



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

**ΘΕΩΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ
ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΟΦΑΝΗΣ Δ. ΛΙΟΤΣΟΣ

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές

Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

**ΘΕΩΡΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ
ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΟΦΑΝΗΣ Δ. ΛΙΟΤΣΟΣ

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές

Αναπλ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή την 15^η Ιουνίου 2007:

.....
Α.Κλαδάς

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γ.Κορρές

Αν.Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Σ.Παπαθανασίου

Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2007

.....
Θεοφάνης Δ. Λιότσος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών
Ε.Μ.Π.

Copyright © Θεοφάνης Δ. Λιότσος, 2007

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σε όσους πίστεψαν σε εμένα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα της προσπάθειάς μου κ. Κορρέ Γεώργιο, Αν. Καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Π., για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματευτώ το θέμα αυτό και του οποίου η καθοδήγηση ήταν καταλυτική για τη διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Επίσης ευχαριστίες οφείλονται, στους κ. Μαρτίνη Αθανάσιο, Υποτομέαρχη του Τομέα Συντήρησης και κ. Μουτσάκη Αντώνιο, Μηχανικού του Τομέα Συντήρησης, του Α.Η.Σ. Λαυρίου, για την αμέριστη συμπαράσταση και φιλοξενία που μου παρείχαν στις εγκαταστάσεις του Σταθμού. Τέλος να ευχαριστήσω τον κ. Αποστολόπουλο Χρήστο, Διπλωματούχο Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και Μηχανικό Υπολογιστών του Ε.Μ.Π., του οποίου η συνεισφορά και η συνεργασία κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας αυτής, ήταν κάτι παραπάνω από απαραίτητη και εποικοδομητική.

Περίληψη

Ένα Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.), έχει σα σκοπό την αδιάλειπτη παραγωγή και μεταφορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας προς τους καταναλωτές, με όσο το δυνατόν αξιόπιστο και οικονομικό τρόπο. Η αξιοπιστία του Σ.Η.Ε. στην παροχή της Ηλεκτρικής Ενέργειας, είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εύρυθμη λειτουργία μιας σύγχρονης κοινωνίας. Επιπλέον όμως, ένα σύγχρονο Σ.Η.Ε., αντιπροσωπεύει και μία εξαιρετικά μεγάλη επένδυση κεφαλαίων, της οποίας η διαφύλαξη και η μεγιστοποίηση της απόδοσης, θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη. Η ανάγκη λοιπόν της προστασίας των Σ.Η.Ε. είναι επιτακτική, ώστε να επιτευχθούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο οι παραπάνω στόχοι. Ένα μεγάλο κεφάλαιο στην προστασία των Σ.Η.Ε., αποτελεί και η προστασία των Σταθμών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και ειδικότερα η προστασία των γεννητριών αυτών. Στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, επιχειρείται μία διερεύνηση όλων των πιθανών μεθόδων και μορφών προστασίας γεννητριών, ανεξαρτήτου ισχύος, άρα και κόστους, βάσει των τύπων των σφαλμάτων που μπορούν να εμφανιστούν σε αυτές. Επιπρόσθετα, γίνεται μια μελέτη και εφαρμογή της προστασίας γεννητριών, στη γεννήτρια ενός ηλεκτρικού δικτύου, με σκοπό την πρακτική εξάσκηση και περαιτέρω εμβάθυνση στο αντικείμενο αυτό. Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική αναφορά στην προστασία των Σ.Η.Ε. και στην ανάγκη για αυτό, δίνοντας και εξηγώντας στη συνέχεια τις διάφορες θεμελιώδεις έννοιες και ορισμούς, που συναντώνται ευρέως. Στο δεύτερο κεφάλαιο, δίνονται κάποιες σημαντικές πληροφορίες που έχουν άμεση επίδραση στη διαρρύθμιση της προστασίας και που έχουν να κάνουν με τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων γεννητριών, που απαντώνται κατά κόρον στους Σταθμούς Παραγωγής. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι ο σχεδιασμός και η διεύθετηση των τυλιγμάτων του στάτη της σύγχρονης γεννήτριας και το σύστημα διέγερσής της. Επίσης αναλύονται όλες οι μέθοδοι γείωσης που εφαρμόζονται σήμερα, οι τρόποι εγκατάστασης των γεννητριών, ο έλεγχος της διέγερσης και ο έλεγχος του αυτόματου ρυθμιστή στροφών. Στο τρίτο και τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται μια εκτενής και συνάμα πλήρης καταγραφή όλων των προστασιών που μπορούν να εφαρμοστούν στις γεννήτριες σήμερα, με γνώμονα τα σφάλματα ή τις αστοχίες που ενδέχεται να εμφανιστούν, στα τυλίγματα του στάτη, του δρομέα αλλά και σε άλλα συστήματα. Στο πέμπτο κεφάλαιο, με τη βοήθεια ενός κατάλληλου προγράμματος, πραγματοποιούνται προσομοιώσεις διαφόρων διαταραχών στο πεδίο του χρόνου σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο, για την εξαγωγή αποτελεσμάτων που θα βοηθήσουν στη ρύθμιση της προστασίας της γεννήτριας. Στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, κάνοντας χρήση ενός αριθμητικού ηλεκτρονόμου προστασίας γεννήτριας, καθορίζονται οι ρυθμίσεις της προστασίας αυτής, σύμφωνα με τις αρχές και τους κανόνες που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

Λέξεις Κλειδιά: Προστασία γεννήτριας, Ηλεκτρονόμος γεννήτριας, Στοιχεία ηλεκτρονόμου, Σφάλματα στάτη, Τύλιγμα πεδίου, Γείωση ουδέτερου κόμβου, Ρυθμίσεις προστασίας, Διαφορική προστασία, Προστασία υπερεντάσεως, Απώλεια διέγερσης, Προσομοίωση δικτύου, Βραχυκυκλώματα, Μεταβατική ευστάθεια.

Abstract

The purpose of an electrical power system is to generate and supply electrical energy to consumers, with as much as possible reliable and economic way. The reliability of the power system to supply electrical energy is directly connected with the normal operation of modern society. Additionally, a modern power system represents a very large capital investment, which the preservation and the maximization of output, will be also taken into consideration. In order to achieve all the above mentioned objectives we realize that the necessity of power system protection is imperative. A significant part in the power system protection is the protection of power stations and more specifically the protection of generators. In this diploma thesis, is attempted an analysis of all likely methods and forms of generators protection, independent size, hence also cost, based on the types of faults that may occur at them. Moreover, we present a case study and an application of generator protection, at the generator of a specific electric network, aiming in this manner the training and further deepening in this object. More specifically, in the first chapter we go on a general introduction in the electrical power system protection, giving and explaining the various fundamentals principals and definitions, which they meet widely. In the second chapter, is given certain important information that has direct effect on the configuration of protection. Such information is the design and the arrangement of synchronous generator's stator winding, the excitation system, the governor and the different grounding methods and power plant configurations. In the third and fourth chapter, we go on an extensive and at the same time complete recording of all protections that can be applied in the generators, taking into consideration the faults or failures that are probably occur, on the stator and rotor. In the fifth chapter, with the assistant of an appropriate program, we realize simulations of various disturbances in the field of time in an electric network. The results help us determinate of generator's protection settings. In the sixth and last chapter, with the usage of a numerical generator protection relay, we determine the settings of this protection, according to the principals and the rules that we already analyze at the previous chapters.

Keywords: Generator protection, Generator relay, Relay elements, Stator faults, Field winding, Grounding, Protection settings, Differential protection, Overcurrent protection, Loss of excitation, Network simulation, Short-circuits, Transient stability.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1ο	Εισαγωγικά προστασίας συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.....	9
1.1.	Παρουσίαση	11
1.2.	Εξοπλισμός της προστασίας	14
1.3.	Ζώνες προστασίας.....	16
1.4.	Αξιοπιστία.....	18
1.4.1.	Σχεδιασμός.....	18
1.4.2.	Ρυθμίσεις.....	19
1.4.3.	Εγκατάσταση	19
1.4.4.	Δοκιμή.....	20
1.4.5.	Φθορά κατά την υπηρεσία	20
1.4.6.	Απόδοση της προστασίας	21
1.5.	Επιλογικότητα.....	22
1.5.1.	Κλιμάκωση χρόνου	23
1.5.2.	Συστήματα ομάδας.....	23
1.6.	Ευστάθεια	24
1.7.	Ταχύτητα.....	24
1.8.	Εναισθησία	25
1.9.	Κύρια και εφεδρική προστασία	26
Κεφάλαιο 2ο	Εισαγωγικά προστασίας γεννητριών.....	29
2.1.	Παρουσίαση	31
2.2.	Διευθέτηση και σχεδίαση των τυλιγμάτων της γεννήτριας.....	32
2.3.	Γείωση γεννήτριας	34
2.3.1.	Γείωση μέσω μεγάλης σύνθετης αντίστασης.....	35
2.3.1.1.	Γείωση μέσω μεγάλης αντίστασης	35
2.3.1.2.	Γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης συντονισμού	36
2.3.2.	Γείωση μέσω χαμηλής αντίστασης.....	37
2.3.3.	Γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης.....	37
2.3.4.	Γείωση με M/Σ γείωσης.....	38
2.4.	Συστήματα διέγερσης	39
2.5.	Διάταξη των σταθμών παραγωγής.....	39
2.5.1.	Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια - M/Σ	40

2.5.2.	Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια – Μ/Σ με διακόπτη γεννήτριας.....	41
2.5.3.	Γεννήτριες που μοιράζονται ένα Μ/Σ ανύψωσης.....	41
2.5.4.	Γεννήτριες που συνδέονται απευθείας στο σύστημα διανομής.....	43
2.6.	Έλεγχος διέγερσης	43
2.7.	Έλεγχος ρυθμιστή στροφών στροβίλου.....	44
2.8.	Διαχωρισμός σφαλμάτων.....	45
2.8.1.	Εσωτερικά και εξωτερικά σφάλματα στη γεννήτρια.....	45
2.8.2.	Σημαντικά και δευτερεύοντα ηλεκτρικά σφάλματα, μη κανονικές συνθήκες της κινητήριας μονάδος και σφάλματα σχετιζόμενα με το Σ.Η.Ε.....	46
2.8.3.	Σφάλματα στα τυλίγματα του στάτη, του δρομέα και σφάλματα άλλων συστημάτων	46
2.9.	Τύποι προστασίας γεννητριών	47
Κεφάλαιο 3ο Προστασίες του στάτη της γεννήτριας.....		49
3.1.	Παρουσίαση	51
3.2.	Γείωση γεννήτριας	53
3.3.	Σφάλμα τυλίγματος στάτη	55
3.3.1.	Σφάλματα γης	56
3.3.2.	Διφασικά (2-Φ) σφάλματα.....	56
3.3.3.	Σφάλματα μεταξύ σπειρών του ίδιου πηνίου.....	57
3.4.	Προστασία τυλίγματος στάτη	57
3.5.	Διαφορική προστασία για απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες.....	58
3.5.1.	Προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης.....	59
3.5.2.	Διαφορική προστασία υψηλής σύνθετης αντίστασης.....	60
3.5.3.	Απαιτήσεις των Μ/Ε	62
3.6.	Διαφορική προστασία γεννητριών – μετασχηματιστών.....	62
3.6.1.	Διαφορική προστασία Γεννήτριας - Μ/Σ ανύψωσης.....	63
3.6.2.	Διαφορική προστασία Μ/Σ μονάδος.....	64
3.7.	Προστασία υπερέντασης.....	64
3.7.1.	Απλή προστασία υπερέντασης.....	65
3.7.2.	Προστασία υπερέντασης εξαρτώμενη από τάση	67
3.7.2.1.	Προστασία υπερέντασης ελεγχόμενη από τάση.....	67
3.7.2.2.	Προστασία υπερέντασης με ανταγωνισμό τάσης.....	68
3.8.	Προστασία σφάλματος γης στάτη	69

3.8.1. Απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες.....	69
3.8.1.1. Προστασία υπερέντασης ουδετέρου.....	70
3.8.1.2. Ευαίσθητη προστασία σφάλματος γης.....	70
3.8.1.3. Προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου.....	72
3.8.2. Έμμεσα συνδεδεμένες γεννήτριες.....	73
3.8.2.1. Γείωση μέσω υψηλής αντίστασης – Προστασία υπερέντασης ουδετέρου.....	74
3.8.2.2. Γείωση μέσω Μ/Σ διανομής και με χρήση στοιχείου ρεύματος.....	75
3.8.2.3. Γείωση μέσω Μ/Σ διανομής και με χρήση στοιχείου τάσης.....	77
3.8.2.4. Προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου.....	77
3.8.3. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης.....	78
3.8.3.1. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης χαμηλής σύνθετης αντίστασης, με ρεύματα διαφορών - πόλωσης.....	78
3.8.3.2. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης υψηλής σύνθετης αντίστασης.....	79
3.8.4. Προστασία σφάλματος γης για ολόκληρο το τύλιγμα του στάτη.....	79
3.8.4.1. Μέτρηση της 3 ^{ης} αρμονικής της τάσης.....	80
3.8.4.2. Χρησιμοποίηση έγχυσης τάσης χαμηλής συχνότητας.....	81
3.9. Προστασία υπέρτασης.....	81
3.10. Προστασία υπότασης.....	83
3.11. Προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς / Προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς.....	84
3.11.1. Προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς.....	84
3.11.2. Προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς.....	85
3.12. Ασύμμετρη φόρτιση.....	86
3.12.1. Επίδραση του ρεύματος αρνητικής ακολουθίας.....	86
3.12.2. Προστασία από ρεύματα αρνητικής ακολουθίας.....	88
3.13. Προστασία έναντι ακούσιας ενεργοποίησης.....	90
3.14. Προστασία υπέρ/υποσυχνότητας και υπερ-ροής.....	91
3.14.1. Υπερ-ροή.....	91
3.14.2. Υπέρ/υποσυχνότητας.....	92
Κεφάλαιο 4ο Προστασίες του δρομέα της γεννήτριας.....	95
4.1. Σφάλματα δρομέα.....	97
4.1.1. Προστασία σφάλματος γης δρομέα.....	99

4.1.1.1.	Μέθοδος ποτενσιόμετρου	99
4.1.1.2.	Μέθοδος έγχυσης.....	100
4.1.2.	Προστασία σφαλμάτων γης δρομέα σε γεννήτριες που δε φέρουν ψήκτρες	101
4.1.3.	Προστασία από βραχυκυκλωμένες σπείρες στο δρομέα	102
4.1.4.	Προστασία έναντι αστοχιών στις διόδους	102
4.1.5.	Καταστολή του πεδίου	103
4.2.	Απώλεια διέγερσης	104
4.2.1.	Προστασία από απώλεια διέγερσης.....	105
4.2.1.1.	Μικρές γεννήτριες	105
4.2.1.2.	Μεγάλες γεννήτριες (>5 MVA).....	106
4.2.2.	Χαρακτηριστικές προστασίας βασισμένες στη σύνθετη αντίσταση.....	111
4.2.3.	Ρυθμίσεις της προστασίας.....	113
4.3.	Προστασία έναντι ολίσθησης πόλου	114
4.3.1.	Προστασία με χρήση στοιχείου αντίστροφης φοράς ισχύος	114
4.3.2.	Προστασία κάνοντας χρήση στοιχείου υπο-σύνθετης αντίστασης.....	115
4.3.3.	Αποκλειστική προστασία ολίσθησης πόλου.....	116
4.3.3.1.	Προστασία ολίσθησης πόλου μέσω μέτρησης της σύνθετης αντίστασης	116
4.3.3.2.	Χρήση φακοειδούς χαρακτηριστικής	118
4.4.	Υπερθέρμανση στάτη	120
4.5.	Μηχανικά σφάλματα.....	121
4.5.1.	Αποτυχία της κινητήριας μονάδας.....	121
4.5.2.	Υπερτάχυνση	122
4.5.3.	Απώλεια του κενού	122
Κεφάλαιο 5ο	Δυναμική ανάλυση-προσομοίωση ηλεκτρικού δικτύου	125
5.1.	Παρουσίαση	127
5.2.	Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου.....	127
5.3.	Μετατροπές μεγεθών	130
5.4.	Το πρόγραμμα προσομοίωσης.....	133
5.4.1.	Εισαγωγή του δικτύου στο NEPLAN.....	133
5.5.	Μελέτη ροής φορτίου	134
5.6.	Μελέτη βραχυκυκλωμάτων	136
5.6.1.	Μονοφασικό βραχυκύκλωμα.....	136

5.6.2.	Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς γη.....	140
5.6.3.	Διφασικό βραχυκύκλωμα με γη.....	144
5.6.4.	Τριφασικό βραχυκύκλωμα.....	148
5.6.5.	Μονοφασικό βραχυκύκλωμα με αντίσταση σφάλματος $R_f=20\Omega$	152
5.7.	Μελέτη κατάστασης απώλειας της διέγερσης.....	154
Κεφάλαιο 6ο Προσδιορισμός ρυθμίσεων προστασίας γεννήτριας		159
6.1.	Παρουσίαση.....	161
6.2.	Χαρακτηριστικά του H/N.....	162
6.3.	Ρυθμίσεις στοιχείων του H/N.....	165
6.3.1.	Αρχικές ρυθμίσεις.....	166
6.3.2.	Στοιχείο Τάσης/Συχνότητα.....	166
6.3.3.	Στοιχείο αντίστροφης/χαμηλής – ορθής φοράς ροής ισχύος.....	168
6.3.4.	Στοιχείο υπερέντασης αρνητικής ακολουθίας.....	169
6.3.5.	Στοιχεία υπερέντασης.....	170
6.3.6.	Στοιχείο απώλειας πεδίου.....	173
6.3.7.	Στοιχεία απόστασης.....	175
Παράρτημα Α: Ορολογία.....		177
Παράρτημα Β: Συμβολισμοί H/N		191
Παράρτημα C: Τεχνικά χαρακτηριστικά και διαγράμματα καλωδίωσης του H/N SEL – 300G.....		195
Παράρτημα D: Φύλλα καταχώρησης ρυθμίσεων του H/N SEL – 300G.....		209
Παράρτημα E: Βιβλιογραφία.....		237

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγικά προστασίας συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας

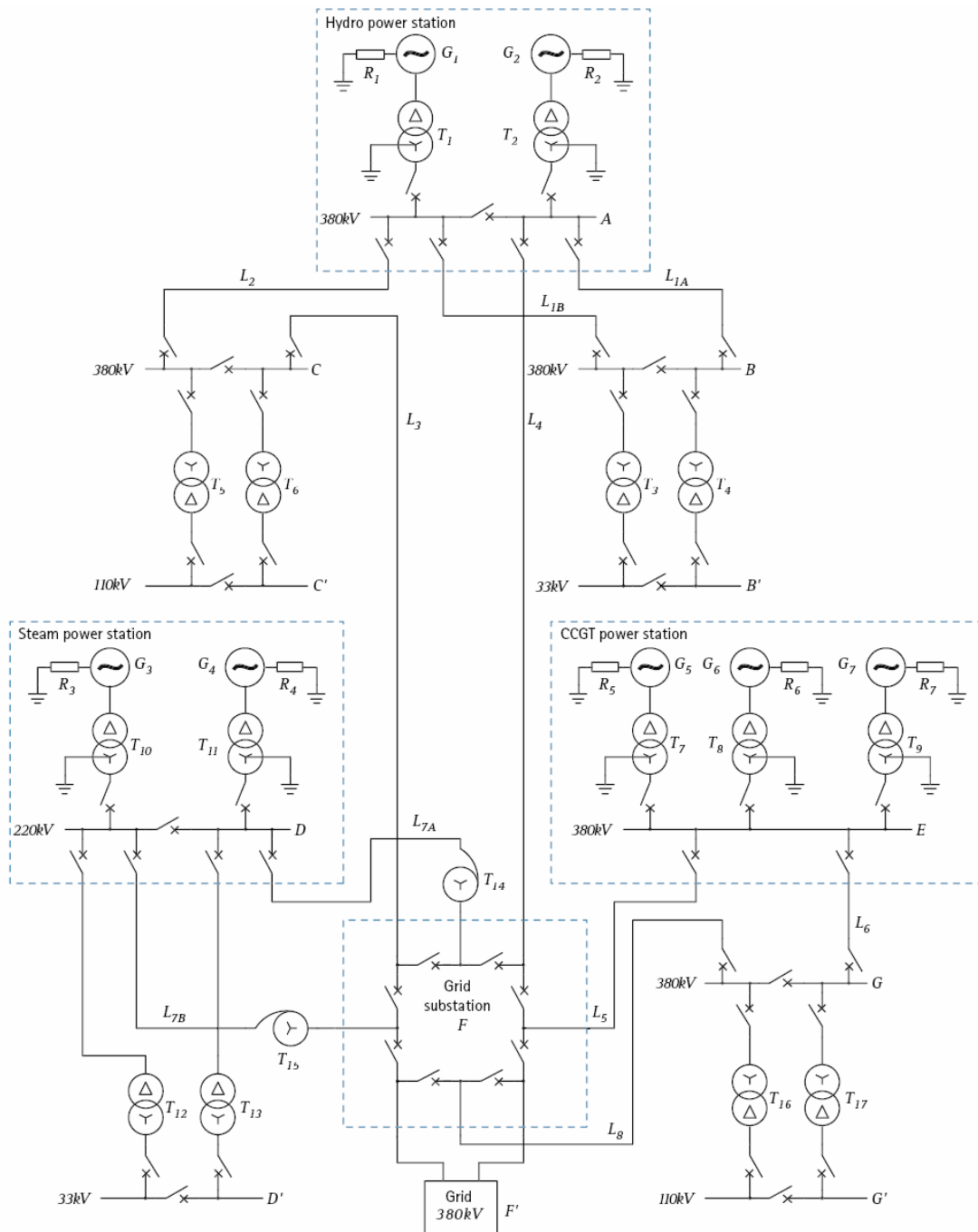
1.1. Παρουσίαση

Ο σκοπός ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι να παράγει και να παρέχει Ηλεκτρική Ενέργεια στους καταναλωτές. Το σύστημα θα πρέπει να σχεδιάζεται και να διαχειρίζεται, ώστε να παραδίδει αυτή την ενέργεια στα σημεία εκμετάλλευσής της, αξιόπιστα αλλά και οικονομικά. Σοβαρές διαταράξεις στην καθημερινή ροή μιας σύγχρονης κοινωνίας, μπορούν άμεσα να συνδυαστούν με το γεγονός συχνών και παρατεταμένων διακοπών ρεύματος, πράγμα που δίνει μεγάλη έμφαση στην αξιοπιστία και την ασφάλεια της παρεχόμενης ενέργειας. Καθώς οι απαιτήσεις για αξιοπιστία και οικονομία είναι έννοιες ευθέως αντικρουόμενες, αρκεί να σκεφτεί κανείς ότι για να αυξηθεί η μία θα πρέπει να μειωθεί η άλλη, ο σωστός σχεδιασμός ενός Σ.Η.Ε. θα πρέπει ν' αποτελεί δέσμευση, ώστε να επιτυγχάνεται η χρυσή τομή αυτών.

Ένα Σ.Η.Ε., αποτελείται από τη σύνθεση πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους στοιχείων εξοπλισμού. Το σχήμα 1.2., δείχνει ένα υποθετικό Σ.Η.Ε. Αυτό μαζί με την σχήμα 1.1., δείχνουν ακριβώς αυτή τη διαφορετικότητα και την ποικιλία του εξοπλισμού που βρίσκουμε σ' ένα σύγχρονο Σ.Η.Ε.



Σχήμα 1.1. Σύγχρονος σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 1.2. Παράδειγμα συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας

Πολλά από τα στοιχεία του εξοπλισμού, κοστίζουν πολύ ακριβά και έτσι ένα ολοκληρωμένο Σ.Η.Ε., αντιπροσωπεύει μία πάρα πολύ μεγάλη επένδυση κεφαλαίων. Για να μεγιστοποιηθεί το κέρδος απ' αυτή την επένδυση, το Σ.Η.Ε. θα πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν πιο κοντά στα όρια μέγιστης απόδοσής του, που του επιτρέπουν την αξιόπιστη και ασφαλή παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας. Μία άλλη όμως πιο βασική ίσως αρχή, είναι το Σ.Η.Ε. να μπορεί να λειτουργεί με ασφαλή

τρόπο συνεχώς. Ωστόσο, όσο καλά και να είναι σχεδιασμένο ένα Σ.Η.Ε., σφάλματα θα συμβαίνουν πάντα και μπορεί να αντιπροσωπεύουν έναν κίνδυνο κατά της ζωής ή και της ιδιοκτησίας. Στο σχήμα 1.3., φαίνεται η έναρξη της «επίθεσης» ενός σφάλματος, σε μία εναέρια γραμμή μεταφοράς.



Σχήμα 1.3. Σφάλμα σ' εναέρια γραμμή μεταφοράς

Η καταστροφική ισχύ του πολύ μεγάλου ρεύματος που μεταφέρει το τόξο ενός σφάλματος, είναι παρά πολύ μεγάλη. Μπορεί να κάψει τελείως ακόμα και χάλκινους αγωγούς, ή να λιώσει μεταξύ τους τα ελάσματα του πυρήνα ενός μετασχηματιστή (Μ/Σ) ή μίας μηχανής, σ' ένα πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα, της τάξεως των μερικών δεκάδων ή και εκατοντάδων χιλιοστών του δευτερολέπτου (msec). Ακόμα και μακριά από το ίδιο το τόξο του σφάλματος, τα μεγάλα ρεύματα μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στην εγκατάσταση, εάν η διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη από μερικά δευτερόλεπτα. Κατά συνέπεια η πρόβλεψη για επαρκή προστασία, η οποία θα ανιχνεύει και θα αποσυνδέει στοιχεία του Σ.Η.Ε. κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος, αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού του. Μόνο με αυτόν τον τρόπο

οι στόχοι που έχει να επιτελέσει το Σ.Η.Ε. μπορούν να επιτευχθούν και γενικότερα να μπορέσει προστατευθεί η επένδυση. Το σχήμα 1.4., παρουσιάζει τις συνέπειες της αποτυχίας του να εξασφαλιστεί η κατάλληλη προστασία. Αυτό είναι και το μέτρο της σπουδαιότητας των συστημάτων προστασίας, όπως αυτά εφαρμόζονται στο Σ.Η.Ε., αλλά και της ευθύνης που βαραίνει τον μηχανικό των προστασιών.



Σχήμα 1.4. Πιθανές συνέπειες ανεπαρκούς προστασίας

1.2. Εξοπλισμός της προστασίας

Στην προστασία του Σ.Η.Ε., χρησιμοποιούνται συνήθως οι παρακάτω ορισμοί.

- a) Σύστημα προστασίας: μία πλήρης διάταξη από εξοπλισμό προστασίας, αλλά και άλλων συσκευών, που απαιτούνται για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη λειτουργία, βασισμένη σε μία αρχή προστασίας. (IEC 60255-20)
- b) Εξοπλισμός προστασίας: μία σειρά από συσκευές προστασίας (Ηλεκτρονόμοι (H/N), ασφάλειες κ.λ.π.). Εξαιρούνται οι συσκευές όπως μετασχηματιστές έντασης (M/E), διακόπτες ισχύος (Δ/I), επαφείς κ.λ.π.
- c) Σχήμα προστασίας: μια σειρά από εξοπλισμό προστασίας, που επιτελεί μία καθορισμένη λειτουργία και περιλαμβάνει όλο τον εξοπλισμό που απαιτείται, έτσι ώστε αυτό το σχέδιο να λειτουργήσει (π.χ. H/N, M/E, Δ/I, μπαταρίες, κ.λ.π.).

Για να μπορέσουν να πραγματοποιηθούν όλες οι απαιτήσεις της προστασίας με τη βέλτιστη δυνατή ταχύτητα και για τις πολλές διαφορετικές διαμορφώσεις, συνθήκες λειτουργίας και χαρακτηριστικά κατασκευής του Σ.Η.Ε., ήταν αναγκαίο να αναπτυχθούν πολλοί τύποι H/N, ικανοί να ανταποκριθούν στις ποικίλες λειτουργίες που επιτελούνται, μέσω των παραμέτρων του Σ.Η.Ε. (ρεύμα, τάση, ισχύ κ.λ.π.). Απλή παρακολούθηση για παράδειγμα του ρεύματος σφάλματος, σε μερικές περιπτώσεις είναι αρκετό, αλλά σε κάποιες άλλες μπορεί να είναι απαραίτητη η μέτρηση της ισχύος, ή της σύνθετης αντίστασης. Οι H/N συχνά μετρούν μεγέθη του Σ.Η.Ε. που είναι μιγαδικές συναρτήσεις και οι οποίες μόνο με μαθηματικά ή γραφικά μέσα είναι εύκολα εκφράσιμες.

Οι H/N μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν και είναι:

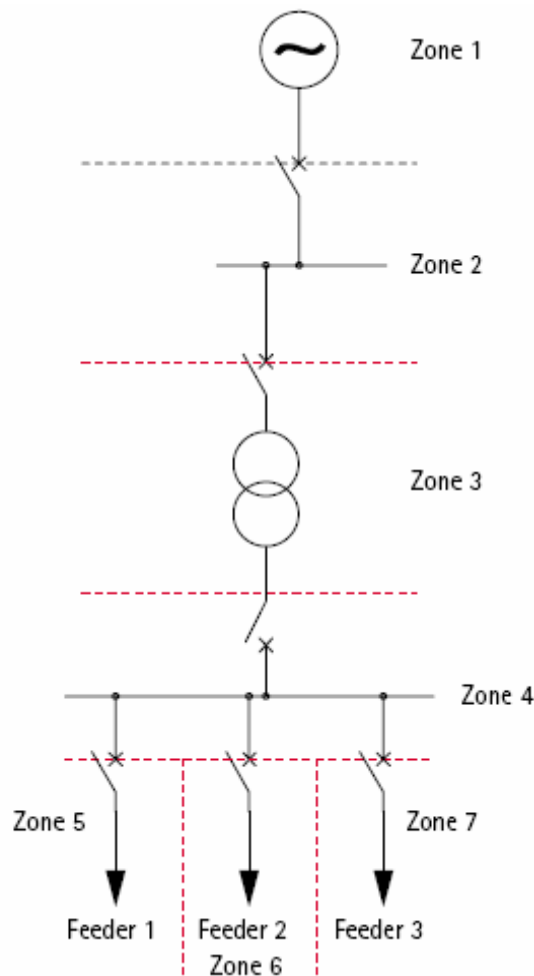
- a) Ηλεκτρομηχανικοί
- b) Στατικοί
- c) Ψηφιακοί
- d) Αριθμητικοί

Οι παραπάνω τύποι H/N, έχουν σε κάποιο βαθμό διαφορετικές δυνατότητες, κάτι που οφείλεται στους περιορισμούς από την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί η προστασία έναντι όλων των σφαλμάτων, μ' έναν H/N ο οποίος ν' ανταποκρίνεται μόνο σ' ένα μέγεθος του Σ.Η.Ε. Οπότε γίνεται αναγκαία μία διαμόρφωση, η οποία θα περιλαμβάνει περισσότερα του ενός μεγέθη. Σ' αυτή την περίπτωση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε πολλοί H/N, ο καθένας από τους οποίους θ' ανταποκρίνεται σ' ένα μόνο μέγεθος, είτε ένας, που είναι και το πλέον σύνηθες, που θα διαθέτει πολλά στοιχεία, τα οποία θ' ανταποκρίνονται ανεξάρτητα, για τα διάφορα μεγέθη του Σ.Η.Ε.

Η ορολογία που χρησιμοποιείται για την περιγραφή των συστημάτων προστασίας, αλλά και των H/N, δίνεται στο παράρτημα 1. Επίσης, τα διάφορα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τις λειτουργίες των H/N στα σχέδια των προστασιών, δίνονται στο παράρτημα 2, όπου παρουσιάζονται οι δύο πλέον χρησιμοποιούμενες μέθοδοι, αυτές κατά IEC και κατά IEEE/ANSI.

1.3. Ζώνες προστασίας

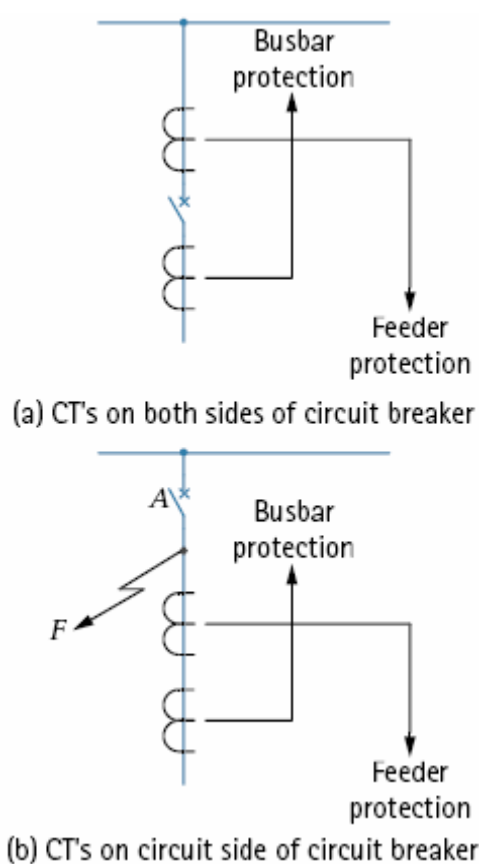
Για να περιοριστεί η έκταση του τμήματος του Σ.Η.Ε. που αποσυνδέεται όταν ένα σφάλμα λαμβάνει χώρα, γίνεται διαρρύθμιση της προστασίας σε ζώνες. Η αρχή αυτής της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα 1.5. Το ιδανικό θα ήταν οι ζώνες να επικαλύπτουν η μία την άλλη, ώστε κανένα από τα τμήματα του Σ.Η.Ε. να μη μένει απροστάτευτο. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 1.6.(a), όπου ο Δ/Ι περιλαμβάνεται και στις δύο ζώνες.



Σχήμα 1.5. Διαίρεση του συστήματος σε ζώνες προστασίας

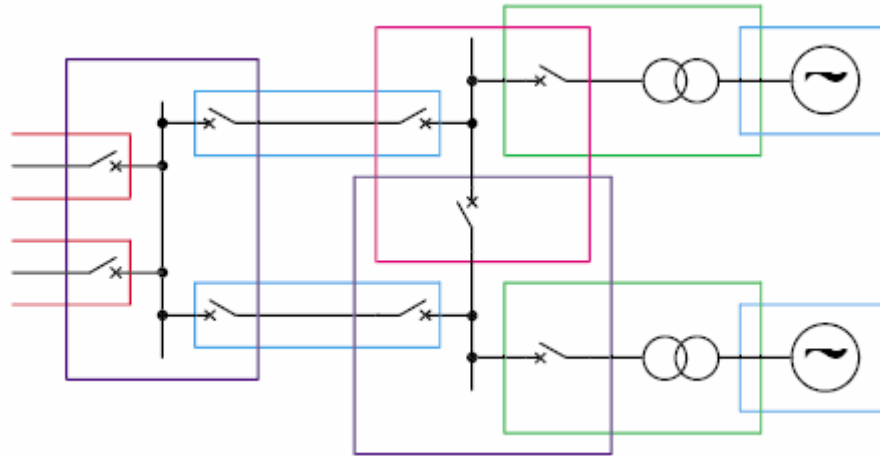
Για οικονομικούς και πρακτικούς όμως λόγους, όπως η εξοικονόμηση χώρου, αυτή η ιδανική κατάσταση δεν επιτυγχάνεται πάντα, οπότε οι Μ/Ε είναι διαθέσιμοι σε μερικές περιπτώσεις μόνο από τη μία πλευρά του Δ/Ι, όπως ακριβώς φαίνεται και στο σχήμα 1.6.(b). Αυτό αφήνει μία περιοχή ανάμεσα στους Μ/Ε και τον Δ/Ι Α που δεν προστατεύεται πλήρως από σφάλματα. Στο σχήμα αυτό, αν συμβεί ένα σφάλμα στο σημείο F, θα προκαλέσει την ενεργοποίηση της προστασίας του ζυγού, η οποία και

θα ανοίξει τον Δ/Ι, αλλά το σφάλμα θα εξακολουθεί να τροφοδοτείται από το υπόλοιπο σύστημα. Η προστασία του άπειρου Σ.Η.Ε. δε θα λειτουργήσει, αφού το σημείο του σφάλματος βρίσκεται έξω από τη ζώνη του. Αυτό το πρόβλημα λύνεται με το άνοιγμα και κάποιων άλλων Δ/Ι, που βρίσκονται μέσα στην ζώνη προστασίας του άπειρου Σ.Η.Ε., με εντολή του Η/Ν της ζώνης προστασίας του ζυγού. Αυτό δεν είναι μειονέκτημα για σφάλμα στο σημείο Α, αλλά ένα σφάλμα στη ζώνη προστασίας του ζυγού και πάνω από το Δ/Ι, θα προκαλέσει το ανεπιθύμητο άνοιγμα των Δ/Ι της ζώνης προστασίας του άπειρου Σ.Η.Ε. Το κατά πόσο αυτό το ανεπιθύμητο άνοιγμα των Δ/Ι είναι μη αποδεκτό, εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή.



Σχήμα 1.6. Σημεία τοποθέτησης των Μ/Ε

Το σημείο της σύνδεσης της προστασίας με το Σ.Η.Ε., συνήθως ορίζει και τη ζώνη της και η οποία συμπίπτει με την θέση των Μ/Ε. Στην προστασία τύπου ομάδας, τα όρια της ζώνης προστασίας είναι ξεκάθαρα και αυστηρά καθορισμένα ως ένας κλειστός βρόχος. Στο σχήμα 1.7. παρουσιάζεται μία τυπική διάταξη επικαλυπτόμενων ζωνών.



Σχήμα 1.7. επικαλυπτόμενες ζώνες του συστήματος προστασίας

Εναλλακτικά, οι ζώνες μπορούν να είναι μη περιορισμένες, με μόνο την αρχή τους καθορισμένη και την έκτασή τους να εξαρτάται από τις μετρήσεις των μεγεθών του συστήματος και επομένως από τις αποκλίσεις που ενδεχομένως να έχουν εξαιτίας των συνθηκών σ' αυτό και των σφαλμάτων μέτρησης.

1.4. Αξιοπιστία

Είναι η πιθανότητα να λειτουργήσει ορθά το σύστημα προστασίας, όταν αυτό ζητηθεί. Η αναγκαιότητα για ένα πολύ μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας συζητήθηκε στην παράγραφο 1.1. Η μη ορθή λειτουργία του συστήματος προστασίας μπορεί να οφείλεται στους παρακάτω λόγους:

- a) Μη σωστός σχεδιασμός / ρυθμίσεις
- b) Μη σωστή εγκατάσταση / δοκιμή
- c) Φθορά κατά την υπηρεσία

1.4.1. Σχεδιασμός

Ο σχεδιασμός ενός σχήματος προστασίας είναι κυρίαρχης σημασίας. Και αυτό γιατί εξασφαλίζει ότι το σύστημα θα λειτουργήσει κάτω από όλες τις απαιτούμενες συνθήκες, όπως επίσης (εξίσου σημαντικό) ότι δε θα επιτρέψει τη λειτουργία του όταν αυτό είναι απαραίτητο (π.χ. αναστολή της λειτουργίας όταν το σφάλμα είναι έξω

από τη ζώνη προστασίας). Η δέουσα προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη φύση, στη συχνότητα και στη διάρκεια των σφαλμάτων που πιο συχνά εμφανίζονται, αλλά και στις σχετικές παραμέτρους του Σ.Η.Ε. (περιλαμβανομένων των χαρακτηριστικών της πηγής τροφοδότησης και των μεθόδων λειτουργίας της), όπως και στον τύπο του εξοπλισμού προστασίας που χρησιμοποιείται. Φυσικά σ' αυτό το στάδιο, καμία προσπάθεια για σωστότερο σχεδιασμό, δεν μπορεί να αντισταθμίσει το γεγονός της χρήσης εξοπλισμού προστασίας, που δεν είναι σωστά σχεδιασμένος για τον σκοπό αυτό.

1.4.2. Ρυθμίσεις

Είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί, ότι οι ρυθμίσεις που θα επιλεγούν για τους Η/Ν προστασίας αλλά και των άλλων συστημάτων, θα έχουν ληφθεί λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους του Σ.Η.Ε., όπως τα επίπεδα σφάλματος και φορτίου, τις απαιτήσεις της δυναμικής συμπεριφοράς κ.λ.π. Τα χαρακτηριστικά του Σ.Η.Ε. αλλάζουν με το χρόνο, λόγω των αλλαγών στα φορτία, τη τοποθεσία, τον τύπο και το μέγεθος της παραγωγής κ.λ.π. Για το λόγο αυτό, οι τιμές ρύθμισης των Η/Ν, ενδεχομένως να χρειάζονται έλεγχο κατά διαστήματα, ώστε να εξασφαλίζεται ότι είναι οι κατάλληλες. Αλλιώς μπορεί να συμβούν ανεπιθύμητες λειτουργίες, αλλά και αποτυχίες στο να λειτουργήσουν όταν αυτό απαιτηθεί.

1.4.3. Εγκατάσταση

Η ανάγκη για την ορθή εγκατάσταση του συστήματος προστασίας είναι προφανής. Αλλά η πολυπλοκότητα των διασυνδέσεων των πολλών συστημάτων μεταξύ τους και η σχέση τους με την υπόλοιπη εγκατάσταση, κάνει τον έλεγχό της δύσκολο.

Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητες οι δοκιμές πεδίου. Από την στιγμή που είναι δύσκολο να αναπαραχθούν σωστά όλες οι συνθήκες σφάλματος, αυτές οι δοκιμές θα πρέπει να αποσκοπούν στην ικανοποιητική πιστοποίηση της εγκατάστασης. Οι δοκιμές θα πρέπει να περιορίζονται στις πλέον απ' ευθείας και απλές, ώστε να αποδεικνύουν την ορθότητα των συνδέσεων, των ρυθμίσεων των Η/Ν και να μην κινδυνεύει ο εξοπλισμός από τυχόν ζημιές. Στον εξοπλισμό δεν πρέπει σε καμία

περίπτωση να γίνονται δοκιμές τύπου και γενικότερα οτιδήποτε άλλο που υπερβαίνει τις τεχνικές του προδιαγραφές.

1.4.4. Δοκιμή

Μεγάλης κλίμακας δοκιμή, είναι εξ' ίσου σημαντική και θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα σενάρια του σχήματος προστασίας και την αναπαραγωγή των λειτουργιών και περιβαλλοντικών συνθηκών, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι δοκιμές τύπου του εξοπλισμού από αναγνωρισμένα πρότυπα, καλύπτουν πολλές από τις παραπάνω απαιτήσεις. Αλλά μπορεί να παραμένει αναγκαία η δοκιμή ολόκληρου του σχήματος προστασίας (H/N, M/E και άλλων βοηθητικών εξαρτημάτων) και αυτή να είναι σε θέση να μπορεί με ρεαλιστικό τρόπο να εξομοιώσει τις συνθήκες σφάλματος.

1.4.5. Φθορά κατά την υπηρεσία

Μετά την εγκατάσταση και παρ' όλο που αυτή μπορεί να έγινε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, κατά την υπηρεσία μπορεί να λάβει χώρα κάποια φθορά του εξοπλισμού, η οποία τελικά να παρεμποδίσει τη σωστή λειτουργία του. Για παράδειγμα, οι επαφές μπορεί να γίνουν τραχείς, ή και να καούν από τη συχνή χρήση, ή ακόμα και να βρωμίσουν λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πηνία και άλλα κυκλώματα, μπορεί να μείνουν ανοικτοκυκλωμένα, ηλεκτρονικά στοιχεία και άλλες βοηθητικές συσκευές μπορεί να πάθουν βλάβη, και τα μηχανικά μέρη να μπλοκαριστούν.

Ο χρόνος μεταξύ των λειτουργιών των H/N προστασίας, μπορεί να είναι χρόνια, αλλά μπορεί να είναι και μέρες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, μπορούν να δημιουργηθούν απροειδοποίητα ανωμαλίες, οι οποίες να αποκαλυφθούν λόγω της αποτυχίας της προστασίας να ανταποκριθεί σ' ένα σφάλμα στο Σ.Η.Ε. Για το λόγο αυτό, οι H/N θα πρέπει να δοκιμάζονται τακτικά, ώστε να ελέγχεται η λειτουργικότητά τους.

Οι δοκιμές αυτές θα πρέπει κατά προτίμηση να γίνονται, δίχως να γίνεται επέμβαση στις μόνιμες συνδέσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω των μπλοκ δοκιμών, ή των διακοπών που υπάρχουν στους H/N.

Η ποιότητα του προσωπικού που αναλαμβάνει να κάνει τις δοκιμές, είναι εξέχουσας σημασίας, αφού εκτιμούν την αξιοπιστία του εξοπλισμού και ψάχνουν τρόπους για τη βελτίωσή της. Θα πρέπει επίσης να είναι πλήρως τεχνικά καταρτισμένο και επαρκώς εκπαιδευμένο, όπως επίσης και αυτοπειθαρχημένο, έτσι ώστε να προβεί μ' ένα συστηματικό τρόπο δράσης, στην τελική έγκριση και αποδοχή των δοκιμών.

Σημαντικά κυκλώματα τα οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα, πρέπει να συντηρούνται μόνο υπό την επίβλεψη ηλεκτρολόγου. Τέτοια κυκλώματα συνήθως συνδέονται με τα κυκλώματα ενεργοποίησης των Δ/Ι, ή και των κυκλωμάτων πιλότου. Οι μοντέρνοι ψηφιακοί και αριθμητικοί Η/Ν, συνήθως έχουν ενσωματωμένες διάφορες δυνατότητες αυτο-δοκιμής και αυτο-διάγνωσης, ώστε να βοηθούν στην ανίχνευση των δυσλειτουργιών και των αποτυχιών. Με τους Η/Ν αυτού του τύπου, δίνεται επίσης η δυνατότητα αυτόματα μέσω κάποιας σύνδεσης επικοινωνίας, να υπάρχει αναφορά της αποτυχίας στο απομακρυσμένο κέντρο χειρισμών. Έτσι χωρίς να παρίσταται η ανάγκη της επί τόπου φυσικής παρουσίας προσωπικού στο σημείο του ελαττωματικού Η/Ν, λαμβάνονται οι απαραίτητες αποφάσεις για δράση, ώστε να εξασφαλιστεί η διαρκής και ασφαλής λειτουργία αυτού του τμήματος του Σ.Η.Ε., αλλά και για να διερευνηθεί και να διορθωθεί το σφάλμα.

1.4.6. Απόδοση της προστασίας

Η απόδοση του συστήματος προστασίας, καθορίζεται συχνά με στατιστικό τρόπο. Για τον σκοπό αυτό, το κάθε σφάλμα του συστήματος, ταξινομείται ως ένα συμβάν. Κάθε συμβάν του οποίου η εκκαθάριση έγινε με την ενεργοποίηση των σωστών Δ/Ι, ταξινομείται ως «σωστό», οπότε μπορεί πλέον να οριστεί το ποσοστό επί τοις εκατό των σωστών, αλλά και των εσφαλμένων εκκαθαρίσεων.

Η αρχή αυτού του καθορισμού, δίνει μία ακριβή αξιολόγηση ολόκληρου του συστήματος προστασίας, αλλά είναι δύσκολο να αποτιμηθεί η απόδοση των Η/Ν. Σε μερικές περιπτώσεις, καλούνται να λειτουργήσουν για το κάθε σφάλμα του συστήματος αρκετοί Η/Ν και όλοι θα πρέπει να συμπεριφερθούν με σωστό τρόπο, έτσι ώστε να καταγραφεί η εκκαθάριση ως σωστή.

Ένας ικανοποιητικός βαθμός αξιοπιστίας, είναι απίθανο να επιτευχθεί μέσω βελτιώσεων στην ήδη υπάρχουσα κατασκευή. Αν αυτό το επίπεδο αξιοπιστίας επιτευχθεί με μία μόνο συσκευή, δεν είναι αποδεκτό και η βελτίωση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω του πλεονασμού όπως π.χ. με την εις διπλούν χρησιμοποίηση του εξοπλισμού (διπλασιασμός του). Άρα το σύστημα εφοδιάζεται με δύο ολοκληρωμένα και ανεξάρτητα συστήματα προστασίας, τα οποία ρυθμίζονται ώστε το καθένα από μόνο του να μπορεί να ανταπεξέλθει στην απαιτούμενη λειτουργία. Αν η πιθανότητα αποτυχίας του κάθε εξοπλισμού είναι X /ομάδα, η πιθανότητα που προκύπτει να αποτύχουν και οι δύο εξοπλισμοί ταυτόχρονα κατά τον πλεονασμό, είναι χ^2 . Αν το χ είναι μικρό, ο κίνδυνος που προκύπτει (χ^2) ενδέχεται να είναι ασήμαντος.

Όταν χρησιμοποιούνται πολλαπλά συστήματα προστασίας, το σήμα ενεργοποίησης της προστασίας μπορεί να παρέχεται με διάφορους τρόπους. Οι δύο πλέον χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι οι παρακάτω.

- a) Να λειτουργήσουν (διεγερθούν) όλα τα συστήματα προστασίας για να προκληθεί η λειτουργία της ενεργοποίησης (διαρρύθμιση «δύο από δύο»)
- b) Να λειτουργήσει (διεγερθεί) μόνο ένα σύστημα προστασίας για να προκληθεί η λειτουργία της ενεργοποίησης (διαρρύθμιση «ένα από δύο»)

Με την δεύτερη μέθοδο έχουμε εξασφάλιση έναντι δυσλειτουργίας, στην περίπτωση που λόγω ενός μη φανερού σφάλματος στο σύστημα προστασίας, δεν λειτουργήσει κάποια από τις δύο προστασίες. Σπάνια, γίνεται χρήση τριών κύριων συστημάτων προστασίας με διαρρύθμιση «δύο από τρία», έτσι ώστε να υπάρχει και αξιοπιστία στην ενεργοποίησης της προστασίας, αλλά και ασφάλεια έναντι ανεπιθύμητης ενεργοποίησης αυτής.

1.5. Επιλογικότητα

Όταν λαμβάνει χώρα ένα σφάλμα, απαιτείται από το σχήμα προστασίας να ενεργοποιεί μόνο τους Δ/I που χρειάζεται για να απομονωθεί το σφάλμα. Η ιδιότητα της επιλογικής ενεργοποίησης καλείται επίσης και «διάκριση» και επιτυγχάνεται γενικά με δύο κυρίως μεθόδους.

1.5.1. Κλιμάκωση χρόνου

Τα συστήματα προστασίας διαδοχικών ζωνών, ρυθμίζονται ώστε η ακολουθία των εξοπλισμών που θα λειτουργήσει κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος, να γίνεται βάσει κλιμακωτού χρόνου και μόνο αυτοί που σχετίζονται με τη ζώνη που έλαβε χώρα το σφάλμα, να ολοκληρώνουν τη λειτουργία ενεργοποίησης των Δ/Ι. Οι υπόλοιποι, αν και έχουν αποκριθεί στο σφάλμα, δεν ολοκληρώνουν τη λειτουργία ενεργοποίησης των Δ/Ι και επαναφέρονται στις αρχικές τους συνθήκες. Έτσι, στην περίπτωση αποτυχίας στη λειτουργία του εξοπλισμού που σχετίζεται με τη ζώνη του σφάλματος και έχοντας εξαντληθεί ο χρόνος στον οποίο θα έπρεπε να έχει λειτουργήσει, να έχουμε λειτουργία του αμέσως επόμενου χρονικά εξοπλισμού, που είναι και ο αμέσως επόμενος ως ζώνη προστασίας, ώστε να εκκαθαριστεί το σφάλμα. Η ταχύτητα της απόκρισης, εξαρτάται συχνά από τη σοβαρότητα του σφάλματος και είναι γενικά πιο αργή από αυτή του συστήματος ομάδας.

1.5.2. Συστήματα ομάδας

Είναι δυνατόν να σχεδιαστούν συστήματα προστασίας, τα οποία να αποκρίνονται σε συνθήκες σφάλματος, που λαμβάνουν χώρα μέσα σε μία ξεκάθαρα καθορισμένη ζώνη. Αυτός ο τύπος του συστήματος προστασίας, είναι γνωστός και ως προστασία ομάδας. Διάφοροι τύποι προστασίας ομάδας, είναι γνωστοί με συγκεκριμένα ονόματα, όπως διαφορική προστασία, προστασία περιορισμένου σφάλματος γης κ.λ.π. Η προστασία ομάδας, μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σημείο του Σ.Η.Ε. και αφού δεν εμπλέκει κλιμάκωση χρόνου, είναι σχετικά γρήγορη στη λειτουργία της. Η ταχύτητα δε απόκρισής της, είναι ουσιαστικά ανεξάρτητη από τη σοβαρότητα του σφάλματος.

Η προστασία ομάδας, συνήθως εμπλέκει τη σύγκριση μεγεθών στα όρια της ζώνης προστασίας, όπως αυτή ορίζεται από το σημείο τοποθέτησης των Μ/Ε. Αυτή η σύγκριση μπορεί να γίνεται απευθείας, είτε με συνδέσεις μέσω καλωδίων, είτε μέσω κάποιας επικοινωνιακής ζεύξης.

Οποιαδήποτε από τις παραπάνω μεθόδους επιλογικότητας και αν χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να έχουμε κατά νου, ότι αυτή δεν έχει να κάνει σε μεγάλο βαθμό με το σχεδιασμό του ίδιου του Η/Ν. Εξαρτάται επίσης από τη σωστή διαβάθμιση των Μ/Ε

και των H/N, στους οποίους έχει γίνει η σωστή επιλογή στις ρυθμίσεις τους, το πιθανό εύρος κάποιων μεταβλητών όπως ρεύματα σφάλματος, μέγιστο ρεύμα φορτίου, σύνθετες αντιστάσεις συστήματος και άλλων σχετικών με την επιλογικότητα παραμέτρων.

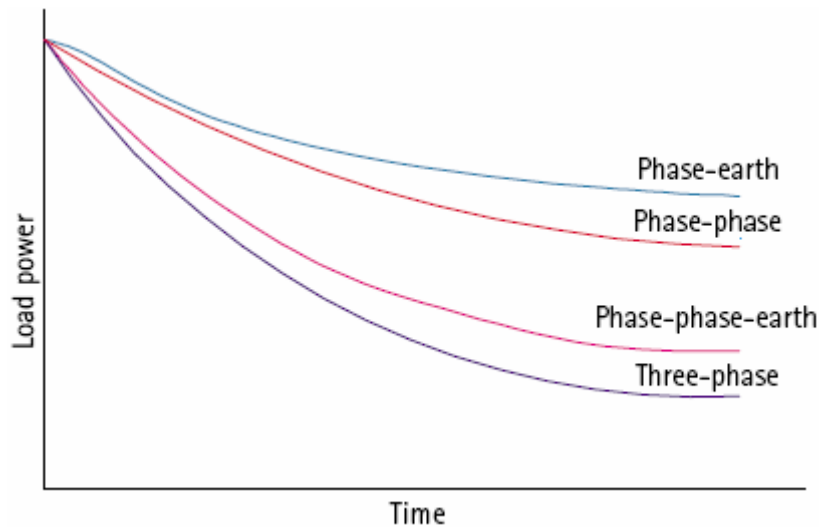
1.6. Ευστάθεια

Ο όρος «ευστάθεια», σχετίζεται συνήθως με τα σχήματα προστασίας ομάδας και αναφέρεται στη δυνατότητα του συστήματος προστασίας, να παραμένει ανεπηρέαστο σε διάφορες συνθήκες εξωτερικά της προστατευμένης ζώνης, όπως για παράδειγμα στα ρεύματα φορτίου και στα εξωτερικά της ζώνης σφάλματα.

1.7. Ταχύτητα

Η λειτουργία των συστημάτων προστασίας, είναι να απομονώνουν τα σφάλματα στο Σ.Η.Ε., όσο το δυνατόν γρηγορότερα. Ο κύριος σκοπός είναι να εξασφαλίζουν τη διαρκή παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, με το ν' αφαιρούν την κάθε διαταραχή, πριν αυτή οδηγήσει σε εκτεταμένο αποσυγχρονισμό και εν συνεχεία στην ενδεχόμενη κατάρρευση του Σ.Η.Ε.

Όσο αυξάνεται το φορτίο σ' ένα Σ.Η.Ε., αυξάνεται και η διαφορά φάσης (μετατόπιση φάσης) μεταξύ των τάσεων στους διάφορους ζυγούς, οπότε και η πιθανότητα αποσυγχρονισμού όταν το Σ.Η.Ε. διαταραχθεί από ένα σφάλμα. Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος που ένα σφάλμα παραμένει στο σύστημα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ικανότητα φόρτισής του. Στο σχήμα 1.8., φαίνεται η σχέση μεταξύ της ικανότητας φόρτισης του συστήματος και του χρόνου εκκαθάρισης του σφάλματος, για διάφορους τύπους σφαλμάτων. Να σημειωθεί ότι τα σφάλματα μεταξύ φάσεων, έχουν μεγαλύτερη επίδραση στην ευστάθεια του συστήματος από τ' απλά σφάλματα γης, και γι' αυτό απαιτείται ταχύτερη εκκαθάριση.



Σχήμα 1.8. Τυπική σχέση ισχύος/χρόνου για διάφορους τύπους σφαλμάτων

Ωστόσο η ευστάθεια του Σ.Η.Ε., δεν είναι το μόνο πρόβλημα που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η γρήγορη λειτουργία της προστασίας, εξασφαλίζει και τον περιορισμό στις ζημιές από την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά το σφάλμα και που είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ρεύματος σφάλματος και του χρόνου που αυτό διαρκεί. Γι' αυτό η προστασία θα πρέπει να λειτουργήσει όσο το δυνατόν συντομότερα, ωστόσο η ταχύτητα της λειτουργίας θα πρέπει ν' αντισταθμίζεται και με διάφορους οικονομικούς παράγοντες. Για παράδειγμα, τα συστήματα διανομής δεν απαιτούν κανονικά γρήγορη εκκαθάριση σφάλματος και γι' αυτό συνήθως προστατεύονται με συστήματα κλιμακωτού χρόνου. Αντιθέτως τα συστήματα παραγωγής και υψηλής (ή και υπερυψηλής) τάσης (Υ.Υ.Τ.), απαιτούν προστασία με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα και με μόνο περιορισμό αυτόν της ορθής λειτουργίας. Έτσι τα συστήματα αυτά, συνήθως προστατεύονται με τη μέθοδο της προστασίας ομάδας.

1.8. Ευαισθησία

Η ευαισθησία είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται συχνά, όταν αναφερόμαστε στα ελάχιστα επίπεδα λειτουργίας (ρεύματος, τάσης, ισχύος κ.λ.π.) των Η/Ν ή ολόκληρου του σχήματος προστασίας. Ο Η/Ν ή το σχήμα προστασίας, λέγεται ότι είναι ευαίσθητο, εάν οι βασικοί παράμετροι λειτουργίας του είναι χαμηλοί. Με τους σύγχρονους ψηφιακούς και αριθμητικούς Η/Ν, η ευαισθησία που επιτυγχάνεται δεν

περιορίζεται από το σχεδιασμό τους, αλλά από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τις παραμέτρους των M/E και M/T.

1.9. Κύρια και εφεδρική προστασία

Η αξιοπιστία του Σ.Η.Ε. που συζητήθηκε νωρίτερα, περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός κύριου (ή βασικού) συστήματος προστασίας, τα οποία λειτουργούν παράλληλα. Σε περιπτώσεις αποτυχίας ή μη διαθεσιμότητας της κύριας προστασίας, θα πρέπει να παρέχονται τρόποι ώστε να εξασφαλίζεται ότι το σφάλμα θα απομονωθεί. Αυτά τα δευτερεύοντα συστήματα αναφέρονται ως εφεδρική προστασία.

Η εφεδρική προστασία, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είτε ως «τοπική», είτε ως «απομακρυσμένη». Η τοπική εφεδρική προστασία, επιτυγχάνεται με προστασία η οποία ανιχνεύει ένα μη εκκαθαρισμένο κύριο σφάλμα συστήματος στη δική του τοποθεσία και ενεργοποιεί τους δικούς του Δ/Ι, όπως μπορεί να συμβεί π.χ. με τη χρησιμοποίηση H/N υπερέντασης κλιμακωτού χρόνου. Η απομακρυσμένη δε εφεδρική προστασία, επιτυγχάνεται με προστασία η οποία ανιχνεύει ένα μη εκκαθαρισμένο κύριο σφάλμα συστήματος από μία απομακρυσμένη τοποθεσία, δίνοντας εντολή ενεργοποίησης στους τοπικούς Δ/Ι, όπως μπορεί να συμβεί π.χ με την προστασία δεύτερης ή τρίτης ζώνης των H/N αποστάσεως. Και στις δύο περιπτώσεις και η κύρια και η εφεδρική προστασία ανιχνεύουν το σφάλμα ταυτόχρονα, με τη διαφορά ότι έχει δοθεί μία καθυστέρηση στη λειτουργία της εφεδρικής προστασίας, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εκκαθάριση του σφάλματος από την κύρια προστασία εάν αυτό είναι δυνατό. Κανονικά με τη μέθοδο προστασίας ομάδας, η λειτουργία της κύριας προστασίας είναι γρήγορη, με αποτέλεσμα την όσο το δυνατόν μικρότερη αποσύνδεση τμημάτων από το Σ.Η.Ε. Η λειτουργία της εφεδρικής προστασίας είναι κατ' ανάγκη πιο αργή και θα έχει σαν αποτέλεσμα, εάν αυτή λάβει χώρα, την αποσύνδεση περισσότερων τμημάτων του Σ.Η.Ε.

Το μέγεθος και ο τύπος της εφεδρικής προστασίας, φυσικά θα σχετίζεται με τους κινδύνους της αποτυχίας, αλλά και με την οικονομική σπουδαιότητα του συστήματος. Για τα συστήματα διανομής, όπου ο χρόνος εκκαθάρισης του σφάλματος δεν είναι τόσο κρίσιμος, μία εφεδρική προστασία με χρονική καθυστέρηση, μπορεί να είναι επαρκής. Για τα συστήματα Υ.Τ. (αλλά και τα Υ.Υ.Τ.), όπου η ευστάθεια αποτελεί

ένα μεγάλο κίνδυνο, εκτός αν το σφάλμα εκκαθαρισθεί γρήγορα, μπορεί να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά και πιθανώς διαφορετικά συστήματα κύριας προστασίας, τα οποία θα λειτουργούν παράλληλα (π.χ. προστασία ομάδας και απόστασης), για να εξασφαλίσουν τη γρήγορη και αξιόπιστη ενεργοποίηση των εκάστοτε προστασιών. Προαιρετικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία εφεδρική προστασία υπερέντασης, για να εξασφαλισθεί ότι είναι διαθέσιμα δύο ξεχωριστά συστήματα προστασίας, κατά τη διάρκεια της επισκευής του ενός από τα κύρια.

Τα συστήματα εφεδρικής προστασίας, θα πρέπει ιδανικά να είναι εντελώς διαχωρισμένα από τα κύρια συστήματα. Για παράδειγμα, ένα κύκλωμα που προστατεύεται από έναν H/N διαφορικής προστασίας, μπορεί επίσης να διαθέτει και έναν H/N υπερέντασης κλιμακωτού χρόνου, ή και έναν H/N σφάλματος γης, για να εξασφαλίζεται η ενεργοποίηση του Δ/I, στην περίπτωση αποτυχίας της κύριας προστασίας ομάδας. Για να διατηρηθεί ο πλήρης διαχωρισμός και η ακεραιότητα, οι M/E, οι M/T, οι H/N, τα πηνία ενεργοποίησης του Δ/I και οι τροφοδοσίες συνεχούς ρεύματος, θα πρέπει να είναι όλα εις διπλούν. Όπως είναι φυσικό, αυτό τις περισσότερες φορές στην πράξη δε συμβαίνει, οπότε και γίνονται οι παρακάτω συμβιβασμοί:

- a) Ξεχωριστοί M/E (μόνο οι πυρήνες και τα τυλίγματα δευτερεύοντος). Αυτό εμπλέκει ένα μικρό επιπλέον κόστος, ή μία διευκόλυνση σε σχέση με την χρήση κοινών M/E, οι οποίοι θα είναι μεγαλύτεροι εξαιτίας της συνδυασμένης αντίστασης εισόδου. Αυτή η πρακτική γίνεται λιγότερο κοινή όταν χρησιμοποιούνται ψηφιακοί ή αριθμητικοί H/N, για το λόγο ότι αυτοί έχουν εξαιρετικά χαμηλή αντίσταση εισόδου.
- b) Οι M/T δε διπλασιάζονται, εξαιτίας του κόστους και του όγκου τους. Κάθε τροφοδότηση όμως του H/N προστασίας, ασφαλίζεται ξεχωριστά (με ασφάλειες ή μικροαυτόματους) και επιβλέπεται συνεχώς για να εξασφαλιστεί η έξοδος του M/T. Στην περίπτωση αποτυχίας στην τροφοδότηση, έχουμε προειδοποίηση και όπου χρειάζεται έχουμε παρεμπόδιση σε μία τυχόν ανεπιθύμητη λειτουργία της προστασίας.
- c) Η τροφοδότηση των κυκλωμάτων ενεργοποίησης των δύο προστασιών, θα πρέπει να ασφαλίζονται ξεχωριστά (με ασφάλειες ή με μικροαυτόματους). Μπορεί επίσης να υπάρξει διπλασιασμός των μπαταριών ενεργοποίησης, όπως επίσης και των πηνίων ενεργοποίησης του Δ/I. Τα κυκλώματα ενεργοποίησης θα πρέπει συνεχώς να επιτηρούνται.

- d) Είναι επιθυμητό η κύρια και η εφεδρική προστασία (ή η διπλή κύρια προστασία), να λειτουργούν με διαφορετικές αρχές, έτσι ώστε τα ασυνήθιστα περιστατικά που μπορεί να οδηγήσουν σε αποτυχία της μίας από τις δύο, να είναι απίθανο να επηρεάσουν την άλλη.

Στους ψηφιακούς και αριθμητικούς H/N, μπορούν να ενσωματωθούν και κατάλληλες λειτουργίες εφεδρικής προστασίας (π.χ. ένας H/N απόστασης, μπορεί να έχει ενσωματωμένα και στοιχεία υπερέντασης με χρονοκαθυστέρηση). Η μείωση στο υλικό που χρειάζεται, ώστε ο H/N να μπορεί να συμπεριλάβει και κάποια εφεδρική προστασία, είναι εφικτή, όμως στην περίπτωση αποτυχίας σε κάποιο στοιχείο του (π.χ. στην κύρια τροφοδοσία του) θα έχουμε ταυτόχρονη απώλεια και της κύριας και της εφεδρικής προστασίας. Το κατά πόσο μπορεί να γίνει αποδεκτή μία τέτοια κατάσταση, εξαρτάται από την αξιολόγηση της κάθε εφαρμογής ξεχωριστά.

Κεφάλαιο 2ο
γεννητριών

Εισαγωγικά προτάσις

2.1. Παρουσίαση

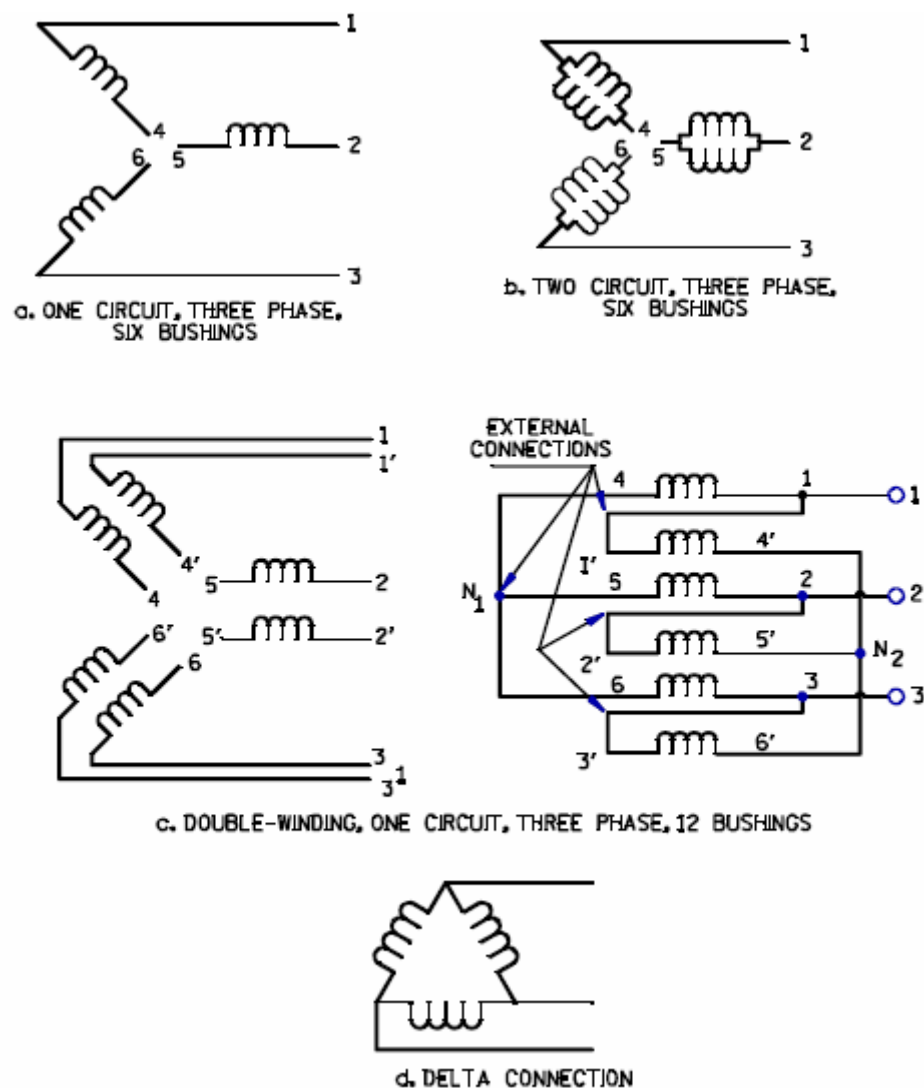
Οι ηλεκτρικές στρεφόμενες μηχανές, αντιπροσωπεύουν μία κατηγορία εξοπλισμού ισχύος αρκετά σύνθετη και για το λόγο αυτό υπόκεινται σε πολλούς και διάφορους τύπους αστοχιών. Τα τυλίγματα εναλλασσόμενου ρεύματος, υφίστανται τους ίδιους τύπους αστοχιών όπως οι Μ/Σ ισχύος και η προστασία πρέπει να έχει σα σκοπό την άμεση αποσύνδεση της μηχανής που έχει υποστεί την αστοχία, για να διατηρηθεί η ακεραιότητα του συστήματος, όπως και για να περιοριστούν στο ελάχιστο οι ζημιές στον εξοπλισμό. Στις ηλεκτρικές μηχανές μπορούν να εκδηλωθούν επίσης και σφάλματα στο μαγνητικό τους κύκλωμα, όπως π.χ. αστοχία της μόνωσης των ελασμάτων του πυρήνα, τα οποία μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα την υπερθέρμανση της μηχανής και κατά συνέπεια την πρόκληση σοβαρών ζημιών σ' αυτήν.

Οι στρεφόμενες μηχανές, όπως οι Μ/Σ, υπόκεινται και σε αστοχίες λόγω της υπερ-ροής. Αυτή μπορεί να προκληθεί, είτε από κάποια υπέρταση, είτε από κάποια υποσυχνότητα. Οι μηχανές αυτές είναι επίσης πολύπλοκες και για το λόγο ότι σημαντικά τους μέρη, βρίσκονται σε μηχανική κίνηση. Αυτή η κίνηση δημιουργεί προβλήματα που σχετίζονται με κραδασμούς, φθορά εδράνων, μηχανικούς συντονισμούς και άλλες αμιγώς μηχανολογικές αποτυχίες, οι οποίες και αυτές μπορούν να θέσουν τη μηχανή εκτός λειτουργίας.

Προτού γίνει αναφορά με μεγαλύτερη λεπτομέρεια στους διάφορους τύπους σφαλμάτων, των τρόπων προστασίας, την εφαρμογή αυτών και γενικότερα των αρχών που διέπουν την προστασία, πρέπει να γίνει μία σύντομη αναφορά σε κάποια σημαντικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των στρεφόμενων μηχανών και συγκεκριμένα των σύγχρονων γεννητριών. Σκοπός είναι να δοθούν οι απαραίτητες πληροφορίες, οι οποίες έχουν άμεση επίδραση στη διαρρύθμιση της προστασίας και την επιλογή αυτής. Τέτοιες πληροφορίες αφορούν τη διευθέτηση και σχεδίαση των τυλιγμάτων της γεννήτριας, τις μεθόδους γείωσής της, το σύστημα διέγερσής της, όπως επίσης και τους τρόπους εγκατάστασής της στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος γίνεται αναφορά και σε δύο πολύ σημαντικά συστήματα που εγκαθίστανται στους σταθμούς παραγωγής, και που με τον τρόπο τους επιδρούν και αυτά στην προστασία και αφορούν το έλεγχο της διέγερσης και τον έλεγχο του αυτόματου ρυθμιστή στροφών (Governor).

2.2. Διευθέτηση και σχεδίαση των τυλιγμάτων της γεννήτριας

Τα τυλίγματα του στάτη μίας τριφασικής (3-Φ) σύγχρονης γεννήτριας, περιλαμβάνουν έναν αριθμό πηνίων μονών ή πολλαπλών σπειρών, τα οποία είναι συνδεδεμένα έτσι ώστε να δημιουργήσουν το κύκλωμα της μίας φάσης. Ένα από αυτά τα κυκλώματα ή περισσότερα μαζί, συνδεδεμένα παράλληλα, χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο τύλιγμα φάσης. Τα τυλίγματα των φάσεων στις περισσότερες των περιπτώσεων συνδέονται κατά αστέρα, με τον ουδέτερο να γειώνεται μέσω κάποιας σύνθετης αντίστασης. Περιστασιακά, τα τυλίγματα των φάσεων συνδέονται και κατά τρίγωνο, αλλά αυτή δεν είναι η συνήθης πρακτική. Στο σχήμα 2.1. φαίνονται οι πιθανές διευθετήσεις και συνδέσεις των τυλιγμάτων του στάτη της γεννήτριας.



Σχήμα 2.1. Διάφοροι τύποι διευθέτησης τυλιγματος στάτη

Οι συνδέσεις των τυλιγμάτων, όπως αυτές φαίνονται στα σχήματα 2.1.a) και b), αποτελούν τις πλέον χρησιμοποιούμενες σήμερα για όλους τους τύπους γεννητριών. Όταν ανά φάση χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός κυκλώματα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1.b), αυτά συνδέονται παράλληλα στο εσωτερικό της μηχανής, έτσι ώστε να εξέρχονται απ' αυτή δύο ακροδέκτες για τις εξωτερικές συνδέσεις. Γενικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως τρεις M/E στα τερματικά των τυλιγμάτων φάσης για τον σκοπό της προστασίας και για τα διάφορα μετρητικά όργανα.

