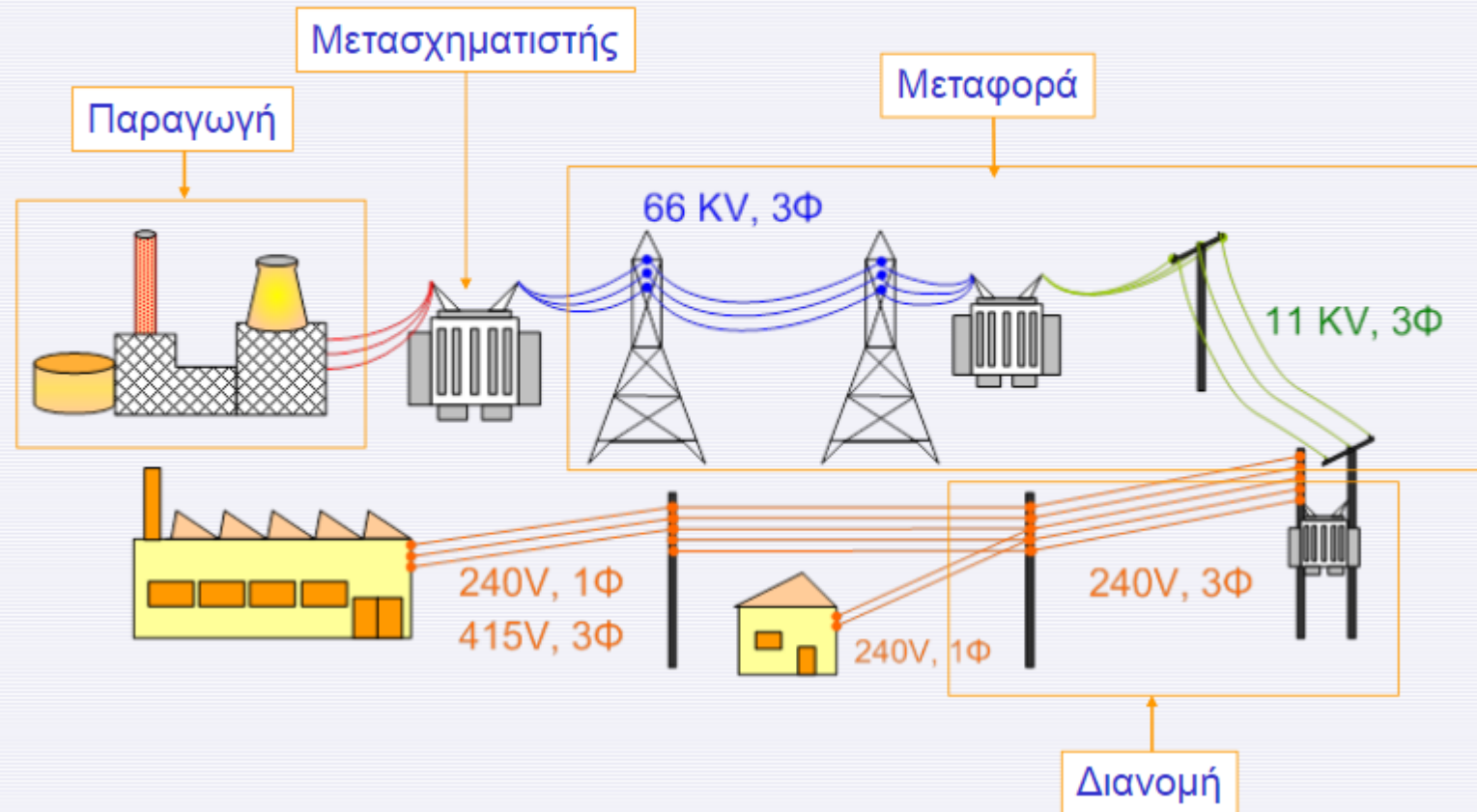


An illustration of a power transmission system. It features several lattice towers of varying heights connected by power lines. The background is a bright blue, wavy shape, and a large yellow sun is visible in the upper right. The text 'Εναλλασσόμενο Ρεύμα (Alternating Current)' is overlaid in the center in a bold, yellow font.

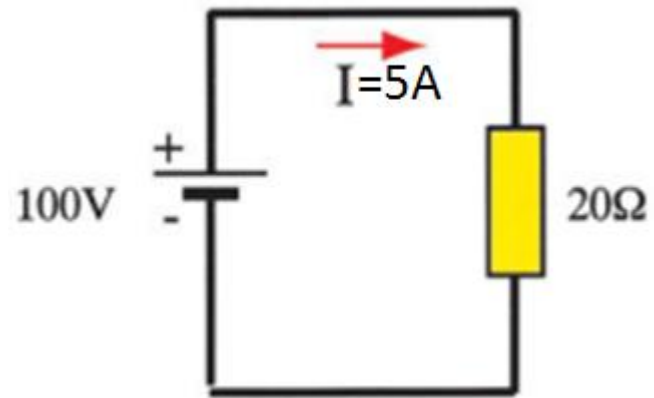
Εναλλασσόμενο Ρεύμα (Alternating Current)

<https://imarinakis.mysch.gr/>

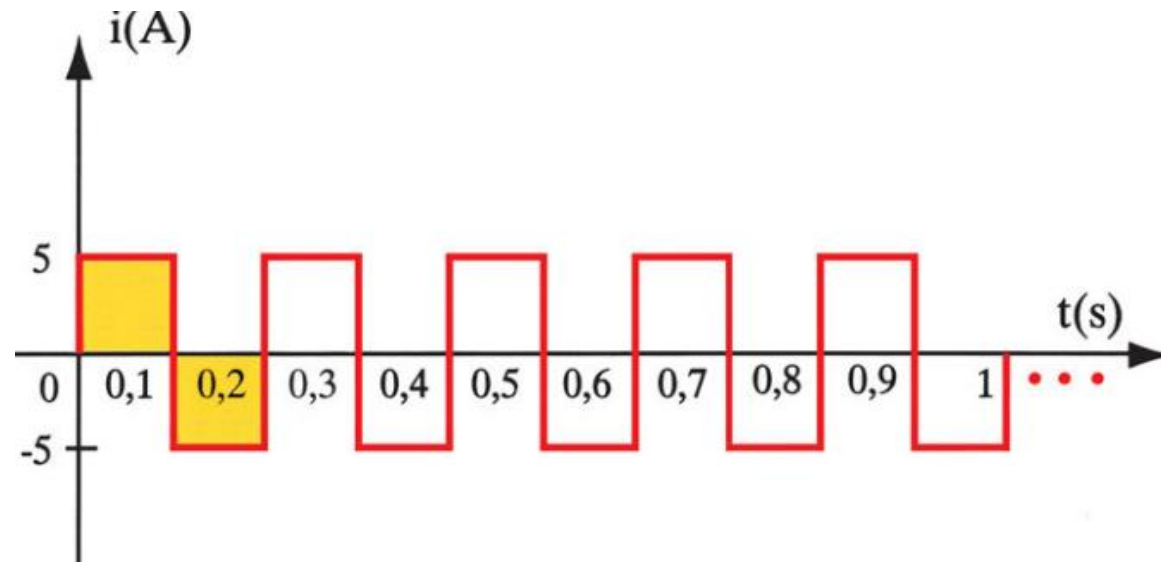
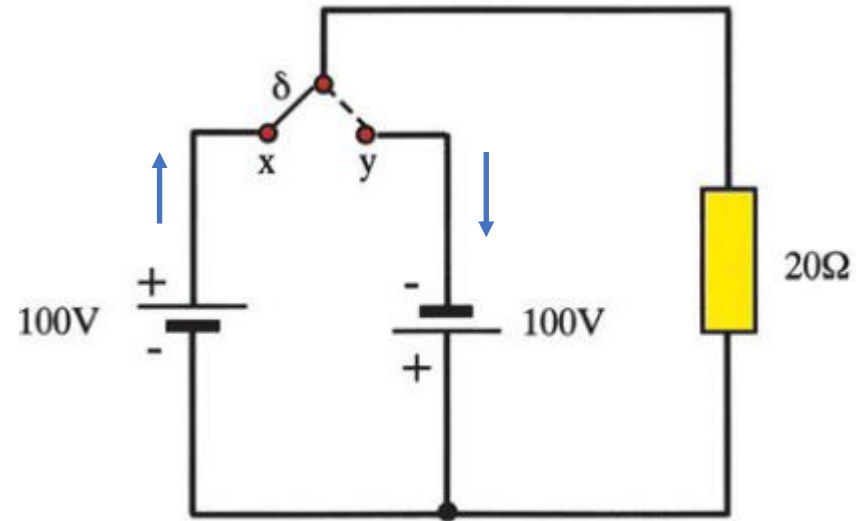
Δίκτυο Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας



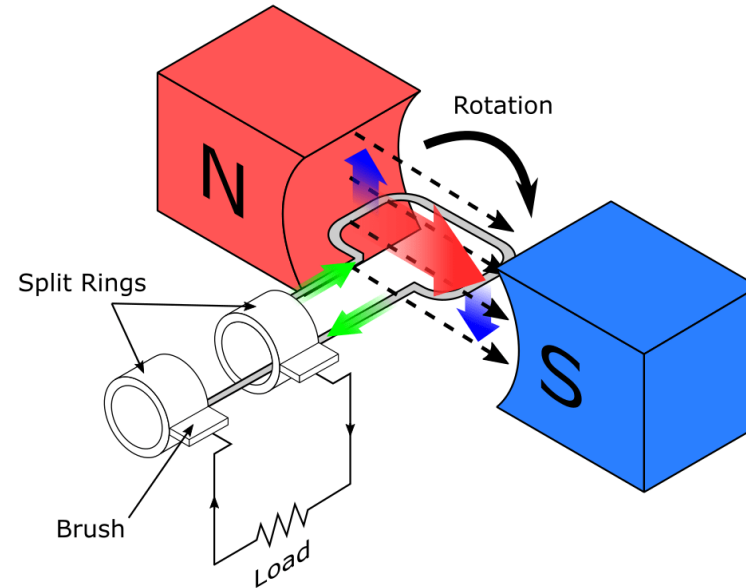
Συνεχές Ρεύμα (Direct Current)



Εναλλασσόμενο Ρεύμα (Alternating Current)



Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης

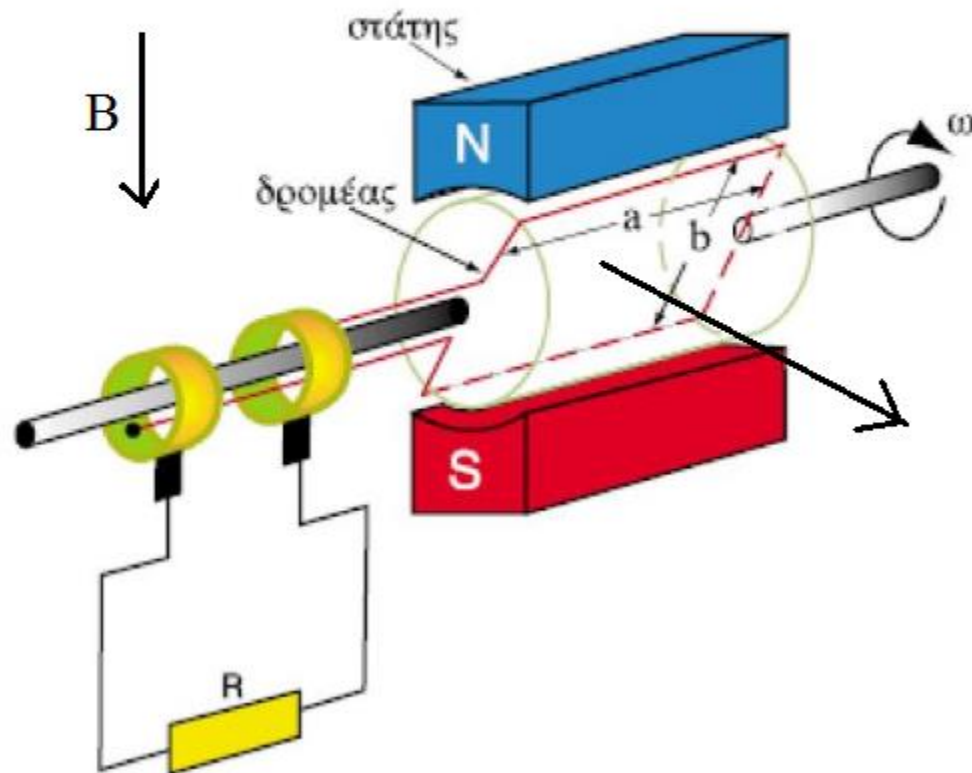


Σύμφωνα με τον νόμο του Faraday η ΗΕΔ εξ'επαγωγής είναι ανάλογη του ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής, δηλαδή:

$$E = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης

περιστροφή του πλαισίου (δρομέα)
διαστάσεων a, b και εμβαδού $S=a \cdot b$ μέσα στο μαγνητικό
πεδίο του στάτη



Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης

Εάν το πλαίσιο αποτελείται από N σπείρες και περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω , μέσα στο μαγνητικό πεδίο (μαγνητικής επαγωγής B), η μεταβαλλόμενη ροή μέσα από το πλαίσιο είναι:

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi = N \cdot B \cdot a \cdot b \cdot \sigma\upsilon\nu\varphi$$

- Όπου N ο αριθμός των σπειρών και φ η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης των μαγνητικών γραμμών και της κάθετης ευθείας στο περιστρεφόμενο πλαίσιο.

Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης

Γωνιακή ταχύτητα είναι η γωνία που
διαγράφει το *περιστρεφόμενο πλαίσιο* σε χρόνο 1 sec.
Η γωνία φ που *διαγράφει σε χρόνο t* είναι:
 $\varphi = \omega t$.

