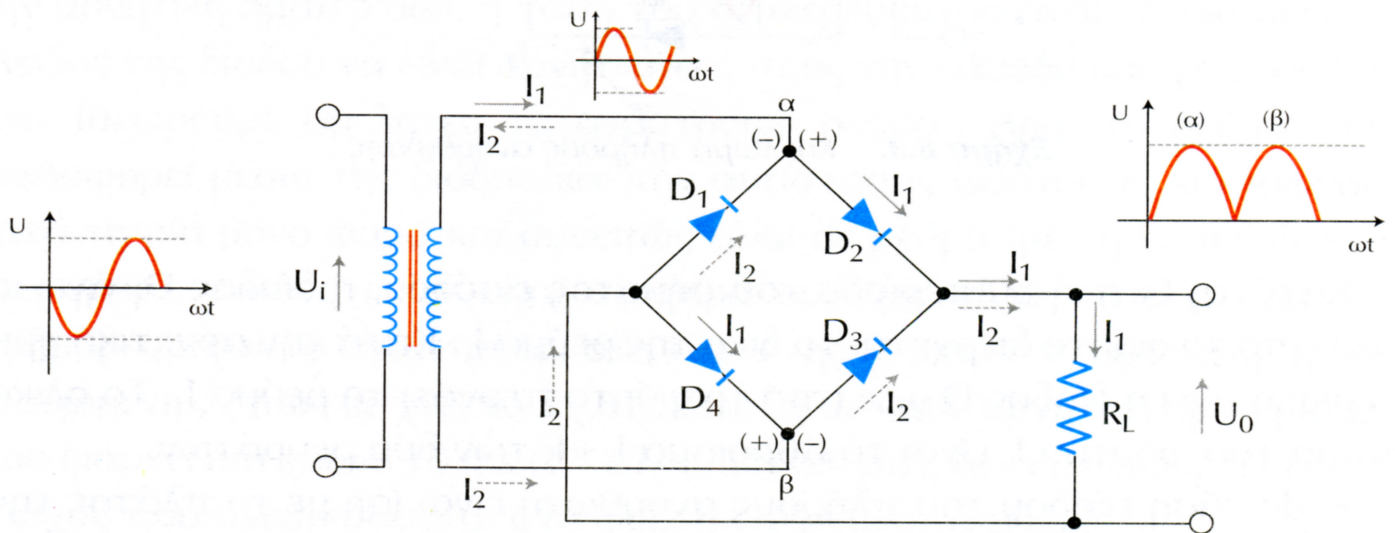


ΣΥΝΟΠΤΙΚΟ ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΓΙΑ ΤΟ ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΩΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ ΙΙ

ΚΑΒΑΛΙΕΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕ 17

ΕΠΑ.Λ. ΜΑΚΡΑΚΩΜΗΣ



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Εναλλασσόμενο ρεύμα : $i = I_0 \eta\mu\phi = I_0 \eta\mu\omega t = I_0 \eta\mu 2\pi f t = I_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$

όπου :

i : στιγμιαία ένταση δηλαδή η ένταση του ρεύματος σε τυχαία χρονική στιγμή t .

I_0 : πλάτος, δηλαδή η μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος.

T : περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για μιά ολόκληρη μεταβολή της έντασης του ρεύματος (για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος).

f : συχνότητα, δηλαδή ο αριθμός των κύκλων στη μονάδα του χρόνου (μονάδα συχνότητας το $\text{Hz} = 1 \text{κύκλος} / \text{s}$).

$\omega = 2\pi f$: κυκλική συχνότητα (μονάδα το $1 \text{ rad} / \text{s}$).

$\phi = \omega t$: στιγμιαία φάση, δηλαδή η γωνία σε ορισμένη χρονική στιγμή t .

Εναλλασσόμενο ρεύμα με αρχική φάση : $i = I_0 \eta\mu(\omega t + \phi_0)$

Εναλλασσόμενη τάση : $u = U_0 \eta\mu\phi = U_0 \eta\mu\omega t = U_0 \eta\mu 2\pi f t = U_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$

όπου :

u : στιγμιαία τάση, δηλαδή η τάση σε τυχαία χρονική στιγμή t .

U_0 : πλάτος, δηλαδή η μέγιστη τιμή της τάσης.

T : περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος..

f : συχνότητα, δηλαδή ο αριθμός των κύκλων στη μονάδα του χρόνου (μονάδα συχνότητας το $\text{Hz} = 1 \text{κύκλος} / \text{s}$).

$\omega = 2\pi f$: κυκλική συχνότητα (μονάδα το $1 \text{ rad} / \text{s}$).

$\phi = \omega t$: στιγμιαία φάση, δηλαδή η γωνία σε ορισμένη χρονική στιγμή t .

Εναλλασσόμενη τάση με αρχική φάση : $u = U_0 \eta\mu(\omega t + \phi_0)$

Ενεργός τιμή του εναλλασσομένου ρεύματος ονομάζεται η τιμή της έντασης του ισοδύναμου συνεχούς ρεύματος, το οποίο θα παράγει επί μιας συγκεκριμένης ωμικής αντίστασης το ίδιο ποσό θερμότητας Q με το εναλλασσόμενο ρεύμα στον ίδιο χρόνο.

$$Q = 0,24 \cdot 10^3 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$$

Αποδεικνύεται ότι η ενεργός ένταση :

$$I_{\text{Εν}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0,707 I_0$$

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

Αποδεικνύεται ότι η ενεργός τάση :

$$U_{\text{Εν}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0,707 U_0$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Διαφορά φάσης :

$$\Delta \phi = \phi_{01} - \phi_{02}$$

Εάν : $\Delta \phi > 0$, τότε το ρεύμα i_1 προηγείται χρονικά από το ρεύμα i_2

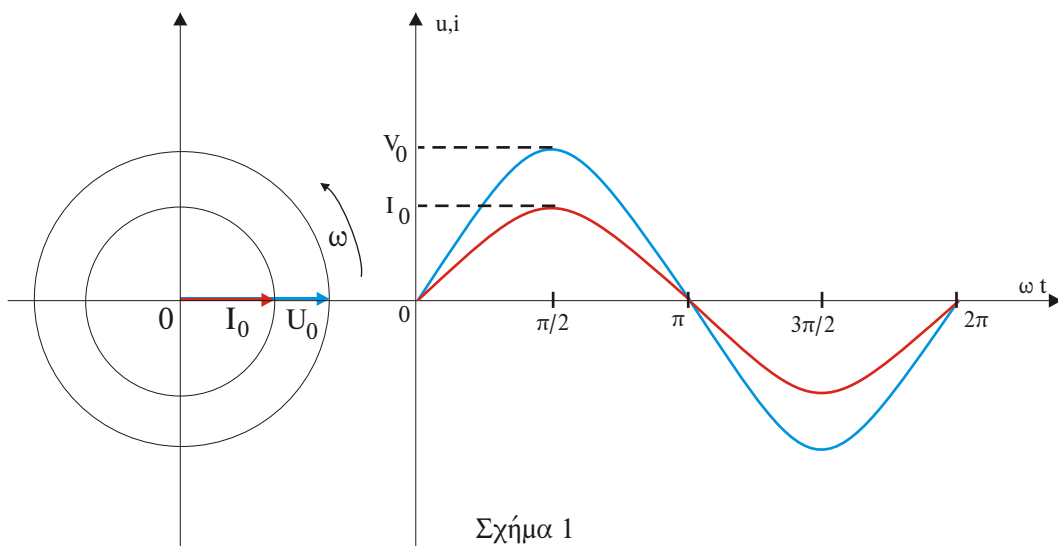
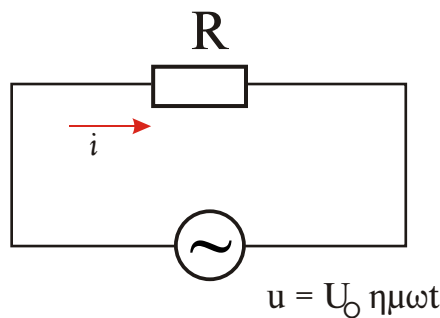
Εάν : $\Delta \phi < 0$, τότε το ρεύμα i_1 έπεται χρονικά από το ρεύμα i_2

Ωμική αντίσταση στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Εναλλασσόμενη τάση : $u = U_0 \eta\mu\phi = U_0 \eta\mu\omega t = U_0 \eta\mu 2\pi f t = U_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$

Πλάτος εναλλασσόμενου ρεύματος : $I_0 = \frac{U_0}{R}$

Εναλλασσόμενο ρεύμα : $i = I_0 \eta\mu\phi = I_0 \eta\mu\omega t = I_0 \eta\mu 2\pi f t = I_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$



Σχήμα 1

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Πηνίο στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Εναλλασσόμενη τάση : $u = U_0 \eta\mu\phi = U_0 \eta\mu\omega t = U_0 \eta\mu 2\pi f t = U_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$

Επαγωγική αντίδραση : $X_L = \omega \cdot L$

όπου :

$\omega = 2\pi f$: κυκλική συχνότητα (μονάδα το 1 rad / s).

L : συντελεστής αυτεπαγωγής (μονάδα το Henry).

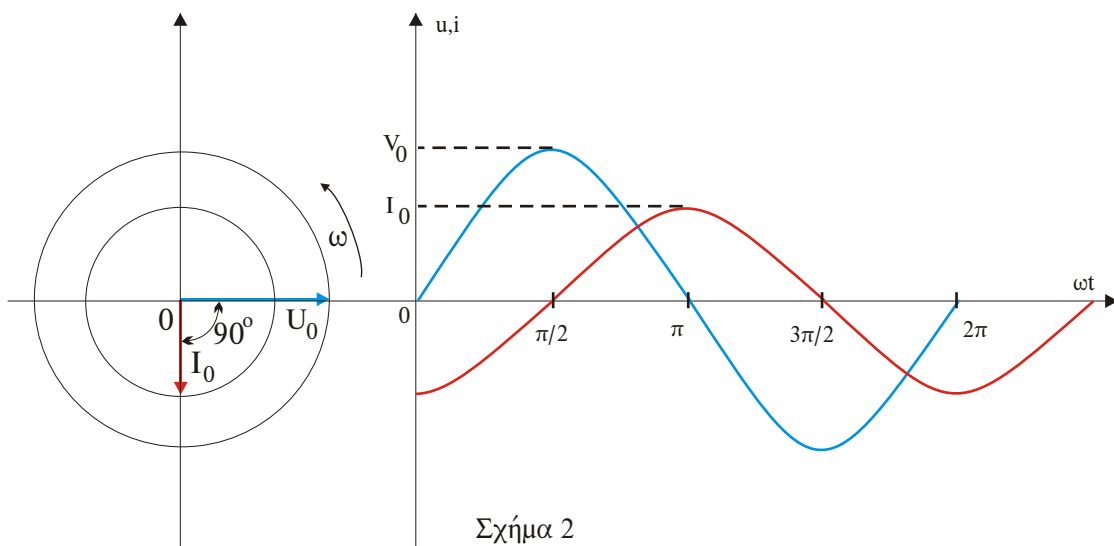
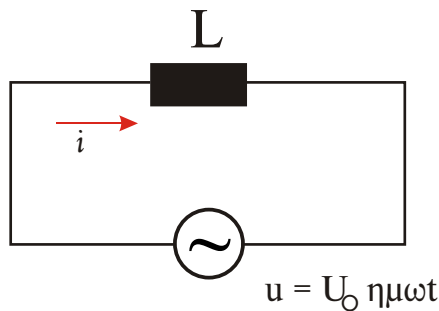
Στο ιδανικό πηνίο η τάση προηγείται κατά 90° του ρεύματος οπότε το ρεύμα στο πηνίο έχει την πιο κάτω μορφή.

Εναλλασσόμενο ρεύμα : $i = I_0 \eta\mu (\omega t - 90^\circ) = I_0 \eta\mu (2\pi f t - 90^\circ) = I_0 \eta\mu \left(\frac{2\pi}{T} t - 90^\circ \right)$

Πλάτος εναλλασσόμενου ρεύματος : $I_0 = \frac{U_0}{X_L}$

Ισχύει ο νόμος του Ohm για τη μέγιστη και την ενεργό τιμή

$U_0 = \omega \cdot L \cdot I_0$ και $U_{\text{εV}} = \omega \cdot L \cdot I_{\text{εV}}$



Σχήμα 2

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Πυκνωτής στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

Εναλλασσόμενη τάση : $u = U_0 \eta\mu\phi = U_0 \eta\mu\omega t = U_0 \eta\mu 2\pi ft = U_0 \eta\mu \frac{2\pi}{T} t$

Χωρητική αντίδραση : $X_C = \frac{1}{\omega C}$

όπου :

$\omega = 2\pi f$: κυκλική συχνότητα (μονάδα το 1 rad / s).

C: Χωρητικότητα πυκνωτή (μονάδα το Farad).

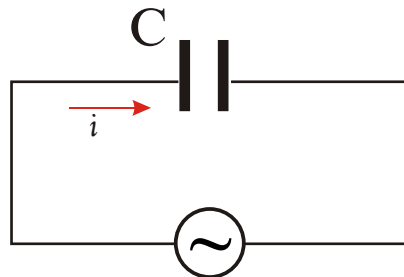
Στον ιδανικό πυκνωτή το ρεύμα προηγείται κατά 90° της τάσης οπότε το ρεύμα στο πυκνωτή έχει την πιο κάτω μορφή.

