



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

Εκτίμηση Δυναμικής και Στατικής Ασφάλειας του
Ελληνικού Διασυνδεδεμένου ΣΗΕ υπό Μεγάλη
Διείσδυση ΑΠΕ Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο
Δράσης για το 2020

Διπλωματική Εργασία

του

ΣΤΕΦΑΝΟΥ Α.ΜΠΑΡΟΥ

Επιβλέποντες: Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εμμανουήλ Βουμβουλιάκης
Δρ.Ηλ.Μηχ. και Μηχ. Η/Υ

Αθήνα, Ιούλιος 2011



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

Εκτίμηση Δυναμικής και Στατικής Ασφάλειας του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου ΣΗΕ υπό Μεγάλη Διείσδυση ΑΠΕ Σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για το 2020

Διπλωματική Εργασία του ΣΤΕΦΑΝΟΥ Α.ΜΠΑΡΟΥ

Επιβλέποντες: Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εμμανουήλ Βουμβουλιάκης
Δρ.Ηλ.Μηχ. και Μηχ. Η/Υ

Εγκρίθηκε απο την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 4η Ιουλίου 2011

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Νικόλαος Χατζηαργυρίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Σταύρος Παπαθανασίου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π

Πάυλος Γεωργιλιάκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π

Αθήνα ,Ιούλιος 2011

(Υπογραφή)

.....

ΣΤΕΦΑΝΟΣ Α.ΜΠΑΡΟΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

© 2011 - All rights reserved



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

Copyright ©-All rights reserved Στέφανος Α.Μπάρος, 2011
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

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.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ.Νικόλαο Χατζηαργυρίου , καθηγητη Ε.Μ.Π για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω αυτή τη διπλωματική εργασία. Με την ευκαιρία θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ.Εμμανουήλ Βουμβουλάκη για την πολύτιμη καθοδήγηση και υποστηριξη του καθ'όλη τη διάρκεια της διπλωματικη εργασίας καθώς και για τις φιλικές συζητήσεις που είχαμε.

Δεν θα μπορούσα να παραλείψω να εκφρασω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου για την εμπιστοσύνη που μου δείχνει και την συμπαράσταση όλα αυτά τα χρονια.

Περίληψη

Αυτή η διπλωματική εργασία σκοπό έχει τη μελέτη της ασφάλειας του διασυνδεδεμένου συστήματος Ηλεκτρικής ενέργειας υπο Μεγάλη διείσδυση Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκεκριμένα έγινε προσομοίωση της διείσδυσης από ΑΠΕ που αναμένεται να έχει η Ελλάδα μέχρι και το 2020 σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης. Το 2020 η εγκατεστημένη ισχύς για τα Αιολικά πάρκα θα πρέπει να αγγίζει τα 7500 MW , για τα φωτοβολταϊκά τα 2200 MW , τα 250 MW για συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια ,τα 120MW για γεωθερμική ενέργεια , τα 250 MW για βιομάζα και τα 880MW για μεγάλα υδροηλεκτρικά πάρκα μαζί με μονάδες αποθήκευσης με κοιλότητες συμπιεσμένου αέρα. Μ' αυτή τη διείσδυση για τη Ελλάδα θα μπορεί να επιτευχθεί ο στόχος 20-20-20 όπως και για όλες τις χώρες της Ευρώπης δηλαδή το 20% της ολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας να προέρχεται από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας , οι ρύποι από το φαινόμενο του θερμοκηπίου να μειωθούν κατά 20% και η εξοικονόμηση ενέργειας κάθε χώρας να φτάσει το 20% . Προκειμένου να εξεταστεί αν είναι εφικτή μια τέτοια διείσδυση , καθώς και να εκτιμηθούν ορισμένοι κινδύνοι οι οποίοι μπορούν να παρουσιαστούν έγινε αρχικά ανάλυση του Ελληνικού συστήματος στην Μόνιμη κατάσταση έτσι ώστε να εξεταστεί η φόρτιση ορισμένων γραμμών και η αυξημένη τάση σε ορισμένους ζυγούς. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς του συστήματος υπο εννιά διαταραχές για τέσσερα βασικά σενάρια. Ένα σενάριο με μεγάλο φορτίο και μεγάλη διείσδυση ,ένα σενάριο με μικρό φορτίο και αυξημένη παραγωγή από αιολικά,ένα σενάριο με μικρό φορτίο και αυξημένη παραγωγή από Φωτοβολταϊκά και ένα σενάριο με μεσαίο φορτίο και μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ.Αυτά τα σενάρια κρίθηκαν και τα κρίσιμότερα για την ασφάλεια του Συστήματος μας. Τέλος προσομοιώθηκε και ένα τελευταίο σενάριο με αποκοπή της μίας εκ των δύο γραμμών της διασυνδεσης Ελλάδας - Dubrono για το μέσο φορτίο και την διαταραχή εκείνη που οδηγεί στην μεγαλύτερη απώλεια ισχύος , με και χωρίς εφεδρεία έτσι ώστε να γίνει εκτίμηση κάποιων κινδύνων που υπάρχουν για το Ελληνικό σύστημα από την Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ. Επίσης κρίθηκε σκόπιμο να επισημανθεί η ανάγκη για εφεδρεία για την επίτευξη του Εθνικού αυτού στόχου, όπου στην προκειμένη περίπτωση ήταν ένα μεγάλο υδροηλεκτρικό πάρκο στο σύστημα το οποίο κάλυπτε την απώλεια ισχύος που παρουσιαζόταν από τα ΑΠΕ, κυρίως από τα Φωτοβολταϊκά.

Λέξεις Κλειδιά

Εθνικό Σχέδιο Δράσης , μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ στο ελληνικό ΣΗΕ, Ελληνικό Διασυνδεδεμένο ΣΗΕ ,Eurostag , Δυναμική ασφάλεια ελληνικού ΣΗΕ

Abstract

This diploma thesis aspires to examine the security of the Greek interconnected power system under large scale integration of renewable energy resources. We conducted simulation of the Greek interconnected power system for this level of integration of Renewable energy resources that Greece is expected to introduce according the National Renewable Energy Plan 2020,. Specifically, this plan requires that in 2020 the installed capacity of the Wind plants should reach 7500 MW , 2200 MW for the photovoltaics , 250MW for solar concentrated power, 120MW for geothermal power, 250MW for biomass and 880MW for large hydroelectric plants with compressed air energy storage. Under this integration Greece would be able to reach the target 20-20-20 like other European countries. That means, 20% of the total consumed electric energy will come from Renewables, the carbon-dioxide emissions will decrease 20% and energy savings will be 20% . In order to examine whether such a penetration was feasible and to assess some potential hazards, a steady state analysis of the Greek interconnected power system was held. With this analysis, the loading of the lines and the voltage level of some buses was examined. Then, dynamic analysis of the Greek interconnected power system under nine disturbances for four different scenarios was examined. The first scenario was with high load and large integration of renewables, another scenario with average load and large integration of Renewables and finally two scenarios with low load and large production from Wind plants and Photovoltaic plants respectively. These scenarios are believed to be the most crucial for the security of the Greek power System. Finally, simulation of a different scenario with tripping of one out of two lines of the Interconnection of Greece with Dubrovo under mean load and the disturbance that led to the higher level of power loss was held. This simulation was examined with and without reserves. In the case of reserve, a large hydroelectric plant is supposed to cover the power loss caused by Renewables, and especially photovoltaics. This simulation was meant to highlight the significance of reserves in Power systems with high integration of renewable energy resources and the challenges that this system must face in order to operate efficiently.

Keywords

National Renewable energy plan of Greece , large scale integration of renewable energy resources into the Greek Power System , Greek Power System,Eurostag ,Dynamic analysis of Greek power system

Περιεχόμενα

1	Το Ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας	1
1.1	Γενική περιγραφή του Ελληνικού συστήματος	1
1.2	Οι Διασυνδέσεις του Ελληνικού συστήματος	1
1.3	Οι συμβατικές γεννήτριες στο σύστημα	3
1.4	Περιγραφή τεχνολογιών ανεμογεννητριών Ελληνικού συστήματος	8
1.4.1	Τεχνολογία Α: Ανεμογεννήτριες σταθερών στροφών	8
1.4.2	Τεχνολογία Β: Ανεμογεννήτριες μεταβλητής αντίστασης του δρομέα	9
1.4.3	Τεχνολογία Γ: Ανεμογεννήτριες με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης	10
1.4.4	Μοντελοποίηση ασύγχρονης μηχανής διπλής τροφοδότησης στο Eurostag	10
1.4.5	Τεχνολογία Δ: Ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα . . .	11
2	Το Εθνικό σχέδιο δράσης 2020	13
2.1	Εισαγωγή	13
2.2	ΑΠΕ-Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	14
2.2.1	Ηλεκτρισμός-Διασυνδεδεμένο σύστημα	14
2.2.2	Ηλεκτρισμός-Μη διασυνδεδεμένο σύστημα	15
2.3	ΑΠΕ-Θέρμανση	15
2.4	ΑΠΕ-Μεταφορές	15
2.5	Επίτευξη εθνικού στόχου και πορεία οικονομίας	20
3	Eurostag	29
3.1	Εισαγωγή	29
3.2	Γενική Περιγραφή λογισμικού Eurostag	29
3.3	Περιγραφή των μοντέλων του συστήματος μας	30
3.3.1	Δίκτυο	30
3.3.2	Σύγχρονη Γεννήτρια	31
3.3.3	Ασύγχρονη γεννήτρια	31
3.3.4	Μετασχηματιστές	31
3.3.5	Γεγονότα	31
3.3.6	Αυτόματες συσκευές	32
3.3.7	Macroblocs	32
3.3.8	Περιγραφή Προστασιών	32
4	HVDC Διασύνδεση	33
4.1	33
4.2	HVDC-VSC	34
4.3	HVDC-Light	36
4.3.1	Χαρακτηριστικά-HVDC Light	36
4.4	Διάφορες τοπολογίες διασύνδεσης HVDC για Offshore αιολικά πάρκα	38
4.5	HVDC- Μοντελοποίηση στο Eurostag	41
4.5.1	Περιγραφή ελεγκτών	41
4.5.2	Μοντέλο μετατροπέα	43
4.5.3	Δίκτυο HVDC	44
4.5.4	Ροές φορτίου-Δυναμικές αναλύσεις στοHVDC σύστημα	44

5	Μόνιμη κατάσταση λειτουργίας του Ελληνικού συστήματος	45
5.1	Γενική περιγραφή	45
5.2	Αποτελέσματα προσομοίωσης	47
5.2.1	Αποτελέσματα: Ροή ισχύος στις γραμμές του Ελληνικού συστήματος μετά από τη ροή φορτίου	61
5.3	Αντιστάθμιση αέργου ισχύος για ρύθμιση της τάσης	80
5.4	Καμπύλες φόρτισης των διάφορων γραμμών που υπερβαίνουν τα θερμικά τους όρια	82
5.4.1	Παρατηρήσεις	86
6	Δυναμική ανάλυση του Ελληνικού συστήματος Ηλεκτρικής ενέργειας	87
6.1	Εισαγωγή	87
6.2	Σενάριο 1: Χαμηλότερο φορτίο	96
6.2.1	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	96
6.2.2	Συμπεράσματα: Ελάχιστο φορτίο-Μεγάλη παραγωγή από τα αιολικά	122
6.3	Σενάριο 2: Χαμηλότερο φορτίο-Μεγάλη παραγωγή από φωτοβολταϊκά	123
6.3.1	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	123
6.3.2	Συμπεράσματα: Ελάχιστο φορτίο-Μεγάλη παραγωγή από φωτοβολταϊκά	158
6.4	Σενάριο 3: Μέγιστο φορτίο - μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ	159
6.4.1	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	159
6.4.2	Συμπεράσματα: Μέγιστο φορτίο-Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ	184
6.5	Σενάριο 4: Μέσο φορτίο -Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ	185
6.5.1	Αποτελέσματα Προσομοίωσης	185
6.5.2	Συμπεράσματα: Μέσο φορτίο-Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ	221
6.6	Σενάριο Αποκοπής της διασύνδεσης με το 19811- Dubrono	222
6.7	Επίδραση της ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας υπό χαμηλή τάση των Α/Γ με ασύγχρονες γεννήτριες διπλής τροφοδότησης στο σύστημά μας	224
6.7.1	Πλεονεκτήματα LVRT	224
6.7.2	Μοντελοποίηση στο Eurostag	224
6.7.3	Ανάλυση Δυναμικής συμπεριφοράς Ασύγχρονων γεννητριών διπλής τροφοδότησης με LVRT στα σφάλματα του δικτύου	225
6.7.4	Δυναμική συμπεριφορά DFIG χωρίς LVRT	225
6.7.5	Δυναμική συμπεριφορά DFIG με LVRT	226
6.7.6	Δυναμική συμπεριφορά DFIG με LVRT	227
6.7.7	Δυναμική συμπεριφορά DFIG με LVRT	229
7	Συμπεράσματα-Περαιτέρω μελέτη	231
	Παραρτήματα	233
	Βιβλιογραφία	255

Κεφάλαιο 1

Το ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

1.1 Γενική περιγραφή του ελληνικού συστήματος

Το ελληνικό σύστημα έχει κατά κύριο λόγο μεγάλη παραγωγή στο βόρειο τμήμα του δηλαδή στη Δυτική Μακεδονία και Πτολεμαΐδα και τη μεγαλύτερη κατανάλωση στο Νότιο τμήμα στην περιοχή της Αττικής. Το γεγονός αυτό είναι ένα μειονέκτημα του ελληνικού συστήματος εφόσον πρέπει να μεταφέρεται μεγάλη ποσότητα ισχύος από τον Βορρά στο Νότο μέσω ενός κεντρικού κορμού 400 kV με τρεις γραμμές μεταφοράς 400kV διπλού κυκλώματος. Αυτό έχει σαν συνέπεια προβλήματα τάσεως ιδιαίτερα στις περιοχές της Αττικής και της Πελοποννήσου οι οποίες κινδυνεύουν περισσότερο από πλευράς ευστάθειας τάσεων. Σε περιπτώσεις πολύ υψηλών φορτίων κατά τους θερινούς μήνες το Νότιο Σύστημα κινδύνευε παλαιότερα από προβλήματα χαμηλών τάσεων που οδήγησαν σε κατάρρευση τάσης στο τμήμα αυτό ή ακόμα σε άλλες περιπτώσεις στα όρια της κατάρρευσης.

1.2 Οι διασυνδέσεις του ελληνικού συστήματος:

Το ελληνικό Σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το σύγχρονο διασυνδεδεμένο σύστημα του ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators For Electricity) πρώην UCTE. Η παράλληλη αυτή λειτουργία επιτυγχάνεται μέσω διασυνδέσεων του ελληνικού συστήματος με τις γειτονικές χώρες και συγκεκριμένα με σύνδεση με Αλβανία, Βουλγαρία και της ΠΓΔΜ (FYROM). Επίσης HVDC σύνδεση με την Ιταλία μέσω υποβρύχιου συνδέσμου καθώς και σύνδεση με την Τουρκία.

Ελλάδα – ΠΓΔΜ

Σύνδεση ελληνικού συστήματος με το σύστημα της ΠΓΔΜ μέσω :

- Μιας γραμμής 400kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό, με Κέντρο Υπερψηλής Τάσης μεταξύ Θεσσαλονίκης και Dubrono στην ΠΓΔΜ και
- Μιας γραμμής 400kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό, μεταξύ ΚΥΤ Μελίτης και Bitola στην ΠΓΔΜ.

Ελλάδα – Αλβανία

Σύνδεση ελληνικού συστήματος με το σύστημα της Αλβανίας μέσω :

- Μιας γραμμής 400kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό ,με Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης μεταξύ Καρδιάς και Elbasan (Αλβανία) με ικανότητα μεταφοράς ισχύος 250 MVA .
- Μιας γραμμής 150kV ελαφρού τύπου μεταξύ Υ/Σ Μούρτου και ΥΗΣ Bistrica στην Αλβανία, ονομαστικής ικανότητας μεταφοράς 100MW.

Ελλάδα – Βουλγαρία

Σύνδεση ελληνικού συστήματος με το σύστημα της Βουλγαρίας μέσω :

- Μιας γραμμής 400kV τύπου Β'Β' μεταξύ ΚΥΤ Θεσσαλονίκης και Blagoevgrad στην Βουλγαρία.

Ελλάδα – Ιταλία

Σύνδεση συνεχούς ρεύματος ελληνικού συστήματος με το σύστημα της Ιταλίας μεταξύ ΚΥΤ Αράχθου με τον Υ/Σ Galatina .Περιλαμβάνει:

- 2 Σταθμούς μετατροπής ΥΤΣΡ (HVDC) 400kV ικανότητας 500MW
- Τμήματα εναερίων γραμμών μεταφοράς DC μήκους 45 km επι ιταλικού εδάφους και 107km επί ελληνικού εδάφους.
- Τμήμα υπογείου καλωδίου DC μήκους 4km επί ιταλικού εδάφους
- Ένα υποβρύχιο καλώδιο DC 400kV ισχύος 500MW και μήκους 160km.
- Η σύνδεση του ΚΥΤ Αράχθου γίνεται με το σύστημα μέσω 2 Γ.Μ 400kV απλού κυκλώματος με τρίδυμο αγωγό Β'Β'Β'/400kV με τα ΚΥΤ Τρικάλων με μήκος 105 km και ΚΥΤ Αχελώου με μήκος 71,5 km.

Ελλάδα – Τουρκία

Η Σύνδεση συνεχούς ρεύματος ελληνικού συστήματος με το σύστημα της Τουρκίας επιτυγχάνεται μέσω Γ.Μ 400kV μεταξύ ΚΥΤ Φιλίππων-ΚΥΤ Ν.Σάντας – Babaeski (Τουρκία). Η γραμμή αυτή είναι διπλού κυκλώματος 2Β'Β' στο τμήμα ΚΥΤ Φιλίππων-Ν.Σάντα και μονού Β'Β'Β' στο τμήμα Ν.Σάντα-Babaeski.

Οι πιο πάνω διασυνδέσεις του ελληνικού συστήματος διαφαίνονται στο παρακάτω σχηματικό διάγραμμα 1.2.1.



1.2.1 Διάγραμμα διασυνδέσεων Βαλκανικών Χωρών

1.3 Οι συμβατικές μονάδες στο σύστημα :

Οι τρέχουσες συμβατικές γεννήτριες του ελληνικού διασυνδεδεμένου συστήματος φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.3.1:

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	ΟΝΟΜΑ
12487	KOMOT G1
12587	KOMOT G2
12687	KOMOT G3
17187	ELPE G1
17287	ELPE G2
19187	THISA G1
19287	THISA G2
19587	PLATA G2
21177	AMYNT G1
21277	AMYNT G2
22177	AGDIM G1
22277	AGDIM G2
22377	AGDIM G3
22477	AGDIM G4
22577	AGDIM G5

23177	KARD G1
23277	KARD G2
23377	KARD G3
23477	KARD G4
25187	PTOLEMG1
25287	PTOLEMG2
25387	PTOLEMG3
25477	PTOLEMG4
25587	LIPTOLG1
25687	LIPTOLG2
26187	POLUF G1
27187	SFIKI G1
29577	FLWRING1
35187	PLAST G1
35287	PLAST G2
35387	PLAST G3
43177	ALIVE GN
43387	ALIVE G3
43487	ALIVE G4
44197	GIWNA G1
44677	ALOUM G1
44678	ALOUM G2
44687	ALOUM G3
46431	SYROS150
56187	AHSAG G8
56287	AHSAG G9
58377	KORP G1
58378	KORP G2
59177	BLAVR G4
59277	BLAVR G1
59287	LAVRIO G1
59397	SLAVR G5
59477	LAURIOGN
59487	SLAVR G3
59497	SLAVR G6
59577	LAVRIO G2
59677	BLAVR G2
59777	BLAVR G3
61077	MEGAL G5
61377	MEGAL G3
62177	MEGAL G4
73187	MPAKO G1
73287	MPAKO G2
80187	POUR1 G1
80287	POUR1 G2
81187	KASTR G1
81287	KASTR G2
81387	KASTR G3
84187	LOURO G1
84587	AWOS G1

Πίνακας 1.3.1 Συμβατικές Μονάδες στο Σύστημα

Στο ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα υπάρχουν 88 ζυγοί Ανανεώσιμων Πηγών ενέργειας ταξινομημένες κατά περιοχές και τεχνολογία. Οι ζυγοί αυτοί αναγράφονται στον πίνακα 1.3.2:

Περιοχή	Όνομα	Ζυγοί	Τεχνολογία
1.ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	ALEXANDR	106316	A
	KECHROS	107316	A
	N, SANTA	107356	Γ
	KERVEROS	112316	A
		112326	Γ
	PATRIAR	113316	A
	SIDHR/RO	129316	Γ
	DRA_1	132316	Γ
	KILKIS	142316	Γ
	AXIOUPOL	143316	Γ
	MAGIKO	157316	Γ
	NEVROKOP	192316	Γ
	KILKIS_2	142416	Γ
	XAN8H_1	113366	Γ
2.ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	ANEMOS	217316	Γ
	KOZANH_2	270416	Γ
3.ΘΕΣΣΑΛΙΑ	STULIDA	328316	Γ
	MAG2	329316	Γ
	KALAMPAK	353316	Γ
4.ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ	POLYPOTA	427316	A
	HLIOLOUS	432316	A
	LEIBADI	455316	A
	ARGUROS	429316	A
	POLYPOTA	427306	Γ
	KARUSTOS	439316	A
	MURTIA_R	431316	A
	BOIWTIA1	401316	Γ
	LARUMNA	402316	Γ
	PTWON_WF	404316	Γ
	KORWNEIA	405316	Γ
	BOIWTIA2	410316	Γ
	GATZA_WF	412316	Γ
	BOIWTIA3	418316	Γ
	BOIWTIA4	420316	Γ
YACNA	422316	Γ	
EYBOIA1	433316	Γ	

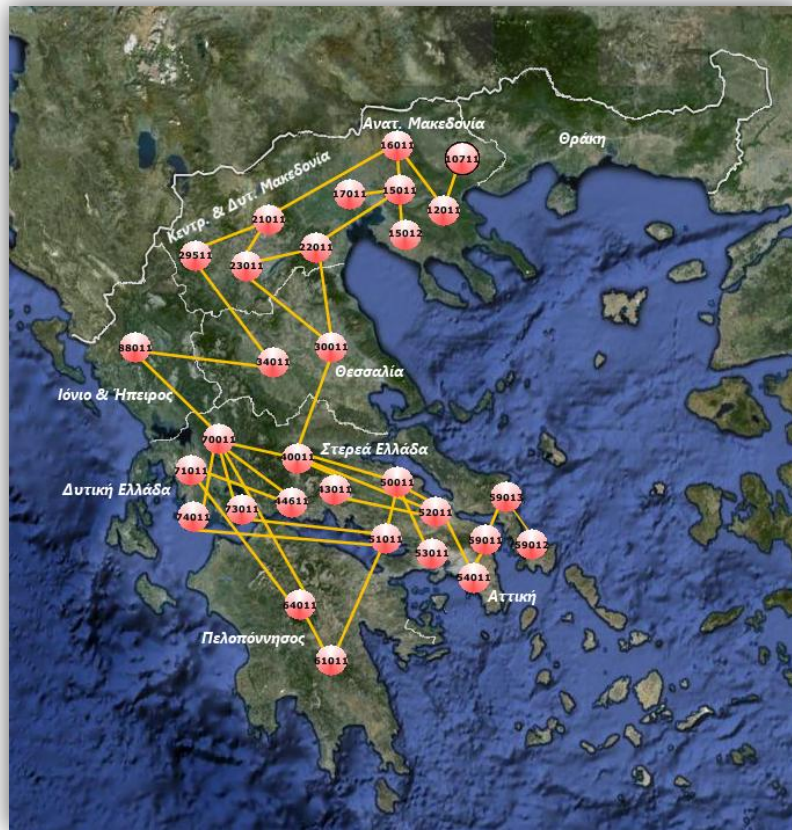
	EYBOIA2	434316	Γ
	EYBOIA3	436316	Γ
	EYBOIA4	437316	Γ
	EYBOIA5	438316	Γ
	EYBOIA6	441316	Γ
	EYBOIA7	447316	Γ
	EYBOIA09	451316	Γ
	AMARYNT	452316	Γ
	BOI_F8WIT	479366	Γ
	XLWMO_2	488316	Γ
	XLWMO_1	489316	Γ
		502316	Γ
5. ΑΤΤΙΚΗ	ΑΤΤΙΚΑ1	546316	Γ
	MARKOPOU	547316	Γ
	MEGARA	573316	Γ
	WF_AG,GE	596316	Γ
6. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	KORIN_1	606326	Γ
	ARGOL_4	603316	Γ
	MAQANA	605316	Γ
	TROIZHNA	606416	Γ
	DORIZA_2	611326	Γ
	DORIZA_1	611316	Γ
	AXLADC_2	613316	Γ
	MOLAOI	616316	Γ
	AXLADOC_1	630316	Γ
	DIDYMA	631316	Γ
	ARGOL_3	632316	Γ
	PANAXAIK	633316	Γ
	AHAIA_2	634316	Γ
	LAKWNIA2	635316	Γ
	LAKWNIA1	636316	Γ
	ARKADIA1	637316	Γ
	AHAIA_3	638316	Γ
	PULOS	655316	Γ
	MESSIN_1	659316	Γ
7. ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	BOIWTIA6	750216	Γ
	DISTOMO	750316	Γ
	AIT_1	712316	Γ
	AIT_2	713316	Γ
	FOKIDA_1	715316	Γ
	AIT_3	716316	Γ

	FOKIDA_2	717316	Γ
	FOKIDA_3	718316	Γ
	EURYTAN1	726316	Γ
	HY_KARP	734316	Γ
8.ΙΟΝΙΟ ΚΑΙ ΗΠΕΙΡΟΣ	DAFNOZ_WF	820416	Γ
	ARGOSTOL	821316	Γ
	KEF_2	824316	Γ
	KEF_1	825316	Γ
	LEUKADA1	827316	Γ
	ANTIRRIO	833316	Γ
	AIT_4	829316	Γ

Πίνακας 1.3.2 Ζυγοί και τεχνολογίες ΑΠΕ ανα περιοχή

Χάρτης 1.3.1 όπου φαίνονται οι περιοχές με ΑΠΕ στην Ελλάδα:





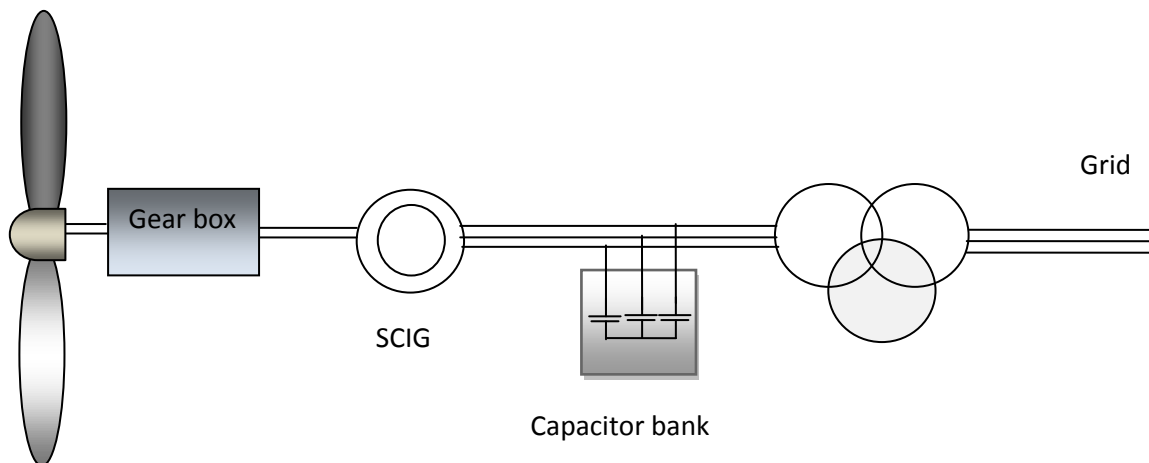
Σχήμα 1.3.1 - Το σύστημα μεταφορά του ελληνικού συστήματος στα 400kV

1.4 Περιγραφή τεχνολογιών ανεμογεννητριών ελληνικού συστήματος

1.4.1 Τεχνολογία Α: Ανεμογεννήτριες Σταθερών στροφών

Αυτό το είδος ανεμογεννητριών αποτελείται από ασύγχρονη μηχανή τύπου κλωβού (SCIG) και πάντα απορροφά άεργο ισχύ από το δίκτυο γι' αυτό και συμπεριλαμβάνει μια συστοιχία πυκνωτών για αντιστάθμιση. Ανεξάρτητα με τον έλεγχο ισχύος που εφαρμόζεται σ' αυτή τη μηχανή οι διακυμάνσεις του ανέμου μετατρέπονται σε μηχανικές διακυμάνσεις και κατά συνέπεια σε ηλεκτρικές διακυμάνσεις. Όταν συνδεθεί σε ένα αδύναμο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές διακυμάνσεις στην τάση στο σημείο σύνδεσης. Έτσι απορροφά μεταβαλλόμενη άεργο ισχύ απ το δίκτυο εξαιτίας των διακυμάνσεων της τάσης. Αυτές οι ανεμογεννήτριες δεν υποστηρίζουν καθόλου έλεγχο ταχύτητας έχουν μικρή ολίσθηση 1-2% γι' αυτό και θεωρούνται σταθερών στροφών, χρειάζεται σύνδεση σε ισχυρό δίκτυο και πρέπει κατασκευαστικά να είναι αρκετά να είναι αρκετά ανθεκτική για να αντέχει τις μηχανικές καταπονήσεις στον άξονα της.

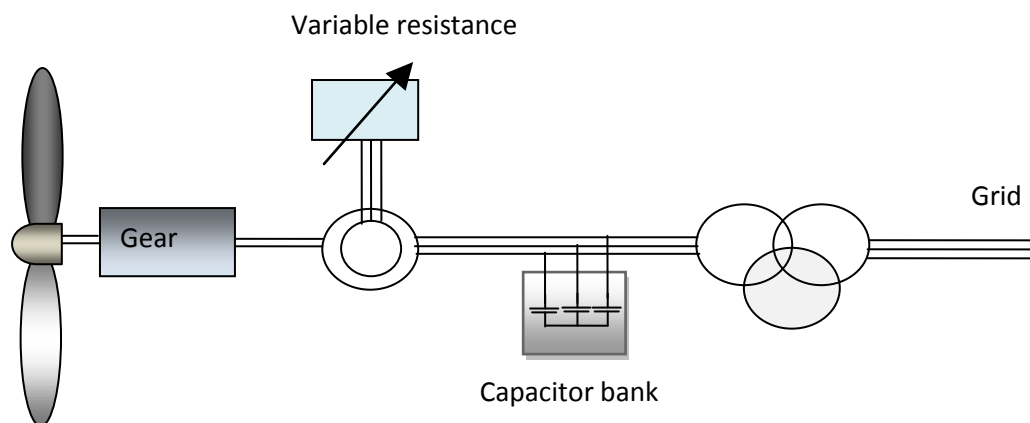
Μπορεί να εφαρμοστεί έλεγχος stall καθώς και έλεγχος γωνίας βήματος (pitch control) σ' αυτές τις ανεμογεννήτριες.



Διάγραμμα 1.4.1.1 Ανεμογεννήτρια σταθερών στροφών

1.4.2 Τεχνολογία Β: Ανεμογεννήτριες μεταβλητής αντίστασης του δρομέα

Αυτές οι ανεμογεννήτριες είναι περιορισμένης μεταβολής της ταχύτητας οι οποίες πρωτοεμφανίστηκαν από την Vestas το 1990, με μεταβλητή αντίσταση δρομέα γνωστές σαν Optislip. Χρησιμοποιούν επαγωγική μηχανή κυλινδρικού δρομέα (WRIG). Συνδέονται απευθείας στο δίκτυο και η ιδιαιτερότητα αυτής της ανεμογεννήτριας είναι ότι η μεταβολή της αντίστασης του δρομέα επιτυγχάνεται με ένα μετατροπέα ο οποίος βρίσκεται στον άξονα του δρομέα. Η αντίσταση του δρομέα μπορεί να μεταβληθεί και έτσι ελέγχεται η ολίσθηση του δρομέα, άρα και η ταχύτητα της μηχανής. Η ταχύτητα της μηχανής μπορεί να μεταβληθεί από 0-10% πάνω από τη σύγχρονη ταχύτητα και έτσι η ισχύς στην έξοδο της μηχανής ελέγχεται επίσης.

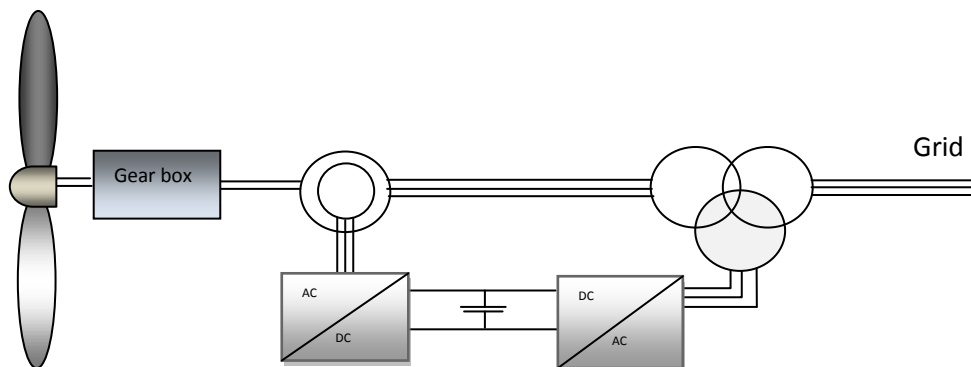


Διάγραμμα 1.4.2.1 Ανεμογεννήτρια μεταβλητής αντίστασης δρομέα

Το μοντέλο αυτής της ανεμογεννήτριας στο Eurostag είναι όπως αυτό της τεχνολογία Α άρα δεν λαμβάνεται υπόψη η μεταβολή της αντίστασης του δρομέα.

1.4.3 Τεχνολογία Γ: Ασύγχρονες ανεμογεννήτριες διπλής τροφοδότησης

Αυτή η ανεμογεννήτρια έχει το στάτη της απευθείας συνδεδεμένο στο δίκτυο και ένα μετατροπέα συχνότητας συνδεδεμένο στο δρομέα από όπου περνάει περίπου 30-40% της συνολικής ισχύος της ανεμογεννήτριας. Το μικρότερο μέγεθος του μετατροπέα κάνει αρκετά ελκυστική αυτή τη λύση από οικονομική πλευρά. Ο έλεγχος της ταχύτητας μπορεί ποικίλει μέχρι και 40% από τη σύγχρονη ταχύτητα. Στην ουσία ο μετατροπέας αντισταθμίζει την διαφορά μηχανικής συχνότητας στον άξονα και ηλεκτρικής του δικτύου εγχέοντας ένα ρεύμα μεταβλητής συχνότητας στο δρομέα. Όταν η γεννήτρια λειτουργεί σε υπερσύγχρονη ταχύτητα ισχύς μεταφέρεται από το δρομέα και τους μετατροπείς στο δίκτυο ενώ όταν λειτουργεί σε υποσύγχρονη ταχύτητα απορροφά ισχύ από το δίκτυο ο δρομέας. Η προς το δρομέα πλευρά του μετατροπέα ελέγχει την ενεργό και άεργο ισχύ ελέγχοντας τα ρεύματα του δρομέα ενώ η προς το δίκτυο πλευρά του μετατροπέα ελέγχει την DC-τάση για να εξασφαλίσουμε συντελεστή ισχύος μοναδιαίο στον μετατροπέα. Αυτή η ανεμογεννήτρια μπορεί να ελέγχει ανεξάρτητα την ενεργό και άεργο ισχύ της. Συνήθως ο έλεγχος αυτών των ανεμογεννητριών είναι με έλεγχος γωνίας βήματος (pitch control) για περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου.



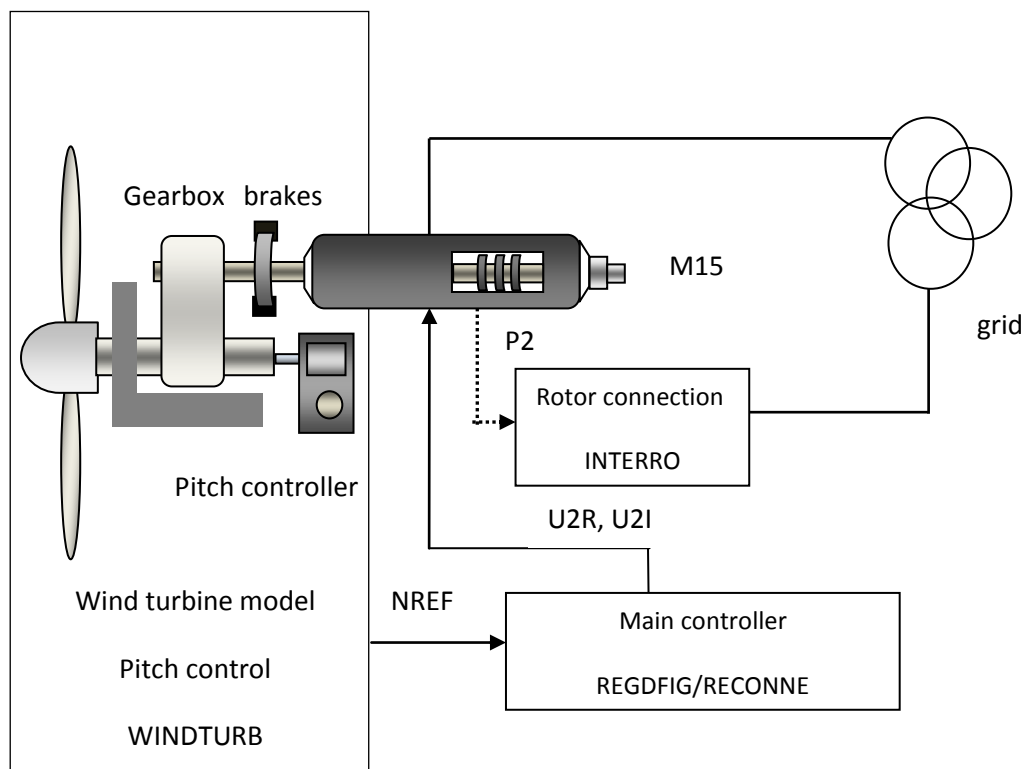
Διάγραμμα 1.4.3.1 Ανεμογεννήτρια με γεννήτρια διπλής τροφοδότησης

1.4.4 Μοντελοποίηση ασύγχρονης μηχανής διπλής τροφοδότησης στο Eurostag

Αρχικά βλέπουμε ότι το macroblock WINDTURB υπολογίζει τη μηχανική ροπή CM και την βέλτιστη ταχύτητα του δρομέα βασισμένη στην πραγματική ταχύτητα ανέμου @VENT. Η ταχύτητα αναφοράς του δρομέα είναι η NREF και μεταφέρεται στο macroblock REGDFIG.

Το macroblock REGDFIG υπολογίζει τις τάσεις του δρομέα U2R και U2I έτσι ώστε να ελέγχει τα ρεύματα στο δρομέα και να υπολογίζει την ενεργό ισχύ P2. Το macroblock RECONNE χειρίζεται την επαγωγική μηχανή όταν ο στάτης είναι αποσυνδεδεμένος και σε περίπτωση διαταραχής στο δίκτυο. Η τάση του δρομέα τότε ρυθμίζεται από το macroblock RECONNE και οι τιμές που υπολογίζονται

χρησιμοποιούνται από το REGDFIG. Ένα αυτόματο μπορεί να χειρίζεται την αποσύνδεση του στάτη και την σύνδεση του όταν η κατάσταση είναι πλέον κανονική. Ο μετατροπέας ηλεκτρονικών ισχύος που συνδέεται στο δίκτυο ,μοντελοποιείται ως έγχυση ρεύματος. Η συσκευή έγχυσης ρεύματος ελέγχεται από το macroblock INTERRO. Έτσι η ισχύς που παράγεται από το δρομέα P2 μεταφέρεται στο INTERRO μέσω μιας μεταβλητής σύνδεσης, έτσι η ασύγχρονη μηχανή και η συσκευή έγχυσης είναι άμεσα συνδεδεμένες.



Διάγραμμα 1.4.4.1 Μοντέλο ανεμογεννήτριας τεχνολογίας Γ (Double Fed Induction Generator) στο Eurostag

1.4.5 Τεχνολογία Δ: Ανεμογεννήτριες μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα

Αυτή η διάταξη αποτελείται από την απευθείας σύνδεση της γεννήτριας στο δίκτυο μέσω ενός πλήρους μετατροπέα ,ο οποίος κάνει και την αντιστάθμιση της αέργου ισχύος και την ομαλότερη σύνδεση στο δίκτυο. Η γεννήτρια μπορεί να λειτουργεί σε μεγάλο φάσμα ταχυτήτων εφόσον είναι τελείως απομονωμένη από το δίκτυο.

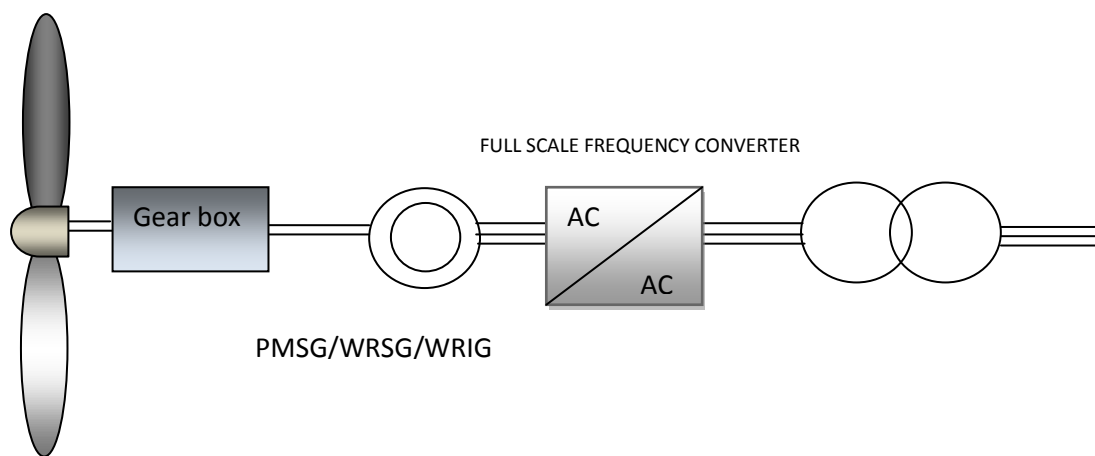
Χρησιμοποιούν έλεγχο γωνίας βήματος για περιορισμό της ισχύος στις υψηλές ταχύτητες ανέμου και μπορεί να λειτουργεί με σταθερό συντελεστή ισχύος ή με έλεγχο της τάσης.

Λειτουργεί είτε με *σύγχρονη πολυπολική γεννήτρια* με :

- Τύλιγμα πεδίου(WRSG)
- Μονίμων μαγνητών (PMSG)

Είτε με *μηχανή επαγωγής τυλιγμένου δρομέα* :

- Τυλιγμένου δρομέα (WRIG)
- Τύπου κλωβού(SCIG)



Διάγραμμα 1.4.5.1 Ανεμογεννήτρια μεταβλητών στροφών με πλήρη μετατροπέα

Κεφάλαιο 2

Εθνικό Σχέδιο Δράσης

2.1 Εισαγωγή

Ο στόχος που έχουν να επιτύχουν οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης 20-20-20 πρόκειται να παίξει σημαντικό ρόλο κυρίως στην ασφάλεια του συστήματος, μείωση των ρύπων από το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και στην ανάπτυξη της οικονομίας ελκύνοντας το ενδιαφέρον διαφόρων επενδυτών στην χώρα μας.

Ο στόχος 20-20-20 αναφέρει ότι το 20% της ολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να προέρχεται από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι ρύποι από φαινόμενα του θερμοκηπίου να μειωθούν στο 20%, και η εξοικονόμηση ενέργειας στη χώρας μας να φτάσει το 20%.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι απαιτείται πολλή προσπάθεια από τη χώρα μας και δεν είναι καθόλου εύκολο να επιτευχθούν με την παρούσα κατάσταση των πραγμάτων όσον αφορά τον τομέα της ενέργειας. Χρειάζονται να παρθούν αρκετά μέτρα για την εξοικονόμηση της ενέργειας καθώς και την προώθηση της διεύθυνσης τεχνολογιών Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ενέργειας για θέρμανση καθώς και για τις μεταφορές. Επίσης κυρίαρχο ρόλο στην εξέλιξη των πραγμάτων για την επίτευξη του στόχου θα παίξει και η νομοθεσία. Η νομοθεσία ως προς την διευκόλυνση της διαδικασίας για άδεια πάρκου με ΑΠΕ, εκλογίκευση της feed-in –tariff και συγκεκριμένες νομοθεσίες για την ενεργειακή απόδοση κτιρίων. Παράλληλα αρκετές τεχνικές αλλαγές θα πρέπει να γίνουν στο Ελληνικό διασυνδεδεμένο Σύστημα έτσι ώστε να μπορεί να υποδεχθεί την αυξανόμενη διεύθυνση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο Σύστημα.

Η χώρας μας έχει πολύ αρκετά καλό αιολικό δυναμικό καθώς και ηλιοφάνεια τα οποία προσελκύουν αρκετό επενδυτικό ενδιαφέρον. Επίσης στο κεφάλαιο βιομάζα και γεωθερμία η χώρα μας παραμένει ανεκμετάλλευτη.

Παρόλα αυτά όσον αφορά τα υδροηλεκτρικά πάρκα που υπάρχουν στην χώρα μας, ενδέχεται να αυξηθούν σε αριθμό, καθώς μπορούν να εφαρμοσθούν καινούριες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όπως κοιλιότητες συμπιεσμένου αέρα.

Τέλος η ανάρρωση της ελληνικής οικονομίας θα διαδραματίσει άμεσο ρόλο στην επίτευξη ή όχι του στόχου 20-20-20 καθώς σχετίζεται άμεσα με την ηλεκτρική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

2.2 ΑΠΕ-Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Για να αυξήσουμε την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στο σύστημα μας πρέπει να επενδύσει η χώρα μας σε μεγάλα πάρκα Ανανεώσιμων Πηγών ενέργειας ,να ολοκληρώσει τα αναγκαία έργα υποδομών. Παράλληλα πρέπει να προωθήσουμε την διεσπαρμένη παραγωγή με νέους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας και αντικατάσταση των παλιών θερμικών σταθμών σταδιακά.

Ένα από τα ερωτήματα που μπορεί να προκύψουν στην αύξηση της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στο ελληνικό σύστημα είναι σε ποιο βαθμό θα συνεισφέρει κάθε τεχνολογία στην παραγωγή ΑΠΕ.

Αυτό το ερώτημα μπορεί να απαντηθεί αν ληφθούν υπόψη ορισμένοι παράγοντες όπως το κόστος, η ασφάλεια παροχής της ενέργειας μαζί με οικονομικούς και δημογραφικούς παράγοντες καθώς και το κόστος εγκατάστασης κάθε τεχνολογίας.

Έρευνα στην πορεία σύνταξης του Εθνικού Σχεδίου Δράσης έδειξε ότι πρέπει σχεδόν να τριπλασιαστεί η συνεισφορά των μονάδων ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας για να επιτευχθεί ο στόχος 20-20-20 καθώς και να γίνει η χρήση όλων των τεχνολογιών ΑΠΕ.

Ταυτόχρονα προηγούνται οι τεχνολογίες καθώς και οι επενδύσεις με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην ηλεκτρική ενέργεια.

Με τον παρούσα φύση του Ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο περιλαμβάνει πολλά αυτόνομα δίκτυα στα νησιά, μεγάλα και μικρά, τα μέτρα και οι στόχοι χωρίζονται ανάλογα στις δύο κατηγορίες:

2.2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ- ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Τα μέτρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργεια στο διασυνδεδεμένο σύστημα βασίζονται κυρίως σε παραγωγή από :

- Λιγνιτικούς σταθμούς οι οποίοι θα αναβαθμιστούν με νέες τεχνολογίες καθώς και νέες τεχνολογίες για την εκμετάλλευση της βιομάζας μαζί με μείωση των ρύπων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και απόσυρση των παλιών, πιο ρυπαντικών και μη αποδοτικών σταθμών.
- Μεγάλα πάρκα μονάδων ΑΠΕ κυρίως αιολικά καθώς και μεγάλα υδροηλεκτρικά πάρκα μαζί με πιο μικρά πάρκα με φωτοβολταϊκά, μικρά υδροηλεκτρικά , γεωθερμικά πάρκα , πάρκα βιομάζας και συμπαραγωγής.

- Νέα αντλησιοταμιευτικά πάρκα τα οποία θα συνεισφέρουν στην ευστάθεια του δικτύου καθώς θα συνεισφέρουν στην μείωση των περικοπών από αιολικής ενέργειας καθώς θα μπορούν να δέχονται το πλεόνασμα ενέργειας από αιολικά πάρκα και θα το δίνουν ελεγχόμενα στο σύστημα σε περιόδους αιχμής.
- Μονάδες φυσικού αερίου συνδυασμένου κύκλου
- Μονάδες συμπαραγωγής θερμότητας –ηλεκτρισμού

Επίσης συμπεριλαμβάνουν την ανάπτυξη και χρήση των λεγόμενων “smart-grids” που θα μπορούν να βοηθήσουν στην μείωση των απωλειών του δικτύου και στην καλύτερη διαχείριση του φορτίου.

2.2.2 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ- ΜΗ-ΔΙΑΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Εδώ κυρίως μας ενδιαφέρει η σταδιακή σύνδεση των μη διασυνδεδεμένων συστημάτων με το διασυνδεδεμένο σύστημα αποσύροντας τις τοπικές μονάδες πετρελαίου σιγά σιγά.

Επίσης :

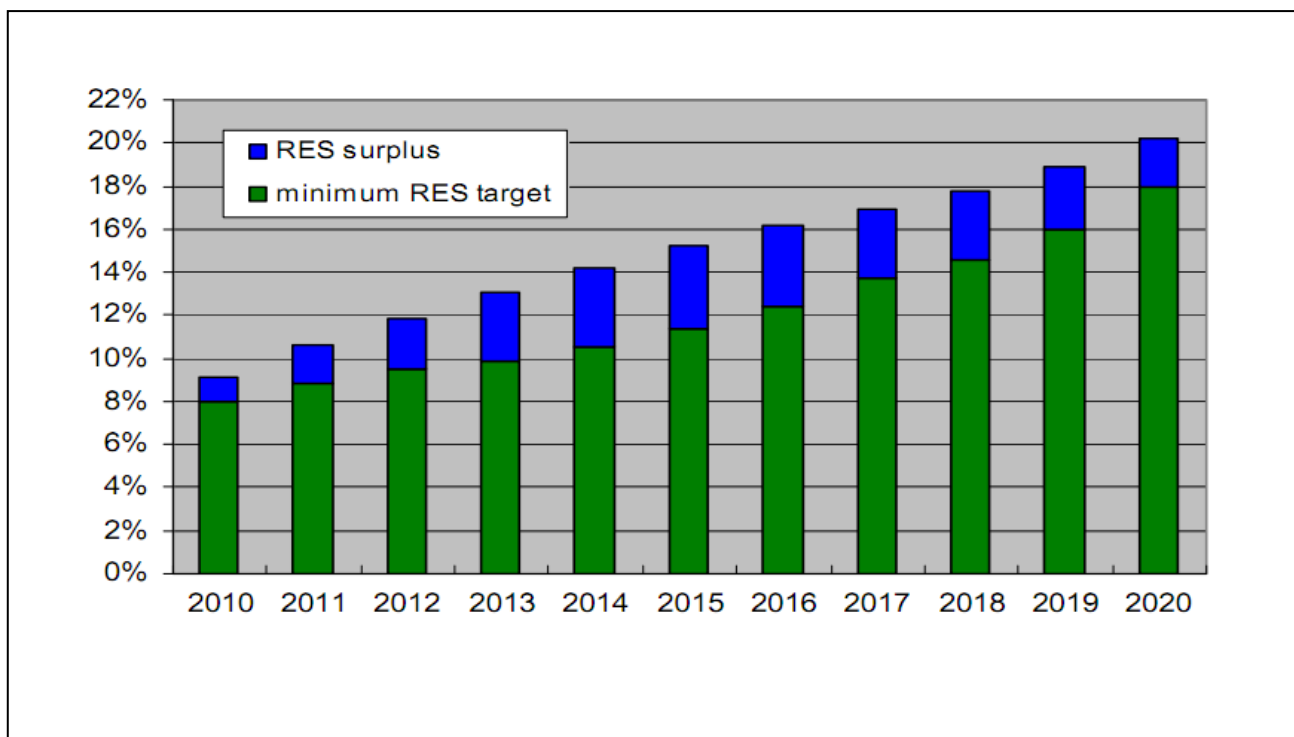
- Ανάπτυξη κυρίως τοπικών πάρκων με μονάδες ΑΠΕ με έγχυση της πλεονάζουσας ισχύος στο δίκτυο
- Ανάπτυξη τοπικών υβριδικών μονάδων ΑΠΕ , όπως μονάδες αντλησιοταμίευσης μαζί με αιολικά πάρκα ταυτοχρονισμένα.
- Ανάπτυξη και χρησιμοποίηση του αιολικού δυναμικού και στη θάλασσα όπου στην Ελλάδα υπερισχύει, και ανάπτυξη τοπικών ηλιοθερμικών σταθμών.
- Σχεδίαση αυτόνομων σταθμών με ΑΠΕ και εφαρμογή στα νησιά όπου είναι πιο εύκολη και οικονομική.

2.3 ΑΠΕ-Θέρμανση

Για θέρμανση προωθούνται κυρίως τεχνολογίες ΑΠΕ κυρίως βιομάζας και γεωθερμικής ενέργειας, και αυτές κυρίως είναι στα σχέδια του υπουργείου περιβάλλοντος , Ενέργειας και κλιματικών αλλαγών. Επίσης μαζί με τον καινούριο κώδικα ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων προωθείται η εξοικονόμηση ενέργειας, όπου έχει τεθεί ένα κατώτερο όριο συνεισφοράς ηλιοθερμικών τεχνολογιών στην θέρμανση κάθε κτιρίου σύμφωνα με την καινούρια νομοθεσία. Όλα τα πιο πάνω τείνουν να προωθήσουν τις τεχνολογίες ΑΠΕ για θέρμανση-ψύξη όχι μόνο στα σπίτια αλλά και στη βιομηχανία.

2.4 ΑΠΕ- Μεταφορές

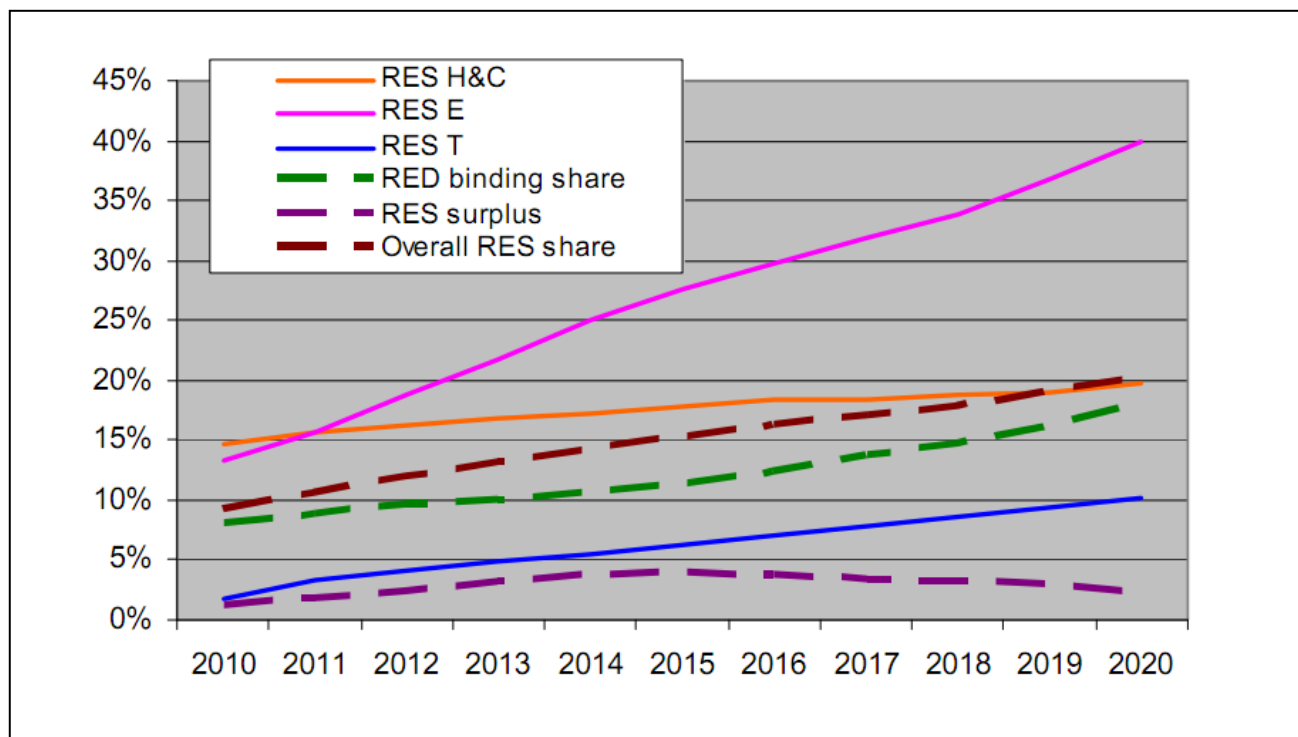
Για την συνεισφορά των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στις μεταφορές πρέπει να γίνει εισαγωγή βιοκαυσίμων στον τομέα αυτό καθώς και διάφορες ρυθμίσεις στους υπάρχοντες κανονισμούς για την προώθηση της χρήσης πιο ενεργειακά αποδοτικών οχημάτων καθώς και την κατανάλωση βιοκαυσίμων αντί των υπαρχόντων καυσίμων. Επίσης σημασία πρέπει να δοθεί στην εκμετάλλευση της εγχώριας βιομάζας και στην καλλιέργεια ενεργειακών σοδιών για βιοκαύσιμα, μαζί με την παραγωγή βιοπετρελαίου.



Διάγραμμα 2.4.1 .Σταδιακή αύξηση των ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020

Όπου με πράσινο φαίνεται το κατώτερο όριο, το οποίο είναι 18% της ολικής κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ΑΠΕ για το 2020, που έχει τεθεί από την οδηγία 2009/28/EC και με μπλε το πλεόνασμα βασισμένο στον εθνικό στόχο για τις Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύμφωνα με το νόμο L3851/2010 όπου για το 2020 για παράδειγμα είναι 20%.

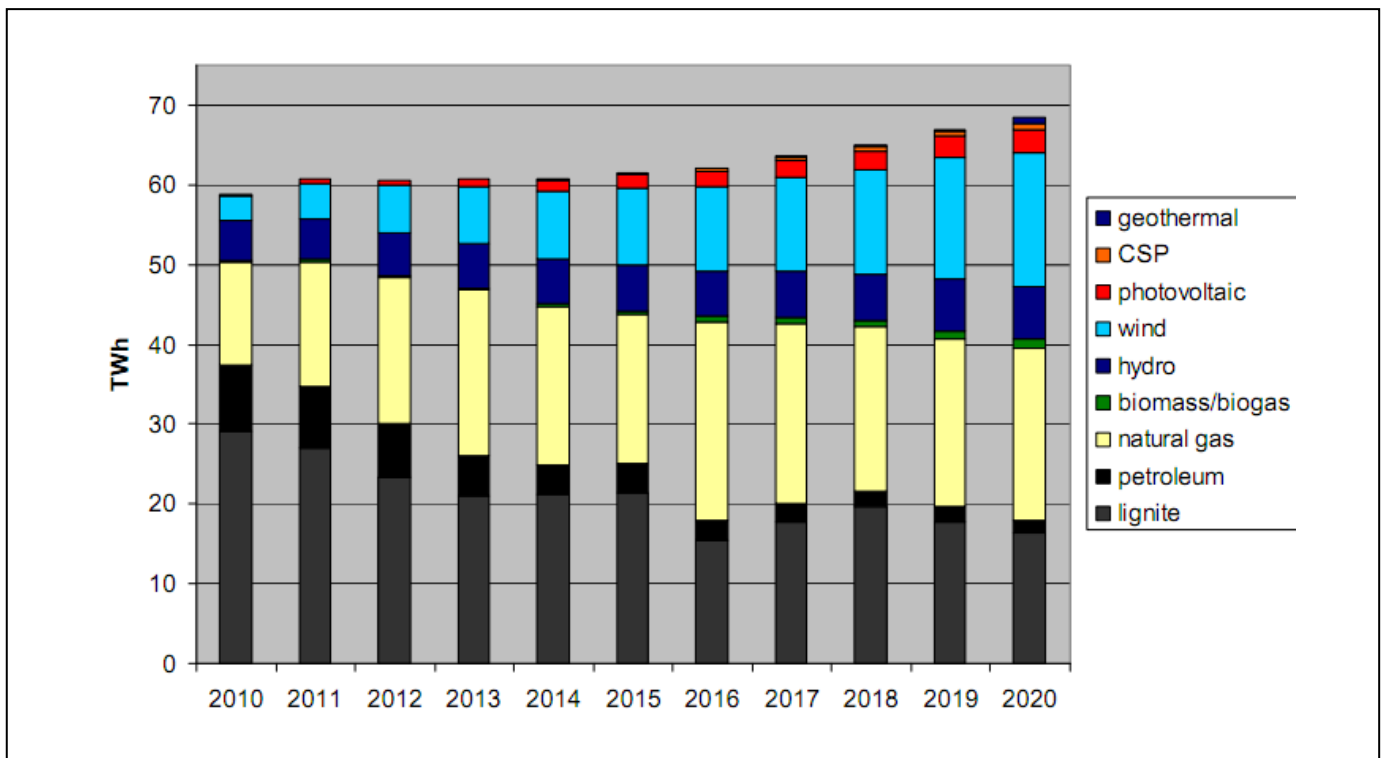
Η παραπάνω καμπύλη αναλύεται ανάλογα με την κατανάλωση ενέργειας από ΑΠΕ ανά τομέα, θέρμανση/κλιματισμός, ηλεκτρισμός και μεταφορές και έχουμε την παρακάτω καμπύλη. Επίσης παρακάτω φαίνεται ξεχωριστά το δεσμευτικό ποσοστό παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας της Ελλάδας, το πλεόνασμα για την επίτευξη του εθνικού μας στόχου καθώς και το ολικό ποσοστό στην καταναλισκόμενη ενέργεια από ΑΠΕ.



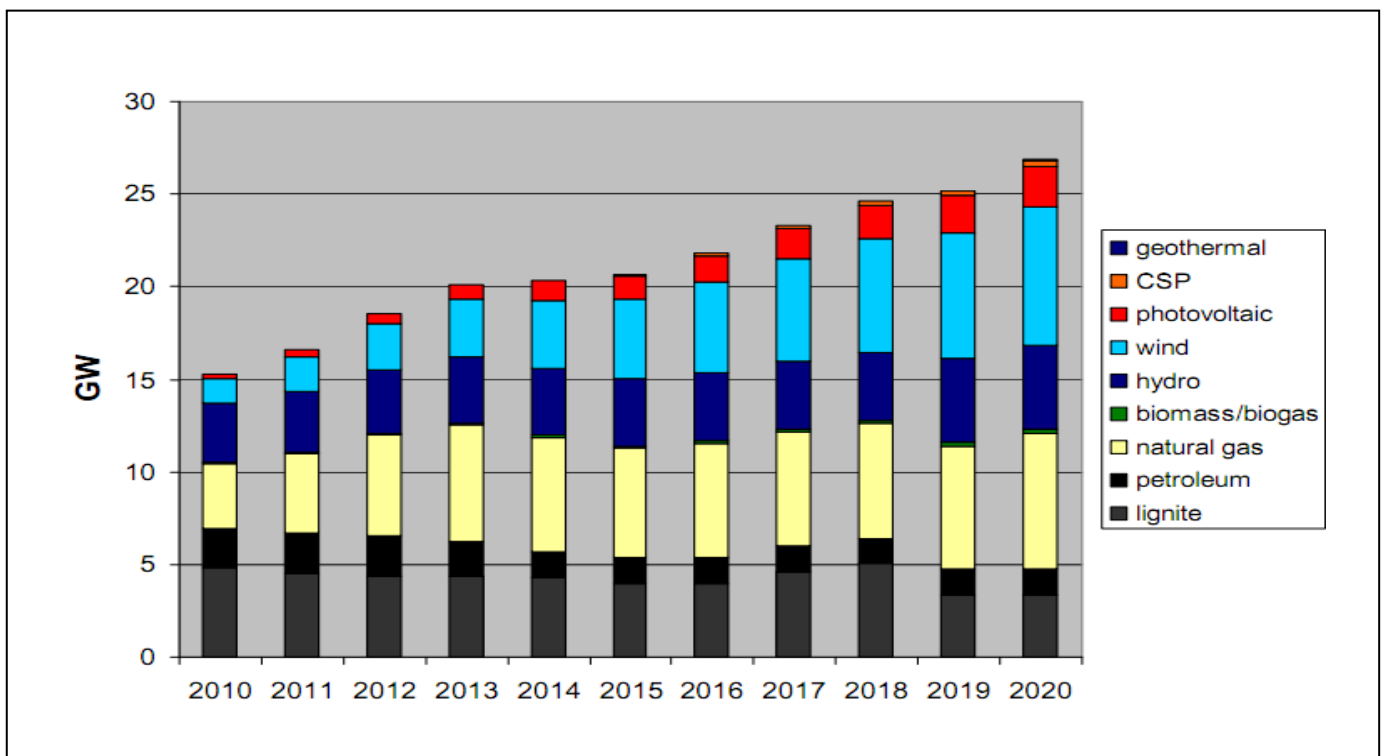
Διάγραμμα 2.4.2 Αναλυτική συνεισφορά ΑΠΕ στους τομείς θέρμανση/κλιματισμός, ηλεκτρισμός και μεταφορές καθώς και το η δεσμευτική συνεισφορά, η ολική συνεισφορά για την επίτευξη του στόχου και η συνεισφορά από ΑΠΕ που χρειάζεται για να φτάσουμε τον στόχο.

Παρατηρούμε από το πιο πάνω διάγραμμα ότι η συνεισφορά των ΑΠΕ στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αγγίξει το 40% στην θέρμανση το 20% και στο 10% στις μεταφορές για να έχουμε συνολική συνεισφορά των ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας γύρω το 20%.

Αξιοσημείωτο είναι να παραθέσουμε τις διάφορες τεχνολογίες/ΑΠΕ/καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων αυτών στο διάστημα 2010-2020.



Διάγραμμα 2.4.3 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από διάφορες τεχνολογίες/ΑΠΕ/καύσιμα μέχρι το 2020

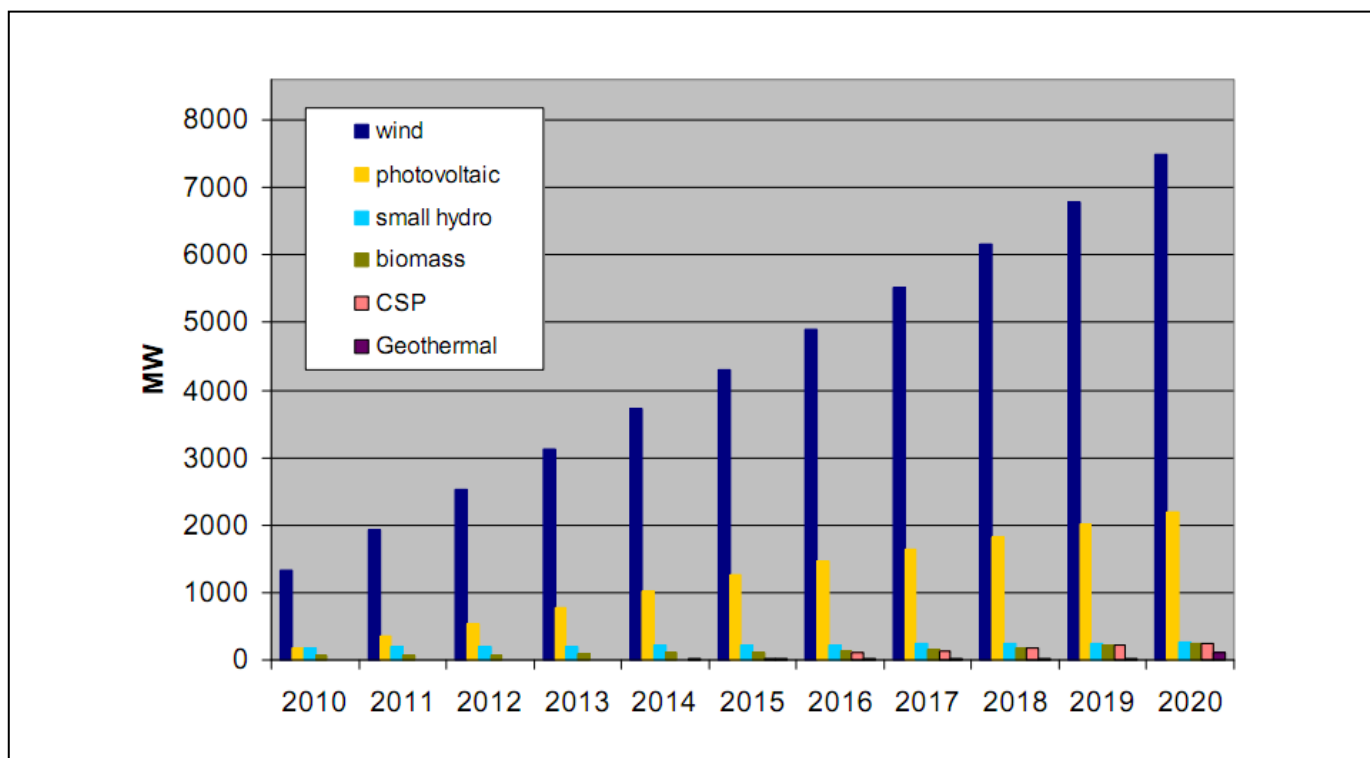


Διάγραμμα 2.4.4 Εγκατεστημένη ισχύς από διάφορες τεχνολογίες/ΑΠΕ

Η εγκατεστημένη ισχύς των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών θα πρέπει να αυξηθεί στο διάστημα 2010-2020 καθώς και η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου.

Παράλληλα η χρήση του πετρελαίου πρέπει να μειωθεί και λιγότερο πρέπει να μειωθεί η χρήση του λιγνίτη.

Παρακάτω παρουσιάζεται η σταδιακή αύξηση των τεχνολογιών ΑΠΕ/καυσίμων στο διάστημα 2010-2020.

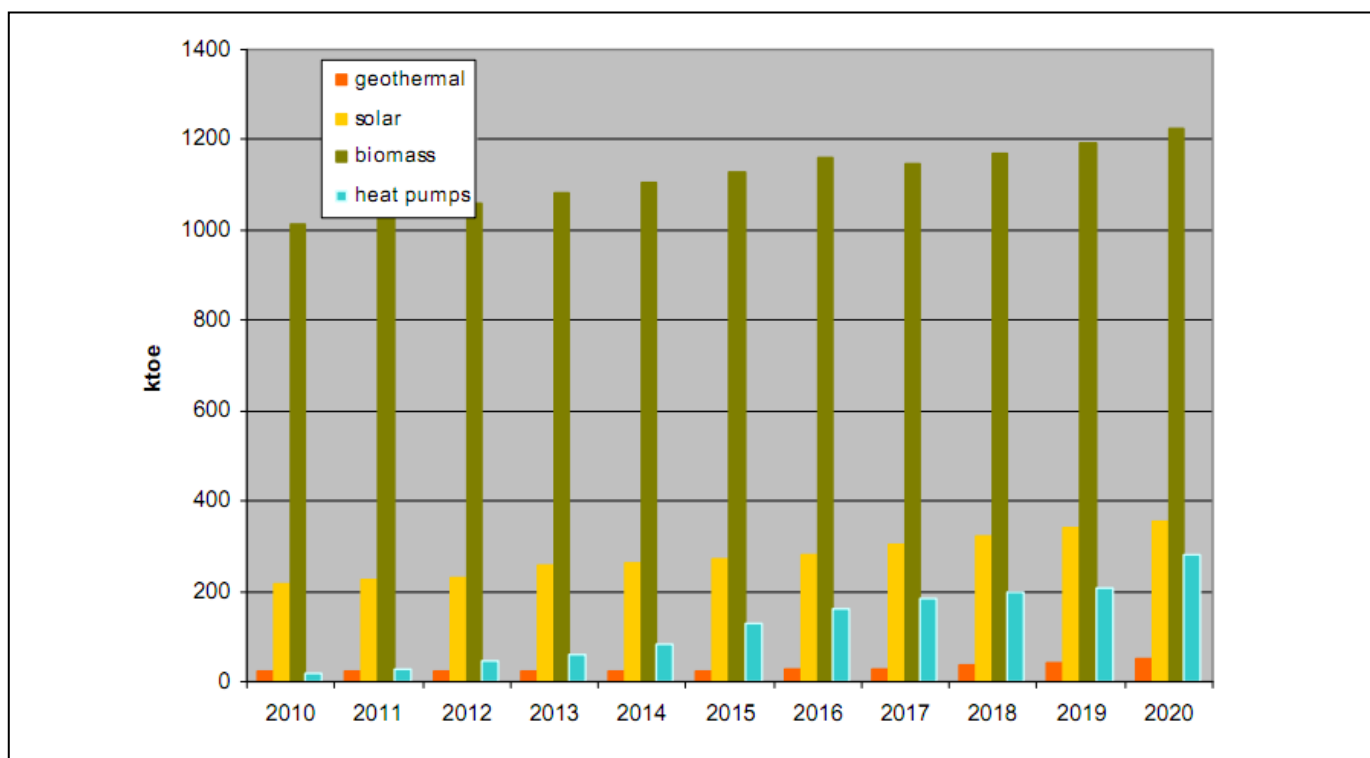


Διάγραμμα 2.4.5 Εγκατεστημένης ισχύς ΑΠΕ/καυσίμων

Παρατηρούμε ότι η εγκατεστημένη ισχύς από αιολικά πάρκα θα πρέπει να αγγίξει τα 7500MW, των φωτοβολταϊκών πάρκων τα 2200 MW περίπου , τα 250 MW από συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια, τα 120 MW από γεωθερμική ενέργεια, τα 250MW από βιοενέργεια (βιομάζα και βιοαέριο) , τα 250 MW από μικρά υδροηλεκτρικά πάρκα και τα 350 MW από μεγάλα υδροηλεκτρικά πάρκα μαζί με μονάδες αποθήκευσης με κοιλότητες συμπιεσμένου αέρα (στα 880MW) .

Για να επιτευχθεί ο στόχος για παραγωγή από ΑΠΕ της ολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στη χώρα μας σε ποσοστό 20% πρέπει να παράγεται το 20% της ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμός από ΑΠΕ.

Κυρίαρχο ρόλο στην επίτευξη του επιμέρους αυτού στόχου θα παίζει η βιομάζα μαζί με τα ηλιοθερμικά συστήματα.



Διάγραμμα 2.4.6 - Εκτιμώμενη συνεισφορά διαφόρων τεχνολογιών ΑΠΕ σε θέρμανση και κλιματισμό

2.5 Επίτευξη εθνικού στόχου και πορεία Οικονομίας

Η οικονομία στη χώρα μας αναμφισβήτητα περνάει μια δύσκολη περίοδο στην οποία πρέπει να καταφέρει να σταθεροποιηθεί σε υγιή επίπεδα. Ο τομέας της οικονομίας όμως είναι άμεσα συσχετιζόμενος με τον τομέα της ενέργειας εφόσον η κατανάλωση ενέργειας είναι αυτή που επηρεάζεται άμεσα από την οικονομία. Μεγαλύτερη οικονομική άνεση σημαίνει μεγαλύτερη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

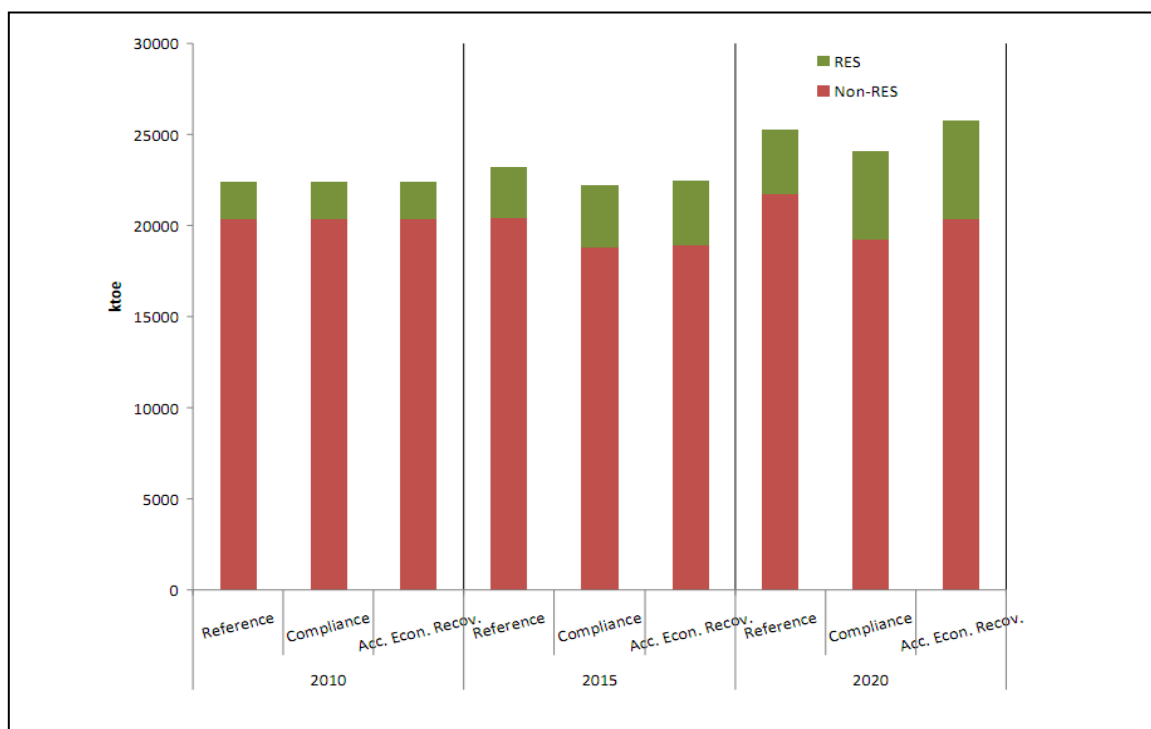
Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης και τα στοιχεία που παρουσιάζονται βασίζονται κυρίως σε οικονομικές προβλέψεις σύμφωνα με το Σχέδιο Ανάρρωσης της ελληνικής οικονομίας το οποίο έχει συμφωνηθεί από την Ελλάδα. Αρχικά η ελληνική οικονομία πρέπει να σταθεροποιηθεί στη συνέχεια να αναπτυχθεί και εν τέλει να αναδομηθεί.

Η οικονομία αναμένεται να αναπτυχθεί με μέτριους ρυθμούς μέχρι και 2.7% μέχρι το 2015 και μέχρι το 2.9% το 2020 μετά την σταθεροποίηση της. Παράλληλα διερευνώνται σενάρια επιταχυνόμενης οικονομικής ανάρρωσης τα οποία προβλέπουν ανάπτυξη μέχρι και 4% της ελληνικής οικονομίας μέχρι το 2015 και παραμονή σε αυτά τα επίπεδα μέχρι και το 2020.

Όλες αυτές οι προβλέψεις θα επηρεάσουν άμεσα την ενεργειακή κατανάλωση καθώς και την εξοικονόμηση ενέργειας η οποία από ότι φαίνεται θα αυξηθεί.

Η ανάπτυξη της οικονομία απαιτεί και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας άρα και μεγαλύτερη χρησιμοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για να επιτευχθεί ο στόχος 20% ενέργειας από ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας.

Τα τρία σενάρια ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας τα οποία είναι “η επιταχυνόμενη ανάπτυξη” (“Accelerated Economic Growth” scenario) το σενάριο της “ συμμόρφωσης” (“compliance” scenario) το οποίο προβλέπει επίτευξη του στόχου 20-20-20 της Ελλάδας και το σενάριο “αναφοράς” (“reference” scenario).



Διάγραμμα 2.5.1 Κατανάλωση ενέργειας μέχρι και το 2020 για τα τρία σενάρια πορείας της Ελληνικής Οικονομίας

Στον παρακάτω πίνακα 2.5.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για την κατανάλωση ενέργειας και τη χρήση ΑΠΕ στην παραγωγή ενέργειας και για τα τρία σενάρια όπου φαίνονται τα ποσοστά παραγόμενης ενέργειας από ΑΠΕ στην καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια καθώς και στην ολική καταναλισκόμενη ενέργεια ανά 5ετία μέχρι και το 2020.

	2010			2015			2020		
	reference	compliance	accelerated economic recovery	reference	compliance	accelerated economic recovery	reference	compliance	accelerated economic recovery
electricity production (Twh)	58,86	58,86	58,86	64,13	61,47	62,09	72,18	68,46	72,48
Total RES Electricity	7,84	7,84	7,84	14,16	16,97	18,26	20,23	27,27	29,74
%Res in Electricity Production	13%	13%	13%	22%	28%	29%	28%	40%	41%
RES Installed Capacity GW	4,11	4,11	4,11	7,13	8,66	9,33	9,91	13,27	14,72
of which									
Biomass/Biogas	0,06	0,06	0,06	0,05	0,12	0,12	0,05	0,25	0,25
Hydro (excluding pumping)	2,54	2,54	2,54	2,89	2,92	2,91	2,91	2,95	2,95
Wind	1,33	1,33	1,33	3,78	4,3	4,74	6,25	7,5	8,25
Solar PV	0,18	0,18	0,18	0,41	1,27	1,51	0,7	2,2	2,9
CSP	0	0	0	0	0,03	0,03	0	0,25	0,25
Geothermal	0	0	0	0	0,02	0,02	0,01	0,12	0,12
Final Energy Consumption(Mt oe)	21,53	21,53	21,53	22,2	21,33	21,56	24,19	23,08	24,64
of which RES									
Biomass/Biogas	1,01	1,01	1,01	0,88	1,13	1,13	0,93	1,22	1,29
Solar Heat	0,22	0,22	0,22	0,24	0,27	0,22	0,27	0,36	0,41
Geothermal	0,02	0,02	0,02	0	0,02	0,03	0	0,05	0,06
Ambient Heat	0,02	0,02	0,02	0,12	0,13	0,21	0,19	0,28	0,36
Biofuels in transport	0,11	0,11	0,11	0,28	0,39	0,39	0,41	0,62	0,69
%RES in Gross Final Energy consumption	9%	9%	9%	12%	15%	16%	14%	20%	21%

Πίνακας 2.5.1 Αποτελέσματα κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγής ΑΠΕ για τα τρία σενάρια βελτίωσης της ελληνικής οικονομίας

Επίσης στον πίνακα 2.5.2 δίνεται η ολική κατανάλωση ενέργειας σε θέρμανση/κλιματισμό, ηλεκτρισμό και μεταφορές μέχρι το 2020 λαμβάνοντας υπόψη τα μέτρα για εξοικονόμηση ενέργειας 2010-2020(ktoe)

	2005	2010		2011		2012		2013		2014	
ktoe	base year	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency
(1) heating and cooling	8355	8644	8644	8401	8375	8439	8376	8464	8474	8595	8517
(2) electricity	5486	5061	5061	5348	5215	5376	5209	5429	5227	5456	5217
(3) transport	6568	6774	6528	6769	6436	6779	6324	6816	6233	6828	6214
(4) Gross final energy consumption	21649	22714	22418	22424	21964	22516	21864	22670	21917	22860	21960

	2015	2016		2017		2018		2019		2020		
ktoe	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency	reference scenario	additional energy efficiency
(1) heating and cooling	8743	8658	8875	8859	9070	9013	9228	9166	9423	9401	9600	9674
(2) electricity	5480	5285	5586	5345	5727	5470	5842	5583	6053	5752	6179	5887
(3) transport	6864	6253	6945	6279	7037	6267	7094	6279	7180	6309	7257	6336
(4) Gross final energy consumption	23150	22251	23539	22596	24007	22903	24377	23216	24826	23614	25262	24114

Πίνακας 2.5.2 Ολική κατανάλωση ενέργειας ανα τομέα λαμβάνοντας υπόψη τα μέτρα για εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι το 2020

Το 2005 η ενέργεια από ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας ήταν στο 6,9% και για να φτάσουμε τον ελάχιστο στόχο του 18% παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να παράγεται ενέργεια περίπου $0,18 \times 24114$ (ktoe) = 4341 ktoe από ΑΠΕ βάσει των στοιχείων του πίνακα 2.5.2.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε την εξέλιξη της παραγωγής ΑΠΕ στην κατανάλωση ενέργειας στους τομείς θέρμανση/κλιματισμός, ηλεκτρισμός και μεταφορές καθώς και στη συνολική κατανάλωση ενέργειας, όπως φαίνεται στον πίνακα 2.5.3:

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
RES-H&C	12,76%	14,7%	15,7%	16,2%	16,8%	17,3%	17,9%	18,3%	18,4%	18,8%	18,9%	19,7%
RES-E	8,03%	13,3%	15,7%	18,8%	21,8%	25,1%	27,6%	29,7%	31,8%	33,7%	36,7%	39,8%
RES-T	0,02%	1,7%	3,3%	4,1%	4,8%	5,6%	6,3%	7,1%	7,8%	8,6%	9,4%	10,1%
Overall RES share	6,96%	8,0%	8,8%	9,5%	9,9%	10,5%	11,4%	12,4%	13,7%	14,6%	16,0%	18,0%

Πίνακας 2.5.3 Εθνικός Στόχος Παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ ανα τομέα μέχρι το 2020

Έχοντας πιο πάνω υπολογίσει την καταναλισκόμενη ενέργεια η οποία θα παράγεται από ΑΠΕ συγκεκριμένα 4341ktoe που ισοδυναμεί με **4341x11,63Gwh =50485,83GWh** βλέπουμε πως αυτή η ενέργεια θα καταναλώνεται από τους διάφορους τομείς στον πίνακα 2.5.4.

ktoe	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(A) Expected gross final consumption of RES for heating and cooling	1066	1269	1312	1358	1423	1471	1548	1624	1658	1727	1780	1908
(B) Expected gross final consumption of electricity from RES	440	674	818	978	1138	1308	1459	1588	1742	1883	2111	2345
(C) Expected final consumption of energy from RES in transport	1	110	214	258	300	345	393	441	486	534	584	634
(D) Expected total RES consumption	1507	2050	2341	2590	2856	3118	3393	3644	3876	4132	4461	4870
(E) Expected transfer of RES to other Member States		257	408	513	686	812	856	842	737	743	683	529
(F) Expected transfer of RES from other Member States and 3rd countries												
(G) Expected RES consumption adjusted for target (D)-(E)+(F)	1507	1793	1933	2077	2170	2306	2537	2802	3139	3389	3778	4341
Και σε GWh θα έχουμε:												
GWh	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(A) Expected gross final consumption of RES for heating and cooling	12398	14758	15259	15794	16549	17108	18003	18887	19283	20085	20701	22190
(B) Expected gross final consumption of electricity from RES	5117	7839	9513	11374	13235	15212	16968	18468	20259	21899	24551	27272
(C) Expected final consumption of energy from RES in transport	12	1279	2489	3001	3489	4012	4571	5129	5652	6210	6792	7373
(D) Expected total RES consumption	17526	23842	27226	30122	33215	36262	39461	42380	45078	48055	51881	56638
(E) Expected transfer of RES to other Member States		2989	4745	5966	7978	9444	9955	9792	8571	8641	7943	6152
(F) Expected transfer of RES from other Member States and 3rd countries												
(G) Expected RES consumption adjusted for target (D)-(E)+(F)	17526	20853	22481	24156	25237	26819	29505	32587	36507	39414	43938	50486

Πίνακας 2.5.4 Συνεισφορά ΑΠΕ ανα τομέα στην ολική κατανάλωση ενέργειας

Στην συνέχεια, στους πίνακες 2.5.5, 2.5.6 και 2.5.7, παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την αναλυτική συνεισφορά κάθε τεχνολογίας ΑΠΕ στην ολική κατανάλωση ενέργειας ανά έτος και ανά τομέα καθώς και την εγκατεστημένη ισχύ της για να επιτευχθεί ο στόχος του 2020.

Στον ηλεκτρισμό

	2005		2010		2011		2012		2013		2014	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Hydro												
<1MW	26	106	29	112	30	116	31	120	32	123	33	127
1-10MW	63	218	154	593	160	617	166	641	168	647	179	689
>10MW	3018	4693	3054	4283	3054	4330	3236	4599	3396	4838	3396	4839
of which pumping	700	593	700	776	700	777	700	774	700	772	700	773
Geothermal	0		0	0	0	0	0	0	0	0	20	123
Solar:												
photovoltaic	1	0,9	184	242	357	470	531	698	778	1022	1024	1345
concentrated solar p.			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
tide,wave,ocean												
Wind:												
onshore	491	1267	1327	3129	1924	4501	2521	5838	3119	7116	3716	8427
offshore												
Biomass:												
solid			20	73	20	73	20	73	20	73	20	73
biogas	24	94	40	181	40	182	50	183	60	184	80	164
bioliquids												
TOTAL	2923	5786	4107	7838	4885	9513	5856	11379	6872	13232	7767	15215
of which CHP												

	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Hydro												
<1MW	34	131	35	135	36	139	36	139	38	146	39	150
1-10MW	185	713	191	737	197	760	197	760	210	809	216	833
>10MW	3396	4840	3396	4840	3396	4839	3396	4746	4276	5584	4276	5593
of which pumping	700	774	700	774	700	773	700	776	1580	1694	1580	1703
Geothermal	20	123	20	123	20	123	20	123	20	123	120	736
Solar:												
photovoltaic	1270	1668	1456	1913	1642	2157	1828	2402	2014	2646	2200	2891
concentrated solar p.	30	86	110	314	140	400	170	486	220	629	250	714
tide,wave,ocean												
Wind:												
onshore	4303	9674	4856	10425	5430	11538	6003	12831	6576	14790	7200	16125
offshore												
Biomass:												
solid	20	73	20	137	20	286	20	290	40	364	40	364
biogas	100	431	120	511	140	576	160	579	180	707	210	895
bioliquids												
TOTAL	8658	16967	9554	18470	10421	20259	11280	21900	12194	24552	13271	27269
of which CHP	20	73	20	73	20	73	20	73	40	147	40	147

Πίνακας 2.5.5 Συνεισφορά κάθε τεχνολογίας ΑΠΕ στον ηλεκτρισμό

Στην θέρμανση/κλιματισμό

ktoe	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Geothermal(excluding low temperature geothermal heat in heat pump applications)	10	24	21	21	22	22	23	25	28	36	43	51
Solar	101	216	226	230	260	263	271	280	302	323	341	355
Biomass:												
solid	951	1012	1035	1058	1081	1105	1128	1158	1147	1170	1189	1222
biogas												
bioliquids												
Renewable energy from heat pumps	4	17	29	48	60	81	127	161	181	199	206	279
of which aérothermal	3	14	24	39	49	66	104	132	149	163	169	229
of which geothermal	1	3	5	9	11	15	23	29	32	36	37	50
of which hydrothermal												
TOTAL	1066	1269	1312	1358	1423	1471	1548	1624	1658	1727	1780	1908
Of which DH												
Of which biomass in households	585	614	611	609	606	604	602	600	599	597	596	595

Πίνακας 2.5.6 Συνεισφορά κάθε τεχνολογίας ΑΠΕ στη θέρμανση και στον κλιματισμό

Στις μεταφορές

ktoe	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bioethanol/bio-ETBE		43	142	171	198	226	256	287	316	346	380	414
of which Biofuels		43	142	171	198	226	256	287	316	346	380	414
of which Imported	1,2	64	69	83	97	113	130	146	161	175	190	203
Biodiesel												
of which Biofuels												
of which Imported												
Hydrogen from renewables												
Renewable electricity		2,4	3,3	4	5,1	6,2	7,2	8,3	9,4	12,1	14,5	16,5
Of which road transport		0,7	0,7	0,8	1	1,2	1,3	1,4	1,6	3,3	4,5	5,1
Of which non-road transport		1,7	2,6	3,2	4,1	5	5,9	6,9	7,8	8,8	10	11,4
Others(as biogas ,vegetable oils,etc.)												
of which Biofuels												
TOTAL	1,2	110	214	258	300	345	393	441	486	534	584	634

Πίνακας 2.5.7 Συνεισφορά κάθε τεχνολογίας ΑΠΕ στις μεταφορές

Κεφάλαιο 3

EUROSTAG

3.1 Εισαγωγή

Το λογισμικό του Eurostag μπορεί να προσομοιώσει οποιοσδήποτε διαταραχές σε συστήματα διαφόρων μεγεθών και να προσομοιώνει την συμπεριφορά του συστήματος μέχρι να επανέλθει στη μόνιμη κατάσταση. Επίσης το Eurostag γενικότερα να βοηθήσει σε μελέτες όπως:

- Την εύρεση του χρόνου εκκαθάρισης σφάλματος
- Τον έλεγχο τήρησης συγχρονισμού μετά από πολλαπλές διαταραχές
- Την αυτόματη αποκοπή φορτίου
- Τον προληπτικό έλεγχο απρόοπτων ενδεχομένων για μη φυσιολογικές καταστάσεις του δικτύου
- Τον έλεγχο της συμπεριφοράς του συστήματος μας σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης ή σε περιπτώσεις ακραίων καταστάσεων του δικτύου μας όπως για παράδειγμα: η κατάρρευση τάσης, η απώλεια συγχρονισμού και ο επανασυγχρονισμός.

- Τον έλεγχο της δυναμικής ευστάθειας των μηχανών τις ρυθμίσεις τους
- Τον σχεδιασμό και τη ρύθμιση συστημάτων αυτομάτου ελέγχου όπως ο ρυθμιστής ταχύτητας , AVR ρυθμιστής αυτομάτου ελέγχου τάσης μηχανής ,μετασχηματιστές με σύστημα αλλαγής τάσης υπό φορτίο (ΣΑΤΥΦ)
- Τον σχεδιασμό τον συντονισμό και την ρύθμιση των προστασιών του συστήματος μας για εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και του συστήματος μεταφοράς
- Μελέτη πάνω σε διάφορες τεχνολογίες και βιομηχανικές μονάδες

Εν τέλει το Eurostag είναι χρήσιμο ιδιαίτερα στη μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

3.2 Γενική περιγραφή του λογισμικού Eurostag:

Το λογισμικό Eurostag βασίζεται σε ένα αλγόριθμο μεταβλητού βήματος και είναι κατάλληλο για τη μελέτη αργών μεταβολών του συστήματος καθώς και μεταβατικών φαινομένων, και έτσι είναι κατάλληλο για βραχείες μεταβολές από msec μέχρι και κάποιων sec και μεταβολών μακράς διάρκειας από κάποια sec μέχρι και κάποιες ώρες.

Το λογισμικό Eurostag γραμμένο σε Fortran 77 και C/C++ αποτελείται κυρίως από τα εξής μέρη:

- ❖ Ένα πρόγραμμα μετατροπής αρχείων δεδομένων σε διάφορες μορφές
- ❖ Ένα editor όπου υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής σχηματικά του δικτύου μας και ένα editor εισαγωγή των δεδομένων του συστήματος μας
- ❖ Ένα editor για την επεξεργασία γραφικών μοντέλων του συστήματος μας όπου μπορεί να γίνει η εισαγωγή νέων μοντέλων (macroblocks) όπως για παράδειγμα μοντέλων συστημάτων αυτομάτου ελέγχου
- ❖ Το κύριο μέρος του λογισμικού όπου μπορούμε να τρέξουμε την ροή φορτίου μας να κάνουμε τις δυναμικές αναλύσεις
- ❖ Ένα διαδραστικό γραφικό προ-επεξεργαστή όπου μπορούμε να κάνουμε ανάλυση των αποτελεσμάτων του συστήματος μας γραφικά
- ❖ Μια ενότητα όπου μπορούμε να αξιολογούμε τα αποτελέσματα μας παραμετρικά καθώς και με την βοήθεια φίλτρων και την δημιουργία πινάκων των αποτελεσμάτων μας

3.3 Περιγραφή των μοντέλων του συστήματος μας:

3.3.1 Δίκτυο

Το λογισμικό EUROSTAG χρησιμοποιεί είτε μια συμμετρική είτε μια ασύμμετρη αναπαράσταση του δικτύου μου. Οι τάσεις στους κόμβους μου περιγράφονται από τις αλγεβρικές εξισώσεις $I=YU$ όπου U είναι το διάνυσμα της τάσης των κόμβων, I είναι το διάνυσμα των ρευμάτων που εισέρχονται στους κόμβους και Y είναι το διάνυσμα του πίνακα αγωγιμότητας. AC/DC σταθμοί μπορούν να μοντελοποιηθούν επίσης στο δίκτυο μας καθώς και οι ελεγκτές τους. Υπάρχει ακόμα και ένα απλοποιημένο μοντέλο HVDC συνδέσεων στο λογισμικό μας.

Επίσης τα φορτία του συστήματος μας περιγράφονται από μια μη-γραμμική εξίσωση συναρτήσει της συχνότητας και της τάσης της μορφής:

$$P = P_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^\alpha \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^\gamma \quad \text{για φορτίο ενεργού ισχύος}$$

$$Q = Q_0 \left(\frac{U}{U_0} \right)^\beta \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^\delta \quad \text{για φορτίο αέργου ισχύος}$$

Όπου P_0 , Q_0 είναι οι τιμές που παίρνουμε από τη ροή φορτίου και α , β , γ , δ τιμές που μεταβάλλονται ανάλογα με την περίπτωση που εξετάζουμε.

3.3.2 Σύγχρονη Γεννήτρια

Οι σύγχρονες μηχανές του συστήματος μας περιγράφονται από τις κλασικές εξισώσεις του Park όπου ο δρομέας περιγράφεται από τέσσερα ισοδύναμα τυλίγματα με περιγραφή και του μαγνητικού κορεσμού και στους δύο άξονες, όπου μπορεί να ενσωματωθεί και ο μετασχηματιστής της γεννήτριας στο μοντέλο της. Επίσης όσον αφορά την μηχανική κίνηση της γεννήτριας αυτή περιγράφεται από τις εξισώσεις των περιστρεφόμενων μαζών όπου η διαφορά της μηχανικής και ηλεκτρικής ροπής ισούται με την μεταβολή της ταχύτητας περιστροφής.

3.3.3 Ασύγχρονη μηχανή

Υπάρχουν δύο μοντέλα για την ασύγχρονη μηχανή το πλήρες το οποίο λαμβάνει υπόψη τα δυναμικά των ροών του δρομέα μιας μηχανής διπλού κλωβού, το απλοποιημένο μοντέλο το οποίο αγνοεί τα δυναμικά των ροών στον δρομέα και ένα μοντέλο μηχανή διπλής τροφοδότησης το οποίο λαμβάνει υπόψη τα δυναμικά των ροών του δρομέα ενός τυλίγματος ου δρομέα. Μια ασύγχρονη μηχανή μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν γεννήτρια είτε σαν κινητήρας.

3.3.4 Μετασχηματιστές

Εδώ υπάρχουν διάφορα μοντέλα για τους μετασχηματιστές τα οποία είναι:

- ❖ Μοντέλα μετασχηματιστή δύο τυλιγμάτων με απλοποιημένα μοντέλα τα οποία είναι με ένα ιδανικό μετασχηματιστή μιας σύνθετης αντίστασης και τα λεπτομερή μοντέλα που λαμβάνουν υπόψη τις διακριτές λήψεις του M/Σ , τις απώλειες σιδήρου καθώς και τον κορεσμό του πυρήνα.
- ❖ Μοντέλα μετασχηματιστή τριών τυλιγμάτων με τις ίδιες λεπτομέρειες όπως και οι μετασχηματιστές δύο τυλιγμάτων.

3.3.5 Γεγονότα

Εδώ υπάρχουν όλα τα γεγονότα, οι χειρισμοί και οι διαδικασίες οι οποίες μπορούν να συμβούν σε μια προσομοίωση. Μπορούν να δηλωθούν στο πρόγραμμα καθώς και να προκύψουν όταν μια αυτόματη συσκευή ενεργοποιηθεί στο πρόγραμμα.

Μερικά από αυτά τα γεγονότα είναι :

- Βραχυκυκλώματα
- Κλείσιμο γραμμής και άνοιγμα
- Αποσύνδεση υποδικτύων
- Αποσύνδεση – σύνδεση γεννητριών
- Εκκίνηση ασύγχρονων κινητήρων

- Αλλαγή των ενεργών και άεργων φορτίων στους κόμβους
- Αλλαγή του σημείου λειτουργίας των ελεγκτών
- Χειρισμοί υπό τάση μετασχηματιστών με ΣΑΤΥΦ

3.3.6 Αυτόματες συσκευές

Επιτρέπουν την ενεργοποίηση γεγονότων όπως το άνοιγμα μιας γραμμής ή την αποσύνδεση μιας γεννήτριας. Υπολογίζονται μετά από το βήμα ολοκλήρωσης οι αποκρίσεις των συσκευών αυτών.

Στο λογισμικό υπάρχουν 14 τύποι αυτομάτων συσκευών οι οποίες μοντελοποιούν κυρίως συσκευές προστασίας.

3.3.7 Macroblocs

Ο χρήστης εδώ μπορεί να ορίσει τα δικά του μοντέλα για τους ελεγκτές αυτομάτου ελέγχου, τους σύγχρονους πυκνωτές με γραφικό τρόπο τα οποία αποθηκεύονται σε μια βιβλιοθήκη όπου περιέχονται και κάποια τυπικά μοντέλα: SVC, HVDC, και μοντέλα διεσπαρμένης παραγωγής.

3.3.8 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΩΝ

Για τις γεννήτριες σταθερής ταχύτητας που υπήρχαν στο σύστημα μας βάλαμε προστασίες για υπέρταση- υπόταση με όρια 1,2 και 0,8 αντίστοιχα αλλά και προστασίες για αύξηση της ταχύτητας και μείωση της ταχύτητας με όρια 52,5 και 47,5 αντίστοιχα.

Για τις καινούριες ανεμογεννήτριες που τοποθετήσαμε τεχνολογίας Double Fed Induction Generator (Ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης) θεωρήσαμε προστασίες για υπέρταση- υπόταση με όρια 1,2-0,4 αντίστοιχα εφόσον σήμερα οι καινούριες ανεμογεννήτριες οφείλουν να παραμένουν στο σύστημα μας ακόμα και με πολύ χαμηλές τάσεις. Έτσι είναι απαραίτητο οι νέες συνδέσεις αιολικών πάρκων να προβλέπουν δυνατότητα αδιάλειπτης λειτουργίας υπό χαμηλή τάση (LVRT – Low Voltage Ride Through Capability).

Κεφάλαιο 4

HVDC Διασύνδεση

4.1 Γενική περιγραφή διασύνδεσης HVDC

Στις μέρες μας μελέτες έδειξαν ότι το αιολικό δυναμικό στην θάλασσα είναι σταθερό και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας από Ανεμογεννήτριες αφού στη θάλασσα το πεδίο του αέρα είναι καθαρό εφόσον δεν επηρεάζεται από εμπόδια. Έτσι έχει αρχίσει η προσπάθεια για εκμετάλλευση αυτού του δυναμικού στη θάλασσα. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένα προβλήματα στη διαχείριση αυτής της ενέργειας. Μερικά από αυτά είναι η μεταφορά μεγάλης ποσότητας ενέργειας στη στεριά σε μεγάλες αποστάσεις όπως προβλέπεται να είναι ένα αιολικό πάρκο στα μέσα της θάλασσας χωρίς σημαντικές απώλειες από το εναλλασσόμενο ρεύμα λόγω μεγάλης χωρητικότητας των καλωδίων στη θάλασσα.

Στις μέρες μας λύση στα πιο πάνω φαίνεται να είναι η διασύνδεση των θαλάσσιων αιολικών πάρκων μέσω σύνδεση συνεχούς ρεύματος η οποία προσδίδει πολλά πλεονεκτήματα στο σύστημα στο οποίο συνδέονται. Μερικά από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι:

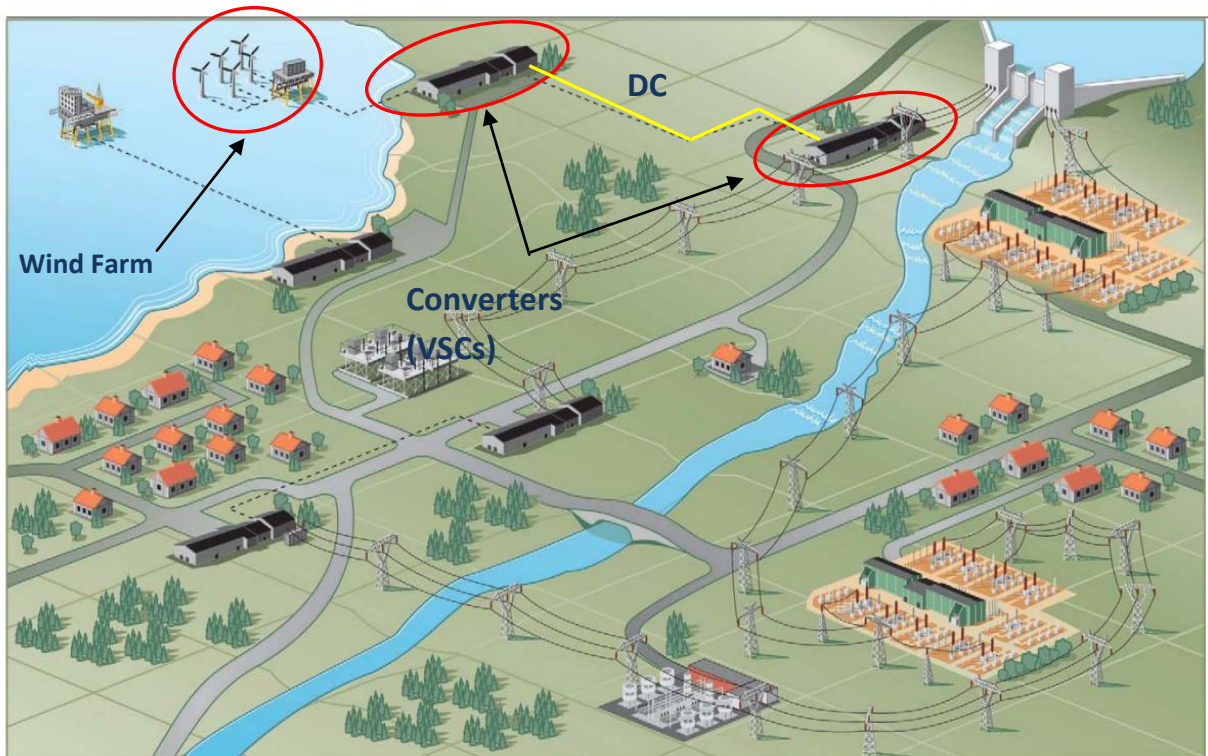
- ❖ ότι μπορεί να γίνει σύνδεση σε δύο δίκτυα τα οποία δεν είναι συγχρονισμένα ή δεν έχουν την ίδια συχνότητα, έτσι οι ανεμογεννήτριες δεν συνεισφέρουν και πολύ σε βραχυκυκλώματα στο κυρίως δίκτυο.
- ❖ Επίσης η ισχύς μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς την ανάγκη για αντιστάθμιση έργου ισχύος με διάφορα FACTS (STATCOM κτλ)
- ❖ Χρειάζονται δύο αγωγοί μόνο αντί 3 για τις φάσεις του εναλλασσόμενου δικτύου.
- ❖ Μια τέτοια σύνδεση παρέχει γρήγορο και ανεξάρτητο έλεγχο ενεργού και έργου ισχύος

Επίσης κάποια μειονεκτήματα μιας σύνδεση HVDC είναι ότι :

- ❖ Είναι πιο ακριβή επένδυση από μια διασύνδεση AC
- ❖ Η τεχνολογία HVDC VSC παρουσιάζει άλλες απώλειες λόγω των μετατροπέων, απώλειες διακοπών λόγω της διακοπτικής συχνότητας των ημιαγωγίμων στοιχείων.
- ❖ Χρειάζονται φίλτρα για να διαχειριστούν τις αρμονικές που δημιουργούνται από την μετατροπή AC/DC και αντίστροφα.

Με τα πιο πάνω βλέπουμε ότι η ευστάθεια του συστήματος μπορεί να βελτιωθεί με μια διασύνδεση HVDC, και το σύστημα μας γίνεται πιο άρωτο στα σφάλματα. Ακόμα η ποιότητα της ισχύος μπορεί να βελτιωθεί και η διασύνδεση μπορεί να συνεισφέρει στην ευστάθεια του συστήματος.

Μια τέτοια διασύνδεση μέσω θαλάσσιων πάρκων (offshore) θα μπορούσε να γίνει όπως διαφαίνεται στο σχήμα 4.1.1 παρακάτω:



Σχήμα 4.1.1

4.2 HVDC-VSC

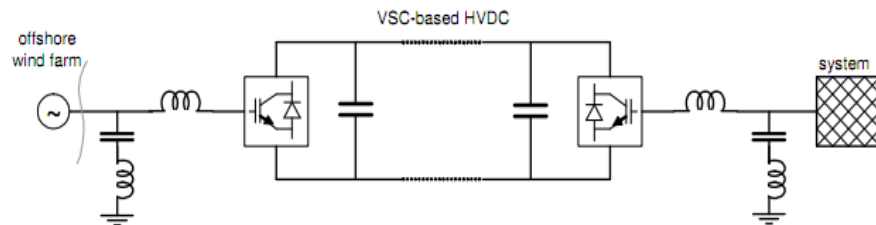
Η HVDC χρησιμοποιεί τρανζίστορ IGBT με συχνότητες 1-2 kHz με χαμηλότερη αρμονική παραμόρφωση από την HVDC-LCC διασύνδεση αλλά με μεγαλύτερες απώλειες διακοπτικές 4-5%.

Επιτρέπει τον έλεγχο της ενεργού και αέργου ισχύος ανεξάρτητα και έλεγχο της ισχύος με μεγάλη ευελιξία. Στις θαλάσσιες συνδέσεις (offshore) η άεργος μπορεί να παρέχεται από τις γεννήτριες και στις συνδέσεις στη στεριά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ρυθμίσει την τάση στο σημείο κοινής σύνδεσης ενώ η ενεργός ισχύς θα ρυθμίζει τη συχνότητα, κάτι πολύ χρήσιμο ιδιαίτερα για σύνδεση σε αδύναμο δίκτυο.

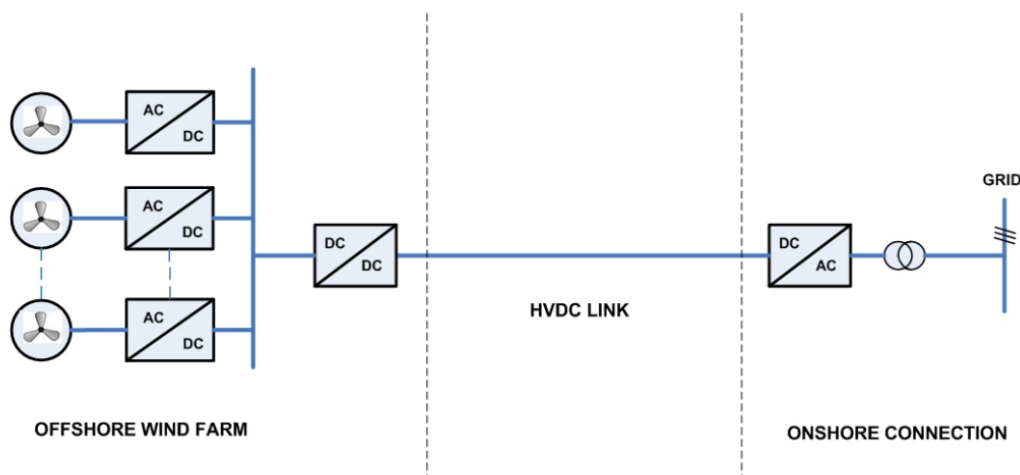
Επίσης στις συνδέσεις HVDC-VCC οι μετατροπείς μπορούν να εκκινήσουν ακόμα και σε δίκτυο με “black-out” στη άλλη μεριά, έτσι δεν χρειάζεται άλλος μηχανισμός εκκίνησης για θαλάσσιες συνδέσεις πάρκων.

Ένα σύστημα HVDC –VSC αποτελείται κυρίως από:

- Μετασχηματιστές
- HVDC-VSC μετατροπείς (offshore-onshore)
- Ac και dc φίλτρα
- Dc αντίδραση για φιλτράρισμα του ρεύματος
- DC καλώδια



Σχήμα 4.2.1 - HVDC-VSC διασύνδεση



Σχήμα 4.2.2 - Παράδειγμα διασύνδεσης Α/Γ με HVDC

4.3 HVDC-Light

Η τεχνολογία αυτή είναι ότι πιο καινούριο στην μεταφορά ισχύος με υψηλή τάση συνεχούς ρεύματος από την εταιρεία ABB. Περιέχει ότι καλύτερο στην τεχνολογία των ημιαγωγών και συγκεκριμένα στα IGBTs και βασίζεται στα VSCs δηλαδή μετατροπείς οι οποίοι έχουν στην έξοδο τους έναν πυκνωτή για να παρέχουν την σταθερή τάση τους στην έξοδο αντί για σταθερό ρεύμα. Υπάρχουν πολλοί τύποι VSCs όπως 2 επιπέδων (2-level) ο οποίος χρησιμοποιείται και περισσότερο, ουδετέρου σημείου (NPC) καθώς και πολλαπλός μετατροπέας (MLC).

Ο VSC έχει έξι(6) κλάδους οι οποίοι έχουν σε σειρά IGBTs οι οποίοι συνοδεύονται με μια δίοδο αντιπαράλληλα. Έτσι επιτρέπεται η φορά ισχύος και προς τις δύο κατευθύνσεις, άρα επιτρέπει στους VSC μετατροπείς να λειτουργούν και στα τέσσερα τεταρτημόρια ελέγχοντας και την ενεργό και την άεργο ισχύ. Με τεχνικές όπως η PWM μπορεί να μειωθεί η αρμονική παραμόρφωση στη έξοδο όσον το δυνατόν περισσότερο.

Επίσης η τεχνολογία αυτή είναι πολύ ευέλικτη σε περιπτώσεις αιολικών πάρκων όπου καινούριες μονάδες θα προστίθενται με τα χρόνια. Ακόμα πολλές περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό είναι αρκετά μακριά όπου το δίκτυο είναι ασθενές και το μέγεθος του αιολικού πάρκου περιορίζεται από την ισχύ βραχυκυκλώσεως. Ένα αιολικό πάρκο κατευθείαν στο AC δίκτυο απαιτεί μια ισχύ βραχυκυκλώσεως γύρω στο 10 για αποδεκτή λειτουργία. Με την χρήση της HVDC-Light η ισχύς βραχυκυκλώσεως δεν είναι πλέον περιορισμός.

Εφόσον οι ανεμογεννήτριες χρειάζονται άεργο ισχύ για τη μαγνήτιση τους αυτή μπορεί να παρέχεται από τους μετατροπείς άσχετα με την ενεργό ισχύ που δέχονται.

Η HVDC Light εξυπηρετεί ισχύεις μέχρι 200MW και μικρούς χρόνους διανομής της ισχύος καθώς και διπολική συνδεσμολογία έτσι ώστε να μηδενίζεται το μαγνητικό πεδίο.

4.3.1 Χαρακτηριστικά– HVDC Light

Η HVDC Light διασύνδεση ελέγχεται εύκολα και η συμπεριφορά της κατά τη μόνιμη και τη μεταβατική κατάσταση την κάνει αρκετά ελκυστική. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι κυρίως οικονομοτεχνικά καθώς και χειρισμού.

- Ανεξάρτητος έλεγχος ενεργού και αέργου ισχύος
- Τροφοδοσία παθητικών δικτύων
- Έλεγχος ποιότητας ισχύος
- Συμπαγής κατασκευή και σχεδιασμός
- Μικροί χρόνοι διανομής της ισχύος
- Αυτόματος χειρισμός
- Άτρωτη σε μεταβολές του δικτύου στο οποίο συνδέεται

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Ο έλεγχος PWM μπορεί να δημιουργήσει οποιαδήποτε τάση σε γωνία και μέτρο στιγμιαία. Έτσι η άεργος και η ενεργός ισχύς μπορεί να ελέγχεται ανεξάρτητα. Ενώ η ενεργός ισχύς είναι σταθερή η ο ελεγκτής αέργου ισχύος μπορεί να ελέγχει την τάση στο δίκτυο AC.

Η παραγωγή και η κατανάλωση αέργου ισχύος ενός HVDC Light μετατροπέα μπορεί να αντισταθμίσει τις ανάγκες του συνδεδεμένου δικτύου.

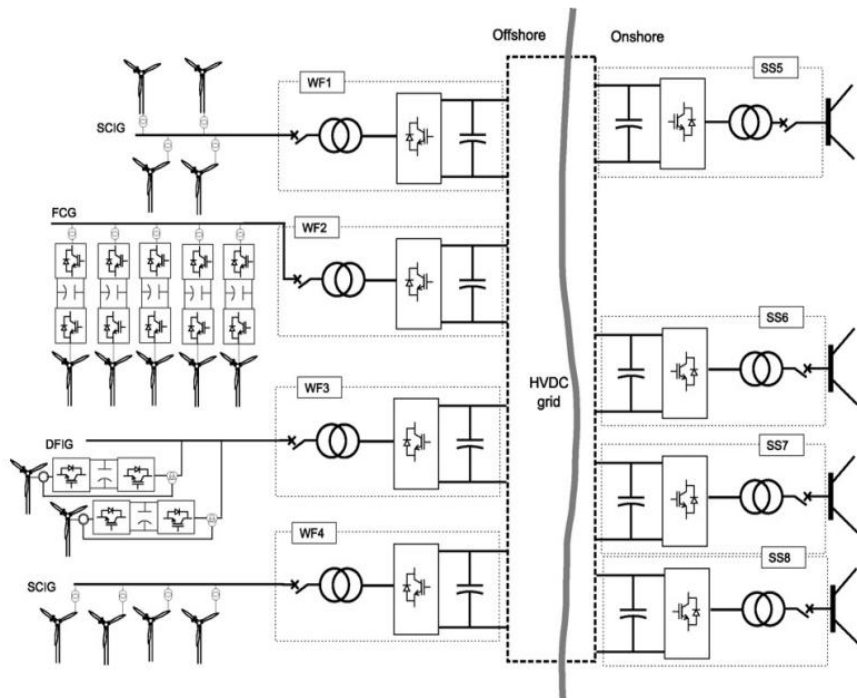
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΙΣΧΥΟΣ

Ο μετατροπέας που χρησιμοποιείται σ' αυτή την τεχνολογία έχει διακοπτική συχνότητα 2 kHz η οποία είναι 40 φορές μεγαλύτερη από αυτή ενός μετατροπέα 50 Hz. Έτσι μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη ποιότητα ισχύος όσον αφορά τα flicker, τις βυθίσεις τάσης, και τις αρμονικές τα οποία παράγονται από διαταραχές του δικτύου. Σε ένα σφάλμα όπου υπό φυσιολογικές συνθήκες θα είχαμε AC πτώση τάσης ο μετατροπέας μπορεί να βοηθήσει στην στήριξη της τάσης (AC) ώστε να αποφύγουμε τα χειρότερα και να κρατηθεί η τάση σταθερή.

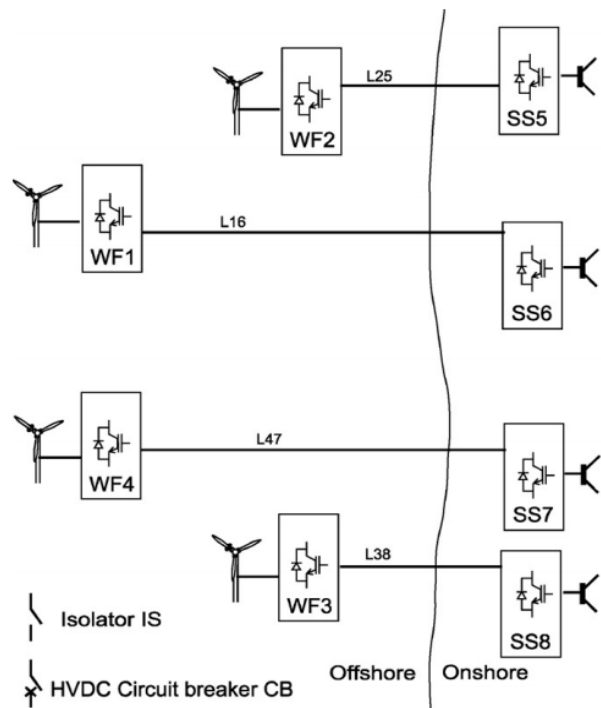
ΑΤΡΩΣΙΑ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΕ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το γεγονός ότι ο μετατροπέας μπορεί να τροφοδοτεί ένα παθητικό δίκτυο τον κάνει πολύ στιβαρό απέναντι σε μεταβολές του δικτύου εναλλασσόμενης τάσης στο οποίο συνδέεται. Αυτή η ιδιότητα είναι πολύ χρήσιμη εφόσον στο μέλλον οι μεταβολές του δικτύου θα είναι πιο συχνές από ότι τώρα οπότε η τεχνολογία αυτή είναι αρκετά υποσχόμενη.