Σε κάποια συστήματα γεννητριών που απαντώνται κυρίως σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής (Υ.Η.Σ.), ενδέχεται να υπάρχει ένας αριθμός κυκλωμάτων ανά φάση και κάθε κύκλωμα να περιέχει έναν αριθμό πηνίων πολλαπλών σπειρών, που να είναι συνδεδεμένα σε σειρά. Σ' αυτές τις μηχανές, τα κυκλώματα που είναι παράλληλα συνδεδεμένα, μπορούν να σχηματίζουν δύο ομάδες οι οποίες να παραλληλίζονται, έτσι ώστε πάλι να εξέρχονται από τη μηχανή δύο ακροδέκτες για τις εξωτερικές συνδέσεις. Να σημειωθεί, ότι μπορεί να υπάρχει ίσος ή άνισος αριθμός κυκλωμάτων σε κάθε ομάδα. Σ' αυτό το σχεδιασμό, οι M/E μπορούν να τοποθετηθούν σε κάθε ομάδα φάσης και στους ακροδέκτες των εξωτερικών συνδέσεων.

Το σχήμα 2.1.c), δείχνει την κατασκευή διπλού τυλίγματος συνδεδεμένου κατά αστέρα, που χρησιμοποιείται μερικές φορές σε μεγάλες γεννήτριες ατμοστρόβιλων. Κάθε φάση έχει δύο ξεχωριστά τυλίγματα, τα οποία εξωτερικά συνδέονται έτσι ώστε να δημιουργήσουν δύο συνδέσεις κατά αστέρα. Τα τερματικά της υψηλής τάσης της κάθε φάσης, συνδέονται παράλληλα, ώστε να δημιουργήσουν μία μονή 3-Φ έξοδο. Ξεχωριστές δε συνδέσεις κατά αστέρα, δημιουργούνται στο σημείο του ουδετέρου του κάθε τυλίγματος. Αυτοί οι ουδέτεροι, μπορούν φυσικά να βρίσκονται και σε αντιδιαμετρικά άκρα της μηχανής. Αυτή η συνδεσμολογία αναφέρεται μερικές φορές και ως μηχανή διπλής κατάληξης, δώδεκα (12) μονωτήρων διέλευσης και χρησιμοποιείται όταν ο ολικό ρεύμα φάσης πλήρους φορτίου, ξεπερνά το όριο μεταφοράς ρεύματος του ενός μονωτήρα διέλευσης. Οι μονωτήρες διέλευσης σε κάθε άκρο του τυλίγματος, μπορούν να εφοδιασθούν μέχρι και με τρεις M/E.

Στις γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες κατά τρίγωνο, μπορούν να υπάρχουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα ανά φάση και με δύο ακροδέκτες να εξέρχονται για τις εξωτερικές συνδέσεις. Οι M/E μπορούν να τοποθετηθούν εσωτερικά του τριγώνου, στους ακροδέκτες του κάθε τυλίγματος, ή εξωτερικά του τριγώνου, ή και στα δύο.

2.3. Γείωση γεννήτριας

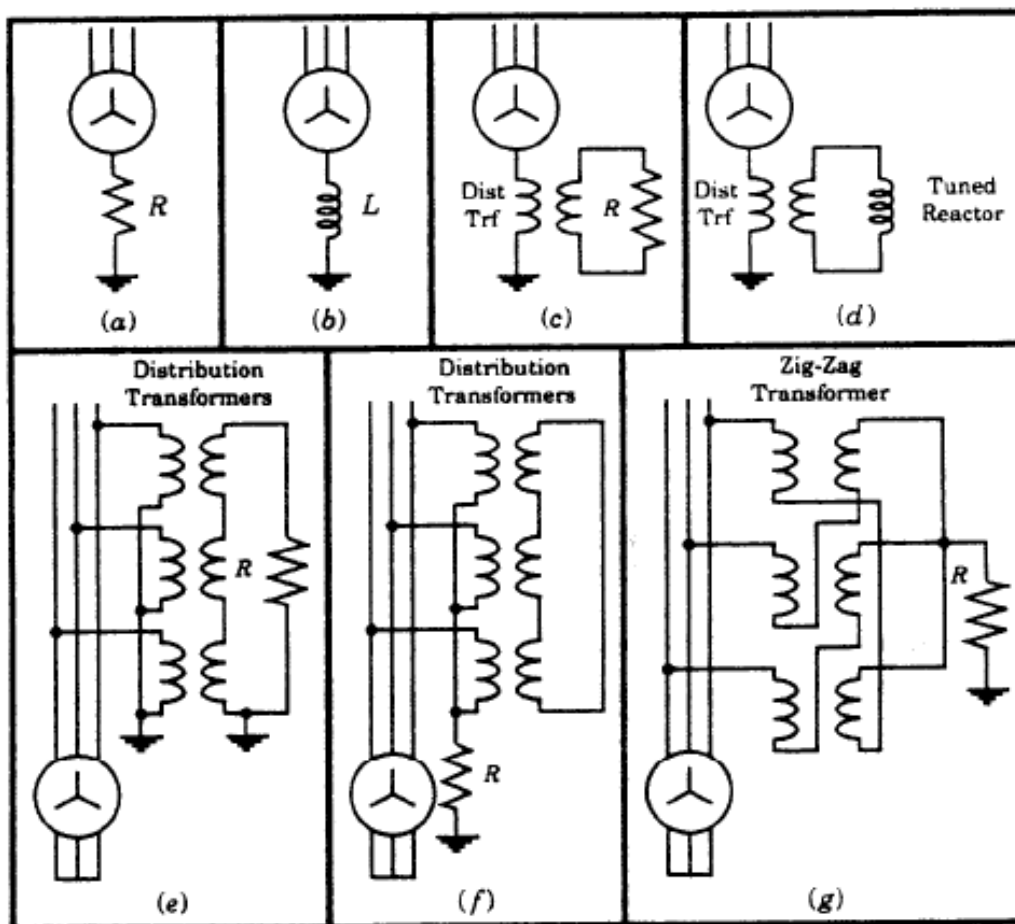
Είναι κοινή πρακτική, οι γεννήτριες όλων των τύπων να γειώνονται, διαμέσου μίας μορφής εξωτερικής σύνθετης αντίστασης. Ο σκοπός αυτής της γείωσης, είναι να περιορίσει τις ζημιές από τα σφάλματα και τις μηχανικές καταπονήσεις της μηχανής, να περιορίσει τις μεταβατικές τάσεις κατά τη διάρκεια των σφαλμάτων και για να παρέχει ένα τρόπο για την ανίχνευση των σφαλμάτων με γη μέσα στη μηχανή. Μία ολοκληρωμένη συζήτηση για όλες τις μεθόδους γείωσης και προστασίας με γη, μπορεί να βρεθεί στα πρότυπα IEEE Std C62.92.2–1989 και IEEE Std C37.101–1993.

Οι πλέον χρησιμοποιούμενες μέθοδοι γείωσης γεννητριών, συνοψίζονται στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

- a) Γείωση μέσω μεγάλης σύνθετης αντίστασης
- b) Γείωση μέσω χαμηλής αντίστασης
- c) Γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης
- d) Γείωση μέσω M/T γείωσης

Η απευθείας γείωση του ουδέτερου της γεννήτριας γενικά δε χρησιμοποιείται, αφού στην πράξη μπορεί να προκαλέσει στη μηχανή υπερβολικές ζημιές λόγω σφάλματος και μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις. Σύμφωνα με το ANSI C50.13 – 1989, η μέγιστη καταπόνηση στην οποία η μηχανή θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη να αντέχει από κατασκευής της, είναι αυτή που εμφανίζεται λόγω των ρευμάτων που την διαρρέουν κατά το 3-Φ σφάλμα στους τερματικούς της ακροδέκτες. Λόγω της σχετικά μικρής σύνθετης αντίστασης μηδενικής ακολουθίας που συναντάται στις σύγχρονες γεννήτριες, ένα μονοφασικό (1-Φ) σφάλμα χωρίς αντίσταση σφάλματος στους ακροδέκτες της μηχανής, θα προκαλέσει στα τυλίγματά της τη δημιουργία ρευμάτων, τα οποία είναι μεγαλύτερα από αυτά ενός 3-Φ σφάλματος. Γι' αυτό το λόγο, οι γεννήτριες θα πρέπει να γειώνονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να περιορίζεται το μέγιστο ρεύμα κατά το 1-Φ σφάλμα, σε τιμές ίσες ή μικρότερες αυτού που παρουσιάζεται κατά το 3-Φ σφάλμα.

Οι γεννήτριες δε λειτουργούν συνήθως αγείωτες. Αν και μ' αυτή την προσέγγιση περιορίζεται δραστικά το ρεύμα κατά το 1-Φ σφάλμα και συνεπώς οι ζημιές στη μηχανή, μπορούν να δημιουργηθούν πολύ μεγάλες μεταβατικές υπερτάσεις κατά τη διάρκεια των σφαλμάτων και επίσης γίνεται δύσκολη η εξεύρεση του σημείου του σφάλματος.



Σχήμα 2.2. Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη γείωση γεννήτριας

Στις επόμενες παραγράφους γίνεται μία περιληπτική παρουσίαση και εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων γείωσης που φαίνονται και στο σχήμα 2.2.

2.3.1. Γείωση μέσω μεγάλης σύνθετης αντίστασης

Σήμερα, δύο είναι οι τρόποι που χρησιμοποιούνται για τη γείωση μέσω μεγάλης σύνθετης αντίστασης και παρουσιάζονται παρακάτω.

2.3.1.1. Γείωση μέσω μεγάλης αντίστασης

Σύμφωνα μ' αυτή τη μέθοδο, μεταξύ του ουδετέρου κόμβου της γεννήτριας και της γης, συνδέεται ένας Μ/Σ διανομής και στα άκρα του δευτερεύοντός του συνδέεται μία αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.(c). Η τάση λειτουργίας του πρωτεύοντος του Μ/Σ διανομής, είναι συνήθως ίση ή μεγαλύτερη με την τάση λειτουργίας φάσης-ουδετέρου της γεννήτριας, ενώ η τάση λειτουργίας του

δευτερεύοντος τυλίγματος είναι 120V ή 240V. Η επιλογή της αντίστασης του δευτερεύοντος γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά το 1-Φ βραχυκύκλωμα στα τερματικά της γεννήτριας, η ισχύς που καταναλώνεται στην αντίσταση, να είναι ίση ή μεγαλύτερη, με την τριπλάσια ισχύ στις χωρητικότητες με γη της μηδενικής ακολουθίας των τυλιγμάτων της γεννήτριας και όλου του άλλου εξοπλισμού που μπορεί να είναι συνδεδεμένος στα τερματικά της μηχανής. Με μία αντίσταση αυτής της τιμής, οι μεταβατικές υπερτάσεις κατά τη διάρκεια των σφαλμάτων, θα παραμένουν σε ασφαλή όρια. Αυτή η διεύθετηση είναι γνωστή, ως «γείωση μέσω μεγάλης αντίστασης». Για ένα 1-Φ σφάλμα στα τερματικά της μηχανής, το ρεύμα σφάλματος στο πρωτεύον θα περιορισθεί σε τιμές περίπου από 3A έως 25A. Αν είναι δυνατόν, το επίπεδο του ρεύματος σφάλματος με γη, θα πρέπει να επιλεγεί ώστε να επιτυγχάνεται η διαβάθμιση με τις ασφάλειες του πρωτεύοντος (όποτε χρησιμοποιούνται) των M/T, που είναι συνδεδεμένοι κατά αστέρα-αστέρα με τον ουδέτερο γειωμένο. Σημειώνεται ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται M/Σ διανομής με εσωτερικές ασφάλειες ή αυτόματους διακόπτες, για το λόγο ότι μπορεί ακούσια να «ανοίξουν» και το σχέδιο της γείωσης και της προστασίας να καταστεί ανενεργό κατά την στιγμή του σφάλματος.

Σε μερικές περιπτώσεις, ο M/Σ διανομής παραλείπεται και μία αντίσταση με μεγάλη τιμή, συνδέεται απευθείας μεταξύ του ουδέτερου κόμβου και της γης. Η τιμή της αντίστασης επιλέγεται να είναι τέτοια, ώστε κατά το 1-Φ βραχυκύκλωμα, το ρεύμα σφάλματος να έχει τιμή από 3A έως 25A. Αν και αυτή η μέθοδος γείωσης χρησιμοποιείται στην Ευρώπη, οι φυσικές διαστάσεις της αντίστασης, το απαιτούμενο επίπεδο μόνωσης και το κόστος αυτής, μπορούν να καταστήσουν απαγορευτική τη χρήση αυτής της μεθόδου ως μέθοδο γείωσης.

2.3.1.2. Γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης συντονισμού

Σ' αυτή τη μέθοδο γείωσης, χρησιμοποιείται ένας M/Σ διανομής με το λόγο μετασχηματισμού να επιλέγεται όπως παραπάνω, ενώ στα άκρα του δευτερεύοντος συνδέεται μία επαγωγική αντίδραση συντονισμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.(d). Η ωμική τιμή αυτής της αντίδρασης, επιλέγεται τέτοια ώστε ανηγμένη στο πρωτεύον, να είναι ίση με το 1/3 της χωρητικής αντίδρασης της μηδενικής ακολουθίας της γεννήτριας και όλου του εξοπλισμού που συνδέεται στα τερματικά αυτής, όπως

επίσης και του πρωτεύοντος του κύριου Μ/Σ ανύψωσης και του πρωτεύοντος του Μ/Σ βοηθητικών μονάδος. Αυτός ο τρόπος γείωσης, περιορίζει την τιμή του ρεύματος 1-Φ σφάλματος, στο 1Α ή και λιγότερο. Αυτή η χαμηλή τιμή ρεύματος, δε θα διατηρήσει ένα τόξο, ούτε θα προκαλέσει ζημιά στο σίδηρο του στάτη της γεννήτριας. Αυτή η μέθοδος δεν είναι εφαρμόσιμη, εάν για διάφορες συνθήκες του συστήματος, η χωρητικότητα του κυκλώματος αλλάζει.

2.3.2. Γείωση μέσω χαμηλής αντίστασης

Σ' αυτή τη μέθοδο, συνδέεται απευθείας μεταξύ του ουδετέρου κόμβου της γεννήτριας και της γης, μία αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.(a). Η τιμή της αντίστασης, επιλέγεται τέτοια ώστε να παρέχει επαρκές ρεύμα, για να επιτυγχάνεται η επιλογικότητα της προστασίας έναντι γης, για διάφορες μηχανές, ζυγούς ή και τα δύο. Γενικά η αντίσταση γείωσης, επιλέγεται με τη λογική του να περιορίζει το ρεύμα που συνεισφέρει η γεννήτρια σε ένα 1-Φ βραχυκύκλωμα στα τερματικά της, σε τιμές γύρω στα 200Α, για το 150% του ρεύματος πλήρους φορτίου της. Λόγω όμως του κόστους και του μεγέθους της αντίστασης, η χρήση της γίνεται απαγορευτική για τον περιορισμό του ρεύματος κάτω από τα 200Α, ή για να επιτρέψει ρεύματα πάνω από το ρεύμα λειτουργίας της.

Αυτή η μέθοδος γείωσης, γενικά χρησιμοποιείται όταν δύο ή περισσότερες γεννήτριες έχουν την ίδια τάση και συνδέονται στο Σ.Η.Ε. μέσω ενός μόνο Μ/Σ ανύψωσης, ή όταν η γεννήτρια συνδέεται απευθείας στο σύστημα διανομής, που είναι γειωμένο μέσω χαμηλής σύνθετης αντίστασης στο ζυγό της γεννήτριας.

2.3.3. Γείωση μέσω επαγωγικής αντίδρασης

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μία επαγωγική αντίδραση, μεταξύ του ουδετέρου κόμβου της γεννήτριας και της γης, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.(b). Η επαγωγική αντίδραση επιλέγεται τέτοια ώστε στα τερματικά της γεννήτριας, να παράγεται ένας λόγος X_0/X_1 , σε μία περιοχή τιμών από 1 έως 10. Κοινή πρακτική είναι, για να έχουμε ένα επαρκώς γειωμένο σύστημα, να παραμένει αυτός ο λόγος στην τιμή του 3 ή λιγότερο. Μ' αυτή τη μέθοδο γείωσης, δημιουργούνται σχετικά μεγάλα επίπεδα

ρεύματος κατά τη διάρκεια 1-Φ σφάλματος και που οι τιμές τους κυμαίνονται από το 25% έως το 100% του ρεύματος του 3-Φ σφάλματος.

Αυτή η μέθοδος γείωσης χρησιμοποιείται γενικά, όταν η γεννήτρια συνδέεται απευθείας σ' ένα σύστημα διανομής, που είναι απευθείας γειωμένο.

2.3.4. Γείωση με M/Σ γείωσης

Αυτή η μέθοδος εμπλέκει τη χρήση ενός M/Σ γείωσης, που συνδέεται στους τερματικούς ακροδέκτες της μηχανής, ή στο ζυγό της γεννήτριας. Η γείωση μπορεί να επιτευχθεί, είτε μέσω ενός M/Σ που είναι συνδεδεμένος κατά τεθλασμένο αστέρα (zig-zag) (σχήμα 2.2.(g)), είτε μέσω ενός γειωμένου M/Σ συνδεδεμένου κατά αστέρα- τρίγωνο (σχήμα 2.2.(f)), είτε μέσω ενός γειωμένου M/Σ συνδεδεμένου κατά αστέρα- ανοιχτό τρίγωνο και που στα άκρα του ανοιχτού τριγώνου συνδέεται μία αντίσταση (σχήμα 2.2.(e)). Όταν γίνεται χρήση του M/Σ συνδεδεμένου κατά zig-zag, ή του γειωμένου M/Σ συνδεδεμένου κατά αστέρα-τρίγωνο, επιλέγεται μία σύνθετη αντίσταση γείωσης, τέτοια ώστε να παρέχει επαρκές ρεύμα για να επιτυγχάνεται η επιλογικότητα της προστασίας έναντι γης.

Ο γειωμένος M/Σ συνδεδεμένος κατά αστέρα-ανοιχτό τρίγωνο με μία αντίσταση στα άκρα του ανοιγμένου τριγώνου, είναι γενικά ένα σύστημα «γειωμένο μέσω μεγάλης αντίστασης». Η αντίσταση μπορεί να επιλεγεί, με τον ίδιο τρόπο όπως αυτή του M/Σ διανομής με αντίσταση στο δευτερεύον. Μ' αυτή τη μέθοδο, περιορίζεται το ρεύμα του 1-Φ σφάλματος στο πρωτεύον του M/Σ, σε τιμές από 3A έως 25A.

Η γείωση μέσω M/Σ συνδεδεμένου κατά zig-zag, ή μέσω γειωμένου M/Σ συνδεδεμένου κατά αστέρα-τρίγωνο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτική «πηγή» γείωσης, όταν μία γεννήτρια που είναι γειωμένη μέσω αντίδρασης στον ουδέτερο, συνδέεται απευθείας στο σύστημα διανομής. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και όταν αρκετές γεννήτριες συνδεδεμένες κατά αστέρα αγειώτο, είτε κατά τρίγωνο, έχουν την ίδια τάση (συνδέονται στον ίδιο ζυγό).

Η χρήση του γειωμένου M/Σ συνδεδεμένου κατά αστέρα-ανοιχτό τρίγωνο με αντίσταση στα άκρα του ανοιχτού τριγώνου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ένα τρόπο ανίχνευσης σφαλμάτων γης, σε γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες κατά αστέρα αγειώτο ή κατά τρίγωνο.

2.4. Συστήματα διέγερσης

Για τον έλεγχο της εξόδου των AC μηχανών χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τέσσερις βασικοί τύποι συστημάτων διέγερσης:

- a) Διεγέρτρια με γεννήτρια συνεχούς ρεύματος
- b) Διεγέρτρια με εναλλακτήρα με ανορθωτή και στάσιμο (σταθερό) σύστημα ανόρθωσης
- c) Διεγέρτρια με εναλλακτήρα με ανορθωτή και περιστρεφόμενο σύστημα ανόρθωσης
- d) Στατικό σύστημα διέγερσης

Βάσει του χρόνου απόκρισης, τα συστήματα διέγερσης κατηγοριοποιούνται σε στατικά και περιστρεφόμενα. Οι περιστρεφόμενες διεγέρτριες αποκρίνονται πιο αργά από τις στατικές. Η ταχύτητα απόκρισης του συστήματος διέγερσης, εκφράζεται συνήθως με τον όρο «λόγος απόκρισης», ο οποίος εκφράζει την ταχύτητα απόκρισης κατά τη διάρκεια 0,5 s από την ξαφνική πτώση της τάσης στα άκρα της γεννήτριας κατά 20%. Οι περιστρεφόμενες διεγέρτριες έχουν ένα λόγο απόκρισης της τάξεως του 0,5 έως 1,0 α.μ. τάση ανά δευτερόλεπτο της διεγέρτριας. Οι στατικές διεγέρτριες έχουν ένα λόγο απόκρισης της τάξεως του 2,5 έως 3,5 α.μ. τάση ανά δευτερόλεπτο της διεγέρτριας.

2.5. Διάταξη των σταθμών παραγωγής

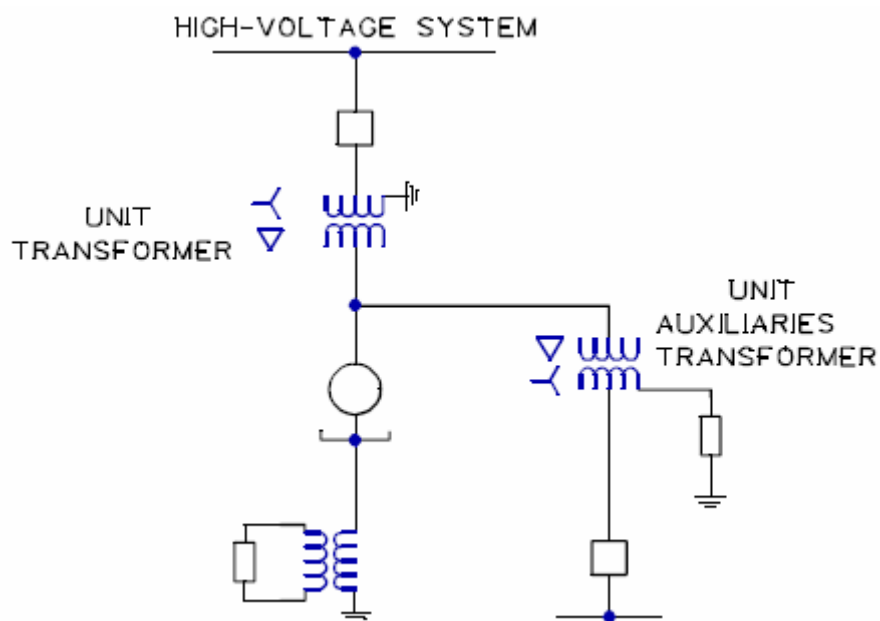
Η επιλογή και η διαρρύθμιση της προστασίας των γεννητριών, επηρεάζεται σ' ένα βαθμό από τη μέθοδο με την οποία οι γεννήτριες συνδέονται στο υπόλοιπο σύστημα και γενικά από την όλη διευθέτηση του σταθμού παραγωγής. Για τους σκοπούς αυτής της εργασίας, θα ληφθούν υπόψη οι παρακάτω συνδέσεις των γεννητριών και οι διατάξεις των σταθμών.

- a) Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια - M/Σ
- b) Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια - M/Σ με διακόπτη γεννήτριας
- c) Γεννήτριες που μοιράζονται ένα M/Σ μονάδος
- d) Γεννήτριες που συνδέονται απευθείας στο σύστημα διανομής

2.5.1. Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια - Μ/Σ

Σ' αυτή τη διάταξη, η γεννήτρια και ο Μ/Σ της (Μ/Σ ανύψωσης), συνδέονται σαν μία ομάδα στο Σ.Η.Ε., όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3. Η γεννήτρια είναι συνήθως συνδεδεμένη κατά αστέρα και γειωμένη μέσω μεγάλης αντίστασης μέσω Μ/Σ διανομής. Ο Μ/Σ ανύψωσης, είναι ως επί το πλείστον ένας γειωμένος Μ/Σ σε σύνδεση αστέρα-τρίγωνο.

Σε μερικές εγκαταστάσεις μεγάλων γεννητριών ατμοστροβίλων, η γεννήτρια μπορεί να συνδεθεί στο Σ.Η.Ε. μέσω δύο παράλληλα συνδεδεμένων Μ/Σ ανύψωσης, όπου ο καθένας θα έχει τη μισή από τη συνολική ισχύ της γεννήτριας.

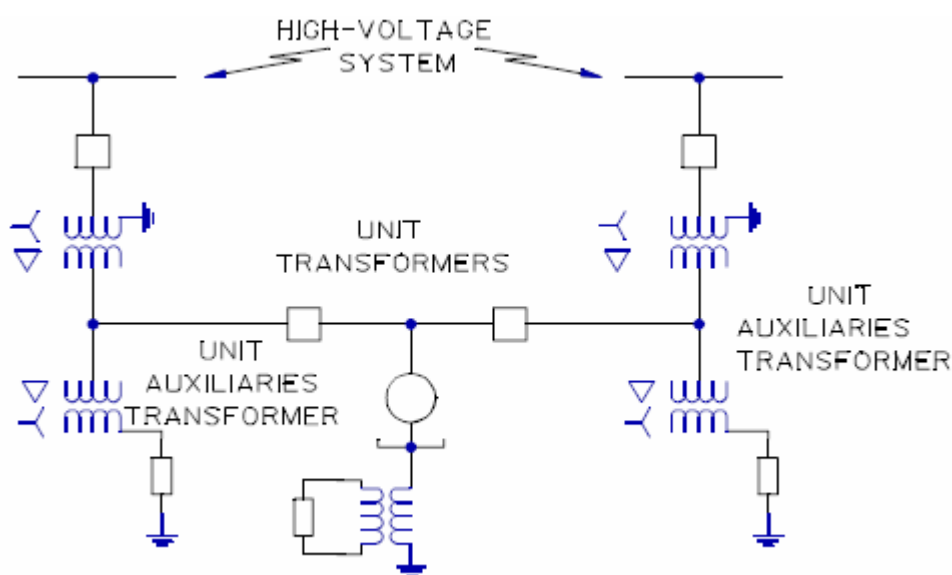


Σχήμα 2.3. Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια - Μ/Σ

Μπορεί επίσης να υπάρχουν ένας ή δύο Μ/Σ μονάδος (Μ/Σ βοηθητικών μονάδος). Αυτοί ενδέχεται να είναι διπλού ή τριπλού τυλίγματος, κάτι που εξαρτάται από το μέγεθος της γεννήτριας της μονάδος. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, ο Μ/Σ (ή οι Μ/Σ) μονάδος, είναι συνδεδεμένος κατά τρίγωνο-αστέρα, με τον ουδέτερο του αστέρα να συνδέεται με τη γη μέσω κάποιας σύνθετης αντίστασης.

2.5.2. Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια – Μ/Σ με διακόπτη γεννήτριας

Αυτή η διάταξη φαίνεται στο σχήμα 2.4. και χρησιμοποιείται σε μερικές μεγάλες γεννήτριες. Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη κατά αστέρα και γειωμένη μέσω μεγάλης αντίστασης μέσω Μ/Σ διανομής. Δύο Μ/Σ ανύψωσης συνδεδεμένοι κατά γειωμένο αστέρα-τρίγωνο και με τη μισή από τη συνολική ισχύ της γεννήτριας, χρησιμοποιούνται για να συνδεθεί η γεννήτρια με το υπόλοιπο σύστημα. Όπως φαίνεται και στο σχήμα, γι' αυτή τη διάταξη χρησιμοποιούνται επίσης δύο Μ/Σ μονάδος.



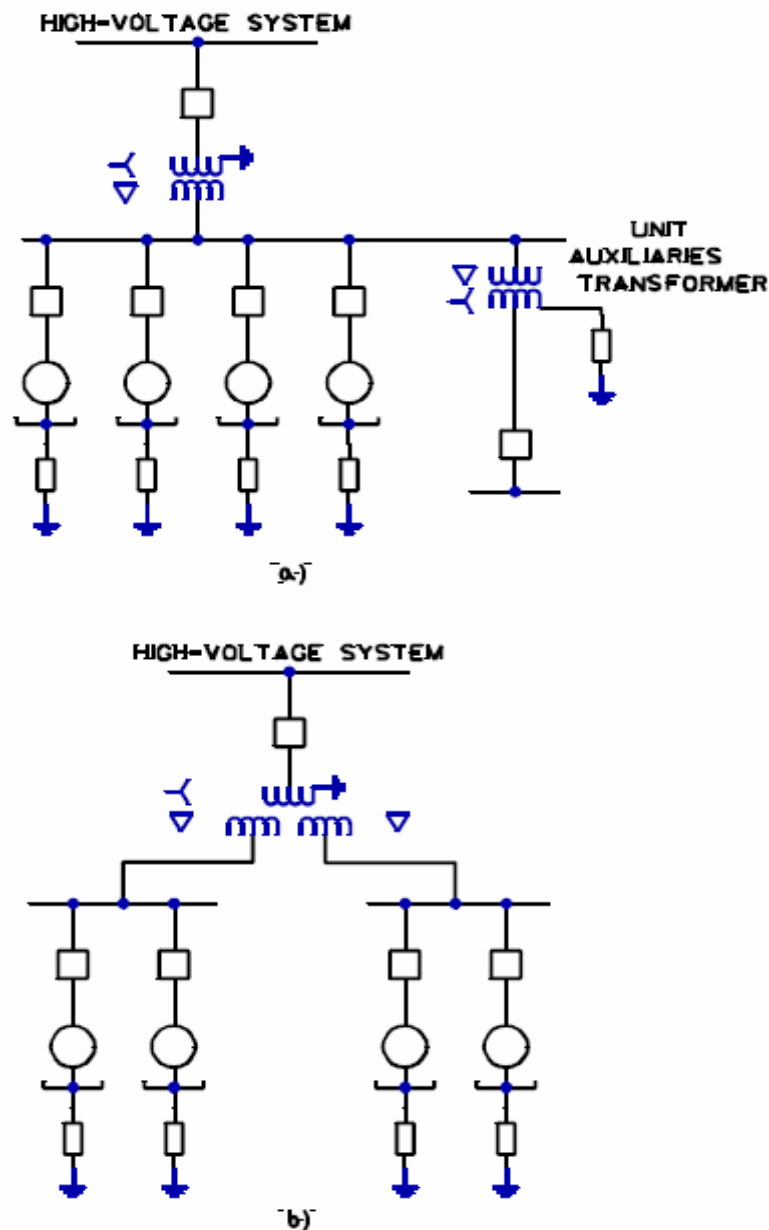
Σχήμα 2.4. Διαμόρφωση ομάδας γεννήτρια – Μ/Σ με διακόπτη γεννήτριας

2.5.3. Γεννήτριες που μοιράζονται ένα Μ/Σ ανύψωσης

Στο σχήμα 2.5., φαίνονται οι δύο μέθοδοι με τις οποίες δύο ή περισσότερες γεννήτριες, μπορούν να συνδεθούν στο Σ.Η.Ε. χρησιμοποιώντας ένα Μ/Σ ανύψωσης. Στο σχήμα 2.5.a), δύο οι περισσότερες γεννήτριες είναι συνδεδεμένες στον ίδιο ζυγό και ένας Μ/Σ ανύψωσης διπλού τυλίγματος συνδεδεμένος κατά γειωμένο αστέρα-τρίγωνο, χρησιμοποιείται για να συνδέσει τις μηχανές με το υπόλοιπο σύστημα. Στο σχήμα 2.5.b), ένας αριθμός γεννητριών συνδέεται με το Σ.Η.Ε., δια μέσου ενός Μ/Σ τριπλού τυλίγματος, συνδεδεμένου κατά γειωμένο αστέρα – τρίγωνο – τρίγωνο. Κάθε

μία από τις δύο αυτές προσεγγίσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μικρές γεννήτριες υδροστροβίλων, ή για γεννήτριες εσωτερικής καύσης.

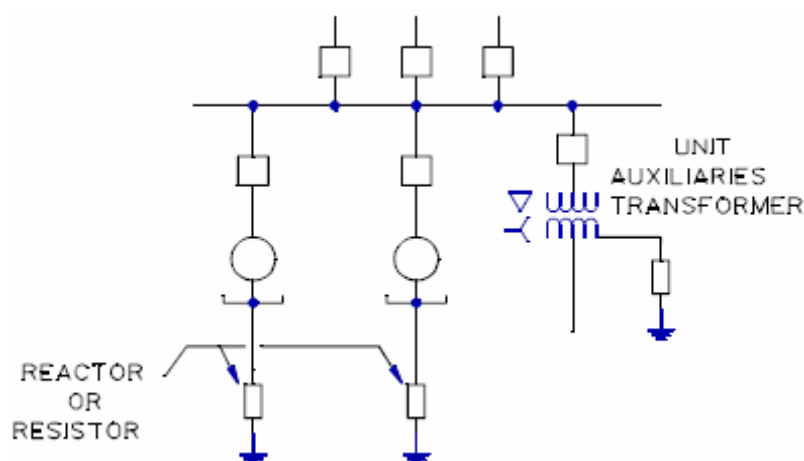
Σε οποιαδήποτε προσέγγιση, η μέθοδος γείωσης που θα πρέπει να εφαρμόζεται, είναι αυτή κατά την οποία ο ουδέτερος κόμβος γειώνεται μέσω αντίστασης, έτσι ώστε να επιτευχθεί ή επιλογική προστασία έναντι σφαλμάτων γης στις μηχανές. Σε μερικές περιπτώσεις, οι γεννήτριες μπορεί να γειώνονται με τη μέθοδο της μεγάλης αντίστασης γείωσης μέσω Μ/Σ διανομής, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι ζημιές από ένα ενδεχόμενο 1-Φ σφάλμα. Ωστόσο αυτή η μέθοδος γείωσης, έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να μην παρέχει το επαρκές ρεύμα που είναι απαραίτητο για την επιλογική προστασία.



Σχήμα 2.5. Γεννήτριες που μοιράζονται ένα Μ/Σ ανύψωσης

2.5.4. Γεννήτριες που συνδέονται απευθείας στο σύστημα διανομής

Στο σχήμα 2.6. φαίνεται μία τυπική εγκατάσταση, όπου οι γεννήτριες συνδέονται απευθείας στο σύστημα διανομής. Αν το σύστημα είναι γειωμένο αποτελεσματικά ($X_0/X_1 \leq 3$, $R_0/R_1 \leq 1$), ο ουδέτερος της γεννήτριας, ή ο ουδέτερος του Μ/Σ γείωσης του ζυγού, στην περίπτωση όπου ο ουδέτερος της γεννήτριας είναι απομονωμένος (αγείωτος) (όπως σημειώνεται στην παράγραφο 2.3.4.), θα γειώνεται μέσω επαγωγικής αντίδρασης. Αν το σύστημα δεν είναι αποτελεσματικά γειωμένο, όπως συμβαίνει σε μερικά 3-Φ συστήματα διανομής, ο ουδέτερος της γεννήτριας ή ο ουδέτερος του Μ/Σ γείωσης, θα πρέπει να γειώνεται μέσω μίας μικρής τιμής ωμικής αντίστασης.



Σχήμα 2.6. Γεννήτριες που συνδέονται απευθείας στο σύστημα διανομής

2.6. Έλεγχος διέγερσης

Το σύστημα διέγερσης της γεννήτριας, παρέχει την ενέργεια για το μαγνητικό της πεδίο, το οποίο τη διατηρεί σε συγχρονισμό με το υπόλοιπο σύστημα. Επιπρόσθετα με τη διατήρηση του συγχρονισμού, το σύστημα διέγερσης επιδρά και στο σύνολο της άεργης ισχύος που η γεννήτρια μπορεί να παράξει ή να απορροφήσει. Αν η τερματική τάση της γεννήτριας είναι ρυθμισμένη να παραμένει αμετάβλητη, αυξάνοντας την ισχύ διέγερσης, αυξάνεται η ροπή συγχρονισμού της μηχανής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η άεργος ισχύς εξόδου της. Με τη μείωση της ισχύος διέγερσης, έχουμε το αντίθετο αποτέλεσμα και σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί η

γεννήτρια να αποσυγχρονιστεί από το υπόλοιπο σύστημα. Αν η γεννήτρια λειτουργεί απομονωμένα από το υπόλοιπο σύστημα και δεν υπάρχουν άλλες πηγές άεργου ισχύος για να ελέγξουν την τερματική της τάση, αυξάνοντας τα επίπεδα της ισχύος διέγερσης, θα αυξηθεί και η τάση στους ακροδέκτες της γεννήτριας.

Υπάρχει μία ποικιλία λειτουργιών που μπορούν να εφαρμοστούν στο σύστημα διέγερσης, όπως η αυτόματη ρύθμιση τάσης (AVR), η ρύθμιση για σταθερό συντελεστή ισχύος και η ρύθμιση για σταθερή άεργο ισχύ. Το σύστημα διέγερσης, μπορεί επίσης πέραν της αυτόματης ρύθμισης, να λειτουργήσει και με χειροκίνητο έλεγχο. Όλοι οι τρόποι αυτόματου ελέγχου, μπορούν επίσης να διαθέτουν και συμπληρωματικούς ελέγχους. Αυτοί οι έλεγχοι μπορούν να εξασφαλίσουν το γεγονός ότι η γεννήτρια θα λειτουργεί μέσα στα όρια της ικανότητας φορτίσεώς της, ακόμα και κατά την αυτόματη ρύθμιση κάποιας βασικής παραμέτρου. Οι συμπληρωματικοί έλεγχοι, μπορούν επίσης να αυξήσουν την ευσταθή λειτουργία της γεννήτριας, που είναι παράλληλα συνδεδεμένη με το διασυνδεδεμένο σύστημα.

2.7. Έλεγχος ρυθμιστή στροφών στροβίλου

Ο κύριος ρόλος του συστήματος ρύθμισης στροφών του στροβίλου, είναι η ρύθμιση των βαλβίδων εισαγωγής του στροβίλου προκειμένου να εξισωθεί η μηχανική του ροπή με την ηλεκτρική ροπή τη γεννήτριας. Ανάλογα με τη λειτουργία των μονάδων και τις απαιτήσεις ελέγχου, χρησιμοποιούνται δύο τύποι ελέγχου, ο τύπου «πτώσης» και ο τύπου «συχνότητας ή ισόχρονου (σταθερής ταχύτητας)».

Ο έλεγχος τύπου πτώσης (ταχύτητα/φορτίο), συμπεριφέρεται με μία χαρακτηριστική, παρόμοια με αυτή όπου όταν αυξάνεται το φορτίο οι στροφές πέφτουν. Στις σύγχρονες μηχανές, η λειτουργία του ρυθμίζεται στη συχνότητα του συστήματος. Μ' αυτό τον τρόπο, στην ουσία ο ρυθμιστής στροφών τύπου πτώσης, γίνεται ένας ελεγκτής φορτίου. Με την αύξηση του φορτίου, δίνεται ένα σήμα από το ρυθμιστή στροφών ν' ανοίξουν οι βαλβίδες εισαγωγής, έτσι ώστε να διατηρηθούν οι στροφές και να εξυπηρετηθεί το επιπρόσθετο φορτίο του συστήματος. Ο έλεγχος του ρυθμιστή στροφών τύπου πτώσης, αποτρέπει την επιφόρτιση μίας μόνο γεννήτριας με το επιπλέον φορτίο, το οποίο και μοιράζεται με τις υπόλοιπες μονάδες, με αποτέλεσμα την καλύτερη ευστάθεια του Σ.Η.Ε.

Ο ισόχρονος (συχνότητας) τύπος ελέγχου του ρυθμιστή στροφών, χρησιμοποιείται για τη λειτουργία μονάδων οι οποίες είναι απομονωμένες από το σύστημα. Μ' αυτό τον έλεγχο, γίνεται ρύθμιση της συχνότητας σε μία τιμή αναφοράς. Σε περιπτώσεις όπως αυτές των νησιών, αυτός ο τύπος ελέγχου είναι σημαντικός, για να επιτευχθεί η τιμή της συχνότητας στην ονομαστική, ή κοντά σ' αυτήν. Στις περιπτώσεις όμως μεγάλων Σ.Η.Ε., όπου μία μόνο μονάδα έχει ελάχιστη επίδραση στη συχνότητα του δικτύου, ο πλέον χρησιμοποιούμενος τρόπος ελέγχου είναι ο τύπου πτώσης.

2.8. Διαχωρισμός σφαλμάτων

Μία εξάρτηση ως ένα βαθμό της ηλεκτρικής προστασίας που τελικά θα επιλεγεί για τις γεννήτριες, έχει να κάνει και με τον τρόπο διαχωρισμού των σφαλμάτων που ενδεχομένως εμφανιστούν σ' αυτές. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται συνήθως με τρεις κυρίως τρόπους.

- a) Εσωτερικά και εξωτερικά σφάλματα στη γεννήτρια
- b) Σημαντικά και δευτερεύοντα ηλεκτρικά σφάλματα, μη κανονικές συνθήκες της κινητήριας μονάδος και σφάλματα σχετιζόμενα με το Σ.Η.Ε.
- c) Σφάλματα στα τυλίγματα του στάτη, του δρομέα και σφάλματα άλλων συστημάτων

2.8.1. Εσωτερικά και εξωτερικά σφάλματα στη γεννήτρια

Ως εσωτερικά σφάλματα, νοούνται όλες οι αστοχίες, οι διαταραχές και γενικότερα όλες οι μη κανονικές καταστάσεις που μπορούν να εμφανιστούν μέχρι και στα τερματικά της γεννήτριας και μόνο σ' αυτή. Τέτοια μπορεί να είναι όλων των ειδών τα βραχυκυκλώματα με ή χωρίς γη στο στάτη ή στο δρομέα, απώλεια της διέγερσης, υπερθερμάνσεις κ.λ.π. Ως εξωτερικά δε σφάλματα, νοούνται όλες οι αστοχίες, οι διαταραχές και γενικότερα όλες οι μη κανονικές καταστάσεις που μπορούν να εμφανιστούν από τα τερματικά της γεννήτριας και «πάνω» και που θα έχουν σαν αποτέλεσμα την εσφαλμένη λειτουργία και καταπόνηση (ηλεκτρική ή μηχανική) της γεννήτριας. Τέτοια μπορεί να είναι όλων των ειδών τα

βραχυκυκλώματα με ή χωρίς γη στο σύστημα μεταφοράς, ένα ενδεχόμενο ασύμμετρο φορτίο, υπερτάσεις λόγω κεραυνοπληξιών κ.λ.π.

2.8.2. Σημαντικά και δευτερεύοντα ηλεκτρικά σφάλματα, μη κανονικές συνθήκες της κινητήριας μονάδος και σφάλματα σχετιζόμενα με το Σ.Η.Ε.

Στα σημαντικά ηλεκτρικά σφάλματα, κατατάσσονται κυρίως οι αστοχίες στη μόνωση των τυλιγμάτων του στάτη, ή και των συνδέσεών του. Στα δευτερεύοντα ηλεκτρικά σφάλματα, κατατάσσονται οι αποτυχίες του συστήματος διέγερσης, οι αστοχίες της μόνωσης του τυλίγματος του δρομέα, όπως επίσης και κάποιες μεταβατικές υπερτάσεις. Η κινητήρια μονάδα μπορεί και αυτή να υποστεί κάποιες αποτυχίες, οι οποίες βέβαια έχουν να κάνουν με το μηχανολογικό κομμάτι της προστασίας. Εντούτοις όμως, κάποιο ελάττωμα στον έλεγχο της κινητήριας μονάδας, όπως π.χ. στον αυτόματο ρυθμιστή στροφών, μπορεί να προκαλέσει κάποιες ηλεκτρικές ανωμαλίες που έχουν να κάνουν με τη συχνότητα και την ενεργό ισχύ εξόδου της γεννήτριας. Στα σχετιζόμενα με το σύστημα σφάλματα, μπορεί να συγκαταλεγούν η τροφοδότηση από τη γεννήτρια ενός μη εκκαθαρισμένου σφάλματος στο Σ.Η.Ε., η παρατεταμένη ή μεγάλη ασύμμετρη φόρτιση, η απώλεια συγχρονισμού κ.λ.π.

2.8.3. Σφάλματα στα τυλίγματα του στάτη, του δρομέα και σφάλματα άλλων συστημάτων

Όσον αφορά τα σφάλματα που μπορεί να συμβούν στο στάτη μίας γεννήτριας, αυτά είναι σφάλματα φάσης, σφάλματα γης, σφάλματα μεταξύ σπειρών της ίδιας φάσης κ.λ.π. Στα σφάλματα του δρομέα, συγκαταλέγονται τα σφάλματα μεταξύ των τυλιγμάτων του και τα σφάλματα αυτών με γη.

Στη παρούσα εργασία, γίνεται χρήση του διαχωρισμού των σφαλμάτων για την εξέταση των μεθόδων προστασίας στους σταθμούς παραγωγής, σύμφωνα με τον τελευταίο τρόπο που κρίθηκε και ο πλέον κατατοπιστικός.

2.9. Τύποι προστασίας γεννητριών

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, υπάρχουν πολλοί και διάφοροι τύποι σφαλμάτων που μπορεί να συμβούν σε μία γεννήτρια και γι' αυτό το λόγο υπάρχουν και πολλοί και διάφοροι τύποι προστασίας που μπορούν να εφαρμοστούν σ' αυτή. Ωστόσο οι γεννήτριες δεν έχουν όλες τον ίδιο βαθμό προστασίας. Ένας γενικός κανόνας που μπορεί να ακολουθηθεί, είναι ότι οι μεγαλύτερες και οι ακριβότερες μηχανές, πρέπει να έχουν το μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών συστημάτων προστασίας, για τον απλούστατο λόγο ότι κάποια ενδεχόμενη σοβαρή ζημιά σ' αυτές, είναι εξαιρετικά δαπανηρή. Αυτό και υπό την έννοια του μεγάλου κόστους επισκευής τους, αλλά και της επίσης μεγάλης οικονομικής ζημιάς που θα αποφέρει η μη διαθεσιμότητα της μονάδας στο σύστημα.

Γενικά, όλες οι γεννήτριες θα πρέπει να διαθέτουν μία βασική προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων στα τυλίγματα του στάτη, αλλά δεν απαιτείται να έχουν όλες και τις διάφορες άλλες προστασίες που μπορούν να εφαρμοστούν και που θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια. Κάθε μία απ' αυτές τις προστασίες, προφυλάσσει τις γεννήτριες από διάφορους τύπους σφαλμάτων. Υπάρχει μία διαφωνία όσον αφορά στη βασική προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων στα τυλίγματα του στάτη, αλλά οι περισσότεροι μηχανικοί συμφωνούν, ότι ο καλύτερος τρόπος για να επιτευχθεί αυτή, είναι μέσω της διαφορικής προστασίας.

Πέρα απ' αυτή την βασική προστασία, οι απόψεις δίστανται επίσης και για την ανάγκη χρησιμοποίησης ειδικών προστασιών. Πολλοί διατυπώνουν και τους εξής προβληματισμούς: α) όσα περισσότερα αυτόματα συστήματα προστασίας χρησιμοποιούνται, τόσο περισσότερο ελλιπής θα είναι και η συντήρηση και η δοκιμή τους β) τα συστήματα αυτά προστασίας, ενδέχεται να μη λειτουργήσουν σωστά και να προκαλέσουν μία ανεπιθύμητη ενεργοποίηση των προστασιών της γεννήτριας γ) ένας χειριστής μπορεί μερικές φορές, να αποτρέψει την αποσύνδεση της γεννήτριας από την υπηρεσία, όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο για το υπόλοιπο σύστημα. Λόγω και των παραπάνω προβληματισμών, η αξιοπιστία των συστημάτων προστασίας μπορεί να μειωθεί, οπότε η ανάγκη για απλοποίηση και έλεγχο των συστημάτων αυτών, πιθανώς να είναι επιτακτική. Άλλοι, είναι της άποψης μίας ποιο περίπλοκης και με ακρίβεια μελετημένης προστασίας, με τη θεώρηση ότι η αποσύνδεση μίας γεννήτριας από το σύστημα, είναι ποιο δαπανηρή από το κόστος για τον επιπρόσθετο χρόνο που

θα χρειαστεί για τη συχνή συντήρηση και τον έλεγχο του συστήματος προστασίας της. Η τελική επιλογή, επαφίεται στο όφελος που θα αποκομιστεί με την αύξηση της πολυπλοκότητας, σε ότι αφορά στο ποσοστό διαθεσιμότητας της γεννήτριας. Αυτό βέβαια είναι κάτι το οποίο δεν είναι εύκολα και με ακρίβεια μετρήσιμο, αφού μεγάλες διακοπές δε συμβαίνουν συχνά.

Κεφάλαιο 3ο
γεννήτριας

Προστασίες του σάτη της

3.1. Παρουσίαση

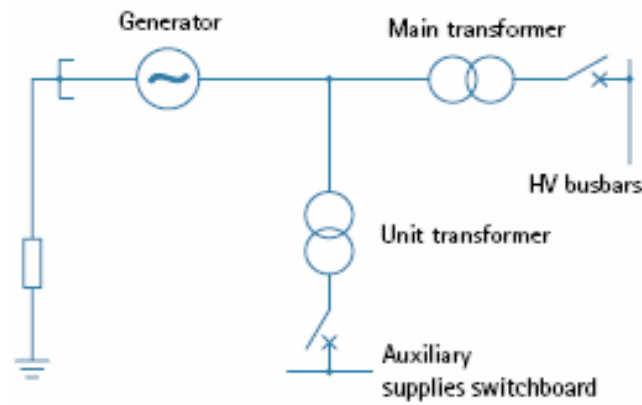
Ο πυρήνας ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) είναι η Παραγωγή. Με εξαίρεση την ανερχόμενη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών και των κυψελών καυσίμου για τα Σ.Η.Ε., η μετατροπή της αρχικής ενέργειας στην ισοδύναμη ηλεκτρική, κανονικά απαιτεί μία «κινητήρια μονάδα» που θα αναπτύξει μηχανική ισχύ ως ένα ενδιάμεσο στάδιο.

Η φύση αυτής της μηχανής εξαρτάται σύμφωνα με την αρχική πηγή ενέργειας και κατά συνέπεια προκαλεί και κάποια διαφοροποίηση στο σχεδιασμό της γεννήτριας. Σήμερα χρησιμοποιούνται γεννήτριες που έχουν σα βάση αμοστρόβιλους, αεριοστρόβιλους, υδροστρόβιλους ή αεροστρόβιλους και μηχανές εσωτερικής καύσης. Οι ισχείς τους εκτείνονται από μερικές εκατοντάδες kVA (ή και λιγότερο) για μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μηχανών εσωτερικής καύσης, έως και 1200 MVA για μονάδες αμοστρόβιλων.

Μικρές και μεσαίου μεγέθους μονάδες μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο σύστημα διανομής ισχύος. Για μεγαλύτερες μονάδες απαιτείται η χρήση μετασχηματιστή (M/T) ανύψωσης για την σύνδεση με το σύστημα μεταφοράς Υψηλής Τάσης (Υ.Τ.).

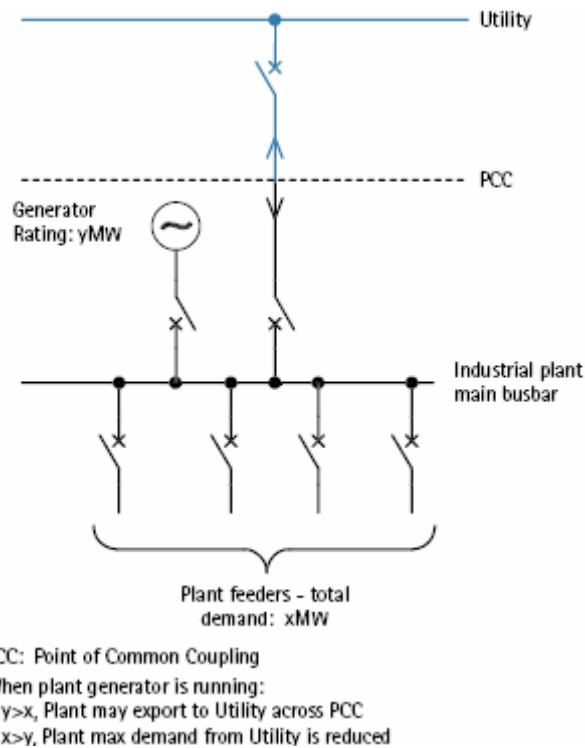
Διακοπτικός εξοπλισμός μπορεί να παρέχεται ή και όχι μεταξύ της γεννήτριας και του M/T. Σε μερικές περιπτώσεις λειτουργικά και οικονομικά πλεονεκτήματα επιτυγχάνονται με τη χρήση διακόπτη ισχύος (Δ/I) γεννήτριας επιπρόσθετα με έναν Δ/I από τη πλευρά της υψηλής τάσης, αλλά ειδικές ρυθμίσεις θα πρέπει να τοποθετηθούν στο Δ/I της γεννήτριας για διακοπή των κυματομορφών ρεύματος σφάλματος γεννήτριας.

Ένας M/T μονάδος (M/T βοηθητικών μονάδος) μπορεί να είναι συνδεδεμένος μεταξύ της γεννήτριας και του M/T ανύψωσης για την τροφοδότηση των βοηθητικών της μονάδος όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1. Ο M/T μονάδος μπορεί να φτάσει το 10% της ονομαστικής ισχύς της γεννήτριας, για μονάδες στερεών καυσίμων, αλλά μπορεί να μη ξεπερνά το 1% της ονομαστικής της ισχύς για γεννήτριες υδροηλεκτρικών μονάδων.



Σχήμα 3.1. Ομάδα Γενήτριας – Μ/Σ

Βιομηχανικές ή εμπορικές εγκαταστάσεις με απαίτηση για ατμό ή ζεστό νερό, συμπεριλαμβάνουν σήμερα συχνά μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούν ή παράγουν ατμό, για να είναι πιο συμφέρουσες οικονομικά με τη μορφή ενός σχήματος συνδυασμού θερμότητας και ισχύος (Combined Heat and Power). Η εγκατάσταση θα έχει τυπικά μια σύνδεση με το δημόσιο σύστημα διανομής και μια τέτοια παραγωγή είναι γνωστή ως «ιδιοπαραγωγή». Η μονάδα παραγωγής της εγκατάστασης, πρέπει να είναι ικανή να εξάγει την πλεονάζουσα ισχύ ή να μειώνει την εισερχόμενη ισχύ από το δίκτυο ανάλογα με τη ζήτηση. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2. Εγκατάσταση με ιδιοπαραγωγή

Μια σύγχρονη μονάδα παραγωγής είναι ένα σύνθετο σύστημα, που περιλαμβάνει το τύλιγμα στάτη της γεννήτριας, με το Μ/Σ ανύψωσής της και το Μ/Σ βοηθητικών της (αν υπάρχει), το δρομέα, με το τύλιγμα πεδίου του και το σύστημα διέγερσής του και την κινητήρια μονάδα, με τα εμπλεκόμενα βοηθητικά της. Σ' αυτό το σύστημα μπορεί να συμβούν σφάλματα πολλών ειδών και για το λόγο αυτό απαιτείται η χρήση διάφορων τύπων ηλεκτρικών και μηχανικών προστασιών. Ο βαθμός και το μέγεθος της εφαρμοζόμενης προστασίας, επιλέγεται έχοντας λάβει υπόψη οικονομικούς κυρίως παράγοντες, όπως η αξία της μηχανής καθώς και η αξία της ισχύς που αποδίδει στο Σ.Η.Ε.

Όσον αφορά τη μελέτη και την επιλογή των προστασιών που θα εφαρμοστούν, τα παρακάτω προβλήματα θα πρέπει να εξεταστούν.

- a. Ηλεκτρικά σφάλματα στάτη
- b. Υπερφόρτιση
- c. Υπέρταση
- d. Ασύμμετρη φόρτιση
- e. Υπερ-ροή
- f. Ακούσια ενεργοποίηση (ηλέκτριση)
- g. Ηλεκτρικά σφάλματα δρομέα
- h. Απώλεια διέγερσης
- i. Απώλεια συγχρονισμού
- j. Αποτυχία της κινητήριας μονάδας
- k. Αποτυχία στη λίπανση λαδιού
- l. Υπερτάχυνση
- m. Παραμόρφωση δρομέα
- n. Διαφορά στη διαστολή των σταθερών και κινητών μερών
- o. Υπερβολικές μηχανικές ταλαντώσεις (κραδασμοί)
- p. Σφάλματα ελασμάτων πυρήνα

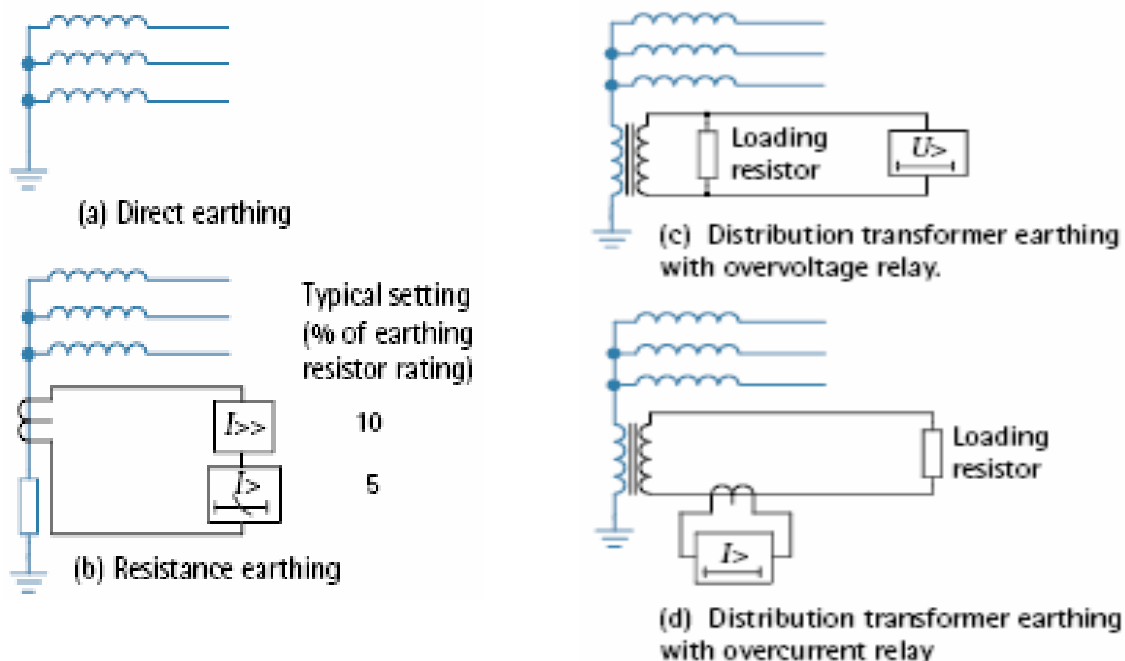
3.2. Γείωση γεννήτριας

Όπως αναφέρθηκε εκτενέστερα και σε προηγούμενο κεφαλαίο, ο κοινός κόμβος της γεννήτριας συνήθως γειώνεται για να διευκολυνθεί η προστασία του τυλίγματος στάτη και του συνδεδεμένου συστήματος. Η γείωση εμποδίζει επίσης τη δημιουργία

καταστροφικών μεταβατικών υπερτάσεων, κατά την περίπτωση σφάλματος γης μέσω ηλεκτρικού τόξου ή κατά την περίπτωση σιδηρομαγνητικού (ή φερομαγνητικού) συντονισμού. Στις γεννήτριες υψηλής τάσης, συνήθως τοποθετείται μία σύνθετη αντίσταση στο σημείο σύνδεσης του στάτη με τη γη, ώστε να περιοριστεί το πλάτος του ρεύματος σφάλματος γης. Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία τιμών ρεύματος σφάλματος γης που μπορεί να επιλεγεί, αλλά οι πλέον συνηθέστερες τιμές είναι:

1. το ονομαστικό ρεύμα
2. τα 200A-400A (χαμηλή αντίσταση γείωσης)
3. τα 10A-20A (υψηλή αντίσταση γείωσης)

Οι κύριες μέθοδοι γείωσης της γεννήτριας, μέσω σύνθετης αντίστασης, φαίνονται στο σχήμα 3.3. Οι χαμηλές τιμές ρεύματος σφάλματος γης, μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τη ζημιά που μπορεί να προκληθεί από ένα σφάλμα, αλλά ταυτόχρονα κάνουν δύσκολο τον εντοπισμό ενός σφάλματος κοντά στο κοινό κόμβο του αστέρα του τυλίγματος του στάτη. Εκτός από ειδικές εφαρμογές, όπως αυτές της ναυτιλίας, οι γεννήτριες χαμηλής τάσης (X.T.) συνήθως είναι απευθείας γειωμένες, για να είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις ασφάλειας. Όπου γίνεται χρήση Μ/Σ ανύψωσης, η γεννήτρια και το τύλιγμα χαμηλής τάσης του Μ/Σ, μπορεί να συμπεριφερθούν ως ένα απομονωμένο σύστημα, το οποίο δεν επηρεάζεται από τις απαιτήσεις γείωσης του Σ.Η.Ε.



Σχήμα 3.3. Μέθοδοι γείωσης γεννήτριας

Ένας Μ/Σ διανομής, ή σύνθετες αντιστάσεις σε σειρά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως η σύνθετη αντίσταση γείωσης. Αν χρησιμοποιείται Μ/Σ διανομής, οι ονομαστικές του τιμές για συνεχή λειτουργία είναι συνήθως μεταξύ 5 – 250 kVA. Το δευτερεύον τυλίγμα είναι εφοδιασμένο με μία αντίσταση, της οποίας η τιμή, έχει να κάνει με την επιλεγόμενη τιμή του ρεύματος σφάλματος γης που θα περάσει μέσω αυτής για μικρό χρονικό διάστημα, λαμβάνοντας υπόψη και το λόγο μετασχηματισμού του Μ/Σ. Αυτή η τιμή τυπικά κυμαίνεται στη περιοχή των 5 – 20Α. Η αντίσταση, εμποδίζει την εμφάνιση υψηλών μεταβατικών υπερτάσεων κατά την περίπτωση σφάλματος γης μέσω ηλεκτρικού τόξου, οι οποίες προκαλούνται από την αποφόρτιση της παραμένουσας ενέργειας, η οποία υπάρχει λόγω της χωρητικής συμπεριφοράς του κυκλώματος. Γι' αυτό το λόγο, η ωμική συνιστώσα του ρεύματος σφάλματος δεν πρέπει να είναι λιγότερη από το παραμένον χωρητικό ρεύμα. Αυτό αποτελεί και τη βάση σχεδιασμού και στη πράξη χρησιμοποιούνται τιμές που είναι μεταξύ $3 - 5I_{co}$.

Είναι πολύ σημαντικό ώστε ο Μ/Σ διανομής να μην φτάνει ποτέ στο κορεσμό, γιατί τότε μπορούν να συμβούν οι πολύ ανεπιθύμητες συνθήκες του σιδηρομαγνητικού (ή φερομαγνητικού) συντονισμού. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η φυσιολογική ανύψωση της τάσης πάνω από την ονομαστική τιμή, λόγω ξαφνικής απώλειας του φορτίου, ή λόγω αύξησης της διέγερση του πεδίου του δρομέα. Κατά το σχεδιασμό του Μ/Σ διανομής, είναι επαρκές να λαμβάνεται το γόνατο της Η.Ε.Δ. του πρωτεύοντος τυλίγματος, ίσο με 1.3 φορές την ονομαστική τιμή της πολικής τάσης της γεννήτριας.

3.3. Σφάλμα τυλίγματος στάτη

Αστοχία στα τυλίγματα του στάτη ή στη μόνωση της σύνδεσης, μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη σοβαρή ζημιά των τυλιγμάτων και του πυρήνα του στάτη. Η έκταση της ζημιάς θα εξαρτηθεί από το πλάτος και την διάρκεια του ρεύματος σφάλματος.

3.3.1. Σφάλματα γης

Η πιο πιθανή μορφή αστοχίας της μόνωσης, είναι αυτή μεταξύ φάσης και γης. Η χρησιμοποίηση μίας αντίστασης γείωσης, περιορίζει το ρεύμα του σφάλματος και ως εκ τούτου και τη ζημιά στο στάτη.

Ένα σφάλμα γης, έχει σαν αποτέλεσμα το κάψιμο του σιδήρου του στάτη στο σημείο του σφάλματος και την ένωση των ελασμάτων μεταξύ τους. Η αντικατάσταση του ελαττωματικού αγωγού μπορεί να μην είναι πολύ σοβαρή υπόθεση (εξαρτώμενο από τη διαρρύθμιση/τάση/κατασκευή), αλλά η ζημιά του πυρήνα δεν μπορεί να αγνοηθεί, αφού το κόλλημα των ελασμάτων μπορεί να ήταν αποτέλεσμα τοπικής υπερθέρμανσης. Η κατεστραμμένη περιοχή μερικές φορές μπορεί να επισκευαστεί, αλλά αν έχει υποστεί σοβαρή καταστροφή, είναι απαραίτητη μία μερική ανακατασκευή του πυρήνα. Μία ηλεκτρική εκκένωση είναι πιο πιθανό να συμβεί στη περιοχή κοντά στο τέλος του τυλίγματος, όπου οι ηλεκτρικές καταπονήσεις είναι και οι μεγαλύτερες. Οι δυνάμεις που προκύπτουν και που εφαρμόζονται στους αγωγούς, μπορεί να είναι πολύ μεγάλες και ενδεχομένως να αποτελέσουν αιτία εκτεταμένων καταστροφών, η οποίες θα οδηγήσουν στη μερική ή ολική αναπεριέλιξη της γεννήτριας. Ξέχωρα από το κάψιμο του πυρήνα, ο μεγαλύτερος κίνδυνος που επίκειται από το σφάλμα και που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης, είναι η φωτιά. Ένα μεγάλο τμήμα των μονωτικών υλικών είναι εύφλεκτα και στη περίπτωση των αερόψυκτων μηχανών, ο εξαναγκασμένος αερισμός μπορεί πολύ γρήγορα να δημιουργήσει και να διαδώσει τη φωτιά σε όλο το τύλιγμα. Σε αντίθεση με τις αερόψυκτες μηχανές, αυτές που χρησιμοποιούν για την ψύξη τους το υδρογόνο, δε κινδυνεύουν από εκδήλωση πυρκαγιάς, παρέχοντας στο σύστημα στάτη μια μόνιμη ασπίδα προστασίας. Σε κάθε περίπτωση, το μέγεθος της απώλειας ενέργειας μπορεί να είναι αξιοσημείωτο και μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα ένα τεράστιο οικονομικό αντίκτυπο, λόγω της μείωσης των εσόδων από την παραγωγή ή και από την εισαγωγή της επιπρόσθετης ενέργειας.

3.3.2. Διφασικά (2-Φ) σφάλματα

2-Φ σφάλματα χωρίς γη είναι λιγότερο κοινά, μπορεί δε να συμβούν στο τέλος του τμήματος των πηνίων του στάτη, ή στους αύλακες αν το τύλιγμα εμπλέκει δύο

πηνία στην ίδια αύλακα. Στην τελευταία περίπτωση, το σφάλμα θα εμπλέξει τη γη σ' ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Τέλος ν' αναφερθεί, ότι το ρεύμα σφάλματος φάσης δε περιορίζεται από τη μέθοδο γείωσης του ουδετέρου κόμβου.

3.3.3. Σφάλματα μεταξύ σπειρών του ίδιου πηνίου

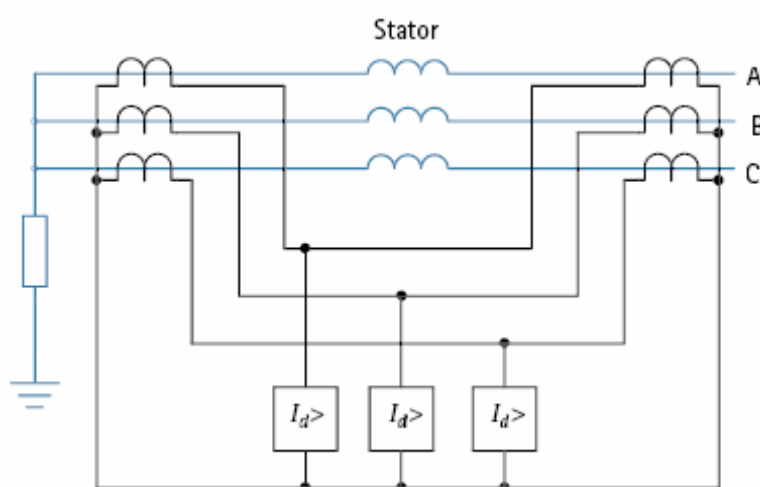
Σφάλματα μεταξύ σπειρών του ίδιου πηνίου, μπορούμε να έχουμε στις περιπτώσεις γεννητριών, όπως αυτές των υδροηλεκτρικών σταθμών, όπου η κατασκευή της μίας φάσης του στάτη, δημιουργείται από την παράλληλη σύνδεση τυλιγμάτων, που αποτελούνται από ένα ή περισσότερα σε σειρά συνδεδεμένα πηνία, μονών ή πολλαπλών σπειρών. Τέτοια σφάλματα είναι σπάνια, αλλά εάν συμβούν θα έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός σημαντικού ρεύματος σφάλματος στο βρόχο. Τα συμβατικά συστήματα προστασίας γεννητριών, δεν ανιχνεύουν τέτοια σφάλματα και το επιπλέον κόστος και η πολυπλοκότητα για την ανίχνευση τους, δεν μπορεί συνήθως να δικαιολογηθεί. Σε μία τέτοια περίπτωση, ένα σφάλμα μεταξύ σπειρών του ίδιου πηνίου, θα πρέπει να εξελιχθεί σε σφάλμα γης, ώστε να μπορεί να ανιχνευθεί και στη συνέχεια να εκκαθαριστεί. Μία εξαίρεση μπορεί να γίνει στην περίπτωση μηχανής, με ασυνήθιστα περίπλοκη ή πολλαπλή διαρρύθμιση τυλίγματος, όπου η πιθανότητα να συμβεί ένα τέτοιου είδους σφάλμα, μπορεί να είναι αυξημένη.

3.4. Προστασία τυλίγματος στάτη

Στις γεννήτριες των οποίων η ονομαστική ισχύ υπερβαίνει το 1MVA, εφαρμόζεται μία πολύ γρήγορη και ευαίσθητη διαφορική προστασία, ώστε ν' αποκρίνεται άμεσα σ' ένα σφάλμα φάσης, που συνοδεύεται από ένα μεγάλο και καταστροφικό ρεύμα. Στις μεγάλες μονάδες παραγωγής, η γρήγορη εκκαθάριση του σφάλματος είναι σημαντική και για τη διατήρηση της ευστάθειας του κύριου συστήματος ισχύος. Η ζώνη της διαφορικής προστασίας μπορεί να επεκταθεί, έτσι ώστε να συμπεριλάβει και τον τυχόν συνδεδεμένο Μ/Σ ανύψωσης. Για μικρότερες γεννήτριες, η μόνη προστασία φάσης που εφαρμόζεται συνήθως, είναι αυτή της I.D.M.T. ακαριαίας προστασίας υπερέντασης. Στις παραγράφους 3.5.-3.8., αναλύονται εκτενώς οι διάφορες μέθοδοι, οι οποίες είναι διαθέσιμες για την προστασία του τυλίγματος του στάτη.

3.5. Διαφορική προστασία για απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες.

Κάνοντας χρήση της σύνδεσης που φαίνεται στο σχήμα 3.4., επιτυγχάνεται μία μεγάλης ταχύτητας προστασία σφάλματος φάσης. Σ' αυτό απεικονίζεται η όδευση του διαφορικού ρεύματος, δια μέσου των συνδέσεων του μετασχηματιστή έντασης (M/E) στο κύκλωμα του δευτερεύοντος. Αυτού του είδους η προστασία μπορεί επίσης να προσφέρει προστασία έναντι σφάλματος γης, σε κάποιες εφαρμογές γειωμένων γεννητριών μέσω μέτριας σύνθετης αντίστασης.

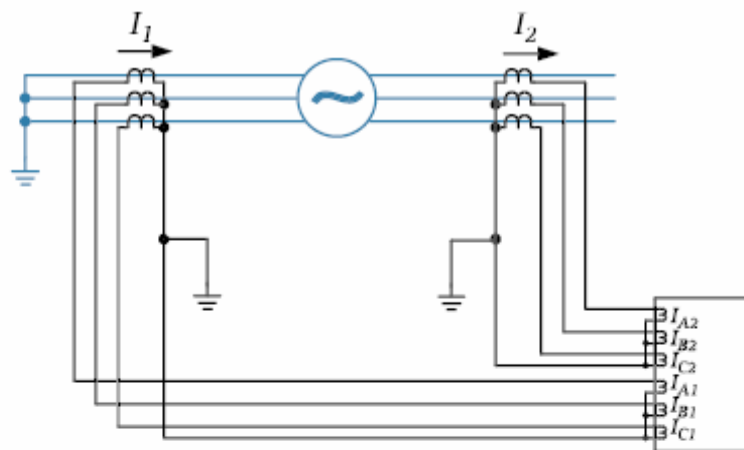


Σχήμα 3.4. Διαφορική προστασία στάτη

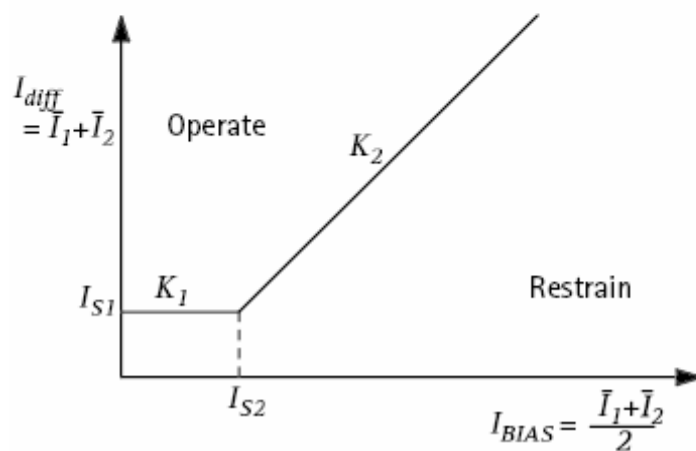
Για τη διαφορική προστασία, μπορεί να εφαρμοστούν οι τεχνικές είτε του ρεύματος πόλωσης και του ρεύματος διαφορών, είτε της υψηλής διαφορικής σύνθετης αντίστασης. Μία έξυπνη διαφοροποίηση στους σύγχρονους ψηφιακούς ηλεκτρονόμους (H/N) προστασίας γεννητριών, είναι ότι συνήθως παράγουν τα διαφορικά ρεύματα και τα ρεύματα πόλωσης μέσω αλγορίθμου, ύστερα από τη μέτρηση των ρευμάτων του δευτερεύοντος των M/E. Σε τέτοιους είδους σχεδιασμούς H/N, υπάρχει πλήρης γαλβανικός διαχωρισμός των τερματικών των δευτερευόντων κυκλωμάτων των M/E και του τέλους του ουδετέρου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5(α). Αυτή δεν είναι η περίπτωση για την εφαρμογή της υψηλής σύνθετης αντίστασης διαφορικής προστασίας. Αυτή η διαφοροποίηση μπορεί να επιβάλλει κάποιες ειδικές απαιτήσεις στο σχεδιασμό του H/N, για να επιτευχθεί η σταθερότητα για την προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης σε κάποιες εφαρμογές.

