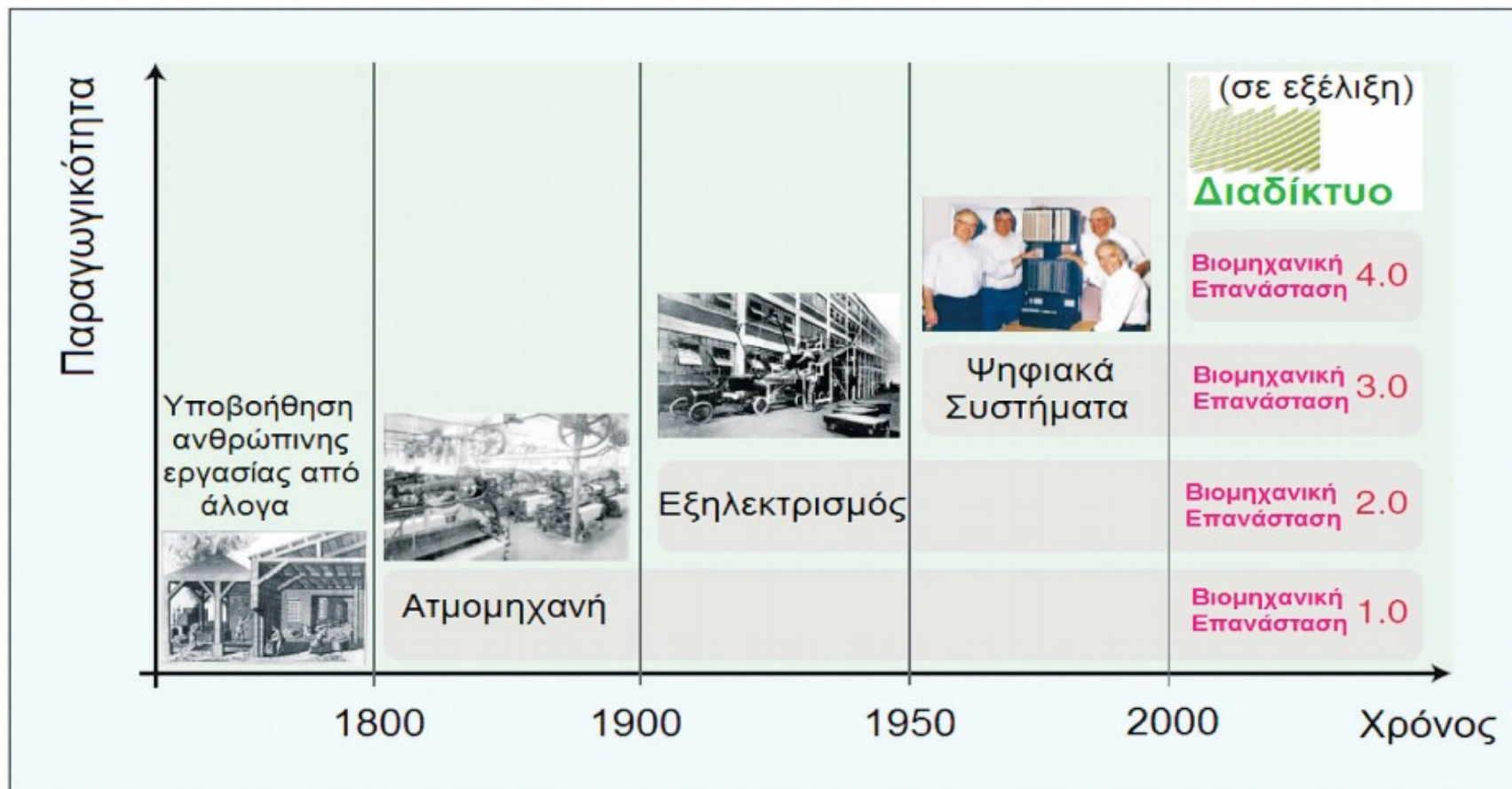




Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

A. Κλαδάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Γιατί Ηλεκτρική Ενέργεια ;



Χρονολόγιο βιομηχανικών επαναστάσεων (ΒΕ) που συνετέλεσαν στην αύξηση της παραγωγικότητας μέσω υποβοήθησης της ανθρώπινης εργασίας:

