



---

## Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε)

**Ενότητα 10:** Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια

Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ

---



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

## **Περιεχόμενα**

Άσκηση 10 .....	3
Θεωρία .....	4
Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα.....	5
Χαρακτηριστική καμπύλη μαγνήτισης σύγχρονης γεννήτριας.....	6
Χαρακτηριστική Τάσης/Φορτίου για σταθερό συντελεστή ισχύος .....	6
Ρύθμιση της τάσης σύγχρονης γεννήτριας.....	7
Ρύθμιση της συχνότητας του παραγόμενου Ε.Ρ. στην έξοδο της γεννήτριας .....	7
Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών .....	7
Πορεία Εργασίας.....	8
Συνδεσμολογία κινητήρα DC παράλληλης διέγερσης .....	8
Συνδεσμολογία κυκλώματος γεννήτριας .....	9
Τεχνική έκθεση.....	11

## **Περιεχόμενα εικόνων**

Εικόνα 10.1: Τυπική σύγχρονη γεννήτρια & τυπικό τύλιγμα στάτη .....	4
Εικόνα 10.2 .....	8
Εικόνα 10.3 .....	9

## **Περιεχόμενα σχημάτων**

Σχήμα 10.1 .....	5
Σχήμα 10.2.....	6
Σχήμα 10.3.....	6

## Άσκηση 10

### Αντικείμενο:

- Η Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια.

### Στόχοι αυτού του πειράματος:

- Κατανόηση των βασικών αρχών λειτουργίας της σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας.

### Εξοπλισμός που θα χρειαστούμε:

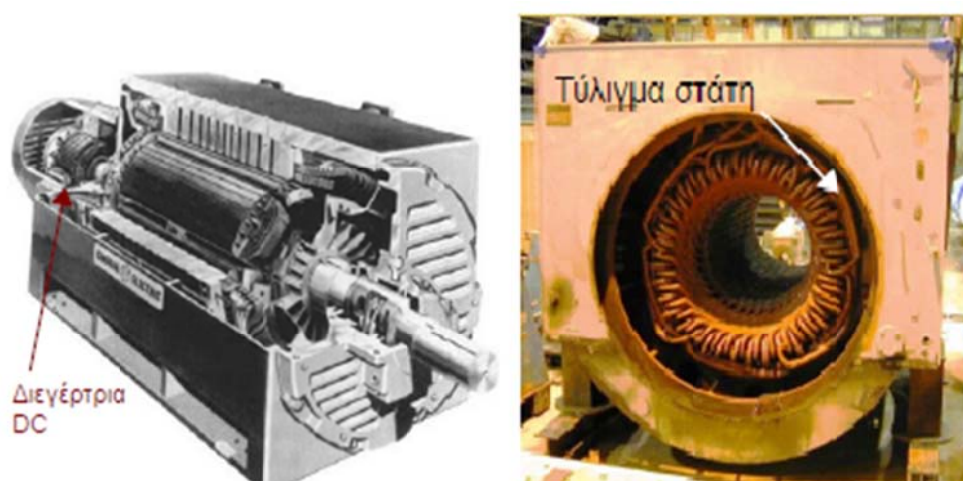
- Τροφοδοτικό (DL30016)
  - Μονάδα μετρήσεως ηλεκτρικής ισχύος (DL10065N)
  - Ρεοστάτη διέγερσης (DL30205)
  - Δύο πολύμετρα
  - Κινητήρα DC (DL30220P)
  - Γεννήτρια AC (DL30190)
  - Κύκλωμα παραλληλισμού ΔΕΗ (DL1030)
  - Αντίσταση εκκίνησης (DL 30200RHD)
-

## Θεωρία

Η σύγχρονη γεννήτρια, ή αλλιώς εναλλακτήρας, είναι μια σύγχρονη μηχανή η οποία μετατρέπει μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσει μία σύγχρονη γεννήτρια είναι η τροφοδοσία του τυλίγματος του δρομέα της με συνεχές ρεύμα, για τη δημιουργία του απαραίτητου μαγνητικού πεδίου στο εσωτερικό της. Πολύ περιληπτικά, καθώς ο δρομέας περιστρέφεται (παίρνοντας κίνηση από κατάλληλα συζευγμένο κινητήρα) το μαγνητικό πεδίο περιστρέφεται επίσης. Ως αποτέλεσμα, αναπτύσσεται τάση από επαγωγή στα τρία τυλίγματα του στάτη (βλ. αντίστοιχη θεωρία).