Εναλλασσόμενο ρεύμα : $i = I_0 \eta\mu (\omega t + 90^\circ) = I_0 \eta\mu (2\pi ft + 90^\circ) = I_0 \eta\mu \left(\frac{2\pi}{T} t + 90^\circ \right)$

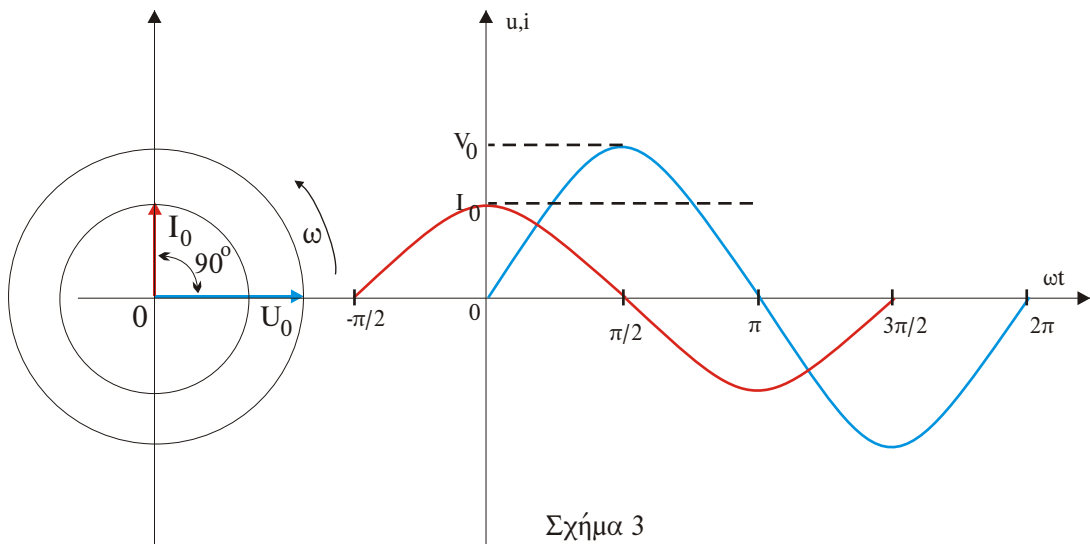
Πλάτος εναλλασσόμενου ρεύματος : $I_0 = \frac{U_0}{X_C}$

Ισχύει ο νόμος του Ohm για τη μέγιστη και την ενεργό τιμή

$$U_0 = \frac{I_0}{\omega \cdot C} \quad \text{και} \quad U_{\text{εν}} = \frac{I_{\text{εν}}}{\omega \cdot C}$$



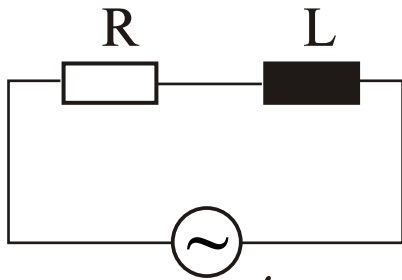
$$u = U_0 \eta\mu\omega t$$



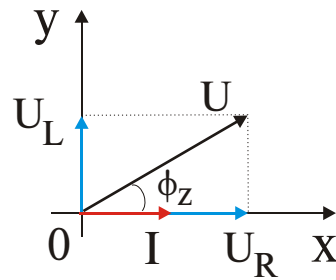
Σχήμα 3

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Κύκλωμα RL σε σειρά.



U : ενεργός τιμή



Από τη πρόσθεση των διανυσμάτων προκύπτει ότι :

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2 = I^2 \cdot [R^2 + (\omega L)^2] \Rightarrow U = I \cdot \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}$$

Επομένως από το νόμο του Ohm προκύπτει ότι ο όρος είναι η σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος οπότε :

$$\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}$$

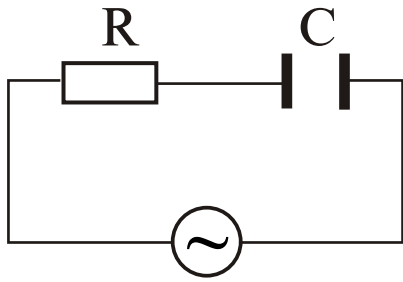
$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι ϕ_z και προκύπτει ότι :

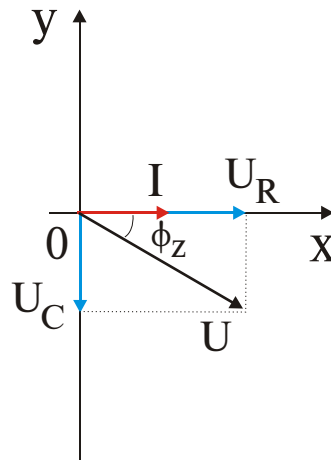
$$\epsilon\phi\phi_z = \frac{U_L}{U_R} = \frac{\omega \cdot L}{R}$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Κύκλωμα RC σε σειρά.



U : ενεργός τιμή



Από τη πρόσθεση των διανυσμάτων προκύπτει ότι :

$$U^2 = U_R^2 + U_C^2 = I^2 \cdot \left[R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2 \right] \Rightarrow U = I \cdot \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

Επομένως από το νόμο του Ohm προκύπτει ότι ο όρος είναι η σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος οπότε :

$$\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

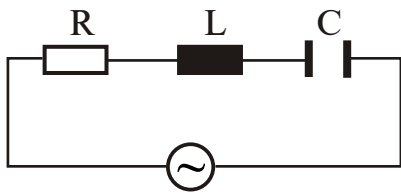
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι ϕ_z και προκύπτει ότι :

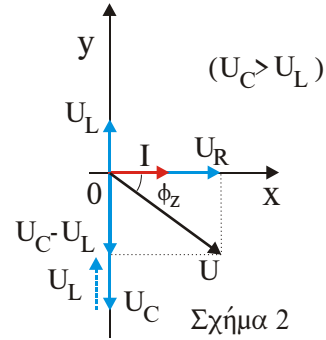
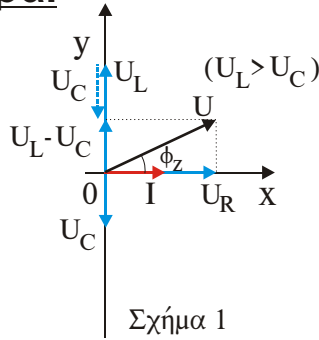
$$\epsilon\phi\phi_z = \frac{U_C}{U_R} = \frac{1}{\omega \cdot R \cdot C}$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Κύκλωμα RLC σε σειρά.



U : ενεργός τιμή



Από τη πρόσθεση των διανυσμάτων προκύπτει ότι :

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 = I^2 \left[R + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2 \right] \Rightarrow U = I \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

Επομένως από το νόμο του Ohm προκύπτει ότι ο όρος είναι η σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος οπότε :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

$$\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι ϕ_z και προκύπτει ότι :

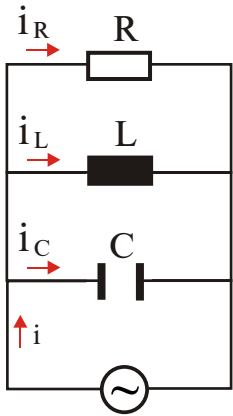
$$\epsilon\phi\phi_z = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C}}{R}$$

Εάν $\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} > 0$ δηλαδή $U_L > U_C$ η γωνία ϕ_z είναι : $0 \leq \phi_z \leq 90^\circ$ σχήμα 1 οπότε η τάση προηγείται του ρεύματος άρα το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά.

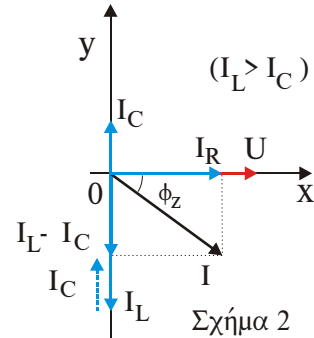
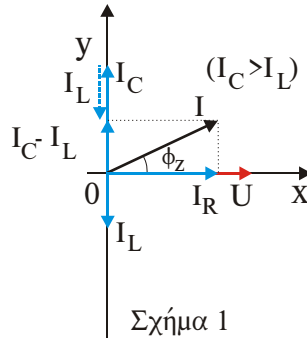
Εάν $\omega L - \frac{1}{\omega \cdot C} < 0$ δηλαδή $U_L < U_C$ η γωνία ϕ_z είναι : $-90^\circ \leq \phi_z \leq 0$ σχήμα 2 οπότε η τάση προηγείται του ρεύματος άρα το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Κύκλωμα RLC παράλληλα.



U : ενεργός τιμή



Από τη πρόσθεση των διανυσμάτων προκύπτει ότι :

$$I^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = U^2 \left[\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2 \right] \Rightarrow U = I \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}}$$

Επομένως από το νόμο του Ohm προκύπτει ότι ο όρος είναι η σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος οπότε :

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} \right)^2}}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι ϕ_z και προκύπτει ότι :

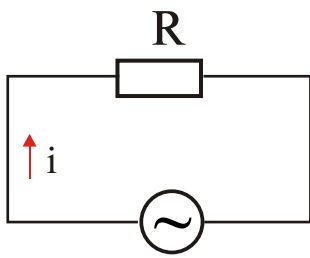
$$\epsilon\phi\phi_z = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{\omega \cdot C - \frac{1}{\omega \cdot L}}{R}$$

Εάν $\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} > 0$ δηλαδή $I_C > I_L$ η γωνία ϕ_z είναι : $0 \leq \phi_z \leq 90^\circ$ σχήμα 1 οπότε το ρεύμα προηγείται της τάσης άρα το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά.

Εάν $\omega C - \frac{1}{\omega \cdot L} < 0$ δηλαδή $I_C < I_L$ η γωνία ϕ_z είναι : $-90^\circ \leq \phi_z \leq 0$ σχήμα 2 οπότε το ρεύμα έπεται της τάσης άρα το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά.

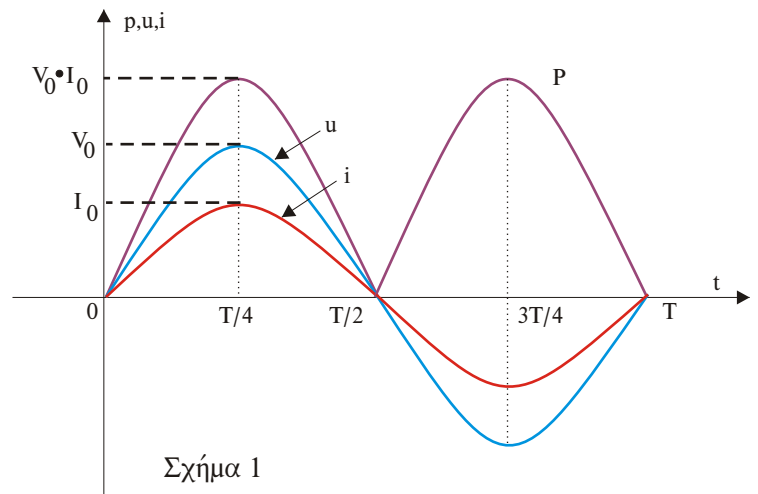
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Ισχύς σε ωμική αντίσταση.



$$u = U_0 \eta \mu \omega t$$

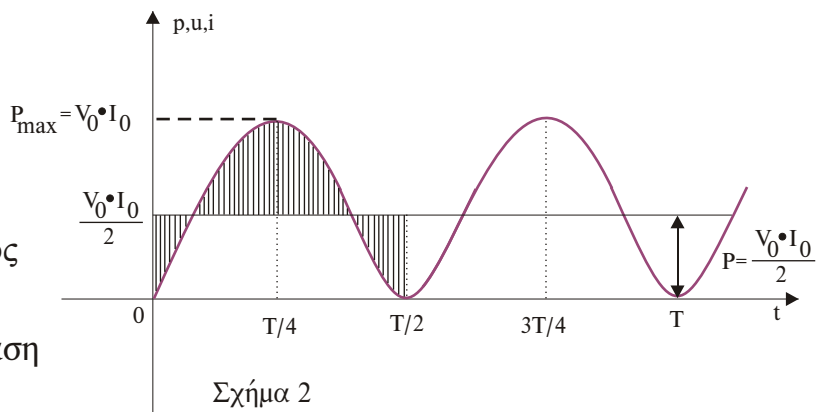
Η στιγμιαία ισχύς p μεταβάλλεται περιοδικά με διπλάσια συχνότητα από τη τάση και το ρεύμα.
Σχήμα 1.



Σχήμα 1

Αν φέρουμε παράλληλη στον άξονα t στο ύψος $\frac{V_0 \cdot I_0}{2}$ σχήμα 2 παρατηρούμε ότι και η ισχύς ακολουθεί ημιτονική καμπύλη με περίοδο $T/2$.

Η τιμή $\frac{V_0 \cdot I_0}{2}$ ονομάζεται μέση τιμή της ισχύος (ή ενεργός ισχύς) είναι δηλαδή η τιμή της ισχύος που καταναλώνεται από την αντίσταση υπό μορφή θερμότητας.



Σχήμα 2

$$P = \frac{U_0 \cdot I_0}{2} = U_{\epsilon v} \cdot I_{\epsilon v}$$

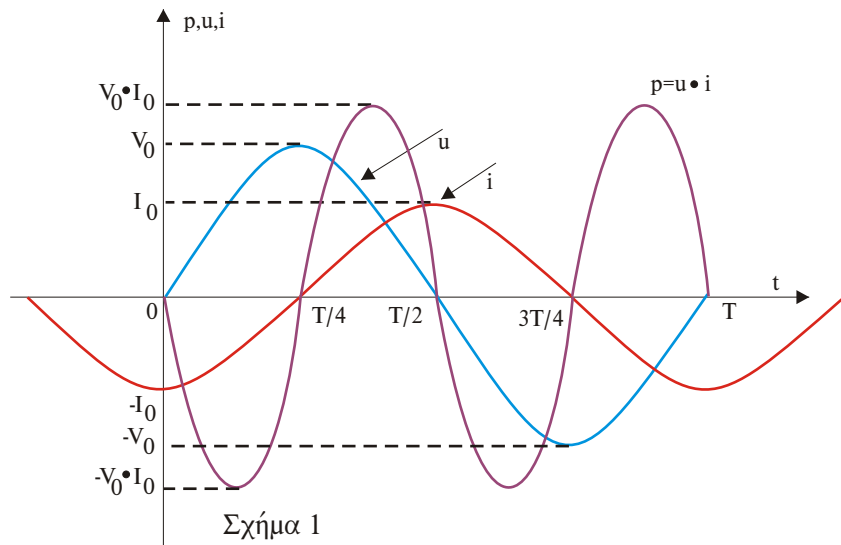
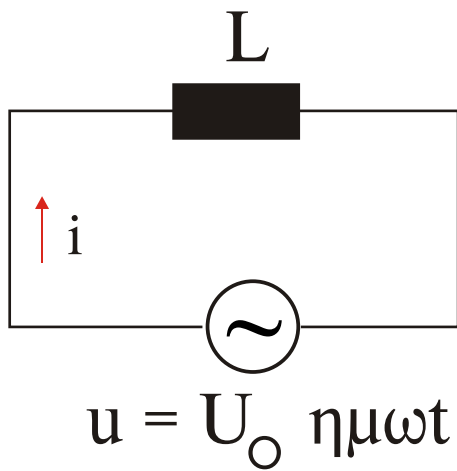
Μονάδα μέτρησης το Watt.

Το ηλεκτρικό έργο W (η ενέργεια) που απορροφάται από την ωμική αντίσταση σε χρόνο t δίνεται από τη σχέση :

$$W = P \cdot t = \frac{U_0 \cdot I_0 \cdot t}{2} = U_{\epsilon v} \cdot I_{\epsilon v} \cdot t$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Ισχύς σε επαγωγική αντίδραση.



Η στιγμιαία ισχύς p μεταβάλλεται περιοδικά με διπλάσια συχνότητα από τη τάση και το ρεύμα. Σχήμα 1.

