



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

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Γρ. Αθανασόπουλος

Επιβλέπων : Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιανουάριος 2012



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

**Ανάλυση Αξιοπιστίας και Ασφάλειας Λειτουργίας
Συστημάτων Παροχής Ηλεκτρικής Ισχύος σε Βιομηχανικές
Εγκαταστάσεις**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δημήτρης Γρ. Αθανασόπουλος

Επιβλέπων : Ευάγγελος Ν. Διαλυνάς
Καθηγητής ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την

.....
Ε. Διαλυνάς
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Γ. Κορρές
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Π. Γεωργιάκης
Λέκτορας ΕΜΠ

Αθήνα, Ιανουάριος 2012

.....
Δημήτρης Γρ. Αθανασόπουλος

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

Copyright © Δημήτρης Γρ. Αθανασόπουλος

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

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

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδάκτορα κ. Ε. Βουμβουλάκη για την πολύτιμη συμβολή του, τις σημαντικές συμβουλές του, τη βοήθεια, τη συμπαράσταση και την άριστη καθοδήγησή του κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Πραγματικά χωρίς την πολύτιμη συμβολή του δεν είχε ολοκληρωθεί η παρούσα διπλωματική εργασία. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνεργάτη Νίκο Κορρέ για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε σε θέματα υπολογιστών που χρειάστηκα βοήθεια.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένεια μου, που με στήριζε συνεχώς, κατά την διάρκεια των σπουδών μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και χωρίς την βοήθεια της οποίας, δεν θα είχα καταφέρει να υλοποιήσω τα πλείστα, από τα όσα έχω μέχρι σήμερα επιτύχει.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1.Γενικά.....	3
1.2. Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	4
1.2.1. Γενικά.....	4
1.2.2. Αιτιοκρατική Ανάλυση.....	5
1.2.3. Πιθανοτική Ανάλυση.....	6
1.3. Εκτίμηση Αξιοπιστίας Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	7
1.3.1. Βασικές Αρχές.....	7
1.3.2. Τεχνικές Εκτίμησης Αξιοπιστίας.....	9
1.4. Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ EUROSTAG.....	13
2.1 Γενικά.....	13
2.2 Λειτουργία και εφαρμογές του EUROSTAG.....	14
2.3 Τεχνική περιγραφή του EUROSTAG.....	15
2.3.1 Βασικά στοιχεία EUROSTAG.....	16

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

3.1. Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Βιομηχανικής Εγκατάστασης.....	21
3.2. Περιπτώσεις Ανάλυσης.....	32
3.3 Αποτελέσματα Μόνιμης Κατάστασης Λειτουργίας.....	33
3.4 Συμπεράσματα για τη Μόνιμη Κατάσταση Λειτουργίας.....	42

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

4.1. Περιπτώσεις Ανάλυσης και αποτελέσματα.....	44
4.2. Συμπεράσματα.....	45
4.3 Περίπτωση Ανάλυσης τριπλού, μεταβατικού, συμμετρικού βραχυκυκλώματος.....	68

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

5.1. Συμπεράσματα για Μεταβατική Κατάσταση Λειτουργίας μετά από Συμβάν 1 sec	72
5.2. Συμπεράσματα για Μεταβατική Κατάσταση Λειτουργίας μετά από Συμβάν 2 sec	83

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91
--------------------------	-----------

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	93
-------------------------	-----------

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ασφάλειας και αξιοπιστίας λειτουργίας ενός ενδεικτικού Συστήματος Παροχής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας, είναι η μοντελοποίηση του Συστήματος στο λογισμικό πακέτο EUROSTAG, καθώς και η διεξαγωγή προσομοιώσεων, για τη μελέτη των επιδράσεων που θα έχουν διάφορα σενάρια σφαλμάτων στην αξιοπιστία και στην ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος. Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια σύντομη ανάλυση της αξιοπιστίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Οι αναλύσεις και οι προσομοιώσεις των διαφορετικών σεναρίων μελέτης διεξάγονται με την βοήθεια του εκπαιδευτικού ηλεκτρονικού προγράμματος προσομοίωσης EUROSTAG, η λειτουργία και χρήση του οποίου αναλύεται στο Κεφάλαιο 2.

Η έρευνα επικεντρώνεται στον τομέα της δυναμικής ασφάλειας, που αφορά κατά κύριο λόγο τις μεταβολές στις τάσεις των ζυγών και τις μεταβολές στις συχνότητες των γεννητριών και των κινητήρων του συστήματος. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων της μόνιμης κατάστασης λειτουργίας, της ανάλυσης βραχυκυκλωμάτων και της ανάλυσης της μεταβατικής κατάστασης λειτουργίας μετά από ένα συμβάν που προκαλεί συμμετρική ή ασύμμετρη βύθιση τάσης στον κύριο ζυγό τροφοδότησης του ή μετά από ένα συμβάν μόνιμου βραχυκυκλώματος. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών και τα σχετικά συμπεράσματα παρατίθενται στα Κεφάλαια 3, 4, και 5 αντίστοιχα, τα οποία αποτελούν τα βασικά κεφάλαια της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Τα σενάρια αυτά θα προσομοιωθούν με την βοήθεια του προγράμματος EUROSTAG και τα αποτελέσματα θα αξιολογηθούν έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν εκτιμήσεις σχετικά με τις δυνατότητες διείσδυσης αιολικής ισχύος στο σύστημα, χωρίς αυτό να ξεφεύγει από τα επιτρεπτά όρια ευστάθειας που το διέπουν

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αιολική Διείσδυση, Ανεμογεννήτριες, Δυναμική Ασφάλεια, Μοντέλο Προσομοίωσης, EUROSTAG, Συχνότητα, Τάση, Ενεργός και Άεργος Παραγωγή, Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Βραχυκύκλωμα

ABSTRACT

The present diplomatic work, presents the results of safety and reliability analysis, of an indicative, electric energy benefit system. The basic aim is the modelization of the system in the computational parcel of EUROSTAG, and also the conduct of simulations, about studding the effects that may provoke various scripts of faults in the reliability and the safety of the operation of the system. The Chapter 1 analyses the reliability of electric energy systems.

The analyses and stimulation of the different scripts of study are carried out by the educational software package of simulation, EUROSTAG. The Chapter 2, analyses the operation of this program.

The research is focused in the dynamic safety that mainly refers to the changes in voltages of balances and in the frequencies of generators and engines of system.

Specifically, are presented the results of the permanent situation analyses of the operation, the short-circuits and the transient situation of operation, after an incident that causes symmetrical or asymmetrical immersion of voltage in this main balance of feed-in, or after an incident of permanent short-circuit. The results of these analyses and the conclusions are mentioned in Chapter 3, 4, and 5, which are the basic chapter of this diplomatic work. These scripts are being simulated by the help of the program EUROSTAG. The results will be evaluated in order to accomplish some estimates with regard to the possibilities of infiltration of wind power in the system, without getting away of the permissible limits of stability that are ruling it.

KEY WORDS: Wind Penetration , Wind Generators , Dynamic Security , Frequency Regulators, Simulation Model , EUROSTAG , Electricity, Frequency , Voltage , Active and Reactive Power Generation, Electrical Energy System , Short-circuit .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Η βασική λειτουργία ενός συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι να παρέχει στους καταναλωτές του όσο το δυνατόν οικονομικότερη ηλεκτρική ενέργεια διατηρώντας έναν αποδεκτό βαθμό συνέχειας και ποιότητας. Καθώς ικανοποιεί τον συγκεκριμένο στόχο, το σύστημα θα πρέπει να παραμένει εντός ενός συνόλου λειτουργικών περιορισμών κάποιοι από τους οποίους σχετίζονται άμεσα με την ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος, όπως μεταβολές της συχνότητας, ενώ κάποιοι άλλοι, οι οποίοι δεν γίνονται άμεσα αντιληπτοί από τους καταναλωτές, αναφέρονται σε λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως όρια ευστάθειας, και είναι εξίσου σημαντικοί. Στη σύγχρονη κοινωνία, λόγω των πολύ γρήγορων ρυθμών και των συνηθειών που επικρατούν, έχει γίνει απαίτηση η παροχή ισχύος να είναι συνεχής και η ζήτηση να ικανοποιείται κάθε χρονική στιγμή. Κάτι τέτοιο, ωστόσο, δεν είναι εφικτό εξαιτίας τυχαίων βλαβών στοιχείων του συστήματος, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματική λειτουργία του και δεν είναι δυνατό να ελεγχθούν από τον ανθρώπινο παράγοντα. Επιπλέον, η συνεχώς αυξανόμενη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα συστήματα παραγωγής της απελευθερωμένης αγοράς, έχει επιφέρει νέες συνθήκες λειτουργίας στις οποίες υπεισέρχονται πολλές αβεβαιότητες λόγω της αστάθειας των αντίστοιχων καιρικών φαινομένων. Αποκτά λοιπόν ιδιαίτερη σημασία να είναι δυνατή, με κάποιον τρόπο, η πρόβλεψη της κατάστασης του συστήματος προκειμένου να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του και να αποφεύγονται ενδεχόμενες κρίσιμες καταστάσεις ή καταστάσεις κινδύνου στις οποίες δεν ικανοποιείται η ζήτηση φορτίου.

1.2. Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

1.2.1. Γενικά

Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς τους καταναλωτές ενός συστήματος περιλαμβάνει ένα υψηλά διαβαθμισμένο σύστημα και αποτελεί γενικά μία ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία κατά την οποία η βλάβη ορισμένων στοιχείων του συστήματος είναι δυνατό να προκαλέσει διακοπές στην τροφοδότηση συγκεκριμένων καταναλωτών. Πρόκειται για διακοπές οι οποίες ποικίλουν και μπορεί να επηρεάζουν από τοπικούς μέχρι μεγάλους καταναλωτές με καταστροφικές συνέπειες. Οι οικονομικές συνέπειες αυτών των διακοπών δεν περιορίζονται μόνο στο κόστος που προκαλείται στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού από κάθε διακοπή τροφοδότησης των καταναλωτών τους ή στο κόστος από την καταστροφή εξοπλισμού, αλλά περιλαμβάνουν και έμμεσα κόστη προς το κοινωνικό σύνολο και το περιβάλλον, όπως η κοινωνική αναταραχή που προκαλείται κατά τη διάρκεια εκτεταμένων διακοπών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περίπτωση της Νέας Υόρκης όπου, κατά τη διάρκεια εκτεταμένης διακοπής τροφοδότησης το 1977, το κόστος λόγω απώλειας ισχύος υπολογίστηκε στα 350 εκατομμύρια δολάρια εκ των οποίων το 84% αποδόθηκε σε έμμεσα κόστη, όπως επίσης και στο πρόσφατο παράδειγμα της Ιαπωνίας όπου το κόστος της μειωμένης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της καταστροφής πυρηνικού σταθμού, υπολογίζονταν σε δισεκατομύρια και ήταν συγκρίσιμα με το κόστος των άμεσων από το τσουνάμι καταστροφών!

Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα, η συχνότητα εμφάνισης και η διάρκεια παρόμοιων καταστάσεων, καθώς επίσης και για να περιορισθούν, όσο το δυνατόν περισσότερο, οι συνέπειές τους, είναι απαραίτητο να επενδυθούν σημαντικές ποσότητες χρημάτων στον σχεδιασμό και στη φάση λειτουργίας του συστήματος. Επιπλέον, η αυξημένη διείσδυση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, όπως αιολική, ηλιακή, υδραυλική, η οποία παρατηρείται τα τελευταία χρόνια στα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δημιούργησε ένα πλήθος από συχνά ανταγωνιστικές και ποικίλες αβεβαιότητες ορισμένες από τις οποίες περιλαμβάνουν τον βαθμό διείσδυσης των πηγών αυτών στο σύστημα και την παράλληλη λειτουργία τους με τους συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ή ακόμα και την αντικατάσταση των σταθμών αυτών σε ορισμένες περιπτώσεις. Ο μόνος τρόπος για να ισοσταθμιστούν οι

.....
 αβεβαιότητες αυτές μαζί σε ένα αντικειμενικό και συνεπές μοντέλο είναι με τη χρήση ποσοτικών τεχνικών εκτίμησης αξιοπιστίας. Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών σχετίζονται με τους οικονομικούς στόχους του συστήματος και παίζουν σημαντικό ρόλο στον σχεδιασμό και τη λειτουργία του. Στο σημείο αυτό όμως, προκύπτουν σημαντικά ερωτήματα που κύρια αφορούν το ύψος των επενδύσεων και το επίπεδο της αξιοπιστίας του συστήματος καθώς είναι φανερό ότι οι οικονομικοί περιορισμοί και οι απαιτήσεις που αφορούν την ασφαλή λειτουργία του συστήματος συχνά έρχονται σε αντίθεση, με αποτέλεσμα η λήψη των αντίστοιχων αποφάσεων να καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολη.

1.2.2. Αιτιοκρατική Ανάλυση

Τα κύρια προβλήματα που προκύπτουν κατά τη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας έχουν εντοπιστεί εδώ και αρκετές δεκαετίες. Για την αντιμετώπισή τους έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές και κριτήρια τα οποία εφαρμόζονται από τη φάση του σχεδιασμού έως και τη φάση λειτουργίας του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη τους αντίστοιχους οικονομικούς και λειτουργικούς περιορισμούς που υπάρχουν σε κάθε περίπτωση. Τα πρώτα κριτήρια που εφαρμόστηκαν σε πραγματικά συστήματα ήταν αιτιοκρατικά καθορισμένα ενώ πολλά από αυτά βρίσκουν εφαρμογή ακόμη και σήμερα, και κύρια αφορούν τον καθορισμό στάθμης στρεφόμενης εφεδρείας η οποία απαιτείται για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων απώλειας παραγωγής. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η απαιτούμενη στρεφόμενη εφεδρεία καθορίζεται από ένα συγκεκριμένο ποσοστό του φορτίου ή από την απώλεια της μονάδος με τη μεγαλύτερη παραγωγή. Γενικότερα, σε μια αιτιοκρατική διαδικασία ανάλυσης, η απόδοση του εξεταζόμενου συστήματος υπολογίζεται για αρκετά διαφορετικά σενάρια τα οποία αντιπροσωπεύουν διαφορετικές λειτουργικές συνθήκες που θεωρούνται κρίσιμες και παρουσιάζουν μία συγκεκριμένη πιθανότητα εμφάνισης.

Η κύρια αδυναμία των αιτιοκρατικών κριτηρίων εντοπίζεται στο γεγονός ότι δεν ανταποκρίνονται ούτε απεικονίζουν την πιθανοτική συμπεριφορά του συστήματος, της ζήτησης φορτίου ή των βλαβών των στοιχείων του συστήματος. Η αιτιοκρατική ανάλυση αναγνωρίζει την έκβαση των κρίσιμων καταστάσεων ή των καταστάσεων κινδύνου στις οποίες μπορεί να ευρεθεί το σύστημα, διαβαθμίζοντας παράλληλα

.....
αυτές τις καταστάσεις ανάλογα με τη σοβαρότητά τους. Μία τέτοια κατάσταση κινδύνου όμως, όσο ανεπιθύμητη και αν είναι, έχει πρακτικά μικρές συνέπειες αν η πιθανότητα να συμβεί είναι πολύ μικρή με αποτέλεσμα να μπορεί να αμεληθεί. Ο σχεδιασμός των συστημάτων που στηρίζονται σε τέτοιες μελέτες κινδύνου μπορεί να οδηγήσει σε υπερδιαστασιολόγηση του συστήματος. Από την άλλη, στην περίπτωση κατά την οποία ο σχεδιασμός του συστήματος βασίζεται σε μια αιτιοκρατική ανάλυση στην οποία οι καταστάσεις κινδύνου που μελετώνται παρουσιάζουν μεγάλη πιθανότητα να συμβούν αλλά δεν έχουν σημαντικές συνέπειες για το σύστημα, το επίπεδο ασφαλούς λειτουργίας του συστήματος θα κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα.

1.2.3. Πιθανοτική Ανάλυση

Η ανάγκη για την πιθανοτική εκτίμηση της συμπεριφοράς ενός συστήματος συναντάται αρκετές δεκαετίες πιο πριν, ωστόσο η έλλειψη δεδομένων, οι περιορισμένες δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών, η άγνοια της σημασίας των αποτελεσμάτων που προέκυπταν, ακόμα και η αποστροφή απέναντι στη χρήση πιθανοτικών τεχνικών αποτελούν τους σημαντικότερους λόγους για τους οποίους τέτοιες μέθοδοι δεν χρησιμοποιούνταν ευρέως στο παρελθόν. Τα προβλήματα αυτά σήμερα έχουν ξεπεραστεί με αποτέλεσμα οι περισσότεροι μηχανικοί να έχουν γνώση τέτοιων μεθόδων και να τις χρησιμοποιούν σε ευρεία κλίμακα. Οι μέθοδοι αυτοί αναφέρονται κυρίως στην εκτίμηση αξιοπιστίας του συστήματος και στην πρόβλεψη του φορτίου, ενώ γενικότερα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των θεμάτων που σχετίζονται με τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως είναι η ανάλυση των ροών φορτίου, των βραχυκυκλωμάτων κτλ. Η βασική και ουσιώδης αρχή τους είναι ότι τα συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριφέρονται στοχαστικά και οι καταστάσεις στις οποίες βρίσκονται είναι πιθανοτικές μεταβλητές. Οι πιθανοτικές τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί όχι μόνο αναγνωρίζουν την σοβαρότητα μίας κατάστασης και την επιρροή που αυτή έχει στη λειτουργία του συστήματος, αλλά υπολογίζουν και τη πιθανότητα εμφάνισής της. Παράλληλα, με κατάλληλο συνδυασμό των παραπάνω μεγεθών προκύπτουν δείκτες οι οποίοι απεικονίζουν πραγματικά την κατάσταση κινδύνου στην οποία είναι δυνατό να ευρεθεί το σύστημα.

1.3. Εκτίμηση Αξιοπιστίας Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

1.3.1. Βασικές Αρχές

Ο όρος αξιοπιστία έχει μία ευρεία έννοια, όπως φαίνεται και από τον πλέον διαδεδομένο και κοινά αποδεκτό ορισμό του: “Αξιοπιστία είναι η πιθανότητα του συστήματος να εκτελεί την αποστολή του επαρκώς για τη σχεδιαζόμενη χρονική περίοδο και τις επικρατούσες λειτουργικές συνθήκες”. Χρειάζεται να αναγνωρισθεί η γενικότητά του όρου και να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εξετασθεί η συνολική ικανότητα του συστήματος να πραγματοποιεί τον στόχο του.

Η πλήρης κατανόηση των αρχών λειτουργίας του συστήματος αποτελεί τον πρωταρχικό και σημαντικότερο παράγοντα για την εκτίμηση της αξιοπιστίας λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Χρειάζεται να καταστεί σαφές ότι καμία θεωρία πιθανοτήτων δεν είναι δυνατό να παρακάμψει τη μηχανική λειτουργία του συστήματος. Οι θεωρίες πιθανοτήτων αποτελούν απλά ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο το οποίο επιτρέπει στον μηχανικό να μετατρέψει τη γνώση, από την πραγματική λειτουργία του συστήματος, σε μία πρόβλεψη για ενδεχόμενη μελλοντική του συμπεριφορά. Μόνο έπειτα από την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας του συστήματος μπορεί να προκύψει ένα κατάλληλο μοντέλο και να επιλεγεί η βέλτιστη μέθοδος για την ανάλυσή του. Χρειάζεται λοιπόν, τόσο το μοντέλο όσο και η μέθοδος που θα επιλεγούν να ανταποκρίνονται στον τρόπο με τον οποίο το σύστημα λειτουργεί ή αποτυγχάνει. Τα κύρια βήματα που πρέπει να υλοποιηθούν προκειμένου να πραγματοποιηθεί η όσο το δυνατόν καλύτερη επιλογή είναι τα ακόλουθα:

- Κατανόηση του τρόπου κατά τον οποίο τα στοιχεία του συστήματος λειτουργούν.
- Κατανόηση της συνολικής λειτουργίας του συστήματος.
- Αναγνώριση του τρόπου κατά τον οποίο τα στοιχεία του συστήματος αλλά και το ίδιο το σύστημα αποτυγχάνουν.
- Δημιουργία μεθόδων για τη μείωση των συνεπειών των ενδεχόμενων αστοχιών.

Έπειτα από την πραγματοποίηση των παραπάνω βημάτων μπορεί να προκύψει ένα μοντέλο το οποίο θα ανταποκρίνεται στα πραγματικά χαρακτηριστικά του συστήματος, ενώ στη συνέχεια επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος ανάλυσης που θα χρησιμοποιηθεί. Γίνεται λοιπόν κατανοητό το γεγονός ότι δεν υπάρχει μία μοναδική τεχνική ή μέθοδος η οποία θα ανταποκρίνεται σε όλες τις μελέτες που πραγματοποιούνται. Η προσέγγιση που θα ακολουθηθεί και οι φόρμες που θα προκύψουν εξαρτώνται από το πρόβλημα, ή με άλλα λόγια το σύστημα το οποίο θα εξεταστεί, και τις διάφορες θεωρήσεις που θα γίνουν, οι οποίες είναι απαραίτητες σε όλες τις πρακτικές εφαρμογές της πιθανοτικής και στατιστικής θεωρίας. Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της ανάλυσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με την εγκυρότητα των μοντέλων που επελέγησαν για να απεικονίσουν τη λειτουργική συμπεριφορά του πραγματικού συστήματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ενδεχόμενα βλάβης που παρατηρούνται στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς είναι πολύ σπάνιες οι περιπτώσεις κατά τις οποίες τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται στις αναλύσεις είναι δυνατό να περιγράψουν απόλυτα και με κάθε ακρίβεια τις πραγματικές βλάβες που συμβαίνουν. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στις θεωρήσεις που γίνονται έτσι ώστε να αποφευχθούν ενδεχόμενες υπεραπλουστεύσεις οι οποίες θα οδηγήσουν σε λανθασμένα συμπεράσματα.

Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει ο στόχος για τον οποίο πραγματοποιείται η ανάλυση να είναι ξεκάθαρος οπότε και η επιλογή της αντίστοιχης μεθόδου θα βασίζεται στα κατάλληλα κριτήρια. Για παράδειγμα, στην περίπτωση κατά την οποία η ανάλυση πραγματοποιείται για την εκτίμηση της επάρκειας του συστήματος παραγωγής, απαιτείται ένα μοντέλο όσο το δυνατό πιο ακριβές έτσι ώστε να προκύψουν δείκτες οι οποίοι να είναι άμεσα συγκρίσιμοι με ένα δεδομένο επίπεδο αναφοράς. Από την άλλη, όταν στην ανάλυση περιλαμβάνεται και το σύστημα μεταφοράς και διανομής κύριος στόχος είναι να εκτιμηθούν τα σχετικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι διάφορες εναλλακτικές επιλογές, περιλαμβανομένης και της καμία περαιτέρω ενίσχυσης του συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση, το επίπεδο ανάλυσης δεν χρειάζεται να είναι περισσότερο πολύπλοκο από εκείνο που καθιστά δυνατή την εκτίμηση των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε πρότασης. Ένα επιπλέον σημείο το οποίο χρήζει ιδιαίτερης προσοχής είναι το γεγονός ότι η δυνατότητα να

.....
 επιτευχθεί ένας υψηλός βαθμός ακρίβειας στους υπολογισμούς που γίνονται δεν θα πρέπει να ακυρώνει τις ενδεχόμενες αβεβαιότητες στις επιμέρους παραμέτρους του συστήματος, όπως είναι η πρόβλεψη φορτίου, οι ρυθμοί βλαβών των στοιχείων, οι χρόνοι αποκατάστασης κτλ. Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως η απόλυτη αξιοπιστία αποτελεί έναν ιδανικό στόχο ο οποίος, όμως, είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί.

1.3.2. Τεχνικές Εκτίμησης Αξιοπιστίας

Για την εκτίμηση της αξιοπιστίας λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αναπτυχθεί μεθοδολογίες οι οποίες μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κύριες κατηγορίες: 1)τις αναλυτικές μεθόδους και τις 2)ακολουθιακές μεθόδους προσομοίωσης. Μια αναλυτική μέθοδος χρησιμοποιεί βασικά μαθηματικά μοντέλα για την αναπαράσταση του συστήματος και συνδυάζει τις πιθανότητες και τις συχνότητες των καταστάσεων του συστήματος για να υπολογίσει τους αντίστοιχους δείκτες αξιοπιστίας. Κάθε χρονικό σημείο θεωρείται ανεξάρτητο των υπολοίπων ενώ δεν υπάρχει καμία σχέση για τη μετάβαση από τη μία κατάσταση λειτουργίας στην άλλη. Από την άλλη, οι ακολουθιακές μέθοδοι προσομοίωσης υπολογίζουν τους αντίστοιχους δείκτες προσομοιώνοντας την πραγματική εξέλιξη της κατάστασης του συστήματος και λαμβάνοντας υπόψη την τυχαία συμπεριφορά του.

Οι δύο κατηγορίες μεθόδων παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Κύριο πλεονέκτημα μίας αναλυτικής μεθόδου αποτελεί η δυνατότητα να ανιχνεύει σπάνια, αλλά σημαντικά ενδεχόμενα βλαβών. Γενικά, σε περιπτώσεις ανάλυσης κατά τις οποίες οι λειτουργικές καταστάσεις του αντίστοιχου συστήματος δεν είναι ιδιαίτερα πολύπλοκες και οι πιθανότητες βλάβης των στοιχείων του συστήματος είναι μικρές, οι αναλυτικές τεχνικές είναι περισσότερο αποτελεσματικές. Αντίθετα, όταν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες και οι κρίσιμες καταστάσεις παρουσιάζουν σχετικά μεγάλες πιθανότητες να συμβούν, προτιμούνται οι ακολουθιακές μέθοδοι προσομοίωσης.

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι σχετικές διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται τόσο ανάμεσα στις διάφορες αναλυτικές τεχνικές που υπάρχουν, όσο και μεταξύ των διαφόρων μεθόδων προσομοίωσης. Οι υπολογιζόμενοι δείκτες εξαρτώνται άμεσα από

.....
το μοντέλο που επιλέγεται για την αναπαράσταση του πραγματικού συστήματος, την καταλληλότητα της τεχνικής ανάλυσης και την ποιότητα των δεδομένων εισόδου.

1.4. Σκοπός Διπλωματικής Εργασίας

Η χρήση της ενέργειας υπήρξε από την αρχή της ιστορίας καθοριστική για την εξέλιξη του ανθρωπίνου γένους, γι' αυτό και τα θέματα που αφορούν την ενέργεια βρίσκονται στο επίκεντρο του αιώνα αυτού. Τα βασικά ζητήματα που θα καθορίσουν αναμφίβολα και τις εξελίξεις του 21ου αιώνα δεν μπορούν παρά να έχουν άμεση σχέση με την εξασφάλιση της αναγκαίας ποσότητας ενέργειας για κάθε κράτος, με το κόστος αυτής της ενέργειας και με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που μπορούν να προκύψουν από τη χρήση της. Σε αυτό συμβάλει η αυξανόμενη εξάρτηση των κρατών από το πετρέλαιο όπως επίσης και η ελαττώση των ποσοτήτων αυτού, γεγονότα που υπαγορεύουν και την αναγκαιότητα για φθηνότερη και εναλλακτική μορφή ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια καλή απάντηση στα πιο πάνω ζητήματα είναι η στροφή στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό παράγοντα για την κάλυψη των αναγκών ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας καθώς τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση τους παρατηρούνται τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό τομέα. Όμως, η εκμετάλλευσή τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από φυσικά φαινόμενα, όπως είναι οι βροχοπτώσεις και η ταχύτητα του ανέμου, με αποτέλεσμα να υπεισέρχονται αβεβαιότητες στη λειτουργία και στη στάθμη της διαθεσιμότητας των αντίστοιχων μονάδων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης της ασφάλειας και αξιοπιστίας λειτουργίας ενός ενδεικτικού συστήματος παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Ιδιαίτερα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων της μόνιμης κατάστασης λειτουργίας, της ανάλυσης βραχυκυκλωμάτων και της ανάλυσης της μεταβατικής κατάστασης λειτουργίας μετά από ένα συμβάν που προκαλεί συμμετρική βύθιση τάσης σε κάποιους εκ των κύριων ζυγών του συστήματος ή μετά από ένα συμβάν μόνιμου βραχυκυκλώματος. Οι αναλύσεις και οι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

.....
προσομοιώσεις των διαφορετικών σεναρίων μελέτης διεξάγονται με την βοήθεια του εκπαιδευτικού ηλεκτρονικού προγράμματος προσομοίωσης EUROSTAG, η λειτουργία και χρήση του οποίου αναλύεται στο Κεφάλαιο 2. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών και τα σχετικά συμπεράσματα παρατίθενται στα Κεφάλαια 3, 4 και 5 αντίστοιχα, τα οποία αποτελούν τα βασικά κεφάλαια της παρούσης διπλωματικής εργασίας.

Η επιλογή και εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας συνδέεται άμεσα με την ενεργειακή κατάσταση που επικρατεί στην Ελλάδα, η οποία χαρακτηρίζεται από την μεγάλη εξάρτηση σε συγκεκριμένο ορυκτό καύσιμο που είναι το μαζούτ, η εισαγωγή του οποίου κοστίζει αρκετά χρήματα στον πολίτη, αλλά και από την έλλειψη παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, οι οποίες κατά γενική ομολογία πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον μελλοντικό ενεργειακό σχεδιασμό του κράτους, ιδιαίτερα σε χώρες όπως η Ελλάδα που προσφέρουν πολλές ευκαιρίες παραγωγής ενέργειας από εκμετάλλευση του αέρα και του ήλιου.

Οι παραπάνω λόγοι καθιστούν τις επενδύσεις σε παραγωγή αιολικής και φωτοβολταϊκής ενέργειας κερδοφόρες στην πορεία του χρόνου, μιας και το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι ο άνεμος και ο ήλιος και όχι το πετρέλαιο ή κάποιο παράγωγό του, το οποίο εκτός του ότι τείνει να εκλείψει από τον πλανήτη, έχει συνεχώς αυξανόμενη τιμή, αλλά και επιπτώσεις μάλλον αρνητικές για το περιβάλλον, οι οποίες προκύπτουν από την καύση του.

Εικόνα 1.1



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ EUROSTAG

2.1 Εισαγωγή

Με σκοπό την βελτιστοποίηση της αποτελεσματικότητας των επενδύσεων και την ελαχιστοποίηση των κόστων , τόσο οι σχεδιαστές , όσο και οι διαχειριστές ενός συστήματος και στην προκειμένη περίπτωση ενός ΣΗΕ , πρέπει να διαθέτουν το κατάλληλο λογισμικό πακέτο , ούτως ώστε να μπορούν με την αναγκαία ταχύτητα και αξιοπιστία να παράγουν τα κατάλληλα μοντέλα και προσομοιώσεις.

Το μοντέλο προσομοίωσης EUROSTAG , είναι προϊόν που δημιουργήθηκε από την εταιρεία Electricite de France & Tractebel , με σκοπό να πληρεί τις πιο πάνω προϋποθέσεις. Το λογισμικό αυτό είναι πολύ αποτελεσματικό και φιλικό προς τον χρήστη , ένας επιπλέον λόγος που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Στο κεφάλαιο αυτό , θα γίνει παρουσίαση των βασικών χαρακτηριστικών του EUROSTAG , καθώς και συνοπτική περιγραφή των μοντέλων των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν , για τη μοντελοποίηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας , την επίλυση των ροών φορτίου , καθώς και για τις προσομοιώσεις των διαταραχών που έχουν προκληθεί , από τα διάφορα σενάρια διείδυσης αιολικής ισχύος στο σύστημα.

2.2 Λειτουργία και εφαρμογές του EUROSTAG

Ανεξαρτήτως από το είδος των διαταραχών που σημειώνονται και το μέγεθος του συστήματος, το EUROSTAG δείχνει τη συμπεριφορά του ηλεκτρικού συστήματος μέχρι να επιστρέψει σε σταθερή κατάσταση, με αρκετή ακρίβεια. Ο επαναληπτικός αλγόριθμος που χρησιμοποιεί το EUROSTAG, εκτελεί αυτόματο έλεγχο των προσομοιώσεων, ο οποίος πληρεί τα κριτήρια ακρίβειας που καθορίζονται από τον χρήστη. Μετά το πέρας των προσομοιώσεων, μπορούν να αναλυθούν οι σχέσεις και να παρουσιαστούν διαγράμματα που αναφέρονται σε δυναμικά φαινόμενα.

Η χρήση του EUROSTAG, επιτρέπει την μελέτη μεγάλων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, για μεγάλες χρονικές περιόδους, χωρίς την ανάγκη αλλαγής του αρχικού μοντέλου του συστήματος. Πιο κάτω παρατίθενται μερικά τυπικά παραδείγματα της χρήσης του EUROSTAG, που αφορούν την μελέτη ενός ΣΗΕ:

- 1) Έλεγχος της τήρησης συγχρονισμού, μετά από διάφορες διαταραχές.
- 2) Διαμόρφωση στρατηγικών σε δίκτυα, σε περιπτώσεις απόρριψης φορτίου.
- 3) Μελέτη της συμπεριφοράς του δικτύου, κάτω από ασταθείς συνθήκες (προληπτική ασφάλεια).
- 4) Μελέτη της συμπεριφοράς του δικτύου, κάτω από ακραίες ή έκτακτες συνθήκες, π.χ κατάρρευση τάσης, απώλεια συγχρονισμού, επανασυγχρονισμό κ.τ.λ.
- 5) Μελέτη της δυναμικής ευστάθειας των μηχανών με την δυνατότητα ρυθμίσεων, καθώς και προσαρμογή του συστήματος μετάδοσης τους, γύρω από συγκεκριμένο λειτουργικό σημείο του συστήματος.
- 6) Σχεδιασμός και ρύθμιση των τοπικών συστημάτων ελέγχου (ρυθμιστές στροφών GOV και τάσης AVR, καθώς και έλεγχος των λήψεων των μετασχηματιστών TAPS).
- 7) Σχεδιασμός και καθορισμός των συστημάτων προστασίας σταθμών παραγωγής και δικτύων διανομής.

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η χρήση του λογισμικού EUROSTAG μπορεί να βοηθήσει στη μοντελοποίηση του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, για την προσομοίωση των διαταραχών που θα προκαλέσουν τα διάφορα σενάρια διείσδυσης αιολικής και φωτοβολταϊκής ισχύος στο σύστημα. Αυτό, θα μας

.....
βοηθήσει στην συνέχεια να μελετήσουμε τις επιπτώσεις του κάθε σεναρίου , στον τομέα της δυναμικής ασφάλειας του δικτύου.

2.3 Τεχνική περιγραφή του EUROSTAG

Το EUROSTAG βασίζεται σε έναν επαναληπτικό αλγόριθμο με χρονομεταβλητό βήμα και είναι κατάλληλο για την μελέτη βραχυπρόθεσμων , αλλά και μακροπρόθεσμων μεταβατικών φαινομένων. Έτσι , οι μελέτες μεταβατικής ευστάθειας (φαινόμενα που διαρκούν από μερικά msec έως μερικά δευτερόλεπτα) , καθώς και οι μακροπρόθεσμες δυναμικές μελέτες (αλλαγές που συμβαίνουν σε ένα διάστημα από μερικά δευτερόλεπτα έως κάποιες ώρες) , καλύπτονται από την ίδια προσομοίωση.

