμα και το ενσωματωμένο φίλτρο dV/dT , το οποίο περιορίζει τις επιβλαβείς απότομες μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας. Επίσης, περιλαμβάνει ενδεικτικά LED, τα οποία παρέχουν διαγνωστικές πληροφορίες στο χρήστη για τη λειτουργία του κυκλώματος.

Παράμετρος	Προδιαγραφή	Ρύθμιση Εργοστασίου
Προτεινόμενη Περιοχή Μεταβολής Τάσεως Εισόδου (% της Ονομαστικής 115/230 VAC)	± 10	-
Μέγιστη Περιοχή Μεταβολής Τάσεως Εισόδου Για τα μοντέλα 115VAC	97-135	-
Μέγιστη Περιοχή Μεταβολής Τάσεως Εισόδου Για τα μοντέλα 230VAC	195-270	-
Μέγιστο Φορτίο (% Ρεύμα υπερφόρτωσης για 2 Λεπτά)	150	-
Διακοπτική Συχνότητα – στο Κινητήρα (kHz)	16	-
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Ελαχίστου Ορίου Ταχύτητας (% της Συχνότητας)	0-40	0
Ρύθμισης Συχνότητας Εξόδου (Hz)	50, 60, 120	60
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Μεγιστου Ορίου Ταχύτητας (% της Συχνότητας)	70-110	100
Περιοχή Ταχύτητας (λόγος)	50:1	-
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Επιτάχυνσης (secs)	0,3-20	1,5
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Επιβράδυνσης (secs)	0,3-20	1,5
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Συρρίκνωσης Ολίσθησης (Volts/Hz/Amp)	0-3	1,5
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Περιοριστή Ρεύματος – για κινητήρες ½ HP (amps AC)	1,5-4,5	3,8
Περιοχή Ρύθμισης Κομβίου Περιοριστή Ρεύματος – για κινητήρες ½ HP (amps AC)	2,5-7,5	6,0
Περιοχή θερμοκρασίας Λειτουργίας	0-45	-

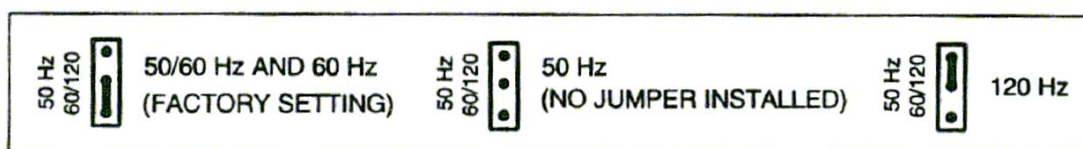
Πίνακας 1: Γενικές Προδιαγραφές Λειτουργίας

Model No	KBVF -23
KB Part No.	9958
Τάση Εισόδου (VAC-50/60 Hz) Μονοφασική	230
Ονομαστική Τάση Εξόδου (VAC) 3-φασική	0-230
Μέγιστη Ισχύς HP, (KW)	1/2 , (0,37)
Μέγιστο Συνεχόμενο Ρεύμα Εξόδου (RMS Amps/Phase	2,4
Μέγιστο Συνεχόμενο Ρεύμα Εισόδου (Amps AC)	7,0

Πίνακας 2 : Ηλεκτρικές Τιμές

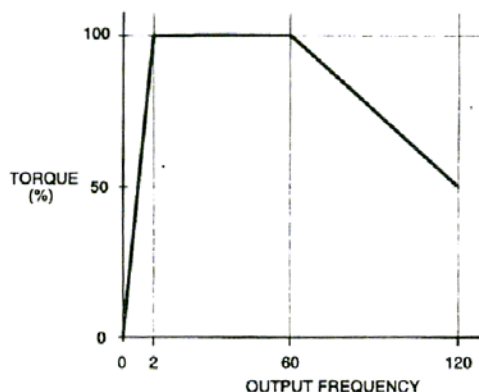
2. Ρυθμίσεις Jumper

- A. Συχνότητα Κινητήρα. Το κύκλωμα έχει ρυθμιστεί να λειτουργεί με κινητήρες 60 Hz και 50/60 Hz. Η ρύθμιση γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα



Σχήμα 3: Jumper (J1) ρύθμιση Συχνότητας Εξόδου

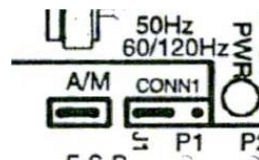
Το κύκλωμα οδήγησης μπορεί να λειτουργήσει με κινητήρες 60 Hz και 50/60Hz (όχι με κινητήρες 50 Hz) σε μια κατάσταση ταχύτητας. Σημείωση : Σε αυτή τη κατάσταση, ο κινητήρας θα παρέχει την μέγιστη ονομαστική ροπή του έως τα 60 Hz. Πάνω από τα 60 Hz η ροπή θα μειωθεί γραμμικά έως το 50% της μέγιστης τιμής της στα 120 Hz, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Διαθέσιμη Ροπή συναρτήσει της Συχνότητας Εξόδου.

Γ. Χειροκίνητη/Αυτόματη Λειτουργία.

- i. Αυτόματη Λειτουργία. Το κύκλωμα είναι ρυθμισμένο να εκκινεί αυτόματα κάθε φορά που συνδέεται στο δίκτυο τροφοδοσίας. Εκκινεί επίσης αυτόματα μετά την αποκατάσταση ανωμαλιών υπέρτασης, υπότασης και βραχυκυκλώματος. Εάν εμφανισθεί μια ανωμαλία I^2t λόγω υπερφόρτωσης, το κύκλωμα θα πρέπει να εκκινήσει χειροκίνητα.



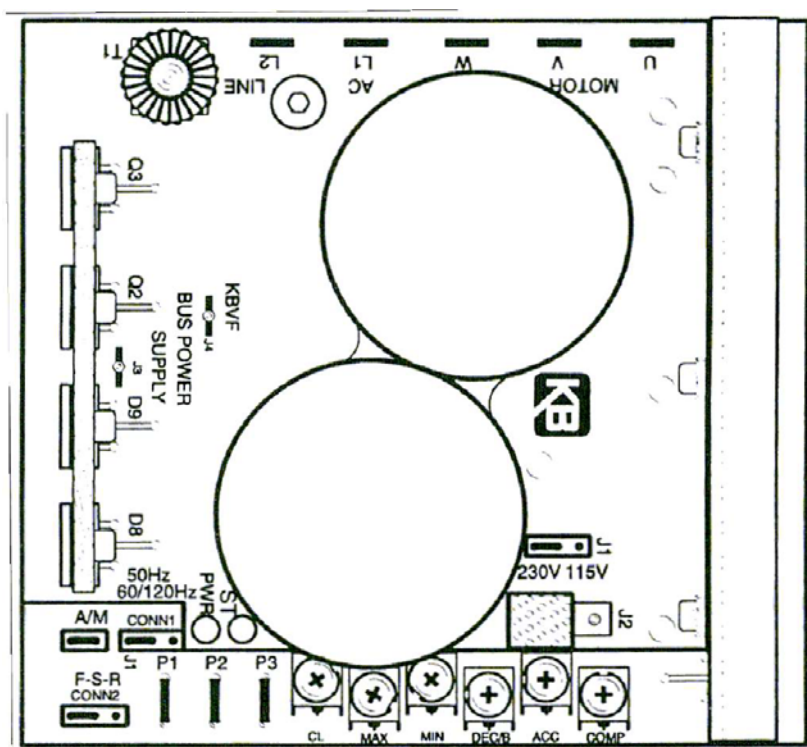
Σχήμα 5 : Jumper Ρύθμισης Χειροκίνητης ή Αυτόματης λειτουργίας

- ii. Χειροκίνητη Λειτουργία. Για Χειροκίνητη Λειτουργία θα πρέπει να αφαιρεθεί το jumper A/M και να συνδεθεί ο δισύρματος συνδετήρας (ο οποίος παρέχεται) Σχήμα 5.



Σχήμα 6 : Jumper Ρύθμιση αλλαγή της φοράς λειτουργίας κινητήρα.

Δ. Ορθή-Κρατηση-Αντιστροφή. Το κύκλωμα είναι ρυθμισμένο για ορθή φορά (F-S) λειτουργία. Η αλλαγή της φοράς γίνεται με την αλλαγή του Jumper F-S-R από τη θέση F-S στη S-R (Σχήμα 6).



Σχήμα 7: Διάταξη Κυκλώματος Οδήγησης

L1, L2 : Ακροδέκτες Τροφοδοσίας AC εισόδου

U, V, W : Ακροδέκτες Τροφοδοσίας 3-φασικού Επαγωγικού Κινητήρα

P1, P2, P3 : Ακροδέκτες σύνδεσης Ποτενσιόμετρου ρύθμισης ταχύτητας

F-S-R (CONN2): Jumper ρύθμισης φοράς στροφής του κινητήρα

A/M (CONN1) : Jumper Ρύθμισης Χειροκίνητης ή Αυτόματης λειτουργίας

ST : Ενδεικτικό LED κατάστασης λειτουργίας

PWR : Ενδεικτικό LED ηλεκτρικής ισχύος

MIN : Κομβίο ρύθμισης Ελάχιστου ορίου Ταχύτητας κινητήρα

MAX : Κομβίο ρύθμισης Μέγιστης ορίου Ταχύτητας κινητήρα

ACC : Κομβίο ρύθμισης Επιτάχυνσης κινητήρα

DEC : Κομβίο ρύθμισης Επιβράδυνσης Ταχύτητας κινητήρα

CL : Κομβίο ρύθμισης Περιοριστή Ρεύματος με I^2t Κράτηση κινητήρα

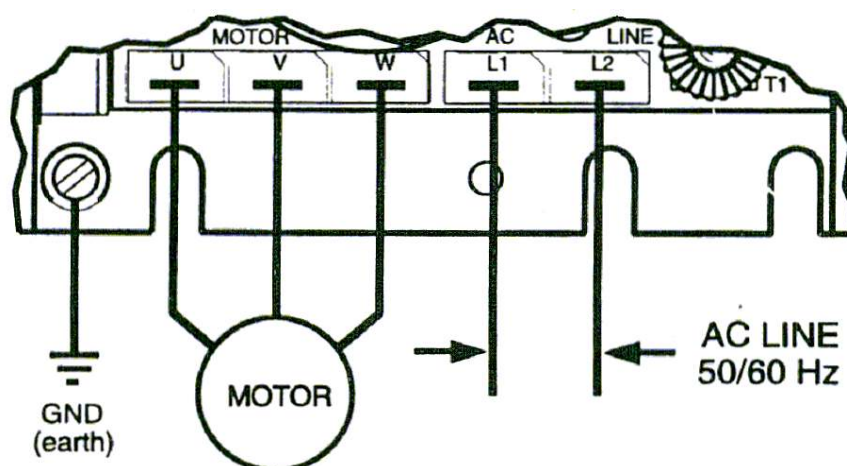
COMP : Κομβίο ρύθμισης Συρρίκνωσης Ολίσθησης κινητήρα

3. Συνδεσμολογία

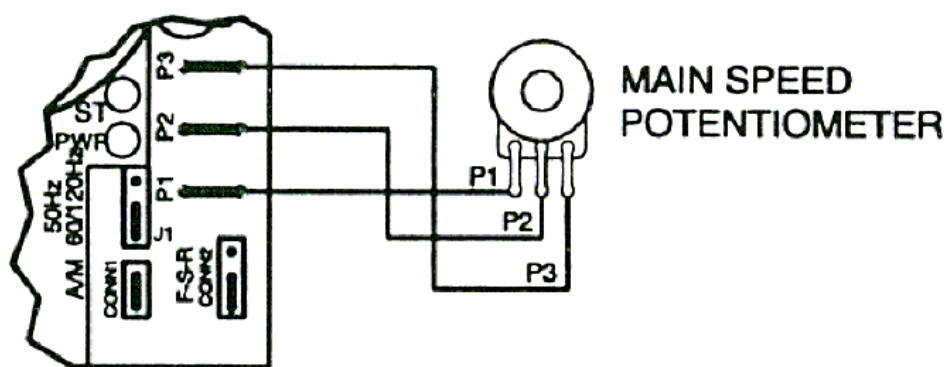
Η συνδεσμολογία του κυκλώματος φαίνεται στο Πίνακα 3 και στα Σχήματα

Ακροδέκτες	Σύνδεση
AC Γραμμή	L1, L2
Κινητήρας	U, V, W
Ποτενσιόμετρο	P1, P2, P3

Πίνακας 3: Συνδεσμολογία Ακροδεκτών.