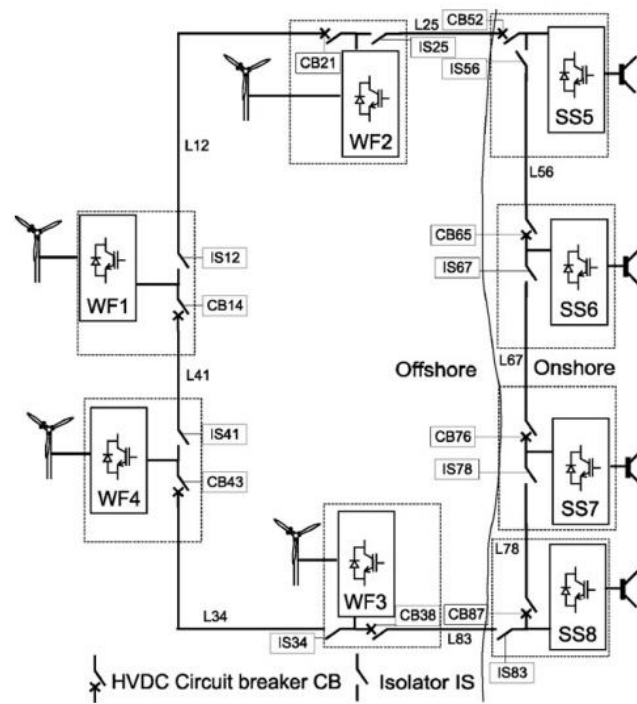
4.4 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΗVDC ΓΙΑ OFFSHORE ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ



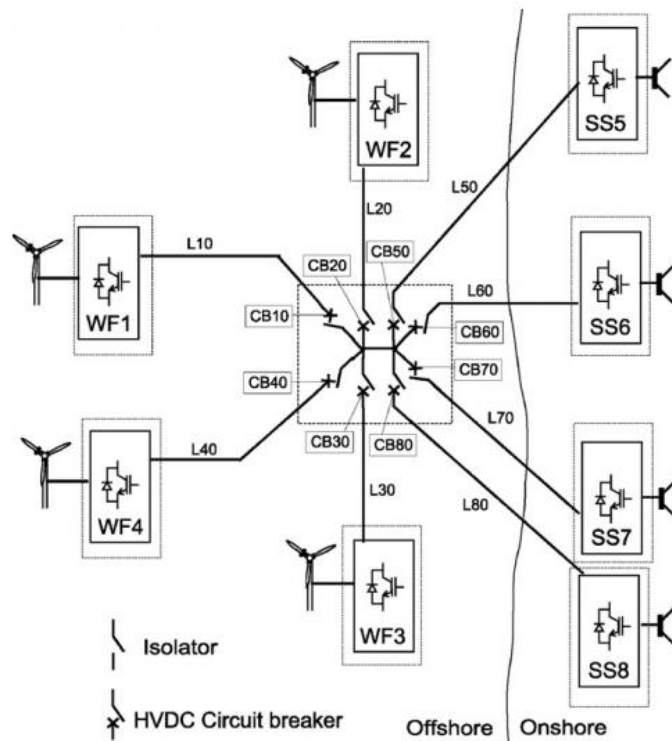
Εικόνα 4.3.1



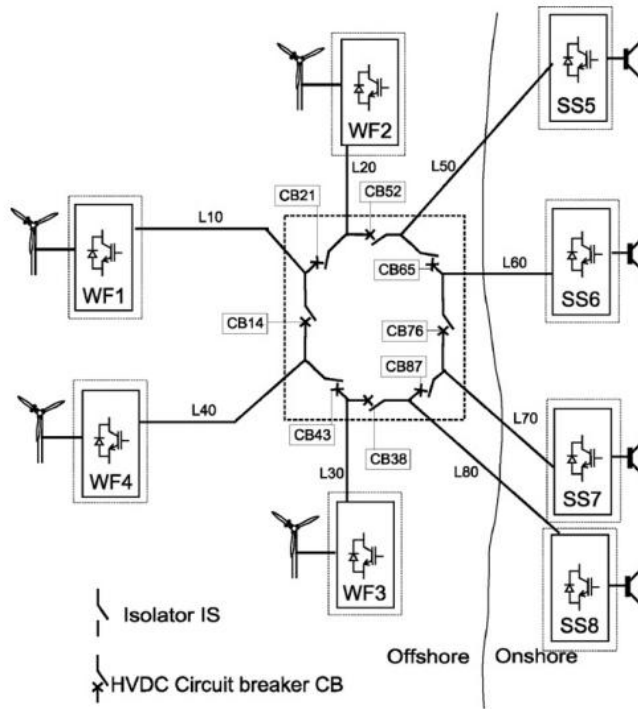
Εικόνα 4.3.2



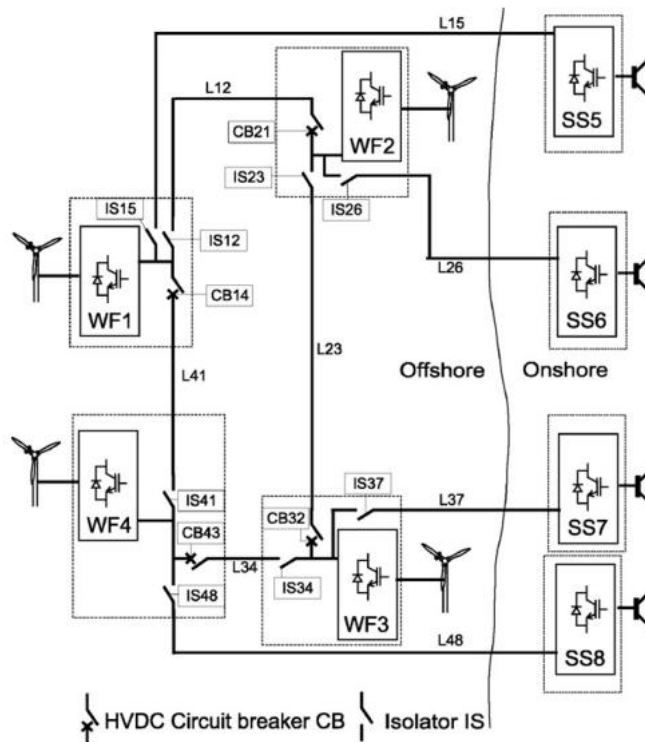
Εικόνα 4.3.3



Εικόνα 4.3.4



Εικόνα 4.3.5



Εικόνα 4.3.6

4.5 HVDC ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟ EUROSTAG

Το σύστημα Συνεχούς ρεύματος μπορεί να χωριστεί στα επιμέρους συστήματα:

- ❖ Τους σταθμούς μετατροπής και τους σχετικούς ελεγκτές
- ❖ Το σύστημα συνεχούς ρεύματος που ενώνει τους σταθμούς
- ❖ Το κύριο ελεγκτή (Master Controller) ο οποίος ελέγχει η ροή ισχύος στο σύστημα συνεχούς ρεύματος

Κάθε σταθμός AC/DC θεωρείται σαν φορτίο από το AC σύστημα όπου η κατανάλωση του θεωρείται θετική όταν ο μετατροπέας συμπεριφέρεται σαν ανορθωτής και αρνητική όταν συμπεριφέρεται σαν αντιστροφέας. Έτσι κάθε μετατροπέας αναπαριστάται σαν ένα φορτίο μέσω μιας έγχυσης ρεύματος $Ie^{j\varphi}$, όπου I και φ είναι αλγεβρικές της γωνίας έναυσης της AC τάσης του δικτύου και του ρεύματος DC I_d . Μπορούν να παραλληλιστούν ή να τεθούν σε σειρά στο DC δίκτυο.

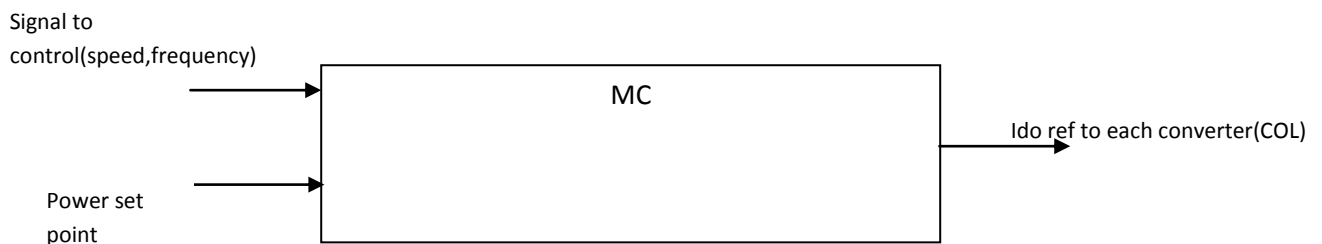
Ο κάθε μετατροπέας συνδέεται με τους ελεγκτές του οι οποίοι είναι ξεχωριστά μπλόκ διαγράμματα και για τον κάθε μετατροπέα είναι οι εξής:

- ✚ Το μοντέλο του μετατροπέα
- ✚ Ο ελεγκτής έναυσης και ρεύματος του μετατροπέα(CFCC)
- ✚ Ο περιοριστής του ρεύματος
- ✚ Ο ελεγκτής της γωνίας σβέσης των θυρίστορ (γ CONTROL)
- ✚ Ο master controller(MC)
- ✚ ελεγκτής της συχνότητας (Power Frequency controller)
- ✚ Ο ελεγκτής του μετασχηματιστή με ΣΑΤΥΦ (load tap changer controller)

4.5.1 Περιγραφή ελεγκτών

Master controller

Ο Master Controller ελέγχει τη ροή ισχύος στο DC σύστημα. Σαν είσοδο ο MC χρησιμοποιεί την ισχύ του μετατροπέα και τη συχνότητα του δικτύου μέσω του μπλόκ διαγράμματος FCONTROL. Η ισχύς του μετατροπέα μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ,έτσι έχει σαν αποτέλεσμα η έξοδος του MC, το ρεύμα IDORF να μεταβάλλεται ανάλογα με τις αλλαγές στη συχνότητα του δικτύου. Το αρχικό σημείο λειτουργίας του MC καθορίζεται από τον χρήστη κατά την αρχικοποίηση. Η έξοδος του MC είναι η είσοδος του COL .



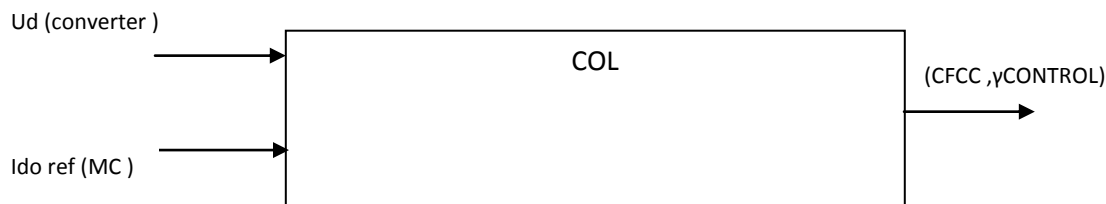
Σχήμα 4.4.1.1

FCONTROL

Με τον ελεγκτή αυτό γίνεται έλεγχος της συχνότητας του δικτύου. Χρησιμοποιεί σαν είσοδο τη συχνότητα του δικτύου το οποίο προσεγγίζεται από την ταχύτητα της κοντινότερης γεννήτριας στο δυναμικό μοντέλο. Έτσι ελέγχει τη μεταβολή της συχνότητας και δίνει στην έξοδο το σήματα DPPFC σαν είσοδο στον Master Controller το οποίο εκφράζει την αύξηση ή μείωση της ισχύος που διέρχεται από την HVDC σύνδεση.

Περιοριστής Ρεύματος (COL)

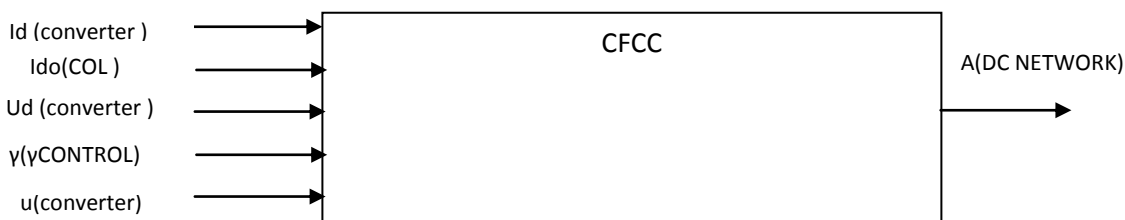
Σκοπός του είναι να διατηρήσει το ρεύμα αναφοράς IDORF όπως το δέχεται από το Master Controller και το δίνει στον CFCC σε επιτρεπτά όρια. Τα όρια IDOMIN και IDOMAX είναι μεταβλητά και μεταβάλλονται σύμφωνα με την τάση του μετατροπέα. Έτσι αν η τάση πέσει πολύ τότε το ρεύμα μπορεί να φτάσει μη επιτρεπτές τιμές. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη μέσω της παραμέτρου ONI η οποία παίρνει 0 ή 1, να δίνει τιμή στο IDO (set point του ρεύματος) χειρονακτικά αν είναι ONI=0 και αν ONI=1 υπολογίζεται από τα macroblock MC και COL.



Σχήμα 4.4.1.2

Ελεγκτής γωνίας έναυσης και ρεύματος

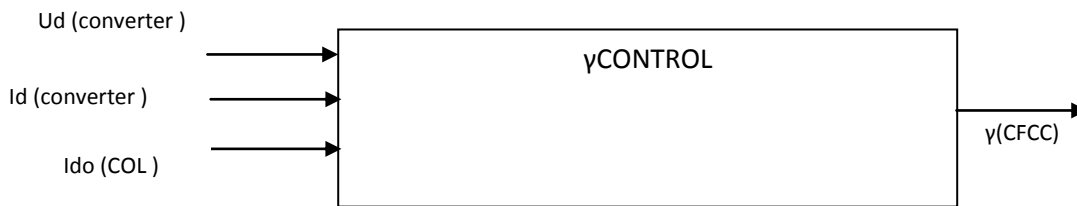
Ο ελεγκτής CFCC σκοπό έχει να υπολογίζει τη γωνία έναυσης α των θυρίστωρ. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται μέσω της σύγκρισης του IDO που έρχεται από το COL και του ID που είναι το ρεύμα του αντιστροφέα και υπολογίζεται από το μοντέλο μετατροπέα. Επίσης λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της γωνίας α και η γωνίες σβέσης γ και επικάλυψης u .



Σχήμα 4.4.1.3

Ρυθμιστής γωνίας σβέσης γ

Ο ρόλος του ρυθμιστή αυτού είναι να ελέγχει τη γωνία σβέσης των θυρίστορ και την τάση του μετατροπέα (στην πλευρά του inverter) .Επίσης είναι δυνατό να ενδυναμώνει την ρύθμιση μέσω επαναλαμβανόμενων επαναλήψεων. Ο έλεγχος επιτυγχάνεται με σύγκριση της τάσης U_d και της τάσης αναφοράς U_{do} για να υπολογίσει την γωνία σβέσης γ . Επίσης τα I_{DO} και I_D τα δέχεται από τα COL και το μοντέλο του μετατροπέα αντίστοιχα.

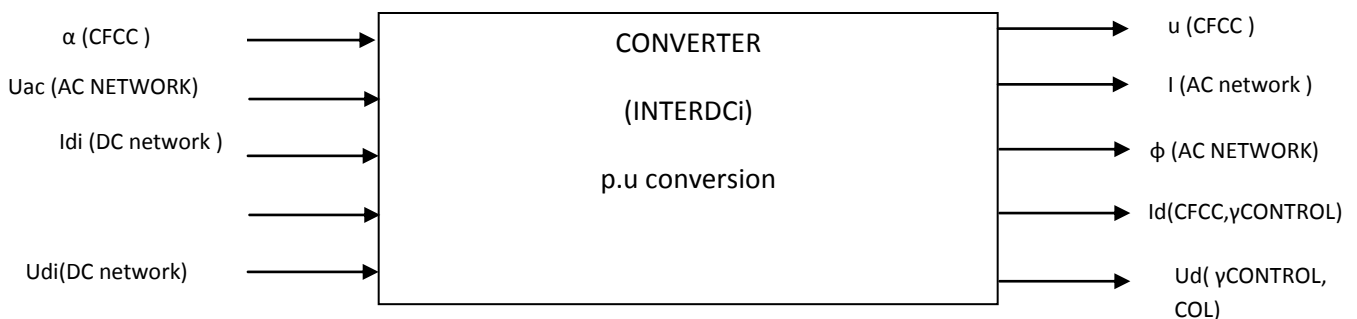


Σχήμα 4.4.1.4

4.5.2 Μοντέλο μετατροπέα

Το μοντέλο του μετατροπέα αναπαριστάται σαν φορτίο ρεύματος I-φ. Το συγκεκριμένο μοντέλο υπολογίζει το πλάτος και τη γωνία του ρεύματος του AC συστήματος σε συνάρτηση της γωνίας αγωγής α που έχει υπολογιστεί από τον ελεγκτή της γωνίας έναυσης (CFCC) την τάση U_{AC} και το DC ρεύμα που έχει υπολογιστεί από το DC δίκτυο (HVDC network).

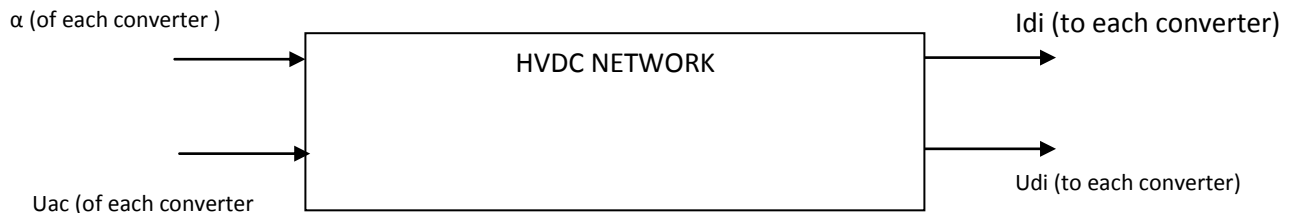
Λόγω διαφορών στα στατικά και δυναμικά μοντέλα μπορεί να προκύψουν διαφορές κατά την διαδικασία της αρχικοποίησης οι οποίες περιορίζονται σε χαμηλές τιμές γι' αυτό και στα μπλοκ διαγράμματα υπάρχουν δύο set point που ονομάζονται αναφορά και επιστρέφουν αυτές τις διαφορές. Θέτουμε αυτές τις διαφορές μηδέν πριν την προσομοίωση.



Σχήμα 4.4.2.1

4.5.3 ΔΙΚΤΥΟ HVDC

Ως δίκτυο HVDC αναφερόμαστε στο δίκτυο που συνδέει τους μετατροπείς. Με το μπλόκ διάγραμμα του DC δικτύου υπολογίζονται η τάση (U_{di}) και το ρεύμα (I_{di}) κάθε μετατροπέα από τις τάσεις AC και τις γωνίες έναυσης.



Σχήμα 4.4.3.1

4.5.4 ΡΟΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ- ΔΥΝΑΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΣΤΟ HVDC ΣΥΣΤΗΜΑ

Αρχικά πρέπει να γίνει μια ροή φορτίου με το DC σύστημα έτσι ώστε να υπολογιστούν οι λόγοι των μετασχηματιστών, και ορισμένες χρήσιμες τιμές όπως η γωνία έναυσης α και η γωνία σβέση γ των θυρίστορ. Στη συνέχεια μια δεύτερη ροή φορτίου πρέπει να υλοποιηθεί με απομάκρυνση του DC συστήματος, και με τιμές τους μετασχηματιστές να αναπαριστώνται σαν αντιδράσεις με τις ελάχιστες τιμές, επίσης ο λόγος των μετασχηματιστών λαμβάνεται από την πρώτη ροή φορτίου. Οι μετασχηματιστές αντικαθιστώνται δηλαδή από δυναμικούς εγχυτές. Οι τιμές των ισχύων που παράγουν-καταναλώνουν υπολογίζονται επίσης από την πρώτη ροή φορτίου.

Στη συνέχεια εκτελείται η δυναμική ανάλυση, με τους μετατροπείς σαν I-φ πηγές ρεύματος που ονομάζονται M22 μοντέλο μαζί με τους ελεγκτές τους, όπου ο μετατροπέας του ανορθωτή ελέγχει την ενεργό και την άεργο ισχύ και ο μετατροπέας του αντιστροφέα ελέγχει την τάση.

Κεφάλαιο 5

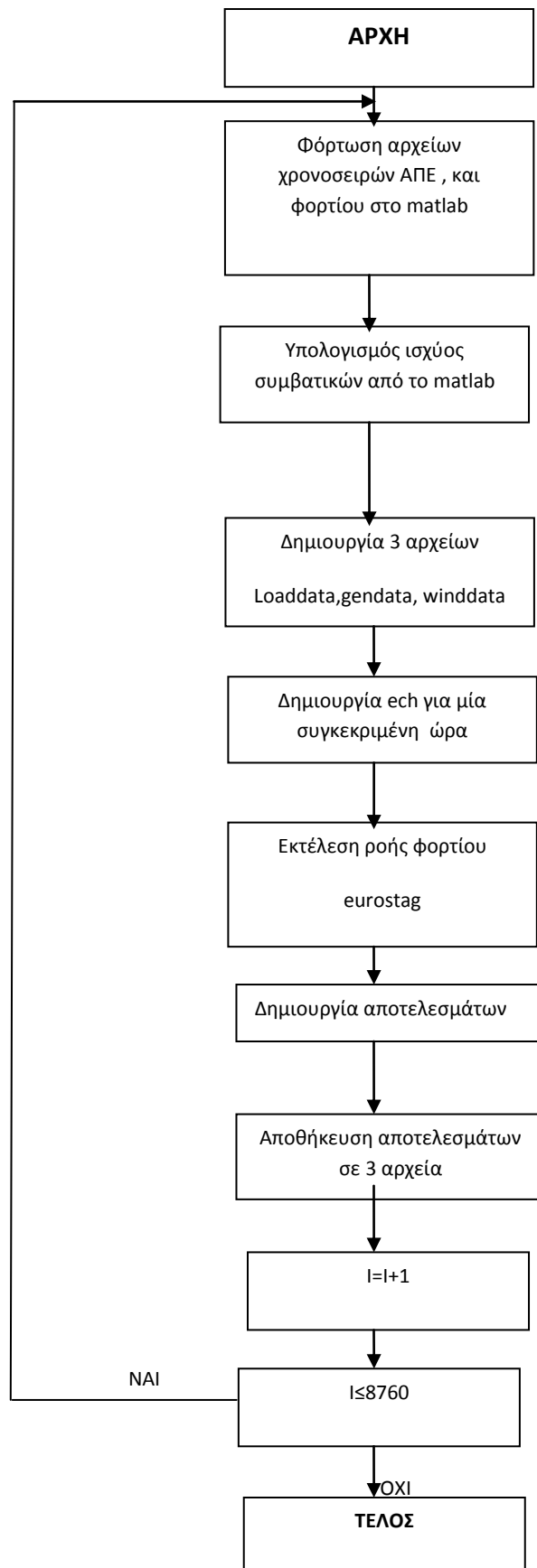
Ανάλυση στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας του ελληνικού συστήματος

5.1 Γενική περιγραφή

Αρχικά στη μελέτη του συστήματος μας στη μόνιμη κατάσταση πήραμε τις χρονοσειρές για όλους τους ζυγούς ΑΠΕ της Ελλάδας για 1 έτος και υπολογίσαμε έτσι την παραγωγή ΑΠΕ από όλους τους ζυγούς της Ελλάδας με τις τιμές που προβλέπει το Εθνικό Σχέδιο Δράσης τους Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και κλιματικής Αλλαγής, χωρίς περιορισμούς διείσδυσης αρχικά, έχοντας έτσι ένα αρχείο Excel με όλες τις τιμές ισχύος των ζυγών για 8760 ώρες. Στη συνέχεια έχοντας και τις χρονοσειρές του φορτίου της Ελλάδας, υπολογίσαμε, βάσει περιορισμών 3000MW τα οποία δεν μπορούν να διακοπούν λόγω του ότι είναι λιγνιτικές μονάδες και αφαιρώντας τα 1000MW τα οποία φεύγουν από τις διασυνδέσεις της χώρας μας, την ισχύ που θα διαμοιράζονται οι συμβατικές μονάδες της χώρας μας από την σχέση $P_{\text{synch}} = P_{\text{Load}} - P_{\text{ΑΠΕ}} - 2000$ για κάθε ώρα του χρόνου.

Εφόσον παίρνουμε την τιμή αυτή στη συνέχεια βλέπουμε από παλαιότερες μελέτες του ελληνικού συστήματος πώς η συνολική ισχύς αυτή των συμβατικών μονάδων διαμοιραζόταν στις διάφορες γεννήτριες σε περιπτώσεις με ίδια τιμή παραγωγής ισχύος από τις Συμβατικές γεννήτριες στο παρελθόν. Άρα τελικά έχουμε 3 αρχεία, τις χρονοσειρές παραγωγής από ΑΠΕ, τις χρονοσειρές φορτίου και τις χρονοσειρές παραγωγής από συμβατικές γεννήτριες για 8760 ώρες το χρόνο. Με τη βοήθεια του matlab με αυτά τα αρχεία δημιουργούμε ένα αρχείο ech το οποίο κάθε φορά τρέχουμε στο Eurostag αναδρομικά για κάθε ώρα. Παίρνουμε εν τέλει τις τιμές για τις τάσεις, τις γωνίες των τάσεων σε όλους τους ζυγούς καθώς και τις παραγωγές ενεργού και αέργου ισχύος από κάθε ζυγό τους συστήματος μας, τις διάφορες ισχύεις των γραμμών του συστήματος μας και τις τιμές των ισχύων που ρέουν στους μετασχηματιστές του συστήματος μας.

Ο αλγόριθμος υλοποίησης της πιο πάνω εργασίας στο matlab περιγράφεται παρακάτω σε μορφή *flowchart* στο διάγραμμα 5.1.1:



Διάγραμμα 5.1.1

5.2 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Τρέξαμε τη ροή φορτίου για 2880 ώρες δηλαδή για 10 μέρες κάθε μήνα, για όλο το χρόνο. Θεωρούμε ότι επαναλαμβάνεται το μοτίβο των 10 ημερών για όλο το μήνα (μέρες) οπότε τα αποτελέσματα μπορούμε να τα γενικεύσουμε με πολλαπλασιασμό επί 3.

Αρχικά παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τις τάσεις των διαφόρων ζυγών του Συστήματος μεταφοράς των 400kV μετά τη ροή φορτίου στον πίνακα 5.2.1.

Ζυγοί μεταφοράς 400kV	Μέγιστη τάση	Ελάχιστη τάση	Μέση τάση	Ωρες (h) $V_{\text{ζυγού}} \geq 420 \text{ kV}$	Ωρες (h) $V_{\text{ζυγού}} \leq 380 \text{ kV}$
10711	414,0	388,4	407,1	0	0
16011	412,4	401,3	407,0	0	0
12011	414,2	397,6	407,9	0	0
15011	412,9	401,8	407,0	0	0
15012	412,8	401,8	407,0	0	0
15013	412,8	401,7	407,0	0	0
21011	416,4	412,4	415,1	0	0
22011	415,7	412,2	415,0	0	0
23011	415,3	412,1	414,7	0	0
29511	416,7	413,0	415,5	0	0
30011	413,6	403,3	409,3	0	0
34011	415,7	405,0	411,3	0	0
43011	409,3	397,1	405,7	0	0
40011	410,0	396,5	404,4	0	0
52011	404,7	388,2	399,1	0	0
50011	404,8	388,1	398,5	0	0
51011	404,3	387,9	397,8	0	0
53011	404,9	387,8	398,1	0	0
54011	404,3	387,6	399,4	0	0
59011	405,4	387,9	404,5	0	0
59013	405,5	387,9	404,6	0	0
59012	416,6	395,2	406,9	0	0
70011	412,6	398,0	406,9	0	0
71011	422,1	405,2	416,0	84	0
64011	415,9	402,0	410,9	0	0
61011	418,8	405,5	414,0	0	0
88011	419,7	402,3	412,9	0	0
74014	407,7	391,8	401,4	0	0

Πίνακας 5.2.1 Ελάχιστη, μέση, μέγιστη τάση και ώρες εκτός επιτρεπτόν ορίων για τους των 400kV(Σ.Μ)

Από τα πιο πάνω παρατηρούμε ότι δεν παρουσιάζουν οι ζυγοί του συστήματος μεταφοράς μας ιδιαίτερα προβλήματα από υπερτάσεις δηλαδή τάσεις πάνω από $400+0,05*400=420\text{kV}$ εκτός από τον 71011 για μερικές ώρες αλλά ούτε και υπόταση δηλαδή να πέφτει η τάση κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια των $400-0,05*400=380\text{kV}$. Έτσι οι ζυγοί μεταφοράς μας εμφανίζουν επιτρεπτό επίπεδο τάσης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΤΩΝ 150kV

Αρχικά παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα για τους ζυγούς φορτίου τα οποία προέκυψαν από τη ροή φορτίου στο ελληνικό σύστημα με το λογισμικό Eurostag.

Παίρνουμε λοιπόν αρχικά τον παρακάτω πίνακα 5.2.2 με τις Ελάχιστες, Μέγιστες τάσεις, τις μέσες τάσεις καθώς και τις ώρες όπου οι τάσεις υπερβαίνουν το όριο $\pm 5\%$

Ζυγοί φορτίου	Μέγιστη τάση (kV)	Ελάχιστη τάση(kV)	Μέση τάση(kV)	Ώρες πάνω από $V_{nom}+5\%$ (157,5kV)	Ώρες κάτω από $V_{nom} -5\%$ (142,5kV)	Αρίθμηση
10631	150,1	149,5	149,9	0	0	1
42731	150,2	149,6	150,0	0	0	2
43231	150,0	149,6	149,9	0	0	3
45531	150,2	149,2	149,8	0	0	4
42931	150,9	149,0	150,2	0	0	5
50231	152,1	149,5	150,8	0	0	6
75031	154,1	149,8	151,8	0	0	7
43931	149,7	149,1	149,5	0	0	8
12931	150,5	149,3	149,9	0	0	9
14231	151,5	150,2	150,8	0	0	10
14331	150,0	149,7	149,8	0	0	11
15731	150,4	149,2	149,9	0	0	12
19231	150,7	149,7	150,3	0	0	13
32831	150,8	149,4	150,2	0	0	14
35331	150,3	149,9	150,2	0	0	15
40231	155,3	151,7	153,6	0	0	16
42231	150,6	149,0	149,7	0	0	17
34731	151,5	149,8	150,6	0	0	18
57331	151,8	149,2	150,8	0	0	19
60531	150,0	149,6	149,8	0	0	20
61631	150,5	149,3	149,8	0	0	21
65531	150,5	150,1	150,3	0	0	22
82131	150,3	149,6	150,0	0	0	23
13831	156,5	146,2	151,3	0	0	24
14131	152,9	148,6	150,9	0	0	25
15531	157,6	149,2	153,2	23	0	26
17931	159,9	152,7	156,3	778	0	27
18131	159,4	151,5	155,6	446	0	28
18231	158,8	148,8	154,8	184	0	29
32131	152,5	148,8	150,9	0	0	30
32531	156,8	148,6	152,1	0	0	31
35531	155,6	150,6	153,1	0	0	32
36431	152,9	147,3	150,0	0	0	33
58131	156,4	149,3	153,7	0	0	34
62731	152,9	149,2	151,5	0	0	35
65131	155,7	149,7	153,2	0	0	36
73331	157,8	148,5	152,7	25	0	37
84431	188,2	147,6	173,1	2073	0	38

85131	174,7	145,3	162,7	2036	0	39
85531	171,2	146,9	160,3	2089	0	40
10131	150,3	144,8	147,5	0	0	41
10231	150,2	144,2	147,2	0	0	42
10431	153,3	145,9	151,8	0	0	43
10531	150,0	146,7	148,3	0	0	44
10831	152,1	145,6	150,5	0	0	45
10931	152,6	146,3	150,9	0	0	46
11131	154,5	147,1	151,6	0	0	47
11431	152,4	144,5	149,7	0	0	48
11531	154,2	146,9	151,3	0	0	49
11631	154,5	147,0	151,4	0	0	50
11731	150,0	149,7	149,8	0	0	51
11831	157,3	148,7	152,8	0	0	52
12131	156,9	148,4	153,6	0	0	53
12431	154,3	148,7	152,2	0	0	54
12631	155,3	148,1	152,5	0	0	55
13031	154,6	143,1	149,0	0	0	56
13131	154,5	143,1	148,9	0	0	57
13331	155,3	144,4	150,0	0	0	58
13431	155,7	145,1	150,5	0	0	59
13631	156,0	146,5	151,4	0	0	60
13731	157,4	150,4	154,1	0	0	61
14031	160,0	152,9	156,5	0	0	62
14032	160,4	153,4	157,0	0	0	63
14431	160,2	153,2	156,7	0	0	64
14531	157,9	152,0	154,8	53	0	65
14532	158,1	152,3	155,2	115	0	66
14731	156,8	148,4	152,4	0	0	67
14831	153,2	140,8	146,9	0	6	68
15131	159,8	152,5	156,1	663	0	69
15231	159,8	152,6	156,3	750	0	70
15431	156,8	148,2	152,3	0	0	71
15631	151,4	148,3	150,1	0	0	72
16031	158,4	153,0	155,6	211	0	73
16131	159,7	152,4	156,0	620	0	74
16431	159,6	152,3	156,0	594	0	75
16531	156,7	149,6	152,5	0	0	76
16631	156,7	149,6	152,6	0	0	77
16732	157,7	151,5	154,4	18	0	78
17131	159,8	152,6	156,3	747	0	79
17231	159,7	152,3	156,0	0	0	80
17331	159,8	152,5	156,2	686	0	81
17431	159,6	152,1	156,0	0	0	82
17532	159,8	152,6	156,2	719	0	83
18132	159,2	151,0	155,5	380	0	84
18134	159,4	151,5	155,6	446	0	85
19031	153,9	146,7	151,2	0	0	86
19131	162,9	144,7	156,7	942	0	87
20231	151,5	147,3	150,8	0	0	88

20431	153,5	145,9	152,5	0	0	89
20631	155,5	150,0	153,4	0	0	90
20931	153,8	145,8	153,1	0	0	91
21531	154,2	145,5	152,3	0	0	92
21631	151,8	145,6	150,7	0	0	93
24531	156,9	152,3	155,5	0	0	94
24731	152,3	143,3	150,8	0	0	95
25031	158,5	153,2	156,5	37	0	96
25032	154,2	146,7	153,7	0	0	97
26631	155,8	146,3	152,4	0	0	98
26632	156,0	146,7	152,7	0	0	99
26731	156,0	146,8	152,1	0	0	100
26831	156,4	147,3	153,4	0	0	101
26931	159,2	148,5	155,8	438	0	102
27131	156,8	149,0	152,9	0	0	103
27731	154,9	147,4	153,0	0	0	104
27831	154,0	146,2	153,0	0	0	105
27931	155,1	147,7	152,9	0	0	106
28031	156,5	148,2	152,7	0	0	107
28331	155,7	146,9	151,5	0	0	108
28531	155,8	146,9	151,3	0	0	109
28631	157,5	147,4	153,6	20	0	110
28731	156,4	148,1	152,6	0	0	111
29331	153,9	149,1	151,6	0	0	112
30231	159,4	152,6	156,0	526	0	113
30232	158,5	151,8	155,0	169	0	114
30331	157,2	149,9	153,4	0	0	115
30431	157,9	151,2	154,4	48	0	116
30631	157,5	150,3	153,7	10	0	117
30731	157,5	150,4	153,8	10	0	118
30831	157,7	151,0	154,2	20	0	119
31131	156,8	148,5	152,3	0	0	120
31331	156,2	148,5	151,9	0	0	121
31531	156,9	148,2	152,1	0	0	122
31631	156,7	147,9	151,8	0	0	123
31731	158,9	149,1	153,4	92	0	124
31931	157,8	149,8	153,5	19	0	125
32231	157,5	149,9	153,5	0	0	126
32331	154,0	149,0	151,6	0	0	127
32431	156,1	149,7	152,7	0	0	128
32631	152,2	147,9	149,8	0	0	129
32731	153,4	147,9	150,4	0	0	130
33131	159,0	151,5	155,0	297	0	131
33631	151,4	149,0	150,3	0	0	132
34131	155,4	151,0	153,3	0	0	133
34431	156,9	152,2	154,7	0	0	134
35031	156,1	149,3	152,4	0	0	135
35931	159,1	148,8	153,3	108	0	136
36131	155,3	148,7	151,7	0	0	137
36531	153,1	149,3	151,3	0	0	138

37031	154,0	147,6	150,7	0	0	139
40831	154,2	149,6	151,8	0	0	140
40832	154,2	149,5	151,7	0	0	141
41131	152,2	148,6	150,2	0	0	142
41331	151,6	149,3	150,4	0	0	143
41431	152,6	147,9	149,9	0	0	144
41531	153,6	149,4	151,3	0	0	145
41631	151,6	150,0	150,8	0	0	146
41731	154,3	150,7	152,5	0	0	147
42131	150,9	147,9	149,2	0	0	148
42431	150,8	147,9	149,5	0	0	149
42631	151,1	147,8	149,3	0	0	150
42831	151,0	147,8	149,2	0	0	151
43031	152,3	149,2	151,0	0	0	152
43032	152,3	149,2	151,0	0	0	153
43531	152,3	149,1	150,9	0	0	154
44031	151,0	148,4	149,7	0	0	155
44531	153,4	147,4	150,0	0	0	156
44631	154,7	146,7	150,1	0	0	157
44632	154,7	146,7	150,1	0	0	158
45731	148,9	146,5	147,9	0	0	159
46432	153,0	151,9	153,0	0	0	160
46731	153,1	150,7	152,5	0	0	161
46931	152,5	149,7	151,7	0	0	162
47131	152,5	150,2	151,9	0	0	163
49831	150,9	148,5	149,8	0	0	164
50131	162,1	153,0	157,6	1708	0	165
50132	161,9	149,8	155,9	766	0	166
50631	161,2	148,0	154,5	469	0	167
50732	157,8	147,7	153,2	23	0	168
50831	161,3	151,0	155,9	749	0	169
50832	161,1	148,7	154,9	527	0	170
50931	161,9	149,8	155,9	756	0	171
51531	157,1	150,6	154,5	0	0	172
51732	155,2	146,7	151,4	0	0	173
51931	153,2	147,9	150,4	0	0	174
52131	158,2	150,0	154,6	81	0	175
52132	158,3	149,0	154,2	96	0	176
52431	155,8	147,6	152,4	0	0	177
52432	155,9	147,7	152,5	0	0	178
52531	155,3	149,1	152,6	0	0	179
53031	160,6	150,4	155,4	555	0	180
53032	160,6	150,4	155,4	555	0	181
53231	160,9	148,4	154,6	467	0	182
53232	161,1	150,6	155,6	696	0	183
53431	161,4	150,9	156,0	784	0	184
53531	156,1	149,0	152,4	0	0	185
53732	160,8	148,2	154,5	439	0	186
53932	160,4	150,1	155,1	496	0	187
54131	156,8	149,2	153,3	0	0	188

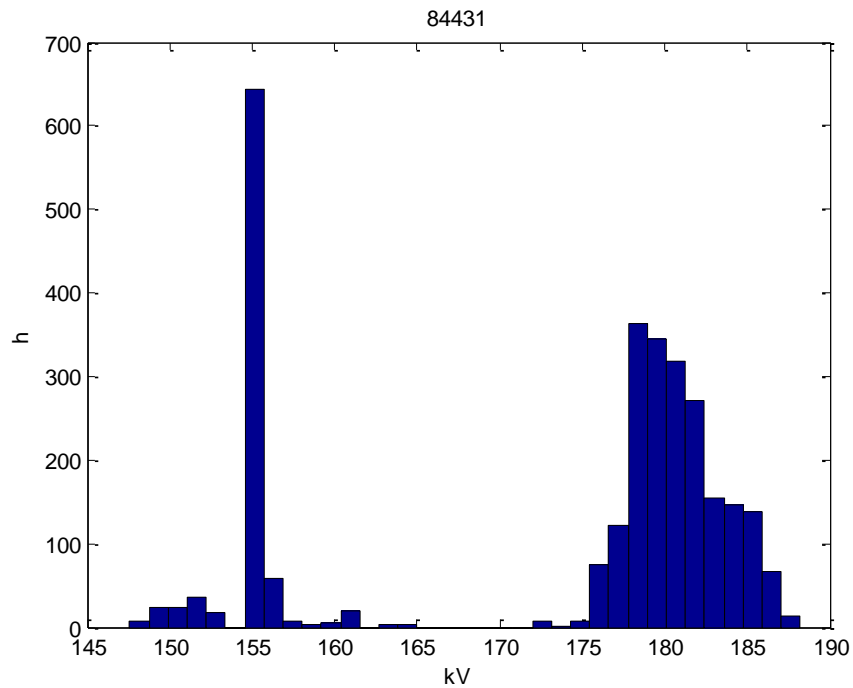
54132	156,6	150,3	153,4	0	0	189
54231	157,2	148,8	153,2	0	0	190
54431	157,6	148,4	153,3	14	0	191
54432	156,9	149,3	153,4	0	0	192
54831	156,2	148,5	152,6	0	0	193
54931	156,0	148,3	152,3	0	0	194
55131	157,2	149,0	153,2	0	0	195
55132	156,0	148,0	151,5	0	0	196
55631	156,0	149,0	152,3	0	0	197
55632	155,7	147,3	150,9	0	0	198
55731	160,4	150,0	155,0	469	0	199
55732	156,0	148,9	152,1	0	0	200
55931	157,1	148,7	153,0	0	0	201
55932	155,9	147,6	151,2	0	0	202
56031	156,1	146,4	151,7	0	0	203
56032	154,5	148,3	151,3	0	0	204
56131	157,2	148,8	153,1	0	0	205
56531	156,0	146,3	151,6	0	0	206
56632	154,5	148,1	151,2	0	0	207
56731	160,3	149,8	154,9	444	0	208
56832	156,0	146,1	151,4	0	0	209
57131	154,1	147,8	151,4	0	0	210
57431	157,3	150,9	154,7	0	0	211
57631	157,3	150,9	154,8	0	0	212
58231	156,3	149,1	153,6	0	0	213
58330	155,2	148,3	154,6	0	0	214
58431	155,2	148,2	154,6	0	0	215
59131	153,9	148,0	150,8	0	0	216
59231	154,1	148,7	151,3	0	0	217
59531	157,1	150,3	153,7	0	0	218
60031	153,9	148,5	152,7	0	0	219
60032	150,7	148,1	149,4	0	0	220
60131	151,7	147,8	150,5	0	0	221
60231	151,6	148,6	150,8	0	0	222
60431	149,9	149,3	149,6	0	0	223
60631	150,5	148,6	149,8	0	0	224
60731	151,1	148,6	150,5	0	0	225
60831	150,2	148,0	149,1	0	0	226
61031	156,9	152,0	155,2	0	0	227
61231	151,6	147,7	149,6	0	0	228
61531	150,7	148,0	149,3	0	0	229
61731	153,6	149,1	151,8	0	0	230
61831	150,7	149,1	149,6	0	0	231
62331	157,4	152,5	155,6	0	0	232
62831	153,1	149,4	151,7	0	0	233
64131	154,0	149,2	152,2	0	0	234
64231	154,1	149,3	152,2	0	0	235
64331	154,1	148,9	152,1	0	0	236
64731	152,9	148,7	151,2	0	0	237
65132	155,7	149,7	153,2	0	0	238

65231	152,3	148,9	150,8	0	0	239
65331	155,5	149,1	152,5	0	0	240
65431	153,4	147,3	150,7	0	0	241
65731	154,0	147,5	151,0	0	0	242
65831	155,4	149,1	152,5	0	0	243
69231	152,2	147,9	150,1	0	0	244
69331	150,8	147,7	149,3	0	0	245
71431	151,0	149,5	150,2	0	0	246
72031	172,5	148,3	161,2	2285	0	247
73031	171,1	148,5	157,8	1470	0	248
80031	165,3	151,9	159,7	2320	0	249
81031	157,1	149,2	154,7	0	0	250
81032	157,1	149,2	154,7	0	0	251
82231	156,6	150,5	153,5	0	0	252
82631	154,4	148,8	152,4	0	0	253
82831	157,8	149,0	154,4	57	0	254
83131	153,1	147,9	151,2	0	0	255
83231	156,2	148,6	153,7	0	0	256
84031	167,0	150,4	160,1	2152	0	257
85231	177,6	145,3	164,7	2042	0	258
85431	169,7	147,3	159,7	2078	0	259
86231	172,5	146,4	160,3	2120	0	260
86331	173,3	146,9	161,0	2169	0	261
86431	173,0	146,4	160,5	2140	0	262
86531	171,7	146,5	160,0	2102	0	263
87231	160,2	150,3	156,4	1037	0	264
87431	160,7	147,8	155,8	798	0	265
89331	167,8	148,2	159,1	2032	0	266
97432	160,4	150,1	155,1	499	0	267
97632	160,5	150,1	155,1	501	0	268
97931	157,6	148,5	153,3	14	0	269
97932	157,6	148,5	153,4	14	0	270
99331	152,2	148,7	150,3	0	0	271
99431	153,6	148,8	151,0	0	0	272
99631	154,6	149,9	152,5	0	0	273
99731	152,0	148,6	150,1	0	0	274

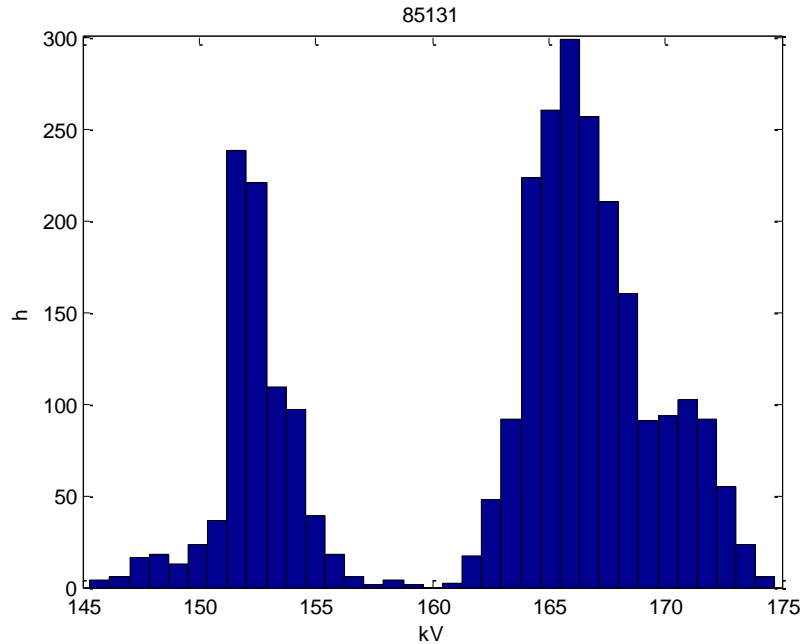
Πίνακας 5.2.2 Ελάχιστη, μέση, μέγιστη τάση και ώρες εκτός επιτρεπτών ορίων για τους των 150kV(Σ.Μ)

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι 74 ζυγοί υψηλής τάσης (150kV) εμφανίζουν υπερτάσεις. Για τους κρισιμότερους από αυτούς τους ζυγούς που εμφανίζουν υπερτάσεις, δηλαδή γι' αυτούς που έχουν τάσεις μέχρι και τιμές μεγαλύτερες του $1,1 * V_{nom}$ παρουσιάζουμε τα ιστογράμματα των τάσεων όπου διαφαίνονται οι τάσεις στον οριζόντιο άξονα και στον κατακόρυφο ο αριθμός των ωρών που αντιστοιχούν στην κάθε τάση, Παίρνουμε λοιπόν:

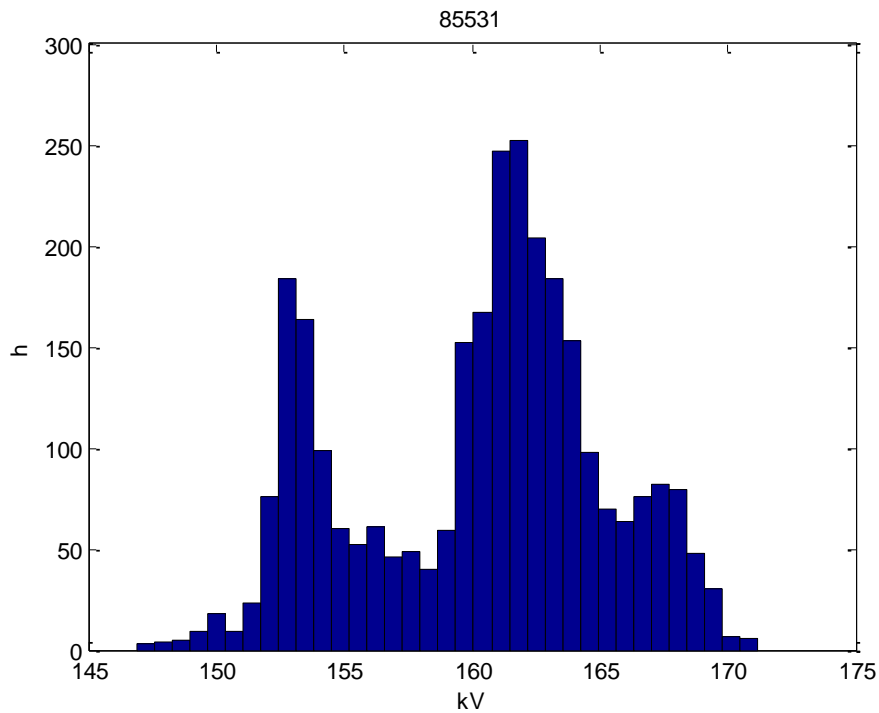
ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΖΥΓΟΙ ΜΕ ΥΠΕΡΤΑΣΕΙΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ $V > 1,1 \cdot V_{nom}$ (165kV)



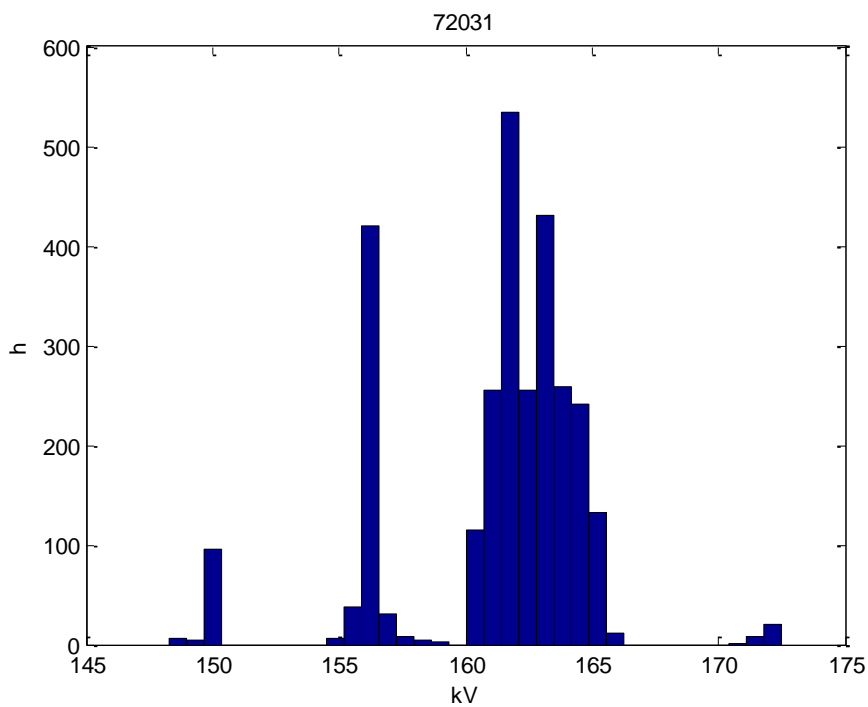
Ιστόγραμμα 5.2.1- Τάση στο ζυγό 84431



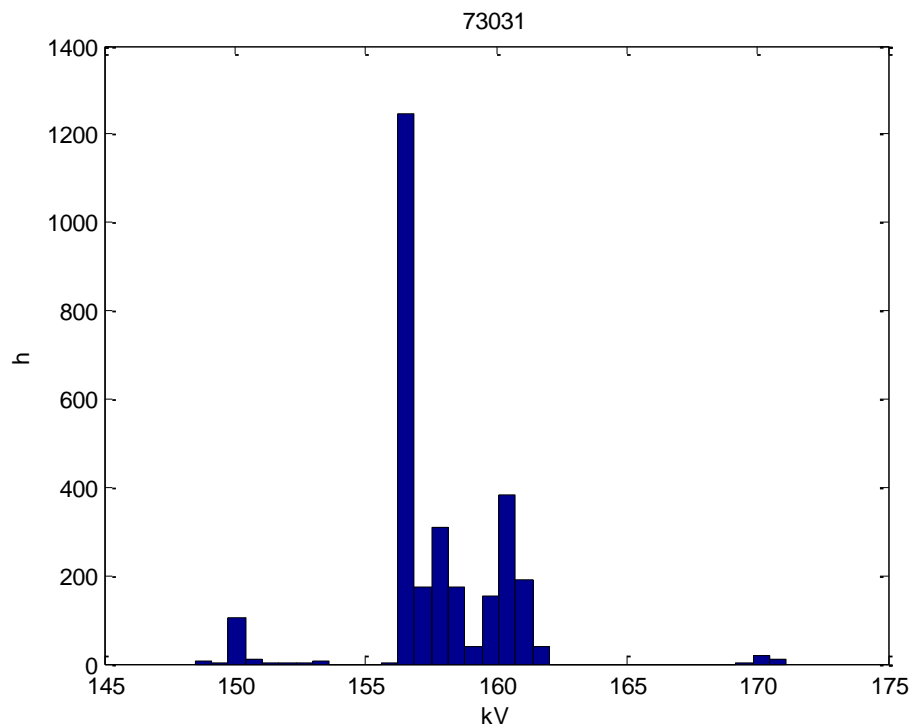
Ιστόγραμμα 5.2.2 – Τάση στο ζυγό 85131



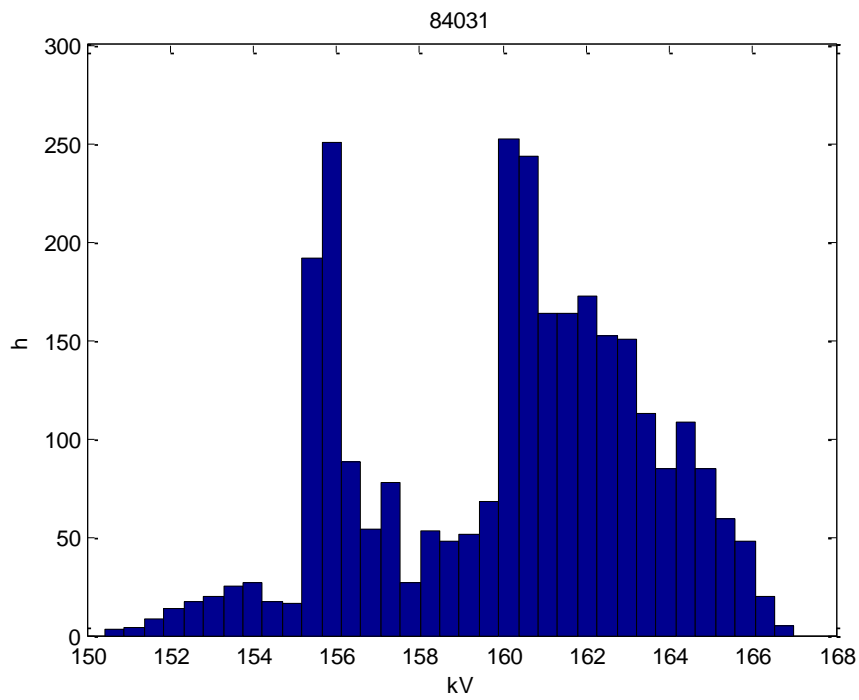
Ιστόγραμμα 5.2.3 – Τάση στο ζυγό 85531



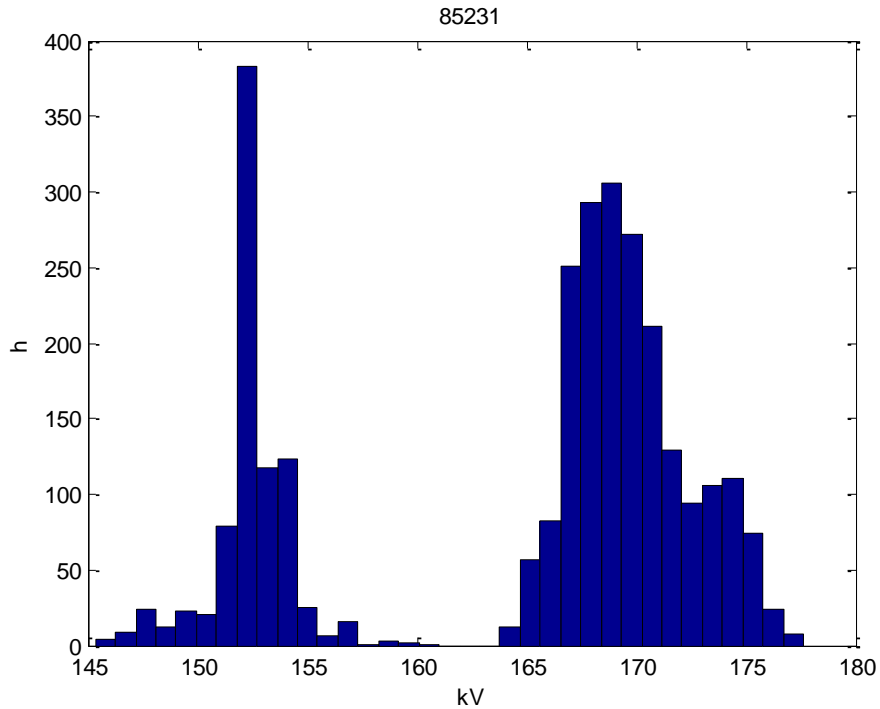
ιστόγραμμα 5.2.4 – Τάση στο ζυγό 72031



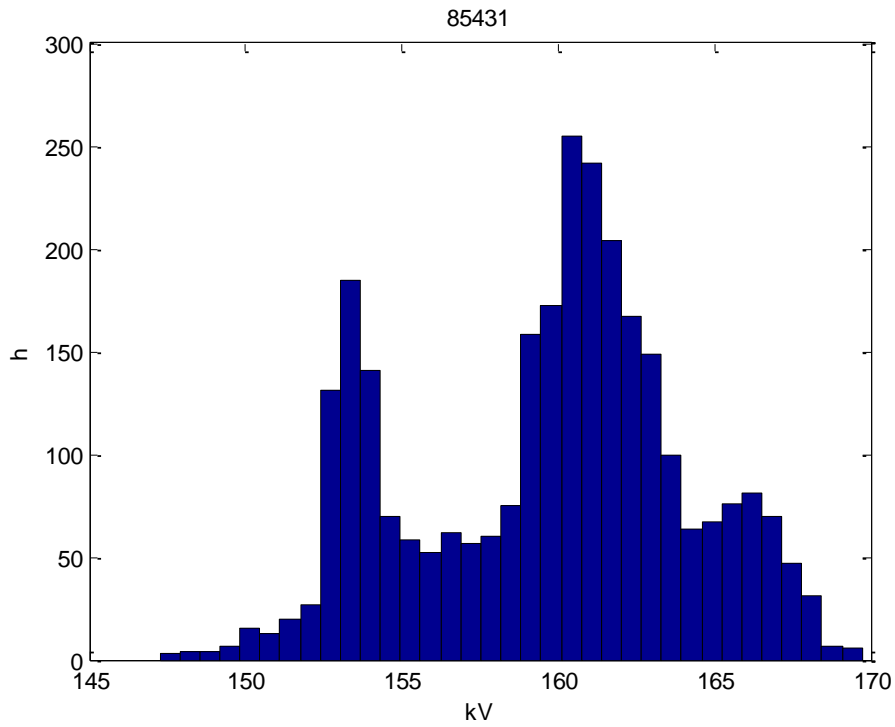
Ιστόγραμμα 5.2.5 –Τάση στο ζυγό 73031



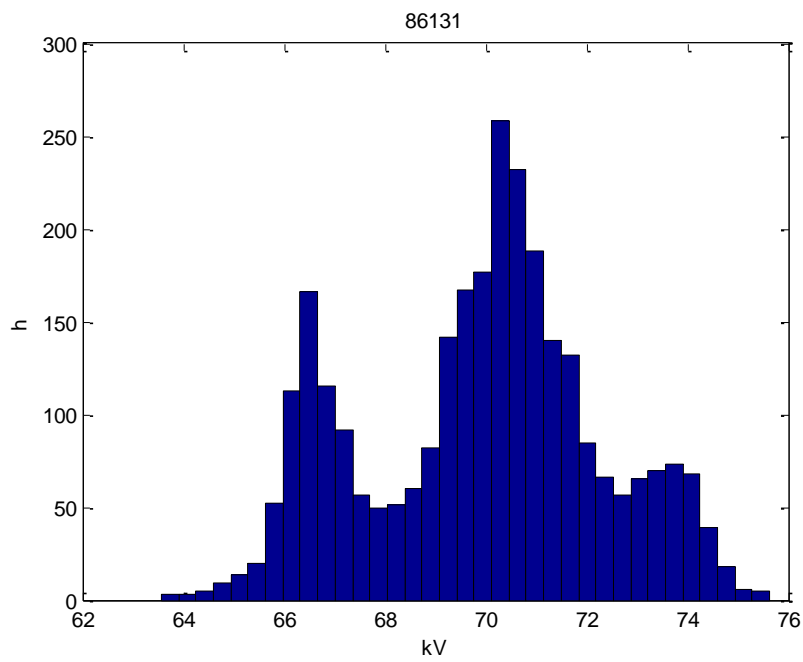
Ιστόγραμμα 5.2.6 – Τάση στο ζυγό 84031



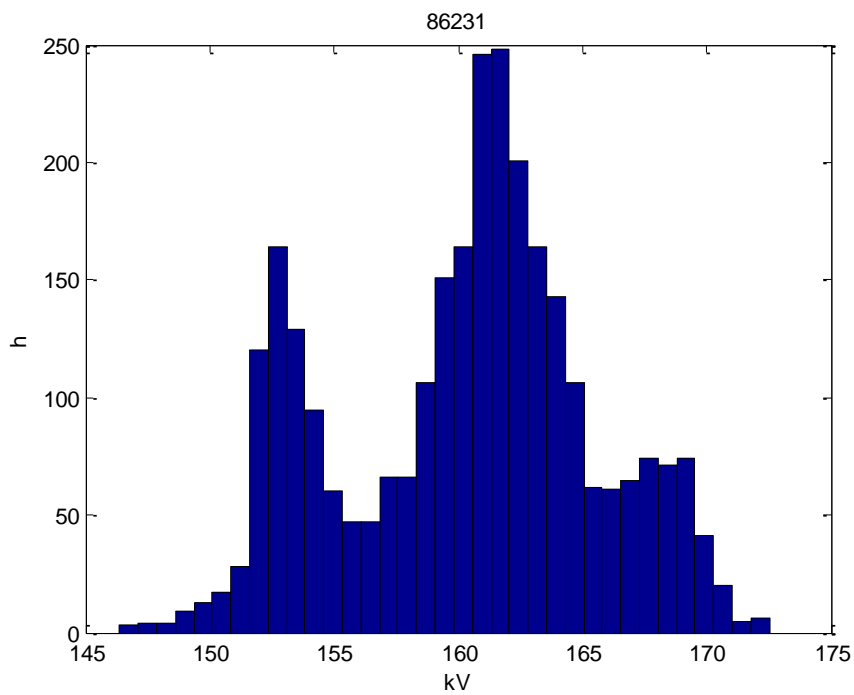
Ιστόγραμμα 5.2.7 – Τάση στο ζυγό 85231



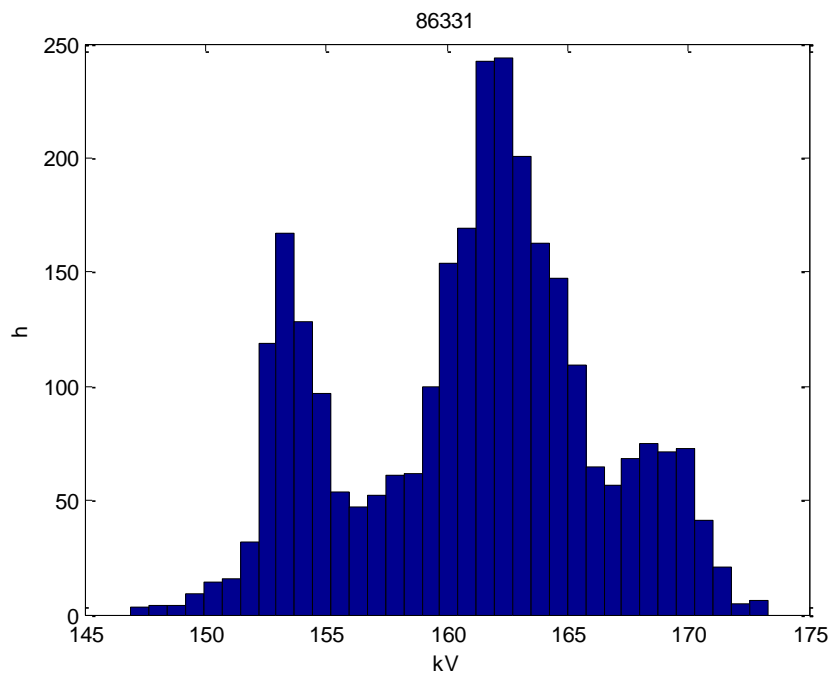
Ιστόγραμμα 5.2.8 – Τάση στο ζυγό 85431



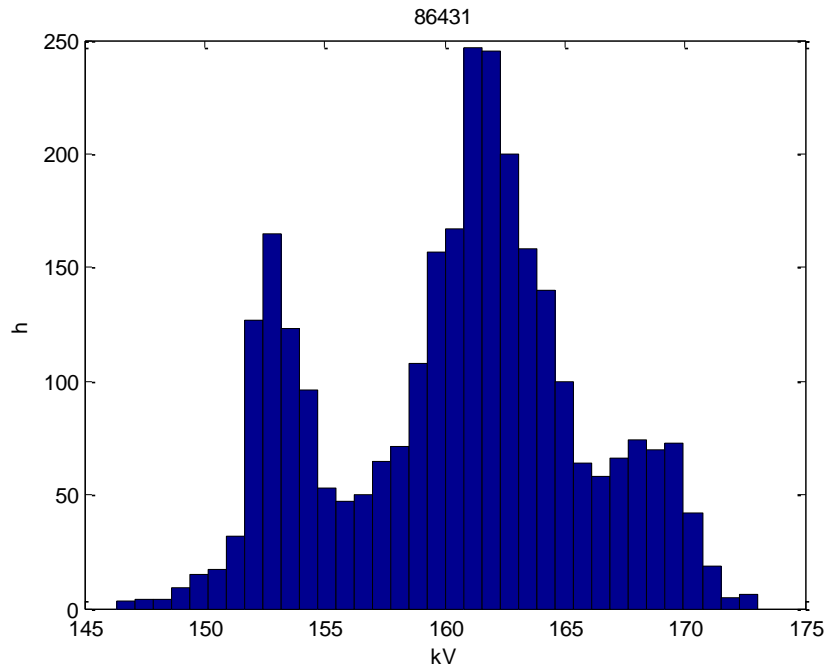
Ιστόγραμμα 5.2.9 – Τάση στο ζυγό 86131



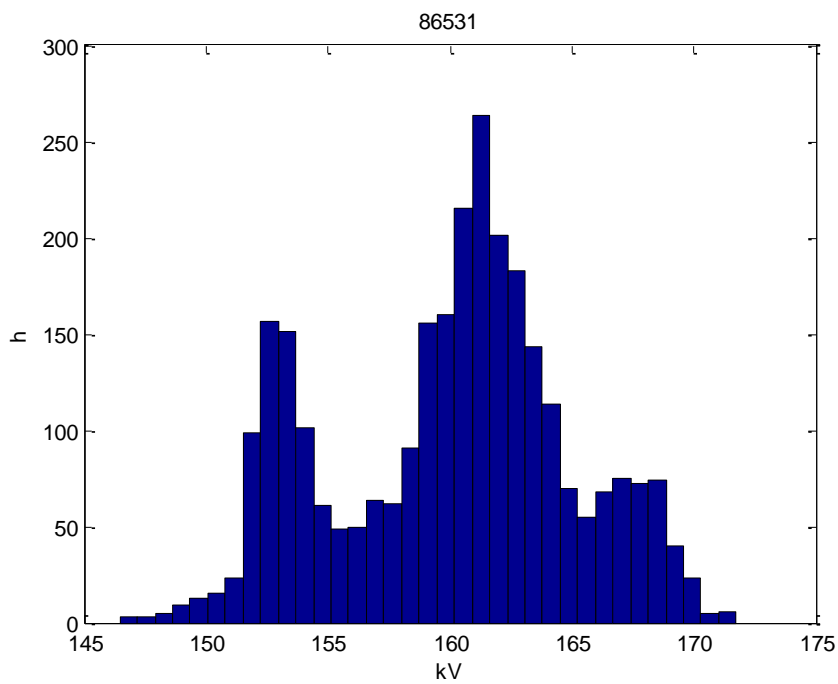
Ιστόγραμμα 5.2.10 – Τάση στο ζυγό 86231



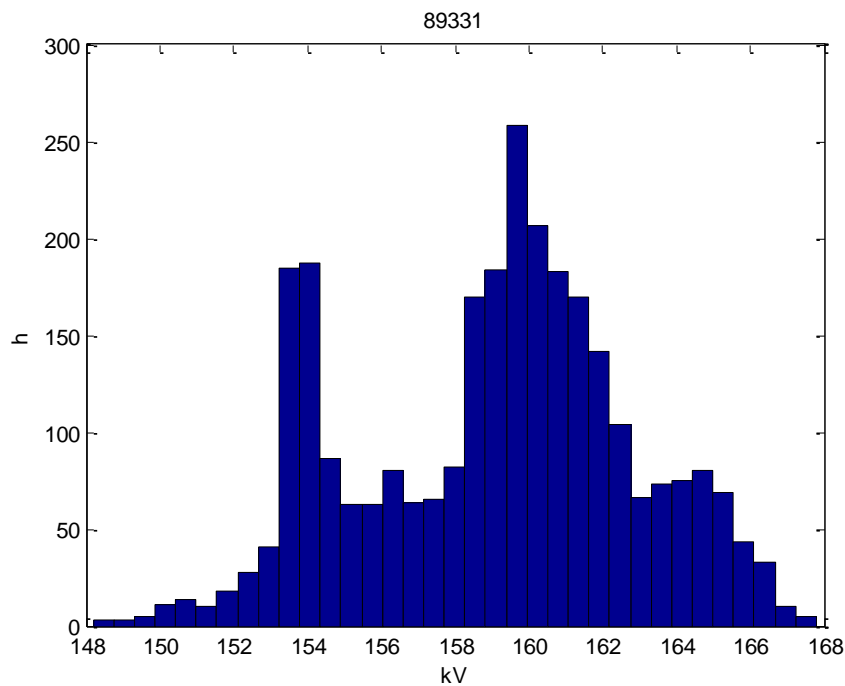
Ιστόγραμμα 5.2.11 – Τάση στο ζυγό 86331



Ιστόγραμμα 5.2.12 – Τάση στο ζυγό 86431



Ιστόγραμμα 5.2.13 – Τάση στο ζυγό 86531



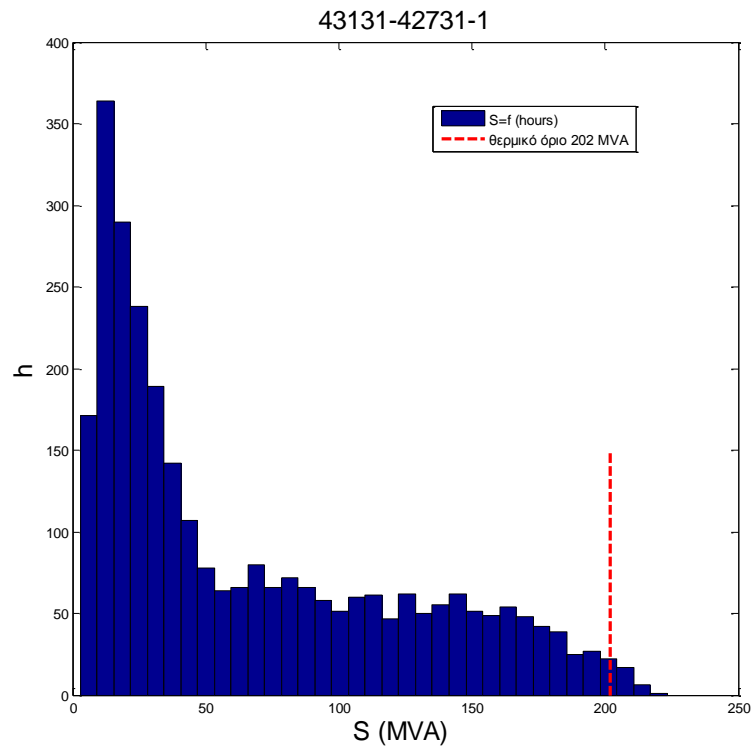
Ιστόγραμμα 5.2.14 – Τάση στο ζυγό 89331

5.2.1 Αποτελέσματα: Ροή ισχύος στις γραμμές του ελληνικού συστήματος μετά από τη ροή φορτίου

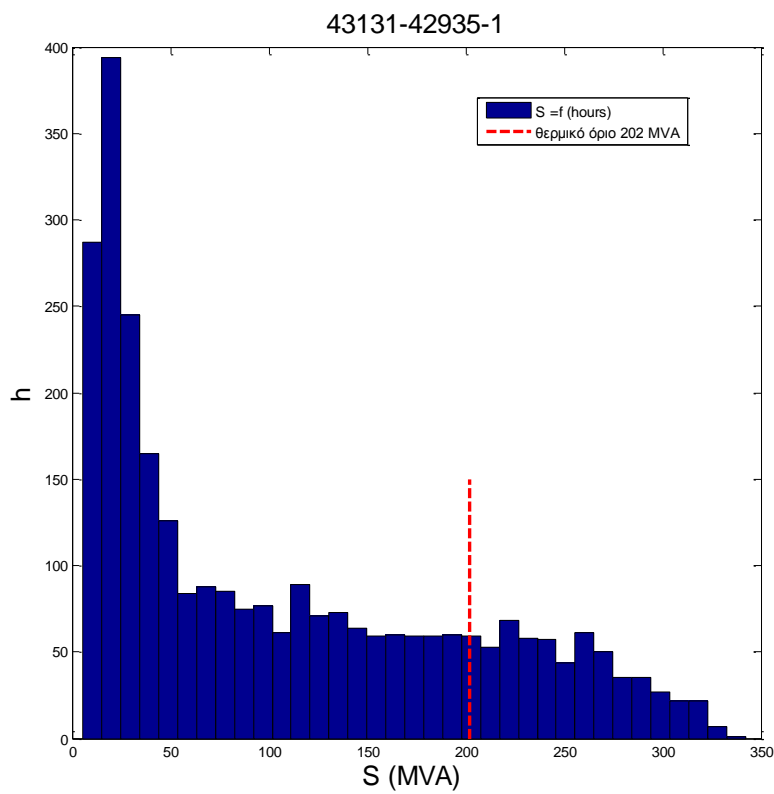
Από τη ροή φορτίου πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα για τις ισχύεις που διακινούνται στις γραμμές του συστήματος, συγκεκριμένα τα MVA που έχουμε στις διάφορες γραμμές του συστήματος μας.

Επίσης παρουσιάζουμε τα διάφορα θερμικά όρια αντοχής των γραμμών και εξετάζουμε τις περιπτώσεις που τα MVA της ροής φορτίου υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα αυτά όρια.

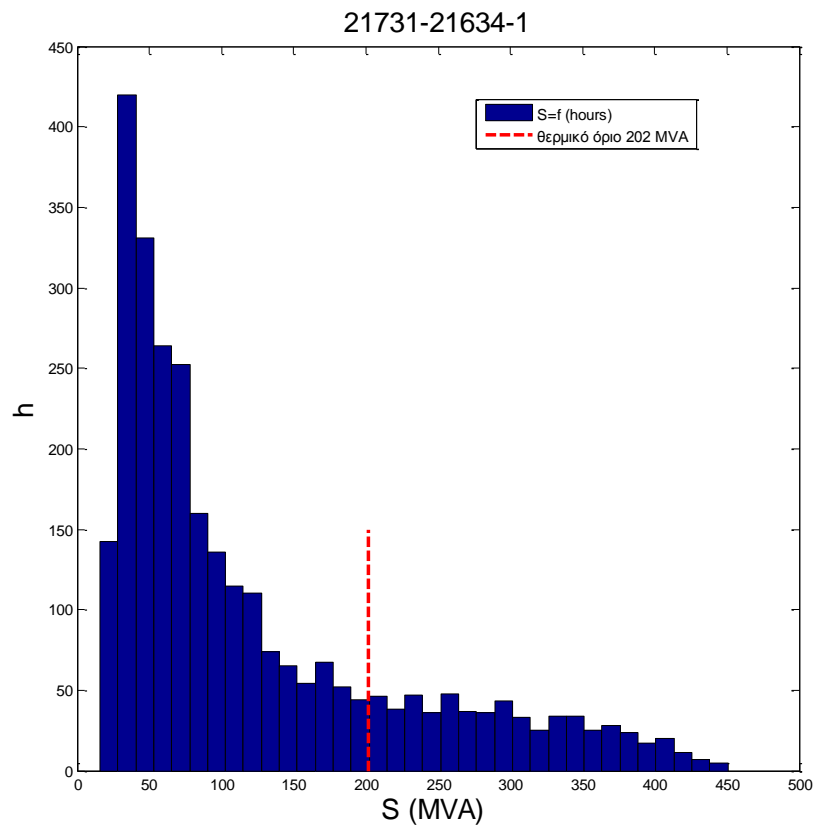
Παρουσιάζουμε παρακάτω τα διάφορα ιστογράμματα με τις ισχύεις των γραμμών μεταφοράς που υπερβαίνουν τα θερμικά τους όρια, τα οποία επίσης διαφαίνονται.



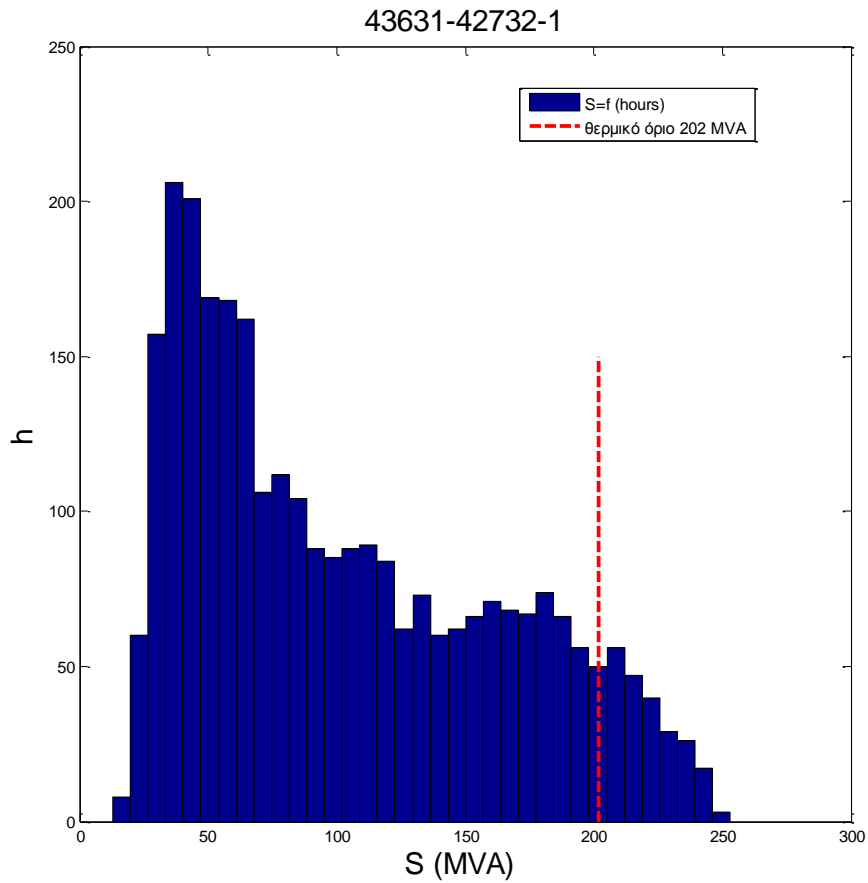
Ιστόγραμμα 5.2.1.1 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 43131-42731-1



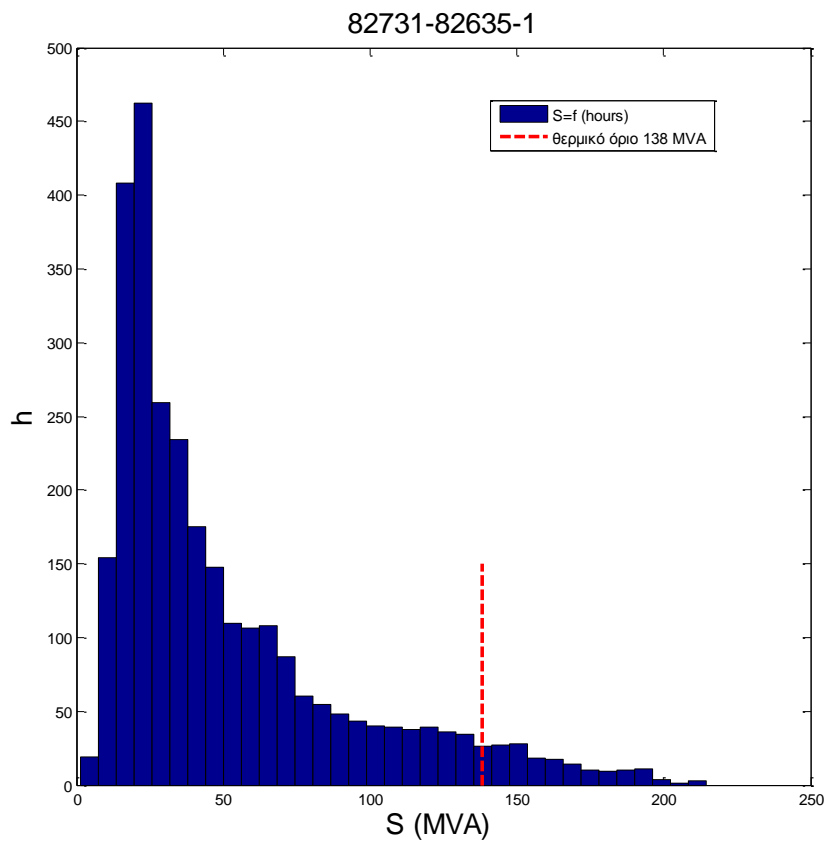
Ιστόγραμμα 5.2.1.2 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 43131-42935-1



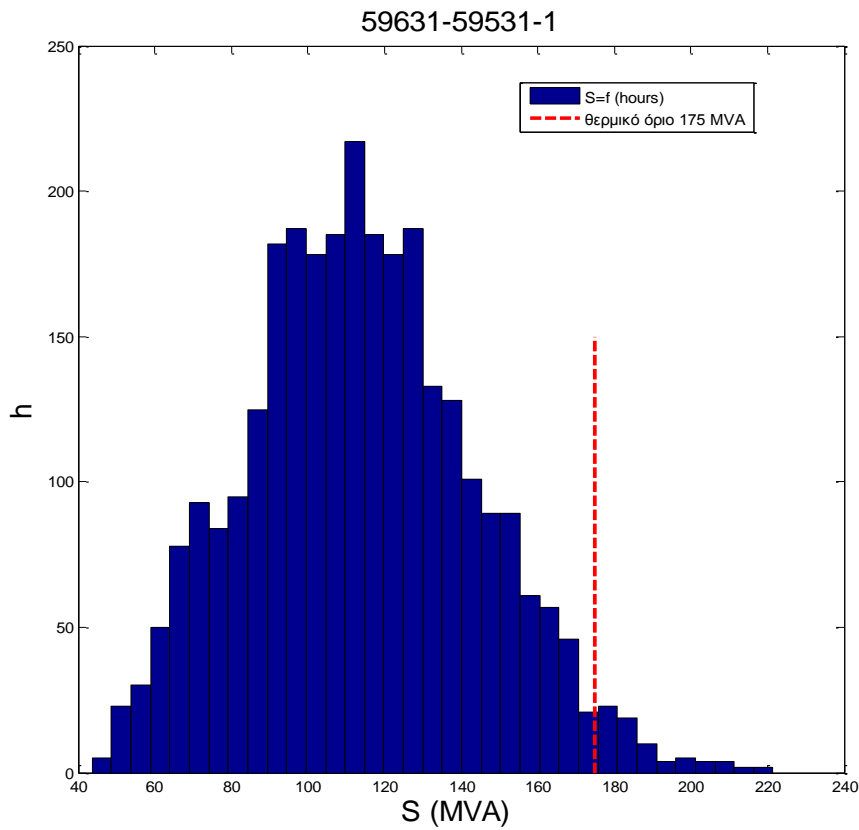
Ιστόγραμμα 5.2.1.3 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 21731-21634-1



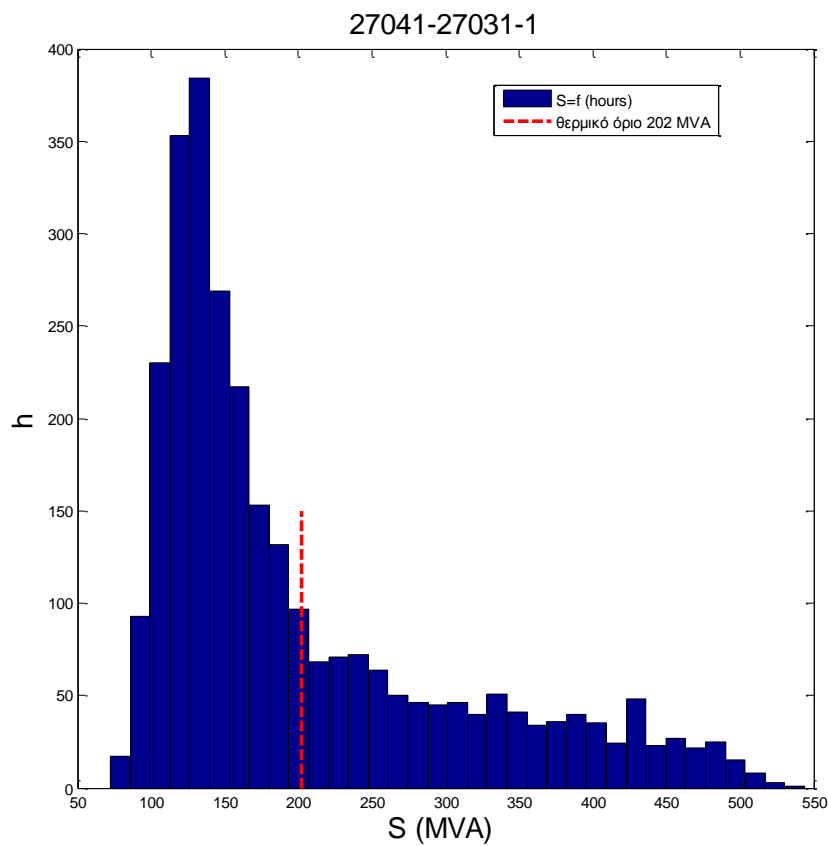
Ιστόγραμμα 5.2.1.4 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 43631-42732-1



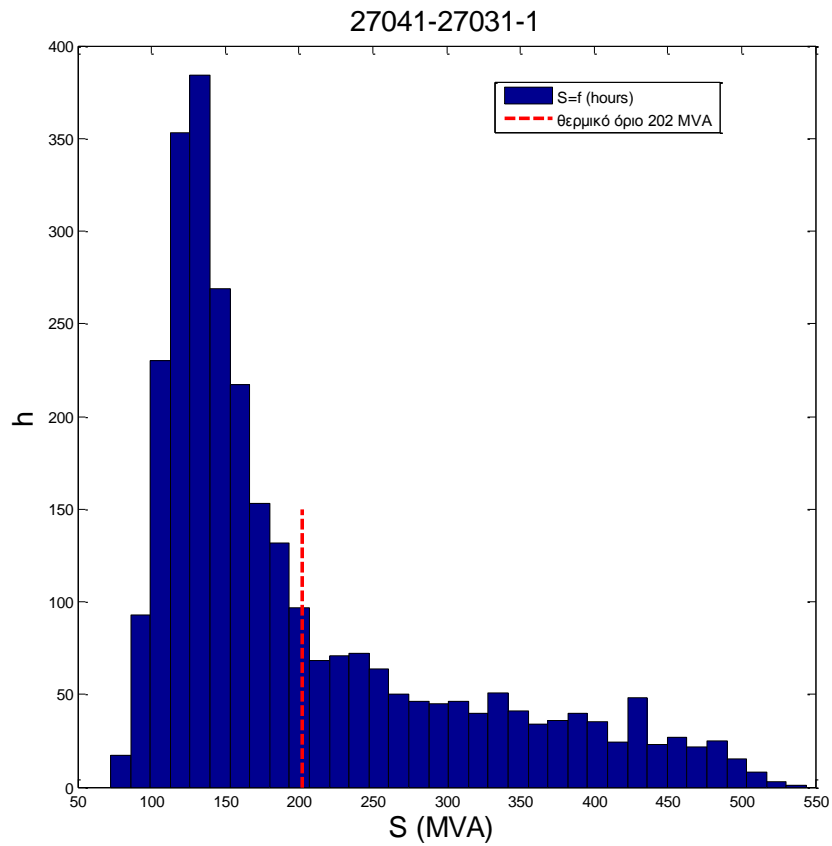
Ιστόγραμμα 5.2.1.5 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 82731-82635-1



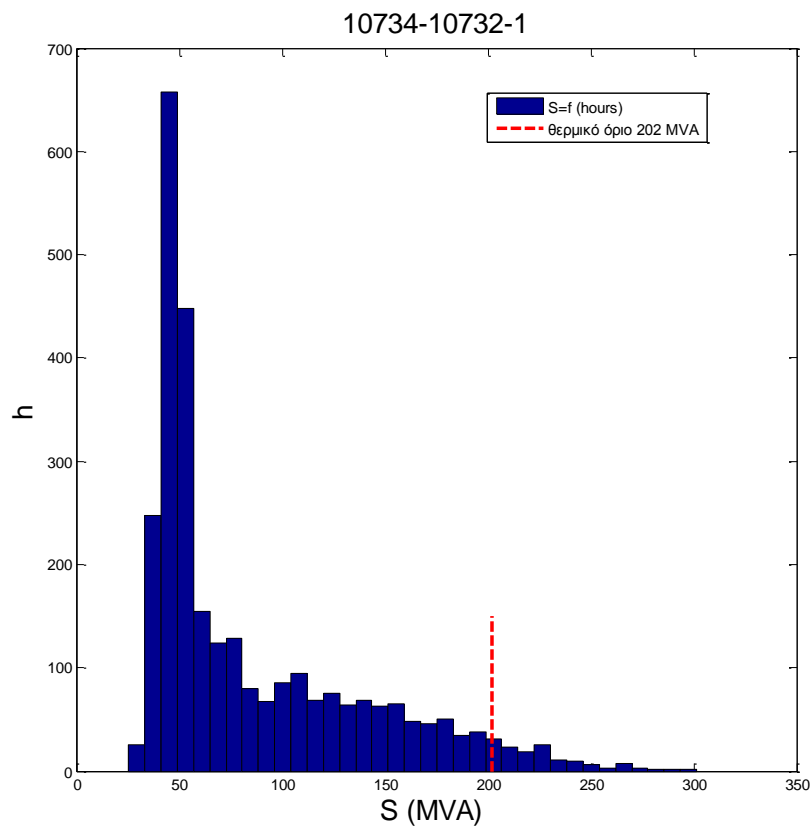
Ιστόγραμμα 5.2.1.6 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 59631-59531-1



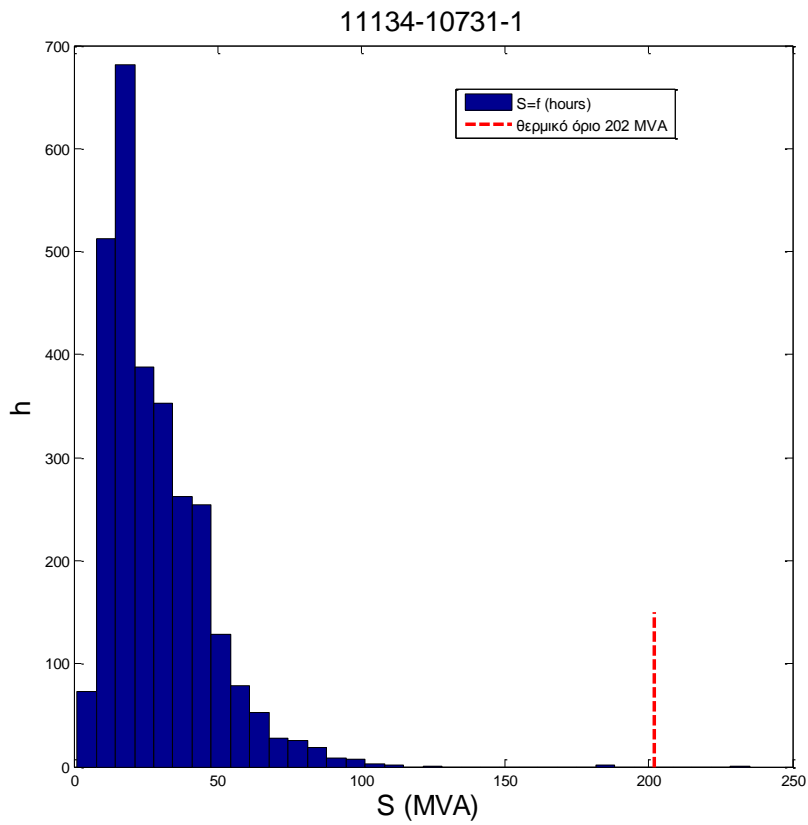
Ιστόγραμμα 5.2.1.7 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 27041-27031-1



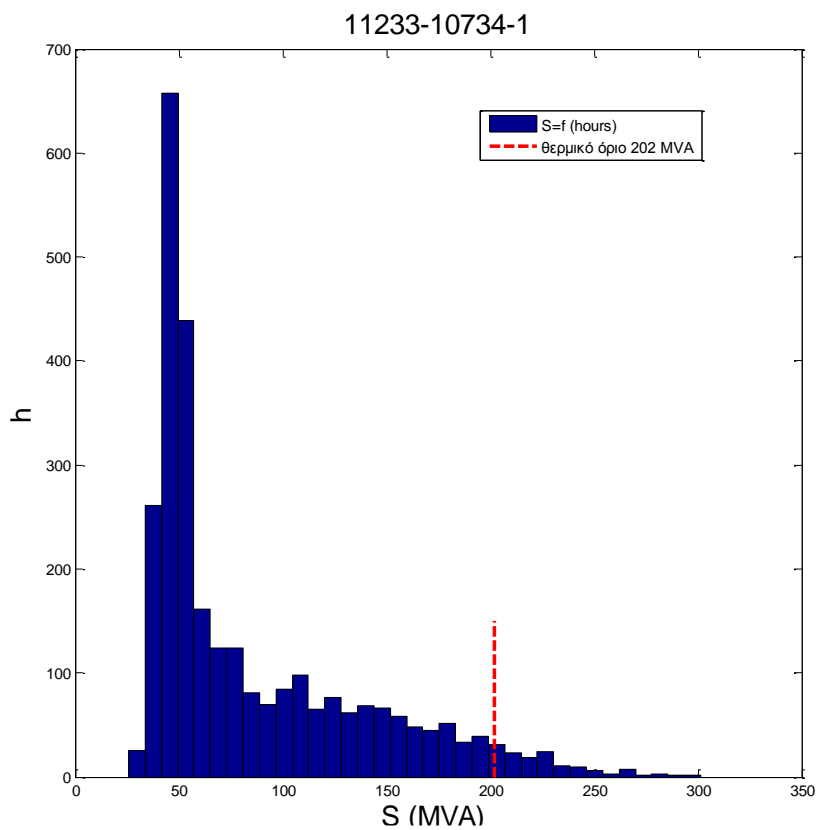
Ιστόγραμμα 5.2.1.8 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 27041-27031-1



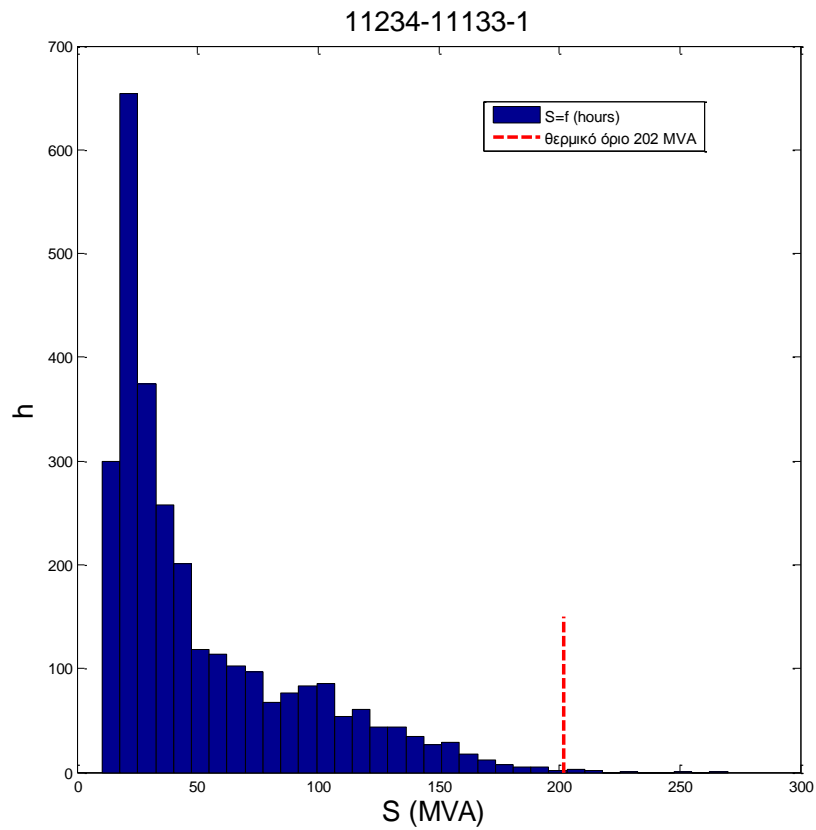
Ιστόγραμμα 5.2.1.9 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 10734-1732-1



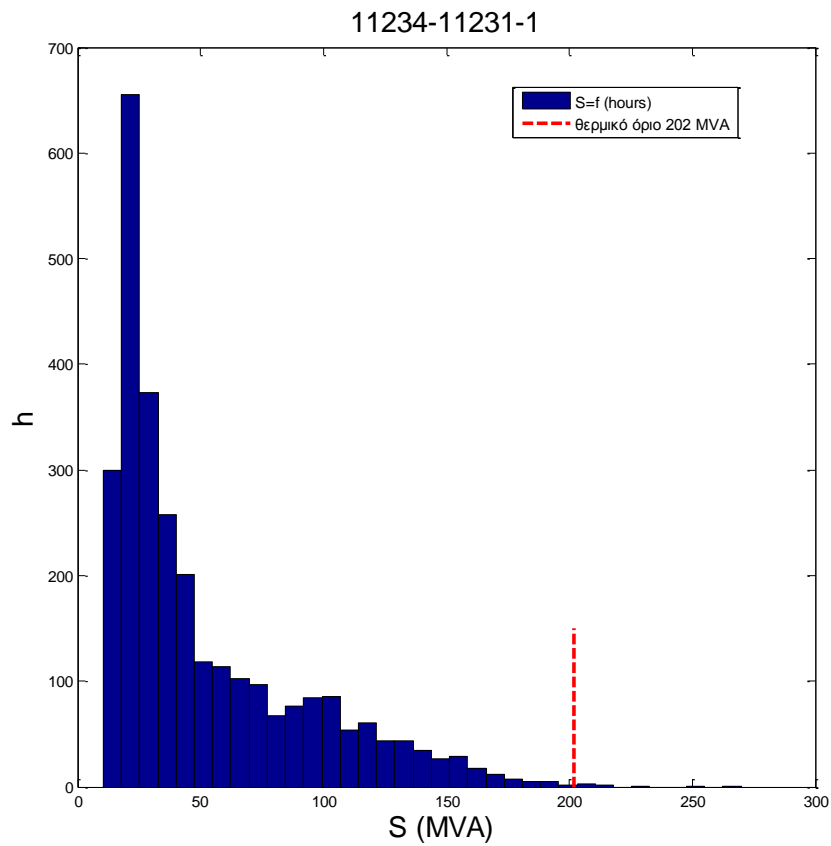
Ιστόγραμμα 5.2.1.10 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 11134-10731-1



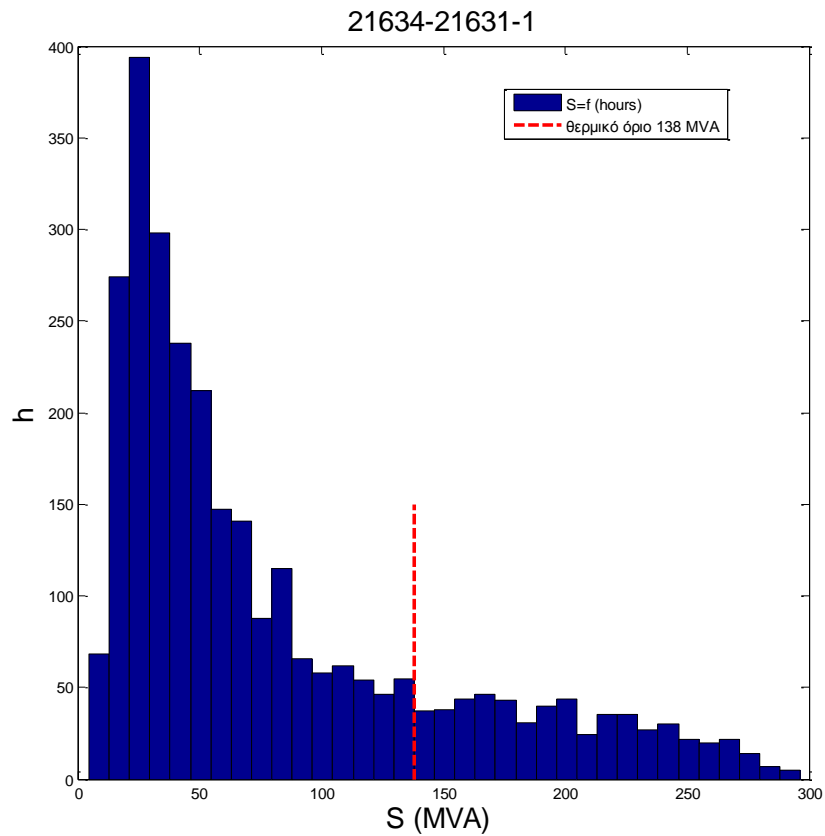
Ιστόγραμμα 5.2.1.11 – Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 11231-10734-1



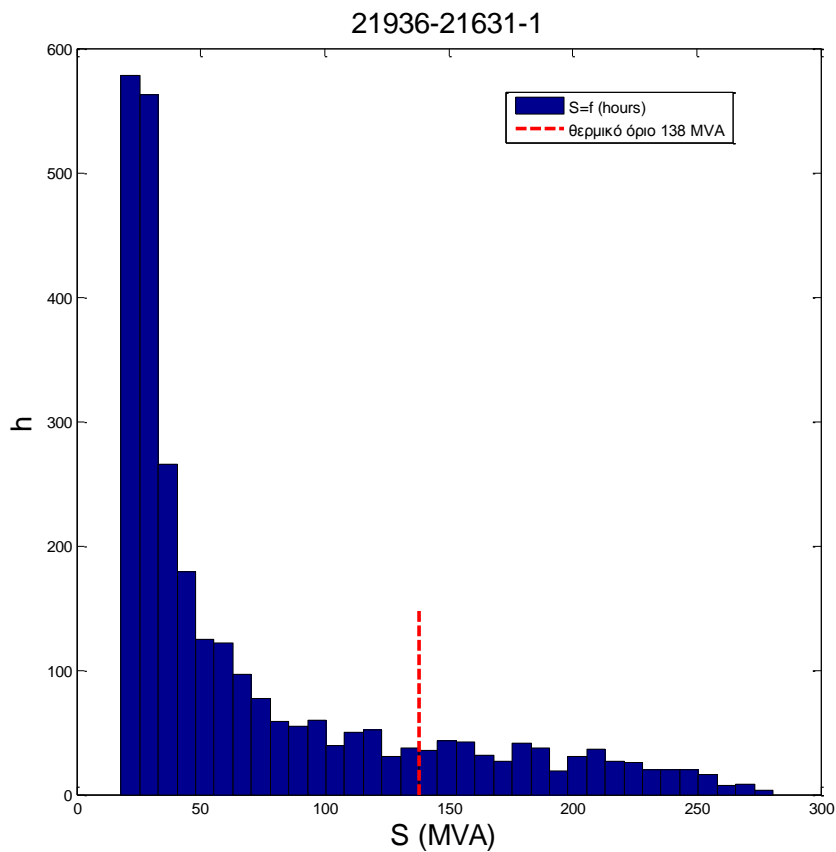
Ιστόγραμμα 5.2.1.12 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 11234-11133-1



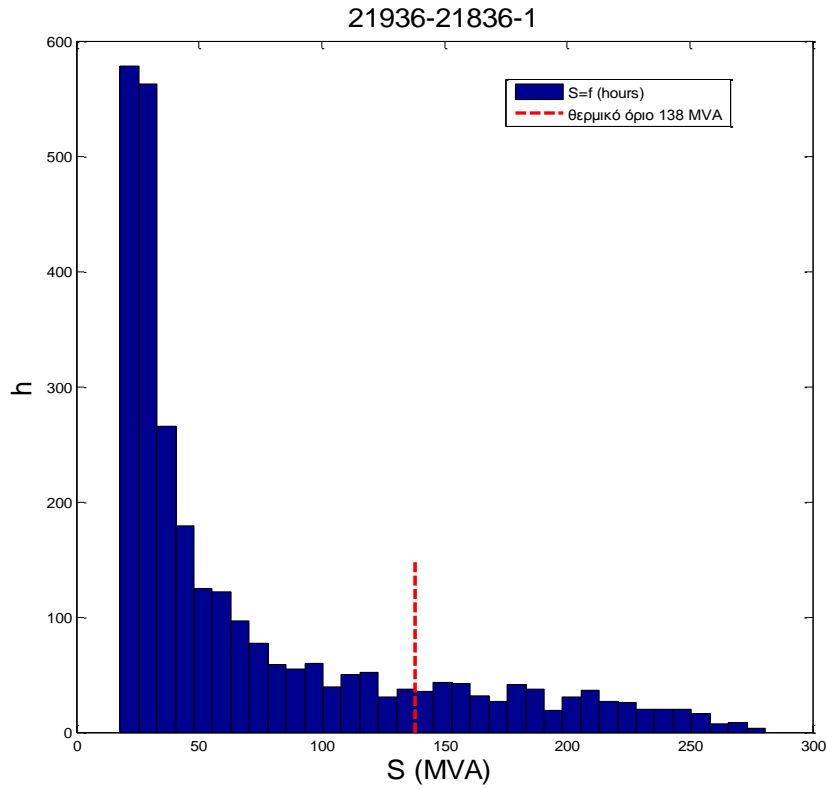
Ιστόγραμμα 5.2.1.13 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 11234-12133-1



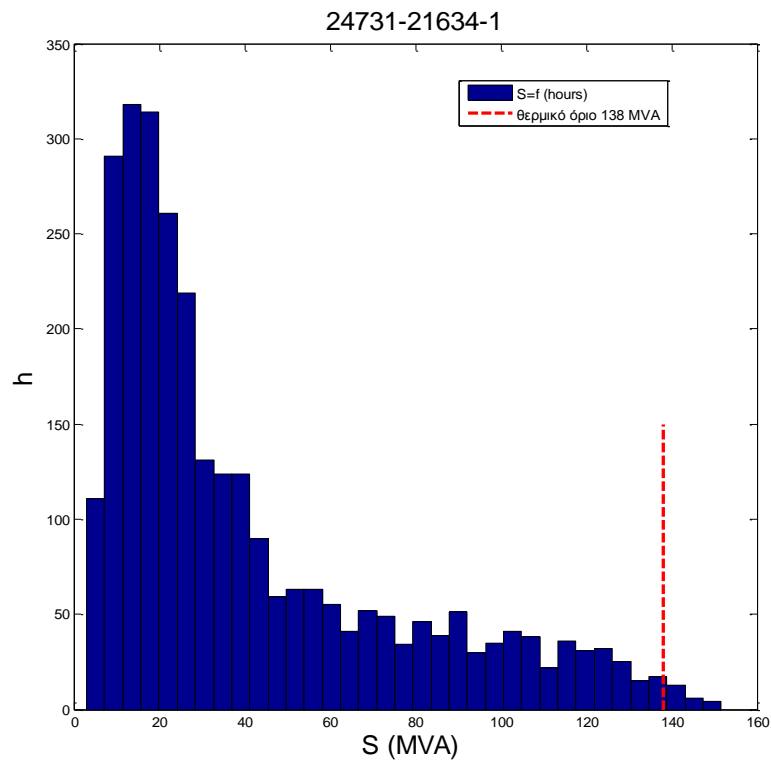
Ιστόγραμμα 5.2.1.14 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 21634-21631-1



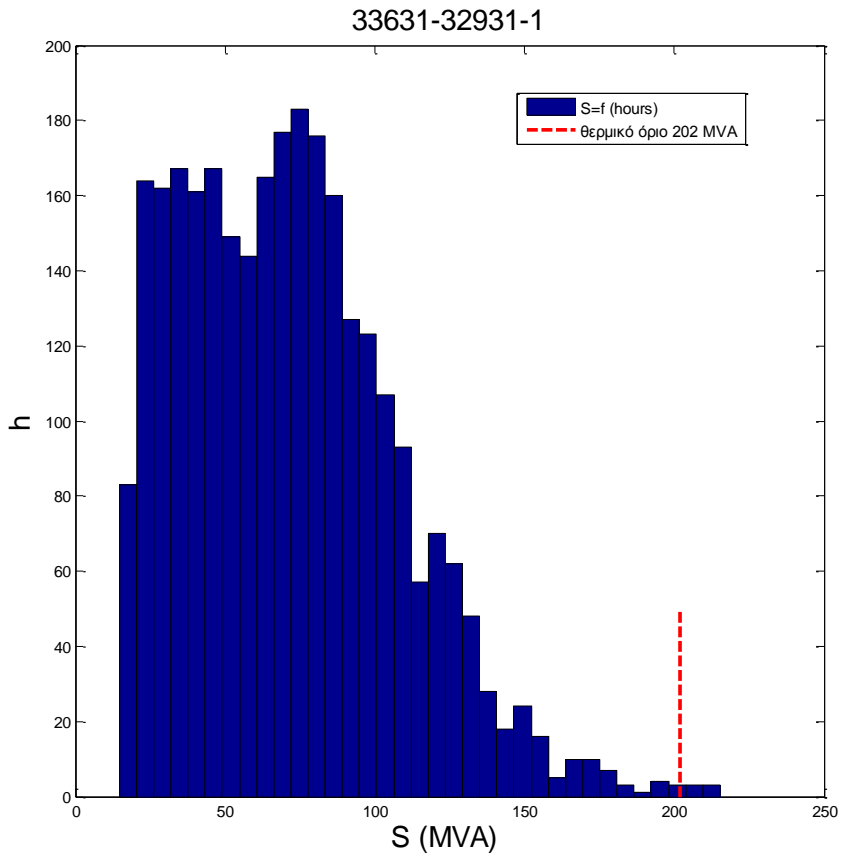
Ιστόγραμμα 5.2.1.15 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 21936-21631-1



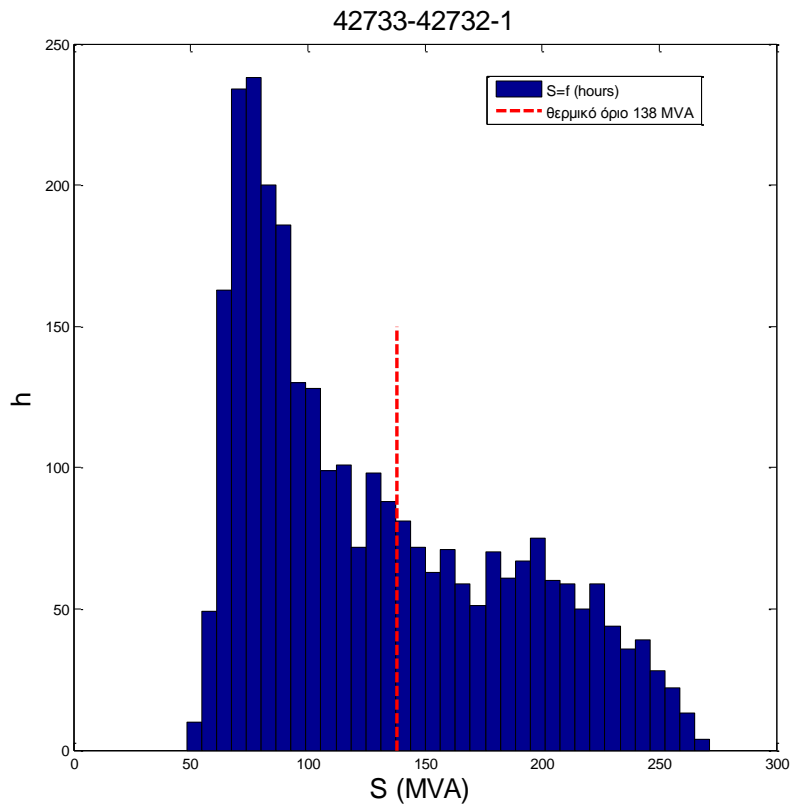
Ιστόγραμμα 5.2.1.16 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 21936-21836-1



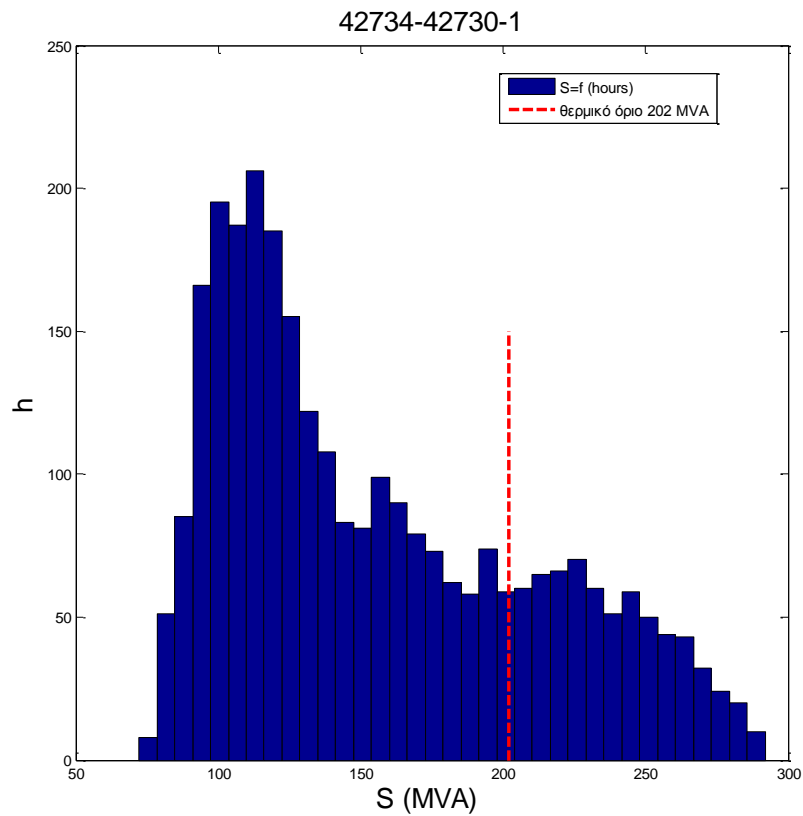
Ιστόγραμμα 5.2.1.17 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 24731-21634-1



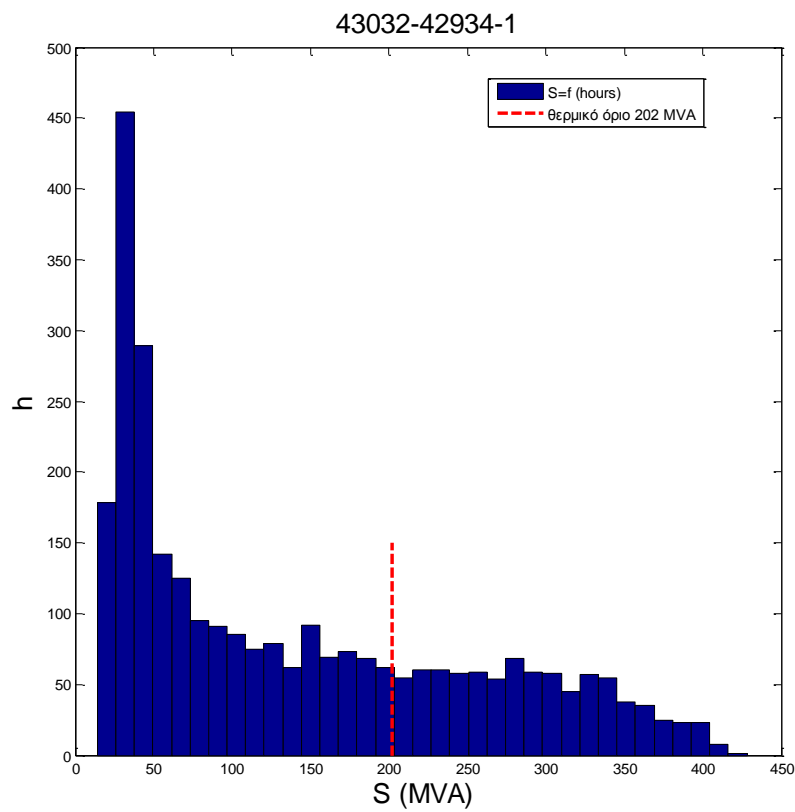
Ιστόγραμμα 5.2.1.18- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 33631-32931-1



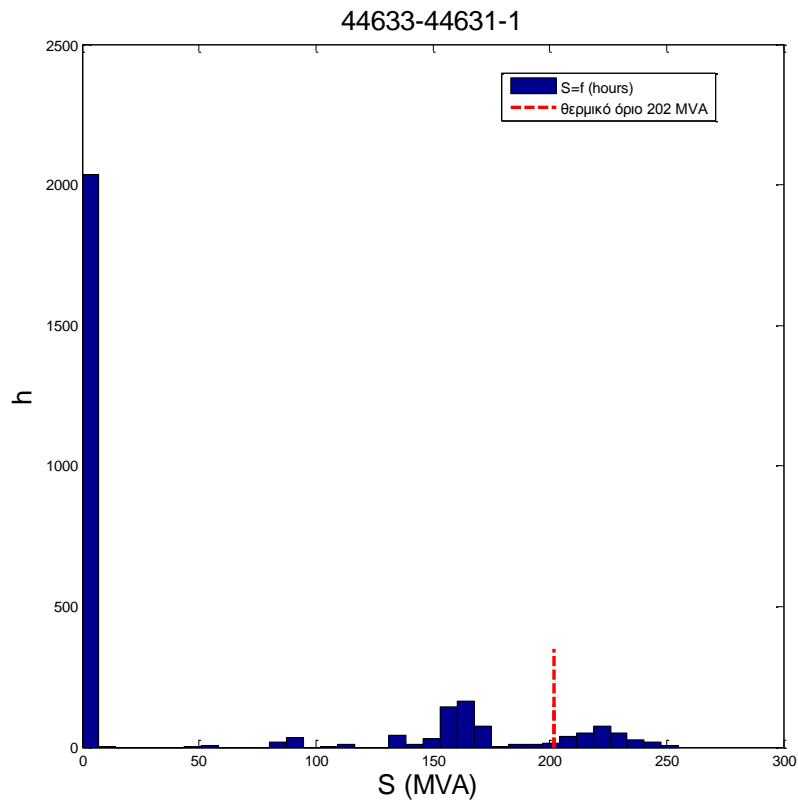
Ιστόγραμμα 5.2.1.19 - Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 42733-42732-1



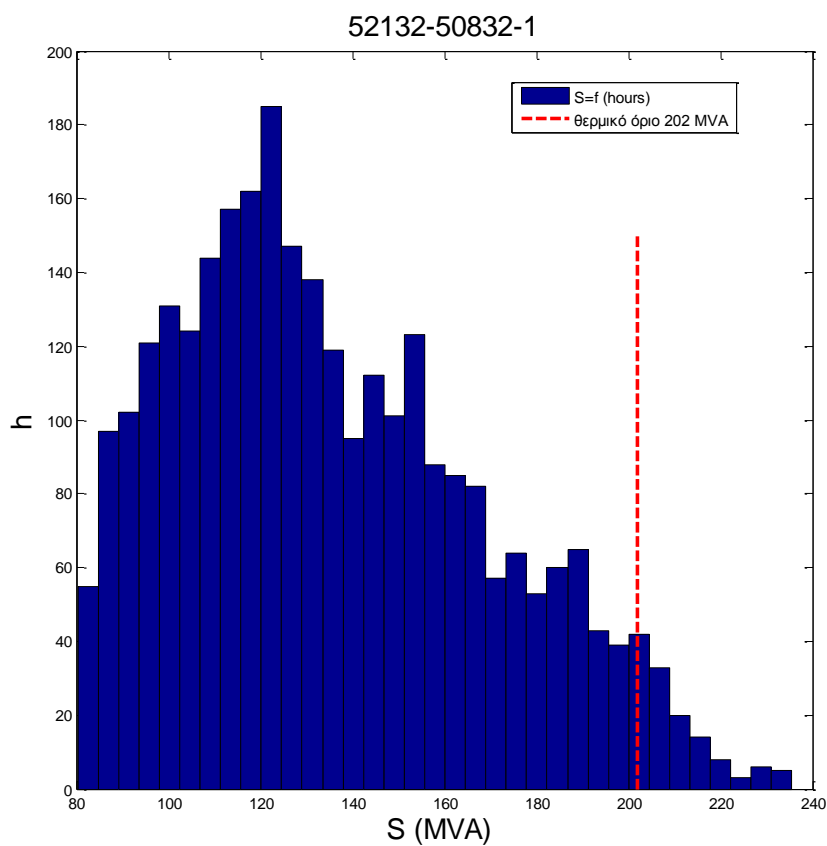
Ιστόγραμμα 5.2.1.20- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 42734-42730-1



