

Κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος (EP)

Οι ηλεκτρικές συσκευές των κατοικιών χρησιμοποιούν κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος (EP).

Κάθε κύκλωμα EP αποτελείται από επιμέρους ηλεκτρικά στοιχεία (αντιστάτες, πηνία, πυκνωτές) και από μια πηγή τροφοδοσίας. Συνήθως ενδιαφερόμαστε για το πλάτος και τα χρονικά χαρακτηριστικά του εναλλασσόμενου ρεύματος σε ένα τέτοιο κύκλωμα.

Η πηγή τροφοδοσίας EP παρέχει εναλλασσόμενη τάση, Δv .

Σημείωση σχετικά με τους συμβολισμούς:

- Τα σύμβολα με πεζά γράμματα παριστάνουν στιγμιαίες τιμές.
- Τα σύμβολα με κεφαλαία γράμματα παριστάνουν σταθερές τιμές.

ΤΑΣΗ ΕΡ

Η τάση που παρέχει μια πηγή ΕΡ είναι ημιτονοειδής και μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου σύμφωνα την εξίσωση: $\Delta v(t) = \Delta V_{max} \sin(\omega t)$

i) $\Delta v(t)$ είναι η στιγμιαία τάση.

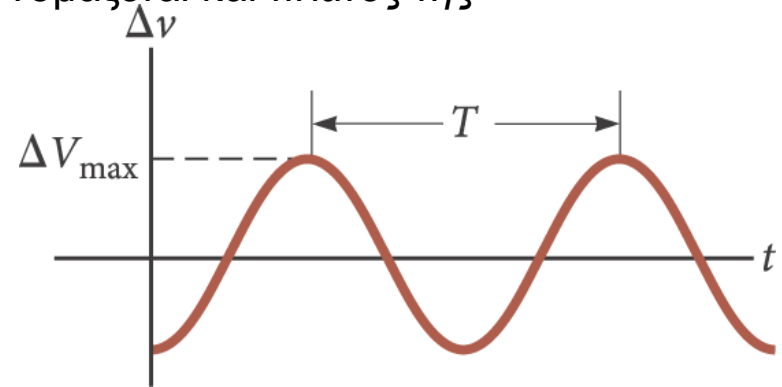
ii) ΔV_{max} είναι η μέγιστη τάση που παρέχει η πηγή. (Ονομάζεται και *πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης*.)

iii) ω είναι η κυκλική συχνότητα της τάσης ΕΡ.

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

f είναι η συχνότητα της πηγής, T είναι η περίοδος της πηγής.

Η τάση είναι θετική στο ένα μισό κάθε περιόδου (κύκλου) και αρνητική στο άλλο μισό.



Το ρεύμα σε κάθε κύκλωμα που τροφοδοτείται από μια πηγή ΕΡ είναι εναλλασσόμενο και μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με τον χρόνο.

Οι ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες στην Ελλάδα παρέχουν ΕΡ στη συχνότητα των 50.0 Hz.

Αντιστάτης σε κύκλωμα ΕΡ

Θεωρούμε ένα κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από μια πηγή ΕΡ και έναν αντιστάτη.

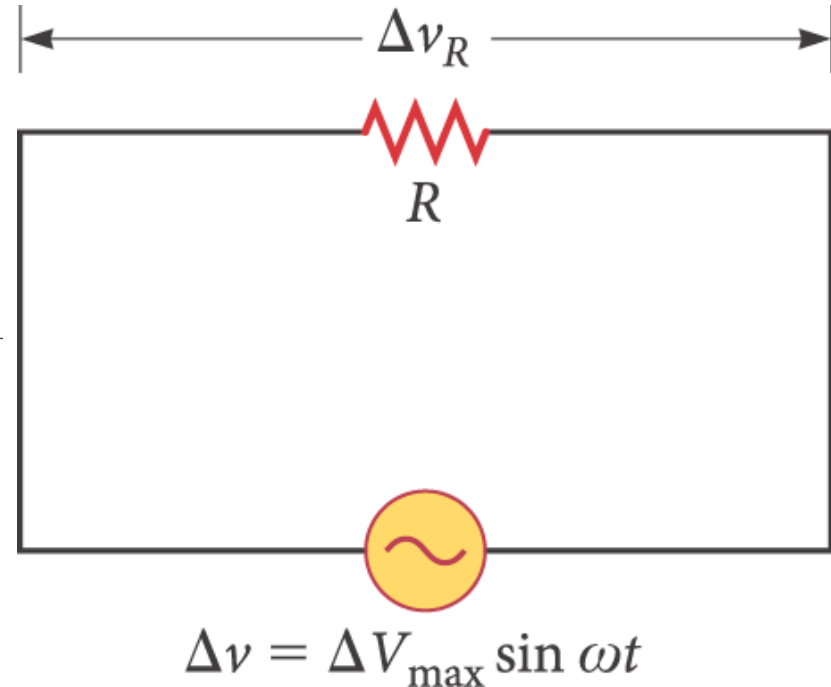
Συμβολίζουμε την πηγή ΕΡ με το σύμβολο 

$$\Delta v_R = V_{\max} \sin(\omega t)$$

Όπου Δv_R είναι η στιγμιαία τάση στα άκρα του αντιστάτη.

Μπορούμε να αναπαραστήσουμε την εναλλασσόμενη τάση (ή/και το ρεύμα) με διάφορους τρόπους:

A) Σχεδίαση γραφήματος σε σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων. Η τάση (ένταση ρεύματος) σχεδιάζεται στον κατακόρυφο άξονα και ο χρόνος σχεδιάζεται στον οριζόντιο άξονα.

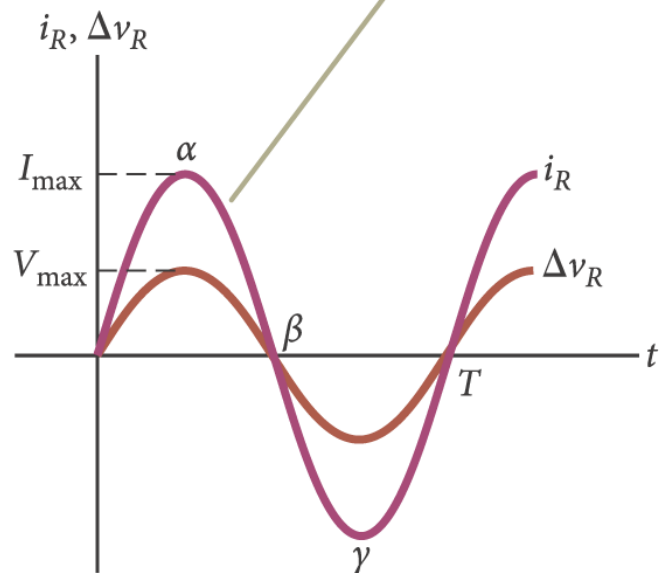


Το ρεύμα και η τάση παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους την ίδια χρονική στιγμή (το ρεύμα και η τάση είναι σε φάση.)

Αν η εφαρμοζόμενη τάση είναι ημιτονοειδής, το ρεύμα στον αντιστάτη είναι πάντα σε φάση με την τάση στα άκρα του.

