



Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

Ηλεκτρονικά Ισχύος

Μάθημα 4^ο

Ισχύς και ποιότητα ισχύος



Γιώργος Ορφανουδάκης



Περιεχόμενα

1. Στιγμιαία και ενεργός ισχύς
2. Ισχύς σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος
 - με ημιτονοειδείς κυματομορφές
 - με μη ημιτονοειδείς κυματομορφές
3. Συντελεστές ισχύος για μη γραμμικά φορτία
4. Άσκηση



Στιγμιαία και ενεργός ισχύς

- Η **στιγμιαία** ηλεκτρική ισχύς ισούται το γινόμενο της στιγμιαίας τάσης επί το στιγμιαίο ρεύμα:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

- Θεωρώντας θετική τη φορά του ρεύματος προς τον μελετώμενο κλάδο ή τμήμα του κυκλώματος,
 - θετικό πρόσημο ισχύος δηλώνει απορρόφηση ισχύος, ενώ
 - αρνητικό πρόσημο δηλώνει παραγωγή ισχύος.
- Ως **ενεργός** ή **πραγματική** ισχύς, P , ορίζεται η μέση τιμή της στιγμιαίας ισχύος

$$P = \overline{p(t)} = \overline{v(t) \cdot i(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T [v(t) \cdot i(t)] dt$$

Ισχύς σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος

- Για κυκλώματα συνεχούς ρεύματος:

$$v(t) = V_{DC} \text{ και } i(t) = I_{DC}$$

- Στιγμιαία ισχύς:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = \overline{v(t) \cdot i(t)} = V_{DC} \cdot I_{DC} = P$$

- Άρα, στην περίπτωση αυτή, η ενεργός ισχύς ταυτίζεται με τη στιγμιαία.

Ισχύς σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος με ημιτονοειδείς κυματομορφές

- Για μονοφασικά κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος ή για μία φάση τριφασικών κυκλωμάτων (με φασικά μεγέθη) με ημιτονοειδή τάση-ρεύμα:

$$v(t) = \hat{V} \cdot \sin(\omega t) \text{ και } i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega t - \varphi),$$

- όπου η κυματομορφή της τάσης λαμβάνεται ως αναφορά και η κυματομορφή του ρεύματος καθυστερεί κατά γωνία φ .
- Στιγμιαία ισχύς:

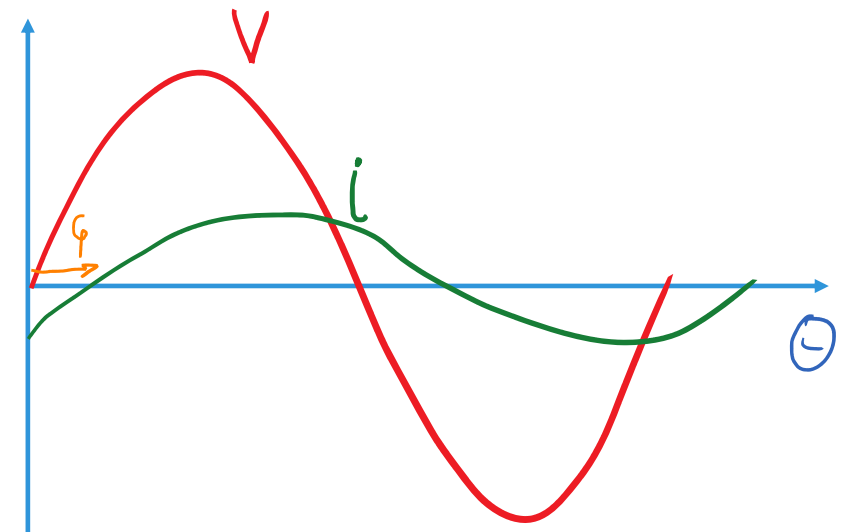
$$\begin{aligned} p(t) &= \hat{V} \cdot \hat{I} \cdot \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \varphi) \\ &= \frac{\hat{V} \cdot \hat{I}}{2} \cdot [\cos(\varphi) - \cos(2\omega t - \varphi)] \\ &= V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot [\cos(\varphi) - \cos(2\omega t - \varphi)] \\ &= V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\varphi) - V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(2\omega t - \varphi) \end{aligned}$$

Ισχύς σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος με ημιτονοειδείς κυματομορφές (2)

- Ενεργός ισχύς:

$$\begin{aligned} P &= \overline{p(t)} = \overline{V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\varphi) - V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(2\omega t - \varphi)} \\ &= \overbrace{V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\varphi)}^{\text{σταθερό}} - \overbrace{V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(2\omega t - \varphi)}^{\text{ημιτονοειδές}} \\ &= V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\varphi) \end{aligned}$$

- Προέκυψε ο γνωστός τύπος
- Προσοχή: Υποθέτει ημιτονοειδείς κυματομορφές!