Άρα η *μαγνητική ροή* που περνά από το πλαίσιο είναι:

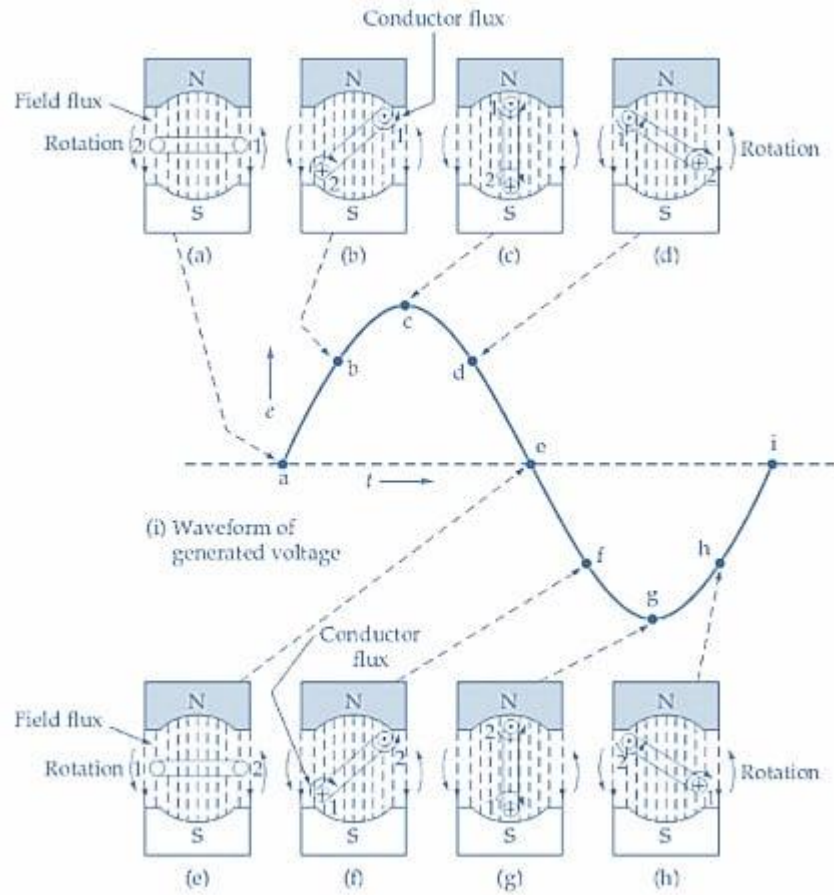
$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \sin \omega t$$

$$E = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{d}{dt} B S \sin(\omega t) = -\omega N B S [-\eta \mu(\omega t)] = \omega N B S \eta \mu(\omega t) \left. \vphantom{E} \right\} \Rightarrow$$
$$E_0 = \omega N B S = \text{σταθ.}$$

Στιγμιαία αναπτυσσόμενη **ΗΕΔ** στο πλαίσιο :

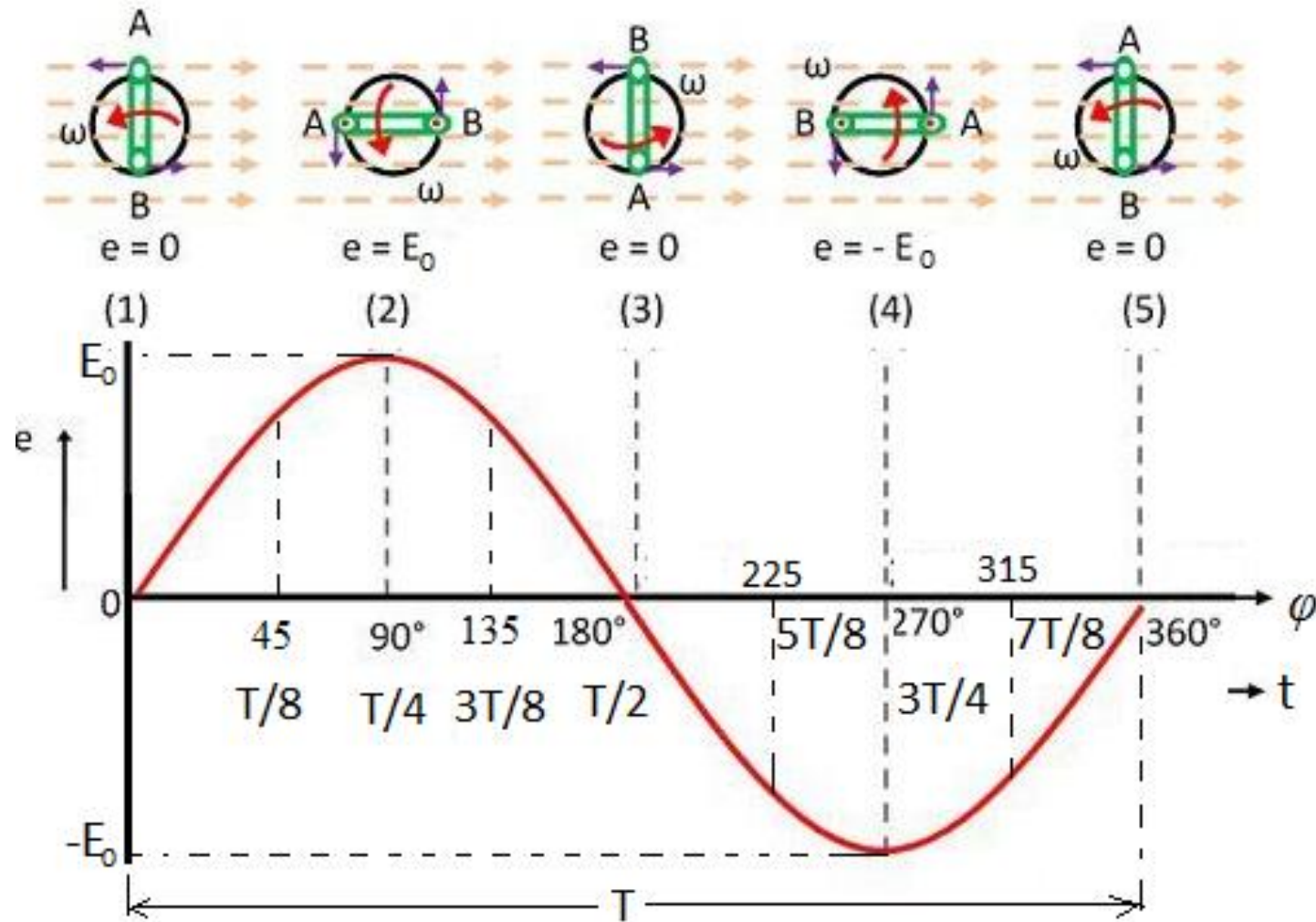
$$e = E_0 \eta \mu(\omega t)$$

Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης



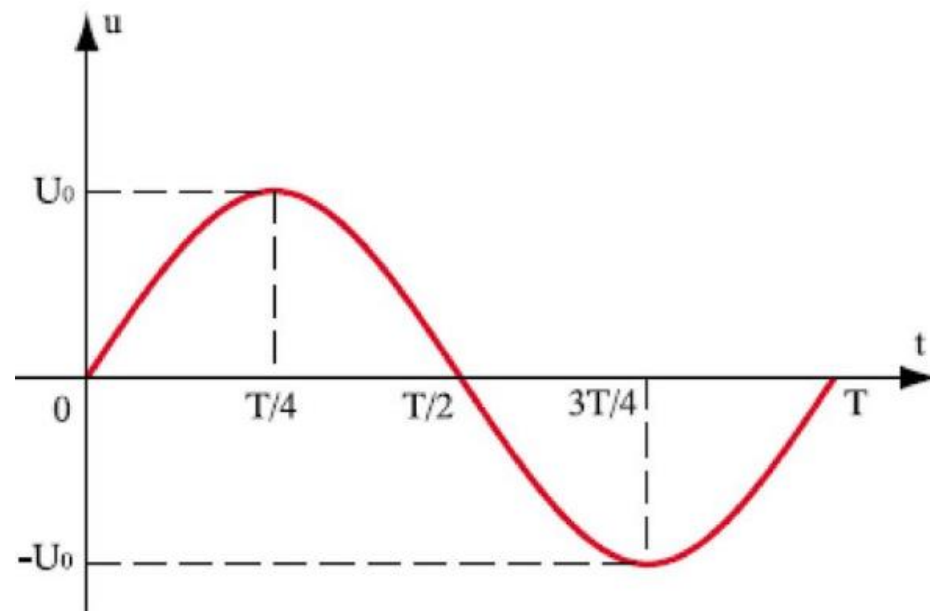
Χρόνος	Φάση	Στιγμιαία ΗΕΔ	Χρόνος	Φάση	Στιγμιαία ΗΕΔ
0	0°	0	7T/12	210°	-0,5E ₀
T/12	30°	0,5E ₀	5T/8	225°	-0,707E ₀
T/8	45°	0,707E ₀	2T/3	240°	-0,866E ₀
T/6	60°	0,866E ₀	3T/4	270°	-E ₀
T/4	90°	E ₀	5T/6	300°	-0,866E ₀
T/3	120°	0,866E ₀	7T/8	315°	-0,707E ₀
3T/8	135°	0,707E ₀	11T/12	330°	-0,5E ₀
5T/12	150°	0,5E ₀	T	360°	0
T/2	180°	0			

Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης



Ημιτονική εναλλασσόμενη τάση

Κυματομορφή εναλλασσόμενης τάσης

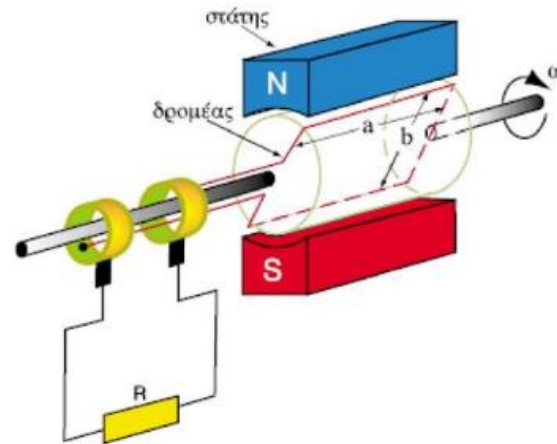


- Εναλλασσόμενο ρεύμα ονομάζεται το περιοδικό ρεύμα, στο οποίο το φορτίο που μετακινείται προς τη μία κατεύθυνση είναι ίσο με το φορτίο που μετακινείται προς την αντίθετη στο διάστημα μιας περιόδου.

Παραγωγή ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης

Όταν το πλαίσιο συνδεθεί με **ωμικό φορτίο (R)** η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το **κλειστό κύκλωμα** είναι:

$$i = \frac{E}{R} = \frac{E_o \cdot \eta \mu \omega t}{R} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow i = \frac{E_o}{R} \cdot \eta \mu \omega t$$



Με στιγμιαία τάση στα άκρα του φορτίου:

$$u = U_o \eta \mu(\omega t)$$

Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης

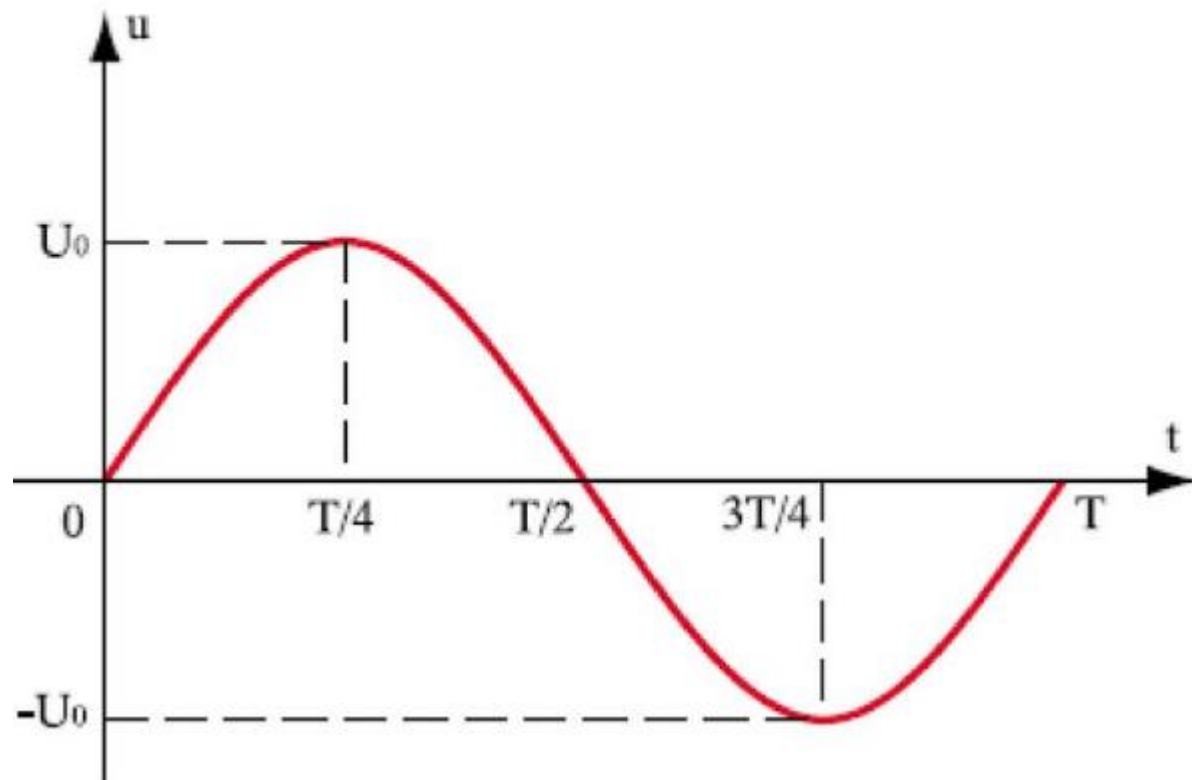
Η κυκλική συχνότητα ω είναι η γωνιακή ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται το πλαίσιο για την παραγωγή του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η κυκλική συχνότητα (ω) συνδέεται με την συχνότητα (f) και την περίοδο (T) με τις σχέσεις:

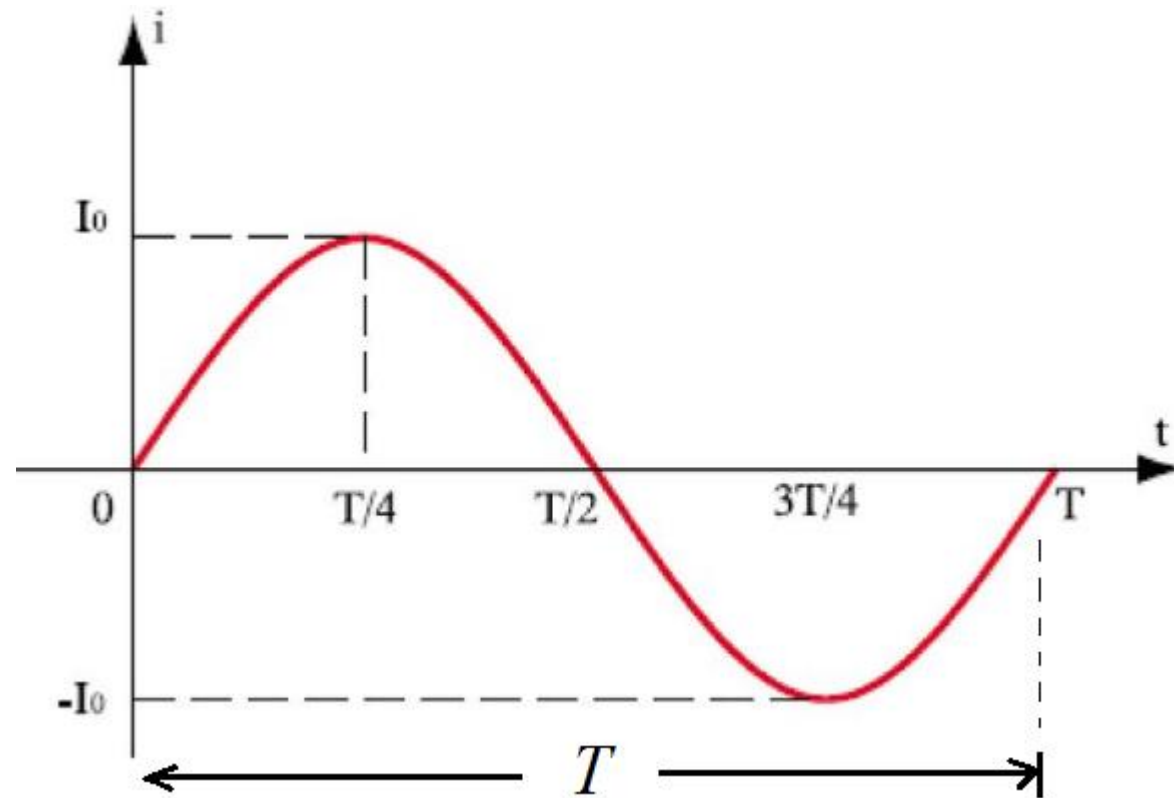
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης

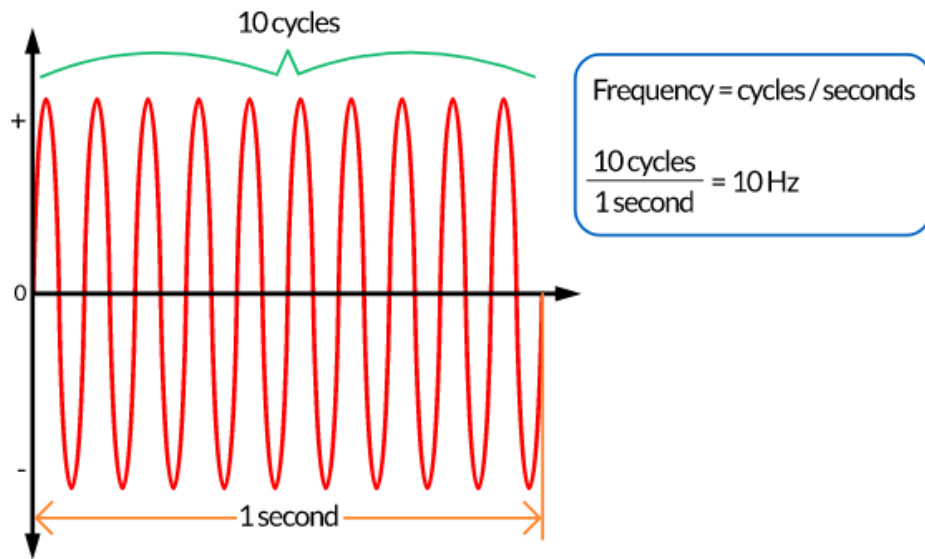
Κυματομορφή εναλλασσόμενης τάσης



Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης



Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης



The **frequency** of alternating current signal is the number of **cycles** in a single second.

Frequency is measured in hertz (Hz).

Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης

In North America, the power line frequency is 60 cycles per second, or 60 Hz.

And if we know the **frequency** we can go back and calculate the **period**.

For example, using 60 Hz...

Period = seconds / frequency

$$\frac{1 \text{ second}}{60 \text{ Hertz}} = 0.0167 \text{ seconds}$$

Συχνότητα (Frequency) εναλλασσόμενης τάσης

EXAMPLE

Write down the equation for a sinusoidal voltage of 50 Hz and its peak value is 20 V. Draw the corresponding voltage versus time graph.

Solution

$$f = 50 \text{ Hz}; \quad V_m = 20 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \text{Instantaneous voltage, } v &= V_m \sin \omega t \\ &= V_m \sin 2\pi \nu t \end{aligned}$$

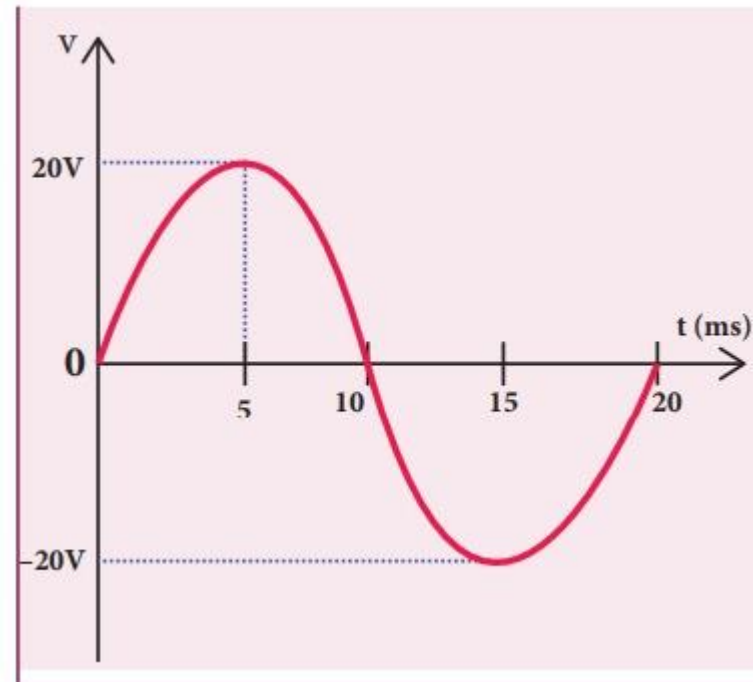
$$= 20 \sin(2\pi \times 50)t = 20 \sin(100 \times 3.14)t$$

$$v = 20 \sin 314t$$

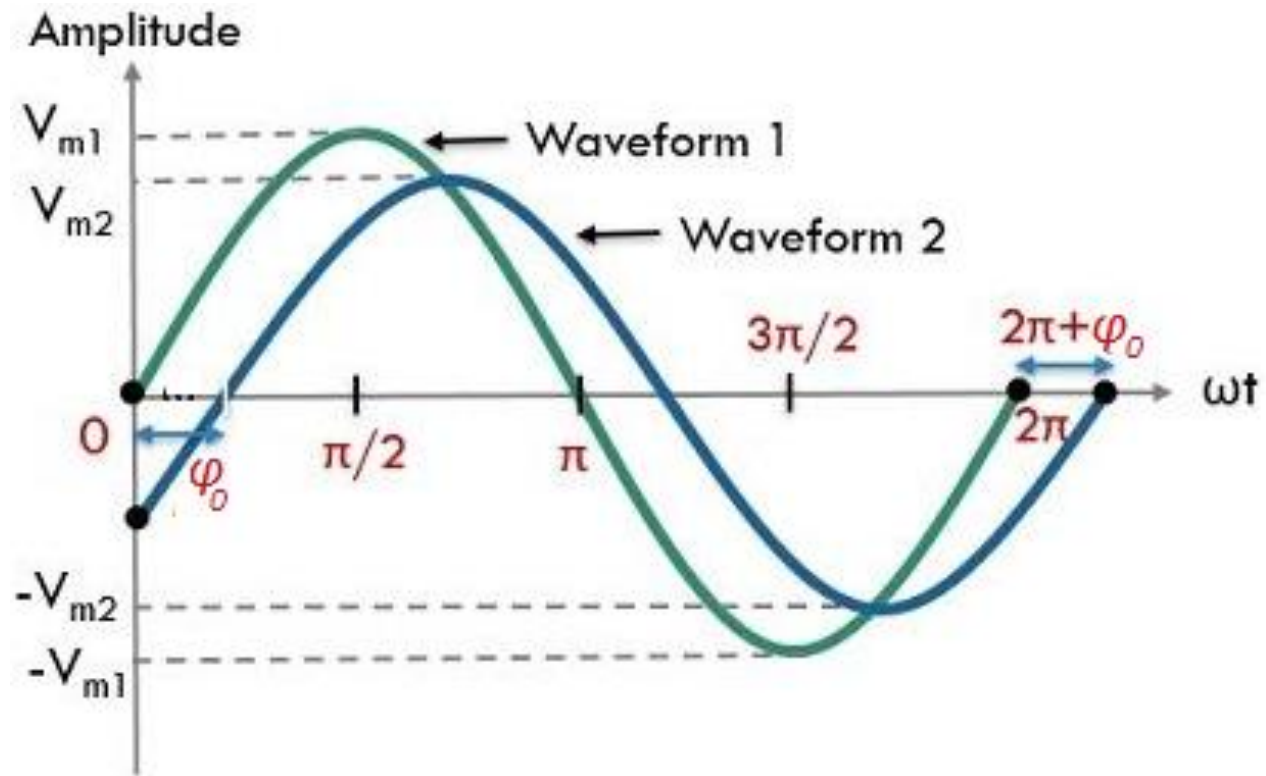
$$\text{Time for one cycle, } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}$$

$$= 20 \times 10^{-3} \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

The wave form is given below.

