



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Εργαστήριο Ανάλυσης Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

Ενότητα: Άσκηση 6: “ Αντιστάθμιση γραμμών μεταφοράς με σύγχρονους αντισταθμιστές”

Νικόλαος Βοβός, Γαβριήλ Γιαννακόπουλος, Παναγής Βοβός

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά **ΠΠ**
μαθήματα

Περιεχόμενα

1. Σκοπός	3
2. Αντιστάθμιση αέργου ισχύος	3
3. Χρησιμοποιούμενα όργανα	5
4. Πειραματικό μέρος.....	5
4.1 Ρύθμιση της τάσης εξόδου γραμμής μεταφοράς μικρού μήκους με μεταβολή της διέγερσης σύγχρονου κινητήρα που συνδέεται στην έξοδό της.....	5
4.2 Ρύθμιση τάσης, με σύγχρονο αντισταθμιστή, γραμμή μεγάλου μήκους.....	6
5. Ερωτήσεις- Προβλήματα.....	7
6. Σημειώματα	8
6.1 Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων/Εργου	8
6.2 Σημείωμα Αναφοράς.....	8
6.3 Σημείωμα Αδειοδότησης.....	8
6.4 Διατήρηση Σημειωμάτων	8
7. Χρηματοδότηση.....	9

1. Σκοπός

Στην άσκηση αυτή εξετάζεται η λειτουργία του σύγχρονου κινητήρα ως σύγχρονου αντισταθμιστή για τη ρύθμιση της τάσης στο άκρο άφιξης της γραμμής.

2. Αντιστάθμιση αέργου ισχύος

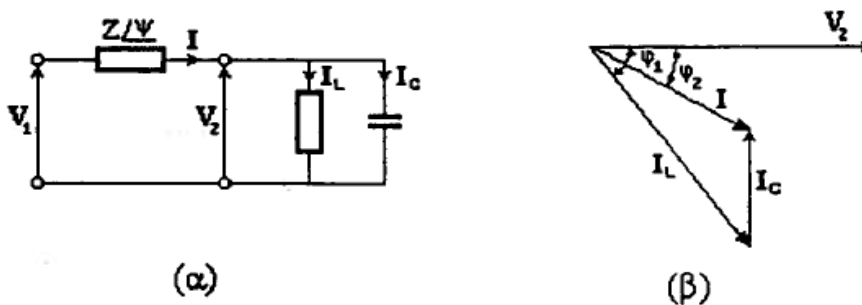
Η τάση στους ακροδέκτες του καταναλωτή δεν πρέπει εν γένει να μεταβάλλεται περισσότερο από $\pm 6\%$ της ονομαστικής της τιμής. Επίσης στους σταθμούς παραγωγής και στους ζυγούς των υποσταθμών η τάση δεν πρέπει να κυμαίνεται περισσότερο από $\pm 10\%$ έτσι ώστε ολόκληρος ο εξοπλισμός των σταθμών να λειτουργεί κοντά στην ονομαστική του τιμή και να μη χρειάζεται ιδιαίτερη μόνωση λόγω ύψωσης της τάσης. Οι κύριοι λόγοι της πτώσης τάσης σε μια γραμμή είναι η αντίδραση της γραμμής και τα φορτία με μικρό επαγωγικό συντελεστή ισχύος (δηλαδή φορτία που απορροφούν μεγάλα ποσά αέργου ισχύος). Για το λόγο αυτό οι καταναλωτές με τέτοια φορτία αναγκάζονται να αυξάνουν το συντελεστή ισχύος του φορτίου τους με βοηθητικά μέσα. Αυτά παράγουν άεργο ισχύ στον τόπο της κατανάλωσης για να ικανοποιήσουν την άεργο ισχύ που απορροφά το φορτίο με αποτέλεσμα μείωση της μεταφερόμενης αέργου ισχύος από τη γραμμή, περιορισμό των απωλειών και μείωση της πτώσης τάσης.

Τέτοια βοηθητικά μέσα υπάρχουν δύο ειδών:

α) Τα στατικά συστήματα αντιστάθμισης (κυρίως με πυκνωτές).

β) Οι σύγχρονοι αντισταθμιστές.

