



*A holistic framework
for **Empowering SME's**
capacity to increase
their energy **efficiency***

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ

***Ενεργειακή αποδοτικότητα και βιωσιμότητα σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις
(ΜμΕ) για ενεργειακούς διαχειριστές και ειδικούς στην ενέργεια***



POWER SYSTEMS LABORATORY
ARISTOTLE UNIVERSITY OF
THESSALONIKI



Ηλεκτρικοί Κινητήρες και Συστήματα Ηλεκτροκίνησης

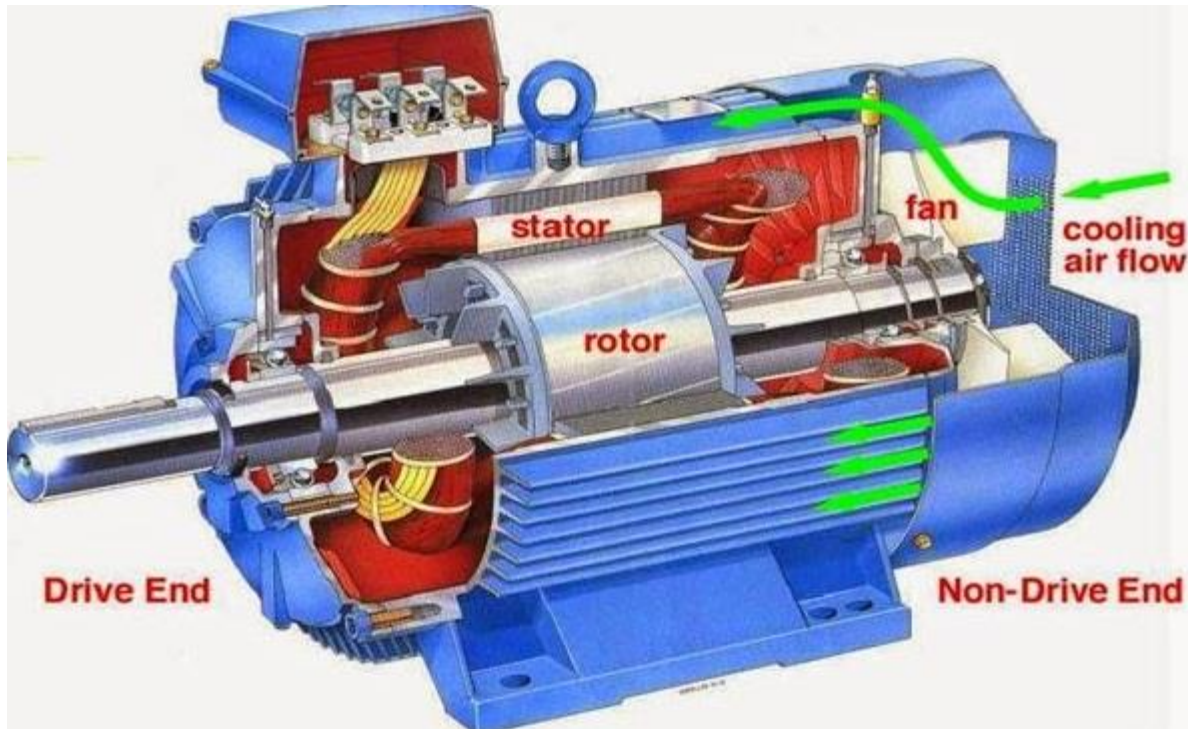
Χάρης Δημουλιάς, Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
Καθηγητής ΤΗΜΜΥ, ΑΠΘ

ΗΗ/ΜΜ/ΕΕ

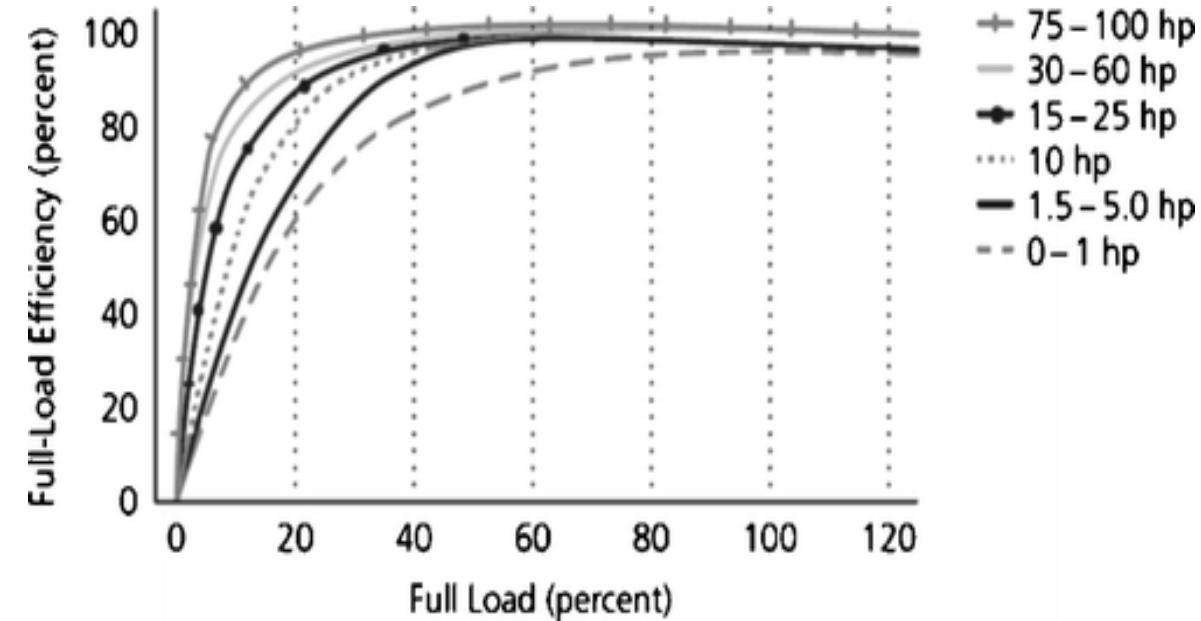
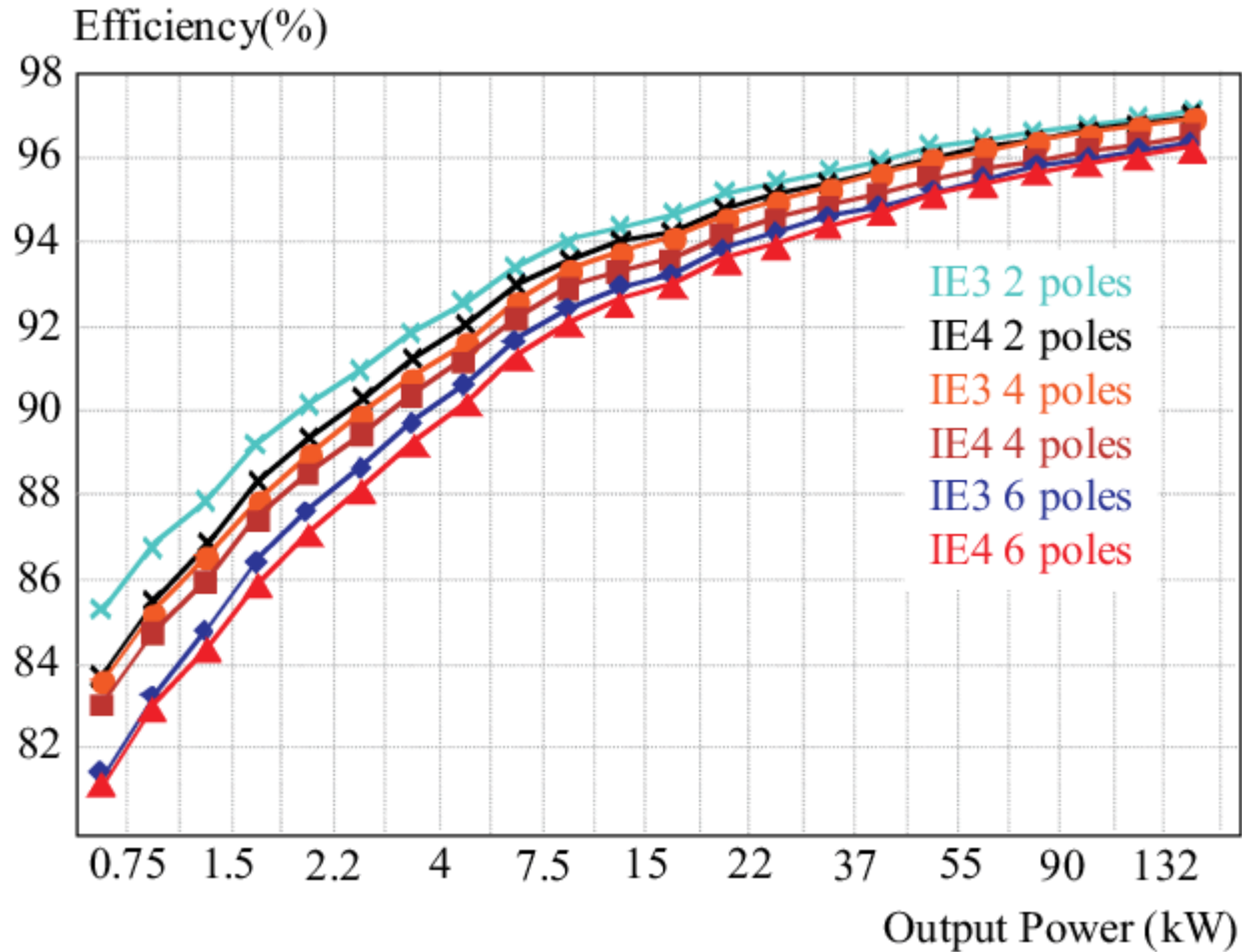


Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας χρηματοδότησης υπ' αριθ. 847132

Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Επαγωγικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (Ασύγχρονοι Κινητήρες)



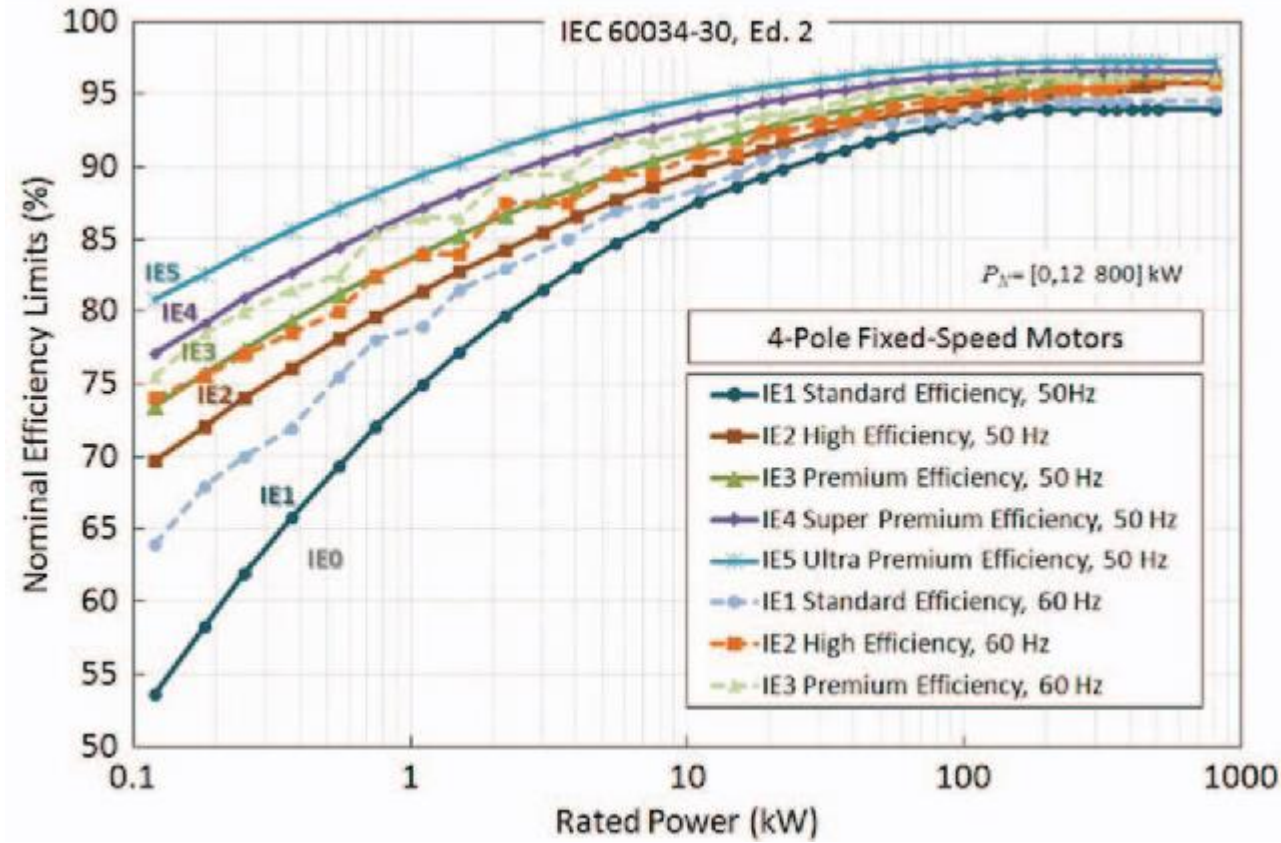
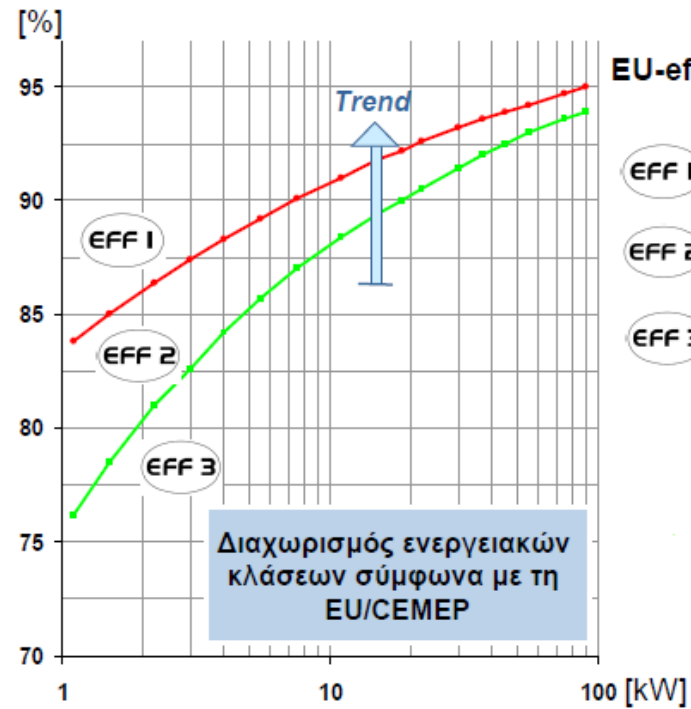
Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Επαγωγικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (Ασύγχρονοι Κινητήρες)



Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων

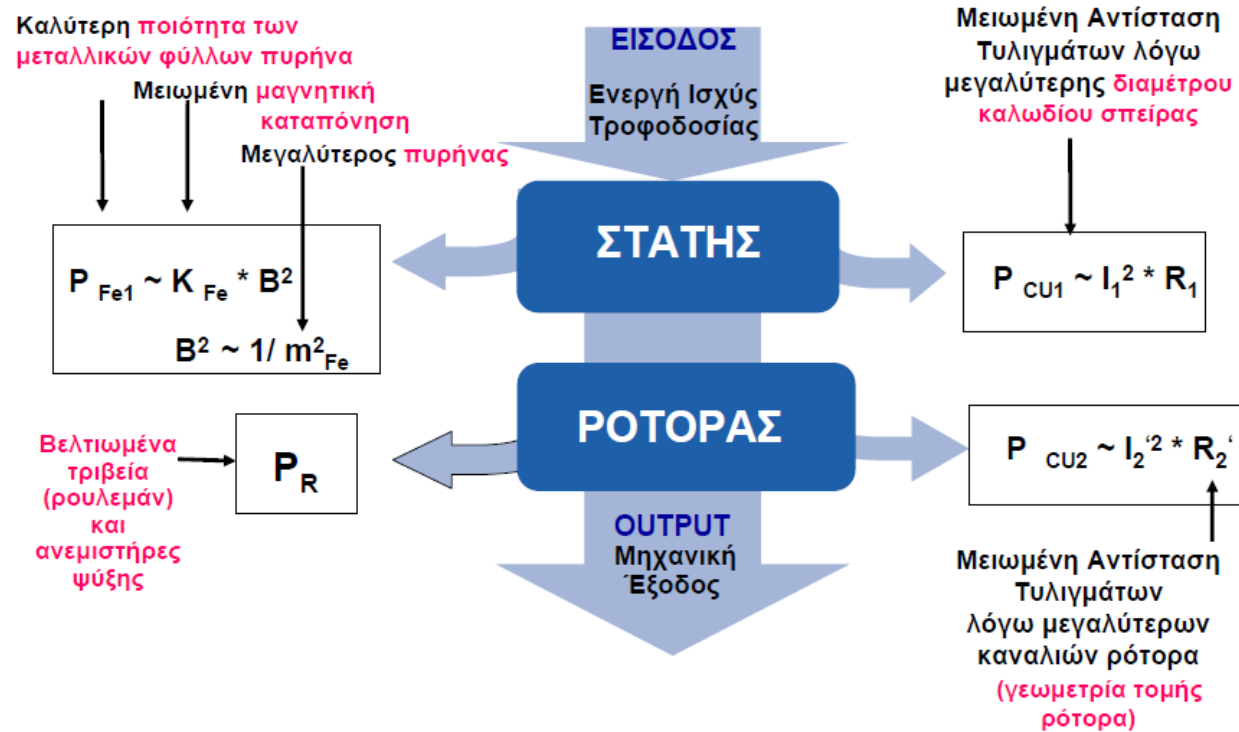
- Η Ευρωπαϊκή ένωση και η CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) θέλοντας να συμβάλουν προς αυτή τη κατεύθυνση ανέπτυξαν ένα σχέδιο κατάταξης των κινητήρων ισχύος από 1,1 kW έως 90 kW σε κλάσεις απόδοσης.
- Η κατηγοριοποίηση των κινητήρων γίνεται σε τρεις κλάσεις (επίπεδα). Η κλάση **Eff1** είναι η κλάση με την υψηλότερη απόδοση, συστήνεται μάλιστα κινητήρες που έχουν χρόνο λειτουργίας ανά έτος μεγαλύτερο από 2000 ώρες να είναι αυτής της κλάσης γιατί γενικά είναι η πιο οικονομική λύση.
- Η κλάση **Eff2** περιλαμβάνει κινητήρες βελτιωμένης απόδοσης. Η συγκεκριμένη κλάση αποτελεί μια ομολογουμένως επαρκή λύση για κινητήρες με χρόνους λειτουργίας ανά χρόνο μικρότερο των 2000 ωρών.
- Η κλάση **Eff3** περιλαμβάνει τους στάνταρ κινητήρες οι οποίοι θα πρέπει από το έτος 2017 και μετά να σταματήσουν τη παραγωγή αλλά και τη λειτουργία τους.

Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων



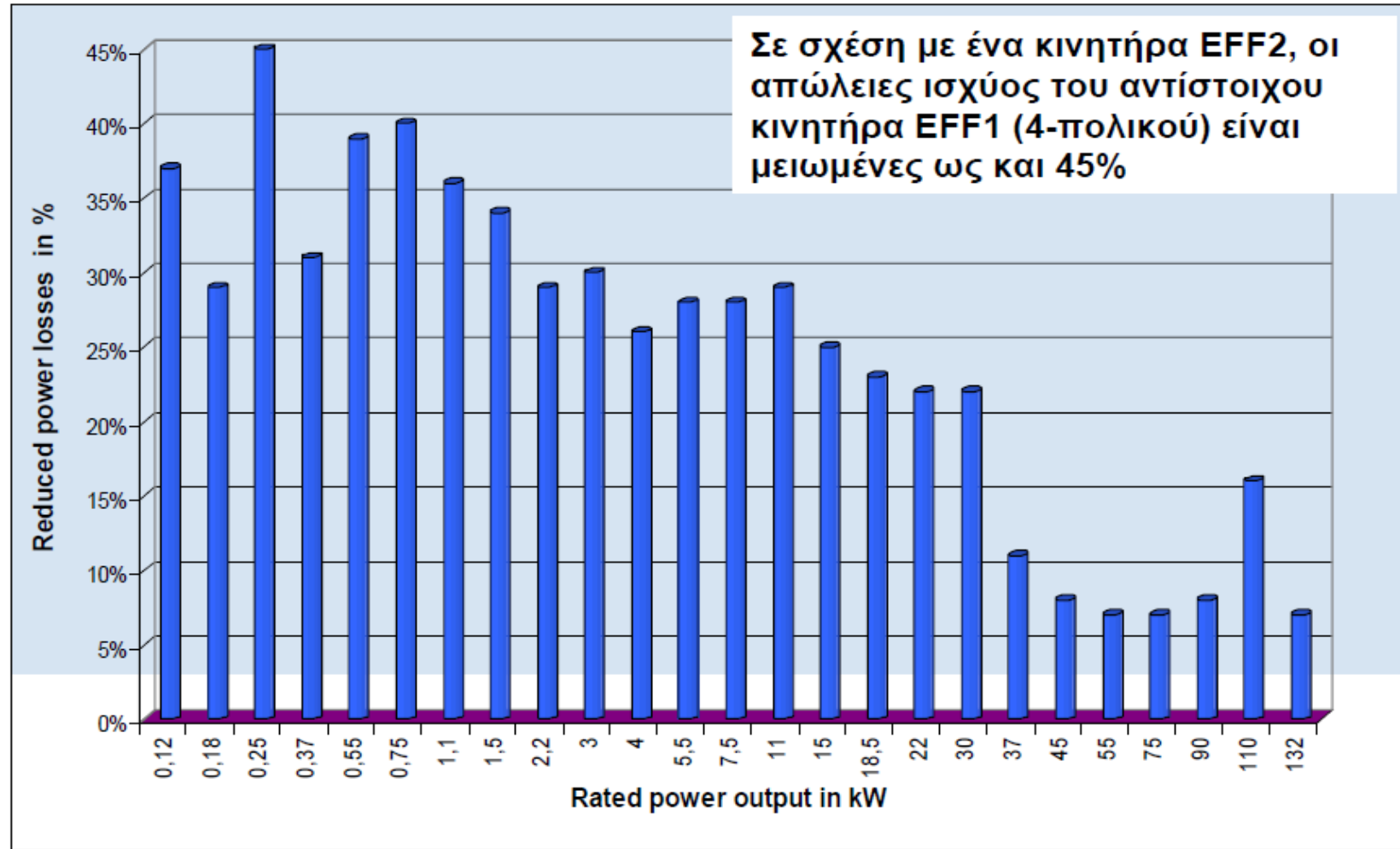
Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων

Μέθοδοι μείωσης των επιμέρους απωλειών



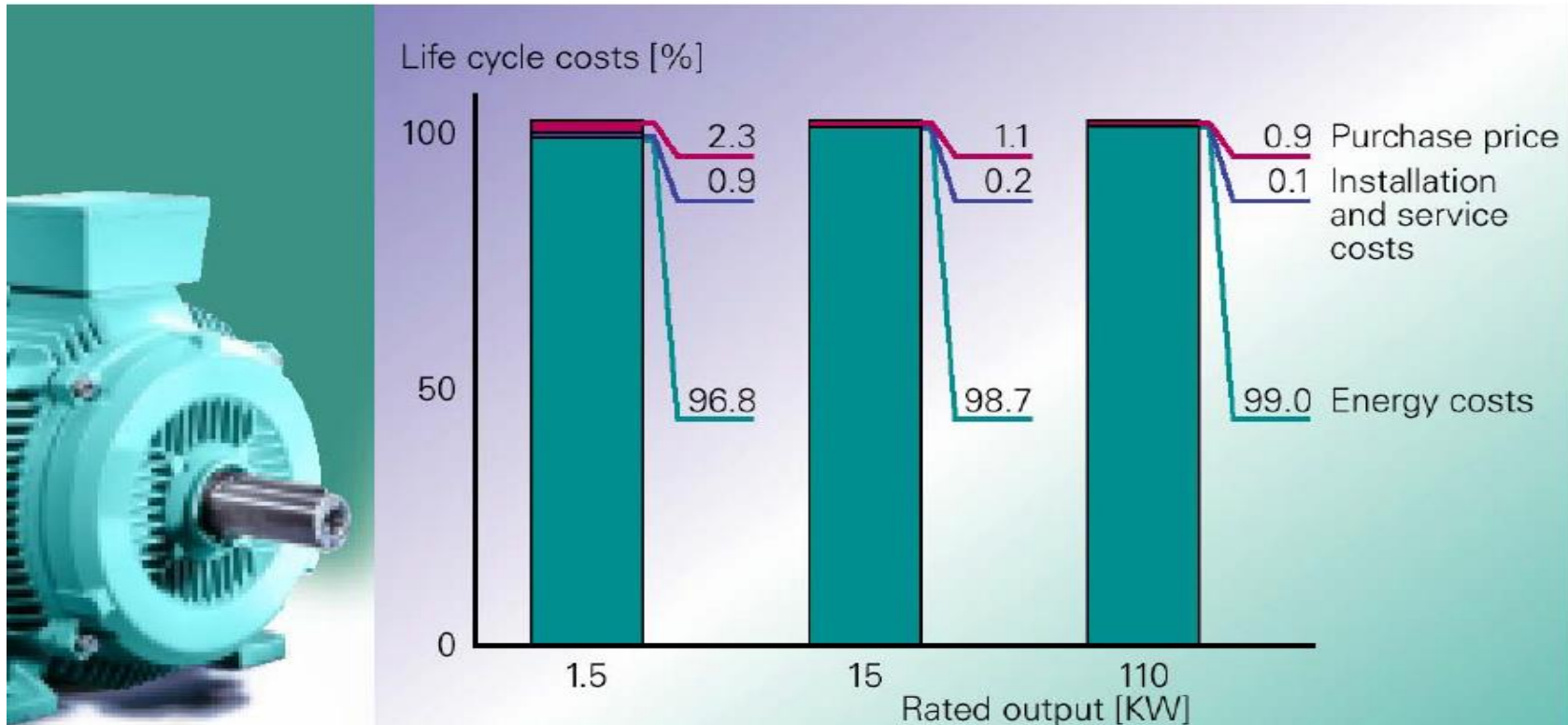
Αύξηση της απόδοσης λόγω της ευρύτερης χρήσης ενεργών υλικών

Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων

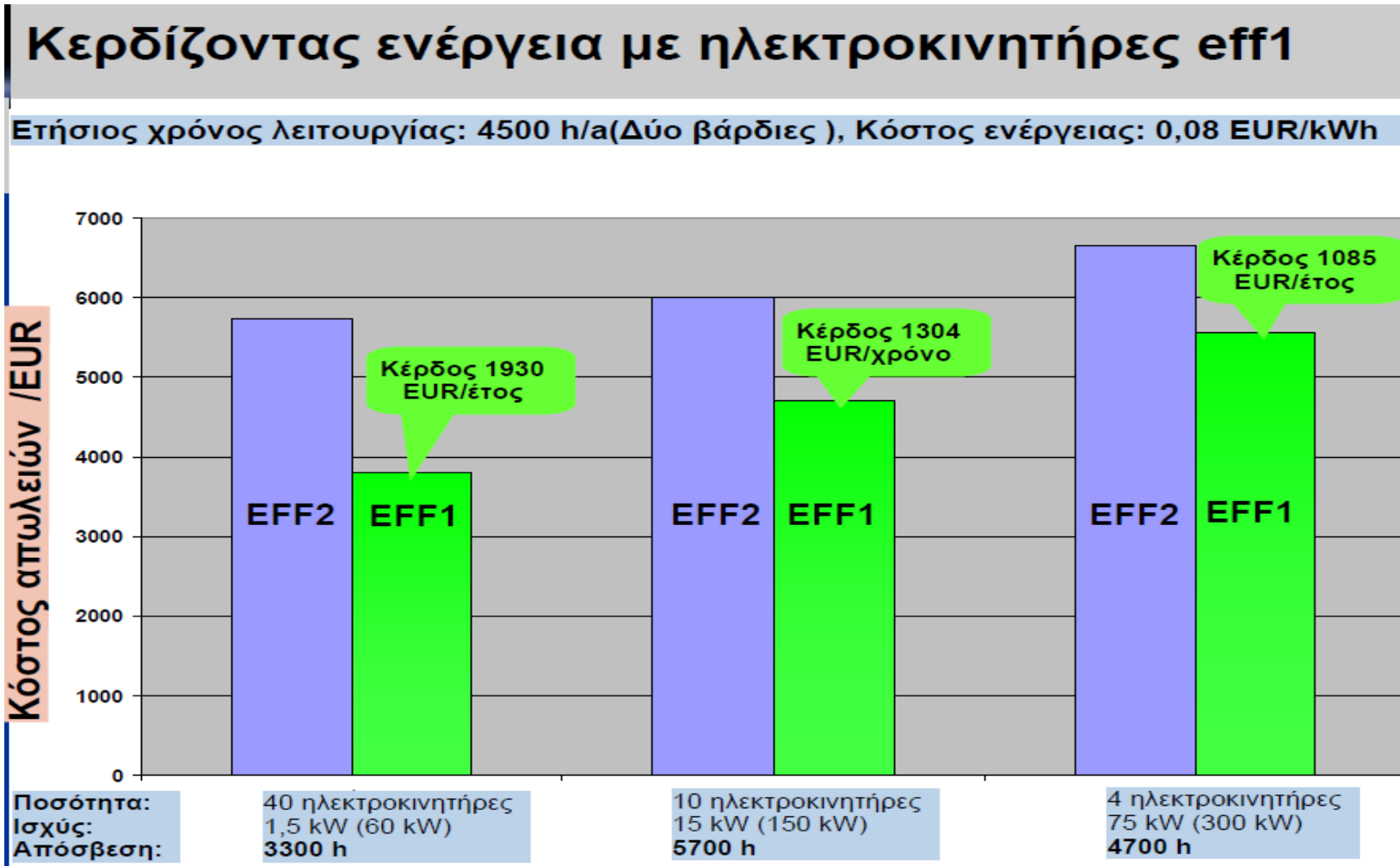


Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων

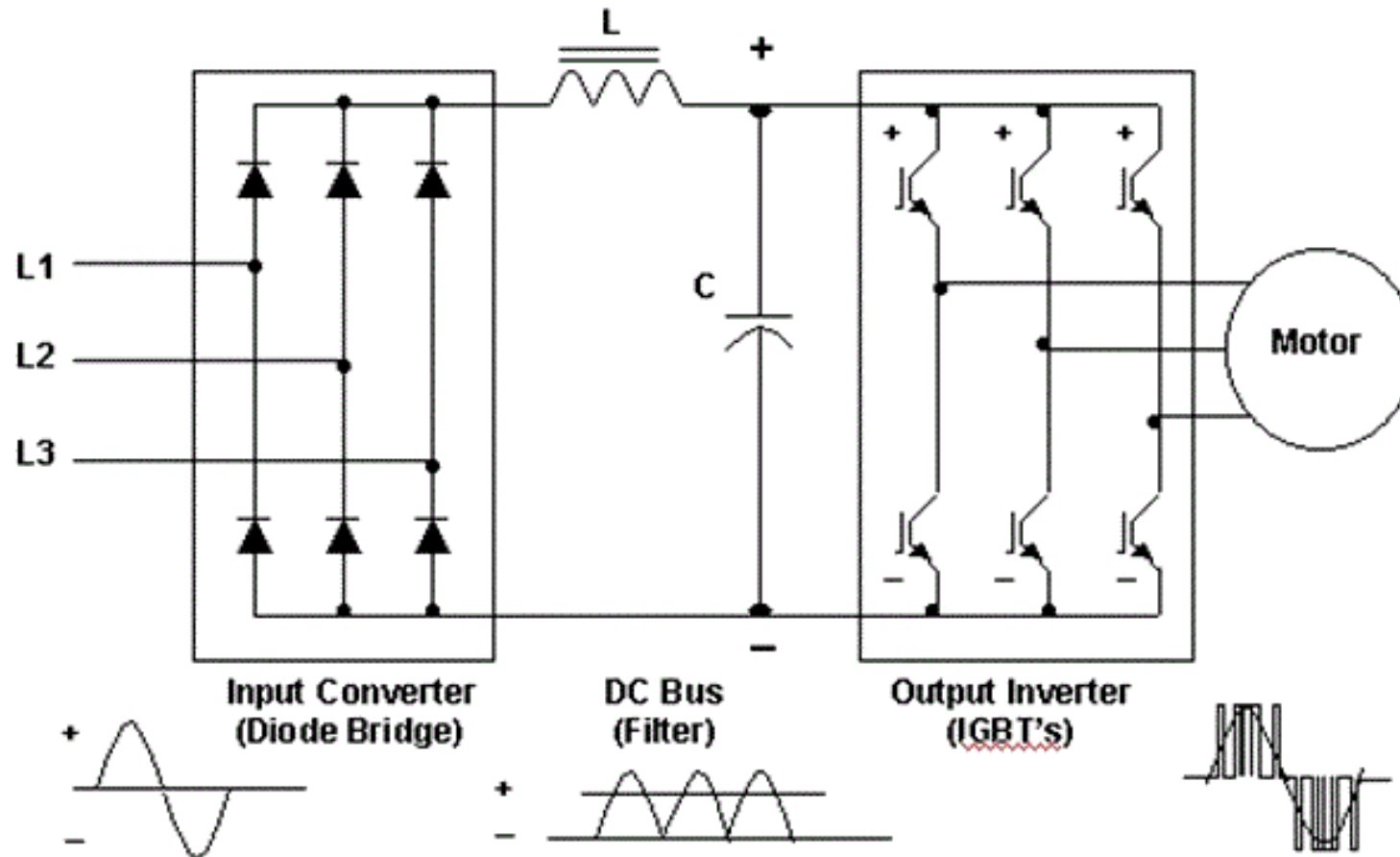
Συνολικό κόστος κατά τη διάρκεια ζωής του κινητήρα (περίπου 3000h/έτος)



Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Ενεργειακές κλάσης ασύγχρονων κινητήρων



Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος ταχύτητας επαγωγικών κινητήρων



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

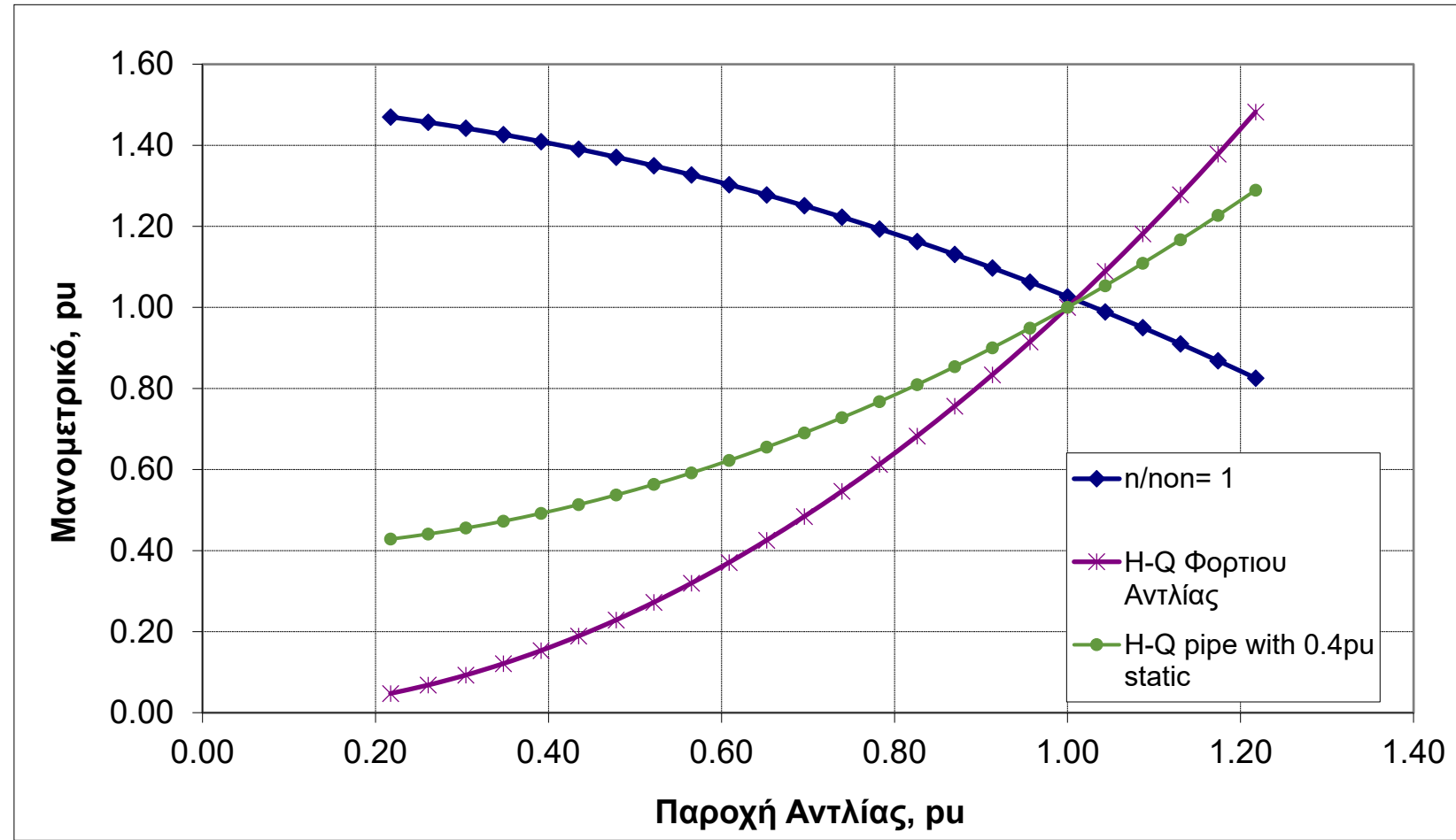
Φορτια τυπου φυγοκεντρικής αντλίας

- Τα φορτία αυτά παρουσιάζουν μεγάλες δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας όταν η αντλία πρέπει να λειτουργεί με μεταβλητή παροχή.
- Σε λειτουργία με σταθερή παροχή, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι μηδαμινή.

Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

$$P_L = \frac{k_s \cdot Q \cdot \Delta P_g}{\eta}$$

Χαρακτηριστική φυγοκεντρικής αντλίας και σωληνογραμμής με και χωρίς στατική πίεση

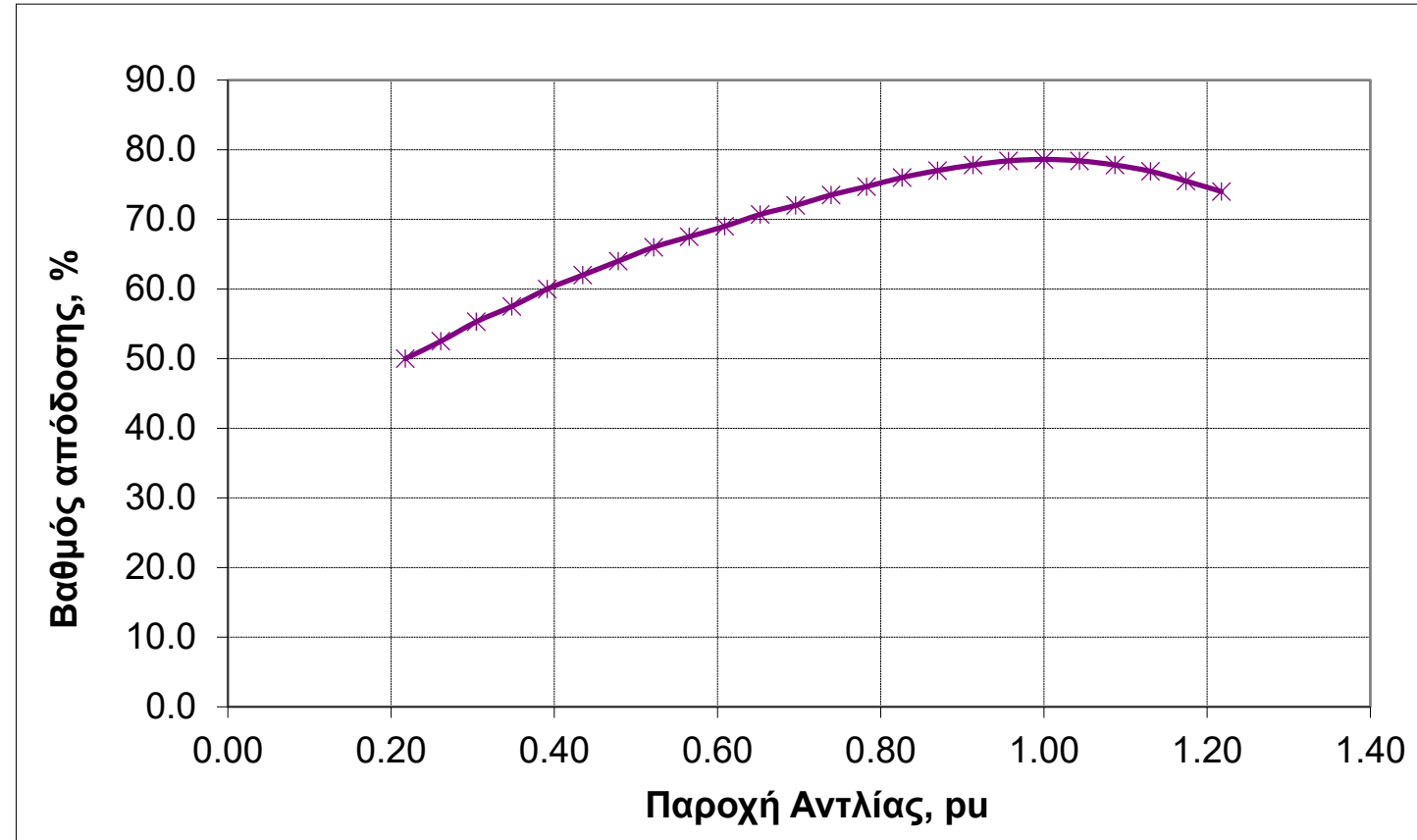


Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

$$P_L = \frac{k_s \cdot Q \cdot \Delta P_g}{\eta}$$

Τυπικός βαθμός απόδοσης φυγοκεντρικής αντλίας

Παράδειγμα: Για $Q=1\text{pu}$, $\Delta P_g=1\text{pu}$, $\eta=78,6\%$
 $P_L=1,27\text{pu}$, για $k_s=1$



Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

1^η μεθοδος ελέγχου της παροχής:

Στραγγαλισμός

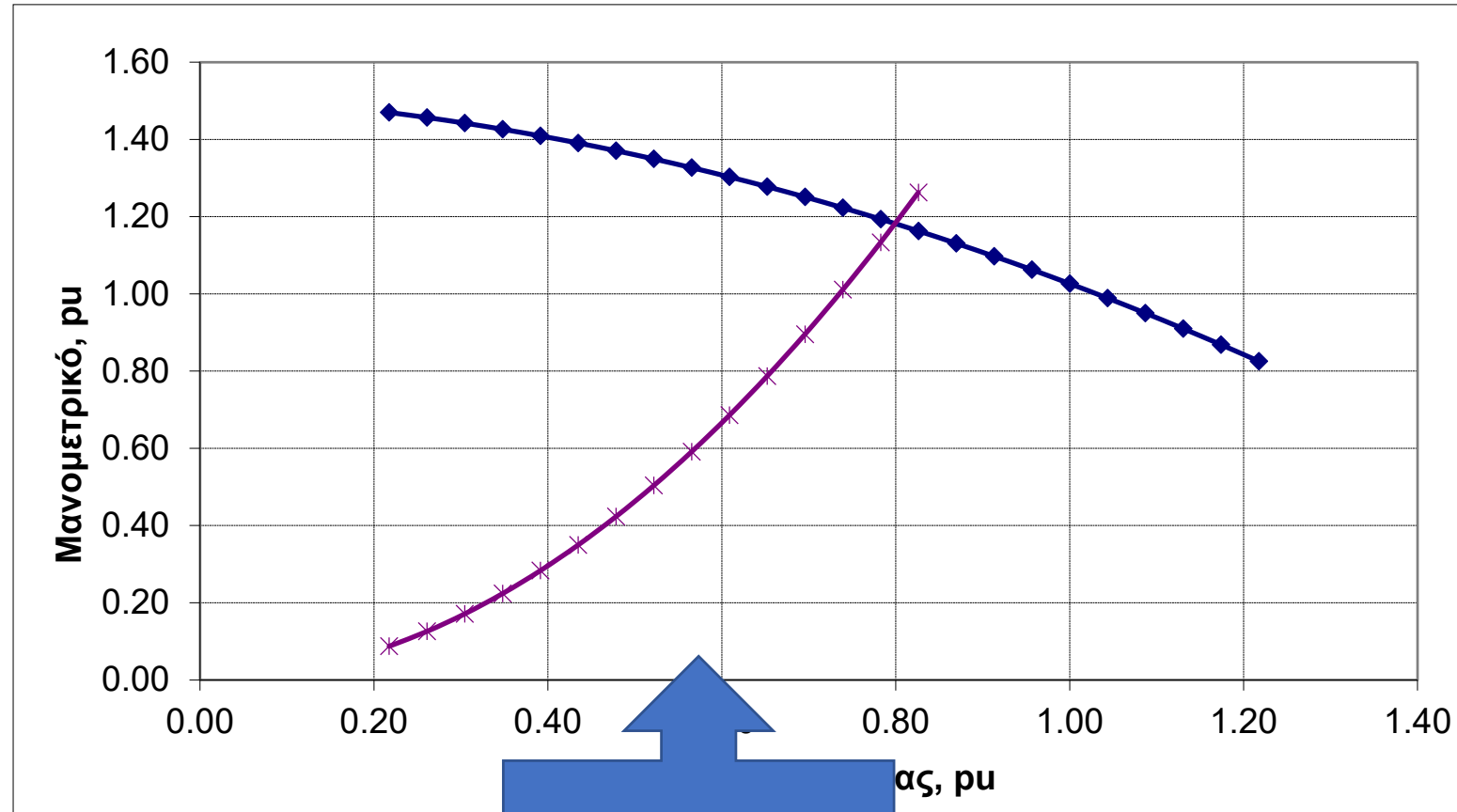
Έστω ότι θέλουμε η παροχή να μειωθεί στο 0,8pu.

Άρα, το $\Delta P_g = 1,184 \text{ pu}$

Και για $Q = 0,8 \text{ pu}$ το η είναι 74,8%.

Επομένως $P_L = 1,27 \text{ pu}$.

Δηλαδή πρακτικά μηδαμινή μεταβολή της ισχύος του φορτίου.