Η φορά του ρεύματος δεν επηρεάζει τη συμπεριφορά του αντιστάτη. Οι αντιστάτες συμπεριφέρονται πρακτικά με τον ίδιο τρόπο τόσο στα κυκλώματα συνεχούς ρεύματος (ΣΡ) όσο και στα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ).

Το ρεύμα και η τάση είναι σε φάση: παίρνουν ταυτόχρονα τις μέγιστες, ελάχιστες, και μηδενικές τιμές τους.



α

Μπορούμε να αναπαραστήσουμε την εναλλασσόμενη τάση (ή/και το ρεύμα) και με ένα: **Διάγραμμα φασιθετών**

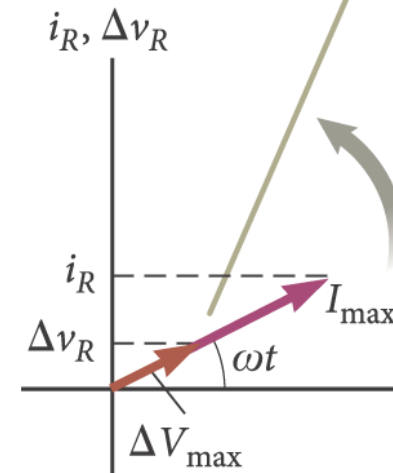
Ο **φασιθέτης** είναι ένα διάνυσμα με μήκος ανάλογο της μέγιστης τιμής της μεταβλητής που αναπαριστά.

Ο φασιθέτης περιστρέφεται αριστερόστροφα με γωνιακή ταχύτητα ω η οποία έχει τιμή ίση με την κυκλική συχνότητα κάθε μεταβλητής. Η γωνία ανάμεσα στο φασιθέτη και τον άξονα x αντιστοιχεί στη γωνία φάσης.

Η προβολή του φασιθέτη στον κατακόρυφο άξονα αντιστοιχεί στη στιγμιαία τιμή της ποσότητας που αναπαριστά.

Η προβολή του φασιθέτη στον κατακόρυφο άξονα δεν αντιστοιχεί σε φυσικό μέγεθος.

Οι φασιθέτες ρεύματος και τάσης έχουν την ίδια κατεύθυνση επειδή το ρεύμα είναι σε φάση με την τάση.



Ισχύς

Στους αντιστάτες που βρίσκονται σε κυκλώματα ΕΡ παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας, όπως ακριβώς και στους αντιστάτες που βρίσκονται σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας εξαρτάται από την τιμή του ρεύματος, αλλά όχι από τη φορά του.

Ο ρυθμός απόδοσης ηλεκτρικής ενέργειας στον αντιστάτη ενός κυκλώματος δίνεται από τη σχέση: $P = i^2 R$ (i είναι το *στιγμιαίο ρεύμα*).

Προφανώς η ισχύς μεταβάλλεται με τον χρόνο.

Πρακτική σημασία έχει η “μέση” ισχύς, δηλ. η ισχύς που αποδίδεται στον αντιστάτη κατά μέσο όρο στη διάρκεια μιας περιόδου.

Η μέση τιμή του ρεύματος στη διάρκεια μιας περιόδου είναι ίση με μηδέν, όχι όμως και η μέση τιμή του τετραγώνου του ρεύματος. Η μέση ισχύς που αποδίδεται σε έναν αντιστάτη ο οποίος διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα είναι:

$$P_{\text{μέσο}} = \frac{1}{2} I_{\text{max}}^2 R = I_{\text{rms}}^2 R,$$

όπου, $I_{\text{rms}} \equiv \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{(2)}} = \frac{\Delta V_{\text{rms}}}{R}.$

Ενεργό ρεύμα και ενεργός τάση

Όταν εξετάζουμε εναλλασσόμενα ρεύματα και εναλλασσόμενες τάσεις, χρησιμοποιούμε ενεργές τιμές (rms).

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 0.707 I_{\text{max}} \quad \Delta V_{\text{rms}} = \frac{\Delta V_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = 0.707 \Delta V_{\text{max}}$$

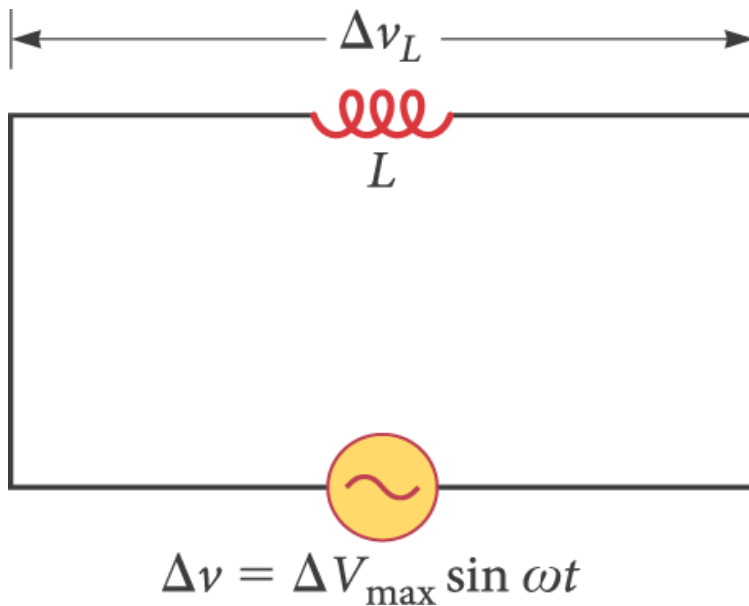
Ο δείκτης *rms* προέρχεται από τη φράση *root-mean-square*, που σημαίνει τετραγωνική ρίζα της μέσης τιμής του τετραγώνου του ρεύματος.

Τα αμπερόμετρα και τα βολτόμετρα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι σχεδιασμένα για να καταγράφουν τιμές rms.

Πολλές από τις εξισώσεις που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια για το εναλλασσόμενο ρεύμα έχουν την ίδια μορφή με τις αντίστοιχες για το συνεχές ρεύμα.

Πηνίο σε κύκλωμα ΕΡ

Το ρεύμα του πηνίου πάντα υστερεί της τάσης στα άκρα του κατά $\pi/2$ (ένα τέταρτο της περιόδου). Για παράδειγμα, το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν η τάση στα άκρα του πηνίου είναι ίση με μηδέν.

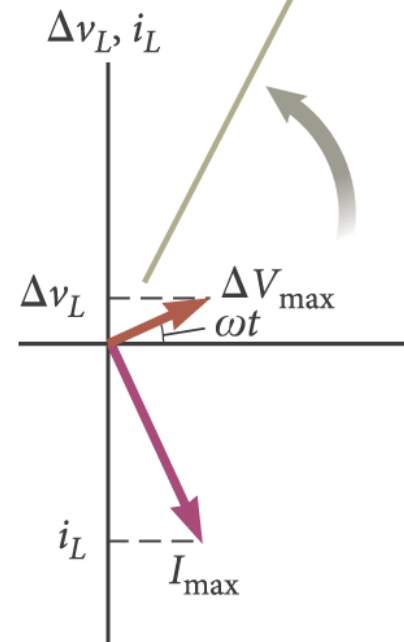


Διάγραμμα φασιθετών για ένα πηνίο

Οι φασιθέτες σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° .

Αυτή η γωνία αντιπροσωπεύει τη διαφορά φάσης μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.