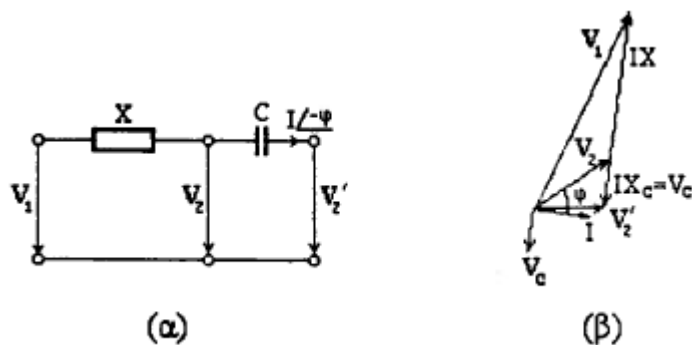
Οι στατικοί εγκάρσιοι πυκνωτές συνδέονται παράλληλα με το φορτίο (είτε κατά αστέρα ή κατά τρίγωνο σε τριφασικά φορτία), όπως φαίνεται στο **Σχ. 6.1(α)** με αποτέλεσμα το διανυσματικό διάγραμμα του **Σχ. 6.1(β)**. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ύψωση της τάσης εξόδου περίπου στην τιμή της τάσης εισόδου. Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με επαγωγικό συντελεστή ισχύος, ενώ για κυκλώματα με χωρητικό συντελεστή ισχύος χρησιμοποιούνται πηνία. Πηνία επίσης χρησιμοποιούνται για να αντισταθμίσουν την ύψωση της τάσης στο άκρο άφιξης μιας γραμμής μεγάλου μήκους που οφείλεται στη μεγάλη χωρητική αντίδραση που αυτή παρουσιάζει.



Σχήμα 6.1 Εγκάρσιοι πυκνωτές αντιστάθμισης

Οι πυκνωτές συνδέονται είτε απευθείας στο ζυγό ή στο “τριτεύον” (tertiary) τύλιγμα ενός μετασχηματιστή και κατανέμονται κατά μήκος του κυκλώματος για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και των πτώσεων τάσης. Έχουν το πρόβλημα, όμως, ότι όταν πέφτει η τάση (σε περίπτωση μεγάλης φόρτισης του ηλεκτρικού συστήματος) η άεργος ισχύς που παράγεται από έναν εγκάρσιο πυκνωτή πέφτει, με αποτέλεσμα πτώση της απόδοσής του. Επίσης για ελαφρά φόρτιση του συστήματος, οπότε η τάση είναι υψηλή, η έξοδος του πυκνωτή είναι μεγάλη και η τάση τείνει να ανεβαίνει πολύ ψηλά.

Οι στατικοί πυκνωτές σειράς συνδέονται σε σειρά με τους αγωγούς της γραμμής και χρησιμοποιούνται για την μείωση της επαγωγικής αντίδρασης μεταξύ του σημείου τροφοδοσίας και του φορτίου. Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι η υψηλή υπέρταση που παράγεται, όταν ένα ρεύμα βραχυκύκλωσης ρέει μέσω του πυκνωτή και γι’ αυτό χρειάζονται ειδικές συσκευές προστασίας. Στο **Σχ. 6.2(α)** φαίνεται το κύκλωμα και στο **Σχ. 6.2(β)** το διανυσματικό διάγραμμα για ένα πυκνωτή συνδεδεμένο σε σειρά με την γραμμή. Αν η ολική αντίδραση της γραμμής είναι μεγάλη, οι πυκνωτές σειράς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί και η ευστάθεια βελτιώνεται.



Σχήμα 6.2 Πυκνωτές σε σειρά με τη γραμμή

Οι σύγχρονοι αντισταθμιστές είναι σύγχρονοι κινητήρες, που λειτουργούν χωρίς μηχανικό φορτίο και ανάλογα με την τιμή της διέγερσης μπορούν να απορροφήσουν ή να παράγουν άεργο ισχύ. Όταν είναι εφοδιασμένος μ’ ένα ρυθμιστή τάσης, ο σύγχρονος αντισταθμιστής μπορεί αυτόματα να κινείται υπερδιεγερμένος, όταν το φορτίο είναι μεγάλο, παρέχοντας στο δίκτυο άεργο ισχύ και υποδιεγερμένος, όταν το φορτίο είναι μικρό, απορροφώντας από το δίκτυο άεργο ισχύ. Ένα μεγάλο πλεονέκτημά του είναι η προσαρμογή της λειτουργίας του ανάλογα με το τροφοδοτούμενο φορτίο. Εν γένει το κόστος και η συντήρηση της εγκατάστασης είναι μεγάλα, αλλά οι σύγχρονοι αντισταθμιστές είναι απαραίτητοι σε ορισμένες εφαρμογές, ιδιαίτερα όταν απαιτείται προσθήκη αδράνειας για τον έλεγχο μεταβολή της συχνότητας.