1^η ΒΕ: Ατμομηχανή, 2^η ΒΕ: Εξηλεκτρισμός, 3^η ΒΕ: Ψηφιακά Συστήματα, 4^η ΒΕ: Διαδίκτυο (σε εξέλιξη)

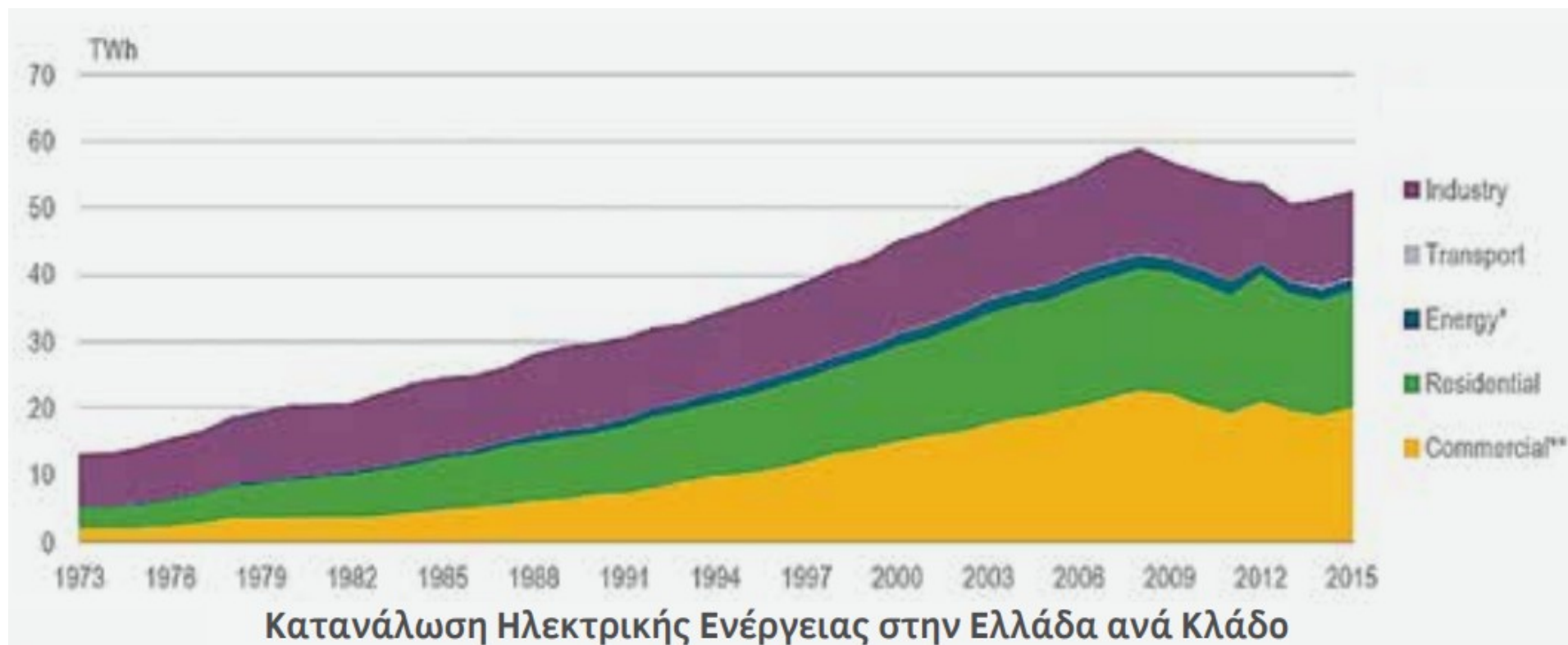


Γιατί Ηλεκτρική Ενέργεια ;