Το EUROSTAG χωρίζεται στα ακόλουθα πέντε βασικά μέρη:

- 1) Από ένα πρόγραμμα ροής φορτίου (load flow) , του οποίου τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται ως σημείο αναφοράς στην προσομοίωση.
- 2) Από ένα διαδραστικό προσομοιωτή , που επιτρέπει στον χρήστη να απεικονίζει τις διάφορες μεταβλητές , αλλά και να επεμβαίνει στη διαδικασία κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- 3) Από ένα γραφικό προ-επεξεργαστή , που επιτρέπει την εισαγωγή νέων μοντέλων χρησιμοποιώντας σχήματα μπλοκ διαγραμμάτων.
- 4) Από ένα γραφικό επεξεργαστή , ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων , μετά το πέρας της προσομοίωσης.
- 5) Από ένα τμήμα για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων , (μέσω παραμετρικού προσδιορισμού φίλτρων και δημιουργίας πινάκων).

Το EUROSTAG είναι γραμμένο σε Fortran 77 και σε C , και εγκαθίσταται σε σταθμούς εργασίας με UNIX , καθώς και σε προσωπικούς Η/Υ με λειτουργικό σύστημα WINDOWS. Κατά την αναφορά μας στην τεχνική περιγραφή του λογισμικού πακέτου EUROSTAG , κρίνεται αναγκαία , η σύντομη περιγραφή του

.....
 μοντέλου που χρησιμοποιεί , για την αναπαράσταση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι , η μοντελοποίηση του συστήματος παραμένει αναλλοίωτη κατά την διάρκεια της προσομοίωσης , ανεξαρτήτως των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα.

2.3.1 Βασικά στοιχεία του EUROSTAG

Το μοντέλο λοιπόν του EUROSTAG , αποτελείται από τα εξής **βασικά στοιχεία**:

1) Το δίκτυο.

Το EUROSTAG χρησιμοποιεί είτε μονογραμμική , είτε τριφασική αναπαράσταση του δικτύου. Οι κόμβοι τάσεων διέπονται από την αλγεβρική εξίσωση $I=YU$, στην οποία U είναι το διάνυσμα των τάσεων των κόμβων , I το διάνυσμα των ρευμάτων που εισέρχονται στους κόμβους και Y είναι η μήτρα αγωγιμότητας του δικτύου. Τα φορτία του συστήματος διέπονται από μη γραμμικές εξισώσεις , που είναι συναρτήσεις της τάσης και της συχνότητας.

2) Τις γεννήτριες.

Οι σύγχρονες μηχανές περιγράφονται από τις κλασσικές εξισώσεις του PARK.Ο δρομέας των μηχανών παριστάνεται από τέσσερα ισοδύναμα ελίγματα. Μοντελοποιείται επίσης ο μαγνητικός κορεσμός και στους δύο άξονες. Αναφορικά με την μηχανική κίνηση των γεννητριών , οι κινήσεις του δρομέα καθορίζονται από την εξίσωση στρεφομένων μαζών, που συνδέει τη διαφορά ανάμεσα σε μηχανική και ηλεκτρική ροπή με την μεταβολή στην ταχύτητα περιστροφής.

Τα χαρακτηριστικά της γεννήτριας καθορίζονται εξωτερικά (αντιδράσεις και σταθερές χρόνου) ή εσωτερικά (αμοιβαίες επαγωγές και αντιστάσεις) , ανάλογα με το τι θα επιλέξει ο χρήστης.

3) Τις μηχανές επαγωγής.

Υπάρχουν δύο είδη μηχανών επαγωγής. Το ένα μοντέλο ονομάζεται και πλήρες μοντέλο (κυκλώματος δρομέα διπλού κλωβού) , ενώ το άλλο αναφέρεται και ως απλοποιημένο μοντέλο.

.....
4) Τους μετασχηματιστές.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μετασχηματιστών , όπως οι απλοί μετασχηματιστές , οι αυτομετασχηματιστές και οι μετασχηματιστές με taps , με πλήρη μοντέλα που λαμβάνουν υπόψιν τις απώλειες σιδήρου και χαλκού , τον κορεσμό , τις τάσεις βραχυκύκλωσης και τους λόγους μετασχηματισμού.

5) Τα γεγονότα.

Αυτά είναι όλα τα επεισόδια , διαταραχές και διαδικαστικές εντολές που λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια μιας προσομοίωσης. Μπορεί να είναι προγραμματισμένα εκ των προτέρων ή να δημιουργούνται στο πρόγραμμα όταν ενεργοποιείται μια αυτόματη συσκευή. Μπορεί επίσης να εισάγονται κατά την διάρκεια της προσομοίωσης. Τα γεγονότα στα οποία αναφερόμαστε , μπορεί να είναι βραχυκυκλώματα , κλείσιμο γραμμών , επανένωση υποδικτύων , ένταξη γεννητριών , εκκίνηση επαγωγικών κινητήρων , αλλαγή του ενεργού και αέργου φορτίου στους ζυγούς , απώλειες γεννητριών κ.τ.λ.

6) Τα macroblock.

Ο χρήστης μπορεί να καθορίζει τα δικά του μοντέλα (συστήματα ελέγχου ρυθμιστών στροφών , τάσεως κ.τ.λ) , μέσω ενός γραφικού προεπεξεργαστή , που χρησιμοποιεί απλουστευμένα στοιχεία ενός μπλοκ διαγράμματος. Αυτό ουσιαστικά , καταργεί την ανάγκη του προγραμματισμού σε Fortran. Τα προαναφερόμενα μοντέλα αποθηκεύονται σε ειδική βιβλιοθήκη , η οποία εξαρχής περιέχει και μερικά άλλα τυποποιημένα μοντέλα (IEEE , SVC , HVDC κ.τ.λ).

Ιδιαίτερη σημασία στην τεχνική περιγραφή του λογισμικού EUROSTAG , έχει ο τρόπος με τον οποίο εισάγονται τα δεδομένα στο μοντέλο. Αυτό γίνεται με την δημιουργία και τον χειρισμό , **τριών τύπων αρχείων:**

α) Του αρχείου ech , που περιλαμβάνει την τοπολογία του δικτύου με τους ζυγούς τάσεων (και τις παραγόμενες ή καταναλισκόμενες ισχύς τους) , τις γραμμές μεταφοράς του ρεύματος , τους μετασχηματιστές , τους πυκνωτές αντιστάθμισης , τα φορτία του συστήματος και τις σύγχρονες γεννήτριες των ηλεκτροπαραγωγών

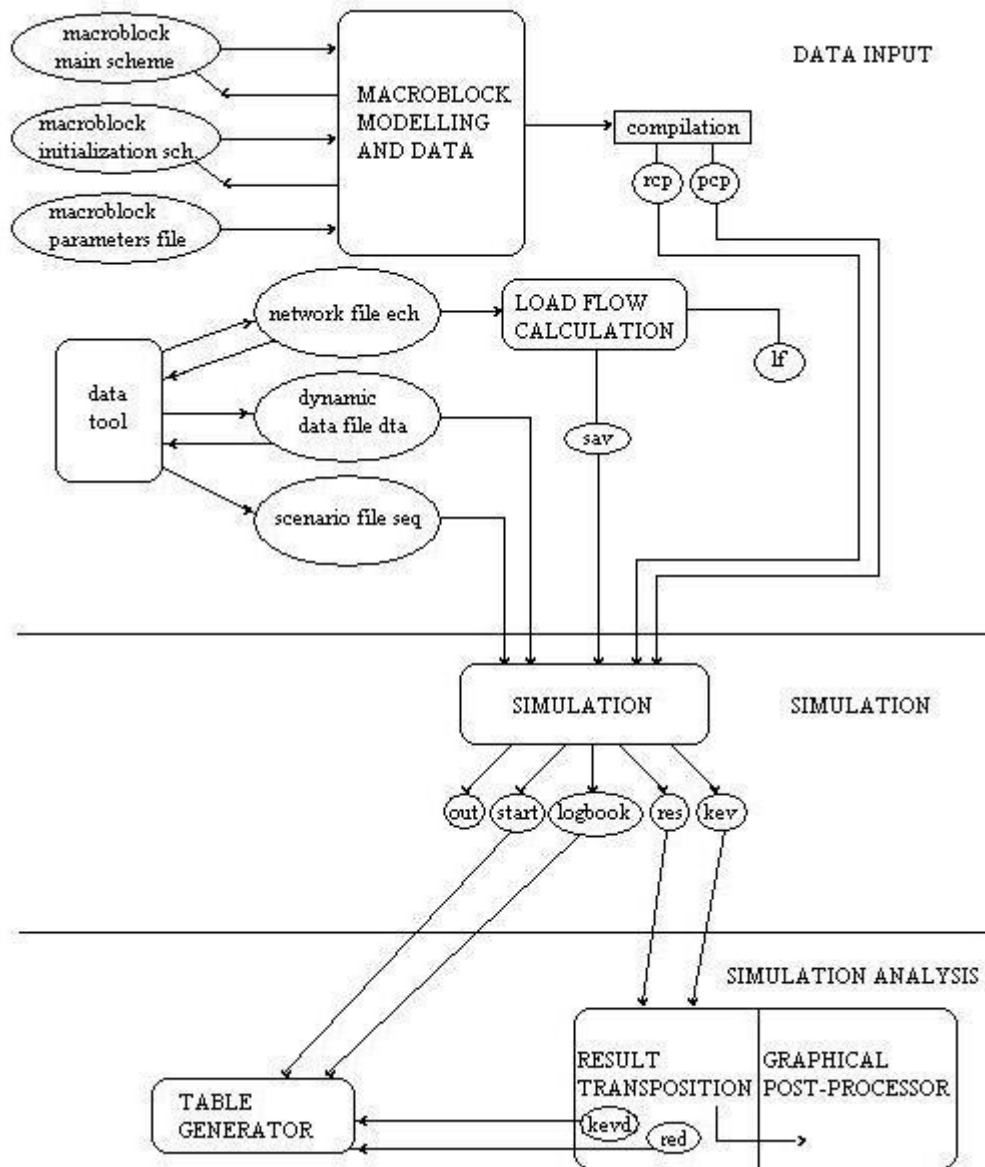
.....
σταθμών. Οι ανεμογεννήτριες των αιολικών πάρκων παρίστανται με την μορφή φορτίου , το οποίο απορροφά άεργο ισχύ και παρέχει ενεργό ισχύ στο δίκτυο.

β) Του αρχείου dta , που περιλαμβάνει τόσο τα χαρακτηριστικά , όσο και τους ρυθμιστές στροφών και τάσης των σύγχρονων γεννητριών του συστήματος , καθώς και τους ρυθμιστές στροφών των ανεμογεννητριών , που θα εντάσσονται σε κάθε σενάριο στο σύστημα. Οι ανεμογεννήτριες στο αρχείο dta , αναφέρονται ως μηχανές επαγωγής.

γ) Του αρχείου seq , που περιλαμβάνει τις διαταραχές που ενδέχεται να προκληθούν στο σύστημα , π.χ η απώλεια μιας μονάδας του συστήματος , καθώς και τις παραμέτρους που ορίζουν την ακρίβεια της επαναληπτικής μεθόδου , που χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια των προσομοιώσεων.

Τα αρχεία που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη σελίδα , παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην διεξαγωγή των προσομοιώσεων , κάτι που φαίνεται και στο ακόλουθο απλουστευμένο σχήμα ,το οποίο απεικονίζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το

EUROSTAG.



Σχήμα 2.1 (πηγή: EUROSTAG User's Guide)

Όπως παρατηρούμε και από το σχήμα, το EUROSTAG χρησιμοποιώντας το αρχείο ech, σαν το κύριο αρχείο δεδομένων, το οποίο εμπεριέχει την αναπαράσταση του ηλεκτρικού μας δικτύου, μπορεί κατ'ευθεία να διεξάγει τον υπολογισμό της ροής φορτίου στο σύστημα. Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, παρουσιάζονται στο αρχείο lf του EUROSTAG, από το οποίο μπορεί να τα δει ο χρήστης. Μετά το πέρας του υπολογισμού της ροής φορτίου, δημιουργείται το αρχείο sav (το οποίο περιέχει τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, για εσωτερική όμως χρήση από το πρόγραμμα).

.....
Στην συνέχεια το EUROSTAG , χρησιμοποιεί τα αρχεία sav , dta και seq , λαμβάνοντας υπόψιν και τα αρχεία rcr και prcr , για να προσομοιώσει την λειτουργία του συστήματος. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα αρχεία rcr και prcr , δημιουργούνται μέσω του model editor (macroblock editor) , αφού προηγουμένως γίνει μεταγλωττισμός (compilation) , των ρυθμιστών στροφών και τάσης που έχουν δημιουργηθεί εκεί.

Μετά το πέρας της προσομοίωσης , τα ακατέργαστα αποτελέσματα της αποθηκεύονται στα αρχεία ken και res , όπου στην συνέχεια γίνονται κατεργασμένα αποτελέσματα (αρχεία kenr και rer αντίστοιχα) , τα οποία παρουσιάζονται μέσω του γραφικού επεξεργαστή (υπό μορφή διαγραμμάτων) και μέσω του τμήματος δημιουργίας πινάκων , με την βοήθεια των αρχείων start και logbook. Στο αρχείο out περιέχονται τα δυναμικά δεδομένα του αρχείου dta , καθώς και μια περίληψη της προσομοίωσης , μαζί με τα μηνύματα σφαλμάτων , τα οποία τυγχάνει να συμβαίνουν κατά την εκτέλεση της επαναληπτικής μεθόδου.

Κλείνοντας , θα πρέπει να αναφέρουμε ότι τόσο το αρχείο ech , όσο και το αρχείο dta , είναι και τα δύο αρχεία κειμένου (της μορφής txt). Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό , διότι μας επιτρέπει να επεμβαίνουμε στα προαναφερόμενα αρχεία , μέσω του κειμενογράφου (notepad) των WINDOWS και να προσαρμόζουμε τα δεδομένα και τις συνθήκες της κάθε προσομοίωσης με ιδιαίτερη ευκολία , χωρίς καν να χρειάζεται να χρησιμοποιούμε το λογισμικό μας. Τα πιο πάνω βέβαια μπορούν να γίνουν και μέσω του EUROSTAG , με την διαδικασία όμως να γίνεται λίγο πιο χρονοβόρα .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

3.1. Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας Βιομηχανικής Εγκατάστασης

Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι μια έννοια που περιλαμβάνει το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Το Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας που μελετάται σ' αυτήν την διπλωματική εργασία αποτελεί ένα ενδεικτικό Σύστημα Παροχής Ηλεκτρικής Ισχύος μιας Βιομηχανικής Εγκατάστασης. Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας αναλύονται και μελετώνται οκτώ (8) διαφορετικά σενάρια λειτουργίας της Βιομηχανικής Εγκατάστασης, όπου πρόκειται για διαφορετικές ώρες λειτουργίας του συστήματος και για διαφορετικό καταναλισκόμενο φορτίο. Σ' αυτήν την παράγραφο θα περιγράψουμε την τοπολογία του συστήματος για την **Βασική Περίπτωση Ανάλυσης Α1**, που χαρακτηρίζει την **Ημερήσια Λειτουργία Μέγιστης Ζήτησης Φορτίου**. Για τις υπόλοιπες περιπτώσεις ανάλυσης, σενάρια, επειδή έχουν κοινή τοπολογία με την βασική περίπτωση, θα αναφέρουμε μόνο τις διαφορές τους από την βασική ανάλυση.

Αρχικά όμως θα περιγράψουμε όλα τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το Ηλεκτρικό Σύστημα Παροχής Ηλεκτρικής Ισχύος της Βιομηχανίας. Τα στοιχεία αυτά είναι κοινά και για τα οκτώ διαφορετικά σενάρια μελέτης του συστήματος, αν εξαιρέσουμε κάποιες μικρές αλλαγές των τιμών σε λιγιστά στοιχεία για κάποιες διαφορετικές περιπτώσεις μελέτης, οι οποίες αλλαγές όμως αναφέρονται κατά την περιγραφή των περιπτώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.1. Στοιχεία των Ζυγών του συστήματος

Αριθμός Ζυγού	Τάση	Αριθμός Ζυγού	Τάση
1	132 kV	34	11 kV
2	132 kV	35	11 kV
3	132 kV	36	11 kV
4	66 kV	41	3.3 kV
5	132 kV	42	3.3 kV
6	132 kV	43	3.3 kV
7	3.3 kV	44	3.3 kV
8	3.3 kV	45	3.3 kV
9	3.3 kV	46	3.3 kV
10	3.3 kV	52	11 kV
13	415 V	53	11 kV
14	415 V	54	11 kV
15	415 V	109	11 kV
107	415 V	63	11 kV
108	11 kV	64	415 V
16	11 kV	65	3.3 kV
17	415 V	66	690 V
18	415 V	67	11 kV
19	11 kV	68	11 kV
20	415 V	69	3.3 kV
22	11 kV	70	3.3 kV
23	11 kV	71	3.3 kV
24	11 kV	72	415 V
25	11 kV	73	11 kV
28	132 kV	74	415 V
29	11 kV	75	11 kV
30	132 kV	76	415 V
31	11 kV	77	11 kV

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

33	11 kV	78	3.3 kV
79	690 V	92	690 V
80	11 kV	93	690 V
81	415 V	94	690 V
82	690 V	95	690 V
83	690 V	96	11 kV
84	11 kV	97	415 V
85	415 V	98	3.3 kV
86	415 V	100	11 kV
87	11 kV	101	11 kV
88	11 kV	102	3.3 kV
89	3.3 kV	103	3.3 kV
90	3.3 kV	104	415 V
91	3.3 kV	105	415 V

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.2. Στοιχεία των Μετασχηματιστών του συστήματος

Όνομα μετασχηματιστή	Ισχύς (MVA)	Από Ζυγό	Προς Ζυγό	x (%)
MG	165	0	1	15,75
IBT1	60	2	4	10,9
IBT2	60	3	4	10,9
MA	15	4	52	14,38
MB	15	4	53	14,21
ΜΓ	15	4	54	14,21
MT1	40	28	29	25
MT2	40	30	31	25
ΜΣ22	0,8	96	97	5,53
ΜΣ16	1	84	90	5,23
ΜΣ17	1	84	91	5,23
ΜΣ18	1,6	84	92	6,8
ΜΣ19	1,6	84	93	6,8
ΜΣ20	2,5	84	94	6
ΜΣ21	2,5	84	95	6
ΜΣ24	1,6	102	104	5,9
ΜΣ23	1,6	96	98	5,9
ΜΣ10	1	80	81	6
ΜΣ9	0,5	75	79	6
ΜΣ6	1,254	73	74	6
ΜΣ8	9	75	78	6
ΜΣ7	2,5	75	76	6
M15	1	84	89	6
M14A	1	106	107	6
M1	1	106	13	6
M2	1	106	14	6
M3	1	106	15	6
ΜΣ11	1	80	82	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

M11A	2	16	17	6,8
M11B	2	108	18	6,8
ΜΣ12	1	80	83	6
ΜΣ13	2,5	84	85	6
ΜΣ14	1	84	86	6
ΜΣ26	2,5	100	102	6
ΜΣ27	2,5	101	103	6
ΜΣ25	1,6	102	105	6
ΜΣ1	1,6	63	64	6
ΜΣ2	2,5	63	65	6
ΜΣ3	1	63	66	6
ΜΣ4	1,6	68	69	6
ΜΣ5	1	68	72	6
M12	1	19	20	6
M6	4	35	9	6
M8	4	36	10	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.3. Στοιχεία των Φορτίων του συστήματος

Ζυγός Τροφοδοσίας	Ενεργός Ισχύς	Αεργός Ισχύς
1	60 MW	17,52 MVAR
54	3,1 MW	0,9 MVAR
52	3,1 MW	0,9 MVAR
53	3,1 MW	0,9 MVAR
9	2,2 MW	1,66 MVAR
64	1,152 MW	558 KVAR
13	500 kW	160 kVAR
14	500 kW	160 kVAR
15	500 kW	160 kVAR
17	60 kW	30 kVAR
18	440 kW	220 kVAR
72	400 KW	100 KVAR
74	400 KW	80 KVAR
76	820 KW	174 KVAR
81	390 KW	210 KVAR
85	280 KW	70 KVAR
86	270 KW	123 KVAR
97	1,22 KW	355 KVAR

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

Πίνακας 3.4. Στοιχεία των Κινητήρων του συστήματος

Ζυγός Τροφοδοσίας	Ενεργός Ισχύς	Αεργός Ισχύς
9	2200 kW	1660 kVAR
10	2000 kW	1500 kVAR
65	1360 kW	340 kVAR
66	330 kW	83 kVAR
67	3160 kW	790 kVAR
70	200 kW	50 kVAR
71	200 kW	50 kVAR
77	1,8 KW	970 KVAR
78	3850 MW	780 KVAR
79	193 KW	40 KVAR
82	400 KW	100 KVAR
83	250 KW	63 KVAR
87	560 KW	420 KVAR
88	560 KW	420 KVAR
89	860 KW	174 KVAR
90	860 KW	174 KVAR
91	880 KW	220 KVAR
92	500 KW	125 KVAR
93	280 KW	70 KVAR
94	280 KW	70 KVAR
95	250 KW	60 KVAR
98	200 KW	28 KVAR

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.5. Στοιχεία των Γεννητριών του συστήματος

Όνομα Γεννήτριας	Τάση	Ενεργός Ισχύς	Συντελεστής Ισχύος	Ζυγός Σύνδεσης
G1	3.3 kV	1,5 MW	0.8	41
G2	3.3 kV	1,5 MW	0.8	42
G3	3.3 kV	1,5 MW	0.8	43
G4	3.3 kV	1,5 MW	0.8	44
G5	3.3 kV	2.5 MW	0.8	45
G6	3.3 kV	2.5 MW	0.8	46
G7	11kV	17MW	0.8	23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.6. Στοιχεία των Αντισταθμίσεων του συστήματος

Ζυγός Διασύνδεσης	Άεργος Ισχύς
7	200 kVAR
8	200 kVAR
9	200 kVAR
10	200 kVAR
67	1100 kVAR
77	1100 kVAR
102	400 kVAR
104	150 kVAR
105	150 kVAR
103	400 kVAR
97	150 kVAR
85	350 kVAR
86	125 kVAR
81	250 kVAR
76	350 kVAR
73	200 kVAR
64	300 kVAR
70	125 kVAR
71	150 kVAR
72	150 kVAR
107	150 kVAR
109	200 kVAR

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.7. Στοιχεία των Γραμμών Μεταφοράς του συστήματος

	ΠΡΟΣ	ΜΗΚΟΣ(m)	R (Ω/km)	X (Ω/km)	Bc (mho /km)	UB (KV)	ZB	Rαμ	Χαμ	Bαμ	R (Ω)	X (Ω)	Bc (mho)
1	2	2700						0,00186	0,007	0,000770			
1	3	2700						0,00186	0,007	0,000770			
2	5	220	0,078	0,14	0,047	132	174,24	0,00010	0,000177	0,002683	0,01716	0,0308	0,029603
3	6	220	0,078	0,14	0,047	132	174,24	0,00010	0,000177	0,002683	0,01716	0,0308	0,029603
5	28	100	0,078	0,14	0,047	132	174,24	0,02332	0,01263636	0,000011773	0,00695	0,062607	0,005744
6	30	100	0,078	0,14	0,047	132	174,24	0,02215	0,012	0,000011180	0,0066	0,059455	0,005455
31	23	801	0,1295	0,104	0,17	11	1,21	0,08573	0,06884628	0,000082383	0,036045	0,248906	0,029789
22	24(2)	145	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,02433	0,01318182	0,000012282	0,00725	0,06531	0,005992
23	25	30	0,1295	0,104	0,17	11	1,21	0,00321	0,00257851	0,000003086	0,00135	0,009322	0,001116
22	75	30	0,1295	0,104	0,17	11	1,21	0,00321	0,00257851	0,000003086	0,00135	0,009322	0,001116
23	80	30	0,1295	0,104	0,17	11	1,21	0,00321	0,00257851	0,000003086	0,00135	0,009322	0,001116
23	84	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
7	41	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
7	42	30	0,1295	0,104	0,17	11	1,21	0,00321	0,00257851	0,000003086	0,00135	0,009322	0,001116
8	43	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
8	44	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

9	45	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
10	46	30	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
63	67	350	0,164	0,111	0,17	3,3	0,109	0,52709	0,35674931	0,000000000	0,0175	1,751607	0,160698
25	68	350	0,164	0,111	0,17	3,3	0,109	0,52709	0,35674931	0,000000000	0,0175	1,414141	0,160698
69	70	300	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
69	71	300	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
75	77	300	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124
84	87	300	0,203	0,11	0,14	11	1,21	0,00503	0,00272727	0,000002541	0,0015	0,013512	0,00124

3.2.Περιπτώσεις Ανάλυσης

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως αυτά είναι τα στοιχεία του συστήματος για την **Βασική Περίπτωση Ανάλυσης Α1**, που χαρακτηρίζει την Ημερήσια Λειτουργία Μέγιστης Ζήτησης Φορτίου.

Για τα υπόλοιπα σενάρια μελέτης θα παρουσιασθούν μόνο οι **διαφορές** από την βασική περίπτωση ανάλυσης Α1.

- Όσον αφορά την περίπτωση λειτουργίας Α2, δεν είναι συνδεδεμένες οι γεννήτριες στους υποπίνακες 1.1 και 1.2 αναπαριστώντας έτσι τη νυχτερινή λειτουργία.
- Στην περίπτωση Α3, συνδέουμε τα φορτία στον υποπίνακα 1.1 συνολικού φορτίου 3,5 MW και αποσυνδέουμε αυτά στον υποπίνακα 1.2 ,συνολικού φορτίου 4,2 MW.
- Στην περίπτωση Α4, αποσυνδέουμε έναν εκ των δύο κεντρικών μετασχηματιστών.Αποσυνδέθηκε ο ΜΤ2.
- Στην περίπτωση Α5, δεν είναι συνδεδεμένη με το σύστημα η γραμμή που ενώνει τους ζυγούς MS5.1 και MS1.1 (23-25)
- Στην περίπτωση Α6, αποσυνδέουμε τη γραμμή Κ13 που συνδέει τον υποπίνακα 1.2 με τον MS1.1 και κλείνουμε το διακόπτη 1.2 στον υποπίνακα 1.2 .
- Στην περίπτωση Α7,συνδέουμε τα φορτία στον 1.1,αποσυνδέουμε αυτά του 1.2,αποσυνδέουμε τη γραμμή Κ05 που συνδέει τον υποπίνακα 1.1 με τον MS1.1,και κλείνουμε το διακόπτη 1.1 στον υποπίνακα 1.1 .
- Στην περίπτωση Α8,συνδέουμε στον MS5 μια γεννήτρια Μ17 ισχύος 17MW.

3.3. Αποτελέσματα της Μόνιμης Κατάστασης Λειτουργίας

Πραγματοποιήθηκαν οκτώ Περιπτώσεις Ανάλυσης που αφορούν τις διαφορετικές λειτουργικές καταστάσεις του συστήματος που μπορούν να συμβούν σε σχέση με τις στάθμες ζήτησης φορτίου του και τις λειτουργικές καταστάσεις των γεννητριών του. Παρακάτω παρουσιάζονται όλα τα ευρεθέντα αποτελέσματα των πραγματοποιηθεισών αναλύσεων σε κατάλληλους πίνακες ενώ έχουν αποτυπωθεί με κατάλληλο τρόπο στα αντίστοιχα μονογραμμικά διαγράμματα του συστήματος που παρουσιάζονται στα αντίστοιχα Σχήματα του Παραρτήματος. Τα παρακάτω αποτελέσματα προέκυψαν κατόπιν μοντελοποίησης όλων των σεναρίων στο πρόγραμμα EUROSTAG. Στο παράρτημα παρουσιάζονται κάποιοι ενδεικτικοί πίνακες μελέτης αυτού του προγράμματος για τον υπολογισμό της ροής φορτίου όλων των περιπτώσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.8. Δεδομένα της ζήτησης φορτίου του συστήματος για τις 8 διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης θεωρώντας τις ονομαστικές τιμές των διατάξεων αντιστάθμισης αέργου ισχύος

Φορτίο	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
<u>Φορτίο Μέρους</u> ↓								
Ενεργό (MW)	13,5	13,5	12,3	13,5	13,5	13,5	12,3	13,5
Άεργο (MVAR)	8,1	8,1	7,11	8,1	8,1	8,1	7,11	8,1
Αντιστάθμιση (MVAR)	2,86	2,87	2,88	2,86	2,86	2,86	2,88	2,86
Καθαρό Άεργο (MVAR)	5,24	5,23	4,23	5,24	5,24	5,24	4,23	5,24
<u>Φορτίο Μέρους</u> II								
Ενεργό (MW)	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28
Άεργο (MVAR)	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38
Αντιστάθμιση (MVAR)	3,13	3,16	3,16	3,13	3,13	3,13	3,16	3,13
Καθαρό Άεργο (MVAR)	25,25	25,22	25,22	25,25	25,25	25,25	25,22	25,25
<u>Συνολικό Φορτίο</u>								
Ενεργό (MW)	96,78	96,78	95,58	96,78	96,78	96,78	95,58	96,78
Άεργο (MVAR)	36,48	36,48	35,49	36,48	36,48	36,48	35,49	36,48
Αντιστάθμιση (MVAR)	5,99	6,03	6,04	5,99	5,99	5,99	6,04	5,99
Καθαρό Άεργο (MVAR)	30,49	30,45	29,45	30,49	30,49	30,49	29,45	30,49

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.9. Μέτρα των τάσεων των ζυγών του συστήματος (σε kV) για τις 8 διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης

Αρ. Ζυγού	Ονομαστική Τάση	Περιπτώσεις Ανάλυσης							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
1	132	131,86	132,86	131,93	139,69	131,86	131,86	131,92	132,06
10	3,3	3,27	3,2	3,37	3,28	3,27	3,28	3,37	3,29
100	11	11,34	11,5	11,39	11,38	11,34	11,34	11,39	11,44
102	3,3	3,44	3,48	3,45	3,45	3,44	3,43	3,45	3,46
106	11	11,36	11,37	11,37	11,34	11,32	11,36	11,36	11,4
107	0,4	0,42	0,42	0,42	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42
108	11	11,33	11,42	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
13	0,4	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
14	0,4	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
15	0,4	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
16	11	11,33	11,43	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
17	0,4	0,41	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42
18	0,4	0,44	0,44	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43
19	11	11,33	11,43	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
2	132	131,56	132,46	131,64	131,36	131,55	131,56	131,62	132,01
20	0,4	0,44	0,44	0,44	0,42	0,43	0,41	0,42	0,42
22	11	11,4	11,42	11,43	11,38	11,39	11,4	11,42	11,44
23	11	11,34	11,49	11,39	11,38	11,34	11,34	11,39	11,43
24	11	11,36	11,38	11,37	11,34	11,32	11,36	11,37	11,4
25	11	11,33	11,43	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
28	132	131,54	132,44	131,62	131,35	131,54	131,54	131,61	132
29	11	11,4	11,43	11,44	11,39	11,4	11,4	11,43	11,45
3	132	131,56	132,46	131,64	131,36	131,55	131,56	131,62	132,01
30	132	131,55	132,45	131,63	131,35	131,54	131,55	131,62	132,01

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

31	11	11,34	11,5	11,39	11,38	11,34	11,34	11,39	11,42
33	11	11,36	11,38	11,37	11,34	11,32	11,36	11,36	11,41
35	11	11,33	11,42	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
36	11	11,33	11,42	11,44	11,37	11,33	11,33	11,44	11,43
4	66	65,57	66,02	65,61	65,47	65,56	65,57	65,60	65,78
44	3,3	3,4	0	3,33	3,39	3,38	3,4	3,30	3,41
45	3,3	3,38	0	3,48	3,39	3,38	3,4	3,48	3,4
46	3,3	3,38	0	3,48	3,4	3,38	3,4	3,48	3,41
5	132	131,55	132,45	131,63	131,35	131,54	131,55	131,61	132,01
52	11	11,32	11,39	11,32	11,3	11,32	11,32	11,32	11,35
53	11	11,32	11,39	11,32	11,30	11,32	11,32	11,32	11,35
54	11	11,32	11,39	11,32	11,30	11,32	11,32	11,32	11,35
6	132	131,55	132,45	131,63	131,35	131,54	131,55	131,62	132,01
63	11	11,32	11,33	11,33	11,3	11,28	11,32	11,32	11,36
64	0,4	0,41	0,41	0,41	0,4	0,4	0,41	0,41	0,41
65	3,3	3,31	3,31	3,31	3,3	3,3	3,31	3,31	3,32
66	0,7	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,7
67	11	11,31	11,32	11,32	11,29	11,27	11,31	11,32	11,35
68	11	11,33	11,42	11,44	11,37	11,33	11,33	11,43	11,42
69	3,3	3,4	3,43	3,43	3,41	3,4	3,4	3,43	3,43
7	3,3	3,26	3,27	3,23	3,26	3,25	3,26	3,21	3,28
70	3,3	3,4	3,43	3,43	3,41	3,4	3,4	3,43	3,43
71	3,3	3,4	3,43	3,43	3,41	3,4	3,4	3,43	3,43
72	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
73	11	11,39	11,42	11,42	11,38	11,39	11,39	11,42	11,44
74	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
75	11	11,38	11,41	11,41	11,37	11,38	11,38	11,41	11,43
76	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

77	11	11,38	11,4	11,41	11,36	11,37	11,38	11,4	11,42
78	3,3	3,35	3,35	3,36	3,34	3,35	3,35	3,36	3,36
79	0,7	0,7	0,70	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,71
8	3,3	3,31	3,27	3,24	3,3	3,3	3,31	3,21	3,32
80	11	11,32	11,48	11,37	11,36	11,32	11,32	11,37	11,41
81	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
82	0,7	0,7	0,71	0,7	0,70	0,7	0,7	0,7	0,7
83	0,7	0,7	0,71	0,71	0,71	0,7	0,7	0,71	0,71
84	11	11,33	11,48	11,38	11,37	11,33	11,33	11,38	11,42
85	0,4	0,43	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
86	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
89	3,3	3,33	3,38	3,35	3,35	3,33	3,33	3,35	3,36
9	3,3	3,26	3,19	3,37	3,27	3,26	3,28	3,37	3,29
90	3,3	3,33	3,38	3,35	3,35	3,33	3,33	3,35	3,36
91	3,3	3,36	3,4	3,37	3,37	3,36	3,35	3,37	3,38
92	0,7	0,69	0,7	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,7
93	0,7	0,7	0,71	0,71	0,71	0,7	0,7	0,71	0,71
94	0,7	0,7	0,71	0,71	0,71	0,7	0,7	0,71	0,71
95	0,7	0,68	0,69	0,69	0,69	0,68	0,68	0,69	0,69
96	11	11,38	11,4	11,41	11,36	11,37	11,38	11,4	11,42
97	0,4	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
98	3,3	3,4	3,41	3,41	3,39	3,4	3,4	3,41	3,41

* Σημαίνει ότι η τάση του ζυγού ευρίσκεται εκτός του επιτρεπτού διαστήματος των ορίων ($\pm 10\%$ της ονομαστικής τιμής)
 Στις όπου έχουμε μηδενικές τάσεις οι ζυγοί αυτοί βρίσκονται εκτός δικτύου(είναι ζυγοί όπου είναι συνδεδεμένες γεννήτριες και σε κάποια σενاريو τις αποσυνδέουμε)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.10. Αποτελέσματα της ανάλυσης του συστήματος για τα φορτία και τις απώλειες ισχύος στις 8 διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης

Φορτίο – Απώλειες Ισχύος	Περιπτώσεις Ανάλυσης							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Φορτίο Μέρους I								
Ενεργό (MW)	13,5	13,5	12,3	13,5	13,5	13,5	12,3	13,5
Άεργο (MVAR)	8,1	8,1	7,11	8,1	8,1	8,1	7,11	8,1
Αντιστάθμιση (MVAR)	2,86	2,87	2,88	2,86	2,86	2,86	2,88	2,86
Καθαρό Άεργο (MVAR)	5,24	5,23	4,23	5,24	5,24	5,24	4,23	5,24
Φορτίο Μέρους II								
Ενεργό (MW)	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28	83,28
Άεργο (MVAR)	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38	28,38
Αντιστάθμιση (MVAR)	3,13	3,16	3,16	3,13	3,13	3,13	3,16	3,13
Καθαρό Άεργο (MVAR)	25,25	25,22	25,22	25,25	25,25	25,25	25,22	25,25
Συνολικό Φορτίο								
Ενεργό (MW)	96,78	96,78	95,58	96,78	96,78	96,78	95,58	96,78
Άεργο (MVAR)	36,48	36,48	35,49	36,48	36,48	36,48	35,49	36,48
Αντιστάθμιση (MVAR)	5,99	6,03	6,04	5,99	5,99	5,99	6,04	5,99
Καθαρό Άεργο (MVAR)	30,49	30,45	29,45	30,49	30,49	30,49	29,45	30,49
Απώλειες Ισχύος								
Ενεργές (MW)	1,22	1,2	1,28	1,26	1,24	1,22	1,28	1,07
(% φορτίου)	1,26	1,24	1,34	1,3	1,28	1,26	1,34	1,12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

Αεργες (MVAR)	12,44	14,52	12,8	13,61	12,45	12,42	12,85	9,77
(% φορτίου)	40,8	47,68	43,46	44,63	40,83	40,73	43,63	32,04

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 3.11. Δεδομένα και αποτελέσματα της ανάλυσης του συστήματος για τις διατάξεις αντιστάθμισης αέργου ισχύος(σε MVAR) στις 8 διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης

Μέρος Συστήματος- Ζυγός	Ονομαστική Τιμή	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
		<u>Μέρος I</u>							
7	0,2	0,2	0,2	0,19	0,19	0,19	0,2	0,19	0,2
8	0,2	0,2	0,2	0,19	0,2	0,2	0,2	0,19	0,2
9	0,2	0,19	0,2	0,21	0,2	0,19	0,2	0,21	0,2
10	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2
67	1,1	1,16	1,1	1,16	1,16	1,15	1,16	1,16	1,17
64	0,3	0,29	0,3	0,29	0,29	0,28	0,29	0,29	0,29
70	0,12	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
71	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
72	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,22	0,16
107	0,15	0,17	0,15	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18
Σύνολο	2,77	2,86	2,77	2,89	2,86	2,83	2,87	2,93	2,89
<u>Μέρος II</u>									
77	1,1	1,18	1,1	1,18	1,17	1,18	1,18	1,18	1,19
102	0,4	0,43	0,4	0,44	0,44	0,43	0,43	0,44	0,44
104	0,15	0	0,15	0	0	0	0	0	0
105	0,15	0	0,15	0	0	0	0	0	0
103	0,4	0	0,4	0	0	0	0	0	0
97	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
85	0,35	0,38	0,35	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

86	0,12	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
81	0,25	0,26	0,25	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27	0,27
76	0,35	0,38	0,35	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
73	0,2	0,21	0,2	0,22	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22
Σύνολο	3,62	3,13	3,62	3,16	3,14	3,13	3,13	3,16	3,17
Συνολικό Σύστημα	6,39	5,99	6,39	6,05	6	5,96	6	6,09	6,06

3.4. Συμπεράσματα για μόνιμη κατάσταση λειτουργίας

Αποδεικνύεται μελετώντας τους πίνακες ότι τα μέτρα των τάσεων των ζυγών του συστήματος(πίνακας 3.9) ευρίσκονται σε επιθυμητά επίπεδα σε όλες τις περιπτώσεις ανάλυσης που σημαίνει ότι δεν υπάρχει υπέρβαση των ορίων διακύμανσης τάσης (± 10 των ονομαστικών τιμών τους). Όμως, προκύπτουν διαφορετικές τιμές των τάσεων που οφείλονται στη λειτουργία των διατάξεων της αυτόματης αλλαγής σχέσης μετασχηματισμού των μετασχηματιστών ισχύος του κυκλώματος.

