

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ DC ΜΕ ΠΗΓΗ, ΩΜΙΚΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

A. ΣΤΟΧΟΙ

- Η ικανότητα συναρμολόγησης απλών πειραματικών κυκλωμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Η εξοικείωση με το πολύμετρο που χρησιμοποιείται σαν βολτόμετρο, αμπερόμετρο και ωμόμετρο, τα οποία είναι βασικά όργανα μέτρησης στον ηλεκτρισμό.
- Η εξοικείωση στη χρήση ηλεκτρικών πηγών.
- Η αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων κατά τη λειτουργία των κυκλωμάτων.
- Η κατανόηση της έννοιας του σφάλματος κατά τη μέτρηση.

B. ΘΕΜΑ

- Η μέτρηση ωμικών αντιστάσεων με ωμόμετρο και ο υπολογισμός τους.
- Η μέτρηση της έντασης του ρεύματος, που διαρρέει το κύκλωμα και των τάσεων στα άκρα της πηγής (πολική τάση), στα άκρα του αντιστάτη και στα άκρα του κινητήρα.
- Ο πειραματικός προσδιορισμός της ισχύος των στοιχείων ενός κυκλώματος με τη βοήθεια μετρήσιμων μεγεθών.
- Η επιβεβαίωση της αρχής διατήρησης της ενέργειας στο ηλεκτρικό κύκλωμα.
- Η παρατήρηση της αλλαγής της συμπεριφοράς ενός πραγματικού απλού κινητήρα κατά τη μετάβαση από την κατάσταση «περιστρεφόμενος άξονας» στην κατάσταση «μη περιστρεφόμενος άξονας».
- Ο υπολογισμός της απόδοσης ενός ηλεκτρικού κινητήρα.
- Ο υπολογισμός των σχετικών σφαλμάτων στον υπολογισμό της ΗΕΔ της πηγής, της αντίστασης του κινητήρα και της ολικής ισχύος στο κύκλωμα.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Μπαταρία πλακέ των 4,5 V
- Μικρός ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος ($V_{\max} = 5 \text{ V}$)
- Αντιστάτης με ονομαστική τιμή αντίστασης 10 Ω
- Βολτόμετρο συνεχούς (πολύμετρο)
- Αμπερόμετρο συνεχούς (πολύμετρο)
- Ωμόμετρο (πολύμετρο)
- Διακόπτης μπουτόν
- Αγωγοί σύνδεσης

Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο Γενικής Παιδείας της Β' τάξης Γενικού Λυκείου :
 - ✓ Ενότητα 3.2.7 : Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος
 - ✓ Ενότητα 3.2.8 : Ηλεκτρεγερτική δύναμη πηγής
 - ✓ Ενότητα 3.2.9 : Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα
 - ✓ Ενότητα 3.2.10 : Αποδέκτες

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ**α) Ο άξονας του κινητήρα περιστρέφεται**

- Η ηλεκτρική πηγή (μπαταρία) παρουσιάζει μια εσωτερική αντίσταση r , η οποία βρίσκεται από τη σχέση : $V_{\pi} = E - I r \Rightarrow r = (E - V_{\pi}) / I$
- Η ηλεκτρική ισχύς, που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, είναι : $P_E = E I$
- Ένα μέρος της ηλεκτρικής ισχύος της πηγής μετατρέπεται σε θερμική ισχύ P_r στην εσωτερική της αντίσταση r της πηγής : $P_r = I^2 r$
- Η θερμική ισχύς P_R που καταναλώνεται στον ωμικό αντιστάτη είναι : $P_R = I^2 R$
- Η ηλεκτρική ισχύς P_{κ} που καταναλώνεται στον κινητήρα είναι : $P_{\kappa} = V_{\kappa} I$
- Η θερμική ισχύς $P_{r\kappa}$ που καταναλώνεται στην ωμική αντίσταση r_{κ} του κινητήρα, όταν περιστρέφεται, είναι : $P_{r\kappa} = I^2 r_{\kappa}$
- Η μηχανική ισχύς που παρέχει ο κινητήρας είναι : $P_{\mu} = P_{\kappa} - P_{r\kappa}$
- Η ολική ισχύς που καταναλίσκεται στο κύκλωμα είναι : $P_{ολ} = P_r + P_R + P_{r\kappa} + P_{\mu} = P_E$
- Η απόδοση του κινητήρα είναι : $\alpha \% = (P_{\mu} / P_{\kappa}) \cdot 100 \%$