Σχήμα 8: Σύνδεση κινητήρα και γραμμής τροφοδοσίας AC.



Σχήμα 9: Συνδεσμολογία Ποτενσιόμετρου Ρύθμισης Ταχύτητας

4. Κατάσταση Ενδεικτικών LED

Το κύκλωμα οδήγησης KBVF διαθέτει δύο ενδεικτικά LED. Το πρώτο LED (ST) είναι τριών χρωμάτων και δείχνει κάποια βλάβη ή μια ανώμαλη κατάσταση λειτουργίας. Το δεύτερο LED (PWR) είναι ένα ενδεικτικό ηλεκτρικής ισχύος, το οποίο ανιχνεύει την ύπαρξη τάσεως στην είσοδο του κυκλώματος οδήγησης. Στο Πίνακα 4 φαίνεται η κατάσταση των Ενδεικτικών LED και η βλάβη στην οποία αντιστοιχούν.

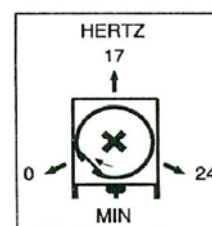
LED	Λειτουργία	Κατάσταση	Χρώμα LED
ST (Κατάσταση)	Κανονική Λειτουργία	Αργό αναβόσβημα	Πράσινο
	Όριο Ρεύματος CL	Μόνιμα	Κόκκινο
	Γτ	Γρήγορο αναβόσβημα	Κόκκινο
	Βραχυκύκλωμα	Αργό αναβόσβημα	Κόκκινο
	Υπόταση	Γρήγορο αναβόσβημα	Κόκκινο/Κίτρινο
	Υπέρταση	Μόνιμα	Κόκκινο/Κίτρινο
	Κράτηση	Μόνιμα	Κίτρινο
PWR (Ισχύς)	Τροφοδοτικό	Μόνιμα	Πράσινο

Πίνακας 4 : Κατάσταση ενδεικτικών LED κυκλώματος Οδήγησης

5. Κομβία Ρύθμισης Κυκλώματος Οδήγησης

α. Ελάχιστο Όριο Ταχύτητας (MIN).

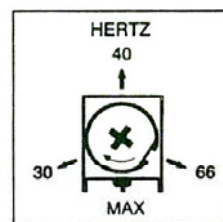
Το κομβίο MIN χρησιμοποιείται για να ρυθμισθεί η συχνότητα εξόδου του κυκλώματος για την οποία επιτυγχάνεται την ελάχιστη ταχύτητα στον κινητήρα. Η ρύθμιση του κομβίου MIN φαίνεται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10: Κομβίο MIN

β. Μέγιστο Όριο Ταχύτητας (MAX).

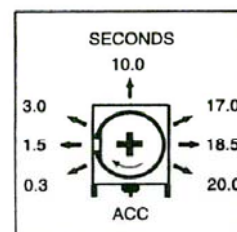
Το κομβίο MAX χρησιμοποιείται για να ρυθμισθεί η συχνότητα εξόδου του κυκλώματος για την οποία επιτυγχάνεται το μέγιστο όριο της ταχύτητας στο κινητήρα. Η ρύθμιση του κομβίου MAX φαίνεται στο Σχήμα 11.



Σχήμα 11: Κομβίο MAX

γ. Επιτάχυνση (ACC).

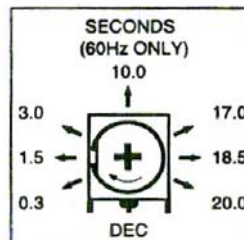
Το κομβίο ACC χρησιμοποιείται για να ρυθμισθεί ο χρόνος, που απαιτείται ώστε ο κινητήρας για να αναπτύξει την μέγιστη ταχύτητα του εκκινώντας από την ηρεμία. Εάν το κύκλωμα ρυθμιστεί σε μια μεγάλη σχετικά επιτάχυνση θα ενεργήσει ο περιοριστής ρεύματος CL ώστε να επιτευχθεί μια ομαλή εκκίνηση ή ομαλή μεταβολή της ταχύτητας. Η ρύθμιση του κομβίου ACC φαίνεται στο Σχήμα 12 .



Σχήμα 12 : Κομβίο ACC

δ. Επιβράδυνση (DEC).

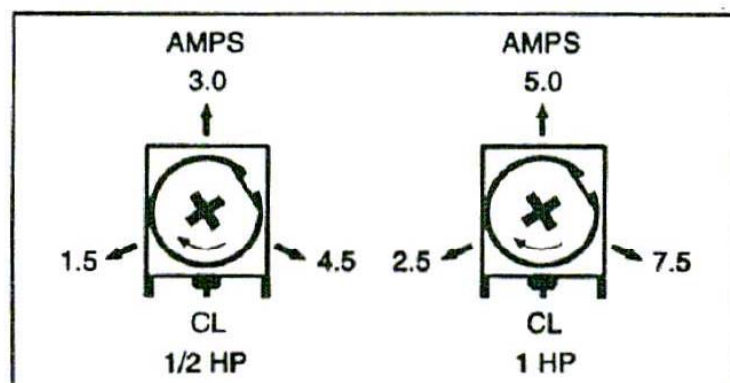
Το κομβίο DEC χρησιμοποιείται για να ρυθμισθεί ο χρόνος, που απαιτείται ώστε ο κινητήρας να μειώσει την ταχύτητα του από μέγιστη τιμή έως την ακινησία. Σε εφαρμογές με φορτία μεγάλης αδράνειας, το κύκλωμα επιβράδυνσης αυξάνει αυτόματα το χρόνο επιβράδυνσης, με συνέπεια να προστατεύεται το κύκλωμα από υπέρταση. Η ρύθμιση του κομβίου DEC φαίνεται στο Σχήμα 13.



Σχήμα 13 : Κομβίο DEC

Σημείωση: Συνιστάται για φορτία μεγάλης αδράνειας τα κομβία ACC και DEC να ρυθμίζονται κατ' ελάχιστον στα 10 δευτερόλεπτα.

ε. Περιοριστής Ρεύματος με I^2t Κράτηση (CL). Το κομβίο CL χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει το μέγιστο ρεύμα κινητήρα που εμφανίζεται στην περίπτωση που ο κινητήρας ακινητοποιείται λόγω υπερφόρτωσης του. Το κομβίο CL ρυθμίζεται στο 160% του μέγιστου ρεύματος λειτουργίας του κυκλώματος (3,8 amps για κινητήρες ½ HP, 6,8 amps για κινητήρες 1 HP). Η ρύθμιση του κομβίου



Σχήμα 14: Κομβίο CL

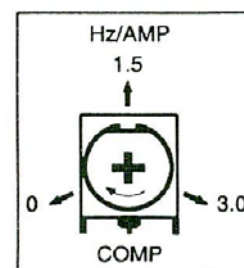
CL φαίνεται στο Σχήμα 14. Ο περιοριστής CL περιλαμβάνει επίσης τη λειτουργία κράτησης I^2t του κινητήρα σε περίπτωση υπερφόρτωσης του. Σε μια τέτοια περίπτωση το κύκλωμα θα κρατήσει σύμφωνα με το προκαθορισμένο ρεύμα συναρτήσει του χρόνου. Η καμπύλη κράτησης σχετίζεται άμεσα με τη ρύθμιση του CL και μπορεί να αλλάξει μεταβάλλοντας την ρύθμιση του κομβίου CL. Στο Πίνακα 5 φαίνεται η συσχέτιση της ρύθμισης του κομβίου CL και χρόνου κράτησης.

Ποσοστό (%) σημείου ρύθμισης	Χρόνος Κράτησης (λεπτά)	Ρυθμός Ελέγχου (%)	Ρεύμα Κινητήρα (amps/ Φάση)
100	0,1 (6'')	160	3,8
88	0,8	140	3,4
75	30	120	2,9
63	∞	100	2,4

Πίνακας 5: Ρύθμισης του κομβίου CL συναρτήσει του χρόνου κράτησης.

Στ. Συρρίκνωση Ολίσθησης (COMP).