3.5.1. Προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης

Οι συνδέσεις του Η/Ν γι' αυτού του είδους την προστασία φαίνονται στο σχήμα 3.5(a), ενώ μία τυπική χαρακτηριστική πόλωσης, στο σχήμα 3.5(b). Η ρύθμιση του διαφορικού ρεύματος κατωφλίου I_{S1} , μπορεί να τεθεί χαμηλά, έως και στο 5% του ρεύματος της ονομαστικής λειτουργίας της γεννήτριας, έτσι ώστε να παρέχει προστασία σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του τυλίγματος. Η ρύθμιση του κατωφλίου του ρεύματος πόλωσης I_{S2} , στο σημείο όπου η χαρακτηριστική αλλάζει κλίση, μπορεί τυπικά να τεθεί σε μία τιμή πάνω από αυτή της ονομαστικής λειτουργίας της γεννήτριας, για παράδειγμα στο 120%, για να επιτευχθεί η ευστάθεια σε εξωτερικά σφάλματα, στην περίπτωση παροδικά ασύμμετρου κορεσμού του Μ/Ε. Η ρύθμιση της ποσοστιαίας κλίσης της πόλωσης K_2 , μπορεί τυπικά να τεθεί στο 150%.



(a): Relay connections for biased differential protection

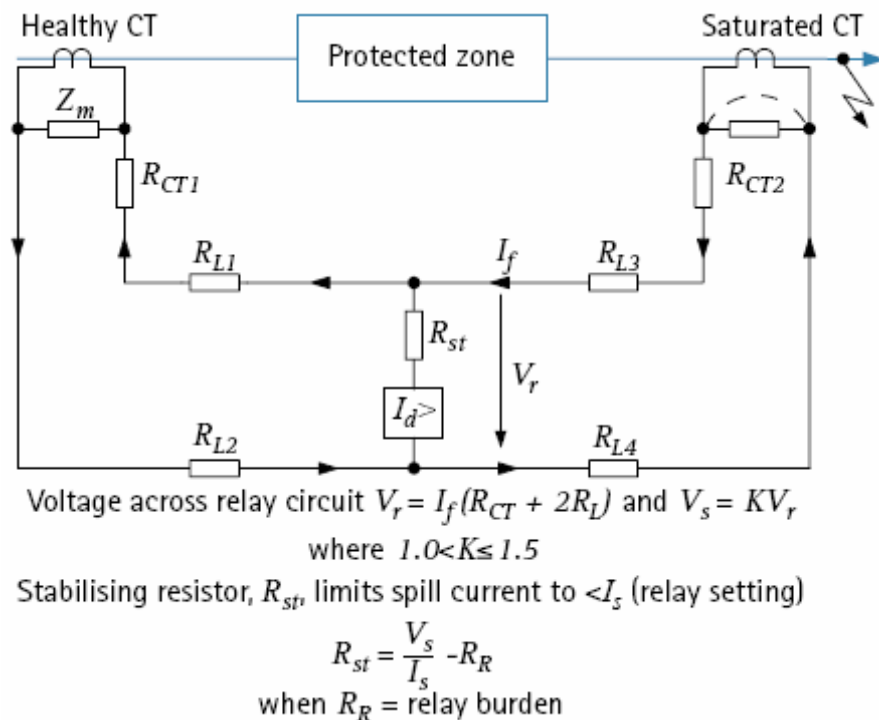


(b) Biased differential operating characteristic

Σχήμα 3.5. Τυπική διαφορική προστασία με ρεύματα διαφορών - πόλωσης

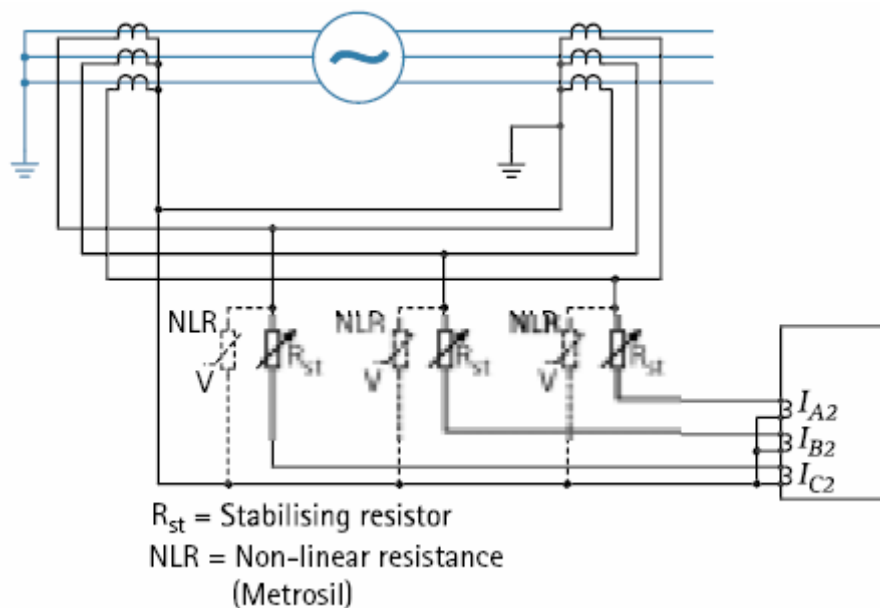
3.5.2. Διαφορική προστασία υψηλής σύνθετης αντίστασης

Αυτή διαφέρει από τη διαφορική προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης, κατά το βαθμό της ευστάθειας που επιτυγχάνεται στον H/N και στο γεγονός ότι το διαφορικό ρεύμα πρέπει διέλθει δια μέσω των ηλεκτρικών συνδέσεων του δευτερεύοντος κυκλώματος των M/E. Αν η σύνθετη αντίσταση του κάθε H/N στο σχήμα 3.4 είναι υψηλή, κατά την περίπτωση που ένας M/E βρεθεί σε κορεσμό λόγω ρεύματος σφάλματος, θα επιτρέψει το ρεύμα από τον μη κορεσμένο M/E να περάσει κυρίως μέσα από τον M/E που έχει κορεστεί, αντί μέσα από τον H/N. Αυτό παρέχει την απαιτούμενη σταθερότητα της προστασίας, στις περιπτώσεις όπου ένα στοιχείο συντονισμού H/N είναι σε εφαρμογή. Στην πράξη τοποθετούνται εξωτερικές αντιστάσεις στο κύκλωμα του H/N, για να πετύχουν την απαιτούμενη υψηλή σύνθετη αντίσταση. Η αρχή της εφαρμογής της προστασίας με υψηλή σύνθετη αντίσταση φαίνεται στο σχήμα 3.6, μαζί με τους υπολογισμούς που απαιτούνται για να προσδιοριστεί η τιμή της εξωτερικής αντίστασης σταθεροποίησης.



Σχήμα 3.6. Αρχή διαφορικής προστασίας υψηλής σύνθετης αντίστασης

Σε μερικές εφαρμογές, μπορεί να απαιτείται προστασία ώστε να περιορίζεται η τάση μεταξύ των κυκλωμάτων του δευτερεύοντος του Μ/Ε, όταν το διαφορικό ρεύμα δευτερεύοντος, για ένα εσωτερικό σφάλμα φάσης, ρέει δια μέσου των κυκλωμάτων του Η/Ν υψηλής αντίστασης. Αυτό βέβαια δεν είναι κοινή απαίτηση για εφαρμογές διαφορική προστασία γεννητριών, εκτός εάν χρησιμοποιούνται Η/Ν με πολύ υψηλή σύνθετη αντίσταση. Όπου είναι απαραίτητο, μη γραμμικές αντιστάσεις πρέπει να τοποθετούνται όπως φαίνεται στο σχήμα 3.7.



Σχήμα 3.7. Συνδέσεις Η/Ν για τη διαφορική προστασία υψηλής σύνθετης αντίστασης

Για τον υπολογισμό του πρωτεύοντος ρεύματος λειτουργίας, χρησιμοποιούνται οι ακόλουθες εκφράσεις:

$$I_{op} = N \times (I_{s1} + nI_e) \quad \text{όπου:}$$

I_{op} = ρεύμα λειτουργίας πρωτεύοντος

N = ο λόγος του Μ/Ε

I_{s1} = η ρύθμιση του Η/Ν

n = ο αριθμός των Μ/Ε που είναι παράλληλα με το στοιχείο του Η/Ν

I_e = το ρεύμα μαγνήτισης του Μ/Ε σε τάση V_s

Το I_{s1} τυπικά τίθεται στο 5% της ονομαστικής τιμής του ρεύματος δευτερεύοντος της γεννήτριας.

Όπως μπορεί να διαπιστωθεί και από τα παραπάνω, οι υπολογισμοί για την εφαρμογή της διαφορικής προστασίας υψηλής σύνθετης αντίστασης, είναι πιο πολύπλοκοι απ' ό,τι της προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης. Εντούτοις το σχήμα της προστασίας είναι σχετικά απλό και προσφέρει ένα υψηλό επίπεδο σταθερότητας σε σφάλματα και εξωτερικά γεγονότα χειρισμών. Η διαφορική προστασία με υψηλή σύνθετη αντίσταση, δεν είναι τόσο δημοφιλής όσο η προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης στις μοντέρνες τεχνικές προστασίας.

3.5.3. Απαιτήσεις των M/E

Οι απαιτήσεις των M/E για τη διαφορική προστασία ποικίλουν ανάλογα με τους H/N που χρησιμοποιούνται. Οι μοντέρνοι αριθμητικοί H/N, μπορεί να μην απαιτούν ειδικά σχεδιασμένους M/E, σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 60044-1 κλάση PX (ή BS 3938 κλάση X), για τη διαφορική προστασία. Εντούτοις οι απαιτήσεις για την τάση του σημείου γονάτου του M/E, πρέπει να ελέγχονται ανάλογα με τον H/N που χρησιμοποιείται. Η διαφορική προστασία με υψηλή σύνθετη αντίσταση, μπορεί να είναι και υπό αυτή τη προοπτική περισσότερο επαχθής, απ' ό,τι η προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης.

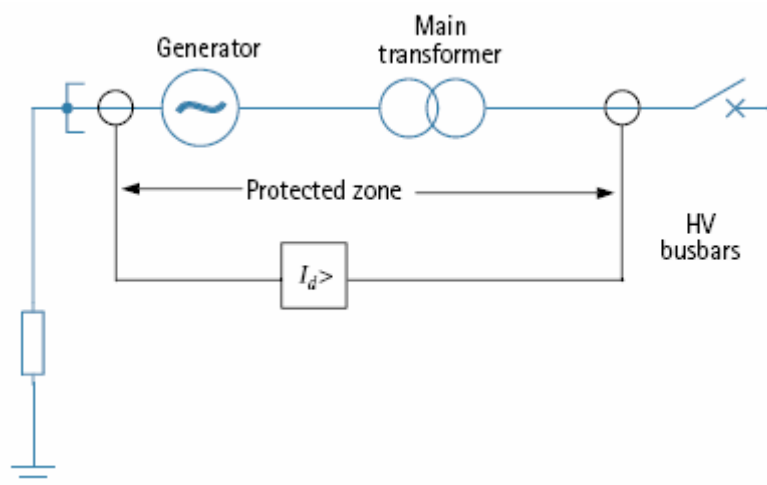
Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την επιλογή του κατάλληλου σημείου γονάτου, συμπεριλαμβανομένων και των άλλων λειτουργιών προστασίας που τροφοδοτούνται από τους M/E, καθώς και οι απαιτήσεις γι' αυτό του συγκεκριμένου H/N που χρησιμοποιείται. Οι κατασκευαστές των M/E παρέχουν λεπτομερείς οδηγίες γι' αυτό το θέμα.

3.6. Διαφορική προστασία γεννητριών – μετασχηματιστών.

Ένας κοινός τρόπος σύνδεσης για μονάδες παραγωγής μεγάλης ισχύος, είναι να λειτουργεί η γεννήτρια και ο M/T ανύψωσης σαν μία ομάδα, χωρίς να μεσολαβεί μεταξύ του κάποιος Δ/I. Ο M/Σ μονάδος, που τροφοδοτεί τα βοηθητικά της μονάδος, παρεμβάλλεται μεταξύ της γεννήτριας και του M/Σ ανύψωσης. Η διαφορική προστασία, μπορεί να πραγματοποιηθεί όπως περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους.

3.6.1. Διαφορική προστασία Γεννήτριας - Μ/Σ ανύψωσης

Ο στάτης της γεννήτριας και ο Μ/Σ ανύψωσης μπορούν να προστατευθούν από μία μονή ζώνη ολικής διαφορικής προστασίας (βλέπε σχήμα 3.8.). Αυτή θα είναι μια επιπρόσθετη προστασία στην ήδη υπάρχουσα διαφορική προστασία που εφαρμόζεται αποκλειστικά για τη γεννήτρια. Οι Μ/Ε θα πρέπει να τοποθετούνται στις συνδέσεις ουδετέρου της γεννήτριας και στις συνδέσεις Υ/Τ του Μ/Τ. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιούνται οι Μ/Ε που βρίσκονται στον υποσταθμό (Υ/Σ) Υ/Τ στη περίπτωση που η απόσταση δεν είναι τεχνικά απαγορευτική. Αλλά και στην περίπτωση που υπάρχει Δ/Ι στη γεννήτρια μπορεί ακόμα να εφαρμοστεί ολική διαφορική προστασία εάν αυτό είναι επιθυμητό.



Σχήμα 3.8. Ολική διαφορική προστασία γεννήτριας – Μ/Σ

Οι ονομαστικές τιμές πρωτεύοντος των Μ/Ε, θα πρέπει να επιλεγούν ώστε να είναι περίπου ίσες με το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας της γεννήτριας και με μόνο περιορισμό αυτόν των τυποποιημένων λόγων μετασχηματισμού που είναι διαθέσιμοι. Εφόσον στη ζώνη προστασίας συμπεριλαμβάνεται και ο Μ/Τ ανύψωσης, θα πρέπει να εφαρμόζεται σ' αυτόν διαφορική προστασία με ρεύματα διαφορών – πόλωσης και με περιορισμό του ρεύματος μαγνήτισης ζεύξης. Στο Μ/Σ της γεννήτριας, μπορεί να εμφανιστεί μία παροδική (μεταβατική) μαγνητική υπερ-ροή, λόγω της υπέρτασης που θα επαχθεί από κάποια τυχούσα απόρριψη του φορτίου της γεννήτριας. Σε μερικές εφαρμογές, αυτό μπορεί να είναι απειλητικό για την ευστάθεια της διαφορικής προστασίας. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ώστε να

εφαρμόζεται προστασία με περιορισμό/αποκοπή της παροδική (μεταβατικής) υπερροής (π.χ. βασισμένη στο διαφορικό ρεύμα κατωφλίου της 5^{ης} αρμονικής). Προστασία ενάντια στη περίπτωση όπου η υπερροή εξακολουθεί να παραμένει για αρκετό χρονικό διάστημα, θα εξετασθεί στη παράγραφο 3.14.

3.6.2. Διαφορική προστασία Μ/Σ μονάδος

Το ρεύμα που απορροφά ο Μ/Σ μονάδος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, πράγμα που σημαίνει ότι η διαφορική προστασία της γεννήτριας θα πρέπει να διευθετείται σαν ένα σχήμα προστασίας «τριών σημείων». Οι Μ/Ε στο Μ/Σ μονάδος, συνήθως εφαρμόζονται για να ισορροπήσουν την διαφορική προστασία της γεννήτριας, ώστε να μην εκλαμβάνεται το ρεύμα που απορροφά ο Μ/Σ μονάδος ως ένα διαφορικό ρεύμα, κάτι το οποίο θα είχε σαν αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της προστασίας, χωρίς την ύπαρξη κάποιου σφάλματος. Μία εξαίρεση μπορεί να γίνει, στις εφαρμογές όπου η ονομαστική τιμή του Μ/Σ μονάδος είναι εξαιρετικά χαμηλή, σε σχέση με την ονομαστική τιμή της γεννήτριας, όπως συμβαίνει συνήθως σε μερικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Το σημείο τοποθέτησης της τρίτης ομάδας των Μ/Ε, κανονικά θα πρέπει να βρίσκεται στη μεριά του πρωτεύοντος του Μ/Σ μονάδος. Αν τοποθετηθούν στη μεριά του δευτερεύοντος του Μ/Σ μονάδος, θα πρέπει να είναι εξαιρετικά υψηλού λόγου μετασχηματισμού, ή εναλλακτικά θα πρέπει να γίνεται χρήση ενδιάμεσων Μ/Ε, με επίσης εξαιρετικά μεγάλο λόγο μετασχηματισμού. Γι' αυτό το λόγο, δε συνίσταται η χρήση των Μ/Ε στη μεριά του δευτερεύοντος.

Ένα πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου προστασίας, είναι ότι τα σφάλματα του Μ/Σ μονάδος είναι μέσα στη ζώνη προστασίας της γεννήτριας. Ωστόσο, η ευαισθησία της προστασίας της γεννήτριας σε σφάλματα φάσης του Μ/Σ μονάδος, κρίνεται ανεπαρκής, λόγω της σχετικά μικρής ονομαστικής τιμής του Μ/Σ μονάδος σε σχέση μ' αυτής της γεννήτριας. Γι' αυτό το λόγο, ο Μ/Σ μονάδος θα πρέπει να έχει το δικό του ξεχωριστό σχήμα διαφορική προστασία.

3.7. Προστασία υπερέντασης

Η προστασία υπερέντασης των γεννητριών μπορεί να πάρει δύο μορφές. Την απλή προστασία υπερέντασης, που μπορεί να εφαρμοστεί, είτε ως η πρωτεύουσα

προστασία για μικρές γεννήτριες, είτε ως η εφεδρική για τις μεγαλύτερες, στις οποίες χρησιμοποιείται η διαφορική προστασία, ως η βασική μέθοδος προστασία του τυλίγματος του στάτη της γεννήτριας. Την προστασία υπερέντασης εξαρτώμενη από τάση, που μπορεί να εφαρμοστεί, είτε όπου η διαφορική προστασία δε δικαιολογείται σε μεγάλες γεννήτριες, ή όταν συναντιόνται προβλήματα στην εφαρμογή της απλής προστασίας υπερέντασης.

3.7.1. Απλή προστασία υπερέντασης

Στις γεννήτριες, συνηθίζεται να εφαρμόζεται απλή προστασία υπερέντασης με χρονική καθυστέρηση. Για γεννήτριες με ονομαστική τιμή μικρότερη του 1 MVA, αυτή αποτελεί και τη κύρια μορφή προστασία του τυλίγματος του στάτη, σε σφάλματα φάσης. Για μεγαλύτερες γεννήτριες, η προστασία υπερέντασης εφαρμόζεται με τη μορφή απομακρυσμένης εφεδρικής προστασίας, ώστε να αποσυνδέει τη μονάδα από τυχόν μη εκκαθαρισμένα εξωτερικά σφάλματα. Όπου υπάρχει μόνο μία ομάδα κύριας διαφορικής προστασίας, για τις μικρές γεννήτριες, η προστασία υπερέντασης θα παρέχει επίσης τοπική εφεδρική προστασία για την προστατευόμενη μονάδα, στη περίπτωση όπου η κύρια προστασία αποτύχει να λειτουργήσει.

Στη περίπτωση γεννήτριας που τροφοδοτεί ένα απομονωμένο σύστημα, οι M/E στο τέλος του ουδετέρου της μηχανής, θα πρέπει να ενεργοποιούν την προστασία υπερέντασης, ώστε να είναι δυνατή η απόκριση κάτω από συνθήκες σφάλματος τυλίγματος. Οι χαρακτηριστικές του H/N, θα πρέπει να επιλέγονται με γνώμονα τη μειούμενη συμπεριφορά του ρεύματος σφάλματος της γεννήτριας και τη διατήρηση της σωστής απόδοσης του συστήματος διέγερσης και της ικανότητάς του για επιβολή του πεδίου.

Χωρίς πρόβλεψη της σύνθεσης του ρεύματος σφάλματος από τους M/E της γεννήτριας, ένα σύστημα διέγερσης που τροφοδοτείται από ένα M/T διέγερσης στα τερματικά αυτής, θα προκαλέσει μία ισχυρή μείωση στο ρεύμα σφάλματος, για ένα τυχόν σφάλμα στους τερματικούς ακροδέκτες της γεννήτριας. Αν η παραπάνω διαδικασία δε ληφθεί υπόψη, ενδέχεται το αρχικά μεγάλο ρεύμα σφάλματος, να εξασθενήσει σε μία τιμή κάτω από τη ρύθμιση της οριακής τιμής διέγερσης της προστασίας υπερέντασης, με αποτέλεσμα να μην προλάβει το στοιχείο του H/N να

λειτουργήσει. Η προστασία τότε θα αποτύχει στο να θέσει εκτός λειτουργίας τη γεννήτρια, εκτός εάν έχει δοθεί μία ρύθμιση με χαμηλή τιμή ρεύματος ή και με μικρό χρόνο ενεργοποίησης. Οι ρυθμίσεις που θα επιλεγούν, θα πρέπει να αποτελούν τη χρυσή τομή, μεταξύ της εγγυημένης λειτουργίας υπό συνθήκες σαν αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω και της διάκρισης της προστασίας, με την προστασία του υπόλοιπου συστήματος και από τη διέλευση του κανονικού ρεύματος φορτίου. Κάτι τέτοιο όμως μπορεί να είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί με την απλή προστασία υπερέντασης.

Στις πιο συχνές περιπτώσεις γεννήτριας, η οποία λειτουργεί παράλληλα με άλλες και που όλες μαζί αποτελούν μέρος ενός εκτεταμένου διασυνδεδεμένου συστήματος, η εφεδρική προστασία σφάλματος φάσης για τη γεννήτρια και το Μ/Σ της, παρέχεται από την προστασία υπερέντασης του συστήματος Υ/Τ. Αυτή θ' αποκριθεί σε μία υψηλότερου επιπέδου ανάγκη προστασίας, αυτή της διακοπής της τροφοδότησης από το Σ.Η.Ε. με ρεύμα σφάλματος στο σφάλμα της μονάδας. Οι άλλες γεννήτριες που βρίσκονται παράλληλα, θα τροφοδοτήσουν το σφάλμα με ρεύμα και εφόσον αυτό εξαρτάται και σταθεροποιείται από τη σύνθετη αντίσταση του δικτύου, δε θα υποστεί μεγάλη μείωση. Αυτή η προστασία είναι μία συνήθης απαίτηση του χειριστή του Σ.Η.Ε. Οι ρυθμίσεις πρέπει να επιλεγούν, ώστε να αποτρέπουν τη λειτουργία για εξωτερικά σφάλματα που τροφοδοτούνται από τη γεννήτρια. Είναι κοινό για τον Η/Ν της προστασίας υπερέντασης της Υ/Τ, να παρέχει και στοιχείο χρονικής καθυστέρησης αλλά και στοιχείο ακαριαίας ενεργοποίησης υψηλής ρύθμισης. Τα στοιχεία της χρονικής καθυστέρησης θα πρέπει να έχουν τέτοιες ρυθμίσεις, που να εξασφαλίζουν ότι στα προστατευόμενα στοιχεία του δικτύου, δε θα περάσει ρεύμα σφάλματος πάνω από το βραχέως χρόνου ανώτατο όριο αντοχής τους. Τα ακαριαία στοιχεία θα πρέπει να ρυθμίζονται με τιμές, πάνω από το μέγιστο πιθανό ρεύμα σφάλματος που μπορεί να τροφοδοτήσει η γεννήτρια, αλλά λίγο κάτω από αυτό που θα τροφοδοτήσει το δίκτυο, για την περίπτωση σφάλματος στο τύλιγμα της γεννήτριας. Αυτή η εφεδρική προστασία θα ελαχιστοποιήσει τη ζημιά στην εγκατάσταση, σε περίπτωση αποτυχίας της κύριας προστασίας για σφάλμα στη μονάδας παραγωγής, ενώ μία ακαριαία ενεργοποίηση της προστασίας για σφάλμα στη μεριά της Υ/Τ, θα βοηθήσει στην ανάκαμψη του συστήματος ισχύος και των παράλληλων γεννητριών.

3.7.2. Προστασία υπερέντασης εξαρτώμενη από τάση

Η δυσκολία στην εφαρμογή της κύριας προστασίας υπερέντασης, όπως συζητήθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, έγκειται στο γεγονός ότι πρέπει να γίνει η διάκριση μεταξύ της μείωσης με το χρόνο του ρεύματος σφάλματος της γεννήτριας και της ροής ρεύματος πλήρους φορτίου. Για να ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία στην διάκριση, μπορεί να γίνεται μέτρηση της τερματικής τάσης της γεννήτριας και να χρησιμοποιείται στην διαμόρφωση της βασικής χαρακτηριστικής ρεύματος/χρόνου του H/N υπερέντασης, για σφάλματα κοντά στο σταθμό παραγωγής. Υπάρχουν δύο εναλλακτικές μορφές εφαρμογής της προστασίας υπερέντασης εξαρτώμενης από τάση και οι οποίες αναλύονται στις επόμενες παραγράφους. Η επιλογή τους εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του Σ.Η.Ε. και από το επίπεδο προστασίας που πρέπει να επιτευχθεί. Οι H/N υπερέντασης εξαρτώμενοι από τάση, βρίσκουν συχνά εφαρμογή σε γεννήτριες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά συστήματα, ως μία εναλλακτική της πλήρους διαφορικής προστασίας.

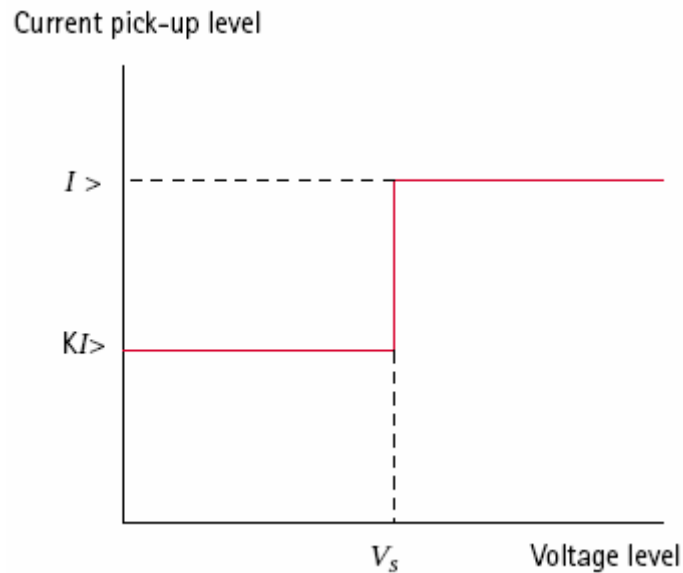
3.7.2.1. Προστασία υπερέντασης ελεγχόμενη από τάση

Η προστασία υπερέντασης ελεγχόμενη από τάση, έχει δύο χαρακτηριστικές χρόνου/ρεύματος, οι οποίες επιλέγονται σύμφωνα με την κατάσταση του στοιχείου μέτρησης της τερματικής τάσης της γεννήτριας. Η ρύθμιση της τάσης κατωφλίου για το στοιχείο διακοπής, επιλέγεται σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- 1) Κατά τη διάρκεια υπερφορτίσεων, με την τάση του συστήματος κοντά στην ονομαστική, η προστασία υπερέντασης θα πρέπει να έχει μία ρύθμιση ρεύματος, πάνω από το ρεύμα πλήρους φορτίου και μία χαρακτηριστική χρόνου λειτουργίας, η οποία θα αποτρέπει το σταθμό παραγωγής στο να τροφοδοτήσει με ρεύμα ένα απομακρυσμένο εξωτερικό σφάλμα, για μία περίοδο που θα υπερβαίνει τα όρια αντοχής βραχέως χρόνου του σταθμού.
- 2) Σε συνθήκες σφάλματος κοντά στο σταθμό παραγωγής, η τάσης του ζυγού θα πρέπει να πέσει κάτω από την τάση κατωφλίου, έτσι ώστε να επιλεγεί η δεύτερη χαρακτηριστική προστασίας. Αυτή η χαρακτηριστική θα πρέπει να τεθεί, ώστε να επιτρέπει τη λειτουργία του H/N με μειούμενο ρεύμα

σφάλματος, για σφάλμα κοντά στους τερματικούς ακροδέκτες της γεννήτριας ή στους ζυγούς Υ.Τ. Επίσης η προστασία θα πρέπει να έχει κλιμάκωση χρόνου με τα εξωτερικά κυκλώματα προστασίας.

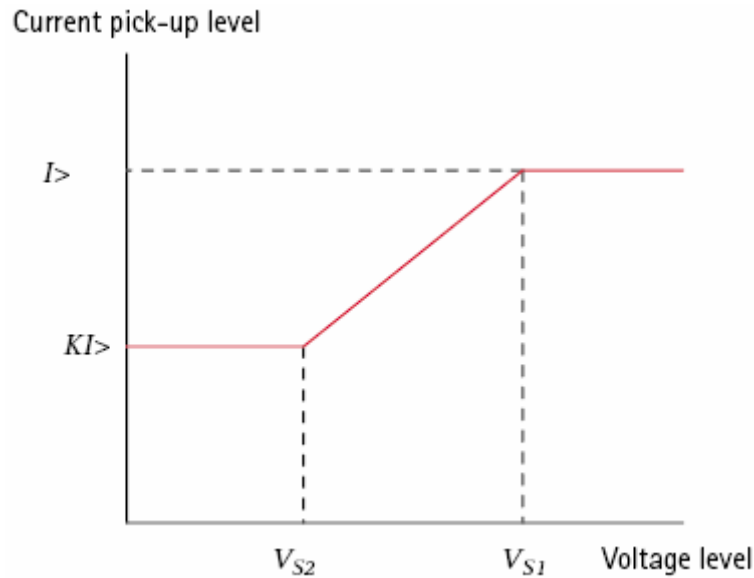
Τυπικές χαρακτηριστικές φαίνονται στο σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.9. Χαρακτηριστικές H/N ελεγχόμενου από τάση

3.7.2.2. Προστασία υπερέντασης με ανταγωνισμό τάσης

Η εναλλακτική τεχνική, είναι να μεταβάλλεται συνεχώς η ρύθμιση της οριακής διέγερσης του στοιχείου του H/N, σύμφωνα με τις μεταβολές της τάσης της γεννήτριας, μεταξύ κάποιων ανώτατων και κατώτατων ορίων. Έτσι, η τάση είναι αυτή που συγκρατεί (αναστέλλει) τη λειτουργία του στοιχείου ρεύματος. Ο σκοπός είναι να έχουμε μια δυναμική I.D.M.T. χαρακτηριστική προστασίας, σύμφωνα με την τάση στα τερματικά της μηχανής. Εναλλακτικά, το στοιχείο του H/N μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι τύπου σύνθετης αντίστασης, με μεγάλη εξαρτημένη χρονική καθυστέρηση. Αυτό έχει σαν συνέπεια, για μία συγκεκριμένη κατάσταση σφάλματος, ο H/N να λειτουργεί λίγο έως πολύ ανεξάρτητα από τη μείωση του ρεύματος της μηχανής. Τυπικές χαρακτηριστικές φαίνονται στο σχήμα 3.10.



Σχήμα 3.10. Χαρακτηριστικές H/N με ανταγωνισμό τάσης

3.8. Προστασία σφάλματος γης στάτη

Η προστασία σφάλματος γης, θα πρέπει να εφαρμόζεται όπου χρησιμοποιείται γείωση μέσω σύνθετης αντίστασης, η οποία περιορίζει το ρεύμα σφάλματος γης, σε τιμές μικρότερες από τη ρύθμιση κατωφλίου οριακής διέγερσης της διαφορικής ή και της προστασίας υπερέντασης, για σφάλμα το οποίο εντοπίζεται κάτω από το 5% του τυλίγματος του στάτη, από το σημείο του αστέρα. Ο τύπος της απαιτούμενης προστασίας, εξαρτάται από τη μέθοδο γείωσης και σύνδεσης της γεννήτριας με το Σ.Η.Ε.

3.8.1. Απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες

Μία μόνο γεννήτρια η οποία συνδέεται απευθείας σ' ένα απομονωμένο σύστημα, συνήθως γειώνεται απευθείας. Ωστόσο, στην περίπτωση περισσοτέρων της μίας γεννητριών οι οποίες λειτουργούν παράλληλα και είναι απευθείας συνδεδεμένες στο σύστημα, συνηθίζεται να γειώνεται μόνο η μία εξ αυτών. Για τις γεννήτριες που είναι αγείωτες, επειδή δεν είναι δυνατή η μέτρηση του ρεύματος ουδετέρου, για την προστασία τους χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι. Οι επόμενες παράγραφοι περιγράφουν τις διαθέσιμες μεθόδους.

3.8.1.1. Προστασία υπερέντασης ουδετέρου

Σ' αυτή τη μέθοδο προστασίας, ένας M/E που τοποθετείται στο σημείο σύνδεσης του ουδετέρου κόμβου της γεννήτριας με τη γη, διεγείρει ένα στοιχείο υπερέντασης H/N. Αυτή παρέχει μία προστασία μη περιορισμένου σφάλματος γης και γι' αυτό θα πρέπει να κλιμακώνεται (διαβαθμίζεται) με την προστασία του ζυγού. Γι' αυτό το λόγο, ο H/N θα πρέπει να έχει μία χαρακτηριστική λειτουργίας καθυστέρησης χρόνου. Η ρύθμιση δε θα πρέπει να υπερβαίνει το 33% του μέγιστου ρεύματος σφάλματος γης της γεννήτριας, αν και μία χαμηλότερη ρύθμιση θα ήταν προτιμότερη ανάλογα με τη κλιμάκωση (διαβάθμιση) που έχει γίνει.

3.8.1.2. Ευαίσθητη προστασία σφάλματος γης

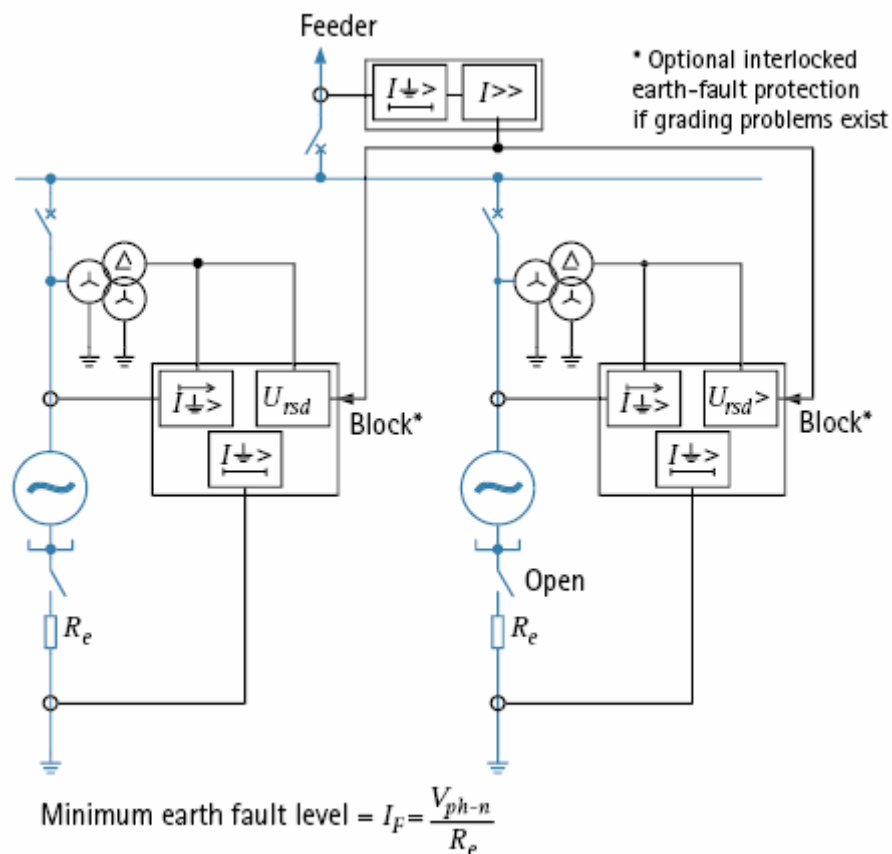
Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- a) Σε γεννήτριες οι οποίες λειτουργούν παράλληλα και είναι απευθείας συνδεδεμένες με το σύστημα.
- b) Σε γεννήτριες οι οποίες γειώνονται μέσω υψηλής σύνθετης αντίστασης, όπου το ρεύμα σφάλματος γης περιορίζεται στις μερικές δεκάδες Amps.
- c) Σ' εγκαταστάσεις όπου η αντίσταση στη διαδρομή του σφάλματος γης είναι μεγάλη, λόγω της φύσης του εδάφους.

Στις παραπάνω περιπτώσεις, δε γίνεται συνήθως η χρήση της μεθόδου που αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.8.1.1. για την προστασία σφάλματος γης. Το ρεύμα σφάλματος γης (υπολειμματικό ρεύμα), μπορεί να ανιχνευθεί από ένα M/E στον ουδέτερο κόμβο της γεννήτριας. Η τάση πόλωσης, είναι συνήθως το μέτρο της τάσης μετατόπισης του ουδετέρου, ή η υπολειμματική τάση από τις τρεις τάσεις των φάσεων. Για τη λήψη αυτών των τάσεων θα πρέπει να γίνεται χρήση κατάλληλων M/T. Για γείωση γεννήτριας μέσω πηνίου Petersen, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και μία βαττομετρική τεχνική.

Σε γεννήτριες οι οποίες λειτουργούν παράλληλα και είναι απευθείας συνδεδεμένες με το σύστημα, μπορεί επίσης να είναι απαραίτητη η χρήση της ευαίσθητης προστασίας κατεύθυνσης σφάλματος γης. Αυτό γίνεται, έτσι ώστε να εξασφαλισθεί ότι η γεννήτρια η οποία θα αποσυνδεθεί από τη λειτουργία, θα είναι αυτή που έχει το σφάλμα, πριν προλάβουν οι προστασίες υπερέντασης ουδετέρου των

υπολοίπων γεννητριών, να αποσυνδέσουν κάποιες από τις «υγιείς γεννήτριες». Αφού οποιαδήποτε από τις γεννήτριες της παράλληλης ομάδας μπορεί να γειωθεί, σ' όλες θα πρέπει να εφαρμόζεται και προστασία υπέρτάσης ουδετέρου και ευαίσθητη προστασία κατεύθυνσης σφάλματος γης. Η ρύθμιση για την ευαίσθητη προστασία κατεύθυνσης σφάλματος γης, επιλέγεται ώστε να υπάρχει διαβάθμιση με τη διαφορική προστασία της γεννήτριας, ή και με την προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία του 95% του τυλίγματος του στάτη. Στο σχήμα 3.11. φαίνεται ένα ολοκληρωμένο σχήμα, που περιλαμβάνει προαιρετικά και σήματα μανδάλωσης, στην περίπτωση που υπάρχει πρόβλημα διαβάθμισης της προστασίας σφάλματος γης της γεννήτριας και της προστασίας σφάλματος γης προς τα κατόντη του ζυγού.



Σχήμα 3.11. Ευρύ σχήμα προστασίας σφάλματος γης, για απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες που λειτουργούν παράλληλα

Για τις παραπάνω περιπτώσεις b) και c), δεν χρειάζεται να δίνεται η δυνατότητα της κατεύθυνσης σφάλματος γης. Εντούτοις προσοχή θα πρέπει να δίνεται στη σωστή

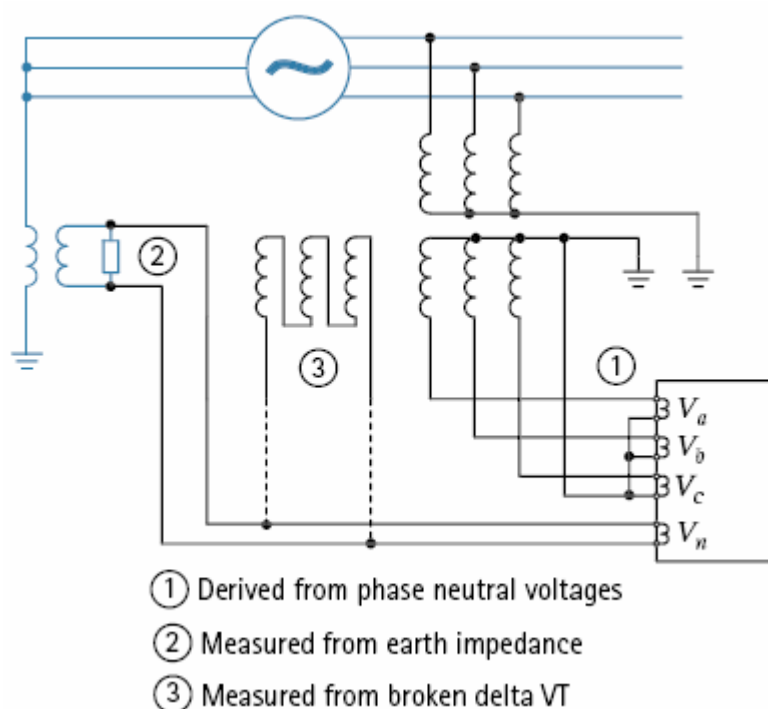
ρύθμιση της γωνίας της χαρακτηριστικής του H/N (RCA). Για παράδειγμα, αν η σύνθετη αντίσταση γείωσης είναι κυρίως ωμική, αυτή θα πρέπει να είναι 0° , ενός στην περίπτωση αγείωτων ή γειωμένων συστημάτων μέσω πολύ μεγάλης σύνθετης αντίστασης, θα πρέπει να λαμβάνεται μία γωνία χαρακτηριστικής H/N της τάξης των -90° , αφού το ρεύμα σφάλματος γης θα είναι κυρίως χωρητικό.

Η ευαίσθητη προστασία κατεύθυνσης σφάλματος γης, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση σφαλμάτων γης, στο τύλιγμα του στάτη. Σ' αυτή την περίπτωση, το στοιχείο του H/N εφαρμόζεται στους ακροδέκτες της γεννήτριας και ρυθμίζεται ώστε να αποκρίνεται σε σφάλματα, μόνο μέσα στα τυλίγματα της μηχανής. Έτσι σφάλματα γης στο εξωτερικό σύστημα, δε θα προκαλούν τη λειτουργία του H/N. Ωστόσο, η ροή ρεύματος από το σύστημα προς το σφάλμα γης τυλίγματος, θα προκαλέσει τη λειτουργία του H/N. Αυτή η προστασία δε θα λειτουργήσει στη μηχανή που είναι γειωμένη, οπότε θα πρέπει να εφαρμόζονται άλλοι τύποι προστασίας σφάλματος γης. Βέβαια, όλες οι γεννήτριες θα πρέπει να έχουν αυτές τις προστασίες, αφού οποιαδήποτε από αυτές μπορεί να λειτουργήσει ως η γειωμένη μηχανή.

3.8.1.3. Προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου

Σ' ένα συμμετρικό δίκτυο, το διανυσματικό άθροισμα των φασικών τάσεων είναι κανονικά ίσο με μηδέν (μηδενική υπολειμματική τάση), αφού δεν υπάρχει παρουσία τάσης μηδενικής ακολουθίας. Αν συμβεί ένα σφάλμα γης, θα υπάρξει τάση και στο σύστημα μηδενικής ακολουθίας, η οποία θα προκαλέσει τη δημιουργία τάσης (υπολειμματικής) στον ουδέτερο. Αυτή μπορεί να μετρηθεί μ' ένα κατάλληλο στοιχείο H/N. Το σήμα τάσης θα δοθεί στο στοιχείο αυτό, μέσω ενός κατάλληλου M/T, ο οποίος θα έχει τη δυνατότητα μετατροπής της τάσης μηδενικής ακολουθίας. Για το λόγο αυτό, M/T χωρίς δυνατότητα σύνδεσης με τη γη του πρωτεύοντος ή τύπου τριών σκελών, δεν είναι κατάλληλοι. Μέσω αυτής της μη συμμετρικής τάσης, παρέχεται ένας ακόμη τρόπος ανίχνευσης σφαλμάτων γης. Επίσης το στοιχείο του H/N δε θα πρέπει να είναι ευαίσθητο στις τάσεις $3^{1/5}$ αρμονικής, οι οποίες εμφανίζονται στις κυματομορφές της τάσης του συστήματος και που αθροίζονται στην τάση του ουδετέρου.

Αφού η προστασία εξακολουθεί να είναι μη περιορισμένου σφάλματος, η ρύθμιση τάσης του H/N , θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τη ρύθμιση όποιων άλλων προστασιών σφάλματος γης και επιπλέον θα πρέπει να έχει και κάποια χρονική καθυστέρηση για να μπορεί να υπάρξει η διαβάθμιση μ' αυτές. Μερικές φορές, μπορεί να γίνεται και η χρήση ενός δευτέρου στοιχείου υψηλής ρύθμισης, με μικρή χρονοκαθυστέρηση, για να παρέχει μία πολύ γρήγορη αντίδραση έναντι πολύ μεγάλων και σημαντικών σφαλμάτων γης στο τύλιγμα. Στο σχήμα 3.12. φαίνονται οι πιθανές συνδέσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθούν.



Σχήμα 3.12. Προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου

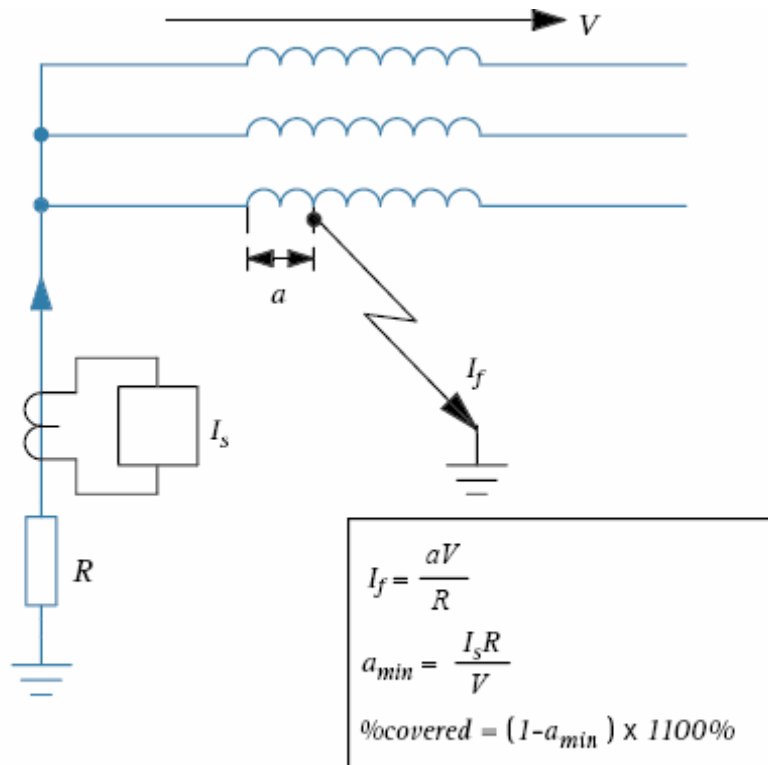
3.8.2. Έμμεσα συνδεδεμένες γεννήτριες

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.2., η ομάδα απευθείας γειωμένης γεννήτριας - M/Σ , δεν μπορεί ν' ανταλλάξει ρεύματα μηδενικής ακολουθίας με το υπόλοιπο δίκτυο και για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν προβλήματα κλιμάκωσης της προστασίας σφάλματος γης. Στις επόμενες παραγράφους, περιγράφονται λεπτομερώς οι μέθοδοι προστασίας, για τους διάφορους τρόπους γείωσης των γεννητριών μέσω σύνθετης αντίστασης.

3.8.2.1. Γείωση μέσω υψηλής αντίστασης – Προστασία υπερέντασης ουδετέρου

Ένας Μ/Ε τοποθετημένος στον αγωγό σύνδεσης του ουδετέρου κόμβου με τη γη, μπορεί να οδηγήσει ένα στιγμιαίο ή και ένα χρονικής καθυστέρησης στοιχείο υπερέντασης H/N, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.13. Η παροχή προστασίας σ' όλο το τυλίγμα είναι αδύνατη και στο σχήμα 3.13. δείχνεται ο τρόπος υπολογισμού του επί τοις εκατό ποσοστού του τυλίγματος που καλύπτεται. Για ένα στοιχείο H/N με ακαριαία ρύθμιση, η προστασία περιορίζεται τυπικά στο 90% του τυλίγματος. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί, ότι δε θα προκληθεί λανθασμένη λειτουργία της προστασίας, με την ύπαρξη ρευμάτων μηδενικής ακολουθίας, που εμφανίζονται είτε κατά τη διάρκεια της ενεργοποίησης της ασφάλειας του πρωτεύοντος του Μ/Τ σε σφάλμα γης, είτε με τις οποιοσδήποτε μεταβατικές υπερεντάσεις που μπορούν να διέλθουν από τη χωρητικότητα μεταξύ των σπειρών του Μ/Σ ανύψωσης, σ' ένα σφάλμα γης στο σύστημα Υ.Τ.

Υπό αυτήν την έννοια είναι ποιο ασφαλές να χρησιμοποιηθεί ένας H/N με χρονική καθυστέρηση και που μπορεί να έχει ρυθμιστεί για να καλύπτει του 95% του τυλίγματος του στάτη. Αφού οι μονάδες παραγωγής για τις οποίες γίνεται λόγος είναι συνήθως μεγάλες, εφαρμόζονται συχνά στοιχεία H/N και με ακαριαία απόκριση και με χρονική καθυστέρηση, με ρυθμίσεις στο 10% και στο 5% αντίστοιχα του μέγιστου ρεύματος σφάλματος γης. Αυτή η τακτική από την άποψη της απόδοσης, είναι και η βέλτιστη. Το τμήμα του τυλίγματος που μένει απροστάτευτο σ' ένα σφάλμα γης, βρίσκεται κοντά στο σημείο του κοινού κόμβου του ουδετέρου. Εφόσον η τάση ως προς γη σ' αυτά τα σημεία του τυλίγματος είναι μικρή, το ίδιο μικρή είναι και η πιθανότητα να συμβεί σ' αυτά ένα σφάλμα γης και γι' αυτό το λόγο δεν εφαρμόζεται κάποια επιπλέον προστασία.



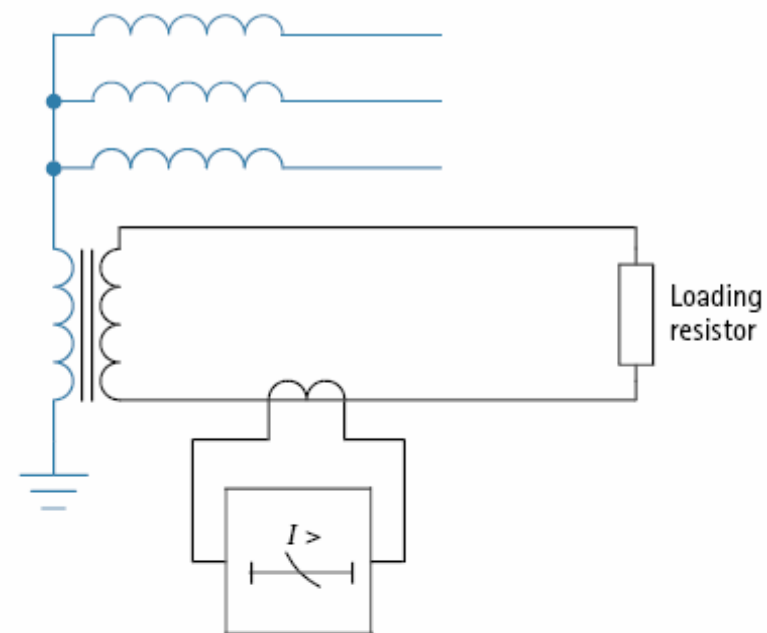
generator stator winding using a current element

Σχήμα 3.13. Προστασία σφάλματος γης τυλίγματος στάτη, σε γεννήτρια γειωμένη μέσω υψηλής αντίστασης, με χρήση στοιχείου έντασης

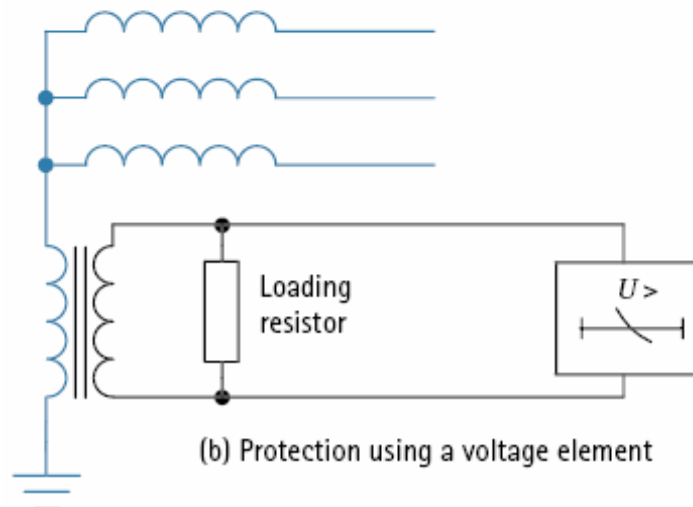
3.8.2.2. Γείωση μέσω Μ/Σ διανομής και με χρήση στοιχείου ρεύματος

Σ' αυτή την διάταξη που φαίνεται στο σχήμα 3.14.(α), η γεννήτρια γειώνεται μέσω του πρωτεύοντος τυλίγματος ενός Μ/Σ διανομής. Στο δευτερεύον τύλιγμα, τοποθετείται μία αντίσταση φορτίου για τον περιορισμό του ρεύματος σφάλματος γης. Ένα στοιχείο υπέρντασης Η/Ν, ενεργοποιείται σ' αυτή την περίπτωση από έναν Μ/Ε, που συνδέεται στο κύκλωμα της αντίστασης για τη μέτρηση του ρεύματος σφάλματος γης δευτερεύοντος. Ο Η/Ν θα πρέπει να έχει μία αποτελεσματική ρύθμιση, της τάξης του 5% του μέγιστου ρεύματος σφάλματος γης υπό ονομαστική τάση, ώστε να προστατεύει το 95% του τυλίγματος του στάτη. Η απόκριση δε του στοιχείου του Η/Ν σε ρεύματα 3^{ης} αρμονικής, θα πρέπει να είναι περιορισμένη, ώστε να επιτρέπεται η σωστή λειτουργία, στη περίπτωση που εφαρμόζεται μία ευαίσθητη ρύθμιση.

Όπως συζητήθηκε στη παράγραφο 3.8.2.1. για την προστασία υπερέντασης ουδετέρου, η προστασία θα πρέπει να έχει μία χρονική καθυστέρηση όταν εφαρμόζεται μία ευαίσθητη ρύθμιση, έτσι ώστε να αποτρέπεται η λανθασμένη λειτουργία κάτω από μεταβατικές συνθήκες. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει η σωστή κλιμάκωση με τη προστασία του πρωτεύοντος του Μ/Τ (για σφάλμα γης πρωτεύοντος). Συνήθως εφαρμόζεται ένας χρόνος λειτουργίας της τάξης του 0,5s – 3s. Τέλος να πούμε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία λιγότερο ευαίσθητη προστασία ακαριαίας απόκρισης, για να παρέχεται γρήγορη ενεργοποίηση των προστασιών κατά τη διάρκεια πολύ σοβαρών σφαλμάτων γης.



(a) Protection using a current element



(b) Protection using a voltage element

Σχήμα 3.14. Προστασία σφάλματος γης τυλίγματος στάτη γεννήτριας, γειωμένης μέσω Μ/Σ διανομής

3.8.2.3. Γείωση μέσω M/Σ διανομής και με χρήση στοιχείου τάσης

Προστασία έναντι σφάλματος γης, μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί και με τη χρήση ενός στοιχείου μέτρησης τάσης στο δευτερεύον κύκλωμα του M/Σ διανομής. Τα στοιχεία που θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν για τη ρύθμιση της προστασίας, είναι παρόμοια μ' αυτά της λειτουργίας με στοιχείο ρεύματος, μόνο που αυτά θα πρέπει να αναχθούν σε τάση. Το διάγραμμα του κυκλώματος φαίνεται στο σχήμα 3.14. (b).

Κάποια πλεονεκτήματα μπορούν να εμφανιστούν με τη χρήση και των δύο στοιχείων λειτουργίας, ρεύματος και τάσης, στις γεννήτριες που γειώνονται μέσω M/Σ διανομής. Το στοιχείο λειτουργίας ρεύματος για παράδειγμα, θα εξακολουθήσει να λειτουργεί στην περίπτωση βραχυκύκλωσης της αντίστασης φορτίου, ενώ αντίστοιχα το στοιχείο λειτουργίας τάσης, θα εξακολουθήσει να λειτουργεί στην περίπτωση ανοικτοκύκλωσης της αντίστασης. Ωστόσο κανένα από τα δύο σχήματα δε θα λειτουργήσει, στην περίπτωση που κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος με γη, προκληθεί ηλεκτρική εκκένωση (τόξο) στους ακροδέκτες του πρωτεύοντος του M/Σ διανομής, ή στον αγωγό που συνδέει τον κοινό κόμβο της γεννήτριας μ' αυτόν. Για την ανίχνευση τέτοιων σφαλμάτων, μπορεί να γίνει χρήση ενός επιπλέον M/E στη σύνδεση του ουδετέρου και κοντά στη γεννήτρια, ώστε να τροφοδοτήσει ένα υψηλής ρύθμισης στοιχείο υπερέντασης, αλλά πιθανώς το ρεύμα σφάλματος να είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να μπορεί να προκαλέσει τη λειτουργία της διαφορικής προστασίας φάσης.

3.8.2.4. Προστασία μετατόπισης τάσης ουδετέρου

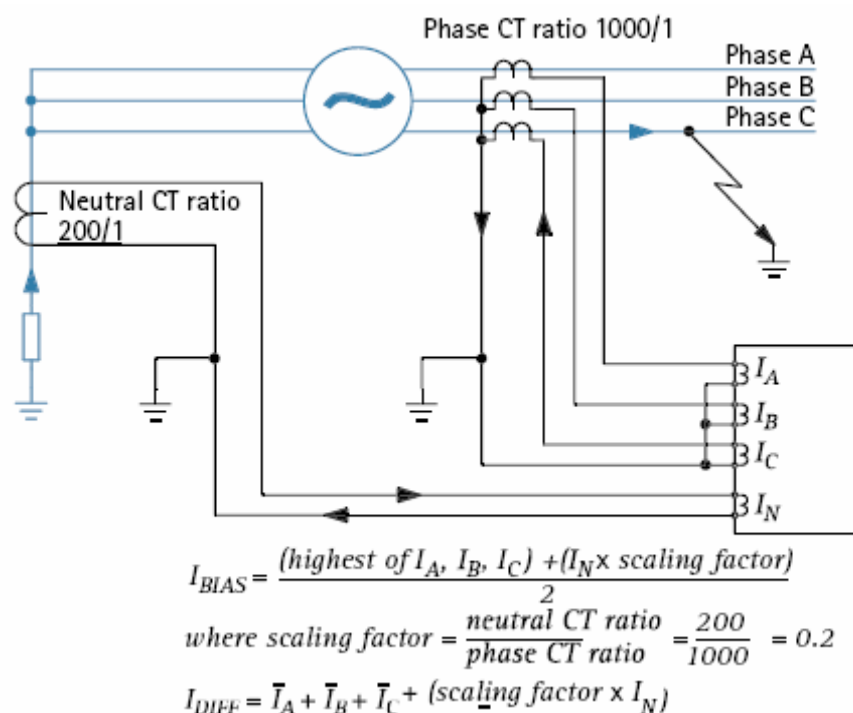
Αυτή μπορεί να εφαρμοστεί με τον ίδιο τρόπο, όπως στις απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες (παράγραφος 3.8.1.3.). Η μόνη διαφορά είναι ότι δεν υπάρχουν προβλήματα κλιμάκωσης, αφού η προστασία είναι από τη φύση της περιορισμένου σφάλματος. Για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία ευαίσθητη ρύθμιση, ώστε η προστασία να μπορεί να καλύπτει έως και το 95% του τυλίγματος του στάτη.

3.8.3. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης

Αυτή η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρές γεννήτριες, στις οποίες δεν εφαρμόζεται διαφορική προστασία, για να επιτυγχάνεται μία γρήγορη προστασία σφάλματος γης, σε μία καθορισμένη ζώνη που περιλαμβάνει και τη γεννήτρια. Σε σύγκριση με τη διαφορική προστασία είναι πιο φθηνή, αλλά παρέχει προστασία μόνο για σφάλματα γης. Τέλος γι' αυτού του είδους την προστασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η τεχνική της χαμηλής σύνθετης αντίστασης με ρεύματα διαφορών - πόλωσης και η τεχνική της υψηλής σύνθετης αντίστασης.

3.8.3.1. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης χαμηλής σύνθετης αντίστασης, με ρεύματα διαφορών - πόλωσης

Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα 3.15. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, είναι ότι ο M/E του ουδετέρου μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στους σύγχρονους Η/Ν και για την παροχή συμβατικής προστασίας σφάλματος γης, όπως επίσης και ότι δε γίνεται χρήση εξωτερικών αντιστάσεων. Για την απαραίτητη πόλωση του Η/Ν, γίνεται χρήση ενός τύπου υπολογισμού, που επίσης φαίνεται στο σχήμα 3.15.



Σχήμα 3.15. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης χαμηλής σύνθετης αντίστασης, με ρεύματα διαφορών - πόλωσης

Η αρχική κλίση της πόλωσης, ρυθμίζεται συχνά στο 0% για μέγιστη ευαισθησία και εφαρμόζεται για το ρεύμα λειτουργίας της γεννήτριας. Επίσης μπορεί να αυξηθεί, για ν' αντιμετωπίσει τις τυχόν επιδράσεις από το γεγονός ότι οι M/E μπορεί να μην είναι ακριβώς ίδιοι μεταξύ τους. Η κλίση της πόλωσης για ρεύμα γεννήτριας πάνω από το ονομαστικό, ρυθμίζεται τυπικά στο 150% της ονομαστικής τιμής του. Τέλος η αρχική ρύθμιση του ρεύματος, είναι τυπικά στο 5% του ελάχιστου ρεύματος σφάλματος γης που θα εμφανιστεί, σε σφάλμα στους τερματικούς ακροδέκτες της μηχανής.

3.8.3.2. Προστασία περιορισμένου σφάλματος γης υψηλής σύνθετης αντίστασης

Η αρχή της διαφορικής προστασίας υψηλής σύνθετης αντίστασης, περιγράφηκε στην παράγραφο 3.5.2. Η ίδια τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία σφάλματος γης, κάνοντας χρήση τριών M/E τοποθετημένων στις φάσεις και ισορροπημένων, έναντι ενός αντίστοιχου M/E στη σύνδεση του ουδέτερου. Μία τυπική ρύθμιση, είναι στο 5% του μέγιστου ρεύματος σφάλματος γης που θα εμφανιστεί, σε σφάλμα στους τερματικούς ακροδέκτες της μηχανής. Τέλος, όπου είναι απαραίτητο, θα πρέπει να γίνεται χρήση αντιστάσεων για την αντιστάθμιση και μη γραμμικών αντιστάσεων για την αποφυγή υπερβολικών τάσεων στον H/N.

3.8.4. Προστασία σφάλματος γης για ολόκληρο το τυλίγμα του στάτη

Όλες οι μέθοδοι προστασίας έναντι σφαλμάτων γης που μελετήθηκαν έως εδώ, άφηναν ένα μέρος του τυλίγματος του στάτη απροστάτευτο. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό γίνεται χωρίς κάποια συνέπεια, για το λόγο ότι η πιθανότητα να γίνει κάποιο σφάλμα στο 5% του τυλίγματος από τον ουδέτερο, είναι πολύ μικρή λόγω της μειωμένης φασικής τάσης σ' αυτά τα σημεία. Ωστόσο, ένα σφάλμα μπορεί να συμβεί οπουδήποτε στα τυλίγματα του στάτη, λόγω π.χ. μίας αστοχίας στη μόνωση, που έχει προκληθεί λόγω μίας τοπικής υπερθέρμανσης από ένα σφάλμα του πυρήνα. Για τις περιπτώσεις όπου απαιτείται προστασία ολόκληρου του τυλίγματος, π.χ. σ' αυτές που θέλουμε να έχουμε κάποιες ενδείξεις, ή σημάνσεις, τότε υπάρχουν διάφοροι τρόποι διαθέσιμοι για να επιτευχθεί.

3.8.4.1. Μέτρηση της 3^{ης} αρμονικής της τάσης

Ένας τρόπος είναι να μετρήσουμε την εσωτερικά δημιουργουμένη τάση 3^{ης} αρμονικής, η οποία εμφανίζεται στα άκρα της σύνθετης αντίστασης γείωσης, λόγω της ροής ρευμάτων 3^{ης} αρμονικής διαμέσου των χωρητικότητων των τυλιγμάτων του στάτη. Όταν συμβαίνει ένα σφάλμα σε σημείο του στάτη κοντά στον ουδέτερο κόμβο, η 3^{ης} αρμονικής τάση σχεδόν μηδενίζεται, οπότε με τη χρήση ενός στοιχείου H/N το οποίο αποκρίνεται στην τάση 3^{ης} αρμονικής, μπορούμε να έχουμε ανίχνευση ενός τέτοιου σφάλματος. Καθώς δε η τοποθεσία του σφάλματος οδεύει σταδιακά μακριά από τον ουδέτερο κόμβο, η πτώση της τιμής τη 3^{ης} αρμονικής τάσης από την υγιή κατάσταση γίνεται όλο και μικρότερη, με αποτέλεσμα στο 20% έως 30% της απόστασης του τυλίγματος από τον ουδέτερο, να μην μπορεί να γίνεται η διάκριση μεταξύ του υγιούς και εσφαλμένου τυλίγματος. Έτσι, η χρήση ενός συμβατικού σχήματος προστασίας σφάλματος γης, θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το σχήμα της 3^{ης} αρμονικής, ώστε να υπάρχει αλληλοκάλυψη της προστασίας ολόκληρου του τυλίγματος του στάτη. Η μέτρηση της τάσης 3^{ης} αρμονικής, μπορεί να γίνει με τη χρήση M/T, που βρίσκονται είτε στον ουδέτερο της γεννήτριας, είτε πριν από αυτόν (M/T γραμμής γεννήτριας). Αν η μέτρηση λαμβάνεται από το M/T στον ουδέτερο κόμβο, τότε το στοιχείο του H/N θα πρέπει να χρησιμοποιεί μια χαρακτηριστική υπόταση. Αν η μέτρηση λαμβάνεται από το M/T της γραμμής της γεννήτριας, τότε η χαρακτηριστική που πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι υπέρτασης. Για την αποτελεσματική εφαρμογή αυτής της μεθόδου προστασίας, θα πρέπει στα άκρα της σύνθετης αντίστασης γείωσης της γεννήτριας, να έχουμε το λιγότερο 1% 3^{ης} αρμονικής τάση, κάτω από όλες τις συνθήκες.

Ένα πρόβλημα που συναντάται, είναι ότι το επίπεδο της τάσης 3^{ης} αρμονικής που δημιουργείται, σχετίζεται με την τάση εξόδου της γεννήτριας. Έτσι η τάση είναι χαμηλή, όταν η τάση εξόδου της γεννήτριας είναι και αυτή χαμηλή. Για την αποφυγή λοιπόν τυχόν λανθασμένης λειτουργίας της προστασίας κατά τη λειτουργία της γεννήτριας με χαμηλή ισχύ εξόδου, η λειτουργία του στοιχείου του H/N μπορεί να αναστέλλεται με την χρήση ενός άλλου στοιχείου, που μπορεί να είναι είτε υπέρτασης, είτε ισχύος (kW, kVA_r ή kVA) και μίας εσωτερικής προγραμματιζόμενης λογικής.

3.8.4.2. Χρησιμοποίηση έγχυσης τάσης χαμηλής συχνότητας

Μία άλλη μέθοδος για την προστασία ολόκληρου του τυλίγματος του στάτη μίας γεννήτριας, παρέχεται και με την τοποθέτηση μίας συσκευής έγχυσης τάσης χαμηλής συχνότητας, η οποία θα εφαρμόζει αυτή την τάση μεταξύ του ουδετέρου κόμβου της γεννήτριας και της γης. Μ' αυτό τον τρόπο, ένα σφάλμα γης σ' οποιοδήποτε μέρος του τυλίγματος, θα έχει ως αποτέλεσμα τη ροή ενός μετρήσιμου ρεύματος έγχυσης, το οποίο θα μπορεί να ενεργοποιεί τη λειτουργία της προστασίας. Αυτός ο τρόπος προστασίας μπορεί να παρέχει προστασία έναντι σφαλμάτων γης, όταν η γεννήτρια είναι εκτός λειτουργίας πριν από την εκκίνηση. Επίσης είναι μία κατάλληλη μέθοδος που μπορεί να εφαρμοσθεί σε σύγχρονες μηχανές διαφόρων ταχυτήτων. Τέτοιες μηχανές μπορεί να είναι οι αντλίες των υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής, με δυνατότητα άντλησης και αποθήκευσης υδάτων, ή ακόμα και σε κινητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση μεγάλων κινητήριων μονάδων αεριοστροβίλων.

3.9. Προστασία υπέρτασης

Οι κατηγορίες υπερτάσεων που μπορούν να εμφανισθούν σε μία γεννήτρια είναι δύο. Πρώτον οι κρουστικές υπερτάσεις, οι οποίες οφείλονται σε μεταβατικά φαινόμενα που συμβαίνουν στο δίκτυο, όπως οι κεραυνοπληξίες και δεύτερον οι υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας, που μπορούν να αναπτυχθούν στην γεννήτρια κάτω από διάφορες συνθήκες. Οι κρουστικές υπερτάσεις μπορούν ν' αντιμετωπιστούν με τη χρήση απαγωγών (κρουστικών) υπερτάσεων, ενώ οι υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας με τη χρήση H/N προστασίας.

Στις γεννήτριες, λόγω της ύπαρξης του αυτόματου ρυθμιστή τάσης (AVR), κανονικά δε θα πρέπει να έχουμε υπερτάσεις με παρατεταμένη διάρκεια, ωστόσο μπορεί να συμβούν και οφείλονται στους παρακάτω λόγους:

- a) Ελαττωματική λειτουργία του αυτόματου ρυθμιστή τάσης, όταν η μηχανή λειτουργεί απομονωμένη από το σύστημα.
- b) Λειτουργία με χειροκίνητο έλεγχο, με τον ρυθμιστή εκτός υπηρεσίας. Μία ξαφνική αλλαγή του φορτίου και ειδικά της άεργου ισχύος του, θα έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική αλλαγή στην τάση, λόγω της μεγάλης

ικανότητας ρύθμισης της τάσης που συναντάται σ' έναν τυπικό εναλλακτήρα.

- c) Μία ξαφνική απόρριψη φορτίου (αποτέλεσμα της ενεργοποίησης των Δ/Ι των ζυγών, ή η τροφοδότηση πολύ μικρού φορτίου), μπορεί να προκαλέσει μία ξαφνική ανύψωση στην τάση ακροδεκτών της γεννήτριας, λόγω της παγιδευμένης μαγνητικής ροής του πεδίου, ή λόγω της υπερτάχυνσης του δρομέα.

Η ξαφνική απόρριψη φορτίου, θα έχει ως αποτέλεσμα μία μικρής διάρκειας (μεταβατική) υπέρταση, αφού ο αυτόματος ρυθμιστής τάσης και ο αυτόματος ρυθμιστής στροφών στροβίλου, θα λάβουν δράση για να διορθώσουν την κατάσταση. Ένας όχι σωστά ρυθμισμένος αυτόματος ρυθμιστής τάσης, μπορεί να ενεργοποιήσει τη χειροκίνητη λειτουργία, διατηρώντας έτσι τη διέγερση στην τιμή που είχε πριν από την απόρριψη του φορτίου και ενώ τώρα η γεννήτρια τροφοδοτεί ένα μικρό ή και καθόλου φορτίο. Έτσι η τάση στους ακροδέκτες της γεννήτριας θα ανυψωθεί σημαντικά και σε μερικές περιπτώσεις περιορίζεται μόνο από την χαρακτηριστική κορεσμού της. Η αύξηση δε στην ταχύτητα του δρομέα, απλά επιτείνει το πρόβλημα, κάνοντάς το ακόμα πιο σύνθετο. Επίσης, σοβαρές ζημιές μπορούν να προκληθούν στο φορτίο που ενδεχομένως να είναι ακόμα συνδεδεμένο και που θα τροφοδοτηθεί με αυξημένα επίπεδα τάσης. Παρατεταμένες υπερτάσεις μπορούν επίσης να λάβουν χώρα και στα απομονωμένα δίκτυα ή σ' αυτά με ασθενή διασύνδεση με το υπόλοιπο σύστημα, λόγω των εσφαλμένων συνθηκών που αναφέρθηκαν νωρίτερα.

Γι' αυτούς τους λόγους, είναι συνετό να παρέχεται προστασία υπέρτασης βιομηχανικής συχνότητας, με τη μορφή στοιχείου χρονοκαθυστέρησης, που μπορεί να είναι είτε I.D.M.T., είτε σταθερού χρόνου. Η χρονική καθυστέρηση θα πρέπει να είναι τόση, όση χρειάζεται για να αποτρέπεται η λειτουργία του στοιχείου κάτω από κανονικές συνθήκες δράσης του ρυθμιστή και γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο τύπος του αυτόματου ρυθμιστή τάσης που είναι εγκατεστημένος, όπως επίσης και η μεταβατική του απόκριση. Μερικές φορές ακόμα, παρέχεται ένα στοιχείο υψηλής ρύθμισης, με μία πολύ μικρή χρονοκαθυστέρηση ή ακόμα και ακαριαίο, έτσι ώστε να παρέχει μία γρήγορη ενεργοποίηση της προστασίας κάτω από ακραίες καταστάσεις. Η χρησιμότητα αυτού του στοιχείου είναι υπό αμφισβήτηση, για γεννήτριες όπου ο τύπος του συστήματος διέγερσης είναι διαφορετικός του στατικού, για το λόγο ότι η εξασθένηση της διέγερσης εξαρτάται άμεσα από τη χρονική σταθερά ανοικτοκύκλωσης του τυλίγματος πεδίου. Η

εξασθένηση αυτή μπορεί να κρατήσει αρκετά δευτερόλεπτα. Το στοιχείο του H/N ρυθμίζεται ώστε να προκαλεί την ενεργοποίηση του κύριου Δ/Ι (εάν δεν είναι ήδη ανοικτός) και του διακόπτη της διέγερσης. Ενεργοποίηση μόνο του κύριου Δ/Ι δεν είναι επαρκής.