Ηλεκτρική Ενέργεια = Εξέργεια
BA > 95%

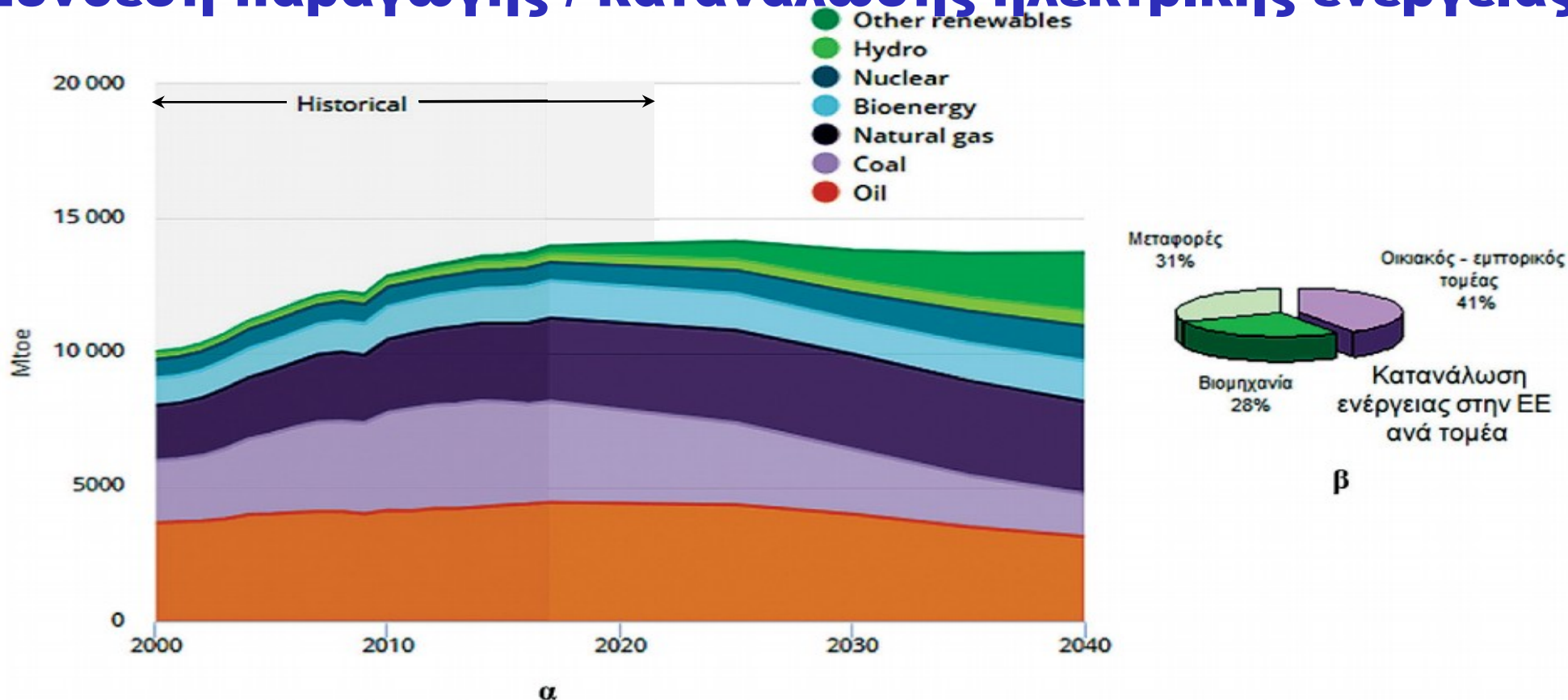
Θερμότητα = Εξέργεια + Εντροπία
BA < 60%

Εξέλιξη κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα





Γιατί Ηλεκτρική Ενέργεια ; Σύνθεση παραγωγής / κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας



Ενεργειακά χαρακτηριστικά χρονικής εξέλιξης σύνθεσης παραγωγής/κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (ιστορικά στοιχεία και πρόβλεψη). **α**: Χρονική μεταβολή σύνθεσης πηγών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διεθνώς. **β**: Τρέχουσα σύνθεση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ.