Οι απώλειες ενεργού ισχύος(πίνακας 3.10) του συστήματος κυμαίνονται μεταξύ 1070kW και 1280kW για τις διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης που σημαίνει ότι αυτές αποτελούν το 1,12% - 1,34% του αντίστοιχου φορτίου του συστήματος. Η μέγιστη τιμή (1280kW) συμβαίνει όταν βγαίνουν εκτός δικτύου τα φορτία του υποπίνακα 1.2 (Περίπτωση Ανάλυσης A3 και A7). Οι απώλειες αέργου ισχύος του συστήματος κυμαίνονται μεταξύ 9770kVAR και 14520kVAR για τις διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης που σημαίνει ότι αυτές αποτελούν το 32,04% - 47,68% του αντίστοιχου φορτίου του συστήματος. Η μέγιστη τιμή (14520kVAR) συμβαίνει όταν όταν βγαίνουν εκτός δικτύου τα φορτία του υποπίνακα 1.1 και δε δουλεύει καμία από τις γεννήτριες ,οπότε τροφοδοτούνται όλα τα φορτία από την κεντρική γεννήτρια (Περίπτωση Ανάλυσης A2) .

Επίσης φαίνεται πως οι διατάξεις της αντιστάθμισης αέργου ισχύος του συστήματος λειτουργούν αρκετά ικανοποιητικά και μειώνουν σημαντικά τη ροή αέργου ισχύος προς τους ζυγούς φορτίου του συστήματος. Αυτό σημαίνει ότι οι απώλειες της ενεργού ισχύος και κύρια της αέργου ισχύος μειώνονται σημαντικά. Όταν υπάρχει μειωμένη στάθμη ζήτησης φορτίου (Περίπτωσης Ανάλυσης A3 – A7) μπορεί να προκύπτει ροή αέργου ισχύος από τους ζυγούς 3,3kV του συστήματος προς τους ζυγούς 11kV στο Μέρος I. Αυτό συμβαίνει διότι υποτίθεται ότι οι γεννήτριες του συστήματος λειτουργούν με σταθερή τιμή παραγόμενης αέργου ισχύος η οποία δεν μεταβάλλεται σε αυτές τις λειτουργικές συνθήκες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....

Ακόμα συμπεραίνουμε ότι η φόρτιση των καλωδίων που τροφοδοτούν το Μέρος II του συστήματος δεν εξαρτάται από τις λειτουργικές καταστάσεις των γεννητριών του. Δημιουργείται πρόβλημα υπερφόρτισης του ενός καλωδίου εάν έχουν απολεσθεί τα άλλα δύο καλώδια. Η φόρτιση των καλωδίων στις άλλες δύο καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος είναι περίπου 40% και 60% που σημαίνει ότι υπάρχει ικανοποιητική λειτουργία τους. Αυτό σημαίνει ότι εφαρμόζεται το κριτήριο ασφαλείας λειτουργίας N – 1. Η φόρτιση των καλωδίων που τροφοδοτούν το Μέρος I του συστήματος εξαρτάται σημαντικά από τις λειτουργικές καταστάσεις των γεννητριών του. Δημιουργείται πρόβλημα υπερφόρτισης του ενός καλωδίου εάν έχουν απολεσθεί τα άλλα δύο καλώδια. Η φόρτιση των καλωδίων στις άλλες δύο καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος κυμαίνεται μεταξύ 36% έως 86% για την κανονική κατάσταση λειτουργίας και 55% έως 130% για την κατάσταση λειτουργίας μετά από το συμβάν της απώλειας ενός καλωδίου. Γενικά, η φόρτιση των καλωδίων αυτών (σε %) αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη φόρτιση των καλωδίων που τροφοδοτούν το Μέρος II. Τα ευρεθέντα αποτελέσματα δείχνουν ότι εφαρμόζεται το κριτήριο ασφαλείας λειτουργίας N – 1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο
ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάζονται 8 διαφορετικά σενάρια προσομοίωσης και μελέτης του συστήματος. Γι' αυτές τις διαφορετικές περιπτώσεις πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις του συστήματος θεωρώντας ότι συμβαίνουν μεταβατικά συμμετρικά βραχυκυκλώματα σε 8 ζυγούς του συστήματος και σε ένα καλώδιο που συνδέει μία γεννήτρια στον αντίστοιχο ζυγό (διάρκεια 100msec). Επίσης, πραγματοποιήθηκε η αναλυτική προσομοίωση τους στο EUROSTAG. Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε προσεγγιστικά μέσω γραφικών παραστάσεων του προγράμματος το ρεύμα βραχυκύκλωσης για κάθε ένα συμβάν. Τα ευρεθέντα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 4.1, όπου παρουσιάζονται οι μεταβολές του ρεύματος βραχυκύκλωσης σε κάθε ζυγό ξεχωριστά αλλά και οι μεταβολές στον κάθε έναν ζυγό για της διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης του συστήματος. Η διαδικασία υπολογισμού αυτών των αποτελεσμάτων, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, έγινε με την αποτύπωση της προσομοίωσης των βραχυκυκλωμάτων με γραφικές παραστάσεις. Ενδεικτικά παρουσιάζονται παρακάτω όλες οι γραφικές παραστάσεις του ρεύματος βραχυκύκλωσης για την περίπτωση A1 που είναι η βασική περίπτωση ανάλυσης, περίπτωση πλήρους φορτίου. Επίσης για την περίπτωση αυτή παρουσιάζεται η μεταβολή και κάποιων άλλων μεγεθών μέσω γραφικών παραστάσεων, όπως η μεταβολή της συχνότητας και της ενεργούς και άεργους ισχύος σε κάποιες γεννήτριες και κάποιους κινητήρες.

4.2. Συμπεράσματα

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν και η αναλυτική προσομοίωση των περιπτώσεων τους συστήματος καθώς επίσης και η διεξοδική μελέτη των πινάκων και των γραφικών παραστάσεων μας οδηγούν στην διεξαγωγή των εξής συμπερασμάτων :

- Οι διαφορετικές τιμές των ρευμάτων βραχυκυκλώσεως εξαρτώνται κύρια από το σημείο του συστήματος στο οποίο συμβαίνει το βραχυκύκλωμα και από τον αριθμό των γεννητριών του που ευρίσκονται σε κατάσταση λειτουργίας. Οι επιπτώσεις των διαφορετικών τιμών της ζήτησης φορτίου των ζυγών είναι πολύ μικρές.
- Οι μέγιστες τιμές των ρευμάτων βραχυκυκλώσεως παρουσιάζονται στα βραχυκυκλώματα που αφορούν τις καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος όταν υποτίθεται ότι όλες οι γεννήτριες του λειτουργούν. Οι επιπτώσεις των διαφορετικών τιμών της ζήτησης φορτίου είναι πολύ μικρές. Οι μέγιστες αριθμητικές τιμές των ρευμάτων βραχυκυκλώσεως είναι περίπου ίσες με 15kA – 21kA και αφορούν τα βραχυκυκλώματα στους ζυγούς στους οποίους συνδέονται οι γεννήτριες που έχουν τις μεγαλύτερες τιμές ονομαστικής ισχύος και είναι κλειστοί οι διακόπτες των ζυγών αυτών.
- Οι ελάχιστες τιμές των ρευμάτων βραχυκυκλώσεως παρουσιάζονται στα βραχυκυκλώματα που αφορούν τις καταστάσεις λειτουργίας του συστήματος όταν υποτίθεται ότι όλες οι γεννήτριες του συστήματος δεν λειτουργούν και οι διακόπτες των κύριων ζυγών είναι είναι ανοιχτοί. Οι αριθμητικές τιμές τους είναι περίπου ίσες με 6,5kA – 8kA και υπάρχουν μικρές διαφορές για τα βραχυκυκλώματα που συμβαίνουν στους διαφορετικούς ζυγούς του συστήματος.
- Εάν θεωρηθεί ότι οι δύο κύριοι ζυγοί του συστήματος που τροφοδοτούν τα φορτία των δύο αντίστοιχων μερών του λειτουργούν με τους διακόπτες ζεύξης των δύο τμημάτων τους σε κατάσταση ανοικτοκυκλώσεως, οι τιμές αντίστοιχων ρευμάτων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

.....
βραχυκυκλώσεως δεν είναι σημαντικά μειωμένες. Όμως, η θεώρηση της ζεύξης των ζυγών αυτών με τους διακόπτες σε κατάσταση κλειστού κυκλώματος, προσφέρει αυξημένη στάθμη αξιοπιστίας λειτουργίας του συστήματος στις περιπτώσεις συμβάντων βλάβης στα καλώδια τροφοδότησης του συστήματος.

- Οι επιπτώσεις των μεταβατικών συμμετρικών βραχυκυκλωμάτων στην ομαλή λειτουργία του συστήματος είναι πολύ μικρές και η κανονική κατάσταση λειτουργίας του επανέρχεται μετά από την εξάλειψη του μεταβατικού φαινομένου. Η κύρια αιτία είναι η θεωρούμενη μικρή διάρκεια των μεταβατικών βραχυκυκλωμάτων (100msec).
- Υπάρχουν πολύ μικρές μεταβολές των κύριων μεγεθών των γεννητριών και των κινητήρων του συστήματος (συχνότητα, ενεργός και άεργος ισχύς, τάση ζυγού σύνδεσης). Η μεταβατική συμπεριφορά τους είναι αρκετά ομαλή και η χρονική διάρκεια αυτών των μεταβολών είναι περίπου 1sec – 3sec.
- Οι μεγαλύτερες επιπτώσεις υπάρχουν στη συχνότητα των γεννητριών του συστήματος και οι σχετικές μεταβολές διαρκούν περίπου 3sec.
- Οι επιπτώσεις που υπάρχουν στη συχνότητα των κινητήρων είναι σχετικά μικρές σε διάρκεια (περίπου 1sec) αλλά υπάρχουν σημαντικές μειώσεις των αριθμητικών τιμών της (περίπου 0,8Hz – 1 Hz) ανάλογα με την ισχύ των κινητήρων και την τοπολογική θέση των ζυγών σύνδεσης τους στο σύστημα σε σχέση με τον κύριο ζυγό τροφοδότησης του.
- Οι βυθίσεις τάσης που παρατηρούνται στους ζυγούς του συστήματος έχουν διαφορετικές τιμές και σχετίζονται με την τοπολογική θέση των ζυγών στο σύστημα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

και την υπάρχουσα σύνδεση γεννητριών σε αυτούς ανάλογα με τις τιμές της παραγόμενης ισχύος τους. Αυτές οι τιμές βύθισης τάσης είναι αρκετά σημαντικές σε μερικούς ζυγούς (περίπου 85% - 95%).

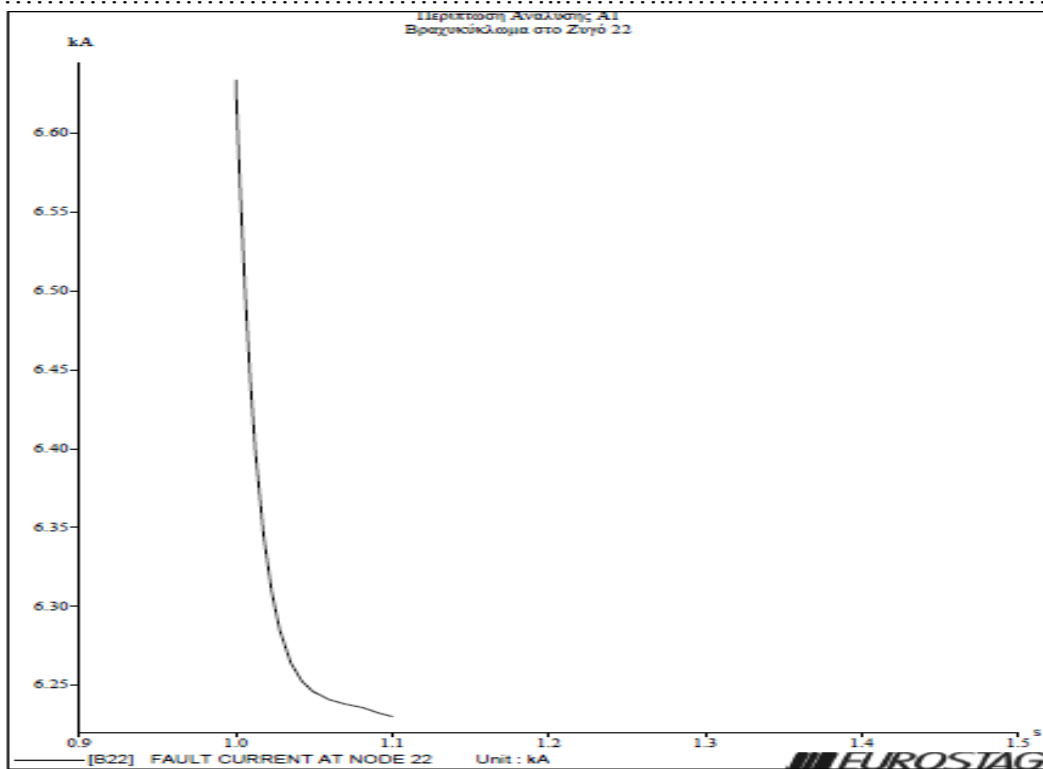
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πίνακας 4.1 Ρεύματα Βραχυκυκλώσεως (σε kA) θεωρώντας τα αντίστοιχα βραχυκυκλώματα σε ζυγούς και γραμμές του συστήματος

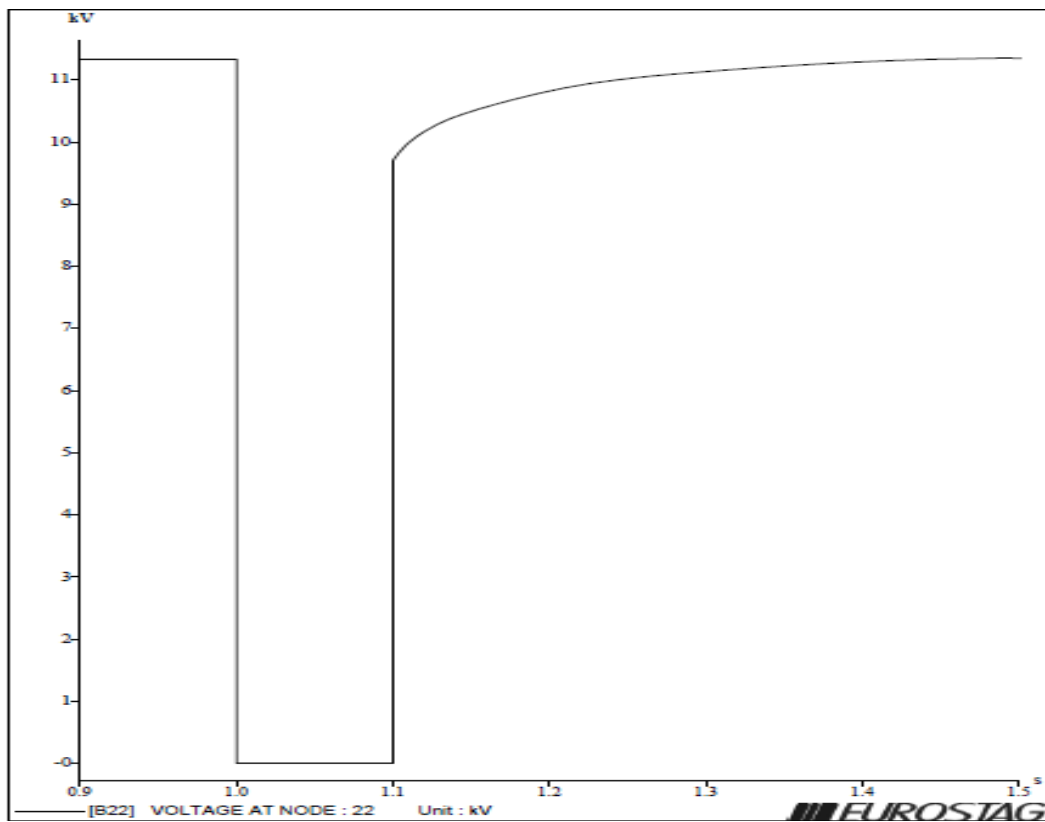
για τις οκτώ διαφορετικές περιπτώσεις ανάλυσης

			Περιπτώσεις Ανάλυσης							
			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Διακόπτες σύνδεσης ζυγών 22-23, 24-25,7-8 και 9-10 ανοικτοί	Ζυγός	22	6,62	5,98	6,71	8,65	6,62	6,58	6,7	6,63
		23	7,92	6,23	7,85	8,68	7,95	7,98	7,82	7,42
		24	6,17	5,56	6,18	7,83	5,96	6,13	6,17	6,17
		25	7,3	5,63	7,15	7,8	7,28	7,32	7,12	6,92
		7	7,73	7,44	7,35	8,38	7,63	7,7	9,18	7,75
		8	9,45	7,51	9,1	10,15	9,28	9,38	9,18	9,45
		9	12,3	7,6	12,1	12,58	12,3	12,35	12,1	12,2
		10	12,7	7,74	12,52	12,98	12,62	17	12,5	12,55
		9 - 45	11,4	-	11,51	11,5	11,4	10,15	11,5	11,5
Διακόπτες σύνδεσης ζυγών 22-23, 24-25,7-8 και 9-10 κλειστοί	Ζυγός	22	11,1	8,73	11,12	8,71	10,98	10,7	11,2	10,78
		24	10,1	8,03		8,2	9,98	9,72	10,8	9,91
		7	15,82	13,03	15,6	14,55	15,8	15,61	10,6	15,81
		9	21,9	13,15	21,58	20,4	21,7	17,5	21,6	21,8
Ελάχιστες τιμές: Περίπτωση ανάλυσης A4 όταν δεν λειτουργεί καμία γεννήτρια του συστήματος (περίπου 9kV στους ζυγούς του συστήματος)										
Μέγιστες Τιμές: Περιπτώσεις ανάλυσης A1 και Γ2 όταν λειτουργούν όλες οι γεννήτριες του συστήματος (περίπου 12kV - 15 kV στους ζυγούς του συστήματος)										

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

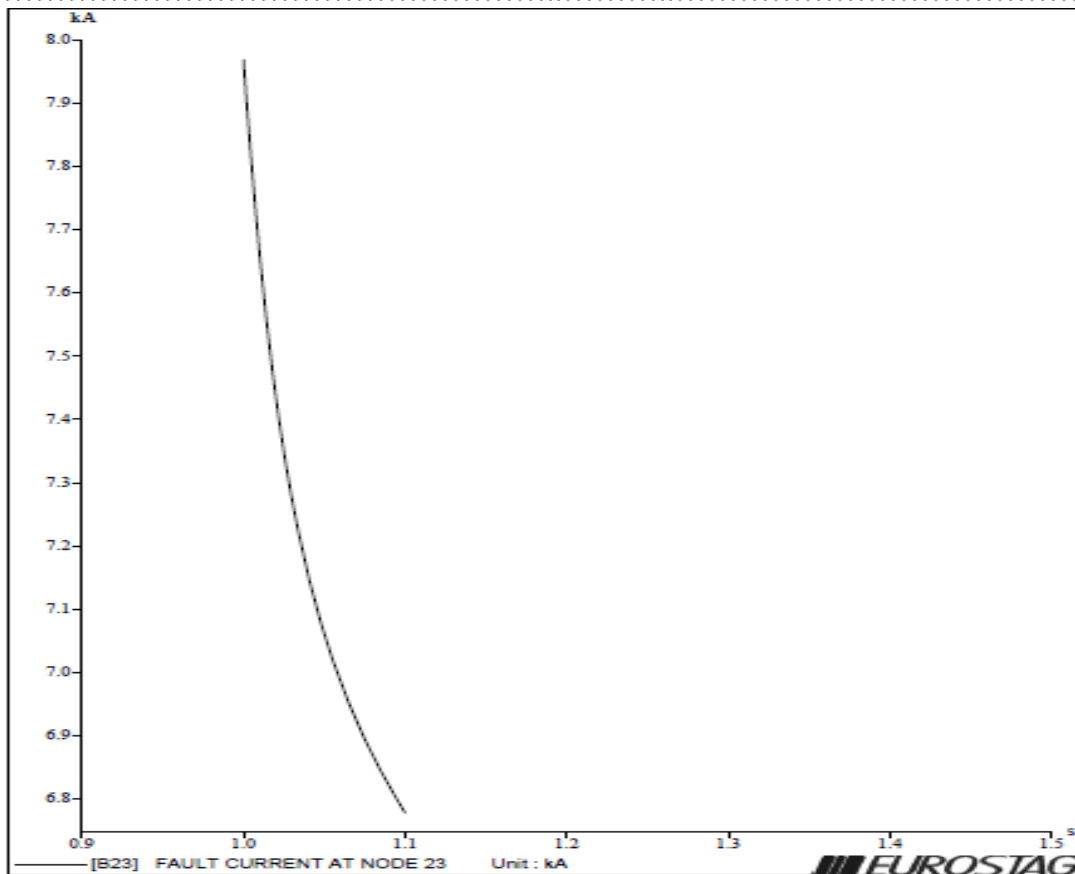


Σχήμα 4.1. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

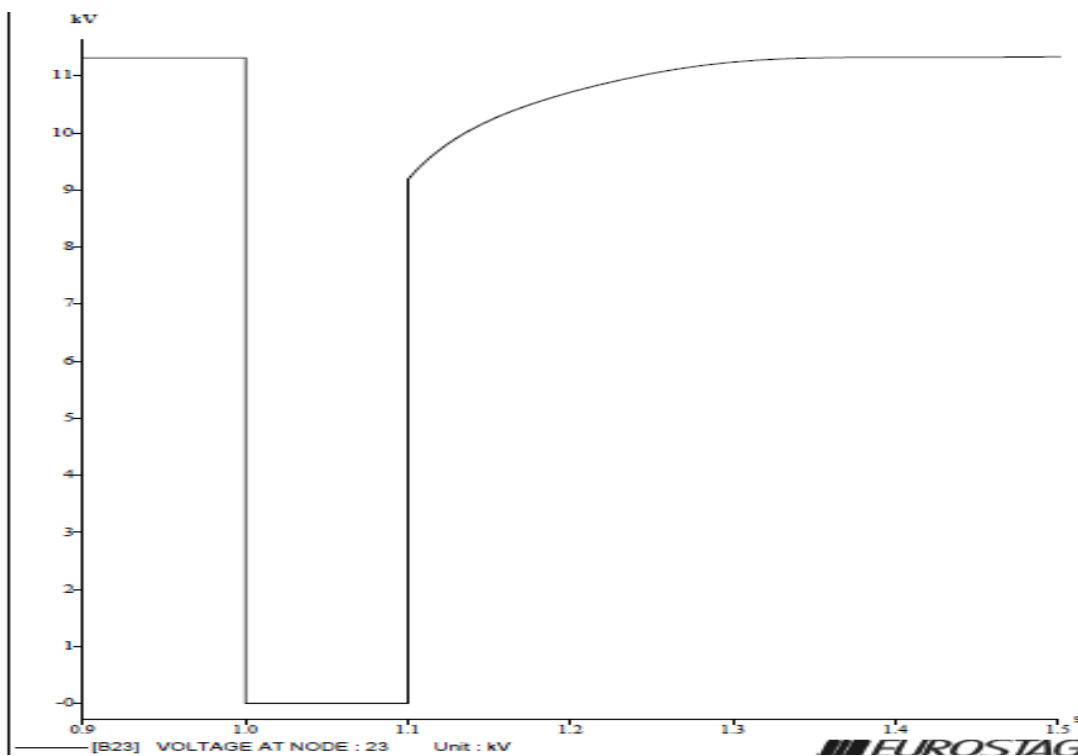


Σχήμα 4.2. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 22 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

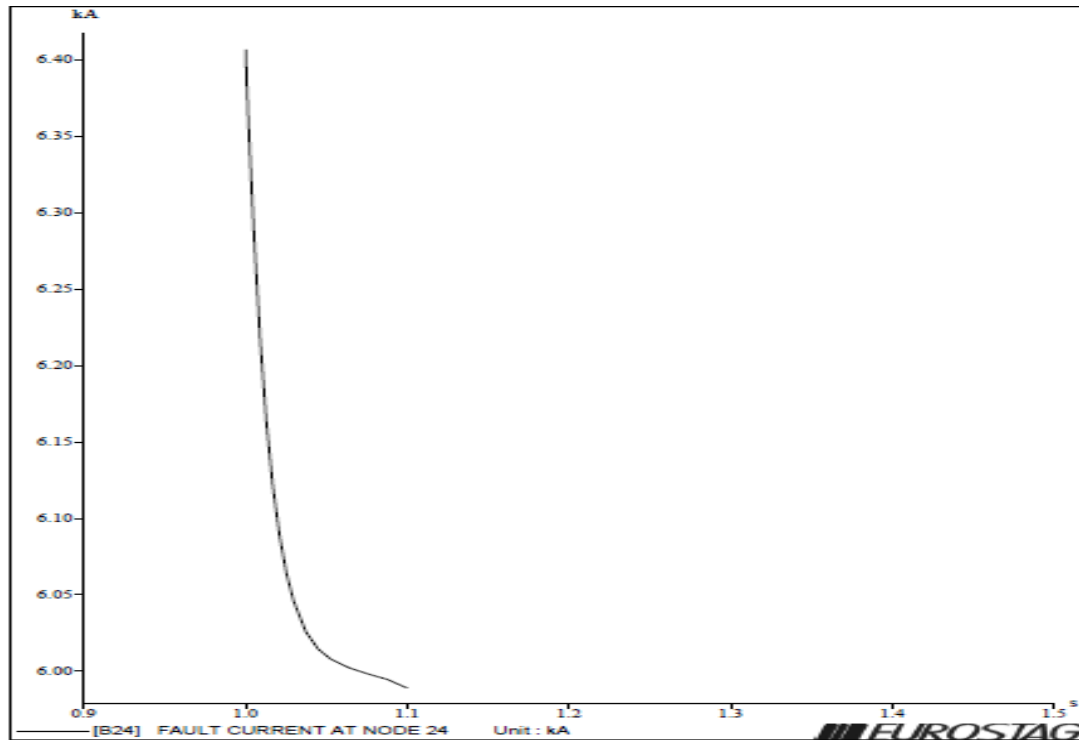


Σχήμα 4.3. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 23

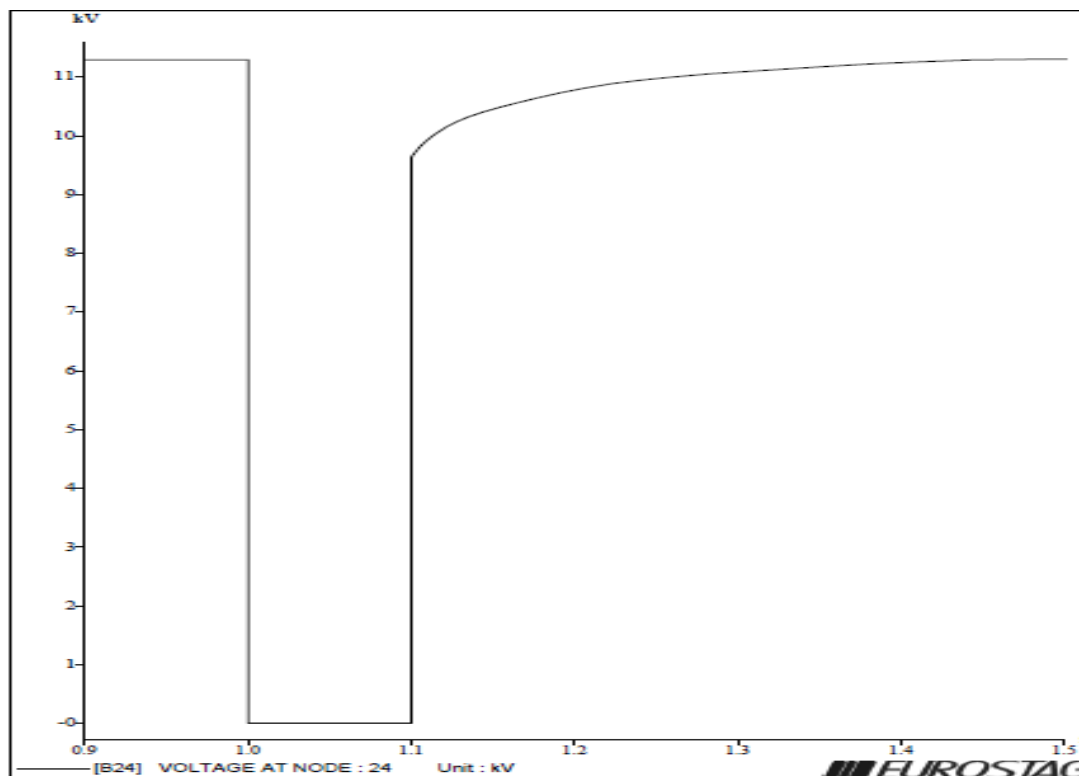


Σχήμα 4.4. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 23 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

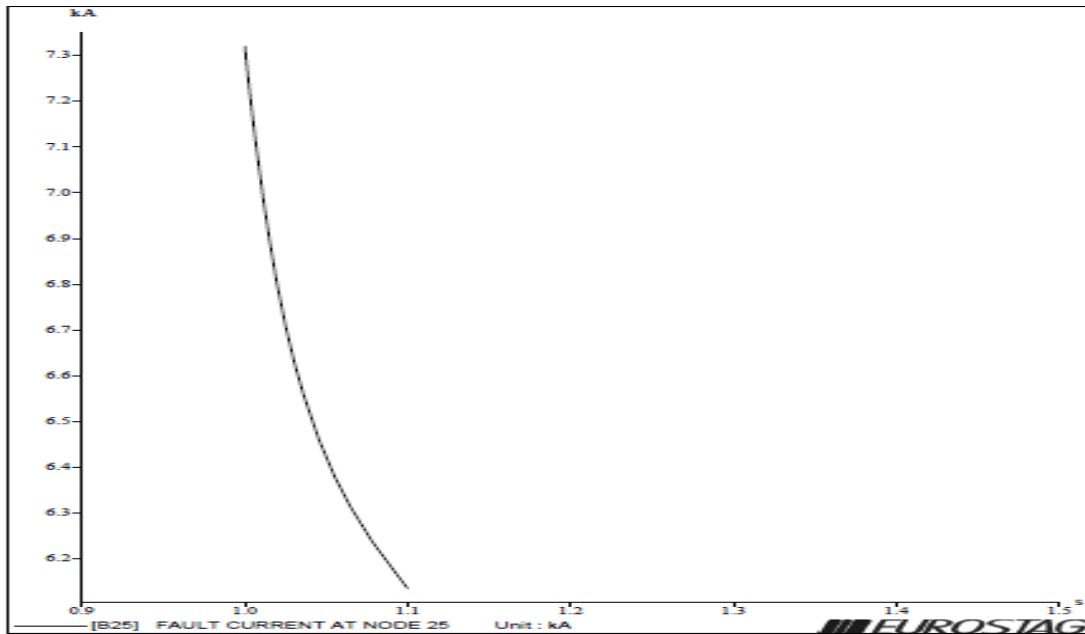


Σχήμα 4.5. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 24

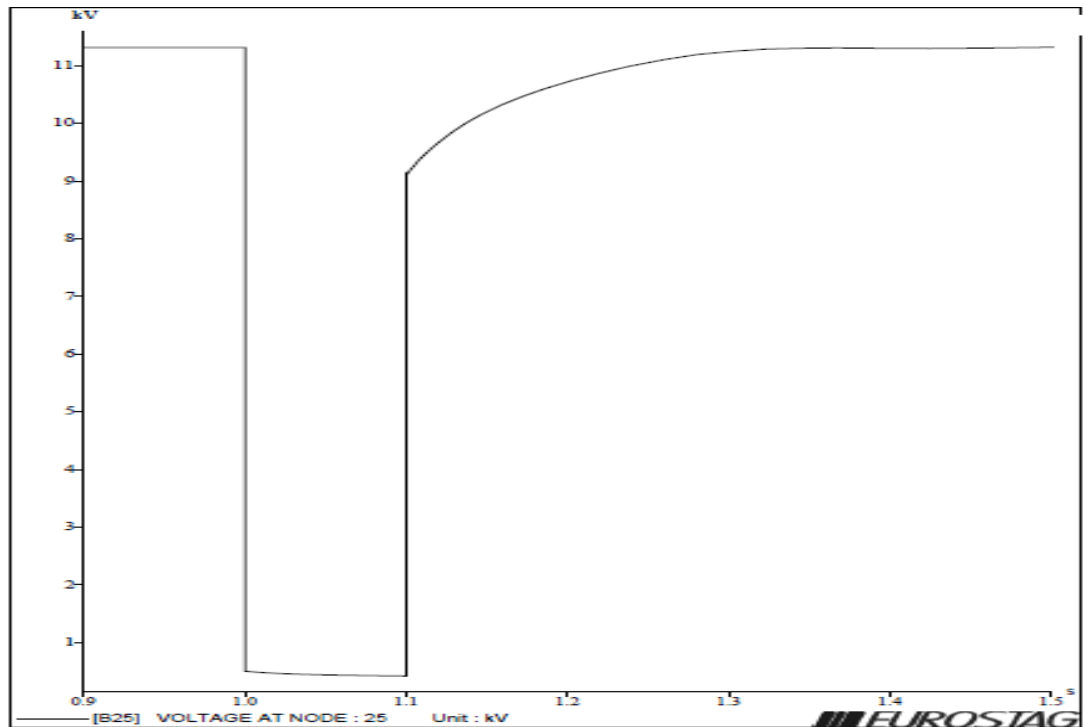


Σχήμα 4.6. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 24 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