3.10. Προστασία υπότασης

Προστασία υπότασης εφαρμόζεται σπάνια στις γεννήτριες. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ως στοιχείο μανδάλωσης για κάποια άλλη λειτουργία ή σχήμα προστασίας, όπως είναι η προστασία απώλειας πεδίου, ή η προστασία από ακούσια ενεργοποίηση, όπου η προς ανίχνευση ανωμαλία οδηγεί έμμεσα ή άμεσα σε μία κατάσταση υπότασης.

Μία κατάσταση υπότασης στο σύστημα μεταφοράς, μπορεί να δημιουργηθεί όταν η παραγόμενη από τη γεννήτρια άεργος ισχύ, δεν είναι αρκετή για να διατηρήσει τα σωστά επίπεδα τάσης στο σύστημα και αυτή η κατάσταση θα πρέπει να αντιμετωπιστεί για να αποφευχθεί το πιθανό φαινόμενο της κατάρρευσης της τάσης του Σ.Η.Ε.

Η κατάσταση αυτή ωστόσο, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται από το σχήμα προστασίας του συστήματος μεταφοράς και για το λόγο αυτό δε θα πρέπει να ενεργοποιούνται οι προστασίες του συστήματος παραγωγής. Τη μεγαλύτερη απαίτηση για προστασία υπότασης, την έχουμε στην περίπτωση που η γεννήτρια τροφοδοτεί ένα απομονωμένο Σ.Η.Ε. (μη διασυνδεδεμένο), ή στην περίπτωση σύνδεσης στο δημόσιο δίκτυο κάποιου ανεξάρτητου παραγωγού (π.χ. βιομηχανικές μονάδες με ενσωματωμένη ιδιοπαραγωγή).

Στην περίπτωση γεννητριών που τροφοδοτούν ένα απομονωμένο σύστημα, μία κατάσταση υπότασης μπορεί να λάβει χώρα για διάφορους λόγους, όπως υπερφορτίσεις, ή αποτυχίες στο σύστημα αυτόματης ρύθμισης τάσης. Σε μερικές περιπτώσεις, η απόδοση των βοηθητικών της μονάδος, που τροφοδοτούνται μέσω ενός Μ/Σ μονάδος συνδεδεμένου στους τερματικούς ακροδέκτες της γεννήτριας, μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά λόγω κάποιας παρατεταμένης υπότασης.

Όπου απαιτείται προστασία υπότασης, θα πρέπει αυτή να περιλαμβάνει εκτός από το στοιχείο υπότασης και μία σχετική χρονική καθυστέρηση. Οι ρυθμίσεις που θα επιλεγούν, θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να αποφεύγεται η λειτουργία της

προστασίας κατά τη διάρκεια των αναπόφευκτων βυθίσεων τάσης, είτε κατά το χρονικό διάστημα που διαρκεί η εκκαθάριση ενός σφάλματος στο Σ.Η.Ε., είτε κατά την εκκίνηση κάποιου μεγάλου κινητήρα. Να σημειωθεί ότι κατά την εκκίνηση ενός κινητήρα, έχουμε μία παροδική (μεταβατική) μείωση της τάσης, στο 80% ή και λιγότερο της ονομαστικής.

3.11. Προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς / Προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς

Προστασία χαμηλής ισχύος ορθής ή αντίστροφης φοράς, μπορεί να απαιτείται σε μερικές γεννήτριες για να προστατευθεί η κινητήρια μονάδα. Κάποια μέρη της κινητήριας μονάδας, μπορεί να μην είναι σχεδιασμένα να αντέχουν σε αντίστροφες ροπές, ή μπορεί να πάθουν κάποια ζημιά, με τη συνέχιση της περιστροφή της, μετά από κάποια μορφή αποτυχίας που μπορεί να υπέστη αυτή.

3.11.1. Προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς

Η προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς, χρησιμοποιείται συχνά ως μία λειτουργία μανδάλωσης, για να επιτρέπει το άνοιγμα του κύριου διακόπτη του κυκλώματος, σε καταστάσεις μη επείγουσας ενεργοποίησης των προστασιών, π.χ. σ' ένα σφάλμα γης στάτη σε γεννήτρια γειωμένη μέσω υψηλής σύνθετης αντίστασης, ή σε μία κατάσταση κανονικού σταματήματος της μονάδας παραγωγής. Αυτό γίνεται για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος της υπερτάχυνσης της μονάδας, όταν το φορτίο αφαιρείται από μία υψηλής ταχύτητας γεννήτρια κυλινδρικού δρομέα. Αυτός ο τύπος δρομέα της γεννήτριας, αντιμετωπίζει υψηλές μηχανικές καταπονήσεις και δεν έχει μεγάλη αντοχή στις υπερτάχυνσεις. Εφόσον ο αυτόματος ρυθμιστής στροφών θα λειτουργήσει για να ελέγξει την υπερτάχυνση, δεν είναι σωστή η πρακτική του ανοίγματος του Δ/Ι της γεννήτριας, ταυτόχρονα με την ενεργοποίηση της προστασίας της κινητήριας μονάδος, για μία μη επείγουσα κατάσταση. Για παράδειγμα στους ατμοστροβίλους, εγκυμονεί ο κίνδυνος της υπερτάχυνσης, λόγω της αποθηκευμένης ενέργειας από τον ατμό που ενδεχομένως παγιδεύτηκε, μετά την ενεργοποίηση των ασφαλιστικών βαλβίδων ατμού, ή κατά την περίπτωση όπου για κάποιο λόγο αυτές δεν έχουν κλείσει πλήρως. Σ' επείγουσες συνθήκες όμως ενεργοποίησης της

προστασίας, όπως αυτές κατά τη λειτουργία της διαφορικής προστασίας του στάτη, θα πρέπει να γίνει αποδεκτός ο κίνδυνος που εγκυμονεί κατά την ταυτόχρονη ενεργοποίηση του Δ/Ι της γεννήτριας και της προστασίας της κινητήριας μονάδας.

3.11.2. Προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς

Η προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς εφαρμόζεται για να αποτρέψει τις ζημιές στα διάφορα μέρη της μηχανολογικής εγκατάστασης της μονάδος, εξαιτίας της αποτυχίας της κινητήριας μονάδος. Στον πίνακα 3.1. δίνονται οι λεπτομέρειες πιθανών προβλημάτων για τους διάφορους τύπους κινητήριας μονάδος, καθώς και οι τυπικές ρυθμίσεις της προστασίας ισχύος αντίστροφης φοράς. Σ' εφαρμογές όπου απαιτείται ευαισθησία της προστασίας μεγαλύτερη του 3%, πρέπει να εφαρμόζεται ένας M/E μετρητικής κλάσης, για ν' αποφεύγεται η λανθασμένη συμπεριφορά της προστασίας λόγω σφαλμάτων στη φασική γωνία του M/E, όταν η γεννήτρια τροφοδοτεί μ' ένα σημαντικό ποσοστό άεργου ισχύος, κοντά σε μηδενικό συντελεστή ισχύος.

Prime Mover	Motoring Power (% of rated)	Possible Damage	Protection Setting
Diesel Engine	5-25	Fire/explosion due to unburnt fuel	50% of motoring power
		Mechanical damage to gearbox/shafts	
Gas Turbine	10-15 (split shaft)	gearbox damage	
	>50% (single shaft)		
Hydro	0.2-2 (blades out of water)	blade and runner cavitation	
	>2 (blades in water)		
Steam Turbine	0.5-6	turbine blade damage	
		gearbox damage on geared sets	

Πίνακας 3.1. Προβλήματα αντιστροφής της φοράς ισχύος στις γεννήτριες

Η προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς, θα πρέπει να παρέχεται με μία λειτουργία καθυστέρησης σταθερού χρόνου, για να αποφεύγεται η λανθασμένη

λειτουργία της κάτω από συνθήκες μεταβατικών ταλαντώσεων της ισχύος, που μπορεί να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια του συγχρονισμού, ή κατά τη διάρκεια διαταραχών στο σύστημα μεταφοράς.

3.12. Ασύμμετρη φόρτιση

Ένα 3-Φ συμμετρικό φορτίο, παράγει ένα επαγόμενο πεδίο, που με μία πρώτη προσέγγιση είναι σταθερό και περιστρέφεται σύγχρονα με το πεδίο του δρομέα. Οποιαδήποτε ασύμμετρη κατάσταση, μπορεί να αναλυθεί μέσω των συνιστωσών θετικής, αρνητικής και μηδενικής ακολουθίας. Το θετικό κύκλωμα ακολουθίας, είναι παρόμοιο μ' αυτό του κανονικού του συμμετρικού φορτίου. Το κύκλωμα μηδενικής ακολουθίας, παράγει μία μη κύρια αντίδραση τυμπάνου.

3.12.1. Επίδραση του ρεύματος αρνητικής ακολουθίας

Το κύκλωμα αρνητικής ακολουθίας είναι παρόμοιο μ' αυτό της θετικής, με τη διαφορά ότι αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός επαγόμενου πεδίου, που περιστρέφεται με την αντίθετη φορά από το πεδίο του d.c. συστήματος. Έτσι παράγεται μία ροή, που «κόβει» το δρομέα δύο φορές στην περιστροφική ταχύτητα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρευμάτων διπλάσιας συχνότητας στο πεδίο του συστήματος και στο σώμα του δρομέα. Τα παραγόμενα διανορεύματα είναι πολύ μεγάλα και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή υπερθέρμανση στο δρομέα. Αυτή η υπερθέρμανση είναι τόσο σοβαρή, ώστε με φόρτιση της μίας φάσης ίση με το κανονικό 3-Φ ρεύμα λειτουργίας, μπορεί πολύ γρήγορα να θερμάνει τις σφήνες αύλακος του δρομέα, σε σημείο τέτοιο ώστε αυτές να μαλακώσουν. Στη συνέχεια, χαλαρώνει η σύσφιξη και με τις φυγοκεντρικές δυνάμεις που ασκούνται στο δρομέα, οι σφήνες μπορεί να μετακινηθούν και να υπάρξει κίνδυνος να χτυπήσουν τον πυρήνα του στάτη.

Η γεννήτρια είναι κατασκευασμένη, ώστε να λειτουργεί συνέχεια με ένα ποσοστό ρεύματος αρνητικής ακολουθίας. Για τις στροβιλογεννήτριες αυτό το ποσοστό είναι χαμηλό και έχει υιοθετηθεί ένα της τάξης του 10% και 15% της συνεχούς λειτουργίας της γεννήτριας. Το χαμηλότερο ποσοστό εφαρμόζεται όταν γίνεται χρήση πιο

εντατικών μεθόδων ψύξης όπως π.χ. με υδρογόνο και αυλούς αερίου στο δρομέα για να επιτυγχάνεται πιο άμεση ψύξη του τυλίγματος.

Η βραχυπρόθεσμη υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια καταστάσεων σφαλμάτων στο σύστημα, είναι ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη, αλλά στον προσδιορισμό της ικανότητας αντοχής της γεννήτριας σε ρεύματα αρνητικής ακολουθίας, συνήθως αμελείται η κατανομή της θερμότητας κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων. Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, είναι δυνατό να εκφράσουμε τη θερμότητα με το νόμο:

$$I_2^2 \cdot t = k \quad \text{όπου:}$$

I_2 : ρεύμα αρνητικής ακολουθίας σε α.μ. τιμές του μέγιστου ονομαστικού ρεύματος συνεχούς λειτουργίας (MCR)

t: χρόνος

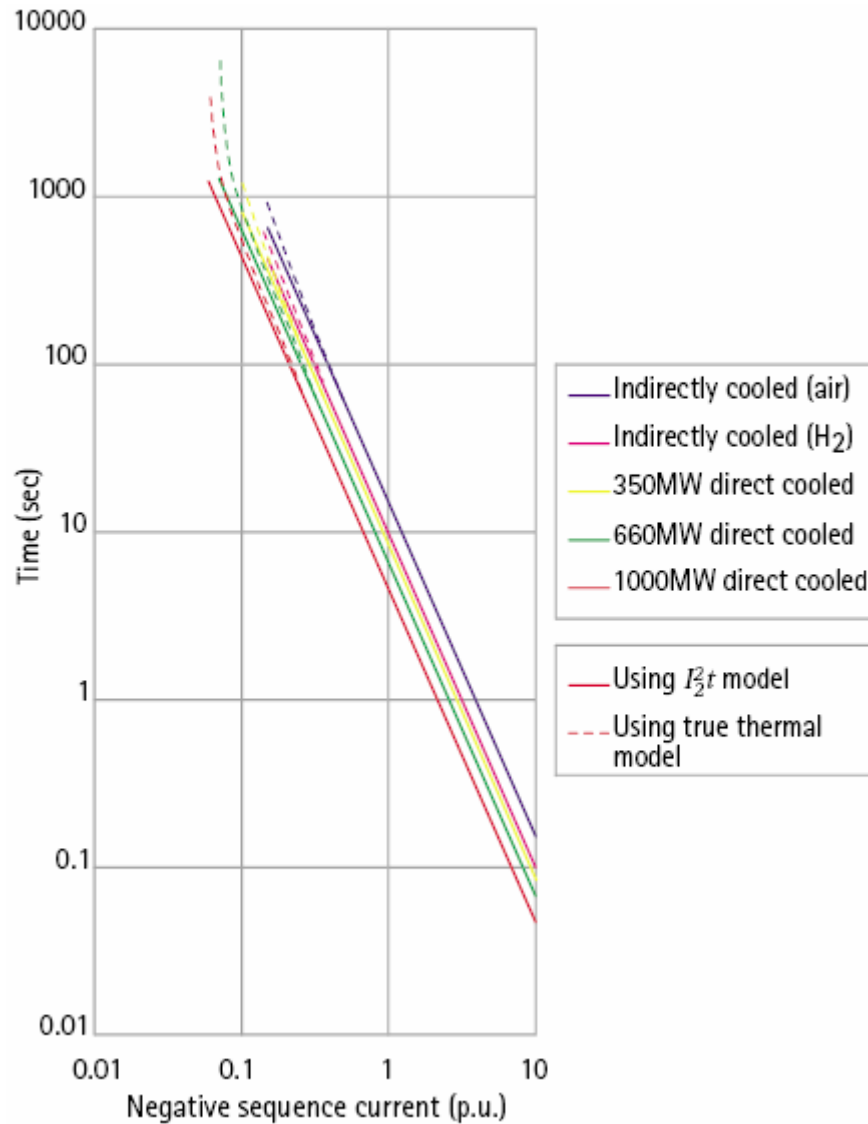
k: μία σταθερά ανάλογη της θερμικής ικανότητας φόρτισης του δρομέα της γεννήτριας

Για μία υπερθέρμανση που διαρκεί περισσότερο από μερικά δευτερόλεπτα είναι απαραίτητο να μελετήσουμε τη κατανομή της θερμοκρασίας. Για ένα συνδυασμό συνεχούς και βραχέως χρόνου η χαρακτηριστική υπερθέρμανσης μπορεί να εκφραστεί από τη σχέση:

$$M = \frac{I_2}{I_{2R}} = \sqrt{\frac{1}{1 - e^{-\frac{(I_{2R}^2 \cdot t)}{k}}}} \quad \text{όπου}$$

I_{2R} : ρεύμα αρνητικής ακολουθίας συνεχούς φόρτισης (σε α.μ. τιμές του MCR)

Οι χαρακτηριστικές θέρμανσης για τους διάφορους σχεδιασμούς γεννητριών φαίνονται στο σχήμα 3.16.



Σχήμα 3.16. Τυπικά όρια αντοχής γεννητριών κυλινδρικού δρομέα, σε ρεύματα αρνητικής ακολουθίας

3.12.2. Προστασία από ρεύματα αρνητικής ακολουθίας

Αυτή η προστασία εφαρμόζεται για να αποφεύγονται οι υπερθερμάνσεις λόγω των ρευμάτων αρνητικής ακολουθίας. Οι μικρές γεννήτριες έκτυπων πόλων, έχουν αναλογικά μεγαλύτερη αντοχή στα ρεύματα αρνητικής ακολουθίας, οπότε μπορεί να μη χρειάζεται μία τέτοιου είδους προστασία. Στους σύγχρονους αριθμητικούς Η/Ν, το ρεύμα αρνητικής ακολουθίας λαμβάνεται βάσει υπολογισμών, χωρίς να γίνεται χρήση ειδικών κυκλωμάτων που σκοπό έχουν να αποσπάσουν τη συνιστώσα της αρνητικής

ακολουθίας. Συχνά ακολουθείται η τακτική της προσομοίωσης, μέσω μιας πραγματικής θερμικής εικόνας της μηχανής, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να:

- a) κρατώνται τα επίπεδα του ρεύματος αρνητικής ακολουθίας, κάτω απ' αυτά της συνεχούς ικανότητας αντοχής της μηχανής. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου που η θερμοκρασία φτάνει σε κρίσιμο σημείο, μετά από μία αύξηση του ρεύματος, πάνω από τα όρια συνεχούς ικανότητας αντοχής της.
- b) έχουμε καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στην ψύξη της μηχανής, όσο τα επίπεδα του ρεύματος βρίσκονται κάτω από τα όρια συνεχούς ικανότητας αντοχής της.

Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης, είναι ότι η μοντελοποίηση των επιδράσεων της ψύξης είναι μεγαλύτερης ακρίβειας, αλλά το μειονέκτημα είναι ότι η χαρακτηριστική ενεργοποίησης, μπορεί να μην ακολουθεί ακριβώς τη χαρακτηριστική αντοχής που δίνει ο κατασκευαστής.

Μια τυπική χαρακτηριστική του στοιχείου του H/N έχει τη μορφή:

$$t = -\frac{K}{I_{2\text{set}}^2} \ln \left[1 - \frac{I_{2\text{set}}}{I_2} \right]^2 \quad \text{σχέση 3.1. όπου:}$$

t : χρόνος ενεργοποίησης της προστασίας

$$K = K_g \cdot \left(\frac{I_{\text{flc}}}{I_p} \right)^2$$

$$I_{2\text{set}} = I_{2\text{cmr}} \cdot \left(\frac{I_{\text{flc}}}{I_p} \right) \cdot I_n$$

K_g : συντελεστής αντοχής αρνητικής ακολουθίας

$I_{2\text{cmr}}$: μέγιστη συνεχόμενη αντοχή της γεννήτριας σε ρεύμα αρνητικής ακολουθίας

I_p : ρεύμα πρωτεύοντος του M/E

I_n : ρεύμα λειτουργίας του H/N

Στο σχήμα 3.16., φαίνεται επίσης η χαρακτηριστική χρόνου του θερμικού αντίγραφου που περιγράφεται από τη σχέση 3.1. Είναι φανερό το σημαντικό κέρδος στην ικανότητα φόρτισης που επιτυγχάνεται, για χαμηλά επίπεδα ρεύματος αρνητικής ακολουθίας. Ένα τέτοιο στοιχείο προστασίας, θα αποκρίνεται επίσης και σε μονοφασικά (1-Φ) και σε 2-Φ σφάλματα, όπου αναπτύσσονται σημαντικά ρεύματα αρνητικής ακολουθίας. Για το λόγο αυτό, η κλιμάκωση με τους H/N προστασίας προς τα κατάντη του Σ.Η.Ε., είναι απαραίτητη. Μία ρύθμιση ελάχιστου σταθερού χρόνου, πρέπει να εφαρμόζεται στο στοιχείο αρνητικής ακολουθίας του H/N, για να εξασφαλίζεται η σωστή κλιμάκωση. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται μία ρύθμιση μέγιστου χρόνου ενεργοποίησης της προστασίας, για να εξασφαλίζεται η ορθή ενεργοποίησή της, όταν το επίπεδο ρεύματος αρνητικής ακολουθίας, είναι λίγο πιο πάνω απ' αυτό της συνεχούς ικανότητας αντοχής και όπου ο χρόνος ενεργοποίησης βάσει του θερμικού μοντέλου, μπορεί να απέχει πολύ από τα όρια αντοχής του δρομέα.

3.13. Προστασία έναντι ακούσιας ενεργοποίησης

Μία τυχαία ενεργοποίηση της γεννήτριας ενόσω είναι σταματημένη, μπορεί να της προκαλέσει μεγάλες ζημιές. Με τη γεννήτρια ακίνητη, ένα τυχαίο κλείσιμο του Δ/Ι της, θα έχει ως αποτέλεσμα η γεννήτρια να συμπεριφερθεί ως κινητήρας επαγωγής. Το τύλιγμα του πεδίου (αν είναι κλειστό), το σώμα σιδήρου του δρομέα και τα κυκλώματα (τυλίγματα) απόσβεσης, θα συμπεριφερθούν ως κυκλώματα δρομέα. Στα στοιχεία αυτά του δρομέα αλλά και στο στάτη, θα επαχθούν πολύ μεγάλα ρεύματα, με αποτέλεσμα τη γρήγορη υπερθέρμανση και την πρόκληση καταστροφών. Για το λόγο αυτό, μία προστασία έναντι τέτοιων καταστάσεων είναι επιθυμητή.

Ένας συνδυασμός προστασίας υπότασης και προστασίας υπερέντασης στάτη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει μία τέτοια κατάσταση. Για την παροχή μίας τέτοιας προστασίας, χρησιμοποιείται ένα ακαριαίο στοιχείο υπερέντασης, κλιμακωμένο μ' ένα 3-Φ στοιχείο υπότασης (που τροφοδοτείται από ένα M/T τοποθετημένο στο Δ/Ι από τη μεριά της γεννήτριας). Το στοιχείο της υπερέντασης μπορεί να έχει μία χαμηλή ρύθμιση, αφού κατά την κανονική λειτουργία της γεννήτριας αυτό θα μανδαλώνεται. Η ρύθμιση της τάσης θα πρέπει να είναι χαμηλή,

τόσο ώστε να μην επιτρέπεται η λειτουργία της προστασίας για μεταβατικά σφάλματα. Έτσι μία ρύθμιση στο 50% της ονομαστικής τάσης λειτουργίας της γεννήτριας, είναι μία ικανοποιητική τιμή. Τέλος αστοχίες στους M/T, μπορούν να προκαλέσουν τη λανθασμένη λειτουργία της προστασίας και για το λόγο αυτό, το στοιχείο υπότασης κάτω απ' αυτές τις συνθήκες, θα πρέπει να τίθεται εκτός λειτουργίας.

3.14. Προστασία υπέρ/υποσυχνότητας και υπερ-ροής

Οι συνθήκες αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν, αφού συχνά αυτά τα προβλήματα συμβαίνουν λόγω της μετατόπισης από τη σύγχρονη ταχύτητα.

3.14.1. Υπερ-ροή

Η υπερ-ροή λαμβάνει χώρα όταν ο λόγος της τάσης προς τη συχνότητα είναι πολύ μεγάλος. Λόγω της υψηλής πυκνότητας μαγνητικής ροής, επέρχεται ο κορεσμός του σιδήρου, προκαλώντας έτσι τη διασπορά της ροής σε στοιχεία τα οποία δεν είναι σχεδιασμένα να τη φέρουν. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης, είναι η υπερθέρμανση και κατά συνέπεια η ζημιά του εξοπλισμού. Το πρόβλημα επιδρά και στις άμεσες, αλλά και στις έμμεσες συνδεδεμένες γεννήτριες με το δίκτυο. Είτε η μεγάλη τάση, είτε η μικρή συχνότητα, είτε ο συνδυασμός και των δύο, μπορούν να προκαλέσουν την υπερ-ροή και μία τιμή του λόγου τάσης προς συχνότητα μεγαλύτερη του 1,05 α.μ., κανονικά είναι ενδεικτική γι' αυτήν την κατάσταση. Παροδικά μπορεί ν' αναπτυχθούν πολύ υψηλές τιμές μαγνητικής ροής, αλλά αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα για τις γεννήτριες. Για παράδειγμα, μία γεννήτρια μπορεί να υποβληθεί σε μία μεταβατική υψηλή τάση και συχνότητα, αμέσως μετά την πλήρη απόρριψη του φορτίου της, κατάσταση η οποία γρήγορα επαναφέρεται στην κανονική. Εφόσον αυτή η κατάσταση δεν παραμένει για πολύ, το μόνο πρόβλημα που εμφανίζεται, είναι αυτό της ευστάθειας (σταθερότητας) του σχήματος της διαφορικής προστασίας του M/Σ ανύψωσης, που είναι εγκατεστημένος στο σταθμό. Καταστάσεις υπερ-ροής που μπορούν να παραμείνουν για αρκετό χρονικό διάστημα, ενδεχομένως να έχουμε κατά την εκκίνηση της μονάδος, με τη διέγερση να εφαρμόζεται πολύ ωρίς και με τον αυτόματο ρυθμιστή τάσης σε υπηρεσία, ή κατά την περίπτωση του

κλεισίματος της μονάδας και με τη διέγερση να εξακολουθεί να εφαρμόζεται. Άλλες περιπτώσεις υπερ-ροής, μπορεί να έχουμε στην περίπτωση απώλειας του σήματος τάσης ανάδρασης του αυτόματου ρυθμιστή τάσης, λόγω κάποιου προβλήματος στον αντίστοιχο M/T. Τέτοιες παραμένουσες καταστάσεις, θα πρέπει να ανιχνεύονται από μία ξεχωριστή λειτουργία προστασίας υπερ-ροής, η οποία θα δίνει κάποιο σήμα συναγερμού, ή και ακόμα μία εντολή για άμεση μείωση της διέγερσης.

Οι περισσότεροι αυτόματοι ρυθμιστές τάσης έχουν ενσωματωμένη τη λειτουργία προστασίας από υπερ-ροή. Αυτή όμως μπορεί να είναι λειτουργική μόνο αν ο Δ/I της γεννήτριας είναι ανοικτός, οπότε και δεν μπορεί να ανιχνεύσει καταστάσεις υπερ-ροής, κατά τη διάρκεια μίας μη κανονικής χαμηλής τιμής συχνότητας στο σύστημα. Ωστόσο, αυτή η δυνατότητα του αυτόματου ρυθμιστή τάσης δεν μπορεί να συμπεριληφθεί στα πρότυπα της προστασίας H/N και για το λόγο αυτό είναι επιθυμητό να παρέχεται ένα στοιχείο για την προστασία από υπερ-ροή και το οποίο είναι ενσωματωμένο στους περισσότερους σύγχρονους H/N.

Όσον αφορά στις ρυθμίσεις του στοιχείου, αυτές μπορεί να είναι, για την μεν παράδοση ενός σήματος κινδύνου, καθυστέρησης σταθερού χρόνου και για τη δε ενεργοποίηση της προστασίας, ή καθυστέρησης αντίστροφου χρόνου, ή ακαριαία, ώστε να είναι σύμφωνες με τις χαρακτηριστικές αντοχής της γεννήτριας και του M/Σ ανύψωσης. Τέλος να σημειωθεί ότι είναι πολύ σημαντικό, το σήμα τάσης από το M/T που προορίζεται για την προστασία από υπερ-ροή να μην είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιεί ο αυτόματος ρυθμιστής τάσης.

3.14.2. Υπέρ/υποσυχνότητας

Ο ρυθμιστής στροφών που είναι ενσωματωμένος στην κινητήρια μονάδα, είναι αυτός που παρέχει την προστασία έναντι υπερσυχνότητας. Υποσυχνότητα μπορεί να έχουμε ως αποτέλεσμα της υπερφόρτισης γεννητριών που λειτουργούν σ' ένα απομονωμένο σύστημα, ή λόγω ενός σοβαρού σφάλματος στο Σ.Η.Ε., το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα το έλλειμμα της παραγωγής σε σύγκριση με το φορτίο. Ένα τέτοιο σφάλμα μπορεί να γίνει στις γραμμές μεταφοράς και να «κόψει» το σύστημα στα δύο. Συνήθως το ένα θα έχει πλεόνασμα στην παραγωγή και το άλλο έλλειμμα. Στο δεύτερο κομμάτι, η συχνότητα θα πέσει πολύ γρήγορα και η κανονική αντίδραση είναι η απόρριψη φορτίου, είτε από H/N τέτοιας λειτουργίας, είτε από ενέργεια του

χειριστή του Σ.Η.Ε.. Ενδεχομένως βέβαια, να ήταν αναγκαία η προστασία των κινητήριων μονάδων, έναντι της εξωτερικά χαμηλής συχνότητας, με την ενεργοποίηση των προστασιών των εν λόγω γεννητριών.

Σε μερικές κινητήριες μονάδες, η λειτουργία σε μία περιορισμένη ζώνη συχνότητας, η οποία είναι κοντά στην κανονική ταχύτητα περιστροφής (είτε πάνω είτε κάτω), μπορεί να επιτρέπεται μόνο για ένα μικρό χρονικό διάστημα και σε σχέση με την αθροιστική διάρκεια ζωής της λειτουργίας σε τέτοιες ζώνες συχνότητας. Αυτό γίνεται λόγω της παρουσίας σ' αυτές τις ζώνες συχνότητας, στρεπτικών συχνοτήτων στο δρομέα. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, απαιτείται η εποπτεία της χρονικής περιόδου παραμονής σ' αυτές τις ζώνες συχνότητας και γίνεται χρήση ενός ειδικού Η/Ν, ρυθμισμένου για να παρέχει ενδείξεις σήματος κινδύνου, ή ενεργοποίησης της προστασίας, στην περίπτωση που έχουμε υπέρβαση του καθορισμένου χρόνου της περιόδου, είτε της αθροιστικής, είτε της συγκεκριμένης λειτουργίας.

Κεφάλαιο 4ο
γεννήτριας

Προστασίες του δρομέα της

4.1. Σφάλματα δρομέα

Το κύκλωμα πεδίου του δρομέα μίας γεννήτριας, που περιλαμβάνει το τύλιγμα πεδίου της γεννήτριας και το τύμπανο της διεγέρτριας μαζί με το διακόπτη πεδίου αν υπάρχει, είναι ένα μονωμένο d.c. κύκλωμα το οποίο συνήθως δε γειώνεται. Αν συμβεί ένα σφάλμα γης, δε θα υπάρξει ρεύμα σφάλματος μόνιμης κατάστασης και για το λόγο αυτό δεν είναι φανερή η ανάγκη για τη λήψη κάποιων μέτρων.

Ο μεγάλος κίνδυνος εμφανίζεται όταν συμβεί ένα δεύτερο σφάλμα, σ' ένα άλλο σημείο του συστήματος του πεδίου και που θα έχει σαν αποτέλεσμα τη ροή πολύ μεγάλων ρευμάτων πεδίου. Τότε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, μπορεί να προκληθούν σοβαρές ζημιές στους αγωγούς του πεδίου αλλά και στον ίδιο το δρομέα.

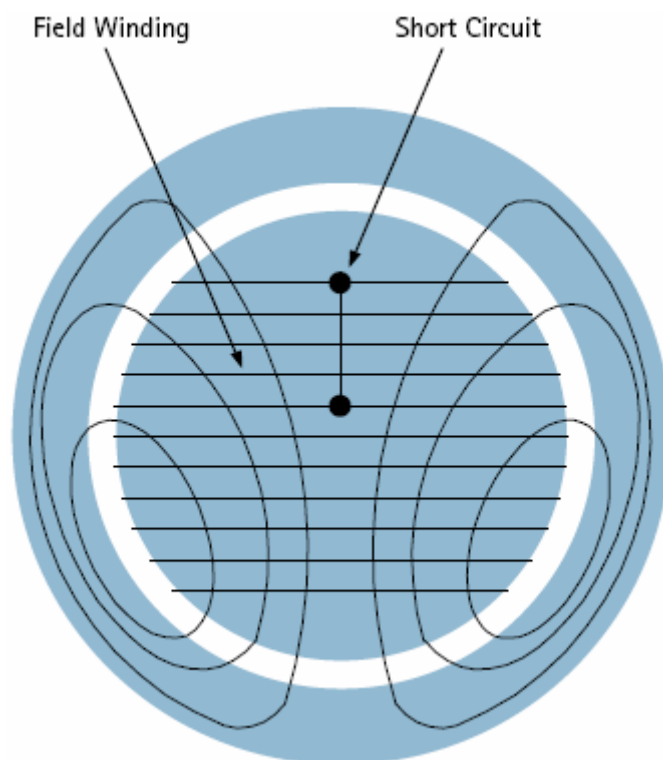
Η μεγαλύτερη εντούτοις ζημιά μπορεί να προκληθεί μηχανικά. Οι βραχυκυκλωμένες σπείρες στο τύλιγμα πεδίου της γεννήτριας, έχουν την τάση να παραμορφώνουν το πεδίο στο διάκενο αέρος, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1. Αυτό συμβαίνει λόγω των ασύμμετρων αμπερελιγμάτων της μαγνητεγερτικής δύναμης (m.m.f.) στα διάφορα μέρη του τυλίγματος του πεδίου. Αν η ροή στο διάκενο αέρα είναι πολύ παραμορφωμένη, μπορεί στο δρομέα να δράσουν επίσης παραμορφωμένες δυνάμεις, αφού αυτές είναι ανάλογες του τετραγώνου της πυκνότητας της μαγνητικής ροής, όπως φαίνεται και στη σχέση:

$$F = \frac{B^2 \cdot A}{8\pi} \quad \text{όπου:}$$

F: δύναμη

A: επιφάνεια

B: πυκνότητα μαγνητικής ροής



Σχήμα 4.1. Παραμόρφωση μαγνητικής ροής σε δρομέα, με μερικώς βραχυκυκλωμένο τύλιγμα

Έτσι στη μία μεριά του δρομέα δρουν πάρα πολύ μεγάλες δυνάμεις, ενώ στην αντίθετη πολύ μικρές. Εφόσον λοιπόν υπάρχει ασυμμετρία δυνάμεων σε αντιδιαμετρικά σημεία του δρομέα, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ροπών, που τείνουν να στρεβλώσουν το δρομέα. Αυτές οι δυνάμεις μπορεί να είναι πολύ μεγάλες, ακόμα και της τάξεως των 50 έως 100 τόνων. Σε μερικές περιπτώσεις, ο δρομέας μπορεί να μετατοπιστεί αρκετά, ώστε να ακουμπήσει τον πυρήνα σιδήρου του στάτη.

Μία άλλη επίδραση των ασύμμετρων δυνάμεων στο δρομέα, είναι η δημιουργία βίαιων κραδασμών, οι οποίοι μπορεί να προκαλέσουν φθορές στην επιφάνεια των εδράνων. Η μηχανή μπορεί να προστατευθεί από μεγάλες ζημιές, με τη χρήση ανιχνευτών κραδασμών (ταλαντώμετρα), οι οποίοι μπορεί να δίνουν σήμα κινδύνου στο χειριστή, ή και ακόμα να ενεργοποιούν την προστασία της γεννήτριας.

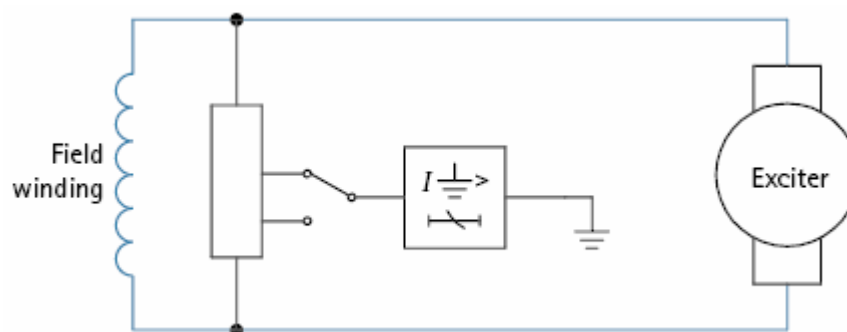
4.1.1. Προστασία σφάλματος γης δρομέα

Για την ανίχνευση τέτοιων σφαλμάτων, είναι διαθέσιμες δύο μέθοδοι. Η πρώτη, είναι κατάλληλη για γεννήτριες οι οποίες διαθέτουν ψήκτρες στο κύριο τύλιγμα πεδίου της γεννήτριας. Η δεύτερη, απαιτεί την ύπαρξη μίας τουλάχιστον σύνδεσης, μέσω δακτυλίων επαφής ψήκτρας, με το κύκλωμα του πεδίου.

- a) Μέθοδος με ποτενσιόμετρο
- b) Μέθοδος a.c. έγχυσης

4.1.1.1. Μέθοδος ποτενσιόμετρου

Αυτό είναι ένα σχήμα που ταιριάζει στις παλιότερες γεννήτριες και φαίνεται στο σχήμα 4.2. Ένα σφάλμα γης στο τύλιγμα πεδίου, θα έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσης στα άκρα του H/N. Τη μέγιστη τάση την έχουμε για σφάλματα που συμβαίνουν προς το τέλος του τυλίγματος. Μ' αυτή τη μέθοδο, θα υπάρχει ένα «τυφλό σημείο» στο κέντρο του τυλίγματος πεδίου. Για να αποφευχθεί η μη εντόπιση του σφάλματος στο σημείο αυτό, το ποτενσιόμετρο είναι εφοδιασμένο με ένα διακόπτη, που αλλάζει τη σχέση υποβιβασμού, έτσι ώστε να μπορεί να φανεί ένα τυχόν σφάλμα εκεί. Η ρύθμιση δε του H/N, γίνεται τυπικά στο 5% της τάσης της διεγέρτριας.



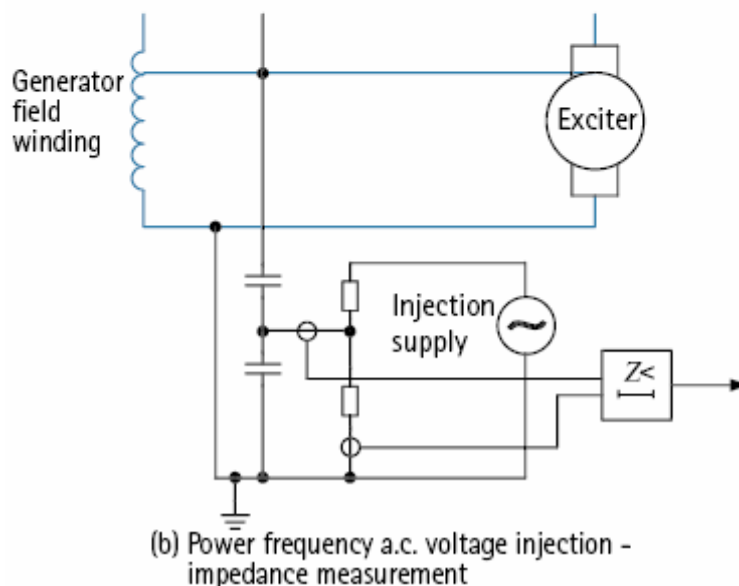
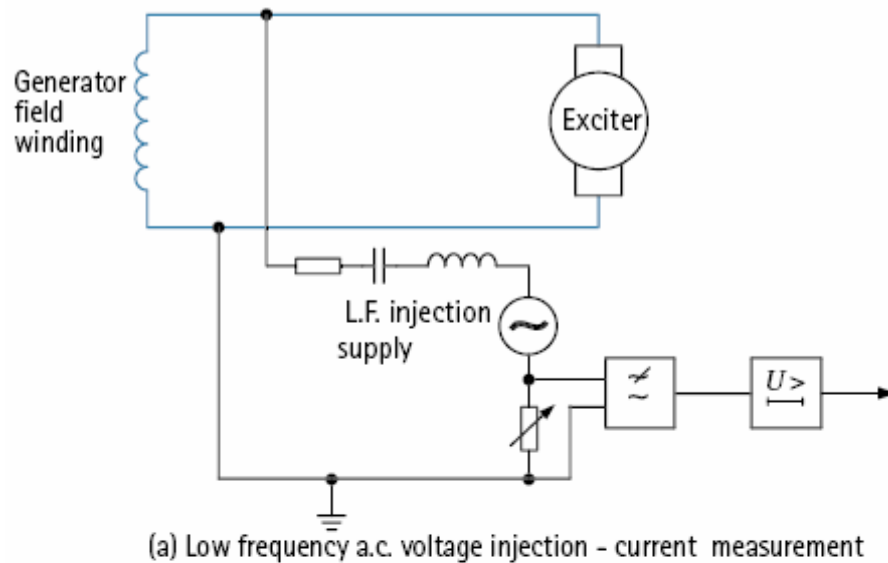
Σχήμα 4.2. Προστασία σφάλματος γης του κυκλώματος πεδίου μέσω της μεθόδου με ποτενσιόμετρο

4.1.1.2. Μέθοδος έγχυσης

Δύο είναι οι πλέον κοινές χρησιμοποιούμενες μέθοδοι. Η πρώτη βασίζεται στην έγχυση σήματος χαμηλής συχνότητας μέσω ενός φίλτρου σειράς, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3.(a). Αυτή περιλαμβάνει μία πηγή έγχυσης, η οποία συνδέεται μέσω μίας χωρητικής ζεύξης μεταξύ της γης και του ενός άκρου του κυκλώματος πεδίου και του κυκλώματος μέτρησης. Το κύκλωμα πεδίου υποβάλλεται σ' ένα εναλλασσόμενο δυναμικό του ίδιου επιπέδου παντού. Ένα σφάλμα γης οπουδήποτε στο σύστημα του πεδίου, θα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ενός ρεύματος, το οποίο ισοδύναμα ανιχνεύεται από τον H/N ως τάση στα άκρα της ρυθμιζόμενης αντίστασης. Η χωρητική ζεύξη δεν αφήνει να περάσει η κανονική d.c. τάση του πεδίου, αποτρέποντας έτσι την είσοδο ενός μεγάλου συνεχούς ρεύματος, μέσα στο σχήμα της προστασίας. Ο συνδυασμός της σε σειρά σύνδεσης του πυκνωτή με το πηνίο, δημιουργεί ένα βαθυπερατό φίλτρο, που ο σκοπός του είναι να φιλτράρει τα υψηλής συχνότητας ρεύματα του δρομέα, που μπορεί να εμφανιστούν για διάφορους λόγους.

Άλλα σχήματα, βασίζονται στην έγχυση σημάτων βιομηχανικής συχνότητας. Σ' αυτά γίνεται χρήση ενός σύνθετης αντίστασης στοιχείου H/N, το οποίο ανιχνεύει τη μείωση της σύνθετης αντίστασης του τυλίγματος πεδίου, κατά την εμφάνιση σφαλμάτων γης (σχήμα 4.3.(b)).

Οι δύο μέθοδοι έγχυσης που αναφέρθηκαν παραπάνω, παρουσιάζουν το μειονέκτημα, ότι κάποιο ρεύμα θα περάσει από τη χωρητικότητα των τυλιγμάτων του πεδίου στο σώμα του δρομέα και από το σώμα του δρομέα στα έδρανα και από εκεί στη γη. Αυτό δημιουργεί διάβρωση στο μέταλλο των εδράνων. Ωστόσο με τη μέθοδο έγχυσης σήματος χαμηλής συχνότητας, αυτό το ρεύμα είναι πιο μικρό σε σχέση με τη μέθοδο έγχυσης σήματος βιομηχανικής συχνότητας, όπου εκεί το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με μία κατάλληλη μόνωση των εδράνων.



Σχήμα 4.3. Προστασία σφάλματος γης του κυκλώματος πεδίου μέσω a.c. έγχυσης

4.1.2. Προστασία σφαλμάτων γης δρομέα σε γεννήτριες που δε φέρουν ψήκτρες

Ένα ειδικό πρόβλημα, παρουσιάζεται στην περίπτωση διεγερτριών που δε διαθέτουν ψήκτρες. Οι διεγέρτριες αυτές, τοποθετούνται στο δρομέα και περιστρέφονται με τη σύγχρονη ταχύτητα. Η βάση σχεδιασμού τέτοιων διεγερτριών, στηρίζεται στο γεγονός ότι δε χρειάζονται ψήκτρες μεταξύ του τυλίγματος πεδίου και της μηχανής. Επίσης σ' αυτές, δε υπάρχει συνήθως η δυνατότητα πρόσβασης στο

κύκλωμα του πεδίου και για το λόγο αυτό οι μέθοδοι ανίχνευσης σφαλμάτων γης που αναφέρθηκαν προηγουμένα, δε μπορούν να εφαρμοστούν. Η ανάγκη βέβαια για ανίχνευση σφαλμάτων παραμένει, αλλά αυτή θα πρέπει να βασίζεται σε συστήματα που είναι τοποθετημένα στο δρομέα και που έχουν τη δυνατότητα μέσω κάποιας τηλεμετρικής επικοινωνίας, να δίνουν σήματα κινδύνου ή δεδομένα. Μία άλλη μέθοδος, είναι να εφαρμοστεί η εποπτεία κραδασμών, η οποία θα λαμβάνει δράση όταν τυχόν συμβούν σφάλματα στο τύλιγμα του πεδίου.

4.1.3. Προστασία από βραχυκυκλωμένες σπείρες στο δρομέα

Όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.1., ένα βραχυκυκλωμένο τμήμα του τυλίγματος πεδίου, θα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ασύμμετρης μαγνητικής ροής στο δρομέα και πιθανώς καταστροφικών για το δρομέα κραδασμών. Ένας τρόπος ανίχνευσης τέτοιων ηλεκτρικών σφαλμάτων, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση ενός αισθητηρίου που αποτελείται από ένα πηνίο, τοποθετημένο στο διάκενο αέρος. Με αυτό τον τρόπο, μετριέται η μορφή της μαγνητικής ροής των θετικών και αρνητικών πόλων και όποια σημαντική διαφορά μεταξύ τους βρεθεί, θα είναι ενδεικτική της ύπαρξης κάποιου βραχυκυκλώματος στις σπείρες. Η παροχή ενός σχήματος προστασίας, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση κάποιων τεχνικών αυτόματης σύγκρισης κυματομορφών, ή με την οπτική επιθεώρηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, των κυματομορφών αυτών. Ένα άμεσο σταμάτημα της μονάδας συνήθως δεν απαιτείται, εκτός εάν οι επιδράσεις του σφάλματος είναι μεγάλες. Το σφάλμα μπορεί να μείνει υπό παρακολούθηση, μέχρις ότου φτάσει ο καιρός της προγραμματισμένης συντήρησης της γεννήτριας. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, η επισκευή θα διαρκέσει αρκετά, αφού θα πρέπει να βγει ο δρομέας και να αποσυναρμολογηθούν οι σπείρες του τυλίγματος. Τέλος ν' αναφερθεί, ότι ένα σχήμα παρακολούθησης σφαλμάτων τυλίγματος δρομέα, μέσω ανίχνευσης κραδασμών, αποτελεί μέρος της μηχανολογικής προστασίας της γεννήτριας.

4.1.4. Προστασία έναντι αστοχιών στις διόδους

Μία βραχυκυκλωμένη διόδος, θα παράξει μία a.c. κυμάτωση στο κύκλωμα πεδίου της διεγέρτριας. Αυτό το σφάλμα μπορεί να ανιχνευθεί με έναν H/N, ο οποίος

εποπτεύει το ρεύμα στο κύκλωμα πεδίου της διεγέρτριας, ωστόσο όμως τέτοια συστήματα έχει αποδειχθεί ότι είναι αναξιόπιστα. Ο H/N θα πρέπει να έχει μία χρονική καθυστέρηση, ώστε να μη δίνει σήματα κινδύνου στις περιπτώσεις ανωμαλιών στο πεδίο λόγω εξωτερικών σφαλμάτων στο Σ.Η.Ε., οπότε μία ρύθμιση της τάξης των 5 – 10 δευτερολέπτων μπορεί να είναι απαραίτητη. Επίσης μπορεί να γίνεται χρήση ασφαλειών, ώστε να αποσυνδέεται η ελαττωματική δίοδος. Οι ασφάλειες αυτές θα πρέπει να είναι τύπου ένδειξης και θα πρέπει να διαθέτουν ένα παράθυρο για την οπτική επιθεώρηση από τους χειριστές της σωστής λειτουργίας των διόδων.

Μία δίοδος να παραμένει ανοικτοκυκλωμένη συμβαίνει λιγότερο συχνά. Στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες της μίας δίοδοι παράλληλα συνδεδεμένες για κάθε κλάδο της γέφυρας διόδων, μία ανοικτοκυκλωμένη δίοδος, θα έχει σαν αποτέλεσμα μόνο τον περιορισμό της μέγιστης δυνατής συνεχούς διέγερσης. Εάν υπάρχει δε μία δίοδος σε κάθε κλάδο της γέφυρας, θα παρουσιαστεί μεν μία κυμάτωση στη κύρια τροφοδοσία του πεδίου, αλλά η επαγωγική συμπεριφορά του κυκλώματος θα την εξομαλύνει σ' ένα βαθμό, ώστε και πάλι, η μόνη επίδραση να είναι ο περιορισμός της μέγιστης συνεχούς διέγερσης. Οπότε η γεννήτρια μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί, μέχρι τη προγραμματισμένη συντήρησή της, όπου και θα γίνει η αντικατάσταση της ελαττωματικής δίοδου.

4.1.5. Καταστολή του πεδίου

Η ανάγκη της γρήγορης καταστολής του πεδίου μίας μηχανής στην οποία έχει αναπτυχθεί ένα σφάλμα, είναι προφανής, για το λόγο ότι όσο διατηρείται η διέγερση της μηχανής, θα τροφοδοτεί το σφάλμα της ακόμα και εάν έχει απομονωθεί από το υπόλοιπο δίκτυο. Όποια καθυστέρηση στην εξασθένιση της μαγνητικής ροής του δρομέα, θα παρατείνει την έκταση της ζημιάς από το σφάλμα, ενώ η πέδηση του δρομέα δε μπορεί να αποτελέσει λύση, λόγω της μεγάλης κινητικής του ενέργειας.

Το ρεύμα τυλίγματος του πεδίου, δε μπορεί να διακοπεί ακαριαία, διότι ρέει σ' ένα εξαιρετικά επαγωγικό κύκλωμα. Συνεπώς η ενέργεια της μαγνητικής ροής θα πρέπει να «διασκορπιστεί», ώστε να αποτραπεί η εμφάνιση μίας υπερβολικής επαγωγικής τάσης στο κύκλωμα του πεδίου. Σε μηχανές μέτριας ισχύος, είναι αποδεκτό το άνοιγμα του κυκλώματος πεδίου μέσω ενός διακόπτη ισχύος αέρος,

χωρίς πηνία για τη σβέση του τόξου. Ένας τέτοιος διακόπτης επιτρέπει μόνο μία μέτρια τάση τόξου, η οποία ωστόσο είναι αρκετή για να καταστείλει το ρεύμα πεδίου αρκετά γρήγορα. Η επαγωγική ενέργεια, μοιράζεται εν μέρει στο τόξο και εν μέρει στα διννορεύματα στον πυρήνα του δρομέα και στα τυλίγματα απόσβεσης.

Για γεννήτριες με ισχύ πάνω περίπου από τα 5 MVA, είναι προτιμότερο να παρέχεται ένας πιο βέβαιος τρόπος απορρόφησης της ενέργειας, για να μην προκληθεί κάποια βλάβη. Συνδέοντας παράλληλα με το τύλιγμα του πεδίου μια «αντίσταση εκφόρτισης πεδίου», πριν από το άνοιγμα του διακόπτη του πεδίου, επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος. Αυτή η αντίσταση, με περίπου πέντε φορές την αντίσταση του τυλίγματος του δρομέα, συνδέεται μέσω μίας βοηθητικής επαφής από το διακόπτη του πεδίου. Έτσι η ικανότητα του διακόπτη ελαττώνεται, αφού καλείται ν' ανοίξει ένα κύκλωμα με χαμηλή σχέση L/R . Μετά το άνοιγμα του διακόπτη, το ρεύμα πεδίου διαρρέει την αντίσταση εκφόρτισης και μηδενίζεται χωρίς να προκαλέσει καμία ζημιά. Η χρήση μίας αρκετά μεγάλης τιμής αντίστασης εκφόρτισης, μειώνει την σταθερά χρόνου του πεδίου σε μία αποδεκτά χαμηλή τιμή, μολονότι αυτή μπορεί να είναι και μεγαλύτερη του ενός δευτερολέπτου. Εναλλακτικά, ακόμα και σε γεννήτριες οι οποίες είναι εφοδιασμένες με στατικά συστήματα διέγερσης, μπορεί προσωρινά να αντιστραφεί η εφαρμοζόμενη τάση πεδίου, για να μηδενιστεί γρήγορα το ρεύμα διέγερσης, πριν από την ενεργοποίηση της προστασίας του συστήματος διέγερσης.

4.2. Απώλεια διέγερσης

Η απώλεια της διέγερσης μπορεί να συμβεί για διάφορους λόγους. Σ' αυτή την κατάσταση και αν η γεννήτρια λειτουργούσε αρχικά με το 20% - 30% της ονομαστικής της ισχύος, μπορεί ν' αρχίσει να περιστρέφεται υπερσύγχρονα και να δουλεύει ως γεννήτρια επαγωγής με χαμηλό επίπεδο ολίσθησης. Σ' αυτή τη λειτουργία, θ' αρχίσει να απορροφά από το Σ.Η.Ε. άεργο ρεύμα για τη διέγερση του δρομέα. Μία τέτοιου είδους αντίδραση είναι πολύ πιθανή για τις γεννήτριες έκτυπων πόλων. Οι υπ' αυτές τις συνθήκες, η γεννήτρια μπορεί να λειτουργεί για αρκετά λεπτά, χωρίς να χρειάζεται να ενεργοποιηθούν οι προστασίες της. Μπορεί να υπάρχει αρκετός χρόνος για να μπορέσουν να γίνουν διορθωτικές κινήσεις, ώστε να επαναφερθεί η διέγερση, αλλά οι απαιτήσεις της μηχανής σε άεργο ισχύ κατά τη

διάρκεια του σφάλματος, μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της τάσης του Σ.Η.Ε. σε μη αποδεκτά επίπεδα. Σε περίπτωση λειτουργίας πριν από το σφάλμα με υψηλή ισχύ εξόδου, η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα μπορεί να φτάσει το 105% της ονομαστικής του τιμής, ενώ τώρα θα έχουμε μικρή ισχύ εξόδου και απορρόφηση από το δίκτυο μεγάλων άεργων ρευμάτων, που μπορεί να φτάσουν και το 2.0 α.μ. έως 4.0 α.μ. Έτσι η αποσύνδεση της γεννήτριας όσο το δυνατόν γρηγορότερα είναι αναγκαία, για να προστατευθούν τα τυλίγματα του στάτη απ' αυτά το υπερβολικά ρεύματα, όπως επίσης και για να προστατευθεί ο δρομέας από ζημιές που μπορεί να προκληθούν από ρεύματα συχνότητας ολίσθησης.

Για τις γεννήτριες υδροηλεκτρικών, υπάρχουν σχεδόν πάντα τυλίγματα απόσβεσης, που είναι σχεδιασμένα για να αντέχουν σε ρεύματα ολίσθησης και έτσι αυτές μπορούν να εξακολουθούν να λειτουργούν ως γεννήτριες επαγωγής, χωρίς κανένα πρόβλημα. Έχει εκτιμηθεί, ότι για μικρές μηχανές της τάξεως των 50 MVA, μπορεί να έχουμε λειτουργία της γεννήτριας με επαγωγική συμπεριφορά, για 3 έως 5 λεπτά χωρίς να έχουμε ζημιά, αλλά για τις μεγάλες μηχανές της τάξεως των 500 MVA ή και περισσότερων, θα πρέπει να ενεργοποιούνται οι προστασίες τους μέσα σε 20 δευτερόλεπτα ή και λιγότερο. Είναι πλέον φανερό, ότι οι μεγάλες γεννήτριες αμοστροβίλων που έχουν υποστεί απώλεια διέγερσης, θα πρέπει αυτόματα και σε σύντομο χρονικό διάστημα να αποσυνδέονται, από την στιγμή της απώλειας.

4.2.1. Προστασία από απώλεια διέγερσης

Οι προστασίες που εφαρμόζονται, εξαρτώνται από το μέγεθος της γεννήτριας που προστατεύεται.

4.2.1.1. Μικρές γεννήτριες

Στις μικρές γεννήτριες, η προστασία έναντι λειτουργίας σε ασύγχρονη ταχύτητα μπορεί να είναι προαιρετική, αλλά εφαρμόζεται αφού στους περισσότερους σύγχρονους αριθμητικούς Η/Ν αυτή η λειτουργία είναι ενσωματωμένη. Όταν εφαρμόζεται, χρησιμοποιείται για την παροχή σήματος κινδύνου ή για την ενεργοποίηση των προστασιών της γεννήτριας. Στις περιπτώσεις που μπορεί να μετρηθεί το ρεύμα πεδίου της γεννήτριας, ένα στοιχείο Η/Ν μπορεί να ρυθμιστεί

ώστε να λειτουργήσει, όταν το ρεύμα πέσει κάτω από μία προκαθορισμένη τιμή. Ωστόσο ανάλογα με το σχεδιασμό της γεννήτριας και το μέγεθός της σε σύγκριση με το σύστημα, μπορεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες στο σύστημα, να είναι απαραίτητη η λειτουργία της στη σύγχρονη ταχύτητα, με λίγη ή και καθόλου διέγερση.

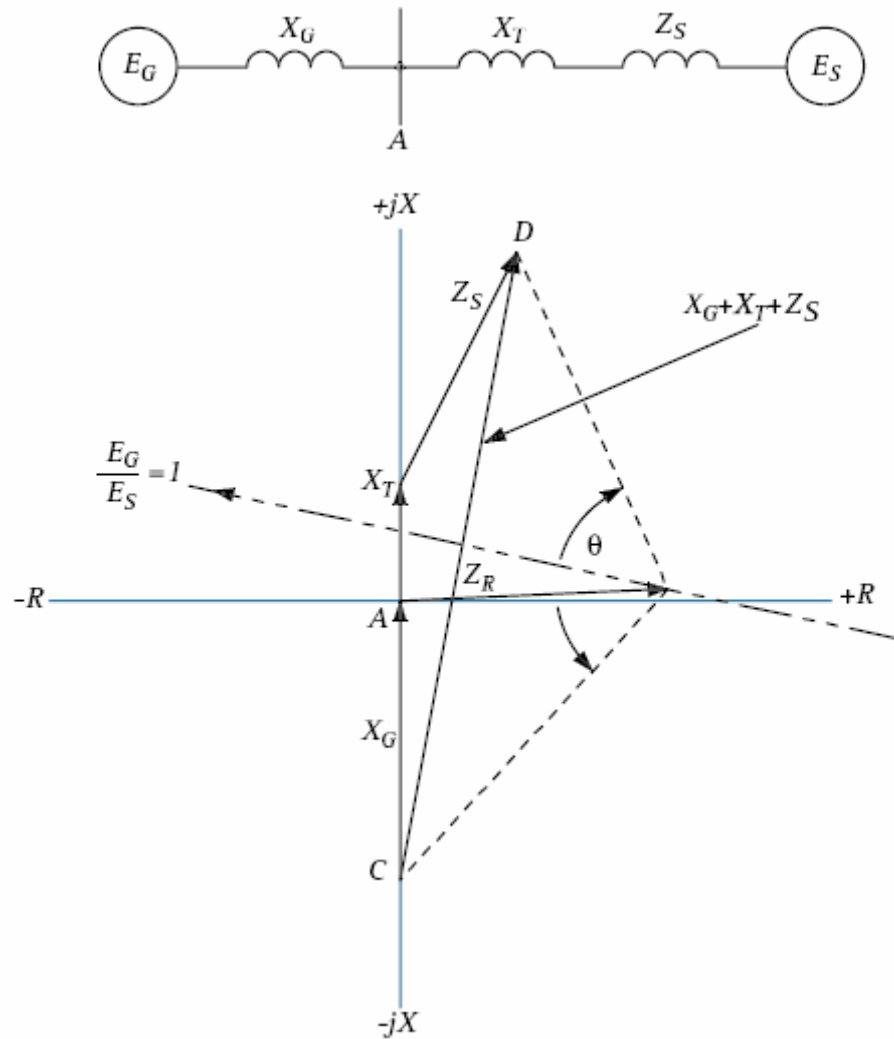
Ο H/N υποέντασης του πεδίου, θα πρέπει να έχει μία ρύθμιση κάτω από το ελάχιστο ρεύμα διέγερσης, που μπορεί να είναι στο 8% αυτού που αντιστοιχεί για τη μέγιστη συνεχή φόρτιση της γεννήτριας. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται H/N με χρονική καθυστέρηση, για τη σταθεροποίηση της προστασίας έναντι λανθασμένης λειτουργίας κατά τη διάρκεια μεταβατικών καταστάσεων, αλλά και για να εξασφαλιστεί ότι οι τυχόν διακυμάνσεις στο ρεύμα πεδίου λόγω ολίσθησης πόλου, δε θα προκαλέσουν την επαναφορά των H/N στις αρχικές συνθήκες λειτουργίας τους.

Όταν δεν είναι δυνατή η μέτρηση του ρεύματος πεδίου, χρησιμοποιείται η τεχνική που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

4.2.1.2. Μεγάλες γεννήτριες (>5 MVA)

Στις γεννήτριες με ισχύ περίπου πάνω από 5 MVA, κανονικά εφαρμόζεται προστασία έναντι απώλειας διέγερσης και έναντι καταστάσεων ολίσθησης πόλου.

Ας θεωρηθεί μία γεννήτρια που συνδέεται στο δίκτυο όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4. Κατά την απώλεια της διέγερσης, η τερματική τάση της γεννήτριας θα μειώνεται, το ρεύμα του στάτη θα αυξάνεται, με αποτέλεσμα τη μείωση της σύνθετης αντίστασης που «φαίνεται» από τα τερματικά της γεννήτριας και την αλλαγή του συντελεστή ισχύος.



Σχήμα 4.4. Απλοποιημένο διασυνδεδεμένο σύστημα

Για να ανιχνευθεί η απώλεια συγχρονισμού (λόγω απώλειας της διέγερσης), μπορεί να τοποθετηθεί ένας H/N στο σημείο A. Μπορεί να αποδειχθεί, ότι η σύνθετη αντίσταση που θα εμφανιστεί στο H/N κάτω από συνθήκες απώλειας συγχρονισμού δίνεται από τον τύπο:

$$Z_R = \frac{(X_G + X_T + Z_S) \cdot n \cdot (n - \cos\theta - j \cdot \sin\theta)}{(n - \cos\theta)^2 + \sin^2\theta} - X_G \quad \text{όπου:}$$

$$n = \frac{E_G}{E_S} = \text{τάση} \frac{\text{παραγωγής}}{\text{συστήματος}}$$

θ : η γωνία με την οποία η E_G προηγείται της E_S

Όταν οι τάσεις της γεννήτριας και του συστήματος είναι ίσες ($\eta=1$) η παραπάνω έκφραση γίνεται:

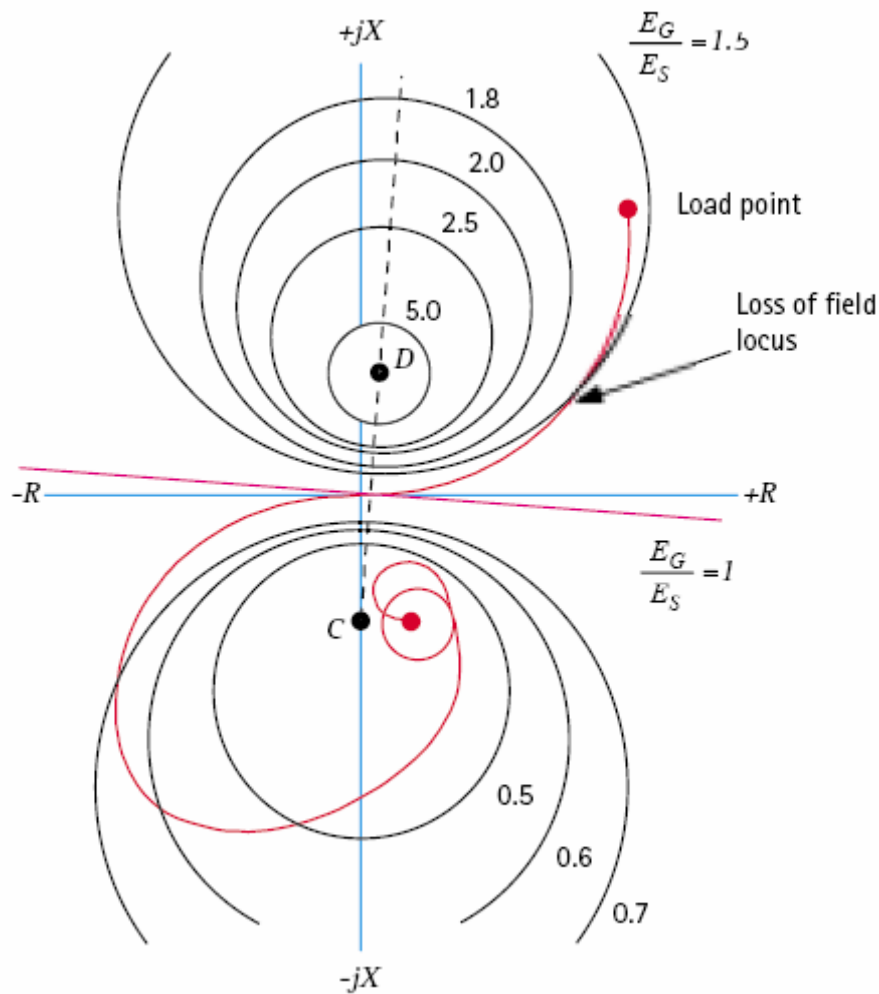
$$Z_R = \frac{(X_G + X_T + Z_S) \cdot (1 - j \cdot \cot \theta / 2)}{2} - X_G$$

Στην ειδική περίπτωση όπου $E_G=E_S$, μεταβάλλοντας τη φασική γωνία θ , το άκρο της Z_R κινείται στη μεσοκάθετο του:

$$\overline{CD} = \bar{X}_G + \bar{X}_T + \bar{Z}_S$$

η οποία αποτελεί και τη χαρακτηριστική αποσυγχρονισμού των μηχανών. Όταν $E_G=0$, η χαρακτηριστική ακολουθεί μία κυκλική διαδρομή, η οποία συρρικνώνεται κοντά στο σημείο C (σχήμα 4.5.).

Στη γενική περίπτωση όπου $n \neq 1$, οι χαρακτηριστικές αποσυγχρονισμού είναι κύκλοι συμμετρικοί ως προς την ευθεία που προέκυψε για $n=1$ και με τα κέντρα τους να βρίσκονται στην ευθεία CD. Στο σχήμα 4.5., φαίνονται οι παραπάνω κύκλοι, όπως επίσης και ένας τυπικός γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης στα τερματικά της μηχανής, κατά τη διάρκεια καταστάσεων απώλειας της διέγερσης.



Σχήμα 4.5. Καμπύλες ταλάντωσης και γεωμετρικός τόπος απώλειας συγχρονισμού

Όταν αφαιρείται η διέγερση από μία γεννήτρια που λειτουργεί με τις σύγχρονες στροφές, η μαγνητική ροή εξασθενίζει σιγά-σιγά και κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο λόγος E_G/E_S μειώνεται και η γωνία του δρομέα της μηχανής αυξάνεται. Έτσι το γράφημα της λειτουργίας σε διάγραμμα συνθέτου αντιστάσεως (διάγραμμα R-X), κινείται σ' ένα γεωμετρικό τόπο, ο οποίος τέμνει τους κύκλους των χαρακτηριστικών αποσυγχρονισμού και προς την κατεύθυνση της αύξησης της γωνίας του δρομέα. Καθώς η εσωτερική Η.Ε.Δ. καταρρέει, ο γεωμετρικός τόπος περιστρέφεται και συρρικνώνεται σε μία τιμή σύνθετης αντίστασης, ίση με την τιμή της αντίδρασης της μηχανής. Αυτή η τιμή βέβαια δεν επιτυγχάνεται ποτέ, εξαιτίας της επαγωγής, η οποία τροφοδοτεί τη μηχανή με μία επαρκή εσωτερική Η.Ε.Δ. Αν αυτή είναι σταθερή, ο λόγος E_G/E_S παραμένει σταθερός, οπότε ο γεωμετρικός τόπος

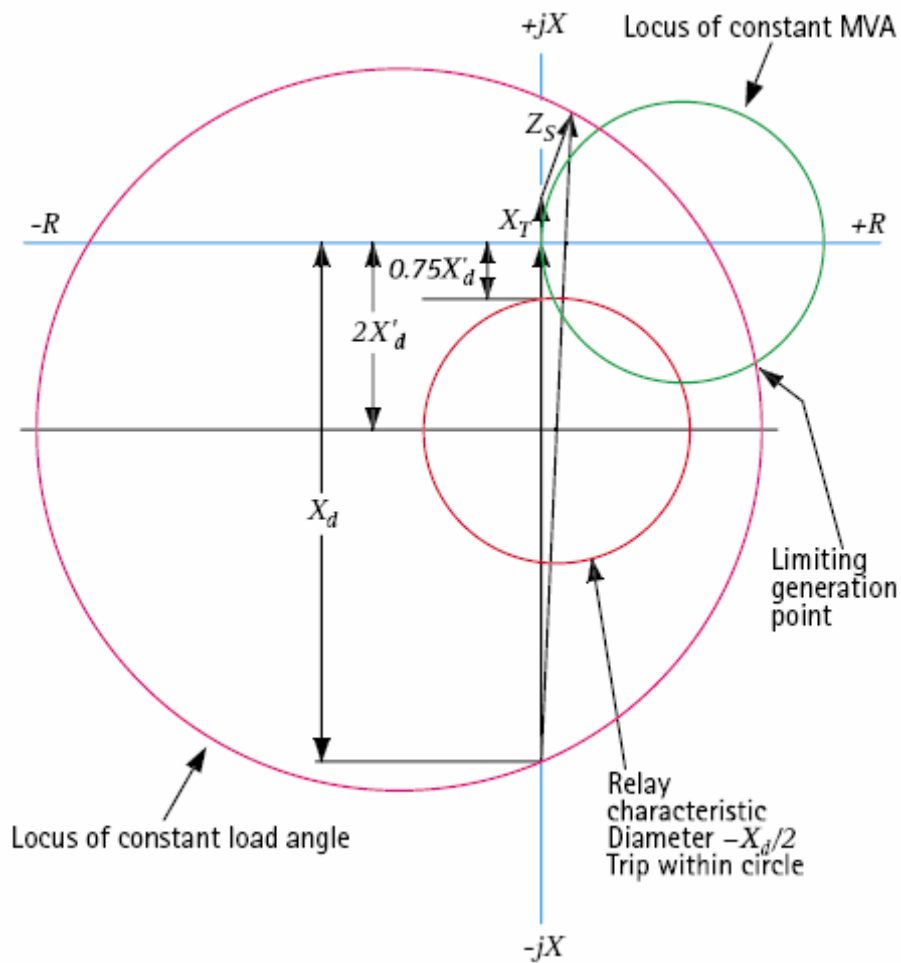
κινείται κυκλικά προς ένα σημείο αρκετά κοντά στο σημείο C. Ο παραπάνω γεωμετρικός τόπος παρουσιάζεται στο σχήμα 4.5.

Στη θέση αυτή, ο H/N «βλέπει» πλέον την αντίδραση της γεννήτριας X_G . Ένα πρόβλημα που τίθεται στον προσδιορισμό αυτού του σημείου, σε σχέση με το σημείο τοποθέτησης του H/N, είναι ότι η τιμή της αντίδρασης της μηχανής, μεταβάλλεται σε σχέση με το ποσοστό της ολίσθησης. Για μηδενική ολίσθηση, η X_G είναι ίση με τη X_d , δηλαδή τη σύγχρονη αντίδραση και για 100% ολίσθηση, η X_G είναι ίση με τη X'_d , δηλαδή την υπομεταβατική αντίδραση. Σε μία τυπική περίπτωση, η X_G φαίνεται να είναι ίση με τη X'_d , δηλαδή τη μεταβατική αντίδραση, για 50% ολίσθηση και με $2X'_d$ για ολίσθηση της τάξεως του 0,33%. Η ολίσθηση που θα εμφανιστεί πιθανότατα κατά την ασύγχρονη περιστροφή είναι χαμηλή, ίσως περίπου στο 1%, οπότε για την αποτίμηση του γεωμετρικού τόπου, μπορεί να λαμβάνεται μία τιμή X_G ίση με $2X'_d$.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η προηγούμενη ανάλυση δεν είναι λεπτομερής. Σ' αυτήν έχουμε λάβει υπόψη μόνο μία τιμή για τη X_G . Ωστόσο η τιμή της αντίδρασης X_q του εγκάρσιου άξονα, διαφέρει από την τιμή X_d του ευθύ άξονα. Ο λόγος X_d/X_q διαφέρει για διάφορες τιμές ολίσθησης, με αποτέλεσμα να διαφέρει και η X_G . Γι' αυτόν επίσης το λόγο, ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης δεν συγκλίνει σ' ένα μόνο σημείο, αλλά ακολουθεί μικρές κυκλικές τροχιές γύρω από ένα σημείο κοντά στο C.

Ένα σχήμα προστασίας έναντι απώλειας της διέγερσης, πρέπει να λειτουργεί σωστά σύμφωνα και με αυτή την κατάσταση, αλλά η χαρακτηριστική του δε θα πρέπει να εμποδίζει την ευσταθή λειτουργία της γεννήτριας. Ένα όριο της ευσταθούς λειτουργίας, αντιστοιχεί στη μέγιστη εφαρμόσιμη γωνία του δρομέα, η οποία μπορεί να ληφθεί στις 120° . Ο γεωμετρικός τόπος της λειτουργίας, μπορεί να παρασταθεί μ' ένα κύκλο στο διάγραμμα R-X, όπου οι καταστάσεις ευσταθούς λειτουργίας βρίσκονται έξω απ' αυτόν, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6.

Στο ίδιο διάγραμμα φαίνεται και ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης πλήρους φορτίου, για 1 α.μ. παραγωγή ισχύος. Μέρος αυτού του κύκλου αντιπροσωπεύει μία κατάσταση η οποία δεν είναι εφικτή, αλλά το σημείο τομής με την καμπύλη της μέγιστης γωνίας του δρομέα, μπορεί να ληφθεί ως μία οριακή κατάσταση λειτουργίας, ώστε να ρυθμιστεί η προστασία από απώλεια της διέγερσης με βάση τη σύνθετη αντίσταση.