Ποιό πρόβλημα υπάρχει ;

Δυσχέρεια αποθήκευσης: ισορροπία παραγωγής-κατανάλωσης

Επικράτηση εναλλασσομένου ρεύματος 50-60 Hz

έναντι συνεχούς ρεύματος

λόγω οικονομικής μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις

αξιοποιώντας υψηλές τάσεις δικτύου (400kV)

με χρησιμοποίηση μετασχηματιστών που εξασφαλίζουν

χαμηλές απώλειες μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Ελληνικό σύστημα παραγωγής – μεταφοράς ΗΕ



Άξονας Μεταφοράς Βορά-Νότου

- 3 ΓΜ 400 kV διπλού κυκλώματος στον άξονα Βορρά-Νότου

Διασυνδέσεις

- 1 Υ/Β Καλώδιο ΣΡ 400 kV με Ιταλία
- 1 ΓΜ 400 kV ακ με ΠΓΔΜ
- 1 ΓΜ 400 kV ακ με Βουλγαρία
- 1 ΓΜ 400kV με Τουρκία

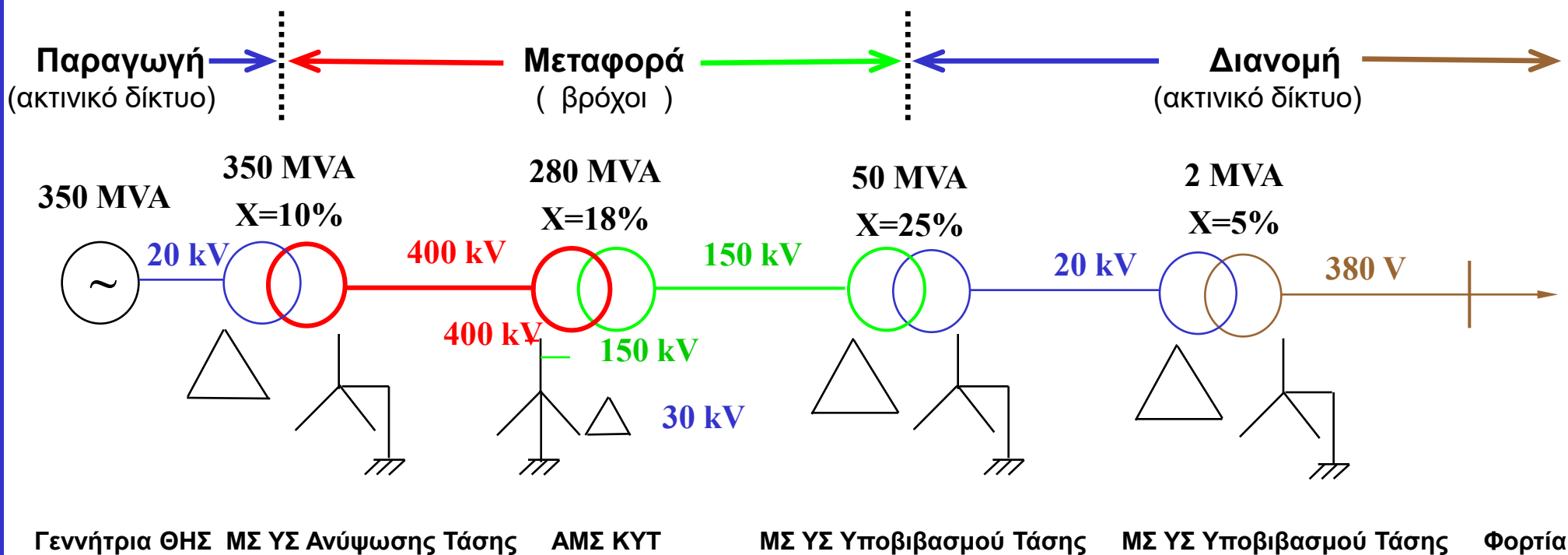
Σύγχρονο ΚΕΕ





Ελληνικό σύστημα παραγωγής – μεταφοράς ΗΕ

Σχηματική αναπαράσταση





Ποιό πρόβλημα υπάρχει ;

