



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάλυση Ευστάθειας Ελληνικού Διασυνδεδεμένου
Συστήματος Υπό Μεγάλη Αιολική Διείσδυση και
Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών
σε Βυθίσεις Τάσεως**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Σ. Μάρκου

Επιβλέπων : Νικόλαος Δ. Χατζηαργυρίου
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2007



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Ανάλυση Ευστάθειας Ελληνικού Διασυνδεδεμένου
Συστήματος Υπό Μεγάλη Αιολική Διείσδυση και
Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών
σε Βυθίσεις Τάσεως**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεώργιος Σ. Μάρκου

Επιβλέπων : Νικόλαος Δ. Χατζηαργυρίου
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Ν. Χατζηαργυρίου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Ε. Διαλυνάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Σ. Παπαθανασίου
Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Μάιος 2007

.....
Γεώργιος Σ. Μάρκου

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

Copyright © Γεώργιος Σ. Μάρκου

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.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ν.Χατζηαργυρίου για την εμπιστοσύνη που έχει δείξει στο πρόσωπο μου καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου με ένα πραγματικά τόσο ενδιαφέρον θέμα. Η αίσθηση της συνεχούς επικοινωνίας και συνεργασίας ήταν καθοριστική για την πορεία της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Ε. Βουμβουλάκη για την πολύτιμη συμβολή του, τις σημαντικές συμβουλές του, τη βοήθεια, τη συμπαράσταση και την άριστη καθοδήγησή του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πραγματικά χωρίς την πολύτιμη συμβολή του δεν είχε ολοκληρωθεί η παρούσα διπλωματική εργασία.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους καθηγητές κ. Κ.Βουρνά και Ε.Διαλυνά για τις χρήσιμες υποδείξεις και διορθώσεις του κατά την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους μηχανικούς του ΔΕΣΜΗΕ Β.Νομικό, Θ.Κορωνίδα και Ι.Καμπούρη για το πολύτιμο υλικό που μου παρείχαν, αλλά και για τις υποδείξεις τους.

Τέλος, καθώς ολοκλήρωσα τις σπουδές μου θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον καθηγητή Π. Μπούρκα για την βοήθειά του στα πρώτα μου εργασιακά βήματα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προϊσταμένους μου κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στο ΚΔΕΠ της ΔΕΗ κυρίους Α.Ρεντιζέλα, Ι. Ασλάνογλου, Χ.Λαμπρόπουλο καθώς και τον Ν.Αστυπαλιώτη, για την ανοχή τους κατά την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία αφιερώνεται στην οικογένειά μου για την ηθική συμπαράσταση που μου παρείχε μέχρι την επίτευξη του στόχου μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μέρος του ερευνητικού έργου «Ανάλυση Ευστάθειας Διασυνδεδεμένου Συστήματος υπό μεγάλη Αιολική Διείσδυση και Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών σε βυθίσεις τάσεως».

Στα σενάρια που μελετήθηκαν περιλαμβάνονται όλα τα αιολικά πάρκα για τα οποία έχει δοθεί από το ΔΕΣΜΗΕ προσφορά σύνδεσης με το δίκτυο και αυτά για τα οποία κατασκευάζονται ειδικά έργα σύνδεσης Εύβοια και στη Θράκη. Το σύνολο της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος των αιολικών πάρκων σε αυτό το σενάριο θα είναι περί τα 3000 MW.

Η παραπάνω αιολική παραγωγή θα θεωρηθεί ότι συμπίπτει με δυο ακραία σενάρια ως προς το φορτίο του συστήματος. Το αναμενόμενο μέγιστο του 2012 - περίπου 12.500 MW και ένα χαμηλό φορτίο που αναμένεται για το έτος 2012 της τάξης των 5000 MW.

Για τα δύο παραπάνω σενάρια φορτίου και αιολικής διείσδυσης 3000 MW μελετήθηκε η Ευστάθεια του Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Θεωρήθηκε ότι όλες οι μονάδες των αιολικών πάρκων παραμένουν σε λειτουργία (δεν θα φύγουν δηλαδή δεν θα αποσυνδεθούν από δράση προστασιών τους μετά από πιθανή υπόταση) προκειμένου να εξεταστούν τα τυχόν προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν οι ανεμογεννήτριες στο σύστημα λόγω της δυναμικής τους συμπεριφοράς. Συγκεκριμένα για κάθε σενάριο πραγματοποιήθηκε ανάλυση μεταβατικής ευστάθειας για συγκεκριμένες διαταραχές (συμμετρικά τριφασικά βραχυκυκλώματα με χρόνο εκκαθάρισης 100 ms) στους κάτωθι υποσταθμούς: ΚΥΤ Φιλίππων, Ν. Σάντας, Καρδιάς, Λαυρίου, Μεγαλόπολης, Αράχθου, Αλιβερίου.

Η μελέτη έγινε με το πρόγραμμα EUROSTAG του ΕΜΠ.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Αιολική Διείσδυση, Ανεμογεννήτριες, Ευστάθεια, Βραχυκύκλωμα, Βυθίσεις Τάσης

ABSTRACT

This Diploma Thesis consists part of the research project “Analysis of the stability of the Greek Διασυνδεδεμένου System with large scale integration of wind energy and Evaluation of transient stability of wind turbines in low voltages”.

In the scenarios that were studied, were included all the wind parks that have gained from the HTSO offer of connection with the System and for those that are being constructed projects of connection in Evoia and Thrace. The amount of the nominal wind power of these wind parks is approximately 3000 MW.

These 3000 MW of wind power is assumed that coincides with the two endmost scenarios of the load of the System. The predictable maximum load of the year 2012 is approximately 12500 MW, and the minimum load approximately 5000 MW.

For these two cases of load and wind power penetration of 3000 MW, we studied the stability of the Grid-Connected System. It is assumed that all wind parks remain in use (they will not be disconnected from their own protection after low voltages), in case to examine possible problems that the wind turbines can cause to the System due to their Dynamic behavior. For each case of Load was made analysis of the transient stability for specific faults (symmetrical three-phase short-circuits with time of clearance 100 ms) in several substations Extra High Voltage – High Voltage in all the country.

The study was done using with the programme EUROSTAG of NTUA.

KEY WORDS

Wind penetration, Wind Turbines, Stability , Short-Circuit, Low Voltages

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή	11
1.1. Ιστορική Αναδρομή των νέων δεδομένων Ηλεκτροπαραγωγής.....	11
1.2. Ε.Ε.: Από Ανανεώσιμες Πηγές το 19% της Ηλεκτρικής Ενέργειας ως το 2010..	16
1.3. Η ελληνική πραγματικότητα για την Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ.....	17
1.3.1. ΑΠΕ.....	17
1.3.2. Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα.....	22
1.4. Αιολική Παραγωγή.....	24
1.4.1. Προβλέψεις για την παγκόσμια αγορά 2007-2012.....	28
1.4.2. Τεχνολογία Ανεμογεννήτριας.....	29
1.4.3. Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους Α/Γ.....	30
1.5. Σύνδεση των Α/Γ στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας – Προβλήματα.....	33
Κεφάλαιο 2 - Το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας	38
2.1. Περιγραφή του Συστήματος.....	38
2.2. Διασυνδέσεις.....	39
2.3. Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής.....	40
2.4. Διείσδυση ΑΠΕ στο Σύστημα.....	43
2.5. Προβλέψεις Ζήτησης Ενέργειας.....	50
2.6. Προβλέψεις ετήσιων αιχμών φορτίου.....	53
Κεφάλαιο 3 - Ευστάθεια ΣΗΕ	56
3.1. Ορισμός ευστάθειας ΣΗΕ.....	56
3.2.1 Ευστάθεια γωνίας	
3.2.2 Ευστάθεια τάσης	
3.2.3 Ευστάθεια συχνότητας	
3.2. Κατηγοριοποίηση φαινομένων ευστάθειας ΣΗΕ.....	59
3.3.1 Διατάξεις στη βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα	
3.3.2 Διατάξεις στη μακροπρόθεσμη χρονική κλίμακα	
3.3.3 Διερεύνηση προβλημάτων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης	
3.3. Σύντομη Περιγραφή Διατάξεων.....	61
Κεφάλαιο 4 - Επίδραση των Α/Γ στην ευστάθεια των ΣΗΕ	68
4.1. Απόκριση των Α/Γ σε διαταραχές.....	68
4.1.1. Α/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης.....	68
4.1.2. Προστασία της Α/Γ και το φαινόμενο της νησιδοποίησης.....	70
4.1.2.1. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης.....	70
4.1.2.2. Συμπεριφορά Α/Γ και αιολικών πάρκων.....	71

Κεφάλαιο 5 - Παραμονή της Α/Γ σε Λειτουργία σε Συνθήκες Βύθισης	
Τάσεως.....	73
Κεφάλαιο 6 - Μοντελοποίηση των Ανεμογεννητριών.....	78
6.1. Α/Γ σταθερών στροφών με απλή μηχανή επαγωγής.....	78
6.2. Α/Γ μεταβλητών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης.....	79
6.2.1 Μοντελοποίηση ηλεκτρικού μέρους	
6.3. Α/Γ μεταβλητών στροφών με πολυπολική γεννήτρια και πλήρη μετατροπέα....	91
Κεφάλαιο 7 - Μοντελοποίηση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	93
7.1. EUROSTAG.....	93
7.2. Μοντελοποίηση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας στο EUROSTAG.....	94
7.3. Μοντέλα Γεννητριών, Ρυθμιστών και Περιοριστών.....	96
7.3.1. Μοντέλο Γεννητριών.....	96
7.3.2. Μοντελοποίηση του Κορεσμού.....	96
7.3.3. Μοντέλο Ρυθμιστή Τάσης.....	98
7.3.4. Μοντέλο Ρυθμιστή Στροφών.....	101
7.3.5. Μοντέλο Περιοριστή Υπερδιέγερσης.....	103
Κεφάλαιο 8 - Ανάλυση Ευστάθειας Διασυνδεδεμένου Συστήματος Υπό	
Μεγάλη Αιολική Διείσδυση.....	108
8.1. Εισαγωγή.....	108
8.2. Εξεταζόμενα Σημεία Λειτουργίας	109
8.2.1. Γενικά.....	109
8.2.2. Ανάλυση Ροής Φορτίου του Συστήματος.....	111
8.2.3. Τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....	114
8.3. Ανάλυση Ευστάθειας Συστήματος σε Βραχυκυκλώματα.....	117
8.3.1 Μοντελοποίηση δυναμικών χαρακτηριστικών του Συστήματος.....	117
8.3.1.1 Τροποποιήσεις στις Παραμέτρους των Μονάδων.....	117
8.3.2 Μοντελοποίηση Φορτίων.....	118
8.3.3 Μοντελοποίηση αιολικών πάρκων.....	119
8.3.3.1 Τύπος Α: Α/Γ σταθερών στροφών	
8.3.3.2 Τύπος Β: Α/Γ μεταβλητής αντίστασης δρομέα	
8.3.3.3 Τύπος Γ: Α/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης	
8.3.3.4 Τύπος Δ: Α/Γ μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα	
8.3.4. Σύνδεση ΑΠΕ στο Δίκτυο.....	122
8.3.5. Μοντελοποίηση ΑΠΕ (πλην αιολικών).....	124
8.3.6. Μοντελοποίηση Διασύνδεσης με Σύρου.....	124
8.3.7. Προσομοίωση Διαταραχών.....	124
8.3.7.1. Αποτελέσματα για το Σενάριο Μεγίστου Φορτίου.....	125
8.3.7.2. Αποτελέσματα για το Σενάριο Ελαχίστου Φορτίου.....	147

Κεφάλαιο 9 - Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς

Ανεμογεννητριών σε Βυθίσεις Τάσεως.....	173
9.1. Εισαγωγή.....	173
9.2. Ανάλυση Ροής Φορτίου του Συστήματος.....	174
9.3. Προσομοίωση Διαταραχών.....	175
9.3.1 Αποτελέσματα για το Σενάριο Μεγίστου Φορτίου.....	176
9.3.1.1 Προσομοίωση με προστασίες τύπου Α.....	176
9.3.1.2 Προστασίες τύπου Β.....	178
9.3.1.3 Προστασίες τύπου C.....	180
Γραφικές Παραστάσεις.....	182
9.3.2. Αποτελέσματα για το Σενάριο Χαμηλού Φορτίου.....	202
9.3.2.1 Προστασίες τύπου Α.....	202
9.3.2.2 Προστασίες τύπου Β.....	206
9.3.2.3 Προστασίες τύπου C.....	208
Γραφικές Παραστάσεις.....	210
9.4. Συμπεράσματα.....	220

Κεφάλαιο 10

Συμπεράσματα.....	231
-------------------	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....233

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	234
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΕΙΣ.....	249
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 - ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	251
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 - ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΘΗΚΑΝ.....	254
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 - ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΑΠΕ.....	257
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 - ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ, ΠΕΡΙΟΧΕΣ, ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ.....	258
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7 - ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΤΑ ΕΥΕΑ.....	261
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8 - ΚΑΜΠΥΛΕΣ LVRT.....	262
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9 - ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ.....	264
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10 - ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (2006).....	268
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10 – ΧΑΡΤΕΣ.....	271

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....282

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1. Ιστορική Αναδρομή των νέων δεδομένων Ηλεκτροπαραγωγής

Ο χάρτης της ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα έχει αλλάξει σημαντικά τα τελευταία χρόνια και θα αλλάξει ακόμα περισσότερο στο άμεσο μέλλον. Σημαντικοί σταθμοί στην διαμόρφωση της αλλαγής αυτής ήταν οι εξής :

- Το **Πρωτόκολλο του Κιότο** το οποίο προέκυψε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο για τις Κλιματικές Αλλαγές που είχε υπογραφεί στη Διάσκεψη του Ρίο, τον Ιούνιο του 1992. Κεντρικός άξονας του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι οι νομικά κατοχυρωμένες δεσμεύσεις των βιομηχανικά αναπτυγμένων κρατών να μειώσουν τις εκπομπές έξι (6) αερίων του θερμοκηπίου την περίοδο 2008-2012, σε ποσοστό 5,2% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

Ευρωπαϊκή Ένωση (των 15), Βουλγαρία, Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Ρουμανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%
ΗΠΑ	-7%
Καναδάς, Ιαπωνία, Ουγγαρία, Πολωνία	-6%
Κροατία	-5%
Νέα Ζηλανδία, Ουκρανία, Ρωσία	0%
Νορβηγία	+1%
Αυστραλία	+8%
Ισλανδία	+10%

Πίνακας 1.1. Δεσμεύσεις μειώσεων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου

Η Ελλάδα, μαζί με την υπόλοιπη Ευρωπαϊκή Ένωση το επικύρωσε τον Μάιο του 2002. Αν και ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση των εκπομπών κατά 8%, ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων ανάμεσα στα κράτη μέλη παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Οι επιμέρους στόχοι παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

Όπως φαίνεται, στην Ελλάδα έχει επιτραπεί να αυξηθεί τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατά 25% μέχρι το 2010 σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Όμως, σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μέχρι το 2000 οι εκπομπές της χώρας μας είχαν ήδη αυξηθεί κατά 23,4%, ενώ σύμφωνα με τις προβλέψεις, η αύξηση των εκπομπών κατά το 2010 θα ανέρχεται στο +35,8%. Η μη τήρηση των στόχων θα έχει οδυνηρές συνέπειες για τη χώρα μας, αφού σε μία τέτοια περίπτωση προβλέπονται αυστηρά πρόστιμα.

Λουξεμβούργο	-28%	Γαλλία, Φινλανδία	0%
Γερμανία, Δανία	-21,5%	Σουηδία	+5%
Αυστρία	-13%	Ιρλανδία	+14%
Βρετανία	-12,5%	Ισπανία	+15%
Εσθονία, Λετονία, Λιθουανία, Σλοβακία, Σλοβενία, Τσεχία	-8%	Ελλάδα	+25%
Βέλγιο	-7%	Πορτογαλία	+28%
Ιταλία	-6,5%		
Ουγγαρία, Πολωνία, Ολλανδία	-6		

Πίνακας 1.2. Δεσμεύσεις μειώσεων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για την Ε.Ε.

- Ο **Νόμος 2244/1994** «*Ρύθμιση θεμάτων ηλεκτροπαραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και από συμβατικά καύσιμα και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α 168) αποτέλεσε την απαρχή για την ουσιαστική ανάπτυξη των ΑΠΕ. Ο νόμος καθόρισε για το διασυνδεδεμένο σύστημα της χώρας σταθερές τιμές πώλησης ανανεώσιμης ενέργειας σε επίπεδα ίσο με το 90% του γενικού τιμολογίου στη μέση τάση και υποχρέωση της ΔΕΗ για αγορά του.
- Η **Οδηγία 96/96/ΕΚ** ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Δεκεμβρίου 1996 σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω θέσπισης σχετικών κοινών κανόνων σε όλο το φάσμα δραστηριοτήτων του τομέα ηλεκτρικής ενέργειας, τέθηκε σε ισχύ στις 19.02.1997.
- Ο **Νόμος 2773/99** περί απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας – ρύθμιση θεμάτων ενεργειακής πολιτικής και λοιπές διατάξεις. Με το νόμο

αυτό καθορίζονται οι έννοιες του ανεξάρτητου παραγωγού ηλεκτρικής ενέργειας και το σημαντικότερο συστήθηκε η Ρ.Α.Ε..

- Η σύσταση της **Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας** με το νόμο 2773/22-12-99, ο οποίος τροποποιήθηκε με το άρθρο 5 του νόμου 2837/2000, η οποία είναι ανεξάρτητη διοικητική αρχή και έχει κυρίως γνωμοδοτικές και εισηγητικές αρμοδιότητες στον τομέα της ενέργειας. Σκοπός της ΡΑΕ είναι να διευκολύνει τον ελεύθερο και υγιή ανταγωνισμό στην ενεργειακή αγορά με σκοπό να εξυπηρετηθεί σε τελευταία ανάλυση καλύτερα και οικονομικότερα ο καταναλωτής (ιδιώτης και επιχείρηση) αλλά και να επιζήσει βρίσκοντας νέες ευκαιρίες η μικρή και μεσαία επιχείρηση, η οποία είναι φορέας ανάπτυξης και απασχόλησης. Θα παρακολουθεί και θα εισηγείται για τις τιμές, τη λειτουργία της αγοράς και τις αδειοδοτήσεις. Σκοπός της ΡΑΕ επίσης, είναι να εξασφαλίσει με θεσμικό τρόπο συμβατό με τους μηχανισμούς της απελευθερωμένης αγοράς, τους μακροχρόνιους στρατηγικούς στόχους της ενεργειακής πολιτικής και την εξυπηρέτηση του δημοσίου συμφέροντος.
- Σύσταση της ανώνυμης εταιρίας Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (**Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε. Α.Ε.**) με το Προεδρικό διάταγμα 328, ΦΕΚ 268/2000. Σκοπός του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η λειτουργία, εκμετάλλευση, διασφάλιση της συντήρησης και η μέριμνα για την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς κατά την έννοια του άρθρου 2 του Νόμου 2773/1999 , καθώς και των διασυνδέσεων με άλλα δίκτυα για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια κατά τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο. Ο ΔΕΣΜΗΕ παρέχει πρόσβαση στο Σύστημα στους κατόχους άδειας παραγωγής ή προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης συνάπτει συμβάσεις αγοράς ή πώλησης ηλεκτρικής στο πλαίσιο των ρυθμίσεων του Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος.
- Ο Ν. **2941/2001** «*Απλοποίηση διαδικασιών ίδρυσης εταιρειών, αδειοδότηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, ρύθμιση θεμάτων της Α.Ε. 'ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΝΑΥΠΗΓΕΙΑ' και άλλες διατάξεις*» (ΦΕΚ Α' 201) απλοποίησε τις διαδικασίες για να Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

- Η **Οδηγία 2001/77/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Σεπτεμβρίου 2001, για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η Οδηγία προβλέπει στο παράρτημα της για την Ελλάδα ενδεικτικό στόχο κάλυψης από ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές, περιλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων, σε ποσοστό της ακαθάριστης κατανάλωσης ενέργειας κατά το έτος 2010 ίσο με **20,1%**. Ο στόχος αυτός είναι συμβατός με τις διεθνείς δεσμεύσεις της χώρας που απορρέουν από το πρωτόκολλο του Κιότο που υπογράφηκε το Δεκέμβριο του 1997 στη σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Οι πλέον πρόσφατες εκτιμήσεις για την ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το έτος 2010, την προσδιορίζουν σε ύψος 68 δις κιλοβατώραν, Κατά συνέπεια υφίσταται ανάγκη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) της τάξης των 13,7 δις κιλοβατώραν κατά τα 2010. Η 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεύθυνσης Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 ορίζει τις οι απαιτήσεις σε εγκατεστημένη ισχύ ΑΠΕ για το 2010 προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος.

	Απαιτήσεις σε Εγκατεστημένη ισχύς το 2010 σε MW	Παραγωγή ενέρ- γειας το 2010 σε δις kWh	Ποσοστιαία συμμετοχή ανά τύπο ΑΠΕ το 2010
Αιολικά πάρκα	3.372	7,09	10,42
Μικρά υδροηλεκτρικά	364	1,09	1,60
Μεγάλα υδροηλεκτρικά	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	103	0,81	1,19
Γεωθερμία	12	0,09	0,13
Φωτοβολταϊκά	18	0,02	0,03
Σύνολα	7.193	13,67	20,10

Πίνακας 1.3. Απαιτήσεις εγκατάστασης ΑΠΕ για επίτευξη στόχου 2010

- Ο **Αναπτυξιακός Νόμος 3299/2004** με τα μεγάλα ποσοστά επιδοτήσεων για έργα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας δίνοντας κίνητρα σε νέους επενδυτές.
- Ο **Νόμος 3468/2006 «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις»** ο οποίος ισχύει από τις 27 Ιουνίου 2006 και έθεσε νέα δεδομένα σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο Νόμος ενσωματώνει την βασική Οδηγία 2001/77/ΕΚ για την προαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στην εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα με τις ρυθμίσεις του νόμου προωθείται κατά προτεραιότητα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ και μέσω συμπαράγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.

Με το νέο Νόμο ορίζεται η νέα τιμολόγηση της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

Πηγή ηλεκτρικής ενέργειας	Τιμή Ενέργειας (Ευρώ/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο σύστημα	Μη διασυνδεδεμένα νησιά
Αιολική, υδραυλική, γεωθερμική ενέργεια, βιομάζα, αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και βιοαερία, λοιπές ΑΠΕ και ενέργεια μέσω συμπαράγωγής υψηλής απόδοσης	73	84,6
Αιολικά πάρκα στη θάλασσα	90	
Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μέχρι 100 kW που εγκαθίστανται σε ακίνητο ιδιοκτησίας ή νόμιμης κατοχής ή όμορα ακίνητα του ίδιου ιδιοκτήτη ή νομίμου κατόχου	450	500
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από φωτοβολταϊκά συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη των 100 kW	400	450
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από συστήματα άλλης τεχνολογίας πλην φωτοβολταϊκών με ισχύ μέχρι 5 MW	250	270
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από συστήματα άλλης τεχνολογίας πλην φωτοβολταϊκών με ισχύ μεγαλύτερη των 5 MW	230	250

Πίνακας 1.4. Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

1.2. Ε.Ε.: Από Ανανεώσιμες Πηγές το 19% της Ηλεκτρικής Ενέργειας ως το 2010

Πολύ κοντά στην επίτευξη του στόχου αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ως το 2010 βρίσκεται σήμερα η Ευρωπαϊκή Ένωση. Το 2001, η Ευρωπαϊκή Ένωση έθεσε ως στόχο, με χρονικό ορίζοντα το 2010, την αύξηση στο 21% του ποσοστού της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στα κράτη-μέλη.

Τα αριθμητικά στοιχεία που περιλαμβάνονται στην τελευταία έκθεση της Ε.Ε. υποδηλώνουν ότι, παρά την αύξηση κατά 50% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) σε σχέση με τα καταγραφόμενα στην από διετίας έκθεση, το συνολικό ποσοστό της παραγόμενης από ΑΠΕ ηλεκτρικής ενέργειας θα ανέρχεται σε 19% το 2010, δηλαδή η Ε.Ε. θα απέχει ελάχιστα από την επίτευξη του στόχου.

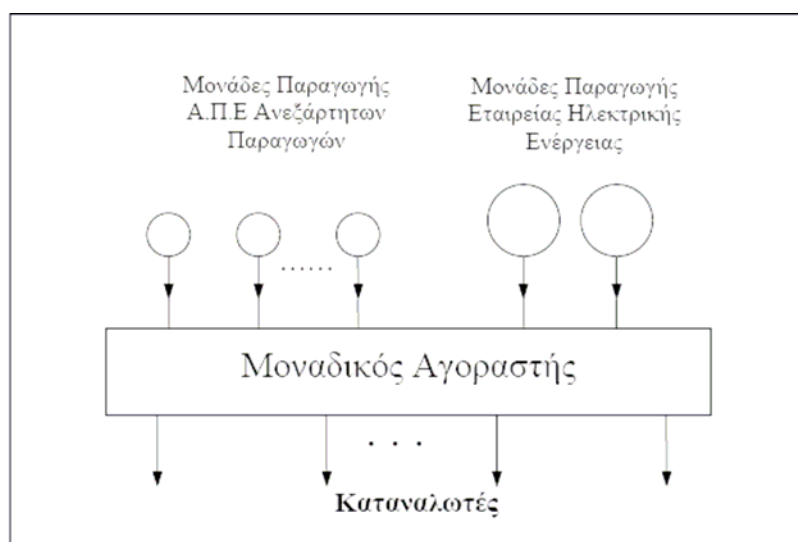
Μεταξύ των διαφόρων ανανεώσιμων πηγών ηλεκτρικής ενέργειας, τη σημαντικότερη εξέλιξη παρουσιάζει σαφώς η αιολική ενέργεια - με αύξηση 150% της ικανότητας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικές πηγές σε σχέση με το 2001, η Ε.Ε. βρίσκεται στην πρώτη θέση κατέχοντας μερίδιο 60% της παγκόσμιας αγοράς. Η συνολική κατανάλωση αιολικής ενέργειας στην Ε.Ε. ισοδυναμεί με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Δανίας και της Πορτογαλίας αθροιστικά. Εντούτοις, τα μισά από τα κράτη-μέλη της Ε.Ε. δεν προωθούν επαρκώς την αιολική ενέργεια, παρουσιάζοντας καθυστερήσεις στην έκδοση αδειών, ανισότιμους όρους πρόσβασης στο δίκτυο και βραδεία ενίσχυση και επέκταση του ηλεκτρικού δικτύου.

Η ανάπτυξη της στερεάς βιομάζας επιταχύνθηκε σημαντικά το 2004 και το 2005 - η προερχόμενη από στερεά βιομάζα ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από την καύση δασικών και γεωργικών προϊόντων και καταλοίπων σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Τις πρώτες θέσεις στη συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα κατέχουν η Φινλανδία και η Σουηδία, ακολουθούμενες από τις Γερμανία, Ισπανία, ΗΒ, Δανία, Αυστρία και Κάτω Χώρες. Η Επιτροπή ενέκρινε προσφάτως ένα σχέδιο δράσης της Ε.Ε. για τα δάση, το οποίο αφορά, μεταξύ άλλων, την αξιοποίηση των δασικών πόρων ως πρώτων υλών για την παραγωγή ενέργειας

1.3. Η ελληνική πραγματικότητα για την Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ

1.3.1. ΑΠΕ

Σύμφωνα με την ισχύουσα οδηγία της ΕΕ για τον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής για μικρά και μεσαίου μεγέθους Σ.Η.Ε ισχύει το μοντέλο του Μοναδικού Αγοραστή. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό τον κυρίαρχο ρόλο στον τομέα του ηλεκτρισμού εξακολουθεί να παίζει μία Ηλεκτρική Εταιρία (η οποία αποτελεί και τον Μοναδικό Αγοραστή) η οποία διατηρεί το αποκλειστικό δικαίωμα πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή ευθύνης της. Παράλληλα, επιτρέπεται η ανάπτυξη ιδιωτικών σταθμών παραγωγής από Ανεξάρτητους Παραγωγούς οι οποίοι πωλούν την ενέργεια που παράγουν στο Μοναδικό Αγοραστή, χωρίς να έχουν δικαίωμα απ'ευθείας πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας σε καταναλωτές. Ο Μοναδικός Αγοραστής είναι ο ΔΕΣΜΗΕ για το διασυνδεδεμένο σύστημα και η ΔΕΗ για τα μη Διασυνδεδεμένα νησιά (στο άμεσο μέλλον και τα μη Διασυνδεδεμένα νησιά θα περάσουν στην κυριότητα του ΔΕΣΜΗΕ). Μια σχηματική παρουσίαση του μοντέλου του Μοναδικού Αγοραστή φαίνεται στον σχήμα 1.



Σχήμα 1.1. Μοντέλο Αγοράς "Μοναδικού Αγοραστή"

Από την ιστορική αναδρομή μπορούμε να επισημάνουμε τον δεσμευτικό στόχο της Ελλάδας για **20,1% ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ το 2010** (συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων υδροηλεκτρικών) και το 2020 σε 29% της

ακαθάριστης εγχώριας κατανάλωσης καθώς και ότι προωθείται **κατά προτεραιότητα** η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ΑΠΕ.

Με μία γρήγορη αναζήτηση στον διαδικτυακό τόπο της ΡΑΕ προκύπτει ότι ο αριθμός των αιτήσεων για νέες μονάδες ηλεκτρικής ενέργειας είναι πραγματικά πολύ μεγάλος. Συγκεκριμένα έχουν χορηγηθεί άδειες παραγωγής για 14.156 MW. Πολλές από αυτές τις άδειες αφορούν αιολικά συνδεδεμένα στο σύστημα. Έχουν δοθεί 454 άδειες για 3387 MW αιολικής ενέργειας (στοιχεία Ιαν. 2007).

Από τα παραπάνω είναι εμφανής η πρόθεση τουλάχιστον των ελλήνων επενδυτών να δραστηριοποιηθούν στον τομέα της Ηλεκτροπαραγωγής. Η πραγματικότητα βέβαια έχει δείξει ότι ελάχιστες από τις άδειες παραγωγής υλοποιούνται και οι περισσότερες αιτήσεις δεν λαμβάνουν άδεια παραγωγής. Επίσης η ίδια η διαδικασία της αδειοδότησης είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα και επιπλέον πολύ λίγες άδειες παραγωγής φτάνουν σε σημείο να λάβουν και άδεια εγκατάστασης.

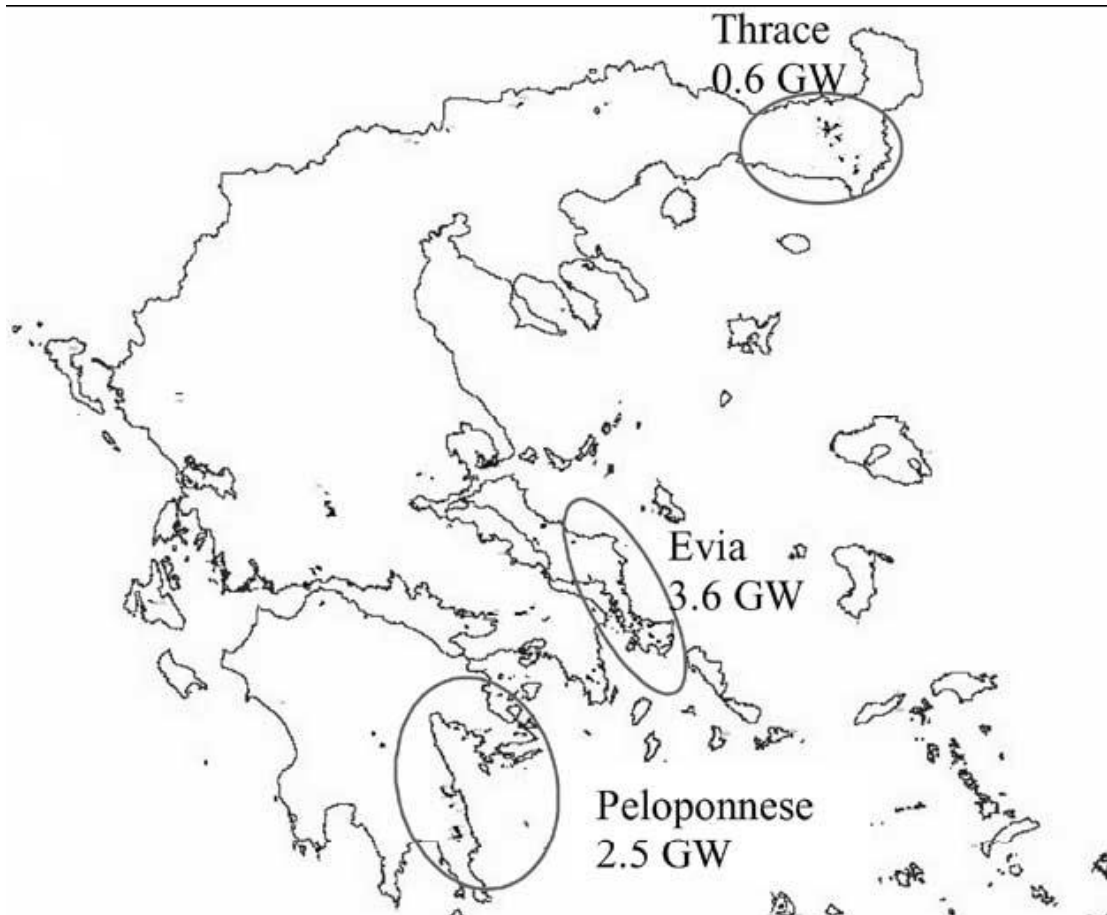
Η διαδικασία της αδειοδότησης είναι η εξής :

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΦΟΡΕΑΣ
ΑΙΤΗΣΗ ΓΙΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΑΔΕΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΡΑΕ
ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΡΑΕ / ΥΠΑΝ
ΕΓΚΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	ΥΠΕΧΩΔΕ
ΑΔΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ
ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Η' ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΔΕΣΜΗΕ ή ΔΕΗ
ΑΔΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ

Παρά το χρονοβόρο της διαδικασίας αδειοδότησης αρκετοί μεγάλοι επενδυτές έχουν εκφράσει έντονα το ενδιαφέρον για μεγάλα έργα ιδιαίτερα στον τομέα της αιολικής ενέργειας. Ενδεικτικό του έντονου ενδιαφέροντος αποτελεί η πρόθεση επιχειρηματία για έργο 1600MW αιολικής ενέργειας σε Λέσβο, Χίο, Λήμνο με απαραίτητη προϋπόθεση την διασύνδεση των νησιών με το Σύστημα.

Σήμερα σύμφωνα με την Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολική Ενέργειας βρίσκονται σε λειτουργία στη χώρα (Διασυνδεδεμένο Δίκτυο και Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά) **746 MW αιολικής ενέργειας**. Στο παράρτημα 10 φαίνεται ο πιο πρόσφατα ενημερωμένος κατάλογος των αιολικών μονάδων που βρίσκονταν σε λειτουργία τον Αύγουστο του 2006 (661MW) από το περιοδικό ANEMΟΛΟΓΙΑ.

Το 2006 στη χώρα μας παρήχθεισαν περίπου 2,1GWh ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα μεγάλα υδροηλεκτρικά της ΔΕΗ, είχαμε μείωση εκπομπών CO₂ περί τα 2 εκ. τόνους και εξοικονομήθηκαν 550 χιλιάδες τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου. 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεξόδου Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 αναφέρει χαρακτηριστικά για παραγωγή 2,2 δις kWh που θα προέρχεται κατά 77,4% από αιολικά πάρκα, 13,6% μικρά υδροηλεκτρικά έργα και 9,0% από λοιπές μορφές ανανεώσιμης ενέργειας (βιοαερίο, βιομάζα, φωτοβολταϊκά). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το 2005 καταναλώθηκαν 50.719 GWh ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που δείχνει τα σημαντικά βήματα που πρέπει να γίνουν στο άμεσο μέλλον για να επιτευχθεί ο στόχος του 20,1% ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ ή 13,36% αν εξαιρέσουμε τα μεγάλα υδροηλεκτρικά σύμφωνα με την 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεξόδου Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010.



Σχήμα 1.2. Γεωγραφική διανομή των προς εγκατάσταση αιολικών πάρκων

Η εγκατεστημένη ισχύς της ΔΕΗ ανέρχεται σε 12.500 MW και άλλα 1600 MW ανήκουν σε αυτοπαραγωγούς και παραγωγούς συμβατικής και ανανεώσιμης ενέργειας. Οι γραμμές μεταφοράς έχουν μήκος που υπερβαίνει τα 12.000 χλμ ενώ οι γραμμές διανομής στο σύνολο της χώρας υπερβαίνουν τα 200.000 χλμ. Ο αριθμός των εξυπηρετούμενων πελατών είναι γύρω στα 7 εκατομμύρια. Σε σχέση με τις ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να σημειωθεί ότι με τις όμορες βαλκανικές χώρες (Αλβανία, ΠΓΔΜ και Βουλγαρία) υπάρχουν συνδέσεις ικανές να καλύψουν σε ετήσια βάση ανταλλαγές σε επίπεδο άνω του 7% των αναγκών της χώρας κυρίως από την περίσσεια ενέργειας των συστημάτων της Βουλγαρίας και Ρουμανίας. Εξάλλου διευθετήθηκε το θέμα της επανασύνδεσης με τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης που συμμετέχουν στη UCTE και παρέμενε σε εκκρεμότητα από την εποχή του πολέμου της Γιουγκοσλαβίας. Η σύνδεση με την Ιταλία με υποβρύχιο καλώδιο συνεχούς ρεύματος 400 kV και δυναμικότητα μεταφοράς αντιστοιχούσας σε 500 MW λειτουργεί εμπορικά από το 2002.

Η κυριότερη πηγή καυσίμου είναι ο εγχώριος λιγνίτης μικρής θερμογόνου δύναμης (70 εκατ. τόνοι) που αναμένεται να καλύψει κατά το 2005 το 55,9% του συνόλου των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια. Το πετρέλαιο κυρίως για την κίνηση ηλεκτροπαραγωγικών εγκαταστάσεων νησιωτικών συστημάτων μη συνδεδεμένων με την ηπειρωτική χώρα αναμένεται να συμμετάσχει με ποσοστό 13,5%. Το φυσικό αέριο προερχόμενο από εισαγωγές από τη Ρωσία και σε μορφή LNG από την Αλγερία θα καλύψει το 12,9%. Κατά το ίδιο έτος τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα αναμένεται να παράγουν το 9,1%. Τέλος η αιολική ενέργεια, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα, η βιομάζα και τα φωτοβολταϊκά θα συγκεντρώσουν ποσοστό τάξης 3,1% ενώ οι εισαγωγές-εξαγωγές θα κληθούν να καλύψουν το υπόλοιπο 5,5%.

Μετά την ολοκλήρωση όλων των προγραμματισμένων έργων για την ενίσχυση των δικτύων (ΜΑΣΜ 2006-2010) και στη βάση του οικονομικού δυναμικού των ΑΠΕ και του επενδυτικού ενδιαφέροντος και των ρεαλιστικών εκτιμήσεων, μπορεί να γίνει εκτίμηση των δυνατοτήτων διείσδυσης κατά το έτος 2010 όπως φαίνεται στον πίνακα σύμφωνα με το βασικό σενάριο της ΡΑΕ

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία της ΡΑΕ (ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2005) η εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

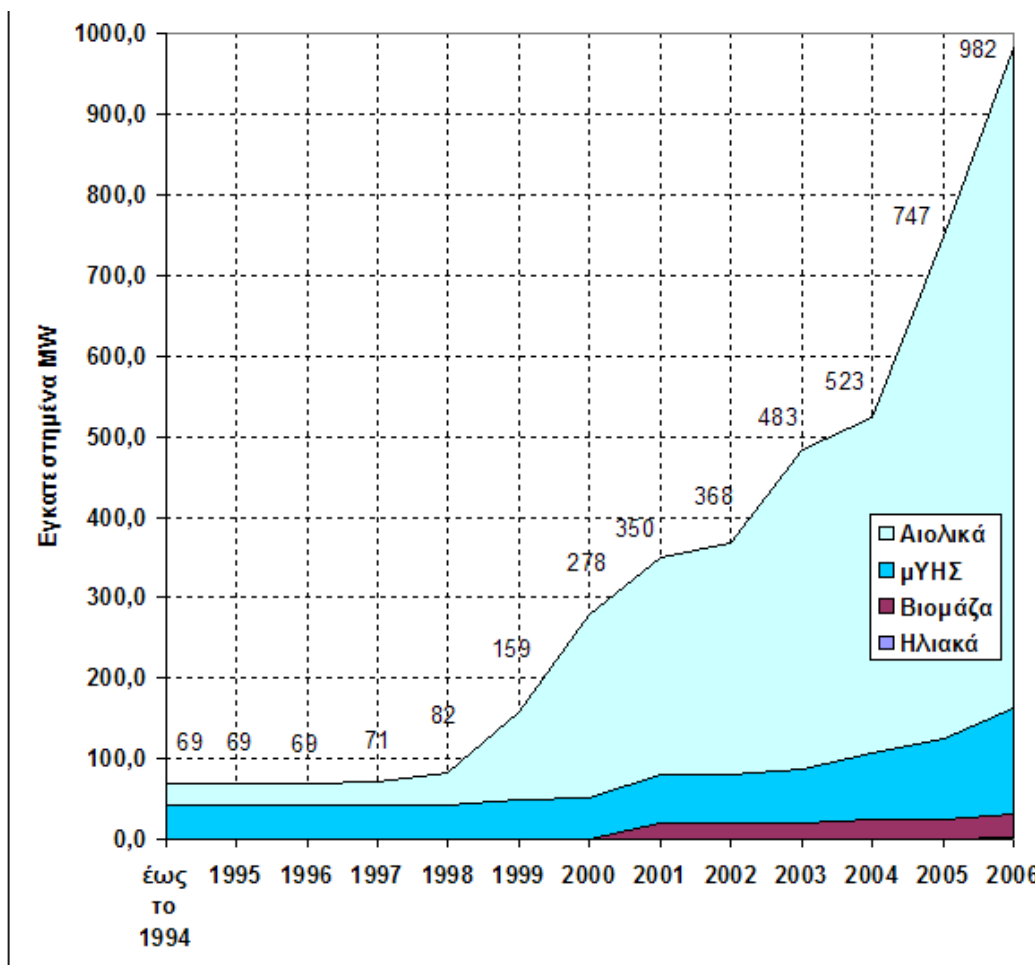
Περιφέρεια	Μεγάλα υδροηλεκτρικά	Αιολικά	Μικρά υδρο-ηλεκτρικά	Φωτοβολταϊκά	Βιομάζα	ΣΥΝΟΛΑ
Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	500,0	162,2	1,00			663,20
Αττικής		2,6		0,2	20,70	23,30
Βορείου Αιγαίου		28,7				28,70
Δυτικής Ελλάδος	1.282,2	36,1	17,62			1335,92
Κεντρικής Μακεδονίας	492,0	17,0	23,90	0,15	2,50	535,55
Ηπείρου	543,6		28,7			571,40
Ιονίων Νήσων		10,2				10,20
Θεσσαλίας	130,0		4,94		0,35	135,29
Κρήτης		104,5	0,60	0,80	0,17	106,27
Νοτίου Αιγαίου		20,1				20,10
Πελοποννήσου	70,0	36,0	2,00			108,00
Στερεάς Ελλάδος		204,3	22,0			226,30
Σύνολα	3.017,8	621,7	99,86	1,15*	23,72	3.764,23

* Η ισχύς αυτή είναι η καταγεγραμμένη αλλά υπάρχουν πολλά φωτοβολταϊκά συστήματα μη συνδεδεμένα με τα δίκτυα. Με βάση στοιχεία πωλήσεων εκτιμάται ότι η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτοβολταϊκών συστημάτων κατά τις αρχές του 2006 θα βρίσκεται σε επίπεδο 4 MW.

Πίνακας 1.6. Εγκατεστημένη ισχύς συστημάτων ΑΠΕ σε MW (Ιανουάριος 2006)

	Εγκατεστημένη Ισχύς σε MW (αρχές 2006)	Πρόσθετες Άδειες Εγκατάστασης σε ισχύ (MW)	Πρόσθετα ΑΠΕ λόγω δρομολογημένων παρεμβάσεων (MW)	Πρόσθετα ΑΠΕ στη λουπή Ελλάδα (MW)	Εκτιμώμενο σύνολο ισχύος 2010 σε MW	Εκτιμώμενη Παραγωγή ή ενέργειας 2010 σε δις kWh	Ποσοστό συμμετοχής ανά τύπο ΑΠΕ το 2010 (για στόχο 13,67 δις kWh)
Αιολικά	622	505	1.240	650	3.017	6,34	9,33
Μικρά ΥΗ	100	62		90	252	0,76	1,11
Μεγάλα ΥΗ	3.018			307	3.325	4,58	6,74
Βιομάζα	24	22		25	71	0,56	0,82
Γεωθερμία	0			8	8	0,06	0,09
Φ/Β	1*	1		8	10	0,01	0,02
Σύνολο	3.765	590	1.240	1.088	6.683	12,31	18,10

Πίνακας 1.7. Βασικό σενάριο εκτίμησης παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ το έτος 2010



Σχήμα 1.3. Αθροιστικά εγκαθιστώμενη ισχύς ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ

1.3.2. Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα

Η ΔΕΗ λειτουργεί 15 μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3017,8 MW (βλ. πίνακα 5) με ετήσια ενεργειακή απολαβή 4,16 δις kWh για μέσες συνθήκες υδραυλικότητας και συντηρητικό σενάριο διαχείρισης νερών λόγω και του χαρακτήρα των περισσότερων έργων ως πολλαπλού σκοπού.

Επίσης τα έργα που φαίνονται στον πίνακα 6 έχουν προγραμματιστεί από τη ΔΕΗ για εμπορική λειτουργία έως το 2010 με συνολική ενεργειακή απολαβή 1.582 δις kWh.

Σήμερα βρίσκεται σε προκαταρκτική φάση υλοποίησης από ιδιωτική εταιρία το υδροηλεκτρικό έργο Αγίου Νικολάου στον ποταμό Άραχθό στη βορειοδυτική Ελλάδα με εγκατεστημένη ισχύ 93 MW και ετήσια παραγωγική ικανότητα 320 εκατ. κιλοβατωρών. Επίσης έχει χορηγηθεί μία ακόμα άδεια παραγωγής από

υδροηλεκτρικό έργο σε ιδιωτική εταιρεία ισχύος 60 MW στη θέση Αυλάκι στον ποταμό Αχελώο στην Κεντρική Ελλάδα.

Περιφέρεια	Όνομα σταθμού	Ισχύς σε MW	Παραγωγική ικανότητα σε εκατ. kWh/έτος
Ανατολ. Μακεδονίας & Θράκης	Θησαυρός*	384,0	440
	Πλατανόβρυση	116,0	240
Δυτικής Ελλάδας	Κρεμαστά	437,2	964
	Καστράκι	320,0	639
	Στράτος	150,0	298
Δυτικής Μακεδονίας	Πολύφυτο	375,0	386
Ηπείρου	Πουρνάρι	300,0	281
	Πουρνάρι II	33,6	45
	Πηγές Αώου	210,0	149
Θεσσαλίας	Ταυρωπός	130,0	163
Κεντρικής Μακεδονίας	Άγρας	50,0	19
	Εδεσσαίος	19,0	16
	Ασώματα	108,0	126
	Σφηκιά*	315,0	182
Πελοποννήσου	Λάδωνας	70,0	215
Σύνολα		3.017,8	4.163

Σημείωση: Μονάδες που παρήγαγαν πρόσθετη συνολική ενέργεια 868 εκατ. kWh από αντλιοσταμείωση

Πίνακας 1.8. Μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα εκμεταλλεόμενα από τη ΔΕΗ

Κατά συντηρητική εκτίμηση από τα ανωτέρω 775 MW υδροηλεκτρικών έργων θα έχει εγκατασταθεί μέχρι το 2010 συνολική ισχύς **307 MW** σύμφωνα με τη ΡΑΕ. Η ΔΕΗ έχει δρομολογήσει την ανάπτυξη 770 MW εντός των επόμενων ετών, σε σύνολο 1.540 MW, που θα εγκατασταθούν συνολικά με τη συμμετοχή και ιδιωτών επενδυτών. Μέχρι σήμερα η ΔΕΗ έχει αξιοποιήσει το 40% του εγχώριου ετήσιου εκμεταλλεύσιμου υδροδυναμικού της χώρας, που εκτιμάται σε 12 TWh. Σύμφωνα με τον πίνακα 8 το 2010 θα έχει “αξιοποιήσει” 7,85 TWh δηλαδή περίπου το 65% του υδραυλικού δυναμικού της χώρας.

Στην περίπτωση κατά την οποία υλοποιηθούν όλες οι ανωτέρω επενδύσεις θα προσεγγισθεί ικανοποιητικά ο στόχος της Οδηγίας. Οι προϋποθέσεις επίτευξης του ανωτέρω σεναρίου, το οποίο προσεγγίζει ικανοποιητικά το στόχο για το 2010, είναι οι ακόλουθες:

Περιφέρεια	Όνομα έργου	Ισχύς σε MW	Παραγωγική ικανότητα σε εκατ. kWh/έτος
Κεντρικής Μακεδονίας	Ιλαρίωνας	120,0	413
Δυτικής-Στερεάς Ελλάδας	Συκιά	126,5	296
Θεσσαλίας	Πευκόφυτο	160,0	340
	Μεσοχώρα	161,6	384
Ανατολικής Μακεδονίας	Τέμενος	19,0	60
Ηπείρου	Μετσοβίτικος	25,0	58
Θεσσαλίας	Σμώκοβο	10,0	27
Σύνολα		622,1	1.578

Πίνακας 1.9. Υδροηλεκτρικά έργα ΔΕΗ προγραμματισμένα για εμπορική λειτουργία έως το 2010

- Θα προχωρήσει απρόσκοπτα η υλοποίηση των επενδύσεων που έχουν λάβει άδεια εγκατάστασης. Η υπόθεση αυτή είναι ρεαλιστική δεδομένου ότι τα έργα αυτά είναι ώριμα, έχουν ολοκληρώσει την αδειοδοτική διαδικασία, έχουν εξασφαλισμένη πρόσβαση στο δίκτυο και άρα είναι χρηματοδοτήσιμα.
- Θα ολοκληρωθούν τα εκτεταμένα έργα ενίσχυσης των δικτύων στις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, της Νοτιοανατολικής Πελοποννήσου και της Εύβοιας.
- Θα συνεχιστεί και θα βελτιωθεί η τάση υλοποίησης επενδύσεων ΑΠΕ της τελευταίας διετίας, σε περιοχές πέραν από αυτές όπου εκτελούνται τα έργα ενισχύσεως των δικτύων.

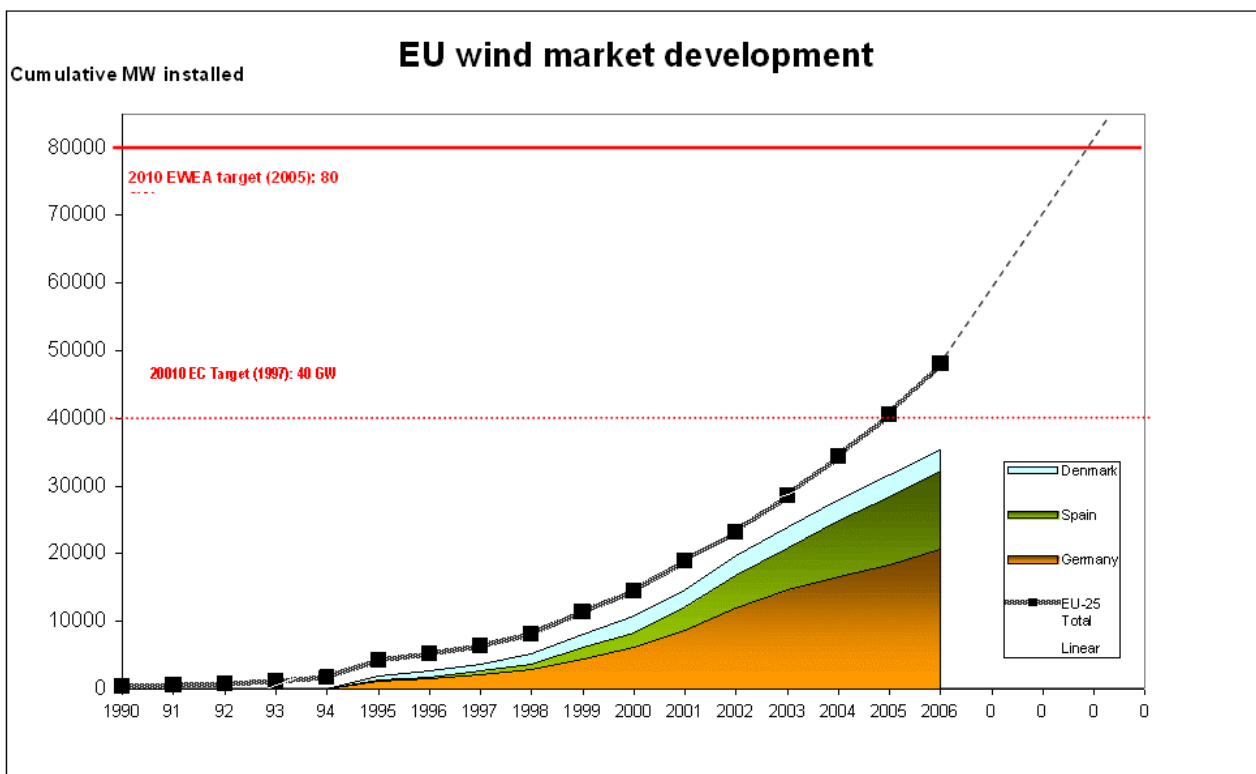
1.4. Αιολική Παραγωγή

Η αιολική ενέργεια όταν συγκρίνεται με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως τα φωτοβολταϊκά ή, είναι μια σχετικά φθηνή πηγή ενέργειας. Για το λόγο αυτό, η προώθηση από πολλές κυβερνήσεις των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας οδήγησε σε μεγάλη αύξηση την παραγωγή από αιολική ενέργεια. Παραδείγματα τέτοιων χωρών είναι η Γερμανία, η Δανία και η Ισπανία. Το Σχήμα δείχνει την αύξηση της αιολικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας στις Η.Π.Α, την Ευρώπη και τον κόσμο. Όπως βλέπουμε, η εγκαταστημένη αιολική ισχύς παρουσιάζει μια σχεδόν

εκθετική αύξηση: τα τελευταία πέντε χρόνια η ετήσια αύξηση είναι υψηλότερη από 30%. Ο βασικός λόγος για την παρατηρούμενη αυτή ανοδική πορεία της αιολικής ενέργειας είναι όπως προαναφέραμε το σχετικά χαμηλό κόστος παραγωγής σε σύγκριση με τις άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το 2005 εγκαταστάθηκαν στην Ευρώπη 6183 MW αιολικής ενέργειας, φτάνοντας έτσι συνολικά τα 40.504 MW ξεπερνώντας 5 χρόνια νωρίτερα τον στόχο για 40.000 MW που έθετε η Λευκή Βίβλος του 1997 για το 2010.

Η ευρωπαϊκή αγορά αιολικής ενέργειας έσπασε νέο ρεκόρ το 2006, σύμφωνα με τα ετήσια στατιστικά στοιχεία που εκδόθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση Αιολικής Ενέργειας (EWEA) σήμερα. 7.588 MW αιολικών έργων, αξίας περίπου €9 δισεκατομμυρίων, εγκαταστάθηκαν πέρυσι στην ΕΕ, μια αύξηση 23% έναντι του 2005. Η συνολική ισχύς των ανεμογεννητριών που λειτουργούν στην ΕΕ αυξήθηκε κατά 19% και υπερβαίνει τώρα τα **48.000 MW**. Σε ένα έτος με μέση ταχύτητα αέρα, οι ανεμογεννήτριες αυτές θα παράγουν περίπου 100 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, ίση με το 3,3% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ. Για έβδομο διαδοχικό έτος, η αιολική ενέργεια έρχεται δεύτερη μόνο έναντι νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο (περίπου 8.500 MW το 2006).



Σχήμα 1.4. Εγκαταστημένη αιολική ισχύς σε Ευρώπη και τον κόσμο έως το 2006. (Πηγή: European Wind Energy Association – EWEA)

Οι μεγαλύτερες ευρωπαϊκές αγορές είναι αυτές της Γερμανίας (20.622 MW), της Ισπανίας (11.615MW) και της Δανίας (3.136MW). Αναλυτικότερα στοιχεία της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος από αιολική ενέργεια τον Ιανουάριο του 2006 σύμφωνα με την EWEA φαίνεται στο παράρτημα 7.

«Αν δεν λάβουμε υπόψη μας τις τρεις πρωτοποριακές χώρες – Γερμανία, Ισπανία και Δανία – παρατηρούμε εξαπλασιασμό της ετήσιας αγοράς στα τελευταία τέσσερα έτη. Οι αριθμοί αυτοί σαφώς επιβεβαιώνουν ότι ένα δεύτερο κύμα ευρωπαϊκών χωρών επενδύει στην αιολική ενέργεια. Είμαστε μάρτυρες της ισχυρής επίδρασης της οδηγίας της ΕΕ το 2001 για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και, για άλλη μια φορά, καλούμε την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και το Συμβούλιο να θεσπίσουν μέτρα προστασίας που θα εξασφαλίζουν την νομική σταθερότητα για την ηλεκτρική παραγωγή από ΑΠΕ στην Ευρώπη. Οι αριθμοί που δημοσιεύονται σήμερα επιβεβαιώνουν ότι νομοθεσία προσαρμοσμένη στον κλάδο, είναι ο αποδοτικότερος τρόπος για την ώθηση της ηλεκτρικής παραγωγής από ΑΠΕ», δήλωσε ο Christian Kjaer, Διευθυντής του γραφείου της EWEA.

Με εγκαταστάσεις 2.233 MW κατά τη διάρκεια του 2006, μια αύξηση 23% έναντι του 2005, Η Γερμανία πέρασε το όριο των 20.000 MW.

Η Ισπανία ήταν η δεύτερη μεγαλύτερη αγορά το 2006, με 1.587 MW. Η Γαλλία ανέβηκε στην τρίτη θέση το 2006 (από την έκτη θέση το 2005), με 810 MW που εγκαταστάθηκαν κατά τη διάρκεια του έτους - περισσότερη εγκατεστημένη ισχύς από όση είχε τεθεί σε λειτουργία συνολικά σε ολόκληρη την ιστορία της γαλλικής αιολικής αγοράς. Αυτό απεικονίζει την αυξανόμενη επιτυχία των εταιρειών στην ανάπτυξη των έργων τους.

Για άλλη μια φορά η Πορτογαλία πήγε καλά, προσθέτοντας 694 MW, περισσότερο απ' ό,τι σε οποιοδήποτε προηγούμενο έτος. Με επιπλέον 1.063 MW ήδη υπό κατασκευή (σύμφωνα με το ερευνητικό ίδρυμα INEGI), η πορτογαλική αγορά είναι σε καλό δρόμο για την εκπλήρωση του κυβερνητικού στόχου άνω των 3.750 MW αιολικών εγκαταστάσεων μέχρι το 2010. Με εγκαταστάσεις 634 MW το 2006, και το Ην. Βασίλειο είχε άλλο ένα έτος ρεκόρ. Το σύνολο των εγκαταστάσεων αυξήθηκε κατά 47%, φέρνοντας μια από τις πλέον ανεμώδεις χώρες κοντά στο όριο των 2.000 MW. Η ιταλική αγορά συνέχισε να αποδίδει καλά, με περαιτέρω εγκαταστάσεις 417 MW, ενώ η Ιρλανδία έκανε νέο ρεκόρ με εγκαταστάσεις 250 MW, που αυξάνει τη συνολική ισχύ κατά 50%. Οι νέες ευρωπαϊκές χώρες (EE-10) τριπλασίασαν τις εγκαταστάσεις τους από 60 MW το 2005 σε 183 MW το 2006, κυρίως οδηγούμενες

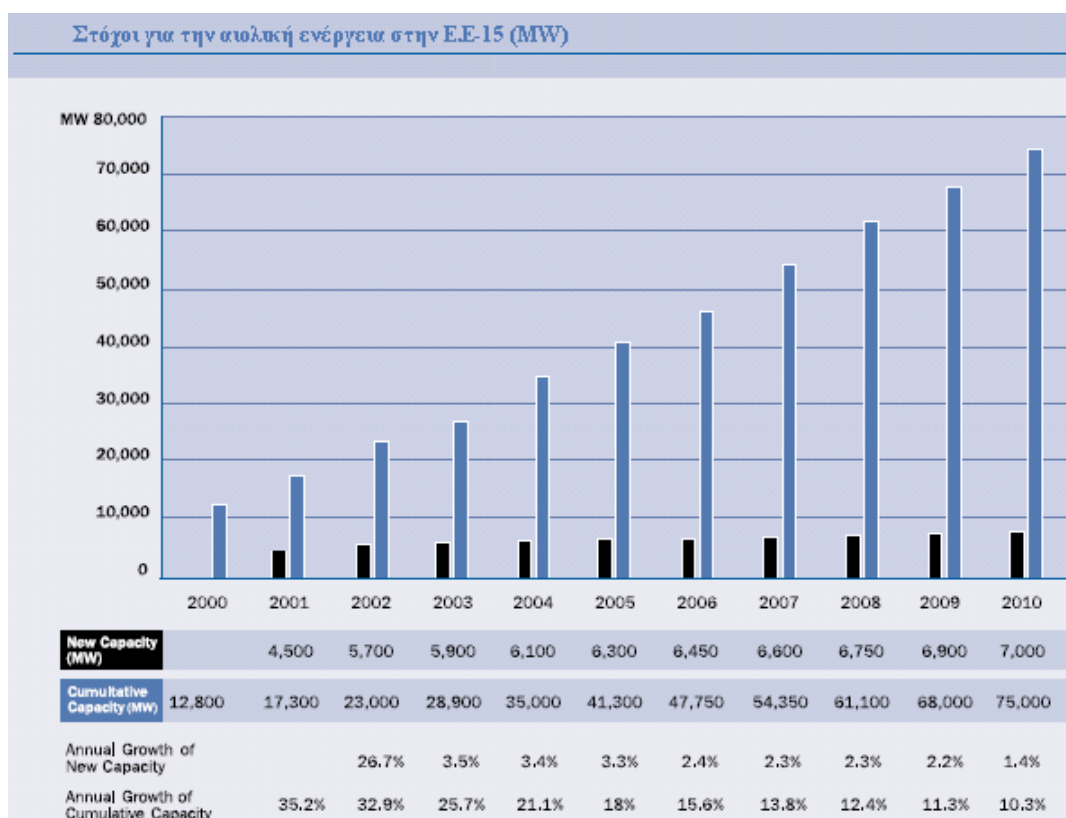
από την Πολωνία, την Λιθουανία και την Ουγγαρία. Οκτώ χώρες της ΕΕ έχουν τώρα ξεπεράσει το όριο των 1.000 MW εγκαταστάσεων αιολικής ενέργειας.

Η Ελλάδα το 2006 εγκατέστησε το 2,27 της Ευρωπαϊκής αγοράς.

Σύμφωνα με αρμόδιους φορείς, όπως η EWEA, προβλέπεται ότι αν συνεχιστεί η πολιτική στήριξης, 75.000 MW αιολικής ισχύος θα μπορούσαν να έχουν εγκατασταθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση μέχρι το τέλος της δεκαετίας. Επίσης μέχρι το 2010, οι τελευταίες προβλέψεις από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή προτείνουν ότι η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη μπορεί να φτάσει στο σύνολο τα 69.900 MW. Αυτό θα σήμαινε παραγωγή 167,4 TWh με συμβολή στην προμήθεια ηλεκτρισμού της τάξης του 5.5%. Η EWEA προβλέπει ένα σύνολο 180.000 MW μέχρι το 2020, από τα οποία τα 70.000 MW θα είναι σε παράκτιες εγκαταστάσεις. Αυτό θα σήμαινε παραγωγή 425 TWh με συμβολή στην προμήθεια ηλεκτρισμού της τάξης του 12%, με την αιολική ισχύ να παρέχει ενέργεια ίση με την ζήτηση 195 εκατομμυρίων Ευρωπαίων οικιακών καταναλωτών.

EWEA Installed Capacity Targets in the EU-15

	Onshore (MW)	Offshore (MW)	Total (MW)
2010	65,000 MW	10,000 MW	75,000 MW
2020	110,000 MW	70,000 MW	180,000 MW



Σχήμα 1.5. Στόχοι για την αιολική ενέργεια στην Ευρώπη.(EWEA)

1.4.1. Προβλέψεις για την παγκόσμια αγορά 2007-2012

Η εκμεταλλεύσιμη πηγή αιολικής ενέργειας σε ηπειρωτικό έδαφος υπολογίζεται συντηρητικά σε 600 TWh για την Ευρωπαϊκή Ένωση και για παράκτιες εγκαταστάσεις σε 3,000 TWh. Το άνω όριο αυτών υπερβαίνει κατά πολύ την ολική ηλεκτρική κατανάλωση των Ευρωπαϊκών χωρών. Ο Ευρωπαϊκός Αιολικός Χάρτης (European Wind Atlas) από το εθνικό ερευνητικό εργαστήριο της Δανίας, Risoe, δίνει μια καλή εικόνα για το δυναμικό της Ε.Ε (βλ. παράρτημα 5 - πίνακας 5).

Οι μελλοντικές συνθήκες της αγοράς είναι στην ουσία σενάρια που διαμορφώνονται από την ποικιλία των υποθέσεων και των στοιχείων που χρησιμοποιούνται. Εδώ θα παρουσιαστούν δύο σενάρια αγοράς: ένα *τυπικό* και ένα *σύνθετο* για τα έτη 2007- 2012.

- Υπό το *τυπικό* σενάριο, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης φτάνει το 15% την περίοδο 2008-12 προσεγγίζοντας τα 160.900 MW.
- Υπό το *σύνθετο* σενάριο ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης φτάνει το 24% την περίοδο 2008-12 προσεγγίζοντας έτσι τα 311.000 MW παγκοσμίως.

Υπό το τυπικό σενάριο, οι Ευρωπαϊκές αγορές θα συνεχίσουν να επικρατούν. Ως βασικές αγορές θα παραμείνουν η Γερμανία και η Ισπανία, αν και σημαντικές αγορές θα εμφανιστούν σε Γαλλία, Αγγλία, Ολλανδία, Ιταλία και Σουηδία. Η πρόβλεψη για την αγορά υποδεικνύει μια ελαφρά επιβράδυνση της Ευρωπαϊκής αγοράς, αλλά μια αύξηση στη δραστηριότητα σε χώρες που δεν έχουν παίξει κάποιο ιδιαίτερο ρόλο μέχρι σήμερα. Θα υπάρξει σημαντική αύξηση στις Η.Π.Α. Νέες αγορές επίσης αναπτύσσονται στην Αυστραλία, την Ιαπωνία, τον Καναδά και την Ν.Αμερική. Συγκριτικά υπάρχει μικρή εγκαταστημένη ισχύς σε αυτές τις χώρες και επομένως, η δυναμική για μελλοντική αύξηση είναι μεγάλη. Άλλες χώρες που ξεκινούν σοβαρές επενδύσεις είναι ο Καναδάς, η Βραζιλία, η Τυνησία, η Κίνα, η Αίγυπτος, το Μαρόκο, οι Φιλιππίνες, η Τουρκία και το Βιετνάμ.

Οι σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο σενάρια για το 2012 υποδεικνύει το γεγονός ότι η ανάπτυξη της αγοράς για τον τομέα των αιολικών σε παγκόσμιο επίπεδο περιορίζεται από πολιτικές αποφάσεις. Αυτός ο περιορισμός μειώνει την ενδεχόμενη παγκόσμια αγορά το 2012 κατά 50%.

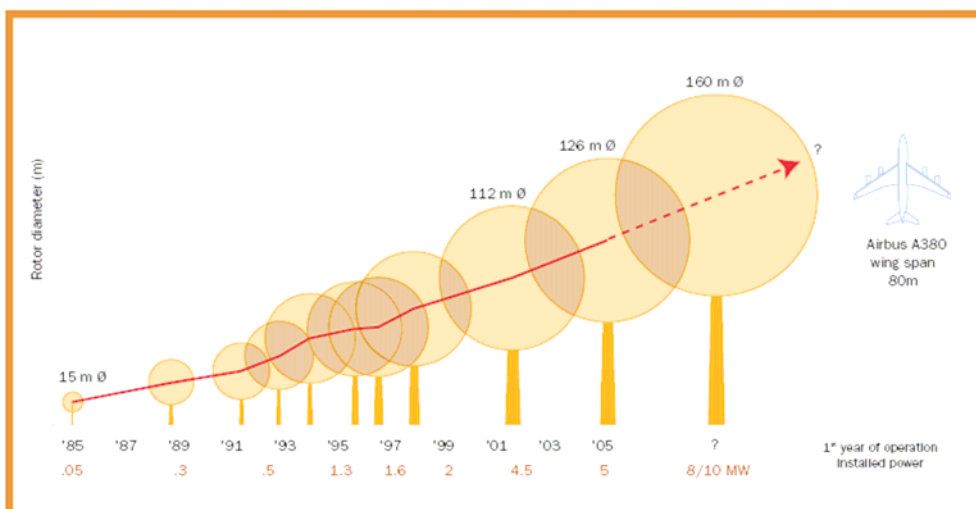
Περίληψη των Σεναρίων Αγοράς: Τυπικό και Σύνθετο (σθροιστική εγκαταστημένη ισχύς MW)		
Έτος	2007	2012
ΣΥΝΘΕΤΟ σενάριο- Ευρώπη	59,000	112,000
Μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης	20%	14%
ΣΥΝΘΕΤΟ σενάριο- παγκόσμια	106,000	311,000
Μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης	27%	24%
ΤΥΠΙΚΟ σενάριο- Ευρώπη	55,941	-
ΤΥΠΙΚΟ σενάριο - παγκόσμια	80,050	160,900
Μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης	20.6%	15%

1.4.2 Τεχνολογία Ανεμογεννήτριας

Δύο μεγάλες τεχνολογικές βελτιώσεις έχουν πρόσφατα επιτευχθεί στον τομέα της τεχνολογίας αιολικής παραγωγής. Πρώτα απ' όλα, έχει γίνει μια καθοριστική αύξηση στο μέγεθος με στόχο την περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής: ο δρομέας της Α/Γ έχει γίνει πολύ μεγάλος και παράλληλα το τυπικό μέγεθος της κατασκευής. Για σύγχρονες Α/Γ της τάξης των MW, τόσο το ύψος της πλήμνης όσο και η διάμετρος του δρομέα φτάνουν τα 100μ. Δηλαδή, σε κατακόρυφη τοποθέτηση, η άκρη του πτερυγίου μπορεί να φτάσει τα 150μ. Η εξέλιξη της τάξης μεγέθους των Α/Γ που εισήχθησαν στην αγορά φαίνεται στο σχήμα 1.3.

Figure 3.5

The size of wind turbines at market introduction. Mid 2005 the largest wind turbine had a diameter of 126 metres and an installed power of 5 MW.



Source: Jos Beurskens, ECN

Σχήμα 1.6. Μέγεθος και ισχύς των Α/Γ κατά την είσοδο στην αγορά

Η τάξη μεγέθους όμως και γενικά της εγκατάστασης έχει ήδη αυξηθεί. Η τάση είναι στο να κατασκευάζονται αιολικά πάρκα αντί για μεμονωμένες Α/Γ ή μικρές ομάδες Α/Γ. Αυτά τα πάρκα αποτελούνται από μερικές δεκάδες μέχρι εκατοντάδες Α/Γ. Μερικές φορές αυτά τα αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε παράκτιες εγκαταστάσεις. Οι λόγοι που οι Α/Γ οργανώνονται σε αιολικά πάρκα είναι κατ' αρχάς γιατί έτσι χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό τοποθεσίες με καλή αιολική συμπεριφορά και επίσης η οπτική ενόχληση από τις Α/Γ περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές.

Η δεύτερη μεγάλη εξέλιξη στην τεχνολογία των Α/Γ είναι η μετάβαση από γεννήτρια σταθερών στροφών σε μεταβλητών. Όπως είναι προφανές, η διαφορά έγκειται στο ότι σε μία Α/Γ σταθερών στροφών, ο δρομέας της Α/Γ κινείται με σταθερή ταχύτητα ενώ στη μεταβλητών η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να ποικίλλει και να ελέγχεται μέσα στα όρια σχεδιασμού. Τα συστήματα μεταβλητών στροφών είναι τεχνικά πιο πολύπλοκα απ' ό τι τα σταθερών καθώς περιλαμβάνουν περισσότερα στοιχεία και χρειάζονται πιο σύνθετα συστήματα ελέγχου, γεγονός που τα καθιστά και πιο ακριβά. Παρ' όλα αυτά, έχουν επίσης πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα σταθερών στροφών, όπως αυξημένη ενεργειακή απόδοση, μείωση θορύβου και μηχανικού φορτίου καθώς και καλύτερο έλεγχο αέργου και ενεργού ισχύος. Τα τελευταία χρόνια οι περισσότεροι κατασκευαστές έχουν περάσει στην παραγωγή του νέου είδους Α/Γ.

1.4.3. Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους Α/Γ

Οι Α/Γ μπορούν να διακριθούν ανάλογα με τις αρχές λειτουργίας και ελέγχου τους. Επομένως, οι Α/Γ μπορούν να είναι:

- 1) (i) *σταθερών στροφών (fixed speed)*, λειτουργώντας σε ένα στενό εύρος ταχύτητας περιστροφής λίγο πάνω από τη σύγχρονη ταχύτητα,
 - (ii) *μεταβλητών στροφών (variable speed)*, λειτουργώντας σε μεγάλο εύρος ταχυτήτων πάνω και κάτω από τη σύγχρονη ταχύτητα. Στις μεταβλητών στροφών, η ταχύτητα περιστροφής βελτιστοποιείται με βάση την τιμή του εισερχόμενου ανέμου με στόχο την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης.
- 2) (i) *σταθερού βήματος έλικας (fixed-pitch)*, όπου η γωνία βήματος δεν αλλάζει

δυναμικά

(ii) μεταβλητού βήματος (*variable pitch*), π.χ. με έλεγχο της γωνίας βήματος έλικας. Στις Α/Γ με έλεγχο βήματος, η ισχύς εξόδου βελτιστοποιείται ρυθμίζοντας τη γωνία βήματος ανάλογα με την ταχύτητα ανέμου.

3) Οι Α/Γ είναι εφοδιασμένες με

- (i) γεννήτρια επαγωγής με βραχυκυκλωμένο δρομέα,
- (ii) γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης (ΓΕΔΤ) ελεγχόμενη από μετατροπείς συχνότητας (*partial load*)
- (iii) πολυπολική σύγχρονη γεννήτρια και μετατροπείς συχνότητας πλήρους φορτίου (*full load*).

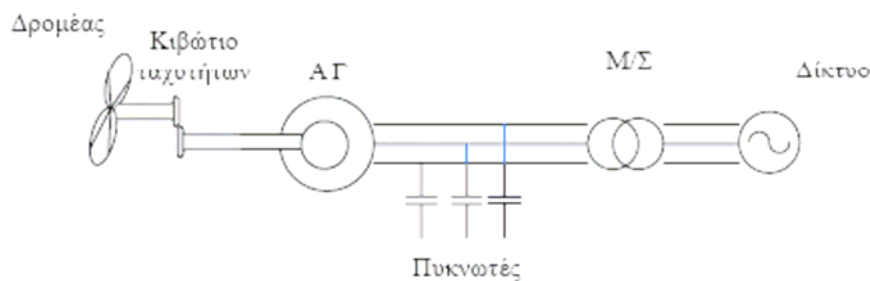
4) (i) Απ' ευθείας συνδεδεμένες σε AC-δίκτυα

- (ii) συνδεδεμένες σε AC-δίκτυα μέσω μετατροπέων συχνότητας.

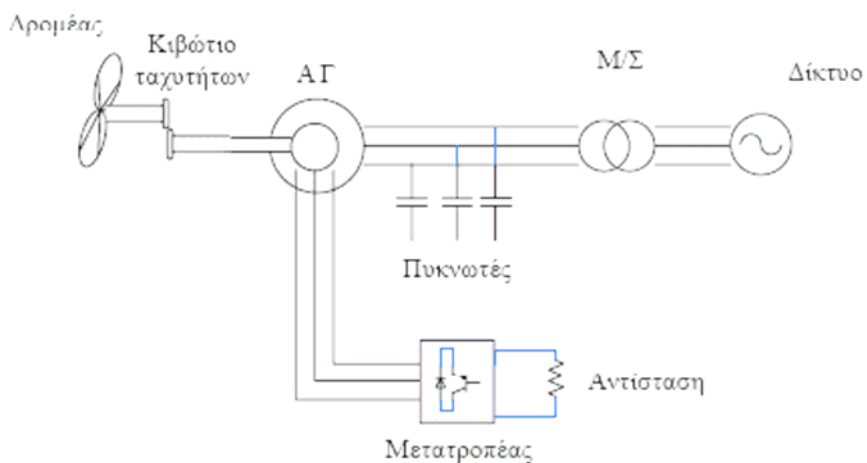
5) Πιθανά, περισσότερα κριτήρια διαχωρισμού μπορούν να εντοπιστούν.

Τυπικές διαμορφώσεις του ηλεκτρικού σχήματος των Α/Γ φαίνεται παρακάτω καθώς επίσης και στο παράρτημα 9 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των Α/Γ σύμφωνα με την EWEA (αυτή η κατηγοριοποίηση χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία).

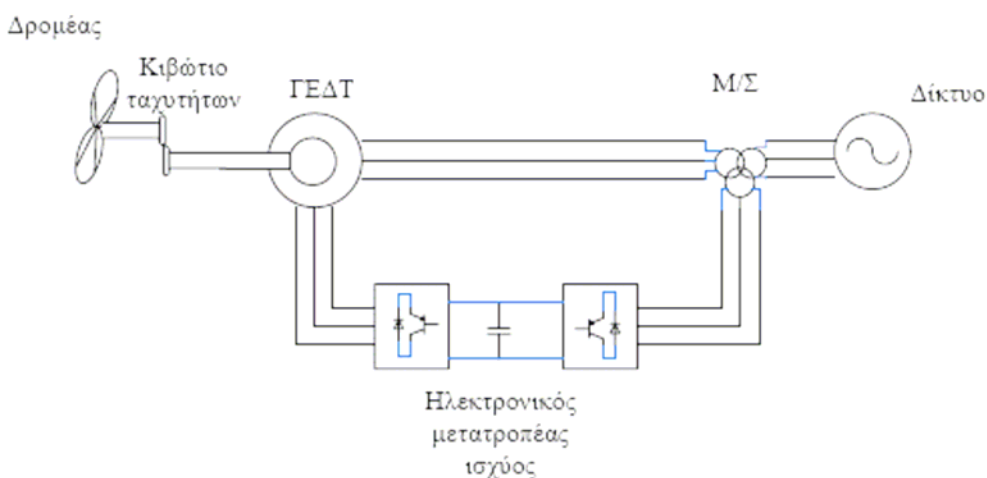
(α)



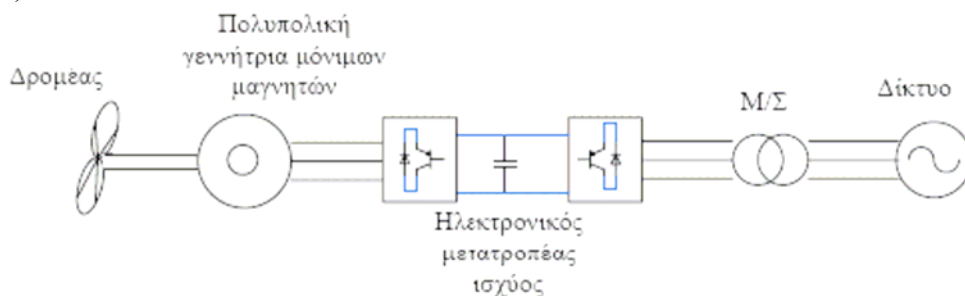
(β)



(γ)



(δ)



Σχήμα 1.7. Τυπικές διαμορφώσεις ηλεκτρικού μέρους Α/Γ:

- (α) η σταθερών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής ,
- (β) η εν μέρει μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής εξόδου με μεταβλητή αντίσταση δρομέα,
- (γ) η μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης ελεγχόμενη από μετατροπέα,
- (δ) η μεταβλητών στροφών Α/Γ εφοδιασμένη με σύγχρονη γεννήτρια μόνιμων μαγνητών συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσω μετατροπέα συχνότητας.

1.5. Σύνδεση των Α/Γ στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας – Προβλήματα

Αν και υπάρχουν αυτόνομα συστήματα Α/Γ που χρησιμοποιούν για παράδειγμα σύστημα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας σε μπαταρίες, η πλειοψηφία των Α/Γ είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο. Η τάση λειτουργίας της γεννήτριας είναι γενικά χαμηλότερη από την τάση του δικτύου στο οποίο συνδέεται, γεγονός που δημιουργεί την ανάγκη ύπαρξης Μ/Σ ανύψωσης. Επιπλέον, κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη διακόπτη για την αποσύνδεση της Α/Γ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος για την αποφυγή της λεγόμενης νησιδοποίησης, κατάσταση κατά την οποία ένα μικρό τμήμα του δικτύου λειτουργεί με τοπική ισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίου, αλλά χωρίς σύνδεση στο κύριο σύστημα. Η κατάσταση αυτή λειτουργίας είναι ανεπιθύμητη καθώς προκύπτουν τάσεις και συχνότητες έξω από τα επιτρεπτά όρια καθώς και κίνδυνος για το τεχνικό προσωπικό που αναλαμβάνει την επισκευή του σφάλματος στη νησιδοποιημένη περιοχή.

Όταν οι Α/Γ είναι οργανωμένες σε μεγάλα Α/Π, προκύπτουν καινούργιες δυνατότητες γιατί είναι εφικτός ο ολοκληρωμένος σχεδιασμός τριών βασικών υποσυστημάτων του Α/Π: οι τουρμπίνες, η εσωτερική δομή στο αιολικό πάρκο και η σύνδεση στο δίκτυο. Επιπλέον, επειδή τα μεγάλα Α/Π παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, συνδέονται σε υψηλότερα επίπεδα τάσης απ' ότι οι μεμονωμένες Α/Γ. Επειδή όμως τα δίκτυα Υ.Τ είναι λιγότερο πυκνά από τα δίκτυα Χ.Τ, συχνά πρέπει να καλυφθεί μεγάλη απόσταση μέχρι το σημείο σύνδεσης στο δίκτυο.

Σαν αποτέλεσμα, σε περίπτωση μεγάλων Α/Π, μια σύνδεση DC (συνεχούς ρεύματος) για τη σύνδεση του πάρκου στο δίκτυο μπορεί να είναι πιο συμφέρουσα. Οι απώλειες στις συμβατικές AC (εναλλασσομένου ρεύματος) συνδέσεις, και κατά συνέπεια το λειτουργικό κόστος, αυξάνονται πιο πολύ με το μήκος απ' ότι στην περίπτωση των DC συνδέσεων. Πάνω από ένα όριο απόστασης, η χρήση σύνδεσης συνεχούς ρεύματος παρά την αρχικά μεγαλύτερη επένδυση είναι προτιμητέα λόγω του χαμηλού λειτουργικού κόστους. Το τελευταίο οφείλεται στους μετατροπείς ισχύος που χρησιμοποιούνται: τα καλώδια από μόνα τους είναι φθηνότερα σε DC απ' ότι σε AC από τη στιγμή που απαιτούνται δύο αντί για τρία καλώδια και γιατί οι ανάγκες σε μόνωση είναι μικρότερες για την ίδια ονομαστική τάση. Επίσης, το άεργο

ρεύμα σε ένα μεγάλο μήκος AC καλώδιο φαίνεται να θέτει τεχνικό όριο στο μήκος των AC συνδέσεων.

Προβλήματα

Αναφορικά με τα τεχνικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η διείσδυση αιολικής ενέργειας σε μικρής και μεσαίας κλίμακας Σ.Η.Ε, αυτά μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Προβλήματα καλής και ασφαλούς λειτουργίας
- Προβλήματα ποιότητας ισχύος

Η επίδραση της διείσδυσης αιολικής ενέργειας στην ανάπτυξη και τη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας οφείλεται στη στοχαστικότητα της ταχύτητας ανέμου και άρα και της παραγωγής ενεργού ισχύος των ανεμογεννητριών. Για το λόγο αυτό οι ανεμογεννήτριες δε συμβάλλουν στη ρύθμιση της συχνότητας του δικτύου, ούτε πρέπει να υπολογίζονται στην στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος, αντίθετα δημιουργείται η ανάγκη για μεγαλύτερη στρεφόμενη εφεδρεία για την κάλυψη τυχούσας απώλειας παραγωγής των ανεμογεννητριών. Έτσι, μέρος μόνο του συνολικού φορτίου κάθε χρονική στιγμή είναι δυνατόν να καλύπτεται από την παραγωγή των ανεμογεννητριών έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία και η αξιοπιστία του συστήματος.

Δύο σημαντικά ζητήματα σχετικά με την αιολική παραγωγή είναι η μεταβλητότητα και η προβλεψιμότητα. Η μεταβλητότητα της ισχύος εξόδου μιας μόνο Α/Γ είναι μικρή σε κλίμακα χρόνου μερικών λεπτών και, για αιολικά πάρκα κατά μήκος μιας μεγάλης περιοχής, είναι μικρή σε κλίμακα χρόνου μερικών ωρών. Πληροφόρηση υψηλού επιπέδου επιτρέπει στους διαχειριστές του συστήματος να καθορίζουν το βαθμό εφεδρείας. Οι τεχνικές πρόβλεψης του ανέμου είναι προς το παρόν σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, και κάθε βελτίωση εδώ μπορεί να βοηθήσει σημαντικά τους διαχειριστές να ελέγχουν την αιολική παραγωγή με τη μείωση και τον καθορισμό με ακρίβεια του σφάλματος πρόβλεψης.

Είναι επίσης πιθανό σε μία μικρή χώρα όπως Ελλάδα να μεταβληθεί σε αρκετά σύντομο χρονικό διάστημα ο άνεμος και έτσι η ισχύς που θα παρείχαν τα αιολικά πάρκα να πρέπει να παραχθεί από τις συμβατικές μονάδες παραγωγής. Αυτό το ζήτημα είναι κυρίως μετεωρολογικό. Όμως ένα σημαντικό ζήτημα είναι πόσα

MW συμβατικών σταθμών παραγωγής ενέργειας μπορεί να αντικαταστήσει 1 MW αιολικής ενέργειας. Δηλαδή αν πούμε ότι θέτουμε σε λειτουργία ακόμα και διασπαρμένα αιολικά πάρκα σε όλη τη χώρα ισχύος 1 GW μπορούμε να «κλείσουμε» κάποιους συμβατικούς σταθμούς και πόσους. Πάντως αν πάρουμε το δυσμενέστερο σενάριο επάρκειας ηλεκτρικής ισχύος το οποίο είναι η θερινή αιχμή οφειλόμενη στα κλιματιστικά μηχανήματα μπορούμε να κάνουμε τον εξής συλλογισμό: η υψηλή θερμοκρασία σε συνδυασμό με την **άπνοια** είναι αυτή που μας κάνει όλους να θέσουμε σε λειτουργία τα κλιματιστικά. Άρα υπάρχει το πρόβλημα ότι το μέγιστο του συστήματος συμπίπτει με μηδενική αιολική παραγωγή. Συνεπώς οδηγούμαστε στο εξής συμπέρασμα: δεν μπορούμε να «κλείσουμε» κανένα συμβατικό σταθμό παραγωγής όση αιολική «εν δυνάμει» διείσδυση να υπάρχει στην ηλεκτροπαραγωγή. Δηλαδή η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς συμβατικών σταθμών παραγωγής πρέπει να ακολουθεί το μέγιστο φορτίο του συστήματος. Έτσι θα υπάρχουν στο Σύστημα συμβατικές μονάδες τις οποίες θα ονομάζουμε μονάδες αιχμής και θα καλύπτουν την αιχμή του φορτίου ή και περιπτώσεις όπου η αιολική διείσδυση είναι μικρή. Ακόμα όμως και σε πιο μέσες καταστάσεις ζήτησης θα υποχρεώνονται οι συμβατικοί σταθμοί να υπολειτουργούν για λόγους εφεδρείας σε πιθανή περίπτωση απώλειας αιολικής παραγωγής και να περιορίζονται σε ρόλο ρύθμισης.

Έκτος όμως από το πρόβλημα της αβεβαιότητας της αιολικής παραγωγής υπάρχει και το πρόβλημα που θα διοχετευτεί πιθανή περίσσεια ενέργειας. Για αυτό το λόγο χρειάζονται ισχυρές διασυνδέσεις με γειτονικές χώρες έτσι ώστε και να μπορεί να διοχετευτεί η περίσσεια ενέργειας, αλλά και να είναι ικανές να σταθεροποιήσουν το σύστημα σε ξαφνικές διακυμάνσεις της παραγωγής, οι οποίες θα είναι ολοένα και πιο πιθανές όσο η αιολική διείσδυση αυξάνει.

Έχει προταθεί ότι θέματα ευστάθειας του συστήματος μπορούν να αναγερθούν αν η αιολική παραγωγή ξεπεράσει κάποιο όριο διείσδυσης. Τέτοιες ανησυχίες πρέπει να λάβουν υπ' όψιν τους τα πλεονεκτήματα, συμπεριλαμβανομένου της τοπικής ενίσχυσης του δικτύου και της δυνατότητας των Α/Γ μεταβλητών στροφών να συμβάλλουν στην ευστάθεια του συστήματος. Για την εξασφάλιση της ισορροπίας στο σύστημα έτσι ώστε να μπορεί να δεχθεί τη μεταβαλλόμενη ισχύ εξόδου των Α/Π, είναι διαθέσιμες στους διαχειριστές των συστημάτων μια σειρά από τεχνικές. Σε μια κατάσταση όπου πολύς άνεμος είναι διαθέσιμος, για παράδειγμα, ο διαχειριστής μπορεί να διατηρεί άλλους τύπους σταθμών παραγωγής σε χαμηλά επίπεδα εξόδου. Άλλες λύσεις είναι πιθανόν να γίνουν εξαιρετικά σημαντικές καθώς

η διείσδυση της αιολικής παραγωγής επεκτείνεται συνεχώς. Αυτές περιλαμβάνουν πρόβλεψη, διασυνδέσεις και αποθήκευση ηλεκτρισμού. Χρησιμοποιώντας τέτοιες τεχνικές, όπως επίσης και ενίσχυση του ίδιου του δικτύου, και αυξημένη γεωγραφική εξάπλωση της αιολικής ισχύος, είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί πολύ υψηλό επίπεδο διείσδυσης στα Ευρωπαϊκά ηλεκτρικά συστήματα χωρίς επίδραση στην ποιότητα της παροχής.

Από την άλλη μεριά οι ανεμογεννήτριες συνήθως είναι εξοπλισμένες με ασύγχρονες γεννήτριες οι οποίες ως γνωστόν διεγείρονται από το δίκτυο καταναλώνοντας άεργο ισχύ, και για το λόγο αυτό δεν συμβάλλουν στον έλεγχο των τάσεων του δικτύου. Το πρόβλημα συνήθως αντιμετωπίζεται με συσκευές αντιστάθμισης αέργου ισχύος, αν και τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί συστήματα ελέγχου του συντελεστή ισχύος των Α/Γ με χρήση ηλεκτρονικών ισχύος.

Η καλή και ασφαλής λειτουργία των Σ.Η.Ε με διείσδυση Α/Π αφορά στην επίλυση προβλημάτων μόνιμης κατάστασης λειτουργίας (ικανότητα του δικτύου μεταφοράς να μεταφέρει την παραγόμενη ισχύ, διατήρηση των τάσεων των ζυγών του συστήματος σε κανονικές και έκτακτες καταστάσεις λειτουργίας εντός προκαθορισμένων ορίων κ.λ.π.) και μεταβατικής συμπεριφοράς του συστήματος σε περιπτώσεις σημαντικών διαταραχών.

Η ανάλυση των παραπάνω οδηγεί στη διατύπωση κανόνων λειτουργίας που εξασφαλίζουν την καλή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Οι κανόνες αυτοί επικεντρώνονται κυρίως στα εξής:

1. Στον καθορισμό του τρόπου ένταξης των συμβατικών μονάδων παραγωγής, δηλαδή ποιες μονάδες θα πρέπει να βρίσκονται κάθε στιγμή εντός λειτουργίας προκειμένου να εξασφαλίζεται η ομαλή και ασφαλή λειτουργία του συστήματος
2. Στον καθορισμό της **Μέγιστης Επιτρεπόμενης Αιολικής Διείσδυσης**, στην μέγιστη δηλαδή παραγόμενη ισχύ από τα Α/Π που μπορεί ασφαλώς να απορροφηθεί από το δίκτυο κάθε χρονική στιγμή.

Οι δύο παραπάνω κανόνες οι οποίοι καθορίζουν τον ασφαλή τρόπο ένταξης των Α/Π στα ΣΗΕ καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ποσοστό της ενέργειας από Α/Π που εγγέται στα δίκτυα και άρα το ανά μονάδα κόστος της παραγόμενης από αυτά ενέργειας.

Τα προβλήματα ποιότητας ισχύος κυρίως αφορούν κυρίως τις μεταβολές της τάσης που παρατηρούνται τόσο κατά την σύνδεση και αποσύνδεση των Α/Γ στο δίκτυο όσο και από την διακυμάνσεις στην παραγωγή τους λόγω της μεταβολής της

ταχύτητας του ανέμου, καθώς και προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Τα προβλήματα αυτά γίνονται εμφανή στους καταναλωτές που τροφοδοτούνται από σημεία του δικτύου που είναι ηλεκτρικά "κοντά" με τα σημεία σύνδεσης των Α/Π. Τα προβλήματα αυτά λαμβάνονται υπόψη κατά την διαδικασία επιλογής του τρόπου σύνδεσης των Α/Π στο δίκτυο και καθορίζουν τελικά τον αντίστοιχο εξοπλισμό και το κόστος σύνδεσης.

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανής η επίδραση που έχουν οι διάφοροι τεχνικοί περιορισμοί που καθορίζουν τη διείσδυση των Α/Π στα Σ.Η.Ε, στην οικονομική βιωσιμότητα των επενδύσεων σε αιολική ενέργεια, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την από κοινού αντιμετώπιση των δύο αυτών προβλημάτων.

Οι οικονομικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διείσδυση Α/Π στην ηλεκτροπαραγωγή είναι κυρίως:

- Το κόστος εγκατάστασης των Α/Π
- Το κόστος σύνδεσης των Α/Π με τα υφιστάμενα δίκτυα μεταφοράς
- Το κόστος των απαιτούμενων έργων ενίσχυσης των δικτύων μεταφοράς
- Η δομή και λειτουργία της αγοράς στον τομέα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και της Ηλεκτροπαραγωγής γενικότερα
- Διαμόρφωση νέας τιμολογιακής πολιτικής στην οποία πιθανώς
 - θα χρεώνεται η κατανάλωση κατά τις ώρες της αιχμής ή αντίστοιχα θα πριμοδοτείται η παραγωγή
 - θα πληρώνεται η ρύθμιση ή ακόμα και η λειτουργία συμβατικών σταθμών με χαμηλή παραγωγή (άρα και αντισυμβατική) για λόγους εφεδρείας.

Η μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ δημιουργεί 2 βασικά ερωτήματα:

1. Πόσες Άδειες Παραγωγής πρέπει να δοθούν;
2. Πόση ισχύ **υποχρεούται** να απορροφά ο αρμόδιος Διαχειριστής του Συστήματος ή του Δικτύου, κατά την κατανομή του Φορτίου;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Το Ελληνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

2.1. Περιγραφή του Συστήματος

Κύριο χαρακτηριστικό του Ελληνικού Συστήματος είναι η μεγάλη συγκέντρωση σταθμών παραγωγής στο βόρειο τμήμα της χώρας (Δυτική Μακεδονία, περιοχή Πτολεμαΐδας), ενώ το κύριο κέντρο κατανάλωσης βρίσκεται στο Νότο (περιοχή Αττικής). Δεδομένου ότι και οι διεθνείς διασυνδέσεις (με Βουλγαρία και ΠΓΔΜ) είναι στον Βορρά, υπάρχει μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και φορτίων. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ισχύος κατά το γεωγραφικό άξονα Βορρά – Νότου, η οποία εξυπηρετείται κυρίως από έναν κεντρικό κορμό 400kV αποτελούμενο από τρεις γραμμές μεταφοράς 400kV διπλού κυκλώματος. Οι γραμμές αυτές συνδέουν το κύριο κέντρο παραγωγής (Δυτική Μακεδονία) με τα ΚΥΤ που βρίσκονται περίξ της ευρύτερης περιοχής της Πρωτεύουσας. Η μεγάλη γεωγραφική ανισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης, που αποτελεί μία εγγενή αδυναμία του Συστήματος, έχει σαν συνέπεια την εμφάνιση προβλημάτων ασφάλειας και κυρίως αστάθειας τάσεων και συνακόλουθων δυσκολιών στη διατήρηση ικανοποιητικών επιπέδων τάσεως στο Νότιο Σύστημα σε περιπτώσεις μειωμένης διαθεσιμότητας παραγωγής στο Νότιο Σύστημα ή μεγάλων διαταραχών κατά τις ώρες υψηλού φορτίου.

Οι περιοχές της Αττικής και της Πελοποννήσου είναι οι πιο κρίσιμες περιοχές του Συστήματος από πλευράς ευστάθειας τάσεων. Η περιοχή της Πελοποννήσου, συνδέεται με την περιοχή της Αττικής μέσω τριών Γ.Μ. 150kV (οι δύο εκ των οποίων είναι διπλού κυκλώματος) και με τη Δυτική Ελλάδα μέσω δύο Υ/Β καλωδίων στο στενό Ρίου-Αντιρρίου.

