

ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ

Α. ΣΤΟΧΟΙ

- Η εξοικείωση στη συναρμολόγηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων.
- Η εξοικείωση με τη σύνδεση και τη χρήση του πολύμετρου στις ηλεκτρικές μετρήσεις.
- Η εξοικείωση στη χρήση ηλεκτρικών πηγών (μπαταρίας).
- Η αισθητοποίηση της έννοιας της αντίστασης.
- Η αισθητοποίηση της έννοιας της ΗΕΔ και της εσωτερικής αντίστασης της πηγής.
- Η εξαγωγή συμπερασμάτων για το είδος και τη λειτουργία ενός διπόλου από τη μορφή της χαρακτηριστικής του καμπύλης.
- Η αντιμετώπιση πρακτικών προβλημάτων.
- Η κατανόηση της έννοιας του σφάλματος κατά τη μέτρηση.

Β. ΘΕΜΑ

- Η μέτρηση της τάσης V_{π} στα άκρα της ηλεκτρικής πηγής για διάφορες τιμές της έντασης I του ρεύματος (μεταβάλλοντας την τιμή εξωτερική αντίσταση R) και η χάραξη της χαρακτηριστικής καμπύλης $V_{\pi} - I$ της ηλεκτρικής πηγής.
- Ο υπολογισμός της κλίσης κ της χαρακτηριστικής καμπύλης $V_{\pi} - I$, ο προσδιορισμός της ΗΕΔ E της πηγής, του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{β} και της εσωτερικής αντίστασης r της πηγής.
- Ο υπολογισμός των σφαλμάτων στον προσδιορισμό της ΗΕΔ και του ρεύματος βραχυκύκλωσης.
- Ο πειραματικός προσδιορισμός της συνθήκης υπό την οποία η πηγή αποδίδει στο κύκλωμα τη μέγιστη ισχύ.

Γ. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

- Ηλεκτρική πηγή (μπαταρία 4,5 V «πλακέ» που την αγοράζουμε)
- Μεταβλητή αντίσταση εργαστηρίου 20Ω / 8W (ροοστάτης ή αντιστάτες διαφόρων τιμών)
- Βολτόμετρο και αμπερόμετρο (δύο πολύμετρα)
- Διακόπτης (μπουτόν πίεσης)
- Αγωγοί σύνδεσης (4 μπανάνα – κροκοδειλάκι, 2 μπανάνα – μπανάνα)

Δ. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

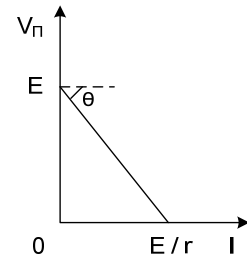
- Για την πραγματοποίηση και κατανόηση της άσκησης χρειάζονται οι παρακάτω γνώσεις από το σχολικό βιβλίο Γενικής Παιδείας της Β' τάξης Γενικού Λυκείου :
 - ✓ Ενότητα 3.2.1 : Ηλεκτρικές πηγές
 - ✓ Ενότητα 3.2.2 : Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος
 - ✓ Ενότητα 3.2.3 : Αμπερόμετρο, Βολτόμετρο
 - ✓ Ενότητα 3.2.4 : Αντίσταση, Αντιστάτης
 - ✓ Ενότητα 3.2.8 : ΗΕΔ πηγής
 - ✓ Ενότητα 3.2.9 : Νόμος του Ohm για κλειστό κύκλωμα

Ε. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ

- Μια ιδανική πηγή θεωρητικά παρουσιάζει σταθερή διαφορά δυναμικού στους πόλους της σε οποιαδήποτε συνθήκες λειτουργίας. Στην πραγματικότητα όμως η τάση στους πόλους μιας μπαταρίας μειώνεται γραμμικά καθώς το ρεύμα στο κύκλωμα αυξάνεται, σύμφωνα με τη σχέση :