Οι φασιθέτες ρεύματος και τάσης σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90° .



Επαγωγική αντίσταση

Η ποσότητα ωL έχει μονάδες αντίστασης και συνδέεται με την τάση και το ρεύμα ακριβώς όπως και η αντίσταση. Ονομάζεται **επαγωγική αντίσταση**:

$$X_L = \omega L$$

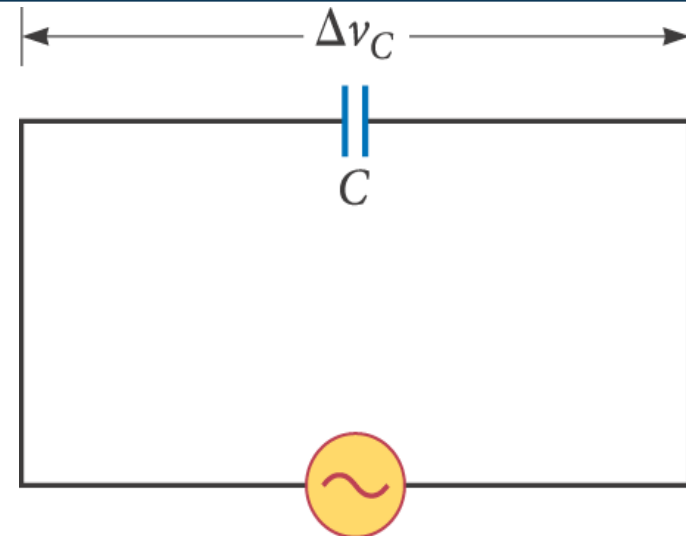
Επειδή το ωL εξαρτάται από τη συχνότητα, το πηνίο αντιδρά διαφορετικά, ως προς την αντίστασή του στο ρεύμα, σε διαφορετικές συχνότητες. Καθώς αυξάνεται η συχνότητα, αυξάνεται και η επαγωγική αντίσταση. Αυτό συμφωνεί με τον νόμο του Faraday:

Καθώς αυξάνεται ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος στο πηνίο, αυξάνεται και η αντι-ΗΕΔ, με συνέπεια να αυξάνεται η επαγωγική αντίσταση και να μειώνεται το ρεύμα.

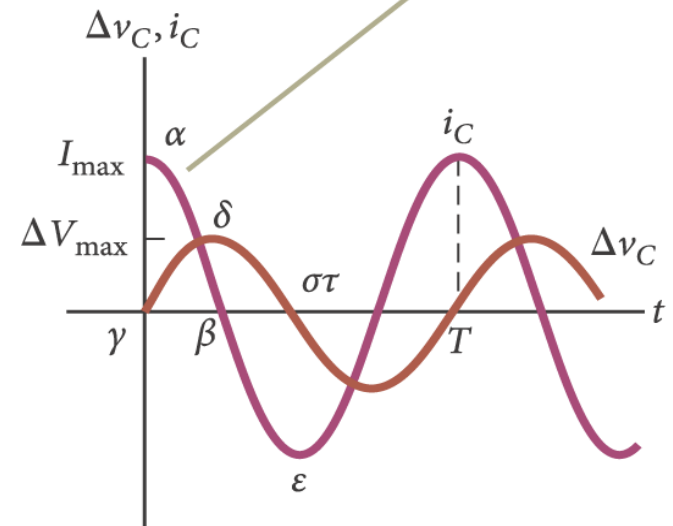
Πυκνωτής σε κύκλωμα ΕΡ

Το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του ένα τέταρτο της περιόδου προτού η τάση πάρει τη δική της μέγιστη τιμή.

Το ρεύμα προηγείται της τάσης κατά $\pi/2$.



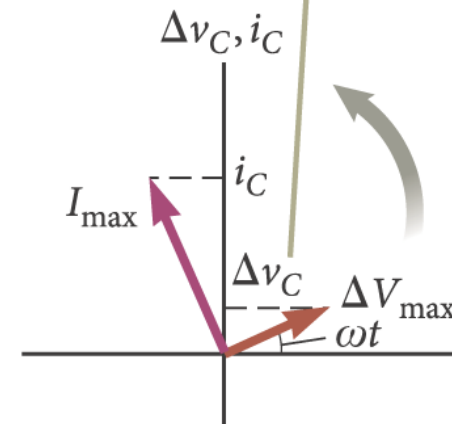
$$\Delta v = \Delta V_{\max} \sin \omega t$$



Διάγραμμα φασιθετών για τον πυκνωτή

Το διάγραμμα φασιθετών δείχνει ότι, για μια ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενη τάση, το ρεύμα πάντα προηγείται της τάσης στα άκρα του πυκνωτή κατά 90 μοίρες.

Οι φασιθέτες ρεύματος και τάσης σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 90°.



Χωρητική αντίσταση

Η αντίσταση που παρουσιάζει ο πυκνωτής στη διέλευση του ρεύματος στο κύκλωμα ΕΡ ονομάζεται **χωρητική αντίσταση** και δίνεται από τη σχέση:

$$X_C \equiv \frac{1}{\omega C} \quad \text{που δίνει} \quad I_{\max} = \frac{\Delta V_{\max}}{X_C}$$

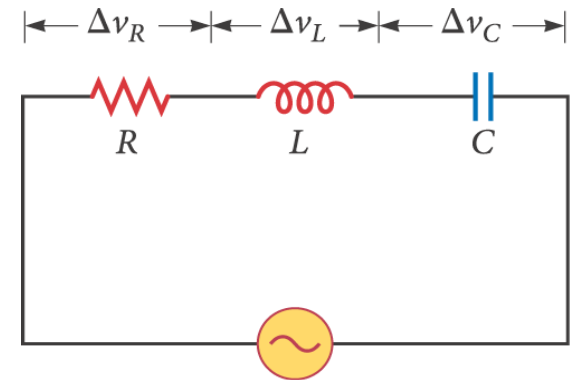
Καθώς αυξάνεται η συχνότητα της τάσης της πηγής, η χωρητική αντίσταση μειώνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται το μέγιστο ρεύμα.

Καθώς η συχνότητα τείνει στο μηδέν, η χωρητική αντίσταση X_C τείνει στο άπειρο και, άρα, το ρεύμα τείνει στο μηδέν: το κύκλωμα λειτουργεί σε συνθήκες που προσεγγίζουν αυτές του συνεχούς ρεύματος και ο πυκνωτής καθιστά το κύκλωμα ανοιχτό.

Κύκλωμα RLC σε σειρά

Σε ένα κύκλωμα μπορούμε να συνδέσουμε έναν αντιστάτη, ένα πηνίο, και έναν πυκνωτή σε σειρά.

Το ρεύμα και η τάση του κυκλώματος μεταβάλλονται ημιτονοειδώς συναρτήσει του χρόνου.



