



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών  
Τομέας Μηχανολογικών Κατασκευών και Αυτομάτου Ελέγχου

### 2.3.26.3 Ηλεκτρομηχανικά Συστήματα Μετατροπής Ενέργειας

#### Παρατηρήσεις

- Έχετε τη σπουδαστική ταυτότητα στο θρανίο.
- Μην ανοίξετε το παρόν πριν σας υποδειχθεί.
- Κλειστά βιβλία, μπορείτε να έχετε μαζί σας δύο (2) σελίδες Α4 (διπλής όψης).
- Επιτρέπονται στο θρανίο: Φορητή αριθμομηχανή, χάρακας, μολύβι/στυλό, 2 σελίδες Α4.
- **ΑΠΑΓΟΡΕΥΟΝΤΑΙ στο θρανίο: Οτιδήποτε άλλο (περιλαμβάνονται τα ΚΙΝΗΤΑ που πρέπει να είναι απενεργοποιημένα και όχι στο θρανίο).**
- Μπορείτε να γράψετε με μπλε στυλό διάρκειας ή μαύρο μολύβι.
- Χρησιμοποιείτε για πρόχειρο τις αριστερές σελίδες. Καθαρογράψτε στα κενά.
- Οι αριθμοί σε παρενθέσεις αντιστοιχούν στις εκατοστιαίες μονάδες ανά ερώτηση.
- Διάρκεια εξέτασης 3 ώρες.
- Μη ολοκληρωμένες λύσεις θα ληφθούν υπ' όψη.
- Το παρόν **επιστρέφεται**.
- **Καλή επιτυχία!**

Όνοματεπώνυμο		
Αριθμός Μητρώου		
Πρόβλημα 1	15	
Πρόβλημα 2	20	
Πρόβλημα 3	20	
Πρόβλημα 4	25	
Πρόβλημα 5	20	
Σύνολο	100	

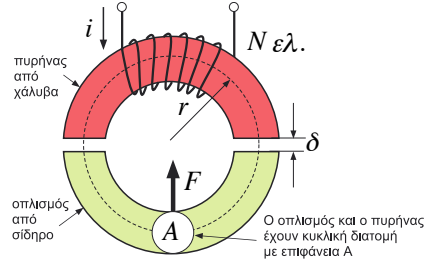
### Πρόβλημα 1 (15 μονάδες)

Βάλτε σε κύκλο τη σωστή απάντηση.

1. Ένας σερβοκινητήρας πρέπει να μπορεί να εργάζεται στο  
(α) 1ο τεταρτημόριο (β) 1ο & 3ο τεταρτημόριο (γ) 1ο & 2ο τεταρτημόριο (δ) σε όλα τα τεταρτημόρια.
2. Ένα υλικό είναι κατάλληλο για πυρήνα M/X όταν η επιφάνεια της καμπύλης υστέρησης είναι  
(α) μικρή (β) μεγάλη (γ) αδιάφορο τι είναι (δ) χρονικά μεταβαλλόμενη.
3. Τα αντισταθμιστικά τυλίγματα ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος βοηθούν στον έλεγχο  
(α) στροφών (β) ροπής (γ) ρεύματος (δ) αντίδρασης δρομέα.
4. Ένας κινητήρας σταθερής τάσης τροφοδοσίας, έχει όριο στροφών που οφείλεται κυρίως  
(α) στη θερμοκρασία του (β) στις τριβές (γ) στην ΑΗΕΔ (δ) στα δινορρεύματα.
5. Σύγχρονη γεννήτρια συνδέεται σε άπειρο δίκτυο φασικής τάσης  $V$ . Κατά τη στιγμή της σύνδεσης η ανά φάση ΗΕΔ της γεννήτριας είναι  
(α) ίση με  $V$  (β) μεγαλύτερη από  $V$  (γ) μικρότερη από  $V$  (δ) έχει κυμαινόμενη τιμή.
6. Οι κινητήρες *σειράς* εναλλασσομένου ρεύματος  
(α) δεν έχουν ψήκτρες (β) απαιτούν οδήγηση (γ) παράγουν μικρή ροπή (δ) κατασκευάζονται από ελάσματα.
7. Ένας μόνιμος μαγνήτης έχει μέγιστη ενεργειακή πυκνότητα  
(α) χαμηλή (β) υψηλή (γ) σταθερή (δ) συνάρτηση του  $H$
8. Ο επόμενος κινητήρας ξεκινά μόνος του  
(α) βηματικός (β) 1Φ επαγωγικός (γ) 3Φ επαγωγικός (δ) σύγχρονος.
9. Ποιόν τύπο κινητήρα θα επιλέγατε για πρόωση χαρτιού σε τηλεμοιότυπο (φαξ);  
(α) βηματικό (β) σύγχρονο (γ) σχιστών πόλων (δ) ΣΡ διέγερσης σειράς.
10. Ποιόν τύπο κινητήρα θα επιλέγατε για μία διάταξη χρονομέτρησης;  
(α) βηματικό (β) σύγχρονο (γ) σχιστών πόλων (δ) ΣΡ διέγερσης σειράς.
11. Οι 1Φ επαγωγικοί κινητήρες έχουν  
(α) τυλιγμένο δρομέα (β) ροπή εκκίνησης μηδέν (γ) λείο περίβλημα (δ) δακτύλιους ολίσθησης.
12. Οι σύγχρονοι κινητήρες έχουν  
(α) τυλιγμένο δρομέα (β) ροπή εκκίνησης μηδέν (γ) λείο περίβλημα (δ) δακτύλιους ολίσθησης.
13. Ο κινητήρας αυτός δεν χρειάζεται φυγοκεντρικό διακόπτη  
(α) διαιρούμενης φάσης (β) διπλού πυκνωτή (γ) μόνιμου πυκνωτή (δ) πυκνωτή εκκίνησης.
14. Ο κινητήρας αυτός δεν εργάζεται χωρίς οδήγηση  
(α) Συνεχούς ρεύματος (β) 1Φ επαγωγικός (γ) σύγχρονος (δ) βηματικός.
15. Εάν μία μεγάλη αδράνεια εκκινεί και σταματά περιοδικά, συνιστάται η χρήση κινητήρα  
(α) Συνεχούς ρεύματος (β) 1Φ επαγωγικού (γ) σύγχρονου (δ) βηματικού.