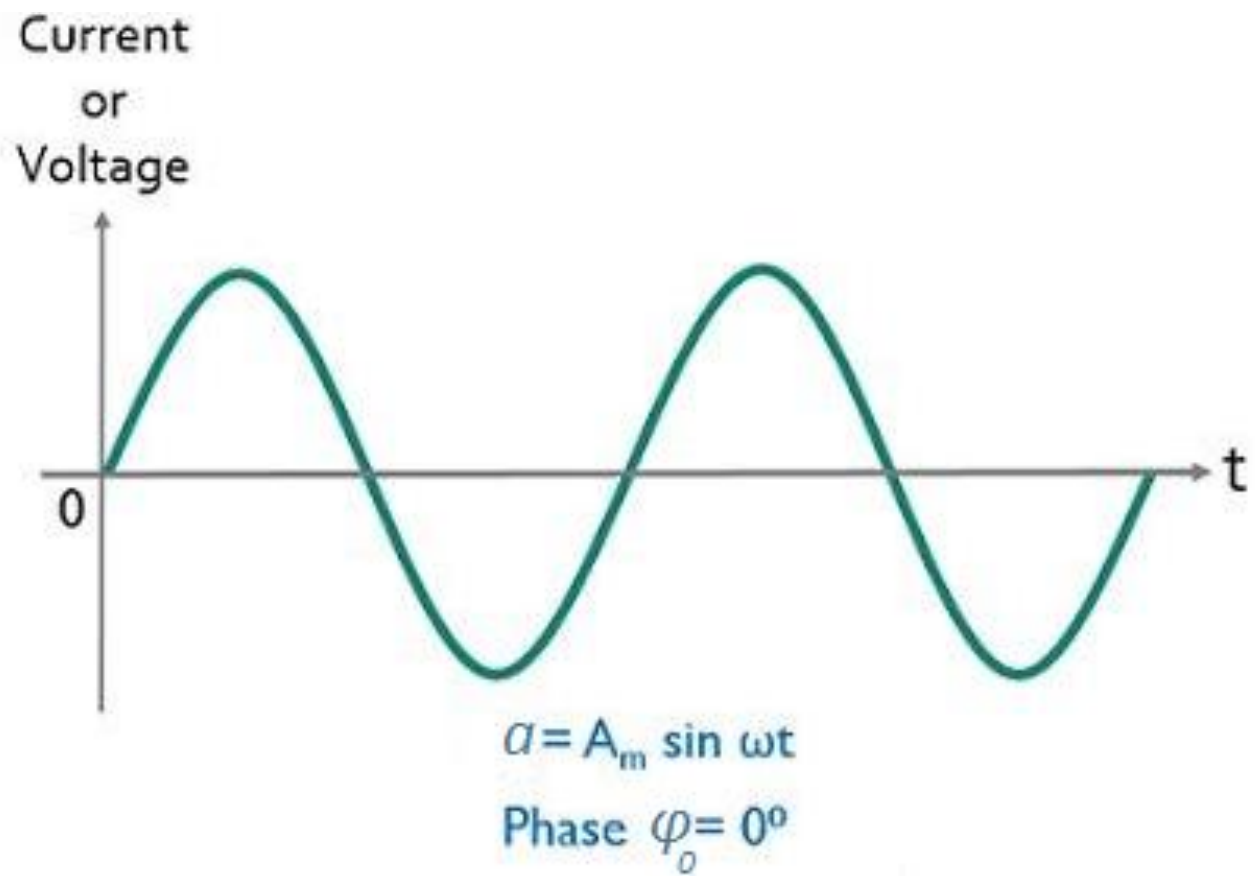


Αρχική Γωνία φάσης

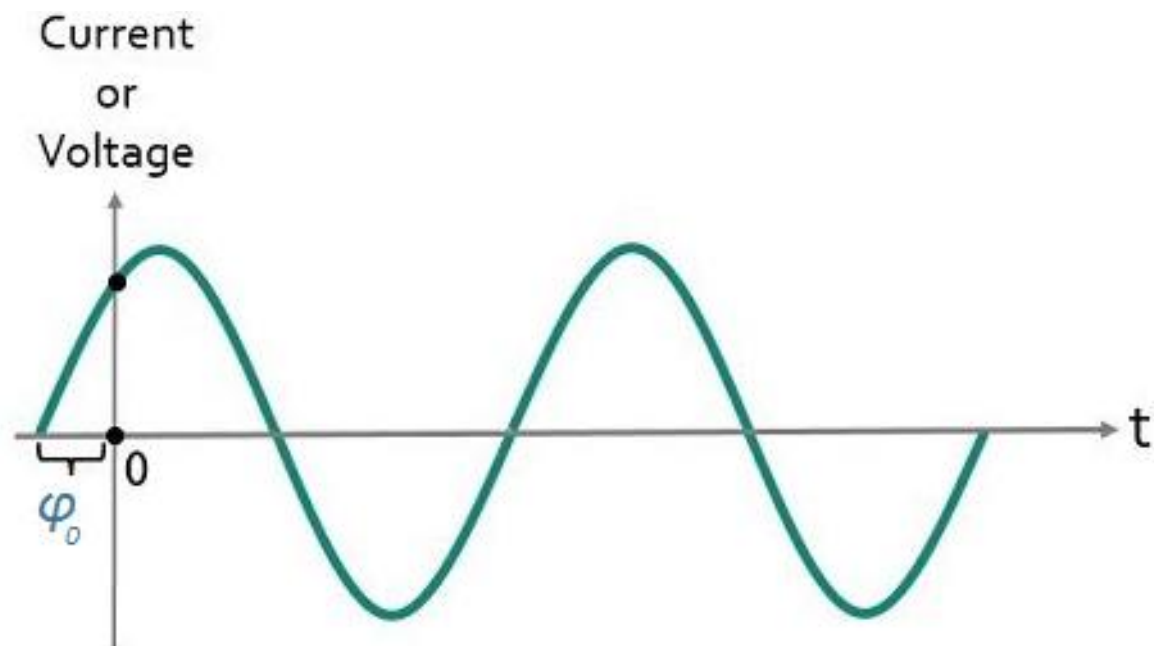


$$\alpha = A_m \sin (\omega t \pm \varphi_0)$$

Αρχική Γωνία φάσης



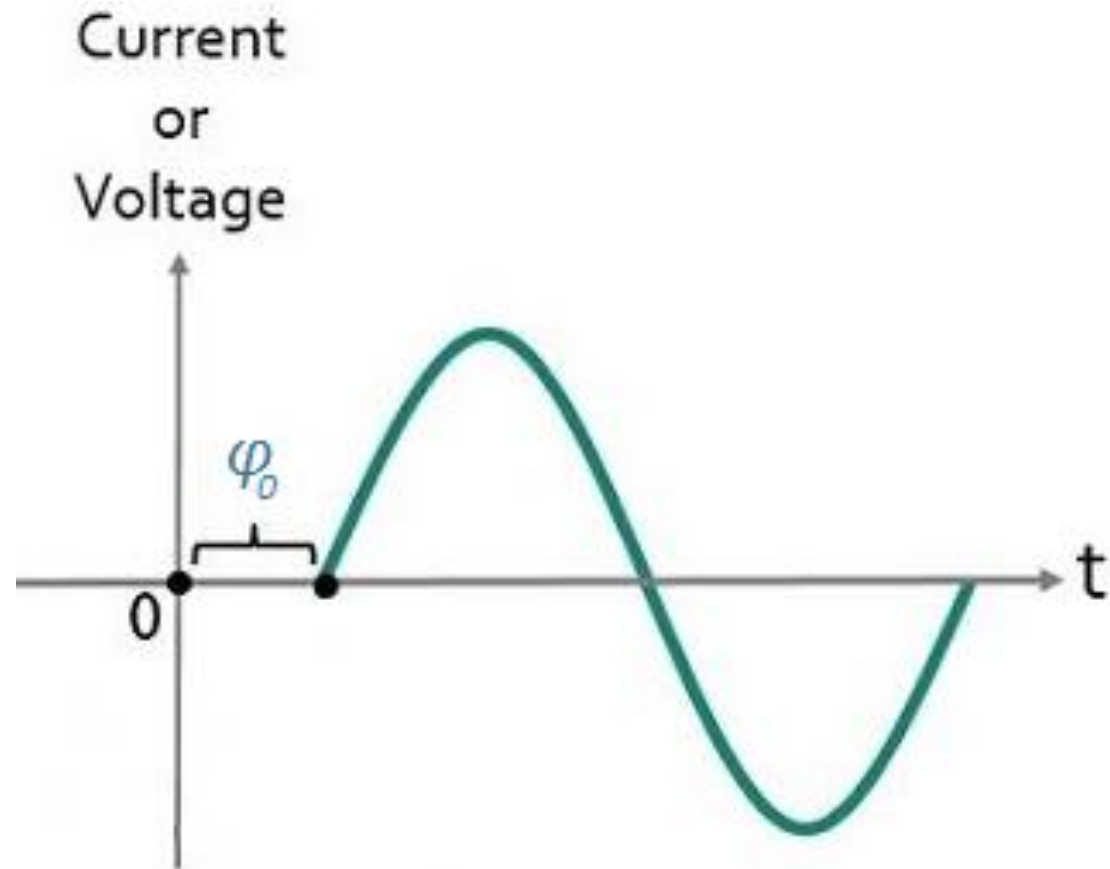
Αρχική Γωνία φάσης



$$\alpha = A_m \sin (\omega t + \varphi_0)$$

Phase $\varphi_0 =$ Positive

Αρχική Γωνία φάσης



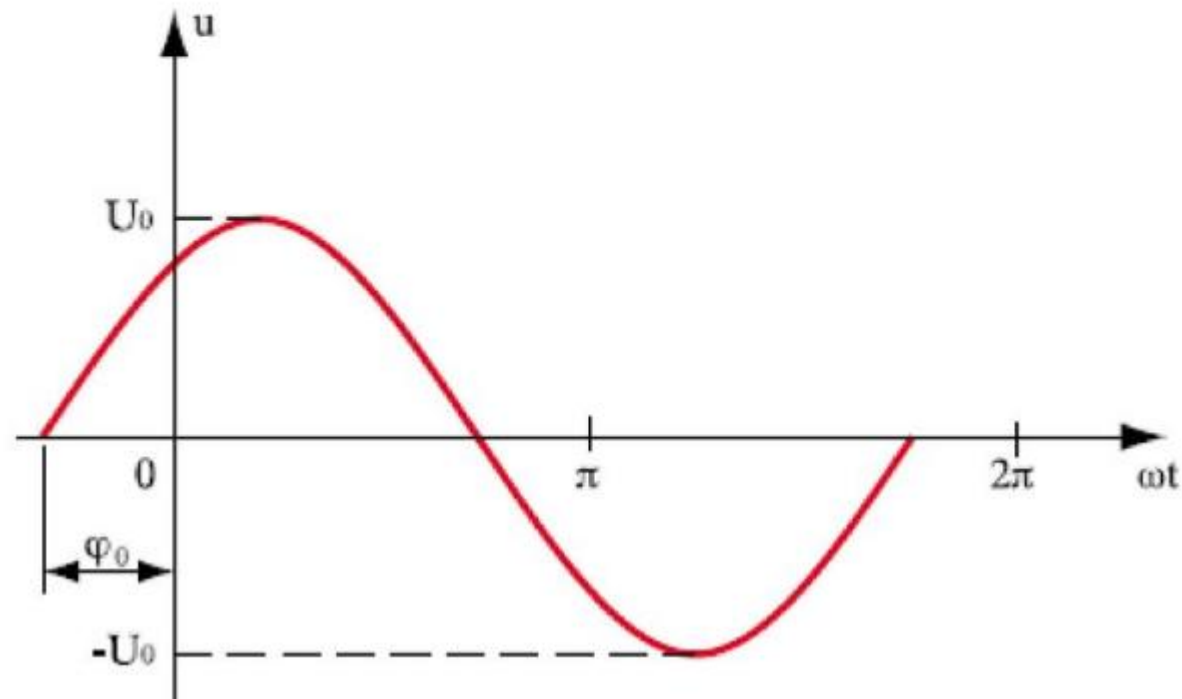
$$i = A_m \sin(\omega t - \varphi_0)$$

Phase $\varphi_0 = \text{Negative}$

Αρχική Γωνία φάσης

Στην εναλ. τάση είναι δυνατόν να υπάρχει και **μια αρχική φάση φ_0** .

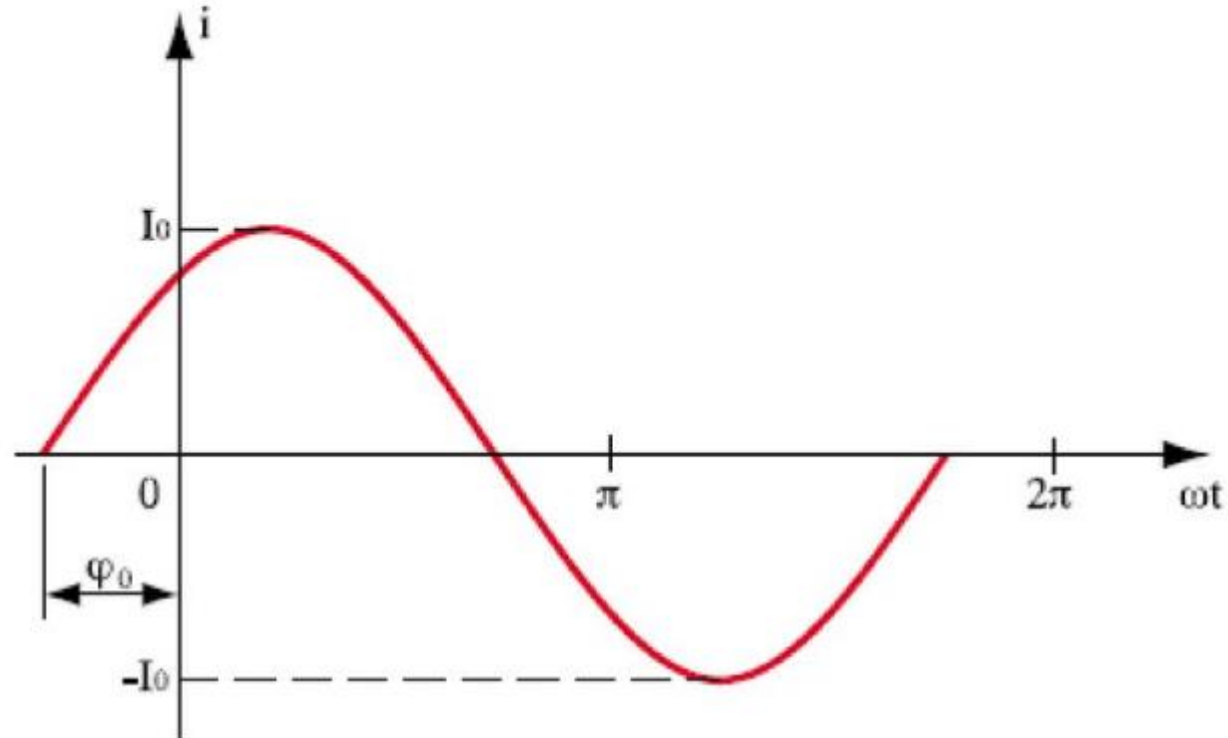
$$u = U_0 \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$$



Αρχική Γωνία φάσης

Στο εναλ. ρεύμα είναι δυνατόν να υπάρχει και **μια αρχική φάση φ_0** .

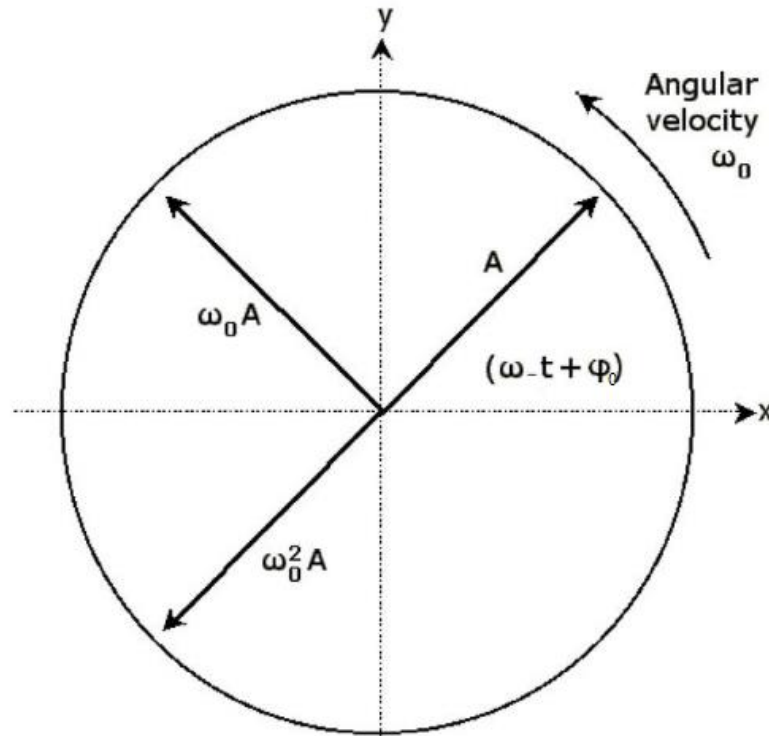
$$i = I_0 \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$$



Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

η ένταση και η τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος χαρακτηρίζονται από το πλάτος (ή την ενεργό τιμή) και από την αρχική φάση.

Για τον λόγο αυτό μπορούν να παρασταθούν σαν διανύσματα.