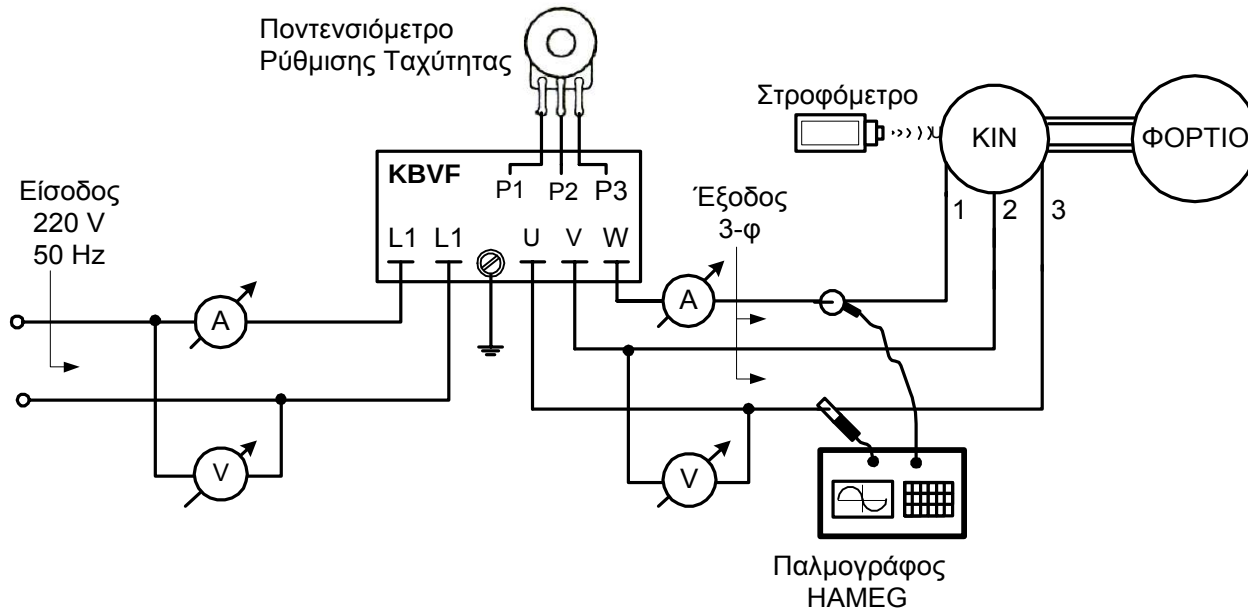
Το κομβίο COMP χρησιμοποιείται για να ρυθμίσει την ταχύτητα του κινητήρα, ώστε αυτή να παραμένει σταθερή σε μια συγκεκριμένη περιοχή μεταβολής του φορτίου. Το COMP είναι ρυθμισμένο στα 1,5 volts/Hz/amp και παρέχει κατάλληλη ρύθμιση ταχύτητας για τους περισσότερους κινητήρες. Η ρύθμιση του κομβίου COMP φαίνεται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15: Κομβίο COMP

ΜΕΡΟΣ Β: Διεξαγωγή Πειράματος/Μετρήσεις

1. Ρύθμιση των Στροφών του Επαγωγικού Κινητήρα



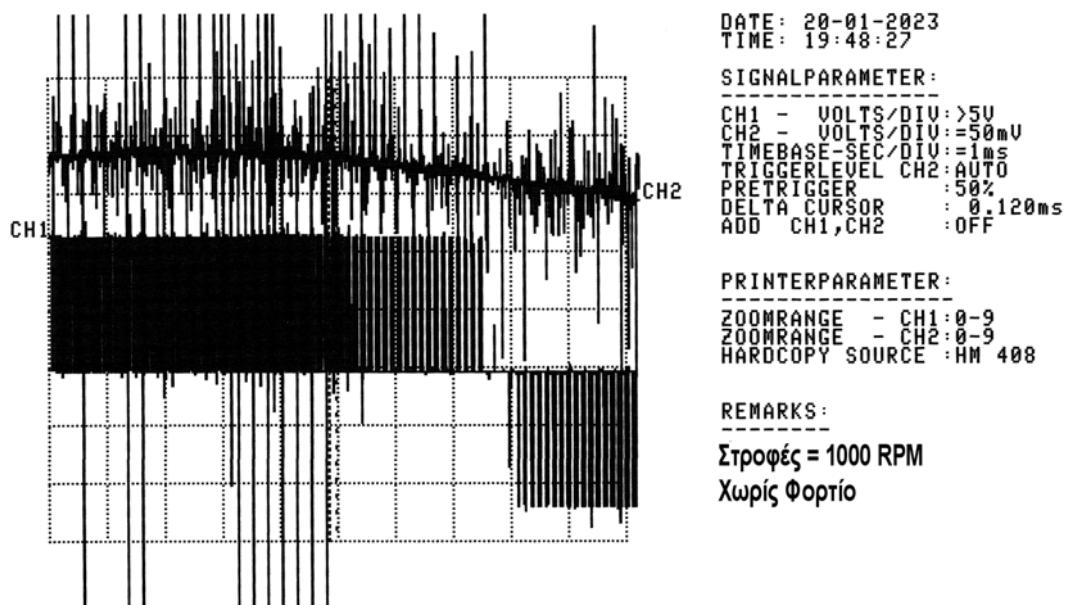
Σχήμα 18: Συνδεσμολογία μέτρησης και καταγραφής τάσεως και ρεύματος στην έξοδο του κυκλώματος οδήγησης.

Εκτελέστε την συνδεσμολογία του Σχήματος 18, τροφοδοτείστε την είσοδο της διάταξης με 220 V 50 Hz, στρέψατε το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας και παρατηρείστε ότι ο κινητήρας εκκινεί και αυξάνει στροφές μέχρι ένα μέγιστο αριθμό. Στο παλμογράφο Hameg παρατηρείστε και καταγράψτε τις κυματομορφές της τάσεως και ρεύματος με τις οποίες το κύκλωμα οδήγησης τροφοδοτεί τον κινητήρα για διάφορες στροφές και φορτία. Τέτοιες κυματομορφές φαίνονται στο Σχήμα 19. Παρατηρείστε την τεχνική της Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (PWM) της τάσης, με την οποία επιτυγχάνεται η ρύθμιση του πλάτους και της συχνότητας της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα, που έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη της ρύθμισης των στροφών του επαγωγικού κινητήρα.

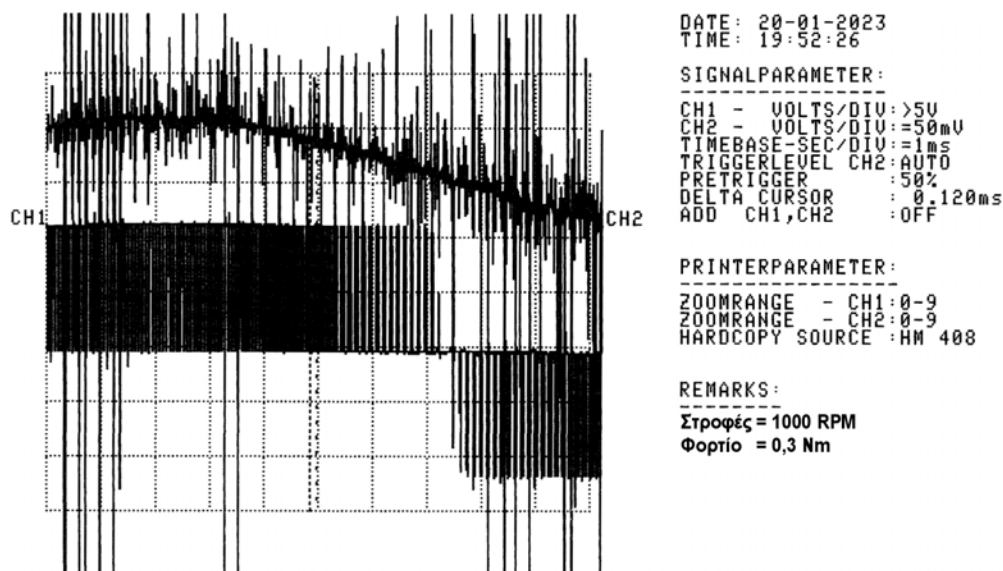
Ρυθμίστε τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα και συμπληρώστε το πίνακα 6 με τις τιμές τάσεως και ρεύματος που μετράτε στα αμπερόμετρα και βολτόμετρα στην είσοδο και έξοδο του κυκλώματος οδήγησης.

ΦΟΡΤΙΟ (Nm)		0		0.1		0.2		0.3	
ΣΤΡΟΦΕΣ (RPM)		V	I	V	I	V	I	V	I
600	Είσοδος								
	Έξοδος								
1000	Είσοδος								
	Έξοδος								
1400	Είσοδος								
	Έξοδος								
Μέγιστη	Είσοδος								
	Έξοδος								

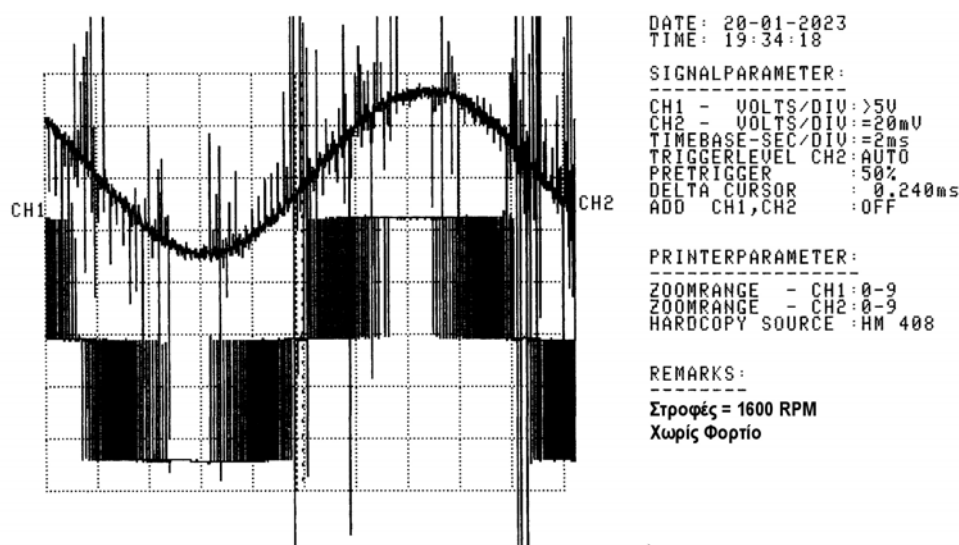
Πίνακας 6 : Μετρήσεις τάσεως και ρεύματος για διάφορες στροφές και το φορτία του κινητήρα