Η ενεργός ισχύς P , που προκύπτει ως μέση τιμή από τις στιγμιαίες τιμές, είναι μηδέν

Αυτό σημαίνει ότι **η επαγωγική αντίδραση δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ.**

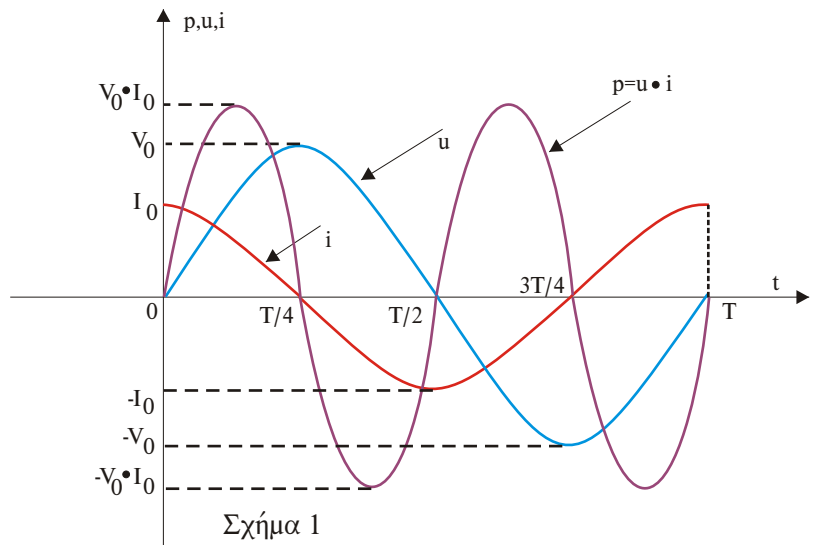
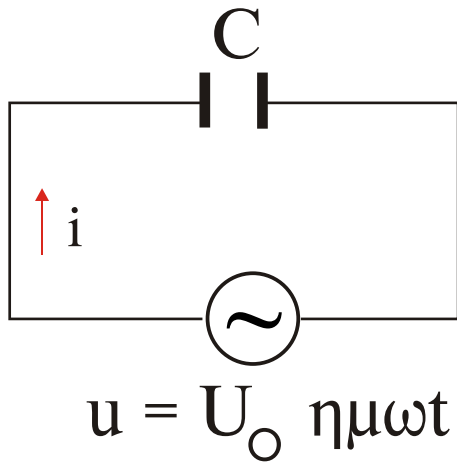
Το γινόμενο $U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu}$ είναι η άεργος ισχύς Q .

$$Q = \frac{U_0 \cdot I_0}{2} = U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu}$$

Μονάδα μέτρησης το Var.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Ισχύς σε χωρητική αντίδραση.



Η στιγμιαία ισχύς p δίνεται από τη σχέση $p=u \cdot i$ και κατά συνέπεια η καμπύλη της προκύπτει πολλαπλασιάζοντας για κάθε χρονική στιγμή τις αντίστοιχες τιμές των u και i . Σχήμα 1.

Η ενεργός ισχύς P , που προκύπτει ως μέση τιμή από τις στιγμιαίες τιμές, είναι μηδέν

Αυτό σημαίνει ότι **η χωρητική αντίδραση δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ.**

Το γινόμενο $U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu}$ είναι η άεργος ισχύς Q .

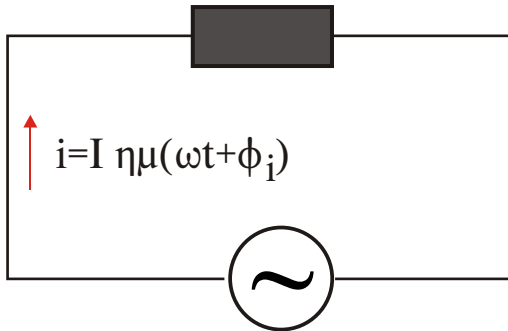
$$Q = \frac{U_0 \cdot I_0}{2} = U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu}$$

Μονάδα μέτρησης το Var.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Ισχύς σε σύνθετη αντίσταση.

Z (σύνθετη αντίσταση)



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

Ονομάζεται **πραγματική ισχύς P** η ισχύς που καταναλώνεται στο ωμικό μέρος της σύνθετης αντίστασης υπό μορφή θερμότητας και δίνεται από τη πιο κάτω σχέση.

Όπου $\phi = \phi_u - \phi_i$ γωνία της σύνθετης αντίστασης Z ίση με τη διαφορά της γωνίας του ρεύματος από τη γωνία της τάσης (γνωστή ως φάση).

$$P = U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu} \cdot \text{συν}\phi = \frac{U_0 \cdot I_0}{2} \cdot \text{συν}\phi$$

**Μονάδα μέτρησης
το Watt.**

Ονομάζεται **άεργος ισχύς Q** η ισχύς που παρουσιάζεται στο επαγωγικό ή στο χωρητικό μέρος της σύνθετης αντίστασης και δίνεται από τη πιο κάτω σχέση.

$$Q = U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu} \cdot \eta\mu\phi = \frac{U_0 \cdot I_0}{2} \cdot \eta\mu\phi$$

**Μονάδα μέτρησης
το Var.**

Ονομάζεται **φαινόμενη ισχύς S** το γινόμενο.

$$S = U_{\epsilon\nu} \cdot I_{\epsilon\nu} = \frac{U_0 \cdot I_0}{2}$$

**Μονάδα μέτρησης
το VA.**

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Ισχύς σε σύνθετη αντίσταση (τρίγωνο ισχύος)

Μεταξύ των τριών ισχύων ισχύει η σχέση.

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$\text{Απόδειξη : } P + Q^2 = U_{\text{EV}}^2 I_{\text{EV}}^2 \cos^2 \phi + U_{\text{EV}}^2 I_{\text{EV}}^2 \eta\mu^2 \phi = U_{\text{EV}}^2 I_{\text{EV}}^2 (\underbrace{\cos^2 \phi + \eta\mu^2 \phi}_1) = U_{\text{EV}}^2 I_{\text{EV}}^2 = S^2.$$

Η γωνία ϕ θα είναι : $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ οπότε το $\cos \phi$ θα έχει τιμές $0 \leq \cos \phi \leq 1$

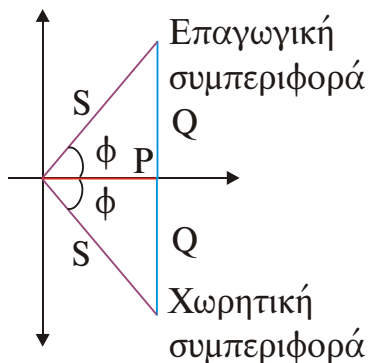
Άρα η πραγματική ισχύς θα παίρνει πάντα θετικές τιμές.

Η άεργος ισχύς μπορεί να είναι θετική ή αρνητική εφόσον το $\eta\mu \phi$ για $-90^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ παίρνει τιμές από -1 έως 1. Έτσι αν :

$Q > 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά και το $\cos \phi$ (συντελεστής ισχύος) χαρακτηρίζεται επαγωγικός ή μεταπορείας.

$Q < 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά και το $\cos \phi$ (συντελεστής ισχύος) χαρακτηρίζεται χωρητικός ή προπορείας.

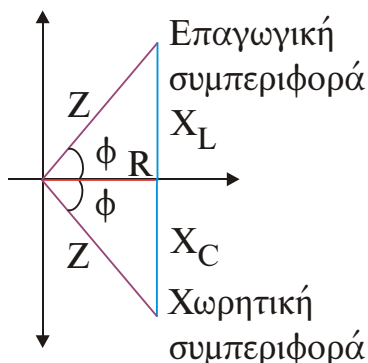
Με βάση τη σχέση που συνδέει τα τρία είδη ισχύος και το Πυθαγόρειο θεώρημα μπορούμε να παραστήσουμε τα τρία είδη ισχύος με ένα ορθογώνιο τρίγωνο.



$$\eta\mu \phi = \text{απέναντι κάθετη προς υποτείνουσα} = Q / S$$

$$\cos \phi = \text{προσκείμενη κάθετη προς υποτείνουσα} = P / S$$

$$\epsilon\phi\phi = \text{απέναντι κάθετη προς προσκείμενη κάθετη} = Q / P$$



$$\eta\mu \phi = \text{απέναντι κάθετη προς υποτείνουσα} = X_L / Z \text{ ή } X_C / Z$$

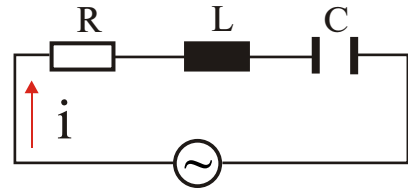
$$\cos \phi = \text{προσκείμενη κάθετη προς υποτείνουσα} = R / Z$$

$$\epsilon\phi\phi = \text{απέναντι κάθετη προς προσκείμενη κάθετη} = X_L / R \text{ ή } X_C / R$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

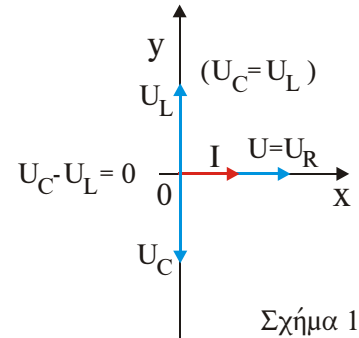
Συντονισμός κυκλώματος γενικά.

Συντονισμός ενός κυκλώματος RLC ονομάζεται το φαινόμενο, κατά το οποίο η εφαρμοζόμενη τάση βρίσκεται σε φάση με το ρεύμα στην είσοδο του.



Συντονισμός κυκλώματος σειράς.

Από το διανυσματικό διάγραμμα βλέπουμε για να είναι η εφαρμοζόμενη τάση σε φάση με το ρεύμα πρέπει $U_L = U_C$
Οπότε $U = U_R$



Σχήμα 1

$$U_L = U_C \Rightarrow I \cdot \omega_0 \cdot L = I \cdot \frac{1}{\omega_0 \cdot C} \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{L \cdot C}$$

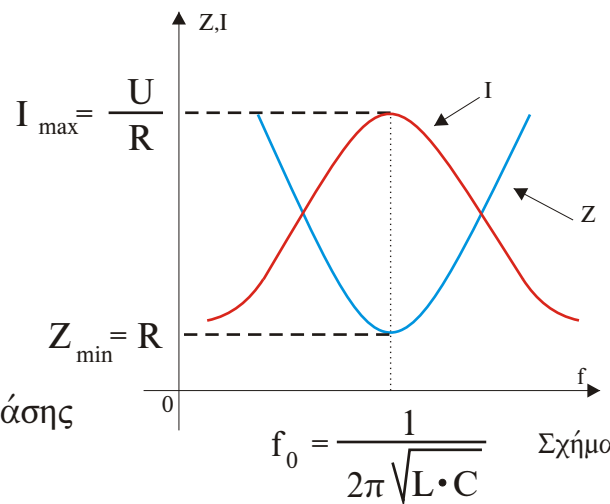
Άρα :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{και} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}}$$

Στη συχνότητα συντονισμού η σύνθετη αντίσταση παίρνει την ελάχιστη τιμή και το ρεύμα τη μέγιστη.

$$Z_{\min} = R \quad \text{και} \quad I_{\max} = \frac{U}{R}$$

Συντελεστής ποιότητας Q_π ονομάζεται το πηλίκο της τάσης που επικρατεί στα άκρα του πηνίου ή του πυκνωτή κατά το συντονισμό προς την τάση τροφοδοσίας.



Σχήμα 2

$$Q_\pi = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{I_{\max} \cdot \omega_0 \cdot L}{I_{\max} \cdot R} = \frac{I_{\max}}{I_{\max} \cdot R \cdot \omega_0 \cdot C} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

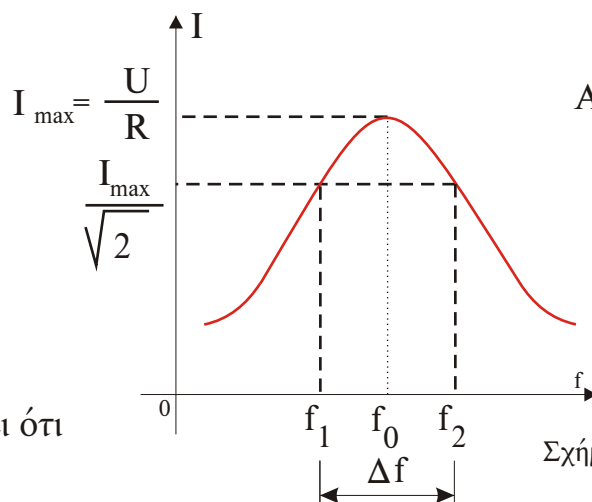
Ζώνη διέλευσης ή ζώνη συντονισμού.

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

όπου f_1 και f_2 είναι οι πλευρικές συχνότητες στις οποίες ισχύει

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$$

Για τον υπολογισμό της ισχύος ισχύει ότι σε ωμικό καταναλωτή.



Αποδεικνύεται ότι :

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q_\pi}$$

Σχήμα 2

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

Παράλληλος συντονισμός (αντισυντονισμός)

Το κύκλωμα του παράλληλου συντονισμού αποτελείται από έναν ιδανικό πυκνωτή και ένα πηνίο που παρουσιάζει πολύ μικρή ωμική αντίσταση.

Το ρεύμα στο πηνίο είναι και έπεται της τάσης κατά γωνία ϕ .

$$\epsilon\phi\phi = \frac{\omega \cdot L}{R}$$

$$I_L = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}}$$

Το ρεύμα στον πυκνωτή είναι.

$$I_C = \omega \cdot C \cdot U$$

Διατηρώντας σταθερά τα R,L και ρυθμίζοντας το C παρατηρούμε ότι για κάποια τιμή I'_C το συνολικό ρεύμα I' βρίσκεται σε φάση με τη τάση δηλαδή έχουμε συντονισμό (σχήμα 1). Παρατηρούμε ακόμα ότι κατά το παράλληλο συντονισμό το συνολικό ρεύμα ελαχιστοποιείται.