Το συνεχές ρεύμα διέγερσης που απαιτείται για τη λειτουργία της γεννήτριας παράγεται συνήθως από μία μικρότερη γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (διεγέρτρια), η οποία τοποθετείται στην άκρη του άξονα του δρομέα.



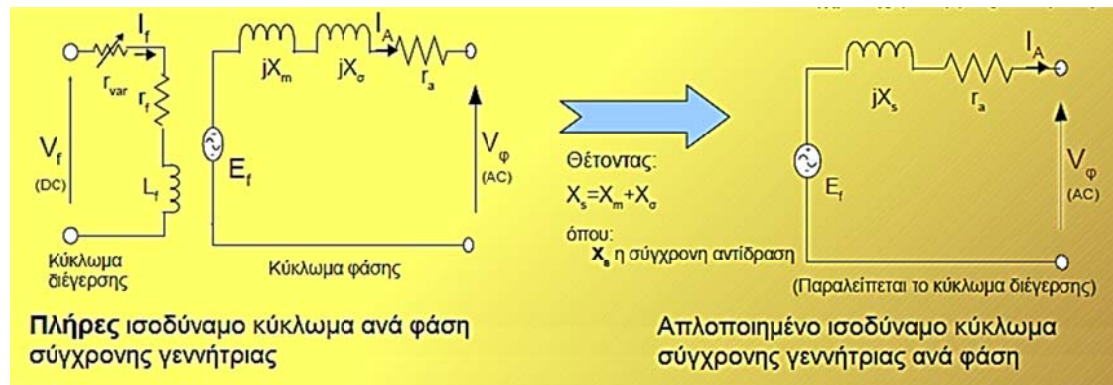
Εικόνα 10.1: Τυπική σύγχρονη γεννήτρια & τυπικό τύλιγμα στάτη

[kitmondo.com](http://kitmondo.com)

Οι γεννήτριες Ε.Ρ. είναι κατά βάση σύγχρονες τριφασικές. **Η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος ισούται με τη συχνότητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου διέγερσης.** Οι τρεις φάσεις στην έξοδο της γεννήτριας συνδέονται σε συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου, ενώ χαρακτηρίζονται συνήθως με τα γράμματα : a, b, c ή u,v,w.

## Ισοδύναμο κύκλωμα σύγχρονου εναλλακτήρα

Το ισοδύναμο πλήρες απλοποιημένο κύκλωμα ανά φάση ενός σύγχρονου εναλλακτήρα φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 10.1

όπου (για το **πλήρες** ισοδύναμο) :

- $V_f$  Τάση διέγερσης (DC)
- $I_f$  Ρεύμα διέγερσης (DC)
- $r_{var}$  Μεταβλητή αντίσταση για τη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης της γεννήτριας
- $r_f$  Αντίσταση τυλίγματος διέγερσης
- $L_f$  Αυτεπαγωγή τυλίγματος διέγερσης
- $X_m$  Αντίδραση μαγνητίσεως (τυλ. στάτη)
- $X_s$  Αντίδραση σκεδάσεως (τυλ. στάτη)

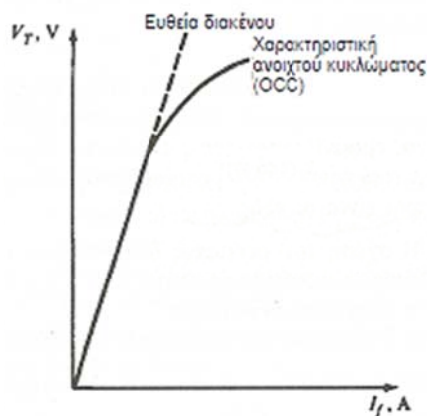
Για το **απλοποιημένο** ισοδύναμο κύκλωμα:

- $E_f$  ΗΕΔ που επάγεται στο τύλιγμα του στάτη
- $X_s$  Σύγχρονη αντίδραση
- $r_a$  Αντίσταση τυλίγματος στάτη ανά φάση
- $V_\phi$  Τάση στους ακροδέκτες της γεννήτριας ανά φάση
- $I_A$  Ρεύμα στους ακροδέκτες της γεννήτριας ανά φάση

(Για το πλήρες τυπολόγιο βλ. σημειώσεις της αντίστοιχης θεωρίας).

## Χαρακτηριστική καμπύλη μαγνήτισης σύγχρονης γεννήτριας

Η καμπύλη μαγνήτισης είναι η μεταβολή της τάσης εξόδου συναρτήσει του ρεύματος διέγερσης (για μηδενικό φορτίο και σταθερή γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα). Η τάση εξόδου αυξάνεται γραμμικά σε σχέση με το ρεύμα διέγερσης μέχρι την εμφάνιση κορεσμού (σε υψηλές τιμές ρεύματος διέγερσης).



Σχήμα 10.2

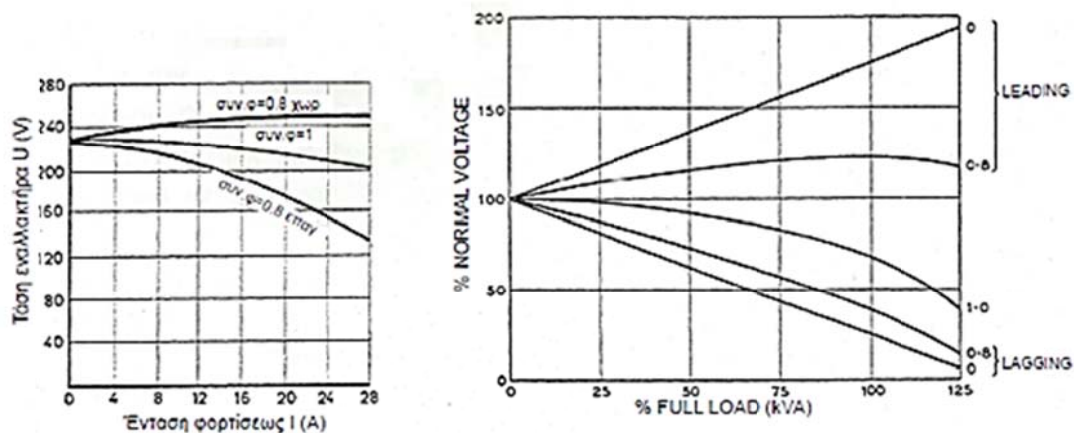
S.J. Charman, "Ηλεκτρικές μηχανές DC-AC", ΤΖΙΟΛΑ

## Χαρακτηριστική Τάσης/Φορτίου για σταθερό συντελεστή ισχύος

Μεταβολή του φορτίου της γεννήτριας (μεταβολή της έντασης του ρεύματος  $I_A$ ) οδηγεί σε μεταβολή της τάσης εξόδου  $V_\phi$ .

**Χωρητική φόρτιση:** αύξηση του φορτίου οδηγεί σε αύξηση της τάσης εξόδου  $V_\phi$ .

**Επαγωγική φόρτιση:** αύξηση του φορτίου οδηγεί σε πτώση της τάσης εξόδου  $V_\phi$ .



Σχήμα 10.3

Φραγκόπουλος Χ.Α., Προυσαλίδης Ι.Μ.,  
Ενεργειακά συστήματα πλοίου τεύχος Α, ΕΜΠ 2005

## Ρύθμιση της τάσης σύγχρονης γεννήτριας

Η τάση εξόδου της γεννήτριας  $V_{\phi}$  αποκαθίσταται στη θεμιτή τιμή μέσω μεταβολής του ρεύματος διέγερσης  $I_f$ , μέσω κατάλληλης ρύθμισης της αντίστασης διέγερσης  $r_{var}$  (στη διεγέρτρια (γεννήτρια DC) του εναλλακτήρα).