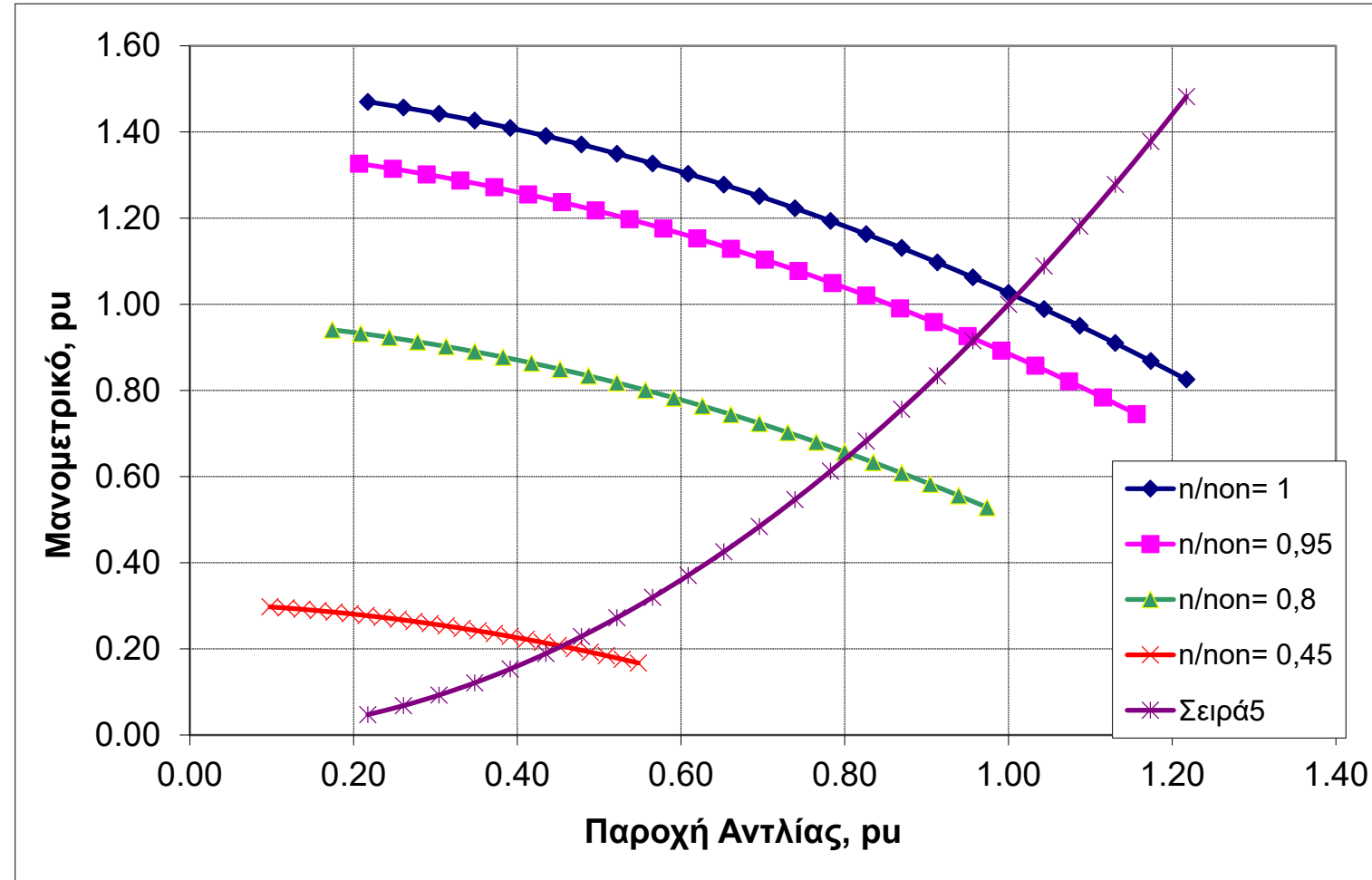


Σταθερές στροφές
της αντλίας

Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

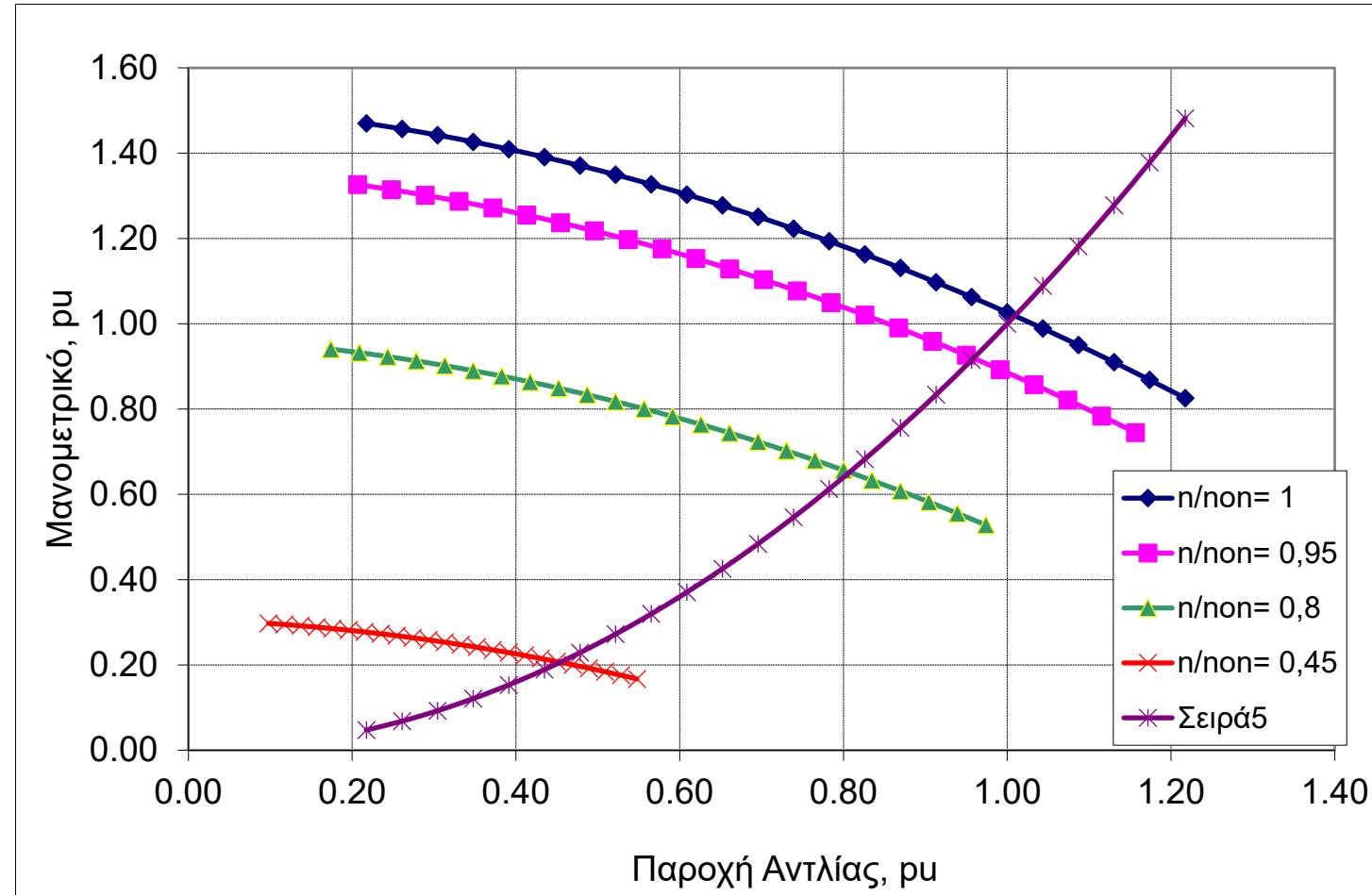
Νόμοι των Αντλιών:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q_1}{Q_2} &= \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{H_1}{H_2} &= \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \end{aligned} \right\} \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$



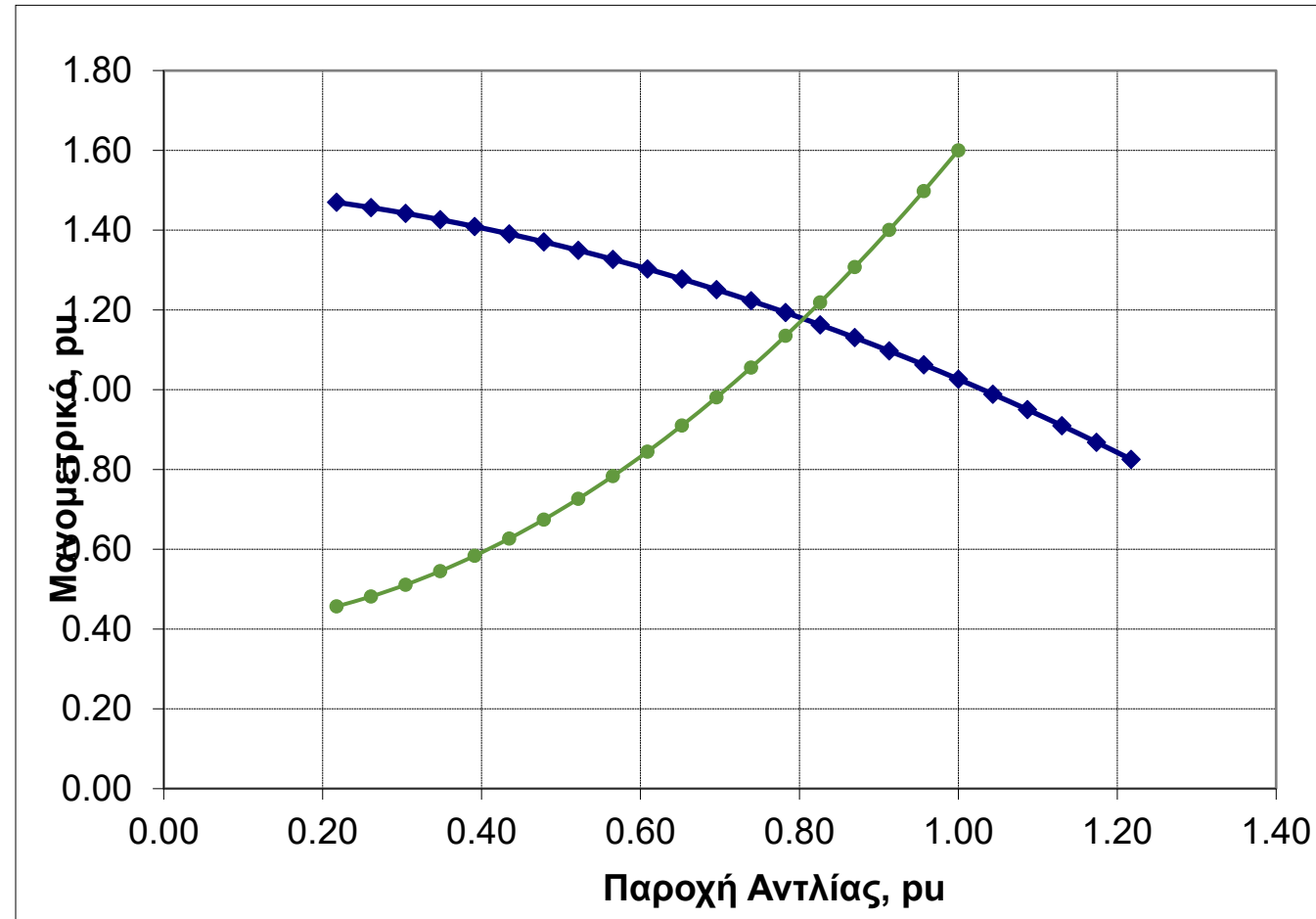
Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

Συνέχεια παραδείγματος με μείωση στροφών της αντλίας:
 Τώρα για $Q=0,8\text{pu}$, $\Delta P_g=0,64\text{pu}$, το $\eta=74,8\%$.
 Επομένως $P_L=0,68\text{pu}$, δηλαδή μείωση κατά $0,59\text{pu}$ ή 46% !!!!!!!



Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

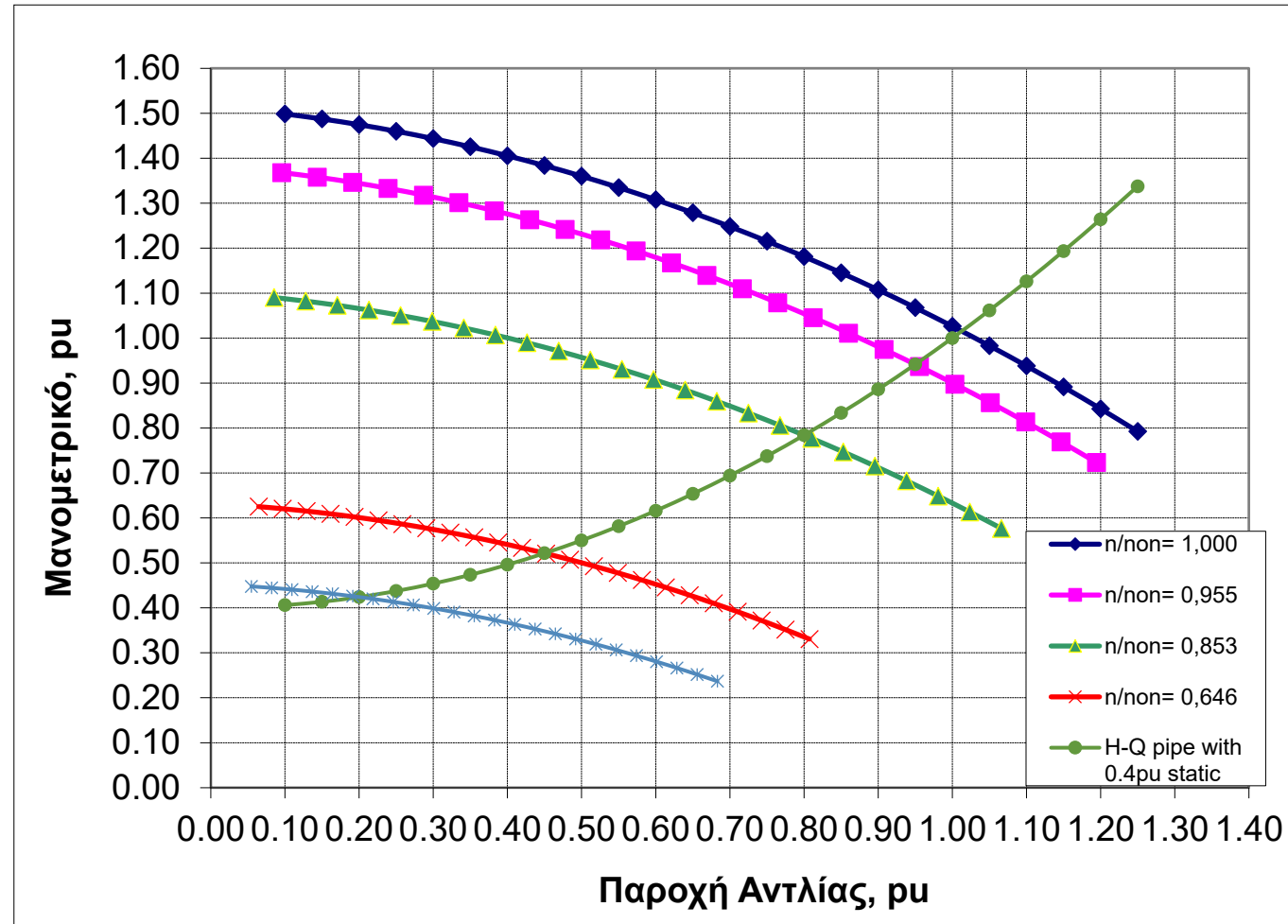
Στην περίπτωση σωληνογραμμής με στατική πίεση και ρύθμιση στροφών με στραγγαλισμό η ισχύς της αντλίας είναι όπως στην περίπτωση που η σωληνογραμμή δεν έχει στατική πίεση
Επομένως για $Q=0,8\text{ρμ}$, $PL=1,27\text{ρμ}$,



Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

Με ρύθμιση παροχής μέσω στροφών, για $Q=0,8\text{pu}$ είναι $\Delta P=0,784\text{pu}$.
Για $\eta=74,8\%$, προκύπτει $PL=0,84\text{pu}$,
δηλαδή μείωση κατά $0,43\text{pu}$ ή $34\%!!!$

Παρατηρείστε ότι : για $Q=0,8\text{pu}$ οι στροφές της αντλίας πρέπει να πάνε στο $85,3\%$ των ονομαστικών και όχι στο 80% !



Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων τύπου φυγοκεντρικής αντλίας

Συμπερασματικά:

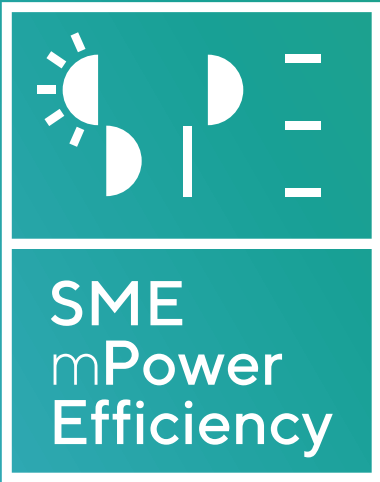
- Η μεταβολή της παροχής μιας αντλίας μέσω ρύθμισης στροφών μπορεί να επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας σε σχέση με την περίπτωση που η παροχή ρυθμίζεται με στραγγαλισμό.
- Η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αρκετά μεγαλύτερη όταν δεν υπάρχει στατική πίεση στο υδραυλικό σύστημα.
- Για τη συνολική ενεργειακή αξιολόγηση θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι μειωμένες απώλειες του ηλεκτρικού κινητήρα και να προστεθούν οι απώλειες του ρυθμιστή στροφών. Οι τελευταίες είναι της τάξης του 2-3% της εκάστοτε ισχύος λειτουργίας του.
- Ό,τι ισχύει για τις φυγοκεντρικές αντλίες, ισχύει και για τους φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες, με τη διαφορά ότι οι τελευταίοι έχουν γενικά πολύ μικρότερο βαθμό απόδοσης.
- Η μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί με τα φορτία αυτά οφείλεται στο γεγονός ότι η **ροπή τους μεταβάλλεται με το τετράγωνο των στροφών** (και επομένως, η ισχύς με τον κύβο των στροφών).

Ηλεκτρικοί Κινητήρες- Έλεγχος φορτίων σταθερής ροπής (συμπιεστές, ανελκυστήρες, κλπ)



- Σε αντίθεση με τις αντλίες, τα φορτία με εμβολοφόρους συμπιεστές παρουσιάζουν σταθερή ροπή καθώς μεταβάλλονται οι στροφές τους. Επομένως η ισχύς τους μεταβάλλεται γραμμικά με τις στροφές τους. Για το λόγο αυτό, η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω ρύθμισης των στροφών είναι πιο περιορισμένη.
- Επειδή η ικανότητα λίπανσης των συμπιεστών μειώνεται με τη μείωση των στροφών τους, οι κατασκευαστές θέτουν περιορισμούς ως προς το εύρος ρύθμισης των στροφών (συνήθως δεν επιτρέπεται να μειωθούν οι στροφές κάτω από το 60-70%).
- Ενώ η ισχύς του ηλεκτρικού κινητήρα μειώνεται γραμμικά με τις στροφές, οι απώλειές του δεν μειώνονται αντίστοιχα. Επομένως, χρειάζεται προσοχή και κατά τον υπολογισμό της ικανότητας ψύξης των ηλεκτρικών κινητήρων με τέτοιου είδους φορτία.





Ευχαριστούμε!



POWER SYSTEMS LABORATORY
ARISTOTLE UNIVERSITY OF
THESSALONIKI

Χάρης Δημουλιάς

ΑΚΟΛΟΥΘΗΣΤΕ ΜΑΣ

- SMeEmPower H2020
- @SmeH2020
- SMeEmPOWER Energy Efficiency



www.smempower.com



Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας χρηματοδότησης υπ' αριθ. 847132