A



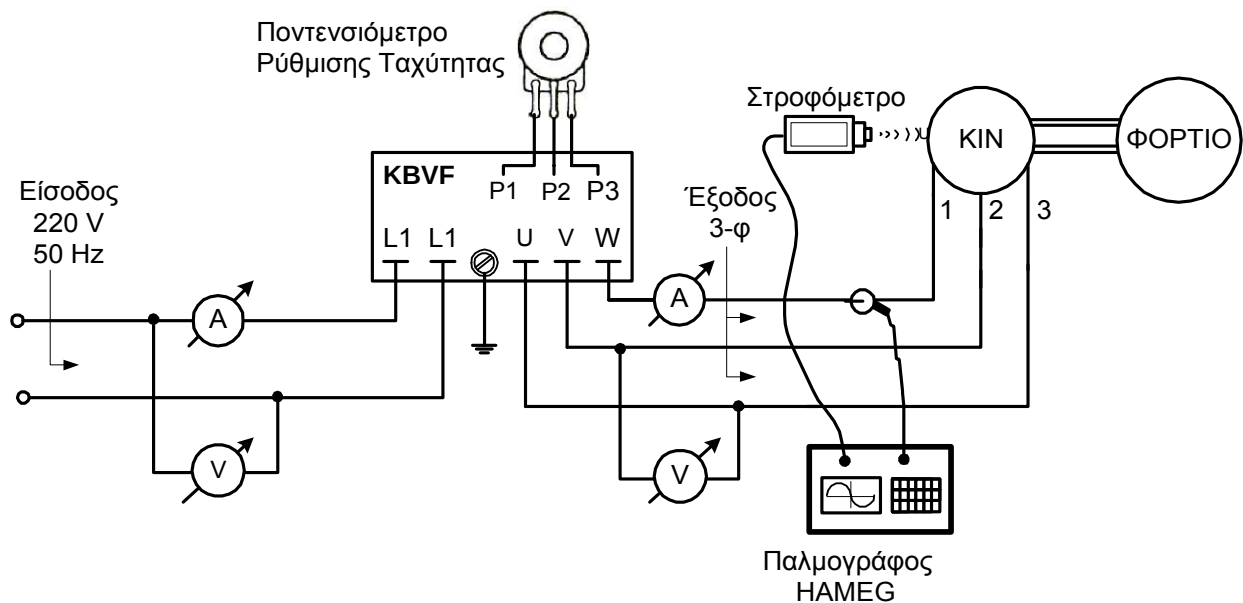
B



Γ

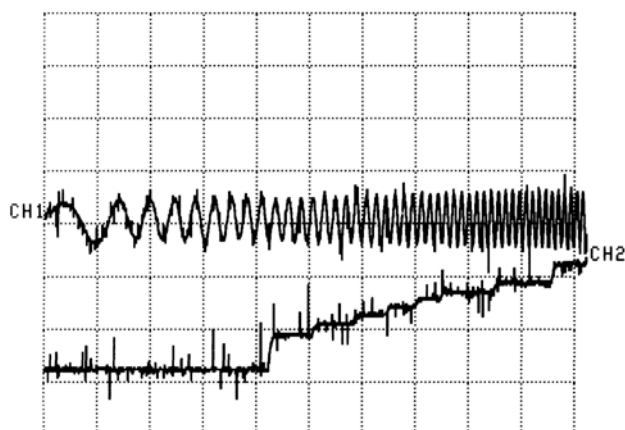
Σχήμα 19: Κυματομορφές της τάσεως και ρεύματος με τις οποίες το κύκλωμα οδήγησης τροφοδοτεί τον κινητήρα για διάφορες στροφές και φορτία. A: Στροφές 1000RPM, χωρίς φορτίο, B: Στροφές 1000 RPM, με φορτίο 0,3 Nm και Γ: Στροφές 1600RPM, χωρίς φορτίο,

Εν συνεχεία αποσυνδέσατε τον ακροδέκτη της τάσεως από την είσοδο του παλμογράφου Hameg και συνδέσατε σε αυτή το ηλεκτρονικό στροφόμετρο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 20. Εκκινήσατε το κινητήρα και μεταβάλατε τις στροφές του. Στο παλμογράφο Hameg παρατηρήσατε και καταγράψατε τη καμπύλη των στροφών και τη κυματομορφή του ρεύματος τροφοδοσίας του κινητήρα συναρτήσει της μεταβολής των στροφών του. Στο Σχήμα 21 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις. Παρατηρήσατε την μεταβολή της συχνότητας του ρεύματος τροφοδοσίας του κινητήρα συναρτήσει των στροφών του.



Σχήμα 20 : Συνδεσμολογία ρύθμιση της ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα

Στη συνέχεια θέσατε τον κινητήρα σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο στροφών και μεταβάλατε το φορτίο του με τη βοήθεια του ποτενσιόμετρου που υπάρχει στο ηλεκτροδυναμόμετρο. Παρατηρήσατε την μεταβολή των στροφών του κινητήρα με την μεταβολή του φορτίου του, καταγράψατε στον παλμογράφο το ρεύμα και τις στροφές του κινητήρα σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας του. Στο Σχήμα 22 υπάρχουν μερικές τέτοιες μετρήσεις.



DATE: 27-02-2002
TIME: 09:53:40

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=0.1V
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.2s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

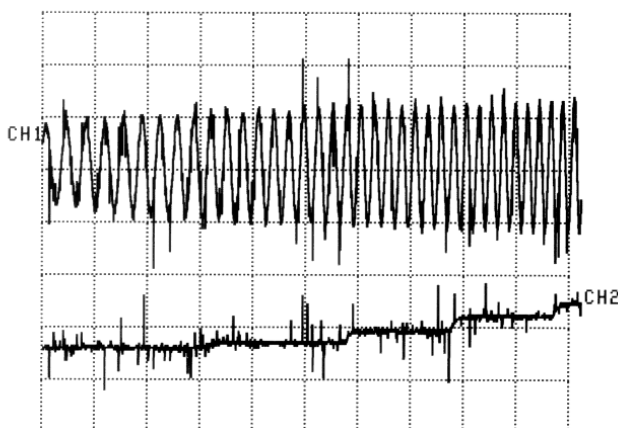
PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:



A



DATE: 27-02-2002
TIME: 10:02:51

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.1s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

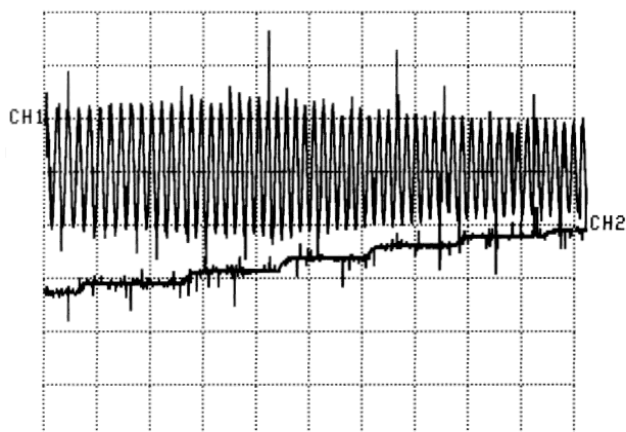
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

Αλλαγή ταχύτητας
από 500 σε 1000 RPM



B



DATE: 27-02-2002
TIME: 10:08:04

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.1s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

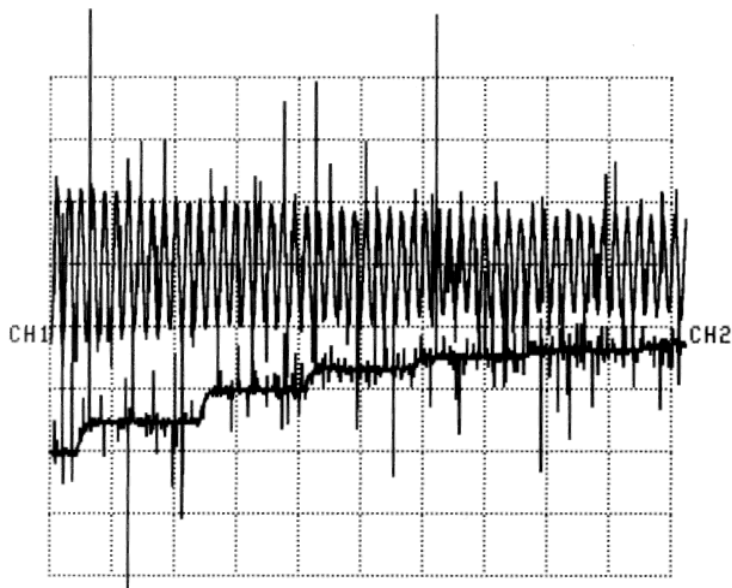
REMARKS:

Αλλαγή ταχύτητας
από 1000 σε 1600 RPM



Γ

Σχήμα 21: Κυματομορφές ρεύματος και στροφών για διαφορετικές Στροφές. A : Εκκίνηση, B: Αλλαγή στροφών από 500 σε 1000 RPM και Γ: Αλλαγή στροφών από 1000 σε 1600 RPM. Σημείωση: Η κράτηση φαίνεται στο Σχήμα 24 (DEC) Γ.



DATE: 27-02-2002
TIME: 12:14:21

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=20mV
TIMEBASE-SEC/DIV:RANGE
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

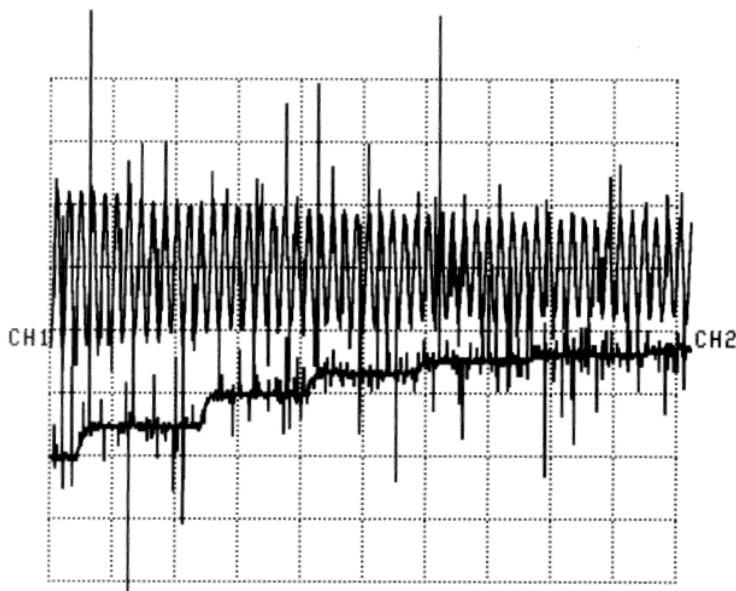
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

Αύξηση ταχύτητας (1000-1600 RPM)
λόγω μείωσης φορτίου (0,4 - 0 Nm)



A



DATE: 27-02-2002
TIME: 12:14:21

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=20mV
TIMEBASE-SEC/DIV:RANGE
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

Μείωση ταχύτητας (1600-1000 RPM)
λόγω μείωσης φορτίου (0,4 - 0 Nm)



B

Σχήμα 22: Κυματομορφές ρεύματος και στροφών για διαφορετικά φορτία στον κινητήρα στροφές. A : Αύξηση των στροφών από 1000 σε 1600 RPM λόγω μείωσης του φορτίου από 0,4 σε 0 Nm , B: Μείωση των στροφών από 1600 σε 1000 RPM λόγω αύξησης του φορτίου από 0 σε 0,4 Nm.

2. Ρύθμιση του μέγιστου ορίου στροφών

Διατηρώντας την συνδεσμολογία του Σχήματος 20, και αφού σημειώσετε την αρχική ρύθμιση του κομβίου MAX, ρυθμίσατε το κομβίο σε διάφορες θέσεις. Για κάθε θέση του κομβίου MAX μεταβάλατε τις στροφές του κινητήρα με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας και παρατηρείστε στο στροφόμετρο την μέγιστη ταχύτητα, που επιτυγχάνει ο κινητήρας σε κάθε περίπτωση. Συμπληρώσατε τον πίνακα.7 με τη μέγιστη τιμή στροφών (RPM) του κινητήρα, που επιτυγχάνεται για κάθε περίπτωση ρύθμισης του κομβίου MAX και του φορτίου, που υπάρχουν στο πίνακα. Επαναφέρατε την ρύθμιση του κομβίου στην αρχική του θέση.