β) Ο άξονας του κινητήρα εμποδίζεται να περιστραφεί

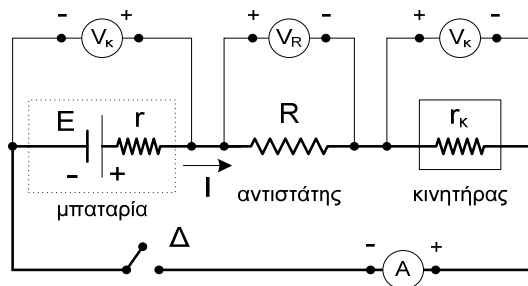
- Σ' αυτή την περίπτωση το ρεύμα γίνεται μέγιστο I_{max} και η τάση στα άκρα του κινητήρα γίνεται V_{κ}' , οπότε η ωμική αντίσταση του κινητήρα είναι : $r_{\kappa} = V_{\kappa}' / I_{max}$
- Η ΗΕΔ της πηγής από το νόμο του Ohm σε κλειστό κύκλωμα χωρίς να επιτρέπεται η περιστροφή του άξονα του κινητήρα είναι : $E = I_{max} (r + R + r_{\kappa})$

ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

- Προσέχουμε τη σύνδεση των οργάνων μέτρησης, γιατί έχουν επιλογέα περιοχών μέτρησης, πολλές υποδοχές και συγκεκριμένη πολικότητα.
- Για ωμόμετρο θα χρησιμοποιηθεί ένα πολύμετρο : στην κλίμακα 200Ω και στους ακροδέκτες Ω^+ & COM^-
- Για αμπερόμετρο θα χρησιμοποιηθεί ένα πολύμετρο : στην κλίμακα $A \text{ --- } 2 A$ και στους ακροδέκτες A^+ & COM^-
- Για βολτόμετρο θα χρησιμοποιηθεί ένα πολύμετρο : στην κλίμακα $V \text{ --- } 20 V$ και στους ακροδέκτες V^+ & COM^-

Ζ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**Λήψη μετρήσεων**

1. Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος, συνδέοντας σε σειρά την μπαταρία, τον αντιστάτη «10 Ω», τον κινητήρα, το αμπερόμετρο και τον διακόπτη – μπουτόν.



2. Με ανοικτό το κύκλωμα μετράμε την τάση $V_{\pi 0}$ στους πόλους της πηγής με ανοικτό το κύκλωμα και καταγράφουμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