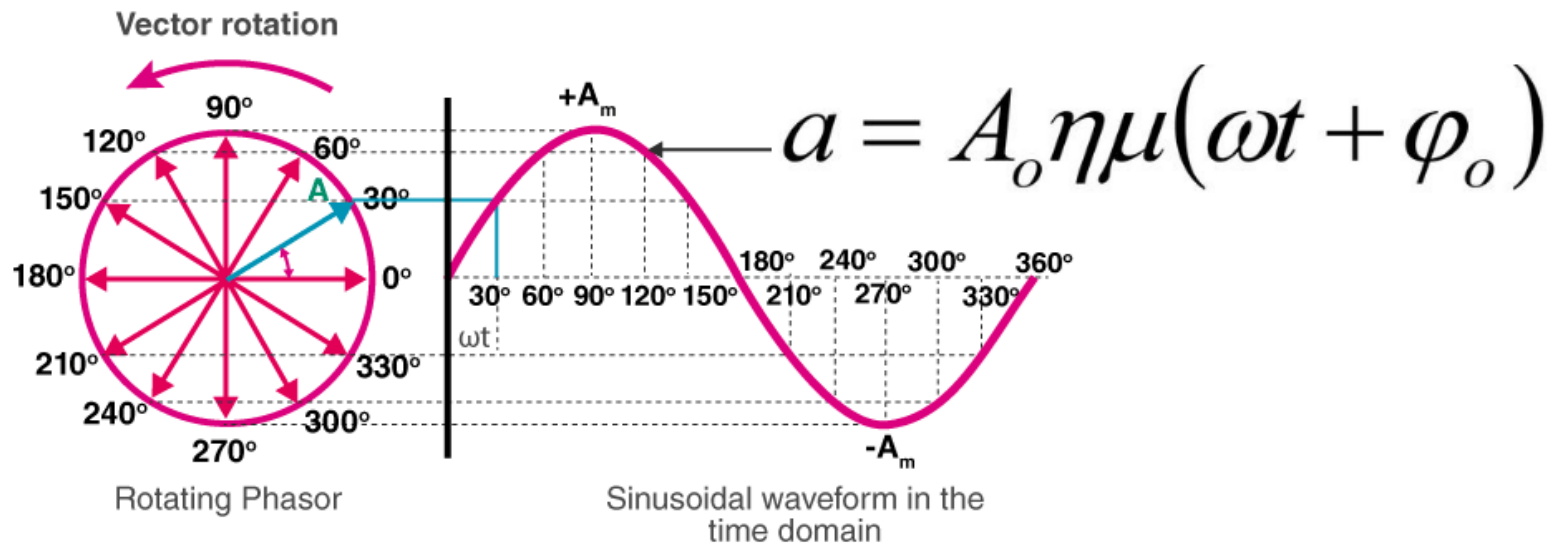
Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

Ένα **εναλλασσόμενο μέγεθος** μπορεί να παρασταθεί σε ένα σύστημα δυο **καθέτων αξόνων** xOy με ένα διάνυσμα

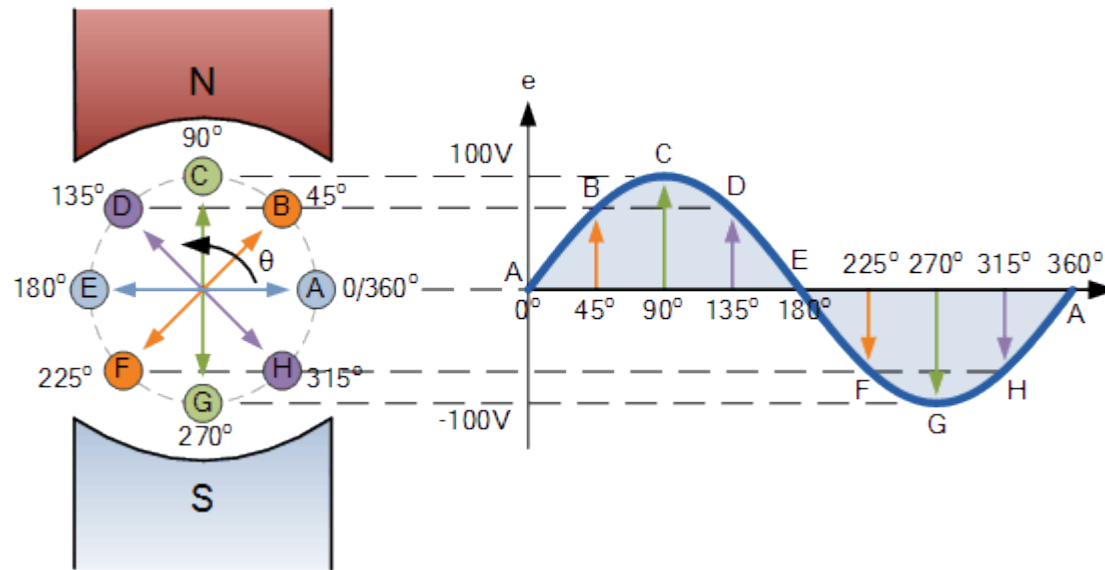
Ο άξονας **των τετμημένων** (οριζόντιος άξονας x) αποτελεί την **αρχή των φάσεων** και λαμβάνεται σαν αφετηρία μέτρησης των **φασικών γωνιών**.

Ο άξονας των **τεταγμένων** (κατακόρυφος άξονας y) αποτελεί τον άξονα των **προβολών ή στιγμιαίων τιμών**.

Το **μήκος του διανύσματος** σε κάποια κλίμακα (μονάδα μέτρησης) είναι ίσο **με το πλάτος** του εναλλασσόμενου μεγέθους ή **την ενεργό τιμή**.

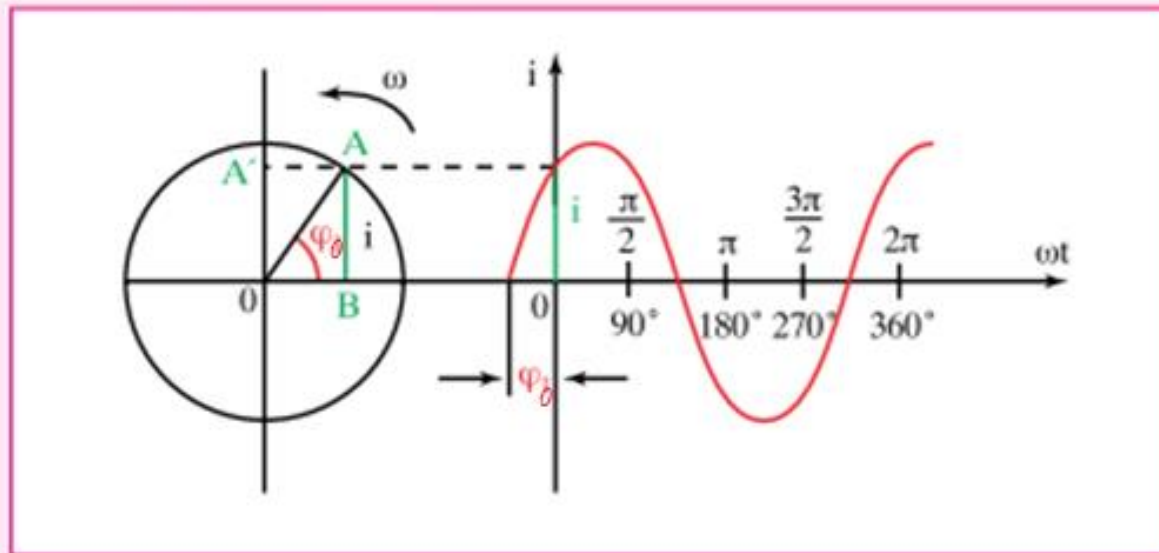


Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ



Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

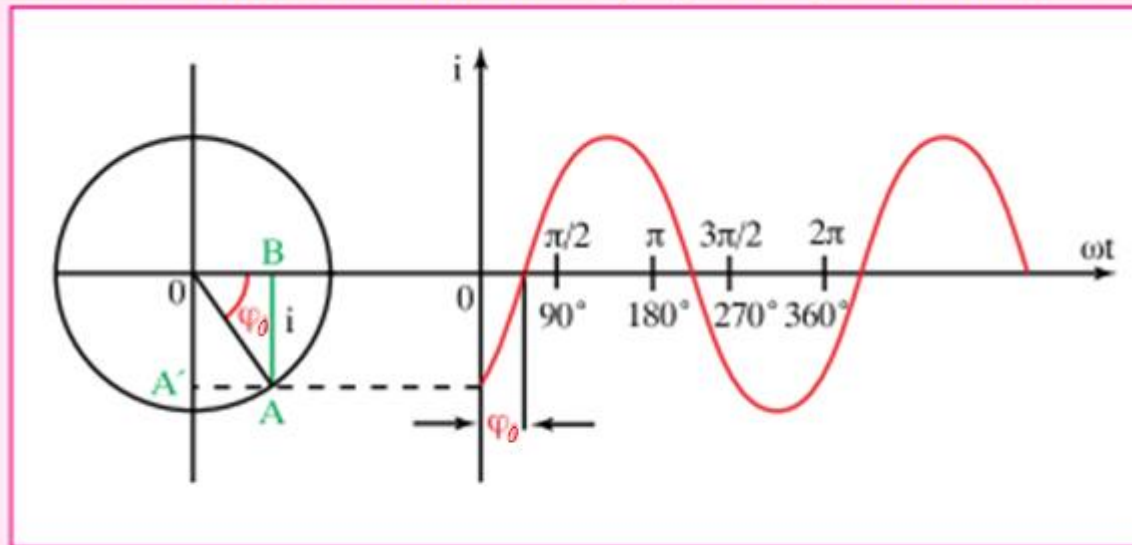
Όταν η αρχική φάση είναι θετική, η ημιτονική καμπύλη είναι μετατοπισμένη προς τα αριστερά του κάθετου άξονα (της αρχικής χρονικής στιγμής $t=0$).



Το εναλλασσόμενο ρεύμα i , που έχει θετική αρχική φάση φ_0

Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

όταν είναι αρνητική, μετατοπίζεται προς τα δεξιά του κάθετου άξονα,



Το εναλλασσόμενο ρεύμα i , που έχει αρνητική αρχική φάση φ_0

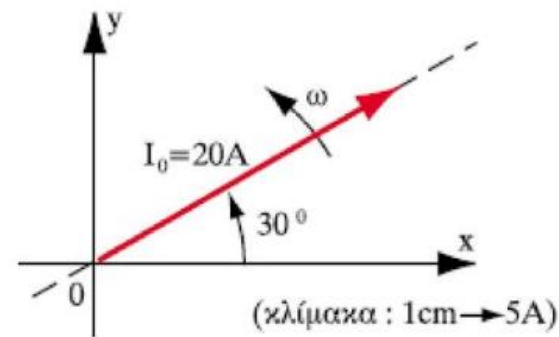
Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

Παράδειγμα

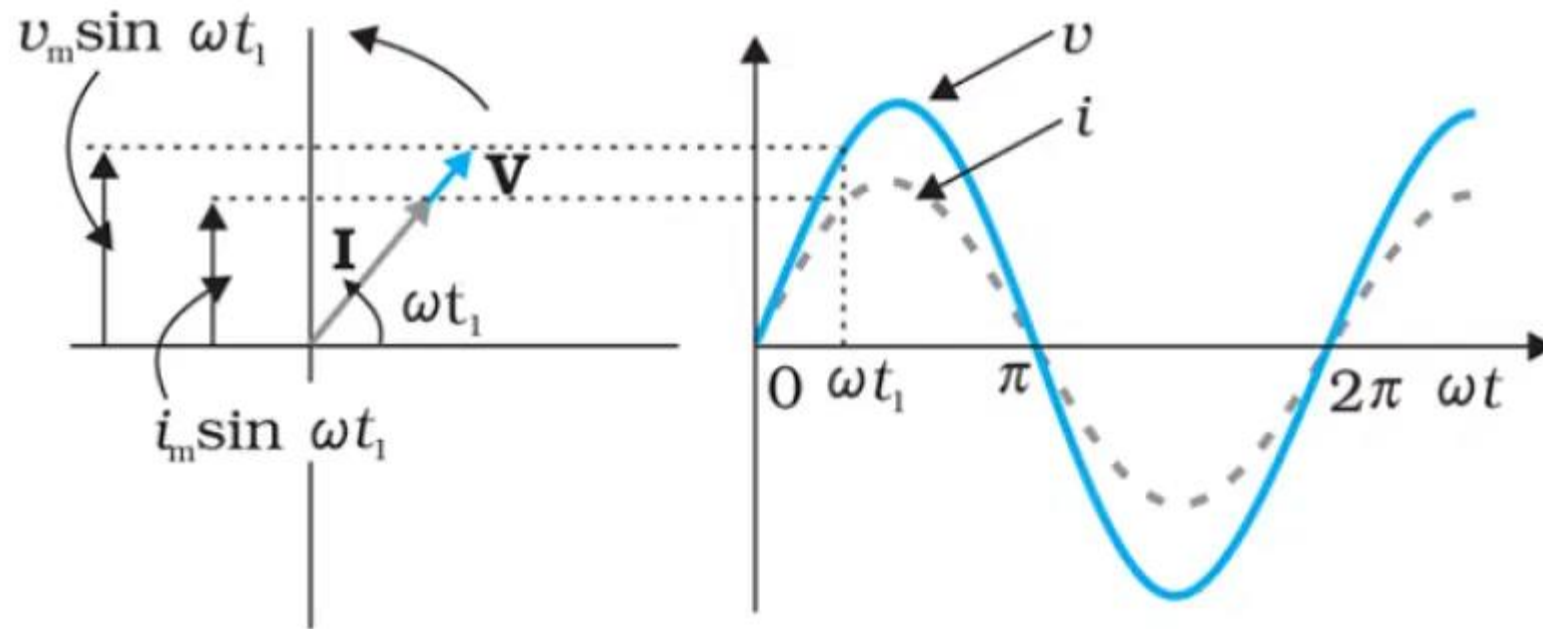
- Να παρασταθεί διανυσματικά το εναλλασσόμενο ρεύμα:

$$i = 20\eta\mu(\omega t + 30^\circ)$$

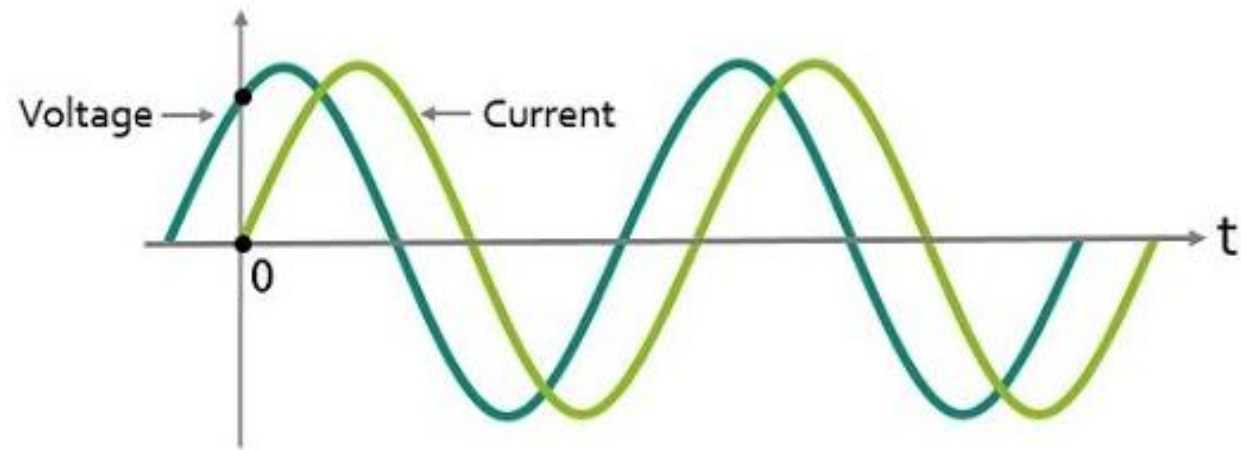
- Λύση
- Χαράσσουμε ένα σύστημα αξόνων xOy
- Σε γωνία 30° ως προς τον οριζόντιο άξονα φέρνουμε μια διακεκομμένη ευθεία που περνά από την αρχή των αξόνων.



Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ



Διαφορά φάσης

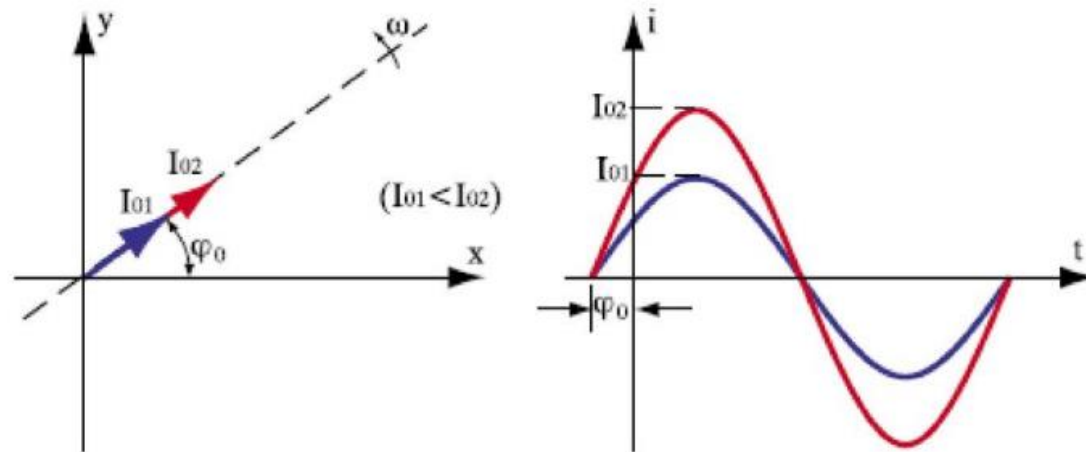


$$u = V_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

Διαφορά Φάσης

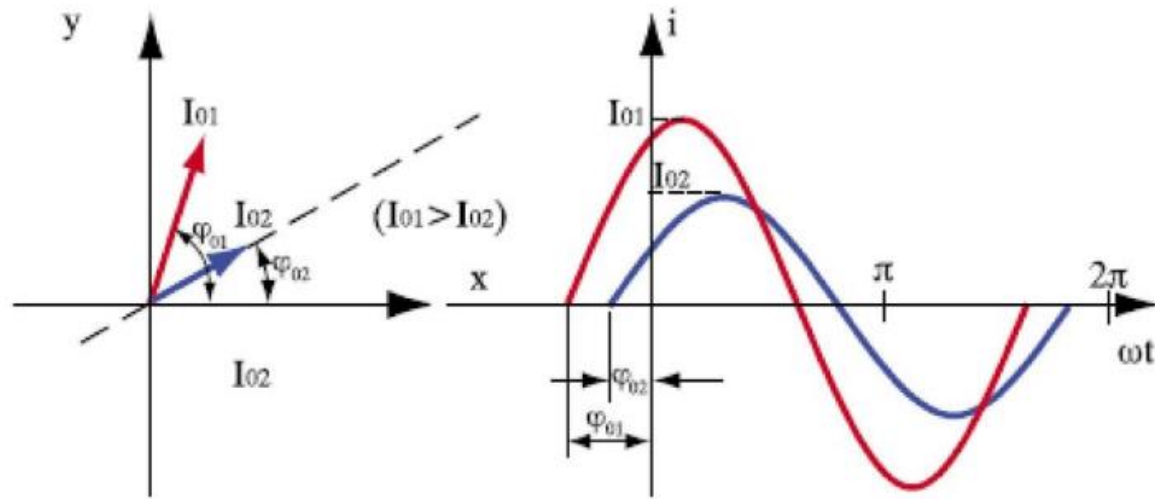
Εναλλασσόμενα ρεύματα **σε φάση** (ή **συμφασικά**) ονομάζονται 2 εναλλασσόμενα **ρεύματα** i_1 και i_2 της ίδιας συχνότητας (f) που έχουν την **ίδια αρχική φάση** φ_0 .



$$i_1 = I_{01} \eta \mu(\omega t + \varphi_0) \quad \text{και} \quad i_2 = I_{02} \eta \mu(\omega t + \varphi_0)$$

Διαφορά Φάσης

Εναλλασσόμενα ρεύματα σε **φασική απόκλιση** (ή σε **διαφορά φάσης**) ονομάζονται 2 εναλλασσόμενα ρεύματα i_1 και i_2 της **ίδιας συχνότητας** (f) που έχουν διαφορετικές **αρχικές φάσεις** φ_{01} και φ_{02} .



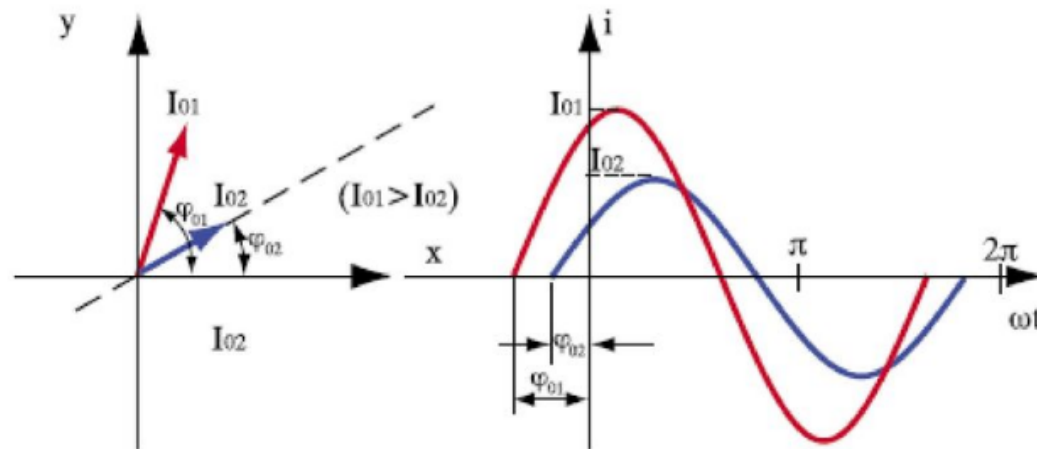
$$i_1 = I_{01} \eta \mu(\omega t + \varphi_{01}) \quad \text{και} \quad i_2 = I_{02} \eta \mu(\omega t + \varphi_{02})$$

Διαφορά Φάσης

Η φασική απόκλιση (ή διαφορά φάσης) συμβολίζεται με $\Delta\varphi$ και δίνεται από τη σχέση:

$$\Delta\varphi = \varphi_{01} - \varphi_{02}$$

- Αν $\Delta\varphi > 0$ τότε το ρεύμα i_1 προηγείται χρονικά από το ρεύμα i_2
- Αν $\Delta\varphi < 0$ τότε το ρεύμα i_1 έπεται χρονικά από το ρεύμα i_2

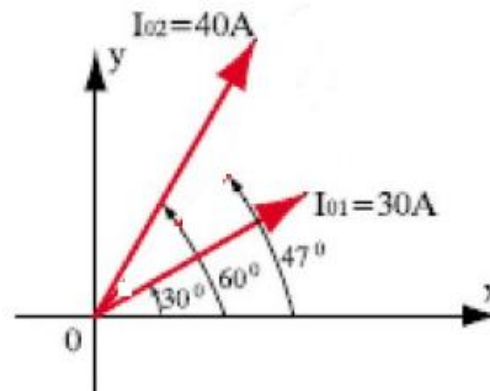


Διανυσματική παράσταση του Ε.Ρ

Παράδειγμα

- Δίνονται τα ρεύματα $i_1=30\eta\mu(\omega t+30^\circ)$ και $i_2=40\eta\mu(\omega t+60^\circ)$
Α. Ζητείται η **διαφορά φάσης $\Delta\varphi$**

- **Λύση**
- Η διαφορά φάσης $\Delta\varphi$ είναι:
- $\Delta\varphi=30^\circ - 60^\circ = -30^\circ$
 <0
- Άρα το ρεύμα i_1
έπεται του ρεύματος i_2 .



Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

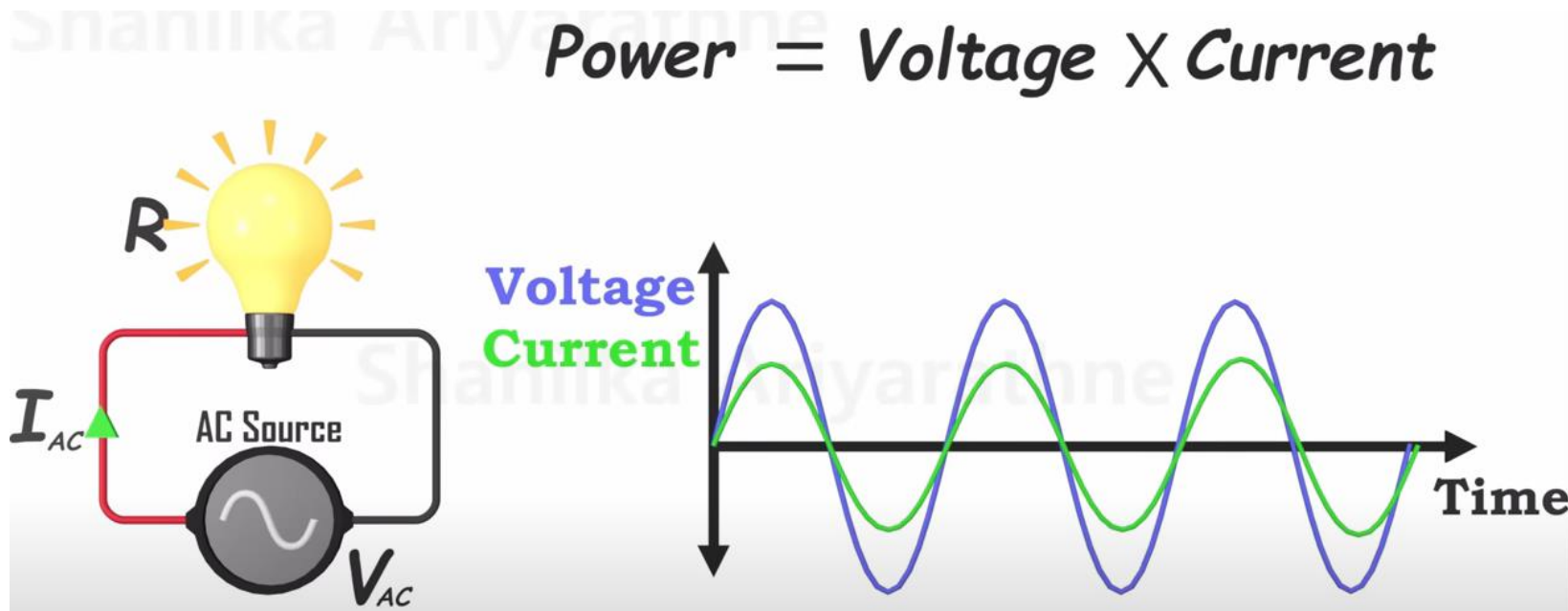
- Η ενεργός τιμή ενός σήματος $f(t)$ ορίζεται ως:

$$f_{rms} = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}$$

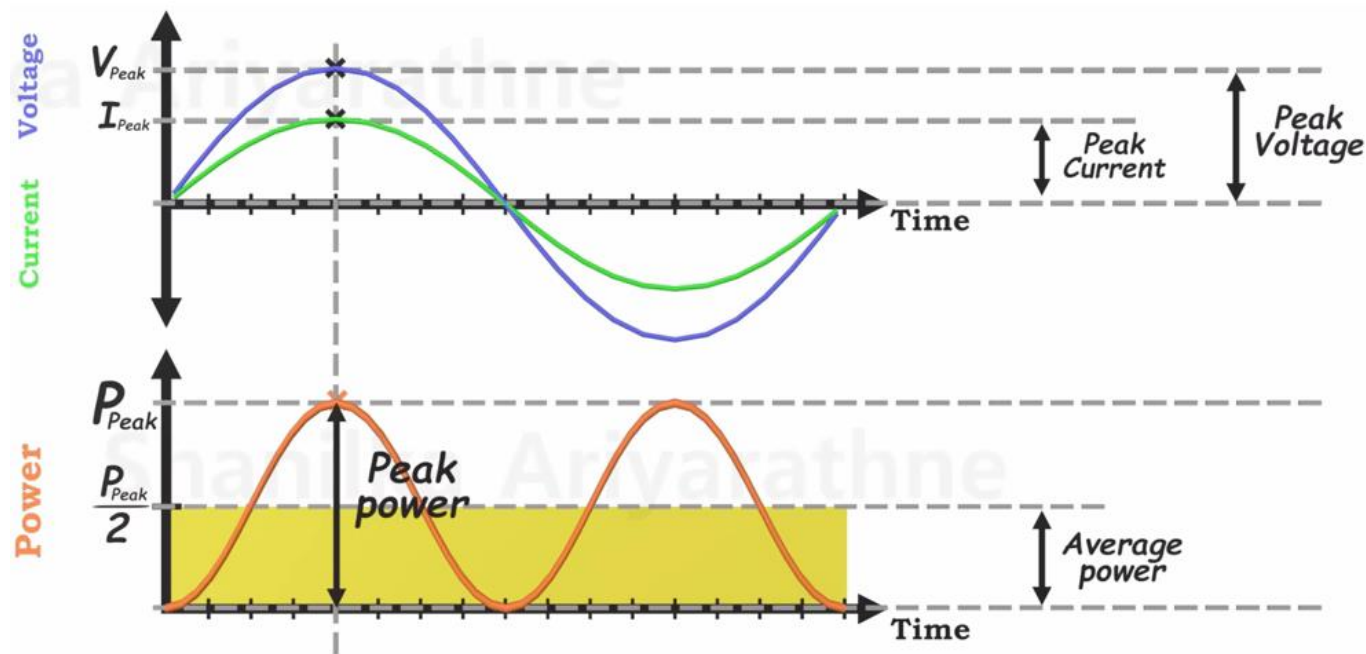
- Για ένα περιοδικό σήμα με περίοδο T :

$$f_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)



Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)



$$\text{Average power} = \frac{1}{2} \times \text{Peak power}$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

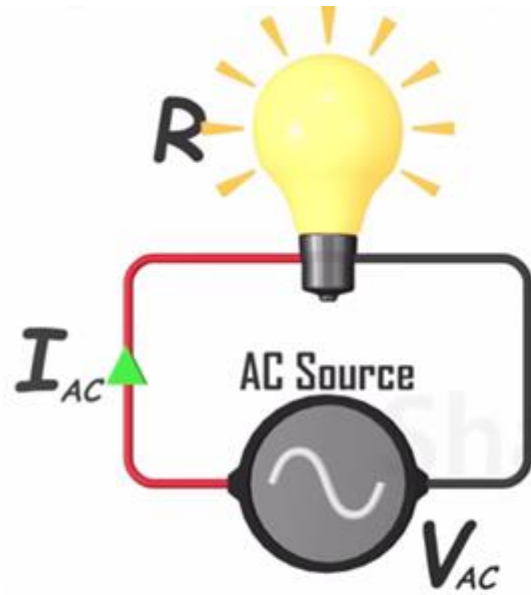
$$\left. \begin{array}{l} P_{Av} = \frac{P_{Peak}}{2} \\ P_{Peak} = U_{Peak} I_{peak} \\ I_{peak} = \frac{U_{Peak}}{R} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} P_{Av} = \frac{P_{Peak}}{2} \\ P_{Peak} = \frac{U_{Peak}^2}{R} \end{array} \right\} \Rightarrow P_{Av} = \frac{\frac{U_{Peak}^2}{R}}{2} = \frac{U_{Peak}^2}{2R}$$

$$P_{Av} = \frac{U_{Peak}^2}{2R}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_{Av} = \frac{P_{Peak}}{2} \\ P_{Peak} = U_{Peak} I_{peak} \\ U_{Peak} = R I_{peak} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} P_{Av} = \frac{P_{Peak}}{2} \\ P_{Peak} = R I_{peak}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

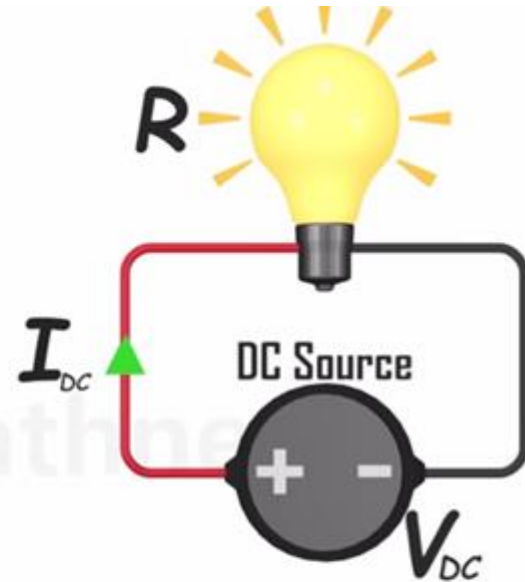
$$P_{Av} = R \frac{I_{Peak}^2}{2}$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)



$$P_{Avr} = \frac{V_{Peak}^2}{2R}$$

$$P_{Avr} = \frac{I_{Peak}^2 R}{2}$$



$$P_{dc} = \frac{V_{DC}^2}{R}$$

$$P_{dc} = I_{DC}^2 R$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

$$\frac{P_{Peak}}{P_{dc}} = \frac{\frac{U_{Peak}^2}{2R}}{\frac{U_{dc}^2}{R}} \Leftrightarrow 1 = \frac{U_{Peak}^2}{2U_{dc}^2} \Rightarrow U_{dc}^2 = \frac{U_{Peak}^2}{2} \Rightarrow U_{dc} = \sqrt{\frac{U_{Peak}^2}{2}} = \frac{U_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{P_{Peak}}{P_{dc}} = \frac{\frac{RI_{Peak}^2}{2}}{RI_{dc}^2} \Leftrightarrow 1 = \frac{I_{Peak}^2}{2I_{dc}^2} \Rightarrow I_{dc}^2 = \frac{I_{Peak}^2}{2} \Rightarrow I_{dc} = \sqrt{\frac{I_{Peak}^2}{2}} = \frac{I_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

*DC circuit equal voltage & current
to the AC circuit*

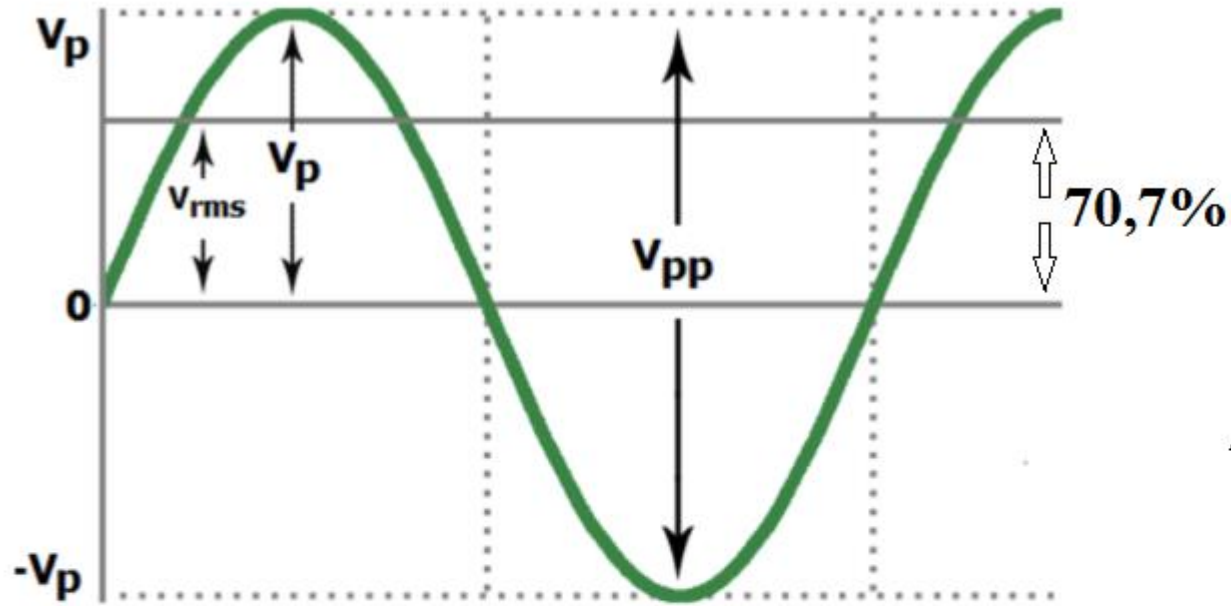
$$V_{RMS} = \frac{V_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

$$I_{RMS} = \frac{I_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

□ Ενεργός τάση ενός εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται η τιμή συνεχούς τάσης, η οποία, όταν εφαρμόζεται στα άκρα του ίδιου αντιστάτη, δίνει ρεύμα με ένταση ίση με την ενεργό τιμή της έντασης του E.P.

□ Ενεργός ένταση ενός εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται η σταθερή ένταση που πρέπει να έχει συνεχές ρεύμα, το οποίο, όταν διαρρέει τον ίδιο αντιστάτη, αποδίδει στον ίδιο χρόνο το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο.

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)



$$V_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} * V_0 = 0.7071 * V_0$$

$$I_{rms} = \frac{1}{\sqrt{2}} * I_0 = 0.7071 * I_0$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

$$V_{RMS} = 120 \text{ V}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

$$120 \text{ V} = \frac{V_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{Peak} = 120 \text{ V} \times \sqrt{2}$$

$$V_{Peak} = 169.7 \text{ V}$$

Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

$$V_{RMS} = 230 \text{ V}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

$$230 \text{ V} = \frac{V_{Peak}}{\sqrt{2}}$$

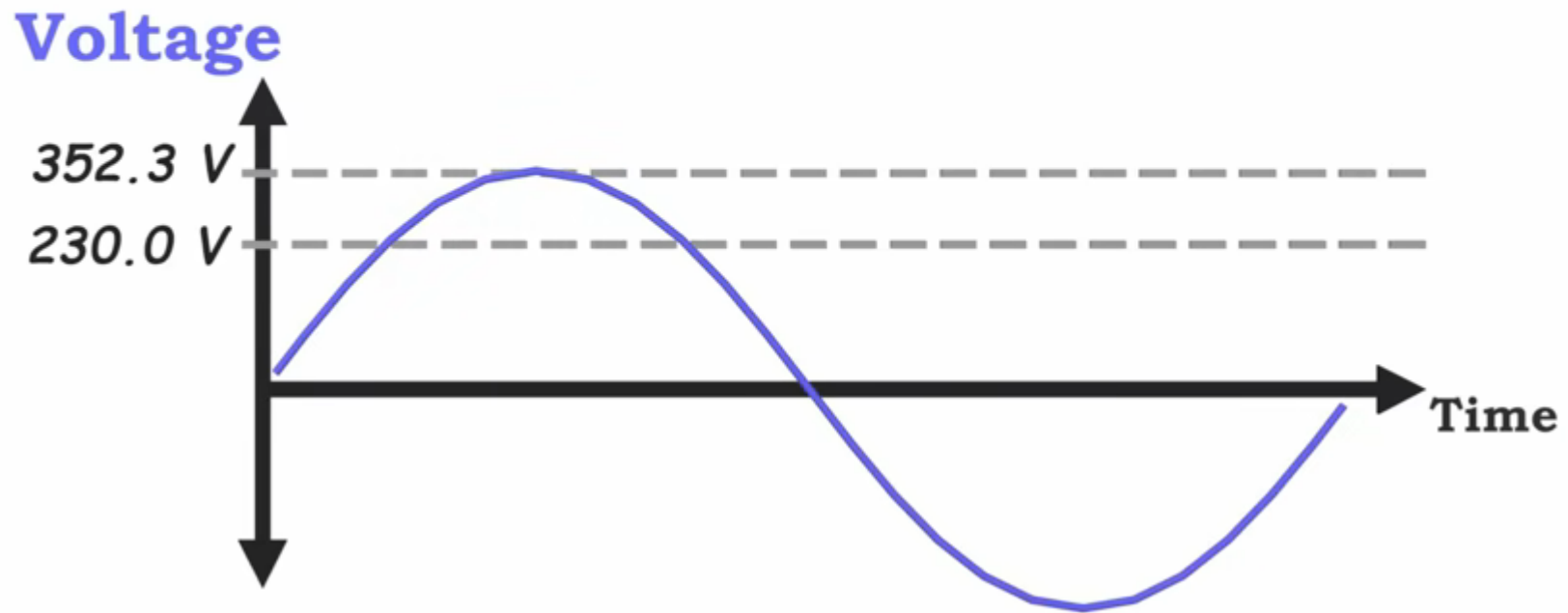
$$V_{Peak} = 230 \text{ V} \times \sqrt{2}$$

$$V_{Peak} = 325.3 \text{ V}$$

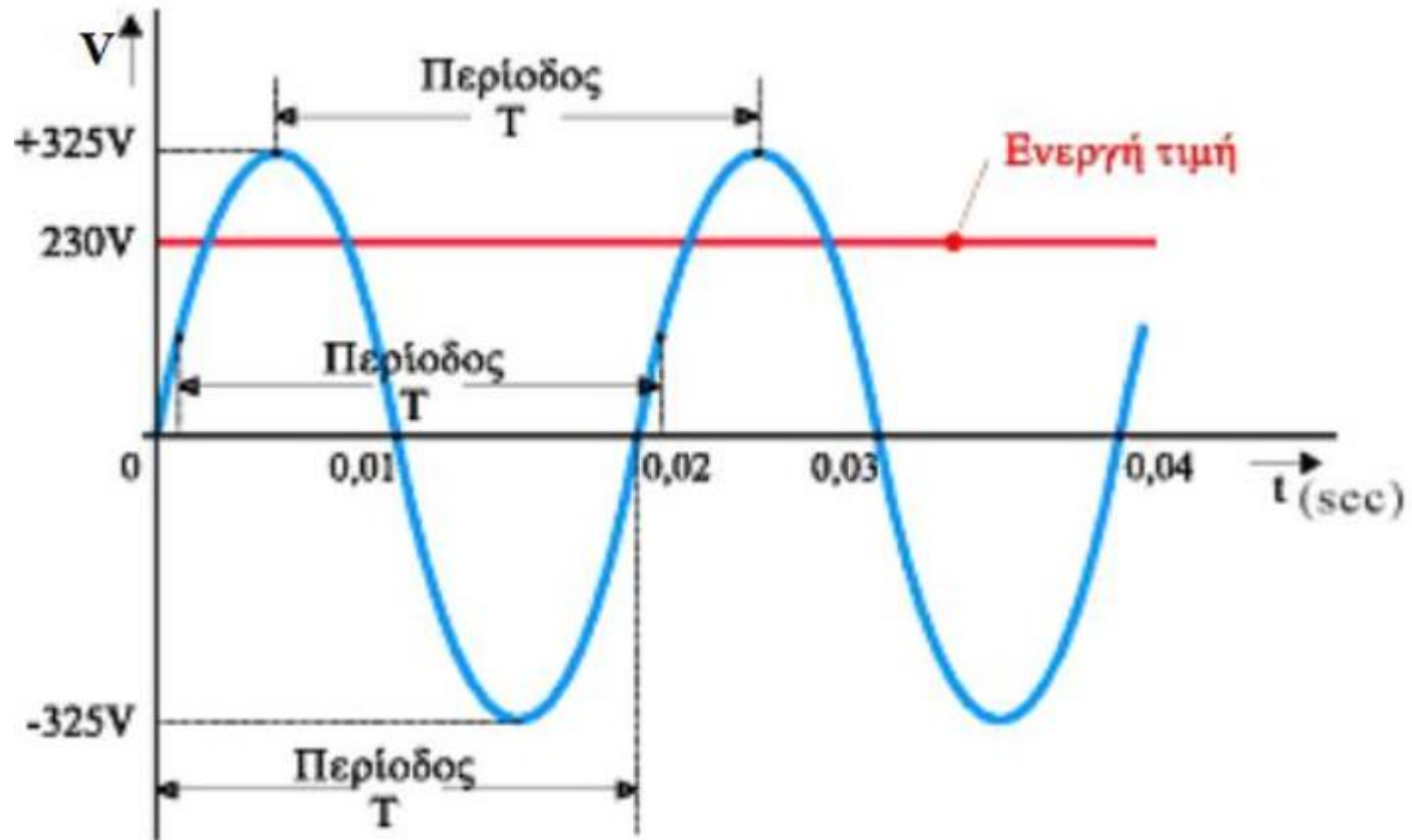
Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)

