



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

*Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχ. και Μηχανικών Υπολογιστών*

*Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος*

*Εργαστήριο Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*

**ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ  
ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ  
ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΑΧΕΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ  
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ**

Μεταπτυχιακή Εργασία  
για το μάθημα « Ταχεία Ηλεκτρομαγνητικά Φαινόμενα σε Συστήματα Ισχύος »  
του  
**Γεώργιου Ι. Τσεκούρα**

Διδάσκοντες : κ. Β.Παπαδιάς, Καθηγητής Ε.Μ.Π.  
κ. Ν.Χατζηαργυρίου, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2000

.....  
Γεώργιος Ι. Τσεκούρας

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

Copyright © Γεώργιος Ι. Τσεκούρας

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 ενέργειας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στο 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.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία ασχολείται με την κατασκευή ενός μοντέλου προσομοίωσης του δικτύου υψηλής τάσης της Κρήτης για τη μελέτη των ταχέων ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων, τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια σφαλμάτων, χειρισμών διακοπών, κεραυνικών πληγμάτων κτλ.. Η εργασία εντάσσεται στα πλαίσια του μεταπτυχιακού μαθήματος «Ταχέα Ηλεκτρομαγνητικά Φαινόμενα σε Συστήματα Ισχύος».

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια και τέσσερα παραρτήματα. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η διατύπωση του προβλήματος που καλούμαστε να λύσουμε με την παρούσα εργασία και η εισαγωγή των βασικών εννοιών που θα μας απασχολήσουν στην εργασία, όπως της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης. Παράλληλα παρουσιάζονται συστηματικά τα βήματα υλοποίησης της εργασίας μας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται η συστηματική καταγραφή των στοιχείων με παράλληλη διασταύρωση και επιβεβαίωση από διαφορετικές πηγές -Δ.Ε.Η., εκθέσεις ερευνητικών προγραμμάτων με θέματα σχετικά με τη δομή του δικτύου-, ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίησή τους για τη δημιουργία του κατάλληλου μοντέλου μελέτης του δικτύου της Κρήτης σε επίπεδο ταχέων μεταβατικών φαινομένων.

Στο τρίτο κεφάλαιο διαμορφώνονται δύο μοντέλα του δικτύου της Κρήτης, ένα για το πρόγραμμα ροής φορτίου GINA, ώστε να γίνουν οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις τάσεων γεννητριών και στοιχείων φορτίων, και ένα μοντέλο του δικτύου μεταφοράς της Κρήτης με τη βοήθεια του υπολογιστικού πακέτου EMTP –Electromagnetic Transients Program- που αναλύει ταχέα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα διάρκειας μερικών περιόδων που αντιστοιχούν στην ονομαστική συχνότητα λειτουργίας του συστήματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο πραγματοποιούνται ορισμένες εκτελέσεις του προγράμματος υπό συνθήκες διαφόρων τύπων σφαλμάτων σε προεπιλεγμένο σημείο του δικτύου, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του τελευταίου και να επιβεβαιωθεί η ορθή λειτουργία των μοντέλων. Αυτό θα επιτευχθεί προσδιορίζοντας τη συμπεριφορά του δικτύου μετά από διάφορα είδη βραχυκυκλωμάτων στο άκρο του Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας στο δίκτυο μεταφοράς τόσο ως προς τις βυθίσεις τάσης στους ζυγούς, όσο και ως προς τις υπερτάσεις στους ζυγούς και τις μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης στους διακόπτες, όταν αυτοί δράσουν για να προστατέψουν το δίκτυο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μία σύνοψη των αποτελεσμάτων των προηγούμενων κεφαλαίων και μία διερεύνηση των περαιτέρω περιοχών για ανάπτυξη των υπάρχοντων μοντέλων και μελέτη νέων σεναρίων και προβλημάτων.

Ακολουθούν τα τέσσερα παραρτήματα. Στο πρώτο παράρτημα παρουσιάζεται το αναλυτικό μονογραμμικό σχέδιο του δικτύου υψηλής τάσης της Κρήτης, όπως δόθηκε από τη Δ.Ε.Η. και απεικονίζει την κατάσταση στην οποία βρισκόταν το Σεπτέμβριο του 1996. Στο δεύτερο παράρτημα καταγράφονται αναλυτικά οι έξοδοι ορισμένων εκτελέσεων από το πρόγραμμα ροής φορτίου GINA, στις οποίες αναφερόμαστε μέσα στην εργασία μας, ενώ στο τρίτο παρουσιάζεται ο κώδικας του μοντέλου του δικτύου της Κρήτης για τη μελέτη των ταχέων μεταβατικών φαινομένων μέσω του προγράμματος EMTP. Τέλος στο τέταρτο παράρτημα καταγράφονται τα ελληνικά και ξένα συγγράμματα, τα άρθρα, οι εργασίες και οι εκθέσεις από τα οποία αντλήθηκαν πληροφορίες, χρήσιμες για τη συγγραφή της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Για την εκτέλεση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου προς τον κύριο Β.Παπαδιά, -καθηγητή του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου-, για την καθοδήγησή του, τις διορθωτικές του παρεμβάσεις και τις χρήσιμες και συνάμα εύστοχες παρατηρήσεις του κατά την εξέλιξη της εργασίας.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τον κύριο Ν.Χατζηαργυρίου, -καθηγητή του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. του Ε.Μ.Π.-, ο οποίος ήταν ο εμπνευστής αυτού του θέματος, όπως επίσης τον κύριο Α.Κλαδά -επίκουρο καθηγητή του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. του Ε.Μ.Π- και τον κύριο Μ.Θαλασσινάκη -ηλεκτρολόγο μηχανικό της διεύθυνσης μεταφοράς της Κρήτης-, οι οποίοι διευκόλυναν τη συγκέντρωση πληροφοριών για τη διαμόρφωση του δικτύου της Κρήτης και έλυσαν απορίες γύρω από πρακτικά προβλήματα που συναντά κανείς στα δίκτυα μεταφοράς.

Ακόμη θέλω να ευχαριστήσω θερμά τη δεσποινίδα Μαρία Λορέντζου -μηχανολόγο μηχανικό του Ε.Μ.Π. και υποψήφια διδάκτορα του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. του Ε.Μ.Π.- για τη πολύτιμη βοήθειά της τόσο στις εκτυπώσεις των διαφόρων γραφικών παραστάσεων του προγράμματος EMTP, όσο και στην εκπαίδευσή μου πάνω στη χρήση του προγράμματος ATPDRAW και στην επίλυση σχετικών αποριών, όπως επίσης και τον κ. Γ. Στεφόπουλο -προπτυχιακό φοιτητή του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. του Ε.Μ.Π.- για τις πληροφορίες που μου έδωσε για το πρόγραμμα ροής φορτίου GINA.

Τέλος επιθυμώ να ευχαριστήσω πάρα πολύ και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κύριο Κωνσταντίνο Τσιρέκη -ηλεκτρολόγο μηχανικό του Ε.Μ.Π. και υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Η.Μ.Μ.Υ. του Ε.Μ.Π.- για την άριστη συνεργασία που είχα μαζί του, για τις πολλές προσωπικές του ώρες που δαπάνησε εκπαιδευόντάς με στο EMTP και για τις διορθώσεις που πραγματοποίησε με μεγάλη ευσυνειδησία τόσο κατά την εκτέλεση του προγράμματος, όσο και στο τελικό κείμενο της εργασίας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	<b>i</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1     ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ &amp; ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ</b>	<b>1</b>
1.1     Αντικείμενο της Εξαμηνιαίας Εργασίας	1
1.2     Βασικές Έννοιες	1
1.3     Βασικά Βήματα	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2     ΔΙΚΤΥΟ ΚΡΗΤΗΣ, ΣΤΟΙΧΕΙΑ &amp; ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ</b>	<b>5</b>
2.1     Χαρακτηριστικά Δικτύου Κρήτης	5
2.2     Γεννήτριες	5
2.2     Μετασχηματιστές	7
2.3     Γεννήτριες	5
2.4     Γραμμές Μεταφοράς	11
2.5     Πυκνωτές	12
2.6     Φορτία	13
2.7     Γενικά Στοιχεία	13
2.3     Τελική Τοπολογία	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3     ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΜΤΡ</b>	<b>16</b>
3.1     Αναγκαιότητα Μελέτης Ροής Φορτίου	16
3.2     Πρόγραμμα Ροής Φορτίου	17
3.2.1     Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης	18
3.2.2     Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες χαμηλής φόρτισης	20
3.2.3     Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης χωρίς τη συμμετοχή της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου –Ιεράπετρας	23
3.3     Μοντέλο Δικτύου Κρήτης για Μελέτη Ταχέων Μεταβατικών Φαινομένων με τη βοήθεια του ΕΜΤΡ	25

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	<b>ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΕΩΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ</b>	<b>28</b>
4.1	Εισαγωγή στις Δοκιμές Βραχυκυκλωμάτων Δικτύου Κρήτης	28
4.2	Ομαλή Λειτουργία Δικτύου Κρήτης υπό Υψηλή Φόρτιση	29
4.3	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι 0	30
4.4	Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι στο μέγιστο	44
4.5	Σύγκριση Τριφασικών Βραχυκυκλωμάτων στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, ως προς τη Διαφορά Φάσης τη Στιγμή του Σφάλματος	56
4.6	Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι 0	58
4.7	Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι στο μέγιστο	71
4.8	Σύγκριση Μονοφασικών Βραχυκυκλωμάτων της Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, ως προς τη Διαφορά Φάσης τη Στιγμή του Σφάλματος	84
4.9	Σύγκριση Μονοφασικών Βραχυκυκλωμάτων της Φάσης Α & Αντίστοιχων Τριφασικών στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας,	87
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	<b>ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ &amp; ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ</b>	<b>90</b>
5.1	Τελικά Συμπεράσματα	90
5.2	Περιοχές για Περαιτέρω Έρευνα	91
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1</b>	<b>ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ</b>	<b>93</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</b>	<b>ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΕΞΟΔΟΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΓΙΝΑ</b>	<b>95</b>
Π 2.1	Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης	95
Π 2.2	Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης	100
Π 2.3	Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης χωρίς τη Γραμμή Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας	106

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ  
ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ EMTP 112**

- Π 3.1 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι μηδέν, υπό συνθήκες Υψηλής Φόρτισης 112
- Π 3.2 Άλλες Περιπτώσεις 126

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 128**

- Π 4.1 Ελληνική Βιβλιογραφία 128
- Π 4.2 Ξένη Βιβλιογραφία 128
- Π 4.3 Διπλωματικές Εργασίες και Διδακτορικές Διατριβές 129
- Π 4.4 Εκθέσεις 129





# **ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ**

## **ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **&**

## **ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ**

#### **1.1 Αντικείμενο της Εξαμηνιαίας Εργασίας**

Το θέμα της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη ταχέων μεταβατικών φαινομένων στο δίκτυο υψηλής τάσης των 150 kV και 66 kV της Κρήτης.

Συγκεκριμένα μας δίνεται η μορφή του δικτύου μεταφοράς της Κρήτης κατά το έτος 1996 –παράρτημα 1- μαζί με ένα μεγάλο πλήθος στοιχείων για τις γραμμές μεταφοράς, τις γεννήτριες και τους μετασχηματιστές.

Το πρώτο ζητούμενο της εργασίας είναι η συστηματική καταγραφή, η επιβεβαίωση και η διασταύρωση των στοιχείων, ώστε να είναι δυνατή η αξιοποίησή τους για τη δημιουργία του μοντέλου μελέτης του δικτύου της Κρήτης σε επίπεδο ταχέων μεταβατικών φαινομένων.

Το δεύτερο ζητούμενο της εργασίας είναι η διαμόρφωση ενός μοντέλου του δικτύου μεταφοράς της Κρήτης με τη βοήθεια του υπολογιστικού πακέτου EMTP –Electromagnetic Transients Program- που αναλύει ταχέα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα διάρκειας ίσης με λίγες περιόδους της συχνότητας λειτουργίας σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα περίπτωση θα πραγματοποιηθούν ορισμένες εκτελέσεις του προγράμματος υπό συνθήκες διαφόρων τύπων σφαλμάτων σε προεπιλεγμένα σημεία του δικτύου, ώστε να μελετηθεί η συμπεριφορά του τελευταίου και να επιβεβαιωθεί -όσο είναι δυνατό- η ορθή λειτουργία του μοντέλου.

Το τρίτο ζητούμενο είναι να προσδιοριστεί η συμπεριφορά του δικτύου μετά από ένα βραχυκύκλωμα στο δίκτυο μεταφοράς τόσο ως προς τις βυθίσεις τάσης στους ζυγούς, όσο και ως προς τις υπερτάσεις στους ζυγούς και τις μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης στους διακόπτες κατά την εκκαθάριση του βραχυκυκλώματος.

#### **1.2 Βασικές Έννοιες**

Ιδιαίτερη σημασία στην πορεία της παρούσας εξαμηνιαίας εργασίας έχει η κατανόηση των όρων της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης κατά τη διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων διακοπής.

Συγκεκριμένα οι όροι αυτοί σχετίζονται άμεσα με τα φαινόμενα διακοπής που υλοποιούνται μέσω των διακοπών ισχύος ή αλλιώς των αυτόματων διακοπών, οι οποίοι αποτελούν τα μέσα, με τα οποία επιτυγχάνεται η διακοπή των βραχυκυκλωμάτων στα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής –στο τελευταίο μπορεί να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με την περίπτωση και ασφάλειες. Πέρα από την προστασία που παρέχουν οι αυτόματοι διακόπτες χρησιμοποιούνται και για τους συνήθεις χειρισμούς του δικτύου, όπως είναι οι ζεύξεις και οι αποζεύξεις των γραμμών, των μετασχηματιστών, των γεννητριών κτλ..

Για να γίνουν αντιληπτοί οι δύο βασικοί όροι, είναι απαραίτητο να περιγράψουμε τα βασικά στάδια ενός μεταβατικού φαινομένου διακοπής. Αναλυτικότερα κάθε διακόπτης χαρακτηρίζεται από την ισχύ βραχυκύκλωσης, την οποία μπορεί να διακόψει ο διακόπτης, και από το χρόνο διακοπής, δηλαδή από το άθροισμα του χρόνου λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει εντολή ο διακόπτης, και από το χρόνο λειτουργίας του ιδίου του διακόπτη.

Ουσιαστικά αποτελείται από ένα ζεύγος επαφών, μία σταθερή και μία κινητή. Η τελευταία μέσω κατάλληλου μηχανισμού κινείται για να κλείσει ή για να ανοίξει. Με τις επαφές στην κλειστή θέση το κύκλωμα είναι κλειστό και ενεργοποιημένο. Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος, ο μηχανισμός κινεί και απομακρύνει τις επαφές ανάμεσα στις οποίες αναπτύσσεται ένα ηλεκτρικό τόξο, δηλαδή μία στήλη από ένα ιονισμένο αέριο υψηλής αγωγιμότητας συγκρίσιμης με εκείνης του γραφίτη. Μετά τον αποχωρισμό των επαφών η ροή του ρεύματος συνεχίζεται, με συνέπεια κύριο καθήκον του διακόπτη να είναι η σβέση του τόξου για να διακοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα.

Επειδή πρόκειται για ηλεκτρικό κύκλωμα των 50 περιόδων το δευτερόλεπτο, μέσα σε ένα δευτερόλεπτο υπάρχουν 100 φορές μικρά χρονικά διαστήματα, κατά τα οποία το ρεύμα είναι πολύ μικρό. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η προσδιδόμενη ισχύς στο ηλεκτρικό τόξο είναι ίση με το γινόμενο της τάσης του τόξου και του αντίστοιχου ρεύματος η περίοδος μηδενισμού του ρεύματος είναι ιδεώδης για να αφαιρεθεί ενέργεια από το τόξο περισσότερη από εκείνη που του προσφέρει το σύστημα. Με την αφαίρεση αυτή μειώνεται το μέγεθος του ρεύματος και σε μία επιτυχημένη λειτουργία διακόπτη το ιονισμένο και αγωγίμο αέριο υψηλής θερμοκρασίας μετατρέπεται σε διηλεκτρικό μέσο χαμηλής θερμοκρασίας. Η ανταλλαγή της ενέργειας που απαιτείται για τη σβέση ενός τόξου ισχύος μέσα σε 2-3 κύκλους, σε ένα κύκλωμα με αυτεπαγωγές και χωρητικότητες διέπεται από μεταβατικές διαδικασίες ανάλογες με το είδος της διακοπής, κατά τη διάρκεια των οποίων τίθεται σε δοκιμασία η επιτυχία της διακοπής ή σε κίνδυνο η μόνωση του συστήματος.

Αμέσως μετά τη σβέση του τόξου ανάμεσα στις επαφές αποκαθίσταται η τάση του δικτύου. Η τάση αποκατάστασης αυτή -από τη μικρή πτώση τάσης κατά μήκος του τόξου στην πλήρη τάση του συστήματος- γίνεται με κάποιο ρυθμό που εξαρτάται κυρίως από τη χωρητικότητα του συστήματος. Ο πεπερασμένος ρυθμός αύξησης της τάσης – ο οποίος ονομάζεται *ρυθμός ανόδου τάσης αποκατάστασης* ( *RRRV* ) - παρέχει τα ζωτικά μικρο-δευτερόλεπτα για τον απιονισμό του τόξου και την αποκατάσταση της διηλεκτρικής αντοχής του διακένου. Δηλαδή γίνεται ένας αγώνας ταχύτητας ανάμεσα στην αποκατάσταση της διηλεκτρικής αντοχής και στην αύξηση της τάσης αποκατάστασης μετά το μηδενισμό του ρεύματος. Αν ο ρυθμός αύξησης της διηλεκτρικής αντοχής του διακένου είναι μικρότερος από το ρυθμό ανόδου της τάσης, το τόξο σβήνει οριστικά, αλλιώς γίνεται επαναφή του τόξου. Δηλαδή ο ρυθμός ανόδου της τάσης αποκατάστασης είναι κρίσιμος για την επιτυχία της διακοπής.

Ένας άλλος ρυθμός μεταβολής που επηρεάζει την εξέλιξη του τόξου και της διακοπής είναι εκείνος του ρεύματος προ του μηδενός, καθώς όσο μεγαλύτερος ο *ρυθμός μείωσης του ρεύματος προ του μηδενός*, τόσο δυσμενέστερες οι συνθήκες του διακένου για τη διακοπή και αντίστροφα.

Ο ρυθμός ανόδου της τάσης αποκατάστασης ανάμεσα στις επαφές του διακόπτη επηρεάζει την πιθανότητα επιτυχούς διακοπής του ρεύματος. Εφόσον επιτευχθεί η διακοπή, η τάση αυτή θα πάρει τη μέγιστη τιμή της, η οποία στη μεταβατική περίοδο μπορεί να αποτελέσει υπέρταση για το δίκτυο και να θέσει σε κίνδυνο τη μόνωσή του. Αυτή η τάση ονομάζεται *μεταβατική υπέρταση διακοπής* ( *TRV* ).

Συνεπώς τέσσερα μεγέθη διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια των φαινομένων που εμφανίζονται κατά τη διακοπή :

- ◇ Ρυθμός αύξησης της διηλεκτρικής αντοχής,
- ◇ Ρυθμός ανόδου τάσης αποκατάστασης ( *RRRV* ),
- ◇ Ρυθμός μείωσης ρεύματος προ του μηδενός,

◇ Μεταβατική τάση αποκατάστασης.

Από τους τέσσερις παράγοντες στην παρούσα εργασία θα μελετήσουμε το δεύτερο και τον τέταρτο, καθώς ο πρώτος δεν καθορίζεται από τη δομή του δικτύου, αλλά από τη δομή του διακόπτη και το υλικό σβέσης του τόξου –αέρας, λάδι κτλ.-, ενώ ο τρίτος δεν είναι τόσο σημαντικός, όσο η μεταβατική τάση αποκατάστασης και ο ρυθμός ανόδου τάσης αποκατάστασης στα άκρα του διακόπτη.

### 1.3 Βασικά Βήματα

Κατά την παρούσα εξαμηνιαία εργασία εκτελέστηκαν τα ακόλουθα βήματα, προκειμένου να υλοποιηθεί το μοντέλο του δικτύου μεταφοράς της Κρήτης για την ανάλυση των ταχέων μεταβατικών φαινομένων :

**Βήμα 1 :** Εύρεση, διασταύρωση και καταγραφή στοιχείων που χρειάζονται για την κατασκευή του μοντέλου. Συγκεκριμένα λάβαμε από το τμήμα μεταφοράς της νήσου Κρήτης της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού δύο εκδόσεις των στοιχείων του δικτύου μεταφοράς και παραγωγής του νησιού, όπως και από την έκθεση [Φ1] ενός προγράμματος, το οποίο είχε πραγματοποιηθεί εκείνη την περίοδο σε σχέση με τη μελέτη ροής φορτίου του δικτύου. Από τη διασταύρωση των στοιχείων προέκυψε η τελική έκδοση, η οποία παρουσιάζεται στο δεύτερο κεφάλαιο. Σημειώνουμε ότι τα στοιχεία βρίσκονταν άλλα σε ανά μονάδα -σε διάφορες βάσεις ισχύος-, άλλα σε φυσικές μονάδες, οπότε η όλη διαδικασία ήταν αρκετά επίπονη.

Στη συνέχεια υπενθυμίζουμε απλώς ότι η μετατροπή των φυσικών μεγεθών σε ανά μονάδα, αν η βάση ισχύος είναι  $S_B$  και η βασική τάση  $V_B$ , γίνεται σύμφωνα με τις σχέσεις της παραγράφου 5.4 του βιβλίου [E2]. Συνοπτικά αναφέρουμε ότι ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις που ορίζουν τη βάση ρεύματος  $I_B$  και τη βάση αντίστασης  $Z_B$  και συνδέουν την αντίσταση  $Z$  σε φυσικές μονάδες με την αντίσταση  $z$  σε ανά μονάδα μέσω της βασικής αντίστασης  $Z_B$  και την αγωγιμότητα ενός πυκνωτή  $Y_C$  σε ανά μονάδα με την αντίστοιχη ονομαστική ισχύ του  $S_C$  σε φυσικές μονάδες και τη βάση ισχύος  $S_B$  :

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot V_B} \quad (1.3-1)$$

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} \quad (1.3-2)$$

$$z = \frac{Z}{Z_B} \quad (1.3-3)$$

$$Y_C = \frac{S_C}{S_B} \quad (1.3-4)$$

**Βήμα 2 :** Με βάση τα δεδομένα του προηγούμενου βήματος, προχωρήσαμε στη διαμόρφωση του δικτύου της Κρήτης, το οποίο προσομοιώσαμε με δύο προγράμματα, με το πρόγραμμα ροής φορτίου GINA και το υπολογιστικό πακέτο για την επίλυση ταχέων ηλεκτρομαγνητικών μεταβατικών φαινομένων EMTP. Το πρώτο χρειάζεται κατά κύριο λόγο για την αρχικοποίηση του δευτέρου, ενώ με το δεύτερο μπορούμε να μελετήσουμε ταχέα μεταβατικά φαινόμενα, όπως ηλεκτρίσεις γραμμών μεταφοράς και μετασχηματιστών, ανοίγματα διακοπών, διάφορα είδη σφαλμάτων, χειρισμούς σε διακόπτες πυκνωτών κτλ.. Σημειώνουμε ότι τα δύο μοντέλα, αν και περιγράφουν το ίδιο δίκτυο, χρειάζονται

διαφορετικά στοιχεία για την προσομοίωση τους, καθώς, επί παραδείγματι, οι γεννήτριες και οι μετασχηματιστές περιγράφονται πολύ αναλυτικότερα στο μοντέλο του EMTP -με τις καμπύλες κορεσμού, τις διάφορες μεταβατικές σταθερές κτλ.-, ενώ στο πρόγραμμα GINA οι μετασχηματιστές περιγράφονται με μοντέλα μόνιμης κατάστασης, τα οποία λαμβάνουν όμως υπόψη τους την ύπαρξη των taps, σε αντίθεση με το EMTP που τα αγνοεί.

**Βήμα 3 :** Χάρη στα δύο προηγούμενα μοντέλα στη συνέχεια πραγματοποιήσαμε την ενδεικτική μελέτη ορισμένων σφαλμάτων. Συγκεκριμένα ζητήθηκε να πραγματοποιηθούν μονοφασικά και τριφασικά σφάλματα χωρίς αντίσταση σφάλματος στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, καθώς έχει παρατηρηθεί από τη Δ.Ε.Η. ότι κάνοντας χειρισμούς -εκούσιους ή ακούσιους- στο βρόχο του δικτύου μεταφοράς στην ανατολική Κρήτη παρουσιάζονται ανωμαλίες λόγω υπερτάσεων ή βυθίσεων τάσης, οι οποίοι με τη σειρά τους ενεργοποιούν τις προστασίες των αιολικών πάρκων που βρίσκονται κοντά σ' αυτόν το βρόχο –ζυγός Σητείας. Αυτό έχει ως συνέπεια να προκαλείται μία δεύτερη σοβαρή διαταραχή στο δίκτυο λόγω της απόρριψης των ανεμογεννητριών, καθώς, αν καλύπτουν μεγάλο μέρος της ζήτησης του φορτίου και αν η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος είναι μικρή, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος black-out του συστήματος λόγω έλλειψης ισχύος.

Εξαιτίας τούτου είναι σημαντικό να γνωρίζει κανείς πώς πρέπει να δομηθεί το δίκτυο μεταφοράς, ώστε να καλυφθούν τα ασθενή του σημεία και να περιοριστεί η πιθανότητα πρόκλησης σοβαρών βλαβών -διάσπαση μονωτήρων γραμμών, μετασχηματιστών, λειτουργία αλεξικεραυνών λόγω υπερτάσεων κτλ.- και κατάρρευσης του συστήματος.

Στο τέλος της εργασίας γίνεται περιληπτικά λόγος για τις προεκτάσεις και τις άλλες πιθανές μελέτες που μπορούμε να υλοποιήσουμε με τα υπάρχοντα μοντέλα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΔΙΚΤΥΟ ΚΡΗΤΗΣ

### ΣΤΟΙΧΕΙΑ & ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

#### 2.1 Χαρακτηριστικά Δικτύου Κρήτης

Το δίκτυο υψηλής τάσης -150 & 66 kV- της Κρήτης κατά το έτος 1996 αποτελείτο από 18 γεννήτριες, 11 ζυγούς φορτίου υψηλής τάσης, 13 πυκνωτές αντιστάθμισης που είναι συνδεδεμένοι στη μέση τάση των ζυγών φορτίου, 19 γραμμές μεταφοράς και 43 μετασχηματιστές ανύψωσης και υποβιβασμού τάσης ανάμεσα σε υψηλή τάση και μέση με διάφορες συνδεσμολογίες.

Στην παρούσα εργασία έγινε μία συστηματική προσπάθεια αναπαράστασης όλου του δικτύου της Κρήτης με τη βοήθεια του προγράμματος EMTP, που επιλύει προβλήματα ταχέων μεταβατικών φαινομένων. Όμως λόγω του μεγέθους του δικτύου, όταν χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της σύγχρονης γεννήτριας SM59\_NC προς αναπαράσταση των γεννητριών του συστήματος, προέκυψε πρόβλημα χρήσης των δυνατοτήτων μνήμης του προγράμματος λόγω απαίτησης πολλών καρτών. Συγκεκριμένα έχοντας κατασκευάσει δύο ζυγούς φορτίου, 20 διακόπτες, 23 μετασχηματιστές και 13 γεννήτριες προέκυψε γενικό σφάλμα εκτέλεσης του προγράμματος λόγω χρήσης μεγάλου αριθμού καρτών-δεδομένων.

Εξαιτίας τούτου αναγκαστήκαμε να προχωρήσουμε στη δημιουργία ενός πιο συμπυκνωμένου δικτύου. Δηλαδή προς μείωση των συνολικών καρτών ομαδοποιήσαμε τις όμοιες γεννήτριες και τους όμοιους μετασχηματιστές του δικτύου που βρίσκονται στους ίδιους ζυγούς. Αυτό είχε ως συνέπεια να σχηματίσουμε ένα συμπυκνωμένο δίκτυο της Κρήτης με ακριβώς τα ίδια στοιχεία, απλώς οι γεννήτριες έχουν ομαδοποιηθεί και έχουν γίνει 9 και οι μετασχηματιστές έχουν γίνει 23. Τα υπόλοιπα στοιχεία είναι ίδια.

Με βάση τις πιο πάνω απλοποιήσεις στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τα στοιχεία του πραγματικού και του υλοποιημένου δικτύου.