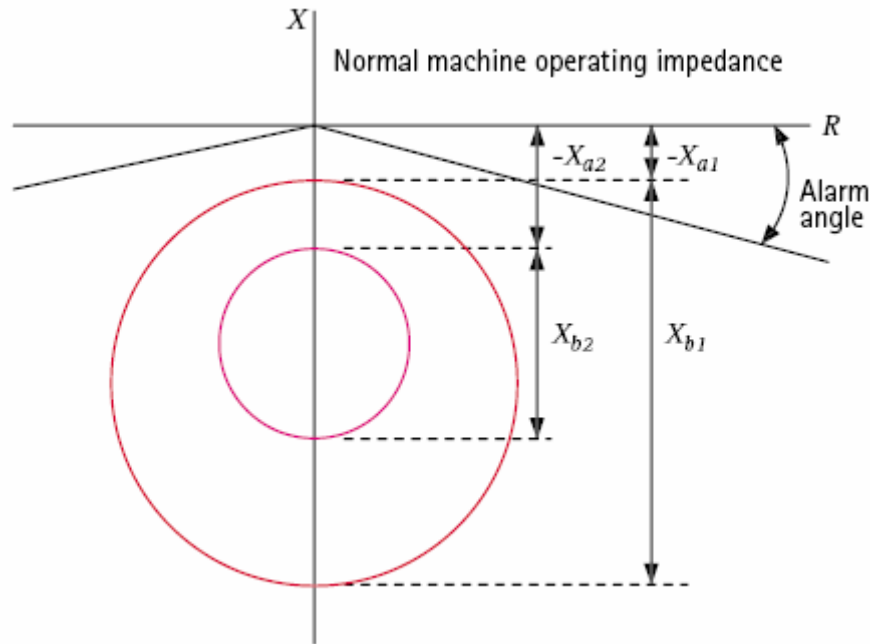


Σχήμα 4.6. Γεωμετρικός τόπος ορίων καταστάσεων λειτουργίας, μίας σύγχρονης μηχανής

4.2.2. Χαρακτηριστικές προστασίας βασισμένες στη σύνθετη αντίσταση

Από το σχήμα 4.5., γίνεται φανερό ότι ένας τρόπος προστασίας από απώλεια της διέγερσης, μπορεί να βασιστεί σε μετρήσεις της σύνθετης αντίστασης. Η χαρακτηριστική της σύνθετης αντίστασης, πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η ακριβής λειτουργία της προστασίας και ταυτόχρονα να επιτρέπει την ευσταθή λειτουργία της γεννήτριας, μέσα στα επιτρεπτά της όρια. Ένα ή δύο στοιχεία υπο-σύνθετης αντίστασης τύπου μετατοπισμένου Mho, είναι ιδανικά για να παρέχουν προστασία έναντι απώλειας της διέγερσης, για όσο η γεννήτρια λειτουργεί με χαμηλή ισχύ εξόδου (20%-30% P_n) και δεν είναι προορισμένη για να λειτουργεί ως γεννήτρια επαγωγής. Οι χαρακτηριστικές μίας τυπικής προστασίας έναντι απώλειας διέγερσης

δύο βαθμίδων, φαίνονται στο σχήμα 4.7. Η πρώτη βαθμίδα που περιλαμβάνει τις ρυθμίσεις X_{a1} και X_{b1} , μπορεί να εφαρμοστεί για να παρέχει ανίχνευση της απώλειας της διέγερσης ακόμα και όταν η γεννήτρια αρχικά λειτουργεί με χαμηλή ισχύ εξόδου (20%-30% P_n) και ενδεχομένως να τεθεί σε λειτουργία γεννήτριας επαγωγής.



Σχήμα 4.7. Χαρακτηριστικές προστασίας απώλειας της διέγερσης

Οι οριακοί χρόνοι καθυστέρησης ενεργοποίησης και αποδιέγερσης (επαναφοράς) t_{d1} και t_{d01} , σχετίζονται με το στοιχείο σύνθετης αντίστασης. Το χρονικό t_{d1} , χρησιμοποιείται για να αποτρέπει τη λειτουργία κατά τη διάρκεια ταλαντώσεων ισχύος, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν την προσωρινή είσοδο του ίχνους της σύνθετης αντίστασης της γεννήτριας, στην περιοχή λειτουργίας του στοιχείου που καθορίζεται από το X_{b1} . Ωστόσο ο χρόνος αυτός θα πρέπει να είναι μικρός αρκετά, ώστε να αποφεύγονται οι ζημιές όταν λαμβάνει χώρα η απώλεια της διέγερσης. Αν δεν απαιτείται προστασία ολίσθησης πόλου, το χρονικό t_{d01} μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να προκαλεί ακαριαία επαναφορά. Το δεύτερο στοιχείο απώλειας πεδίου, που περιλαμβάνει τις ρυθμίσεις X_{a2} και X_{b2} και τα σχετιζόμενα χρονικά t_{d2} και t_{d02} , μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει ακαριαία ενεργοποίηση της προστασίας, στην περίπτωση απώλειας της διέγερσης υπό συνθήκες πλήρους φορτίου.

4.2.3. Ρυθμίσεις της προστασίας

Οι τυπικές τιμές ρύθμισης για τα δύο αυτά στοιχεία ποικίλουν, ανάλογα με το σύστημα διέγερσης και τη λειτουργική κατάσταση της γεννήτριας, αφού λόγω αυτών, έχουμε επίδραση στην τιμή της σύνθετης αντίστασης της γεννήτριας που «βλέπει» ο H/N, κάτω από κανονικές και μη κανονικές συνθήκες. Για γεννήτριες οι οποίες ποτέ δε λειτουργούν με συντελεστή ισχύος προπορείας (χωρητικό), ή για γωνίες φορτίου μεγαλύτερες των 90° , οι τυπικές ρυθμίσεις είναι:

$$\text{Διάμετρος στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{b1} = X_d$$

$$\text{Μετατόπιση στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{a1} = -0.5X'_d$$

$$\text{Χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης: } t_{d1} = 0.5s - 10s$$

$$\text{Χρονική καθυστέρηση αποδιέγερσης: } t_{01} = 0s$$

Αν χρησιμοποιείται σύστημα διέγερσης με γρήγορη απόκριση, που επιτρέπει να γίνεται χρήση γωνιών φορτίου έως και 120° , η διάμετρος του στοιχείου σύνθετης αντίστασης θα πρέπει να μειωθεί, για να μπορεί να αποκριθεί σωστά στη μειωμένη σύνθετη αντίσταση της γεννήτριας που φαίνεται κάτω απ' αυτές τις συνθήκες. Διόρθωση επίσης χρειάζεται και η μετατόπιση του στοιχείου σύνθετης αντίστασης. Κάτω απ' αυτές τις συνθήκες, οι τυπικές ρυθμίσεις μπορεί να είναι ως εξής:

$$\text{Διάμετρος στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{b1} = 0.5X_d$$

$$\text{Μετατόπιση στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{a1} = -0.75X'_d$$

$$\text{Χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης: } t_{d1} = 0.5s - 10s$$

$$\text{Χρονική καθυστέρηση αποδιέγερσης: } t_{01} = 0s$$

Οι τυπικές ρυθμίσεις της σύνθετης αντίστασης για το δεύτερο στοιχείο, αν χρησιμοποιείται, είναι:

$$\text{Διάμετρος στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{b2} = \frac{kV^2}{MVA}$$

$$\text{Μετατόπιση στοιχείου σύνθετης αντίστασης: } X_{a1} = -0.5X'_d$$

Οι ρυθμίσεις των χρονικών καθυστερήσεως t_{d2} και t_{d02} τίθενται στο μηδέν, για να δίνουν ακαριαία ενεργοποίηση και επαναφορά.

4.3. Προστασία έναντι ολίσθησης πόλου

Σε μία γεννήτρια μπορεί να έχουμε ολίσθηση πόλου ή απώλεια συγχρονισμού με το Σ.Η.Ε., για ένα αριθμό από λόγους. Οι κύριες αιτίες είναι οι παρατεταμένες εκκαθαρίσεις σοβαρών σφαλμάτων στο Σ.Η.Ε., όταν η γεννήτρια λειτουργεί με υψηλή γωνία φορτίου κοντά στο όριο ευστάθειας, ή η μερική ή η ολική απώλεια της διέγερσης. Ασθενείς διασυνδέσεις μεταφοράς μεταξύ της γεννήτριας και του κυρίου σώματος του Σ.Η.Ε., επιδεινώνουν την κατάσταση. Μπορεί επίσης να συμβεί και με γεννήτριες ιδιοπαραγωγής, οι οποίες λειτουργούν παράλληλα μ' ένα ισχυρό δημόσιο δίκτυο, αν ο χρόνος εκκαθάρισης ενός σφάλματος σ' αυτό καθυστερεί, πιθανόν λόγω της χρήσης μόνο I.D.M.T. H/N. Η ολίσθηση πόλου, χαρακτηρίζεται από μεγάλες και γρήγορες ταλαντώσεις στην ενεργό και άεργο ισχύ. Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται γρήγορη αποσύνδεση της γεννήτριας από το δίκτυο, για να αποφευχθούν οι ζημιές σ' αυτή, όπως επίσης και για το λόγο του όσο το δυνατόν μικρότερου χρόνου επίδρασης των ταλαντώσεων αυτών, στα φορτία που τροφοδοτεί το δίκτυο.

Η προστασία μπορεί να παρασχεθεί χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από την πιθανότητα να συμβεί ολίσθηση πόλου και των συνεπειών που αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα.

4.3.1. Προστασία με χρήση στοιχείου αντίστροφης φοράς ισχύος

Κατά τη διάρκεια της ολίσθησης πόλου, θα υπάρχουν περίοδοι όπου η φορά ροής της ενεργούς ισχύος θα είναι αντίστροφη, οπότε για την ανίχνευση μίας τέτοιας κατάστασης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα στοιχείο αντίστροφης φοράς ισχύος, εάν βέβαια αυτό δε χρησιμοποιείται γι' άλλους σκοπούς. Ωστόσο, αφού το φαινόμενο της αντιστροφής της ισχύος έχει κυκλική συμπεριφορά, το στοιχείο θα επαναφέρεται στις αρχικές του συνθήκες, κατά τη διάρκεια του τμήματος του κύκλου όπου η φορά της ισχύος θα είναι ορθή, εκτός αν γίνεται χρήση ενός πολύ μικρού οριακού χρόνου καθυστέρησης ενεργοποίησης, ή και ενός μεγάλου οριακού χρόνου καθυστέρησης αποδιέγερσης, ώστε να έχουμε την εξάλειψη του ενδεχομένου μίας ανεπιθύμητης επαναφοράς.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου, είναι ότι το στοιχείο αντίστροφης φοράς ισχύος, είναι ήδη ενσωματωμένο στους περισσότερους σύγχρονους H/N, οπότε

δεν υπάρχει ανάγκη της χρήσης επιπρόσθετων στοιχείων H/N. Τα κύρια μειονεκτήματα, είναι ο χρόνος που λαμβάνεται για την ενεργοποίηση της προστασίας και η αδυναμία ελέγχου της γωνίας του συστήματος, με την οποία συνδέεται η εντολή ενεργοποίησης του Δ/I της γεννήτριας, στην περίπτωση που απαιτείται ο περιορισμός του ρεύματος του διακόπτη για την ικανότητα διακοπής του. Υπάρχει επίσης η δυσκολία προσδιορισμού των κατάλληλων ρυθμίσεων. Ο προσδιορισμός των ρυθμίσεων κατά τη θέση σε λειτουργία της γεννήτριας μέσω δοκιμών ολίσθησης πόλου, δεν είναι δυνατός, ενώ οι αναλυτικές μελέτες μπορεί να μην καταστήσουν δυνατή την ανίχνευση όλων των περιπτώσεων κατά τις οποίες μπορεί να λάβει χώρα η ολίσθηση πόλου.

4.3.2. Προστασία κάνοντας χρήση στοιχείου υπο-σύνθετης αντίστασης

Αναφερόμενοι στο σχήμα 4.5., η χαρακτηριστική υπο-σύνθετης αντίστασης της απώλειας της διέγερσης, μπορεί επίσης να είναι ικανή για ανίχνευση πιθανής απώλειας συγχρονισμού, σε εφαρμογές όπου το ηλεκτρικό κέντρο του Σ.Η.Ε. και της γεννήτριας βρίσκεται «πίσω» από το σημείο του H/N. Αυτή μπορεί να είναι μία τυπική περίπτωση μίας σχετικά μικρής γεννήτριας, η οποία συνδέεται στο σύστημα μεταφοράς ($X_G \gg (X_T + X_S)$). Με αναφορά τώρα στο σχήμα 4.7., αν απαιτείται απόκριση για προστασία έναντι ολίσθησης πόλου, το χρονικό της οριακής αποδιέγερσης t_{d01} , του στοιχείου μέτρησης της σύνθετης αντίστασης με τη μεγάλη διάμετρο, θα πρέπει να ρυθμίζεται ώστε να αποφεύγεται η επαναφορά του για κάθε κύκλο ολίσθησης, έως ότου λήξει η οριακή χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης t_{d1} .

Όπως και με την προστασία αντίστροφης φοράς ισχύος, αυτή θα είναι μία στοιχειώδης μέθοδος προστασίας έναντι ολίσθησης πόλου. Μπορεί επίσης να μην είναι κατάλληλη για μεγάλες μηχανές, όπου απαιτείται η γρήγορη ενεργοποίηση της προστασίας κατά τη διάρκεια του πρώτου κιόλας κύκλου ολίσθησης και όπου ακόμα μπορεί να απαιτείται κάποιος έλεγχος της γωνίας του συστήματος, με την οποία δίνεται η εντολή ενεργοποίησης του Δ/I της γεννήτριας.

Όταν χρειάζεται μία εγγυημένη προστασία έναντι ολίσθησης πόλου, πρέπει να χρησιμοποιείται μια πιο εξεζητημένη μέθοδος προστασίας. Μία τυπική ρύθμιση του χρονικού καθυστέρησης επαναφοράς για την προστασία έναντι ολίσθησης πόλου,

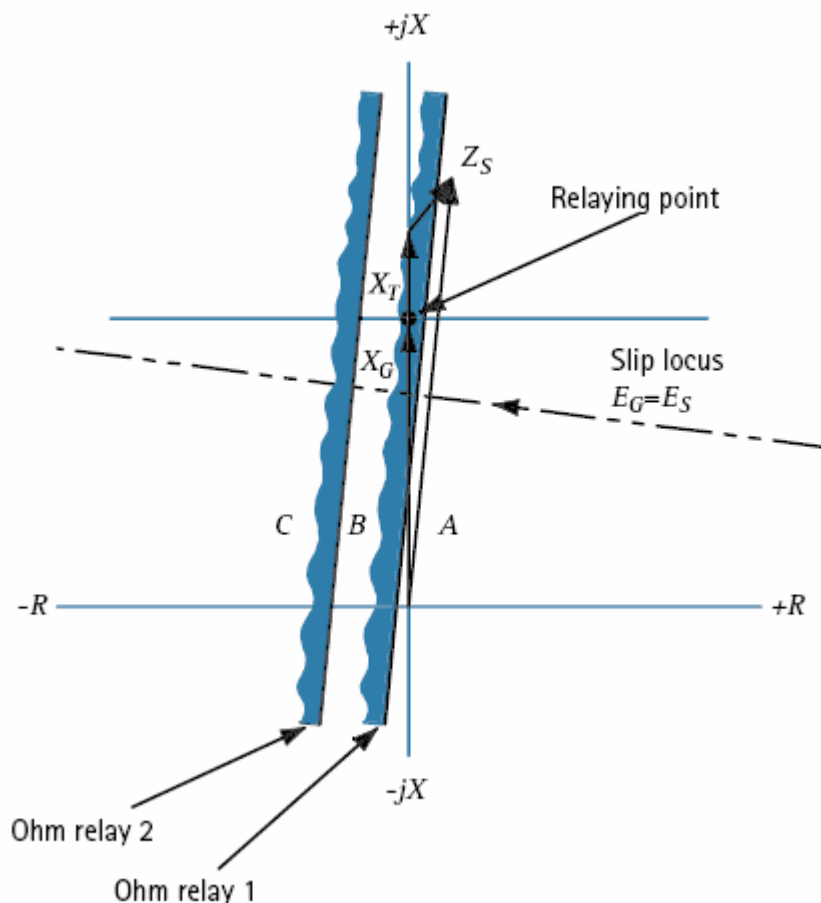
είναι 0,6 s. Για ομάδες γεννήτριας – M/Σ, η πρόσθετη σύνθετη αντίσταση μπροστά από το σημείο του H/N, μπορεί να «στείλει» τη σύνθετη αντίσταση του συστήματος, έξω από τη χαρακτηριστική υπό-σύνθετης αντίστασης που χρειάζεται για την προστασία από απώλεια της διέγερσης. Για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω, η αποδοχή ενός τέτοιου σχήματος προστασίας θα εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή.

4.3.3. Αποκλειστική προστασία ολίσθησης πόλου

Συχνά οι μεγάλες ομάδες γεννήτρια – M/Σ οι οποίες συνδέονται απευθείας στο Σ.Η.Ε., απαιτούν ένα αποκλειστικό (ξεχωριστό) σχήμα προστασίας ολίσθησης πόλου, ώστε να εξασφαλίζεται η γρήγορη ενεργοποίηση των προστασιών και που θα διαθέτει σύστημα ελέγχου της γωνίας. Ιστορικά ένα τέτοιο αποκλειστικό σχήμα προστασίας, συνήθως ήταν βασισμένο σε μία χαρακτηριστική μέτρησης σύνθετης αντίστασης ωμικού τύπου.

4.3.3.1. Προστασία ολίσθησης πόλου μέσω μέτρησης της σύνθετης αντίστασης

Αν και σε μερικές εφαρμογές μπορεί να γίνει η χρήση ενός στοιχείου τύπου Mho για την ανίχνευση της αλλαγής στη σύνθετη αντίσταση κατά τη διάρκεια της ολίσθησης πόλου, για καλύτερη απόδοση, ενδείκνυται η χρήση μίας ωμικής χαρακτηριστικής ευθείας γραμμής. Η αρχή της προστασίας βασίζεται στην ανίχνευση της όδευσης της σύνθετης αντίστασης της γεννήτριας, διαμέσου μίας ζώνης που καθορίζεται από δύο τέτοιες χαρακτηριστικές σύνθετης αντίστασης, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8. Η χαρακτηριστική χωρίζεται σε τρεις ζώνες, A, B και C. Η κανονική λειτουργία της γεννήτριας βρίσκεται στη ζώνη A. Όταν συμβεί ολίσθηση πόλου, η σύνθετη αντίσταση διασχίζει τις ζώνες B και C και η ενεργοποίηση της προστασίας λαμβάνει χώρα μόλις αυτή εισέλθει στη ζώνη C.



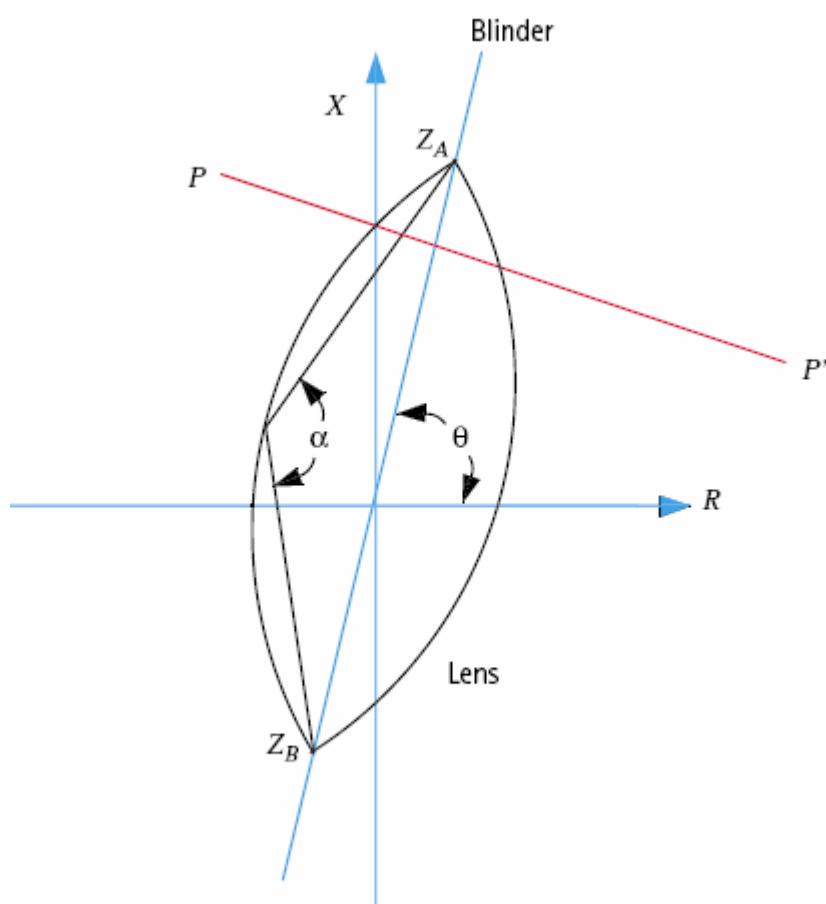
Σχήμα 4.8. Ανίχνευση ολίσθησης πόλου, μέσω H/N ωμικού τύπου

Η ενεργοποίηση της προστασίας θα συμβεί, μόνο όταν όλες οι ζώνες θα διασχιστούν διαδοχικά. Τα σφάλματα στο Σ.Η.Ε., θα έχουν ως αποτέλεσμα να μη διασχίζονται ολοκληρωτικά οι ζώνες, οπότε να μη χρειάζεται και η ενεργοποίηση της προστασίας. Η ασφάλεια του σχήματος προστασίας αυτού του τύπου, συνήθως ενισχύεται με την επιπρόσθετη χρήση ενός κοινού στοιχείου ελέγχου υπό-σύνθετης αντίστασης (κύκλος γύρω από τη αρχή των αξόνων του διαγράμματος R-X), το οποίο αποτρέπει την ενεργοποίηση της προστασίας, για τροχιές της σύνθετης αντίστασης που οφείλονται σε απομακρυσμένα σφάλματα στο Σ.Η.Ε. Η ρύθμιση των ωμικών στοιχείων, γίνεται με τρόπο ώστε να βρίσκονται παράλληλα στο διάνυσμα της ολικής σύνθετης αντίστασης του συστήματος και κοντά σ' αυτό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.8.

4.3.3.2. Χρήση φακοειδούς χαρακτηριστικής

Μία ποιο εξεζητημένη προσέγγιση, είναι να γίνεται μέτρηση της σύνθετης αντίστασης της γεννήτριας και με χρήση μίας φακοειδούς χαρακτηριστικής σύνθετης αντίστασης, να προσδιορίζεται εάν υπάρχει ολίσθηση πόλου. Η φακοειδής χαρακτηριστική, φαίνεται στο σχήμα 4.9. Η χαρακτηριστική χωρίζεται στη μέση, από μία ευθεία γραμμή που καλείται παρωπίδα.

Η γωνία κλίσης θ του φακού και της παρωπίδας, καθορίζεται από τη γωνία της συνολικής σύνθετης αντίστασης του συστήματος. Η σύνθετη αντίσταση του Σ.Η.Ε. και της γεννήτριας $-M/\Sigma$, καθορίζει το άνω άκρο του φακού Z_A και η μεταβατική αντίδραση της γεννήτριας, καθορίζει το κάτω άκρο του Z_B .

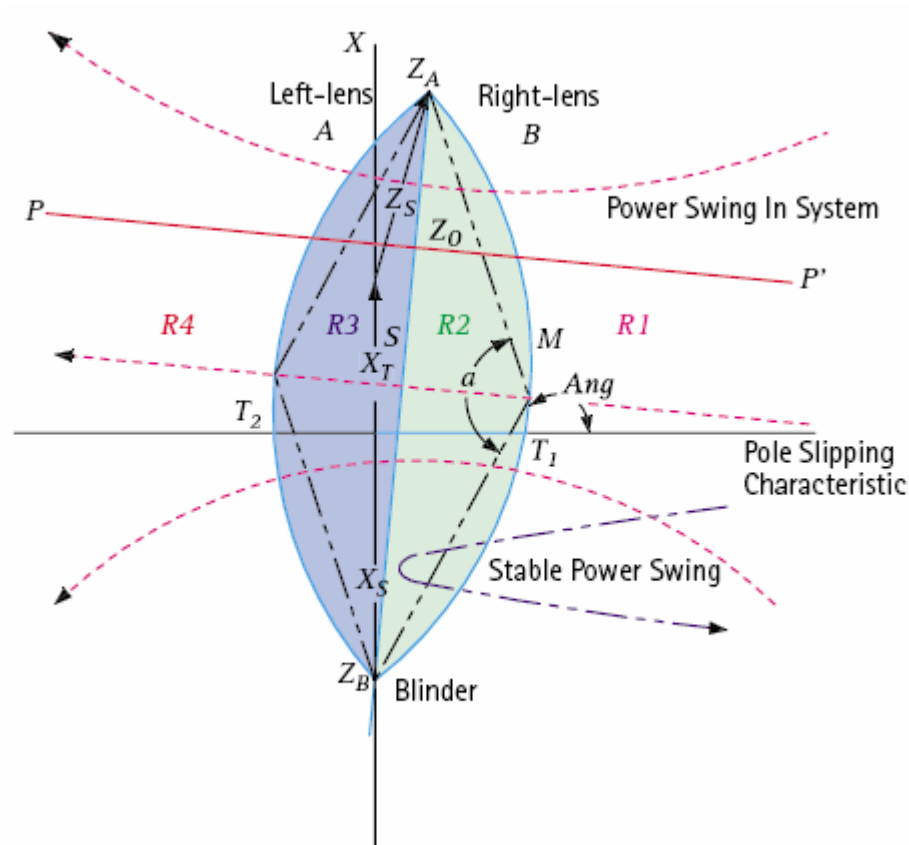


Σχήμα 4.9. Προστασία ολίσθησης πόλου με χρήση φακοειδούς χαρακτηριστικής

Το εύρος (πλάτος) του φακού, που ρυθμίζεται από τη γωνία α και τη γραμμή PP' , την κάθετη στον άξονα του φακού, χρησιμοποιείται για να καθορίζεται αν το κέντρο των ταλαντώσεων της σύνθετης αντίστασης, κατά τη διάρκεια μεταβατικών καταστάσεων, βρίσκεται στη γεννήτρια ή στο Σ.Η.Ε.

Η λειτουργία για την περίπτωση γεννήτριας, περιγράφεται παρακάτω. Η χαρακτηριστική χωρίζεται σε 4 ζώνες και 2 περιοχές, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.10.

Η κανονική λειτουργία, είναι για μετρήσεις της σύνθετης αντίστασης στη ζώνη R1. Αν αναπτυχθεί ολίσθηση πόλου, ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης, θα οδεύσει διαμέσου των ζωνών R2, R3 και R4. Όταν θα εισέλθει στη ζώνη R4, θα δοθεί ένα σήμα ενεργοποίησης της προστασίας, υπό τον όρο ότι η σύνθετη αντίσταση βρίσκεται κάτω από τη γραμμή PP' , πράγμα που σημαίνει ότι ο γεωμετρικός τόπος της ταλάντωσης βρίσκεται μέσα ή κοντά στη γεννήτρια, π.χ. η γεννήτρια έχει ολισθήσει σε σχέση με το υπόλοιπο σύστημα.



Σχήμα 4.10. Καθορισμός των ζωνών της φακοειδούς χαρακτηριστικής

Αν ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης βρίσκεται πάνω από τη γραμμή PP' , η ταλάντωση βρίσκεται μακριά από τη γεννήτρια, κάπου στο Σ.Η.Ε., π.χ. ένα τμήμα του Σ.Η.Ε., συμπεριλαμβανομένης και της προστατευμένης γεννήτριας, ταλαντώνεται έναντι του υπόλοιπου δικτύου. Η ενεργοποίηση της προστασίας και σ' αυτή την περίπτωση, μπορεί να λάβει χώρα, μόνο όταν οι ταλαντώσεις είναι μεγάλης διάρκειας, πράγμα που σημαίνει ότι το σύστημα κινδυνεύει με κατάρρευση. Μεγαλύτερη αξιοπιστία, για την εγκυρότητα μίας κατάστασης ολίσθησης πόλου, επιτυγχάνεται με τον έλεγχο ενός ελάχιστου χρόνου που θα πρέπει ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης να παραμένει στην κάθε ζώνη. Επίσης το σήμα ενεργοποίησης της προστασίας, θα πρέπει να έχει μία χρονοκαυστέρηση για μερικούς κύκλους ολίσθησης, ακόμα και αν όντως έχει συμβεί ολίσθηση πόλου. Αυτό γίνεται και για να υπάρχει επιβεβαίωση ότι έχει συμβεί ολίσθηση πόλου, αλλά και για να δοθεί ένας χρόνος, ώστε κάποιοι άλλοι Η/Ν να λειτουργήσουν, στην περίπτωση που η αιτία της ολίσθησης πόλου βρίσκεται κάπου στο Σ.Η.Ε. Τέλος, αν ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης διασχίσει τις ζώνες με οποιαδήποτε άλλη διαδοχή, δε θα πρέπει να γίνεται ενεργοποίηση της προστασίας.

4.4. Υπερθέρμανση στάτη

Η υπερθέρμανση του στάτη μπορεί να είναι αποτέλεσμα:

- 1) της υπερφόρτισης
- 2) της αποτυχίας του συστήματος ψύξης
- 3) της υπερ-ροής
- 4) των σφαλμάτων πυρήνα

Τυχαία υπερφόρτιση μπορεί να προκληθεί μέσω του συνδυασμού της πλήρους φορτίου ενεργούς συνιστώσας του ρεύματος, που ελέγχεται από την έξοδο της κινητήριας μονάδος και μίας μη κανονικής υψηλής άεργης, που ελέγχεται από το επίπεδο της διέγερσης του δρομέα, ή και από τη ρύθμιση της θέσης του Μ/Σ ανύψωσης. Με τους σύγχρονους Η/Ν, είναι σχετικά απλό να παρασχεθεί ένα στοιχείο προστασίας θερμικής εικόνας που λειτουργεί με ρεύμα, για να εκτιμηθεί η θερμική κατάσταση των τυλιγμάτων του στάτη, αλλά και για να παραχθεί ένα σήμα κινδύνου, ή ένα σήμα ενεργοποίησης της προστασίας, για να αποφευχθεί η ζημιά.

Αν και η προστασία θερμικής εικόνας που λειτουργεί με ρεύμα, δε μπορεί να λάβει υπόψη τις επιδράσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, ή της ανόμοιας κατανομής της θερμότητας στο στάτη, συχνά εφαρμόζεται ως εφεδρική των συσκευών που μετρούν απευθείας τη θερμοκρασία του στάτη, για να αποτραπεί η υπερθέρμανση λόγω του υψηλού ρεύματος σ' αυτόν.

Ανεξάρτητα από την οποιαδήποτε προστασία θερμικής εικόνας που λειτουργεί με ρεύμα και εάν εφαρμόζεται ή όχι, απαιτείται να εποπτεύεται η θερμοκρασία του στάτη, ειδικά των μεγάλων γεννητριών, έτσι ώστε να ανιχνεύονται οι υπερθερμάνσεις, ασχέτως του λόγου που τις δημιουργήσαν.

Στοιχεία ευαίσθητα στη θερμοκρασία, συνήθως τύπου αντίστασης, εμβαπτίζονται στο τυλίγμα του στάτη, σε συγκεκριμένες θέσεις οι οποίες καθορίζονται από τον κατασκευαστή και σε αριθμό ικανοποιητικό, για να καλυφθούν όλες οι περιπτώσεις. Τα στοιχεία αυτά, συνδέονται στην είσοδο ενός στοιχείου H/N ευαίσθητου στη θερμοκρασία, έτσι ώστε στην έξοδό του, να δίνει ή σήματα κινδύνου, ή σήματα ενεργοποίησης της προστασίας. Οι ρυθμίσεις του στοιχείου, θα εξαρτηθούν από τον τύπο μόνωσης του τυλίγματος του στάτη και στην επιτρεπόμενη ανύψωση της θερμοκρασίας του.

4.5. Μηχανικά σφάλματα

Διάφορα σφάλματα μπορεί να συμβούν και λόγω του μηχανολογικού μέρους της εγκατάστασης παραγωγής. Οι επόμενες παράγραφοι αναλύουν τα πιο σημαντικά απ' αυτά από ηλεκτρολογικής απόψεως.

4.5.1. Αποτυχία της κινητήριας μονάδας

Όταν μία γεννήτρια που λειτουργεί παράλληλα με άλλες, χάνει τη μηχανική ισχύ εισόδου της, παραμένει σε συγχρονισμό με το σύστημα και εξακολουθεί να λειτουργεί, αλλά ως σύγχρονος κινητήρας, απορροφώντας από το σύστημα αρκετή ισχύ, ώστε να οδηγήσει την κινητήρια μονάδα. Αυτή η κατάσταση δε φαίνεται να είναι επικίνδυνη και σε μερικές περιπτώσεις δεν είναι. Ωστόσο υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθούν περαιτέρω ζημιές. Στον πίνακα 3.1. φαίνονται μερικά από τα προβλήματα που μπορεί να προκληθούν. Η προστασία παρέχεται με τη χρήση H/N

χαμηλής ισχύς ορθής φοράς ή αντίστροφης φοράς όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.11.

4.5.2. Υπερτάχυνση

Η ταχύτητα σε μία στροβιλογεννήτρια ανυψώνεται, όταν η είσοδος του ατμού, υπερβαίνει αυτή που χρειάζεται για να οδηγηθεί το φορτίο σε ονομαστική συχνότητα. Ο ρυθμιστής στροφών μπορεί κανονικά να ελέγξει την ταχύτητα και σε κάθε περίπτωση, ασχέτως από το εάν είναι και άλλες γεννήτριες παράλληλα συνδεδεμένες στο διασυνδεδεμένο δίκτυο, να μη μπορεί αυτή ανεξάρτητα να επιταχύνει πολύ, ακόμα και εάν ο συγχρονισμός έχει χαθεί. Ωστόσο όταν έχουμε ξαφνική απόρριψη φορτίου, στην περίπτωση ενεργοποίησης του Δ/I της Υ.Τ., η γεννήτρια θα αρχίσει να επιταχύνει γρήγορα. Ο ρυθμιστής στροφών είναι σχεδιασμένος για να αποτρέπει μία επικίνδυνη ανύψωση της ταχύτητας, ακόμα και με απόρριψη του 100% του φορτίου, αλλά ωστόσο παρέχεται και μία επιπρόσθετη φυγοκεντρική συσκευή, για να προκαλεί ένα επείγον μηχανικό σταμάτημα εάν η υπερτάχυνση υπερβεί το 10%.

Για να ελαχιστοποιηθεί η υπερτάχυνση κατά την απόρριψη φορτίου και η επακόλουθη μηχανική καταπόνηση του δρομέα, χρησιμοποιείται η ακόλουθη διαδοχή, όταν μία ηλεκτρική ενεργοποίηση της προστασίας δεν είναι άμεσα απαραίτητη.

- 1) ενεργοποίηση της προστασίας της κινητήριας μονάδος, ή μείωση σταδιακά της ισχύς εισόδου στο μηδέν
- 2) αποδοχή της μηδένισης της παραγόμενης ισχύος
- 3) ενεργοποίηση του Δ/I της γεννήτριας, μόνο όταν η παραγόμενη ισχύ είναι κοντά στο μηδέν, ή όταν η ροή της ισχύος αρχίζει να έχει αντίστροφη φορά, οπότε και αρχίζει να οδηγεί τον αδρανή στρόβιλο

4.5.3. Απώλεια του κενού

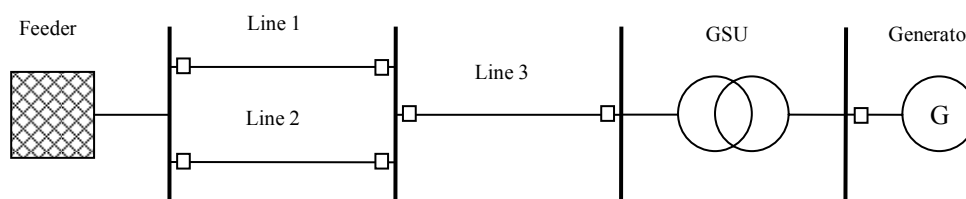
Μία αποτυχία στο κενό του συμπυκνωτή στις γεννήτριες που οδηγούνται από ατμοστροβίλους, θα έχει ως αποτέλεσμα την υπερθέρμανση των αγωγών του ατμού. Αυτή θα προκαλέσει μία καταπόνηση στους αυλούς και μία ανύψωση της θερμοκρασία στο τμήμα χαμηλής πίεσης του στροβίλου. Οι συσκευές πίεσης κενού,

θ' αρχίσουν μία σταδιακή αποφόρτιση της εγκατάστασης και αν τελικά είναι απαραίτητο, θα ενεργοποιήσουν τις ασφαλιστικές βαλβίδες του στροβίλου και ακολούθως το Δ/I της Υ.Τ. Η εγκατάσταση δε θα πρέπει να λειτουργήσει ως κινητήρας κατά την απώλεια του κενού, αφού αυτό θα έχει σα συνέπεια την ταχεία υπερθέρμανση των πτερυγίων χαμηλής πίεσης του στροβίλου.

Κεφάλαιο 5ο Δυναμική ανάλυση-προσομοίωση ηλεκτρικού δικτύου

5.1. Παρουσίαση

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με την ανάλυση και μελέτη ενός τυπικού ηλεκτρικού δικτύου, όπως αυτό υπάρχει στο EMTP References: Model for Transmission Line Relays Testing, Draft Paper by PSRC και που φαίνεται στο σχήμα 5.1.. Σκοπός αυτής της εφαρμογής, είναι η εξέταση της δυναμικής συμπεριφοράς του δικτύου για διάφορες διαταραχές, αλλά και η συμπεριφορά του κατά τη λειτουργία στη μόνιμη κατάσταση, ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ρυθμίσεις, για την προστασία της γεννήτριας. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη κάθε φορά που μελετώνται οι οποιεσδήποτε προστασίες ενός συστήματος, για να εξασφαλιστεί η ορθότητα των ρυθμίσεων, πριν αυτές τεθούν σε εφαρμογή.



Σχήμα 5.1. Ηλεκτρικό Δίκτυο εφαρμογής

5.2. Περιγραφή και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου

Το δίκτυο της εφαρμογής μας, αποτελείται από ένα άπειρο δίκτυο, Feeder, από μια γραμμή μεταφοράς διπλού κυκλώματος, Line 1 και Line 2, από μια γραμμή μεταφοράς απλού κυκλώματος, Line 3, από ένα Μ/Σ ανύψωσης δύο τυλιγμάτων, GSU και από τη γεννήτρια που καλούμαστε να προστατεύσουμε. Το άπειρο δίκτυο αντιπροσωπεύει το υπόλοιπο σύστημα, μοντελοποιείται ως μια ισοδύναμη πηγή τάσης και την ισοδύναμη σύνθετη αντίστασή της και έχει τοποθετηθεί στο σημείο όπου από εκεί και πέρα το δίκτυο δε μας ενδιαφέρει να το συμπεριλάβουμε στην ανάλυσή μας. Η σύνδεση του τυλιγματος του στάτη της γεννήτριας είναι κατά αστέρα, ενώ ο κοινός του κόμβος συνδέεται με τη γη χωρίς αντίσταση γείωσης. Την ίδια μορφή σύνδεσης και γείωσης θεωρούμε και για την ισοδύναμη πηγή του άπειρου

δικτύου. Ο Μ/Σ ανύψωσης έχει το πρωτεύον του συνδεδεμένο κατά αστέρα, με τον κοινό του κόμβο συνδεδεμένο απευθείας με τη γη, ενώ το δευτερεύον του είναι συνδεδεμένο κατά τρίγωνο. Αναλυτικά τα δεδομένα του κάθε στοιχείου του δικτύου φαίνονται παρακάτω.

- **Απειρο δίκτυο**

Τάση ισοδύναμης πηγής: $V = 230 \text{ kV}$

Γείωση: **Απευθείας**

Ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση θετικής ακολουθίας: $Z_1 = 6.1 + j16.7 \Omega$

Ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση μηδενικής ακολουθίας: $Z_0 = 2.7 + j8.37 \Omega$

- **Γραμμές μεταφοράς**

Για κάθε γραμμή μεταφοράς ισχύουν τα ακόλουθα, εκφρασμένα σε βάση ισχύος $S_b = 100 \text{ MVA}$ και αναφέρονται στα συνολικά ανά φάση μεγέθη.

Αντίσταση θετικής ακολουθίας: $R_1 = 0.00739 \text{ p.u.}$

Επαγωγική αντίδραση θετικής ακολουθίας: $X_1 = 0.06469 \text{ p.u.}$

Εγκάρσια χωρητική αγωγιμότητα θετικής ακολουθίας: $B_1 = 0.06744 \text{ p.u.}$

Αντίσταση μηδενικής ακολουθίας: $R_0 = 0.03031 \text{ p.u.}$

Επαγωγική αντίδραση μηδενικής ακολουθίας: $X_0 = 0.21735 \text{ p.u.}$

Εγκάρσια χωρητική αγωγιμότητα μηδενικής ακολουθίας: $B_0 = 0.03413 \text{ p.u.}$

Μήκος κάθε γραμμής: $L = 72 \text{ km}$

- **Μ/Σ ανύψωσης**

Ονομαστική ισχύς: $S = 725 \text{ MVA}$

Ομάδα σύνδεσης: **Yd1**

Σύνδεση πρωτεύοντος: **Αστέρας γειωμένος (Yg)**

Ονομαστική τάση πρωτεύοντος: $V = 230 \text{ kV}$

Αντίσταση θετικής ακολουθίας πρωτεύοντος: $R_1 = 0.1469 \Omega$

Αντίσταση μηδενικής ακολουθίας πρωτεύοντος: $R_0 = 0.1469 \Omega$

Δοκιμή βραχυκύκλωσης: (τύλιγμα υψηλής)

Επί τοις εκατό τάση βραχυκύκλωσης θετικής ακολουθίας: $V_{1\beta\rho\chi} = 9.21\%$

Επί τοις εκατό τάση βραχυκύκλωσης μηδενικής ακολουθίας: $V_{0\beta\rho\chi} = 9.21\%$

Απώλειες χαλκού θετικής ακολουθίας: $P_{1Cu} = 1333.689 \text{ kW}$

Απώλειες χαλκού μηδενικής ακολουθίας: $P_{0Cu} = 1333.689 \text{ kW}$

Σύνδεση δευτερεύοντος: **Τρίγωνο (d)**

Ονομαστική τάση δευτερεύοντος: $V = 22.8 \text{ kV}$

Αντίσταση θετικής ακολουθίας δευτερεύοντος: $R_1 = 0.0044 \Omega$

Αντίσταση μηδενικής ακολουθίας δευτερεύοντος: $R_0 = 0.0044 \Omega$

Δοκιμή ανοιχτού κυκλώματος: (τύλιγμα χαμηλής)

Επί τοις εκατό ρεύμα διέγερσης στο 100% της ονομαστικής τάσης: $I = 0.706\%$

Απώλειες σιδήρου στο 100% της ονομαστικής τάσης: $P_{Fe} = 446.303 \text{ kW}$

- **Σύγχρονη γεννήτρια**

Ονομαστική τάση: $V = 24 \text{ kV}$

Ονομαστική ισχύς: $S = 830 \text{ MVA}$

Συντελεστής ισχύος στην ονομαστική φόρτιση: $\cos\phi = 0,86602$ ($\phi = 30^\circ$)

Σύνδεση τυλίγματος στάτη: **Αστέρας**

Γείωση κοινού κόμβου: **Απευθείας**

Τύπος δρομέα: **Κυλινδρικός**

Αντίσταση τυλίγματος δρομέα: $R_a = 0.00199 \Omega$

Επαγωγική αντίδραση θετικής ακολουθίας: $X_1 = 0.15 \text{ p.u.}$

Επαγωγική αντίδραση μηδενικής ακολουθίας: $X_0 = 0.145 \text{ p.u.}$

Σύγχρονη επαγωγική αντίδραση ευθύ άξονα: $X_d = 1.89 \text{ p.u.}$

Σύγχρονη επαγωγική αντίδραση εγκάρσιου άξονα: $X_q = 1.8 \text{ p.u.}$

Μεταβατική επαγωγική αντίδραση ευθύ άξονα: $X_d' = 0.23 \text{ p.u.}$

Μεταβατική επαγωγική αντίδραση εγκάρσιου άξονα: $X_q' = 0.435 \text{ p.u.}$

Υπομεταβατική επαγωγική αντίδραση ευθύ άξονα: $X_d'' = 0.1775 \text{ p.u.}$

Υπομεταβατική επαγωγική αντίδραση εγκάρσιου άξονα: $X_q'' = 0.177 \text{ p.u.}$

Μεταβατική σταθερά ανοιχτοκύκλωσης ευθύ άξονα: $T_{do}' = 4.2 \text{ sec}$

Μεταβατική σταθερά ανοιχτοκύκλωσης εγκάρσιου άξονα: $T_{qo}' = 0.589 \text{ sec}$

Υπομεταβατική σταθερά ανοιχτοκύκλωσης ευθύ άξονα: $T_{do}'' = 0.031 \text{ sec}$

Υπομεταβατική σταθερά ανοιχτοκύκλωσης εγκάρσιου άξονα: $T_{qo}'' = 0.063 \text{ sec}$

Σταθερά αδράνειας γεννήτριας-στροβίλου: $H = 687.000 \text{ lb-ft}^2$

5.3. Μετατροπές μεγεθών

Κάποια από τα δεδομένα που αναφέρονται παραπάνω, χρήζουν μετατροπών στις φυσικές τους ή/και σε κάποιες άλλες ισοδύναμες μονάδες, για να μπορέσουν να εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης, που θα παρουσιαστεί στην επόμενη παράγραφο. Ακόμα, το πλήρες μοντέλο του Μ/Σ ανύψωσης, απαιτεί και κάποια συμπληρωματικά δεδομένα, που μπορούν να εξαχθούν από τις δοκιμές βραχυκύκλωσης και ανοιχτοκύκλωσης και που για λόγους πληρότητας και μόνο, έχουν συμπεριληφθεί στους υπολογισμούς. Οι μετατροπές αυτές φαίνονται αναλυτικά παρακάτω και γίνονται όπως αναφέραμε, με γνώμονα την μορφή που αυτές θα πρέπει να έχουν, ώστε να εισαχθούν στο πρόγραμμα προσομοίωσης.

- Άπειρο δίκτυο

Αρχική ισχύς βραχυκύκλωσης S_k'' :

$$Z_1 = 6.1 + j16.7 \Omega \quad |Z_1| = 17.779 \Omega$$

$$S_k'' = 1.1 \cdot \frac{V^2}{|Z_1|} \Leftrightarrow S_k'' = 1.1 \cdot \frac{230^2}{17.779} \Leftrightarrow S_k'' = 3272.92 \text{ MVA}$$

Αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης I_k'' :

$$S_k'' = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_k'' \Leftrightarrow I_k'' = \frac{S_k''}{\sqrt{3} \cdot V} \Leftrightarrow I_k'' = 8.216 \text{ kA}$$

Λόγοι αντιστάσεων:

$$Z_0 = 2.7 + j8.37 \Omega \quad |Z_0| = 8.795 \Omega$$

$$\frac{R_1}{X_1} = \frac{6.1}{16.7} \Leftrightarrow \frac{R_1}{X_1} = 0.36526$$

$$\frac{R_0}{X_0} = \frac{2.7}{8.37} \Leftrightarrow \frac{R_0}{X_0} = 0.32258$$

$$\frac{Z_0}{Z_1} = \frac{8.795}{17.779} \Leftrightarrow \frac{Z_0}{Z_1} = 0.49468$$

• Γραμμές μεταφοράς

$$S_b = 100 \text{ MVA} \quad V_b = 230 \text{ kV} \quad Z_b = \frac{V_b^2}{S_b} \Leftrightarrow Z_b = \frac{230^2}{100} \Leftrightarrow Z_b = 529 \Omega$$

Αντιστάσεις θετικής ακολουθίας

$$R_1 = 0.00739 \text{ p.u.} \quad R_1 = 0.00739 \cdot Z_b \Leftrightarrow R_1 = 0.00739 \cdot 529 \Leftrightarrow R_1 = 3.90931 \Omega$$

$$R_1 = \frac{3.90931}{L} \Leftrightarrow R_1 = \frac{3.90931}{72} \Leftrightarrow R_1 = 0.05429 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_1 = 0.06469 \text{ p.u.} \quad X_1 = 0.06469 \cdot Z_b \Leftrightarrow X_1 = 0.06469 \cdot 529 \Leftrightarrow X_1 = 34.22101 \Omega$$

$$X_1 = \frac{34.22101}{L} \Leftrightarrow X_1 = \frac{34.22101}{72} \Leftrightarrow X_1 = 0.47529 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$B_1 = 0.06744 \text{ p.u.} \quad B_1 = \frac{0.06744}{Z_b} \Leftrightarrow B_1 = \frac{0.06744}{529} \Leftrightarrow B_1 = 1.2748 \times 10^{-4} \text{ S}$$

$$B_1 = \frac{1.2748 \times 10^{-4}}{L} \Leftrightarrow B_1 = \frac{1.2748 \times 10^{-4}}{72} \Leftrightarrow B_1 = 1.77063 \times 10^{-6} \frac{\text{S}}{\text{km}} \quad \text{ή}$$

$$B_1 = 1.77063 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}$$

Αντιστάσεις μηδενικής ακολουθίας

$$R_0 = 0.03031 \text{ p.u.} \quad R_0 = 0.03031 \cdot Z_b \Leftrightarrow R_0 = 0.03031 \cdot 529 \Leftrightarrow R_0 = 16.03399 \Omega$$

$$R_0 = \frac{16.03399}{L} \Leftrightarrow R_0 = \frac{16.03399}{72} \Leftrightarrow R_0 = 0.22269 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$X_0 = 0.21735 \text{ p.u.} \quad X_0 = 0.21735 \cdot Z_b \Leftrightarrow X_0 = 0.21735 \cdot 529 \Leftrightarrow X_0 = 114.97815 \Omega$$

$$X_0 = \frac{114.97815}{L} \Leftrightarrow X_0 = \frac{114.97815}{72} \Leftrightarrow X_0 = 1.59691 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

$$B_0 = 0.03413 \text{ p.u.} \quad B_0 = \frac{0.06744}{Z_b} \Leftrightarrow B_0 = \frac{0.03413}{529} \Leftrightarrow B_0 = 6.4518 \times 10^{-5} \text{ S}$$

$$B_0 = \frac{6.4518 \times 10^{-5}}{L} \Leftrightarrow B_0 = \frac{6.4518 \times 10^{-5}}{72} \Leftrightarrow B_0 = 8.9608 \times 10^{-7} \frac{\text{S}}{\text{km}} \quad \text{ή}$$

$$B_0 = 0.89608 \frac{\mu\text{S}}{\text{km}}$$

- **M/Σ ανύψωσης**

Από δοκιμή βραχυκύκλωσης: (τύλιγμα υψηλής)

$$R_{M/\Sigma}^{I\sigma} = \frac{P_{\beta\rho\chi}}{I_{\beta\rho\chi}} \quad (1), \quad I_{\beta\rho\chi} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2) \quad \text{από (1) και (2)} \Rightarrow R_{M/\Sigma}^{I\sigma} = \frac{P_{\beta\rho\chi}}{\frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow R_{M/\Sigma}^{I\sigma} = \frac{1.333689}{\frac{725}{\sqrt{3} \cdot 22.8}} \Leftrightarrow R_{M/\Sigma}^{I\sigma} = 0.40267 \, \Omega$$

$$X_{M/\Sigma}^{I\sigma} = \sqrt{Z_{\beta\rho\chi}^{I\sigma 2} - R_{M/\Sigma}^{I\sigma 2}} \quad (3), \quad Z_{\beta\rho\chi}^{I\sigma} = \frac{V_{\beta\rho\chi}}{100} \cdot Z_b = \frac{9.21}{100} \cdot 529 = 48.7209 \, \Omega \quad (4)$$

$$\text{από (3) και (4)} \Rightarrow X_{M/\Sigma}^{I\sigma} = \sqrt{48.7209^2 - 0.40267^2} \Leftrightarrow X_{M/\Sigma}^{I\sigma} = 48.71923 \, \Omega$$

Από δοκιμή ανοιχτού κυκλώματος: (τύλιγμα χαμηλής)

$$r_{\pi\nu\rho} = \frac{V_{\alpha\kappa}^2}{P_{Fe}} \Leftrightarrow r_{\pi\nu\rho} = \frac{22800^2}{446303} \Leftrightarrow r_{\pi\nu\rho} = 1164.76 \, \Omega$$

$$Y_{\alpha\kappa} = \frac{I_{\alpha\kappa}}{V_{\alpha\kappa}} \quad (5), \quad I_{\alpha\kappa} = 0.706 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{\alpha\kappa}} = 0.00706 \cdot \frac{725}{\sqrt{3} \cdot 22800} = 129.61 \, \text{A} \quad (6)$$

$$\text{από (5) και (6)} \Rightarrow Y_{\alpha\kappa} = \frac{129.61}{22800} \Leftrightarrow Y_{\alpha\kappa} = 5.684 \times 10^{-3} \, \text{S}$$

$$\text{αλλά } Y_{\alpha\kappa} = \sqrt{\left(\frac{1}{r_{\pi\nu\rho}}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_m}\right)^2} \Leftrightarrow \frac{1}{X_m} = \sqrt{Y_{\alpha\kappa}^2 - \left(\frac{1}{r_{\pi\nu\rho}}\right)^2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{X_m} = \sqrt{(5.684 \times 10^{-3})^2 - \left(\frac{1}{1164.76}\right)^2} = 5.618 \times 10^{-3} \, \text{S} \Leftrightarrow X_m = 177.97 \, \Omega$$

- **Σύγχρονη γεννήτρια**

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \Leftrightarrow I = \frac{830}{\sqrt{3} \cdot 24} \Leftrightarrow I = 19.966 \, \text{kA}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \Leftrightarrow P = \sqrt{3} \cdot 24 \cdot 19.966 \cdot \cos 30^\circ \Leftrightarrow P = 718.801 \text{ MW}$$

$$X_2 = \frac{1}{2} \cdot (X_d'' + X_q'') \Leftrightarrow X_2 = \frac{1}{2} \cdot (0.1775 + 0.1770) \Leftrightarrow X_2 = 0.17725 \text{ p.u.}$$

$$X_{\Omega} = X_{pu} \cdot \frac{V^2}{S} \quad \text{π.χ.} \quad X_d^{\Omega} = 1.89 \cdot \frac{24^2}{830} \Leftrightarrow X_d^{\Omega} = 1.3116 \Omega$$

5.4. Το πρόγραμμα προσομοίωσης

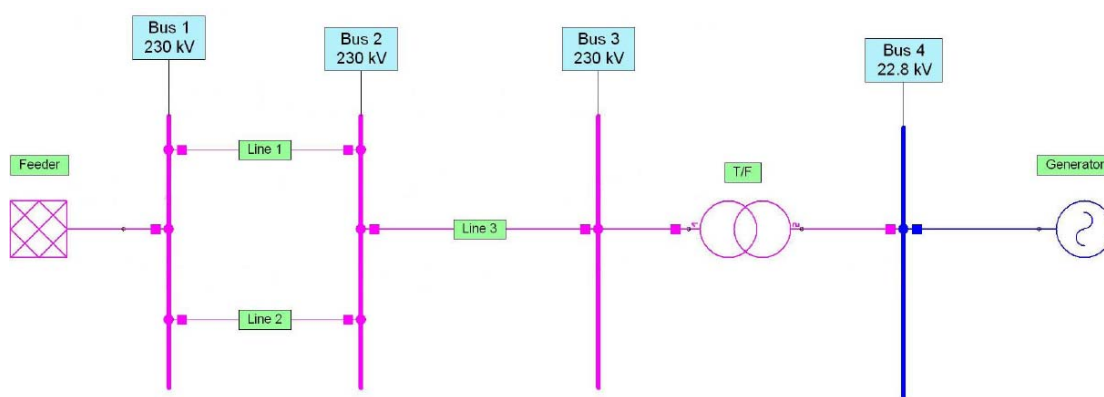
Στο εμπόριο διατίθεται μια μεγάλη σειρά από προγράμματα προσομοίωσης ηλεκτρικών δικτύων, που σα σκοπό έχουν τη διευκόλυνση των μηχανικών στην ανάλυση και μελέτη αυτών. Η χρήση των προγραμμάτων αυτών είναι τις περισσότερες φορές απαραίτητη, εάν σκεφτεί κανείς το μέγεθος και την πολυπλοκότητα των προς ανάλυση και μελέτη ηλεκτρικών δικτύων. Ένα από τα προγράμματα αυτά, είναι και το NEPLAN, της BCP Busarello + Cott + Partner Inc. Το NEPLAN, είναι ίσως το πλέον φιλικό προς το χρήστη πρόγραμμα προσομοίωσης ηλεκτρικών δικτύων που υπάρχει στην αγορά και που διαθέτει μια πλήρη σειρά εργαλείων υπολογισμού (calculation modules), απαραίτητα για την όποια ανάλυση επιθυμούμε να πραγματοποιήσουμε. Μερικά από τα εργαλεία αυτά, είναι της ροής φορτίου, των βραχυκυκλωμάτων, της μεταβατικής ευστάθειας, της ευστάθειας τάσης, της προστασίας υπερέντασης, της προστασίας απόστασης κ.λ.π. Τα περισσότερα από αυτά που αναφέρθηκαν, θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία, για τον προσδιορισμό των ρυθμίσεων της προστασίας της γεννήτριας. Τέλος να αναφέρουμε ότι η συγκεκριμένη έκδοση του NEPLAN είναι φοιτητική και παρέχεται δωρεάν, υπό την προϋπόθεση ότι δε θα χρησιμοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς.

5.4.1. Εισαγωγή του δικτύου στο NEPLAN

Το ηλεκτρικό δίκτυο που θα εξετάσουμε και που φαίνεται στο σχήμα 5.1., υλοποιήθηκε σε περιβάλλον NEPLAN και παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2.. Για την εισαγωγή του κάθε στοιχείου του δικτύου, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα όπως αυτά εμφανίζονται στις παραγράφους 5.2. και 5.3. του παρόντος κεφαλαίου. Στην ανάλυση

που θα ακολουθήσει, θεωρείται ένα συγκεκριμένο σενάριο φόρτισης του συστήματος και το οποίο έχει ως εξής:

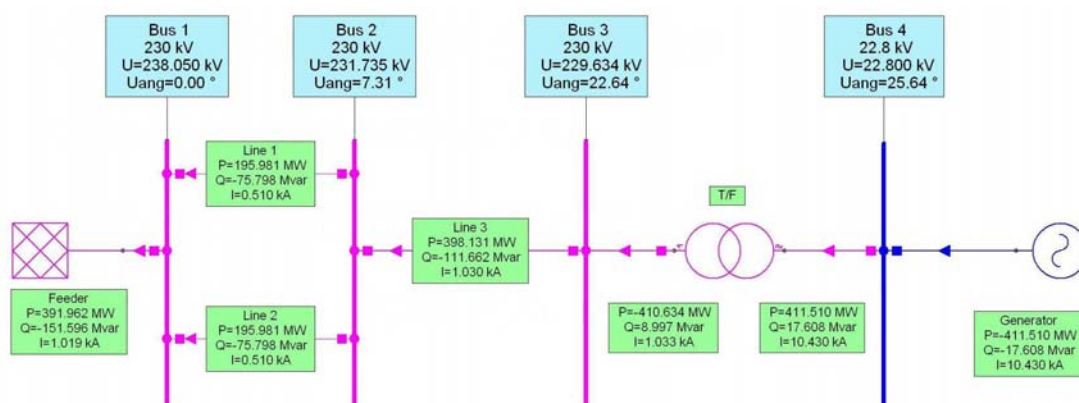
- Θεώρηση του ζυγού του άπειρου δικτύου Bus 1 ως ζυγό ταλάντωσης, ή αλλιώς ως ζυγό αναφοράς, με τάση λειτουργίας στο 103.5% της ονομαστικής και γωνία ίση με 0°
- Θεώρηση του ζυγού της γεννήτριας Bus 4 ως ζυγό παραγωγής, με τάση λειτουργίας ίση με την ονομαστική τάση του δευτερεύοντος του Μ/Σ ανύψωσης, δηλαδή τα 22.8 kV και παραγωγή ισχύος ίση με 411.51 MW.



Σχήμα 5.2. Ηλεκτρικό δίκτυο εφαρμογής

5.5. Μελέτη ροής φορτίου

Πριν από την οποιαδήποτε μελέτη μεταβατικής κατάστασης λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου, όπως είναι τα βραχυκυκλώματα, ή η μεταβατική ευστάθεια, πρέπει πρώτα να έχει υπολογιστεί η ροή τη ισχύος στο σύστημα, για την αρχικοποίηση των δεδομένων. Το NEPLAN έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει τη ροή φορτίου με διάφορες μεθόδους. Εμείς έχουμε επιλέξει την extended Newton Rapshon, επειδή αυτή ενδείκνυται για το συγκεκριμένο δίκτυο, είναι μεν πιο σύνθετη, αλλά συνάμα και ασφαλέστερη, αφού στις περισσότερες των περιπτώσεων δεν έχει πρόβλημα σύγκλισης και κατά κανόνα συγκλίνει με μεγαλύτερη ταχύτητα από τις υπόλοιπες. Με το αντίστοιχο λοιπόν εργαλείο του NEPLAN, εκτελούμε έναν υπολογισμό ροής φορτίου και τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω αλλά και στο σχήμα 5.3..



Σχήμα 5.3. Αποτελέσματα και φορές της ροής φορτίου

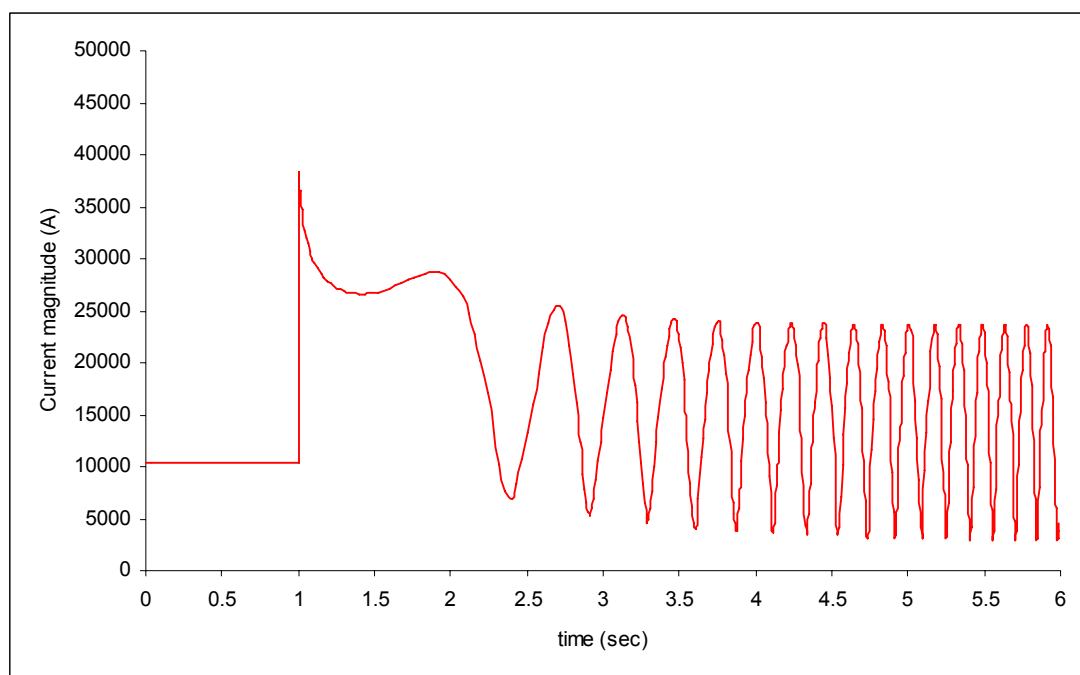
- Ενεργός ισχύς που παράγει η γεννήτρια: 411.510 MW
- Άεργος ισχύς που παράγει η γεννήτρια: 17.608 MVar (επαγ.)
- Ένταση ρεύματος της γεννήτριας: 10.430 kA
- Τάση στο ζυγό 4: 22.8 kV
- Γωνία της τάσης στο ζυγό 4: 25.64°
- Ενεργός ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 3: 410.634 MW
- Άεργος ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 3: 8.997 MVar (χωρ.)
- Ένταση ρεύματος που εισέρχεται στο ζυγό 3: 1.033 kA
- Τάση στο ζυγό 3: 229.634 kV
- Γωνία της τάσης στο ζυγό 3: 22.64°
- Ενεργός ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 2: 398.131 MW
- Άεργος ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 2: 111.662 MVar (χωρ.)
- Ένταση ρεύματος που εισέρχεται στο ζυγό 2: 1.030 kA
- Τάση στο ζυγό 2: 231.735 kV
- Γωνία της τάσης στο ζυγό 2: 7.31°
- Ενεργός ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 1: 391.962 MW
- Άεργος ισχύς που εισέρχεται στο ζυγό 1: 151.596 MVar (χωρ.)
- Ένταση ρεύματος που εισέρχεται στο ζυγό 1: 1.019 kA
- Τάση στο ζυγό 1: 238.050 kV
- Γωνία της τάσης στο ζυγό 1: 0.00°

5.6. Μελέτη βραχυκυκλωμάτων

Στην παράγραφο αυτή, θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά της γεννήτριας σε όλα τα είδη βραχυκυκλωμάτων και σε όλους του ζυγούς του δικτύου, τόσο κατά τη μεταβατική όσο και κατά τη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας της. Η προσομοίωση θα πραγματοποιηθεί με τα αντίστοιχα εργαλεία υπολογισμού του NEPLAN δηλαδή αυτών της μεταβατικής ευστάθειας και των βραχυκυκλωμάτων. Ο χρόνος προσομοίωσης για το εργαλείο της μεταβατικής ευστάθειας ορίζεται στα 6 sec, με χρόνο έναρξης της διαταραχής το 1 sec, ενώ ο τρόπος υπολογισμού των βραχυκυκλωμάτων γίνεται με τη μέθοδο της υπέρθεσης, αφού πρώτα έχει εκτελεστεί μια ροή φορτίου για την αρχικοποίηση των δεδομένων. Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου, έγινε για το λόγο ότι αυτή ανταποκρίνεται καλύτερα στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του δικτύου, αφού λαμβάνει υπόψη την προ του σφάλματος φόρτιση του δικτύου και τάση των ζυγών. Τέλος να αναφερθεί, ότι τα μεγέθη που θα παρουσιαστούν, αναφέρονται στη συνεισφορά της γεννήτριας στο σφάλμα και όχι στο σημείο του σφάλματος.

5.6.1. Μονοφασικό βραχυκύκλωμα

1. Στο ζυγό 4



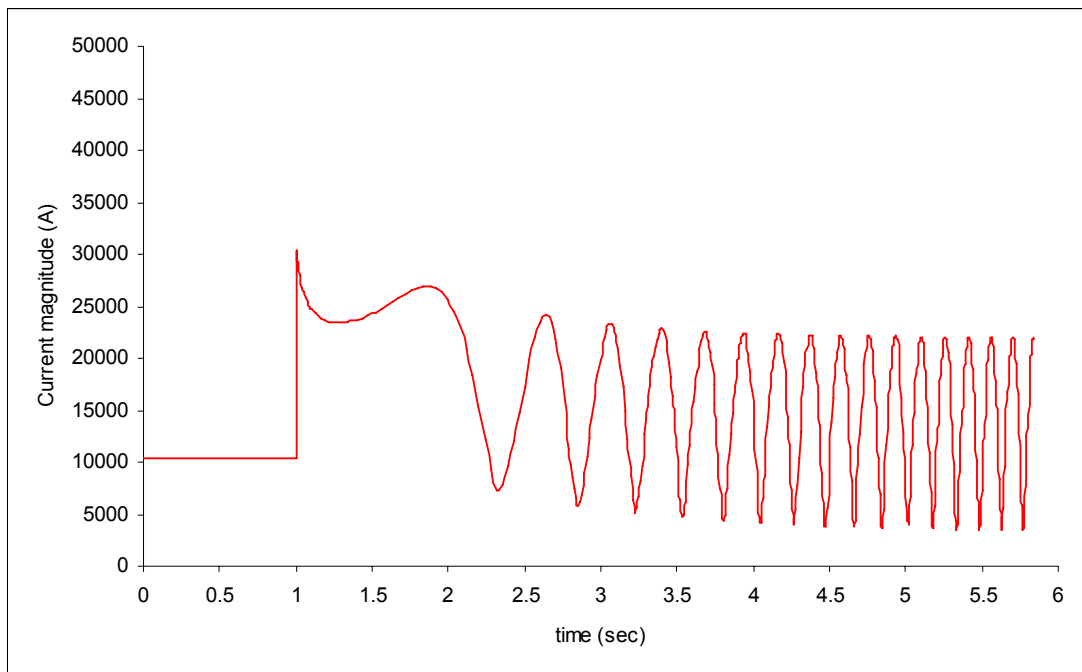
Σχήμα 5.4. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται για την κάθε φάση το αρχικό ρεύμα βραχυκύκλωσης, τα ρεύματα θετική, αρνητικής και μηδενικής ακολουθίας, καθώς και οι πολικές τάσεις των φάσεων μετά το σφάλμα, εκφρασμένα σε kA και kV αντίστοιχα.