Το Ελληνικό Σύστημα λειτουργεί παράλληλα και σύγχρονα με τα Ευρωπαϊκά δίκτυα της UCTE. Η παράλληλη λειτουργία επιτυγχάνεται μέσω τριών κυρίων διασυνδετικών Γ.Μ. 400kV που συνδέουν το Ελληνικό Σύστημα με τα Συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας και της ΠΓΔΜ (FYROM). Επίσης, υφίστανται και δύο

Η Ελλάδα διαθέτει τις εξής διασυνδέσεις

- *Ελλάδα – ΠΓΔΜ*
- *Ελλάδα - Αλβανία*
- *Ελλάδα - Βουλγαρία*
- *Ελλάδα - Ιταλία*

Η Συνολική Ικανότητα Μεταφοράς από και προς τις κύριες βόρειες διασυνδέσεις (με Βουλγαρία και ΠΓΔΜ) είναι της τάξεως των 800 MW.

Η διασύνδεση με την Αλβανία επιτρέπει εισαγωγή επιπλέον 100 έως 120MW.

Η διασύνδεση με την Ιταλία επιτρέπει εισαγωγή 500 MW.

Η δυναμικότητα από Βουλγαρία μέχρι σήμερα έφτανε έως τα 600 MW. Όμως Οι εισαγωγές μέσω Βουλγαρίας από τα τέλος Δεκεμβρίου 2006 έχουν περιοριστεί από τα 400 MW κατ' ελάχιστο στα 100 MW δημιουργώντας προβλήματα στην ηλεκτροδότηση της χώρας, κυρίως τους θερινούς μήνες.

2.3. Οι συμβατικοί σταθμοί παραγωγής

Η χώρα μας στηρίζει την παραγωγή της στο λιγνίτη. Ο περισσότεροι σταθμοί είναι **Λιγνιτικοί** και χρησιμοποιούνται ως σταθμοί βάσης και βρίσκονται κυρίως στην Ανατολική Μακεδονία (Καρδιά, Άγιος Δημήτριος, Αμύνταιο, Πτολεμαΐδα, Μελίτη), αλλά και στη Μεγαλόπολη. Επίσης υπάρχουν μονάδες **Συνδυασμένου Κύκλου** στο Λαύριο, στην Κομοτηνή και στη Θεασσολονίκη, μονάδες **Φυσικού Αερίου** στο Κερατσίνι και η μονάδα του ΗΡΩΝ και **Πετρελαίου** σε Λαύριο και Αλιβέρι.

Επίσης υπάρχουν και αρκετοί **Υδροηλεκτρικοί** σταθμοί κυρίως στην Δυτική Ελλάδα που χρησιμοποιούνται κυρίως για ρύθμιση, αλλά και για κάλυψη των αιχμών.

Γίνονται προσπάθειες για αντικατάσταση των μονάδων Πετρελαίου με Φυσικό Αέριο, καθώς και κατασκευή νέων Αεριοστροβιλικών μονάδων που θα εντάσσονται άμεσα στο Σύστημα και θα μπορούν να καλύψουν τις αιχμές, αλλά και νέων Αντλητικών.

Πίνακας 2.2 Υφιστάμενοι Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής Συνδεδεμένοι στο Σύστημα

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (ΜW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (ΜW)
Λιγνιτικές μονάδες				
ΔΕΗ	Αγ. Δημήτριος	Αγ. Δημήτριος I, II	2x300	2x274
		Αγ. Δημήτριος III, IV	2x310	2x283
		Αγ. Δημήτριος V	375	342
ΔΕΗ	Αμόντατο	Αμόντατο I, II	2x300	2x273
ΔΕΗ	Καρδιά	Καρδιά I-II	2x300	2x275
		Καρδιά III-V	2x325	2x300
ΔΕΗ	Λιπτόλ (Πτολεμαίδα)	Λιπτόλ I	10	8
		Λιπτόλ II	33	30
ΔΕΗ	Μεγαλόπολη I	Μεγαλόπολη I, II	2x125	2x113
		Μεγαλόπολη III	300	270
ΔΕΗ	Μεγαλόπολη II	Μεγαλόπολη IV	300	260
ΔΕΗ	Μελίτη	Μελίτη	330	292,1
ΔΕΗ	Πτολεμαίδα	Πτολεμαίδα I	70	64
		Πτολεμαίδα II, III	2x125	2x116
		Πτολεμαίδα IV	300	274
Σύνολο			5288	4808,1
Πετρελαϊκές μονάδες				
ΔΕΗ	Αλιβέρι	Αλιβέρι III, IV	2x150	2x144
ΔΕΗ	Λαύριο	Λαύριο I	150	143
		Λαύριο II	300	287
Σύνολο			750	718
Μονάδες συνδυασμένου κύκλου (ΜΕΚ)				
ΔΕΗ	Κομοτηνή	Κομοτηνή	495	476,3
ΔΕΗ	Λαύριο	Λαύριο III (μικρή ΜΕΚ)	180	173,4
		Λαύριο IV (μεγάλη ΜΕΚ)	560	550,2
Ενεργειακή Θεσ/νίας	ΘΗΣ ΕΝΘΕΣ	ΕΝΘΕΣ	395	384,5
Σύνολο			1630	1584,4
Μονάδες φυσικού αερίου				
ΔΕΗ	Αγ. Γεώργιος	Αγ. Γεώργιος VIII	160	151
ΔΕΗ		Αγ. Γεώργιος IX	200	188
ΗΡΩΝ ΘΕΡΜΟ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ	ΘΗΣ ΗΡΩΝ	Αεριοστροβιλικές μονάδες ανοικτού κύκλου (Νέας Εσεδρείας)	147,8	147,8
Σύνολο			507,8	486,8
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ			8175,8	7587,9

Πίνακες 2.3 Υφιστάμενοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί Παραγωγής Συνδεδεμένοι στο Σύστημα

ΠΑΡΑΓΩΓΟΣ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΕΓΚΑΤ/ΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)
Σύνδεση στο Σύστημα μέσω Υ/Σ ανόψωσης Μ.Τ./150 kV				
ΔΕΗ	Άγρας	Άγρας I, II	2x25	2x25
ΔΕΗ	Ασώματα	Ασώματα I, II	2x54	2x54
ΔΕΗ	Γκιώνα	Γκιώνα	8,5	8,5
ΔΕΗ	Εδεσσαίος	Εδεσσαίος	19	19
ΔΕΗ	Θησαυρός	Θησαυρός I-III	3x128	3x128
ΔΕΗ	Καστράκι	Καστράκι I-IV	4x80	4x80
ΔΕΗ	Κρεμαστά	Κρεμαστά I-IV	4x109,3	4x109,3
ΔΕΗ	Λάδωνας	Λάδωνας I, II	2x35	2x35
ΔΕΗ	Λούρος	Λούρος I, II	2x2,5	2x2,5
		Λούρος III	5,3	5,3
ΔΕΗ	Μακροχώρι	Μακροχώρι I-III	3x3,6	3x3,6
ΔΕΗ	Πηγές Αώου	Πηγές Αώου I, II	2x105	2x105
ΔΕΗ	Πλαστήρας	Πλαστήρας I-III	3x43,3	3x43,3
ΔΕΗ	Πλατανόβρυση	Πλατανόβρυση I, II	2x58	2x58
ΔΕΗ	Πολύφυτο	Πολύφυτο I-III	3x125	3x125
ΔΕΗ	Πουρνάρι I	Πουρνάρι I, I-III	3x100	3x100
ΔΕΗ	Πουρνάρι II	Πουρνάρι II, I-II	2x16	2x16
		Πουρνάρι II, III	1,6	1,6
ΔΕΗ	Στράτος	Στράτος (μεγάλες μονάδες) I, II	2x75	2x75
		Στράτος (μικρές μονάδες) I, II	2x3,1	2x3,1
ΔΕΗ	Σφηκιά	Σφηκιά I-III	3x105	3x105
Σύνδεση στο Τοπικό Δίκτυο Μ.Τ.				
ΔΕΗ	Γλαύκος Αχαΐας	Γλαύκος I, II	3,7	3,7
ΔΕΗ	Βέρμιο Ημαθίας	Βέρμιο I, II	1,8	1,8
ΔΕΗ	Αγ. Ιωάννης Σερρών	Αγ. Ιωάννης	0,7	0,7
ΣΥΝΟΛΟ ΙΣΧΥΟΣ			3058,5	3058,5

Επίσης από τον Νοέμβριο του 2006 λειτουργεί η νέα μονάδα της ΔΕΗ στο Λαύριο ισχύος 385 MW.

2.4. Διείσδυση ΑΠΕ στο Σύστημα

Το ενδιαφέρον για διείσδυση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) στο Ελληνικό Σύστημα, είναι ιδιαίτερα μεγάλο κατά τα τελευταία χρόνια. Δεδομένου και του εθνικού στόχου για τις ΑΠΕ (διείσδυση στην ηλεκτροπαραγωγή σε ποσοστό 20,1% το 2010), ο ΔΕΣΜΗΕ καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια για την υποδοχή της ισχύος μονάδων ΑΠΕ. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αιολικά πάρκα (Α/Π) δεδομένου του υψηλού αιολικού δυναμικού πολλών περιοχών της χώρας. Κατά κοινή πρακτική, τα Α/Π εγκαθίστανται σε αραιοκατοικημένες και μη αστικές περιοχές, για λόγους επάρκειας χώρου, περιβαλλοντικών περιορισμών και, κυρίως, καλύτερης εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας. Αυτό έχει σαν συνέπεια, τα διερχόμενα πλησίον των περιοχών αυτών δίκτυα να είναι ασθενή, με αποτέλεσμα να απαιτείται η ενίσχυσή τους ή η κατασκευή νέων, προκειμένου να καταστεί δυνατή η σύνδεση των αιολικών πάρκων σε αυτά. Οι μονάδες ΑΠΕ, λόγω της σχετικά μικρής εγκατεστημένης ισχύος τους, αντιμετωπίζονται συνήθως ως αποκεντρωμένη παραγωγή. Ωστόσο, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα μας εμφανίζεται κυρίως με την ανάπτυξη μεγάλων Α/Π τα οποία συνδέονται απευθείας στο Σύστημα και το Δίκτυο με αποκλειστικές γραμμές κυρίως και κατά συνέπεια δεν μπορούν να θεωρηθούν «αποκεντρωμένη παραγωγή» εφόσον η ισχύς τους δεν καταναλώνεται τοπικά. Από τον Πιν. V φαίνεται το μεγάλο ενδιαφέρον επενδυτών για τον τομέα της αιολικής ενέργειας. Ωστόσο, παρά το έντονο πράγματι ενδιαφέρον, η εγκατεστημένη ισχύς Α/Π στο Σύστημα μέχρι το τέλος του 2005 δεν προβλέπεται να ξεπεράσει τα 370 MW (εγκατεστημένα στην πλειοψηφία τους στην Εύβοια και στη Θράκη). Για το σύνολο της υπόλοιπης χώρας, μέχρι τον Ιούλιο του 2005 είχαν εκδοθεί από το ΔΕΣΜΗΕ «προσφορές σύνδεσης» για επιπλέον Α/Π συνολικής ισχύος περίπου 1400 MW. Από τα στοιχεία του ίδιου πίνακα φαίνεται ότι το ενδιαφέρον των επενδυτών επικεντρώνεται στις ανεμώδεις περιοχές της νότιας και κεντρικής Εύβοιας και στα προς διασύνδεση με αυτή νησιά (Ανδρος-Τήνος), της Ανατολικής Πελοποννήσου (Λακωνία και Κυνουρία) και της Θράκης. Εσχάτως, έντονο ενδιαφέρον για την εγκατάσταση Α/Π υπάρχει για τις περιοχές της Στερεάς Ελλάδας (κυρίως Βοιωτία), της Β.Α. Πελοποννήσου και των Ιονίων Νήσων (Λευκάδα – Κεφαλληνία). Στις πιο πάνω περιοχές τα υφιστάμενα δίκτυα είναι ασθενή και δεν επαρκούν για την απορρόφηση μεγάλης ισχύος από Α/Π.

Πιο συγκεκριμένα:

- Εύβοια και Διασυνδεδεμένες Κυκλάδες

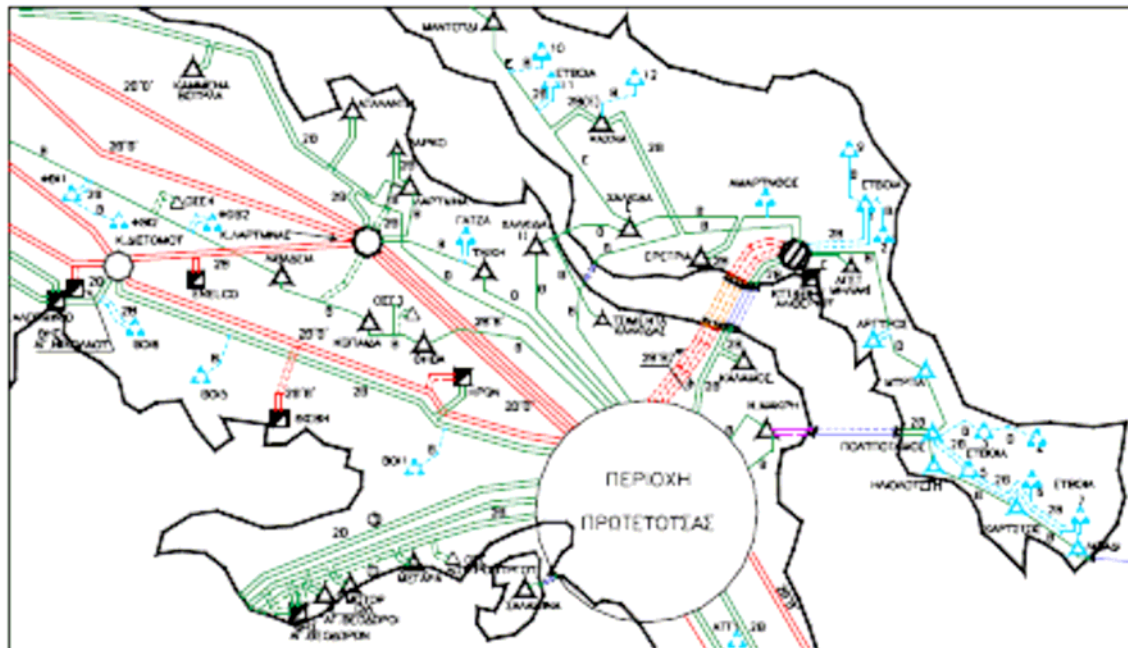
Στο υφιστάμενο δίκτυο λειτουργούσαν τον Οκτώβριο του 2005 αιολικά πάρκα συνολικής ισχύος 203 MW. η πλειοψηφία των οποίων συνδέεται μέσω 4 Υ/Σ στην υφιστάμενη Γ.Μ. 150kV Κάρυστος – Αλιβέρι που είναι πρακτικά κορεσμένη. Έχουν επίσης δοθεί όροι σύνδεσης για ακόμη 56 MW περίπου (Ιούλιος 2005). Με το υφιστάμενο δίκτυο Μεταφοράς στην Εύβοια δεν υπάρχει δυνατότητα απορρόφησης της ισχύος άλλων Α/Π στην Εύβοια και τα διασυνδεδεμένα με αυτή νησιά (Άνδρος – Τήνος) λόγω κορεσμού τόσο της μοναδικής υπάρχουσας Γ.Μ. Β/150 Αλιβέρι-Κάρυστος όσο και των Γ.Μ. που συνδέουν την Εύβοια με την ηπειρωτική χώρα και συνεπώς απαιτούνται νέα έργα Μεταφοράς για οποιαδήποτε επιπλέον αύξηση της διείσδυσης της αιολικής παραγωγής. Για την αύξηση της ικανότητας Μεταφοράς έχει προγραμματιστεί η ζεύξη Αττικής-Ευβοίας με την κατασκευή Γ.Μ. 2B/150 μεταξύ Ν. Μάκρης στην Αττική και Πολυπόταμου στην Εύβοια. Η προβλεπόμενη διασύνδεση των Κυκλάδων με το Ηπειρωτικό Σύστημα θα επιτρέψει την απορρόφηση σημαντικής ισχύος Α/Π στις διασυνδεδεμένες Κυκλάδες (150 έως 200 MW).

Το σύνολο των ανωτέρω έργων θα επιτρέψει τη σύνδεση **530 MW** αιολικών πάρκων που θα εγκατασταθούν στην Εύβοια καθώς και τα νησιά των Κυκλάδων που είναι συνδεδεμένα με το διασυνδεδεμένο Σύστημα της ηπειρωτικής χώρας (Άνδρος – Τήνος).

- Ν.Α. Πελοπόννησος (Λακωνία-Κυνουρία):

Στη Ν.Α. Πελοπόννησο δεν έχουν εγκατασταθεί Α/Π, κυρίως λόγω αντιδράσεων των κατοίκων. Στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Πελοποννήσου είναι δυνατή κατά την παρούσα στιγμή η σύνδεση 40 MW στον υποσταθμό Μολάων (2005). Για την ενίσχυση του Συστήματος της περιοχής έχει προγραμματισθεί η κατασκευή της Γ.Μ. 2B/150 Μολάοι - Άστρος καθώς και η αναβάθμιση από Ε/150 σε 2B/150 της Γ.Μ. Άστρος - Άργος II.

Τα πιο πάνω έργα θα επιτρέψουν την αύξηση της ικανότητας απορρόφησης ισχύος Α/Π στην περιοχή έως τα 280 MW.



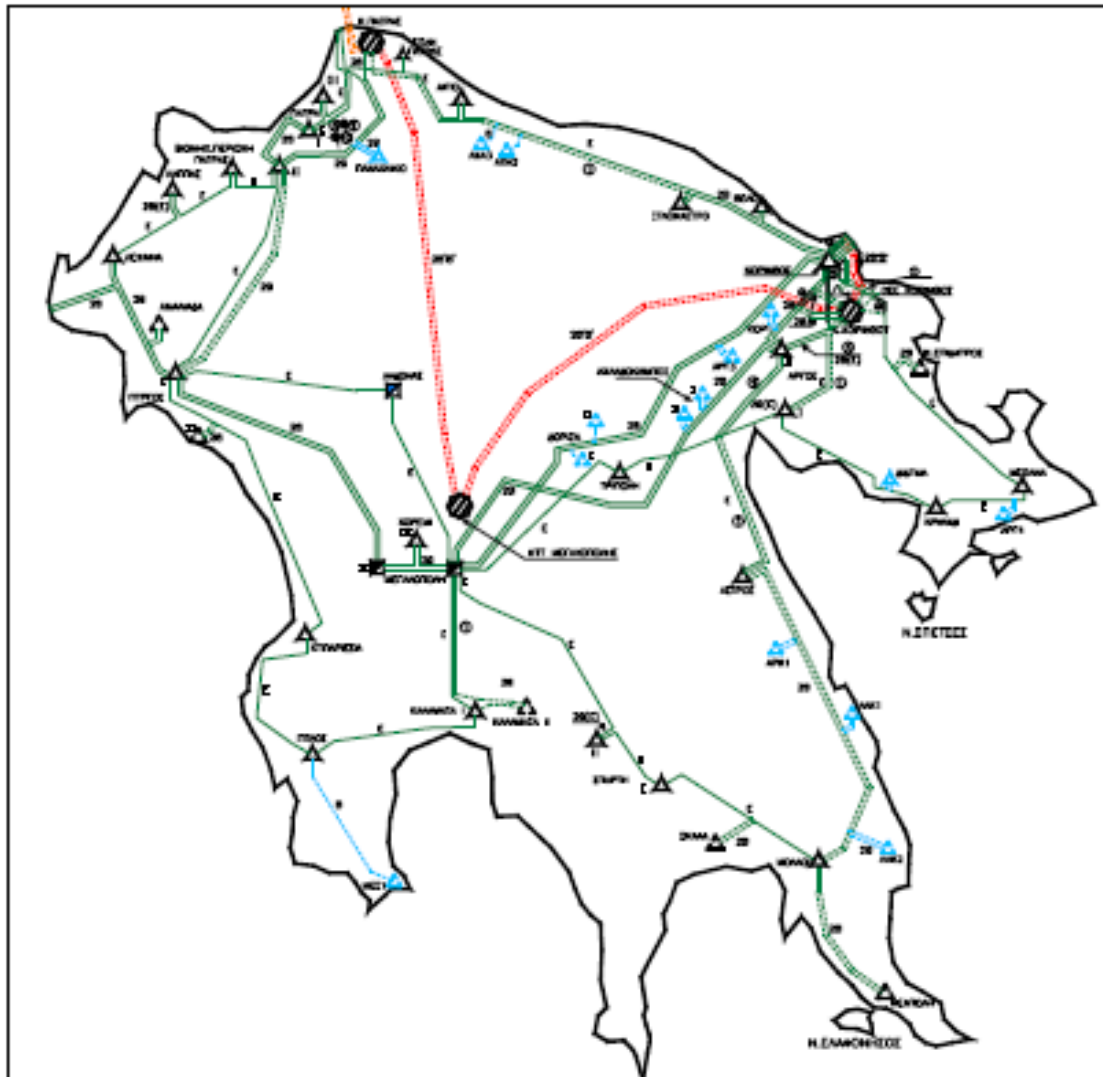
Σχήμα 2.2 Έργα ανάπτυξης για τη σύνδεση ΑΠΕ στις περιοχές Βοιωτίας και Εύβοιας

Σε μεταγενέστερο στάδιο και εφόσον αδειοδοτηθούν νέα Α/Π στην περιοχή, σχεδιάζεται η κατασκευή νέας Γ.Μ. 2B/150 Μολάοι- Μεγαλόπολη (Σχήμα 5). Επίσης, σύμφωνα με τις προσφορές σύνδεσης που είχαν χορηγηθεί σε Α/Π της περιοχής (για Α/Π συνολικής ισχύος περίπου 150 MW) μέχρι τον Ιούλιο του 2005, προβλεπόταν η ανάπτυξη 3 τουλάχιστον νέων Υ/Σ 150kV/MT και η κατασκευή νέων ΓΜ για τη σύνδεση των νέων Υ/Σ στη νέα Γ.Μ. Αστρος – Μολάοι (συνολικού μήκους 80 km).

- Θράκη:

Στην περιοχή της **Ανατολικής Μακεδονίας** και **Θράκης** έχουν ήδη συνδεθεί και λειτουργούν αιολικά πάρκα ισχύος 162,5 MW και βρίσκεται σε στάδιο κατασκευής ένα ακόμη ισχύος 34 MW. Με τη σύνδεση των παραπάνω Α/Π εξαντλείται η δυνατότητα απορρόφησης του Συστήματος στην περιοχή.

Από τα παραπάνω Α/Π Α/Π συνολικής ονομαστικής ισχύος περίπου 100MW υπόκεινται σε ειδική ρύθμιση (Υ.Α. Δ6/Φ1/5000/2003, ΦΕΚ 410/09.04.2003), η οποία προβλέπει τον περιορισμό της αποδιδόμενης ισχύος των Α/Π, όταν οι συνθήκες ασφαλείας του Συστήματος το επιβάλλουν. Μέχρι την ολοκλήρωση του ΚΥΤ Ν. Σάντας εκτιμάται ότι θα καταστεί δυνατή η σύνδεση επιπλέον νέων Α/Π στην περιοχή Θράκης, συνολικής ονομαστικής ισχύος περίπου 100 MW.



Σχήμα 2.3 Έργα ανάπτυξης για τη σύνδεση ΑΠΕ στην Πελοπόννησο

Με την ολοκλήρωση των υπόλοιπων προγραμματισμένων έργων θα είναι δυνατή η απορρόφηση της ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών, ονομαστικής ισχύος περί των 400 MW έκαστος, που έχουν αδειοδοτηθεί στις περιοχές Καβάλας και Αλεξανδρούπολης, καθώς και αιολικών σταθμών ισχύος έως 200 MW. Με βάση τα παραπάνω η συνολική ισχύς αιολικών σταθμών στην περιοχή Θράκης μπορεί να φθάσει τελικώς το επίπεδο των 420 MW περίπου.

- Στις υπόλοιπες περιοχές λειτουργούσαν μέχρι τον Ιούλιο του 2005 Α/Π συνολικής ισχύος 5,5 MW περίπου. Γίνεται προσπάθεια από κοινού από το ΔΕΣΜΗΕ και το Διαχειριστή Δικτύου για σύνδεση Α/Π μέσω δικτύων Μέσης Τάσης (με μικρότερα προβλήματα αδειοδότησης και μικρότερους χρόνους υλοποίησης), ώστε να επισπεύδεται η σύνδεση των Α/Π στο Σύστημα.

Στην **Κρήτη, Ρόδο, Λέσβο και τα άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά του Αιγαίου**, οι περιορισμοί που τίθενται σήμερα από τα τοπικά δίκτυα αντιστοιχούν σε δυνατότητα απορρόφησης αιολικής ενέργειας σε ποσοστό 30% της ζήτησης αιχμής ισχύος, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη δυνατότητες αποθήκευσης μέσω υβριδικών συστημάτων, δηλαδή χονδρικά σε 300 MW. Από αυτά τα 210 MW διαθέτουν ήδη άδεια εγκατάστασης ή άδεια λειτουργίας. Ειδικότερα στην Κρήτη λειτουργούν ήδη αιολικά πάρκα ισχύος 87 MW ενώ η συνολική δυνατότητα απορρόφησης υπερβαίνει τα 120 MW.

Με βάση τα ανωτέρω, η ισχύς των επί πλέον αιολικών πάρκων που θα μπορεί να εγκατασταθούν συνοψίζεται στον πίνακα 11.

Περιοχές δρομολογημένων παρεμβάσεων	Ισχύς (MW)
1. Εύβοια - Άνδρος – Τήνος	530
2. Νοτιοανατολική Πελοπόννησος	280
3. Ανατολική Μακεδονία - Θράκη	350
4. Κρήτη, Ρόδος και άλλα μη διασυνδεδεμένα νησιά	80
Σύνολο	1.240

Πίνακας 2.4 Πρόσθετη αιολική ισχύς λόγω δρομολογημένων παρεμβάσεων

Σημειώνεται ότι από τα έργα του πίνακα 2.4 συνολικής ισχύος 1.240 MW, έχουν εκδοθεί άδειες παραγωγής για 970 MW (Οκτώβριος 2005).

Πιν. V : Ισχύς Α/Π στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ιούλιος 2005)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕ ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΜW)	ΜΕ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ - ΜΗ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ (ΜW)	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΜW)
Πελοπόννησος			
Κυνουρία	181,550	149,750	--
Αργολίδα-Κορινθία -Αρκαδία	347,550	272,950	--
Ηλεία-Αχαΐα	100,350	75,850	1,200
Υπόλοιπο Πελ./σου	69,800	22,500	--
Θράκη	327,950	34,200	162,25*
Μακεδονία	297,050	57,050	--
Κεντρική Ελλάδα			
Εύβοια-Κυκλάδες	817,340	55,500	198,000
Βοιωτία	475,000	286,600	1,200
Ευρυτανία-Φθιώτιδα	264,650	201,800	--
Μαγνησία	50,000	50,000	--
Υπόλοιπο Κεντρ. Ελλάδας	469,900	50,400	--
Ν. Ιονίου	158,850	123,550	--
Αττική	90,315	32,300	3,115
Ηπείρος	30,000	--	--
ΣΥΝΟΛΟ	3680,905	1412,450	365,765

* Συμπεριλαμβάνονται 23,5 MW από Α/Π που είναι σε δοκιμαστική λειτουργία

Πιν. VI : Ισχύς Μικρών Υδροηλεκτρικών Σταθμών στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ιούλιος 2005)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕ ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΜW)	ΜΕ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ - ΜΗ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ (ΜW)	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΜW)
Πελοπόννησος			
Αργολίδα-Κορινθία -Αρκαδία	12,450	12,450	--
Ηλεία-Αχαΐα	38,049	16,534	8,020
Υπόλοιπο Πελ./σου	3,886	1,905	1,000
Θράκη	--	--	--
Μακεδονία	116,223	57,361	11,515
Κεντρική Ελλάδα			
Βοιωτία	4,800	1,790	1,410
Ευρυτανία-Φθιώτιδα	51,481	17,125	8,280
Μαγνησία	1,050	0,300	0,750
Υπόλοιπο Κεντρ. Ελλάδας	81,903	21,455	3,595
Ν. Ιονίου	--	--	--
Αττική	0,865	0,865	--
Ηπείρος	105,725	47,445	9,395
ΣΥΝΟΛΟ	416,432	177,230	43,965

Πιν. VII : Ισχύς Σταθμών Παραγωγής από Βιοαέριο/Βιομάζα στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ιούλιος 2005)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕ ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΜW)	ΜΕ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ - ΜΗ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ (ΜW)	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΜW)
Πελοπόννησος	5,600	5,000	--
Θράκη	--	--	--
Μακεδονία	4,150	--	2,740
Κεντρική Ελλάδα	0,353	--	0,353
Ν. Ιονίου	--	--	--
Αττική	35,317	10,357	20,125
Ηπειρος	--	--	--
ΣΥΝΟΛΟ	45,420	15,357	23,218

Πιν. VIII : Ισχύς Σταθμών Συμπαγωγής στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα (Ιουλ. 2005)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕ ΑΔΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΜW)	ΜΕ ΠΡΟΣΦΟΡΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ - ΜΗ ΥΛΟΠΟΙΗΜΕΝΑ (ΜW)	ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΜW)
Πελοπόννησος	68,30 ^a	--	68,30 ^a
Θράκη	37,400	9,500	18,000
Μακεδονία	155,476	49,686	74,664
Κεντρική Ελλάδα			
Βοιωτία	7,901	0,701	3,500
Υπόλοιπο Κεντρ. Ελλάδας	14,720	--	--
Ν. Ιονίου	2,712	2,712	14,720
Αττική	96,369	14,560	52,716
Ηπειρος	--	--	--
ΣΥΝΟΛΟ	382,878	77,159	231,90 ^b

^a Είναι οι μονάδες της ΜΟΤΟΡ Ο.Α., οι οποίες πιθανώς να μην ανήκουν στην κατηγορία των ΑΠΕ (υπέρβαση του ορίου των 50 MW)

^b Το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης ισχύος εξυπηρετεί ανάγκες ιδιοκαταναλώσης των παραγωγών (αυτοπαραγωγή). Συμβάσεις αγοραπωλησίας με το Σύστημα υπάρχουν μόνο για τα 32,3 MW

Πίνακας 2.5 Ισχύς σταθμών από ΑΠΕ στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα

2.5. Προβλέψεις Ζήτησης Ενέργειας

Οι κύριοι παράγοντες που επιδρούν στη διαμόρφωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα σε μεσο-μακροπρόθεσμη βάση είναι οι εξής:

1. Η οικονομική ανάπτυξη της χώρας (με δείκτη μέτρησης το ΑΕΠ),
2. Οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες (κλιματισμός, χρήση ηλεκτρισμού στις μεταφορές, χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, κ.λ.π.) λόγω βελτίωσης βιοτικού επιπέδου, αλλά και η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης συγκεκριμένων πληθυσμιακών ομάδων (π.χ. οικονομικοί μετανάστες).
3. Η γενικότερη κατάσταση του ενεργειακού τομέα και της αγοράς ηλεκτρισμού (επίπεδο τιμών kWh, ανταγωνισμός με Φυσικό Αέριο, κ.λ.π.).
4. Ειδικές συνθήκες (π.χ. υλοποίηση έργων Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης).
5. Διάφορα μέτρα εξειδίκευσης πολιτικών όπως εξοικονόμηση ενέργειας, περιβαλλοντικοί περιορισμοί, κ.λ.π.

Οι προβλέψεις του ΔΕΣΜΗΕ για την εξέλιξη της ζήτησης ενέργειας και ισχύος στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα (ΕΔΣ) κατά την επόμενη πενταετία (2006-2010) βασίζονται σε:

- Ιστορικά στοιχεία ζήτησης Ενέργειας και Ισχύος στο ΕΔΣ
- Δημοσιευμένες προβλέψεις που έχουν εκπονηθεί από άλλους αρμόδιους φορείς και αφορούν σε
 - μεσοπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 3 ετών) προβλέψεις του Ακαθαρίστου Εθνικού Προϊόντος της χώρας (από ΥΠ.ΕΘ.Ο., ΤτΕ).
 - μακροπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 10 ετών) προβλέψεις ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΔΣ (από τη ΡΑΕ).
 - μεσοπρόθεσμες (χρονικός ορίζοντας 5 ετών) προβλέψεις ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας των πελατών μέσης και χαμηλής τάσης της ΔΕΗ η οποία αποτελεί τον κυριότερο Προμηθευτή που δραστηριοποιείται στη χώρα τη στιγμή αυτή (από ΔΕΗ/ΔΑΔΔΙ).

Στον Πιν. 2.6. παρουσιάζεται η εξέλιξη της ετήσιας ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα κατά την τελευταία 10-ετία.

Στον Πιν. 2.7. παρουσιάζονται οι προβλέψεις για την εξέλιξη του ΑΕΠ της χώρας για την επόμενη πενταετία σύμφωνα με το ΥΠΕΘΟ (έως το 2007). Παρουσιάζονται τρία σενάρια, ένα σενάριο βάσης, ένα λιγότερο αισιόδοξο, που προβλέπει μικρότερη

ετήσια άνοδο του ΑΕΠ κατά 0.7% και ένα απαισιόδοξο. Για τα έτη 2008 έως και 2010, ελλείπει άλλων στοιχείων, η προβλεπόμενη αύξηση του ΑΕΠ έχει εκτιμηθεί από το ΔΕΣΜΗΕ για τους σκοπούς αυτής της μελέτης. Με βάση τις τρέχουσες εκτιμήσεις της Τράπεζας της Ελλάδος, ως ρεαλιστικό σενάριο εξέλιξης του ΑΕΠ θεωρείται το λιγότερο αισιόδοξο σενάριο (Εναλλακτικό-1) του ΥΠΕΘΟ, το οποίο υιοθετείται για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, ως σενάριο ΑΝΑΦΟΡΑΣ. Πρέπει να τονιστεί ότι τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός αύξησης της ζήτησης ενέργειας στο ΕΔΣ εμφανίζεται να παρακολουθεί το ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ της χώρας,

Έτος	Φορτίο Ζήτησης - ΥΤ (°) (ΜΙWh)	Ετήσια ποσοστιαία μεταβολή	Μέση ποσοστιαία μεταβολή			
			10-ετία 1995-2004	5-ετία 2000-2004	3-ετία 2002-2004	
1994	33 976 754		4.1%			
1995	35 159 317	3.48%				
1996	36 587 704	4.06%				
1997	38 066 842	4.04%				
1998	39 861 786	4.72%				
1999	41 060 463	3.01%				
2000	44 108 220	7.42%				
2001	45 914 430	4.09%				
2002	46 973 998	2.31%				4.4%
2003	49 732 133	5.87%				
2004	50 971 700 ^(*)	2.49%				

Πηγή: ΔΕΗ ΑΕ / Ετήσιο Δελτίο Εκμετάλλευσης

(load demand.xls)

Πίνακας 2.6. Εξέλιξη της ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα

2005	2006	2007	2008	2009	2010
3.9	4.0	4.2	(4.0)	(4.0)	(4.0)
3.3	3.3	3.3	(3.3)	(3.3)	(3.3)
2.9	3.0	3.0	(3.0)	(3.0)	(3.0)

Πηγή: ΥΠΕΘΟ, Ένσημερομένο Πρόγραμμα Σταθερότητας και Ανάπτυξης, 2004-2007 (Μαρ. 2005)

Πίνακας 2.7. Εξέλιξη του ΑΕΠ.

Η πρόβλεψη ζήτησης ενέργειας αντιμετωπίζεται με τη χρήση σεναρίων (εύλογες υποθέσεις σχετικά με το τι θα μπορούσε να συμβεί στο μέλλον βασισμένες στην προηγούμενη και τρέχουσα εμπειρία, αλλά και υποθέσεις σχετικά με το πως οι σχετικές τάσεις μπορεί να εξελιχθούν). Διαμορφώνονται τρία σενάρια: ΑΝΑΦΟΡΑΣ, ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ και ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ της ζήτησης. Οι προβλέψεις του

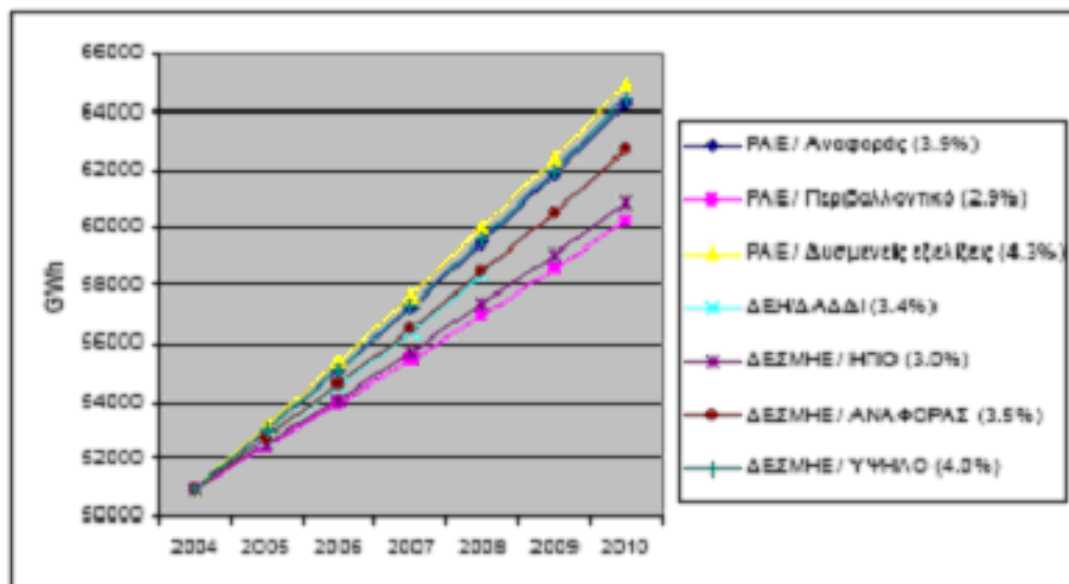
ΔΕΣΜΗΕ σχετικά με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα για την περίοδο 2005 – 2010, συνοψίζονται στον Πιν. 2.8..

Έτος	Σενάριο ΧΑΜΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ			Σενάριο ΑΝΑΦΟΡΑΣ			Σενάριο ΥΨΗΛΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ		
	Ζήτηση (GWh)	Ετήσιος ρυθμός αύξησης (%)	Ετήσια Αύξηση (GWh)	Ζήτηση (GWh)	Ετήσιος ρυθμός αύξησης (%)	Ετήσια Αύξηση (GWh)	Ζήτηση (GWh)	Ετήσιος ρυθμός αύξησης (%)	Ετήσια Αύξηση (GWh)
2004	50.972			50.972			50.972		
2005	52.483	3.0	1.511	52.741	3.5	1.769	52.992	4.0	2.020
2006	54.057	3.0	1.574	54.586	3.5	1.845	55.112	4.0	2.120
2007	55.679	3.0	1.622	56.496	3,5	1.910	57.316	4.0	2.204
2008	57.349	3.0	1.670	58.473	3,5	1.977	59.609	4.0	2.293
2009	59.070	3.0	1.721	60.519	3,5	2.046	61.993	4.0	2.384
2010	60.842	3.0	1.772	62.636	3,5	2.117	64.473	4.0	2.480

Πίνακας 2.8. Σενάρια ΔΕΣΜΗΕ για Ζήτηση Ηλεκτρικής Ενέργειας στο ΕΔΣ

Στο Σχήμα 2.4 που ακολουθεί συγκρίνονται οι κυριότερες πρόσφατες προβλέψεις της ΡΑΕ και του Διαχειριστή Δικτύου (ΔΕΗ/ΔΑΔΔΙ) με τα σενάρια εξέλιξης της ζήτησης ενέργειας του ΔΕΣΜΗΕ για την περίοδο 2005- 2010. Παρατηρούνται τα εξής:

- Οι υψηλότερες προβλέψεις, ευρισκόμενες πολύ κοντά η μία στην άλλη, είναι αυτές της ΡΑΕ/Δυσμενείς Εξελίξεις και το σενάριο Αναφοράς του ΔΕΣΜΗΕ.
- Η χαμηλότερη πρόβλεψη είναι το Περιβαλλοντικό σενάριο της ΡΑΕ



Σχήμα 2.4. Πρόσφατες προβλέψεις της Εξέλιξης της Ζήτησης Ενέργειας

2.6. Προβλέψεις ετήσιων αιχμών φορτίου

Η πρόβλεψη της αιχμής παρουσιάζει εν γένει πολύ μεγαλύτερη αβεβαιότητα από την πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ζήτηση ισχύος, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, οπότε εμφανίζεται η μέγιστη ετήσια αιχμή (Ιούλιος), εξαρτάται πολύ έντονα από τον καιρό και κυρίως από τη θερμοκρασία. Η εν λόγω εξάρτηση φαίνεται να εντείνεται συνεχώς. Δεδομένου του έντονου στοχαστικού χαρακτήρα της θερμοκρασίας, τα μοντέλα αυτά εξάγονται με βάση ιστορικά στοιχεία και τροποποιούνται κατάλληλα ώστε να λαμβάνουν υπόψη την αυξανόμενη εξάρτηση της ζήτησης ισχύος από τη θερμοκρασία. Για την πρόβλεψη της ετήσιας αιχμής χρησιμοποιείται πιθανοτική ανάλυση με χρήση μοντέλων φορτίου - καιρού. Στον Πιν. 2.9. φαίνεται η εξέλιξη της ετήσιας αιχμής φορτίου στο Σύστημα κατά την τελευταία 10-ετία, ενώ στον Πιν. 2.10. φαίνεται η πρόβλεψη της μέσης τιμής της ετήσιας αιχμής φορτίου για την περίοδο 2006-2010 και μέγιστες αναμενόμενες τιμές με πιθανότητα μη υπέρβασης 90%, 97,7% και 99,86%. Στις πιο πάνω τιμές συμπεριλαμβάνονται και οι απώλειες μεταφοράς.

Έτος	Ετήσια αιχμή ⁽¹⁾ (ΔΜW)	Διαφορά από προηγ. έτος (%)	Μείση ποσοστιαία μεταβολή				
			10-ετία 1996-2005	5-ετία 2001-2005	3-ετία 2003-2005		
1995	6063						
1996	6503	7.26	5.0%				
1997	6703	3.08					
1998	7370	9.95					
1999	7364	-0.08					
2000	8529	15.82					
2001	8598	0.81					
2002	8924 9100 ⁽²⁾	5.84					
2003	9042 9112 ⁽³⁾	0.13				2.8%	2.5%
2004	9370 ⁽³⁾ 9500 ⁽⁴⁾	5.36					
2005	9635 9800 ⁽⁵⁾	2.08					

work.xls/3

(1) Συμπεριλαμβάνονται οι απώλειες Μεταφοράς

(2) Έγιναν συμφωνημένες περικοπές τουλάχιστον 150 MW το 2002 και 70 MW το 2003

(3) Αναφέρεται στην ώρα του Black-Out στις 12/7/2004, 12:39 μμ

(4) Εκτίμηση ΔΕΣΜΗΕ για την αιχμή του 2004 αν δεν συνέβαινε το Black-Out

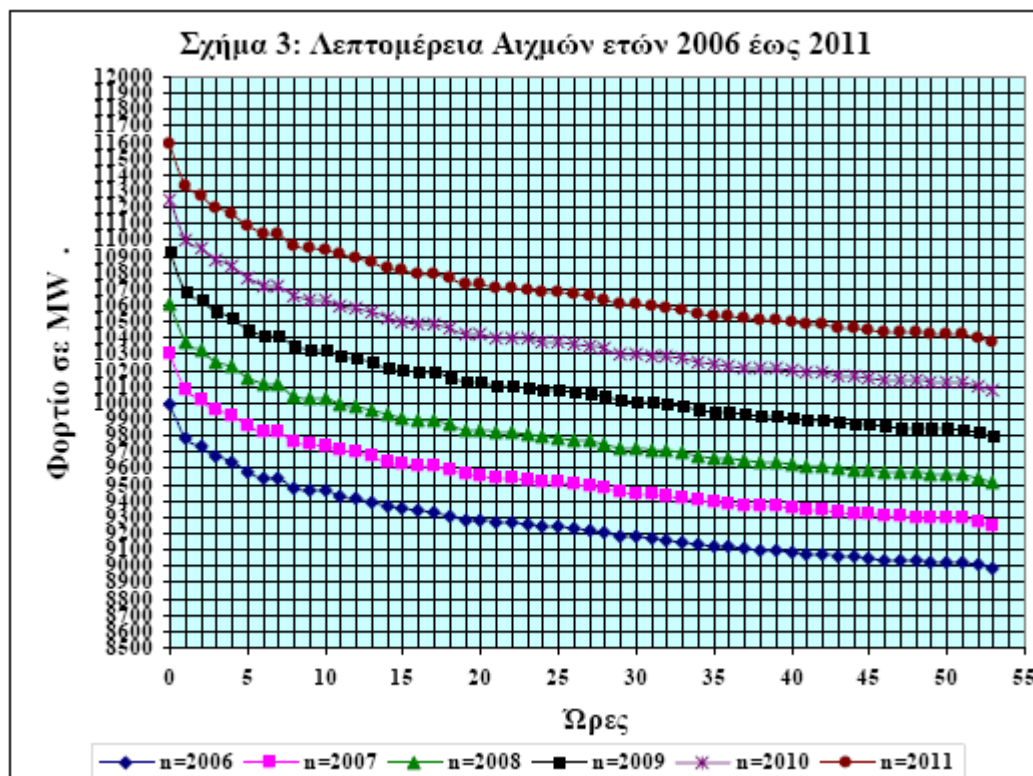
(5) Εκτίμηση ΔΕΣΜΗΕ για την αιχμή του 2005 χωρίς τις συμφωνημένες περικοπές

Πίνακας 2.9. Εξέλιξη ετήσιας Αιχμής Φορτίου στο ΕΔΣΜ.

Έτος	Μέση Τιμή (MW)	Μέγιστη τιμή (MW), πιθανότητα υπέρβασης 10% (1,3σ)	Μέγιστη τιμή (MW), πιθανότητα υπέρβασης 2,28% (2σ)	Μέγιστη τιμή (MW), πιθανότητα υπέρβασης 0,14% (3σ)
2006	9580	9940	10130	10400
2007	9930	10300	10500	10790
2008	10280	10670	10880	11180
2009	10640	11050	11270	11590
2010	11000	11430	11660	12000

Πίνακας 2.10. Πρόβλεψη ετήσιας Αιχμής Φορτίου.

Σημειώνει δε ότι, κατά τα τελευταία χρόνια, ο ρυθμός αύξησης της αιχμής είναι συνεχώς μεγαλύτερος από το ρυθμό αύξησης της καταναλισκόμενης ενέργειας. Από την ανάλυση των δεδομένων, που αφορούν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, προκύπτει ότι το φορτίο πάνω από 9000 MW παρουσιάζεται για λιγότερο από 52 ώρες ανά έτος. Η κάλυψη αυτού του φορτίου αιχμής των τελευταίων 1000 MW, δηλαδή από 9000 μέχρι 10000 MW, αντιπροσωπεύει μια ενέργεια ίση μόνο με 14700 MWh ανά έτος.



Σχήμα 2.5. Λεπτομέρεια Αιχμών

Πρόκειται δηλαδή για ισχύ 1000 MW, με φορτίο μόνο 14.7 ισοδύναμων ωρών λειτουργίας ετησίως, που αντιστοιχεί στο 0.0273% της ετήσιας ζήτησης ενέργειας. Το γεγονός αυτό, δημιουργεί την ανάγκη εγκατάστασης νέων μονάδων με μεγάλο

επενδυτικό κόστος, οι οποίες χρησιμοποιούνται τελικώς μόνο για ελάχιστες ώρες ετησίως. Ο ίδιος, επισημαίνει επίσης ότι, οι αναμενόμενες αιχμές των επομένων ετών είναι μεγαλύτερες της αιχμής των 10000 MW, αυξανόμενες κατά 300 και πλέον MW ετησίως. Παράλληλα οι προβλέψεις είναι ότι κάθε χρόνο η αιχμή αυξάνεται ταχύτερα από την ετήσια ενέργεια, επομένως το αιχμιακό πρόβλημα θα παρουσιάζεται ολοένα και περισσότερο οξυμένο, καθώς τα τελευταία 1000 MW της καμπύλης φορτίου κάθε έτους θα εμφανίζονται για λιγότερες ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ευστάθεια Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

3.1. Ορισμός ευστάθειας ΣΗΕ

Η ευστάθεια των ΣΗΕ ορίζεται από την ικανότητα του συστήματος, για ένα δεδομένο αρχικό λειτουργικό σημείο, να επανακάτα ένα αποδεκτό σημείο λειτουργίας μετά από μία διαταραχή, η οποία οδηγεί τις περισσότερες μεταβλητές του συστήματος κοντά στα όριά τους, ώστε το συνολικό σύστημα να παραμένει πρακτικά αμετάβλητο.

Η διατήρηση της ευσταθούς λειτουργίας ενός ΣΗΕ στο ενδεχόμενο μίας διαταραχής εξαρτάται από τις αρχικές λειτουργικές συνθήκες, καθώς επίσης και από τη φύση της διαταραχής. Τα ΣΗΕ υπόκεινται σε ένα μεγάλο πλήθος μικρών και μεγάλων διαταραχών. Οι μικρές διαταραχές συμβαίνουν διαρκώς, αν αναλογιστεί κανείς ότι το ηλεκτρικό φορτίο των διαφόρων καταναλωτών μεταβάλλεται συνεχώς. Στις περιπτώσεις αυτές, το εξεταζόμενο σύστημα θα πρέπει να διαθέτει την ικανότητα της άμεσης προσαρμογής στις εκάστοτε λειτουργικές συνθήκες. Επίσης, είναι επιθυμητή η αντοχή του συστήματος σε ιδιαίτερα κρίσιμες διαταραχές, όπως είναι για παράδειγμα ένα **τριφασικό βραχυκύκλωμα** σε μία γραμμή μεταφοράς ή η απώλεια μίας μεγάλης μονάδας παραγωγής. Μία κρίσιμη διαταραχή μπορεί να προκαλέσει την ενεργοποίηση ορισμένων διακοπών προστασίας, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της τοπολογίας του δικτύου και τη δημιουργία δύο ή περισσότερων νησίδων. Η ευστάθεια μεγάλων διαταραχών αναφέρεται πάντα σε ένα συγκεκριμένο σενάριο διαταραχής.

Η απόκριση ενός ηλεκτρικού δικτύου σε μία διαταραχή μπορεί να εμπλέξει ένα μεγάλο μέρος του εξοπλισμού. Για παράδειγμα, ένα σφάλμα σε ένα κρίσιμο στοιχείο και η συνακόλουθη απομόνωσή του λόγω της δράσης του αντίστοιχου εξοπλισμού προστασίας, μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στις ροές ισχύος των γραμμών, στις τάσεις των ζυγών και στις ταχύτητες των δρομέων των στρεφόμενων μηχανών. Οι μεταβολές των τάσεων των ζυγών επηρεάζουν τους ρυθμιστές τάσης των γεννητριών και των δικτύων μεταφοράς. Επίσης, οι μεταβολές στην ταχύτητα των σύγχρονων γεννητριών έχουν αντίκτυπο στη συμπεριφορά των στροβίλων και των ρυθμιστών

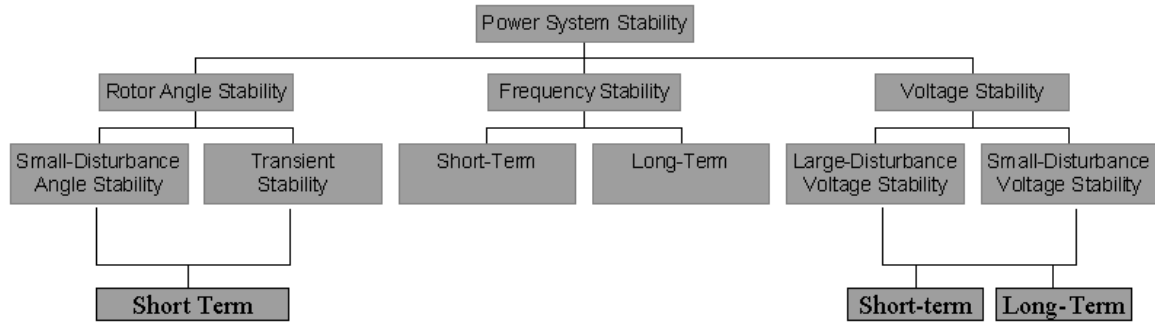
στροφών. Ταυτόχρονα, οι μεταβολές της τάσης και της συχνότητας επηρεάζουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό την κατανάλωση των φορτίων, ανάλογα με την κατά περίπτωση χαρακτηριστική αυτών. Ακολούθως, οι παραπάνω μεταβολές είναι πιθανό να οδηγήσουν στην ενεργοποίηση ορισμένων διατάξεων προστασίας, οι οποίες με τη σειρά τους θα αποσυνδέσουν τις αντίστοιχες διατάξεις από το δίκτυο, με αποτέλεσμα περαιτέρω επιβάρυνση του δικτύου, που ίσως καταλήξει σε εκδήλωση φαινομένων αστάθειας.

Εάν το δίκτυο αποκριθεί ευσταθώς μετά από μία διαταραχή, θα οδηγηθεί σε ένα νέο σημείο ισορροπίας, στο οποίο θα διατηρηθεί η ακεραιότητα του δικτύου. Ένα πλήθος γεννητριών και φορτίων πιθανόν να αποσυνδεθούν από το δίκτυο είτε εξαιτίας της απομόνωσης του εξοπλισμού που συνδέεται με το σφάλμα είτε λόγω σκόπιμης απόρριψης ορισμένων διατάξεων προκειμένου να διατηρηθεί η συνέχεια της λειτουργίας του υπόλοιπου συστήματος. Στις περιπτώσεις σοβαρών διαταραχών σε διασυνδεδεμένα συστήματα, η επερχόμενη απομόνωση ορισμένων στοιχείων μπορεί να οδηγήσει στο διαχωρισμό του συστήματος σε δύο ή περισσότερες νησίδες, προκειμένου να ικανοποιηθεί όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του φορτίου. Στη συνέχεια, η δράση των αυτόματων ελεγκτών του συστήματος σε συνδυασμό με τους χειρισμούς θα αποκαταστήσουν σταδιακά την ομαλή λειτουργία του συστήματος.

Εάν το σύστημα αποδειχθεί ασταθές, θα οδηγηθεί σε διαδοχικές απώλειες των διατάξεων, με αποτέλεσμα τη σβέση ενός μεγάλου μέρους του συστήματος.

3.2. Κατηγοριοποίηση φαινομένων ευστάθειας ΣΗΕ

Η μελέτη ευστάθειας των ΣΗΕ διευκολύνεται σημαντικά εάν διαχωριστούν τα φαινόμενα της ευστάθειας σε κατάλληλες κατηγορίες.



Σχήμα 3.1. Κατηγοριοποίηση Φαινομένων Ευστάθειας ΣΗΕ

3.2.1 Ευστάθεια γωνίας

Η ευστάθεια γωνίας δρομέα (Rotor angle stability) αναφέρεται στην ικανότητα των σύγχρονων μηχανών ενός διασυνδεδεμένου συστήματος να παραμείνουν σε συγχρονισμό κάτω από συνθήκες κανονικής λειτουργίας και μετά από μια διαταραχή. Αυτό εξαρτάται από την ικανότητα να συντηρήσει ή να αποκαταστήσει την ισορροπία μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής και μηχανικής ροπής της κάθε σύγχρονης μηχανής στο σύστημα. Η αστάθεια που μπορεί να προκύψει εκδηλώνεται στη μορφή των αυξανόμενων ταλαντώσεων γωνίας κάποιων γεννητριών που οδηγούν στην απώλεια του συγχρονισμού με άλλες γεννήτριες. Για κάθε μία δεδομένη κατάσταση, η διατήρηση της ευστάθειας του συστήματος εξαρτάται από το εάν οι αποκλίσεις των σχετικών γωνιών δρομέα οδηγούν σε ανάπτυξη επαρκών ροπών αποκατάστασης. Η ευστάθεια γωνίας δρομέα υποδιαιρείται σε ευστάθεια μικρού σήματος και μεταβατική ευστάθεια.

Η ευστάθεια μικρού σήματος αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να διατηρήσει συγχρονισμό κάτω από μικρές διαταραχές. Η ευστάθεια μικρών διαταραχών εξαρτάται από την αρχική λειτουργική κατάσταση του δικτύου. Στην περίπτωση αυτή, η αστάθεια μπορεί να εκδηλωθεί με τους εξής δύο τρόπους: α) την αύξηση της γωνίας δρομέα μέσω ενός απεριοδικού ρυθμού λόγω της έλλειψης ροπής συγχρονισμού, ή β) ταλαντώσεις δρομέα αυξανόμενου πλάτους λόγω της έλλειψης ροπής απόσβεσης.

Η μεταβατική ευστάθεια έχει να κάνει με την ικανότητα του συστήματος να διατηρήσει συγχρονισμό όταν υπόκειται σε σοβαρές μεταβατικές διαταραχές, όπως είναι για παράδειγμα ένα τριφασικό βραχυκύκλωμα σε μία γραμμή μεταφοράς. Η απόκριση ενός δικτύου σε μία τόσο σοβαρή διαταραχή διακρίνεται από μεγάλες

μεταβολές των γωνιών δρομέα των γεννητριών, ενώ επηρεάζεται έντονα από τη μη γραμμική χαρακτηριστική ενεργού ισχύος-γωνίας δρομέα. Η απόκριση ενός δικτύου σε μία τόσο σοβαρή διαταραχή διακρίνεται από μεγάλες μεταβολές των γωνιών δρομέα των γεννητριών, ενώ επηρεάζεται έντονα από τη μη γραμμική χαρακτηριστική ενεργού ισχύος-γωνίας δρομέα.

Το χρονικό διάστημα σε μελέτες ευστάθειας γωνίας είναι συνήθως της τάξης λίγων δευτερολέπτων μετά τη διαταραχή. Ωστόσο, σε περιπτώσεις αρκετά μεγάλων ΣΗΕ το διάστημα αυτό μπορεί να επεκταθεί σε λίγες δεκάδες δευτερολέπτων λόγω της κυριαρχίας των ταλαντώσεων διασυνδέσεων.

3.2.2 Ευστάθεια τάσης

Η ευστάθεια τάσης (Voltage stability) αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος ισχύος να διατηρεί αποδεκτές τάσεις σε όλους τους ζυγούς του συστήματος κάτω από συνθήκες κανονικής λειτουργίας και όταν υπάρχει μια διαταραχή.

Η αστάθεια τάσης προκαλείται από την απόπειρα του φορτίου (μέσω της δυναμικής του συμπεριφοράς) να αυξήσει την ισχύ που καταναλώνει πέρα από τη φυσική ικανότητα μεταφοράς του συνδυασμένου συστήματος παραγωγής και μεταφοράς. Αστάθεια μπορεί να συμβαίνει στη μορφή μιας σταδιακής πτώσης ή αύξησης της τάσης σε κάποιους ζυγούς. Ο κύριος παράγοντας που προκαλεί αστάθεια τάσης είναι η ανικανότητα του συστήματος ισχύος να διατηρεί ένα σωστό ισοζύγιο της αέργου ισχύος. Η ευστάθεια τάσης μεγάλης διαταραχής αναφέρεται στην ικανότητα του συστήματος να διατηρεί σταθερές τάσεις μετά από μεγάλες διαταραχές. Η ευστάθεια τάσης μικρής διαταραχής αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να ελέγξει μικρές διακυμάνσεις της τάσης, τέτοιες όπως αύξηση στο φορτίο του συστήματος.

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, η ευστάθεια τάσης εξαρτάται από την ικανότητα του συστήματος να διατηρεί ή να αποκαθιστά την ισορροπία μεταξύ της παραγωγής και της κατανάλωσης ισχύος των φορτίων. Η αστάθεια τάσης ενός συστήματος μπορεί να διαρκέσει από μερικά δευτερόλεπτα έως και μερικές δεκάδων λεπτών. Η εξέλιξη ενός σεναρίου αστάθειας τάσης μπορεί να έχει μία από τις παρακάτω καταλήξεις:

- Μία μη ομαλή μόνιμη κατάσταση λειτουργίας σε εξαιρετικά χαμηλό επίπεδο τάσεων. Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται συνήθως όταν οι μηχανισμοί που

συνεισφέρουν στην αστάθεια απενεργοποιούνται επειδή συναντούν τα άνω ή κάτω όρια λειτουργίας τους. Τυπική περίπτωση είναι τα ΣΑΤΥΦ των μετασχηματιστών, των οποίων οι λήψεις έχουν περιορισμένη περιοχή ρύθμισης.

- Μία επιτάχυνση του φαινομένου, η οποία οδηγεί στην απότομη βύθιση των τάσεων στην περιοχή εμφάνισης του προβλήματος. Στην περίπτωση αυτή, το φαινόμενο ονομάζεται κατάρρευση τάσης. Η κατάρρευση τάσης έχει ως αποτέλεσμα τη μερική ή ολική σβέση του συστήματος.

Με τον όρο κατάρρευση εννοούμε μία απότομη καταστροφική μετάβαση (πρακτικά ακαριαία) της κατάστασης ενός συστήματος

Η τελική έκβαση ενός σεναρίου αστάθειας τάσης μπορεί να είναι είτε η απόρριψη φορτίου σε μία περιοχή του δικτύου, είτε η απώλεια μερικών γραμμών μεταφοράς.

Ειδικότερα, μετά από μία διαταραχή, η καταναλισκόμενη ισχύς των φορτίων τείνει να αποκατασταθεί από: α) τη μεταβολή της ολίσθησης των κινητήρων επαγωγής, β) τη δράση των ρυθμιστών τάσης στο δίκτυο διανομής, γ) την ενεργοποίηση των μηχανισμών ΣΑΤΥΦ των μετασχηματιστών, ή δ) τη δυναμική των αυτορυθμιζόμενων φορτίων. Η αποκατάσταση των φορτίων αυξάνει την άεργο φόρτιση του συστήματος στο δίκτυο μεταφοράς, οδηγώντας σε περαιτέρω πτώση των τάσεων.

3.2.3 Ευστάθεια συχνότητας

Η ευστάθεια συχνότητας αναφέρεται στην ικανότητα ενός ΣΗΕ να διατηρεί τη συχνότητά του εντός ενός προκαθορισμένου εύρους τιμών μετά από μία διαταραχή, η οποία διαταράσσει το συνολικό ισοζύγιο μεταξύ παραγόμενης και καταναλισκόμενης ισχύος. Ειδικότερα, η ευστάθεια συχνότητας εξαρτάται από την ικανότητα του συστήματος να διατηρεί ή να επαναφέρει το ισοζύγιο μεταξύ παραγωγής και ζήτησης με τη μικρότερη δυνατή απόρριψη παραγωγής ή φορτίου. Στην περίπτωση αυτή, μία πιθανή αστάθεια εκδηλώνεται με τη μορφή συνεχών ταλαντώσεων στην τιμή της συχνότητας, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν στη διαδοχική αποκοπή μονάδων παραγωγής και φορτίων μέχρι την ολική σβέση του συστήματος.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1.2, τα φαινόμενα ευστάθειας συχνότητας κατατάσσονται στη μακροπρόθεσμη χρονική κλίμακα, διότι στη διέγερσή τους κυρίαρχο ρόλο διαδραματίζουν ορισμένες αργές συνιστώσες του συστήματος, όπως είναι για παράδειγμα οι στρόβιλοι και οι αντίστοιχοι ρυθμιστές στροφών των μονάδων παραγωγής, καθώς επίσης και τα συστήματα ελέγχου και προστασίας των σύγχρονων γεννητριών.

3.3. Σύντομη Περιγραφή Διατάξεων

3.3.1 Διατάξεις στη βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα

Οι κυριότερες συνιστώσες ενός ΣΗΕ, των οποίων η δυναμική κατατάσσεται στη βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα, είναι οι εξής:

1. Σύγχρονες Γεννήτριες

Η δυναμική των σύγχρονων γεννητριών περιγράφεται από τις εξισώσεις ταλάντωσης δρομέα και τις ηλεκτρικές διαφορικές εξισώσεις των τυλιγμάτων του δρομέα της μηχανής. Η ανάλυση των ταλαντώσεων αναφέρεται στη μελέτη ευστάθειας μονίμου καταστάσεως.

2. Αυτόματοι Ρυθμιστές Τάσεως

Ο ρόλος των Αυτόματων Ρυθμιστών Τάσης (ΑΡΤ) είναι να κρατούν σχεδόν σταθερή την τάση στον τερματικό ζυγό της γεννήτριας, επεμβαίνοντας στην τάση διεγέρσεως της μηχανής. Η άεργος παραγωγή της γεννήτριας προσαρμόζεται έτσι αυτόματα στη μεταβαλλόμενη ζήτηση.

3. Συστήματα Προστασίας Υπερδιεγέρσεως

Το Σύστημα Προστασίας Υπερδιεγέρσεως (ΣΠΥ) προστατεύει το τύλιγμα πεδίου μία σύγχρονης μηχανής από ανεπιθύμητες υπερεντάσεις.

4. Σταθεροποιητές Συστήματος Ισχύος

Ο σταθεροποιητής συστήματος ισχύος επιδρά βραχυπρόθεσμα στο σύστημα διέγερσης μίας σύγχρονης γεννήτριας με σκοπό να παρέχει πρόσθετη ροπή απόσβεσης για τον περιορισμό του πλάτους των ηλεκτρομηχανικών ταλαντώσεων.

5. Μηχανές Επαγωγής

Οι μηχανές επαγωγής είναι στη γενική περίπτωση φορτία με γρήγορη επαναφορά (της τάξης του δευτερολέπτου), ενώ παράλληλα αδυνατούν να παράγουν από μόνες τους την απαιτούμενη άεργο ισχύ για την εγκατάσταση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο διάκενό τους. Για τους λόγους αυτούς καθώς επίσης και λόγω του διαρκώς αυξανόμενου ποσοστού τους στη σύνθεση των ηλεκτρικών φορτίων, οι ασύγχρονες μηχανές θεωρούνται από τους κυριότερους παράγοντες που επιδρούν στη βραχυπρόθεσμη αστάθεια τάσης στα σύγχρονα ΣΗΕ.

Σήμερα, οι ασύγχρονοι κινητήρες δεν χρησιμοποιούνται μόνο στη βιομηχανία αλλά και στον εξοπλισμό ενός νοικοκυριού (κλιματιστικά κτλ), με αποτέλεσμα ένα σημαντικό τμήμα των ηλεκτρικών φορτίων (ακόμα και των οικιακών) να παρουσιάζει έντονη δυναμική συμπεριφορά. Επίσης, πολλά από τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα είναι εξοπλισμένα με ανεμογεννήτριες επαγωγής.

Εάν μία ασύγχρονη μηχανή οδηγηθεί σε αστάθεια, ενώ παραμένει συνδεδεμένη με το δίκτυο, είναι δυνατόν να συμπαρασύρει σε αστάθεια και άλλες γειτονικές μηχανές, με αποτέλεσμα τη μερική ή ολική κατάρρευση τάσης του συστήματος.

6. Γραμμές Συνεχούς Ρεύματος

Οι γραμμές ΣΡ χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια για μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις (λόγω των μικρότερων απωλειών που παρουσιάζουν σε σχέση με τις κλασσικές γραμμές μεταφοράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος και του γεγονότος ότι η ροή τους ελέγχεται σχετικά εύκολα) και για ασύγχρονες διασυνδέσεις (δηλαδή για διασυνδέσεις μεταξύ συστημάτων με διαφορετική συχνότητα). Οι γραμμές ΣΡ είναι πιθανό να συνεισφέρουν σε ένα σενάριο βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης λόγω των κυκλωμάτων ηλεκτρονικών ισχύος στους τερματικούς σταθμούς στο επίπεδο της Υψηλής Τάσης.

Συγκεκριμένα, τα κυκλώματα αυτά διαθέτουν μεγάλες συστοιχίες εγκάρσιων πυκνωτών (φίλτρων) για χωρητική αντιστάθμιση, οι οποίες μειώνουν ανάλογα με το

τετράγωνο της τάσης την άεργο υποστήριξη στο δίκτυο, ενώ σε μία ενδεχόμενη πτώση των τάσεων στους ζυγούς, τα κυκλώματα αντιστροφών αυξάνουν την άεργο κατανάλωσή τους. Οπότε, δυναμικά ο σταθμός μετατροπής αυξάνει τη ζήτηση αέργου ισχύος, όταν πέφτει η τάση. Τα προβλήματα αυτά εντείνονται ακόμα περισσότερο, όταν οι γραμμές ΣΡ συνδέονται σε ασθενείς ζυγούς του συστήματος.

7. Υδροηλεκτρικές Μονάδες

Οι υδροστρόβιλοι συναντώνται τόσο σε μεγάλες υδροηλεκτρικές μονάδες όσο και σε μικρά υδροηλεκτρικά εργοστάσια, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία της διεσπαρμένης παραγωγής. Η καθυστέρηση στην απόκριση του υδροστροβίλου εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγωγού προσαγωγής. Επιπλέον, προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο του υδραυλικού πλήγματος, οι ρυθμιστές στροφών των υδροστροβίλων εξοπλίζονται με μία βαθμίδα μεταβατικού στατισμού, η οποία εμφανίζει μεγάλη χρονική σταθερά επαναφοράς.

8. Στατά Συστήματα Αέργου Αντιστάθμισης

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης, απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις η εγκατάσταση στατών συστημάτων αέργου αντιστάθμισης. Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από συστοιχίες πηνίων και πυκνωτών με αρμονικά φίλτρα. Η έναυση των συστοιχιών ελέγχεται από κυκλώματα θυρίστορ, τα οποία εμφανίζουν πολύ μικρές χρονικές καθυστερήσεις έως μερικών εκατοστών του δευτερολέπτου, με αποτέλεσμα τη γρήγορη και ακριβή ρύθμιση των τοπικών τάσεων.

3.3.2 Διατάξεις στη μακροπρόθεσμη χρονική κλίμακα

Οι κυριότερες συνιστώσες ενός ΣΗΕ, των οποίων η δυναμική απόκριση ανήκει στη μακροπρόθεσμη χρονική κλίμακα, είναι οι εξής:

1. Ατμοηλεκτρικές Μονάδες

Μία ατμοηλεκτρική μονάδα αποτελείται από τον ατμοπαραγωγό, τον ατμοστρόβιλο με τον αντίστοιχο ρυθμιστή στροφών, καθώς επίσης και από τη σύγχρονη γεννήτρια συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων ελέγχου και προστασίας αυτής.

2. Συστήματα Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο

Τα Συστήματα Αλλαγής Τάσεως Υπό Φορτίο (ΣΑΤΥΦ), με τα οποία εξοπλίζονται συνήθως οι μετασχηματιστές διανομής ΥΤ/ΜΤ, λειτουργούν με διακριτό τρόπο προσπαθώντας να διατηρήσουν την τάση σε έναν ελεγχόμενο ζυγό (που είναι συνήθως ο ζυγός μέσης τάσης) σε ένα επιθυμητό εύρος τιμών. Ο τρόπος λειτουργίας τους έχει ως εξής: κάθε φορά που η τάση στον ελεγχόμενο ζυγό απομακρύνεται από τα επιθυμητά όρια, το ΣΑΤΥΦ μεταβάλλει το λόγο των σπειρών του μετασχηματιστή, προκειμένου η τάση να επανέλθει στα αποδεκτά όρια. Το χρονικό διάστημα επαναφοράς της ελεγχόμενης τάσης εντός των επιθυμητών ορίων κυμαίνεται από μερικές δεκάδες δευτερολέπτων έως λίγα λεπτά.

Η λειτουργία του ΣΑΤΥΦ, υπό ορισμένες συνθήκες, μπορεί να καταστεί ασταθής, δηλαδή αντί να επαναφέρει την τάση του ελεγχόμενου ζυγού στα επιθυμητά όρια, να την απομακρύνει ολοένα και περισσότερο. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει όταν το σημείο λειτουργίας του συστήματος ξεπεράσει το όριο Μέγιστης Μεταφερόμενης Ισχύος. Η ασταθής αυτή λειτουργία του ΣΑΤΥΦ μπορεί να οδηγήσει σε κατάρρευση τάσεως του συστήματος.

3. Αυτόματοι Μηχανισμοί Ζεύξης-Απόζευξης Στατών Πυκνωτών

Οι Αυτόματοι Μηχανισμοί Ζεύξης-Απόζευξης Στατών Πυκνωτών παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των τάσεων του δικτύου σε ικανοποιητικά επίπεδα, εξαιτίας της ισχυρής εξάρτησης της τάσης από την παροχή αέργου ισχύος. Η λειτουργία τους έχει ως εξής: όταν η τάση ή ο συντελεστής ισχύος στον ελεγχόμενο ζυγό πέσει κάτω από μία επιθυμητή για ένα χρονικό διάστημα λίγων δεκάδων δευτερολέπτων, συνδέεται στο δίκτυο μία νέα συστοιχία πυκνωτών, ώστε να καλυφθεί η ανεπάρκεια του ζυγού σε άεργο ισχύ. Ωστόσο, τα ευεργετικά αποτελέσματα της αέργου αντιστάθμισης εξασθενούν σημαντικά σε ενδεχόμενη πτώση των τάσεων, διότι η παροχή ισχύος από τις συστοιχίες πυκνωτών μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της τάσης.

4. Επαναφερόμενα Φορτία

Στην κατηγορία αυτή θεωρείται ότι ανήκουν όλα τα δυναμικά φορτία, τα οποία μετά από μία διαταραχή τείνουν να επαναφέρουν την καταναλισκόμενη ισχύ τους, ακολουθώντας μία εκθετική χαρακτηριστική μονίμου καταστάσεως, όπως είναι π.χ.

τα θερμοστατικά φορτία. Το χρονικό διάστημα επαναφοράς είναι της τάξεως λίγων λεπτών.

Επίσης, αξιολογη έρευνα έχει διεξαχθεί τόσο για την επίδραση της **αιολικής διείσδυσης** στην ευστάθεια του δικτύου, όσο και για την εξαγωγή μοντέλων ανεμογεννητριών και αιολικών πάρκων κατάλληλων για την προσομοίωση των φαινομένων αυτών.

Σε πολλά από τα ήδη εγκατεστημένα αιολικά πάρκα στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών με απλές μηχανές επαγωγής. Οι απλές γεννήτριες επαγωγής παράγουν ενεργό ισχύ, αλλά, όπως οι κινητήρες, απορροφούν άεργο ισχύ.

Από την άλλη πλευρά, στα νέα αιολικά πάρκα η τάση είναι να χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών, οι οποίες ελέγχονται μέσω μετατροπέων ηλεκτρονικών ισχύος και άρα μπορούν να ρυθμίζουν την άεργο κατανάλωσή τους, ώστε συνήθως να λειτουργούν με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος. Οι ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών μπορούν να είναι είτε σύγχρονες είτε ασύγχρονες μηχανές.

3.3.3 Διερεύνηση προβλημάτων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης

Τα τελευταία χρόνια καταγράφονται ολοένα και πιο συχνά φαινόμενα βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης στα σύγχρονα ΣΗΕ. Το πρόβλημα της βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης αναμένεται να πάρει ακόμα μεγαλύτερες διαστάσεις στο άμεσο μέλλον λόγω:

- Της αυξημένης χρήσης κινητήρων επαγωγής με μικρή αδράνεια, οι οποίοι εξοπλίζουν ευρέως τα συστήματα ψύξης και κλιματισμού.
- Της αυξημένης διείσδυσης γεννητριών επαγωγής στα αιολικά πάρκα.
- Της διείσδυσης φορτίων, των οποίων η κατανάλωση είναι ανεξάρτητη της τάσης και ελέγχεται με ηλεκτρονικά ισχύος.
- Της εκτεταμένης χρήσης συστημάτων πυκνωτών για αντιστάθμιση αέργου ισχύος.
- Της αυξημένης χρήσης γραμμών ΣΡ στο επίπεδο της Υψηλής Τάσης (HVDC).
- Της εντατικότερης χρήσης των διαθέσιμων δικτύων μεταφοράς.

Ειδικότερα, οι μηχανές επαγωγής διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στα φαινόμενα αστάθειας τάσης στη βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα για τους εξής κυρίως λόγους:

- Είναι φορτία με μικρή αδράνεια και γρήγορη επαναφορά (της τάξεως του δευτερολέπτου).
- Είτε λειτουργούν ως κινητήρες είτε ως γεννήτριες, καταναλώνουν άεργο ισχύ για την εγκατάσταση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο διάκενό τους. Γι. αυτό το λόγο, η εγκατάσταση μηχανών επαγωγής σε ένα δίκτυο συνοδεύεται τις περισσότερες φορές με κατάλληλες διατάξεις αέργου αντιστάθμισης.
- Κινδυνεύουν να παρουσιάσουν αστάθεια με τη μορφή επιβράδυνσης (λειτουργία κινητήρα) ή υπερεπιτάχυνσης (λειτουργία γεννήτριας), όταν η τερματική τους τάση είναι χαμηλή ή η μηχανική τους ροπή αρκετά μεγάλη. Αποτέλεσμα της επιβράδυνσης ή επιτάχυνσης είναι η απορρόφηση πολλαπλάσιας (3-7 φορές) ποσότητας αέργου ισχύος από ότι στην κανονική λειτουργία.

Οι ασύγχρονες γεννήτριες παράγουν μεν ενεργό ισχύ, ωστόσο από την άλλη πλευρά, όπως και οι κινητήρες, απορροφούν άεργο ισχύ. Στα καινούρια αιολικά πάρκα εγκαθίστανται κατά κύριο λόγο ανεμογεννήτριες επαγωγής μεταβλητών στροφών, οι οποίες - όπως προαναφέρθηκε - έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την τερματική τάση και άρα και την καταναλισκόμενη άεργο ισχύ μέσω κατάλληλων κυκλωμάτων ηλεκτρονικών ισχύος. Εντούτοις, σε πολλά από τα υφιστάμενα αιολικά πάρκα και ιδιαίτερα στον ελληνικό χώρο, χρησιμοποιούνται οι απλές, δίχως έλεγχο ασύγχρονες ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών. Από πλευράς ευστάθειας τάσης, οι τελευταίες μηχανές εμφανίζουν την ίδια δυναμική συμπεριφορά με τους κινητήρες επαγωγής, με τη μόνη διαφορά ότι σε περίπτωση απώλειας σημείου ισορροπίας επιταχύνονται αντί να επιβραδύνουν. Οπότε, μολονότι οι γεννήτριες επαγωγής δεν ανήκουν στα φορτία του συστήματος, ωστόσο αποτελούν σημαντικό παράγοντα που συμβάλλει στη διέγερση φαινομένων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης.

Εάν μία ασύγχρονη μηχανή οδηγηθεί σε αστάθεια ενώ παραμένει συνδεδεμένη με το δίκτυο, είναι δυνατόν να συμπαρασύρει σε αστάθεια και άλλες γειτονικές μηχανές, με αποτέλεσμα τη μερική ή ολική κατάρρευση του συστήματος.

Για την αντιμετώπιση προβλημάτων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης απαιτείται σε ορισμένες περιπτώσεις εγκατάσταση δυναμικών συστημάτων αέργου αντιστάθμισης,

όπως είναι για παράδειγμα τα στατά συστήματα αέργου αντιστάθμισης (Static Var Compensators - SVCs). Τα συστήματα αυτά παρέχουν γρήγορη και ακριβή ρύθμιση των τοπικών τάσεων, ενώ παράλληλα αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες υπερτάσεις που προκαλούνται κατά τη σύζευξη των μηχανικά ελεγχόμενων συστοιχιών πυκνωτών.

Ένα άλλο σημαντικό μέτρο για την αντιμετώπιση προβλημάτων βραχυπρόθεσμης αστάθειας τάσης είναι η αποσύνδεση των μηχανών επαγωγής. Το μέτρο αυτό θεωρείται το έσχατο μέτρο για την αντιμετώπιση της αστάθειας, διότι αναφέρεται σε απόρριψη φορτίου.

Συγκεκριμένα, οι μεγάλοι βιομηχανικοί κινητήρες (καθώς επίσης και οι μεγάλες ανεμογεννήτριες) έχουν συνήθως συστήματα προστασίας από χαμηλή τάση, τα οποία αποσυνδέουν τον κινητήρα (την ανεμογεννήτρια) από το δίκτυο μετά την εμφάνιση χαμηλής τάσης, προκειμένου να αποφευχθεί ενδεχόμενη επιβράδυνση (ή επιτάχυνση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Επίδραση των Α/Γ στην ευστάθεια των ΣΗΕ

Σε αυτό το κεφάλαιο ερευνάται η συμβολή της αιολικής παραγωγής στην ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος. Αναλύεται το φαινόμενο της νησιδοποίησης που παρατηρείται συχνά στα ηλεκτρικά δίκτυα καθώς και οι δυσμενείς επιπτώσεις που προκύπτουν από αυτό.

4.1. Απόκριση των Α/Γ σε διαταραχές

Οι διαφορές στην αρχή λειτουργίας και στα εγγενή χαρακτηριστικά ανάμεσα στα διάφορα είδη Α/Γ αντανακλώνται στις διαφορές ως προς την απόκριση σε μια διαταραχή των τερματικών ποσοτήτων της γεννήτριας. Μία εκτενής κατανόηση της μεταβατικής συμπεριφοράς των Α/Γ είναι θεμελιώδης για την εκτίμηση της συμβολής μεμονωμένων Α/Γ αλλά και αιολικών πάρκων στην ευστάθεια καθώς και για την έρευνα πάνω στα αίτια οποιασδήποτε αστάθειας μπορεί να παρατηρηθεί.

4.1.1. Α/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης

Στην τοπολογία αυτή όπως έχει προαναφερθεί δεν υπάρχει ένα προς ένα σχέση ανάμεσα στην άεργο ισχύ, την ενεργό ισχύ, την τερματική τάση και την ταχύτητα του δρομέα. Αντιθέτως έχει ένα εύρος λειτουργίας, μέσα στο οποίο μπορεί να λειτουργήσει σε οποιοδήποτε επιθυμητό σημείο. Αυτό συμβαίνει γιατί ο μετατροπέας τύπου πηγής τάσης αποσυνδέει την ηλεκτρική και τη μηχανική συμπεριφορά της γεννήτριας από την τάση του δικτύου και τη συχνότητα.

Από τις γνωστές εξισώσεις μπορεί να γίνει σαφές ότι η ροπή της γεννήτριας εξαρτάται απ' ευθείας από την συνιστώσα q του ρεύματος του δρομέα και η άεργος ισχύς από τη συνιστώσα d του ρεύματος δρομέα. Με άλλα λόγια ο μετατροπέας και οι ελεγκτές του καθορίζουν τη συμπεριφορά της γεννήτριας.

Η ακριβής ποσοτική τιμή των ορίων λειτουργίας κυρίως εξαρτάται από:

- Τη διαστασιολόγηση ως προς τάση και ρεύμα του μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος.
- Την παρουσία διακόπτη αστέρα/ τρίγωνο στο τύλιγμα του δρομέα ή ενός Μ/Σ με σύστημα αλλαγής τάσης υπό φορτίο ανάμεσα στο τύλιγμα δρομέα και το μετατροπέα ισχύος, με σκοπό την καλύτερη λειτουργία του μετατροπέα σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

Η γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης επιτρέπει έλεγχο αέργου ισχύος/τερματικής τάσης, διότι ένα εύρος τιμών αέργου ισχύος αντιστοιχεί σε μια δοσμένη τιμή ενεργού ισχύος και ταχύτητας δρομέα.

Όταν εμφανίζεται σφάλμα στο δίκτυο, η βύθιση τάσης και η αύξηση ρεύματος που ακολουθούν ως αποτέλεσμα εντοπίζονται άμεσα από το μετατροπέα ισχύος. Συνήθως, αυτό οδηγεί σε άμεση αποσύνδεση της Α/Γ ώστε να προστατευτούν τα ηλεκτρονικά ισχύος με ενεργοποίηση του διακόπτη ανάμεσα στην Α/Γ και το δίκτυο. Εξ' αιτίας της παρουσίας του ιδιαίτερα ευαίσθητου μετατροπέα ισχύος με μικρές θερμικές σταθερές, μια Α/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης είναι πολύ πιο ευαίσθητη σε βυθίσεις τάσης απ' ό,τι μια Α/Γ σταθερών στροφών.

Αν η Α/Γ πρέπει να μείνει συνδεδεμένη κατά τη διάρκεια μιας βύθισης τάσης ή να επανασυνδεθεί αμέσως μετά την εκκαθάριση του σφάλματος, απαιτείται τροποποίηση κατάλληλη των ελεγκτών του μετατροπέα ισχύος ή/και του ίδιου του μετατροπέα. Όπως έχει συζητηθεί και παραπάνω, η μηχανική ταχύτητα του δρομέα και η συχνότητα του δικτύου είναι αποδεδειγμένα με τη λειτουργία του μετατροπέα ισχύος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια βασική διαφορά ανάμεσα στη συμβατική σύγχρονη γεννήτρια ή μια Α/Γ σταθερών στροφών στη μια πλευρά και μιας Α/Γ μεταβλητών στροφών εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης στην άλλη. Αν η συχνότητα του δικτύου πέσει χάρη σε αστοχία μεταξύ παραγωγής και φορτίου, η μηχανική συχνότητα της γεννήτριας επαγωγής διπλής τροφοδότησης εν αλλάζει, και δεν παρέχεται η αποθηκευμένη στη στρεφόμενη μάζα ενέργεια προς το δίκτυο, όπως θα συνέβαινε στην περίπτωση της απ' ευθείας συνδεδεμένης γεννήτριας στο δίκτυο. Επομένως, μια Α/Γ μεταβλητών στροφών εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης δεν συμβάλλει ουσιαστικά στην ευστάθεια συχνότητας.

4.1.2. Προστασία της Α/Γ και το φαινόμενο της νησιδοποίησης

4.1.2.1. Το φαινόμενο της νησιδοποίησης

Μέχρι τις τελευταίες εξελίξεις στο θέμα της εξασφάλισης παραμονής της Α/Γ σε λειτουργία σε συνθήκες βύθισης τάσεως (διεθνώς χρησιμοποιείται ο όρος Low Voltage Ride Through) η συνήθης διαδικασία ήταν ότι οι Α/Γ αποσυνδέονται όταν προκύψει κάποιο σφάλμα και επανασυνδέονται κάπου ανάμεσα σε μερικά λεπτά μέχρι ένα τέταρτο της ώρας μετά την ανάκαμψη της τάσης. Στην περίπτωση της λειτουργίας μεταβλητών στροφών, αυτό συνέβαινε για λόγους προστασίας του εξοπλισμού ηλεκτρονικών ισχύος, ιδιαίτερα ευαίσθητου σε μεγάλα ρεύματα. Παρ' όλα αυτά, αυτή η πρακτική εφαρμόζεται επίσης και σε Α/Γ σταθερών στροφών αν και αυτό δεν είναι απαραίτητο για την προστασία της Α/Γ: οι Α/Γ σταθερών στροφών μπορούν να αντέξουν ρεύματα σφάλματος για κάποιο χρόνο, λόγω σχετικά μεγάλων θερμικών σταθερών της γεννήτριας.

Ο λόγος λοιπόν που όλες οι Α/Γ αποσυνδέονταν άμεσα στην περίπτωση σφάλματος, ανεξάρτητα από τον τύπο της Α/Γ και της ουσιαστικής δυνατότητας να αντέξει ένα ρεύμα σφάλματος, ήταν η αποφυγή της νησιδοποίησης. Η νησιδοποίηση αναφέρεται στην κατάσταση κατά την οποία ένα σχετικά μικρό δίκτυο αρχίζει να λειτουργεί ανεξάρτητα από το ηλεκτρικό σύστημα μετά από την αποσύνδεση του λόγω διαταραχής, όπως ένα σφάλμα που οδηγεί σε απώλεια γραμμής ή Μ/Σ που προ σφάλματος συνέδεε το δίκτυο αυτό με το υπόλοιπο κύριο ηλεκτρικό σύστημα. Το ανεξάρτητα λειτουργόν δίκτυο αναφέρεται ως (ηλεκτρική) νησίδα.

Η νησιδοποίηση είναι σε πολύ μεγάλο βαθμό ανεπιθύμητη, καθώς στο νησιδοποιημένο δίκτυο οι τάσεις και οι συχνότητες δεν ελέγχονται πλέον από τους συμβατικούς μεγάλους σταθμούς παραγωγής. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγάλες διακυμάνσεις της τάσης και της συχνότητας από τις ονομαστικές τιμές, θέτοντας σε κίνδυνο τόσο τα στοιχεία του ίδιου του δικτύου όσο και τον εξοπλισμό του πελάτη. Η εμφάνιση επίσης της νησιδοποίησης απειλεί την προσωπική ασφάλεια των εργαζόμενων, διότι η υπόθεση, ότι οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος που είναι αποσυνδεδεμένο από το κύριο δίκτυο δεν είναι φορτισμένο, πλέον δεν ισχύει. Σημειώνεται ότι οι Α/Γ δεν είναι η μόνη τεχνολογία παραγωγής που μπορεί να οδηγήσει σε νησιδοποίηση. Αντιθέτως το φαινόμενο μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε κατάσταση κατά την οποία γεννήτριες συνδέονται σε δίκτυα χαμηλής

και μέσης τάσης. Τέτοιου είδους παραγωγή συνήθως αναφέρεται ως διανεμημένη. Εκτός από την αιολική παραγωγή, παραδείγματα είναι η ηλιακή και παραγωγή συνδυασμένου κύκλου θερμότητας και ηλεκτρισμού μικρής κλίμακας (CHP).

4.1.2.2. Συμπεριφορά Α/Γ και αιολικών πάρκων

Η συμπεριφορά των Α/Γ ανάλογα με το αν πρόκειται για σταθερών ή μεταβλητών στροφών είναι αρκετά διαφορετική όσον αφορά την απόκριση τους σε διαταραχές. Αυτό οφείλεται κυρίως στα εξής σημεία:

- Οι Α/Γ σταθερών στροφών είναι εφοδιασμένες με αεροδυναμικό έλεγχο stall, ενώ οι Α/Γ μεταβλητών στροφών αντίστοιχα με έλεγχο γωνίας βήματος (pitch). Έτσι, στην περίπτωση των τελευταίων, η μηχανική ισχύς που εξάγεται από τον άνεμο μπορεί να μειωθεί ώστε να περιοριστεί η επιτάχυνση κατά τη διάρκεια του σφάλματος, ενώ κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατόν στην περίπτωση της λειτουργίας σταθερών στροφών.
- Οι Α/Γ σταθερών στροφών βασίζονται σε απ' ευθείας συνδεδεμένες γεννήτριες επαγωγής τύπου κλωβού, οι οποίες πρέπει να επιβραδυνθούν και να επιστρέψουν στο σημείο μόνιμης λειτουργίας μετά από ένα σφάλμα. Αυτό οδηγεί σε μεγάλες απαιτήσεις σε άεργο ισχύ, που εμποδίζει την επαναφορά της τάσης και μπορεί να επιφέρει αστάθεια στην τάση. Η γεννήτρια στις Α/Γ μεταβλητών στροφών συνδέεται στο δίκτυο μέσω ηλεκτρονικών ισχύος. Σαν αποτέλεσμα, η συχνότητα του δικτύου και η ταχύτητα του δρομέα είναι αποσυνδεδεμένες. Η ταχύτητα του δρομέα δεν επηρεάζεται λοιπόν από την επαναφορά της τάσης μετά από ένα σφάλμα. Αντιθέτως, ο μετατροπέας αναλαμβάνει το δρομέα και τον επαναφέρει στο σημείο μόνιμης λειτουργίας.
- Τα ηλεκτρονικά ισχύος στις Α/Γ μεταβλητών στροφών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε υπερρεύματα και επομένως σε βυθίσεις τάσης. Μια σχετικά μικρή βύθιση τάσης μπορεί να οδηγήσει σε αποσύνδεση της Α/Γ ώστε να προφυλαχθούν τα ηλεκτρονικά ισχύος. Η γεννήτρια επαγωγής τύπου κλωβού στις Α/Γ σταθερών στροφών είναι λιγότερο ευαίσθητη σε υπερρεύματα, διότι οι θερμικές σταθερές χρόνου είναι μεγαλύτερες και μπορούν επομένως να αντέξουν βυθίσεις τάσης.

Η αποσύνδεση της μηχανικής ταχύτητας του δρομέα από τη συχνότητα του δικτύου στις Α/Γ μεταβλητών στροφών σημαίνει ότι η ταχύτητα του δρομέα δεν επηρεάζεται από τη συχνότητα του δικτύου. Επομένως, σε αλλαγές της συχνότητας του δικτύου δεν αποθηκεύεται ούτε αποδεσμεύεται στρεφόμενη ενέργεια από την αδράνεια του δρομέα, κάτι που συμβαίνει σε γεννήτριες απ' ευθείας συνδεδεμένες στο δίκτυο. Όταν η εσωτερική υποδομή του Α/Π και η σύνδεση στο δίκτυο υλοποιούνται με συμβατική τεχνολογία εναλλασσομένου ρεύματος, η συμπεριφορά του Α/Π καθορίζεται από τον τύπο της Α/Γ που χρησιμοποιείται καθώς η υποδομή είναι παθητική. Αντίθετα, αν χρησιμοποιείται σύνδεση συνεχούς ρεύματος με το δίκτυο, οι Α/Γ είναι αποσυνδεδεμένες ηλεκτρικά από το δίκτυο και οι δυνατότητες αέργου ισχύος και η απόκριση του Α/Π σε σφάλματα ορίζεται από την τεχνολογία υλοποίησης της σύνδεσης και όχι από τον τύπο της Α/Γ. Η σύνδεση συνεχούς ρεύματος μπορεί να είναι τύπου πηγής ρεύματος είτε τάσης με αντίστοιχες διαφορές στην ελεγχιμότητα της αέργου ισχύος και της απόκρισης σε σφάλματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Παραμονή της Α/Γ σε Λειτουργία σε Συνθήκες Βύθισης Τάσεως

Ο αριθμός των εγκαταστάσεων αιολικών πάρκων έχει αυξηθεί παγκοσμίως με πρωτοφανείς ρυθμούς. Σαν επακόλουθο, το μέσο μέγεθος των εγκαταστάσεων έχει αυξηθεί λόγω των μεγαλύτερων μηχανών. Το γεγονός αυτό αναγείρει την ανησυχία πώς εκτεταμένη απώλεια μηχανών μετά από μεγάλες διαταραχές στο δίκτυο θα μπορούσε να οδηγήσει σε διάδοση των ασταθειών και δυνητικά να προκαλέσει τοπικά ή ολικά κατάρρευση του συστήματος. Αυτό ανάγκασε πολλούς παραγωγούς να υιοθετήσουν την κατάλληλη τεχνολογία ώστε η Α/Γ να παραμένει σε λειτουργία σε συνθήκες βύθισης τάσης (στη διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Low Voltage Ride Through - LVRT). Η απαίτηση αυτή προσθέτει βέβαια ένα επιπλέον κόστος διασύνδεσης στον κατασκευαστή και επηρεάζει τη συνολική επένδυση. Θα αναλυθεί παρακάτω πως οι βυθίσεις τάσης επηρεάζουν τη λειτουργία των γεννητριών καθώς οι τεχνικές απαιτήσεις για την αντιμετώπιση των δυσκολιών αυτών. Καθώς η αιολική ενέργεια αυξάνει συνεχώς το ρόλο της στο ηλεκτρικό σύστημα επιφέρει σημαντικές μεταβολές στη μελέτη του τελευταίου. Ενώ λοιπόν σε χαμηλά επίπεδα διείσδυσης η επίδραση των αιολικών στη λειτουργία και την ευστάθεια του ηλεκτρικού συστήματος θεωρούνταν αμελητέα, η είσοδος νέων μεγάλων αιολικών πάρκων οδήγησε τους μελετητές στο να αναθεωρήσουν τις επιδράσεις. Αυτές οι αλλαγές καταλήγουν σταδιακά στην γενική απαίτηση, καθώς η βιομηχανία παγκοσμίως αυξάνεται, τα αιολικά πάρκα να υιοθετήσουν τις ίδιες λειτουργικές προδιαγραφές οι οποίες προς το παρόν αναφέρονται μόνο στους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής.