## Ρύθμιση της συχνότητας του παραγόμενου Ε.Ρ. στην έξοδο της γεννήτριας

Η συχνότητα του Ε.Ρ. εξόδου εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του συζευγμένου κινητήρα της γεννήτριας. Η διατήρηση σταθερής ταχύτητας περιστροφής (ανεξαρτήτως του φορτίου) επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλου ελέγχου της τροφοδοσίας καυσίμου του κινητήρα.

## Παραλληλισμός σύγχρονων γεννητριών

Για τον παραλληλισμό σύγχρονης γεννήτριας πρέπει να πληρούνται οι κάτωθι προϋποθέσεις :

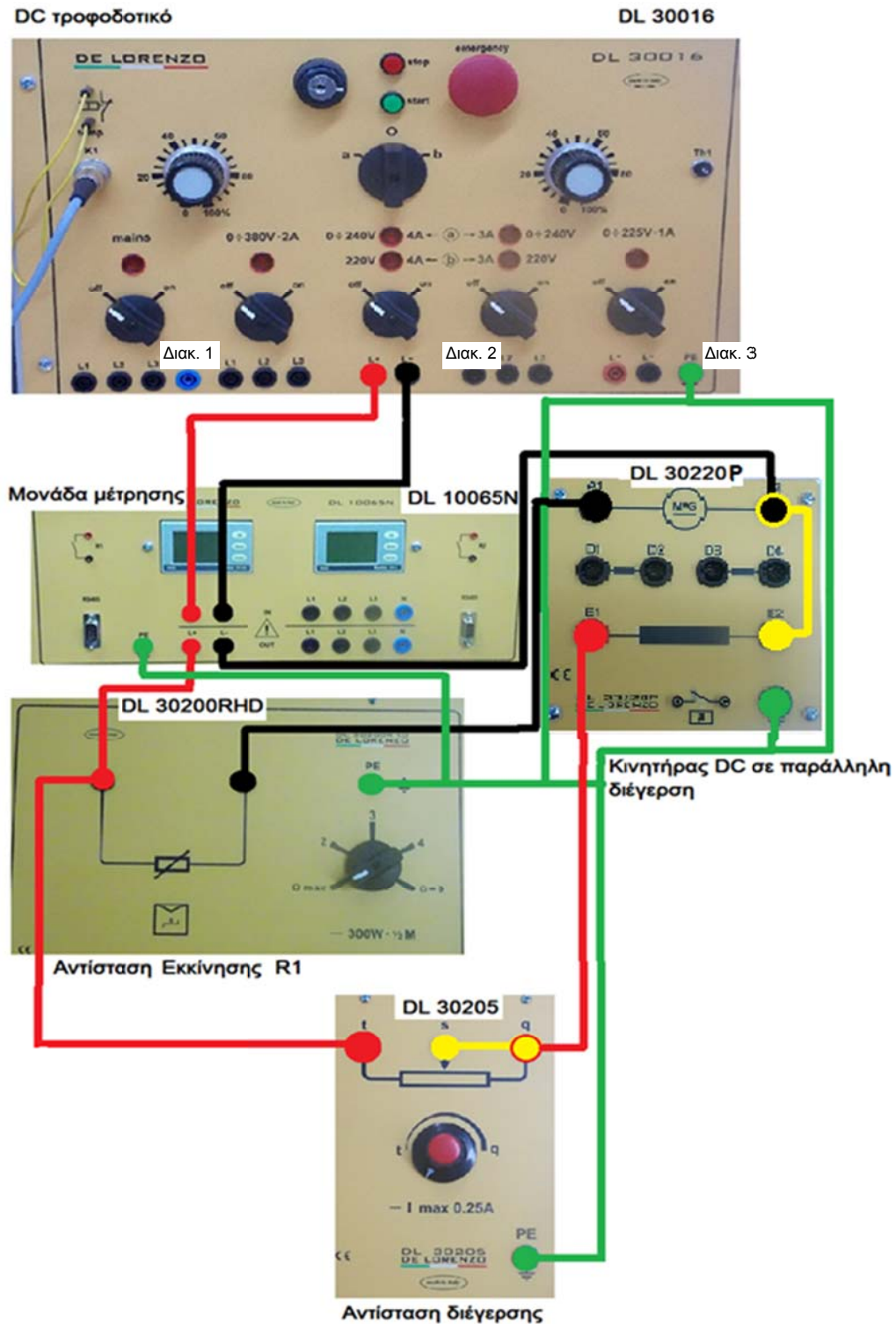
- Σύμπτωση τάσης και πολικότητας (στιγμιαίες τιμές)
- Λειτουργία στην ίδια συχνότητα
- Ίδια διαδοχή φάσεων (εξασφαλίζεται κατά την εγκατάσταση-σύνδεση με ζυγούς)
- Συμφασικές τάσεις μία προς μία