#### 2.2 Γεννήτριες

Οι πραγματικές γεννήτριες του δικτύου της Κρήτης για το έτος 1996 είναι 18 και έχουν τα εξής ονομαστικά χαρακτηριστικά φαινομένης ισχύος και τάσεως :

α/α	Γεννήτρια	Ονομαστική Ισχύς MVA	Ονομαστική Τάση kV
1	GAS 1 HANIA	21,3	6,3
2	GAS 4 HANIA	30	11
3	GAS 5 HANIA	42	11
4	GAS 6 HANIA	65	11,5
5	GAS 7 HANIA	65	11,5
6	STEAM 1 HANIA	65	11,5
7	DIESEL 1-LINOP	15	10
8	DIESEL 2-LINOP	15	10
9	DIESEL 3-LINOP	15	10
10	DIESEL 4-LINOP	15	10

α/α	Γεννήτρια	Ονομαστική Ισχύς MVA	Ονομαστική Τάση kV
11	STEAM 4 LINOP	31	6,3
12	STEAM 5 LINOP	31	6,3
13	STEAM 6 LINOP	31	6,3
14	GAS 1 LINOP	19	6,3
15	GAS 2 LINOP	19	6,3
16	STEAM 3 LINOP	19	15,7
17	STEAM 2 LINOP	19	15,7
18	STEAM 1 LINOP	8	15,7

**Πίνακας 2.1 :** Ονομαστικά Μεγέθη Γεννητριών Κρήτης

Στη συνέχεια γίνεται η ομαδοποίηση των δεκαοκτώ γεννητριών σε εννιά ομαδοποιημένες γεννήτριες, με τις οποίες ρυθμίστηκαν οι διάφορες σταθερές των γεννητριών στο πρόγραμμα EMTP. Συγκεκριμένα :

α/α	Γεννήτρια	Ζυγός	Ονομαστική Ισχύς MVA	Ονομαστική Τάση kV
1	GAS 1 HANIA	BUG01	21,3	6,3
2	GAS 4 HANIA	BUG02	30	11
3	GAS 5 HANIA	BUG03	42	11
4	GAS 6 HANIA	BUG04	195	11,5
	GAS 7 HANIA			
	STEAM 1 HANIA			
5	DIESEL 1-LINOP	BUG05	60	10
	DIESEL 2-LINOP			
	DIESEL 3-LINOP			
	DIESEL 4-LINOP			
6	STEAM 4 LINOP	BUG06	93	6,3
	STEAM 5 LINOP			
	STEAM 6 LINOP			
7	GAS 1 LINOP	BUG07	38	6,3
	GAS 2 LINOP			
8	STEAM 3 LINOP	BUG08	38	15,7
	STEAM 2 LINOP			
9	STEAM 1 LINOP	BUG09	8	15,7

**Πίνακας 2.2 :** Ονομαστικά Μεγέθη Ομαδοποιημένων Γεννητριών Κρήτης

Στους ακόλουθους πίνακες θα παρουσιάσουμε τα στοιχεία των 9 ομαδοποιημένων γεννητριών :

α/α	$R_a$	$X_L$	$X_d$	$X_{d'}$	$X_{d''}$	$X_q$	$X_{q'}$	$X_{q''}$
1	0,001	0,001	2,06	2	0,135	0,134	0,089	0,088
2	0,001	0,001	1,84	1,75	0,21	0,201	0,17	0,17
3	0,001	0,001	1,5	1,1	0,175	0,175	0,126	0,126
4	0,001	0,001	2,48	2,48	0,196	0,126	0,126	0,126
5	0,009	0,001	1,48	0,87	0,46	0,45	0,35	0,34
6	0,001	0,001	1,7	1,7	0,2	0,2	0,125	0,125
7	0,001	0,001	2,1	2,1	0,223	0,223	0,157	0,157
8	0,001	0,001	1,62	1,6	0,195	0,195	0,129	0,129
9	0,001	0,001	1,53	1,5	0,22	0,22	0,12	0,12

**Πίνακας 2.3 :** Ανά μονάδα Μεγέθη Ανιστάσεων και Ακολουθιακών Αντιδράσεων Ομαδοποιημένων Γεννητριών Κρήτης

$\alpha/\alpha$	$T_{dop}$	$T_{qop}$	$T_{dopp}$	$T_{qopp}$	$X_o$	$R_n$	$X_n$	$X_{can}$
1	6	3,7	0,06	0,05	0	0	0	0,001
2	6	3,7	0,06	0,42	0	0	0	0,001
3	8	3,7	0,06	0,42	0	0	0	0,001
4	6,8	3,7	0,12	0,12	0	569	0	0,001
5	5,2	0,15	0,061	0,05	0	0	0	0,001
6	7,5	3,7	0,07	0,07	0	0	0	0,001
7	9	3,7	0,06	0,06	0	0	0	0,001
8	0,6	0,6	0,04	0,04	0	0	0	0,001
9	6	3,7	0,04	0,04	0	0	0	0,001

**Πίνακας 2.4 :** Μεγέθη Χρόνων Ανοικτοκύκλωσης και Αντιστάσεων-αντιδράσεων Μηδενικής Ακολουθίας & Κλάδου Γείωσης Ομαδοποιημένων Γεννητριών Κρήτης

$\alpha/\alpha$	$I_f$	P	HICO	H
1	480	2	0,000919368	2,13
2	584	2	0,004863417	8
3	500	2	0,007293909	8,57
4	783,18819	2	0,004386194	1,11
5	277,12813	20	3,01532E-05	2,48
6	1428	2	0,005314499	2,82
7	278,59442	2	0,001817297	2,36
8	111,79266	2	0,001979005	2,57
9	375	2	0,000565777	3,49

**Πίνακας 2.5 :** Μεγέθη Ρεύματος Διέγερσης, Αριθμός Πόλων & Μηχανικές Σταθερές Ομαδοποιημένων Γεννητριών Κρήτης

Σημειώνουμε ότι  $R_a$  είναι η αντίσταση τυλίγματος σε α.μ.,  $X_L$  η αντίδραση σκέδασης σε α.μ.,  $X_d$ ,  $X_d'$ ,  $X_d''$  είναι αντίστοιχα η επαγωγική, η μεταβατική και η υπομεταβατική αντίδραση ευθέως άξονα σε α.μ.,  $X_q$ ,  $X_q'$ ,  $X_q''$  είναι αντίστοιχα η επαγωγική, η μεταβατική και η υπομεταβατική αντίδραση του εγκάρσιου άξονα σε α.μ.,  $T_{dop}$ ,  $T_{dopp}$  είναι αντίστοιχα ο μεταβατικός και υπομεταβατικός χρόνος ανοικτοκύκλωσης ευθέως άξονα σε δευτερόλεπτα,  $T_{qop}$ ,  $T_{qopp}$  είναι αντίστοιχα ο μεταβατικός και υπομεταβατικός χρόνος ανοικτοκύκλωσης εγκάρσιου άξονα σε δευτερόλεπτα,  $X_o$  και  $X_{can}$  είναι αντίστοιχα η αντίδραση μηδενικής ακολουθίας και η τύπου Cagnay σε α.μ.,  $R_n$  και  $X_n$  η αντίσταση και η επαγωγική αντίδραση της γείωσης του αστέρα της γεννήτριας σε  $\Omega$ , P είναι ο αριθμός πόλων μηχανής, H η σταθερά αδράνειας σε δευτερόλεπτα και HICO είναι η ροπή αδρανείας στο S.I.. Ακόμη όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές είναι 0, εκτός από το πλήθος των ισοδύναμων μαζών της κάθε μηχανής -που είναι 1- και την ονομαστική συχνότητα λειτουργίας τους -που είναι 50 Hz. Σημειώνουμε ότι τα ανά μονάδα μεγέθη είναι ως προς την ονομαστική τάση και ισχύ κάθε γεννήτριας.

### 2.3 Μετασχηματιστές

Οι πραγματικοί μετασχηματιστές στο δίκτυο της Κρήτης είτε μέσης τάσης/υψηλής, είτε υψηλής/μέσης, για το έτος 1996 ήταν 43 σε αριθμό με διάφορες συνδεσμολογίες. Αρκετοί από αυτούς διαθέτουν και ρυθμιστή τάσης, με συνέπεια η συνολική τους αναπαράσταση να είναι αρκετά δύσκολη. Όμως επειδή πρόκειται να μελετήσουμε το δίκτυο της Κρήτης υπό συνθήκες ταχέων μεταβατικών φαινομένων, οι ρυθμιστές τάσεως δεν προλαβαίνουν να αντιδράσουν, αφού η λειτουργία τους απαιτεί πάνω από 30 δευτερόλεπτα,

ενώ τα ταχεία μεταβατικά διαρκούν το πολύ δύο κύκλους. Εξαιτίας τούτου δεν χρειαζόμαστε την αναπαράσταση των μετασχηματιστών με ρυθμιστές τάσεων, αλλά την κατάσταση του μετασχηματιστή κατά τη διάρκεια του μεταβατικού φαινομένου -λόγος τάσεων πρωτεύοντος-δευτερεύοντος. Ακόμη, επειδή δεν υπάρχουν αναλυτικά στοιχεία για τις διάφορες θέσεις, στις οποίες μπορεί να βρεθεί ο ρυθμιστής τάσης, δεχόμαστε ότι όλοι οι μετασχηματιστές λειτουργούν στις ονομαστικές τιμές. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τη λίστα με τις τιμές των 43 μετασχηματιστών.

α/α	Μετασχηματιστής	Συνδεσμολογία	Ονομαστική Ισχύς(MVA)	Τάση Πρωτεύοντος (kV)	Τάση Δευτερεύοντος(kV)
1	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ1	Dyn1	50	150	15,75
2	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ2	Dyn1	50	150	15,75
3	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 6	YNd1	52	150	11,5
4	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 7	YNd1	52	150	11,5
5	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 8	YNd1	52	150	11,5
6	ΑΥΤΟΜ/Σ ΧΑΝΙΩΝ	Ynyn0	25	150	66
7	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ5	YNd1	40,3	150	11
8	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ4	Yd1	31,5	150	11
9	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ31	Yd1	21,3	15,75	6,3
10	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 71	Dyn1	25	150	15,75
11	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 91	YNd1	16	150	10
12	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 92	YNd1	16	150	10
13	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 95	YNd1	16	150	10
14	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 96	YNd1	16	150	10
15	ΛΙΝ/Α+Β Μ/Σ 11	YyO	50	150	66
16	ΛΙΝ/Α+Β Μ/Σ 12	YyO	50	150	66
17	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 7	Yd1	31,25	150	6,3
18	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 8	Yd1	31,25	150	6,3
19	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 6	Yd1	31,25	150	6,3
20	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 1*	Ynynd	8	66	15,75
21	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 2	Yd1	18,75	66	15,75
22	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 3	Yd1	18,75	66	15,75
23	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 4	YNd1	18,5	66	6,3
24	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 5	YNd1	18,5	66	6,3
25	ΣΤΑΛΙΔΑ Μ/Σ1	YNzn1	25	150	15,75
26	ΣΤΑΛΙΔΑ Μ/Σ2	YNzn1	25	150	15,75
27	ΣΗΤΕΙΑ Μ/Σ 2	Dyn1	12,5	150	15,75
28	ΣΗΤΕΙΑ Μ/Σ 1	Dyn1	12,5	150	15,75
29	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ Μ/Σ1	Dyn1	12,5	150	15,75
30	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ Μ/Σ2	Dyn1	12,5	150	15,75
31	ΚΑΣΤΕΛΙ Μ/Σ1	Dyn1	12,5	150	15,75
32	ΚΑΣΤΕΛΙ Μ/Σ2	Dyn1	12,5	150	15,75
33	ΜΟΙΡΕΣ Μ/Σ1	Dyn11	25	150	15,75
34	ΜΟΙΡΕΣ Μ/Σ2	Dyn11	25	150	15,75
35	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι Μ/Σ1	Dyn1	25	66	15,75
36	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι Μ/Σ2	Dyn1	25	66	15,75
37	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ Μ/Σ1	Dyn11	50	150	15,75
38	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ Μ/Σ2	Dyn11	50	150	15,75
39	ΑΓΝΙΚΟΛΑΟΣ Μ/Σ1	YNzn1	25	150	21
40	ΑΓΝΙΚΟΛΑΟΣ Μ/Σ2	YNzn1	25	150	21
41	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ1	YNzn1	25	150	15,75
42	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ2	YNzn1	25	150	15,75
43	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ3	Dyn11	25	150	15,75

Πίνακας 2.6 : Ονομαστικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Κρήτης



Σημειώνουμε ότι ο μετασχηματιστής με αύξοντα αριθμό 20 –Λινοπεράματα Μ/Σ 1- έχει τρία τυλίγματα, εκ των οποίων το τρίτο είναι τρίγωνο στα 6kV, χωρίς φορτίο. Χρησιμοποιείται μόνο προς αντιμετώπιση ομοπολικών και αρμονικών συνιστωσών.

Λόγω της οικονομίας των στοιχείων που μας επέβαλλαν οι δυνατότητες του ΕΜΤΡ ομαδοποιήσαμε τους μετασχηματιστές, όπου ήταν δυνατό, εφόσον είχαν τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά τάσεων, αντιστάσεων, αντιδράσεων και συνδεσμολογίας, με συνέπεια να έχουμε τους ακόλουθους 23 μετασχηματιστές.

α/α	Μετασχηματιστής	Συνδεσμολογία	Ονομαστική Ισχύς(MVA)	Τάση Πρωτεύοντος (kV)	Τάση Δευτερεύοντος(kV)
1	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ1	Dyn1	100	150	15,75
	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ2			150	15,75
2	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 6	Ynd1	156	150	11,5
	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 7			150	11,5
	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ 8			150	11,5
3	ΑΥΤΟΜ/Σ ΧΑΝΙΩΝ	Ynyn0	25	150	66
4	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ5	Ynd1	40,3	150	11
5	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ4	Yd1	31,5	150	11
6	ΧΑΝΙΩΝ Μ/Σ31	Yd1	21,3	15,75	6,3
7	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 71	Dyn1	25	150	15,75
8	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 91	Ynd1	64	150	10
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 92				
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 95				
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 96				
9	ΛΙΝ/Α+Β Μ/Σ 11	Yy0	100	150	66
	ΛΙΝ/Α+Β Μ/Σ 12				
10	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 7	Yd1	93,75	150	6,3
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 8				
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Α Μ/Σ 6				
11	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 1*	Ynynd	8	66	15,75
12	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 2	Yd1	37,5	66	15,75
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 3				
13	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 4	Ynd1	37	66	6,3
	ΛΙΝΟΠΕΡ/Β Μ/Σ 5				
14	ΣΤΑΛΙΔΑ Μ/Σ1	Dyn11	50	150	15,75
	ΣΤΑΛΙΔΑ Μ/Σ2				
15	ΣΗΤΕΙΑ Μ/Σ 2	Dyn1	25	150	15,75
	ΣΗΤΕΙΑ Μ/Σ 1				
16	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ Μ/Σ1	Dyn1	25	150	15,75
	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ Μ/Σ2				
17	ΚΑΣΤΕΛΙ Μ/Σ1	Dyn1	25	150	15,75
	ΚΑΣΤΕΛΙ Μ/Σ2				
18	ΜΟΙΡΕΣ Μ/Σ1	Dyn11	50	150	15,75
	ΜΟΙΡΕΣ Μ/Σ2				
19	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι Μ/Σ1	Dyn1	50	66	15,75
	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι Μ/Σ2				
20	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ Μ/Σ1	Dyn11	50	150	15,75
21	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ Μ/Σ2	Dyn11	50	150	15,75
22	ΑΓΝΙΚΟΛΑΟΣ Μ/Σ1	Dyn11	50	150	21
	ΑΓΝΙΚΟΛΑΟΣ Μ/Σ2				
23	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ1	Dyn11	75	150	15,75
	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ2				
	ΡΕΘΥΜΝΟ Μ/Σ3				

**Πίνακας 2.7 :** Ονομαστικά Μεγέθη Ομαδοποιημένων Μετασχηματιστών Κρήτης

Για το Μ/Σ 11 του πίνακα 2.6 ισχύει το ίδιο σχόλιο με τον αντίστοιχο 20 του πίνακα 2.7.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε τα στοιχεία των αντιστάσεων και αντιδράσεων των μετασχηματιστών του ισοδυνάμου δικτύου σε ανά μονάδα με βάση ισχύος τα 100 MVA.

α/α	Ζυγός Αναχώρησης	Ζυγός Αφίξης	Αντίσταση (α.μ.)	Επαγωγική Αντίδραση (α.μ.)	Αντίσταση Μαγνήτισης (Ω)
1	BUS21	BUS22	0,0038	0,2301	354890
2	BUS21	BUS4	0,00313	0,12	202703
3	BUS21	BUS27	0,0011	0,065	100000
4	BUS21	BUS3	0,003	0,10355	100000
5	BUS21	BUS2	0,003	0,0934	100000
6	BUS21	BUS1	0,0057	0,099	100000
7	BUS30	BUS50	0,00511	0,1686	1125000
8	BUS30	BUS7	0,00396	0,1013	442913
9	BUS30	BUS31	0,0032	0,1002	190678
10	BUS30	BUS12	0,004	0,0971	239362
11	BUS29	BUS18	0,005	0,0875	100000
12	BUS29	BUS17	0,005	0,1152	100000
13	BUS29	BUS15	0,005	0,101	100000
14	BUS40	BUS41	0,0051	0,22094	100000
15	BUS46	BUS47	0,0051	0,152888	100000
16	BUS44	BUS45	0,0051	0,152888	100000
17	BUS23	BUS24	0,0025	0,109	100000
18	BUS34	BUS35	0,00504	0,2095	535714
19	BUS36	BUS37	0,005	0,2	90750
20	BUS38	BUS39	0,0029	0,2149	803571
21	BUS48	BUS49	0,0029	0,2149	803571
22	BUS42	BUS43	0,0051	0,221	489130
23	BUS25	BUS26	0,00499	0,2	375000

Πίνακας 2.8 : Στοιχεία Ομαδοποιημένων Μετασχηματιστών Κρήτης (I)

α/α	Πρωτεύον			Δευτερεύον		
	Αντίσταση (Ω)	Επαγωγική Αντίδρ. (H)	Φασική Τάση (kV)	Αντίσταση (Ω)	Επαγωγική Αντίδρ. (H)	Φασική Τάση (kV)
1	1,2825	0,247195479	150	0,0047132	0,000908443	9,09326674
2	0,225721	0,027546048	86,6025404	0,0039802	0,000485729	11,5
3	0,495	0,093105642	86,6025404	0,095832	0,018025252	38,1051178
4	0,837469	0,092012686	86,6025404	0,0135112	0,001484471	11
5	1,071429	0,106179083	86,6025404	0,0172857	0,001713023	11
6	0,033191	0,001835003	9,09326674	0,0159319	0,000880802	6,3
7	6,8985	0,724505132	150	0,025352	0,002662556	9,09326674
8	0,696094	0,056680297	86,6025404	0,0092813	0,000755737	10
9	0,36	0,035881482	86,6025404	0,069696	0,006946655	38,1051178
10	0,48	0,037089468	86,6025404	0,0025402	0,000196277	6,3
11	1,36125	0,075827383	38,1051178	0,0775195	0,004318166	9,09326674
12	0,2904	0,021297529	38,1051178	0,0496125	0,003638511	15,75
13	0,294324	0,018924641	38,1051178	0,0080453	0,0005173	6,3
14	3,4425	0,474709857	150	0,0126512	0,001744559	9,09326674
15	6,885	0,656985637	150	0,0253024	0,002414422	9,09326674
16	6,885	0,656985637	150	0,0253024	0,002414422	9,09326674
17	3,375	0,468392997	150	0,0124031	0,001721344	9,09326674
18	3,402	0,450129968	150	0,0125024	0,001654228	9,09326674
19	0,6534	0,083193472	66	0,0124031	0,001579215	9,09326674
20	1,9575	0,461732363	150	0,0071938	0,001696866	9,09326674
21	1,9575	0,461732363	150	0,0071938	0,001696866	9,09326674
22	3,4425	0,474838773	150	0,022491	0,00310228	12,1243556
23	2,2455	0,286478898	150	0,0082522	0,00105281	9,09326674

Πίνακας 2.9 : Στοιχεία Ομαδοποιημένων Μετασχηματιστών Κρήτης (II)

Σημειώνουμε ότι για τον μετασχηματιστή με αύξοντα αριθμό 11 έχουμε για το τρίτο τύλιγμα συνδεσμολογίας τριγώνου τα εξής στοιχεία : αντίσταση  $0,0375\Omega$ , επαγωγική αντίδραση  $0,00188\text{ H}$ , τάση τυλίγματος  $6\text{ kV}$ . Επίσης για τις διάφορες συνδεσμολογίες μετασχηματιστών με τη βοήθεια διανυσματικών διαγραμμάτων καταλήξαμε στα ακόλουθα:

Πραγματική Συνδεσμολογία	Υλοποίηση σε EMTP	
	Πρωτεύον Τύλιγμα	Δευτερεύον Τύλιγμα
Yd1, YNd1	Y	Dlead
Dy11, Dyn11, Yzn1	Dlead	Y
Yd11, YNd11	Y	D11
Dy1, Dyn1	D11	Y
Yy0, YNy0, Yyn0, YNyn0	Y	Y

**Πίνακας 2.10 :** Υλοποίηση Μετασχηματιστών με το EMTP(ATPDRAW)

## 2.4 Γραμμές Μεταφοράς

Οι γραμμές μεταφοράς του δικτύου της Κρήτης αποτελούνται από 19 τμήματα εκ των οποίων τα 12 είναι των  $150\text{ kV}$ , τα 6 των  $66\text{ kV}$  και 1 των  $15\text{ kV}$ . Το τελευταίο –αν και μέση τάση– περιλαμβάνεται στο δίκτυο μεταφοράς, καθώς λειτουργεί ως μία γραμμή μεταφοράς –δεν ανήκει σε ακτινικό δίκτυο και τροφοδοτεί απευθείας ζυγό φορτίου –Ηράκλειο I- από ζυγό παραγωγής –Λινοπεράματα των  $150\text{ kV}$ - με τη βοήθεια κατάλληλου μετασχηματιστή.

Αναλυτικότερα για τις γραμμές μεταφοράς έχουμε τα ακόλουθα στοιχεία ως προς τους ζυγούς σύνδεσης:

α/α	Γραμμή Μεταφοράς	Αριθμός Γραμμής	Ζυγός Αναχώρησης	Ζυγός Αφίξης
1	Καστέλι – Χανιά 2	LINE01	BUS23	BUS21
2	Χανιά – Ρέθυμνο	LINE02	BUS25	BUS21
3	Χανιά – Λινοπεράματα	LINE03	BUS30	BUS21
4	Ρέθυμνο - Λινοπεράματα Α	LINE04	BUS25	BUS30
5	Λινοπεράματα Α–Ηράκλειο II, γραμμή 1	LINE05	BUS30	BUS38
6	Λινοπεράματα Α–Ηράκλειο II, γραμμή 2	LINE06	BUS30	BUS48
7	Λινοπεράματα Β–Ηράκλειο I, γραμμή 1	LINE07	BUS29	BUS36
8	Λινοπεράματα Β–Ηράκλειο I, γραμμή 2	LINE08	BUS29	BUS36
9	Λινοπεράματα Α-Λινο/τα Β, γραμμή 1	LINE09	BUS29	BUS31
10	Λινοπεράματα Α-Λινο/τα Β, γραμμή 2	LINE10	BUS29	BUS31
11	Λινοπεράματα Β-Χανιά Β, τμήμα 1	LINE11	BUS29	BUS28
12	Λινοπεράματα Β-Χανιά Β, τμήμα 2	LINE12	BUS28	BUS27
13	Λινοπεράματα Α – Σταλίδα	LINE13	BUS30	BUS40
14	Λινοπεράματα Α – Μοίρες	LINE14	BUS30	BUS34
15	Σταλίδα – Άγιος Νικόλαος	LINE15	BUS40	BUS42
16	Άγιος Νικόλαος – Ιεράπετρα	LINE16	BUS42	BUS44
17	Ιεράπετρα – Σητεία	LINE17	BUS44	BUS46
18	Ιεράπετρα – Μοίρες	LINE18	BUS44	BUS34
19	Λινοπεράματα Α-Ηράκλειο I μέσης τάσης	LINE19	BUS50	BUS37

**Πίνακας 2.11 :** Γραμμές Μεταφοράς Δικτύου Κρήτης

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τεχνικά στοιχεία των γραμμών μεταφοράς του δικτύου της Κρήτης. Σημειώνουμε απλώς ότι ως γραμμή μεταφοράς λαμβάνουμε το μοντέλο των γραμμών μεταφοράς με κατανομημένα στοιχεία, όπως αυτό σχηματίζεται από το

υπολογιστικό πακέτο επίλυσης ταχέων μεταβατικών φαινομένων EMTP, το οποίο είναι πολύ καλύτερο από το αντίστοιχο του ονομαστικού  $\pi$ .

Οι συνολικές τιμές των αντιστάσεων, των επαγωγικών αντισδράσεων και των χωρητικότητων ως προς γη ανά φάση είναι οι ακόλουθες τόσο σε φυσικά μεγέθη, όσο και σε ανά μονάδα με βασική ισχύ δικτύου τα 100 MVA και πολική την αντίστοιχη ονομαστική τάση λειτουργίας της γραμμής.

α/α	Όνομ. Τάση (kV)	R ( $\Omega$ )	L (mH)	C ( $\mu$ F)	R (α.μ.)	X (α.μ.)	B (α.μ.)
1	150	3,184653	43,914446	0,2849911	0,0141540	0,0613161	0,0201448
2	150	5,106408	65,532494	0,4887311	0,0226951	0,0915006	0,0345464
3	150	9,7041168	124,53666	0,9287749	0,0431294	0,1738860	0,0656513
4	150	4,533636	58,181891	0,4339114	0,0201495	0,0812372	0,0306714
5	150	1,863936	23,920606	0,1783961	0,0082840	0,0333995	0,0126101
6	150	1,863936	23,920606	0,1783961	0,0082840	0,0333995	0,0126101
7	66	1,24304	8,6688515	0,0615153	0,0285363	0,0625207	0,0008418
8	66	1,59036	11,091031	0,0787034	0,0365096	0,0799897	0,0010770
9	66	0,01828	0,1274831	0,0009046	0,0004197	0,0009190	1,238E-05
10	66	0,049356	0,3442044	0,0024425	0,0011331	0,0024824	3,343E-05
11	66	9,76152	68,075981	0,483076	0,2240937	0,4909711	0,0066108
12	66	8,5916	59,917062	0,4251792	0,1972360	0,4321281	0,0058185
13	150	7,17752	55,625799	0,322425	0,0319001	0,0776683	0,0227909
14	150	7,01273	54,348676	0,3150224	0,0311677	0,0758851	0,0222676
15	150	5,27328	40,867934	0,2368837	0,0234368	0,0570624	0,0167443
16	150	3,8451	29,799535	0,1727277	0,0170893	0,0416081	0,0122094
17	150	7,78175	60,308583	0,3495679	0,0345856	0,0842067	0,0247095
18	150	14,70293	113,94775	0,6604777	0,0653464	0,1591011	0,0466864
19	15	1,586	2,6975	1,404	0,2440000	0,1303761	0,0028670

Πίνακας 2.12 : Στοιχεία Γραμμών Μεταφοράς Δικτύου Κρήτης

## 2.5 Πυκνωτές

Η αντιστάθμιση της αέργου ισχύος του δικτύου της Κρήτης συντελείται με 13 πυκνωτές που είναι κατά κύριο λόγο συνδεδεμένοι με τους ζυγούς φορτίου, ώστε να υπάρχει κατά τις ώρες αιχμής κατάλληλη χωρητική αντιστάθμιση. Αναλυτικότερα οι πυκνωτές που διαθέτει το δίκτυο κατά το έτος 1996 είναι οι ακόλουθοι:

α/α	Θέση Πυκνωτή	Ζυγός	Όνομ. Άεργος Ισχύς (MVA <sub>r</sub> )	Όνομαστική Τάση (kV)	Πυκνωτής C ( $\mu$ F)	Πυκνωτής B <sub>C</sub> (α.μ.)
1	ΚΑΣΤΕΛΙ	BUC24	3,35	15,75	42,98667145	0,0335
2	ΧΑΝΙΑ	BUC22	4	15,75	51,32736889	0,0400
3	ΡΕΘΥΜΝΟ 1	BUC26	3,75	15,75	48,11940834	0,0375
4	ΡΕΘΥΜΝΟ 2	BUC25	3,75	15,75	48,11940834	0,0375
5	ΜΟΙΡΕΣ	BUC35	7,5	15,75	96,23881667	0,0750
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	BUC37	7,5	15,75	96,23881667	0,0750
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	BUC39	7,5	15,75	96,23881667	0,0750
8	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ **	BUC49	7,5	15,75	96,23881667	0,0750
9	ΣΤΑΛΙΔΑ	BUC41	7,5	15,75	96,23881667	0,0750
10	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	BUC43	7,5	21	54,13433438	0,0750
11	ΣΗΤΕΙΑ 1	BUC47	5	15,75	64,15921111	0,0500
12	ΣΗΤΕΙΑ 2	BUC46	1,2	15,75	15,39821067	0,0120
13	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	BUC45	7,5	15,75	96,23881667	0,0750

Πίνακας 2.13 : Πυκνωτές Δικτύου Κρήτης

Σημειώνουμε όμως ότι κάθε τριφασικός πυκνωτής προσομοιώνεται με τη βοήθεια ενός τριφασικού φορτίου συνδεσμολογίας αστέρα που περιέχει μόνο πυκνωτές, με τιμές χωρητικότητας ίσες με τις αντίστοιχες της προτελευταίας στήλης του πίνακα 2.13. Επίσης ο κόμβος γείωσης είναι άμεσα συνδεδεμένος στη γη.

Παράλληλα αν λάβουμε υπόψη μας ότι ο πυκνωτής είναι φορτίο σταθερής αγωγιμότητας, τότε μέσω των σχέσεων του ανά μονάδα συστήματος προκύπτει το αντίστοιχο μέγεθος  $B_C$  του πίνακα 2.13.

## **2.6 Φορτία**

Τα φορτία του δικτύου της Κρήτης σε επίπεδο μεταφοράς είναι 11 και κατά κύριο λόγο είναι φορτία σταθερής ισχύος. Επειδή όμως το πρόγραμμα EMTP δε διαθέτει φορτία σταθερής ισχύος, είμαστε αναγκασμένοι μέσω προγράμματος ροής φορτίου να προσδιορίσουμε αρχικά τα επίπεδα τάσης πάνω στους ζυγούς φορτίου και σε συνδυασμό με την απορροφούμενη ισχύ –ενεργό και άεργο- να προσδιορίσουμε τα ισοδύναμα στατά στοιχεία –αντιστάσεις και πηνία . Παράλληλα προσδιορίζουμε και τα επίπεδα παραγωγής του ζυγού ταλάντωσης και τις γωνίες της τάσης των ζυγών παραγωγής. Σε κάθε όμως διαφορετική φόρτιση ή κατάσταση λειτουργίας των γεννητριών προκύπτουν και διαφορετικά αρχικά μεγέθη αντιστάσεων και επαγωγικών αντιδράσεων.

Εξαιτίας των πιο πάνω στην παρούσα παράγραφο θα αναφέρουμε μόνο τα σταθερά στοιχεία των φορτίων –ονομαστική τάση λειτουργίας, εγκατεστημένη ισχύς μετασχηματιστών φορτίου και ονόματα ζυγών.

Αναλυτικότερα οι ζυγοί φορτίου που διαθέτει το δίκτυο κατά το έτος 1996 είναι οι ακόλουθοι:

α/α	Θέση Φορτίου	Ζυγός	Ονομ. Εγκατεστημένη Ισχύς (MVA)	Ονομαστική Τάση (kV)
1	ΧΑΝΙΑ	BUL22	100	15,75
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	BUL24	25	15,75
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	BUL26	75	15,75
4	ΜΟΙΡΕΣ	BUL35	50	15,75
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	BUL37	50	15,75
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	BUL39	50	15,75
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	BUL49	50	15,75
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	BUL41	50	15,75
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	BUL43	50	21
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	BUL45	25	15,75
11	ΣΗΤΕΙΑ	BUL47	25	15,75

**Πίνακας 2.14 :** Φορτία Δικτύου Κρήτης – Μόνιμα Στοιχεία

## **2.7 Γενικά Στοιχεία**

Το δίκτυο της Κρήτης που υλοποιήσαμε τελικά αποτελείται από 9 ομαδοποιημένες γεννήτριες, 23 ομαδοποιημένους μετασχηματιστές, 19 γραμμές μεταφοράς, 13 πυκνωτές και 11 φορτία. Οι γεννήτριες, τα φορτία και οι πυκνωτές διαχωρίζονται από τους αντίστοιχους ζυγούς τους μέσω κατάλληλων ιδανικών διακοπών, ώστε να είμαστε σε θέση να απομονώσουμε χωριστά το καθένα από το υπόλοιπο δίκτυο.

Επίσης περιέχει 37 βασικούς ζυγούς, οι οποίοι είναι οι ουσιαστικοί ζυγοί του δικτύου, και ένα πλήθος βοηθητικών ζυγών που απαιτούνται για την υλοποίηση των διαφόρων εφαρμογών μας ή και για την προσθήκη εξαρτημάτων, όπως διακοπών. Το

πλήθος των τελευταίων μεταβάλλεται από εφαρμογή σε εφαρμογή. Απλώς ενδεικτικά αναφέρουμε ότι υπάρχουν άλλοι 33 ζυγοί λόγω των αρχικών μας διακοπών και 25 ουδέτεροι κόμβοι των αστερών των μετασχηματιστών.

Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τους βασικούς ζυγούς του υλοποιηθέντος δικτύου καταγράφοντας τον αύξοντα αριθμό του ζυγού, το όνομά του μέσα στο δίκτυο, την ονομαστική του τάση και την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται.