$I_k''(L_1)$	115.950	I_1	38.488	$V(L_1)$	0
$I_k''(L_2)$	15.412	I_2	36.224	$V(L_2)$	13.084
$I_k''(L_3)$	5.166	I_0	42.123	$V(L_3)$	13.048

Πίνακας 1

2. Στο ζυγό 3



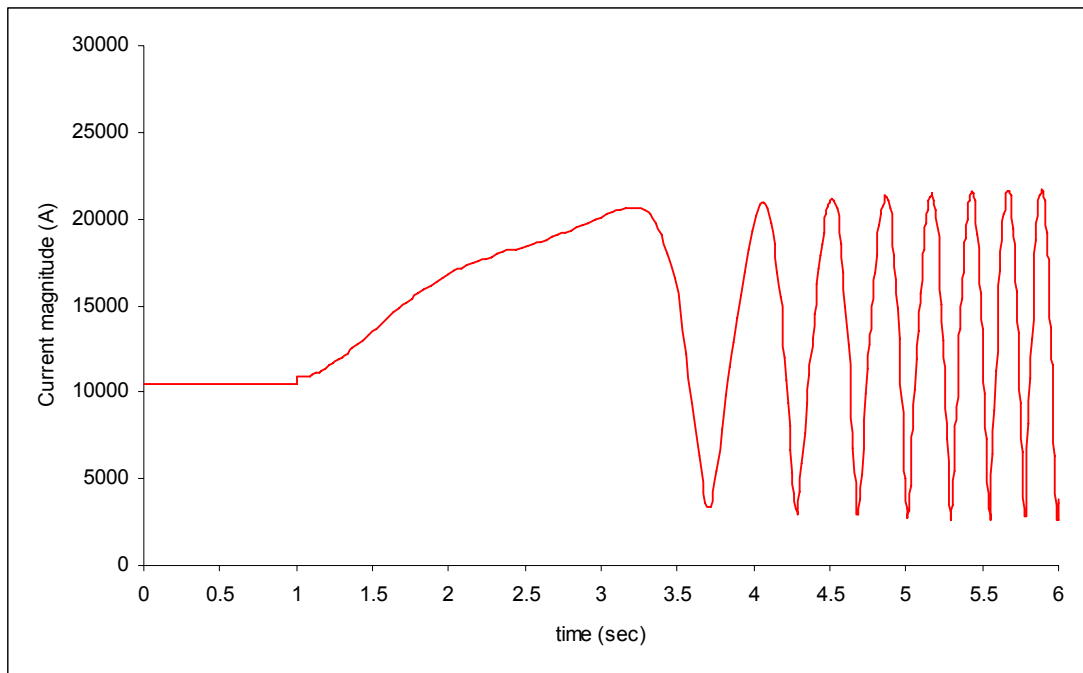
Σχήμα 5.5. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	55.624	I_1	30.577	$V(L_1)$	8.133
$I_k''(L_2)$	45.395	I_2	28.627	$V(L_2)$	8.804
$I_k''(L_3)$	10.421	I_0	0	$V(L_3)$	13.172

Πίνακας 2

3. Στο ζυγό 2



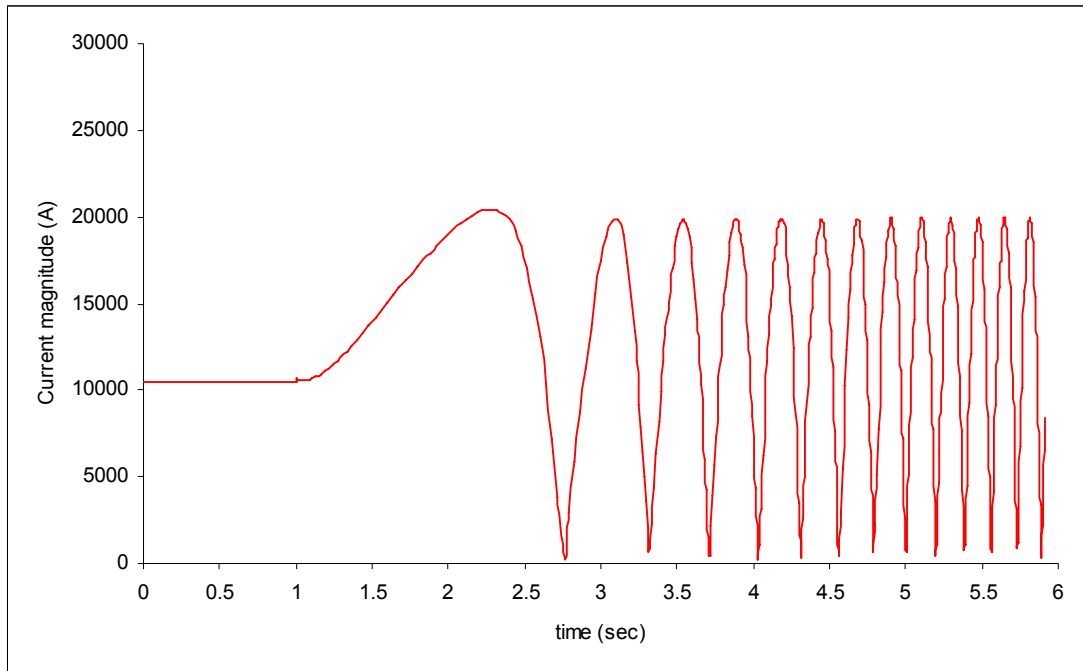
Σχήμα 5.6. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	17.139	I_1	10.952	$V(L_1)$	11.885
$I_k''(L_2)$	8.598	I_2	6.230	$V(L_2)$	12.307
$I_k''(L_3)$	10.422	I_0	0	$V(L_3)$	13.176

Πίνακας 3

4. Στο ζυγό 1



Σχήμα 5.7. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1

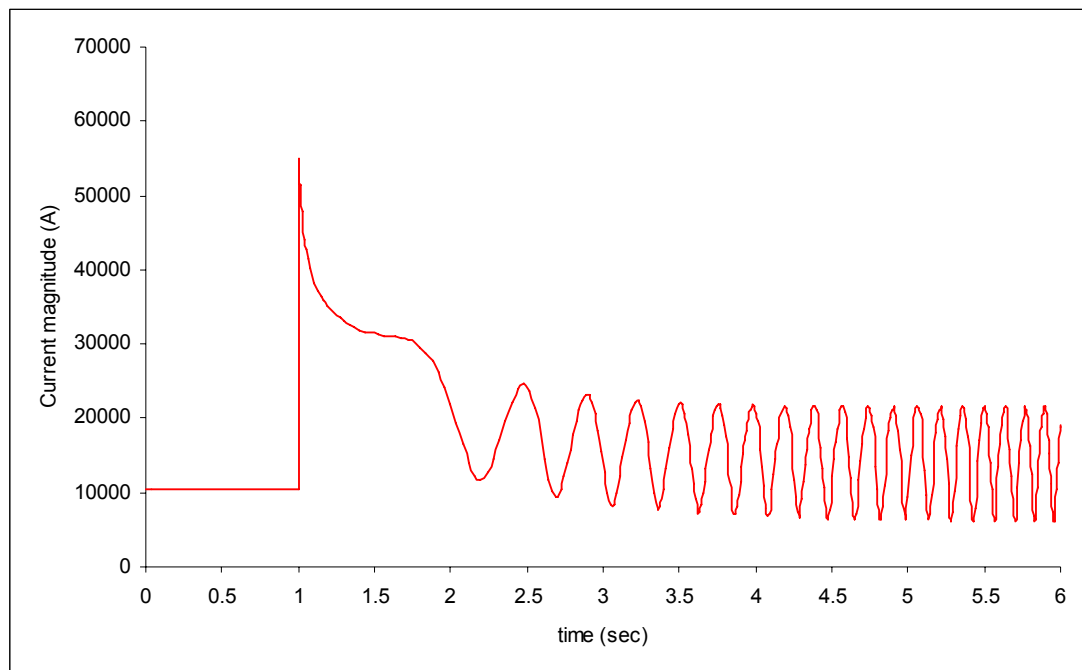
Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	18.351	I_1	10.787	$V(L_1)$	11.569
$I_k''(L_2)$	8.754	I_2	7.592	$V(L_2)$	12.272
$I_k''(L_3)$	10.422	I_0	0	$V(L_3)$	13.176

Πίνακας 4

5.6.2. Διφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς γη

1. Στο ζυγό 4



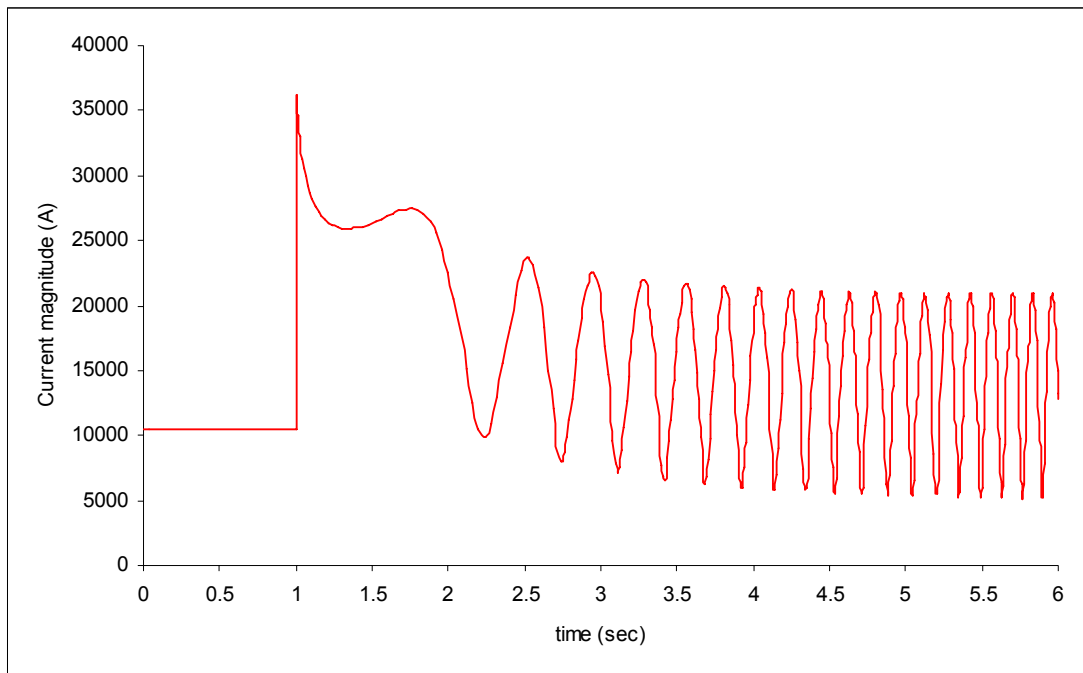
Σχήμα 5.8. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	10.419	I_1	55.294	$V(L_1)$	13.169
$I_k''(L_2)$	98.897	I_2	53.461	$V(L_2)$	6.584
$I_k''(L_3)$	88.643	I_0	0	$V(L_3)$	6.584

Πίνακας 5

2. Στο ζυγό 3



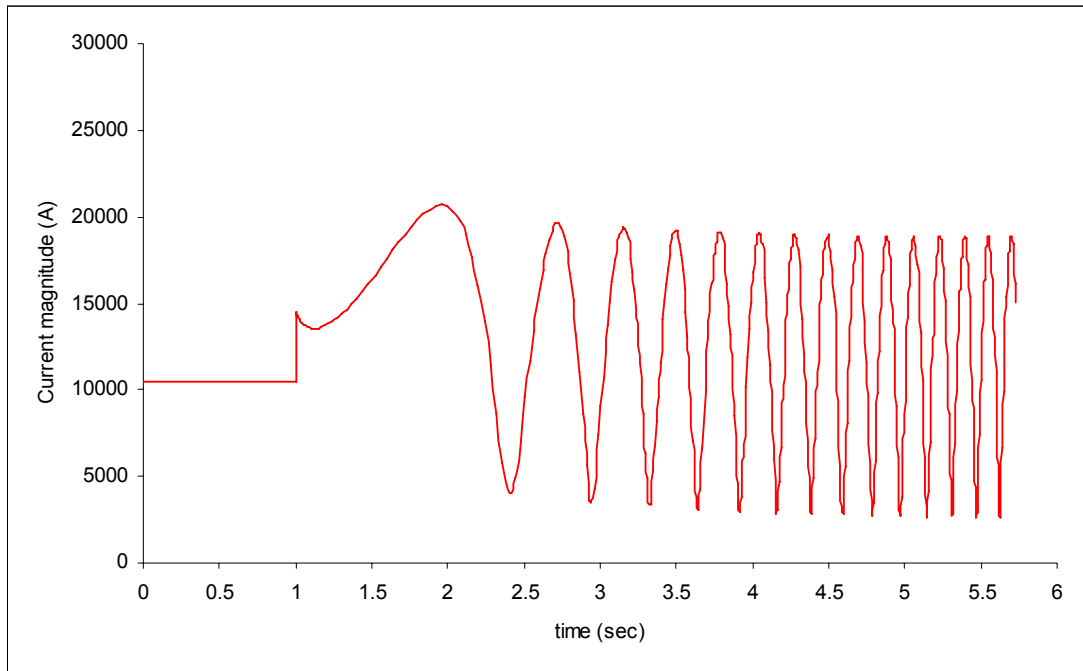
Σχήμα 5.9. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	26.397	I_1	36.485	$V(L_1)$	11.902
$I_k''(L_2)$	44.176	I_2	34.765	$V(L_2)$	11.376
$I_k''(L_3)$	70.505	I_0	0	$V(L_3)$	4.656

Πίνακας 6

3. Στο ζυγό 2



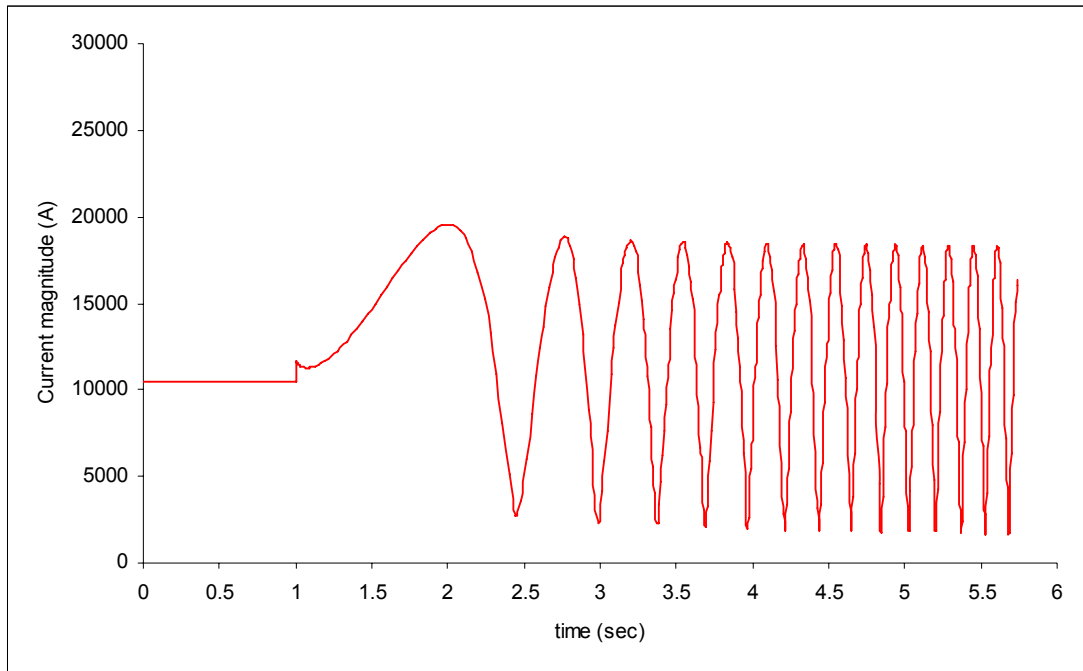
Σχήμα 5.10. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	4.278	I_1	10.430	$V(L_1)$	12.893
$I_k''(L_2)$	21.536	I_2	12.592	$V(L_2)$	12.103
$I_k''(L_3)$	25.266	I_0	0	$V(L_3)$	10.233

Πίνακας 7

4. Στο ζυγό 1



Σχήμα 5.11. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1

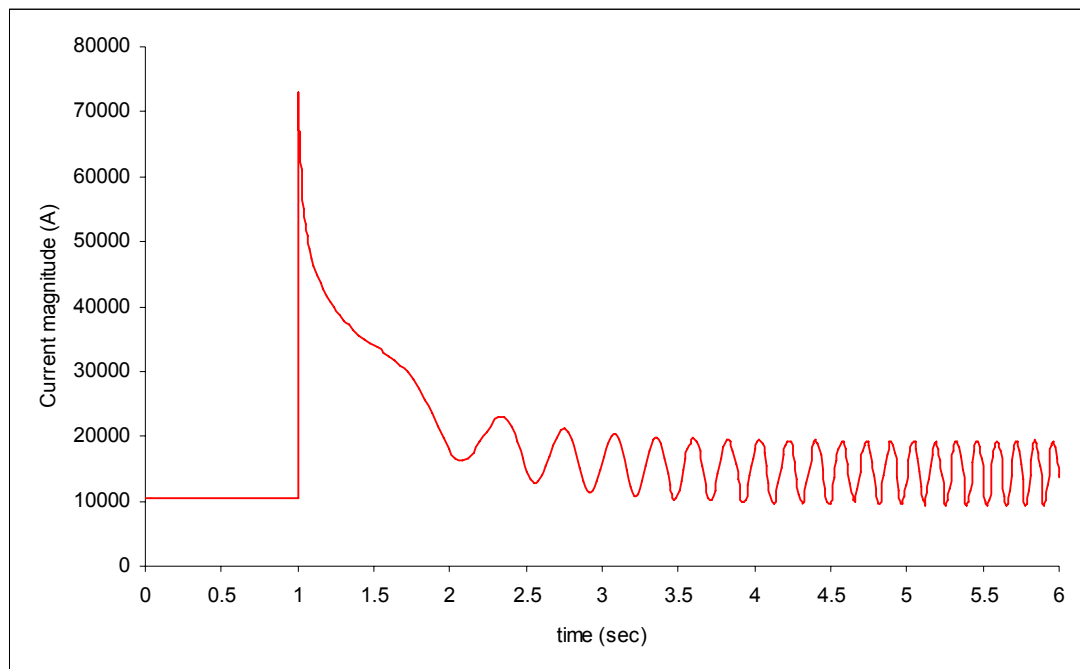
Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	2.126	I_1	11.844	$V(L_1)$	13.087
$I_k''(L_2)$	18.459	I_2	9.816	$V(L_2)$	12.229
$I_k''(L_3)$	19.095	I_0	0	$V(L_3)$	10.993

Πίνακας 8

5.6.3. Διφασικό βραχυκύκλωμα με γη

1. Στο ζυγό 4



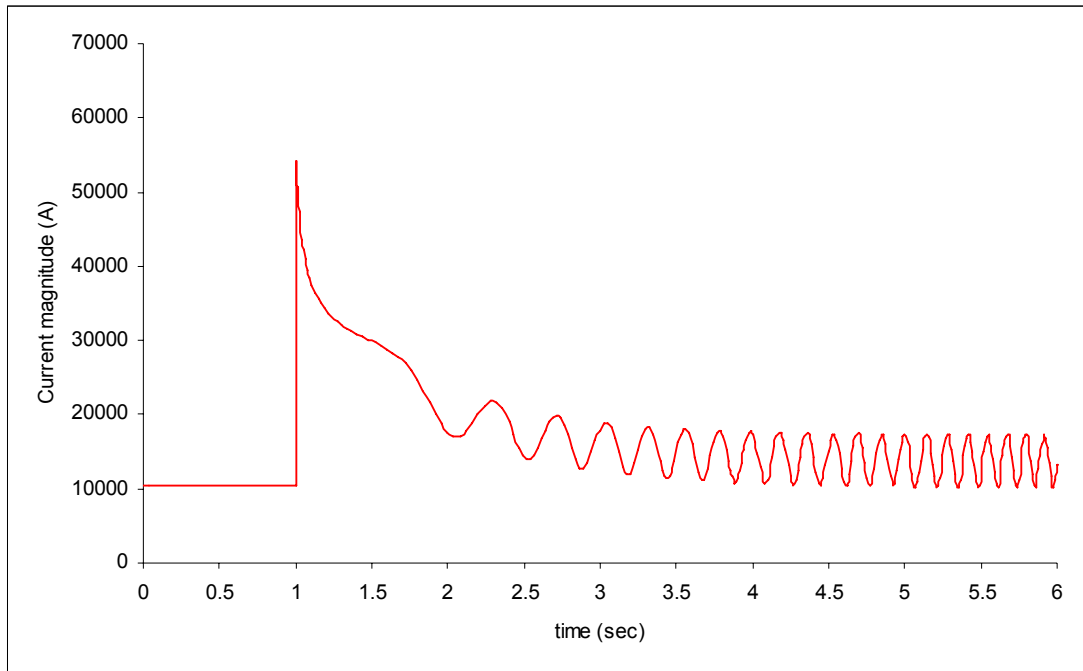
Σχήμα 5.12. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	11.011	I_1	73.427	$V(L_1)$	12.950
$I_k''(L_2)$	112.119	I_2	35.049	$V(L_2)$	0
$I_k''(L_3)$	112.552	I_0	42.817	$V(L_3)$	0

Πίνακας 9

2. Στο ζυγό 3



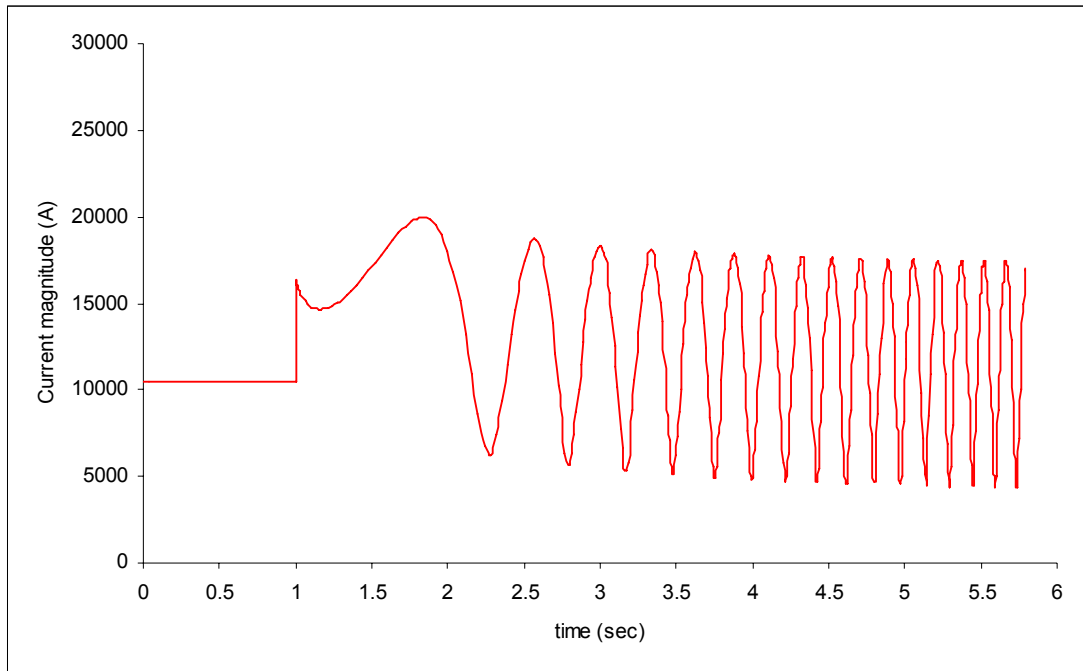
Σχήμα 5.13. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	46.141	I_1	54.586	$V(L_1)$	7.947
$I_k''(L_2)$	51.141	I_2	16.062	$V(L_2)$	7.632
$I_k''(L_3)$	70.488	I_0	0	$V(L_3)$	4.655

Πίνακας 10

3. Στο ζυγό 2



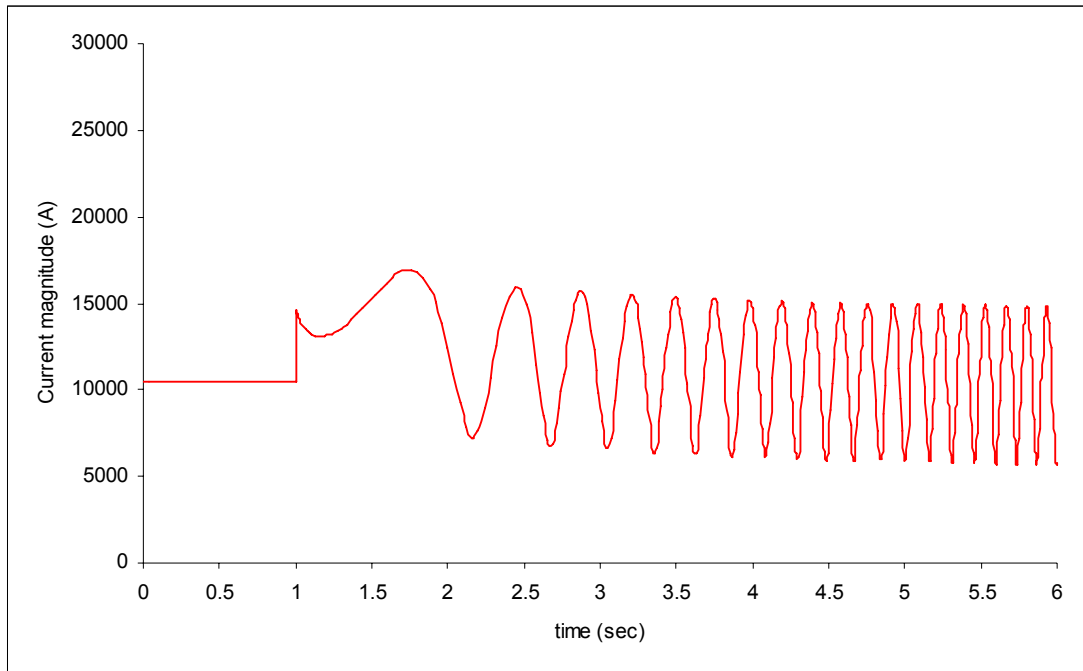
Σχήμα 5.14. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	8.096	I_1	16.495	$V(L_1)$	12.368
$I_k''(L_2)$	20.479	I_2	10.117	$V(L_2)$	11.717
$I_k''(L_3)$	25.266	I_0	0	$V(L_3)$	10.233

Πίνακας 11

4. Στο ζυγό 1



Σχήμα 5.15. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1

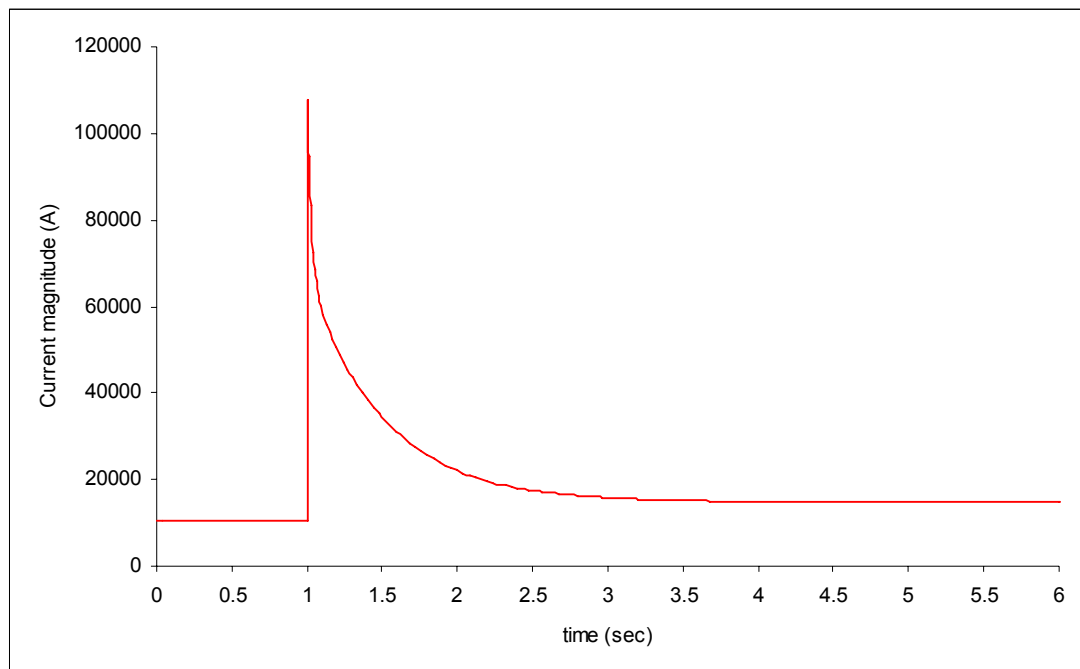
Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	9.925	I_1	14.826	$V(L_1)$	12.122
$I_k''(L_2)$	16.747	I_2	5.296	$V(L_2)$	11.627
$I_k''(L_3)$	19.094	I_0	0	$V(L_3)$	10.993

Πίνακας 12

5.6.4. Τριφασικό βραχυκύκλωμα

1. Στο ζυγό 4



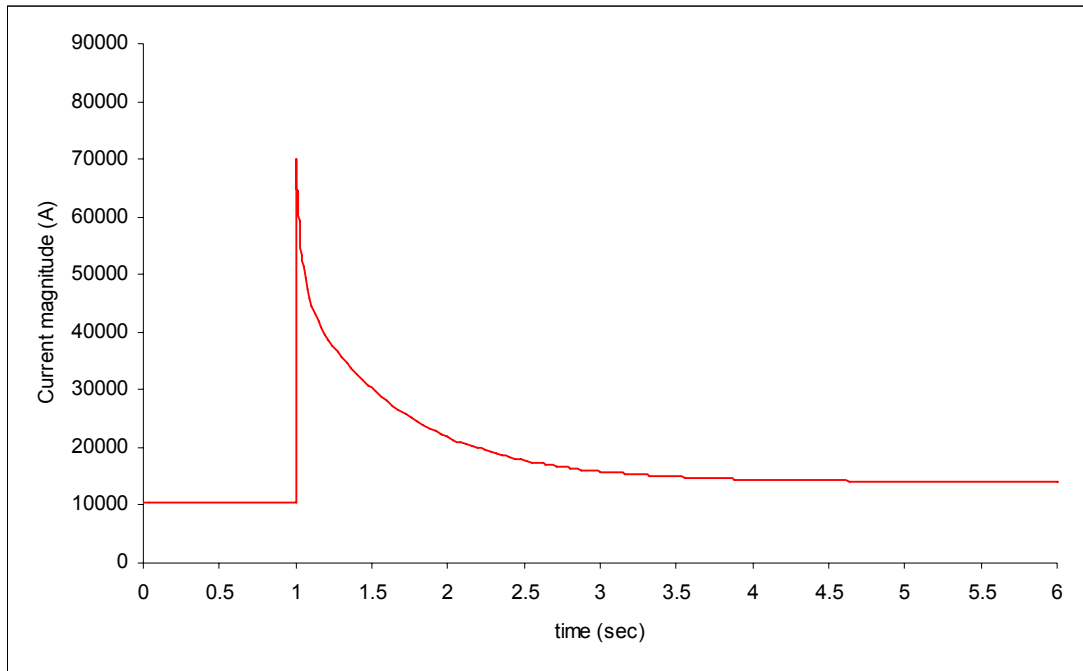
Σχήμα 5.16. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L)$	106.837	I_1	108.196	$V(L)$	0
$I_k(L)$	35.062				

Πίνακας 13

2. Στο ζυγό 3



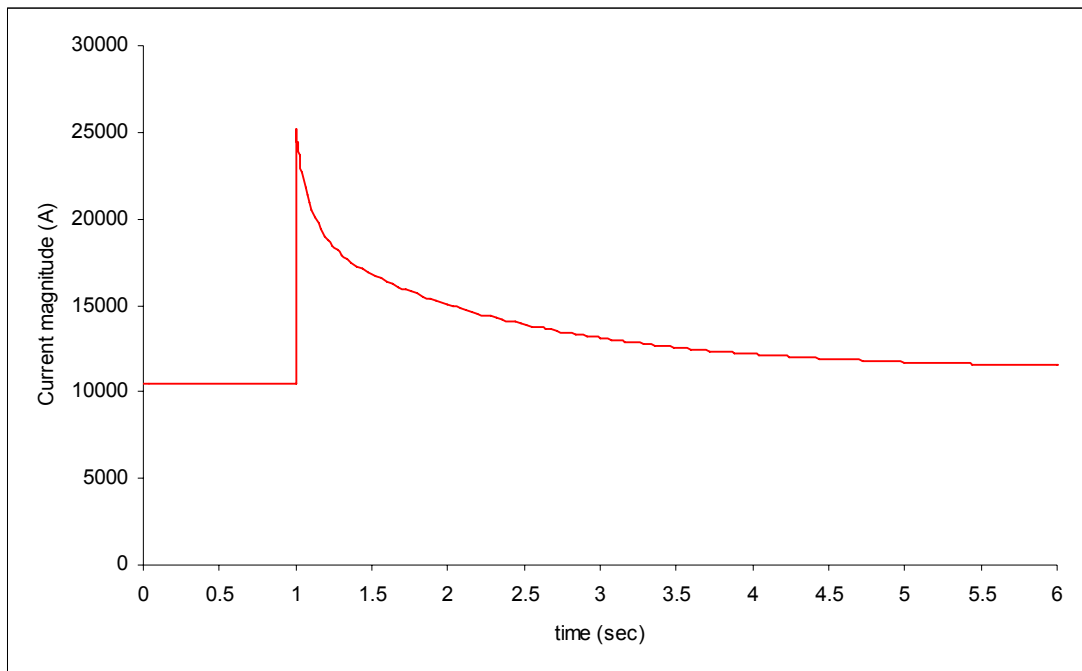
Σχήμα 5.17. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 3 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L)$	70.473	I_1	70.473	$V(L)$	4.654
$I_k(L)$	33.592				

Πίνακας 14

3. Στο ζυγό 2



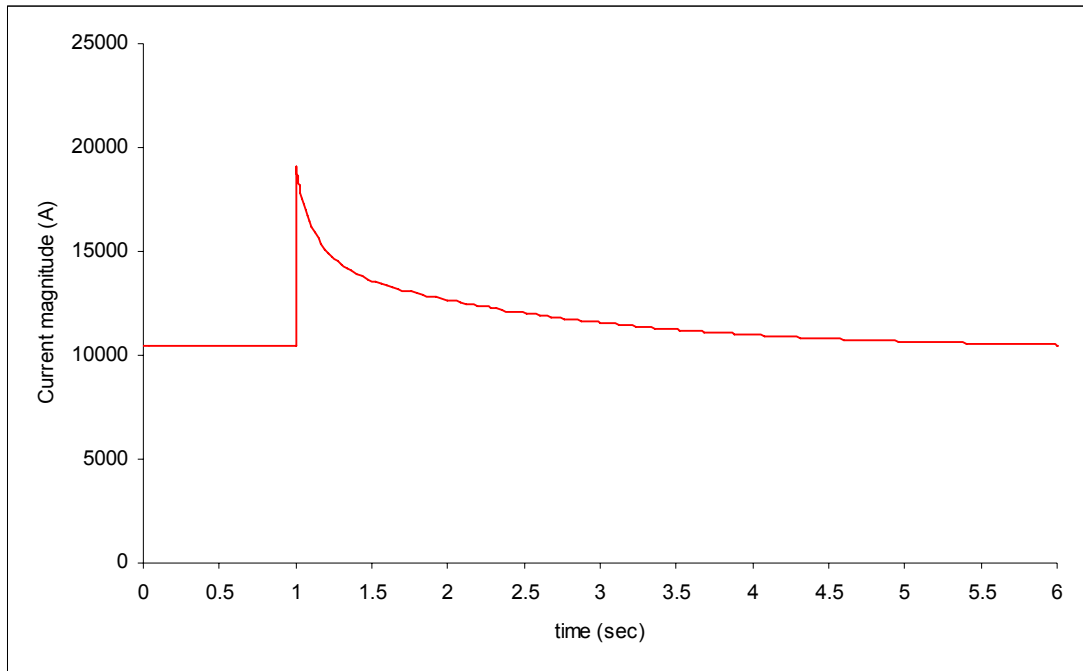
Σχήμα 5.18. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 2 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L)$	25.262	I_1	25.262	$V(L)$	10.231
------------	--------	-------	--------	--------	--------

Πίνακας 15

4. Στο ζυγό 1



Σχήμα 5.19. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1

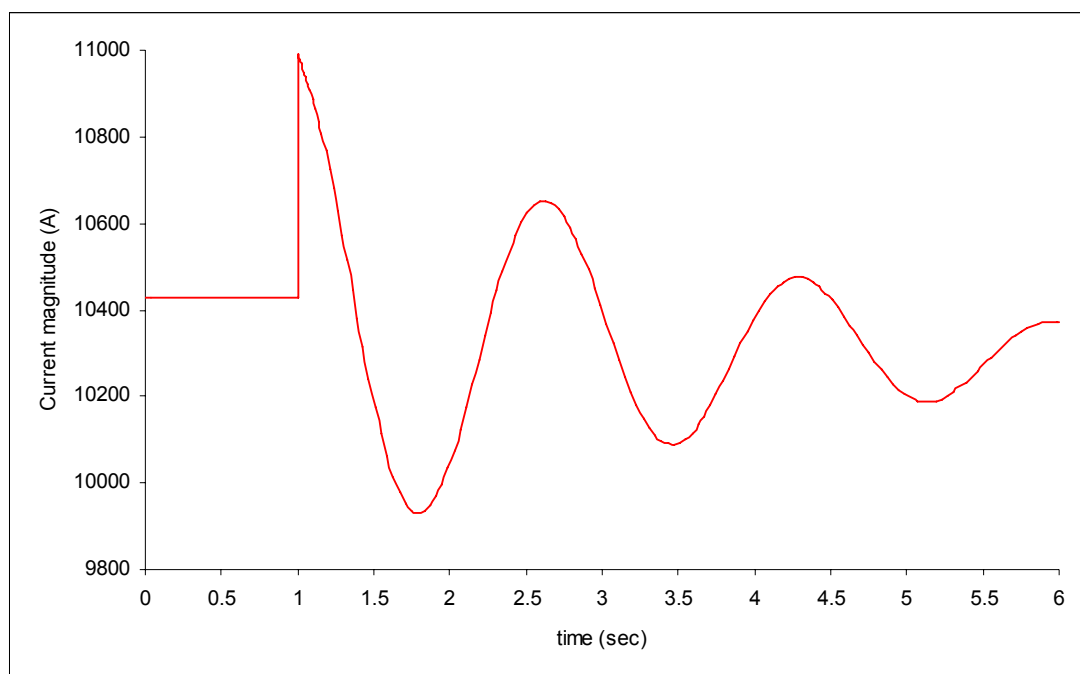
Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L)$	19.093	I_1	19.093	$V(L)$	10.992
------------	--------	-------	--------	--------	--------

Πίνακας 16

5.6.5. Μονοφασικό βραχυκύκλωμα με αντίσταση σφάλματος $R_f=20\Omega$

Στο ζυγό 4



Σχήμα 5.20. Μεταβολή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 1

Τα μεγέθη της γεννήτριας για σφάλμα στο ζυγό 4 φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

$I_k''(L_1)$	11.018	I_1	10.610	$V(L_1)$	13.172
$I_k''(L_2)$	10.403	I_2	0.189	$V(L_2)$	13.176
$I_k''(L_3)$	10.410	I_0	0.220	$V(L_3)$	13.178

Πίνακας 17

Τα αποτελέσματα της παραπάνω ανάλυσης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα για καλύτερη εποπτεία.

BUS 4	1P-G	2P	2P-G	3P	BUS 3	1P-G	2P	2P-G	3P
$I_k''(L_1)$	115.950	10.419	11.011	106.837	$I_k''(L_1)$	55.624	26.397	46.141	70.473
$I_k''(L_2)$	15.412	98.897	112.119	-	$I_k''(L_2)$	45.395	44.176	51.141	-
$I_k''(L_3)$	5.166	88.643	112.552	-	$I_k''(L_3)$	10.421	70.505	70.488	-
$3*I_0$	126.429	0	128.452	-	$3*I_0$	0	0	0	0
I_1	38.488	55.294	73.427	10.430	I_1	30.577	36.485	54.586	70.473
I_2	36.224	53.461	35.049	-	I_2	28.627	34.765	16.062	-
I_0	42.123	0	42.817	-	I_0	0	0	0	-
$V(L_1)$	0	13.169	12.950	0	$V(L_1)$	8.133	11.902	7.947	4.654
$V(L_2)$	13.084	6.584	0	-	$V(L_2)$	8.804	11.376	7.632	-
$V(L_3)$	13.048	6.584	0	-	$V(L_3)$	13.172	4.656	4.655	-

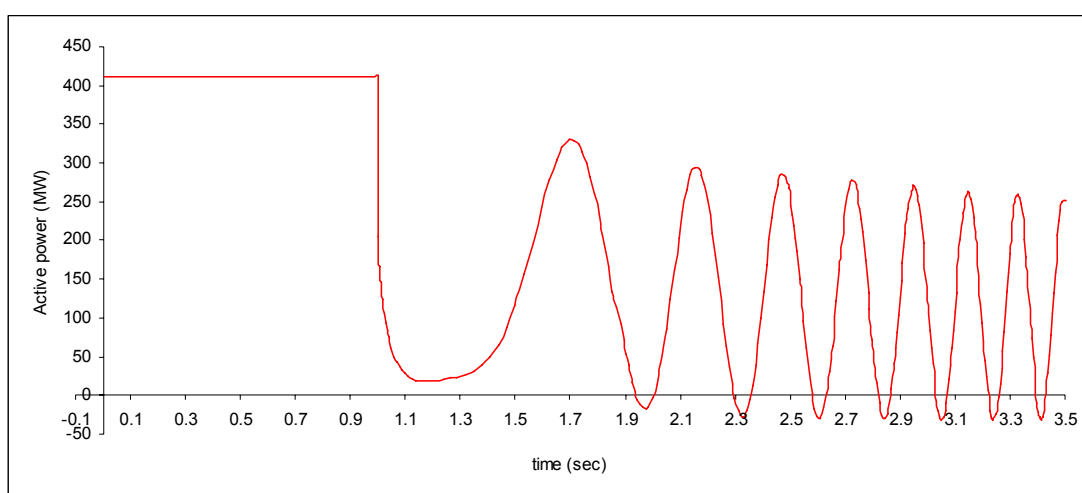
BUS 2	1P-G	2P	2P-G	3P	BUS 1	1P-G	2P	2P-G	3P
$I_k''(L_1)$	17.139	4.278	8.096	25.262	$I_k''(L_1)$	18.351	2.126	9.925	19.093
$I_k''(L_2)$	8.598	21.536	20.479	-	$I_k''(L_2)$	8.754	18.459	16.747	-
$I_k''(L_3)$	10.422	25.266	25.266	-	$I_k''(L_3)$	10.422	19.095	19.094	-
$3*I_0$	0	0	0	0	$3*I_0$	0	0	0	0
I_1	10.952	10.430	16.495	25.262	I_1	10.787	11.844	14.826	19.093
I_2	6.230	12.592	10.117	-	I_2	7.592	9.816	5.296	-
I_0	0	0	0	-	I_0	0	0	0	-
$V(L_1)$	11.885	12.893	12.368	10.231	$V(L_1)$	11.569	13.087	12.122	10.992
$V(L_2)$	12.307	12.103	11.717	-	$V(L_2)$	12.272	12.229	11.627	-
$V(L_3)$	13.176	10.233	10.233	-	$V(L_3)$	13.176	10.993	10.993	-

Πίνακας 18

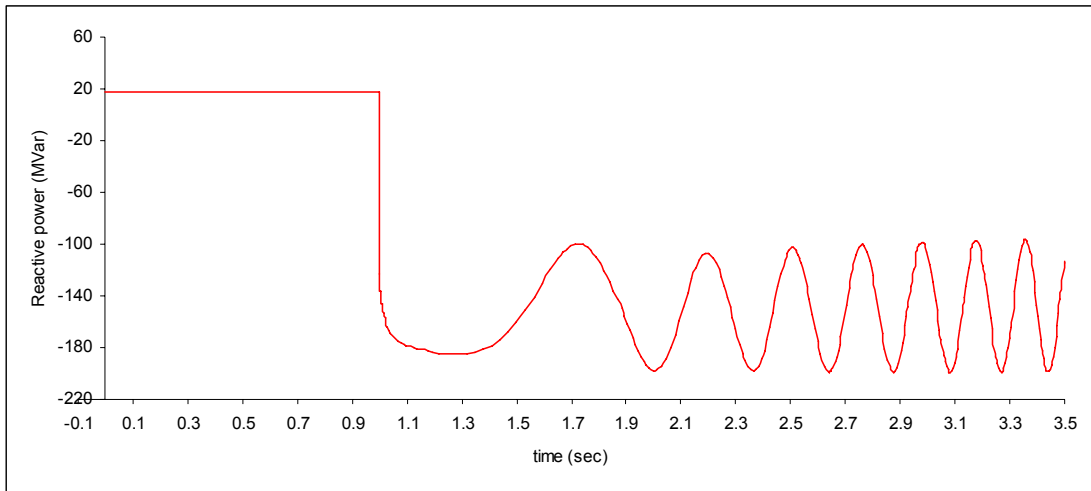
Βάση των παραπάνω αποτελεσμάτων, θα γίνει ο προσδιορισμός των ρυθμίσεων της προστασίας υπερέντασης της γεννήτριας, που θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

5.7. Μελέτη κατάστασης απώλειας της διέγερσης

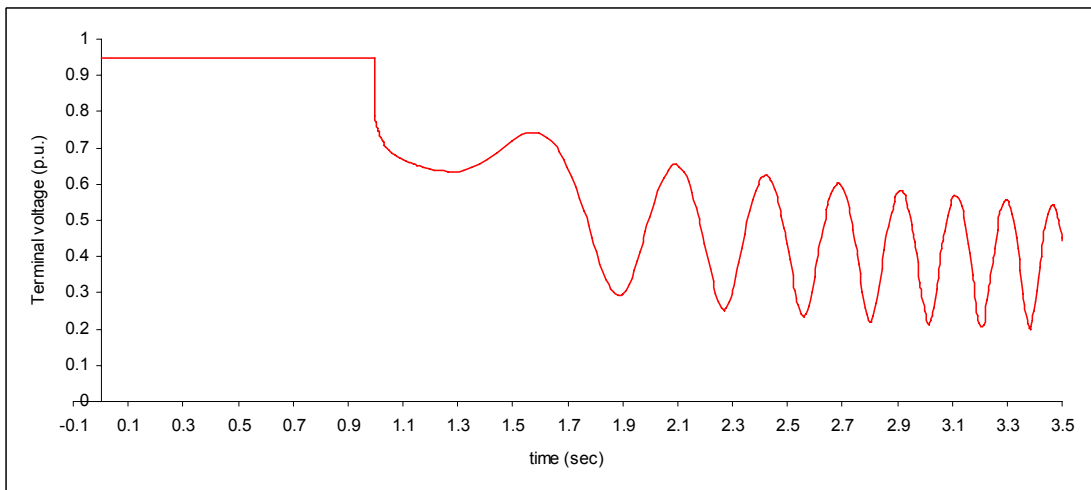
Στην παράγραφο αυτή θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά της γεννήτριας σε κατάσταση απώλειας της διέγερσής της, με τη βοήθεια του εργαλείου υπολογισμού της μεταβατικής ευστάθειας του NEPLAN. Ο χρόνος προσομοίωσης για το εργαλείο της μεταβατικής ευστάθειας ορίζεται στα 3.5 sec, με χρόνο έναρξης της διαταραχής το 1 sec και αφού πρώτα έχει εκτελεστεί μια ροή φορτίου για την αρχικοποίηση των δεδομένων. Στη συνέχεια με τη βοήθεια του MATHCAD, θα δοθούν οι γεωμετρικοί τόποι της απώλειας της διέγερσης της γεννήτριας σε διαγράμματα P – Q και R – X, ώστε να μπορέσουμε στο επόμενο κεφάλαιο να προσδιορίσουμε τις ρυθμίσεις της προστασίας από απώλεια της διέγερσης. Αφού εκτελέσουμε μια προσομοίωση της μεταβατικής ευστάθειας, λαμβάνουμε τις παρακάτω κυματομορφές, που δείχνουν τις συνέπειες της απώλειας της διέγερσης, τόσο στην ενεργό και άεργο ισχύ της γεννήτριας, όσο και στην τάση και ρεύμα στους τερματικούς της ακροδέκτες.



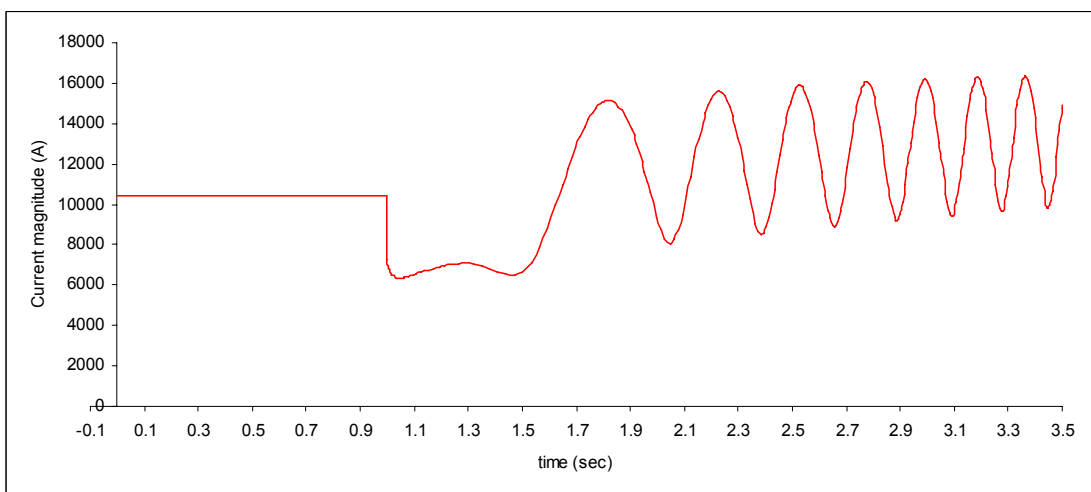
Σχήμα 5.21. Μεταβολή της ενεργού ισχύς με το χρόνο



Σχήμα 5.22. Μεταβολή της άεργου ισχύς με το χρόνο



Σχήμα 5.23. Μεταβολή της τάσης με το χρόνο

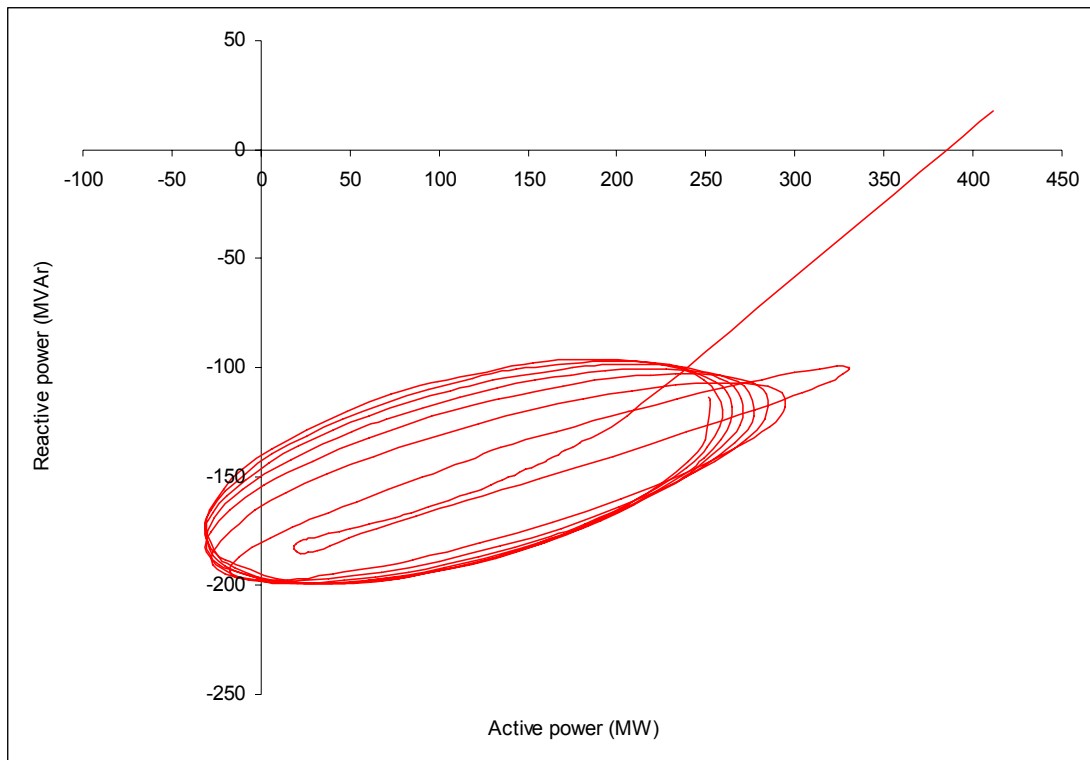


Σχήμα 5.24. Μεταβολή του ρεύματος με το χρόνο

Στο σχήμα 5.21., φαίνονται οι σημαντικές ταλαντώσεις που υφίσταται η ενεργός ισχύ και που σηματοδοτούν την απώλεια συγχρονισμού της γεννήτριας με το υπόλοιπο σύστημα. Η έναρξη των ταλαντώσεων αυτών, λαμβάνει χώρα 0.3 sec περίπου από τη στιγμή που εκδηλώθηκε η απώλεια της διέγερσης και οφείλονται στην ολίσθηση πόλου και στη διαφορά των τιμών της επαγωγικής αντίδρασης ευθύ και εγκάρσιου άξονα (saliency factor). Από την πρώτη κιόλας στιγμή της λειτουργίας της γεννήτριας χωρίς διέγερση, παρατηρούμε μια απότομη μείωση στην ενεργό ισχύ, ως αποτέλεσμα της απώλειας συγχρονισμού και που κατά τον πρώτο κύκλο ολίσθησης, αυτή έχει λάβει την τιμή των 20 MW περίπου. Κατά τους επόμενους κύκλους ολίσθησης, οι ταλαντώσεις της ενεργού ισχύς, κυμαίνονται γύρω από μια περιοχή τιμών, με μέση τιμή τα 110 MW περίπου. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα κατώτερα σημεία των ταλαντώσεων αυτών αποκτούν αρνητική τιμή, κάτι που υποδηλώνει ότι η γεννήτρια απορροφά ενεργό ισχύ από το δίκτυο και λειτουργεί για αυτά τα χρονικά διαστήματα ως κινητήρας επαγωγής, μια συμπεριφορά που έχει η γεννήτρια όταν συμβεί απώλεια της κινητήριας μονάδας της.

Η γεννήτρια αφού αποσυγχρονιστεί, συμπεριφέρεται πλέον σα γεννήτρια επαγωγής και απορροφά σημαντική άεργο ισχύ από το σύστημα. Η κατάσταση αυτή φαίνεται στο σχήμα 5.22. και είναι παρόμοια με αυτή της ενεργού ισχύς. Από τα 17 MVA περίπου που απέδιδε η γεννήτρια στο σύστημα πριν από την απώλεια της διέγερσής της, από την πρώτη κιόλας στιγμή της διαταραχής, η γεννήτρια πλέον απορροφά από αυτό περίπου 183 MVA. Στη συνέχεια, οι ταλαντώσεις κυμαίνονται γύρω από μια περιοχή τιμών, με μέση τιμή τα 149 MVA περίπου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ρεύμα της γεννήτριας από τα 10 kA (μεταπορείας-επαγωγικό) περίπου που ήταν πριν από τη διαταραχή, να αυξάνει έως και τα 16 kA (προπορείας-χωρητικό) και κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων, να κυμαίνεται σε μια περιοχή τιμών, με μέση τιμή τα 13 kA (προπορείας-χωρητικό) περίπου. Τέλος, η τάση μειώνεται από το 0.95 α.μ. (λειτουργία για να έχουμε 22.8 kV) που ήταν πριν την απώλεια της διέγερσης, στο 0.63 στην αρχή της διαταραχής, ενώ κατά τη διάρκεια των ταλαντώσεων κυμαίνεται σε μια περιοχή τιμών, με μέση τιμή το 0.36 α.μ..

Στο σχήμα 5.25., απεικονίζεται ο γεωμετρικός τόπος της ισχύς εξόδου της γεννήτριας σε καταστάσεις απώλειας της διέγερσής της, σε διάγραμμα P – Q.



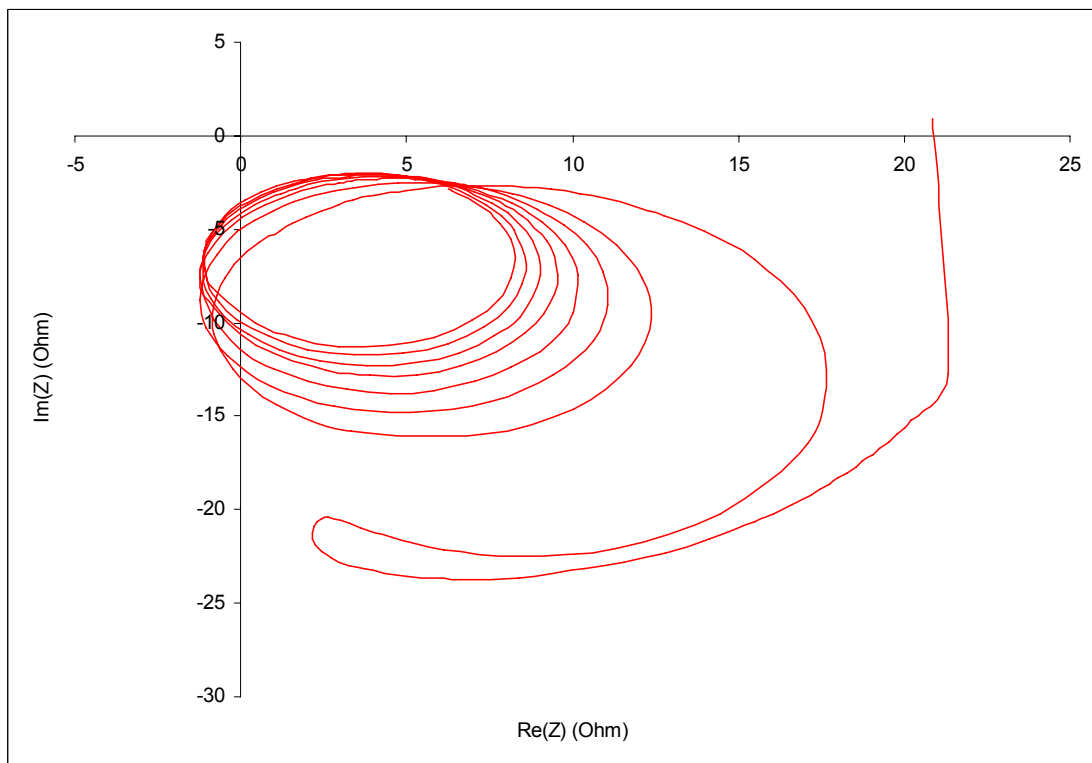
Σχήμα 5.25. Χαρακτηριστική αποσυγχρονισμού σε διάγραμμα P - Q

Το ίχνος του γεωμετρικού τόπου, ξεκινά από το σημείο με συντεταγμένες (411.51 MW, 17.60 MVAr), που αποτελεί και την προ της διαταραχής κατάσταση λειτουργίας της γεννήτριας και στη συνέχεια διαγράφει σχεδόν κυκλικές τροχιές γύρω από το σημείο με συντεταγμένες (118 MW, -157 MVAr) περίπου. Σε αυτή την περιοχή, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένα, η γεννήτρια λειτουργεί ως γεννήτρια επαγωγής και η τροχιά που διαγράφεται, είναι χαρακτηριστική των σημαντικών ταλαντώσεων που υφίσταται στην ισχύ της.

Ένας άλλος τρόπος που μπορεί να παρασταθεί αυτή η διαταραχή, είναι και μέσω της απεικόνισης της σύνθετης αντίστασης, όπως αυτή “φαίνεται” από τους τερματικούς ακροδέκτες της γεννήτριας, σε διάγραμμα R - X. Με τη βοήθεια του MATHCAD, μετατρέψαμε τα ζεύγη τιμών P - Q σε Z, δηλαδή R - X, κάνοντας χρήση των τύπων που φαίνονται παρακάτω. Στο σχήμα 5.26., φαίνεται ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης, με τις τιμές εκφρασμένες σε Ohm δευτερεύοντος.

$$\left. \begin{aligned} \tilde{S} &= 3 \cdot \tilde{V}_\varphi \cdot \tilde{I}_{\gamma\rho}^* \\ \tilde{Z} &= \frac{\tilde{V}_\varphi}{\tilde{I}_{\gamma\rho}} \Leftrightarrow \tilde{I}_{\gamma\rho} = \frac{\tilde{V}_\varphi}{\tilde{Z}} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \tilde{S} = \frac{3 \cdot \tilde{V}_\varphi \cdot \tilde{V}_\varphi^*}{\tilde{Z}^*} \Leftrightarrow \tilde{S} = \frac{3 \cdot |\tilde{V}_\varphi|^2}{\tilde{Z}^*} \Leftrightarrow \tilde{Z} = \frac{3 \cdot |\tilde{V}_\varphi|^2}{\tilde{S}^*} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \left. \begin{aligned} \tilde{Z} &= \frac{3 \cdot |\tilde{V}_\varphi|^2}{P - jQ} \\ |\tilde{V}_\varphi| &= V_{\alpha\mu} \cdot \frac{22.8}{\sqrt{3}} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \tilde{Z} = \frac{3 \cdot \left(V_{\alpha\mu} \cdot \frac{22.8}{\sqrt{3}} \right)^2}{P - jQ}, \tilde{Z}_{\delta\epsilon\upsilon\tau.} = \frac{3 \cdot \left(V_{\alpha\mu} \cdot \frac{22.8}{\sqrt{3}} \right)^2}{P - jQ} \cdot \frac{CT}{PT}$$



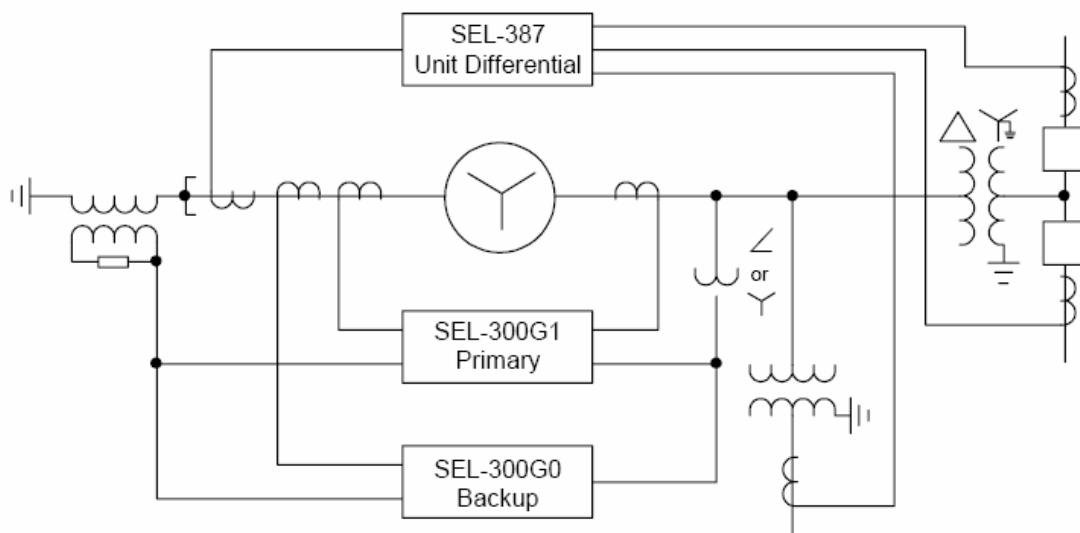
Σχήμα 5.26. Χαρακτηριστική αποσυγχρονισμού σε διάγραμμα R - X

Το ίχνος του γεωμετρικού τόπου, ξεκινά από το σημείο με συντεταγμένες (20.863 Ω, 0.893 Ω), που αποτελεί και την προ της διαταραχής σύνθετη αντίσταση που “φαίνεται” από τους τερματικούς ακροδέκτες της γεννήτριας και στη συνέχεια διαγράφει σχεδόν κυκλικές τροχιές, γύρω από το σημείο με συντεταγμένες (3.6 Ω, -6.1 Ω) περίπου. Βάση αυτής της χαρακτηριστικής, θα προσδιοριστούν στο επόμενο κεφάλαιο, οι ρυθμίσεις της προστασίας από απώλεια της διέγερσης.

Κεφάλαιο 6ο Προσδιορισμός ρυθμίσεων προστασίας γεννήτριας

6.1. Παρουσίαση

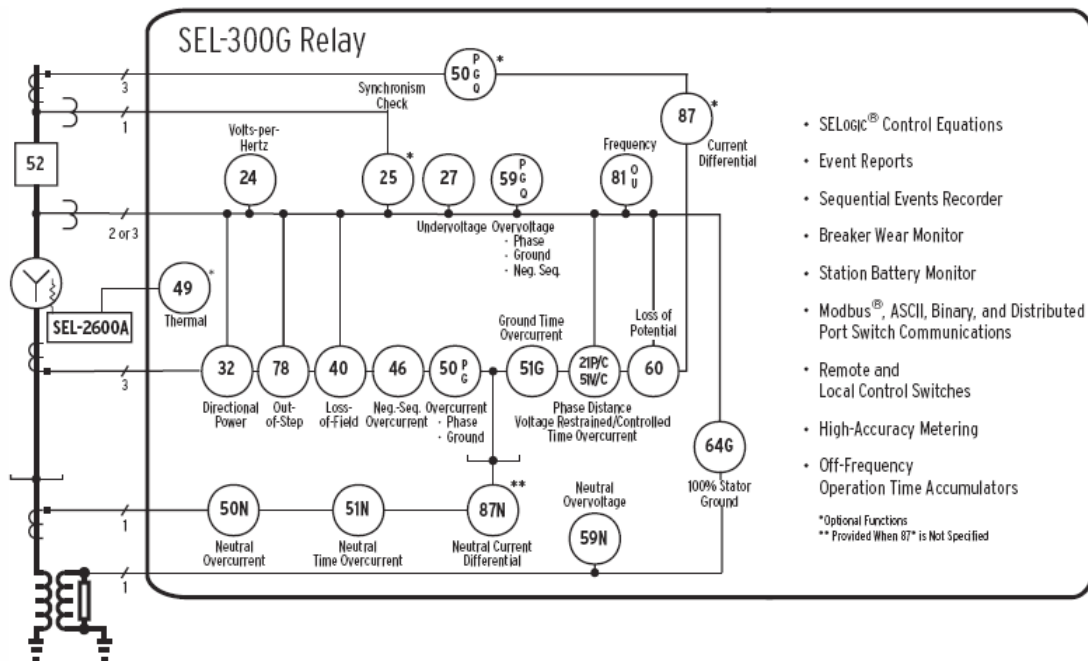
Στο χώρο της προστασίας των Σ.Η.Ε., δραστηριοποιούνται πάρα πολλές εταιρείες ηλεκτρολογικού εξοπλισμού, που παρέχουν προϊόντα προστασίας, για οποιαδήποτε εξειδικευμένη ή μη εφαρμογή. Αυτό έχει επιτευχθεί με την ευελιξία που τους δίνει η χρήση ψηφιακών κυκλωμάτων, οπότε σήμερα δίνεται η δυνατότητα επιλογής από μία πολύ μεγάλη γκάμα προϊόντων, που στοχεύουν στην προστασία συγκεκριμένων στοιχείων του Ηλεκτρικού Δικτύου. Έτσι στο εμπόριο βρίσκουμε Η/Ν προστασίας Υ/Σ, προστασίας γραμμών μεταφοράς, προστασίας κινητήρων και φυσικά ολοκληρωμένης προστασίας γεννητριών. Στην παρούσα εργασία, μας δόθηκε η δυνατότητα να μελετήσουμε την προστασία της γεννήτριας του ηλεκτρικού μας δικτύου, με τη χρήση του Η/Ν ολοκληρωμένης προστασίας γεννήτριας SEL-300G, της Schweitzer Engineering Laboratories Inc. Ο Η/Ν γεννήτριας SEL-300G, είναι ένας αριθμητικός και με μεγάλο εύρος λειτουργιών Η/Ν, προορισμένος για κύρια ή/και εφεδρική προστασία, οποιουδήποτε μεγέθους σύγχρονης μηχανής. Στο σχήμα 6.1., φαίνεται μια τυπική εφαρμογή του Η/Ν για ολοκληρωμένη προστασία γεννήτριας, ή προστασίας ομάδας γεννήτριας – Μ/Σ ανύψωσης.



Σχήμα 6.1. Τυπική εφαρμογή

6.2. Χαρακτηριστικά του Η/Ν

Τα χαρακτηριστικά του Η/Ν, τα πλεονεκτήματά του, καθώς και το λειτουργικό του διάγραμμα, φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 6.2. Λειτουργικό διάγραμμα

Προαιρετική διαφορική προστασία: Όταν επιλέγεται, ο Η/Ν ανιχνεύει σφάλματα στάτη χρησιμοποιώντας μια ασφαλή και ευαίσθητη λειτουργία διαφορικού ρεύματος. Αυτή η λειτουργία παρέχει ένα ευαίσθητο στοιχείο προστασίας με ρεύματα διαφορών – πόλωσης, καθώς και ένα στοιχείο μη αναστελλόμενο. Η διαφορική λειτουργία παρέχει ακόμα τη δυνατότητα αντιστάθμισης του Μ/Σ ανύψωσης και των συνδεδεμένων Μ/Ε ώστε να συμπεριλαμβάνονται στη ζώνη προστασίας της γεννήτριας.

Προαιρετική διαφορική προστασία γης: Οι Η/Ν SEL-300G που δεν περιλαμβάνουν την προαιρετική διαφορική προστασία που περιγράφηκε παραπάνω, εφοδιάζονται με μια λειτουργία διαφορικής προστασίας γης. Αυτή η λειτουργία παρέχει μια επιλεκτική προστασία σφαλμάτων γης, για γεννήτριες οι οποίες είναι απευθείας γειωμένες ή για γεννήτριες που είναι γειωμένες μέσω χαμηλής σύνθετης αντίστασης. Αυτή η λειτουργία βοηθά στην προστασία γεννητριών που συνδέονται

όλες μαζί στον ίδιο ζυγό, γιατί το στοιχείο δεν ανταποκρίνεται στα σφάλματα γης των παράλληλα συνδεδεμένων γεννητριών.

100% προστασία σφάλματος γης στάτη: Ο H/N SEL-300G, ανιχνεύει σφάλματα γης στάτη σε γεννήτριες γειωμένες μέσω υψηλής σύνθετης αντίστασης, κάνοντας χρήση ενός στοιχείου υπέρτασης ουδέτερου και ενός διαφορικού στοιχείου 3^{ης} αρμονικής τάσης, για την κάλυψη του 100% του τυλίγματος του στάτη. Το στοιχείο υπέρτασης μπορεί να ανιχνεύσει σφάλματα γης, για το 85% περίπου του τυλίγματος του στάτη. Για σφάλματα όμως κοντά στον ουδέτερο τη γεννήτριας, αυτό το στοιχείο δεν ανταποκρίνεται και για το λόγο αυτό τα σφάλματα γης σε αυτή την περιοχή του τυλίγματος του στάτη, ανιχνεύονται με τη χρήση της 3^{ης} αρμονικής της τάσης του ουδέτερου και της τερματικής τάσης της γεννήτριας.

Ανίχνευση κατεύθυνσης ροής ισχύος: Το ευαίσθητο στοιχείο κατεύθυνσης ισχύος του SEL-300G, προστατεύει τις γεννήτριες από τη λειτουργία τους ως κινητήρες, ή/και κατά τη ροή χαμηλής ισχύος ορθής φοράς. Παρέχονται δύο ανεξάρτητα στοιχεία με χρονοκαθυστέρηση, ένα για την απευθείας ενεργοποίηση του Δ/Ι της γεννήτριας, σε περίπτωση αποτυχίας της κινητήριας μονάδας και ένα που χρησιμοποιείται σε στοιχείο μανδάλωσης, όταν λαμβάνει χώρα ένα κανονικό σταμάτημα της μονάδας.

Προστασία από υπερδιέγερση: Ο H/N SEL-300G, παρέχει ένα στοιχείο τάσης/συχνότητα σταθερού χρόνου για συναγερμό, καθώς και ένα σύνθετο στοιχείο αντιστρόφου χρόνου με διάφορες χαρακτηριστικές, για ενεργοποίηση του Δ/Ι της γεννήτριας.

Προστασία από απώλεια της διέγερσης: Για την προστασία από απώλεια της διέγερσης, παρέχεται η δυνατότητα επιλογής μεταξύ δύο ζευγών μετατοπισμένων κύκλων Mho, με ρυθμιζόμενη χρονοκαθυστέρηση, για την αποφυγή συναγερμών κατά τη διάρκεια ταλαντώσεων ισχύος στο σύστημα. Κάνοντας χρήση του επίσης παρεχόμενου στοιχείου κατεύθυνσης, επιτυγχάνεται η διαβάθμιση με τον περιοριστή ελάχιστης διέγερσης και την καμπύλη ορίου ευστάθειας μόνιμης κατάστασης.

Προστασία από απώλεια συγχρονισμού: Ο H/N SEL-300G, χρησιμοποιεί για την ανίχνευση του αποσυγχρονισμού, ένα σχήμα είτε μονής είτε διπλής παρωπίδας, ανάλογα με την επιλογή του χρήστη. Επιπρόσθετα σε αυτά τα σχήματα, μπορεί να γίνει χρήση ενός κύκλου Mho, για να περιοριστεί η κάλυψη της λειτουργίας του αποσυγχρονισμού, στα επιθυμητά όρια. Τέλος και τα δύο σχήματα, περιέχουν επιτηρητή ρεύματος και έλεγχο ροπής, για να εποπτεύουν τη λειτουργία του στοιχείου απώλειας του συγχρονισμού.

Προστασία υπερέντασης ρευμάτων αρνητικής ακολουθίας: Τα ρεύματα αρνητικής ακολουθίας, θερμαίνουν το δρομέα σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτά της θετικής ακολουθίας, ακόμα και από αυτά του σφάλματος γης. Το στοιχείο αρνητικής ακολουθίας σταθερού χρόνου, παρέχει ένα σήμα συναγερμού για μικρά επίπεδα ασύμμετρης φόρτισης. Το στοιχείο υπερέντασης αντιστρόφου χρόνου, παρέχει σήματα ενεργοποίησης του Δ/I της γεννήτριας, σε καταστάσεις παρατεταμένων ασύμμετρων φορτίσεων, για να αποφευχθούν οι ζημιές στη μηχανή.

Εφεδρική προστασία συστήματος: Ο H/N SEL-300G, δίνει τη δυνατότητα επιλογής μεταξύ τεσσάρων διαφορετικών τρόπων προστασίας του συστήματος. Προστασία μέσω στοιχείου σύνθετης αντίστασης φάσης τύπου Mho, μέσω στοιχείου σύνθετης αντίστασης με αντιστάθμιση, μέσω στοιχείου υπερέντασης με ανταγωνισμό τάσης και μέσω στοιχείου υπερέντασης εξαρτώμενης από τάση.

Στοιχείο υπερέντασης γης: Το στοιχείο υπερέντασης ουδετέρου, ανιχνεύει σφάλματα γης σε απευθείας γειωμένες γεννήτριες και σε γεννήτριες γειωμένες μέσω χαμηλής σύνθετης αντίστασης.

Προστασία υπερ/υπότασης: Τα στοιχεία υπέρτασης και υπότασης, περιλαμβάνονται για να δημιουργήσουν σχήματα προστασίας και ελέγχου όπως:

- Έλεγχο ροπής για την προστασία υπερέντασης.
- Δημιουργία σημάτων συναγερμού, αναφοράς ή και ενεργοποίησης του Δ/I σε περιπτώσεις βυθίσεων ή διακυμάνσεων τάσης.

Οι επιθυμητοί χρόνοι μπορούν να ρυθμιστούν ανάλογα. Επίσης περιλαμβάνονται και στοιχεία υπέρτασης αρνητικής και μηδενικής ακολουθίας για προστασία και έλεγχο.

Προστασία υπερθέρμανσης: Ο H/N SEL-300G σε συνδυασμό με τη μονάδα SEL-2600A RTD, παρέχει προστασία υπερθέρμανσης της γεννήτριας και της κινητήριας μονάδας.

Έλεγχος ακούσιας ενεργοποίησης: Περιστασιακά, ο Δ/Ι μιας γεννήτριας που βρίσκεται εκτός υπηρεσίας, κλείνει ακούσια. Ο H/N SEL-300G ανιχνεύει μια τέτοια κατάσταση, επιτηρώντας την τάση, το ρεύμα ή άλλων καταστάσεων που μπορεί να επιλεγούν.

Προστασία συχνότητας: Για την προστασία της συχνότητας, παρέχονται στοιχεία υπερ/υποσυχνότητας έξι επιπέδων, που ανιχνεύουν τις μη κανονικές καταστάσεις λειτουργίας της γεννήτριας. Τα στοιχεία αυτά έχουν χρονοκαθυστέρηση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για συναγερμό ή/και για ενεργοποίηση του Δ/Ι της γεννήτριας.

Στο παράρτημα 3, φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του H/N, καθώς και τα διαγράμματα καλωδίωσης για διάφορες συνδέσεις M/T και μεθόδους γείωσης γεννήτριας.

6.3. Ρυθμίσεις στοιχείων του H/N

Στις επόμενες παραγράφους, περιγράφονται οι ρυθμίσεις των στοιχείων του H/N SEL-300G και εξηγούνται οι τρόποι με τους οποίους αυτές προσδιορίστηκαν, για το συγκεκριμένο σενάριο φόρτισης της γεννήτριας. Οι συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται, είναι αυτοί που εμφανίζονται στο εγχειρίδιο χρήσης του H/N SEL-300G και βάση των οποίων γίνεται η εισαγωγή των τιμών των ρυθμίσεων σε αυτόν. Όλα τα μεγέθη (ρεύμα, τάση, αντίσταση, ισχύς), είναι ανηγμένα σε τιμές δευτερεύοντος. Στο παράρτημα 4, παρατίθενται συμπληρωμένα με τις εκάστοτε τιμές, τα φύλλα ρυθμίσεων του H/N SEL-300G.

Να σημειωθεί ότι για κάποια από τα παρεχόμενα στοιχεία του H/N, δε ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν οι ρυθμίσεις τους, για μια σειρά από λόγους. Το στοιχείο της διαφορικής προστασίας π.χ., ρυθμίζεται μόνο πειραματικά, κατά τη θέση σε λειτουργία της εγκατάστασης, για το λόγο ότι μόνο υπό πραγματικές συνθήκες

μπορούν να προσδιοριστούν οι συνθήκες ισορροπίας της προστασίας. Άλλα πάλι στοιχεία, απαιτούσαν δεδομένα που παρέχονται από τον κατασκευαστή της γεννήτριας, όπως το στοιχείο προστασίας συχνότητας, ή που αφορούσαν απαιτήσεις του συστήματος, όπως το στοιχείο υπέρ/υπότασης και που δε στάθηκε δυνατό να βρεθούν. Τέλος οι ρυθμίσεις κάποιων στοιχείων, όπως της προστασίας από υπερ-ροή, προσδιορίστηκαν βάση των ελάχιστων απαιτήσεων, όπως αυτές καθορίζονται κατά IEC ή κατά IEEE.