**Παρατήρηση:** Στην ακόλουθη πορεία εργασίας γίνεται χρήση ενός κινητήρα DC παράλληλης διέγερσης για την κίνηση της γεννήτριας. Για επανάληψη της θεωρίας σχετικά με τη λειτουργία του DC κινητήρα ανατρέξτε στην αντίστοιχη εργαστηριακή άσκηση και τις αντίστοιχες σημειώσεις θεωρίας.

## Πορεία Εργασίας

### Συνδεσμολογία κινητήρα DC παράλληλης διέγερσης

1. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία ακριβώς όπως στην εικόνα 10.2.

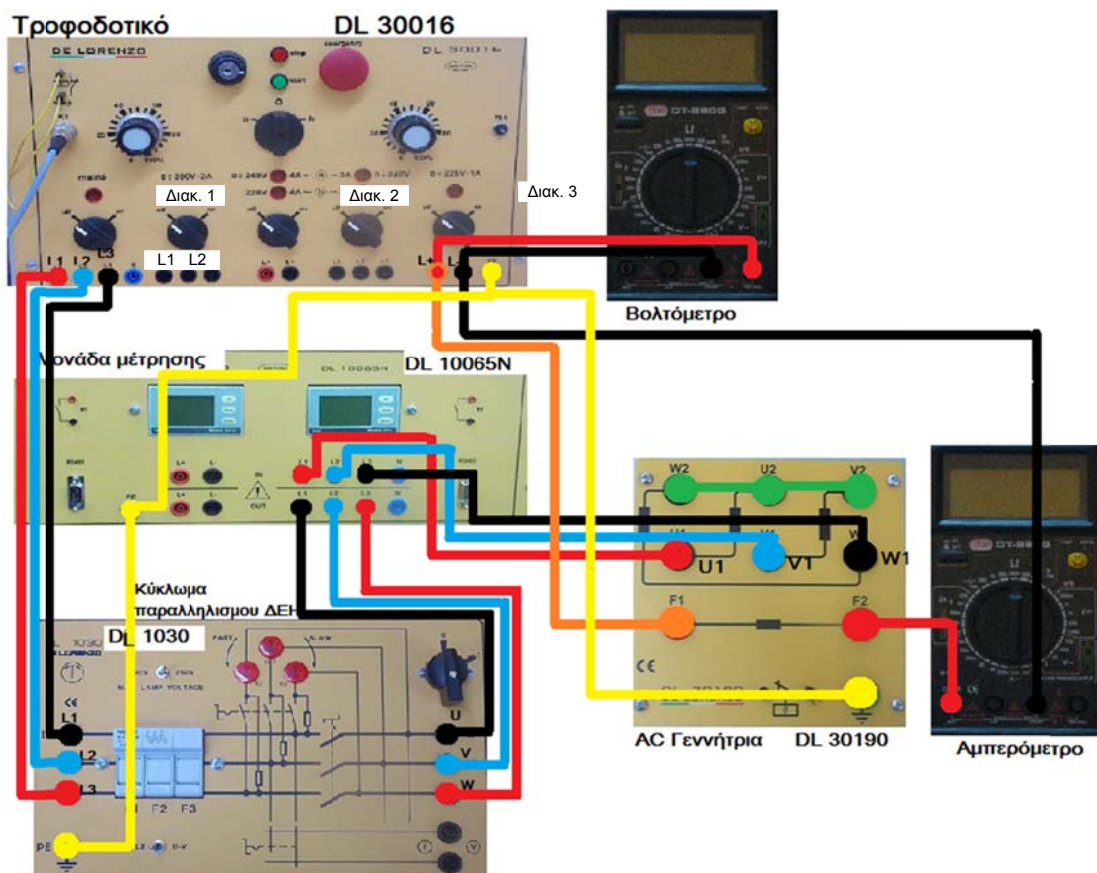


Εικόνα 10.2



2. Ρυθμίστε το κλειδί του τροφοδοτικού στην κάθετη θέση.
3. Ανοίξτε τις ασφάλειες στην πίσω πλευρά του τροφοδοτικού (DL 30016).
4. Ρυθμίστε τον κεντρικό διακόπτη στην θέση α.
5. Ενεργοποιήστε τις μονάδες DL 30052 και DL 10065N.
6. Βεβαιωθείτε ότι και τα δυο Variacs του τροφοδοτικού (DL 30016) είναι γυρισμένα τελείως αριστερόστροφα.
7. Βεβαιωθείτε ότι το ποτενσιόμετρο της αντίστασης εκκίνησης (R1) του DC κινητήρα είναι γυρισμένο τελείως αριστερόστροφα. Ομοίως με την αντίσταση διέγερσης του κινητήρα.
8. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία ακριβώς όπως στην εικόνα 10.3 χωρίς να κάνετε οποιαδήποτε αλλαγή στην προηγούμενη συνδεσμολογία του κινητήρα DC.

