

Σ.Ν.Δ.

ΕΛΡΑ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ SCHRAGE

Ν. ΔΟΚΙΜΟΣ :

Μέλη Ομάδας :
:
:
:

ΕΤΟΣ/ΤΜΗΜΑ :

Τετράμηνο /Εκπ. Έτος :

Ημερομηνία πειράματος :

Θέση εργασίας :

Σ.Ν.Δ.

ΕΔΡΑ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Κινητήρας SCHRAGE

Στην προετοιμασία του πειράματος αυτού συμμετείχαν οι:

Η. ΓΡΑΒΑΛΟΥ
Ι.Κ. ΧΑΤΖΗΛΑΟΥ
Ι. ΠΡΟΥΣΑΛΙΔΗΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ι.Κ. Χατζηλάου
« Ηλεκτρικές μηχανές », ΣΝΔ 1998
2. Th. Wildi, J. Marcotte
“The Schrage Motor”, Lab-Volt Ltd, 2001

ΕΚΔΟΣΗ 2004

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ SCHRAGE

I. ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Σκοπός της εργαστηριακής άσκησης είναι η μελέτη του τριφασικού κινητήρα Schrage.

II. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Επαγωγικοί κινητήρες
- Μηχανές συνεχούς ρεύματος

III. ΟΡΓΑΝΑ / ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΟΥΝ

- Παλμογράφος HAMEG
- Καταγραφικό HAMEG
- Αμπεροτσιμπίδες CHAUVIN ARNOUX
- Στροφόμετρο HIOKI 3404
- Εργαστηριακή Τράπεζα Labvolt με τροφοδοτικό EMS 8821-15, κινητήρα Schrage 8234-05, δυναμόμετρο 8919, βατόμετρο 8441, αμπερόμετρο 8425
- Πολύμετρο Metrix MX24B

IV. ΠΕΙΡΑΜΑ

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

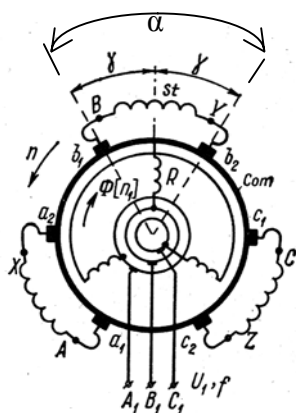
Ο κινητήρας Schrage είναι ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας τυλιγμένου δρομέα, με δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας.

Στο δρομέα υπάρχουν δύο τυλίγματα:

- Ένα τριφασικό τύλιγμα (πρωτεύον τύλιγμα) σε σύνδεση αστέρα, το οποίο τροφοδοτούμε από τριφασική πηγή μέσω τριών δακτυλίων ολίσθησης.
- Ένα ρυθμιστικό τύλιγμα παρόμοιο με αυτό μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος, το οποίο συνδέεται με τους τομείς του συλλέκτη.

Στο στάτη υπάρχει τριφασικό τύλιγμα (δευτερεύον τύλιγμα). Τα άκρα των τριών τυλιγμάτων καταλήγουν σε ψήκτρες που εφάπτονται στο συλλέκτη.

Στο ρυθμιστικό τύλιγμα του δρομέα δημιουργείται τάση από επαγωγή η οποία τροφοδοτεί τα τυλίγματα του στάτη μέσω των τριών ζευγών ψηκτρών. Το μέγεθος και η συχνότητα της επαγωγικής αυτής τάσης ρυθμίζεται μετατοπίζοντας τη σχετική θέση των ψηκτρών (γωνία α). Με αυτό τον τρόπο ρυθμίζεται η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα.



Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα (r/min) είναι

$$n = \frac{120(f_r \pm f_s)}{P} \quad (1)$$

όπου

f_s είναι η συχνότητα των ρευμάτων στο στάτη (Αυτή μεταβάλλεται)

f_r είναι η συχνότητα των ρευμάτων στο δρομέα (Σταθερή 50 Hz)

P είναι ο αριθμός των πόλων (εδώ $P=4$)

$\pm$ το πρόσημο εξαρτάται από τη σχετική ακολουθία των φάσεων στα τριφασικά τυλίγματα του δρομέα και του στάτη. Από την (1)

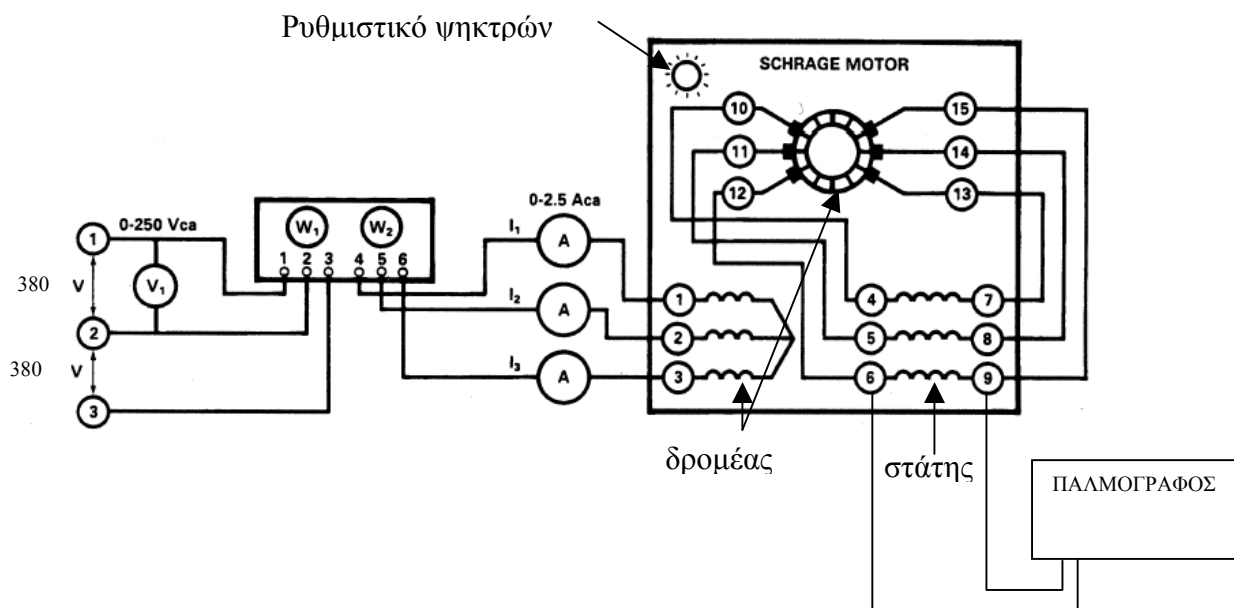
προκύπτει ότι η συχνότητα στο στάτη θα είναι

$$f_s = \pm \left(\frac{nP}{120} - f_r \right) \quad (2)$$

2. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

ΜΕΡΟΣ Α -ΜΕΛΕΤΗ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ

Σκοπός του Α μέρους του πειράματος είναι η μελέτη της συμπεριφοράς του κινητήρα χωρίς φορτίο. Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος

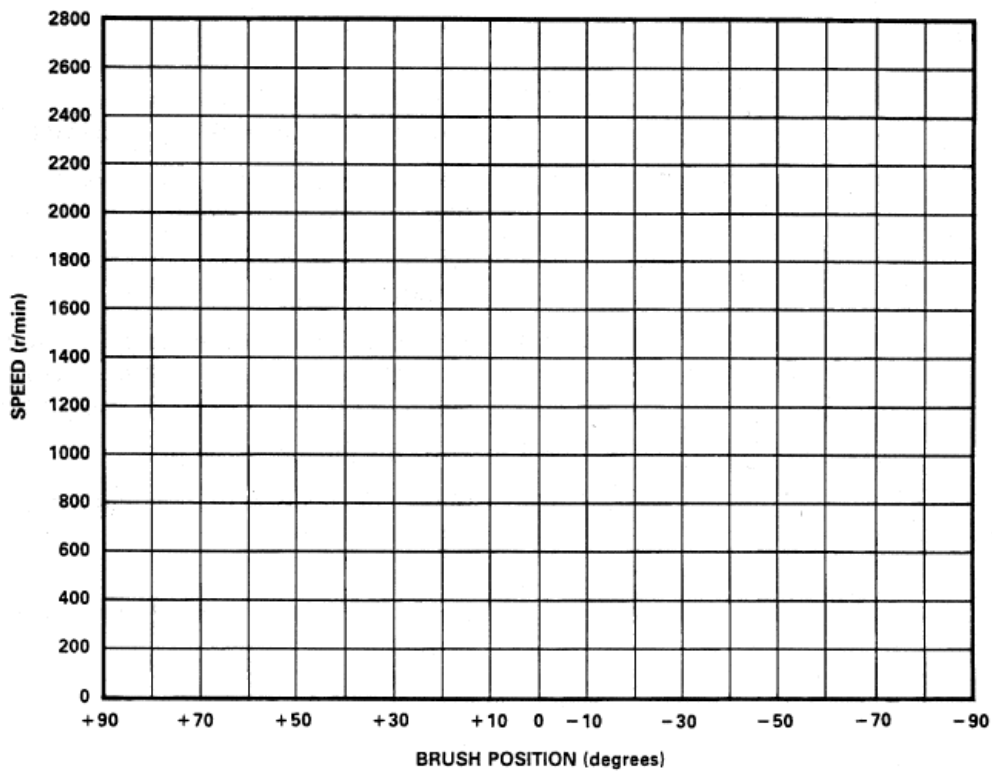


Στους ακροδέκτες 1, 2 και 3 καταλήγει το τριφασικό τύλιγμα του δρομέα (σύνδεση αστέρα), το οποίο τροφοδοτούμε με τριφασική τάση 380V. Η αρχή των τριών φάσεων του στάτη, δηλ. οι ακροδέκτες 4,5 και 6 συνδέονται με τις ψήκτρες 10,11 και 12 αντίστοιχα, ενώ το τέλος κάθε φάσης δηλ. οι ακροδέκτες 7, 8 και 9 συνδέονται στους ακροδέκτες 13, 14 και 15 αντίστοιχα.

Μεταβάλλετε τη σχετική θέση των ψηκτρών, από το ρυθμιστικό της διάταξης, ξεκινώντας από τις $+90^\circ$, και καταγράψτε στον ακόλουθο πίνακα την ταχύτητα, την τάση και το ρεύμα γραμμής καθώς και τις ενδείξεις του βαττομέτρου, για τη λειτουργία του κινητήρα χωρίς φορτίο. Παρακολουθήστε στον παλμογράφο την τάση σε ένα τύλιγμα του στάτη και καταγράψτε το πλάτος και τη συχνότητα της. Υπολογίστε την πραγματική ισχύ, τη φαινόμενη ισχύ και το $\cos\phi$, και συμπληρώστε τις τρεις τελευταίες στήλες του πίνακα.

BRUSH POSITION	SPEED	LINE VOLTAGE	LINE CURRENT (average)	P ₁	P ₂	P ₁ + P ₂	APPARENT POWER	POWER FACTOR
DEGREES	r/min	V	A	W	W	W	VA	—
+90								
+70								
+50								
+30								
+10								
0								
-10								
-30								
-50								
-70								
-90								

Σχεδιάστε τη μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα χωρίς φορτίο για τις διάφορες γωνίες των ψηκτρών



ΜΕΡΟΣ Β -ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ

Σκοπός του Β Μέρους είναι η μελέτη της συμπεριφοράς του κινητήρα καθώς μεταβάλλεται το φορτίο του, για τρεις διαφορετικές θέσεις των ψηκτρών.

Στη συνδεσμολογία του Α μέρους, συνδέστε το ηλεκτροδυναμόμετρο.

Θέσατε τη θέση των ψηκτρών στις $+50^0$. Θέσατε το ηλεκτροδυναμόμετρο στο 0.

Μεταβάλλετε τη ροπή φορτίου και μετρήστε και καταγράψτε την τάση, το ρεύμα γραμμής, την ταχύτητα και τις ενδείξεις του βαττομέτρου.

Υπολογίστε την πραγματική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας, την φαινόμενη ισχύ, τη μηχανική ισχύ που αποδίδει, το βαθμό απόδοσης και το συντελεστή ισχύος.