α/α	Τοποθεσία	Ζυγός	Ον.Τάση (kV)	α/α	Τοποθεσία	Ζυγός	Ον.Τάση (kV)
1	Αεριοστρόβιλος 1 Χανιά	BUS01	6,3	20	Ζυγός ενδιάμεσος Λινοπεράματα Α & Β	BUS31	66
2	Αεριοστρόβιλος 4 Χανιά	BUS02	11	21	Μοίρες Υ.Τ.	BUS34	150
3	Αεριοστρόβιλος 5 Χανιά	BUS03	11	22	Μοίρες Μ.Τ.	BUS35	15,75
4	Αεριοστρόβιλος 6,7 & Ατμοστρόβιλος 1 Χανιά	BUS04	11,5	23	Ηράκλειο Ι Υ.Τ.	BUS36	66
5	Ντήζελ 1,2,3,4 Λινοπεράματα	BUS05	10	24	Ηράκλειο Ι Μ.Τ.	BUS37	15,75
6	Ατμοστρόβιλο 4, 5, 6 Λινοπεράματα	BUS06	6,3	25	Ηράκλειο ΙΙ Υ.Τ.	BUS38	150
7	Αεριοστρόβιλοι 1, 2 Λινοπεράματα	BUS07	6,3	26	Ηράκλειο ΙΙ Μ.Τ.	BUS39	15,75
8	Ατμοστρόβιλο 2, 3 Λινοπεράματα	BUS08	15,7	27	Σταλίδα Υ.Τ.	BUS40	150
9	Ατμοστρόβιλος 1 Λινοπεράματα	BUS09	15,7	28	Σταλίδα Μ.Τ.	BUS41	15,75
10	Ζυγός Χανίων Υ.Τ.	BUS21	150	29	Άγιος Νικόλαος Υ.Τ.	BUS42	150
11	Ζυγός Χανίων Μ.Τ.	BUS22	15,75	30	Άγιος Νικόλαος Μ.Τ.	BUS43	21
12	Ζυγός Καστελίου Υ.Τ.	BUS23	150	31	Ιεράπετρα Υ.Τ.	BUS44	150
13	Ζυγός Καστελίου Μ.Τ.	BUS24	15,75	32	Ιεράπετρα Μ.Τ.	BUS45	15,75
14	Ζυγός Ρεθύμνου Υ.Τ.	BUS25	150	33	Σητεία Υ.Τ.	BUS46	150
15	Ζυγός Ρεθύμνου Μ.Τ.	BUS26	15,75	34	Σητεία Μ.Τ.	BUS47	15,75
16	Ζυγός Χανίων 66kV	BUS27	66	35	Ηράκλειο ΙΙ** Υ.Τ.	BUS48	150
17	Ζυγός ενδιάμεσος Χανίων -Λινοπεραμάτων	BUS28	66	36	Ηράκλειο ΙΙ** Μ.Τ.	BUS49	15,75
18	Λινοπεράματα Β	BUS29	66	37	Ζυγός Ενδιάμεσος Λινοπεράματα Α-Ηράκλειο Ι	BUS50	15,75
19	Λινοπεράματα Α	BUS30	150				

**Πίνακας 2.15 :** Ζυγοί Δικτύου Κρήτης

Αυτή είναι η κατάσταση του δικτύου της Κρήτης κατά τα τέλη του έτους 1996. Κατά το διάστημα που μεσολάβησε ως σήμερα υπήρξε μία σημαντική αύξηση του φορτίου αιχμής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, παράλληλα προστέθηκαν δύο νέες μονάδες των 76 MVA στα Χανιά, ενώ υπάρχει μία έντονη δραστηριότητα αλλαγής του επιπέδου μέσης τάσης των ζυγών φορτίου από 15,75 kV σε 21 kV.

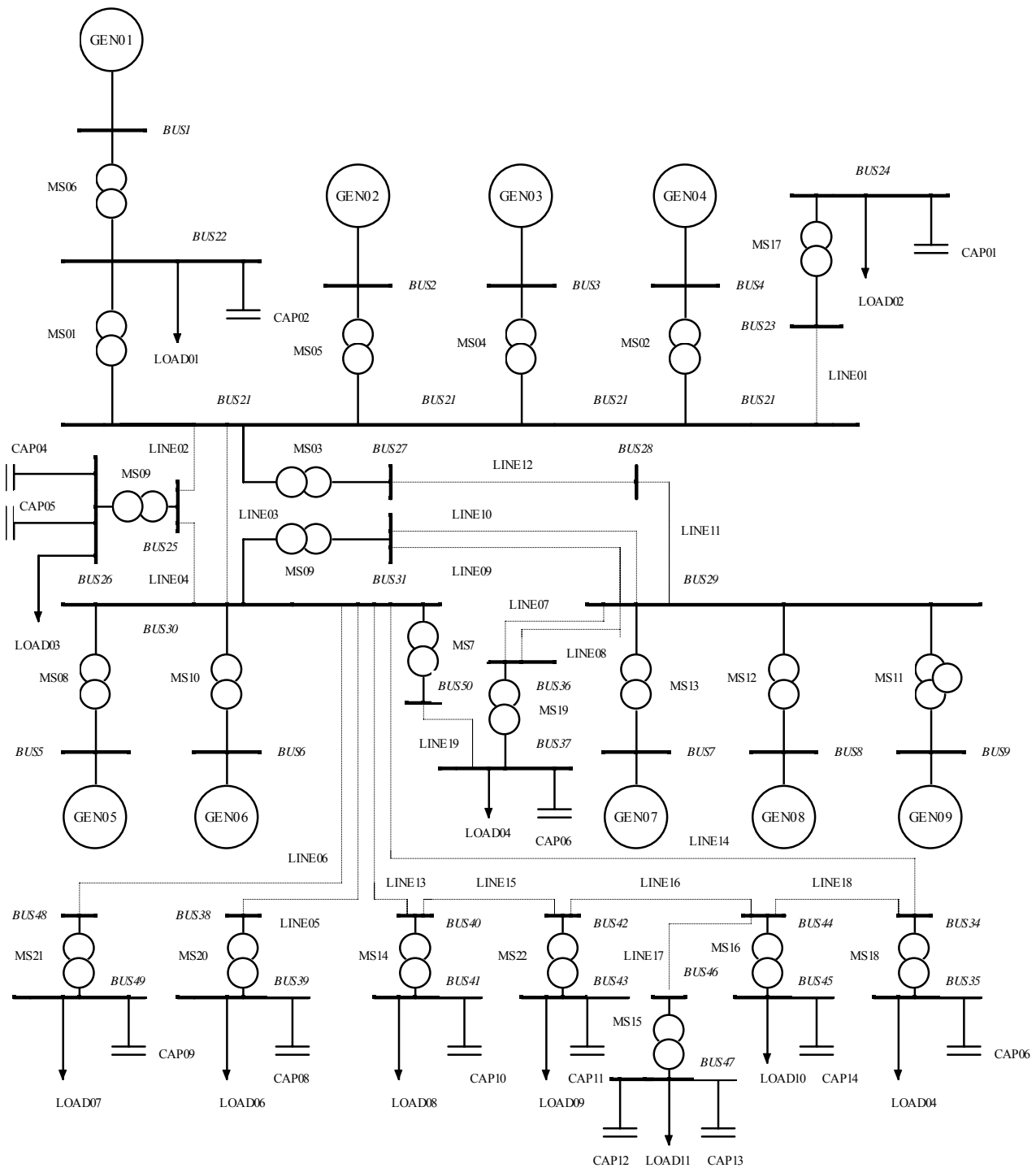
## **2.8 Τελική Τοπολογία**

Το δίκτυο της Κρήτης που υλοποιήσαμε παρουσιάζει δύο βασικούς βρόχους, έναν ανάμεσα στους τρεις κεντρικούς ζυγούς παραγωγής -συμμετέχουν τα Λινοπεράματα Α, τα Λινοπεράματα Β και τα Χανιά-, και έναν ανάμεσα σε ζυγούς φορτίου, BUS30, BUS29, BUS21- συμμετέχουν οι Μοίρες, η Σταλίδα, η Ιεράπετρα και ο Άγιος Νικόλαος -BUS34, BUS40, BUS42, BUS44 και BUS30.

Υπάρχουν ακόμη δύο άλλοι μικρότεροι βρόχοι, ο ένας σχηματίζεται ανάμεσα στα Χανιά, τα Λινοπεράματα Α και το Ρέθυμνο -BUS21, BUS30, BUS23 αντίστοιχα.- μέσω της

διπλής γραμμής μεταφοράς 150 kV, που διασυνδέει τα Λινοπεράματα Α με τα Χανιά - BUS30, BUS29, BUS37 αντίστοιχα. Ο άλλος μικρός βρόχος σχηματίζεται ανάμεσα στα Λινοπεράματα Α, Λινοπεράματα Β και το Ηράκλειο Ι, όμως η γραμμή ανάμεσα στα Λινοπεράματα Α και το Ηράκλειο Ι είναι μέσης τάσης που δε δύναται να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες ισχύος. Κατά κύριο λόγο το Ηράκλειο Ι τροφοδοτείται από τη σύνδεσή του με τα Λινοπεράματα Β.

Στην επόμενη σελίδα θα παρουσιάσουμε την τοπολογία του κατάλληλα ομαδοποιημένου δικτύου της Κρήτης, το οποίο υλοποιήσαμε μέσω του προγράμματος EMTP για τη μελέτη ταχέων μεταβατικών φαινομένων.



Σχήμα 2.1 : Δίκτυο Κρήτης (Πρόγραμμα EMTP)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΜΤΡ

#### 3.1 Αναγκαιότητα Μελέτης Ροής Φορτίου

Το υπολογιστικό πρόγραμμα ΕΜΤΡ με τη βοήθεια του οποίου μελετάμε τα ταχέα μεταβατικά φαινόμενα του δικτύου της Κρήτης επιλύει το κύκλωμα ολοκληρώνοντας τις διαφορικές εξισώσεις περιγραφής των διαφόρων ηλεκτρικών εξισώσεων με τη βοήθεια του γενικευμένου τραπεζοειδή κανόνα ολοκλήρωσης. Ουσιαστικά έχουμε μία μητρική εξίσωση στο πεδίο του χρόνου που αποτελείται από ένα σύνολο διαφορικών εξισώσεων πρώτου βαθμού με την ακόλουθη μορφή :

$$\frac{d[\underline{x}]}{dt} = [A] \cdot [\underline{x}] + [B] \cdot [\underline{u}] \quad (3.1-1)$$

όπου  $[\underline{x}]$  το διάνυσμα των αγνώστων και  $[\underline{u}]$  το διάνυσμα των γνωστών ποσοτήτων.

Αν είχαμε μη γραμμικές εξισώσεις, δηλαδή η μήτρα  $[A]$  εξαρτιόταν από το  $[\underline{x}]$ , αυτές θα λύνονταν επαναληπτικά.

Με τη βοήθεια του τραπεζοειδούς κανόνα ολοκλήρωσης έχοντας σταθερό το βήμα ολοκλήρωσης καταλήγουμε στο διάνυσμα των αγνώστων  $\underline{x}(t)$  τη χρονική στιγμή  $t$  να δίνεται από τη σχέση :

$$[\underline{x}(t)] = [C] \cdot [\underline{x}(t - \Delta t)] + [D] \cdot [\underline{u}(t)] + [D] \cdot [\underline{u}(t - \Delta t)] \quad (3.1-2)$$

όπου :

$$[C] = ([1] - 0,5 \cdot \Delta t \cdot [A])^{-1} \cdot ([1] + 0,5 \cdot \Delta t \cdot [A]) \quad (3.1-3)$$

$$[D] = ([1] - 0,5 \cdot \Delta t \cdot [A])^{-1} \cdot [B] \quad (3.1-4)$$

Συνεπώς το διάνυσμα των αγνώστων  $\underline{x}(t)$  επηρεάζεται από την τιμή που έλαβε κατά την προηγούμενη χρονική στιγμή  $t - \Delta t$ . Εξαιτίας τούτου διαπιστώθηκε πόσο σημαντική είναι η ορθή γνώση των αρχικών συνθηκών  $\underline{x}(0)$  που απαιτούνται για την εκκίνηση της διαδικασίας επίλυσης. Αυτές υπολογίζονται με ειδικό αλγόριθμο, σύμφωνα με τον οποίο γίνεται η επίλυση της μόνιμης κατάστασης μέσω της εξίσωσης :

$$[\tilde{\underline{x}}] = (j\omega \cdot [1] - [A])^{-1} \cdot [B] \cdot [\tilde{\underline{u}}] \quad (3.1-5)$$

Η πιο πάνω σχέση για την περίπτωση των ηλεκτρικών συστημάτων ισοδυναμεί ουσιαστικά με την εργασία που επιτελείται από το πρόγραμμα ροής φορτίου. Στη



συγκεκριμένη περίπτωση για να γίνει η εκτέλεση ενός μοντέλου του προγράμματος EMTP για τη μελέτη ταχέων μεταβατικών φαινομένων, είναι αναγκαίο να ρυθμίσουμε τις γεννήτριες στις σωστές αρχικές συνθήκες τάσης -μέτρο και γωνία-, ώστε να είναι δυνατή η εκτέλεση του προγράμματος.

Επίσης τα φορτία στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας είναι κατά κύριο λόγο σταθερής ισχύος, ενώ το πρόγραμμα EMTP υλοποιεί φορτία σταθερών στοιχείων R, L, C οποιασδήποτε συνδεσμολογίας –είτε αστέρα, είτε τριγώνου. Γι' αυτό είναι αναγκαίο από το πρόγραμμα ροής φορτίου να προσδιορίσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς φορτίου, οι οποίοι σε συνδυασμό με την ενεργό και άεργο ισχύ του φορτίου μας επιτρέπουν τον προσδιορισμό των ισοδύναμων ηλεκτρικών στοιχείων, εφόσον πρόκειται για επαγωγικού χαρακτήρα φορτία μέσω των σχέσεων :

$$R = \frac{V^2}{P^2 + Q^2} \cdot P \quad (3.1-6)$$

$$X = \frac{V^2}{P^2 + Q^2} \cdot Q \quad (3.1-7)$$

όπου  $V$  είναι η τάση του ζυγού,  $R$  και  $L$  η ισοδύναμη ωμική και η ισοδύναμη επαγωγική αντίδραση,  $P$  η ενεργός ισχύς και  $Q$  η άεργος. Οι σχέσεις (3.1-6) και (3.1-7) ισχύουν τόσο για ανά μονάδα μεγέθη, όσο και για τριφασικά.

Εξαιτίας των παραπάνω είναι αναγκαία η χρήση του προγράμματος ροής φορτίου.

### **3.2 Πρόγραμμα Ροής Φορτίου**

Για να αποκτήσουμε τις κατάλληλες αρχικές συνθήκες, προκειμένου να είμαστε σε θέση να εκτελέσουμε το μοντέλο ανάλυσης των ταχέων μεταβατικών φαινομένων, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα ροής φορτίου GINA, το οποίο χρειάζεται ως δεδομένα τα στοιχεία του δικτύου της μόνιμης κατάστασης λειτουργίας σε ανά μονάδα. Στην παρούσα περίπτωση επιλέξαμε ως κοινή βάση ισχύος τα 100 MVA με ζυγό ταλάντωσης τη γεννήτρια 4. Η βασική τάση του δικτύου εξαρτάται από την ονομαστική τάση των διαφόρων ζυγών, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 2.15.

Ουσιαστικά υλοποιήσαμε το δίκτυο του σχήματος 2.1, το οποίο συμπεριφέρεται διαφορετικά υπό διαφορετικές συνθήκες φόρτισης. Για την υλοποίηση του προγράμματος και λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες του υπολογιστικού προγράμματος επίλυσης ταχέων μεταβατικών EMTP προχωρήσαμε στις ακόλουθες παραδοχές :

- Λόγω της μη πλήρους γνώσης των θέσεων λειτουργίας των taps των μετασχηματιστών υψηλής/μέσης ή μέσης/υψηλής τάσης στα διάφορα επίπεδα φόρτισης του δικτύου αναγκαστήκαμε σε όλες τις περιπτώσεις να θεωρήσουμε ότι οι μετασχηματιστές λειτουργούν στον ονομαστικό λόγο μετασχηματισμού των τάσεων.

- Βασική μας επιδίωξη σε κάθε περίπτωση είναι η τάση στους ζυγούς υψηλής και μέσης τάσης του δικτύου μεταφοράς να κυμαίνεται μέσα στα επιτρεπτά όρια του  $\pm 10\%$  της αντίστοιχης ονομαστικής.

- Οι συνθήκες υψηλής φόρτισης ορίζονται ως το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών των υποσταθμών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης συνολικής τιμής 550 MVA με επαγωγικό συντελεστή ισχύος 0,8. Δηλαδή το αντίστοιχο φορτίο φθάνει την τιμή των 385 MVA έχοντας σε λειτουργία όλες τις γεννήτριες συνολικής ισχύος 525MW.

- Οι συνθήκες χαμηλής φόρτισης ορίζονται ως το 20% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών των υποσταθμών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης συνολικής τιμής

550 MVA με επαγωγικό συντελεστή ισχύος 0,8. Δηλαδή το αντίστοιχο φορτίο φθάνει την τιμή των 110 MVA, με συνέπεια να μην χρειάζεται να έχουμε στη διάθεσή μας όλες τις γεννήτριες συνολικής ισχύος 525MW, αν και στην αντίστοιχη περίπτωση θα θεωρήσουμε ότι είναι όλες διαθέσιμες.

- Υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν και όλοι οι στατοί πυκνωτές του δικτύου μεταφοράς σε αντίθεση με τις συνθήκες χαμηλής φόρτισης που οι πυκνωτές θα είναι εκτός λειτουργίας.

- Ως ζυγό ταλάντωσης συνήθως θέτουμε μία από τις μεγαλύτερες γεννήτριες του δικτύου, ώστε να μπορεί να αναλάβει απότομες μεταβολές λαμβάνοντας υπόψη μας και άλλα τεχνικοοικονομικά κριτήρια, όπως οικονομική λειτουργία, αξιοπιστία κτλ.. Στην παρούσα περίπτωση θέσαμε ότι ζυγός ταλάντωσης είναι η μεγαλύτερη γεννήτρια του ισοδύναμου δικτύου, δηλαδή η ομαδοποιημένη γεννήτρια 4 του πίνακα 2.2.

- Λόγω έλλειψης στοιχείων και κατάλληλου μοντέλου δεν έχουμε εντάξει στο παρόν μοντέλο τις ανεμογεννήτριες.

Στη συνέχεια θα μελετήσουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις ροής φορτίου -αναλυτικά αποτελέσματα παρουσιάζουμε στο παράρτημα 2 -:

- ◇ υψηλή φόρτιση,

- ◇ χαμηλή φόρτιση,

- ◇ υψηλή φόρτιση χωρίς τη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, η οποία θα τεθεί -σύμφωνα με το σενάριο του θέματος- εκτός λειτουργίας μετά από βραχυκύκλωμα που θα υποστεί το δίκτυο σε εκείνο το σημείο.

Σημειώνουμε ότι η χαμηλή φόρτιση πραγματοποιείται κυρίως για λόγους σύγκρισης με την υψηλή, ώστε να προσδιοριστούν τα μεγέθη που επηρεάζονται από το επίπεδο φόρτισης.

### **3.2.1 Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης**

Έχοντας διαμορφώσει στο πρόγραμμα ροής φορτίου GINA το ισοδύναμο μοντέλο του δικτύου της Κρήτης και έχοντας θεωρήσει ότι τα φορτία που αντιπροσωπεύουν το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης είναι επαγωγικού χαρακτήρα σταθερής ισχύος με συντελεστή ισχύος ίσο με 0,8, τότε τα φορτία με τα οποία θα λειτουργήσει το δίκτυο διαμορφώνονται ως εξής:

α/α	Θέση Φορτίου	Ζυγός	Φαινομένη Ισχύς (MVA)	Ενεργός Ισχύς (MW)	Άεργος Ισχύς (MVA <sub>r</sub> )
1	ΧΑΝΙΑ	BUL22	70,0	56,0	42,0
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	BUL24	17,5	14,0	10,5
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	BUL26	52,5	42,0	31,5
4	ΜΟΙΡΕΣ	BUL35	35,0	28,0	21,0
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	BUL37	35,0	28,0	21,0
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	BUL39	35,0	28,0	21,0
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	BUL49	35,0	28,0	21,0
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	BUL41	35,0	28,0	21,0
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	BUL43	3,50	28,0	21,0
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	BUL45	17,5	14,0	10,5
11	ΣΗΤΕΙΑ	BUL47	17,5	14,0	10,5

**Πίνακας 3.1 :** Φορτία Δικτύου Κρήτης υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης

Παράλληλα θα θεωρήσουμε ότι όλοι οι ζυγοί παραγωγής μέσης τάσης -μαζί και ο ζυγός ταλάντωσης- είναι ρυθμισμένοι σε τάση 1,1 α.μ., ώστε να επιτευχθεί το όριο ικανοποιητικής λειτουργίας του δικτύου ως προς την τάση, όπως το θέσαμε πιο πάνω. Ακόμη έχουμε θεωρήσει ότι όλες οι γεννήτριες παραγωγής παράγουν το μέγιστο της ενεργού ισχύος, ενώ συγχρόνως στην κάλυψη των αέργων συμβάλλουν και οι στατοί

πυκνωτές ονομαστικής ισχύος ίσης με 73,55 MVA<sub>g</sub>, οι οποίοι παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 2.13. Βέβαια η ποσότητα της αέργου ισχύος που τελικά θα προσφέρουν οι πυκνωτές στο δίκτυο εξαρτάται από τα επίπεδα τάσης που θα διαμορφωθούν στους αντίστοιχους ζυγούς, αφού αποτελούν φορτία σταθερής αγωγιμότητας.

Ο ζυγός ταλάντωσης -γεννήτρια 4- καλύπτει το φορτίο και τις απώλειες που δεν δύνανται να καλύψουν οι ζυγοί παραγωγής.

Έπειτα από την εκτέλεση του προγράμματος ροής φορτίου GINA καταγράψαμε αναλυτικά τις τάσεις των ζυγών παραγωγής και φορτίου ως προς το μέτρο και τη φάση, καθώς τις πρώτες τις χρειαζόμαστε για να αρχικοποιήσουμε κατάλληλα τις τάσεις των γεννητριών του μοντέλου του δικτύου της Κρήτης στο υπολογιστικό πρόγραμμα ΕΜΤΡ και τις δεύτερες για να προσδιορίσουμε τις αντίστοιχες ισοδύναμες αντιστάσεις και τις επαγωγικές αντιδράσεις, όπως έχουμε αναφέρει και στην παράγραφο 3.1.

α/α	Όνομα Ζυγού	Τύπος Ζυγού	Μέτρο Τάσης (α.μ.)	Φάση (μοίρες)
1	BUS1	Παραγωγής	1,10000	-3,05
2	BUS2	Παραγωγής	1,10000	1,58
3	BUS3	Παραγωγής	1,10000	2,63
4	BUS4	Ταλάντωσης	1,10000	0,00
5	BUS5	Παραγωγής	1,10000	0,51
6	BUS6	Παραγωγής	1,10000	0,26
7	BUS7	Παραγωγής	1,10000	3,34
8	BUS8	Παραγωγής	1,10000	3,53
9	BUS9	Παραγωγής	1,10000	2,31
10	BUS21	Φορτίου	1,06593	-1,84
11	BUS22	Φορτίου	1,01667	-6,64
12	BUS23	Φορτίου	1,06372	-2,22
13	BUS24	Φορτίου	1,03144	-5,37
14	BUS25	Φορτίου	1,04125	-3,37
15	BUS26	Φορτίου	0,96421	-9,68
16	BUS27	Φορτίου	1,06819	-1,69
17	BUS28	Φορτίου	1,06661	-1,36
18	BUS29	Φορτίου	1,06161	-0,91
19	BUS30	Φορτίου	1,04631	-3,26
20	BUS31	Φορτίου	1,06138	-0,92
21	BUS34	Φορτίου	1,00696	-5,75
22	BUS35	Φορτίου	0,93533	-11,93
23	BUS36	Φορτίου	1,05413	-1,19
24	BUS37	Φορτίου	1,00696	-5,75
25	BUS38	Φορτίου	1,03832	-3,67
26	BUS39	Φορτίου	0,96710	-10,51
27	BUS40	Φορτίου	0,99791	-5,34
28	BUS41	Φορτίου	0,91467	-13,03
29	BUS42	Φορτίου	0,97992	-6,28
30	BUS43	Φορτίου	0,89724	-14,31
31	BUS44	Φορτίου	0,97997	-6,47
32	BUS45	Φορτίου	0,94870	-11,71
33	BUS46	Φορτίου	0,97008	-7,07
34	BUS47	Φορτίου	0,92881	-12,45
35	BUS48	Φορτίου	1,03832	-3,67
36	BUS49	Φορτίου	0,96710	-10,51
37	BUS50	Φορτίου	1,02654	-5,65

**Πίνακας 3.2 :** Τάσεις Ζυγών υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης

Με τα πλάγια γράμματα στον όρο ζυγό «φορτίου» παρουσιάζουμε τους ζυγούς εκείνους που πραγματικά έχουν φορτίο -11 στο πλήθος, όπως φάνηκαν και στον πίνακα

2.14-, ενώ οι υπόλοιποι ζυγοί φορτίου αρχικοποιούνται ως τέτοιοι, αφού δεν ανήκουν στους ζυγούς παραγωγής και ταλάντωσης, άρα εξ ορισμού ανήκουν στην κατηγορία των φορτίων.

Από την εκτέλεση του προγράμματος προκύπτει το συμπέρασμα ότι το δίκτυο της Κρήτης υπό την υψηλή φόρτιση και με βάση τις παραπάνω παραδοχές λειτουργεί ικανοποιητικά, αφού η τάση στο δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς κυμαίνεται στο  $\pm 10\%$  της αντίστοιχης ονομαστικής τάσης.

Τέλος αναφέρουμε την ενεργό και την άεργο φόρτιση των γεννητριών, όπως προέκυψε από την εκτέλεση του προγράμματος.

α/α	Ζυγός Παραγωγής	Ενεργός Φόρτιση (MW)	Άεργος Φόρτιση (MVar)
1	BUS1	16,200	17,262
2	BUS2	24,000	11,236
3	BUS3	36,000	13,386
4	BUS4	50,090	43,043
5	BUS5	49,200	36,954
6	BUS6	70,500	56,204
7	BUS7	32,400	15,036
8	BUS8	30,000	13,581
9	BUS9	6,200	3,674

**Πίνακας 3.3 :** Φορτίσεις γεννητριών υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης

Υπενθυμίζουμε ότι ο ζυγός ταλάντωσης είναι η γεννήτρια 4, ενώ οι υπόλοιπες γεννήτριες είναι ρυθμισμένες να παράγουν τη μέγιστη ενεργό ισχύ τους.

Στη συνέχεια με βάση τα δεδομένα των πινάκων 3.1 και 3.2 και τις σχέσεις (3.1-6) και (3.1-7) προκύπτουν για κάθε φορτίο τα στοιχεία -ωμική αντίσταση και αυτεπαγωγή- του ισοδύναμου αστέρα, με τα οποία θα το προσομοιώσουμε στο αντίστοιχο μοντέλο μελέτης των ταχέων μεταβατικών φαινομένων με το ΕΜΤΡ.

α/α	Θέση Φορτίου	Αντίσταση ( $\Omega$ )	Πηνίο (mH)
1	ΧΑΝΙΑ	2,9303067	6,9955920
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	12,0642685	28,8013195
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	3,5142695	8,3897004
4	ΜΟΙΡΕΣ	4,9603553	11,8419761
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	5,7492011	13,7252065
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	5,3030513	12,6601023
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	5,3030513	12,6601023
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	4,7436423	11,3246117
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	8,0336059	19,1788213
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	10,2063594	24,3658882
11	ΣΗΤΕΙΑ	9,7828821	23,3549107

**Πίνακας 3.4 :** Ισοδύναμα Φορτία με Στατικά Στοιχεία Συνδεσμολογίας Γειωμένου Αστέρα για το Δίκτυο της Κρήτης υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης

### **3.2.2 Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες χαμηλής φόρτισης**

Έχοντας διαμορφώσει στο πρόγραμμα ροής φορτίου GINA το ισοδύναμο μοντέλο του δικτύου της Κρήτης και έχοντας θεωρήσει ότι τα φορτία που αντιπροσωπεύουν το 20% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης είναι επαγωγικού χαρακτήρα σταθερής ισχύος με συντελεστή ισχύος ίσο με 0,8, τότε τα φορτία με τα οποία θα λειτουργήσει το δίκτυο υπό συνθήκες ελάχιστης φόρτισης διαμορφώνονται ως εξής:

α/α	Θέση Φορτίου	Ζυγός	Φαινομένη Ισχύς (MVA)	Ενεργός Ισχύς (MW)	Άεργος Ισχύς (MVA <sub>r</sub> )
1	ΧΑΝΙΑ	BUL22	20,0	16,0	12,0
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	BUL24	5,0	4,0	3,0
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	BUL26	15,0	12,0	9,0
4	ΜΟΙΡΕΣ	BUL35	10,0	8,0	6,0
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	BUL37	10,0	8,0	6,0
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	BUL39	10,0	8,0	6,0
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	BUL49	10,0	8,0	6,0
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	BUL41	10,0	8,0	6,0
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	BUL43	10,0	8,0	6,0
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	BUL45	5,0	4,0	3,0
11	ΣΗΤΕΙΑ	BUL47	5,0	4,0	3,0

**Πίνακας 3.5 :** Φορτία Δικτύου Κρήτης υπό Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης

Παράλληλα θα θεωρήσουμε ότι όλοι οι ζυγοί παραγωγής μέσης τάσης -μαζί και ο ζυγός ταλάντωσης- είναι ρυθμισμένοι σε τάση 1,03 α.μ., ώστε να επιτευχθεί το όριο ικανοποιητικής λειτουργίας του δικτύου ως προς την τάση, όπως το θέσαμε πιο πάνω. Ακόμη έχουμε θεωρήσει ότι όλες οι γεννήτριες παραγωγής παράγουν το ελάχιστο της ενεργού ισχύος, ενώ συγχρόνως στην κάλυψη των αέργων δεν συμβάλλουν καθόλου οι στατοί πυκνωτές λόγω της χαμηλής φόρτισης. Ο ζυγός ταλάντωσης -γεννήτρια 4- καλύπτει το φορτίο και τις απώλειες που δεν δύνανται να καλύψουν οι ζυγοί παραγωγής.

Έπειτα από την εκτέλεση του προγράμματος ροής φορτίου GINA καταγράψαμε αναλυτικά τις τάσεις των ζυγών παραγωγής και φορτίου ως προς το μέτρο και τη φάση, όπως άλλωστε κάναμε και στην προηγούμενη περίπτωση.

α/α	Όνομα Ζυγού	Τύπος Ζυγού	Μέτρο Τάσης (α.μ.)	Φάση (μοίρες)
1	BUS1	Παραγωγής	1,03000	-2,42
2	BUS2	Παραγωγής	1,03000	-0,44
3	BUS3	Παραγωγής	1,03000	-0,22
4	BUS4	Ταλάντωσης	1,03000	0,00
5	BUS5	Παραγωγής	1,03000	0,11
6	BUS6	Παραγωγής	1,03000	1,45
7	BUS7	Παραγωγής	1,03000	0,82
8	BUS8	Παραγωγής	1,03000	2,28
9	BUS9	Παραγωγής	1,03000	2,32
10	BUS21	Φορτίου	1,02040	-0,90
11	BUS22	Φορτίου	0,99768	-3,09
12	BUS23	Φορτίου	1,01797	-1,05
13	BUS24	Φορτίου	1,00091	-2,26
14	BUS25	Φορτίου	1,01135	-1,21
15	BUS26	Φορτίου	0,97889	-3,48
16	BUS27	Φορτίου	1,02018	-0,75
17	BUS28	Φορτίου	1,02052	-0,46
18	BUS29	Φορτίου	1,01783	-0,04
19	BUS30	Φορτίου	1,01348	-0,90
20	BUS31	Φορτίου	1,01775	-0,04
21	BUS34	Φορτίου	1,00141	-1,50
22	BUS35	Φορτίου	0,96696	-3,94
23	BUS36	Φορτίου	1,01469	-0,13
24	BUS37	Φορτίου	0,99165	-1,79
25	BUS38	Φορτίου	1,01016	-1,05
26	BUS39	Φορτίου	0,97558	-3,52
27	BUS40	Φορτίου	0,99665	-1,67
28	BUS41	Φορτίου	0,96004	-4,27
29	BUS42	Φορτίου	0,99033	-2,00

α/α	Όνομα Ζυγού	Τύπος Ζυγού	Μέτρο Τάσης (α.μ.)	Φάση (μοίρες)
30	BUS43	Φορτίου	0,95344	-4,63
31	BUS44	Φορτίου	0,99033	-2,07
32	BUS45	Φορτίου	0,96502	-3,85
33	BUS46	Φορτίου	0,98617	-2,26
34	BUS47	Φορτίου	0,96075	-4,06
35	BUS48	Φορτίου	1,01016	-1,05
36	BUS49	Φορτίου	0,97558	-3,52
37	BUS50	Φορτίου	1,00062	-1,87

**Πίνακας 3.6 :** Τάσεις Ζυγών υπό Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης

Με τα πλάγια γράμματα στον όρο ζυγό «φορτίου» παρουσιάζουμε τους ζυγούς εκείνους που πραγματικά έχουν φορτίο -11 στο πλήθος, όπως φάνηκαν και στον πίνακα 2.14-, ενώ για τους υπόλοιπους ζυγούς φορτίου ισχύουν τα όσα αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο. Από την εκτέλεση του προγράμματος προκύπτει το συμπέρασμα ότι το δίκτυο της Κρήτης υπό χαμηλή φόρτιση και με βάση τις παραπάνω παραδοχές λειτουργεί πολύ ικανοποιητικά, αφού η τάση στο δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς κυμαίνεται ανάμεσα στο +3% ως το -5% της αντίστοιχης ονομαστικής τάσης.