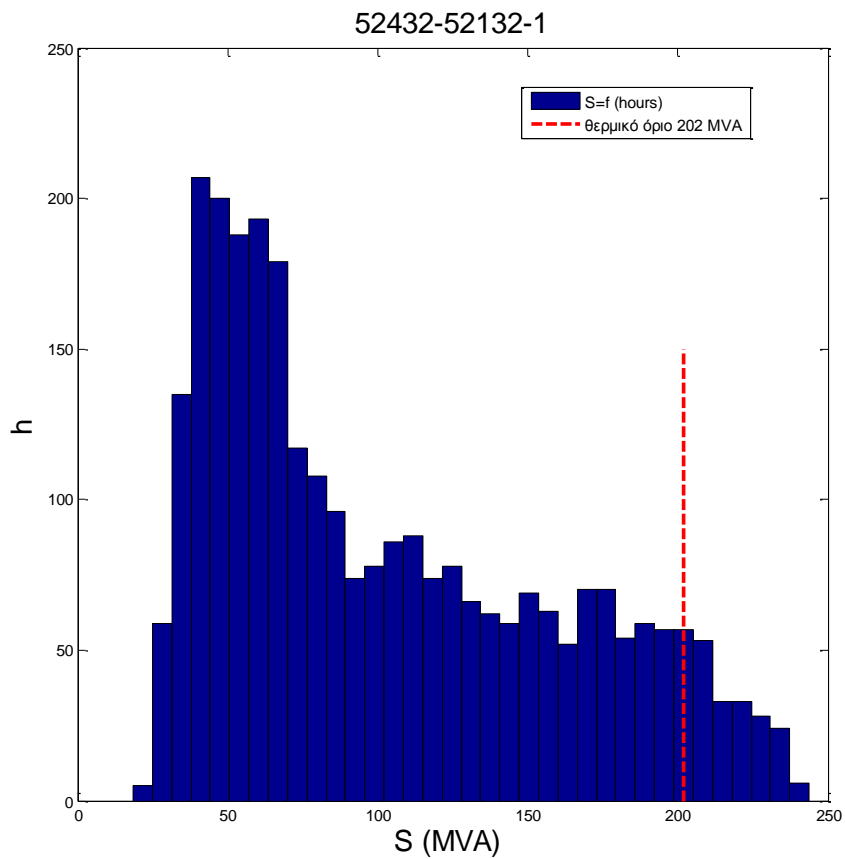
Ιστόγραμμα 5.2.1.21- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 43032-42934-1



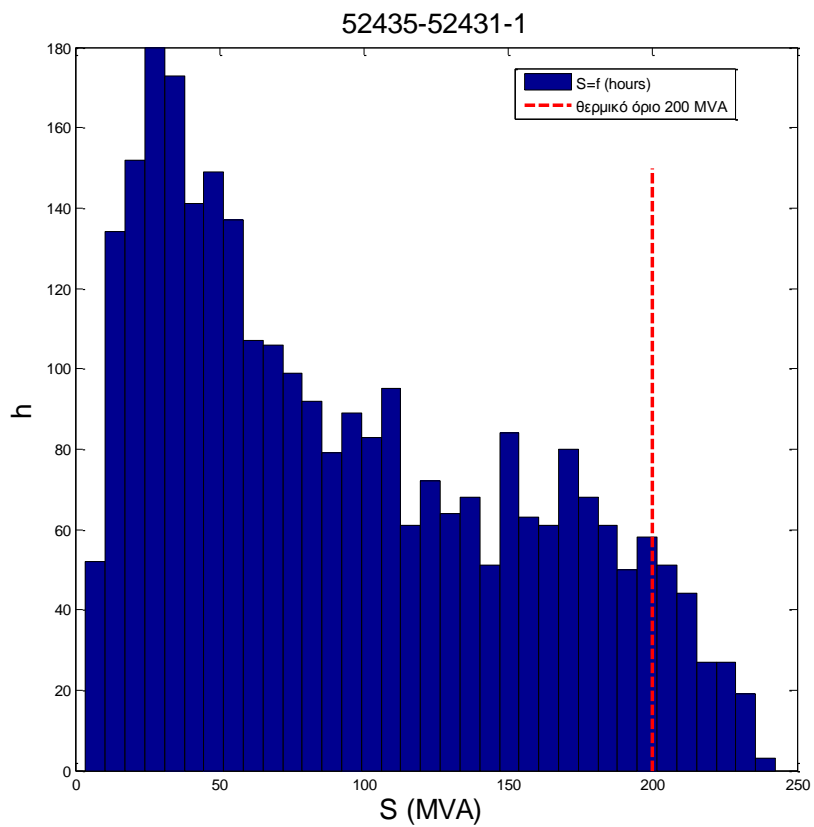
Ιστόγραμμα 5.2.1.22- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 44633-44631-1



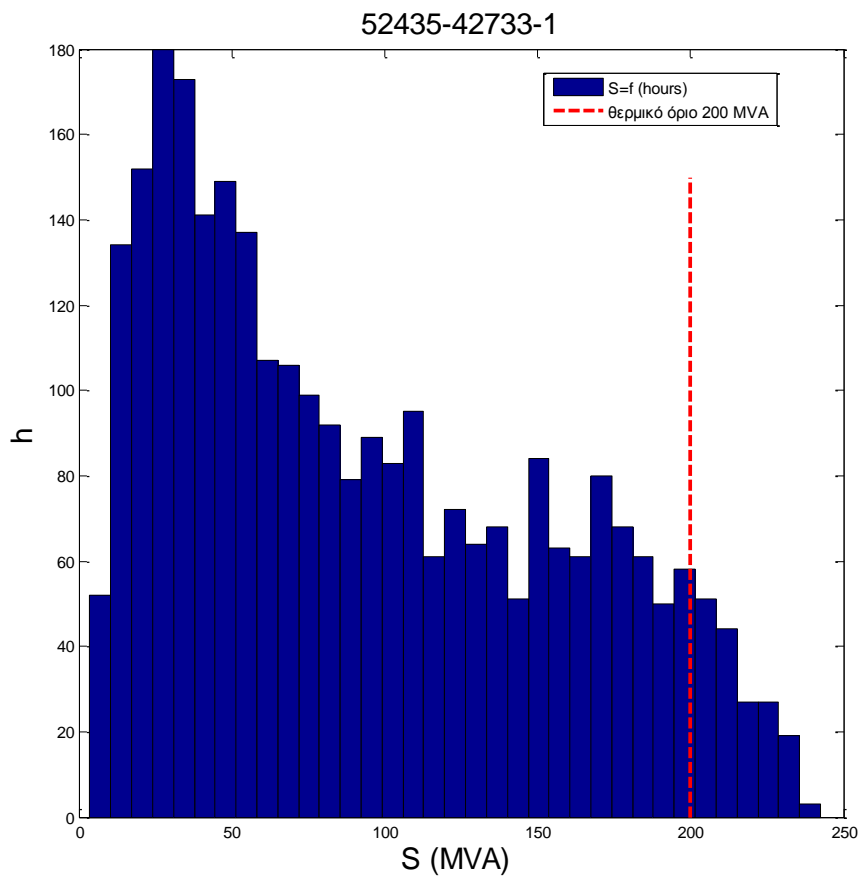
Ιστόγραμμα 5.2.1.23- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 33631-32931-1



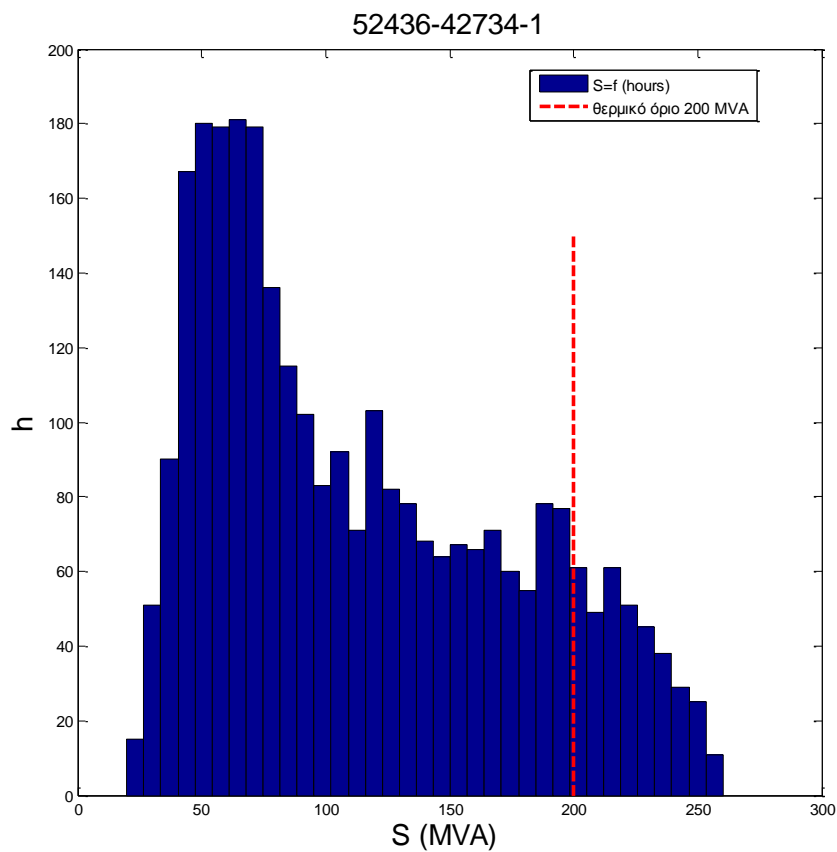
Ιστόγραμμα 5.2.1.24- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 52432-52132-1



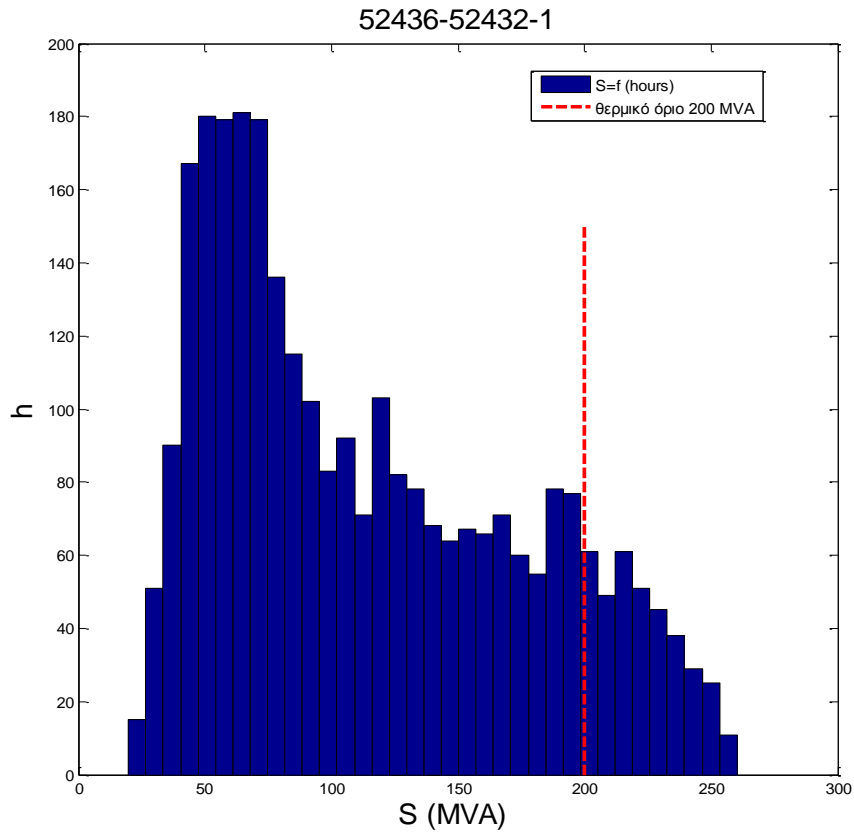
Ιστόγραμμα 5.2.1.25- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 52435-52431-1



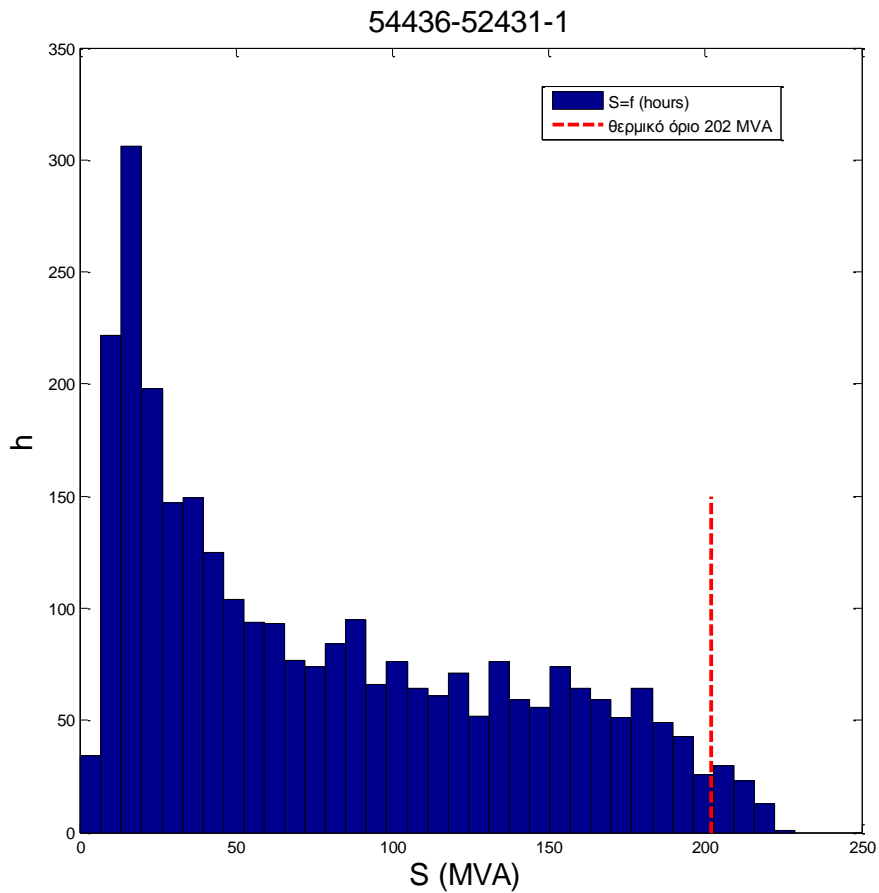
Ιστόγραμμα 5.2.1.26- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 52435-42733-1



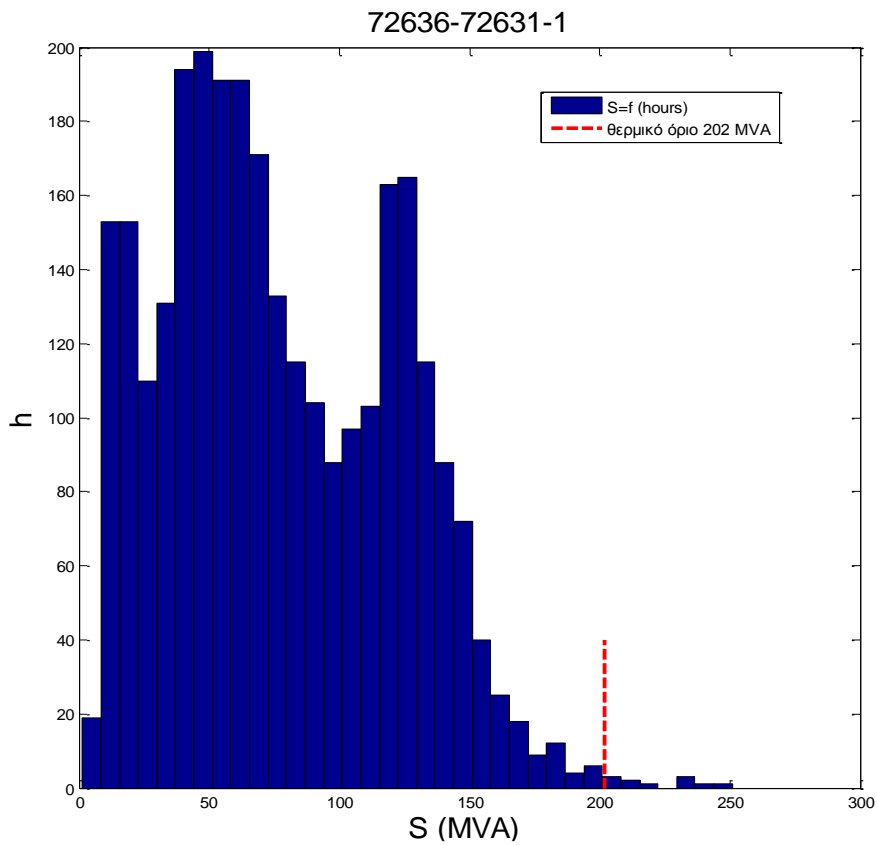
Ιστόγραμμα 5.2.1.27- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 52436-42734-1



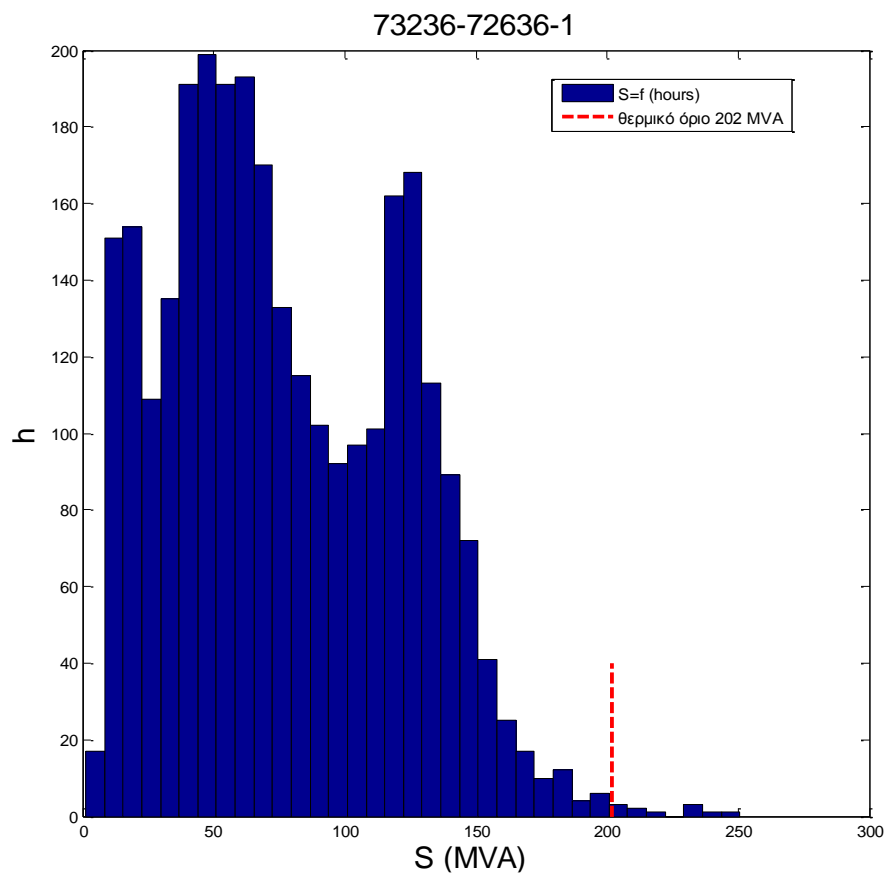
Ιστόγραμμα 5.2.1.28- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 52436-52432-1



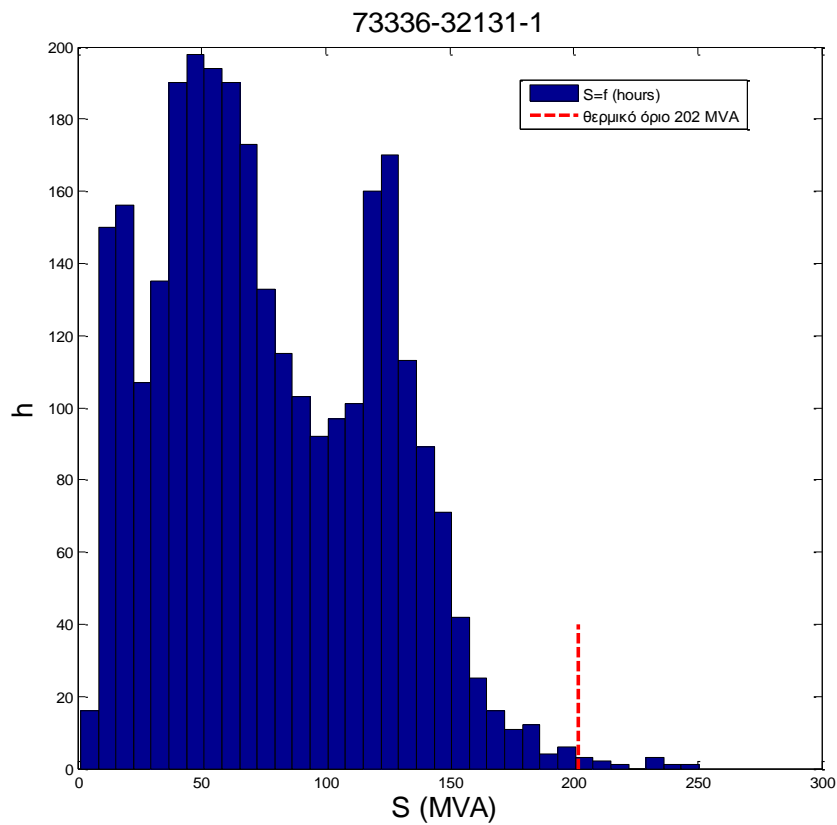
Ιστόγραμμα 5.2.1.29- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 54436-52431-1



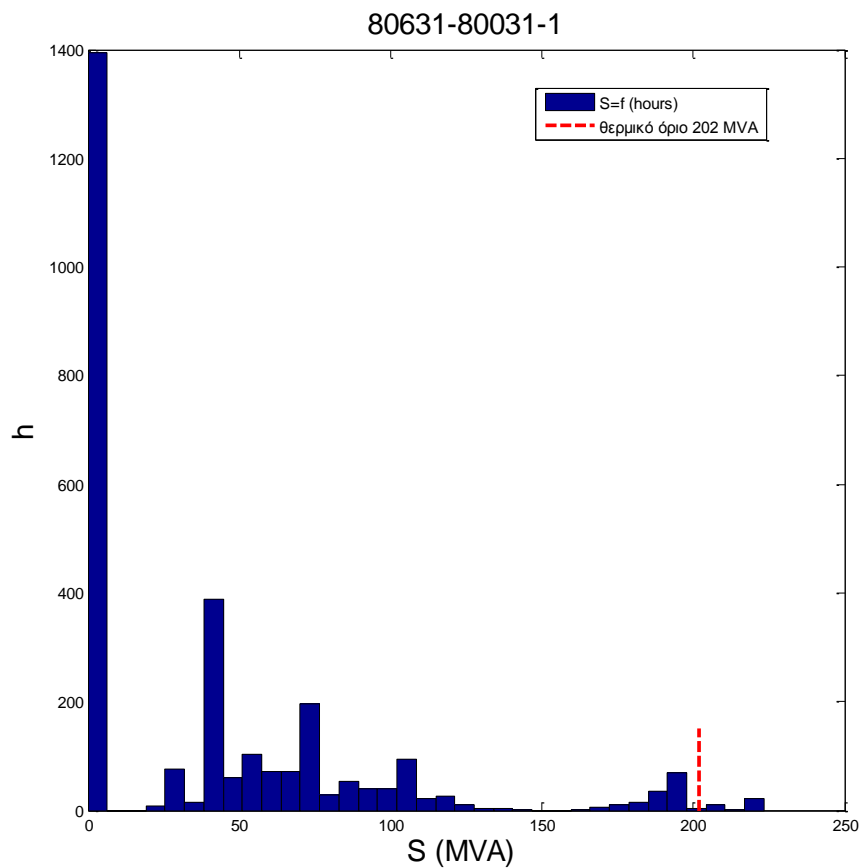
Ιστόγραμμα 5.2.1.30- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 72636-72631-1



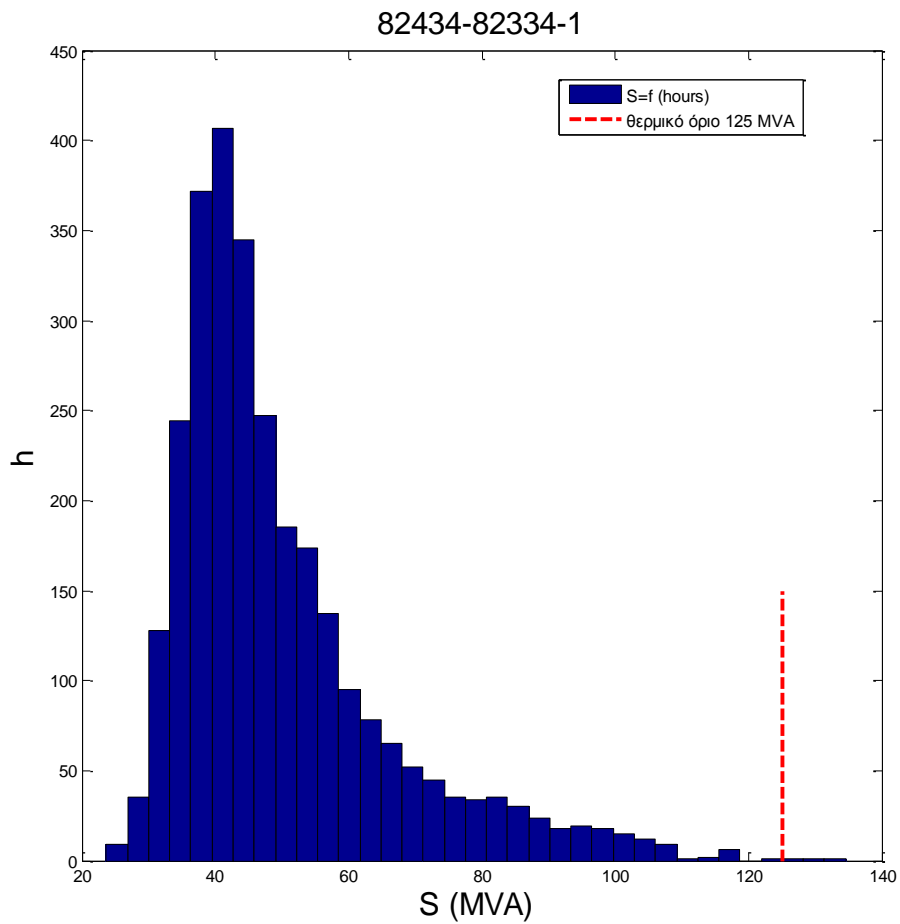
Ιστόγραμμα 5.2.1.31- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 73236-72636-1



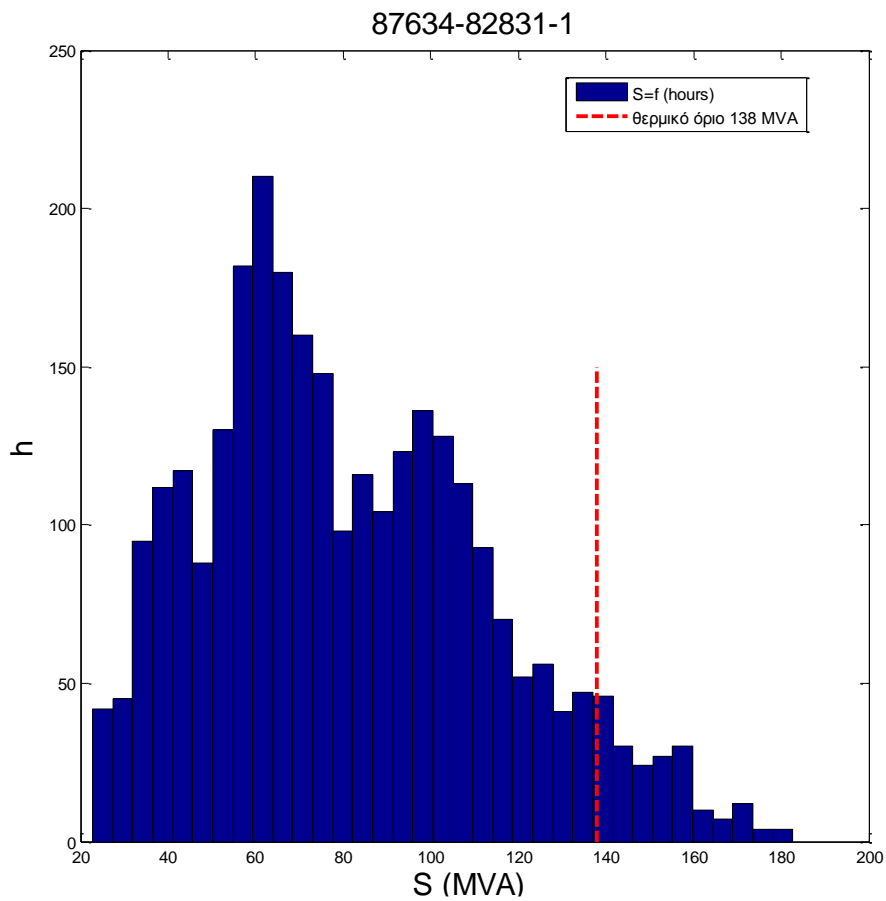
Ιστόγραμμα 5.2.1.32- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 73336-32131-1



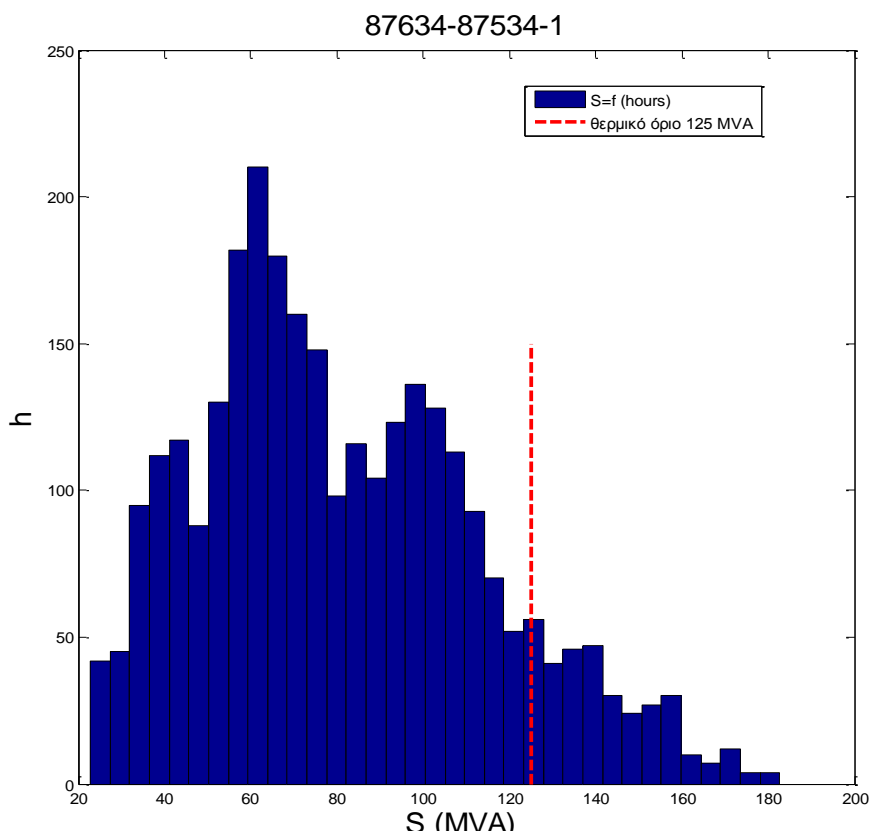
Ιστόγραμμα 5.2.1.32- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 80631-80031-1



Ιστόγραμμα 5.2.1.33- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 82434-82334-1



Ιστόγραμμα 5.2.1.34- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 87634-82831-1



Ιστόγραμμα 5.2.1.35- Φαινόμενη ισχύς στη γραμμή 87634-87534-1

5.3 Αντιστάθμιση άεργου ισχύος για ρύθμιση της τάσης

Εφόσον στο σύστημα μας θα υπάρχει δυνατότητα ρύθμισης της τάσης, υπολογίσαμε από τη ροή φορτίου την *άεργο ισχύ* που χρειάζεται κάθε ώρα κάθε ζυγός ΑΠΕ για να διατηρεί την τάση του σταθερή. Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 5.3.1 με τιμές της άεργου ισχύος για κάθε ζυγό ΑΠΕ για τις 2880 ώρες που τρέξαμε το σενάριο μας, με τις μέγιστες και τις ελάχιστες τιμές.

ΖΥΓΟΙ ΑΠΕ	MAX Q_{COMP} (MVar)	MIN Q_{COMP} (MVar)
10631	118,9	-20,9
10731	1,5	-29,5
10735	112,4	-30,5
11231	23,5	-35,4
11232	10,4	-19,1
11331	14,9	-18,9
12931	27,1	-23,9
13231	43,9	-147,4
14231	-18,1	-120,6
14331	22,4	-1,1
15731	66,0	-36,4
19231	18,3	-44,7
14241	-4,2	-24,0
11336	21,7	-45,3
21731	0,4	-56,7

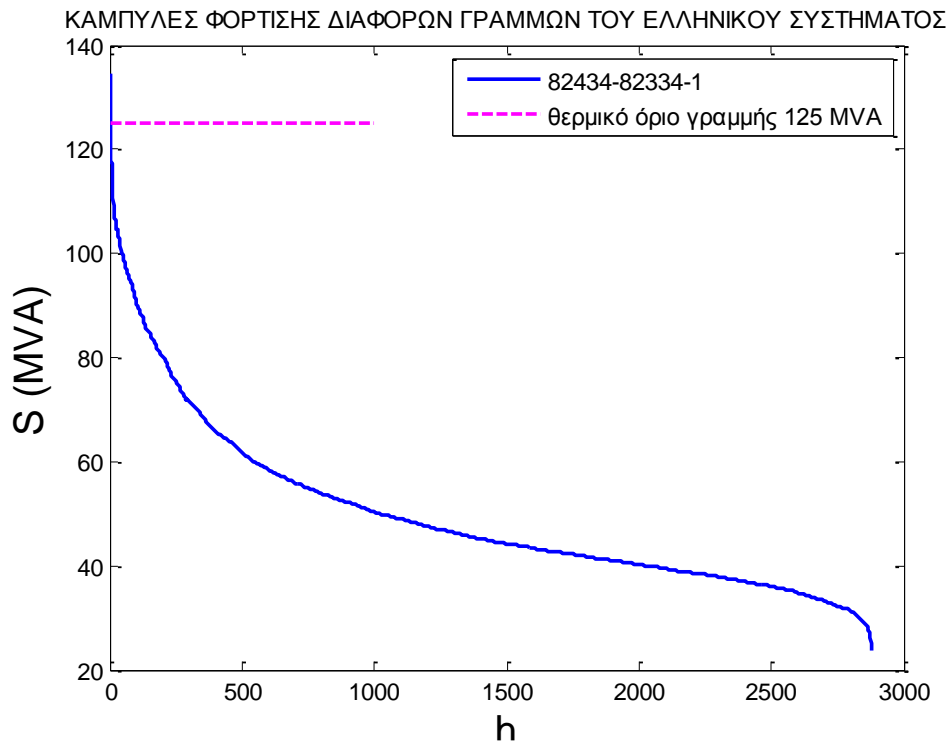
27041	-42,3	-183,8
32831	18,2	-53,3
32931	-0,3	-40,8
35331	9,1	-68,0
42731	18,7	-10,8
43231	9,2	-2,0
45531	6,8	-15,7
42931	0,0	-21,5
42730	-15,6	-54,5
43931	8,4	-9,7
43131	-1,6	-18,4
40131	-2,2	-26,7
40231	-44,4	-99,6
40431	-10,4	-36,2
40531	-5,4	-32,4
41031	-1,8	-29,0
41231	-3,2	-35,3
41831	6,2	-42,4
42031	1,7	-57,9
42231	48,8	-32,5
43331	-4,2	-26,2
43431	-4,5	-18,9
43631	-5,2	-32,8
43731	-6,1	-28,3
43831	-7,7	-25,7
44131	-5,6	-18,0
44731	-3,2	-24,2
45131	-5,0	-21,0
45231	15,5	-37,1
47936	-4,8	-28,3
48831	0,2	-15,5
48931	1,1	-17,1
50231	20,8	-114,6
54631	-15,2	-87,1
54731	8,6	-132,5
57331	33,6	-96,9
59631	-41,6	-165,2
60632	11,3	-46,4
60331	12,0	-6,0
605316	9,9	-12,6
60641	-2,7	-41,4
61132	-24,3	-62,2
61131	-21,7	-56,8
61331	-6,4	-60,5
61631	7,6	-25,9
63031	-13,7	-45,9
63131	3,2	-17,0
63231	-3,1	-28,2
63331	-8,4	-40,8
63431	20,7	-17,2

63531	6,2	-13,8
63631	0,6	-15,6
63731	0,2	-15,9
63831	-5,9	-29,0
65531	-13,4	-72,0
65931	-1,9	-13,9
75021	13,3	-75,1
75031	-5,7	-125,7
71231	3,9	-107,5
71331	6,4	-39,2
71531	5,4	-20,4
71631	6,0	-60,3
71731	-1,6	-51,3
71831	8,5	-56,4
72631	-4,1	-60,7
73431	6,6	-83,9
82041	-24,6	-125,5
82131	20,9	-24,7
82431	-5,9	-36,0
82531	-6,9	-34,7
82731	-17,2	-53,0
83331	-2,5	-43,2
82931	-15,7	-69,7

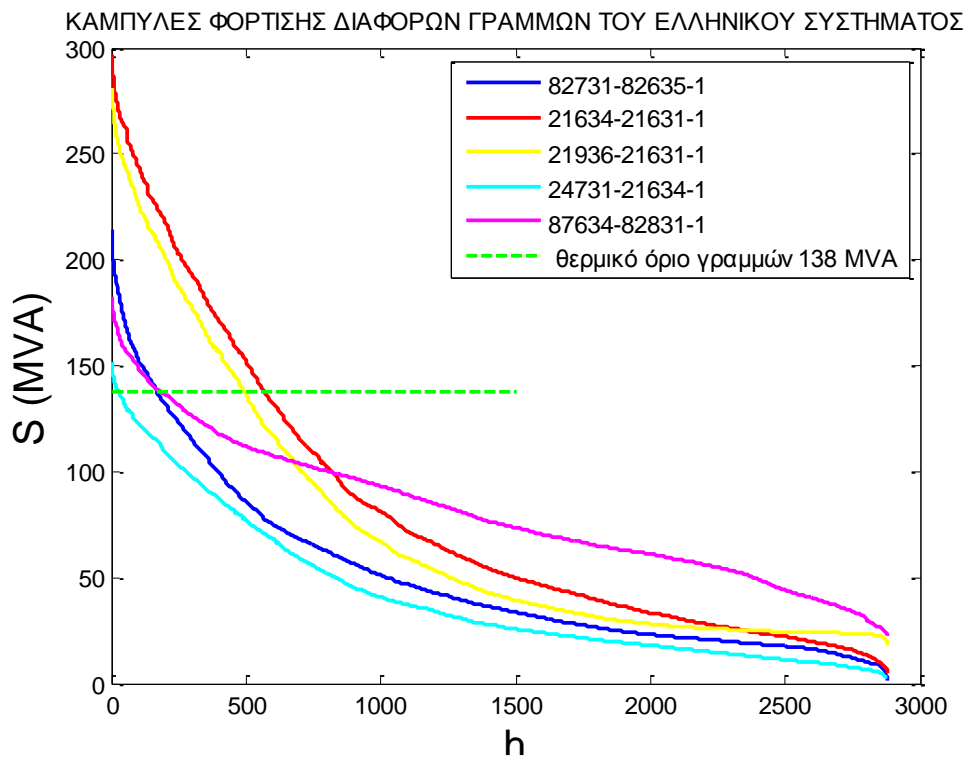
Πίνακας 5.3.1 Αντιστάθμιση άεργου ισχύος στους ΑΠΕ

5.4 Καμπύλες φόρτισης των διαφόρων γραμμών που υπερβαίνουν τα θερμικά του όρια

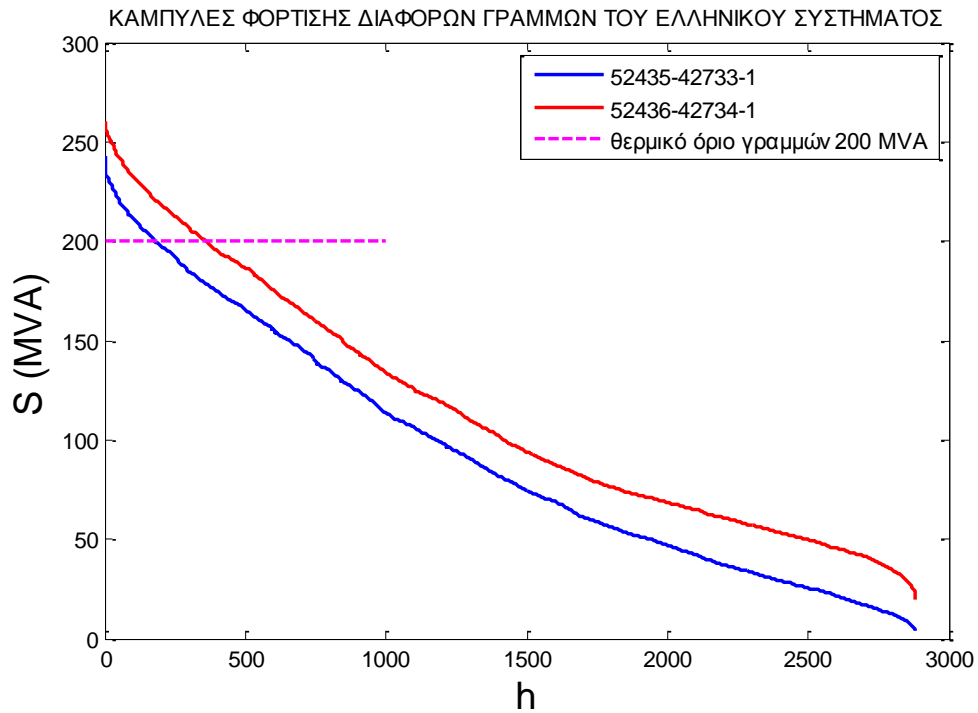
Για τις πιο πάνω καμπύλες οι οποίες παρουσιάζουν προβλήματα λόγω του ότι υπερβαίνουν τα όρια φόρτισης παρατίθενται παρακάτω οι καμπύλες φόρτισης τους, δηλαδή η ισχύς που φορτίζει τις γραμμές και οι ώρες για τις οποίες φορτίζεται η γραμμή με την συγκεκριμένη ισχύ. Οι γραμμές έχουν ομαδοποιηθεί σύμφωνα με το θερμικό τους όριο. Τα θερμικά όρια που έχουμε για τις γραμμές αυτές είναι 202 MVA, 138 MVA, 175 MVA, 125 MVA, και 200 MVA.



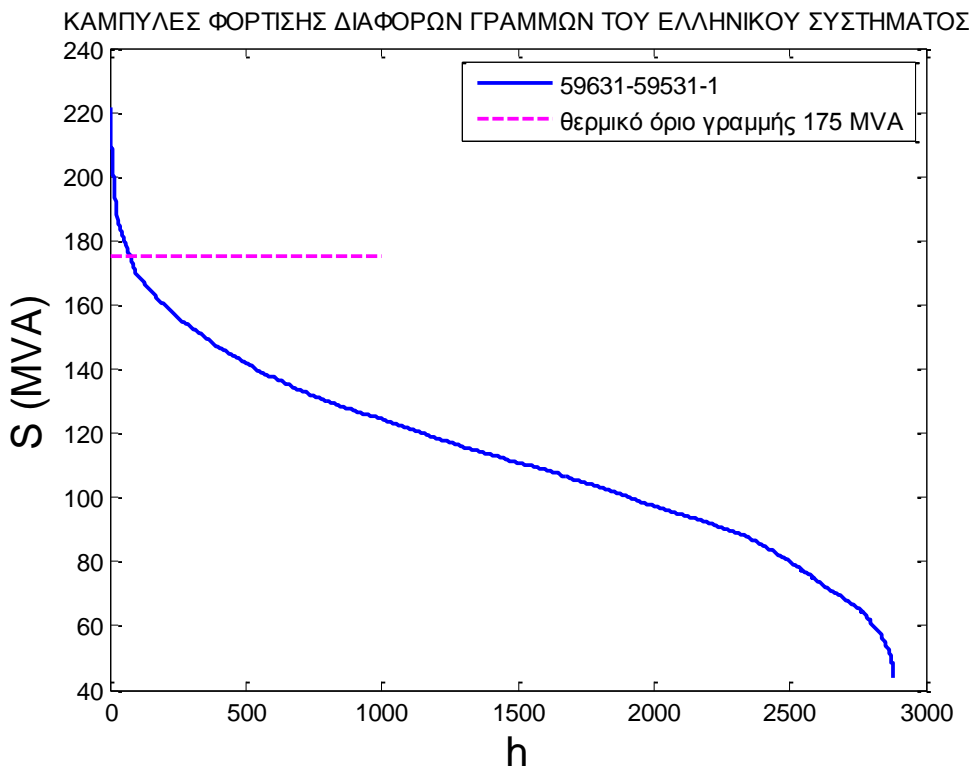
Διάγραμμα 5.4.1



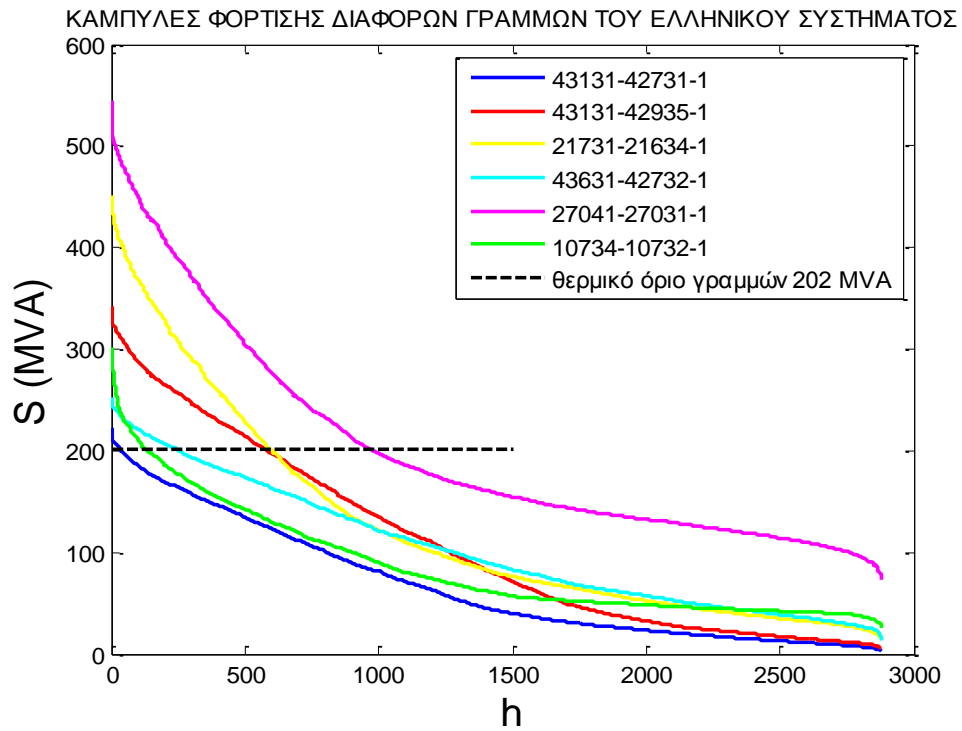
Διάγραμμα 5.4.2



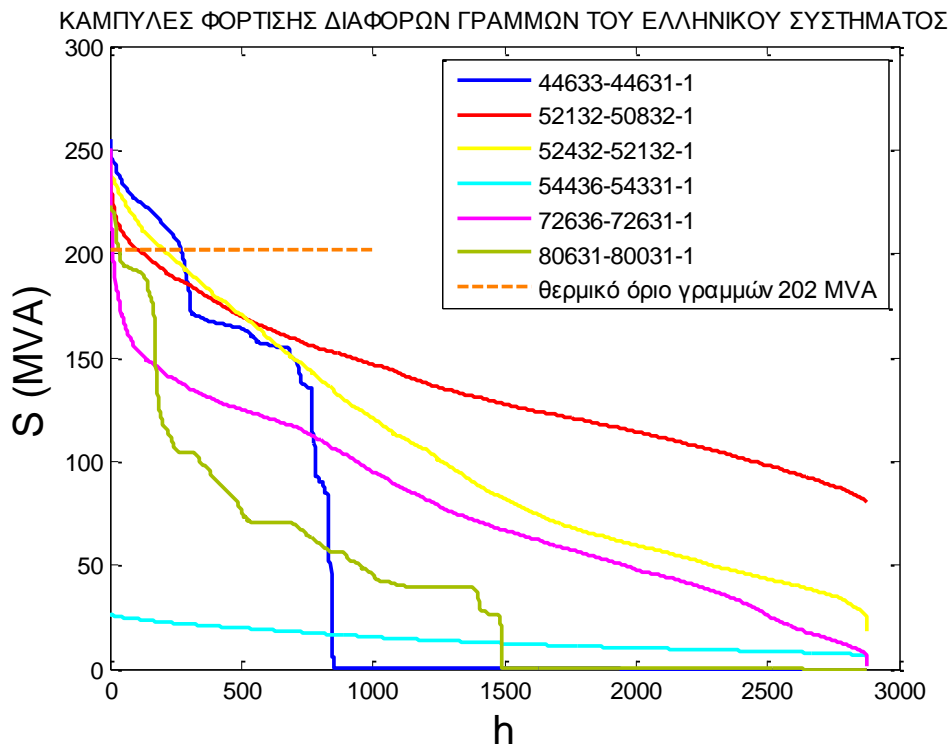
Διάγραμμα 5.4.3



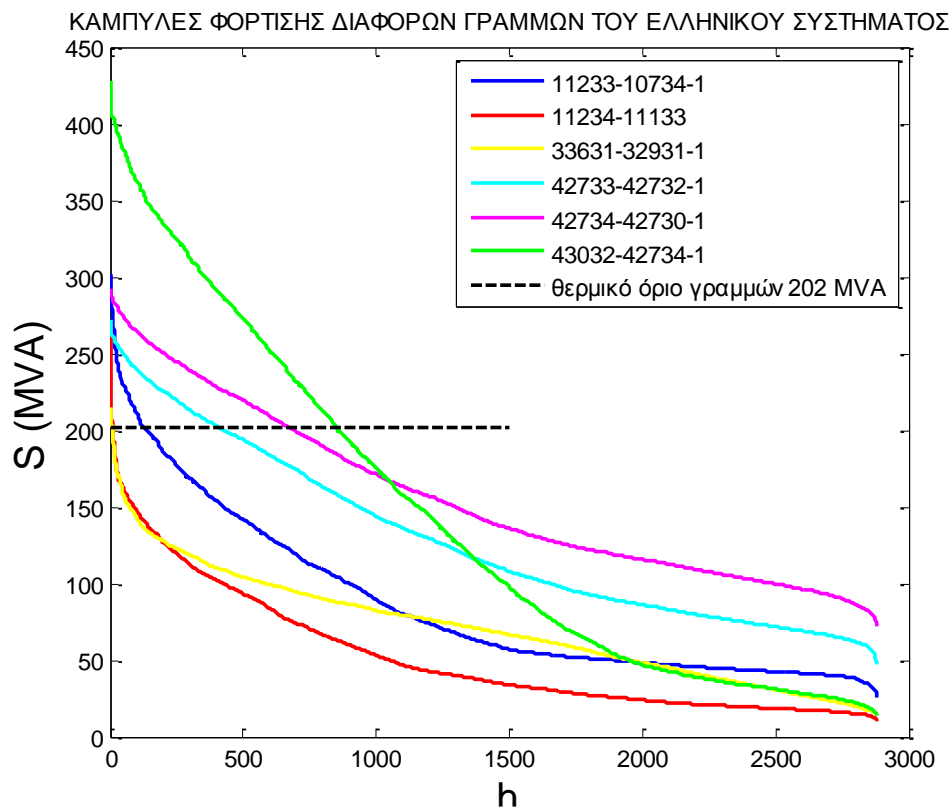
Διάγραμμα 5.4.4



Διάγραμμα 5.4.5



Διάγραμμα 5.4.6



Διάγραμμα 5.4.7

5.4.1 Παρατηρήσεις-Συμπεράσματα – Μόνιμη κατάσταση λειτουργίας συστήματος

Από τις καμπύλες διάρκειας παρατηρείται ότι υπάρχουν γραμμές που υπερφορτίζονται από περίπου 50 ώρες και γραμμές που φορτίζονται μέχρι και 1000 ώρες. Οι γραμμές αυτές που φορτίζονται για τόσες πολλές ώρες πάνω από το θερμικό τους όριο χρειάζονται είτε δημιουργία καινούριων γραμμών με μεγαλύτερο θερμικό όριο, είτε ενίσχυση των υπάρχοντων γραμμών με παράλληλες γραμμές για αντιμετώπιση του προβλήματος υπερφόρτισης τους λόγω των ΑΠΕ που προβλέπονται για το 2020. Επίσης από τον πίνακα 5.3.1 παρατηρείται ότι χρειάζεται κατάλληλη άεργος αντιστάθμιση σε κάθε ζυγό ΑΠΕ. Συνεπώς τα πάρκα μας χρειάζεται να έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν την άεργο ισχύ τους προσφέροντας ανάλογα επαγωγική ή χωρητική αντιστάθμιση (ρύθμιση συντελεστή ισχύος) όπου χρειάζεται προκειμένου να διατηρείται σταθερή η τάση στο ζυγό τους. Ακόμα όπως βλέπουμε από τον πίνακα 5.2.2 υπάρχουν αρκετοί ζυγοί του συστήματος μεταφοράς των 150kV και ένας ζυγός στα 400kV που εμφανίζουν υπερτάσεις για πολλές ώρες το χρόνο. Έτσι και αυτοί οι ζυγοί στα 150kV και 400kV χρειάζονται αντιστάθμιση, επαγωγική για να κρατηθεί η τάση τους σε κανονικά επίπεδα και να μη δημιουργούνται προβλήματα από υπερτάσεις.

Κεφάλαιο 6

Δυναμική Ανάλυση του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

6.1 Εισαγωγή

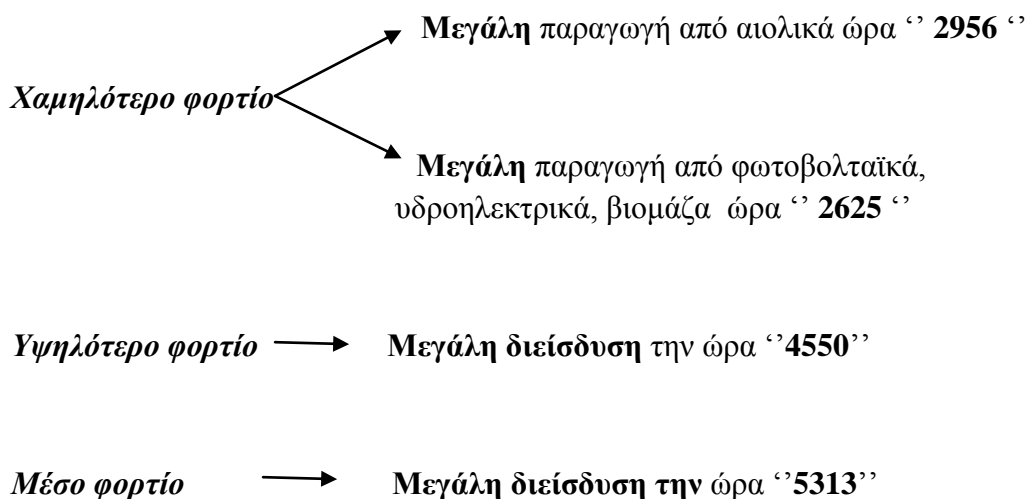
Σ' αυτό το κεφάλαιο κάνουμε ανάλυση της μεταβατικής συμπεριφοράς του Συστήματος σε συγκεκριμένες διαταραχές και συγκεκριμένα σε συμμετρικά τριφασικά βραχυκυκλώματα με ενδεχόμενη απώλεια πάρκων λόγω χαμηλής τάσης.

Η σύσταση των σεναρίων γίνεται ως εξής: Από τα αποτελέσματα της ροής φορτίου έχουμε βρει τις 50 ώρες με το χαμηλότερο φορτίο, τις 50 ώρες με το υψηλότερο φορτίο και τις 50 ώρες με μέσο φορτίο του συστήματος. Από αυτές τις 50 ώρες για την κάθε περίπτωση ,για παράδειγμα με το χαμηλότερο φορτίο, εντοπίσαμε την ώρα με τη μέγιστη παραγωγή από Αιολικά πάρκα και τη ώρα με μέγιστη παραγωγή από τις υπόλοιπες τεχνολογίες ΑΠΕ, φωτοβολταϊκά , υδροηλεκτρικά και βιομάζα.

Έτσι για κάθε μια ώρα για τις 4 συγκεκριμένες ώρες της χρονοσειράς θα τρέξουμε 9 διαταραχές σε ζυγούς σε διάφορες περιοχές του Ελληνικού Συστήματος.

Θεωρούμενες διαταραχές στο σύστημα μας

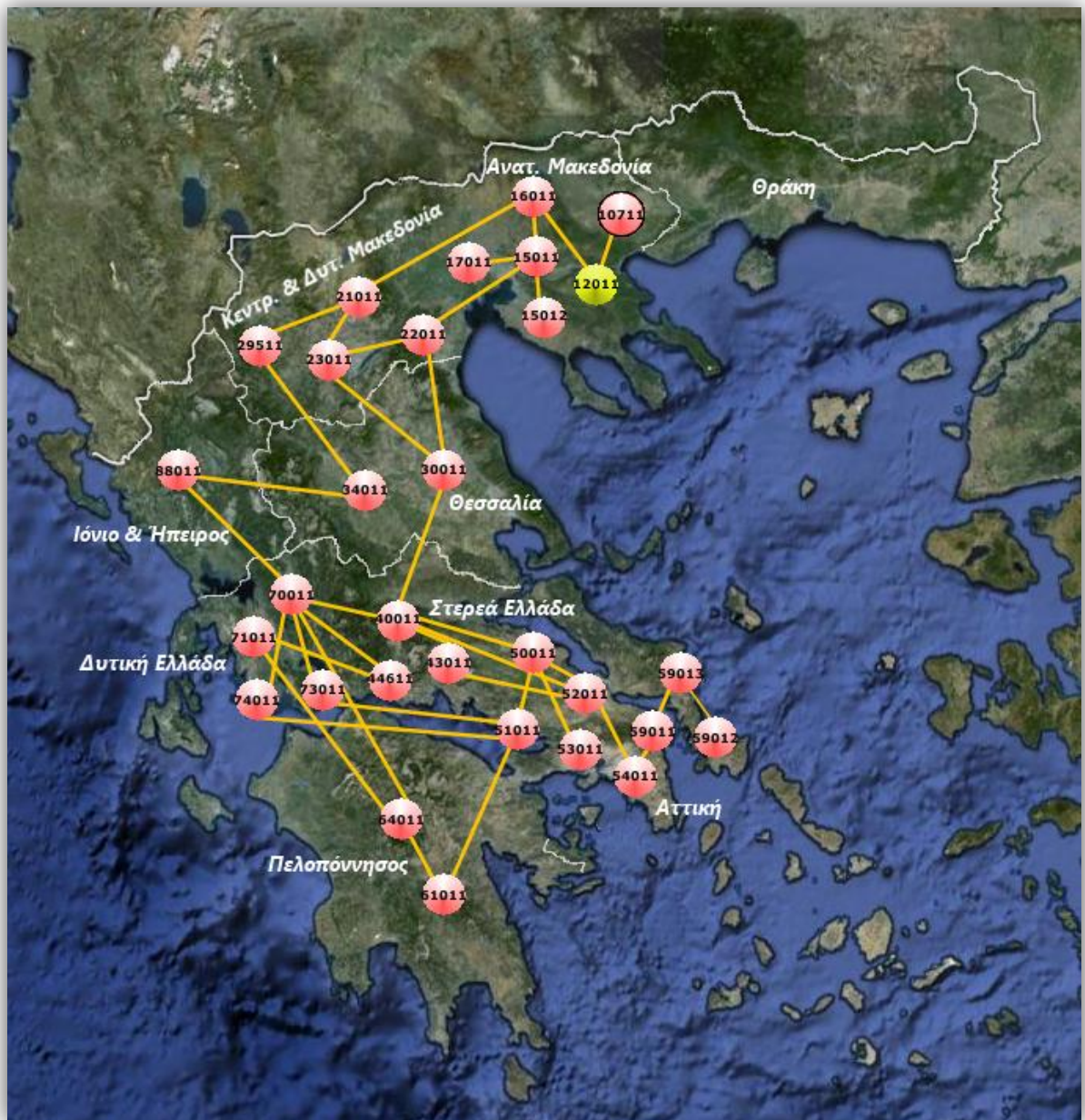
Οι διαταραχές που θα εξετάσουμε είναι *τριφασικά βραχυκυκλώματα* σε ζυγούς του συστήματος μεταφοράς σε διάφορες περιοχές.



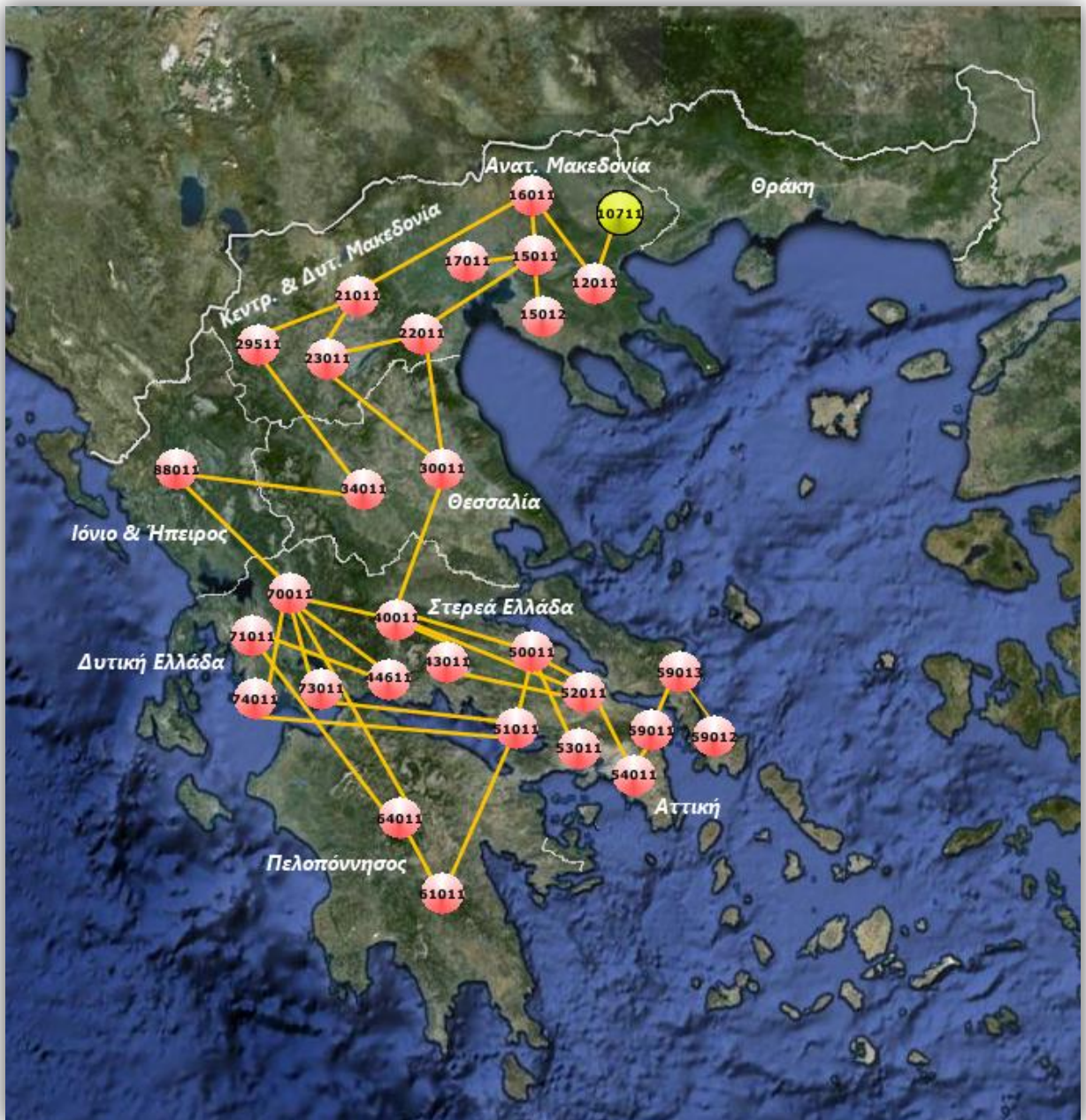
Για καθένα από τα παραπάνω 4 σενάρια οι 9 διαταραχές που θεωρούνται παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.1:

#	Περιγραφή Διαταραχής
Διαταραχή 1	Τριφασικό βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ Φιλίπποι (12011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φιλίπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 2	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ 'Αλιβέρι' (43032) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Αλιβέρι-Χαλκίδα (43032-42736)
Διαταραχή 3	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ 'Παλλήνη' (54011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 4	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ 'Λάρυμνα' (40231) και εκκαθάριση με απομόνωση του ζυγού
Διαταραχή 5	Τριφασικό βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ Νέα Σάντα (10711) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Φιλίπποι-Νέα Σάντα
Διαταραχή 6	Τριφασικό βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ Λαύριο (59011) και εκκαθάριση με άνοιγμα της γραμμής Παλλήνη Λαύριο
Διαταραχή 7	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στο μέσο της γραμμής Λαυρίου – Παλλήνης (59011-54011) και άνοιγμα της γραμμής μετά την εκκαθάριση του σφάλματος
Διαταραχή 8	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ 'Λάρυμνα' (40011) και εκκαθάριση με απομόνωση του ζυγού
Διαταραχή 9	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα με αντίσταση 0,1% και διάρκεια 150ms στον ΚΥΤ 'Δίστομο' (71011) και εκκαθάριση με απομόνωση του ζυγού

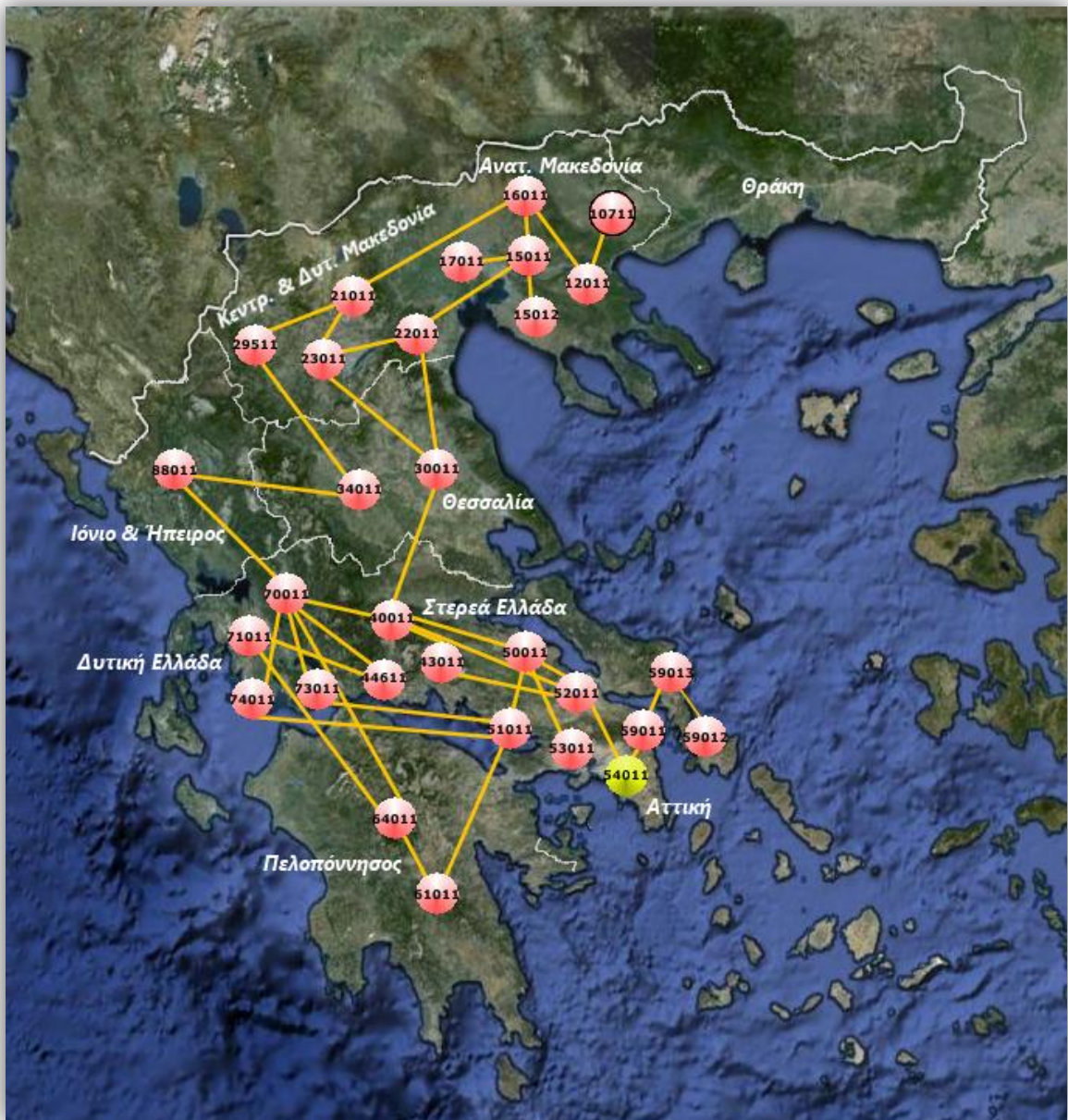
Πίνακας 6.1.1 Περιγραφή Διαταραχών



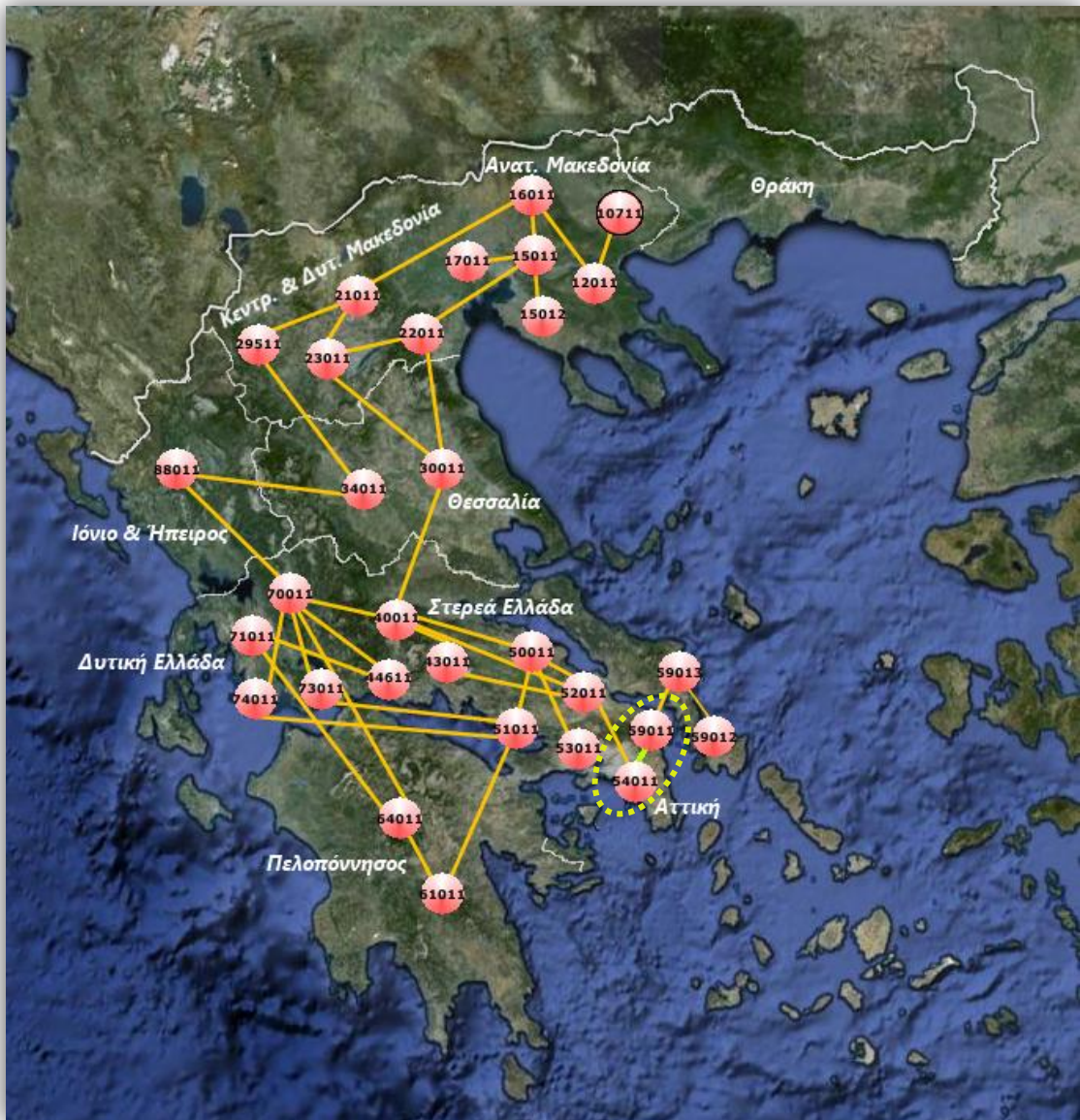
Εικόνα 6.1.1 - Διαταραχή 1: Βραχυκύκλωμα στο ζυγό 12011 (ΚΥΤ ΦΙΛΙΠΠΟΙ)



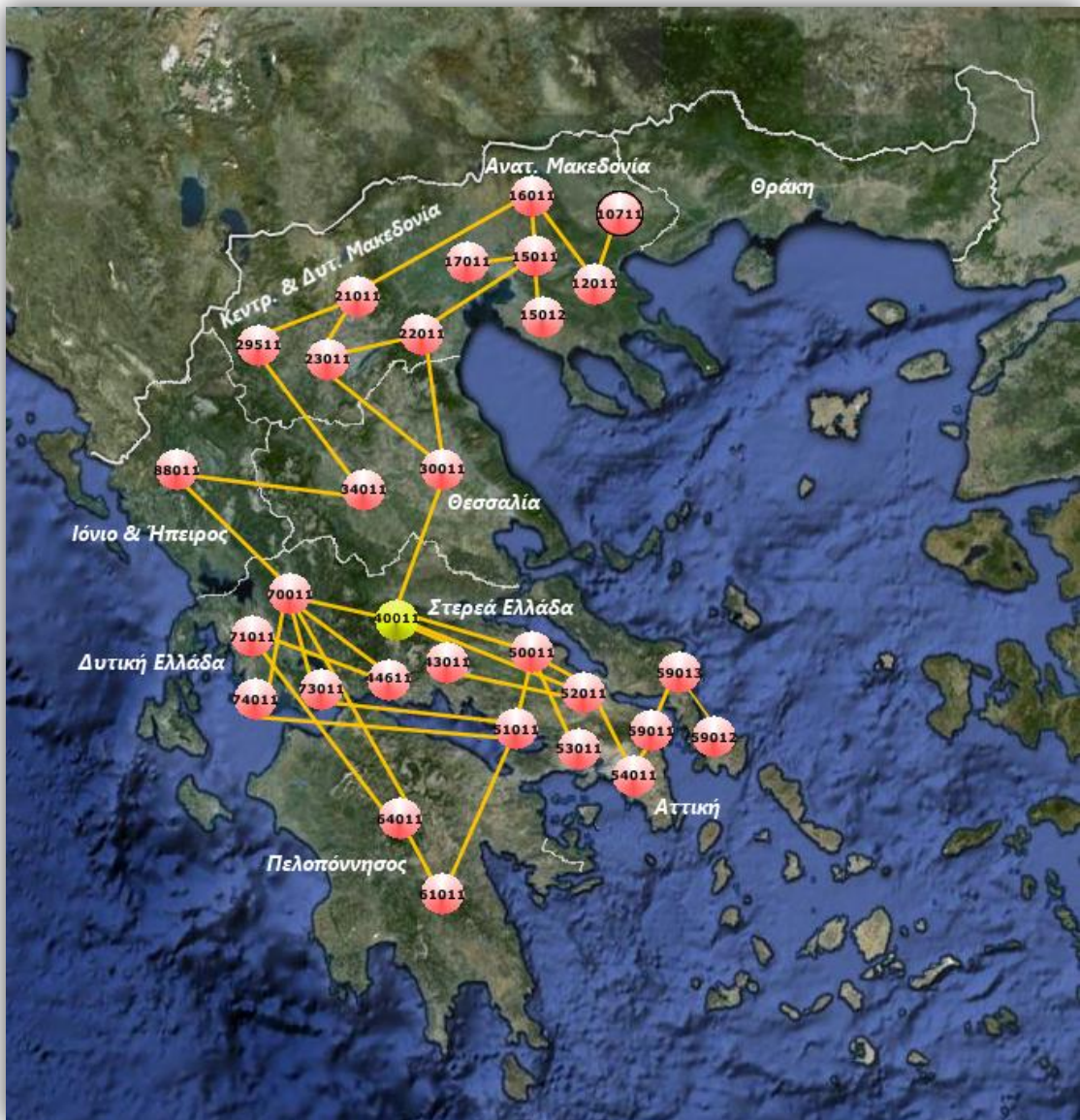
Εικόνα 6.1.3 - Διαταραχή 5: Βραχυκύκλωμα στο ζυγό 10711 (ΚΥΤ Ν.ΣΑΝΤΑ)



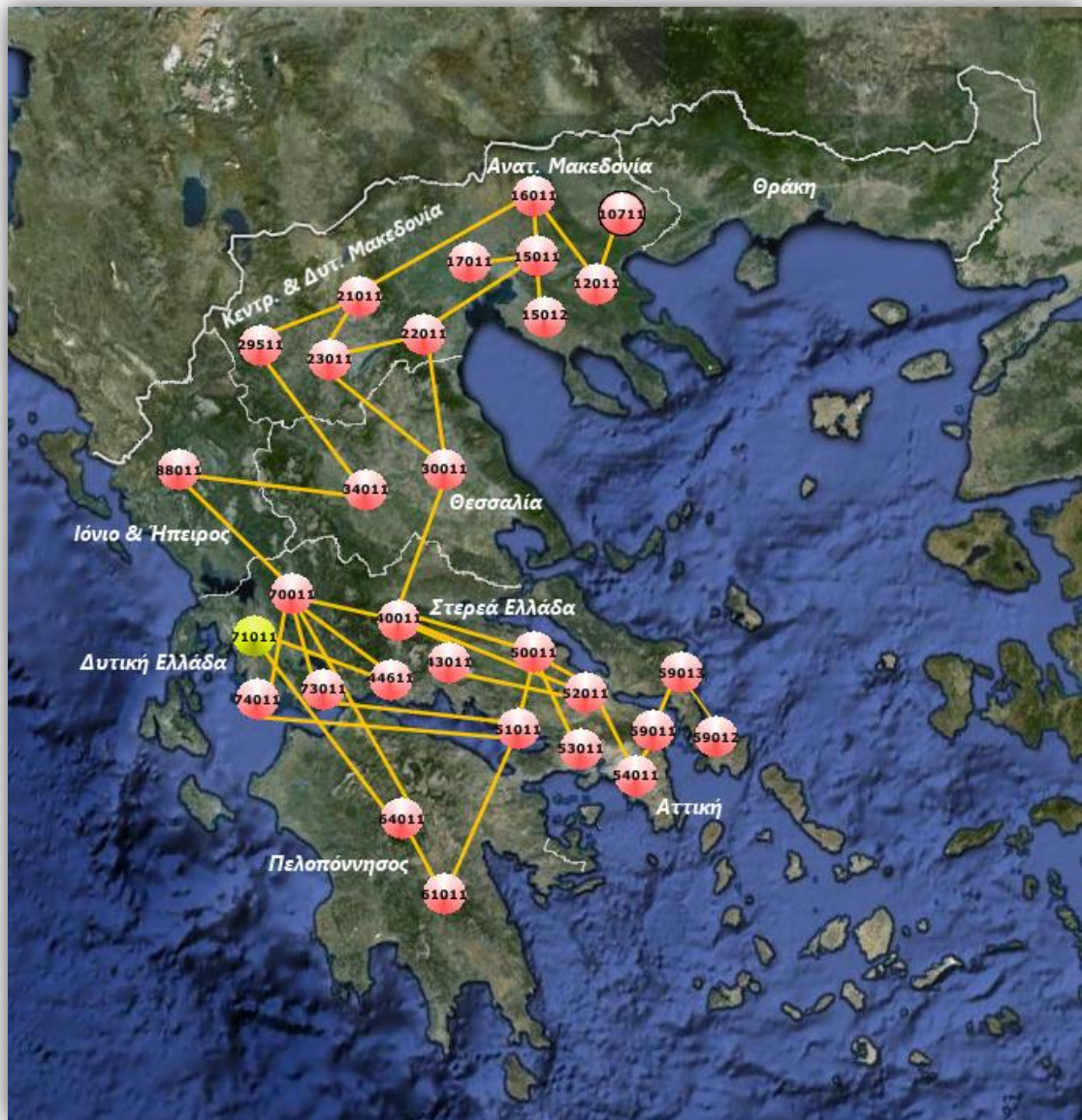
Εικόνα 6.1.4 - Διαταραχή 6: Βραχυκύκλωμα στο ζυγό 59011 (ΚΥΤ ΛΑΥΡΙΟΥ)



Εικόνα 6.1.5 - Διαταραχή 7: Βραχύνκλωμα στο μέσο της γραμμής 59011-54011 (ΛΑΥΡΙΟ-ΠΑΛΛΗΝΗ)



Εικόνα 6.1.6 - Διαταραχή 8: Βραχυκύκλωμα στο ζυγό 40011 (ΚΥΤ ΛΑΡΥΜΝΑ)



Εικόνα 6.1.7 - Διαταραχή 9: Βραχυκύκλωμα στο ζυγό 71011 (ΚΥΤ ΑΧΕΛΩΟΥ)

6.2 Σενάριο 1 : ΧΑΜΗΛΟ ΦΟΡΤΙΟ (ώρα « 2956 »)

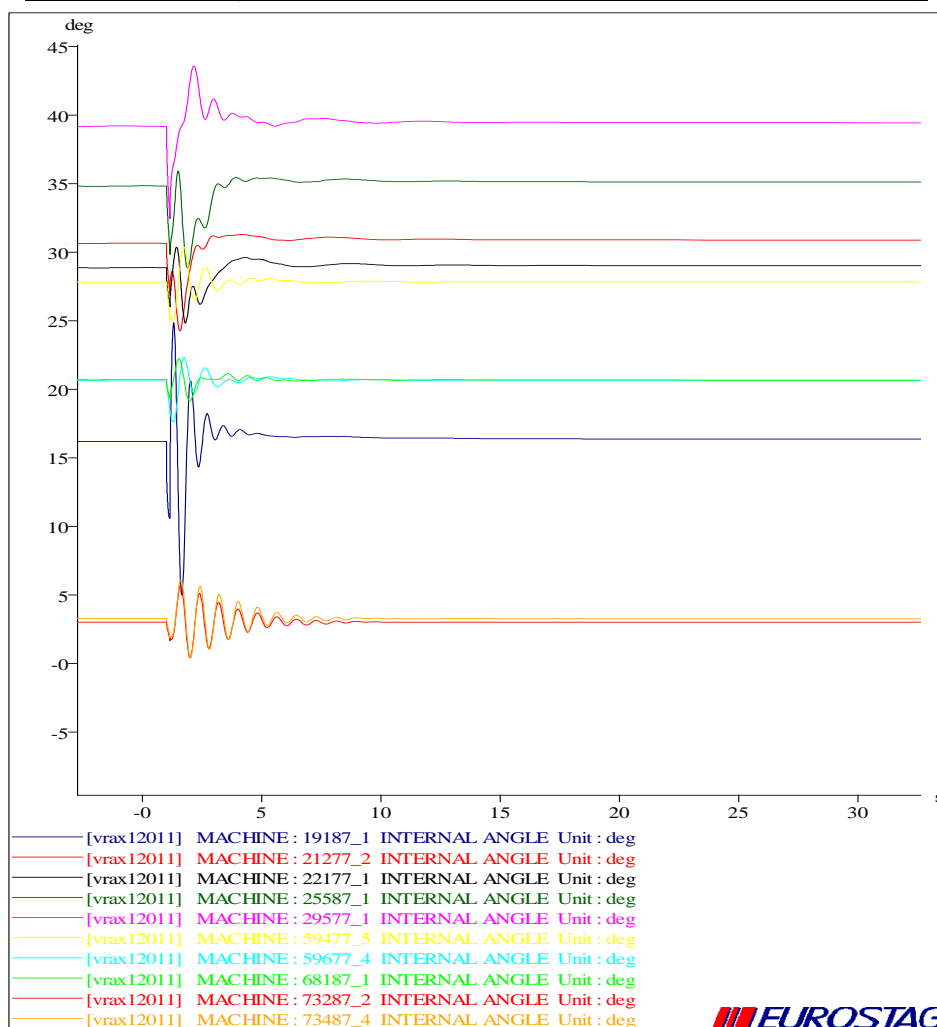
Σε αυτό το σενάριο έχουμε ένα από τα χαμηλότερα φορτία στο σύστημα μας με μεγάλη παραγωγή από Αιολικά πάρκα. Συγκεκριμένα, στον πίνακα 6.2.1, έχουμε:

Παραγωγή από Αιολικά	2638,11 MW
Παραγωγή από φωτοβολταϊκά, Βιομάζα, υδροηλεκτρικά	167,32 MW
Συνολική παραγωγή ΑΠΕ	2805,43 MW
Συνολικό φορτίο	4805,4 MW
Διείσδυση ως ποσοστό % κάλυψης του φορτίου	58,38 %

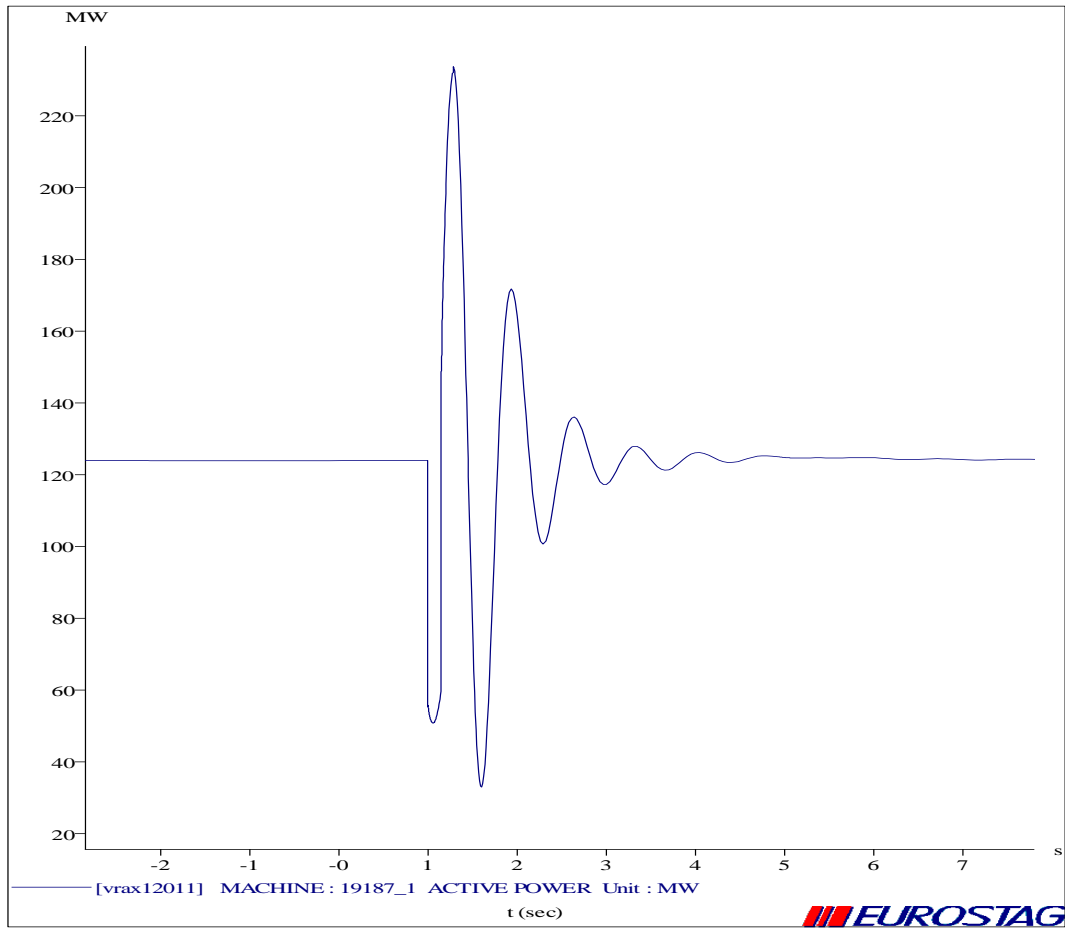
Πίνακας 6.2.1

6.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

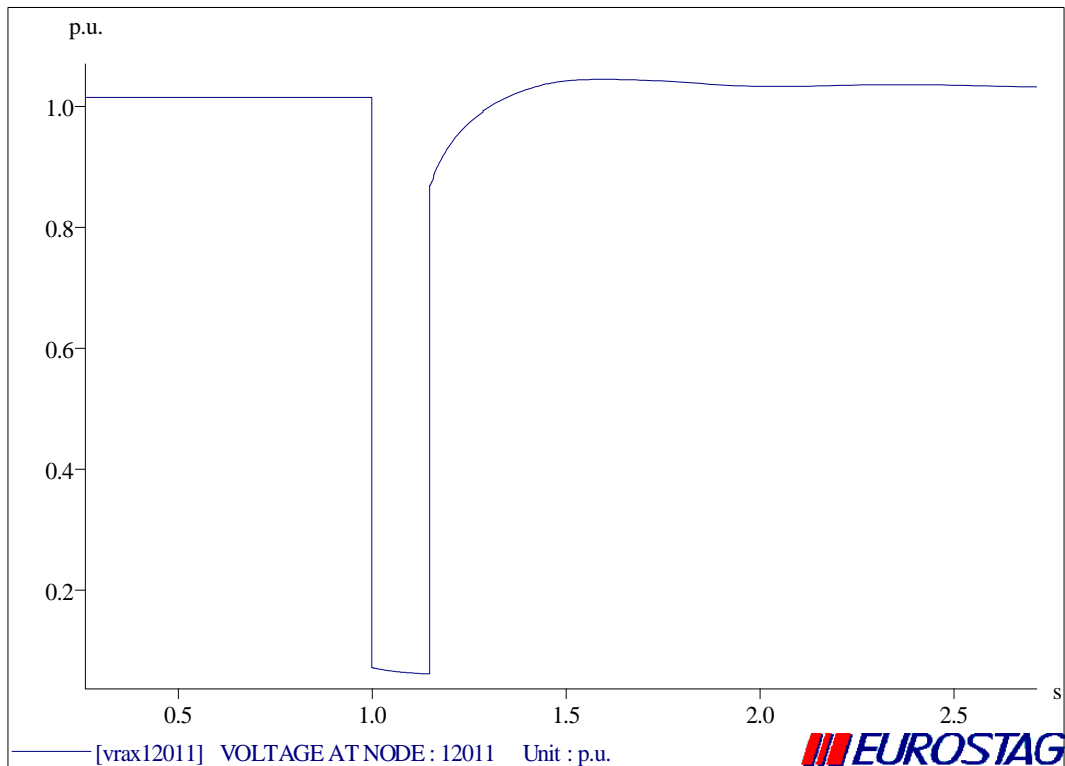
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 1 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 12011)



Διάγραμμα 6.2.1.1 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών

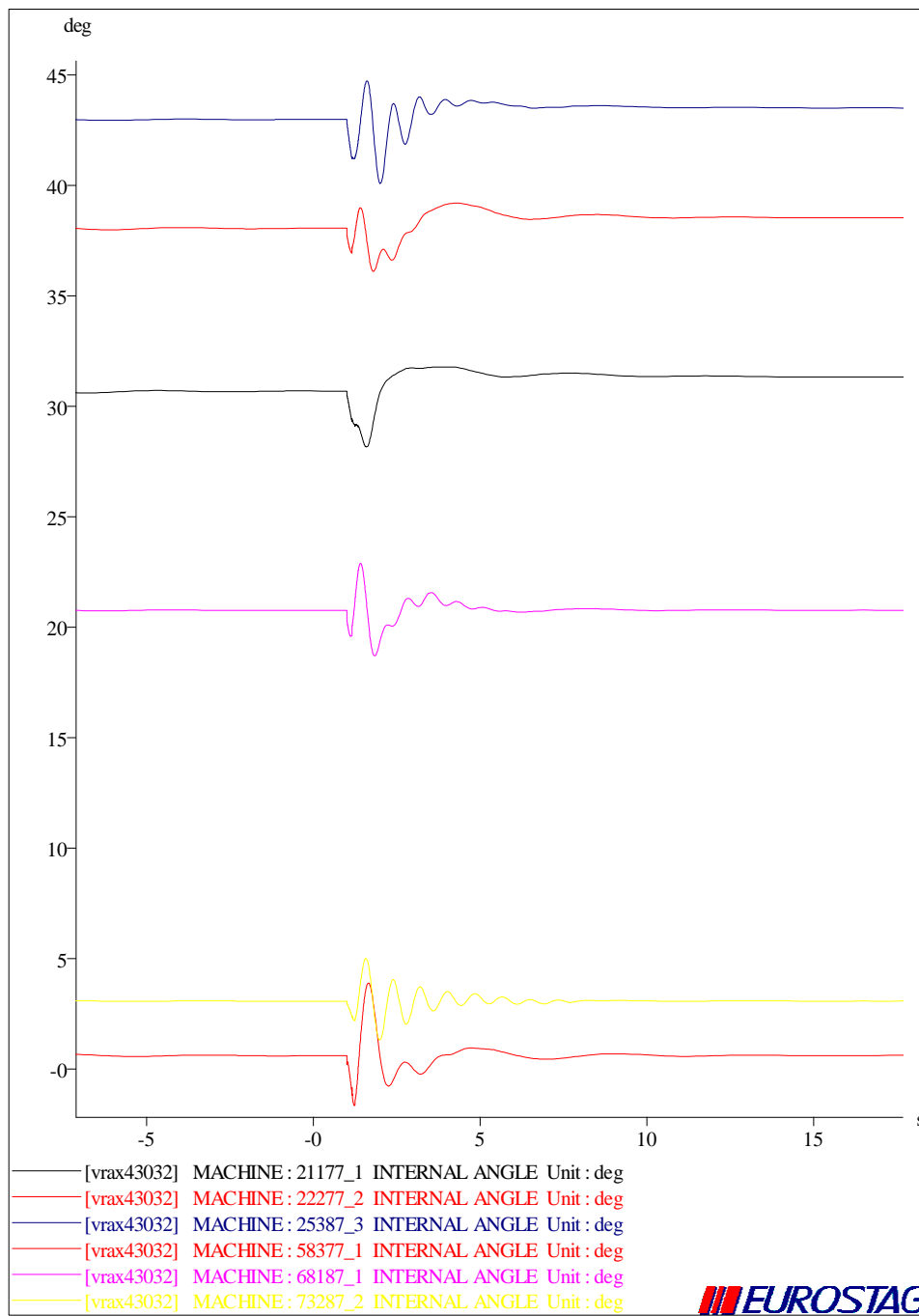


Διάγραμμα 6.2.1.2 Ενεργός ισχύς γεννήτριας 19187

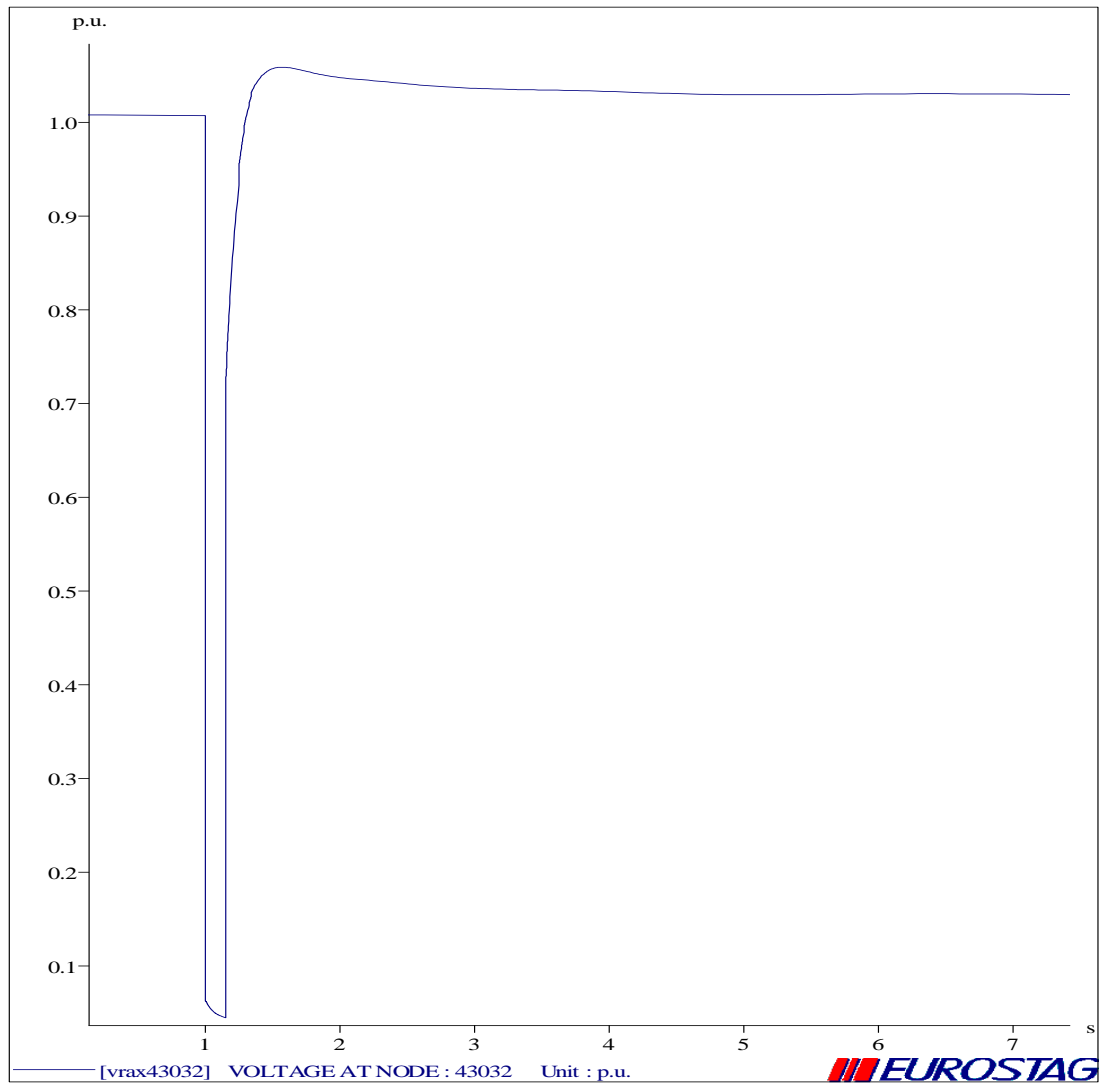


Διάγραμμα 6.2.1.3 Τάση στο ζυγό 12011

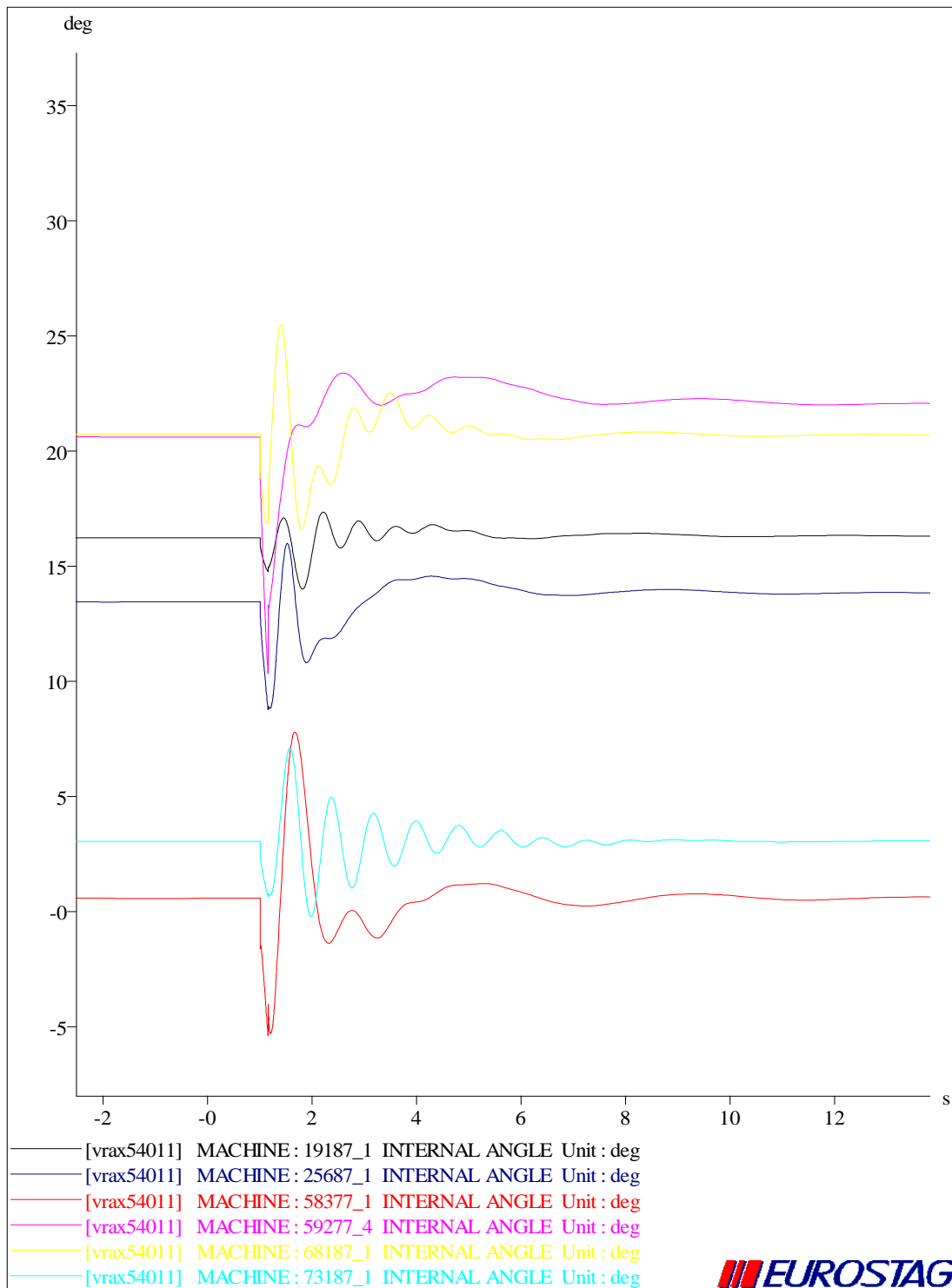
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 2 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 43032)



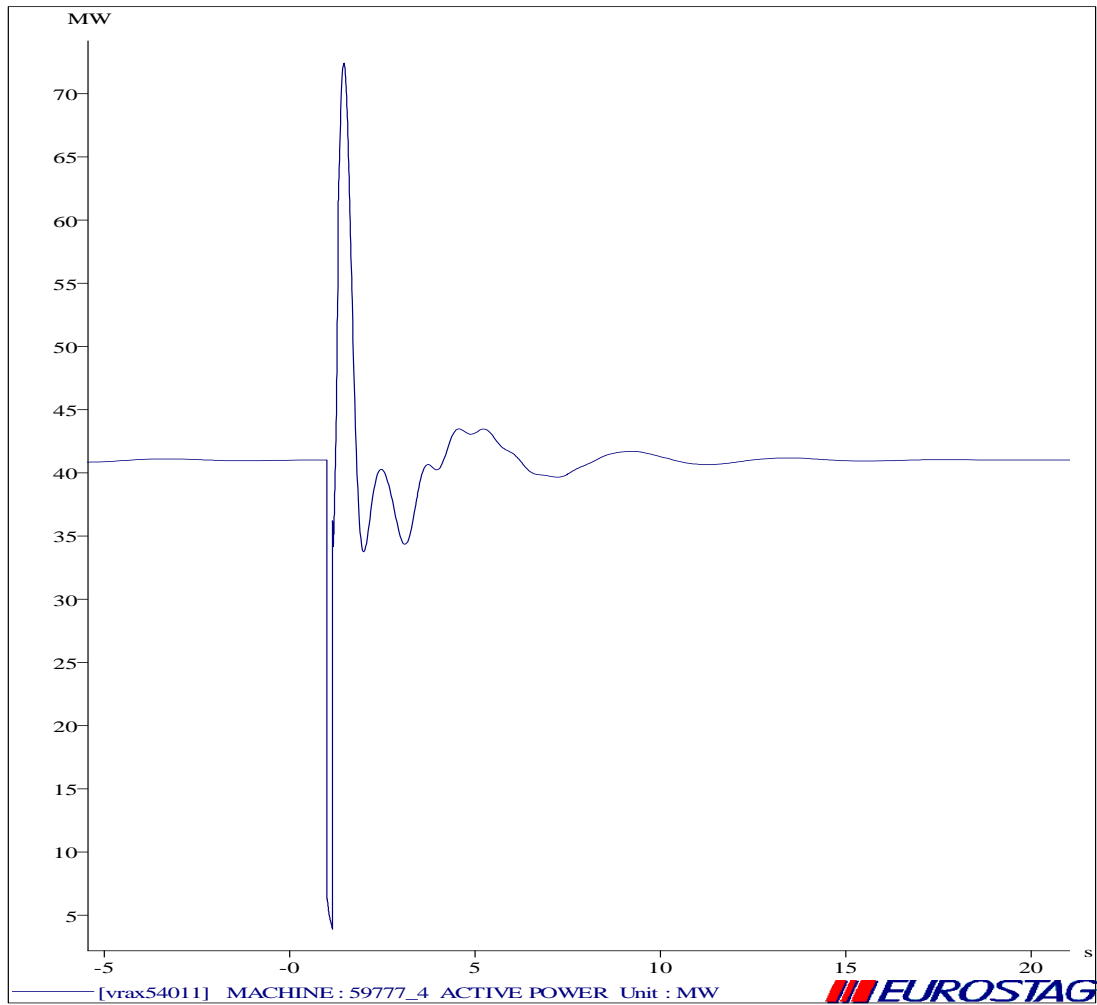
Διάγραμμα 6.2.1.4 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



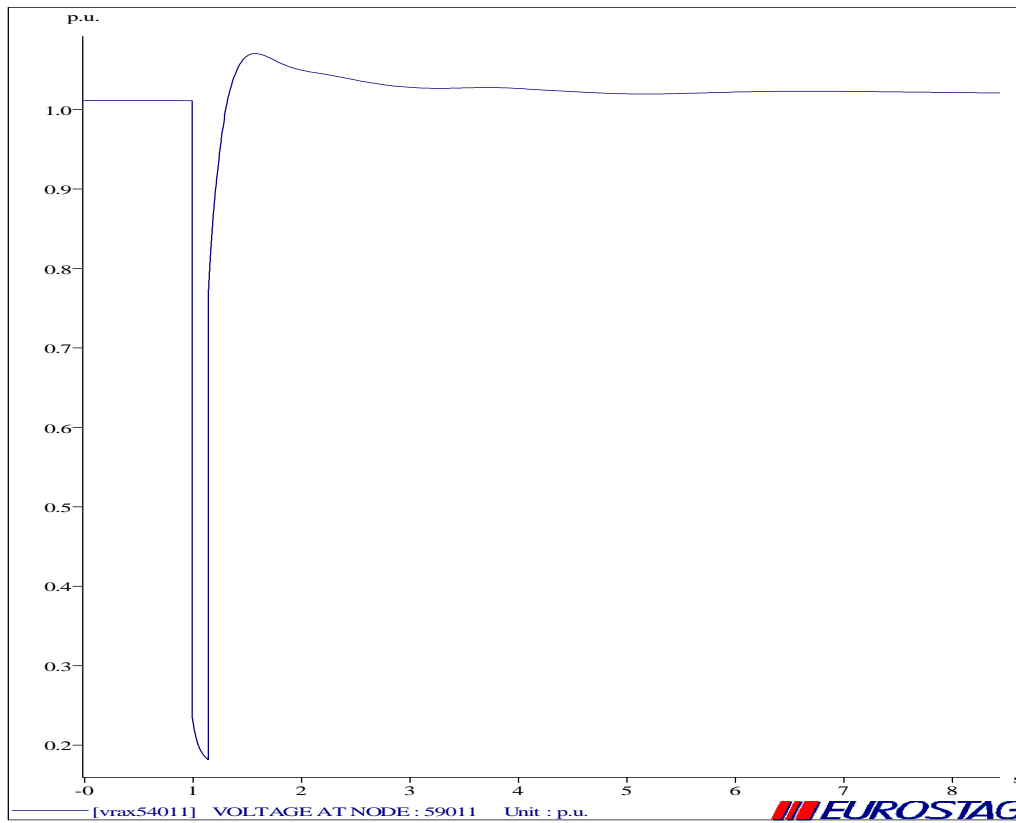
Διάγραμμα 6.2.1.5 Τάση στο ζυγό 43032

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 3 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 54011)

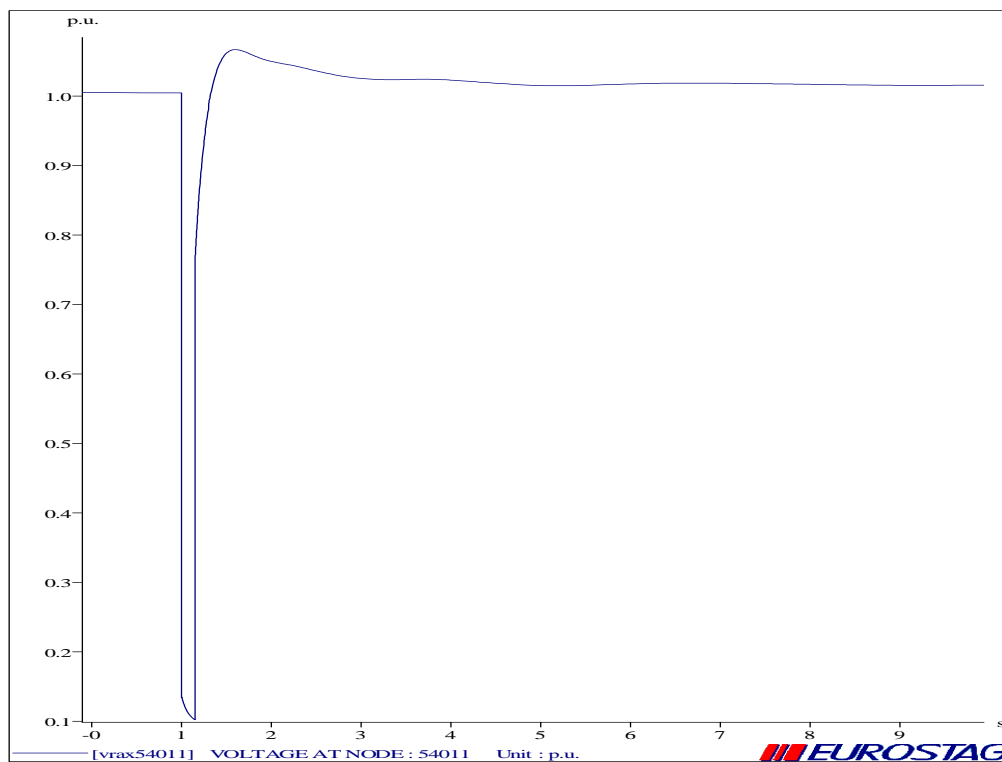
Διάγραμμα 6.2.1.6 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



Διάγραμμα 6.2.1.7 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777

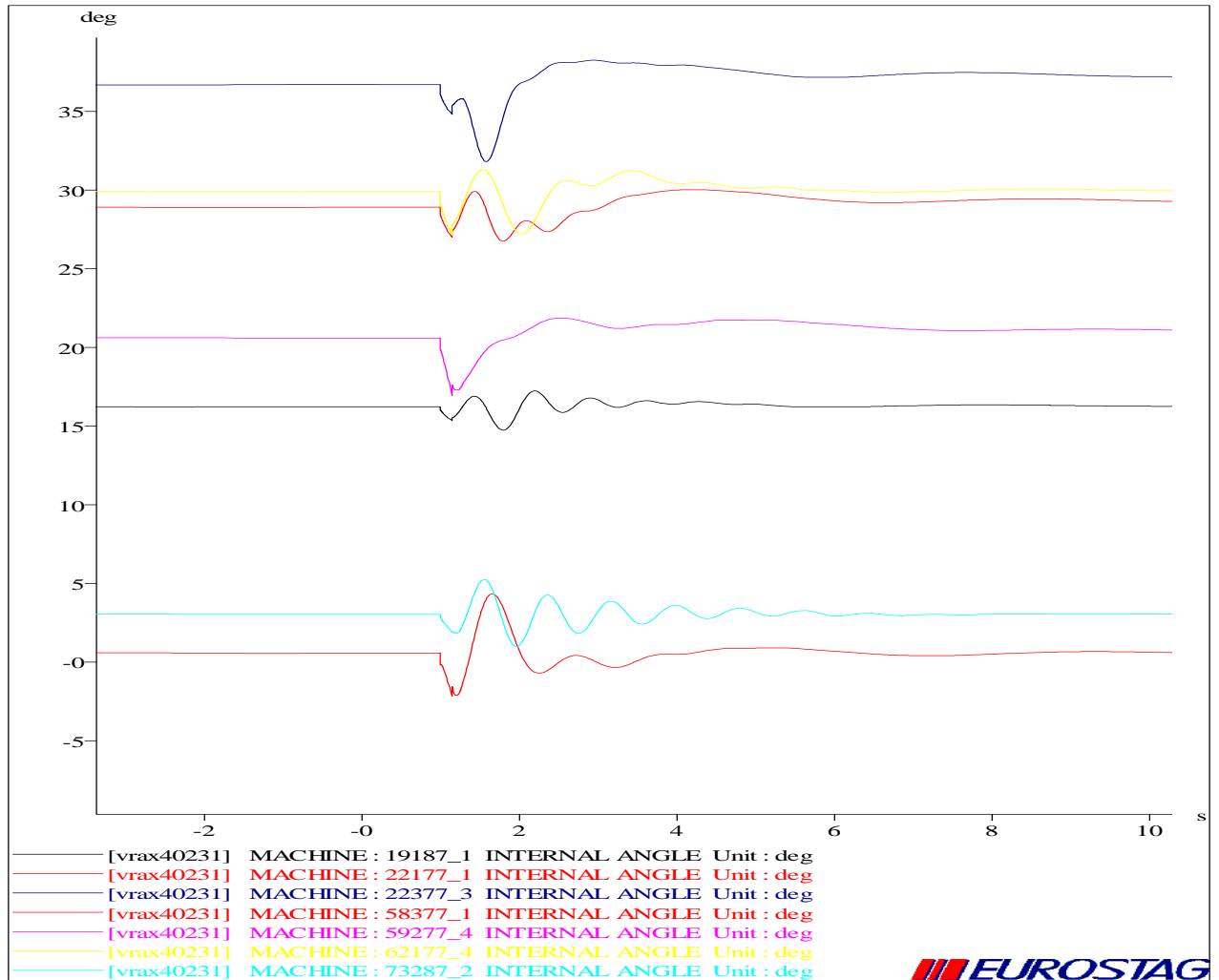


Διάγραμμα 6.2.1.8 Τάση στο ζυγό 59011

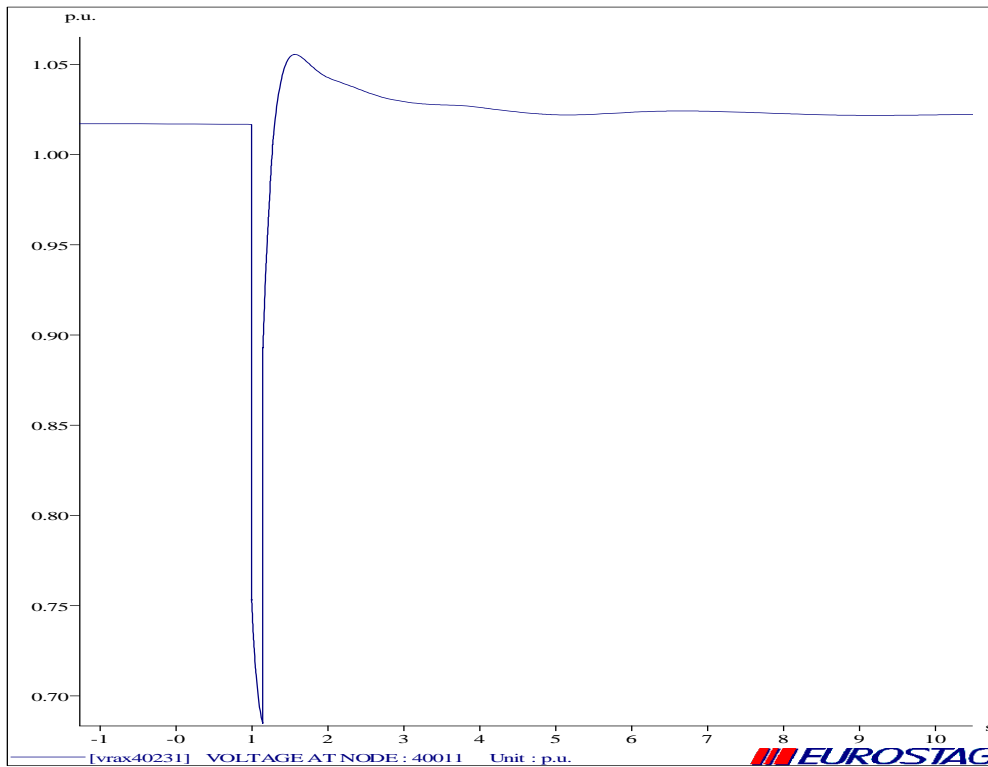


Διάγραμμα 6.2.1.9 Τάση στο ζυγό 54011

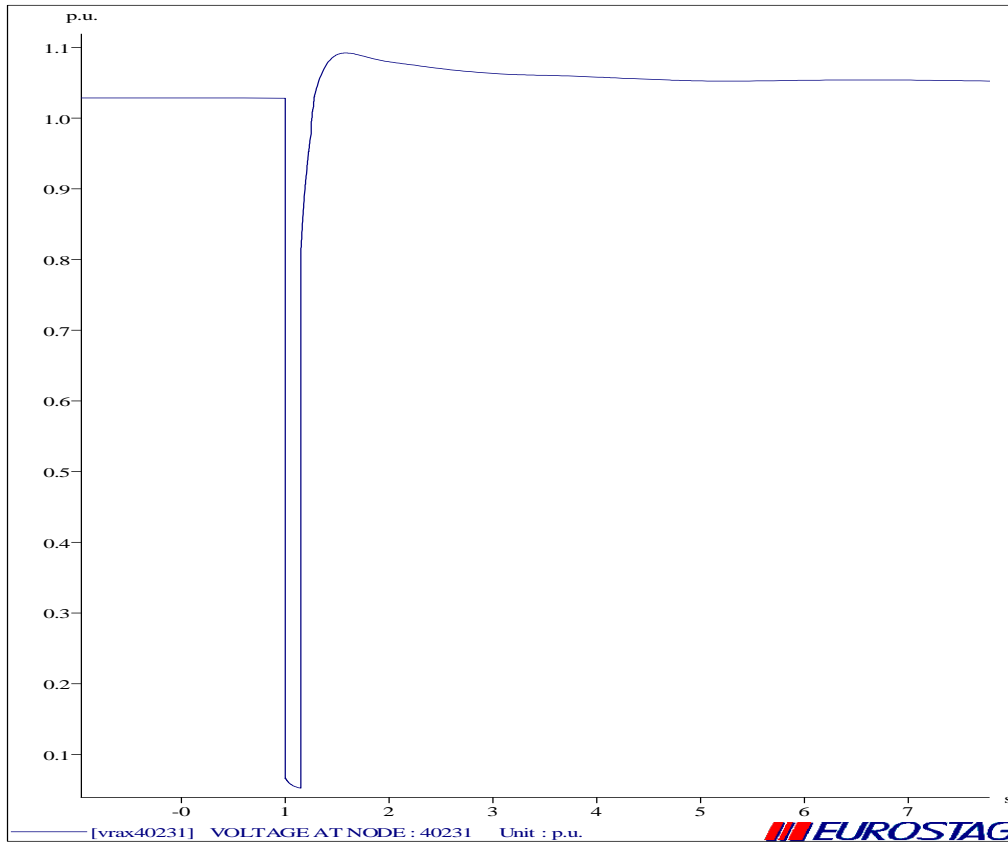
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 4 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40231)



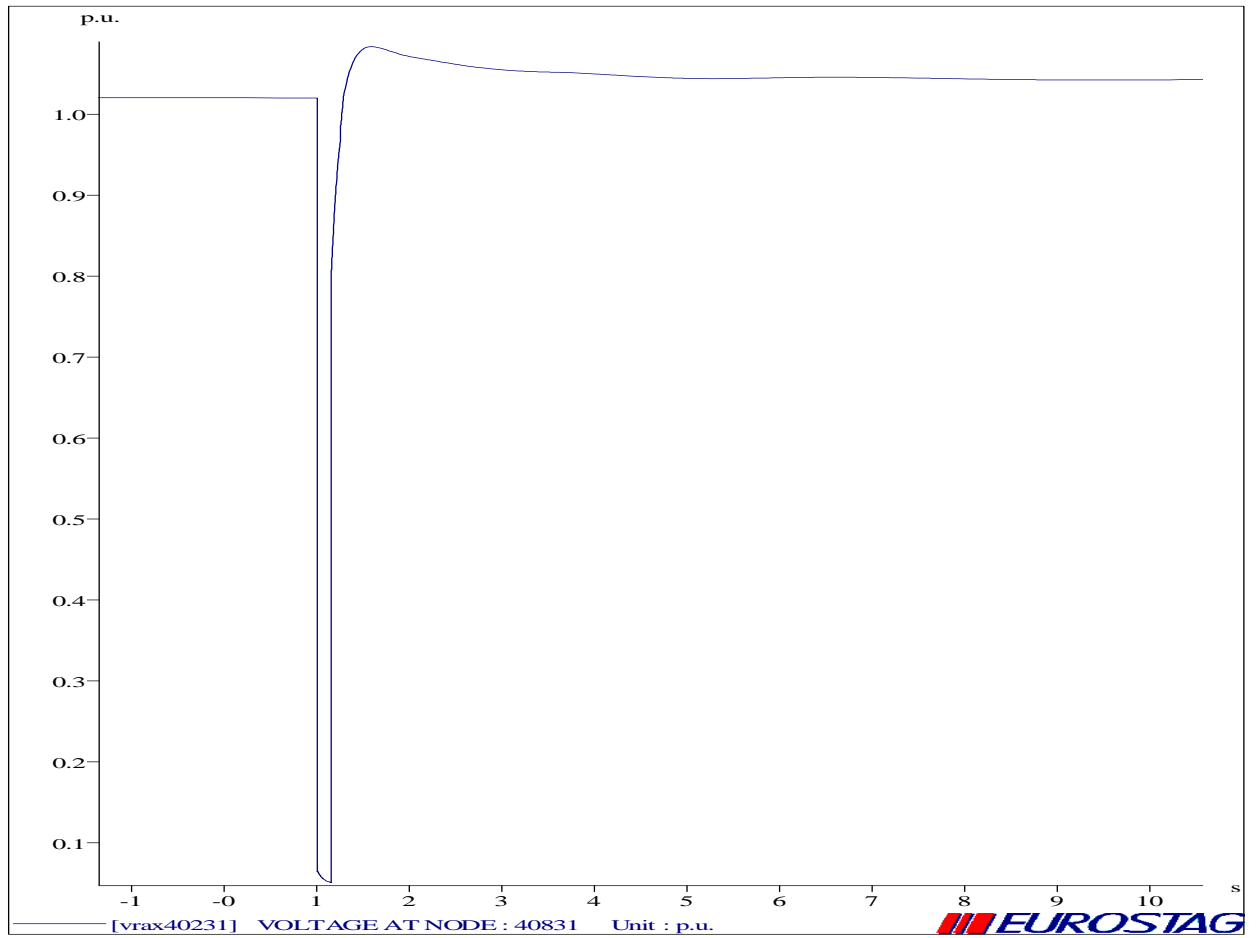
Διάγραμμα 6.2.1.10 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