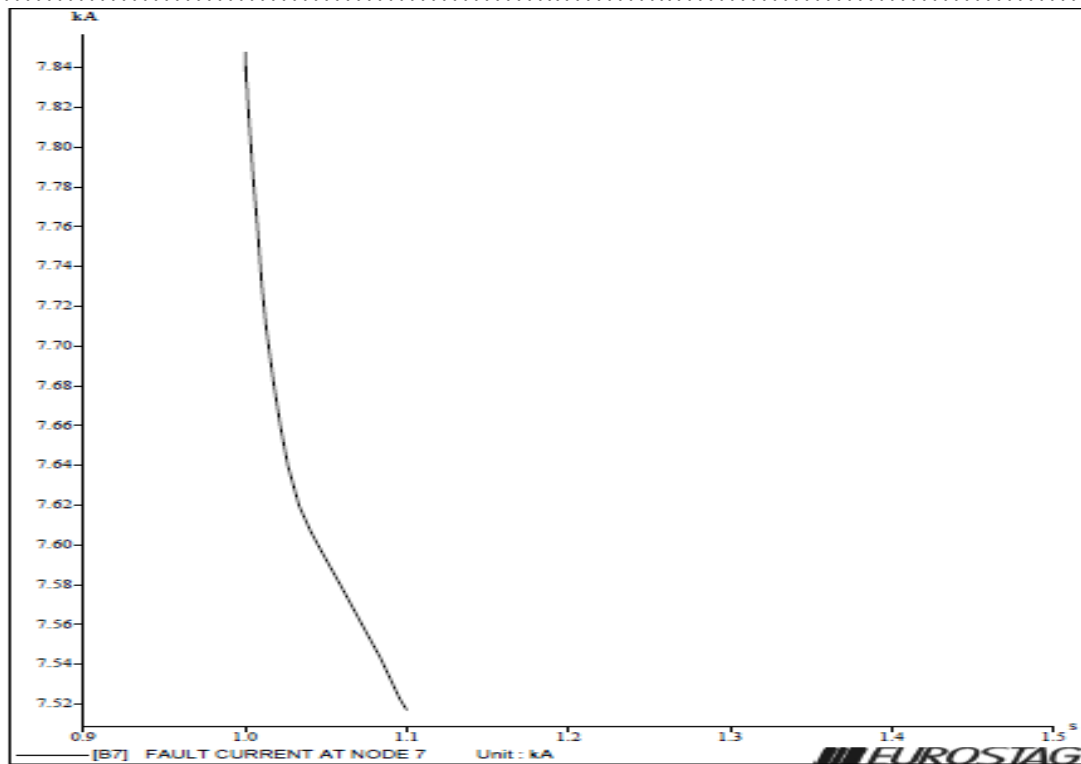


Σχήμα 4.7. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 25

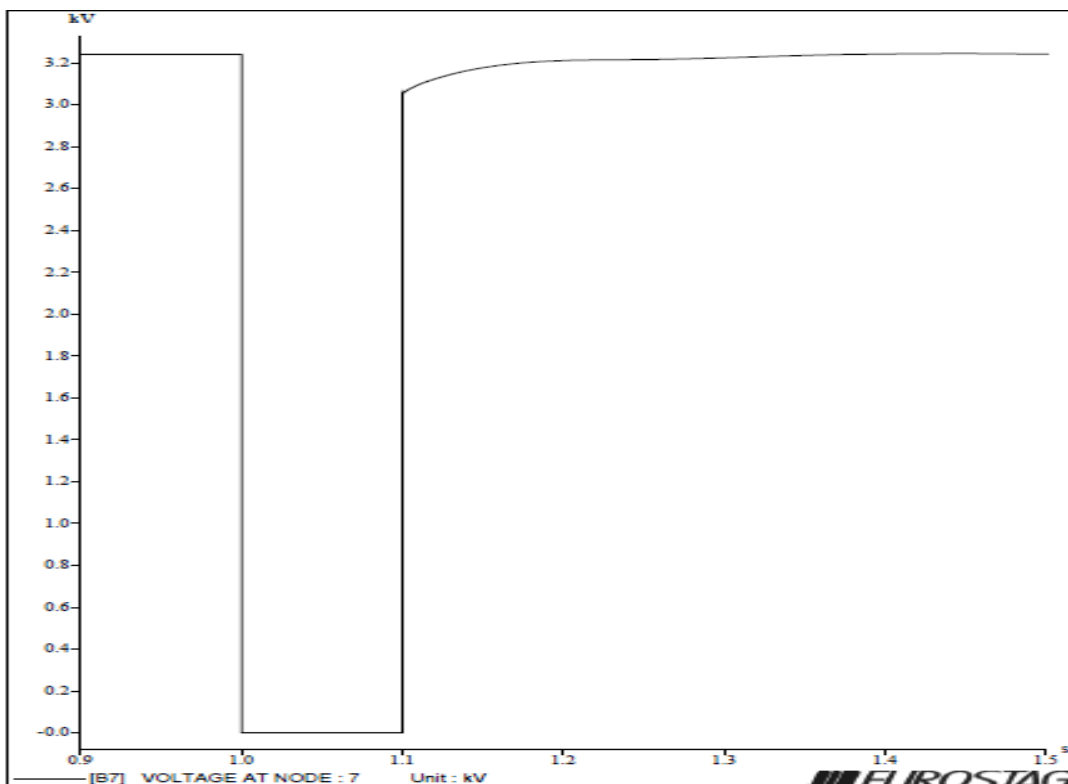


Σχήμα 4.8. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 25 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

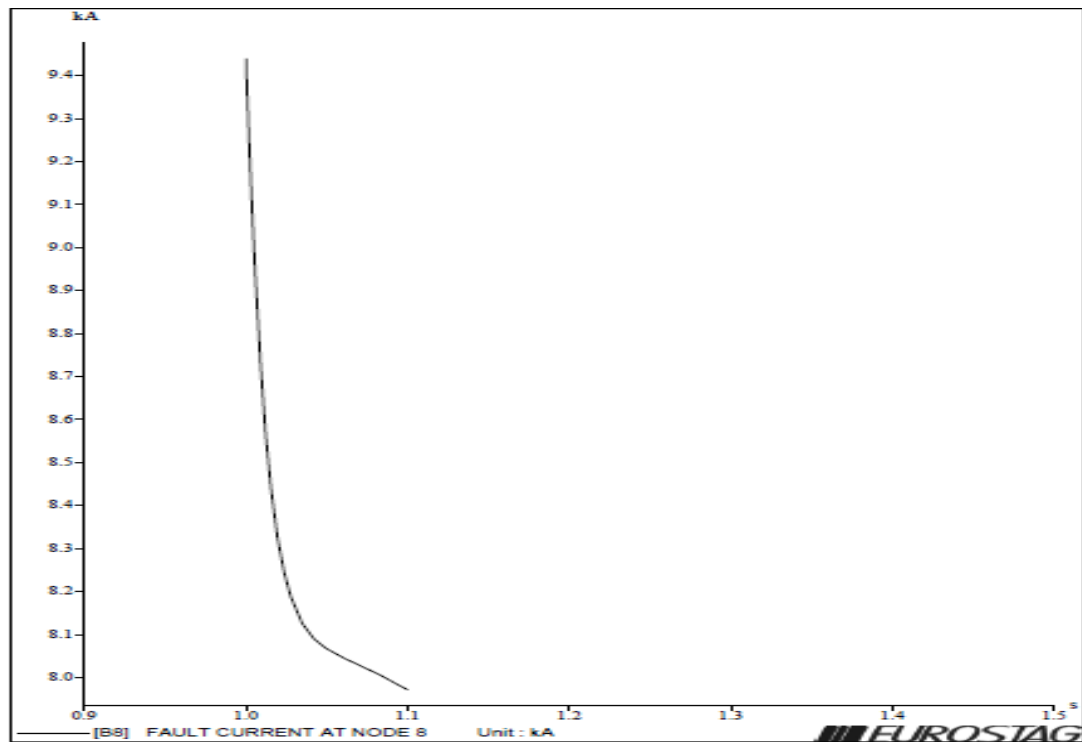


Σχήμα 4.9. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 7

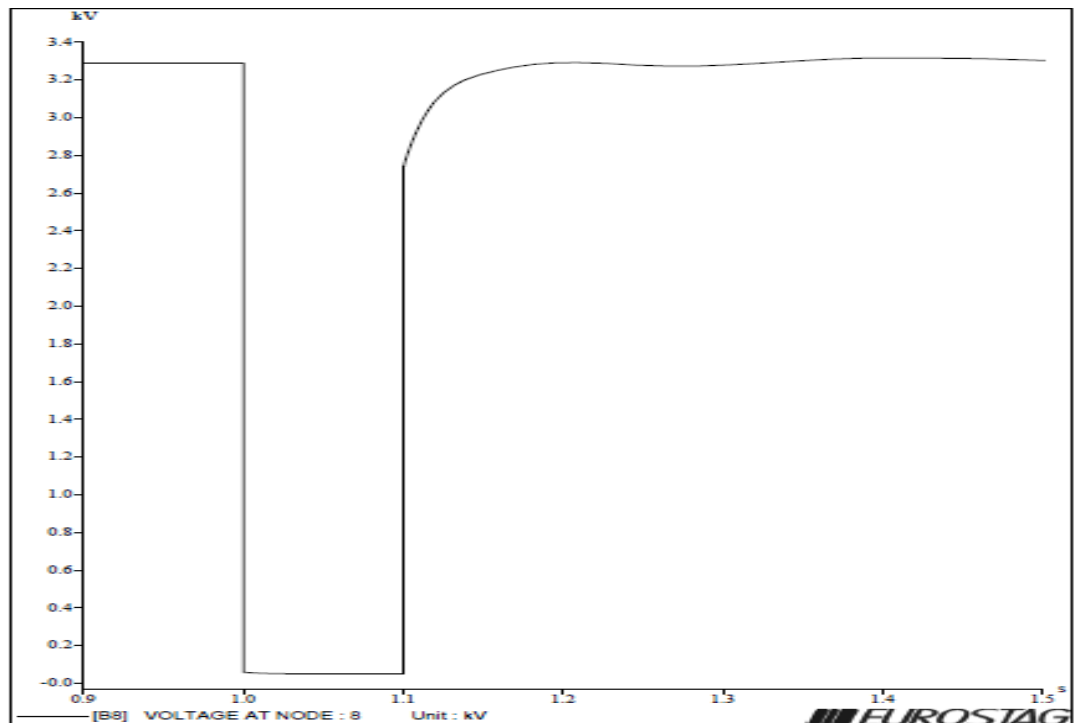


Σχήμα 4.10. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 7 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

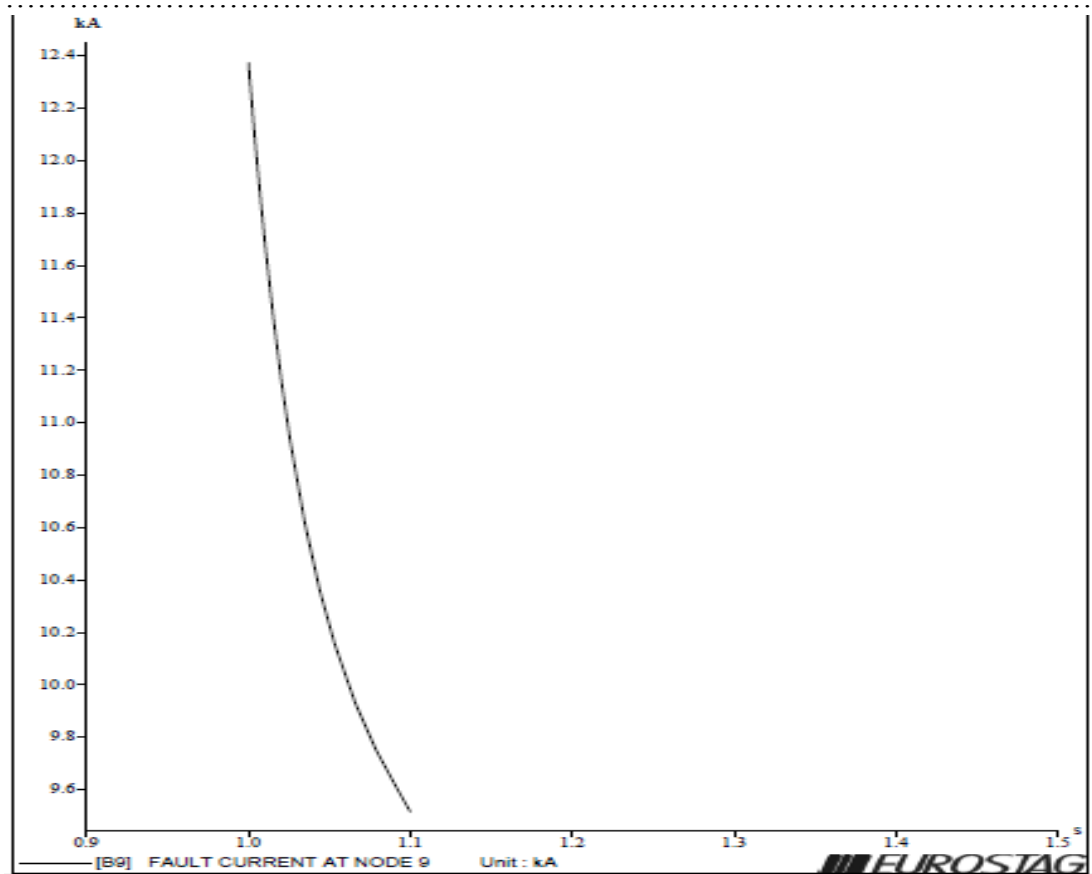


Σχήμα 4.11. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 8

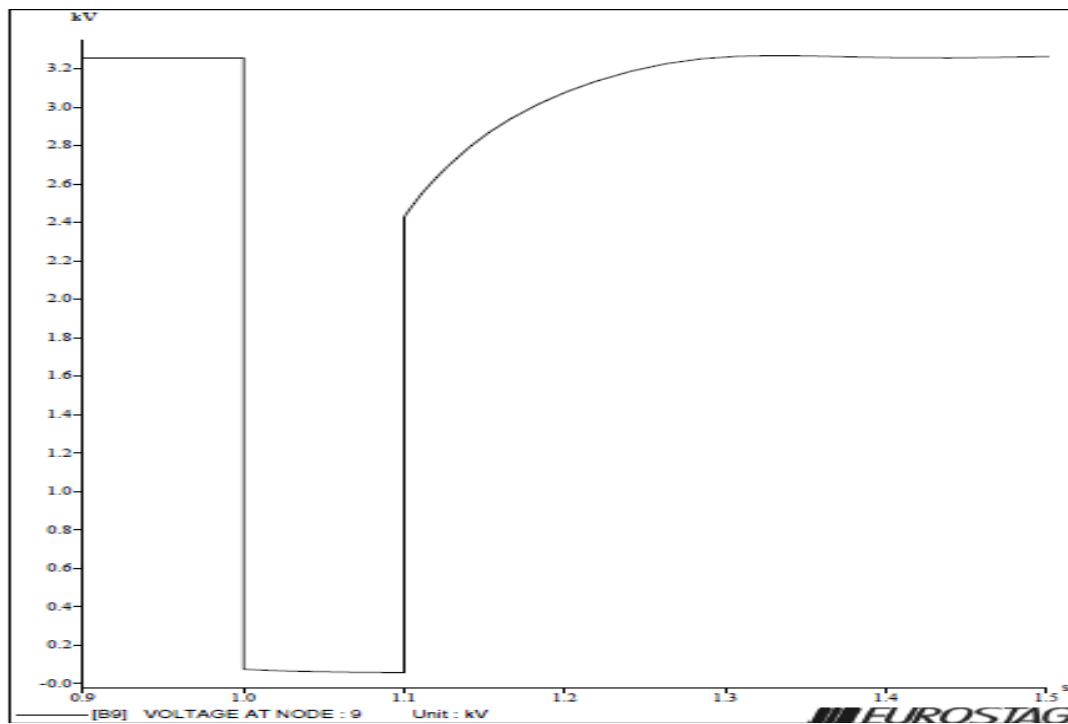


Σχήμα 4.12. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 8 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

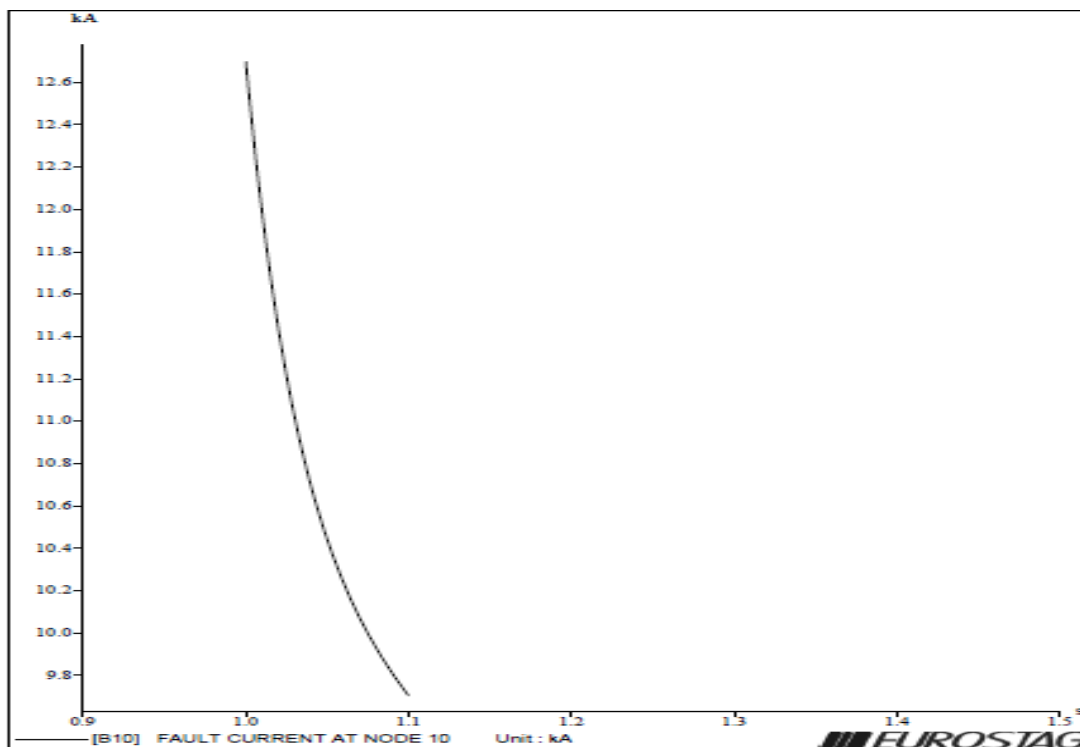


Σχήμα 4.13. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 9

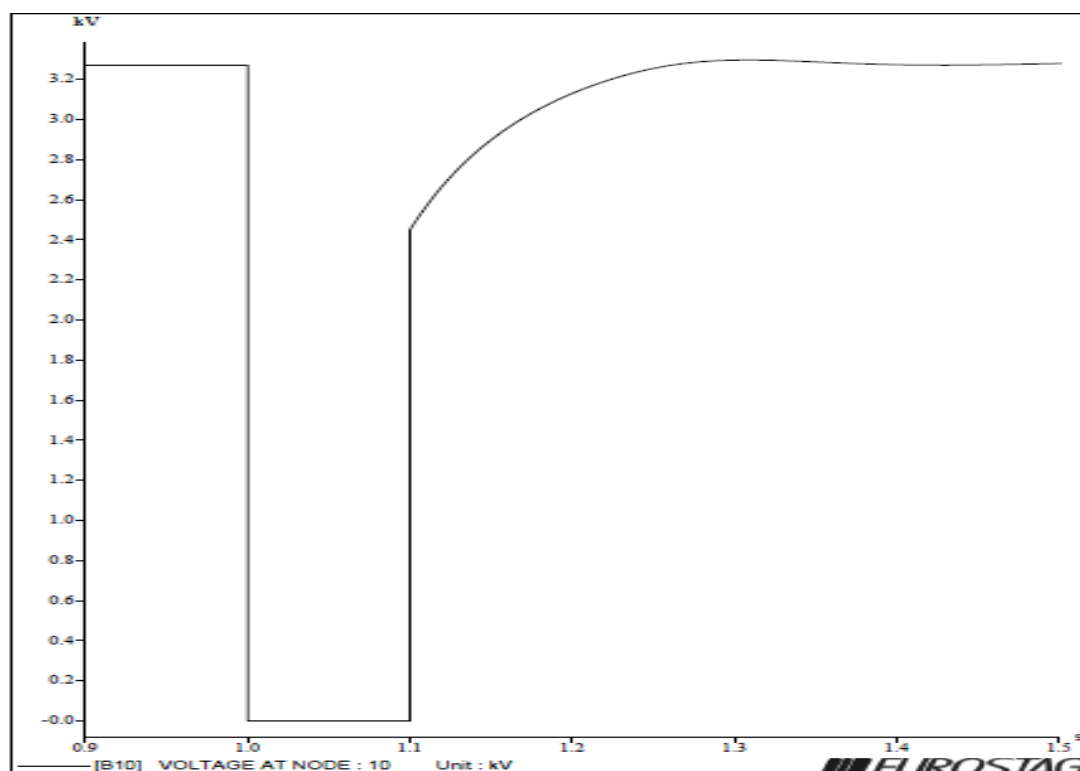


Σχήμα 4.14. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 9 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 9

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

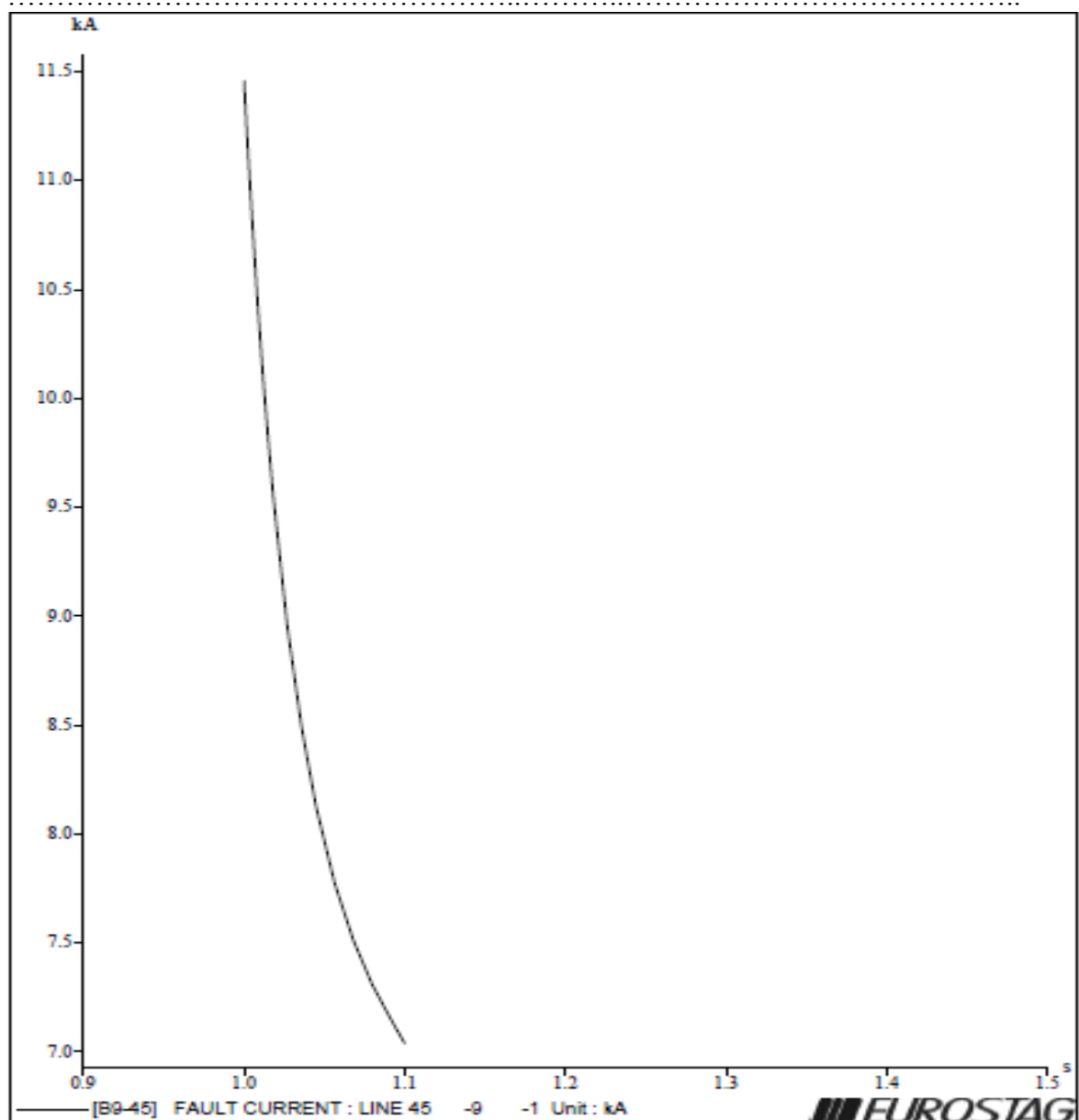


Σχήμα 4.15. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 10



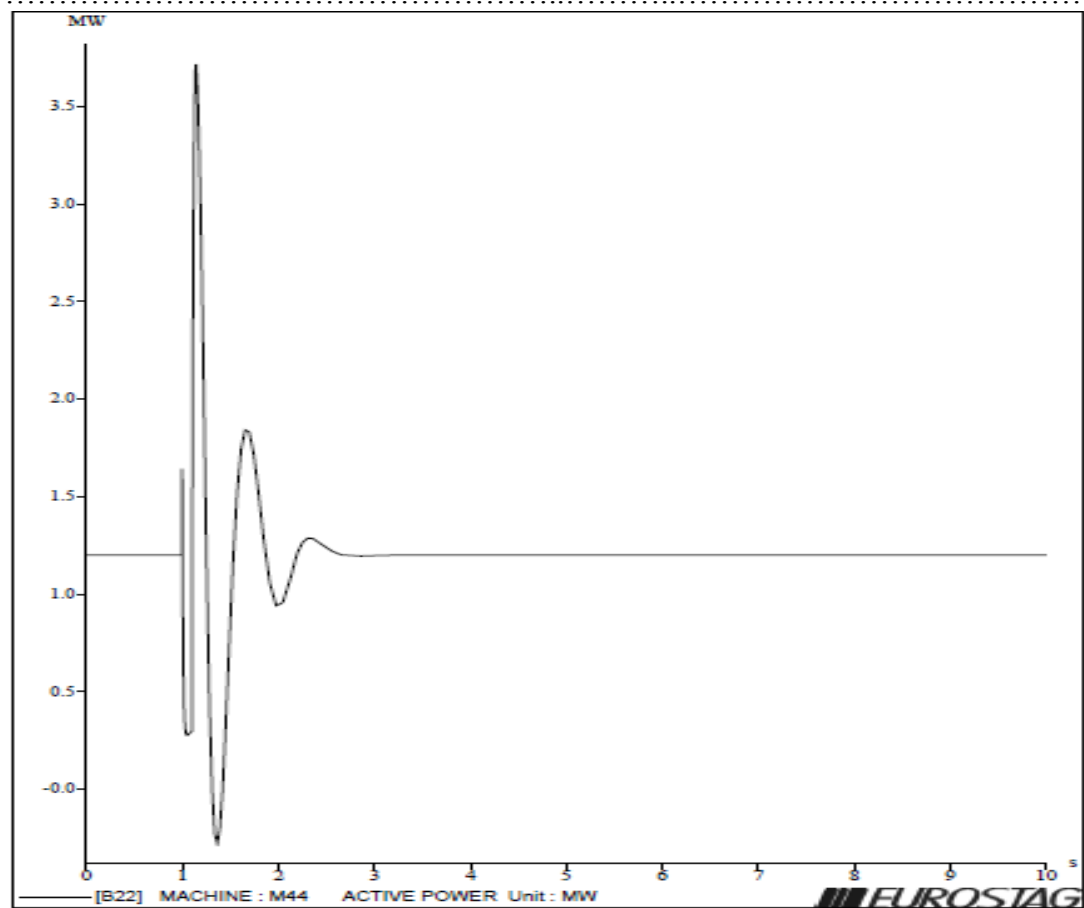
Σχήμα 4.16. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 10 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

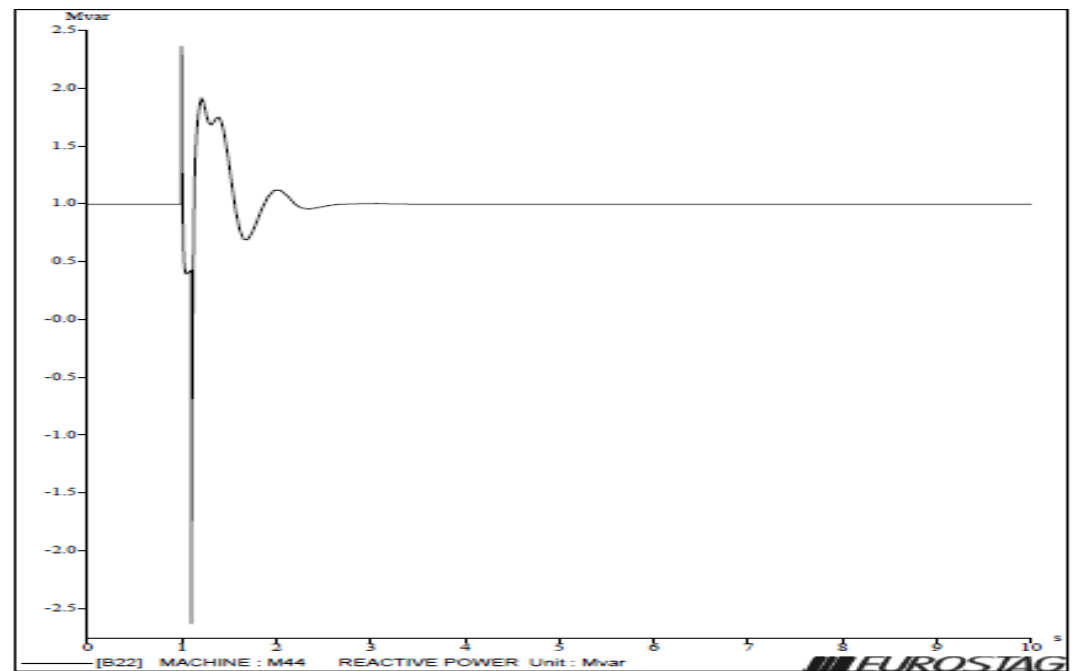


Σχήμα 4.17. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο καλώδιο 9-45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

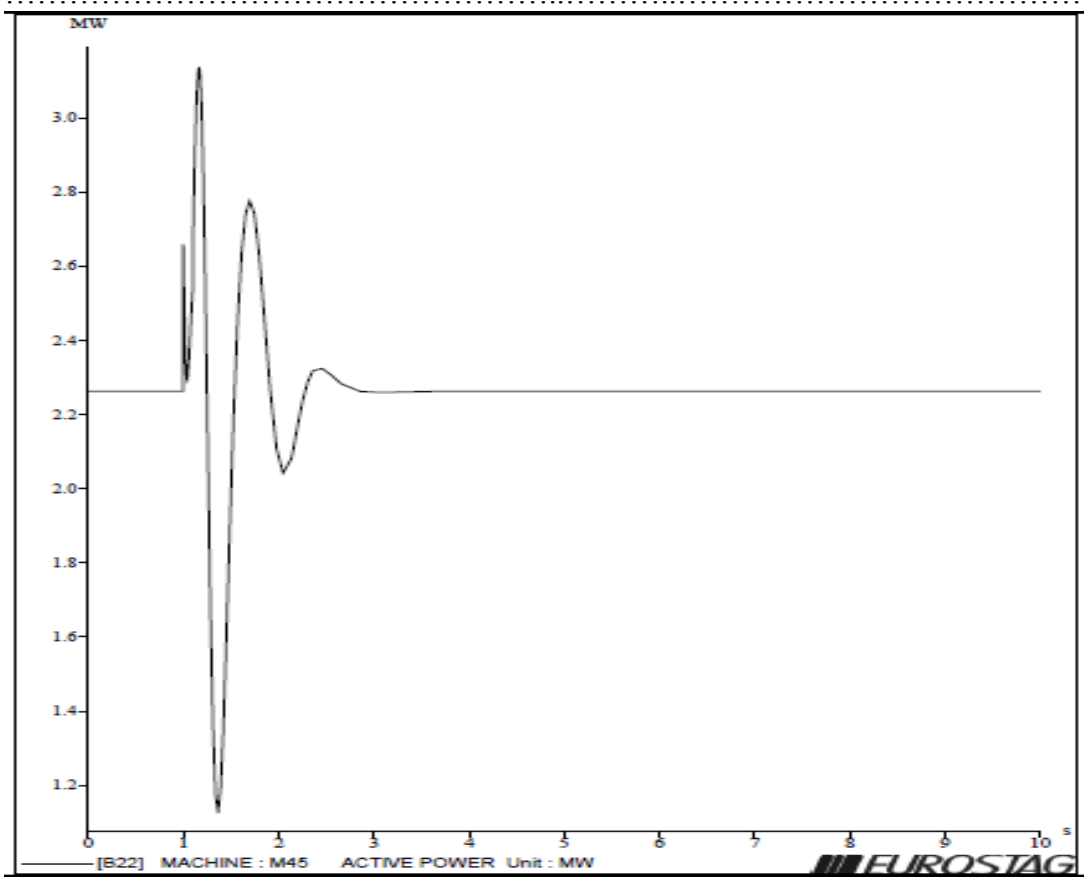


Σχήμα 4.18. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G4 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