Παραδοσιακά οι Α/Γ έχουν αντιμετωπιστεί ως διανεμημένη παραγωγή και επομένως είχε υιοθετηθεί η απαίτηση να βγαίνει η μηχανή εκτός λειτουργίας ακόμα και σε πολύ μικρές διαταραχές. Πρόσφατα, με λόγο την αύξηση στο μέγεθος και τον αριθμό των εγκαταστάσεων, πολλές εφαρμογές έχουν αναθεωρήσει την τακτική τους και πλέον απαιτούν από τις Α/Γ να υποστηρίζουν τις διαταραχές στο δίκτυο. Γενικά, οι κώδικες που ισχύουν προς το παρόν και καθορίζουν τη σύνδεση των Α/Γ μπορούν να

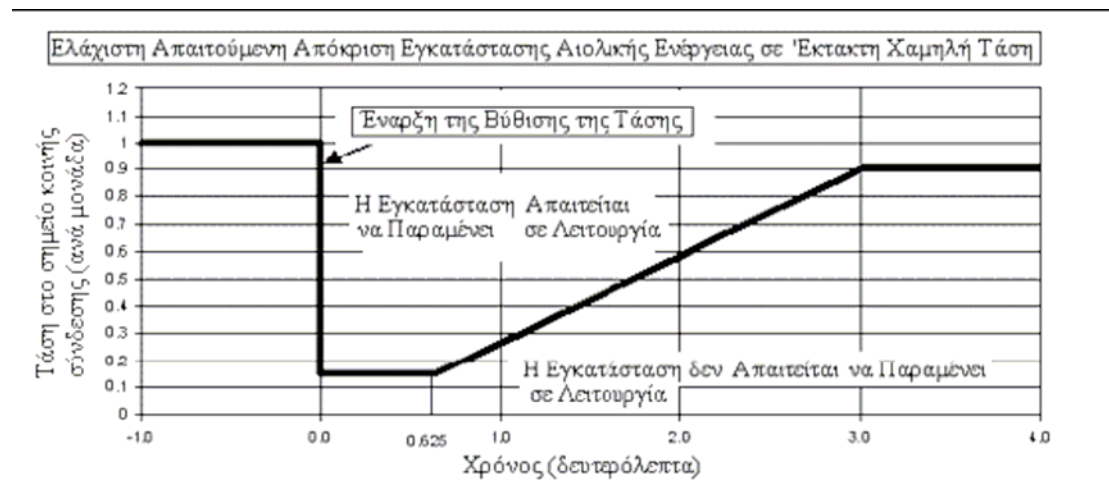
περιγραφούν από τις παρακάτω απαιτήσεις: (α) δυνατότητα της Α/Γ να παραμένει σε λειτουργία σε συνθήκες βύθισης τάσης (β) δυνατότητα ελέγχου της αέργου ισχύος, και (γ) σε μικρότερο βαθμό τη δυνατότητα ελέγχου της ισχύος εξόδου του πάρκου. Πολλές Α/Γ είναι βασισμένες στις ασύγχρονες μηχανές, με ένα μεγάλο αριθμό να ακολουθεί την τοπολογία της απ' ευθείας σύνδεσης μηχανής επαγωγής τύπου κλωβού. Επομένως η αέργος ισχύς είναι ένα θέμα μεγάλου ενδιαφέροντος, όχι μόνο για λόγους αντιστάθμισης των απαιτήσεων του ίδιου του αιολικού πάρκου αλλά και με στόχο τη στήριξη της τάσης του δικτύου. Οι περισσότερες από τις απαιτήσεις ορίζουν τυπικά όρια μέσα στα οποία πρέπει να λειτουργεί το Α/Π. Οι μέθοδοι ελέγχου της αέργου ισχύος αφήνονται στους σχεδιαστές και μπορεί να έχουν τη μορφή χωρητικών στοιχείων αντιστάθμισης, συσκευές βασισμένες σε μετατροπείς στατικής ισχύος (SVC, TSC, ή STATCOM) ή χρησιμοποιώντας μηχανές κατάλληλες για έλεγχο αέργου ισχύος, όπως η τοπολογία της γεννήτριας επαγωγής διπλής τροφοδότησης (DFIG).

Το θέμα του LVRT φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε θέματα διατήρησης ευστάθειας, ειδικά σε περιοχές με μεγάλη διείσδυση των αιολικών πάρκων. Πρόωρη έξοδος Α/Γ από τη λειτουργία λόγω ενεργοποίησης του συστήματος προστασίας σε περίπτωση τοπικών διαταραχών του δικτύου μπορεί να οδηγήσει με τη σειρά του σε ενίσχυση των αποτελεσμάτων της διαταραχής. Αυτό υποδεικνύει και την έντονη ανησυχία για διατήρηση της ευστάθειας του Α/Π και του συνδεδεμένου συστήματος κατά τη διάρκεια των εμφανιζόμενων διαταραχών του ηλεκτρικού συστήματος.

Το θέμα του ελέγχου της ισχύος εξόδου των Α/Π γίνεται ολοένα και πιο σημαντικό και η τάση είναι προς την κατεύθυνση ώστε οι εφαρμογές τελικά να απαιτούν από τις Α/Γ να λειτουργούν σε τρόπο ανάλογο των συμβατικών μονάδων παραγωγής. Αυτή η είναι μια απαίτηση που είναι ακόμα υποκείμενη σε πολύ έρευνα και ανάλυση καθώς η αιολική ενέργεια συχνά αντιμετωπίζεται, μάλλον άδικα, σαν αναξιόπιστη από πλευράς παραγωγής ισχύος και ότι πρέπει να τηρείται μια μεγάλη στρεφόμενη εφεδρεία, σχεδόν ισοδύναμη με την εγκαταστημένη ισχύ. Παρ' όλα αυτά, μεγάλο κομμάτι από την έρευνα στην Ευρώπη προσπαθεί να αποδείξει το αντίθετο, ίσως σαν αποτέλεσμα αυστηρών προδιαγραφών πάνω στις απαιτήσεις του ελέγχου της ισχύος των Α/Γ εκεί.

Συνεχώς διαμορφώνονται τεχνικοί κανονισμοί που πρέπει να τηρούν οι εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας ως προς τη συμπεριφορά των Α/Γ σε περιπτώσεις βύθισης της τάσης λόγω σφάλματος στο δίκτυο. Η συνήθης μορφή αυτών

περιλαμβάνει κάποιους περιορισμούς επιπέδου τάσης και χρονικών περιόδων με τη μορφή της καμπύλης που ακολουθεί. Κάθε εγκατάσταση, λοιπόν, αιολικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να παραμένει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια διαταραχών της τάσης μέχρι τους χρόνους εκείνους και τα αντίστοιχα επίπεδα τάσης που δίνονται στο Σχήμα 5.1. Οι κανονισμοί αυτοί εφαρμόζονται σε τάση που μετράται στο σημείο κοινής σύνδεσης (PCC: point of common coupling).



Σχήμα 5.1. Συνήθης μορφή καμπύλης περιορισμού LVRT.

Η καμπύλη δείχνει το λόγο της πραγματικής προς την ονομαστική τιμή της τάσης στον κατακόρυφο άξονα, και το χρόνο στον οριζόντιο. Πριν το χρόνο 0.0, η τάση στο μετασχηματιστή είναι η ονομαστική τάση. Στο χρόνο 0.0 η τάση πέφτει. Αν η τάση παραμείνει σε επίπεδο μεγαλύτερο από 15 επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης για μια περίοδο που δεν υπερβαίνει τα 0.625 δευτερόλεπτα, η εγκατάσταση πρέπει να παραμείνει σε λειτουργία. Επιπλέον, αν η τάση επιστρέψει στο 90 επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης μέσα σε 3 δευτερόλεπτα από τη βύθιση της τάσης (με την τάση να μην πέφτει ποτέ κάτω από την ελάχιστη τάση που δίνεται με τη συνεχή γραμμή στο Σχήμα 6.1.1.), η εγκατάσταση πρέπει να παραμείνει σε λειτουργία. Ο πελάτης που συνδέεται δεν έχει το δικαίωμα να απενεργοποιήσει τον εξοπλισμό που εξασφαλίζει ότι η Α/Γ θα παραμείνει σε λειτουργία κατά τη διάρκεια βύθισης τάσης, όσο η αιολική εγκατάσταση είναι σε λειτουργία. Δύο χαρακτηριστικά-κλειδιά αυτού του κανονισμού είναι:

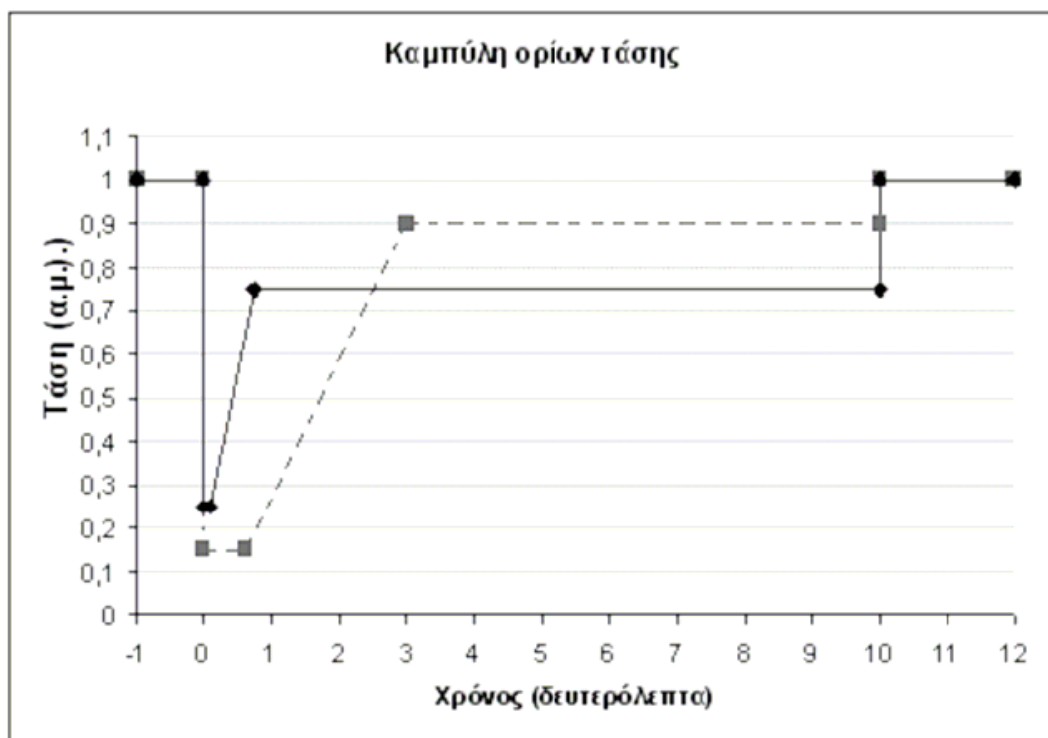
1. Μια εγκατάσταση αιολικής ενέργειας πρέπει να έχει δυνατότητα παραμονής σε λειτουργία για τάση μέχρι και 15 επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης γραμμής για 0.625 δευτερόλεπτα.

2. Μια εγκατάσταση αιολικής ενέργειας πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργεί συνεχώς σε τάση 90 επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης γραμμής, μετρούμενη στην πλευρά υψηλής τάσης του μετασχηματιστή του υποσταθμού.

Σημειώνεται στο σημείο αυτό ότι οι τιμές που αναφέρονται παραπάνω ως προς το χρόνο και τα επίπεδα τάσης ανανεώνονται συνεχώς. Παρακάτω επισυνάπτονται δύο παραδείγματα κανονισμών της Δανίας και της Ιρλανδίας.

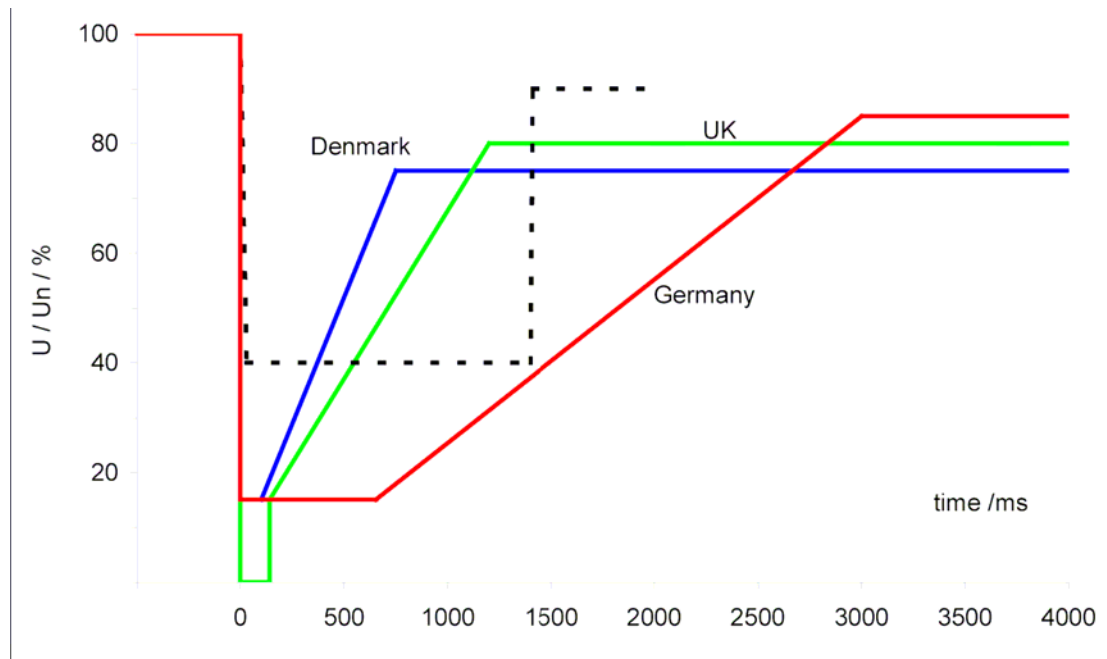
Κανονισμός Δανίας		Κανονισμός Ιρλανδίας	
Χρόνος [s]	Τάση [αμ]	Χρόνος [s]	Τάση [αμ]
0	1	0	1
0,1	0,25	0,625	0,15
0,75	0,75	3	0,9
10	0,75	10	0,9
10,01	1	10,01	1

Πίνακας 5.1 Κανονισμός χρόνος + τάση για Δανία και Ιρλανδία.



Σχήμα 5.2 Καμπύλη ορίων τάσης – Κανονισμοί Δανίας (συνεχής καμπύλη) και Ιρλανδίας (διακεκομμένη καμπύλη).

Επίσης οι καμπύλες που ισχύουν σε Ην. Βασίλειο, Γερμανία, Δανία καθώς και μία τυπική καμπύλη που χρησιμοποιείται σε προσομοιώσεις



Σχήμα 5.3 Καμπύλη ορίων τάσης – Κανονισμοί Δανίας – Μ.Βρετανίας – Γερμανίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Μοντελοποίηση των Ανεμογεννητριών

Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφεται η μοντελοποίηση διαφόρων τύπων ανεμογεννητριών (Α/Γ σταθερών στροφών με απλή μηχανή επαγωγής, Α/Γ μεταβλητών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης, Α/Γ μεταβλητών στροφών με πολυπολική γεννήτρια και πλήρη μετατροπέα).

6.1. Α/Γ σταθερών στροφών με απλή μηχανή επαγωγής

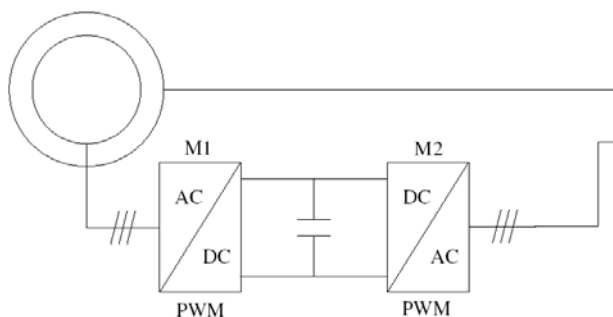
Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο είδος της προηγούμενης «γενιάς» Α/Γ, το οποίο συνδυάζει απλότητα και στιβαρότητα με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Χρησιμοποιείται απλή μηχανή επαγωγής, συνήθως τύπου κλωβού, ως γεννήτρια συνδεδεμένη απευθείας στο δίκτυο. Οι Α/Γ αυτές θεωρούνται σταθερών στροφών επειδή η ταχύτητα περιστροφής των μηχανών επαγωγής, αν και μεταβάλλεται με το σημείο λειτουργίας, είναι πολύ κοντά στη σύγχρονη. Προκειμένου να «ταιριάξει» η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας επαγωγής με την (χαμηλή) ταχύτητα περιστροφής του ανεμοκινητήρα χρησιμοποιείται μειωτήρας στροφών. Συνήθως οι Α/Γ σταθερών στροφών διαθέτουν ανεμοκινητήρα τύπου stall, δηλ. με πτερύγια σταθερής γεωμετρίας, η αεροδυναμική σχεδίαση των οποίων περιορίζει τη μηχανική ισχύ κοντά στην ονομαστική της τιμή στις υψηλές ταχύτητες ανέμου. Καθώς οι μηχανές επαγωγής καταναλώνουν άεργο ισχύ, χρησιμοποιούνται πυκνωτές αντιστάθμισης του συντελεστή ισχύος.

Χρησιμοποιείται επίσης μια παραλλαγή αυτού του είδους Α/Γ, οι λεγόμενες Α/Γ ημι-μεταβλητών στροφών, στις οποίες η αντίσταση του δρομέα μπορεί να μεταβληθεί πρακτικά ακαριαία με χρήση ηλεκτρονικών ισχύος. Με αυτό τον τρόπο, η ταχύτητα του δρομέα μπορεί να πάρει τιμές μέχρι και 110% της σύγχρονης.

Για τη μοντελοποίηση αυτού του είδους Α/Γ για μελέτες ευστάθειας χρησιμοποιείται το γνωστό μοντέλο τρίτης τάξης που χρησιμοποιείται και για τους κινητήρες επαγωγής [1]. Όπως όμως έχει υποστηριχτεί στη βιβλιογραφία, η παρουσία του μειωτήρα στροφών κάνει απαραίτητη την αναπαράσταση του μηχανικού μέρους

με μοντέλο δύο μαζών, με αποτέλεσμα οι μεταβλητές κατάστασης του μοντέλου να είναι τελικά πέντε [2].

6.2. Α/Γ μεταβλητών στροφών με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης (Doubly Fed Asynchronous Generator – DFAG)



Σχήμα. 6.1. Διάταξη μηχανής επαγωγής διπλής τροφοδότησης.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.1, πρόκειται για μια μηχανή επαγωγής τυλιγμένου δρομέα με το στάτη απευθείας συνδεδεμένο στο δίκτυο, ενώ το τριφασικό τύλιγμα του δρομέα συνδέεται μέσω ενός μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος AC/DC/AC. Καθώς μόνο ένα μέρος της ισχύος περνά από το μετατροπέα, αυτός μπορεί να είναι σχετικά μικρός (συνήθως περίπου το 1/3 της ονομαστικής ισχύος), άρα και πιο οικονομικός σε σχέση με ένα πλήρη.

Ο μετατροπέας αποτελείται συνήθως από δύο αντιστροφείς τύπου πηγής τάσης με κοινή DC πλευρά, οι οποίοι χρησιμοποιούν μέθοδο διαμόρφωσης εύρους παλμών (Pulse Width Modulation – PWM) για να συνθέτουν την επιθυμητή εναλλασσόμενη τάση. Με αυτό τον τρόπο, είναι δυνατός ο διανυσματικός έλεγχος των δύο αντιστροφέων.

Σύμφωνα με την πιο διαδεδομένη στρατηγική ελέγχου που αναφέρεται στη βιβλιογραφία, το πλαίσιο αναφοράς για το διανυσματικό έλεγχο του αντιστροφέα πλευράς δικτύου ορίζεται από το διάνυσμα της τάσης του στάτη [3]. Αυτό κάνει τον έλεγχο της ενεργού ισχύος που ρέει από τον αντιστροφέα προς το δίκτυο, ανεξάρτητο από τον έλεγχο της αντίστοιχης αέργου ισχύος. Σε αυτό το πλαίσιο, ο αντιστροφέας ελέγχει το ρεύμα η ευθεία συνιστώσα του οποίου χρησιμοποιείται για να κρατείται σταθερή η DC τάση. Η κάθετη συνιστώσα του ρεύματος χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της αέργου ισχύος που ανταλλάσσεται με το δίκτυο.

Ο αντιστροφείας πλευράς δρομέα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της μηχανής σε ένα σύγχρονο πλαίσιο, με τον ευθύ άξονα επί του διανύσματος της μαγνητικής ροής του στάτη. Με αυτό τον τρόπο, και αμελώντας το μικρό σφάλμα που εισάγει η αντίσταση του στάτη, αποδεικνύεται ότι η ηλεκτρομαγνητική ροπή και η άεργος ισχύς του στάτη της μηχανής είναι ανάλογες της κάθετης και της ευθείας συνιστώσας του ρεύματος του δρομέα αντίστοιχα.

Επομένως, σε αντίθεση με τις Α/Γ σταθερών στροφών, σε μια Α/Γ μεταβλητών στροφών με μηχανή επαγωγής διπλής τροφοδότησης με δεδομένη τερματική τάση, η ενεργός ισχύς δεν ορίζει μονοσήμαντα την ταχύτητα περιστροφής και την άεργο ισχύ. Αντίθετα, υπάρχει δυνατότητα επιλογής της παραγόμενης άεργου ισχύος μέσα σε ορισμένα όρια που ορίζονται βασικά από τη διαστασιολόγηση του μετατροπέα. Η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιείται συνήθως για τη λειτουργία της μηχανής με ένα συγκεκριμένο συντελεστή ισχύος, αλλά μπορεί και να πραγματοποιηθεί έλεγχος της τάσης.

Όπως και στις απλές γεννήτριες επαγωγής χρησιμοποιείται μειωτήρας στροφών. Συνήθως οι Α/Γ αυτού του είδους χρησιμοποιούν έλεγχο της γωνίας βήματος των πτερυγίων για τον περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου.

Όσον αφορά στη μοντελοποίηση αυτού του είδους Α/Γ, υπάρχει εκτενής βιβλιογραφία με διαφόρων ειδών μοντέλα. Σε κανονική λειτουργία, ο μετατροπέας πλευράς δρομέα ρυθμίζει πολύ γρήγορα το ρεύμα του δρομέα σε σχέση με τη χρονική κλίμακα που ενδιαφέρει στις μελέτες ευστάθειας ΣΗΕ. Επομένως τα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα μπορούν να θεωρηθούν ακαριαία [4], [5].

Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μοντέλο δύο μαζών για το μηχανικό μέρος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η απόσβεση που εισάγεται από σχετικό βρόχο που υλοποιείται με τον έλεγχο του μετατροπέα.

Μέχρι πρόσφατα, σε περίπτωση απότομης πτώσης της τερματικής τάσης, οι Α/Γ μεταβλητών στροφών αποσυνδέονταν από το δίκτυο κυρίως για προστασία των μετατροπέων ηλεκτρονικών ισχύος. Με την αύξηση της αιολικής διείδυσης στα ΣΗΕ ορισμένων χωρών, έγινε απαραίτητη η λεγόμενη «λειτουργία αδιάκοπης παροχής ισχύος σε συνθήκες βύθισης τάσης» (Low Voltage Ride Through). Η βιομηχανία έχει δώσει λύσεις, η πιο γνωστή από τις οποίες -για την περίπτωση των γεννητριών επαγωγής διπλής τροφοδότησης- είναι η προσωρινή βραχυκύκλωση του δρομέα (“active crowbar”) [6]. Παραμένει ανοιχτό όμως το ζήτημα της

αναπαράστασης αυτής της λειτουργίας της μηχανής σε προγράμματα προσομοίωσης για μελέτες ευστάθειας [7].

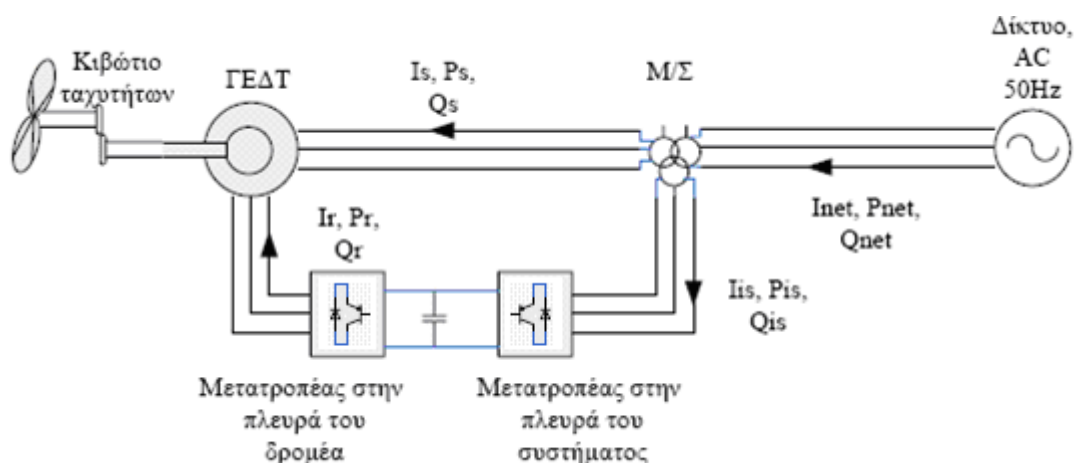
6.2.1 Μοντελοποίηση ηλεκτρικού μέρους

Λαμβάνονται οι ακόλουθες θεωρήσεις κατά την ανάπτυξη του μοντέλου

1. Οι εξισώσεις της μηχανής εκφράζονται στο σύγχρονο πλαίσιο αναφοράς (Synchronous reference frame) χρησιμοποιώντας τις συνιστώσες d (direct) και q (quadrature).
2. Ο q-άξονας θεωρείται σε προπορεία 90° από τον d-άξονα στην κατεύθυνση της περιστροφής.
3. Η συνιστώσα q της τάσης του στάτη, V_{qs} , που εμφανίζεται στο μοντέλο ισούται με την τερματική τάση του ζυγού της γεννήτριας και η V_{ds} ισούται με 0 (η θέση του άξονα d συμπίπτει με το μέγιστο της ροής του στάτη).
4. Χρησιμοποιείται σύμβαση κινητήρα, το οποίο σημαίνει ότι η ενεργός και η άεργος ισχύς έχουν θετικό πρόσημο όταν αντλούνται από το δίκτυο.

Στην παρούσα εργασία οι εξισώσεις της ΑΑΔΤ μετασχηματίζονται στο σύγχρονο πλαίσιο αναφοράς χρησιμοποιώντας SFO (Stator Flux Orientation)-η θέση δηλαδή του άξονα d συμπίπτει με το μέγιστο της ροής του στάτη. Ο άξονας q θεωρείται 90° σε προπορεία από τον άξονα d κατά την κατεύθυνση της περιστροφής.

Προσομοίωση στον Υπολογιστή



Σχήμα 6.2. Ισοδύναμο σχεδιάγραμμα μοντέλου.

Για την επίλυση από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή των εξισώσεων και την προσομοίωση της λειτουργίας της μηχανής, είναι ανάγκη να γραφούν οι εξισώσεις στο χώρο κατάστασης, δηλαδή υπό τη γενική μορφή

$$\dot{x} = f(x, u, t)$$

όπου x είναι το διάνυσμα των μεταβλητών κατάστασης, u το διάνυσμα των εισόδων της μηχανής και t ο χρόνος.

Αν οι αμοιβαίες πεπλεγμένες ροές ανά δευτερόλεπτο στους q και d άξονες εκφραστούν ως

$$\Psi_{qr} = X_{rr} \cdot i_{qr} + X_m \cdot i_{qs} \quad (6.1)$$

$$\Psi_{dr} = X_{rr} \cdot i_{dr} + X_m \cdot i_{ds} \quad (6.2)$$

$$\Psi_{ds} = X_{ss} \cdot i_{ds} + X_m \cdot i_{dr} \quad (6.3)$$

$$\Psi_{qs} = X_{ss} \cdot i_{qs} + X_m \cdot i_{qr} \quad (6.4)$$

από τις εξισώσεις (6.1) έως (6.4) προκύπτει

τότε

$$i_{qs} = \frac{1}{D} (X_{rr} \cdot \Psi_{qs} - X_m \cdot \Psi_{qr}) \quad (6.5)$$

$$i_{ds} = \frac{1}{D} (X_{rr} \cdot \Psi_{ds} - X_m \cdot \Psi_{dr}) \quad (6.6)$$

$$i_{qr} = \frac{1}{D} (-X_m \cdot \Psi_{qs} + X_{ss} \cdot \Psi_{qr}) \quad (6.7)$$

$$i_{dr} = \frac{1}{D} (-X_m \cdot \Psi_{ds} + X_{ss} \cdot \Psi_{dr}) \quad (6.8)$$

Επομένως, απαλείφοντας τις εντάσεις από τις εξισώσεις είναι

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{qs} = V_{qs} - \frac{r_s \cdot X_{rr}}{D} \Psi_{qs} - \frac{\omega_s}{\omega_b} \Psi_{ds} + \frac{r_s \cdot X_m}{D} \Psi_{qr} \quad (6.9)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{ds} = V_{ds} - \frac{r_s \cdot X_{rr}}{D} \Psi_{ds} + \frac{\omega_s}{\omega_b} \Psi_{qs} + \frac{r_s \cdot X_m}{D} \Psi_{dr} \quad (6.10)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{qr} = V_{qr} + \frac{r_r \cdot X_m}{D} \Psi_{qs} - \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_b} \Psi_{dr} - \frac{r_r \cdot X_{ss}}{D} \Psi_{qr} \quad (6.11)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{dr} = V_{dr} + \frac{r_r \cdot X_m}{D} \Psi_{ds} + \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_b} \Psi_{qr} - \frac{r_r \cdot X_{ss}}{D} \Psi_{dr} \quad (6.12)$$

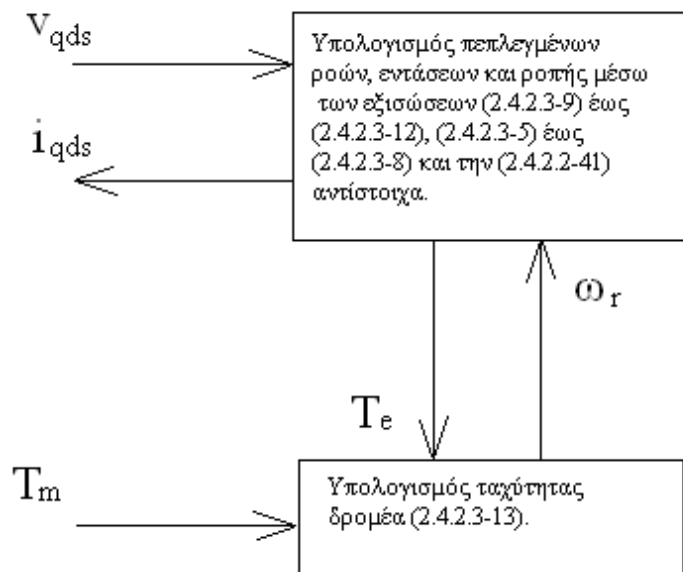
$$\text{όπου } D = X_{ss} \cdot X_{rr} - X_m^2, \quad X_{rr} = X_{lr} + X_{mr}, \quad X_{ss} = X_{ls} + X_{ms}$$

Τέλος, χρειάζεται να γραφεί η εξίσωση κίνησης της μηχανής, η οποία σε ανά μονάδα τιμές είναι η

$$\omega_r = \frac{1}{2H} \int (T_m - T_e) dt \quad (6.13)$$

Με την ανωτέρω επεξεργασία οι εξισώσεις λειτουργίας της μηχανής έχουν έλθει στο χώρο κατάστασης. Ως μεταβλητές κατάστασης θεωρούνται οι πεπλεγμένες ροές ανά δευτερόλεπτο των τυλιγμάτων καθώς και η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα. Οι είσοδοι του συστήματος είναι οι τάσεις των ακροδεκτών v_{as}, v_{bs}, v_{cs} ή ισοδύναμα οι τάσεις V_{qs}, V_{ds} καθώς και η μηχανική ροπή στον άξονα. Οι εξισώσεις είναι μη γραμμικές, αλλά η πολυπλοκότητά τους έχει μειωθεί σημαντικά. Ο υπολογιστής επιλύει τις εξισώσεις και υπολογίζει τις πεπλεγμένες ροές και τη γωνιακή ταχύτητα. Ακολουθως, υπολογίζει τις εντάσεις της μηχανής βάσει των αντίστοιχων σχέσεων, δίνοντας τις εντάσεις ακροδεκτών της γεννήτριας i_{qs}, i_{ds} ή ισοδύναμα τις i_{as}, i_{bs}, i_{cs} . Σχηματικά, η ροή των σημάτων είναι η ακόλουθη (σχήμα 6.3).

Η προηγούμενη ανάλυση αφορά στο 'πλήρες' μοντέλο της γεννήτριας επαγωγής διπλής τροφοδότησης. Δεδομένου ότι οι μηχανές που μας ενδιαφέρουν δε διαθέτουν τυλίγματα αποσβέσεως στο δρομέα, το μοντέλο είναι τελικά πέμπτου βαθμού.



Σχήμα 6.3 Σχηματική απεικόνιση του τρόπου επίλυσης των εξισώσεων.

Τελικά, το μοντέλο είναι πέμπτου βαθμού, με τις ακόλουθες μεταβλητές κατάστασης: Ψ_{qs} , Ψ_{ds} , Ψ_{qr} , Ψ_{dr} , ω_r . Οι εξισώσεις που το περιγράφουν δίνονται εδώ συγκεντρωτικά, όπου όλα τα μεγέθη (τάσεις, εντάσεις, πεπλεγμένες ροές ανά δευτερόλεπτο, γωνιακή ταχύτητα δρομέα, αντιστάσεις, ροπή) είναι εκφρασμένα ανά μονάδα:

Πεπλεγμένες ροές:

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{qs} = V_{qs} - \frac{r_s \cdot X_{rr}}{D} \Psi_{qs} - \frac{\omega_s}{\omega_b} \Psi_{ds} + \frac{r_s \cdot X_m}{D} \Psi_{qr} \quad (6.14)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{ds} = V_{ds} - \frac{r_s \cdot X_{rr}}{D} \Psi_{ds} + \frac{\omega_s}{\omega_b} \Psi_{qs} + \frac{r_s \cdot X_m}{D} \Psi_{dr} \quad (6.15)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{qr} = V_{qr} + \frac{r_r \cdot X_m}{D} \Psi_{qs} - \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_b} \Psi_{dr} - \frac{r_r \cdot X_{ss}}{D} \Psi_{qr} \quad (6.16)$$

$$\frac{p}{\omega_b} \Psi_{dr} = V_{dr} + \frac{r_r \cdot X_m}{D} \Psi_{qs} + \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_b} \Psi_{qr} - \frac{r_r \cdot X_{ss}}{D} \Psi_{dr} \quad (6.17)$$

Εντάσεις τυλιγμάτων:

$$i_{qs} = \frac{1}{D} (X_{rr} \cdot \Psi_{qs} - X_m \cdot \Psi_{qr}) \quad (6.18)$$

$$i_{ds} = \frac{1}{D} (X_{rr} \cdot \Psi_{ds} - X_m \cdot \Psi_{dr}) \quad (6.19)$$

$$i_{qr} = \frac{1}{D} (-X_m \cdot \Psi_{qs} + X_{ss} \cdot \Psi_{qr}) \quad (6.20)$$

$$i_{dr} = \frac{1}{D} (-X_m \cdot \Psi_{ds} + X_{ss} \cdot \Psi_{dr}) \quad (6.21)$$

όπου $D = X_{ss} \cdot X_{rr} - X_m^2$, $X_{rr} = X_{lr} + X_{mr}$, $X_{ss} = X_{ls} + X_{ms}$.

Κίνηση δρομέα:

$$T_e = \Psi_{qr} i_{dr} - \Psi_{dr} i_{qr} = \Psi_{ds} i_{qs} - \Psi_{qs} i_{ds} \quad (6.22)$$

$$\omega_r = \frac{1}{2H} \int (T_m - T_e) dt \quad (6.23)$$

Στο σημείο αυτό οι παραπάνω εξισώσεις μπορούν να συνδυαστούν για να υπολογιστεί η ολική ενεργός και άεργος ισχύς που παρέχεται από τη μηχανή επαγωγής διπλής τροφοδότησης. Έτσι προκύπτει

$$P = V_{ds} \cdot i_{ds} + V_{qs} \cdot i_{qs} + V_{dr} \cdot i_{qr} + V_{qr} \cdot i_{dr} \quad (6.24)$$

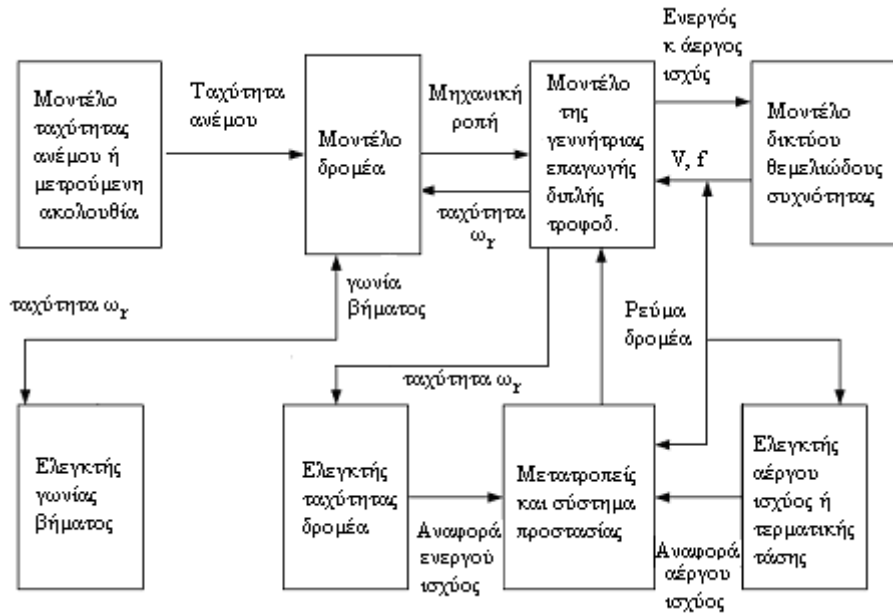
$$Q = V_{qs} \cdot i_{ds} - V_{ds} \cdot i_{qs} + V_{qr} \cdot i_{dr} - V_{dr} \cdot i_{qr} \quad (6.25)$$

1. Έλεγχος και δυναμική συμπεριφορά

Μοντέλο των μετατροπέων

Σύμφωνα με την κλασσική στρατηγική διανυσματικού ελέγχου που περιγράφεται στο [3], το πλαίσιο αναφοράς για τον διανυσματικό έλεγχο του

μετατροπέα από την πλευρά του δρομέα είναι προσανατολισμένο κατά την θέση του διανύσματος ροής του στάτη.

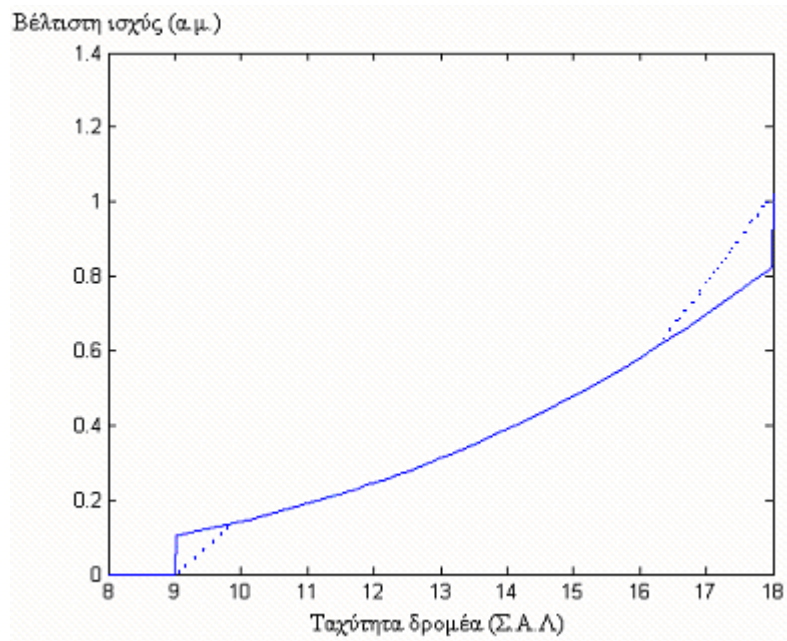


Σχήμα 6.4. Γενική δομή ενός μοντέλου ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών με ΑΑΔΤ.

Τα σημεία αναφοράς του ρεύματος προκύπτουν από τα σημεία αναφοράς της ενεργού και άεργου ισχύος. Το σημείο αναφοράς της ενεργού ισχύος παράγεται από τον ελεγκτή ταχύτητας δρομέα, με βάση την πραγματική τιμή της ταχύτητας του δρομέα. Το σημείο αναφοράς για την άεργο ισχύ παράγεται από τον ελεγκτή τερματικής τάσης ή συντελεστή ισχύος, με βάση τις πραγματικές τιμές της τερματικής τάσης ή του συντελεστή ισχύος αντίστοιχα. Αν αμεληθεί η αντίσταση του στάτη και θεωρηθεί ότι ο άξονας-d συμπίπτει με το μέγιστο της ροής του στάτη, που οδηγεί στο να ισούται η V_{qs} με την τερματική τάση και η V_{ds} με μηδέν, η ηλεκτρική ροπή εξαρτάται από τη συνιστώσα q του ρεύματος δρομέα. Η ακόλουθη σχέση μεταξύ ηλεκτρικής ροπής και της συνιστώσας του ρεύματος i_{qr} προκύπτει από τις εξισώσεις της μηχανής:

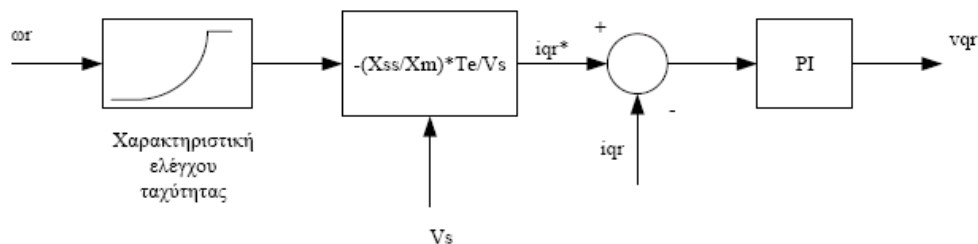
$$i_{qr} = -\frac{X_{ss}}{X_m} \frac{T_e}{V_s} \quad (6.26)$$

όπου V_s είναι η τερματική τάση. Χρησιμοποιώντας την πραγματική τιμή της ταχύτητας του δρομέα, ένα σημείο αναφοράς για την ηλεκτρική ροπή μπορεί να εξαχθεί από το σημείο αναφοράς της ενεργού ισχύος που παράγεται από τον ελεγκτή της ταχύτητας του δρομέα. Από τη μέτρηση της ταχύτητας του δρομέα, η ισχύς και η ροπή που αντιστοιχούν σε βέλτιστη λειτουργία προκύπτουν από τη χαρακτηριστική ελέγχου ταχύτητας που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 6.5. Χαρακτηριστική ελέγχου ταχύτητας.

Αυτή η καμπύλη προκύπτει από τη σχέση της P_w θέτοντας $C_p = C_{p,max}$ για όλες τις ταχύτητες ανέμου μέχρι την ονομαστική (η συνεχής γραμμή στο παραπάνω σχήμα). Παρ' όλα αυτά, με σκοπό να έχουμε μία-προς-μία σχέση μεταξύ ταχύτητας δρομέα και ισχύος, η καμπύλη που εφαρμόζεται είναι η διακεκομμένη στο Σχήμα 6.6.



Σχήμα 6.6 Μοντελοποίηση του ελεγκτή ταχύτητας.

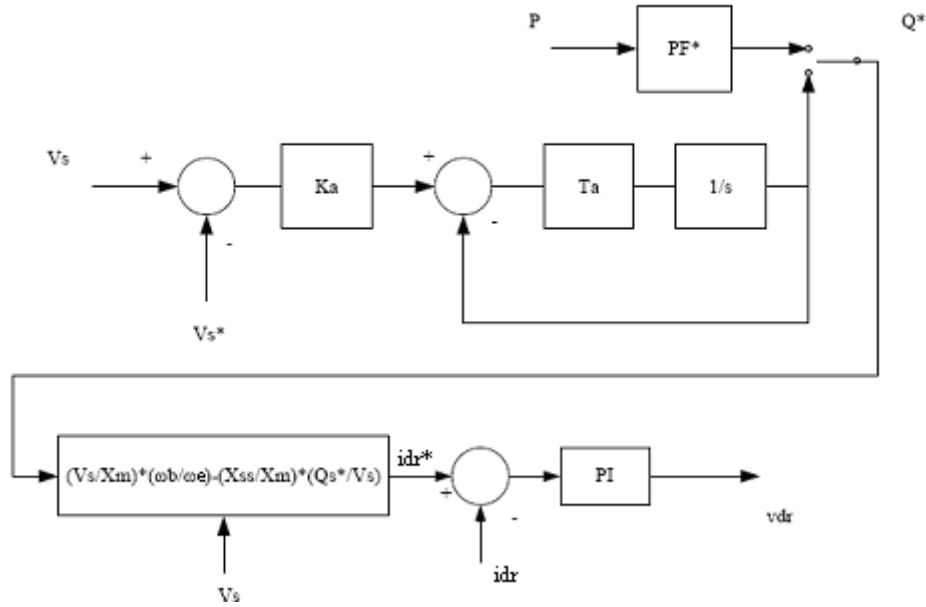
Η άεργος ισχύς που εισέρχεται στο στάτη της μηχανής εξαρτάται από την d-συνιστώσα του ρεύματος δρομέα. Χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις της μηχανής και πάλι αμελώντας την αντίσταση του στάτη και θεωρώντας ότι ο άξονας-d συμπίπτει με το μέγιστο της ροής του στάτη, μπορεί να αποδειχθεί ότι

$$i_{dr} = \frac{V_s}{X_m} \frac{\omega_b}{\omega_e} - \frac{X_{ss}}{X_m} \frac{Q_s}{V_s} \quad (6.27)$$

Χρησιμοποιώντας αυτήν την εξίσωση μπορεί να εξαχθεί ένα σημείο αναφοράς για το i_{dr} από το σημείο αναφοράς αέργου ισχύος που παράγεται από τον ελεγκτή συντελεστή ισχύος. Συνήθως, η μηχανή λειτουργεί με συντελεστή ισχύος μοναδιαίο. Μια ανεμογεννήτρια λοιπόν μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης είναι σε θέση να μεταβάλλει την άεργο ισχύ που ανταλλάσσει με το δίκτυο και άρα να παίρνει μέρος στον έλεγχο της τερματικής τάσης.

Έτσι, καθώς η αιολική ενέργεια στα ηλεκτρικά δίκτυα αυξάνει ολοένα και περισσότερο το μερίδιό της, γίνεται θεμιτό για τις ανεμογεννήτριες να παρέχουν έλεγχο τάσης. Όπως προκύπτει από την παραπάνω σχέση για την άεργο ισχύ, η άεργος που ανταλλάσσεται με το δίκτυο μπορεί να ελεγχθεί, δεδομένου ότι η διάσταση του ηλεκτρονικού μετατροπέα είναι αρκετή ώστε να υποστηρίξει την κυκλοφορία αέργου ρεύματος ακόμα και σε συνθήκες ονομαστικού ενεργού ρεύματος. Ο ελεγκτής που παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα λειτουργεί λοιπόν είτε σε κατάσταση σταθερού συντελεστή ισχύος είτε σε κατάσταση Αυτόματου Ρυθμιστή Τάσης [7].

Πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι οι πραγματικοί ελεγκτές τερματικής τάσης μπορούν να διαφέρουν από το παραπάνω μοντέλο. Παρ' όλα αυτά, αυτό ισχύει για όλα τα στοιχεία του ηλεκτρικού συστήματος: είναι ένα γενικό πρόβλημα στις προσομοιώσεις ηλεκτρικού συστήματος ότι η δομή και οι παράμετροι των μοντέλων των στοιχείων δεν είναι διαθέσιμα. Το πρόβλημα αυτό επίσης ενισχύεται από το γεγονός ότι τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων εξαρτώνται σε ένα βαθμό μόνο από την ακριβή δομή και τις παραμέτρους των επιμέρους ελεγκτών. Οι παράμετροι των παραμέτρων των παραπάνω PI ελεγκτών που χρησιμοποιήθηκαν είναι: $K_p=50$, $K_i=5$.



Σχήμα 6.7. Ελεγκτής αέργου ισχύος.

Για τον έλεγχο του μετατροπέα από την πλευρά του δικτύου χρησιμοποιείται ένα πλαίσιο αναφοράς συνδεδεμένο με το διάνυσμα της τερματικής τάσης V_s . Επομένως προκύπτουν οι ακόλουθες σχέσεις για την ενεργό και την άεργο ισχύ που ανταλλάσσονται με το δίκτυο:

$$P_{is} = v_{qs} \cdot i_{q_{is}} \quad (6.28)$$

$$Q_{is} = v_{qs} \cdot i_{d_{is}} \quad (6.29)$$

Συνήθως κατά τη λειτουργία του μετατροπέα εξασφαλίζεται ότι δεν ανταλλάσσεται άεργος ισχύς με το δίκτυο [4], οπότε ισχύει:

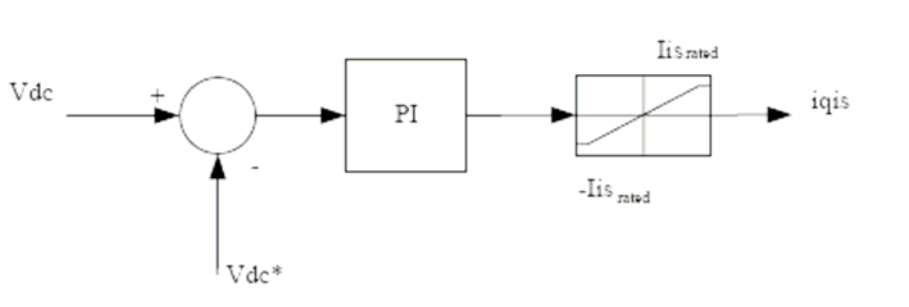
$$Q_{is} = 0 \Rightarrow i_{d_{is}} = 0 \quad (6.30)$$

Η βασική λειτουργία του μετατροπέα από την πλευρά του δικτύου είναι η διατήρηση της συνεχούς τάσης σταθερή και ίση με την ονομαστική της τιμή (1 α.μ.).

Χρησιμοποιώντας την γνωστή σχέση για τους πυκνωτές, έχοντας μοντελοποιήσει την σύνδεση συνεχούς τάσης με χωρητικότητα C κατάλληλης τιμής προκύπτει:

$$C \frac{dV_{dc}}{dt} = \frac{P_{is} - P_r}{V_{dc}} \quad (6.31)$$

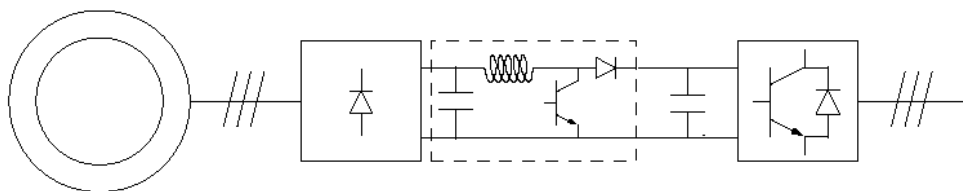
όπου με V_{dc} η τιμή της συνεχούς τάσης και P_r η ενεργός ισχύς που εισέρχεται στο κύκλωμα του δρομέα της γεννήτριας από το μετατροπέα στην πλευρά της μηχανής. Η τιμή της χωρητικότητας C έχει προκύψει μετά από κανονικοποίηση ($C=0.0014s$ σε δευτερόλεπτα – $4500\mu F$ για $1200V$ DC [7]). Ο ελεγκτής της συνεχούς τάσης που χρησιμοποιήθηκε είναι ένας αναλογικός-ολοκληρωτικός και σχηματικά δίνεται παρακάτω.



Σχήμα 6.8 Ελεγκτής DC τάσης.

Στο παραπάνω γράφημα σημειώνεται ο περιοριστής ρεύματος που εξασφαλίζει ότι το ρεύμα που εισέρχεται στον μετατροπέα δεν θα ξεπεράσει την ονομαστική αντοχή του. Οι παράμετροι του PI ελεγκτή που διακρίνεται στο παραπάνω σχήμα, δηλ. το αναλογικό κέρδος K_p και η ολοκληρωτική σταθερά K_i επιλέγονται έτσι ώστε, κατά τις διαταραχές ανέμου και τερματικής τάσης, οι διακυμάνσεις της συνεχούς τάσης να είναι οι μικρότερες δυνατές, γεγονός που εξασφαλίζει ότι όση ισχύς παράγει η γεννήτρια τόση περνάει και στο δίκτυο. Στο μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές $K_p=50$ και $K_i=5$ [7].

6.3 Α/Γ μεταβλητών στροφών με πολυπολική γεννήτρια και πλήρη μετατροπέα.



Σχήμα 6.9. Διάταξη «σύγχρονης» μηχανής με πλήρη μετατροπέα.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.9, στη διάταξη αυτή η γεννήτρια συνδέεται μέσω ενός πλήρη μετατροπέα AC/DC/AC στο δίκτυο. Η γεννήτρια μπορεί να διαθέτει τύλιγμα διέγερσης, που είναι μέχρι τώρα η συνήθης πρακτική για μεγάλες Α/Γ, αν και υπάρχουν και λύσεις με μόνιμους μαγνήτες. Μειωτήρας στροφών δεν υπάρχει λόγω της πολυπολικής γεννήτριας και της παρεμβολής του μετατροπέα, με αποτέλεσμα ο δρομέας του ανεμοκινητήρα να συνδέεται στον ίδιο άξονα με το δρομέα της γεννήτριας. Για το μετατροπέα συχνά χρησιμοποιείται ένας απλός ανορθωτής διόδων στην πλευρά της γεννήτριας και ένας PWM αντιστροφέας στην πλευρά του δικτύου [8]. Ανάλογα με τη διάταξη και τον έλεγχο που χρησιμοποιείται, μπορεί να υπάρχει και ένας DC/DC μετατροπέας ανύψωσης μεταξύ του ανορθωτή διόδων και της DC τάσης εισόδου του αντιστροφέα [9]. Συνήθως οι Α/Γ αυτού του είδους χρησιμοποιούν έλεγχο της γωνίας βήματος των πτερυγίων για τον περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου.

Σε κάθε περίπτωση, από τη σκοπιά του δικτύου, το πιο σημαντικό είναι η κατάλληλη αναπαράσταση της λειτουργίας του αντιστροφέα (μετατροπέας πλευράς δικτύου). Όπως και στην περίπτωση της Α/Γ με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης, υπάρχει επιλογή μεταξύ λειτουργίας σταθερού συντελεστή ισχύος ή ελέγχου της τάσης.

Σε περίπτωση σχετικά χαμηλής πτώσης της τερματικής τάσης, ο αντιστροφέας κρατάει το ρεύμα στην ονομαστική του τιμή, οπότε η μονάδα λειτουργεί ως σταθερού ρεύματος. Σε περίπτωση που η τάση πέσει πάρα πολύ λόγω κοντινού βραχυκυκλώματος, ο αντιστροφέας μπορεί να μπλοκάρει τα IGBT. Σ' αυτή την περίπτωση, ο ανορθωτής μπορεί να τροφοδοτεί κάποια αντίσταση προκειμένου να

μειωθεί η υπερτάχυνση του δρομέα. Όταν το σφάλμα εκκαθαριστεί, ο μετατροπέας αρχίζει πάλι να λειτουργεί κανονικά.

Αναφορές

- [1] Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk, Scott D. Sudhoff, *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*, IEEE Series on Power Engineering, Wiley, 2002.
- [2] Vladislav Akhmatov, Hans Knudsen, Arne Hejde Nielsen, Jorgen Kaas Pedersen and Niels Kjolstad Poulsen, *Modelling and transient stability of large wind farms*, International Journal of Electric Power & Energy Systems, v. 25, n. 2, pp.123-144, February 2003.
- [3] R. Pena, J. C. Clare, G. M. Asher, *Doubly fed induction generator using back-to-back PWM converters and its application to variable-speed wind-energy generation*. IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 143, No. 3, May 1996.
- [4] J.G. Sloopweg, H. Polinder, W.L. Kling, *Dynamic modelling of a wind turbine with doubly fed induction generator*, Proceedings of the IEEE PES Summer Meeting 2001.
- [5] N.W. Miller, J.J. Sanchez-Gasca, W.W. Price, *Dynamic Modeling of GE 1.5 and 3.6 MW Wind Turbine-Generators for Stability Simulations*. Proceedings of the IEEE PES General Meeting 2003, Toronto, Canada, 2003.
- [6] Niiranen J., *Voltage dip ride through of a doubly-fed generator equipped with an active crowbar*, Proceedings of Nordic Wind Power Conferenc, March 2004.
- [7] G. Tsourakis, C. Vournas, *Simulation of Low Voltage Ride Through Capability of Wind Turbines with Doubly Fed Induction Generator*, Proceedings of the 2006 European Wind Energy Conference, Athens, March 2006.
- [8] Pöller M., Achilles S., *Direct Drive Synchronous Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms*, Proc. of 4th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power and Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Billund, Denmark, 20-21 October 2003.
- [9] G. Tsourakis, E. Farantatos, and C. D. Vournas, *Generic Model and Control Modes for a Full-Converter Synchronous Wind Generator*. Proceedings of XVII International Conference on Electrical Machines, Chania, Greece, 2-5 September 2006.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Μοντελοποίηση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Για τη μοντελοποίηση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας, την επίλυση των ροών φορτίου και των προσομοιώσεων των διαταραχών χρησιμοποιείται το λογισμικό EUROSTAG. Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του EUROSTAG.

7.1. EUROSTAG

Το EUROSTAG βασίζεται σε έναν αλγόριθμο μεταβλητού βήματος και είναι κατάλληλο για τη μελέτη σειράς αργών και μεταβατικών φαινομένων. Έτσι μελέτες μεταβατικής ευστάθειας (φαινόμενα που διαρκούν από μερικά msec έως μερικά δευτερόλεπτα) και μακροπρόθεσμες δυναμικές μελέτες (αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα διάστημα από μερικά δευτερόλεπτα έως κάποιες ώρες), καλύπτονται από την ίδια προσομοίωση.

Το EUROSTAG χωρίζεται σε τρία κυρίως μέρη:

- Ένα πρόγραμμα ροής φορτίου, τα αποτελέσματα του οποίου χρησιμοποιούνται ως αρχικό σημείο της προσομοίωσης.
- Έναν διαδραστικό προσομοιωτή που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να απεικονίζει μεταβλητές και να επεμβαίνει στη διαδικασία κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- Ένα γραφικό προ-επεξεργαστή που επιτρέπει την εισαγωγή νέων μοντέλων χρησιμοποιώντας σχήματα μπλοκ διαγραμμάτων.

Το EUROSTAG είναι γραμμένο σε FORTRAN 77 και σε C, και είναι εγκατεστημένο σε σταθμούς εργασίας UNIX.

7.2. Μοντελοποίηση του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας στο EUROSTAG.

Το μοντέλο του συστήματος προέκυψε μετά από μετατροπή του από το πρόγραμμα PSS/E σε EUROSTAG. Η μοντελοποίηση του Συστήματος παραμένει αναλλοίωτη κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης, ανεξάρτητα από τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα. Το Σύστημα αποτελείται από κόμβους, γραμμές, μετασχηματιστές, μονάδες παραγωγής κλπ. Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα μοντέλα των στοιχείων του Συστήματος.

Δίκτυο.

Το EUROSTAG χρησιμοποιεί είτε μονογραμμική ή τριφασική αναπαράσταση (συμμετρική) του δικτύου. Οι κόμβοι τάσεων διέπονται από τις αλγεβρικές εξισώσεις $I=YU$, στις οποίες U είναι το διάνυσμα των τάσεων των κόμβων, I το διάνυσμα των ρευμάτων που εισέρχονται στους κόμβους και Y είναι η μήτρα αγωγιμότητας του δικτύου. Τα φορτία παριστάνονται από μια μη γραμμική εξίσωση που είναι συνάρτηση της τάσης και της συχνότητας.

Γεννήτριες.

Οι Σύγχρονες μηχανές περιγράφονται από τις κλασσικές εξισώσεις PARK, με το δρομέα να παριστάνεται από τέσσερα ισοδύναμα ελίγματα. Μπορεί επίσης να μοντελοποιηθεί ο μαγνητικός κορεσμός και στους δύο άξονες. Όσο αφορά στη μηχανική κίνηση των γεννητριών, οι κινήσεις του δρομέα καθορίζονται από την εξίσωση στρεφομένων μαζών, που συνδέει τη διαφορά ανάμεσα σε μηχανική και ηλεκτρική ροπή με την μεταβολή στην ταχύτητα περιστροφής.

Μετασχηματιστές.

Παρέχονται διαφορετικά επίπεδα μοντελοποίησης, π.χ. απλοί μετασχηματιστές (ιδανικός μετασχηματιστής) μέχρι και πλήρη μοντέλα που περιλαμβάνουν απώλειες σιδήρου, χαλκού, κορεσμό και μετασχηματιστές με taps.

Αυτόματες συσκευές.

Οι αποκρίσεις αυτόματων συσκευών υπολογίζονται μετά από κάθε βήμα ολοκλήρωσης. Ενεργοποιούν την παραγωγή συμβάντων όπως αποσυγχρονισμό μιας γεννήτριας ή το άνοιγμα μιας γραμμής και τη μεταβολή του setpoint ενός ρυθμιστή. Κεντρικοί έλεγχοι μπορούν να εισαχθούν στο EUROSTAG μέσω των αυτόματων συσκευών. Υπάρχουν δέκα τύποι αυτομάτων συσκευών, οι οποίοι μοντελοποιούν κυρίως τα μέσα προστασίας.

Macroblocks.

Ο χρήστης μπορεί να ορίσει τους δικούς του τύπους ρυθμιστών (Συστήματα ελέγχου) μέσω ενός γραφικού προεπεξεργαστή που χρησιμοποιεί στοιχειώδη blocks.

Συμβάντα.

Υπάρχουν συμβάντα, χειρισμοί και εντολές διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Αυτά μπορούν να είναι είτε προγραμματισμένα ή να παράγονται από το πρόγραμμα όταν μια αυτόματη συσκευή ενεργοποιείται. Τέτοια συμβάντα είναι:

- Βραχυκυκλώματα (Συμμετρικά και ασύμμετρα)
- Κλείσιμο και άνοιγμα γραμμών (Συμμετρικό και ασύμμετρο)
- Επανασύνδεση 2 δικτύων
- Ένταξη και απώλεια σύγχρονων γεννητριών
- Έναρξη κινητήρων επαγωγής
- Αλλαγή στα ενεργά και άεργα φορτία των κόμβων
- Αλλαγή στα setpoints των ρυθμιστών
- Λειτουργίες ΣΑΤΥΦ

7.3. Μοντέλα Γεννητριών, Ρυθμιστών και Περιοριστών.

Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται τα μοντέλα των ρυθμιστών των γεννητριών (ρυθμιστές τάσης, συχνότητας, περιοριστής υπερδιέγερσης).

7.3.1. Μοντέλο Γεννητριών

Οι Σύγχρονες μηχανές περιγράφονται από τις κλασσικές εξισώσεις PARK, με το δρομέα να παριστάνεται από τέσσερα ισοδύναμα ελίγματα:

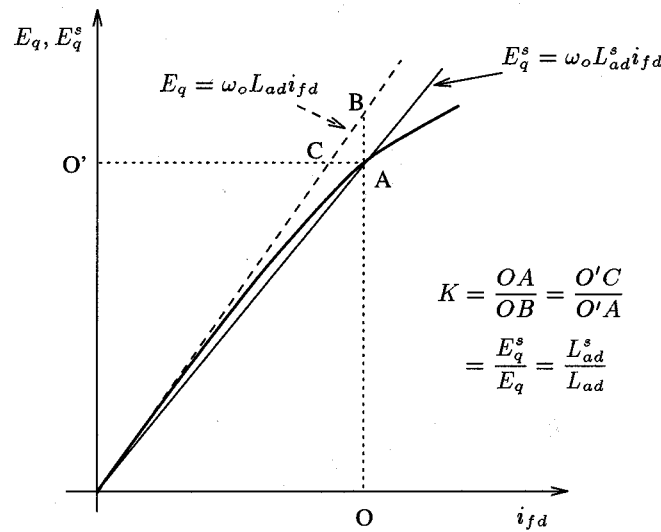
- Το τύλιγμα διέγερσης στον ευθύ άξονα.
- Ένα τύλιγμα απόσβεσης στον ευθύ άξονα.
- Δύο τυλίγματα απόσβεσης στον εγκάρσιο άξονα.

Στις εξισώσεις του στάτη, δε λαμβάνεται η σύμβαση $\omega = \omega_0$. Έτσι τα εσωτερικά μαγνητικά πεδία της μηχανής είναι ευαίσθητα στη συχνότητα του δικτύου.

Ο μαγνητικός κορεσμός και στους δύο άξονες μπορεί επίσης να μοντελοποιηθεί όπως φαίνεται στην παράγραφο 7.3.2. Οι απαραίτητες εισοδοί που πρέπει να δοθούν στο μοντέλο μιας σύγχρονη γεννήτριας είναι η μηχανική ροπή C_M και η διέγερση E_{fd} . Αυτές δίνονται μέσω των ρυθμιστών στροφών (παράγραφος 7.3.3.) και των ρυθμιστών τάσης (παράγραφος 7.3.4.)

7.3.2. Μοντελοποίηση του Κορεσμού

Έστω E το πεδίο διακένου. Η χαρακτηριστική κορεσμού, όπως μετράται στον d άξονα δίνεται στην καμπύλη του σχήματος 7.1.



Σχήμα 7.1. Καμπύλη κορεσμού για τον ευθύ άξονα

Η παραπάνω καμπύλη μοντελοποιείται από την εξίσωση 7.1

$$\frac{i_{fd}}{E_q^s} = 1 + m_d E_q^{s^{n_d}} \quad (7.1)$$

όπου i_{fd} είναι το ρεύμα του στάτη στον ευθύ άξονα.

Αντίστοιχα η καμπύλη κορεσμού στον εγκάρσιο άξονα περιγράφεται από την εξίσωση 7.2

$$\frac{i_{fq}}{E_q^s} = 1 + m_q E_q^{s^{n_q}} \quad (7.2)$$

όπου i_{fq} είναι το ρεύμα του στάτη στον εγκάρσιο άξονα.

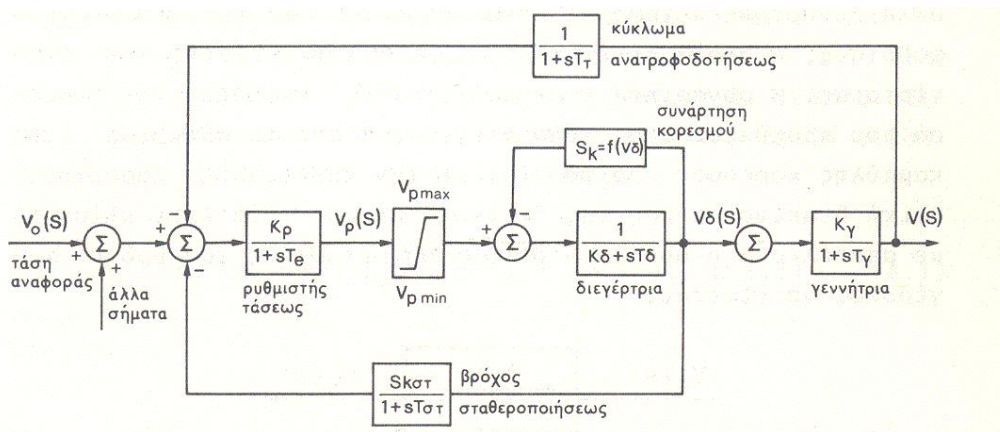
Αν ορίσουμε ως M_{d0} και M_{q0} τις μη κορεσμένες αμοιβαίες επαγωγές του ευθέως και του εγκάρσιου άξονα, τότε οι κορεσμένες αλληλεπαγωγές θα μπορούν να εκφραστούν από τις εξισώσεις:

$$M_{ds} = \frac{M_{d0}}{1 + m_d E^{n_d}} \quad (7.3)$$

$$M_{qs} = \frac{M_{q0}}{1 + m_q E^{n_q}} \quad (7.4)$$

7.3.3. Μοντέλο Ρυθμιστή Τάσης

Ένας διαδεδομένος τύπος συστημάτων διέγερσης είναι γνωστός ως τύπος 1 κατά IEEE. Το σύστημα αυτό έχει ρυθμιστή συνεχούς ανταποκρίσεως και φαίνεται σε μπλοκ διάγραμμα στο σχήμα 7.1



Σχήμα 7.2 Διάγραμμα Ρυθμιστή Τάσης

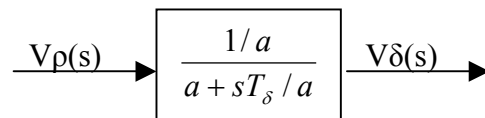
Το σύστημα ελέγχου περιλαμβάνει δύο κύριους βρόχους, έναν εξωτερικό , ρύθμισης της τάσεως και έναν εσωτερικό, σταθεροποιήσεως. Υπάρχει ένας ακόμη εσωτερικός βρόχος κορεσμού της διεγέρτριας, για την περίπτωση στρεφόμενης διεγέρτριας. Η τάση εξόδου, ή τάση ζυγού $V(s)$ συγκρίνεται στην είσοδο με την τάση αναφοράς $V_o(s)$, η οποία τροποποιείται αυτόματα από ενδεχόμενα σήματα ισχύος ή συχνότητας της γεννήτριας. Τα πρόσθετα αυτά σήματα είναι σταθεροποιητικά και βελτιώνουν την ανταπόκριση του συστήματος ρυθμίσεως τάσεως κατά τις διαταραχές λειτουργίας του δικτύου. Το κύκλωμα ανατροφοδοτήσεως αντιστοιχεί στο κύκλωμα μετρήσεως της τάσης.

Ρυθμιστής τάσης.

Το μπλοκ του ρυθμιστή τάσης περιλαμβάνει ένα κέρδος K_p , που αποτελεί τη βασική ενίσχυση του συστήματος ελέγχου, αλλά όχι όλη. Το υπόλοιπο κέρδος, όπως θα δούμε στη συνέχεια, παρέχεται από τη διεγέρση. Η σταθερά χρόνου T_e είναι μικρότερη από 100ms.

Διεγέρτρια

Η διεγέρτρια είναι βασικά ένας ενισχυτής με απλή συνάρτηση μεταφοράς, περιλαμβάνει όμως και μια ανατροφοδότηση, η οποία δίνει την επίδραση του κορεσμού της διεγέρτριας. Η συνάρτηση κορεσμού $S_K=f(V_\delta)$ εκφράζει τη διαφορά που προκύπτει στο ρεύμα διεγέρσεως από τη σύγκριση της καμπύλης κορεσμού υπό φορτίο, με την ευθύγραμμη χαρακτηριστική διακένου αέρος της διεγέρτριας, η οποία έχει κλίση K_δ με αποτέλεσμα η συνολική συνάρτηση μεταφοράς του βρόχου διεγέρσεως να γίνεται,



όπου, $\alpha=S_K+K_\delta$, η διαφορά κλίσεων $-K_\delta$ και καμπύλης κορεσμού S_K , στο σημείο λειτουργίας. Το α κυμαίνεται από 1,5 έως 6 περίπου, ανάλογα με τον κορεσμό της διεγέρτριας. Συνεπώς, ένα μέρος του συνολικού κέρδους του συνδυασμού ρυθμιστής-διεγέρτρια παρέχεται από τη διεγέρτρια και το υπόλοιπο από το ρυθμιστή, όπως αναφέρεται πιο πάνω. Η παράσταση αυτή της διεγέρτριας είναι οπωσδήποτε προσεγγιστική αλλά παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα για το μοντέλο ελέγχου τάσεως. Η χρονική σταθερά T_δ έχει τιμές μικρότερες του 1 sec. Έξοδος του μπλοκ διεγέρσεως είναι η τάση διεγέρσεως, $V_\delta(s)$.

Η τάση της γεννήτριας μπορεί θεωρητικά να ρυθμιστεί προς τα πάνω μέχρι την τάση οροφής της διεγέρσεως, στην πράξη όμως τα όρια καθορίζονται από την περιοχή λειτουργίας του ρυθμιστή τάσεως. Η τοποθέτηση της συναρτήσεως ορίων της τάσεως μεταξύ του ρυθμιστή και της διεγέρσεως επομένως, ανταποκρίνεται καλύτερα προς την πραγματικότητα.

Γεννήτρια

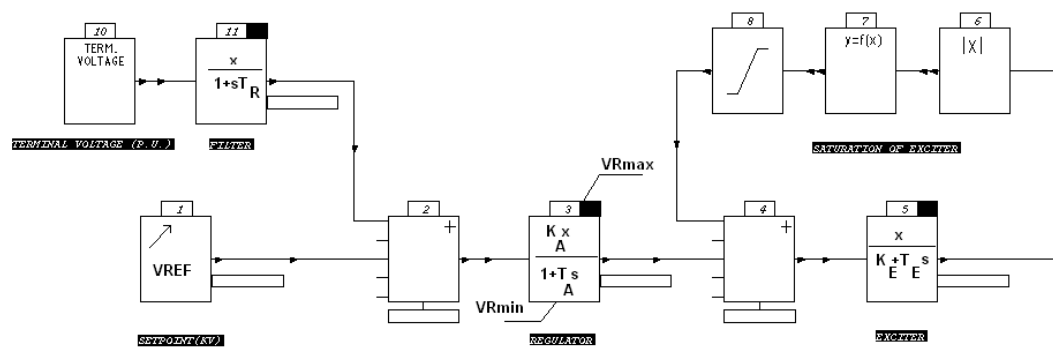
Ο βρόχος ρυθμίσεως τάσεως πρέπει να κλείσει διαμέσου της παραστάσεως της γεννήτριας, με την οποία θα συσχετιστεί η τάση διεγέρσεως $V_d(s)$, με την τάση ζυγού $V(s)$.

Κύκλωμα σταθεροποίησης

Ο βρόχος σταθεροποίησης έχει σαν σκοπό την εξασφάλιση της ευστάθειας λειτουργίας του συστήματος ρυθμίσεως, κυρίως στις μεγάλες τιμές του κέρδους.

Υλοποίηση στο EUROSTAG

Παρακάτω ακολουθούν το μπλοκ διάγραμμα του ρυθμιστή τάσης (Σχήμα 7.2) και ο αντίστοιχος πίνακας παραμέτρων (Πίνακας 7.1)



Σχήμα 7.3. Μπλοκ Διάγραμμα του Ρυθμιστή Τάσης, όπως υλοποιείται στο EUROSTAG

Πίνακας 7.1. Παράμετροι του ρυθμιστή τάσης

K_ρ	50
K_δ	1
K_{στ}	0.04
T_e	0.02
T_δ	0.03
T_{στ}	1
T_T	0.01
VRMAX	6.172
VRMIN	-6.172

Η συνάρτηση του μπλοκ 7, $y=f(x)$ περιγράφεται από 2 ή περισσότερα σημεία. Μια τυπική μορφή της $f(x)$ περιγράφεται στον πίνακα 7.2

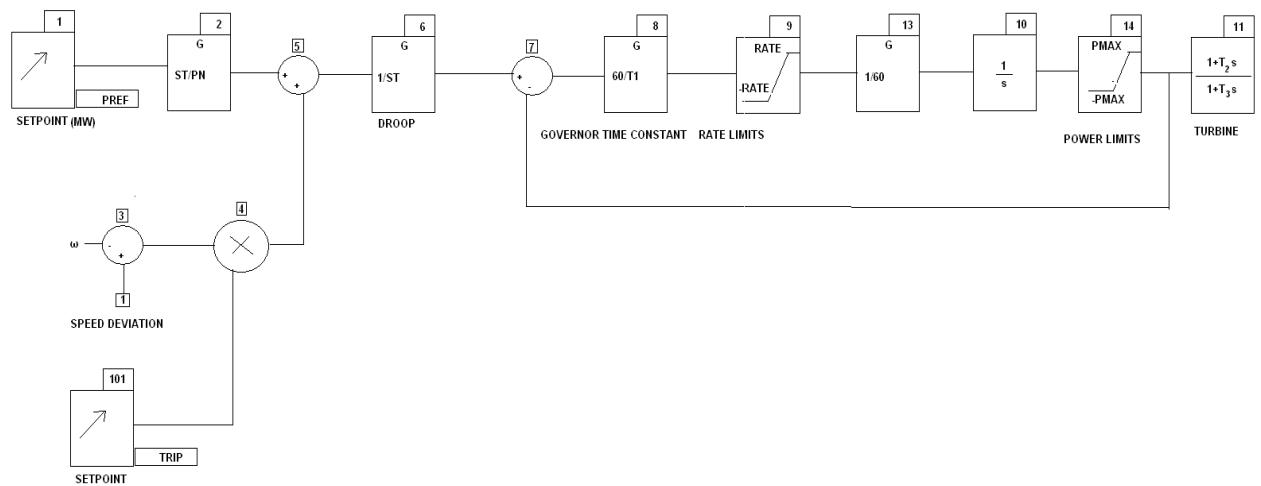
Πίνακας 7.2. Σημεία της συνάρτησης $f(x)$

x	y
2.41	0.03
3.86	0.6

7.3.4. Μοντέλο Ρυθμιστή Στροφών

Παρακάτω ακολουθούν τα μπλοκ διαγράμματα των ρυθμιστών στροφών για θερμοηλεκτρικούς (Σχήμα 7.3) και υδροηλεκτρικούς σταθμούς (Σχήμα 7.4)

1. Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί



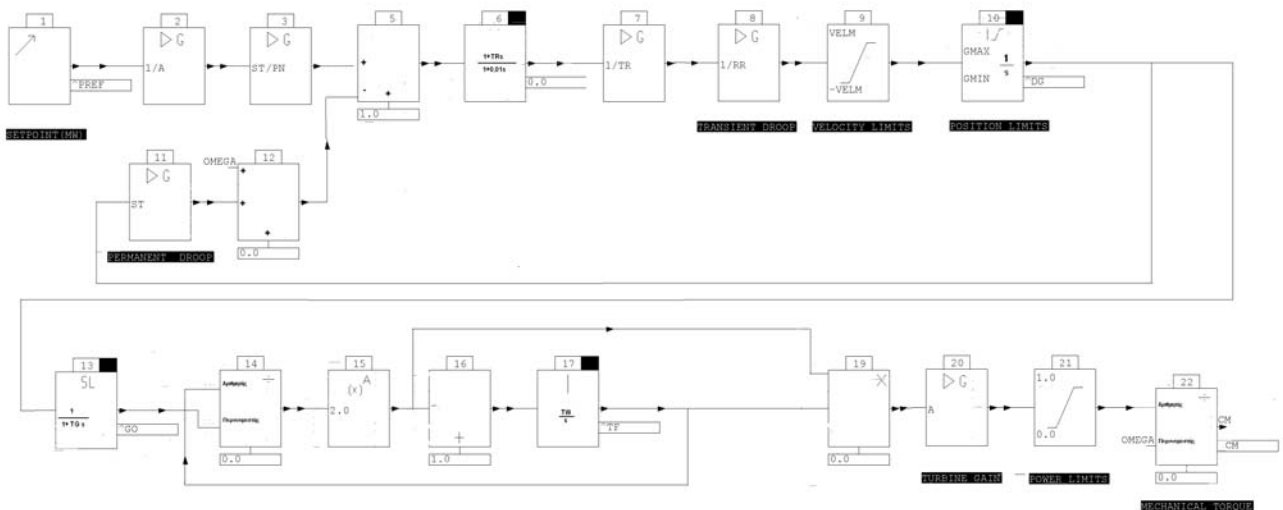
Σχήμα 7.4. Μπλοκ διάγραμμα για ρυθμιστή στροφών θερμοηλεκτρικού σταθμού

Πίνακας 7.3. Παράμετροι ρυθμιστή στροφών θερμοηλεκτρικού σταθμού

PMAX	1
RATE	0.04
ST	1
T1	0.3
T2	1.5
T3	5
TRIP	0

2. Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί.

Υλοποίηση στο Eurostag



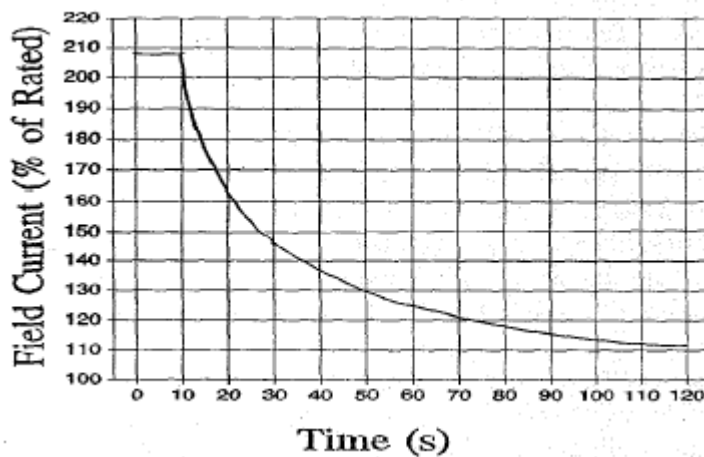
Σχήμα 7.5. Μπλοκ διάγραμμα για ρυθμιστή στροφών υδροηλεκτρικού σταθμού

Πίνακας 7.4. Παράμετροι ρυθμιστή στροφών θερμοηλεκτρικού σταθμού

A	1.2
GMAX	0.89
GMIN	0
RR	0.30
ST	0.06
TG	0.1
TR	2
TW	0.5
VELM	0.1

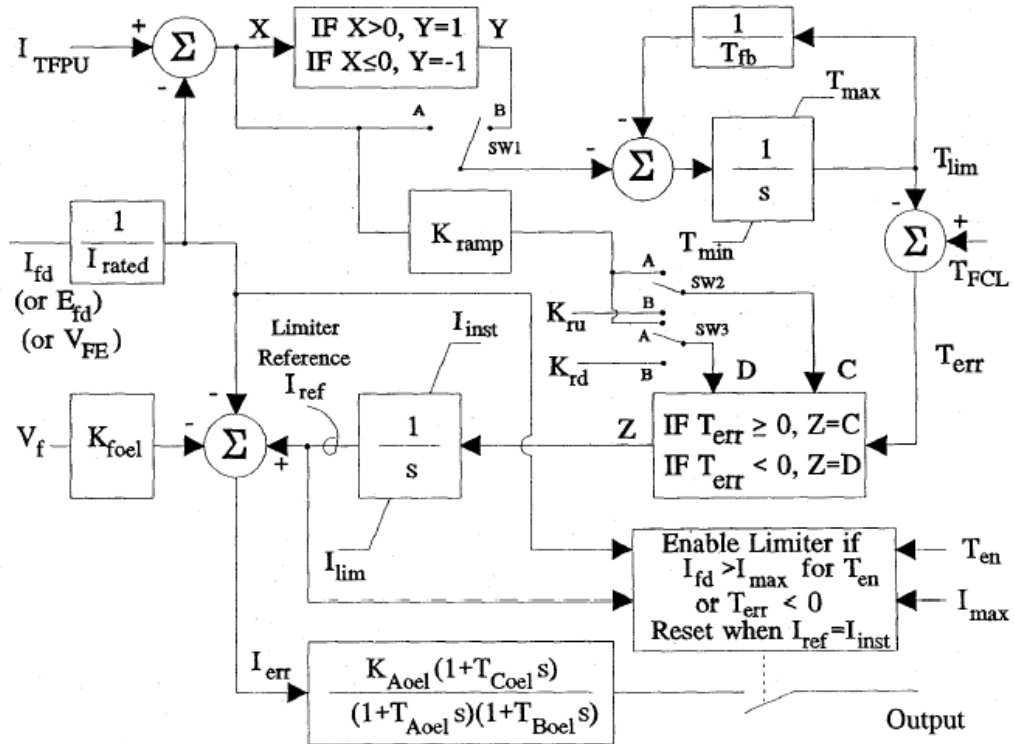
7.3.5. Μοντέλο Περιοριστή Υπερδιέγερσης

Οι περιοριστές υπερδιέγερσης είναι συσκευές που προστατεύουν τα ελίγματα πεδίου των σύγχρονων μηχανών από υπερθέρμανση. Η δράση του περιορισμού που παρέχεται από αυτές τις συσκευές πρέπει να προσφέρει σωστή προστασία και ταυτόχρονα να επιτρέπει το μέγιστο δυνατό πεδίο που χρειάζεται για την ευστάθεια του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι τυπικές χαρακτηριστικές λειτουργίας προσπαθούν να μιμηθούν τη βραχυπρόθεσμη δυνατότητα υπερφόρτισης, όπως αυτή φαίνεται στο Σχήμα 7.6.



Σχήμα 7.6. Χαρακτηριστική υπερφόρτισης του περιοριστή υπερδιέγερσης.

Ένα μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υλοποιήσει τους περισσότερους τύπους περιοριστών διέγερσης δείχνεται στο σχήμα 7.7.



Σχήμα 7.7. Διάγραμμα περιοριστή υπερδιέγερσης

Οι είσοδοι του μοντέλου είναι η περιοριστέα ποσότητα (ρεύμα πεδίου διέγερσης I_{fd} , τάση πεδίου διέγερσης E_{fd} , ή ένα σήμα ανάλογο στο ρεύμα του πεδίου διέγερσης, V_{FE}) και η έξοδος του σταθεροποιητή της διέγερσης (excitation system stabilizer), V_f . Η περιοριστέα μεταβλητή διαιρείται με την ονομαστική της τιμή ώστε να μην είναι απαραίτητο να μετατραπούν οι παράμετροι του περιοριστή σε ανά μονάδα τιμές με βάση διακένου. Στην έξοδο υπάρχει ένας διακόπτης για να απενεργοποιεί τον περιοριστή για μια πολύ μικρή χρονική περίοδο επιτρέποντας πολύ υψηλές τιμές λόγω μεταβατικών φαινομένων. Με το διακόπτη 1 στη θέση Α, το μοντέλο του περιοριστή λειτουργεί ως συσκευή αντίστροφου χρόνου. Αν η περιοριστέα ποσότητα είναι μεγαλύτερη από την I_{TFPU} , ο ολοκληρωτής χρόνου αρχίζει να τρέχει. Με το διακόπτη 1 στη θέση Β ο ολοκληρωτής χρόνου λειτουργεί σαν μια συσκευή καθορισμένου χρόνου. Αν η περιοριστέα ποσότητα είναι μεγαλύτερη από I_{TFPU} , ο ολοκληρωτής θα αρχίσει να αθροίζει με σταθερό ρυθμό ανεξάρτητα από το μέγεθος της εισόδου του.

Όταν η έξοδος του χρονικού ολοκληρωτή , T_{lim} , πλησιάσει την προκαθορισμένη τιμή TFCL, η μεταβλητή τιμή αναφοράς του περιοριστή I_{ref} θα ξεκινήσει να πέφτει σταδιακά από το στιγμιαία μέγιστη τιμή I_{inst} , στην τιμή I_{lim} . Ο ρυθμός πτώσης της μεταβλητής καθορίζεται από την τιμή K_{rd} ή από το σήμα σφάλματος διαμέσου του κέρδους K_{ramp} , ανάλογα με τη θέση του διακόπτη 3.

Περιοριστές που μεταβαίνουν από το στιγμιαίο όριο I_{inst} στο χρονικό όριο I_{lim} μπορούν να μοντελοποιηθούν θέτοντας τους διακόπτες 2 και 3 στις θέσεις B και θέτοντας μεγάλες τιμές για τα K_{rd} και K_{ru} . Περιοριστές με κλίση πτώσης ανάλογη με την υπερδιέγερση μοντελοποιούνται θέτοντας το διακόπτη 1 στη θέση A και χρησιμοποιώντας το K_{ramp} για να ρυθμιστεί η κλίση. Περιοριστές που έχουν σταθερή κλίση πτώσης μοντελοποιούνται θέτοντας το διακόπτη 3 στη θέση B και μέσω της μεταβλητής K_{rd} καθορίζεται η κλίση. Ορισμένοι περιοριστές αποκλιμακώνουν την τιμή της περιοριστέας ποσότητας με ρυθμό ανάλογο της υπερδιέγερσης. Αυτοί οι περιοριστές μπορούν να μοντελοποιηθούν θέτοντας τους διακόπτες 2 και 3 στη θέση A. Ο χρονικός ολοκληρωτής προσπερνάται γι' αυτόν τον τύπο περιοριστή.

Η έξοδος του χρονικού ολοκληρωτή , T_{lim} περιορίζεται από την τιμή T_{max} . Η τιμή T_{max} χρησιμοποιείται για να αποτρέψει τον κορεσμό του περιοριστή θέτοντας την λίγο μεγαλύτερη από την TFCL.

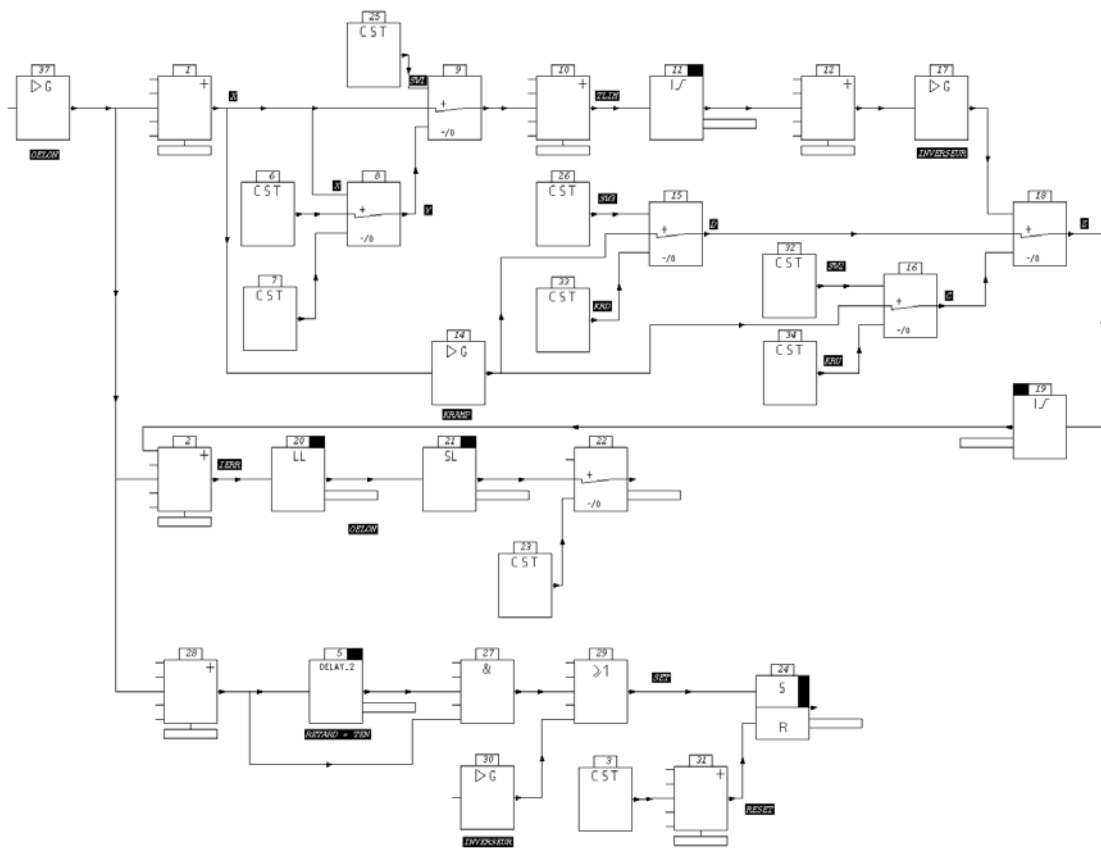
Αν η περιοριστέα ποσότητα γίνει μικρότερη από I_{TFPU} , ο χρονικός ολοκληρωτής αρχίζει να αποκλιμακώνεται. Όταν το T_{lim} γίνει μικρότερο από T_{FCL} τότε η τιμή αναφοράς της περιοριστέας ποσότητας γίνεται πάλι η στιγμιαία τιμή I_{inst} . Ο ρυθμός που λαμβάνει χώρα αυτή η κλιμάκωση καθορίζεται από την τιμή K_{ru} ή από το σήμα σφάλματος μέσω του κέρδους K_{ramp} ανάλογα με τη θέση του διακόπτη 2.

Η έξοδος του περιοριστή μπορεί να απενεργοποιηθεί για μια μικρή χρονική περίοδο για να επιτρέψει ισχυρές καταπονήσεις, δίνοντας θετική τιμή στη μεταβλητή T_{en} και κατάλληλη τιμή στην I_{max} . Για να βεβαιωθεί η λειτουργία του χρονικού περιοριστή η έξοδος πρέπει να ενεργοποιείται όταν το T_{err} είναι μεγαλύτερο του μηδενός. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να απενεργοποιηθεί θέτοντας $T_{en}=0$ ή δίνοντας στο I_{max} μια μικρή τιμή.

Η είσοδος V_f και το K_{foel} παρέχονται για συστήματα που χρησιμοποιούν ανάδραση για την ευστάθεια του συστήματος διέγερσης. Το K_{foel} κανονικά θα είναι ίσο με τη μονάδα εκτός και αν ο περιοριστής υπερδιέγερσης έχει διαφορετικό μονοπάτι ανάδρασης από τον κύριο ρυθμιστή.

Υλοποίηση στο EUROSTAG

Στο σχήμα 7.8 φαίνεται το διάγραμμα του περιοριστή υπερδιέγερσης, όπως υλοποιείται στο EUROSTAG και στον πίνακα 7.4 οι τιμές των παραμέτρων.



Σχήμα 7.8 Διάγραμμα Περιοριστή Υπερδιέγερσης

Πίνακας 7.5. Παράμετροι περιοριστή υπερδιέγερσης

ITFPU	1.04
Iinst	1.6
Kru	0.8
KAOEL	400
TAOEL	0.02
TFCL	1.2
Ilim	1.05
KFOEL	1
TBOEL	1
TMAX	2.2
I _{max}	1.6
Kramp	1
TCOEL	1
TMIN	0
EPS	0.001
KRD	-1.5
TEN	0.1
OELON	1
OELOUT	10
SW1	1
SW2	1
SW3	1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Ανάλυση Ευστάθειας Διασυνδεδεμένου Συστήματος Υπό Μεγάλη Αιολική Διείσδυση

8.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται η διείσδυση στο δίκτυο περίπου 3000 MW αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται όλα τα αιολικά πάρκα για τα οποία έχει δοθεί από το ΔΕΣΜΗΕ προσφορά σύνδεσης με το δίκτυο (περίπου 2300 MW ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 2300 MW) καθώς και αυτά για τα οποία κατασκευάζονται ειδικά έργα σύνδεσης (π.χ. στην Εύβοια και τη , Θράκη) που προβλέπεται να έχουν ολοκληρωθεί περί το 2010. Η συντελεστής ταυτοχρονισμού της αιολικής παραγωγής έχει υποτεθεί στο 80%. Επίσης έχει θεωρηθεί και παραγωγή περίπου 200 MW από άλλες ΑΠΕ (Βιομάζα, Μικρά Υδροηλεκτρικά, Συμπαραγωγή).

Στην 2η ενότητα περιγράφονται τα αρχικά σημεία λειτουργίας (φορτία, παραγωγές μονάδων, αιολικά πάρκα και λοιπές ΑΠΕ) του συστήματος του 2012 όπως δόθηκαν από τον ΔΕΣΜΗΕ. Στην 3η ενότητα περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα από την ανάλυση ευστάθειας μετά από επιλεγμένα βραχυκυκλώματα σε ζυγούς 400 kV του συστήματος. Μελετήθηκαν δύο σενάρια, ένα χαμηλό φορτίο όπου η αιολική διείσδυση έφτανε το 56% και ένα μέγιστου φορτίου όπου η αιολική διείσδυση έφτανε το 21,5%.

Ως προς τα αποτελέσματα που περιέχονται στις ενότητες 2 και 3 διευκρινίζεται ότι σχεδόν όλες οι διαταραχές που προσομοιώνονται είναι μεταβατικά (αυτοεκκαθαριζόμενα) σφάλματα διάρκειας 100 ms χωρίς απώλεια εξοπλισμού μετά την εκκαθάριση του σφάλματος.

Σε επόμενο κεφάλαιο αναλύεται ένα 2^ο σενάριο χαμηλού φορτίου (όχι ελάχιστου) του 2012 με καλύτερη κατανομή των συμβατικών μονάδων παραγωγής. Επίσης σε επόμενο κεφάλαιο αναλύονται τα ίδια βραχυκυκλώματα, αλλά εκκαθαριζόμενα με άνοιγμα γραμμής.

8.2. Εξεταζόμενα Σημεία Λειτουργίας

8.2.1. Γενικά

Το αρχικό βασικό σενάριο του ερευνητικού έργου, το οποίο δόθηκε από το ΔΕΣΜΗΕ στο ΕΜΠ περιλαμβάνει όλα τα αιολικά πάρκα για τα οποία έχει δοθεί από το ΔΕΣΜΗΕ προσφορά σύνδεσης με το δίκτυο μέχρι 30-11-2006, καθώς και τα πάρκα για τα οποία κατασκευάζονται ειδικά έργα σύνδεσης στην Εύβοια και τη Θράκη. Το σύνολο της ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε αυτό το σενάριο είναι 3000 MW.

Η παραγωγή των αιολικών πάρκων για το βασικό αυτό σενάριο διείσδυσης αντιστοιχεί περίπου στη μέγιστη ταυτοχρονισμένη παραγωγή σύμφωνα με τη σχετική μελέτη του ΚΑΠΕ. Η πραγματική παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές στο βασικό σενάριο ανέρχεται στα 2707,4 MW περιλαμβανομένων και άλλων μορφών ΑΠΕ πλην των αιολικών. Σημειώνεται ότι η παραγωγή στα νέα αιολικά της Θράκης έχει υπερεκτιμηθεί στο συγκεκριμένο σενάριο.

Για το παραπάνω επίπεδο διείσδυσης δόθηκαν επίσης οι τεχνολογίες των αιολικών πάρκων (εκτός κάποιων εξαιρέσεων που αναφέρονται στο 3ο Κεφάλαιο).

Οι τεχνολογίες αυτές είναι:

- A. γεννήτριες επαγωγής (σταθερών στροφών)
- B. γεννήτριες επαγωγής μεταβλητής αντίστασης δρομέα
- Γ. γεννήτριες διπλής τροφοδότησης
- Δ. σύγχρονες μηχανές με πλήρη μετατροπέα συχνότητας

Εκτός των αιολικών πάρκων θεωρούνται ακόμη οι εξής ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

1. Μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί
2. Μονάδες Βιομάζας
3. Μονάδες συμπαραγωγής

Η παραπάνω παραγωγή από ΑΠΕ θεωρείται ότι συμπίπτει με δυο ακραία σενάρια ως προς το φορτίο του συστήματος. Το αναμενόμενο μέγιστο του 2012 (12.603,4 MW) και ένα χαμηλό φορτίο που αντιστοιχεί στις τελευταίες 10-14 ώρες της καμπύλης διάρκειας φορτίου που αναμένεται για το έτος 2012 και αντιστοιχεί σε 4838,8 MW μαζί με τους αντλητικούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς (φορτίο 550 MW). Θεωρείται ότι δεν υπάρχουν προγραμματισμένες ανταλλαγές με τα εξωτερικά

συστήματα, ωστόσο από τη λύση των ροών φορτίου προέκυψαν κάποιες μικρές ροές ισχύος στις διασυνδετικές γραμμές. Οι παραγωγές και τα φορτία για τα δυο στιγμιότυπα που εξετάζονται στην παρούσα έκθεση φαίνονται στον Πίνακα 8.2.1.