- Με ανοικτό το κύκλωμα μετράμε με το ωμόμετρο την ωμική αντίσταση R και την καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
- Με ανοικτό το κύκλωμα μετράμε με το ωμόμετρο την ωμική αντίσταση r_k του κινητήρα και την καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
- Κλείνουμε το κύκλωμα με τον διακόπτη – μπουτόν Δ και μετράμε την ένταση I του ρεύματος. Κατόπιν με ένα βολτόμετρο μετράμε διαδοχικά την πολική τάση V_π της πηγής, την τάση V_R στα άκρα του αντιστάτη και την τάση V_k στα άκρα του κινητήρα. Καταχωρούμε τις παραπάνω τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
- Με κλειστό το κύκλωμα εμποδίζουμε για λίγο με τα δάκτυλά μας την περιστροφή του άξονα του κινητήρα και μετράμε τη (μέγιστη) ένταση I_{\max} του ρεύματος, που διαρρέει το κύκλωμα σ' αυτή την περίπτωση και την αντίστοιχη τάση V_k' στα άκρα του κινητήρα. Καταγράφουμε τις τιμές στον ΠΙΝΑΚΑ 1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			
ΜΕΓΕΘΟΣ		ΤΙΜΗ	
Τάση στους πόλους της πηγής (για $I = 0$) με βολτόμετρο	$V_{\pi 0}$		V
Αντίσταση αντιστάτη (ονομαστικής τιμής 10Ω) με ωμόμετρο	R		Ω
Ωμική αντίσταση κινητήρα με ωμόμετρο	r_{k1}		Ω
Ένταση ρεύματος με περιστροφή του άξονα του κινητήρα	I		A
Πολική τάση πηγής με περιστροφή του άξονα του κινητήρα	V_π		V
Τάση στα άκρα του αντιστάτη με περιστροφή του άξονα	V_R		V
Τάση στα άκρα του κινητήρα με περιστροφή του άξονα	V_k		V
Ένταση ρεύματος χωρίς περιστροφή του άξονα	I_{\max}		A
Τάση στα άκρα του κινητήρα χωρίς περιστροφή του άξονα	V_k'		V

Επεξεργασία μετρήσεων

- Υπολογίζουμε την ΗΕΔ E_1 της πηγής από την τάση $V_{\pi 0}$ στους πόλους της για $I = 0$.
- Υπολογίζουμε την εσωτερική αντίσταση r της πηγής, όταν περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την εσωτερική αντίσταση r_{k2} του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την ΗΕΔ E_2 της πηγής από το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την ηλεκτρική ισχύ P_E , που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, όταν περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε τη θερμική ισχύ P_T , που καταναλώνεται στο εσωτερικό της πηγής, όταν περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε τη θερμική ισχύ P_R , που καταναλώνεται στον αντιστάτη, όταν περιστρέφεται ο άξονας του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε τη θερμική ισχύ P_{rk} , που καταναλώνεται στην εσωτερική αντίσταση του κινητήρα, όταν περιστρέφεται ο άξονας και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την ηλεκτρική ισχύ P_k , που καταναλώνεται στον κινητήρα, όταν περιστρέφεται ο άξονας και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την μηχανική (ωφέλιμη) ισχύ P_μ του κινητήρα, όταν περιστρέφεται ο άξονας και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
- Υπολογίζουμε την ολική ισχύ $P_{ολ}$ που καταναλίσκεται στο κύκλωμα, όταν περιστρέφεται ο άξονας και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