Τέλος αναφέρουμε την ενεργό και την άεργο φόρτιση των γεννητριών, όπως προέκυψε από την εκτέλεση του προγράμματος.

α/α	Ζυγός Παραγωγής	Ενεργός Φόρτιση (MW)	Άεργος Φόρτιση (MVar)
1	BUS1	3,000	7,005
2	BUS2	3,000	3,249
3	BUS3	5,000	3,731
4	BUS4	21,887	12,448
5	BUS5	12,000	10,380
6	BUS6	42,000	15,542
7	BUS7	6,000	4,344
8	BUS8	14,000	3,758
9	BUS9	4,000	1,000

**Πίνακας 3.7 :** Φορτίσεις γεννητριών υπό Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης

Στη συνέχεια με βάση τα δεδομένα των πινάκων 3.5 και 3.6 και τις σχέσεις (3.1-6) και (3.1-7) προκύπτουν για κάθε φορτίο τα στοιχεία του ισοδύναμου αστέρα, με το οποίο θα το προσομοιώσουμε στο αντίστοιχο μοντέλο μελέτης των ταχέων μεταβατικών φαινομένων.

α/α	Θέση Φορτίου	Αντίσταση (Ω)	Πηνίο (mH)
1	ΧΑΝΙΑ	15,432052	65,495661
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	62,128545	263,681734
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	19,808320	84,069123
4	ΜΟΙΡΕΣ	28,992666	123,048695
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	30,769512	130,589865
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	29,511882	125,252318
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	29,511882	125,252318
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	28,579181	121,293813
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	50,100751	212,634190
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	57,752894	245,110896
11	ΣΗΤΕΙΑ	57,242937	242,946572

**Πίνακας 3.8 :** Ισοδύναμα Φορτία με Στατικά Στοιχεία Συνδεσμολογίας Γειωμένου Αστέρα για το Δίκτυο της Κρήτης υπό Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης

### 3.2.3 Εκτέλεση προγράμματος ροής φορτίου υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης χωρίς τη συμμετοχή της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας

Έχοντας διαμορφώσει στο πρόγραμμα ροής φορτίου GINA το ισοδύναμο μοντέλο του δικτύου της Κρήτης, έχοντας θεωρήσει ότι τα φορτία που αντιπροσωπεύουν το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης είναι επαγωγικού χαρακτήρα σταθερής ισχύος με συντελεστή ισχύος ίσο με 0,8 και έχοντας ουσιαστικά απειρήσει τη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), τότε τα φορτία με τα οποία θα λειτουργήσει το δίκτυο διαμορφώνονται σύμφωνα με τον πίνακα 3.1. Με αυτόν τον τρόπο είμαστε σε θέση να μελετήσουμε τη μόνιμη συμπεριφορά του δικτύου στην περίπτωση αφαίρεσης της γραμμής μεταφοράς που θα δεχθεί το σφάλμα.

Οι υπόλοιπες παραδοχές ως προς τις γεννήτριες και τους στατούς πυκνωτές είναι ίδιες με τις αντίστοιχες της παραγράφου 3.2.1.

Έπειτα από την εκτέλεση του προγράμματος ροής φορτίου GINA καταγράψαμε αναλυτικά τις τάσεις των ζυγών παραγωγής και φορτίου ως προς το μέτρο και τη φάση, όπως άλλωστε κάναμε και στις προηγούμενες περιπτώσεις.

α/α	Όνομα Ζυγού	Τύπος Ζυγού	Μέτρο Τάσης (α.μ.)	Φάση (μοίρες)
1	BUS1	Παραγωγής	1,10000	-3,05
2	BUS2	Παραγωγής	1,10000	1,57
3	BUS3	Παραγωγής	1,10000	2,62
4	BUS4	Ταλάντωσης	1,10000	0,00
5	BUS5	Παραγωγής	1,10000	0,50
6	BUS6	Παραγωγής	1,10000	0,25
7	BUS7	Παραγωγής	1,10000	3,33
8	BUS8	Παραγωγής	1,10000	3,52
9	BUS9	Παραγωγής	1,10000	2,30
10	BUS21	Φορτίου	1,06928	-1,84
11	BUS22	Φορτίου	1,01649	-6,65
12	BUS23	Φορτίου	1,06347	-2,23
13	BUS24	Φορτίου	1,03117	-5,38
14	BUS25	Φορτίου	1,04074	-3,38
15	BUS26	Φορτίου	0,96363	-9,70
16	BUS27	Φορτίου	1,06792	-1,70
17	BUS28	Φορτίου	1,06627	-1,37
18	BUS29	Φορτίου	1,06120	-0,91
19	BUS30	Φορτίου	1,04561	-3,26
20	BUS31	Φορτίου	1,06097	-0,93
21	BUS34	Φορτίου	1,00875	-5,19
22	BUS35	Φορτίου	0,93310	-12,26
23	BUS36	Φορτίου	1,05371	-1,20
24	BUS37	Φορτίου	1,00640	-5,77
25	BUS38 (BUS48)	Φορτίου	1,03760	-3,68
26	BUS39 (BUS49)	Φορτίου	0,96627	-10,53
27	BUS40	Φορτίου	0,99692	-5,00
28	BUS41	Φορτίου	0,91347	-12,71
29	BUS42	Φορτίου	0,97853	-5,67
30	BUS43	Φορτίου	0,89103	-13,73
31	BUS44	Φορτίου	0,97564	-7,51
32	BUS45	Φορτίου	0,94478	-12,78
33	BUS46	Φορτίου	0,96665	-8,11
34	BUS47	Φορτίου	0,92479	-13,53
35	BUS50	Φορτίου	1,02595	-5,66

**Πίνακας 3.9 :** Τάσεις Ζυγών υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης χωρίς τη γραμμή LINE16

Με τα πλάγια γράμματα στον όρο ζυγό «φορτίου» παρουσιάζουμε τους ζυγούς εκείνους που πραγματικά έχουν φορτίο, ενώ για τους υπόλοιπους ζυγούς φορτίου ισχύουν τα όσα αναφέραμε στην παράγραφο 3.2.1.

Από την εκτέλεση του προγράμματος προκύπτει το συμπέρασμα ότι το δίκτυο της Κρήτης υπό την υψηλή φόρτιση και με βάση τις παραπάνω παραδοχές λειτουργεί ικανοποιητικά, αφού η τάση στο δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς κυμαίνεται στο  $\pm 10\%$  της αντίστοιχης ονομαστικής τάσης. Βέβαια γενικό συμπέρασμα είναι ότι οι τάσεις κυμαίνονται σε λιγάκι χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις αντίστοιχες του πίνακα 3.2, αφού δεν λειτουργεί πλέον η γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας.

Τέλος αναφέρουμε την ενεργό και την άεργο φόρτιση των γεννητριών, όπως προέκυψε από την εκτέλεση του προγράμματος.

α/α	Ζυγός Παραγωγής	Ενεργός Φόρτιση (MW)	Άεργος Φόρτιση (MVar)
1	BUS1	16,200	17,302
2	BUS2	24,000	11,323
3	BUS3	36,000	13,487
4	BUS4	50,289	43,380
5	BUS5	49,200	37,421
6	BUS6	70,500	56,917
7	BUS7	32,400	15,193
8	BUS8	30,000	13,721
9	BUS9	6,200	3,713

**Πίνακας 3.10 :** Φορτίσεις γεννητριών υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης χωρίς τη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου – Ιεράπετρας (LINE16)

Υπάρχει μία μικρή αύξηση της παραγωγής ενεργού ισχύος από τη γεννήτρια ταλάντωσης -γεννήτρια 4-, και συγχρόνως όλες παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες αέργου, καθώς μειώθηκε από την πτώση τάσης στους ζυγούς φορτίου η αντίστοιχη παραγωγή από τους στατούς πυκνωτές, με συνέπεια να ζητείται μεγαλύτερη ποσότητα αέργου ισχύος από τις γεννήτριες.

Στη συνέχεια με βάση τα δεδομένα των πινάκων 3.1 και 3.9 και τις σχέσεις (3.1-6) και (3.1-7) προκύπτουν για κάθε φορτίο τα στοιχεία του ισοδύναμου αστέρα, με το οποίο θα το προσομοιώσουμε στο αντίστοιχο μοντέλο μελέτης των ταχέων μεταβατικών φαινομένων.

α/α	Θέση Φορτίου	Αντίσταση ( $\Omega$ )	Πηνίο (mH)
1	ΧΑΝΙΑ	4,57698311	19,4253197
2	ΚΑΣΤΕΛΙ	18,8405519	79,9617857
3	ΡΕΘΥΜΝΟ	5,48444203	23,2766949
4	ΜΟΙΡΕΣ	7,71364173	32,7377123
5	ΗΡΑΚΛΕΙΟ Ι	8,97313788	38,0831800
6	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ	8,27180099	35,1066138
7	ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΙΙ**	8,27180099	35,1066138
8	ΣΤΑΛΙΔΑ	7,39250561	31,3747683
9	ΑΓ.ΝΙΚΟΛΑΟΣ	12,5044678	53,0706095
10	ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ	15,8159201	67,1248499
11	ΣΗΤΕΙΑ	15,1537225	64,3143959

**Πίνακας 3.11 :** Ισοδύναμα Φορτία με Στατικά Στοιχεία Συνδεσμολογίας Γειωμένου Αστέρα για το Δίκτυο της Κρήτης υπό Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης χωρίς τη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου – Ιεράπετρας (LINE16)



### **3.3 Μοντέλο Δικτύου Κρήτης για Μελέτη Ταχέων Μεταβατικών Φαινομένων με τη βοήθεια του ΕΜΤΡ**

Με βάση τα δεδομένα των στοιχείων του δικτύου -γραμμών μεταφοράς, μετασχηματιστών, γεννητριών και πυκνωτών-, όπως αυτά διαμορφώθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο, και τα επίπεδα φόρτισης του συστήματος, τα οποία καθορίζουν τις τιμές των φορτίων του δικτύου και τις τάσεις των γεννητριών -μέτρο και φάση-, όπως περιγράφηκαν στις παραγράφους 3.2.1 ως 3.2.3, μπορούμε να προσδιορίσουμε το μοντέλο του ισοδύναμου δικτύου της Κρήτης με τις ομαδοποιημένες γεννήτριες και μετασχηματιστές. Με τη βοήθεια αυτού του μοντέλου και χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό πρόγραμμα επίλυσης ταχέων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων ΕΜΤΡ θα είμαστε σε θέση στο επόμενο κεφάλαιο να μελετήσουμε τη συμπεριφορά του δικτύου, όταν θα υποστεί διάφορα είδη σφαλμάτων η γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας και θα ανοίξουν οι διακόπτες προστασίας, με συνέπεια από τη μία πλευρά να μην υπάρχει ο βρόχος των ζυγών φορτίου και από την άλλη οι υπερτάσεις που θα αναπτυχθούν κατά το άνοιγμα των διακοπών να μετρηθούν, ώστε να είναι δυνατόν κανείς να προσδιορίσει τις πιθανές αντιδράσεις των διακοπών προστασίας των ανεμογεννητριών, που είναι συνδεδεμένες σε αυτούς τους ζυγούς.

Οι βασικές παραδοχές που δεχθήκαμε ότι ισχύουν, ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση του μοντέλου, είναι εκείνες που αναφέρθηκαν και στην παράγραφο 3.2 για το πρόγραμμα ροής φορτίου. Συνοπτικά αναφέρουμε τις ακόλουθες:

- Χρησιμοποιούμε το αναλυτικό μοντέλο του τριφασικού μετασχηματιστή του ΕΜΤΡ, στο οποίο όμως δεν έχουμε δώσει τα στοιχεία της καμπύλης κορεσμού λόγω έλλειψης στοιχείων. Αν στο μέλλον βρεθούν αυτά τα στοιχεία, τότε πολύ εύκολα θα είμαστε σε θέση να τα προσθέσουμε. Σημειώνουμε ότι το μοντέλο δεν δύναται να προσομοιώσει τη λειτουργία των taps και αυτός είναι ο δεύτερος κύριος λόγος που θεωρήσαμε ότι οι μετασχηματιστές λειτουργούν στον ονομαστικό λόγο μετασχηματισμού των τάσεων.

- Η γραμμή μεταφοράς προσομοιώνεται με το αναλυτικό μοντέλο των κατανεμημένων παραμέτρων της τριφασικής γραμμής μεταφοράς, στο οποίο λαμβάνεται υπόψη η κυματική συμπεριφορά της.

- Η γεννήτρια προσομοιώνεται με το μοντέλο της σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας χωρίς taps θεωρώντας ότι έχουμε μόνο μία περιστρεφόμενη μάζα λόγω έλλειψης των περισσότερων μηχανολογικών στοιχείων. Αν μας δίνονταν αναλυτικότερα στοιχεία, θα μπορούσαμε να την προσομοιώσουμε χρησιμοποιώντας μέχρι και 6 μάζες. Ως προς τα ηλεκτρικά στοιχεία της μηχανής δεν υπάρχει καμία έλλειψη, αν εξαιρέσει κανείς την καμπύλη κορεσμού. Τονίζουμε όμως ότι οι γεννήτριες λόγω του πλήθους των διαφορικών εξισώσεων με τις οποίες περιγράφονται χρησιμοποιούν μεγάλο μέρος των υπολογιστικών πόρων του προγράμματος, με συνέπεια να μας οδηγήσουν στην κατάλληλη ομαδοποίηση των γεννητριών, ώστε να μειώσουμε το συνολικό αριθμό τους από 18 σε 9.

- Ο διακόπτης που χρησιμοποιούμε για την προσομοίωση των διακοπών προστασίας είναι ο τριπολικός ιδανικός διακόπτης, ο οποίος ανοίγει την κάθε φάση του τη στιγμή που «βλέπει» το αντίστοιχο ρεύμα να μηδενίζεται για πρώτη φορά μετά τη σχετική εντολή. Το κλείσιμό του πραγματοποιείται τη χρονική στιγμή που θα δοθεί η αντίστοιχη εντολή. Το μοντέλο δεν περιγράφει τα σύνθετα φαινόμενα της δημιουργίας του ηλεκτρικού τόξου και των αντίστοιχων συνεπειών του -επαναφές κτλ..

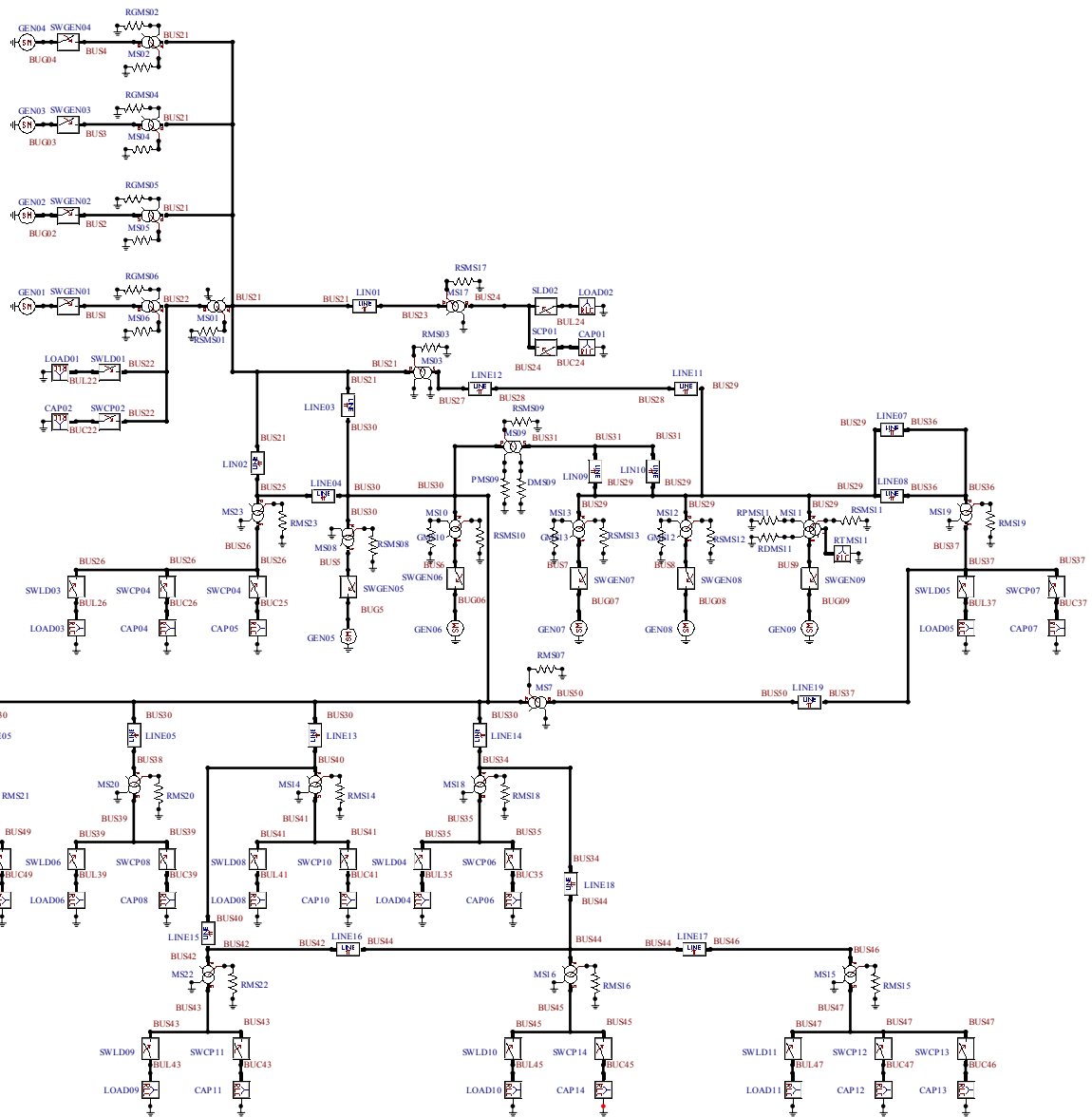
- Ο τριφασικός στατός πυκνωτής παριστάνεται με την αντίστοιχη χωρητικότητα ενός τριφασικού φορτίου συνδεσμολογίας αστέρα άμεσα γειωμένου προς γη.

- Το τριφασικό φορτίο σταθερής ισχύος λόγω αδυναμίας του προγράμματος του ΕΜΤΡ παριστάνεται με ένα τριφασικό φορτίο συνδεσμολογίας αστέρα άμεσα γειωμένου προς γη με τιμές που αντιστοιχούν στην αρχική κατάσταση λειτουργίας του δικτύου, όπως αυτές διαμορφώθηκαν για την εκάστοτε φόρτιση μέσω των παραγράφων 3.2.1 ως 3.2.3. Από τις τελευταίες προκύπτει το συμπέρασμα ότι ουσιαστικά οι τιμές των φορτίων είναι

εξαρτημένες από τον τρόπο τροφοδότησης του δικτύου -κατανομή φόρτισης των γεννητριών-, από τη μορφή του δικτύου -λειτουργία ή όχι όλων των γραμμών μεταφοράς, των μετασχηματιστών, των πυκνωτών και των γεννητριών- και από το επίπεδο φόρτισης του δικτύου -ζήτηση φορτίου.

• Λόγω έλλειψης στοιχείων και κατάλληλου μοντέλου δεν έχουμε εντάξει στο παρόν μοντέλο τις ανεμογεννήτριες.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε το αντίστοιχο μοντέλο του δικτύου της Κρήτης, όπως σχηματίστηκε από το πρόγραμμα ATPDRAW:



**Σχήμα 3.1 :** Δίκτυο Κρήτης για Μελέτη Ταχέων Μεταβατικών Φαινομένων με το πρόγραμμα EMTP μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος ATPDRAW

Η παραπάνω μορφή του δικτύου ισχύει στην περίπτωση της ομαλής λειτουργίας του. Στο πιο πάνω σχήμα δεν φαίνονται οι διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς, όπως επίσης και ο «διακόπτης βραχυκύκλωσης προς γη». Αυτοί προστίθενται και αφαιρούνται κατάλληλα στα διάφορα σημεία του δικτύου ανάλογα με την περίπτωση που μελετάμε μέσα στον αντίστοιχο κώδικα. Παράδειγμα τέτοιου κώδικα παρουσιάζουμε στο παράρτημα 3, όπου πραγματοποιείται ένα τριφασικό βραχύκυκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος τη χρονική στιγμή 0,1369 sec μέσω του διακόπτη BLN42-γη στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16). Στη συνέχεια θεωρούμε ότι λειτουργούν

μετά από 3 κύκλους οι διακόπτες προστασίας στα άκρα της γραμμής -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- προς εκκαθάριση του σφάλματος. Αναλυτικότερη περιγραφή για την εκτέλεση και τα αποτελέσματα του προγράμματος στο επόμενο κεφάλαιο.

Πάντως πρέπει να αναφέρουμε ότι για κάθε περίπτωση μελέτης είναι αναγκαία η κατάλληλη τροποποίηση του μοντέλου του δικτύου, ώστε να συμπεριληφθούν οι μεταβολές των φορτίων, των θέσεων των διακοπών των πυκνωτών και των αρχικών τάσεων των γεννητριών, που δύνανται να αλλάζουν από περίπτωση σε περίπτωση. Αυτό εύκολα επιβεβαιώνεται, αν λάβει κανείς υπόψη του ότι ανάμεσα στη χαμηλή φόρτιση και στην υψηλή μεταβάλλονται όλα τα προηγούμενα στοιχεία που αναφέραμε κατά σημαντικό ποσοστό, όπως άλλωστε φαίνεται και από τους αντίστοιχους πίνακες των παραγράφων 3.2.1 και 3.2.2.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΕΩΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΚΡΗΤΗΣ

#### 4.1 Εισαγωγή στις Δοκιμές Βραχυκυκλωμάτων Δικτύου Κρήτης

Με βάση το πρόγραμμα που αναπτύξαμε στο υπολογιστικό πακέτο EMTP –δεύτερο κεφάλαιο- και την κατάλληλη προετοιμασία των δεδομένων –κυρίως των φορτίων που προσομοιώνονται ως στατικά φορτία, των οποίων η τιμή τους μεταβάλλεται ανάλογα με το επίπεδο φόρτισης του δικτύου- προχωρήσαμε σε ορισμένες δοκιμές για να διαπιστώσουμε την ορθή λειτουργία του προγράμματος και τη συμπεριφορά του δικτύου σε διάφορα είδη βραχυκυκλωμάτων.

Λόγω της μεγάλης πληθώρας σημείων επιλογής βραχυκυκλωμάτων, όπως βραχυκυκλώματα κατά μήκος κάποιας γραμμής μεταφοράς ή σε κάποιο από τα δύο άκρα της ή πάνω σε ένα ζυγό κτλ., των διαφόρων ειδών, όπως μονοφασικό με γη, διφασικό με ή χωρίς γη, τριφασικό, και κάθε ένα από αυτά με ή χωρίς αντίσταση σφάλματος, είμαστε αναγκασμένοι να εκτελέσουμε ενδεικτικά κάποιες τυπικές περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων.

Συγκεκριμένα στην παρούσα περίπτωση θα εκτελέσουμε αρχικά μία ομαλή λειτουργία του δικτύου προς επιβεβαίωση των ορθών αρχικών ρυθμίσεων του δικτύου, δηλαδή πριν το βραχυκύκλωμα. Στη συνέχεια θα ακολουθήσουν δύο τριφασικά και δύο μονοφασικά βραχυκυκλώματα –στη φάση Α- χωρίς αντίσταση σφάλματος προκαλώντάς τα στο άκρο του Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου – Ιεράπετρας. Οι δύο περιπτώσεις διαφέρουν ως προς τη στιγμή που θα παρουσιαστεί το σφάλμα : Στη μεν πρώτη η τάση της φάσης Α του ζυγού του Αγίου Νικολάου είναι μηδέν, ενώ στη δεύτερη είναι μέγιστη. Αφού πραγματοποιηθεί το σφάλμα, θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν οι τριπολικοί διακόπτες προστασίας της γραμμής προς απομόνωση του σφάλματος από το υπόλοιπο δίκτυο. Δηλαδή έχουμε θεωρήσει ότι οι ιδανικοί τριπολικοί διακόπτες, από τους οποίους έχει κατασκευαστεί το μοντέλο, θα ανοίξουν μετά από τρεις κύκλους την πρώτη φορά που η κάθε φάση βρει το πρώτο μηδενισμό ρεύματος, χωρίς να ληφθούν υπόψη τα περίπλοκα φαινόμενα του ηλεκτρικού τόξου.

Αναλυτικότερα θα μελετήσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και ενδεικτικά σε ορισμένους ζυγούς μέσης. Επίσης θα προσδιορίσουμε τις τιμές των τάσεων κατά τη διάρκεια του μόνιμου σφάλματος, κατά το μεταβατικό στάδιο μετά από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας και έπειτα από πέντε κύκλους, όταν έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ομαλή και μόνιμη λειτουργία του συστήματος. Ακόμη θα καταγράφονται τα ρεύματα τροφοδότησης του σημείου βραχυκύκλωσης από τα δύο άκρα της γραμμής καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου.

Τέλος θα προσπαθήσουμε από το σχολιασμό των γραφικών παραστάσεων και των λοιπών αριθμητικών αποτελεσμάτων να προχωρήσουμε σε μία σύγκριση των περιπτώσεων που εξετάσαμε.

#### 4.2 Ομαλή Λειτουργία Δικτύου Κρήτης υπό Υψηλή Φόρτιση

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα αριθμητικά αποτελέσματα της ομαλής λειτουργίας του ομαδοποιημένου μοντέλου της Κρήτης υπό συνθήκες υψηλής φόρτισης συγκρίνοντάς το με τα αντίστοιχα του προγράμματος της ροής φορτίου GINA, όπως τα έχουμε καταγράψει στο προηγούμενο κεφάλαιο. Δεν γίνεται μία παρουσίαση των γραφικών παραστάσεων, διότι δε θα παρατηρηθεί τίποτα το ιδιαίτερο παρά μόνο το γεγονός ότι όλες οι φάσεις σε όλους τους ζυγούς έχουν τέλεια ημιτονική μορφή.

Στον ακόλουθο πίνακα θα παρουσιάσουμε την ανά μονάδα τάση πάνω σε όλους τους ζυγούς υψηλής τάσης και πάνω σε ορισμένους ζυγούς μέσης τάσης. Παράλληλα θα παρουσιάσουμε τις αντίστοιχες τιμές που έχουν προκύψει από το πρόγραμμα ροής φορτίου και το αντίστοιχο σφάλμα που πραγματοποιείται ανάμεσα στις δύο τιμές, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$\text{Σφάλμα} = 100\% \cdot \left( \frac{V_{EMTP}}{V_{GINA}} - 1 \right) \quad (4.2-1)$$

Ζυγός	Τάση (α.μ.) από EMTP	Τάση (α.μ.) από GINA	Ποσοστό Σφάλματος (%)
BUS21	1,0695	1,0695	0,000
BUS22	1,0167	1,0167	-0,001
BUS23	1,0637	1,0637	-0,007
BUS29	1,0606	1,0616	-0,091
BUS30	1,0464	1,0463	0,011
BUS34	1,0107	1,0107	0,001
BUS37	0,9984	1,0070	-0,852
BUS40	0,9979	0,9979	0,001
BUS42	0,9799	0,9799	-0,004
BUS44	0,9797	0,9800	-0,026
BUS46	0,9706	0,9701	0,050

**Πίνακας 4.1 :** Τάσεις ζυγών υπό συνθήκες ομαλής λειτουργίας από EMTP και GINA

Από τον πιο πάνω πίνακα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα κατά την ομαλή λειτουργία του δικτύου :

- Οι διαφορές ανάμεσα στα αριθμητικά αποτελέσματα των δύο προγραμμάτων είναι πολύ μικρές, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις κυμαίνονται χαμηλότερα και από το 0,1%.
- Οι τάσεις, όσο απομακρυνόμαστε από τους ζυγούς παραγωγής μετρώντας την ηλεκτρική απόσταση, μειώνονται, χωρίς όμως να πάψουν να κυμαίνονται στο όριο πτώσης τάσης του 20%.
- Τα επίπεδα τάσης, στα οποία είναι ρυθμισμένες να λειτουργήσουν οι γεννήτριες, διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στα επίπεδα τάσης όλου του δικτύου.
- Οι διαφοροποιήσεις στα αριθμητικά αποτελέσματα, εκτός του ότι είναι μικρές, παρατηρούμε ότι εμφανίζουν και μία διασπορά ανάμεσα σε θετικές και αρνητικές, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οφείλονται σε διαφορά στην αριθμητική ακρίβεια της επίλυσης. Ιδιαίτερα αυτό συμβαίνει, καθώς το EMTP χρησιμοποιεί μεγαλύτερη ακρίβεια στην αναπαράσταση των γραμμών μεταφοράς και μικρότερη στην αναπαράσταση των μετασχηματιστών έναντι του προγράμματος της ροής φορτίου.

Τέλος υπενθυμίζουμε ότι, όταν αναφερόμαστε από εδώ και πέρα σε υψηλή φόρτιση, θα εννοούμε τη συγκεκριμένη κατανομή ενεργού ισχύος ανάμεσα στις γεννήτριες, όπως έχει καθοριστεί από το πρόγραμμα GINA στο προηγούμενο κεφάλαιο στην αντίστοιχη περίπτωση υψηλής φόρτισης –παράγραφος 3.2.1.

### **4.3 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας όταν η Τάση της Φάσης Α είναι 0-**

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το τριφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος που πραγματοποιείται στο άκρο προς τον Άγιο Νικόλαο –BUS42 στο σχήμα 2.1 του κεφαλαίου 2- της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας –LINE 16 ανάμεσα στους ζυγούς BUS42 και BUS44, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1- κατά τη χρονική στιγμή 0,01369 sec από τη στιγμή έναρξης εκτέλεσης του προγράμματος, δηλαδή όταν η τάση της φάσης Α είναι μηδέν. Σημειώνουμε ότι το τριφασικό βραχυκύκλωμα θα προσομοιωθεί με τη βοήθεια ενός ιδανικού τριφασικού διακόπτη που συνδέει το σημείο βραχυκύκλωσης με τη γη.

Οι αρχικές συνθήκες ομαλής λειτουργίας του δικτύου είναι εκείνες της υψηλής φόρτισης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τη βοήθεια του προγράμματος ροής φορτίου.

Αφού πραγματοποιηθεί το σφάλμα, θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν οι τριπολικόι διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς, ώστε να απομονωθεί το βραχυκύκλωμα από το υπόλοιπο δίκτυο. Έχουμε θεωρήσει ότι οι τριπολικόι διακόπτες, με τους οποίους έχει κατασκευαστεί το μοντέλο, είναι ιδανικοί. Η κάθε φάση θα ανοίξει χωριστά σε σχέση με τις άλλες, αφού δοθεί η αντίστοιχη εντολή στο διακόπτη, την πρώτη φορά που θα μηδενισθεί το αντίστοιχο ρεύμα, χωρίς να ληφθούν υπόψη τα υπόλοιπα περίπλοκα φαινόμενα του ηλεκτρικού τόξου και η δυνατότητα ύπαρξης επαναφών. Η εντολή για το άνοιγμα των διακοπών προστασίας δίνεται τρεις κύκλους μετά από την εκδήλωση του σφάλματος, δηλαδή τη χρονική στιγμή 0,07369 sec. Το ποια φάση θα ανοίξει πρώτη και το πότε εξαρτάται από την αλληλοδιαδοχή των φάσεων και τις θέσεις ως προς το μηδέν, στις οποίες θα βρεθούν τα αντίστοιχα ρεύματα που διαρρέουν τους διακόπτες προστασίας.