Η απαιτούμενη χωρητικότητα για να επέλθει συντονισμός είναι:

$$C = \frac{L}{R^2 + (\omega \cdot L)^2}$$

Η συχνότητα συντονισμού είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{R^2}{L^2}}$$

Η ελάχιστη τιμή του ρεύματος είναι:

$$I_{\min} = \frac{U \cdot R}{(\omega \cdot L)^2}$$

Επειδή $R^2 \ll (\omega \cdot L)^2$, κατά προσέγγιση ισχύει ότι :

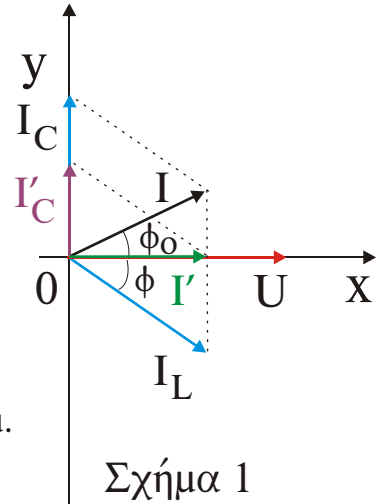
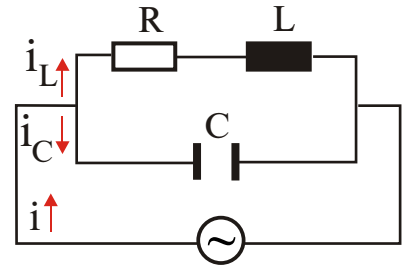
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{και} \quad I_{\min} = \frac{U \cdot R}{(\omega \cdot L)^2}$$

Η σύνθετη αντίσταση παίρνει τη μέγιστη τιμή της και είναι :

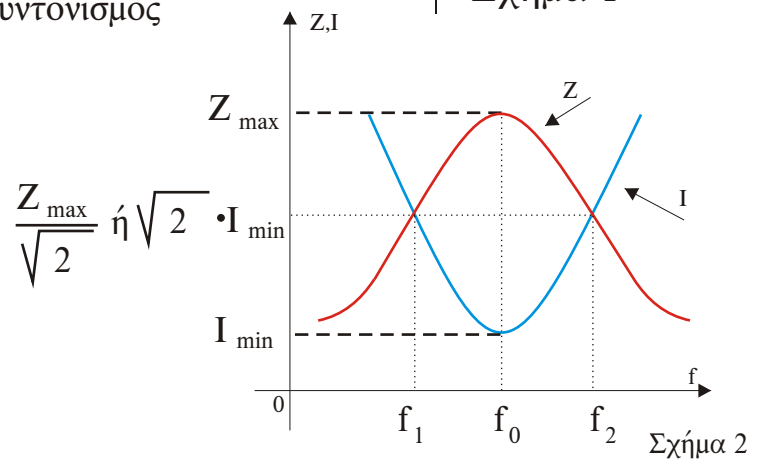
$$Z_{\max} = \frac{U}{I_{\min}} = Q_{\pi}^2 \cdot R = Q_{\pi} \cdot \omega_0 \cdot L \quad \text{Όπου:} \quad Q_{\pi} = \frac{\omega_0 \cdot L}{R}$$

Εφόσον R πολύ μικρή από υπόθεση τότε :

$$I_L = I_C = Q_{\pi} \cdot I_{\min}$$



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Αποδεικνύεται ότι :

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q_{\pi}} \quad \text{και} \quad \begin{aligned} f_1 &= f_0 - \frac{\Delta f}{2} \\ f_2 &= f_0 + \frac{\Delta f}{2} \end{aligned}$$

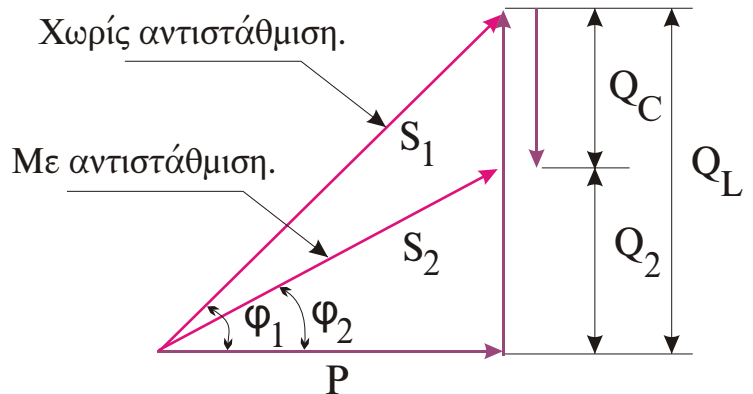
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ) ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ.

Ο ευκολότερος τρόπος για το περιορισμό της κατανάλωσης αέργου επαγωγικής ισχύος είναι η παράλληλη σύνδεση χωρητικοτήτων (πυκνωτών), η συμπεριφορά των οποίων είναι αντίθετη από αυτή των επαγωγικών καταναλωτών.

Η επαγωγική άεργος ισχύς Q_L που απορροφάται από το δίκτυο αντισταθμίζεται πλήρως ή εν μέρει από τη χωρητική άεργο ισχύ Q_C . Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αντιστάθμιση.

$$Q_2 = Q_L - Q_C < Q_L$$
$$\varphi_2 < \varphi_1 \Rightarrow \text{συν } \varphi_2 > \text{συν } \varphi_1$$



$$Q_C = Q_L - Q_2 = \frac{U^2}{X_C} = \omega \cdot C \cdot U^2$$

Άρα

$$C = \frac{Q_C}{(\omega \cdot U^2)}$$

Ατομική αντιστάθμιση : Σε κάθε επαγωγικό καταναλωτή συνδέεται άμεσα ο απαραίτητος πυκνωτής. Χρήση σε μεγάλους καταναλωτές με μεγάλη διάρκεια λειτουργίας.

Ομαδική αντιστάθμιση : Σε ομάδα επαγωγικών καταναλωτών κατά το δυνατό ίδιας ισχύος και διάρκειας λειτουργίας τοποθετείται ένας κοινός πυκνωτής. Χρήση σε λαμπτήρες φθορισμού.

Κεντρική αντιστάθμιση : Η άεργος ισχύς ομάδας διαφορετικών επαγωγικών καταναλωτών με διαφορετικό χρόνο λειτουργίας αντισταθμίζεται από ομάδα πυκνωτών με τη βοήθεια αυτοματισμού.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

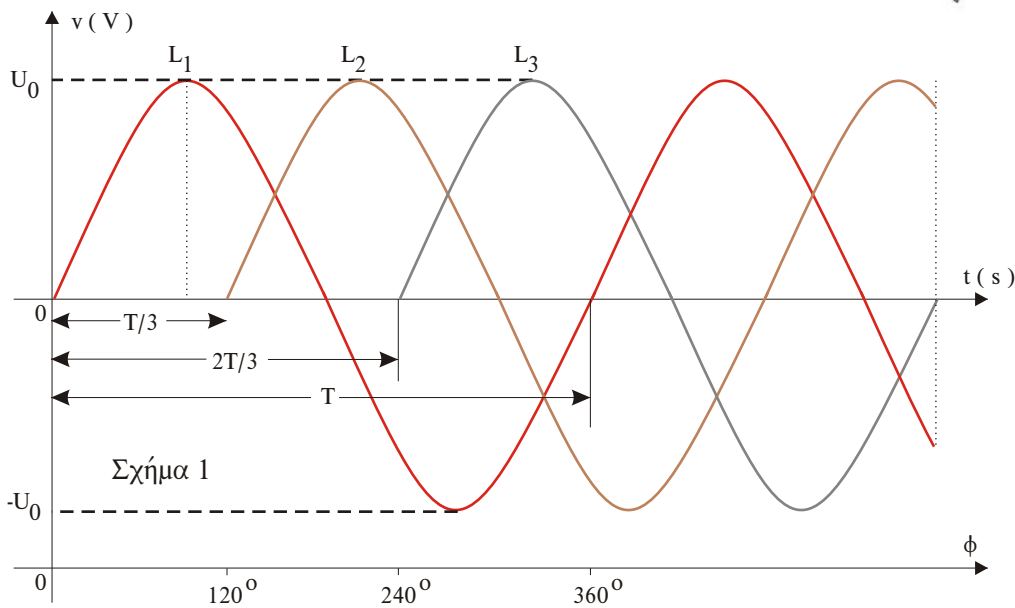
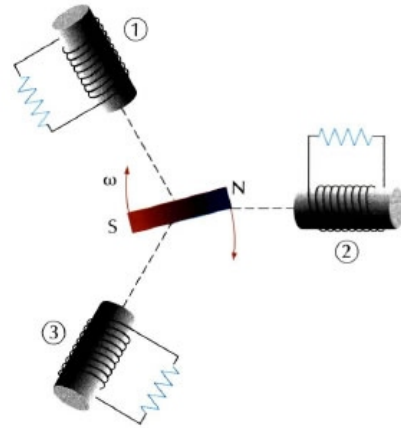
ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΡΕΥΜΑ.

Οι εξισώσεις των τριών τάσεων είναι :

$$u_1 = U_0 \eta \mu \omega t$$

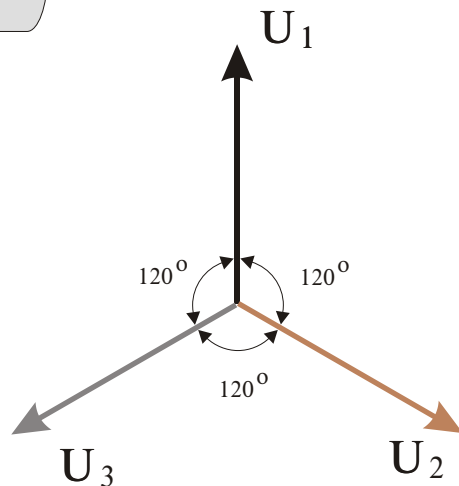
$$u_2 = U_0 \eta \mu (\omega t - 120^\circ)$$

$$u_3 = U_0 \eta \mu (\omega t - 240^\circ)$$



Οι τρεις στιγμιαίες τάσεις u_1 u_2 u_3 σε κάθε χρονική στιγμή δίνουν αλγεβρικό άθροισμα ίσο με το μηδέν

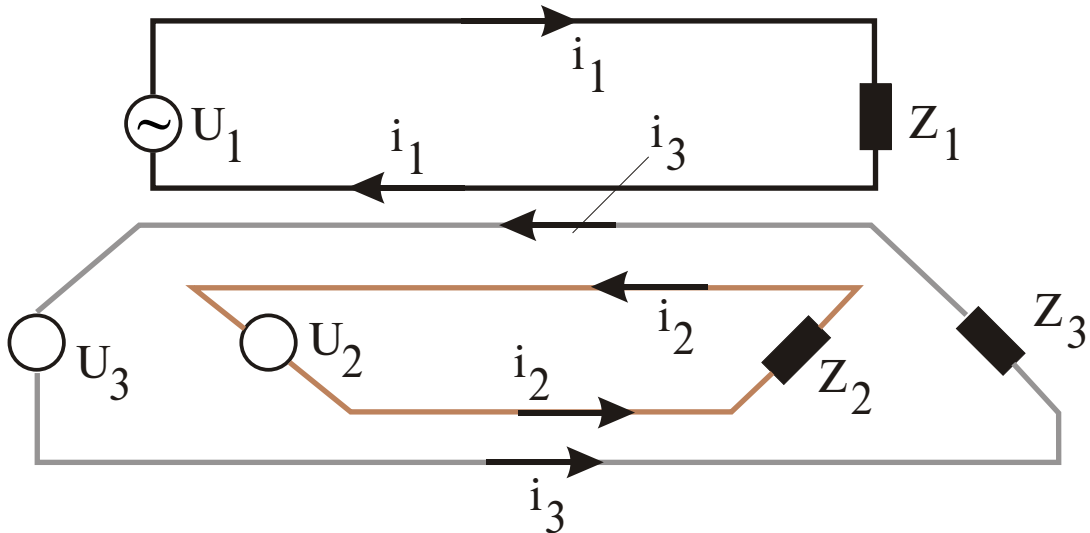
$$u_1 + u_2 + u_3 = 0$$



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

Θεωρώντας ότι τα τυλίγματα των τριών φάσεων σε μία τριφασική γεννήτρια είναι τρεις ξεχωριστές πηγές τάσης και συνδέοντας σε αυτές τρεις καταναλωτές με Z_1, Z_2, Z_3 έχουμε το πιο κάτω κύκλωμα.



Ανεξάρτητο τριφασικό σύστημα με χρήση 6 αγωγών.

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{u_1}{Z_1} \\ i_2 &= \frac{u_2}{Z_2} \\ i_3 &= \frac{u_3}{Z_3} \end{aligned}$$

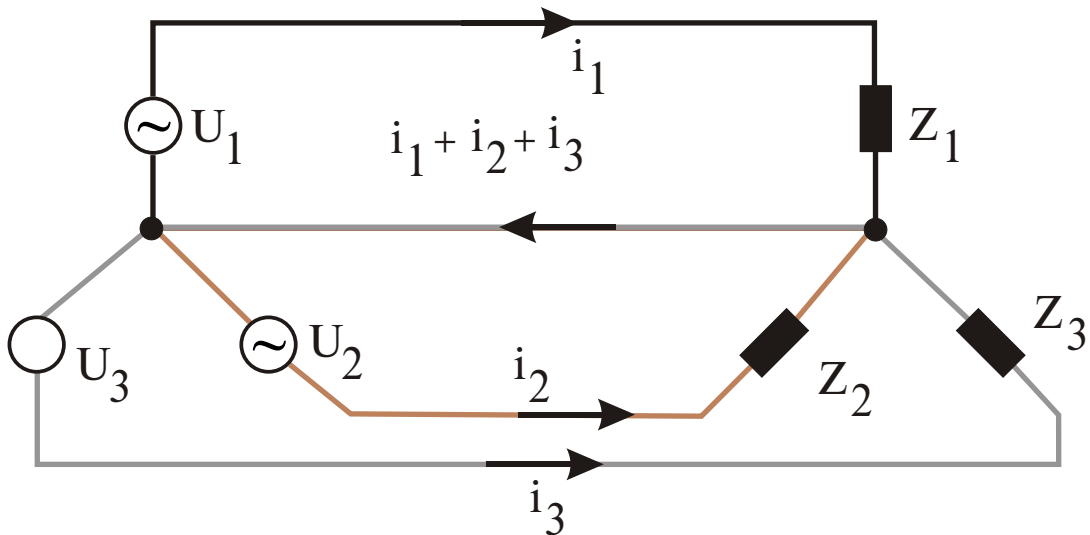
Οπότε για $Z_1 = Z_2 = Z_3$, τότε το άθροισμα των ρευμάτων δίνεται από τη σχέση :

$$i_1 + i_2 + i_3 = \frac{u_1}{Z_1} + \frac{u_2}{Z_2} + \frac{u_3}{Z_3} = \frac{u_1 + u_2 + u_3}{Z} = 0 \Rightarrow i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΑΛΛΗΛΕΝΔΕΤΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.