6.3.1. Αρχικές ρυθμίσεις

Ταυτότητα H/N: RID = GENERATOR
 Ταυτότητα Ζυγού: TID = BUS 4

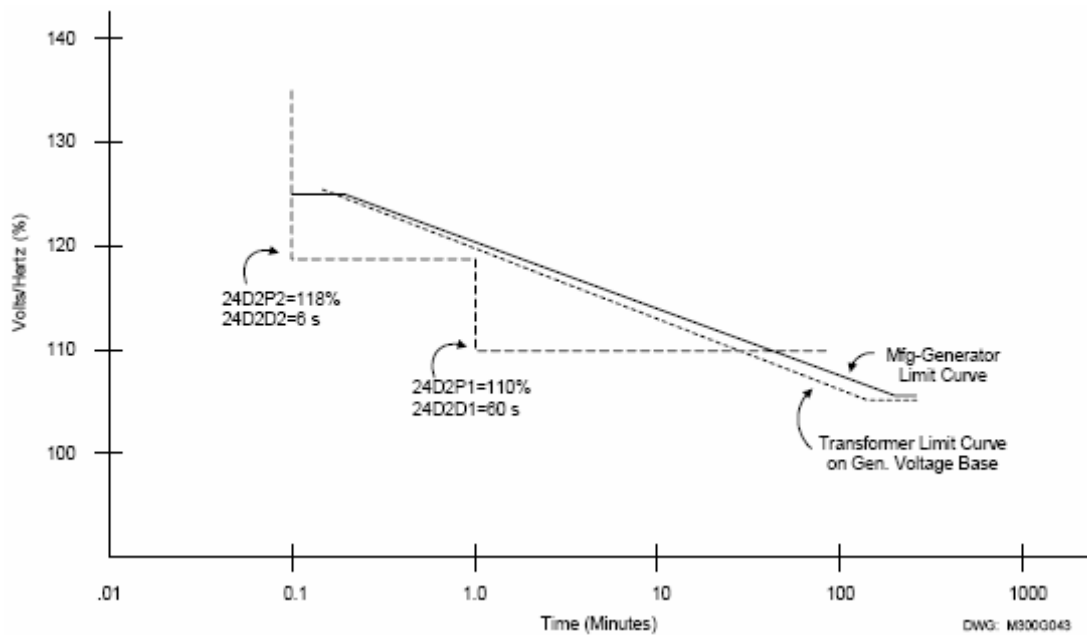
Από τα ονομαστικά μεγέθη ρεύματος και τάσης της γεννήτριας, επιλέχθηκαν M/E με ρεύμα δευτερεύοντος 5 A και M/T με τάση δευτερεύοντος 110 V. Η σύνδεση της γεννήτριας είναι κατά αστέρα και η διαδοχή φάσεων ABC.

Λόγος M/E φάσης (IA, IB, IC): CTR = 4000
 Λόγος M/T φάσης (VA, VB, VC): PTR = 218.18
 Ονομαστική τάση Μηχανής: VNOM = 110.0
 Ονομαστικό ρεύμα Μηχανής: INOM = 5.0
 Ονομαστική συχνότητα: FNOM = 50
 Διαδοχή φάσεων: PHROT = ABC

6.3.2. Στοιχείο Τάσης/Συχνότητα

Καταστάσεις υπερδιέγερσης λαμβάνουν χώρα, όταν ο μαγνητικός πυρήνας μιας γεννήτριας ή ενός Μ/Σ ισχύος κορεστεί. Όταν συμβαίνει αυτό, προκαλείται η διασπορά της μαγνητικής ροής, σε στοιχεία τα οποία δεν είναι σχεδιασμένα να τη φέρουν. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης, είναι η υπερθέρμανση και κατά συνέπεια η ζημιά του εξοπλισμού. Η τιμή του πρώτου επιπέδου προστασίας που παρέχει ο H/N SEL-300G, ρυθμίζεται ώστε να δίνει ένα σήμα συναγερμού όταν ανιχνεύονται καταστάσεις υπερδιέγερσης και με σχετικά μεγάλη χρονοκαυστήρηση

για να αποφεύγονται οι συναγερμοί, λόγω διάφορων μεταβατικών καταστάσεων που μπορεί να συμβούν στο σύστημα. Το δεύτερο επίπεδο χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του Δ/I της γεννήτριας και η ρύθμισή του βασίστηκε στο σχήμα 6.3. που είναι παρόμοιο με το σχήμα 4.5.4-1 που βρίσκεται στο IEEE C37.102: 1987 IEEE Guide for AC Generator Protection.



Σχήμα 6.3. Χαρακτηριστική καθυστέρησης χρόνου δύο επιπέδων της Τάσης/Συχνότητα

Enable Volts/Hertz Protection (Y, N)	E24 = Y
Level 1 Volts/Hertz Pickup (100–200%)	24D1P = 105
Level 1 Time Delay (0.00–400.00 s)	24D1D = 5.00
Level 2 Composite Curve Shape (OFF, DD, ID, I)	24CCS = DD
Level 2 Pickup One (100–200%)	24D2P1 = 110
Level 2 Time-Delay One (0.00–400.00 s)	24D2D1 = 60.00
Level 2 Pickup Two (100–200%)	24D2P2 = 118
Level 2 Time-Delay Two (0.00–400.00 s)	24D2D2 = 6.00
Level 2 Reset Time (0.00–400.00 s)	24CR = 240.00

6.3.3. Στοιχείο αντίστροφης/χαμηλής – ορθής φοράς ροής ισχύος

Όταν για κάποιο λόγο, λάβει χώρα απώλεια της κινητήριας μονάδας σε μια γεννήτρια που είναι συνδεδεμένη στο σύστημα, τότε αυτή θα συμπεριφερθεί σα σύγχρονος κινητήρας, για να οδηγήσει τον άξονα της κινητήριας μονάδας της. Στις κινητήριες μονάδες αμμοστροβίλων, αυτό μπορεί να προκαλέσει μεγάλες καταστροφές στο στρόβιλο ή/και επισφαλείς καταστάσεις λειτουργίας. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη ρύθμιση των δύο επιπέδων του στοιχείου, δίνονται από τον κατασκευαστή της γεννήτριας και αφορούν τα όρια αντοχής της γεννήτριας σε καταστάσεις λειτουργίας ως σύγχρονου κινητήρα. Ελλείψει τέτοιων δεδομένων, το στοιχείο ρυθμίστηκε σύμφωνα με την κοινή χρησιμοποιούμενη τακτική, όπως αυτή περιγράφηκε στο 3^ο κεφάλαιο. Το πρώτο επίπεδο του στοιχείου, εφαρμόζεται για να ενεργοποιεί το Δ/I της γεννήτριας, ενώ το δεύτερο εφαρμόζεται, είτε σαν προστασία υπερφόρτισης, είτε ως μανδάλωση για τη σωστή ακολουθία του σταματήματος της μονάδας.

Enable Reverse/Low-Forward Power Protection (Y, N)	E32 = Y
Level 1 Power Threshold (± 0.0015 to ± 3.0000 pu)	32P1P = -0.0200
Level 1 Power Time Delay (0.01–400.00 s)	32P1D = 0.50

Για χρήση του δεύτερου επιπέδου ως μανδάλωση, θέτονται οι παρακάτω ρυθμίσεις:

Level 2 Power Threshold (OFF, ± 0.0015 to ± 3.0000 pu)	32P2P = 0.0200
Level 2 Power Time Delay (0.01–400.00 s)	32P2D = 1.00

Για χρήση του δεύτερου επιπέδου ως προστασία από υπερφόρτιση, θέτονται οι παρακάτω ρυθμίσεις:

Level 2 Power Threshold (OFF, ± 0.0015 to ± 3.0000 pu)	32P2P = 1.1000
Level 2 Power Time Delay (0.01–400.00 s)	32P2D = 5.00

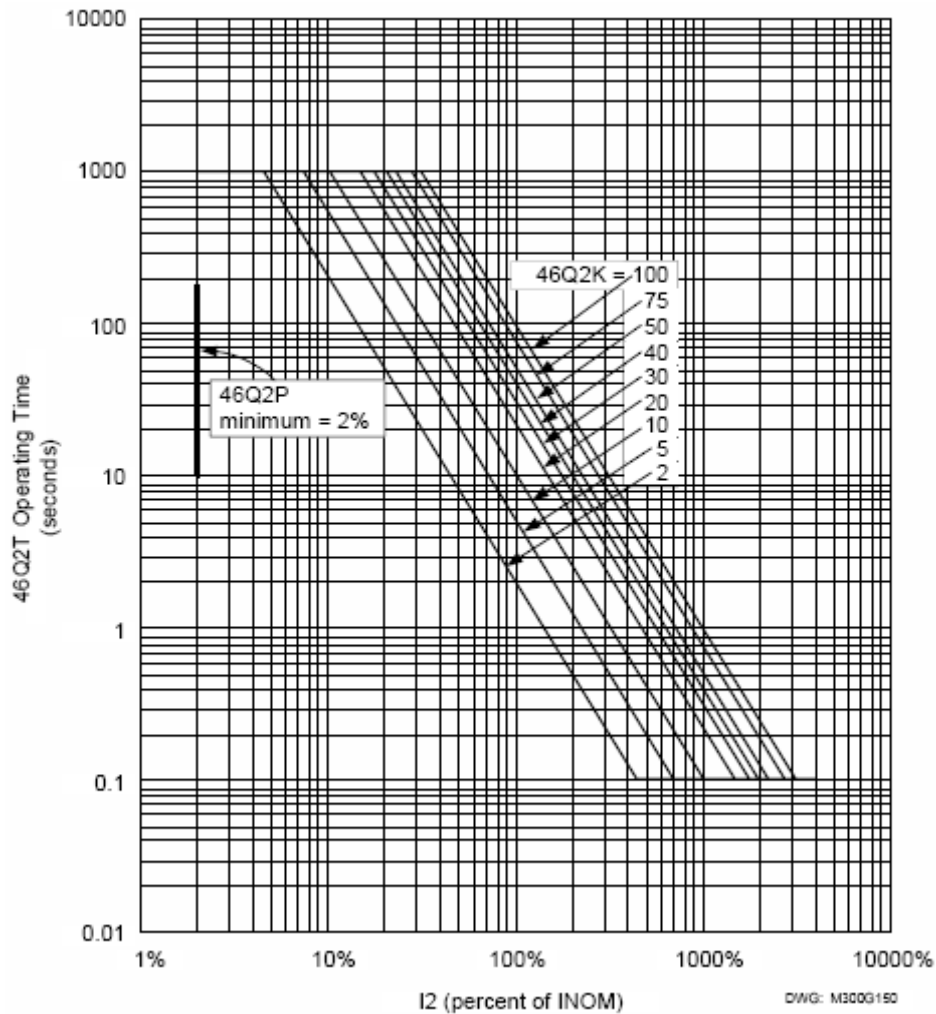
6.3.4. Στοιχείο υπερέντασης αρνητικής ακολουθίας

Η ασύμμετρη φόρτιση των φάσεων μιας γεννήτριας, μπορεί να προκαλέσει μια μεγάλη υπερθέρμανση του δρομέα. Στο πρότυπο IEEE C50.13: 1977 American National Standard Requirements for Cylindrical-Rotor Synchronous Generators, καθορίζεται η ικανότητα συνεχούς αντοχής και αντοχής βραχέως χρόνου των γεννητριών, σε ρεύματα αρνητικής ακολουθίας εκφρασμένες στη μορφή $I_2^2 \cdot t = k$. Βάση αυτού του προτύπου, προσδιορίστηκαν και οι παρακάτω ρυθμίσεις του στοιχείου. Το πρώτο επίπεδο του στοιχείου, εφαρμόζεται για να δίνει ένα σήμα συναγερμού για ασύμμετρη φόρτιση, ενώ το δεύτερο, για να ενεργοποιεί το Δ/Ι της γεννήτριας.

Enable Neg.-Seq. Overcurrent Protection (Y, N)	E46 = Y
Level 1 Neg.-Seq. O/C Pickup (OFF, 2–100%)	46Q1P = 7
Level 1 Neg.-Seq. O/C Time Delay (0.02–999.90 s)	46Q1D = 5.00
Level 2 Neg.-Seq. Time-O/C Pickup (OFF, 2–100%)	46Q2P = 8
Level 2 Neg.-Seq. Time-O/C Time-Dial (1–100 s)	46Q2K = 10

Οι χρόνοι ενεργοποίησης του δεύτερου επιπέδου του στοιχείου, φαίνονται σχήμα 6.4. και δίνονται από τον τύπο:

$$t_{op} = \frac{46Q2K}{\left(\frac{I_2}{INOM}\right)^2}$$



Σχήμα 6.4. Χαρακτηριστική λειτουργίας υπερέντασης χρόνου αρνητικής ακολουθίας

6.3.5. Στοιχεία υπερέντασης

Ο Η/Ν SEL-300G παρέχει τα ακόλουθα στοιχεία υπερέντασης:

- Δύο επίπεδα υπερέντασης φάσης σταθερού χρόνου, 50P1 και 50P2
- Δύο επίπεδα υπερέντασης ουδετέρου σταθερού χρόνου, 50N1 και 50N2
- Δύο επίπεδα υπερέντασης υπολειμματικού ρεύματος γης σταθερού χρόνου, 50G1 και 50G2
- Ένα επίπεδο υπερέντασης ουδετέρου αντιστρόφου χρόνου, 51N
- Ένα επίπεδο υπερέντασης υπολειμματικού ρεύματος γης αντιστρόφου χρόνου, 51G

Τα στοιχεία υπερέντασης φάσης, λειτουργούν χρησιμοποιώντας τη μέγιστη τιμή του μετρούμενου ρεύματος, από τους M/E φάσης. Τα στοιχεία υπερέντασης ουδετέρου, λειτουργούν χρησιμοποιώντας την τιμή του μετρούμενου ρεύματος, από το M/E ουδετέρου. Τα στοιχεία υπερέντασης υπολειμματικού ρεύματος γης, λειτουργούν χρησιμοποιώντας το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των τριών φάσεων. Όπου ο H/N χρησιμοποιείται για να προστατέψει απευθείας γειωμένες γεννήτριες, όπως στην περίπτωση μας, τότε τα στοιχεία υπερέντασης ουδετέρου και υπολειμματικού ρεύματος γης, μπορούν να ανιχνεύσουν σφάλματα γης στάτη, σε μια περιοχή του τυλίγματός του, από τη μέση και πάνω.

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η προστασία υπερέντασης για γεννήτριες μεγάλης ισχύος είναι εφεδρική, όπως επίσης και εφεδρικά μπορεί να λειτουργήσει και για την προστασία του υπόλοιπου συστήματος. Αν λάβουμε υπόψη δε και την έλλειψη δεδομένων για τις κύριες προστασίες του υπόλοιπου συστήματος, ώστε να επιτευχθούν οι κατάλληλες διαβαθμίσεις της προστασίας υπερέντασης της γεννήτριας με αυτές, οι ρυθμίσεις των στοιχείων αυτών, έχουν προσδιοριστεί με γνώμονα την καλύτερη δυνατή προστασία της γεννήτριας για την συγκεκριμένη φόρτιση, από σφάλματα που μπορεί να συμβούν σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου. Είναι λοιπόν προφανές, ότι μπορεί να υπάρξουν και άλλα σενάρια προστασίας για τη συγκεκριμένη φόρτιση, όπως και για οποιαδήποτε άλλη. Κάνοντας χρήση των αποτελεσμάτων από τις αναλυτικές προσομοιώσεις των βραχυκυκλωμάτων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, για την προστασία υπερέντασης της γεννήτριας προτείνονται οι παρακάτω ρυθμίσεις.

Enable O/C Protection (Y, N) E50 = Y

Level 1 Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A) 50P1P = 11.04

Level 1 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s) 50P1D = 0.10

Ρύθμιση για 2-Φ σφάλμα στο ζυγό 3, οπότε αποκρίνεται και σε 3-Φ σφάλμα στο ζυγό αυτό. Επίσης καλύπτει 2-Φ και 3-Φ σφάλματα στο ζυγό 4. Χρόνος μηδενικός, εξαιτίας της σοβαρότητας του σφάλματος και λόγω του ότι το σφάλμα βρίσκεται στα τερματικά του Μ/Σ ανύψωσης της γεννήτριας.

Level 2 Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A)	50P2P = 5.38
Level 2 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s)	50P2D = 5.00

Ρύθμιση για 2-Φ σφάλμα στο ζυγό 2, οπότε αποκρίνεται και σε 3-Φ σφάλμα στο ζυγό αυτό. Χρόνος κατάλληλος, ώστε να προλάβουν οι προστασίες της γραμμής να εκκαθαρίσουν το σφάλμα. Εάν για κάποιο λόγο αυτές δε λειτουργήσουν, τότε με την πάροδο του συγκεκριμένου χρόνου, θα ενεργοποιηθεί ο Δ/Ι της γεννήτριας, ώστε να πάψει να τροφοδοτεί με ρεύμα το σφάλμα.

Level 1 Neutral Ground O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A)	50N1P = 12.78
Level 1 Neutral Ground O/C Time Delay (0.00–400.00 s)	50N1D = 0.10

Ρύθμιση για 2-Φ σφάλμα με γη στο ζυγό 3, οπότε αποκρίνεται και σε 3-Φ και σε 1-Φ σφάλμα στο ζυγό αυτό. Επίσης καλύπτει 1-Φ, 3-Φ και 2-Φ σφάλματα με γη στο ζυγό 4. Χρόνος μηδενικός, εξαιτίας της σοβαρότητας του σφάλματος και λόγω του ότι το σφάλμα βρίσκεται στα τερματικά του Μ/Σ ανύψωσης της γεννήτριας.

Level 2 Neutral Ground O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A)	50N2P = 5.11
Level 2 Neutral Ground O/C Time Delay (0.00–400.00 s)	50N2D = 5.00

Ρύθμιση για 2-Φ σφάλμα με γη στο ζυγό 2. Χρόνος κατάλληλος, ώστε να προλάβουν οι προστασίες της γραμμής να εκκαθαρίσουν το σφάλμα. Εάν για κάποιο λόγο αυτές δε λειτουργήσουν, τότε με την πάροδο του συγκεκριμένου χρόνου, θα ενεργοποιηθεί ο Δ/Ι της γεννήτριας, ώστε να πάψει να τροφοδοτεί με ρεύμα το σφάλμα.

Level 1 Residual Ground O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A)	50G1P = 0.25
Level 1 Residual Ground O/C Time Delay (0.00–400.00 s)	50G1D = 0.10

Χρήση της ελάχιστης ρύθμιση της κλίμακας του H/N για να καλυφθούν 1-Φ σφάλματα στο ζυγό 4 με αντίσταση σφάλματος R_f . Με τη ρύθμιση αυτή προκύπτει ένα γινόμενο $3 \cdot I_0 = 1000$ A, το οποίο εμφανίζεται σε 1-Φ σφάλματα με αντίσταση σφάλματος της τάξης των 13 Ω και κάτω. Αν και το ρεύμα στις φάσεις δεν ανυψώνεται σε επικίνδυνα επίπεδα, δε παύει το σφάλμα να είναι σοβαρό και να

λαμβάνει χώρα στα τερματικά της γεννήτριας, οπότε ο χρόνος εκκαθάρισης θα πρέπει να είναι πρακτικά ακαριαίος.

6.3.6. Στοιχείο απώλειας πεδίου

Η απώλεια της διέγερσης μιας γεννήτριας, έχει σαν αποτέλεσμα αυτή να συμπεριφέρεται σα γεννήτρια επαγωγής. Η ταχύτητα του δρομέα αυξάνει, η ενεργός ισχύ εξόδου μειώνεται και η γεννήτρια απορροφά άεργο ισχύ από το σύστημα. Υπό αυτές τις συνθήκες, επάγονται μεγάλα ρεύματα στο δρομέα, ενώ το ρεύμα του στάτη μπορεί να φτάσει τα 2 α.μ., προκαλώντας μια επικίνδυνη υπερθέρμανση σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Ο H/N SEL-300G ανιχνεύει την απώλεια της διέγερσης με τη χρήση δύο μετατοπισμένων κύκλων Mho. Είναι κοινή πρακτική, οι ρυθμίσεις αυτών των κύκλων να παίρνουν κάποιες συγκεκριμένες τιμές, που η πράξη έχει αποδείξει ότι αποδίδουν. Στο προηγούμενο κεφάλαιο, στη μελέτη της μεταβατικής ευστάθειας του δικτύου σε κατάσταση απώλειας της διέγερσης, προσδιορίστηκαν οι γεωμετρικοί τόποι της άεργου ισχύος και της σύνθετης αντίστασης, όπως αυτές “φαίνονται” από τα τερματικά της γεννήτριας, σε διαγράμματα P-Q και R-X αντίστοιχα. Σκοπός είναι να εξετασθεί εάν αυτές οι τιμές των ρυθμίσεων των κύκλων, είναι ικανές να προστατεύσουν τη γεννήτρια για αυτή τη συγκεκριμένη φόρτιση. Με τη βοήθεια και πάλι του MATHCAD, σχεδιάζουμε σε κοινό διάγραμμα R-X το γεωμετρικό τόπο της σύνθετης αντίστασης και τους κύκλους Mho, κάνοντας χρήση των τιμών που αναφέρονται στην παράγραφο 4.2.3. του 4^{ου} κεφαλαίου και που παρατίθενται παρακάτω για καλύτερη εποπτεία. Να σημειωθεί ότι οι υπολογισμοί γίνονται σε τιμές δευτερεύοντος.

Ζώνη 1^η :

$$\text{Διάμετρος στοιχείου σύνθετης αντίστασης} = \frac{kV^2}{MVA} \cdot \left(\frac{CT}{PT} \right) = 12.72 \Omega$$

$$\text{Μετατόπιση στοιχείου σύνθετης αντίστασης} = -0.5X'_d \cdot \left(\frac{CT}{PT} \right) = -1.46 \Omega$$

Ζώνη 2^η :

$$\text{Διάμετρος στοιχείου σύνθετης αντίστασης} = X_d \cdot \left(\frac{CT}{PT} \right) = 24.04 \Omega$$

$$\text{Μετατόπιση στοιχείου σύνθετης αντίστασης:} = -0.5X'_d \cdot \left(\frac{CT}{PT} \right) = -1.46 \Omega$$

$$\text{Χρονική καθυστέρηση ενεργοποίησης} \quad t = 0.5s - 10s$$

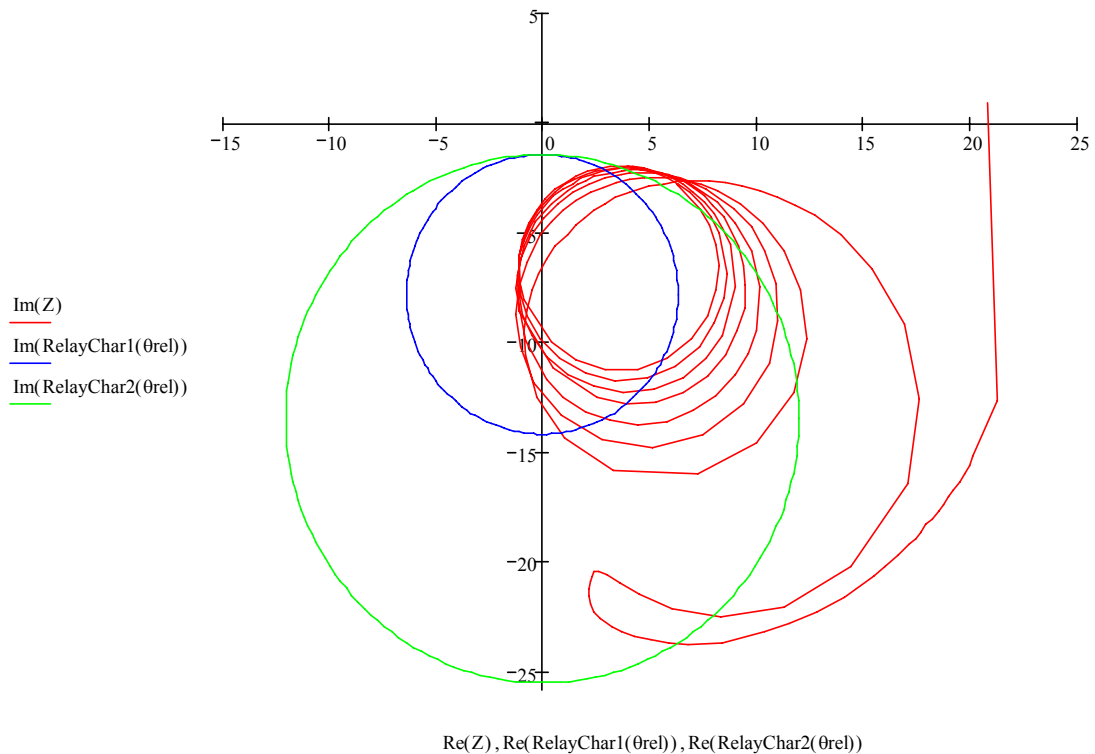
$$\text{Mho_offset1} := -j \cdot (1.46 + 6.36) \quad \text{Mho_radius1} := 6.36 \quad \theta_{\text{rel}} := 0\text{deg}, 2\text{deg} \dots 360\text{deg}$$

$$\text{RelayChar1}(\theta_{\text{rel}}) := \text{Mho_offset1} + \text{Mho_radius1} \cdot e^{j \cdot \theta_{\text{rel}}}$$

$$\text{Mho_offset2} := -j \cdot (1.46 + 12.02) \quad \text{Mho_radius2} := 12.02$$

$$\text{RelayChar2}(\theta_{\text{rel}}) := \text{Mho_offset2} + \text{Mho_radius2} \cdot e^{j \cdot \theta_{\text{rel}}}$$

Στο σχήμα 6.5. που φαίνεται στην επόμενη σελίδα, παρατηρούμε ότι από το πρώτο κιάλας δευτερόλεπτο της απώλειας της διέγερσης, ο γεωμετρικός τόπος της σύνθετης αντίστασης, εισέρχεται και στις δύο ζώνες προστασίας και στη συνέχεια ταλαντώνεται εντός σχεδόν αυτών, κάτι που επιβεβαιώνει και το ορθό των ρυθμίσεων των δύο ζωνών. Η ρύθμιση του χρόνου ενεργοποίησης της πρώτης ζώνης πρέπει να είναι μικρή, ώστε να παρέχει σχεδόν ακαριαία ενεργοποίηση της προστασίας, αφού για να εισέλθει το ίχνος σε αυτή την περιοχή, έχει σίγουρα λάβει χώρα απώλεια της διέγερσης. Η ρύθμιση του χρόνου ενεργοποίησης της δεύτερης δε ζώνης, πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να αποφεύγεται η λειτουργία του στοιχείου κατά τη διάρκεια ταλαντώσεων ισχύος, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν την προσωρινή είσοδο του ίχνους της σύνθετης αντίστασης στην περιοχή λειτουργίας.



Σχήμα 6.5. Κύκλοι Mho και χαρακτηριστική αποσυγχρονισμού της γεννήτριας

Enable Loss-of-Field Protection (Y, N)	E40 = Y
Zone 1 Mho Diameter (OFF, 0.1–100.0 Ω, 5 A relay)	40Z1P = 12.7
Zone 1 Offset Reactance (-50.0–0.0 Ω, 5 A relay)	40XD1 = -1.4
Zone 1 Pickup Time Delay (0.00–400.00 s)	40Z1D = 0.50
Zone 2 Mho Diameter (OFF, 0.1–100.0 Ω, 5 A relay)	40Z2P = 24.1
Zone 2 Offset Reactance (-50.0–50.0 Ω, 5 A relay)	40XD2 = -1.4
Zone 2 Pickup Time Delay (0.00–400.00 s)	40Z2D = 5.00

6.3.7. Στοιχεία απόστασης

Ο H/N SEL-300G, παρέχει ένα στοιχείο αποστάσεως δύο ζωνών, σχεδιασμένο για εφεδρική προστασία αποστάσεως σε 2-Φ και 3-Φ σφάλματα στο σύστημα. Σε μια τυπική εφαρμογή, η ζώνη 1 μπορεί να τεθεί ώστε να “φτάνει” μέχρι το M/Σ ανύψωσης της γεννήτριας, με μια μικρή χρονοκαθυστέρηση, για να παρέχει εφεδρική προστασία από 2-Φ σφάλματα στο τύλιγμα χαμηλής τάσης και στους μονωτήρες διέλευσης. Τότε η ζώνη 2 μπορεί να τεθεί ώστε να “φτάνει” πέρα από το M/Σ ανύψωσης, κάπου μέσα στο σύστημα, με μια μεγαλύτερη χρονοκαθυστέρηση.

Ελείπει δεδομένων που αφορούν το σύστημα, αρκεστήκαμε στην εφαρμογή της πρώτης ζώνης όπως αυτή περιγράφηκε παραπάνω. Σημειώνεται ότι το MTA1 προέκυψε από τον τύπο: $\arg(Z1R+Z_{M\Sigma})$.

Enable System Backup Protection (N, D, DC, V, C)	EBUP = D
Zone 1 Phase Distance Reach (OFF, 0.1 to 100.0 ohms)	Z1R = 24.0
Zone 1 Phase Distance Offset (0.0 to 10.0 ohms)	Z1O = 24.0
Zone 1 Maximum Torque Angle (90 to 45 degrees)	MTA1 = 89.83

Παράρτημα Α: Ορολογία

A

Active current component: ενεργός συνιστώσα του ρεύματος

Adequate protection: επαρκής προστασία

Air gap: διάκενο αέρος

Air-break circuit breaker: διακόπτης ισχύος αέρος

Alarm signal: σήμα κινδύνου

Alternator: εναλλακτήρας

Ambient temperature: θερμοκρασία περιβάλλοντος

American National Standards Institute (A.N.S.I.): Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης

Amortisseur winding: τύλιγμα απόσβεσης

Ampere turns: αμπερελίγματα

Arc blow-out coils: πηνία σβέσης τόξου

Armature: τύμπανο (της διεγέρτριας)

Asynchronous running: ασύγχρονη περιστροφή

Auto recloser: διακόπτης κύκλων πτώσης- αυτόματης επαναφοράς

Automatic voltage regulator (A.V.R.): αυτόματος ρυθμιστή τάσης

Auxiliary contact: βοηθητική επαφή

Availability: διαθεσιμότητα

B

Back-up protection: εφεδρική προστασία

Balanced loading: συμμετρική φόρτιση

Bearing: έδρανο

Bias slope: ποσοστιαία κλίση πόλωσης

Biased differential technique: τεχνική ρεύματος πόλωσης και ρεύματος διαφορών

Blinder: παρωπίδα

Breaker duty: ικανότητα του διακόπτη

Brushes: ψήκτρες

Brushless: χωρίς ψήκτρες

Burden: αντίσταση εισόδου

Bus (busbar): ζυγός

Bushing: μονωτήρες διέλευσης

C

- Calculation module: εργαλείο υπολογισμού
- Capacitive coupling: χωρητική ζεύξη
- Capital investment: επένδυση κεφαλαίων
- Centrifugal force: φυγόκεντρος δύναμη
- Circuit breaker (CB): διακόπτης ισχύος (Δ/I)
- Combustion turbine generator: γεννήτρια εσωτερικής καύσης
- Commissioning: θέση σε λειτουργία
- Communication link: σύνδεση επικοινωνίας
- Complex function: μιγαδική συνάρτηση
- Condenser: συμπυκνωτής
- Conductor: επαφείας
- Coordination: διαβάθμιση
- Copper conductor: αγωγός χαλκού
- Core fault: σφάλμα πυρήνα
- Core laminations: ελάσματα πυρήνα
- Cumulative lifetime duration: αθροιστική διάρκεια ζωής
- Current injection: έγχυση ρεύματος
- Current transformer (CT): μετασχηματιστής έντασης (M/E)
- Current transformer phase angle error: σφάλμα φασικής γωνίας μετασχηματιστή έντασης
- Cylindrical rotor generator: γεννήτρια κυλινδρικού δρομέα

D

- Data signal: σήμα δεδομένων
- Definite time: σταθερού χρόνου
- Deterioration: φθορά
- Device: συσκευή
- Differential protection: διαφορική προστασία
- Digital relay: ψηφιακός ηλεκτρονόμος
- Diode bridge: γέφυρα διόδων
- Diode failure: αστοχία διόδου
- Direct axis: ευθύς άξονας

Direct connected generators: απευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες
Directional protection: προστασία κατεύθυνσης
Discrimination: διάκριση
Dismantling: αποσυναρμολόγηση
Distance relay: ηλεκτρονόμος αποστάσεως
Distribution system: σύστημα διανομής
Distribution transformer earthing: γείωση μέσω μετασχηματιστή διανομής
Double-ended machine: μηχανή διπλής κατάληξης
Downstream: προς τα κατάντη
Drop-off time: οριακός χρόνος αποδιέγερσης
Dumper winding: τύλιγμα απόσβεσης
Duplication of equipment: εις διπλούν χρησιμοποίηση του εξοπλισμού
Dynamic performance: δυναμική συμπεριφορά

E

Earth fault protection: προστασία σφάλματος γης
Earthing: γείωση
Eddy-currents: διννορεύματα
Electrical center: ηλεκτρικό κέντρο
Electrical energy: ηλεκτρική ενέργεια
Electro motive force (e.m.f.): ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.)
Electromechanical relay: ηλεκτρομηχανικός ηλεκτρονόμος
Embedded generation: εγκατάσταση ιδιοπαραγωγής
Equipment items: στοιχεία εξοπλισμού
Erosion: διάβρωση
Excitation system: σύστημα διέγερσης
Extremely high volt (E.H.V.) system: σύστημα υπερ-υψηλής τάσης (Υ.Υ.Τ.)

F

Fault: σφάλμα
Feedback: ανάδραση
Feeder: άπειρο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας
Ferro resonance: σιδηρομαγνητικός (φερομαγνητικός) συντονισμός

Field discharge resistor: αντίσταση εκφόρτισης πεδίου
Field failure protection: προστασία απώλειας πεδίου
Field flux: μαγνητική ροή πεδίου
Field suppression: καταστολή πεδίου
Field winding shunt capacitance: χωρητικότητα του τυλίγματος πεδίου
Field winding: τύλιγμα πεδίου
Field-forcing capability: ικανότητα επιβολής πεδίου
Flashover: ηλεκτρική εκκένωση, τόξο
Fluctuation: διακύμανση
Flux density: πυκνότητα (μαγνητικής) ροής
Frequency band: ζώνη συχνότητας
Full load: πλήρες φορτίο
Fuse: ασφάλεια

G

Gas ducts: αυλοί αερίου
Gas turbine: αεριοστρόβιλος
Generation system: σύστημα παραγωγής
Generator capability: ικανότητα φόρτισης της γεννήτριας
Generator negative sequence withstand capability: ικανότητα αντοχής της γεννήτριας σε ρεύματα αρνητικής ακολουθίας
Generator saturation characteristic: χαρακτηριστική κορεσμού γεννήτριας
Governor: αυτόματος ρυθμιστής στροφών στροβίλου
Ground fault neutralizer grounding (tuned inductive reactor): γείωση με εξουδετέρωση σφάλματος γης (επαγωγική αντίδραση συντονισμού)
Grounding transformer: μετασχηματιστής γείωσης
Grounding: γείωση

H

High volt (H.V.) switchyard: υποσταθμός υψηλής τάσης (Υ.Τ.)
High-set element: στοιχείο υψηλής ρύθμισης
Hydrogen cooling technique: τεχνική ψύξης με υδρογόνο
Hydro-turbine generator: γεννήτρια υδροστροβίλου

I

Impedance diagram: διάγραμμα σύνθετης αντίστασης (διάγραμμα R-X)

Impedance relay: ηλεκτρονόμος σύνθετης αντίστασης

Impedance: σύνθετη αντίσταση

In service: σε υπηρεσία

Inadvertent energisation protection: προστασία ακούσιας ενεργοποίησης

Inertia constant: σταθερά αδράνειας

Indirectly connected generators: έμμεσα συνδεδεμένες γεννήτριες

Induction motor: κινητήρας επαγωγής

Inductive energy: επαγωγική ενέργεια

Injection source: πηγή έγχυσης

Inlet valves: βαλβίδες εισαγωγή (ατμού)

Instantaneous: ακαριαία, στιγμιαία

Institute of Electrical and Electronic Engineers (I.E.E.E.): Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Interconnected system: διασυνδεδεμένο σύστημα

Internal programmable logic: εσωτερική προγραμματιζόμενη λογική

Interposing current transformer: ενδιάμεσος μετασχηματιστής έντασης

Inter-turn fault: σφάλμα μεταξύ σπειρών του ίδιου τυλίγματος (του ίδιου πηνίου και της ίδιας φάσης)

Inverse definite minimum time (I.D.M.T.): αντίστροφου σταθερού ελάχιστου χρόνου

Inverse time: αντιστρόφου χρόνου

Iron core: πυρήνας σιδήρου

Iron saturation: κορεσμός σιδήρου

Isochronous: ισόχρονος

Isolated system: απομονωμένο σύστημα, μη διασυνδεδεμένο σύστημα

K

Kinetic energy: κινητική ενέργεια

L

Leading power factor: συντελεστής ισχύος προπορείας (χωρητικός)

Lenticular characteristic: φακοειδής χαρακτηριστική

Load rejection: απόρριψη φορτίου
Local back-up protection: τοπική εφεδρική προστασία
Locus: γεωμετρικός τόπος
Loop: βρόχος
Loss of excitation: απώλεια διέγερσης
Loss of synchronism: απώλεια συγχρονισμού
Loss of vacuum: απώλεια του κενού
Low burden input: χαμηλή αντίσταση εισόδου
Low forward power protection: προστασία χαμηλής ισχύος ορθής φοράς
Low pressure end of the turbine: τμήμα χαμηλής πίεσης του στροβίλου
Low pressure turbine blades: πτερύγια χαμηλής πίεσης στροβίλου
Low-pass tuned circuit: βαθυπερατό φίλτρο

M

Magnetizing inrush current: ρεύμα μαγνήτισης ζεύξης
Magneto motive force (m.m.f.): μαγνητεγερτική δύναμη
Main protection system: κύριο σύστημα προστασίας
Maximum continuous rating (R.C.A.): μέγιστη ονομαστική συνεχούς λειτουργίας
Mechanical protection: μηχανολογική προστασία
Mechanical resonance: μηχανικός συντονισμός
Mechanical stress: μηχανική καταπόνηση
Metering class current transformer: μετασχηματιστής έντασης μετρητικής κλάσης
Miniature circuit breaker (M.C.B.): μικροαυτόματος
Minimum excitation limiter (M.E.L.): περιοριστής ελάχιστης διέγερσης

N

Negative pole: αρνητικός πόλος
Negative sequence component: συνιστώσα αρνητικής ακολουθίας
Negative sequence current: ρεύμα μηδενικής ακολουθίας
Neutral voltage displacement: μετατόπιση τάσης ουδετέρου
Nominal: ονομαστική
Non-urgent trip: μη επείγουσα ενεργοποίηση της προστασίας
Numerical relay: αριθμητικός ηλεκτρονόμος

Numerical relay: αριθμητικός ηλεκτρονόμος

O

Offset mho: μετατοπισμένος mho

One-out-of-two: διαρρύθμιση ένα από δύο

Open-circuit time constant: χρονική σταθερά ανοικτοκύκλωσης

Open-circuit: ανοικτοκύκλωση

Out of service: εκτός υπηρεσίας

Over-current element: στοιχείο υπερέντασης

Over-current protection: προστασία υπερέντασης

Over-fluxing: υπερ-ροή

Over-frequency protection: προστασία υπερσυχνότητας

Overhead line: εναέρια γραμμή μεταφοράς

Overheating: υπερθέρμανση

Overlapping zones: επικαλυπτόμενες ζώνες

Overloading: υπερφόρτιση

Over-speed: υπερτάχυνση

Over-voltage protection: προστασία υπέρτασης

P

Phase shift: μετατόπιση φάσης

Pick-up setting: οριακή ρύθμιση διέγερσης

Pick-up time: οριακός χρόνος ενεργοποίησης

Pilot circuit: κύκλωμα πιλότου

Plant: εγκατάσταση

Point of common coupling (P.C.C.): κοινό σημείο σύνδεσης

Polarizing voltage: τάση πόλωσης

Pole slipping: ολίσθηση πόλου

Positive pole: θετικός πόλος

Positive sequence component: συνιστώσα θετικής ακολουθίας

Potentiometer method: μέθοδος ποτενσιόμετρου

Power element: στοιχείο ισχύος

Power factor (p.f.): συντελεστής ισχύος

Power frequency over-voltage: υπέρταση βιομηχανικής συχνότητας
Power plant: σταθμός παραγωγής
Power system collapse: κατάρρευση συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας
Power system: σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (Σ.Η.Ε.)
Primary protection: κύρια προστασία
Prime mover: κινητήρια μονάδα
Protection engineer: μηχανικός προστασίας
Protection equipment: εξοπλισμός προστασίας
Protection principal: αρχή προστασίας
Protection scheme: σχήμα προστασίας
Protection stability: σταθεροποίηση (ευστάθεια) της προστασίας
Protection system: σύστημα προστασίας
Pumped-storage generation scheme: σχήμα σταθμού παραγωγής με δυνατότητα άντλησης και αποθήκευσης υδάτων

Q

Quadrature axis: εγκάρσιος άξονας

R

Rated: λειτουργίας
Reactance: αντίδραση
Reaction field: επαγόμενο πεδίο
Reactive current component: άεργη συνιστώσα του ρεύματος
Reactive current: άεργο ρεύμα
Reactive power: άεργος ισχύ
Rectifier: ανορθωτής
Relay characteristic angle (R.C.A.): γωνία χαρακτηριστικής ηλεκτρονόμου
Relay element: στοιχείο ηλεκτρονόμου
Relay: ηλεκτρονόμος (H/N)
Reliability: αξιοπιστία
Remote back-up protection: απομακρυσμένη εφεδρική προστασία
Remote operation centre: απομακρυσμένο κέντρο χειρισμών
Reset: επαναφορά στην αρχική κατάσταση

Residual current: υπολειμματικό (παραμένον) ρεύμα
Residual voltage: υπολειμματική (παραμένουσα) τάση
Response ratio: λόγος απόκρισης
Response speed: ταχύτητα απόκρισης
Response time: χρόνος απόκρισης
Restricted earth fault protection (R.E.F.): προστασία περιορισμένου σφάλματος γης
Reverse power protection: προστασία ισχύος αντίστροφης φοράς
Reverse torque: αντίστροφη ροπή
Ripple: κυμάτωση
Rotor: δρομέας
Rotating machine: στρεφόμενες μηχανές
Rotor angle: γωνία δρομέα
Rotor field: πεδίο (μαγνητικό) δρομέα
Rotor slot wedges: σφήνες αύλακος δρομέα
Round rotor: κυλινδρικός δρομέας
Run-down: σταμάτημα, κλείσιμο
Run-up: εκκίνηση

S

Salient-pole generator: γεννήτρια έκτυπων πόλων
Selectivity: επιλογικότητα
Self-diagnostic: αυτο-διάγνωση
Self-testing: αυτο-δοκιμή
Sensitivity: ευαισθησία
Series filter: φίλτρο σειράς
Short time withstand limit: όριο αντοχής βραχέως χρόνου
Shutdown: κλείσιμο, σταμάτημα
Site test: δοκιμή πεδίου
Slack: ζυγός ταλάντωσης ή ζυγός αναφοράς
Slip cycle: κύκλος ολίσθησης
Slip frequency current: ρεύμα συχνότητας ολίσθησης
Slip: ολίσθηση
Slip-ring: δακτύλιος επαφής ψήκτρας

Solid grounding: απευθείας γείωση (χωρίς αντίσταση γείωση)
Stability: ευστάθεια
Stable operation: ευσταθής λειτουργία
Standstill: σταματημένη, ακίνητη
Static relay: στατικό ηλεκτρονόμος
Static: στατικός
Stator: στάτης
Steady-state: μόνιμη κατάσταση
Steady-state stability limit (S.S.S.L): καμπύλη ορίου στατικής ευστάθειας
Steam turbine: ατμοστρόβιλος
Steam valves: βαλβίδες (ασφαλιστικές) ατμού
Step-up transformer: μετασχηματιστής ανύψωσης
Sub-transient reactance: υπομεταβατική αντίδραση
Super-synchronously rotation: υπερσύγχρονη περιστροφή
Supply source: πηγή τροφοδότησης
Surge arresters: απαγωγείς (κρουστικών) υπερτάσεων
Surge current: κρουστικό ρεύμα
Surge voltage: κρουστική τάση
Switchgear: διακοπτικός εξοπλισμός
Synchronizing torque: ροπή συγχρονισμού
Synchronous reactance: σύγχρονη αντίδραση
Synchronous speed: σύγχρονη ταχύτητα
System angle: γωνία συστήματος
System configuration: διαμόρφωση συστήματος
System quantity: παράμετρος του συστήματος
System stability: ευστάθεια συστήματος
System voltage collapse: κατάρρευση τάσης συστήματος

T

Tests block: μπλοκ δοκιμές
Thermal capacity: ικανότητα θερμικής φόρτισης
Three-ended protection scheme: σχήμα προστασίας τριών σημείων
Time constant: σταθερά χρόνου

Time delay: χρονική καθυστέρηση (χρονοκαθυστέρηση)
Time grade: κλιμάκωση χρόνου
Torsional frequency: στρεπτική συχνότητα
Transient over voltages: μεταβατικές υπερτάσεις
Transient power swing: μεταβατικές ταλαντώσει ισχύος
Transient reactance: μεταβατική αντίδραση
Transient response: μεταβατική απόκριση
Transmission system: σύστημα μεταφοράς
Trip circuit: κύκλωμα ενεργοποίησης
Trip: ενεργοποίηση προστασίας
Tripping batteries: μπαταρίες ενεργοποίησης
Tripping coil: πηνίο ενεργοποίησης
Tube: αγωγός ατμού
Turbo-generator: στροβιλογεννήτρια
Turns: σπείρες
Two-out-of-three: διαρρύθμιση δύο από τρία
Two-out-of-two arrangement: διαρρύθμιση δύο από δύο
Two-stage protection: προστασία δύο βαθμίδων
Type tests: δοκιμές τύπου

U

Unbalanced loading: ασύμμετρη φόρτιση
Under-current relay: ηλεκτρονόμος υποέντασης
Under-frequency protection: προστασία υποσυχνότητας
Under-impedance element: στοιχείο υπο-σύνθετης αντίστασης
Under-voltage protection: προστασία υπότασης
Unit protection: προστασία (τύπου) ομάδας
Unit system: σύστημα ομάδας
Unit transformer: μετασχηματιστής (βοηθητικών) μονάδος
Upstream: προς τα ανάντη
Utility network: δημόσιο δίκτυο

V

Vacuum pressure device: συσκευή πίεσης ατμού

Vibration detector: ανιχνευτής κραδασμών (ταλαντώμετρο)

Voltage dips: βυθίσεις τάσης

Voltage injection: έγχυση τάσης

Voltage restrained over-current protection: προστασία υπερέντασης με ανταγωνισμό τάσης

Z

Zero sequence component: συνιστώσα μηδενικής ακολουθίας

Zero sequence impedance: σύνθετη αντίσταση μηδενικής ακολουθίας

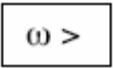
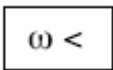
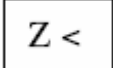
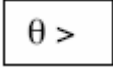
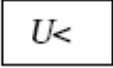
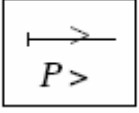
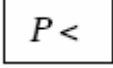
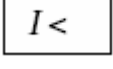
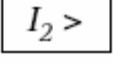
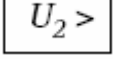

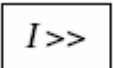
Zig-zag connection: σύνδεση κατά τεθλασμένο αστέρα

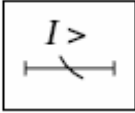
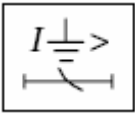
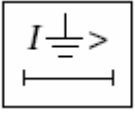
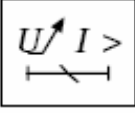
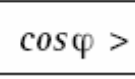
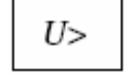
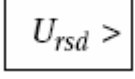
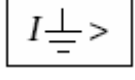
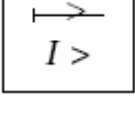
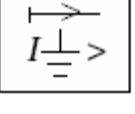
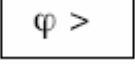
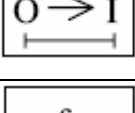
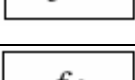
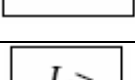
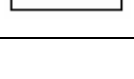
Zone of protection: ζώνη προστασίας

Παράρτημα Β: Συμβολισμοί Η/Ν

Συμβολισμοί Η/Ν κατά ANSI / IEC

Υπάρχουν δύο μέθοδοι υπόδειξης των λειτουργιών των Η/Ν προστασίας που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα. Η μία δίνεται από το πρότυπο ANSI C37-2 και χρησιμοποιεί ένα αριθμητικό σύστημα για τις διάφορες λειτουργίες. Οι αριθμοί αυτοί ενίοτε συμπληρώνονται και από κάποια γράμματα, όταν η λειτουργία έχει πρόσθετες πληροφορίες. Η άλλη δίνεται από το IEC 60617 και χρησιμοποιεί γραφικά σύμβολα. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μια σειρά από λειτουργίες των Η/Ν κατά ANSI και τα αντίστοιχα ισοδύναμα σύμβολα κατά IEC.

Περιγραφή	ANSI C37-2	IEC 60617
Η/Ν υπερτάχυνσης	12	
Η/Ν υπο-ταχύτητας	14	
Η/Ν αποστάσεως	21	
Η/Ν υπερθέρμανσης	26	
Η/Ν υπότασης	27	
Η/Ν κατεύθυνσης υπερ-ισχύος	32	
Η/Ν υπο-ισχύος	37	
Η/Ν υποέντασης	37	
Η/Ν υπερέντασης αρνητικής ακολουθίας	46	
Η/Ν υπέρτασης αρνητικής ακολουθίας	47	
Θερμικός Η/Ν	49	
Η/Ν υπερέντασης ακαριαίας λειτουργίας	50	

H/N υπερέντασης αντιστρόφου χρόνου	51	
H/N υπερέντασης αντιστρόφου χρόνου σφάλματος γης	51G	
H/N υπερέντασης σταθερού χρόνου σφάλματος γης	51N	
H/N υπερέντασης με έλεγχο/ανταγωνισμό τάσης	51V	
H/N συντελεστή ισχύος	55	
H/N υπέρτασης	59	
H/N μετατόπισης ουδετέρου	59N	
H/N σφάλματος γης	64	
H/N κατεύθυνσης υπερέντασης	67	
H/N κατεύθυνσης σφάλματος γης	67N	
H/N φασικής γωνίας	78	
H/N κύκλων πτώσης αυτόματης επαναφοράς	79	
H/N υποσυχνότητας	81U	
H/N υπερσυχνότητας	81O	
H/N διαφορικής προστασίας	87	

**Παράρτημα C: Τεχνικά χαρακτηριστικά και
διαγράμματα καλωδίωσης του H/N SEL – 300G**

Specifications

General

Terminal Connections:

Tightening Torque

Terminal Block: Minimum: 8 in-lb (0.9 Nm)
Maximum: 12 in-lb (1.4 Nm)

Connectorized: Minimum: 4.4 in-lb (0.5 Nm)
Maximum: 8.8 in-lb (1.0 Nm)

Terminals or stranded copper wire. Ring terminals are recommended.
Minimum temperature rating of 105°C.

AC Current Inputs:

5 A Nominal 15 A continuous, linear to 100 A symmetrical.
500 A for 1 second.
250 A for 1 cycle.

Burden: 0.27 VA @ 5 A
2.51 VA @ 15 A

1 A Nominal 3 A continuous, linear to 20 A symmetrical.
100 A for 1 second.
250 A for 1 cycle.

Burden: 0.13 VA @ 1 A
1.31 VA @ 3 A

AC Voltage Inputs:

80–208 V_{L-L}
Nominal, for 4-wire wye voltage input.

80–140 V_{L-L}
Nominal, for 3-wire delta voltage input.

300 V_{L-N} continuous limit for 3-phase, 4-wire wye-connection.

300 V_{L-L} continuous limit for 3-phase, 3-wire delta-connection.

300 V continuous, V_{N-NN} neutral voltage input.

300 V continuous, V_{S-NS} synch voltage input.

365 Vac for 10 seconds.

Burden: 0.13 VA @ 67 V
0.45 VA @ 120 V
0.80 VA @ 300 V

Power Supply:

125/250 Vdc or Vac

Range: 85–350 Vdc or 85–264 Vac

Burden: <25 W

48/125 Vdc or 125 Vac

Range: 38–200 Vdc or 85–140 Vac

Burden: <25 W

24/48 Vdc

Range: 18–60 Vdc polarity dependent

Burden: <25 W

Output Contacts:

Standard

Make: 30 A

Carry: 6 A @ 70°C
4 A @ 85°C

1 s Rating: 50 A

MOV: 270 Vac, 360 Vdc, 40 J

Pickup Time: < 5 ms

Dropout Time: < 8 ms, typical

Breaking Capacity (10,000 operations):

24 V	0.75 A	L/R = 40 ms
48 V	0.50 A	L/R = 40 ms
125 V	0.30 A	L/R = 40 ms
250 V	0.20 A	L/R = 40 ms

Cyclic Capacity (2.5 cycles/second):

24 V	0.75 A	L/R = 40 ms
48 V	0.50 A	L/R = 40 ms
125 V	0.30 A	L/R = 40 ms
250 V	0.20 A	L/R = 40 ms

High Current Interruption Option:

Make: 30 A

Carry: 6 A @ 70°C
4 A @ 85°C

MOV: 330 Vdc, 130 J

Pickup time: < 5 ms

Dropout time: < 8 ms, typical

Breaking Capacity (10,000 operations):

24 V	10 A	L/R = 40 ms
48 V	10 A	L/R = 40 ms
125 V	10 A	L/R = 40 ms
250 V	10 A	L/R = 20 ms

Cyclic Capacity (4 cycles in 1 second, followed by 2 minutes idle for thermal dissipation):

24 V	10 A	L/R = 40 ms
48 V	10 A	L/R = 40 ms
125 V	10 A	L/R = 40 ms
250 V	10 A	L/R = 20 ms

Note: Do not use high current interrupting output contacts to switch ac control signals. These outputs are polarity dependent.

Note: Make per IEEE C37.90: 1989; Breaking and Cyclic Capacity per IEC 60255-23: 1994.

Optoisolated Inputs:

250 Vdc: Pickup 200–300 Vdc
Dropout 150 Vdc

220 Vdc: Pickup 176–264 Vdc
Dropout 132 Vdc

125 Vdc: Pickup 105–150 Vdc
Dropout 75 Vdc

110 Vdc: Pickup 88–132 Vdc
Dropout 66 Vdc

48 Vdc: Pickup 38.4–60 Vdc
Dropout 28.8 Vdc

24 Vdc: Pickup 15.0–30 Vdc

Note: 24, 48, 125, 220, and 250 Vdc optoisolated inputs draw approximately 5 mA of current and 110 Vdc inputs draw approximately 8 mA of current. All current ratings are at nominal input voltages.

Frequency and Rotation:

System Frequency: 60 or 50 Hz

Phase Rotation: ABC or ACB

Frequency Tracking

Range: 20–70 Hz

Note: V_A required for frequency tracking.

Communications Ports:

EIA-232: 1 front and 2 rear

EIA-485: 1 rear

Baud rate: 300–38400

Time-Code Input:

Relay accepts demodulated IRIG-B time-code input at Port 2.

Relay time is synchronized to within ±5 ms of time-source input.

Dimensions:

See Figure 5.1 for exact relay dimensions.

Operating Temperature:

–40° to +85°C (–40° to +185°F)

Note: LCD contrast impaired for temperatures below –20°C.

Weight:

2U Rack Unit:	Minimum: 13.5 lbs (6.2 kg) Maximum: 15 lbs (6.8 kg)
3U Rack Unit:	Minimum: 16.5 lbs (7.5 kg) Maximum: 18.5 lbs (8.4 kg)

Certifications:

ISO: Relay is designed and manufactured using ISO-9001 certified quality program.
UL/CSA: UL listed to UL-508 and CSA certified to C22.2 No.14-95.
CE: Mark (available only in screw-terminal block version).

Type Tests:

Cold:	IEC 60068-2-1: 1990 [EN 60068-2-1: 1993], Test Ad; 16 hr @ -40°C
Dry Heat:	IEC 60068-2-2: 1974 [EN 60068-2-2: 1993], Test Bd; 16 hr @ +85°C
Damp Heat, Cyclic:	IEC 60068-2-30: 1980, Test Db; 25° to 55°C, 6 cycles, 95% humidity
Dielectric Strength:	IEC 60255-5: 2000, IEEE C37.90: 1989, 2500 Vac on analogs, contact inputs, and contact outputs; 3100 Vdc on power supply; 2200 Vdc on EIA-485 communications port. Type tested for 1 minute.
Impulse:	IEC 60255-5: 2000, 0.5 J, 5000 V
Vibration:	IEC 60255-21-1: 1988 [EN 60255-21-1: 1995], Class 1 Endurance, Class 2 Response
Shock and Bump:	IEC 60255-21-2: 1988 [EN 60255-21-2: 1995], Class 1 Shock Withstand, Class 2 Shock Response
Seismic:	IEC 60255-21-3: 1993 [EN 60255-21-3: 1995], Class 2
1 MHz Burst Disturbance:	IEC 60255-22-1: 1988, Class 3 (2500 V common and differential mode)
Emissions: Conducted Radio Frequency:	IEC 60255-25: 2000 ENV 50141: 1993 10 V/m, IEC 61000-4-6: 1996 [EN 61000-4-6: 1996] 10 V/m, IEC 60255-22-6: 2001 10 V/m
Digital Radio Telephone RF:	ENV 50204: 1995 10 V/m at 900 MHz and 1.89 GHz
Electrostatic Discharge:	IEC 60255-22-2: 1996 [EN 60255-22-2: 1996], IEC 61000-4-2: 1995 [EN 61000-4-2: 1995], Level 1,2,3,4 IEEE C37.90.3: 2001 Severity: 2, 4, 8 kV Contact: 4, 8, 15 kV air
Radiated Radio Frequency:	ENV 50140: 1993 10 V/m, IEC 60255-22-3: 2000 10 V/m, IEC 61000-4-3: 1998 10 V/m, IEEE C37.90.2: 1995 35 V/m, no keying test, frequency elements accurate to 0.1 Hz
Fast Transient Disturbance:	IEC 60255-22-4: 1992 [EN 60255-22-4: 1992] 4 kV at 2.5 kHz and 5 kHz, EN 61000-4-4: 1995 [EN 61000-4-4: 1995], 4 kV at 2.5 kHz and 5 kHz
Object Penetration and Dust Ingress:	IEC 60529: 1989 [EN 60529: 1992] IP30
Protection Against Splashing Water:	IEC 60529: 1989 [EN 60529: 1992] IP54 from the front panel using the SEL-9103
Surge Withstand:	IEC 60255-22-1: 1998, 2.5 kV peak common mode, 2.5 kV peak differential mode, IEEE C37.90.1: 1989 3.0 kV oscillatory, 5.0 kV fast transient, IEEE C37.90.1/D6, 2.5 kV peak common mode, 2.5 kV differential mode oscillatory, 4 kV at 2.5 kV and 5 kHz fast transient
Generic Standard	EN 50082-2: 1995

Processing Specifications

AC Voltage and Current Inputs:

16 samples per power system cycle, 3 dB low-pass filter cut-off frequency of 560 Hz.

Digital Filtering:

One cycle cosine after low-pass analog filtering.

Net filtering (analog plus digital) rejects dc and all harmonics greater than the fundamental.

Second-harmonic current and third-harmonic voltage filters are also included for specific protection functions.

Protection and Control Processing:

Four times per power system cycle for all elements except out-of-step, loss-of-field, and RTD elements. Loss-of-field and out-of-step elements are processed two times per power system cycle and the RTD elements once in two seconds.

Relay Element Setting Ranges and Accuracies

Phase Distance Element (21):

5 A Model	
Reach:	0.1–100.0 ohms
Offset:	0.0–10.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±5%, ±0.1 ohm
Minimum Phase Current:	0.5 A
1 A Model	
Reach:	0.5–500.0 ohms
Offset:	0.0–50.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±5%, ±0.5 ohm
Minimum Phase Current:	0.1 A
Maximum Torque	
Angle Range:	90–45°, 1° step
Pickup Time:	33 ms at 60 Hz (Max)
Zone 1 and Zone 2 Definite-Time Delays:	0.00–400.00 s
Maximum Time-Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Volts/Hertz Over-Excitation Element (24):

Definite-Time Element	
Pickup Range:	100–200%
Steady-State Pickup Accuracy:	±1%
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Pickup Range:	0.00–400.00 s
Time-Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz (Max)
Composite-Time Element	
Inverse-Time Pickup Range:	100–200%
Inverse-Time Curve:	0.5, 1.0, or 2.0
Inverse-Time Dial:	0.1–10.0 s
Inverse-Time Steady-State Pickup Accuracy:	±1%
Inverse-Time Timing Accuracy:	±4% ±25 ms at 60 Hz, for V/Hz above 1.2 multiples of pickup setting, and for operating times greater than 4 s.
Definite-Time Pickup Range:	100–200%
Definite-Time Setting Range:	0.00–400.00 s
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz
Linear Reset Time:	0.00–400.00 s

**Optional Synchronism Checking Function (25)
(Model O300G2 and Model O300G3):**

Synch-Check Voltage Source:	VA, VB, VC, VAB, or VBC
Supervisory Voltage Setting Range:	20.0–200.0 V
Steady-State Voltage Accuracy:	±5%, ±0.1 V
Maximum Percentage Voltage Difference:	1.0–15.0%
Supervisory Slip Frequency Window Element:	–1.00 Hz–1.00 Hz
Steady-State Slip Accuracy:	±0.02 Hz
Close Acceptance Angle 1, 2:	0–80°
Target Close Angle:	–15–15°
Breaker Close Delay:	0.000–1.000 s
Close Failure Angle:	3–120°
Steady-State Angle Accuracy:	±0.5°
Maximum Transient Angle Accuracy:	±1.8 • slip ±0.5°

Directional Power Element (32):

Two Definite-Time Elements

Setting Range:	±0.0015 to ±3.000 pu
Steady-State Pickup Accuracy:	±0.0015 pu ±2% of setting, INOM = 5 A, VNOM = 120 V, PF ≥ 0.2
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Setting Range:	0.01–400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Loss-of-Field Element (40):

Two Mho Zones

5 A Model

Zone 1 Offset:	–50.0–0.0 ohms
Zone 2 Offset:	–50.0–50.0 ohms
Zone 1 and Zone 2 Diameter:	0.1–100.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±0.1 ohm, ±5% of offset + diameter
Minimum Pos.-Seq. Signals:	0.25 V V1, 0.25 A I1
1 A Model	
Zone 1 Offset:	–250.0–0.0 ohms
Zone 2 Offset:	–250.0–250.0 ohms
Zone 1 and Zone 2 Diameter:	0.5–500.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±0.5 ohm, ±5% of offset + diameter
Minimum Pos.-Seq. Signals:	0.25 V V1, 0.05 A I1
Directional Element Angle:	–20.0°∠0.0°
Pickup Time:	50 ms at 60 Hz (Max)
Zone 1 and Zone 2 Definite-Time Delays:	0.00–400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±8.3 ms at 60 Hz

Negative-Sequence Overcurrent Elements (46):

Definite-Time and Inverse-Time

Neg.-Seq. I ₂ Pickup:	2%–100% of generator rated secondary current
Generator Rated Secondary Current:	5 A Model: 2.5–10.0 A secondary 1 A Model: 0.5–2.0 A secondary
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.025 A, ±3% 1 A Model: ±0.005 A, ±3%
Pickup Time:	50 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Delay Setting Range:	0.02–999.90 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz
Inverse-Time Element Time Dial:	K = 1 to 100 s
Linear Reset Time:	240 s fixed
Inverse-Time Timing Accuracy:	±4%, ±50 ms at 60 Hz for I ₂ above 1.05 multiples of pickup

Instantaneous/Definite-Time Overcurrent Elements (50):

Phase, Residual Ground, Neutral Protection Current Pickup (A secondary):

	5 A Model: 0.25–100.00 1 A Model: 0.05–20.00
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05 A, ±3% 1 A Model: ±0.01 A, ±3%
Transient Overreach:	±5% of pickup
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max) Note: 50 ms for 50Q element.
Time Delay:	0.00–400.00 s
Timer Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Inverse Time-Overcurrent Elements (51):

Residual Ground and Neutral Protection Current Pickup (A secondary):

	5 A Model: 0.5–16.0 1 A Model: 0.1–3.2 A
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05 A, ±3% 1 A Model: ±0.01 A, ±3%
Time Dials:	US: 0.5–15.0, 0.01 steps IEC: 0.05–1.00, 0.01 steps
Timing:	±4%, ±25 ms at 60 Hz for I between 2 and 20 multiples of pickup

Voltage Restrained Phase Time-Overcurrent Element (51V):

Phase Pickup (A secondary):	5 A Model: 2.0–16.0 1 A Model: 0.4–3.2
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05 A, ±3% 1 A Model: ±0.01 A, ±3%
Time Dials:	US: 0.5–15.0, 0.01 steps IEC: 0.05–1.00, 0.01 steps
Timing:	±4%, ±25 ms at 60 Hz for I between 2 and 20 multiples of pickup
Voltage Restraint Type:	Linear restraint

Voltage Controlled Phase Time-Overcurrent Element (51C):

Phase Pickup (A secondary):	5 A Model: 0.5–16.0 1 A Model: 0.1–3.2
Steady State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05 A, ±3% 1 A Model: ±0.01 A, ±3%
Time Dials:	US: 0.5–15.0, 0.01 steps IEC: 0.05–1.00, 0.01 steps
Timing:	±4%, ±25 ms for I between 2 and 20 multiples of pickup

Instantaneous / Definite-Time Under- (27) / Overvoltage (59) Elements:

Phase and Residual 27/59:	0.0–200.0 V
Phase-to-Phase 27:	0.0–200.0 V
Phase-to-Phase 59:	0.0–300 V (for 4-wire wye voltage input)
Phase-to-Phase 59:	0.0–200 V (for 3-wire delta voltage input)
Pos., Neg., and Zero-Sequence 59:	0.0–200.0 V
Steady-State Pickup Accuracy:	±5%, ±0.1 V
SELOGIC Control Equation Time-Delay Setting Range:	0.00–3000.00 s
Desired time delay may be added using SELOGIC Control Equation Timers.	

100 Percent Stator Ground Protection (64G):

Neutral Fundamental Overvoltage 64G1:	0.0–150.0 V
Steady-State Pickup Accuracy:	±5%, ±0.1 V
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Delay:	0.00–400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz
Third-Harmonic Voltage Differential or Third-Harmonic Neutral Undervoltage Pickup 64G2:	0.1–20.0 V
Steady-State Pickup Accuracy:	±5%, ±0.1 V
Third-Harmonic Voltage Differential Ratio Setting Range:	0.0 to 5.0
Pickup Time:	50 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Delay:	0.00–400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Out-of-Step Element (78):

5 A Model

Forward Reach:	0.1–100.0 ohms
Reverse Reach:	0.1–100.0 ohms
Single Blinder	Right Blinder: 0.1–50.0 ohms Left Blinder: 0.1–50.0 ohms
Double Blinder:	Outer Resistance Blinder: 0.2–100.0 ohms Inner Resistance Blinder: 0.1–50.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±0.1 ohm, ±5% of diameter
Pos.-Seq. Current Supervision:	0.25–30.00 A

1 A Model

Forward Reach:	0.5–500.0 ohms
Reverse Reach:	0.5–500.0 ohms
Single Blinder:	Right Blinder: 0.5–250.0 ohms Left Blinder: 0.5–250.0 ohms
Double Blinder:	Outer Resistance Blinder: 1.0–500.0 ohms Inner Resistance Blinder: 0.5–250.0 ohms
Steady-State Impedance Accuracy:	±0.5 ohm, ±5% of diameter
Pos.-Seq. Current Supervision:	0.05–6.00 A
Pickup Time:	50 ms at 60 Hz (Max)
Definite-Time Timers:	±0.1%, ±8.3 ms at 60 Hz

Definite-Time Under/Overfrequency Elements (81):

Frequency:	20-70 Hz, 0.01 Hz steps
Frequency:	20-70 Hz, 0.01 Hz steps
Pickup Time:	60 ms at 60 Hz (Max)
Time Delays:	0.03-400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz
Supervisory 27:	20-150 V, ±5%, ±0.1 V
Steady-State plus Transient Overshoot:	(±0.01 + Δf _{sys}) Hz
Frequency Compensation Over Temperature:	$\Delta f_{sys} = f_{sys} \cdot (0.04 \cdot 10^{-6}) (T - 25^{\circ}\text{C})^2$ where T = Temperature of relay via STATUS command

Optional Differential Elements (87) (Model O300G1 and Model O300G3):

Restrained Element Pickup:	0.04-1.0 o TAP
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.1 A, ±5% 1 A Model: ±0.02 A, ±5%
Slope 1 Range:	5-100%
Slope 2 Range:	OFF, 50-200%
Slope 1 Limit:	1-16 o TAP
2nd-Harmonic Blocking Percentage:	OFF, 5-100%
Unrestrained Element Pickup:	1.0-20.0 o TAP
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.1 A, ±5% 1 A Model: ±0.02 A, ±5%
TAP Range:	TAPMAX/TAPMIN £7.5 5 A Model: 0.5-160.0 A secondary 1 A Model: 0.1-32.0 A secondary
Restrained Element Pickup Time:	24/28/38 ms (Min/Typ/Max)
Unrestrained Element Pickup Time:	13/20/32 ms (Min/Typ/Max)
Note:	Pickup time accuracies listed at 60 Hz

Optional Ground Differential Elements (87N) (Model O300GO and Model O300G2):

Ground Differential Pickup:	5 A Model: 0.10-15.00 A 1 A Model: 0.02-3.00 A
Ratio CTR/CTRN:	1.0-40.0
Steady-State Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05, ±3% 1 A Model: ±0.01, ±3%
Pickup Time:	25 ms at 60 Hz (Max)
Time Delays:	0.00-400.00 s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60Hz

Optional RTD Elements (Models Compatible with SEL-2600A RTD Module):

12 RTD Inputs via SEL-2600A RTD Module and SEL-2800 Fiber-Optic Transceiver	
Monitor Winding, Bearing, Ambient, or Other Temperatures	
PT 100, NI 100, NI 120, and CU 10 RTD-Types Supported, Field Selectable	
Trip, Alarm, and Ambient/Load-Current Bias Settings	
Up to 500 m fiber-optic cable to SEL-2600A RTD Module	
Measuring Range:	-50° to 250°C
Accuracy:	±2°C

Demand Ammeter Elements:

Demand Ammeter	
Time Constants:	5, 10, 15, 30, or 60 min
Demand Ammeter	
Threshold Range:	5 A Model: 0.5–16.0 A 1 A Model: 0.1–3.2 A
Steady-State	
Pickup Accuracy:	5 A Model: ±0.05 A, ±3% 1 A Model: ±0.01 A, ±3%

Inadvertent Energization Logic:

Time-Delay Pickup and Dropout Timers:	0.00–400.00s
Maximum Definite-Time Delay Accuracy:	±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Breaker Failure Protection:

Implement using nondedicated overcurrent element and SELOGIC Control Equation Variable Timer.

Phase Overcurrent Pickup (A secondary):
 5 A Model: 0.25–100.00 A
 1 A Model: 0.05–20.00 A

Steady-State Pickup Accuracy:
 5 A Model: ±0.05 A, ±3%
 1 A Model: ±0.01 A, ±3%

Time-Delay Pickup and Dropout Timers:
 0.00–3000.00 s

Maximum Definite-Time Delay Accuracy:
 ±0.1%, ±4.2 ms

SELOGIC Control Equation Variable Timers:

16 Time-Delay Pickup and Dropout Timers:
 0.00–3000.00 s

Maximum Definite-Time Delay Accuracy:
 ±0.1%, ±4.2 ms at 60 Hz

Substation Battery Voltage Monitor:

Station Battery Voltage Monitor Pickup Ranges:
 20–300 Vdc

Measuring Accuracy:
 ±2 V, ±2%

Metering Accuracy:

Accuracies are specified at 20°C and at nominal system frequency unless noted otherwise.

Voltages $V_A, V_B, V_C, V_N, V_S, 3V_0, V_1, V_2, V_{AB}, V_{BC}, V_{CA}$: ±0.1% (33.5–218.0 V)

Currents I_A, I_B, I_C :
 5 A Nominal: ±1 mA or ±0.1% (0.5–10.0 A)
 1 A Nominal: ±0.2 mA or ±0.1% (0.1–2.0 A)

Temperature coefficient:
 $[(0.0002\%)/(^{\circ}\text{C})^2] * (\text{ }^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})^2$
 (see example below)

Phase Angle Accuracy:
 ±0.5°

Currents $I_N, I_{A87}, I_{B87}, I_{C87}, I_1, 3I_0, 3I_2$:

5 A Nominal: ±0.05 A or ±3% (0.5–100.0 A)
 1 A Nominal: ±0.01 A or ±3% (0.1–20.0 A)

MW / MVAR (A, B, C, and 3-phase; 5 A nominal; wye-connected voltages):

Accuracy (MW / MVAR) at load angle
 for 0.5 A ≤ phase current < 1.0 A:
 0.70% / – 0° or 180° (unity power factor)
 0.75% / 6.50% ±8° or ±172°
 1.00% / 2.00% ±30° or ±150°
 1.50% / 1.50% ±45° or ±135°
 2.00% / 1.00% ±60° or ±120°
 6.50% / 0.75% ±82° or ±98°
 – / 0.70% ±90° (power factor = 0)

for phase current ≥ 1.0 A:
 0.35% / – 0° or 180° unity power factor)
 0.40% / 6.00% ±8° or ±172°
 0.75% / 1.50% ±30° or ±150°
 1.00% / 1.00% ±45° or ±135°
 1.50% / 0.75% ±60° or ±120°
 6.00% / 0.40% ±82° or ±98°
 – / 0.35% ±90° (power factor = 0)

Metering accuracy calculation example for currents IA, IB, and IC due to preceding stated temperature coefficient:

For temperature of 40°C, the additional error for currents IA, IB, and IC is:
 $[(0.0002\%)/(^{\circ}\text{C})^2] * (40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})^2 = 0.08\%$

Hardware Overview

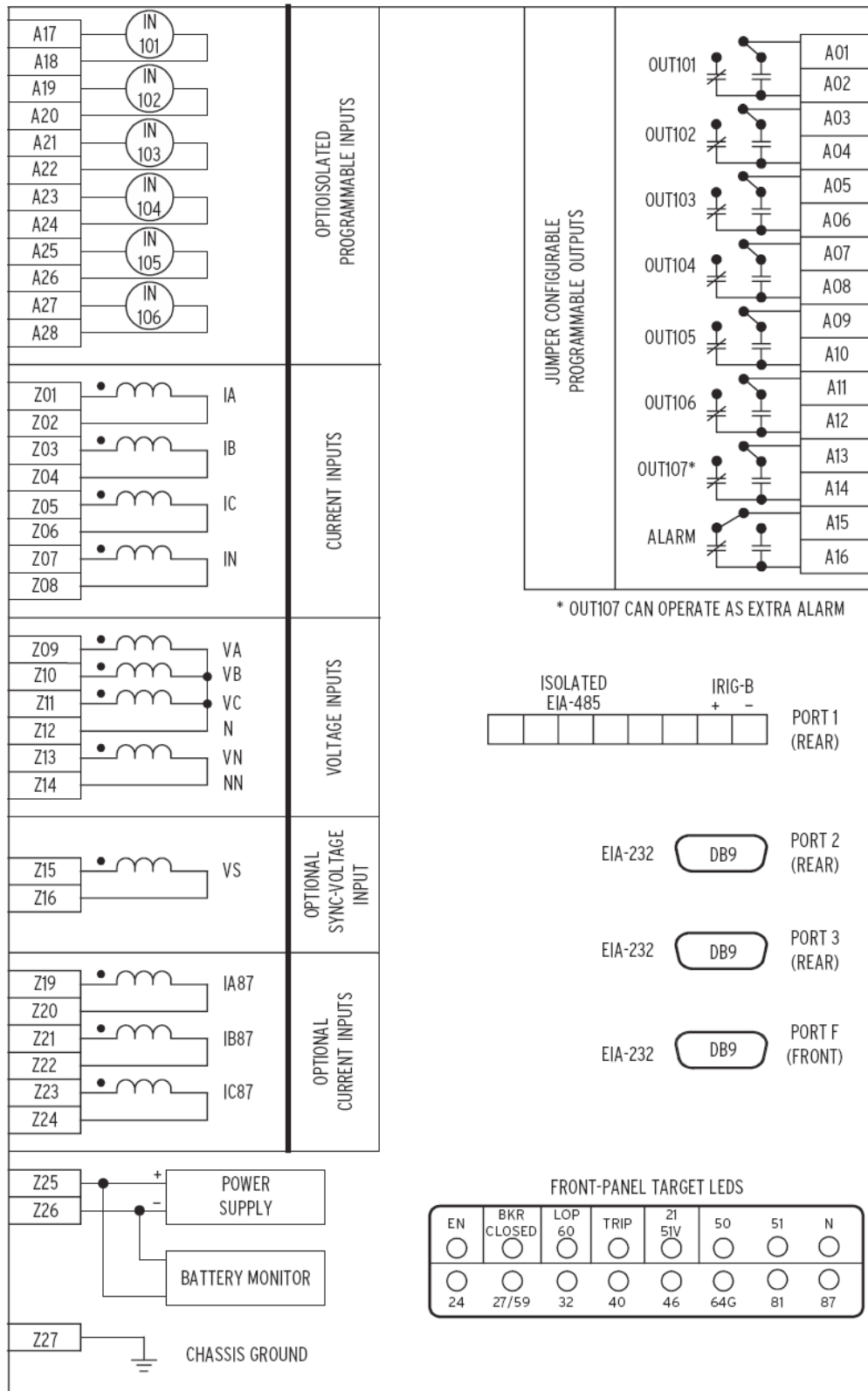


Figure 4 SEL-300G30H Relay Inputs, Outputs, and Target Diagram.