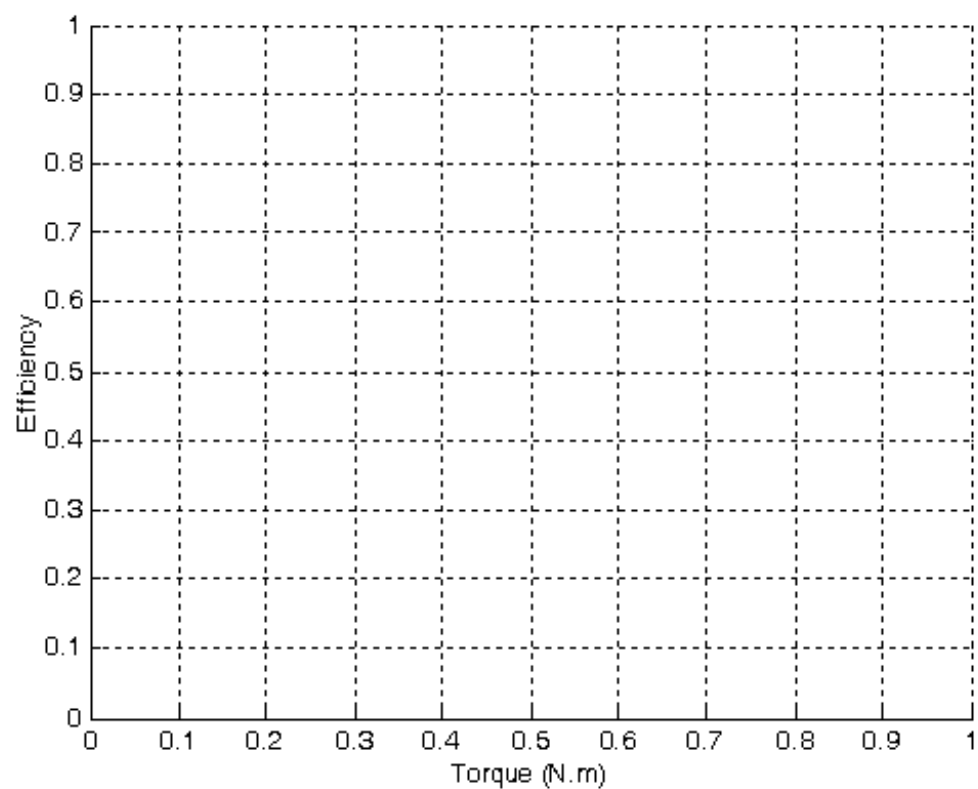
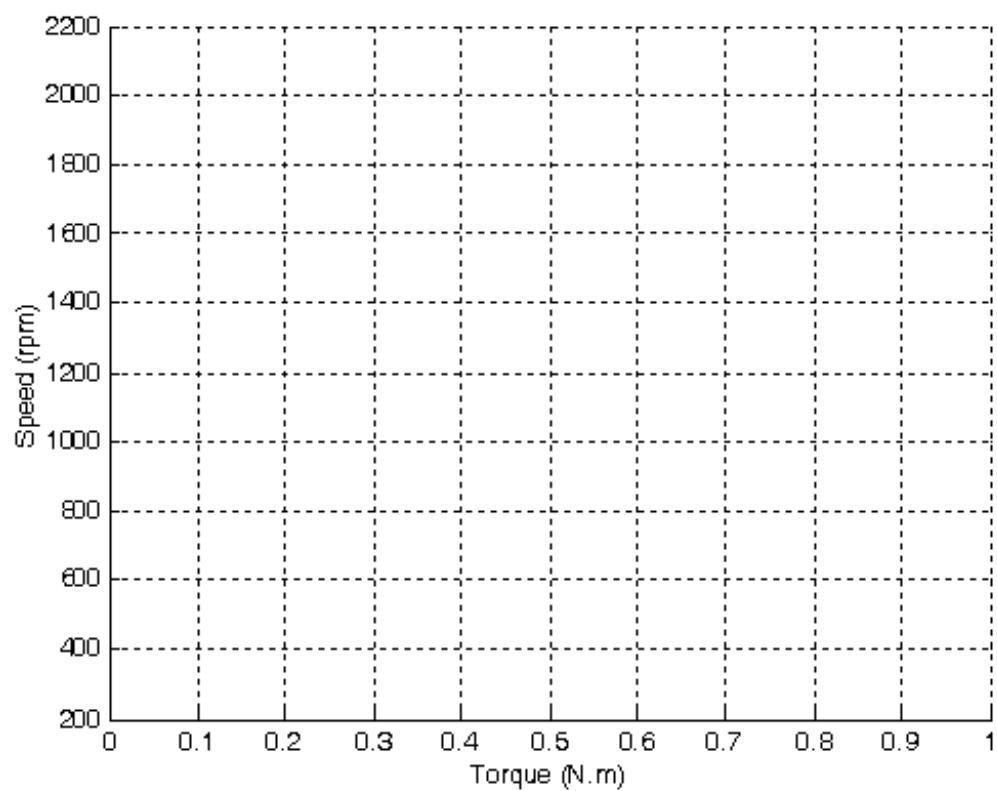
Επαναλάβετε για θέση ψηκτρών στις 0^0 και στις -50^0 .

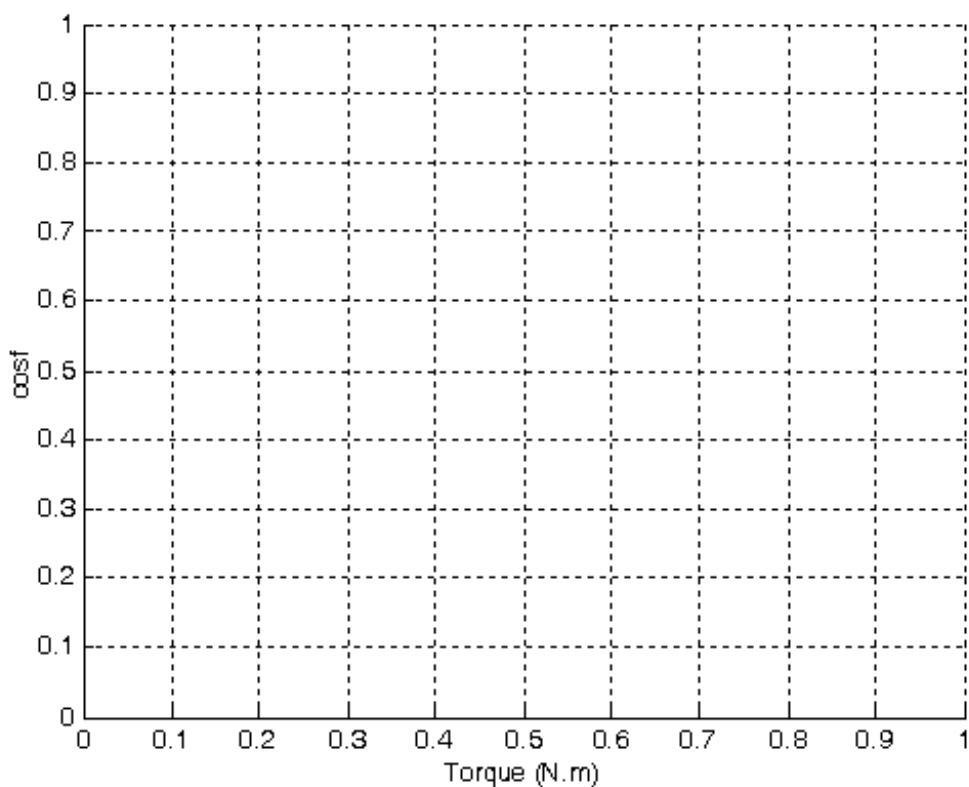
BRUSH POSITION	TORQUE	LINE VOLTAGE	LINE CURRENT (average)	SPEED	P ₁	P ₂	P = P ₁ + P ₂	APPARENT POWER	MECHANICAL POWER	EFFICIENCY	POWER FACTOR
DEGREES	N·m	V	A	r/min	W	W	W	VA	W	—	—
	0										
	0.2										
	0.4										
	0.6										
	0.8										
	1.0										

BRUSH POSITION	TORQUE	LINE VOLTAGE	LINE CURRENT (average)	SPEED	P ₁	P ₂	P = P ₁ + P ₂	APPARENT POWER	MECHANICAL POWER	EFFICIENCY	POWER FACTOR
DEGREES	N·m	V	A	r/min	W	W	W	VA	W	—	—
	0										
	0.2										
	0.4										
	0.6										
	0.8										
	1.0										

BRUSH POSITION	TORQUE	LINE VOLTAGE	LINE CURRENT (average)	SPEED	P ₁	P ₂	P = P ₁ + P ₂	APPARENT POWER	MECHANICAL POWER	EFFICIENCY	POWER FACTOR
DEGREES	N·m	V	A	r/min	W	W	W	VA	W	—	—
	0										
	0.2										
	0.4										
	0.6										
	0.8										
	1.0										

Σχεδιάστε τις καμπύλες μεταβολής της ταχύτητας με το φορτίο για τις τρεις γωνίες των ψηκτρών





ΜΕΡΟΣ Γ - ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΑΤΗ ΚΑΙ ΔΡΟΜΕΑ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ. ΡΕΥΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΚΚΙΝΗΣΗ.

Χρησιμοποιώντας δύο probe ρεύματος, παρακολουθείστε και καταγράψτε στον παλμογράφο τα ρεύματα στο δρομέα και στο στάτη του κινητήρα, για διάφορες καταστάσεις λειτουργίας, μετρώντας παράλληλα και την ταχύτητα περιστροφής. Συμπληρώστε τους πίνακες :

ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ

Γωνία ψηκτρών	Ταχύτητα περιστροφής (rpm)	Συχνότητα ρεύματος στάτη (Hz) (Μέτρηση)	Συχνότητα ρεύματος στάτη (Hz) (υπολογισμός από (2))
+90°			
0°			
-90°			

ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ 0.8 Nm

Γωνία ψηκτρών	Ταχύτητα περιστροφής (rpm)	Συχνότητα ρεύματος στάτη (Hz) (Μέτρηση)	Συχνότητα ρεύματος στάτη (Hz) (υπολογισμός από (2))
+50°			
0°			
-50°			

Παρακολουθήστε και καταγράψτε τα ρεύματα στο δρομέα (τροφοδοτούμενο) και στο στάτη (επαγόμενο), κατά την εκκίνηση του κινητήρα, για διάφορες θέσεις των ψηκτρών. Τι παρατηρείτε;

V. ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΝΩΣΕΩΝ

Τι είδους κινητήρας είναι ο κινητήρας Schrage: περιγράψτε το είδος των ρευμάτων λειτουργίας (ΕΡ/ΣΡ) στάτη και δρομέα;

Συγκρίνατε τον κινητήρα Schrage με έναν τριφασικό κινητήρα επαγωγικό (τυλιγμένου δρομέα ή κλωβού).

Συγκρίνατε τον κινητήρα Schrage με έναν κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος.

Περιγράψτε τα τυλίγματα στάτη και δρομέα ενός κινητήρα Schrage.

Εξηγήστε εάν και πώς είναι δυνατόν ο κινητήρας να λειτουργήσει σε ταχύτητες μεγαλύτερες της ονομαστικής.

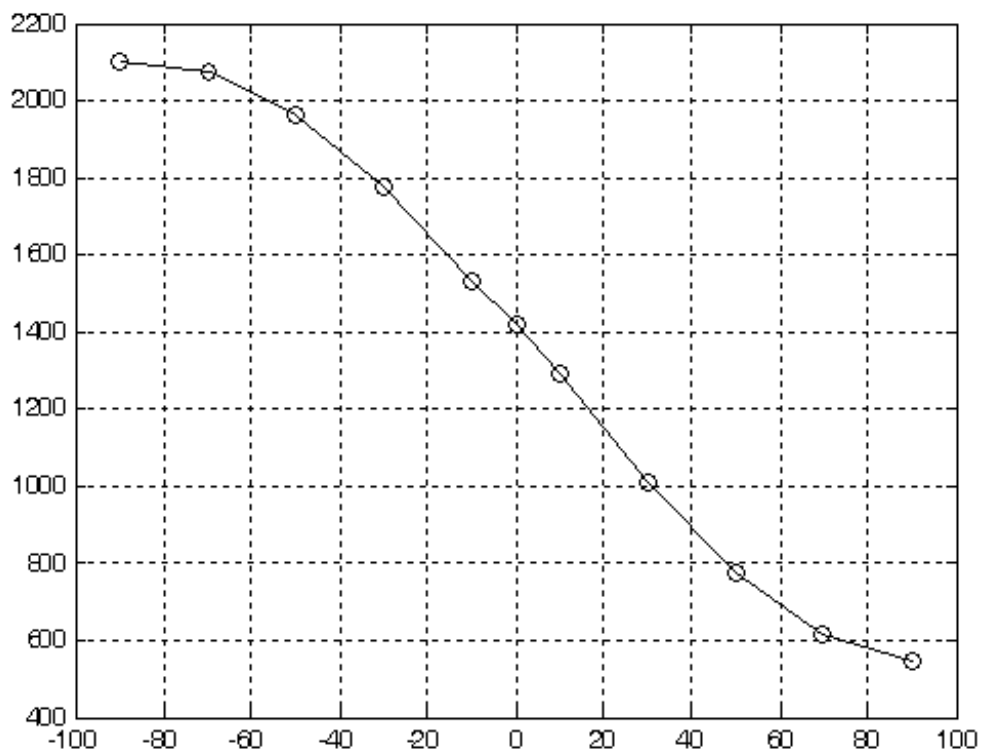
Πώς επηρεάζει η γωνία των ψηκτρών την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα Schrage σε συνθήκες λειτουργίας χωρίς φορτίο; Πού τίθενται οι ψήκτρες;

Ποια είναι η σχέση της μηχανικής ταχύτητας περιστροφής με την ηλεκτρική συχνότητα;

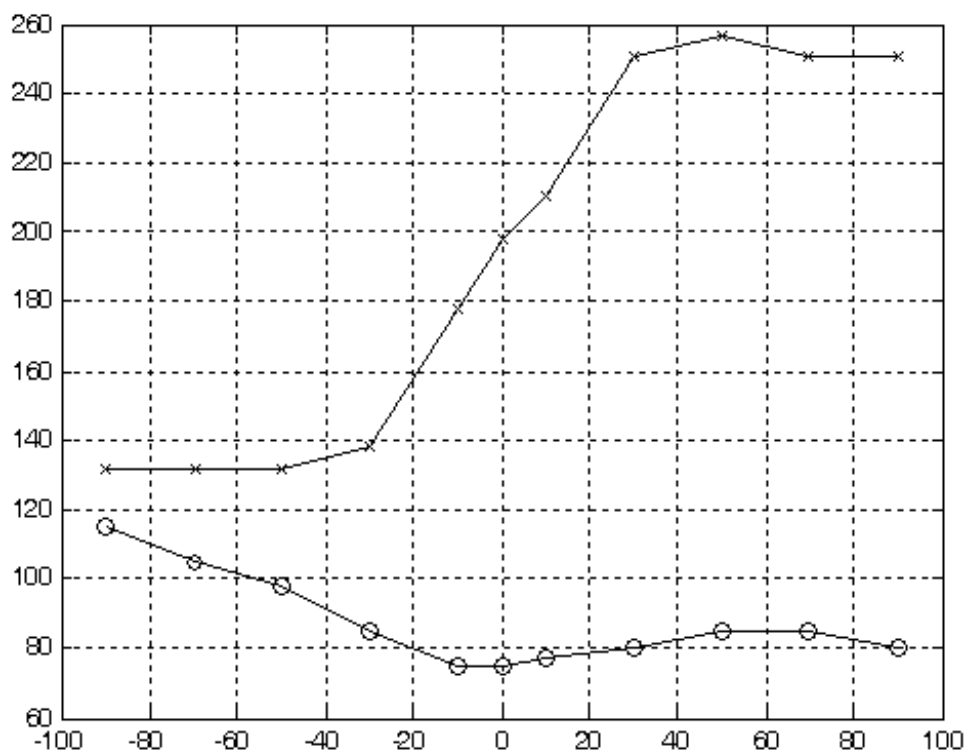
VI. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΜΕΡΟΣ Α