Στην παρούσα εργασία, επειδή το σφάλμα πραγματοποιείται σε γραμμή μεταφοράς των 150 kV, θα μελετήσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και ενδεικτικά σε ορισμένους ζυγούς μέσης. Συγκεκριμένα θα καταγράψουμε τις αναπτυσσόμενες μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης και τους ρυθμούς ανόδου της τάσης αποκατάστασης πάνω στους διακόπτες προστασίας. Επίσης θα προσδιορίσουμε τις τιμές των τάσεων κατά τη διάρκεια του μόνιμου σφάλματος, κατά το μεταβατικό στάδιο μετά από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας και έπειτα από πέντε κύκλους, όταν έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ομαλή και μόνιμη λειτουργία του συστήματος. Ακόμη θα καταγράψουμε τα ρεύματα τροφοδότησης του σημείου βραχυκύκλωσης από τα δύο άκρα της γραμμής καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου, όπως επίσης και το συνολικό ρεύμα κάθε φάσης με το οποίο τροφοδοτείται ο «διακόπτης βραχυκύκλωσης» πριν τον κοινό κόμβο προς γη.

Πριν όμως μελετήσουμε τα αριθμητικά αποτελέσματα αυτής της εκτέλεσης του προγράμματος, είναι αναγκαίο να παρουσιάσουμε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των τάσεων και των ρευμάτων του δικτύου. Αναλυτικότερα για την παρούσα περίπτωση θα δειχθούν οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις :

- Αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους δύο διακόπτες προστασίας και ως προς τις τρεις φάσεις - BLN42-BUS42, BLN44-BUS44.

- Τάσεις ως προς γη πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και σε ορισμένους ζυγούς μέσης τάσης και για τις τρεις φάσεις. Στους πρώτους ανήκουν οι ζυγοί των Χανίων -BUS21-, του Καστελίου -BUS23-, των Λινοπεραμάτων Β -BUS29-, των Λινοπεραμάτων Α -BUS30-, των Μοιρών -BUS34-, του Ηρακλείου Ι -BUS36-, του Ηρακλείου ΙΙ -BUS38-, της Σταλίδας -BUS40-, του Αγίου Νικολάου -BUS42-, της Ιεράπετρας -BUS44- και της Σητείας -BUS46-. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν των Χανίων -BUS22- και του Ηρακλείου Ι -BUS37-, καθώς ο μεν πρώτος έχει πάνω συγχρόνως γεννήτριες και φορτίο, ενώ ο δεύτερος είναι άμεσα συνδεδεμένος με τη μοναδική γραμμή μέσης τάσης που ανήκει στο δίκτυο μεταφοράς. Τέσσερις ζυγοί υψηλής τάσης δεν παρουσιάζονται, που είναι του Ηρακλείου ΙΙ\*\* -BUS48-, των Χανίων των 66 kV -BUS27-, ο ενδιάμεσος Χανίων-Λινοπεραμάτων -

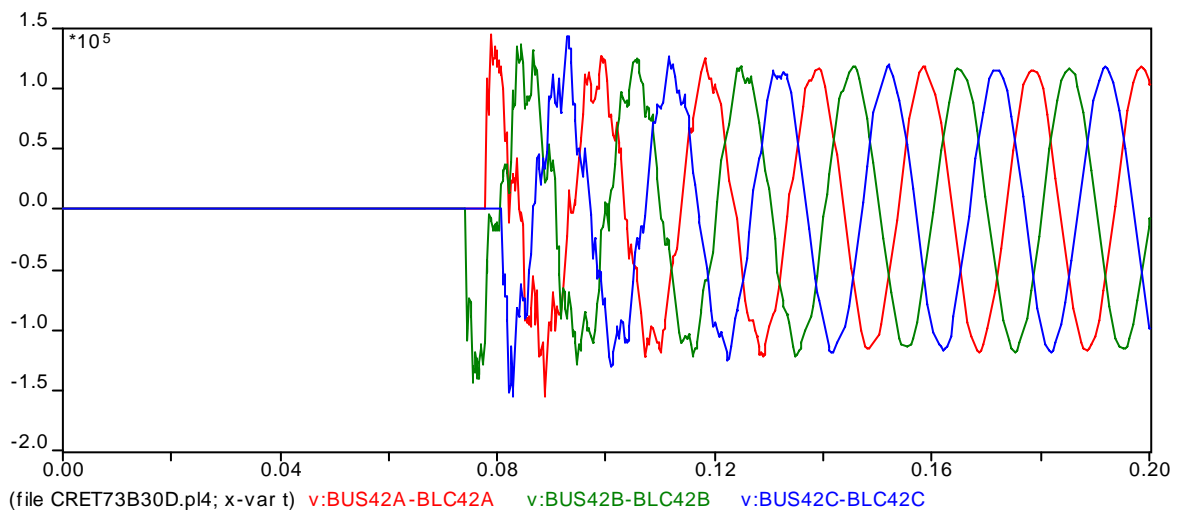
BUS28-, και του Ρεθύμνου –BUS25. Ο μεν πρώτος έχει ακριβώς ίδια συμπεριφορά με τον αντίστοιχο του Ηρακλείου I, ενώ οι υπόλοιποι είναι ενδιάμεσοι άλλων ζυγών που παρουσιάζονται, με συνέπεια να καλύπτεται η μελέτη τους από την αντίστοιχη των υπολοίπων.

- Τα ρεύματα πάνω στους διακόπτες προστασίας και στο διακόπτη βραχυκύκλωσης και στις τρεις φάσεις. Δηλαδή παρουσιάζονται τα ρεύματα που διαρρέουν τα ακόλουθα σημεία : BLN42-BUS42, BLN44-BUS44, BLN42-γη.

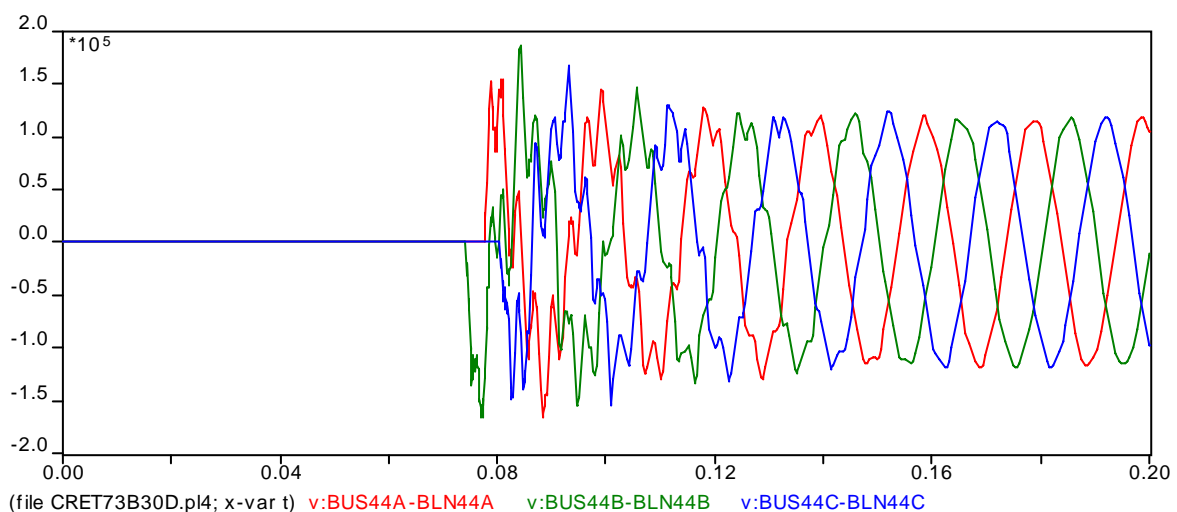
Τέλος στην παρακάτω παρουσίαση των γραφικών παραστάσεων οι τρεις φάσεις διακρίνονται με τα ακόλουθα χρώματα :

- ◇ Φάση A : κόκκινο χρώμα,
- ◇ Φάση B : πράσινο χρώμα,
- ◇ Φάση C : μπλε χρώμα.

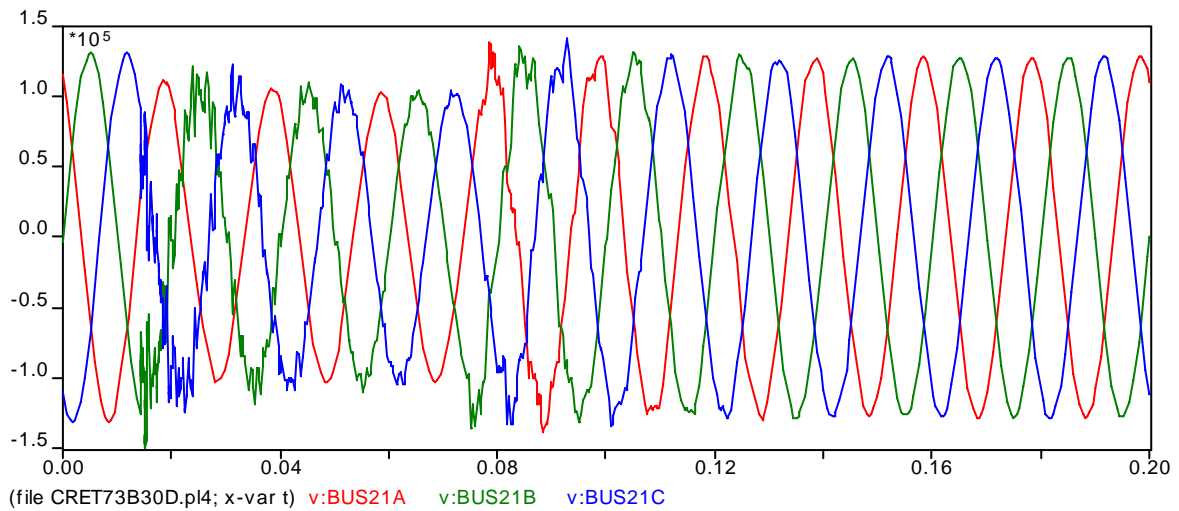
Παράλληλα έγινε μία συστηματική προσπάθεια να τοποθετηθούν οι παραστάσεις πλήρως συγχρονισμένες για τους δέκα κύκλους μελέτης όλου του φαινομένου, δηλαδή για τα 200 msec εκτέλεσης του υπολογιστικού προγράμματος EMTP.



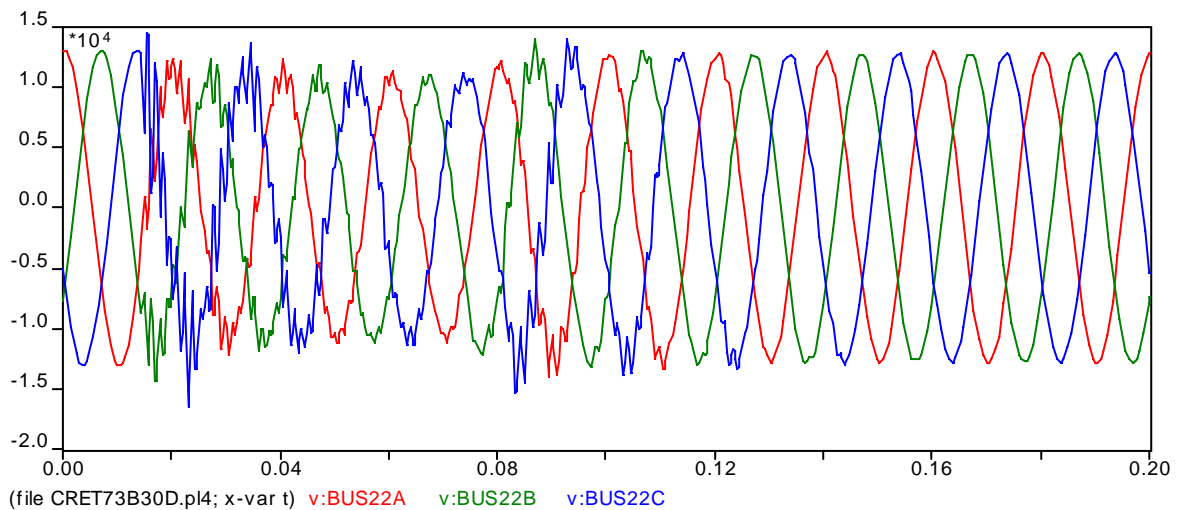
**Σχήμα 4.1** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



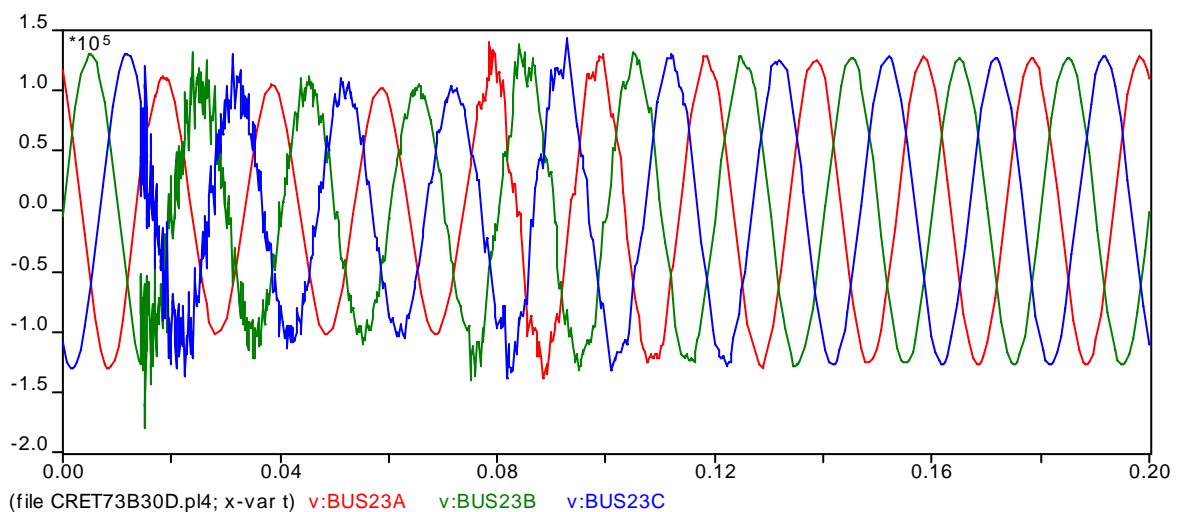
**Σχήμα 4.2** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.3** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS21 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

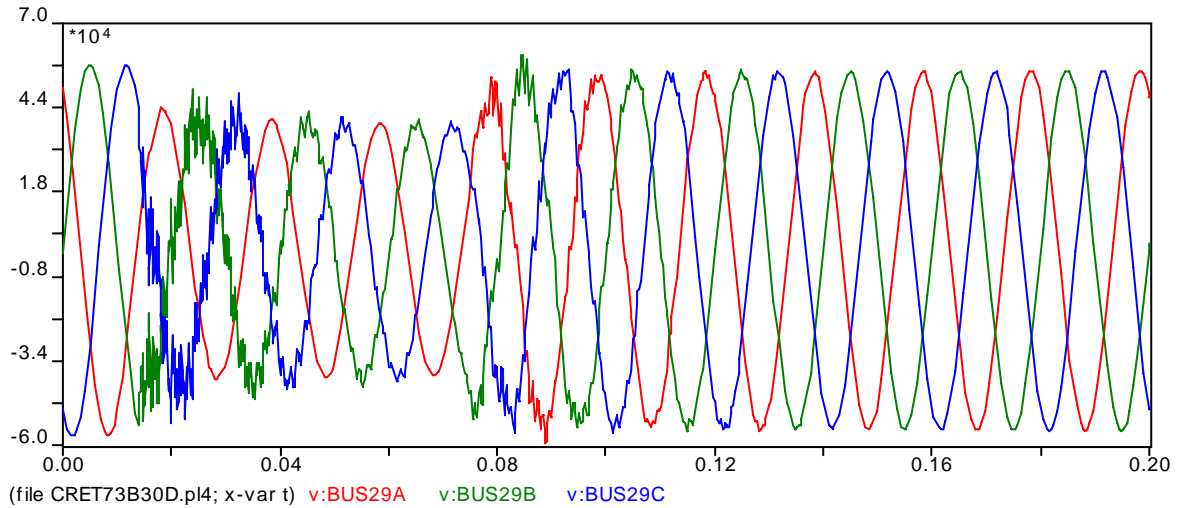


**Σχήμα 4.4** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS22 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

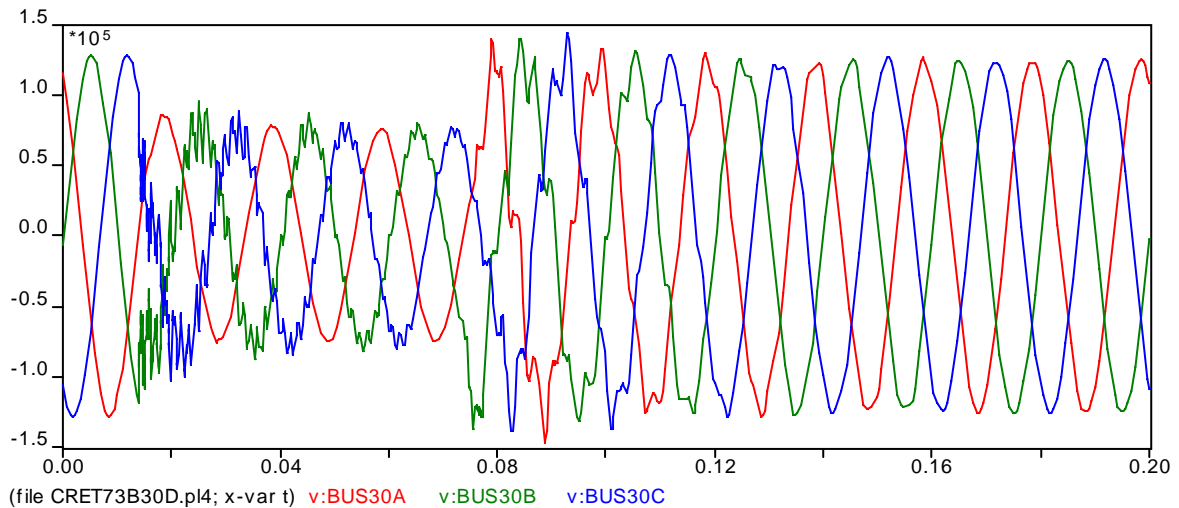


**Σχήμα 4.5** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS23 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

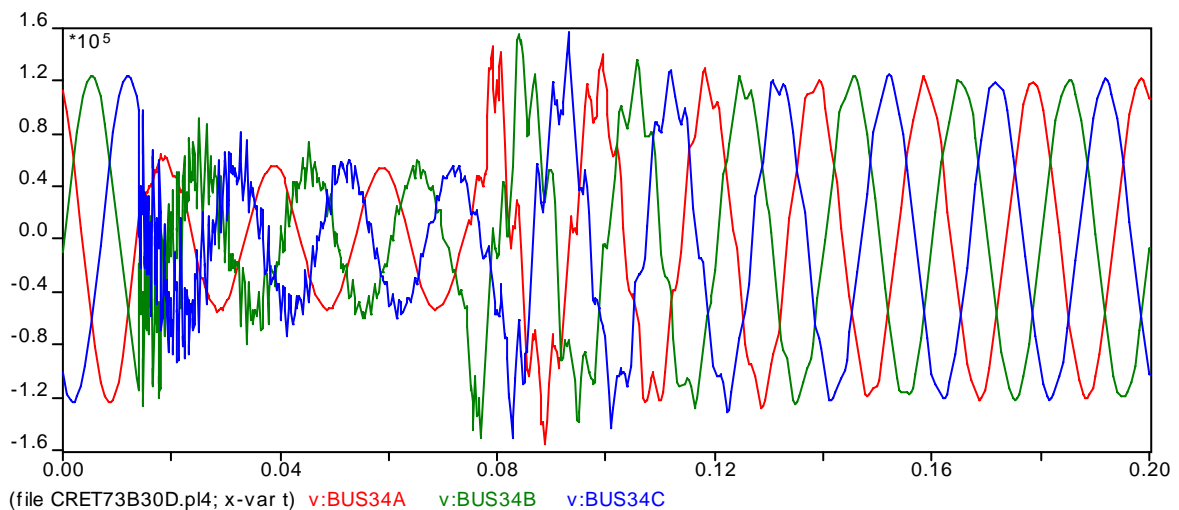




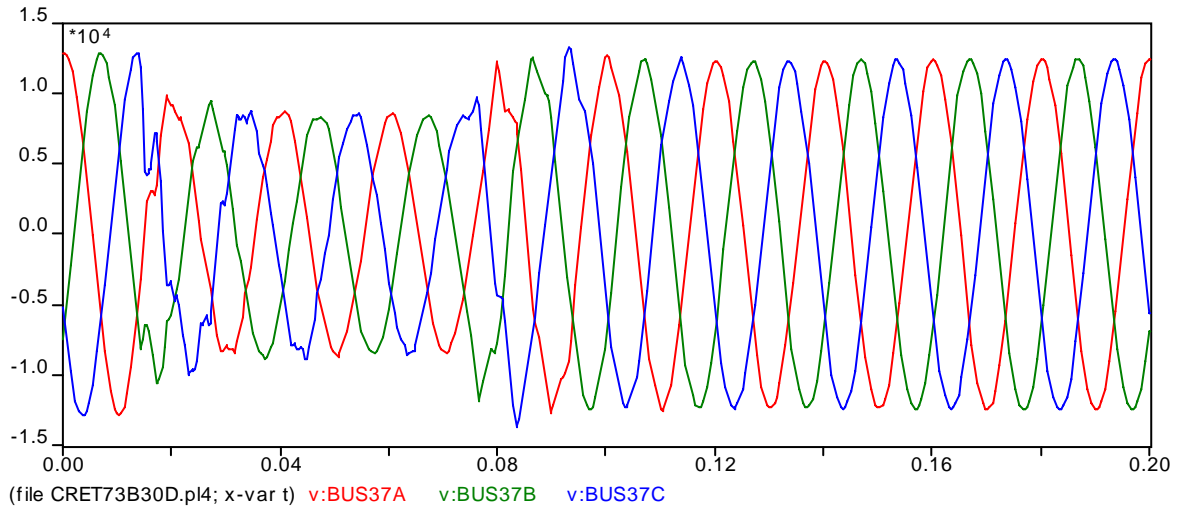
**Σχήμα 4.6** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS29 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



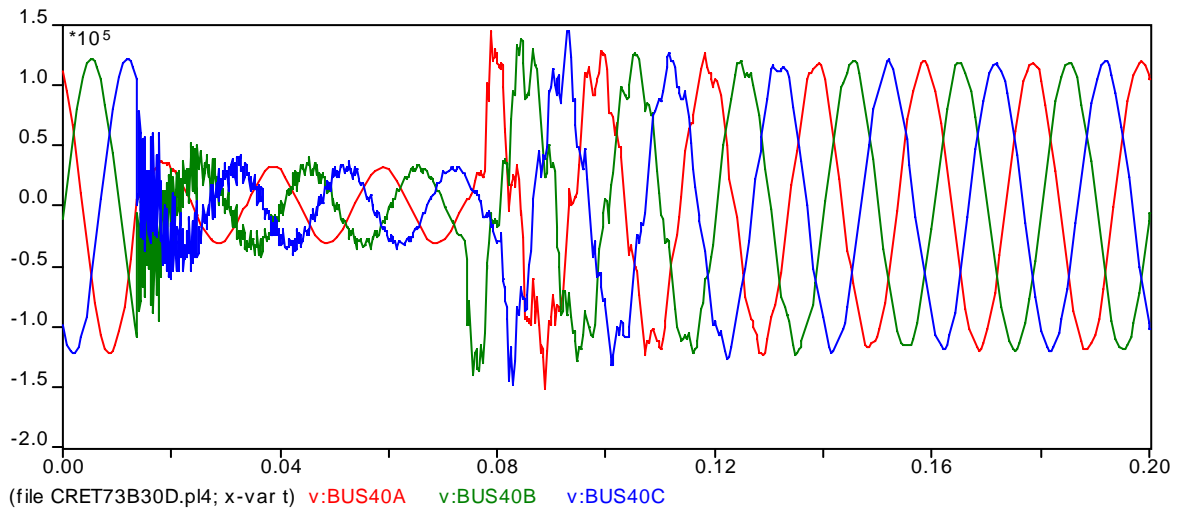
**Σχήμα 4.7** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS30 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



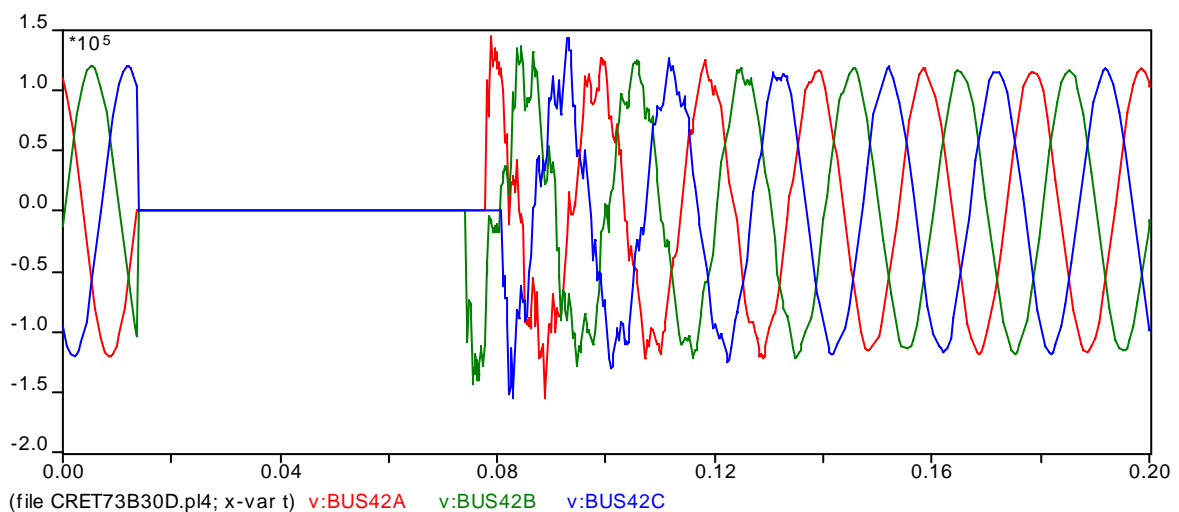
**Σχήμα 4.8** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS34 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



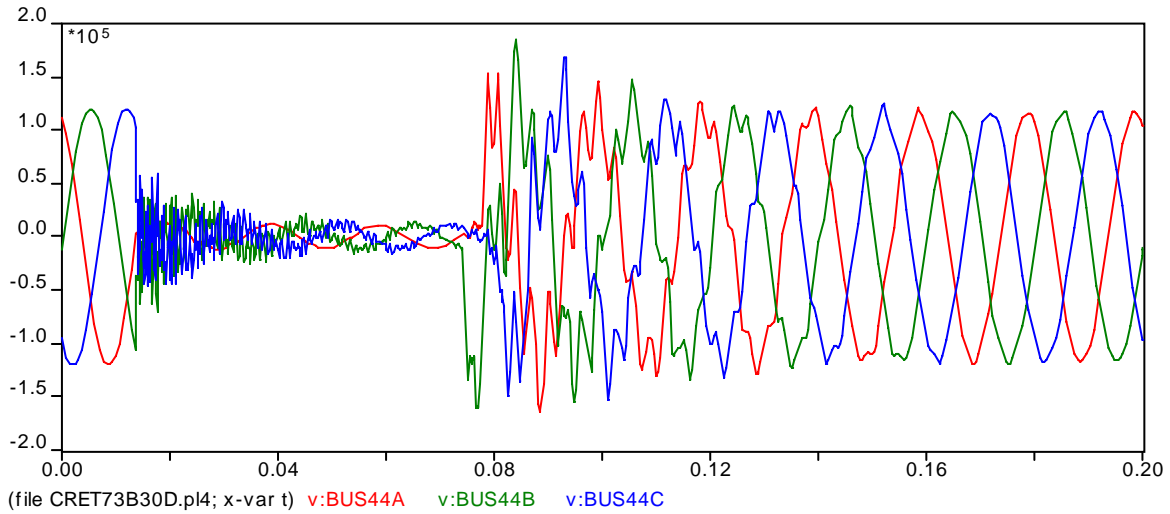
**Σχήμα 4.9** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS37 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



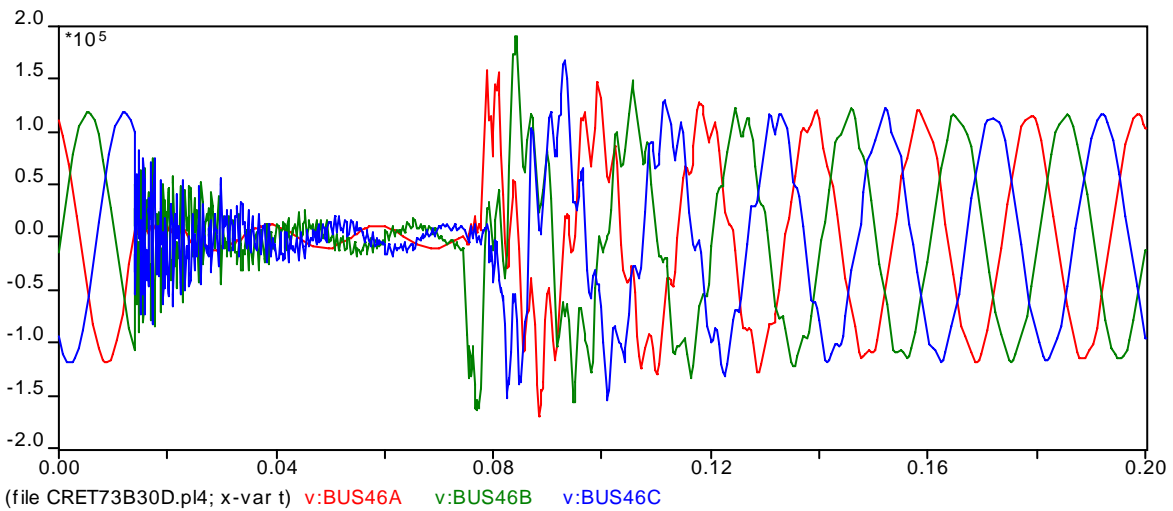
**Σχήμα 4.10** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS40 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



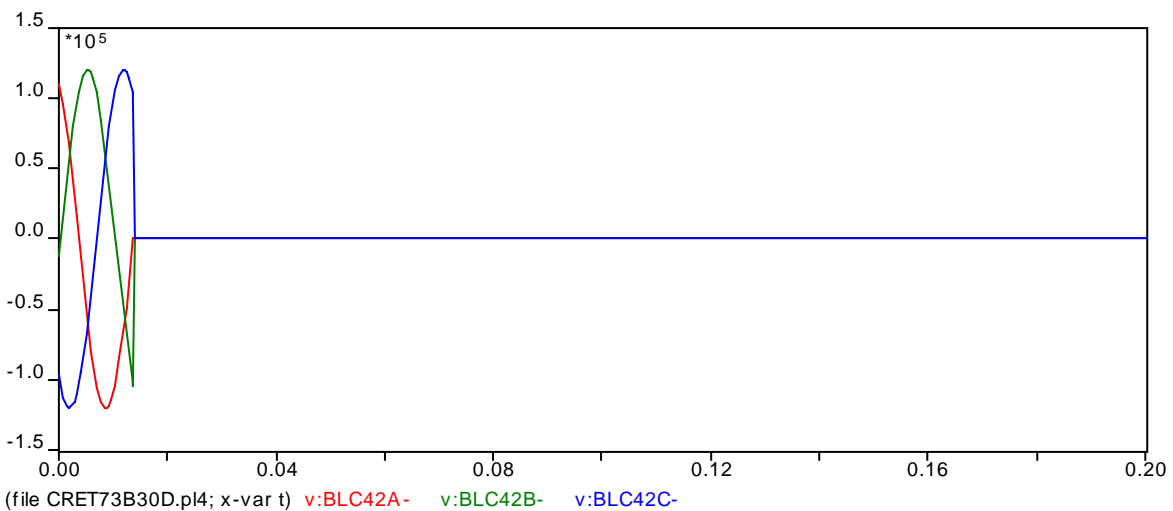
**Σχήμα 4.11** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