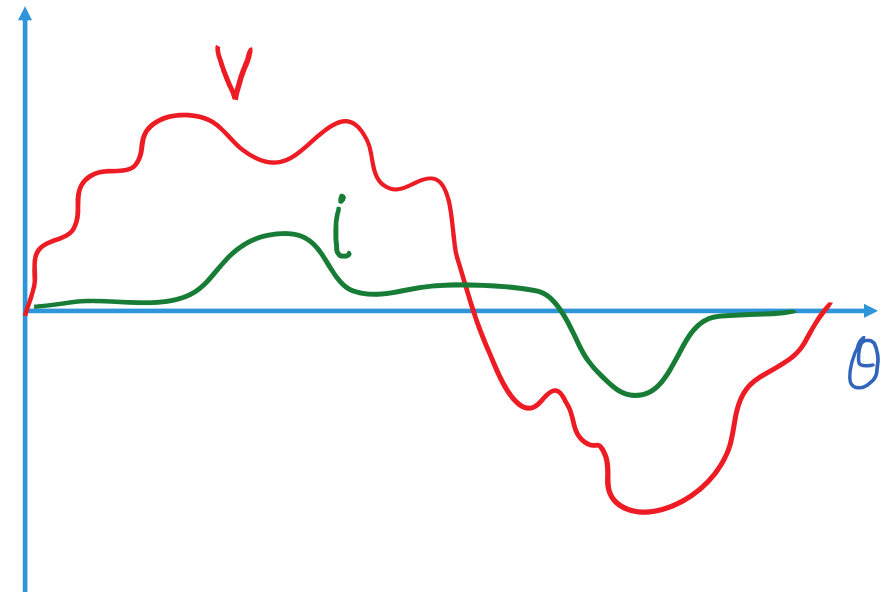
Ισχύς σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος με μη ημιτονοειδείς κυματομορφές

- Μπορεί να εφαρμοστεί ο τύπος αυτός σε κυκλώματα με μη ημιτονοειδείς τάσεις/ρεύματα;

$$P = V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \cos(\varphi)$$

- Ποια είναι η διαφορά φάσης τάσης-ρεύματος, φ σε αυτήν την περίπτωση;
- Δε μπορεί να εφαρμοστεί ο παραπάνω τύπος
- Πρέπει να εφαρμοστεί εκ νέου ο βασικός τύπος

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T [v(t) \cdot i(t)] dt$$



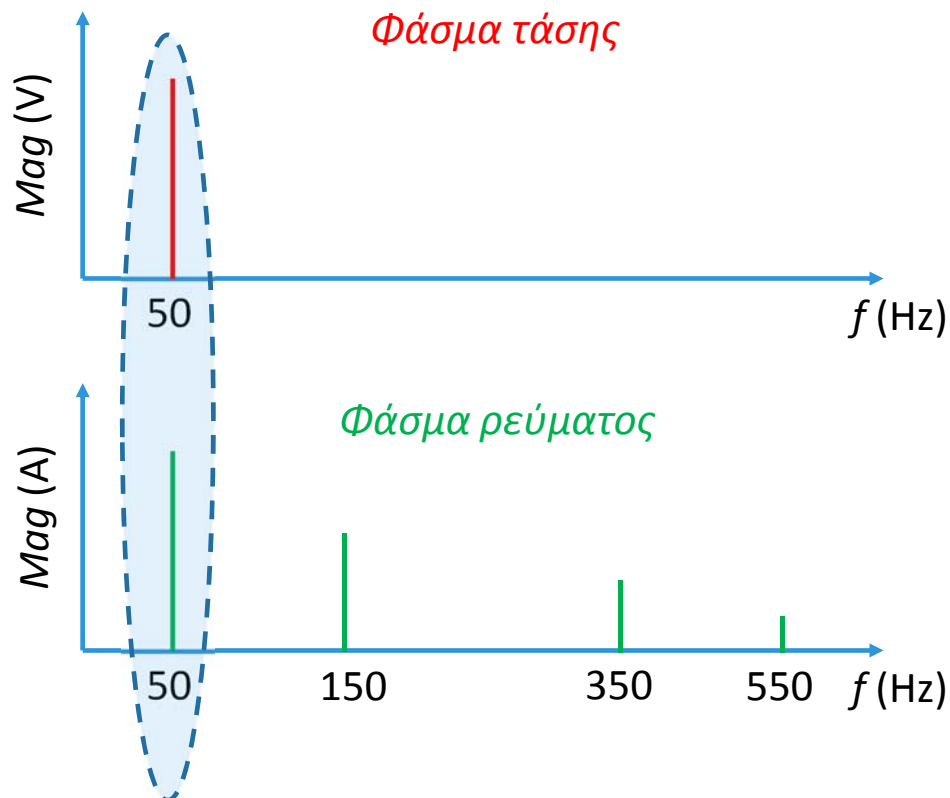
Ισχύς σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος με μη ημιτονοειδείς κυματομορφές (2)

