



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Προστασία Σ.Η.Ε

Ενότητα 11: Παράρτημα-Ασκήσεις

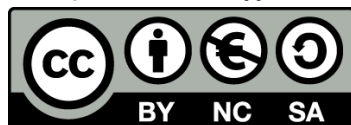
Νικόλαος Βοβός
Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών



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.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

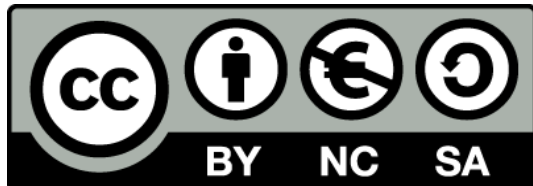
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Άδειες χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης creative commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκεινται σε άλλου τύπου άδειες χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



5.1

Ένα τριφασικό καλώδιο **ABC**, **11KV**, τροφοδοτούμενο στο **A**, έχει τριφασικά επίπεδα βραχυκύκλωσης σε συνθήκες μέγιστης φόρτισης, **250**, **225** και **200 MVA** στα **A**, **B** και **C** αντίστοιχα (υπολογισμένα σε τάση **11 KV**). Ο **11 KV** διακόπτης στο **C** που ελέγχει τον **11000/415 V**, **1000 KVA** μετασχηματιστή στο **C**, είναι τύπου απευθείας δράσης με ασφάλειες που καίγονται σε **0.1 s** για ένα σφάλμα **200 MVA** στην πλευρά υψηλής τάσης του μετασχηματιστή. Στο **B**, στο τμήμα **BC** και στο **A**, στο τμήμα **AB** τροφοδοτούνται **400/5 A** μετασχηματιστής ρεύματος και ηλεκτρονόμοι τύπου **I.D.M.T.L**. Να χρησιμοποιήσετε μία χρονική καθυστέρηση για επιλεκτικότητα **S=0.5 s** και **PS** τέτοιο ώστε, για ένα τριφασικό βραχυκύκλωμα στην απομακρυσμένη πλευρά που ελέγχει ο ηλεκτρονόμος, το **PSM** να είναι μικρότερο του **20** κατά ένα ποσοστό όσο είναι δυνατόν μικρότερο. Να υπολογίσετε το **PS** και το **TMS** των ηλεκτρονόμων στο **B** και **A**. Αν τα μέγιστα φορτία στα τμήματα **AB** και **BC** είναι αντίστοιχα **2** και **1 MVA**, αποδείξτε ότι η προστασία δεν θα λειτουργήσει σε συνθήκες μέγιστης φόρτισης.



5.2

Ένας τριφασικός μετασχηματιστής **20 MVA**, που μπορεί να δέχεται μία υπερφόρτιση μέχρι **30%** τροφοδοτεί ένα ζυγό **11 KV** μέσω ενός διακόπτη ισχύος. Άλλοι διακόπτες τροφοδοτούν γραμμές που αναχωρούν από το ζυγό. Ο διακόπτης του μετασχηματιστή είναι εφοδιασμένος με μετασχηματιστή ρεύματος **1000/5 A** και οι διακόπτες γραμμών με μετασχηματιστές ρεύματος **400/5 A** και όλοι οι μετασχηματιστές ρεύματος τροφοδοτούν ηλεκτρονόμους υπερρεύματος που τα χαρακτηριστικά τους δίνονται στο **Σχ. 4.11**. Οι ηλεκτρονόμοι των διακοπών που τροφοδοτούν τις γραμμές έχουν **PS=125%** και **TMS =0.3**. Αν ένα τριφασικό ρεύμα σφάλματος **5000 A** ρέει από το μετασχηματιστή σε μία γραμμή να υπολογίσετε:

- α)** Το χρόνο λειτουργίας του ηλεκτρονόμου γραμμής.
- β)** Το ελάχιστο **PS** του ηλεκτρονόμου του μετασχηματιστή και το **TMS**, όταν χρησιμοποιήσουμε μία χρονική καθυστέρηση για επιλεκτικότητα **S = 0.5 s**.



6.2(1)

Ένας σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έχει έξη ίδιες μονάδες γεννήτριας-μετασχηματιστή. Οι γεννήτριες έχουν ονομαστικές τιμές **11 KV, 120 MW, 150 MVA** και έχουν $X_1' = X_2' = 18\%$. Οι μετασχηματιστές έχουν ονομαστικές τιμές **150 MVA, 11/132 KV, Δ/Υ με γειωμένο ουδέτερο** και $X=12\%$. Η γραμμή **AB** είναι **132 KV** και έχει μήκος **60 Km** και $X_1 = 0.7 \Omega/\text{φάση-Km}$. Υποθέτουμε ότι το σύστημα είναι αφόρτιστο με ονομαστική τάση (αμελούμε την αντίσταση του συστήματος). Ο ηλεκτρονόμος σύνθετης αντίστασης στο **A** απαιτεί για ικανοποιητική λειτουργία μία ελάχιστη τάση $V_{min} = 3\%$ της ονομαστικής τάσης. Για ένα τριφασικό βραχυκύκλωμα υπολογίστε την ελάχιστη απόσταση του σφάλματος από τον ηλεκτρονόμο για ικανοποιητική λειτουργία του ηλεκτρονόμου, όταν:

- **(α)** Λειτουργεί η μία μόνο μονάδα
- **(β)** Λειτουργούν και οι έξη μονάδες.