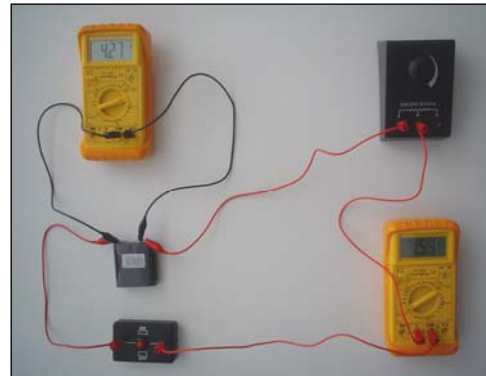
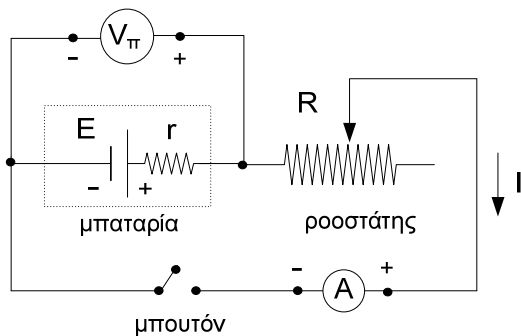
$$V_{\pi} = E - I r \Rightarrow V_{\pi} = -r I + E$$

- Η γραφική παράσταση $V_{\pi} - I$:
 - ✓ είναι ευθεία γραμμή με αρνητική κλίση
 - ✓ δεν περνάει από την αρχή των αξόνων
 - ✓ τέμνει τον άξονα των V_{π} στο σημείο $V_{\pi} = E$
 - ✓ τέμνει τον άξονα των I στο σημείο $I = I_{\beta} = E / r$ (ρεύμα βραχυκύκλωσης)
 - ✓ έχει κλίση κ ίση με την εσωτερική αντίσταση της πηγής ($\kappa \equiv \epsilon\theta = r$)
- Η ΗΕΔ E και η εσωτερική αντίσταση r είναι χαρακτηριστικά στοιχεία κάθε πηγής, δηλαδή αποτελούν την «ταυτότητά» της
- Η πηγή είναι ενεργητικό δίπολο του ηλεκτρικού κυκλώματος, όταν δίνει σ' αυτό ενέργεια



ΣΤ. ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

1. Συναρμολογούμε το κύκλωμα του σχήματος χρησιμοποιώντας πηγή (μπαταρία 4,5 V), αντιστάτη μεταβλητής αντίστασης $R = 20\Omega / 8W$ (ροοστάτης), διακόπτη – μπουτόν, αμπερόμετρο στις υποδοχές 20A DC – COM και βολτόμετρο στα 20V DC.



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :

- Το κύκλωμα πρέπει να το κλείνουμε για πολύ μικρό χρονικό διάστημα και να παίρνουμε τις ενδείξεις (V_{π} , I) των οργάνων όσο πιο γρήγορα μπορούμε.
- Τα όργανα πρέπει να συνδέονται σωστά στο κύκλωμα, γιατί με λάθος σύνδεση μπορεί να καταστραφούν !
- Για τη σύνδεση των πολύμετρων θα χρησιμοποιήσουμε απλά καλώδια με μπανάνες και όχι τα δικά τους, γιατί δεν στερεώνονται εύκολα στο κύκλωμα.
- Στα πολύμετρα, που θα χρησιμοποιηθούν σαν βολτόμετρο και αμπερόμετρο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την κατάλληλη κλίμακα και να τα συνδέσουμε με το κύκλωμα στις κατάλληλες υποδοχές.