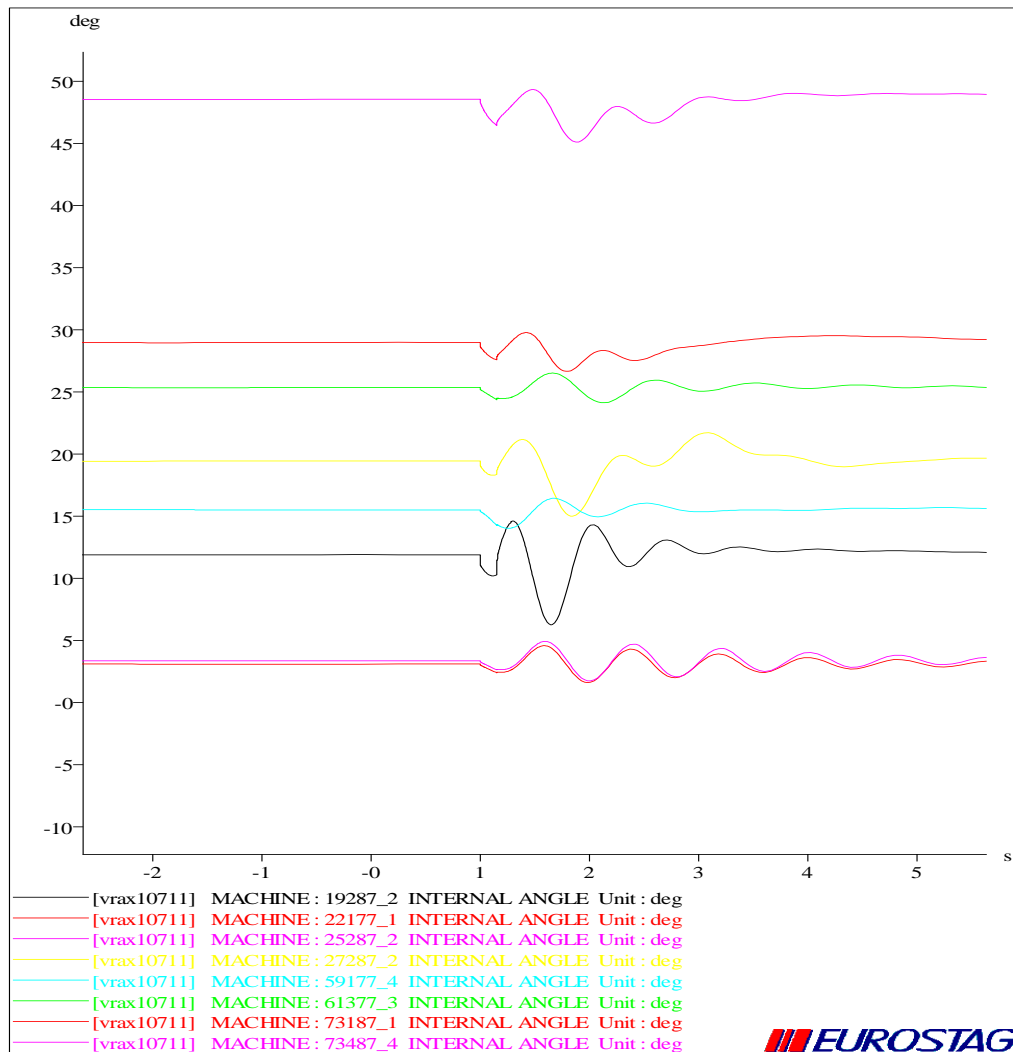
Διάγραμμα 6.2.1.11 Τάση στο ζυγό 40011

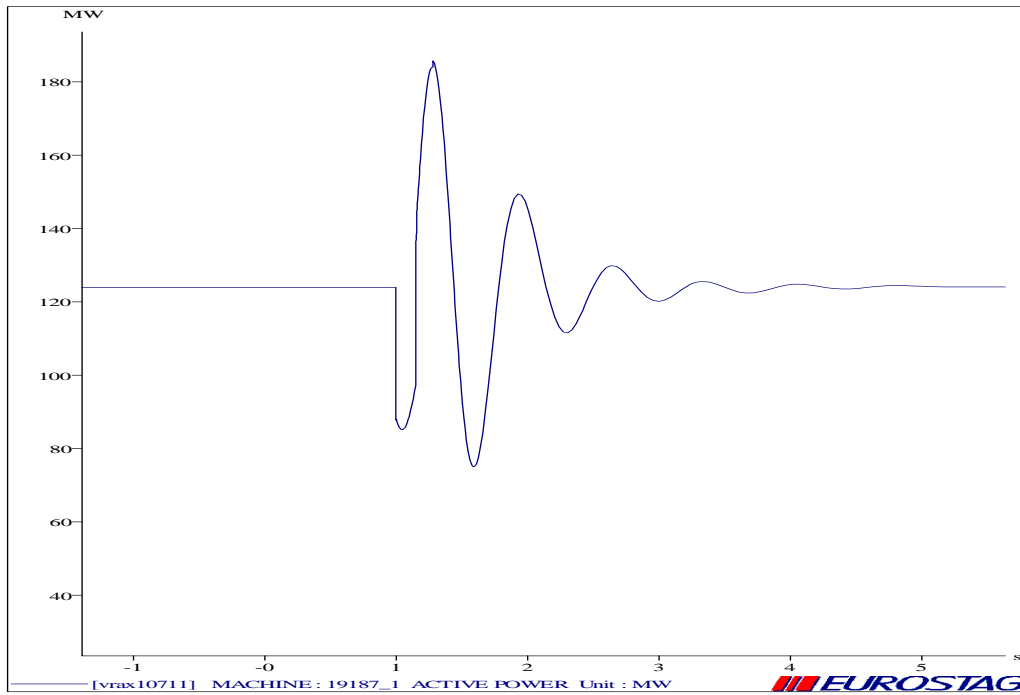


Διάγραμμα 6.2.1.12 Τάση στο ζυγό 40231

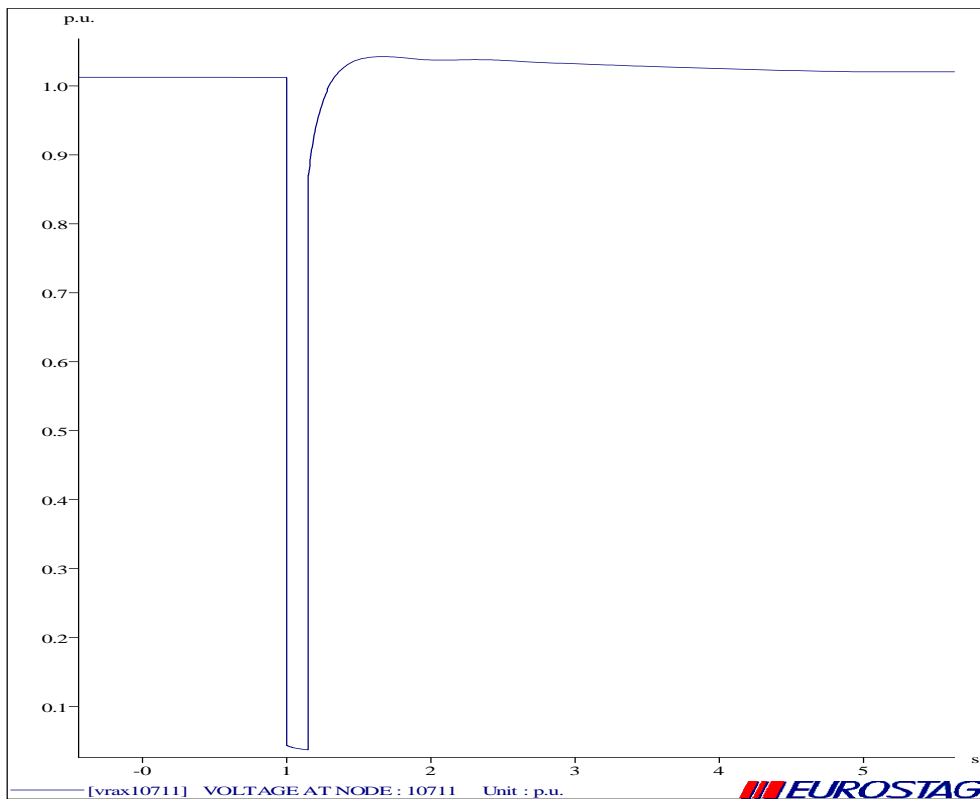


Διάγραμμα 6.2.1.13 Τάση στο ζυγό 40831

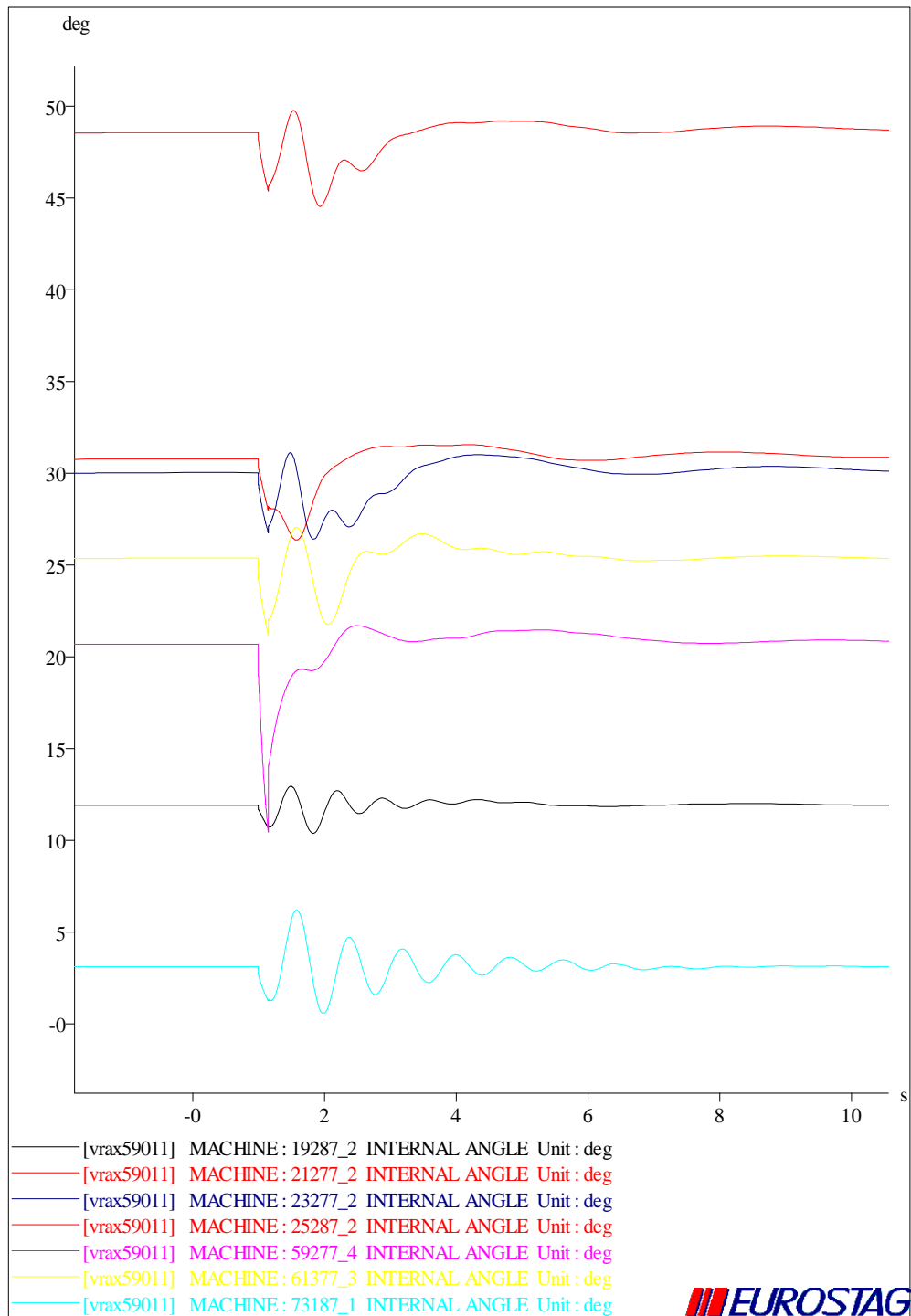
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 5 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 10711)*Διάγραμμα 6.2.1.14 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών*



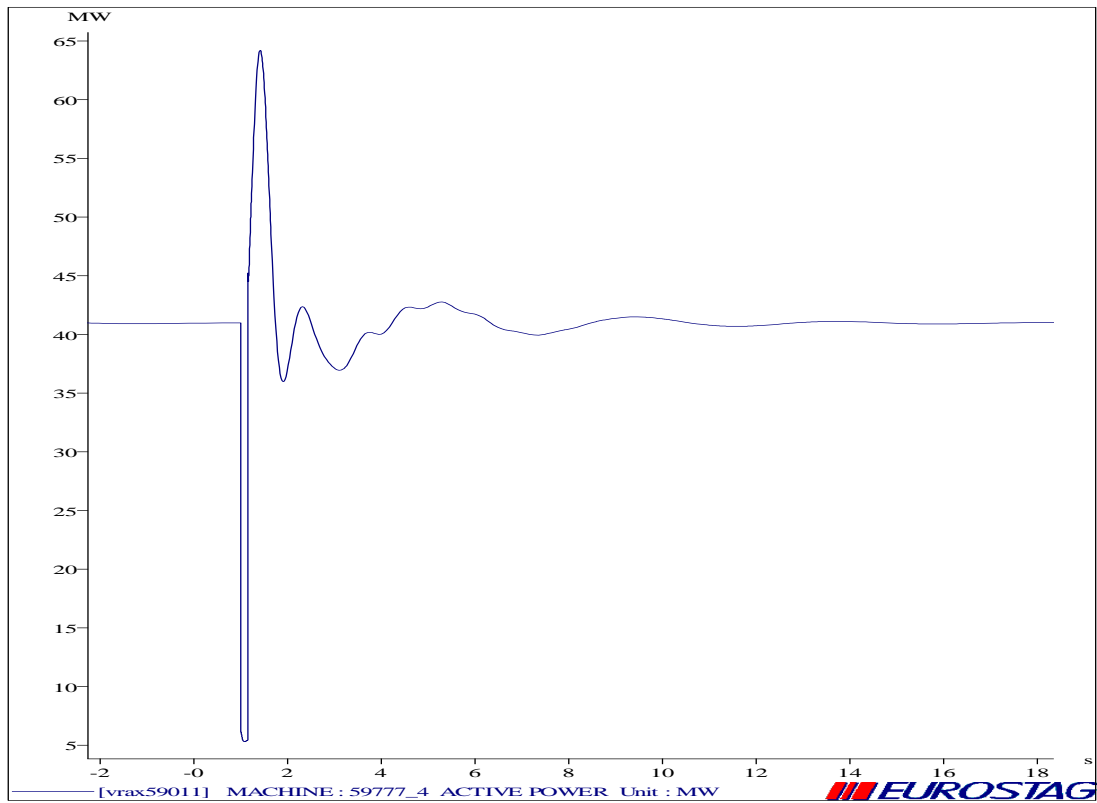
Διάγραμμα 6.2.1.15 Ενεργός ισχύς γεννήτριας 19187



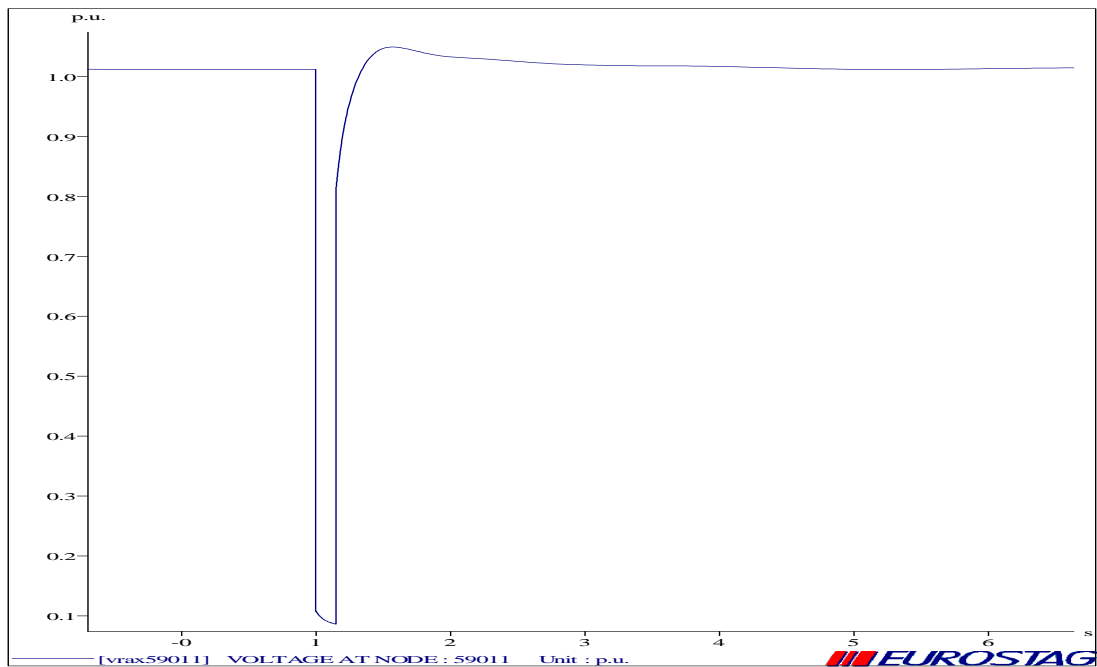
Διάγραμμα 6.2.1.16 Τάση στο ζυγό 10711

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 6 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 59011)

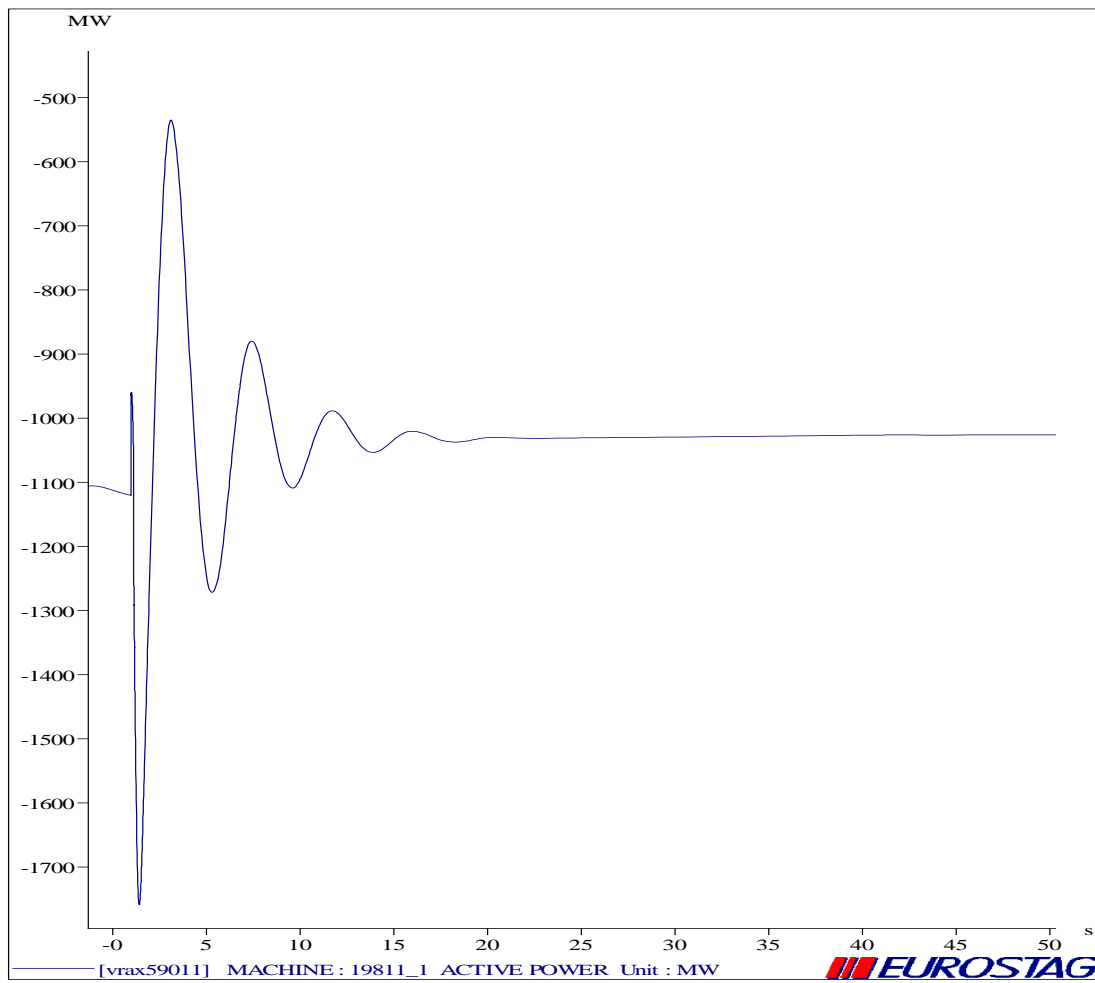
Διάγραμμα 6.2.1.17 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



Διάγραμμα 6.2.1.18 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777

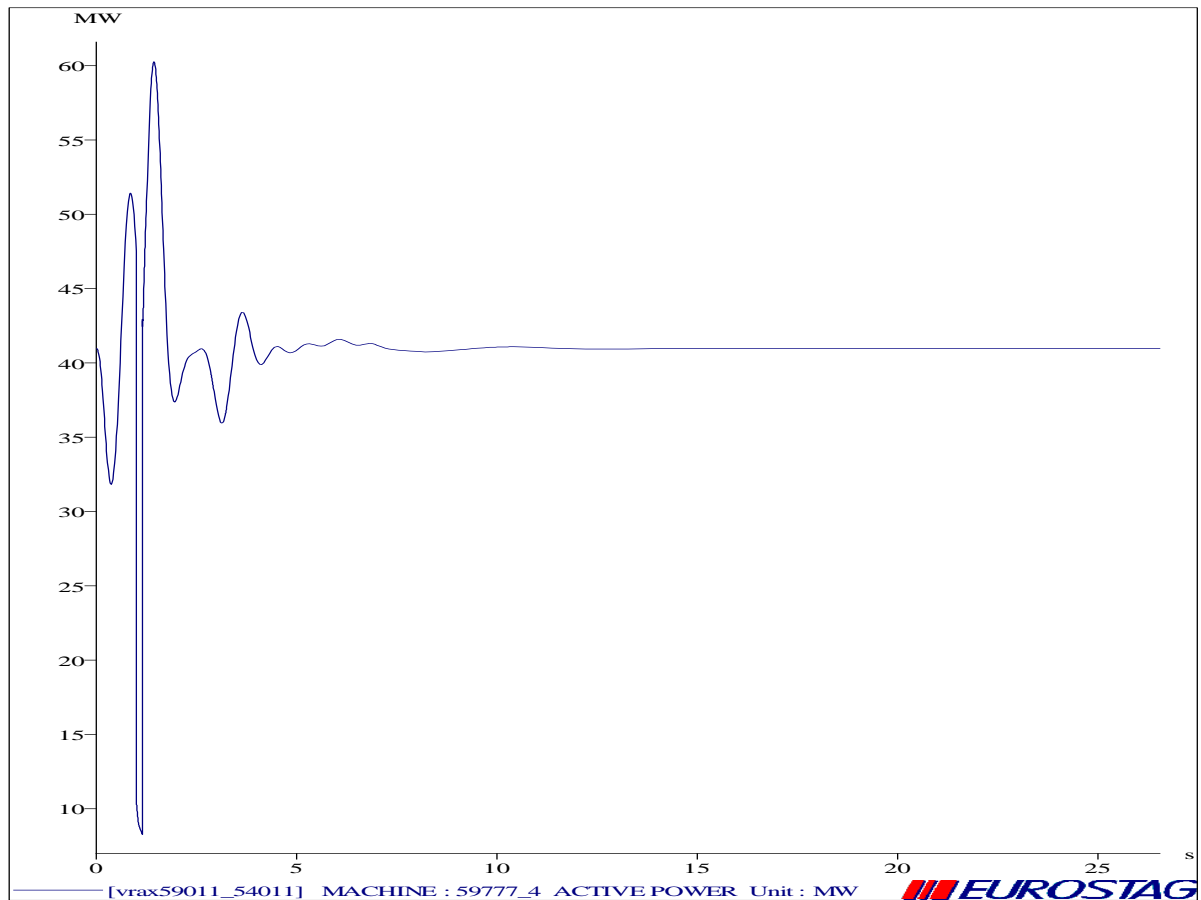


Διάγραμμα 6.2.1.19 Τάση στο ζυγό 59011

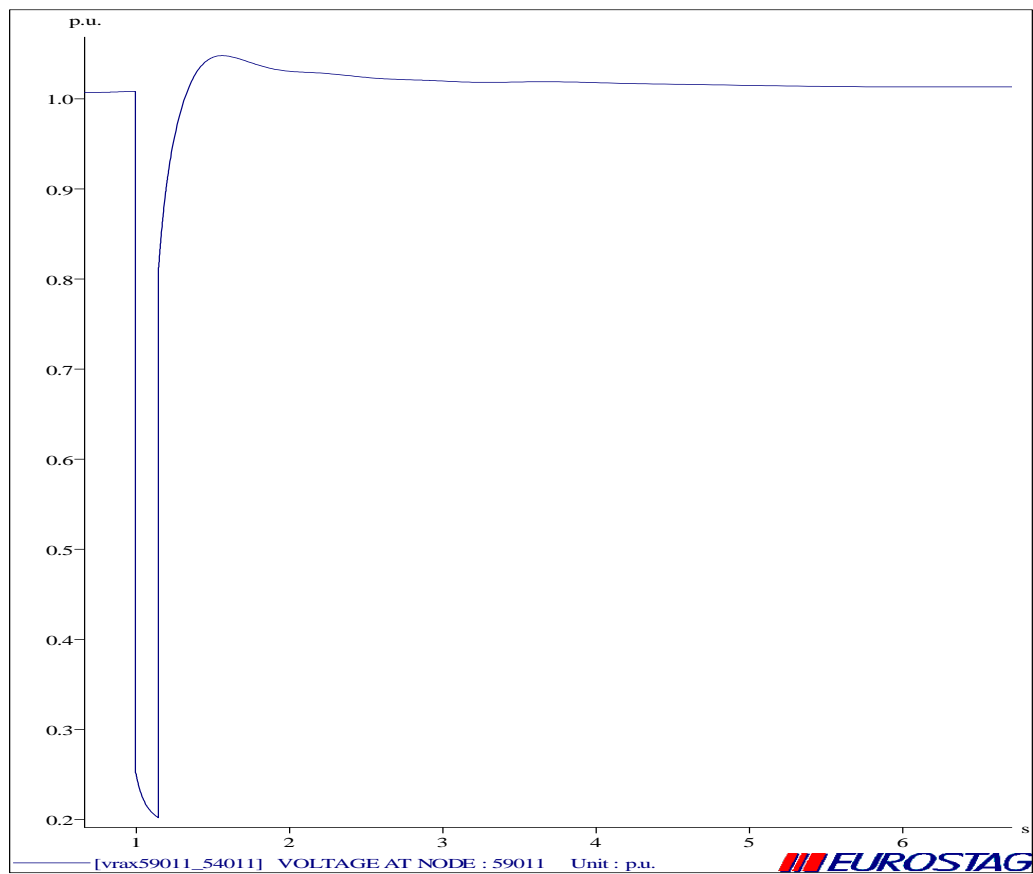


Διάγραμμα 6.2.1.20 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδας - Dubrono

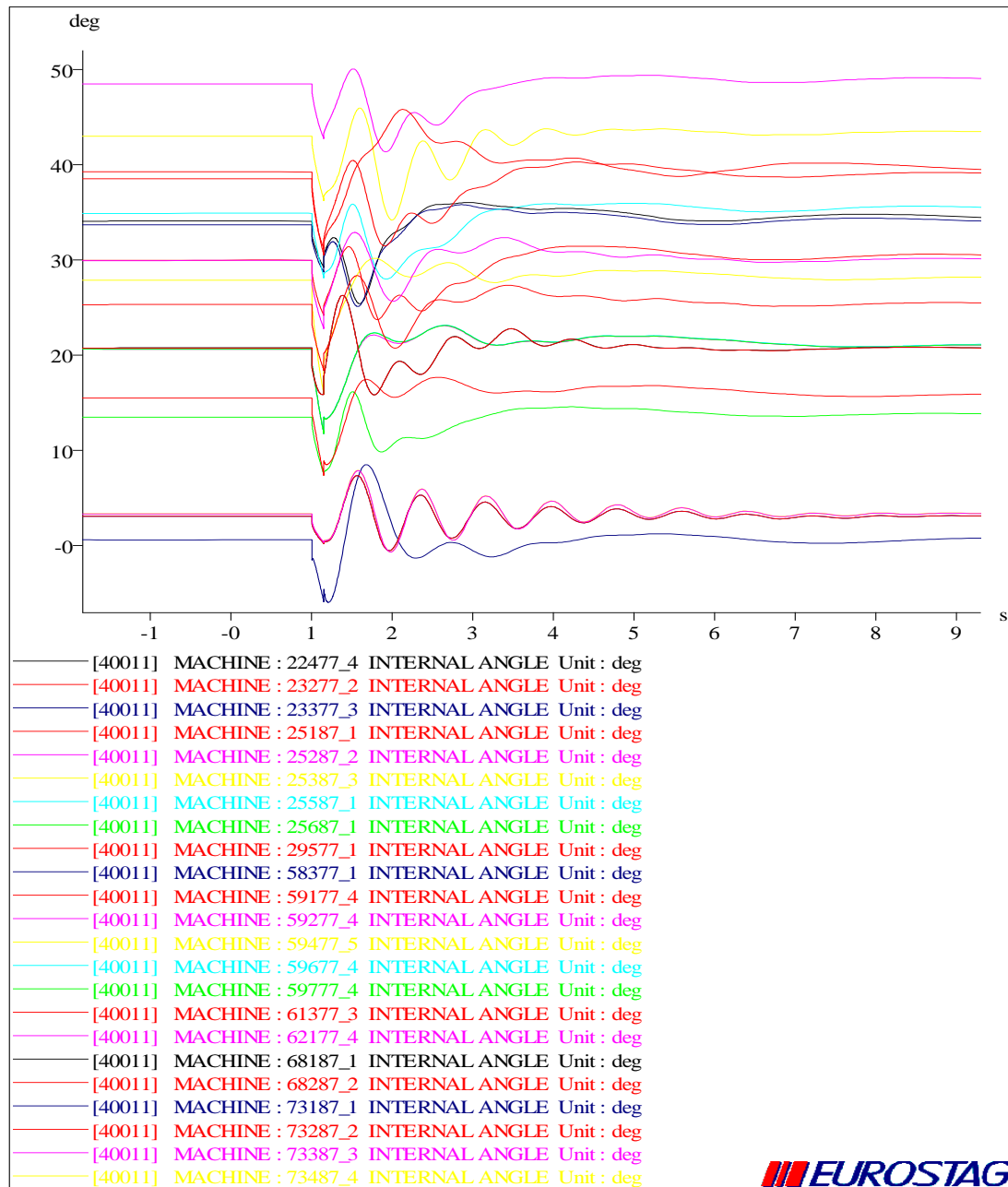
**ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 7 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ
59011-54011)**



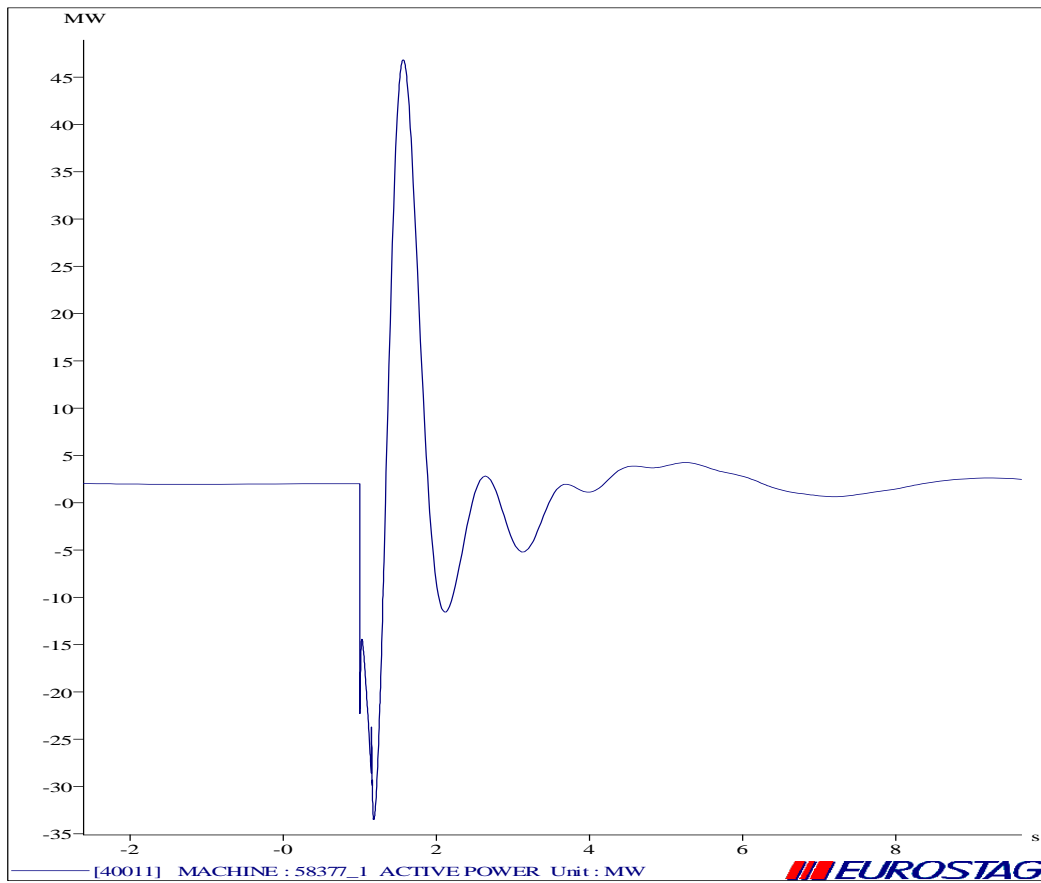
Διάγραμμα 6.2.1.21 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777



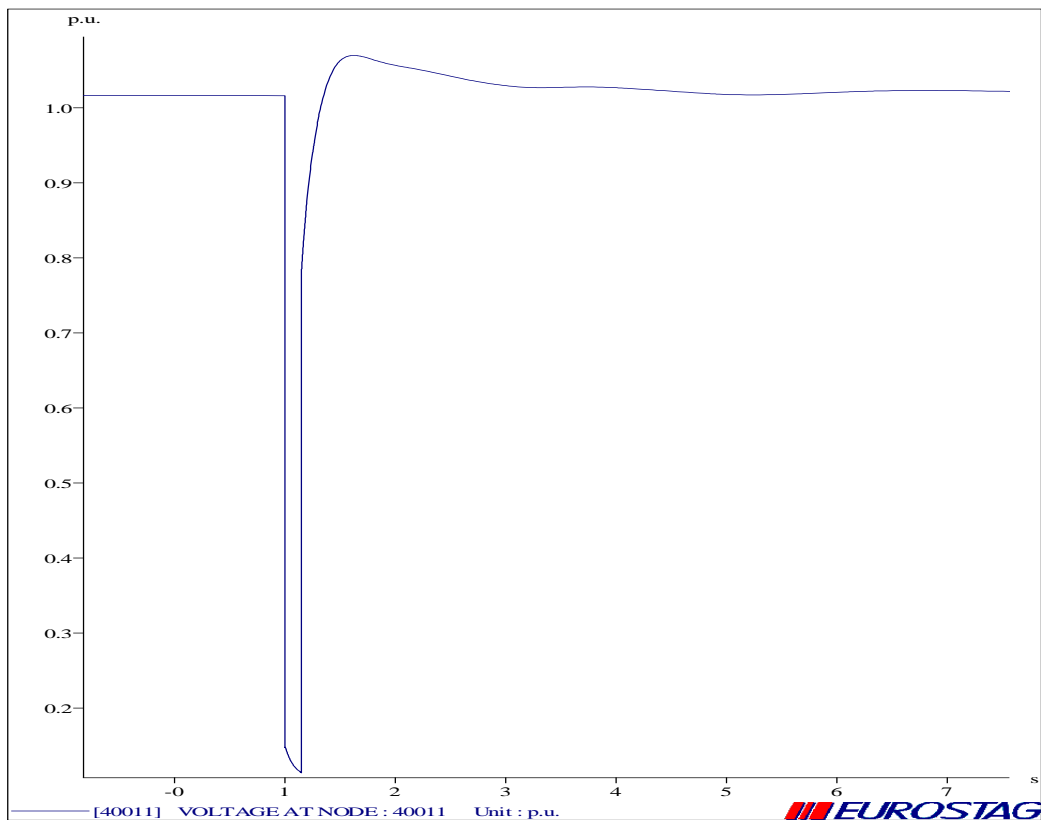
Διάγραμμα 6.2.1.22 Τάση στο ζυγό 59011

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 8 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40011)

Διάγραμμα 6.2.1.23 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών

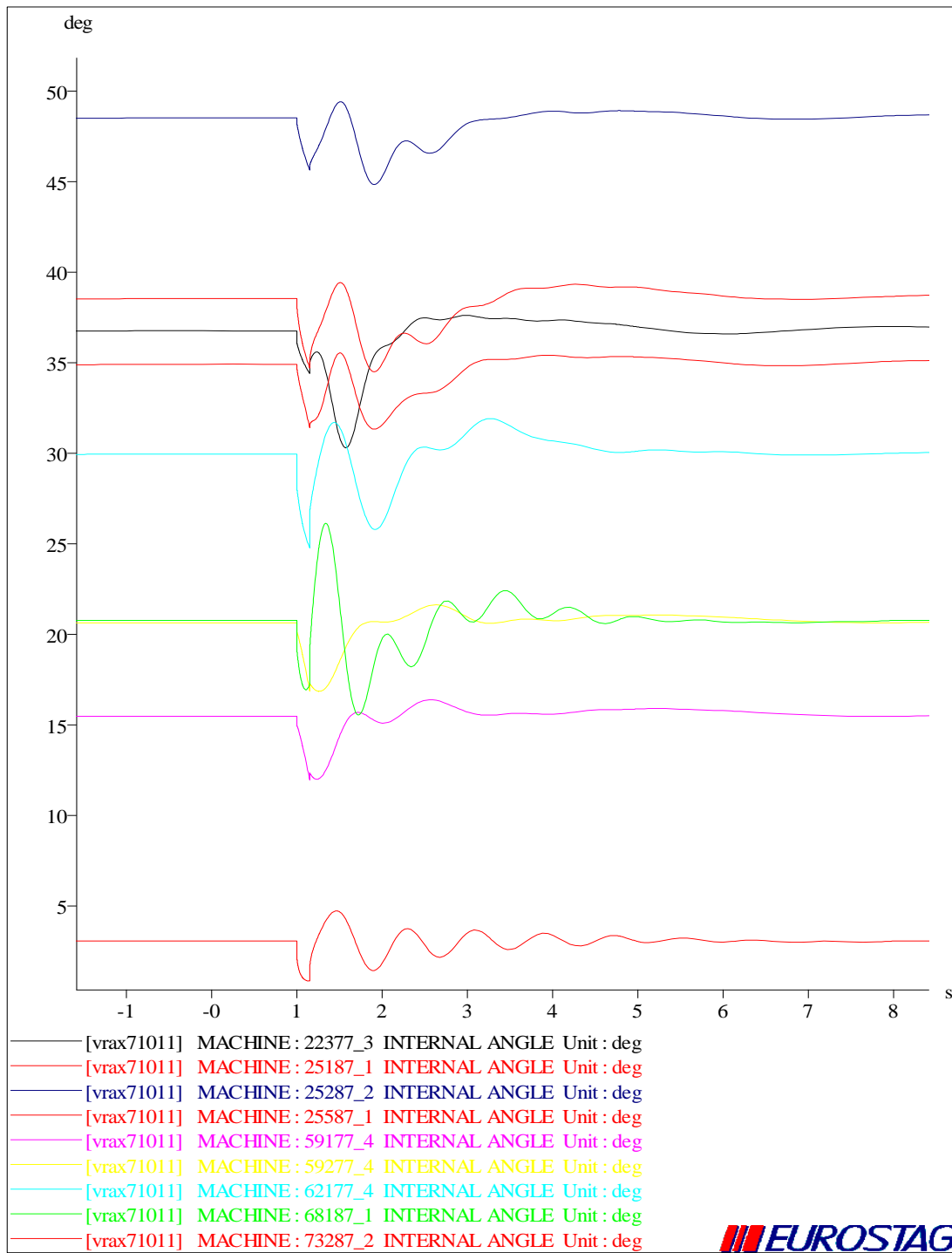


Διάγραμμα 6.2.1.24 Ενεργός ισχύς γεννήτριας 58377

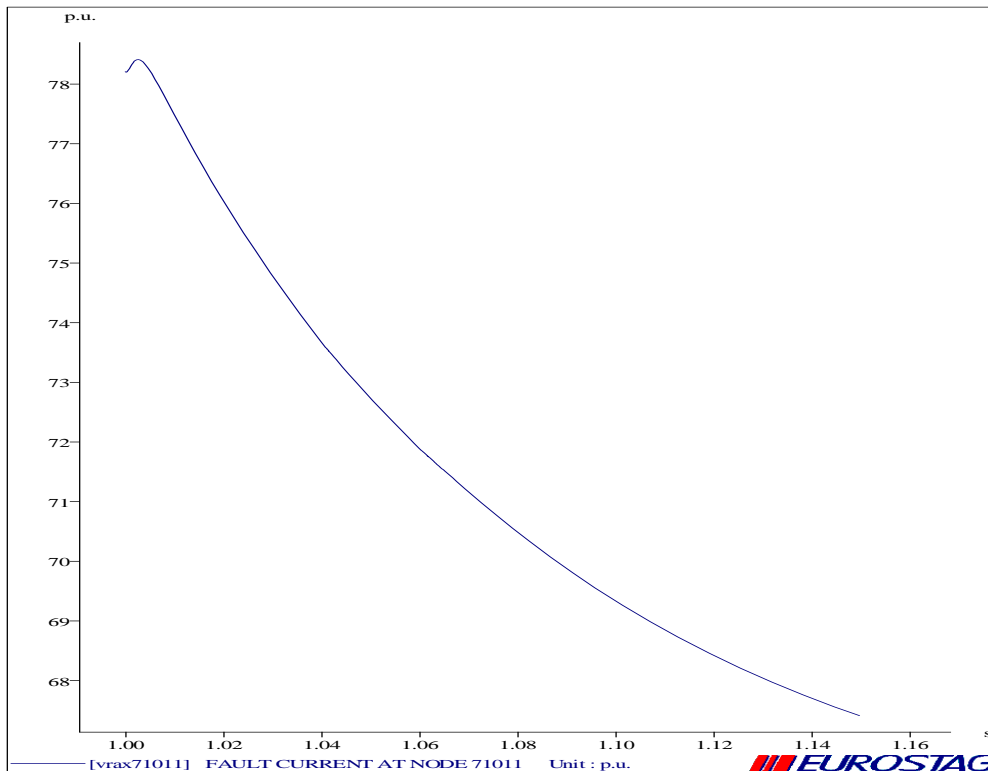


Διάγραμμα 6.2.1.25 Τάση στο ζυγό 40011

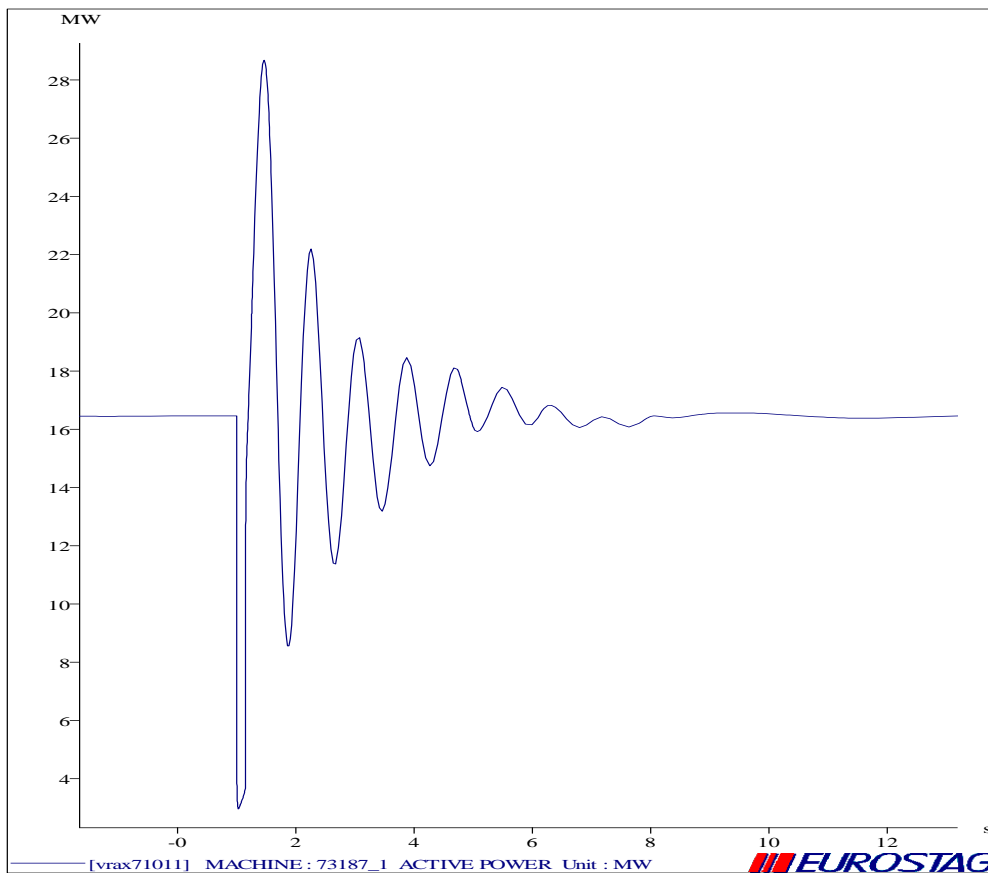
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 9 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 71011)



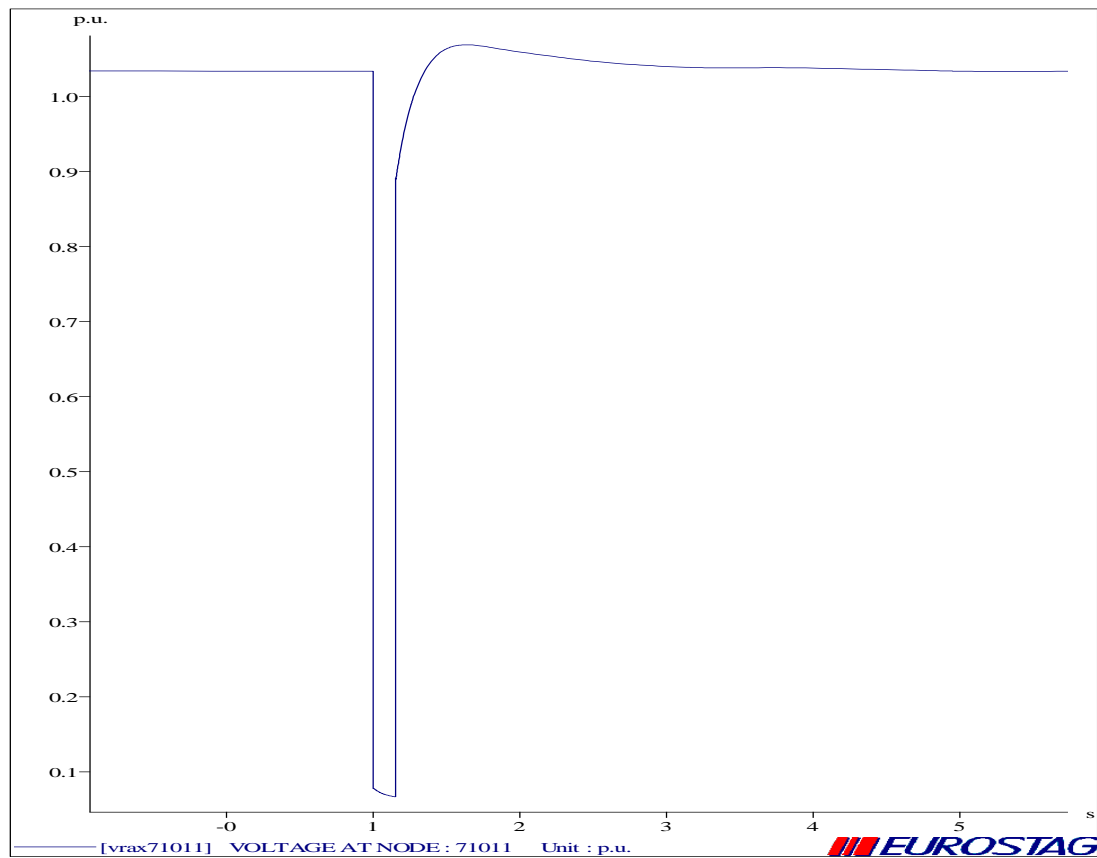
Διάγραμμα 6.2.1.26 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



Διάγραμμα 6.2.1.27 Ρεύμα στο βραχυκύκλωμα στο ζυγό 71011



Διάγραμμα 6.2.1.28 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 73187



Διάγραμμα 6.2.1.29 Τάση στο ζυγό 71011

Στον παρακάτω πίνακα 6.2.1.1 παρουσιάζουμε τις μονάδες ΑΠΕ που βγαίνουν εκτός για αυτό το σενάριο και για τις 9 διαταραχές καθώς και την ολική απώλεια ισχύος για κάθε διαταραχή σ' αυτό το σενάριο που μας έχουμε.

	502316PV	1,74	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΑΤΤΙΚΑ1	546316PV	3,23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΜΑΡΚΟΠΟΥ	547316PV	1,32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΜΕΓΑΡΑ	573316PV	2,17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
WF_AG,GE	596316PV	6,31	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KORIN_1	606326PV	0,47	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARGOL_4	603316PV	0,29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΜΑΓΑΝΑ	605316PV	0,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
TROIZHNA	606416PV	0,64	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DORIZA_2	611326PV	0,67	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DORIZA_1	611316PV	0,93	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AXLADC_2	613316PV	0,18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ΜΟΛΑΟΙ	616316PV	0,96	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AXLADOC_1	630316PV	0,48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DIDYMA	631316PV	0,57	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARGOL_3	632316PV	0,8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PANAXAIK	633316PV	0,77	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AHAIA_2	634316PV	0,35	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LAKWNIA2	635316PV	0,32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LAKWNIA1	636316PV	0,56	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARKADIA1	637316PV	0,45	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AHAIA_3	638316PV	0,63	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PULOS	655316PV	0,97	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MESSIN_1	659316PV	0,36	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BOIWTIA6	750216PV	3,78	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DISTOMO	750316PV	2,55	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_1	712316PV	1,73	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_2	713316PV	2,19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FOKIDA_1	715316PV	2,3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_3	716316PV	1,48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FOKIDA_2	717316PV	1,64	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
FOKIDA_3	718316PV	1,83	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EURYTAN1	726316PV	10,03	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
HY_KARP	734316PV	1,84	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DAFNOZ_WF	820416PV	1,8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARGOSTOL	821316PV	1,23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KEF_2	824316PV	4,51	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KEF_1	825316PV	3,62	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LEUKADA1	827316PV	4,71	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANTIRRIO	833316PV	3,04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_4	829316PV	4,58	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	ΑΠΩΛΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ (MW)		80,02	332,78	222,1	165,87	80,02	85	85	131,86	18,14

Πίνακας 6.2.1.1 Μονάδες ΑΠΕ που παραμένουν ή βγαίνουν εκτός στο σενάριο 1

6.2.2 Συμπεράσματα : Ελάχιστο φορτίο – Μεγάλη παραγωγή από Αιολικά

Ο ζυγός ταλάντωσης μας σε όλα τα σενάρια είναι η διασύνδεση με το Dubrono στα Βαλκάνια (ζυγός 19811).

Σ' αυτό το σενάριο δεν αντιμετωπίζουμε ιδιαίτερα προβλήματα, αν και το σύστημα μας είναι πιο ευαίσθητο στο χαμηλό φορτίο διότι δεν υπάρχουν πολλές συμβατικές γεννήτριες ενταγμένες στο σύστημα μας για να στηρίξουν την τάση. Η απώλεια ισχύος καθώς και η παραγωγή από Φ/Β είναι σχετικά χαμηλή και αυτή των αιολικών υψηλή. Λόγω των **Low Voltage Ride Through Capability** των ανεμογεννητριών μας οι Ανεμογεννήτριες δεν βγαίνουν εκτός εύκολα και συνεισφέρουν στην στήριξη της τάσης κατά την περίοδο του σφάλματος. Τα Φ/Β όμως είναι αυτά που βγαίνουν εκτός εύκολα και μας οδηγούν στην μεγαλύτερη απώλεια ισχύος. Περιορισμένη παραγωγή από Φ/Β οδηγεί σε περιορισμένη απώλεια ισχύος. Έτσι σ' αυτό το σενάριο παρατηρούμε ότι δεν έχουμε μεγάλη απώλεια παραγωγής από ΑΠΕ . Ακόμα βλέπουμε ότι οι παραγωγές των συμβατικών γεννητριών του συστήματος μας εκτελούν μια ταλάντωση το ίδιο και η γωνία ροπής δ των μηχανών μιας και $P=P_{\max}\sin(\delta)$. Από άποψη ευστάθειας οι μηχανές μας είναι ευσταθείς ως προς τη γωνία « δ » , σύμφωνα με το κριτήριο ευστάθειας γωνίας δρομέα(rotor angle stability) μιας και όπως παρατηρούμε εκτελείται μια ταλάντωση από τις γωνίες δ και στο τέλος αποκαθίσταται καινούριο σημείο ισορροπία εφόσον έχει αποκατασταθεί ισορροπία μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής και μηχανικής ροπής στο σύστημα. Η διασύνδεση μας έχει αρνητικές τιμές εφόσον έχουμε χαμηλό φορτίο και μεγάλη διείσδυση οπότε και πλεόνασμα ισχύος το οποίο απορροφά η διασύνδεση. Έτσι η διασύνδεση μας όπως παρατηρείται εκτελεί μια ταλάντωση λόγω του ότι χάνεται στιγμιαία παραγωγή καθώς και τα φορτία μειώνονται ανάλογα με την τάση μέχρι να αποκατασταθεί καινούριο σημείο ισορροπίας στο σύστημα μας. Τέλος καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι διαταραχές στις περιοχές 4 (Στερεά Ελλάδα) και 5 (Αττική) είναι οι πιο κρίσιμες εφόσον μας οδηγούν στην μεγαλύτερη απώλεια ισχύος.

6.3 Σενάριο 2 : ΧΑΜΗΛΟ ΦΟΡΤΙΟ (ώρα « 2625 »)

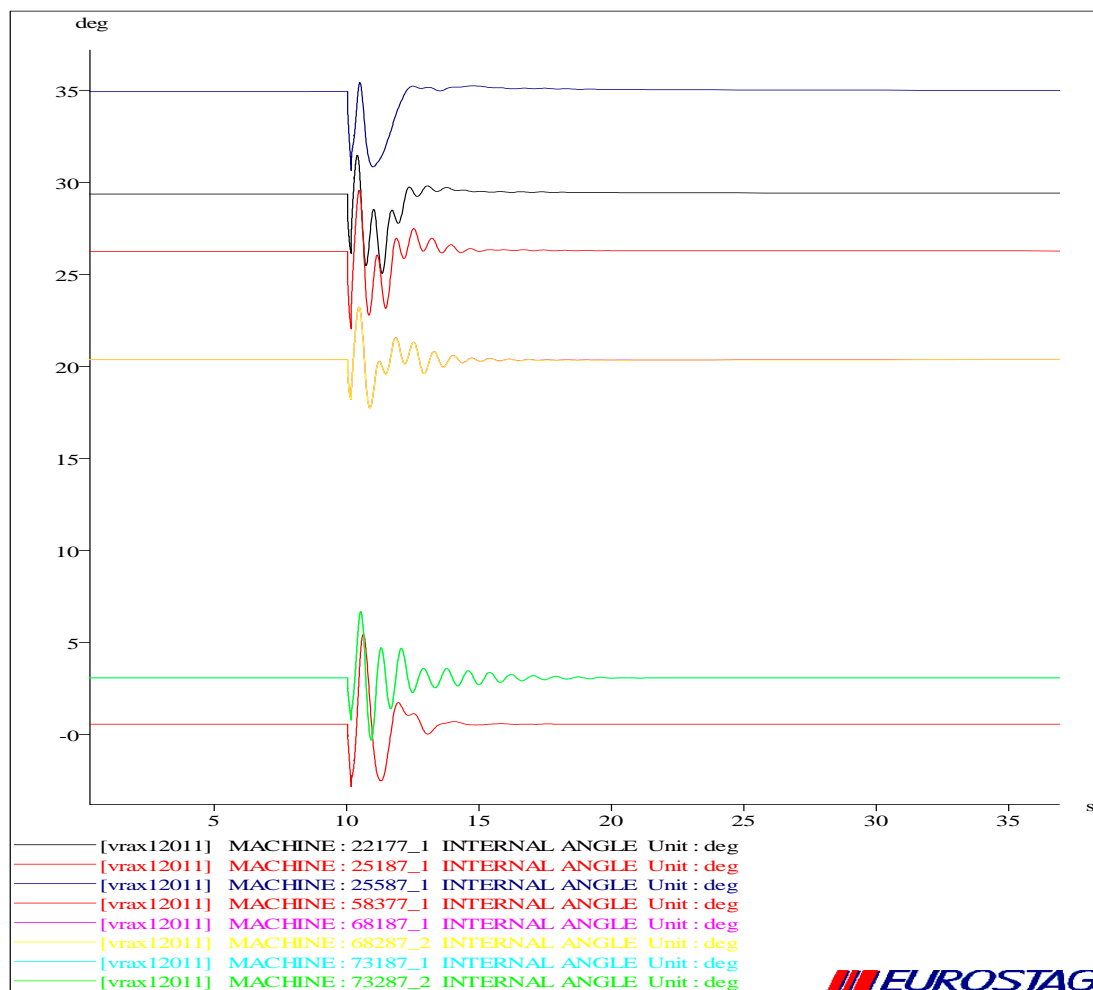
Σε αυτό το σενάριο έχουμε ένα από τα χαμηλότερα φορτία στο σύστημα μας με μεγάλη παραγωγή από Φωτοβολταϊκά. Συγκεκριμένα, στον πίνακα 6.3.1, έχουμε:

Παραγωγή από Αιολικά	1092,1 MW
Παραγωγή φωτοβολταϊκά , Βιομάζα, υδροηλεκτρικά	1175,51 MW
Συνολική Παραγωγή ΑΠΕ	2267,61 MW
Συνολικό φορτίο	4677,5 MW
Διείσδυση ως ποσοστό % κάλυψης του φορτίου	48,48%

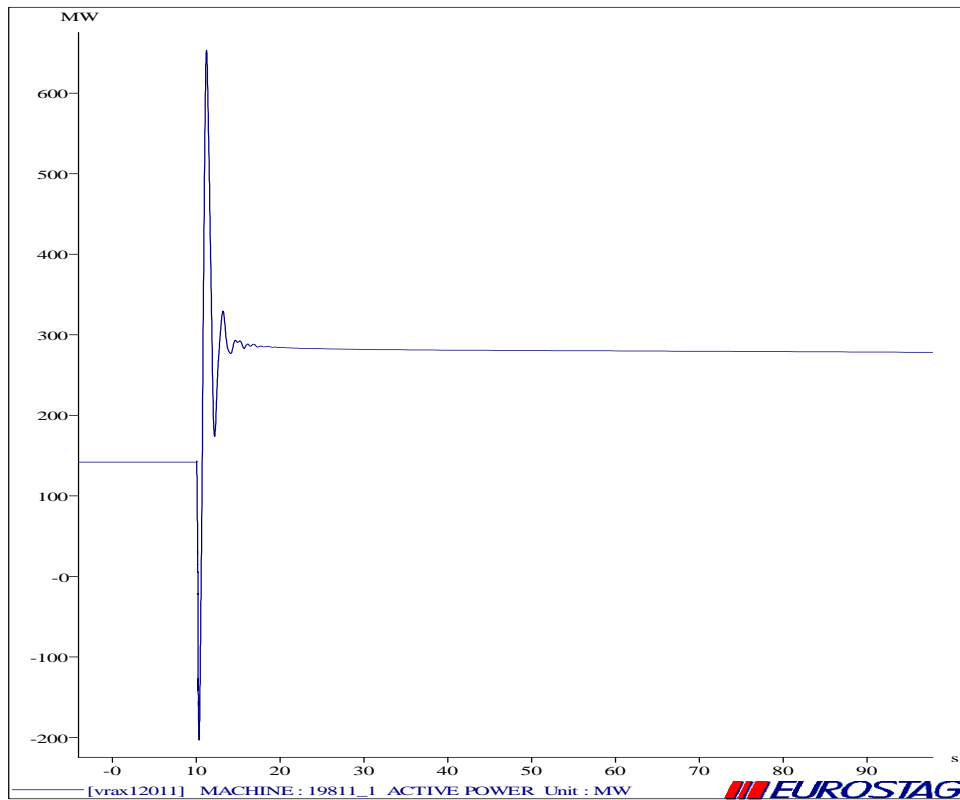
Πίνακας 6.3.1

6.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

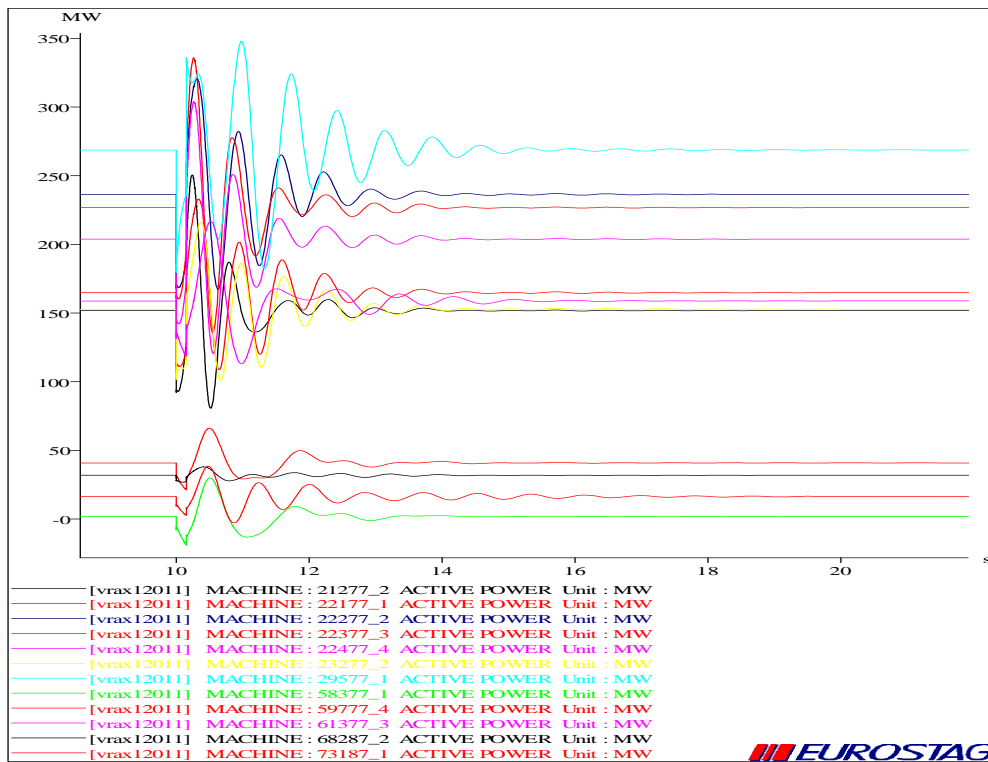
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 1 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 12011)



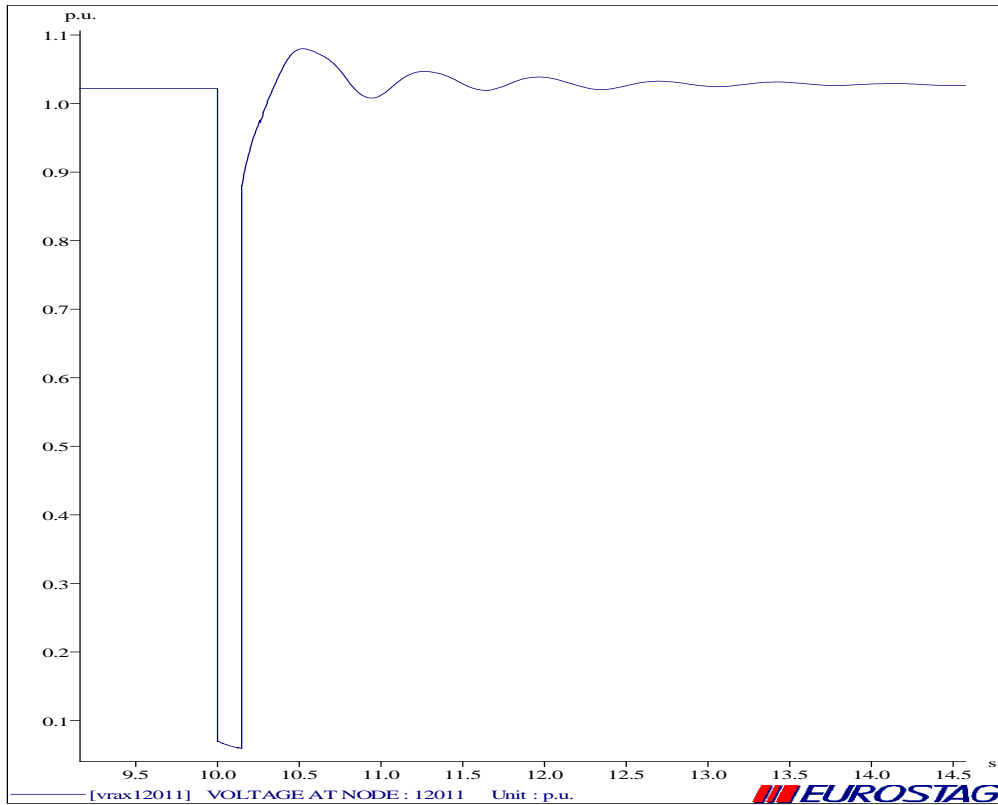
Διάγραμμα 6.3.1.1 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



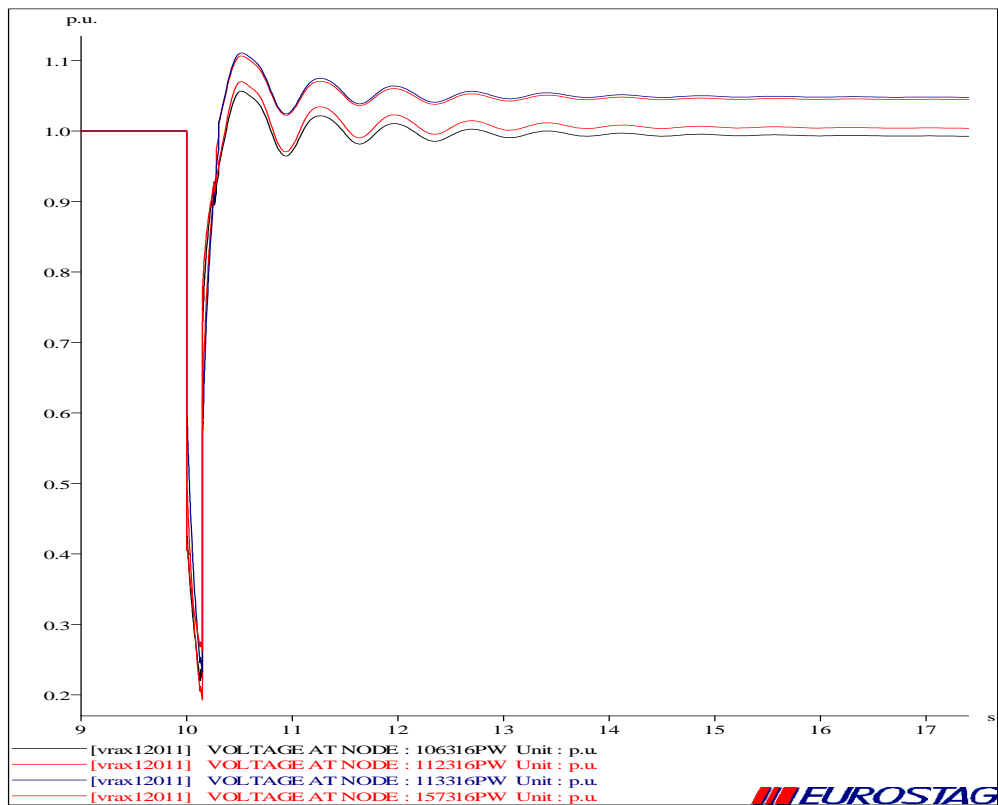
Διάγραμμα 6.3.1.2 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδας-Dubrono



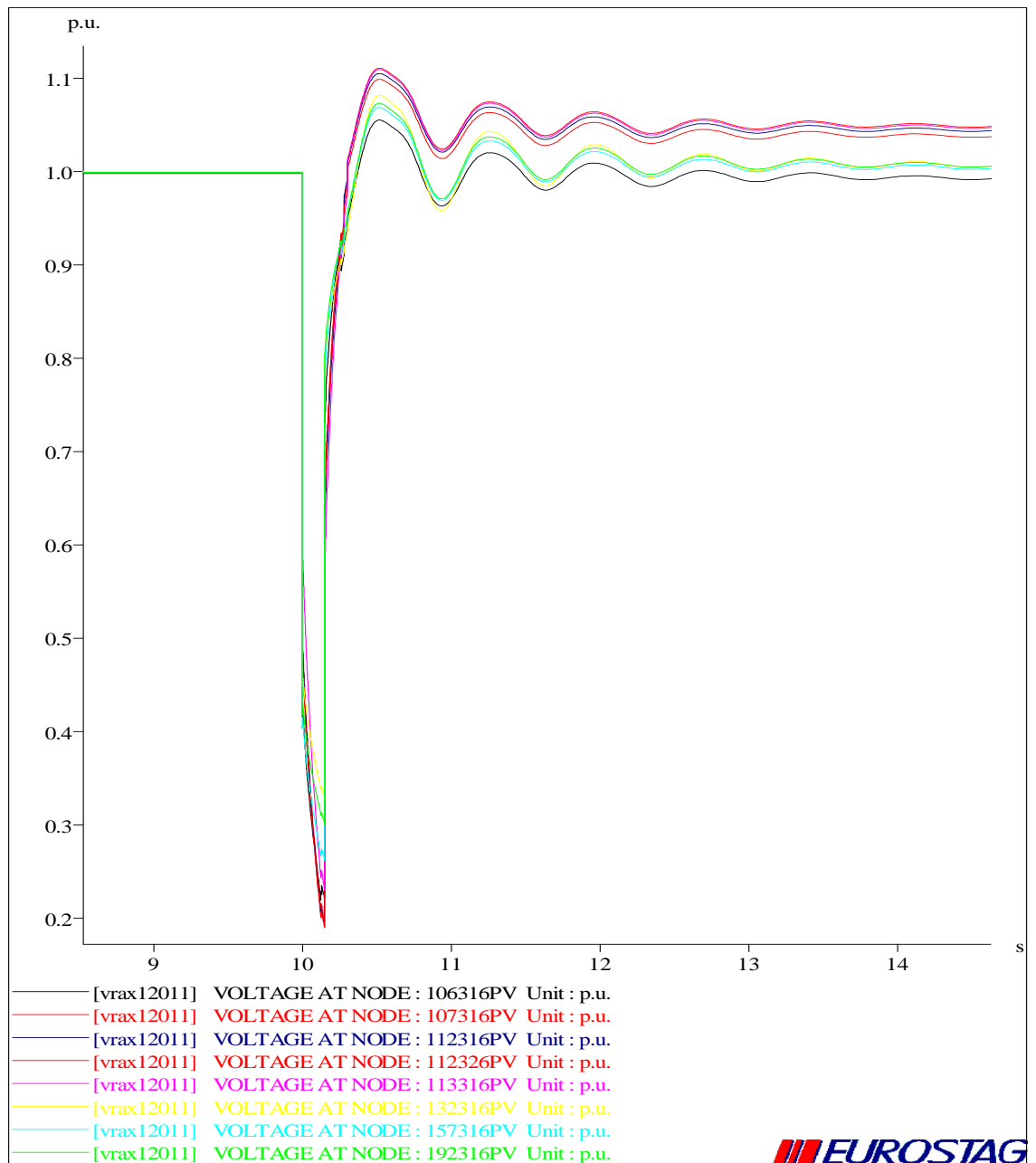
Διάγραμμα 6.3.1.3 Ενεργός ισχύς διαφόρων συμβατικών γεννητριών



Διάγραμμα 6.3.1.4 Τάση στο ζυγό 12011

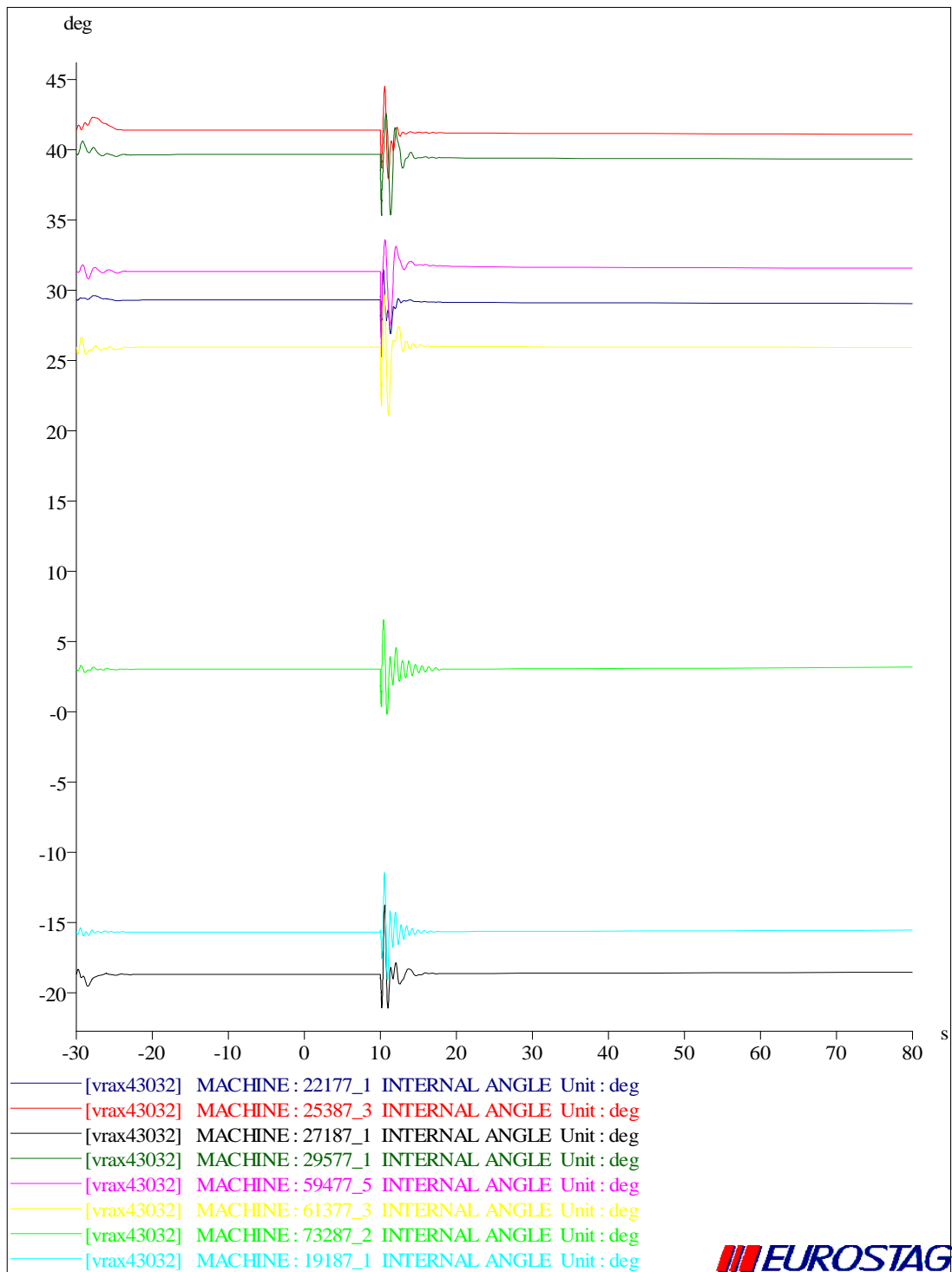


Διάγραμμα 6.3.1.5 Τάση στους ζυγούς μερικών ανεμογεννητριών

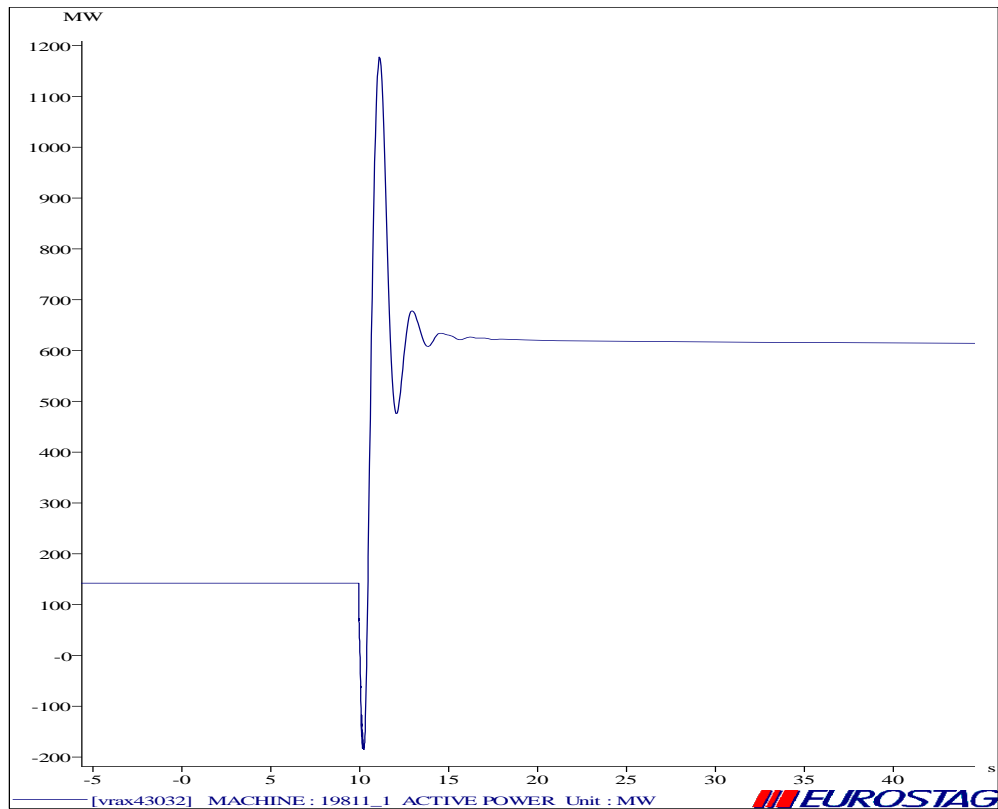


Διάγραμμα 6.3.1.6 Τάση στον ζυγούς μερικών φωτοβολταϊκών Μονάδων

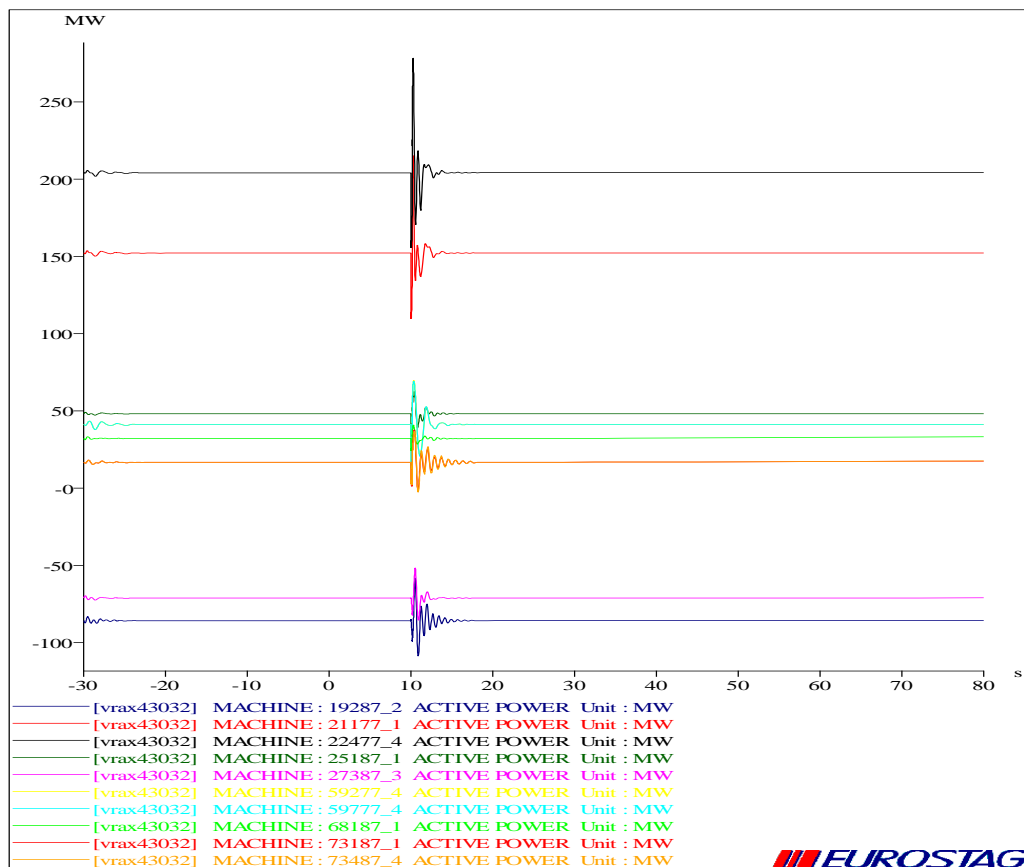
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 2 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 43032)



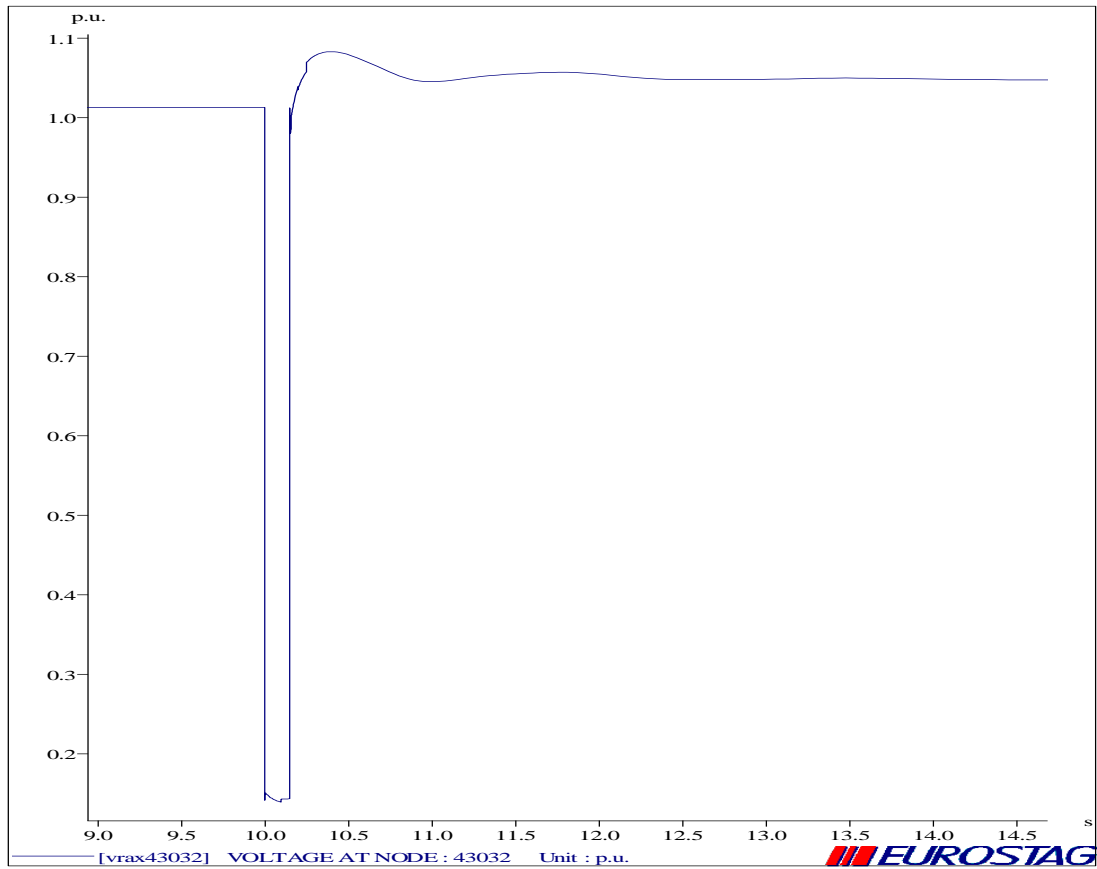
Διάγραμμα 6.3.1.7 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



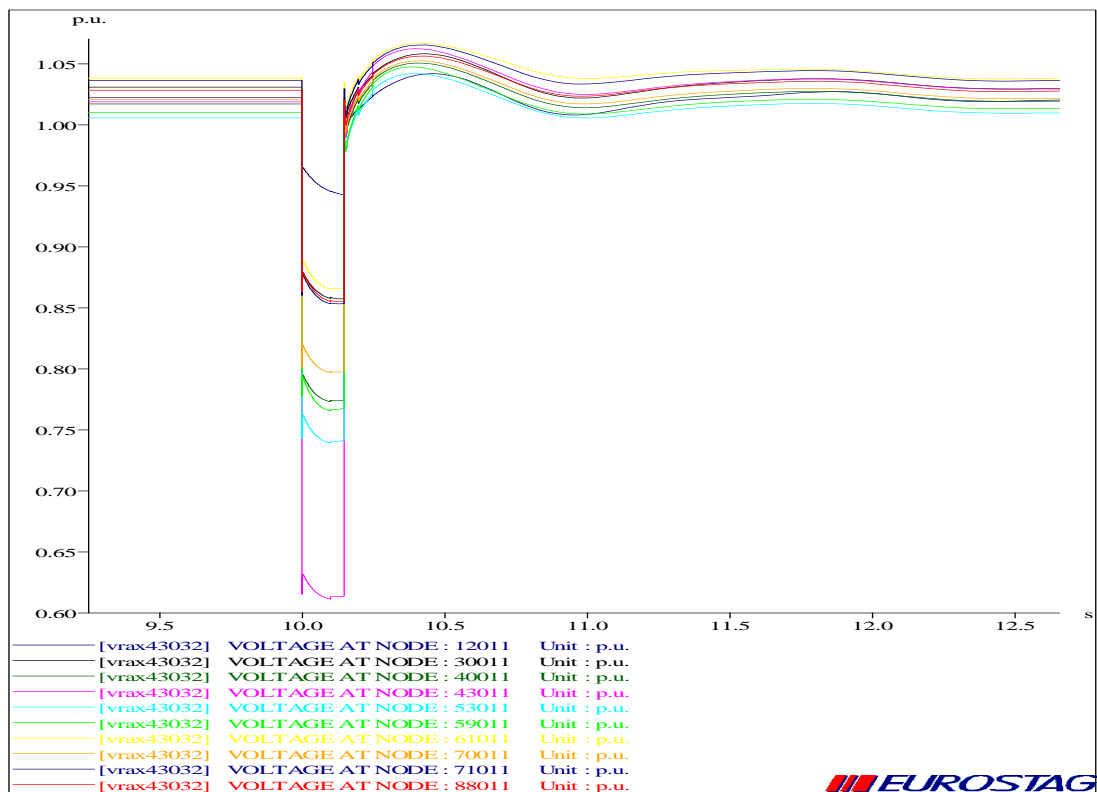
Διάγραμμα 6.3.1.8 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα - Dubrovno



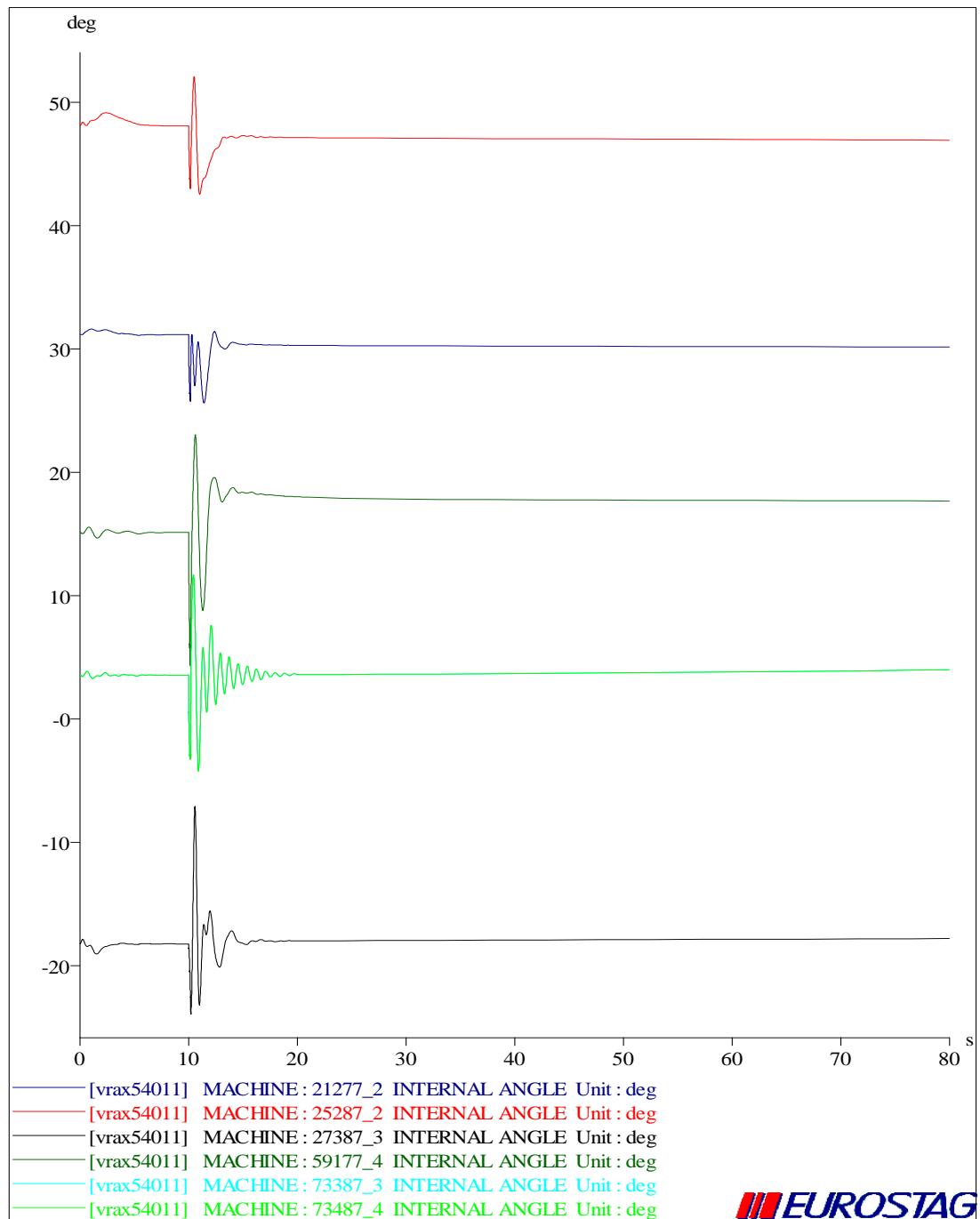
Διάγραμμα 6.3.1.9 Ενεργός ισχύς διαφόρων συμβατικών γεννητριών



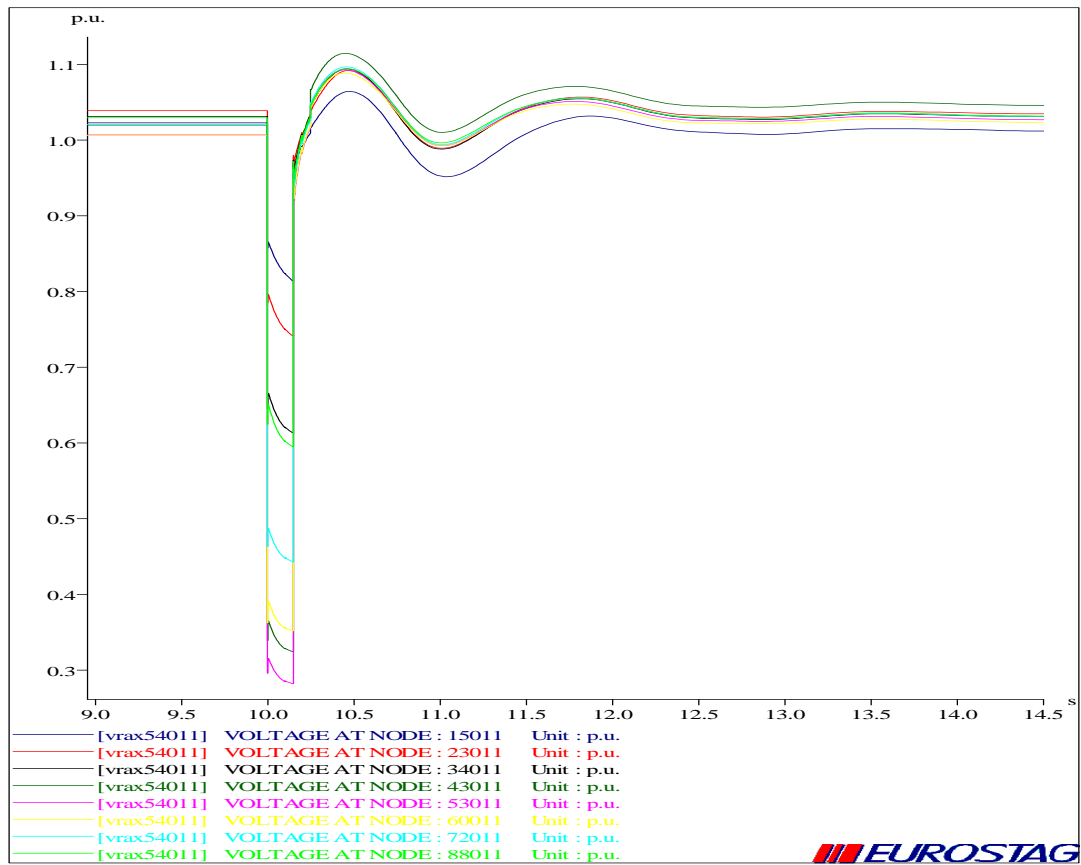
Διάγραμμα 6.3.1.10 Τάση στο ζυγό 43032



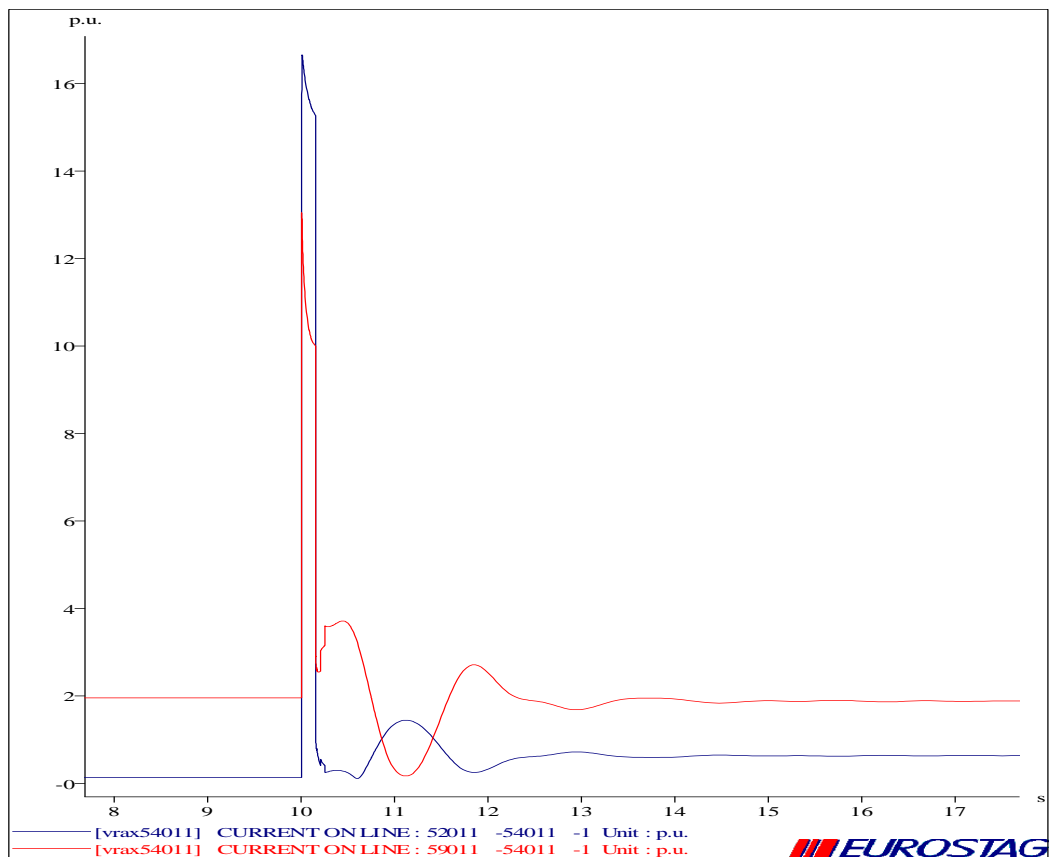
Διάγραμμα 6.3.1.11 Τάση σε διαφόρους ζυγούς του Συστήματος Μεταφοράς των 400kV

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 3 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 54011)

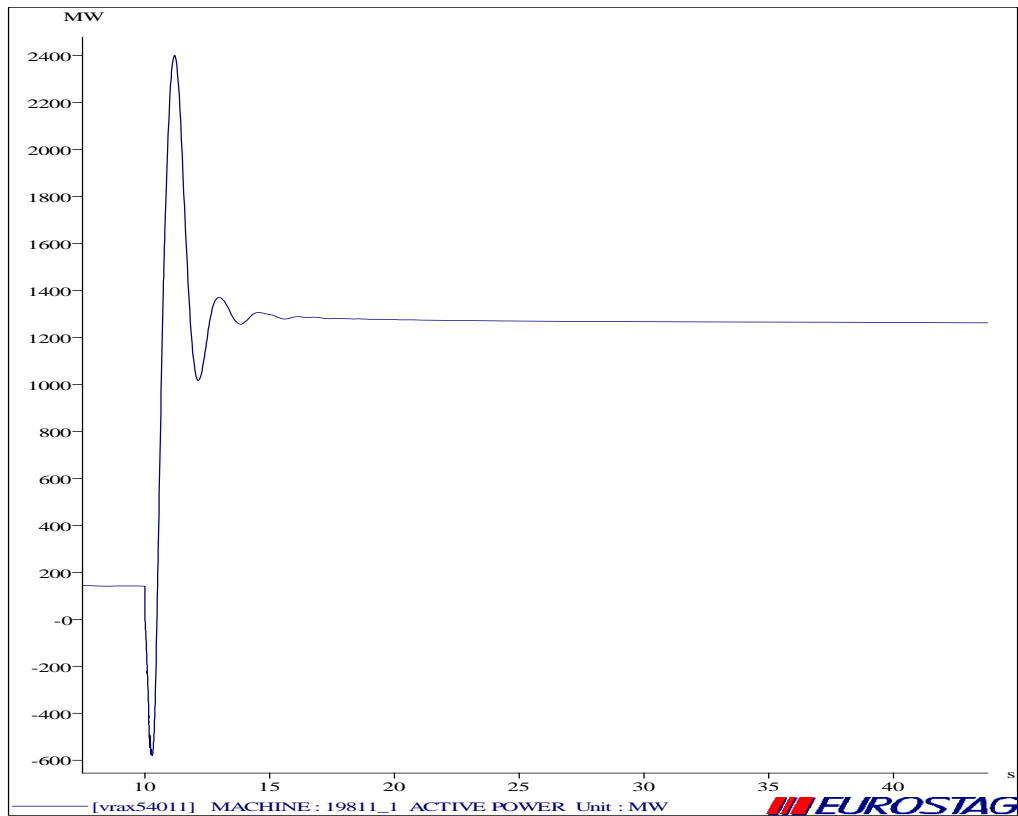
Διάγραμμα 6.3.1.12 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



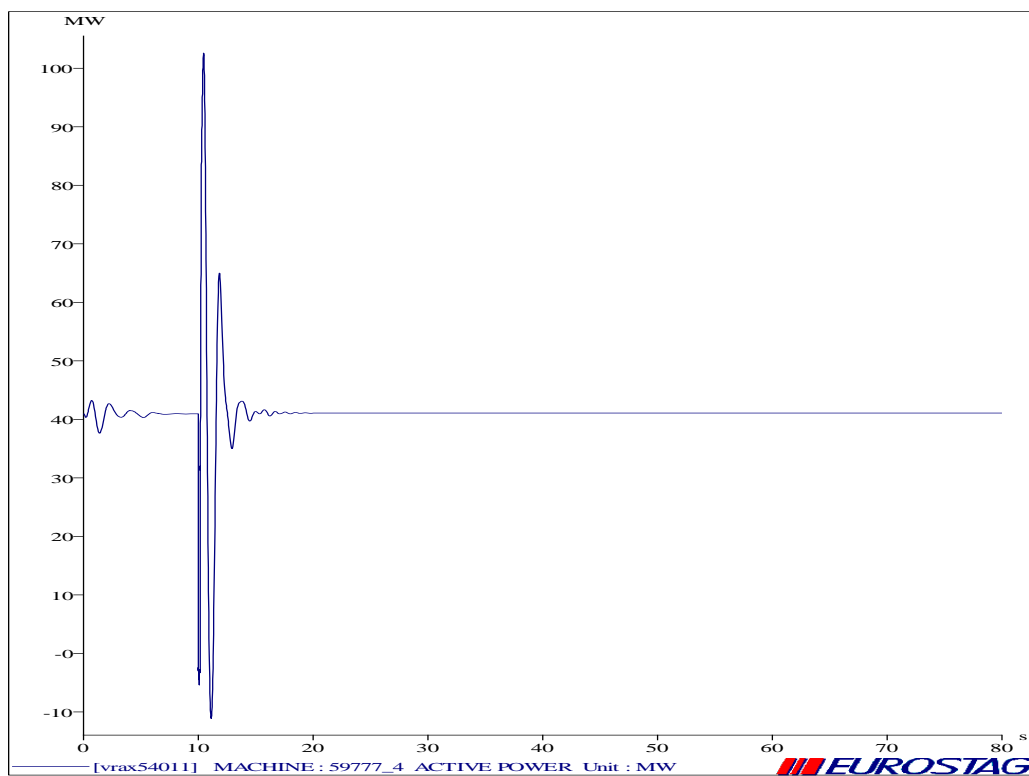
Διάγραμμα 6.3.1.13 Τάση σε διαφόρους ζυγούς του Συστήματος Μεταφοράς των 400kV



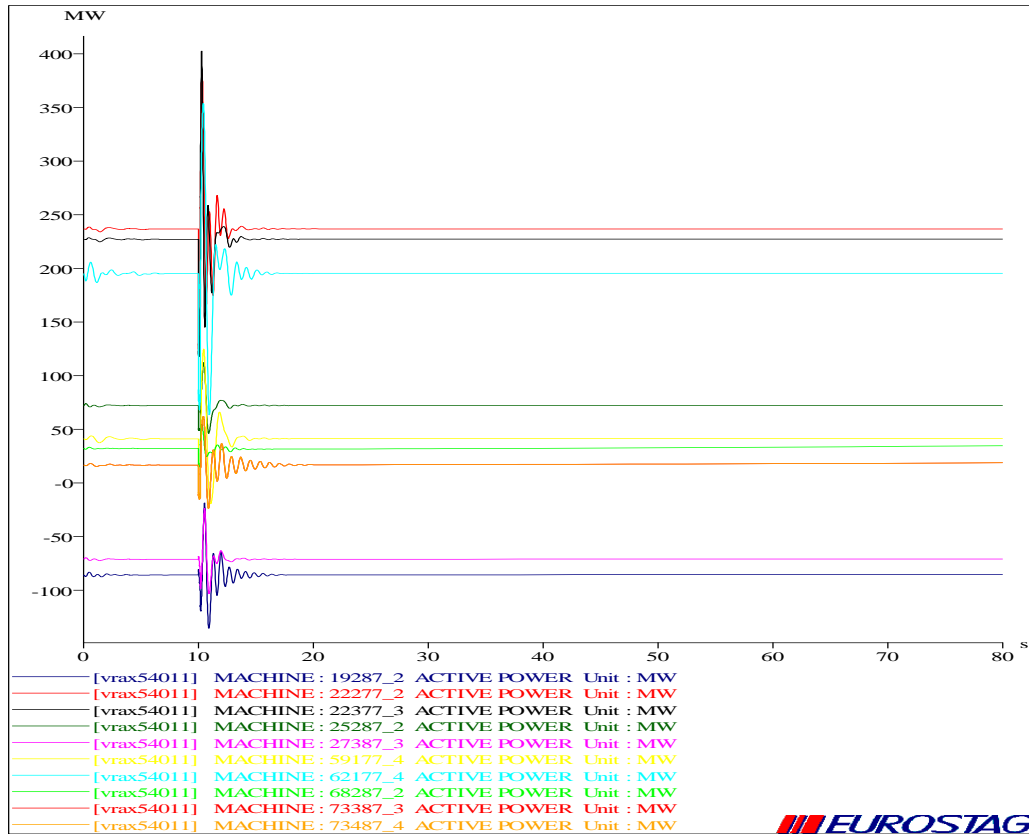
Διάγραμμα 6.3.1.14 Ρεύμα γραμμής 59011-54011 και 52011-54011



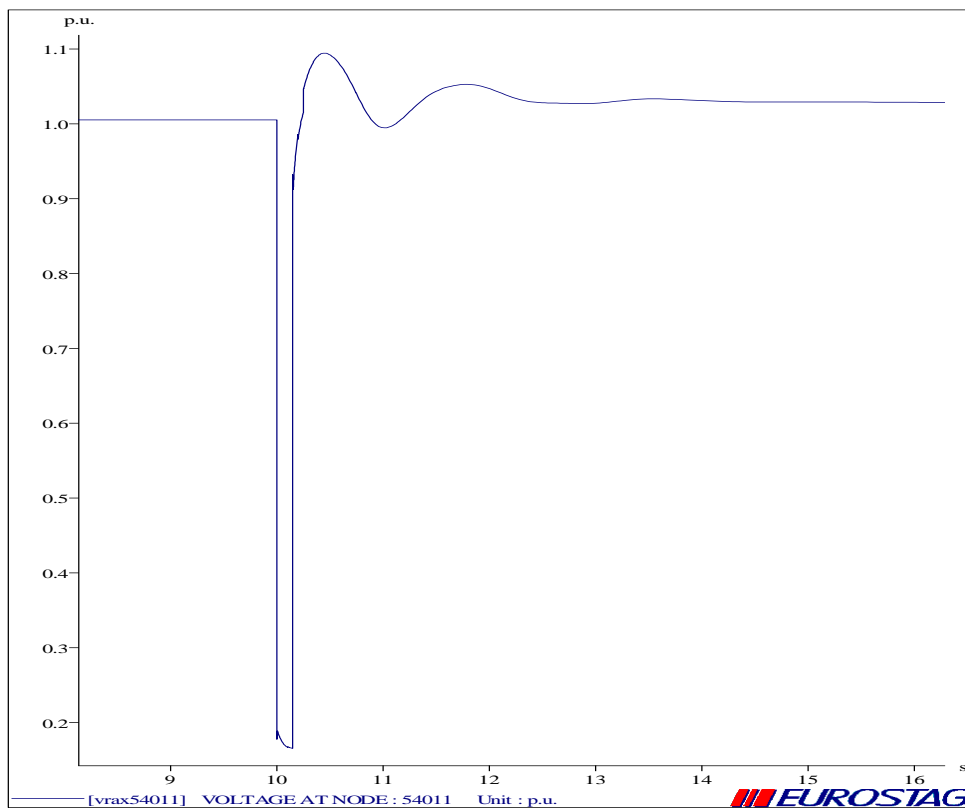
Διάγραμμα 6.3.1.15 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδας - Dubrono



Διάγραμμα 6.3.1.16 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777

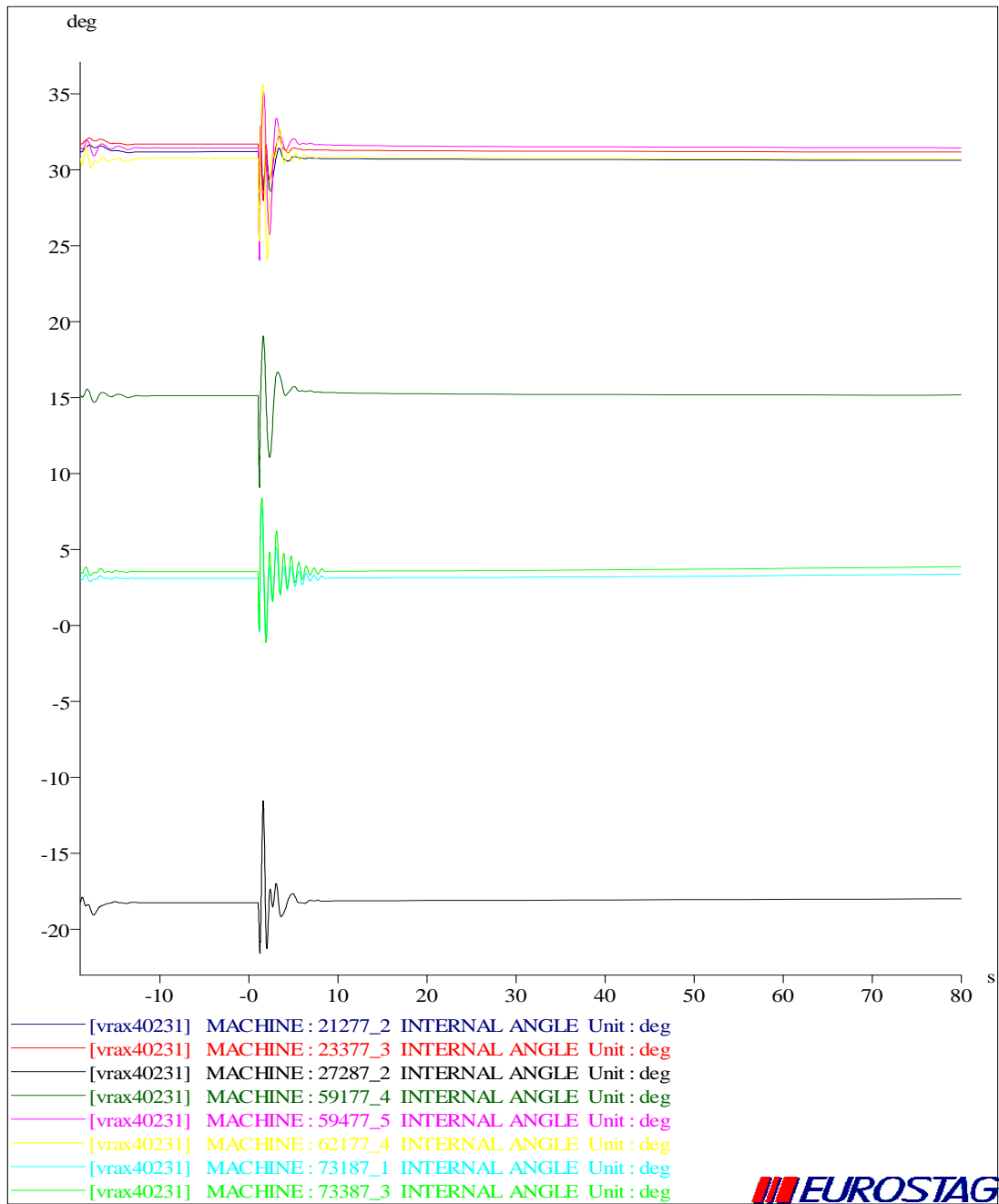


Διάγραμμα 6.3.1.17 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

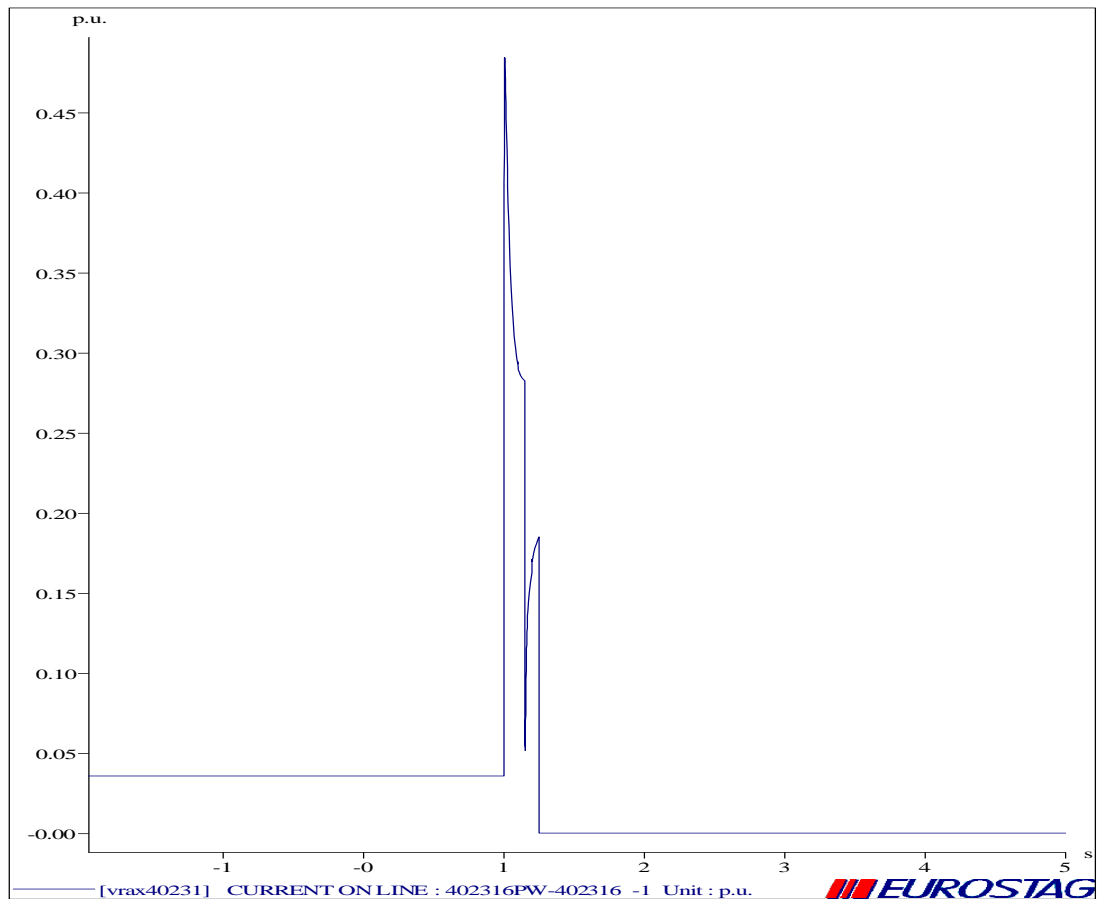


Διάγραμμα 6.3.1.18 Τάση στο ζυγο 54011

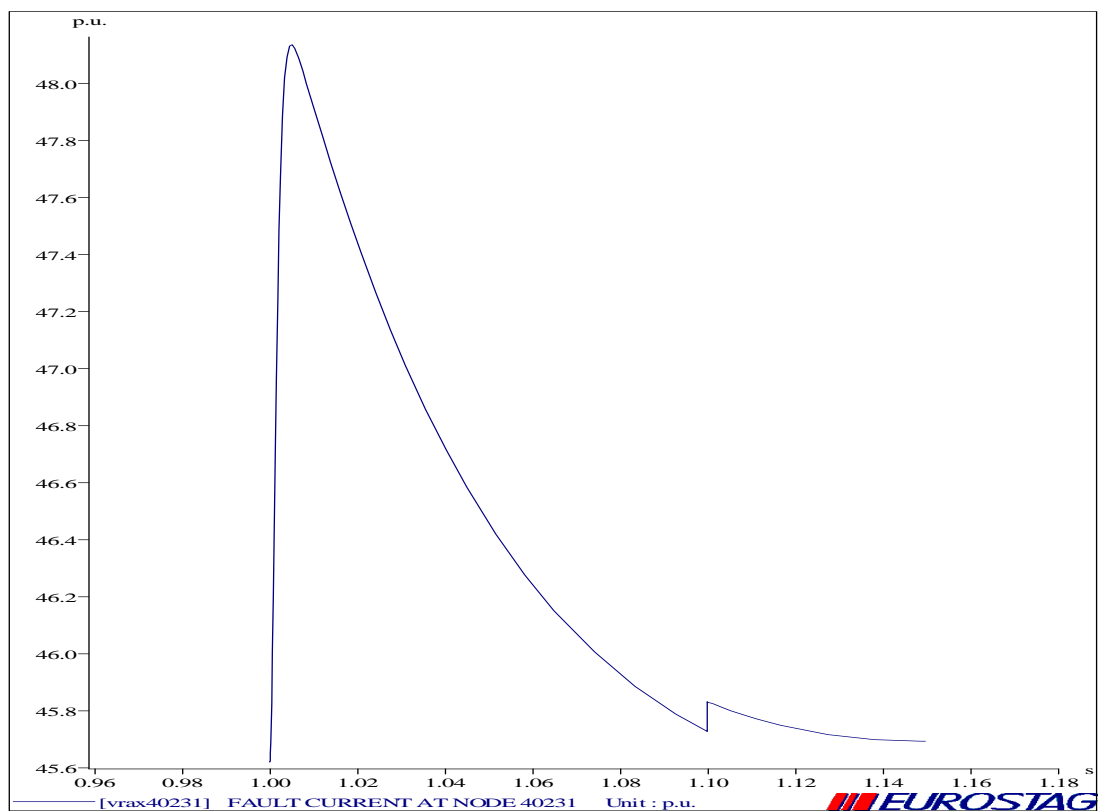
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 4 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40231)



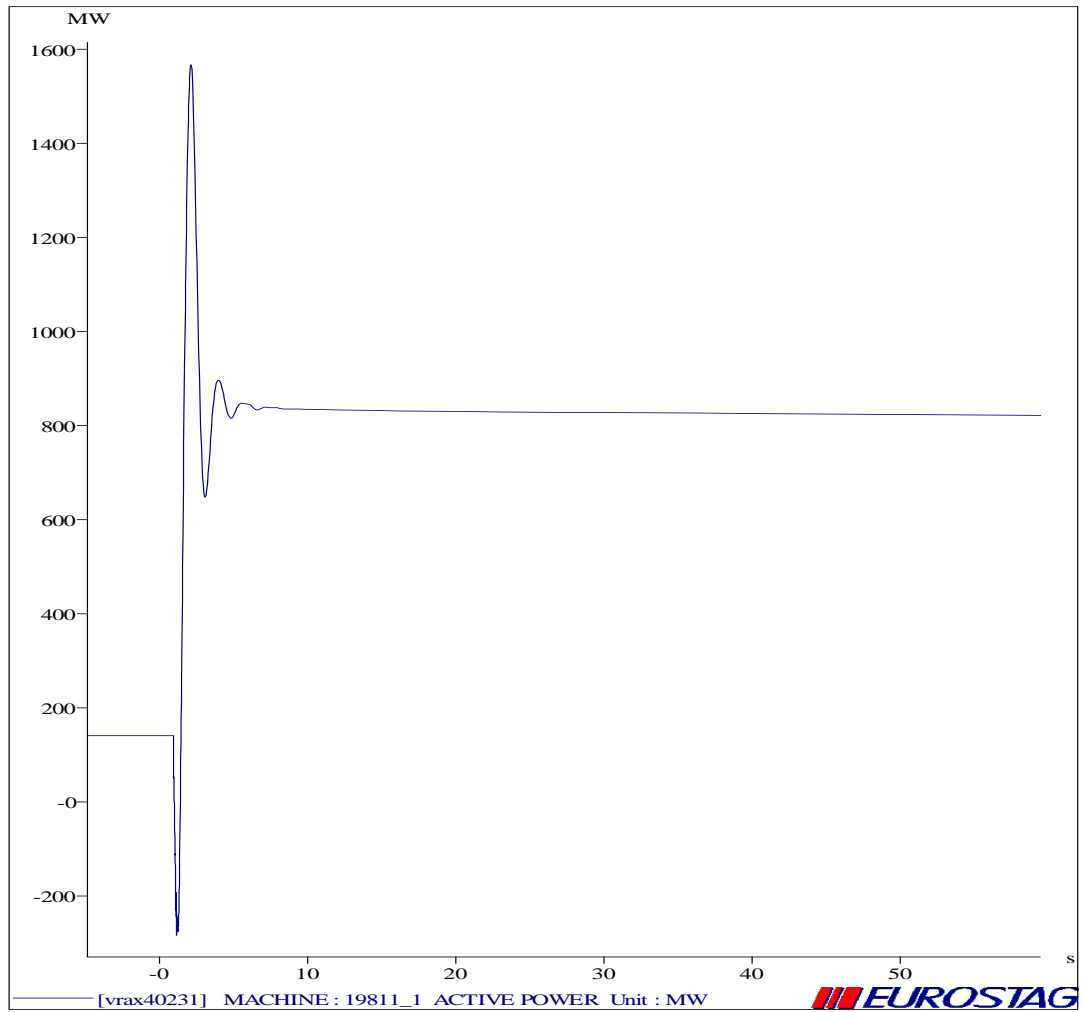
Διάγραμμα 6.3.1.19 Γωνίες ροπής διαφόρων συμβατικών γεννητριών