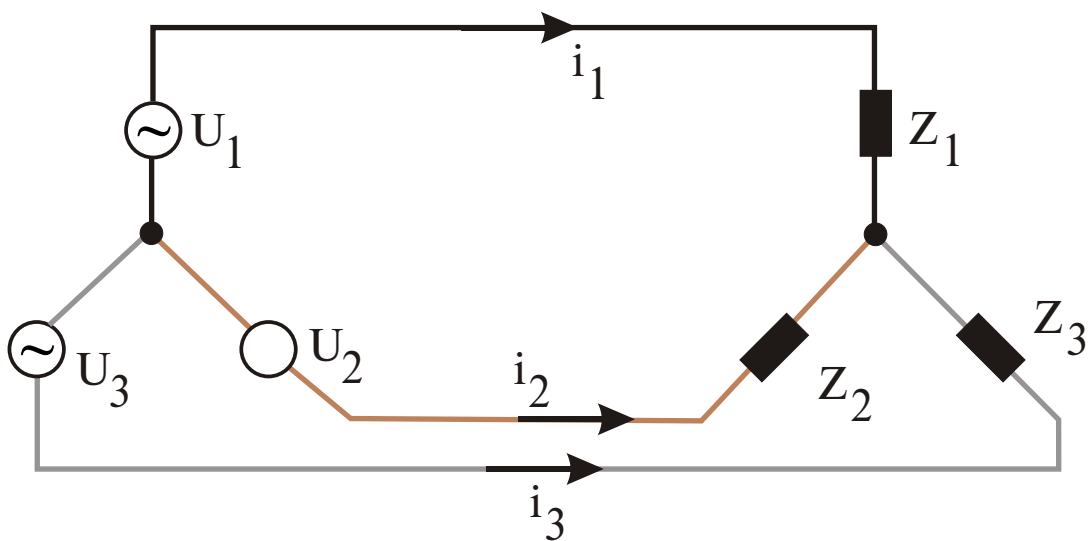
Οι τρεις αγωγοί επιστροφής έχουν αντικατασταθεί από ένα κοινό αγωγό ο οποίος ονομάζεται ουδέτερος αγωγός.



Αλληλένδετο τριφασικό σύστημα με χρήση 4 αγωγών.

Όταν $Z_1 = Z_2 = Z_3$, τότε $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

Οπότε ο ουδέτερος αγωγός μπορεί να καταργηθεί.

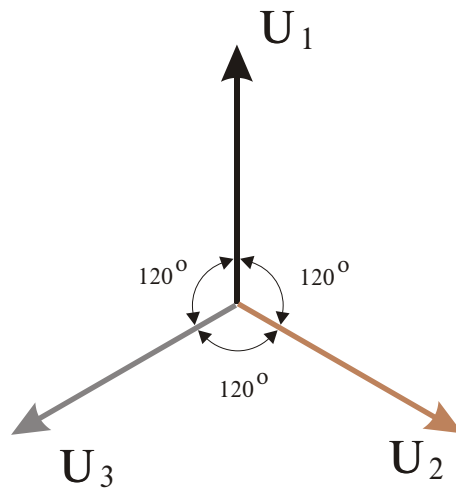
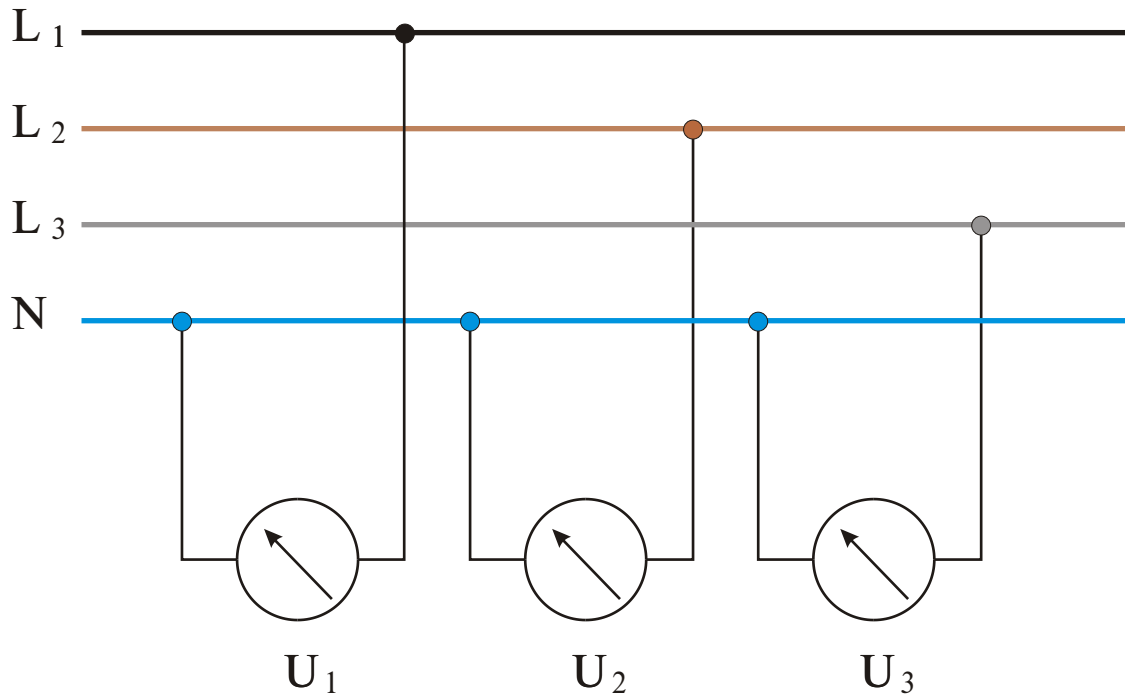


Αλληλένδετο τριφασικό σύστημα με χρήση 3 αγωγών.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΦΑΣΙΚΗ ΤΑΣΗ

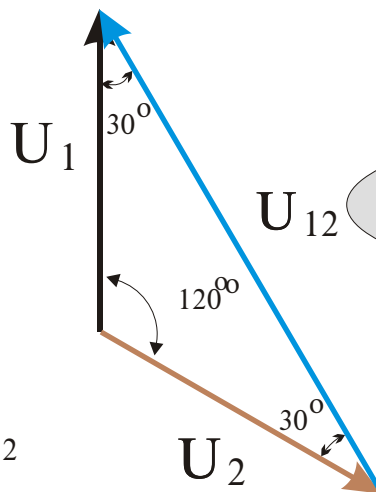
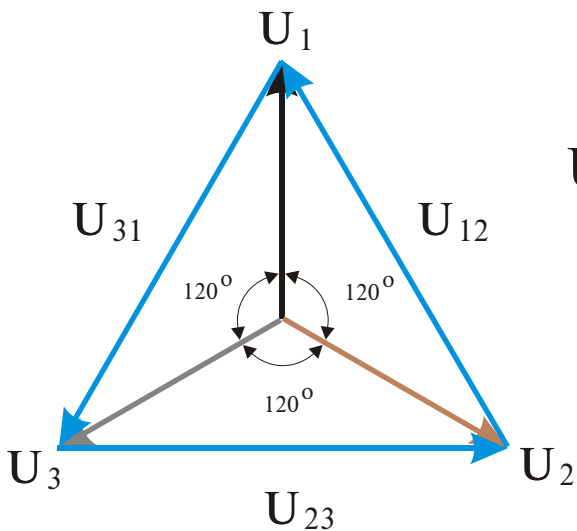
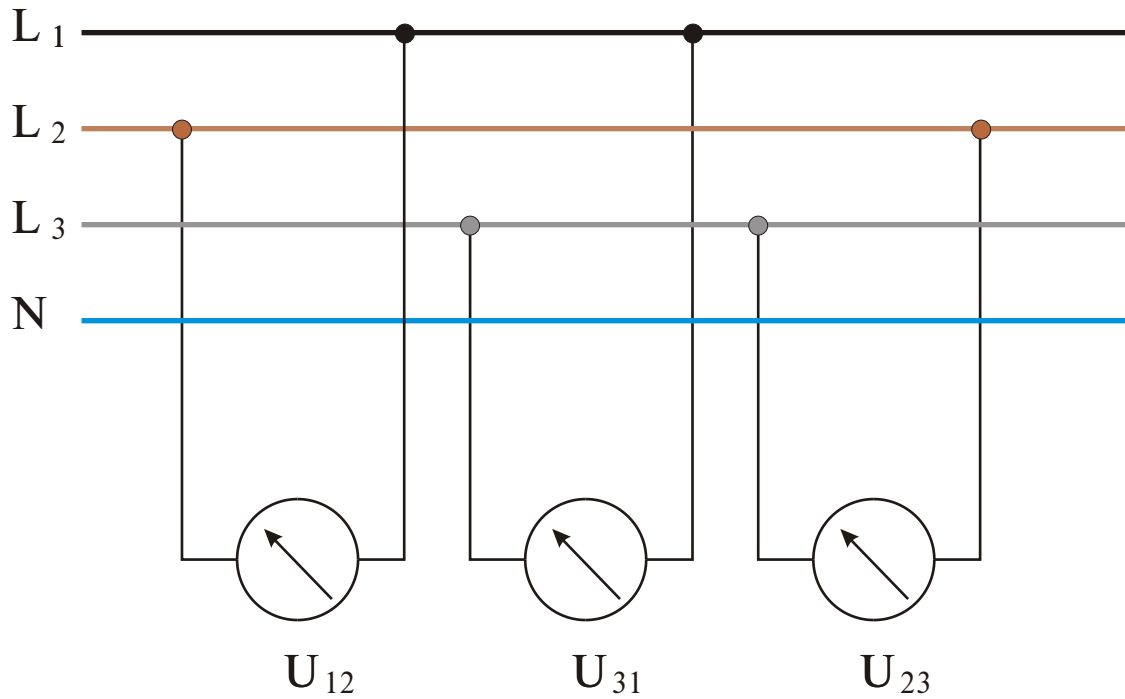
Η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου ονομάζεται φασική τάση U_{Φ}



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΠΟΛΙΚΗ ΤΑΣΗ

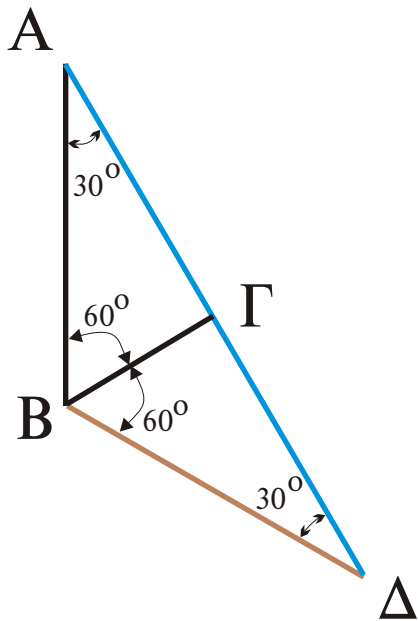
Η τάση μεταξύ δύο οποιονδήποτε φάσεων
($L_1 - L_2$) ($L_1 - L_3$) ($L_2 - L_3$)
ονομάζεται πολική τάση U_{Π}



$$\vec{U}_{12} = \vec{U}_1 - \vec{U}_2$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΣΤΟ ΤΡΙΓΩΝΟ ΑΒΓ ΙΣΧΥΕΙ ΟΤΙ :



$$U_{12} = A\Delta = A\Gamma + \Gamma\Delta$$

$$A\Gamma = \Gamma\Delta = AB * \sigma\upsilon\nu 30^\circ$$

ΑΡΑ

$$U_{12} = 2AB * \sigma\upsilon\nu 30^\circ$$

ΟΜΩΣ

$$AB = U_1$$

$$\sigma\upsilon\nu 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

ΑΡΑ

$$U_{12} = 2 U_1 \frac{\sqrt{3}}{2} = U_1 \sqrt{3}$$

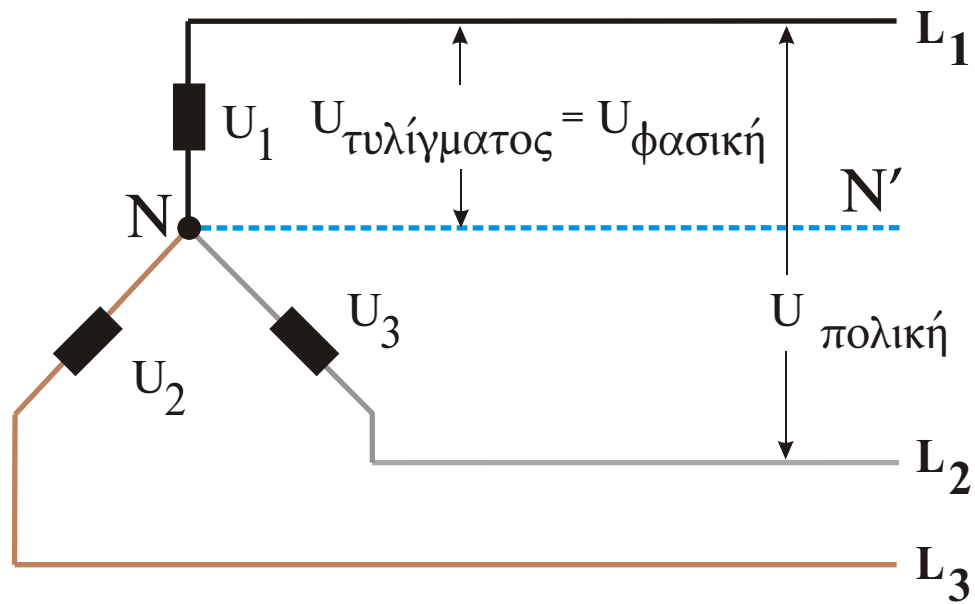
Η τάση που επικρατεί μεταξύ των αγωγών φάσης (U_{12}, U_{23}, U_{31}) σε ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων ονομάζεται πολική τάση U_{Π}

ΑΡΑ ΙΣΧΥΕΙ :

$$U_{\Pi} = \sqrt{3} * U_{\phi}$$

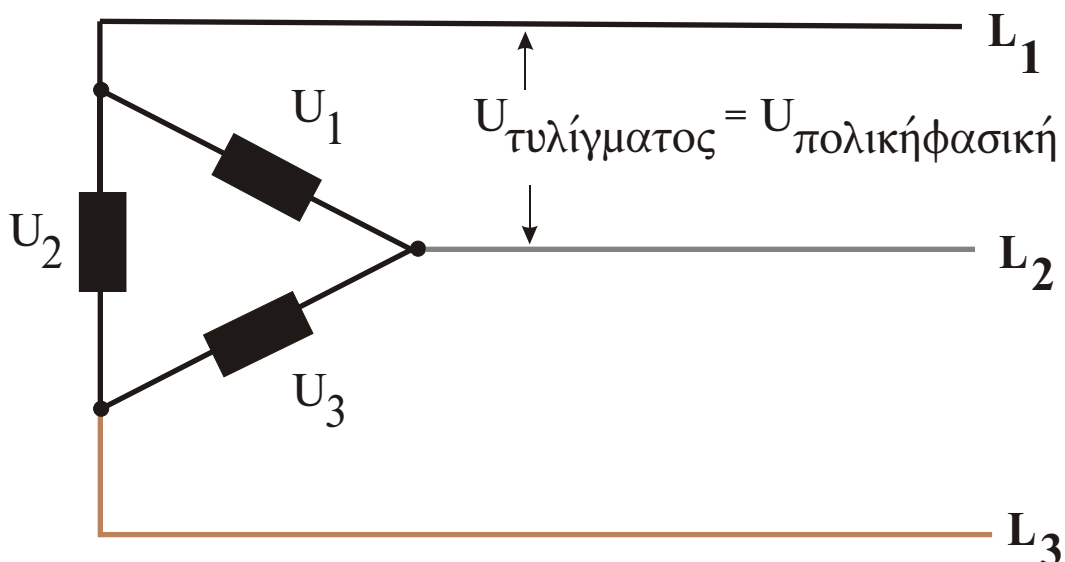
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ:



Στη σύνδεση σε αστέρα η τάση που επικρατεί στα άκρα των τυλιγμάτων είναι η φασική.