12. Υπολογίζουμε την απόδοση α % του κινητήρα και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
13. Υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα σ_{rk} % μεταξύ των δύο τιμών της ωμικής αντίστασης του κινητήρα του ΠΙΝΑΚΑ 1 (με ωμόμετρο) και του ΠΙΝΑΚΑ 2 (με υπολογισμό) και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
14. Υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα σ_E % μεταξύ των δύο τιμών της ΗΕΔ και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
15. Υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα σ_P % μεταξύ της ισχύος P_E της πηγής και της ολικής ισχύος $P_{\text{ολ}}$ στο κύκλωμα του ΠΙΝΑΚΑ 2 και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
ΜΕΓΕΘΟΣ		ΤΙΜΗ	
ΗΕΔ πηγής (από πολική τάση για $I = 0$)	$E_1 = V_{\text{πο}}$	E_1	V
Εσωτερική αντίσταση πηγής	$r = (E_1 - V_{\pi}) / I$	r	Ω
Ωμική αντίσταση κινητήρα με υπολογισμό	$r_{\kappa 2} = V_{\kappa'} / I_{\text{max}}$	$r_{\kappa 2}$	Ω
ΗΕΔ πηγής με νόμο Ohm	$E_2 = I_{\text{max}} (r + R + r_{\kappa 1})$	E_2	V
Ηλεκτρική ισχύς πηγής (ολική ισχύς)	$P_E = E_1 I$	P_E	W
Θερμική ισχύς στο εσωτερικό της πηγής	$P_r = I^2 r$	P_r	W
Θερμική ισχύς στον αντιστάτη R	$P_R = I^2 R$	P_R	W
Θερμική ισχύς στον κινητήρα	$P_{\text{rk}} = I^2 r_{\kappa 1}$	P_{rk}	W
Ηλεκτρική ισχύς στον κινητήρα	$P_{\kappa} = V_{\kappa} I$	P_{κ}	W
Μηχανική ισχύς κινητήρα	$P_{\mu} = P_{\kappa} - P_{\text{rk}}$	P_{μ}	W
Ολική ισχύς στο κύκλωμα	$P_{\text{ολ}} = P_r + P_R + P_{\text{rk}} + P_{\mu}$	$P_{\text{ολ}}$	W
Απόδοση κινητήρα	$\alpha \% = (P_{\mu} / P_{\kappa}) \cdot 100 \%$	$\alpha \%$	%
Σφάλμα αντίστασης κινητήρα	$\sigma_{\text{rk}} = (r_{\kappa 1} - r_{\kappa 2} / r_{\kappa 1}) \cdot 100 \%$	$\sigma_{\text{rk}} \%$	%
Σφάλμα ΗΕΔ	$\sigma_E = (E_1 - E_2 / E_1) \cdot 100 \%$	$\sigma_E \%$	%
Σφάλμα ολικής ισχύος	$\sigma_P = (P_E - P_{\text{ολ}} / P_E) \cdot 100 \%$	$\sigma_P \%$	%

16. Συγκρίνουμε τις εντάσεις του ρεύματος που διαρρέει τον κινητήρα όταν στρέφεται και όταν εμποδίζεται να περιστραφεί ο άξονάς του και διατυπώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 1 διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
17. Συγκρίνουμε την ισχύ της πηγής P_E και την ολική ισχύ στο κύκλωμα $P_{\text{ολ}} = P_r + P_R + P_{\text{rk}} + P_{\mu}$, λαμβάνοντας υπόψη και το σχετικό σφάλμα μεταξύ τους και συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 2 περί της αρχής διατήρησης της ενέργειας, διαγράφοντας τις κατάλληλες υπογραμμισμένες λέξεις.
18. Λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση του κινητήρα, συμπληρώνουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3 το ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Όταν εμποδίζεται η περιστροφή του άξονα του κινητήρα, τότε η ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει αυξάνεται / παραμένει ίδια / μειώνεται, οπότε η συμπεριφορά του κινητήρα είναι ίδια / διαφορετική στις δύο περιπτώσεις.
2. Το σφάλμα μεταξύ της ισχύος P_E της πηγής και της ολικής ισχύος $P_{ολ}$ στο κύκλωμα είναι / δεν είναι σχετικά μικρό, οπότε η σχέση $P_E = P_{ολ} = P_r + P_R + P_{rκ} + P_μ$ επιβεβαιώνεται / δεν επιβεβαιώνεται από το πείραμα.
3. Ο κινητήρας μετατρέπει / δεν μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια κατά μεγάλο μέρος σε μηχανική ενέργεια και επομένως είναι / δεν είναι αποδέκτης.

Η. ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού οφείλεται η διαφορά στον υπολογισμό της ΗΕΔ της πηγής με τους δύο τρόπους ;
2. Πού οφείλεται η διαφορά στον υπολογισμό της ωμικής αντίστασης $r_κ$ του κινητήρα με τους δύο τρόπους ;
3. Ποια σχέση πρέπει να συνδέει τις τάσεις $V_π$, V_R και $V_κ$, που μετρήσαμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1 ; Ισχύει η σχέση ;
4. Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε την αύξηση της έντασης του ρεύματος στο κύκλωμα, όταν εμποδίζουμε τον άξονα του κινητήρα να στρέφεται ;