ΦΟΡΤΙΟ (Nm)	0	0,1	0,2	0,3
ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΟΜΒΙΟΥ MAX	MAX (RPM)	MAX (RPM)	MAX (RPM)	MAX (RPM)
Ελάχιστη				
Κανονική				
Μέγιστη				

Πίνακας 7: Μετρήσεις μέγιστης ταχύτητας για διάφορες ρυθμίσεις του του κομβίου MAX και του φορτίου

3. Ρύθμιση του ελάχιστου ορίου στροφών

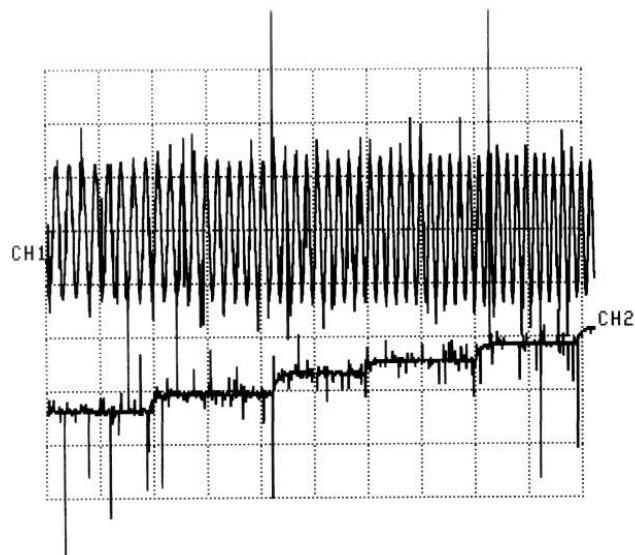
Στο Σχήμα 20 αφού σημειώσετε την αρχική ρύθμιση του κομβίου MIN ρυθμίσατε το κομβίο MIN, σε διάφορες θέσεις και μεταβάλατε τις στροφές του κινητήρα με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας και παρατηρήσατε στο στροφόμετρο την ελάχιστη ταχύτητα του κινητήρα για κάθε ρύθμιση του κομβίου MIN. Συμπληρώσατε τον παρακάτω πίνακα με την ελάχιστη τιμή στροφών (RPM) του κινητήρα, που επιτυγχάνεται για τις περιπτώσεις ρύθμισης του κομβίου MIN και του φορτίου, που υπάρχουν στο πίνακα. Επαναφέρατε την ρύθμιση του κομβίου στην αρχική του θέση.

ΦΟΡΤΙΟ (Nm)	0	0,1	0,2	0,3
ΡΥΘΜΙΣΗ ΚΟΜΒΙΟΥ MIN	MIN (RPM)	MIN (RPM)	MIN (RPM)	MIN (RPM)
Ελάχιστη				
Κανονική				
Μέγιστη				

Πίνακας 7: Μετρήσεις ελάχιστης ταχύτητας για διάφορες ρυθμίσεις του του κομβίου MIN και του φορτίου.

4. Ρύθμιση της επιτάχυνσης του κινητήρα

Στο Σχήμα 20 αφού σημειώσετε την αρχική ρύθμιση του κομβίου ACC, ρυθμίσατε το κομβίο σε διάφορες θέσεις. Με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας μεταβάλατε τις στροφές του κινητήρα και παρατηρήσατε στο παλμογράφο την επιτάχυνση του κινητήρα για κάθε ρύθμιση του κομβίου ACC. Στο Σχήμα 23. φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις για κανονική, μέγιστη και ελάχιστη θέση του κομβίου ACC. Επισημαίνεται, ότι εάν η ρύθμιση του κομβίου είναι πολύ υψηλή, θα ενεργήσει το κύκλωμα του περιοριστή ρεύματος CL, ώστε ο κινητήρας να επιταχύνει ομαλά, χωρίς ταλαντώσεις. Επαναφέρατε την ρύθμιση του κομβίου στην αρχική του θέση.



DATE: 27-02-2002
TIME: 11:03:15

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.1s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

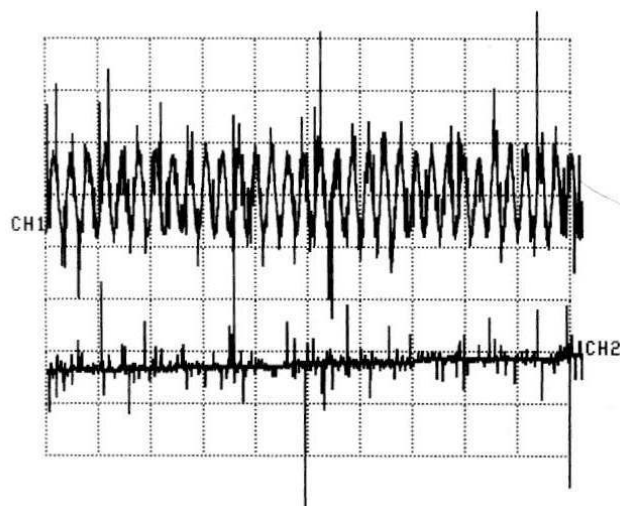
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

Κομβίο ACC σε θέση NORMAL



A



DATE: 27-02-2002
TIME: 11:04:41

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.1s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

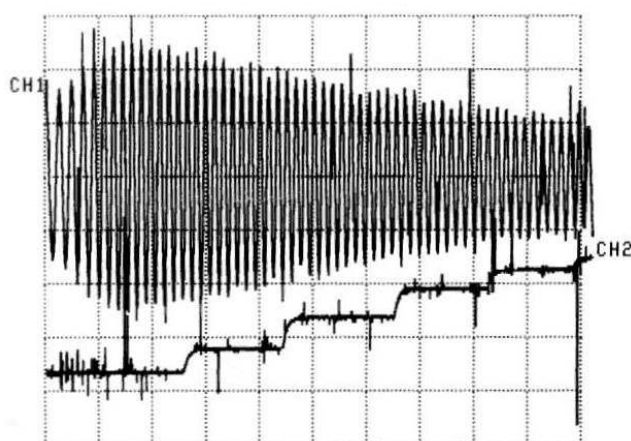
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

Κομβίο ACC σε θέση MIN



B



DATE: 27-02-2002
TIME: 11:06:48

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=40mV
CH2 - VOLTS/DIV:=40mV
TIMEBASE-SEC/DIV:=0.1s
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

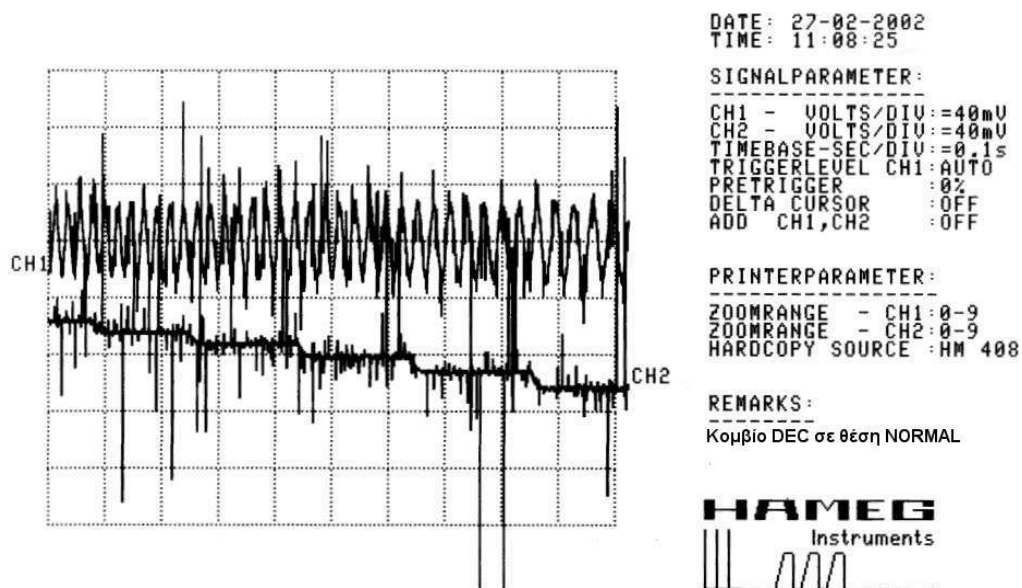
REMARKS:

Κομβίο ACC σε θέση MAX

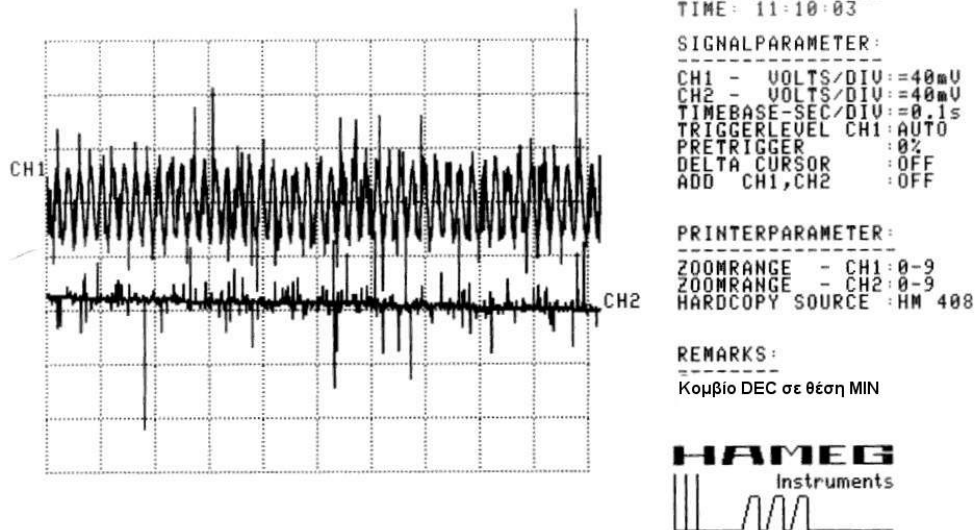


Γ

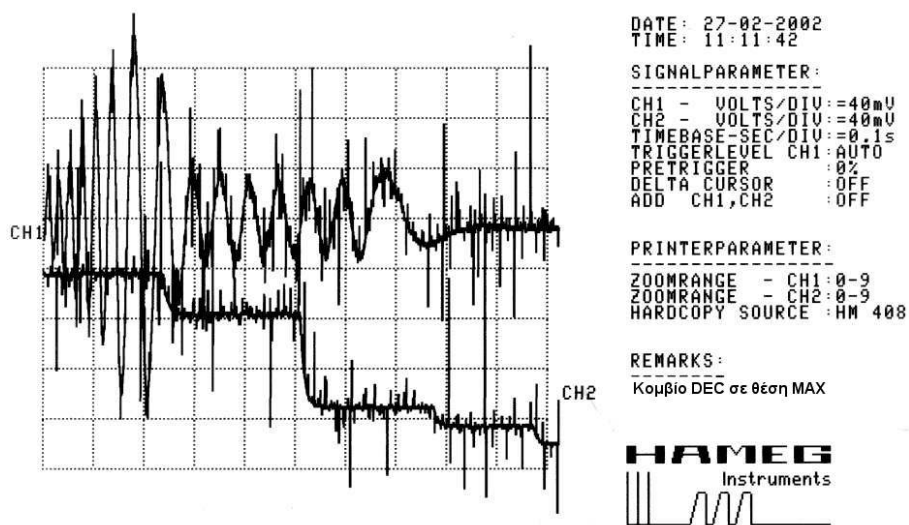
Σχήμα 23: Κυματομορφές ρεύματος και στροφών για διαφορετικές ρυθμίσεις του κομβίου ACC. A : Θέση Normal, B: Θέση MIN και Γ: Θέση MAX



