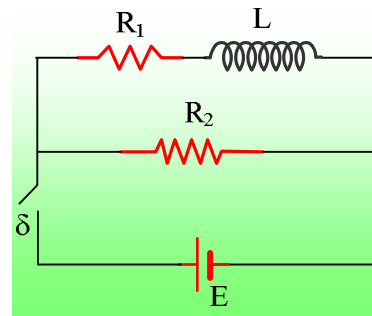


Ερωτήματα στην Αυτεπαγωγή

Για το κύκλωμα του διπλανού σχήματος, το πηνίο είναι ιδανικό, ενώ για τους δύο αντιστάτες $R_2=2R_1$ ενώ ο διακόπτης είναι ανοικτός. Η πηγή έχει ΗΕΔ E και $r=0$. Σε μια στιγμή $t_0=0$ κλείνουμε το διακόπτη δ και μόλις σταθεροποιηθεί η ένταση του ρεύματος, την στιγμή t_1 τον ανοίγουμε.



Αν η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή θεωρείται θετική:

i) Η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή που αναπτύσσεται στο πηνίο μια

χρονική στιγμή t_2 , όπου $0 < t_2 < t_1$:

α) Είναι θετική ή αρνητική;

β) Για την απόλυτη τιμή της ισχύει:

- a) $E_{αυτ} < E$, b) $E_{αυτ} = E$, c) $E_{αυτ} > E$.

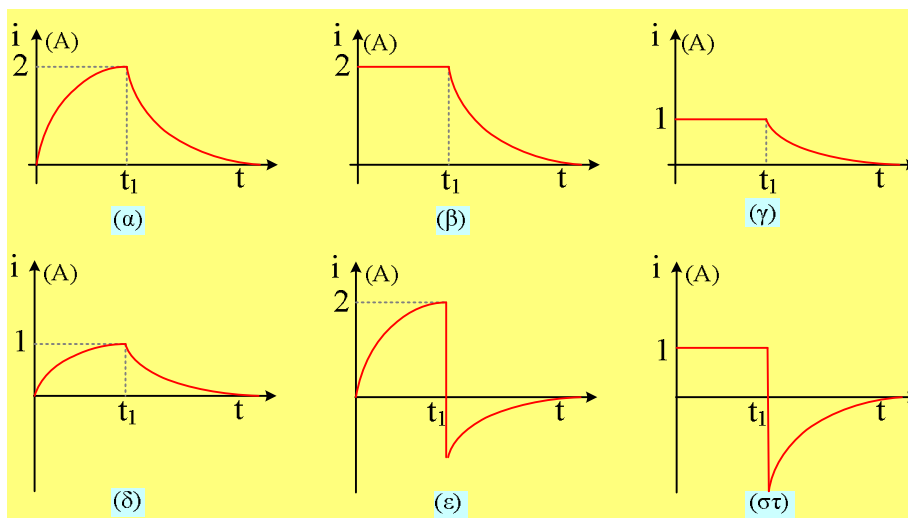
ii) Αμέσως μετά το άνοιγμα του διακόπτη δ , στο πηνίο αναπτύσσεται ΗΕΔ από αυτεπαγωγή.

α) Η ΗΕΔ αυτή είναι θετική ή αρνητική;

β) Για την απόλυτη τιμή της ισχύει:

- a) $E_{αυτ} < E$, b) $E_{αυτ} = E$, c) $E_{αυτ} > E$.

iii) Δίνονται οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις έντασης ρεύματος, σε συνάρτηση με το χρόνο.



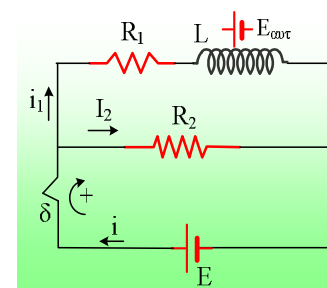
α) Ποιο διάγραμμα παριστάνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_1 .

β) Ποιο διάγραμμα παριστάνει την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_2 .

Να δικαιολογήσετε όλες τις απαντήσεις σας.