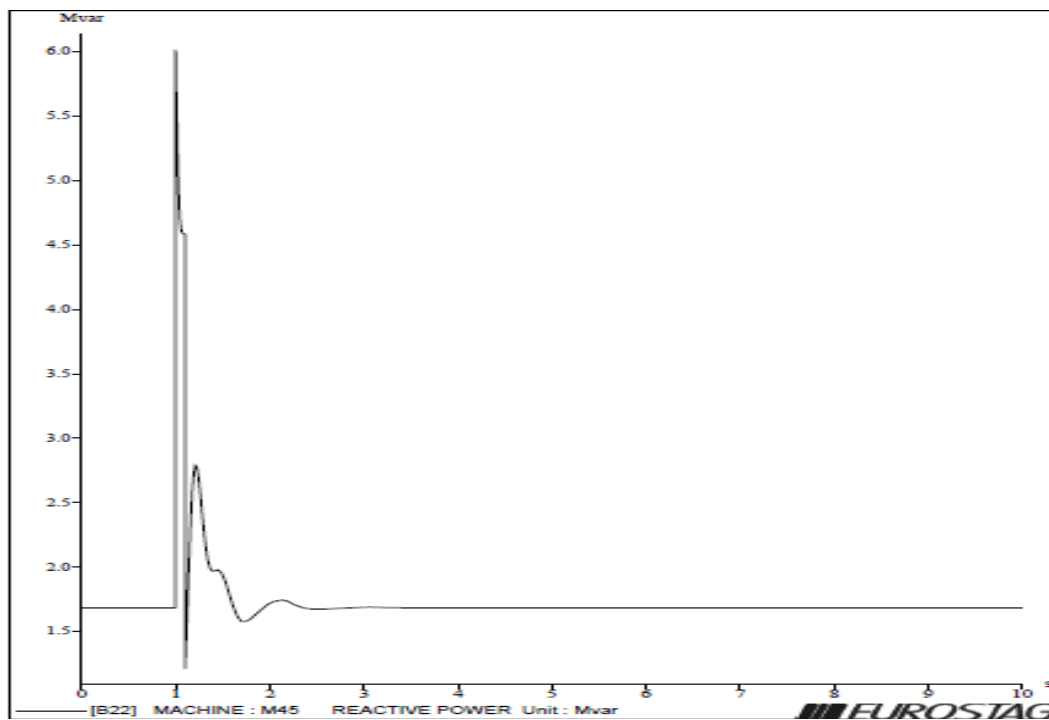


Σχήμα 4.19. Μεταβολή της αέργου ισχύος της γεννήτριας G4 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

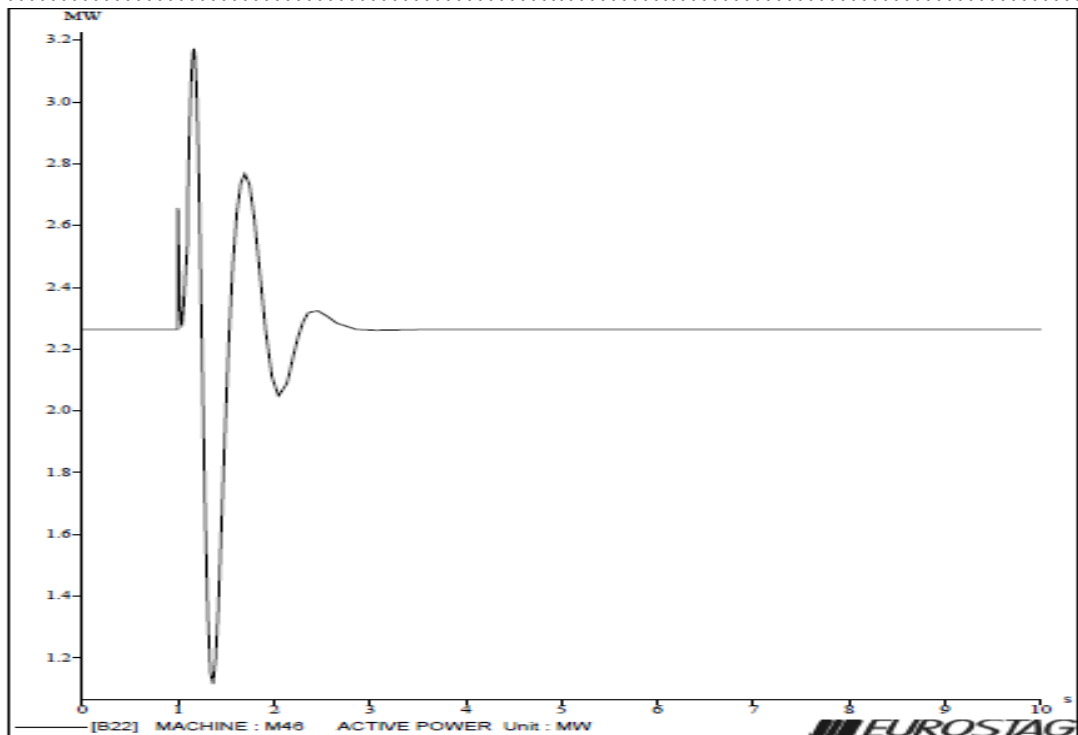


Σχήμα 4.20. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G5 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

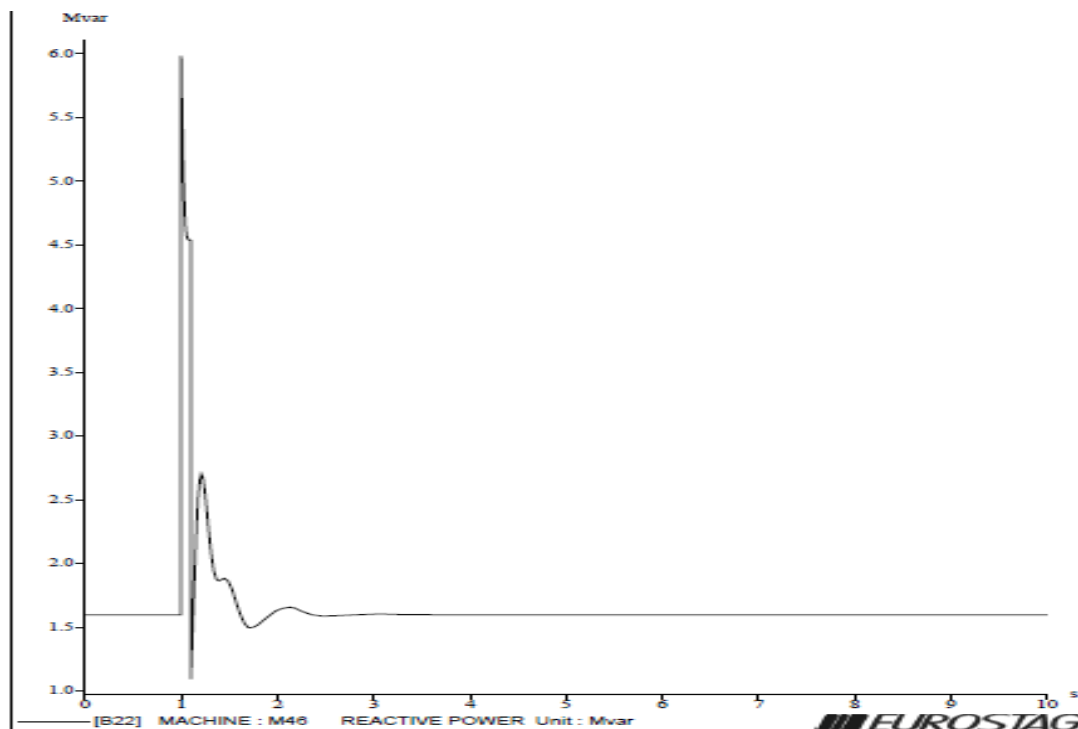


Σχήμα 4.20. Μεταβολή της αέργου ισχύος της γεννήτριας G5 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

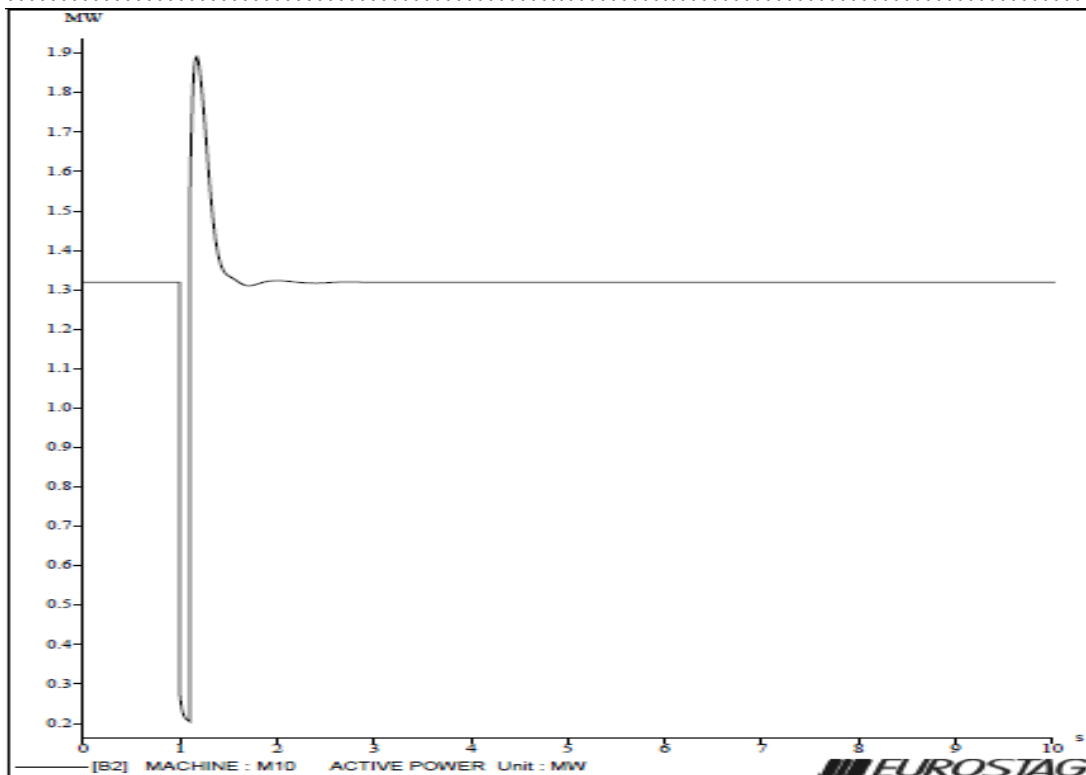


Σχήμα 4.21. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G6 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

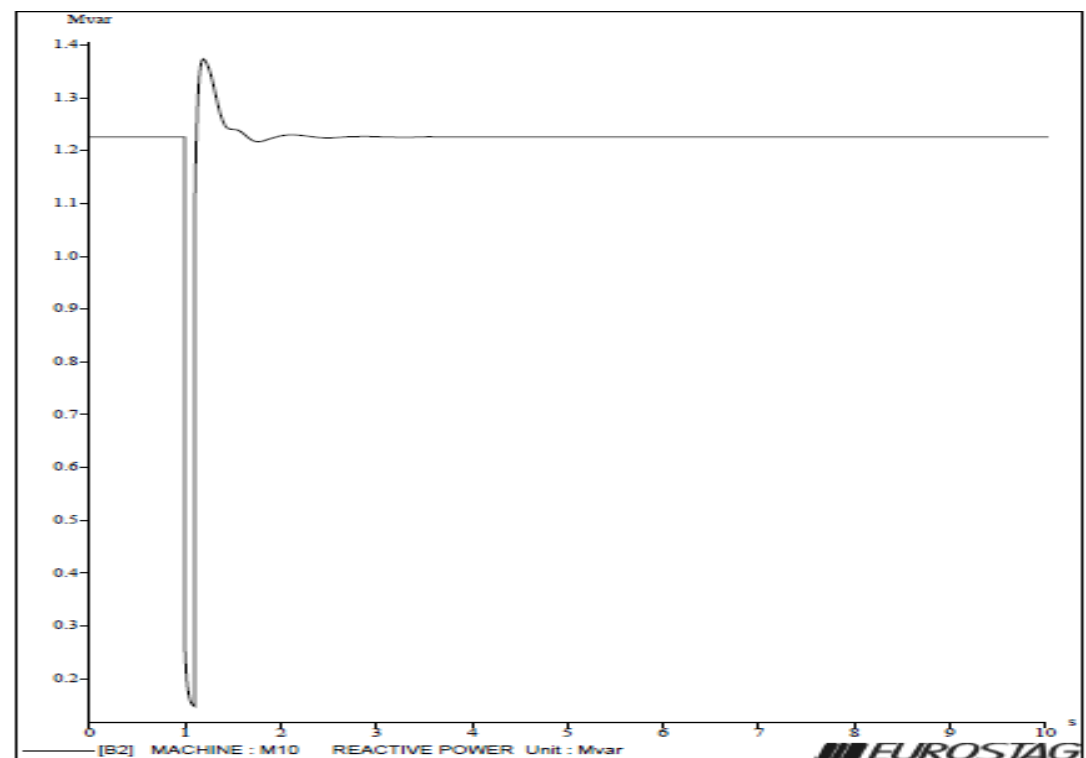


Σχήμα 4.22. Μεταβολή της αέργου ισχύος της γεννήτριας G6 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

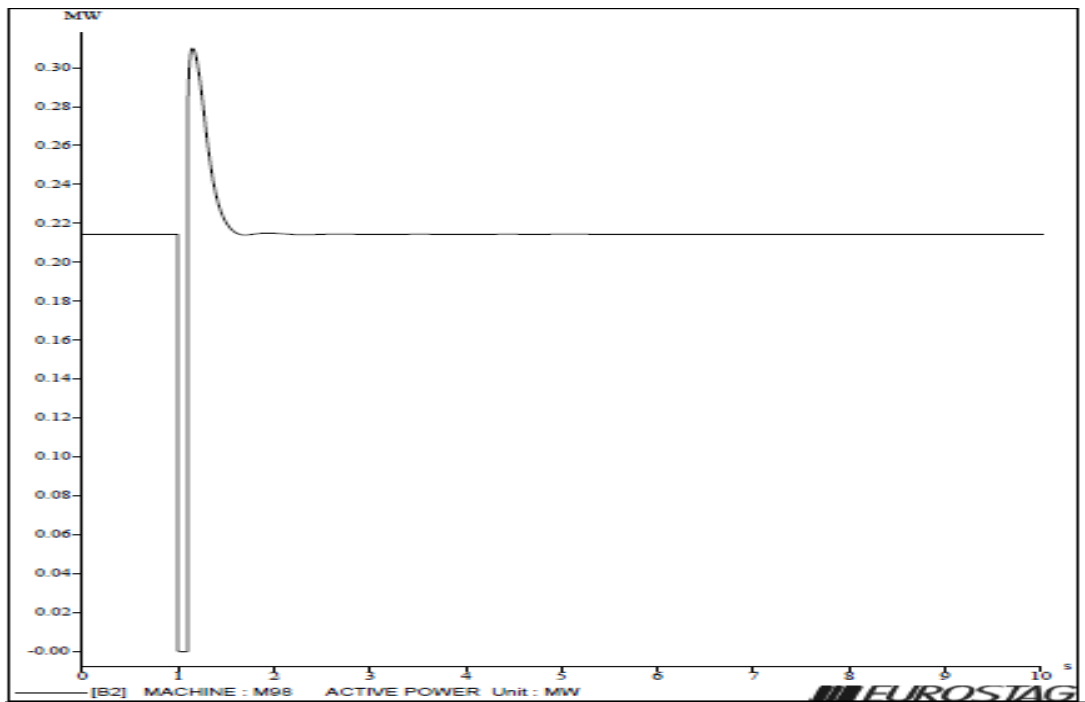


Σχήμα 4.23. Μεταβολή της ενεργού ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 10 (Μέρος Ι) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

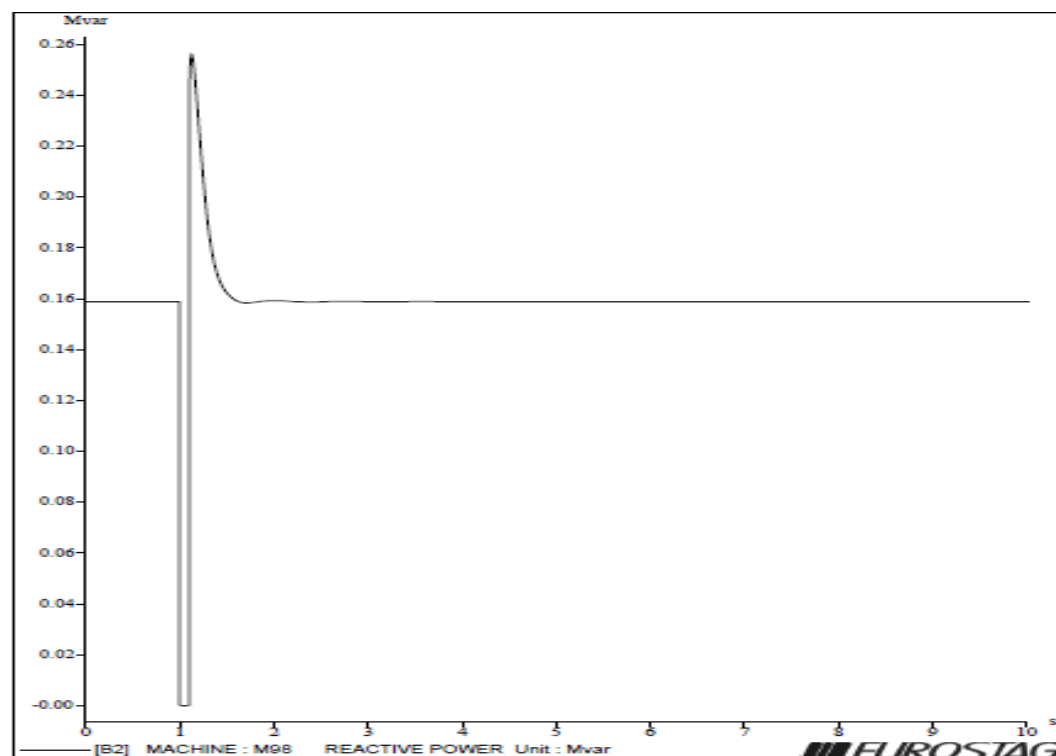


Σχήμα 4.24. Μεταβολή της αέργου ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 10 (Μέρος Ι) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

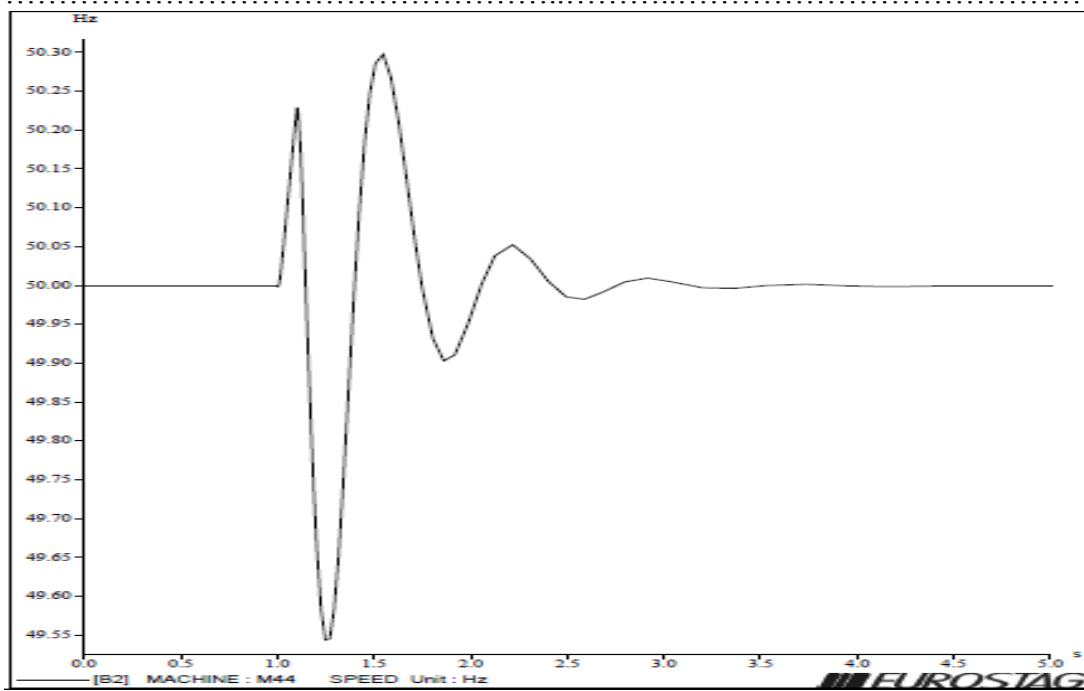


Σχήμα 4.25. Μεταβολή της ενεργού ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 98 (Μέρος II) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

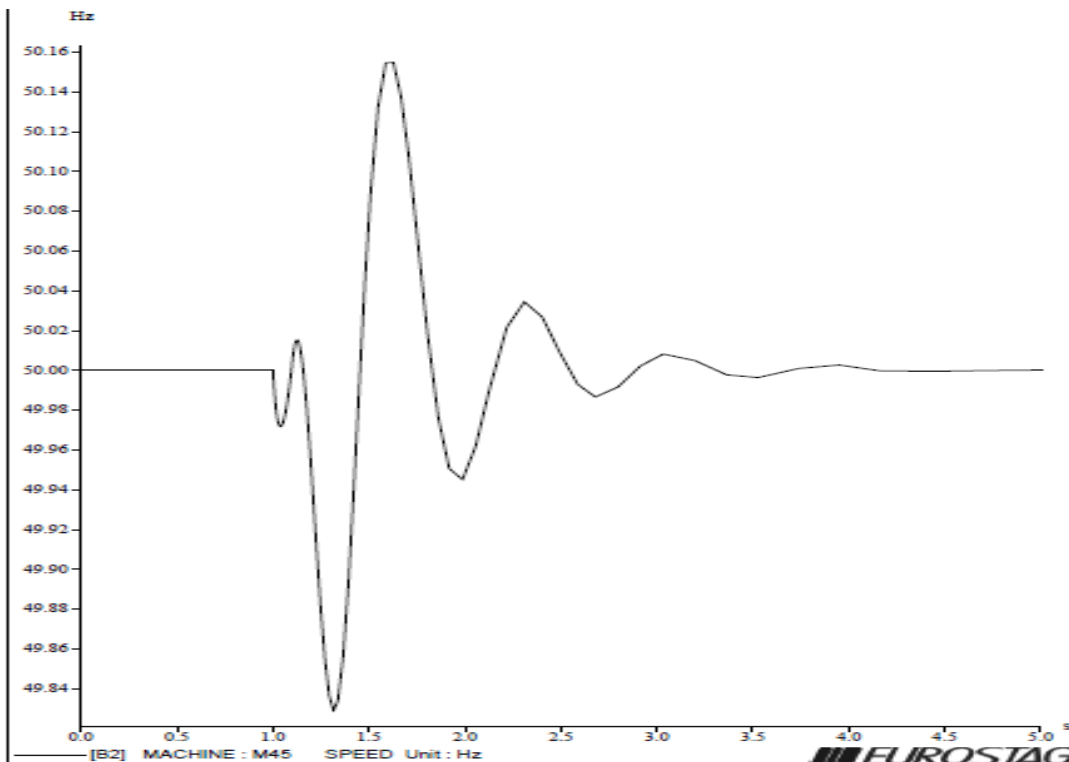


Σχήμα 4.26. Μεταβολή της αέργου ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 98 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

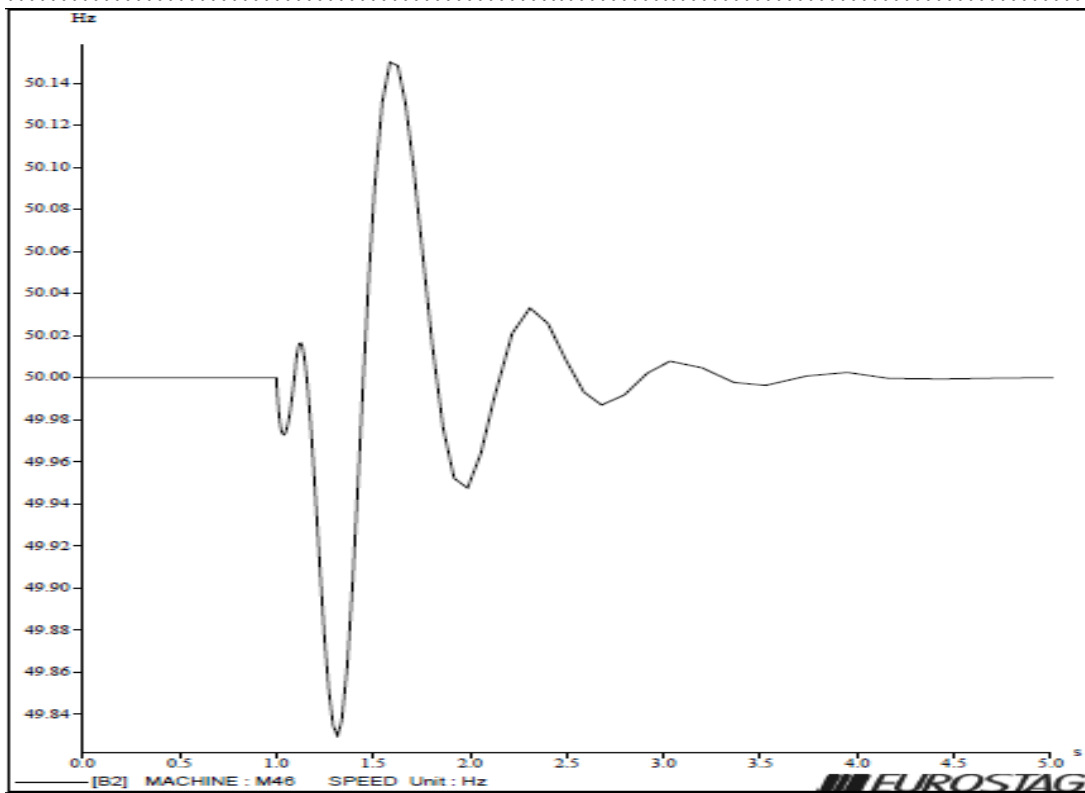


Σχήμα 4.27. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G4 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

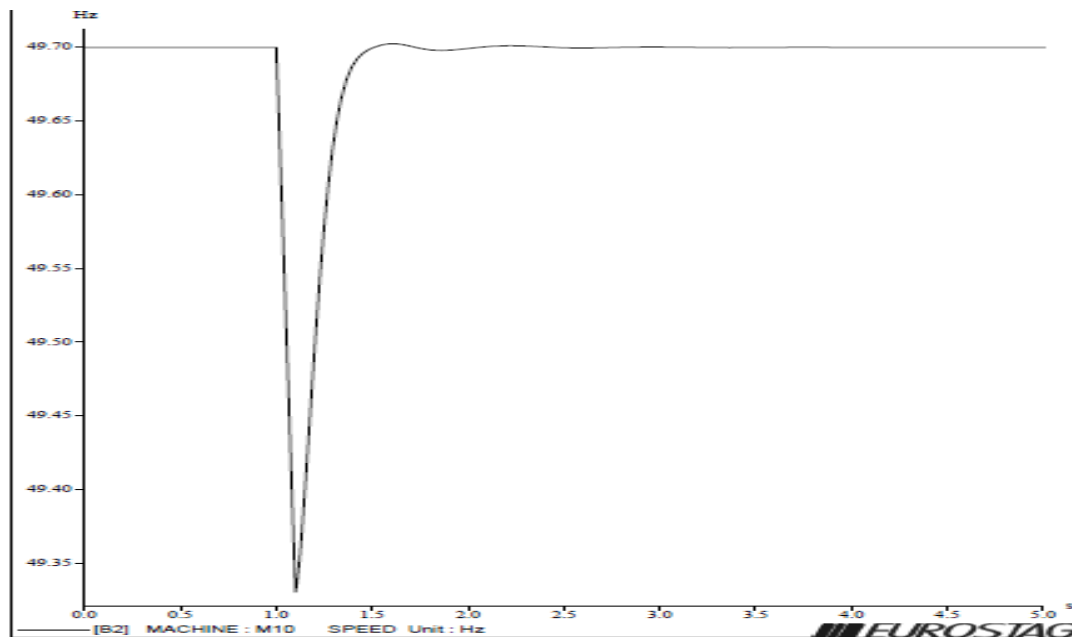


Σχήμα 4.28. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G5 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

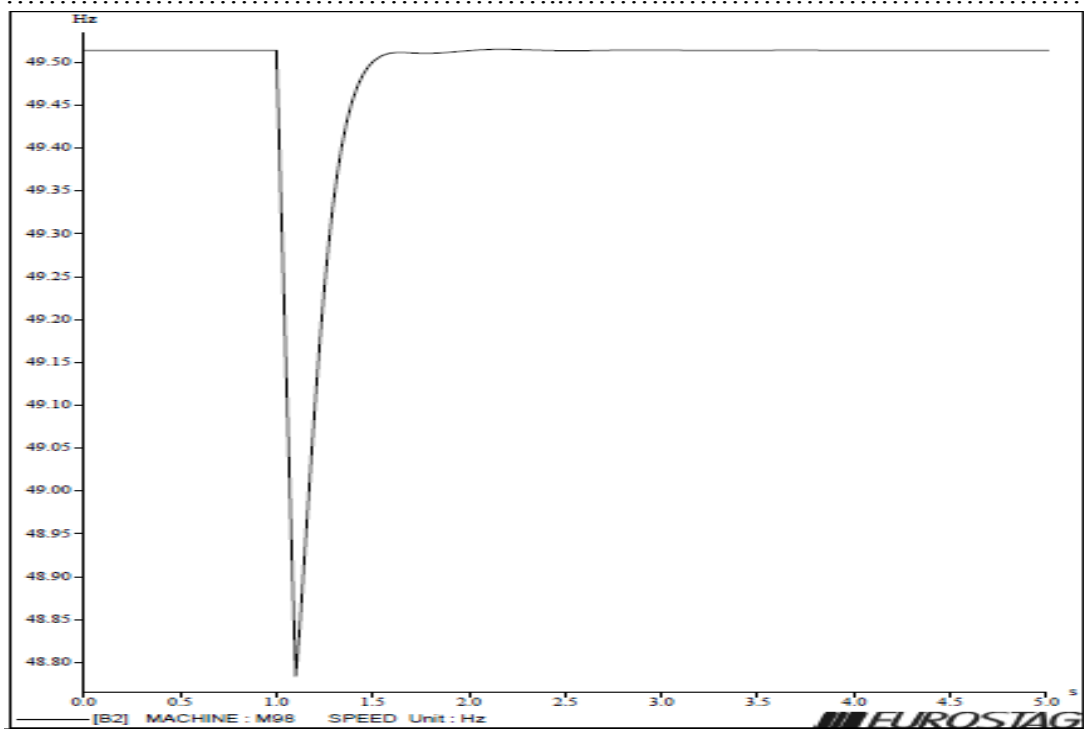


Σχήμα 4.29. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G6 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

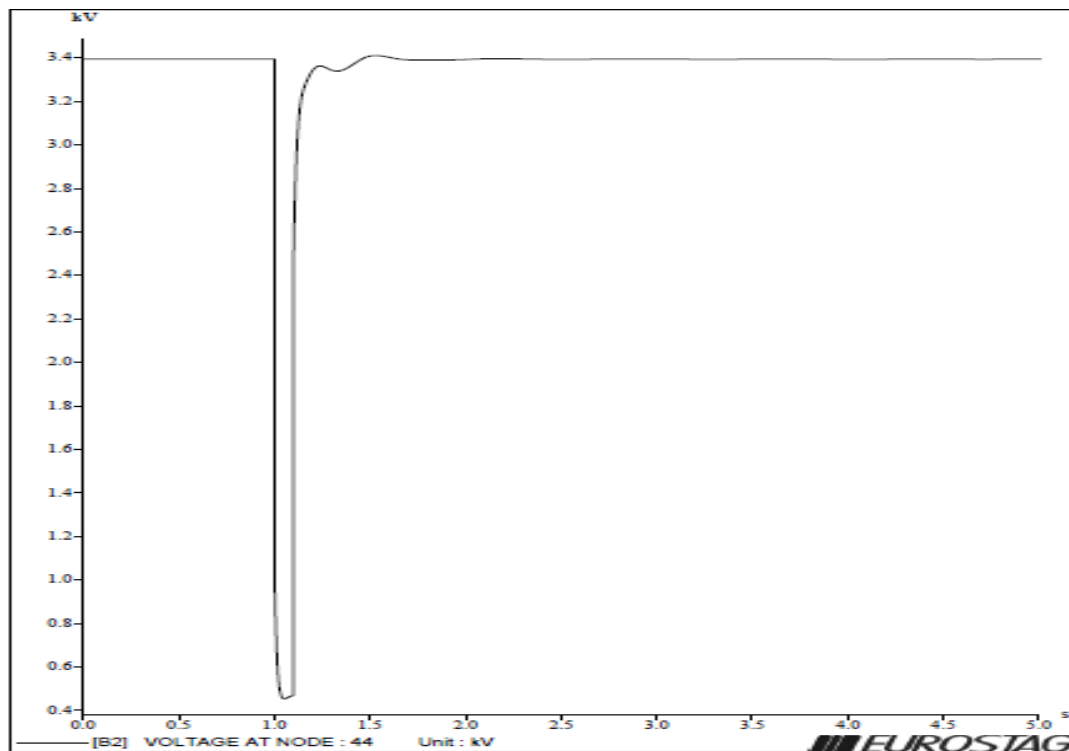


Σχήμα 4.30. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων στον ζυγό 10 (Μέρος Ι) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

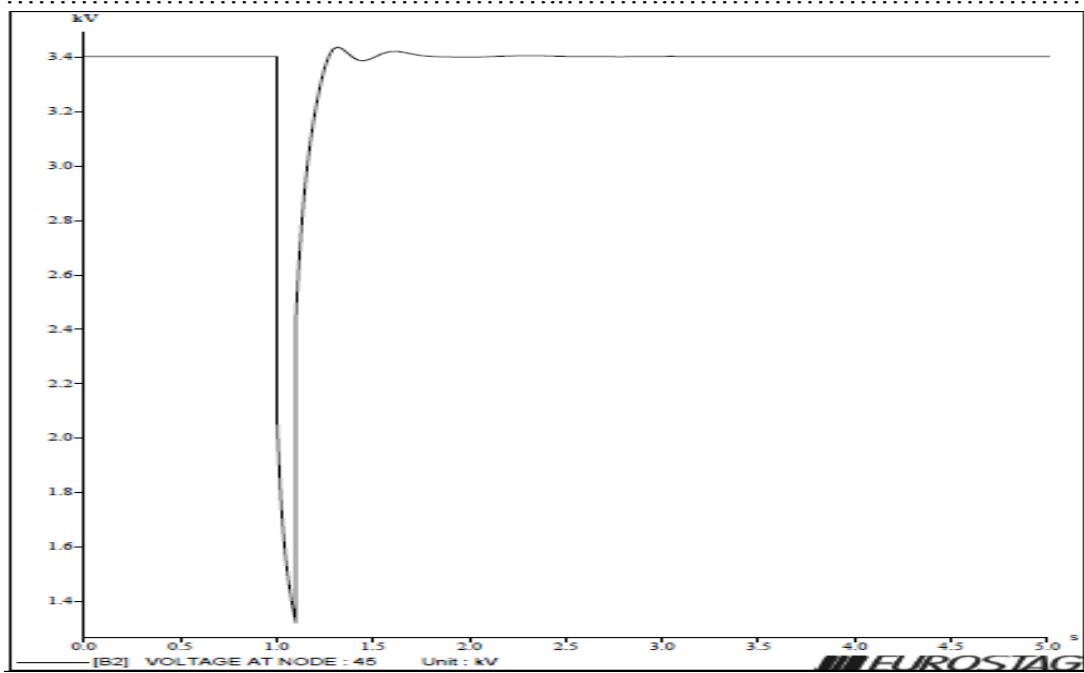


Σχήμα 4.31. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων στον ζυγό 98 (Μέρος II) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