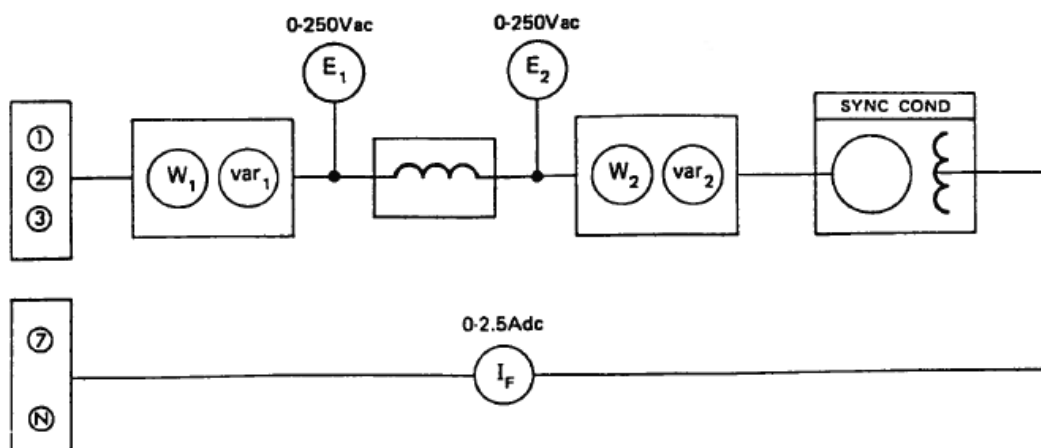
3. Χρησιμοποιούμενα όργανα

1. Τροφοδοτικό ισχύος (120/208 V 3Φ, 0-120 V dc)
2. Σύγχρονος τριφασικός κινητήρας/γεννήτρια
3. Στοιχεία ωμικών και χωρητικών αντιστάσεων
4. Τριφασικές γραμμές μεταφοράς
5. Τριφασικός μετασχηματιστής
6. Όργανα μέτρησης συνεχούς ρεύματος (0.5/2.5 A)
7. Όργανα μέτρησης εναλλασσομένων τάσεων
8. Όργανα μέτρησης τριφασικής πραγματικής και αέργου ισχύος (300 W/300 Var)

4. Πειραματικό μέρος

4.1 Ρύθμιση της τάσης εξόδου γραμμής μεταφοράς μικρού μήκους με μεταβολή της διέγερσης σύγχρονου κινητήρα που συνδέεται στην έξοδό της.

Π 6.1 Να κατασκευάσετε το κύκλωμα του Σχ. 6.3 με επαγωγική αντίδραση γραμμής 120Ω. η διέγερση να εφαρμοστεί όταν η μηχανή αποκτήσει την τελική της ταχύτητα. Να σημειώσετε τις τιμές των W_1, Var_1, E_1 και W_2, Var_2, E_2 όταν το I_F μεταβάλλεται από 0 έως 0.8 A. Να κατασκευάσετε τη καμπύλη $E_2 = f(Var_2)$.



Σχήμα 6.3

Π 6.2 Να επαναλάβετε το πείραμα **Π 6.1** με γραμμή επαγωγικής αντίδρασης 60Ω . Να σχεδιάσετε την καμπύλη $E_2 = f(Var_2)$ στο ίδιο διάγραμμα με την αντίστοιχη του **Π 6.1**. Συγκρίνετε τις δύο καμπύλες και σχολιάστε τις διαφορές τους.

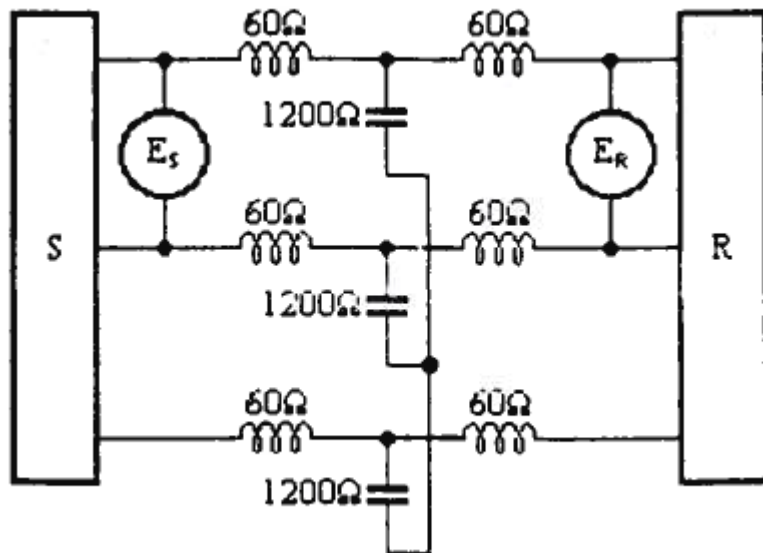
Π 6.3 Στο τέλος της γραμμής των 120Ω του **Σχ. 6.3**, παράλληλα στον σύγχρονο αντισταθμιστή, να συνδεθεί ένα συμμετρικό τριφασικό ωμικό φορτίο με τις εξής διαδοχικά τιμές:

$\infty, 1200, 600, 400, 300, 240, 200, 171.4 \Omega$.