α

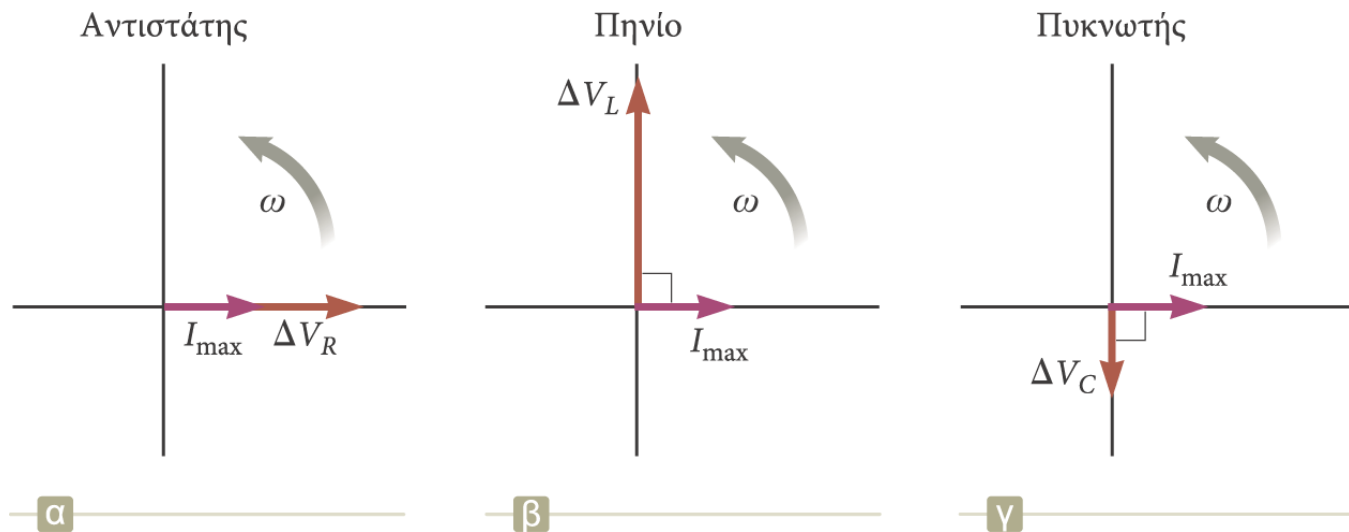
Η στιγμιαία τάση δίνεται από τη σχέση: $\Delta v(t) = \Delta V_{\max} \sin \omega t$

Το στιγμιαίο ρεύμα δίνεται από τη σχέση: $i(t) = I_{\max} \sin (\omega t - \varphi)$

Εφόσον όλα τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά, το ρεύμα έχει το ίδιο πλάτος και την ίδια φάση σε κάθε σημείο του κυκλώματος. Ζητούμενα:

Να υπολογίσουμε τα I_{\max} και φ (τη **γωνία φάσης** μεταξύ του ρεύματος και της εφαρμοζόμενης τάσης), γνωρίζοντας τα R , L , C και ω .

Διαγράμματα φασιθετών



Στην εικόνα παρουσιάζονται οι φασιθέτες κάθε στοιχείου του κυκλώματος.

Το τελικό διάγραμμα φασιθετών

ΔV_R είναι η μέγιστη τάση στα άκρα του αντιστάτη και $\Delta V_R = I_{\max}R$.

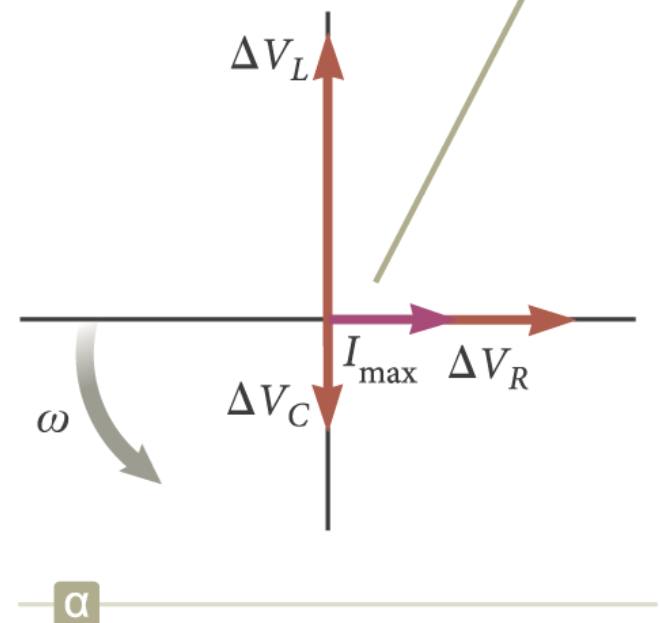
ΔV_L είναι η μέγιστη τάση στα άκρα του πηνίου και $\Delta V_L = I_{\max}X_L$.

ΔV_C είναι η μέγιστη τάση στα άκρα του πυκνωτή και $\Delta V_C = I_{\max}X_C$.

Το άθροισμα των τάσεων πρέπει να ισούται με την τάση της πηγής ΕΡ.

Επειδή αυτές οι τρεις τάσεις παρουσιάζουν διαφορετικές γωνίες φάσης ως προς το ρεύμα, δεν μπορούμε να τις προσθέσουμε απευθείας αλγεβρικά.

Οι φασιθέτες της Εικόνας Η11.14 συνδυάζονται σε ένα ζεύγος αξόνων.



Διανυσματική πρόσθεση των φασιθετών

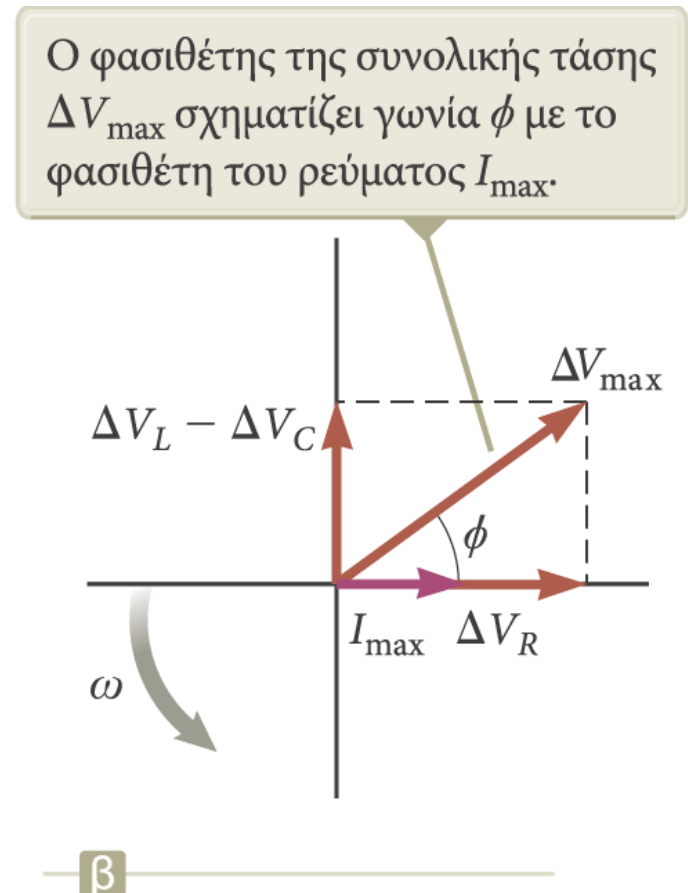
Συνδυάζουμε τους φασιθέτες τάσης χρησιμοποιώντας διανυσματική πρόσθεση.

Συνδυάζουμε τους φασιθέτες τάσης ΔV_L και ΔV_C , οι οποίοι έχουν αντίθετες κατευθύνσεις.