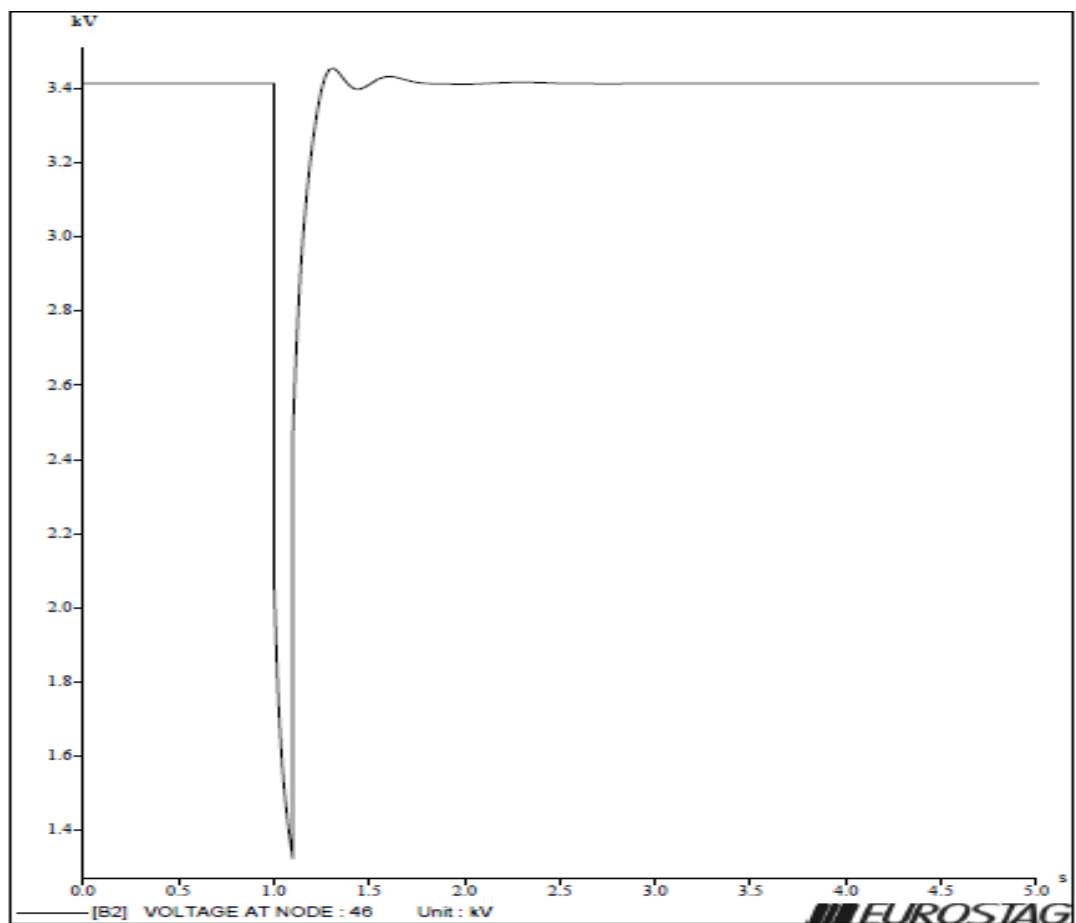


Σχήμα 4.32. Μεταβολή της τάσης στην έξοδο της γεννήτριας G4 (ζυγός 44) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

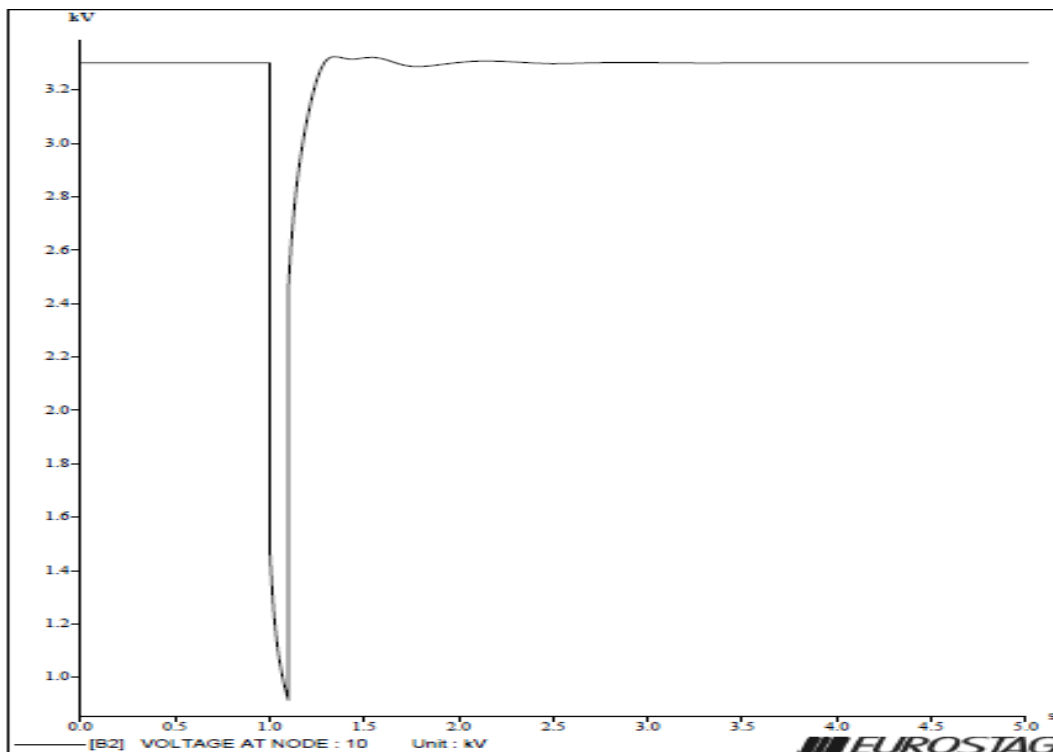


Σχήμα 4.33. Μεταβολή της τάσης στην έξοδο της γεννήτριας G5 (ζυγός 45) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

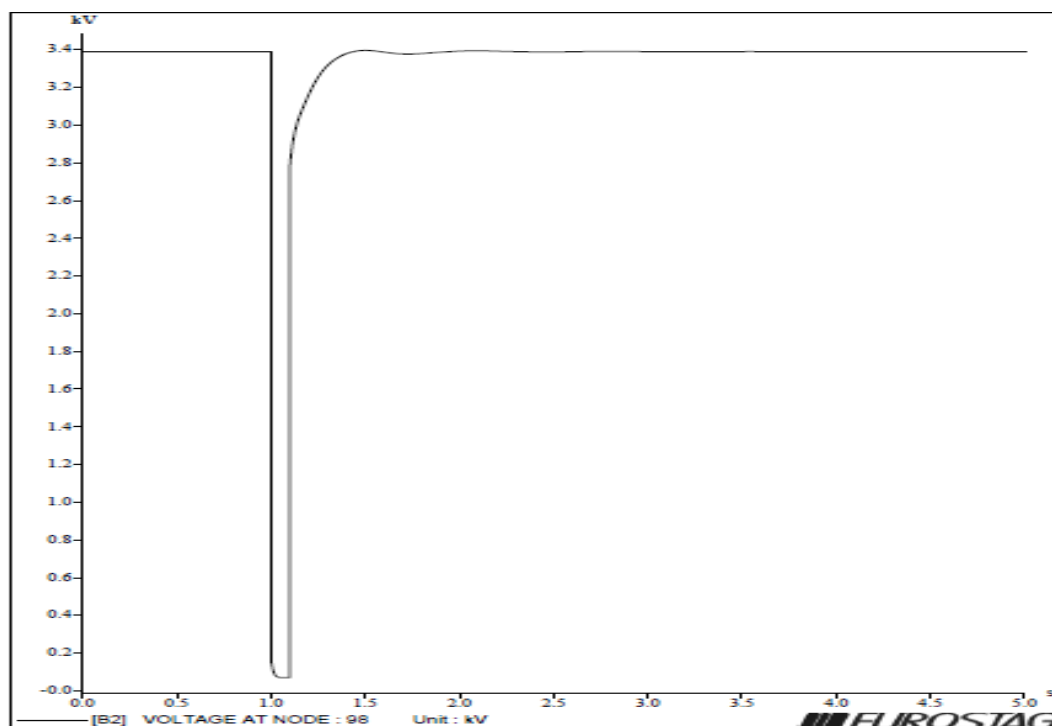


Σχήμα 4.34. Μεταβολή της τάσης στην έξοδο της γεννήτριας G6 (ζυγός 46) θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Σχήμα 4.34. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 10 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

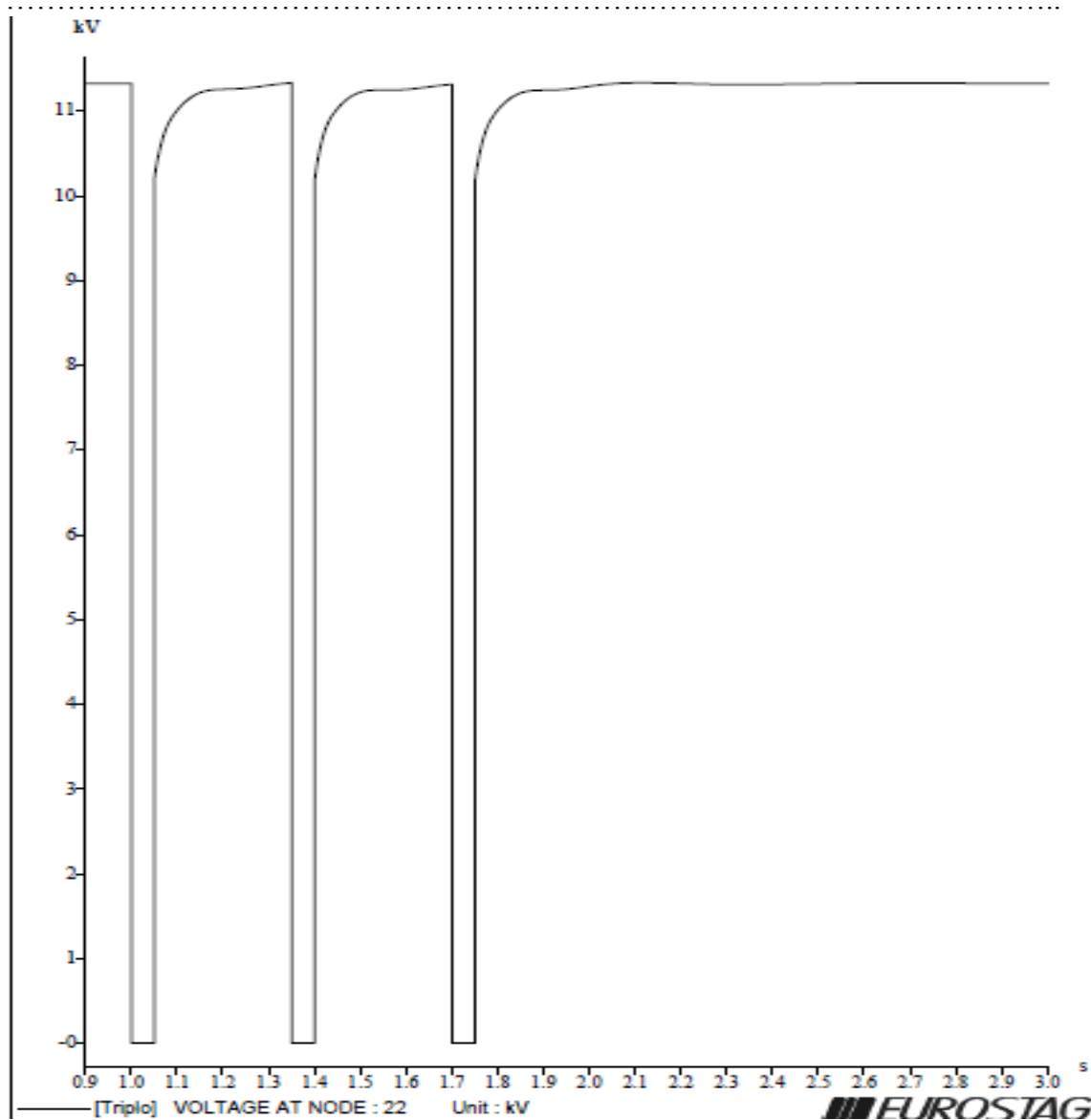


Σχήμα 4.35. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 98 θεωρώντας ένα μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

4.3. Περίπτωση ανάλυσης ενός τριπλού, μεταβατικού συμμετρικού βραχυκυκλώματος

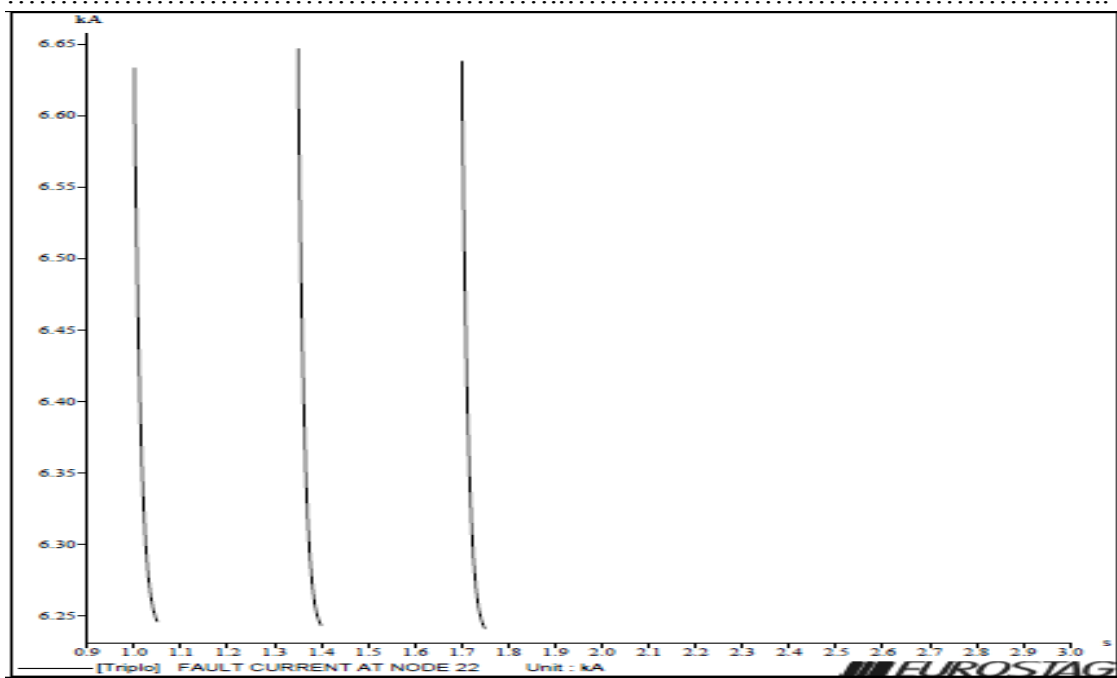
Τέλος για τα βραχυκυκλώματα έγινε δοκιμή ενός τριπλού, μεταβατικού συμμετρικού σφάλματος στο ζυγό 22 υποθέτοντας ότι ο διακόπτης ανοίγει για 0,05 sec και εφόσον το βραχυκύκλωμα ξανασυμβεί έχει τη δυνατότητα να ξαναανοίξει μετά από 0,3 sec. Παρατηρούμε ότι εφόσον μετά το τρίτο άνοιγμα το διακόπτη το βραχυκύκλωμα σταματάει, η τάση του ζυγού επανέρχεται στα αρχικά επίπεδα (σχήμα 4.36) μετά από πολύ μικρό διάστημα (περίπου 1 sec). Επίσης οι τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης είναι πολύ κοντά στις τιμές των απλών βραχυκυκλωμάτων (περίπου 6,65KA) (σχήμα 4.37). Η μεταβολή της ενεργού ισχύος είναι αρκετά μεγάλη (-50% - +10%) ωστόσο επέρχεται ισορροπία εντός 3^{ωv} sec και μάλιστα επανέρχεται στο αρχικό σημείο λειτουργίας. Τα αντιστοιχικά διαγράμματα παραθέτονται παρακάτω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ
ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

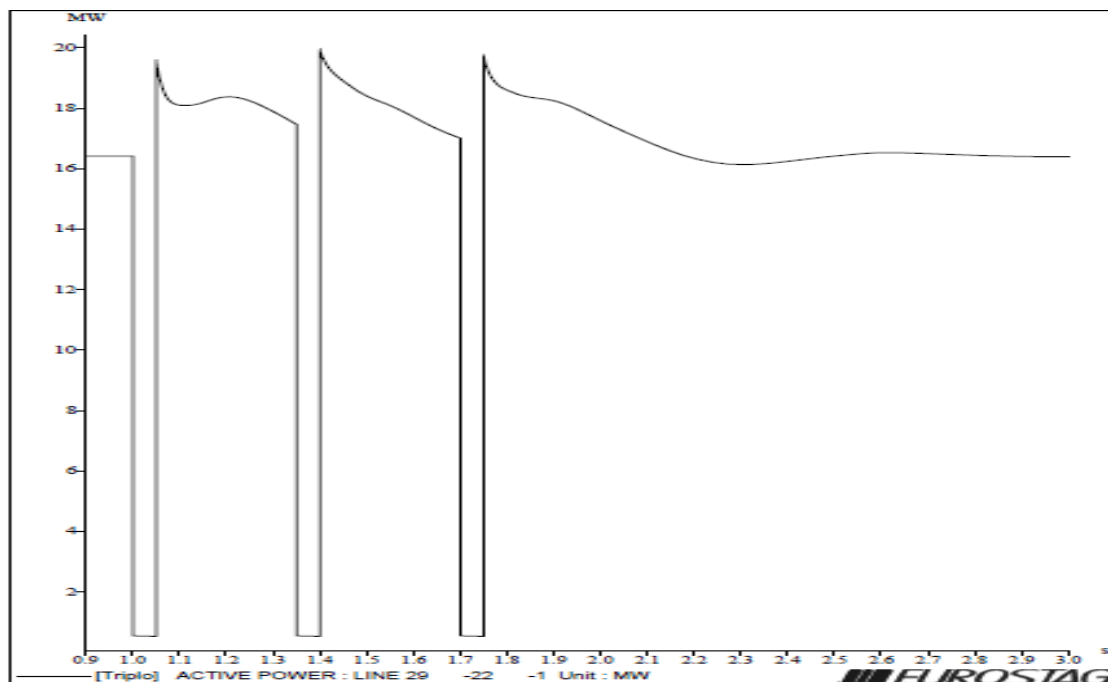


Σχήμα 4.36. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 2 θεωρώντας ένα τριπλό μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

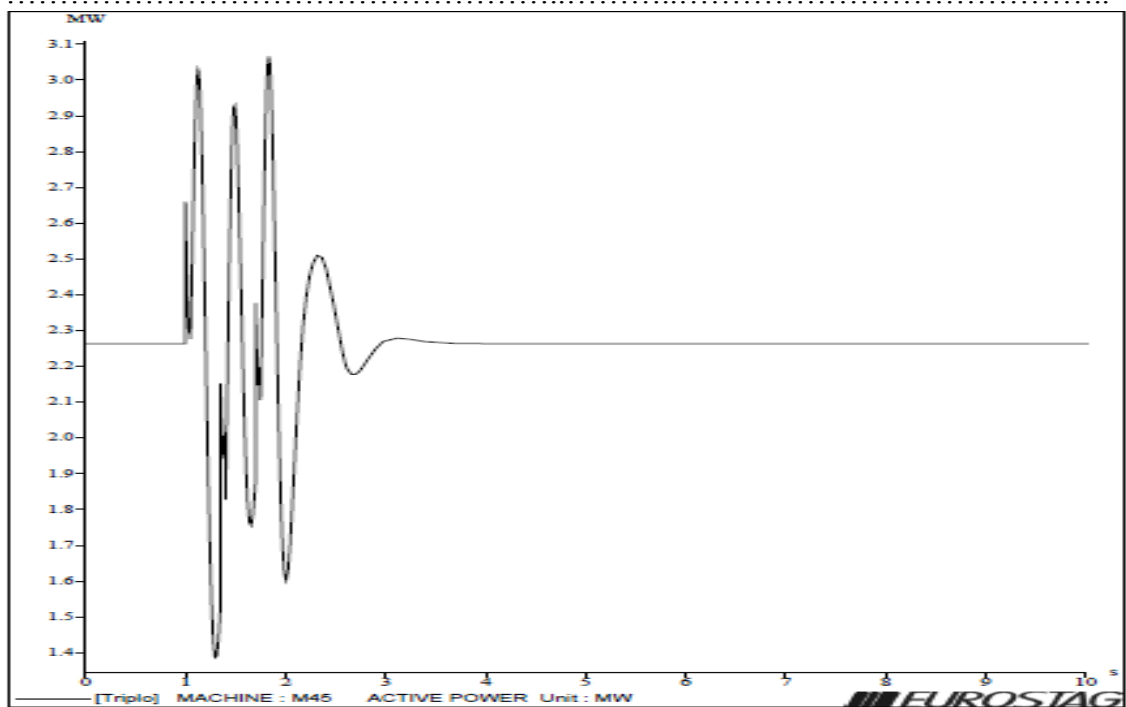


Σχήμα 4.37. Μεταβολή ρεύματος βραχυκυκλώσεως θεωρώντας ένα τριπλό μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

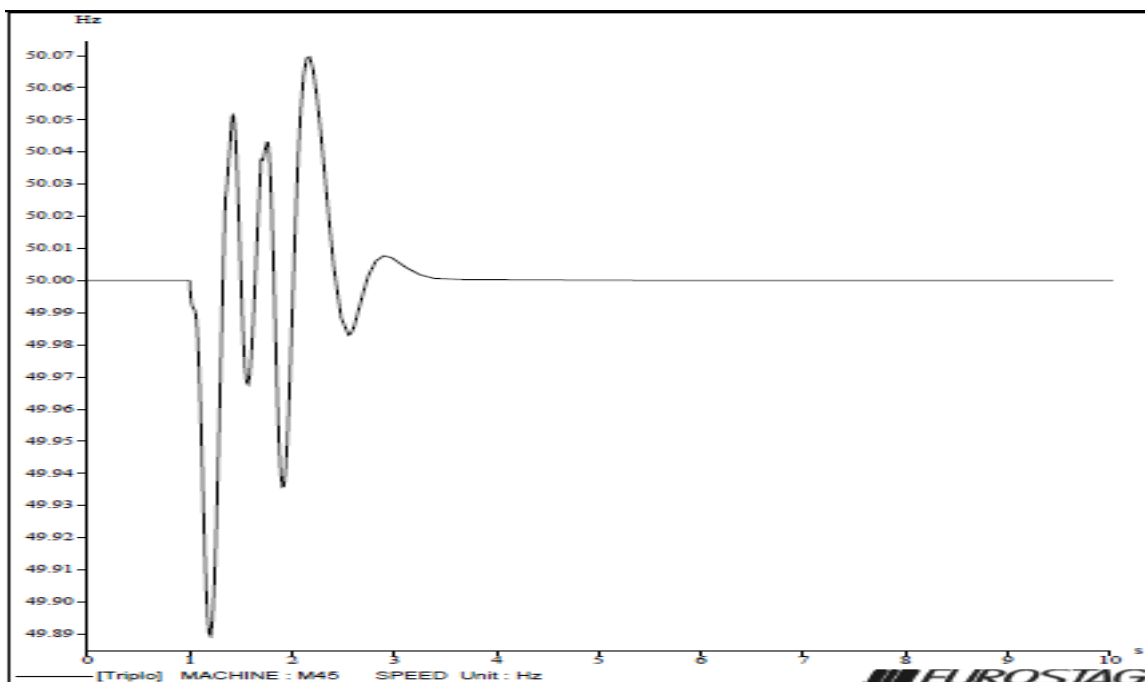


Σχήμα 4.38 Μεταβολή της ροής ενεργού ισχύος στη γραμμή 29-22 θεωρώντας τριπλό μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στο ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Σχήμα 4.39. Μεταβολή ενεργού ισχύος της γεννήτριας G5 θεωρώντας ένα τριπλό μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22



Σχήμα 4.40. Μεταβολή συχνότητας της γεννήτριας G5 θεωρώντας ένα τριπλό μεταβατικό συμμετρικό βραχυκύκλωμα στον ζυγό 22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πραγματοποιήθηκαν δύο αναλύσεις θεωρώντας ότι το μεταβατικό φαινόμενο έχει χρονική διάρκεια 1sec και 2sec και ότι το συμβάν μειώνει τη τάση του ζυγού στο 0,55α.μ. περίπου. Τα αποτελέσματα που ευρέθηκαν θεωρώντας τη δυσχερέστερη περίπτωση ανάλυσης παρουσιάζονται στα κατάλληλα σχήματα:

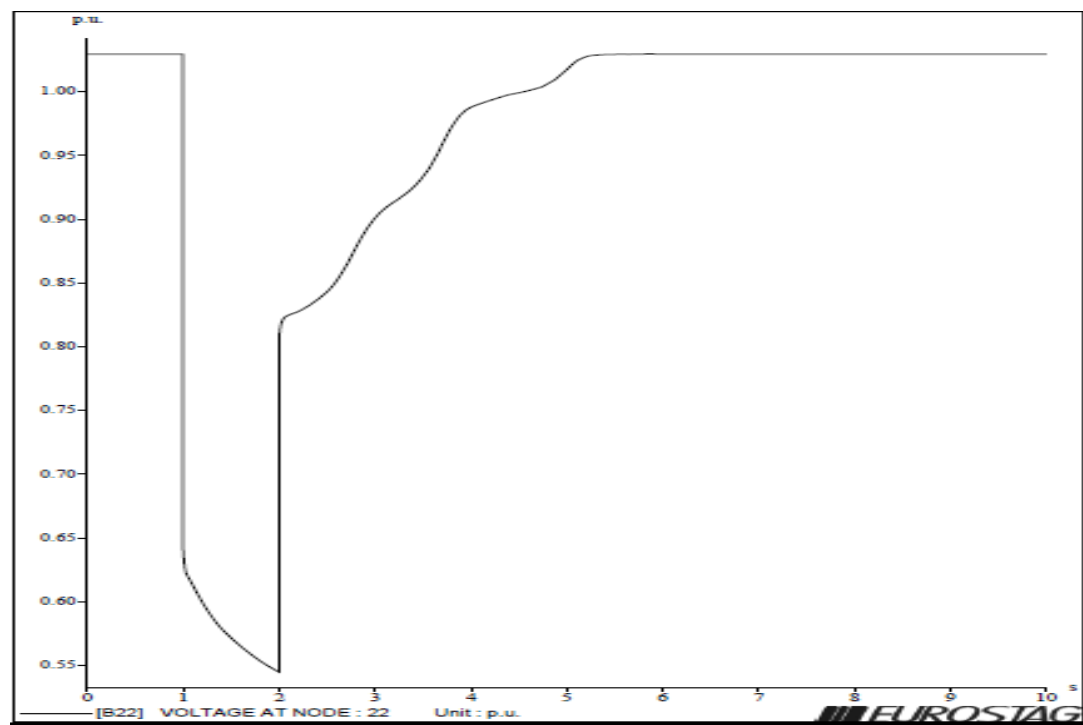
5.1.Συμπεράσματα μεταβατικής κατάστασης λειτουργίας συμβάντος διάρκειας 1 sec.

Θεωρώντας ότι η χρονική διάρκεια του συμβάντος είναι ίση με 1sec η μεταβατική κατάσταση λειτουργίας του συστήματος είναι ομαλή με συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις για τις διαφορετικές μεταβλητές της λειτουργίας του.

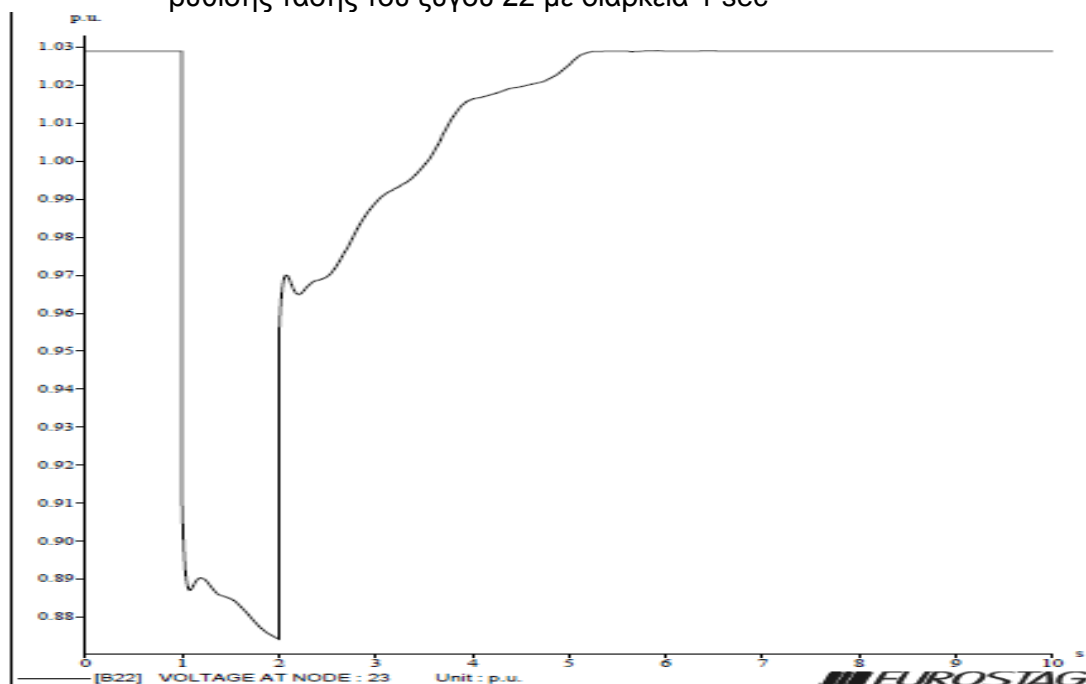
- Οι τάσεις των ζυγών του συστήματος επανέρχονται στις αντίστοιχες τιμές τους που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν μετά από μία χρονική περίοδο περίπου 5sec.
- Η συχνότητα των γεννητριών παρουσιάζει μικρές μεταβολές (περίπου +0,15Hz έως - 0,3Hz) και το μεταβατικό φαινόμενο διαρκεί περίπου 5sec με τιμές μικρότερες και μεγαλύτερες της ονομαστικής τιμής. Η ενεργός ισχύς των γεννητριών παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές (περίπου $\pm 60\%$) και το μεταβατικό φαινόμενο διαρκεί περίπου 4sec - 5sec. Μετά από τη μεταβατική περίοδο, οι τιμές της ενεργού ισχύος επανέρχονται σε αυτές που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν. Υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις που εξαρτώνται κύρια από την τοπολογική θέση των γεννητριών στο μονογραμμικό διάγραμμα του συστήματος και τις τιμές της παραγόμενης ισχύος τους.