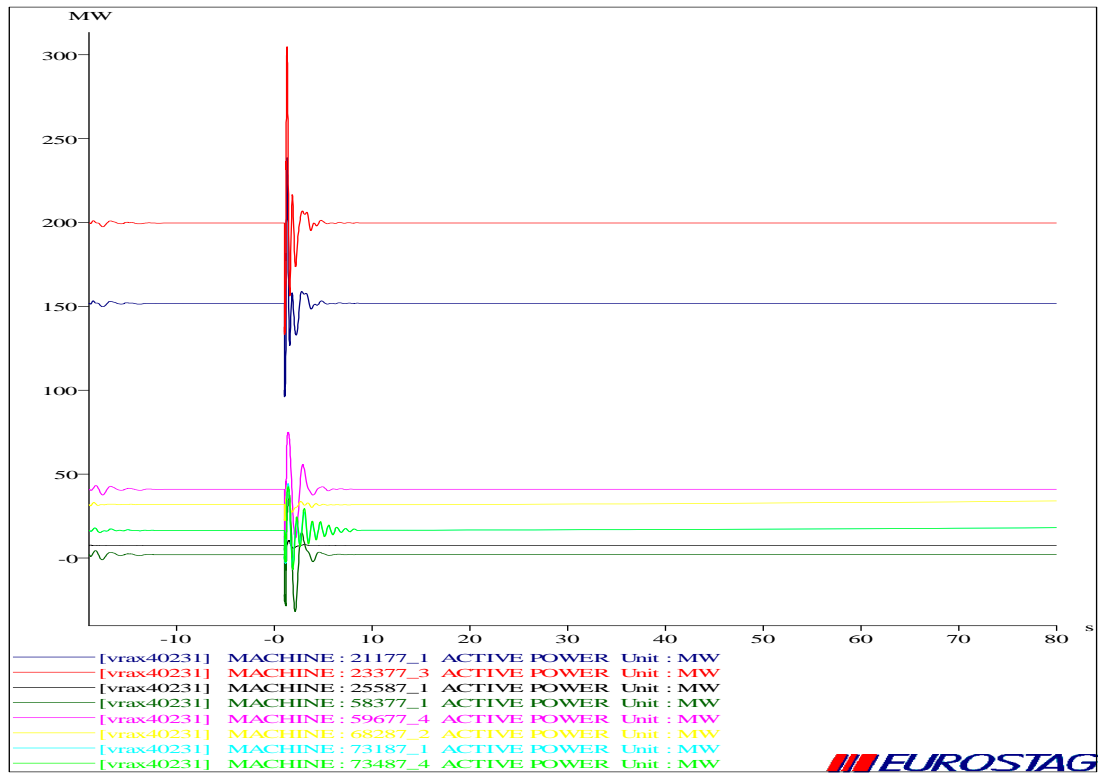
Διάγραμμα 6.3.1.20 Ρεύμα βραχυκύκλωσης της Α/Γ 402316 ΡW



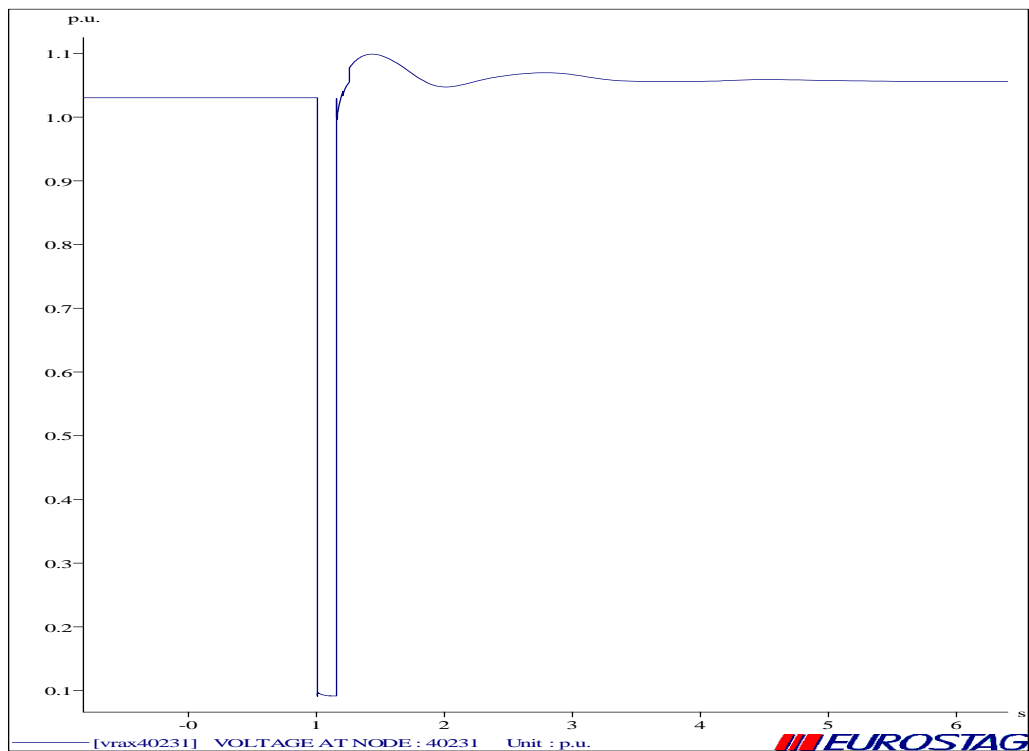
Διάγραμμα 6.3.1.21 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό 40231



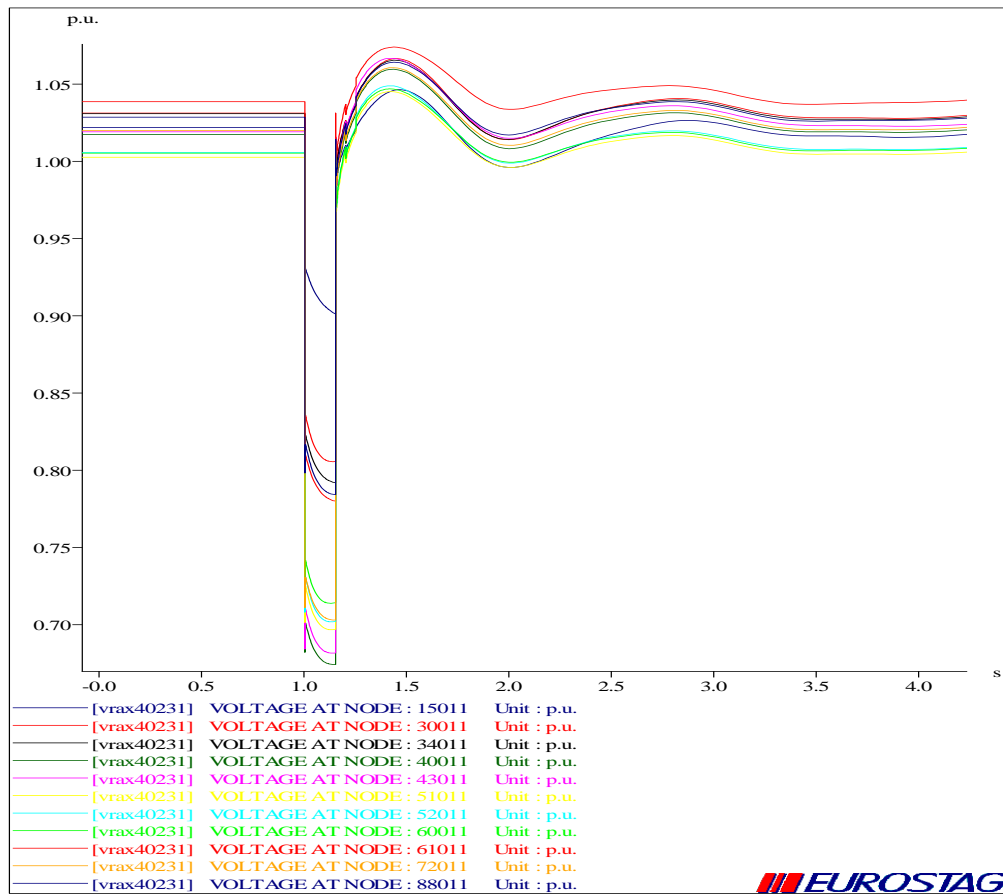
Διάγραμμα 6.3.1.22 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα - Dubrovno



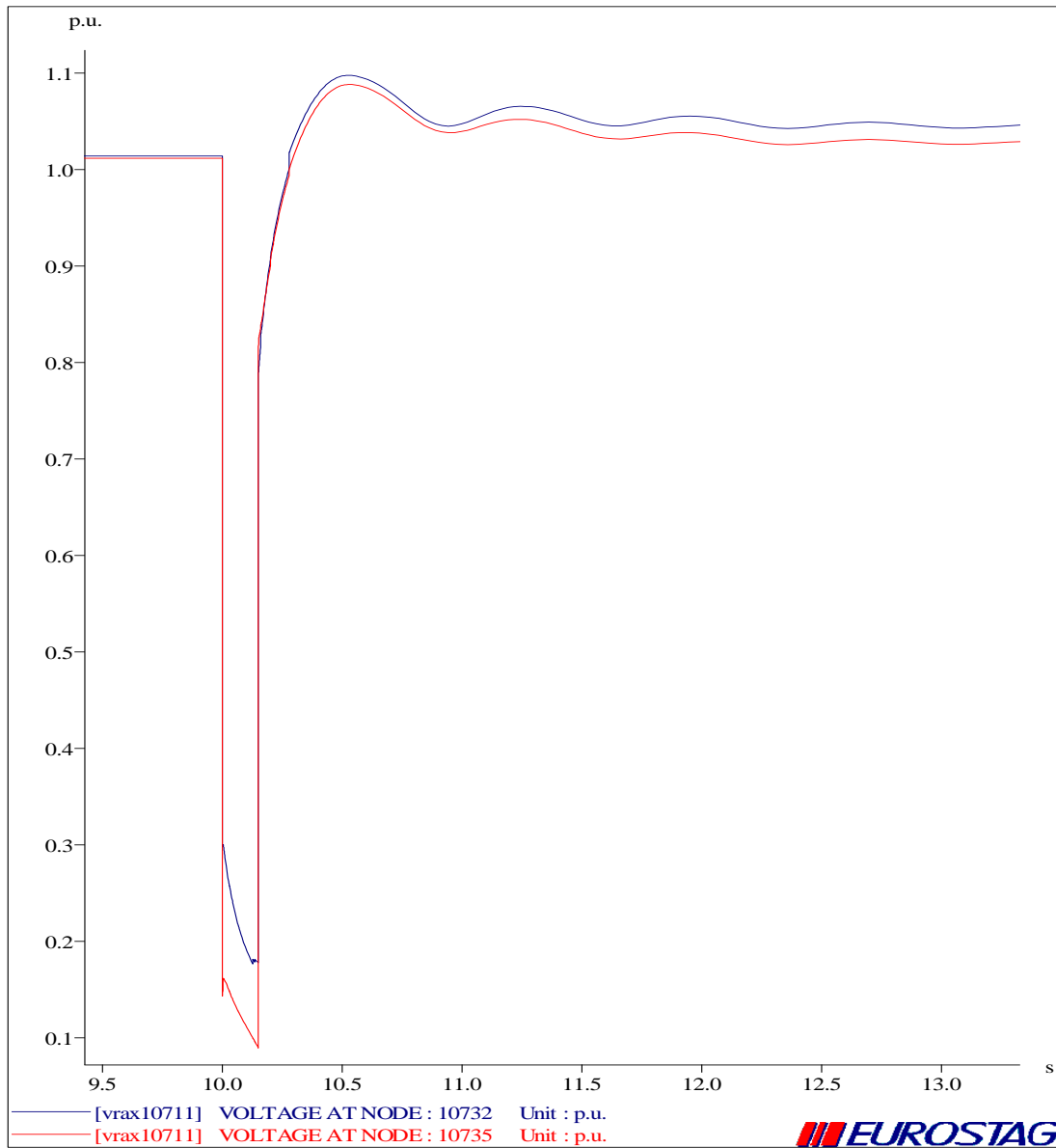
Διάγραμμα 6.3.1.23 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



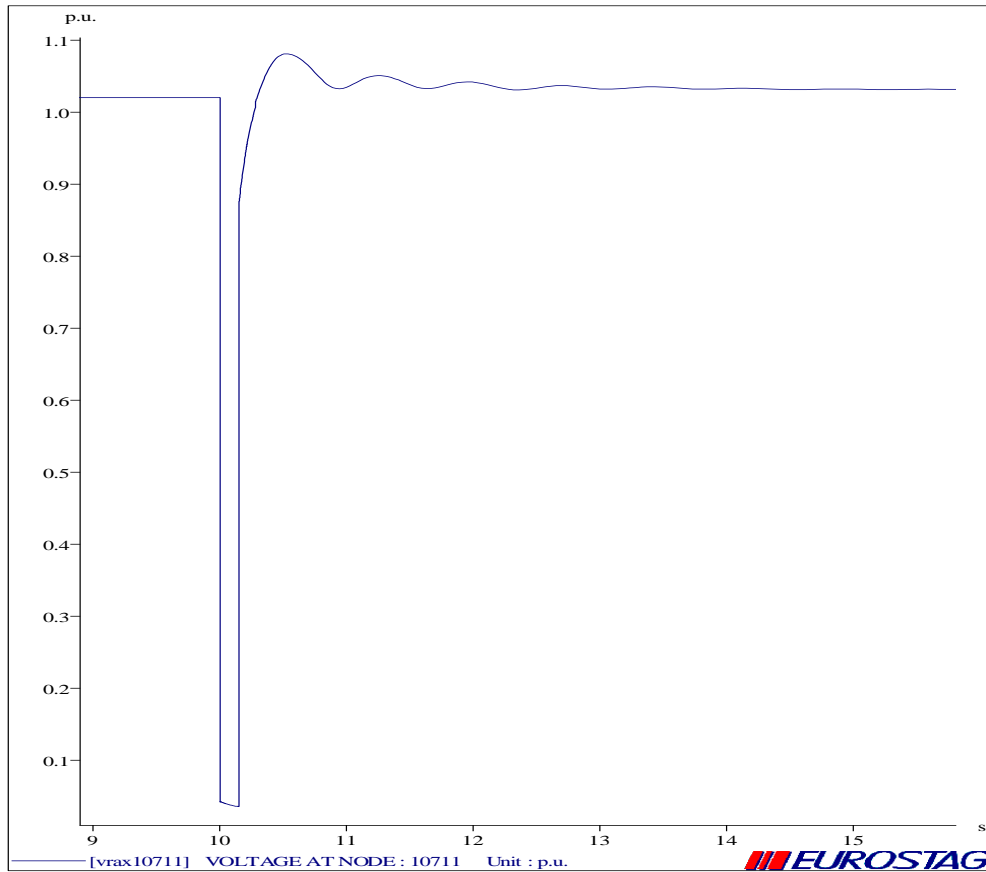
Διάγραμμα 6.3.1.24 Τάση στο ζυγό 40231



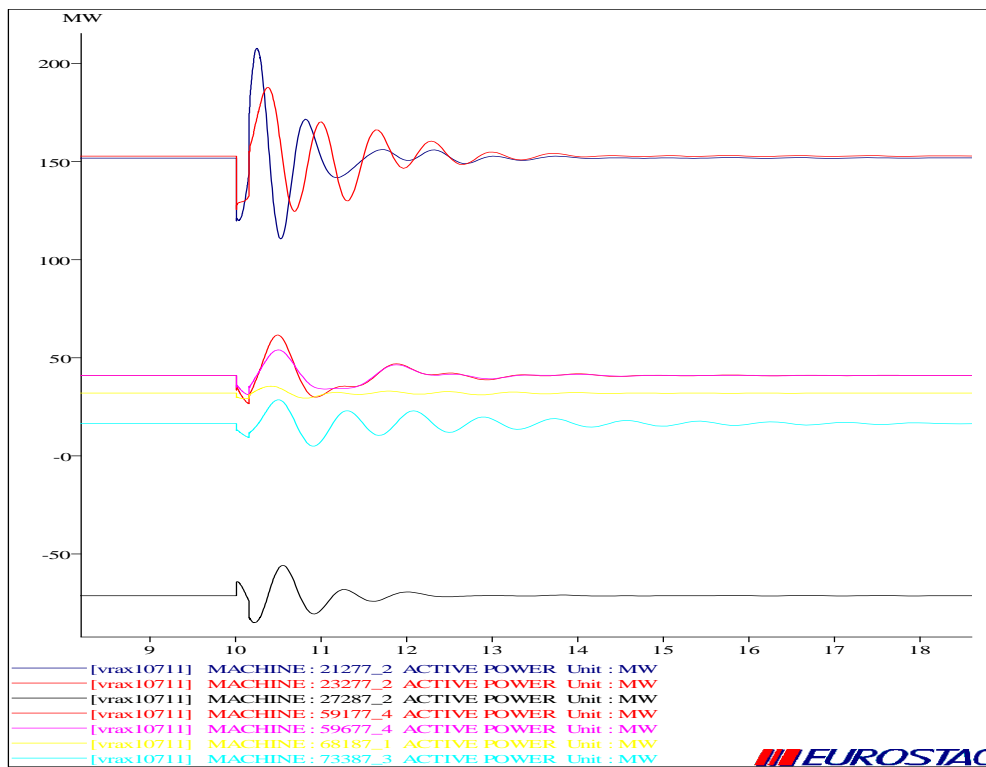
Διάγραμμα 6.3.1.25 Τάση στον ζυγούς του Συστήματος Μεταφοράς των 400kV

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 5 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 10711)

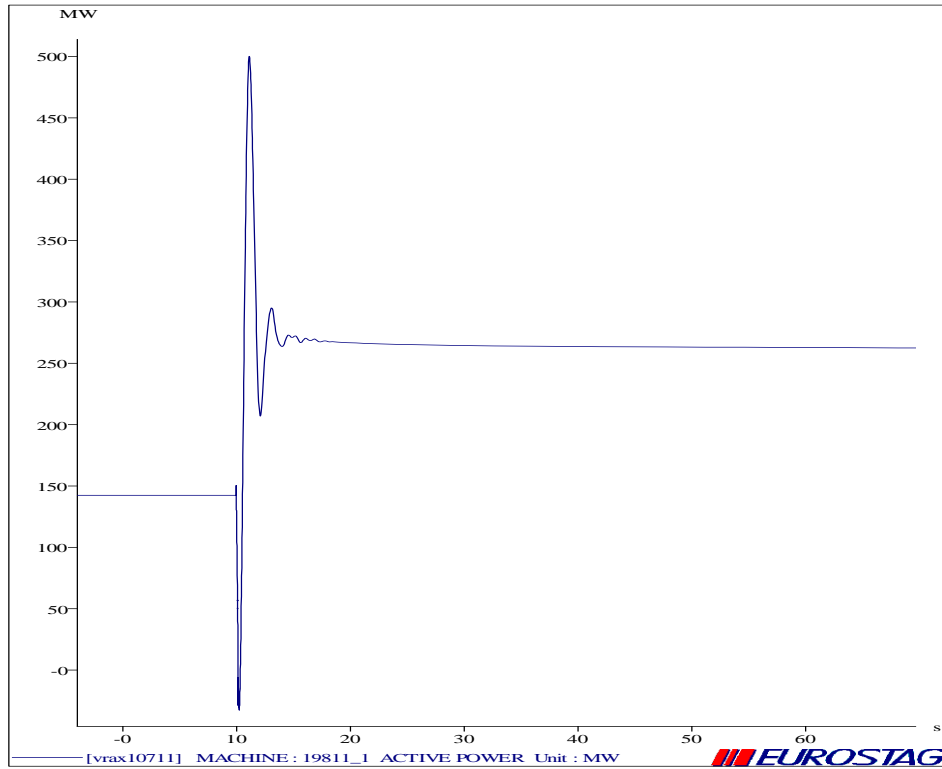
Διάγραμμα 6.3.1.26 Τάση στους ζυγούς 10732 , 10735



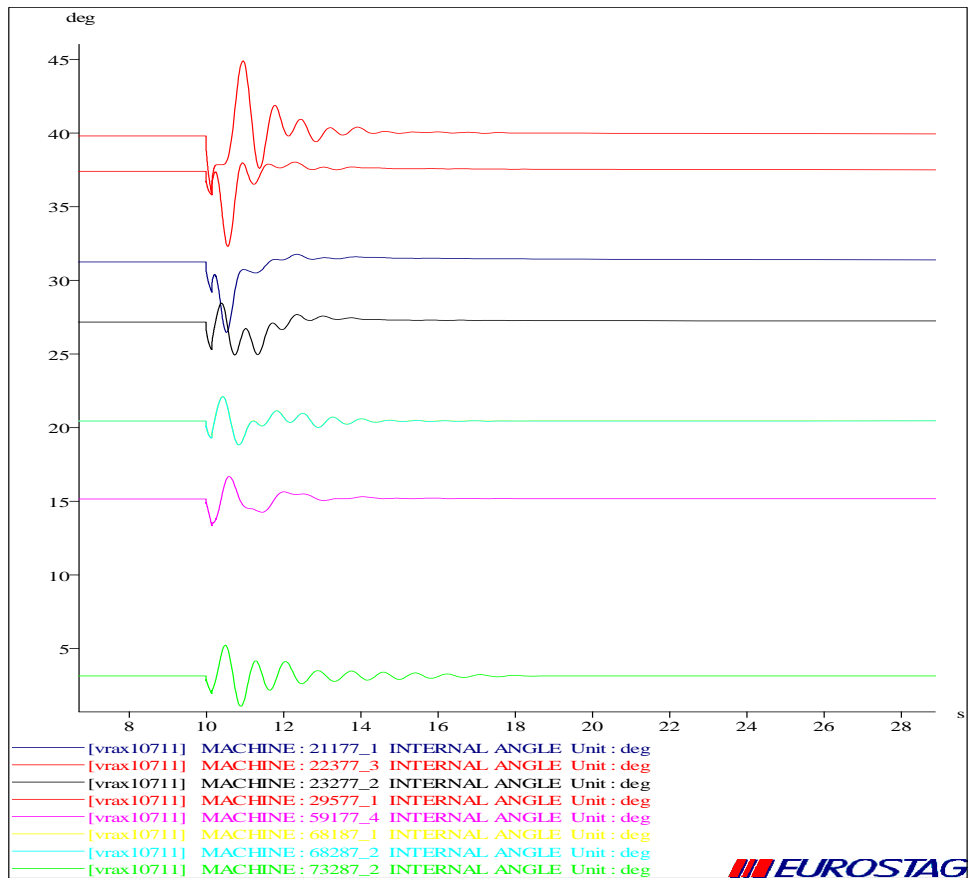
Διάγραμμα 6.3.1.27 Τάση στο ζυγό 10711



Διάγραμμα 6.3.1.28 Ενεργός ισχύς διαφόρων συμβατικών γεννητριών

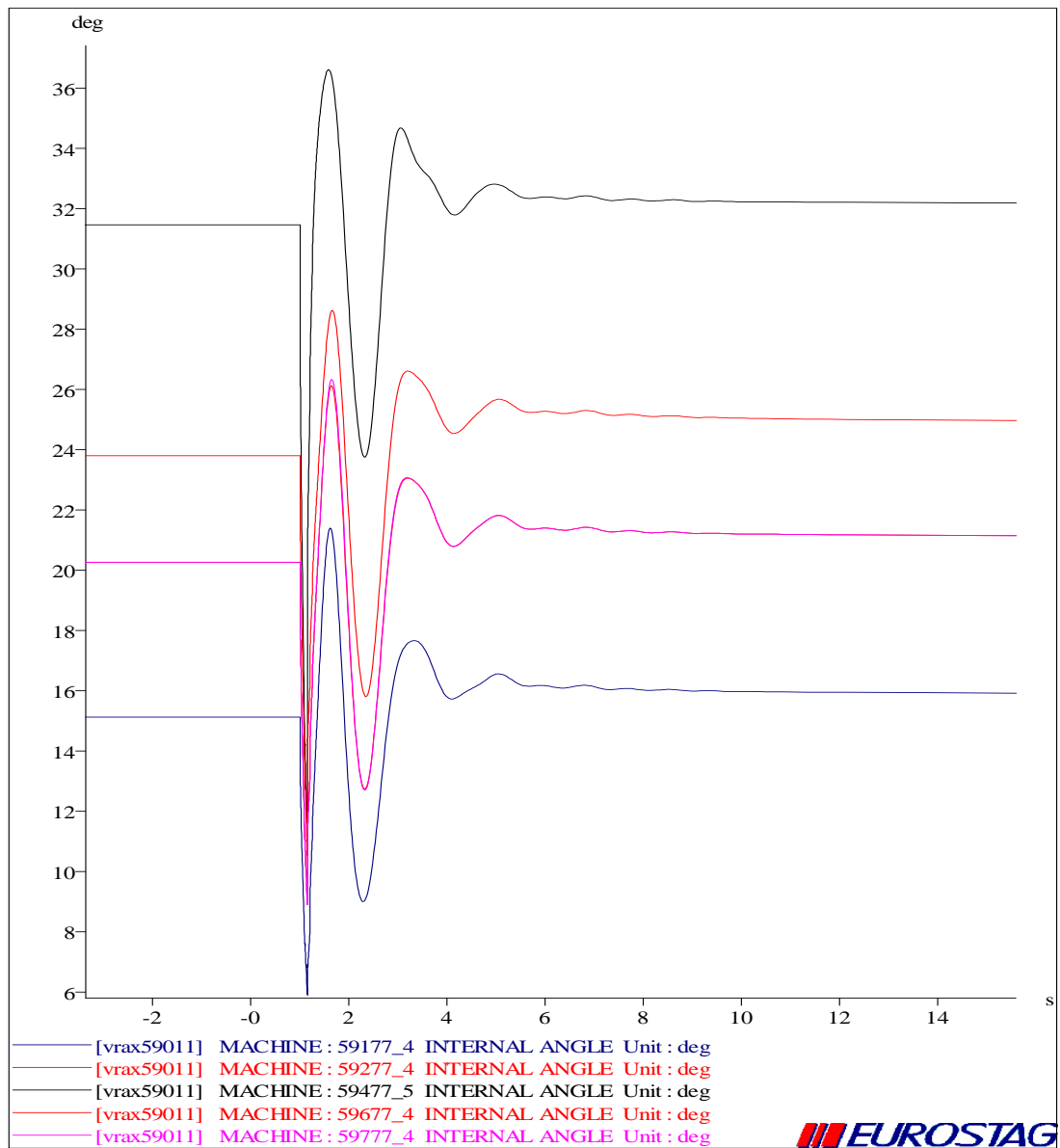


Διάγραμμα 6.3.1.29 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno

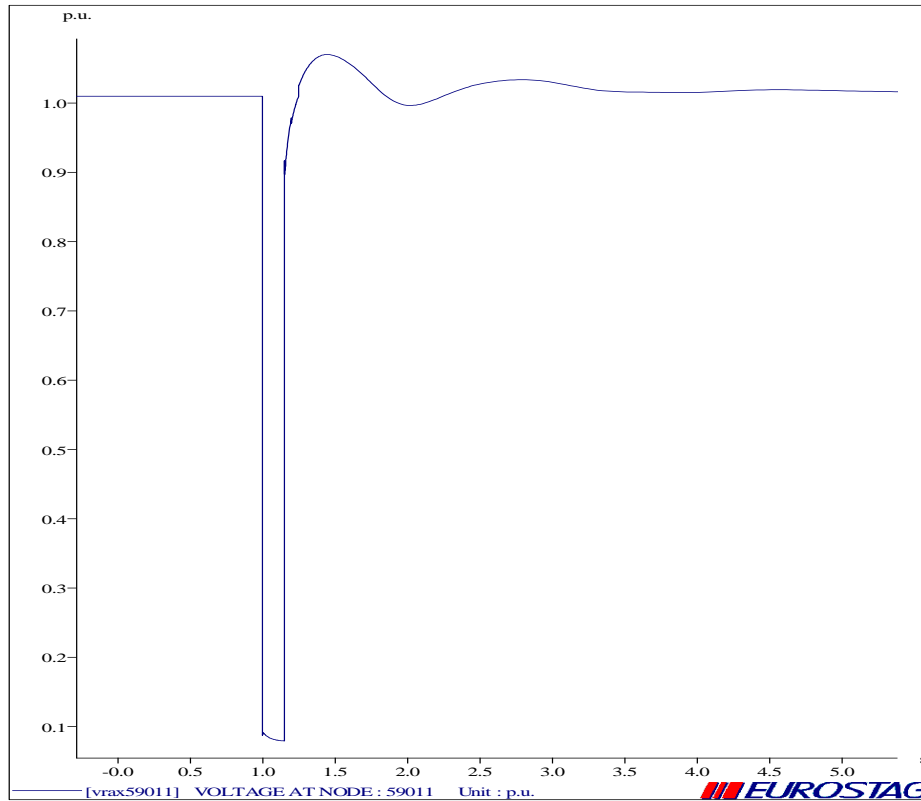


Διάγραμμα 6.3.1.30 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών

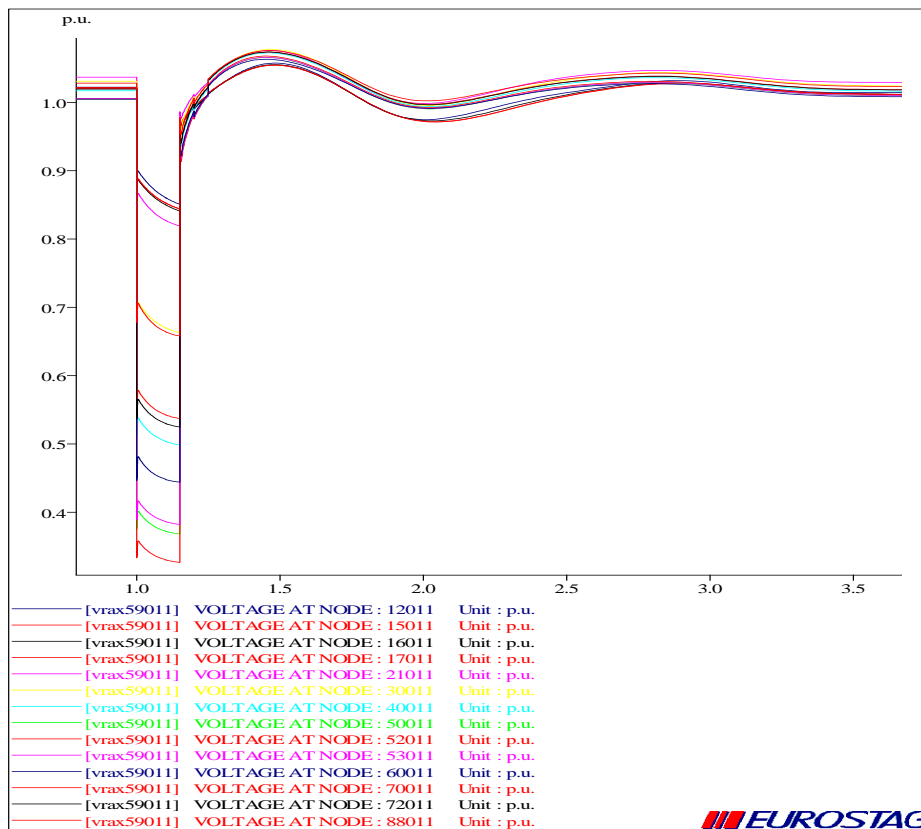
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 6 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 59011)



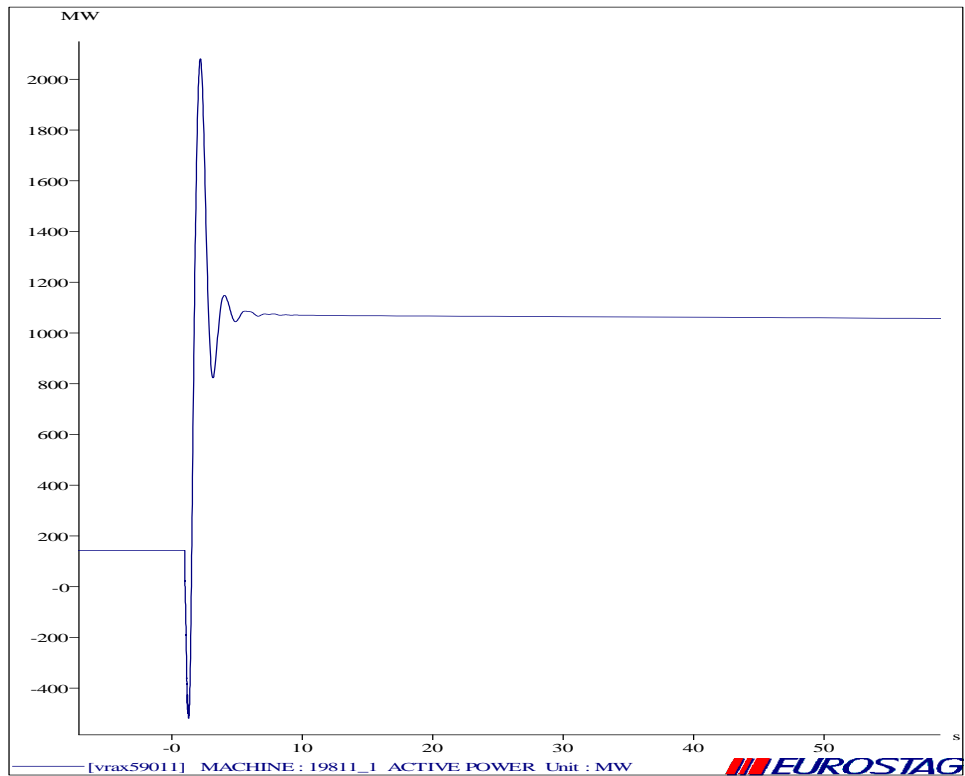
Διάγραμμα 6.3.1.31 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



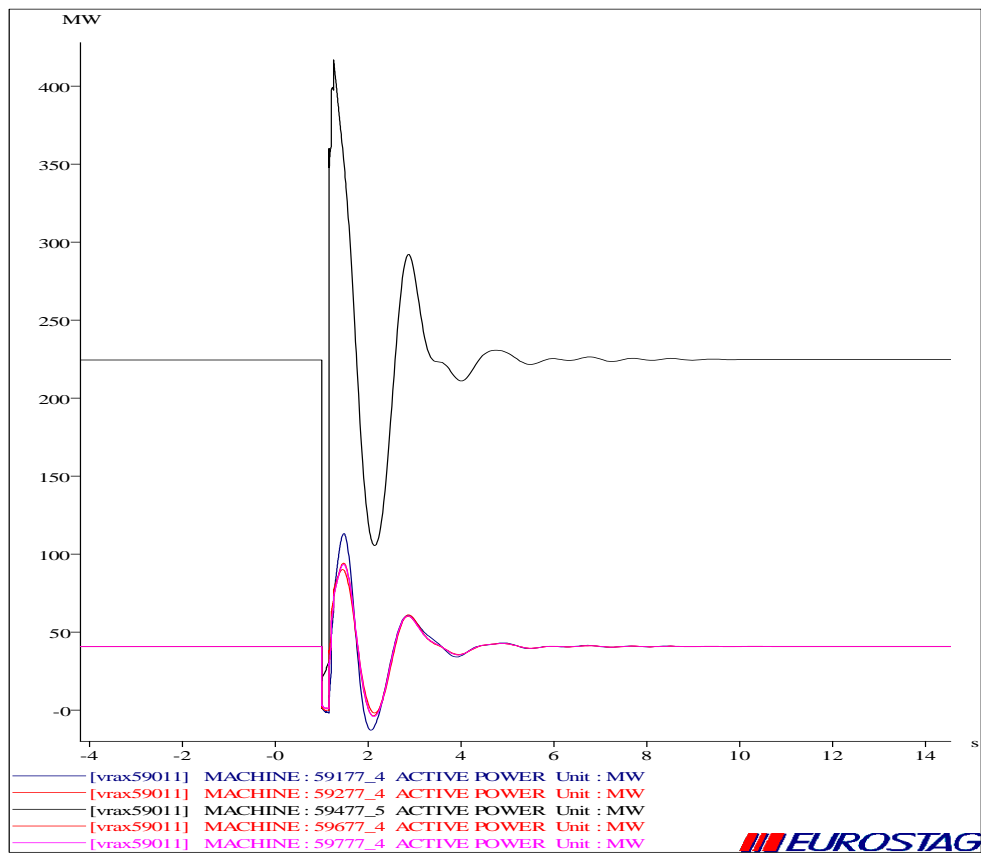
Διάγραμμα 6.3.1.32 Τάση στο ζυγό 59011



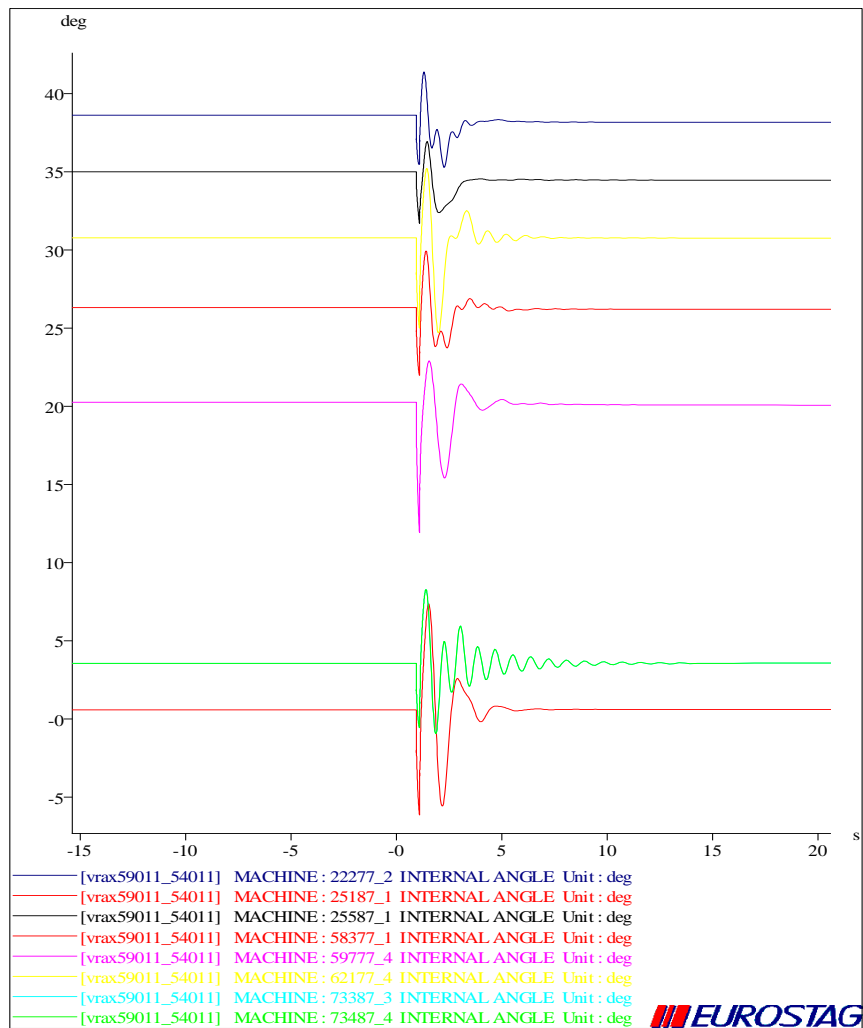
Διάγραμμα 6.3.1.33 Τάση σε μερικούς ζυγούς του Συστήματος μεταφοράς των 400kV



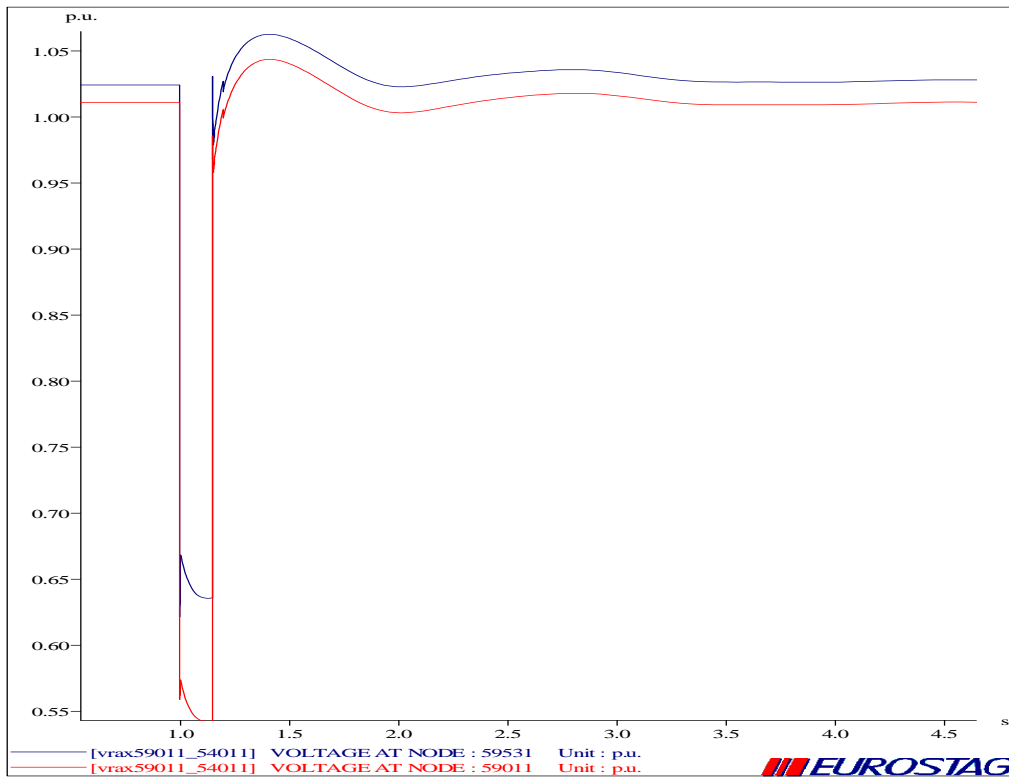
Διάγραμμα 6.3.1.34 Ενεργός ισχύς της διασύνδεση Ελλάδα-Δυβρονο



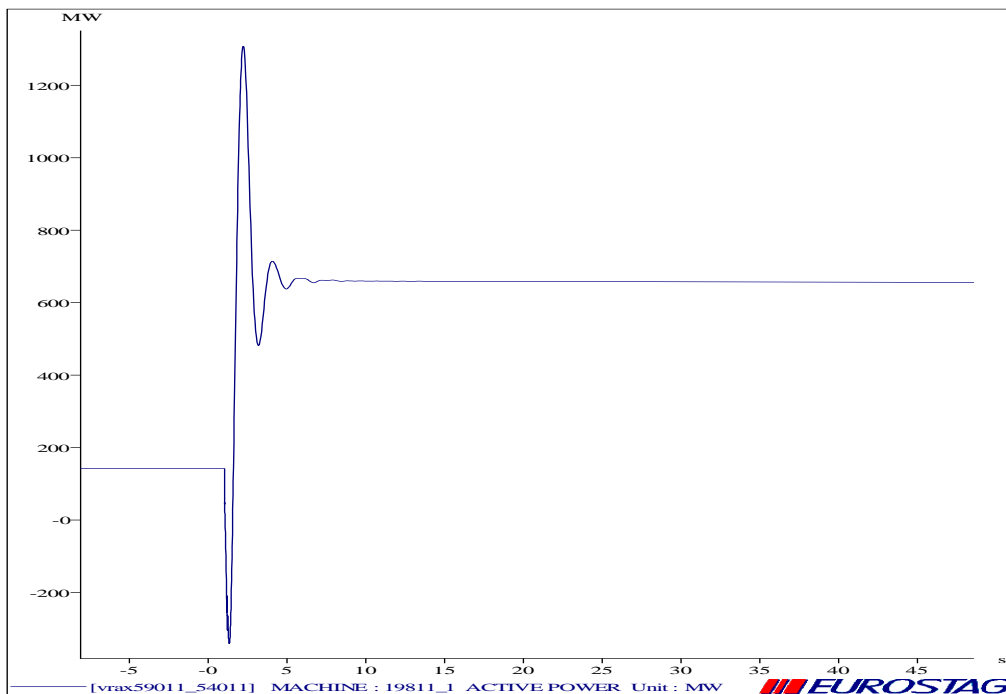
Διάγραμμα 6.3.1.35 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 7 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 59011-54011)

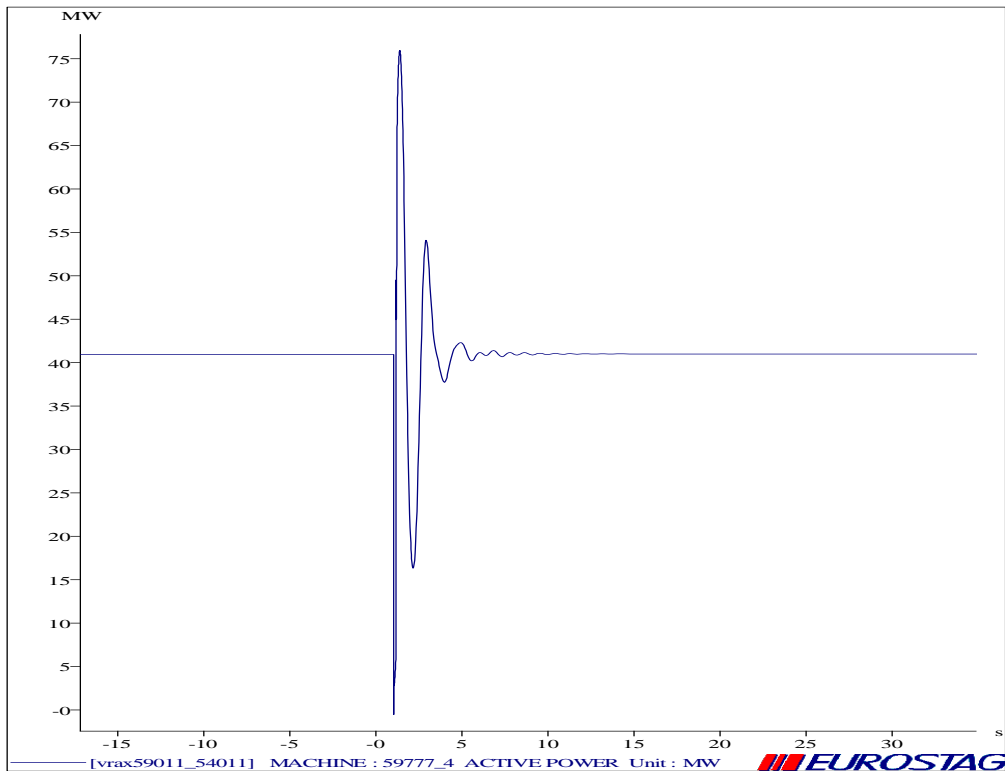
Διάγραμμα 6.3.1.36 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



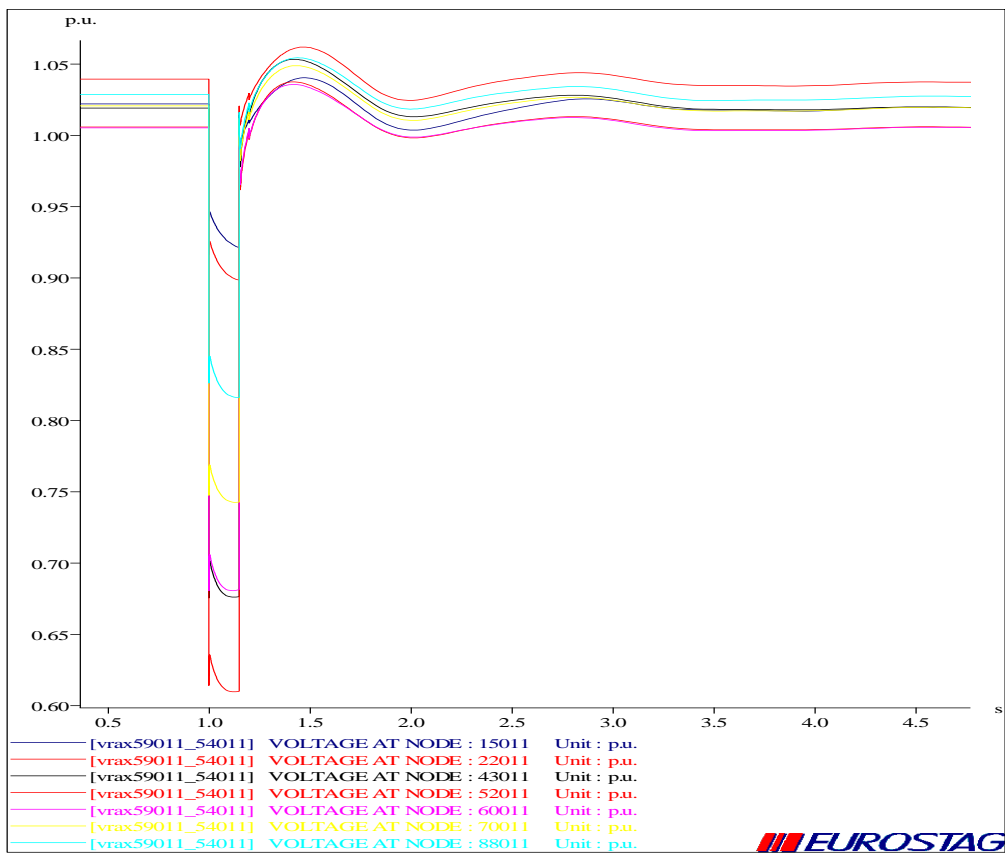
Διάγραμμα 6.3.1.37 Τάση στους ζυγούς 59531 και 59011



Διάγραμμα 6.3.1.38 Ενεργός ισχύς της διασύνδεση Ελλάδα-Dubrovno

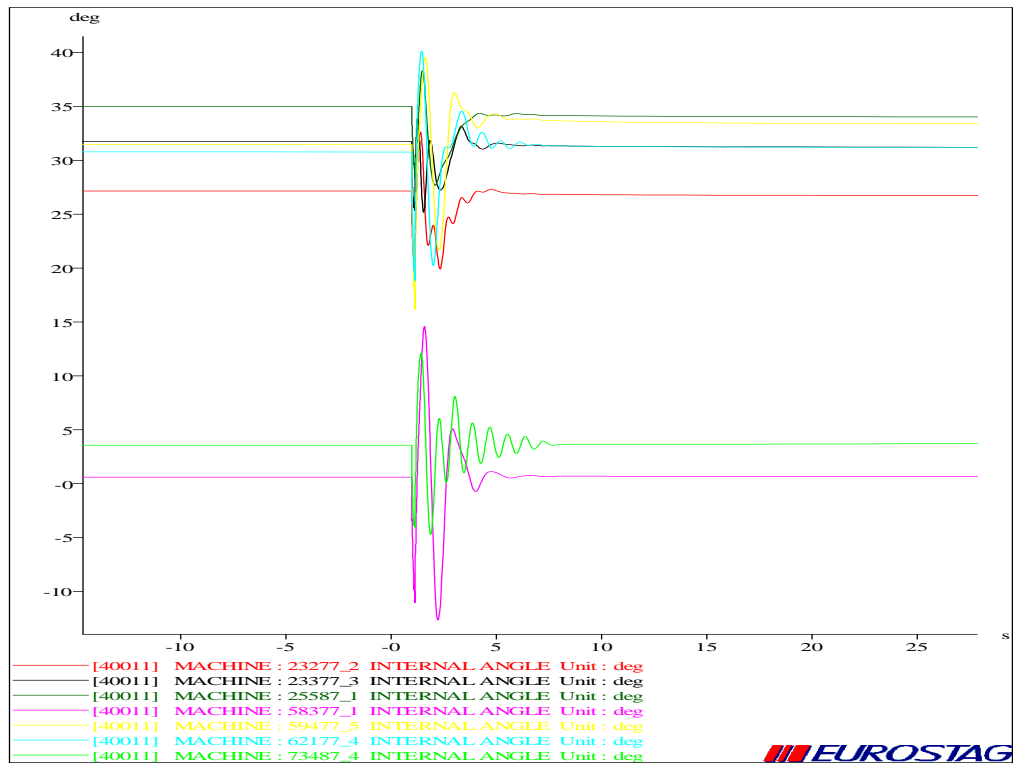


Διάγραμμα 6.3.1.39 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777

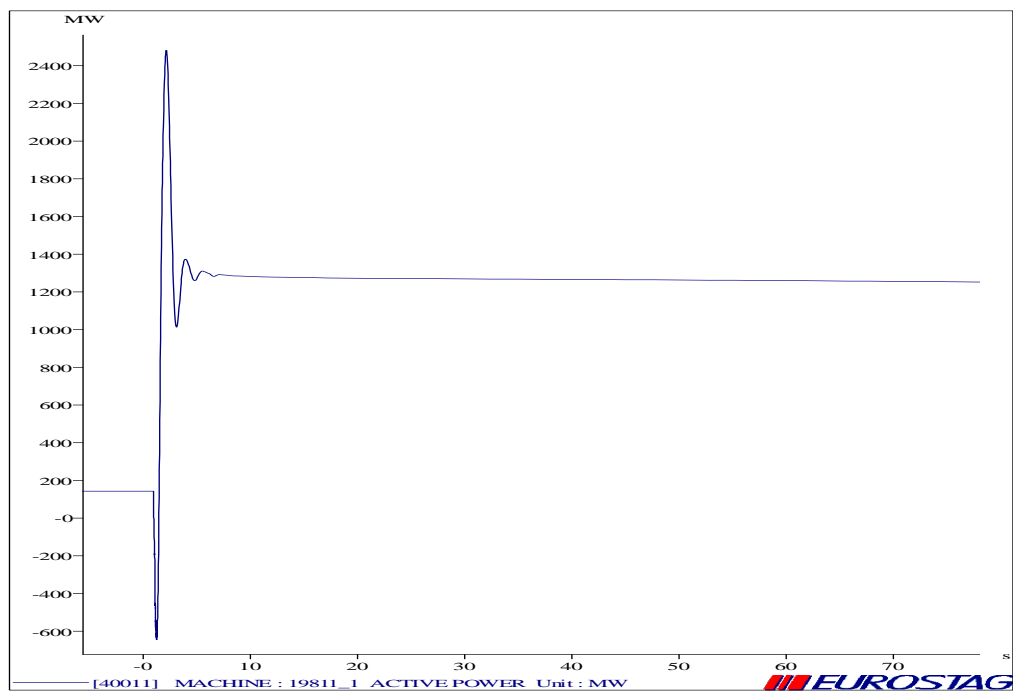


Διάγραμμα 6.3.1.40 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

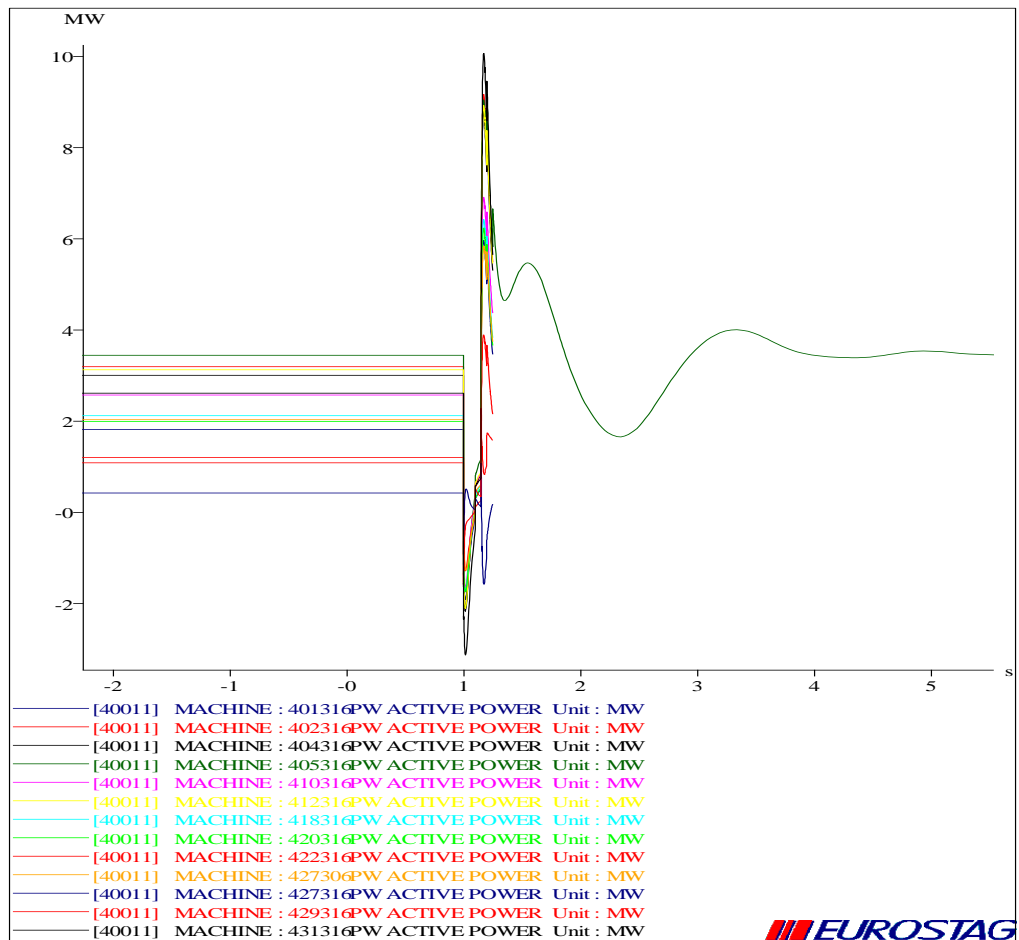
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 8 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40011)



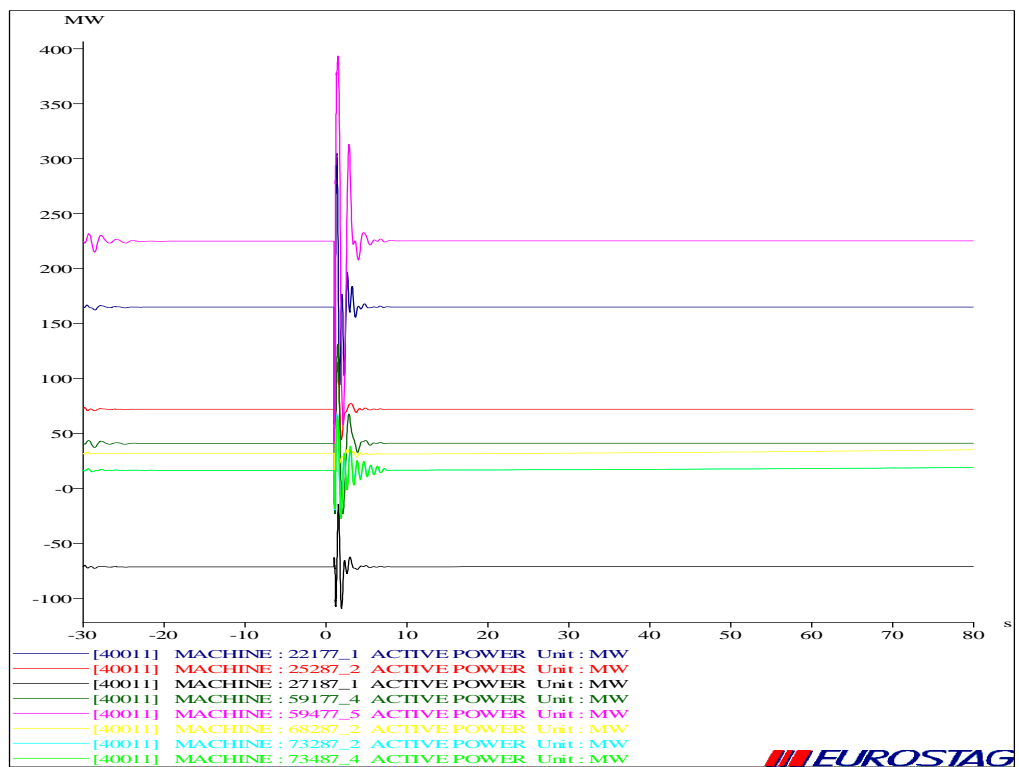
Διάγραμμα 6.3.1.41 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



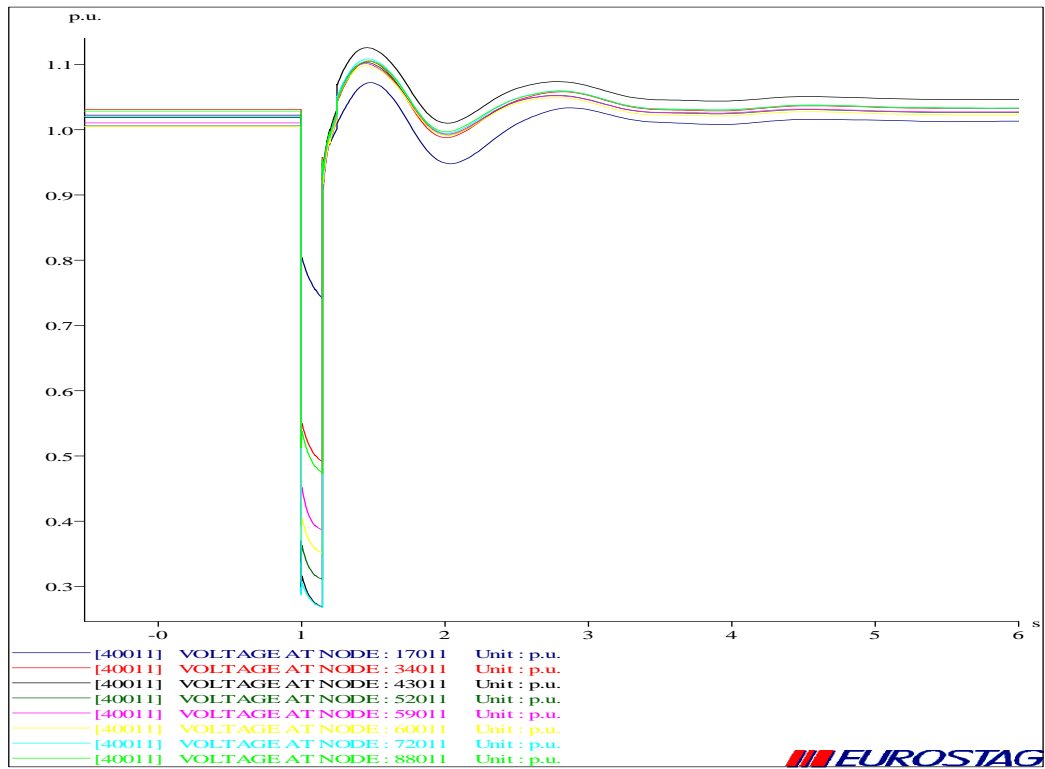
Διάγραμμα 6.3.1.42 Ενεργός ισχύ της διασύνδεσης Ελλάδας-Dubrovno



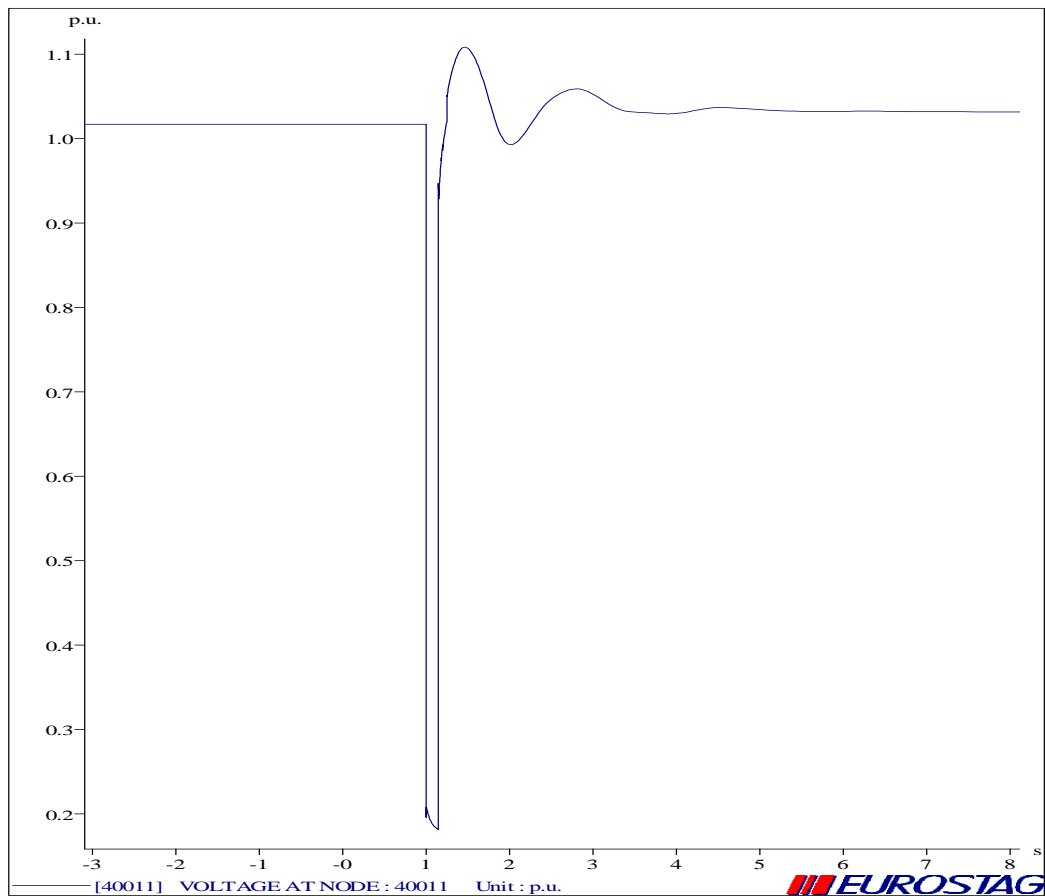
Διάγραμμα 6.3.1.43 Ενεργός ισχύς διαφόρων ανεμογεννητριών DFIG



Διάγραμμα 6.3.1.44 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

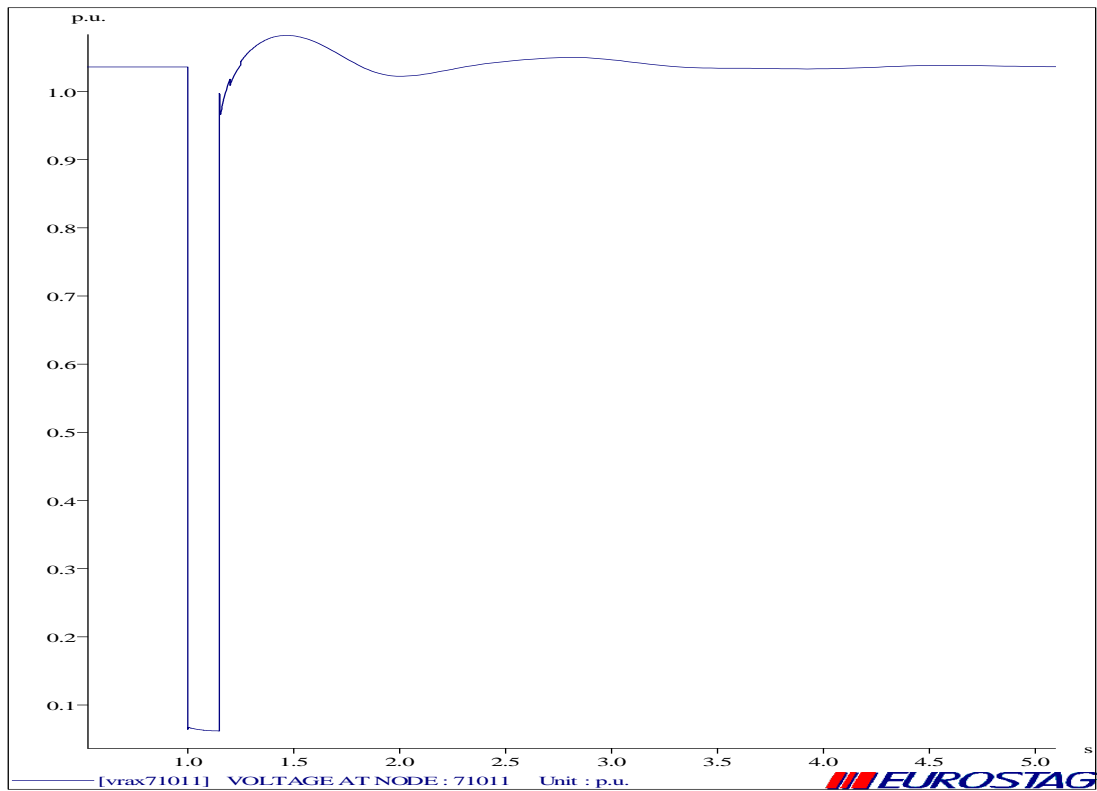


Διάγραμμα 6.3.1.45 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

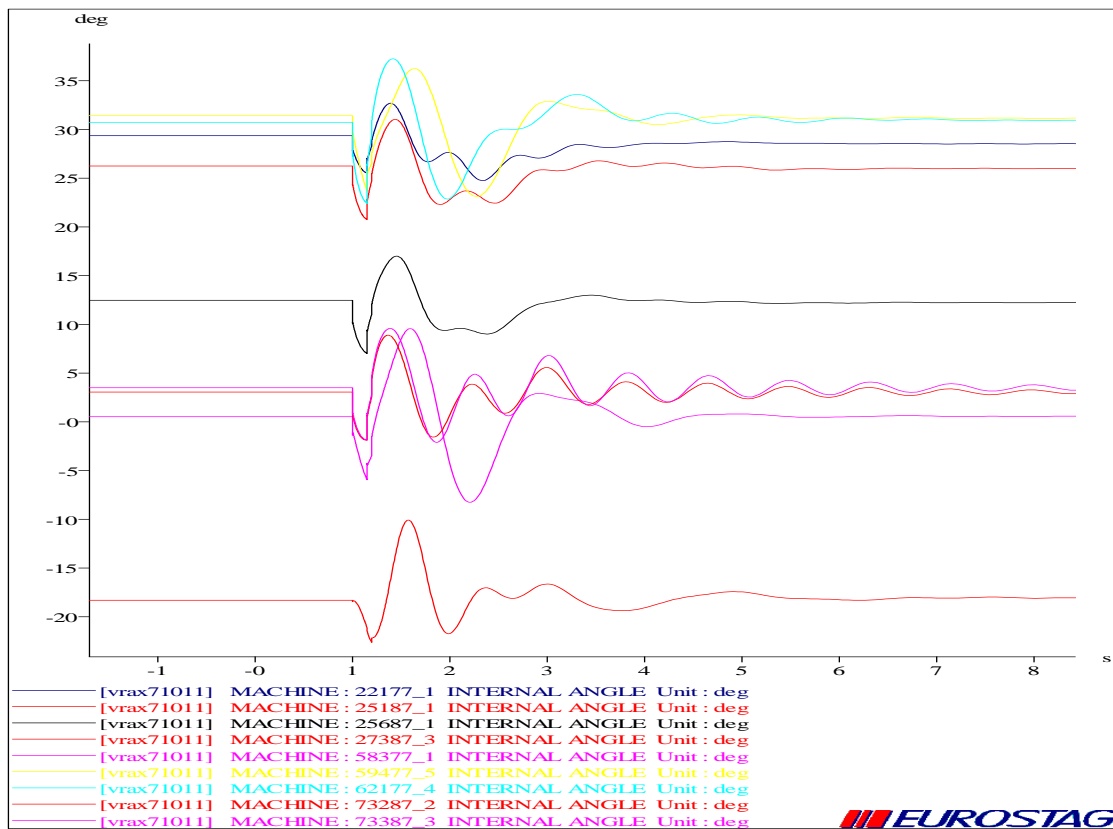


Διάγραμμα 6.3.1.46 Τάση στο ζυγό 40011

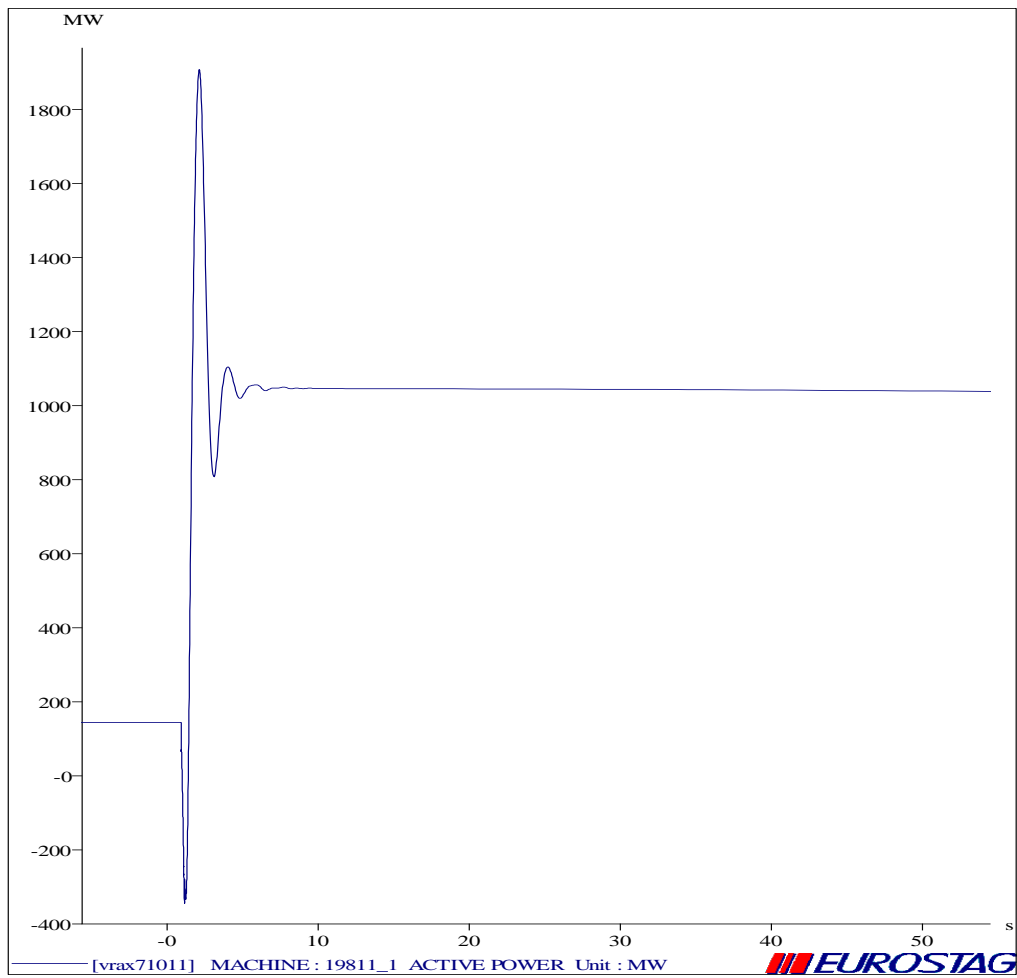
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 9 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 71011)



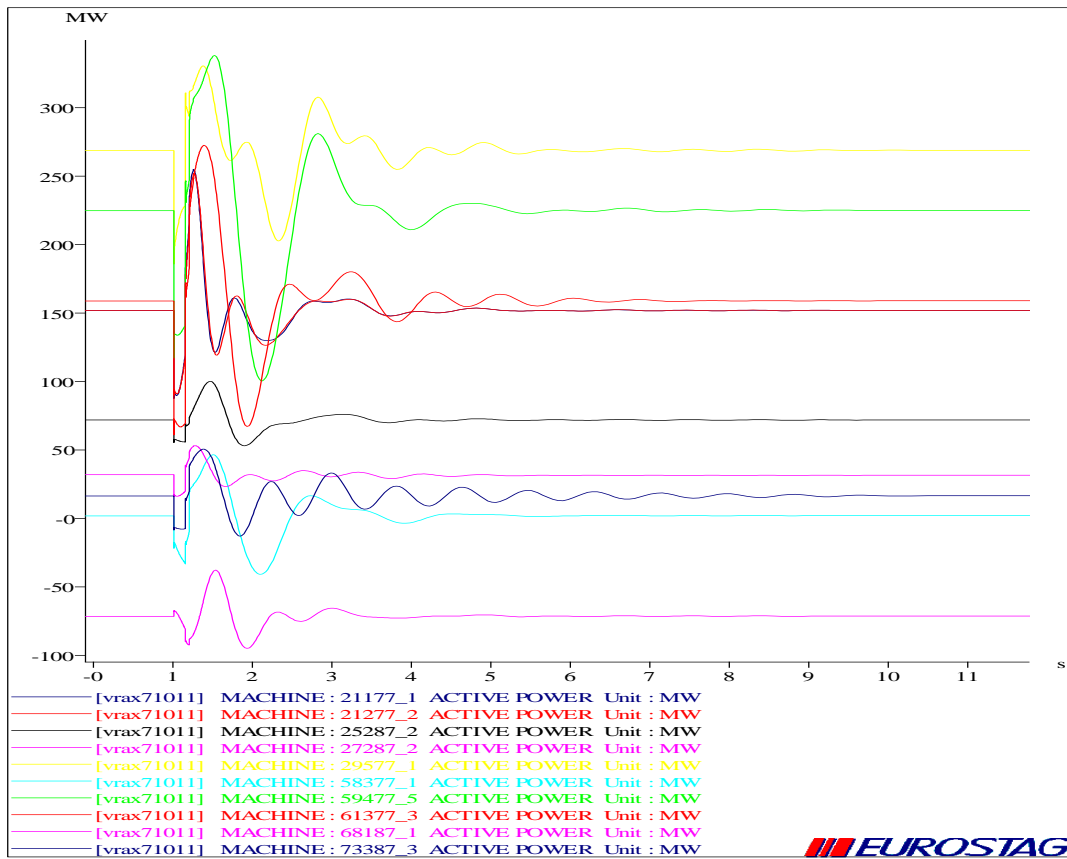
Διάγραμμα 6.3.1.47 Τάση στο ζυγό 71011



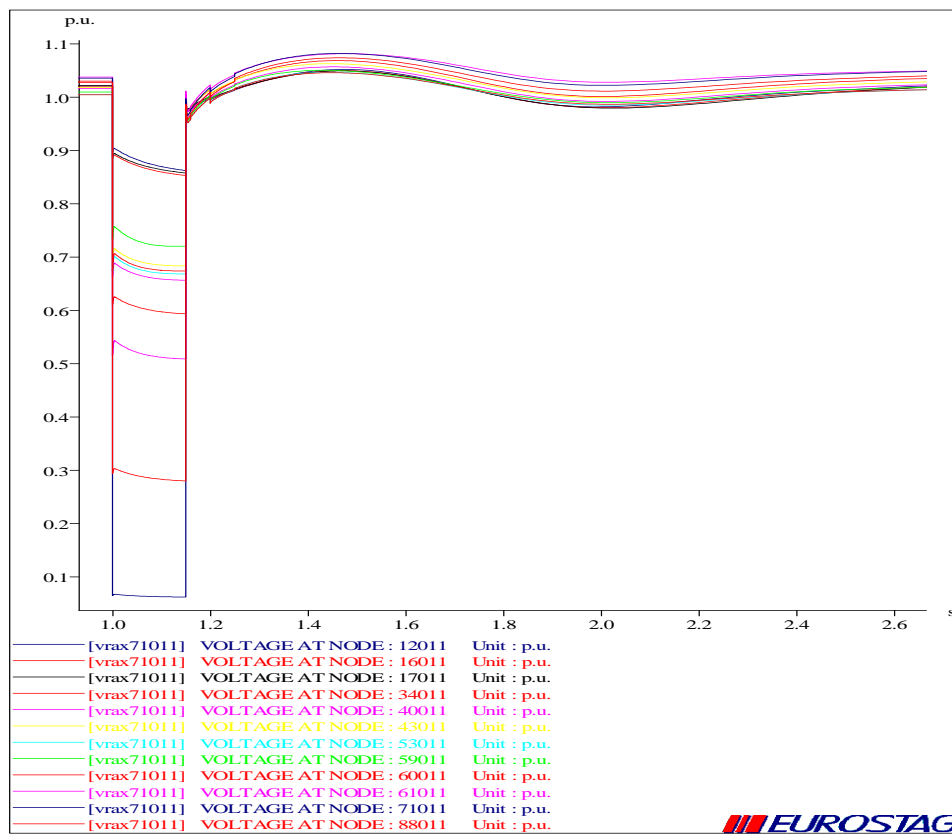
Διάγραμμα 6.3.1.48 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.3.1.49 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



Διάγραμμα 6.3.1.50 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.3.1.51 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

ΣΕΝΑΡΙΟ 2 ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΦΟΡΤΙΟ – ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ											
ΖΥΓΟΙ ΑΠΕ (ΟΝΟΜΑ)	Μονάδες ΑΠΕ	Ισχύς λίγο πρίν τη διαταραχή	Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6	Δ7	Δ8	Δ9
ALEXANDR	A10631	0,7	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	x	✓
KERVEROS	A11231	7,33	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
PATRIAR	A11331	9,47	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
KECHROS	A10731	14,69	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
POLYPOTA	A42731	0,61	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
HLIOLOUS	A43231	0,83	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
LEIBADI	A45531	2,11	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
ARGUROS	A42931	1,97	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
KARUSTOS	A43931	1,94	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
MURTIA_R	A43131	1,77	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
ALEXANDR	106316PW	0,62	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KECHROS	107316PW	6,49	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
N, SANTA	107356PW	94,12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KERVEROS	112316PW	6,49	x	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
	112326PW	26,66	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PATRIAR	113316PW	17,85	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SIDHR/RO	129316PW	8,42	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DRA_1	132316PW	8,77	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS	142316PW	4,43	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AXIOUOL	143316PW	4,56	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MAGIKO	157316PW	4,21	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NEVROKOP	192316PW	5,31	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS_2	142416PW	17,72	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
XAN8H_1	113366PW	13,29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANEMOS	217316PW	243,75	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KOZANH_2	270416PW	320,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STULIDA	328316PW	3,47	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MAG2	329316PW	6,73	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KALAMPAK	353316PW	0,8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
POLYPOTA	427316PW	0,35	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
HLIOLOUS	432316PW	0,48	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
LEIBADI	455316PW	1,22	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARGUROS	429316PW	1,14	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
POLYPOTA	427306PW	2,28	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
KARUSTOS	439316PW	2,03	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MURTIA_R	431316PW	2,94	✓	x	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
BOIWTIA1	401316PW	2,04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
LARUMNA	402316PW	3,57	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓
PTWON_WF	404316PW	3,36	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓
KORWNEIA	405316PW	3,85	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BOIWTIA2	410316PW	2,88	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
GATZA_WF	412316PW	3,5	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓
BOIWTIA3	418316PW	2,38	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
BOIWTIA4	420316PW	2,24	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
YACNA	422316PW	1,23	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓

LEUKADA1	827316PW	16,18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANTIRRIO	833316PW	10,43	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_4	829316PW	15,73	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ALEXANDR	106316PV	0,46	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KECHROS	107316PV	9,68	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
N, SANTA	107356PV	32,92	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KERVEROS	112316PV	4,83	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
	112326PV	9,33	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
PATRIAR	113316PV	6,24	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
SIDHR/RO	129316PV	2,94	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
DRA_1	132316PV	3,07	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS	142316PV	1,55	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
AXIOUPOL	143316PV	1,6	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
MAGIKO	157316PV	1,47	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
NEVROKOP	192316PV	1,86	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS_2	142416PV	6,2	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
XAN8H_1	113366PV	4,65	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANEMOS	217316PV	95,26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KOZANH_2	270416PV	125,26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STULIDA	328316PV	64,65	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
MAG2	329316PV	125,5	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
KALAMPAK	353316PV	14,83	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
POLYPOTA	427316PV	1,51	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
HLIOLOUS	432316PV	2,06	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
LEIBADI	455316PV	5,22	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
ARGUROS	429316PV	4,87	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
POLYPOTA	427306PV	3,56	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
KARUSTOS	439316PV	6,22	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
MURTIA_R	431316PV	7,38	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
BOIWTIA1	401316PV	3,2	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
LARUMNA	402316PV	5,59	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
PTWON_WF	404316PV	5,27	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
KORWNEIA	405316PV	6,02	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
BOIWTIA2	410316PV	4,52	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
GATZA_WF	412316PV	5,48	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
BOIWTIA3	418316PV	3,73	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
BOIWTIA4	420316PV	3,5	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
YACNA	422316PV	1,92	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA1	433316PV	5,52	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA2	434316PV	6,69	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA3	436316PV	15,93	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA4	437316PV	1,68	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗
EYBOIA5	438316PV	6,87	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA6	441316PV	2,28	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA7	447316PV	9,75	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
EYBOIA09	451316PV	5,07	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
AMARYNT	452316PV	2,71	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
BOI_F8WIT	479366PV	3,76	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
XLWMO_2	488316PV	5,54	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
XLWMO_1	489316PV	5,54	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗

	502316PV	6,91	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
ΑΤΤΙΚΑ1	546316PV	12,82	✓	x	x	x	✓	✓	x	x	x
ΜΑΡΚΟΠΟΥ	547316PV	5,24	✓	x	x	x	✓	✓	x	x	x
ΜΕΓΑΡΑ	573316PV	8,64	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
WF_AG,GE	596316PV	25,07	✓	x	x	x	✓	✓	x	x	x
KORIN_1	606326PV	9,99	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
ARGOL_4	603316PV	6,19	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
ΜΑQΑΝΑ	605316PV	10,6	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
TROIZHNA	606416PV	13,46	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
DORIZA_2	611326PV	14,13	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
DORIZA_1	611316PV	19,61	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
AXLADC_2	613316PV	3,9	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
ΜΟΛΑΟΙ	616316PV	20,25	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
AXLADOC_1	630316PV	10,09	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
DIDYMA	631316PV	12,11	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
ARGOL_3	632316PV	16,82	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
PANAXAIK	633316PV	16,32	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
AHAIA_2	634316PV	7,44	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
LAKWNIA2	635316PV	6,66	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
LAKWNIA1	636316PV	11,78	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
ARKADIA1	637316PV	9,59	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
AHAIA_3	638316PV	13,32	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
PULOS	655316PV	20,46	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
MESSIN_1	659316PV	7,57	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
BOIWΤIA6	750216PV	21,57	✓	x	x	x	✓	x	x	✓	x
DISTOMO	750316PV	14,54	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
AIT_1	712316PV	9,85	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
AIT_2	713316PV	12,51	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
FOKIDA_1	715316PV	13,13	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
AIT_3	716316PV	8,44	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
FOKIDA_2	717316PV	9,38	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
FOKIDA_3	718316PV	10,42	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
EURYTAN1	726316PV	57,22	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
HY_KARP	734316PV	10,47	✓	✓	x	x	✓	x	✓	x	x
DAFNOZ_WF	820416PV	5	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	✓
ARGOSTOL	821316PV	3,42	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
KEF_2	824316PV	12,54	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
KEF_1	825316PV	10,06	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
LEUKADA1	827316PV	13,11	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
ANTIRRIO	833316PV	8,45	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
AIT_4	829316PV	12,74	✓	✓	x	✓	✓	x	✓	x	x
	ΑΠΩΛΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ (MW)		143,5	382,3	916,6	637,5	119,8	571,7	511,5	909,7	845,4

Πίνακας 6.3.1.1 Μονάδες ΑΠΕ που παραμένουν ή βγαίνουν εκτός στο σενάριο 2

6.3.2 Συμπεράσματα : Ελάχιστο φορτίο – Μεγάλη παραγωγή από φωτοβολταϊκά

Σ' αυτό το σενάριο, το σύστημα μας είναι αρκετά ευαίσθητο και πάλι όπως παρατηρούμε από τον πιο πάνω πίνακα και έχουμε αρκετά μεγάλη απώλεια ισχύος λόγω του ότι έχουμε μεγάλη παραγωγή από φωτοβολταϊκά τα οποία λόγω των προστασιών τους βγαίνουν εκτός. (συγκεκριμένα για τάση κάτω από 0,8 α.μ). Μεγάλη απώλεια ισχύος έχουμε για βραχυκύκλωμα στην περιοχή 4 –ζυγός 40011 (Στερεά Ελλάδα) και 5 ζυγός-54011 (Αττική) καθώς και στην περιοχή 7 –ζυγός 71011(Δυτική Ελλάδα). Συγκεκριμένα 916,6 MW , 909,7 MW και 845,4MW αντίστοιχα. Με τέτοια απώλεια ισχύος επιβαρύνεται κατά πολύ η διασύνδεση η οποία πρέπει να καλύψει αυτή την απώλεια ισχύος. Αν όμως ξεπεραστεί το όριο της διασύνδεσης και βγει εκτός τότε το σύστημα μας θα κλονιστεί , και μη μπορώντας να καλύψει αυτή την απώλεια ισχύος η συχνότητα θα μειωθεί και οι συμβατικές γεννήτριες θα αρχίσουν να βγαίνουν εκτός λόγω προστασιών υποσυχνότητας. Στη συνέχεια η τάση θα αρχίσει να καταρρέει. Κάτι τέτοιο θα οδηγούσε σε ολική σβέση του συστήματος μας (“black out”). Έτσι βλέπουμε ότι στα φωτοβολταϊκά έχουμε λιγότερη αξιοπιστία παραγωγής καθότι βγαίνουν εκτός ευκολότερα λόγω των προστασιών τους και επιπλέον κάποια εφεδρεία κρίνεται απαραίτητη.

Λόγω ανεμογεννητριών δεν αντιμετωπίζουμε ιδιαίτερα προβλήματα καθώς δεν βγαίνουν πολλές ανεμογεννήτριες εκτός σ' αυτό το σενάριο . Το **Low Voltage Ride Through Capability** των ανεμογεννητριών μας είναι αρκετό να αντέξει τις διαταραχές του συγκεκριμένου σεναρίου. Οι λιγότερες ανεμογεννήτριες που βγαίνουν εκτός σε κάθε διαταραχή είναι αυτές που βρίσκονται κοντά στην εν λόγω διαταραχή και αντιμετωπίζουν την αρκετά χαμηλή τάση της περιοχής.

Οι ανεμογεννήτριες μας συνεισφέρουν με ρεύμα βραχυκύκλωσης στο σφάλμα κάτι που εκφράζεται σαν λιγότερη ευαισθησία στην τάση του ζυγού τους μιας και θα έχουμε τάση ως προς το σφάλμα ανάλογη του ρεύματος βραχυκύκλωσης.

Επίσης βλέπουμε ότι οι παραγωγές των συμβατικών γεννητριών του συστήματος μας εκτελούν μια ταλάντωση και πάλι το ίδιο και η γωνία ροπής δ των μηχανών μιας και $P=P_{\max}\sin(\delta)$. Από άποψη ευστάθειας οι μηχανές μας είναι ευσταθείς ως προς τη γωνία « δ » , σύμφωνα με το κριτήριο ευστάθειας γωνίας δρομέα(rotor angle stability) μιας και όπως παρατηρούμε εκτελείται μια ταλάντωση από τις γωνίες δ και στο τέλος αποκαθίσταται καινούριο σημείο ισορροπία εφόσον έχει αποκατασταθεί ισορροπία μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής και μηχανικής ροπής στο σύστημα..

Οι τάσεις στο Σύστημα Μεταφοράς μας βλέπουμε ότι δεν πέφτουν πολύ παρα μόνο εκείνων των ζυγών που βρίσκονται κοντά στην περιοχή της κάθε διαταραχής.

Η διασύνδεση του συστήματος επιβαρύνεται αρκετά σ' αυτό το σενάριο κάτι που μας οδηγεί σε προβληματισμό εφόσον κάτι τέτοιο είναι ανεπιθύμητο, μιας και μια τέτοια κατάσταση κρίνεται επισφαλής και μπορεί να οδηγήσει σε σβέση του συστήματος αν για κάποιο λόγο δεν μπορέσει να καλύψει την απώλεια ισχύος λόγω υπερφόρτισης η διασύνδεση.

6.4 Σενάριο 3 : ΥΨΗΛΟ ΦΟΡΤΙΟ (ώρα « 4550 »)

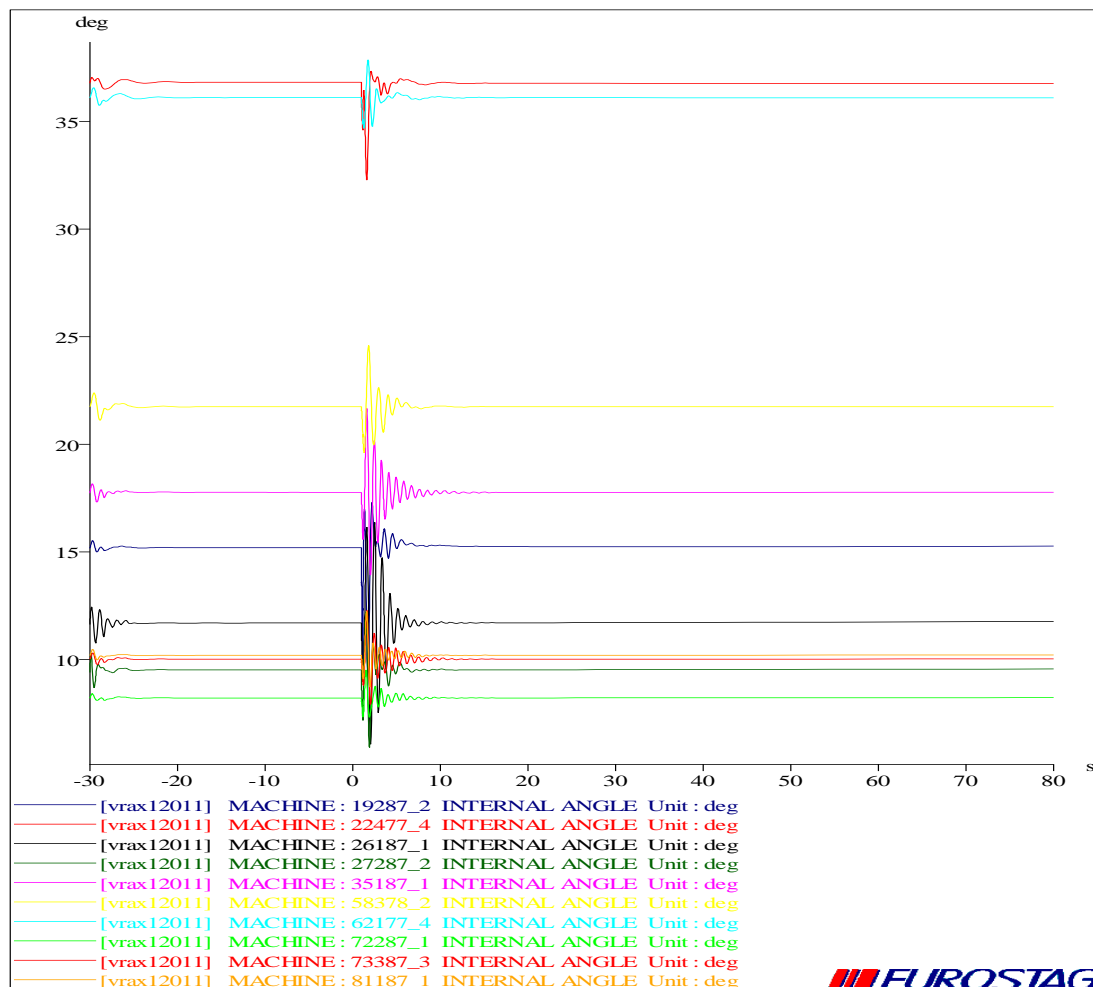
Σε αυτό το σενάριο έχουμε ένα από τα υψηλότερα φορτία στο σύστημα μας με μεγάλη διείσδυση από ΑΠΕ .Συγκεκριμένα, στον πίνακα 6.4.1, έχουμε:

Παραγωγή από Αιολικά,	4321,31 MW
Παραγωγή απο φωτοβολταϊκά,Βιομάζα,υδροηλεκτρικά	1219,97 MW
Συνολική Παραγωγή ΑΠΕ	5541,28 MW
Συνολικό φορτίο	12261 MW
Διείσδυση ως ποσοστό % κάλυψης του φορτίου	45,2%

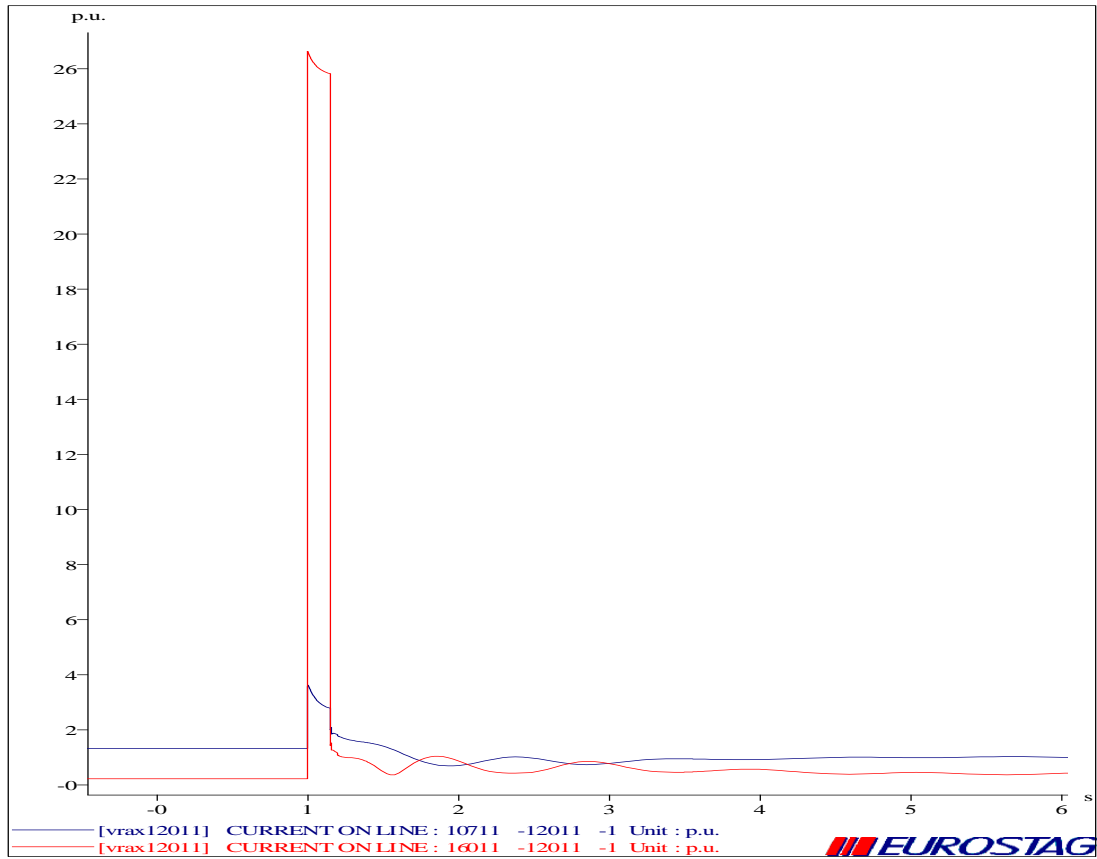
Πίνακας 6.4.1

6.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

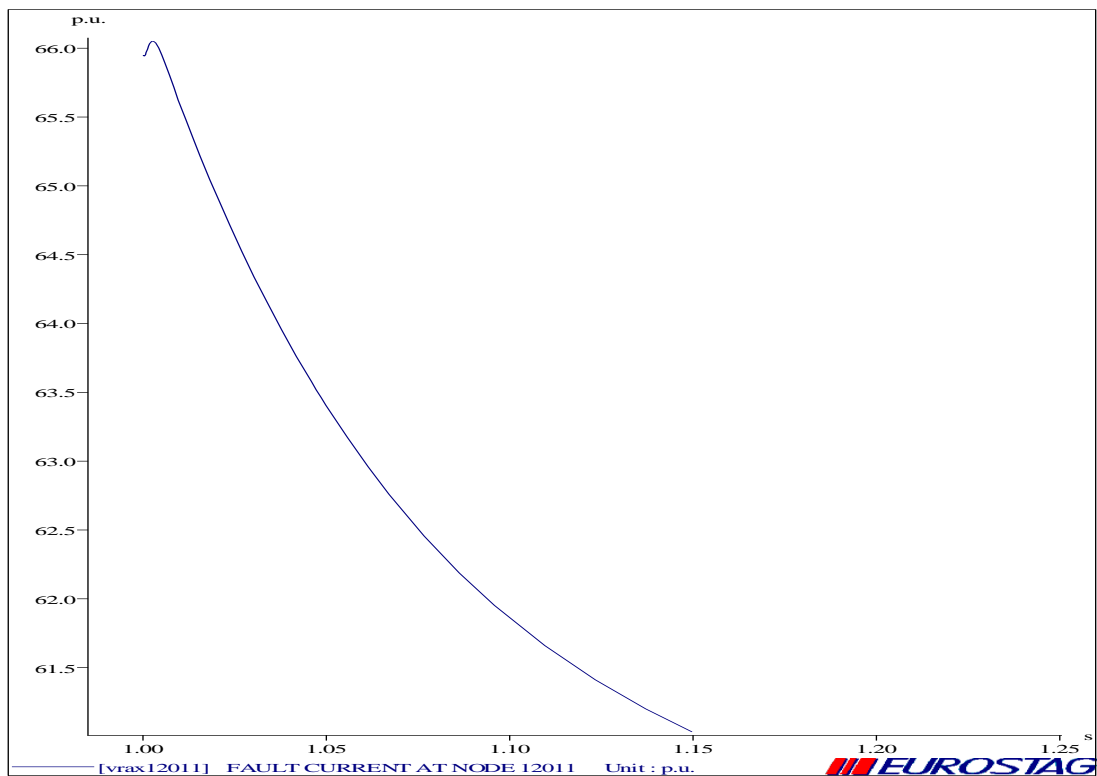
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 1 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 12011)



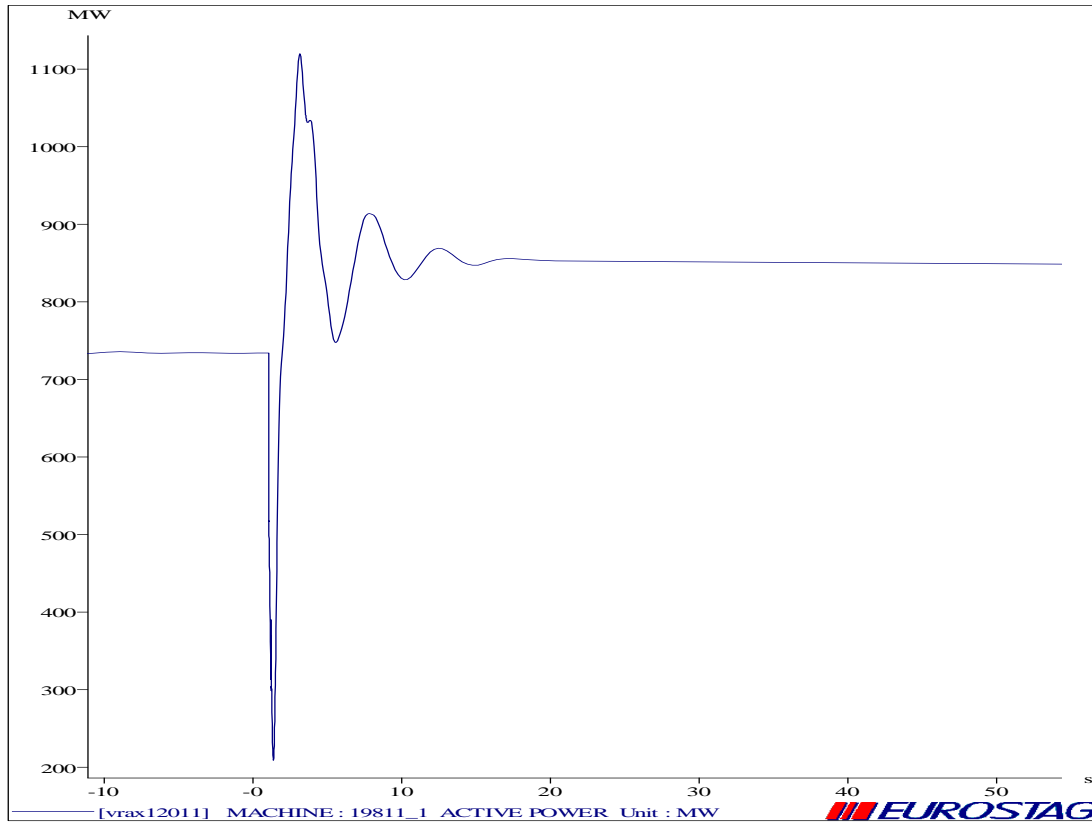
Διάγραμμα 6.4.1.1 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



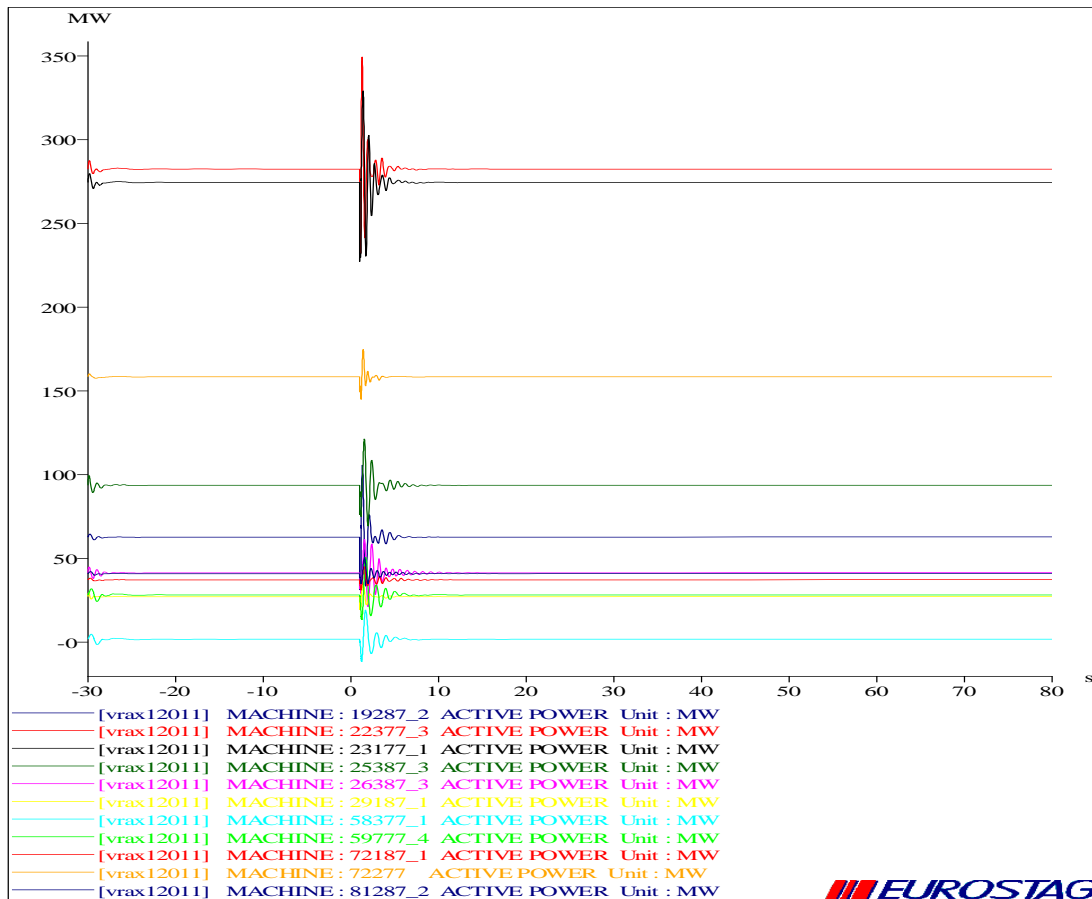
Διάγραμμα 6.4.1.2 Ρεύμα στη γραμμή 10711-12011 και 16011-12011



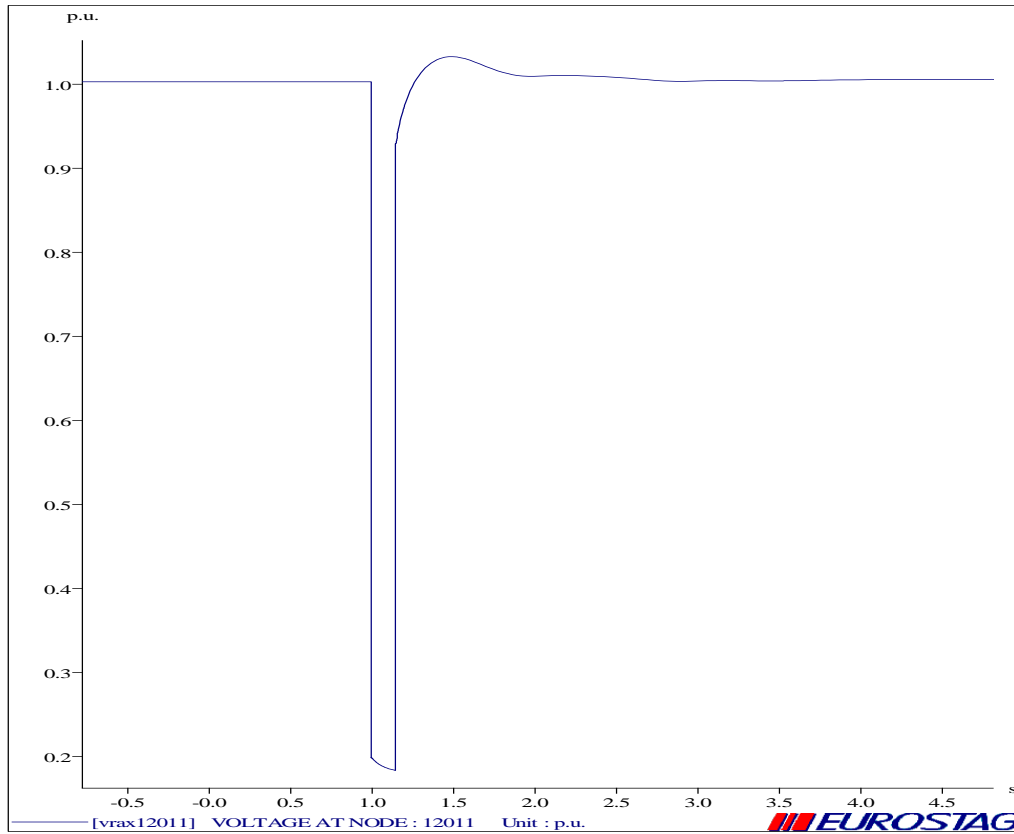
Διάγραμμα 6.4.1.3 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό 12011



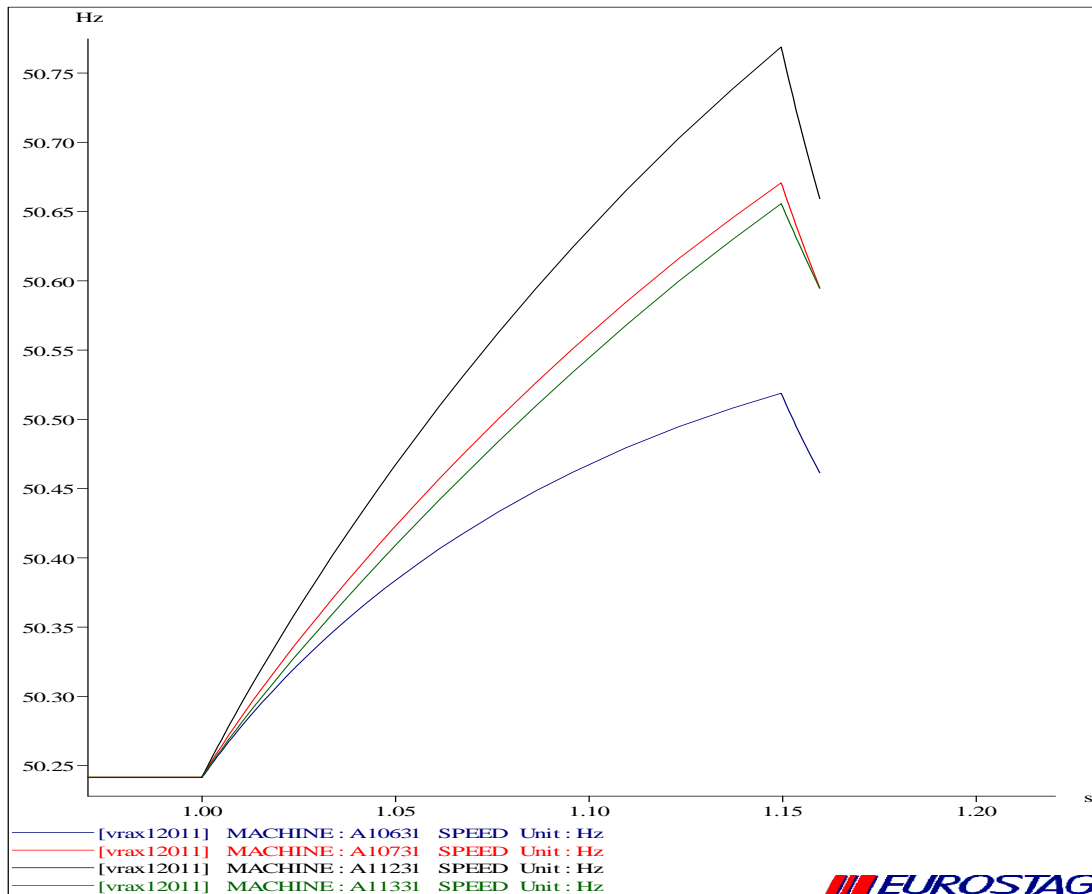
Διάγραμμα 6.4.1.4 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδας-Dubrovno



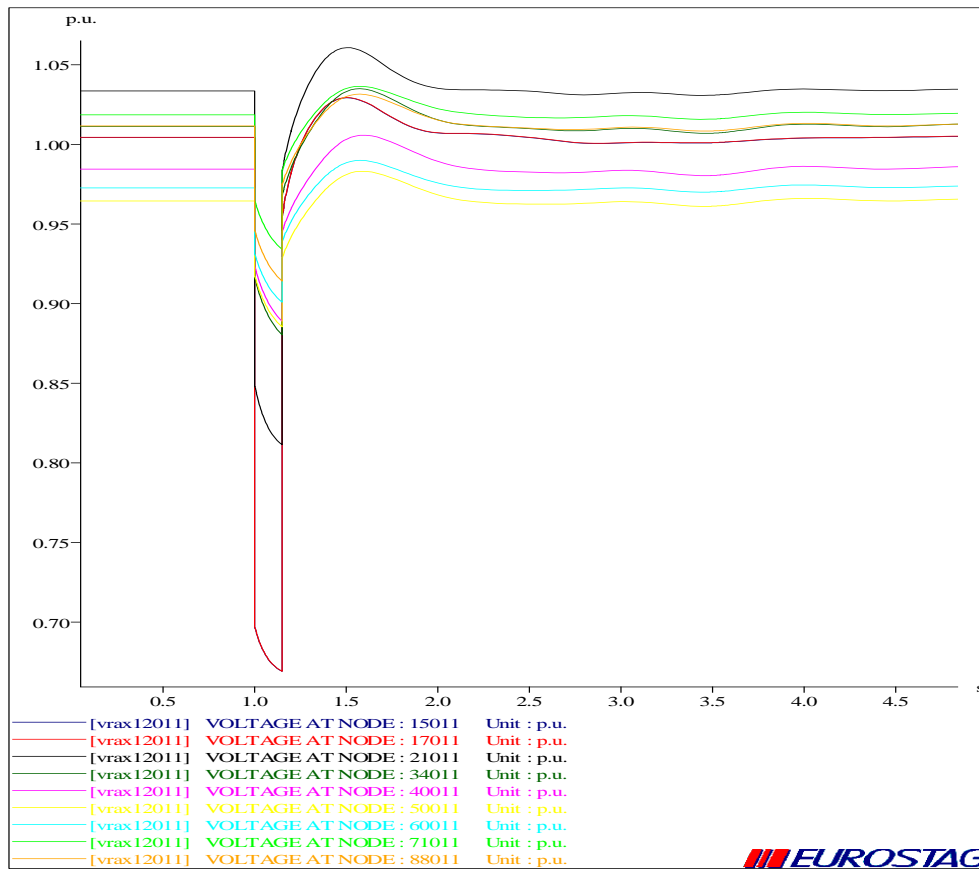
Διάγραμμα 6.4.1.5 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.4.1.6 Τάση στο ζυγό 12011

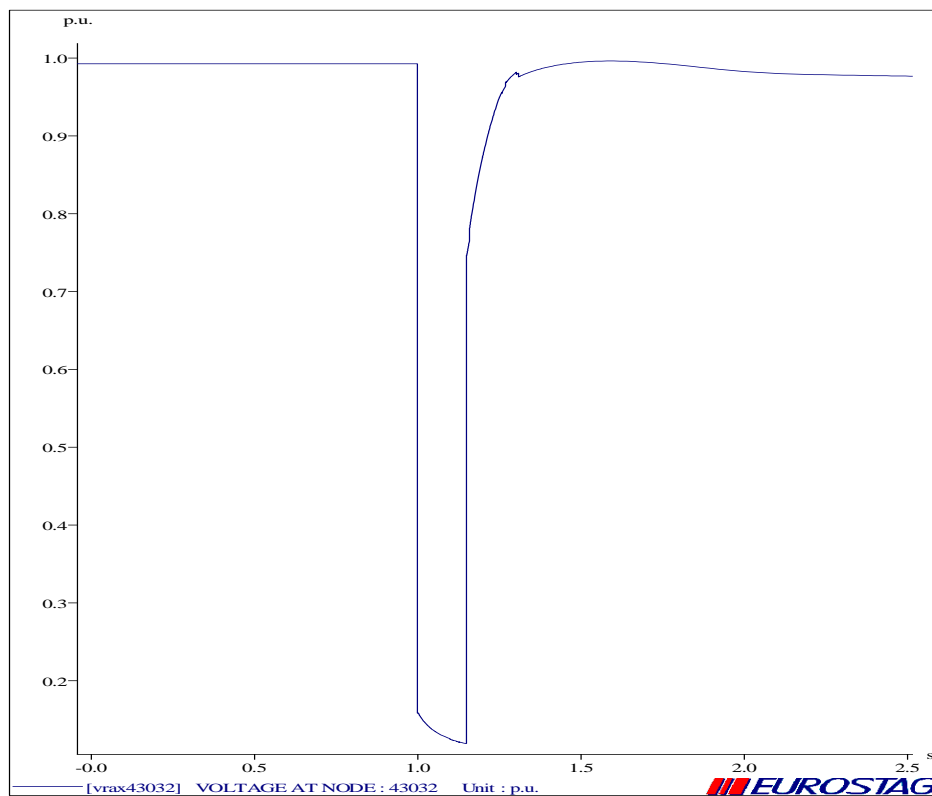


Διάγραμμα 6.4.1.7 Ταχύτητα διαφόρων Α/γ τεχνολογίας Α



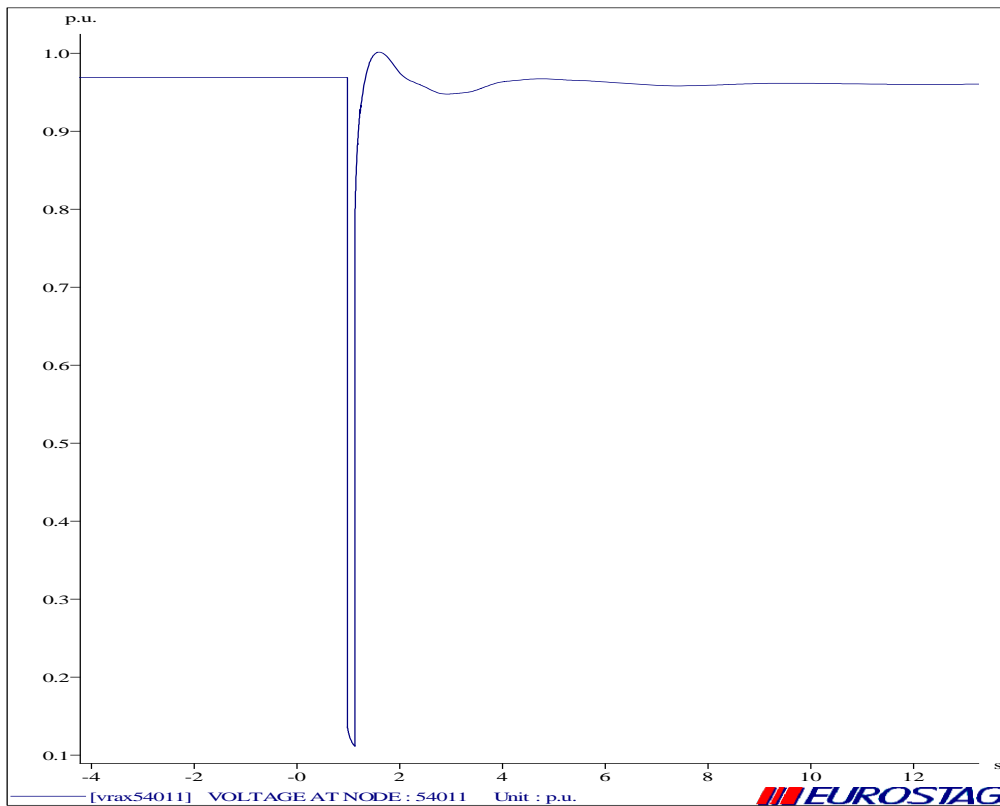
Διάγραμμα 6.4.1.8 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 2 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 43032)