Z. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Λήψη μετρήσεων

1. Με το κύκλωμα ανοικτό ($I = 0$) μετράμε την πολική τάση $V_{\pi 0}$ της μπαταρίας με βολτόμετρο. Καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 1.
2. Επιλέγουμε αρχικά αντίσταση $R = 0$ (βραχυκύκλωμα αντιστάτη R) και κλείνοντας το κύκλωμα παίρνουμε γρήγορα τις δύο ενδείξεις των οργάνων (πολική τάση V_{π} και ένταση I), που τις καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1. Ανοίγουμε το κύκλωμα και αφαιρούμε το βραχυκύκλωμα.
3. Μεταβάλλουμε τη ρυθμιστική αντίσταση, ώστε η πολική τάση της πηγής να μεταβάλλεται ανά $\sim 0,5$ V. Καταγράφουμε στον ΠΙΝΑΚΑ 1 τα ζεύγη τιμών (V_{π} , I) της πολικής τάσης και έντασης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ								
		1	2	3	4	5	6	7
Πολική τάση μπαταρίας με βολτόμετρο (με $I = 0$)	$V_{\pi 0}$ (V)		###	###	###	###	###	###
Πολική τάση πηγής	V_{π} (V)	0,00						
Ένταση ρεύματος	I (A)							

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογίζουμε την ΗΕΔ E_{β} της μπαταρίας ($E_{\beta} = V_{\pi 0}$ μετρημένη με βολτόμετρο) και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
2. Σχεδιάζουμε τη χαρακτηριστική καμπύλη $V_{\pi} - I$ χρησιμοποιώντας τις τιμές του ΠΙΝΑΚΑ 1 και προεκτείνουμε τη γραφική παράσταση ώστε να τέμνει τους άξονες V_{π} και I .
3. Προσδιορίζουμε την ΗΕΔ E_x της πηγής από το σημείο τομής της χαρακτηριστικής καμπύλης με τον άξονα V_{π} και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
4. Προσδιορίζουμε το ρεύμα βραχυκύκλωσης $I_{\beta x}$ της μπαταρίας από το σημείο τομής της χαρακτηριστικής καμπύλης με τον άξονα I και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
5. Υπολογίζουμε την κλίση κ της χαρακτηριστικής $V_{\pi} - I$ και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
6. Προσδιορίζουμε την τιμή της εσωτερικής αντίστασης r της μπαταρίας από την κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης της πηγής ($r = \kappa$) και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
7. Υπολογίζουμε το ρεύμα βραχυκύκλωσης I_{β} της μπαταρίας ($I_{\beta} = E_{\beta} / r$) και καταχωρούμε την τιμή του στον ΠΙΝΑΚΑ 2.
8. Υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα σ_E % της ΗΕΔ μεταξύ της τιμής E_{β} που μετρήσαμε με το βολτόμετρο και της τιμής E_x από τη χαρακτηριστική. [$\sigma_E \% = (|E_{\beta} - E_x| / E_{\beta}) \cdot 100 \%$].
9. Υπολογίζουμε το σφάλμα $\sigma_{I\beta}$ % μεταξύ των δύο τιμών του ρεύματος βραχυκύκλωσης που υπολογίσαμε. [$\sigma_{I\beta} \% = (|I_{\beta} - I_{\beta x}| / I_{\beta}) \cdot 100 \%$].

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
ΗΕΔ μπαταρίας με βολτόμετρο :	$E_{\beta} = V_{\pi 0}$	E_{β}	V
ΗΕΔ μπαταρίας από τη χαρακτηριστική καμπύλη		E_x	V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης από τη χαρακτηριστική καμπύλη		$I_{\beta x}$	A
Κλίση της χαρακτηριστικής $V_{\pi} - I$: ΔI	$\kappa = \Delta V_{\pi} /$	κ	V/A
Εσωτερική αντίσταση μπαταρίας από χαρακτηριστική :	$r = \kappa$	r	Ω
Ρεύμα βραχυκύκλωσης :	$I_{\beta} = E_{\beta} / r$	I_{β}	A
Σχετικό σφάλμα στον προσδιορισμό της ΗΕΔ		σ_E %	%

Σχετικό σφάλμα στον προσδιορισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης	σ_{β} %		%
---	--------------------	--	---