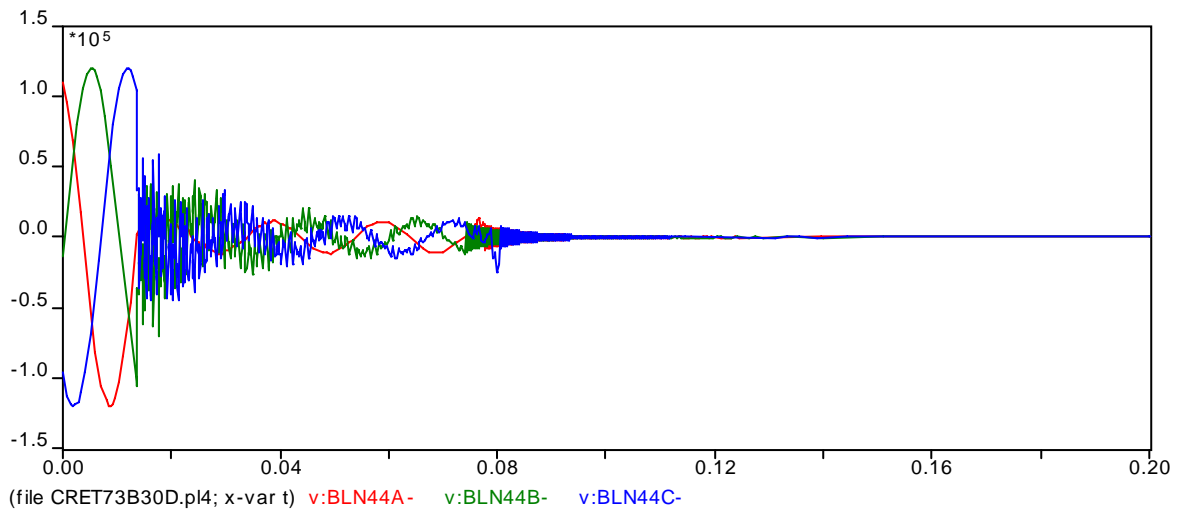
**Σχήμα 4.12 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



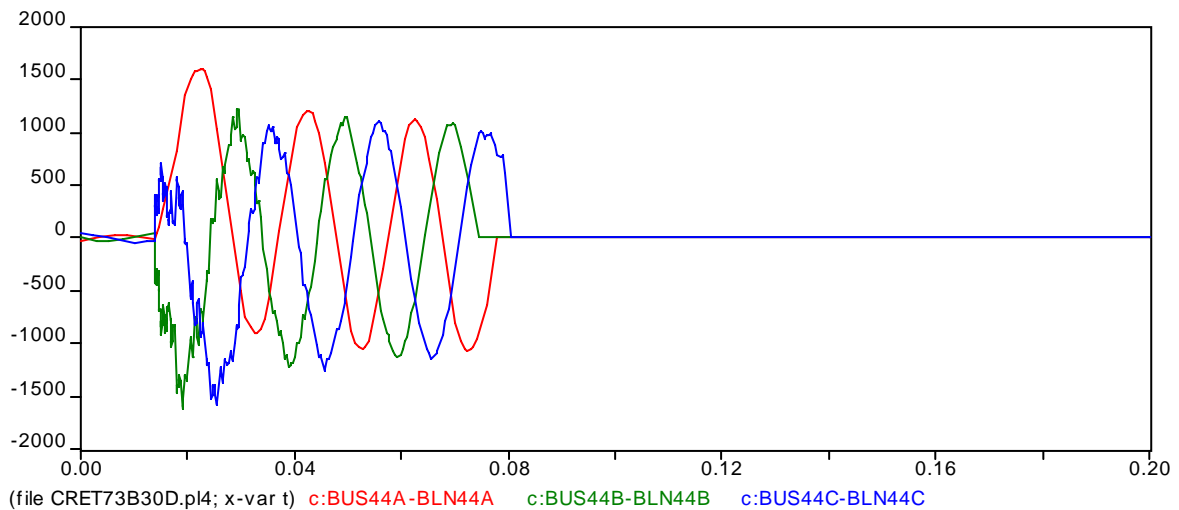
**Σχήμα 4.13 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS46 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



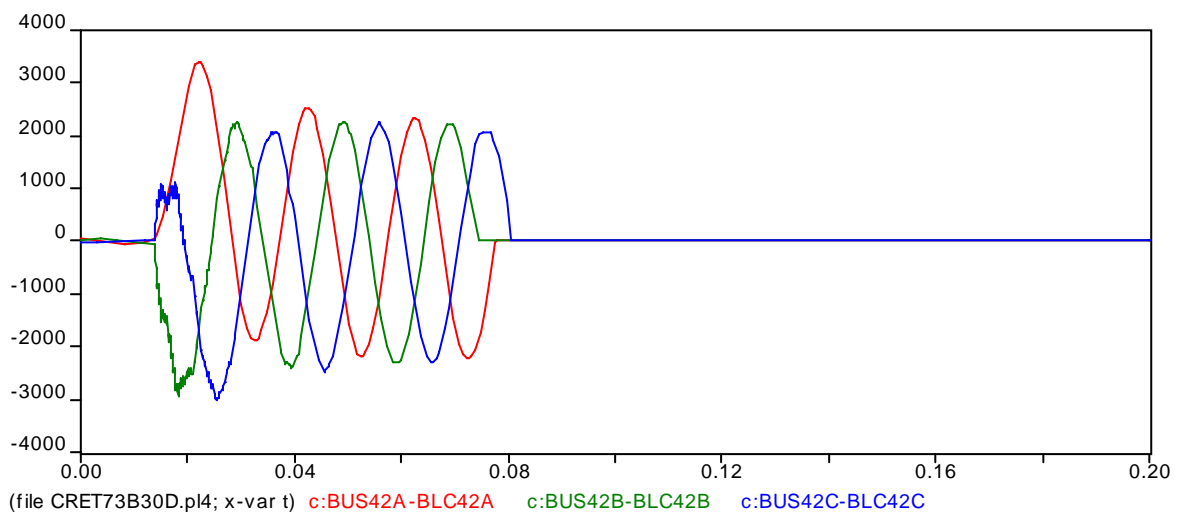
**Σχήμα 4.14 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLC42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



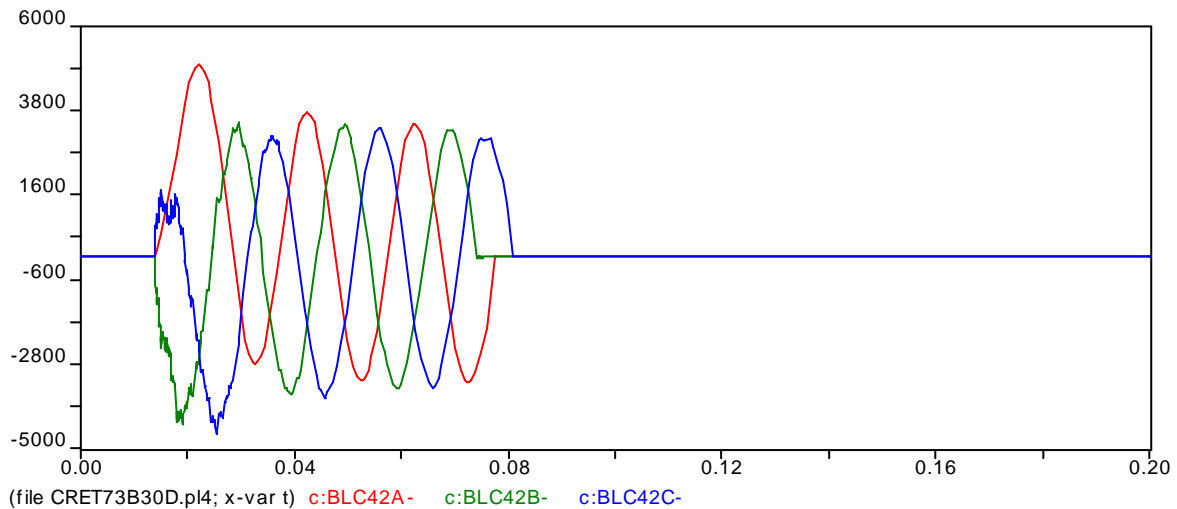
**Σχήμα 4.15** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLN44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.16** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.17** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.18 :** Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αριθμητικά αποτελεσμάτα. Μόνο αρχικά θα ορίσουμε ορισμένα μεγέθη που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια. Πρώτα από όλα για να εκφράσουμε σε ανά μονάδα την τιμή  $V_a$  της αντίστοιχης καταγραφείσας τάσης κορυφής  $V_p$  της προκύπτουσας κυματομορφής, θα χρησιμοποιήσουμε την ακόλουθη σχέση που τη συνδέει με τη βασική πολική τάση  $V_B$  κάθε ζυγού :

$$V_a = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{V_p}{V_B} \quad (4.3-1)$$

Αντίστοιχα για να προσδιορίσουμε την τιμή  $I_a$  του ρεύματος ανά μονάδα μέσω της καταγραφείσας τιμής κορυφής ρεύματος  $I_p$ , θα χρησιμοποιήσουμε την βάση έντασης  $I_B$  του δικτύου υψηλής τάσης  $V_B$  των 150 kV με βάση ισχύος  $S_B$  100MVA, η οποία, ως γνωστό, δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}V_B} \quad (4.3-2)$$

και είναι ίση με 384,9 A. Συνεπώς για το  $I_a$  έχουμε ότι :

$$I_a = \frac{I_p}{\sqrt{2}I_B} \quad (4.3-3)$$

3)

Τέλος πρέπει να ορίσουμε τον όρο «μεταβολή» της καταγραφείσας τάσης  $V_a$  ως προς την αρχική τάση του ζυγού  $V_{ai}$  πριν την εκδήλωση σφάλματος είτε πρόκειται για τη μόνιμη -μετά από 2 κύκλους- ή τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος, είτε για τη μόνιμη -μετά από 5 κύκλους- ή τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών :

$$\text{μεταβολή} = 100\% \cdot \left( \frac{V_a}{V_{ai}} - 1 \right) \quad (4.3-4)$$

Ειδικά για τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών, μπορούμε να ορίσουμε και τον όρο «αλλαγή», ο οποίος μας δίνει το ποσοστό μεταβολής της τάσης του ζυγού  $V_o$ , όπως προκύπτει από την παρούσα εκτέλεση του προγράμματος EMTP, ως προς την αντίστοιχη τάση  $V_i$  που προκύπτει από την εκτέλεση του προγράμματος ροής φορτίου χωρίς την επίμαχη γραμμή, όπως έχει παρουσιαστεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, και δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$\text{αλλαγή} = 100\% \cdot \left( \frac{V_o}{V_i} - 1 \right) \quad (4.3-5)$$

Ακολουθούν οι πίνακες με συγκεντρωμένα τα αριθμητικά αποτελέσματα :

Ζυγός	TRV (kV)	RRRV (kV/μs)	$V_o$ (kV)	TRV (α.μ.)	RRRV (α.μ./μs)	$V_o$ (α.μ.)
BLC42-BUS42	155,49	311,11	117,71	1,2696	2,5402	0,9611
BLN44-BUS44	186,23	225,53	128,60	1,5206	1,8414	1,0500

**Πίνακας 4.2 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0 - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε διακόπτες προστασίας

Μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα			Μεταβατική τάση μετά τη λειτουργία διακοπών			Τάση μετά από 5 κύκλους από λειτουργία διακόπτη			
Ζυγός	$V_f$ (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	$V_{mm}$ (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	$V_o$ (α.μ.)	μεταβολή (%)	αλλαγή (%)
BUS42	0,0000	-100,00	BUS46	1,5633	61,07	BUS46	0,9492	-2,20	-1,80
BLC42	0,0000	-100,00	BUS44	1,5097	54,10	BUS42	0,9573	-2,30	-2,17
BUS46	0,0899	-90,74	BUS34	1,2821	26,86	BUS44	0,9585	-2,17	-1,85
BLN44	0,0901	-90,80	BUS42	1,2696	29,56	BUS37	0,9697	-2,87	-3,65
BUS44	0,0901	-90,80	BUS40	1,2407	24,33	BUS40	0,9755	-2,25	-2,15
BUS40	0,2561	-74,33	BUS30	1,1977	14,46	BUS34	0,9890	-2,14	-1,96
BUS34	0,4370	-56,76	BUS22	1,1944	17,49	BUS22	0,9985	-1,79	-1,77
BUS30	0,6102	-41,68	BUS23	1,1709	10,09	BUS30	1,0241	-2,14	-2,06
BUS37	0,6550	-34,40	BUS21	1,1560	8,08	BUS29	1,0305	-2,85	-2,90
BUS29	0,7167	-32,43	BUS29	1,1212	5,71	BUS23	1,0444	-1,81	-1,79
BUS23	0,8330	-21,69	BUS37	1,0653	6,71	BUS21	1,0500	-1,82	-1,80
BUS21	0,8377	-21,67	BLN44	0,2075	-78,82				
BUS22	0,8685	-14,57	BLC42	0,0000	-100,00				

**Πίνακας 4.3 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0 - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε ζυγούς υψηλής & μέσης τάσης

Ρεύματα	$I_{f'}$ (A)	$I_f$ (A)	$I_{mm}$ (A)	$I_o$ (A)	$I_{f'}$ (α.μ.)	$I_f$ (α.μ.)	$I_{mm}$ (α.μ.)	$I_o$ (α.μ.)
BLN42-BUS42	3395,5	2240,0	0,0	0,0	8,822	5,820	0,000	0,000
BLN44-BUS44	1619,0	1067,3	0,0	0,0	4,206	2,773	0,000	0,000
BLN42-earth	5007,1	3289,1	3078,0	± 22,0	13,009	8,545	7,997	± 0,057

**Πίνακας 4.4 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0 - Ρεύματα από διακόπτες

Επιθυμώντας να επεξηγήσουμε αναλυτικότερα τους πιο πάνω πίνακες μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής :

- Για τον πίνακα 4.2 με τις αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς συμβολίζουμε με :

- ◊  $TRV$  τη μεταβατική τάση αποκατάστασης είτε σε kV, είτε σε α.μ.,

- ◊  $RRRV$  το ρυθμό ανόδου της τάσης αποκατάστασης είτε σε kV/μsec, είτε σε α.μ./μsec,

- ◊  $V_o$  τη μόνιμη τάση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας είτε σε kV, είτε σε α.μ..

- Για τον πίνακα 4.3 με τις αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους ζυγούς του δικτύου συμβολίζουμε με :

- ◊  $V_f$  την τάση του ζυγού κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα και πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας σε α.μ.,

- ◊ μεταβολή (%) της  $V_f$  είναι το αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής της  $V_f$  ως προς την αρχική τάση πριν την επίδραση του σφάλματος, όπως προκύπτει από την αντικατάσταση του  $V_a$  με  $V_f$  στη σχέση (4.3-4),

- ◊  $V_{mm}$  την τάση του ζυγού κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας σε α.μ.,

- ◊ μεταβολή (%) της  $V_{mm}$  είναι το αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής της  $V_{mm}$  ως προς την αρχική τάση πριν την επίδραση του σφάλματος, όπως προκύπτει από την αντικατάσταση του  $V_a$  με  $V_{mm}$  στη σχέση (4.3-4),

- ◊  $V_o$  την τάση του ζυγού κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας σε α.μ.,

- ◊ μεταβολή (%) της  $V_o$  είναι το αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής της  $V_o$  ως προς την αρχική τάση πριν την επίδραση του σφάλματος, όπως προκύπτει από την αντικατάσταση του  $V_a$  με  $V_o$  στη σχέση (4.3-4),

- ◊ αλλαγή (%) της  $V_o$  είναι το αντίστοιχο ποσοστό μεταβολής της  $V_o$  ως προς την τάση του ζυγού, αν εφαρμόζαμε το πρόγραμμα ροής φορτίου χωρίς τη βλαβείσα γραμμή μεταφοράς, όπως προκύπτει από τη σχέση (4.3-5).

- Για τον πίνακα 4.4 με τα ρεύματα πάνω στους διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς έχουμε ότι συμβολίζουμε με :

- ◊  $I_f$  το μεταβατικό ρεύμα κατά την έναρξη του σφάλματος είτε σε A, είτε σε α.μ.,

- ◊  $I_f$  το μόνιμο ρεύμα μετά την έναρξη του σφάλματος είτε σε A, είτε σε α.μ.,

- ◊  $I_{mm}$  το μεταβατικό ρεύμα αμέσως μετά την έναρξη λειτουργίας των διακοπών προστασίας είτε σε A, είτε σε α.μ.,

- ◊  $I_o$  το ρεύμα μετά το άνοιγμα και των τριών φάσεων των διακοπών προστασίας είτε σε A, είτε σε α.μ..

Επίσης τονίζουμε ότι στην περίπτωση του πίνακα 4.3 έχουμε ταξινομήσει τις τάσεις κατά την τοποθέτησή τους. Συγκεκριμένα κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα έχουμε ταξινομήσει τις τάσεις σε αύξουσα σειρά, ώστε να δείξουμε άμεσα τους ζυγούς που έχουν επηρεαστεί περισσότερο από το σφάλμα. Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας έχουμε ταξινομήσει τις τάσεις σε φθίνουσα σειρά, ώστε να προσδιορίσουμε τους ζυγούς εκείνους που καταπονούνται πιο έντονα από τα φαινόμενα των μεταβατικών υπερτάσεων. Τέλος για τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών έχουμε ταξινομήσει τις τάσεις σε φθίνουσα σειρά, ώστε να μελετήσουμε τη μείωση της τάσης στους ζυγούς μετά την απομόνωση του σφάλματος.

Σημειώνουμε επίσης ότι οι ζυγοί BLC42 και BLN44 είναι τα απομονωμένα άκρα της βλαβείσας γραμμής μεταφοράς προς Άγιο Νικόλαο και Ιεράπετρα αντίστοιχα. Πριν τη λειτουργία των διακοπών ταυτίζονται με τους αντίστοιχους ζυγούς BUS42 και BUS44, ενώ έπειτα από τη λειτουργία των διακοπών απομονώνονται από το υπόλοιπο σύστημα.

Τέλος πρέπει να τονίσουμε ότι σε όλους τους πίνακες έχουν καταγραφεί σε κάθε περίπτωση η δυσμενέστερη περίπτωση από τις τρεις φάσεις, δηλαδή η μεγαλύτερη βύθιση τάσης κατά το μόνιμο σφάλμα και η μεγαλύτερη υπέρταση που παρουσιάζεται κατά το άνοιγμα των διακοπών. Η τελική τιμή της τάσης μόνιμης κατάστασης μετά από τη λειτουργία των διακοπών προστασίας προκύπτει από τη μέση τιμή των τριών φάσεων.

Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη μας τις γραφικές παραστάσεις και τους πίνακες 4.2 ως 4.4 θα προχωρήσουμε σε σχολιασμό της συμπεριφοράς του δικτύου ως προς το τριφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος που συνέβη στο άκρο της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας προς τον Άγιο Νικόλαο κατά τη χρονική στιγμή που η τάση στη φάση Α είναι ίση με μηδέν. Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τις τάσεις των διαφόρων ζυγών βασικά σε τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς, χωρίς όμως να είναι δυνατό να προσδιοριστεί αριθμητικά λόγω των έντονων μεταβατικών φαινομένων και της μη ημιτονικής μορφής των τάσεων.

- ◊ Παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα αρμονικών που επηρεάζονται θετικά από την αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων –ύπαρξη γραμμών μεταφοράς- προκαλώντας έντονα φαινόμενα αποσβεννύμενων ταλαντώσεων και αρνητικά από την ύπαρξη μεγάλων ωμικών αντιστάσεων, παραδείγματος χάρη μετασχηματιστές. Γι'αυτό άλλωστε στους ζυγούς μέσης τάσης του Ηρακλείου I -BUS37- έχουμε λιγότερο έντονες αρμονικές σε σχέση με τους γειτονικούς ζυγούς.

- ◊ Σε ορισμένους ζυγούς υψηλής τάσης -συγκεκριμένα στα Χανιά και στο Καστέλι- παρουσιάζεται το φαινόμενο κατά τη διάρκεια των έντονων μεταβατικών να δημιουργούνται σημαντικές υπερτάσεις, μεγαλύτερες και από εκείνες που θα προκληθούν από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας στην απομακρυσμένη από αυτούς γραμμή μεταφοράς.

Ζυγός	$V_{F^*}$ (α.μ.)	μεταβολή (%)
BUS21	1,2213	14,19
BUS22	1,2908	26,96
BUS23	1,4772	38,88

**Πίνακας 4.5 :** Υπερτάσεις ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα

Κάνοντας σύγκριση των τιμών των πινάκων 4.3 και 4.5 προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι υπερτάσεις κατά την έναρξη του σφάλματος για τους απομακρυσμένους ζυγούς είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες, όταν ανοίγουν οι διακόπτες προστασίας, μέχρι και 0,3 α.μ..

- ◊ Τα ρεύματα παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα και ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Δεν έχουν πλήρως ημιτονική μορφή, αλλά πάνω τους υπερτίθενται ορισμένες αρμονικές, όχι του ίδιου μεγέθους όμως με τις αντίστοιχες των τάσεων των γειτονικών ζυγών.

- ◊ Το σφάλμα τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο της γραμμής φθάνοντας τις τιμές των 3400 A και των 1620 A αντίστοιχα. Δεν φθάνουν τη μέγιστη τιμή συγχρόνως, αλλά σε πολύ κοντινές χρονικές στιγμές -διαφέρουν δέκατα του χιλιοστού του δευτερολέπτου.

- ◊ Υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών A, αφού το ρεύμα που διαρρέει το «διακόπη βραχυκύκλωσης» δεν είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των άκρων της γραμμής.



• Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Γι' αυτό άλλωστε ο ζυγός των Χανίων μέσης τάσης -BUS22- έχει επηρεαστεί λιγότερο σε σχέση με όλους τους άλλους, αφού είναι ουσιαστικά ο πιο απομακρυσμένος ζυγός από το σφάλμα μαζί με τον αντίστοιχο του Ρεθύμνου.

◊ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς και από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος.

◊ Η βύθιση τάσης που εμφανίζεται στους ζυγούς επηρεάζεται επίσης και από την πτώση τάσης κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς, γι' αυτό ο ζυγός της Σητείας, αν και πιο μακριά από το σφάλμα σε σχέση με τον αντίστοιχο της Ιεράπετρας, παρουσιάζει μικρότερη τάση κατ' απόλυτη τιμή. Ωστόσο η μεταβολή ως προς την αρχική τιμή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη της Ιεράπετρας.

◊ Η μεταβολή κυμαίνεται από το -100% στο σημείο βραχυκύκλωσης ως το -15% περίπου στους πιο απομακρυσμένους ζυγούς.

◊ Κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται όλοι οι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα. Δηλαδή η εμβέλεια του βραχυκυκλώματος σε εκείνο το σημείο του δικτύου της Κρήτης είναι ουσιαστικά περίπου 170 km μεικτής γραμμής μεταφοράς των 150 kV -100 km διπλού κυκλώματος διατομής 636 mm<sup>2</sup> και 70 km απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>. Πέρα από αυτήν την απόσταση η διαταραχή γίνεται αισθητή λόγω του μεγέθους της μεταβολής της -γύρω στο -20%- , αλλά η τάση κυμαίνεται σε επιτρεπτά όρια.

◊ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν λάβει στις περισσότερες πλήρως την ημιτονική τους μορφή.

◊ Τα ρεύματα δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή.

◊ Το σφάλμα συνεχίζει να τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 2240 A και των 1070 A αντίστοιχα, έχοντας σχεδόν συγχρόνως τη μέγιστη τιμή.

◊ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις καταναεμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του A.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,5 α.μ.. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη, καθώς στην περίπτωση του διακόπτη BLC42-BUS42 ο ζυγός BLC42 είναι το άκρο της γραμμής μεταφοράς που ουσιαστικά έχει συνδεθεί με τη γη, οπότε μονίμως έχει τάση 0, με συνέπεια ο αντίστοιχος διακόπτης να «βλέπει» μόνο την τάση του ζυγού του Αγίου Νικολάου. Αντίθετα ο διακόπτης BLN44-BUS44 αντιμετωπίζει δυσμενέστερες συνθήκες, καθώς και τα δύο άκρα του βρίσκονται υπό τάση, γι' αυτό παρουσιάζει και υψηλότερη τάση αποκατάστασης.

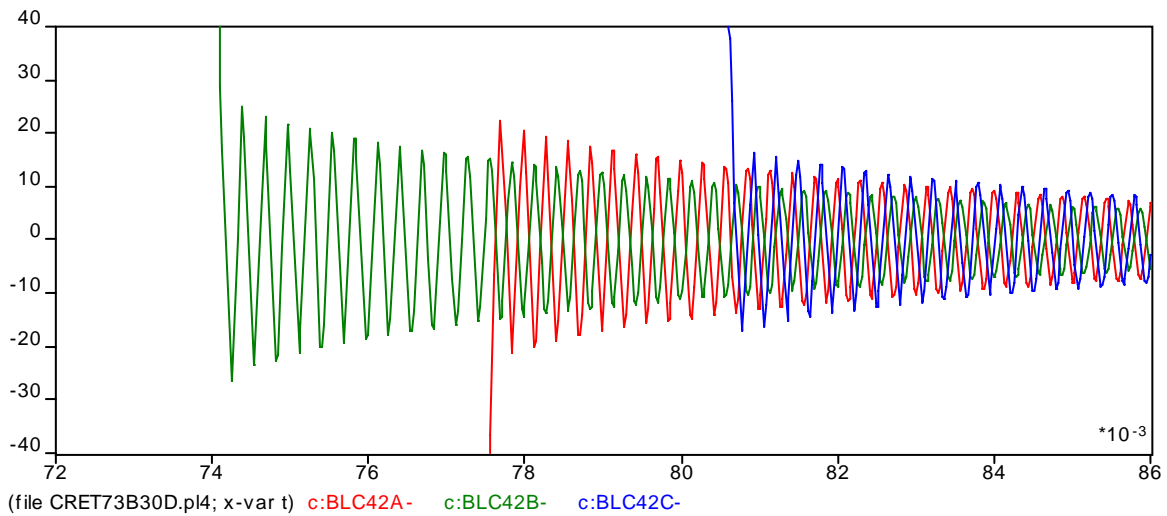
◊ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 2,5 α.μ./μsec. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη και κυρίως από τα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία που είναι συνδεδεμένα με τους αντίστοιχους ζυγούς.

- ◇ Οι τιμές της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης λαμβάνουν συνηθισμένες τιμές.
- ◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Συγκεκριμένα οι ζυγοί, όπως της Σητείας, της Ιεράπετρας και των Μοιρών -BUS46, BUS44 και BUS34 αντίστοιχα- παρουσιάζουν υπερτάσεις που φθάνουν μέχρι το 1,56 α.μ.. Αντίθετα οι απομακρυσμένοι ηλεκτρικά ζυγοί επηρεάζονται λιγότερο, όπως όλοι οι ζυγοί παραγωγής.
- ◇ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν και το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν, γι' αυτό άλλωστε οι ζυγοί των Λινοπεραμάτων Β και του Ηρακλείου Ι - BUS29 και BUS37- επηρεάζονται λιγότερο.
- ◇ Επηρεάζουν ακόμη οι αρχικές συνθήκες, στις οποίες βρίσκονταν πριν το άνοιγμα των διακοπών προστασίας οι ζυγοί, και το μέγεθος των χωρητικών στοιχείων που είναι κοντά τους. Εξαιτίας τούτου ο ζυγός της Σητείας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη υπέρταση, αφού ο πυκνωτής που είναι συνδεδεμένος με τον αντίστοιχο ζυγό μέσης τάσης είναι ποσοστιαία μεγαλύτερος ως προς το φορτίο του ίδιου ζυγού σε σχέση με τους υπόλοιπους ζυγούς. Την κατάσταση αυτή επιβαρύνει και το γεγονός της μικρής απόστασης από το σημείο του σφάλματος.
- ◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Εξαιτίας τούτων λαμβάνουμε τις μεγαλύτερες μεταβολές κοντά στο σημείο του σφάλματος.
- ◇ Παρατηρούμε ότι στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- η τάση είναι διπλάσια σε σχέση με τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος, αλλά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη αρχική, με συνέπεια να μην μας δημιουργεί κανένα πρόβλημα.
- ◇ Η μεταβολή κυμαίνεται από το 6% στους απομακρυσμένους ζυγούς -ζυγός Χανίων, Λινοπεραμάτων Β και Ηρακλείου Ι ( BUS21, BUS29 και BUS37 ) - ως το 61% περίπου στους πιο κοντινούς, προς τους διακόπτες προστασίας, ζυγούς.
- ◇ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν έντονα φαινόμενα αρμονικών, αρκετά μικρότερου όμως βαθμού σε σχέση με τις αρμονικές που παρουσιάστηκαν κατά την έναρξη του σφάλματος. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, στην αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων που «βλέπει» ο κάθε ζυγός.
- ◇ Τα ρεύματα παρουσιάζουν πολύ μικρά μεταβατικά φαινόμενα από τη στιγμή που η πρώτη φάση –στην προκειμένη περίπτωση λόγω της χρονικής στιγμής που επιλέξαμε είναι η φάση Β- μηδενισθεί και διακοπεί. Αυτό έχει ως συνέπεια το κύκλωμα να πάψει να είναι συμμετρικό και να δημιουργούνται ασυμμετρίες και ως προς τα ρεύματα, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να μας οδηγήσουν σε ρεύματα μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της μόνιμης κατάστασης σφάλματος. Επίσης η όλη διαδικασία διαρκεί λιγότερο από 7 msec –περίπου το 1/3 μίας περιόδου των 50 Hz.
- ◇ Από το σημείο βραχυκύκλωσης συνεχίζει η κυκλοφορία ρεύματος, μέσω της οποίας ξεκινά η εκφόρτιση της γραμμής μεταφοράς. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η συχνότητα ταλάντωσης της γραμμής μεταφοράς δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$f = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \quad (4.3-6)$$

τότε παρούσα περίπτωση, επειδή η ισοδύναμη επαγωγή είναι 29,79995 mH και η αντίστοιχη χωρητικότητα 0,17273/3 μF, -καθώς σύμφωνα με το άρθρο [A1] η

χωρητικότητα κατά μήκος της γραμμής κατανέμεται ομοιόμορφα, οπότε η ισοδύναμη τιμή της προκύπτει από κέντρο βάρους του τριγώνου- υπολογίζουμε ότι η ιδιοσυχνότητα είναι ίση με 3,84 kHz. Αν λάβουμε υπόψη μας τη συχνότητα των αντίστοιχων ταλαντώσεων των ρευμάτων εκφόρτισης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη παράσταση,



**Σχήμα 4.19** : Μεγεθυμένη Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

τότε προκύπτει ότι η αντίστοιχη συχνότητα είναι ίση με 3,784 kHz, τιμή αρκετά κοντινή με την αντίστοιχη θεωρητική.