EXAMPLE AC AND DC CONNECTION DIAGRAMS

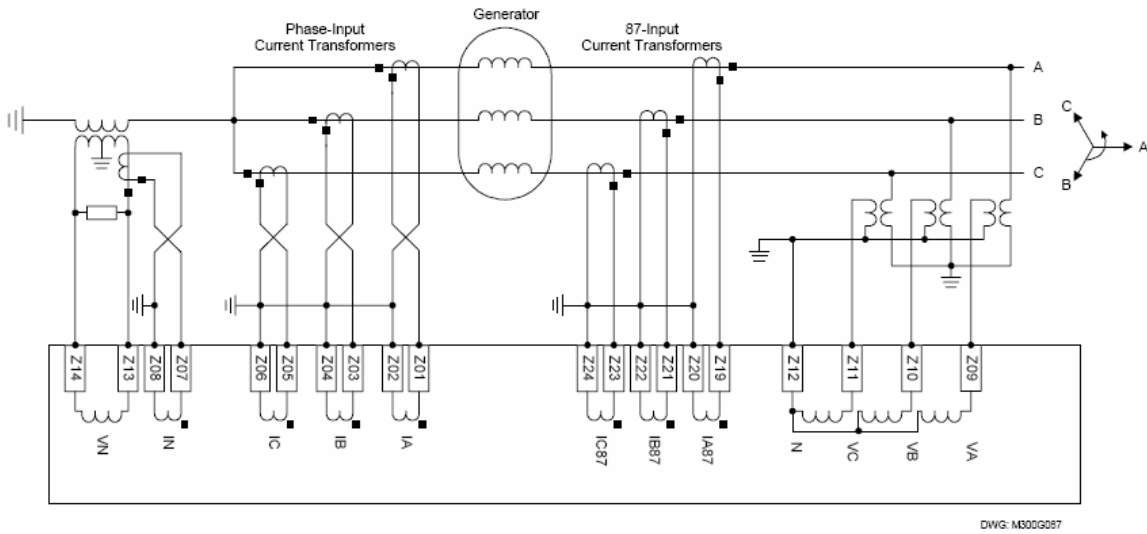


Figure 5.14: SEL-300G1 Relay AC Connection Example — High-Impedance Grounded Generator With Current Differential Protection

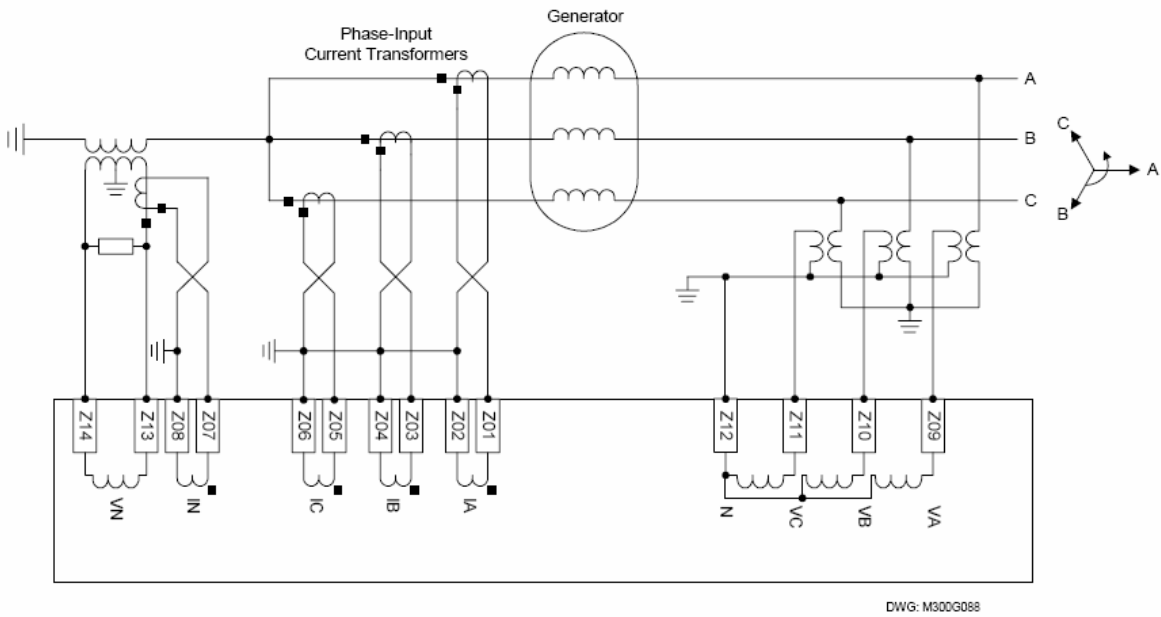
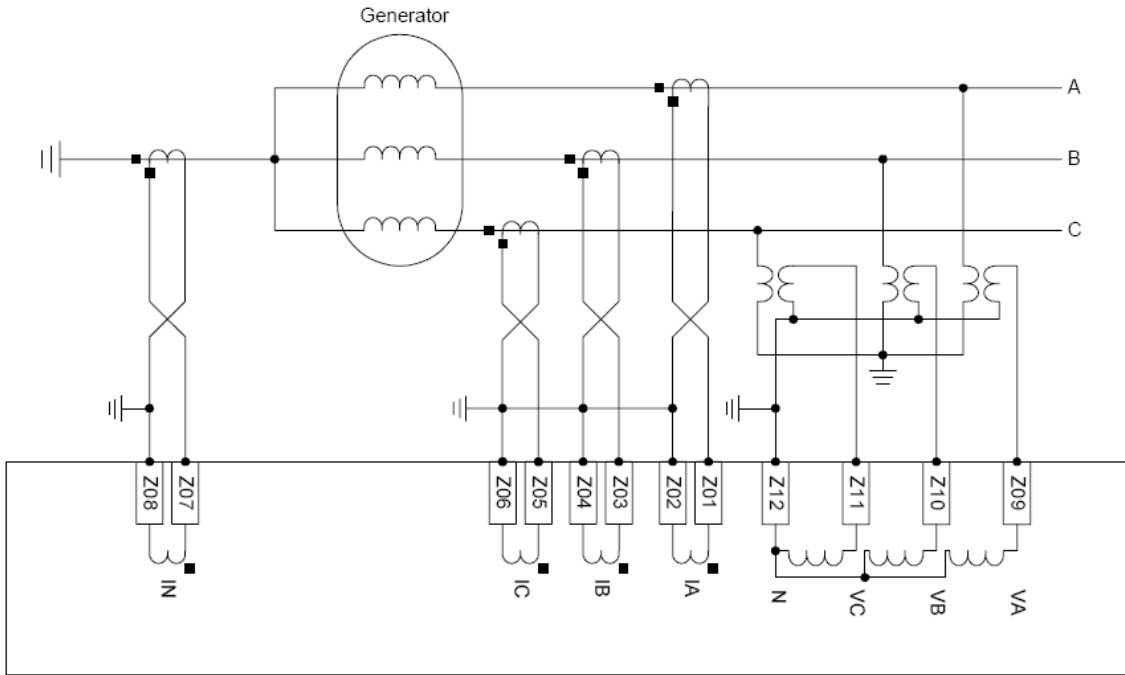
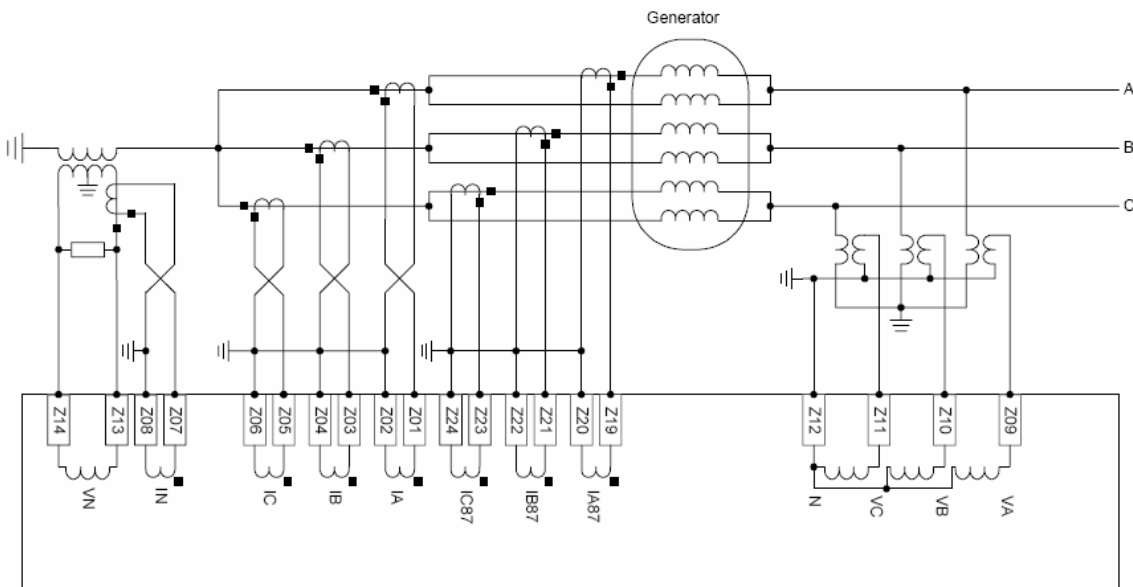


Figure 5.15: SEL-300G0 Relay AC Connection Example — High-Impedance Grounded Generator Without Current Differential Protection



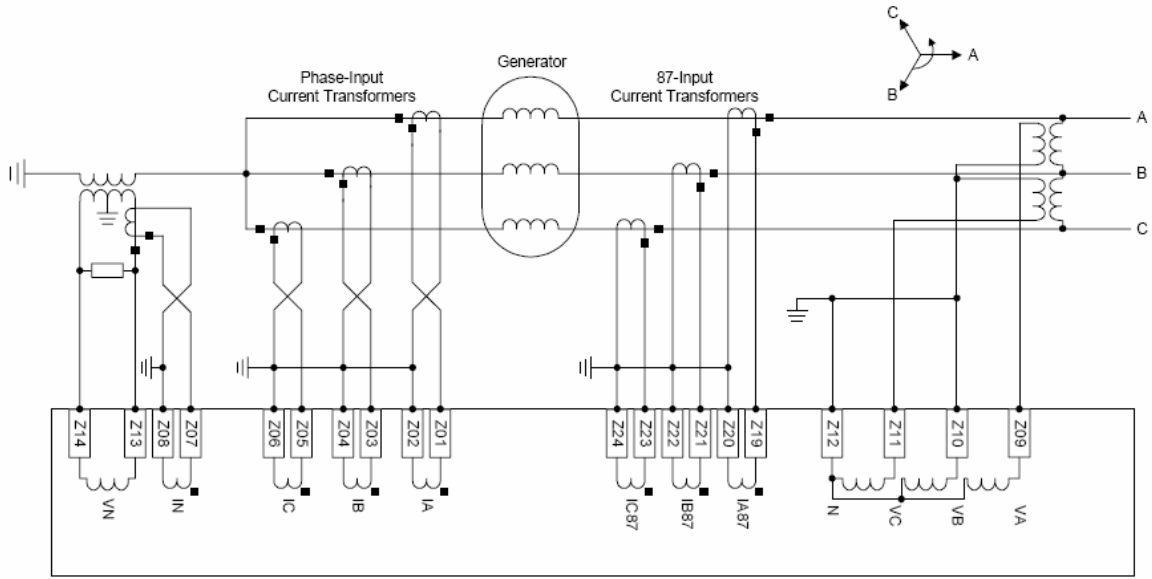
DWG: M300G092

Figure 5.18: SEL-300G0 Relay AC Connection Example — Solidly Grounded Generator With Ground Differential Protection (87N)



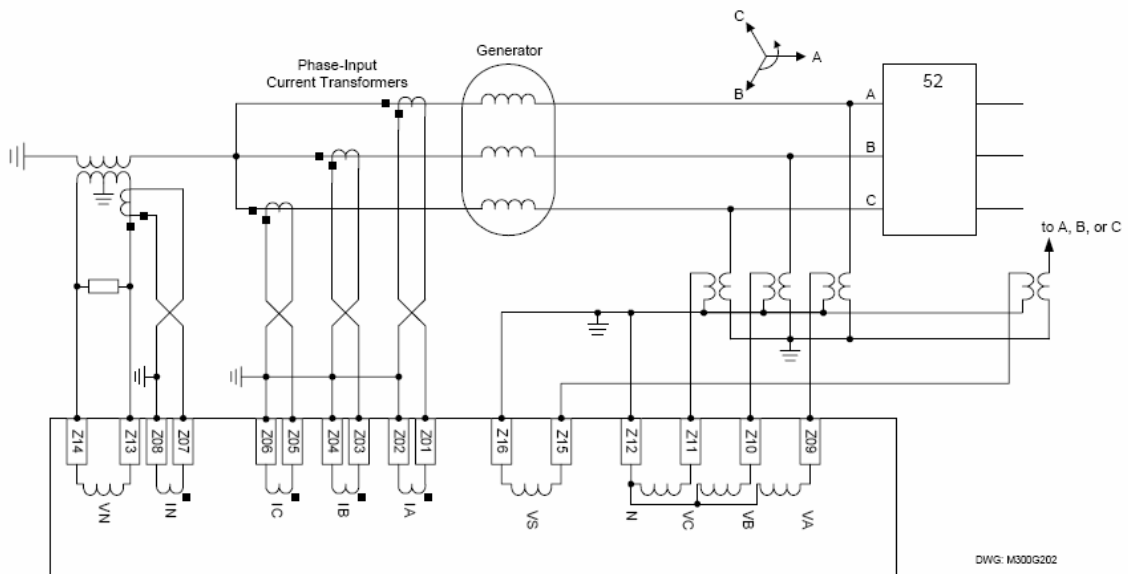
DWG: M300G093

Figure 5.19: SEL-300G1 Relay AC Connection Example — High-Impedance Grounded Generator With Split-Phase Current Differential Protection



DWG: M300G204

Figure 5.20: SEL-300G1 Relay Applied Using Open-Delta Potentials



DWG: M300G202

Figure 5.21: SEL-300G2 Relay High-Impedance Grounded Generator With Synch-Check and Without Current Differential Protection

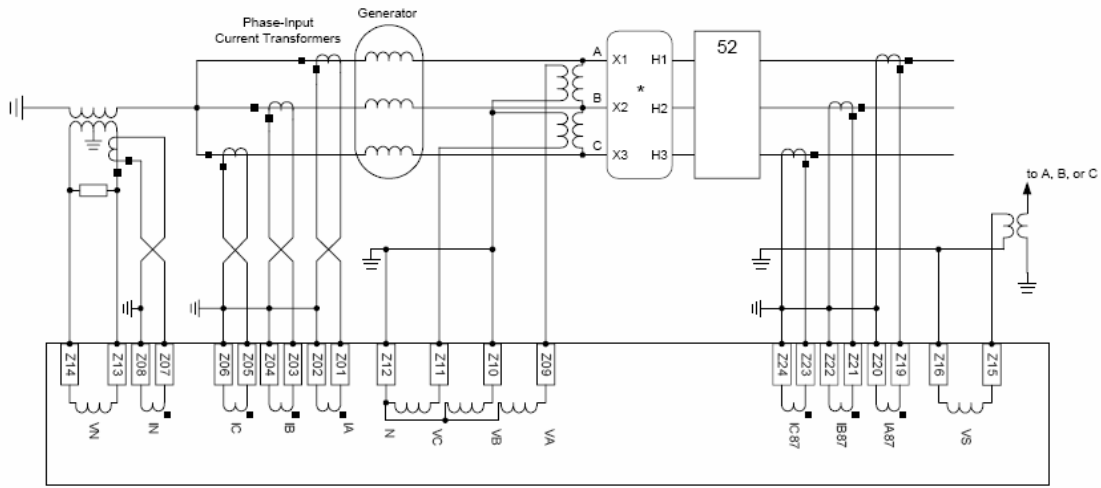


Figure 5.24: SEL-300G3 Relay AC Connection Example - High-Impedance Grounded Generator With Open-Delta PTs, Step-Up Transformer Included in Differential Zone, and Synch-Check

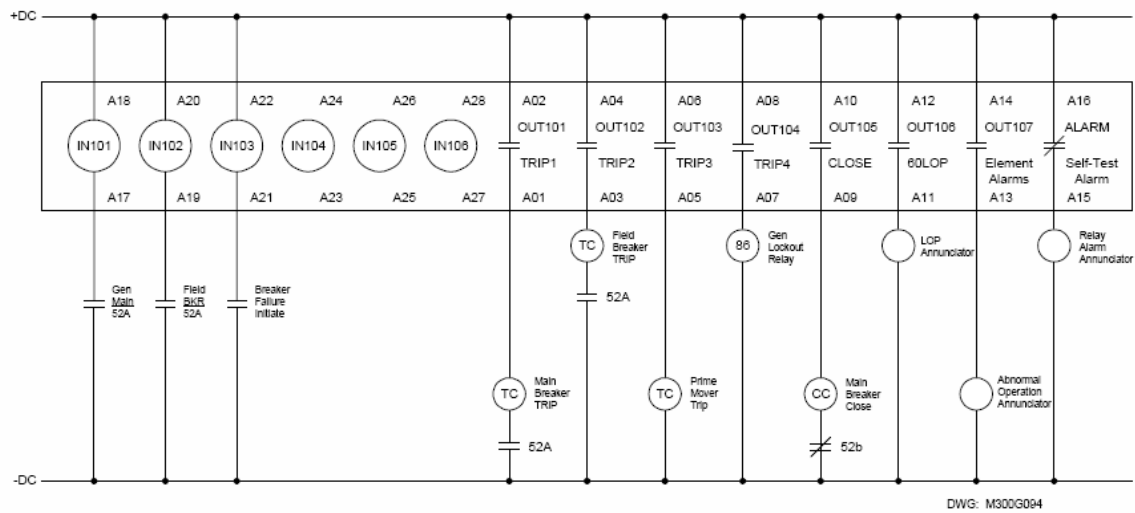


Figure 5.25: SEL-300G Relay DC Connection Example

**Παράρτημα D: Φύλλα καταχώρησης ρυθμίσεων
του H/N SEL – 300G**

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 1 of 26

Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Identifier Labels

Relay Identifier (39 characters)

RID = GENERATOR

Terminal Identifier (59 characters)

TID = BUS 4

Current and Potential Transformer Ratios

Phase (IA, IB, IC) Current Transformer Ratio
(1–10000 {5 A model}; 1–50000 {1 A model})

CTR = 4000

Differential (IA87, IB87, IC87) Current Transformer Ratio
(1–10000 {5 A model}; 1–50000 {1 A model})
(hidden if relay is not equipped with differential current inputs)

CTRD = _____

Neutral (IN) Current Transformer Ratio (1–10000)

CTRN = 4000

Phase (VA, VB, VC) Potential Transformer Ratio (1.00–10000.00)

PTR = 218.18

Neutral (VN) Potential Transformer Ratio (1.00–10000.00)

PTRN = _____

Synch Voltage (VS) Potential Transformer Ratio (1.00–10000.00)
(hidden if relay is not equipped with synch-check function)

PTRS = _____

Nominal Voltage

(80.0–140.0 V {DELTA_Y = D};
80.0–208.0 V {DELTA_Y = Y} line-to-line)

VNOM = 110

Nominal Current (1.0–10.0 A {5 A model}; 0.2–2.0 A {1 A model})

INOM = 5

Protection Element Enables

Enable Backup System Protection (N, D, DC, V, C {firmware R320 and higher}; N, D, V, C {firmware < R320})

EBUP = D

Enable Load Encroachment (Y, N) [Applies to firmware R320 and higher]
(hidden when EBUP = N, V, or C)

ELE = N

Enable Volts/Hertz Protection (Y, N)

E24 = Y

Enable Synchronism Checking (Y, N) [Model 300G2, 300G3]

E25 = N

Enable Undervoltage (U/V) Protection (Y, N)

E27 = N

Enable Reverse/Low-Forward Power Protection (Y, N)

E32 = Y

Enable Loss-of-Field Protection (Y, N)

E40 = Y

Enable Negative-Sequence Overcurrent (O/C) Protection (Y, N)

E46 = Y

Enable O/C Protection (Y, N)

E50 = Y

Enable 87-Input O/C Protection (Y, N) [Model 300G1, 300G3]

E50_87 = N

Enable Time-O/C Protection (Y, N)

E51 = Y

Enable Overvoltage (O/V) Protection (Y, N)

E59 = N

Enable 100% Stator Ground Protection (Y, N)

E64 = N

Enable Out-of-Step Protection (1B, 2B, N)

E78 = N

Enable Frequency Protection (N, 1–6)

E81 = N

Enable Abnormal Frequency Scheme (N, 1–6)

E81AC = N

Enable Differential Protection (G, T, N) [Model 300G1, 300G3]

E87 = N

Enable Ground Differential Protection (Y, N) [Model 300G0, 300G2]

E87N = N

Enable SELOGIC[®] Control Equation Variables (0–16)

ESV = _____

Enable Set/Reset Latch Variables (0–16)

ESL = _____

Enable Demand Metering (THM, ROL)

EDEM = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

21 MHO Elements (hidden when EBUP ≠ D)

Zone 1 Phase Distance Reach (OFF, 0.1–100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	Z1R = <u>+Xd=+24.04Ω</u>
Zone 1 Phase Distance Offset (0.0–10.0 Ohms {5 A model}; 0.0–50.0 Ohms {1 A model}) (hidden when Z1R = OFF)	Z1O = <u>24.04Ω</u>
Zone 1 Maximum Torque Angle (90–45 degrees) (hidden when Z1R = OFF)	MTA1 = <u>89.83⁰</u>
Zone 1 Transformer Compensation (0, –30, 30 degrees) (hidden when Z1R = OFF)	Z1CMP = <u>0</u>
Zone 1 Phase Distance Time Delay (0.00 to 400.00 seconds) (hidden when Z1R = OFF)	Z1D = <u>0.5s</u>
Zone 2 Phase Distance Reach (OFF, 0.1–100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	Z2R = _____
Zone 2 Phase Distance Offset (0.0–10.0 Ohms {5 A model}; 0.0–50.0 Ohms {1 A model}) (hidden when Z2R = OFF)	Z2O = _____
Zone 2 Maximum Torque Angle (90–45 degrees) (hidden when Z2R = OFF)	MTA2 = _____
Zone 2 Transformer Compensation (0, –30, 30 degrees) (hidden when Z2R = OFF)	Z2CMP = _____
Zone 2 Phase Distance Time-Delay (0.00 to 400.00 seconds) (hidden when Z2R = OFF)	Z2D = _____
Minimum Power Factor (OFF, 0.98–0.50) [Applies to firmware < R320]	MPF = _____
Maximum Generator Load (0.5–3.0 per unit) [Applies to firmware < R320] (hidden when MPF = OFF)	MXLD = _____
21P Element Torque Control (SELOGIC control equation) 21PTC = <u>!3PO</u>	

21 Compensator Elements (hidden when EBUP ≠ DC) [Requires firmware R320 or higher]

Zone 1 Compensator Reach (OFF, 0.1–100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	Z1C = _____
Zone 1 Compensator Offset (0.0–10.0 Ohms {5 A model}; 0.0–50.0 Ohms {1 A model}) (hidden when Z1C = OFF)	Z1CO = _____
Zone 1 Compensator Time Delay (0.00 to 400.00 seconds) (hidden when Z1C = OFF)	Z1CD = _____
Zone 1 Phase-Phase Current FD (0.5–170.0 A) (hidden when Z1C = OFF)	50PP1 = _____
Zone 1 Pos-Seq Impedance Angle (90–45 degrees) (hidden when Z1C = OFF)	ZANG1 = _____
Zone 2 Compensator Reach (OFF, 0.1–100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	Z2C = _____
Zone 2 Compensator Offset (0.0–10.0 Ohms {5 A model}; 0.0–50.0 Ohms {1 A model}) (hidden when Z2C = OFF)	Z2CO = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 3 of 26

Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Zone 2 Compensator Time Delay (0.00 to 400.00 seconds)
(hidden when Z2C = OFF) Z2CD = _____

Zone 2 Phase-Phase Current FD (0.5–170.0 A)
(hidden when Z2C = OFF) 50PP2 = _____

Zone 2 Pos-Seq Impedance Angle (90–45 degrees)
(hidden when Z2C = OFF) ZANG2 = _____

21C Element Torque Control (SELOGIC control equation)
21CTC = _____

Load Encroachment (hidden when ELE = N) [Applies to firmware R320 and higher]

Minimum Power Factor (OFF, 0.98–0.50) MPF = _____

Maximum Generator Load (0.5–3.0 per unit)
(hidden when MPF = OFF) MXLD = _____

24 Elements (hidden when E24 = N)

Level 1 Volts/Hertz Pickup (100–200%) 24D1P = **105%**

Level 1 Time Delay (0.00–400.00 s) 24D1D = **5s**

Level 2 Composite Curve Shape (OFF, DD, ID, I) 24CCS = **DD**

Level 2 Inverse-Time Pickup (100–200%)
(hidden when 24CCS = OFF, DD) 24IP = _____

Level 2 Inverse-Time Curve (0.5, 1, 2)
(hidden when 24CCS = OFF, DD) 24IC = _____

Level 2 Inverse-Time Factor (0.1–10.0 s)
(hidden when 24CCS = OFF, DD) 24ITD = _____

Level 2 Pickup One (100–200%)
(hidden when 24CCS = OFF, ID, I) 24D2P1 = **110%**

Level 2 Time-Delay One (0.00–400.00 s)
(hidden when 24CCS = OFF, ID, I) 24D2D1 = **60s**

Level 2 Pickup Two (101–200%)
(hidden when 24CCS = OFF, I) 24D2P2 = **118%**

Level 2 Time-Delay Two (0.00–400.00 s)
(hidden when 24CCS = OFF, I) 24D2D2 = **6s**

Level 2 Reset Time (0.00–400.00 s) (hidden when 24CCS = OFF) 24CR = **240**

24 Element Torque Control (SELOGIC control equation)
24TC = **!60LOP**

25 Elements for Model 300G2, 300G3 (hidden when E25 = N)

Synch-Check Phase (VA, VB, VC, VAB, VBC) SYNCP = _____

Voltage Window, Low Threshold (20.0–200.0 V) 25VLO = _____

Voltage Window, High Threshold (20.0–200.0 V) 25VHI = _____

Maximum Voltage Difference (OFF, 1.0–15.0%) 25VDIF = _____

Voltage Ratio Correction Factor (0.500–2.000) 25RCF = _____

Generator Voltage High Required (Y, N)
(hidden when 25VDIF = OFF) GENV+ = _____

Minimum Slip Frequency (–1.00 to 0.99 Hz) 25SLO = _____

Maximum Slip Frequency (–0.99 to 1.00 Hz) 25SHI = _____

Date _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Transformer Compensation Angle (0, 30, -30 degrees)	COMPA = _____
Maximum Angle 1 (0-80 degrees)	25ANG1 = _____
Maximum Angle 2 (0-80 degrees)	25ANG2 = _____
Target Close Angle (-15 to 15 degrees)	CANGLE = _____
Breaker Close Time (0.000 to 1.000 s)	TCLOSD = _____
Close Fail Angle (OFF, 3-120 degrees)	CFANGL = _____
Dead-Bus Undervoltage (OFF, 0.1-200.0 V)	27VSP = _____
Block Synch-Check (SELOGIC control equation) BSYNCH = _____	

27 Elements (hidden when E27 = N)

Level 1 Phase U/V Pickup (OFF, 0.1-200.0 V) (hidden when DELTA_Y = D)	27P1P = _____
Level 2 Phase U/V Pickup (OFF, 0.1-200.0 V) (hidden when DELTA_Y = D)	27P2P = _____
Positive-Sequence U/V Pickup (OFF, 0.1-200.0 V)	27V1P = _____
Level 1 Phase-to-Phase U/V Pickup (OFF, 0.1-200.0 V)	27PP1 = _____
Level 2 Phase-to-Phase U/V Pickup (OFF, 0.1-200.0 V)	27PP2 = _____

32 Elements (hidden when E32 = N)

Level 1 Power Threshold (± 0.0015 to ± 3.0000 pu)	32P1P = <u>-0.0200pu</u>
Level 1 Power Time Delay (0.01-400.00 s)	32P1D = <u>0.5s</u>
Level 2 Power Threshold (OFF, ± 0.0015 to ± 3.0000 pu)	32P2P = <u>+0.02¹</u> <u>+1.1²</u>
Level 2 Power Time Delay (0.01-400.00 s) (hidden when 32P2P = OFF)	32P2D = <u>1s¹</u> <u>5s²</u>
32 Element Torque Control (SELOGIC control equation) 32PTC = !60LOP	

40 Elements (hidden when E40 = N)

Zone 1 Mho Diameter (OFF, 0.1-100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5-500.0 Ohms {1 A model})	40Z1P = <u>12.7Ω=1pu</u>
Zone 1 Offset Reactance (-50.0-0.0 Ohms {5 A model}; -250.0-0.0 Ohms {1 A model})	40XD1 = <u>-Xd'/2=-1.4Ω</u>
Zone 1 Pickup Time Delay (0.00-400.00 s)	40Z1D = <u>0.5s</u>
Zone 2 Mho Diameter (OFF, 0.1-100.0 Ohms {5 A model}; OFF, 0.5-500.0 Ohms {1 A model})	40Z2P = <u>Xd=24.1Ω</u>
Zone 2 Offset Reactance (-50.0-50.0 Ohms {5 A model}; -250.0-250.0 Ohms {1 A model}) (hidden when 40Z2P = OFF)	40XD2 = <u>-Xd'/2=-1.4Ω</u>
Zone 2 Pickup Time Delay (0.00-400.00 s) (hidden when 40Z2P = OFF)	40Z2D = <u>5s</u>
Zone 2 Directional Superv. Angle (-20.0°-0.0°) (hidden when 40Z2P = OFF or 40XD2 < 0)	40DIR = _____
40 Element Torque Control (SELOGIC control equation) 40ZTC = !60LOP	

¹ Settings for sequential tripping interlock

² Settings for overload function

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 5 of 26
Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

46 Elements (hidden when E46 = N)

Level 1 Negative-Sequence O/C Pickup (OFF, 2–100%)	46Q1P = <u>7%</u>
Level 1 Negative-Sequence O/C Time Delay (0.02–999.90 s) (hidden when 46Q1P = OFF)	46Q1D = <u>5s</u>
Level 2 Negative-Sequence Time-O/C Pickup (OFF, 2–100%)	46Q2P = <u>8%</u>
Level 2 Negative-Sequence Time-O/C Time Dial (1–100 s) (hidden when 46Q2P = OFF)	46Q2K = <u>10s</u>
46Q Element Torque Control (SELOGIC control equation) 46QTC = <u>1</u>	

50 Elements (hidden when E50 = N)

Level 1 Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50P1P = <u>11.04A</u>
Level 1 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50P1P = OFF)	50P1D = <u>0.10s</u>
Level 2 Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50P2P = <u>5.38A</u>
Level 2 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50P2P = OFF)	50P2D = <u>5s</u>
Level 1 Neutral O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50N1P = <u>12.78A</u>
Level 1 Neutral O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50N1P = OFF)	50N1D = <u>0.10s</u>
Level 2 Neutral O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50N2P = <u>5.11A</u>
Level 2 Neutral O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50N2P = OFF)	50N2D = <u>5s</u>
Level 1 Residual O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50G1P = <u>0.25A</u>
Level 1 Residual O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50G1P = OFF)	50G1D = <u>0.10s</u>
Level 2 Residual O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50G2P = _____
Level 2 Residual O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50G2P = OFF)	50G2D = _____

50 87 Elements for Models 300G1 and 300G3 (hidden when E50 87 = N)

Level 1 Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50H1P = _____
Level 1 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 50H1P = OFF)	50H1D = _____
Level 2 A-Phase O/C Pickup (OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})	50H2PA = _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Level 2 B-Phase O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})
(hidden when 50H2PA = OFF) 50H2PB = _____

Level 2 C-Phase O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model})
(hidden when 50H2PA = OFF) 50H2PC = _____

Level 2 Phase O/C Time Delay (0.00–400.00 s)
(hidden when 50H2PA = OFF) 50H2D = _____

Level 1 Negative-Sequence O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model}) 50Q1P = _____

Level 1 Negative-Sequence O/C Time Delay (0.00–400.00 s)
(hidden when 50Q1P = OFF) 50Q1D = _____

Level 2 Negative-Sequence O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model}) 50Q2P = _____

Level 2 Negative-Sequence O/C Time Delay (0.00–400.00 s)
(hidden when 50Q2P = OFF) 50Q2D = _____

Level 1 Residual O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model}) 50R1P = _____

Level 1 Residual O/C Time Delay (0.00–400.00 s)
(hidden when 50R1P = OFF) 50R1D = _____

Level 2 Residual O/C Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model}) 50R2P = _____

Level 2 Residual O/C Time Delay (0.00–400.00 s)
(hidden when 50R2P = OFF) 50R2D = _____

51N Element (hidden when E51 = N)

Neutral Time-O/C Pickup
(OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model}) 51NP = _____

Neutral Time-O/C Curve (U1–U5, C1–C5)
(hidden when 51NP = OFF) 51NC = _____

Neutral Time-O/C Time Dial (0.50–15.00, U curves; 0.05–1.00, C curves)
(hidden when 51NP = OFF) 51NTD = _____

Neutral Time-O/C EM Reset (Y, N)
(hidden when 51NP = OFF) 51NRS = _____

51N Element Torque Control (SELOGIC control equation)
(hidden when 51NP = OFF)
51NTC = _____

51G Element (hidden when E51 = N)

Residual Time-O/C Pickup
(OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model}) 51GP = _____

Residual Time-O/C Curve (U1–U5, C1–C5)
(hidden when 51GP = OFF) 51GC = _____

Residual Time-O/C Time Dial (0.50–15.00, U curves; 0.05–1.00, C curves)
(hidden when 51GP = OFF) 51GTD = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 7 of 26
Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Residual Time-O/C EM Reset (Y, N)
(hidden when 51GP = OFF) 51GRS = _____
51G Element Torque Control (SELOGIC control equation) (hidden when 51GP = OFF)
51GTC = _____

51C Element (hidden when EBUP ≠ C)

Volt Controlled Time-O/C Pickup
(0.50–16.00 A {5 A model}; 0.10–3.20 A {1 A model}) 51CP = _____
Volt Controlled Time-O/C Curve (U1–U5, C1–C5) 51CC = _____
Volt Controlled Time-O/C Time Dial
(0.50–15.00, U curves; 0.05–1.00, C curves) 51CTD = _____
Volt Controlled Time-O/C EM Reset (Y, N) 51CRS = _____
51C Element Torque Control (SELOGIC control equation)
51CTC = _____

51V Element (hidden when EBUP ≠ V)

Compensation Angle (0, –30, +30 deg) 51VCA = _____
Volt Restrained Time-O/C Pickup
(2.00–16.00 A {5 A model}; 0.40–3.20 A {1 A model}) 51VP = _____
Volt Restrained Time-O/C Curve (U1–U5, C1–C5) 51VC = _____
Volt Restrained Time-O/C Time Dial
(0.50–15.00, U curves; 0.05–1.00, C curves) 51VTD = _____
Volt Restrained Time-O/C EM Reset (Y, N) 51VRS = _____
51V Element Torque Control (SELOGIC control equation)
51VTC = _____

Open Pole Element

Three-Pole Open Time Delay (0.00–1.00 s) 3POD = _____
Load Detection Phase Pickup
(OFF, 0.25–100.00 A {5 A model}; OFF, 0.05–20.00 A {1 A model}) 50LP = _____
Generator Breaker Auxiliary (SELOGIC control equation)
52A = _____

59 Elements (hidden when E59 = N)

Level 1 Phase O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V)
(hidden when DELTA_Y = D) 59P1P = _____
Level 2 Phase O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V)
(hidden when DELTA_Y = D) 59P2P = _____
Level 1 Residual O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V)
(hidden when DELTA_Y = D) 59G1P = _____
Level 2 Residual O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V)
(hidden when DELTA_Y = D) 59G2P = _____
Negative-Sequence (V2) O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V) 59QP = _____
Positive-Sequence (V1) O/V Pickup (OFF, 0.0–200.0 V) 59V1P = _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Level 1 Phase-to-Phase O/V Pickup
 (OFF, 0.0–200.0 V {DELTA_Y = D};
 OFF, 0.0–300.0 V {DELTA_Y = Y} line-to-line) 59PP1 = _____

Level 2 Phase-to-Phase O/V Pickup
 (OFF, 0.0–200.0 V {DELTA_Y = D};
 OFF, 0.0–300.0 V {DELTA_Y = Y} line-to-line) 59PP2 = _____

64G Elements (hidden when E64 = N)

Zone 1 Neutral O/V Pickup (OFF, 0.1–150.0 V) 64G1P = _____

Zone 1 Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 64G1P = OFF) 64G1D = _____

Zone 2 Differential Voltage (OFF, 0.1–20.0 V) 64G2P = _____

Zone 2 Ratio Setting (0.0–5.0) (hidden when 64G2P = OFF or when
 DELTA_Y = D) 64RAT = _____

Zone 2 Time Delay (0.00–400.00 s) (hidden when 64G2P = OFF) 64G2D = _____

64G Element Torque Control (SELOGIC control equation)
 64GTC = _____

**64F Elements (requires the SEL-2664 to provide Insulation Resistance
 Measurement)**

64F Input Option (EXT, NONE) 64FOPT = _____

Level 1 Pickup (OFF, 0.5–200.0 kOhms) (hidden when 64FOPT = NONE) 64F1P = _____

Level 1 Delay (0.0–99.0 s) (hidden when 64FOPT = NONE or when
 64F1P = OFF) 64F1D = _____

Level 2 Pickup (OFF, 0.5–200.0 kOhms) (hidden when 64FOPT = NONE) 64F2P = _____

Level 2 Delay (0.0–99.0 s) (hidden when 64FOPT = NONE or when
 64F2P = OFF) 64F2D = _____

64F Element Torque Control (SELOGIC control equation) (hidden when
 64FOPT = NONE)
 64FTC = _____

78 Elements (hidden when E78 = N)

If E78 = 1B, the following settings will apply:

Forward Reach Reactance
 (0.1–100.0 Ohms {5 A model}; 0.5–500.0 Ohms {1 A model}) 78FWD = _____

Reverse Reach Reactance
 (0.1–100.0 Ohms {5 A model}; 0.5–500.0 Ohms {1 A model}) 78REV = _____

Right-Hand Blinder
 (0.1–50.0 Ohms {5 A model}; 0.5–250.0 Ohms {1 A model}) 78R1 = _____

Left-Hand Blinder
 (0.1–50.0 Ohms {5 A model}; 0.5–250.0 Ohms {1 A model}) 78R2 = _____

Out-of-Step Trip Delay (0.00–1.00 s) 78TD = _____

Out-of-Step Trip Duration (0.00–5.00 s) 78TDURD = _____

Positive-Sequence Current Supervision
 (0.25–30.00 A {5 A model}; 0.05–6.00 A {1 A model}) 50ABC = _____

78 Element Torque Control (SELOGIC control equation)
 OOSTC = _____

If E78 = 2B, the following settings will apply:

Forward Reach Reactance 78FWD = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 9 of 26
Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

(0.1–100.0 Ohms {5 A model}; 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	
Reverse Reach Reactance	_____
(0.1–100.0 Ohms {5 A model}; 0.5–500.0 Ohms {1 A model})	78REV = _____
Outer Resistance Blinder	
(0.2–100.0 Ohms {5 A model}; 1.0–500.0 Ohms {1 A model})	78R1 = _____
Inner Resistance Blinder	
(0.1–50 Ohms {5 A model}; 0.5–250 Ohms {1 A model})	78R2 = _____
Out-of-Step Delay (0.00–1.00 s)	78D = _____
Out-of-Step Trip Delay (0.00–1.00 s)	78TD = _____
Out-of-Step Trip Duration (0.00–5.00 s)	78TDURD = _____
Positive-Sequence Current Supervision	
(0.25–30.00 A {5 A model}; 0.05–6.00 A {1 A model})	50ABC = _____
78 Element Torque Control (SELOGIC control equation)	
OOSTC = _____	

81 Elements (hidden when E81 = N)

Undervoltage Block (20.0–150.0 V)	27B81P = _____
Level 1 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz)	81D1P = _____
Level 1 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when 81D1P = OFF)	81D1D = _____
Level 2 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz) (hidden when E81 < 2)	81D2P = _____
Level 2 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when E81 < 2 or 81D2P = OFF)	81D2D = _____
Level 3 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz) (hidden when E81 < 3)	81D3P = _____
Level 3 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when E81 < 3 or 81D3P = OFF)	81D3D = _____
Level 4 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz) (hidden when E81 < 4)	81D4P = _____
Level 4 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when E81 < 4 or 81D4P = OFF)	81D4D = _____
Level 5 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz) (hidden when E81 < 5)	81D5P = _____
Level 5 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when E81 < 5 or 81D5P = OFF)	81D5D = _____
Level 6 Pickup (OFF, 20.00–70.00 Hz) (hidden when E81 < 6)	81D6P = _____
Level 6 Time Delay (0.03–400.00 s) (hidden when E81 < 6 or 81D6P = OFF)	81D6D = _____

81AC Elements (hidden when E81AC = N)

Upper Frequency Limit of Band 1 (20.0–70.0 Hz)	UBND1 = _____
Lower Frequency Limit of Band 1 (20.0–70.0 Hz)	LBND1 = _____
Band 1 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s)	TBND1 = _____
Lower Frequency Limit of Band 2 (20.0–70.0 Hz) (hidden when E81AC < 2)	LBND2 = _____
Band 2 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s) (hidden when E81AC < 2)	TBND2 = _____
Lower Frequency Limit of Band 3 (20.0–70.0 Hz) (hidden when E81AC < 3)	LBND3 = _____
Band 3 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s) (hidden when E81AC < 3)	TBND3 = _____
Lower Frequency Limit of Band 4 (20.0–70.0 Hz) (hidden when E81AC < 4)	LBND4 = _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Band 4 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s) (hidden when E81AC < 4)	TBND4 = _____
Lower Frequency Limit of Band 5 (20.0–70.0 Hz) (hidden when E81AC < 5)	LBND5 = _____
Band 5 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s) (hidden when E81AC < 5)	TBND5 = _____
Lower Frequency Limit of Band 6 (20.0–70.0 Hz) (hidden when E81AC < 6)	LBND6 = _____
Band 6 Accumulator Limit Time (0.01–6000.00 s) (hidden when E81AC < 6)	TBND6 = _____
Accumulator Time-Delayed Pickup (0.00–400.00 s)	62ACC = _____
Abnormal Frequency Element Control (SELOGIC control equation) ONLINE = _____	

87N Elements for Model 0300G0, 0300G2 (hidden when E87N = N)

Level 1 Ground Differential Pickup (0.1 • CTR/CTR _N to 15.0 A {5 A model}; 0.02 • CTR/CTR _N to 3.00 A {1 A model})	87N1P = _____
Level 1 Ground Differential Time Delay (0.00 to 400.00 s)	87N1D = _____
Level 2 Ground Differential Pickup (OFF, 0.1•CTR/CTR _N to 15.0 A {5 A model}; OFF, 0.02•CTR/CTR _N to 3.00 A {1 A model})	87N2P = _____
Level 2 Ground Differential Time Delay (0.00 to 400.00 s) (hidden when 87N2P = OFF)	87N2D = _____
87N Element Torque Control (SELOGIC control equation) 87N _{TC} = _____	

87 Elements for Model 0300G1, 0300G3 (hidden when E87 = N)

XFMR High-Side Winding L-L Voltage (OFF, 1.0–1000.0 kV) (hidden when E87 = G)	VWDGD = _____
XFMR (GEN, YY, YDAC, YDAB, DACDAC, DABDAB, DABY, DACY) (hidden when E87 = G)	TRCON = _____
87-Input CT Connection (Y, DAB, DAC) (hidden when E87 = G) (Range depends on TRCON Setting)	CTCON = _____
Phase Input TAP Value (0.50–160.00 A {5 A model}; 0.10–32.00 A {1 A model})	TAP1 = _____
87-Input TAP Value (0.50–160.00 A {5 A model}; 0.10–32.00 A {1 A model})	
Note: Relay calculates TAP values when E87= G, or when E87 = T and VWDGD ≠ OFF. You must enter TAP settings if E87 = T and VWDGD = OFF. TAP _{MAX} /TAP _{MIN} must be less than or equal to 7.5	TAPD = _____
Unrestrained Element Pickup, multiple of TAP (1.0–20.0)	
Note: TAP _{MAX} · U87P ≤ 160.0 A {5 A model} TAP _{MAX} · U87P ≤ 32.0 A {1 A model}	U87P = _____
Restrained Element Pickup, multiple of TAP (0.04–1.00)	
Note: TAP _{MIN} · O87P ≥ 0.2 A {5 A model} TAP _{MIN} · O87P ≥ 0.04 A {1 A model}	O87P = _____
Restraint Slope 1 Percentage (5–100%)	SLP1 = _____
Restraint Slope 2 Percentage (OFF, 50–200%)	SLP2 = _____

**SETTINGS SHEET
 FOR THE SEL-300G RELAY**

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP2 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP2 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP3 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP3 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP4 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP4 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP5 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP5 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP6 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP6 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP7 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP7 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP8 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP8 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP9 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP9 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP10 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP10 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP11 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP11 = _____
RTD Trip Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	TRTMP12 = _____
RTD Alarm Temperature (OFF, 32° to 482°F or 0° to 250°C)	ALTMP12 = _____
Enable Winding Trip Voting (Y, N)	EWDGV = _____
Enable Bearing Trip Voting (Y, N)	EBRGV = _____
RTD Biasing (AMB, LOAD, NONE)	
(RTDBIAS=AMB requires one RTDnLOC=AMB)	RTDBIAS = _____
RTD Bias Differential Temperature (0° to 45°F or 0° to 25°C)	TMPK = _____
Overload Bias Limit (1.00–2.00 per unit Amps)	
(Settings TMPK and BLMT are hidden when RTDBIAS ≠ LOAD)	BLMT = _____

Demand Ammeter

Demand Meter Time Constant (5, 10, 15, 30, 60 min)	DMTC = _____
Phase Pickup (OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model})	PDEMP = _____
Neutral Ground Pickup (OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model})	NDEMP = _____
Residual Ground Pickup (OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model})	GDEMP = _____
Negative-Sequence Pickup (OFF, 0.50–16.00 A {5 A model}; OFF, 0.10–3.20 A {1 A model})	QDEMP = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 13 of 26
Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Inadvertent Energization Logic

Inadvertent Energization (SELOGIC control equation)

INAD = _____

Inadvertent Energization PU Time (0.00–400.00 s) INADPU = _____

Inadvertent Energization DO Time (0.00–400.00 s) INADDO = _____

**SELOGIC Control Equation Variable Timers
(only set those variables and timers enabled by ESV)**

SELOGIC Control Equation Variable SV1

SV1 = _____

SV1 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV1PU = _____

SV1 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV1DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV2

SV2 = _____

SV2 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV2PU = _____

SV2 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV2DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV3

SV3 = _____

SV3 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV3PU = _____

SV3 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV3DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV4

SV4 = _____

SV4 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV4PU = _____

SV4 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV4DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV5

SV5 = _____

SV5 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV5PU = _____

SV5 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV5DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV6

SV6 = _____

SV6 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV6PU = _____

SV6 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV6DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV7

SV7 = _____

SV7 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV7PU = _____

SV7 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV7DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV8

SV8 = _____

SV8 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV8PU = _____

SV8 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV8DO = _____

Date _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

SELOGIC Control Equation Variable SV9

SV9 = _____

SV9 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV9PU = _____

SV9 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV9DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV10

SV10 = _____

SV10 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV10PU = _____

SV10 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV10DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV11

SV11 = _____

SV11 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV11PU = _____

SV11 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV11DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV12

SV12 = _____

SV12 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV12PU = _____

SV12 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV12DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV13

SV13 = _____

SV13 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV13PU = _____

SV13 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV13DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV14

SV14 = _____

SV14 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV14PU = _____

SV14 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV14DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV15

SV15 = _____

SV15 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV15PU = _____

SV15 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV15DO = _____

SELOGIC Control Equation Variable SV16

SV16 = _____

SV16 Pickup Time (0.00–3000.00 s) SV16PU = _____

SV16 Dropout Time (0.00–3000.00 s) SV16DO = _____

Latch Bits Set/Reset Equations (only set those variables enabled by ESL)

Set Latch Bit LT1 (SELOGIC control equation)

SET1 = _____

Reset Latch Bit LT1 (SELOGIC control equation)

RST1 = _____

Set Latch Bit LT2 (SELOGIC control equation)

SET2 = _____

Reset Latch Bit LT2 (SELOGIC control equation)

RST2 = _____

Set Latch Bit LT3 (SELOGIC control equation)

SET3 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 15 of 26
Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Reset Latch Bit LT3 (SELOGIC control equation)
RST3 = _____
Set Latch Bit LT4 (SELOGIC control equation)
SET4 = _____
Reset Latch Bit LT4 (SELOGIC control equation)
RST4 = _____
Set Latch Bit LT5 (SELOGIC control equation)
SET5 = _____
Reset Latch Bit LT5 (SELOGIC control equation)
RST5 = _____
Set Latch Bit LT6 (SELOGIC control equation)
SET6 = _____
Reset Latch Bit LT6 (SELOGIC control equation)
RST6 = _____
Set Latch Bit LT7 (SELOGIC control equation)
SET7 = _____
Reset Latch Bit LT7 (SELOGIC control equation)
RST7 = _____
Set Latch Bit LT8 (SELOGIC control equation)
SET8 = _____
Reset Latch Bit LT8 (SELOGIC control equation)
RST8 = _____
Set Latch Bit LT9 (SELOGIC control equation)
SET9 = _____
Reset Latch Bit LT9 (SELOGIC control equation)
RST9 = _____
Set Latch Bit LT10 (SELOGIC control equation)
SET10 = _____
Reset Latch Bit LT10 (SELOGIC control equation)
RST10 = _____
Set Latch Bit LT11 (SELOGIC control equation)
SET11 = _____
Reset Latch Bit LT11 (SELOGIC control equation)
RST11 = _____
Set Latch Bit LT12 (SELOGIC control equation)
SET12 = _____
Reset Latch Bit LT12 (SELOGIC control equation)
RST12 = _____
Set Latch Bit LT13 (SELOGIC control equation)
SET13 = _____
Reset Latch Bit LT13 (SELOGIC control equation)
RST13 = _____
Set Latch Bit LT14 (SELOGIC control equation)
SET14 = _____
Reset Latch Bit LT14 (SELOGIC control equation)
RST14 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Set Latch Bit LT15 (SELOGIC control equation)

SET15 = _____

Reset Latch Bit LT15 (SELOGIC control equation)

RST15 = _____

Set Latch Bit LT16 (SELOGIC control equation)

SET16 = _____

Reset Latch Bit LT16 (SELOGIC control equation)

RST16 = _____

TRIP, CLOSE, ER, OUTPUT Elements

Minimum Trip Duration Time (0.00–400.00 s) TDURD = _____

Trip Equation 1 (SELOGIC control equation)

TR1 = _____

Unlatch Trip Equation 1 (SELOGIC control equation)

ULTR1 = _____

Trip Equation 2 (SELOGIC control equation)

TR2 = _____

Unlatch Trip Equation 2 (SELOGIC control equation)

ULTR2 = _____

Trip Equation 3 (SELOGIC control equation)

TR3 = _____

Unlatch Trip Equation 3 (SELOGIC control equation)

ULTR3 = _____

Trip Equation 4 (SELOGIC control equation)

TR4 = _____

Unlatch Trip Equation 4 (SELOGIC control equation)

ULTR4 = _____

Close Enable Equation (SELOGIC control equation)

CLEN = _____

Close Initiate Equation (SELOGIC control equation)

CL = _____

Unlatch Close Equation

ULCL = _____

Close Dwell Timer (0.00–1.00 s)

CLSD = _____

Event Trigger Equation

ER = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 17 of 26

Date _____

RELAY SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET AND FRONT PANEL)

Output Contact Equations

Output Contact OUT101 (SELOGIC control equation)

OUT101 = _____

Output Contact OUT102 (SELOGIC control equation)

OUT102 = _____

Output Contact OUT103 (SELOGIC control equation)

OUT103 = _____

Output Contact OUT104 (SELOGIC control equation)

OUT104 = _____

Output Contact OUT105 (SELOGIC control equation)

OUT105 = _____

Output Contact OUT106 (SELOGIC control equation)

OUT106 = _____

Output Contact OUT107 (SELOGIC control equation)

OUT107 = _____

Output Contact Equations for Model 0300G 1-extra I/O board

Output Contact OUT201 (SELOGIC control equation)

OUT201 = _____

Output Contact OUT202 (SELOGIC control equation)

OUT202 = _____

Output Contact OUT203 (SELOGIC control equation)

OUT203 = _____

Output Contact OUT204 (SELOGIC control equation)

OUT204 = _____

Output Contact OUT205 (SELOGIC control equation)

OUT205 = _____

Output Contact OUT206 (SELOGIC control equation)

OUT206 = _____

Output Contact OUT207 (SELOGIC control equation)

OUT207 = _____

Output Contact OUT208 (SELOGIC control equation)

OUT208 = _____

Output Contact OUT209 (SELOGIC control equation)

OUT209 = _____

Output Contact OUT210 (SELOGIC control equation)

OUT210 = _____

Output Contact OUT211 (SELOGIC control equation)

OUT211 = _____

Output Contact OUT212 (SELOGIC control equation)

OUT212 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Event Report Parameters

Length of Event Report (15, 30, 60, 180 cycles {firmware R320 and higher}; 15, 30 cycles {firmware <R320})

LER = _____

Length of Prefault in Event Report (1 through LER-1 cycles)

PRE = _____

Front-Panel Display Time-Out

Front-Panel Display Time-Out (OFF, 0–30 min)

FP_TO = _____

Date Format

Date Format (MDY, YMD)

DATE_F = _____

Station DC Battery Monitor

DC Battery Instantaneous Undervoltage Pickup (OFF, 20–300 Vdc)

DCLOP = _____

DC Battery Instantaneous Overvoltage Pickup (OFF, 20–300 Vdc)

DCHIP = _____

Power System Configuration

Nominal Frequency (50 Hz, 60 Hz)

FNOM = _____

Phase Rotation (ABC, ACB)

PHROT = _____

Phase Potential Transformer Connection (D, Y)

DELTA_Y = _____

Settings Group Change Delay

Group Change Delay (0–400 s)

TGR = _____

Group 1 Select Input (SELOGIC control equation)

SS1 = _____

Group 2 Select Input (SELOGIC control equation)

SS2 = _____

Breaker Monitor Settings

Breaker Monitor Input (SELOGIC control equation)

BKMON = _____

Close/Open Set Point 1–max. (1–65000 operations)

COSP1 = _____

Close/Open Set Point 2–mid. (1–65000 operations)

COSP2 = _____

Close/Open Set Point 3–min. (1–65000 operations)

COSP3 = _____

kA Interrupted Set Point 1–min. (0.1–999.0 kA primary)

KASP1 = _____

kA Interrupted Set Point 2–mid. (0.1–999.0 kA primary)

KASP2 = _____

kA Interrupted Set Point 3–max. (0.1–999.0 kA primary)

KASP3 = _____

Optoisolated Input Timers

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN101D = _____

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN102D = _____

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN103D = _____

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN104D = _____

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN105D = _____

Input Debounce Time (0.00–1.00 cycle in 0.25-cycle steps)

IN106D = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 19 of 26
Date _____

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Optoisolated Input Timers for Model 0300G 1

Input IN201 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN201D = _____
Input IN202 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN202D = _____
Input IN203 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN203D = _____
Input IN204 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN204D = _____
Input IN205 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN205D = _____
Input IN206 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN206D = _____
Input IN207 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN207D = _____
Input IN208 Debounce Time (0.00–1.00 cycles in 0.25-cycle steps)	IN208D = _____

Local Bit Labels

Enter the following characters:0–9, A–Z, -, /, ., space
for each text label setting, subject to the specified character limit. Enter NA to null a label.

Local Bit LB1 Name (14 characters)	NLB1 = _____
Clear Local Bit LB1 Label (7 characters) (setting hidden if NLB1 = NA)	CLB1 = _____
Set Local Bit LB1 Label (7 characters) (setting hidden if NLB1 = NA)	SLB1 = _____
Pulse Local Bit LB1 Label (7 characters) (setting hidden if NLB1 = NA)	PLB1 = _____
Local Bit LB2 Name (14 characters)	NLB2 = _____
Clear Local Bit LB2 Label (7 characters) (setting hidden if NLB2 = NA)	CLB2 = _____
Set Local Bit LB2 Label (7 characters) (setting hidden if NLB2 = NA)	SLB2 = _____
Pulse Local Bit LB2 Label (7 characters) (setting hidden if NLB2 = NA)	PLB2 = _____
Local Bit LB3 Name (14 characters)	NLB3 = _____
Clear Local Bit LB3 Label (7 characters) (setting hidden if NLB3 = NA)	CLB3 = _____
Set Local Bit LB3 Label (7 characters) (setting hidden if NLB3 = NA)	SLB3 = _____
Pulse Local Bit LB3 Label (7 characters) (setting hidden if NLB3 = NA)	PLB3 = _____
Local Bit LB4 Name (14 characters)	NLB4 = _____
Clear Local Bit LB4 Label (7 characters) (setting hidden if NLB4 = NA)	CLB4 = _____
Set Local Bit LB4 Label (7 characters) (setting hidden if NLB4 = NA)	SLB4 = _____
Pulse Local Bit LB4 Label (7 characters) (setting hidden if NLB4 = NA)	PLB4 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Local Bit LB5 Name (14 characters)	NLB5 = _____
Clear Local Bit LB5 Label (7 characters) (setting hidden if NLB5 = NA)	CLB5 = _____
Set Local Bit LB5 Label (7 characters) (setting hidden if NLB5 = NA)	SLB5 = _____
Pulse Local Bit LB5 Label (7 characters) (setting hidden if NLB5 = NA)	PLB5 = _____
Local Bit LB6 Name (14 characters)	NLB6 = _____
Clear Local Bit LB6 Label (7 characters) (setting hidden if NLB6 = NA)	CLB6 = _____
Set Local Bit LB6 Label (7 characters) (setting hidden if NLB6 = NA)	SLB6 = _____
Pulse Local Bit LB6 Label (7 characters) (setting hidden if NLB6 = NA)	PLB6 = _____
Local Bit LB7 Name (14 characters)	NLB7 = _____
Clear Local Bit LB7 Label (7 characters) (setting hidden if NLB7 = NA)	CLB7 = _____
Set Local Bit LB7 Label (7 characters) (setting hidden if NLB7 = NA)	SLB7 = _____
Pulse Local Bit LB7 Label (7 characters) (setting hidden if NLB7 = NA)	PLB7 = _____
Local Bit LB8 Name (14 characters)	NLB8 = _____
Clear Local Bit LB8 Label (7 characters) (setting hidden if NLB8 = NA)	CLB8 = _____
Set Local Bit LB8 Label (7 characters) (setting hidden if NLB8 = NA)	SLB8 = _____
Pulse Local Bit LB8 Label (7 characters) (setting hidden if NLB8 = NA)	PLB8 = _____
Local Bit LB9 Name (14 characters)	NLB9 = _____
Clear Local Bit LB9 Label (7 characters) (setting hidden if NLB9 = NA)	CLB9 = _____
Set Local Bit LB9 Label (7 characters) (setting hidden if NLB9 = NA)	SLB9 = _____
Pulse Local Bit LB9 Label (7 characters) (setting hidden if NLB9 = NA)	PLB9 = _____
Local Bit LB10 Name (14 characters)	NLB10 = _____
Clear Local Bit LB10 Label (7 characters) (setting hidden if NLB10 = NA)	CLB10 = _____
Set Local Bit LB10 Label (7 characters) (setting hidden if NLB10 = NA)	SLB10 = _____
Pulse Local Bit LB10 Label (7 characters) (setting hidden if NLB10 = NA)	PLB10 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 21 of 26
Date _____

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Local Bit LB11 Name (14 characters)	NLB11 = _____
Clear Local Bit LB11 Label (7 characters) (setting hidden if NLB11 = NA)	CLB11 = _____
Set Local Bit LB11 Label (7 characters) (setting hidden if NLB11 = NA)	SLB11 = _____
Pulse Local Bit LB11 Label (7 characters) (setting hidden if NLB11 = NA)	PLB11 = _____
Local Bit LB12 Name (14 characters)	NLB12 = _____
Clear Local Bit LB12 Label (7 characters) (setting hidden if NLB12 = NA)	CLB12 = _____
Set Local Bit LB12 Label (7 characters) (setting hidden if NLB12 = NA)	SLB12 = _____
Pulse Local Bit LB12 Label (7 characters) (setting hidden if NLB12 = NA)	PLB12 = _____
Local Bit LB13 Name (14 characters)	NLB13 = _____
Clear Local Bit LB13 Label (7 characters) (setting hidden if NLB13 = NA)	CLB13 = _____
Set Local Bit LB13 Label (7 characters) (setting hidden if NLB13 = NA)	SLB13 = _____
Pulse Local Bit LB13 Label (7 characters) (setting hidden if NLB13 = NA)	PLB13 = _____
Local Bit LB14 Name (14 characters)	NLB14 = _____
Clear Local Bit LB14 Label (7 characters) (setting hidden if NLB14 = NA)	CLB14 = _____
Set Local Bit LB14 Label (7 characters) (setting hidden if NLB14 = NA)	SLB14 = _____
Pulse Local Bit LB14 Label (7 characters) (setting hidden if NLB14 = NA)	PLB14 = _____
Local Bit LB15 Name (14 characters)	NLB15 = _____
Clear Local Bit LB15 Label (7 characters) (setting hidden if NLB15 = NA)	CLB15 = _____
Set Local Bit LB15 Label (7 characters) (setting hidden if NLB15 = NA)	SLB15 = _____
Pulse Local Bit LB15 Label (7 characters) (setting hidden if NLB15 = NA)	PLB15 = _____
Local Bit LB16 Name (14 characters)	NLB16 = _____
Clear Local Bit LB16 Label (7 characters) (setting hidden if NLB16 = NA)	CLB16 = _____
Set Local Bit LB16 Label (7 characters) (setting hidden if NLB16 = NA)	SLB16 = _____
Pulse Local Bit LB16 Label (7 characters) (setting hidden if NLB16 = NA)	PLB16 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Front-Panel Display

Front-Panel Current Display (Y, N)	FP_I = _____
Front-Panel Phase-to-Phase Voltage Display (Y, N)	FP_VPP = _____
Front-Panel Phase Voltage Display (Y, N) (hidden when DELTA_Y = D)	FP_VP = _____
Front-Panel Power Display (Y, N)	FP_MW = _____
Front-Panel Frequency Display (Y, N)	FP_FR = _____
Front-Panel Current Differential Display (Y, N)	FP_87 = _____

Display Points

Display Point DP1 (SELOGIC control equation)	
DP1 = _____	
Display if DP1 = logical 1 (16 characters)	DP1_1 = _____
Display if DP1 = logical 0 (16 characters)	DP1_0 = _____
Display Point DP2 (SELOGIC control equation)	
DP2 = _____	
Display if DP2 = logical 1 (16 characters)	DP2_1 = _____
Display if DP2 = logical 0 (16 characters)	DP2_0 = _____
Display Point DP3 (SELOGIC control equation)	
DP3 = _____	
Display if DP3 = logical 1 (16 characters)	DP3_1 = _____
Display if DP3 = logical 0 (16 characters)	DP3_0 = _____
Display Point DP4 (SELOGIC control equation)	
DP4 = _____	
Display if DP4 = logical 1 (16 characters)	DP4_1 = _____
Display if DP4 = logical 0 (16 characters)	DP4_0 = _____
Display Point DP5 (SELOGIC control equation)	
DP5 = _____	
Display if DP5 = logical 1 (16 characters)	DP5_1 = _____
Display if DP5 = logical 0 (16 characters)	DP5_0 = _____
Display Point DP6 (SELOGIC control equation)	
DP6 = _____	
Display if DP6 = logical 1 (16 characters)	DP6_1 = _____
Display if DP6 = logical 0 (16 characters)	DP6_0 = _____
Display Point DP7 (SELOGIC control equation)	
DP7 = _____	
Display if DP7 = logical 1 (16 characters)	DP7_1 = _____
Display if DP7 = logical 0 (16 characters)	DP7_0 = _____
Display Point DP8 (SELOGIC control equation)	
DP8 = _____	
Display if DP8 = logical 1 (16 characters)	DP8_1 = _____
Display if DP8 = logical 0 (16 characters)	DP8_0 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 23 of 26
Date _____

GLOBAL SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET G AND FRONT PANEL)

Display Point DP9 (SELOGIC control equation)

DP9 = _____

Display if DP9 = logical 1 (16 characters) DP9_1 = _____

Display if DP9 = logical 0 (16 characters) DP9_0 = _____

Display Point DP10 (SELOGIC control equation)

DP10 = _____

Display if DP10 = logical 1 (16 characters) DP10_1 = _____

Display if DP10 = logical 0 (16 characters) DP10_0 = _____

Display Point DP11 (SELOGIC control equation)

DP11 = _____

Display if DP11 = logical 1 (16 characters) DP11_1 = _____

Display if DP11 = logical 0 (16 characters) DP11_0 = _____

Display Point DP12 (SELOGIC control equation)

DP12 = _____

Display if DP12 = logical 1 (16 characters) DP12_1 = _____

Display if DP12 = logical 0 (16 characters) DP12_0 = _____

Display Point DP13 (SELOGIC control equation)

DP13 = _____

Display if DP13 = logical 1 (16 characters) DP13_1 = _____

Display if DP13 = logical 0 (16 characters) DP13_0 = _____

Display Point DP14 (SELOGIC control equation)

DP14 = _____

Display if DP14 = logical 1 (16 characters) DP14_1 = _____

Display if DP14 = logical 0 (16 characters) DP14_0 = _____

Display Point DP15 (SELOGIC control equation)

DP15 = _____

Display if DP15 = logical 1 (16 characters) DP15_1 = _____

Display if DP15 = logical 0 (16 characters) DP15_0 = _____

Display Point DP16 (SELOGIC control equation)

DP16 = _____

Display if DP16 = logical 1 (16 characters) DP16_1 = _____

Display if DP16 = logical 0 (16 characters) DP16_0 = _____

Date _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

SEQUENTIAL EVENTS RECORDER SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET R)

Sequential Events Recorder settings are comprised of three trigger lists. Each trigger list can include up to 24 Relay Word bits delimited by spaces or commas. See *Sequential Events Recorder (SER) Report* in *Section 11: Event Reports and SER Functions*.

SER Trigger List 1 SER1 = _____

SER Trigger List 2 SER2 = _____

SER Trigger List 3 SER3 = _____

SER Trigger List 4 SER4 = _____

Relay Word Bit Aliases (ALIAS# > EALIAS setting are hidden)

(See *Alias Settings* in *Section 3: Auxiliary Function Settings*.)

Enable ALIAS Settings (0, 10, 20, 30, 40) EALIAS = _____

ALIAS1 = _____

ALIAS2 = _____

ALIAS3 = _____

ALIAS4 = _____

ALIAS5 = _____

ALIAS6 = _____

ALIAS7 = _____

ALIAS8 = _____

ALIAS9 = _____

ALIAS10 = _____

ALIAS11 = _____

ALIAS12 = _____

ALIAS13 = _____

ALIAS14 = _____

ALIAS15 = _____

ALIAS16 = _____

ALIAS17 = _____

ALIAS18 = _____

ALIAS19 = _____

**SETTINGS SHEET
FOR THE SEL-300G RELAY**

Page 25 of 26
Date _____

SEQUENTIAL EVENTS RECORDER SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET R)

- ALIAS20 = _____
- ALIAS21 = _____
- ALIAS22 = _____
- ALIAS23 = _____
- ALIAS24 = _____
- ALIAS25 = _____
- ALIAS26 = _____
- ALIAS27 = _____
- ALIAS28 = _____
- ALIAS29 = _____
- ALIAS30 = _____
- ALIAS31 = _____
- ALIAS32 = _____
- ALIAS33 = _____
- ALIAS34 = _____
- ALIAS35 = _____
- ALIAS36 = _____
- ALIAS37 = _____
- ALIAS38 = _____
- ALIAS39 = _____
- ALIAS40 = _____

SETTINGS SHEET FOR THE SEL-300G RELAY

PORT SETTINGS (SERIAL PORT COMMAND SET P AND FRONT PANEL)

Protocol Settings

Protocol (SEL, LMD, MOD {Standard plus Modbus [®] Models}; SEL, LMD {Standard Models})	PROTO = _____
LMD Prefix (@, #, \$, %, &) (hidden when PROTO ≠ LMD)	PREFIX = _____
LMD Address (01–99) (hidden when PROTO ≠ LMD)	ADDR = _____
LMD Settling Time (0–30 seconds) (hidden when PROTO ≠ LMD)	SETTLE = _____
Enable Hardware Handshaking ³ (Y, N, H {when PROTO = MOD}; Y, N {when PROTO = SEL}) (hidden when PROTO = LMD)	RTSCTS = _____
Modbus Slave ID (1–247) (hidden when PROTO ≠ MOD)	SLAVEID = _____

Protocol Settings: Refer to *Section 10: Serial Port Communications and Commands* for details.

Communications Settings

Baud Rate (300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400)	SPEED = _____
Note: The highest baud rate for Modbus RTU protocol is 19200.	
Data Bits (7, 8)	BITS = _____
Parity (0, E, N) {Odd, Even, None}	PARITY = _____
Stop Bits (1, 2)	STOP = _____

Other Port Settings

Time-Out (0–30 minutes)	T_OUT = _____
Send Auto Messages to Port (Y, N)	AUTO = _____
<i>Fast Operate</i> Enable (Y, N)	FASTOP = _____

Other Port Settings. Set T_OUT to the number of minutes of serial port inactivity for an automatic log out. Set T_OUT = 0 for no port time-out. If the event report length setting LER = 180 cycles, set the port time-out setting T_OUT > 2 minutes.

Set AUTO = Y to allow automatic messages at the serial port. Set RTSCTS = Y to enable hardware handshaking. With RTSCTS = Y, the relay will not send characters until the CTS input is asserted. Also, if the relay is unable to receive characters, it deasserts the RTS line.

Set FASTOP = Y to enable binary *Fast Operate* messages at the serial port. Set FASTOP = N to block binary *Fast Operate* messages. Refer to *Appendix D: Configuration, Fast Meter, and Fast Operate Commands* for the description of the SEL-300G Relay *Fast Operate* commands.

³ RTSCTS setting is hidden for Port 1 (EIA-485) and the default value is N.
SEL-300G Instruction Manual

Παράρτημα Ε: Βιβλιογραφία

- [1] P. M. Anderson, “Power System Protection”, IEEE Press, McGraw Hill, New York 1999.
- [2] J. Lewis Blackburn, “Protective Relaying. Principles and Applications”, 2nd Edition, Marcel-Dekker. Inc., 1998.
- [3] Mason, C. R., “The Art and Science of Protective Relaying”, New York: Wiley, 1956, pp. 209-214.
- [4] Μ. Π. Παπαδόπουλος, “Προστασία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1997.
- [5] Β. Κ. Παπαδιά, “Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος Ι: Μόνιμη Κατάσταση Λειτουργίας”, Αθήνα 1991-92.
- [6] Β. Κ. Παπαδιά, “Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, Τόμος ΙΙ: Ασύμμετρες και Μεταβατικές Καταστάσεις”, Αθήνα 1993.
- [7] S. J. Chapman, “Electric Machinery Fundamentals” 3rd Edition, McGraw Hill New York 2000.
- [8] IEEE Std C37.102–1995, “IEEE Guide for AC Generator Protection”.
- [9] IEEE Std C37.101–1993, “IEEE Guide for Generator Ground Protection”.
- [10] IEEE Std C37.2–1996, “IEEE Standard Electrical Power System Device Function Numbers and Contact Designations”.
- [11] ANSI C50.13–1977, “American National Standard Requirements for Cylindrical-Rotor Synchronous Generators”.
- [12] Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. “SEL-300G Multifunction Generator Relay Instruction Manual”, Pullman 2006.
- [13] ALSTOM T&D Protection and Control Ltd, “Protective Relays Application Guide”, 3rd edition, 1987.
- [14] ALSTOM T&D Protection and Control Ltd, “Type LGPG111 Digital Integrated Generator Protection Relay Service Manual”, 1999.
- [15] ABB Network Control & Automation, “REG 100 Series Numerical generator protection”, 1992.
- [16] R. Sandoval, A. Guzmán H. Altuve, “Dynamic Simulations Help Improve Generator Protection”, SEL Literature.
- [17] IEEE Paper No. TPWRD-00370-2003, “Performance of Generator Protection During Major System Disturbances”.