Πίν. 8.2.1 Παραγωγές και φορτία

Σημείο Λειτουργίας	Μέγιστο	Ελάχιστο
Φορτίο	12.603,4 MW	4.288,8 MW
Αντλητικά	-	550,0 MW
Παραγωγή Συμβατικών	10.205,6 MW	2.184,0 MW
Ανανεώσιμα	2.707,4 MW	2.707,4 MW
Απώλειες	295,2 MW	92,6 MW
Εξαγωγές	14,5 MW	-40,0 MW

Σημειώνεται ότι η παραγωγή στο σταθμό παραγωγής του Αλουμινίου στο σενάριο ελαχίστου μειώθηκε στα 180 MW.

Οι μονάδες των ΑΠΕ θεωρείται ότι συνδέονται στο δίκτυο μέσω σύνθετης αντίστασης του συστήματος τροφοδοσίας, όπως θα εξηγηθεί αναλυτικά στη συνέχεια. Κατά την εισαγωγή του πιο πάνω δικτύου τροφοδοσίας η ενεργός παραγωγή στην ΥΤ, για τα πάρκα που συνδέονται μέσω δικτύου μέσης τάσεως, μειώνεται κατά 2%, ώστε να λαμβάνονται υπόψη προσεγγιστικά οι απώλειες του δικτύου σύνδεσης.

Στην μελέτη αυτή θεωρούμε ότι όλες οι μονάδες των αιολικών πάρκων δεν αποσυνδέονται λόγω προστασίας υποτάσεως προκειμένου να εξεταστούν τα προβλήματα που μπορούν να προκαλέσουν τα αιολικά πάρκα στο σύστημα λόγω της δυναμικής τους συμπεριφοράς. Αυτό αντιστοιχεί στην υπόθεση ότι τα Α/Π θα έχουν την ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας υπό χαμηλή τάση (Low-Voltage-Ride-Through). Η επίδραση της αποκοπής των αιολικών πάρκων λόγω χαμηλής τάσεως στη δυναμική συμπεριφορά του συστήματος θα εξεταστεί στην αμέσως επόμενη φάση του ερευνητικού έργου, από όπου θα προκύψουν ενδεικτικά όρια χαμηλής τάσεως που θα πρέπει να αντέχουν τα αιολικά πάρκα που θα εγκατασταθούν χωρίς να αποσυνδέονται.

8.2.2. Ανάλυση Ροής Φορτίου του Συστήματος

Στους πίνακες 8.2.2 και 8.2.3 παρουσιάζονται οι παραγωγές ενεργού και άεργου ισχύος κάθε μιας από της γεννήτριες για το σενάριο μεγίστου και ελαχίστου φορτίου αντίστοιχα.

Πίν. 8.2.2. Παραγωγή Ενεργού και Άεργου ισχύος από τις γεννήτριες (μέγιστο φορτίο)

ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q		ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	KOMOT G1	140	41,52		59397	SLAVR G5	50	16,02
12587	KOMOT G2	140	42,03		59477	LAURIOGN	377,66	249,37
12687	KOMOT G3	140	42,87		59487	SLAVR G3	60	24,04
17187	ELPE G1	250	53,54		59497	SLAVR G6	50	16,02
17287	ELPE G2	140	52,74		59577	LAVRIOG2	250	49,24
19187	THISA G1	128	8,60		59677	BLAVR G2	130	40,27
19287	THISA G2	128	8,60		59777	BLAVR G3	130	40,69
19587	PLATA G2	58	4,06		61077	MEGAL G5	400	83,23
21177	AMYNT G1	265	50,67		61377	MEGAL G3	270	25,24
21277	AMYNT G2	265	47,34		62177	MEGAL G4	270	21,96
22177	AGDIM G1	265	49,50		19811	GIOUGKOS	7,07	-107,32
22277	AGDIM G2	265	48,52		73187	MPAKO G1	109,3	38,28
22377	AGDIM G3	265	50,71		73287	MPAKO G2	109,3	38,28
22477	AGDIM G4	265	50,22		80187	POUR1 G1	100	13,79
22577	AGDIM G5	280	59,39		80287	POUR1 G2	100	13,79
23177	KARD G1	265	17,20		81187	KASTR G1	80	18,68
23277	KARD G2	265	17,21		81287	KASTR G2	80	18,75
23377	KARD G3	265	53,50		81387	KASTR G3	80	18,62
23477	KARD G4	265	53,71		84187	LOURO G1	10,3	1,13
25187	PTOLEMG1	65	13,04		84587	AWOS G1	105	12,32
25287	PTOLEMG2	117	9,18					
25387	PTOLEMG3	117	19,50			ΣΥΝΟΛΟ	10212,69	2649,90
25477	PTOLEMG4	276	77,71					
25587	LIPTOLG1	9	3,85					
25687	LIPTOLG2	21	14,60					
26187	POLUF G1	125	25,93					
27187	SFIKI G1	105	51,61					
29577	FLWRING1	265	23,37					
35187	PLAST G1	43,3	18,28					
35287	PLAST G2	43,3	18,28					
35387	PLAST G3	43,3	18,28					
43177	ALIVE GN	377,66	87,96					
43387	ALIVE G3	140	65,42					
43487	ALIVE G4	140	65,44					
44197	GIWNA G1	8,5	-0,73					
44677	ALOUM G1	123	57,78					
44678	ALOUM G2	82	52,06					
44687	ALOUM G3	123	50,75					
46431	SYROS150	0	69,44					

56187	AHSAG G8	155	82,36
56287	AHSAG G9	190	117,39
58377	KORP G1	142	75,98
58378	KORP G2	254	101,45
59177	BLAVR G4	170	63,15
59277	BLAVR G1	130	40,67
59287	LAVRIOG1	125	42,82

Πίν. 8.2.3. Παραγωγή Ενεργού και Άεργου ισχύος από τις γεννήτριες (σενάριο ελαχίστου)

ZYΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	KOMOT G1	98	30,45
12687	KOMOT G3	98	31,57
21177	AMYNT G1	170	1,76
22177	AGDIM G1	170	5,38
22377	AGDIM G3	170	5,33
23177	KARD G1	170	-7,01
23277	KARD G2	170	-6,85
29577	FLWRING1	170	0,03
44677	ALOUM G1	123	22,63
44678	ALOUM G2	82	7,02
44687	ALOUM G3	123	20,75
59177	BLAVR G4	123	-3,05
59277	BLAVR G1	35	-2,95
59477	LAVRIOG1	100	96,06
59677	BLAVR G2	35	-2,95
59777	BLAVR G3	35	-2,96
61077	MEGAL G5	180	48,53
62177	MEGAL G4	180	61,31
19811	GIOUGKOS	41,76	-117,75
73187	MPAKO G1	50	26,12
81287	KASTR G2	50	20,75
		2373,76	234,17

Στους πίνακες 8.2.4 και 8.2.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου για το σενάριο μεγίστου και ελαχίστου φορτίου αντίστοιχα. Στη στήλη της παραγωγής αναγράφονται τα ποσά της καθαρής παραγωγής (πραγματική παραγωγή μείον το εσωτερικό φορτίο των σταθμών).

Πίν. 8.2.4. Ανταλλαγές ισχύος ανάμεσα στις περιοχές για το σενάριο μεγίστου φορτίου

Περιοχή	Παραγωγή (MW)	Φορτίο (MW)	Απώλειες (MW)	Εξαγωγή Ισχύος (MW)	Παραγωγή (MVar)	Φορτίο (MVar)	Απώλειες (MVar)	Εξαγωγή Ισχύος (MVar)
1	1124,0	2057,9	63,13	-997,06	278,86	1660,0	-422,62	-958,47
10	0,0	805,0	1,5	-806,5	0,0	475,42	5,61	-481,03
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3704,9	0,08	3704,8
12	0,0	267,2	0,2	-267,4	0,0	200,5	0,84	-201,34
15	0,0	129,35	4,66	-134,0	-329,15	80,2	-475,86	66,51
2	4030,0	798,22	48,89	3182,9	724,02	494,85	87,58	141,58
3	129,9	1133,0	26,59	-1029,7	37,68	733,87	-418,31	-277,88
4	994,16	453,77	30,75	509,64	264,98	598,63	-235,75	-97,9
5	2213,7	4263,2	60,67	-2110,2	732,92	2679,8	-917,22	-1029,6
6	940,0	979,44	25,69	-65,13	-11,48	747,05	-294,49	-464,04
69	-14,32	0,0	0,06	-14,39	-106,01	0,0	-28,4	-77,61
7	218,6	36,24	8,49	173,87	74,04	45,01	-268,34	297,37
8	555,3	638,82	17,93	-101,45	14,27	439,1	-283,3	-141,53
98	0,0	-374,72	1,78	372,94	0,0	123,16	-2,75	-120,42
99	0,0	-1291,5	5,19	1286,3	0,0	424,5	-62,63	-361,88

Πίν. 8.2.5. Ανταλλαγές ισχύος ανάμεσα στις περιοχές για το σενάριο ελαχίστου φορτίου

Περιοχή	Παραγωγή (MW)	Φορτίο (MW)	Απώλειες (MW)	Εξαγωγή Ισχύος (MW)	Παραγωγή (MVar)	Φορτίο (MVar)	Απώλειες (MVar)	Εξαγωγή Ισχύος (MVar)
1,00	196,00	497.75	30.71	-332.46	61.22	643.32	-636.65	54.55
10,00	0,00	1038.7	0.67	-1039.4	0,00	591,00	-0.17	-590.83
12,00	0,00	183.8	0.05	-183.85	0,00	138,00	-0.11	-137.89
15,00	0,00	43.44	1.48	-44.92	-397.98	27.26	-492.53	67.3
2,00	1020,00	516.93	10.24	492.83	10.2	135.93	-442.06	316.32
3,00	0,00	278.81	10.08	-288.89	-65.46	196.66	-595.78	333.66
4,00	180,00	-17.16	16.09	181.07	27.59	424.09	-403.34	6.84
5,00	328,00	1057.9	14.48	-744.39	-650.91	705.79	-1610.6	253.89
6,00	360,00	154.21	11.77	194.02	-136.94	267.22	-405.6	1.44
69,00	65.6	0,00	0.13	65.47	-116.25	0,00	-27.8	-88.45
7,00	50,00	-7.11	3.66	53.45	-64.08	24.49	-292.98	204.42
8,00	50,00	165.24	5.55	-120.79	-153.76	114.28	-374.95	106.9
80,00	0,00	-147.76	0,00	147.76	49.68	98.99	0,00	-49.31
98,00	0,00	-374.72	5.83	368.89	139.81	251.07	13.74	-125.01
99,00	0,00	-1258.7	7.5	1251.2	437.56	842.6	-51.85	-353.19

8.2.3. Τύποι Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Στον Πίνακα 8.2.6 παρουσιάζονται τα αιολικά πάρκα του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας και ο τύπος των ανεμογεννητριών τους. Σημειώνεται ότι στο στιγμιότυπο ελαχίστου έχει προστεθεί ένα αιολικό πάρκο στο ζυγό 42331 (Μαντούδι) ονομαστικής ισχύος 82,2 MW

Πίν. 8.2.6. Αιολικά Πάρκα και τύπος Α/Γ που χρησιμοποιούν

BUS	NAME	ΤΥΠΟΣ Α/Γ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ				ΑΓΝΩΣΤΟΣ
		A	B	Γ	Δ	
10631	ALEXANDR	-3	0	0	0	
10731	KECHROS	-62,5	0	0	0	
10735	N, SANTA					-212,5
11231	KERVEROS	-31,20	0	0	0	
11232	SAPKA					-60,2
11331	PATRIAR	-40,30	0	0	0	
11336	XAN8H_1	0	0	0	-30,00	
12931	SIDHR/RO	0	0	-19,00	0	
13231	DRA_1	0	0	0	-19,80	
14231	KILKIS	0	0	-10,00	0	
14331	AXIOUPOL	0	0	-10,30	0	
15731	MAGIKO	0	0	-9,50	0	
19231	NEVROKOP	0	0	-12,00	0	
21731	ANEMOS	0	0	-28,90	0	
32831	STULIDA	0	0	-17,00	0	
32931	MAG2	0	0	-33,00	0	
35331	KALAMPAK	0	0	-3,90	0	
40131	BOIWZIA1	0	0	-25,50	0	
40231	LARUMNA	0	0	-44,60	0	
40431	PTWON WF	0	0	-42,00	0	
40531	KORWNEIA	0	0	-48,00	0	
41031	BOIWZIA2	0	0	-36,00	0	
41231	GATZA WF	0	0	-43,70	0	
41831	BOIWZIA3	0	0	-29,70	0	
42031	BOIWZIA4	0	0	-27,90	0	
42231	YACNA	0	0	-15,30	0	
42730	POLYPOTA					-28,4
42731	POLYPOTA	-12,00	0	0	0	
42931	ARGUROS	-17,4	-21,4	0	0	
43131	MURTIA_R	-34,8	0	-24	0	
43231	HLIOLOUS	-16,40	0	0	0	
43331	EYBOIA1	0	0	-44	0	
43431	EYBOIA2	0	0	-53,3	0	
43631	EYBOIA3	0	0	-127	0	
43731	EYBOIA4	0	0	-47,8	0	
43831	EYBOIA5	0	0	-54,8	0	

43931	KARUSTOS	-30,4	-7,8	-10,2	-1,2	
44131	EYBOIA6	0	0	-18,2	0	
44731	EYBOIA7	0	0	0	-77,7	
45131	EYBOIA09	0	0	-35,05	-5,4	
45231	AMARYNT	0	0	-21,60	0	
45531	LEIBADI	-41,60	0	0	0	
47936	BOI F8IWT	0	0	-30,00	0	
48831	XLWMO_2	0	0	-44,20	0	
48931	XLWMO_1	0	0	-44,20	0	
50231	KALLISTI					-15,5
54631	ATTIKA1	0	0	-23,00	0	
54731	MARKOPOU	0	0	-9,40	0	
57331	MEGARA	0	0	-15,50	0	
60331	ARGOL_4	0	0	0	-18,40	
60531	MEQANA	0	0	0	-31,50	
60632	KORIN_1					-29,7
60641	TROIZHNA	0	0	-40,00	0	
61131	DORIZA_1	0	0	-18,3	-40	
61132	DORIZA_2	0	0	-42,00	0	
61331	AXLADC_2	0	0	-11,60	0	
61631	MOLAOI	0	0	-30,00	-30,2	
63031	AXLADOC_1	0	0	-30,00	0	
63131	DIDYMA	0	0	-36,00	0	
63231	ARGOL_3	0	0	-50,00	0	
63331	PANAXAIK	0	0	-48,50	0	
63431	AHAIA_2	0	0	-22,10	0	
63531	LAKWNIA2	0	0	-13,2	-6,6	
63631	LAKWNIA1	0	0	-35,00	0	
63731	ARKADIA1	0	0	-28,50	0	
63831	AHAIA_3	0	0	-39,60	0	
65531	PULOS	0	0	-6,80	0	
65931	MESSIN_1	0	0	-22,50	0	
71231	AIT_1	0	0	-18,90	0	
71331	AIT_2	0	0	-24,00	0	
71531	FOKIDA_1	0	0	-25,20	0	
71631	AIT_3	0	0	-16,20	0	
71731	FOKIDA_2	0	0	-18,00	0	
71831	FOKIDA_3	0	0	0	-20,00	
72631	EURYTANI	0	0	-109,80	0	
75021	BOIWZIA6					-41,4
75031	DISTOMO					-27,9
82041	DAFNOZ WF	0	0	-14,90	0	
82131	ARGOSTOL	0	0	0	-10,20	
82431	KEF_2					-37,40
82531	KEF_1	0	0	-30,00	0	
82731	LEUKADA1	0	0	-39,10	0	
83331	ANTIRRIO	0	0	0	-25,20	
73431	HY_KARP	0	0	-20,10	0	
14241	KILKIS_2	0	0	-40,00	0	

59631	WF_AG,GE	0	0	-45,00	0	
20131	GREBENA 2	0	0	-20,40	0	
82931	ΑΙΤ 4	0	0	-38,00	0	
27041	KOZANH 2	0	0	-38,00	0	
42331	MANTOUDI	0	0	0	0	82.2

Στον Πίνακα 8.2.7 δίδονται όλες οι ΑΠΕ πλην των αιολικών πάρκων.

Πίν. 8.2.8. ΑΠΕ (πλην αιολικών)

Ζυγός Σύνδεσης	P (MW)	Q(MVAr)	Τύπος
13831	-4	1,315	CP
14131	-13,2	4,339	CP
15531	-5,28	1,735	HY
17931	-9,2	3,024	CP
18131	-2	0,657	CP
18231	-3,92	1,288	CP
32131	-1,6	0,526	HY
32531	-3,6	1,183	HY
35531	-3,2	1,052	HY
36431	-8	2,629	HY
58131	-6,24	2,051	BI
62631	-20,96	6,889	BI
62731	-4	1,315	BI
65131	-5,28	1,735	HY
68031	-6,72	2,209	HY
73331	-1,44	0,473	HY
82031	-6,88	2,261	HY
82032	-11,92	3,918	HY
84431	-1,52	0,5	HY
85131	-15,04	4,943	HY
85531	-3,36	1,104	HY
87731	-10,4	3,418	HY

8.3. Ανάλυση Ευστάθειας Συστήματος σε Βραχυκυκλώματα

Η μελέτη αυτή έχει στόχο την ανάλυση της μεταβατικής ευστάθειας για συγκεκριμένες διαταραχές (συμμετρικά τριφασικά βραχυκυκλώματα με χρόνο εκκαθάρισης 100 ms) στους ζυγούς 400 kV των κάτωθι ΚΥΤ: Φιλίππων, Ν. Σάντας, Καρδιάς, Παλλήνης, Λαυρίου, Μεγαλόπολης, Αράχθου, Αλιβερίου.

8.3.1 Μοντελοποίηση δυναμικών χαρακτηριστικών του Συστήματος

Για τη μοντελοποίηση της δυναμικής συμπεριφοράς του Συστήματος χρησιμοποιήθηκε το αρχείο "2006_2010.dyr" που περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά των γεννητριών και τις παραμέτρους των ρυθμιστών στροφών και τάσης. Η διασύνδεση με την Π.Γ.Δ.Μ. μοντελοποιήθηκε ως σύγχρονη γεννήτρια μεγάλης ονομαστικής ισχύος και υψηλής ροπής αδράνειας.

8.3.1.1 Τροποποιήσεις στις Παραμέτρους των Μονάδων

Για λόγους συμβατότητας με το πρόγραμμα προσομοίωσης στο πεδίο του χρόνου έγιναν οι ακόλουθες τροποποιήσεις στα χαρακτηριστικά κάποιων από τις γεννήτριες του συστήματος:

- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 12487 τροποποιήθηκε από 0,17 αμ σε 0,213 αμ
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 12587 τροποποιήθηκε από 0,17 αμ σε 0,213 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 12687 τροποποιήθηκε από 0,17 αμ, σε 0,213 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 25587 τροποποιήθηκε από 0,05 αμ, σε 0,105 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 59177 τροποποιήθηκε από 0,168 αμ, σε 0,191 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 59397 τροποποιήθηκε από 0,135 αμ, σε 0,151 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 59497 τροποποιήθηκε από 0,135 αμ, σε 0,151 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 58377 τροποποιήθηκε από 0,17 αμ, σε 0,201 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 58378 τροποποιήθηκε από 0,168 αμ, σε 0,201 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 44677 τέθηκε ίση με 0,13 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 44678 τέθηκε ίση με 0,13 αμ,
- Η παράμετρος X''_q της μονάδας 44687 τέθηκε ίση με 0,13 αμ,

8.3.2 Μοντελοποίηση Φορτίων

Τα φορτία παριστάνονται από μια μη γραμμική εξίσωση που είναι συνάρτηση της τάσης και της συχνότητας όπως φαίνεται και από την εξίσωση (8.3.1).

$$P = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^a \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^c$$

$$Q = Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^b \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^d$$

(8.1)

όπου:

P : Η ενεργός ισχύς

P_0 : Η ονομαστική ενεργός ισχύς

Q : Η άεργος ισχύς

Q_0 : Η ονομαστική άεργος ισχύς

U : Η τάση του ζυγού του φορτίου

U_0 : Η ονομαστική τάση του ζυγού του φορτίου

ω : Η συχνότητα του δικτύου

ω_0 : Η ονομαστική συχνότητα του δικτύου

a,b,c,d: Παράμετροι που καθορίζονται από τον τύπο του φορτίου

Στην περίπτωση που μελετούμαι, χρησιμοποιείται μονογραμμική αναπαράσταση του δικτύου. Τα φορτία μοντελοποιούνται βάση της παραπάνω εξίσωσης και οι τιμές των παραμέτρων δίδονται από τον πίνακα 8.3.1

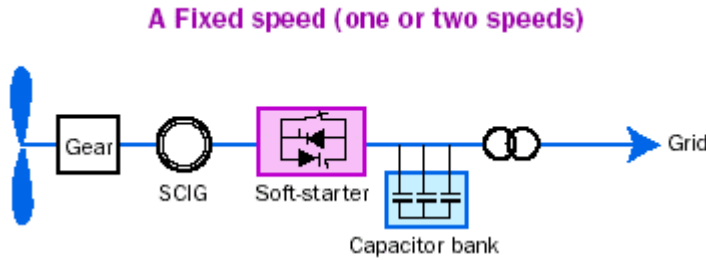
Πίν. 8.3.1. Τιμές παραμέτρων a,b,c,d

Παράμετρος	Τιμή
A	2
B	2
C	0
D	0

8.3.3 Μοντελοποίηση αιολικών πάρκων

Οι ανεμογεννήτριες που χρησιμοποιούνται στα αιολικά πάρκα διαχωρίζονται σε 4 τύπους (Α, Β, Γ και Δ) οι οποίοι αναλύονται παρακάτω.

8.3.3.1 Τύπος Α: Α/Γ σταθερών στροφών



European market share (cum): 30%.

Σχήμα 8.3.1. Α/Γ σταθερών στροφών

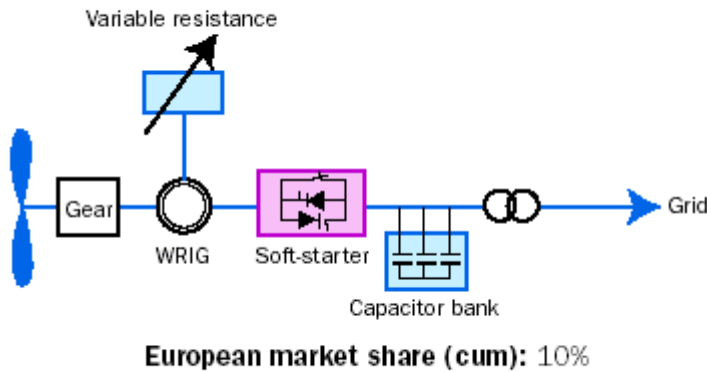
Παρουσιάστηκαν στην αγορά στις αρχές της δεκαετίας του '80. Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο είδος της προηγούμενης «γενιάς» Α/Γ, το οποίο συνδυάζει απλότητα και στιβαρότητα με ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ο δρομέας κινείται από την έλικα μέσω κιβωτίου ταχυτήτων, ενώ ο στάτης είναι απευθείας συνδεδεμένος στο δίκτυο.

Χρησιμοποιείται απλή μηχανή επαγωγής, συνήθως τύπου κλωβού (SCIG), ως γεννήτρια συνδεδεμένη απευθείας στο δίκτυο. Οι Α/Γ αυτές θεωρούνται σταθερών στροφών επειδή η ταχύτητα περιστροφής των μηχανών επαγωγής, αν και μεταβάλλεται με το σημείο λειτουργίας, είναι πολύ κοντά στη σύγχρονη ταχύτητα (η ολίσθηση είναι μόλις 1%-2%). Προκειμένου να «ταιριάζει» η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα της γεννήτριας επαγωγής με την (χαμηλή) ταχύτητα περιστροφής του ανεμοκινητήρα χρησιμοποιείται μειωτήρας στροφών (κιβώτιο ταχυτήτων – Gear Box). Συνήθως οι Α/Γ σταθερών στροφών διαθέτουν ανεμοκινητήρα τύπου stall (passive stall), δηλ, με πτερύγια σταθερής γεωμετρίας, η αεροδυναμική σχεδίαση των οποίων περιορίζει τη μηχανική ισχύ κοντά στην ονομαστική της τιμή στις υψηλές ταχύτητες ανέμου. Καθώς οι μηχανές επαγωγής καταναλώνουν άεργο ισχύ,

χρησιμοποιούνται πυκνωτές αντιστάθμισης του συντελεστή ισχύος (Capacitor Bank), Υπάρχουν σε δύο τύπους «μονής» και «διπλής» ταχύτητας (one or two speeds). Η λειτουργία διπλής ταχύτητας έχει καλύτερη απόδοση και μικρότερη παραγωγή θορύβου σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου.

8.3.3.2 Τύπος Β: Α/Γ μεταβλητής αντίστασης δρομέα

B Limited variable speed

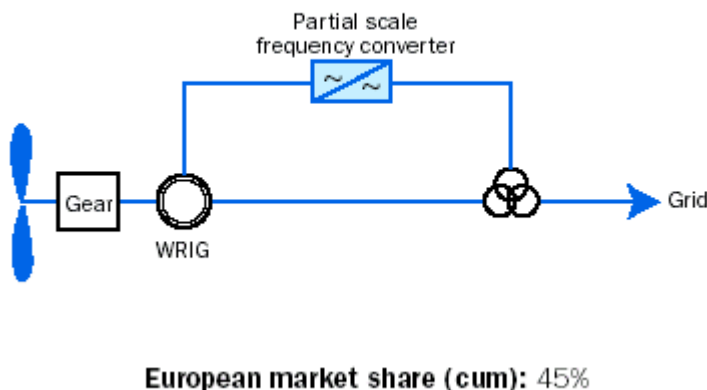


Σχήμα 8.3.2. Α/Γ μεταβλητής αντίστασης δρομέα

Η Α/Γ εφοδιασμένη με γεννήτρια επαγωγής τυλιγμένου δρομέα (WRIG). Σε αυτού του είδους ανεμογεννήτριας η αντίσταση του δρομέα μπορεί να μεταβληθεί πρακτικά ακαριαία με χρήση ηλεκτρονικών ισχύος. Με αυτό τον τρόπο, η ταχύτητα του δρομέα μπορεί να πάρει τιμές μέχρι και $\pm 10\%$ της σύγχρονης.

8.3.3.3 Τύπος Γ: Α/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης

C Improved variable speed with DFIG

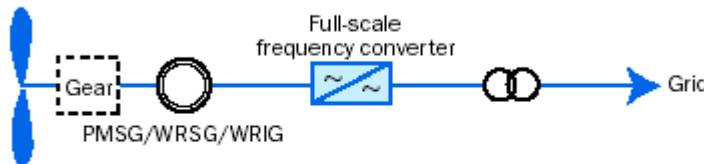


Σχήμα 8.3.3. A/Γ μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης

Αυτός ο τύπος είναι ο πιο διαδεδομένος καθώς συνδυάζει πολλά πλεονεκτήματα. Η μηχανή επαγωγής είναι τυλιγμένου δρομέα με το στάτη απευθείας συνδεδεμένο στο δίκτυο, ενώ το τριφασικό τύλιγμα του δρομέα συνδέεται μέσω ενός μετατροπέα ηλεκτρονικών ισχύος AC/DC/AC. Το 40% της ισχύος περνάει μέσα από το μετατροπέα και το υπόλοιπο μέσω του αντιστροφέα διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο. Καθώς μόνο ένα μέρος της ισχύος περνά από το μετατροπέα (περίπου το 40%), ο μετατροπέας είναι μικρότερος, άρα και πιο οικονομικός σε σχέση με ένα πλήρη. Έτσι η ταχύτητα της γεννήτριας μπορεί να ποικίλει έως και 40% από την σύγχρονη ταχύτητα. Υπάρχει δυνατότητα ανεξάρτητου ελέγχου της ενεργού και άεργου ισχύος. Επομένως, σε αντίθεση με τις A/Γ σταθερών στροφών, σε μια A/Γ μεταβλητών στροφών με μηχανή επαγωγής διπλής τροφοδότησης με δεδομένη τερματική τάση, η ενεργός ισχύς δεν ορίζει μονοσήμαντα την ταχύτητα περιστροφής και την άεργο ισχύ. Υπάρχει η δυνατότητα για τη λειτουργία της μηχανής με ένα συγκεκριμένο συντελεστή ισχύος, αλλά μπορεί και να πραγματοποιηθεί έλεγχος της τάσης. Όπως και στις απλές γεννήτριες επαγωγής χρησιμοποιείται μειωτήρας στροφών. Συνήθως οι A/Γ αυτού του είδους χρησιμοποιούν έλεγχο της γωνίας βήματος των πτερυγίων για τον περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου.

8.3.3.4 Τύπος Δ: A/Γ μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα

D Variable speed with full-scale frequency converter



European market share (cum): 15%

Σχήμα 8.3.4 .A/Γ μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα

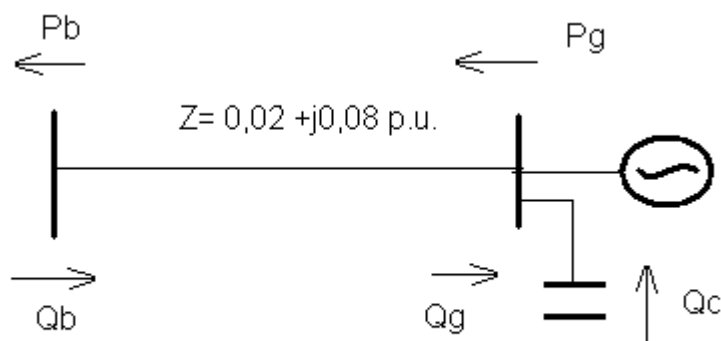
Μπορεί να είναι εφοδιασμένη με

- σύγχρονη πολυπολική γεννήτρια, χωρίς κιβώτιο ταχυτήτων με
 - τύλιγμα πεδίου (WRSG)
 - μόνιμων μαγνητών (PMSG)
- μηχανή επαγωγής τυλιγμένου δρομέα
 - τυλιγμένου δρομέα (WRIG)
 - τύπου κλωβού (SCIG)

Ο στάτης συνδέεται στο δίκτυο μέσω ενός μετατροπέα πλήρους ισχύος. Με το να είναι τελείως απομονωμένη από το δίκτυο μπορεί να λειτουργεί σε ένα πολύ μεγάλο εύρος ταχυτήτων. Όπως και στην περίπτωση της Α/Γ με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης, υπάρχει επιλογή μεταξύ λειτουργίας σταθερού συντελεστή ισχύος ή ελέγχου της τάσης. Συνήθως οι Α/Γ αυτού του είδους χρησιμοποιούν έλεγχο της γωνίας βήματος των πτερυγίων για τον περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου.

8.3.4. Σύνδεση ΑΠΕ στο Δίκτυο

Τα αιολικά πάρκα εμφανίζονται απ' ευθείας συνδεδεμένα στους ζυγούς του συστήματος μεταφοράς. Στην παρούσα ανάλυση θεωρείται ωστόσο ότι τα αιολικά πάρκα συνδέονται μέσω γραμμής μεταφοράς με αντίσταση 2% και αντίδραση 8% όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 8.3.5. Διασύνδεση Α/Γ στο δίκτυο

Οι ανεμογεννήτριες τύπου Α και Β μοντελοποιούνται ως ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών με απλή μηχανή επαγωγής. Για την μοντελοποίηση των μηχανών επαγωγής θεωρείται το ισοδύναμο κύκλωμά τους που έχει τις τιμές που φαίνονται στον πίνακα 3.2

Πίν. 8.3.2 Χαρακτηριστικά κυκλώματος των μηχανών επαγωγής

Αντίσταση στάτη	0,067 α.μ.
Αντίδραση στάτη	0,1 α.μ.
Αμοιβαία επαγωγή	3 α.μ.
Αντίσταση δρομέα	0,01 α.μ.
Αντίδραση δρομέα	0,13 α.μ.
Σταθερά αδράνειας	1,5 MW s/MVA

Η βάση ισχύος στην οποία αναφέρονται οι τιμές του πίνακα 3.2 δίνεται από τη σχέση (3.2)

$$S_B = \frac{P}{0,8}$$

(3.2)

όπου P είναι η ισχύς που αποδίδουν τα αιολικά πάρκα όπως δίδεται από τον πίνακα 8.2.6

Για τις ανεμογεννήτριες τύπου Α και Β λαμβάνεται υπόψη η προστασία υπερτάχυνσης (overspeed protection) που αποσυνδέει την ανεμογεννήτριας όταν η ολίσθησή της ξεπεράσει το 5%,.

Οι ανεμογεννήτριες τύπου Γ και Δ παριστάνονται ως σταθερές εγχύσεις ενεργού και άεργου ισχύος.

Υπολογίζεται η χωρητική αντιστάθμιση έτσι ώστε στο ζυγό του συστήματος μεταφοράς η ζήτηση άεργου ισχύος να συμπίπτει με αυτή που υποδεικνύεται από τα αρχεία

"MAX_28.12.2006_var_limits_ver26.raw".και " MIN_26.01.2007-
_var_Limits_v26.raw"

8.3.5. Μοντελοποίηση ΑΠΕ (πλην αιολικών)

Οι υπόλοιπες διασπαρμένες πηγές ενέργειας (μικρά υδροηλεκτρικά, βιομάζα, συνδυασμένη παραγωγή ενέργειας) μοντελοποιούνται ως σταθερές εγχύσεις ισχύος στο ζυγό των 150 kV.

8.3.6. Μοντελοποίηση Διασύνδεσης με Σύρο

Η Μοντελοποίηση της διασύνδεσης του ηπειρωτικού συστήματος με τη Σύρο, έγινε θεωρώντας η τάση στο ζυγό 46431 παραμένει σταθερή και ίση με 400kV μέσω έγχυσης αέργου ισχύος.

8.3.7. Προσομοίωση Διαταραχών

Οι διαταραχές που προσομοιώνονται είναι δίδονται από τον πίνακα 3.3

Πίν. 8.3.3. Θεωρούμενες Διαταραχές

Διαταραχή 1	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)
Διαταραχή 2	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)
Διαταραχή 3	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Καρδιά’ (23011)
Διαταραχή 4	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)
Διαταραχή 5	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Μεγαλόπολη’ (61011)
Διαταραχή 6	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αραχθος’ (88011)
Διαταραχή 7	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)
Διαταραχή 8	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος
Διαταραχή 9	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)

Η διάρκεια του βραχυκυκλώματος λαμβάνεται ίση με 100ms και θεωρείται αντίδραση σφάλματος ίση με 1% εκτός από τις διαταραχές 4 και 8 όπου η αντίδραση σφάλματος λαμβάνεται ίση με 2% (λόγω προβλημάτων σύγκλισης της μεθόδου που προκύπτουν με μικρότερη αντίδραση).

8.3.7.1. Αποτελέσματα για το Σενάριο Μεγίστου Φορτίου

Στο αρχείο results_max.xls παρουσιάζονται οι προ βραχυκυκλώματος τάσεις, οι ελάχιστες τιμές των τάσεων καθώς και οι τάσεις 50 δευτερόλεπτα μετά το βραχυκύκλωμα για όλους τους ζυγούς του συστήματος και για τις 9 περιπτώσεις διαταραχών στο σενάριο μεγίστου φορτίου. Παρατηρείται ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι τάσεις αποκαθίστανται σε μια τιμή κοντά στην τιμή πριν από το βραχυκύκλωμα. Στην Διαταραχή 1 και 2 λαμβάνει χώρα αποσύνδεση του αιολικού πάρκου στο ζυγό N. SANTA (Νέα Σάντα) λόγω υπερτάχυνσης και αποσυγχρονισμού.

Εξετάζεται η εμφάνιση χαμηλών τάσεων στις ανεμογεννήτριες. Ο πίνακας 3.5 δείχνει τις ανεμογεννήτριες των οποίων η τάση πέφτει κάτω από 0,8 α.μ. για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 100ms.

Πιν. 8.3.5. Αιολικά πάρκα με τάση κάτω από 80% για 100 ms

	Αιολικό Πάρκο		Αιολικό Πάρκο		Αιολικό Πάρκο
Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Φίλλιποι')		Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Καρδιά')	ANEMOS	Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Αλιβέρι')	KARUSTOS
	ALEXANDR				EYBOIA6
	MAGIKO	Διαταραχή 4 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Λαύριο')	XLWMO_1		EYBOIA7
	NEVROKOP		KALLISTI		EYBOIA09
	ANEMOS	Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT	PATRIAR		AMARYNT
	STULIDA		XANTHI_1		LEIBADI
	MAG2		ARKADIA1		BOI_F8IWT
	KALAMPAK		AHAIA_3		XLWMO_2
	BOIWTIA1		PULOS		ATTIKA1
	LARUMNA		MESSIN_1		

	PTOWON_WF	‘Μεγαλόπολη’	AIT_1	(Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου- Παλλήνης)	MARKOPOU
	KORWNEIA		AIT_2		MEGARA
	BOIWTIA2		FOKIDA_1		ARGOL_4
	GATZA_WF		AIT_3		MEQANA
Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’)	BOIWTIA3	Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Άραχθος’)	FOKIDA_2	Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’)	KORIN_1
	ALEXANDR		FOKIDA_3		XLWMO_1
	MAGIKO		EURYTANI		KALLISTI
	NEVROKOP		BOIWTIA6		ARGOL_4
	ANEMOS		DISTOMO		XLWMO_1
	STULIDA		DAFNOZ_WF		
	MAG2		ARGOSTOL		
	KALAMPAK		DRA_1		
	BOIWTIA1		KILKIS		
	LARUMNA		AXIOUPOL		
	PTOWON_WF		AIT_3		
	KORWNEIA		FOKIDA_2		
	BOIWTIA2		DISTOMO		
	GATZA_WF		KOZANH_2		
	BOIWTIA3				

Στον Πίνακα 8.3.6. φαίνονται τα αιολικά πάρκα που παρουσιάζουν ελάχιστες τιμές τάσεις κάτω από 0,7 α.μ.

Πιν. 8.3.6. Αιολικά πάρκα με τάση κάτω από 0,7 α.μ.

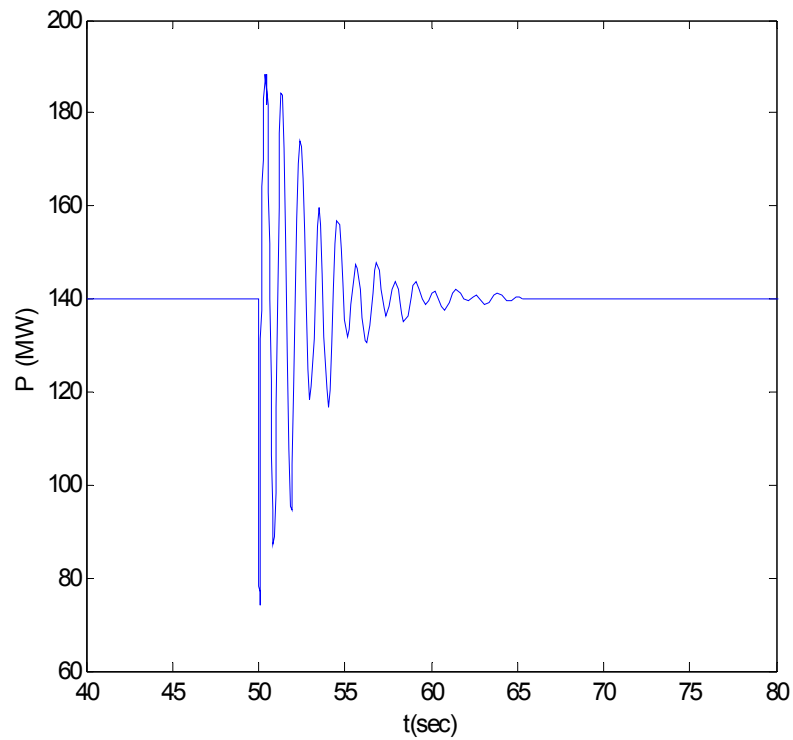
	Αιολικό Πάρκο	Αρχική Τάση	Ελάχιστη τάση
Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’)	ALEXANDR	0,997513	0,657195
	KECHROS	1,012814	0,475518
	N. SANTA	1,024299	0,221618
	KERVEROS	1,018393	0,479767
	SAPKA	1,01396	0,472608
	PATRIAR	1,012302	0,481699
	XANTHI_1	1,016672	0,648093
	SIDHR/RO	0,994148	0,620098
	DRA_1	1,028208	0,650885
	KILKIS	1,018527	0,656538
	AXIOUPOL	0,997257	0,641602
	MAGIKO	0,999057	0,635531
	NEVROKOP	1,012561	0,612233

	KILKIS_2	1,016657	0,645774
Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα')	ALEXANDR	0,997513	0,665297
	KECHROS	1,012814	0,4081
	N. SANTA	1,024299	0,138098
	KERVEROS	1,018393	0,403676
	SAPKA	1,01396	0,401952
	PATRIAR	1,012302	0,415902
Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Καρδιά')	N. SANTA	1,024299	0,624414
Διαταραχή 4 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Λαύριο')			
Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Μεγαλόπολη')	DORIZA_1	1,032909	0,610657
	DORIZA_2	1,033567	0,623384
	MOLAOI	1,013159	0,669226
	ARGOL_3	1,022681	0,600973
	PANAXAIK	1,020887	0,61132
	AHAIA_2	1,007126	0,624674
	LAKWNIA2	1,01473	0,682543
	LAKWNIA1	1,014322	0,683216
	ARKADIA1	1,015518	0,694272
	AHAIA_3	1,023681	0,619842
	PULOS	1,027267	0,631047
	MESSIN_1	1,026333	0,624857
	ARGOSTOL	1,003015	0,682453
	ANTIRRIO	1,021385	0,687584
Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Αραχθος')	DAFNOZ_WF	1,049647	0,601245
	ARGOSTOL	1,003015	0,650748
	KEF_2	1,019833	0,633544
	KEF_1	1,02	0,635196
	LEUKADA1	1,030054	0,629055
	AIT_4	1,03288	0,636224
Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι')	YACNA	1,008407	0,670061
	POLYPOTA	1,020993	0,5762
	ARGUROS	1,024485	0,530982
	MURTIA_R	1,020296	0,548316
	HLIOLOUS	1,018946	0,605723
	EYBOIA1	1,029023	0,486326
	EYBOIA2	1,02786	0,47331
	KARUSTOS	1,014116	0,646089
	EYBOIA7	1,026599	0,690222
	EYBOIA09	1,029049	0,484123
AMARYNT	1,024889	0,540093	

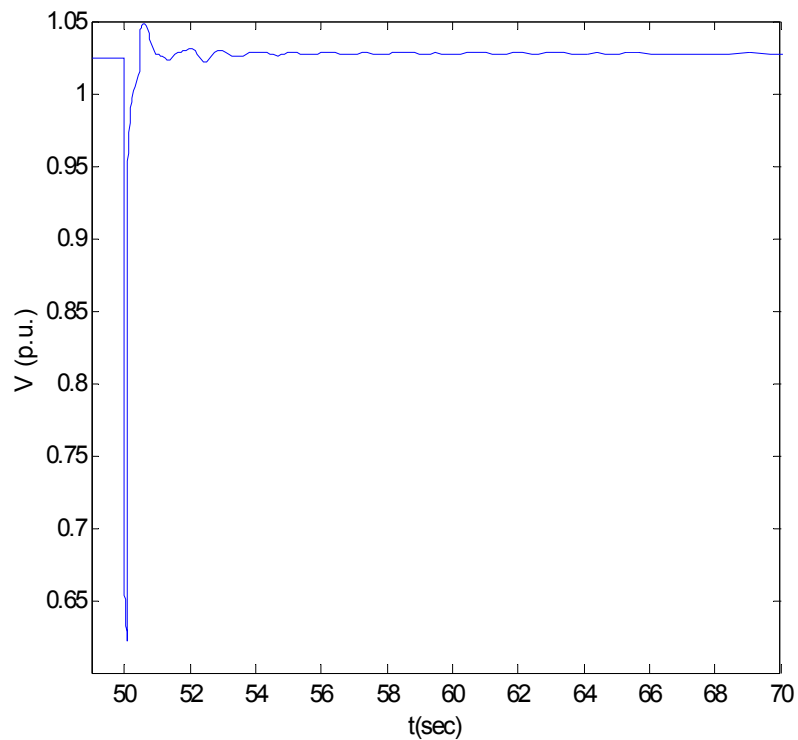
<p>Διαταραχή 8 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου- Παλλήνης)</p>			
<p>Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’)</p>			

Στα σχήματα 8.3.6 έως 8.3.40 φαίνονται οι τάσεις σε επιλεγμένους ζυγούς του συστήματος καθώς και οι παραγωγές κάποιων μονάδων και η ολίσθηση ανεμογεννητριών

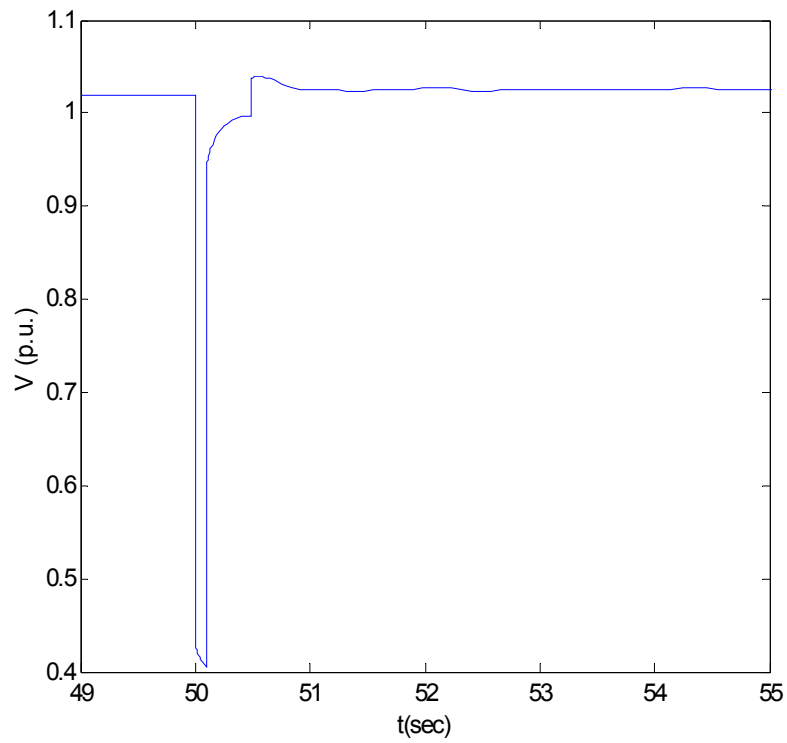
8.3.7.1.1. Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Φίλλιποι')



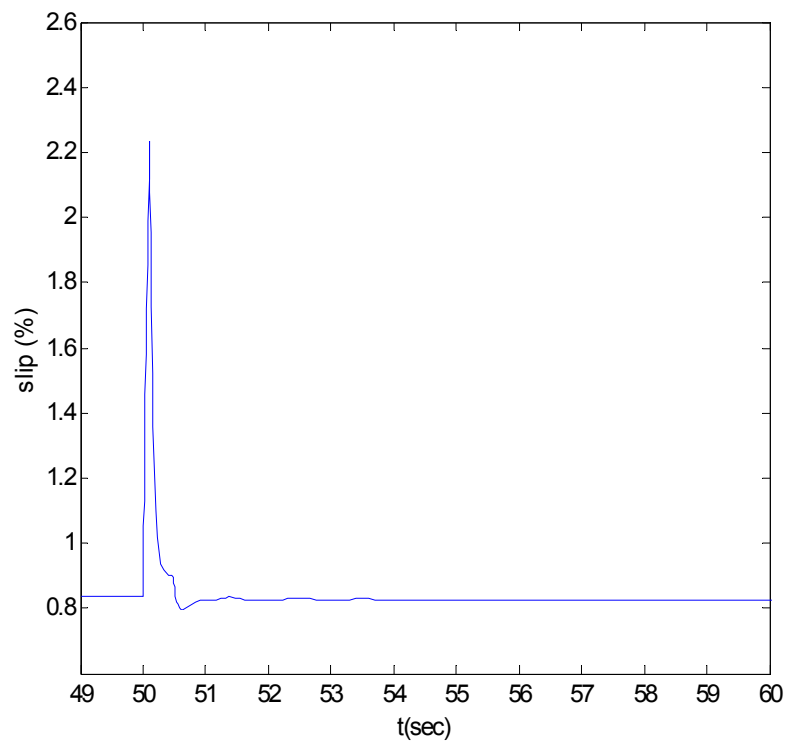
Σχήμα 8.3.6. Παραγωγή γεννήτριας KOMOT G1 (12487)



Σχήμα 8.3.7. Τάση ζυγού FILLIP T (11935)

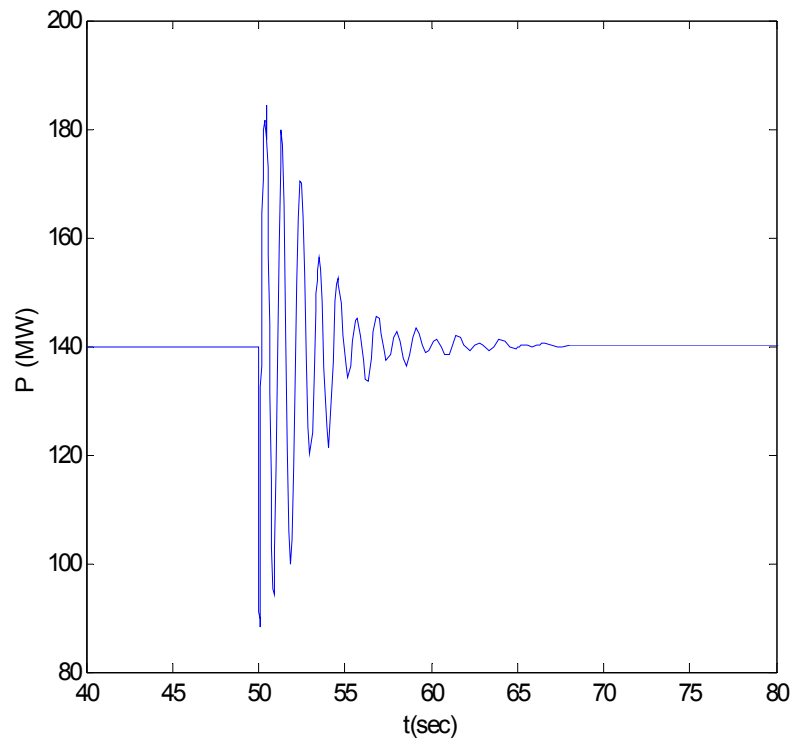


Σχήμα 8.3.8. Τάση ζυγού FILLIPOI (12011)

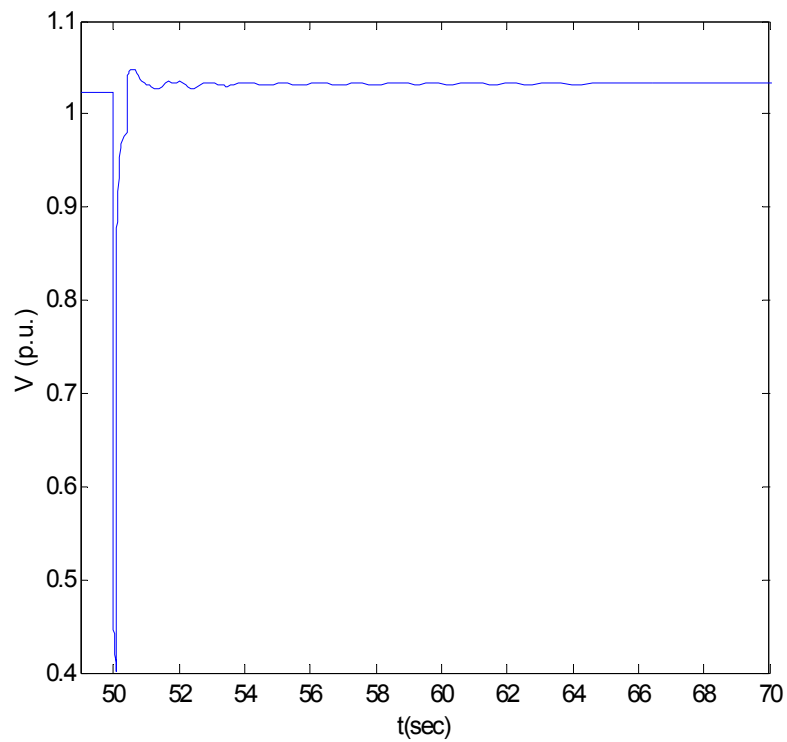


Σχήμα 8.3.9. Ολίσθηση Α/Γ PATRIAR

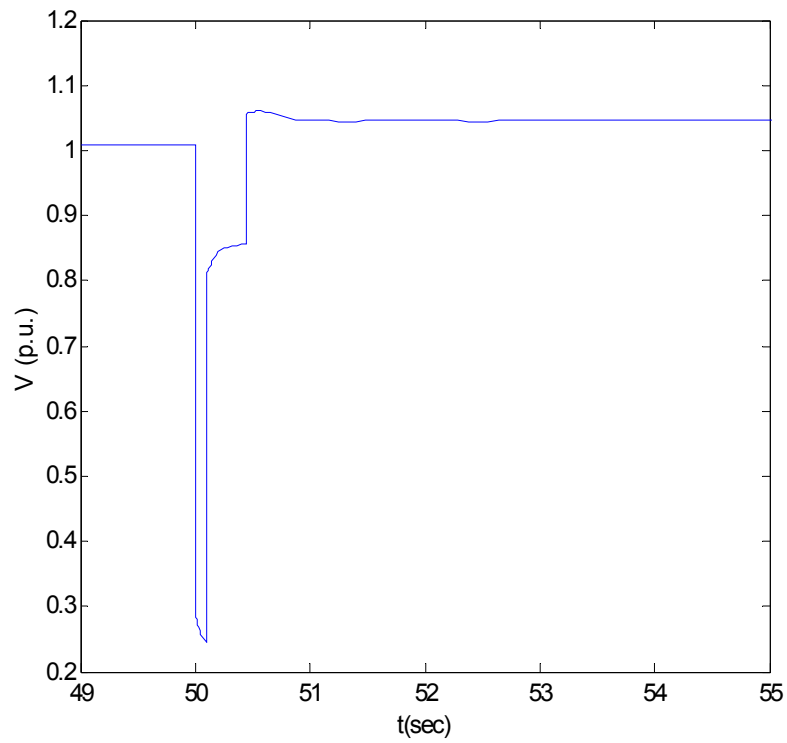
8.3.7.1.2. Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’)



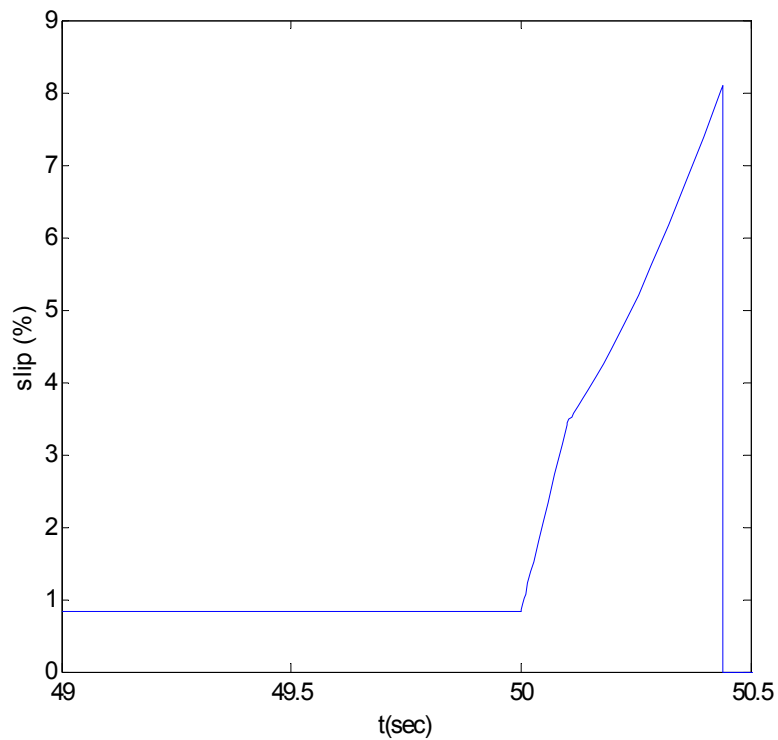
Σχήμα 8.3.10. Παραγωγή γεννήτριας KOMOT G1 (12487)



Σχήμα 8.3.11. Τάση ζυγού N. SANTA (10732)

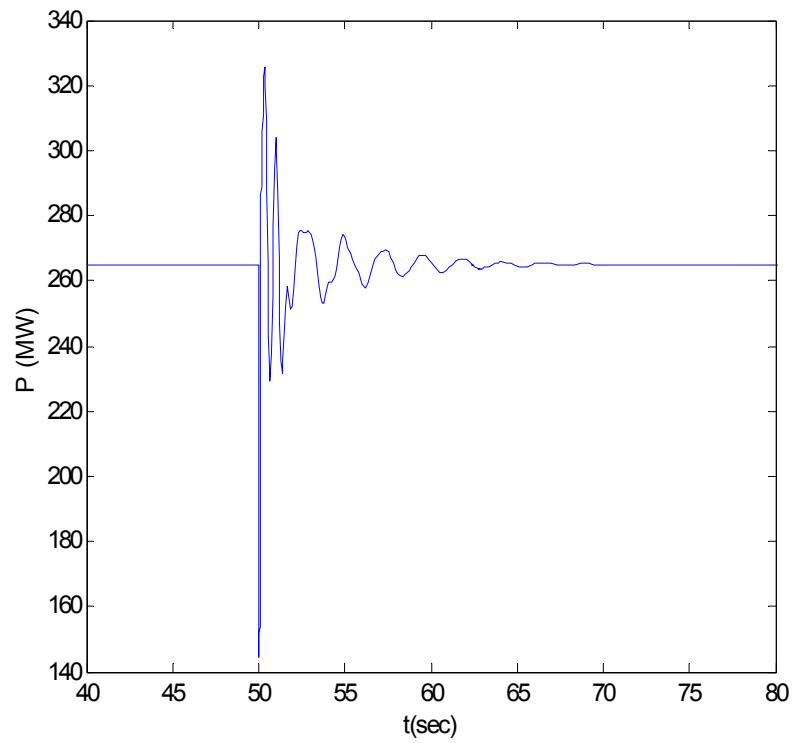


Σχήμα 8.3.12. Τάση ζυγού N. SANTA (10735)

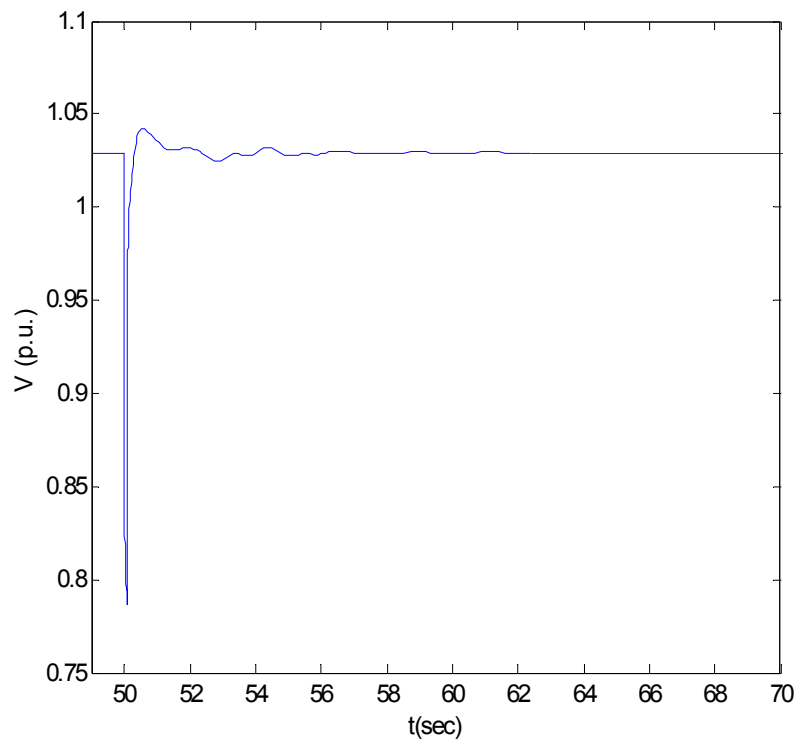


Σχήμα 8.3.13. Ολίσθηση Α/Γ N. SANTA

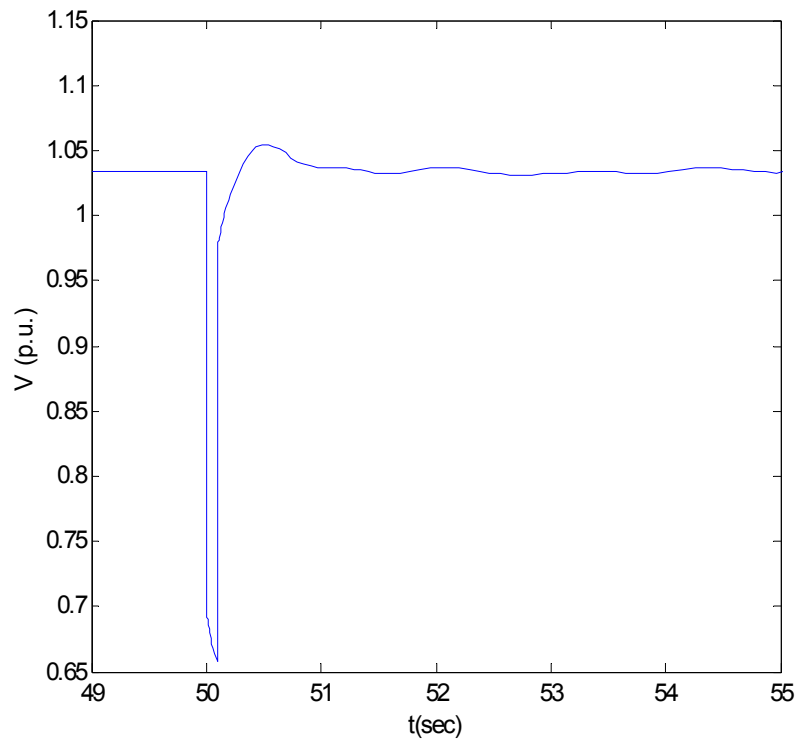
8.3.7.1.3. Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Καρδιά')



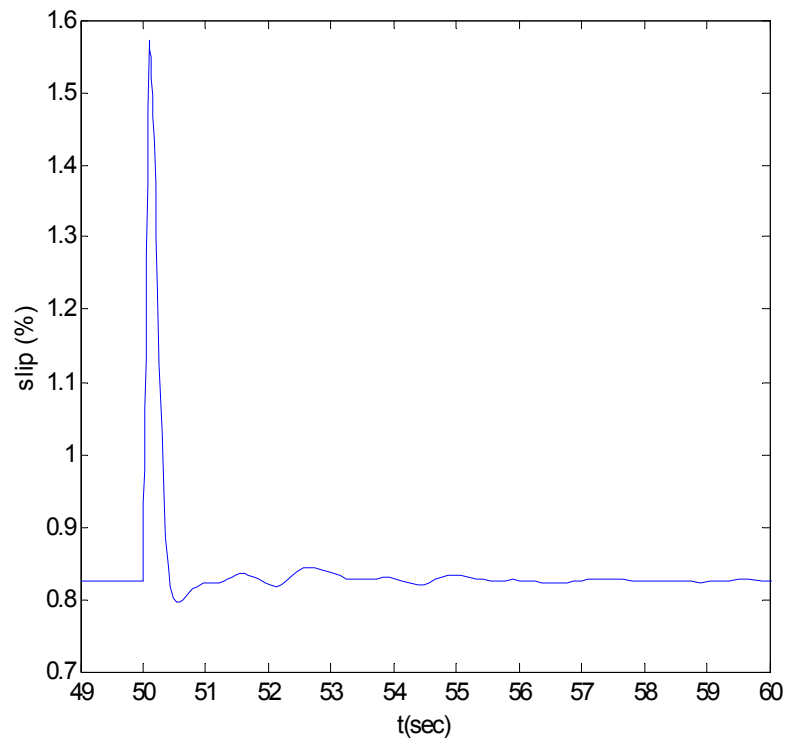
Σχήμα 8.3.14. Παραγωγή γεννήτριας KARD G1 (23177)



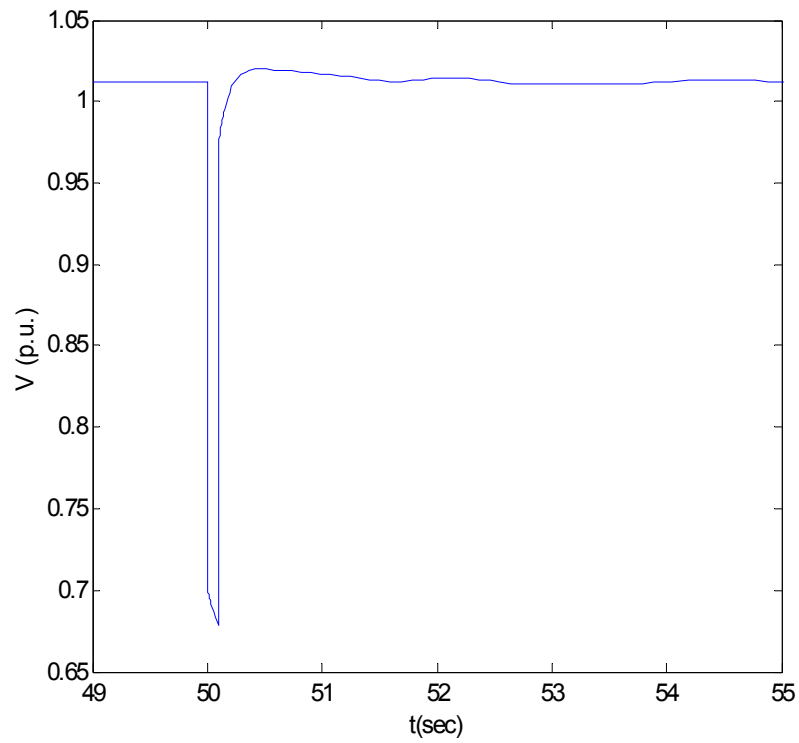
Σχήμα 8.3.15. Τάση ζυγού KARDIA (24031)



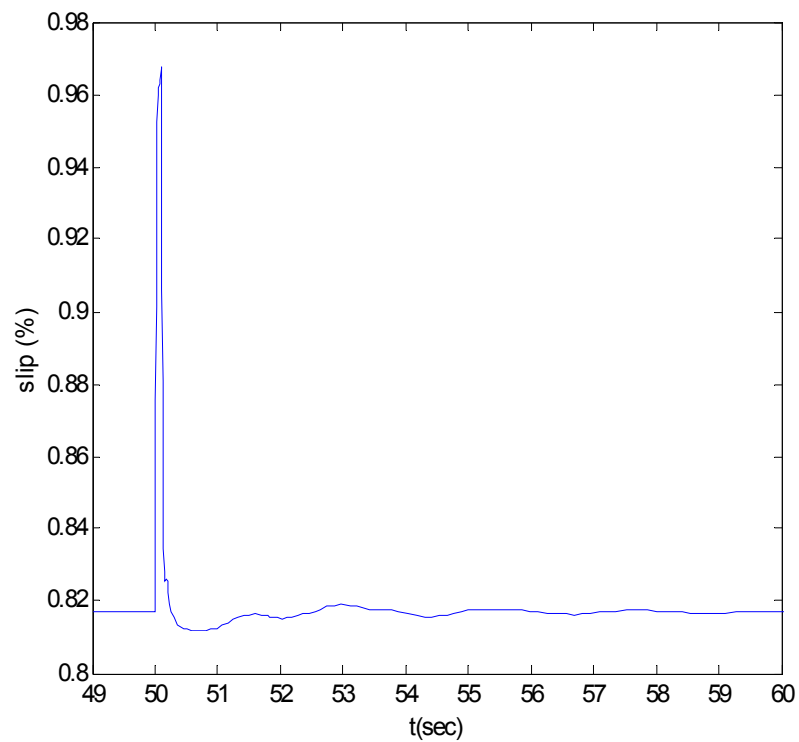
Σχήμα 8.3.16. Τάση ζυγού KARDIA K (23011)



Σχήμα 8.3.17. Ολίσθηση Α/Γ N. SANTA

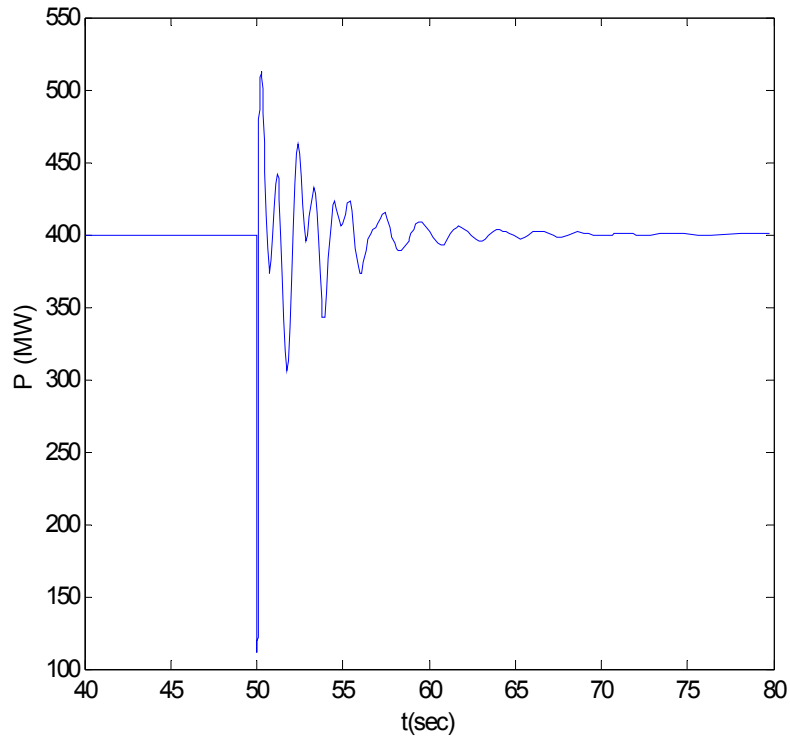


Σχήμα 8.3.20. Τάση ζυγού LAURIO (59011)

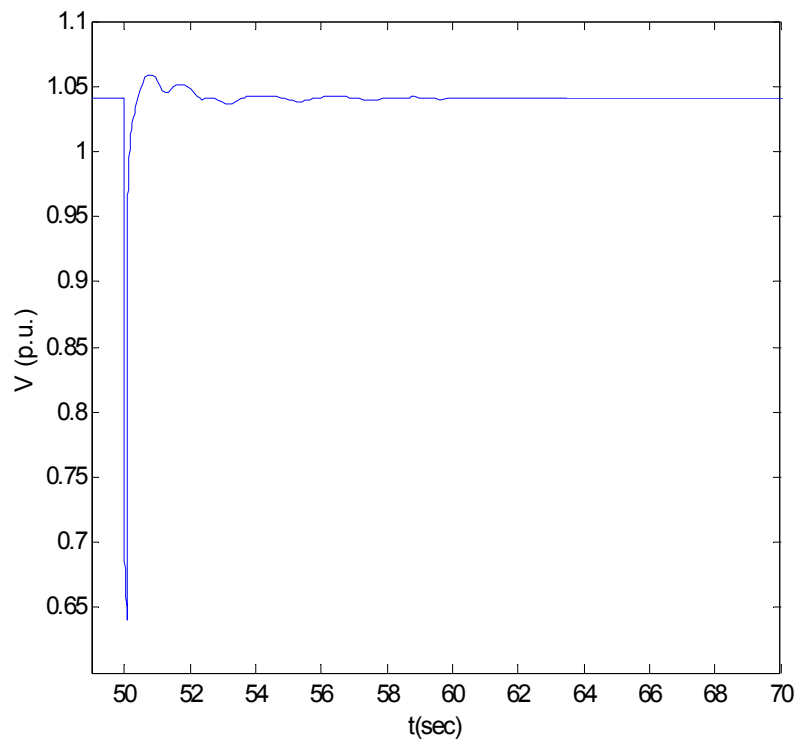


Σχήμα 8.3.21. Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

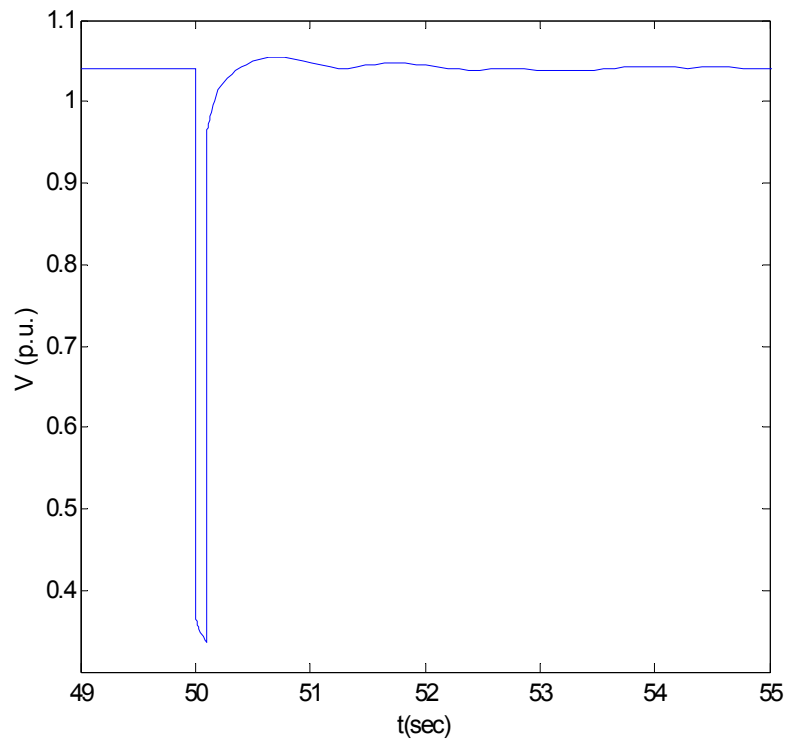
8.3.7.1.5. Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Μεγαλόπολη’)



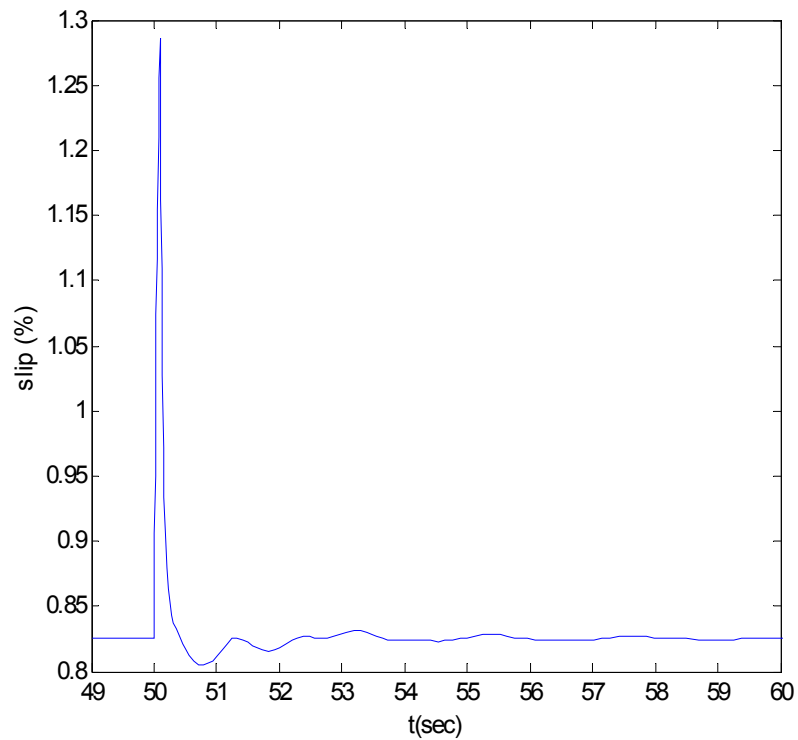
Σχήμα 8.3.22. Παραγωγή γεννήτριας MEGAL G5 (61077)



Σχήμα 8.3.23. Τάση ζυγού MEG.1 TES (61031)

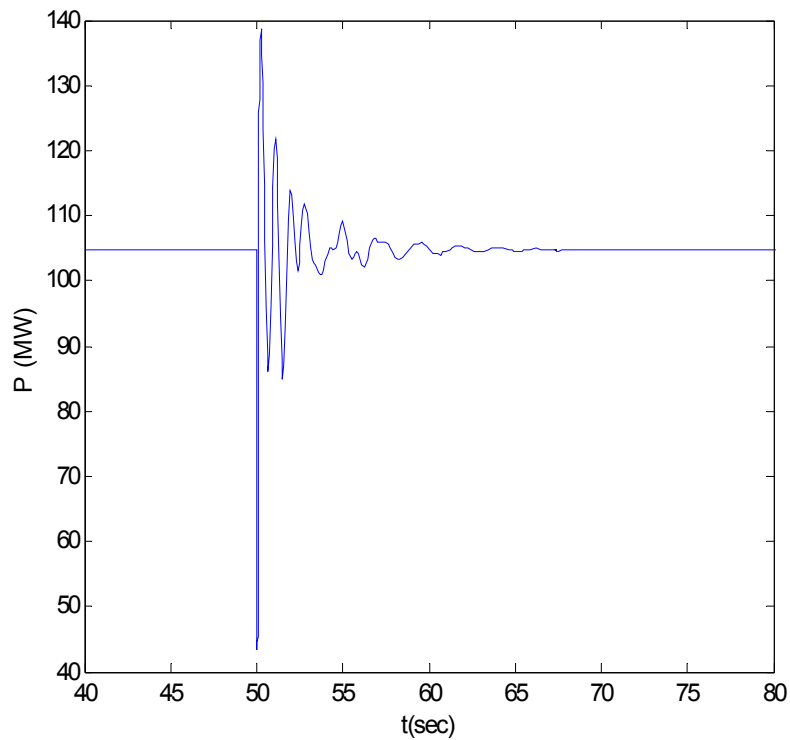


Σχήμα 8.3.24. Τάση ζυγού K_MEGALO (61011)

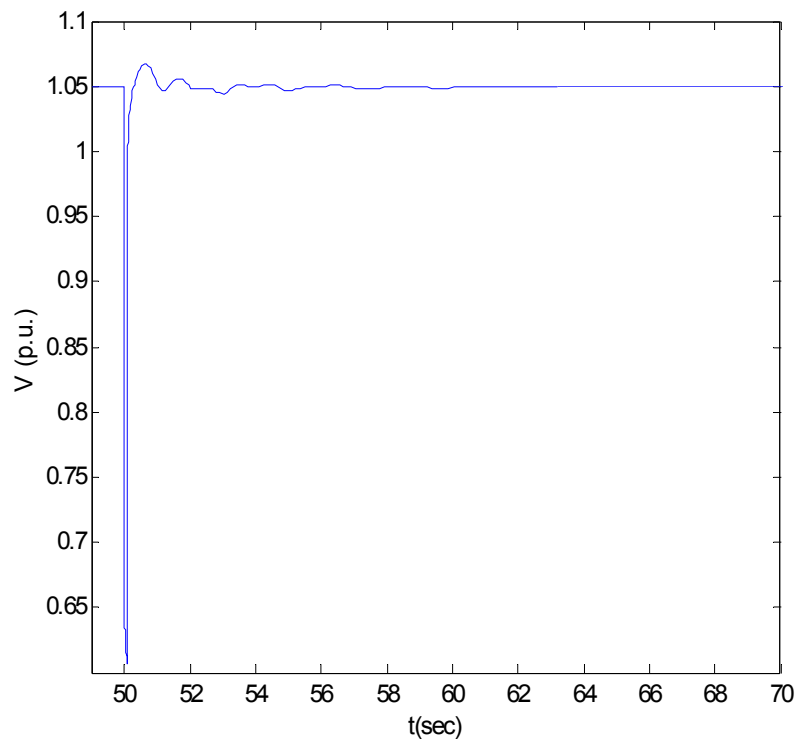


Σχήμα 8.3.25. Ολίσθηση Α/Γ KORIN_1

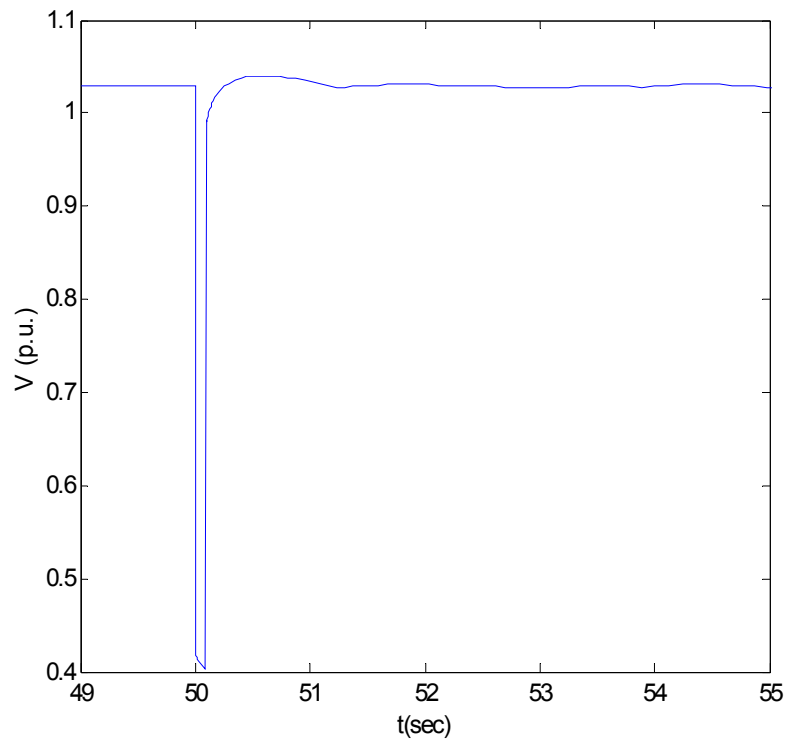
8.3.7.1.6. Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Αραχθος')



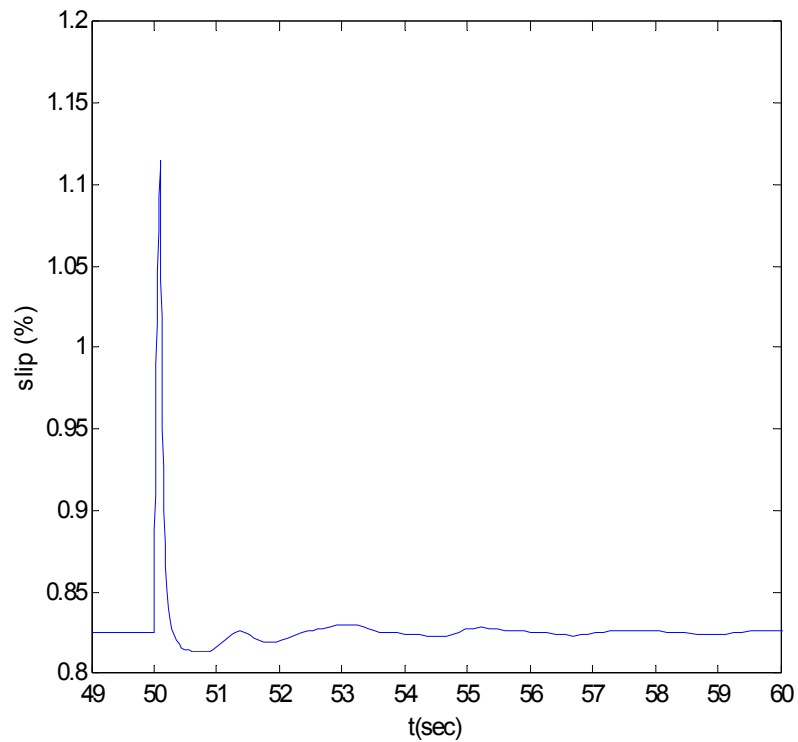
Σχήμα 8.3.26. Παραγωγή γεννήτριας AWOS G1 (84587)



Σχήμα 8.3.27. Τάση ζυγού KARACQOU (80031)

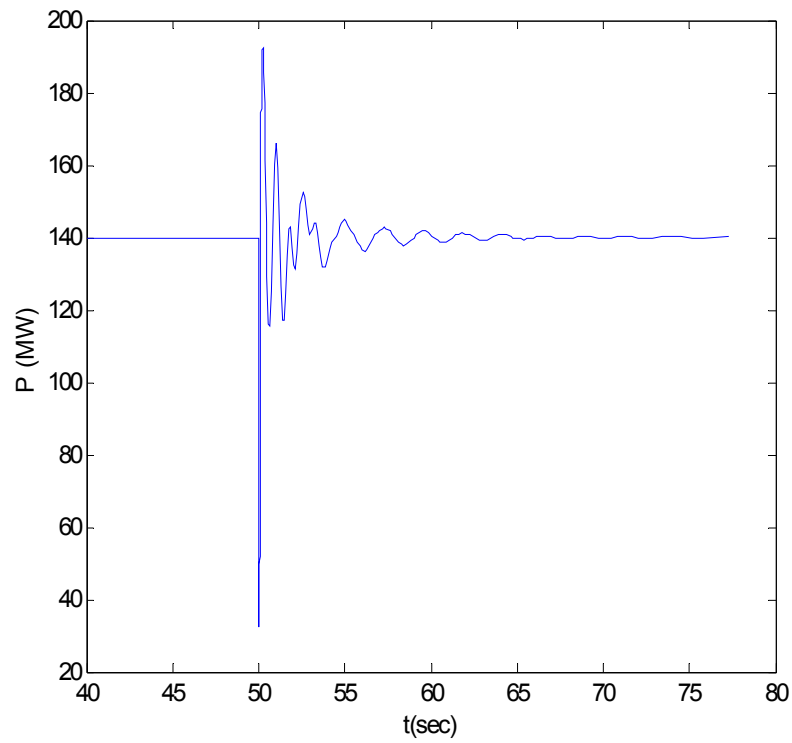


Σχήμα 8.3.28. Τάση ζυγού KARACQOU (88011)

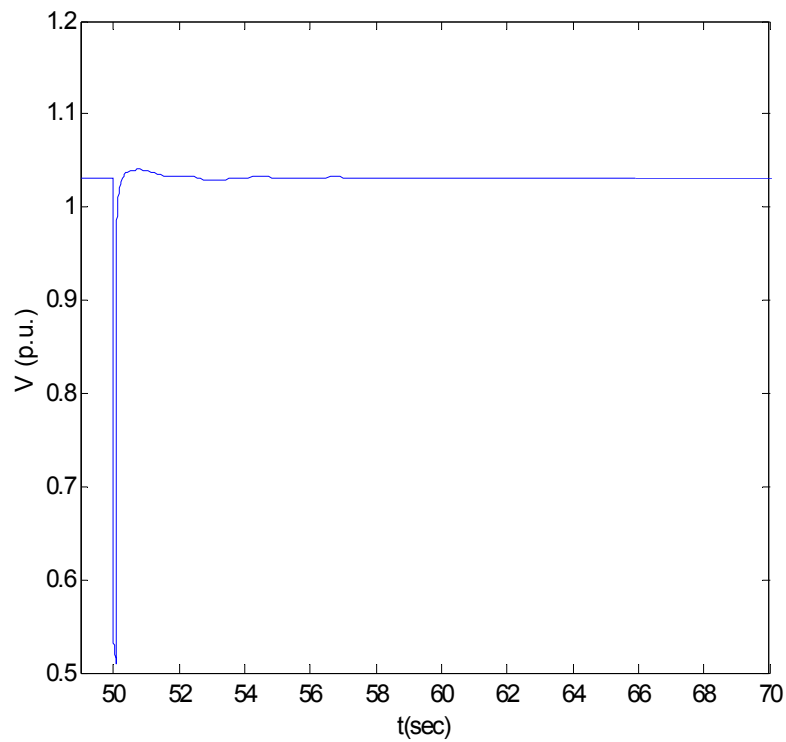


Σχήμα 8.3.29. Ολίσθηση Α/Γ KORIN_1

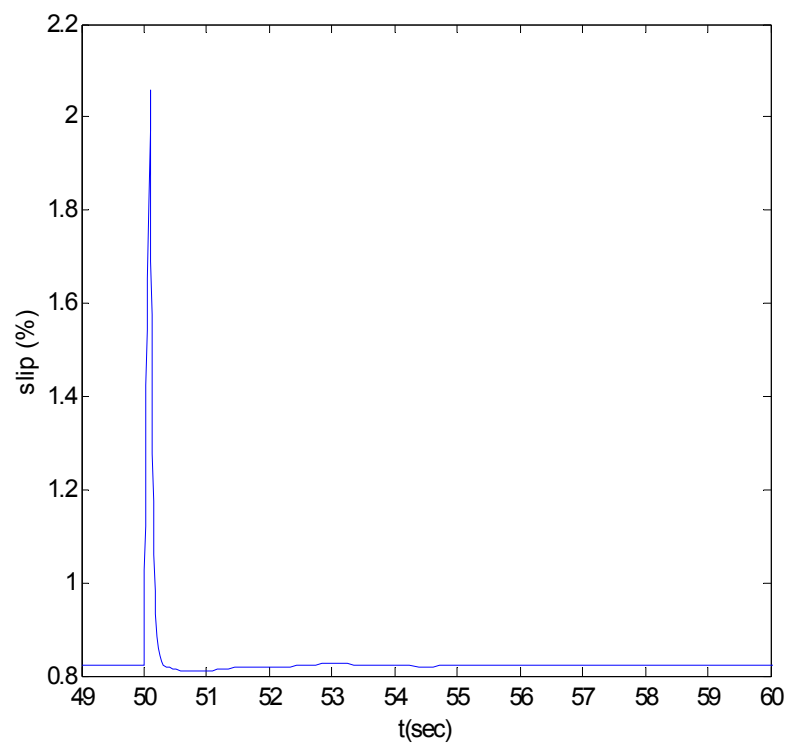
8.3.7.1.7. Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι')



Σχήμα 8.3.30. Παραγωγή γεννήτριας ALIVE G4 (43487)

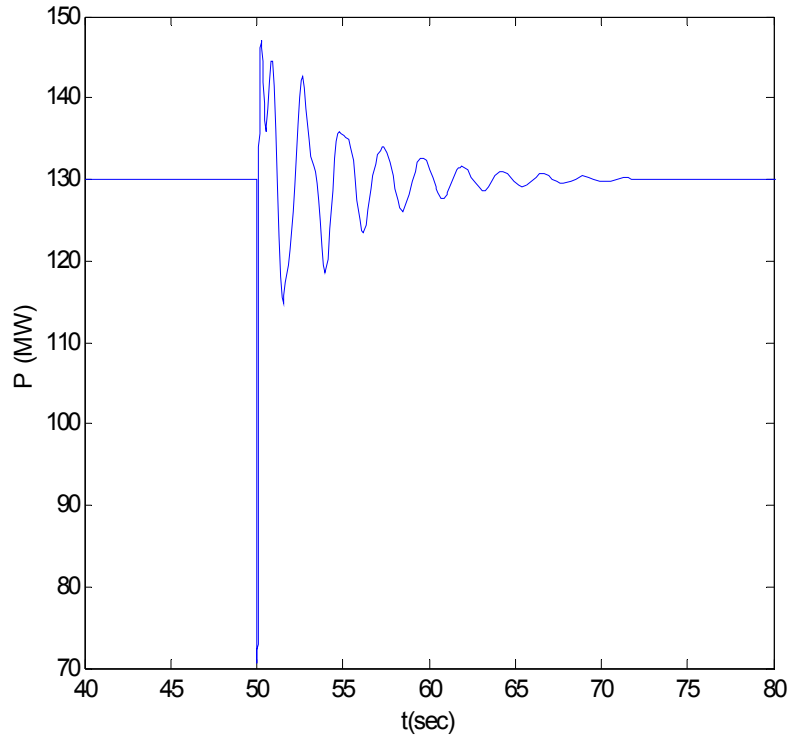


Σχήμα 8.3.31. Τάση ζυγού ALIBERI (43032)

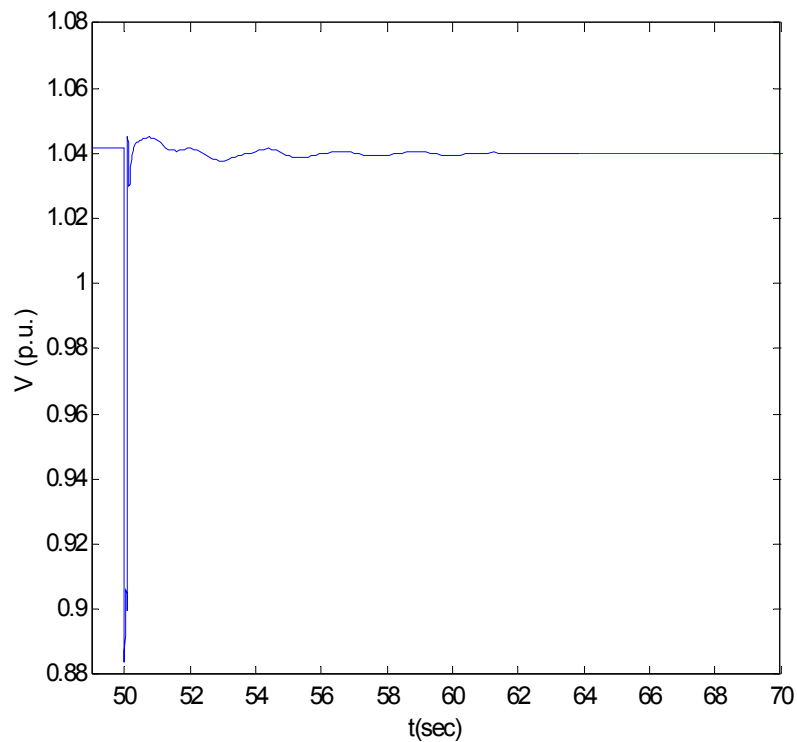


Σχήμα 3.32. Ολίσθηση Α/Γ MURTIA_R

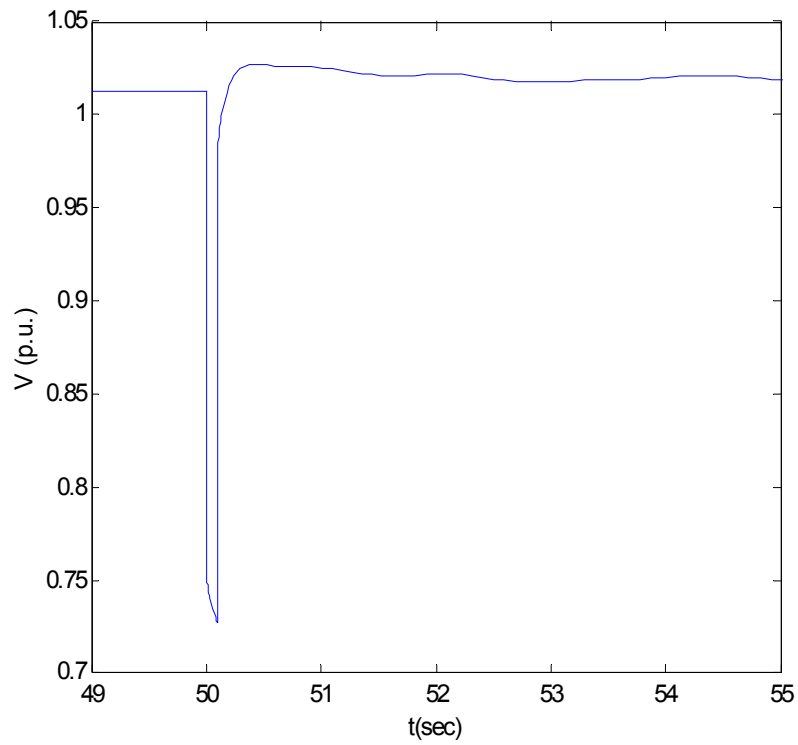
8.3.7.1.8. Διαταραχή 8 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου-Παλλήνης)



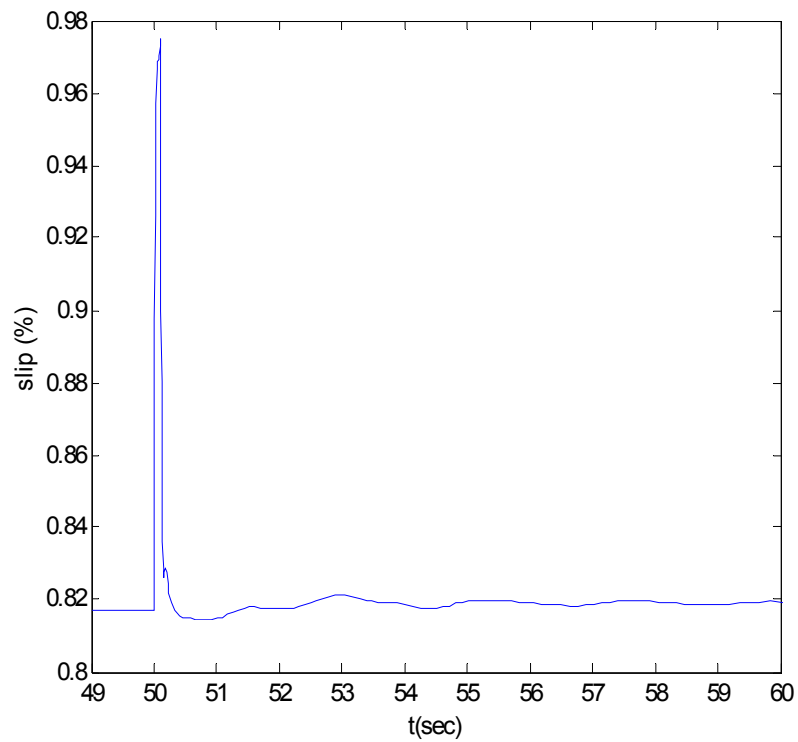
Σχήμα 8.3.33. Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G3 (59777)



Σχήμα 8.3.34. Τάση ζυγού LAURIO T (59531)

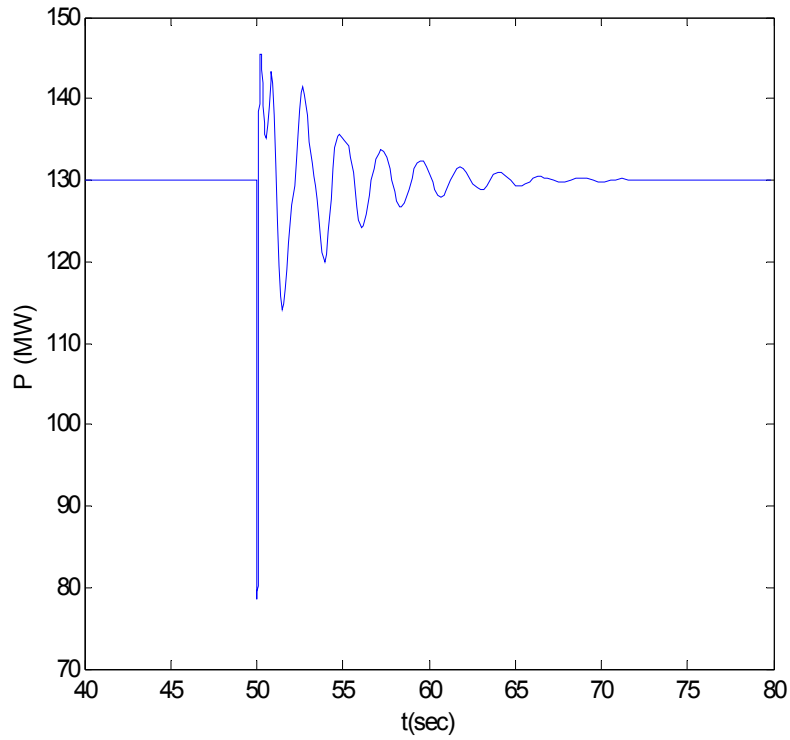


Σχήμα 8.3.35. Τάση ζυγού LAURIO (59011)

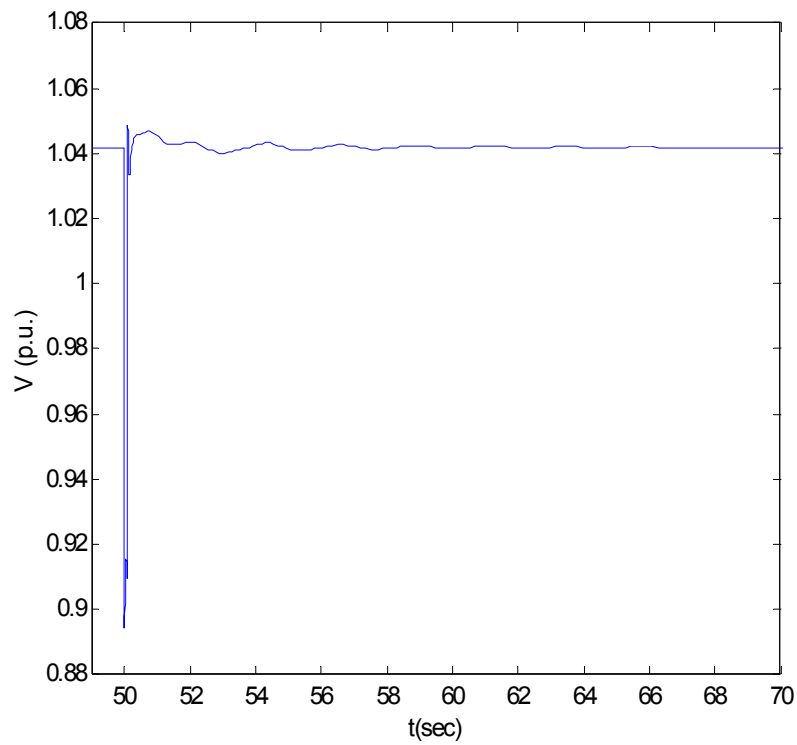


Σχήμα 8.3.36. Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

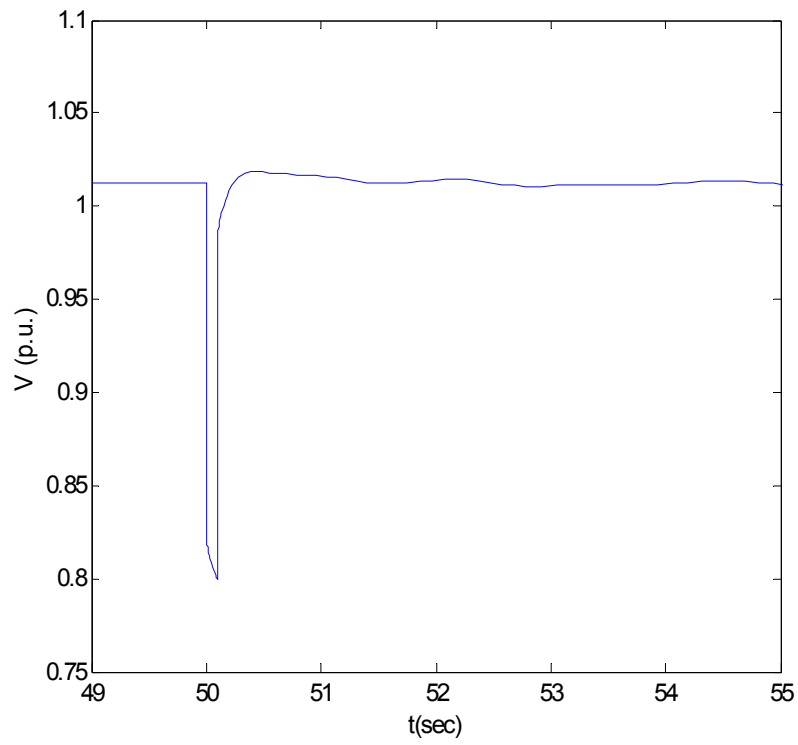
8.3.7.1.9. Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Παλλήνη')



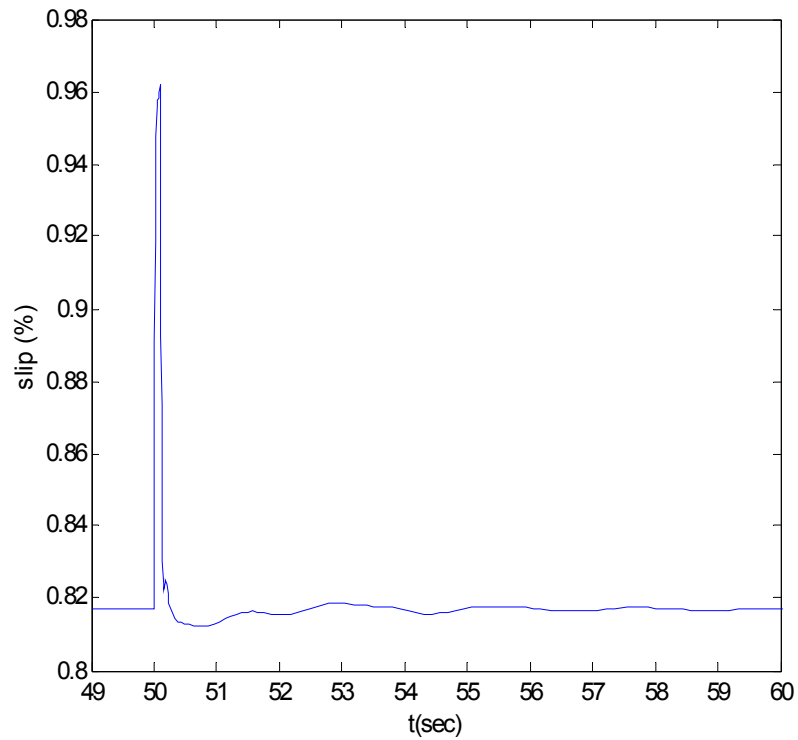
Σχήμα 8.3.37. Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G3 (59777)



Σχήμα 8.3.38. Τάση ζυγού LAURIO T (59531)



Σχήμα 8.3.39. Τάση ζυγού LAURIO (59011)



Σχήμα 8.3.40. Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

8.3.7.2. Αποτελέσματα για το Σενάριο Ελαχίστου Φορτίου

Κατά την ανάλυση του σεναρίου ελαχίστου φορτίου και την προσομοίωση των θεωρούμενων διαταραχών στο πεδίο του χρόνου παρουσιάστηκαν αριθμητικές δυσκολίες, για την αντιμετώπιση των οποίων χρειάστηκε να γίνουν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Η παραγωγή των ανεμογεννητριών τύπου Γ και Δ θεωρείται ως αρνητικό φορτίο σταθερής ισχύος κατά ένα ποσοστό (80% έως 99% ανάλογα με τη διαταραχή που εξετάζεται) και σταθερής έντασης κατά το υπόλοιπο μέρος.
- Η παράμετρος a του πίνακα 3.1 θεωρείται ίση με 1.6 και όχι με 2, όπως στην ανάλυση του σεναρίου μεγίστου φορτίου

Στο αρχείο results_min.xls παρουσιάζονται οι προ βραχυκυκλώματος τάσεις, οι ελάχιστες τιμές των τάσεων καθώς και οι τάσεις 50 δευτερόλεπτα μετά το βραχυκύκλωμα για όλους τους ζυγούς του συστήματος και για τις 9 περιπτώσεις διαταραχών στο σενάριο ελαχίστου φορτίου. Παρατηρείται ότι σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός από τη Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’), οι τάσεις αποκαθίστανται σε μια τιμή κοντά στην τιμή πριν από το βραχυκύκλωμα. Στην Διαταραχή 1 και 2 λαμβάνει χώρα αποσύνδεση του αιολικού πάρκου στο ζυγό 10735 (Νέα Σάντα) λόγω υπερτάχυνσης και αποσυγχρονισμού.