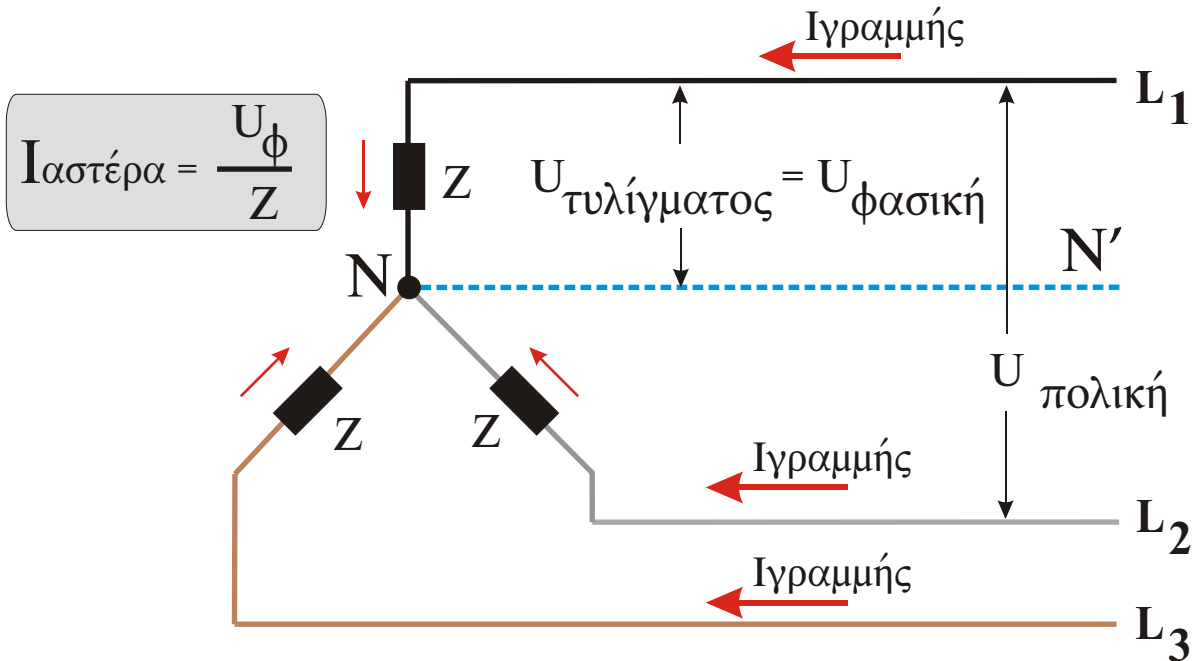
ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ:



Στη σύνδεση σε αστέρα η τάση που επικρατεί στα άκρα των τυλιγμάτων είναι η φασική.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ:



Το ίδιο ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς L_1 , L_2 , L_3 (ρεύμα γραμμής), στη συνδεσμολογία αστέρα διαρρέει και τους καταναλωτές

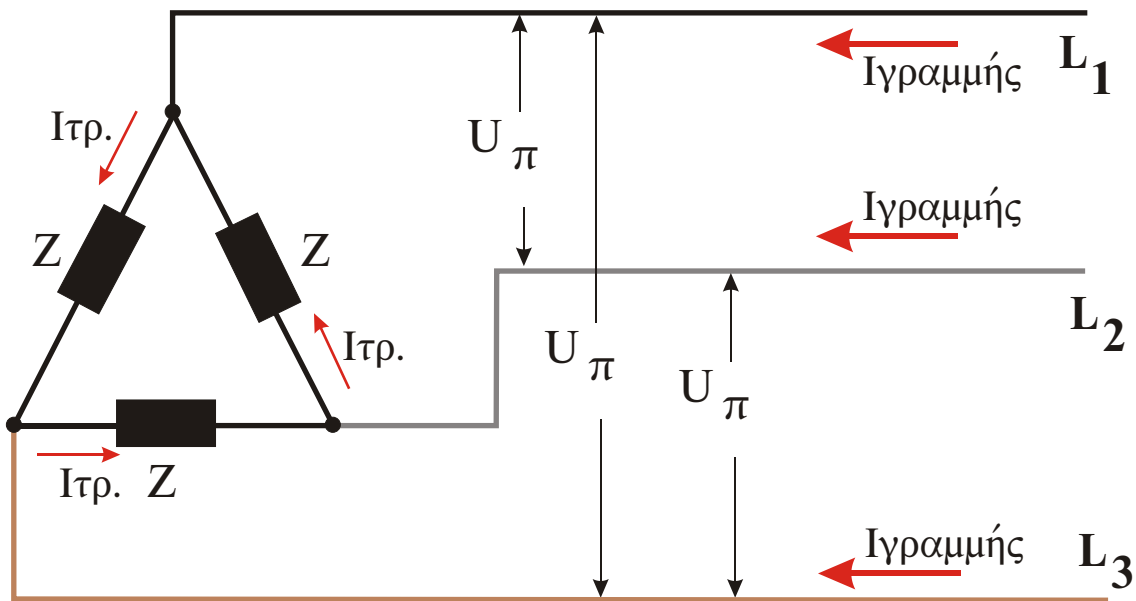
ΑΡΑ ΙΣΧΥΕΙ :

$$I_{\text{γραμμής}} = I_{\text{αστέρα}}$$

**ΕΦΟΣΟΝ ΤΑ ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΙΝΑΙ ΙΣΟΡΡΟΠΗΜΕΝΑ,
Ο ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΓΩΓΟΣ (N)
ΔΕ ΔΙΑΡΡΕΕΤΑΙ ΑΠΟ ΡΕΥΜΑ**

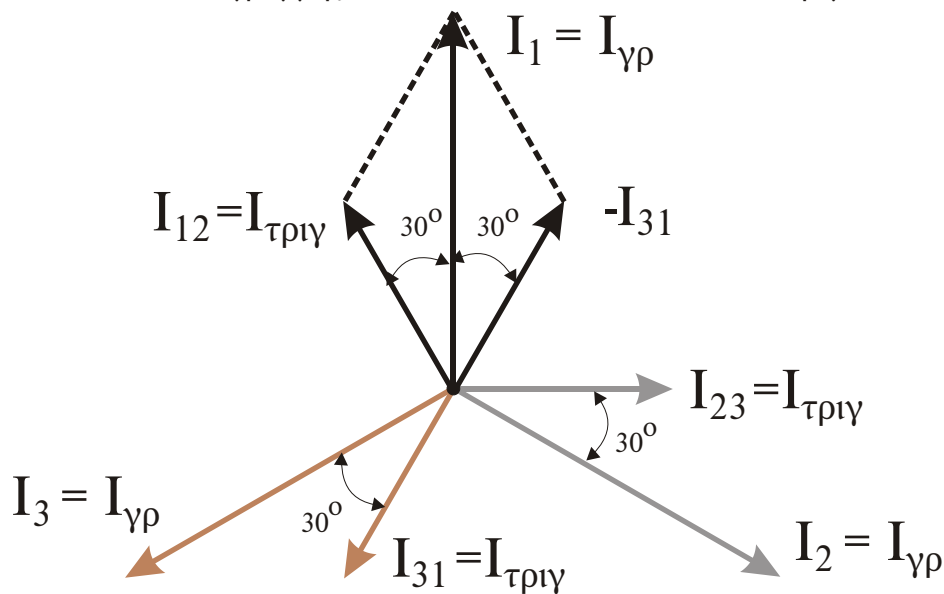
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ:



$$I_{L1} = I_{L2} = I_{L3} = I_{\text{γραμμής}}$$

$$I_{12} = I_{23} = I_{31} = I_{\text{τριγώνου.}}$$

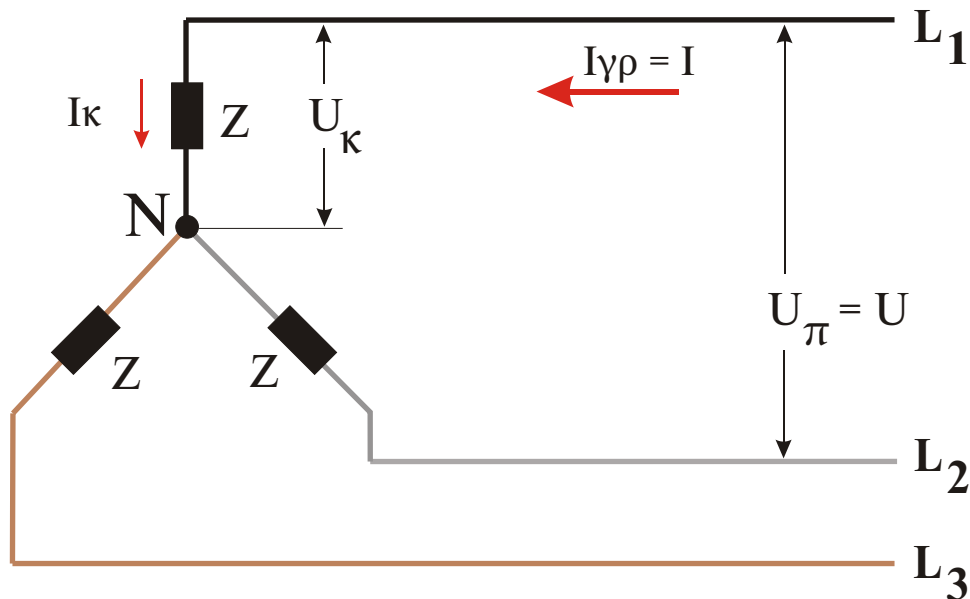


Με διανυσματική σύνθεση έχουμε ότι : $I_{\text{γραμμής}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{τριγώνου}}$
 Προκύπτει ότι τα ρεύματα τριγώνου παρουσιάζουν διαφορά φάσης 30° με τα ρεύματα γραμμής.

Μεταξύ των δύο τύπων σύνδεσης ισχύει ότι :
 $I_{\text{γραμμής(τριγώνου)}} = 3 \cdot I_{\text{γραμμής (αστέρα)}}$

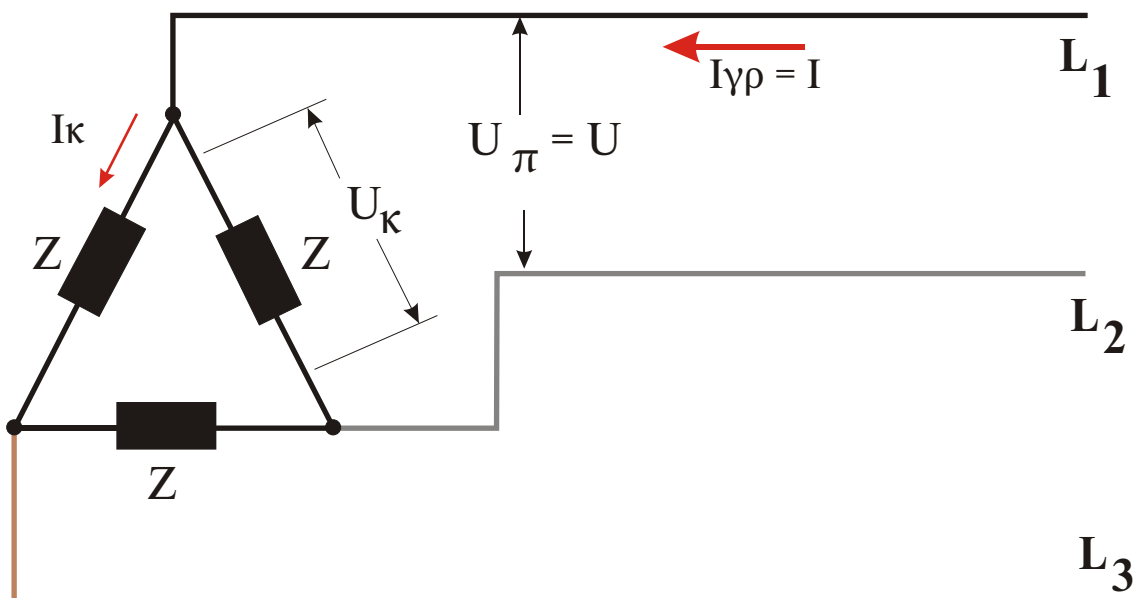
ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΙ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ:



$$P = 3U_k \cdot I \quad U_k = \frac{U}{\sqrt{3}} \quad I_k = I \quad P = \sqrt{3} U \cdot I$$

ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟΙ ΣΕ ΤΡΙΓΩΝΟ:



$$P = 3U_k \cdot I_k \quad U_k = U \quad I_k = \frac{I}{\sqrt{3}} \quad P = \sqrt{3} U \cdot I$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΙΣΧΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Από τα προηγούμενα συμπεραίνουμε ότι και για τους δύο τύπους σύνδεσης ισχύει ότι :

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

$$P = 3 \cdot U_{\kappa} \cdot I_{\kappa} \cdot \text{συν}\phi$$

U_{κ} : Η τάση στα άκρα του καταναλωτή μιας φάσης

I_{κ} : Το ρεύμα που διαρρέει τον καταναλωτή

συνφ : Η διαφορά φάσης μεταξύ U_{κ} και I_{κ}

Σε αντιστοιχία με τη πραγματική ισχύ έχουμε ότι :

ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

ΑΕΡΓΗ ΙΣΧΥΣ

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \eta\mu\phi$$

ΙΣΧΥΕΙ:

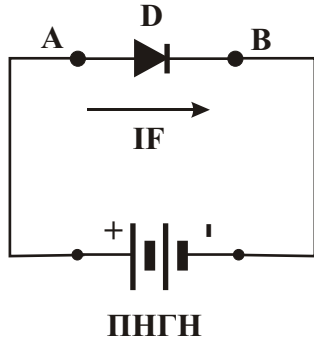
$$S^2 = P^2 + Q^2$$

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ

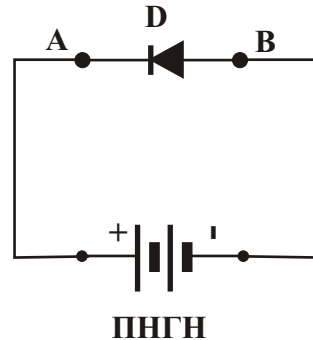
ΟΡΘΗ ΠΟΛΩΣΗ

Αν $V_A > V_B$ η διόδος άγει.