$$V_{RMS} = 230 \text{ V}$$

$$V_{Peak} = 325.3 \text{ V}$$

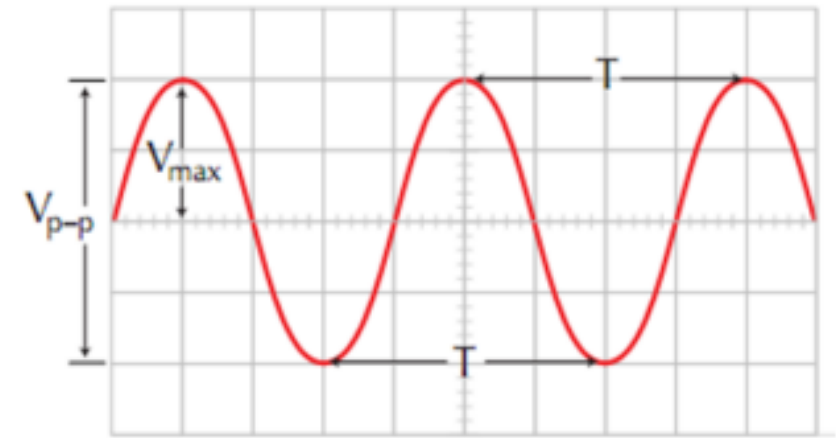
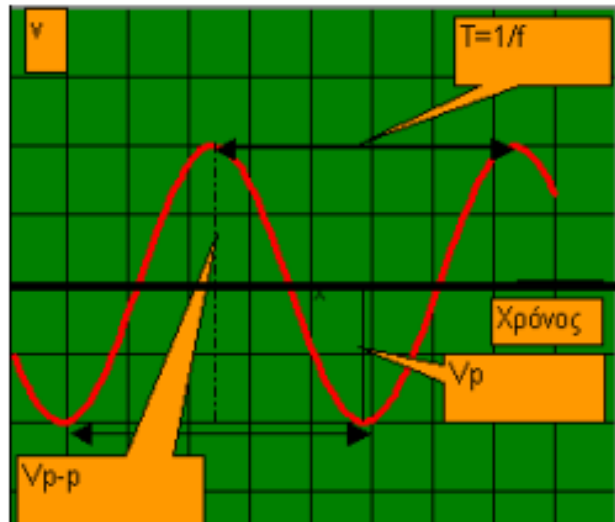


Ενεργός Τιμή ή Μέση Τετραγωνική Τιμή (Root Mean Square)



Μετρήσεις Τάσης & Συχνότητας με Παλμογράφο

Με τον παλμογράφο μπορούμε να μετρήσουμε άμεσα την περίοδο T ($\omega=2\pi/T=2\pi f$) και το πλάτος V_0 της ημιτονοειδούς τάσης. Το πλάτος V_0 ονομάζεται τάση κορυφής $V_0=V_p$. Το διπλάσιο της τάσης κορυφής συμβολίζεται με V_{p-p} και ονομάζεται τάση από κορυφή σε κορυφή.

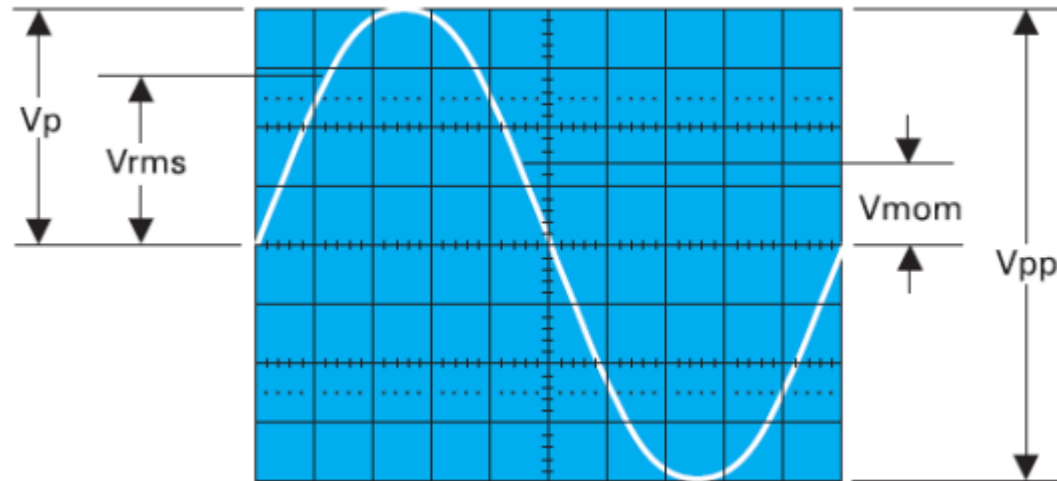


Η ενεργός τιμή τάσης $V_{εν}$ που μας δίνει ένα κοινό βολτόμετρο όταν σε αυτό εφαρμόσουμε μια εναλλασσόμενη τάση, συνδέεται με την τάση κορυφής (πλάτος τάσης) με την παρακάτω σχέση:

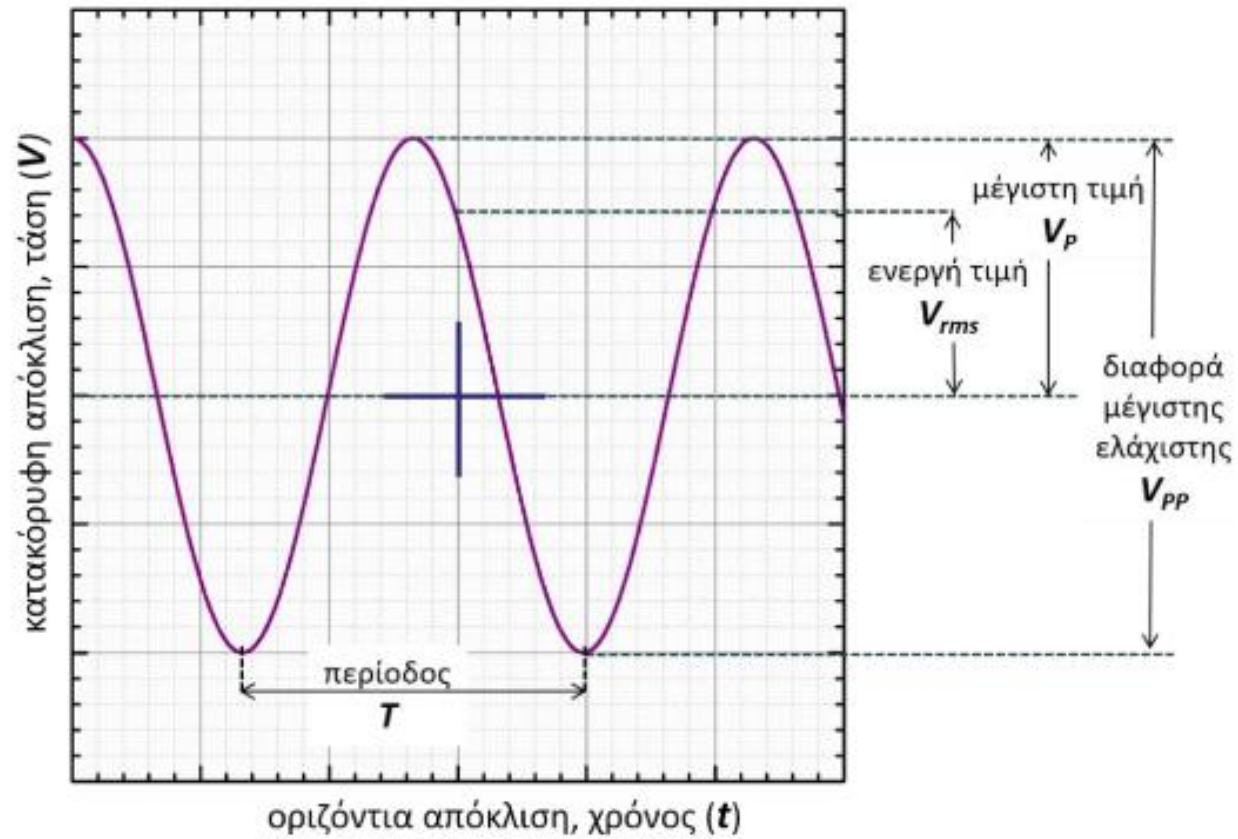
$$V_{εν} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = \frac{V_{p-p}}{2\sqrt{2}}$$

Η συχνότητα f συνδέεται με την περίοδο με τη σχέση $f=1/T$ (Hz)

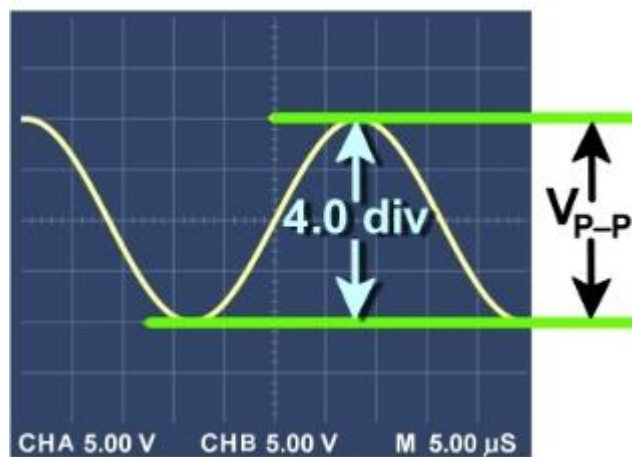
Μέτρηση Τάσης με Παλμογράφο



Μέτρηση Τάσης με Παλμογράφο



Μέτρηση Τάσης με Παλμογράφο



$$V_{P-P} = \text{Volts/div} \times \text{Divisions}$$

$$V_{P-P} = 5.00 \frac{\text{V}}{\text{div}} \times 4.0 \text{ div} = \mathbf{20.0 \text{ V}}$$

$$V_P = \frac{1}{2} V_{P-P}$$

$$V_P = \frac{1}{2} (20.0 \text{ V}) = \mathbf{10.0 \text{ V}}$$

$$V_{RMS} = \frac{1}{\sqrt{2}} V_P \approx 0.707 V_P$$

$$V_{RMS} \approx 0.707 \times (10.0 \text{ V}) = \mathbf{7.07 \text{ V}}$$

Μέτρηση Συχνότητας με Παλμογράφο

$$\text{Period} = \text{Time/div} \times \text{Divisions}$$

$$\text{Period} = 50 \frac{\mu\text{s}}{\text{div}} \times 9.2 \text{ div} = 460 \mu\text{s}$$

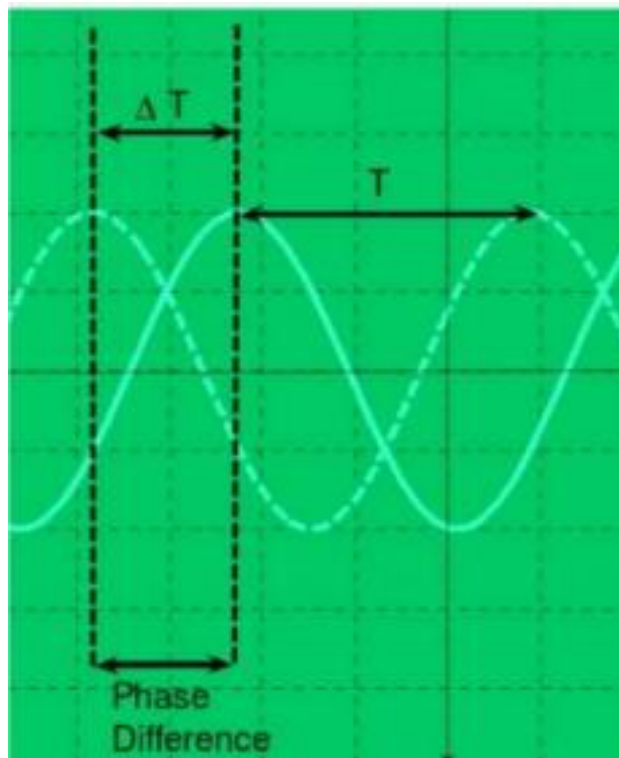
$$\text{Frequency} = \frac{1}{\text{Period}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1}{460 \mu\text{s}}$$

$$\text{Frequency} = \frac{1}{460 \times 10^{-6} \text{s}} = 2170 \text{ Hz (rounded)}$$



Μέτρηση Διαφοράς φάσης



$$\Delta\varphi = \frac{\Delta T}{T} \times 360^\circ$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta T}{T} \times 2\pi$$