- Εάν η τάση και το ρεύμα αναλυθούν κατά Fourier στις αρμονικές τους συνιστώσες και εισαχθούν τα αντίστοιχα αθροίσματα στον προηγούμενο τύπο, προκύπτει:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \left\{ \begin{array}{c} [V_0 + V_{h1} \sin(\omega_{h1}(t) + \varphi_1) + V_{h2} \sin(\omega_{h2}(t) + \varphi_2) + \dots] \\ \cdot \\ [I_0 + I_{h1} \sin(\omega_{h1}(t) + \varphi_1) + I_{h2} \sin(\omega_{h2}(t) + \varphi_2) + \dots] \end{array} \right\} dt$$

- Προκύπτουν εντός του ολοκληρώματος γινόμενα δύο ημιτόνων
 - Με ίδιες συχνότητες, τα οποία αποδεικνύεται ότι μπορούν να έχουν μη μηδενική μέση τιμή
 - Με διαφορετικές συχνότητες, τα οποία αποδεικνύεται ότι έχουν μηδενική μέση τιμή
- Άρα, ενεργός ισχύς μπορεί (ίσως) να παράγεται από αρμονικές συνιστώσες που υπάρχουν στις ίδιες συχνότητες και στην τάση και στο ρεύμα

Παράδειγμα



- Στην κοινή περίπτωση που
 - η τάση θεωρείται ημιτονοειδής («καθαρή») λόγω τροφοδοσίας από το δίκτυο ή από γεννήτρια, και
 - το ρεύμα είναι παραμορφωμένο λόγω μη γραμμικού φορτίου,

μπορεί να παράγει ενεργό ισχύ μόνο η θεμελιώδης συνιστώσα του ρεύματος
- Δεν είναι απαραίτητο όμως, διότι εξαρτάται και από τη διαφορά φάσης των δύο ημιτόνων
 - Αν είναι 90° , η μέση τιμή του γινομένου τους είναι 0.

Συντελεστές ισχύος για μη γραμμικό φορτίο



■ Ενεργός ισχύς:

$$P = V_{RMS} \cdot I_{h1,RMS} \cdot \cos(\varphi_1)$$

όπου

- $I_{h1,RMS}$ η ενεργός τιμή της θεμελιώδους συνιστώσας του ρεύματος
- φ_1 η διαφορά φάσης της θεμελιώδους συνιστώσας του ρεύματος από την τάση

Διότι αυτή μόνο μπορεί να παράγει ενεργό ισχύ

Αντίστοιχα με τον τύπο για ημιτονοειδή τάση-ρεύμα

■ Ορίζονται

- Συντελεστής παραμόρφωσης (Distortion Power Factor), PF_{dist} :
- Συντελεστής μετατόπισης (Displacement Power Factor), PF_{disp} ή DPF :
- Πραγματικός συντελεστής ισχύος (True Power Factor ή απλά Power Factor)

$$PF_{dist} = \frac{I_{h1,RMS}}{I_{RMS}}$$

$$PF_{disp} = DPF = \cos(\varphi_1)$$

$$PF_{true} = PF_{dist} \cdot DPF$$

Ενεργός – Άεργος ισχύς για μη γραμμικό φορτίο

- Ο πραγματικός συντελεστής ισχύος συσχετίζει τη φαινόμενη με την ενεργό ισχύ:

$$S = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$$

$$P = V_{RMS} \cdot I_{h1,RMS} \cdot \cos(\varphi_1)$$

$$= V_{RMS} \cdot I_{RMS} \cdot \frac{I_{h1,RMS}}{I_{RMS}} \cdot \cos(\varphi_1)$$

$$= S \cdot \frac{I_{h1,RMS}}{I_{RMS}} \cdot \cos(\varphi_1)$$

$$= S \cdot DPF \cdot PF_{dist}$$

$$= S \cdot PF_{true} \quad \text{ή} \quad PF_{true} = \frac{P}{S}$$

- Άεργος ισχύς, Q :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

- Προσοχή, λόγω του ότι η παραμόρφωση του ρεύματος συνεισφέρει στην άεργο ισχύ, δεν ισχύει εδώ:

$$Q = S \cdot \sin(\varphi_1)$$

Σχετικό υλικό

- Από το βιβλίο «Ηλεκτρονικά Ισχύος», Ι. Κιοσκερίδη, εκδ. Τζιόλα, 2^η έκδοση
 - Κεφάλαιο 9
- Από τις «Σημειώσεις» στο eClass
 - Κεφάλαιο 3