Απάντηση:

Μόλις κλείσουμε το διακόπτη, το κύκλωμα αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα και στο διπλανό σχήμα έχουν σχεδιαστεί οι εντάσεις στους διάφορους κλάδους του κυκλώματος. Αξίζει να επισημάνουμε ότι ο κλάδος με τον



αντιστάτη R_2 διαρρέεται από σταθερή ένταση $I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{E}{2R}$, ενώ ο κλάδος με το πηνίο, από ρεύμα

μεταβλητής έντασης, όπου ξεκινώντας από μηδενική ένταση φτάνει σε μέγιστη ένταση $I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{E}{R}$,

διπλάσια της έντασης I_2 .

i) Εξάλλου με βάση το κανόνα του Lenz η ΗΕΔ που θα αναπτυχθεί στο πηνίο θα έχει την πολικότητα του σχήματος, με θετικό πόλο αυτόν που συνδέεται με τον αντιστάτη, αντίθετης δηλαδή πολικότητας, από την πολικότητα της πηγής E .

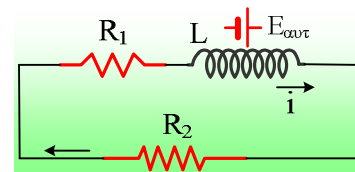
α) Θεωρώντας θετική την ένταση του ρεύματος που διαρρέει την πηγή, ουσιαστικά θεωρούμε μια ορισμένη φορά, εδώ δεξιόστροφη, ως θετική. Αλλά τότε η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο, τείνει να δώσει ρεύμα αντίθετης φοράς, συνεπώς αν $E > 0$, τότε $E_{\text{αυτ}} < 0$.

β) Αν πάρουμε τον δεύτερο κανόνα του Kirchhoff στην κλειστή διαδρομή που περιλαμβάνει την πηγή και τον κλάδο με το πηνίο θα έχουμε:

$$E - i_1 R_1 - L \frac{di_1}{dt} = 0 \rightarrow |E_{\text{αυτ}}| = L \frac{di_1}{dt} = E - i_1 R_1 < E$$

Σωστό το α).

ii) Μόλις ανοίξουμε το διακόπτη, το κύκλωμα που προκύπτει, είναι αυτό του διπλανού σχήματος, όπου το πηνίο τείνει να διατηρήσει το ρεύμα που το διαρρέει με αποτέλεσμα να εμφανίζεται πάνω του μια ΗΕΔ από αυτεπαγωγή, με τέτοια πολικότητα, ώστε να λειτουργεί σαν πηγή που προκαλεί ρεύμα της ίδιας φοράς.



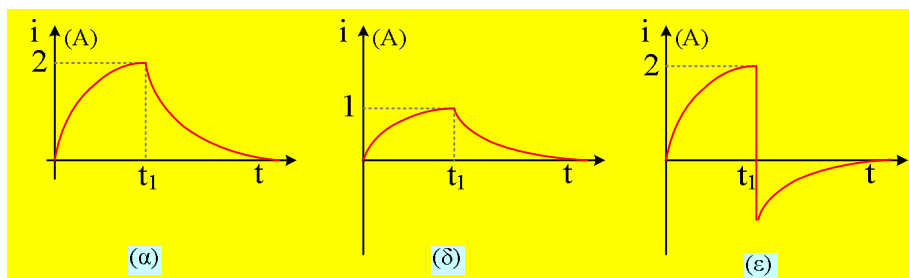
α) Με βάση την θετική φορά που ορίσαμε παραπάνω, αυτή η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή είναι θετική.

β) Εφαρμόζοντας για το κύκλωμα το 2ο κανόνα του Kirchhoff παίρνουμε:

$$-iR_1 - L \frac{di}{dt} - iR_2 = 0 \xrightarrow{i=I_1} |E_{\text{αυτ},2}| = \left| -L \frac{di}{dt} \right| = i(R_1 + R_2) = I_1 \cdot 3R = 3E$$