6.2(2)

ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

- Δίνεται ότι για ικανοποιητική λειτουργία πρέπει να ισχύει η σχέση :

$$\mathbf{S. I. R. \leq C. I. R.}$$

Όπου:

- $\mathbf{S.I.R. = \frac{Z_s}{Z_f}}$
- $\mathbf{C.I.R. = \left(\frac{V}{V_{min}} - 1 \right)}$
- $\mathbf{Z_s}$: σύνθετη αντίσταση πηγής.
- $\mathbf{Z_f}$: σύνθετη αντίσταση γραμμής από το σημείο του ηλεκτρονόμου μέχρι το σημείο του βραχυκυκλώματος.



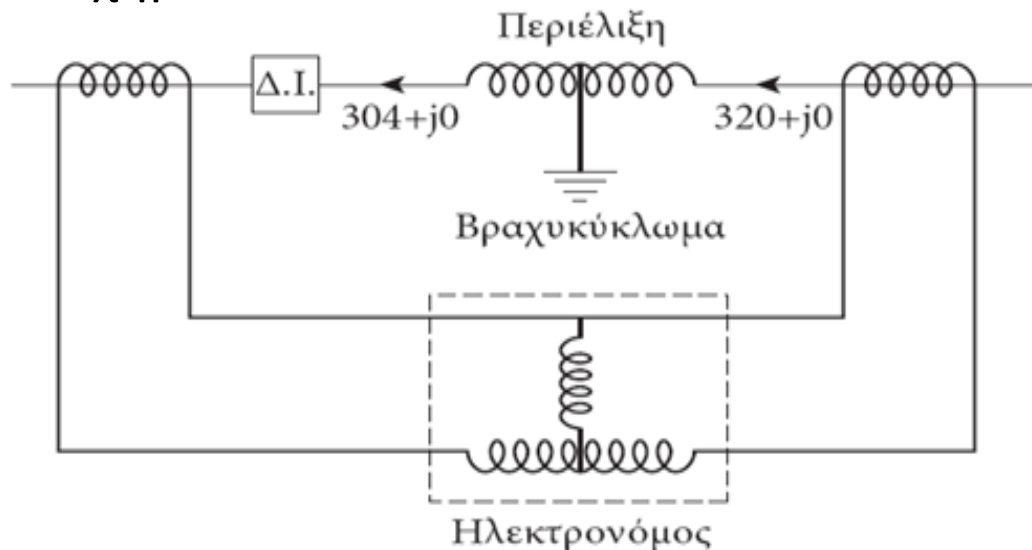
6.3

Όλες οι μονάδες του σταθμού της άσκησης **6.2**, που συνδέονται στο ζυγό **A**, λειτουργούν. Ο ηλεκτρονόμος στο **A** είναι τώρα ένας **mho** ηλεκτρονόμος με γωνία μέγιστης ροπής **70%** και είναι ρυθμισμένος να προστατεύει το **80%** της γραμμής **AB**. Ένας μικρός σταθμός που έχει αντίσταση πηγής **$j158.6 \Omega$ /φάση** στα **132 KV**, συνδέεται τώρα στο μέσον της γραμμής **AB**. Προσδιορίστε τη θέση ενός τριφασικού βραχυκυκλώματος που μόλις θέτει σε λειτουργία τον ηλεκτρονόμο και μετά υπολογίστε την υποεπέκταση του ηλεκτρονόμου. Υποθέτουμε ότι οι ηλεκτρεγερτικές τάσεις των πηγών είναι όλες ίσες με την ονομαστική τάση και σε φάση.



7.1(1)

Στο σχήμα φαίνεται ένας αναλογικός διαφορικός ηλεκτρονόμος, που χρησιμοποιείται για την προστασία μίας περιέλιξης μίας γεννήτριας. Ο ηλεκτρονόμος έχει ελάχιστο επίπεδο επιλογής **0.1 A** και μία κλίση **10%** (ορίζεται όπως στο Σχ. 7.6). Στην περιέλιξη, κοντά στο γειωμένο άκρο της, συνέβη όπως φαίνεται στο σχήμα ένα βραχυκύκλωμα με μεγάλη αντίσταση βραχυκύκλωσης, ενώ η γεννήτρια λειτουργούσε με φορτίο. Τα ρεύματα βραχυκύκλωσης στα άκρα της περιέλιξης φαίνονται στο σχήμα.



7.1(2)

- **α)** Υποθέτουμε ότι οι μετασχηματιστές ρεύματος έχουν λόγο **400/5** και ζητούμε να μάθουμε αν θα ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος με αυτές τις συνθήκες.
- **β)** Αν η γεννήτρια λειτουργούσε χωρίς φορτίο με ανοικτό το διακόπτη θα είχαμε ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου με την προηγούμενη τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης;
- **γ)** Να δείξετε στο ίδιο διάγραμμα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του ηλεκτρονόμου και τα σημεία που παριστούν τα ρεύματα λειτουργίας και αναχαίτισης για τις δύο προηγούμενες συνθήκες.



10.1

Μία γεννήτρια συνδεδεμένη σε αστέρα **4000 KVA, 6.6 KV** έχει μεταβατική επαγωγική αντίσταση **2 Ω/φάση**, αμελητέα ωμική αντίσταση και έχει προστασία μονάδας. Ο ουδέτερος γειώνεται με μία αντίσταση **7.5 Ω**. Ο ηλεκτρονόμος είναι ρυθμισμένος να λειτουργεί όταν έχουμε ένα ρεύμα ανισοροπίας **1A** στο δευτερεύον του **500/5 A** μετασχηματιστή ρεύματος.

- Πόσο τοις εκατό κάθε περιέλιξης προστατεύεται για ένα βραχυκύκλωμα φάσης με γη;



Βιβλιογραφία

- Όλα τα σχήματα, οι εικόνες και τα γραφήματα που παρουσιάστηκαν σε αυτήν την ενότητα είναι από το βιβλίο «Προστασία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας», Ν. Α. Βοβός, Εκδόσεις Ζήτη.



Χρηματοδότηση

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