### Συνδεσμολογία κυκλώματος γεννήτριας



Εικόνα 10.3

9. Βεβαιωθείτε ότι στο κύκλωμα παραλληλισμού της γεννήτριας με το δίκτυο της ΔΕΗ (μονάδα DL 1030) ο επιλογέας είναι στην θέση 0.
10. Ρυθμίστε το αριστερό variac του τροφοδοτικού στη θέση 65%.

**Προσοχή!!! Το ρεύμα τροφοδοσίας του κινητήρα DC δεν πρέπει να υπερβεί τα 0.7A !**

11. Ενεργοποιήστε τα δύο πολύμετρα (Βολτόμετρο, Αμπερόμετρο).
12. Γυρίστε το διακόπτη τροφοδοσίας του κινητήρα DC (Διακ. 2) στο τροφοδοτικό στη θέση ON.
13. Γυρίστε το διακόπτη τροφοδοσίας της διέγερσης της γεννήτριας (Διακ. 3) στο τροφοδοτικό στη θέση ON.

**Προσοχή!!! Μην πατήσετε το κουμπί start εάν δεν έχει γίνει έλεγχος της συνδεσμολογίας από το εκπαιδευτικό προσωπικό.**

14. Πατήστε το κουμπί start.
15. Αφαιρέστε σταδιακά την αντίσταση εκκίνησης (R1) του κινητήρα DC γυρίζοντας δεξιόστροφα το αντίστοιχο ποτενσιόμετρο με παύση 5 sec σε κάθε θέση.
16. Ρυθμίστε με το δεξί variac του τροφοδοτικού **σταδιακά** την τάση διέγερσης της γεννήτριας ίση με 130 V (Variac περίπου στη θέση 55%)- **Παρατηρήστε** τις πολικές τάσεις εξόδου της γεννήτριας από τη μονάδα μέτρησης Nemo D4-L. Πώς μεταβάλλονται σε σχέση με τη διέγερση ; **Εξηγήστε** γιατί.