Εξετάζεται η εμφάνιση χαμηλής τάσης στις ανεμογεννήτριες. (κάτω από 0,8 α.μ. για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 100ms). Ο πίνακας 3.7 δείχνει τις ανεμογεννήτριες που εμφανίζουν χαμηλή τάση.

Πιν. 8.3.7. Αιολικά πάρκα στα οποία έχουμε εμφάνιση χαμηλής τάσης

	Αιολικό Πάρκο
Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι')	ALEXANDR, KECHROS, N. SANTA, KERVEROS, SAPKA, PATRIAR, XANTHI_1, SIDHR/RO, DRA_1, KILKIS, AXIOUPOL, MAGIKO, NEVROKOP, MOLAOI, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, EURYTAN1, KILKIS_2, KOZANH_2

<p>Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT ‘Νέα Σάντα’)</p>	<p>ALEXANDR, KECHROS, N. SANTA, KERVEROS, SAPKA, PATRIAR, XANTHI_1, SIDHR/RO, DRA_1, KILKIS, AXIOUPOL, MAGIKO, NEVROKOP, KILKIS_2, KOZANH_2</p>
<p>Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT ‘Καρδιά’)</p>	<p>N. SANTA, ANEMOS, STULIDA, MAG2, KALAMPAK, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, ARGUROS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, DAFNOZ_WF, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, LEUKADA1, ANTIRRIO, HY_KARP, GREBENA_2, AIT_4, KOZANH_2, MANTOUDI</p>
<p>Διαταραχή 4 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT ‘Λαύριο’)</p>	<p>STULIDA, MAG2, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, HLILOUS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, ATTIKA1, MARKOPOU, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, DAFNOZ_WF, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, LEUKADA1, ANTIRRIO, HY_KARP, AIT_4, MANTOUDI</p>
<p>Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT ‘Μεγαλόπολη’)</p>	<p>STULIDA, MAG2, KALAMPAK, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, HLILOUS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09,</p>

	<p>AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, DAFNOZ_WF, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, LEUKADA1, ANTIRRIO, HY_KARP, GREBENA_2, AIT_4, MANTOUDI</p>
<p>Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Αραχθος')</p>	<p>ANEMOS, STULIDA, MAG2, KALAMPAK, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, HLIOLOUS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, ATTIKA1, MARKOPOU, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, DAFNOZ_WF, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, LEUKADA1, ANTIRRIO, HY_KARP, GREBENA_2, AIT_4, MANTOUDI</p>
<p>Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Αλιβέρι')</p>	<p>STULIDA, MAG2, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, HLIOLOUS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, KARUSTOS, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, ARGOSTOL,</p>

	ANTIRRIO, HY_KARP, MANTOUDI
Διαταραχή 8 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου- Παλλήνης)	STULIDA, MAG2, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA3, EYBOIA4, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, MARKOPOU, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, ANTIRRIO, HY_KARP, AIT_4, MANTOUDI
Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Παλλήνη')	STULIDA, MAG2, BOIWTIA1, LARUMNA, PTOWON_WF, KORWNEIA, BOIWTIA2, GATZA_WF, BOIWTIA3, BOIWTIA4, YACNA, POLYPOTA, POLYPOTA, ARGUROS, MURTIA_R, HLIOLOUS, EYBOIA1, EYBOIA2, EYBOIA5, EYBOIA6, EYBOIA7, EYBOIA09, AMARYNT, BOI_F8IWT, XLWMO_2, XLWMO_1, KALLISTI, ATTIKA1, MARKOPOU, MEGARA, ARGOL_4, MEQANA, KORIN_1, TROIZHNA, DORIZA_1, DORIZA_2, AXLADC_2, MOLAOI, AXLADOC_1, DIDYMA, ARGOL_3, PANAXAIK, AHAIA_2, LAKWNIA2, LAKWNIA1, ARKADIA1, AHAIA_3, PULOS, MESSIN_1, AIT_1, AIT_2, FOKIDA_1, AIT_3, FOKIDA_2, FOKIDA_3, EURYTAN1, BOIWTIA6, DISTOMO, DAFNOZ_WF, ARGOSTOL, KEF_2, KEF_1, LEUKADA1, ANTIRRIO, HY_KARP, WF_AG,GE, AIT_4, MANTOUDI

Στον Πίνακα 8.3.8 φαίνονται τα αιολικά πάρκα που παρουσιάζουν ελάχιστες τιμές τάσης κάτω από 0,7 α.μ.

Πιν. 8.3.8 Αιολικά πάρκα με τάση κάτω από 0,7 α.μ.

	Αιολικό Πάρκο	Αρχική Τάση	Ελάχιστη τάση		Αιολικό Πάρκο	Αρχική Τάση	Ελάχιστη τάση
Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Φίλιπποι')	ALEXANDR	1,00	0,63	Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Αραχθος')	STULIDA	1,02	0,60
	KECHROS	0,99	0,51		MAG2	1,01	0,60
	N. SANTA	1,00	0,34		BOIWTIA1	1,03	0,60
	KERVEROS	0,99	0,51		LARUMNA	1,05	0,60
	SAPKA	0,99	0,51		PTOWON_WF	1,03	0,60
	PATRIAR	0,99	0,52		KORWNEIA	1,04	0,60
	XANTHI 1	1,01	0,61		BOIWTIA2	1,03	0,60
	SIDHR/RO	1,01	0,59		GATZA_WF	1,03	0,60
	DRA 1	1,01	0,57		BOIWTIA3	1,02	0,60
	KILKIS	1,02	0,63		BOIWTIA4	1,02	0,60
	AXIOUPOL	1,01	0,62		YACNA	1,01	0,60
	MAGIKO	1,00	0,60		POLYPOTA	1,03	0,60
	NEVROKOP	1,01	0,57		POLYPOTA	1,02	0,70
	EYBOIA3	1,01	0,68		MURTIA_R	1,02	0,70
	KILKIS 2	1,02	0,62		HLIOLOUS	1,02	0,70
Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Νέα Σάντα')	ALEXANDR	1,00	0,57	EYBOIA1	1,02	0,60	
	KECHROS	0,99	0,36	EYBOIA2	1,02	0,60	
	N. SANTA	1,00	0,14	EYBOIA3	1,01	0,20	
	KERVEROS	0,99	0,35	EYBOIA4	1,02	0,40	
	SAPKA	0,99	0,35	EYBOIA5	1,03	0,60	
	PATRIAR	0,99	0,37	KARUSTOS	1,02	0,70	
	XANTHI 1	1,01	0,58	EYBOIA6	1,03	0,60	
	SIDHR/RO	1,01	0,62	EYBOIA7	1,03	0,60	
	DRA 1	1,01	0,58	EYBOIA09	1,02	0,60	
	KILKIS	1,02	0,66	AMARYNT	1,02	0,60	
	AXIOUPOL	1,01	0,65	BOI_F8IWT	1,03	0,60	
	MAGIKO	1,00	0,58	XLWMO 2	1,03	0,60	
	NEVROKOP	1,01	0,59	XLWMO 1	1,03	0,60	
	KILKIS 2	1,02	0,65	KALLISTI	1,03	0,60	
	Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Καρδιά')	N. SANTA	1,00	0,65	MEGARA	1,01	0,60
ANEMOS		1,02	0,70	ARGOL 4	1,00	0,60	
STULIDA		1,02	0,69	MEQANA	1,00	0,60	
MAG2		1,01	0,68	KORIN 1	1,01	0,60	
EYBOIA3		1,01	0,53	TROIZHNA	1,01	0,60	
EYBOIA4		1,02	0,60	DORIZA 1	1,00	0,60	
EYBOIA5		1,03	0,69	DORIZA 2	1,00	0,60	
EYBOIA6		1,03	0,69	AXLADC 2	1,01	0,60	
EYBOIA7		1,03	0,68	MOLAOI	0,99	0,50	
BOI_F8IWT		1,03	0,70	AXLADOC 1	1,00	0,60	
XLWMO 2		1,03	0,68	DIDYMA	1,00	0,60	
XLWMO 1		1,03	0,69	ARGOL 3	1,00	0,60	
ARGOL 4		1,00	0,69	PANAXAIK	1,00	0,60	
MEQANA		1,00	0,68	AHAIA 2	0,99	0,60	
TROIZHNA		1,01	0,70	LAKWNIA2	0,99	0,60	
MOLAOI		0,99	0,66	LAKWNIA1	0,99	0,50	
DIDYMA		1,00	0,69	ARKADIA1	1,00	0,60	

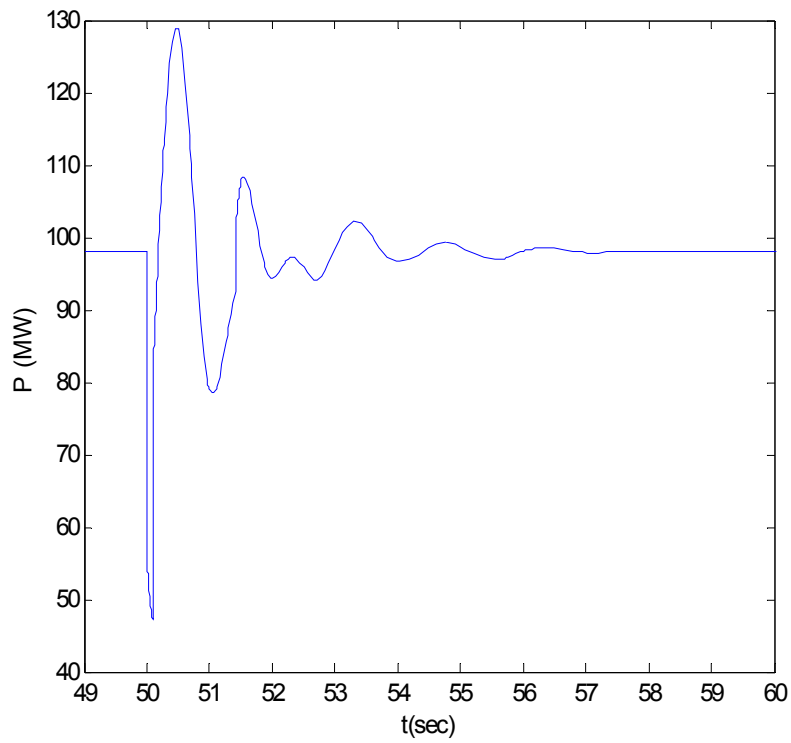
	ARGOL_3	1,00	0,69		AHAIA_3	1,00	0,69
	AHAIA_2	0,99	0,70		PULOS	1,00	0,69
	LAKWNIA2	0,99	0,67		MESSIN_1	1,00	0,69
	LAKWNIA1	0,99	0,67		AIT_1	1,01	0,69
	ARKADIA1	1,00	0,68		AIT_2	1,01	0,69
	AHAIA_3	1,00	0,69		FOKIDA_1	1,02	0,69
	AIT_1	1,01	0,70		AIT_3	1,02	0,69
	AIT_2	1,01	0,70		FOKIDA_2	1,02	0,69
	FOKIDA_1	1,02	0,69		FOKIDA_3	1,02	0,69
	AIT_3	1,02	0,70		EURYTAN1	1,01	0,59
	FOKIDA_2	1,02	0,70		BOIWTIA6	1,03	0,69
	EURYTAN1	1,01	0,64		DISTOMO	1,04	0,69
	ARGOSTOL	1,03	0,69		DAFNOZ_WF	1,04	0,49
	KEF_2	1,04	0,69		ARGOSTOL	1,03	0,59
	KEF_1	1,04	0,69		KEF_2	1,04	0,49
	LEUKADA1	1,04	0,69		KEF_1	1,04	0,49
	HY_KARP	1,02	0,68		LEUKADA1	1,04	0,49
	AIT_4	1,03	0,69		ANTIRRIO	1,00	0,69
	KOZANH_2	1,00	0,70		HY_KARP	1,02	0,69
	MANTOUDI	1,01	0,67		AIT_4	1,03	0,49
Διαταραχή 4 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Λαύριο')	POLYPOTA	1,03	0,69	Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Αλιβέρι')	MANTOUDI	1,01	0,69
	POLYPOTA	1,02	0,70		PTOWON_WF	1,03	0,69
	MURTIA_R	1,02	0,69		GATZA_WF	1,03	0,69
	HLIOLOUS	1,02	0,69		BOIWTIA3	1,02	0,69
	EYBOIA2	1,02	0,70		BOIWTIA4	1,02	0,69
	EYBOIA3	1,01	0,41		YACNA	1,01	0,59
	EYBOIA4	1,02	0,50		POLYPOTA	1,03	0,69
	EYBOIA5	1,03	0,67		POLYPOTA	1,02	0,59
	KARUSTOS	1,02	0,69		ARGUROS	1,02	0,49
	EYBOIA6	1,03	0,67		MURTIA_R	1,02	0,49
	EYBOIA7	1,03	0,66		HLIOLOUS	1,02	0,59
	EYBOIA09	1,02	0,70		EYBOIA1	1,02	0,49
	LEIBADI	1,03	0,69		EYBOIA2	1,02	0,49
	ATTIKA1	1,03	0,67		EYBOIA3	1,01	0,59
	MARKOPOU	1,03	0,68		EYBOIA4	1,02	0,59
	ARGOL_4	1,00	0,70		EYBOIA5	1,03	0,69
	MEQANA	1,00	0,70		KARUSTOS	1,02	0,59
	MOLAOI	0,99	0,69		EYBOIA6	1,03	0,69
	DIDYMA	1,00	0,70		EYBOIA7	1,03	0,59
	LAKWNIA2	0,99	0,69		EYBOIA09	1,02	0,49
LAKWNIA1	0,99	0,69	AMARYNT	1,02	0,49		
ARKADIA1	1,00	0,70	LEIBADI	1,03	0,69		
WF_AG,GE	1,04	0,67	ATTIKA1	1,03	0,70		
Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Μεγαλόπολη')	STULIDA	1,02	0,70	Διαταραχή 8 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της	WF_AG,GE	1,04	0,69
	MAG2	1,01	0,69		MANTOUDI	1,01	0,69
	BOIWTIA1	1,03	0,68		POLYPOTA	1,03	0,69
	PTOWON_W F	1,03	0,70		POLYPOTA	1,02	0,70
	KORWNEIA	1,04	0,68		MURTIA_R	1,02	0,70

	BOIWTIA2	1,03	0,69	Γραμμής Λαυρίου- Παλλήνης)	HLIOLOUS	1,02	0,70
	GATZA_WF	1,03	0,69		EYBOIA2	1,02	0,70
	BOIWTIA3	1,02	0,69		EYBOIA3	1,01	0,48
	BOIWTIA4	1,02	0,68		EYBOIA4	1,02	0,52
	YACNA	1,01	0,69		EYBOIA5	1,03	0,68
	POLYPOTA	1,03	0,68		KARUSTOS	1,02	0,68
	MURTIA_R	1,02	0,70		EYBOIA6	1,03	0,68
	EYBOIA1	1,02	0,69		EYBOIA7	1,03	0,68
	EYBOIA2	1,02	0,69		LEIBADI	1,03	0,68
	EYBOIA3	1,01	0,53		ATTIKA1	1,03	0,68
	EYBOIA4	1,02	0,59		MARKOPOU	1,03	0,68
	EYBOIA5	1,03	0,67		MOLAOI	0,99	0,70
	EYBOIA6	1,03	0,67		WF_AG,GE	1,04	0,68
	EYBOIA7	1,03	0,65		Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον KYT 'Παλλήνη')	POLYPOTA	1,03
	EYBOIA09	1,02	0,69	POLYPOTA		1,02	0,68
	AMARYNT	1,02	0,70	ARGUROS		1,02	0,68
	BOI_F8IWT	1,03	0,69	MURTIA_R		1,02	0,68
	XLWMO_2	1,03	0,68	HLIOLOUS		1,02	0,68
	XLWMO_1	1,03	0,68	EYBOIA1		1,02	0,68
	KALLISTI	1,03	0,69	EYBOIA2		1,02	0,68
	MEGARA	1,01	0,64	EYBOIA3		1,01	0,14
	ARGOL_4	1,00	0,56	EYBOIA4		1,02	0,48
	MEQANA	1,00	0,56	EYBOIA5		1,03	0,68
	KORIN_1	1,01	0,58	KARUSTOS		1,02	0,68
	TROIZHNA	1,01	0,59	EYBOIA6		1,03	0,68
	DORIZA_1	1,00	0,46	EYBOIA7		1,03	0,68
	DORIZA_2	1,00	0,47	EYBOIA09		1,02	0,68
	AXLADC_2	1,01	0,53	AMARYNT		1,02	0,70
	MOLAOI	0,99	0,47	LEIBADI		1,03	0,68
	AXLADOC_1	1,00	0,53	ATTIKA1		1,03	0,68
	DIDYMA	1,00	0,55	MARKOPOU		1,03	0,68
	ARGOL_3	1,00	0,45	MEGARA		1,01	0,70
	PANAXAIK	1,00	0,51	ARGOL_4		1,00	0,68
	AHAIA_2	0,99	0,48	MEQANA		1,00	0,68
	LAKWNIA2	0,99	0,48	KORIN_1		1,01	0,68
	LAKWNIA1	0,99	0,48	TROIZHNA		1,01	0,68
	ARKADIA1	1,00	0,49	MOLAOI		0,99	0,68
	AHAIA_3	1,00	0,48	DIDYMA		1,00	0,68
	PULOS	1,00	0,48	LAKWNIA2		0,99	0,68
	MESSIN_1	1,00	0,47	LAKWNIA1		0,99	0,68
	AIT_1	1,01	0,66	ARKADIA1		1,00	0,68
	AIT_2	1,01	0,66	WF_AG,GE	1,04	0,68	
	FOKIDA_1	1,02	0,66	MANTOUDI	1,01	0,70	
	AIT_3	1,02	0,69				
	FOKIDA_2	1,02	0,67				
	FOKIDA_3	1,02	0,67				
	EURYTANI	1,01	0,63				
	BOIWTIA6	1,03	0,68				
	DISTOMO	1,04	0,69				

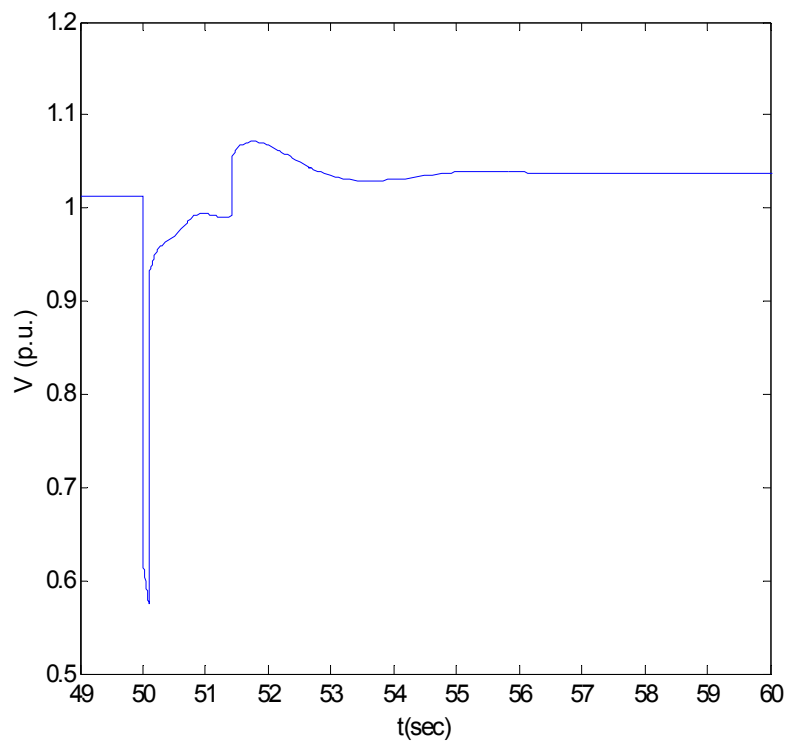
	DAFNOZ_WF	1,04	0,64
	ARGOSTOL	1,03	0,53
	KEF_2	1,04	0,54
	KEF_1	1,04	0,55
	LEUKADA1	1,04	0,56
	ANTIRRIO	1,00	0,52
	HY_KARP	1,02	0,67
	AIT_4	1,03	0,61
	MANTOUDI	1,01	0,67

Στα σχήματα 8.3.41 έως 8.3.75 φαίνονται οι τάσεις σε επιλεγμένους ζυγούς του συστήματος καθώς και οι παραγωγές κάποιων μονάδων και η ολίσθηση ανεμογεννητριών

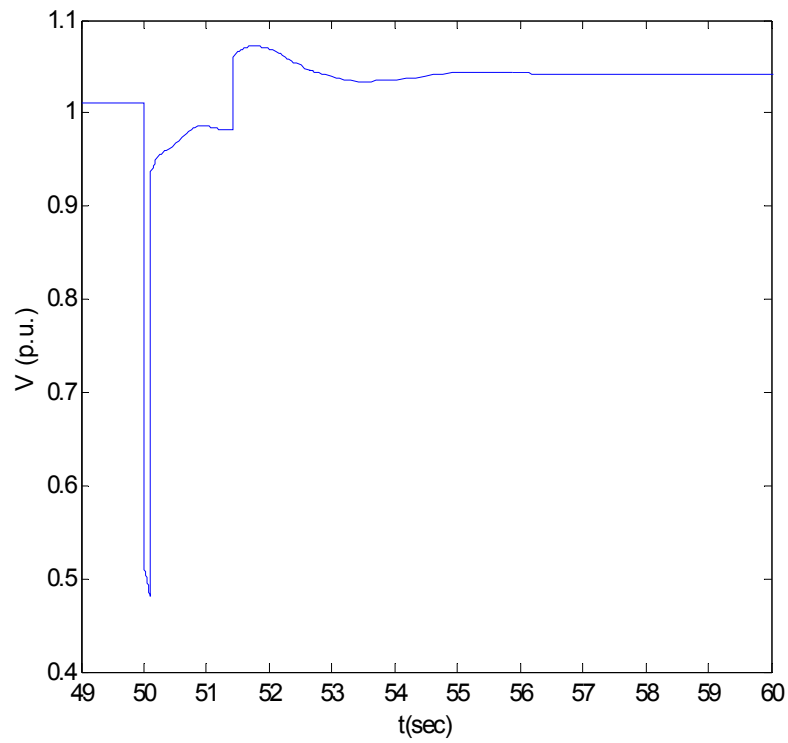
8.3.7.2.1. Διαταραχή 1 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Φίλλιποι')



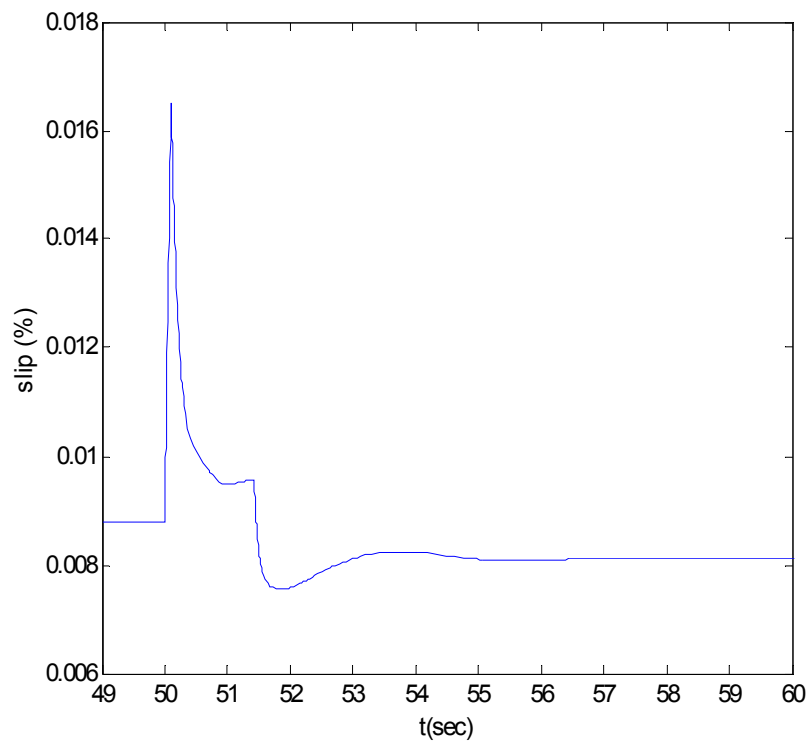
Σχήμα 8.3.41. Παραγωγή γεννήτριας KOMOT G1 (12487)



Σχήμα 8.3.42. Τάση ζυγού FILLIP T (11935)

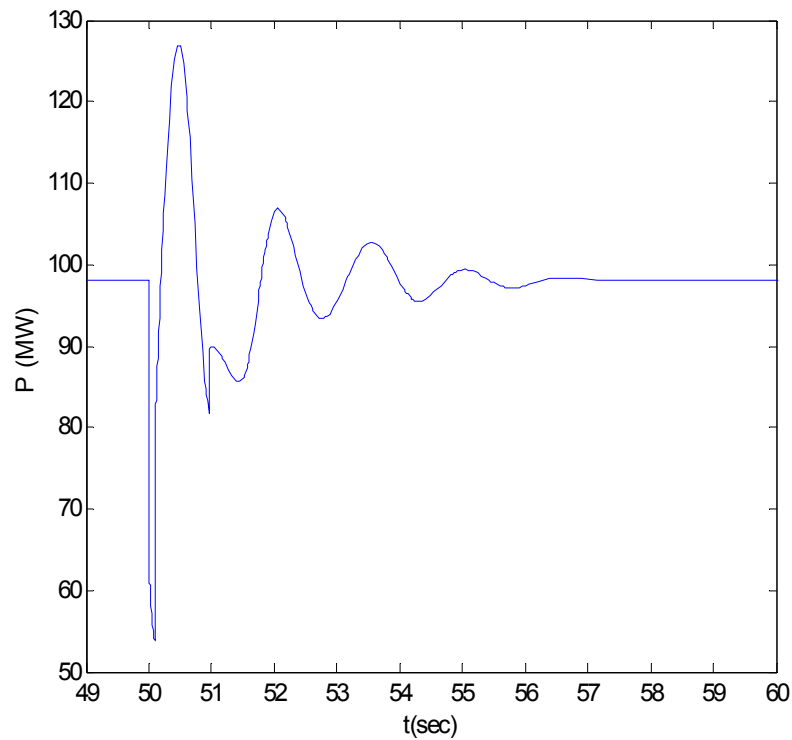


Σχήμα 8.3.43. Τάση ζυγού FILLIPOI (12011)

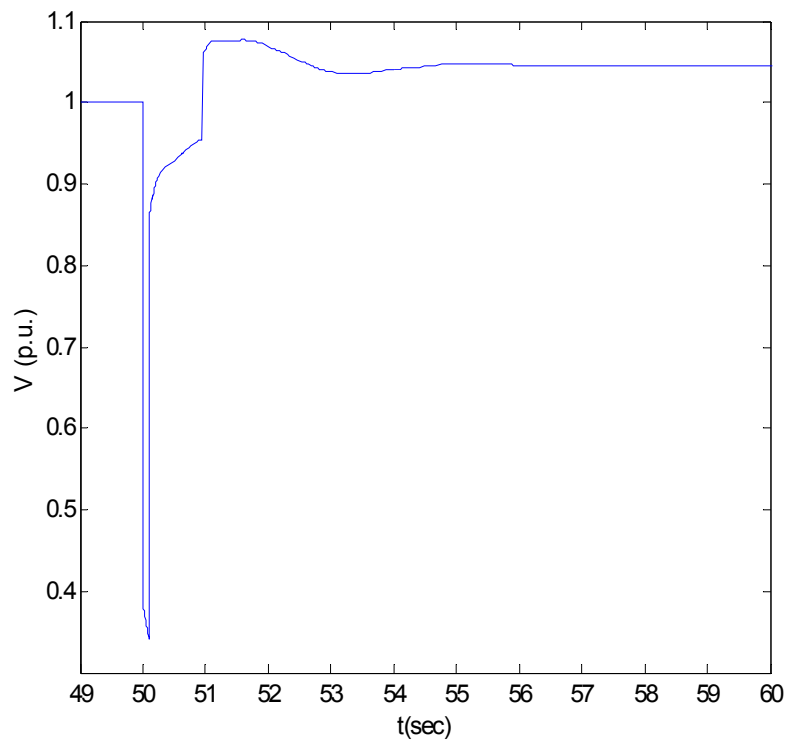


Σχήμα 8.3.44. Ολίσθηση Α/Γ PATRIAR

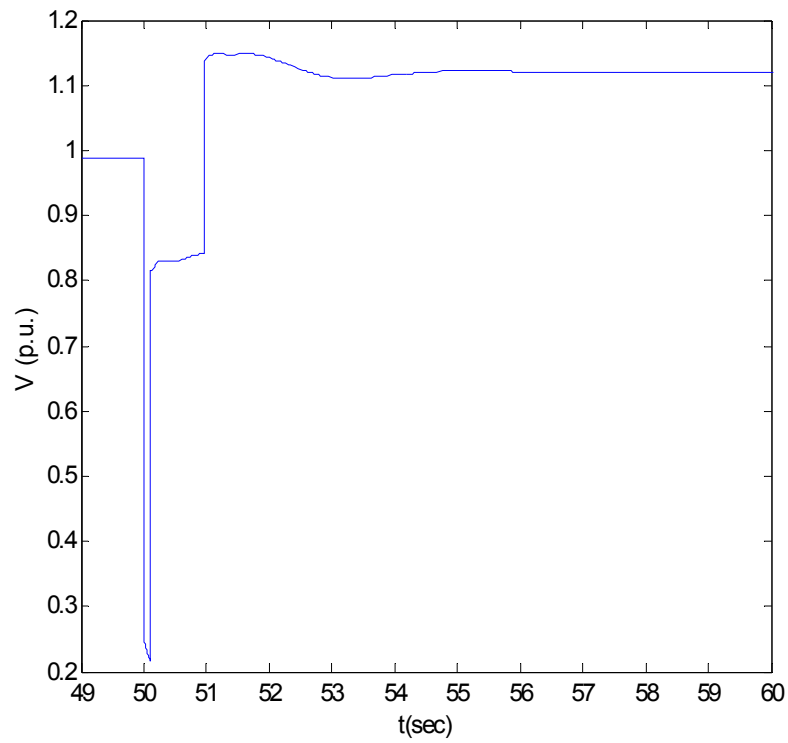
8.3.7.2.2. Διαταραχή 2 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’)



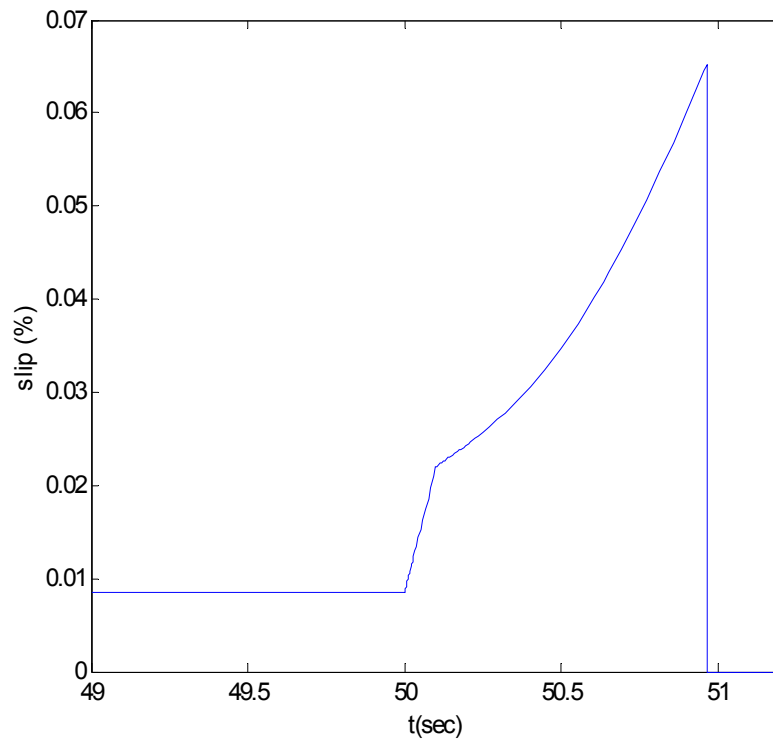
Σχήμα 8.3.45 Παραγωγή γεννήτριας KOMOT G1 (12487)



Σχήμα 8.3.46 Τάση ζυγού N. SANTA (10732)

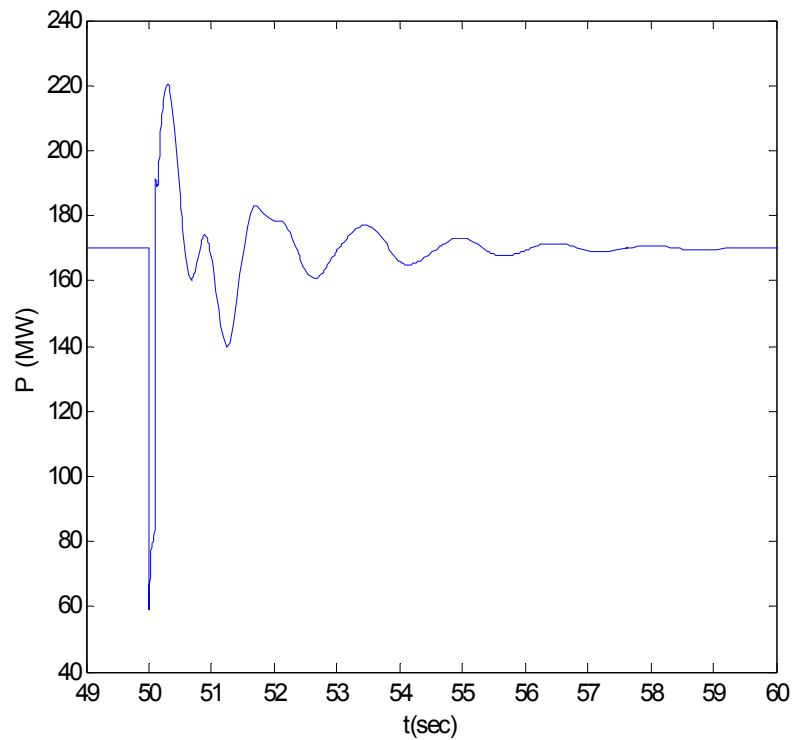


Σχήμα 8.3.47 Τάση ζυγού N. SANTA

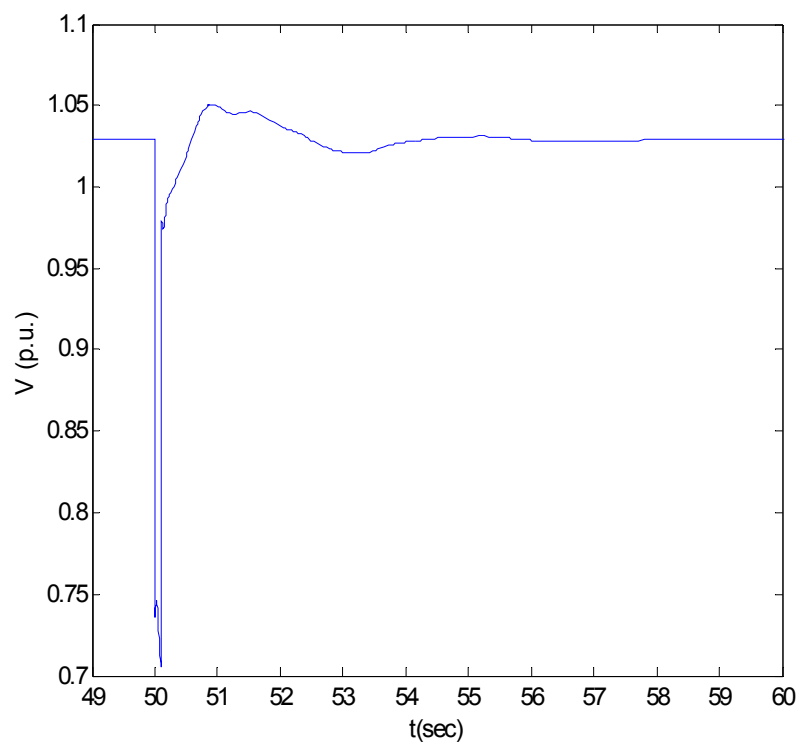


Σχήμα 8.3.48 Ολίσθηση Α/Γ N. SANTA

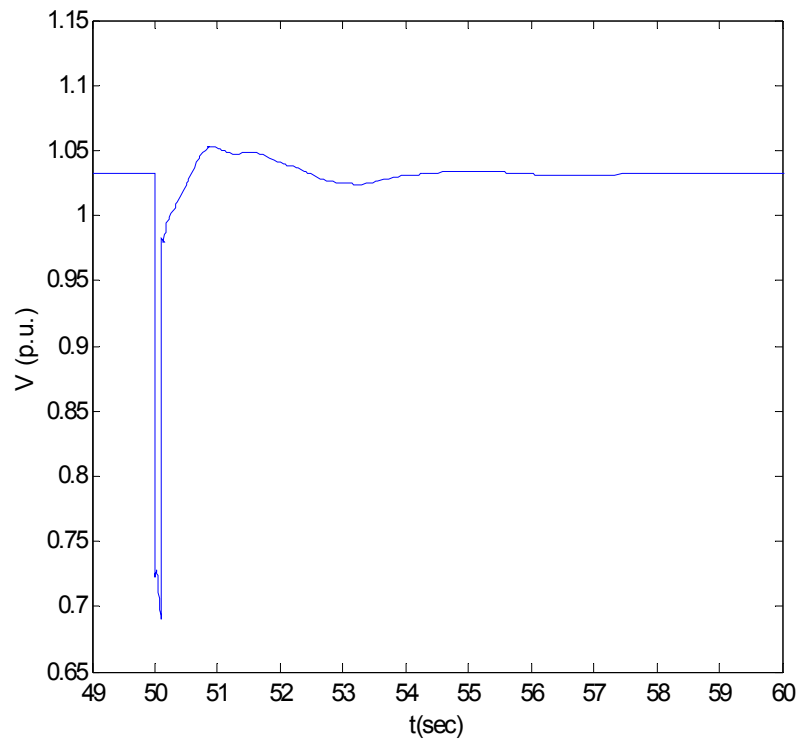
8.3.7.2.3. Διαταραχή 3 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Καρδιά')



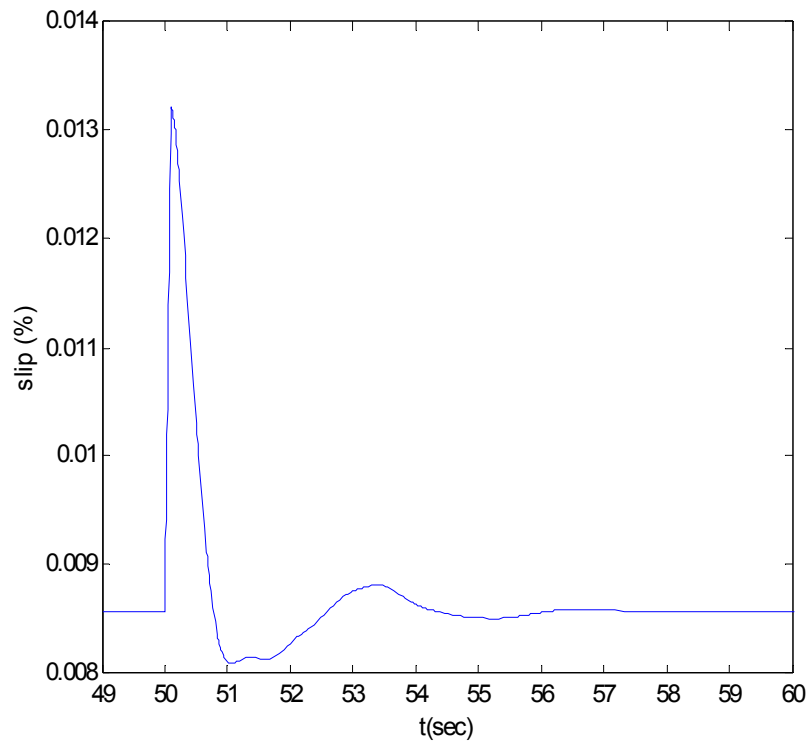
Σχήμα 8.3.49 Παραγωγή γεννήτριας KARD G1 (23177)



Σχήμα 3.50 Τάση ζυγού KARDIA (24031)

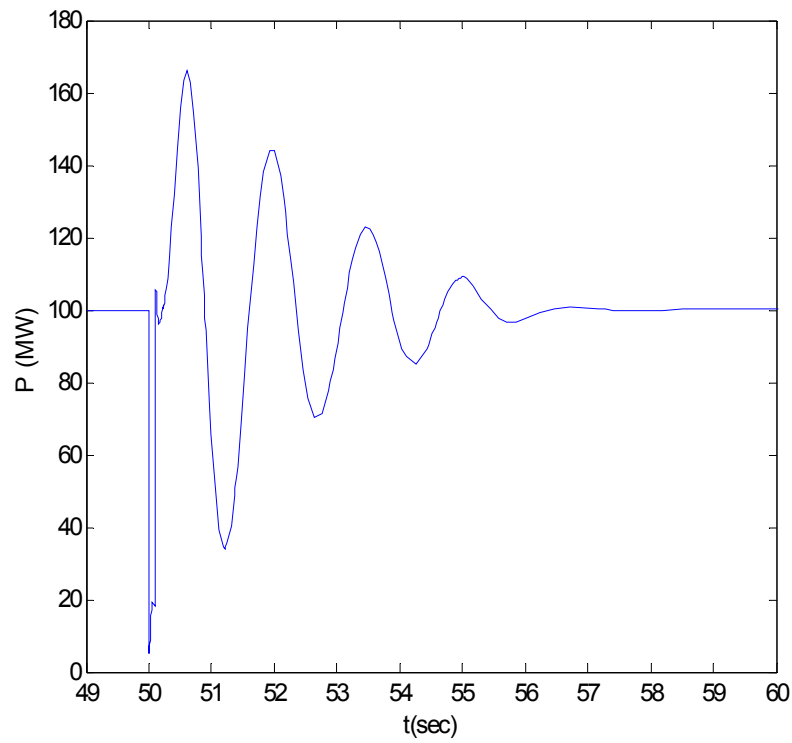


Σχήμα 8.3.51 Τάση ζυγού KARDIA K (23011)

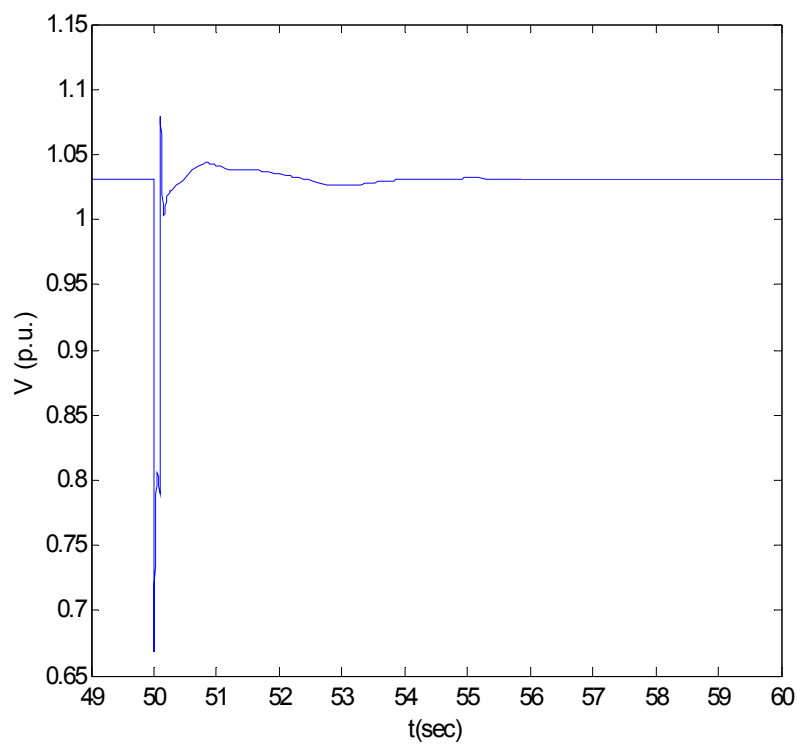


Σχήμα 3.52 Ολίσθηση Α/Γ N. SANTA

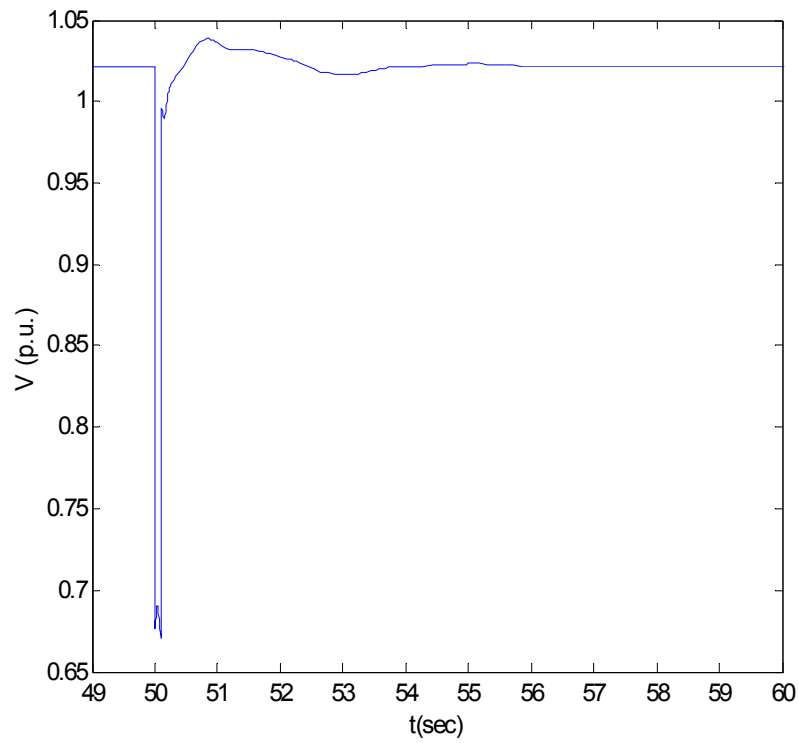
8.3.7.2.4. Διαταραχή 4 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Λαύριο')



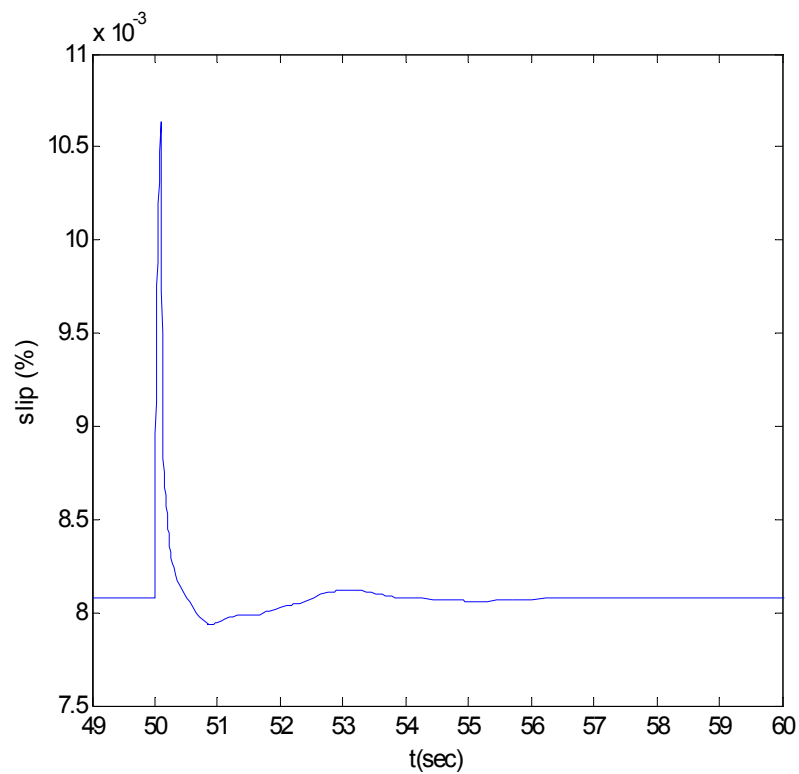
Σχήμα 8.3.53 Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G3 (59777)



Σχήμα 8.3.54 Τάση ζυγού LAURIO T (59531)

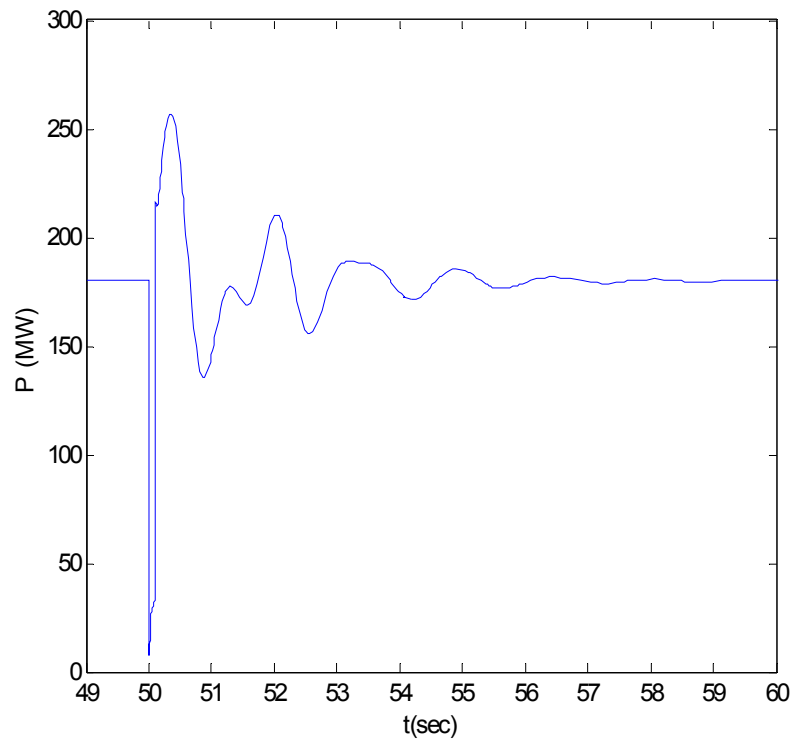


Σχήμα 8.3.55 Τάση ζυγού LAURIO (59011)

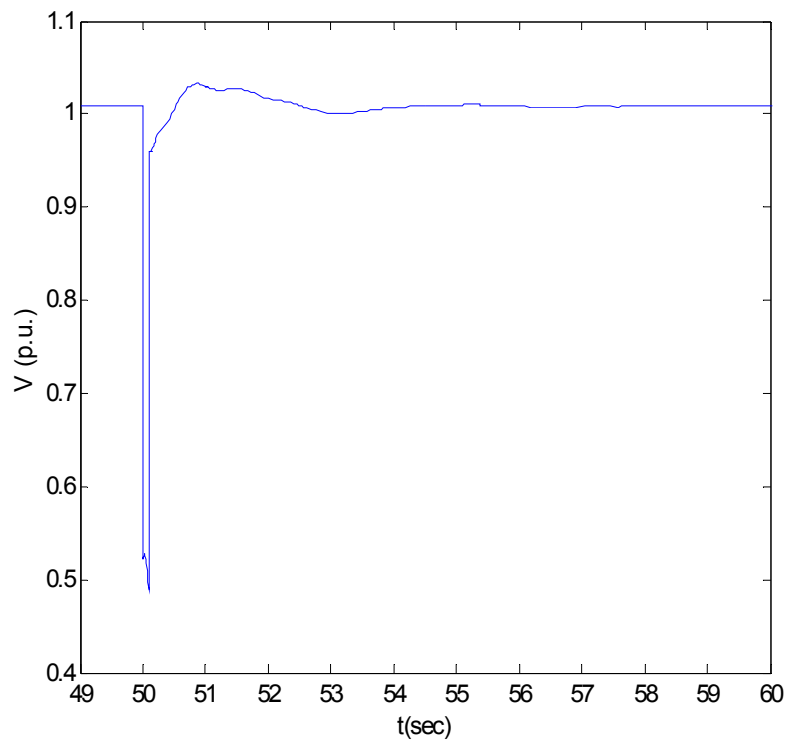


Σχήμα 8.3.56 Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

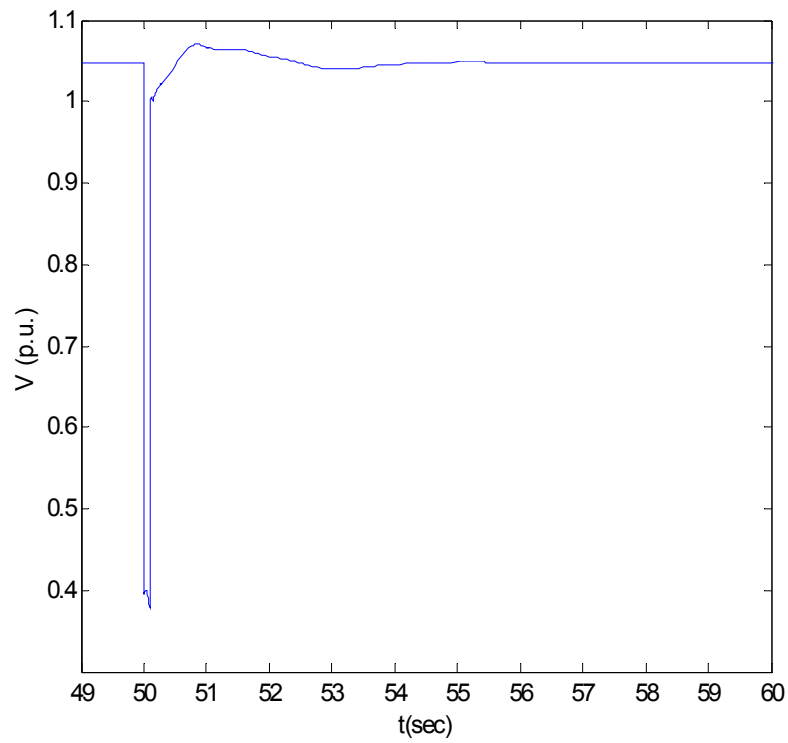
8.3.7.2.5. Διαταραχή 5 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Μεγαλόπολη’)



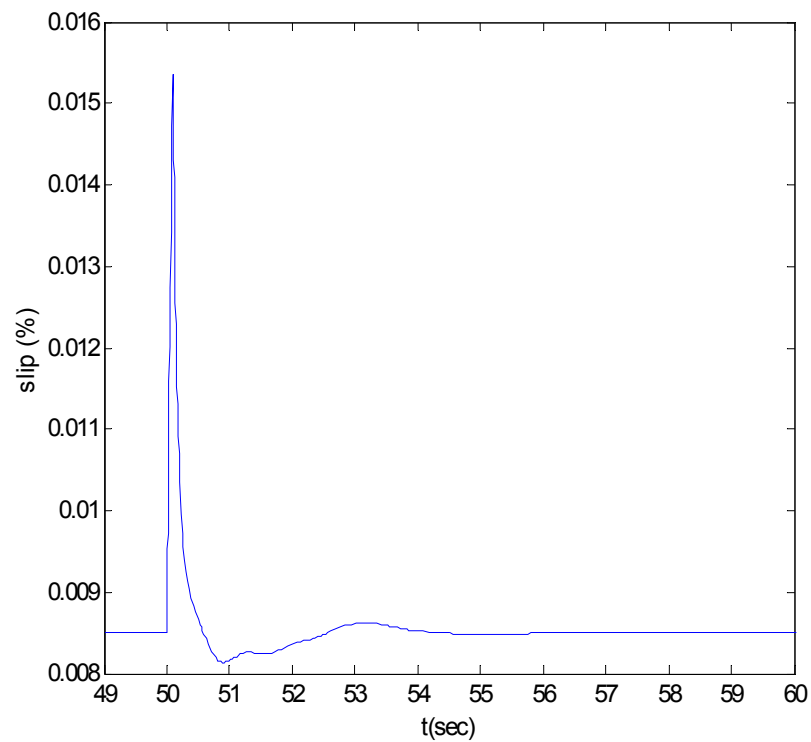
Σχήμα 8.3.57 Παραγωγή γεννήτριας MEGAL G4 (62177)



Σχήμα 8.3.58 Τάση ζυγού MEG.1 TES (61031)

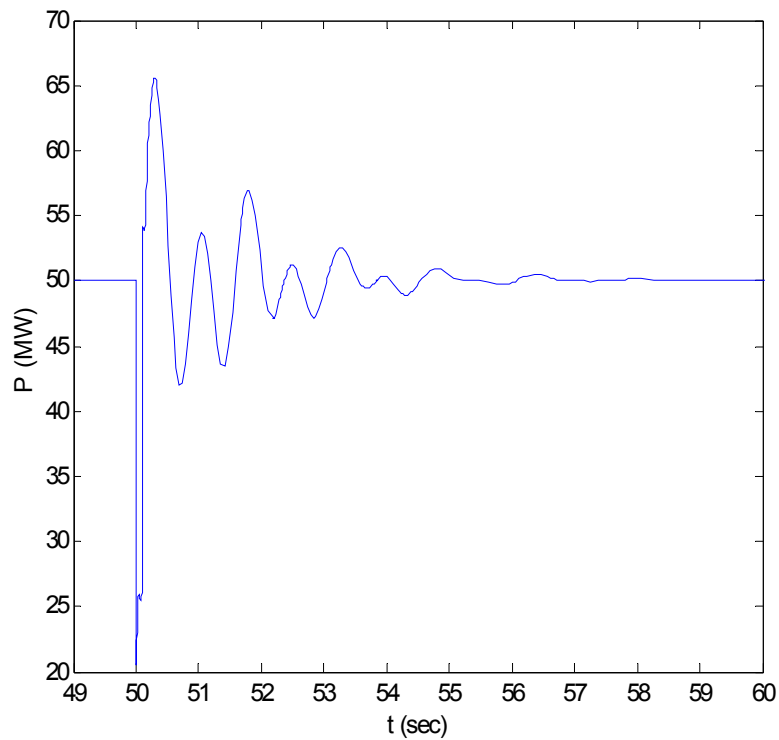


Σχήμα 8.3.59 Τάση ζυγού K_MEGALO (61011)

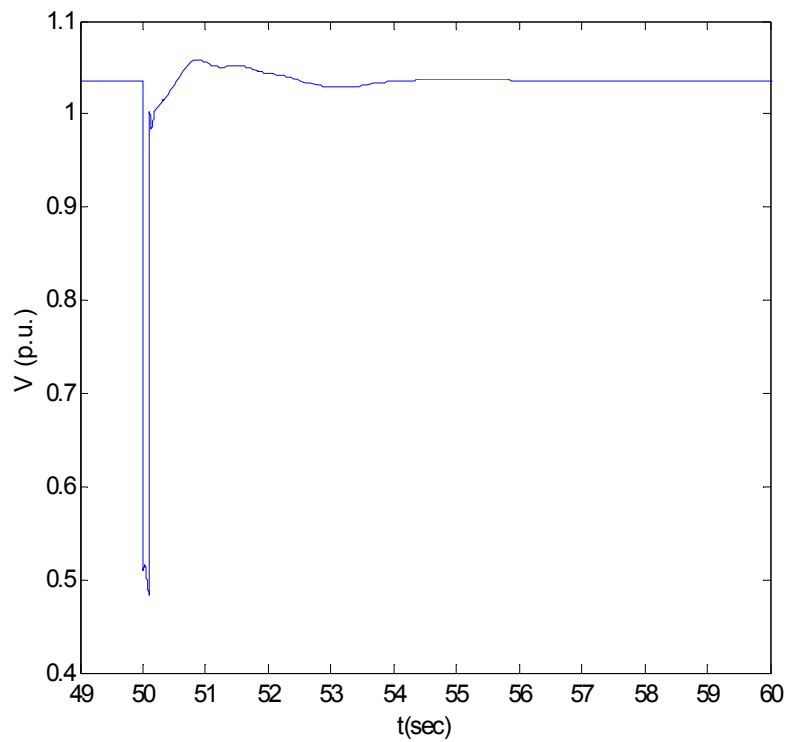


Σχήμα 8.3.60 Ολίσθηση Α/Τ KORIN_1

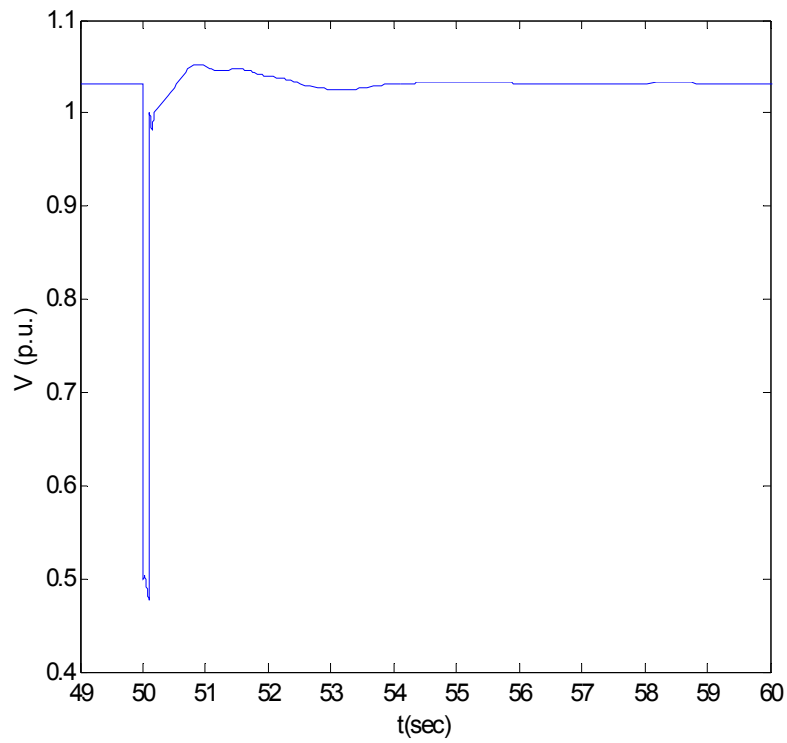
8.3.7.2.6. Διαταραχή 6 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Άραχθος')



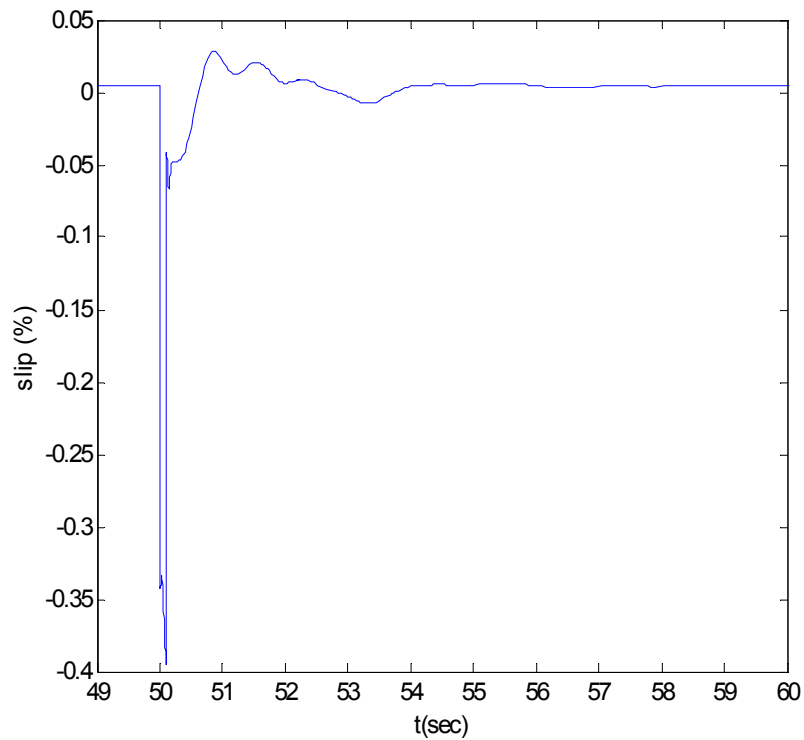
Σχήμα 8.3.61 Παραγωγή γεννήτριας KASTR G2 (81287)



Σχήμα 8.3.62 Τάση ζυγού KARACQOU (80031)

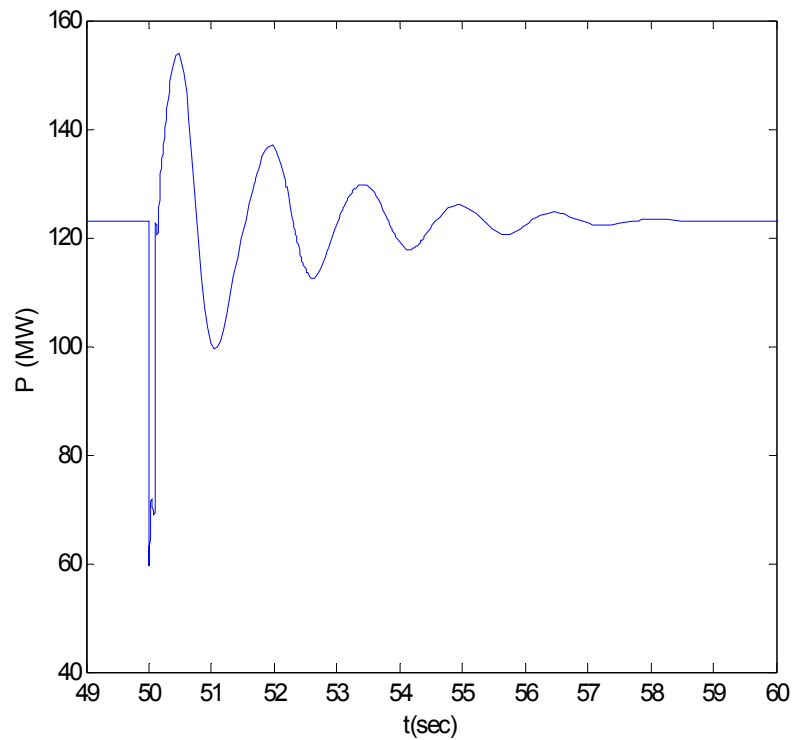


Σχήμα 8.3.63 Τάση ζυγού KARACQOU (88011)

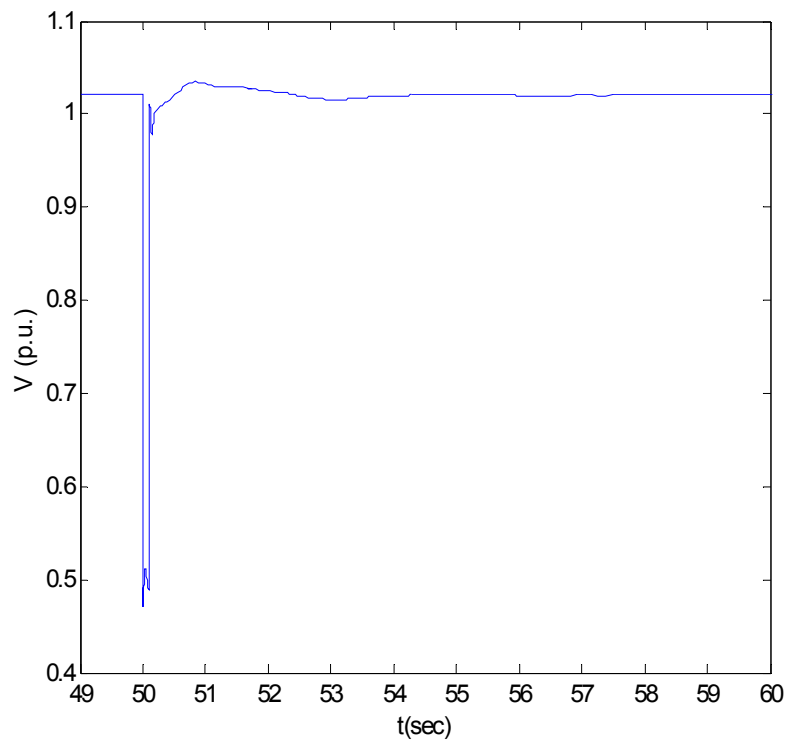


Σχήμα 8.3.64 Ολίσθηση Α/Γ KORIN_1

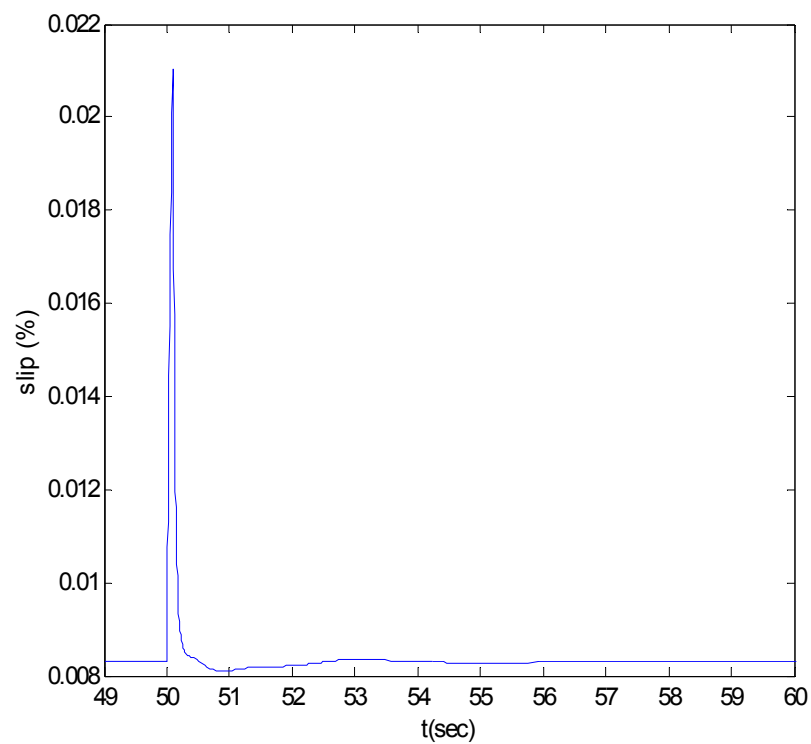
8.3.7.2.7. Διαταραχή 7 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι')



Σχήμα 8.3.65 Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G4 (59177)

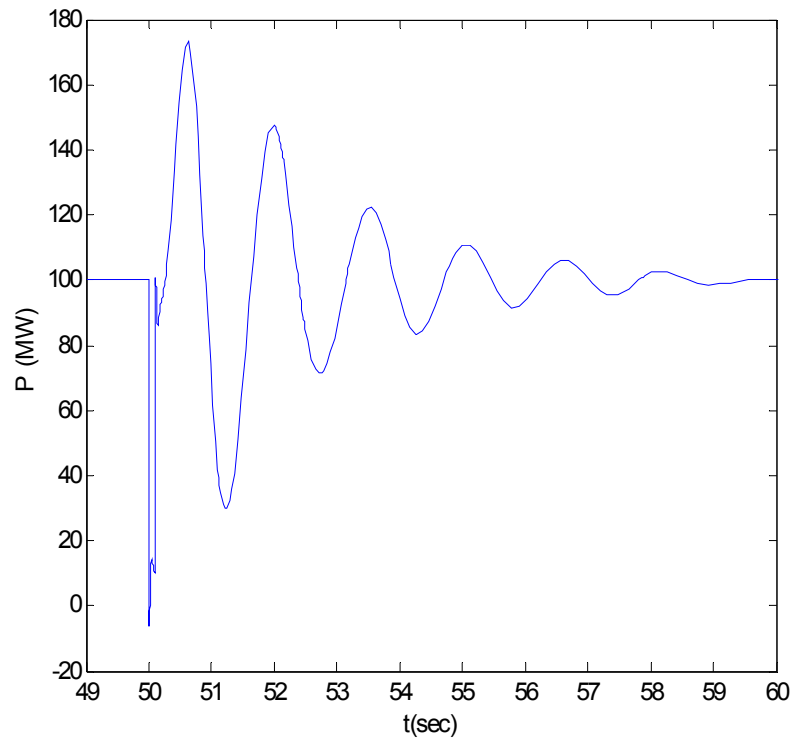


Σχήμα 8.3.66 Τάση ζυγού ALIBERI (43032)

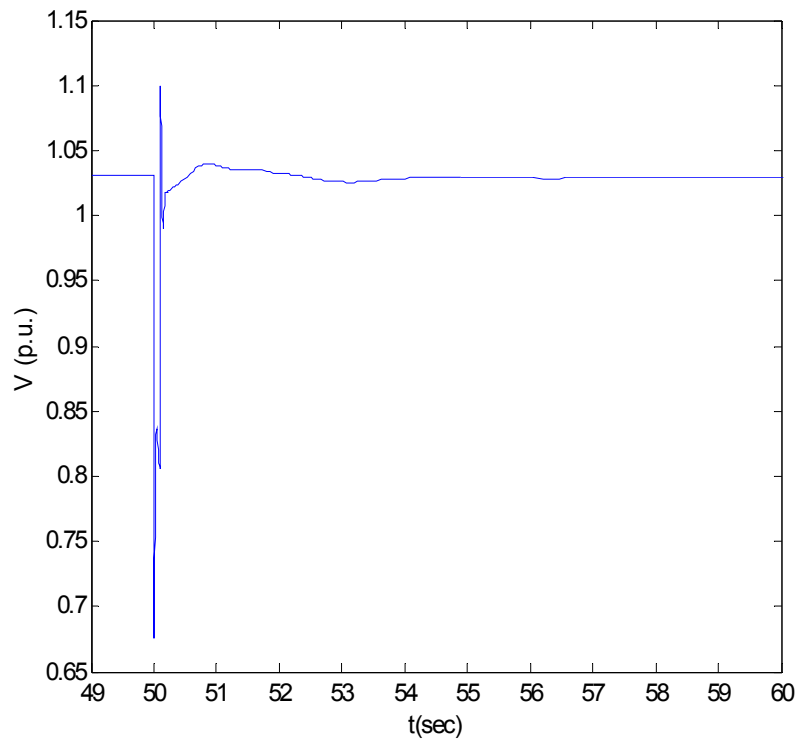


Σχήμα 8.3.67 Ολίσθηση Α/Γ MURTIA_R

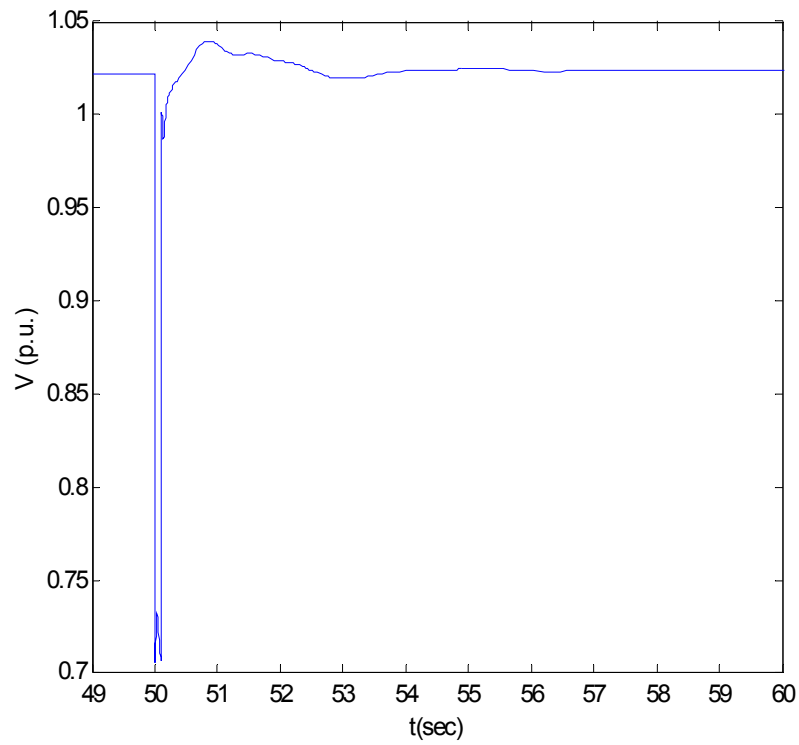
8.3.7.2.8. Διαταραχή 8 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου-Παλλήνης)



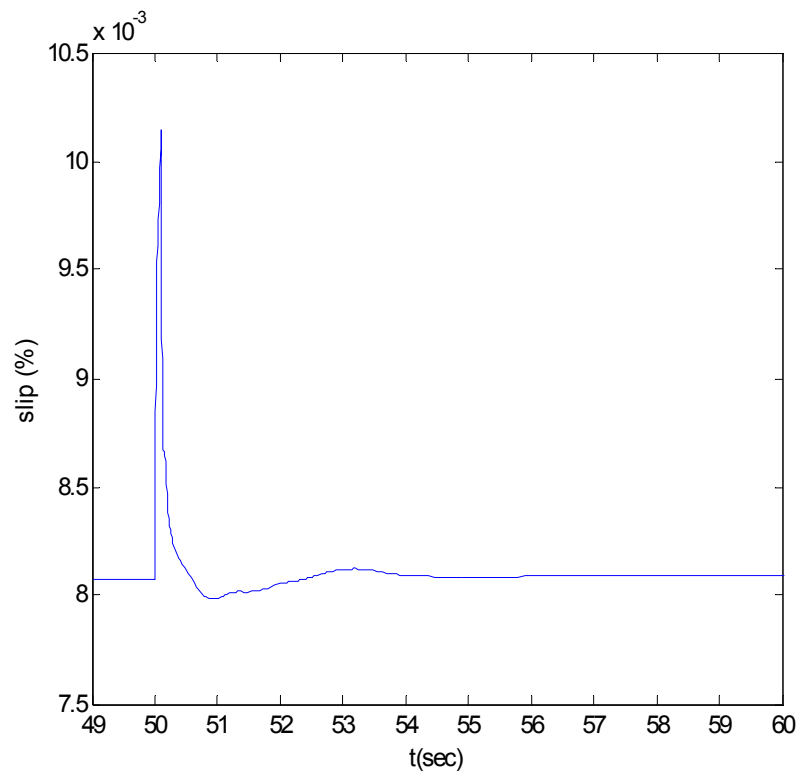
Σχήμα 8.3.68 Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G3 (59777)



Σχήμα 8.3.69 Τάση ζυγού LAURIO T (59531)

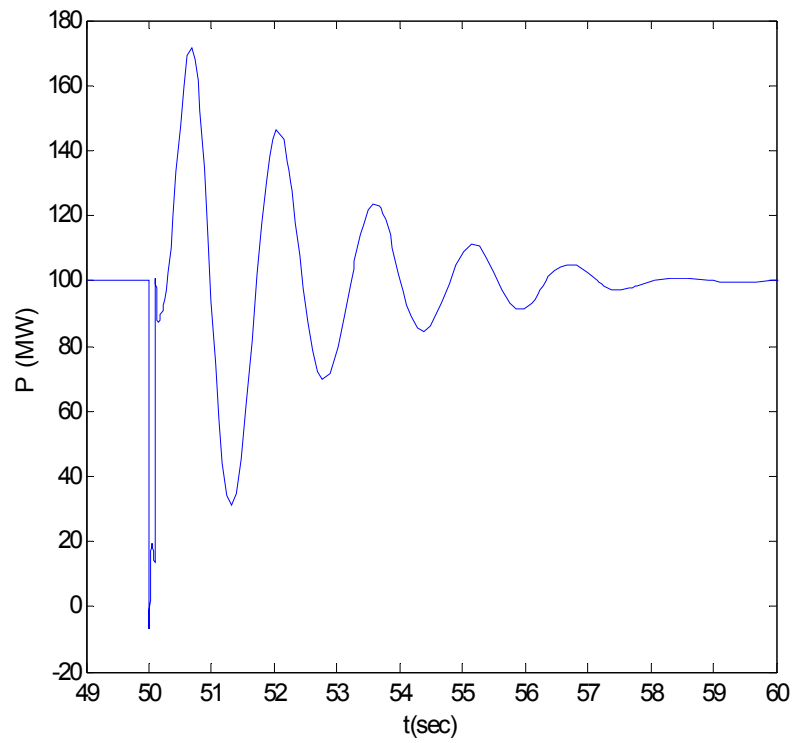


Σχήμα 8.3.70 Τάση ζυγού LAURIO (59011)

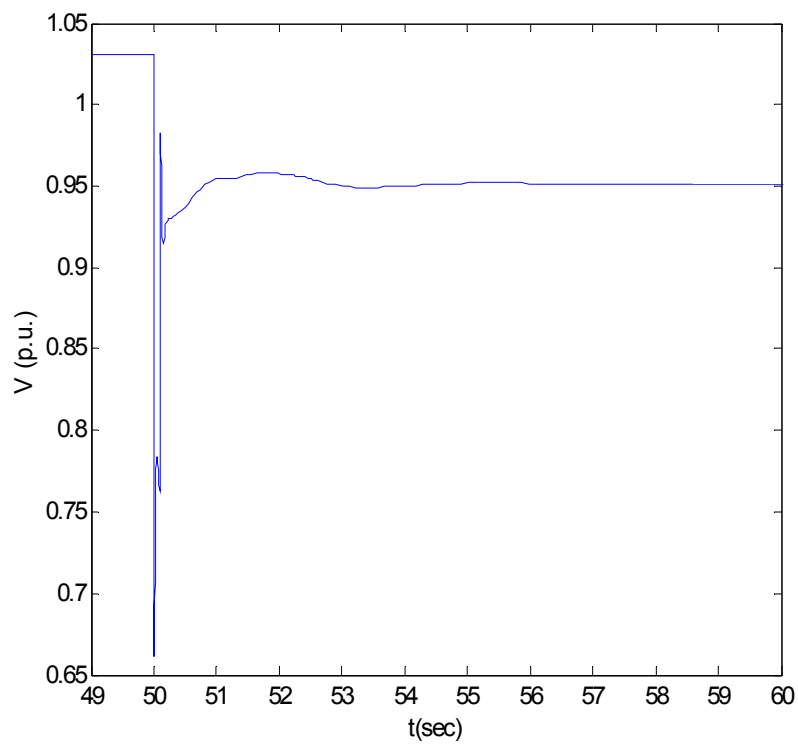


Σχήμα 8.3.71 Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

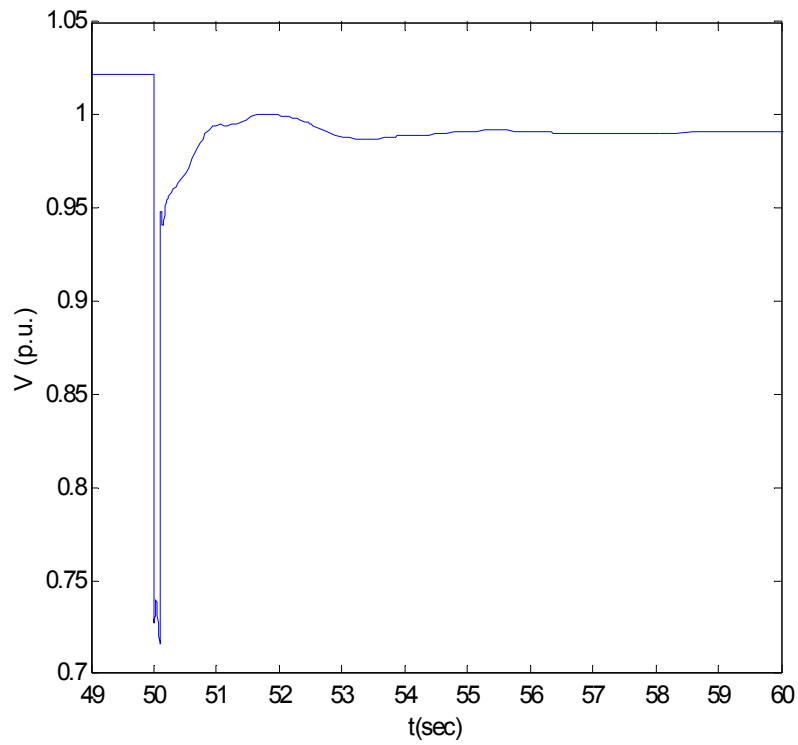
8.3.7.2.9. Διαταραχή 9 (Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ 'Παλλήνη')



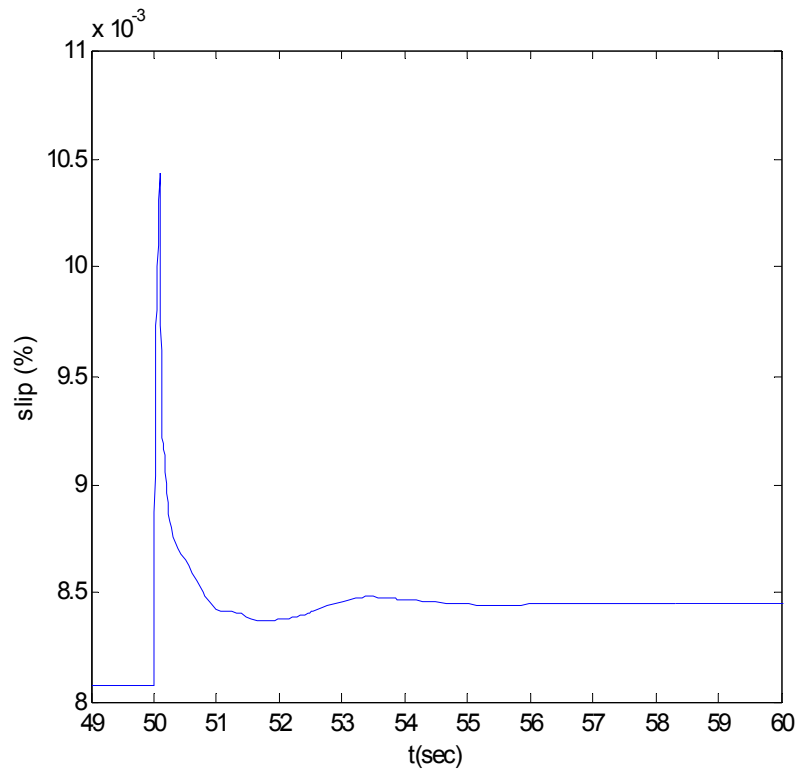
Σχήμα 8.3.72 Παραγωγή γεννήτριας BLAVR G3 (59777)



Σχήμα 8.3.73 Τάση ζυγού LAURIO T (59531)



Σχήμα 8.3.74 Τάση ζυγού LAURIO (59011)



Σχήμα 8.3.75 Ολίσθηση Α/Γ LEIBADI

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών σε Βυθίσεις Τάσεως

Στο κεφάλαιο αυτό μελετάται η διείσδυση στο δίκτυο περίπου 3000 MW αιολικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνονται όλα τα αιολικά πάρκα για τα οποία έχει δοθεί από το ΔΕΣΜΗΕ προσφορά σύνδεσης με το δίκτυο (περίπου 2300 MW ονομαστικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 2300 MW) καθώς και αυτά για τα οποία κατασκευάζονται ειδικά έργα σύνδεσης (π.χ. στην Εύβοια και τη , Θράκη) που προβλέπεται να έχουν ολοκληρωθεί περί το 2010. Η συντελεστής ταυτοχρονισμού της αιολικής παραγωγής έχει υποτεθεί στο 80%. Επίσης έχει θεωρηθεί και παραγωγή περίπου 200 MW από άλλες ΑΠΕ (Βιομάζα, Μικρά Υδροηλεκτρικά, Συμπαραγωγή).

Μελετήθηκαν δύο σενάρια, ένα μέγιστου φορτίου όπου η αιολική διείσδυση έφτανε το 21,5% (το ίδιο με το προηγούμενο κεφάλαιο), και ένα νέο σενάριο χαμηλού φορτίου όπου η αιολική διείσδυση έφτανε το 49%.

Αναλύονται συμμετρικά τριφασικά βραχυκυκλώματα (με χρόνο εκκαθάρισης 120 ms για σφάλματα γραμμών σε ζυγούς και 150ms για σφάλματα ζυγών) στους ζυγούς 400 kV των κάτωθι ΚΥΤ: Φιλίππων, Ν. Σάντας, Παλλήνης, Λαυρίου, Αχελώου, Αλιβερίου. Τα βραχυκυκλώματα που αναλύονται εκκαθαρίζονται με άνοιγμα γραμμής.

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται η μεταβατική συμπεριφορά των ανεμογεννητριών σε βυθίσεις τάσεως όπως αυτές που προκαλούνται ύστερα από ένα βραχυκύκλωμα. Στις προσομοιώσεις που διεξήχθησαν θεωρούνται 3 τύποι προστασιών για τις ανεμογεννήτριες του Συστήματος. Οι προστασίες τύπου Α ενεργοποιούνται όταν η τάση στο ζυγό της ανεμογεννήτριας πέσει κάτω από 0,8 α.μ. για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 60 ms. Οι προστασίες τύπου Β ενεργοποιούνται όταν η τάση στο ζυγό της ανεμογεννήτριας πέσει κάτω από 0,6 α.μ. για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 60 ms. Οι προστασίες τύπου C ενεργοποιούνται όταν η τάση στο ζυγό της ανεμογεννήτριας πέσει κάτω από 0,4 α.μ. για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο από 100 ms. Οι ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών καθώς και οι αγνώστου τύπου ανεμογεννήτριες θα έχουν προστασίες τύπου Α, ενώ για τις υπόλοιπες λαμβάνονται υπόψη και οι τρεις θεωρήσεις (προστασίες τύπου Α , Β και C).