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_N \pm 5\% \mathbf{V}_N \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{Q} \text{ (άεργος ισχύς)}$$

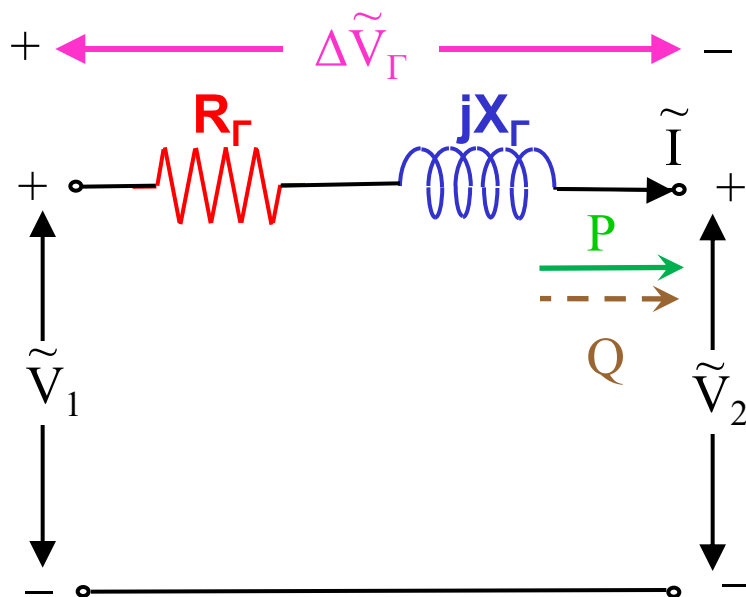
$$\mathbf{f} = 50 \text{ Hz} \pm 0,02 \text{ Hz} \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{P} \text{ (ενεργός ισχύς)}$$



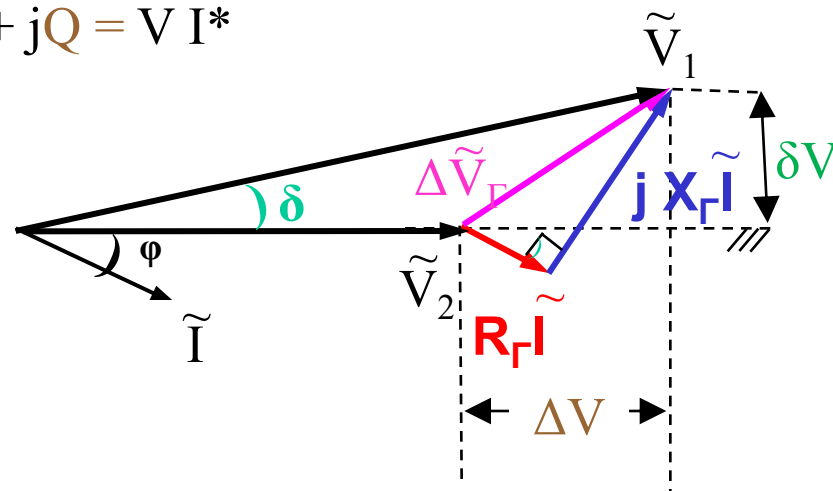
Ανάλυση ισοδυναμίου κυκλώματος

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_N \pm 5\% \mathbf{V}_N \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{Q} \text{ (άεργος ισχύς)}$$

$$\mathbf{f} = 50 \text{ Hz} \pm 0,02 \text{ Hz} \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{P} \text{ (ενεργός ισχύς)}$$



$$\tilde{S} = \mathbf{P} + j\mathbf{Q} = \tilde{\mathbf{V}} \tilde{\mathbf{I}}^*$$



Ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα (επαγωγικό φορτίο – πτώση τάσης στο φορτίο)



Ανάλυση ισοδυναμίου κυκλώματος

$$\Delta \tilde{V}_\Gamma = R_\Gamma \tilde{I} + j X_\Gamma \tilde{I}$$

ακτινική
πτώση τάσης

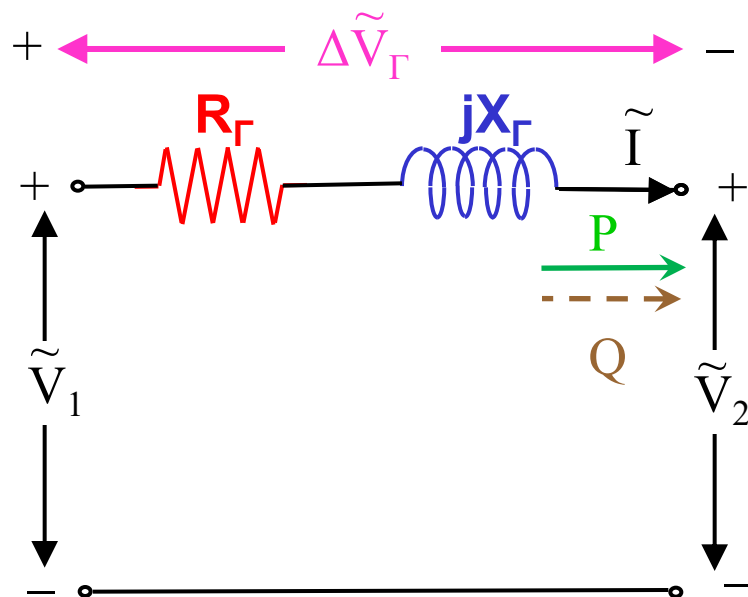
εγκάρσια
πτώση τάσης

$$\Delta V = RI \cos \phi + XI \sin \phi \quad \text{για} \quad R \ll X$$

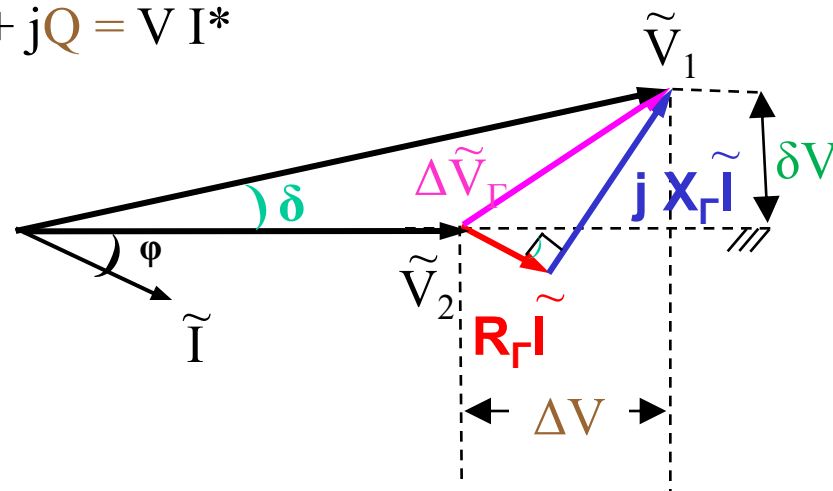
$$\Delta V \approx \frac{QX}{V}$$

$$\delta V = XI \cos \phi - RI \sin \phi$$

$$\delta V \approx \frac{PX}{V}$$