Η συνισταμένη τους είναι κάθετη στον φασιθέτη ΔV_R .

Η συνισταμένη όλων των τάσεων στα άκρα κάθε επιμέρους ηλεκτρικού στοιχείου είναι ΔV_{\max} .

- Αυτή η συνισταμένη σχηματίζει γωνία ϕ με τον φασιθέτη του ρεύματος I_{\max} .



Σύνθετη αντίσταση στα κυκλώματα RLC

Από το διανυσματικό διάγραμμα, μπορούμε να υπολογίσουμε την τάση ΔV_{\max} :

$$\begin{aligned}\Delta V_{\max} &= \sqrt{\Delta V_R^2 + (\Delta V_L - \Delta V_C)^2} \\ &= \sqrt{(I_{\max} R)^2 + (I_{\max} X_L - I_{\max} X_C)^2} \\ \Delta V_{\max} &= I_{\max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}\end{aligned}$$

Το ρεύμα σε ένα κύκλωμα RLC δίνεται από τη σχέση:

$$I_{\max} = \frac{\Delta V_{\max}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{\Delta V_{\max}}{Z}$$

Το μέγεθος Z ονομάζεται *σύνθετη αντίσταση* ή *εμπέδηση* του κυκλώματος, και συμπεριφέρεται ως αντίσταση. Η σύνθετη αντίσταση (μονάδες Ohm) δίνεται

από τη σχέση: $Z \equiv \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

Γωνία φάσης

Από το ορθογώνιο τρίγωνο του διαγράμματος φασιθετών μπορούμε να βρούμε τη γωνία φάσης, φ .

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

Η γωνία φάσης μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική και καθορίζει τη συμπεριφορά του κυκλώματος.

Αν η γωνία φ είναι θετική:

- $X_L > X_C$ (κάτι που συμβαίνει σε υψηλές συχνότητες).
- Το ρεύμα υστερεί της εφαρμοζόμενης τάσης.
- Το κύκλωμα είναι *περισσότερο επαγωγικό παρά χωρητικό*.

Αν η γωνία φ είναι αρνητική:

- $X_L < X_C$ (κάτι που συμβαίνει σε χαμηλές συχνότητες).
- Το ρεύμα προηγείται της εφαρμοζόμενης τάσης.
- Το κύκλωμα είναι *περισσότερο χωρητικό παρά επαγωγικό*.

Αν η γωνία φ είναι ίση με μηδέν:

- $X_L = X_C$
- Το κύκλωμα είναι *αμιγώς ωμικό*.

Ισχύς κυκλωμάτων ΕΡ

Η μέση ισχύς που παρέχει η πηγή προκαλεί αύξηση της εσωτερικής ενέργειας στον αντιστάτη.

Στα κυκλώματα ΕΡ, δεν συμβαίνουν απώλειες ενέργειας σε ιδανικά πηνία και ιδανικούς πυκνωτές.

- Πυκνωτής: Κατά τη διάρκεια της μισής περιόδου, στον πυκνωτή αποθηκεύεται ενέργεια, ενώ κατά την υπόλοιπη μισή περίοδο η ενέργεια αποδίδεται πάλι στο κύκλωμα. Άρα, στον πυκνωτή δεν συμβαίνει απώλεια ενέργειας.
- Πηνίο: Η πηγή παράγει έργο στο πηνίο, καθώς αντιτίθεται στην αντι-ΗΕΔ του, και στο πηνίο αποθηκεύεται ενέργεια. Ωστόσο, όταν το ρεύμα στο κύκλωμα αρχίζει να ελαττώνεται, η ενέργεια αποδίδεται πάλι στο κύκλωμα.

Η ισχύς που αποδίδει η πηγή ενός κυκλώματος ΕΡ εξαρτάται από τη φάση.

Σε ορισμένες εφαρμογές, χρησιμοποιούνται πυκνωτές για να μεταβάλουν τη φάση βαρέων κινητήρων ή άλλων μηχανημάτων με μεγάλο επαγωγικό φόρτο, έτσι ώστε να μην είναι απαραίτητη η χρήση υπερβολικά υψηλών τάσεων.

Συντονισμός κυκλώματος ΕΡ

Συντονισμός συμβαίνει στην κυκλική συχνότητα ω_o , στην οποία το ρεύμα έχει τη μέγιστη τιμή του.

- Το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν η σύνθετη αντίσταση είναι ελάχιστη.
- Αυτό συμβαίνει όταν $X_L = X_C$.
- Λύνοντας ως προς τη συχνότητα, παίρνουμε:

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Η *συχνότητα συντονισμού* αντιστοιχεί επίσης στην ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης, ή φυσική συχνότητα, του κυκλώματος LC .

Το ενεργό ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή του όταν η συχνότητα της εφαρμοζόμενης τάσης συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης.

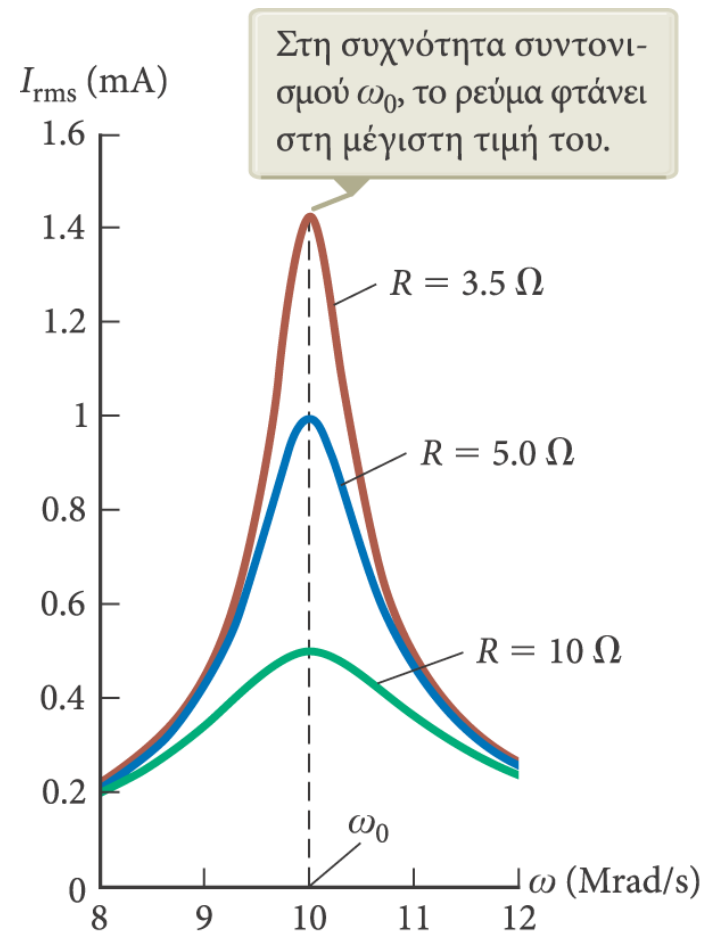
Στη συχνότητα συντονισμού το ρεύμα δεν έχει διαφορά φάσης με την εφαρμοζόμενη τάση.

Συντονισμός κυκλώματος ΕΡ (συνέχεια)

Ο συντονισμός συμβαίνει στην ίδια συχνότητα ανεξάρτητα από την τιμή της ωμικής αντίστασης R .