9.2. Ανάλυση Ροής Φορτίου του Συστήματος

Στο σενάριο μέγιστου φορτίου τα δεδομένα ροής φορτίου είναι όπως και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Το σενάριο χαμηλού φορτίου είναι διαφορετικό από προηγούμενο καθώς έχει θεωρηθεί ένα λίγο μεγαλύτερο φορτίο και καλύτερα κατανομημένη παραγωγή συμβατικών μονάδων.

Οι παραγωγές ενεργού και άεργου ισχύος κάθε μιας από της γεννήτριες για το σενάριο χαμηλού φορτίου φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίν. 9.2.2. Παραγωγή Ενεργού και Άεργου ισχύος από τις Γεννήτριες του συστήματος στο σενάριο χαμηλού φορτίου

ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	KOMOT G1	98	42.62
12687	KOMOT G3	98	44.22
21177	AMYNT G1	170	19.02
21277	AMYNT G2	170	17.66
22177	AGDIM G1	170	22.99
22377	AGDIM G3	170	23.68
22577	AGDIM G5	170	27.97
23177	KARD G1	170	13.01
23277	KARD G2	170	12.91
23377	KARD G3	170	71.79
29577	FLWRING1	170	17.49
44677	ALOUM G1	67,1	37.88
44678	ALOUM G2	45,8	16.24
44687	ALOUM G3	67,1	35.14
59177	BLAVR G4	123	27.36
59277	BLAVR G1	35	15.90
59477	LAVRIO5	100	144.79
59677	BLAVR G2	35	15.61
59777	BLAVR G3	35	15.91
61077	MEGAL G5	180	81.76
62177	MEGAL G4	180	97.74
19811	GIOUGKOS	12,69	
73187	MPAKO G1	50	39.33
81287	KASTR G2	50	30.85

9.3. Προσομοίωση Διαταραχών

Οι διαταραχές που προσομοιώνονται είναι δίδονται από τον πίνακα 9.3.1

Πίν. 9.3.1 Θεωρούμενες Διαταραχές

Διαταραχή 1	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 2	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 3	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 4	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι-Χαλκίδα (43032-42736)
Διαταραχή 5	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος
Διαταραχή 6	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 7	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος – Δίστομο (71011-70011)

Η διάρκεια του βραχυκυκλώματος λαμβάνεται ίση με 120ms για τις διαταραχές 1,2, 4-7 , και 150ms για τη διαταραχή 3.

9.3.1 Αποτελέσματα για το Σενάριο Μεγίστου Φορτίου

9.3.1.1 Προσομοίωση με προστασίες τύπου A

Στους πίνακες 9.3.2 και 9.3.3 δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.2. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'ALEXANDR '	'ALEXANDR '	'EYBOIA3'	'LEIBADI '	'EYBOIA3'	'LEIBADI '	'PANAXAIK '
'KECHROS'	'KECHROS'	'EYBOIA7'	'HLIOLOUS'	'EYBOIA5'	'POLYPOTA'	'DAFNOZ_WF '
'KERVEROS'	'KERVEROS'	'EYBOIA4'	'ARGUROS '	'EYBOIA7'	'EYBOIA3'	'ARGOSTOL '
'PATRIAR'	'PATRIAR'	'EYBOIA5'	'MURTIA R '	'EYBOIA4'	'EYBOIA5'	'KEF 2 '
'MAGIKO'	'MAGIKO'	'LEIBADI '	'POLYPOTA'	'EYBOIA6'	'EYBOIA6'	'KEF 1 '
'N, SANTA'	'N, SANTA'	'KARUSTOS '	'ARGUROS '	'LEIBADI '	'EYBOIA7'	'LEUKADA1 '
'SAPKA '	'SAPKA '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'EYBOIA4'	'ANTIRRIO '
'XAN8H_1 '	'XAN8H_1 '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'AIT 4'
'SIDHR/RO '	'SIDHR/RO '		'BOIWZIA4 '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'AHAIA 2 '
'DRA_1 '	'DRA_1 '		'YACNA '		'KARUSTOS '	'AHAIA 3 '
'KILKIS '	'KILKIS '		'MURTIA R '			
'AXIOUPOL '	'AXIOUPOL '		'EYBOIA1'			
'NEVROKOP'	'NEVROKOP'		'EYBOIA2'			
'KILKIS_2'	'KILKIS_2'		'EYBOIA5'			
			'KARUSTOS '			
			'EYBOIA6'			
			'EYBOIA7'			
			'EYBOIA09'			
			'AMARYNT '			
			'POLYPOTA '			

Πίν. 9.3.3. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
2,4	2,4	101,61	33,28	101,61	33,28	38,8
50	50	62,19	13,12	43,88	22,72	11,92
24,96	24,96	38,21	31,04	62,19	101,61	8,16
32,24	32,24	43,88	47,04	38,21	43,88	29,92
7,6	7,6	33,28	22,72	14,53	14,53	24
170	170	39,68	31,04	33,28	62,19	31,28
48,16	48,16	39,68	39,68	39,68	38,21	20,16
24	24	39,68	39,68	39,68	39,68	30,4
15,2	15,2		22,32	39,68	39,68	17,68
15,84	15,84		12,24		39,68	31,68
8	8		47,04			
6,64	6,64		35,24			
9,6	9,6		42,66			
32	32		43,88			
			39,68			
			14,53			
			62,19			
			36,4			
			17,28			
			9,6			
446,64	446,64	398,21	640,66	412,74	435,46	244

9.3.1.2 Προστασίες τύπου Β

Στους πίνακες 9.3.4 και 9.3.5 δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.4. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'ALEXANDR '	'ALEXANDR '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'POLYPOTA'	
'KECHROS'	'KECHROS'	'KARUSTOS '	'HLIOLOUS'	'POLYPOTA'	'LEIBADI '	
'KERVEROS'	'KERVEROS'	'KARUSTOS '	'ARGUROS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	
'PATRIAR'	'PATRIAR'	'POLYPOTA'	'MURTIA R '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	
'N, SANTA'	'N, SANTA'		'POLYPOTA'			
'SAPKA '	'SAPKA '		'ARGUROS '			
			'KARUSTOS '			
			'KARUSTOS '			
			'POLYPOTA '			
			'MURTIA R '			
			'EYBOIA1'			
			'EYBOIA2'			
			'KARUSTOS '			
			'EYBOIA09'			
			'AMARYNT '			

Πίν. 9.3.5. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
2,4	2,4	33,28	33,28	33,28	22,72	
50	50	39,68	13,12	22,72	33,28	
24,96	24,96	39,68	31,04	39,68	39,68	
32,24	32,24	22,72	47,04	39,68	39,68	
170	170		22,72			
48,16	48,16		31,04			
			39,68			
			39,68			
			9,6			
			47,04			
			35,24			
			42,66			
			39,68			
			36,4			
			17,28			
327,76	327,76	135,36	485,5	135,36	135,36	0

9.3.1.3 Προστασίες τύπου C

Στους πίνακες 9.3.6 και 9.3.7 δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.6. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'N, SANTA'	'N, SANTA'		'LEIBADI '			
	'KERVEROS'		'HLIOLOUS'			
			'MURTIA R '			
			'KARUSTOS '			
			'KARUSTOS '			
			'MURTIA R '			
			'EYBOIA2'			
			'KARUSTOS '			
			'POLYPOTA '			
			'EYBOIA09'			
			'EYBOIA1'			

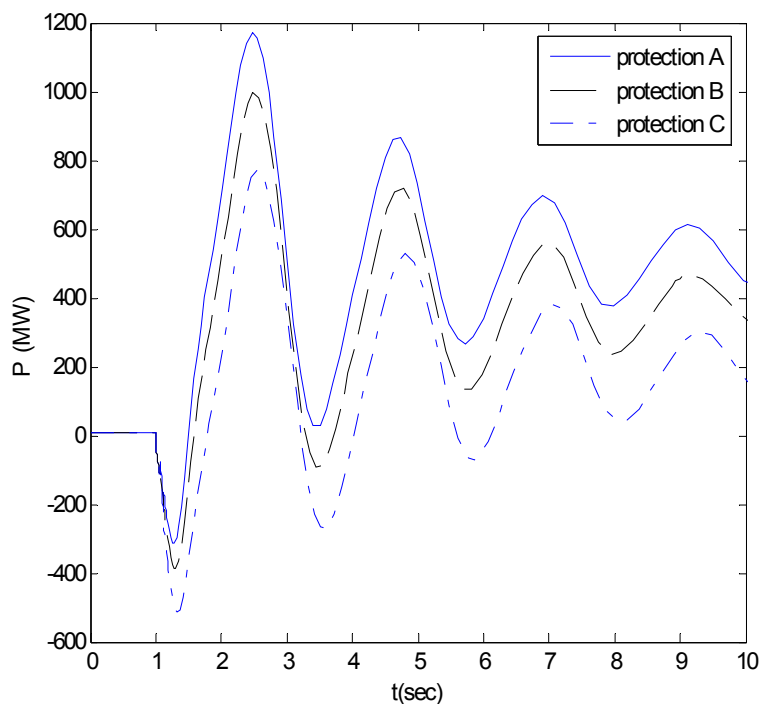
Πίν. 9.3.7. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
170	170	0	33,28	0	0	0
0	24,96	0	13,12	0	0	0
0	0	0	47,04	0	0	0
0	0	0	39,68	0	0	0
0	0	0	39,68	0	0	0
0	0	0	47,04	0	0	0
0	0	0	42,66	0	0	0
0	0	0	39,68	0	0	0
0	0	0	9,6	0	0	0
0	0	0	36,4	0	0	0
0	0	0	35,24	0	0	0
170	194,96	0	383,42	0	0	0

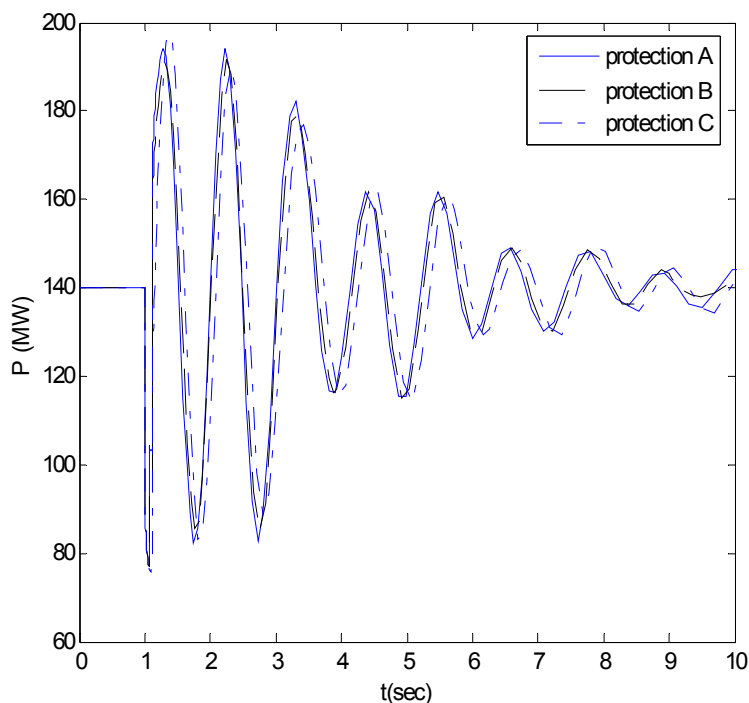
Στα Σχήματα 9.3.1 έως 9.3.34 παρουσιάζονται γραφήματα ισχύος και τάσεως επιλεγμένων ζυγών, μονάδων κοντά στο βραχυκυκλωμένο ζυγό καθώς και ανεμογεννητριών που βγαίνουν εκτός από την προστασία τύπου Α ενώ παραμένουν εντός λειτουργίας με τις προστασίες τύπου Β και C.

Σημειώνεται ότι, όπως προκύπτει από τα γραφήματα, η αποσύνδεση των αιολικών πάρκων προκαλεί υπερτάσεις (Σχήματα 9.3.8, 9.3.9, 9.3.15, 9.3.19, 9.3.24, 9.3.29)

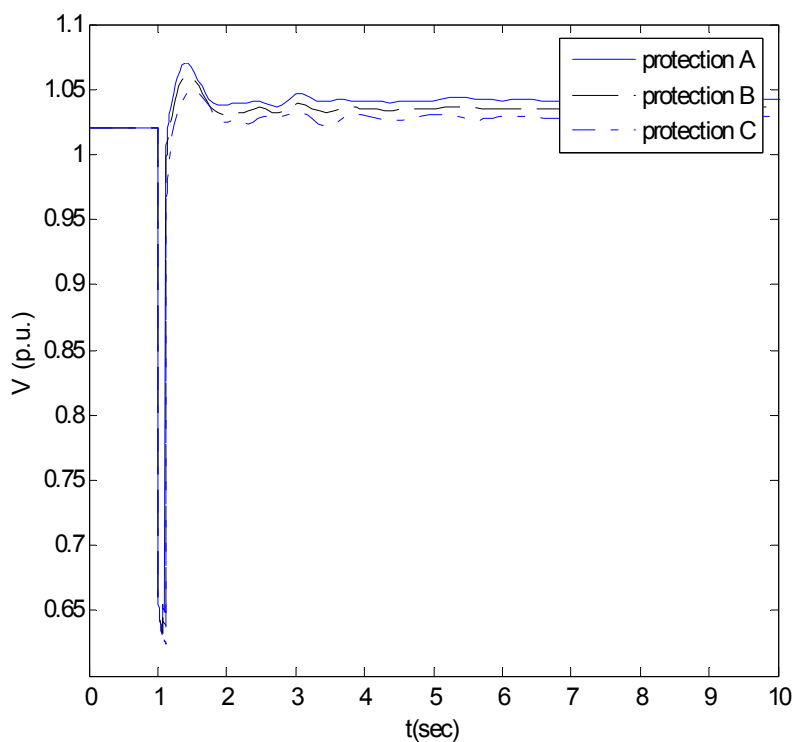
Διαταραγή 1. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα



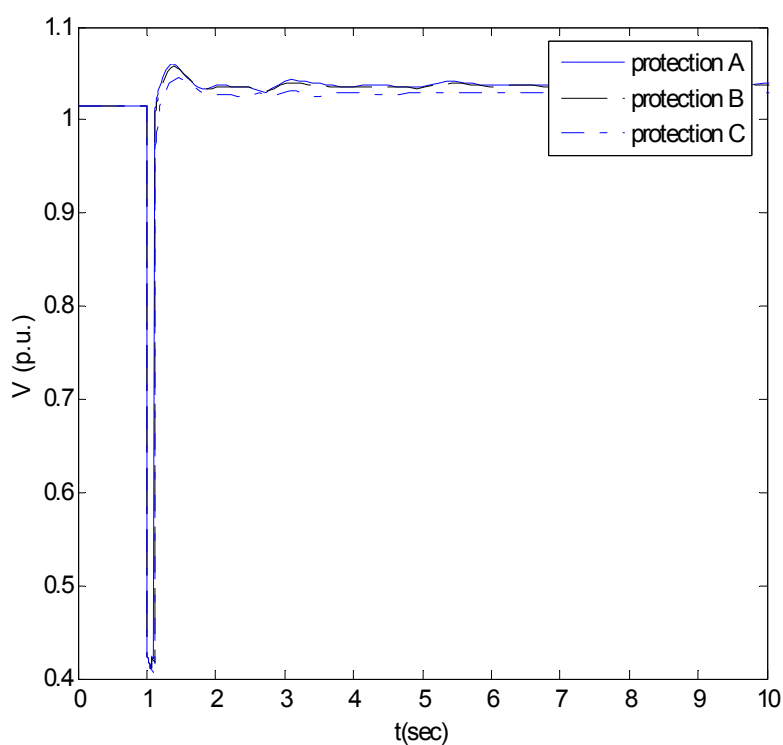
Σχήμα 9.3.1. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)



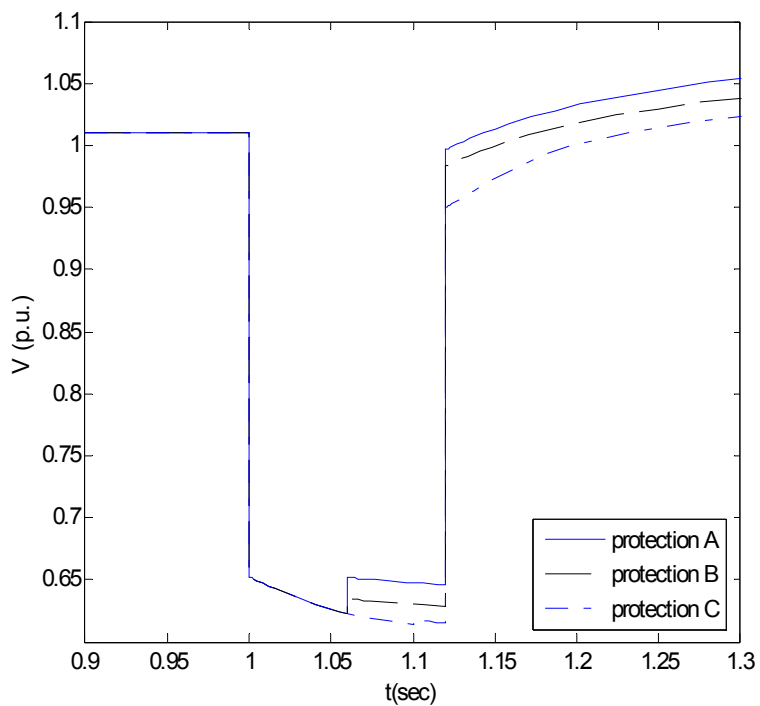
Σχήμα 9.3.2. Παραγωγή γεννήτριας Κομοτηνής 12487- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)



Σχήμα 9.3.3. Τάση ζυγού FILLIP 11935- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)

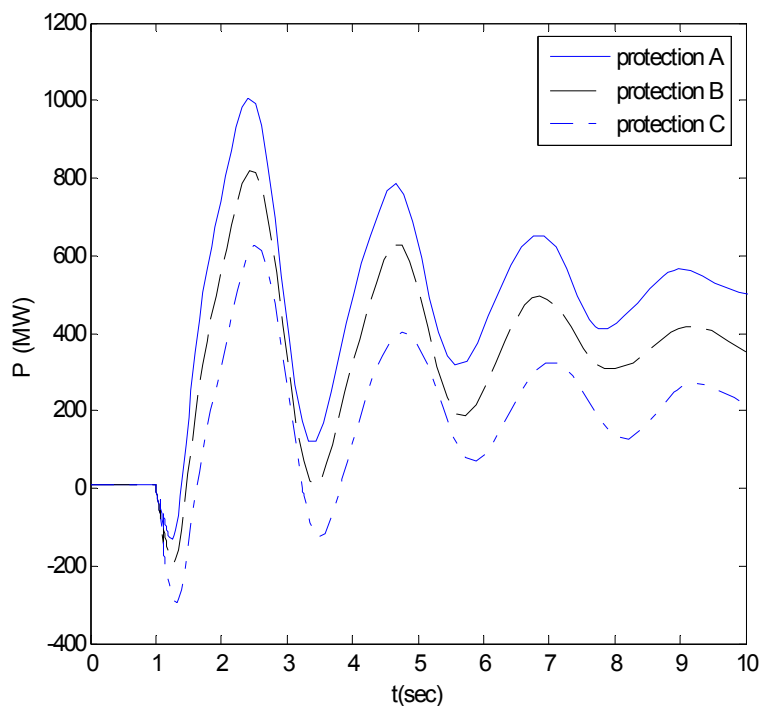


Σχήμα 9.3.4. Τάση ζυγού FILIPPOI 12011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)

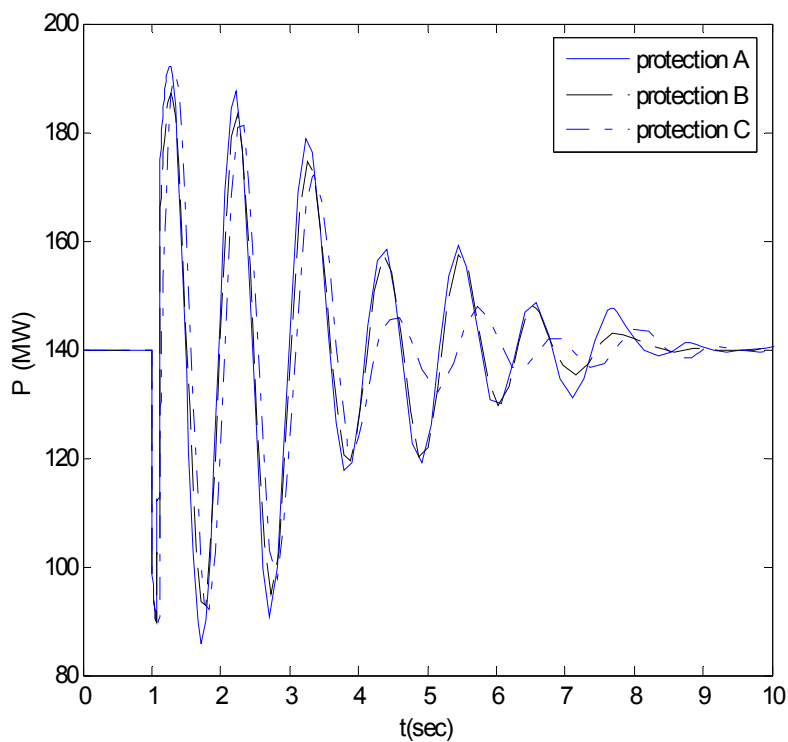


Σχήμα 9.3.5. Τάση A/Γ NEVROKOP 19231- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011)

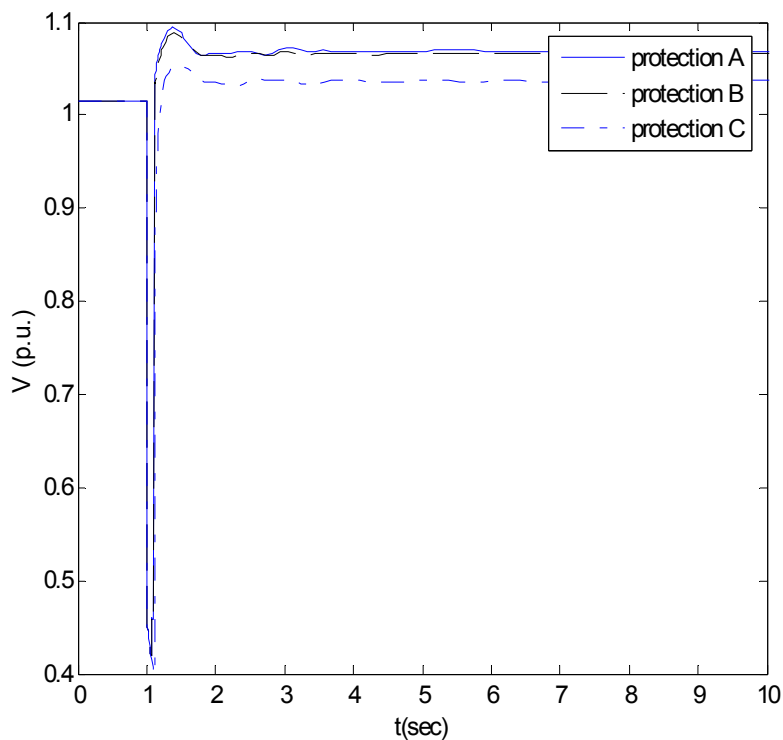
Διαταραγή 2. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα



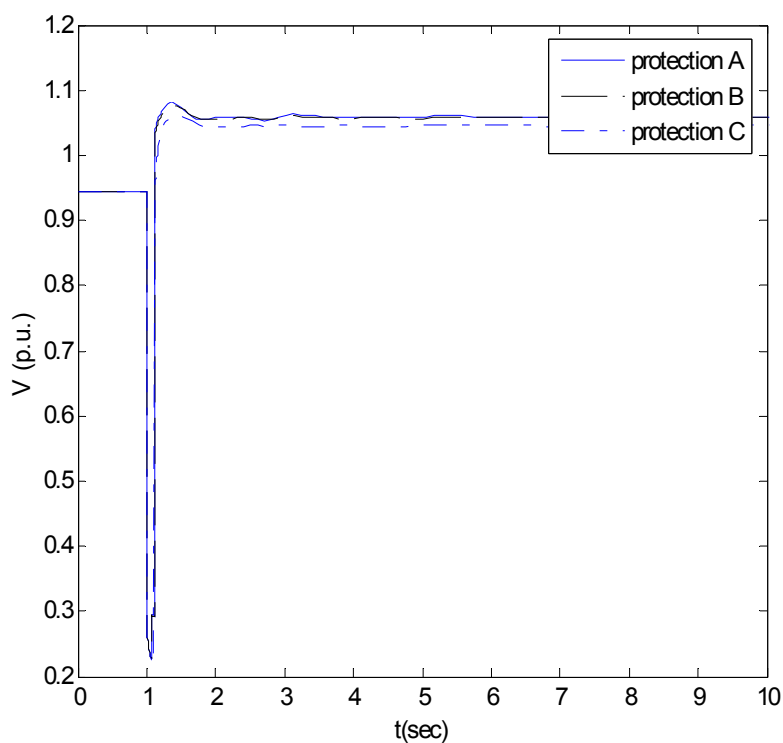
Σχήμα 9.3.6. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)



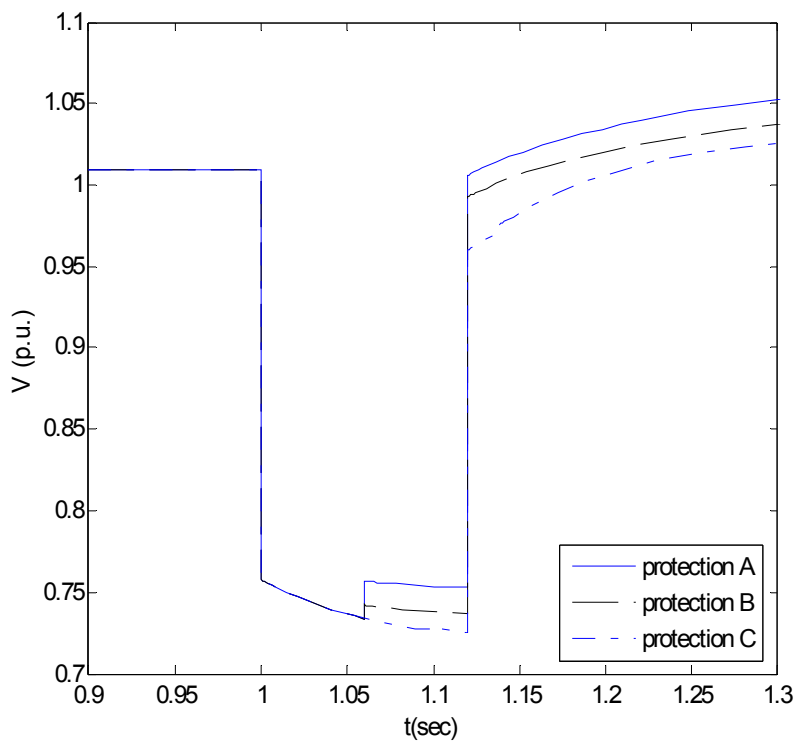
Σχήμα 9.3.7. Παραγωγή γεννήτριας Κομοτηνής 12487- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)



Σχήμα 9.3.8. Τάση ζυγού N. SANTA 10732- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)

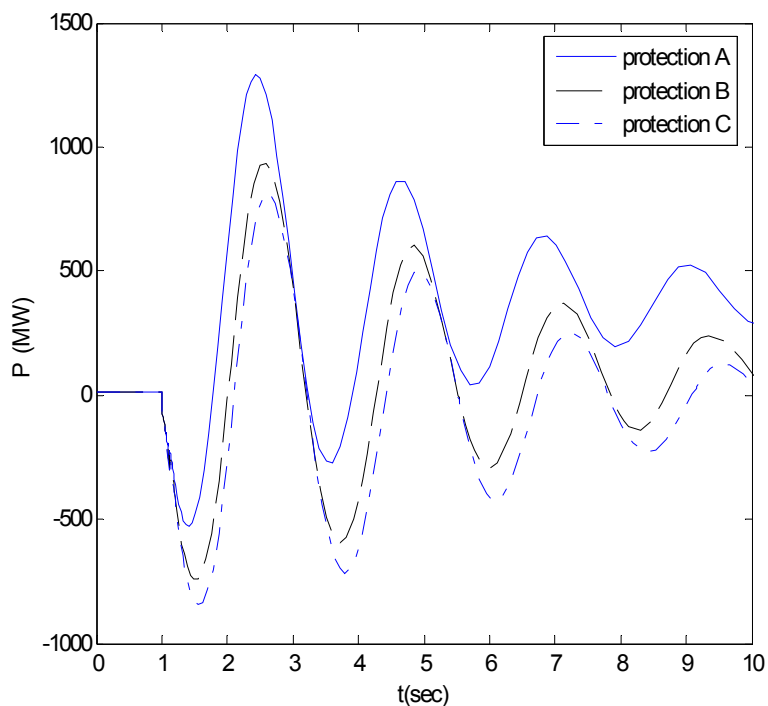


Σχήμα 9.3.9 Τάση ζυγού N. SANTA 10735- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)

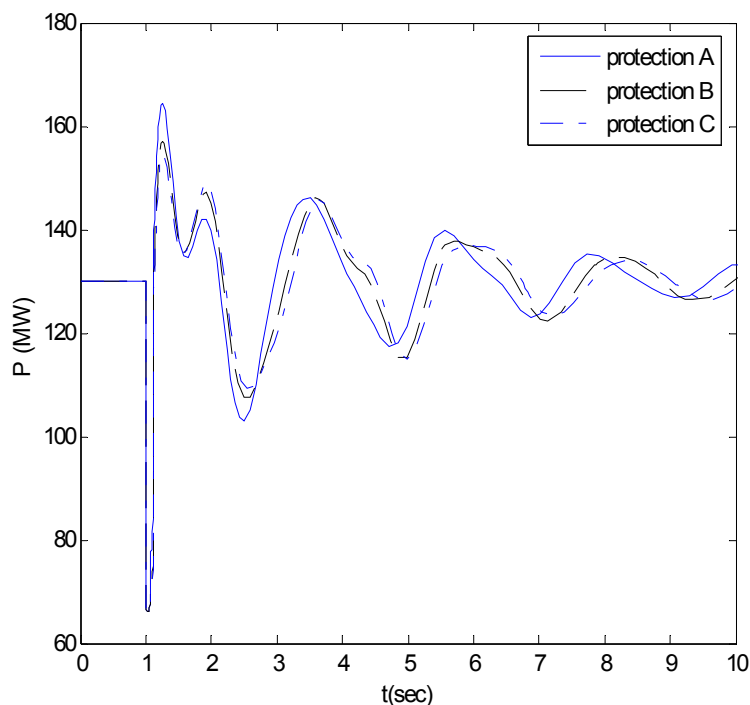


Σχήμα 9.3.10. Τάση Α/Γ NEVROKOP 19231- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711)

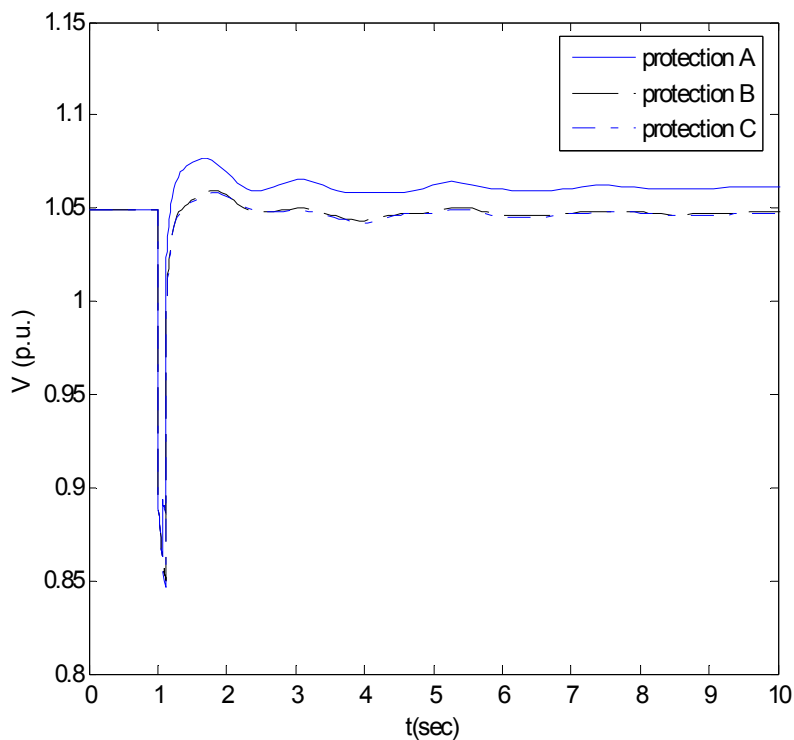
Διαταραχή 3. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο



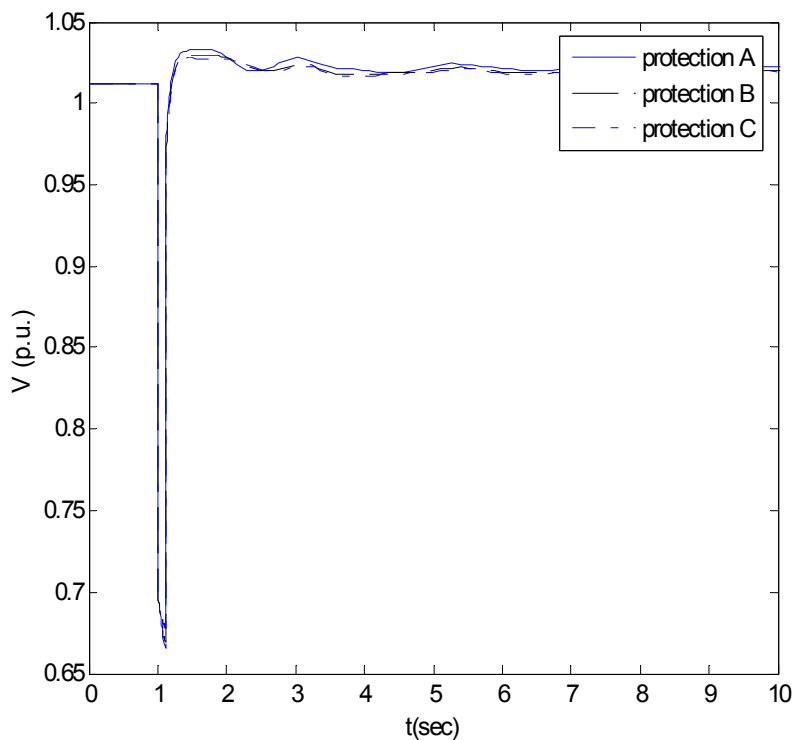
Σχήμα 9.3.11. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)



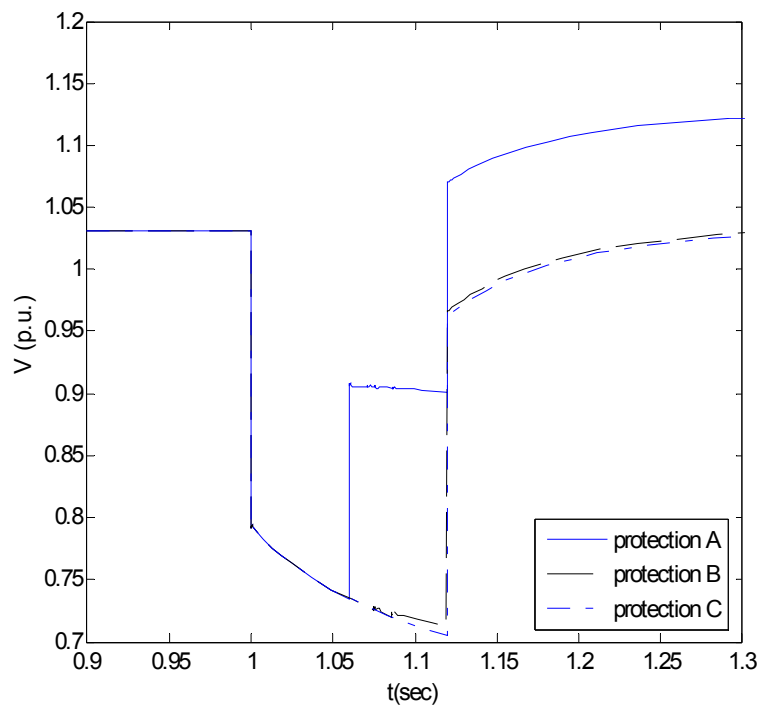
Σχήμα 9.3.12. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)



Σχήμα 9.3.13. Τάση ζυγού LAURIO T 59531- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Λαύριο’ (59011)

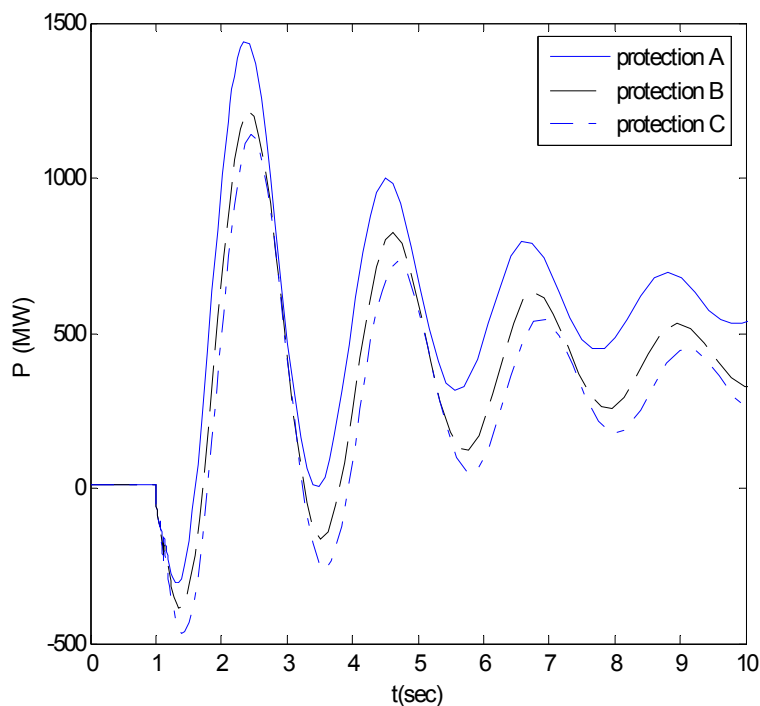


Σχήμα 9.3.14 Τάση ζυγού LAURIO 59011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Λαύριο’ (59011)

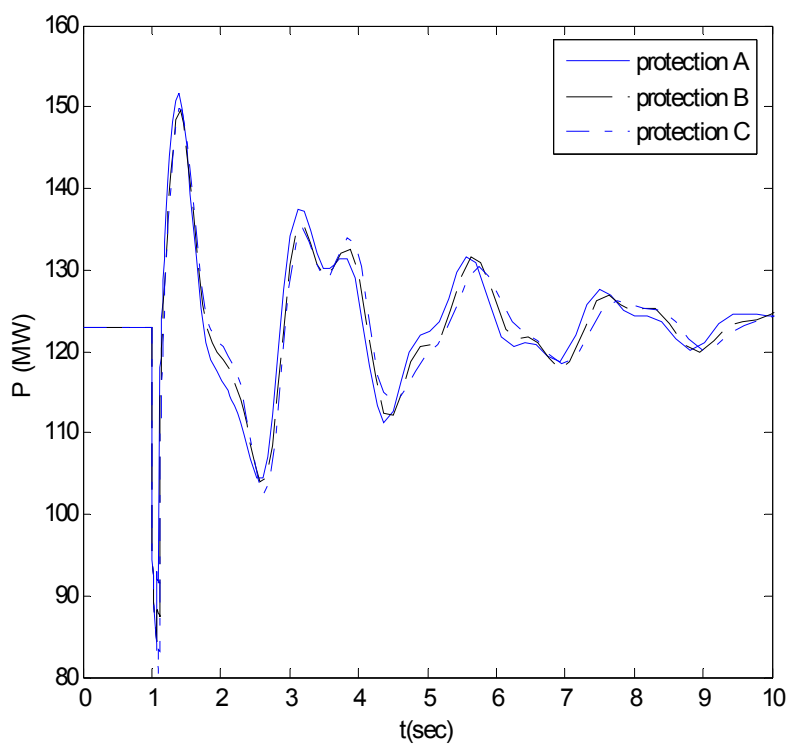


Σχήμα 9.3.15. Τάση A/Γ ΕΥΒΟΙΑ4 43731- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)

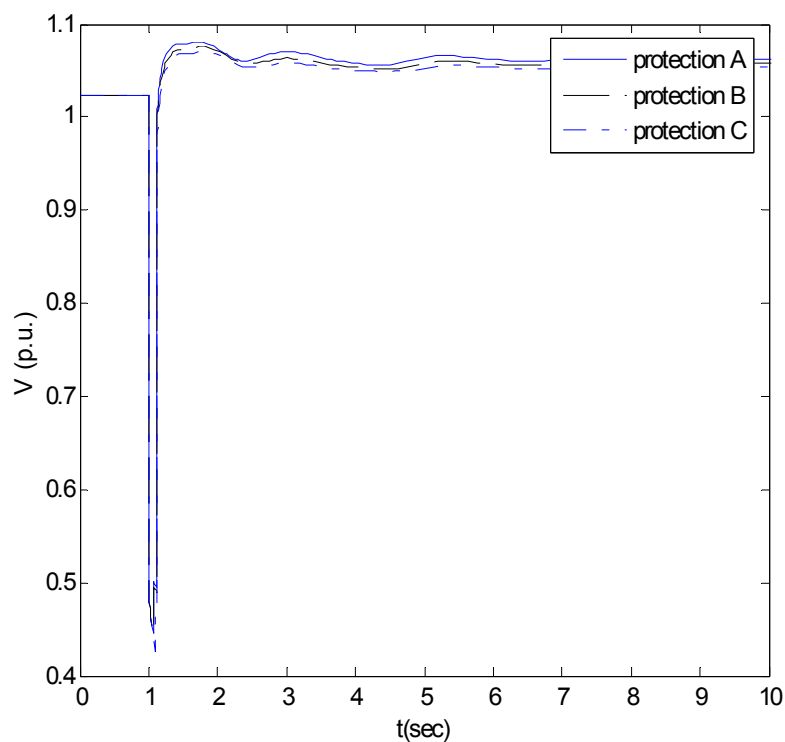
Διαταραγή 4. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι-Χαλκίδα (43032-42736)



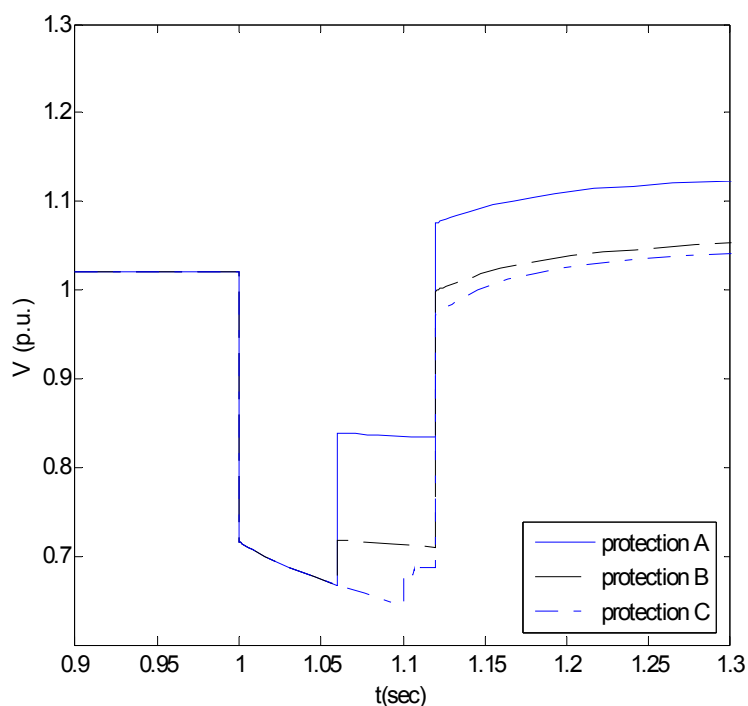
Σχήμα 9.3.16. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)



Σχήμα 9.3.17. Παραγωγή γεννήτριας Αλιβερίου 44677- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)

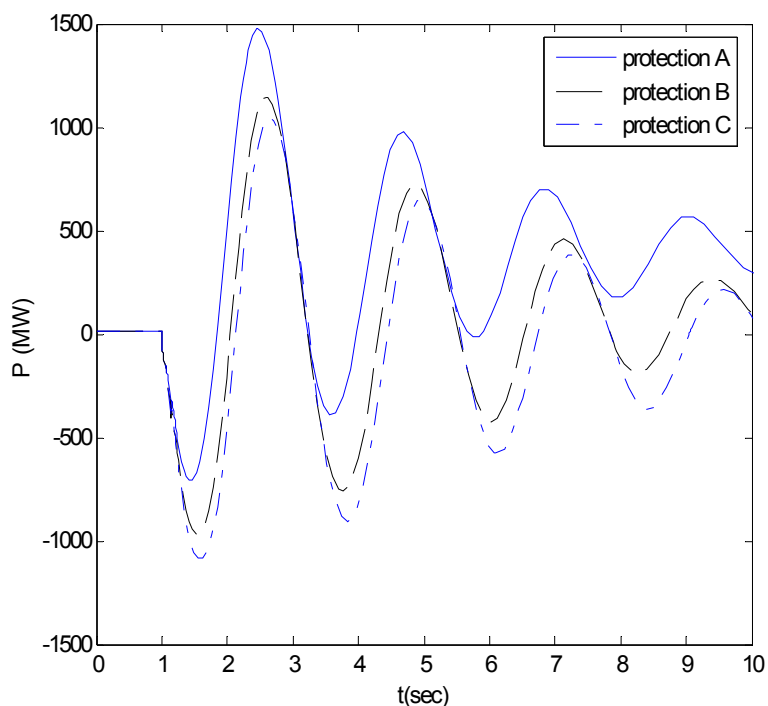


Σχήμα 9.3.18. Τάση ζυγού ALIBERI 43032- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Αλιβέρι’ (43032)

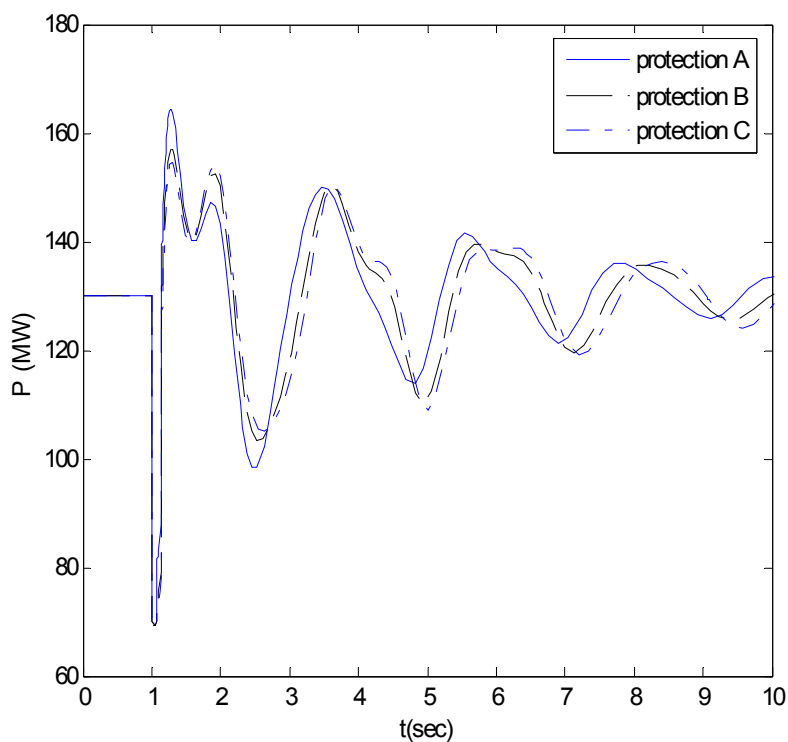


Σχήμα 9.3.19. Τάση Α/Γ ΕΥΒΟΙΑ7 44731- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Αλιβέρι’ (43032)

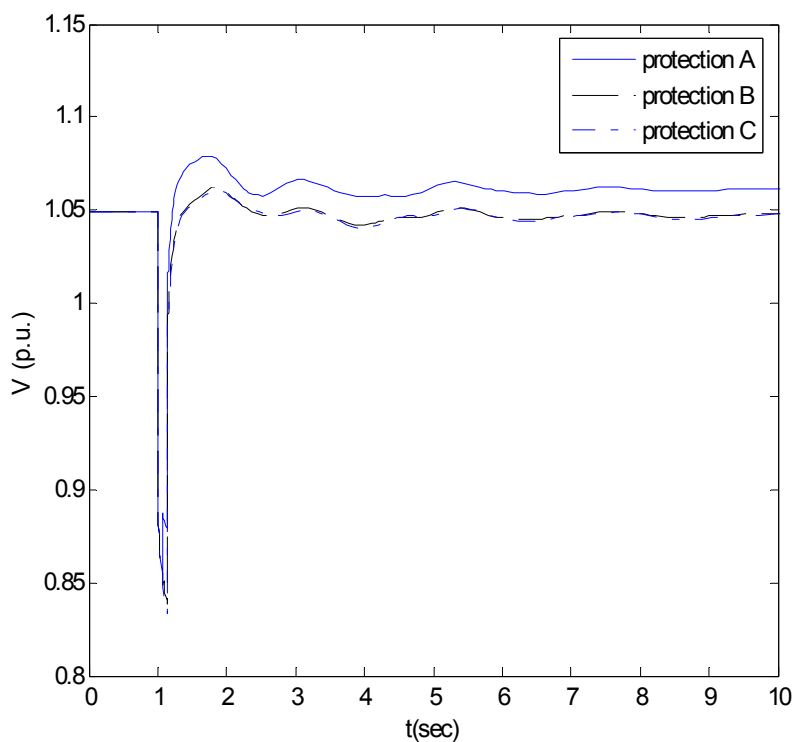
Διαταραγή 5. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος



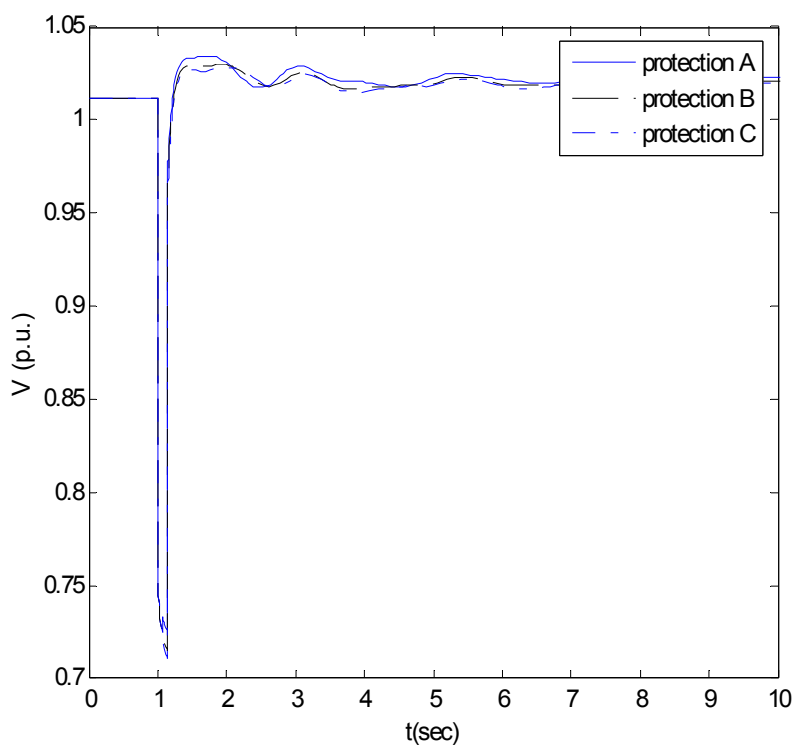
Σχήμα 9.3.20. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)



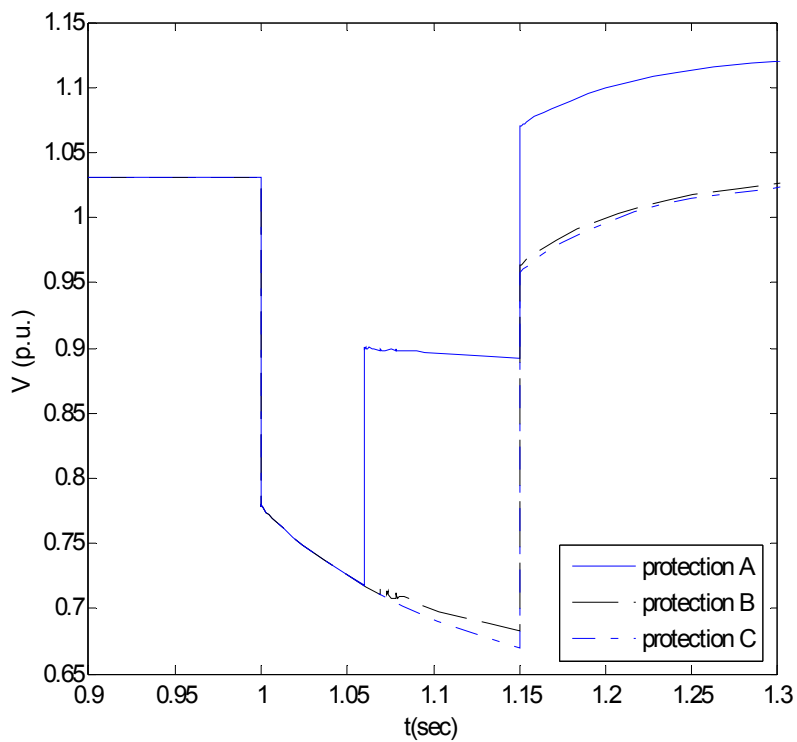
Σχήμα 9.3.21. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)



Σχήμα 9.3.22. Τάση ζυγού LAURIO T 59531- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

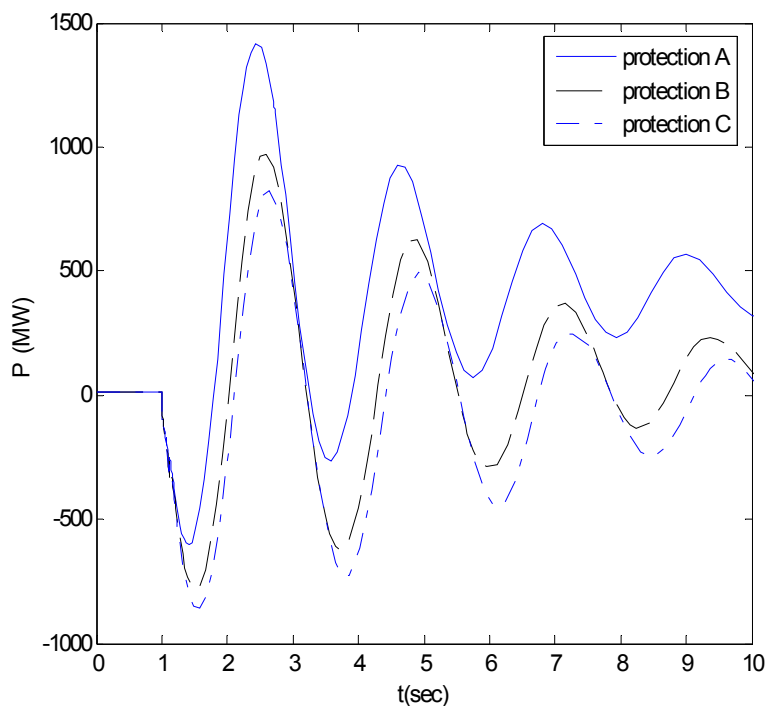


Σχήμα 9.3.23. Τάση ζυγού LAURIO 59011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

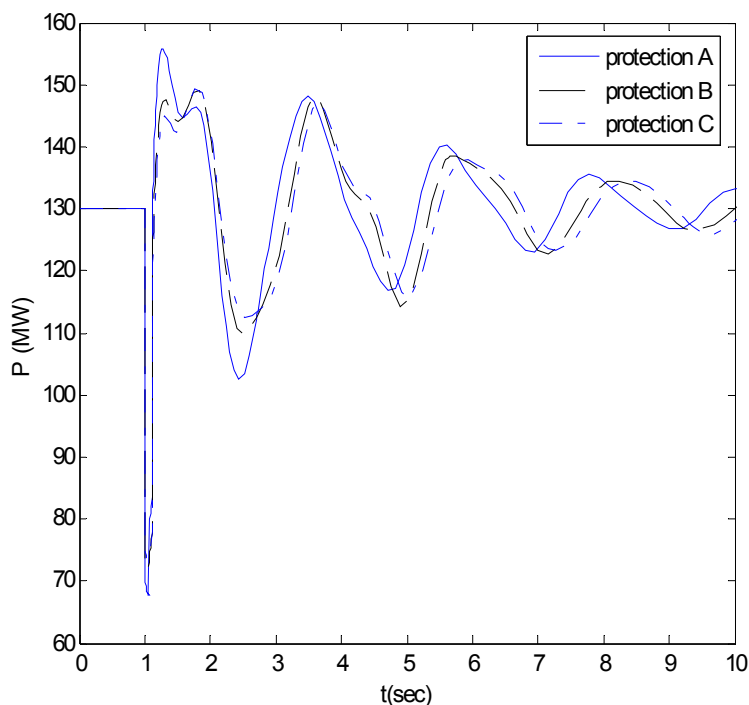


Σχήμα 9.3.24. Τάση Α/Γ ΕΥΒΟΙΑ 43731- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

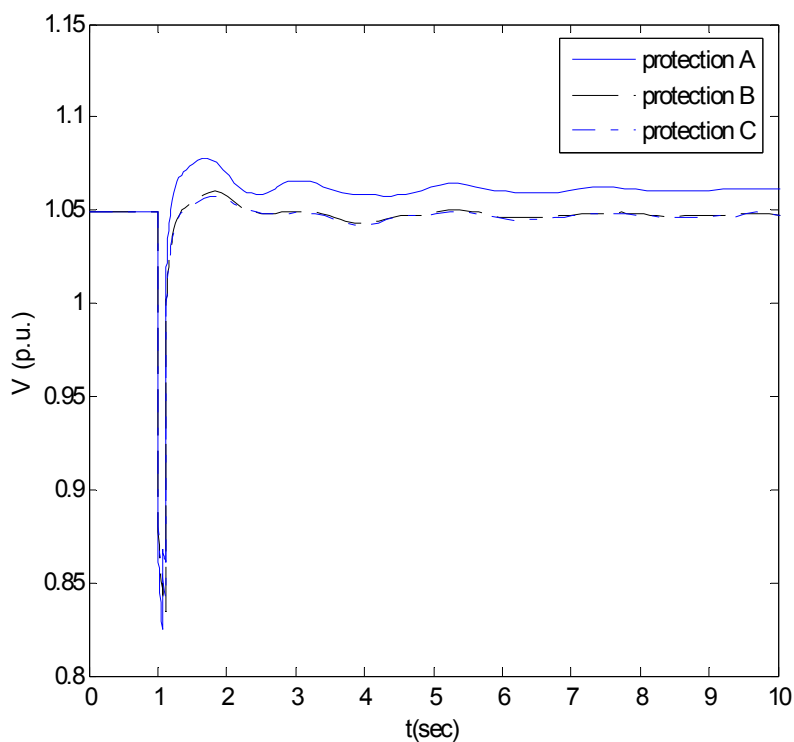
Διαταραχή 6. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο



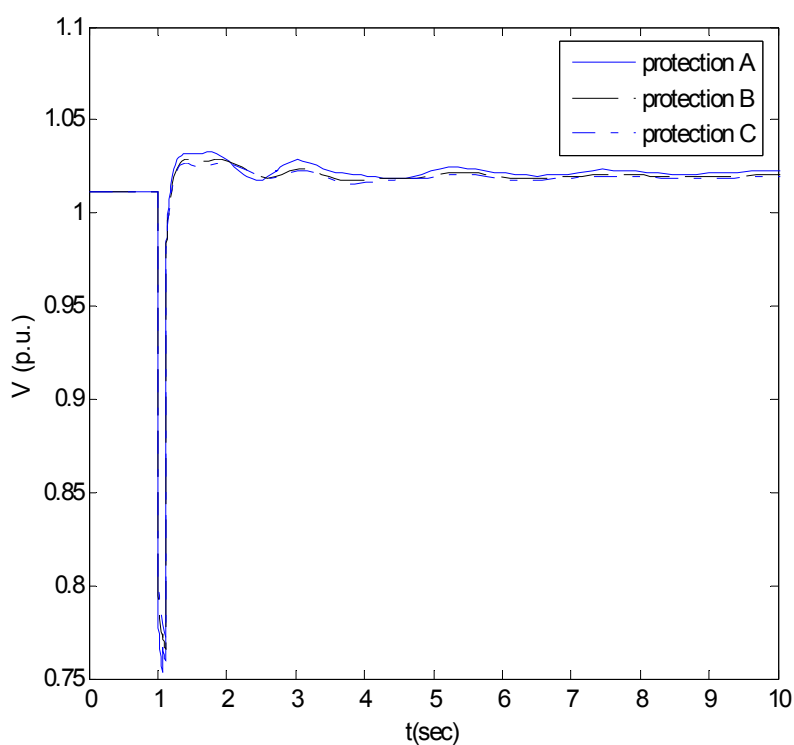
Σχήμα 9.3.25. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)



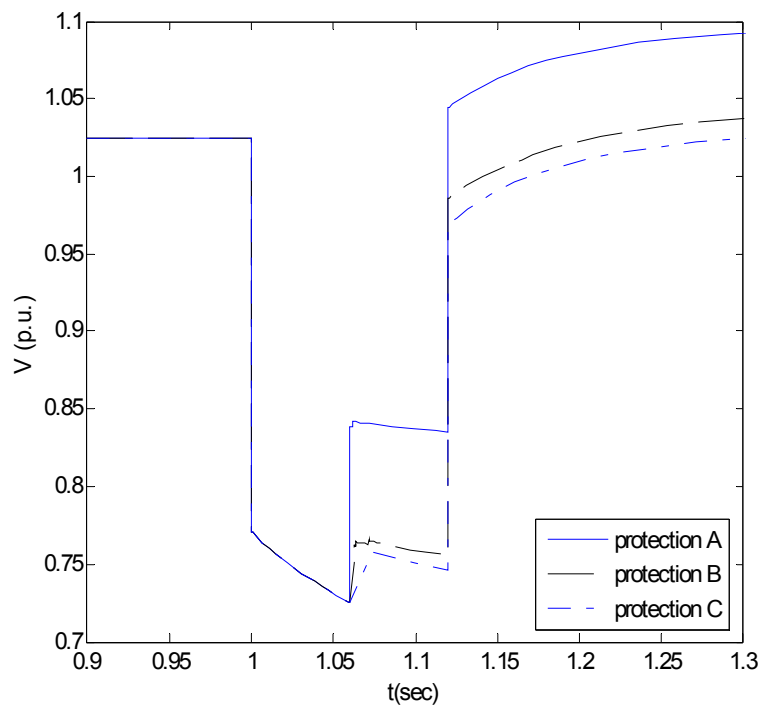
Σχήμα 9.3.26. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)



Σχήμα 9.3.27. Τάση ζυγού LAURIO T 59531- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Παλλήνη’ (54011)

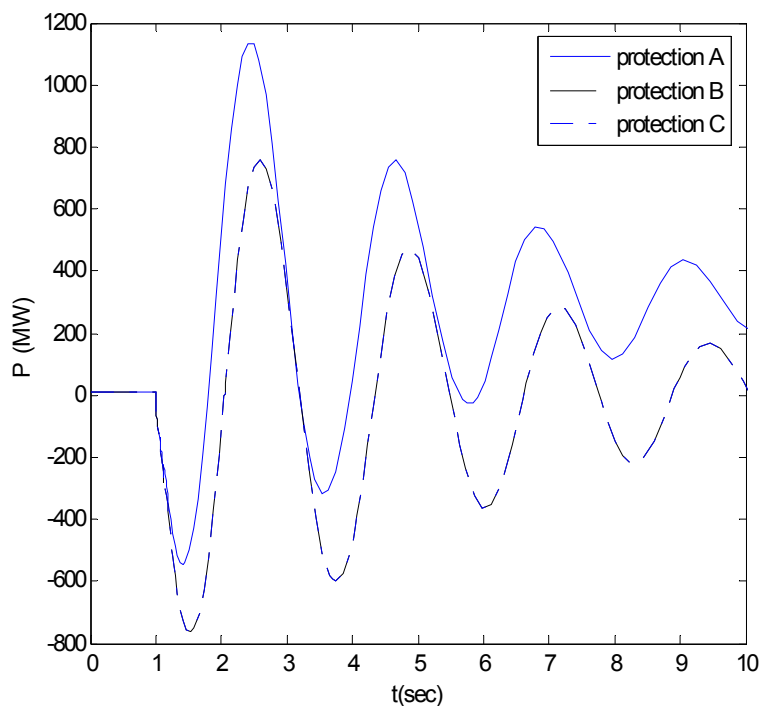


Σχήμα 9.3.28. Τάση ζυγού LAURIO 59011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον KYT ‘Παλλήνη’ (54011)

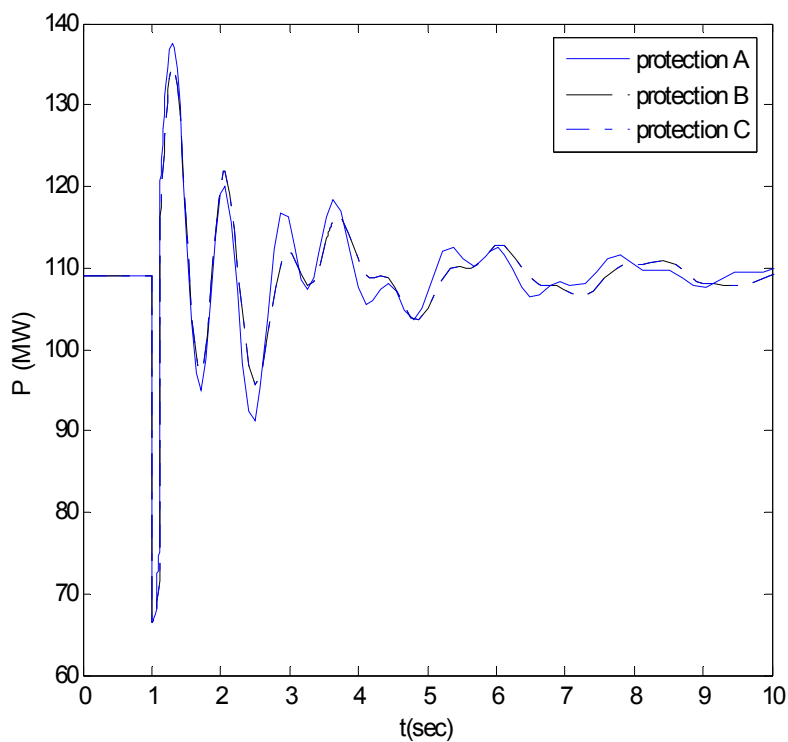


Σχήμα 9.3.29. Τάση A/Γ ΕΥΒΟΙΑ6 44131- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)

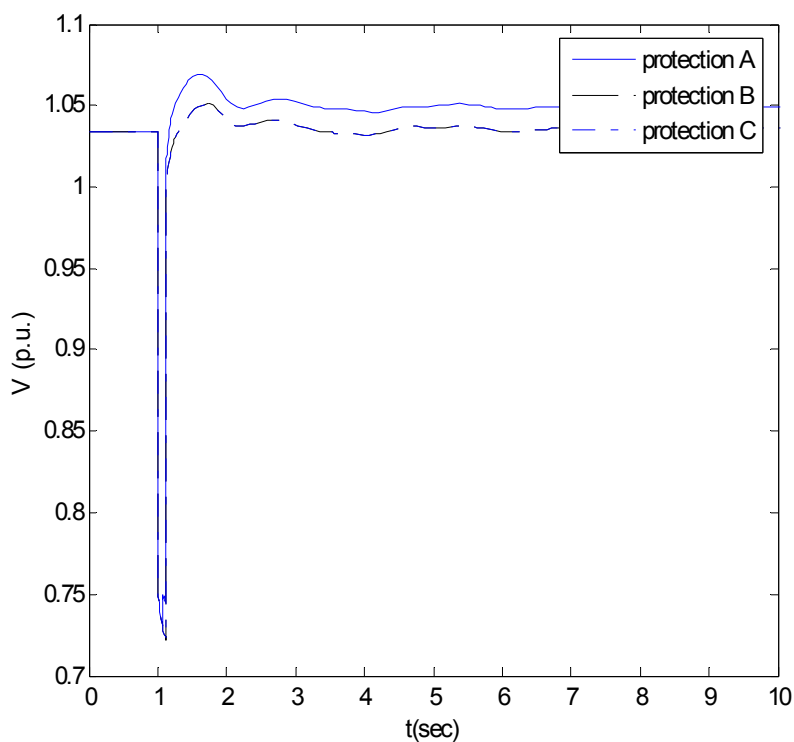
Διαταραχή 7.Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος – Δίστομο (71011-70011)



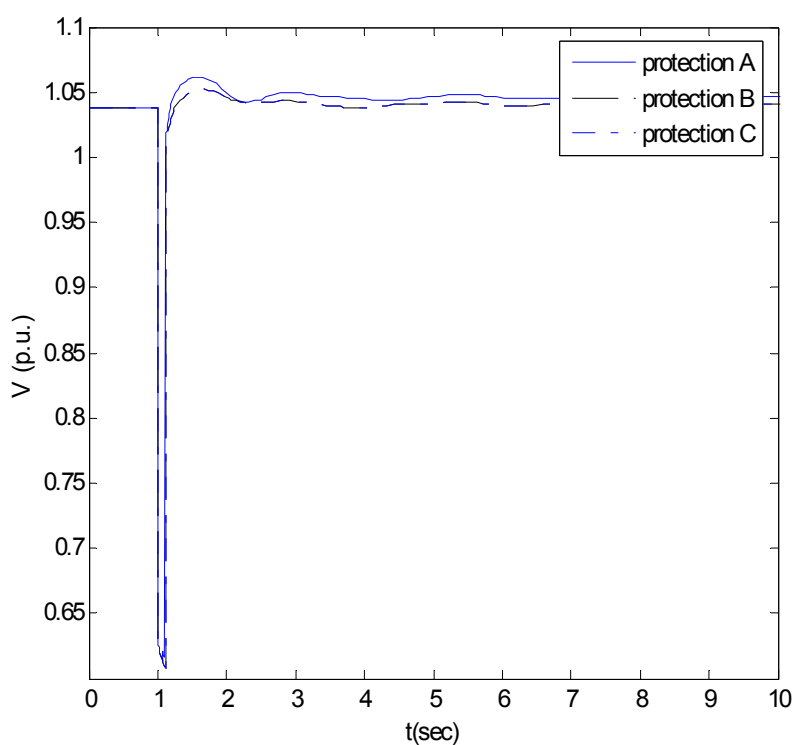
Σχήμα 9.3.30. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



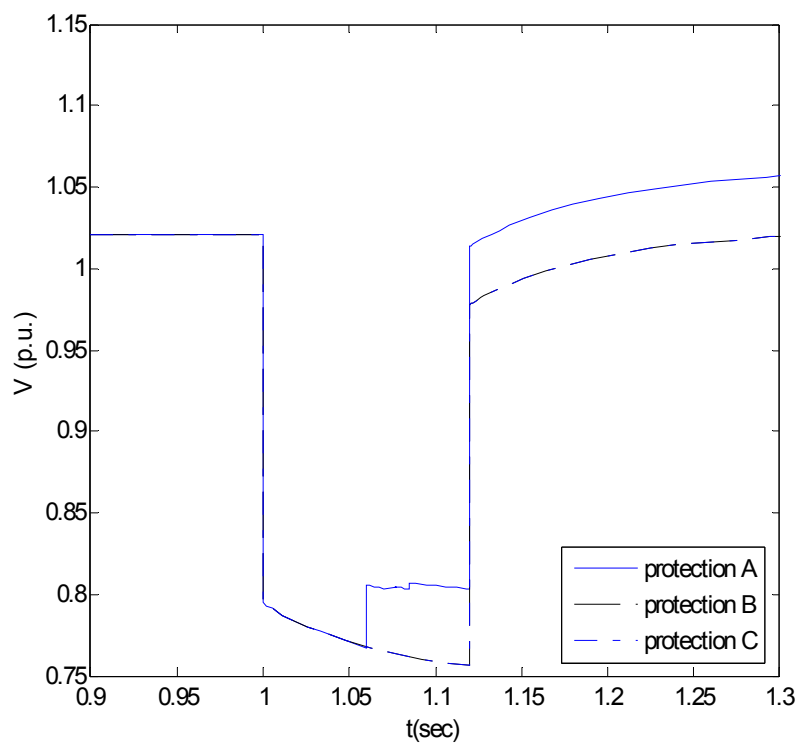
Σχήμα 9.3.31. Παραγωγή γεννήτριας ΜΡΑΚΟ G1 73187- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



Σχήμα 9.3.32. Τάση ζυγού ACELWOS 71131- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



Σχήμα 9.3.33. Τάση ζυγού ACELWOS 71011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



Σχήμα 9.3.34. Τάση Α/Γ ΡΑΝΑΧΑΙΚ 63331- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)

9.3.2. Αποτελέσματα για το Σενάριο Χαμηλού Φορτίου

9.3.2.1 Προστασίες τύπου Α

Στους πίνακες 9.3.8 και 9.3.9 δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.8. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον KYT 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον KYT 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'ALEXANDR '	'ALEXANDR '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '
'KECHROS'	'KECHROS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'
'KERVEROS'	'KERVEROS'	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '
'PATRIAR'	'PATRIAR'	'MURTIA_R '	'MURTIA_R '	'MURTIA_R '	'MURTIA_R '	'MURTIA_R '
'MAGIKO'	'MAGIKO'	'ARGUROS '	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'
'N, SANTA'	'N, SANTA'	'KARUSTOS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'KALLISTI'
'SAPKA '	'SAPKA '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KORIN_1'
'XAN8H 1 '	'XAN8H 1 '	'MURTIA_R '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'ARGUROS '
'SIDHR/RO '	'SIDHR/RO '	'EYBOIA3'	'PTWON_WF '	'MURTIA_R '	'BOIWTIA4 '	'KARUSTOS '
'DRA_1 '	'DRA_1 '	'EYBOIA5'	'GATZA_WF '	'EYBOIA1'	'YACNA '	'KARUSTOS '
'KILKIS '	'KILKIS '	'KARUSTOS '	'BOIWTIA3 '	'EYBOIA2'	'MURTIA_R '	'MAG2 '
'AXIOUPOL '	'AXIOUPOL '	'EYBOIA6'	'BOIWTIA4 '	'EYBOIA3'	'EYBOIA1'	'BOIWTIA1 '
'NEVROKOP'	'NEVROKOP'	'EYBOIA7'	'YACNA '	'EYBOIA5'	'EYBOIA2'	'PTWON_WF '
'KILKIS 2'	'KILKIS 2'	'ATTIKA1 '	'MURTIA_R '	'KARUSTOS '	'EYBOIA3'	'GATZA_WF '
'LEIBADI '		'MARKOPOU '	'EYBOIA1'	'EYBOIA6'	'EYBOIA5'	'BOIWTIA3 '
		'WF_AG,GE'	'EYBOIA2'	'EYBOIA7'	'KARUSTOS '	'BOIWTIA4 '
		'EYBOIA4'	'EYBOIA3'	'EYBOIA09'	'EYBOIA6'	'YACNA '
		'POLYPOTA '	'EYBOIA5'	'AMARYNT '	'EYBOIA7'	'MURTIA_R '
		'EYBOIA2'	'KARUSTOS '	'ATTIKA1 '	'EYBOIA09'	'EYBOIA1'
		'POLYPOTA'	'EYBOIA6'	'MARKOPOU '	'AMARYNT '	'EYBOIA2'
		'EYBOIA1'	'EYBOIA7'	'WF_AG,GE'	'ATTIKA1 '	'EYBOIA3'
		'EYBOIA09'	'EYBOIA09'	'EYBOIA4'	'MARKOPOU '	'EYBOIA5'
		'AMARYNT '	'AMARYNT '	'POLYPOTA '	'MEGARA '	'KARUSTOS '
		'MEQANA '	'EYBOIA4'	'MEQANA '	'ARGOL_4 '	'EYBOIA6'
		'MOLAOI '	'POLYPOTA '	'ARGOL_4 '	'MEQANA '	'EYBOIA7'
		'ARGOL_4 '	'mantoudi'	'MOLAOI '	'MOLAOI '	'EYBOIA09'
		'DIDYMA '	'MEQANA '	'DIDYMA '	'DIDYMA '	'AMARYNT '
		'LAKWNIA1 '	'MOLAOI '	'TROIZHNA '	'LAKWNIA2 '	'BOI F8IWT '
		'TROIZHNA '		'LAKWNIA1 '	'LAKWNIA1 '	'XLWMO_2 '

		'LAKWNIA2 '		'MEGARA '	'ARKADIA1 '	'XLWMO_1 '
		'MEGARA '		'LAKWNIA2 '	'WF_AG,GE'	'MEGARA '
		'ARKADIA1 '		'ARKADIA1 '	'EYBOIA4'	'ARGOL_4 '
					'TROIZHNA '	'MEQANA '
					'POLYPOTA '	'DORIZA_2 '
					'KORIN_1'	'AXLADC_2 '
					'BOIWTIA3 '	'MOLAOI '
					'mantoudi'	'AXLADOC_1 '
						'DIDYMA '
						'ARGOL_3 '
						'PANAXAIK '
						'AHAIA_2 '
						'LAKWNIA2 '
						'LAKWNIA1 '
						'ARKADIA1 '
						'AHAIA_3 '
						'PULOS '
						'MESSIN_1 '
						'AIT_1 '
						'AIT_2 '
						'FOKIDA_1 '
						'AIT_3 '
						'FOKIDA_2 '
						'EURYTAN1 '
						'DAFNOZ_WF'
						'ARGOSTOL '
						'KEF_2 '
						'KEF_1 '
						'LEUKADA1 '
						'ANTIRRIO '
						'HY_KARP'
						'AIT_4'
						'DORIZA_1 '
						'EYBOIA4'
						'TROIZHNA '
						'FOKIDA_3 '
						'POLYPOTA '
						'mantoudi'
						'STULIDA '
						'BOIWTIA2 '
						'ATTIKA1 '
						'MARKOPOU '
						'LARUMNA '
						'KORWNEIA '
						'WF_AG,GE'
						'N,SANTA'

Πίν. 9.3.9. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
2,4	2,4	33,28	33,28	33,28	33,28	33,28
50	50	13,12	13,12	13,12	13,12	13,12
24,96	24,96	31,04	31,04	31,04	31,04	31,04
32,24	32,24	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04
7,6	7,6	31,04	22,72	22,72	22,72	22,72
170	170	39,68	31,04	31,04	31,04	12,4
48,16	48,16	39,68	39,68	39,68	39,68	23,76
24	24	47,04	39,68	39,68	39,68	31,04
15,2	15,2	101,61	33,6	47,04	22,32	39,68
15,84	15,84	43,88	34,96	35,24	12,24	39,68
8	8	39,68	23,76	42,66	47,04	26,4
6,64	6,64	14,53	22,32	101,61	35,24	20,4
9,6	9,6	62,19	12,24	43,88	42,66	33,6
32	32	18,4	47,04	39,68	101,61	34,96
33,28		7,52	35,24	14,53	43,88	23,76
		36	42,66	62,19	39,68	22,32
		38,21	101,61	36,4	14,53	12,24
		9,6	43,88	17,28	62,19	47,04
		42,66	39,68	18,4	36,4	35,24
		22,72	14,53	7,52	17,28	42,66
		35,24	62,19	36	18,4	101,61
		36,4	36,4	38,21	7,52	43,88
		17,28	17,28	9,6	12,4	39,68
		25,2	38,21	25,2	14,72	14,53
		48,16	9,6	14,72	25,2	62,19
		14,72	65,75	48,16	48,16	36,4
		28,8	25,2	28,8	28,8	17,28
		28	48,16	32	15,84	24
		32		28	28	35,36
		15,84		12,4	22,8	35,36
		12,4		15,84	36	12,4
		22,8		22,8	38,21	14,72
					32	25,2
					9,6	33,6
					23,76	9,28

Κεφάλαιο 9-Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών σε Βυθίσεις Τάσης

					23,76	48,16
					65,75	24
						28,8
						40
						38,8
						17,68
						15,84
						28
						22,8
						31,68
						5,44
						18
						15,12
						19,2
						20,16
						12,92
						14,4
						87,84
						11,92
						8,16
						29,92
						24
						31,28
						20,16
						16,05
						30,4
						46,64
						38,21
						32
						16
						9,6
						65,75
						13,6
						28,8
						18,4
						7,52
						35,68
						38,4
						36
						170
479,92	446,64	1035,76	1011,91	1035,76	1183,59	2315,2

9.3.2.2 Προστασίες τύπου B

Στους πίνακες 9.3.10. και 9.3.11. δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.10. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον KYT 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον KYT 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'ALEXANDR '	'ALEXANDR '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '	'LEIBADI '
'KECHROS'	'KECHROS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'	'HLIOLOUS'
'KERVEROS'	'KERVEROS'	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '	'ARGUROS '
'PATRIAR'	'PATRIAR'	'MURTIA R '	'MURTIA R '	'MURTIA R '	'MURTIA R '	'MURTIA R '
'N, SANTA'	'N, SANTA'	'ARGUROS '	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'	'POLYPOTA'
'SAPKA '	'SAPKA '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KALLISTI'
		'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KORIN_1'
		'POLYPOTA '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'KARUSTOS '	'ARGUROS '
		'POLYPOTA'	'POLYPOTA '	'POLYPOTA '	'POLYPOTA '	'KARUSTOS '
		'KORIN_1'	'mantoudi'	'KORIN_1'	'KORIN_1'	'KARUSTOS '
			'MURTIA R '		'KALLISTI'	'POLYPOTA '
			'EYBOIA1'			'mantoudi'
			'EYBOIA2'			'AIT_4'
			'KARUSTOS '			'BOIWZIA6'
			'EYBOIA09'			'DISTOMO'
			'AMARYNT '			'N, SANTA'

Πίν. 9.3.11. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
2,4	2,4	33,28	33,28	33,28	33,28	33,28
50	50	13,12	13,12	13,12	13,12	13,12
24,96	24,96	31,04	31,04	31,04	31,04	31,04
32,24	32,24	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04
170	170	31,04	22,72	22,72	22,72	22,72
48,16	48,16	39,68	31,04	31,04	31,04	12,4
		39,68	39,68	39,68	39,68	23,76
		9,6	39,68	39,68	39,68	31,04
		22,72	9,6	9,6	9,6	39,68
		23,76	65,75	23,76	23,76	39,68
			47,04		12,4	9,6
			35,24			65,75
			42,66			30,4
			39,68			33,12
			36,4			22,32
			17,28			170
327,76	327,76	290,96	551,25	290,96	303,36	624,95

9.3.2.3 Προστασίες τύπου C

Στους πίνακες 9.3.12 και 9.3.13 δίδονται οι ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας ανά διαταραχή και η ενεργός ισχύς που χάνεται αντίστοιχα.

Πίν. 9.3.12. Ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός λειτουργίας

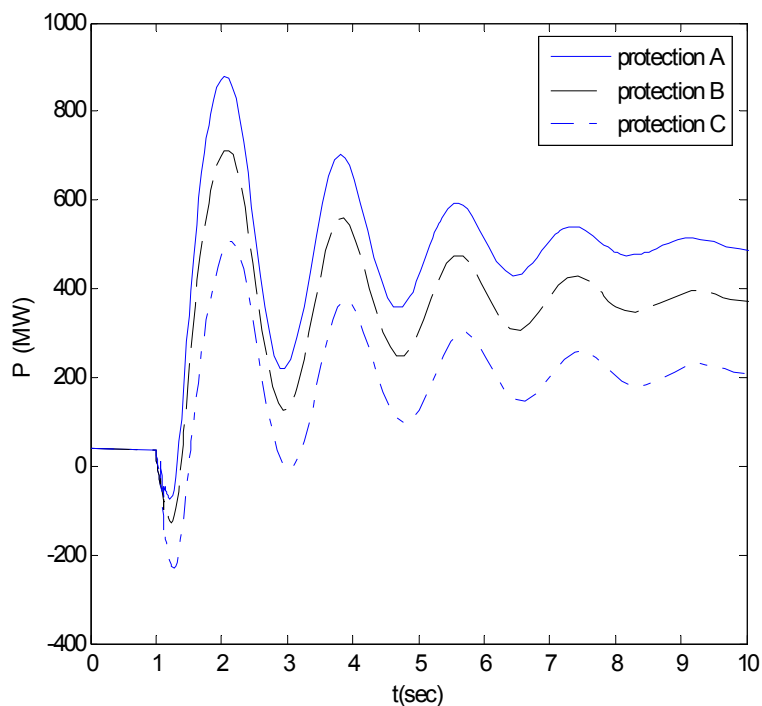
Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον KYT 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032-42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον KYT 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
'N, SANTA'	'KERVEROS'		'LEIBADI '			
	'N, SANTA'		'HLIOLOUS'			
	'SAPKA '		'KARUSTOS '			
	'KECHROS'		'KARUSTOS '			
	'PATRIAR'		'KARUSTOS '			
			'MURTIA R '			
			'MURTIA R '			
			'POLYPOTA '			

Πίν. 9.3.13. Ισχύς που αντιστοιχεί σε κάθε μια από τις Α/Γ που βγαίνει εκτός λειτουργίας

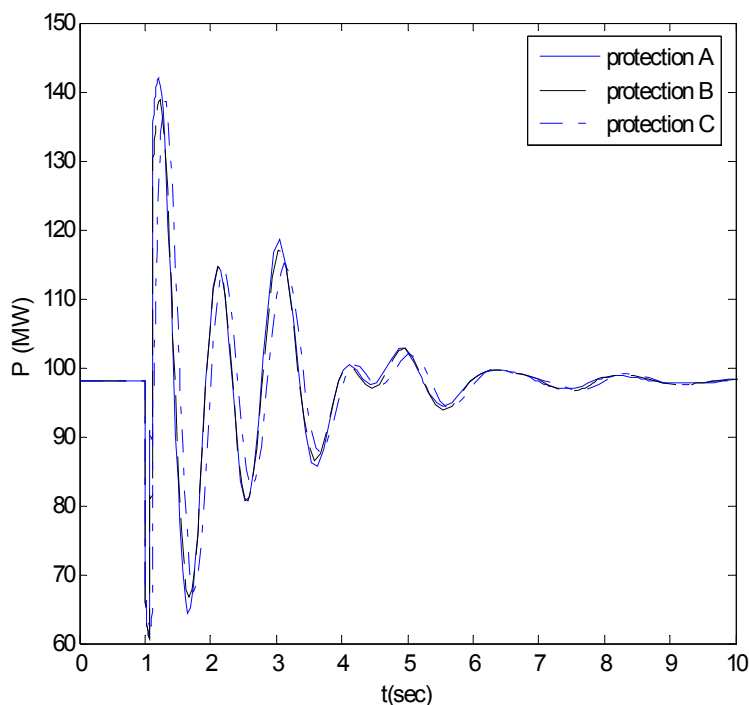
Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Φίλιπποι' (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι- Νέα Σάντα	Διαταραχή 2 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι- Νέα Σάντα	Διαταραχή 3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Λαύριο' (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον KYT 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι- Χαλκίδα (43032- 42736)	Διαταραχή 5 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον μέσο της γραμμής Λαυρίου - Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος	Διαταραχή 6 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον KYT 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο	Διαταραχή 7 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον KYT 'Αχελώος' (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος - Δίστομο (71011- 70011)
170	24,96	0	33,28	0	0	0
0	170	0	13,12	0	0	0
0	48,16	0	39,68	0	0	0
0	50	0	39,68	0	0	0
0	32,24	0	39,68	0	0	0
0	0	0	47,04	0	0	0
0	0	0	47,04	0	0	0
0	0	0	9,6	0	0	0
170	325,36	0	269,12	0	0	0

Στα Σχήματα **9.3.34.** έως **9.3.67.** παρουσιάζονται γραφήματα ισχύος και τάσεως επιλεγμένων ζυγών, μονάδων κοντά στο βραχυκυκλωμένο ζυγό καθώς και ανεμογεννητριών που βγαίνουν εκτός από την προστασία τύπου A ενώ παραμένουν εντός λειτουργίας με τις προστασίες τύπου B και C. Σημειώνεται ότι, όπως προκύπτει από τα γραφήματα, η αποσύνδεση των αιολικών πάρκων προκαλεί υπερτάσεις (Σχήμα 3.42.)