A



B



Γ

Σχήμα 24: Κυματομορφές ρεύματος και στροφών για διαφορετικές ρυθμίσεις του κομβίου DEC. A : Θέση Normal, B: Θέση MIN και Γ: Θέση MAX

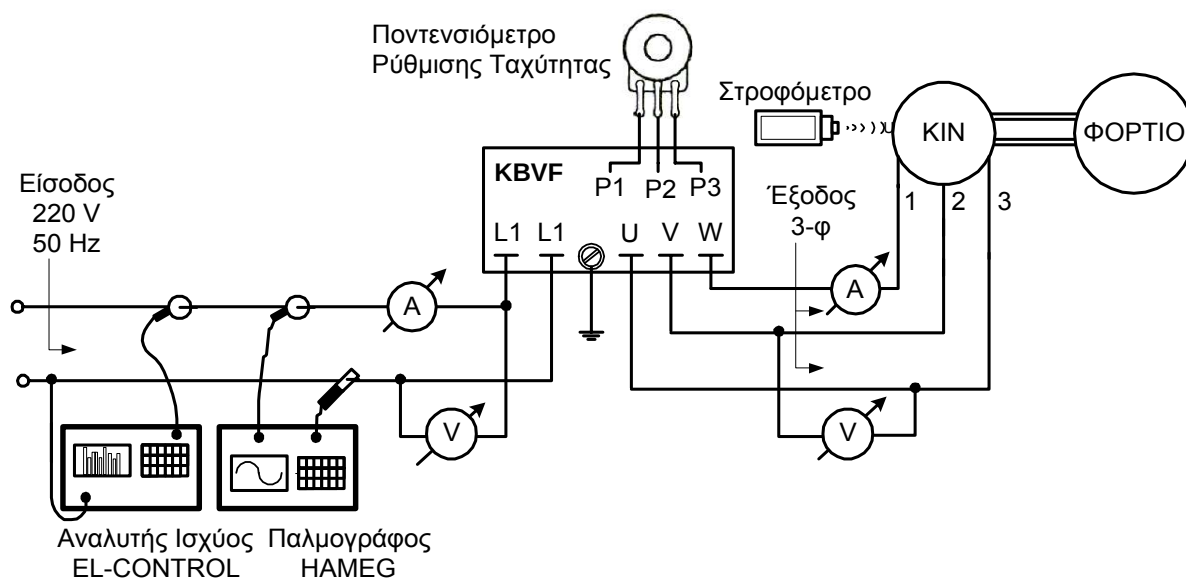
5. Ρύθμιση της επιβράδυνσης του κινητήρα

Στο Σχήμα 20, αφού σημειώσετε την αρχική ρύθμιση του κομβίου DEC, ρυθμίσατε το κομβίο DEC σε διάφορες θέσεις. Με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας μεταβάλατε τις στροφές του κινητήρα και παρατηρήσατε στο παλμογράφο την επιβράδυνση του κινητήρα για κάθε ρύθμιση του κομβίου DEC. Στο Σχήμα 24 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις για κανονική, ελάχιστη και μέγιστη ρύθμιση του κομβίου DEC. Και σε αυτή την περίπτωση, εάν η ρύθμιση του κομβίου είναι πολύ υψηλή (μέγιστη), θα ενεργήσει το κύκλωμα του περιοριστή ρεύματος CL, ώστε ο κινητήρας να επιβραδύνει ομαλά, χωρίς ταλαντώσεις. Τέλος, επαναφέρατε την ρύθμιση του κομβίου στην αρχική του θέση.

6. Μέτρηση αρμονικών ρεύματος και τάσεως

A. Στην Είσοδο του Κυκλώματος Οδήγησης

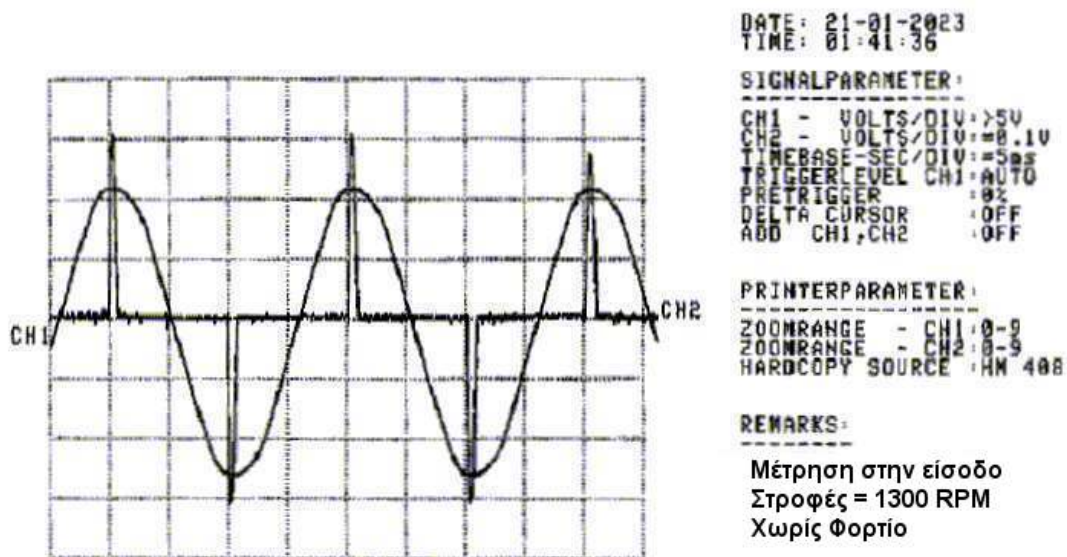
Εκτελέσατε την συνδεσμολογία του Σχήματος 25 δηλ. στην είσοδο του κυκλώματος οδήγησης KBVF συνδέσατε τον παλμογράφο Hameg και τον αναλυτή ισχύος EL-Control



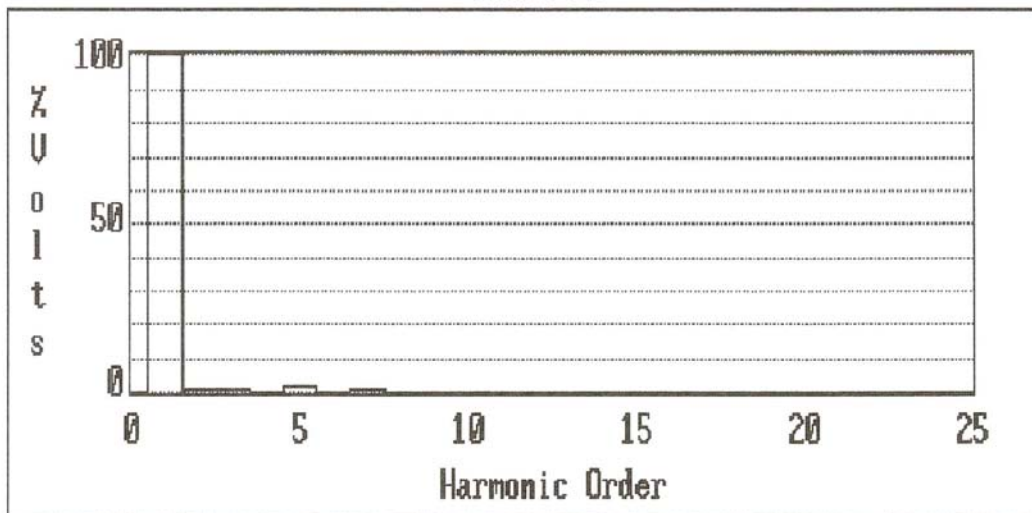
Σχήμα 25: Συνδεσμολογία μέτρησης αρμονικών ρεύματος και τάσεως στην είσοδο του κυκλώματος οδήγησης.

Χωρίς φορτίο στο κινητήρα, τροφοδοτήσατε το κύκλωμα οδήγησης και ρυθμίσατε με το ποτενσιόμετρο ρύθμισης ταχύτητας τις στροφές του κινητήρα του σε διάφορα επίπεδα με τη βοήθεια του στροφόμετρου. Παρατηρήσατε και καταγράψατε με τα όργανα Hameg και EL-Control τις κυματομορφές και αρμονικές ρεύματος και τάσεως στην είσοδο του κυκλώματος οδήγησης για τα διάφορα επίπεδα στροφών του κινητήρα. Στο Σχήμα 26 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις

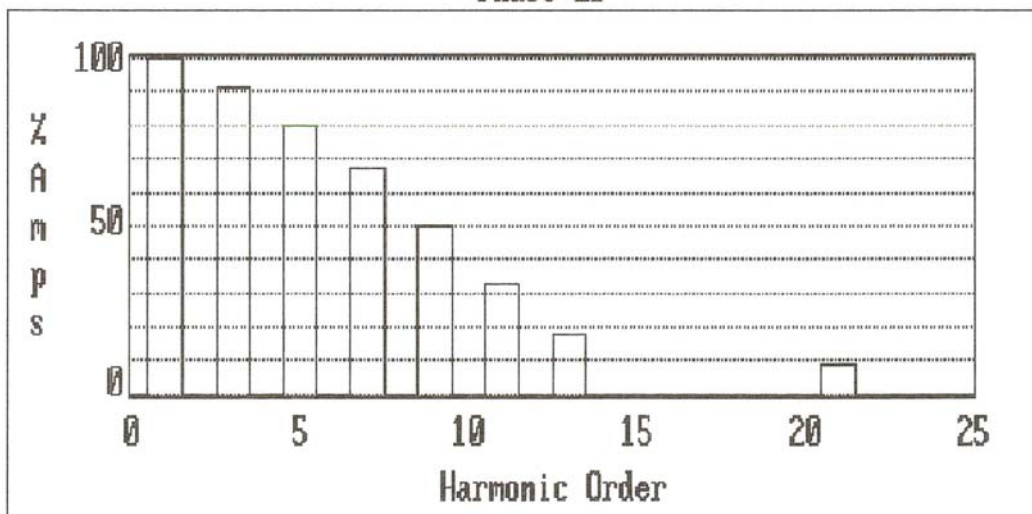
Για τον ίδιο αριθμό στροφών του κινητήρα, επαναλάβετε τις ανωτέρω μετρήσεις, θέτοντας το φορτίο του κινητήρα σε διάφορα επίπεδα. Στο Σχήμα 27 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις



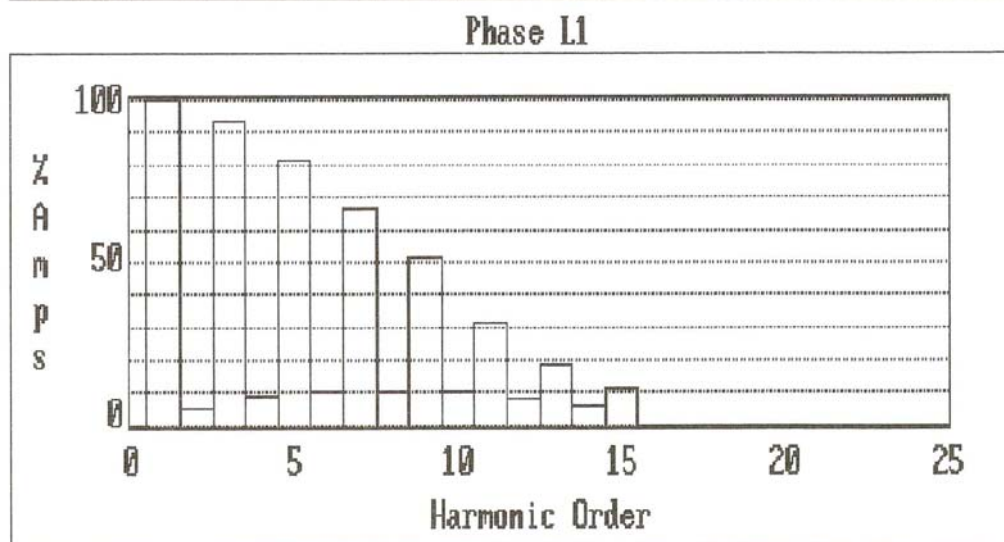
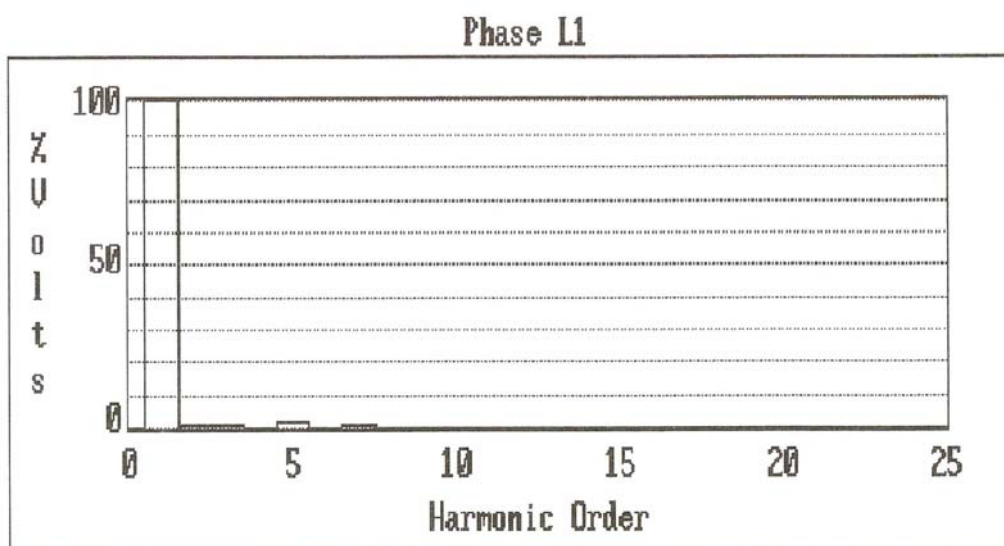
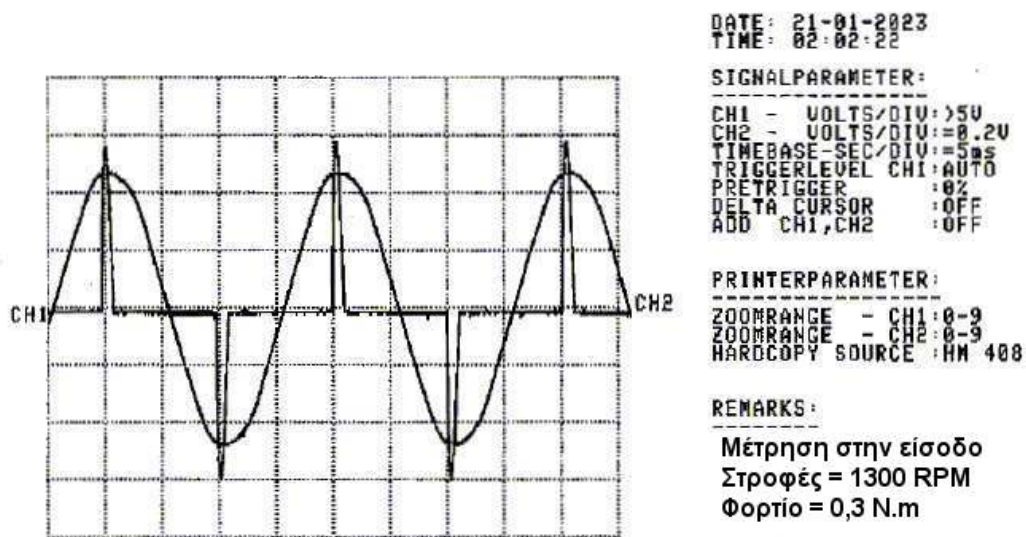
Phase L1



Phase L1



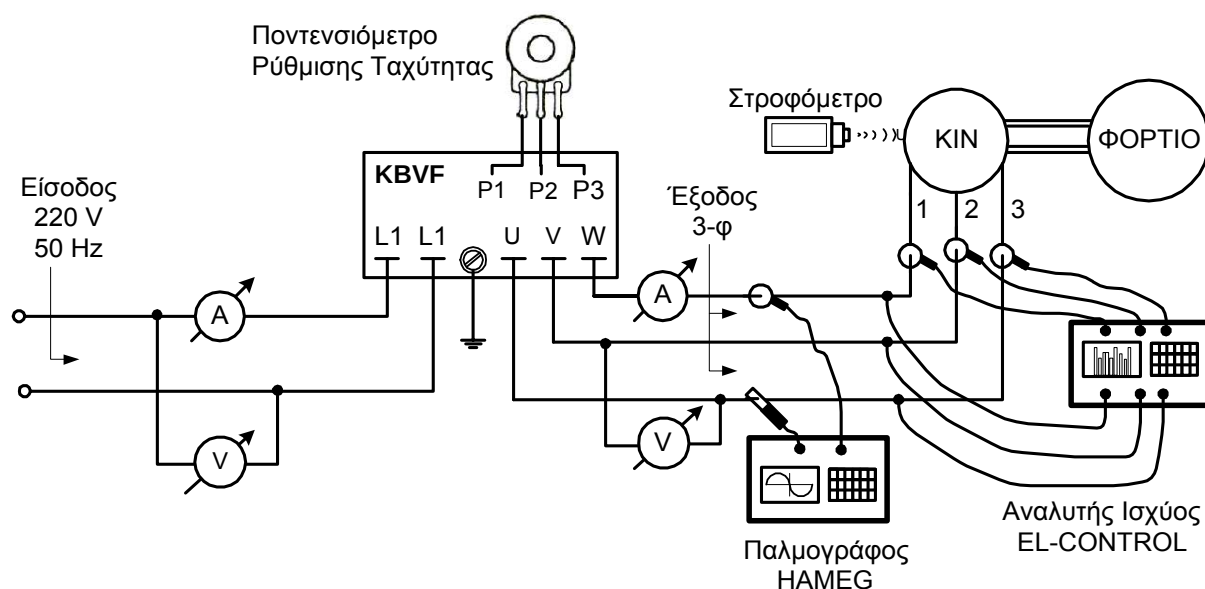
Σχήμα 26 : Κυματομορφές και Αρμονικές Τάσεως και ρεύματος στην είσοδο του Κυκλώματος Οδήγησης, στροφές 1300 RPM, χωρίς φορτίο.



Σχήμα 27 : Κυματομορφές και Αρμονικές Τάσεως και ρεύματος στην **είσοδο** του Κυκλώματος Οδήγησης, στροφές 1300 RPM, με Φορτίο 0,3 N.m

B. Στην Έξοδο του Κυκλώματος Οδήγησης

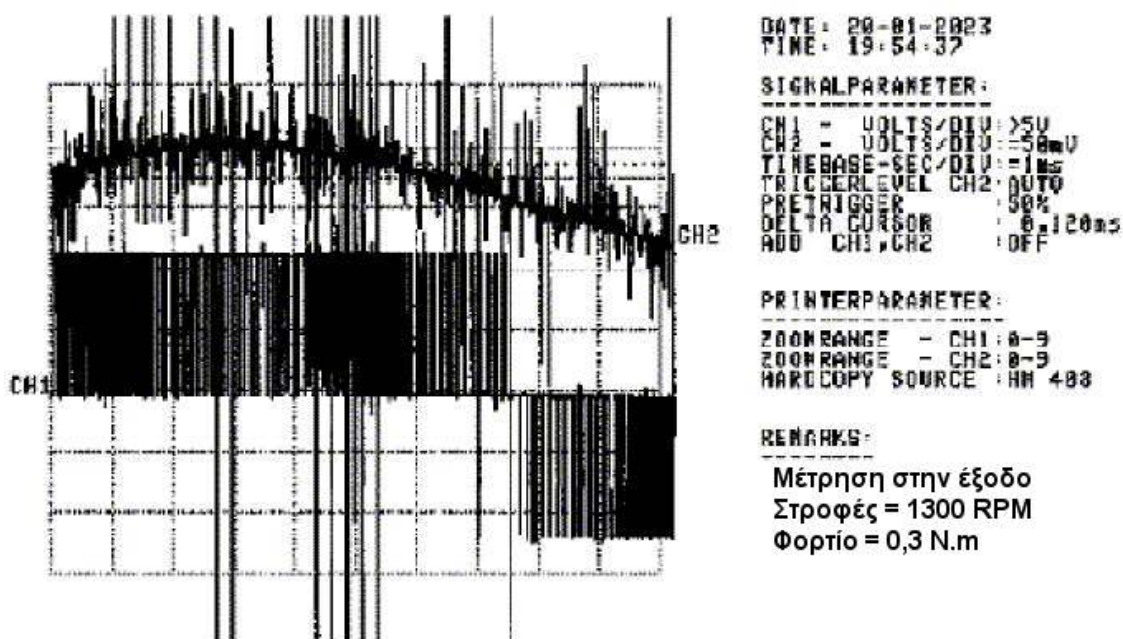
Εκτελέσατε την συνδεσμολογία του Σχήματος 28 δηλ. στην έξοδο του κυκλώματος οδήγησης KBVF συνδέστε τον παλμογράφο Hameg και τον αναλυτή ισχύος EL-Control.