**Η Γεννήτρια είναι πλέον σε λειτουργία.**

17. Βεβαιωθείτε από τη μονάδα μέτρησης Nemo D4-L ότι οι πολικές τάσεις στην έξοδο της γεννήτριας είναι ίσες με 400 V – Εάν όχι, ρυθμίστε κατάλληλα τη διέγερση της γεννήτριας.
18. Τροφοδοτήστε τη μονάδα παραλληλισμού με το δίκτυο της ΔΕΗ με τις τρεις φάσεις L1,L2 & L3 θέτοντας το διακόπτη mains (Διακ. 1) στην πηγή σε θέση ON.
19. Μεταβάλλετε σταδιακά τη διέγερση του κινητήρα DC. **Τι παρατηρείτε** στη συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος (βλ. μονάδα μέτρησης Nemo D4-L). **Εξηγήστε** γιατί.
20. **Τι παρατηρείτε** στις λυχνίες συγχρονισμού; Πως μπορούμε να καταλάβουμε εάν η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη του δικτύου μέσω της συγκεκριμένης διάταξης;
21. Ρυθμίζοντας κατάλληλα την αντίσταση διέγερσης του DC κινητήρα, μεταβάλλετε τη συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος της γεννήτριας έτσι ώστε να είναι εφικτός ο συγχρονισμός με το δίκτυο της ΔΕΗ.

Χρησιμοποιήστε τις λυχνίες συγχρονισμού της διάταξης παραλληλισμού (βλ. αντίστοιχη θεωρία – η γεννήτρια παραλληλίζεται όταν ο λαμπτήρας H2 είναι βηυστός και οι λαμπτήρες H1 & H3 είναι εξίσου φωτεινές).

22. Γυρίστε το διακόπτη στο κύκλωμα παραλληλισμού με το δίκτυο της ΔΕΗ από τη θέση 0 στην θέση 1.

**ΠΡΟΣΟΧΗ! Η γεννήτρια είναι πλέον παραλληλισμένη με το δίκτυο.**

23. Γυρίστε την αντίσταση διέγερσης του κινητήρα DC 3 μόρες δεξιόστροφα.

**Τι παρατηρείτε** και γιατί;

24. Γυρίστε την αντίσταση διέγερσης του κινητήρα DC 3 μόρες αριστερόστροφα.

**Τι παρατηρείτε** και γιατί;

25. Γυρίστε το variac τροφοδοσίας της διέγερσης DC της γεννήτριας αριστερόστροφα. **Τι παρατηρείτε** στις πολικές τάσεις στη μονάδα μέτρησης (Nemo D4-L); Πως το εξηγείτε;

26. Γυρίστε το διακόπτη στη διάταξη παραλληλισμού με το δίκτυο της ΔΕΗ από τη θέση 1 στην θέση 0.

**Τι παρατηρείτε** στις πολικές τάσεις στη μονάδα μέτρησης (Nemo D4-L);

27. Διακόψτε την τροφοδοσία στη μονάδα παραλληλισμού με το δίκτυο της ΔΕΗ (L1, L2 & L3) θέτοντας το διακόπτη mains (Διακ. 1) στην πηγή σε θέση OFF.

28. Γυρίστε το διακόπτη τροφοδοσίας της διέγερσης της γεννήτριας (Διακ. 3) στο τροφοδοτικό στη θέση OFF.

29. Εισάγετε σταδιακά την αντίσταση εκκίνησης (R1) του κινητήρα DC γυρίζοντας αριστερόστροφα το αντίστοιχο ποτενσιόμετρο με παύση 5 sec σε κάθε θέση.

30. Πατήστε το κουμπί stop.

31. Ρυθμίστε το κλειδί του τροφοδοτικού στην οριζόντια θέση.

## Τεχνική έκθεση

1. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τα αποτελέσματα των μετρήσεων και πως αυτά επαληθεύουν τη θεωρία.

# Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

## Τέλος Ενότητας

### Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

## Σημειώματα

### Σημείωμα Αναφοράς

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης, 2014. Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης. «Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε). Ενότητα 10: Σύγχρονη τριφασική γεννήτρια». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](http://ocp.teiath.gr).

### Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

## Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

©	Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου.
διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του.
διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
διαθέσιμο ως κοινό κτήμα	Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού.
χωρίς σήμανση	Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου.

## Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.