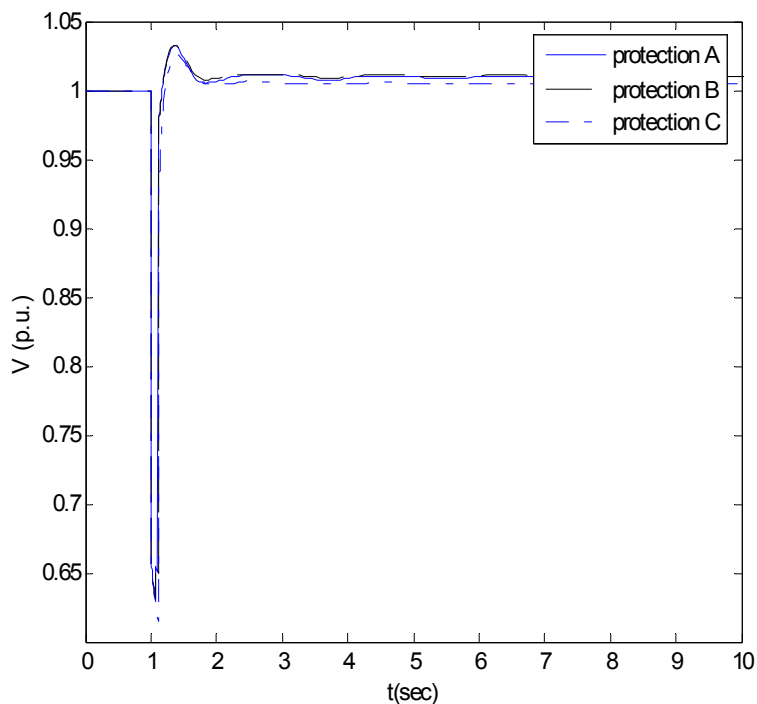
Διαταραχή 1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα



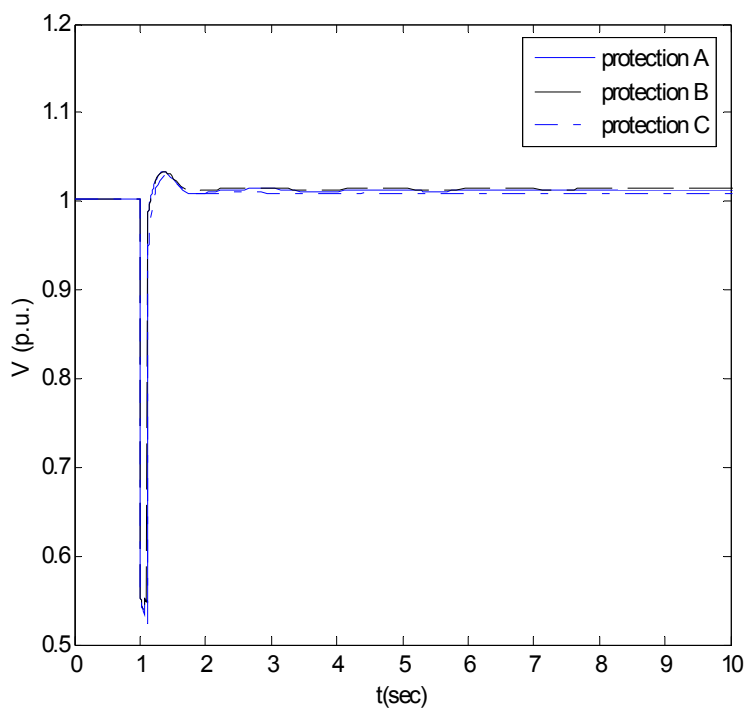
Σχήμα 9.3.34. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)



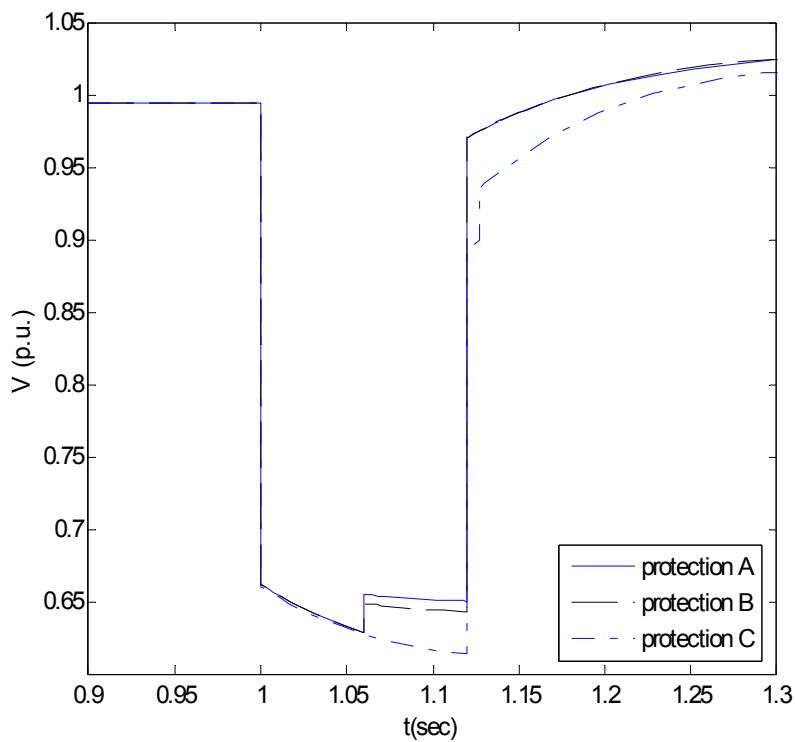
Σχήμα 9.3.35. Παραγωγή γεννήτριας Κομοτηνής 12487- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)



Σχήμα 9.3.36. Τάση ζυγού FILIPP T 11935- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)

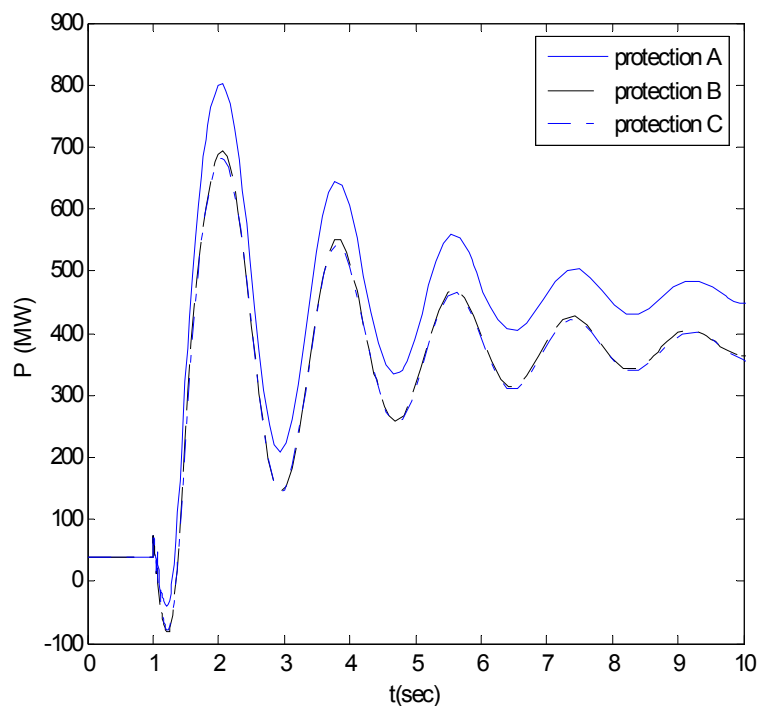


Σχήμα 9.3.37. Τάση ζυγού FILIPPOI 12011- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)

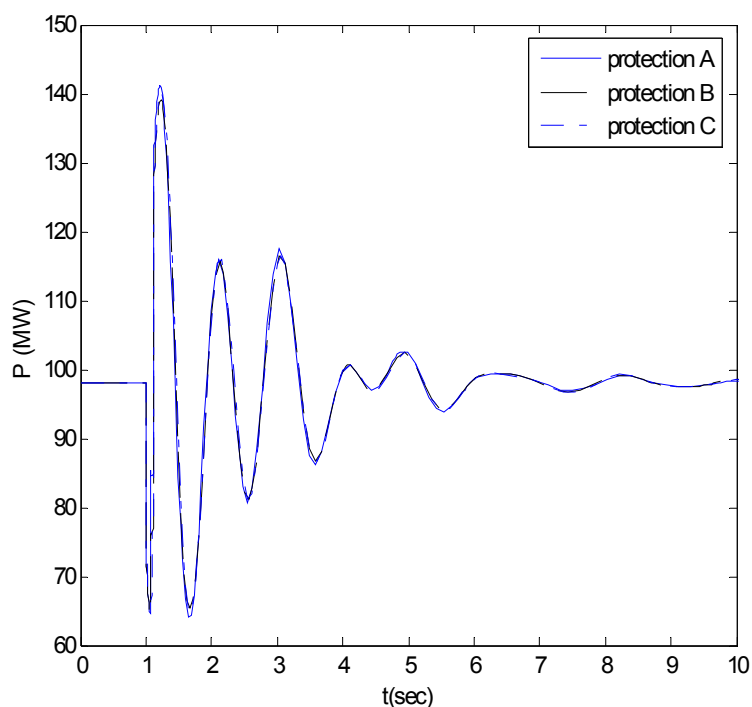


Σχήμα 9.3.38. Τάση Α/Γ NEVROKOP 19231- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011)

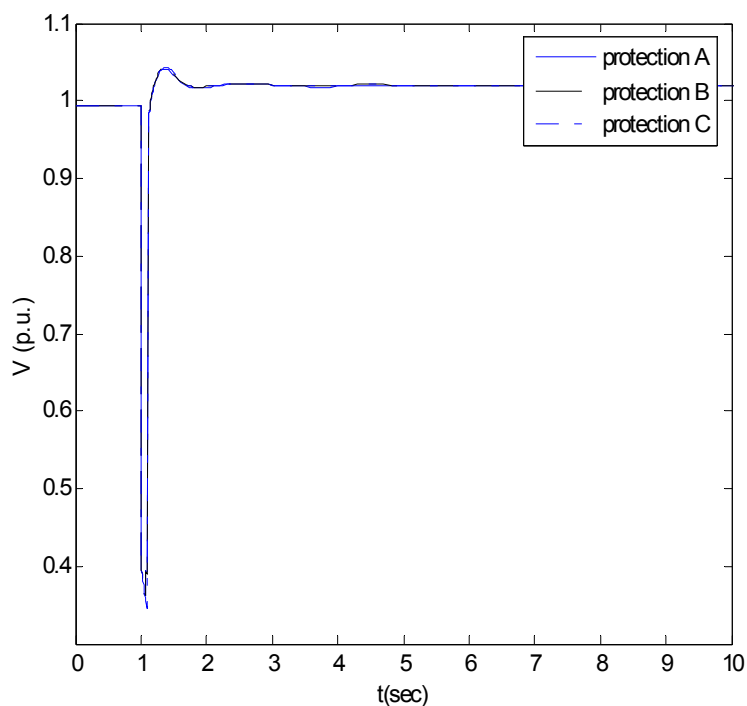
Διαταραγή 2. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα



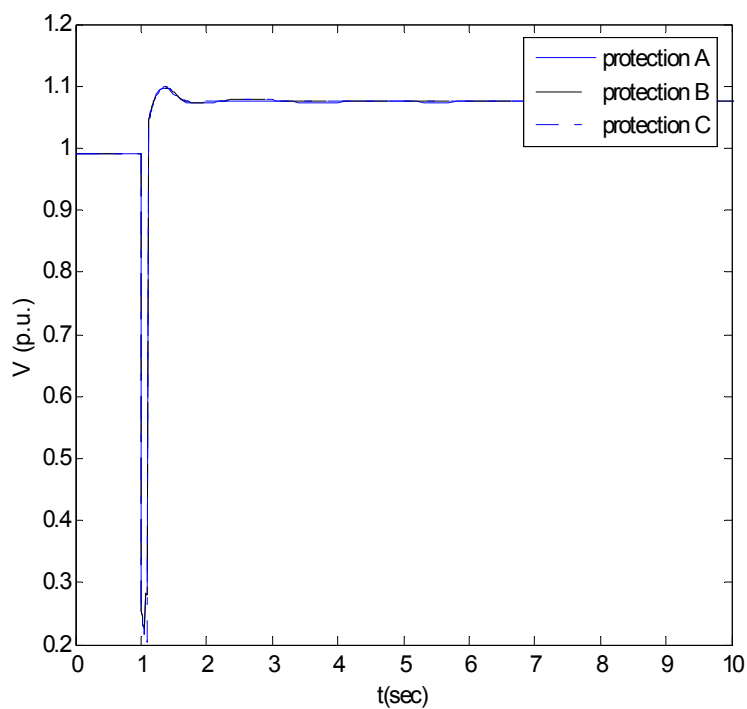
Σχήμα 9.3.39. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)



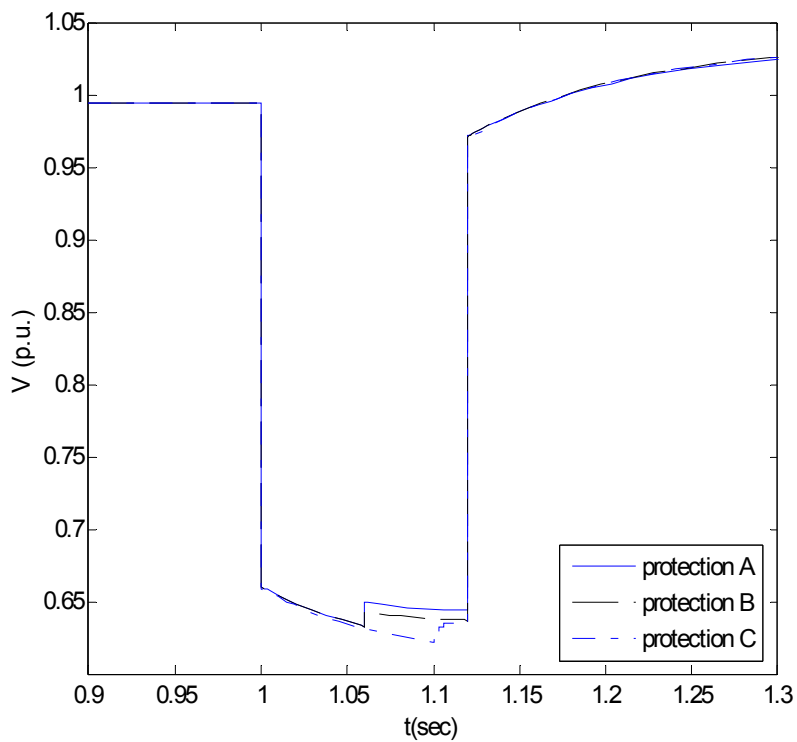
Σχήμα 9.3.40. Παραγωγή γεννήτριας Κομοτηνής 12487- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711)



Σχήμα 9.3.41. Τάση ζυγού N. SANTA 10732- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711)

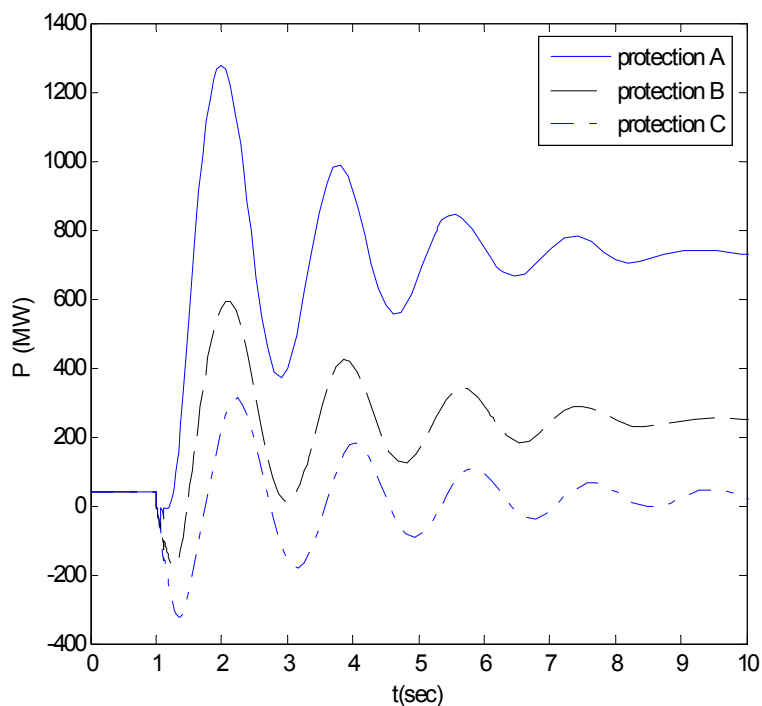


Σχήμα 9.3.42. Τάση ζυγού N. SANTA 10735- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον KYT 'Νέα Σάντα' (10711)

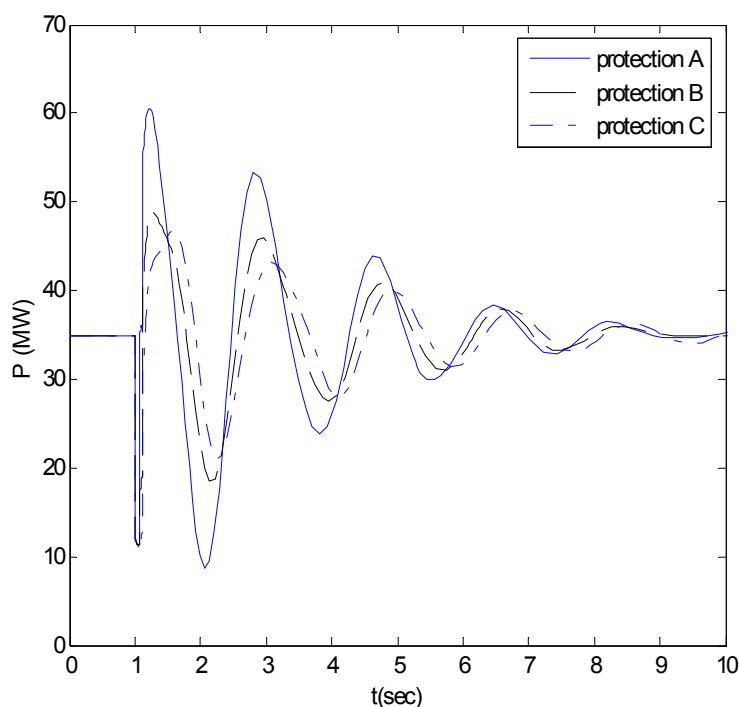


Σχήμα 9.3.43. Τάση ΑΓ NEVROKOP 19231 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 1% στον ΚΥΤ 'Νέα Σάντα' (10711)

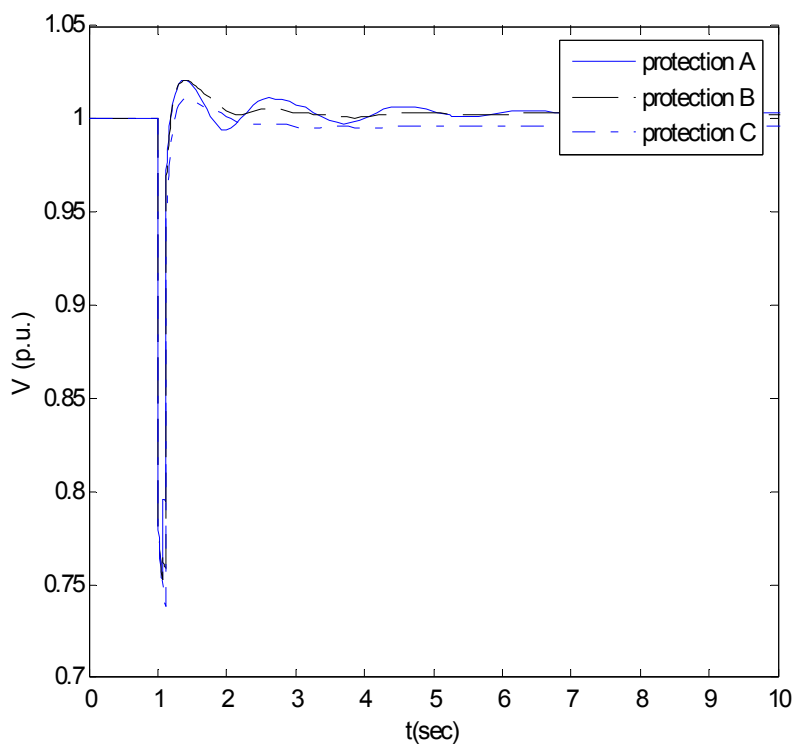
Διαταραχή 3. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο



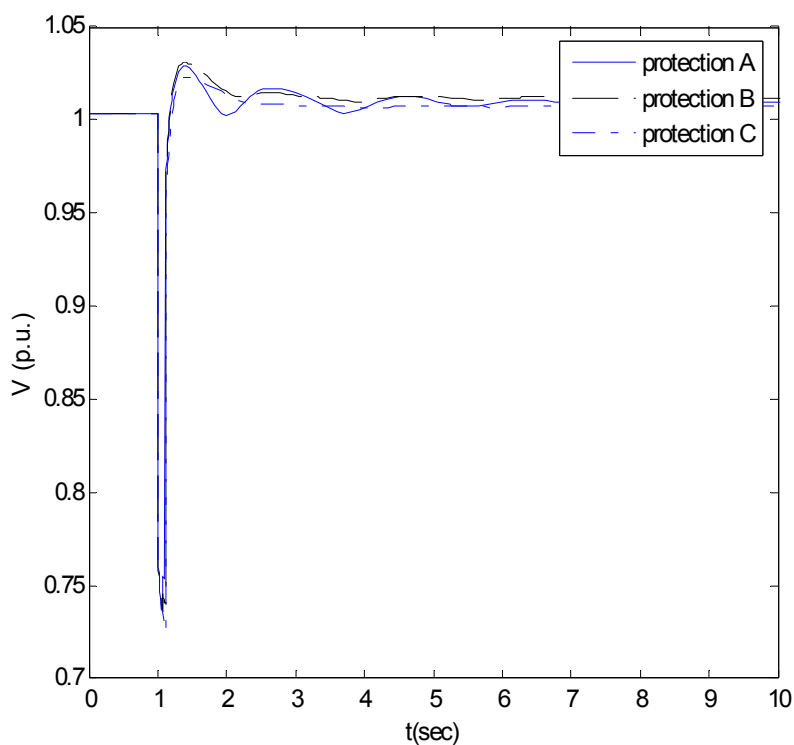
Σχήμα 9.3.44. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις.- Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)



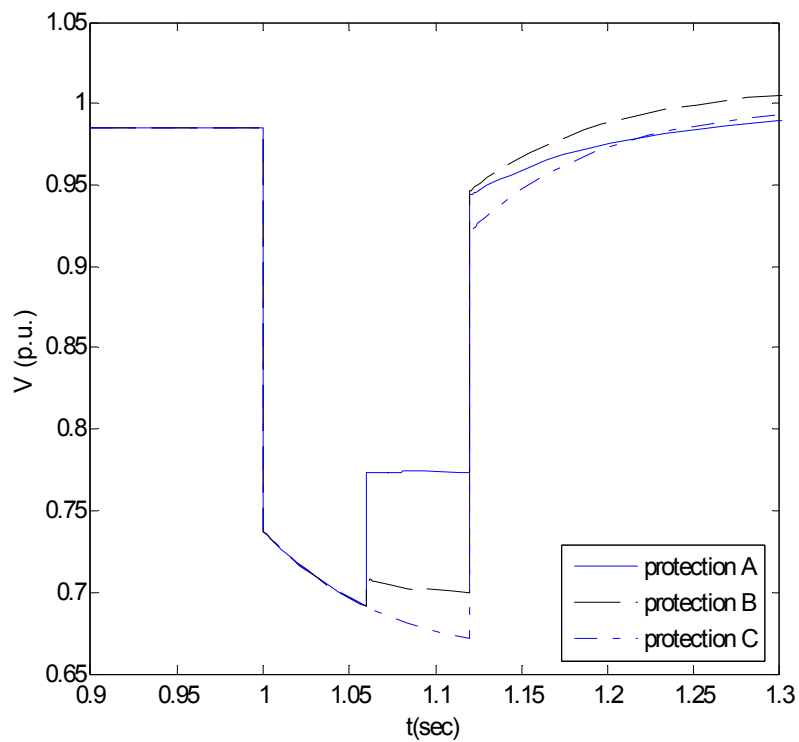
Σχήμα 9.3.45. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777 – Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)



Σχήμα 9.3.46. Τάση ζυγού LAURIO T 59531 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)

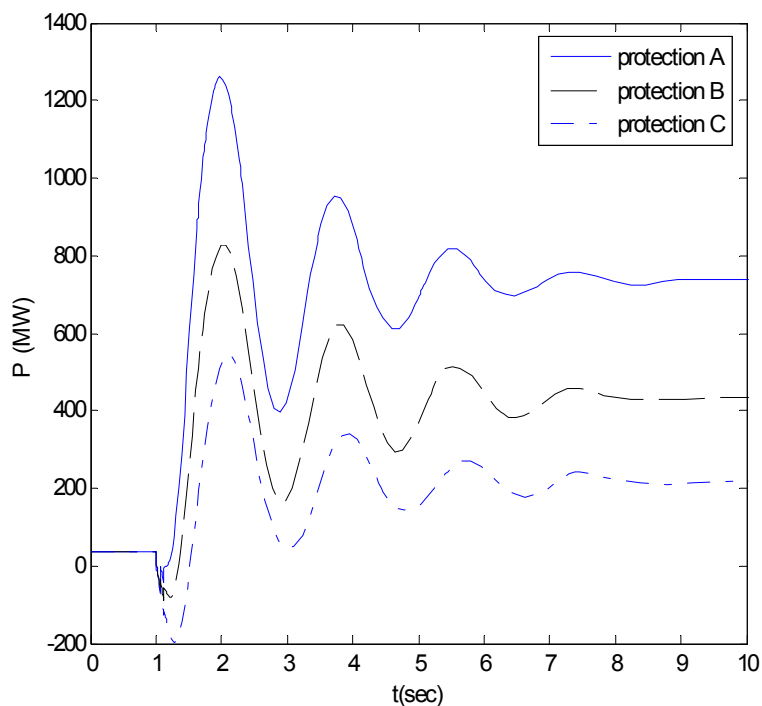


Σχήμα 9.3.47. Τάση ζυγού LAURIO 59011 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011)

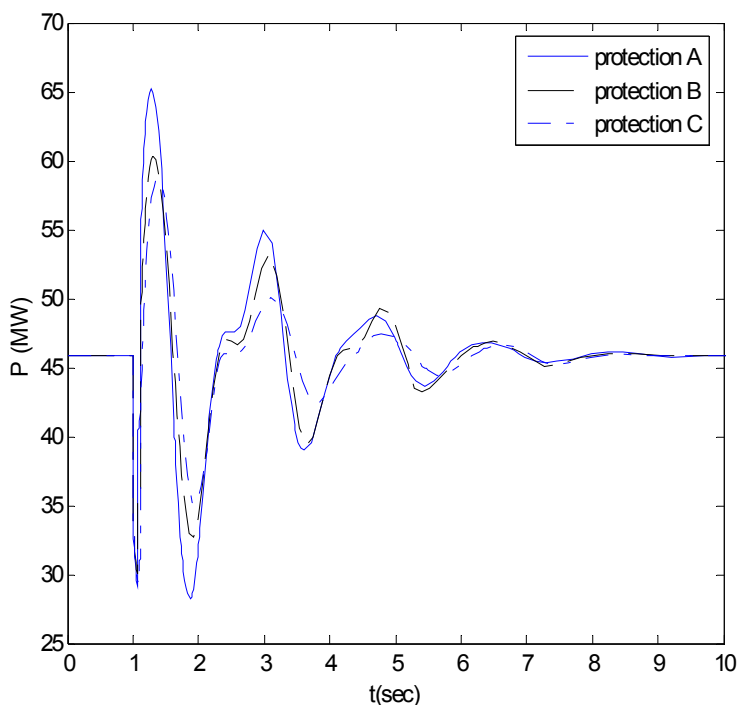


Σχήμα 9.3.48. Τάση A/Γ ΕΥΒΟΙΑ4 43731 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Λαύριο' (59011)

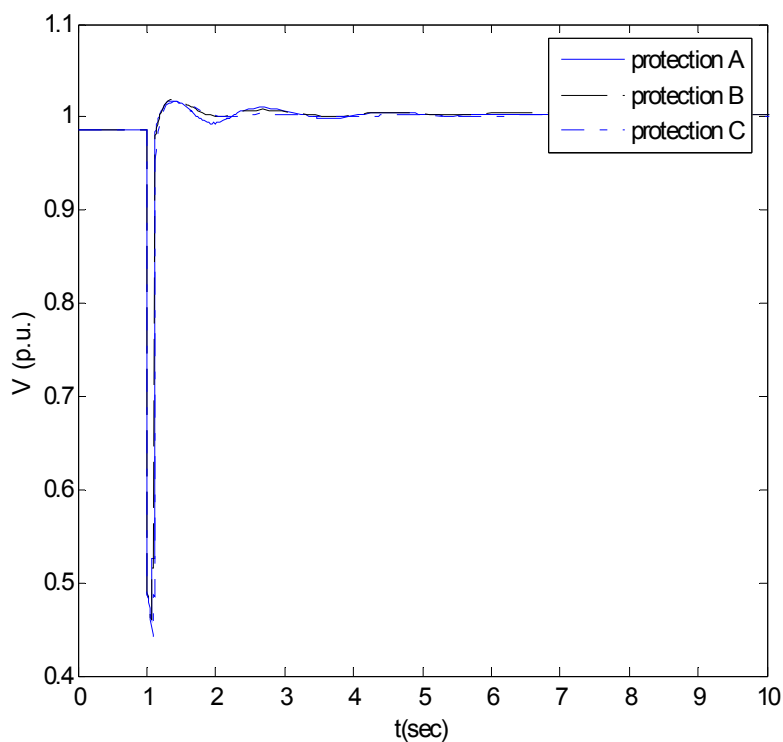
Διαταραγή 4. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι-Χαλκίδα (43032-42736)



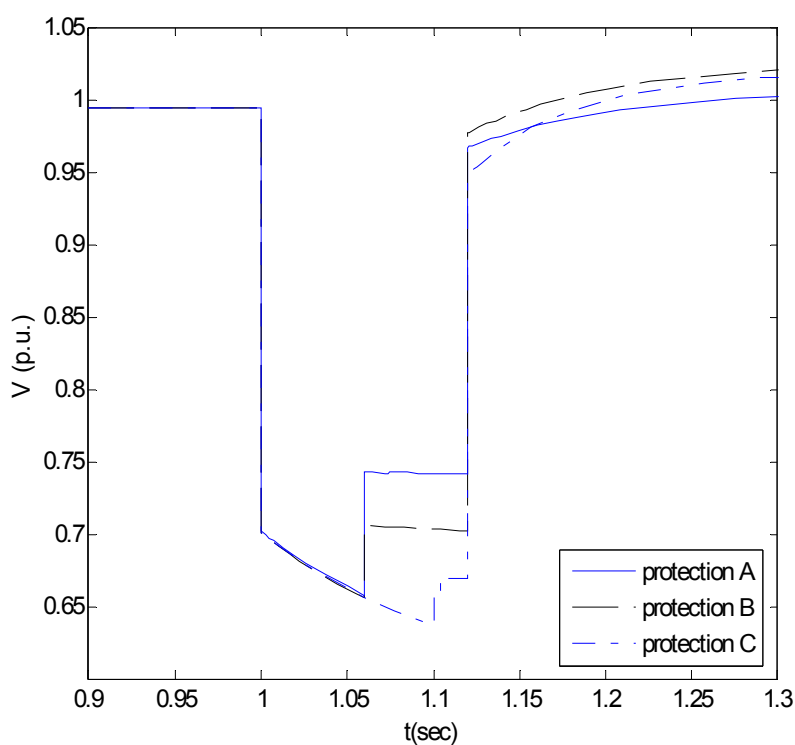
Σχήμα 9.3.49. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις. - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)



Σχήμα 9.3.50. Παραγωγή γεννήτριας Αλιβερίου 44677 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)

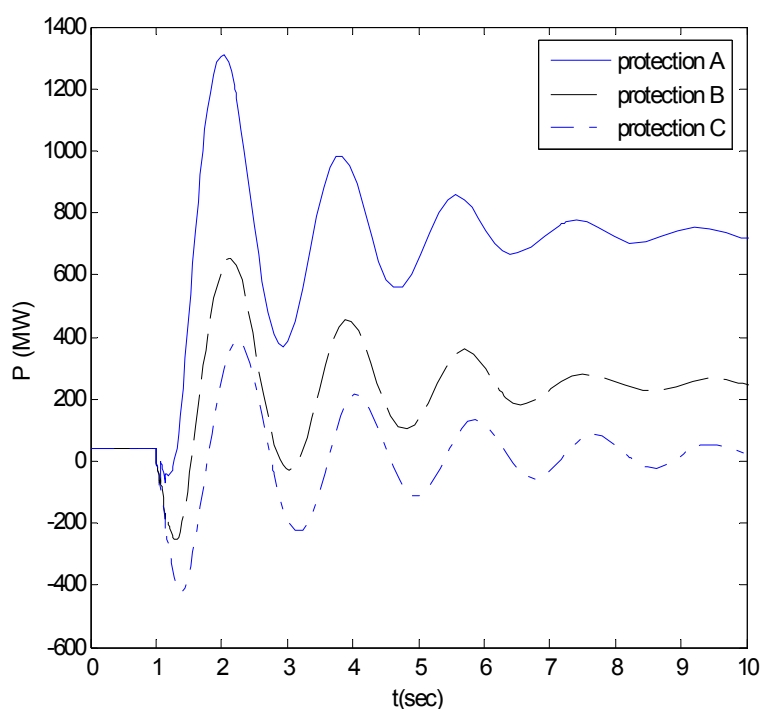


Σχήμα 9.3.51. Τάση ζυγού ALIBERI 43032 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)

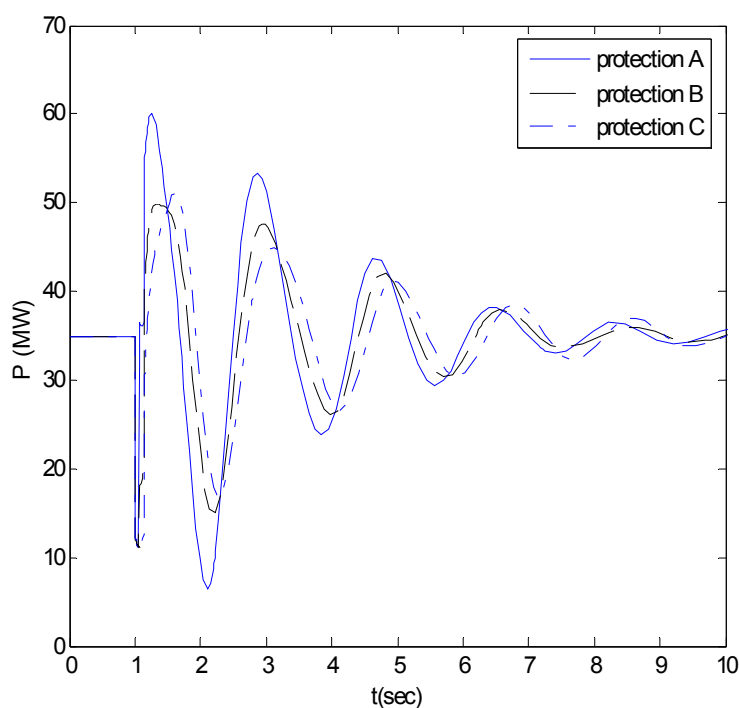


Σχήμα 9.3.52. Τάση Α/Γ ΕΥΒΟΙΑ7 44731 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 3,5% στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032)

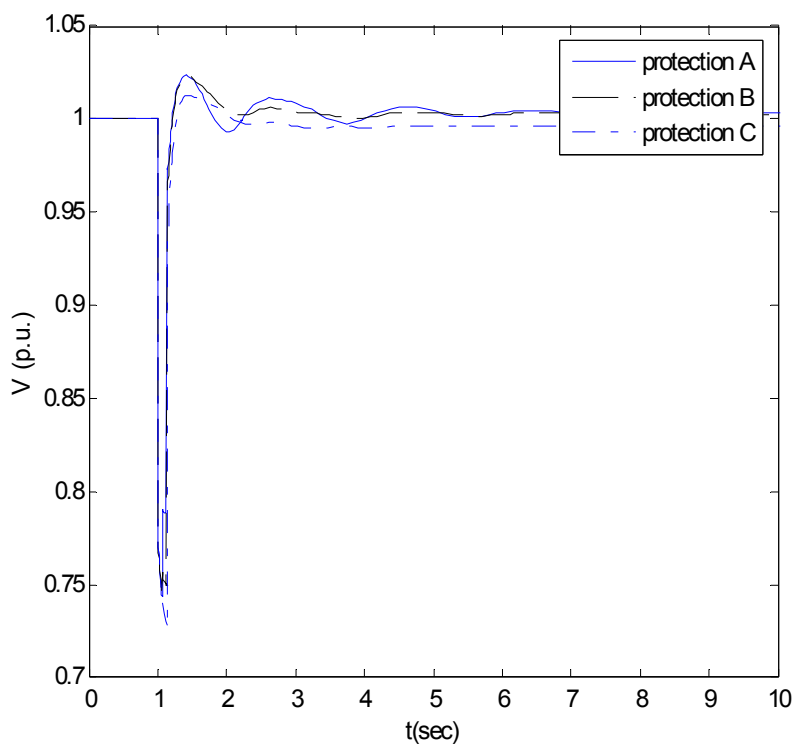
Διαταραχή 5. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος



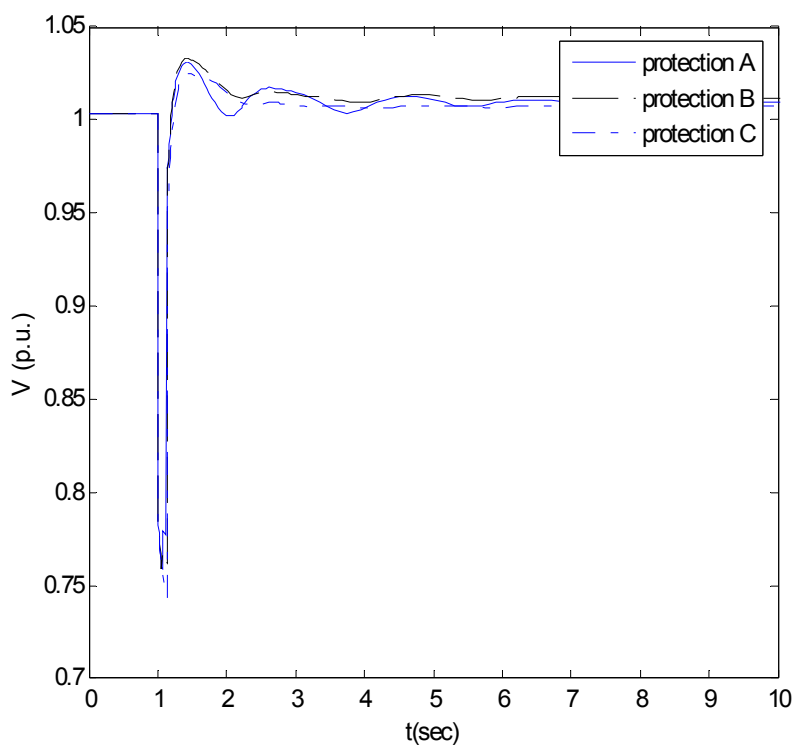
Σχήμα 9.3.53. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)



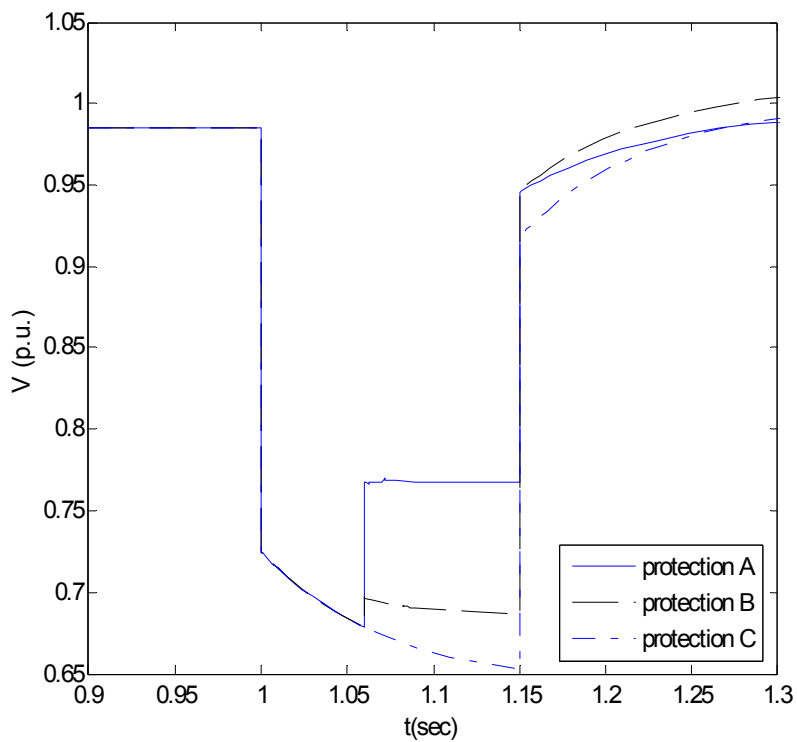
Σχήμα 9.3.54. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)



Σχήμα 9.3.55. Τάση ζυγού LAURIO T 59531 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

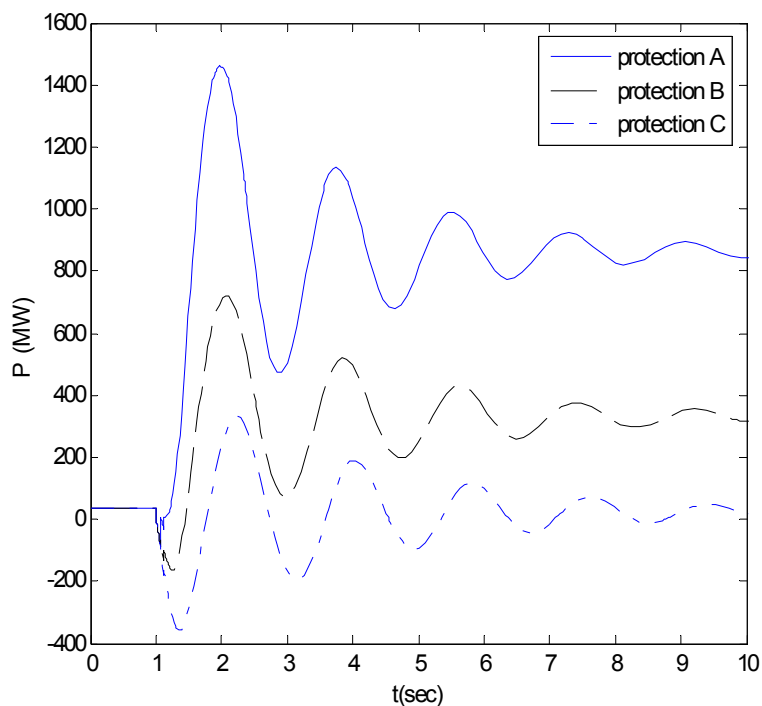


Σχήμα 9.3.56. Τάση ζυγού LAURIO 59011 – Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

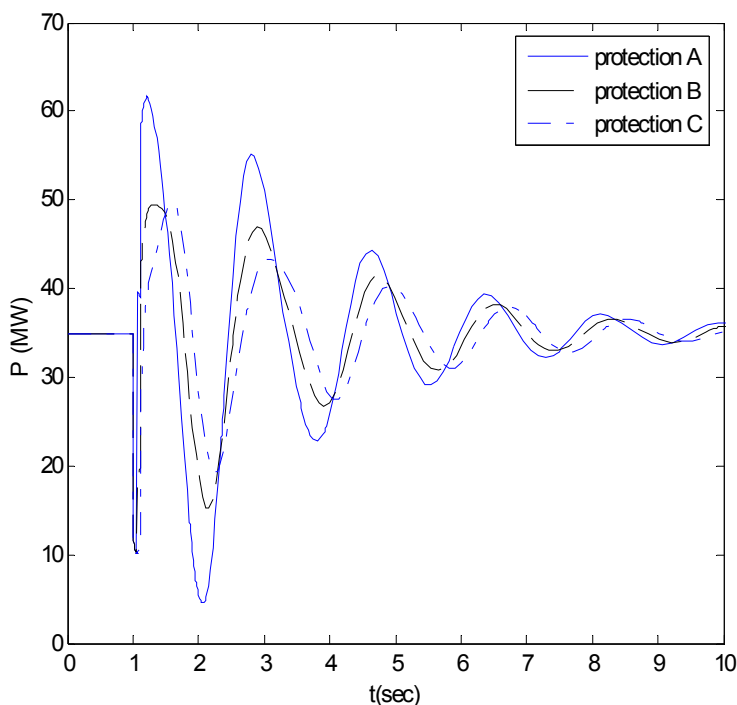


Σχήμα 9.3.57. Τάση A/Γ ΕΥΒΟΙΑ4 43731 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011)

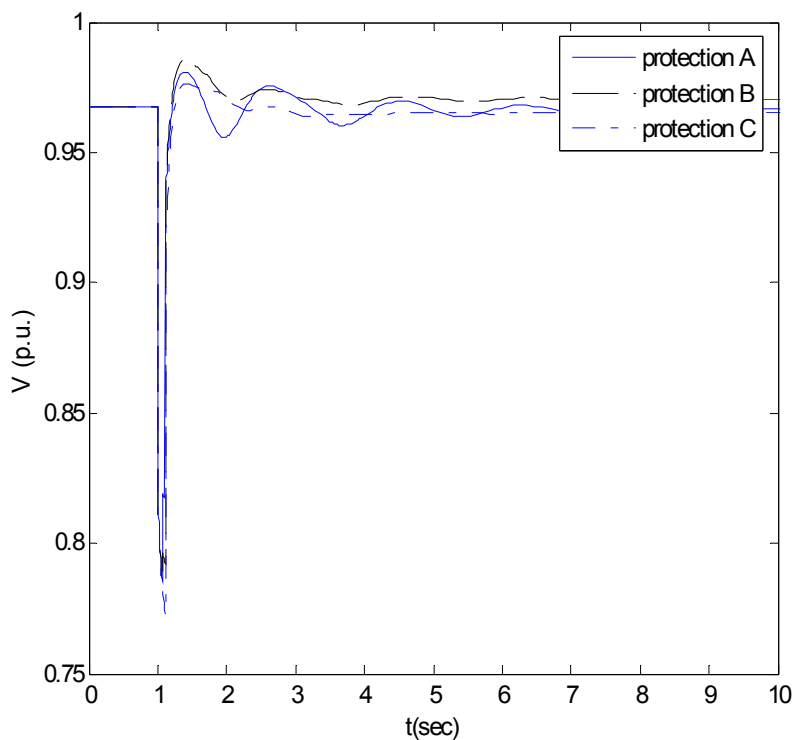
Διαταραγή 6. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο



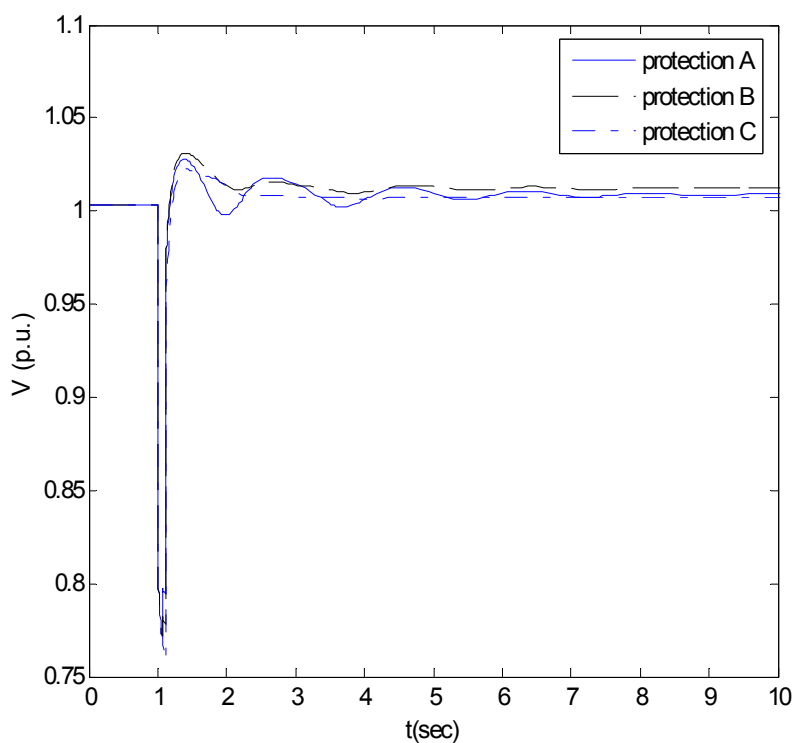
Σχήμα 9.3.58. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις – Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)



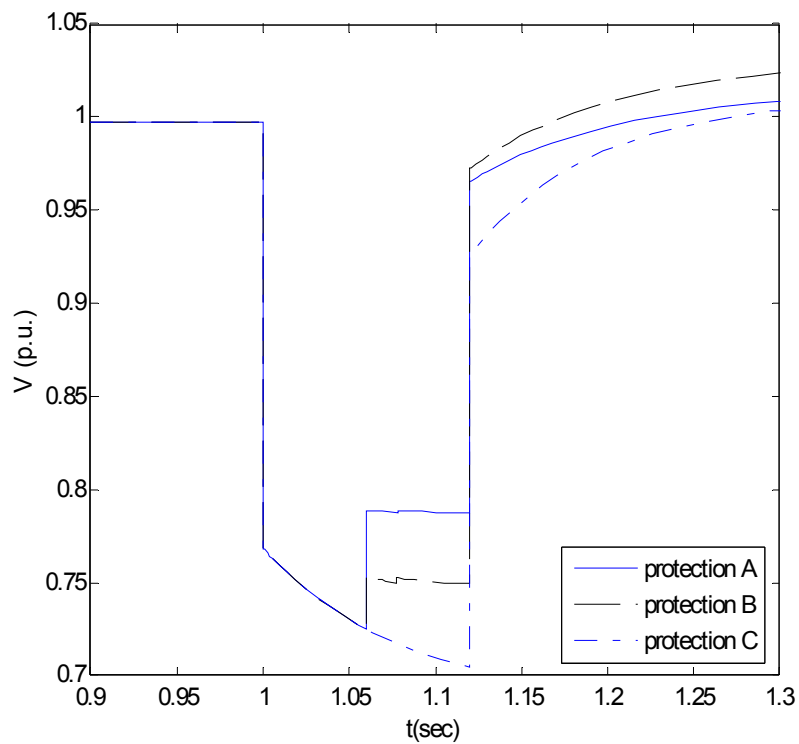
Σχήμα 9.3.59. Παραγωγή γεννήτριας Λαυρίου 59777 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011)



Σχήμα 9.3.60. Τάση ζυγού LAURIO T 59531 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011)

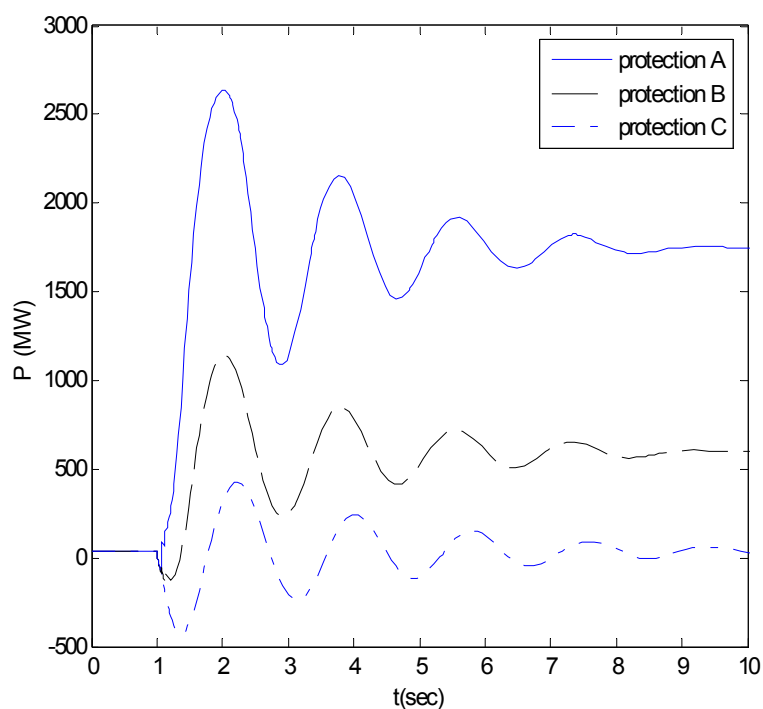


Σχήμα 9.3.61. Τάση ζυγού LAURIO 59011 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011)

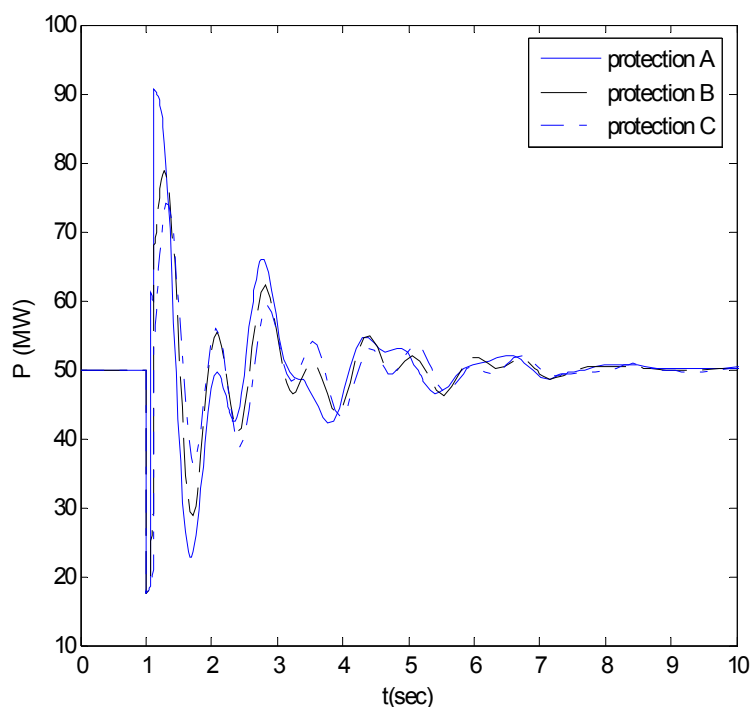


Σχήμα 9.3.62. Τάση A/Γ ΕΥΒΟΙΑ6 44131 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 4,2% στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011)

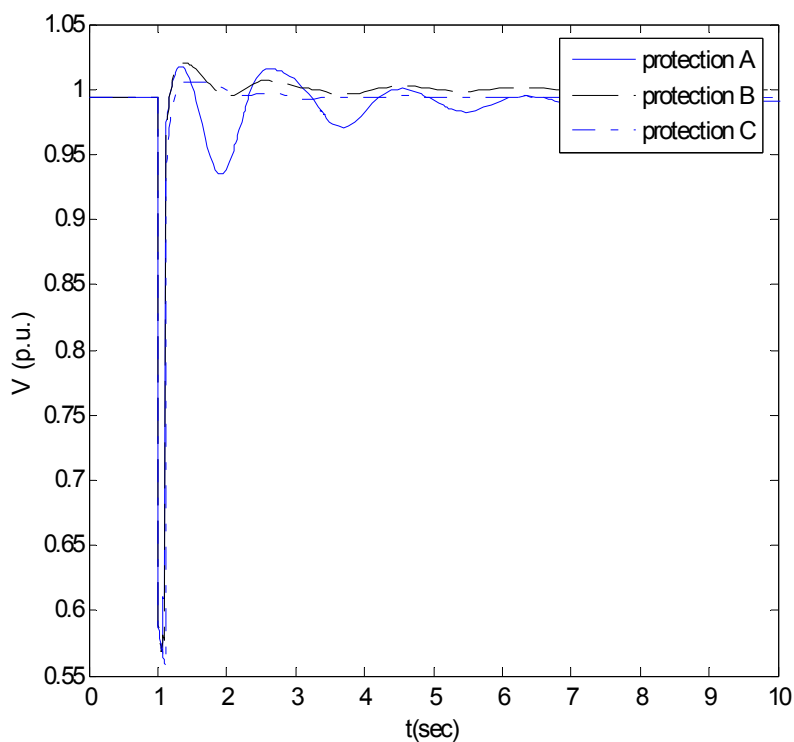
Διαταραγή 7. Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος – Δίστομο (71011-70011)



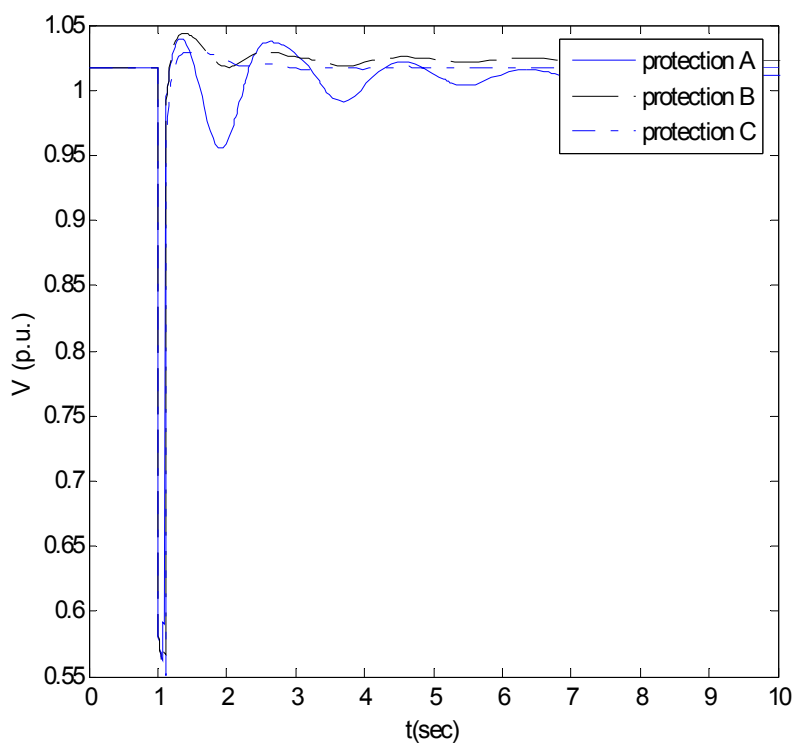
Σχήμα 9.3.63. Εισαγωγή Ισχύος από τις διασυνδέσεις - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



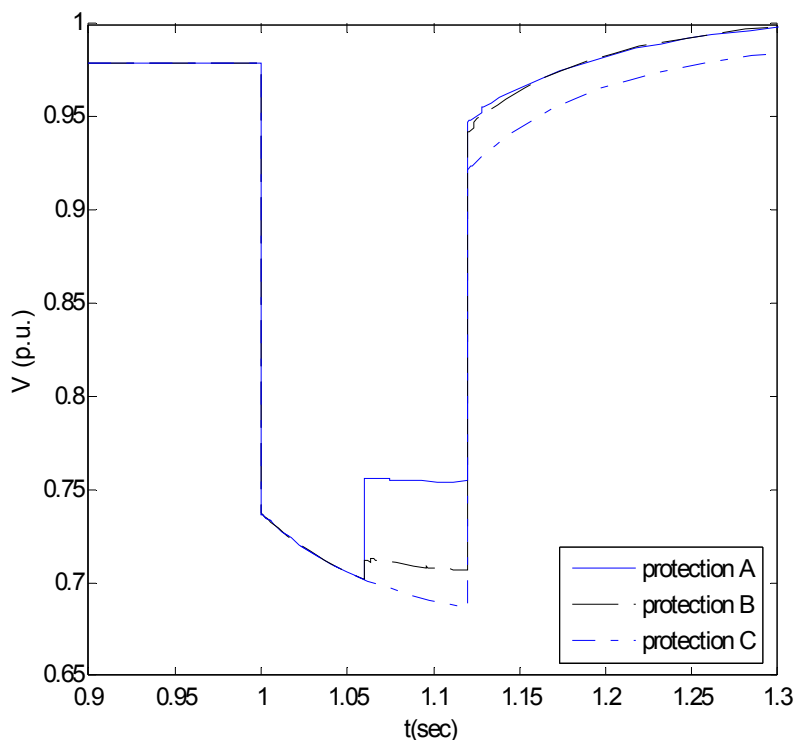
Σχήμα 9.3.64. Παραγωγή γεννήτριας ΜΡΑΚΟ G1 73187 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



Σχήμα 9.3.65. Τάση ζυγού ACELWOS 71131 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)



Σχήμα 9.3.66. Τάση ζυγού ACELWOS 71011 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)

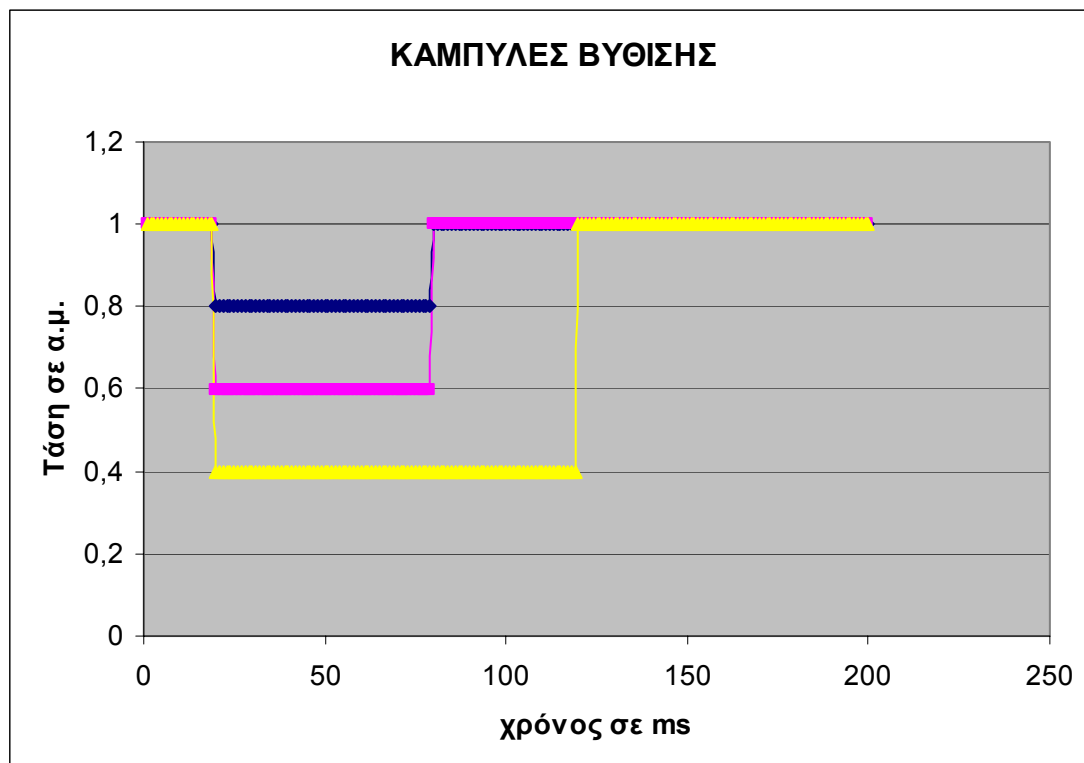


Σχήμα 9.3.67. Τάση Α/Γ ΡΑΝΑΧΑΙΚ 63331 - Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 2,5% στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011)

9.4 Συμπεράσματα

Από την παραπάνω ανάλυση γίνεται φανερό ότι οι προστασίες τύπου Α οδηγούν σε σημαντικές απώλειες ισχύος από αιολικά πάρκα, ιδιαίτερα στο σενάριο χαμηλού φορτίου. Οι προστασίες τύπου Β μειώνουν σημαντικά τις απώλειες ισχύος από αιολικά πάρκα σε σχέση με τις προστασίες Α, όχι όμως σε βαθμό που μπορεί να εγυηθεί την ασφαλή λειτουργία του Συστήματος (π.χ. στη διαταραχή 7 του χαμηλού φορτίου παρατηρείται απώλεια 624 MW). Οι προστασίες τύπου C οδηγούν σε ακόμα λιγότερες απώλειες ισχύος από αιολικά πάρκα οι οποίες στο μεγαλύτερο ποσοστό τους προέρχονται από απώλειες ανεμογεννητριών σταθερών στρόφων, για τις οποίες χρησιμοποιούνται προστασίες τύπου Α σε κάθε περίπτωση.

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΤΑΣΗ (α.μ.)	ΧΡΟΝΟΣ (ms)
A	0.8	60
B	0.6	60
C	0.4	100



Σχήμα 9.4.1. Καμπύλες Βύθισης Τάσης – Προστασίες A,B,C

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Συμπεράσματα

Το βασικό συμπέρασμα από την έως τώρα ανάλυση είναι ότι η ενσωμάτωση στο σύστημα περίπου 3.000 MW από ΑΠΕ μέχρι το 2012 είναι καταρχήν εφικτή από πλευράς ευστάθειας. Ωστόσο αυτό προϋποθέτει την παραμονή σε λειτουργία των αιολικών πάρκων σε συνθήκες χαμηλής τάσης, όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα του 3^{ου} Κεφαλαίου. Συνεπώς φαίνεται από την αρχική αυτή ανάλυση ότι θα είναι απαραίτητο οι νέες συνδέσεις αιολικών πάρκων να προβλέπουν τη δυνατότητα αδιάλειπτης λειτουργίας υπό χαμηλή τάση (LVRT – Low Voltage Ride Through Capability). Οι προδιαγραφές για τη δυνατότητα αυτή θα εξεταστούν στη συνέχεια του ερευνητικού έργου.

Ως προς την ανάγκη άλλων μέτρων ρύθμισης και ελέγχου θα ήταν επιθυμητό να προβλεφθεί η εγκατάσταση και ρύθμιση σταθεροποιητών στις νέες συμβατικές μονάδες. Παρότι οι διασυνδεδεμένες ταλαντώσεις δεν φαίνεται να αποσταθεροποιούνται από τη διείσδυση των ΑΠΕ, η εμφάνιση μειωμένης απόσβεσης στο μέλλον λόγω της εξέλιξης του συστήματος δεν μπορεί να αποκλειστεί. Αυτός ο κίνδυνος εμφανίζεται ανεξάρτητα από τη διείσδυση των ΑΠΕ.

Σημειώνεται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να εμφανιστεί αστάθεια Αιολικών Πάρκων τύπου Α μετά από βραχυκύκλωμα. Η αστάθεια αυτή περιορίζεται κατά τις προσομοιώσεις στα πάρκα όπου εμφανίζεται, ωστόσο θα ήταν προτιμότερο τα νέα αιολικά πάρκα που θα εγκατασταθούν να διαθέτουν ανεμογεννήτριες σύγχρονης τεχνολογίας (τύπου Γ ή Δ).

Όπως φάνηκε στο παράλληλο ερευνητικό έργο μεταξύ ΡΑΕ και ΕΜΠ για τη λειτουργική απόδοση του συστήματος, η κατά προτεραιότητα ένταξη των Αιολικών δεν μπορεί να εξασφαλίσει την απορρόφηση όλης της αιολικής παραγωγής σε όλα τα πιθανά λειτουργικά σημεία λόγω περιορισμών διασυνδεδετικών ροών και τεχνικών ελαχίστων των θερμικών μονάδων. Αντίστοιχα, στο παρόν ερευνητικό έργο θα εξεταστεί το ενδεχόμενο ελεγχόμενης αποσύνδεσης αιολικών πάρκων για λόγους ασφάλειας σε περίπτωση που πιθανές διαταραχές απειλούν την ευστάθεια του συστήματος.

Από τις μέχρι στιγμής αναλύσεις πάντως προκύπτει ότι τα λειτουργικά κριτήρια για την ένταξη των ΑΠΕ κατά τις ώρες χαμηλού φορτίου είναι περισσότερο περιοριστικά ως προς το ποσοστό

δειξοδυσίας από τα όρια ευστάθειας του συστήματος, δεδομένου ότι το στιγμιότυπο ελαχίστου που εξετάστηκε (με δείξοδυσία άνω του 55%) παρουσιάζει υπό όρους (μη αποσύνδεση γεννητριών λόγω υποτάσεως) ικανοποιητική συμπεριφορά ως προς την ευστάθεια, ενώ το λειτουργικό όριο εμφανίζεται να είναι της τάξεως του 40%.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Πίνακας 1. Τιμές Παραμέτρων για το Ρυθμιστή Τάσης IEEE1

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	KA	KE	TA	TE	TR	VRMAX	VRMIN	x1	f(x1)	x2	f(x2)
12487	ΚΟΜΟΤ. G1	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
12587	ΚΟΜΟΤ. G2	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
12687	ΚΟΜΟΤ. G3	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
17187	ΕΛΠΕ GT	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
17287	ΕΛΠΕ ST	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
19187	ΘΗΣΑΥΡΟΣ G1	50	1	0	0,05	0,01	8,428	-8,428	2,63	0,03	5,27	0,6
19287	ΘΗΣΑΥΡΟΣ G2	50	1	0	0,05	0,01	8,428	-8,428	2,63	0,03	5,27	0,6
19587	ΠΛΑΤΝΟΒΡΥΣΗ G2	50	1	0	0,02	0,01	6,522	-6,522	2,4	0,03	4,08	0,6
19811	ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΑ	50	1	0	0,05	0,01	8,428	-8,428	2,95	0,03	4,43	0,6
21177	ΑΜΥΝΤ. G1	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
21277	ΑΜΥΝΤ. G2	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
22177	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ G1	30	1	0	0,6	0,02	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
22277	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ G2	30	1	0	0,6	0,02	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
22377	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ G3	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
22477	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ G4	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
22577	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ G5	100	1	0	0,02	0,01	4,25	-3,4	2,64	0,03	5,28	0,6
23177	ΚΑΡΔΙΑ G1	30	1	0	0,6	0,02	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
23277	ΚΑΡΔΙΑ G2	30	1	0	0,6	0,02	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
23377	ΚΑΡΔΙΑ G3	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
23477	ΚΑΡΔΙΑ G4	50	1	0	0,02	0,01	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
25187	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ G1	25	1	0	0,52	0,02	7,082	-7,082	2,95	0,03	4,43	0,6
25287	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ G2	25	1	0	0,52	0,02	7,082	-7,082	2,95	0,03	4,43	0,6
25387	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ G3	25	1	0	0,52	0,02	7,082	-7,082	2,95	0,03	4,43	0,6
25477	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ G4	25	1	0	0,52	0,02	7,082	-7,082	2,95	0,03	4,43	0,6
25587	ΛΙΡΤΟΛ G1	25	1	0	0,52	0,01	7,082	-7,082	2,67	0,03	3,5	0,6
25687	ΛΙΡΤΟΛ G2	25	1	0	0,52	0,01	7,082	-7,082	2,63	0,03	5,27	0,6
26187	ΠΟΛΥΦΥΤΟ G1	25	1	0	0,5	0,02	8,428	-8,428	2,63	0,03	5,27	0,6
27187	ΣΦΗΚΙΑ	50	1	0	0,5	0,02	12,55	-12,55	2,8	0,03	7,84	0,6
29577	ΦΛΩΡΙΝΑ G1	100	1	0	0,02	0,01	4,25	-3,4	2,67	0,03	3,86	0,6
35187	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	15	1	0	0,67	0,04	5,89	-5,89	2,67	0,03	3,86	0,6
35287	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	15	1	0	0,67	0,02	5,89	-5,89	2,17	0,03	3,68	0,6
35387	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	15	1	0	0,67	0,02	5,89	-5,89	1,75	0,03	4,9	0,6
43177	ΑΛΙΒΕΡΙ GN	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
43387	ΑΛΙΒΕΡΙ G3	25	1	0	0,6	0,04	7,144	-7,144	2,79	0,03	4,46	0,6
43487	ΑΛΙΒΕΡΙ G4	25	1	0	0,6	0,04	7,144	-7,144	2,79	0,03	4,46	0,6
44197	ΓΚΙΩΝΑ G1	15	1	0	0,61	0,82	5,89	-5,89	2,17	0,03	3,86	0,6
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G1	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
44678	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G2	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
44686	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G3	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
46431	ΣΥΡΟΣ											
56187	ΑΗΣ Α.Γ.	20	1	0	0,4	0,02	6,979	-6,979	0	0	0	0

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

56287	ΑΗΣ Α.Γ.	20	1	0	0,4	0,02	6,979	-6,979	2,64	0,03	5,28	0,6
58377	ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER G1	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	KA	KE	TA	TE	TR	VRMAX	VRMIN	x1	f(x1)	x2	f(x2)
58378	ΚΟΡΙΝΘΟΣ POWER G2	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59177	BLAUCCG1	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59277	BLAUCCG2	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59287	ΛΑΥΡΙΟ G1	25	1	0	0,4	0,03	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59397	SLAUCCG5	25	1	0	0,4	0,03	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59477	LAURIO GN	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59487	SLAUCCG4	25	1	0	0,02	0,02	6,172	-6,172	3,21	0,03	4	0,6
59497	SLAUCCG6	50	1	0	0,4	0,03	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59577	LAURIO G2	30	1	0	0,6	0,04	8,446	-8,446	2,64	0,03	5,28	0,6
59677	BLAUCCG4	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
59777	BLAUCCG5	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
61077	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G5	50	1	0	0,03	0,02	6,172	-6,172	2,41	0,03	3,86	0,6
61377	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G3	25	1	0	0,6	0,03	7,482	-7,482	3,12	0,03	4,68	0,6
62177	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G4	25	1	0	0,6	0,03	7,482	-7,482	3,12	0,03	3,46	0,6
73187	ΜΠΑΚΟΓ. G	25	1	0	0,37	0,04	6,522	-6,522	3,12	0,03	4,08	0,6
73287	ΜΠΑΚΟΓ. G	25	1	0	0,37	0,04	6,522	-6,522	2,40	0,03	4,08	0,6
80187	ΠΟΥΡΝΑΡ.	50	1	0	0,05	0,2	7,841	-7,841	1,75	0,03	4,9	0,6
80287	ΠΟΥΡΝΑΡ.	50	1	0	0,05	0,2	7,841	-7,841	1,75	0,03	4,9	0,6
81187	ΚΑΣΤΡ. G1	25	1	0	0,4	0,4	7,841	-7,841	1,75	0,03	4,9	0,6
81287	ΚΑΣΤΡ. G2	25	1	0	0,4	0,4	7,841	-7,841	1,75	0,03	4,9	0,6
81387	ΚΑΣΤΡ. G3	25	1	0	0,4	0,02	7,841	-7,841	1,75	0,03	4,9	0,6
84187	ΛΟΥΡΟΣ	15	1	0	0,67	0,02	5,89	-5,89	2,17	0,03	3,68	0,6
84587	ΑΩΟΣ G1	18	1	0	0,03	0,01	6,522	-6,522	2,4	0,03	4,08	0,6

Πίνακας 2. Τιμές Παραμέτρων Ρυθμιστή HYGOV

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	A (block 2, 20)	GMAX (Maximum Gate Limit), block 10	GMIN (Minimum Gate Limit), block 10	RR (Transient Droop), block 8	ST (Permanent Droop), blocks 3,11	TG (Servo time Constant) , block 13	TR (Governor Time Constant), blocks 6 ,7	TW (Water Time Constant), blocks 17	VELM (Gate Velocity Limit), blocks 9
19187	ΘΗΣΑΥΡΟΣ	1,2	0,89	0	0,527	0,05	0,1	8,82	1,5	0,1
19287	ΘΗΣΑΥΡΟΣ	1,2	0,89	0	0,527	0,05	0,1	8,82	1,5	0,1
19587	ΠΛΑΤ/ΣΗ	1,2	0,851	0	0,3	0,02	0,1	2,4	0,6	0.027
26187	ΠΟΛΥΦΥΤΟ G1	1,2	0,89	0	0,473	0,03	0,1	7,35	1,25	0.1
27187	ΣΦΗΚΙΑ	1,2	0,9	0	0,579	0,05	0,1	8,82	1,5	0.125
35187	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,2	0,851	0	0,946	0,02	0,1	16,47	2,8	0.027
35287	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,2	0,851	0	0,946	0,02	0,1	16,47	2,8	0.027
35387	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,2	0,851	0	0,946	0,02	0,1	16,47	2,8	0.027
44197	ΓΚΙΩΝΑ	1,2	0,89	0	0,3	0,05	0,1	1,8	0,5	0,091
73187	ΜΠΑΚΟΓ. G	1,2	0,95	0	0,912	0,04	0,1	15,88	2,7	0,1
73287	ΜΠΑΚΟΓ. G	1,2	0,95	0	0,912	0,04	0,1	15,88	2,7	0,1
80187	ΠΟΥΡΝΑΡ.	1,2	0,9	0	0,457	0,05	0,1	8,82	1,5	0,1
80287	ΠΟΥΡΝΑΡ.	1,2	0,9	0	0,457	0,05	0,1	8,82	1,5	0,1
81187	ΚΑΣΤΡ. G1	1,2	0,9	0	0,702	0,04	0,1	11	1,87	0.103
81287	ΚΑΣΤΡ. G2	1,2	0,9	0	0,702	0,04	0,1	11	1,87	0,103
81387	ΚΑΣΤΡ. G3	1,2	0,9	0	0,702	0,04	0,1	11	1,87	0,103
84187	ΛΟΥΡΟΣ	1,2	0,67	0	0,473	0,05	0,1	8,82	1,5	0.091
84587	ΑΩΟΣ G1	1,2	0,91	0	0,586	0,06	0,1	8,82	1,5	0.1

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Πίνακας 3. Τιμές Παραμέτρων Ρυθμιστή TGOV

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	RATE (block 9)	T1 (block 8)	PMAX (block 14)	ST (blocks 2, 6)	T2 (block 11)	T3(block11)	TRIP (block 104)
12487	ΚΟΜΟΤ. G1	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
12587	ΚΟΜΟΤ. G2	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
12687	ΚΟΜΟΤ. G3	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
17187	ΕΛΠΕ GT	0,05	0,3	1	0,06	1,5	5	0
17287	ΕΛΠΕ ST	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
19811	ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΑ	0,04	0,3	1	0,02	1,5	5	0
21177	ΑΜΥΝΤ. G1	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G1	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
44678	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G2	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
44686	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G3	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
22377	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
22477	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
22577	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
23177	ΚΑΡΔΙΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
23277	ΚΑΡΔΙΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
23377	ΚΑΡΔΙΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
23477	ΚΑΡΔΙΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25187	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25287	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25387	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25477	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25587	LIPTOL G	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
25687	LIPTOL G	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
29577	ΦΛΩΡΙΝΑ G1	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
43177	ΑΛΙΒΕΡΙ GN	0,05	0,3	1		1,5	5	0
43387	ΑΛΙΒΕΡΙ G3	0,04	0,3	1	0,07	1,5	5	0
43487	ΑΛΙΒΕΡΙ G4	0,04	0,3	1	0,07	1,5	5	0
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΑ	0,05	0,03	1		1,5	5	0
56187	ΑΗΣ Α.Γ.	0,04	0,3	1	0,1	1,5	5	0
56287	ΑΗΣ Α.Γ.	0,04	0,3	1	0,1	1,5	5	0
59177	BLAUCCG1	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59277	BLAUCCG2	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59287	ΛΑΥΡΙΟ G1	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
59397	SLAUCCG5	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59477	LAURIO GN	0,05	0,3	1		1,5	5	0
59487	SLAUCCG4	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59497	SLAUCCG6	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59577	LAURIO G2	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
59677	BLAUCCG4	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
59777	BLAUCCG5	0,04	0,3	1	0,06	1,5	5	0
61077	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G5	0,05	0,3	1		1,5	5	0
61377	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0
62177	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	0,04	0,3	1	1	1,5	5	0

Πίνακας 4. Παράμετροι Ρυθμιστή Υπερδιέγερσης

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	Διέγερση ονομαστικής φόρτισης
12487	ΚΟΜΟΤ. G1	2,7962
12587	ΚΟΜΟΤ. G2	2,7962
12687	ΚΟΜΟΤ. G3	2,7962
17187	ΕΛΠΕ GT	2,75
17287	ΕΛΠΕ ST	2,75
19187	ΘΗΣΑΥΡΟΣ 1	1,82
19287	ΘΗΣΑΥΡΟΣ 2	1,82
19587	ΠΛΑΤ/ΣΗ 2	1,82
21177	ΑΜΥΝΤ. G1	2,47
21277	ΑΜΥΝΤ. G2	2,47
22177	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2,37
22277	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2,37
22377	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2,41
22477	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2,41
22577	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	2,66
23177	ΚΑΡΔΙΑ	2.621
23277	ΚΑΡΔΙΑ	2.621
23377	ΚΑΡΔΙΑ	2.621
23477	ΚΑΡΔΙΑ	2.621
25187	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	2,51
25287	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	2,71
25387	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	2,48
25477	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	2,79
25587	LIP TOL G	2,54
25687	LIP TOL G	2,48
26187	ΠΟΛΥΦΥΤΟ G1	2,03
27187	ΣΦΗΚΙΑ	1,82
29577	ΦΛΩΡΙΝΑ G1	2,52
35187	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,96
35287	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,96
35387	ΠΛΑΣΤΗΡΑ	1,96
43177	ΑΛΙΒΕΡΙ GN	
43387	ΑΛΙΒΕΡΙ G3	2,59
43487	ΑΛΙΒΕΡΙ G4	2,56
44197	ΓΚΙΩΝΑ G1	
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΑ	
56187	ΑΗΣ Α.Γ.	2,6
56287	ΑΗΣ Α.Γ.	2,67
59177	BLAUCCG1	3,06
59277	BLAUCCG2	3,01
59287	ΛΑΥΡΙΟ G1	2,29
59397	SLAUCCG5	3,11
59477	LAURIO GN	
59487	SLAUCCG4	2,29
59497	SLAUCCG6	2,62

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	Διέγερση ονομαστικής φόρτισης
59577	LAURIO G2	2,62
59677	BLAUCCG4	3,01
59777	BLAUCCG5	3,01
61077	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G5	
61377	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	2,88
62177	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	2,97
73187	ΜΠΑΚΟΓ. G	1,65
73287	ΜΠΑΚΟΓ. G	1,65
80187	ΠΟΥΡΝΑΡ.	1,6
80287	ΠΟΥΡΝΑΡ.	1,6
81187	ΚΑΣΤΡ. G1	1,79
81287	ΚΑΣΤΡ. G2	1,79
81387	ΚΑΣΤΡ. G3	1,79
84187	ΛΟΥΡΟΣ	1,9
84587	ΛΩΟΣ G1	1,78

Πίνακας 5. Παράμετροι Γεννητριών Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	Όνομαστική Ισχύς (MVA)	Όνομαστική Τάση (kV)	Σταθερά αδράνειας (MW*s/MVA)
19287	Θησαυρός 2	467	15,75	3,555
19487	Πλατανόβρυση 1	136	15,75	2,66
26187	Πολύφυτο 1	136	15,75	3,3
26287	Πολύφυτο 2	136	15,75	3,3
26387	Πολύφυτο 3	136	15,75	3,3
27187	Σφηκιά 1	117	15,75	3,24
35187	Πλαστήρας 1	47	15,75	3,7
35287	Πλαστήρας 2	47	15,75	3,7
35387	Πλαστήρας 3	47	15,75	3,7
73187	Μπακογιάννης 1	100	15,75	3,7
73287	Μπακογιάννης 2	100	15,75	3,7
80187	Πουρνάρι I 1	111	15,75	4,1
80287	Πουρνάρι I 2	111	15,75	4,1
81187	Καστράκι 1	89	15,75	3,33
81287	Καστράκι 2	89	15,75	3,33
84187	Λούρος 1	3,13	15,75	3,96
84587	Αώος 1	122	15,75	3,2

Πίνακας 6. Παράμετροι Γεννητριών Υδροηλεκτρικών σταθμών

Γεννήτρια	Ονομασία Σταθμού	stator leakage	Xd	Xd'	Xd''	Td'	Td''	Xq	Xq'	Tq''
19187	Θησαυρός 1	0,123	1,06	0,27	0,18	8,4	0,082	0,63	0,18	0,18
19287	Θησαυρός 2	0,123	1,06	0,27	0,18	8,4	0,082	0,63	0,18	0,18
19487	Πλατανόβρυση 2	0,153	1,11	0,27	0,21	6,2	0,065	0,68	0,21	0,1
26187	Πολύφυτο 1	0,138	1,38	0,28	0,23	9,2	0,042	0,86	0,23	0,083
27187	Σφηκιά 1	0,13	1,15	0,35	0,21	5,05	0,078	0,75	0,21	0,135
35187	Πλαστήρας 1	0,13	1,26	0,25	0,161	5,6	0,06	0,81	0,161	0,064
35287	Πλαστήρας 2	0,13	1,26	0,25	0,161	5,6	0,06	0,81	0,161	0,064
35387	Πλαστήρας 3	0,13	1,26	0,25	0,161	5,6	0,06	0,81	0,161	0,064
73187	Μπακογιάννης 1	0,13	0,92	0,28	0,21	6,6	0,045	0,58	0,21	0,079
73287	Μπακογιάννης 2	0,13	0,92	0,28	0,21	6,6	0,045	0,58	0,21	0,079
80187	Πουρνάρι I 1	0,13	0,96	0,35	0,19	7,5	0,09	0,64	0,19	0,095
80287	Πουρνάρι I 2	0,13	0,96	0,35	0,19	7,5	0,09	0,64	0,19	0,095
81187	Καστράκι 1	0,13	1,03	0,255	0,2	8,9	0,049	0,562	0,2	0,091
81287	Καστράκι 2	0,13	1,03	0,255	0,2	8,9	0,049	0,562	0,2	0,091
84187	Λούρος 1	0,136	1,15	0,28	0,18	6,6	0,078	0,66	0,18	0,135
84587	Αώος 1	0,12	1,17	0,35	0,21	8,5	0,064	0,72	0,21	0,102

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Πίνακας 7. Παράμετροι γεννητριών Θερμοηλεκτρικών Σταθμών

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	Όνομαστική Ισχύς (MVA)	Όνομαστική Τάση	Σταθερά Αδράνειας (MW*s/MVA)	md	nd	m _q	n _q
12487	ΚΟΜΟΤ. G1	190	15,75	4,97	0,0685	11,764	0,07	11,76
12587	ΚΟΜΟΤ. G2	190	15,75	4,97	0,0685	11,764	0,07	11,76
12687	ΚΟΜΟΤ. G3	202	15,75	4,97	0,0685	11,764	0,07	11,76
17187	ΕΛΠΕ GT	324,44	15,75	7,78	0,112	8,463	0,11	8,463
17287	ΕΛΠΕ ST	324,44	15,75	7,78	0,112	8,463	0,11	8,463
19811	ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΑ	20000	400	200	0,112	8,463	0,11	8,463
21177	ΑΜΥΝΤ. G1	333	20	3,15	0,09	8	0,09	8
21277	ΑΜΥΝΤ. G2	333	20	3,15	0,09	8	0,09	8
22177	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	333	21	3,51	0,0218	14,22	0,02	14,22
22277	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	333	21	3,51	0,0218	14,22	0,02	14,22
22377	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	344	20	3,15	0,09	8	0,09	8
22477	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	344	20	3,15	0,09	8	0,09	8
22577	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	405	21	3,91	0,06	9,4336	0,06	9,434
23177	ΚΑΡΔΙΑ	353	21	3,315	0,0819	9,5681	0,08	9,568
23277	ΚΑΡΔΙΑ	353	21	3,315	0,0819	9,5681	0,08	9,568
23377	ΚΑΡΔΙΑ	353	20	2,975	0,09	8	0,09	8
23477	ΚΑΡΔΙΑ	353	20	2,975	0,09	8	0,09	8
25187	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	82,4	15,75	4,25	0,1038	6,06	0,1	6,06
25287	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	147	15,75	3,315	0,2013	7,5132	0,2	7,513
25387	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	147	15,75	4,93	0,0712	7,578	0,07	7,578
25477	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	375	21	3,56	0,079	9,6135	0,08	9,614
25587	LIPTOL G	12,5	15	3,16	0,09	8	0,09	8
25687	LIPTOL G	38,8	15	3,16	0,09	8	0,09	8
29577	ΦΛΩΡΙΝΑ	366,7	21	4,275	0,11	5,856	0,11	5,856
43177	ΑΛΙΒΕΡΙ GN							
43387	ΑΛΙΒΕΡΙ G3	176,47	15,75	4,44	0,1211	6,7215	0,12	6,722
43487	ΑΛΙΒΕΡΙ G4	176,47	15,75	4,51	0,09	8	0,09	8
44197	ΓΚΙΩΝΑ G1							
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G1							
44678	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G2							
44686	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ G3							
56187	ΑΗΣ Α.Γ.	190	15,75	4,76	0,0705	7,8852	0,07	7,885
56287	ΑΗΣ Α.Γ.	235	15,75	3,46	0,09	8	0,09	8
59177	BLAUCCG1	240	13	6	0,12	7,8275	0,12	7,827
59277	BLAUCCG2	170	15	6,66	0,12	7,8275	0,12	7,827
59287	ΛΑΥΡΙΟ G1	170	15	6,66	0,12	7,8275	0,12	7,827
59397	SLAUCCG5	170	15	6,66	0,12	7,8275	0,12	7,827
59477	LAURIO GN							
59487	SLAUCCG4	176,47	15,75	2,68	0,1174	6,4233	0,12	6,423
59497	SLAUCCG6	353	21	3,3	0,09	8	0,09	8
59577	LAURIO G2	74,1	11,8	3,5	0,0696	6,8208	0,07	6,821
59677	BLAUCCG4	75,4	15,75	3,97	0,12	8,8275	0,12	8,827
59777	BLAUCCG5	74,1	11,8	3,5	0,112	8,463	0,11	8,463
61077	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G5							
61377	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	350	21	4,39	0,1972	5,2124	0,2	5,212
62177	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	353	21	4,39	0,1471	7,2433	0,15	7,243

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Πίνακας 8. Παράμετροι γεννητριών Θερμοηλεκτρικών Σταθμών

Γεννήτρια	Όνομασία Γεννήτριας	Αντίσταση στάτη	Αντίδραση στάτη (stator leakage)	Xd	Xd'	Xd''	Td'	Td''	Xq	Xq'	Xq''	Tq'	Tq''
12487	ΚΟΜΟΤ. G1	0	0,212	2,05	0,29	0,2	6,6	0,06	1,97	0,4	0,21	1	0,06
12587	ΚΟΜΟΤ. G2	0	0,212	2,05	0,29	0,2	6,6	0,06	1,97	0,4	0,21	1	0,06
12687	ΚΟΜΟΤ. G3	0	0,212	2,05	0,29	0,2	6,6	0,06	1,97	0,4	0,21	1	0,06
17187	ΕΛΠΕ GT	0	0,2	1,72	0,23	0,17	10,1	0,05	1,6	0,4	0,2	0,7	0,09
17287	ΕΛΠΕ ST	0	0,2	1,72	0,23	0,17	10,1	0,05	1,6	0,4	0,2	0,7	0,09
19811	ΓΙΟΥΓΚΟΣΛΑΒΙΑ	0	0,2	2,05	0,29	0,2	6,6	0,06	1,97	0,4	0,2	1	0,06
21177	ΑΜΥΝΤ. G1	0	0,15	1,65	0,24	0,16	5,8	0,13	1,6	0,3	0,16	1	0,13
21277	ΑΜΥΝΤ. G2	0	0,15	1,65	0,24	0,16	5,8	0,13	1,6	0,3	0,16	1	0,13
22177	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0	0,14	1,72	0,26	0,18	6	0,06	1,6	0,3	0,18	1	0,06
22277	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0	0,14	1,72	0,26	0,18	6	0,06	1,6	0,3	0,18	1	0,06
22377	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0	0,21	1,68	0,28	0,21	5,9	0,13	1,65	0,3	0,21	1	0,13
22477	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0	0,21	1,68	0,28	0,21	5,9	0,13	1,65	0,3	0,21	1	0,13
22577	ΑΓ. ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	0	0,17	1,85	0,26	0,2	5,9	0,13	1,8	0,4	0,2	1	0,13
23177	ΚΑΡΔΙΑ	0	0,15	1,82	0,26	0,19	5,8	0,06	1,72	0,4	0,19	1	0,06
23277	ΚΑΡΔΙΑ	0	0,15	1,82	0,26	0,19	5,8	0,06	1,72	0,4	0,19	1	0,06
23377	ΚΑΡΔΙΑ	0	0,21	1,72	0,28	0,22	5,9	0,13	1,72	0,3	0,22	1	0,13
23477	ΚΑΡΔΙΑ	0	0,21	1,72	0,28	0,22	5,9	0,13	1,72	0,3	0,22	1	0,13
25187	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0	0,13	1,7	0,21	0,14	5,6	0,07	1,68	0,4	0,14	1	0,08
25287	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0	0,17	1,85	0,24	0,17	5,8	0,07	1,81	0,5	0,17	1	0,08
25387	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0	0,1	1,8	0,2	0,13	5,8	0,05	1,76	0,5	0,13	1	0,08
25477	ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	0	0,17	2,05	0,3	0,18	6,5	0,06	1,83	0,5	0,18	1	0,06
25587	LIPTOL G	0	0,104	1,67	0,18	0,15	4,5	0,05	1,65	0,5	0,15	1	0,08
25687	LIPTOL G	0	0,1	1,67	0,18	0,12	4,5	0,05	1,65	0,5	0,12	1	0,08
29577	ΦΛΩΡΙΝΑ	0	0,158	1,6	0,26	0,2	5,92	0,05	1,52	0,3	0,2	1	0,08
43177	ΑΛΙΒΕΡΙ GN												
43387	ΑΛΙΒΕΡΙ G3	0	0,135	1,76	0,25	0,17	4,95	0,07	1,73	0,4	0,17	1	0,08
43487	ΑΛΙΒΕΡΙ G4	0	0,135	1,66	0,28	0,16	4,95	0,05	1,62	0,4	0,16	1	0,05
44197	ΓΚΙΩΝΑ G1												
44677	ΑΛΟΥΜΙΝΙΑ												
56187	ΑΗΣ Α.Γ.	0	0,1	1,83	0,26	0,15	8,5	0,06	1,8	0,5	0,15	1	0,06
56287	ΑΗΣ Α.Γ.	0	0,1	1,88	0,28	0,19	6,4	0,06	1,85	0,5	0,19	1	0,06
59177	BLAUCCG1	0	0,19	2,07	0,3	0,23	7,47	0,05	2	0,4	0,23	1,2	0,06
59277	BLAUCCG2	0	0,16	2,05	0,29	0,2	6,64	0,05	1,97	0,4	0,2	1,2	0,08
59287	ΛΑΥΡΙΟ G1	0	0,16	2,05	0,29	0,2	6,64	0,05	1,97	0,4	0,2	1,2	0,08
59397	SLAUCCG5	0	0,16	2,05	0,29	0,2	6,64	0,05	1,97	0,4	0,2	1,2	0,08
59477	LAURIO GN												
59487	SLAUCCG4	0	0,13	1,76	0,25	0,14	4,95	0,05	1,72	0,4	0,14	1	0,05
59497	SLAUCCG6	0	0,149	1,82	0,26	0,18	5,83	0,06	1,78	0,4	0,18	1	0,06
59577	LAURIO G2	0	0,15	2,35	0,19	0,13	12	0,05	2,2	0,4	0,15	0,7	0,09
59677	BLAUCCG4	0	0,1	1,56	0,24	0,13	5,4	0,05	1,5	0,4	0,13	1	0,05
59777	BLAUCCG5	0	0,15	2,35	0,19	0,13	12	0,05	2,2	0,4	0,15	0,7	0,09
61077	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ G5												
61377	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	0	0,15	2,12	0,33	0,23	7,2	0,05	2,02	0,5	0,23	1	0,05
62177	ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ	0	0,15	2,12	0,33	0,28	7,2	0,05	2,02	0,5	0,28	1	0,05

Πίνακας 9.1. Στοιχεία γεννητριών Θερμοηλεκτρικών Σταθμών

Όνομασία γεννήτριας	Όνομ. τάση KV (KV)	Όνομ. ισχύς PN (MW)	Συντελ ισχύος Cosφ (-)	Στροφ. ανά λεπτό r.p.m.	Ροπή αδράν. GD ² (tm ²)	Σταθ. αδράν. H MW- sec/ MVA	Μηχαν. σταθ. χρόνου TM (sec)
Κομοτηνή Ατμ.	15.75	163	0.85	3000			
Κομοτηνή Αερ.1	15.75	156.5	0.85	3000			
Κομοτηνή Αερ.2	15.75	156.5	0.85	3000			
ΕΝΘΕΣ Αερ.	15.75	275.7	0.85	3000			
ΕΝΘΕΣ Ατμ.	15	141.1	0.85	3000			
Αμύνταιο 1	20	300	0.90	3000	85.00	3.13	6.948
Αμύνταιο 2	20	300	0.90	3000	85.00	3.13	6.948
Αγ. Δημήτριος 1	21	300	0.90	3000	33.00		
Αγ. Δημήτριος 2	21	300	0.90	3000	33.00		
Αγ. Δημήτριος 3	20	309.6	0.90	3000			
Αγ. Δημήτριος 4	20	309.6	0.90	3000			
Αγ. Δημήτριος 5	21	350	0.85	3000	8.50		
Καρδιά 1	21	300	0.85	3000	89.90	3.12	7.348
Καρδιά 2	21	300	0.85	3000	89.90	3.12	7.348
Καρδιά 3	20	300	0.90	3000			
Καρδιά 4	20	300	0.90	3000			
Πτολεμαίδα 1	15.75	70	0.85	3000	28.34	4.22	9.928
Πτολεμαίδα 2	15.75	125	0.85	3000	33.60	2.80	6.592
Πτολεμαίδα 3	15.75	125	0.85	3000	58.68	4.89	11.512
Πτολεμαίδα 4	21	300	0.80	3000	89.90	2.94	7.348
Λιπτόλ 1	6.3	10		3000			
Λιπτόλ 2	12.5	33	0.85	3000	8.50	2.69	6.320
Μελίτης 1	21	330	0.90	3000	7.15		
Αλιβέρι 3	15.75	150	0.85	3000	63.60	4.42	10.398
Αλιβέρι 4	15.75	150	0.85	3000	63.60	4.42	10.398
ΑΗΣΑΓ 8	15.75	161.5	0.85	3000	62.65	4.04	9.513
ΑΗΣΑΓ 9	15.75	200	0.85	3000	56.50	2.94	6.927
Λαύριο 1	15.75	150	0.85	3000	44.00	3.06	7.193
Λαύριο 2	21	300	0.85	3000	89.90	3.12	7.348
Λαύριο 3 Ατμ.	15.75	60	0.80	3000	19.41	3.17	7.933
Λαύριο 3 Αερ.1	11.8	63	0.85	3000		14	
Λαύριο 3 Αερ.2	11.8	63	0.85	3000		14	
Λαύριο 4 Ατμ.	13	204.2	0.85	3000			
Λαύριο 4 Αερ. 1	15	145	0.85	3000			
Λαύριο 4 Αερ. 2	15	145	0.85	3000			
Λαύριο 4 Αερ. 3	15	145	0.85	3000			
Λαύριο 5	19	374.4	0.80	3000			
Μεγαλόπολη I 1	15.75	125	0.85	3000	42.57	3.55	8.351
Μεγαλόπολη I 2	15.75	125	0.85	3000	42.57	3.55	8.351
Μεγαλόπολη I 3	15.75	300	0.85	3000	88.99	3.091	7.274
Μεγαλόπολη II	21	300	0.85	3000			

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Όνομασία γεννήτριας	Μόνιμος στατισμός δ (α.μ.)	T ₁ + T ₂ + T ₃ Speed Relay+ +Servomotor+ +Steam Bowl (sec)	Όριο ανοίγμ. P _{MAX} (α.μ.)	Σταθερά χρόνου αναθέρμ. T _R (sec)	m x T _R α.μ. αναθερμ. ατμού Υ.Π.χ x Σταθ. Χρόνου Αναθέρμανσης (sec)
Κομοτηνή Ατμ.		0.431	1.0	5.0	1.32
Κομοτηνή Αερ.1			1.0		
Κομοτηνή Αερ.2			1.0		
ΕΝΘΕΣ Αερ.			1.0		
ΕΝΘΕΣ Ατμ.			1.0		
Αμύνταιο 1		0.335	1.0	6.0	1.59
Αμύνταιο 2		0.335	1.0	6.0	1.59
Αγ. Δημήτριος 1		0.335	1.0	6.0	1.59
Αγ. Δημήτριος 2		0.335	1.0	6.0	1.59
Αγ. Δημήτριος 3		0.435	1.0	6.1	1.62
Αγ. Δημήτριος 4		0.435	1.0	6.1	1.62
Αγ. Δημήτριος 5		0.435	1.0	7.0	1.86
Καρδιά 1	2-8% 0.04	0.335	1.0	5.0	1.32
Καρδιά 2	2-8% 0.04	0.335	1.0	5.0	1.32
Καρδιά 3		0.335	1.0	5.5	1.46
Καρδιά 4		0.335	1.0	5.5	1.46
Πτολεμαΐδα 1	0.05	0.335	1.0	0.0	0.00
Πτολεμαΐδα 2		0.335	1.0	4.5	1.19
Πτολεμαΐδα 3		0.335	1.0	4.5	1.19
Πτολεμαΐδα 4	2-8% 0.04	0.335	1.0	5.0	1.32
Λιπτόλ 1		0.335	1.0	3.0	0.79
Λιπτόλ 2		0.335	1.0	3.5	0.93
Μελίτης 1		0.435	1.0	6.2	1.64
Αλιβέρι 3	2-7% 0.04	0.335	1.0	4.7	1.25
Αλιβέρι 4	2-7% 0.04	0.335	1.0	4.7	1.25
ΑΗΣΑΓ 8		0.335	1.0	4.8	1.27
ΑΗΣΑΓ 9		0.335	1.0	4.9	1.30
Λαύριο 1		0.335	1.0	4.7	1.25
Λαύριο 2	2-8% 0.04	0.335	1.0	5.0	1.32
Λαύριο 3 Ατμ.		0.335	1.0	0.0	0.00
Λαύριο 3 Αερ.1			1.0		
Λαύριο 3 Αερ.2			1.0		
Λαύριο 4 Ατμ.		0.335	1.0	4.9	1.30
Λαύριο 4 Αερ. 1			1.0		
Λαύριο 4 Αερ. 2			1.0		
Λαύριο 4 Αερ. 3			1.0		
Λαύριο 5	0.04	0.435	1.0	7.0	1.86
Μεγαλόπολη I 1		0.335	1.0	4.5	1.19
Μεγαλόπολη I 2		0.335	1.0	4.5	1.19
Μεγαλόπολη I 3		0.335	1.0	5.0	1.32
Μεγαλόπολη II		0.335	1.0	5.0	1.32

Παράρτημα 1- Στοιχεία Γεννητριών

Όνομασία γεννήτριας	Σύγχρονη επαγωγή ευθύ άξονα X_d (α.μ.)	Σύγχρονη επαγωγή κάθετου άξονα X_q (α.μ.)	Επαγωγή σκέδασης X_l (α.μ.)	m Συντελ. στην εξίσωση κορεσμού	n Εκθέτης στην εξίσωση κορεσμού	Ένταση διέγερ. υπό πλήρες φορτίο I_f (α.μ.)
Κομοτηνή Ατμ.	1.96	1.86	0.104			2.638
Κομοτηνή Αερ.1	1.96	1.86	0.104			2.651
Κομοτηνή Αερ.2	1.96	1.86	0.104			2.651
ΕΝΘΕΣ Αερ.	2.28	2.18	0.137	0.100	8.83	3.045
ΕΝΘΕΣ Ατμ.	1.90	1.79	0.105	0.060	14.07	2.670
Αμύνταιο 1	1.60	1.60	0.111	0.071	8.25	2.220
Αμύνταιο 2	1.60	1.60	0.111	0.071	8.25	2.220
Αγ. Δημήτριος 1	1.724	1.597	0.141	0.080	8.82	2.336
Αγ. Δημήτριος 2	1.724	1.597	0.141	0.080	8.82	2.336
Αγ. Δημήτριος 3	1.68	1.65	0.127	0.054	9.82	2.371
Αγ. Δημήτριος 4	1.68	1.65	0.127	0.054	9.82	2.371
Αγ. Δημήτριος 5	1.85	1.80	0.171	0.044	11.05	2.670
Καρδιά 1	1.823	1.72	0.143	0.062	10.67	2.510
Καρδιά 2	1.823	1.72	0.143	0.062	10.67	2.510
Καρδιά 3	1.70	1.70	0.173	0.076	10.00	2.325
Καρδιά 4	1.70	1.70	0.173	0.076	10.00	2.325
Πτολεμαΐδα 1	1.70	1.65	0.139	0.122	6.60	2.382
Πτολεμαΐδα 2	1.82	1.72	0.143	0.181	9.13	2.591
Πτολεμαΐδα 3	1.84	1.78	0.130	0.080	5.02	2.600
Πτολεμαΐδα 4	1.93	1.83	0.158	0.070	10.92	2.700
Λιπτόλ 1						
Λιπτόλ 2	1.52	1.39	0.208	0.125	5.71	2.352
Μελίτης 1	1.60	1.52	0.158	0.095	7.32	2.224
Αλιβέρι 3	1.759	1.66	0.135	0.114	9.99	2.450
Αλιβέρι 4	1.759	1.66	0.135	0.114	9.99	2.450
ΑΗΣΔΓ 8	1.83	1.80	0.119	0.074	9.01	2.459
ΑΗΣΔΓ 9	1.88	1.78	0.126	0.070	9.00	2.530
Λαύριο 1	1.44	1.4	0.140	0.083	9.35	2.153
Λαύριο 2	1.823	1.72	0.148	0.060	8.83	2.510
Λαύριο 3 Ατμ.	1.60	1.50	0.108	0.096	7.20	2.280
Λαύριο 3 Αερ.1	2.20	2.10	0.115	0.048	6.60	3.047
Λαύριο 3 Αερ.2	2.20	2.10	0.115	0.048	6.60	3.047
Λαύριο 4 Ατμ.	2.072	2.00	0.137	0.138	9.83	2.774
Λαύριο 4 Αερ. 1	2.053	1.90	0.135	0.160	9.59	2.814
Λαύριο 4 Αερ. 2	2.053	1.90	0.135	0.160	9.59	2.814
Λαύριο 4 Αερ. 3	2.053	1.90	0.135	0.160	9.59	2.814
Λαύριο 5	2.000	1.90				2.711
Ηρων 1 Αερ.	2.312	2.25	0.139	0.295	7.25	2.833
Ηρων 2 Αερ.	2.312	2.25	0.139	0.295	7.25	2.833
Ηρων 3 Αερ.	2.520	2.30	0.100	0.100	9.35	3.212
Μεγαλόπολη I 1	1.77	1.74	0.160	0.108	8.33	2.430
Μεγαλόπολη I 2	1.77	1.74	0.160	0.108	8.33	2.430
Μεγαλόπολη I 3	1.98	1.88	0.170	0.093	7.90	2.630
Μεγαλόπολη II	2.12	2.02	0.137	0.093	7.90	2.795