Για μικρότερες τιμές της ωμικής αντίστασης R , η καμπύλη γίνεται οξύτερη, δηλαδή πιο στενή και πιο ψηλή.

Θεωρητικά, αν $R = 0$, τότε το ρεύμα παίρνει άπειρη τιμή κατά τον συντονισμό (ωστόσο, τα πραγματικά κυκλώματα πάντοτε έχουν μια έστω και μικρή ωμική αντίσταση).



Συντελεστής ποιότητας

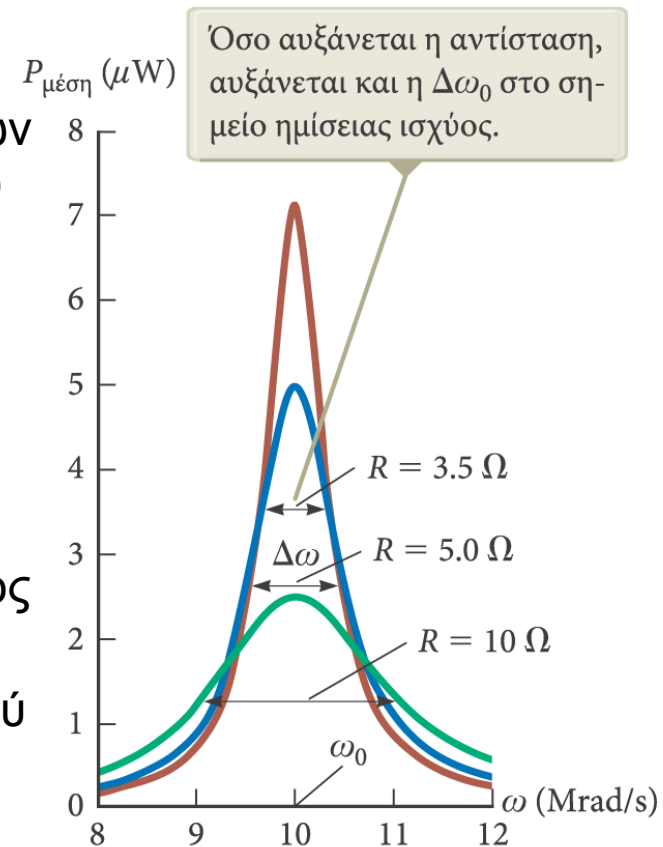
Η οξύτητα της καμπύλης συντονισμού συνήθως περιγράφεται με μια αδιάστατη παράμετρο, η οποία ονομάζεται συντελεστής ποιότητας, Q .

$$Q = \omega_0 / \Delta\omega = (\omega_0 L) / R$$

$\Delta\omega$ είναι το άνοιγμα της καμπύλης μεταξύ των δύο τιμών της συχνότητας ω για τις οποίες η $P_{\text{μέση}}$ παίρνει το μισό της μέγιστης τιμής της (τα σημεία όπου παρατηρούνται αυτές οι τιμές της συχνότητας ω ονομάζονται *σημεία ημίσειας ισχύος*)

Ένα κύκλωμα με μεγάλο συντελεστή ποιότητας (*οξεία κορυφή*) αποκρίνεται μόνο σε ένα μικρό εύρος συχνοτήτων. Ένα κύκλωμα με μικρό συντελεστή ποιότητας Q αποκρίνεται σε ένα πολύ μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων.

Μια σημαντική εφαρμογή των κυκλωμάτων συντονισμού είναι το κύκλωμα λήψης του ραδιοφώνου.



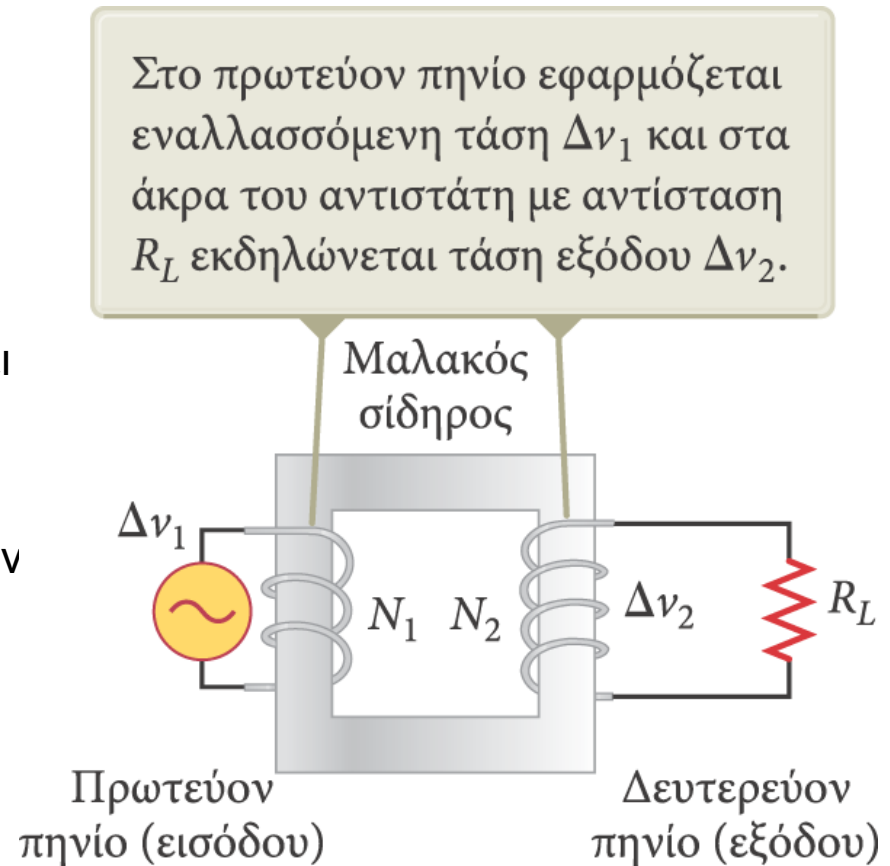
Μετασχηματιστές (1)

Ένας **μετασχηματιστής ΕΡ** αποτελείται από δύο συρμάτινα πηνία περιελιγμένα γύρω από έναν πυρήνα μαλακού σιδήρου.

Το πηνίο στα αριστερά, το οποίο είναι συνδεδεμένο με την πηγή ΕΡ, ονομάζεται *πρωτεύον πηνίο* (ή *πρωτεύον τύλιγμα*) και έχει N_1 σπείρες.

Το πηνίο στα δεξιά, το δευτερεύον πηνίο ή δευτερεύον τύλιγμα, είναι συνδεδεμένο με έναν αντιστάτη φόρτου R_L και έχει N_2 σπείρες.

Ο πυρήνας μαλακού σιδήρου αυξάνει τη μαγνητική ροή και παρέχει ένα μέσο για να διέρχεται η ροή από το ένα πηνίο στο άλλο.



Μετασχηματιστές (2)

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε έναν ιδανικό μετασχηματιστή. Δηλαδή, έναν μετασχηματιστή με μηδενικές απώλειες ενέργειας στις περιελίξεις και στον πυρήνα (ένας τυπικός μετασχηματιστής έχει απόδοση ισχύος από 90% έως 99%).