- Η συχνότητα των κινητήρων του συστήματος παρουσιάζει αρχικά μία σημαντική μείωση (περίπου 0,8Hz – 1,5Hz) ενώ οι τιμές τους επανέρχονται σε αυτές που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν μετά από ένα διάστημα περίπου 3sec έως 5sec. Η ενεργός ισχύς των κινητήρων παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές (περίπου +40% έως -65%) και το μεταβατικό φαινόμενο έχει μικρή διάρκεια (περίπου 4sec). Μετά από τη μεταβατική περίοδο, οι τιμές της ενεργού ισχύος επανέρχονται σε αυτές που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν. Υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις που εξαρτώνται κύρια από την τοπολογική θέση των κινητήρων στο μονογραμμικό διάγραμμα του συστήματος και τις τιμές της καταναλισκόμενης ισχύος τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

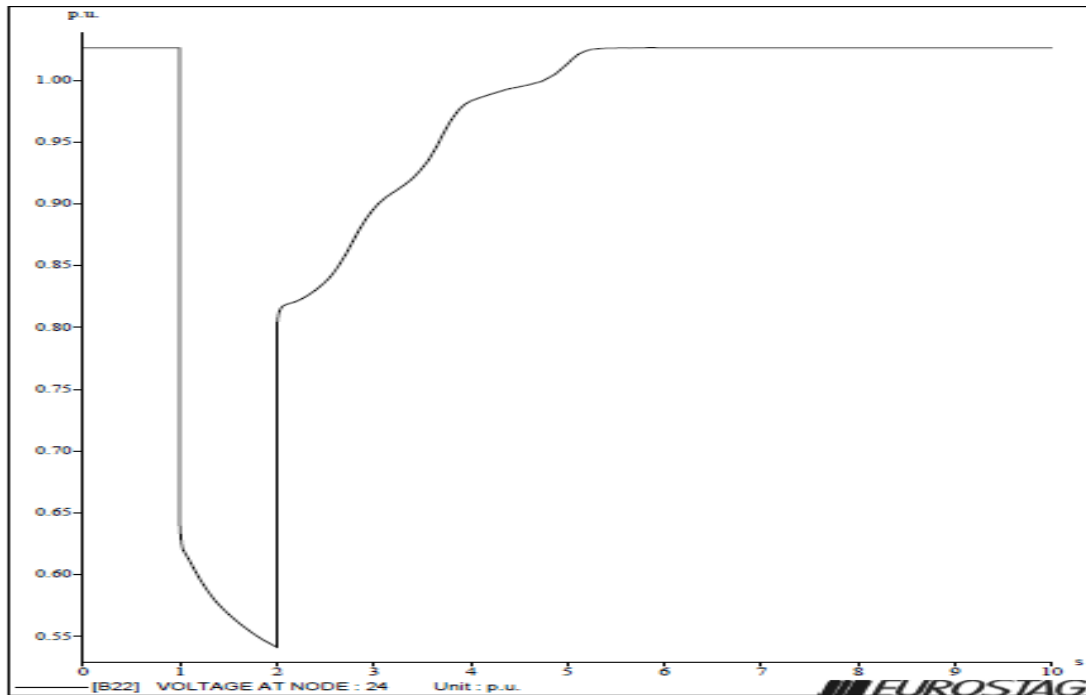


Σχήμα 5.1. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 22 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

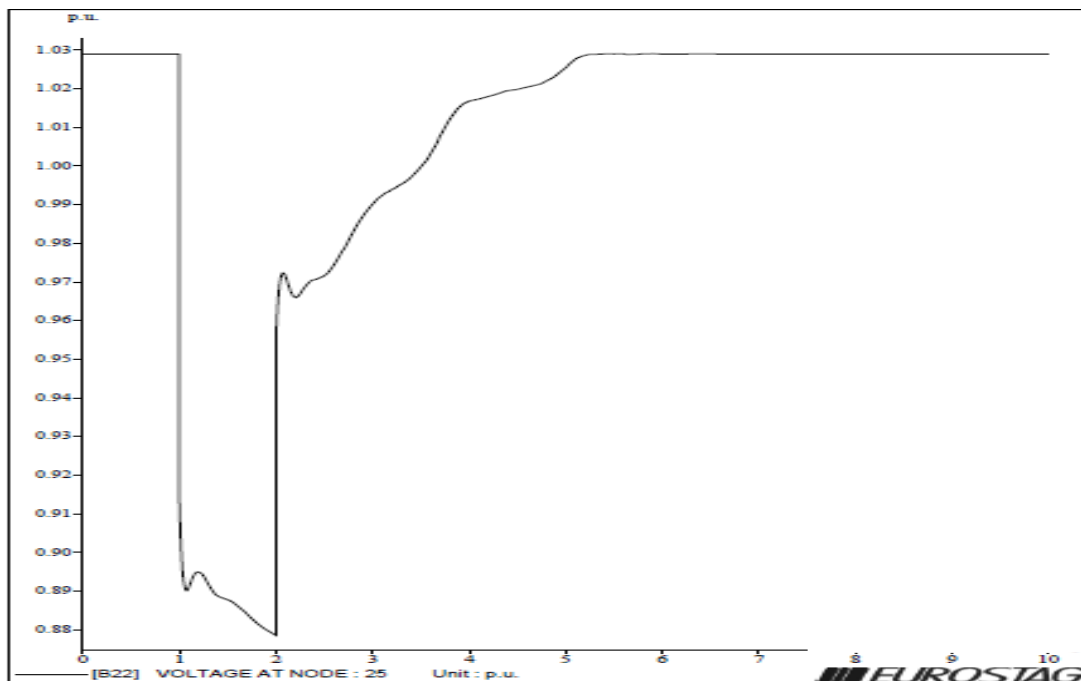


Σχήμα 5.2. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 23 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

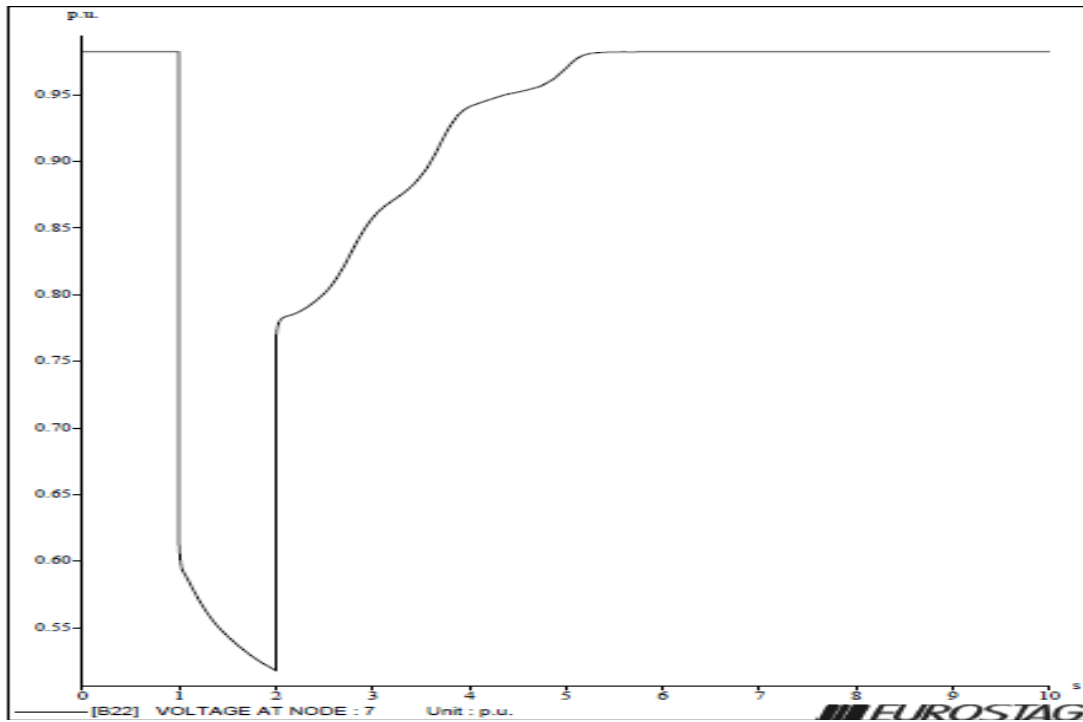


Σχήμα 5.3. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 24 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

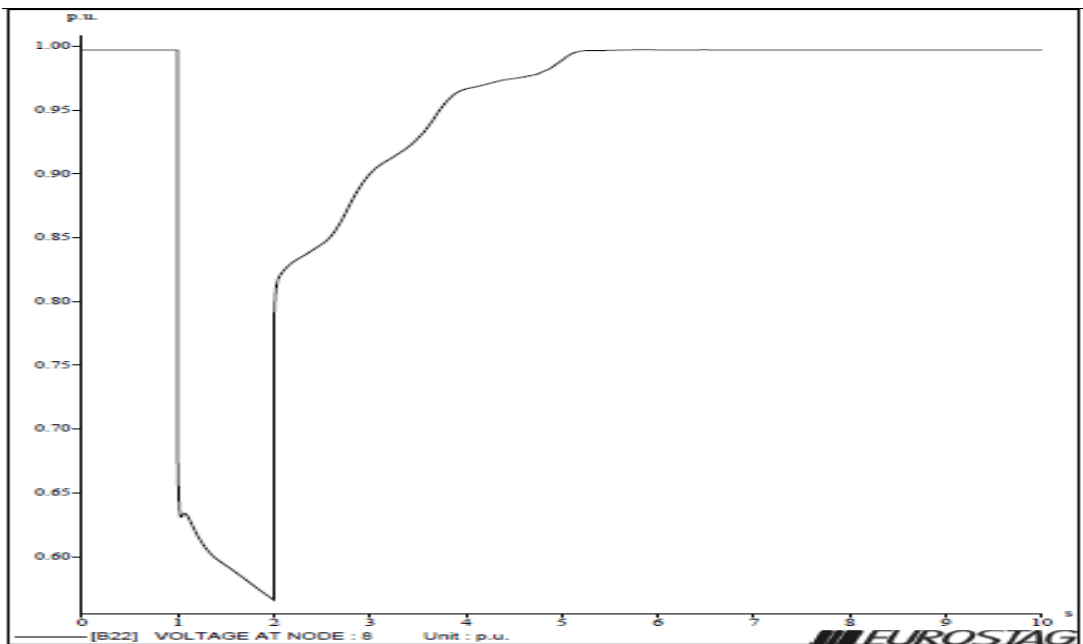


Σχήμα 5.4. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας 25 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

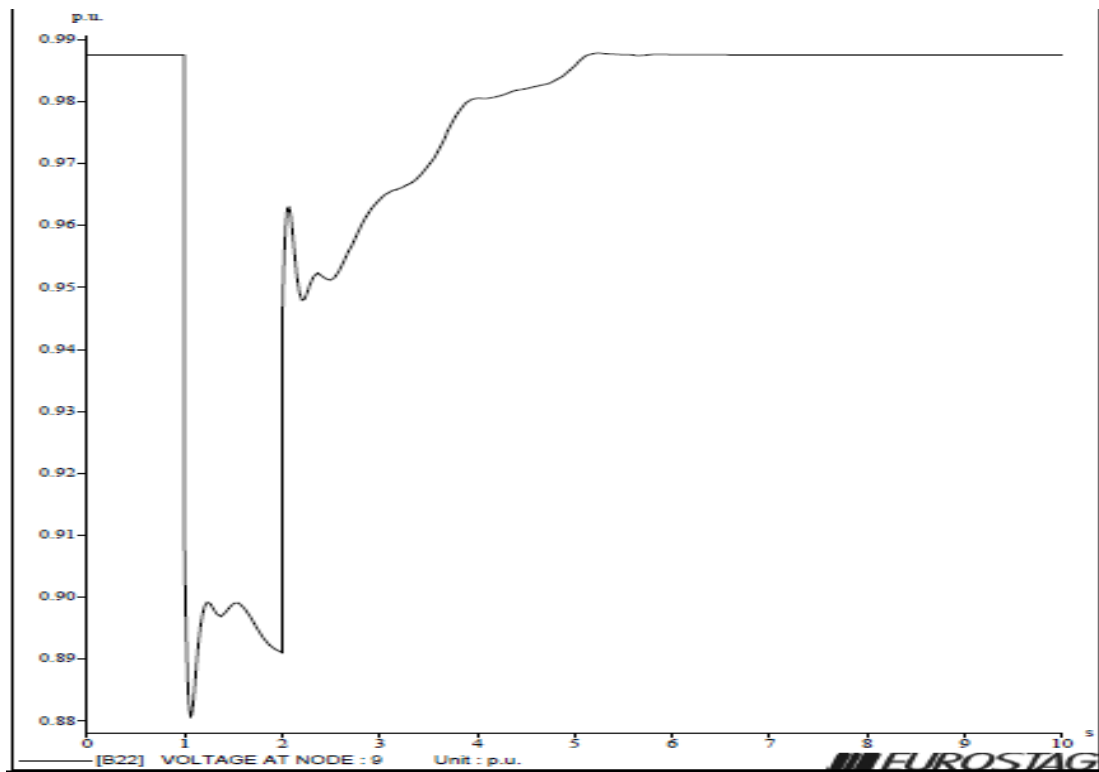


Σχήμα 5.5. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας 7 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

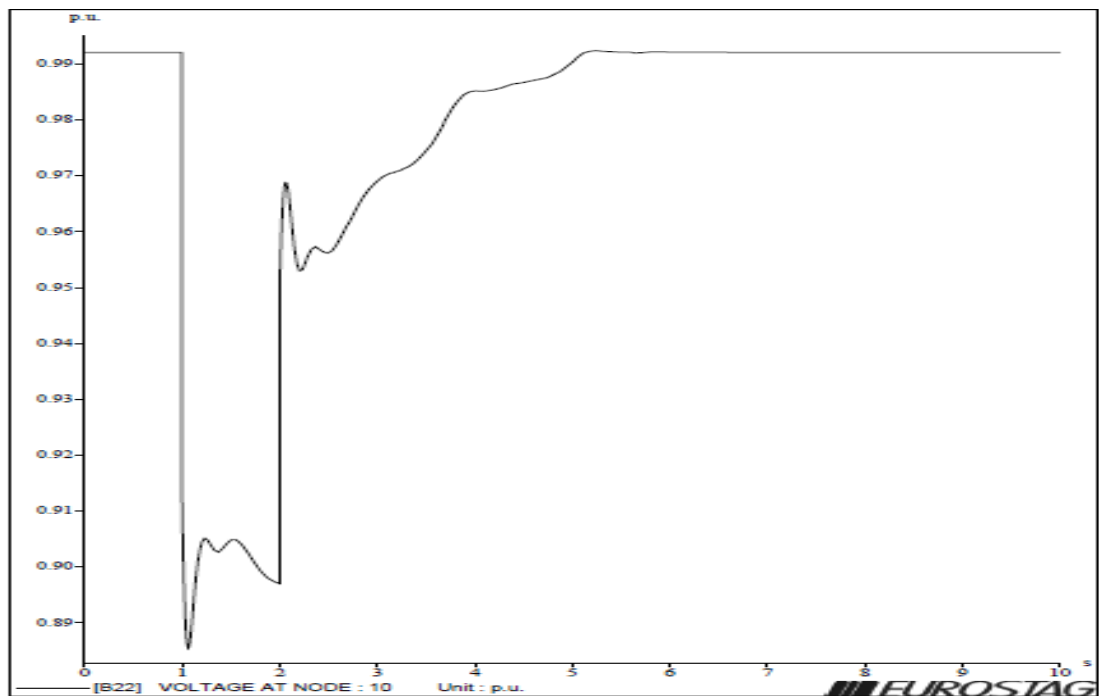


Σχήμα 5.6. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας 8 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

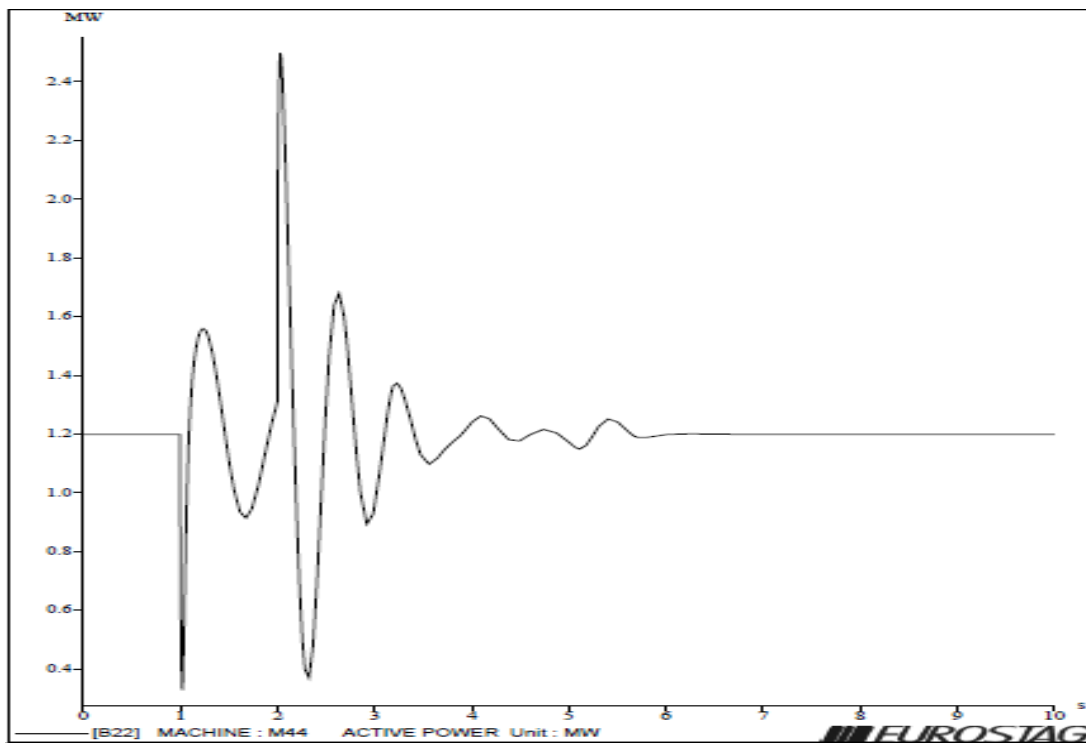
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



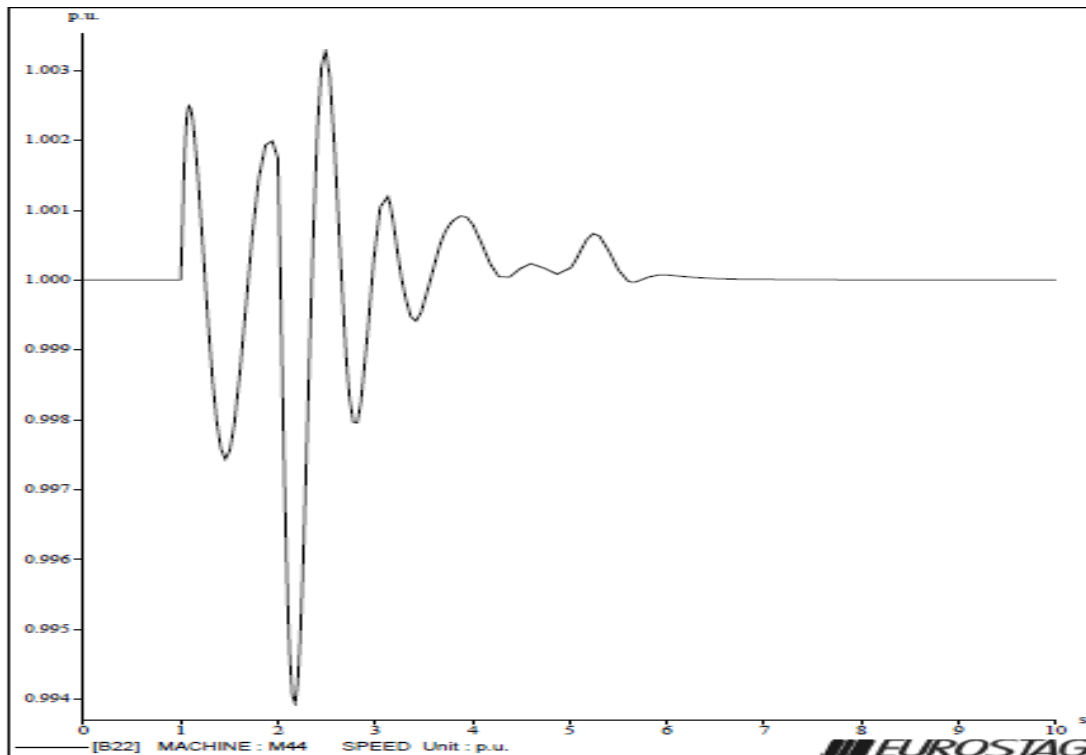
Σχήμα 5.7. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας 9 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec



Σχήμα 5.8. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας 10 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

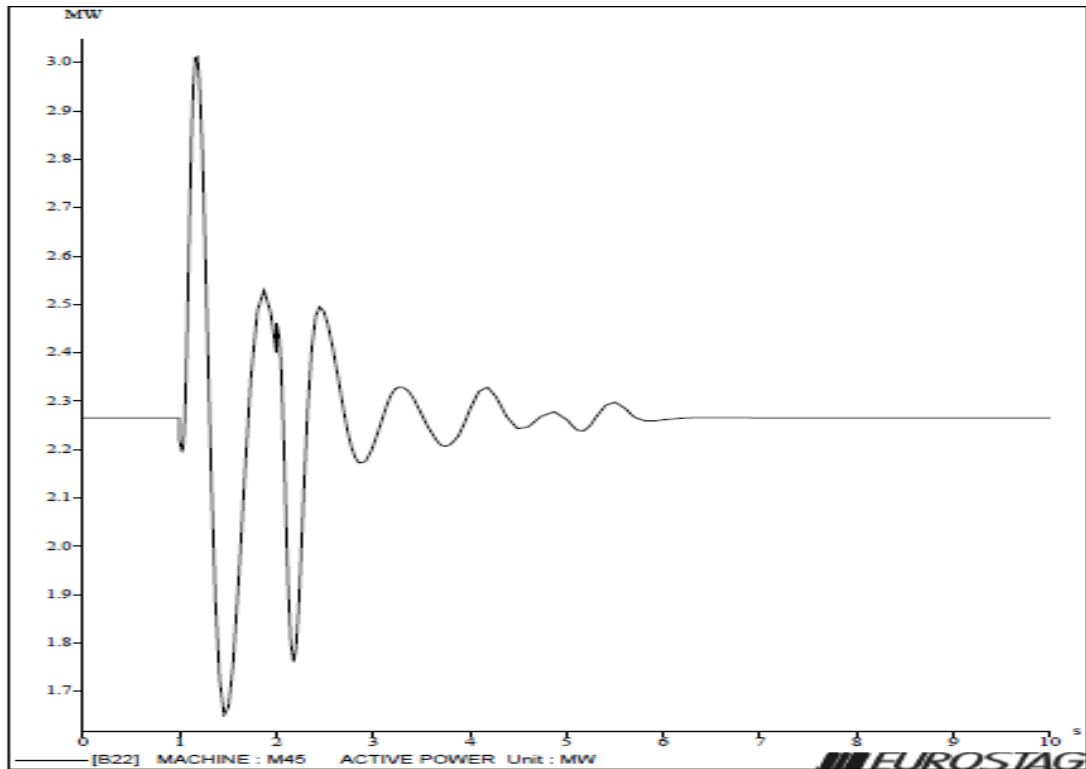


Σχήμα 5.9. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G4 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

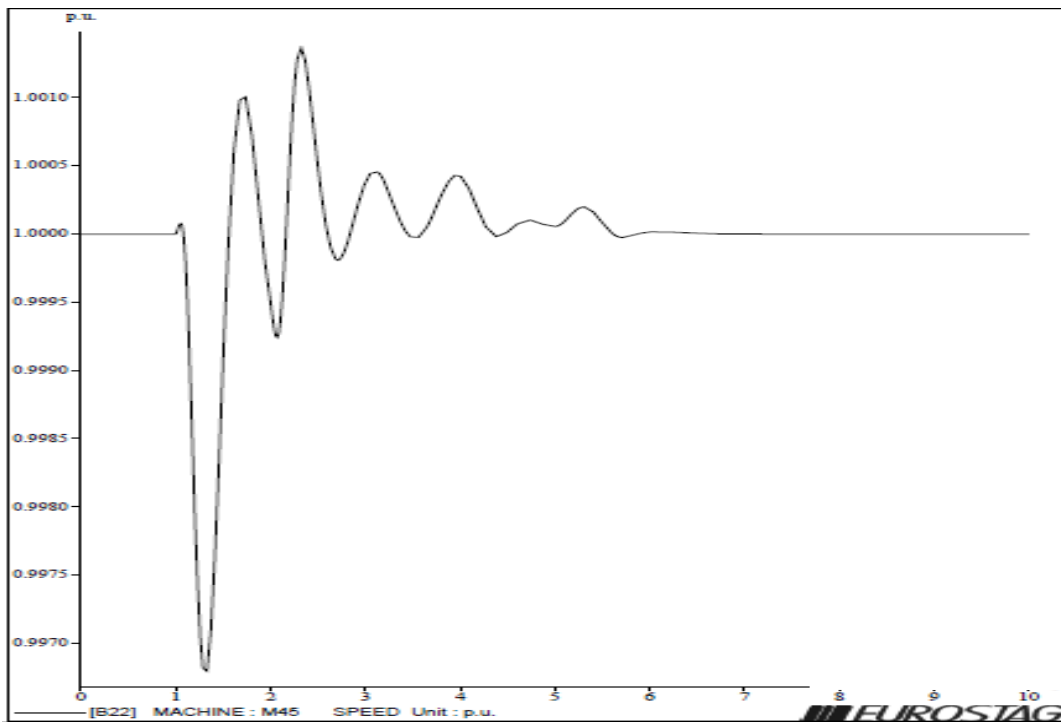


Σχήμα 5.10. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G4 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

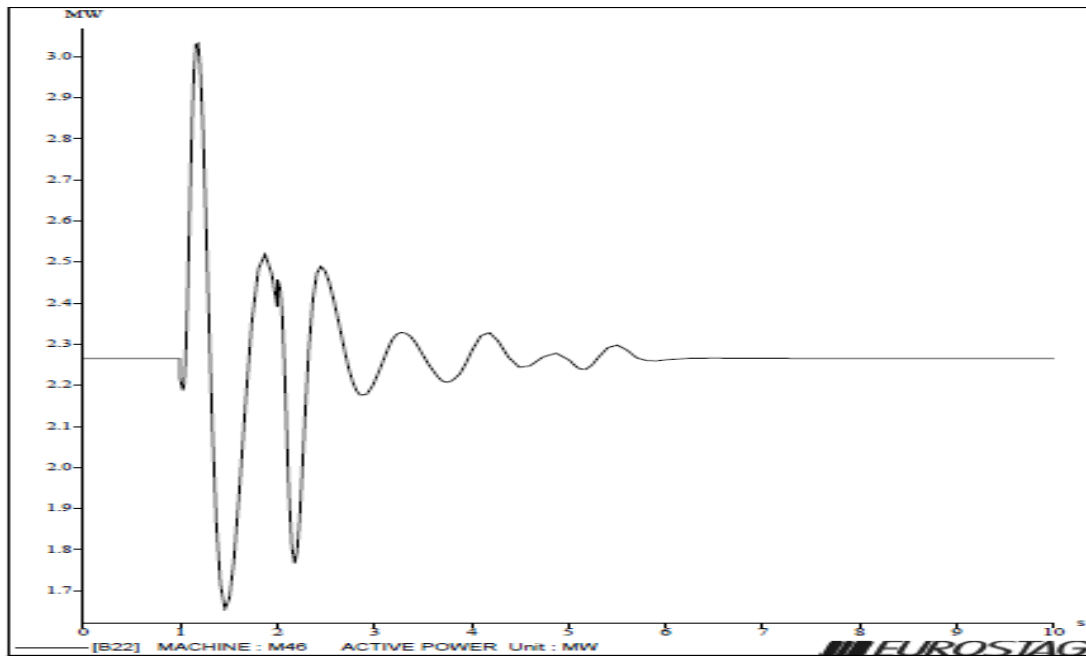


Σχήμα 5.11. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G5 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

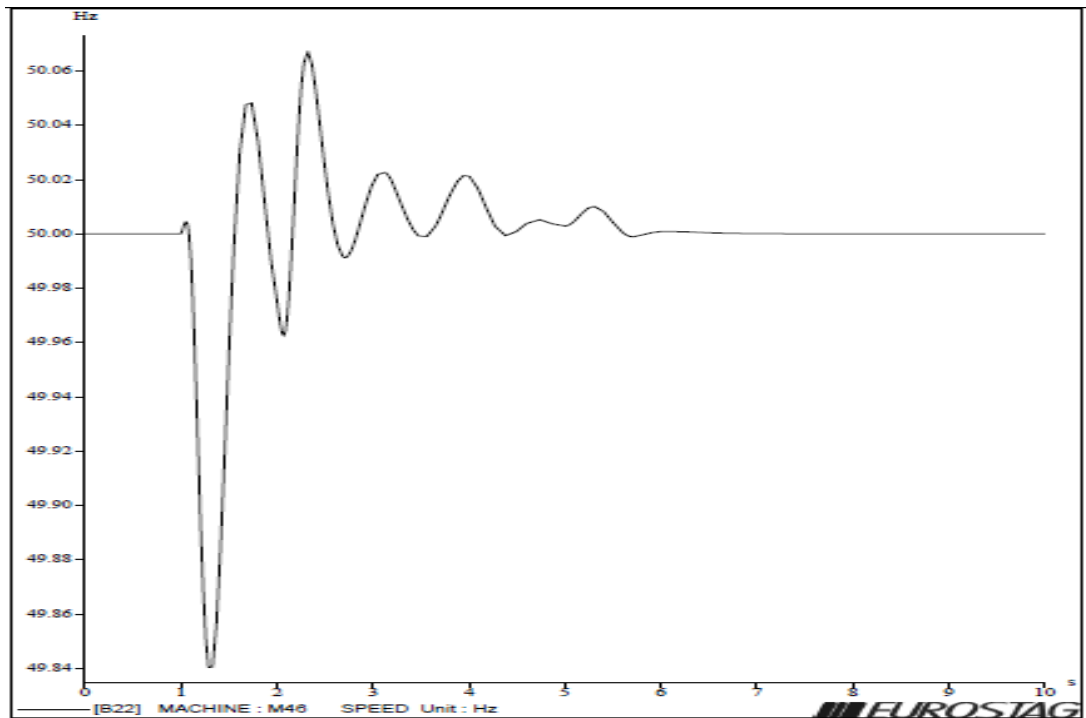


Σχήμα 5.12. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G5 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

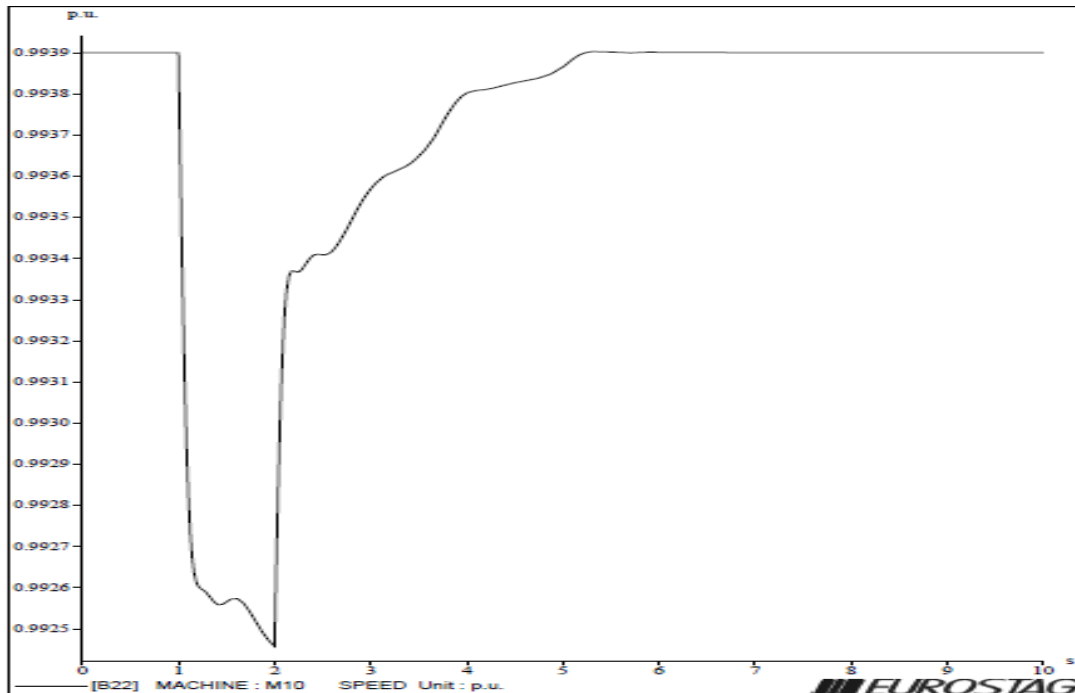


Σχήμα 5.13. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G6 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

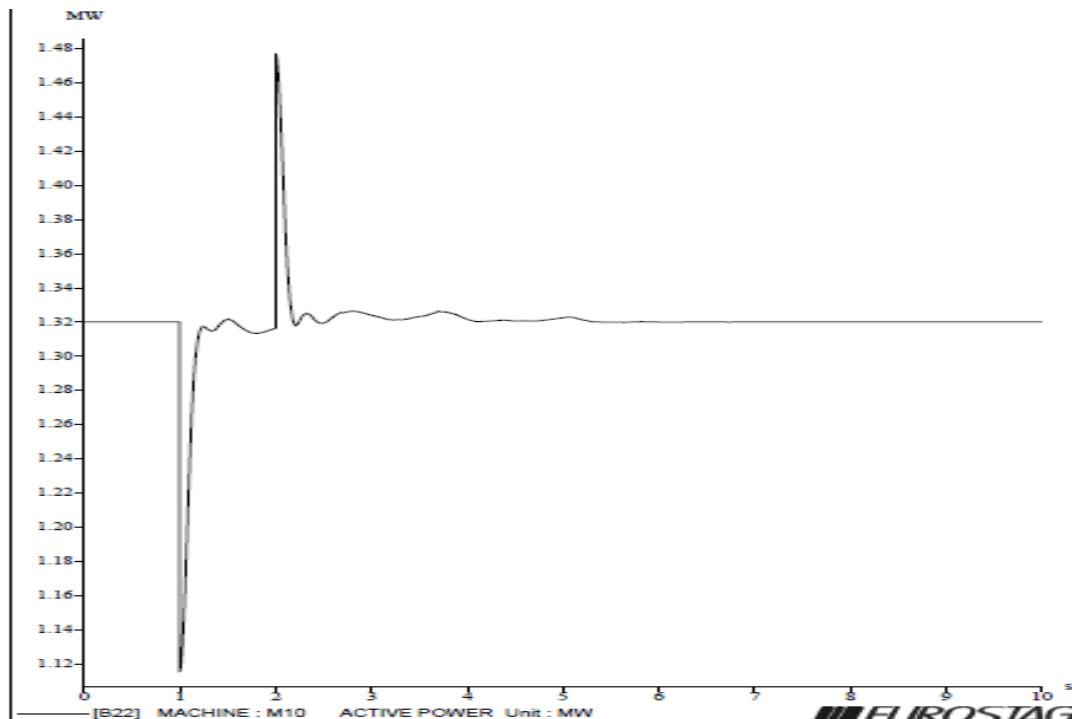


Σχήμα 5.14. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G6 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

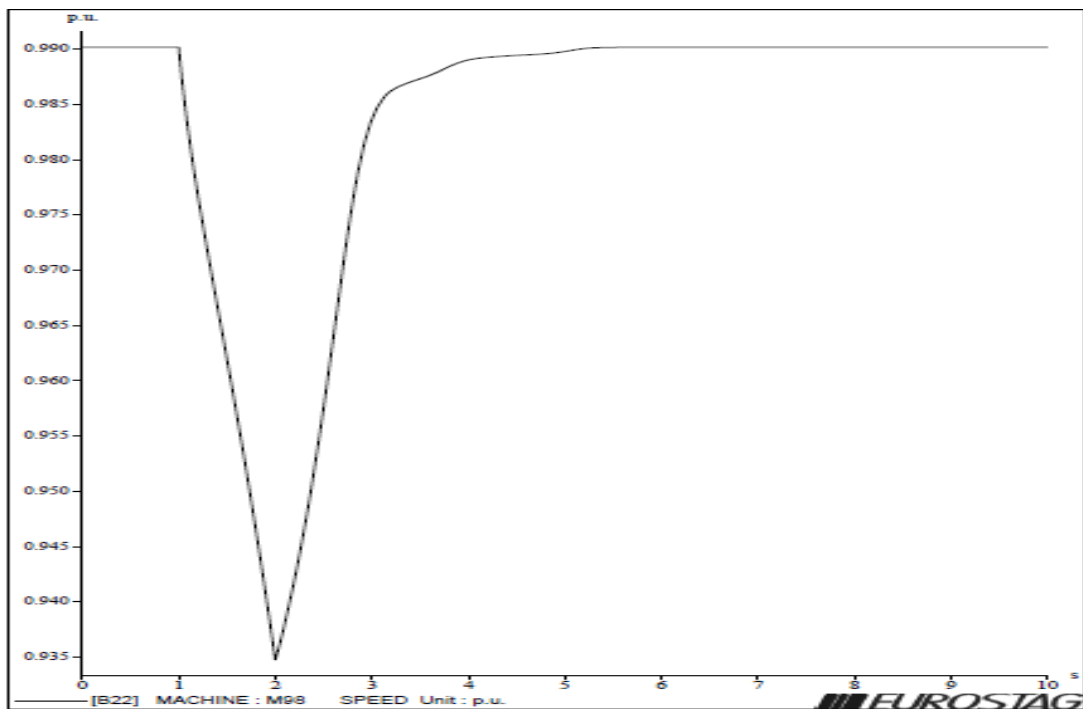


Σχήμα 5.15. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 10 (Μέρος Ι) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