## Πρόβλημα 2 (20 μονάδες)

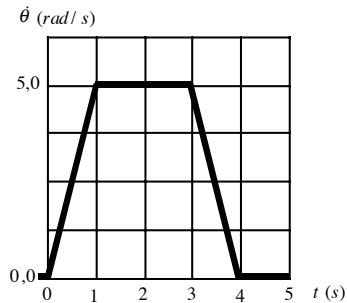
Ένας ημικυκλικός τοροειδής ηλεκτρομαγνήτης με πυρήνα από χάλυβα χρησιμοποιείται για να ανυψώνει ένα ημικυκλικό σπλισμό μαλακού σιδήρου, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο πυρήνας και ο σπλισμός έχουν κυκλική διατομή με επιφάνεια  $A = 0,04 \text{ m}^2$  (έχουν κατασκευασθεί από κυλινδρικό τεμάχιο). Η μέση ακτίνα του τοροειδούς είναι  $r = 0,08 \text{ m}$ . Η σχετική μαγνητική διαπερατότητα του χάλυβα είναι 2000, του σιδήρου 500, ενώ  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H / m}$ .



- (α) (4) Ορίστε πάνω στο σχήμα τη φορά της μαγνητικής ροής και σχεδιάστε το μαγνητικό κύκλωμα που αντιστοιχεί στο σύστημα ηλεκτρομαγνήτη-σπλισμού.
- (β) (4) Γράψτε μία έκφραση για την συνολική μαγνητική αντίσταση σαν συνάρτηση του μήκους των δύο διακένων  $\delta$ .
- (γ) (4) Γράψτε μία έκφραση για την αυτεπαγωγή του πηνίου  $L$  σαν συνάρτηση του μήκους των δύο διακένων,  $\delta$ .
- (δ) (4) Γράψτε μία έκφραση για την συνολική δύναμη  $F$  που εφαρμόζει ο ηλεκτρομαγνήτης στον σπλισμό ως συνάρτηση του μήκους των διακένων,  $\delta$ .
- (ε) (4) Υπολογίστε τον αριθμό των ελιγμάτων  $N$  που απαιτούνται για να παραχθεί δύναμη  $F = 2.000 \text{ N}$  όταν το ρεύμα είναι  $i = 4 \text{ A}$  και το διάκενο  $\delta = 10 \text{ mm}$ .

**Πρόβλημα 3 (20 μονάδες)**

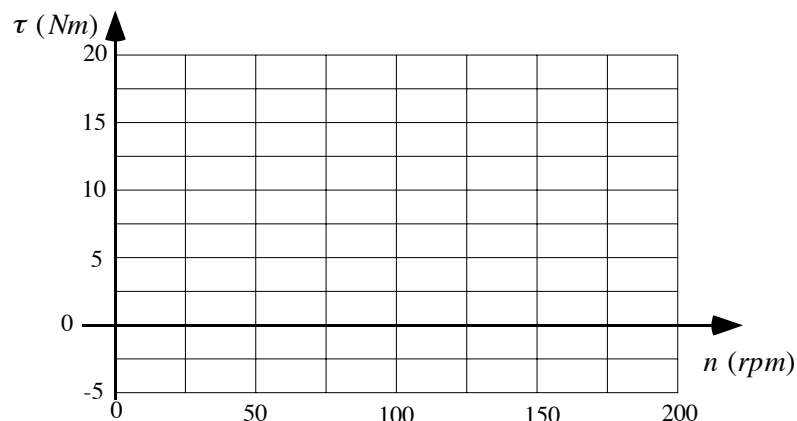
Θέλουμε να επιλέξουμε κινητήρα ΣΡ με μειωτήρα για ένα σερβομηχανισμό. Το μηχανικό φορτίο του κινητήρα είναι αδρανειακό με δυναμική τριβή και περιγράφεται από την εξίσωση  $\tau_\phi(t) = I\ddot{\theta}(t) + b\dot{\theta}(t)$ . Η ταχύτητα  $\dot{\theta}(t)$  με την οποία περιστρέφεται το φορτίο ακολουθεί το κλασικό τραπεζοειδές προφίλ που για ένα κύκλο λειτουργίας δίνεται στο παρακάτω σχήμα. Δίνεται ότι  $I = 1 \text{ kgm}^2$ ,  $b = 1 \text{ Nms / rad}$ .