Πίνακες 9.2. Στοιχεία γεννητριών Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Όνομασία γεννήτριας	Σταθερά αδράνειας H (mw-sec/mva)	Μηχανική σταθερά χρόνου TM (sec)	Μόνιμος στατισμός δ (α.μ.)	Παροδικός στατισμός δT (α.μ.)	Σταθερά χρόνου Dashpot TR (sec)	Υδραυλική σταθερά χρόνου TW (sec)
Θησαυρός 1	3.555	7.90	0.03	0.430	3.90	1.70
Θησαυρός 2	3.555	7.90	0.03	0.430	3.90	1.70
Πλατανόβρυση 1	2.666	5.92	0.03	0.507	3.49	1.50
Πολύφυτο 1	3.321	7.381	0.03	0.339	2.9	1.25*
Σφηκιά 1	3.238	7.197	0.03	0.472	3.9	1.70**
Πλαστήρας 1	3.366	7.919	0.04	0.707	6.5	2.80*
Πλαστήρας 2	3.366	7.919	0.04	0.707	6.5	2.80*
Πλαστήρας 3	3.366	7.919	0.04	0.707	6.5	2.80*
Γκιωνα 1			0.06			
Μπακογιάννης 1	3.576	7.53	0.03	0.717	6.2	2.70*
Μπακογιάννης 2	3.576	7.53	0.03	0.717	6.2	2.70*
Καστράκι 1	3.31	7.36	0.02	0.508	4.3	1.87*
Καστράκι 2	3.31	7.36	0.06	0.508	4.3	1.87*
Καστράκι 3	3.31	7.36	0.06	0.508	4.3	1.87*
Πουρνάρι I 1	3.789	8.42	0.02	0.646	6.3	2.72**
Πουρνάρι I 2	3.789	8.42	0.02	0.646	6.3	2.72**
Λούρος 1	3.172	7.929	0.04	0.320	2.8	1.20
Αώος 1	3.20	7.111	0.04	0.703	5.8	2.50**

* από Μελέτη ΔΜΣ Νο 18 / 11.1978 + Οι ρυθμιστές των στροβίλων Άγρα και Λάδωνα έχουν

** από Μελέτη ΔΜΣ Νο 86 / 06.1989 επιταχυντήρα (Accelerom.). Επόμενος TD =TR, TE =TRxδT sec.

Πίνακες 9.3. Στοιχεία γεννητριών Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Όνομασία γεννήτριας	Σύγχρονη επαγωγή ευθύ άξονα X_d (α.μ.)	Σύγχρονη επαγωγή κάθετου άξονα X_q (α.μ.)	Επαγωγή σκέδασης X_l (α.μ.)	m Συντελ. στην εξίσωση κορεσμού	n Εκθέτης στην εξίσωση κορεσμού	Ένταση διέγερ. υπό πλήρ φορτίο I_f (α.μ.)	Μέγ. τάση διέγερ. E_{fmax} (α.μ.)
Θησαυρός 1	1.01	0.630	0.124	0	0		
Θησαυρός 2	1.01	0.630	0.124	0	0		
Πλατανόβρυση 1	0.95	0.640	0.160	0	0		
Πολύφυτο 1	1.38	0.860	0.147	0	0		
Σφηκιά 1	0.93	0.574	0.137	0	0		
Πλαστήρας 1	1.15	0.725	0.115	0	0		
Πλαστήρας 2	1.15	0.725	0.115	0	0		
Πλαστήρας 3	1.15	0.725	0.115	0	0		
Μπακογιάννης 1	0.92	0.580	0.128	0	0		
Μπακογιάννης 2	0.92	0.580	0.128	0	0		
Καστράκι 1	1.00	0.562	0.160	0	0		
Καστράκι 2	1.00	0.562	0.160	0	0		
Γκιωνα 1	1.30	0.750	0.130	0	0		
Πουρνάρι I 1	0.96	0.640	0.160	0	0		
Πουρνάρι I 2	0.96	0.640	0.160	0	0		
Λούρος 1	1.09	0.700	0.105	0	0		
Αώος 1	1.17	0.720	0.138	0	0		

Πίνακες 9.3. Στοιχεία γεννητριών Υδροηλεκτρικών Σταθμών

Όνομασία Γεννήτριας	Όνομ. Τάση V (KV)	Όνομαστ. ισχύς PN (MW)	Συντελ. ισχύος Cosφ (-)	Στροφές ανά λεπτό r.p.m.	Ροπή αδράνειας GD ² (tm ²)
Θησαυρός 1	15.75	126	0.9		
Θησαυρός 2	15.75	126	0.9		
Πλατανόβρυση 1	15.75	61.2	0.9		
Πολύφυτο 1	15.75	122.04	0.9	214.28	7200
Σφηκιά 1	15.75	105	0.9	125	17750
Πλαστήρας 1	15.75	40	0.85	500	465
Πλαστήρας 2	15.75	40	0.85	500	465
Πλαστήρας 3	15.75	40	0.85	500	465
Μπακογιάννης 1	15.75	95.6	0.95	166.7	9506.4
Μπακογιάννης 2	15.75	95.6	0.95	166.7	9506.4
Καστράκι 1	15.75	69.65	0.9	166.7	6770
Καστράκι 2	15.75	69.65	0.9	166.7	6770
Καστράκι 3	15.75	69.65	0.9	166.7	6770
Γκιώνα 1	6.3	8.50	0.9		33.5
Πουρνάρι I 1	15.75	100	0.9	150	
Πουρνάρι I 2	15.75	100	0.9	150	
Λούρος 1	15.75	2.5	0.8	500	29.1
Αώος 1	15.75	109.8	0.9	428	

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΕΙΣ

Αντιστάθμιση (MVar υπό ονομαστική τάση). *Όταν είναι θετική θεωρείται χωρητική και όταν είναι αρνητική θεωρείται επαγωγική*

Μέγιστο Φορτίο			
Ζυγός	Αντιστάθμιση (MVar)	Ζυγός	Αντιστάθμιση (MVar)
13831	25	52531	-16
35931	-16	53011	-150
41431	25	53012	-50
42730	-36	53013	-50
42732	-36	53014	-50
43035	-8	53015	-50
43036	-8	54131	25
43011	-50	54132	25
43113	-25	55131	25
43114	-25	55132	25
43931	-12.5	61031	25
45531	-9	64231	25
45731	-9	65531	25
45732	-36	70034	-50
46431	-86	70035	-50
46731	-63	71035	-50
46931	-45	71036	-50
47031	-50	82131	-12.5
47131	-45	82231	-12.5
48031	-50	82634	-18
50131	25	82734	-18
50132	25	85431	-12.5
52131	25	85531	-12.5
52132	25		

Παράρτημα 2 - Αντιστάθμιση

Ελάχιστο Φορτίο			
Ζυγός	Αντιστάθμιση (MVar)	Ζυγός	Αντιστάθμιση (MVar)
10736	-50	52130	-50
10738	-50	52531	-16
12139	-50	53011	-150
14030	-50	53012	-50
14134	-50	53013	-50
14136	-50	53014	-50
30234	-50	53015	-50
30239	-50	53030	-50
35931	-16	53034	-50
42730	-36	54030	-50
42732	-36	54035	-50
43034	-50	54330	-50
43035	-8	61034	-50
43036	-8	64030	-50
43011	-50	64039	-50
43113	-25	70034	-50
43114	-25	70035	-50
43931	-12.5	71030	-50
45531	-18	71034	-50
45731	-21.5	71035	-50
45732	-36	71036	-50
46431	-86	71039	-50
46731	-63	82131	-25
46931	-45	82231	-37.5
47031	-50	82634	-18
47131	-45	82734	-18
48031	-50	85431	-12.5
50035	-50	85531	-12.5
51135	-50	88030	-50
52034	-50	88039	-50
52039	-50		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 – ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1. Μέγιστο Φορτίο

ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q		ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	ΚΟΜΟΤ G1	140	41,52		56187	AHSAG G8	155	82,36
12587	ΚΟΜΟΤ G2	140	42,03		56287	AHSAG G9	190	117,39
12687	ΚΟΜΟΤ G3	140	42,87		58377	KORP G1	142	75,98
17187	ELPE G1	250	53,54		58378	KORP G2	254	101,45
17287	ELPE G2	140	52,74		59177	BLAVR G4	170	63,15
19187	THISA G1	128	8,6		59277	BLAVR G1	130	40,67
19287	THISA G2	128	8,6		59287	LAVRIOG1	125	42,82
19587	PLATA G2	58	4,06		59397	SLAVR G5	50	16,02
21177	AMYNT G1	265	50,67		59477	LAURIOGN	377,66	249,37
21277	AMYNT G2	265	47,34		59487	SLAVR G3	60	24,04
22177	AGDIM G1	265	49,5		59497	SLAVR G6	50	16,02
22277	AGDIM G2	265	48,52		59577	LAVRIOG2	250	49,24
22377	AGDIM G3	265	50,71		59677	BLAVR G2	130	40,27
22477	AGDIM G4	265	50,22		59777	BLAVR G3	130	40,69
22577	AGDIM G5	280	59,39		61077	MEGAL G5	400	83,23
23177	KARD G1	265	17,2		61377	MEGAL G3	270	25,24
23277	KARD G2	265	17,21		62177	MEGAL G4	270	21,96
23377	KARD G3	265	53,5		19811	GIOUGKOS	7,07	-107,32
23477	KARD G4	265	53,71		73187	MPAKO G1	109,3	38,28
25187	PTOLEMG1	65	13,04		73287	MPAKO G2	109,3	38,28
25287	PTOLEMG2	117	9,18		80187	POUR1 G1	100	13,79
25387	PTOLEMG3	117	19,5		80287	POUR1 G2	100	13,79
25477	PTOLEMG4	276	77,71		81187	KASTR G1	80	18,68
25587	LIPTOLG1	9	3,85		81287	KASTR G2	80	18,75
25687	LIPTOLG2	21	14,6		81387	KASTR G3	80	18,62
26187	POLUF G1	125	25,93		84187	LOURO G1	10,3	1,13
27187	SFIKI G1	105	51,61		84587	AWOS G1	105	12,32
29577	FLWRING1	265	23,37		ΣΥΝΟΛΟ		10212,69	2649,9
35187	PLAST G1	43,3	18,28					
35287	PLAST G2	43,3	18,28					
35387	PLAST G3	43,3	18,28					
43177	ALIVE GN	377,66	87,96					
43387	ALIVE G3	140	65,42					
43487	ALIVE G4	140	65,44					
44197	GIWNA G1	8,5	-0,73					
44677	ALOUM G1	123	57,78					
44678	ALOUM G2	82	52,06					
44687	ALOUM G3	123	50,75					
46431	SYROS150	0	69,44					

2. Ελάχιστο Φορτίο

ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	KOMOT G1	98	30,45
12687	KOMOT G3	98	31,57
21177	AMYNT G1	170	1,76
22177	AGDIM G1	170	5,38
22377	AGDIM G3	170	5,33
23177	KARD G1	170	-7,01
23277	KARD G2	170	-6,85
29577	FLWRING1	170	0,03
44677	ALOUM G1	123	22,63
44678	ALOUM G2	82	7,02
44687	ALOUM G3	123	20,75
59177	BLAVR G4	123	-3,05
59277	BLAVR G1	35	-2,95
59477	LAVRIOG1	100	96,06
59677	BLAVR G2	35	-2,95
59777	BLAVR G3	35	-2,96
61077	MEGAL G5	180	48,53
62177	MEGAL G4	180	61,31
19811	GIOUGKOS	41,76	-117,75
73187	MPAKO G1	50	26,12
81287	KASTR G2	50	20,75
		2373,76	234,17

3. Χαμηλό Φορτίο (Νέο Σενάριο)

ΖΥΓΟΣ	ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	P	Q
12487	KOMOT G1	98	42.62
12687	KOMOT G3	98	44.22
21177	AMYNT G1	170	19.02
21277	AMYNT G2	170	17.66
22177	AGDIM G1	170	22.99
22377	AGDIM G3	170	23.68
22577	AGDIM G5	170	27.97
23177	KARD G1	170	13.01
23277	KARD G2	170	12.91
23377	KARD G3	170	71.79
29577	FLWRING1	170	17.49
44677	ALOUM G1	67,1	37.88
44678	ALOUM G2	45,8	16.24
44687	ALOUM G3	67,1	35.14
59177	BLAVR G4	123	27.36
59277	BLAVR G1	35	15.90
59477	LAVRIO5	100	144.79
59677	BLAVR G2	35	15.61
59777	BLAVR G3	35	15.91
61077	MEGAL G5	180	81.76
62177	MEGAL G4	180	97.74
19811	GIOUGKOS	12,69	
73187	MPAKO G1	50	39.33
81287	KASTR G2	50	30.85
		2706,69	871,87

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 – ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΠΟΥ ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΘΗΚΑΝ

BUS	NAME	ΤΥΠΟΣ Α/Γ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ				
		A	B	Γ	Δ	ΑΓΝΩΣΤΟΣ
10631	ALEXANDR	-3	0	0	0	
10731	KECHROS	-62,5	0	0	0	
10735	N, SANTA					-212,5
11231	KERVEROS	-31,20	0	0	0	
11232	SAPKA					-60,2
11331	PATRIAR	-40,30	0	0	0	
11336	XAN8H_1	0	0	0	-30,00	
12931	SIDHR/RO	0	0	-19,00	0	
13231	DRA_1	0	0	0	-19,80	
14231	KILKIS	0	0	-10,00	0	
14331	AXIOUPOL	0	0	-10,30	0	
15731	MAGIKO	0	0	-9,50	0	
19231	NEVROKOP	0	0	-12,00	0	
21731	ANEMOS	0	0	-28,90	0	
32831	STULIDA	0	0	-17,00	0	
32931	MAG2	0	0	-33,00	0	
35331	KALAMPAK	0	0	-3,90	0	
40131	BOIWTIA1	0	0	-25,50	0	
40231	LARUMNA	0	0	-44,60	0	
40431	PTWON_WF	0	0	-42,00	0	
40531	KORWNEIA	0	0	-48,00	0	
41031	BOIWTIA2	0	0	-36,00	0	
41231	GATZA_WF	0	0	-43,70	0	
41831	BOIWTIA3	0	0	-29,70	0	
42031	BOIWTIA4	0	0	-27,90	0	
42231	YACNA	0	0	-15,30	0	
42730	POLYPOTA					-28,4
42731	POLYPOTA	-12,00	0	0	0	
42931	ARGUROS	-17,4	-21,4	0	0	
43131	MURTIA_R	-34,8	0	-24	0	
43231	HLIOLOUS	-16,40	0	0	0	
43331	EYBOIA1	0	0	-44	0	
43431	EYBOIA2	0	0	-53,3	0	
43631	EYBOIA3	0	0	-127	0	
43731	EYBOIA4	0	0	-47,8	0	
43831	EYBOIA5	0	0	-54,8	0	
43931	KARUSTOS	-30,4	-7,8	-10,2	-1,2	
44131	EYBOIA6	0	0	-18,2	0	

Παράρτημα 4 – Αιολικά Πάρκα που Προσωμοιώθηκαν

44731	EYBOIA7	0	0	0	-77,7	
45131	EYBOIA09	0	0	-35,05	-5,4	
45231	AMARYNT	0	0	-21,60	0	
45531	LEIBADI	-41,60	0	0	0	
47936	BOI_F8IWT	0	0	-30,00	0	
48831	XLWMO_2	0	0	-44,20	0	
48931	XLWMO_1	0	0	-44,20	0	
50231	KALLISTI					-15,5
54631	ATTIKA1	0	0	-23,00	0	
54731	MARKOPOU	0	0	-9,40	0	
57331	MEGARA	0	0	-15,50	0	
60331	ARGOL_4	0	0	0	-18,40	
60531	MEQANA	0	0	0	-31,50	
60632	KORIN_1					-29,7
60641	TROIZHNA	0	0	-40,00	0	
61131	DORIZA_1	0	0	-18,3	-40	
61132	DORIZA_2	0	0	-42,00	0	
61331	AXLADC_2	0	0	-11,60	0	
61631	MOLAOI	0	0	-30,00	-30,2	
63031	AXLADOC_1	0	0	-30,00	0	
63131	DIDYMA	0	0	-36,00	0	
63231	ARGOL_3	0	0	-50,00	0	
63331	PANAXAIK	0	0	-48,50	0	
63431	AHAIA_2	0	0	-22,10	0	
63531	LAKWNIA2	0	0	-13,2	-6,6	
63631	LAKWNIA1	0	0	-35,00	0	
63731	ARKADIA1	0	0	-28,50	0	
63831	AHAIA_3	0	0	-39,60	0	
65531	PULOS	0	0	-6,80	0	
65931	MESSIN_1	0	0	-22,50	0	
71231	AIT_1	0	0	-18,90	0	
71331	AIT_2	0	0	-24,00	0	
71531	FOKIDA_1	0	0	-25,20	0	
71631	AIT_3	0	0	-16,20	0	
71731	FOKIDA_2	0	0	-18,00	0	
71831	FOKIDA_3	0	0	0	-20,00	
72631	EURYTAN1	0	0	-109,80	0	
75021	BOIWZIA6					-41,4
75031	DISTOMO					-27,9
82041	DAFNOZ_WF	0	0	-14,90	0	
82131	ARGOSTOL	0	0	0	-10,20	
82431	KEF_2					-37,40

Παράρτημα 4 – Αιολικά Πάρκα που Προσωμοιώθηκαν

82531	KEF_1	0	0	-30,00	0	
82731	LEUKADA1	0	0	-39,10	0	
83331	ANTIRRIO	0	0	0	-25,20	
73431	HY_KARP	0	0	-20,10	0	
14241	KILKIS_2	0	0	-40,00	0	
59631	WF_AG,GE	0	0	-45,00	0	
20131	GREBENA_2	0	0	-20,40	0	
82931	AIT 4	0	0	-38,00	0	
27041	KOZANH_2	0	0	-38,00	0	
42331	MANTOUDI	0	0	0	0	-82.2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 5 – ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΑΠΕ

Ζυγός Σύνδεσης	P (MW)	Q(MVAr)	Τύπος
13831	-4	1,315	CP
14131	-13,2	4,339	CP
15531	-5,28	1,735	HY
17931	-9,2	3,024	CP
18131	-2	0,657	CP
18231	-3,92	1,288	CP
32131	-1,6	0,526	HY
32531	-3,6	1,183	HY
35531	-3,2	1,052	HY
36431	-8	2,629	HY
58131	-6,24	2,051	BI
62631	-20,96	6,889	BI
62731	-4	1,315	BI
65131	-5,28	1,735	HY
68031	-6,72	2,209	HY
73331	-1,44	0,473	HY
82031	-6,88	2,261	HY
82032	-11,92	3,918	HY
84431	-1,52	0,5	HY
85131	-15,04	4,943	HY
85531	-3,36	1,104	HY
87731	-10,4	3,418	HY

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 6 – ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ, ΠΕΡΙΟΧΕΣ, ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

1. ΠΕΡΙΟΧΕΣ

1	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ - ΘΡΑΚΗ
2	ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ
3	ΘΕΣΣΑΛΙΑ
4	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ – ΕΥΒΟΙΑ – ΔΙΑΣΥΝΔ. ΚΥΚΛΑΔΕΣ
5	ΑΤΤΙΚΗ
6	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ
7	ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ
8	ΗΠΕΙΡΟΣ – ΙΟΝΙΑ ΝΗΣΙΑ

2. ΑΝΤΑΛΛΑΓΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

2.1. ΜΕΓΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ

Περιοχή	Παραγωγή (MW)	Φορτίο (MW)	Απώλειες (MW)	Εξαγωγή Ισχύος (MW)	Παραγωγή (MVar)	Φορτίο (MVar)	Απώλειες (MVar)	Εξαγωγή Ισχύος (MVar)
1	1124,0	2057,9	63,13	-997,06	278,86	1660,0	-422,62	-958,47
10	0,0	805,0	1,5	-806,5	0,0	475,42	5,61	-481,03
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-3704,9	0,08	3704,8
12	0,0	267,2	0,2	-267,4	0,0	200,5	0,84	-201,34
15	0,0	129,35	4,66	-134,0	-329,15	80,2	-475,86	66,51
2	4030,0	798,22	48,89	3182,9	724,02	494,85	87,58	141,58
3	129,9	1133,0	26,59	-1029,7	37,68	733,87	-418,31	-277,88
4	994,16	453,77	30,75	509,64	264,98	598,63	-235,75	-97,9
5	2213,7	4263,2	60,67	-2110,2	732,92	2679,8	-917,22	-1029,6
6	940,0	979,44	25,69	-65,13	-11,48	747,05	-294,49	-464,04
69	-14,32	0,0	0,06	-14,39	-106,01	0,0	-28,4	-77,61
7	218,6	36,24	8,49	173,87	74,04	45,01	-268,34	297,37
8	555,3	638,82	17,93	-101,45	14,27	439,1	-283,3	-141,53
98	0,0	-374,72	1,78	372,94	0,0	123,16	-2,75	-120,42
99	0,0	-1291,5	5,19	1286,3	0,0	424,5	-62,63	-361,88

2.1. ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ

Περιοχή	Παραγωγή (MW)	Φορτίο (MW)	Απώλειες (MW)	Εξαγωγή Ισχύος (MW)	Παραγωγή (MVar)	Φορτίο (MVar)	Απώλειες (MVar)	Εξαγωγή Ισχύος (MVar)
1,00	196,00	497.75	30.71	-332.46	61.22	643.32	-636.65	54.55
10,00	0,00	1038.7	0.67	-1039.4	0,00	591,00	-0.17	-590.83
12,00	0,00	183.8	0.05	-183.85	0,00	138,00	-0.11	-137.89
15,00	0,00	43.44	1.48	-44.92	-397.98	27.26	-492.53	67.3
2,00	1020,00	516.93	10.24	492.83	10.2	135.93	-442.06	316.32
3,00	0,00	278.81	10.08	-288.89	-65.46	196.66	-595.78	333.66
4,00	180,00	-17.16	16.09	181.07	27.59	424.09	-403.34	6.84
5,00	328,00	1057.9	14.48	-744.39	-650.91	705.79	-1610.6	253.89
6,00	360,00	154.21	11.77	194.02	-136.94	267.22	-405.6	1.44
69,00	65.6	0,00	0.13	65.47	-116.25	0,00	-27.8	-88.45
7,00	50,00	-7.11	3.66	53.45	-64.08	24.49	-292.98	204.42
8,00	50,00	165.24	5.55	-120.79	-153.76	114.28	-374.95	106.9
80,00	0,00	-147.76	0,00	147.76	49.68	98.99	0,00	-49.31
98,00	0,00	-374.72	5.83	368.89	139.81	251.07	13.74	-125.01
99,00	0,00	-1258.7	7.5	1251.2	437.56	842.6	-51.85	-353.19

3. ΠΑΡΑΓΩΓΕΣ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΑ

Σημείο Λειτουργίας	Μέγιστο	Ελάχιστο
Φορτίο	12.603,4 MW	4.288,8 MW
Αντλητικά	-	550,0 MW
Παραγωγή Συμβατικών	10.205,6 MW	2.184,0 MW
Ανανεώσιμα	2.707,4 MW	2.707,4 MW
Απώλειες	295,2 MW	92,6 MW
Εξαγωγές	14,5 MW	-40,0 MW

4. ΟΙ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

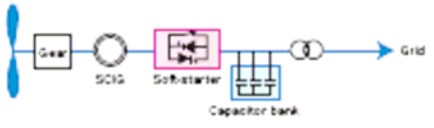
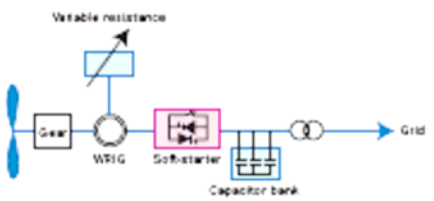


4.1. Ανάλυση Ευστάθειας σε Βραχυκύκλωμα

	ΖΥΓΟΣ	ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ	ΠΕΡΙΟΧΗ
Διαταραχή 1	12011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’
Διαταραχή 2	10711	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’
Διαταραχή 3	23011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Καρδιά’
Διαταραχή 4	59011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Λαύριο’
Διαταραχή 5	61011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Μεγαλόπολη’
Διαταραχή 6	88011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Αραχθος’
Διαταραχή 7	43032	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’
Διαταραχή 8	59011-54011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	Μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος
Διαταραχή 9	54011	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα	ΚΥΤ ‘Παλλήνη’

4.2. Αξιολόγηση Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών σε Βυθίσεις Τάσεως

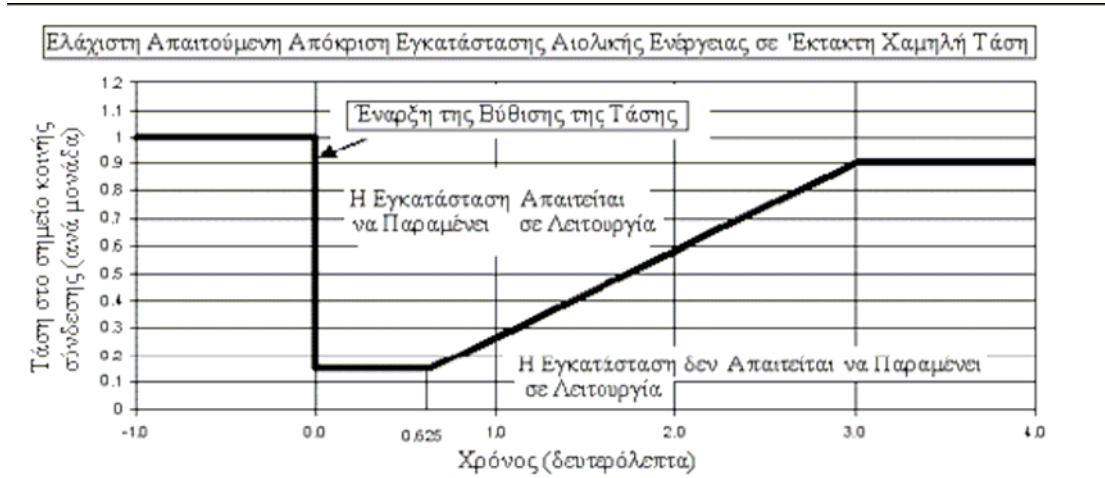
Διαταραχή 1	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Φίλιπποι’ (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 2	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Νέα Σάντα’ (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φίλιπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 3	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Λαύριο’ (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 4	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αλιβέρι’ (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι-Χαλκίδα (43032-42736)
Διαταραχή 5	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος
Διαταραχή 6	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Παλλήνη’ (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 7	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στον ΚΥΤ ‘Αχελώος’ (71011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αχελώος – Δίστομο (71011-70011)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 7 – ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΚΑΤΑ EWEA

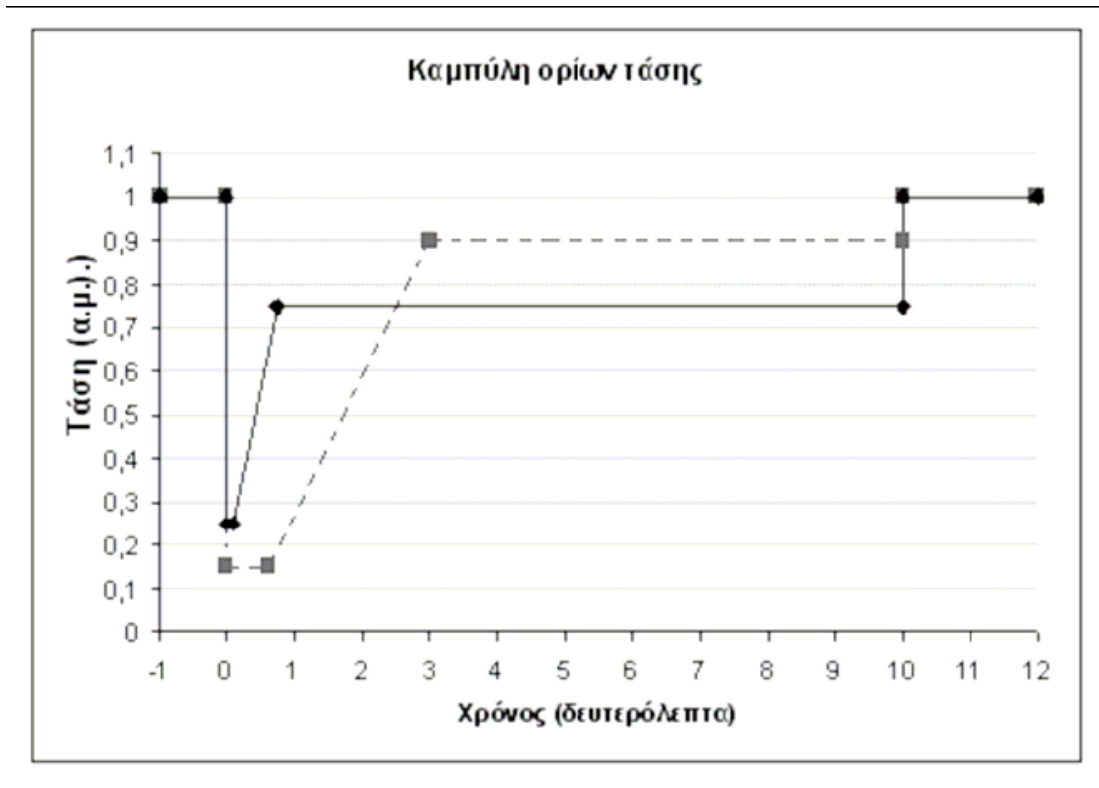
Type of system	Description
<p>A Fixed speed (one or two speeds)</p>  <p>European market share (cum): 30%.</p>	<p>Introduced and widely used in the 80s, the concept is based on a 'squirrel cage' asynchronous generator (SCIG), its rotor is driven by the turbine and its stator is directly connected to the grid. Its rotation speed can only vary slightly (between 1% and 2%), which is almost "fixed speed" in comparison with the other wind turbine concepts. The concept exists both in single speed and double speed versions. The double speed operation gives an improved performance and lower noise production at low wind speeds. Aerodynamic control combined with type A concept is mostly passive stall, and as a consequence there are few active control options, besides connecting and disconnecting, especially if there is no blade pitch change mechanism. The concept has been continuously further developed, for example in the so-called active stall designs, where the blade pitch angle can be changed towards stall by the control system.</p> <p>Manufacturer: Suzlon, Nordex, Siemens Bonus, Eoctônia Power plant capabilities: Voltage control, Reactive power control</p>
<p>B Limited variable speed</p>  <p>European market share (cum): 10%</p>	<p>Type B wind turbines used by Vestas in the 80s and 90s are equipped with a 'wound rotor' induction generator (WRIG). Power electronics are applied to control the rotor electrical resistance, which allows both the rotor and the generator to vary their speed up and down to $\pm 10\%$ during wind gusts, maximising power quality and reducing the mechanical loading of the turbine components, (however at the expense of some minor energy losses). The wind turbines of type B are equipped with an active blade pitch control system.</p> <p>Manufacturer: Vestas (V27, V34, V47) Power plant capabilities: Voltage control (power quality)</p>
<p>C Improved variable speed with DFIG</p>  <p>European market share (cum): 45%</p>	<p>Type C concept is presently the most popular system, combining advantages of previous systems with advances in power electronics. The induction generator has a wound rotor, which is connected to the grid through a back-to-back voltage source converter that controls the excitation system in order to decouple the mechanical and electrical rotor frequency and to match the grid and rotor frequency.</p> <p>The application of power electronics provides control of active and reactive power, enabling active voltage control. In this type of systems, approximately up to 40% of the power output is going through the inverter to the grid, the other part is directly going to the grid, and the window of speed variations is approximately 40% up and down from synchronous speed.</p> <p>Manufacturer: GE (1.5 series and 3.6), Repower, Vestas, Nordex, Gamesa, Eoctônia, Ingatur, Suzlon Power plant capabilities: Reactive power, Voltage control, Fault ride through</p>
<p>D Variable speed with full-scale frequency converter</p>  <p>European market share (cum): 15%</p>	<p>Type D wind turbines are offered with the classical drive-train (geared), in the direct-drive concept (with slow running generator) and even in a hybrid version (low step-up gearbox, and medium speed generator). Various types of generators are being used: synchronous generators with wound rotors, permanent magnet generators and squirrel cage induction generators. In type D wind turbines the stator is connected to the grid via a full-power electronic converter. The rotor has excitation windings or permanent magnets. Being completely decoupled from the grid, it can provide an even more wide range of operating speeds than type C, and has a broader range of reactive power and voltage control capacities.</p> <p>Manufacturer: Enercon, MEG (Multibrid M5000), GE (2.x series), Zephyros, Winwind, Siemens (2.3 MW), Made, Leitner, Moorres, Jeumont Power plant capabilities: Reactive power, Voltage control, Fault ride through</p>

SCIG: squirrel cage induction generator
 WRIG: wound rotor induction generator
 PMSG: permanent magnet synchronous generator
 WRSG: wound rotor synchronous generator

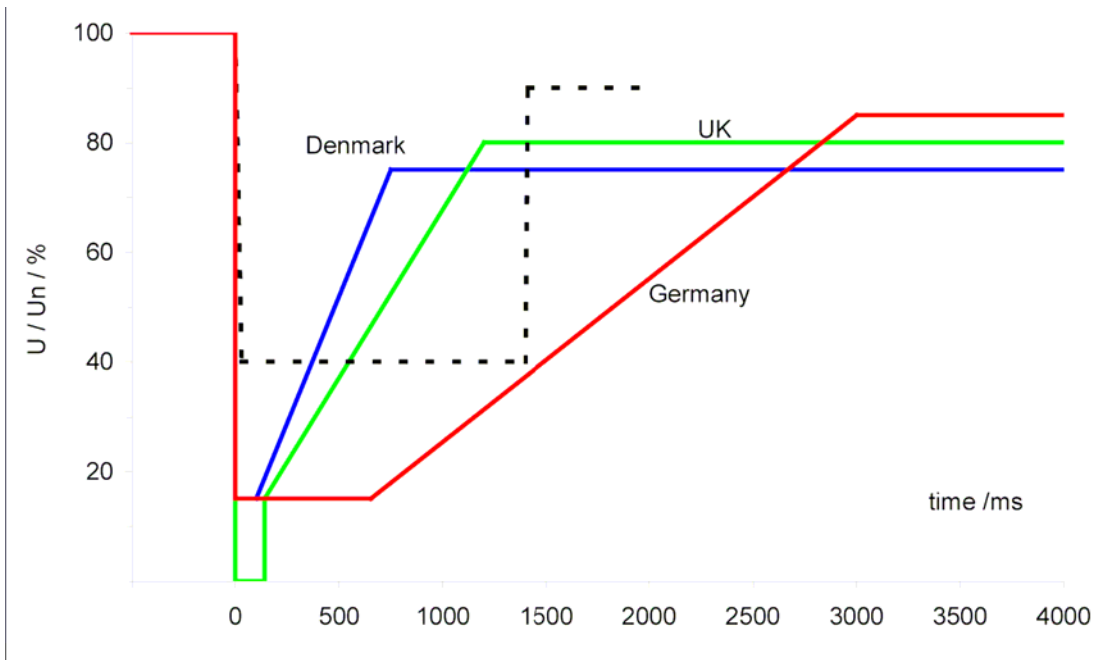
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 8 – ΚΑΜΠΥΛΕΣ LVRT



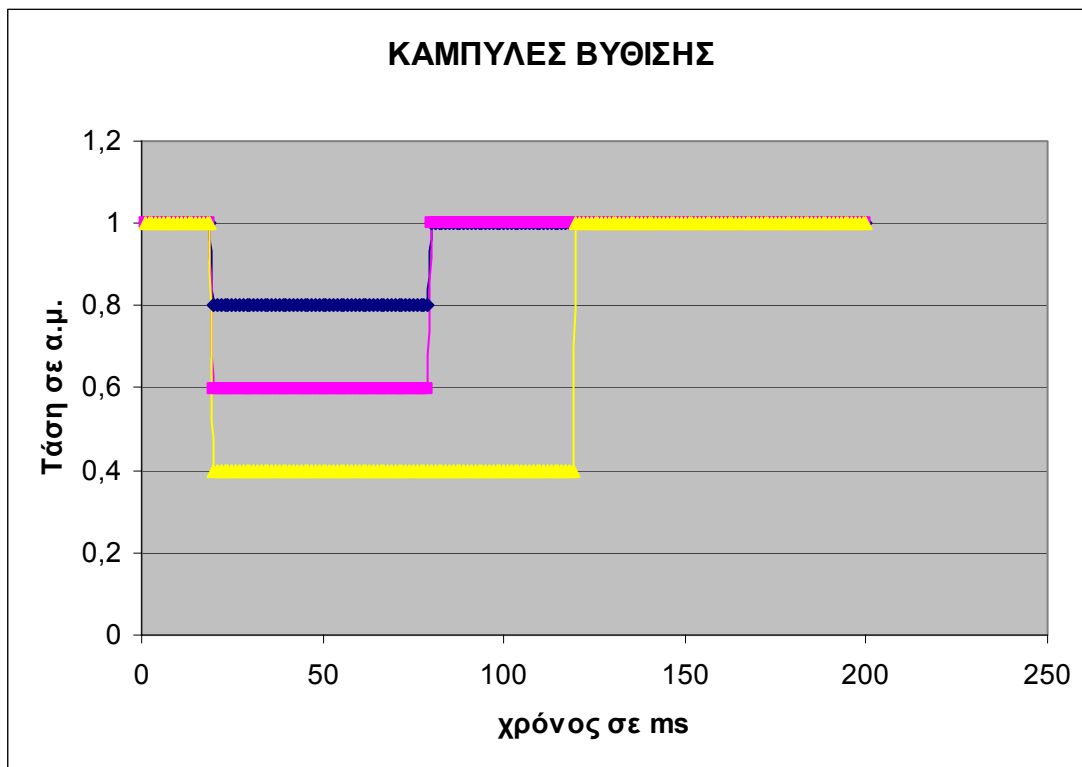
Σχήμα 1. Συνήθης μορφή καμπύλης περιορισμού LVRT.



Σχήμα 2 Καμπύλη ορίων τάσης – Κανονισμοί Δανίας (συνεχής καμπύλη) και Ιρλανδίας (διακεκομμένη καμπύλη).



Σχήμα 3 Καμπύλη ορίων τάσης – Κανονισμοί Δανίας – Μ.Βρετανίας – Γερμανίας.



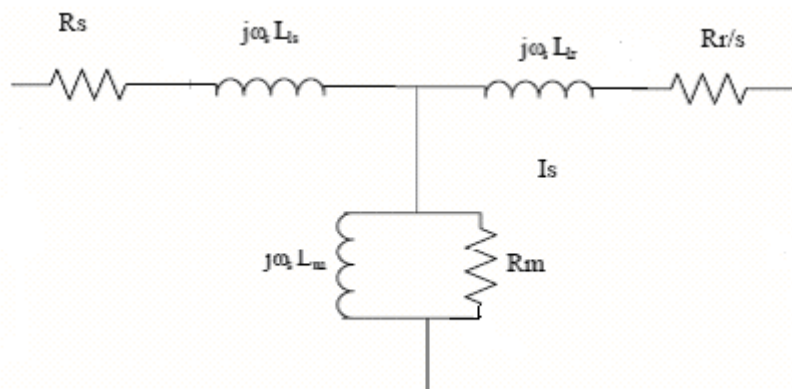
Σχήμα 4. Καμπύλες Προστασίας A,B,C της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 9 – ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

1. ΜΗΧΑΝΗ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΕΣ

EDITION DIALOG			
Type: INDUCTION WITH MACRO		Class: MACHINE	
Machine name	<input type="text" value="A10631"/>	Stator leakage resistance	<input type="text" value="0.067"/>
Connection node name	<input type="text" value="106316"/> <input type="button" value="List ..."/>	Stator leakage reactance	<input type="text" value="0.1"/>
Rated apparent power	<input type="text" value="3"/> MVA	Rotor-stator mutual reactance	<input type="text" value="3"/>
Proportion of active load	<input type="text" value="1"/>	Leakage resistance - winding 1	<input type="text" value="0.01"/>
Proportion of reactive load	<input type="text" value="1"/>	Leakage reactance - winding 1	<input type="text" value="0.13"/>
Constant of inertia	<input type="text" value="1.5"/> MW s./MVA		

EDITION DIALOG			
Type: MACHINE UNDER AND OVERSPEED		Class: AUTOMATON	
Machine name	<input type="text" value="A10631"/> <input type="button" value="List ..."/>		
Underspeed threshold	<input type="text" value="47.5"/> Hz		
Underspeed enable time	<input type="text" value="0.1"/> s.		
Overspeed threshold	<input type="text" value="52.5"/> Hz		
Overspeed enable time	<input type="text" value="0.1"/> s.		
Trip-out time delay	<input type="text" value="0.1"/> s.		



- R_s αντίσταση στάτη
- L_{ls} επαγωγή σκέδασης στάτη
- R_r αντίσταση δρομέα
- L_{lr} επαγωγή σκέδασης δρομέα
- R_m αντίσταση μαγνήτισης
- L_m επαγωγή μαγνήτισης

3. ΓΕΝΗΤΡΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ

EDITION DIALOG

Type: SYNCHRONOUS – EXT. PAR. Class : MACHINE

Machine name	<input type="text" value="12487_1"/>	Connection node name	<input type="text" value="12487"/>	<input type="button" value="List ..."/>
Rated apparent power	<input type="text" value="190."/> MVA	Rated turbine power	<input type="text" value="190."/> MW	
Rated generator active power	<input type="text" value="190."/> MW	Base voltage machine side	<input type="text" value="15.75"/> kV	
Proportion of generated active power	<input type="text" value="1."/>	Proportion of generated reactive power	<input type="text" value="1."/>	
Model type	<input type="button" value="Full"/>	Transformer included in machine model	<input type="button" value="no"/>	
Machine transformer resistance	<input type="text" value="1"/> p.u.	Machine transformer reactance	<input type="text" value="1"/> p.u.	
Machine transformer rating	<input type="text" value="1"/> MVA			
Rated voltage, machine side	<input type="text" value="1"/> kV	Rated voltage, network side	<input type="text" value="1"/> kV	
Saturation	<input type="button" value="with saturation"/>			
Coefficient md of the saturation curve	<input type="text" value="0.112"/>	Coefficient mq of the saturation curve	<input type="text" value="0.112"/>	
Coefficient nd of the saturation curve	<input type="text" value="8.463028"/>	Coefficient nq of the saturation curve	<input type="text" value="8.463028"/>	
coupling behaviour	<input type="button" value="Stopped"/>			

EDITION DIALOG

Type: SYNCHRONOUS – EXT. PAR. Class : MACHINE

Stator resistance	<input type="text" value="0."/>	Number of windings	<input type="text" value="4"/>	
Direct reactance	<input type="text" value="2.053"/>	Stator leakage	<input type="text" value="0.212"/>	
Direct transient reactance	<input type="text" value="0.294"/>	Quadrature reactance	<input type="text" value="1.972"/>	
Direct sub-transient reactance	<input type="text" value="0.17"/>	Quadrature transient reactance	<input type="text" value="0.382"/>	
d axis mutual inductance p.u. system	<input type="button" value="air gap line"/>	Quadrature sub-transient reactance	<input type="text" value="0.213"/>	
Direct transient time constant	<input type="text" value="6.6"/> s.	d axis mutual inductance	<input type="text" value="1"/>	
Direct sub-transient time constant	<input type="text" value="0.059"/> s.	Quadrature transient time constant	<input type="text" value="1"/> s	
Mechanical damping coefficient	<input type="text" value="0."/>	Quadrature sub-transient time constant	<input type="text" value="0.06"/> s	
Model type	<input type="button" value="Conventional"/>	Constant of inertia	<input type="text" value="4.97"/> MW s./MVA	
Damping time constant	<input type="text" value="1"/> s.			

4. ΓΕΝΗΤΡΙΕΣ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ

EDITION DIALOG

Type: SYNCHRONOUS – EXT. PAR. Class : MACHINE

Machine name	<input type="text" value="19187_1"/>	Connection node name	<input type="text" value="19187"/>	<input type="button" value="List ..."/>
Rated apparent power	<input type="text" value="140."/> MVA	Rated turbine power	<input type="text" value="140."/> MW	
Rated generator active power	<input type="text" value="140."/> MW	Base voltage machine side	<input type="text" value="15.75"/> kV	
Proportion of generated active power	<input type="text" value="1."/>	Proportion of generated reactive power	<input type="text" value="1."/>	
Model type	<input type="button" value="Full"/>	Transformer included in machine model	<input type="button" value="no"/>	
Machine transformer resistance	<input type="text" value="1"/> p.u.	Machine transformer reactance	<input type="text" value="1"/> p.u.	
Machine transformer rating	<input type="text" value="1"/> MVA			
Rated voltage, machine side	<input type="text" value="1"/> kV	Rated voltage, network side	<input type="text" value="1"/> kV	
Saturation	<input type="button" value="with saturation"/>			
Coefficient md of the saturation curve	<input type="text" value="0.112"/>	Coefficient mq of the saturation curve	<input type="text" value="0.112"/>	
Coefficient nd of the saturation curve	<input type="text" value="0.463028"/>	Coefficient nq of the saturation curve	<input type="text" value="0.463028"/>	
coupling behaviour	<input type="button" value="Stopped"/>			

EDITION DIALOG

Type: SYNCHRONOUS – EXT. PAR. Class : MACHINE

Stator resistance	<input type="text" value="0."/>	Number of windings	<input type="text" value="3"/>	
Direct reactance	<input type="text" value="1.06"/>	Stator leakage	<input type="text" value="0.123"/>	
Direct transient reactance	<input type="text" value="0.27"/>	Quadrature reactance	<input type="text" value="0.63"/>	
Direct sub-transient reactance	<input type="text" value="0.18"/>	Quadrature transient reactance	<input type="text" value="1"/>	
d axis mutual inductance p.u. system	<input type="button" value="air gap line"/>	Quadrature sub-transient reactance	<input type="text" value="0.18"/>	
Direct transient time constant	<input type="text" value="0.4"/> s.	d axis mutual inductance	<input type="text" value="1"/>	
Direct sub-transient time constant	<input type="text" value="0.082"/> s.	Quadrature transient time constant	<input type="text" value="1"/> s.	
Mechanical damping coefficient	<input type="text" value="0."/>	Quadrature sub-transient time constant	<input type="text" value="0.18"/> s.	
Model type	<input type="button" value="Conventional"/>	Constant of inertia	<input type="text" value="3.555"/> MW s./MVA	
Damping time constant	<input type="text" value="1"/> s.			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 10 – ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (ΙΟΥΛΙΟΣ 2006), Πηγή:Περιοδικό Ανεμολόγια-Τεύχος 38

ΔΗΜΟΣ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΙΣΧΥΣ	Α/Γ	ΤΥΠΟΣ Α/Γ
ΦΟΙΝΙΚΑΣ	ΣΥΡΟΣ	0,055	1	VESTAS 55KW
ΚΡΥΟΝΕΡΙ	ΑΤΤΙΚΗ	0,055	1	VESTAS 55KW
ΣΤΕΝΗ	ΕΥΒΟΙΑ	0,055	1	VESTAS 55KW
Α/Τ ΟΤΕ	ΚΩΣ	0,060	1	WINCON W60
Α/Τ ΟΤΕ	ΚΕΑ	0,060	1	WINCON W60
ΕΓΓΑΡΕΣ	ΝΑΞΟΣ	0,075	1	NORDTANK 75
ΦΑΛΙΡΑΚΙ	ΡΟΔΟΣ	0,075	1	VESTAS 75KW
ΝΕΟΦΥΤΟΥ	ΡΟΔΟΣ	0,075	1	VESTAS 75KW
ΑΝΑΚΤΟΡΙΟ	ΑΙΤ/ΝΙΑ	0,090	1	VESTAS 90KW
ΚΑΠΕ ΛΑΥΡΙΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	0,105	1	WINCON W110XT
ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	ΕΥΡΥΤΑΝΙΑ	0,110	1	WINCON W110XT
ΚΑΤΑΒΙΑ	ΡΟΔΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
ΑΤΤΑΒΕΙΡΟΣ	ΡΟΔΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
Α/Τ ΟΤΕ	ΣΥΡΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
Α/Τ ΟΤΕ	ΠΑΡΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
ΚΑΛΛΙΘΕΑ	ΡΟΔΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
ΤΣΙΜΕΝΤΑ	ΡΟΔΟΣ	0,110	1	WINCON W110XT
ΜΕΛΑΝΙΟΥΣ	ΧΙΟΣ	0,150	1	NORDEX N27/150
ΑΝΩΓΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	0,150	1	NTX 150XLR
ΧΩΡΑ	ΚΥΘΝΟΣ	0,165	5	AEROMAN
ΑΝΩ ΣΥΡΟΣ	ΣΥΡΟΣ	0,200	1	WINCON W200/26
ΑΚΡΩΤΗΡΙ	ΣΑΜΟΘΡΑΚΗ	0,220	1	EAB 55KW
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	ΛΕΣΒΟΣ	0,225	1	MICON M700 225
ΑΓ. ΙΩΑΝΝΗΣ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	0,275	1	EAB 55KW
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	0,280	1	ENERCON E-26
ΑΜΑΝΗ	ΧΙΟΣ	0,280	1	ENERCON E-30
ΑΜΑΝΗ	ΧΙΟΣ	0,280	1	ENERCON E-26
ΑΜΑΝΗ	ΧΙΟΣ	0,280	1	ENERCON E-27
ΜΥΚΟΝΟΣ	ΜΥΚΟΝΟΣ	0,300	1	NTK 300/31
ΟΜΗΡΟΥΠΟΛΗ	ΧΙΟΣ	0,300	2	NORDTANK 150
ΠΕΡΔΙΚΙ	ΙΚΑΡΙΑ	0,385	7	EAB 55KW
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	0,400	1	NEG M750-400/100
ΕΞΩΜΒΟΥΡΓΟ	ΤΗΝΟΣ	0,400	1	MICON M750-400/100
ΒΟΥΝΑΡΟΣ	ΛΗΜΝΟΣ	0,440	8	EAB 55KW
ΚΑΠΕ ΛΑΥΡΙΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	0,450	1	ΟΑ 450
ΚΑΡΠΑΘΟΣ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	0,450	2	VESTAS V27/225
ΕΡΜΟΥΠΟΛΗ	ΣΥΡΟΣ	0,500	1	ENERCON E-40(500)
ΑΡΚΑΣΑ	ΚΑΡΠΑΘΟΣ	0,500	1	VESTAS V39/500
ΛΕΥΚΗ	ΚΡΗΤΗ	0,500	1	TACKE TW500
ΧΩΡΑ	ΚΥΘΝΟΣ	0,500	1	VESTAS V39/500
ΤΟΠΛΟΥ	ΚΡΗΤΗ	0,500	1	NORDTANK NTK500
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	0,500	1	ENERCON E-40(500)
ΙΟΣ	ΙΟΣ	0,560	2	ENERCON E-30(330)
ΑΜΑΝΗ	ΧΙΟΣ	0,560	2	ENERCON E-26(280)

Παράρτημα 10 – Αιολικά Πάρκα σε Λειτουργία

ΔΗΜΟΣ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΙΣΧΥΣ	Α/Γ	ΤΥΠΟΣ Α/Γ
ΜΥΤΙΛΗΝΗ	ΛΕΣΒΟΣ	0,600	2	HMZ 300/25
ΚΟΡΩΝΕΙΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	0,600	1	ENERCON E-40/6.4
ΑΓ. ΚΗΡΥΚΟΣ	ΙΚΑΡΙΑ	0,600	1	ENERCON E-40/6.5
ΚΟΡΩΝΕΙΑ	ΒΟΙΩΤΙΑ	0,600	1	ENERCON E-40/6.6
ΑΜΑΝΗ	ΧΙΟΣ	0,600	1	ENERCON E-40/6.7
ΚΕΡΑΜΟΣ	ΧΙΟΣ	0,600	1	ENERCON E-40/6.8
ΒΙΓΛΑ	ΛΗΜΝΟΣ	0,700	7	EAB 100 KW
ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΣ	ΣΑΜΟΣ	0,750	1	NEG M750-175
ΜΗΛΟΣ	ΜΗΛΟΣ	0,850	1	VESTAS V52/850
ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΣ	ΣΑΜΟΣ	0,900	9	EAB 100 KW
ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΣ	ΣΑΜΟΣ	1,000	2	NEG MICON M600
ΠΟΤΑΜΙΑ	ΧΙΟΣ	1,000	10	EAB 100 KW
ΤΟΠΛΟΥ	ΚΡΗΤΗ	1,000	2	TACKE TW500
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	1,200	2	NORDEX N43/600
ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΣ	ΣΑΜΟΣ	1,200	2	NEG MICON NM600
ΜΗΛΟΣ	ΜΗΛΟΣ	1,200	2	VESTAS V42/600
Δ. ΦΑΡΡΩΝ	ΑΧΑΙΑ	1,200	2	ENERCON E-40/6.40
ΚΑΛΥΒΙΑ ΚΑΡΥΣΤ.	ΑΥΒΟΙΑ	1,200	2	ENERCON E-40/6.45
ΓΑΛΗΝΗ ΝΑΞΟΥ	ΝΑΞΟΣ	1,200	2	ENERCON E-40/6.40
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	1,500	2	NEG MICON M1500/750
ΚΑΛΥΒΑΡΙ	ΑΝΔΡΟΣ	1,575	7	VESTAS V27/225
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	1,800	3	NORDEX N43/600
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	1,800	3	NORDEX N43/600
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	1,800	3	NORDEX N43/600
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	1,800	3	NORDEX N43/600
ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ	ΨΑΡΑ	2,025	9	VESTAS V27/225
ΠΥΘΑΓΟΡΕΙΟ	ΣΑΜΟΣ	2,025	9	VESTAS V27/225
ΥΨΗΛΟ	ΛΕΣΒΟΣ	2,025	9	VESTAS V27/225
ΜΕΛΑΝΙΟΣ	ΧΙΟΣ	2,475	11	VESTAS V27/225
Δ. ΔΥΣΤΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	2,500	5	ENERCON E-40(500)
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	2,500	5	ENERCON E-40(500)
ΑΝΩ ΣΥΡΟΣ	ΣΥΡΟΣ	2,640	4	VESTAS V47/660
ΙΤΑΝΟΣ	ΚΡΗΤΗ	2,700	3	NEG MICON M52/900
ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ	ΕΒΡΟΣ	3,000	5	ENERCON E-40/6.40
ΙΤΑΝΟΣ	ΚΡΗΤΗ	3,000	5	BONUS 600KW
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	3,000	4	NEG MICON NM750
ΚΑΠΕ ΛΑΥΡΙΟΥ	ΑΤΤΙΚΗ	3,000	5	OA600
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	3,600	5	NEG MICON NM750
Δ.ΗΡΑΚΛΕΙΔΩΝ	ΚΩΣ	4,000	7	BONUS 600KW
ΛΕΡΟΣ	ΛΕΡΟΣ	4,000	7	BONUS 600KW
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	4,200	7	NORDEX N43/600
ΕΡΕΣΟΣ	ΛΕΣΒΟΣ	4,200	7	ENERCON E-40/6.40
ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΚΡΗΤΗ	4,250	5	VESTAS V52/850
ΙΤΑΝΟΣ	ΚΡΗΤΗ	4,500	6	VESTAS V52/850
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	4,800	8	NEG MICON NM600
ΕΡΕΣΟΣ	ΛΕΣΒΟΣ	4,800	8	ENERCON E-40/6.40
ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ	ΚΡΗΤΗ	4,950	9	ZOND Z-43

Παράρτημα 10 – Αιολικά Πάρκα σε Λειτουργία

ΔΗΜΟΣ-ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΙΣΧΥΣ	Α/Γ	ΤΥΠΟΣ Α/Γ
ΚΑΡΥΣΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	5,000	10	NEDWIND NW41/500
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	5,000	10	ENERCON E-40(500)
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	5,100	17	HMZ 300/25
ΤΟΠΛΟΥ	ΚΡΗΤΗ	5,100	17	HMZ 300/26
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	5,400	9	NEG MICON NM600
ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ	ΚΡΗΤΗ	5,950	7	VESTAS V52/850
Δ.ΔΥΣΤΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	6,750	9	NEG MICON NM600
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	6,750	8	NORDEX N50/800
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	7,500	10	NEG MICON M1500/750
ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΚΡΗΤΗ	7,650	9	VESTAS V52/850
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	7,800	13	VESTAS V47/660
ΜΑΡΜΑΡΙ	ΕΥΒΟΙΑ	9,000	15	NORDEX M43.600
Δ.ΔΥΣΤΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	9,000	15	BONUS 600KW
ΚΙΣΣΑΜΟΣ	ΚΡΗΤΗ	9,350	11	VESTAS V52/850
ΛΕΥΚΗ	ΚΡΗΤΗ	9,900	18	ZOND Z-43
ΙΤΑΝΟΣ	ΚΡΗΤΗ	9,900	17	BONUS 600KW
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	10,000	20	ENERCON E-40(500)
ΣΗΤΕΙΑ	ΚΡΗΤΗ	10,000	20	ENERCON E-40(500)
Δ.ΤΑΜΥΝΑΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	10,200	17	VESTAS V47-600
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	10,800	12	NEG MICON NM52/900
Δ.ΔΥΣΤΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	11,220	17	VESTAS V47-600
ΚΑΦΗΡΕΑΣ	ΕΥΒΟΙΑ	11,400	19	BONUS 600KW
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	11,400	19	BONUS 600KW
ΑΛΕΞ/ΠΟΛΗ	ΕΒΡΟΣ	11,700	13	NEG MICON NM52/900
ΑΤΤΑΒΥΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	11,700	13	NEG MICON NM52/900
Δ.ΔΥΣΤΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	12,000	16	NEG MICON NM750
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	12,000	20	JACOBS 43/600
ΚΑΦΗΡΕΑΣ	ΕΥΒΟΙΑ	12,600	21	BONUS 600KW
ΚΟΜΗΤΟΣ	ΕΥΒΟΙΑ	12,600	21	BONUS 600KW
ΑΡΓΟΣΤΟΛΙ	ΚΕΦΑΛΟΝΙΑ	13,600	17	ENERCON E-40/6.4
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	14,400	16	NEG MICON NM52/900
Δ.ΔΥΣΤΙΩΝ	ΕΥΒΟΙΑ	14,400	24	BONUS 600KW
ΑΓ.ΒΑΡΒΑΡΑ	ΚΡΗΤΗ	14,450	17	GAMESA G52 850KW
ΠΡΟΜΑΧΩΝΑΣ	ΣΕΡΡΕΣ	17,000	20	VESTAS V52/850
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	19,800	22	NEG MICON NM52/900
ΣΤΥΡΑ	ΕΥΒΟΙΑ	24,000	40	BONUS 600KW
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	26,000	13	VESTAS V80 2MW
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	31,200	24	BONUS 1.3 MW
ΡΙΟ	ΑΧΑΙΑ	34,850	41	VESTAS V52/850
ΕΡΜΙΟΝΗ	ΑΡΓΟΛΙΔΑ	36,000	12	VESTAS V90 3MW
ΚΕΧΡΟΣ	ΡΟΔΟΠΗ	40,300	31	BONUS 1.3 MW
ΑΘΡΟΙΣΜΑ		661,460		

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 11 – ΧΑΡΤΕΣ

1. ΕΡΓΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

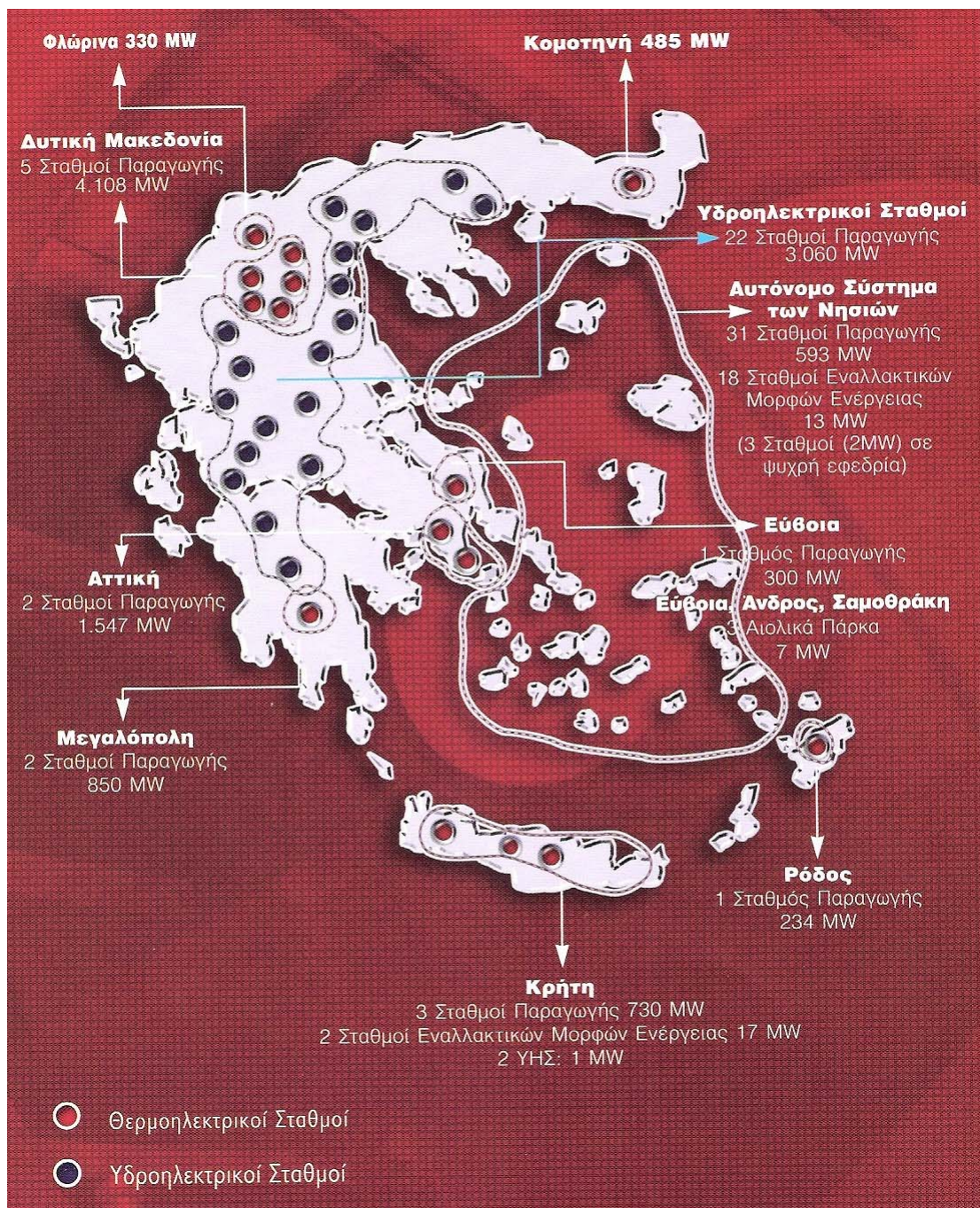


Χάρτης 1: Όδευση έργων ενίσχυσης συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές Ν. Εύβοιας και Ανατολικής Πελοποννήσου.



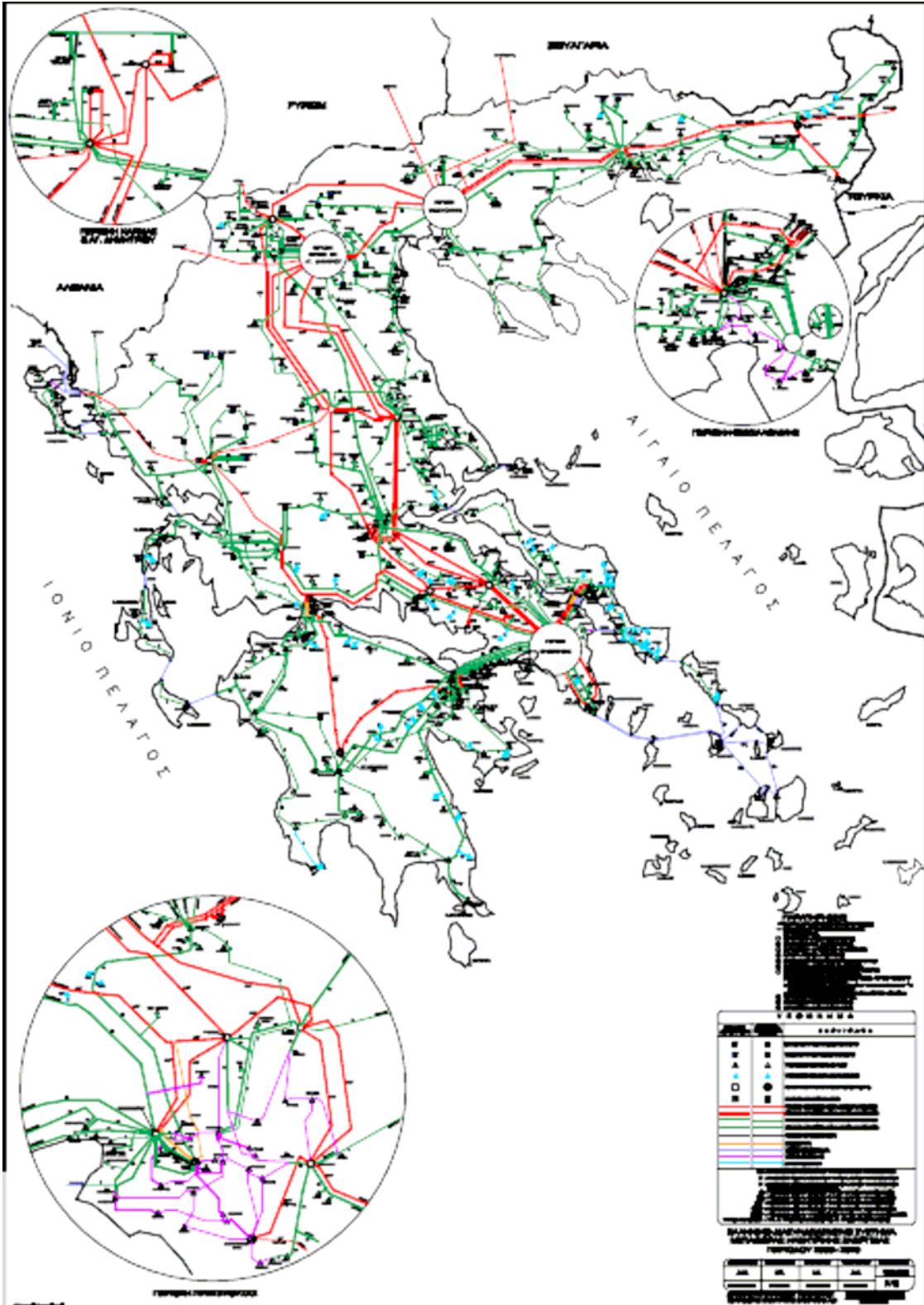
Χάρτης 2: Όδευση έργων ενίσχυσης συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης.

2.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΔΕΗ

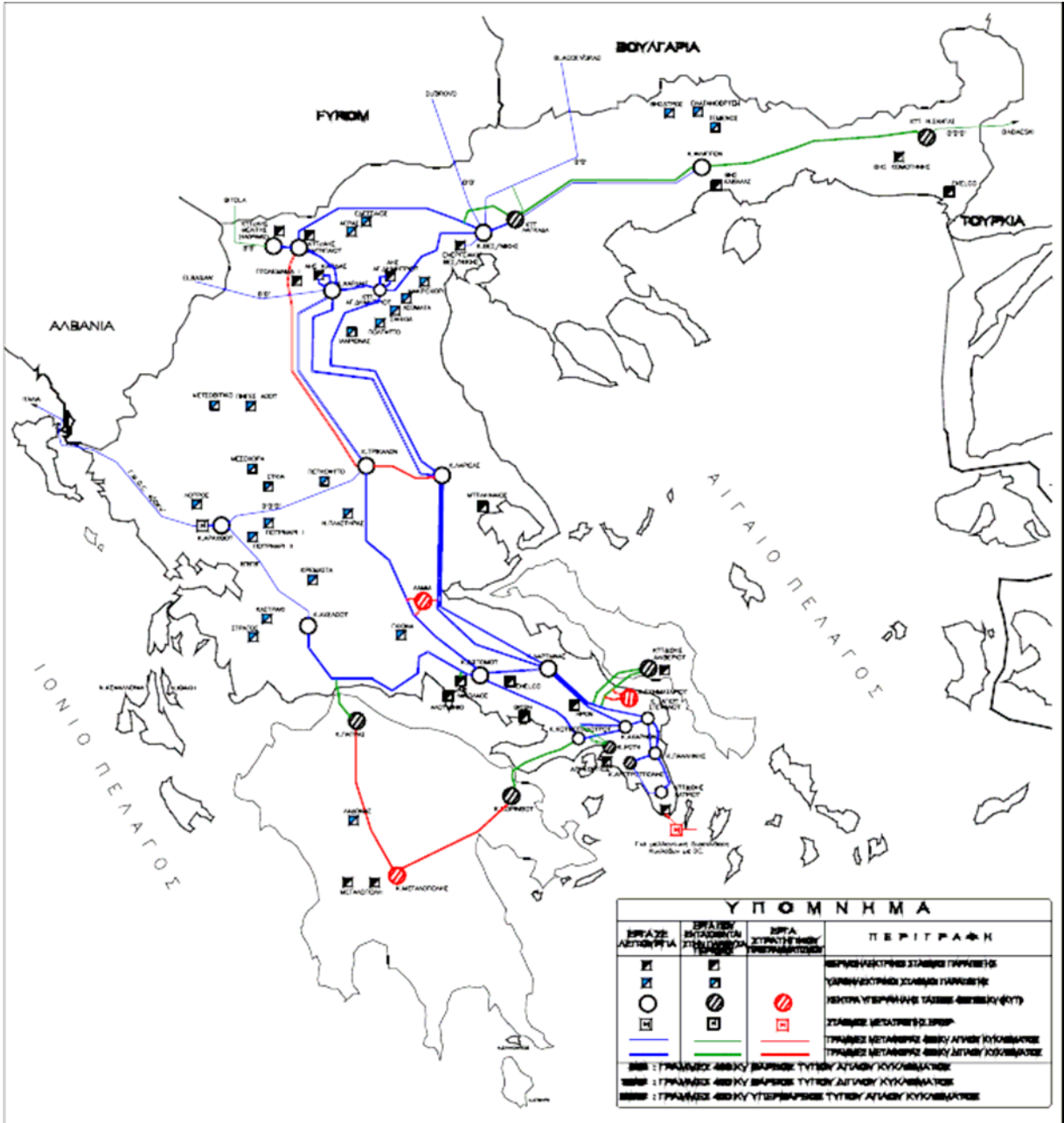


Στις ανωτέρω μονάδες για το Διασυνδεδεμένο Σύστημα πρέπει να προσθέσουμε
 385 MW στο Λαύριο (ΔΕΗ)
 395 MW στη Θεσσαλονίκη (ΙΔΙΩΤΙΚΗ)
 150 MW στη ΒΟΙΩΤΙΑ (ΙΔΙΩΤΙΚΗ)

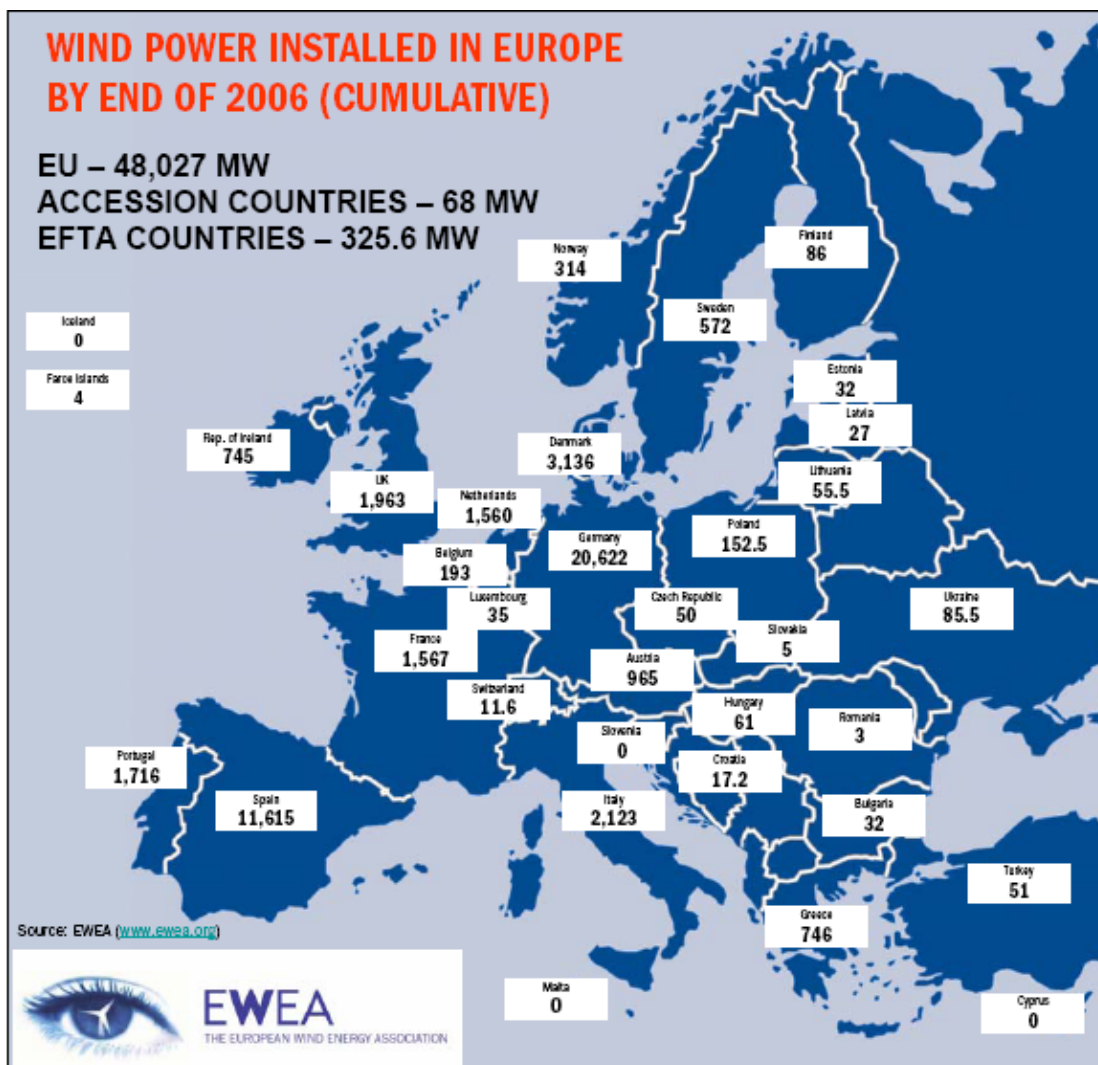
3. ΧΑΡΤΗΣ ΜΑΣΜ 2010



4. ΓΡΑΜΜΕΣ 400 KV

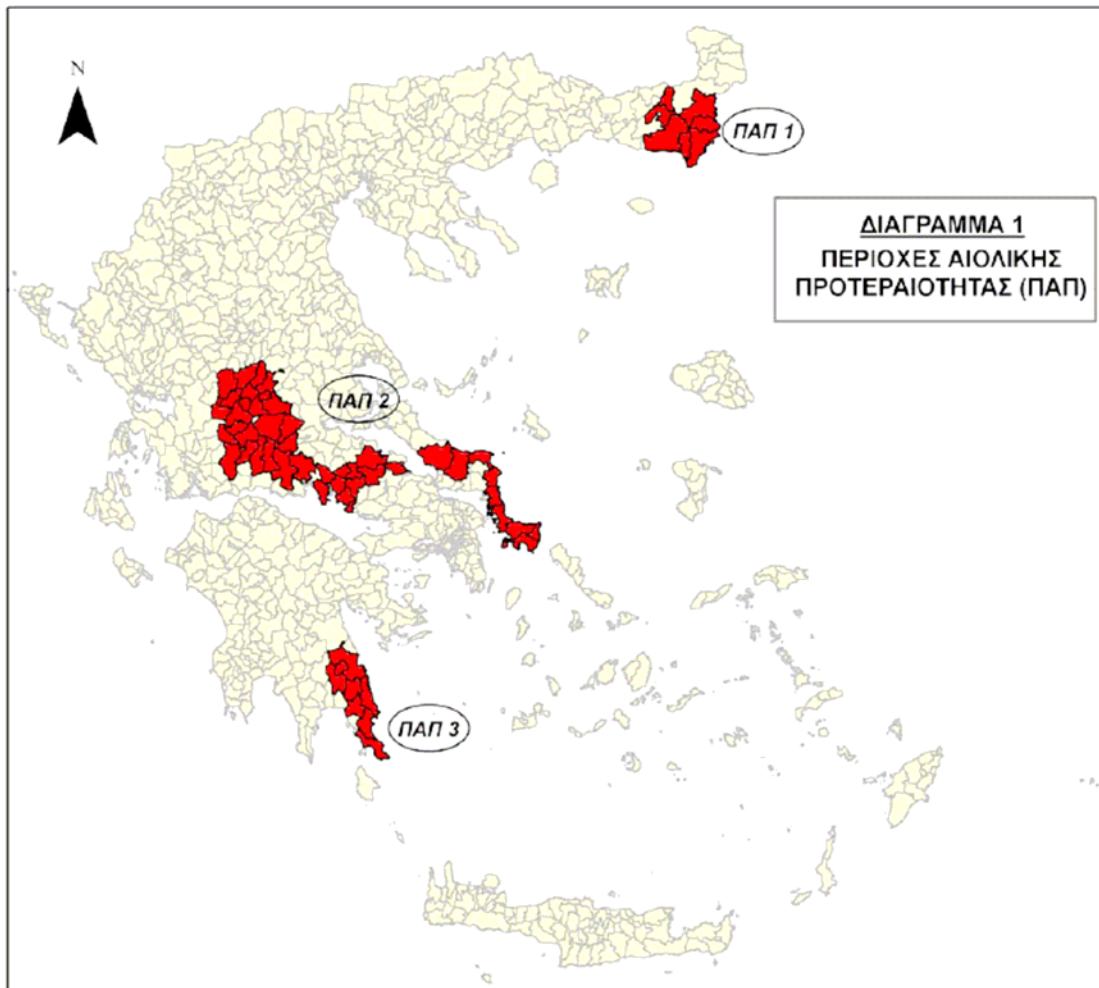


5. ΧΑΡΤΗΣ EWEA

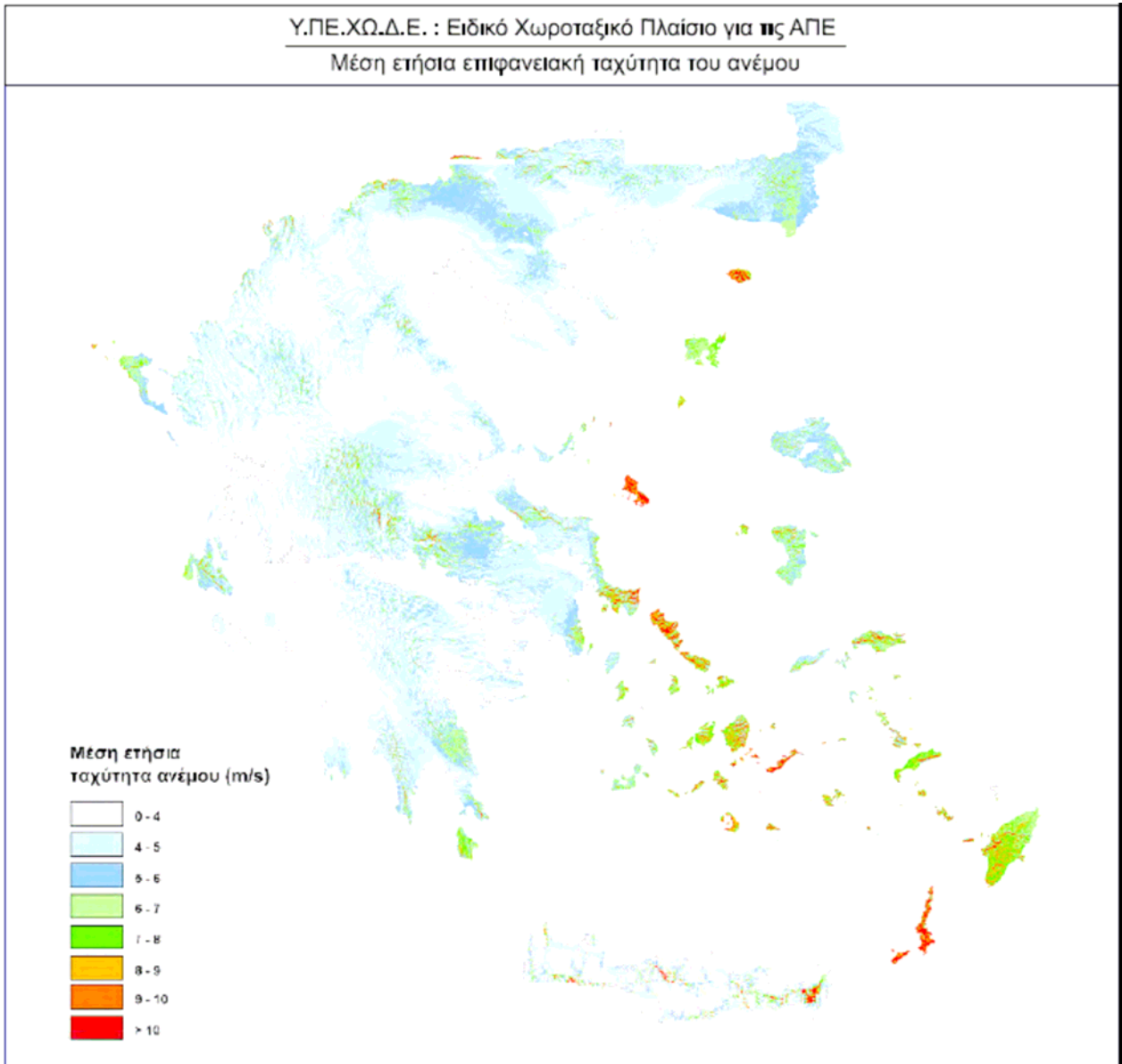


6. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΠΕ – ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΜΟΣ ΑΠΕ

1. ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΙΟΛΙΚΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ



ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

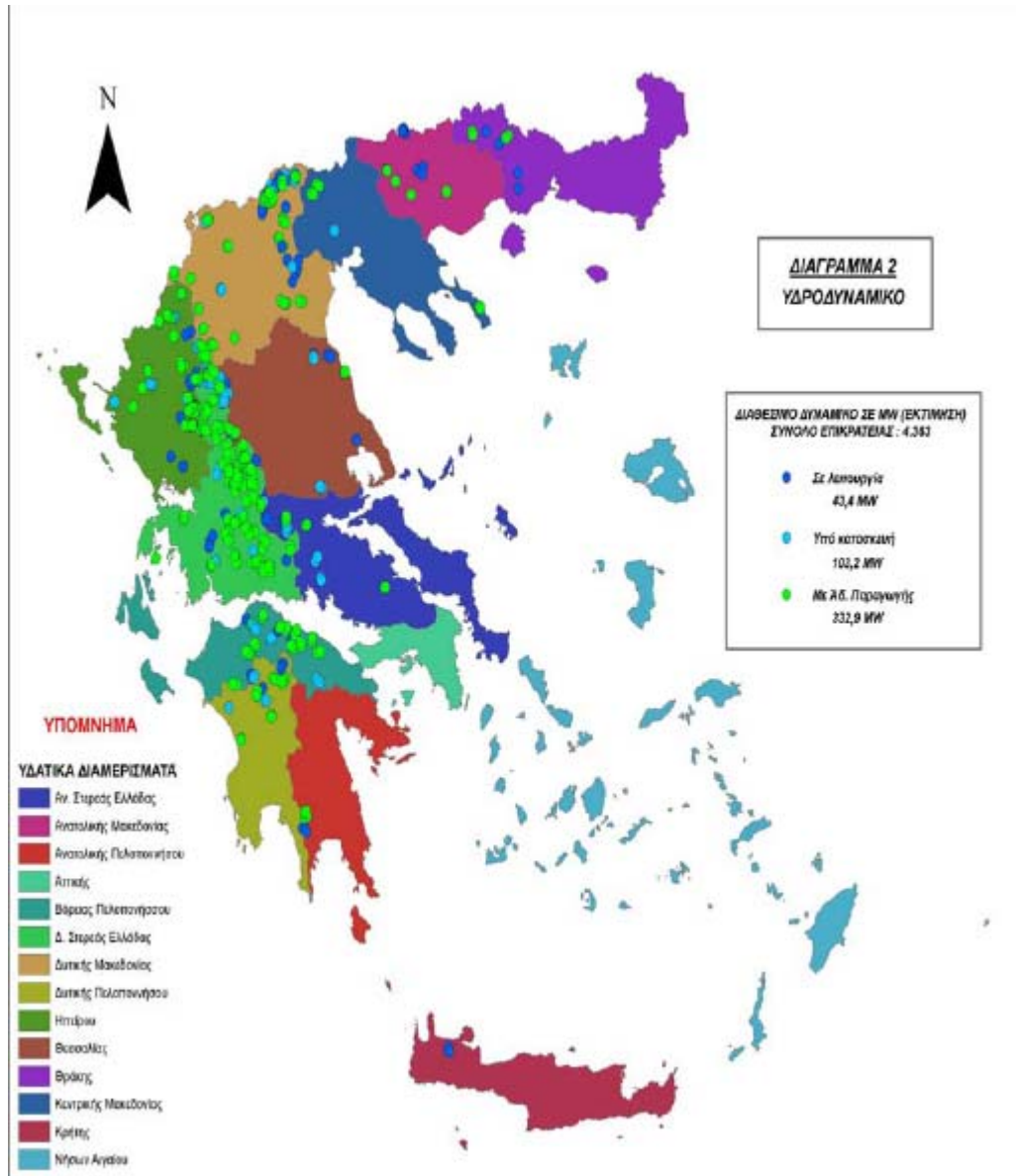


ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ – ΙΣΧΥΣ

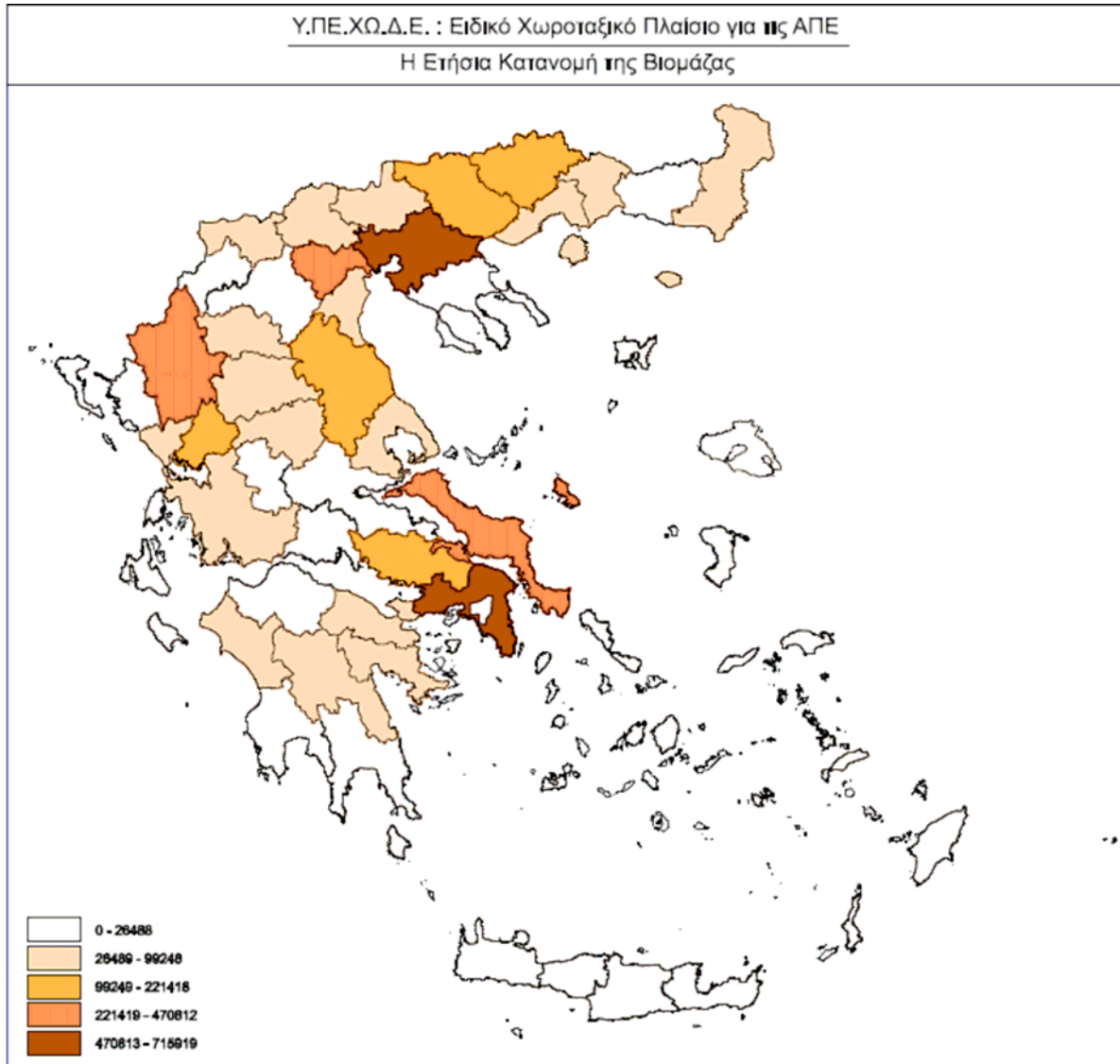
ΠΕΡΙΟΧΗ 1	
ΝΟΜΟΣ ΕΒΡΟΥ	ΝΟΜΟΣ ΡΟΔΟΠΗΣ
Δ. Φερών	Δ. Αρριανών
Δ. Τραϊανούπολης	Κ. Κέχρου
Δ. Αλεξανδρούπολης (όμορος)	
Δ. Σουφλίου (όμορος)	
Δ. Τυχερού (όμορος)	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 1: 538 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 1.076 MWe).	
ΠΕΡΙΟΧΗ 2	
ΝΟΜΟΣ ΕΥΒΟΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ
Δ. Αυλώνος	Δ. Αποδοτίας
Δ. Δυστίων	Δ. Πλατάνου
Δ. Καρύστου	Δ. Θέρμου (όμορος)
Δ. Μαρμαρίου	ΝΟΜΟΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ
Δ. Μεσσαπίων	Δ. Αγ. Γεωργίου Τυμφορηστού
Δ. Στυραίων	Δ. Σπερχειάδος
Κ. Καφηρέως	Δ. Υπάτης
Δ. Διρφύων (όμορος)	Δ. Αταλάντης
Δ. Κύμης (όμορος)	Δ. Μακρακώμης (όμορος)
	Δ. Οπουντίων (όμορος)
ΝΟΜΟΣ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΦΩΚΙΔΑΣ
Δ. Αγράφων	Δ. Βαρδουσίων
Δ. Βίνιανης	Δ. Λιδωρικίου
Δ. Δομνίστας	Δ. Δεσφίνης
Δ. Καρπενησίου	Δ. Αμφίσσης (όμορος)
Δ. Κτημενίων	Δ. Καλλιέων (όμορος)
Δ. Ποταμιάς	ΝΟΜΟΣ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ
Δ. Προυσσού	Δ. Καλλιφώνου
Δ. Φουρνά	Δ. Μενελαΐδας
Δ. Φραγκίστας (όμορος)	Δ. Ρεντίνης
ΝΟΜΟΣ ΒΟΙΩΤΙΑΣ	Δ. Ιτάμου (όμορος)
Δ. Δαύλειας	
Δ. Διστόμου	
Δ. Λεβαδέων	
Δ. Ορχομενού	
Δ. Χαϊρώνειας	
Δ. Αραχώβης	
Κ. Κυριακίου	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 2: 2.174 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 4.348 MWe)	
ΠΕΡΙΟΧΗ 3	
ΝΟΜΟΣ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	ΝΟΜΟΣ ΑΡΚΑΔΙΑΣ
Δ. Βοιόν	Δ. Λεωνιδίου
Δ. Γερωνθρών	Κ. Κοσμά
Δ. Ζάρακα	
Δ. Μολάων	
Δ. Μονεμβασίας	
Δ. Νιάτων	
Αιολικό δυναμικό της Περιοχής 3: 478 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 955 MWe)	

Συνολικό αιολικό δυναμικό των ΠΑΠ: 3.190 τυπικές Α/Γ (ενδεικτικά 6.379 ΜWε)

2.ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ



3. ΒΙΟΜΑΖΑ



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] www.greenpeace.org

[2] www.rae.gr

[3] www.desmie.gr

[4] www.ewea.org

[5] www.eletaen.gr

[6] www.hellasres.gr

[7] www.dei.gr

[8] www.cres.gr

[9] Προβλέψεις ζήτησης ενέργειας και ισχύος και δυνατότητες κάλυψης της ζήτησης στο Εθνικό Διασυνδεδεμένο Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΣΜ) *Έκθεση του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε – 2003*

[10] Στρατηγικός προσδιορισμός έργων σύνδεσης νέων αιολικών πάρκων – *Έκθεση του Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε – 2002*

[11] Έκθεση της Ρ.Α.Ε. για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - *Έκθεση της Ρ.Α.Ε – 2003*

[12] 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διείσδυσης της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 (ΑΡΘΡΟ 3 ΟΔΗΓΙΑΣ 2001/77/ΕΚ). Αθήνα, Οκτώβριος 2005.

- [13] ΔΕΣΜΗΕ, Μελέτη Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς 2006-2010, Αθήνα Ιανουάριος 2006.
- [14] Ε.Λεκατσάς, “Η εξοικονόμηση ενέργειας κατά τη διαχείριση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα της ΔΕΗ”
- [15] EWEA (European Wind Energy Association) ,Large scale integration of wind energy in the European power supply, December 2005.
- [16] EWEA (European Wind Energy Association) ,Prioritising Wind Energy Research , July 2005.
- [17] Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020. Dena, March 2005.
- [18] «Τα 661 MW στο Μικροσκόπιο», Άρθρο του περιοδικού«Ανεμολόγια»,Τεύχος 38, σελ.12.
- [19] Ε.Μ.Φαραντάτος, διπλωματική εργασία, “ Μοντέλο Ανεμογεννήτριας Μεταβλητών Στροφών με Σύγχρονη Μηχανή για Μελέτες Ευστάθειας”, Οκτώβριος 2006, Αθήνα
- [20] Ιωάννης Δ. Μάργαρης, διπλωματική εργασία , “Προσομοίωση ανεμογεννήτριας μεταβλητών στροφών με γεννήτρια επαγωγής διπλής τροφοδότησης και μελέτη δυνατότητας παραμονής της σε λειτουργία κατά τη διάρκεια βυθίσεων τάσης.”, Σεπτέμβριος 2006, Αθήνα
- [21] P.Kundur, *Power system stability and control*, New York: McGraw-Hill, Inc., 1994.
- [22] Ν.Δ. Ζούρος , δικτορική διατριβή, Εκτίμηση των επιπτώσεων της αιολικής διείδυσης σε αυτόνομα ΣΗΕ, Νοέμβριος 2003, Αθήνα

[23] T.Ackermann, G.Andersson, L.Soder, “*Distributed Generation: a definition, Electric Power Systems Research*”, v.57, n.3, April 2001, pp195-204.

[24] “*Response of generating units with low symmetrical short-circuit current component*”, Elsam report, WP9, UPWind, 2006.

[25] C.Abbey, B.Khodabakhchian, F Zhou., S.Dennetiere, J.Mahseredjian, G. “*Transient modelling of wind generator topologies*”, PST05-131, Inter. Conf. Power Systems Transients (IPST '05), Montreal, Canada, June 19-23, 2005.

[26] Ε.Γ. Ποταμιανάκης, διδακτορική διατριβή, “*Προσομοίωση και γραμμικοποίηση συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας για την ανάλυση βραχυπρόθεσμης ευστάθειας τάσης*”, Απρίλιος 2006, Αθήνα.

[27] M.Hausler, F.Ownman, “*AC or DC connecting offshore wind farms to the transmission grid*”, Proceedings of the Third International Workshop on Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Stockholm, April 10-11, 2002.

[28] Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk, Scott D. Sudhoff, *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*, IEEE Series on Power Engineering, Wiley, 2002.

[29] Vladislav Akhmatov, Hans Knudsen, Arne Hejde Nielsen, Jorgen Kaas Pedersen and Niels Kjolstad Poulsen, *Modelling and transient stability of large wind farms*, International Journal of Electric Power & Energy Systems, v. 25, n. 2, pp.123-144, February 2003.

[30] R. Pena, J. C. Clare, G. M. Asher, *Doubly fed induction generator using back-to-back PWM converters and its application to variable-speed wind-energy generation*. IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 143, No. 3, May 1996.

[31] J.G. Sloopweg, H. Polinder, W.L. Kling, *Dynamic modelling of a wind turbine with doubly fed induction generator*, Proceedings of the IEEE PES Summer Meeting 2001.

[32] N.W. Miller, J.J. Sanchez-Gasca, W.W. Price, *Dynamic Modeling of GE 1.5 and 3.6 MW Wind Turbine-Generators for Stability Simulations*. Proceedings of the IEEE PES General Meeting 2003, Toronto, Canada, 2003.

[33] Niiranen J., *Voltage dip ride through of a doubly-fed generator equipped with an active crowbar*, Proceedings of Nordic Wind Power Conferenc, March 2004.

[34] G. Tsourakis, C. Vournas, *Simulation of Low Voltage Ride Through Capability of Wind Turbines with Doubly Fed Induction Generator*, Proceedings of the 2006 European Wind Energy Conference, Athens, March 2006.

[35] Pöller M., Achilles S., *Direct Drive Synchronous Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms*, Proc. of 4th International Workshop on Large-Scale Integration of Wind Power and Transmission Networks for Offshore Wind Farms, Billund, Denmark, 20-21 October 2003.

[36] G. Tsourakis, E. Farantatos, and C. D. Vournas, *Generic Model and Control Modes for a Full-Converter Synchronous Wind Generator*. Proceedings of XVII International Conference on Electrical Machines, Chania, Greece, 2-5 September 2006.