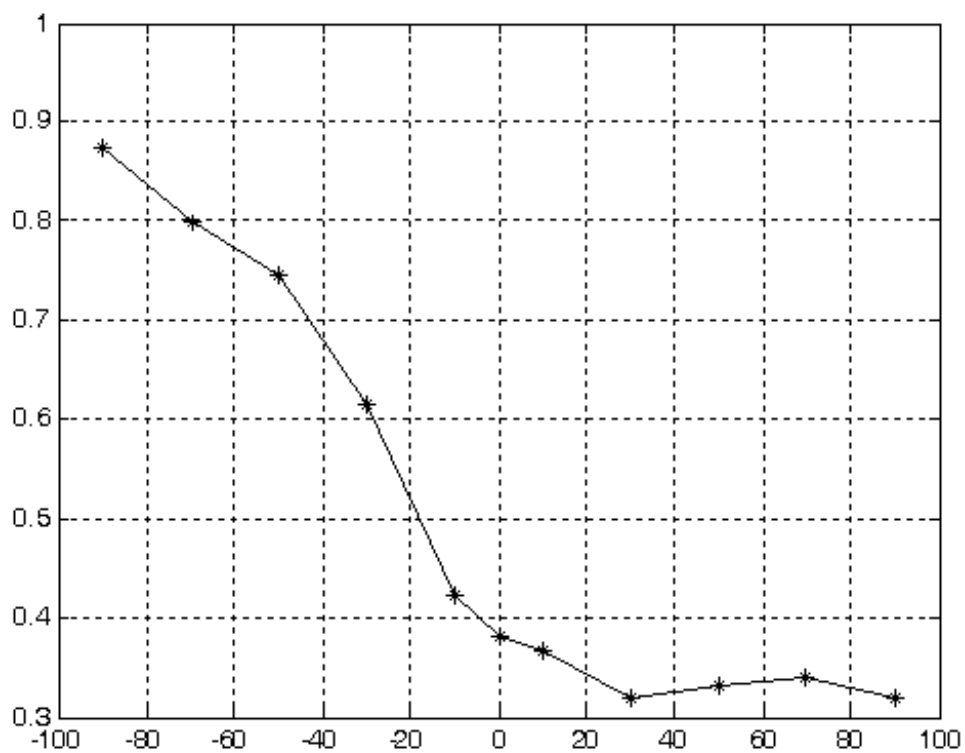
Μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα χωρίς φορτίο για διάφορες γωνίες των ψηκτρών.



Πραγματική και φαινόμενη ισχύς χωρίς φορτίο για διάφορες γωνίες των ψηκτρών:

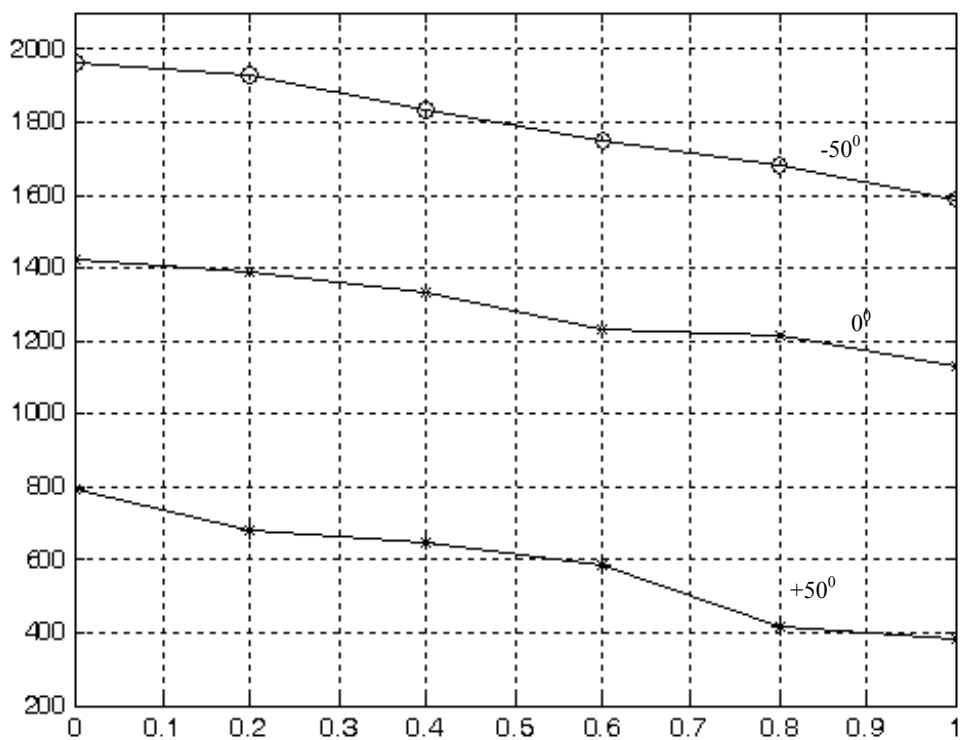


Συντελεστής ισχύος χωρίς φορτίο για διάφορες γωνίες των ψηκτρών:

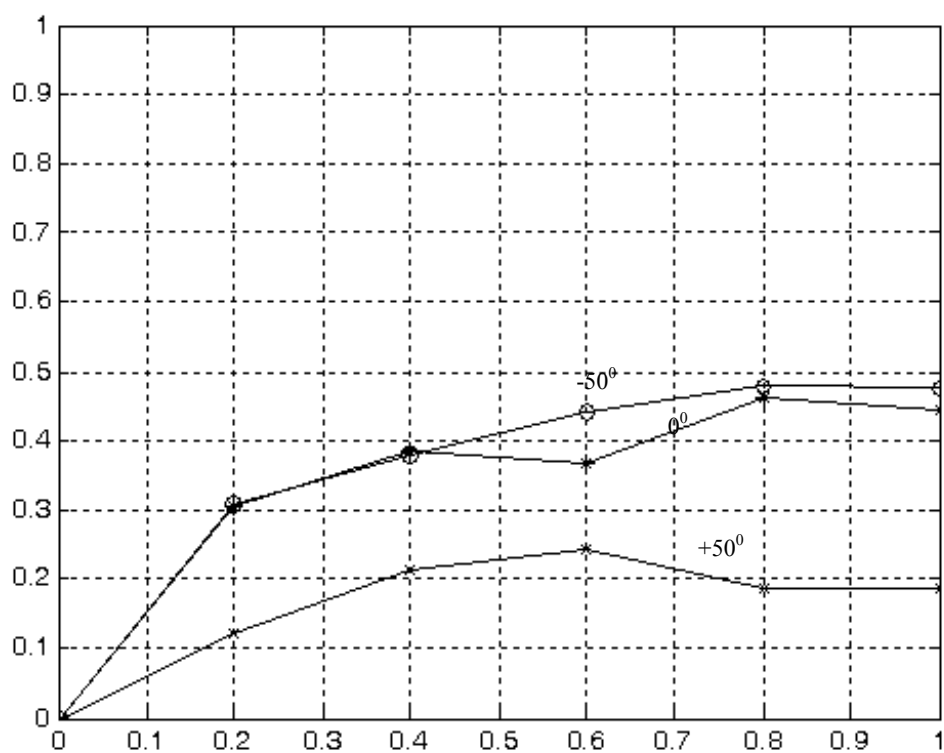


ΜΕΡΟΣ Β-ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ

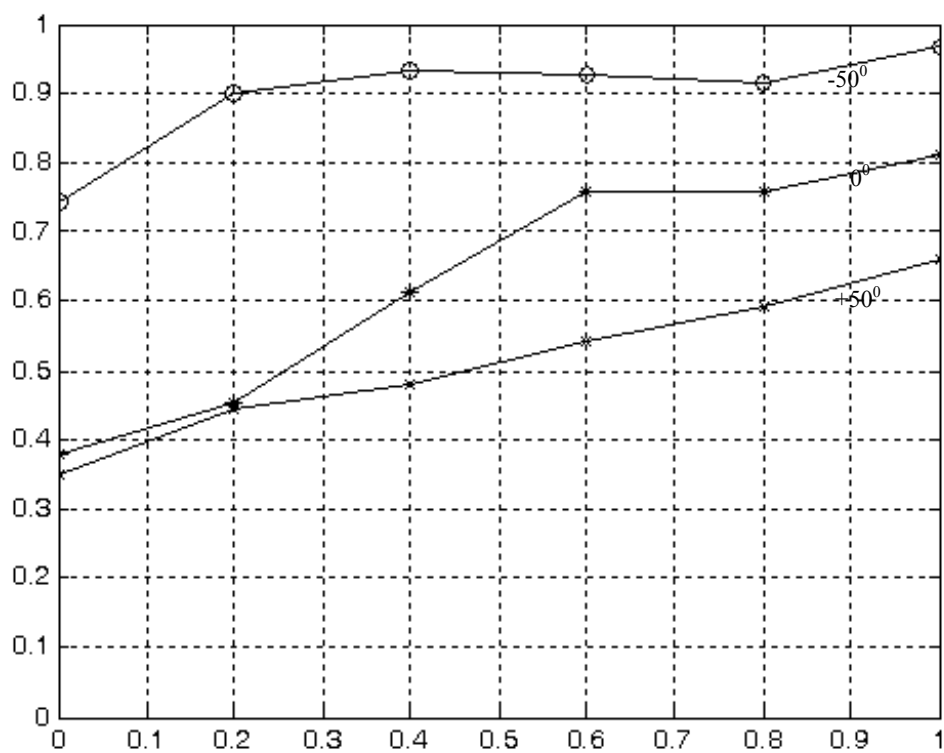
Μεταβολή της ταχύτητας με το φορτίο για γωνίες -50° , 0° και $+50^\circ$



Μεταβολή του βαθμού απόδοσης με το φορτίο για γωνίες -50° , 0° και $+50^\circ$



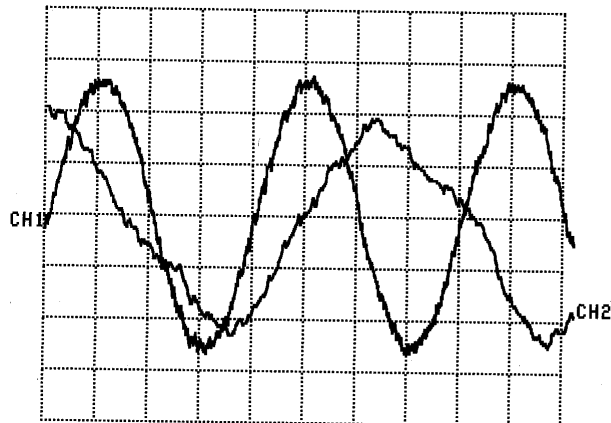
Μεταβολή του συντελεστή ισχύος με το φορτίο για γωνίες -50° , 0° και $+50^\circ$



ΜΕΡΟΣ Γ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα ρεύματα σε μια φάση του δρομέα (Κανάλι 1) και σε μια φάση του στάτη (Κανάλι 2) χωρίς φορτίο. (Κλίμακα probe ρεύματος : 100mV/A)

- Για γωνία ψηκτρών $+90^\circ$:



TIME: 18:59:13

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.2V
TIMEBASE-SEC/DIV:=5ms
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

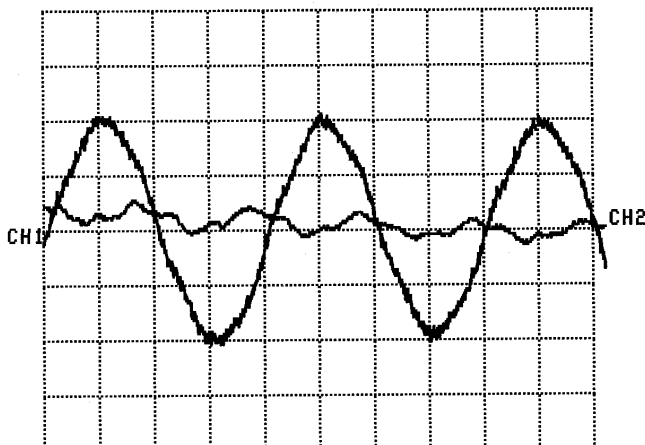
PRINTERPARAMETER:

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

REMARKS:

HAMEG
III Instruments

- Για γωνία ψηκτρών 0° :



SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.2V
TIMEBASE-SEC/DIV:=5ms
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

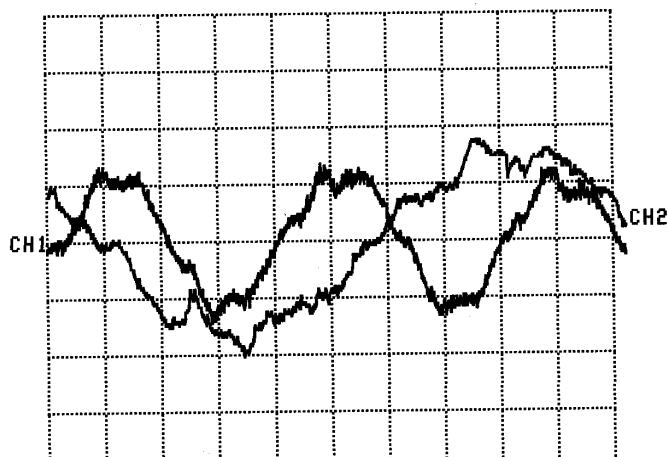
PRINTERPARAMETER:

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

REMARKS:

HAMEG
III Instruments

- Για γωνία ψηκτρών -90° :



SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.2V
TIMEBASE-SEC/DIV:=5ms
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER :0%
DELTA CURSOR :OFF
ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

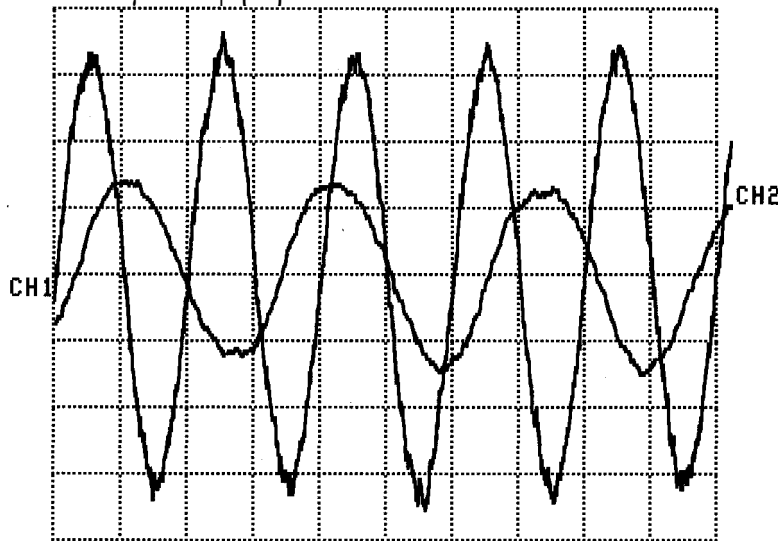
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

HAMEG

Με φορτίο 0.8 Nm , τα ρεύματα στο δρομέα και το στάτη φαίνονται στα ακόλουθα διαγράμματα

- Για γωνία ψηκτρών $+50^{\circ}$



SIGNALPARAMETER:

```
CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.5V
TIMEBASE-SEC/DIV:=10ms
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER      :0%
DELTA CURSOR    :OFF
ADD CH1,CH2     :OFF
```

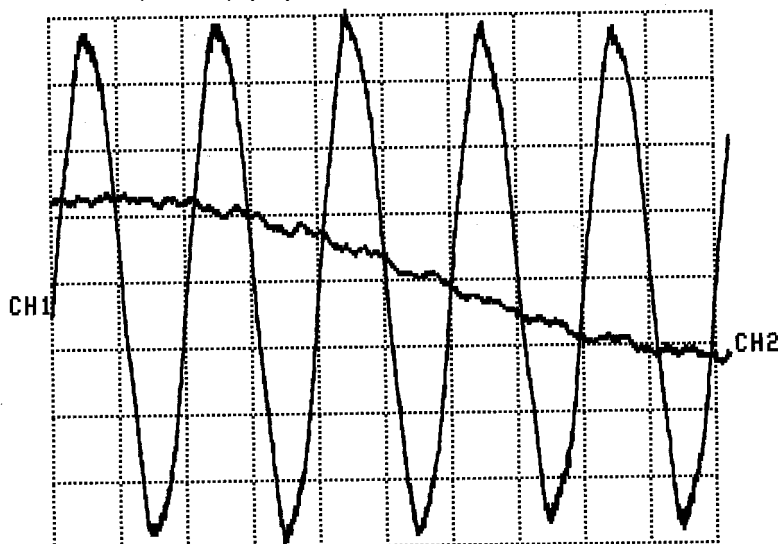
PRINTERPARAMETER:

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

REMARKS:

HAMEG

- Για γωνία ψηκτρών 0°



SIGNALPARAMETER:

```
CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.5V
TIMEBASE-SEC/DIV:=10ms
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:

HAMEG

||| Instruments

- Για γωνία ψηκτρών -50°



SIGNALPARAMETER:

```
CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.5V
TIMEBASE-SEC/DIV:=10ms
TRIGGERLEVEL CH1:AUTO
PRETRIGGER      :0%
DELTA CURSOR    :OFF
ADD CH1,CH2     :OFF
```

PRINTERPARAMETER:

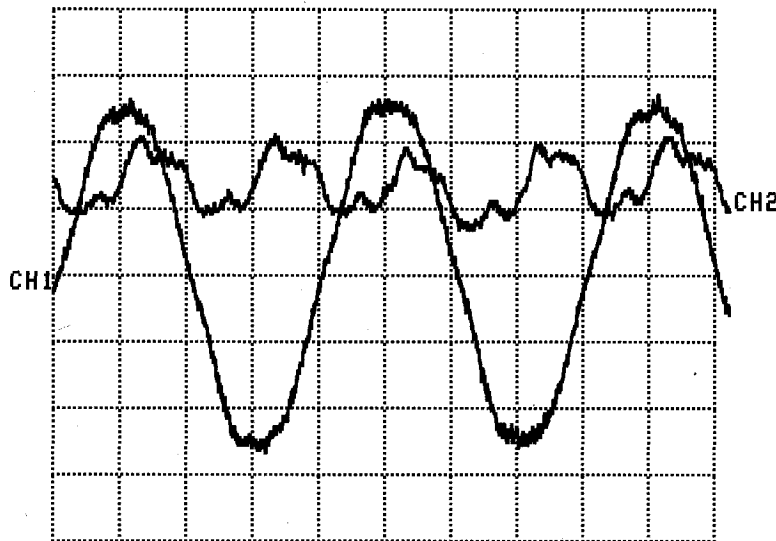
```
ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 408
```

REMARKS:

HAMEG

||| Instruments

Για το ίδιο φορτίο (0.8 Nm) , παρατηρούμε ότι ο δρομέας στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα 1500 rpm για γωνία -20^0 , και καταγράφουμε τα ρεύματα δρομέα και στάτη.



SIGNALPARAMETER:

```
CH1 - VOLTS/DIV:=20mV
CH2 - VOLTS/DIV:=0.1V
TIMEBASE-SEC/DIV:=5ms
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:

HAMEG
Instruments
||| Π Π Π

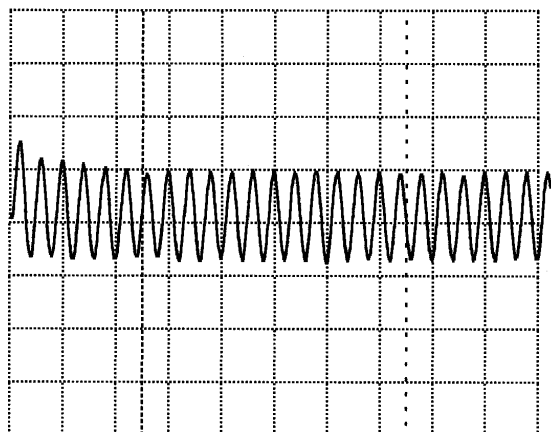
Χωρίς φορτίο, μεταβάλλουμε την ταχύτητα του κινητήρα από το ρυθμιστικό και μετρούμε την ταχύτητα περιστροφής (με το στροφόμετρο) και τη συχνότητα της τάσης στο στάτη (από την κυματομορφή της τάσης στον παλμογράφο)