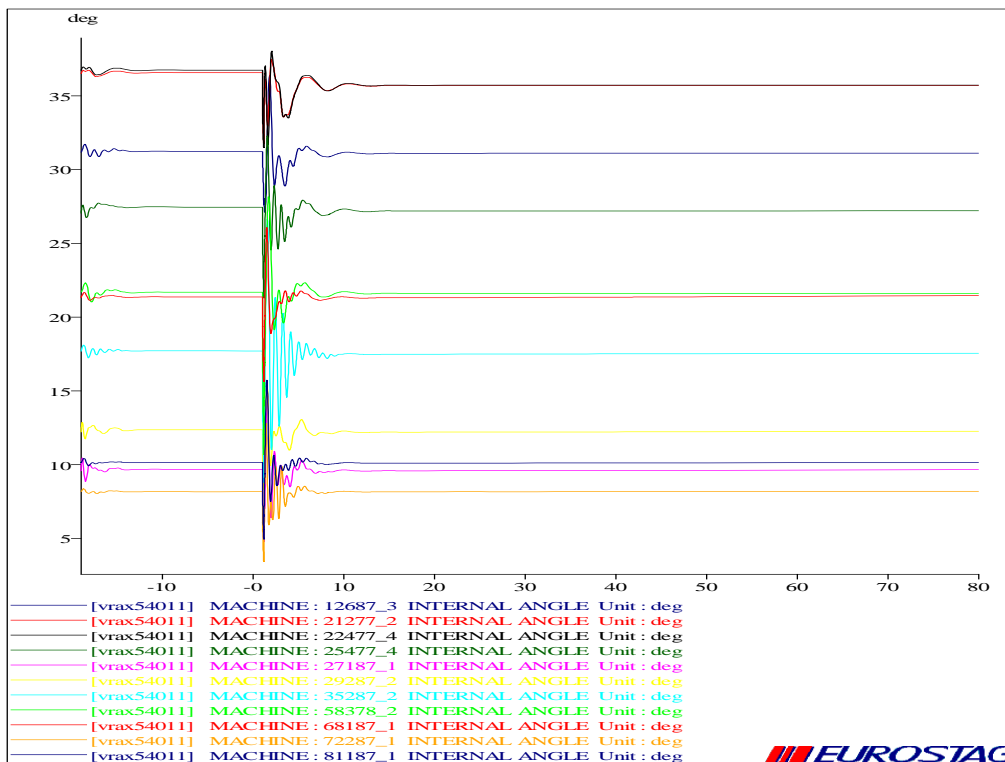


Διάγραμμα 6.4.1.9 Τάση στο ζυγό 43032

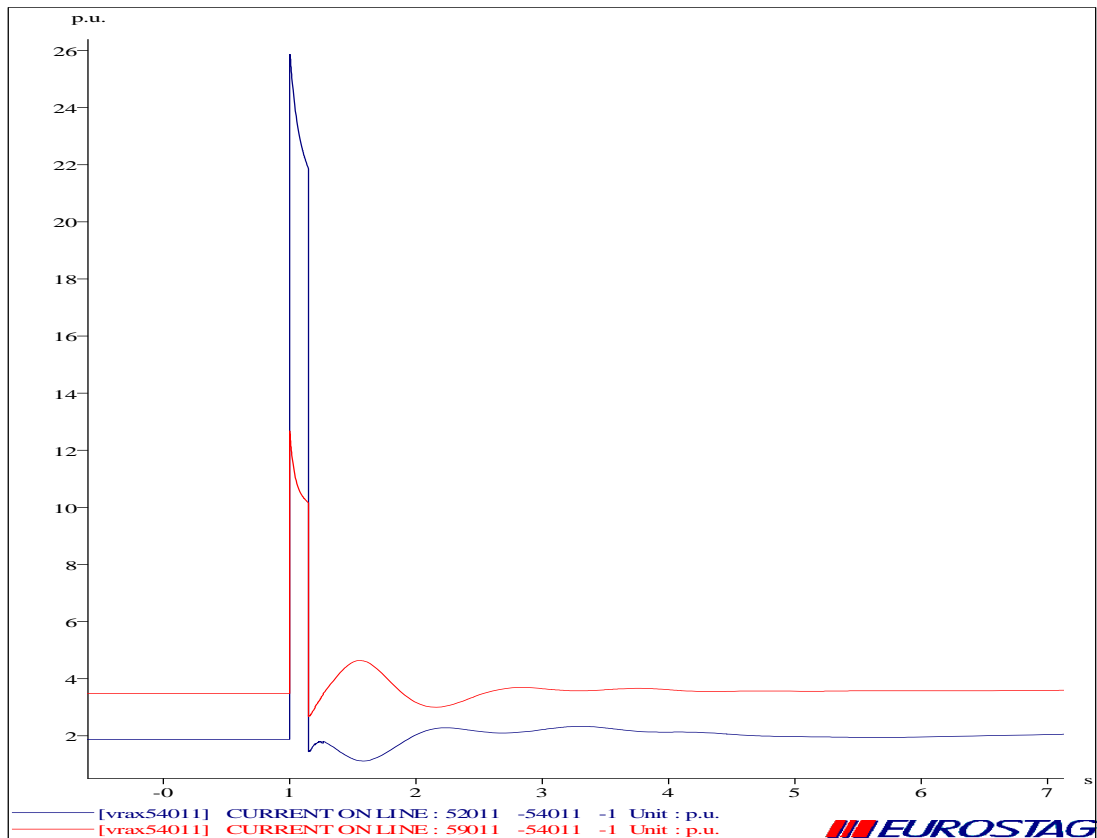
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 3 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 54011)



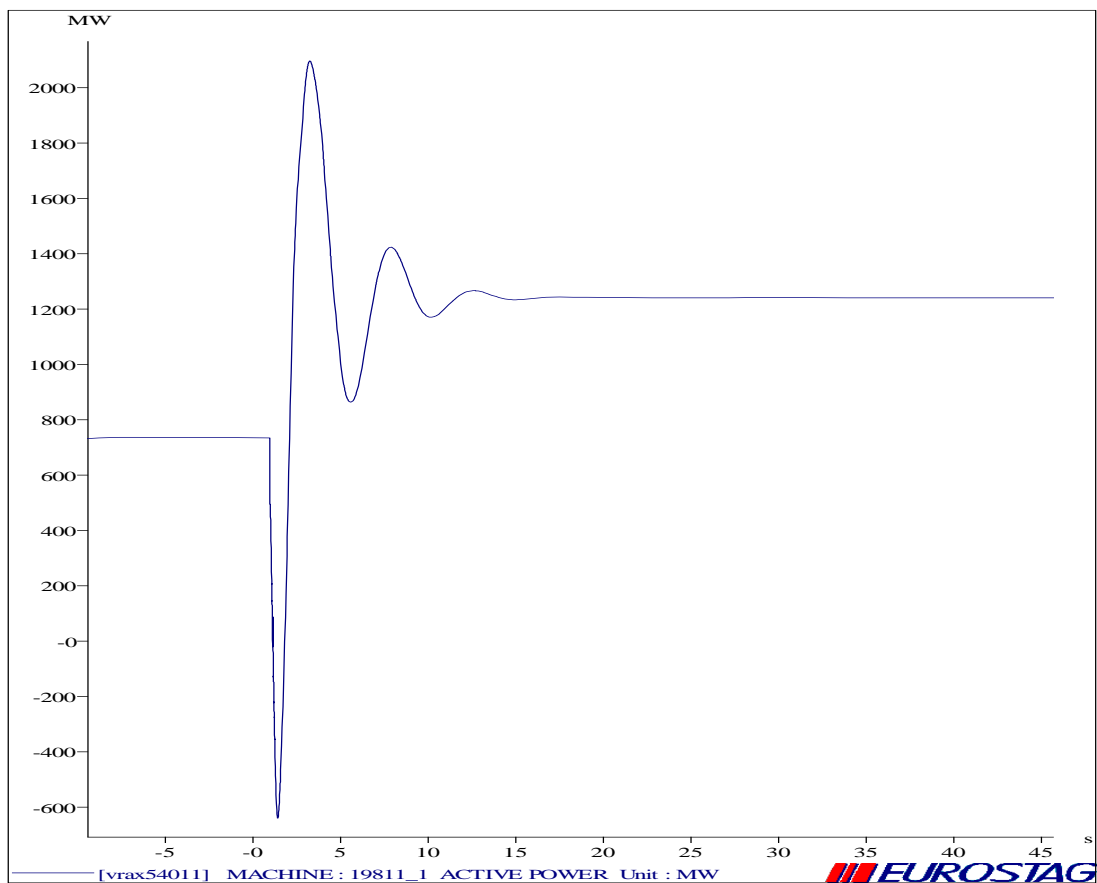
Διάγραμμα 6.4.1.10 Τάση στο ζυγό 54011



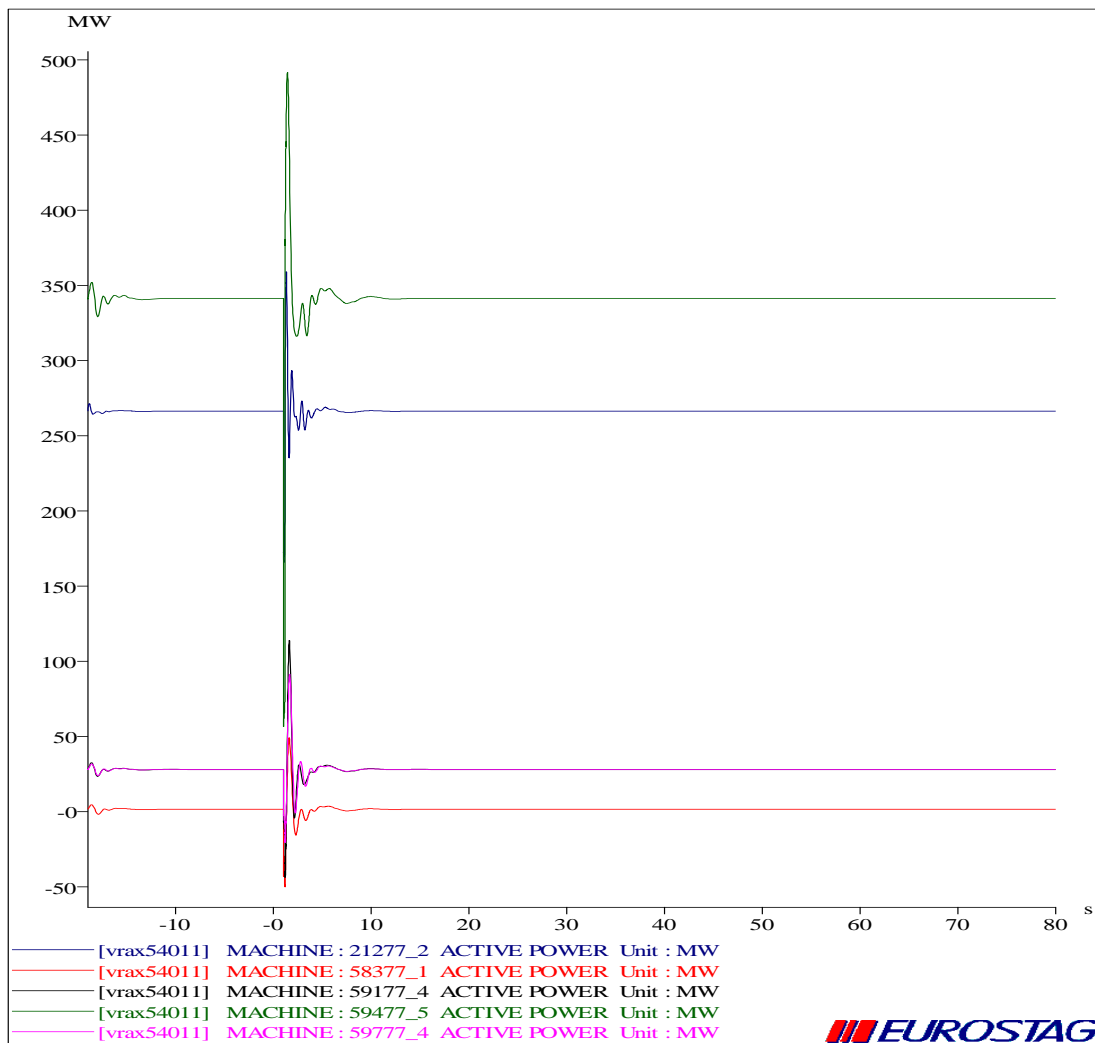
Διάγραμμα 6.4.1.11 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



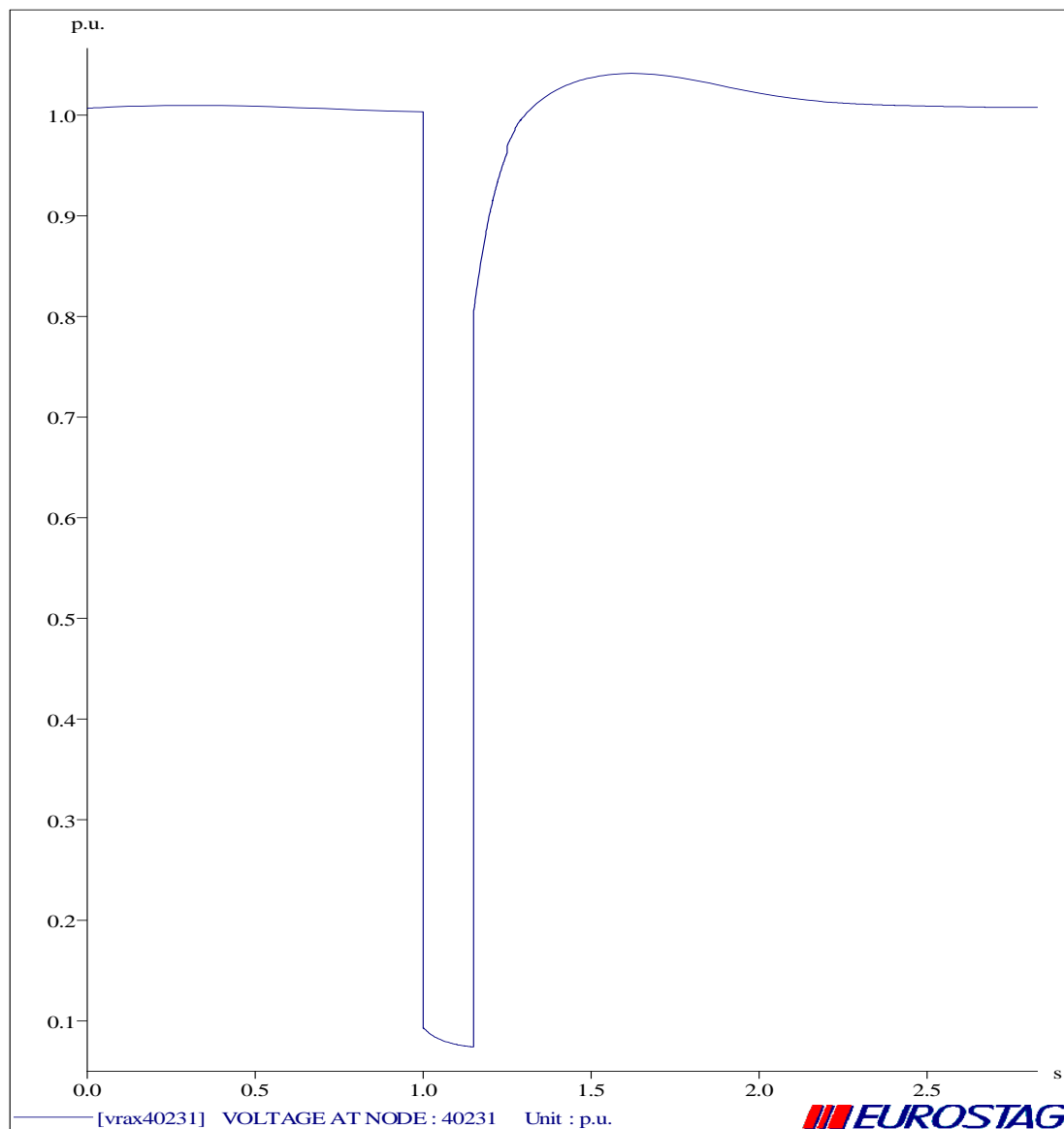
Διάγραμμα 6.4.1.12 Ρεύμα στη γραμμή 52011-54011 και 59011-54011



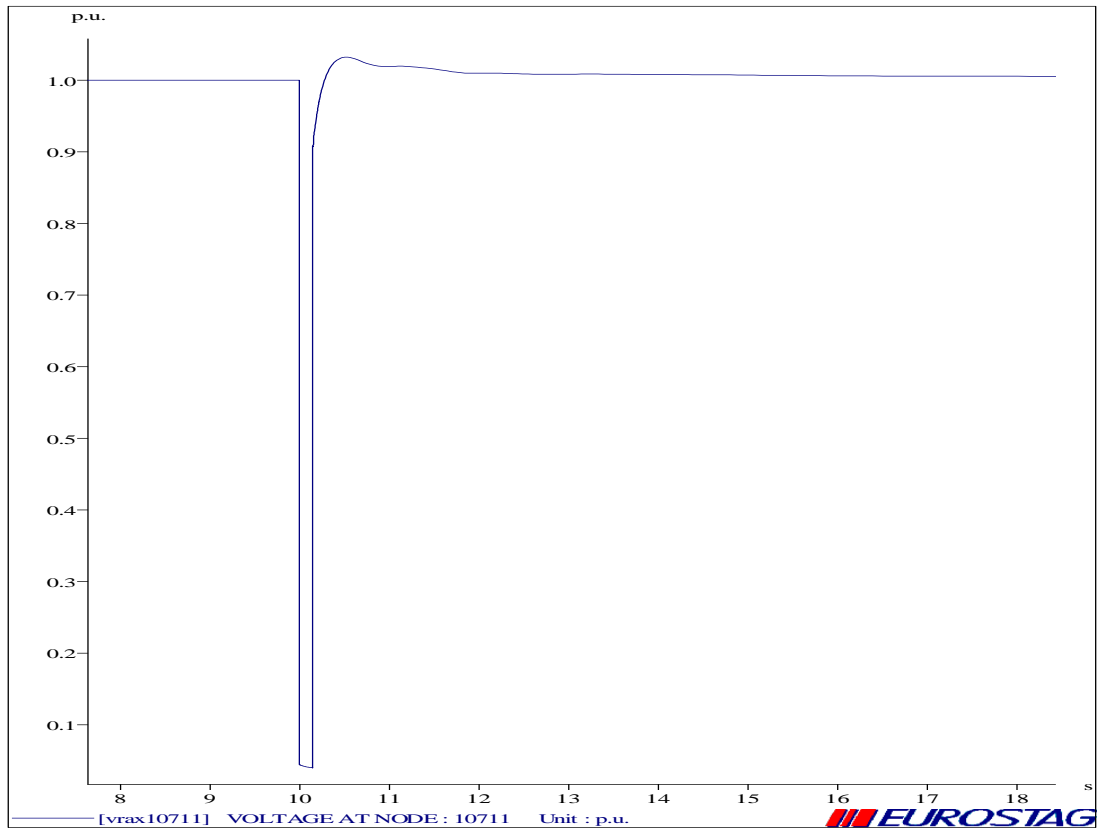
Διάγραμμα 6.4.1.13 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



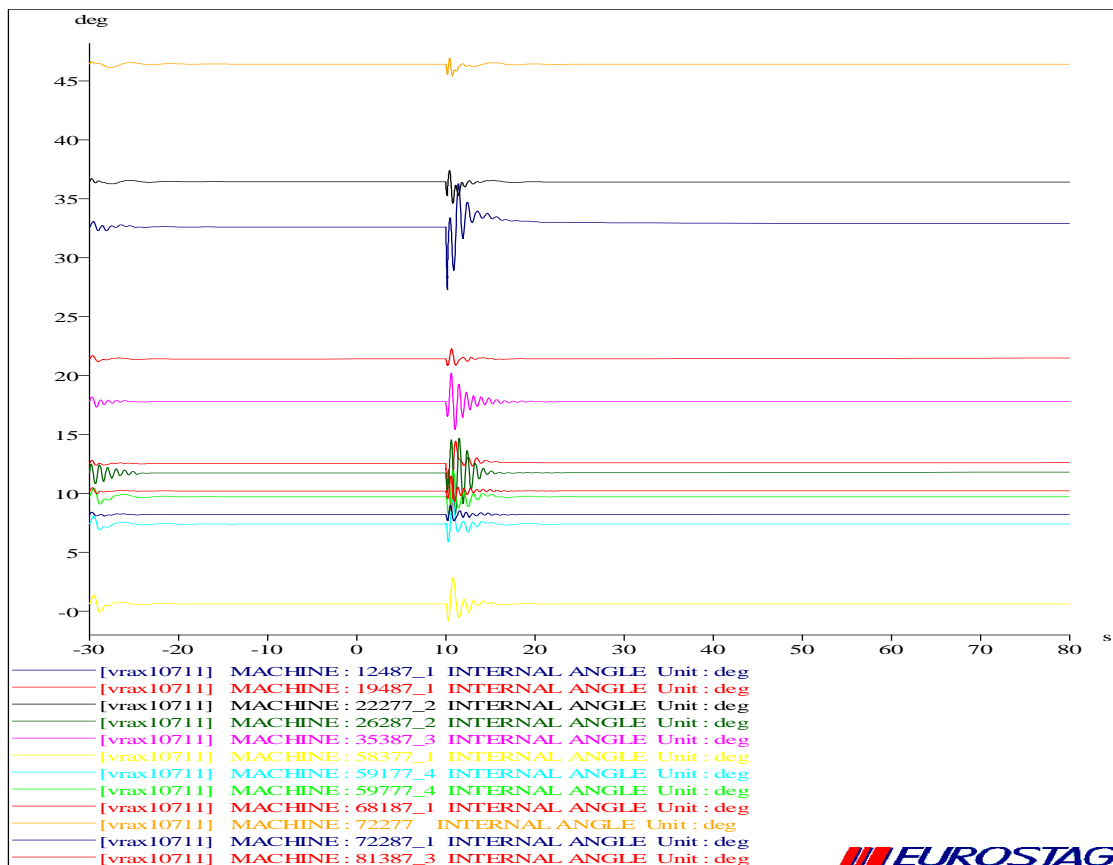
Διάγραμμα 6.4.1.14 Ενεργός ισχύς διαφόρων συμβατικών γεννητριών

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 4 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40231)*Διάγραμμα 6.4.1.15 Τάση στο ζυγό 40231*

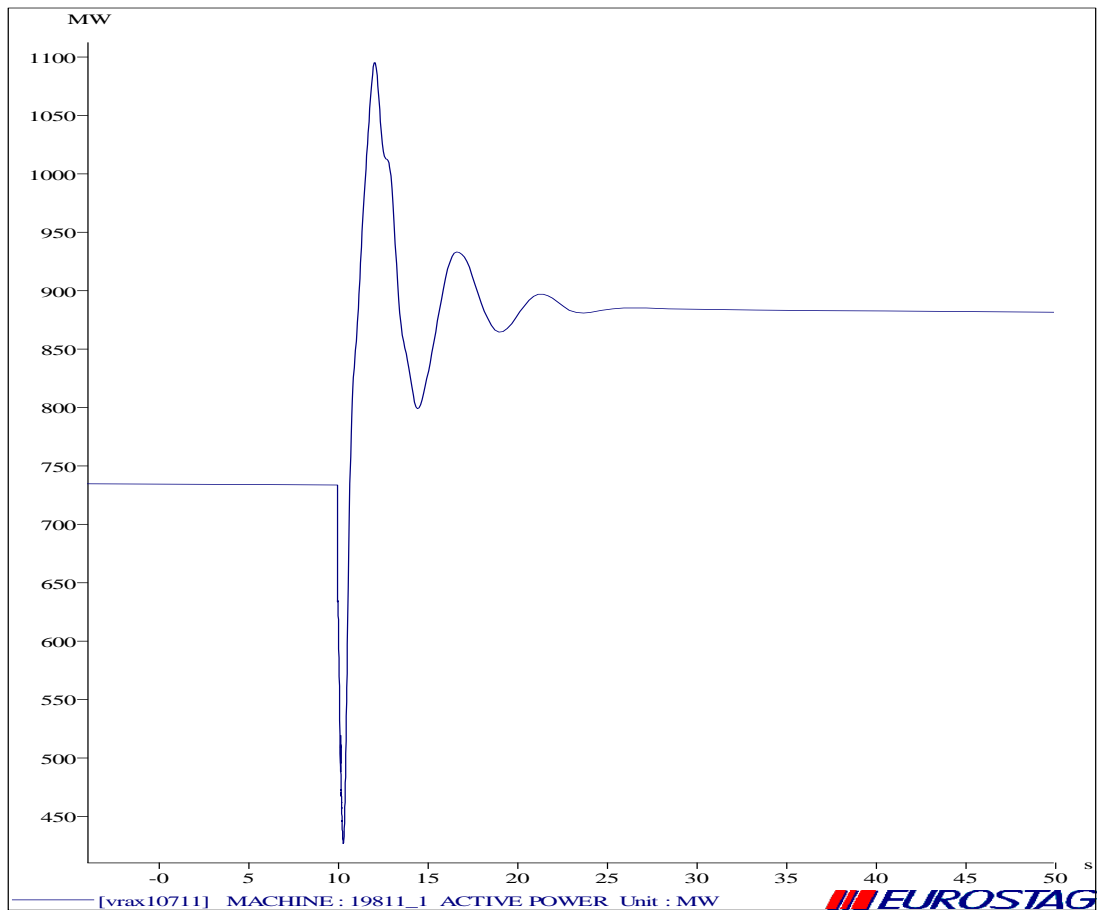
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 5 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 10711)



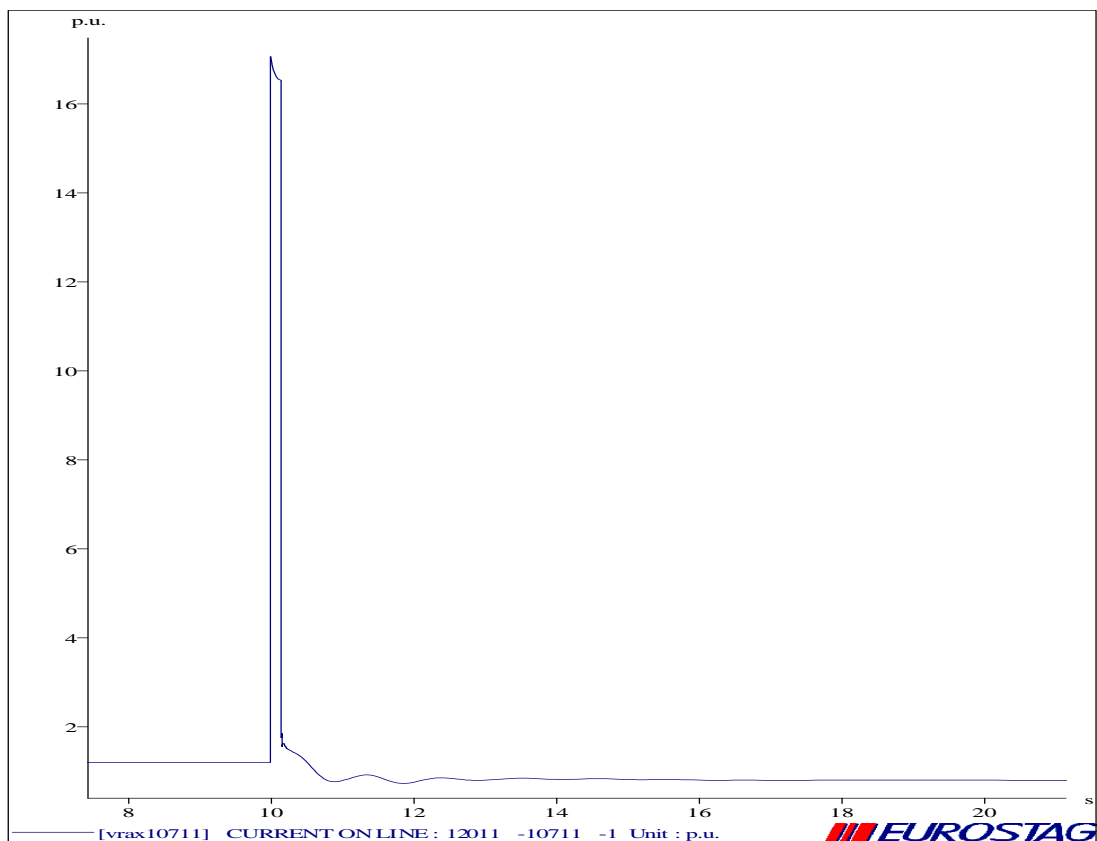
Διάγραμμα 6.4.1.16 Τάση στο ζυγό 10711



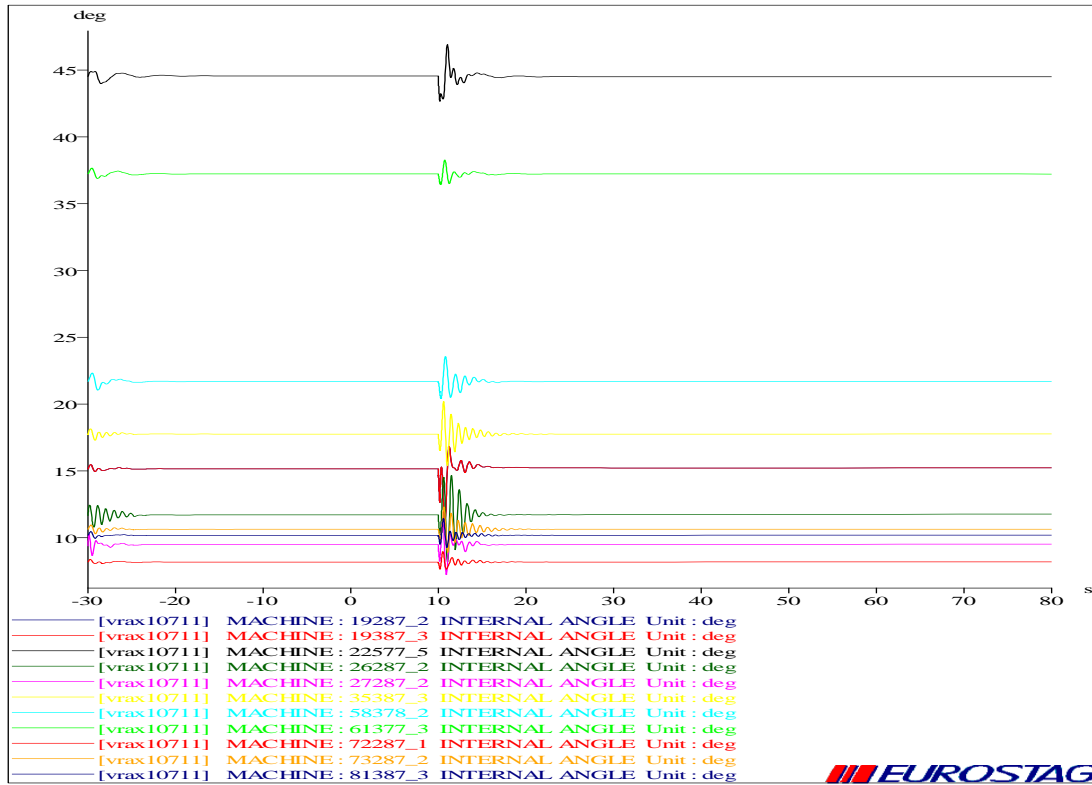
Διάγραμμα 6.4.1.17 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



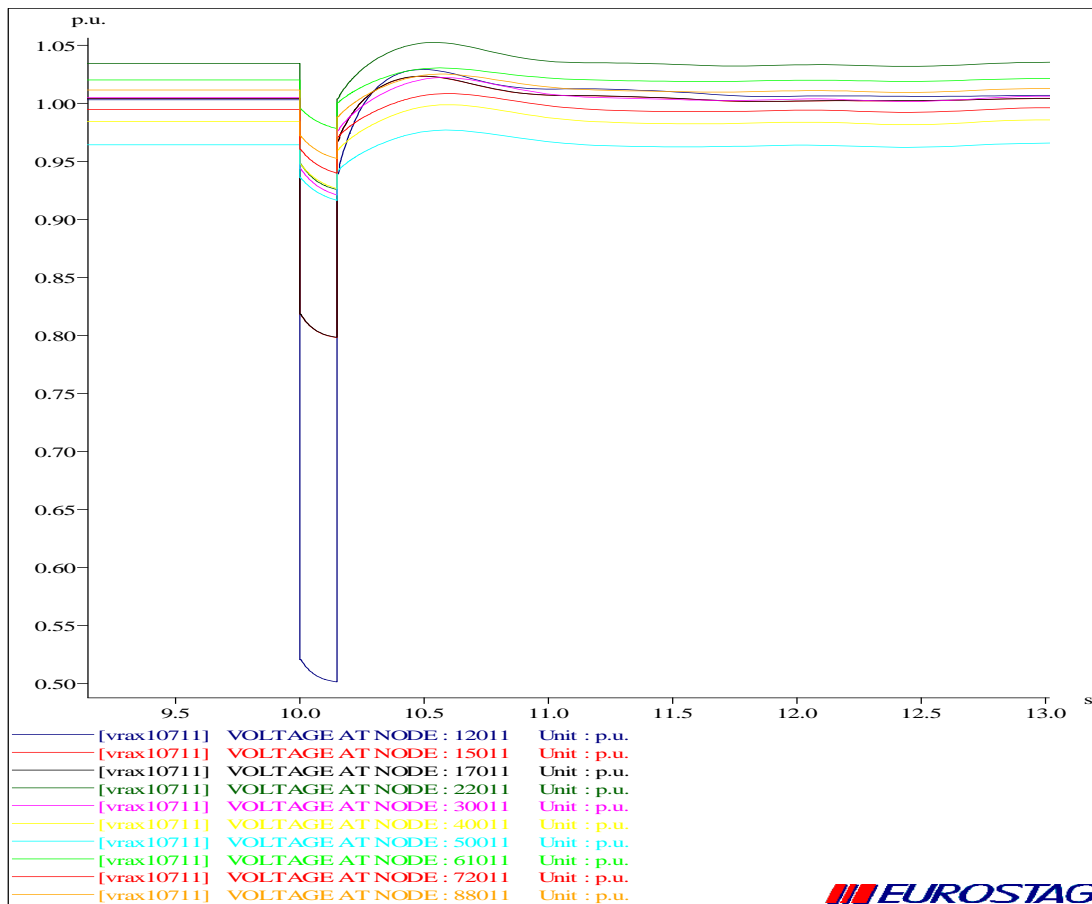
Διάγραμμα 6.4.1.18 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



Διάγραμμα 6.4.1.19 Ρεύμα στη γραμμή 12011-10711

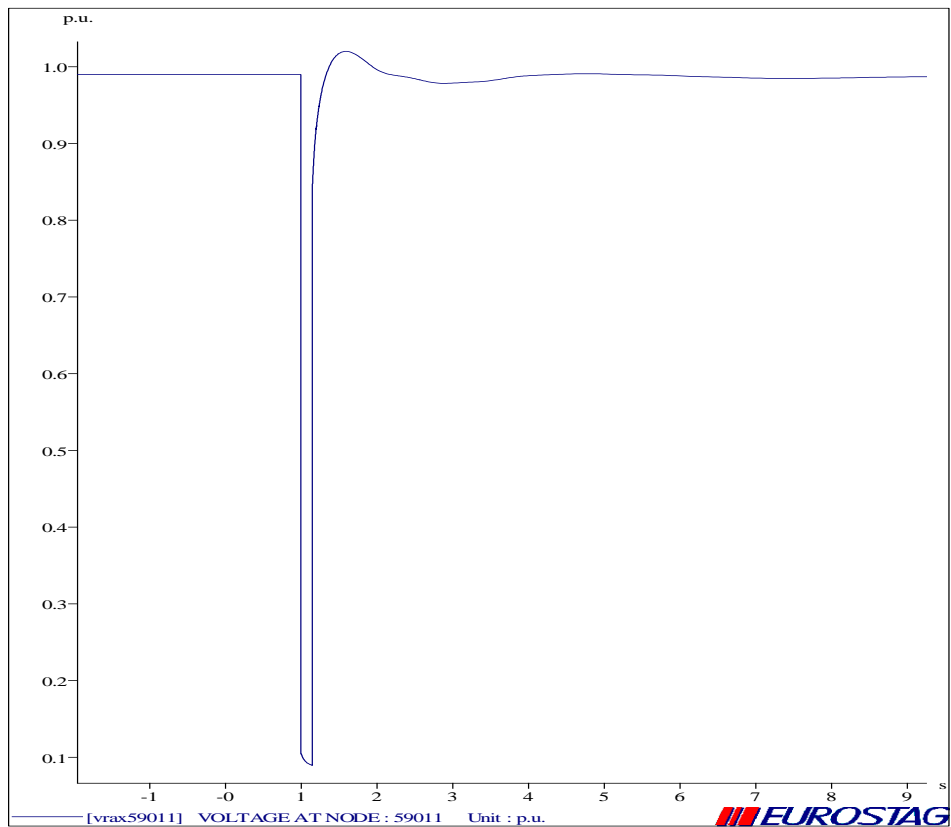


Διάγραμμα 6.4.1.20 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών

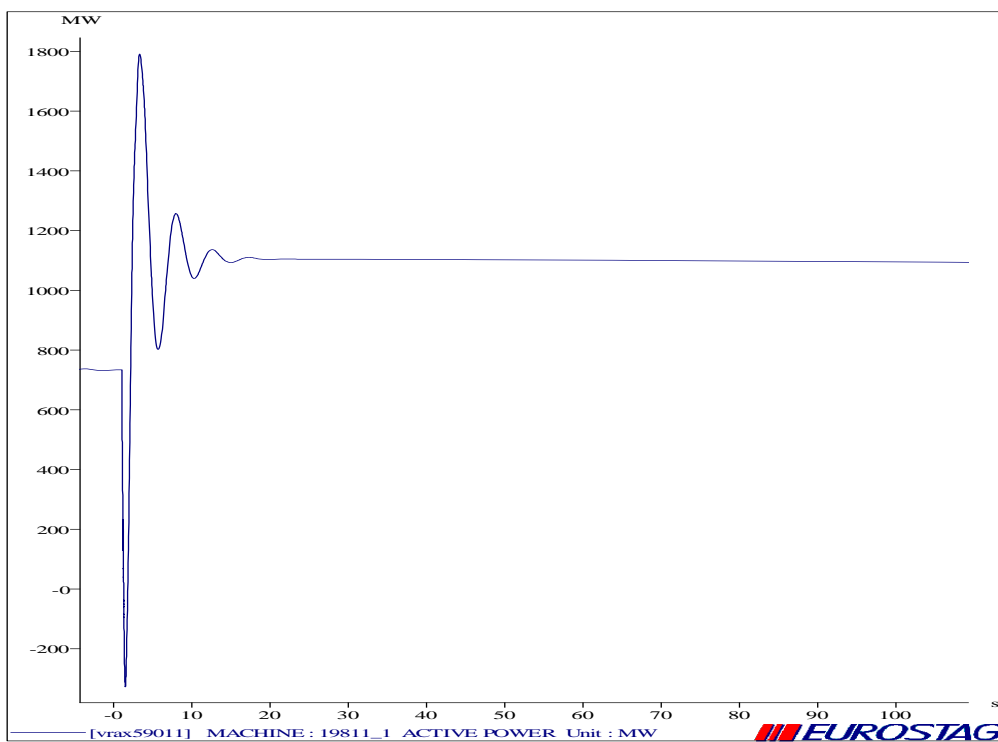


Διάγραμμα 6.4.1.21 Τάση σε μερικούς ζυγούς στο σύστημα μεταφοράς των 400kV

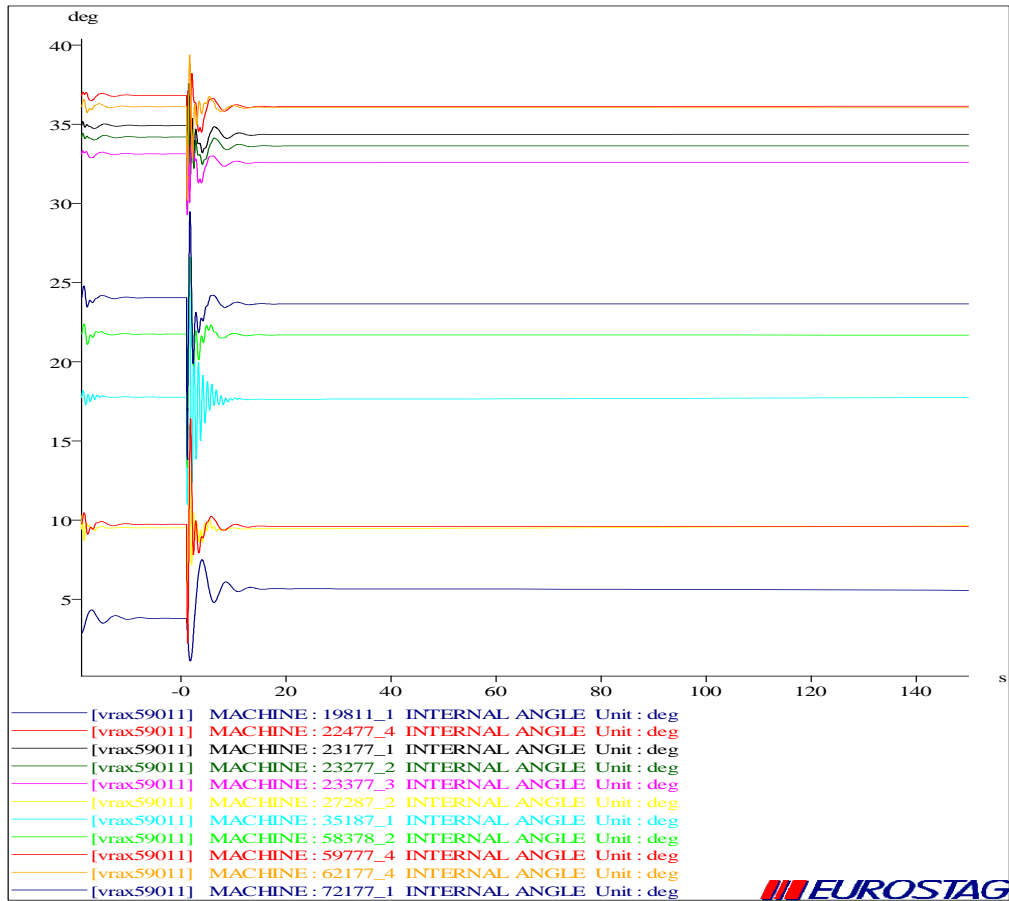
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 6 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 59011)



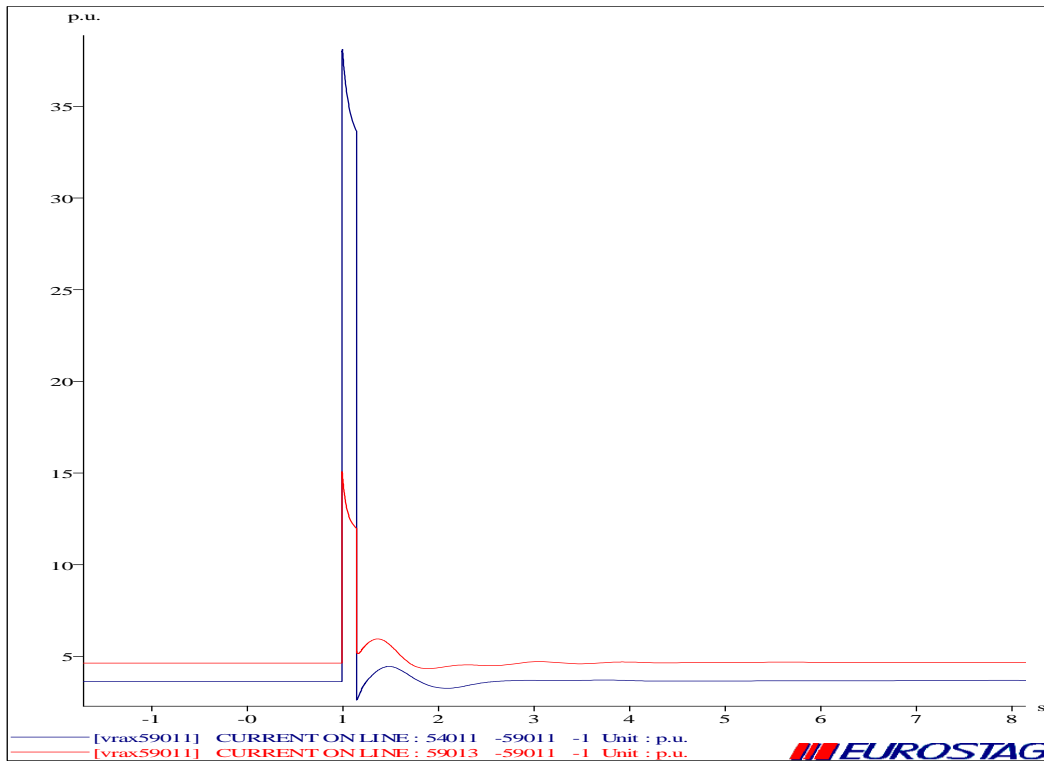
Διάγραμμα 6.4.1.22 Τάση στο ζυγό 59011



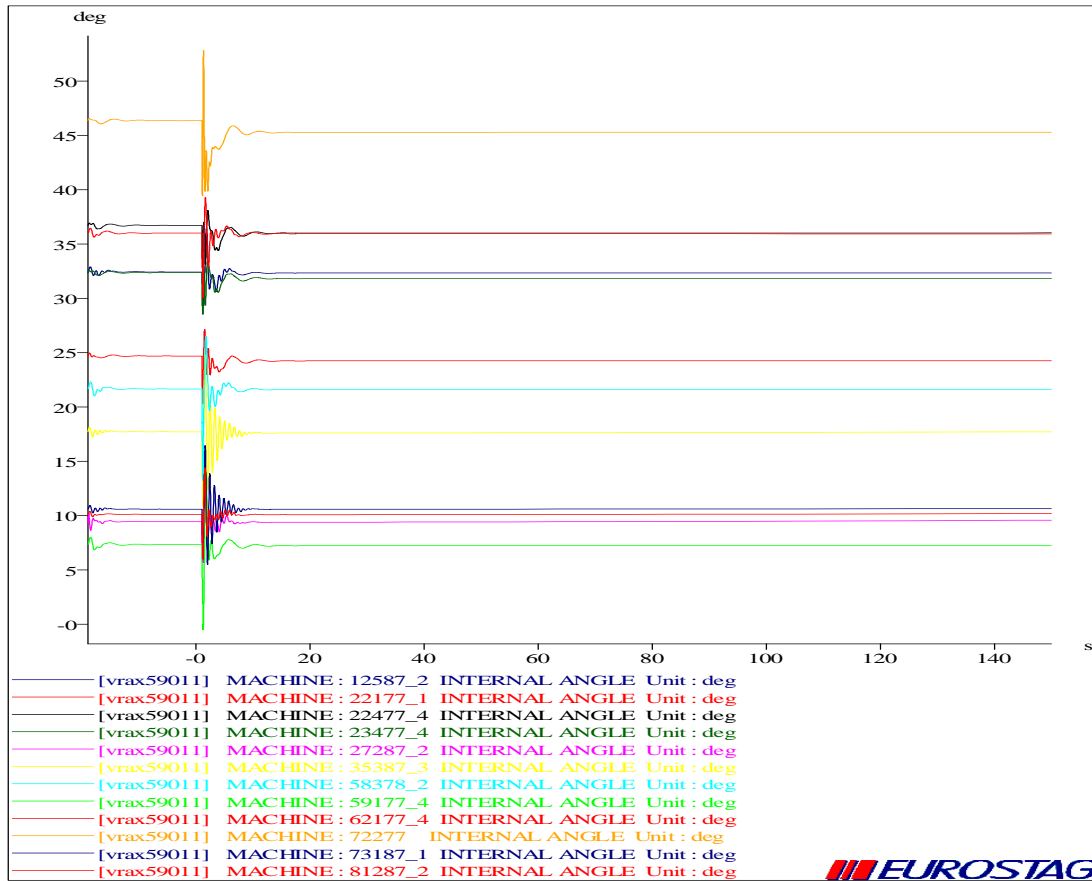
Διάγραμμα 6.4.1.23 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrono



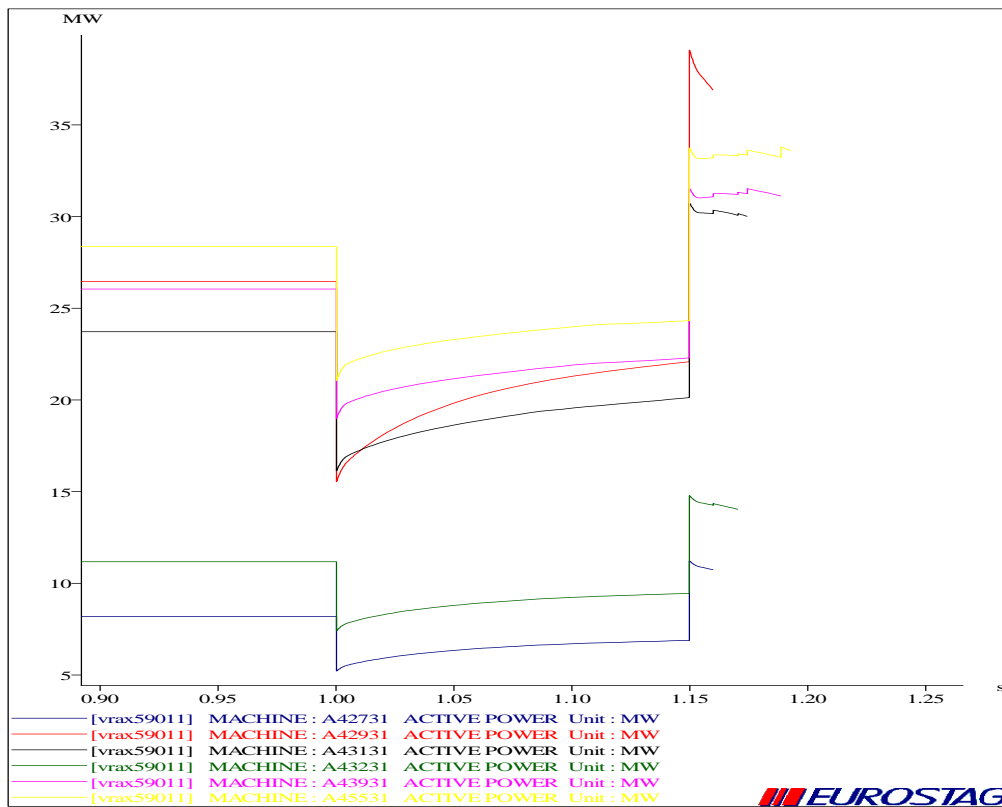
Διάγραμμα 6.4.1.24 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



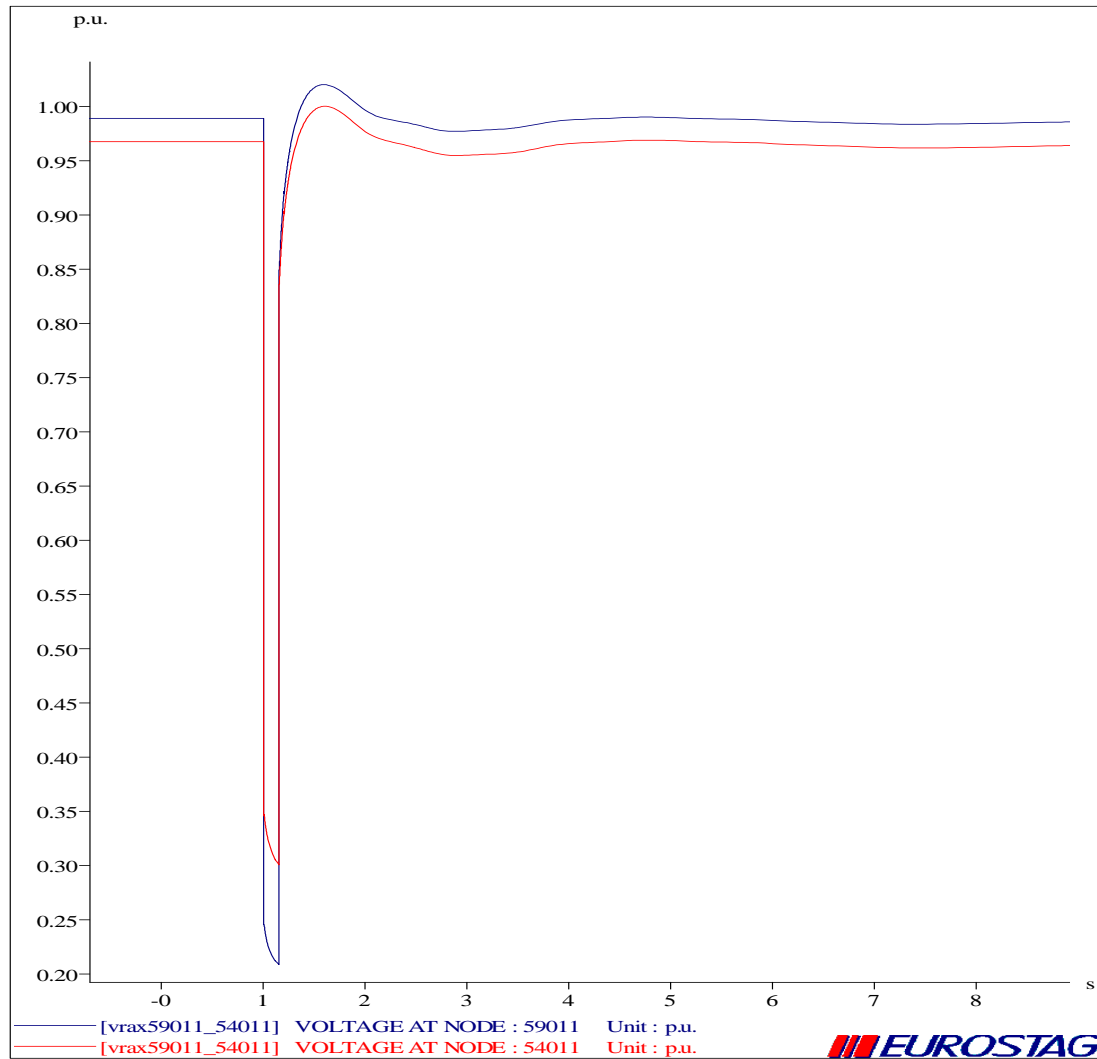
Διάγραμμα 6.4.1.25 Ρεύμα στη γραμμή 54011-59011 και 59013-59011



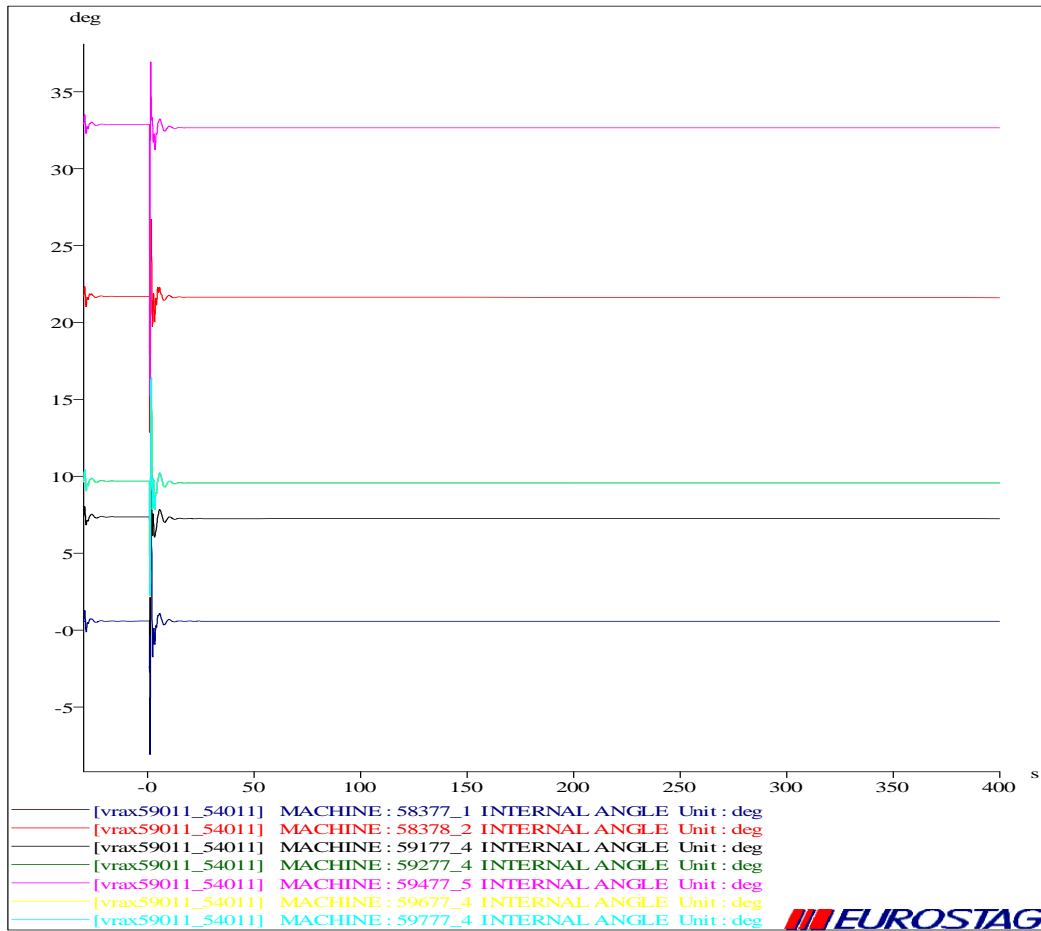
Διάγραμμα 6.4.1.26 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



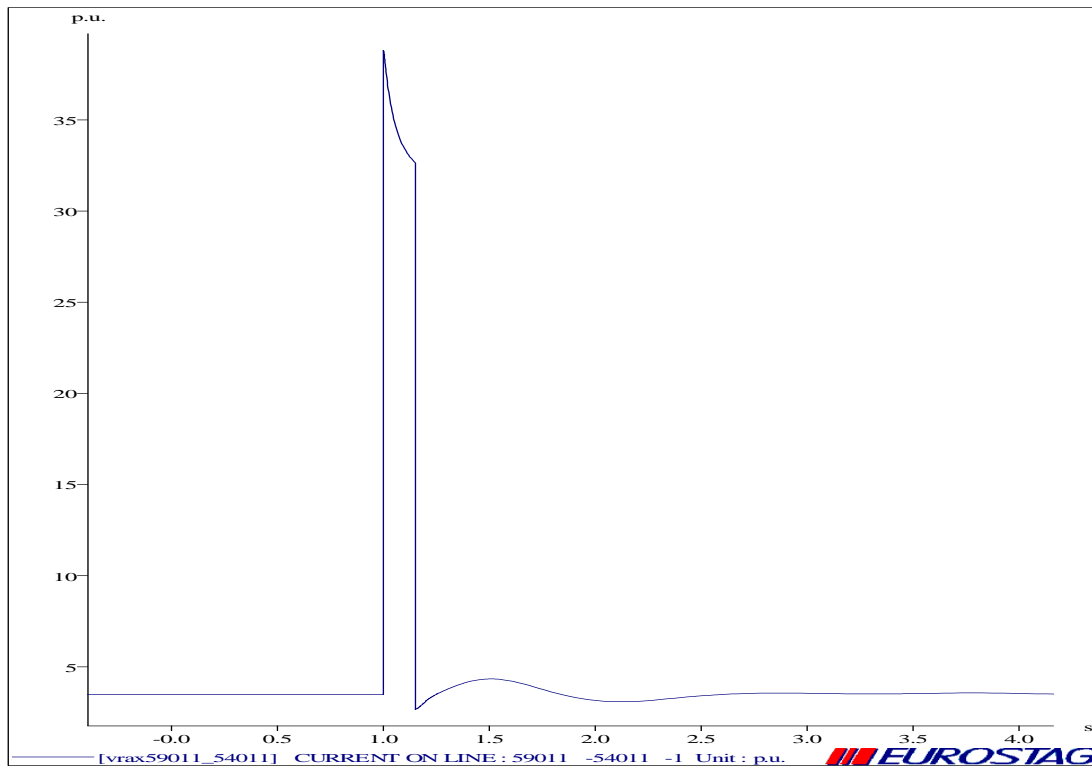
Διάγραμμα 6.4.1.27 Ενεργός ισχύς Α/Γ τεχνολογίας Α

**ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 7 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ
59011-54011)**

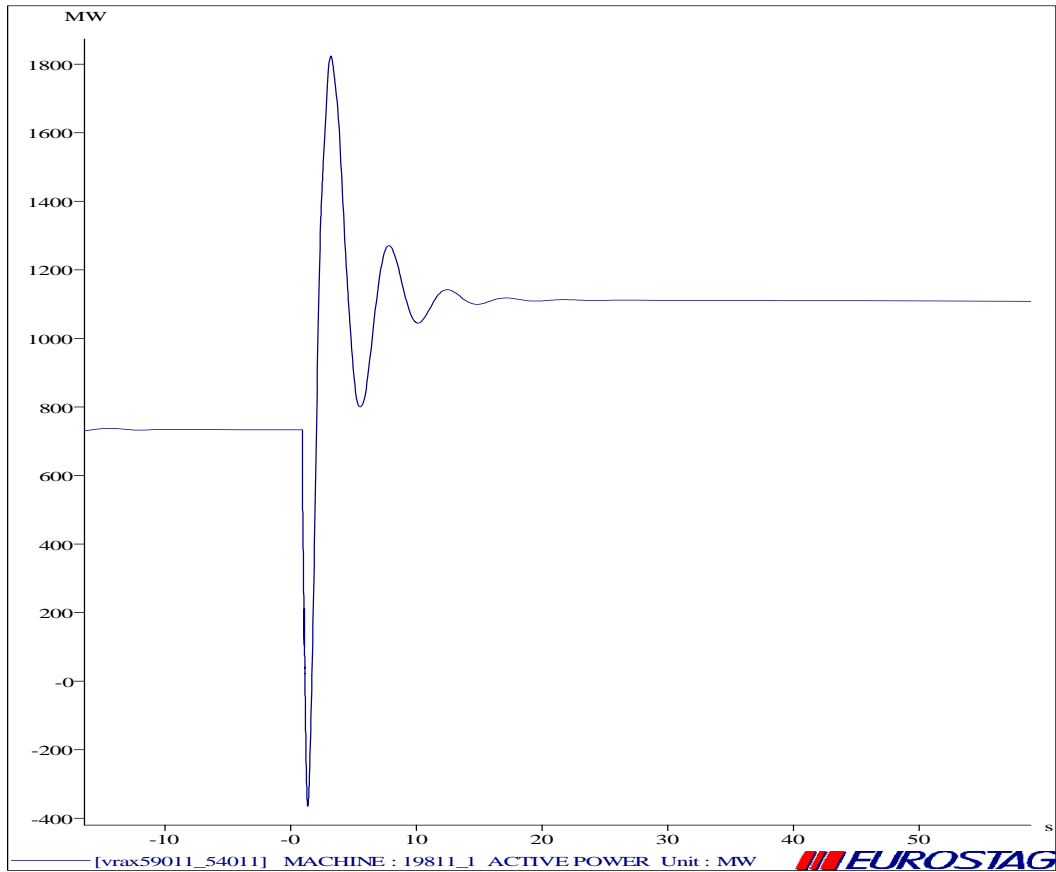
Διάγραμμα 6.4.1.29 Τάση στους ζυγούς 59011 και 54011



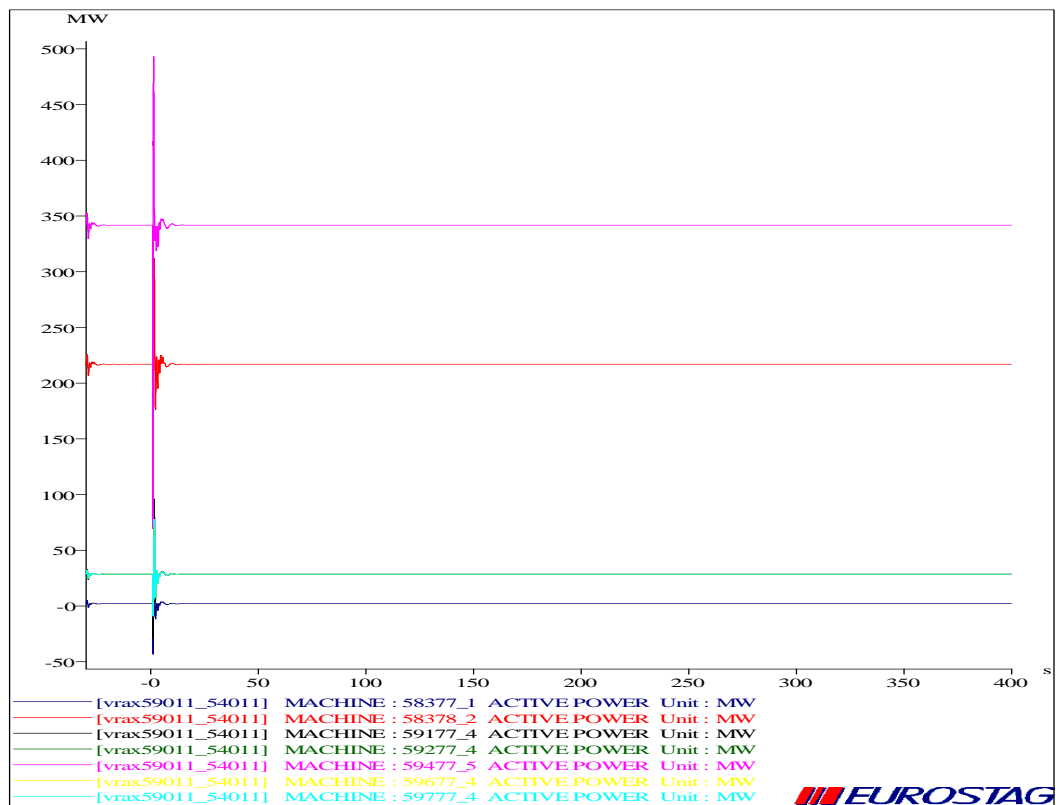
Διάγραμμα 6.4.1.30 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.4.1.31 Ρεύμα στη γραμμή 59011-54011

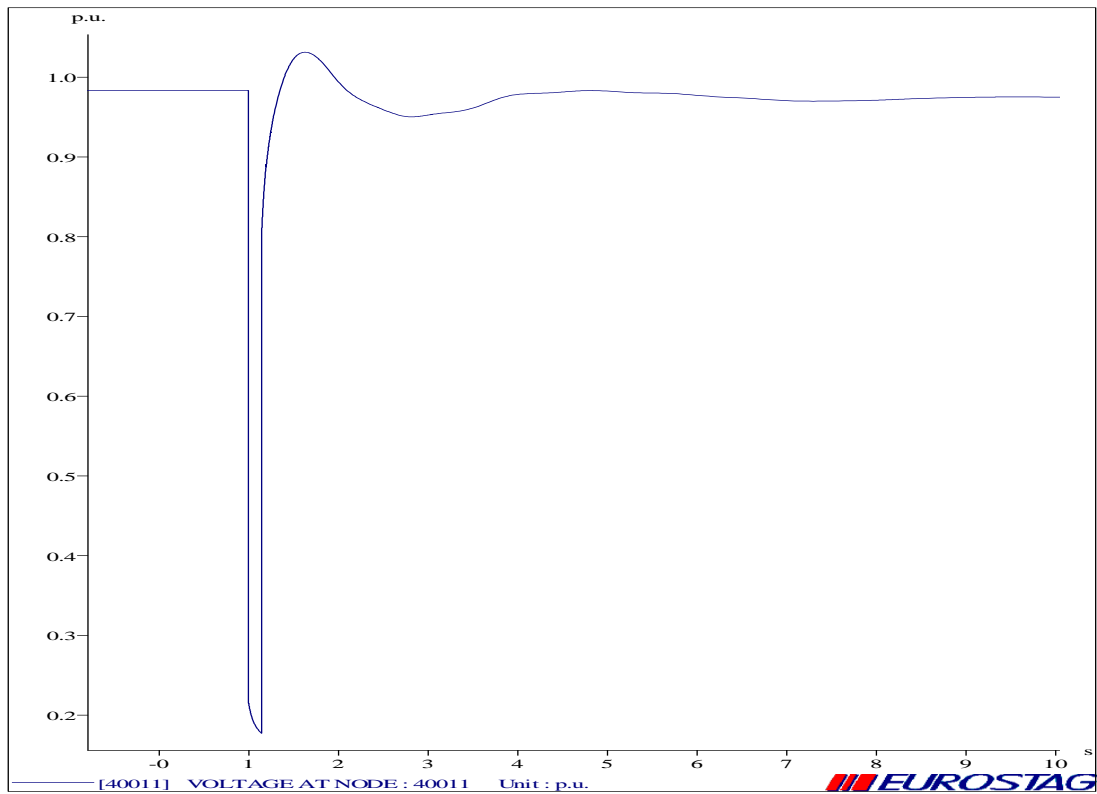


Διάγραμμα 6.4.1.32 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno

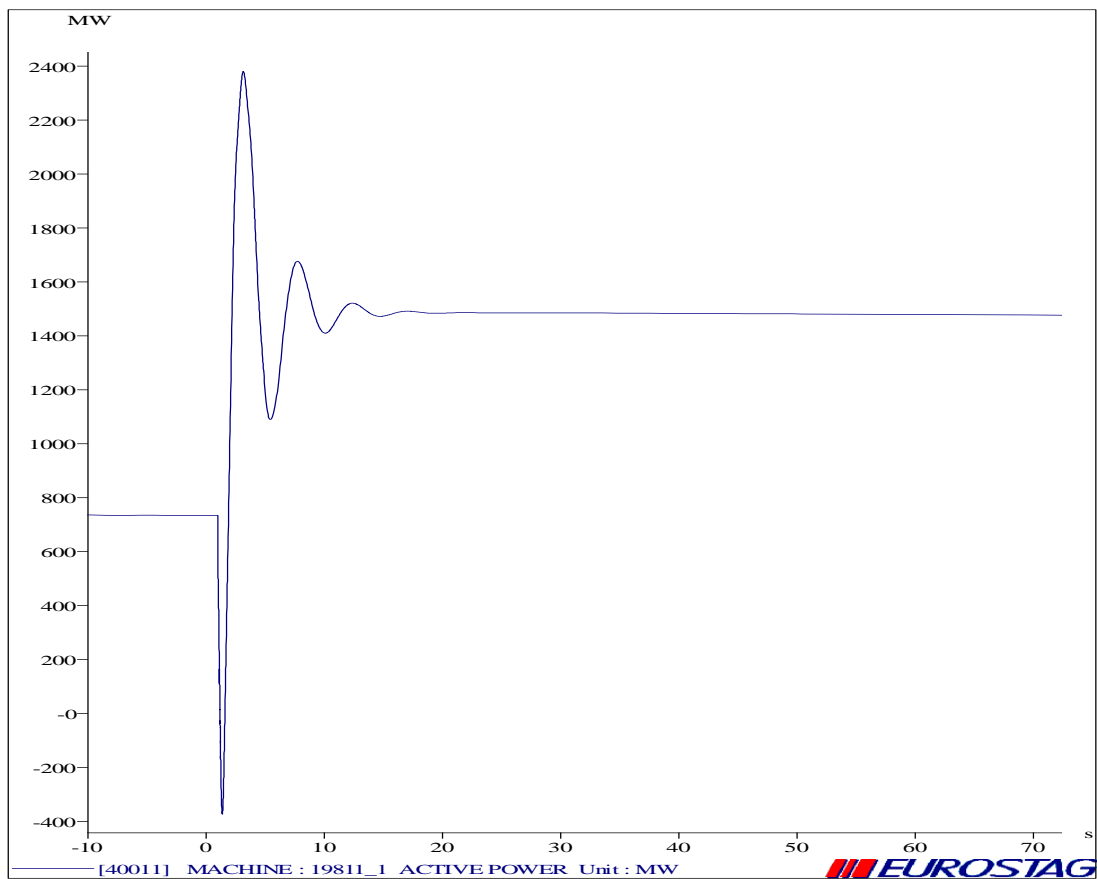


Διάγραμμα 6.4.1.33 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

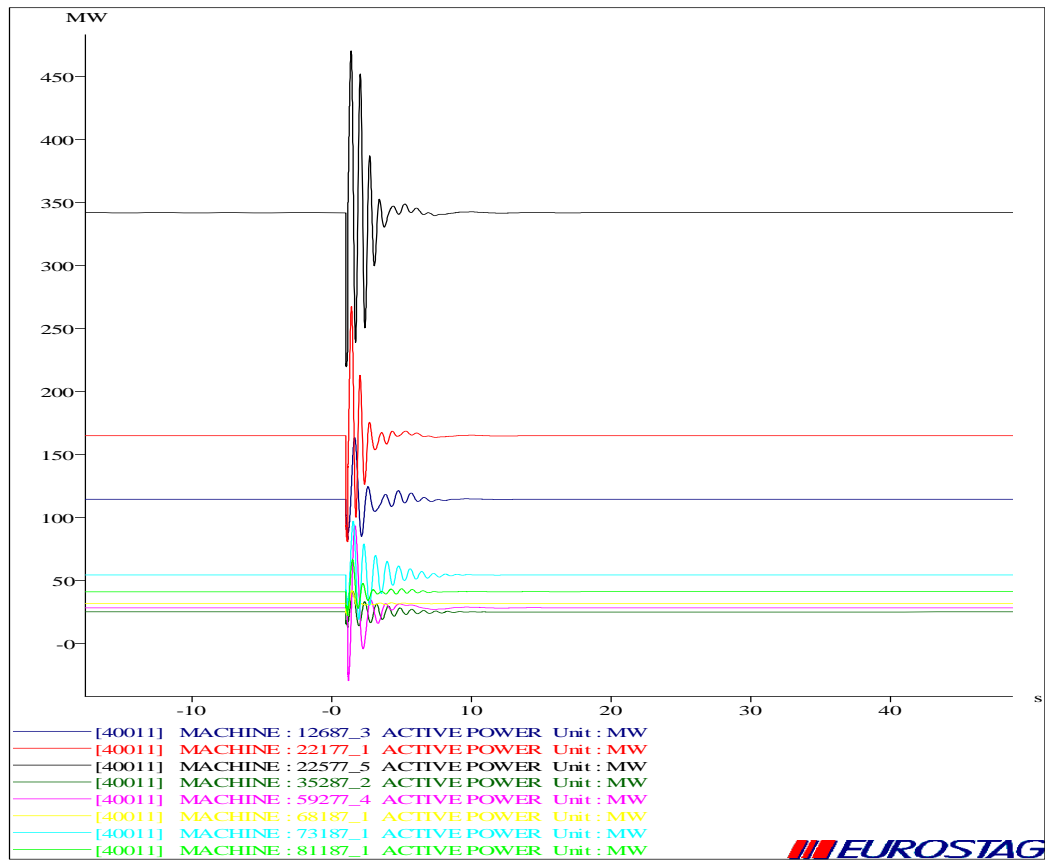
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 8 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40011)



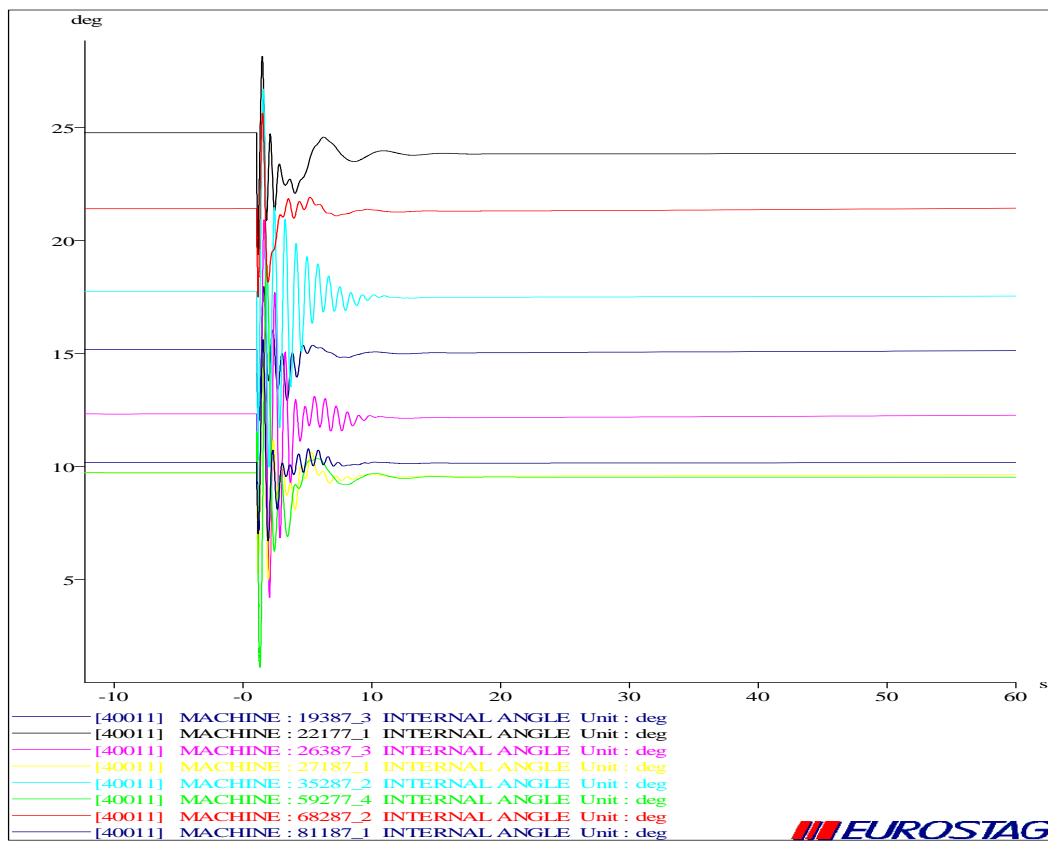
Διάγραμμα 6.4.1.34 Τάση στο ζυγό 40011



Διάγραμμα 6.4.1.35 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrono

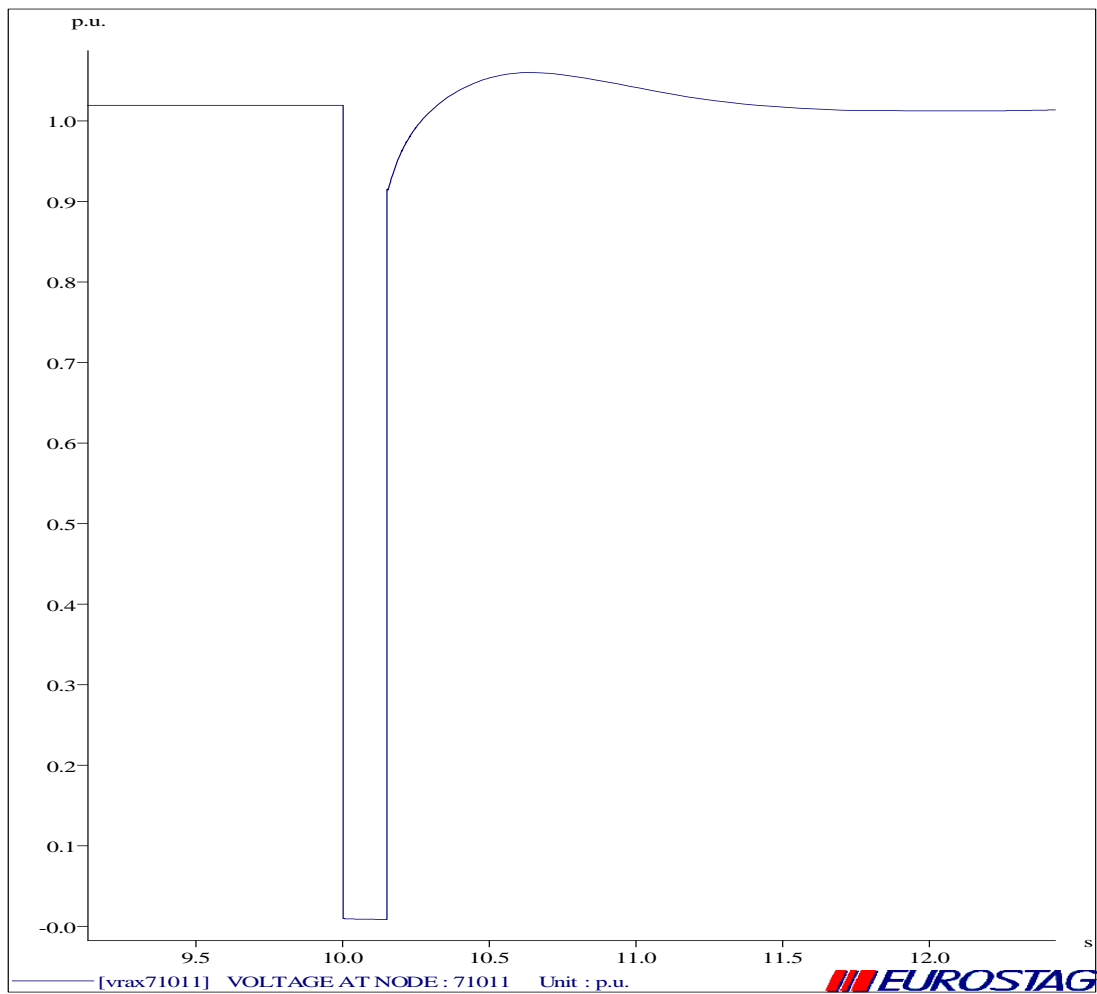


Διάγραμμα 6.4.1.36 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.4.1.37 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 9 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 71011)



Διάγραμμα 6.4.1.38 Τάση στο ζυγό 71011

LEUKADA1	827316PW	43,29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANTIRRIO	833316PW	27,9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_4	829316PW	42,07	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ALEXANDR	106316PV	0,49	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KECHROS	107316PV	10,19	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
N, SANTA	107356PV	34,65	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KERVEROS	112316PV	5,09	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
	112326PV	9,82	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
PATRIAR	113316PV	6,57	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
SIDHR/RO	129316PV	3,1	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
DRA_1	132316PV	3,23	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS	142316PV	1,63	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
AXIOUPOL	143316PV	1,68	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
MAGIKO	157316PV	1,55	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
NEVROKOP	192316PV	1,96	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS_2	142416PV	6,52	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
XAN8H_1	113366PV	4,89	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANEMOS	217316PV	98,27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
KOZANH_2	270416PV	129,21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STULIDA	328316PV	69,9	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
MAG2	329316PV	135,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
KALAMPAK	353316PV	16,04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
POLYPOTA	427316PV	1,54	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
HLIOLOUS	432316PV	2,11	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
LEIBADI	455316PV	5,35	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
ARGUROS	429316PV	4,99	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
POLYPOTA	427306PV	3,65	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
KARUSTOS	439316PV	6,37	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
MURTIA_R	431316PV	7,56	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓
BOIWZIA1	401316PV	3,28	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
LARUMNA	402316PV	5,73	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
PTWON_WF	404316PV	5,4	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
KORWNEIA	405316PV	6,17	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWZIA2	410316PV	4,63	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
GATZA_WF	412316PV	5,62	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWZIA3	418316PV	3,82	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWZIA4	420316PV	3,59	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
YACNA	422316PV	1,97	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA1	433316PV	5,66	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA2	434316PV	6,85	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA3	436316PV	16,32	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA4	437316PV	1,72	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA5	438316PV	7,04	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA6	441316PV	2,34	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA7	447316PV	9,99	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA09	451316PV	5,2	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
AMARYNT	452316PV	2,78	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOI_F8WIT	479366PV	3,86	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
XLWMO_2	488316PV	5,68	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
XLWMO_1	489316PV	5,68	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓

	502316PV	7,5	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x
ΑΤΤΙΚΑ1	546316PV	13,9	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
ΜΑΡΚΟΠΟΥ	547316PV	5,68	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
ΜΕΓΑΡΑ	573316PV	9,37	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
WF_AG,GE	596316PV	27,2	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
KORIN_1	606326PV	11,12	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
ARGOL_4	603316PV	6,89	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	✓
ΜΑQΑΝΑ	605316PV	11,79	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
TROIZHNA	606416PV	14,97	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
DORIZA_2	611326PV	15,72	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
DORIZA_1	611316PV	21,82	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AXLADC_2	613316PV	4,34	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
ΜΟΛΑΟΙ	616316PV	22,53	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AXLADOC_1	630316PV	11,23	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
DIDYMA	631316PV	13,47	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
ARGOL_3	632316PV	18,71	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PANAXAIK	633316PV	18,15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
AHAIA_2	634316PV	8,27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
LAKWNIA2	635316PV	7,41	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LAKWNIA1	636316PV	13,1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ARKADIA1	637316PV	10,67	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AHAIA_3	638316PV	14,82	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
PULOS	655316PV	22,76	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MESSIN_1	659316PV	8,42	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
BOIWΤIA6	750216PV	21,02	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
DISTOMO	750316PV	14,17	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
AIT_1	712316PV	9,6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
AIT_2	713316PV	12,19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
FOKIDA_1	715316PV	12,8	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
AIT_3	716316PV	8,23	✓	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x
FOKIDA_2	717316PV	9,14	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
FOKIDA_3	718316PV	10,16	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
EURYTAN1	726316PV	55,76	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
HY_KARP	734316PV	10,21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
DAFNOZ_WF	820416PV	3,94	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
ARGOSTOL	821316PV	2,7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
KEF_2	824316PV	9,88	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
KEF_1	825316PV	7,93	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
LEUKADA1	827316PV	10,33	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x
ANTIRRIO	833316PV	6,66	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
AIT_4	829316PV	10,04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
	ΑΠΩΛΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ (MW)		120,9	445,2	578,8	432,4	146,6	394,2	393,6	797,4	229,5

Πίνακας 6.4.1.1 - Μονάδες ΑΠΕ που παραμένουν ή βγαίνουν εκτός στο σενάριο 3

6.4.2 Συμπεράσματα : Υψηλό φορτίο – Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ

Σ' αυτό το σενάριο όπως παρατηρούμε από τον πιο πάνω πίνακα δεν έχουμε τόσο μεγάλη απώλεια ισχύος λόγω του ότι το φορτίο του Συστήματος μας είναι πολύ μεγάλο έτσι έχουμε περισσότερες ενταγμένες συμβατικές μονάδες για την κάλυψη αυτού του φορτίου οι οποίες στηρίζουν την τάση του συστήματος μας. Αυτό γίνεται κυρίως με ρύθμιση της αέργου ισχύος των γεννητριών αυτών.

Στο υψηλό φορτίο λόγω των συμβατικών γεννητριών το σύστημα μας δεν είναι τόσο ευαίσθητο σε διαταραχές.

Από τα αποτελέσματα βλέπουμε ότι οι Ανεμογεννήτριες τεχνολογίας Α (παλιές ανεμογεννήτριες) βγαίνουν εκτός σχεδόν σε κάθε διαταραχή μιας και δεν διαθέτουν LVRT. Βλέπουμε από τα αποτελέσματα επίσης τις ταχύτητες των Ανεμογεννητριών αυτών από την στιγμή που συμβαίνει η διαταραχή μέχρι και την στιγμή που βγαίνουν εκτός. Η ταχύτητα τους αυξάνεται κατά πολύ λόγω του ότι έχοντας μειωμένη τάση στην πλευρά του συστήματος, η ζητούμενη ισχύς από τις Ανεμογεννήτριες πέφτει απότομα, και λόγω του ότι έχουν πλεόνασμα μηχανικής ισχύος στον άξονα τους, άρα και ανισορροπία μηχανικής- ηλεκτρικής ισχύος αυτές επιταχύνονται μέχρι που βγαίνουν εκτός λόγω προστασιών υπο-συχνότητας και υπερ-συχνότητας στα 47,5 Hz και 52,5 Hz αντίστοιχα. Επίσης οι Α/Γ έχουν προστασίες για υποτασης (0,8 αμ) – υπέρτασης (1,2 αμ) στο σύστημα μας.

Οι υπόλοιπες ανεμογεννήτριες οι οποίες έχουν προσομοιωθεί σαν Double Fed Induction Generator εμφανίζουν μια μείωση της ισχύος τους κατά το βραχυκύκλωμα. Αυτό κυρίως οφείλεται στο ότι η τάση στην πλευρά του δικτύου πέφτει και έτσι θα πρέπει η Α/Γ να δώσει ένα μεγάλο ρεύμα προς το δίκτυο. Κάτι τέτοιο δεν είναι εφικτό λόγω των προστασιών ρεύματος στα ηλεκτρονικά ισχύος της ανεμογεννήτριας (IGBT's) και έτσι η παρεχόμενη ισχύς προς το δίκτυο πέφτει απότομα ακολουθώντας τη μειωμένη ζήτηση. Στην πραγματικότητα έλεγχος ταχύτητας πρέπει επίσης να γίνει (pitch angle control) για να μειωθεί και η μηχανική ισχύς και να μετριαστεί λίγο η ανισορροπία μηχανικής- ηλεκτρικής ισχύος.

Η απώλεια ισχύος είναι αρκετά μικρή κάτι πολύ επιθυμητό εφόσον το φορτίο είναι το μέγιστο και έτσι το σενάριο αυτό κρίνεται αρκετά κρίσιμο.

Επίσης βλέπουμε ότι επειδή το σύστημα μας είναι πιο αναισθητο σε διαταραχές και έτσι οι τάσεις στο σύστημα μας διατηρούνται σε υψηλότερα επίπεδα από ότι στο μέσο φορτίο και στο χαμηλό και έτσι δεν βγαίνουν τόσα πολλά φωτοβολταϊκά εκτός παρά μόνο εκείνα στην περιοχή της διαταραχής.

Και πάλι οι περιοχές 4 και 5 κρίνονται οι κρισιμότερες εφόσον μας οδηγούν στις μεγαλύτερες απώλειες ισχύος.

6.5 Σενάριο 4 : ΜΕΣΟ ΦΟΡΤΙΟ (ώρα « 5313 »)

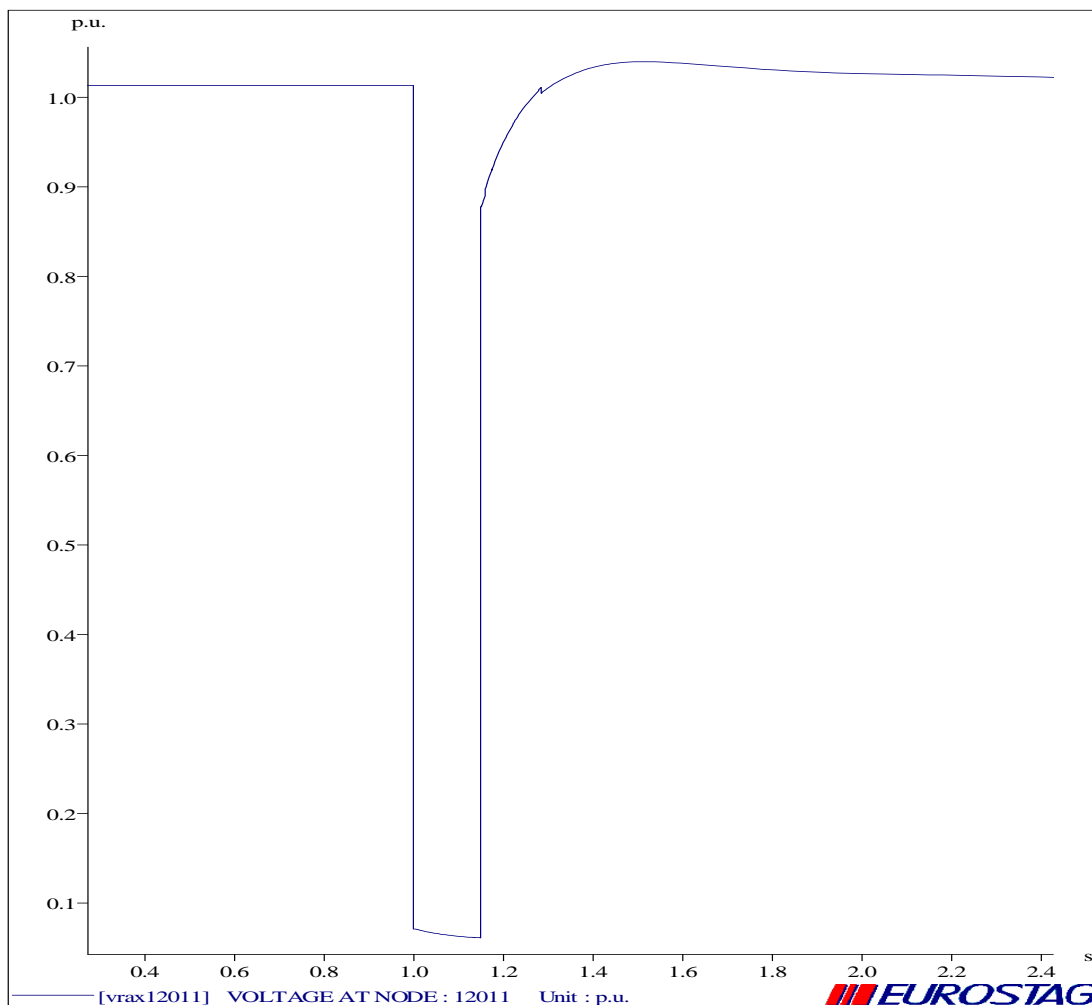
Σε αυτό το σενάριο έχουμε μέσο φορτίο στο σύστημα μας με υψηλή διείσδυση από ΑΠΕ. Συγκεκριμένα, στον πίνακα 6.5.1 έχουμε:

Παραγωγή από Αιολικά,	3920,67 MW
Παραγωγή από φωτοβολταϊκά,Βιομάζα,υδροηλεκτρικά	1192,94 MW
Συνολική παραγωγή ΑΠΕ	5113,61
Συνολικό φορτίο	7857,3
Διείσδυση ως ποσοστό % κάλυψης του φορτίου	65,08%

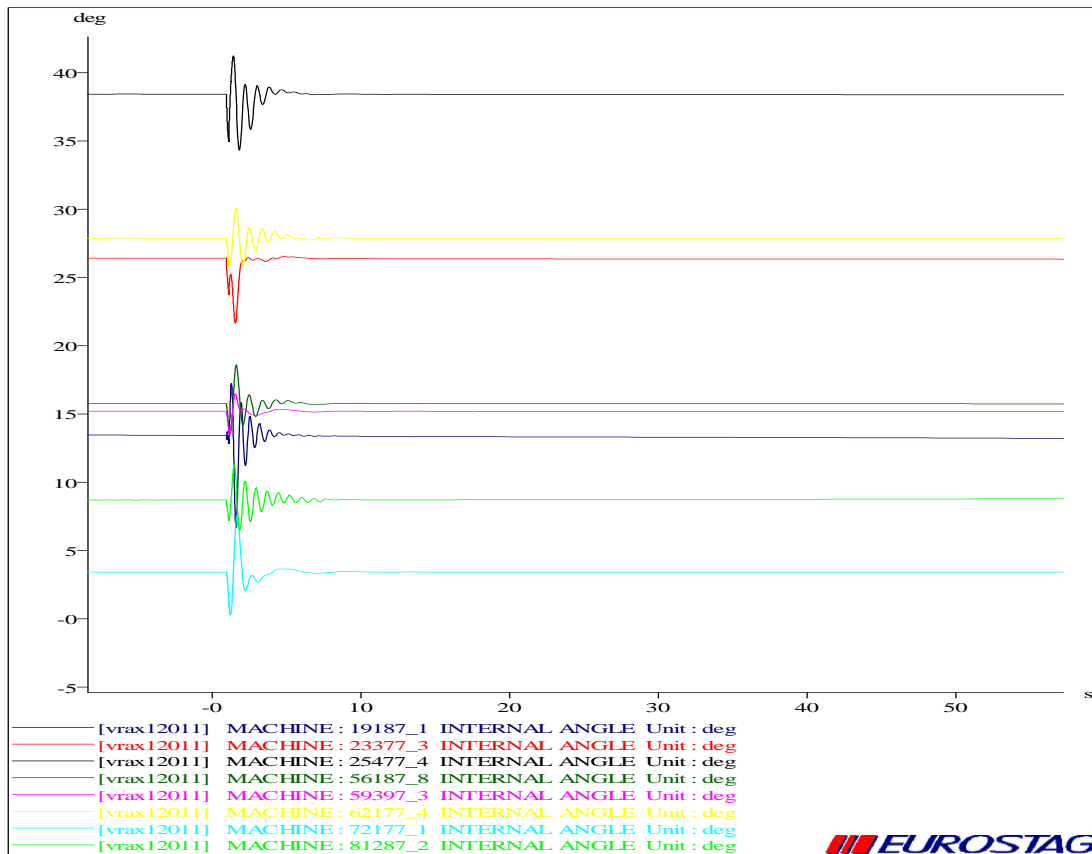
Πίνακας 6.5.1

6.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

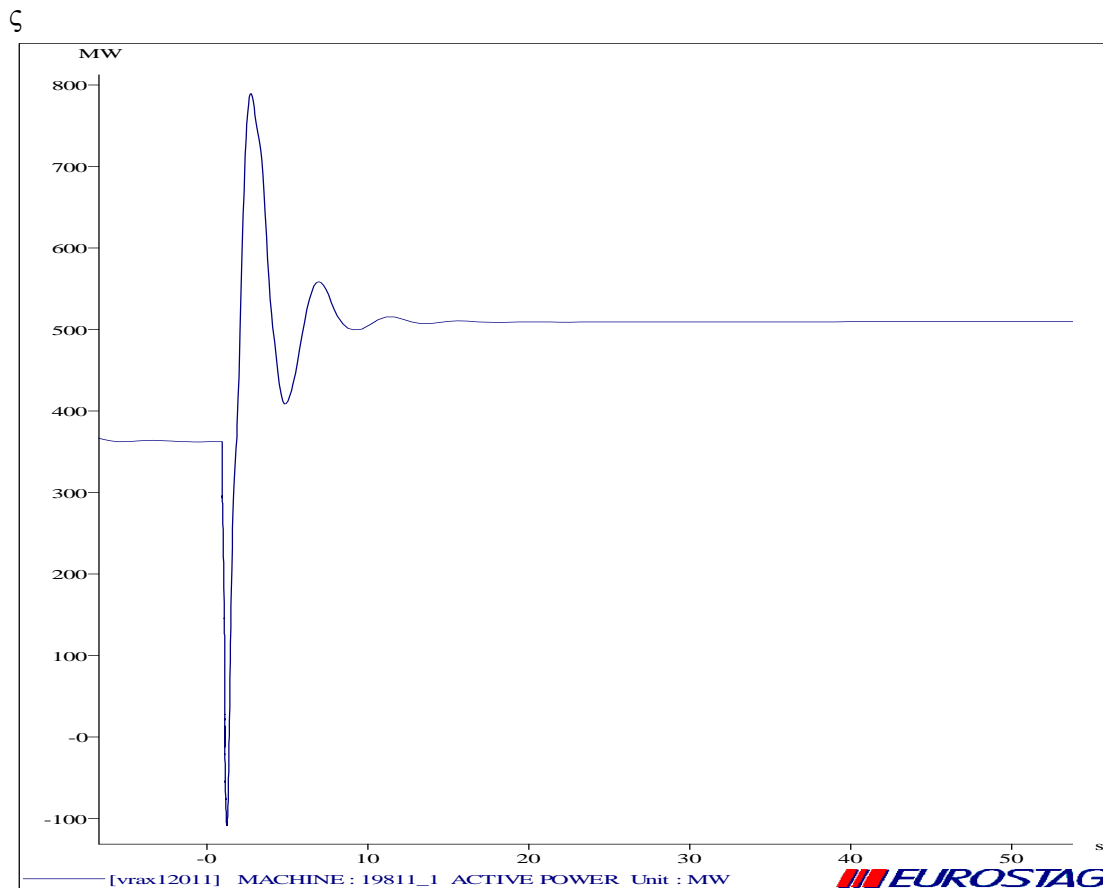
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 1 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 12011)



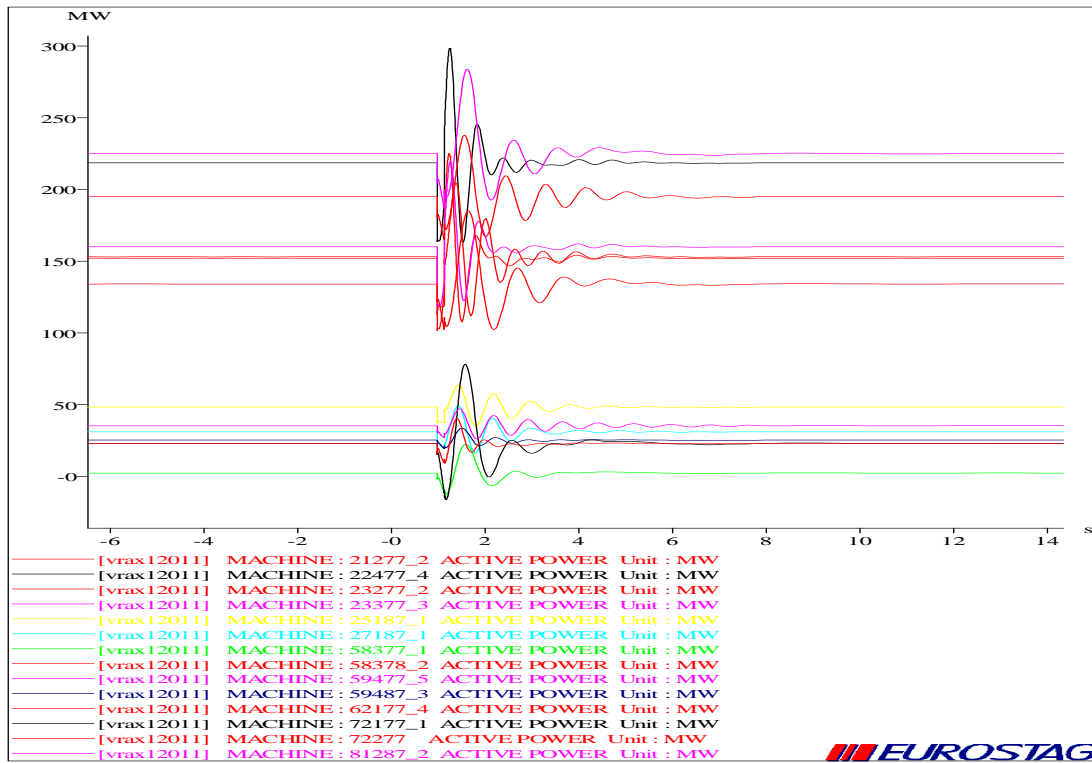
Διάγραμμα 6.5.1.1 Τάση στο ζυγό 12011



Διάγραμμα 6.5.1.2 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών

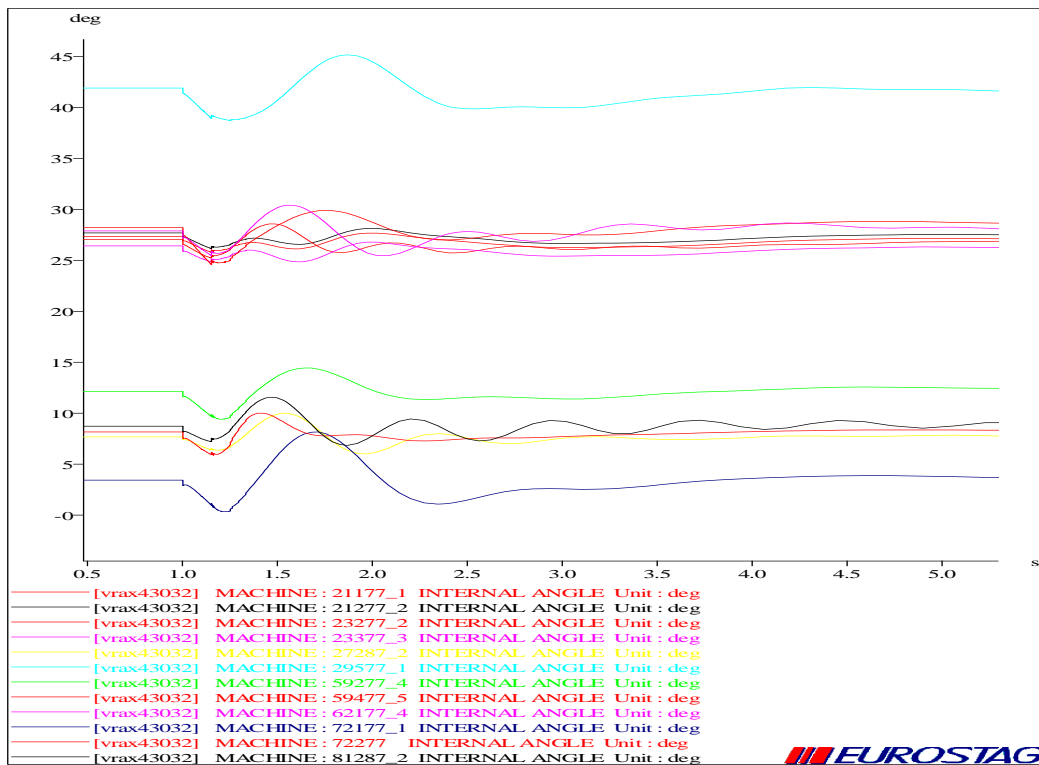


Διάγραμμα 6.5.1.3 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno

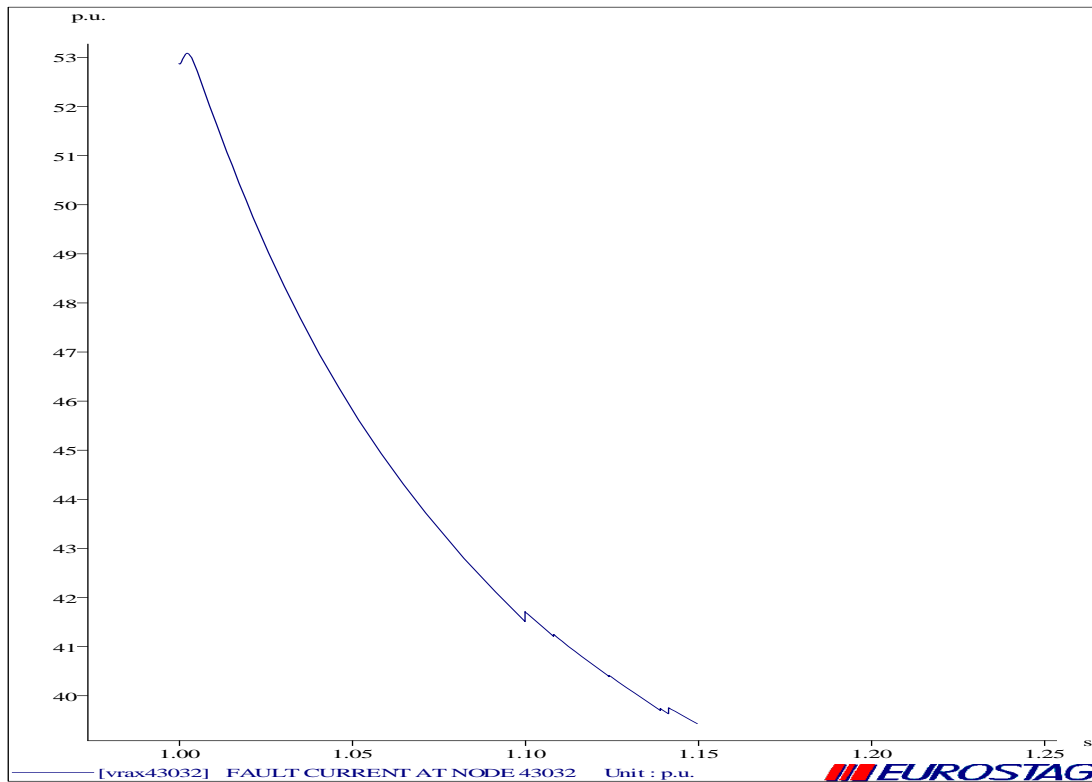


Διάγραμμα 6.5.1.4 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

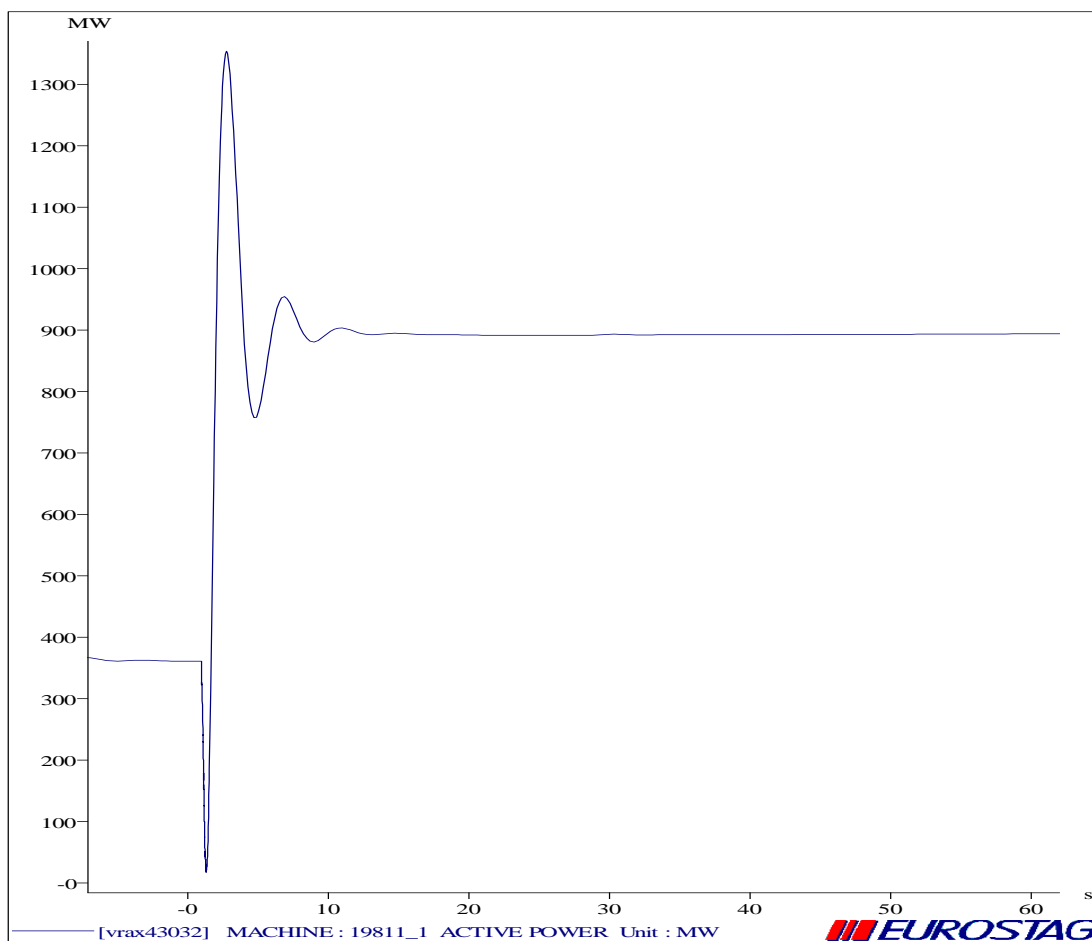
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 2 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 43032)



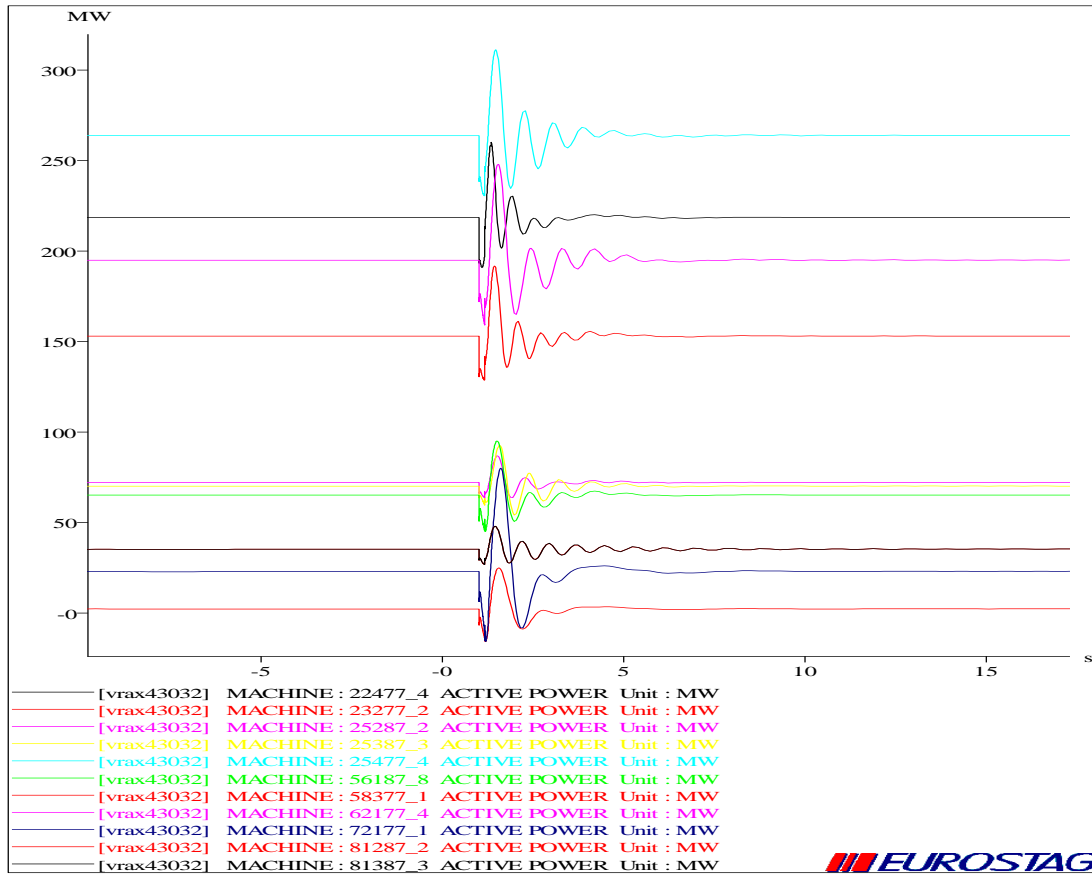
Διάγραμμα 6.5.1.5 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



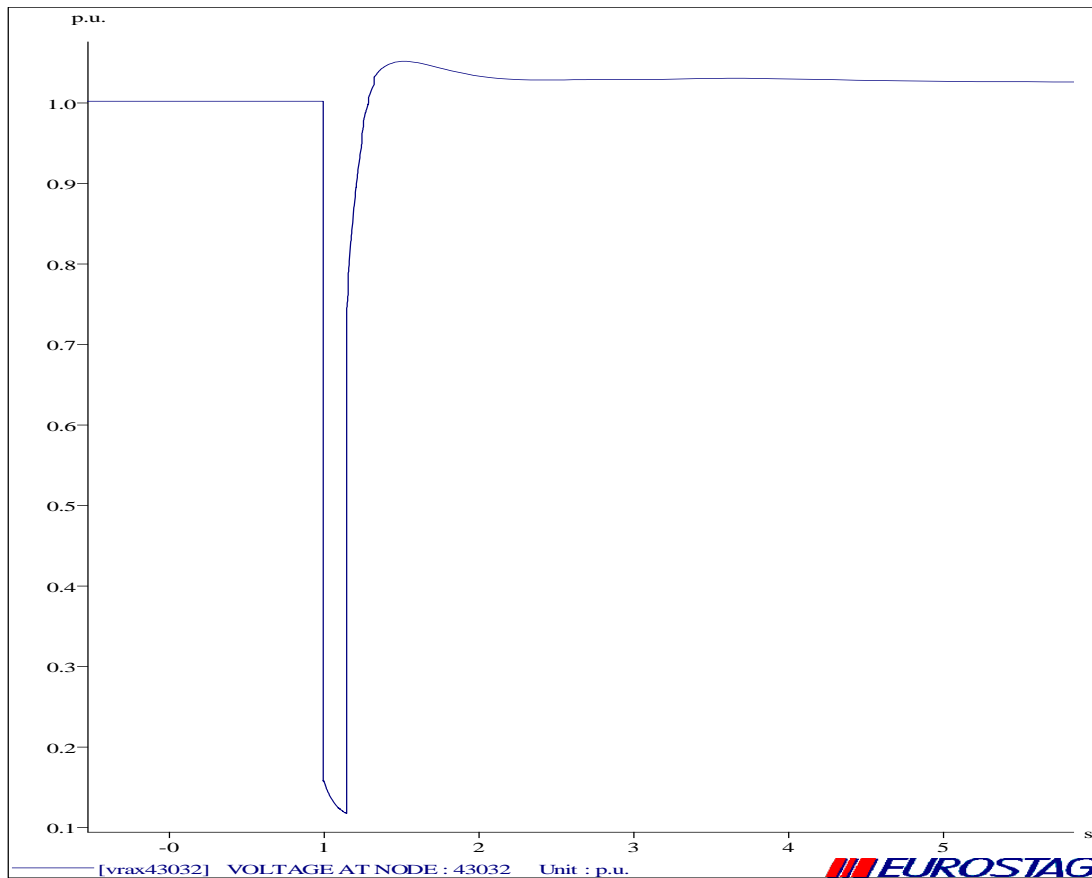
Διάγραμμα 6.5.1.6 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό 43032



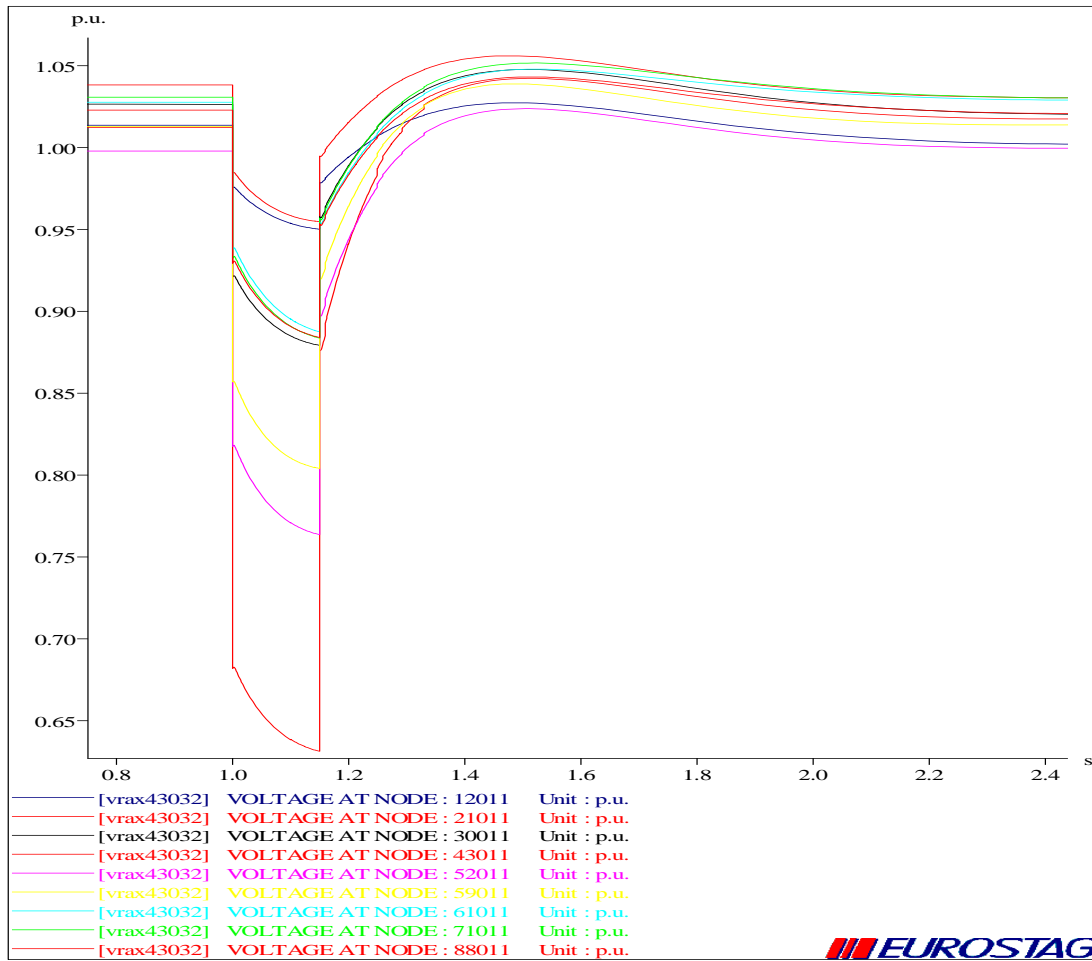
Διάγραμμα 6.5.1.7 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