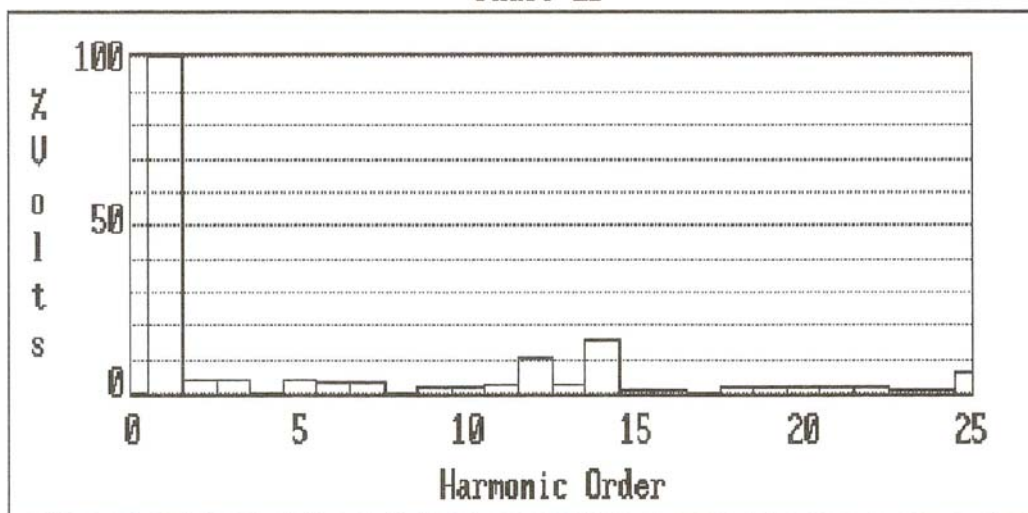
Σχήμα 28: Συνδεσμολογία μέτρηση αρμονικών ρεύματος και τάσεως στην έξοδο του κυκλώματος οδήγησης.

Εκτελέσατε ανάλογες μετρήσεις με αυτές που εκτελέσατε στην είσοδο του κυκλώματος οδήγησης για τα διάφορα επίπεδα στροφών και φορτίων του κινητήρα Στο Σχήμα 29 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις

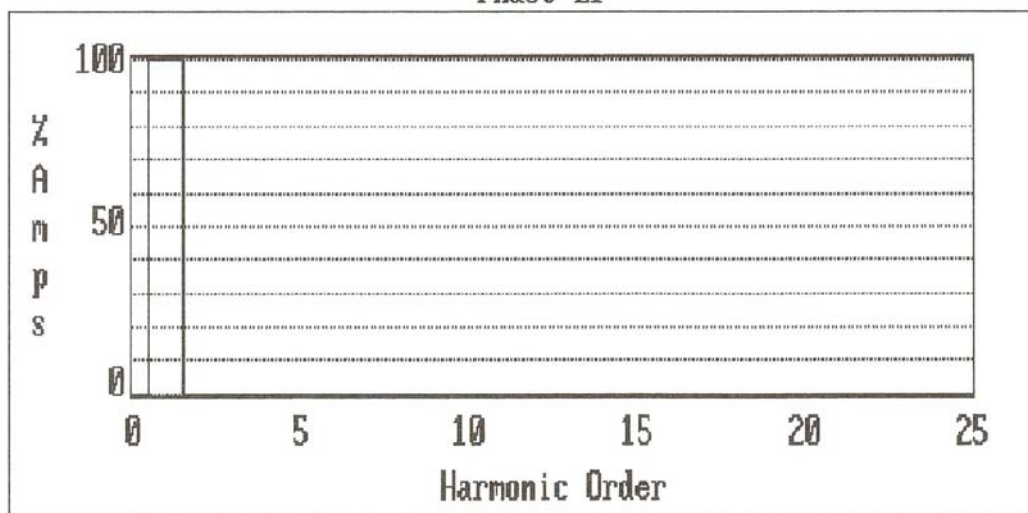
Για τον ίδιο αριθμό στροφών του κινητήρα, επαναλάβετε τις ανωτέρω μετρήσεις, θέτοντας το φορτίο του κινητήρα σε διάφορα επίπεδα. Στο Σχήμα 30 φαίνονται μερικές τέτοιες μετρήσεις



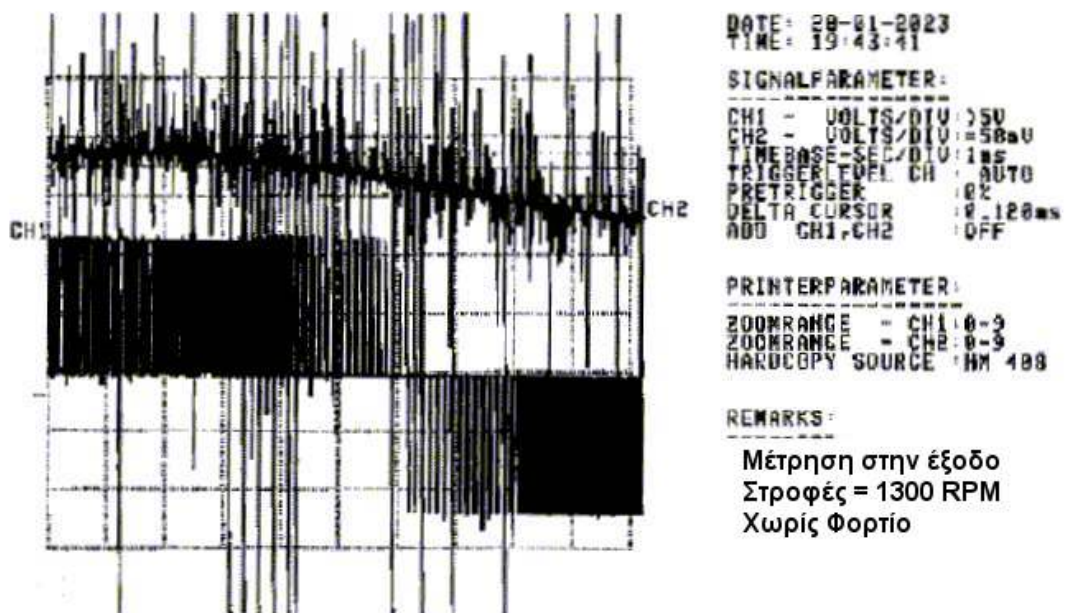
Phase L1



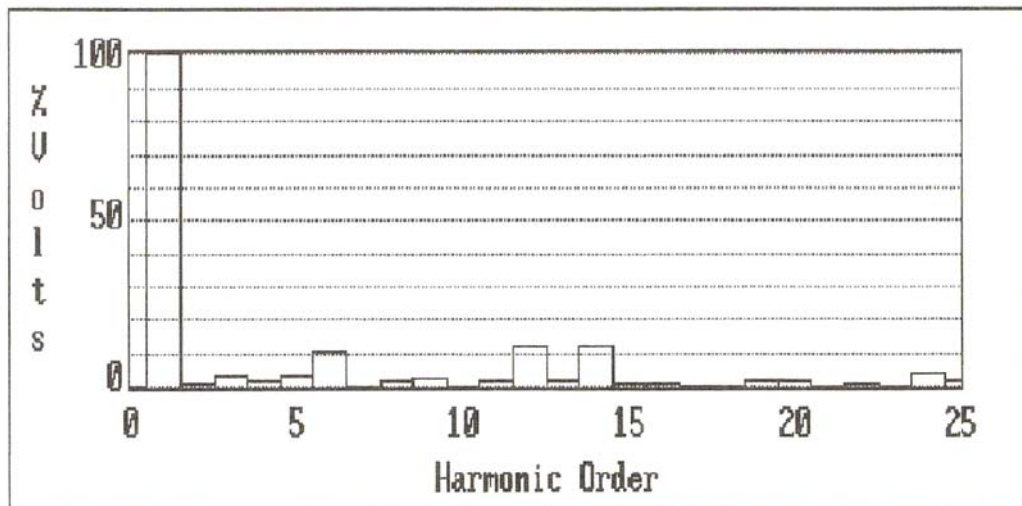
Phase L1



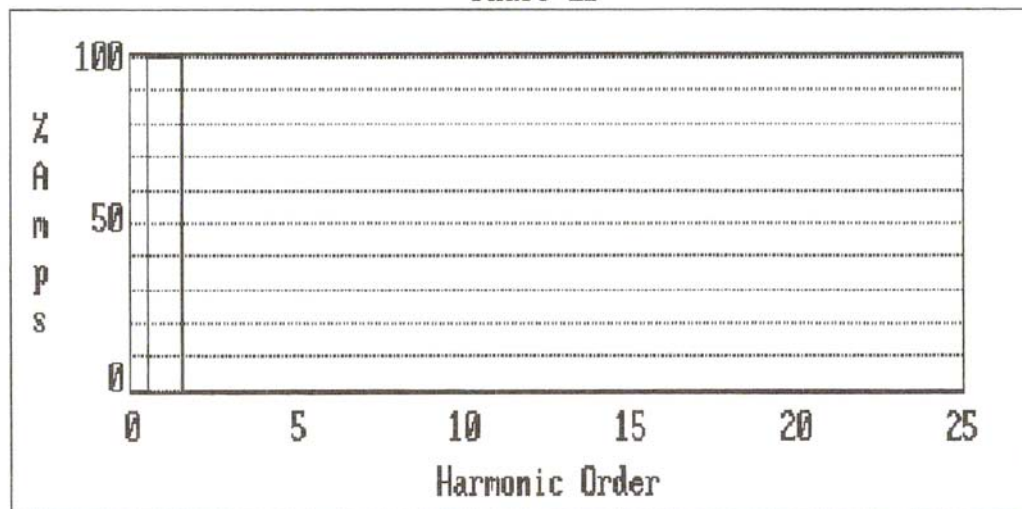
Σχήμα 29 : Κυματομορφές και Αρμονικές Τάσεως και ρεύματος στην έξοδο του Κυκλώματος Οδήγησης, στροφές 1300 RPM, με Φορτίο 0,3 N.m.



Phase L1



Phase L1



Σχήμα 30: Κυματομορφές και Αρμονικές Τάσεως και ρεύματος στην έξοδο του Κυκλώματος Οδήγησης, στροφές 1300 RPM, χωρίς φορτίο.

VII. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ

1. Με ποιο τρόπο επιτυγχάνει τη Ρύθμιση στροφών επαγωγικών κινητήρων το κύκλωμα οδήγησης που χρησιμοποιήθηκε στο εργαστήριο..
2. Περιγράψτε τη τεχνική Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών και ένα κύκλωμα με το οποίο δημιουργείται μια τέτοια διαμόρφωση.
3. Τι προβλήματα στην ποιότητα του δικτύου τροφοδοσίας δημιουργούνται με την χρησιμοποίηση κυκλωμάτων που υλοποιούνται με ηλεκτρονικά ισχύος.
4. Τι δυνατότητες ρυθμίσεων διαθέτει
5. Με ποιο τρόπο το κύκλωμα οδήγησης του εργαστηρίου, αντιμετωπίζει τις ταλαντώσεις στις στροφές του κινητήρα σε περίπτωση απότομων μεταβολών του φορτίου ή των στροφών του.

VIII. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

(Παρατηρήσεις ΚΑΘΗΓΗΤΗ)