Στο πρωτεύον πηνίο:
$$\Delta v_1 = -N_1 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της ροής είναι ίδιος και για τα δύο πηνία. Η τάση στα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου είναι:

$$\Delta v_2 = -N_2 \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Οι τάσεις συνδέονται μέσω της σχέσης:
$$\Delta v_2 = \frac{N_2}{N_1} \Delta v_1$$

Όταν $N_2 > N_1$, πρόκειται για μετασχηματιστή ανύψωσης (τάσης).

Όταν $N_2 < N_1$, πρόκειται για μετασχηματιστή υποβιβασμού.

Μετασχηματιστές (τελική διαφάνεια)

Μπορούμε να χρησιμοποιούμε τον μετασχηματιστή για να προσαρμόζουμε τις αντιστάσεις μεταξύ του κυκλώματος του πρωτεύοντος και του κυκλώματος φόρτου (της κατανάλωσης).

Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος από μια δεδομένη πηγή προς την αντίσταση φόρτου.

- Στην ορολογία του στερεοφωνικού εξοπλισμού, η διαδικασία αυτή ονομάζεται *προσαρμογή σύνθετης αντίστασης*.

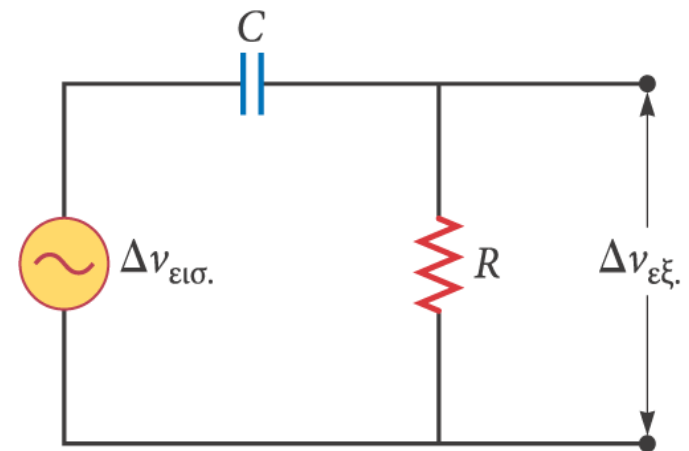
Φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων

Το κύκλωμα της εικόνας αποτελεί ένα παράδειγμα **φίλτρου διέλευσης υψηλών συχνοτήτων** (ή, αλλιώς, **υψιπερατού φίλτρου**).

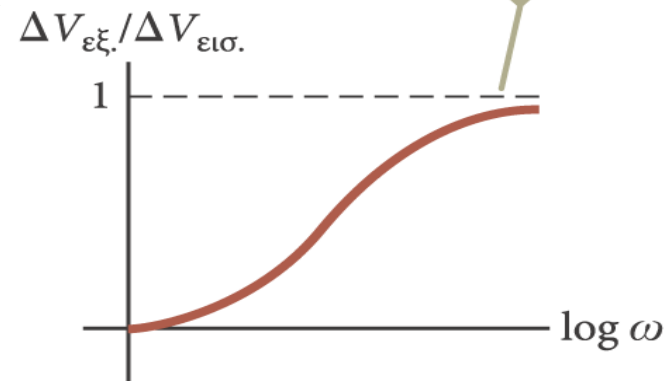
Το φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να επιτρέπει επιλεκτικά τη διέλευση σημάτων υψηλών συχνοτήτων και να εμποδίζει τα σήματα χαμηλών συχνοτήτων.

Στις χαμηλές συχνότητες, η $\Delta V_{εξ.}$ είναι πολύ μικρότερη της $\Delta V_{εισ.}$: στις χαμηλές συχνότητες, ο πυκνωτής έχει μεγάλη χωρητική αντίσταση, οπότε ένα σημαντικό ποσοστό της εφαρμοζόμενης τάσης εκδηλώνεται στα άκρα του πυκνωτή.

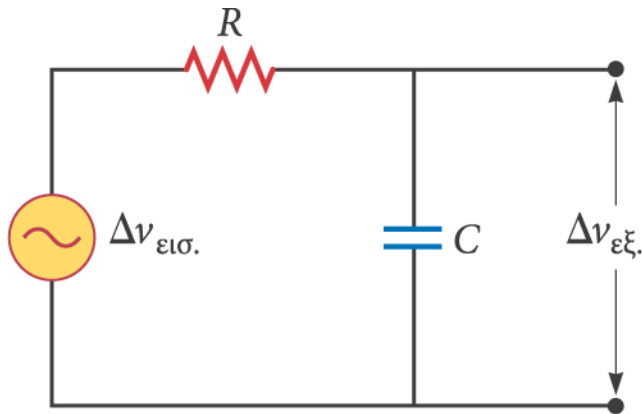
Στις υψηλές συχνότητες, συμβαίνει το αντίθετο (η $\Delta V_{εξ.}$ είναι σχεδόν ίση της $\Delta V_{εισ.}$). Στις υψηλές συχνότητες, η χωρητική αντίσταση είναι μικρή και η τάση εκδηλώνεται στα άκρα του αντιστάτη.



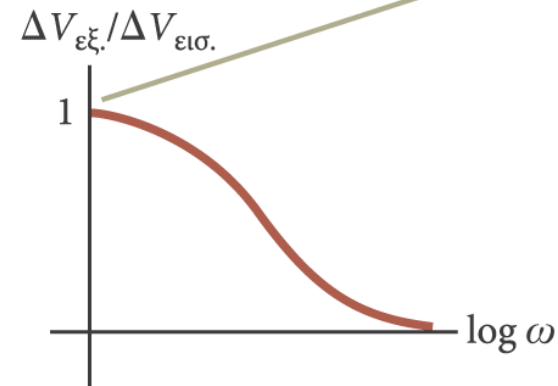
Όσο αυξάνεται η συχνότητα, η τάση εξόδου του φίλτρου προσεγγίζει την τάση εισόδου.



Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων



Όσο μειώνεται η συχνότητα, η τάση εξόδου του φίλτρου προσεγγίζει την τάση εισόδου.



Σε χαμηλές συχνότητες, η χωρητική αντίσταση και η τάση στα άκρα του πυκνωτή είναι μεγάλες. Σ' αυτή την περίπτωση, η τάση στα άκρα του πυκνωτή είναι σχεδόν ίση με την τάση της πηγής ΕΡ.

Αυτό αποτελεί παράδειγμα ενός **φίλτρου διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων** (ή, αλλιώς, ενός **βαθυπερατού φίλτρου**).