Διάγραμμα 6.5.1.8 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών

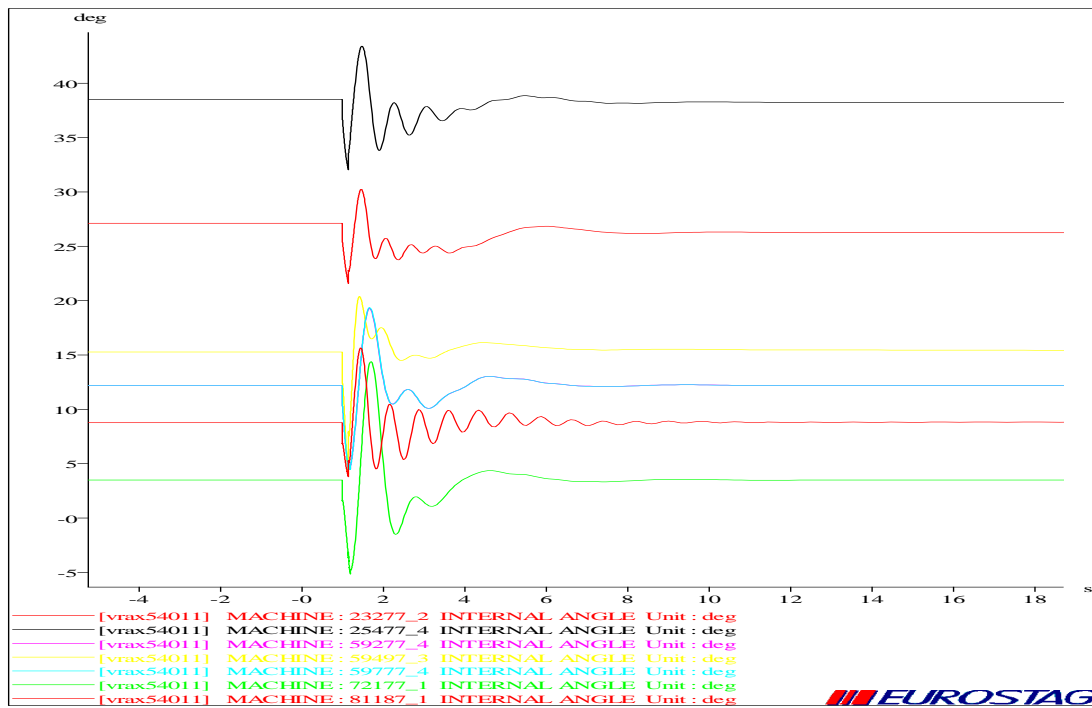


Διάγραμμα 6.5.1.9 Τάση στο ζυγό 43032

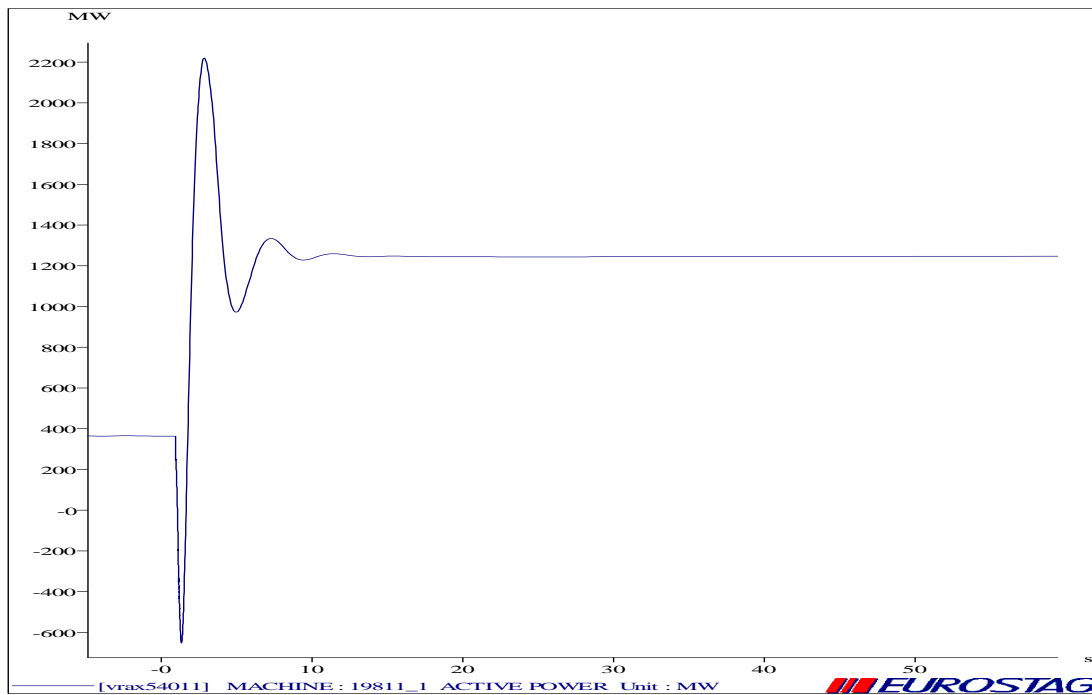


Διάγραμμα 6.5.1.10 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

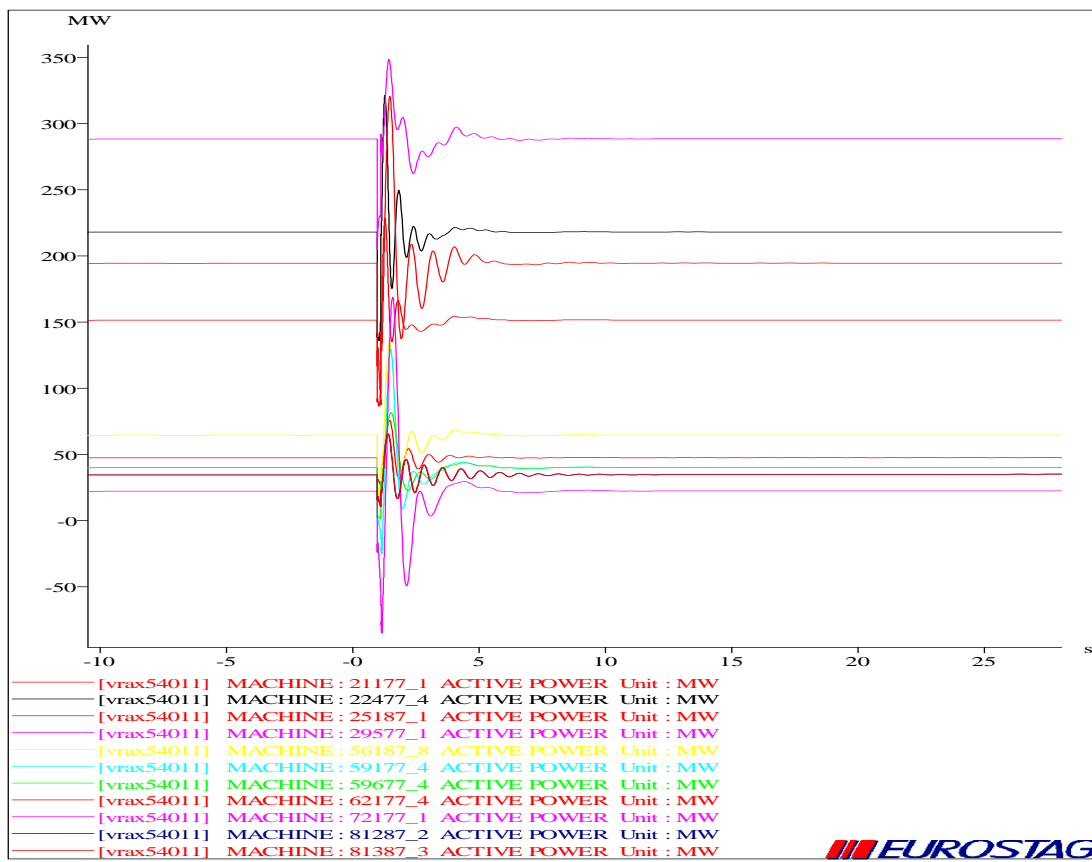
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 3 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 54011)



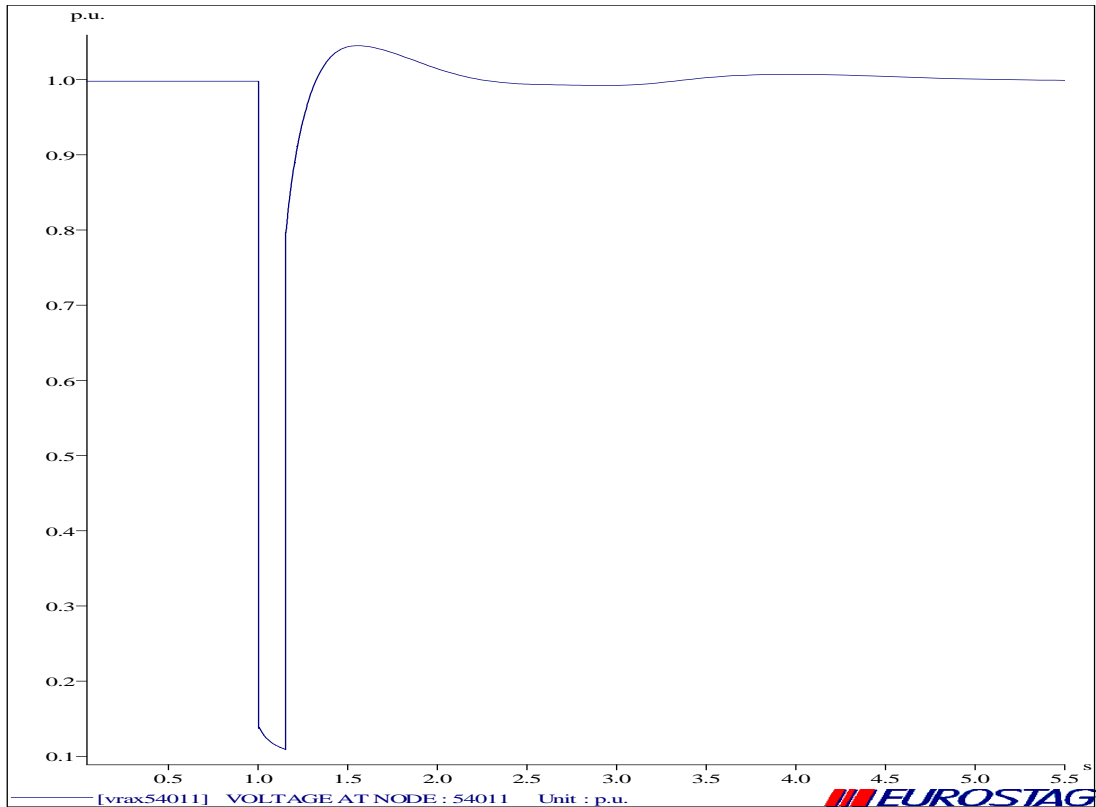
Διάγραμμα 6.5.1.11 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



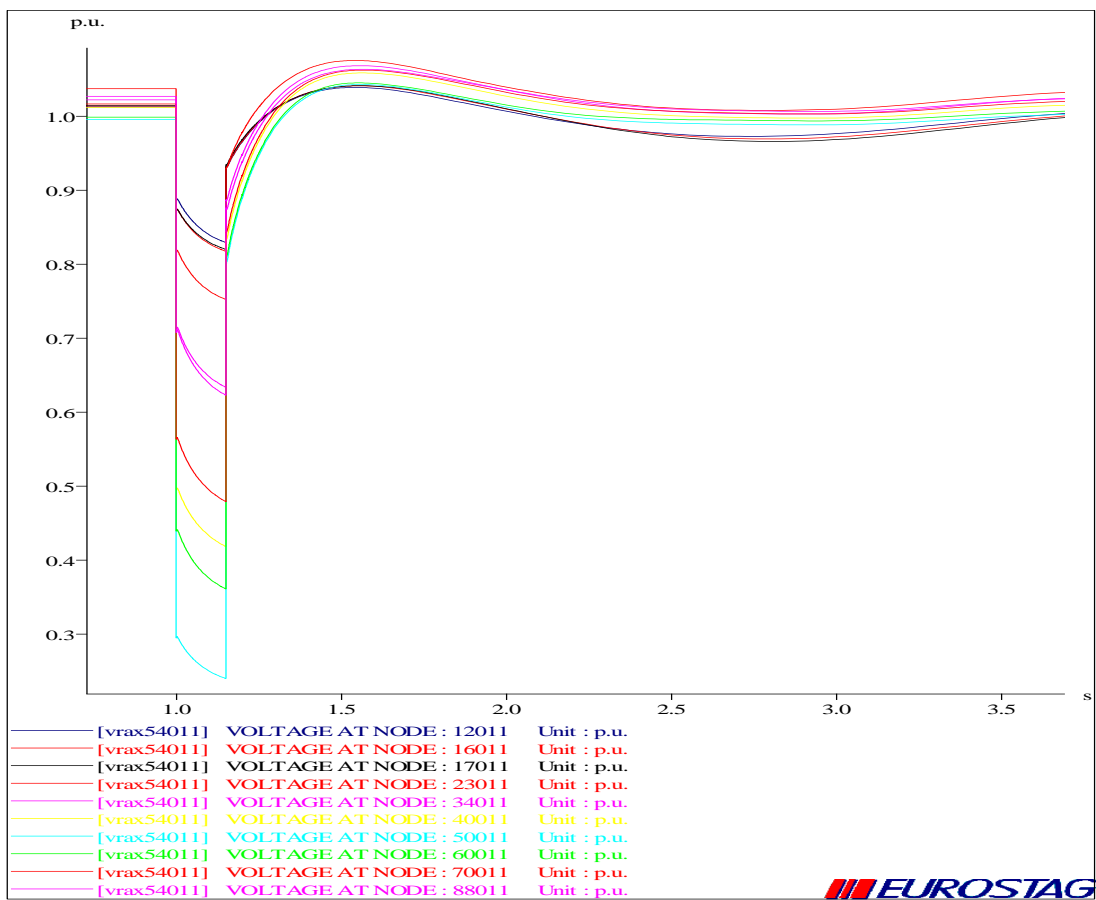
Διάγραμμα 6.5.1.12 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrono



Διάγραμμα 6.5.1.13 Ενεργός ισχύς διαφόρων συμβατικών γεννητριών

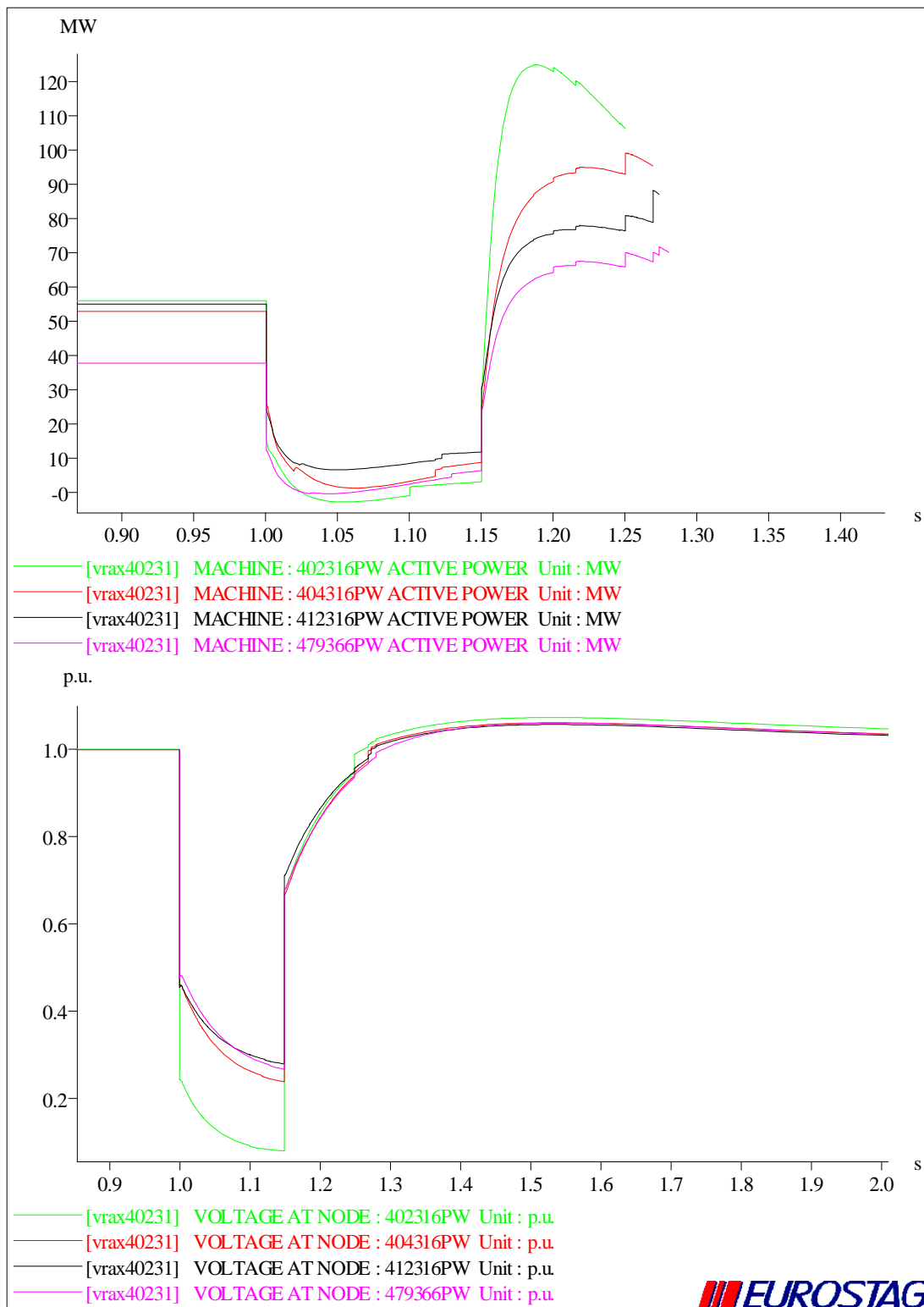


Διάγραμμα 6.5.1.14 Τάση στο ζυγό 54011

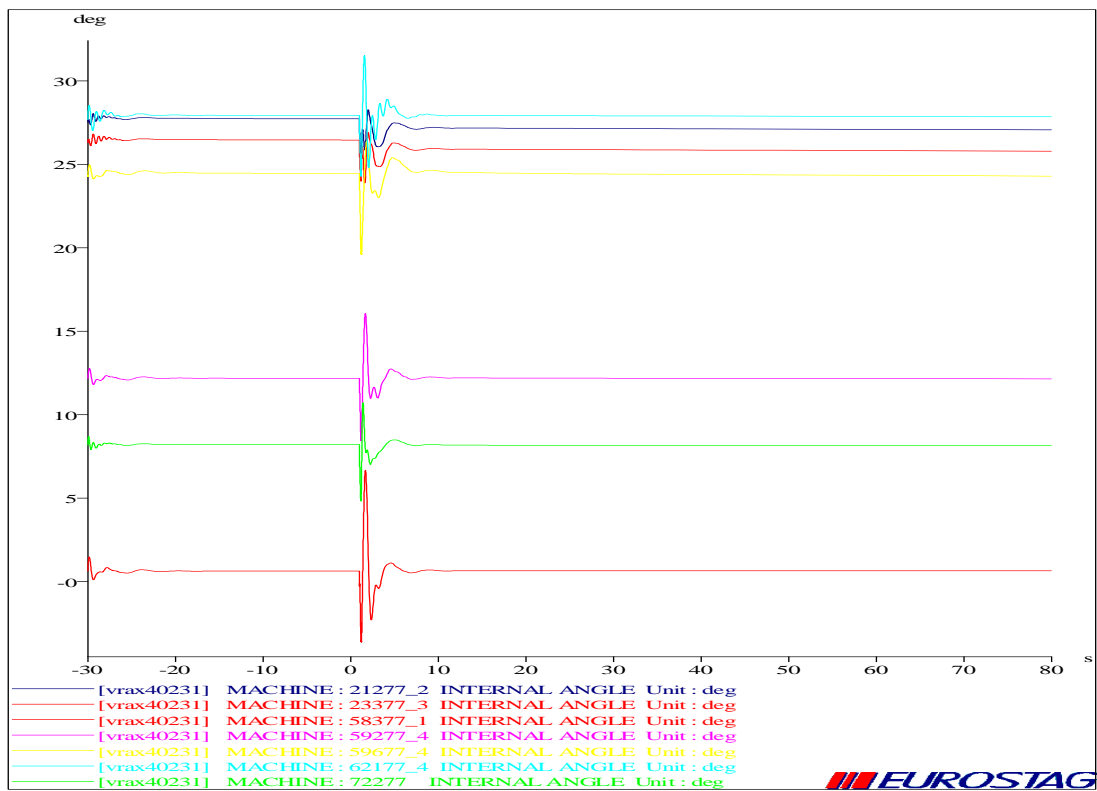


Διάγραμμα 6.5.1.15 Τάση σε μερικούς ζυγούς στο σύστημα μεταφοράς των 400kV

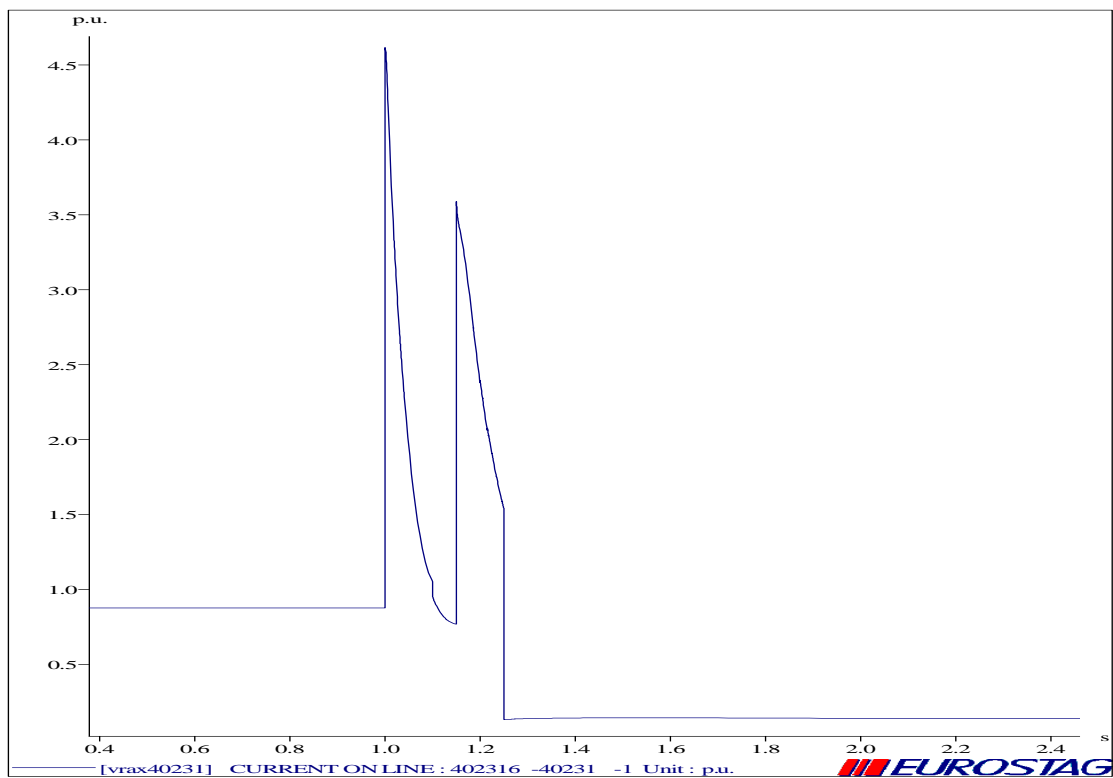
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 4 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40231)



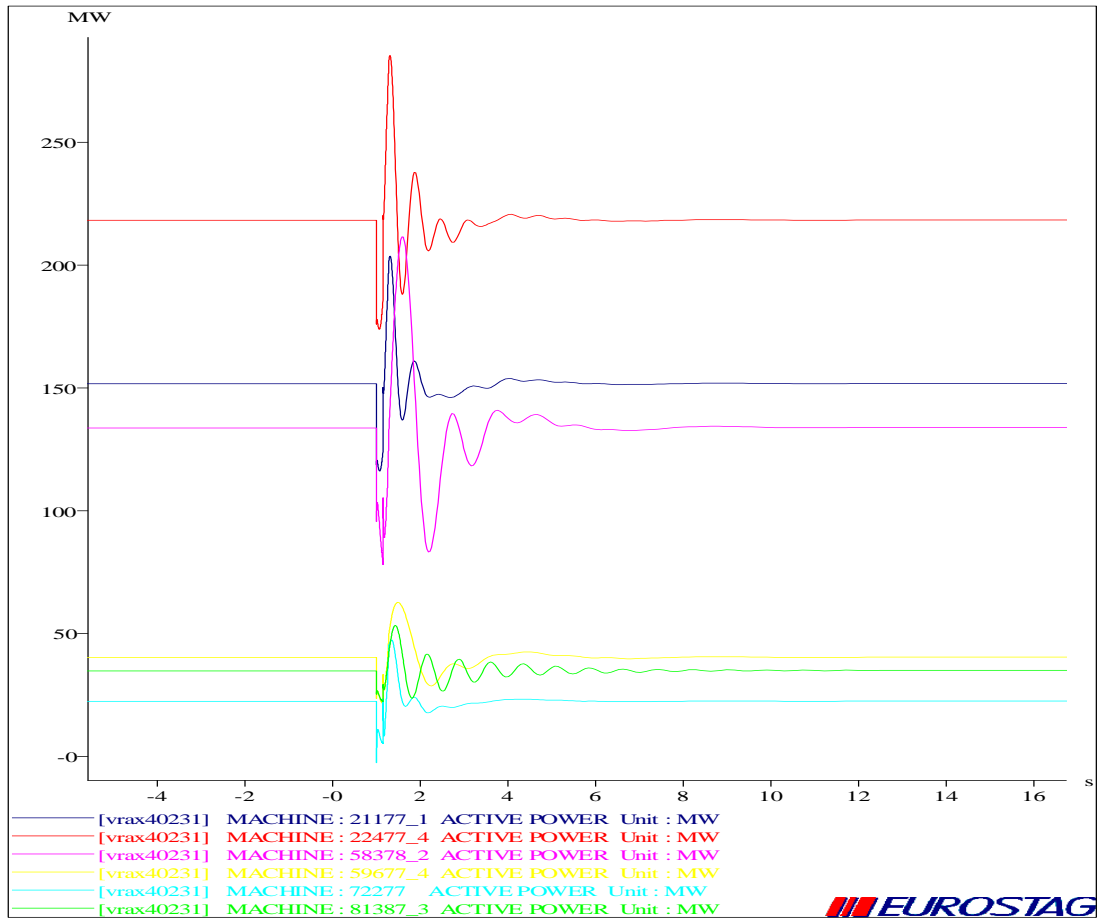
Διάγραμμα 6.5.1.16 Τάση και ενεργός ισχύς διαφόρων Α/Γ με DFIG



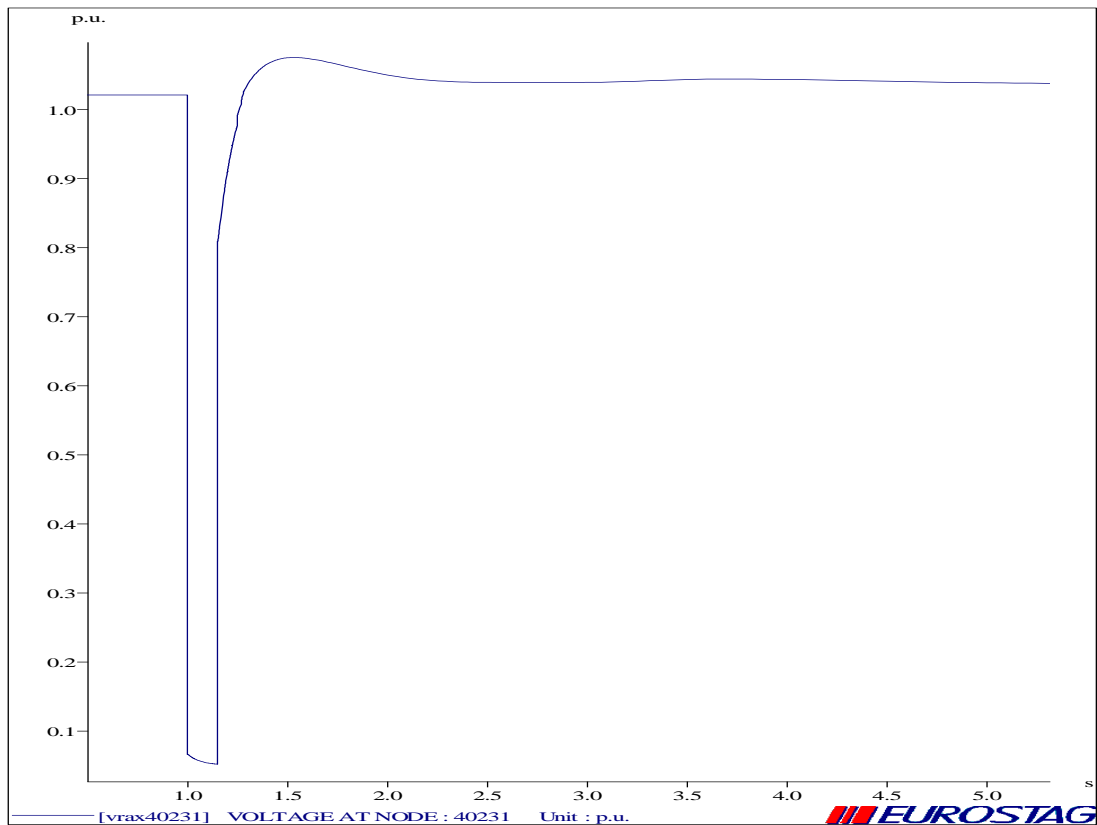
Διάγραμμα 6.5.1.17 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



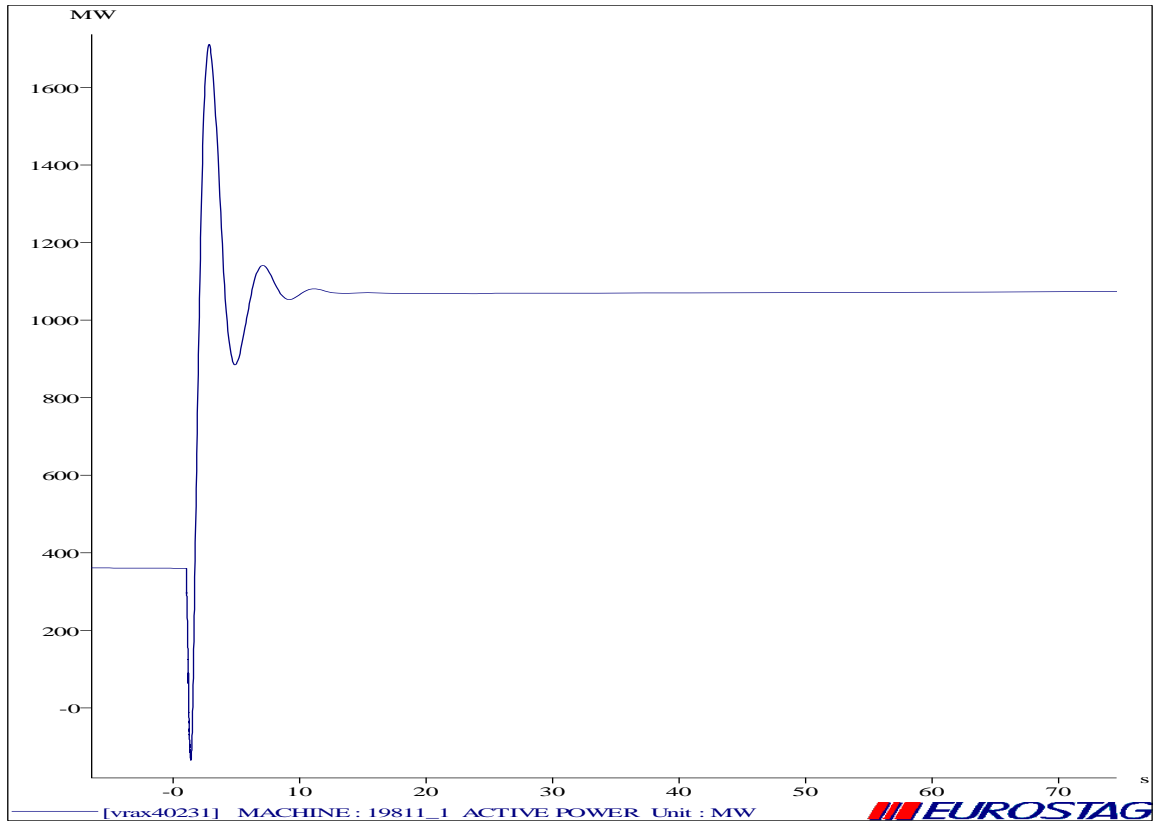
Διάγραμμα 6.5.1.18 Ρεύμα στη γραμμή 402316-40231



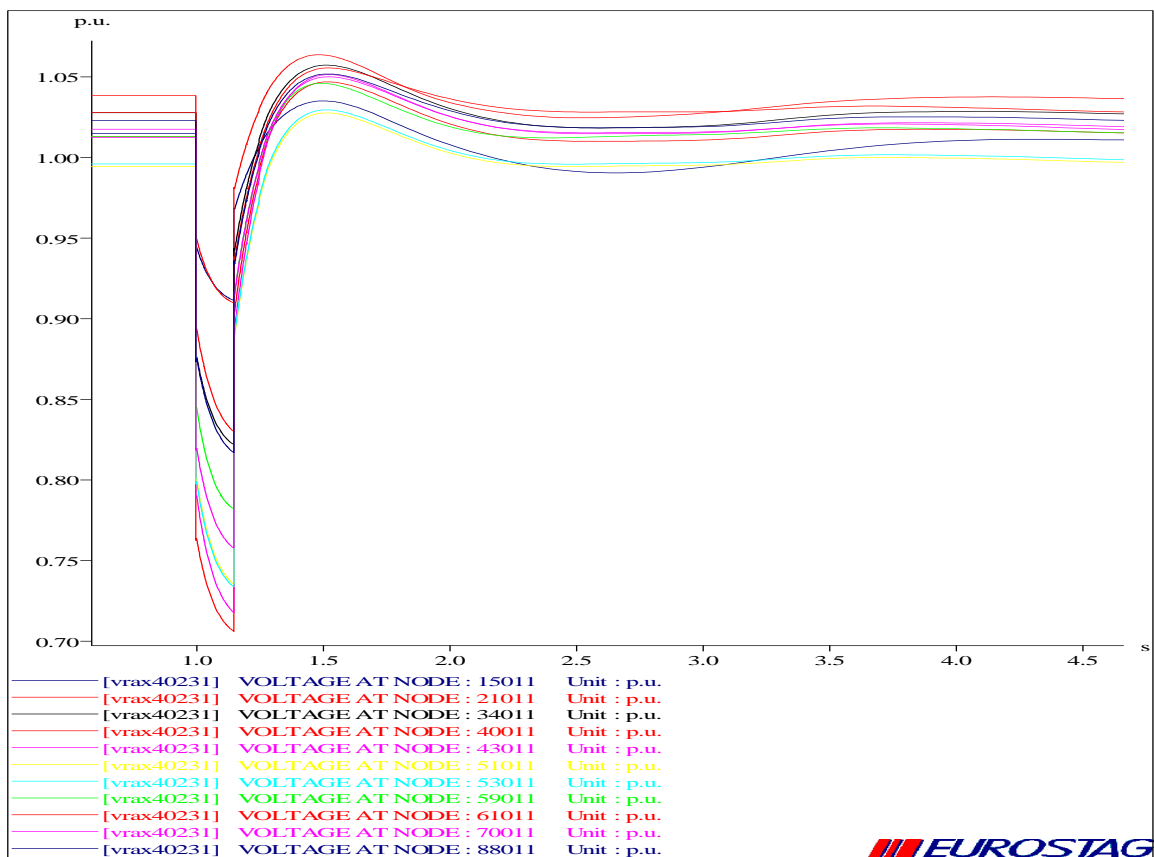
Διάγραμμα 6.5.1.19 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



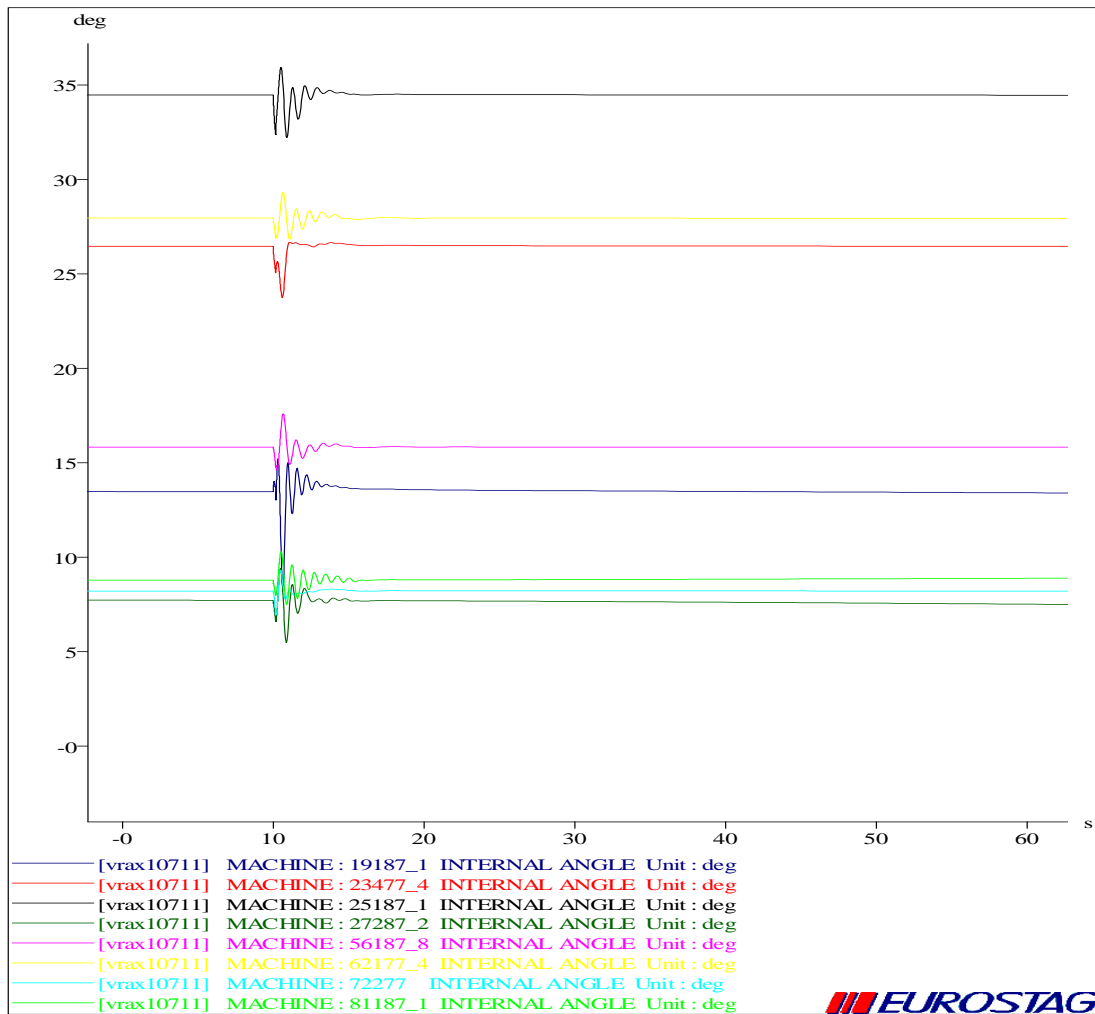
Διάγραμμα 6.5.1.20 Τάση στο ζυγό 40231



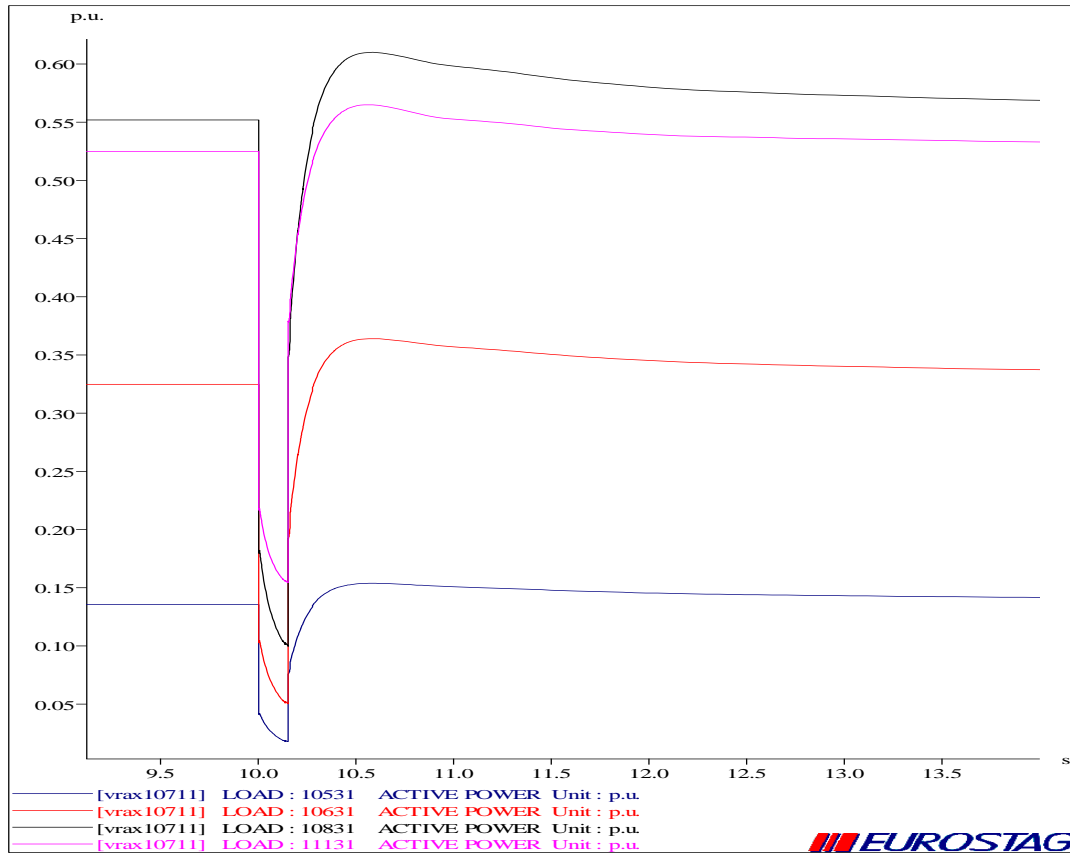
Διάγραμμα 6.5.1.21 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



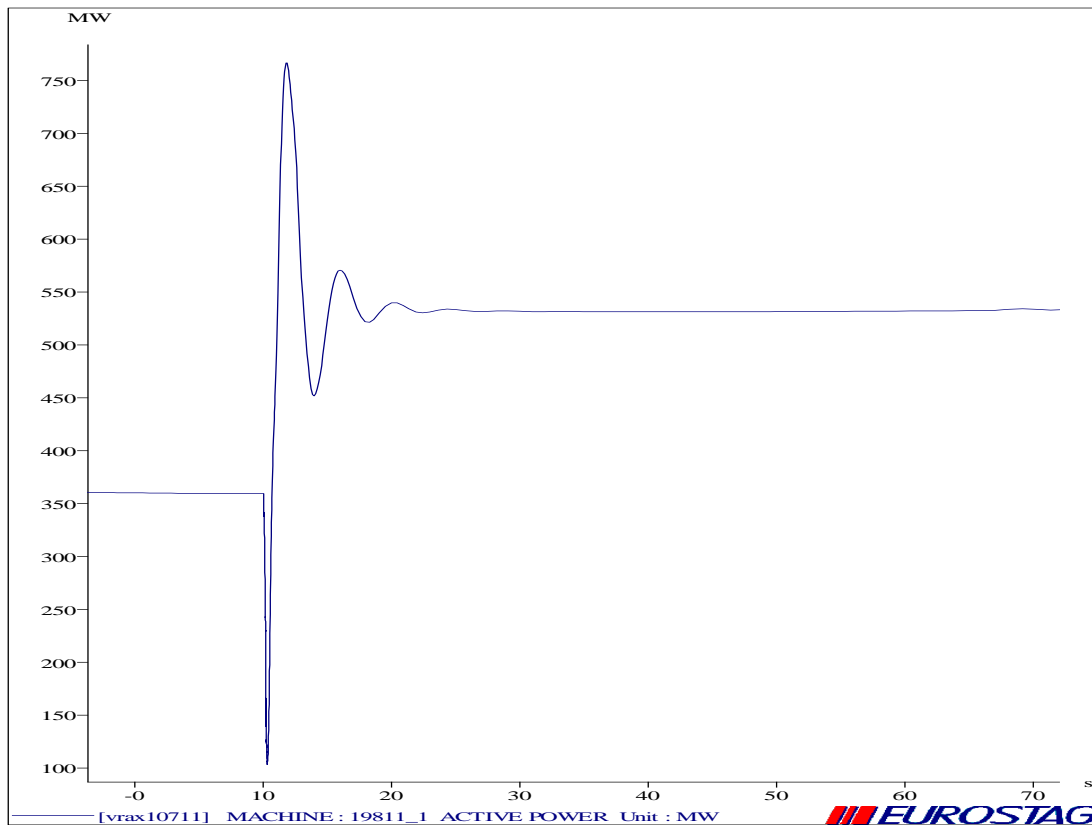
Διάγραμμα 6.5.1.22 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 5 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 10711)

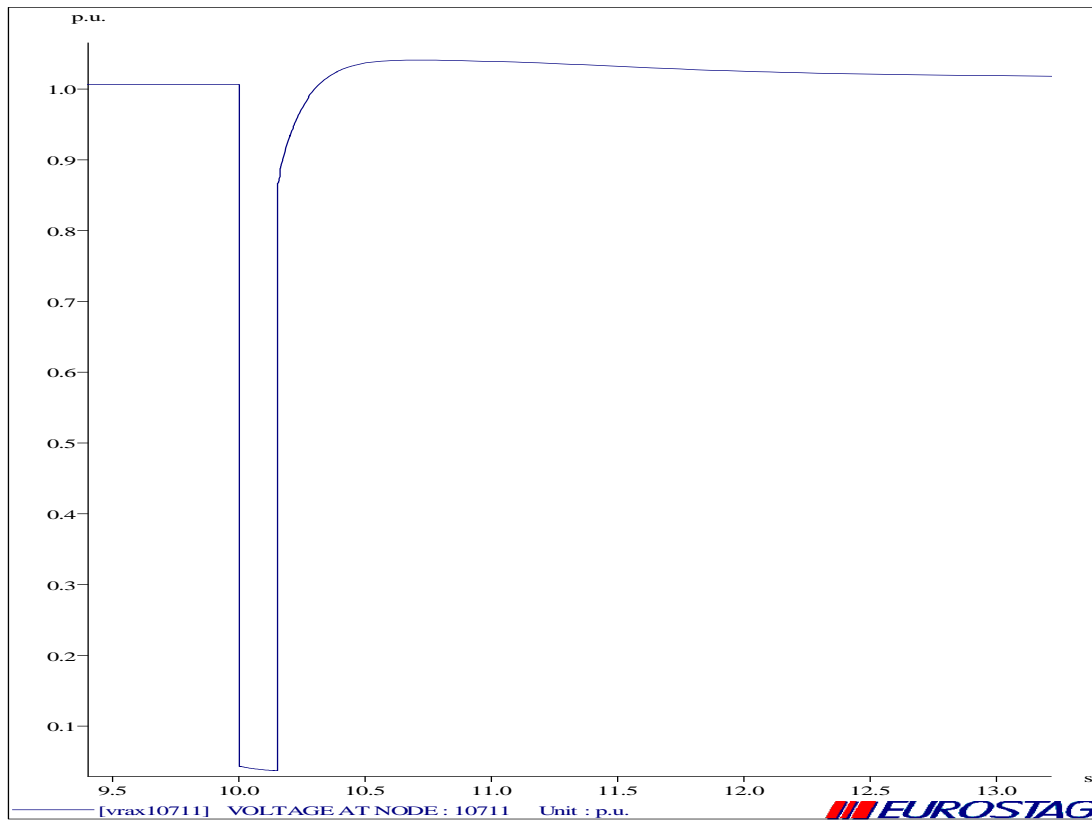
Διάγραμμα 6.5.1.23 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



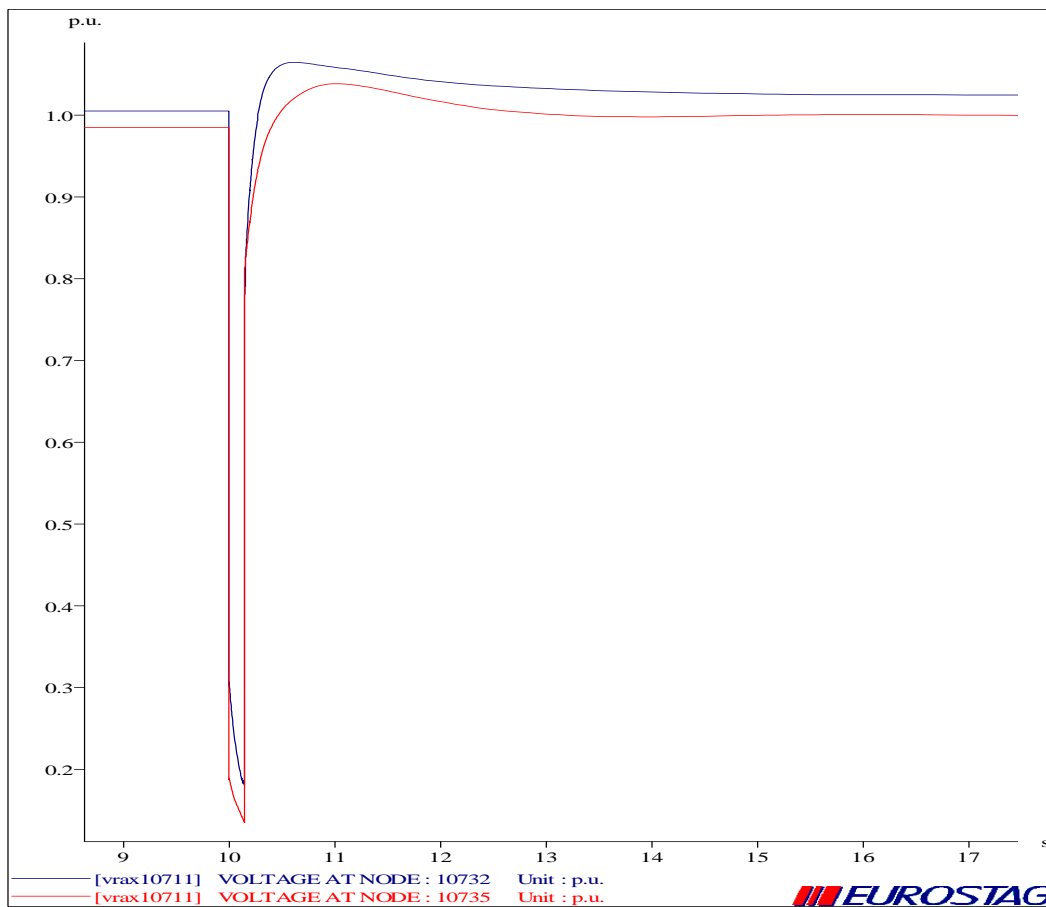
Διάγραμμα 6.5.1.24 Ενεργός ισχύς που απορροφούν διάφορα φορτία



Διάγραμμα 6.5.1.25 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno

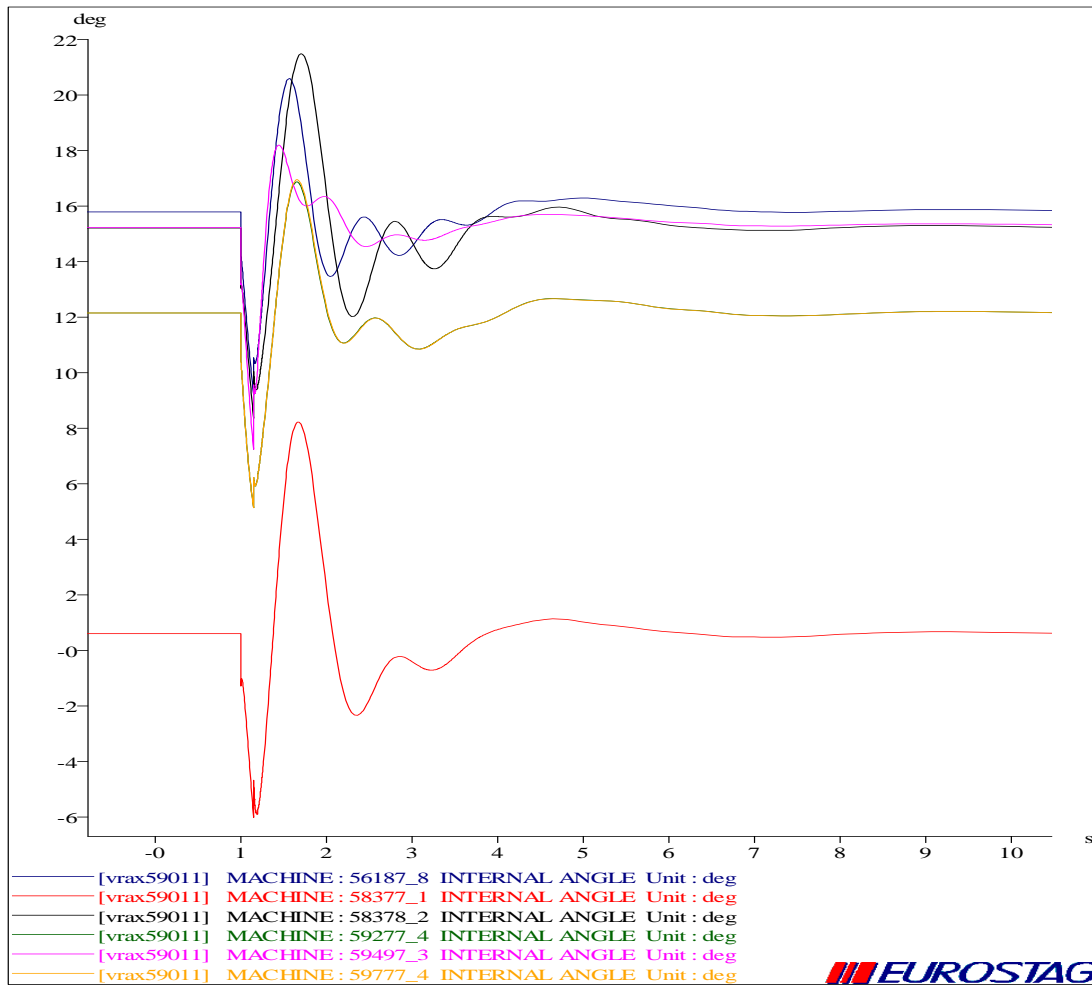


Διάγραμμα 6.5.1.26 Τάση στο ζυγό 10711

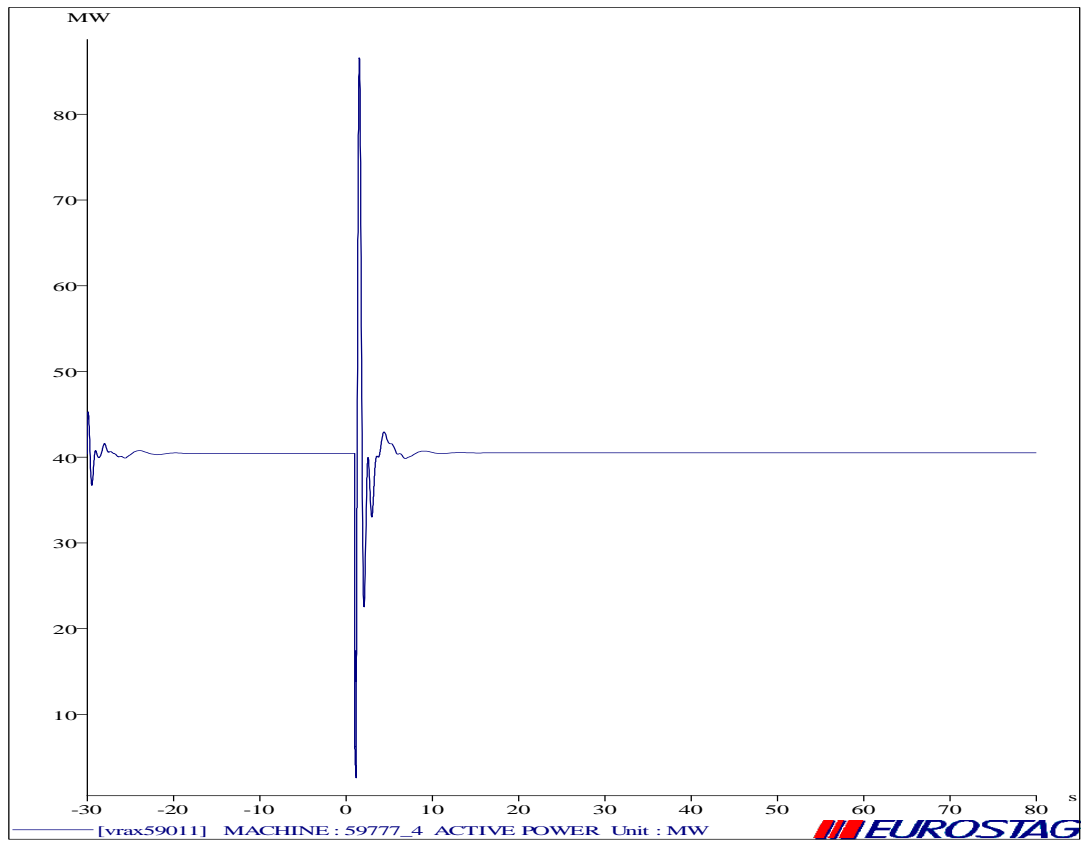


Διάγραμμα 6.5.1.27 Τάση στους ζυγούς 10732 και 10735

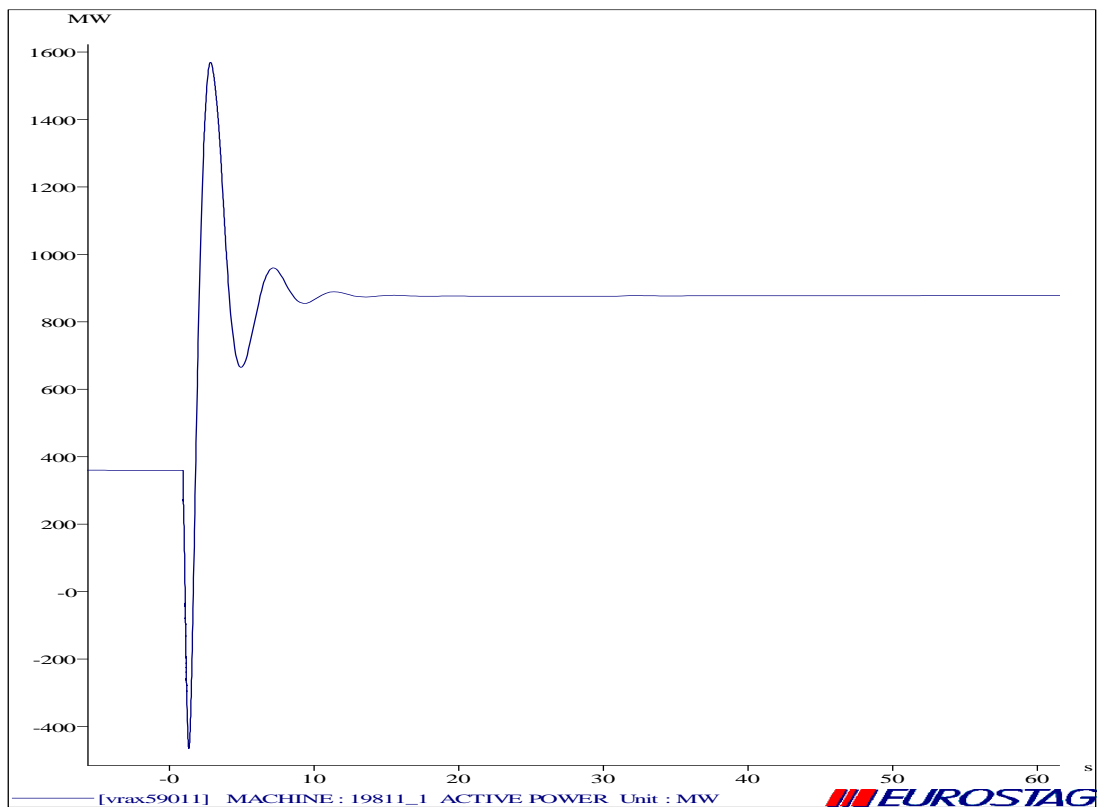
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 6 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 59011)



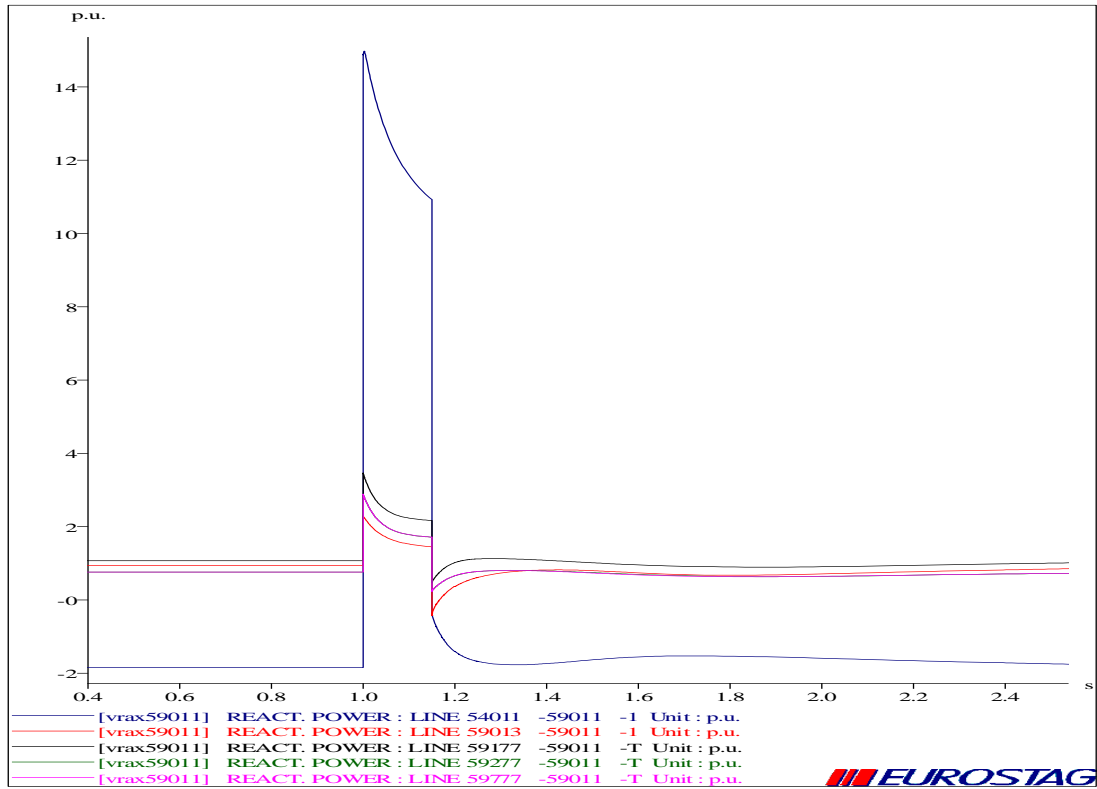
Διάγραμμα 6.5.1.28 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



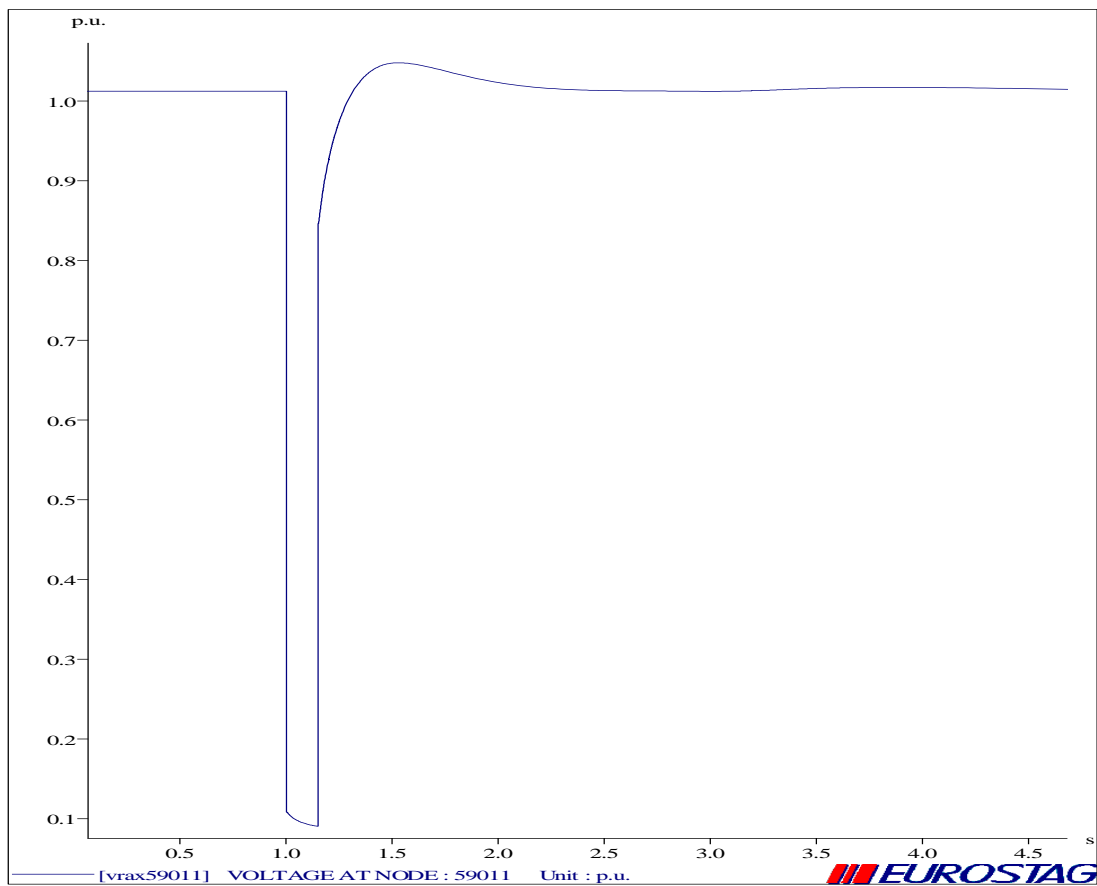
Διάγραμμα 6.5.1.29 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777



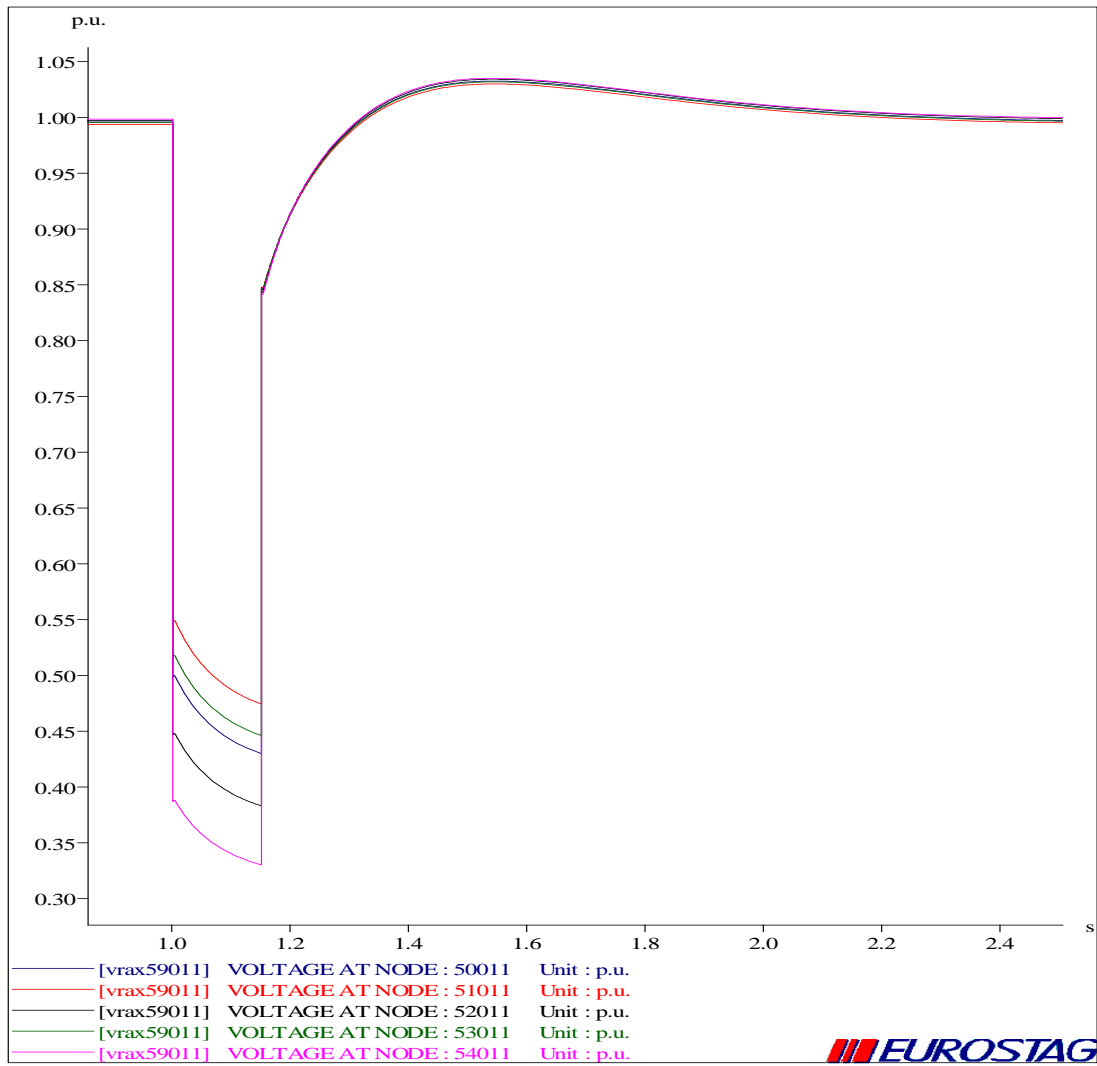
Διάγραμμα 6.5.1.30 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



Διάγραμμα 6.5.1.31 Άεργος ισχύς σε μερικές γραμμές

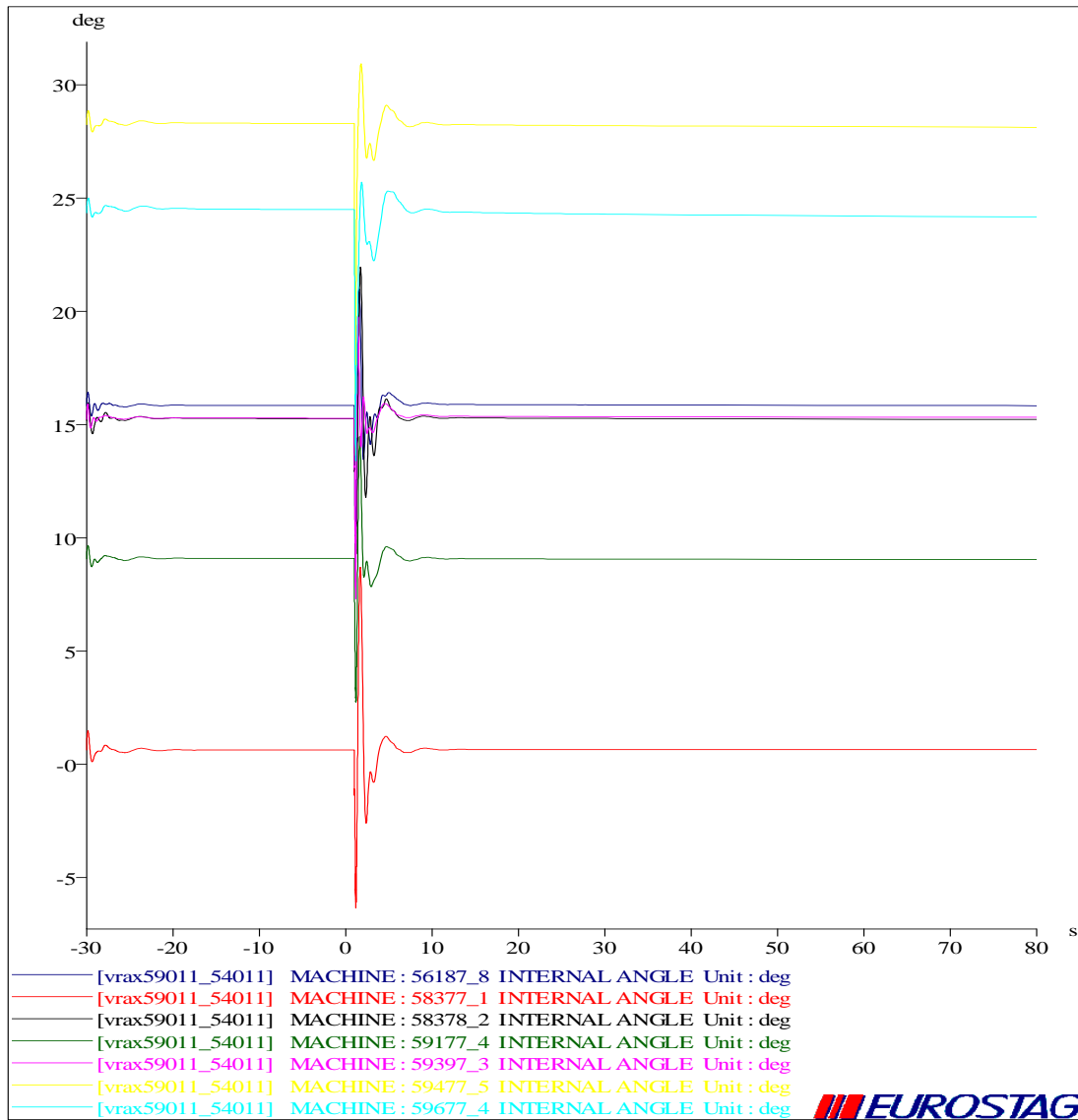


Διάγραμμα 6.5.1.32 Τάση στο ζυγό 59011

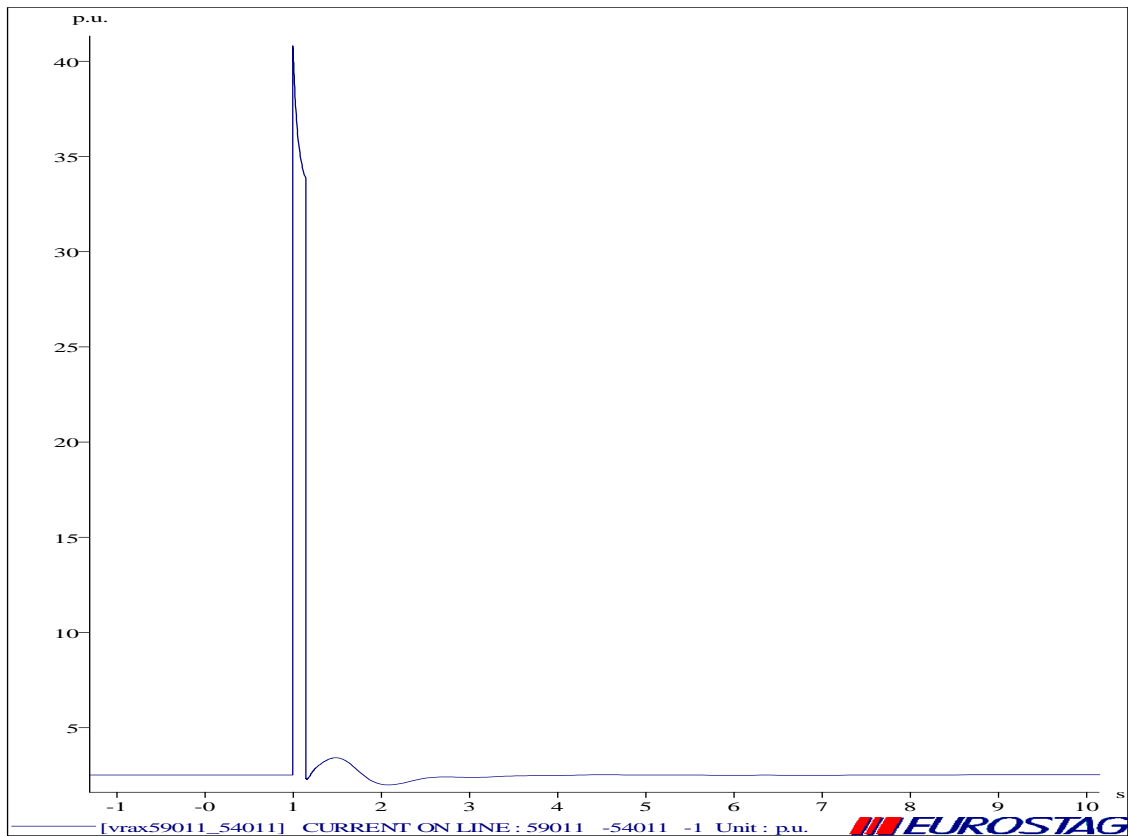


Διάγραμμα 6.5.1.33 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

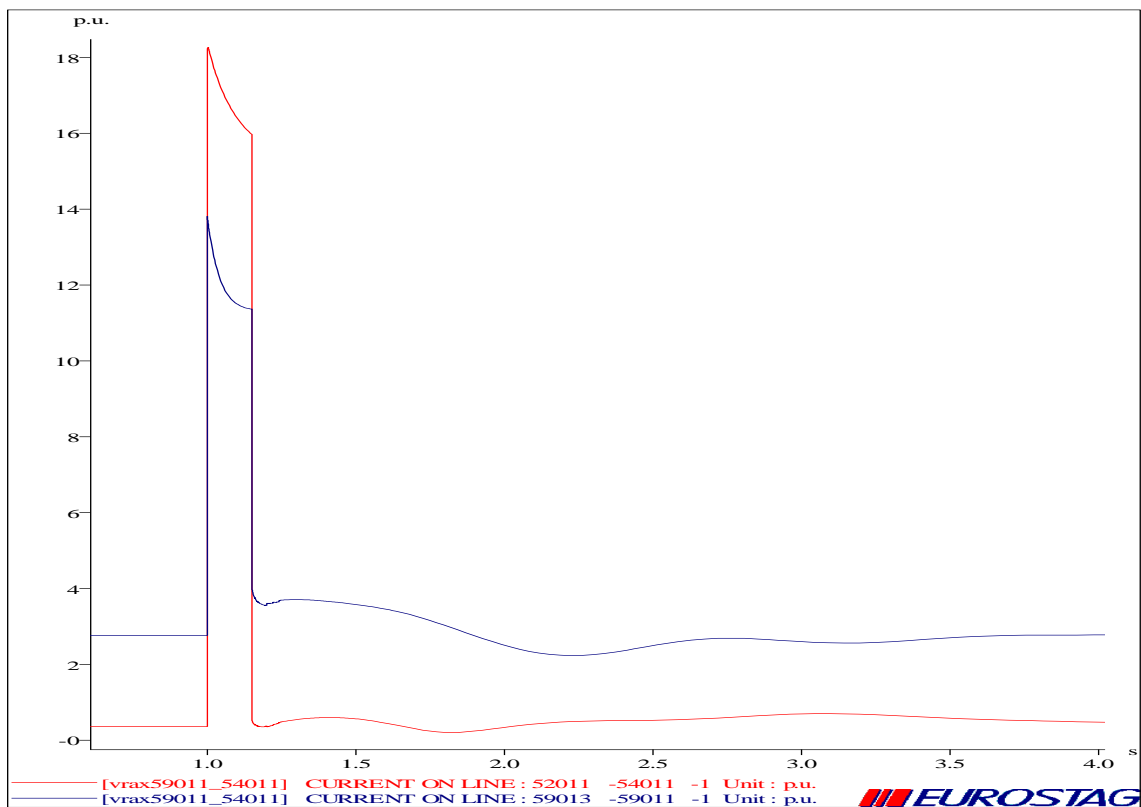
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 7 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 54011--59011)



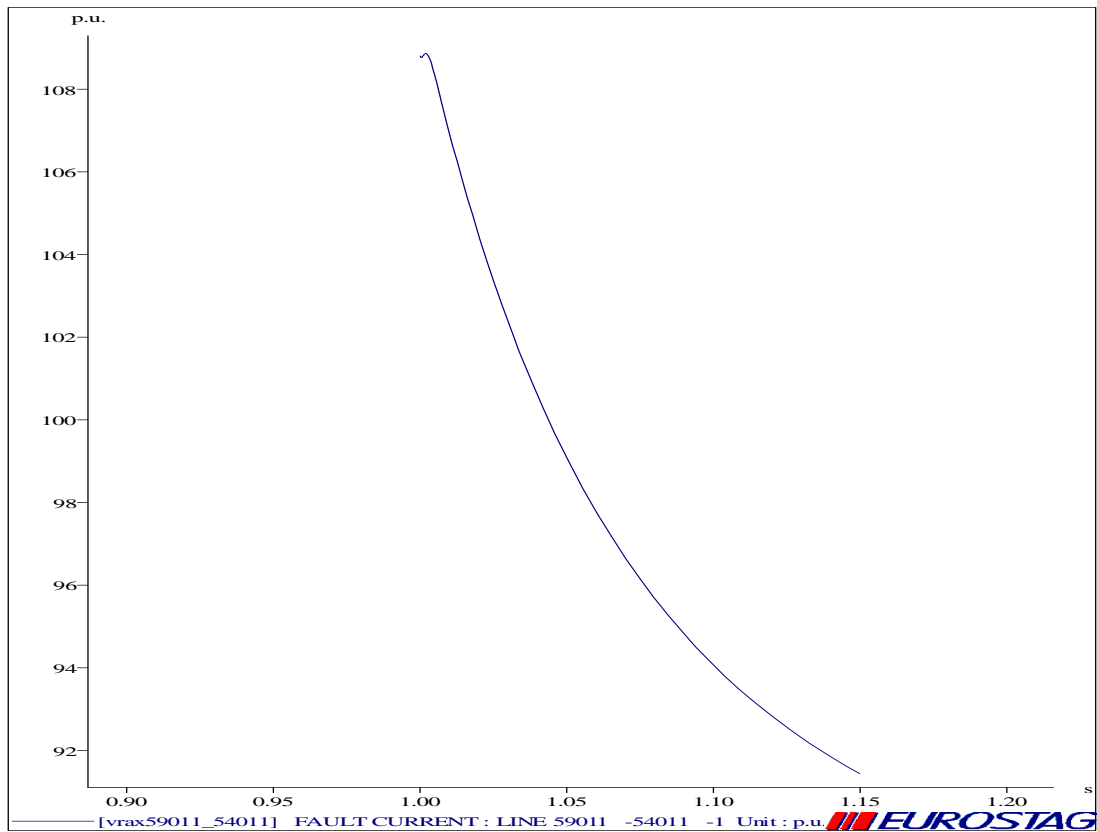
Διάγραμμα 6.5.1.34 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



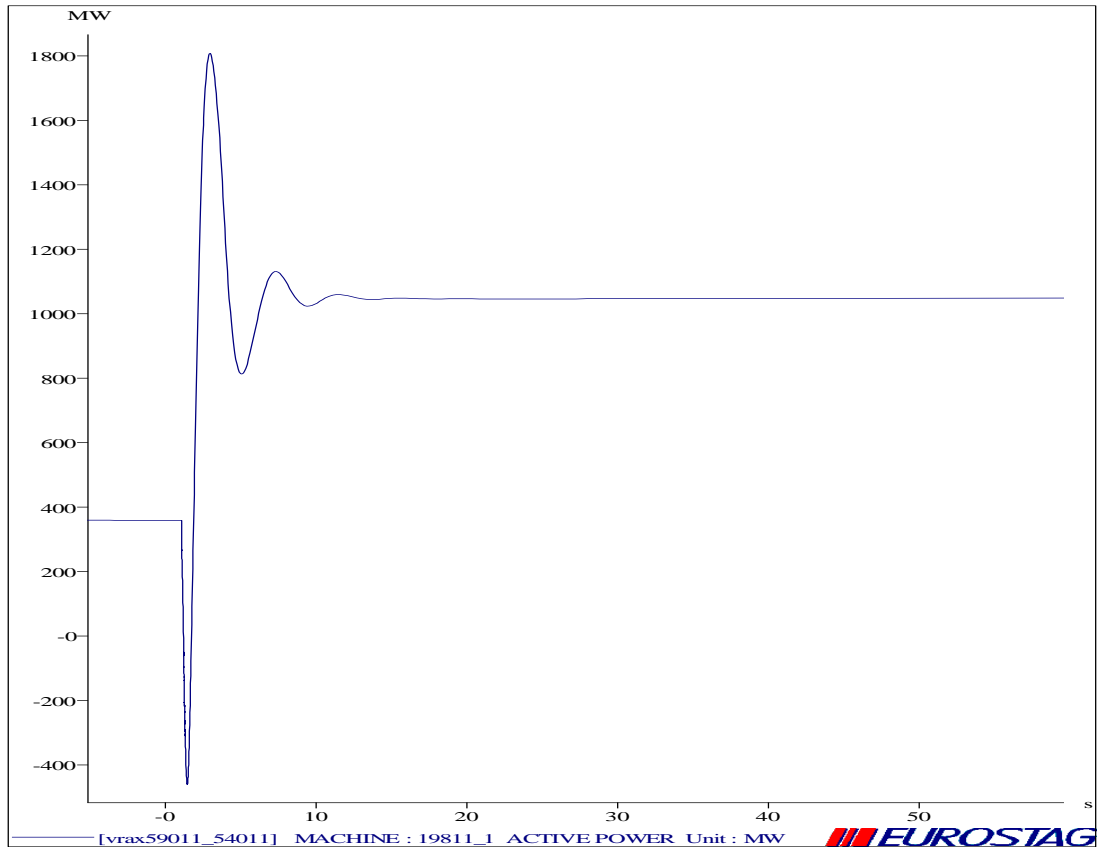
Διάγραμμα 6.5.1.35 Ρεύμα στη γραμμή 59011-54011



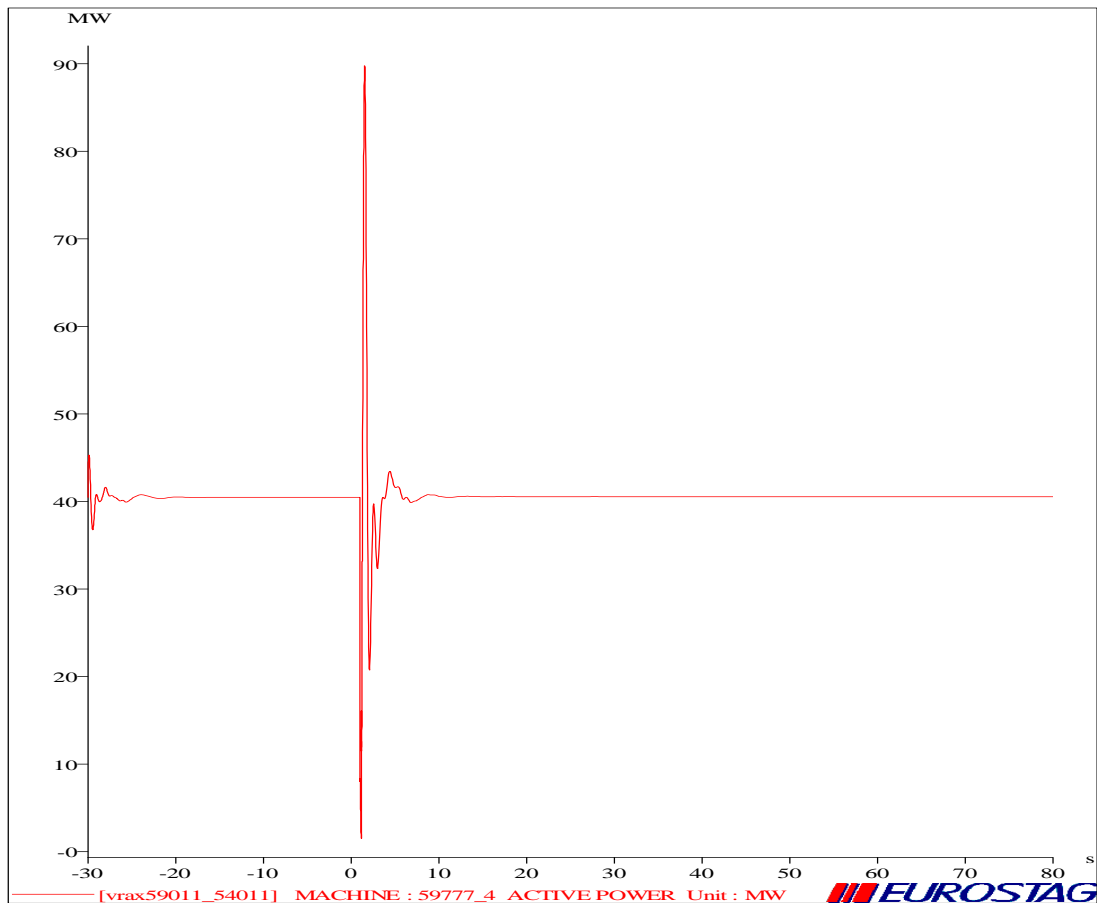
Διάγραμμα 6.5.1.36 Ρεύμα στις γραμμές 52011-54011 και 59013-59011



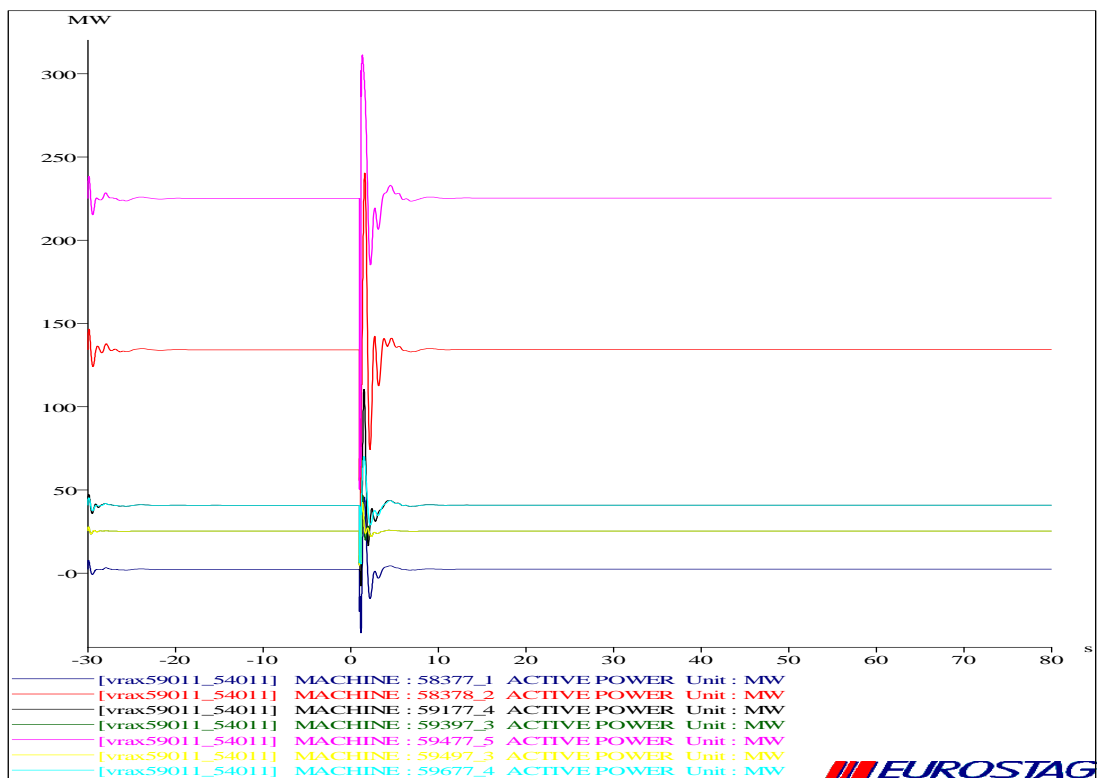
Διάγραμμα 6.5.1.37 Ρεύμα βραχυκυκλώματος στη γραμμή 59011-54011



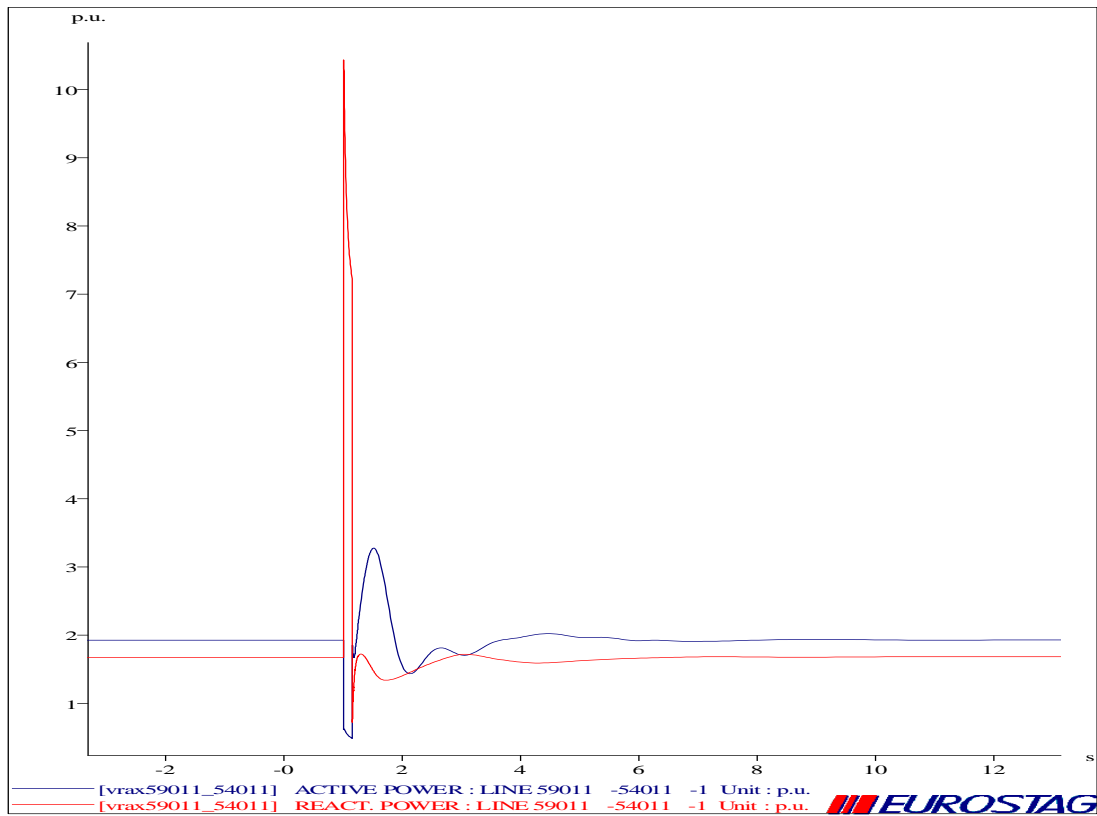
Διάγραμμα 6.5.1.38 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrono



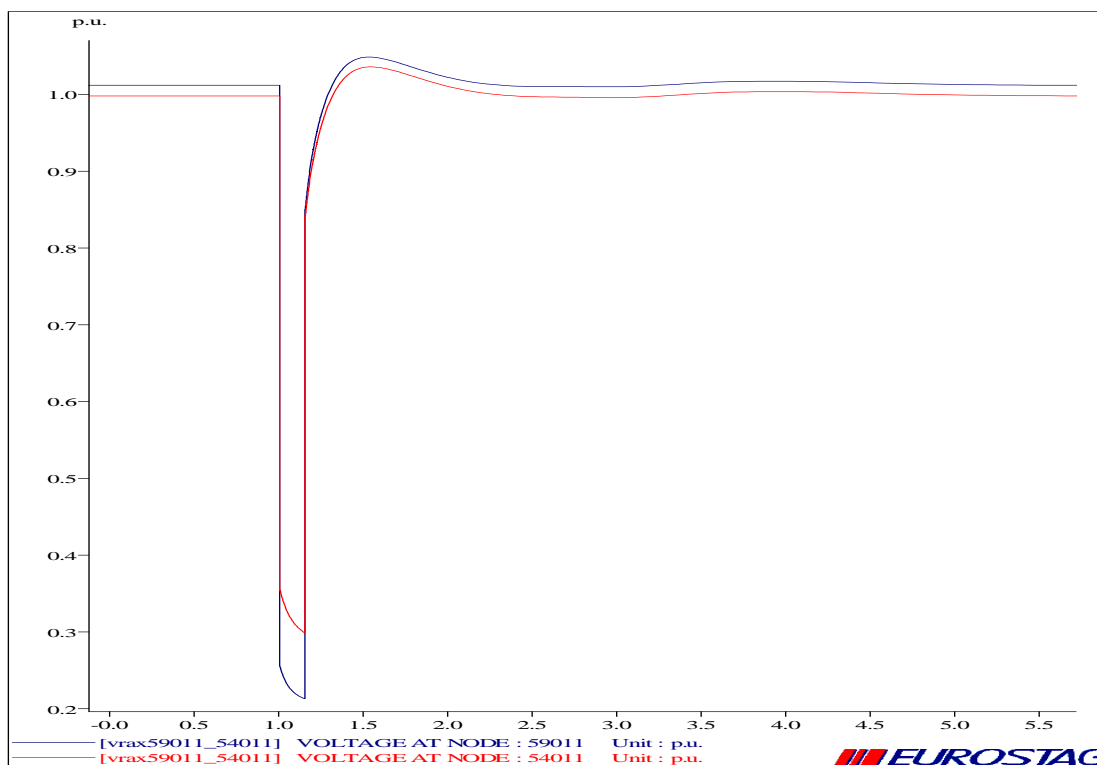
Διάγραμμα 6.5.1.39 Ενεργός ισχύς της γεννήτριας 59777



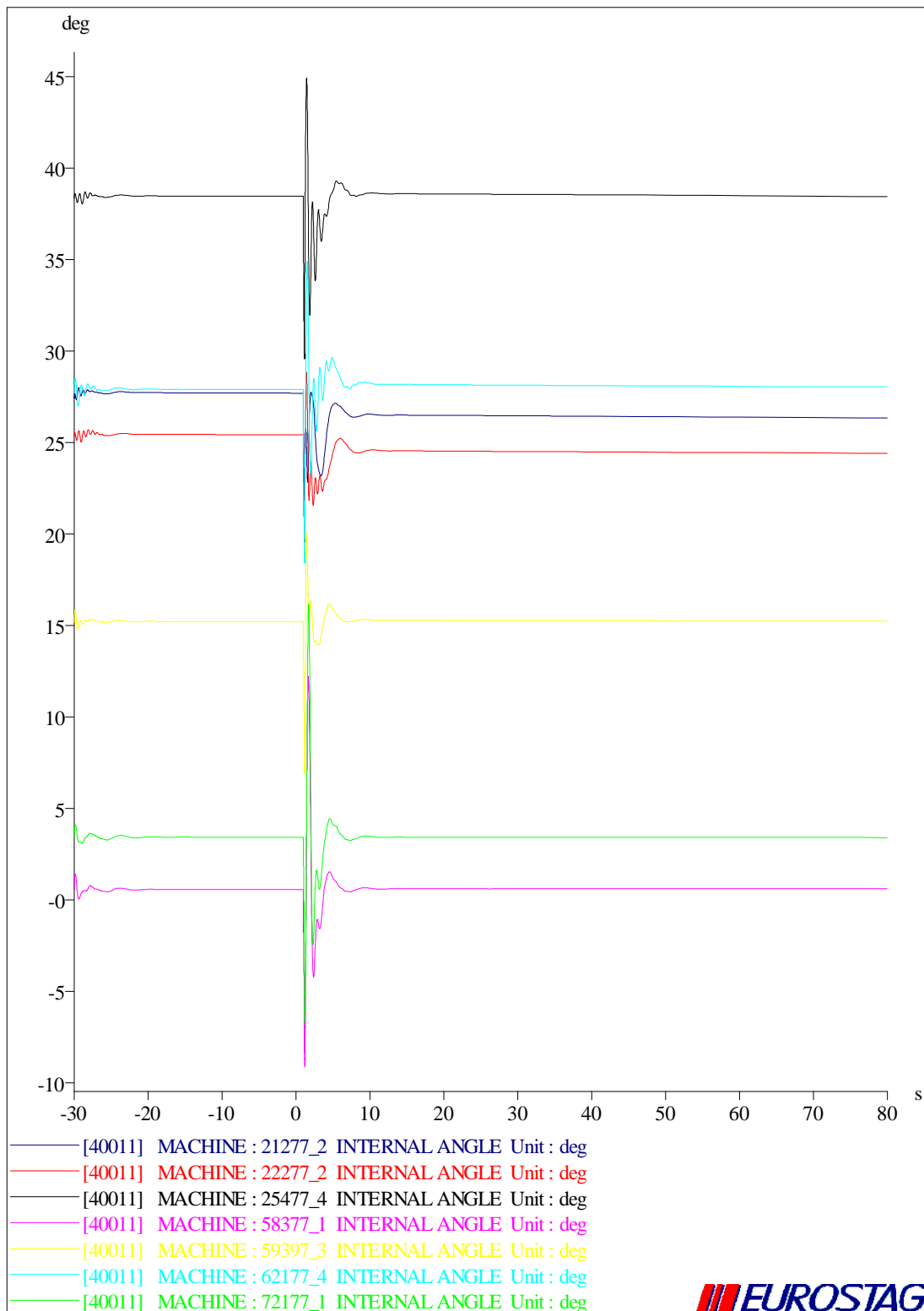
Διάγραμμα 6.5.1.40 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



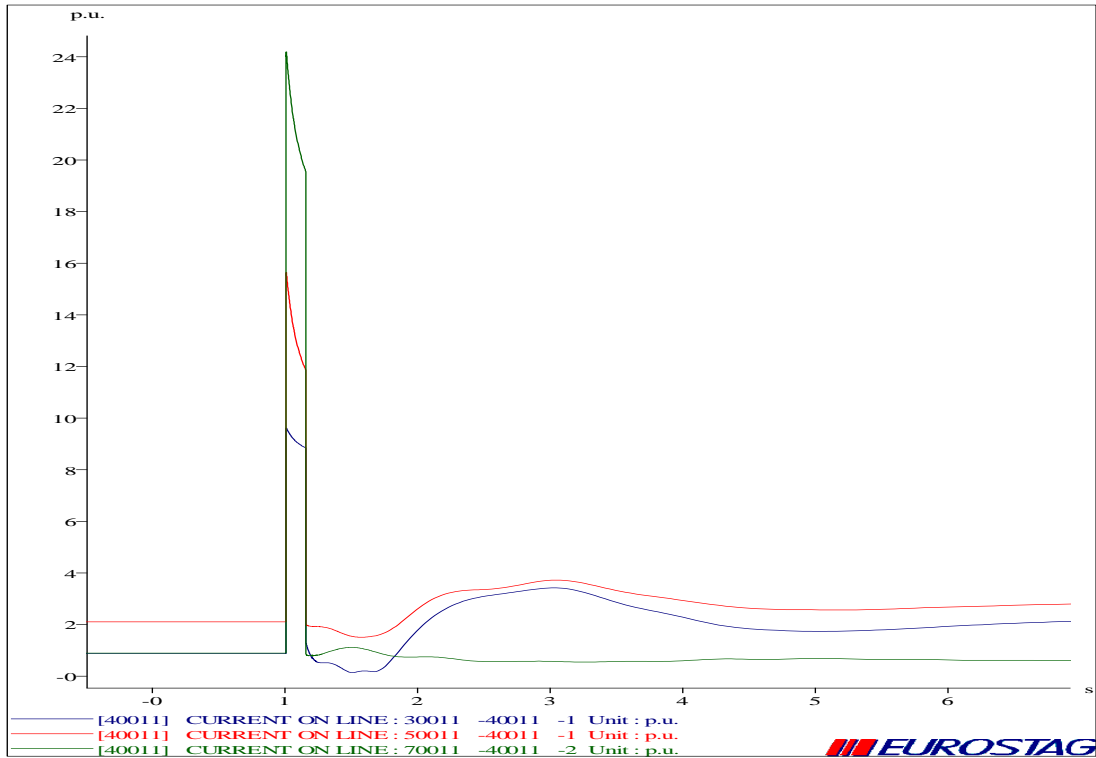
Διάγραμμα 6.5.1.41 Ενεργός και Άεργος ισχύς της γραμμής 59011-54011



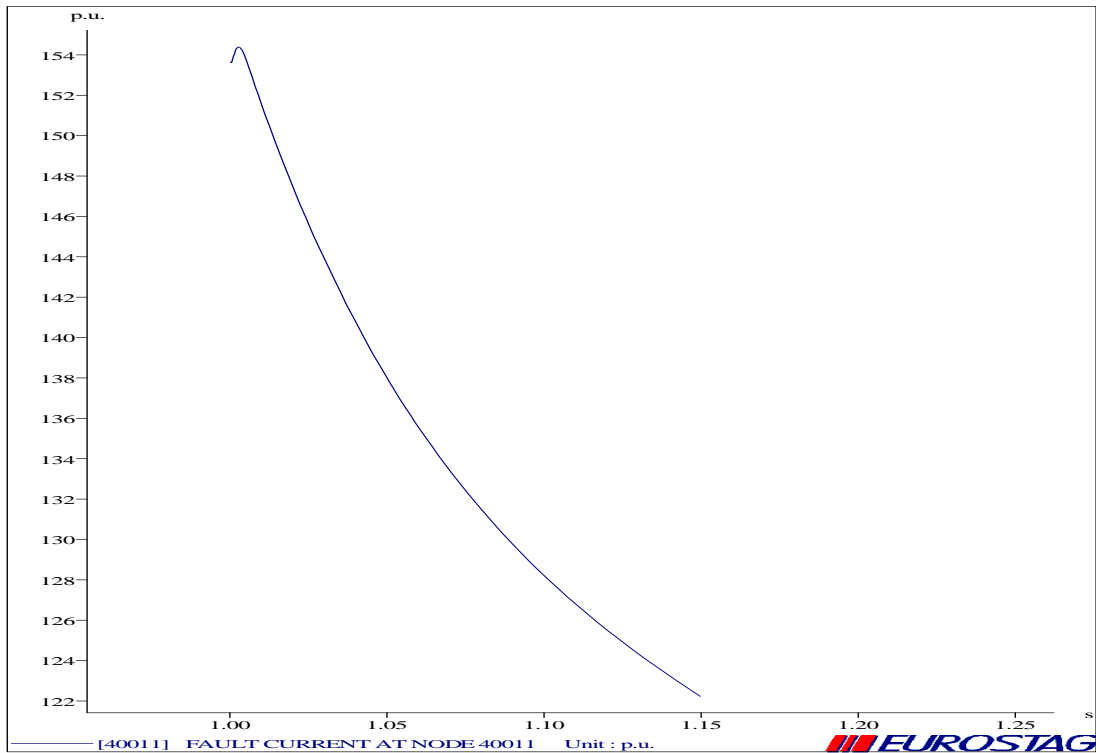
Διάγραμμα 6.5.1.42 Τάση στους ζυγούς 59011 και 54011

ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 8 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 40011)

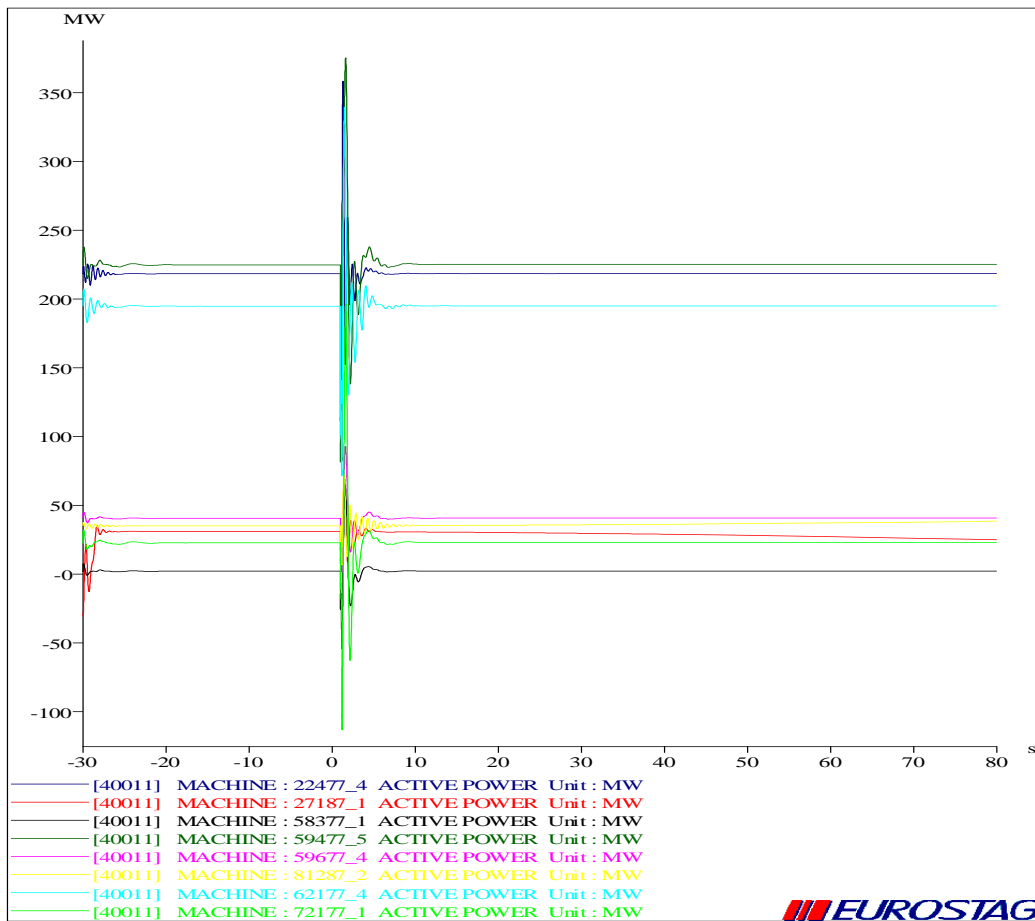
Διάγραμμα 6.5.1.43 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



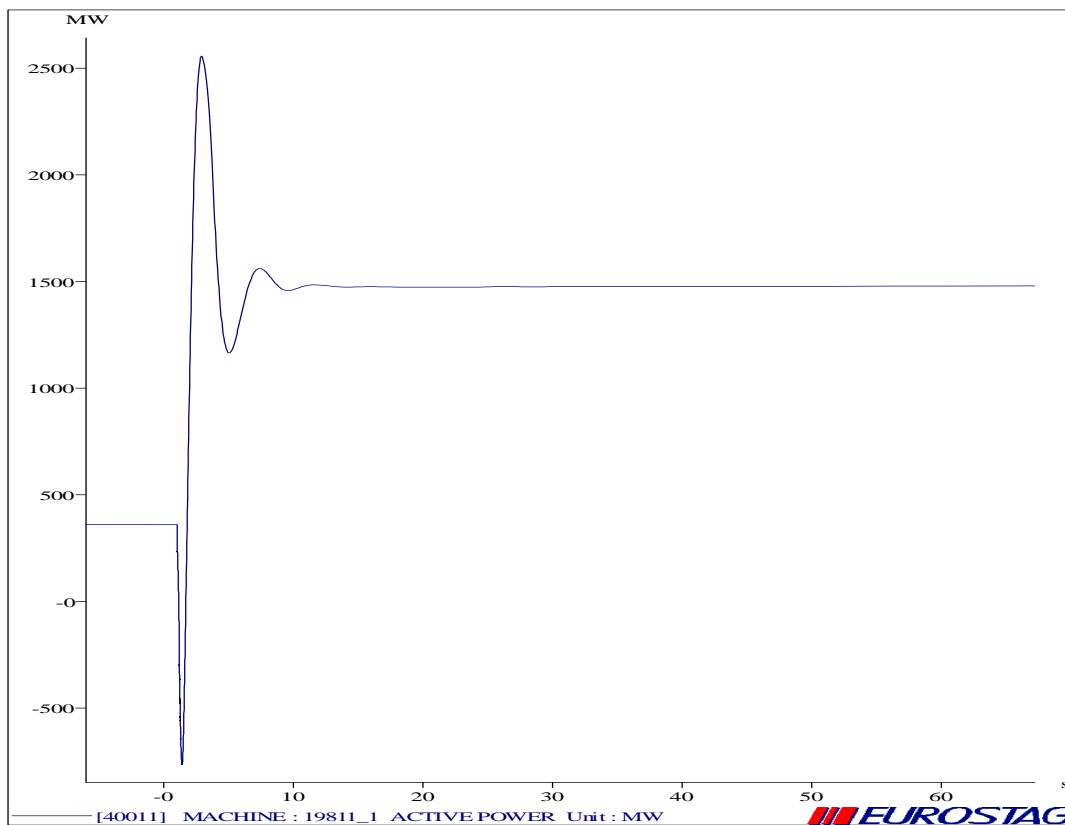
Διάγραμμα 6.5.1.44 Ρεύμα στις γραμμές 30011-40011, 50011-40011 και 70011-40011



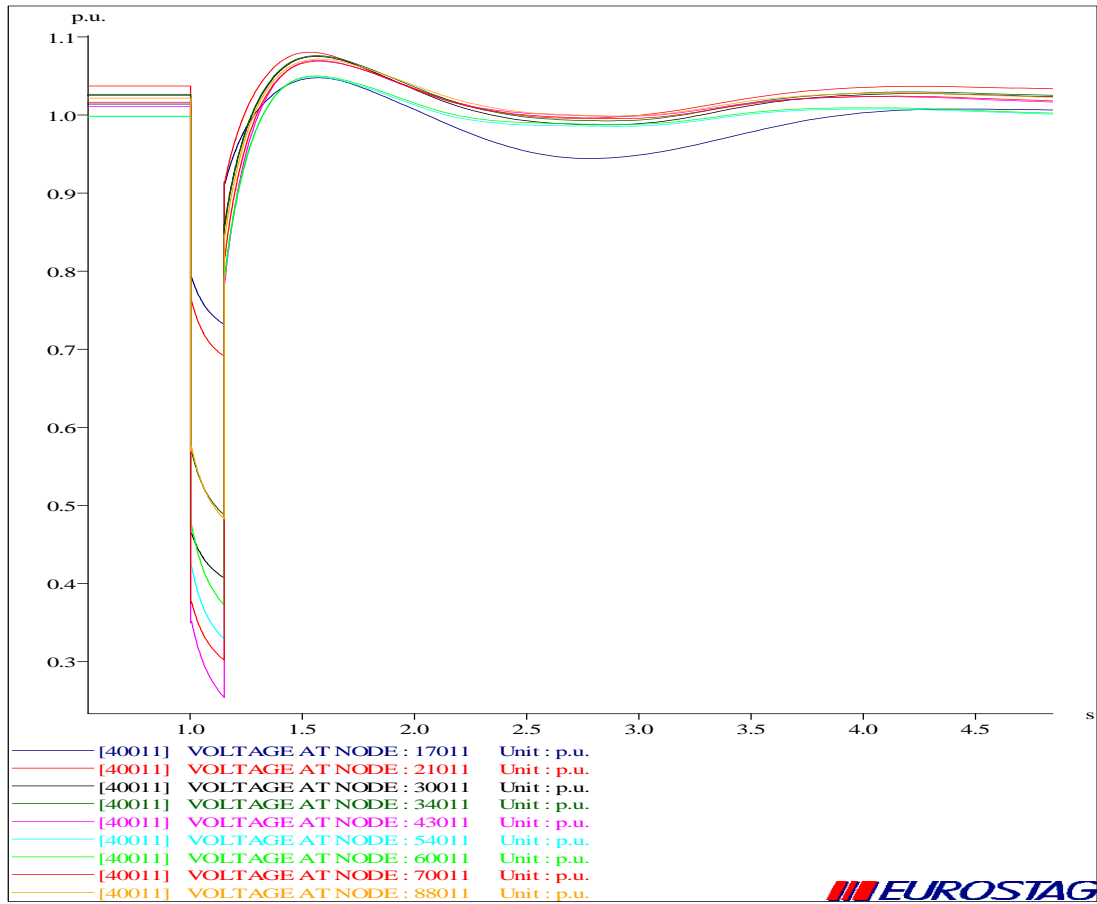
Διάγραμμα 6.5.1.45 Ρεύμα βραχυκύκλωσης στο ζυγό 40011



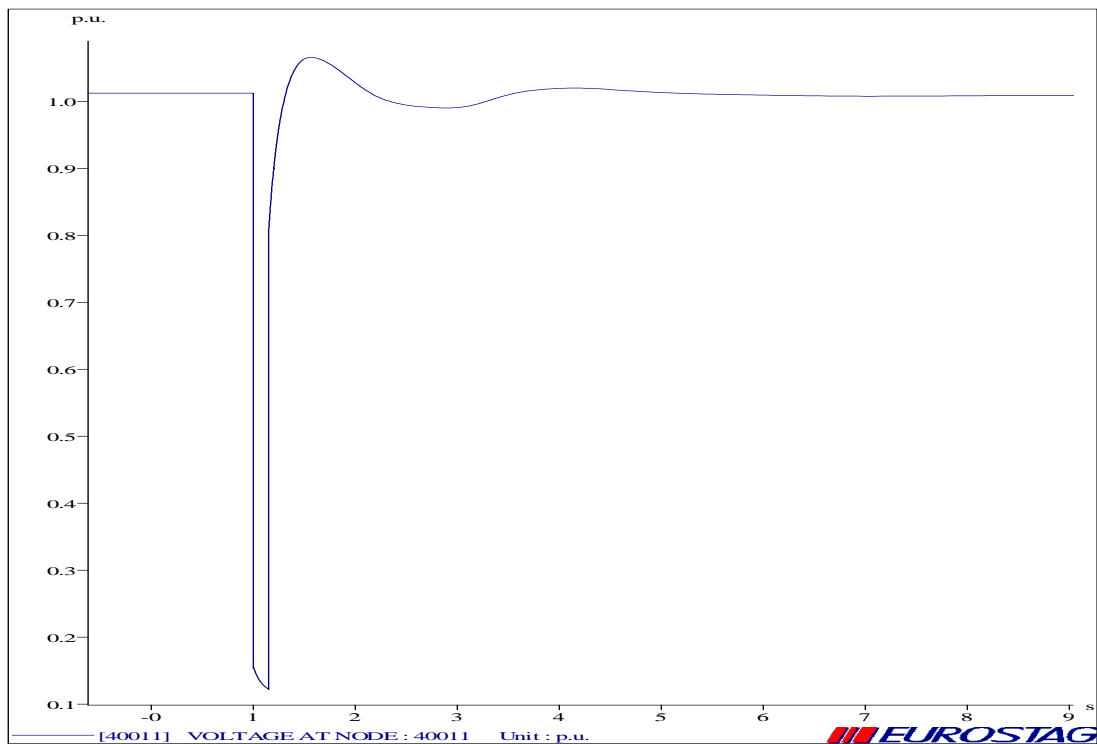
Διάγραμμα 6.5.1.46 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



Διάγραμμα 6.5.1.47 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδας-Dubrovno

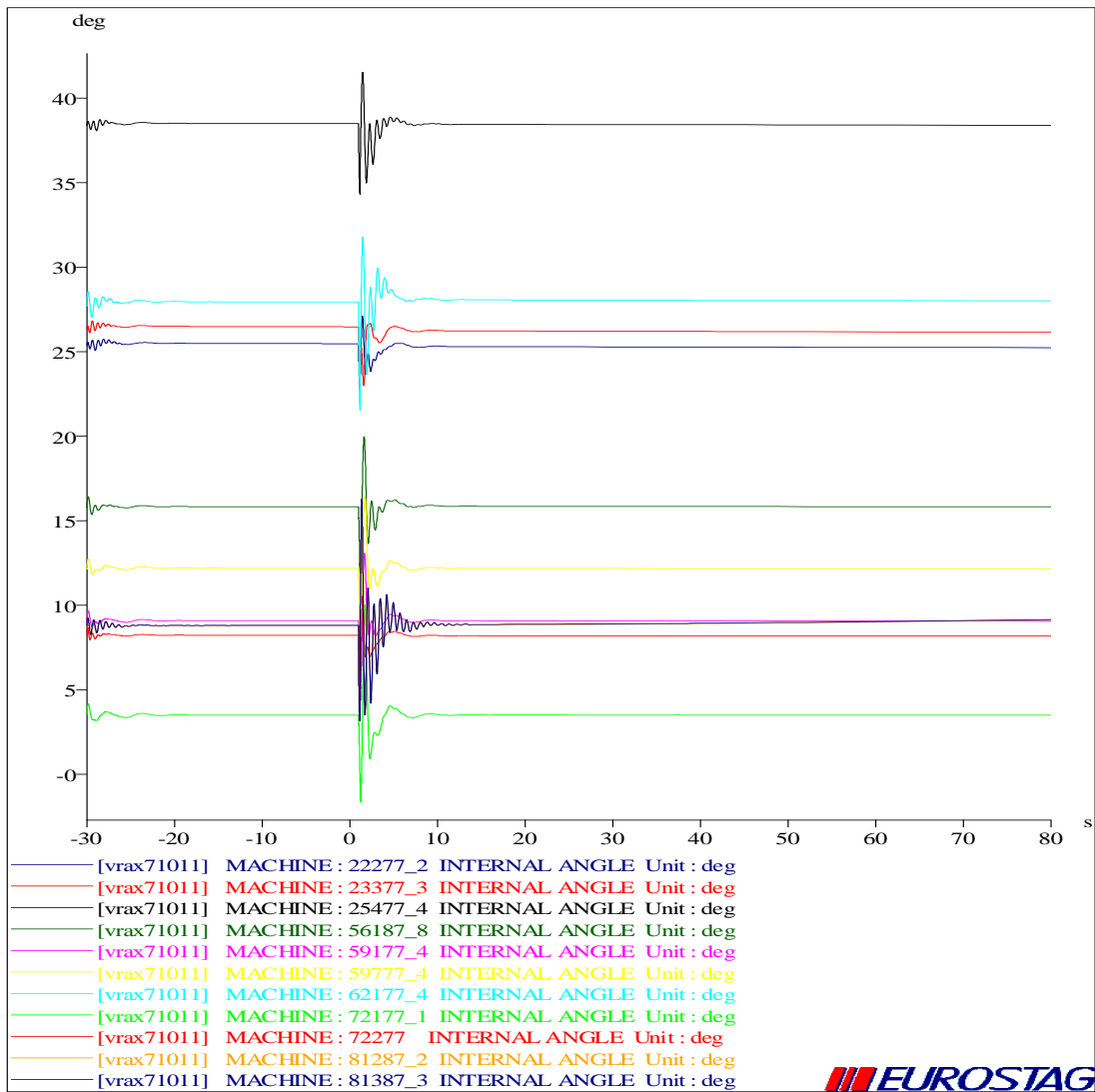


Διάγραμμα 6.5.1.48 Τάση σε μερικούς ζυγούς του συστήματος μεταφοράς των 400kV

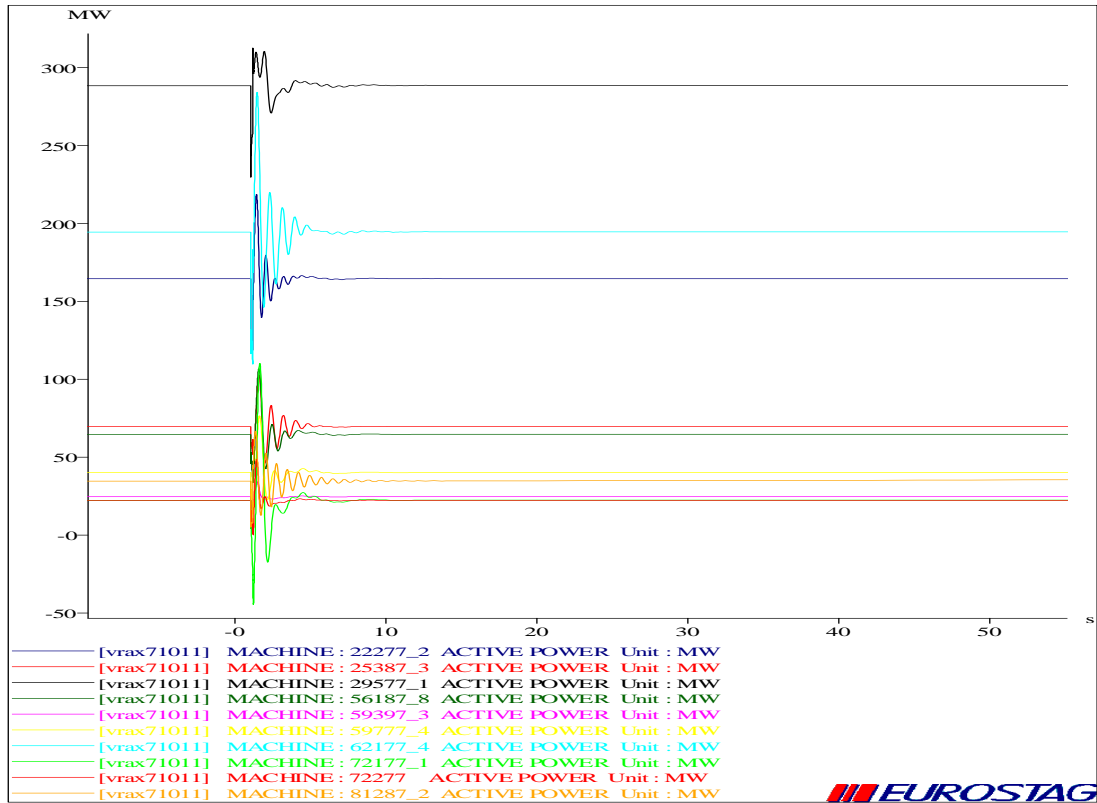


Διάγραμμα 6.5.1.49 Τάση στο ζυγό 40011

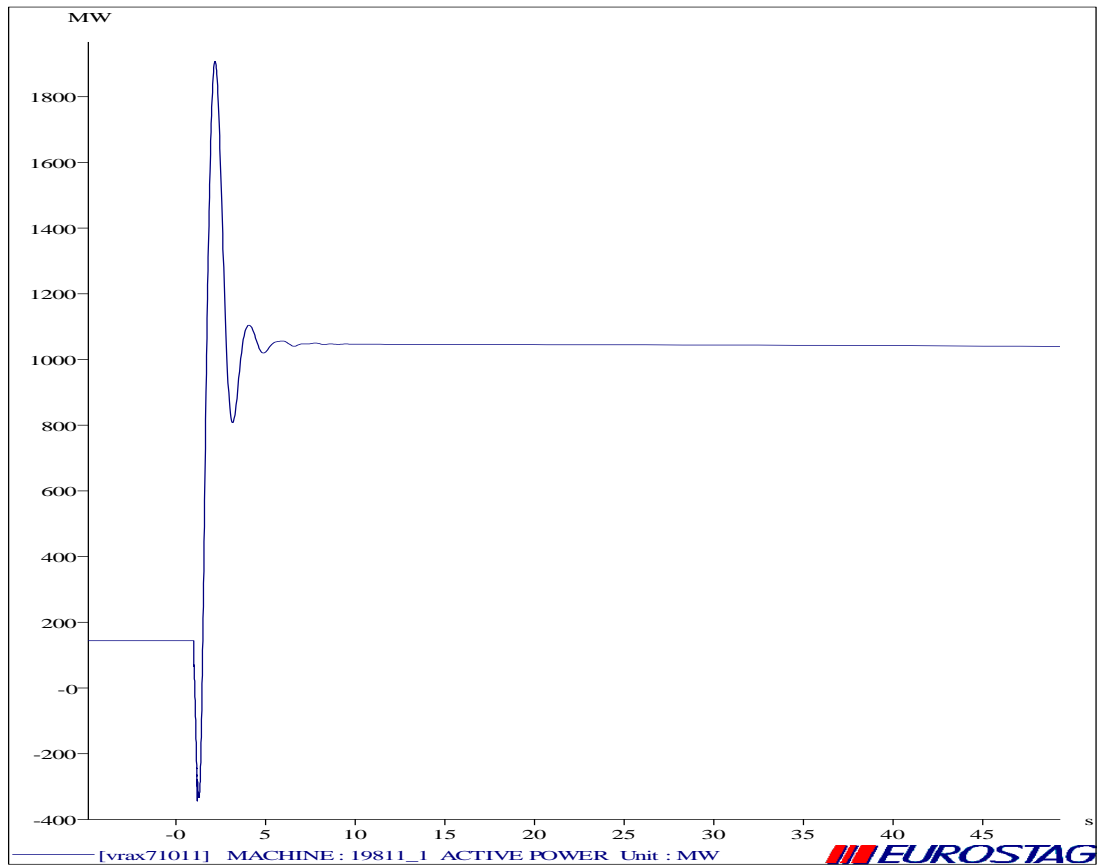
ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ 9 (ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑ ΣΤΟ ΖΥΓΟ 71011)