$$\tilde{S} = P + jQ = \tilde{V} \tilde{I}^*$$



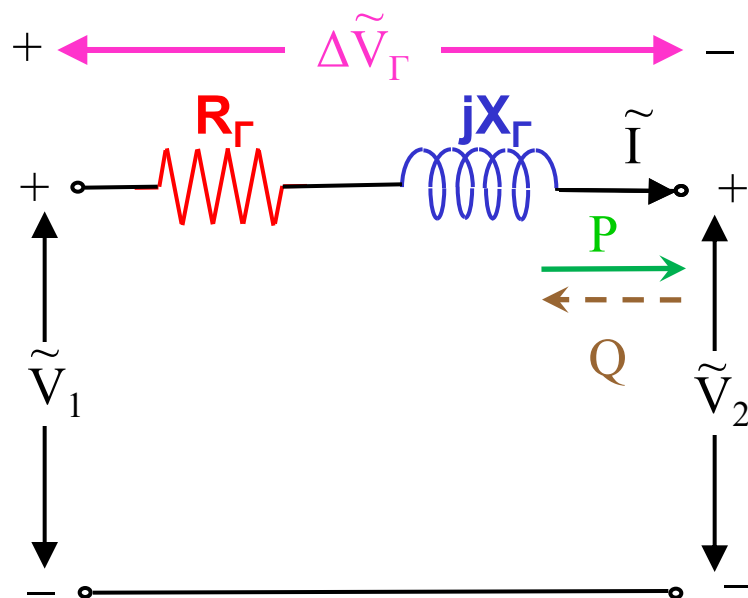
Ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα (επαγωγικό φορτίο – πτώση τάσης στο φορτίο)



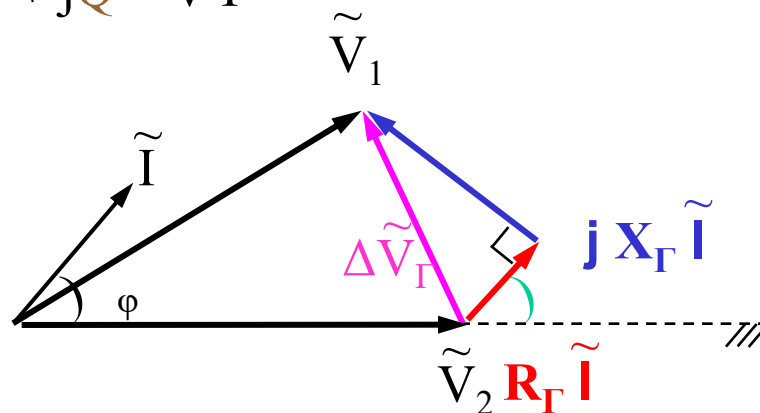
Ανάλυση ισοδυναμίου κυκλώματος

$$\mathbf{V} = \mathbf{V}_N \pm 5\% \mathbf{V}_N \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{Q} \text{ (άεργος ισχύς)}$$

$$\mathbf{f} = 50 \text{ Hz} \pm 0,02 \text{ Hz} \quad \longleftrightarrow \quad \mathbf{P} \text{ (ενεργός ισχύς)}$$