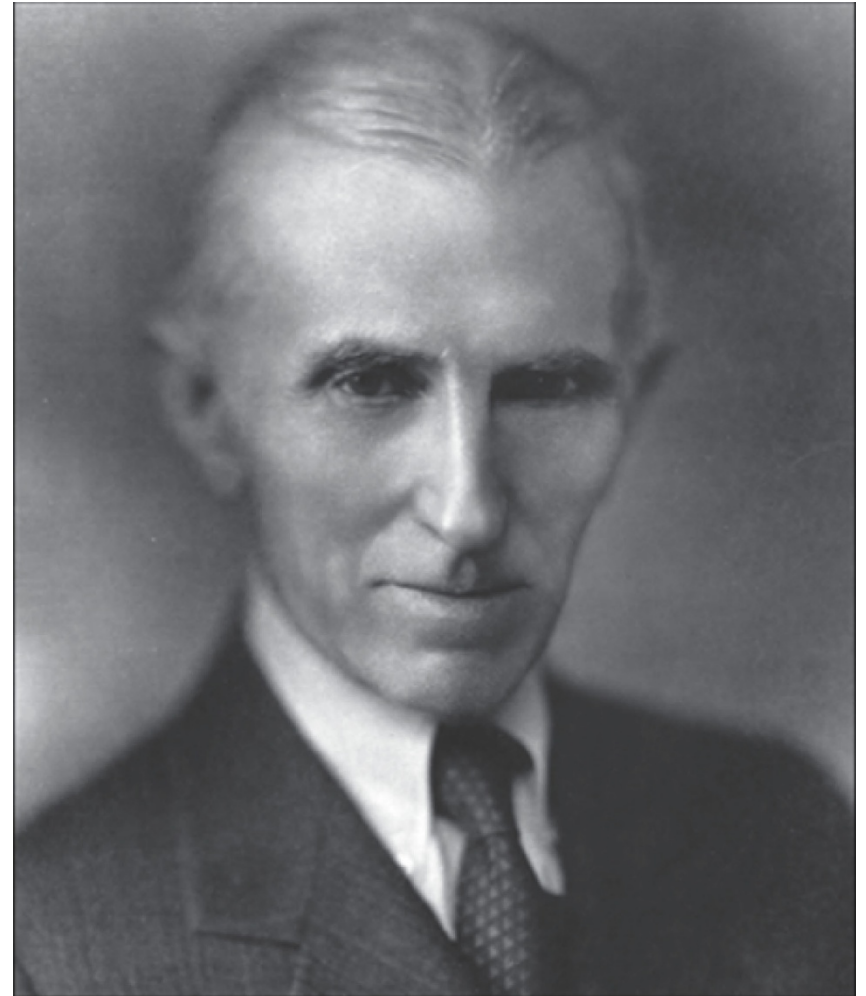
Nikola Tesla

1856–1943

Αμερικανός φυσικός/εφευρέτης.

Συνέβαλε καθοριστικά στην ανάπτυξη

- του ηλεκτρισμού ΕΡ,
- των μετασχηματιστών υψηλής τάσης,
- της μεταφοράς της ηλεκτρικής ισχύος μέσω γραμμών ΕΡ.



Ανορθωτής

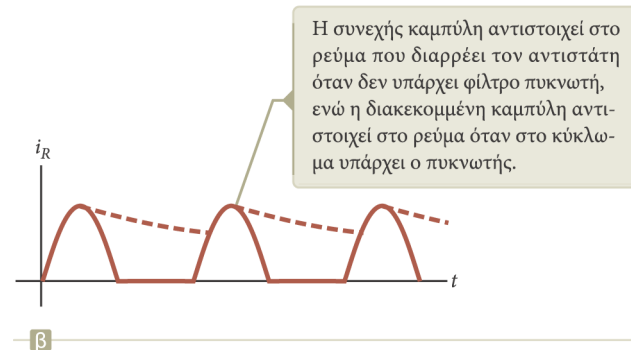
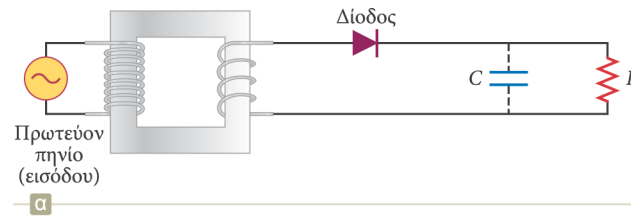
Η διαδικασία μετατροπής του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές ρεύμα ονομάζεται **ανόρθωση**.

Η διάταξη που πραγματοποιεί τη μετατροπή ονομάζεται **ανορθωτής**.

Το πιο σημαντικό εξάρτημα του κυκλώματος του ανορθωτή είναι η **δίοδος**.

- Η δίοδος είναι ένα ηλεκτρικό στοιχείο που άγει το ρεύμα προς μία κατεύθυνση, όχι όμως προς την αντίθετη.

Το κύκλωμα του ανορθωτή



Το βέλος της διόδου () δείχνει τη φορά του ρεύματος στη δίοδο.

- Σε αυτή την κατεύθυνση, η δίοδος παρουσιάζει μικρή αντίσταση στο ρεύμα.
- Στην αντίθετη κατεύθυνση, η δίοδος παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στο ρεύμα.

Η δίοδος ανάγει το εναλλασσόμενο ρεύμα στον αντιστάτη φόρτου στο ρεύμα που αντιστοιχεί στο θετικό τμήμα της περιόδου.

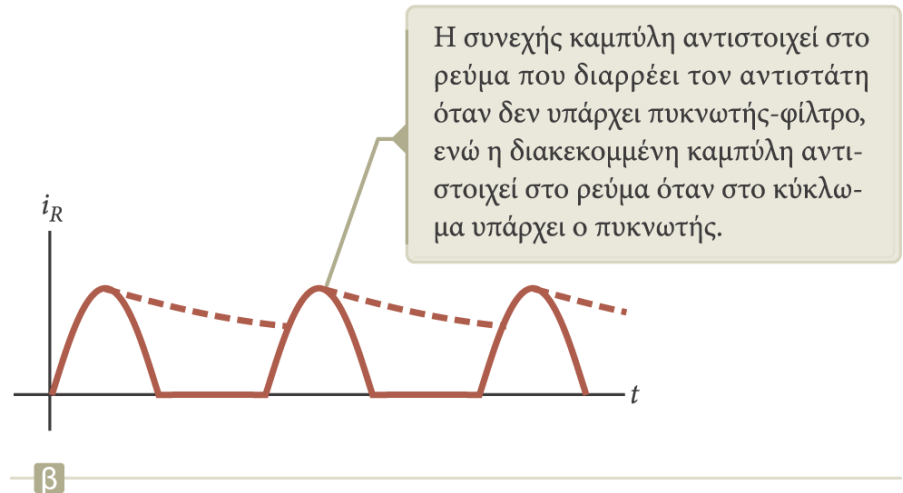
Ο μετασχηματιστής υποβιβάζει την τάση EP 120 V στην τάση που χρειάζεται η συσκευή για να λειτουργήσει.

- Συνήθως στα 6 V ή στα 9 V.

Ημιανορθωτής

Η συνεχής καμπύλη παριστάνει το ρεύμα στον αντιστάτη.

Σε αυτή την περίπτωση, λέμε ότι η δίοδος λειτουργεί ως *ημιανορθωτής*, επειδή στο κύκλωμα κυκλοφορεί ρεύμα μόνο στο μισό κάθε περιόδου.



Ημιανορθωτής – Μετατροπή

Στο κύκλωμα μπορούμε να προσθέσουμε έναν πυκνωτή.

Τώρα το κύκλωμα είναι μια απλή πηγή τροφοδοσίας ΣΡ.

Η μεταβολή του ρεύματος συναρτήσεϊ του χρόνου είναι σχεδόν μηδενική.

- Καθορίζεται από τη σταθερά χρόνου RC του κυκλώματος.
- Το ρεύμα παριστάνεται από τη διακεκομμένη καμπύλη του γραφήματος της προηγούμενης διαφάνειας.