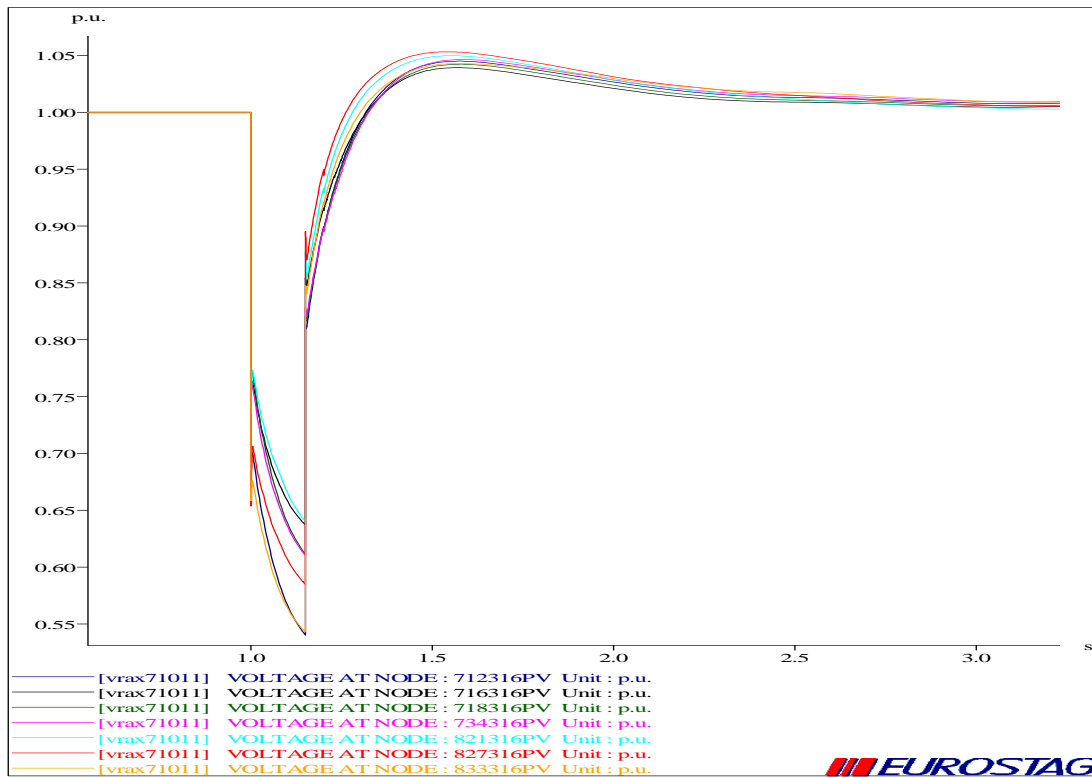
Διάγραμμα 6.5.1.50 Γωνίες ροπής διαφόρων γεννητριών



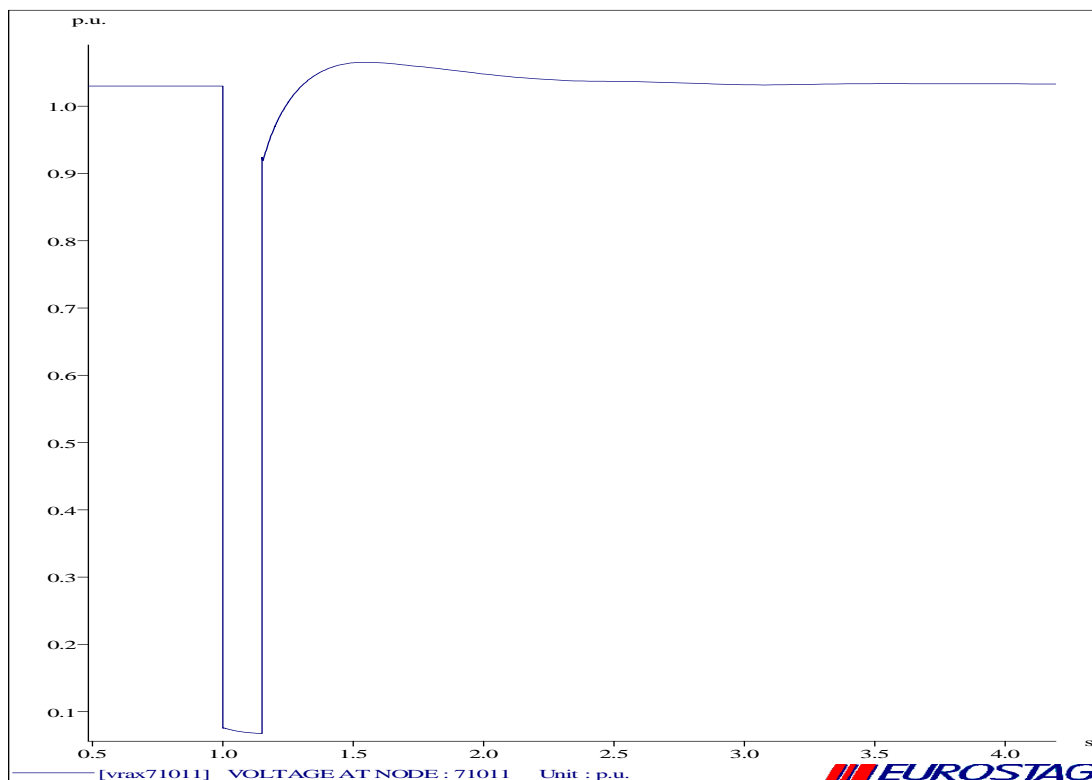
Διάγραμμα 6.5.1.51 Ενεργός ισχύς διαφόρων γεννητριών



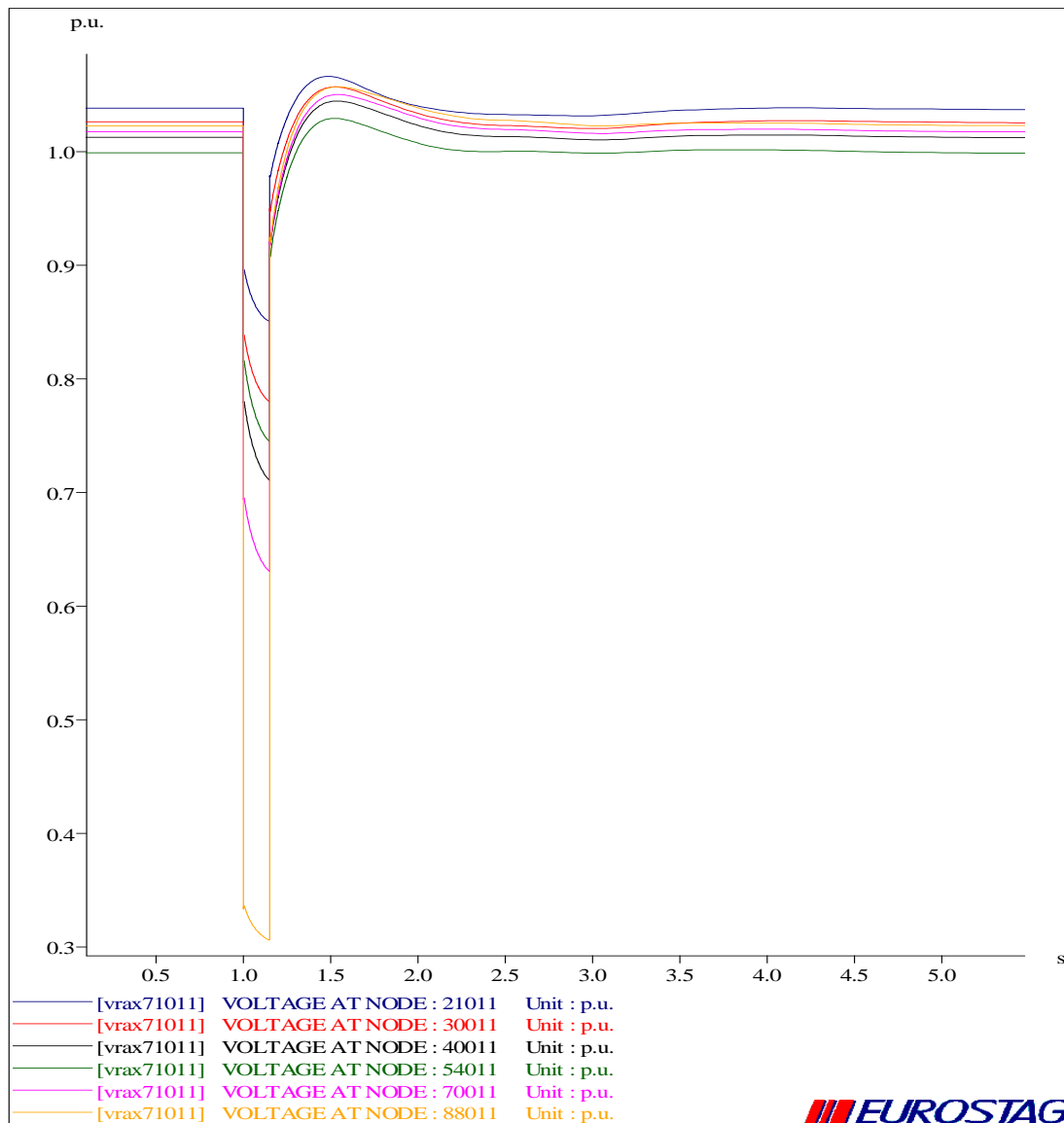
Διάγραμμα 6.5.1.52 Ενεργός ισχύς της διασύνδεσης Ελλάδα-Dubrovno



Διάγραμμα 6.5.1.53 Τάση σε μερικούς ζυγούς φωτοβολταϊκών μονάδων



Διάγραμμα 6.5.1.54 Τάση στο ζυγό 71011



Διάγραμμα 6.5.1.55 Τάση σε μερικούς ζυγούς στο σύστημα μεταφοράς των 400kV

LEUKADA1	827316PW	19,04	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANTIRRIO	833316PW	12,27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AIT_4	829316PW	18,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ALEXANDR	106316PV	0,48	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KECHROS	107316PV	10,04	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
N, SANTA	107356PV	34,12	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KERVEROS	112316PV	5,01	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
	112326PV	9,67	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
PATRIAR	113316PV	6,47	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
SIDHR/RO	129316PV	3,05	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
DRA_1	132316PV	3,18	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS	142316PV	1,61	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
AXIOUPOL	143316PV	1,65	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
MAGIKO	157316PV	1,53	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
NEVROKOP	192316PV	1,93	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
KILKIS_2	142416PV	6,42	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
XAN8H_1	113366PV	4,82	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ANEMOS	217316PV	95,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
KOZANH_2	270416PV	125,57	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STULIDA	328316PV	66,59	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
MAG2	329316PV	129,25	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓
KALAMPAK	353316PV	15,28	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
POLYPOTA	427316PV	1,51	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
HLIOLOUS	432316PV	2,06	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
LEIBADI	455316PV	5,23	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
ARGUROS	429316PV	4,88	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
POLYPOTA	427306PV	3,57	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
KARUSTOS	439316PV	6,24	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
MURTIA_R	431316PV	7,4	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWTIA1	401316PV	3,21	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
LARUMNA	402316PV	5,61	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
PTWON_WF	404316PV	5,28	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
KORWNEIA	405316PV	6,04	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWTIA2	410316PV	4,53	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
GATZA_WF	412316PV	5,5	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWTIA3	418316PV	3,74	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOIWTIA4	420316PV	3,51	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
YACNA	422316PV	1,93	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA1	433316PV	5,54	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA2	434316PV	6,71	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA3	436316PV	15,98	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA4	437316PV	1,69	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA5	438316PV	6,9	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA6	441316PV	2,29	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA7	447316PV	9,78	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓
EYBOIA09	451316PV	5,09	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
AMARYNT	452316PV	2,72	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
BOI_F8WIT	479366PV	3,77	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
XLWMO_2	488316PV	5,56	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
XLWMO_1	489316PV	5,56	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓

	502316PV	7,51	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	✓
ΑΤΤΙΚΑ1	546316PV	13,92	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
ΜΑΡΚΟΠΟΥ	547316PV	5,69	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
ΜΕΓΑΡΑ	573316PV	9,38	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
WF_AG,GE	596316PV	27,24	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
KORIN_1	606326PV	11,19	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
ARGOL_4	603316PV	6,93	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
ΜΑΓΑΝΑ	605316PV	11,87	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
TROIZHNA	606416PV	15,07	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	✓
DORIZA_2	611326PV	15,82	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
DORIZA_1	611316PV	21,96	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
AXLADC_2	613316PV	4,37	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x	x
ΜΟΛΑΟΙ	616316PV	22,68	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
AXLADOC_1	630316PV	11,3	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	✓
DIDYMA	631316PV	13,56	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
ARGOL_3	632316PV	18,83	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
PANAXAIK	633316PV	18,27	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
AHAIA_2	634316PV	8,32	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
LAKWNIA2	635316PV	7,46	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
LAKWNIA1	636316PV	13,18	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
ARKADIA1	637316PV	10,74	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	✓
AHAIA_3	638316PV	14,92	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
PULOS	655316PV	22,9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
MESSIN_1	659316PV	8,48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	✓
BOIWΤΙΑ6	750216PV	20,55	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
DISTOMO	750316PV	13,85	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
AIT_1	712316PV	9,38	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	x
AIT_2	713316PV	11,91	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
FOKIDA_1	715316PV	12,51	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	x
AIT_3	716316PV	8,04	✓	✓	x	x	✓	x	x	x	x
FOKIDA_2	717316PV	8,94	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	x	x
FOKIDA_3	718316PV	9,93	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
EURYTAN1	726316PV	54,51	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
HY_KARP	734316PV	9,98	✓	✓	x	x	✓	✓	✓	x	x
DAFNOZ_WF	820416PV	3,65	✓	✓	x	✓	✓	x	x	x	x
ARGOSTOL	821316PV	2,5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
KEF_2	824316PV	9,17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
KEF_1	825316PV	7,35	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
LEUKADA1	827316PV	9,58	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
ANTIRRIO	833316PV	6,18	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
AIT_4	829316PV	9,32	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	x	x
	ΑΠΩΛΕΙΑ ΙΣΧΥΟΣ (MW)		183,2	507,9	879,4	666,9	175,3	520,8	650,1	1125,8	398,3

Πίνακας 6.5.1.1 Μονάδες ΑΠΕ που παραμένουν ή βγαίνουν εκτός στο σενάριο 4

6.5.2 Συμπεράσματα : Μέσο φορτίο – Μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ

Σ' αυτό το σενάριο έχουμε αρκετά μεγάλη διείσδυση που αγγίζει μέχρι και το 65,08% ως ποσοστό κάλυψης του φορτίου. Επειδή το σύστημα μας είναι στο μέσο φορτίο δεν έχουμε τόσες πολλές ενταγμένες συμβατικές γεννήτριες έτσι εμφανίζονται χαμηλότερες τάσεις από ότι στο υψηλό φορτίο, κάτι που οδηγεί σε περισσότερα φωτοβολταϊκά να βγουν εκτός άρα και σε μεγαλύτερη απώλεια ισχύος. Στην ουσία έχουμε και την υψηλότερη διείσδυση ως προς το φορτίο αλλά και μέσο φορτίο. Έτσι οι ενταγμένες γεννήτριες είναι λίγες εφόσον αναλαμβάνουν και μικρή ισχύ. Το σύστημα μας έχει πολύ μεγάλη παραγωγή και από Φωτοβολταϊκά κοντά στα 1192 MW, έτσι ένα μεγάλο ποσοστό των Φωτοβολταϊκών του Συστήματος μας βγαίνει εκτός με τις περισσότερες διαταραχές.

Η διασύνδεση είναι στα όρια της λόγω της πολύ αυξημένης απώλειας ισχύος που καλείται να καλύψει και συγκεκριμένα στην διαταραχή 8 με βραχυκύκλωμα στο ζυγό 40011, όπου η απώλεια ισχύος φτάνει τα 1125,8 MW τιμή η οποία είναι μεγαλύτερη για το σύστημα.

Οι ισχύεις των γεννητριών του συστήματος μας εκτελούν και πάλι ταλαντώσεις όπως και οι γωνίες τους δ μέχρι να αποκατασταθούν καινούρια σημεία ισορροπίας.

Επίσης βλέπουμε ότι στο παρών σενάριο όπου είχαμε τη μεγαλύτερη διείσδυση ΑΠΕ αναλογικά με το φορτίο είχαμε και την μεγαλύτερη απώλεια ισχύος. Έτσι για τέτοια μεγάλα ποσοστά διείσδυσης κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει σίγουρα κάποια εφεδρεία στο σύστημα μας η οποία να μπορεί να καλύψει μια τέτοια μεγάλη απώλεια ισχύος όπως είναι τα 1125,8 MW για παράδειγμα εφόσον η διασύνδεση μπορεί να αδυνατεί να την καλύψει και έτσι το σύστημα μας να οδηγηθεί σε σβέση.

Καταλήγουμε δηλαδή στο συμπέρασμα ότι η αυξημένη διείσδυση ΑΠΕ εγκυμονεί κινδύνους για το σύστημα μας και πρέπει πρώτα να ληφθούν μέτρα για ύπαρξη εφεδρείας έτσι ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει το σύστημα μας σε τέτοιες κρίσιμες καταστάσεις όπως η προαναφερθείσα περίπτωση.

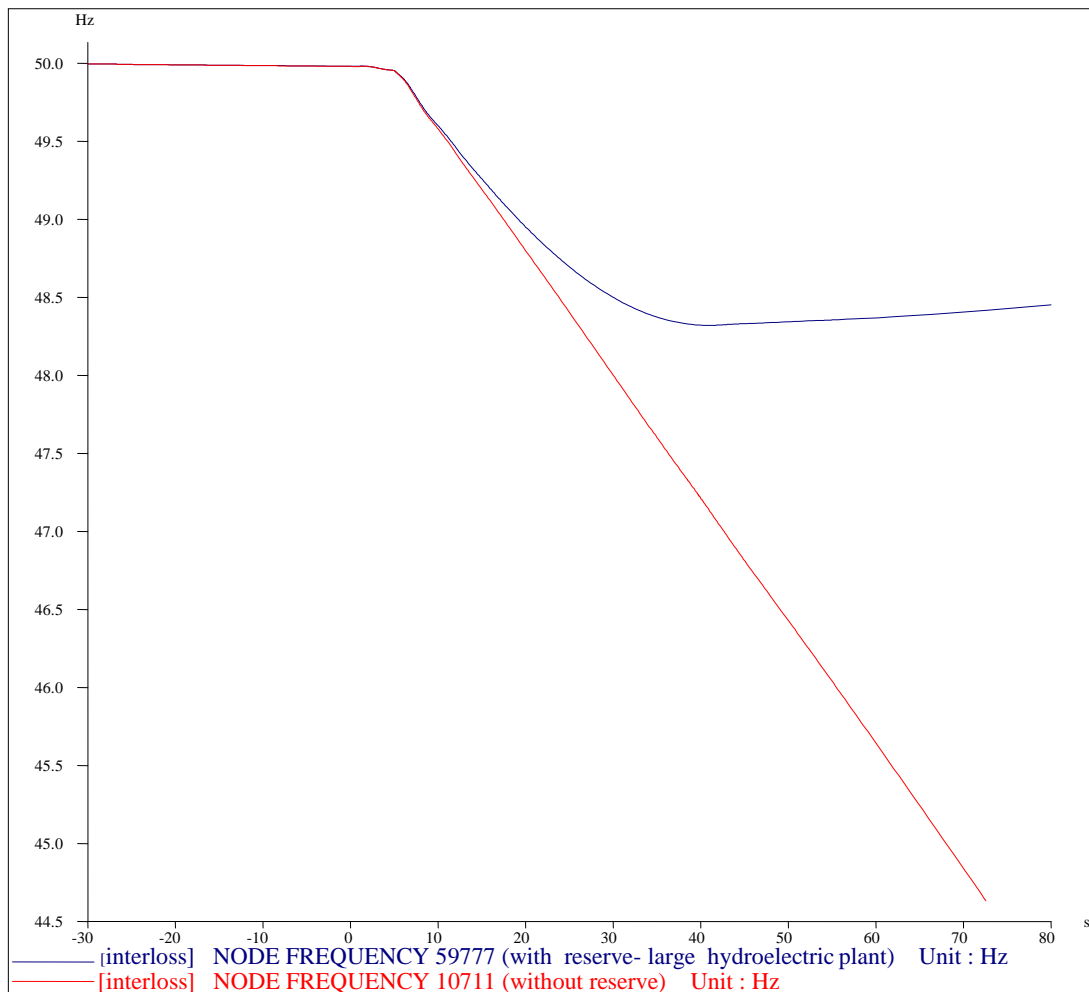
6.6 ΣΕΝΑΡΙΟ ΑΠΟΚΟΠΗΣ ΤΗΣ ΜΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΖΥΓΟ 19811 (DUBROVO)

Σ' αυτό το σενάριο εξετάζουμε την επίπτωση που θα είχε στο Ελληνικό σύστημα η αποκοπή της μίας γραμμής της διασύνδεσης μας με το Dubrono (ζυγός 19811) λόγω του ότι δεν μπορεί να δώσει το ποσό των MW που χάνουμε από μονάδες ΑΠΕ που βγαίνουν εκτός. Συγκεκριμένα από τους πιο πάνω πίνακες βλέπουμε ότι τη μέγιστη απώλεια ισχύος την έχουμε για το Σενάριο 4 – μέσο φορτίο με μεγάλη διείσδυση και τη διαταραχή 8 (βραχυκύκλωμα στο ζυγό 40011 του Συστήματος Μεταφοράς) και είναι ίση με 1125,8 MW. Υποθέτοντας ότι η διασύνδεση μπορεί να μας δώσει μέχρι 1000MW μερικά δευτερόλεπτα μετά το σφάλμα ο διακόπτης της γραμμής 19811-15011-1 ανοίγει και το Σύστημα μας έχει χάσει μια σημαντική γραμμή της διασύνδεσης. Έτσι έχουμε μείωση της συχνότητας του συστήματος μας μέχρι και τα 44,5 Hz εφόσον το φορτίο υπερβαίνει την παραγωγή του Συστήματος μας και εν συνεχεία ολική κατάρρευση του συστήματος μας εφόσον οι γεννήτριες μας σιγά σιγά θα βγαίνουν εκτός από τις προστασίες τους για υποσυχνότητα. Καταλήγουμε στο συμπέρασμα δηλαδή ότι πρέπει να είμαστε προσεκτικοί με τόση μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ γιατί μια τέτοια απώλεια ισχύος θα ήταν κρίσιμη για την ασφάλεια του ελληνικού συστήματος.

Στη περίπτωση όμως που έχουμε μια μεγάλη εφεδρεία, ένα υδροηλεκτρικό για παράδειγμα μπορούμε να αποφύγουμε μια τέτοια κατάρρευση του συστήματος μας εφόσον το υδροηλεκτρικό θα καλύψει την απώλεια ισχύος γρήγορα και η συχνότητα του συστήματος μας θα επανέλθει. Η συχνότητα θα περιοριστεί στα 48,5 Hz και όχι στα 44,5 Hz.

Παρακάτω, στο διάγραμμα 6.6, βλέπουμε την συχνότητα στο ζυγό του Λαυρίου (59777) μετά από κάποια δευτερόλεπτα καθώς και τη συχνότητα στο ζυγό της Ν.Σάντας (10711). Με κόκκινη γραμμή φαίνεται το αποτέλεσμα της απώλειας της μιας γραμμής με το Dubrono χωρίς κάποια εφεδρεία και με μπλε γραμμή το ίδιο σενάριο έχοντας για εφεδρεία ένα υδροηλεκτρικό πάρκο.

Καταλήγουμε δηλαδή ότι σε μεγάλα διασυνδεδεμένα συστήματα όπως είναι και το Ελληνικό, με μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ, η εφεδρεία είναι πολύ σημαντική για την ασφάλεια του συστήματος μας σε περιπτώσεις μεγάλης απώλεια ισχύος την οποία ίσως να μην μπορεί να καλύψει η διασύνδεση.



Διάγραμμα 6.6.1 Συχνότητα για αποκοπή της διασύνδεσης με και χωρίς εφεδρεία

6.7 Επίδραση της ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας υπό χαμηλή τάση (*Low Voltage Ride Through Capability*) των Α/Γ με ασύγχρονες γεννήτριες διπλής τροφοδότησης στο Σύστημα μας

6.7.1 Πλεονεκτήματα λόγω LVRT

Στο παρελθόν οι ανεμογεννήτριες αντιμετωπιζόνταν σαν διεσπαρμένη παραγωγή και έτσι αποσυνδέονταν για τάση κάτω από 80% της ονομαστικής τάσης το οποίο αναμφισβήτητα οδηγούσε σε μεγάλη απώλεια παραγωγής. Σήμερα λόγω της αυξημένης χρήσης τους και του μεγάλου μεγέθους τους (μερικά MW) τέτοιες απώλειες θα μπορούσαν να οδηγήσουν το σύστημα σε μεταβατική αστάθεια , σε τοπικά αλλά και σε «blackouts» σε μεγαλύτερες περιοχές του δικτύου. Έτσι σήμερα οι Α/Γ πρέπει να συμπεριφέρονται σαν συμβατικές μονάδες παραγωγή και βάσει αυτού οι καινούριοι κανονισμοί επιβάλλουν στις Ανεμογεννήτριες των καινούριων Αιολικών πάρκων να έχουν :

1. *Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας υπο χαμηλή τάση (LVRT capability)*
2. *Ικανότητα να στηρίζουν την τάση κατά και μετά το σφάλμα*

Η ικανότητα για αδιάλειπτη λειτουργία υπό χαμηλή τάση(LVRT) είναι ιδιαίτερα σημαντική στην διατήρηση της ευστάθειας τάσης στο σύστημα μας ειδικά όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση αιολικής παραγωγής τοπικά. Όταν για παράδειγμα μια διαταραχή του συστήματος μας οδηγεί στη διακοπή λειτουργίας πολλών Ανεμογεννητριών , η ευστάθεια του συστήματος μας διακυβεύεται λόγω του ότι η απώλεια παραγωγής θα δυσχέραινε περαιτέρω τις συνέπειες μιας τέτοιας διαταραχής.

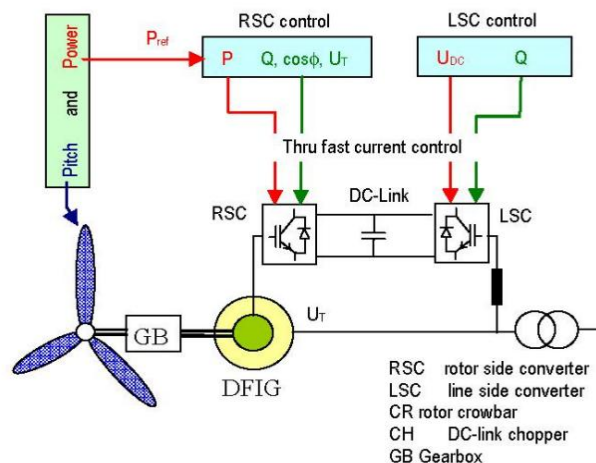
6.7.2 Μοντελοποίηση στο Eurostag

Στο Eurostag μοντελοποιήσαμε το LVRT με προστασίες οι οποίες αποσυνδέουν την Ανεμογεννήτρια για τάση $<0,4$ α.μ και $>1,2$ α.μ για χρόνο 150ms και 50ms αντίστοιχα.

6.7.3 Ανάλυση Δυναμικής συμπεριφοράς Ασύγχρονων γεννητριών διπλής τροφοδότησης με LVRT στα σφάλματα του δικτύου

Ο έλεγχος μιας Ανεμογεννήτριας Διπλής τροφοδότησης συμπεριλαμβάνει τα εξής:

- I. Έλεγχο της ταχύτητας της ανεμογεννήτριας με έλεγχο της ισχύος αναφοράς που παρέχεται στον μετατροπέα καθώς και με τη γωνία βήματος πτερυγίου (pitch angle)
- II. Έλεγχος του μετατροπέα πλευράς δρομέα (Rotor Side Converter) ο οποίος ελέγχει την ενεργό και άεργο ισχύ του στάτη της μηχανής.
- III. Έλεγχος του μετατροπέα πλευράς δικτύου (Line Side Converter) ο οποίος κρατά την DC-τάση μεταξύ των μετατροπέων σταθερή και έχει την ικανότητα να δίνει άεργο ισχύ στο δίκτυο.



Σχήμα 6.7.3.1 - Έλεγχος μιας Ανεμογεννήτριας (DFIG)

Ο έλεγχος της ενεργού και άεργου ισχύος της Α/Γ επιτυγχάνεται με δυναμικό έλεγχο του μέτρου και της φάσης της ΗΕΔ που τροφοδοτείται στο δρομέα.

6.7.4 Δυναμική συμπεριφορά DFIG χωρίς LVRT

Όταν συμβεί ένα βραχυκύκλωμα ο στάτης διαρρέεται από μεγάλα ρεύματα με DC – συνιστώσες τα οποία μεταφράζονται σε AC ρεύματα στην πλευρά του δρομέα, αυξάνοντας έτσι και τα ρεύματα του δρομέα 2-3 φορές πάνω από τα ονομαστικά το οποίο δεν είναι επιτρεπτό φυσικά. Έτσι υψηλά ρεύματα στο δρομέα οδηγούν σε αύξηση της DC-τάσης μεταξύ των μετατροπέων εφόσον ο πυκνωτής δεν μπορεί να μειώσει αισθητά το φαινόμενο. Η DC- τάση αυξάνεται και αυτή 2-3 φορές πάνω από την ονομαστική το οποίο είναι πολύ πάνω από τις προδιαγραφές του πυκνωτή.

Βάσει του ελέγχου ο LSC μετατροπέας προσπαθεί να σταθεροποιήσει την DC –τάση και έτσι έχουμε αύξηση του ρεύματος του μετατροπέα αυτού κατά 50% πάνω από το ονομαστικό , το οποίο οδηγεί σε υπερφόρτωση του LSC μετατροπέα. Η DC- τάση θα φτάσει τις πιο πάνω τιμές όμως.

Μετά την εκκαθάριση του σφάλματος η ανεμογεννήτρια θα δεχθεί μια ταλαντευόμενη ροπή η οποία θα προκαλέσει μεγάλες τάσεις στον άξονα της ανεμογεννήτριας. Έτσι , το όλο σύστημα της Α/Γ μαζί με τους μετατροπείς θα εκτεθεί σε μεγάλο κίνδυνο.

6.7.5 Δυναμική συμπεριφορά DFIG με LVRT

Για λειτουργία υπό χαμηλή τάση χρειάζονται δύο κυκλώματα προστασίας: ένας dc-μετατροπέας (dc chopper) ένα κύκλωμα AC-crowbar. Ο dc-μετατροπέας δεν είναι αναγκαίος για την λειτουργία υπό χαμηλή τάση αλλά αυξάνει το εύρος κανονικής λειτουργίας της DFIG εξομαλύνοντας την DC-τάση μεταξύ των μετατροπέων κατά τη διάρκεια μεγάλων ανισοροπιών μεταξύ της ενεργού ισχύος των δύο μετατροπέων RSC-LSC.

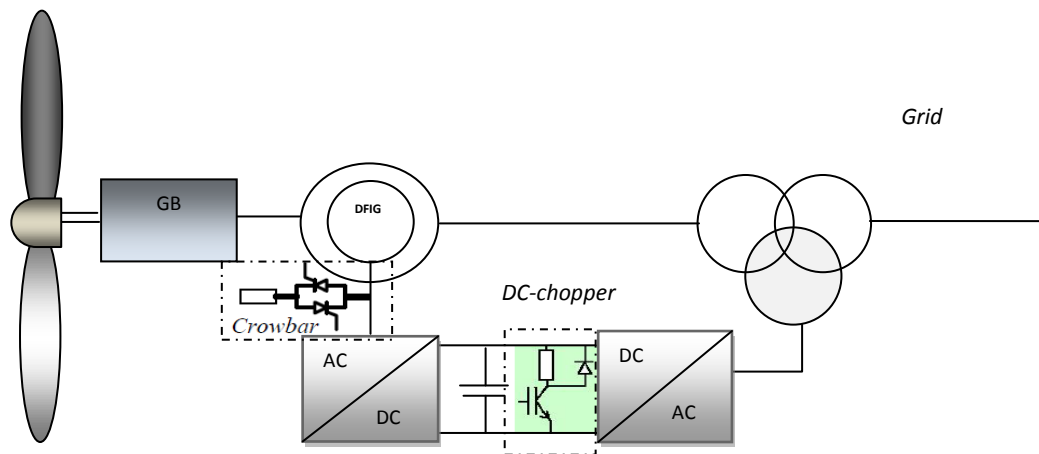
Κατά τη διάρκεια μεγάλων βυθίσεων τάσης στο δίκτυο το κύκλωμα crowbar βραχυκυκλώνει το κύκλωμα του δρομέα για να προστατεύσει το μετατροπέα.

Έτσι συμπεριφέρεται σαν ασύγχρονη μηχανή βραχυκυκλωμένου δρομέα και η DFIG δεν ελέγχεται πλέον από τον RSC μετατροπέα.

Το κύκλωμα-crowbar ενεργοποιείται από την αυξημένη DC-τάση(λόγω πρώτης κορυφής του ρεύματος δρομέα) . Τα IGBT's σταματούν να άγουν και άγουν τα IGBT's της διάταξης βραχυκύκλωσης (crowbar) .Ισχύς ρέει ακόμα μέσω των διόδων προς την DC-τάση και οδηγεί σε αύξηση της τάσης DC. Έτσι όταν ενεργοποιηθεί η διάταξη βραχυκύκλωσης το κύκλωμα του δρομέα απομονώνεται από το μετατροπέα RSC. Μετά από περίπου 60-120ms όπου οι ροές του μεταβατικού φαινομένου έχουν εξαιρεθεί ο μετατροπέας επανασυγχρονίζεται και το σύστημα επανέρχεται σε κανονική λειτουργία .

Την στιγμή που ο μετατροπέας RSC επανασυγχρονίζεται η DFIG μπορεί να παρέχει άεργο ισχύ και έτσι να στηρίζει την τάση.

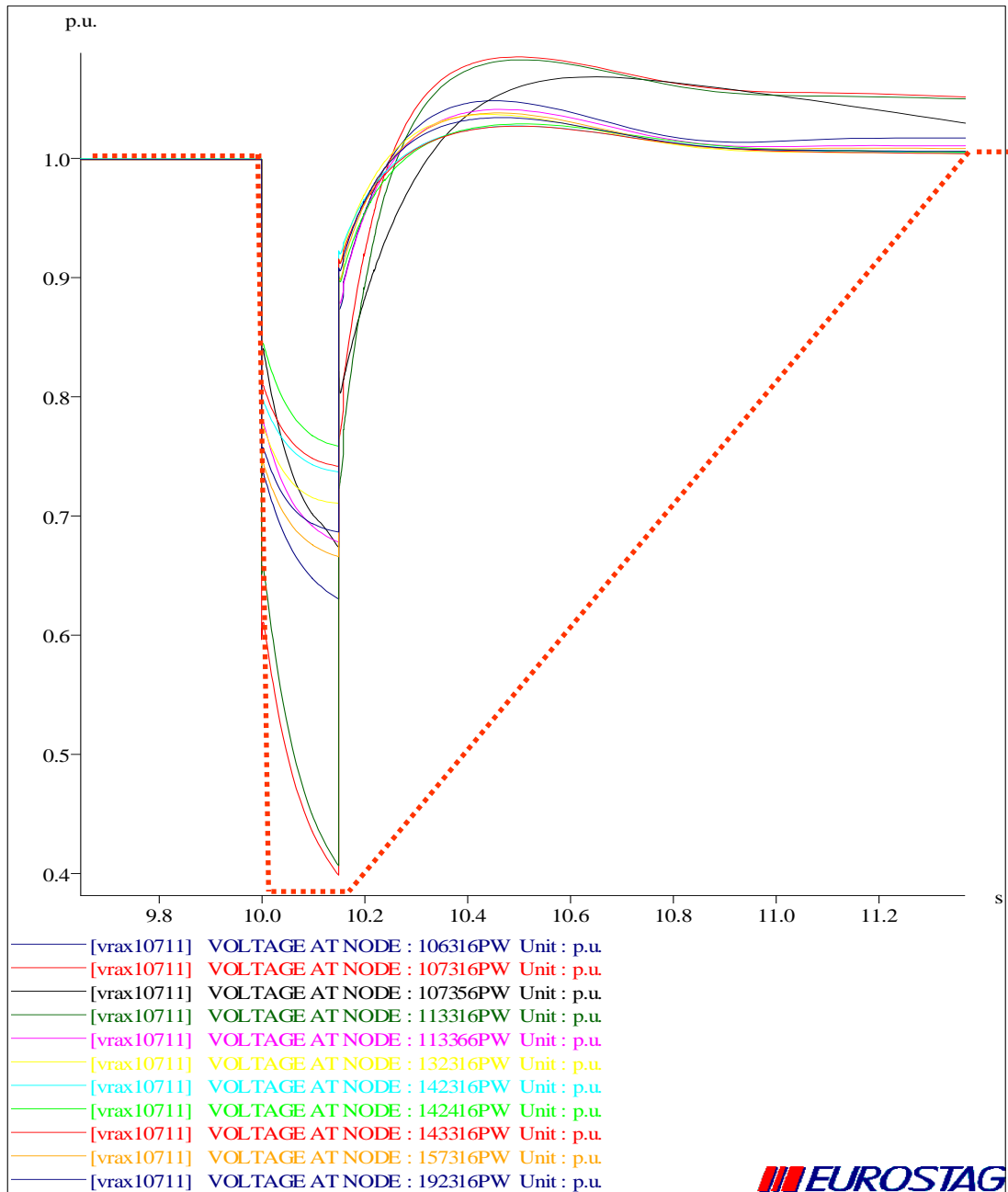
Επίσης χρειάζεται και αεροδυναμικός έλεγχος της Α/Γ για να προσαρμοστεί στην μειωμένη ισχύ που ζητείται από το δίκτυο λόγω της μειωμένης τάσης αλλά και του περιορισμού του ρεύματος.



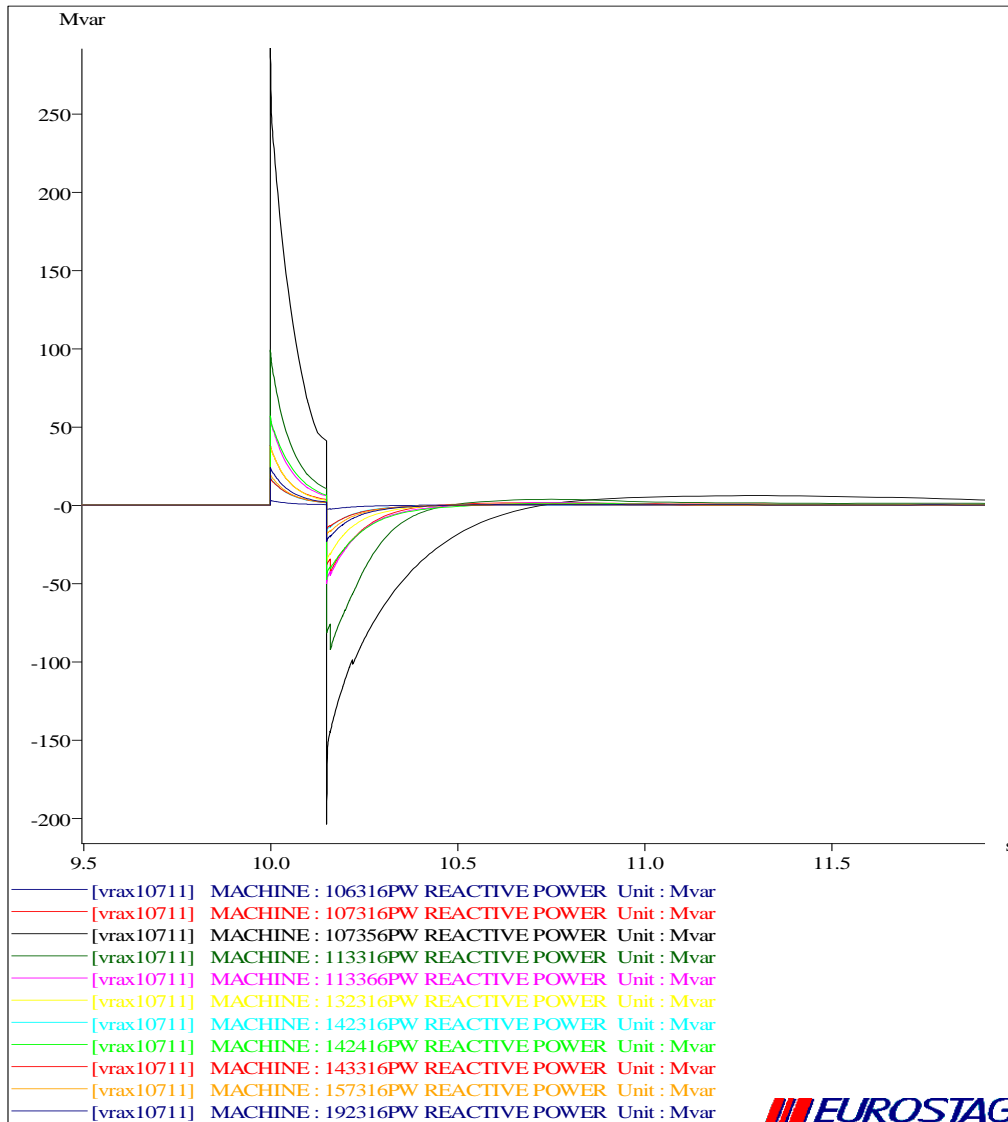
Σχήμα 6.7.5.1 - Τοπολογία ανεμογεννήτριας DFIG για προστασία LVRT

6.7.6 Αποτελέσματα από το Ελληνικό διασυνδεδεμένο Δίκτυο

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις τάσεις των ανεμογεννητριών DFIG της περιοχής 1 (Ανατολική Μακεδονία) και την άεργο ισχύ που παρήγαγαν για ένα συμμετρικό τριφασικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 10711(KYT Ν.Σάντα) του Ελληνικού συστήματος μεταφοράς. Οι ανεμογεννήτριες αυτές υπέστησαν την μεγαλύτερη βύθιση τάσης εφόσον είναι οι κοντινότερες στην περιοχή του βραχυκυκλώματος. Στο διάγραμμα επίσης διαφαίνεται μια τυπική καμπύλη LVRT.



Διάγραμμα 6.7.6.1 Τάση στους ζυγούς διαφόρων Α/Γ για βραχυκύκλωμα στο ζυγό 10711



Διάγραμμα 6.7.6.2 Άεργος ισχύς διαφόρων ανεμογεννητριών

6.7.7 Συμπεράσματα:

Αρχικά βλέπουμε ότι λόγω της ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας των DFIG παραμένουν εντός λειτουργίας ακόμα και σε βυθίσεις τάσεις που αγγίζουν το 0,4 α.μ. Παρατηρούμε ότι αν ακόμη και οι περισσότερες ανεμογεννήτριες που βρίσκονται κοντά στο σφάλμα μπορούν να ανταπεξέλθουν στην βύθιση τάσης τότε και οι ανεμογεννήτριες των άλλων περιοχών θα παραμείνουν εντός εφόσον η βύθιση τάσης θα είναι μικρότερη. Στο παρών σενάριο έχουμε μέγιστο φορτίο 12261 MW στο Ελληνικό μας σύστημα με μεγάλη διείσδυση από ΑΠΕ 5039,6 MW δηλαδή διείσδυση 41,1%. Η απώλεια ισχύος από μονάδες ΑΠΕ είναι 146,6 MW πολύ χαμηλή δηλαδή και οφείλεται στα φωτοβολταϊκά τα οποία βγήκαν εκτός λόγω των προστασιών τους. Έτσι σε μια κρίσιμη στιγμή για το σύστημα μας σαν αυτή με

Μέγιστο Φορτίο , βλέπουμε πόσο σημαντικό είναι οι Α/Γ μας να έχουν αυτήν την ικανότητα, με την οποία περιορίζεται κατά πολύ η μεγάλη απώλεια ισχύος καθώς και ταυτόχρονα οι ανεμογεννήτριες δίνουν άεργο ισχύ στο σύστημα μας βοηθώντας έτσι και στην στήριξη της τάσης του συστήματος μας. Στο συγκεκριμένο σενάριο με τη παρούσα διαταραχή καμία ανεμογεννήτρια με DFIG (και LVRT) δεν βγήκε εκτός. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και η αξιοπιστία των Αιολικών Μονάδων αυξάνεται κατά πολύ με αυτή την ικανότητα, και έτσι μια μεγάλη διείσδυση σαν και αυτή να μπορεί να είναι εφικτή στο μέλλον.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα-Περαιτέρω μελέτη

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την προσομοίωση μιας τέτοιας μεγάλης διείσδυσης είναι ότι αρχικά κάποιες γραμμές του συστήματος μας πρέπει να ενισχυθούν, εφόσον υπερφορτίζονται πάνω από το όριο τους, ή να δημιουργηθούν νέες γραμμές στο Σύστημα μεταφοράς των 400 kV και των 150kV. Έτσι θα μπορέσει το σύστημα να ανταπεξέλθει, σε τέτοια μεγάλη ροή ισχυος στις γραμμές λόγω της μεγάλης διείσδυσης ΑΠΕ χωρίς προβλήματα υπερφόρτισης των γραμμών. Επίσης αρκετοί ζυγοί του συστήματος μεταφοράς των 150kV κυρίως εμφανίζουν σοβαρές υπερτάσεις για πολλές ώρες το χρόνο. Αυτό το πρόβλημα πρέπει να αντιμετωπιστεί με αντιστάθμιση, επαγωγική στους συγκεκριμένους ζυγούς του συστήματος μεταφοράς και στους ζυγούς ΑΠΕ. Η μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ χρειάζεται αναμφισβήτητα επαγωγική αντιστάθμιση.

Ακόμα λόγω της μεγάλης παραγωγής απο Φωτοβολταικά σε μια τέτοια διείσδυση κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει κάποια εφεδρεία στο σύστημα λόγω της μεγάλης απώλειας ισχύος που δημιουργείται όταν βγαίνουν εκτός τα φωτοβολταικά απο τις προστασίες τους. Έτσι κάποια εφεδρεία όπως για παράδειγμα ένα υδροηλεκτρικό πάρκο θα μπορούσε να καλύψει τις μεγάλες απώλειες ισχύος στο σύστημα μας λόγω ΑΠΕ και έτσι να αποτρέψει μια πιθανή μείωση της συχνότητας του συστήματος, και πιθανή κατάρρευση του συστήματος. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσε το Ελληνικό σύστημα να έχει μεγάλα επίπεδα διείσδυσης ΑΠΕ και ταυτόχρονα να διατηρεί την ασφάλεια του.

Επίσης ένα θέμα για περαιτέρω μελέτη στο μέλλον με αναμφισβήτητο ενδιαφέρον είναι η σύνδεση αιολικών θαλάσσιων πάρκων με HVDC διασύνδεση στη στεριά καθώς και η HVDC διασύνδεση των νησιών της Ελλάδας. Κάτι τέτοιο θα πρόσφερε αρκετά πλεονεκτήματα στο ελληνικό σύστημα, λόγω των μειωμένων απωλειών που θα είχε η μεταφορά ισχύος σε τόσο μεγάλες αποστάσεις χωρίς την ανάγκη αντιστάθμισης. Ακόμα μεγάλη ποσότητα ισχύος θα μπορούσε να μεταφερθεί χωρίς τα παραπάνω προβλήματα από τη θάλασσα στη στεριά εφόσον το αιολικό δυναμικό στη Θάλασσα είναι πιο σταθερό καθώς δεν έχει εμπόδια.

Έτσι στο μέλλον το ελληνικό σύστημα θα μπορούσε να εξετάσει αυτή τη λύση για σύνδεση αιολικών πάρκων στη Θάλασσα, καθώς και των νησιών .

Επομένως οι πιο πάνω επισημάνσεις πρέπει να ληφθούν υπόψη και να εξεταστεί η πρόταση της HVDC διασύνδεσης, αν και εφόσον θα πρέπει η Ελλάδα να φιλοξενήσει μια τέτοια μεγάλη διείσδυση ΑΠΕ στο μέλλον όπως αυτή που αναμένεται σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για το 2020 με ασφάλεια.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι γραμμές με τα MVA τους καθώς και τα μέγιστα και ελάχιστα MVA κάθε γραμμής, μαζί με τις ώρες που τα MVA κάθε γραμμής υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα όρια.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

ΓΡΑΜΜΕΣ	S_{max} (MVA)	S_{min} (MVA)	S_{mean} (MVA)	$S_{\thetaερμικό\ όριο}$ (MVA)	Ώρες $S > S_{\thetaερμικό\ όριο}$	Αρίθμηση
19811-15011-1	497,6	87,6	254,8	1400	0	1
10631-10131-1	52,8	0,4	15,8	202	0	179
10631-10431-1	86,9	1,3	40,7	202	0	180
10631-10531-1	50,4	3,3	19,5	202	0	181
11232-11133-1	269,5	10,9	52,6	202	0	182
11232-11134-1	235,3	1,0	28,6	202	0	183
43231-42731-1	205,6	3,3	60,9	202	0	184
45531-43931-1	75,5	0,6	22,2	202	0	185
60632-60031-1	154,6	27,1	63,7	202	0	186
60632-60231-1	92,1	0,3	26,1	202	0	187
75031-40534-1	43,3	0,7	16,1	202	0	188
75031-75024-1	86,7	17,4	40,7	202	0	189
43931-43231-1	178,7	6,2	54,3	202	0	190
43131-42731-1	223,3	2,9	67,2	202	34	191
43131-42935-1	342,2	5,5	107,4	202	574	192
14231-14131-1	27,9	0,1	10,0	138	0	193
21731-21634-1	450,6	15,8	123,0	202	594	194
32831-32131-1	137,7	0,6	37,3	202	0	195
42231-42131-1	55,5	13,9	29,7	138	0	196
43331-43032-1	144,0	14,1	62,7	202	0	197
43431-43331-1	79,2	5,7	32,5	202	0	198
43631-42732-1	253,1	12,9	103,0	202	246	199
43731-43631-1	65,9	7,6	31,6	202	0	200
43831-42730-1	113,3	7,9	46,1	202	0	201
43831-42730-2	113,3	7,9	46,1	202	0	202
44731-43831-1	66,2	4,1	26,3	202	0	203
44731-44134-1	50,4	1,0	18,4	202	0	204
45131-43032-1	59,9	6,8	27,2	202	0	205
45231-43031-1	36,5	14,9	25,5	202	0	206
45231-44135-1	63,2	9,9	31,8	202	0	207
47936-41631-1	125,0	23,5	61,2	202	0	208
48931-48831-1	65,8	0,7	24,8	202	0	209

57331-57235-1	104,4	21,9	57,3	202	0	210
57331-57236-1	112,3	25,5	70,2	202	0	211
60531-60331-1	20,6	1,3	7,8	138	0	212
60641-60031-1	150,5	9,4	52,8	202	0	213
60641-60634-1	58,9	9,1	23,3	202	0	214
61131-61031-1	154,9	29,7	67,3	202	0	215
61132-60032-1	44,1	12,9	28,1	202	0	216
61132-61031-1	88,2	29,3	55,4	202	0	217
61331-60231-1	95,9	10,1	53,4	202	0	218
61331-61031-1	83,7	21,5	51,9	202	0	219
61631-61535-1	77,6	0,2	21,2	138	0	220
63031-60231-1	111,6	6,9	59,3	202	0	221
63031-61031-1	81,0	17,4	47,2	202	0	222
63131-60131-1	78,8	1,1	21,1	202	0	223
63131-60431-1	31,0	4,7	16,5	202	0	224
63531-61631-1	25,8	2,0	11,4	202	0	225
63631-60731-1	108,1	4,3	29,0	202	0	226
63631-63531-1	35,0	0,4	9,4	202	0	227
63831-63435-1	88,2	6,2	32,5	202	0	228
65531-62731-1	93,0	2,0	28,3	138	0	229
65531-65231-1	79,8	0,7	29,9	138	0	230
65931-65531-1	50,6	2,0	16,1	202	0	231
71231-71132-1	150,7	0,4	74,0	202	0	232
71331-71231-7	91,5	2,7	42,7	202	0	233
71831-71133-1	130,4	11,7	51,0	202	0	234
71831-71735-1	98,2	8,4	41,4	202	0	235
82041-82034-1	127,6	28,0	83,5	202	0	236
82731-82634-1	99,7	4,0	23,5	138	0	237
82731-82635-1	214,5	1,5	51,0	138	169	238
83331-83131-1	72,7	0,6	21,8	202	0	239
73431-73331-1	86,0	3,3	34,4	202	0	240
14241-14231-1	76,8	4,2	25,4	202	0	241
59631-59531-1	221,5	43,6	113,9	175	76	242
27041-24033-1	132,2	30,3	53,8	202	0	243
27041-27031-1	543,8	72,3	201,0	202	968	244
11336-10931-1	51,1	6,1	22,3	202	0	245
11336-11335-1	87,1	4,3	33,0	202	0	246
13831-13431-1	24,3	1,9	9,6	202	0	247
14131-12131-1	61,9	3,1	29,2	202	0	248
14131-12735-1	51,8	1,8	21,2	138	0	249
14131-12931-1	38,3	1,6	22,4	202	0	250
17931-15436-1	22,0	10,0	15,2	138	0	251
17931-17834-1	15,5	1,6	8,0	138	0	252
18231-18134-1	114,0	2,4	29,5	202	0	253
32131-20531-1	71,8	3,9	29,6	202	0	254
32131-29436-1	38,5	1,7	11,8	202	0	255
35531-34131-1	67,2	8,8	37,5	202	0	256
35531-34431-1	64,1	30,4	47,6	202	0	257
35531-35031-1	59,6	2,0	27,6	202	0	258
58131-51132-1	66,0	29,7	41,2	202	0	259

58131-51132-2	66,0	29,7	41,2	202	0	260
62731-62636-1	45,0	17,9	28,9	138	0	261
65131-64231-1	37,2	0,4	11,5	202	0	262
65131-64231-2	37,2	0,4	11,5	202	0	263
65131-64836-1	32,1	0,2	10,0	138	0	264
68031-61031-1	67,8	0,3	29,7	138	0	265
68031-65131-1	86,8	14,3	57,5	138	0	266
73331-72635-1	123,0	2,1	46,8	202	0	267
73331-73031-1	179,1	6,6	73,1	202	0	268
82031-80031-1	54,5	10,9	34,9	202	0	269
82032-80031-1	76,5	14,2	48,4	202	0	270
84431-80031-1	138,7	4,5	95,5	202	0	271
85531-85131-1	63,4	10,8	28,8	138	0	272
85531-85431-1	79,4	0,4	50,4	202	0	273
87731-85131-1	13,1	0,0	2,6	138	0	274
10231-10131-1	61,6	2,0	18,2	202	0	275
10231-10131-2	61,6	2,0	18,2	202	0	276
10531-10131-1	56,7	0,1	15,3	202	0	277
10733-10732-1	170,5	0,9	59,1	202	0	278
10734-10732-1	301,5	25,4	86,4	202	128	279
10831-10431-1	123,4	6,2	64,0	202	0	280
10831-10631-1	55,8	4,5	20,2	202	0	281
10931-10431-1	95,1	3,8	38,6	202	0	282
10931-10431-2	95,1	3,8	38,6	202	0	283
10931-10431-3	91,2	3,6	37,0	202	0	284
10931-10733-1	169,8	1,1	58,9	202	0	285
10931-10831-1	62,6	0,1	22,5	202	0	286
11134-10731-1	235,0	1,1	28,7	202	1	287
11233-10734-1	301,4	25,9	86,4	202	127	288
11233-11231-1	301,4	25,9	86,4	202	127	289
11234-11133-1	269,8	10,4	52,4	202	9	290
11234-11231-1	269,8	10,5	52,4	202	9	291
11235-10931-1	95,5	1,9	32,6	202	0	292
11236-11235-1	89,9	0,5	29,9	202	0	293
11334-10231-1	165,9	12,1	71,0	202	0	294
11334-10731-1	110,6	12,3	41,2	202	0	295
11334-11331-1	111,9	1,3	31,6	202	0	296
11431-10931-1	114,1	0,1	48,7	202	0	297
11535-11131-1	56,9	1,3	26,2	202	0	298
11537-11535-1	56,8	1,3	26,2	202	0	299
11631-11131-1	14,4	5,3	9,1	138	0	300
11635-11536-1	87,3	0,1	29,1	202	0	301
11933-11335-1	86,4	2,6	31,0	202	0	302
11934-11431-1	63,6	7,7	28,4	202	0	303
11935-11934-1	64,0	6,9	27,8	202	0	304
11936-11131-1	83,6	14,9	41,9	138	0	305
12011-10711-1	245,8	34,0	78,2	1400	0	306
12011-10711-2	245,8	34,0	78,2	1400	0	307
12131-11131-1	94,2	15,7	46,5	202	0	308
12131-11936-1	84,5	14,1	41,7	138	0	309

12136-12131-1	52,0	0,2	14,5	202	0	310
12631-12131-1	61,4	16,4	41,0	202	0	311
12631-12131-2	61,4	16,4	41,0	202	0	312
12734-12631-1	53,0	0,4	20,4	202	0	313
12735-12734-1	53,0	0,5	20,4	202	0	314
12831-12734-1	0,0	0,0	0,0	138	0	315
13131-13031-1	10,7	0,3	3,7	202	0	316
13134-13133-1	104,2	38,8	66,4	200	0	317
13234-12131-1	139,8	1,5	46,5	202	0	318
13234-13231-1	152,6	2,2	81,9	202	0	319
13331-13131-1	33,7	11,8	21,7	138	0	320
13431-12131-1	84,7	6,0	41,8	202	0	321
13431-13031-1	46,0	13,4	27,5	202	0	322
13431-13331-1	39,9	3,8	19,8	202	0	323
13534-12131-1	82,2	0,9	37,5	138	0	324
13536-13534-1	80,8	2,7	37,0	138	0	325
13631-13431-1	50,5	14,2	29,0	202	0	326
13735-12131-1	59,9	0,2	17,4	202	0	327
13735-13731-1	59,9	0,2	17,4	202	0	328
13736-13731-1	43,1	9,2	19,4	202	0	329
13835-13331-1	30,6	16,9	22,7	202	0	330
13835-13831-1	30,6	16,9	22,7	202	0	331
13836-13831-1	102,5	41,4	68,7	202	0	332
14334-14331-1	3,9	1,4	2,5	202	0	333
14335-14231-1	46,9	11,4	26,9	138	0	334
14335-14331-1	46,9	11,4	26,9	202	0	335
14532-12135-1	42,9	7,4	19,4	202	0	336
14532-12136-1	51,9	0,5	14,4	202	0	337
14534-13134-1	104,6	38,8	66,7	202	0	338
14537-14131-1	50,0	20,7	29,9	202	0	339
14634-14535-1	94,9	35,0	61,6	202	0	340
14635-14032-1	73,4	30,7	50,0	202	0	341
14636-14032-1	82,1	34,7	56,5	202	0	342
14734-13836-1	103,0	41,4	68,9	202	0	343
14736-13131-1	76,6	31,5	51,7	202	0	344
14831-13131-1	60,6	25,6	41,9	202	0	345
15231-14031-1	99,0	39,2	66,0	200	0	346
15435-11831-1	3,9	1,4	2,5	202	0	347
15435-15334-1	72,5	18,5	28,3	138	0	348
15534-14032-1	21,9	9,8	15,0	202	0	349
15535-15531-1	70,4	18,6	28,6	202	0	350
15536-14031-1	114,1	46,6	70,8	202	0	351
15536-15531-1	114,1	46,6	70,8	202	0	352
15631-11537-1	56,6	2,0	26,8	202	0	353
15734-10931-1	79,3	0,5	32,3	202	0	354
15735-15631-1	64,5	0,3	22,2	202	0	355
16011-12011-1	263,9	2,3	90,0	1400	0	356
16011-12011-3	220,5	10,3	84,2	1400	0	357
16011-15011-1	276,4	1,6	91,1	1400	0	358
16011-15011-2	276,4	1,6	91,1	1400	0	359

16031-12135-1	42,5	6,5	18,8	202	0	360
16031-13136-1	118,8	45,4	78,7	202	0	361
16031-13631-1	51,1	16,1	31,1	202	0	362
16031-13736-1	42,0	6,5	17,6	202	0	363
16031-14231-1	81,0	31,1	58,4	202	0	364
16031-14231-2	81,0	31,1	58,4	202	0	365
16031-14531-1	142,9	53,6	93,6	202	0	366
16031-14533-1	42,2	15,8	27,6	202	0	367
16031-14534-1	105,1	38,8	67,0	202	0	368
16031-14537-1	50,0	20,6	29,8	202	0	369
16131-14635-1	57,9	25,2	40,1	202	0	370
17131-14031-1	66,0	20,1	40,5	202	0	371
17131-14031-2	66,0	20,1	40,5	202	0	372
17131-15231-1	64,4	0,2	22,8	200	0	373
17231-17131-1	55,6	21,8	36,7	125	0	374
17331-15231-1	100,5	33,3	63,3	200	0	375
17331-16131-1	53,6	8,8	28,0	125	0	376
17634-14032-1	164,3	66,0	103,2	202	0	377
17635-17634-1	164,0	66,0	103,0	202	0	378
17636-14031-1	45,5	16,4	29,5	202	0	379
17636-16131-1	45,5	16,4	29,5	138	0	380
17734-17131-1	101,7	26,3	45,5	202	0	381
17835-17131-1	13,5	0,2	4,9	202	0	382
18134-17734-1	90,8	21,5	37,6	202	0	383
18135-17131-1	93,4	23,2	40,0	202	0	384
18135-18133-1	100,4	0,7	25,3	202	0	385
18334-18333-1	42,2	16,4	28,1	202	0	386
18335-14633-1	94,1	35,2	61,4	202	0	387
18336-13135-1	117,1	45,4	77,7	202	0	388
18336-13834-1	117,1	45,4	77,7	200	0	389
18434-18335-1	94,0	35,2	61,4	202	0	390
18436-18333-1	42,2	16,1	27,9	202	0	391
19131-12131-2	129,2	2,4	57,7	202	0	392
19131-12131-3	106,4	2,5	47,2	202	0	393
19131-13234-1	132,4	6,7	84,7	202	0	394
19234-12631-1	47,3	1,2	22,4	202	0	395
19234-19231-1	47,3	1,2	22,4	202	0	396
19331-12131-1	127,0	1,9	58,7	202	0	397
19331-19131-1	128,6	1,8	44,2	202	0	398
19535-14636-1	81,9	34,8	56,5	202	0	399
19535-15131-1	81,9	34,8	56,4	202	0	400
19536-15131-1	12,8	3,3	6,1	202	0	401
19536-16131-1	12,8	3,3	6,1	202	0	402
20136-20134-1	77,9	2,1	35,5	202	0	403
20531-20335-1	74,9	1,1	30,7	202	0	404
21011-16011-1	325,0	15,6	154,7	1400	0	405
21011-16011-2	325,0	15,6	154,7	1400	0	406
21431-21336-1	116,1	0,6	32,8	202	0	407
21432-21335-1	74,2	21,7	44,3	202	0	408
21531-21431-1	109,5	40,1	69,1	202	0	409

21634-21631-1	296,5	4,6	80,6	138	564	410
21735-21635-1	2,0	1,9	2,0	138	0	411
21936-21631-1	280,7	18,0	72,3	138	490	412
21936-21836-1	280,7	17,9	72,3	138	490	413
22011-15011-1	398,6	24,4	187,0	1400	0	414
22011-15011-2	398,6	24,4	187,0	1400	0	415
23011-21011-1	261,8	7,8	73,9	1400	0	416
23011-22011-1	276,4	6,9	118,3	1400	0	417
23011-22011-2	276,4	6,9	118,3	1400	0	418
23013-21011-1	559,9	1,8	274,7	1400	0	419
24235-20734-1	84,9	15,6	48,4	202	0	420
24334-24236-1	118,4	28,2	71,9	202	0	421
24731-20835-1	137,4	14,9	39,2	138	0	422
24731-21634-1	151,6	3,0	41,2	138	27	423
25031-24033-1	73,3	12,3	45,7	202	0	424
25031-24033-2	73,0	12,2	45,5	202	0	425
25031-24535-1	118,0	42,1	73,5	202	0	426
25032-20135-1	101,9	17,1	56,3	202	0	427
25032-20336-1	103,7	14,7	58,5	202	0	428
25032-20535-1	98,8	7,1	52,2	202	0	429
25032-20836-1	67,3	12,5	25,7	202	0	430
25032-24031-1	134,8	1,1	39,0	202	0	431
25032-24334-1	118,6	28,1	72,0	202	0	432
25734-25032-1	116,4	0,3	32,5	202	0	433
25735-21336-1	116,4	0,3	32,5	138	0	434
25736-21734-1	113,8	30,5	71,0	202	0	435
25736-25031-1	113,8	30,5	71,0	202	0	436
25934-21335-1	74,7	21,2	44,1	202	0	437
25934-24033-1	74,7	21,2	44,1	202	0	438
25935-20931-1	68,0	12,6	26,0	202	0	439
25936-21431-1	64,4	3,9	18,7	202	0	440
25936-24031-1	64,4	3,9	18,7	202	0	441
26031-24033-1	138,8	0,5	28,9	202	0	442
26032-24032-1	69,1	7,0	23,2	202	0	443
26032-24032-2	69,1	7,0	23,2	202	0	444
26436-26032-1	137,3	4,1	58,6	202	0	445
26536-26435-1	99,4	9,1	51,8	202	0	446
26632-26631-1	28,0	9,2	14,2	202	0	447
26635-26536-1	99,2	9,3	51,7	202	0	448
26635-26632-1	99,2	9,3	51,7	202	0	449
26636-26632-1	163,3	0,2	62,9	202	0	450
26831-26632-1	55,6	1,5	25,3	202	0	451
26835-26636-1	161,5	0,3	62,5	202	0	452
26931-18136-1	131,7	0,2	35,4	202	0	453
26934-18231-1	150,8	1,6	48,5	202	0	454
26934-26931-1	150,8	1,6	48,5	202	0	455
27031-26435-1	101,1	7,2	52,0	202	0	456
27031-26436-1	137,2	4,1	58,6	202	0	457
27031-26631-1	76,3	8,6	42,1	202	0	458
27031-26834-1	76,2	9,6	42,7	202	0	459

27031-26931-1	180,8	8,3	82,8	202	0	460
27031-26931-2	180,8	8,3	82,8	202	0	461
27134-26836-1	138,7	0,9	46,9	202	0	462
27435-27031-1	64,1	10,2	33,2	202	0	463
27436-24033-1	64,1	10,1	33,2	202	0	464
27531-27435-1	64,1	10,2	33,2	202	0	465
27531-27436-1	64,1	10,2	33,2	202	0	466
27634-20734-1	83,8	14,5	47,4	138	0	467
27731-27634-1	0,6	0,2	0,4	138	0	468
27931-27634-1	83,2	14,1	46,9	138	0	469
28031-21432-1	91,5	28,6	56,4	202	0	470
28031-21432-2	91,5	28,6	56,4	202	0	471
28435-28031-1	124,2	40,4	76,9	202	0	472
28531-15334-1	75,9	14,1	26,4	138	0	473
28531-28031-1	76,2	11,0	36,6	202	0	474
28531-28436-1	57,1	1,0	21,1	202	0	475
28631-26931-1	99,9	17,2	51,6	138	0	476
28631-28031-1	46,7	1,0	17,2	138	0	477
28731-28031-1	12,2	4,5	7,7	138	0	478
28934-24033-1	99,0	1,4	21,3	202	0	479
28934-28931-1	99,0	1,4	21,3	202	0	480
28935-26031-1	99,5	0,4	20,8	202	0	481
28935-28931-1	99,5	0,4	20,8	202	0	482
29031-26931-1	175,7	0,7	141,5	202	0	483
29511-21011-1	144,1	0,0	121,4	1400	0	484
29511-21011-2	144,1	0,0	121,4	1400	0	485
29535-21635-1	0,3	0,3	0,3	138	0	486
29535-29531-1	0,3	0,3	0,3	202	0	487
30011-22011-1	580,6	74,8	327,2	1400	0	488
30011-22011-2	580,6	74,8	327,2	1400	0	489
30011-23011-1	547,7	72,3	306,9	1400	0	490
30011-23011-2	547,7	72,3	306,9	1400	0	491
30436-30232-1	44,5	18,7	25,8	138	0	492
30631-30232-1	49,7	18,9	29,9	202	0	493
30731-27135-1	121,1	12,9	40,7	202	0	494
30731-30231-1	43,9	26,3	33,1	202	0	495
30731-30331-1	17,7	6,9	11,6	202	0	496
30731-30631-1	63,5	1,4	27,2	202	0	497
30831-27931-1	72,8	7,4	37,6	138	0	498
30831-30435-1	50,2	7,3	18,7	138	0	499
30831-30731-1	69,2	11,0	30,5	202	0	500
31135-31131-1	44,1	11,7	23,7	138	0	501
31335-30232-1	68,4	24,4	45,6	202	0	502
31335-31331-1	68,4	24,4	45,6	202	0	503
31336-31331-1	61,9	5,6	22,0	202	0	504
31631-31435-1	68,7	25,2	43,3	138	0	505
31731-31531-1	48,3	26,2	31,1	138	0	506
31834-30231-1	73,0	28,4	52,2	202	0	507
32235-30232-1	84,1	31,1	56,1	202	0	508
32331-32131-1	78,3	0,3	24,5	138	0	509

32431-30232-1	48,0	25,2	33,1	202	0	510
32431-30232-2	48,0	25,2	33,1	202	0	511
32431-32331-1	73,3	3,9	23,1	138	0	512
32534-32531-1	97,0	4,1	35,8	202	0	513
32535-30231-1	45,8	29,3	36,5	138	0	514
32535-30831-1	45,8	29,3	36,5	138	0	515
32538-32531-1	114,5	4,1	51,2	202	0	516
32634-30231-1	20,3	7,3	12,5	202	0	517
32731-31331-1	78,7	7,6	25,8	202	0	518
33435-32634-1	21,0	7,6	13,2	202	0	519
33435-33131-1	21,0	7,6	13,2	202	0	520
33436-32731-1	102,4	0,3	32,3	202	0	521
33535-33436-1	103,3	0,4	32,8	202	0	522
33536-32831-1	61,5	0,1	15,8	202	0	523
33631-32931-1	215,3	14,7	71,5	202	7	524
33631-33535-1	103,3	0,5	32,8	202	0	525
33631-33536-1	61,5	0,2	15,8	202	0	526
34011-23011-1	710,7	48,1	389,2	1400	0	527
34011-23014-1	553,0	60,2	277,2	1400	0	528
34334-30831-1	47,9	0,1	15,3	138	0	529
34431-20536-1	78,8	9,9	34,1	202	0	530
34431-29435-1	55,5	16,8	30,2	202	0	531
34431-34131-1	85,0	48,1	65,3	202	0	532
35031-34431-1	56,8	4,3	33,3	202	0	533
35135-31336-1	61,9	5,5	21,9	202	0	534
35135-35132-1	61,9	5,5	21,9	202	0	535
35136-31131-1	61,8	5,2	21,7	202	0	536
35136-35132-1	61,8	5,2	21,7	202	0	537
35235-30231-1	73,4	28,7	52,5	202	0	538
35235-35131-1	73,4	28,7	52,5	202	0	539
35236-31131-1	70,3	30,2	46,7	202	0	540
35236-35131-1	70,3	30,2	46,7	202	0	541
35335-32236-1	39,3	11,3	24,8	202	0	542
35335-35131-1	39,3	11,3	24,8	202	0	543
35336-31531-1	56,0	20,6	37,1	202	0	544
35336-35131-1	56,0	20,6	37,1	202	0	545
35345-31834-1	59,0	22,3	41,6	202	0	546
35345-35131-1	59,0	22,3	41,6	202	0	547
35346-31531-1	56,0	20,6	37,1	202	0	548
35346-35131-1	56,0	20,6	37,1	202	0	549
35635-35435-1	88,1	17,3	55,5	202	0	550
35636-20134-1	77,1	2,1	35,2	202	0	551
35734-31731-1	36,7	24,5	27,7	138	0	552
35834-35734-1	31,4	25,3	28,7	175	0	553
36131-32131-1	49,6	0,1	13,7	202	0	554
36131-35031-1	87,7	22,8	41,6	202	0	555
36336-32131-1	49,8	0,6	19,5	202	0	556
36531-32131-1	65,2	3,0	28,0	202	0	557
37035-35031-1	72,6	20,0	36,6	202	0	558
37035-37031-1	72,6	20,0	36,6	202	0	559

37036-36335-1	42,8	1,0	12,8	202	0	560
37036-37031-1	42,8	1,0	12,8	202	0	561
40011-30011-1	459,3	80,7	230,9	1400	0	562
40011-30011-2	459,3	80,7	230,9	1400	0	563
40011-30011-3	454,4	80,8	228,7	1400	0	564
40011-30011-4	454,4	80,8	228,7	1400	0	565
40134-40131-1	40,7	2,8	20,2	202	0	566
40435-40231-1	89,4	33,7	57,7	202	0	567
40436-40231-1	95,2	41,4	64,2	202	0	568
40534-40531-1	43,8	1,4	17,0	202	0	569
40535-40134-1	52,4	4,6	26,8	202	0	570
40535-40531-1	52,4	4,6	26,8	202	0	571
40536-40431-1	66,2	10,7	34,5	202	0	572
40536-40436-1	94,7	41,7	64,1	202	0	573
40733-40231-1	77,3	19,1	43,7	202	0	574
40735-40231-1	51,3	5,9	18,9	202	0	575
40736-40435-1	88,8	33,8	57,6	202	0	576
40935-40231-1	52,6	9,9	21,5	202	0	577
40936-40231-1	89,4	33,6	57,7	202	0	578
41034-41031-1	55,9	3,9	26,3	138	0	579
41131-32635-1	68,5	13,0	35,0	202	0	580
41131-40733-1	76,1	21,4	43,8	202	0	581
41234-40536-1	96,3	32,1	57,4	202	0	582
41234-41231-1	96,3	32,1	57,4	202	0	583
41235-41231-1	117,1	35,2	73,5	202	0	584
41331-41131-1	77,7	18,8	46,1	202	0	585
41331-41235-1	116,8	35,2	73,4	202	0	586
41431-32636-1	37,3	0,3	15,0	202	0	587
41531-41431-1	70,9	17,6	44,0	202	0	588
41535-40231-1	100,9	33,1	65,4	202	0	589
41535-41531-1	100,9	33,1	65,4	202	0	590
41635-40231-1	105,6	32,6	54,9	202	0	591
41635-41631-1	105,6	32,6	54,9	202	0	592
41731-32131-1	63,9	3,7	24,6	202	0	593
41731-40935-1	52,9	10,9	22,4	202	0	594
41834-41831-1	49,4	1,4	24,5	138	0	595
41935-36531-1	51,3	6,0	19,0	202	0	596
41936-40734-1	89,1	33,7	57,6	202	0	597
41936-40936-1	89,1	33,8	57,6	202	0	598
42034-42031-1	59,4	10,2	33,9	202	0	599
42236-42231-1	45,5	3,6	21,2	202	0	600
42431-42331-1	78,3	0,7	29,0	138	0	601
42534-42131-1	94,8	8,6	44,7	202	0	602
42535-42231-1	77,2	0,5	27,6	138	0	603
42733-42732-1	271,6	48,2	128,6	202	414	604
42734-42730-1	291,9	72,2	155,8	202	674	605
42735-41131-1	61,9	27,6	39,3	202	0	606
42936-42231-1	60,4	9,5	27,6	202	0	607
43016-43013-1	280,0	23,7	121,6	1400	0	608
43017-43015-1	319,7	107,7	164,5	1400	0	609

43031-42936-1	60,9	7,8	27,3	202	0	610
43032-42934-1	428,1	14,1	141,1	202	849	611
43035-43031-1	126,7	38,1	70,4	202	0	612
43036-43032-1	139,9	42,2	77,8	202	0	613
43111-43012-1	273,7	2,3	115,0	1400	0	614
43112-43014-1	268,3	3,1	101,3	1400	0	615
43113-43016-1	286,4	51,7	139,6	1400	0	616
43114-43017-1	326,0	123,9	177,1	1400	0	617
43634-43031-1	27,8	10,2	17,5	138	0	618
43734-42236-1	45,4	3,2	21,0	202	0	619
43735-41131-1	86,5	8,0	39,5	202	0	620
43736-43032-1	86,8	7,5	39,5	202	0	621
43834-41131-1	45,0	2,3	20,4	202	0	622
44134-43831-1	77,8	6,9	32,4	202	0	623
44134-44131-1	27,9	7,7	16,6	202	0	624
44135-43032-1	50,3	15,4	28,0	202	0	625
44135-44031-1	113,2	21,3	59,2	202	0	626
44136-42131-1	90,7	9,3	42,2	202	0	627
44136-44031-1	90,7	9,3	42,2	202	0	628
44334-32131-1	39,3	0,8	15,8	202	0	629
44334-44231-1	0,3	0,3	0,3	138	0	630
44334-44333-1	39,3	0,9	15,8	202	0	631
44335-42331-1	77,3	0,4	27,8	138	0	632
44335-42535-1	77,3	0,4	27,8	138	0	633
44531-32131-1	44,2	2,3	20,6	202	0	634
44534-44531-1	30,9	0,3	10,8	202	0	635
44633-44631-1	255,1	0,0	51,1	202	267	636
44634-44632-1	113,0	0,0	26,2	202	0	637
45631-45535-1	37,1	17,1	25,3	140	0	638
45634-45631-1	37,5	18,1	26,1	202	0	639
46445-46444-1	64,9	32,5	45,8	280	0	640
46735-46734-1	70,3	65,5	67,4	280	0	641
47033-46431-1	162,0	51,5	99,2	280	0	642
47034-47031-1	174,8	49,6	108,9	280	0	643
47034-47033-1	174,8	49,6	108,9	280	0	644
47134-46934-1	26,3	23,7	24,7	140	0	645
47331-47231-1	53,1	30,4	36,6	280	0	646
48033-47031-1	161,9	51,7	99,8	280	0	647
48033-48031-1	161,9	51,7	99,8	280	0	648
48034-48031-1	151,4	48,1	93,2	280	0	649
48935-48931-1	63,5	0,1	19,6	202	0	650
48936-47936-1	80,2	8,0	38,2	202	0	651
48936-48931-1	80,2	8,0	38,2	202	0	652
49134-33631-1	91,7	0,6	41,1	138	0	653
49234-42431-1	88,6	5,9	38,6	138	0	654
49234-49134-1	88,6	5,9	38,6	125	0	655
49935-32131-1	51,4	5,1	22,2	202	0	656
49936-48935-1	63,2	0,5	19,9	202	0	657
50011-40011-1	522,2	120,5	283,1	1400	0	658
50011-40011-2	522,2	120,5	283,1	1400	0	659

50234-41034-1	88,5	12,5	46,2	202	0	660
50435-50132-1	138,2	51,2	89,6	202	0	661
50436-50131-1	143,3	49,6	89,3	202	0	662
50535-50131-1	100,6	57,6	77,5	202	0	663
50536-50131-1	123,2	44,6	79,2	202	0	664
50631-50435-1	141,1	55,9	93,9	200	0	665
50831-50536-1	121,9	44,6	78,8	202	0	666
50832-50132-1	138,6	96,7	112,4	200	0	667
50936-50132-1	56,4	36,3	43,6	202	0	668
50936-50832-1	56,4	36,3	43,6	202	0	669
51011-50011-1	294,2	17,2	99,5	1400	0	670
51133-40134-1	81,5	18,1	43,3	202	0	671
51133-50235-1	130,7	24,8	73,1	202	0	672
51534-51131-1	145,1	56,2	95,9	202	0	673
51535-51132-1	45,3	17,0	28,6	202	0	674
51535-51531-1	45,3	17,0	28,6	217	0	675
51536-51132-1	45,3	17,0	28,6	202	0	676
51536-51531-1	45,3	17,0	28,6	217	0	677
51834-51133-1	146,7	56,3	96,4	202	0	678
52011-50011-1	348,2	5,5	110,0	1400	0	679
52011-50011-2	348,2	5,5	110,0	1400	0	680
52022-40011-2	492,2	104,2	247,5	1400	0	681
52132-50832-1	235,6	80,3	135,6	202	107	682
52432-52132-1	243,7	18,4	103,0	202	202	683
52435-42733-1	242,5	3,6	93,2	200	181	684
52435-52431-1	242,5	3,6	93,2	200	181	685
52436-42734-1	260,2	19,8	114,4	200	362	686
52436-52432-1	260,2	19,8	114,4	200	362	687
52531-52131-1	141,5	28,9	67,7	202	0	688
52531-52132-1	105,4	46,5	67,5	202	0	689
52635-43036-1	66,6	11,6	32,3	125	0	690
52635-43036-2	66,6	11,6	32,3	125	0	691
52636-43035-1	123,8	32,1	65,8	125	0	692
53013-50011-1	192,0	4,0	95,1	1400	0	693
53014-53011-1	204,2	53,1	122,6	900	0	694
53231-50832-1	79,0	30,4	51,5	120	0	695
53232-50831-1	78,9	30,4	51,5	120	0	696
53431-50436-1	150,4	57,3	97,5	200	0	697
53732-50832-1	165,6	66,7	111,3	200	0	698
54011-52011-1	197,5	0,3	58,4	1400	0	699
54011-52011-2	197,5	0,3	58,4	1400	0	700
54011-52011-3	196,4	0,3	58,0	1400	0	701
54011-52011-4	196,4	0,3	58,0	1400	0	702
54432-54131-1	17,7	1,8	8,0	200	0	703
54432-54331-1	21,7	7,3	12,2	200	0	704
54436-52431-1	228,7	0,3	79,0	202	68	705
54436-54331-1	26,8	6,1	13,9	202	0	706
54735-54132-1	160,1	30,0	81,9	202	0	707
54736-54631-1	187,4	10,3	58,8	202	0	708
54835-54535-1	127,6	11,1	63,3	202	0	709

54935-54131-1	89,9	8,1	44,8	202	0	710
54935-54931-1	89,9	8,1	44,8	202	0	711
54936-54931-1	58,2	0,3	23,3	202	0	712
55131-54131-2	216,0	34,4	118,6	350	0	713
55131-54231-1	44,9	18,1	28,3	200	0	714
55132-54132-1	295,0	106,4	188,1	350	0	715
55632-55132-1	169,2	67,0	112,4	200	0	716
55834-55831-1	77,7	2,1	43,0	202	0	717
55835-51131-1	78,0	2,4	43,2	202	0	718
55835-55831-1	78,0	2,4	43,2	202	0	719
55931-55131-1	133,2	52,4	88,1	200	0	720
55932-55132-1	133,2	52,3	88,1	200	0	721
56031-51131-1	151,2	4,2	83,8	202	0	722
56031-55834-1	77,5	2,0	42,9	202	0	723
56131-55131-1	50,0	20,8	34,2	200	0	724
56832-56031-1	87,3	37,0	60,4	200	0	725
57235-57131-1	104,3	21,9	57,3	202	0	726
57735-57631-1	9,8	3,6	6,1	138	0	727
57935-57131-1	79,5	13,3	42,3	202	0	728
57935-57834-1	79,5	13,3	42,3	202	0	729
57936-51131-1	79,7	13,4	42,5	202	0	730
57936-57131-1	79,7	13,4	42,5	202	0	731
58231-58131-1	120,2	44,0	75,8	202	0	732
58333-57131-1	110,8	10,8	59,1	202	0	733
58335-58131-1	91,3	11,7	46,9	202	0	734
58336-58131-1	91,7	11,8	47,1	202	0	735
58345-57236-1	115,5	24,8	71,0	202	0	736
59011-54011-1	508,1	0,0	322,1	1400	0	737
59011-54011-2	508,1	0,0	322,1	1400	0	738
59334-51133-1	105,7	7,3	54,7	202	0	739
59434-59334-1	97,2	10,9	51,0	202	0	740
59531-54132-1	127,2	1,0	31,9	202	0	741
59531-54631-1	168,9	8,5	76,9	202	0	742
59531-54836-1	74,5	1,6	29,4	202	0	743
59531-54936-1	58,5	0,2	22,1	202	0	744
59531-55131-1	99,0	0,1	29,6	400	0	745
59532-48034-1	161,9	51,9	100,4	280	0	746
59835-57431-1	16,4	6,0	10,4	138	0	747
60011-51011-1	128,1	0,1	33,6	1400	0	748
60011-51011-2	128,1	0,1	33,6	1400	0	749
60031-58354-1	184,1	23,4	97,6	202	0	750
60031-58356-1	111,4	11,1	59,3	202	0	751
60031-58364-1	118,8	17,9	66,7	202	0	752
60031-58374-1	118,8	17,9	66,7	202	0	753
60131-60031-1	112,5	17,1	40,5	202	0	754
60231-60031-1	120,6	16,4	44,6	202	0	755
60335-60031-1	118,4	15,6	43,5	202	0	756
60335-60231-1	118,4	15,6	43,5	202	0	757
60336-60131-1	39,1	13,6	24,4	202	0	758
60336-60231-1	39,1	13,6	24,4	202	0	759

60431-60331-1	23,3	2,7	9,3	138	0	760
60633-60531-1	73,0	0,1	17,3	202	0	761
60633-60631-1	73,0	0,1	17,3	202	0	762
60634-60631-1	59,3	10,1	23,9	202	0	763
60731-60231-1	100,8	3,0	25,9	202	0	764
60731-60231-2	100,8	3,0	25,9	202	0	765
60831-60032-1	51,2	6,4	26,3	202	0	766
61033-61011-1	159,9	27,9	59,6	1400	0	767
61035-61011-1	159,9	27,9	59,6	1400	0	768
61534-61231-1	60,0	0,2	15,6	138	0	769
61534-61531-1	60,0	0,2	15,6	202	0	770
61535-61531-1	77,0	0,6	21,4	202	0	771
61731-60131-1	61,4	2,2	30,9	138	0	772
61831-61631-1	7,3	3,1	4,9	202	0	773
61831-61631-2	7,3	3,1	4,9	202	0	774
61834-61731-1	97,0	27,8	62,0	138	0	775
61935-61031-1	70,4	17,8	38,6	138	0	776
61935-61431-1	70,4	17,8	38,6	138	0	777
61936-61031-1	97,2	27,7	62,1	138	0	778
61936-61834-1	97,2	27,7	62,1	138	0	779
62031-61031-1	172,2	4,9	96,2	202	0	780
62435-61031-1	77,1	8,1	42,8	202	0	781
62435-62331-1	77,1	8,1	42,8	202	0	782
62436-62031-1	90,3	1,7	51,6	202	0	783
62436-62331-1	90,3	1,7	51,6	202	0	784
62634-61031-1	45,6	15,3	27,6	202	0	785
62635-62631-1	45,3	16,3	28,1	202	0	786
62635-62634-1	45,3	16,3	28,1	138	0	787
62636-62631-1	45,3	16,6	28,2	202	0	788
62831-61031-1	49,0	19,3	31,5	202	0	789
62831-62731-1	41,8	9,6	20,2	202	0	790
63235-60032-1	95,9	17,0	46,0	202	0	791
63235-63231-1	95,9	17,0	46,0	202	0	792
63236-61131-1	36,9	10,8	22,0	202	0	793
63236-63231-1	36,9	10,8	22,0	202	0	794
63335-63331-1	72,2	0,5	20,8	202	0	795
63336-63331-1	128,6	22,3	55,9	202	0	796
63434-60831-1	35,8	0,5	12,3	202	0	797
63434-60931-1	76,4	0,2	24,2	202	0	798
63735-61631-1	46,9	0,3	11,5	202	0	799
63736-60731-1	107,0	4,3	28,8	202	0	800
64011-61033-1	165,6	59,5	84,0	1400	0	801
64011-61035-1	165,6	59,5	84,0	1400	0	802
64231-63336-1	128,5	22,0	55,7	202	0	803
64231-64131-1	61,0	0,2	15,3	202	0	804
64231-64131-2	61,0	0,2	15,3	202	0	805
64331-64131-1	82,7	0,1	25,3	202	0	806
64431-63435-1	101,7	13,8	35,6	202	0	807
64431-64131-1	124,1	39,4	66,4	202	0	808
64431-64231-1	65,4	19,4	33,5	202	0	809

64436-64331-1	92,6	5,6	36,5	202	0	810
64535-64436-1	92,7	5,3	36,4	202	0	811
64536-63335-1	72,3	0,3	21,0	202	0	812
64634-60931-1	50,8	8,3	25,6	202	0	813
64634-64131-1	59,2	16,9	35,1	202	0	814
64731-64634-1	21,1	7,7	13,3	202	0	815
64936-64835-1	63,6	11,7	36,9	138	0	816
65134-62031-1	72,8	14,9	42,8	202	0	817
65135-62031-1	72,8	14,9	42,8	202	0	818
65231-65131-1	67,7	9,3	25,5	138	0	819
65333-65331-1	56,2	16,4	28,6	202	0	820
65335-65131-1	62,0	0,3	27,5	202	0	821
65335-65333-1	56,4	15,6	28,0	202	0	822
65431-64935-1	23,5	2,0	9,6	138	0	823
65431-64936-1	63,6	11,9	36,9	138	0	824
65635-65331-1	35,3	12,2	18,6	138	0	825
65636-64935-1	23,7	1,1	9,0	138	0	826
65731-65635-1	35,2	12,6	18,8	138	0	827
65731-65636-1	23,8	0,7	8,7	138	0	828
65835-65331-1	53,8	0,9	24,9	202	0	829
65835-65831-1	53,8	0,9	24,9	202	0	830
65836-65131-1	81,3	16,8	45,0	202	0	831
65836-65831-1	81,3	16,8	45,0	202	0	832
69135-61431-1	68,4	20,4	39,1	138	0	833
69136-61231-1	50,5	3,5	18,4	138	0	834
69231-69135-1	68,3	20,5	39,1	138	0	835
69231-69136-1	50,5	3,3	18,3	138	0	836
69331-60032-1	44,0	3,5	19,5	202	0	837
69331-63435-1	26,8	10,0	16,5	202	0	838
70011-34011-1	409,3	73,7	200,5	1400	0	839
70011-34011-2	409,3	73,7	200,5	1400	0	840
70011-40011-2	297,6	13,5	91,6	1400	0	841
70034-70011-1	456,6	22,1	123,2	1400	0	842
71011-70011-1	320,8	1,3	86,3	1400	0	843
71036-71011-1	251,8	54,5	118,0	1400	0	844
71431-71331-7	113,4	12,7	49,7	202	0	845
71535-71134-7	137,2	7,9	47,7	202	0	846
71535-71431-7	94,9	3,8	33,8	202	0	847
71535-71531-7	49,1	2,3	14,6	202	0	848
71634-32131-1	124,1	0,1	35,3	202	0	849
71634-32534-1	96,7	4,9	36,1	202	0	850
71634-71631-1	64,9	2,6	22,5	202	0	851
71735-71132-1	86,6	1,1	48,7	202	0	852
71735-71731-1	56,4	2,8	25,7	202	0	853
72014-40011-1	350,2	21,0	147,0	1400	0	854
72015-70011-1	247,3	19,5	102,8	1400	0	855
72031-71132-1	155,2	4,0	116,2	202	0	856
72031-71132-2	155,2	4,0	116,2	202	0	857
72635-72631-1	122,6	2,5	46,9	202	0	858
72636-72631-1	250,9	1,3	77,3	202	10	859

73014-51011-1	419,1	93,4	228,1	1400	0	860
73015-70011-1	419,2	93,4	228,1	1400	0	861
73031-32538-1	118,4	0,5	50,7	202	0	862
73031-71132-1	102,6	0,8	45,2	202	0	863
73031-71132-2	102,6	0,8	45,2	202	0	864
73031-71132-3	95,8	0,7	42,2	202	0	865
73236-72636-1	250,7	1,2	77,3	202	10	866
73336-32131-1	250,6	1,2	77,3	202	10	867
74014-51011-1	419,1	111,5	234,7	1400	0	868
74015-70011-1	419,1	111,6	234,7	1400	0	869
75024-75021-1	86,6	17,7	40,9	202	0	870
75025-75021-1	78,8	6,2	43,7	202	0	871
75033-75031-1	133,9	1,1	71,3	202	0	872
75034-75025-1	78,6	6,0	43,6	202	0	873
77031-41034-1	68,7	3,4	25,7	202	0	874
77031-75031-1	68,7	3,4	25,7	202	0	875
80031-71131-1	57,8	8,0	31,9	202	0	876
80031-71131-2	57,8	8,0	31,9	202	0	877
80431-80031-1	116,6	0,0	30,6	202	0	878
80531-80031-1	116,6	0,0	30,6	202	0	879
80631-80031-1	223,4	0,0	40,3	202	34	880
80835-80031-1	56,3	0,0	42,7	202	0	881
80934-80031-1	42,3	6,6	24,2	202	0	882
81031-71131-1	74,9	0,4	26,1	202	0	883
81031-71131-2	77,0	0,4	26,8	202	0	884
81031-71131-3	77,0	0,4	26,8	202	0	885
82034-82031-1	54,8	11,8	35,5	202	0	886
82231-65335-1	100,7	16,7	35,0	175	0	887
82334-82231-1	118,3	5,5	26,1	138	0	888
82434-82334-1	134,6	23,7	49,8	125	3	889
82535-82131-1	129,9	3,5	41,8	202	0	890
82536-82131-1	134,3	25,1	50,4	202	0	891
82536-82434-1	134,3	25,1	50,4	138	0	892
82734-82634-1	59,7	13,6	21,7	125	0	893
82734-82634-2	59,7	13,6	21,7	125	0	894
82735-82734-1	109,9	10,8	29,0	138	0	895
82736-82535-1	131,2	2,1	42,4	138	0	896
82831-71131-1	62,1	0,2	16,8	202	0	897
82831-82636-1	209,5	6,0	51,9	202	0	898
83134-81032-1	84,6	15,9	43,5	202	0	899
83134-83131-1	84,6	15,9	43,5	202	0	900
83231-81032-1	65,2	7,7	29,4	202	0	901
83234-81032-1	60,9	5,8	26,8	202	0	902
83234-83231-1	60,9	5,8	26,8	202	0	903
83434-83231-1	93,5	0,8	33,9	202	0	904
83534-83434-1	92,8	5,3	36,4	175	0	905
83634-83331-1	74,4	3,3	25,0	202	0	906
83734-83634-1	72,3	0,3	21,0	175	0	907
84031-80735-1	97,7	5,8	60,8	138	0	908
84131-82032-1	76,3	15,3	48,9	202	0	909

84131-82034-1	76,3	15,3	48,9	202	0	910
84531-84431-1	0,0	0,0	0,0	138	0	911
85231-84431-1	162,1	21,5	101,3	202	0	912
85231-85131-1	130,0	0,5	79,8	202	0	913
85334-84031-1	93,8	2,9	58,2	138	0	914
85334-85131-1	93,8	2,9	58,2	202	0	915
85634-85431-1	73,9	42,6	55,1	202	0	916
85734-85532-1	13,5	7,8	9,7	61	0	917
85934-85531-1	60,8	35,2	43,0	202	0	918
86235-85934-1	60,7	28,0	44,6	200	0	919
86331-86235-1	65,8	36,3	52,0	200	0	920
86431-86331-1	25,5	10,4	17,3	202	0	921
86436-86331-1	27,9	16,9	22,7	202	0	922
86531-86435-1	40,6	17,3	27,1	202	0	923
86634-85634-1	63,3	22,2	39,5	175	0	924
86634-86531-1	63,3	22,2	39,5	202	0	925
86734-85734-1	14,3	7,7	10,9	35	0	926
86734-86131-1	14,3	7,7	10,9	61	0	927
87134-71131-1	49,5	3,7	25,0	202	0	928
87135-87133-1	48,9	2,3	24,0	138	0	929
87136-80934-1	44,0	9,3	26,2	138	0	930
87431-80031-1	87,4	22,8	45,9	202	0	931
87431-85431-1	91,0	12,6	55,0	202	0	932
87634-82831-1	182,7	22,8	81,2	138	182	933
87634-87534-1	182,7	22,8	81,2	125	319	934
88011-34011-1	419,7	1,0	162,4	1400	0	935
88011-71011-1	282,5	51,6	129,6	1400	0	936
89434-80031-1	101,8	24,1	63,4	202	0	937
89435-85431-1	72,2	12,4	46,8	202	0	938
96434-54132-1	142,5	51,8	91,4	202	0	939
96435-54132-1	170,0	62,5	110,2	202	0	940
96435-55631-1	170,0	62,5	110,2	200	0	941
97131-53032-1	175,7	66,0	115,2	200	0	942
97131-56731-1	87,6	32,2	56,8	200	0	943
97432-97235-1	63,9	24,8	41,9	120	0	944
97632-97236-1	63,9	24,8	41,9	120	0	945
97931-54431-1	26,2	13,0	17,1	200	0	946
98234-50732-1	131,7	47,7	84,1	200	0	947
98234-52132-1	131,7	47,7	84,1	202	0	948
98236-52131-1	195,8	70,5	125,1	202	0	949
98236-97932-1	195,8	70,5	125,1	200	0	950
98334-96434-1	145,6	55,8	95,3	200	0	951
98435-51133-1	87,3	10,3	45,6	202	0	952
98436-59434-1	58,9	13,9	36,8	202	0	953
98834-59434-1	44,6	16,7	29,0	138	0	954
98934-59131-1	44,5	19,1	30,9	138	0	955
98934-98834-1	44,5	19,1	30,9	175	0	956
99234-41131-1	54,8	7,1	22,2	202	0	957
99234-42034-1	52,6	11,0	26,7	202	0	958
99331-99234-1	12,3	4,5	7,8	138	0	959

99431-41131-1	117,6	50,4	76,5	202	0	960
99431-50535-1	97,9	57,8	76,4	202	0	961
99534-42034-1	94,0	25,2	54,0	202	0	962
99535-99534-1	90,6	31,5	63,6	202	0	963
99734-41131-1	36,3	0,3	15,7	202	0	964
99734-99731-1	36,3	0,3	15,7	202	0	965
99735-41834-1	51,0	0,4	17,3	202	0	966
99735-99731-1	51,0	0,4	17,3	202	0	967
99736-41834-1	52,8	3,2	29,3	202	0	968
20134-20131-1	0,9	0,9	0,9	202	0	969
82934-81031-1	98,3	5,5	26,0	138	0	970
82934-82831-1	59,3	14,7	36,9	138	0	971
82934-82931-1	128,0	17,6	56,0	202	0	972

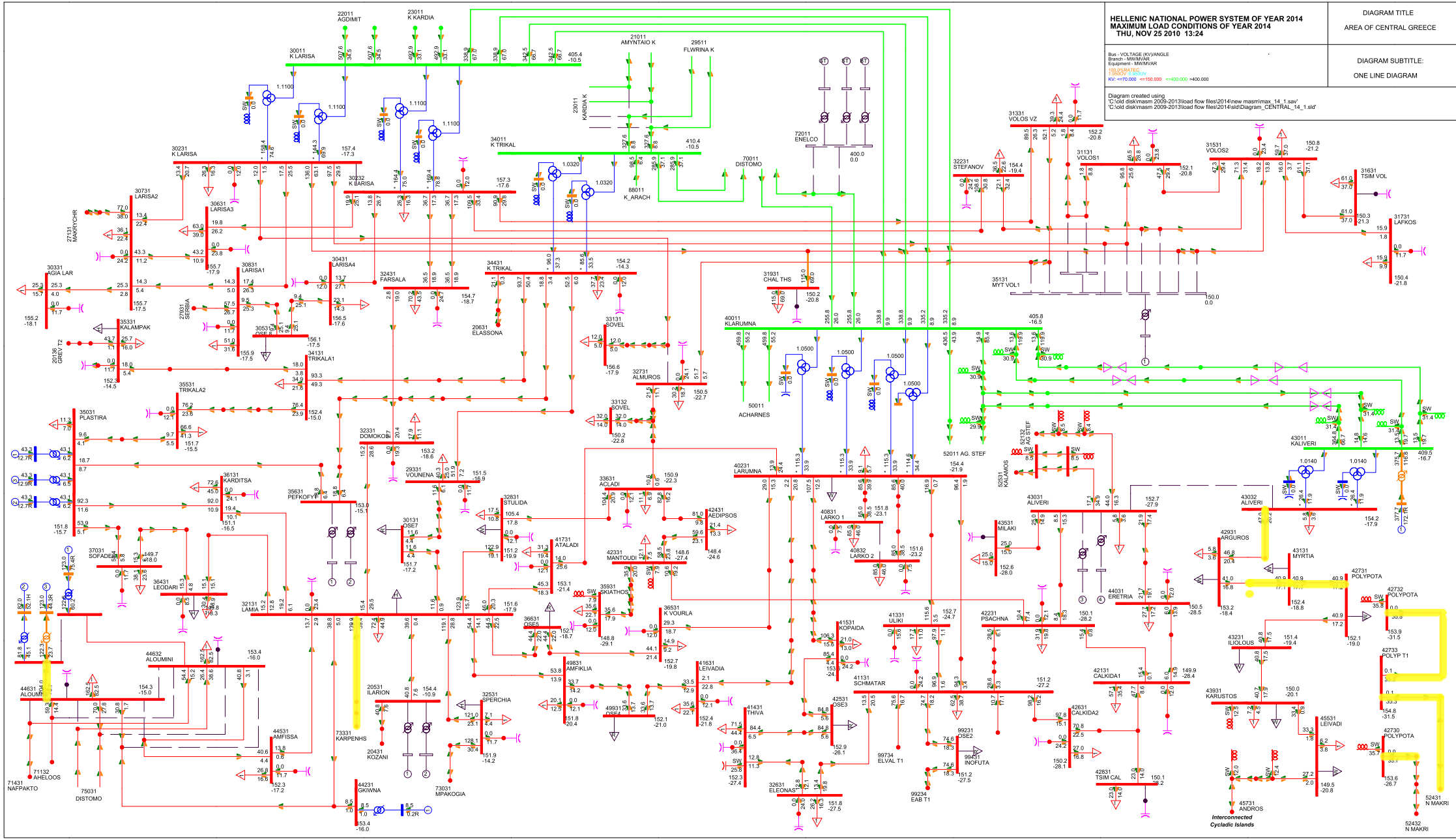
HELLENIC NATIONAL POWER SYSTEM OF YEAR 2014
 MAXIMUM LOAD CONDITIONS OF YEAR 2014

DIAGRAM TITLE
 AREA OF CENTRAL GREECE

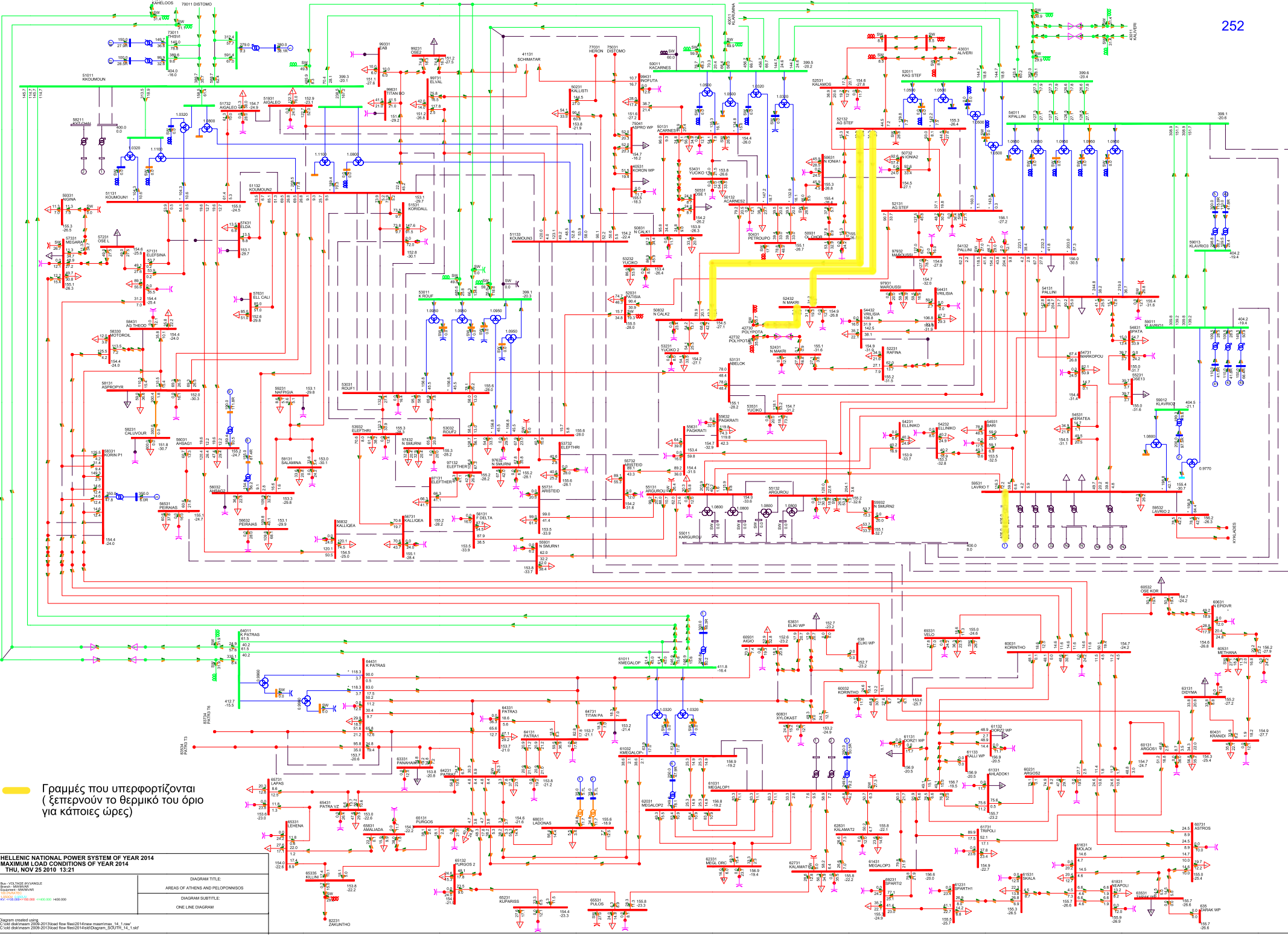
Bus - Voltage (KV)ANGLE
 Branch - MW/MVAR
 Equipment - MW/MVAR

DIAGRAM SUBTITLE:
 ONE LINE DIAGRAM

Diagram created using
 C:\old disk\maxm 2009-2013\load flow files\2014\max\maximex_14_1.sld
 C:\old disk\maxm 2009-2013\load flow files\2014\old\diagram_1\CENTRAL_14_1.sld



Γραμμές που υπερφορτίζονται (ξεπερνούν το θερμικό τους όριο για κάποιες ώρες)



Γραμμές που υπερφορτίζονται
(ξεπερνούν το θερμικό του όριο
για κάποιες ώρες)

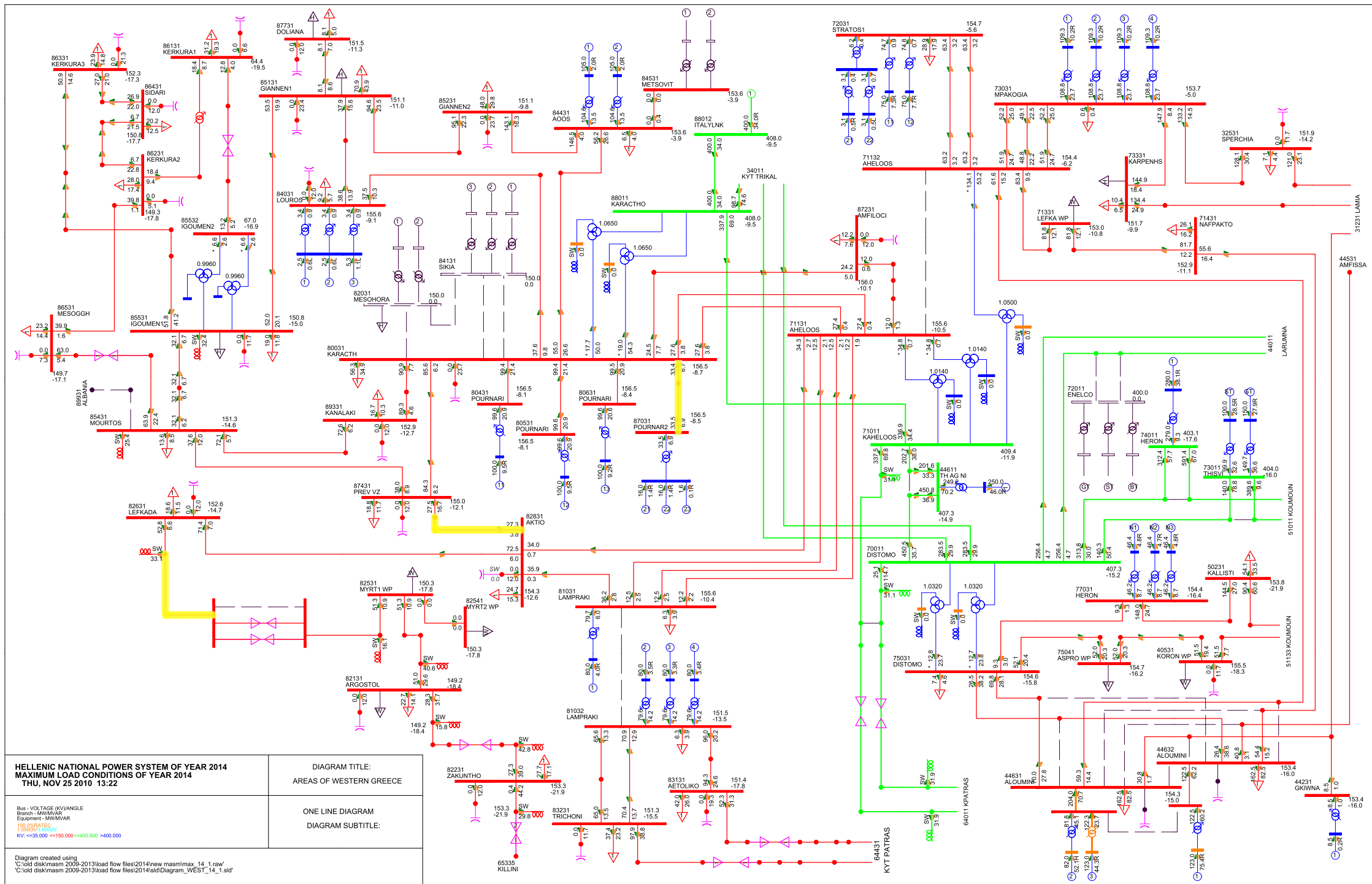
HELLENIC NATIONAL POWER SYSTEM OF YEAR 2014
MAXIMUM LOAD CONDITIONS OF YEAR 2014
THU, NOV 25 2010 13:21

DIAGRAM TITLE:
AREAS OF ATHENS AND PELLOPONNOSIS

DIAGRAM SUBTITLE:
ONE LINE DIAGRAM

Rev: VTY1402 REV.04/02
Branch: 2014/02/02
Author: MPELAKIS
Date: 2014/02/02
427591 662116 000 +000.000 +400.000

Diagram created using:
C:\td\tdk\man\2009-2013\spad\flow\Rev2014\new\maxima_14_1.rnw
C:\td\tdk\man\2009-2013\spad\flow\Rev2014\old\Diagram_3DUTL_14_1.spf



**HELLENIC NATIONAL POWER SYSTEM OF YEAR 2014
MAXIMUM LOAD CONDITIONS OF YEAR 2014
THU, NOV 25 2010 13:22**

Bus - VOLTAGE KV/VANGLE
Branch - MW/MVAR
Equipment - MW/MVAR
13500V/1350kV
KV: $=35.000$ $=150.000$ $=400.000$ $=400.000$

Diagram created using
C:\old\diskmasm\2009-2013\load\files\2014\new\masm\max_14_1.raw'
C:\old\diskmasm\2009-2013\load\files\2014\old\diad\diagram_WEST_14_1.sld'

DIAGRAM TITLE:
AREAS OF WESTERN GREECE

ONE LINE DIAGRAM
DIAGRAM SUBTITLE:

Γραμμές που υπερφορτίζονται (ξεπερνούν το θερμικό του όριο για κάποιες ώρες)

Βιβλιογραφία

1. Ministry of environment energy and climate change, *Greece National Renewable Energy Action Plan in the Scope of Directive 2009/28/EC*
2. Σταύρος Παπαθανασίου, *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Αθήνα 2008
3. Olimpo Anaya-Lara, Nick Jenkins, Janaka Ekanayake, Phill Cartwright, Mike Hughes, *Wind Energy Generation, modelling and control*, Wiley 2009
4. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος, *Τελική Έκθεση για το ερευνητικό έργο: Ανάλυση Ευστάθειας Διασυνδεδεμένου Συστήματος υπό μεγάλη Αιολική Διείσδυση και Αξιολόγηση Μεταβατικής Συμπεριφοράς Ανεμογεννητριών σε βυθίσεις τάσεως*, Αθήνα 2007
5. J.C Das, *Transients in Electrical Systems, Analysis, Recognition and Mitigation*, McGraw-Hill 2010
6. L.H Hansen, L. Helle, F. Blaabjerg, E. Ritchie, S. Munk-Nielsen, H. Bindner, P. Sorensen and B. Bak-Jensen, *Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines*, Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark 2001
7. ΔΕΣΜΗΕ, *Μελέτη Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς περιόδου 2010-2014*
8. T. Ackermann, *Wind Power in Power Systems*, Wiley 2005
9. Thierry Van Cutsem, Costas Vournas, *Voltage stability of electric power systems*, Springer 1998
10. Peter Borre Eriksen, Thomas Ackerman, Hans Abildgaard, Paul Smith, Wilhelm Winter, JuanMa Rodriguez Garcia, *System Operation with High wind Penetration*, power and energy magazine IEEE 2005
11. Yongji Chang, Jilai Yu, *Long Term Behavior Analysis of Power System Including Wind Farms*, power and energy magazine IEEE 2009
12. Prabha Kundur, John Paserba, Venkat Ajarapu, Goran Andersson, Anjan Bose, Claudio Canizares, Nikos Hatziargyriou, David Hill, Alex Stankovic, Carson Taylor, Thierry Van Custem, Vijay Vittal, *Definition and Classification of Power system Stability*, transactions on power systems IEEE 2004, vol 19, no 2
13. Oriol Gomis Bellmunt, Jun Liang, Janaka Ekanayake, Rosemary King, Nicholas Jenkins, *Topologies of multiterminal HVDC-VSC transmission for large offshore wind farms*, ScienceDirect 2010 Elsevier www.elsevier.com/locate/epsr

14. A.S Dagoumas, I.P Panapakidis, G.K Papagiannis, P.S Dokopoulos, *Post-Kyoto energy consumption strategies for the Greek interconnected electric system*, 2008 Elsevier, www.elsevier.com/locate/enpol
15. Lars Weimers, *HVDC Light, the Transmission Technology of the future*, Orkuning 2001
16. J.H.R. Enslin, J. Knijp, C.P.J Jansen, P. Bauer, *Integrated approach to network stability and wind energy technology for On-shore and offshore Applications*, 24th International Conference for Power Electronics, Intelligent Motion and Power Quality, Nuremberg, Germany 2003
17. Daniel Ludois, Giri Venkataramanan, *An Examination of AC/HVDC Power Circuits for Interconnecting Bulk Wind Generation with the Electric Grid*, Energies 2010, www.mdpi.com/journal/energies
18. Peter Jones, Bo Westman, *From generation to Grid*, Renewable energy Focus 2007
19. Ervin Spahic, Gerd Balzer, *Impact of the VSC HVDC Connection of Large Offshore Wind Farms on Power system Stability and Control*
20. Inigo Martinez de Alegria, Jose Luis Martin, Inigo Kortabarria, Jon Andreu, Pedro Ibanez Ereno, *Transmission alternatives for offshore electrical power*, Renewable and Sustainable energy reviews 2008 Elsevier, www.elsevier.com/locate/rser
21. Georgina Fluriach Pla, *Using HVDC for connecting a large offshore wind farm to onshore*, AAU Conference on energy technology 2009
22. H.F Latorre, M.Ghandhari, *Improvement of power system stability by using VSC-HVdc*, ScienceDirect Electrical Power and Energy systems 2010 Elsevier, www.elsevier.com/locate/ijepes
23. Dragan Jovicic, *Offshore wind farm with a series multiterminal CSI HVDC*, Science Direct Electric Power systems research 2007 Elsevier, www.elsevier.com/locate/epsr
24. Dirk Van Hertem, Mehrdad Ghandhari, *Multi-terminal VSC HVDC for the European supergrid: Obstacles*, Science Direct Renewable and Sustainable Energy Reviews 2010, www.elsevier.com/locate/rser
25. Henrik Lund, *Large-scale integration of wind power into different energy systems*, Science Direct Energy 2004 www.elsevier.com/locate/energy
26. Ana Estanqueiro, *The future energy mix paradigm: How to embed large amounts of wind generation while preserving the robustness and quality of the power systems?*, Wind Power
27. Hannele Holttinen, Peter Meibom, Antje Orths, Frans Van Hulle, Cornel Ensslin, Lutz Hofmann, John McCann, Jan Pierik, John Olan Tande, Ana Estanqueiro, Lennart Soder, Goran Strbac, Brian Parsons, J. Charles Smith, Bettina Lemstrom, *Design and*

28. *Operation of Power systems with large amounts of wind power, First results of IEA collaboration*, Global Wind Power Conference 2006
29. S.A Papathanassiou, M.P Papadopoulos, *Dynamic Behavior of variable speed wind turbines under stochastic wind*, *Transactions on Energy Conversion* IEEE 1999, vol 14, no 4
30. Y. Amirat, M.E.H Benbouzid, B. Bensaker, R. Wamkeue, *Generators for Wind Energy conversion Systems: State of the Art and Coming Attractions*, *Journal of Electrical Systems* 2007
31. Stephan Meier, Staffan Norrga, Hans-Peter Nee, *New topology for more efficient AC/DC converters for future offshore wind farms*
32. Frede Blaabjerg, Remus Teodorescu, Zhe Chen, Marco Liserre, *Power Converters and control of renewable Energy systems*
33. C. Abbey, G. Joos, *Effect of Low Voltage Ride Through (LVRT) Characteristic on Voltage Stability*, 2005 IEE
34. M.B.C Salles, K. Hameyer, J.R Cardoso, W. Freitas, *Dynamic Analysis of Wind Turbines Considering New Grid Code Requirements*, *International Conference on Electrical Machines* 2008 IEE
35. Jihen ARBI, Ilhem SLAMA-BELKHODJA, Santiago ARNALTES Gomez, *Control of a DFIG-based wind system in presence of large grid faults: analysis of voltage ride through capability*, 9th *International Conference, Electrical Power Quality and Utilisation*, Barcelona 2007
36. I. Erlich, H. Wrede, C. Feltes, *Dynamic Behavior of DFIG-based Wind Turbines during Gred Faults*, 2007 IEEE
37. Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε, www.desmie.gr