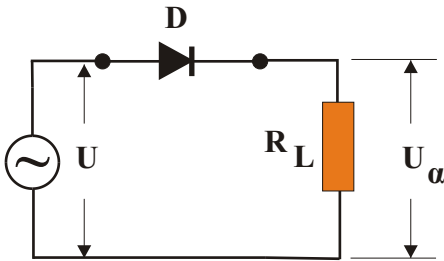


ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΠΟΛΩΣΗ

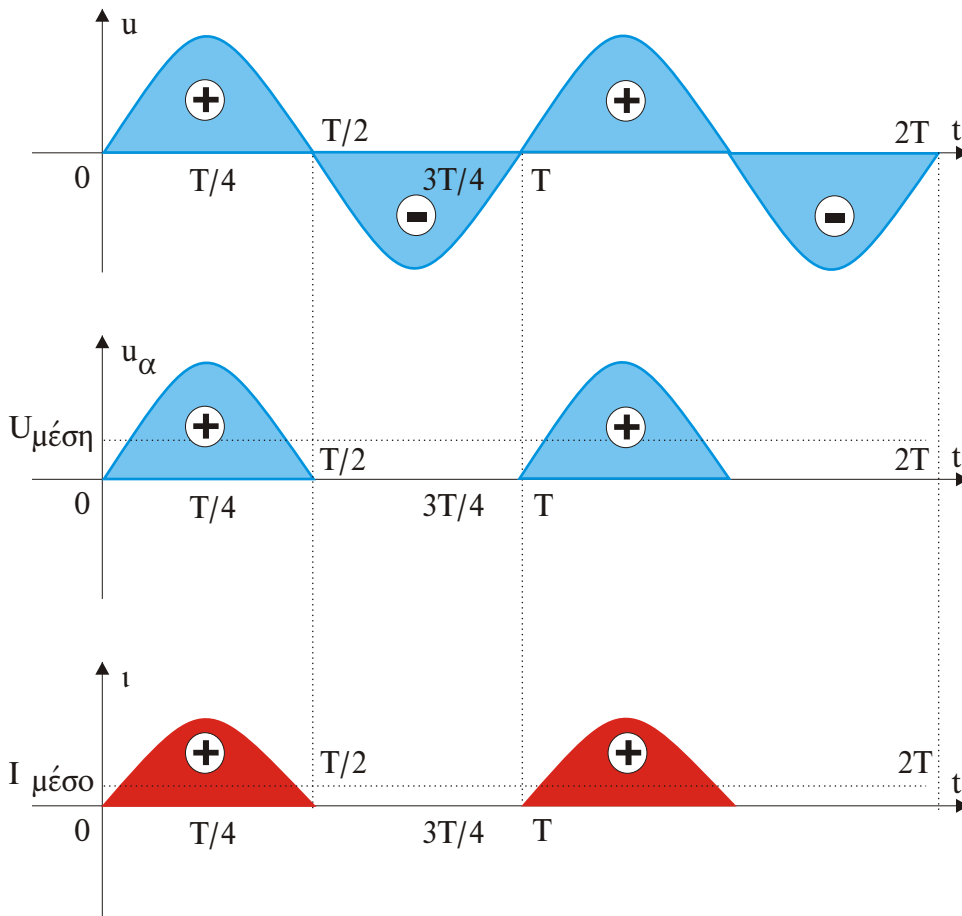
Αν $V_A < V_B$ η διόδος δεν άγει.



ΑΠΛΗ ΑΝΟΡΘΩΣΗ



Κυματομορφές τάσης και έντασης στην απλή ανόρθωση, σε σχέση με τη τάση της πηγής.



Αποδुकνύεται ότι :

$$U_{\text{μέση}} = 0,45 U$$

όπου :

$U_{\text{μέση}}$: μέση τιμή ανορθωμένης τάσης.

U : ενεργός τιμή της τάσης της πηγής.

$$U_{\text{ενεργός}} = 0,5 U$$

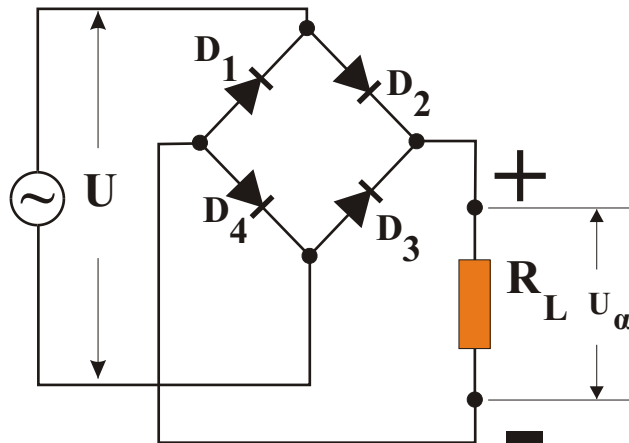
όπου :

$U_{\text{ενεργός}}$: η ενεργός τιμή της ανορθωμένης τάσης.

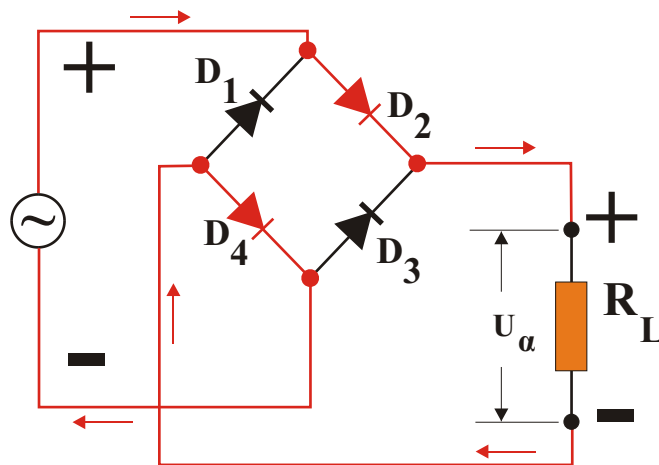
U : ενεργός τιμή της τάσης της πηγής.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

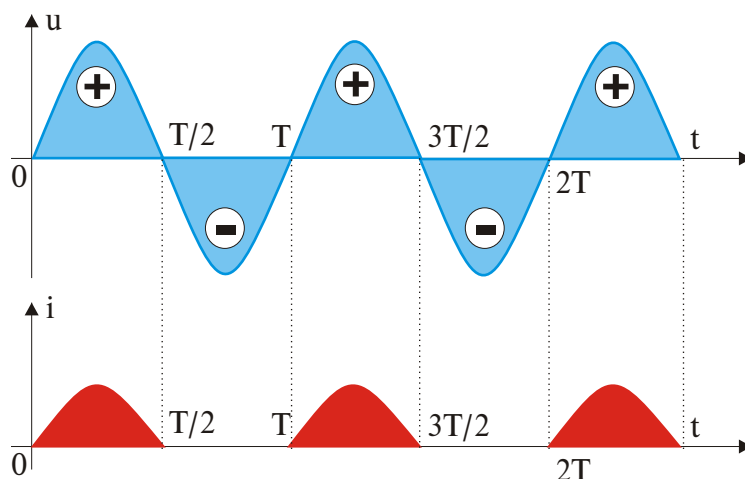
ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ



ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΠΡΩΤΗ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΟ

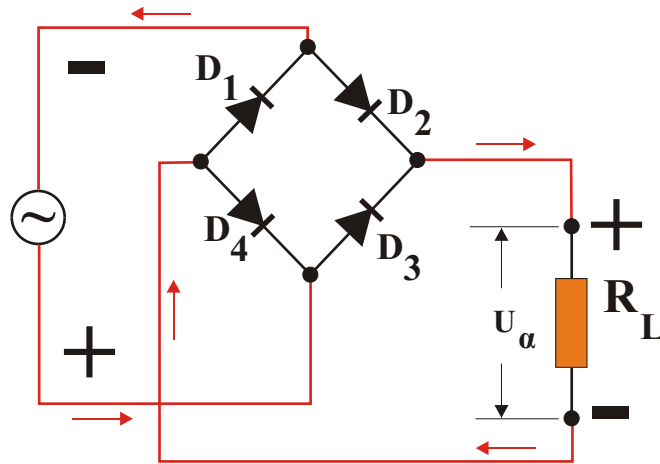


ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΠΡΩΤΗ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΟ

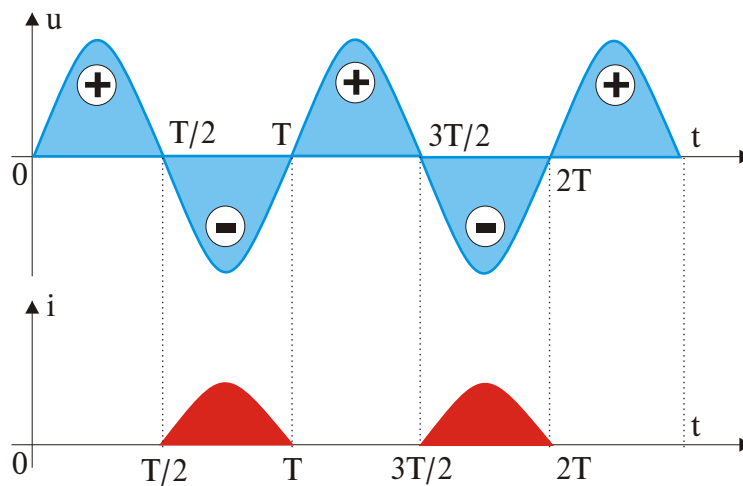


ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

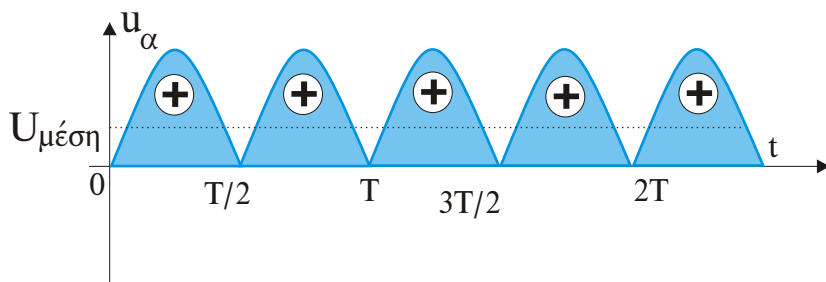
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΟ



ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΗ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΟ



ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΤΗ ΠΛΗΡΗ ΑΝΟΡΘΩΣΗ



Αποδुकνύεται ότι :

$$U_{\text{μέση}} = 0,9 U$$

όπου :

$U_{\text{μέση}}$: μέση τιμή ανορθωμένης τάσης.

U : ενεργός τιμή της τάσης της πηγής.

ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Το ωμικό φορτίο R διαρρέεται από ρεύμα ίδιας φοράς και στις δύο ημιπεριόδους.

$$U_{\text{ενεργός}} = U$$

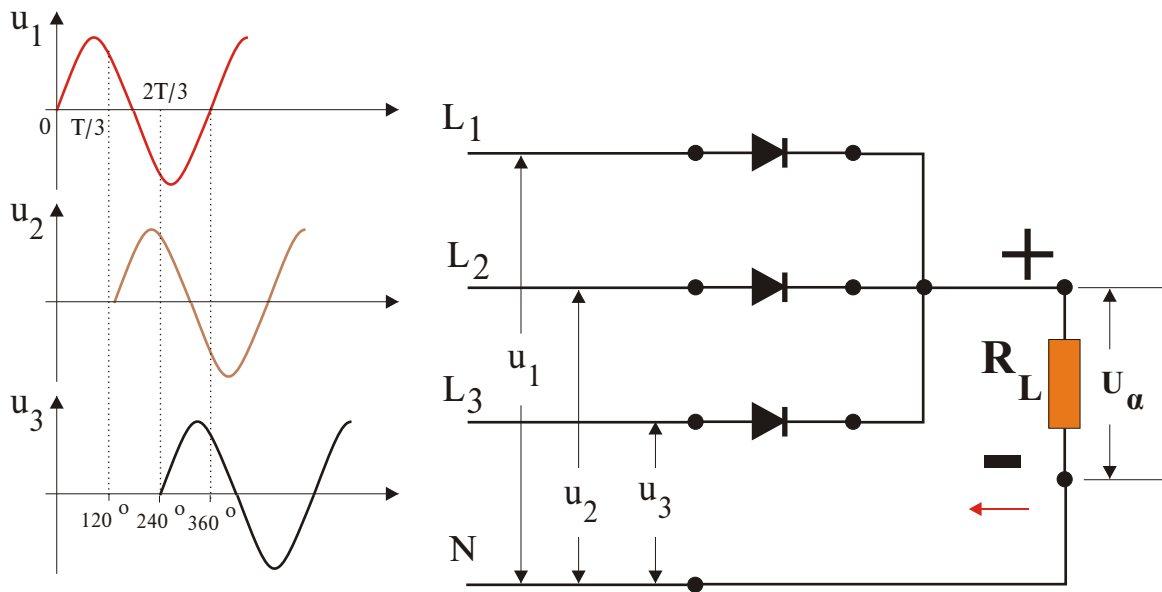
όπου :

$U_{\text{ενεργός}}$: η ενεργός τιμή της ανορθωμένης τάσης.