Μετρ/σα ταχύτητα περιστροφής δρομέα (rpm)	Μετρηθείσα συχνότητα στο στάτη (Hz)	Υπολογισθείσα συχνότητα στο στάτη (Hz) (Από (2))
539	32.3	32
563	31.3	31.2
675	27.4	27.3
775	23.8	24.2
878	21.3	20.7
996	16.7	16.8
1148	11.9	11.7
1258	8.3	8.1
1405	3.1	3.2
1500	0	0
1678	5.8	5.9
1870	12.5	12.3
2040	17.9	18
2120	20	20.7

Στον υπολογισμό της συχνότητας του στάτη θεωρούμε το πρόσημο (-) για ταχύτητες μικρότερες της σύγχρονης. Εδώ η σύγχρονη ταχύτητα είναι 1500 rpm ($P=4$, $f_r=50\text{Hz}$).

ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Ρεύμα εκκίνησης με φορτίο 1Nm (Κλίμακα Probe ρεύματος 100mV/A) για γωνία ψηκτρών $+50^0$:



DATE: 19-12-2002
TIME: 20:04:18

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=0.1V

TIMEBASE-SEC/DIV:RANGE ?

TRIGGERLEVEL CH1:AUTO

PRETRIGGER :0%

DELTA CURSOR :RANGE ?

ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

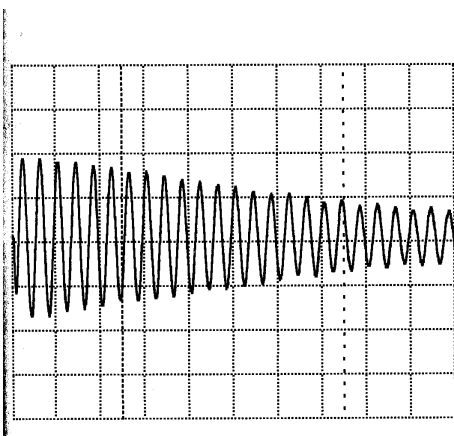
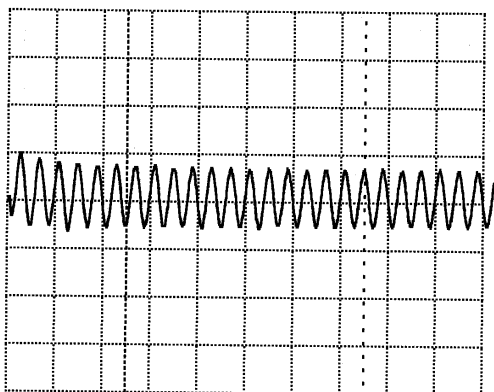
ZOOMRANGE - CH1:0-9

HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

HAMEG
III Instruments

Ρεύμα εκκίνησης χωρίς φορτίο (Κλίμακα Probe ρεύματος 100mV/A) για γωνίες ψηκτρών $+90^0$, 0^0 και -90^0 αντίστοιχα:



DATE: 19-12-2002
TIME: 20:11:25

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=0.1V

TIMEBASE-SEC/DIV:RANGE ?

TRIGGERLEVEL CH1:AUTO

PRETRIGGER :0%

DELTA CURSOR :RANGE ?

ADD CH1,CH2 :OFF

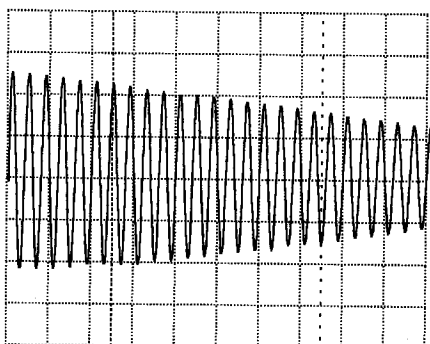
PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9

HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

HAMEG
III Instruments



DATE: 19-12-2002
TIME: 20:21:16

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV:=0.1V

TIMEBASE-SEC/DIV:RANGE ?

TRIGGERLEVEL CH1:AUTO

PRETRIGGER :0%

DELTA CURSOR :RANGE ?

ADD CH1,CH2 :OFF

PRINTERPARAMETER:

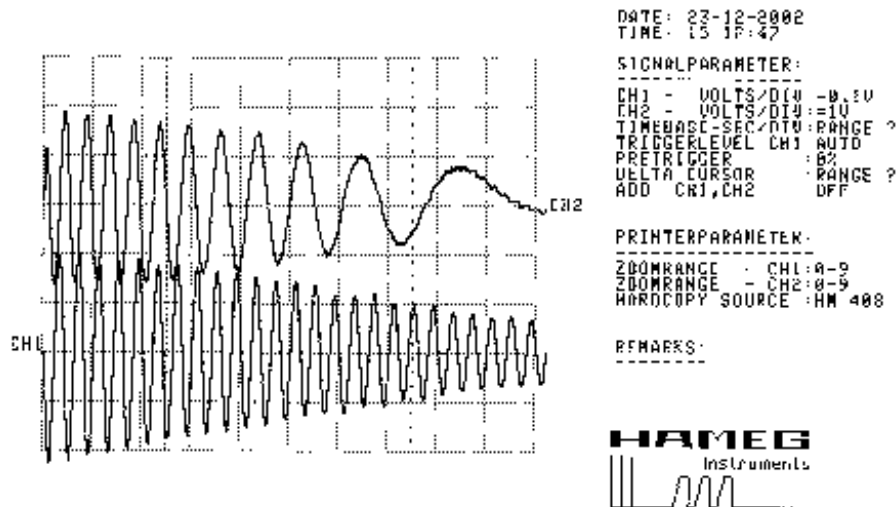
ZOOMRANGE - CH1:0-9

HARDCOPY SOURCE :HM 408

REMARKS:

HAMEG
III Instruments

Καταγράφουμε τα ρεύματα στάτη (επαγόμενο) και δρομέα (τροφοδοτούμενο) κατά την εκκίνηση του κινητήρα χωρίς φορτίο για γωνία ψηκτρών -20° (υπερσύγχρονη ταχύτητα).
 Probe ρεύματος :100mV/A, CH1:ρεύμα δρομέα, CH2:ρεύμα στάτη.



Καταγράφουμε τα ρεύματα στάτη (επαγόμενο) και δρομέα (τροφοδοτούμενο) κατά την εκκίνηση του κινητήρα χωρίς φορτίο για γωνία ψηκτρών $+20^\circ$ (υποσύγχρονη ταχύτητα).
 Probe ρεύματος :100mV/A, CH1:ρεύμα δρομέα, CH2:ρεύμα στάτη.