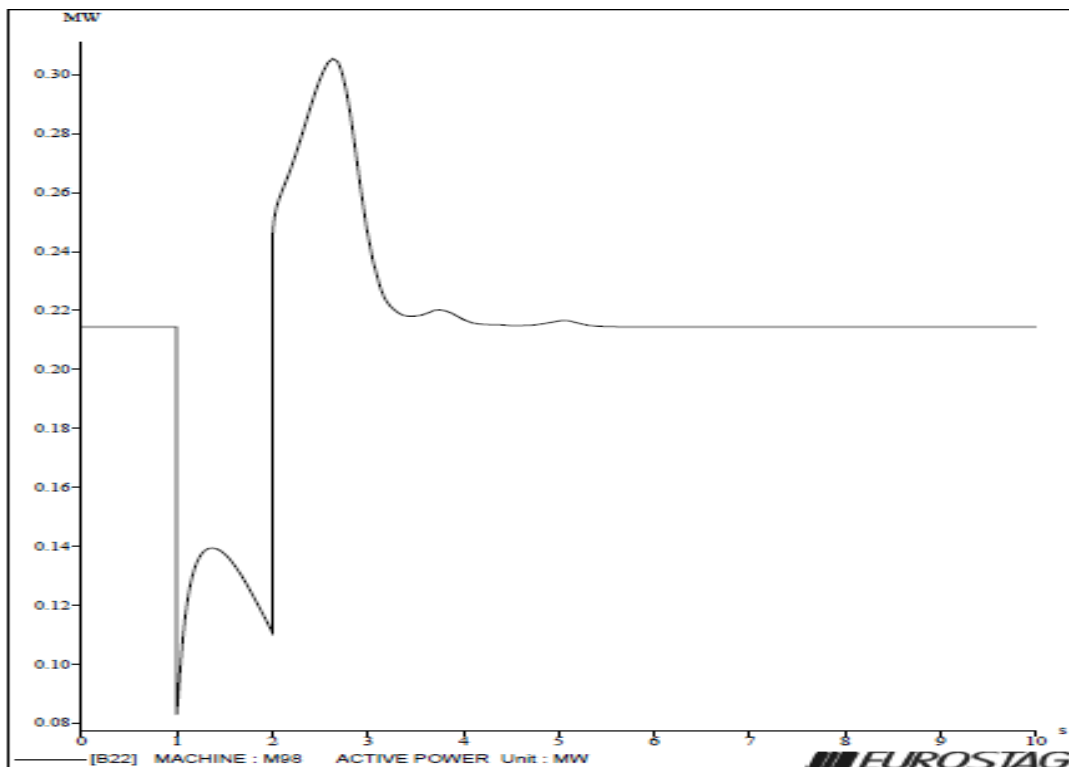


Σχήμα 5.16. Μεταβολή της ενεργού ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 10 (Μέρος Ι) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Σχήμα 5.17. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 98 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

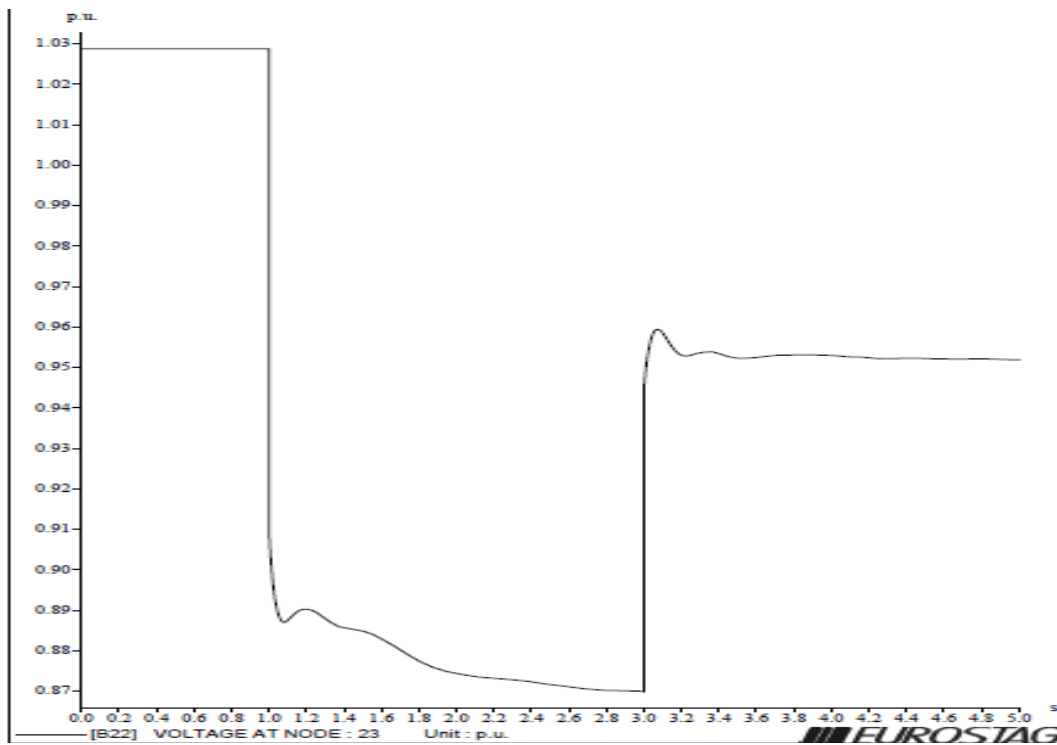


Σχήμα 5.18. Μεταβολή της ενεργού ισχύος των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 98 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 1 sec

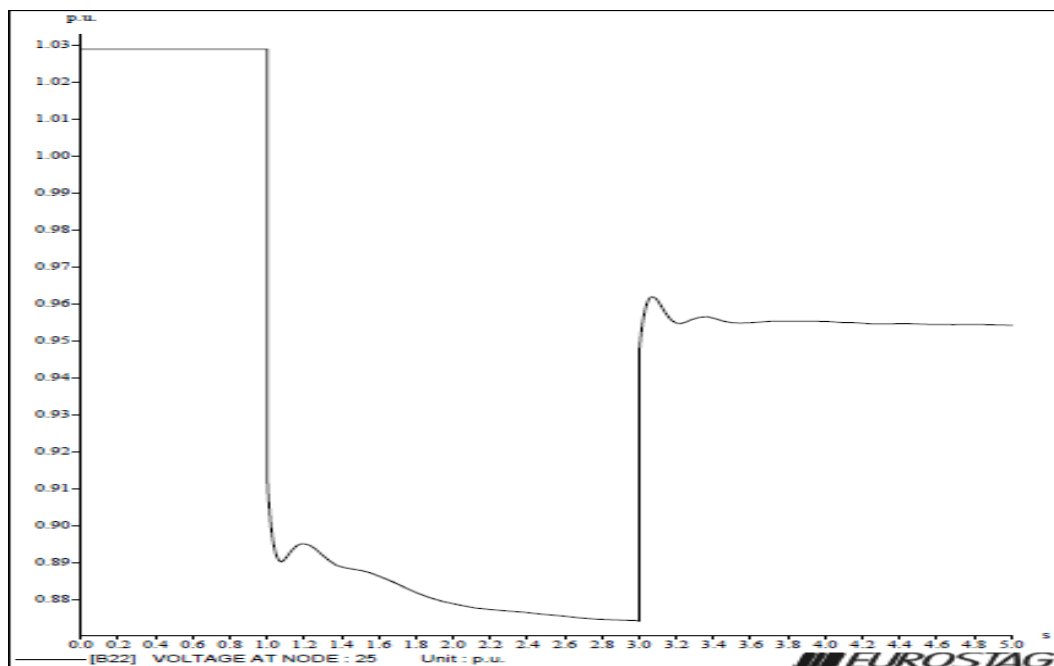
5.2 Συμπεράσματα Μεταβατικής κατάστασης λειτουργίας Συμβάντος διάρκειας 2 sec.

- Το βασικό συμπέρασμα της ανάλυσης θεωρώντας τη χρονική διάρκεια 2sec είναι η αποσύνδεση των κινητήρων του συστήματος πολύ γρήγορα (μετά από περίπου 5sec)(σχήμα 5.22). Το άμεσο αποτέλεσμα είναι η δημιουργία διαφόρων προβλημάτων μη ομαλής λειτουργίας του συστήματος και η δραματική μείωση του φορτίου του. Αυτό σημαίνει ότι η ασφάλεια λειτουργίας του συστήματος είναι σε κίνδυνο. Οι τάσεις των ζυγών του συστήματος λαμβάνουν τιμές αρκετά χαμηλότερες από αυτές που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν (περίπου 5% - 8%) Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι κινητήρες έχουν ρυθμιστές τάσης, οπότε με το βραχυκύκλωμα μειώνουν τάση, παράγουν άεργο για να τροφοδοτήσουν τα φορτία και μετά από το συμβάν λειτουργούν σε νέο σημείο ισορροπίας (λόγω αλλαγής ολίσθησης). Επίσης, η ενεργός ισχύς των γεννητριών παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές (περίπου $\pm 60\%$) και το μεταβατικό φαινόμενο διαρκεί περίπου 5sec - 6sec. Μετά από τη μεταβατική περίοδο, οι τιμές της ενεργού ισχύος επανέρχονται σε αυτές που υπήρχαν πριν από το θεωρούμενο συμβάν. Η ροή ισχύος στους κλάδους του συστήματος παρουσιάζει πολύ σημαντικές μεταβολές που αφορούν τις τιμές τους αλλά και τη διεύθυνση τους. Το μεταβατικό φαινόμενο διαρκεί ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (περίπου 7sec - 8sec).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

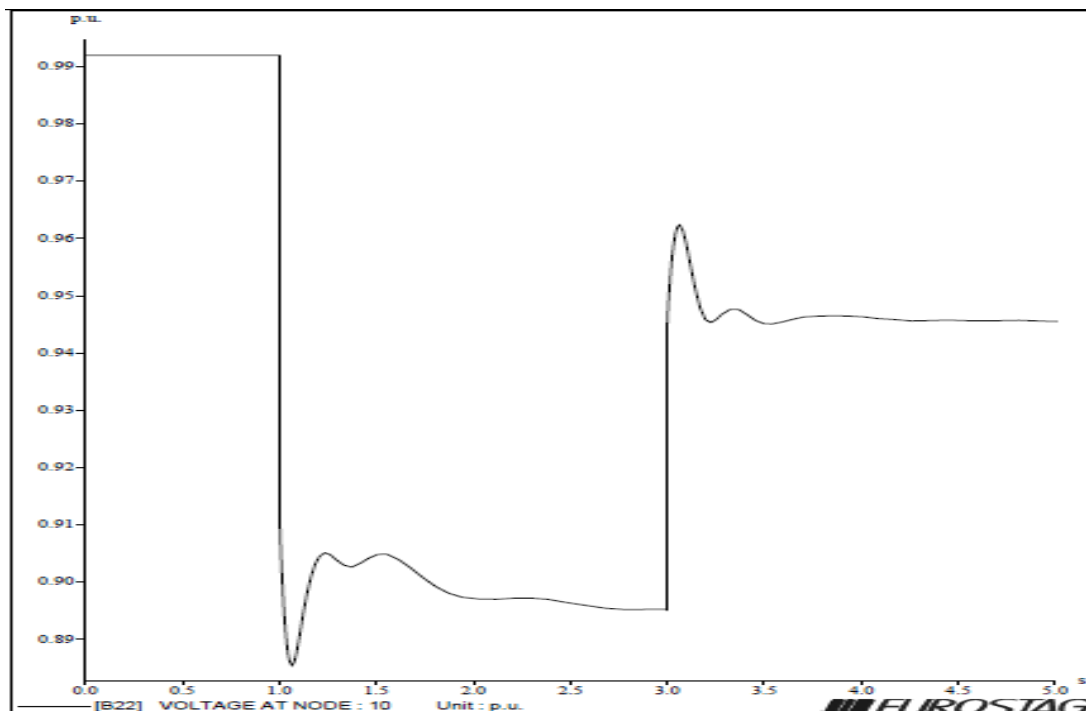


Σχήμα 5.19. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 23 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάση του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

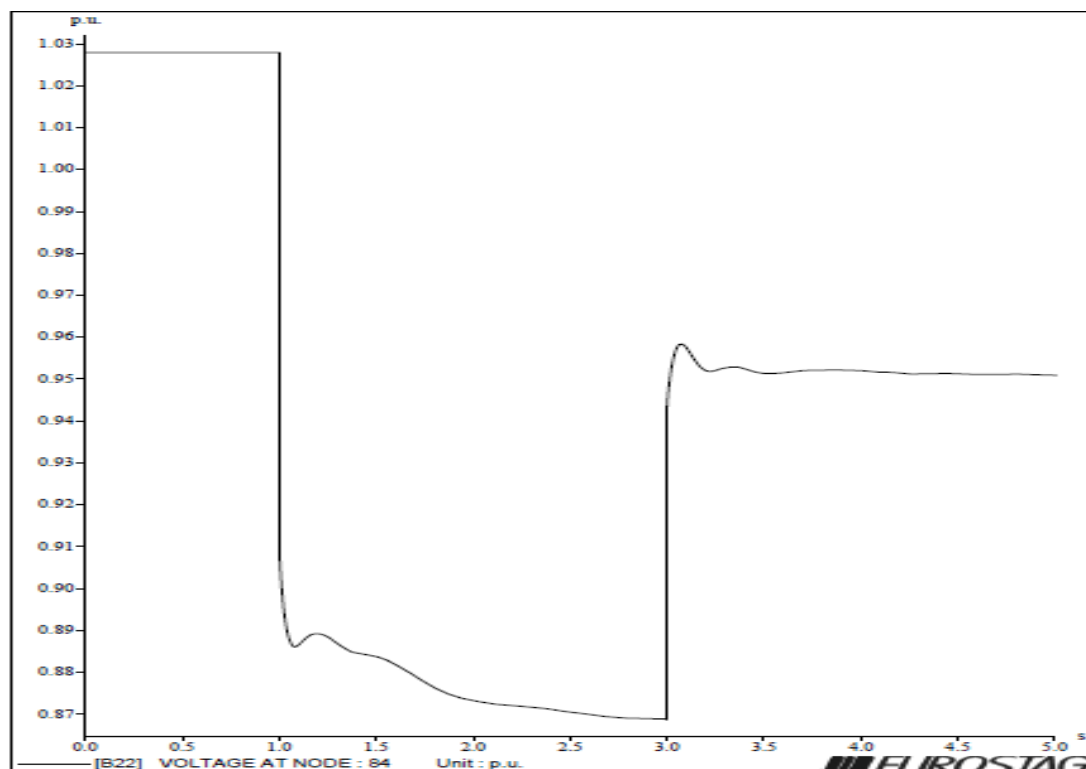


Σχήμα 5.20. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 25 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάση του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

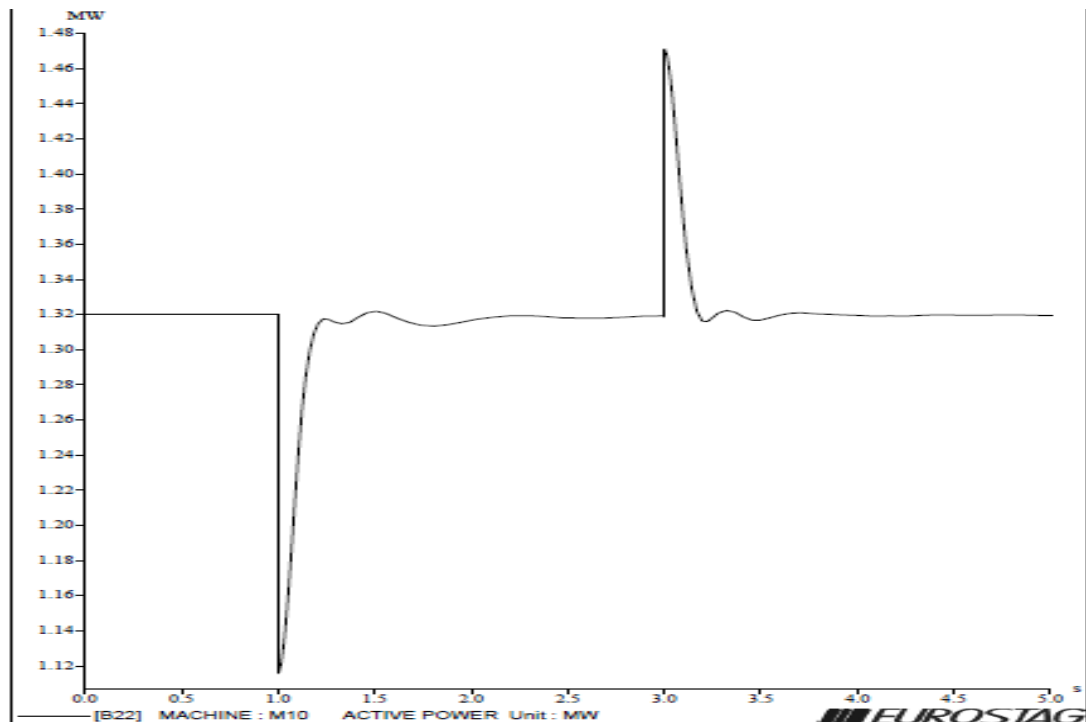


Σχήμα 5.21. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 10 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάση του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

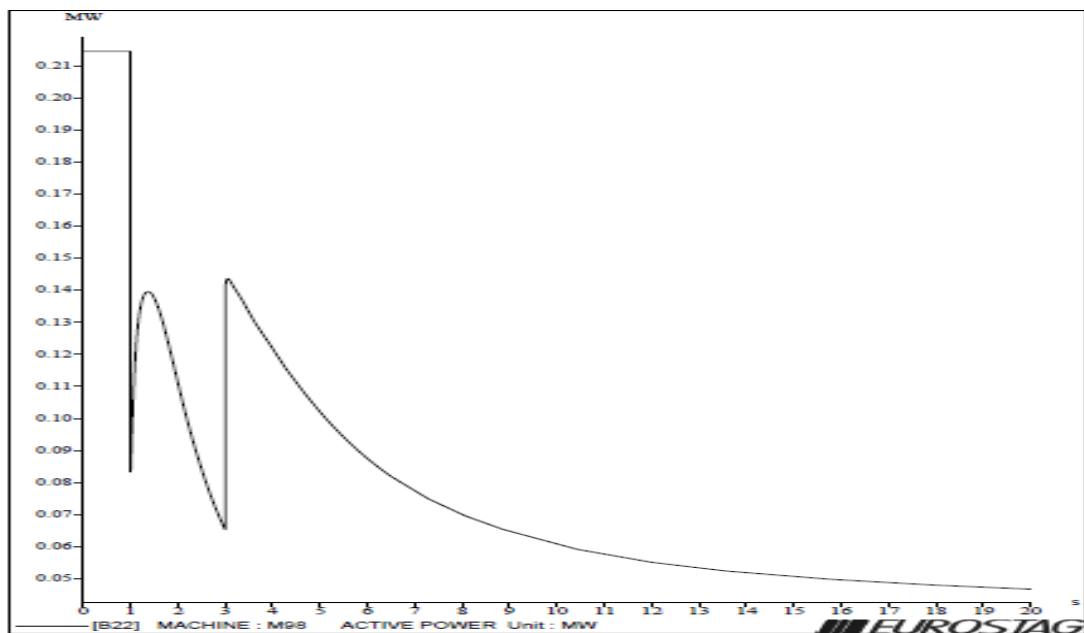


Σχήμα 5.22. Μεταβολή της τάσης του ζυγού 84 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάση του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

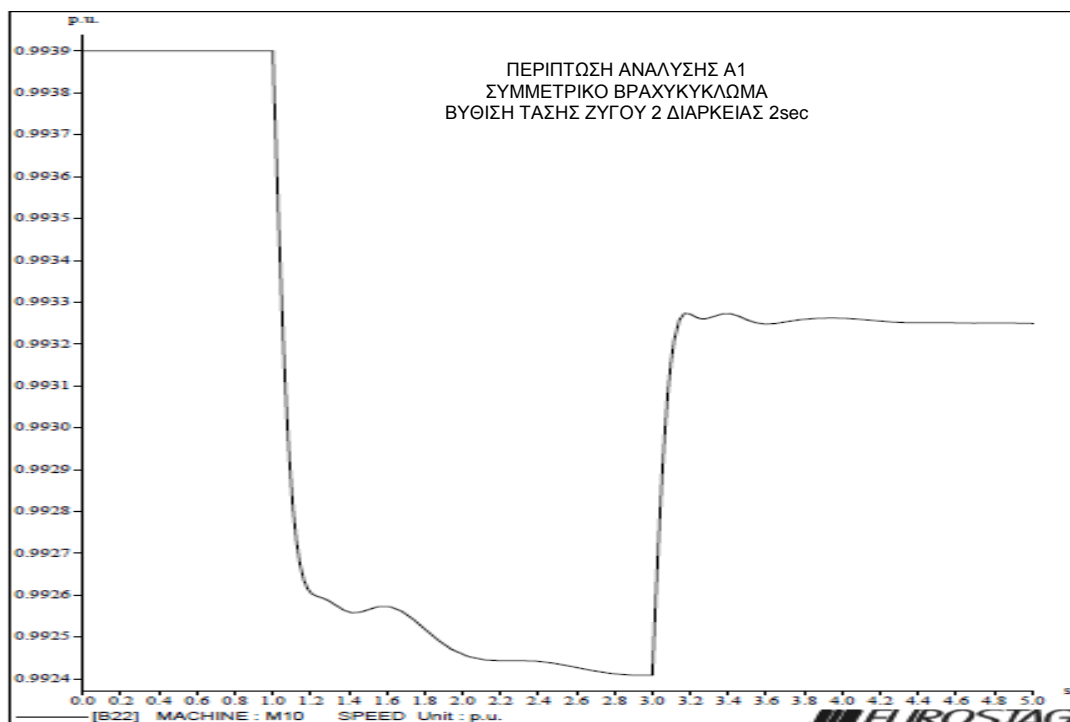


Σχήμα 5.23. Μεταβολή της ενεργού ισχύος στον κινητήρα 10 (Μέρος Ι) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

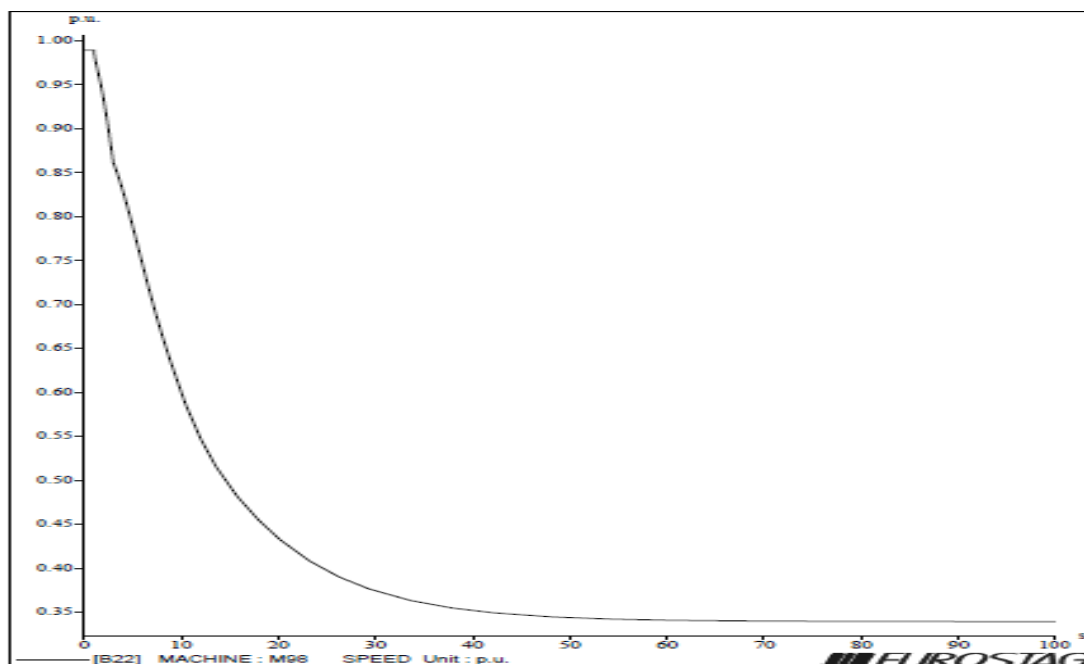


Σχήμα 5.24. Μεταβολή της ενεργού ισχύος στον κινητήρα 98 (Μέρος ΙΙ) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

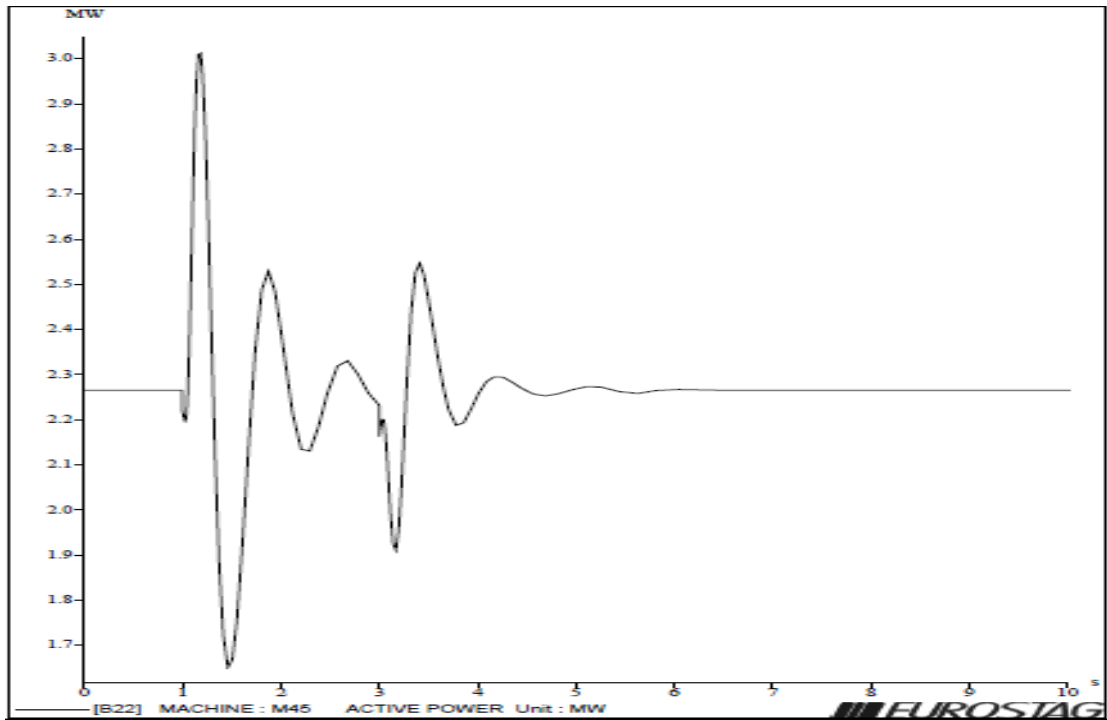


Σχήμα 5.25. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 10 (Μέρος I) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

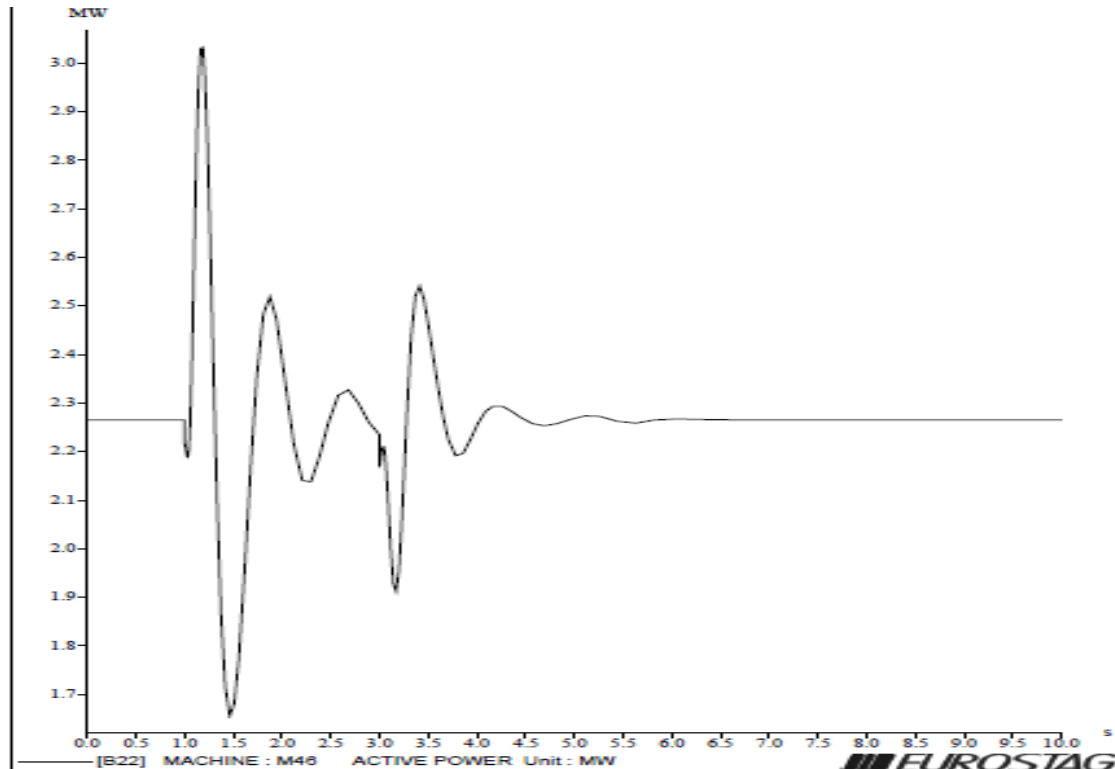


Σχήμα 5.26. Μεταβολή της συχνότητας των κινητήρων που συνδέονται στον ζυγό 98 (Μέρος II) μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

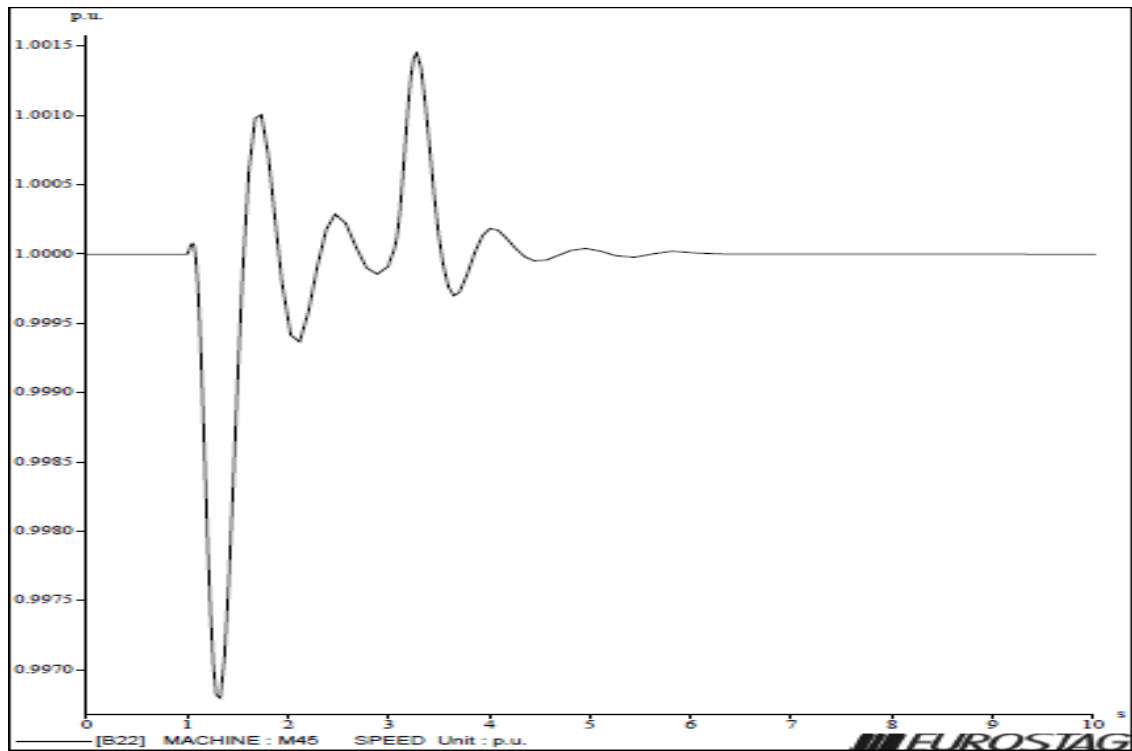


Σχήμα 5.27. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G5 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

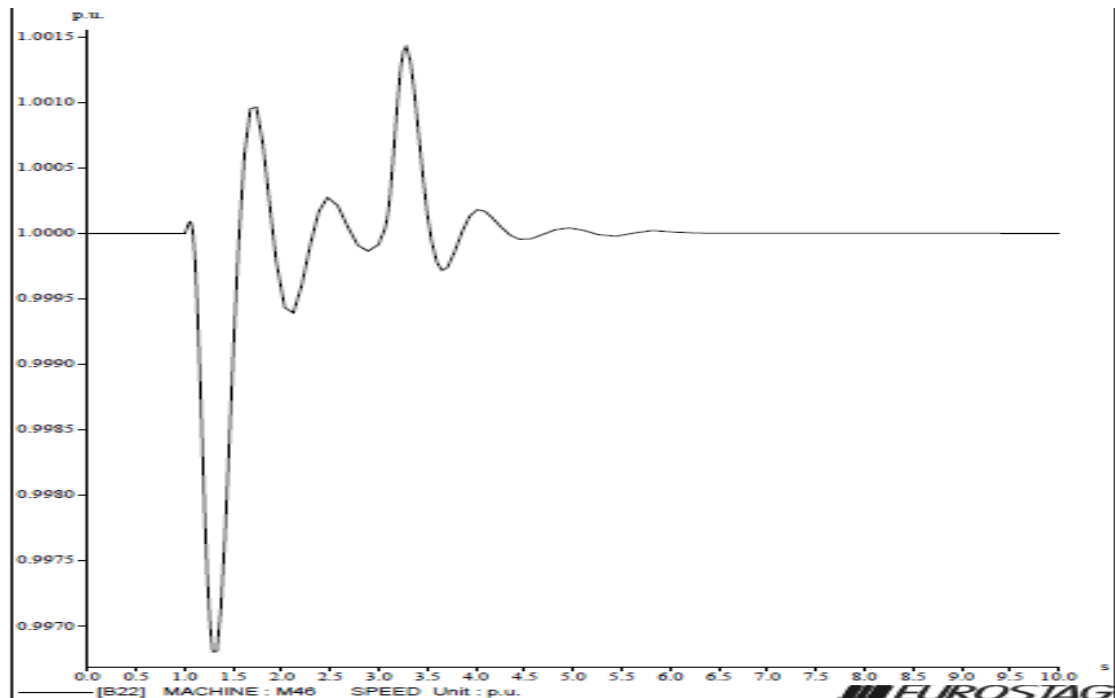


Σχήμα 5.28. Μεταβολή της ενεργού ισχύος της γεννήτριας G6 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Σχήμα 5.29. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G5 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec



Σχήμα 5.30. Μεταβολή της συχνότητας της γεννήτριας G6 μετά από ένα συμβάν συμμετρικής βύθισης τάσης του ζυγού 22 με διάρκεια 2 sec

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΥΘΙΣΕΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας , www.rae.gr
- 2) Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρική Ενέργειας , www.desmie.gr
- 3) European Wind Energy Association , www.ewea.org
- 4) Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας , www.cres.gr
- 5) Ε.Ν. Διαλυνάς, “Αξιοπιστία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Αθήνα, 1996.
- 6) Ε.Ν. Διαλυνάς, “Ανάλυση Αξιοπιστίας Τεχνολογικών Συστημάτων”, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα, 1998.
- 7) Μιχ.Π. Παπαδόπουλος, “Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Από Ανανεώσιμες Πηγές”, Αθήνα, 1997.
- 8) 3^η Εθνική Έκθεση για το επίπεδο διεξόδου της Ανανεώσιμης Ενέργειας το έτος 2010 (ΑΡΘΡΟ 3 ΟΔΗΓΙΑΣ 2001/77/ΕΚ). Αθήνα, Οκτώβριος 2005.
- 9) EWEA (European Wind Energy Association) ,Large scale integration of wind energy in the European power supply, December 2005.
- 10) J.G. Slootweg, H. Polinder, W.L. Kling, *Dynamic modelling of a wind turbine with doubly fed induction generator*, Proceedings of the IEEE PES Summer Meeting 2001.
- 11) Vladislav Akhmatov, Hans Knudsen, Arne Hejde Nielsen, Jorgen Kaas Pedersen and Niels Kjolstad Poulsen, *Modelling and transient stability of large wind*

farms, International Journal of Electric Power & Energy Systems, v. 25, n. 2, pp.123-144, February 2003.

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

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

14) Έκθεση της Ρ.Α.Ε. για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας - *Έκθεση της Ρ.Α.Ε – 2003*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