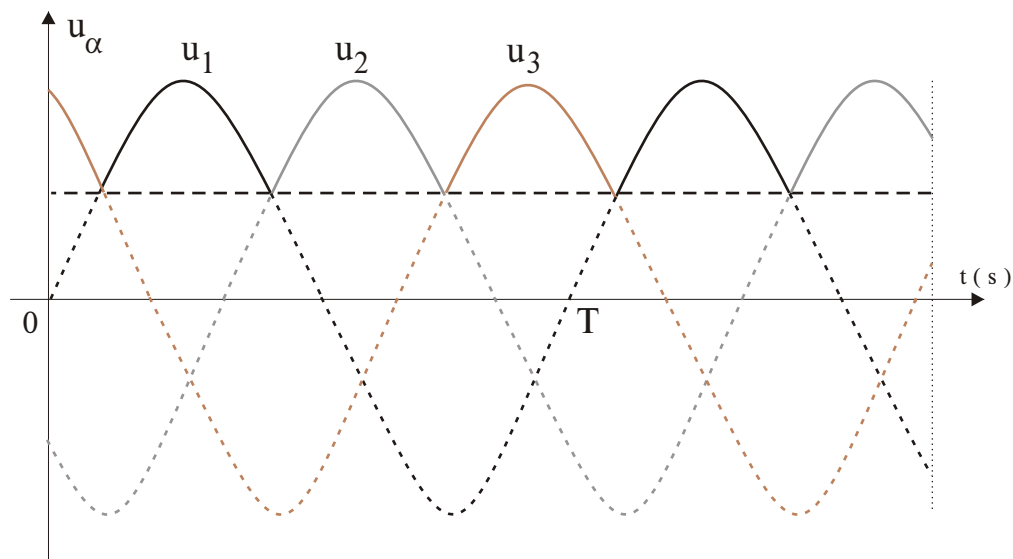
U : ενεργός τιμή της τάσης της πηγής.

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΠΛΗΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ



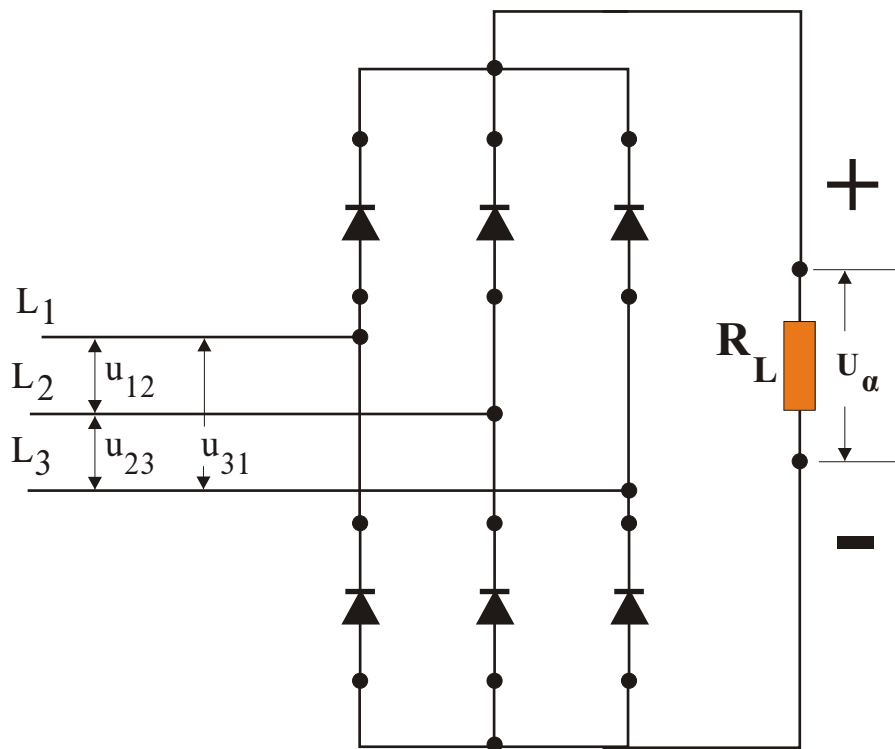
ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΑΝΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΠΛΗΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ



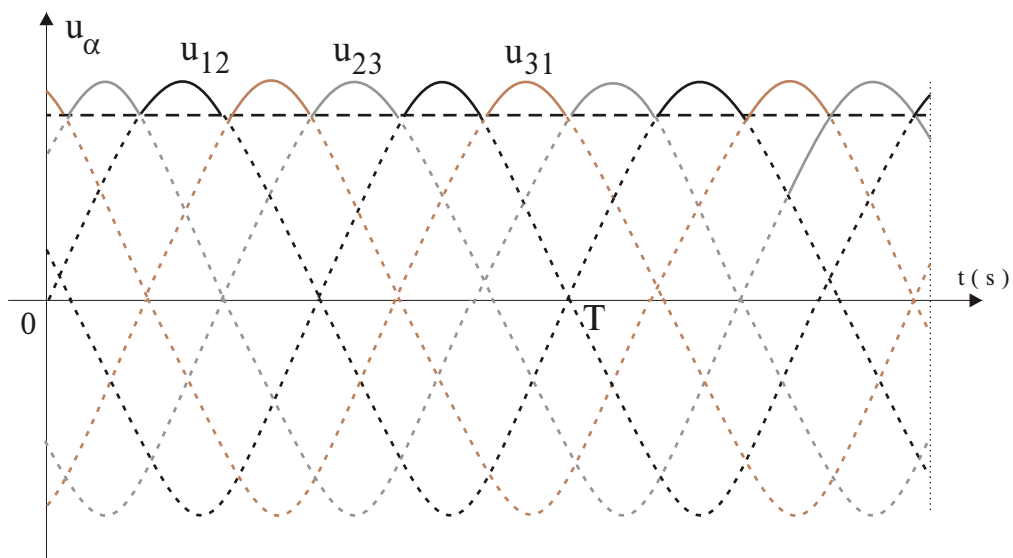
Η ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΩΝ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΙΖΕΙ ΤΡΕΙΣ ΚΥΜΑΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΔΟ (T)

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ



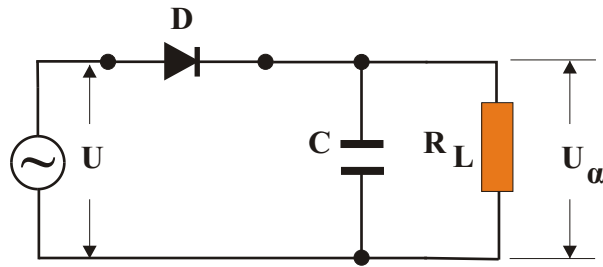
ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΑΝΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΗΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ



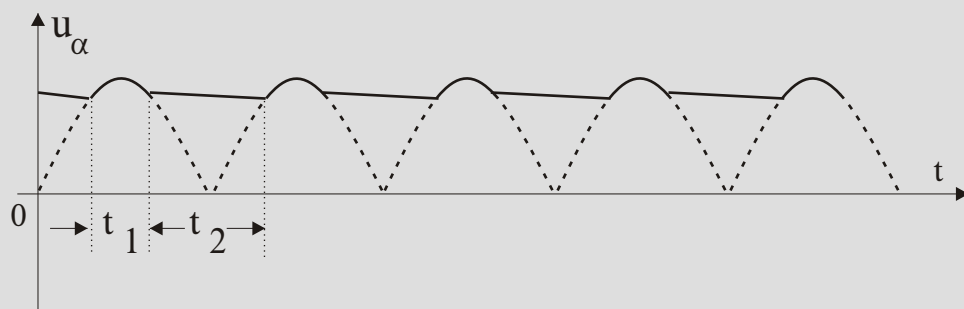
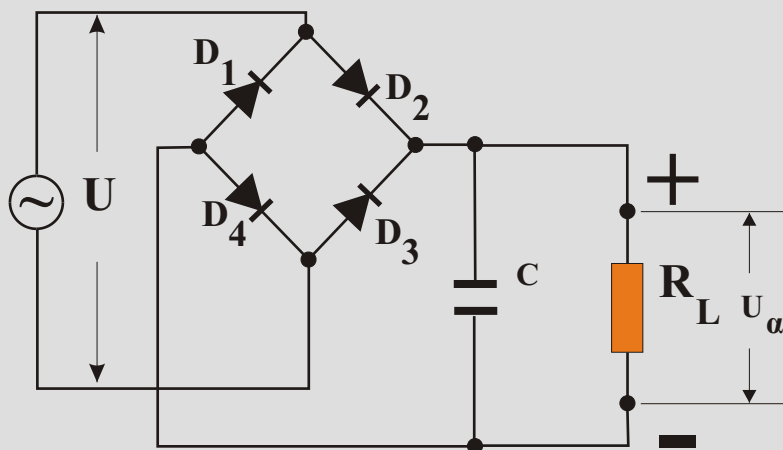
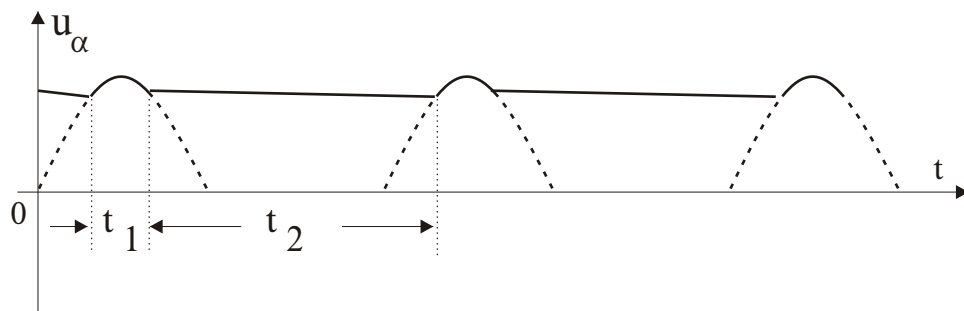
Η ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ ΤΩΝ ΘΕΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΡΝΗΤΙΚΩΝ ΗΜΙΠΕΡΙΟΔΩΝ ΚΑΙ ΕΜΦΑΝΙΖΕΙ ΕΞΙ ΚΥΜΑΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑ ΠΕΡΙΟΔΟ (T)

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΟΡΘΩΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ



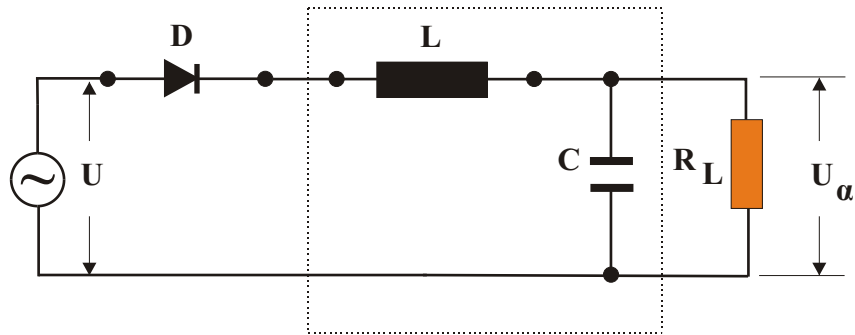
Ο ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΦΟΡΤΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (t_1) ΚΑΙ ΕΚΦΟΡΤΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΙΑ ΧΡΟΝΟ (t_2).



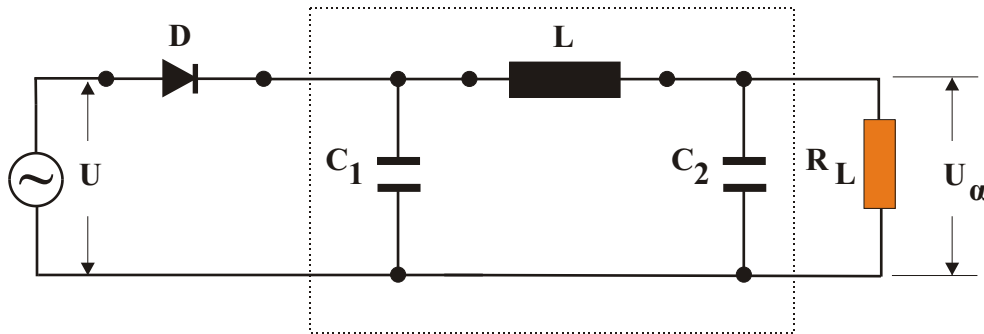
ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΗ ΕΞΟΔΟΥ ΠΛΗΡΟΥΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ ΓΙΑ ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

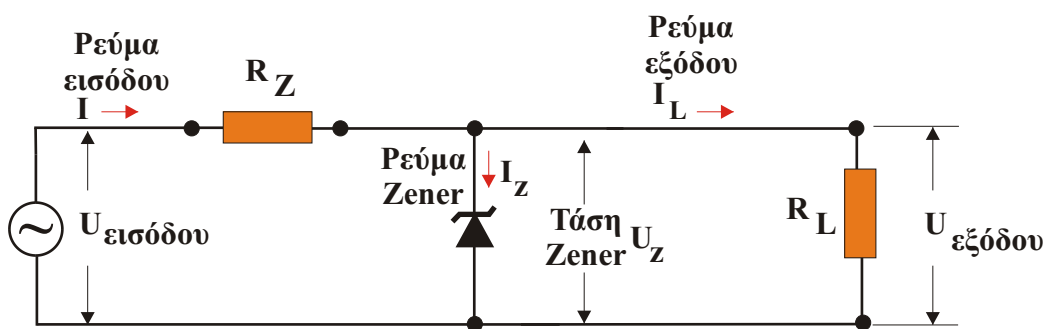
ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΠΗΝΙΟ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΗ



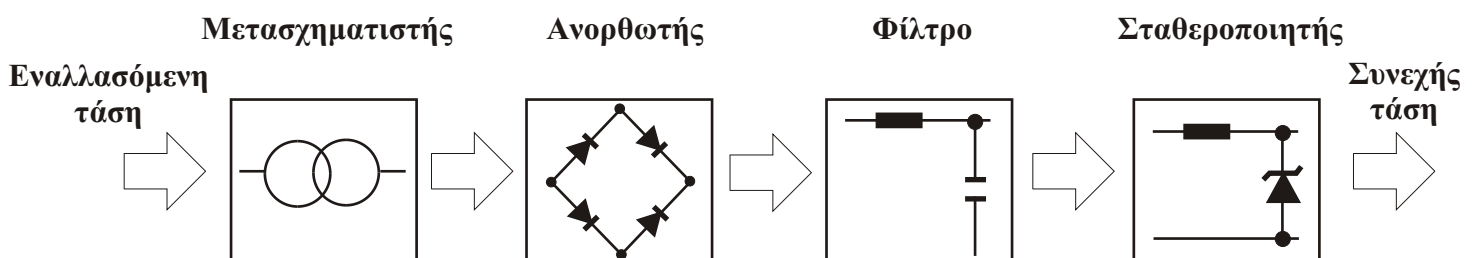
ΕΞΟΜΑΛΥΝΣΗ ΜΕ ΦΙΛΤΡΟ ΧΩΡΗΤΙΚΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ (Π) ΤΥΠΟΥ



ΑΠΛΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΔΙΟΔΟ ZENER ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ R_Z



ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟΥ



ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ.

Γωνία (ω) σε ακτίνια	Γωνία (ω) σε μοίρες	Ημίτονο	Συνημίτονο
0	0	0	1
$\frac{\pi}{6}$	30°	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
$\frac{\pi}{4}$	45°	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$\frac{\pi}{3}$	60°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$
$\frac{\pi}{2}$	90°	1	0

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