- Υπολογίζουμε τις τιμές της αντίστασης R του αντιστάτη από το νόμο του Ohm ($R = V_{\pi} / I$) για ωμικό καταναλωτή για κάθε ζεύγος (V_{π}, I) και τις καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
- Υπολογίζουμε τις τιμές της ισχύος P_R που καταναλίσκει ο εξωτερικός αντιστάτης R ($P_R = V_{\pi} I$) για κάθε ζεύγος (V_{π}, I) και τις καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
- Εντοπίζουμε τη μέγιστη ισχύ $P_{R(max)}$ και την καταχωρούμε στον ΠΙΝΑΚΑ 3.
- Εντοπίζουμε την αντίσταση στην οποία καταναλίσκεται η μέγιστη ισχύς και καταχωρούμε την τιμή της στον ΠΙΝΑΚΑ 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ								
	1	2	3	4	5	6	7	#
Αντίσταση : $R = V_{\pi} / I$								Ω
Ισχύς στη R : $P_R = V_{\pi} I$								W
Μέγιστη ισχύς στη R : $P_{R(max)}$								W
Αντίσταση στην οποία καταναλώνεται η μέγιστη ισχύς : R								Ω

Η. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

- Διατυπώνουμε τα παρακάτω συμπεράσματα διαγράφοντας την κατάλληλη υπογραμμισμένη λέξη.
- Το αμπερόμετρο συνδέεται στο κύκλωμα σε σειρά / παράλληλα.
 - Το βολτόμετρο συνδέεται στο κύκλωμα σε σειρά / παράλληλα.
 - Όταν το αμπερόμετρο δεν δείχνει ρεύμα στο κύκλωμα που χρησιμοποιήσαμε, τότε το κύκλωμα είναι κλειστό / ανοικτό.
 - Σε μία μπαταρία που αρχίζει να «πέφτει» μειώνεται η ΗΕΔ της / αυξάνεται η εσωτερική της αντίσταση.
 - Η χαρακτηριστική καμπύλη της μπαταρίας υπακούει / δεν υπακούει στο νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα.
 - Η μορφή της χαρακτηριστικής καμπύλης $V_{\pi} - I$ είναι ευθεία με θετική / αρνητική κλίση.
 - Η χαρακτηριστική καμπύλη $V_{\pi} - I$ περνάει / δεν περνάει από την αρχή των αξόνων.
 - Η χαρακτηριστική καμπύλη $V_{\pi} - I$ τέμνει τον άξονα των V_{π} σε σημείο που αντιστοιχεί στην ελάχιστη / μέγιστη τιμή της πολικής τάσης της μπαταρίας.
 - Η χαρακτηριστική καμπύλη $V_{\pi} - I$ τέμνει τον άξονα των I σε σημείο όπου ισχύει :

$$I = \frac{E}{R+r} = I_{\beta} \quad / \quad I = \frac{E}{r} = I_{\beta}$$
 - Η πηγή μπορεί / δεν μπορεί να δώσει ρεύμα με τιμή μεγαλύτερη από το ρεύμα βραχυκύκλωσης.
 - Η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης $V_{\pi} - I$ παριστάνει την εσωτερική αντίσταση της πηγής / ολική αντίσταση του κυκλώματος.
 - Η μπαταρία, όταν δίνει ενέργεια στο κύκλωμα, είναι παθητικό / ενεργητικό δίπολο.
 - Για να δίνει η μπαταρία τη μέγιστη ισχύ στο κύκλωμα πρέπει η εξωτερική αντίσταση R να έχει τιμή $R < r$ / $R = r$ / $R > r$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ :

- Όταν το αμπερόμετρο δεν δείχνει ρεύμα στο κύκλωμα που χρησιμοποιήσαμε, τι μπορεί να συμβαίνει ;
- Τι σημαίνει «πεσμένη» μπαταρία ;
- Όταν η μπαταρία των 4,5 V είναι «πεσμένη», πόση είναι η ΗΕΔ της ;

4. Υπακούει η χαρακτηριστική καμπύλη στην εξίσωση που εκφράζει το νόμο του Ohm για κλειστό κύκλωμα ; Γιατί ;
5. Τι είδους ενεργειακές μετατροπές έχουμε όταν βραχυκυκλώνουμε τη μπαταρία ; Πώς γίνεται αισθητό αυτό ;