$t \text{ (s)}$	$\dot{\theta} \text{ (rad / s)}$	$\ddot{\theta} \text{ (rad / s}^2\text{)}$	$\tau \text{ (Nm)}$	$\dot{\theta} \rightarrow n \text{ (rpm)}$
0+	0,0			0,0
1-				
1+				
3-				
3+				
4-				
4+	0,0			0,0

(α) (5) Συμπληρώστε τον προηγούμενο πίνακα. (rpm = στροφές/λεπτό).

(β) (10) Σχεδιάστε τις απαιτήσεις ροπής (Nm) στροφών (rpm) του φορτίου του κινητήρα.

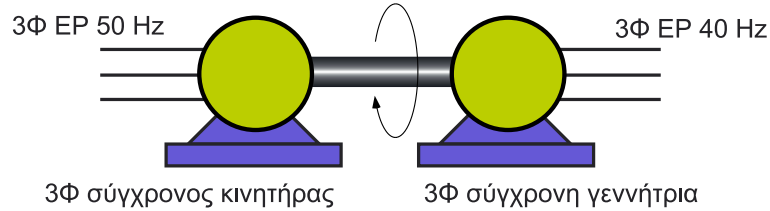


(γ) (5) Διατίθενται τρεις κινητήρες των οποίων γνωρίζουμε τις χαρακτηριστικές ροπής-στροφών για τη μέγιστη τάση λειτουργίας τους. Στοιχεία δίνονται στον επόμενο πίνακα. Προτείνετε τον καταλληλότερο κινητήρα και εξηγήστε πως σκεφθήκατε.

Κινητήρας	$\tau_{\max} \text{ (Nm)}$	$n_{\max} \text{ (rpm)}$
A	15	150
B	20	150
Γ	20	200
Δ	10	100

#### Πρόβλημα 4 (25 μονάδες)

Προκειμένου να επιτύχουμε παραγωγή ρεύματος διαφορετικής συχνότητας από αυτή του δικτύου, χρησιμοποιούμε ένα ζεύγος σύγχρονων μηχανών (κινητήρα-γεννήτριας) που συνδέονται με κοινή άτρακτο. Ο σύγχρονος 3Φ κινητήρας τροφοδοτείται από το δίκτυο των 50 Hz, με συντελεστή απόδοσης 0,9 ενώ η συνδεδεμένη με αυτόν σύγχρονη 3Φ γεννήτρια αποδίδει ρεύμα με συχνότητα 40 Hz και συντελεστή απόδοσης 0,95.



- (α) (5) Ποιος είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός πόλων στον κινητήρα και στη γεννήτρια;
- (β) (5) Ποια είναι η μηχανική γωνιακή ταχύτητα της άτρακτου εκφρασμένη σε rpm;
- (γ) (5) Ποια είναι η μηχανική ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου του κινητήρα στο διάκενο; Του μαγνητικού πεδίου στη γεννήτρια;
- (δ) (5) Ποια είναι η συχνότητα σε Hz των ρευμάτων στο δρομέα του κινητήρα;
- (ε) (5) Πόση ισχύ παρέχει η γεννήτρια εάν ο κινητήρας απορροφά 20 kW;

### Πρόβλημα 5 (20 μονάδες)

Ένας 3Φ επαγωγικός κινητήρας 4 πόλων έχει ονομαστική τάση 690 V, ονομαστική ισχύ 55 kW και ονομαστική συχνότητα 50 Hz. Ο κινητήρας απορροφά ρεύμα 97 A με συντελεστή ισχύος 0,87 επαγωγικό. Οι απώλειες χαλκού στο στάτη είναι 1,6 kW και στο δρομέα 600 W, οι μηχανικές απώλειες είναι 700 W και οι απώλειες πυρήνα είναι 1500 W. Οι υπόλοιπες απώλειες αμελούνται.

### Λύση

(α) (5) Πόση ισχύς μεταφέρεται στο δρομέα μέσω του διάκενου ( $P_{\text{διακ}}$ );

(β) (5) Υπολογίστε την ισχύ που μετατρέπεται σε μηχανική (ηλεκτρομαγνητική ισχύς).

(γ) (5) Υπολογίστε τη μηχανική ισχύ εξόδου.

(δ) (5) Υπολογίστε τον συντελεστή απόδοσης του κινητήρα.