



Τμήμα: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

# Πτυχιακή Εργασία

----- Προστασία σε Συστήματα Μεταφοράς Υψηλής Τάσης -----

----- Λαγανάς Μανούσος -----  
Α.Μ.: 03835

Επιβλέπων : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΤΣΙΡΕΚΗΣ

Αθήνα, ..... 201\_

## Περιεχομενα

1.Εισαγωγή.....	7
1.1 Σκοπός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας .....	7
1.2 Σκοπός και Ρόλος Προστασίας Σ.Η.Ε.....	10
1.3 Ζώνες προστασίας στα Συστήματα Ηλεκτρική Ενέργειας .....	11
1.4 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος προστασίας .....	13
2. Ανάλυση και κατάταξη σφαλμάτων.....	14
2.1 Κατηγορίες σφαλμάτων .....	14
2.2 Συνέπειες των σφαλμάτων.....	15
2.3 Σύστημα συμμετρικών συνιστωσών.....	16
2.4. Κυκλώματα Ακολουθίας στους Μετασχηματιστές Ισχύος.....	22
3. Περιγραφή εξοπλισμού συστημάτων προστασίας .....	25
3.1 Εξοπλισμός προστασίας .....	25
3.2 Μετασχηματιστές μετρήσεως.....	25
3.3 Κατηγορίες ηλεκτρονόμων.....	26
3.4 Διακόπτες ισχύος (power circuit breakers).....	28
4. Προστασία υπερτάσεων.....	29
4.1 Εξωτερικές υπερτάσεις.....	29
4.1.1 Εισαγωγή.....	29
4.1.2 Ηλεκτρική συμπεριφορά σύννεφου.....	30
4.1.3 Είδη κεραυνών.....	30
4.1.4 Φάσεις κεραυνικών εκκενώσεων.....	32
4.1.5 Πολικότητα κεραυνικών εκκενώσεων.....	34
4.1.6. Παράγοντες που επηρεάζουν τον κεραυνό.....	35
4.1.7. Παράμετροι κεραυνού.....	35
4.1.8. Κεραυνική στάθμη – Ισοκεραυνικές καμπύλες.....	36
4.1.9.Αποτελέσματα κεραυνού.....	36
4.1.10 Εσωτερικές υπερτάσεις.....	37
4.2. Η έννοια της υπερέντασης.....	31
4.3. Χαρακτηριστικά ηλεκτρονόμων υπερέντασης.....	38
4.4. Διαβάθμιση των προστασιών υπερέντασης.....	42
4.5. Διαβάθμιση ηλεκτρονόμων υπερέντασης σταθερού χρόνου.....	43
4.6. Διαβάθμιση ηλεκτρονόμων υπερέντασης αντίστροφου χρόνου.....	45
4.7. Κατευθυντική προστασία με ηλεκτρονόμους υπερεντάσεως – κατευθύνσεως.....	45
4.8. Περιθώρια των ρυθμίσεων για την εξασφάλιση επιλογικής συνεργασίας.....	46
4.9. Σύνδεση και τροφοδότηση των ηλεκτρονόμων υπερέντασης.....	46
4.10. Συνδέσεις ηλεκτρονόμων υπερεντάσεως – κατευθύνσεως για σφάλματα προς γη.....	49
4.11. Προστασία εναέριων υπεραστικών δικτύων Μέσης Τάσης.....	50
5. ΑΛΕΞΙΚΕΡΑΥΝΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	52
5.1. Εισαγωγή.....	52
5.2. Είδη αλεξικέραυνων.....	52
5.2.1. Αλεξικέραυνα με διάκενα.....	52
5.2.2.Αλεξικέραυνα χωρίς διάκενα.....	56

6. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	62
6.1. Μέθοδοι προστασίας γραμμών.....	62
6.2. Αρχή λειτουργίας των ηλεκτρονόμων αποστάσεως.....	66
6.3. Κύρια χαρακτηριστικά των ηλεκτρονόμων αποστάσεως.....	69
6.4. Κύριοι τύποι ηλεκτρονόμων αποστάσεως.....	70
6.5. Ζώνες προστασίας ηλεκτρονόμων αποστάσεως.....	76
6.6. Γενικά η διαφορική προστασία γραμμών.....	77
6.7. Διαφορική προστασία γραμμών με αγωγούς πιλότους.....	77
6.8. Διαφορική προστασία με Φέρουσες συχνότητες.....	79
7. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ	
7.1. Γενικά οι μετασχηματιστές.....	81
7.2. Σφάλματα μετασχηματιστών.....	83
7.3. Διαφορική προστασία μετασχηματιστών.....	84
7.4. Διαφορική προστασία μετασχηματιστή τριών τυλιγμάτων.....	89
7.5. Προστασία γης περιορισμένης ζώνης.....	89
7.6. Διαφορική προστασία αυτομετασχηματιστή.....	90
7.7. Αδυναμίες της διαφορικής προστασίας μετασχηματιστή ισχύος.....	91
7.8. Προστασία από υπερφορτίσεις και υπερεντάσεις.....	94
7.9. Προστασία από εσωτερικά σφάλματα και ηλεκτρονόμος Buchholz.....	97
7.10. Προστασία από σφάλματα προς το περίβλημα του μετασχηματιστή .....	97
8. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	99
8.1. Γενικά οι γεννήτριες.....	99
8.2. Τύποι βλαβών γεννητριών.....	99
8.3. Προστασία υπερεντάσεως – υπερφορτίσεως.....	100
8.4. Κύριες προστασίες του σάτη.....	101
8.5. Προστασία του δρομέα .....	107
8.6. Προστασία από ασύμμετρη φόρτιση.....	108
8.7. Προστασία από απώλεια (διακοπή) διεγέρσεως.....	109
8.8. Προστασία «αντιστρόφου ισχύος».....	109
8.9. Προστασία από υπερεντάσεις.....	109
9. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ.....	110
9.1. Γενικά οι κινητήρες.....	110
9.2. Κινητήρες μικρού και μεσαίου μεγέθους.....	110
9.3. Κινητήρες μέσου και μεγάλου μεγέθους.....	112
9.4. Συμπεριφορά κινητήρων κατά τις διαταραχές της τροφοδοτήσεώς τους.....	115
9.4.1 Ένας μόνο κινητήρας.....	116
9.4.2 Πολλοί κινητήρες.....	119
9.4.3 Εφαρμογή στην πράξη.....	121
9.5. Μέτρα προστασίας λόγω υποτάσεων.....	121
10. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΖΥΓΩΝ.....	123
10.1. Τύποι και κατηγορίες ζυγών.....	123
10.2. Γενικά η προστασία ζυγών.....	124
10.3. Σφάλματα στους ζυγούς.....	124
10.4. Διαφορική προστασία ζυγών.....	127
10.5. Σφάλματα στους μετασχηματιστές εντάσεως και επιρροή τους στην διαφορική προστασία των ζυγών.....	129
10.6. Προστασία μέσω ηλεκτρονόμου τάσεως υψηλής αντιστάσεως.....	133
10.7. Προστασία ζυγών μέσω «γραμμικών πηνίων Ζεύξεως».....	135

11. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΗΝΙΩΝ ΚΑΙ ΠΥΚΝΩΤΩΝ.....	137
11.1. Πηνία.....	137
11.2. Προστασία πηνίων.....	138
11.3. Προστασία πυκνωτών.....	140
12. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	
12.1. Προκλήσεις στα συστήματα προστασίας και ελέγχου των Συστημάτων Ηλεκτρική Ενέργειας .....	145
12.2. Επιτήρηση και προστασία ευρύτερης περιοχής δικτύου με βάση τη μέτρηση των διανυσμάτων.....	145
12.3. Ηλεκτρονόμοι (relays) νέας τεχνολογίας (ψηφιακοί) .....	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	153

## Προλογος

Ο σκοπός της πραγματοποίησης αυτής της πτυχιακής εργασίας ήταν για να γίνει η περιγραφή ενός κεφαλαίου που ονομάζεται Προστασία σε Συστήματα Μεταφοράς Υψηλής Τάσης.

Αρχικά, αναφέρεται αναλυτικά ο σκοπός ύπαρξης ενός συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας καθώς και ο ρόλος, η ανάγκη και η εφαρμογή της προστασίας πάνω σε ένα τέτοιο σύστημα.

Στην συνέχεια παρατίθενται λεπτομερώς ο εξοπλισμός προστασίας, καθώς και η ανάλυση όλων των επιμέρους συσκευών ενός συστήματος οι οποίες προστατεύονται με βάση αυτόν τον εξοπλισμό.

Τέλος, στην εργασία αυτή υπάρχει ένα κεφάλαιο, που αναφέρεται στις τεχνολογικές εξελίξεις στη προστασία συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι εφαρμογές και ο εξοπλισμός τελευταίας τεχνολογίας που χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή από τον τομέα προστασίας της ΔΕΗ.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to analyze the Protection of High Voltage Transmission Systems.

Initially, the purpose of the existence of a High Voltage Transmission System as well as the role, the need and the applications uses for protection on such a system are stated.

Next, we analyze the safety equipment and the individual devices that are protected by this equipment.

Finally, there is a chapter about the technological development in the field of the protection of High Voltage Transmission Systems. This chapter describes the latest state-of-the-art applications and equipment used by the PPC S.A.