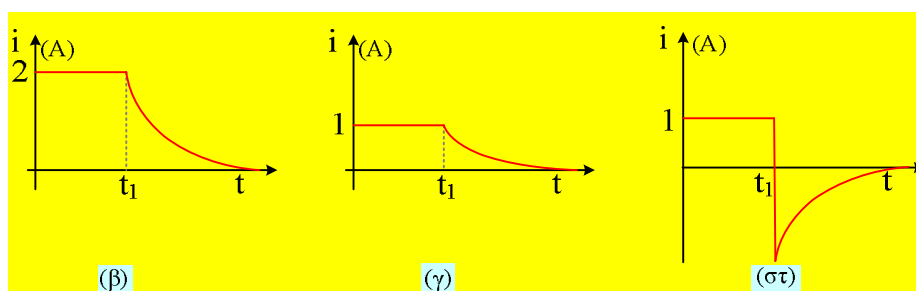
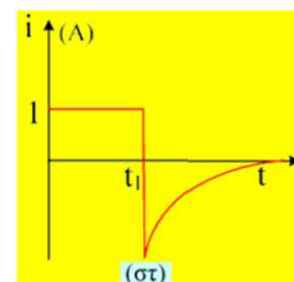
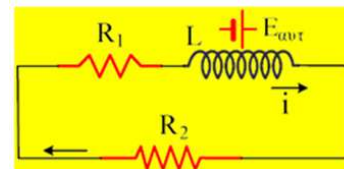
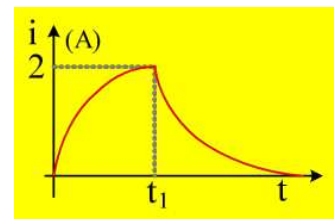
Σωστό το β).

iii) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο ξεκινά από μηδενική τιμή και αυξάνεται μέχρι να σταθεροποιηθεί σε μια σταθερή τιμή. Άρα η μορφή του περιγράφεται από μια καμπύλη, όπως στο σχήμα (α), (δ) ή (ε).



Οι υπόλοιπες καμπύλες ξεκινούν με σταθερή ένταση ρεύματος, άρα θα μπορούσαν να περιγράφουν την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη R_2 . Αλλά αν με κλειστό το διακόπτη η R_2 διαρρέεται από ρεύμα 2A, θα πρέπει το πηνίο να διαρρέεται από ρεύμα έντασης 4A, με βάση την αρχική απόδειξη, για τις δυο εντάσεις. Τέτοια τιμή έντασης δεν έχουμε, άρα η ένταση που διαρρέει τον αντιστάτη R_2 θα είναι 1A, οπότε η μέγιστη ένταση στο πηνίο θα είναι 2A και η καμπύλη του σχήματος (δ) απορρίπτεται. Έτσι μένουν τα σχήματα (α) και (ε). Μόλις ανοίξουμε τον διακόπτη, το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο, δεν θα αλλάξει φορά, απλά η έντασή του θα αρχίσει να μειώνεται, μέχρι να μηδενιστεί. Έτσι η μορφή της καμπύλης θα είναι αυτή του σχήματος (α).

Ας έρθουμε τώρα για την ένταση στον αντιστάτη R_2 , όπου έχουμε τρία επίσης ενδεχόμενα.



Αρχικά ο αντιστάτης διαρρέεται από ρεύμα με φορά προς τα δεξιά, σταθερής έντασης, που με βάση τα παραπάνω έχει ένταση 1A. Άρα αποκλείεται το σχήμα β). Αλλά μόλις ανοίξουμε το διακόπτη το πηνίο θα συνεχίσει να διαρρέεται από ρεύμα της ίδιας φοράς, πράγμα που σημαίνει ότι αναπτύσσεται πάνω του ΗΕΔ λόγω αυτεπαγωγής με πολικότητα, όπως στο διπλανό σχήμα. Τότε όμως ο αντιστάτης R_2 θα διαρρέεται από ρεύμα, με φορά προς τα αριστερά. Κατά συνέπεια η ένταση πριν το άνοιγμα του διακόπτη και η ένταση μετά το άνοιγμα έχουν αντίθετη φορά. Αν λοιπόν η αρχική ένταση θεωρηθεί θετική, η τελική θα είναι αρνητική με μειούμενη απόλυτη τιμή, μέχρι να μηδενιστεί.

Με βάση αυτά η σωστή μορφή της καμπύλης είναι η (στ).

dmargaris@gmail.com