Μεταβάλλοντας το ρεύμα διέγερσης I_F έτσι ώστε η τάση στο τέλος της γραμμής να κρατείται στα 210 V , ενώ οι αντιστάσεις μεταβάλλονται, να μετρήσετε τα μεγέθη: $W_1, Var_1, E_1, W_2, Var_2, E_2$. Να κατασκευάσετε την καμπύλη $W_2 = f(Var_2)$. Υπάρχει όριο στη δυνατότητα του σύγχρονου αντισταθμιστή να ρυθμίζει την τάση της γραμμής;

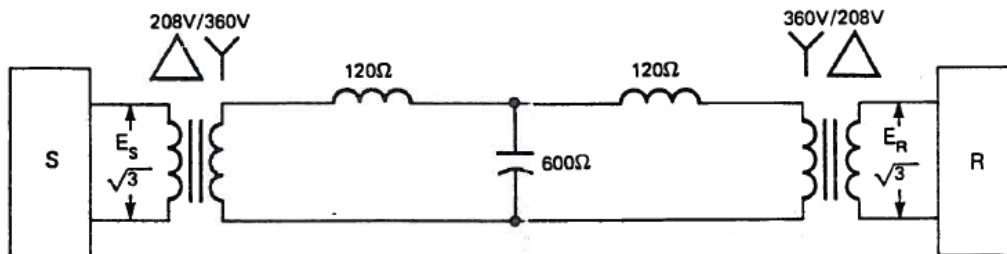
4.2 Ρύθμιση τάσης, με σύγχρονο αντισταθμιστή, γραμμή μεγάλου μήκους.

Π 6.4 Να κατασκευάσετε την συνδεσμολογία του **Σχ. 6.4**, που εξομοιώνει γραμμή μεγάλου μήκους. Τροφοδοτήστε τη γραμμή από το **S** με σταθερή τάση και ανοικτή την έξοδο. Μετρήστε τις τάσεις E_S και E_R . Συνδέστε ένα σύγχρονο αντισταθμιστή στους ακροδέκτες **R** και προσδιορίστε, μεταβάλλοντας το ρεύμα διέγερσης, την άεργο ισχύ που πρέπει να απορροφήσει ο αντισταθμιστής ώστε $E_R = E_S$.



Σχήμα 6.4

Π 6.5 Να επαναλάβετε το πείραμα **Π 6.4**, αλλά με γραμμή διπλάσιου μήκους επαγωγικής αντίδρασης 120Ω , χωρητικής αντίδρασης 600Ω και μετασχηματιστές ανύψωσης ΔY (208/360) και υποβιβασμού $Y\Delta$ (360/208) της τάσης στα άκρα της εξομοιωμένης γραμμής (**Σχ. 6.5**).



Σχήμα 6.5

Π 6.6 Να κατασκευάσετε και πάλι τη συνδεσμολογία του **Σχ. 6.4**. Να συνδεθεί ο αντισταθμιστής και να ρυθμιστεί το ρεύμα διέγερσης ώστε $E_R = E_S$. Παράλληλα προς τον αντισταθμιστή να συνδεθεί αμινικό φορτίο και να επαναληφθούν οι μετρήσεις και γραφικές παραστάσεις του πειράματος **Π 6.3**.

5. Ερωτήσεις- Προβλήματα

1. Ποιά είναι τα πλεονεκτήματα του σύγχρονου κινητήρα σαν αντισταθμιστή σε σχέση με τους στατικούς πυκνωτές;
2. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι η σύγχρονη μηχανή είναι σε υποδιέγερση ή υπερδιέγερση;
3. Πως γίνεται η βελτίωση του συντελεστή ισχύος ενός φορτίου με στατικούς πυκνωτές;
4. Σύγχρονη γεννήτρια 150 MW ονομαστικής τάσης 12 kV και σύγχρονης αντίδρασης 4Ω συνδέεται μέσω μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης 12 kV/300 kV με γραμμή μεταφοράς που έχει συνολική αντίδραση 80Ω και χωρητική αντίδραση 2000Ω . αν η τάση που επάγεται στο στάτη όταν η γεννήτρια λειτουργεί εν κενώ είναι 12 kV (πολική) να υπολογιστούν οι τάσεις στους ακροδέκτες της γεννήτριας και στο τέλος της γραμμής.

6. Σημειώματα

6.1 Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων/Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **X.YZ**.

6.2 Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιον Πατρών, Νικόλαος Βοβός, Γαβριήλ Γιαννακόπουλος «Εργαστήριο Ανάλυσης Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Άσκηση 3». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: σύνδεσμο μαθήματος.

6.3 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 και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους 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.

6.4 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.

7. Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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.