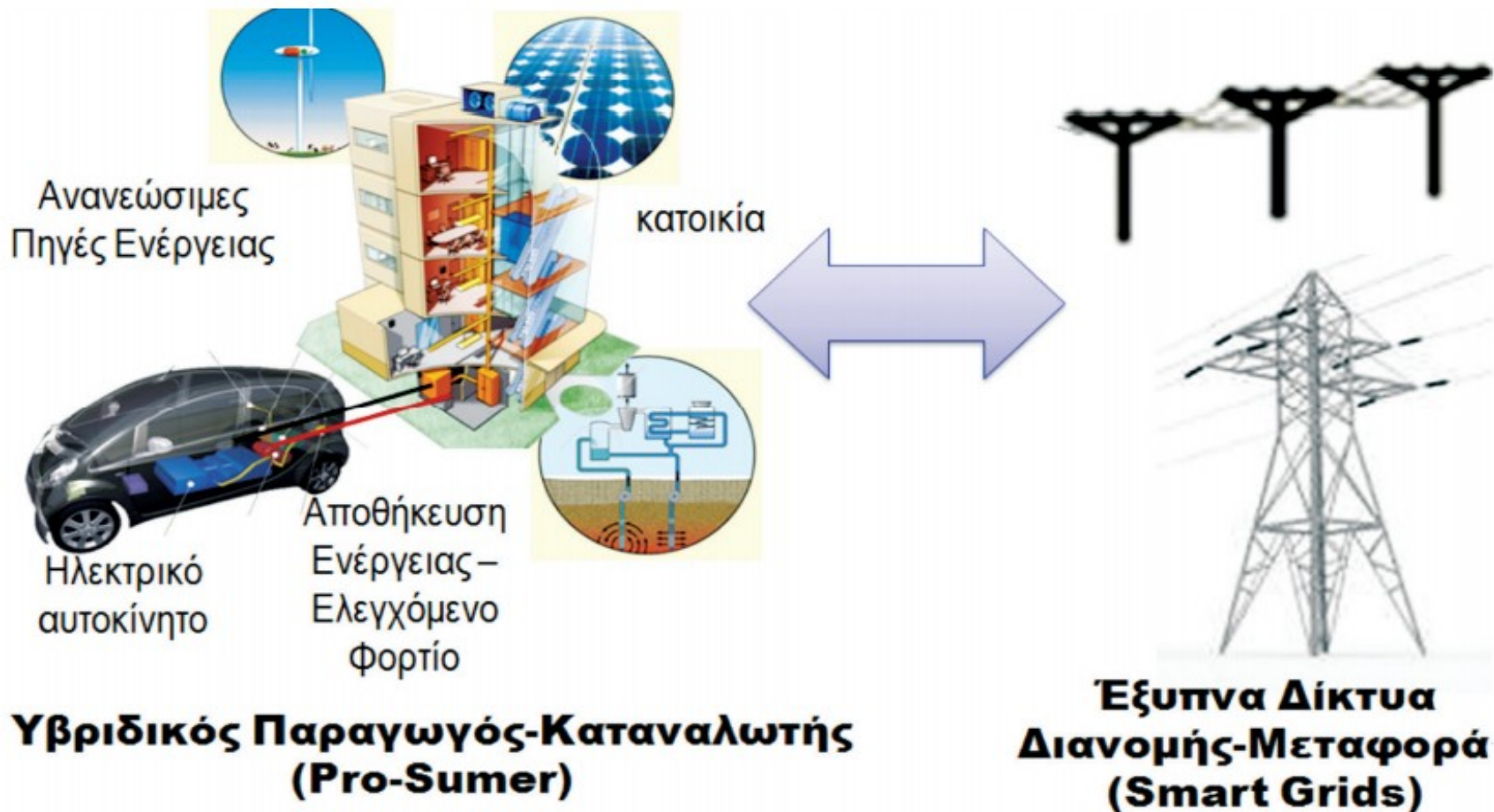


$$\tilde{S} = \mathbf{P} + j\mathbf{Q} = \tilde{V} \tilde{I}^*$$



Ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα (επαγωγικό φορτίο – ανύψωση τάσης στο φορτίο)

Μελλοντικές εξελίξεις ΣΗΕ



Αναδυόμενη εξέλιξη των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του μοντέλου Παραγωγού-Καταναλωτή (Pro-Sumer) συνδεδεμένου σε Έξυπνο Δίκτυο (Smart Grid).