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά μήκος των διακοπών είναι κοντά στη 1 α.μ.. Στο διακόπτη BLC42-BUS42 είναι ουσιαστικά ίση με την αντίστοιχη του ζυγού BUS42, ενώ στο διακόπτη BLN44-BUS44 είναι ακόμη λιγάκι υψηλότερη από την τάση του αντίστοιχου ζυγού, καθώς δεν έχει ολοκληρωθεί η εκφόρτιση της γραμμής.

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών έχουν λάβει λογικές τιμές και όσο απομακρυνόμαστε από τους ζυγούς παραγωγής, τόσο μειώνεται περισσότερο η τιμή τους, χωρίς όμως να λαμβάνουν επικίνδυνες τιμές για τη λειτουργία του δικτύου. Γενικά παρατηρούμε μία μείωση της τάσης στους ζυγούς ως προς εκείνες που είχαν προ του βραχυκυκλώματος κατά ένα ποσοστό του 1,5 με 3%, όπως φαίνεται άλλωστε από τη «μεταβολή» στην «τάση μετά από 5 κύκλους από τη λειτουργία του διακόπτη» του πίνακα 4.3.

- ◊ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν στη διαμόρφωση των τελικών τιμών στις τάσεις του δικτύου, εκτός από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν και τις τάσεις και τα ρεύματα, τα οποία δημιούργησε το βραχυκύκλωμα, οι αντιδράσεις των γεννητριών καθ'όλη τη διάρκεια του σφάλματος και της απομόνωσής του, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται από τους συντελεστές αδρανείας και από τα εσωτερικά τους ηλεκτρικά στοιχεία. Γι'αυτό άλλωστε οι τελικές τάσεις του δικτύου διαφέρουν κατά ένα ποσοστό -2%, όπως φαίνεται και από τη στήλη «αλλαγή» του πίνακα 4.3, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης, δηλαδή η γεννήτρια 4.

- ◊ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν λάβει την ημιτονική τους μορφή και σχεδόν όλες έχουν πάρει τις τελικές τους τιμές.

- ◊ Από το διακόπτη βραχυκύκλωσης τα ρεύματα των τριών φάσεων συνεχίζουν να ταλαντώνονται, αλλά λαμβάνοντας πλέον πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του Α. Ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της γραμμής, όπως φαίνεται και από τις τάσεις ως προς γη στα άκρα της.

#### **4.4 Τριφασικό Βραχυκύκλωμα στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας όταν η Τάση της Φάσης Α είναι στο Μέγιστο**

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το τριφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος που πραγματοποιείται στο άκρο προς τον Άγιο Νικόλαο -BUS42 στο σχήμα 2.1 του κεφαλαίου 2- της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας -LINE 16 ανάμεσα στους ζυγούς BUS42 και BUS44, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1- κατά τη χρονική στιγμή 0,01869 sec από τη στιγμή έναρξης εκτέλεσης του προγράμματος, δηλαδή όταν η φάση Α έχει τη μέγιστη τιμή της. Σημειώνουμε ότι το τριφασικό βραχυκύκλωμα θα προσομοιωθεί με τη βοήθεια ενός ιδανικού τριφασικού διακόπτη που συνδέει το σημείο βραχυκύκλωσης με τη γη, όπως συνέβη άλλωστε και στην προηγούμενη παράγραφο.

Οι αρχικές συνθήκες ομαλής λειτουργίας του δικτύου είναι εκείνες της υψηλής φόρτισης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τη βοήθεια του προγράμματος ροής φορτίου.

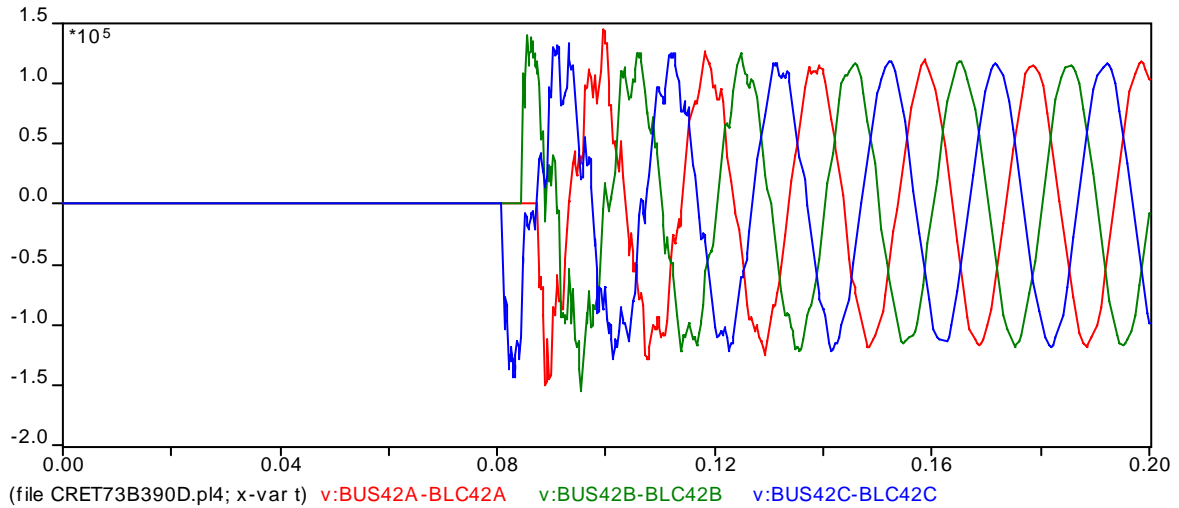
Αφού πραγματοποιηθεί το σφάλμα, θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν οι τριπολικόι διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς, ώστε να αντιμετωπισθεί το βραχυκύκλωμα και να απομονωθεί από το υπόλοιπο δίκτυο. Οι παραδοχές ως προς το είδος και τη λειτουργία των διακοπών είναι ίδιες με της παραγράφου 4.3. Απλώς η εντολή για το άνοιγμα των διακοπών προστασίας δίνεται και πάλι σε τρεις κύκλους μετά από την εκδήλωση του σφάλματος, δηλαδή τη χρονική στιγμή 0,07869 sec αντί των 0,07369 sec. Το ποια φάση θα ανοίξει πρώτη και το πότε εξαρτάται από την αλληλοδιαδοχή των φάσεων και τις θέσεις ως προς το μηδέν, στις οποίες θα βρεθούν τα αντίστοιχα ρεύματα που διαρρέουν τους διακόπτες προστασίας.

Στην παρούσα περίπτωση, όπως και στην παράγραφο 4.3, θα μελετήσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και ενδεικτικά σε ορισμένους ζυγούς μέσης. Συγκεκριμένα θα καταγράψουμε τις αναπτυσσόμενες μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης και τους ρυθμούς ανόδου της τάσης αποκατάστασης πάνω στους διακόπτες προστασίας, τις τιμές των τάσεων στους ζυγούς κατά τη διάρκεια του μόνιμου σφάλματος, κατά το μεταβατικό στάδιο μετά από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας και έπειτα από πέντε κύκλους, όταν έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ομαλή και μόνιμη λειτουργία του συστήματος. Ακόμη θα προσδιορίσουμε τα ρεύματα τροφοδότησης του σημείου βραχυκύκλωσης από τα δύο άκρα της γραμμής καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου, όπως επίσης και το συνολικό ρεύμα κάθε φάσης με το οποίο τροφοδοτείται ο «διακόπτης βραχυκύκλωσης» πριν το κοινό κόμβο προς γη.

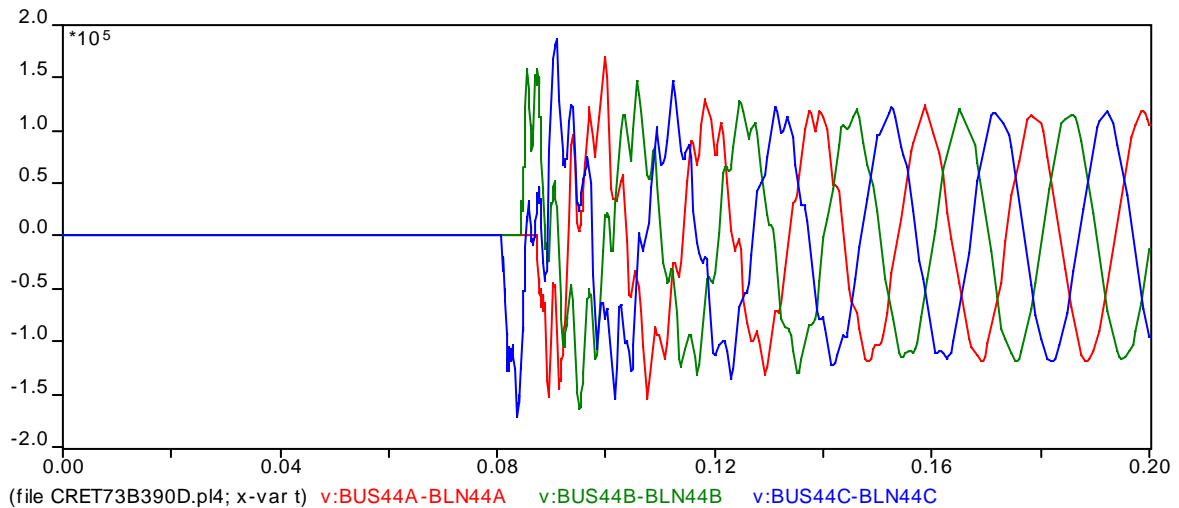
Πριν όμως μελετήσουμε τα αριθμητικά αποτελέσματα αυτής της εκτέλεσης του προγράμματος, είναι αναγκαίο να παρουσιάσουμε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των τάσεων και των ρευμάτων του δικτύου. Αναλυτικότερα για την παρούσα περίπτωση θα δειχθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που παρουσιάσαμε και στην περίπτωση της παραγράφου 4.3, δηλαδή τις αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους δύο διακόπτες προστασίας και ως προς τις τρεις φάσεις, τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης -Χανίων, Καστελίου, Λινοπεραμάτων Α και Β, Μοιρών, Ηρακλείου Ι, ΙΙ, Σταλίδας, Σητείας, Αγίου Νικολάου, Ιεράπετρας- και σε ορισμένους ζυγούς μέσης τάσης -Χανίων και Ηρακλείου Ι- και ως προς τις τρεις φάσεις, τα ρεύματα πάνω στους διακόπτες προστασίας και στο διακόπτη βραχυκύκλωσης και στις τρεις φάσεις.

Παράλληλα διατηρήθηκε η ίδια χρωματολογία των φάσεων είτε πρόκειται για τάσεις, είτε για ρεύματα, και ως προς τις τρεις φάσεις που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις.

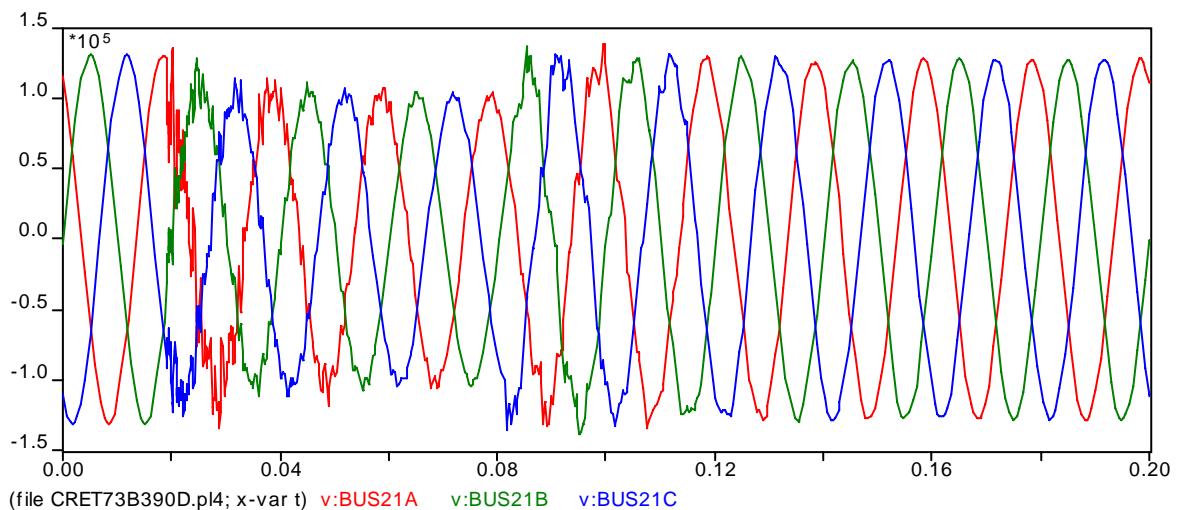
Επίσης έγινε μία συστηματική προσπάθεια να τοποθετηθούν οι παραστάσεις πλήρως συγχρονισμένες για τους δέκα κύκλους μελέτης όλου του φαινομένου, δηλαδή για τα 200 msec εκτέλεσης του υπολογιστικού προγράμματος EMTP.



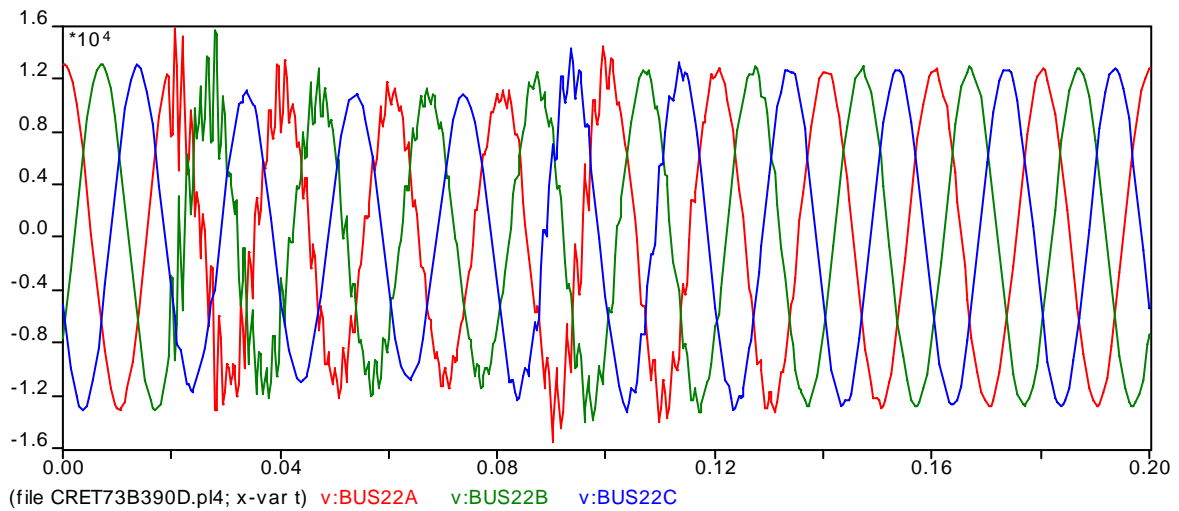
**Σχήμα 4.20** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



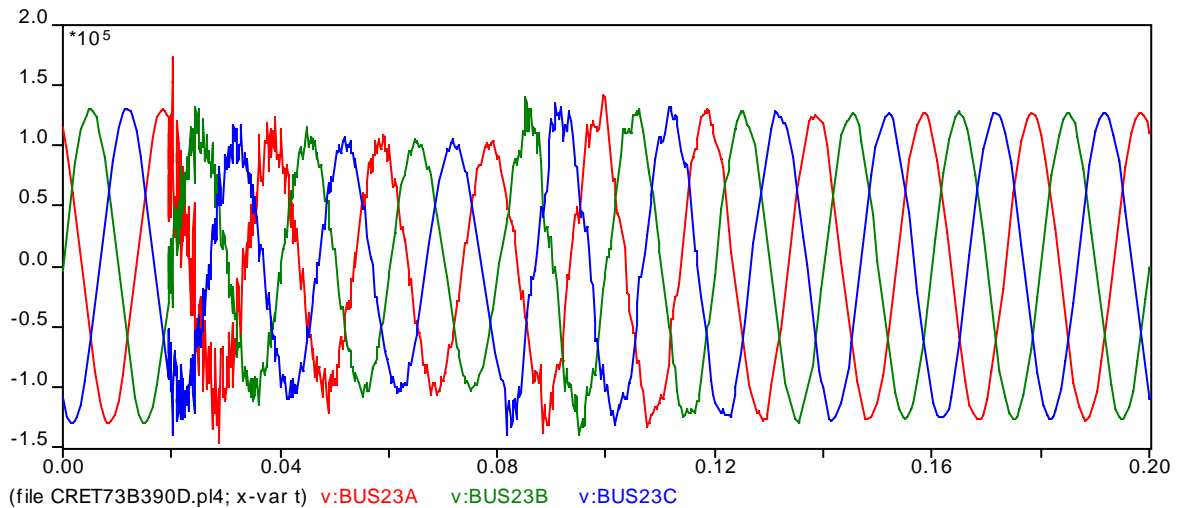
**Σχήμα 4.21** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



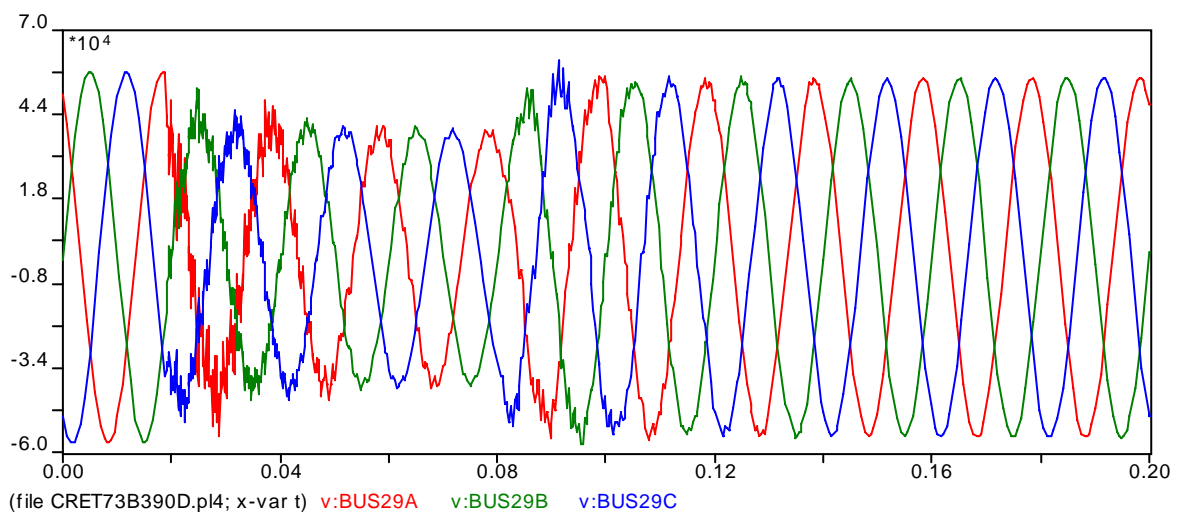
**Σχήμα 4.22** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS21 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



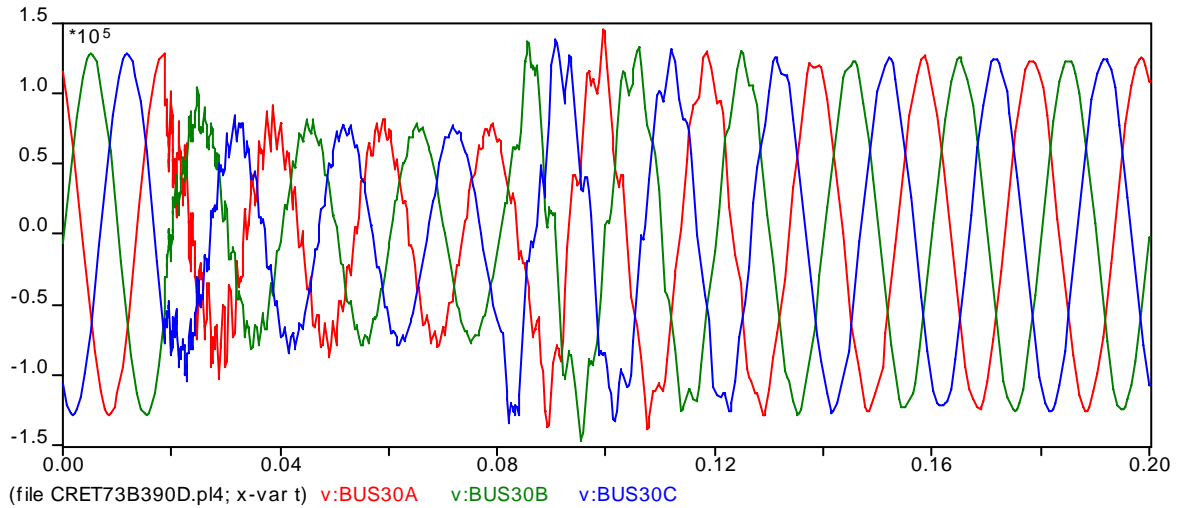
**Σχήμα 4.23** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS22 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



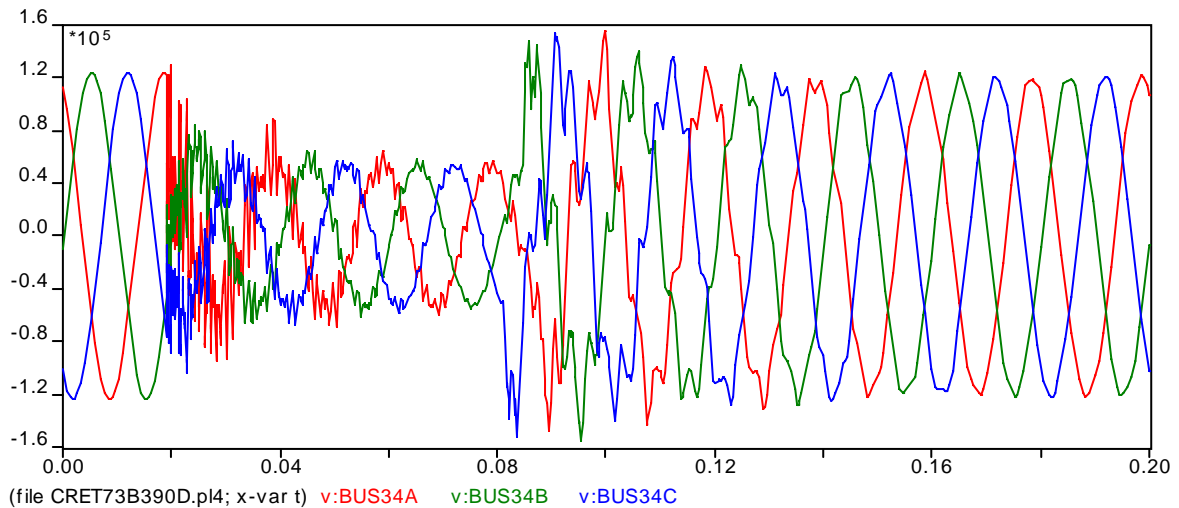
**Σχήμα 4.24** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS23 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



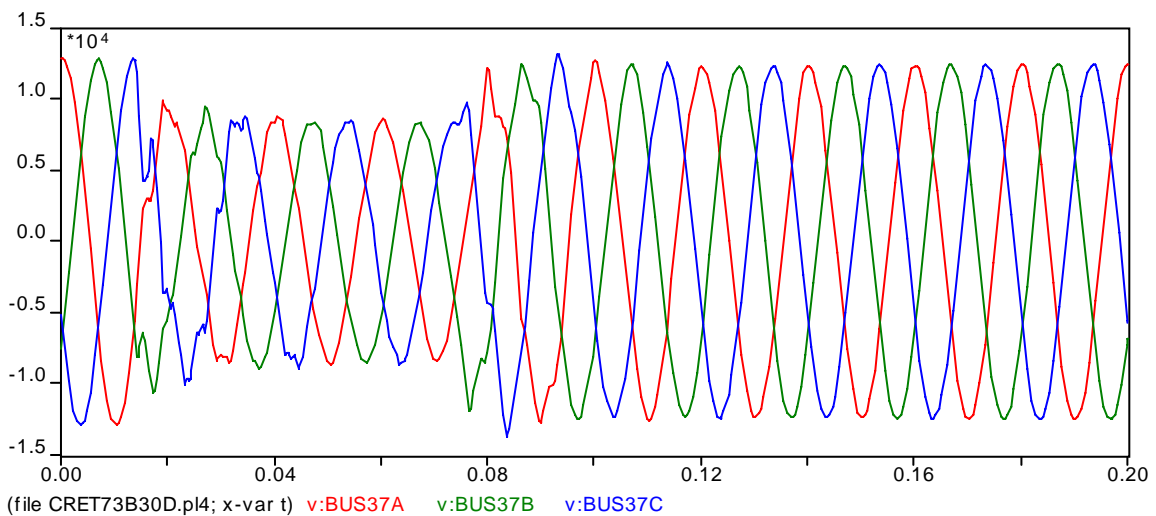
**Σχήμα 4.25** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS29 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



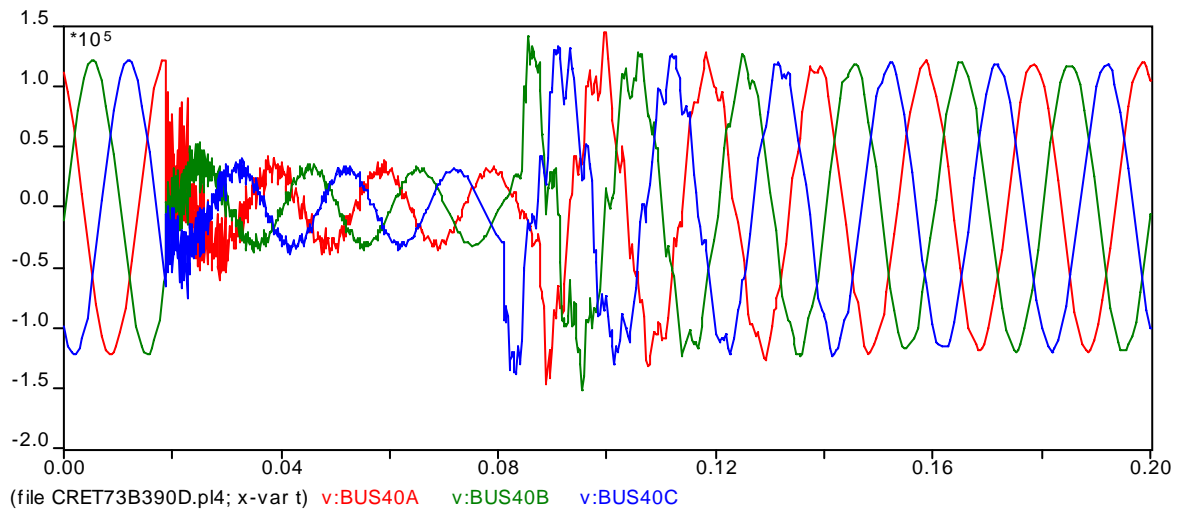
**Σχήμα 4.26** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS30 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



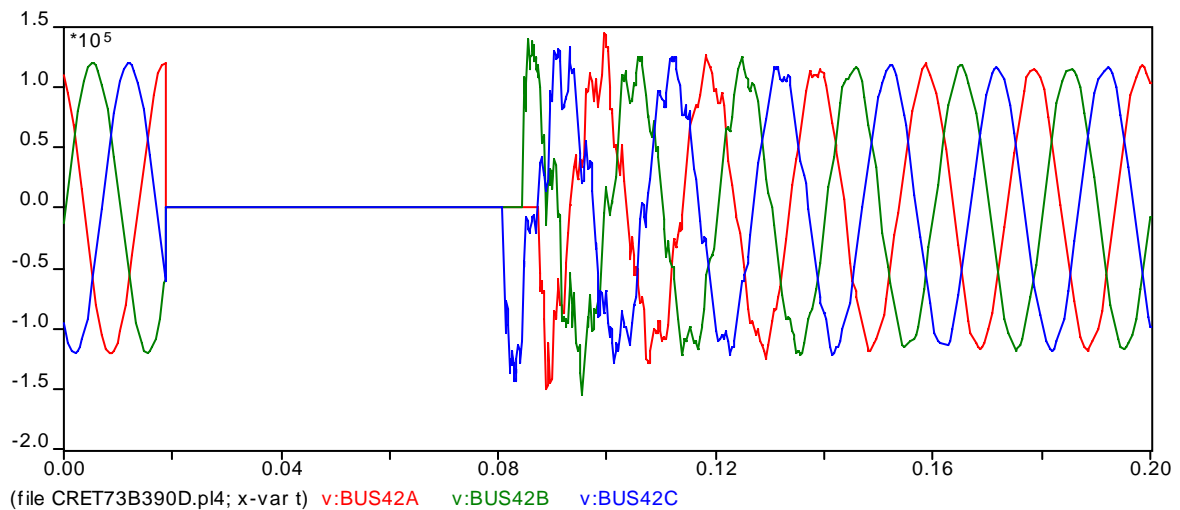
**Σχήμα 4.27** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS34 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



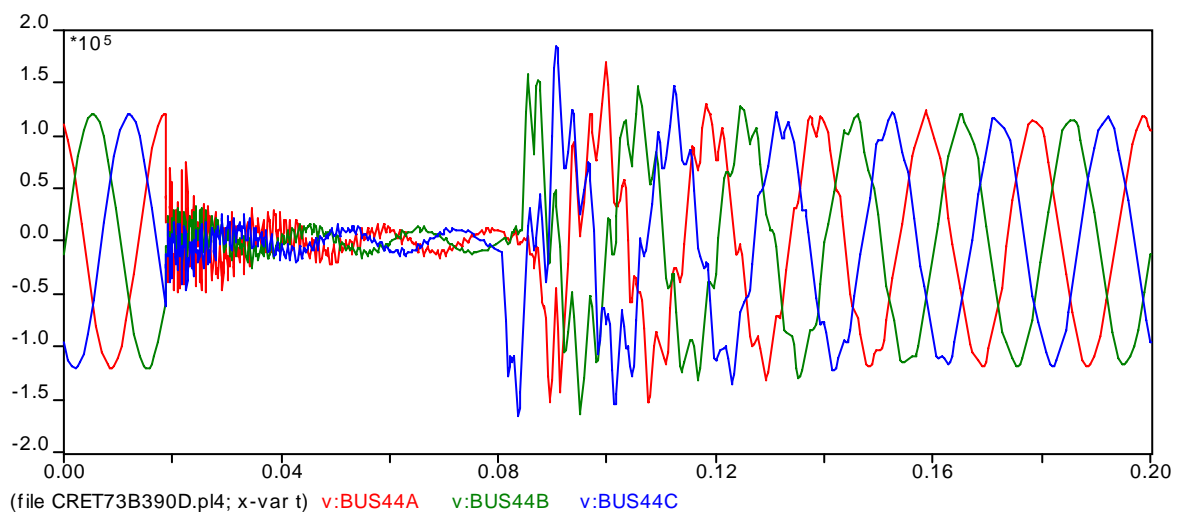
**Σχήμα 4.28** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS37 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.29** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS40 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη

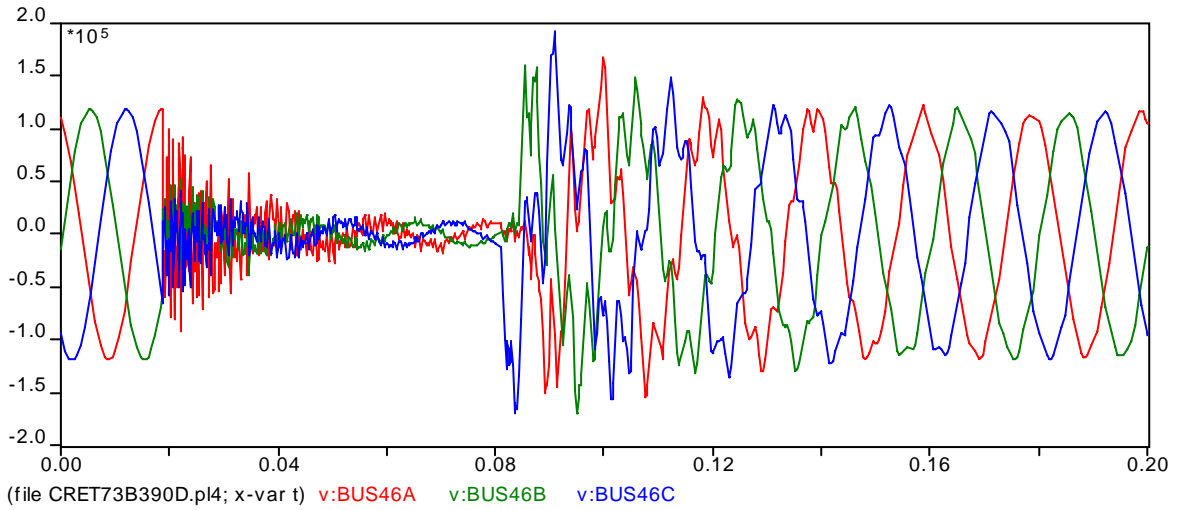


**Σχήμα 4.30** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη

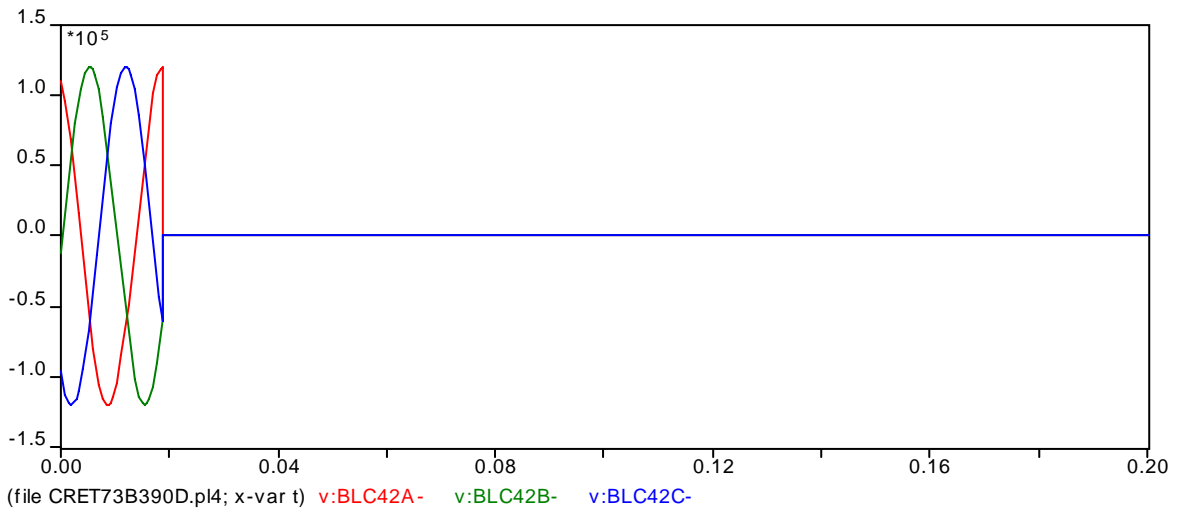


**Σχήμα 4.31** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη

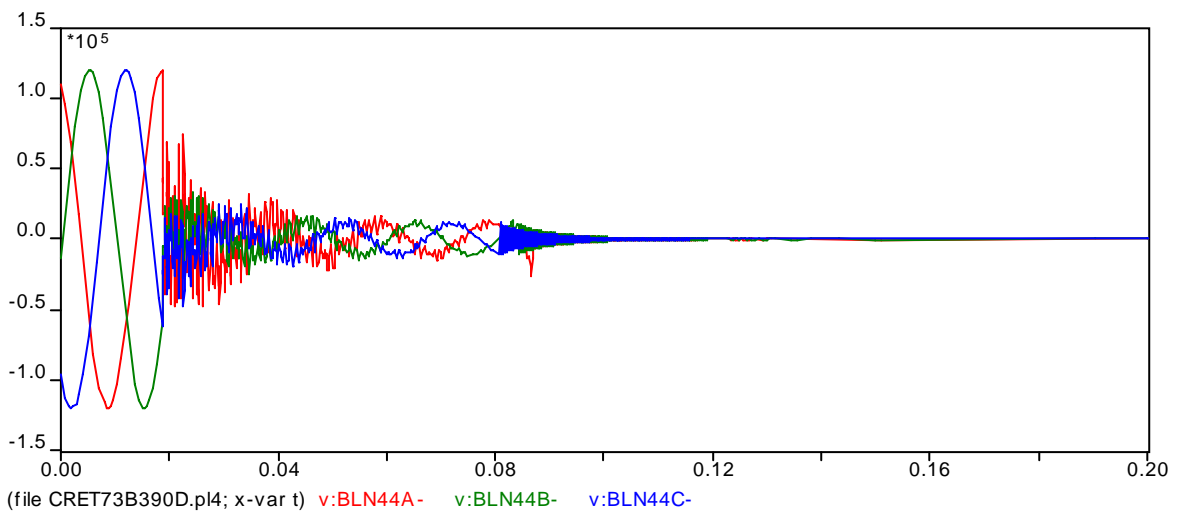




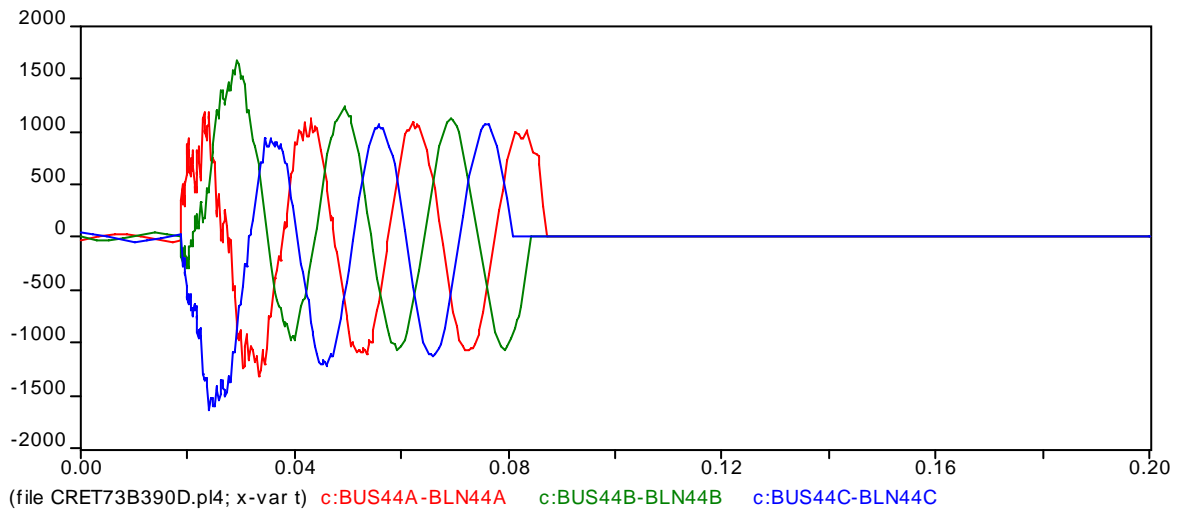
**Σχήμα 4.32 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS46 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



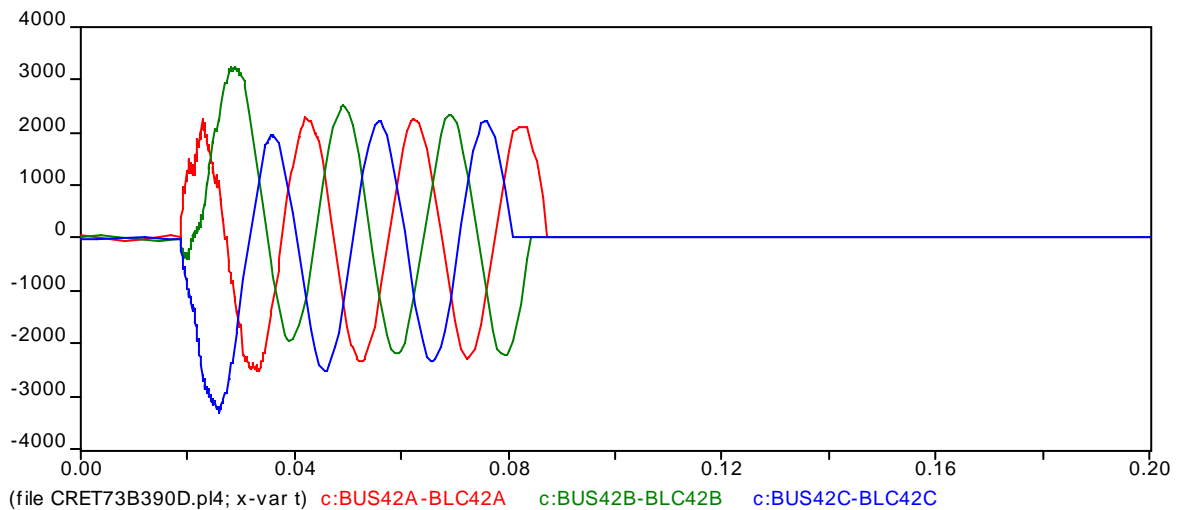
**Σχήμα 4.33 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLC42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



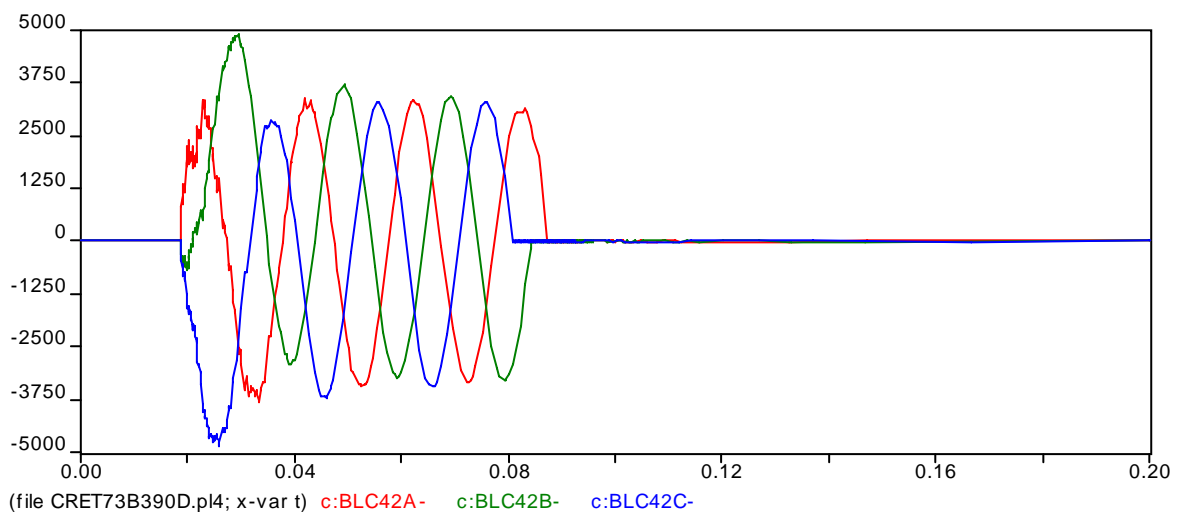
**Σχήμα 4.34 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLN44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.35** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.36** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.37** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLN42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, συνθήκες τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη

Στη συνέχεια στους ακόλουθους πίνακες θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αριθμητικά αποτελεσμάτα λαμβάνοντας υπόψη μας τους ορισμούς που δόθηκαν στην παράγραφο 4.3 και τις σχέσεις από (4.3-1) ως (4.3-5).

Ζυγός	TRV (kV)	RRRV (kV/μs)	V <sub>o</sub> (kV)	TRV (α.μ.)	RRRV (α.μ./μs)	V <sub>o</sub> (α.μ.)
BLC42-BUS42	154,74	235,07	117,76	1,2634	1,9193	0,9615
BLN44-BUS44	186,83	235,33	128,59	1,5255	1,9215	1,0499

**Πίνακας 4.6 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε διακόπτες προστασίας

Μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα			Μεταβατική τάση μετά τη λειτουργία διακοπών			Τάση μετά από 5 κύκλους από λειτουργία διακόπτη			
Ζυγός	V <sub>r</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>mm</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>o</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	αλλαγή (%)
BUS42	0,0000	-100,00	BUS46	1,5745	62,22	BUS46	0,9573	-1,36	-0,95
BLC42	0,0000	-100,00	BUS44	1,5052	53,64	BUS42	0,9626	-1,76	-1,62
BUS44	0,1005	-89,74	BUS34	1,2750	26,16	BUS44	0,9662	-1,38	-1,05
BLN44	0,1005	-89,74	BUS42	1,2634	28,94	BUS37	0,9703	-2,81	-3,59
BUS46	0,1012	-89,57	BUS40	1,2414	24,40	BUS40	0,9804	-1,75	-1,65
BUS40	0,2676	-73,18	BUS22	1,2037	18,40	BUS22	0,9922	-2,41	-2,39
BUS34	0,4514	-55,34	BUS30	1,1991	14,59	BUS34	0,9941	-1,64	-1,45
BUS30	0,6276	-40,03	BUS23	1,1532	8,42	BUS30	1,0269	-1,86	-1,79
BUS37	0,6532	-34,57	BUS21	1,1375	6,36	BUS29	1,0292	-2,97	-3,02
BUS29	0,7330	-30,89	BUS29	1,1294	6,48	BUS23	1,0440	-1,85	-1,83
BUS22	0,8390	-17,47	BUS37	1,0537	5,54	BUS21	1,0499	-1,83	-1,81
BUS23	0,8480	-20,27	BLN44	0,2142	-78,14				
BUS21	0,8502	-20,51	BLC42	0,0000	-100,00				

**Πίνακας 4.7 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε ζυγούς υψηλής και μέσης τάσης

Ρεύματα	I <sub>r'</sub> (A)	I <sub>r</sub> (A)	I <sub>mm</sub> (A)	I <sub>o</sub> (A)	I <sub>r'</sub> (α.μ.)	I <sub>r</sub> (α.μ.)	I <sub>mm</sub> (α.μ.)	I <sub>o</sub> (α.μ.)
BLN42-BUS42	3394,0	2228,0	-	0,0	8,597	5,789	-	0,000
BLN44-BUS44	1674,0	1071,0	-	0,0	4,349	2,783	-	0,000
BLN42-earth	4888,0	3299,0	-	±20,0	12,699	8,571	-	±0,052

**Πίνακας 4.8 :** Τριφασικό Βραχυκύκλωμα όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη - Ρεύματα από διακόπτες

Ισχύουν οι ίδιες επεξηγήσεις ως προς τους διάφορους συμβολισμούς που έγιναν και στην παράγραφο 4.3.

Επίσης σημειώνουμε ότι έχουμε κρατήσει για τον πίνακα 4.7 τις ίδιες ταξινομήσεις που υλοποιήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο για τον πίνακα 4.3.

Ακόμη πρέπει να τονίσουμε ότι σε όλους τους πίνακες έχουν καταγραφεί σε κάθε περίπτωση η δυσμενέστερη περίπτωση από τις τρεις φάσεις, δηλαδή η μεγαλύτερη βύθιση τάσης κατά το μόνιμο σφάλμα και η μεγαλύτερη υπέρταση που παρουσιάζεται κατά το

άνοιγμα των διακοπών. Η τελική τιμή της τάσης μόνιμης κατάστασης μετά από τη λειτουργία των διακοπών προστασίας προκύπτει από τη μέση τιμή των τριών φάσεων.

Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη μας τις γραφικές παραστάσεις και τους πίνακες 4.5 ως 4.7 θα προχωρήσουμε σε σχολιασμό της συμπεριφοράς του δικτύου ως προς το τριφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος που συνέβη στο άκρο της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας προς τον Άγιο Νικόλαο κατά τη χρονική στιγμή που η τάση στη φάση Α βρίσκεται στη μέγιστη τιμή της. Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τις τάσεις των διαφόρων ζυγών σε τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται έντονα από τους άλλους ζυγούς, χωρίς όμως να είναι δυνατό να προσδιοριστεί αριθμητικά λόγω των έντονων μεταβατικών φαινομένων και της μη ημιτονικής μορφής των τάσεων.

- ◊ Παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα αρμονικών που επηρεάζονται θετικά από την αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων -ύπαρξη γραμμών μεταφοράς- προκαλώντας έντονα φαινόμενα αποσβεννύμενων ταλαντώσεων και αρνητικά από την ύπαρξη μεγάλων ωμικών αντιστάσεων. Γι'αυτό άλλωστε στο ζυγό μέσης τάσης του Ηρακλείου I -BUS37 - έχουμε λιγότερο έντονες αρμονικές σε σχέση με τους γειτονικούς ζυγούς.

- ◊ Σε ορισμένους ζυγούς υψηλής τάσης –συγκεκριμένα στα Χανιά και στο Καστέλι- παρουσιάζεται το φαινόμενο κατά τη διάρκεια των έντονων μεταβατικών να δημιουργούνται σημαντικές υπερτάσεις, μεγαλύτερες και από εκείνες που θα προκληθούν από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας στην απομακρυσμένη από αυτούς γραμμή μεταφοράς.

Ζυγός	$V_{F\cdot}$ (α.μ.)	μεταβολή (%)
BUS22	1,2380	21,77
BUS23	1,4181	33,32

**Πίνακας 4.9 :** Υπερτάσεις ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι μέγιστη

Κάνοντας σύγκριση των τιμών των πινάκων 4.7 και 4.9 προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι υπερτάσεις κατά την έναρξη του σφάλματος για τους απομακρυσμένους ζυγούς είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες, όταν ανοίγουν οι διακόπτες προστασίας, μέχρι και 0,38 α.μ..

- ◊ Τα ρεύματα παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα και ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Δεν έχουν πλήρως ημιτονική μορφή, αλλά πάνω τους υπερτίθενται ορισμένες αρμονικές, όχι του ίδιου μεγέθους όμως με τις αντίστοιχες των τάσεων των γειτονικών ζυγών.

- ◊ Το σφάλμα τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 3310 A και των 1670 A αντίστοιχα. Δεν φθάνουν τη μέγιστη τιμή συγχρόνως, αλλά σε πολύ κοντινές χρονικές στιγμές –διαφέρουν δέκατα του χιλιοστού του δευτερολέπτου.

- ◊ Υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών A – το μέγιστο κορυφής είναι γύρω στο 1,5 A-, αφού το ρεύμα που διαρρέει το «διακόπτη βραχυκύκλωσης» δεν είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των άκρων της γραμμής.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Γι' αυτό άλλωστε ο ζυγός των Χανίων υψηλής και μέσης τάσης -BUS21 και BUS22 αντίστοιχα- έχουν επηρεαστεί λιγότερο σε σχέση με όλους τους άλλους, αφού είναι ουσιαστικά από τους πιο απομακρυσμένους ζυγούς από το σφάλμα.

◊ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς και από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος.

◊ Η βύθιση τάσης που εμφανίζεται στους ζυγούς επηρεάζεται επίσης και από την πτώση τάσης κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς, γι' αυτό ο ζυγός της Σητείας, αν και πιο μακριά από το σφάλμα σε σχέση με τον αντίστοιχο της Ιεράπετρας, παρουσιάζει σχεδόν την ίδια τάση κατ' απόλυτη τιμή. Ωστόσο η μεταβολή ως προς την αρχική τιμή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη της Ιεράπετρας.

◊ Η μεταβολή κυμαίνεται από το -100% στο σημείο βραχυκύκλωσης ως το -17% περίπου στους πιο απομακρυσμένους ζυγούς.

◊ Κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται όλοι οι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα. Δηλαδή η εμβέλεια του βραχυκυκλώματος σε εκείνο το σημείο του δικτύου της Κρήτης είναι ουσιαστικά περίπου 170 km μεικτής γραμμής μεταφοράς των 150 kV -100 km διπλού κυκλώματος διατομής 636 mm<sup>2</sup> και 70 km απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>. Πέρα από αυτήν την απόσταση η διαταραχή γίνεται αισθητή λόγω του μεγέθους της μεταβολής της -γύρω στο -20%-, αλλά η τάση κυμαίνεται σε επιτρεπτά όρια.

◊ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι περισσότερες τάσεις έχουν λάβει τη βασική ημιτονική τους μορφή, χωρίς όμως την πλήρη εξάλειψη αρμονικών.

◊ Τα ρεύματα δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή.

◊ Το σφάλμα συνεχίζει να τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 2240 A και των 1070 A αντίστοιχα και σχεδόν συγχρόνως τη μέγιστη τιμή.

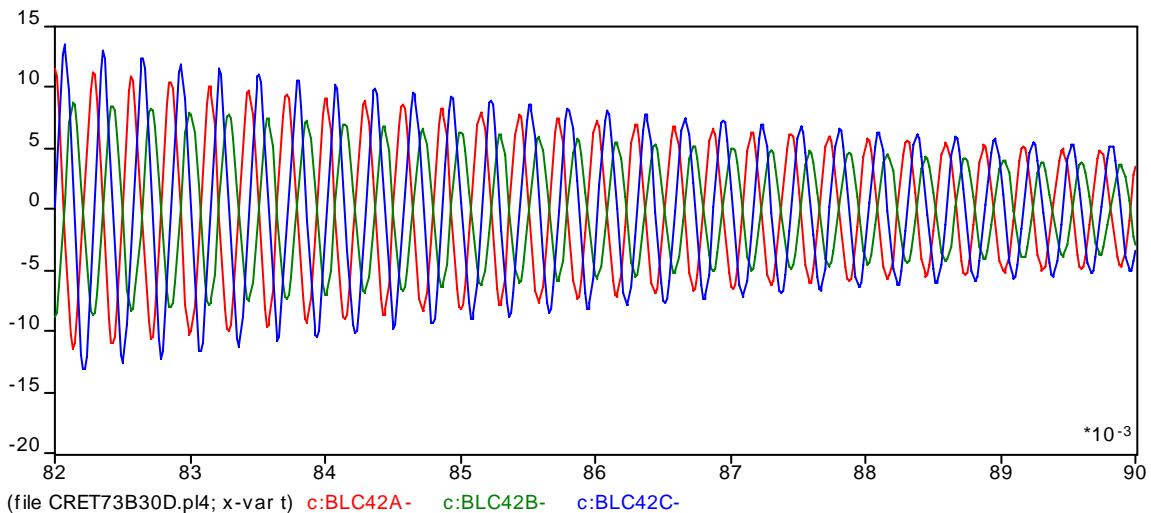
◊ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του A.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,5 α.μ.. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη, καθώς στην περίπτωση του διακόπτη BLC42-BUS42 ο ζυγός BLC42 είναι το άκρο της γραμμής μεταφοράς που ουσιαστικά έχει συνδεθεί με τη γη, οπότε μονίμως έχει τάση 0, με συνέπεια ο αντίστοιχος διακόπτης να «βλέπει» μόνο την τάση του ζυγού του Αγίου Νικολάου. Αντίθετα ο διακόπτης BLN44-BUS44 αντιμετωπίζει δυσμενέστερες συνθήκες, καθώς και τα δύο άκρα του βρίσκονται υπό τάση, γι' αυτό παρουσιάζει και υψηλότερη τάση αποκατάστασης.

◊ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,9 α.μ./μsec. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη και κυρίως από τα επαγωγικά και χωρητικά στοιχεία που είναι συνδεδεμένα με τους αντίστοιχους ζυγούς.

- ◇ Οι τιμές της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης λαμβάνουν συνηθισμένες τιμές.
- ◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Συγκεκριμένα οι ζυγοί, όπως της Σητείας, της Ιεράπετρας και των Μοιρών -BUS46, BUS44 και BUS34 αντίστοιχα- παρουσιάζουν υπερτάσεις που φθάνουν μέχρι το 1,57 α.μ.. Αντίθετα οι απομακρυσμένοι ηλεκτρικά ζυγοί επηρεάζονται λιγότερο, όπως όλοι οι ζυγοί παραγωγής.
- ◇ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν και το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν, γι' αυτό άλλωστε οι ζυγοί των Λινοπεραμάτων Β και του Ηρακλείου Ι – BUS29 και BUS37- επηρεάζονται λιγότερο.
- ◇ Επηρεάζουν ακόμη οι αρχικές συνθήκες, στις οποίες βρίσκονταν πριν το άνοιγμα των διακοπών προστασίας οι ζυγοί, και το μέγεθος των χωρητικών στοιχείων που είναι κοντά τους. Εξαιτίας τούτου ο ζυγός της Σητείας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη υπέρταση, αφού ο πυκνωτής που είναι συνδεδεμένος με τον αντίστοιχο ζυγό μέσης τάσης είναι ποσοστιαία μεγαλύτερος ως προς το φορτίο του ίδιου ζυγού σε σχέση με τους υπόλοιπους ζυγούς. Την κατάσταση αυτή επιβαρύνει και το γεγονός της μικρής απόστασης από το σημείο του σφάλματος.
- ◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Εξαιτίας τούτων λαμβάνουμε τις μεγαλύτερες μεταβολές κοντά στο σημείο του σφάλματος.
- ◇ Παρατηρούμε ότι στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- η τάση είναι διπλάσια σε σχέση με τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος, αλλά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη αρχική, με συνέπεια να μην μας δημιουργεί κανένα πρόβλημα.
- ◇ Η μεταβολή κυμαίνεται από το 6% στους απομακρυσμένους ζυγούς –ζυγός Χανίων, Λινοπεραμάτων Β και Ηρακλείου Ι ( BUS21, BUS29 και BUS37 ) - ως το 62% περίπου στους πιο κοντινούς, προς τους διακόπτες προστασίας, ζυγούς.
- ◇ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν έντονα φαινόμενα αρμονικών, αρκετά μικρότερου όμως βαθμού ως προς τη συχνότητα σε σχέση με τις αρμονικές που παρουσιάστηκαν κατά την έναρξη του σφάλματος. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, στην αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων που «βλέπει» ο κάθε ζυγός.
- ◇ Τα ρεύματα παρουσιάζουν πολύ μικρά μεταβατικά φαινόμενα από τη στιγμή που η πρώτη φάση –στην προκειμένη περίπτωση λόγω της χρονικής στιγμής που επιλέξαμε είναι η φάση Β- μηδενισθεί και διακοπεί. Αυτό έχει ως συνέπεια το κύκλωμα να πάψει να είναι συμμετρικό και να δημιουργούνται ασυμμετρίες και ως προς τα ρεύματα, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να μας οδηγήσουν σε ρεύματα μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της μόνιμης κατάστασης σφάλματος. Επίσης η όλη διαδικασία διαρκεί λιγότερο από 7 msec –περίπου το 1/3 μίας περιόδου των 50 Hz.
- ◇ Από το σημείο βραχυκύκλωσης συνεχίζει η κυκλοφορία ρεύματος, μέσω της οποίας ξεκινά η εκφόρτιση της γραμμής μεταφοράς. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η συχνότητα ταλάντωσης της γραμμής μεταφοράς δίνεται από τη σχέση (4.3-6) και μέσω των αντίστοιχων υπολογισμών της παραγράφου 4.3, προκύπτει ότι είναι ίσο με 3,84 kHz. Αν μεγενθύνουμε τη γραφική παράσταση 4.37 και λάβουμε υπόψη μας τη συχνότητα των αντίστοιχων ταλαντώσεων των ρευμάτων εκφόρτισης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη παράσταση,



**Σχήμα 4.38** : Μεγεθυμένη Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση τριφασικού βραχυκυκλώματος & όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι μέγιστη

τότε προκύπτει ότι η αντίστοιχη συχνότητα είναι ίση με 3,78 kHz, τιμή πολύ κοντινή προς την αντίστοιχη θεωρητική.

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά μήκος των διακοπών είναι κοντά στη 1 α.μ.. Στο διακόπτη BLC42-BUS42 είναι ουσιαστικά ίση με την αντίστοιχη του ζυγού BUS42, ενώ στο διακόπτη BLN44-BUS44 είναι ακόμη λιγάκι υψηλότερη από την τάση του αντίστοιχου ζυγού, καθώς δεν έχει ολοκληρωθεί η εκφόρτιση της γραμμής.

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών έχουν λάβει λογικές τιμές και όσο απομακρυνόμαστε από τους ζυγούς παραγωγής, τόσο μειώνεται περισσότερο η τιμή τους, χωρίς όμως να λαμβάνουν επικίνδυνες τιμές για τη λειτουργία του δικτύου. Γενικά παρατηρούμε μία μείωση της τάσης στους ζυγούς ως προς εκείνες που είχαν προ του βραχυκυκλώματος κατά ένα ποσοστό του 1,4 με 3%, όπως φαίνεται άλλωστε από τη στήλη «μεταβολή» στην «τάση μετά από 5 κύκλους από τη λειτουργία του διακόπτη» του πίνακα 4.7.

- ◊ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν στη διαμόρφωση των τελικών τιμών στις τάσεις του δικτύου, εκτός από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν και τις τάσεις και τα ρεύματα, τα οποία δημιούργησε το βραχυκύκλωμα, οι αντιδράσεις των γεννητριών καθ'όλη τη διάρκεια του σφάλματος και της απομόνωσής του, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται από τους συντελεστές αδρανείας και από τα εσωτερικά τους ηλεκτρικά στοιχεία. Γι'αυτό άλλωστε οι τελικές τάσεις του δικτύου διαφέρουν κατά ένα ποσοστό -2%, όπως φαίνεται και από τη στήλη «αλλαγή» του πίνακα 4.7, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης, δηλαδή η γεννήτρια 4.

- ◊ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν λάβει την ημιτονική τους μορφή και σχεδόν όλες έχουν πάρει τις τελικές τους τιμές. Παράλληλα παρατηρούμε ότι όσο μακρύτερα -ηλεκτρικά- από το σφάλμα βρίσκονται οι ζυγοί, τόσο πιο γρήγορα φθάνουν σε κατάσταση ισορροπίας.

- ◊ Από το διακόπτη βραχυκύκλωσης τα ρεύματα των τριών φάσεων συνεχίζουν να ταλαντώνονται, αλλά λαμβάνοντας πλέον πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του Α. Ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της γραμμής, όπως φαίνεται και από τις τάσεις ως προς γη στα άκρα της.

#### 4.5 Σύγκριση Τριφασικών Βραχυκυκλωμάτων στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας ως προς τη Διαφορά Φάσης τη Στιγμή του Σφάλματος

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα αποτελέσματα των παραγράφων 4.3 και 4.4 θα προχωρήσουμε στη σύγκριση των δύο διαφορετικών περιπτώσεων τριφασικού βραχυκυκλώματος στο ίδιο σημείο με μοναδική διαφορά τη στιγμή βραχυκύκλωσης, αφού στη μεν πρώτη περίπτωση το βραχυκύκλωμα συμβαίνει όταν η τάση της φάσης Α διέρχεται από το μηδέν, ενώ στη δεύτερη όταν λαμβάνει τη μέγιστη θετική της τιμή.

Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τα μεγέθη του δικτύου στα τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα. Η μόνη διαφορά που παρατηρείται είναι ότι στη μεν πρώτη περίπτωση οι περισσότεροι ζυγοί έχουν μικρότερες τιμές από τις αντίστοιχες της δεύτερης, με ελάχιστες εξαιρέσεις, όπως οι ζυγοί μέσης τάσης στα Χανιά και στο Ηράκλειο Ι, που η βύθιση τάσης είναι πιο μεγάλη από την αντίστοιχη της πρώτης περίπτωσης. Σ' αυτό ευθύνονται κατά κύριο λόγο οι μετασχηματιστές που μεσολαβούν και κυρίως η συνδεσμολογία τους που επηρεάζουν την κατανομή των τάσεων.

- ◊ Και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται έντονα φαινόμενα υψίσυχνων αρμονικών, τα οποία επηρεάζονται από την αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων και από την ύπαρξη μεγάλων ωμικών αντιστάσεων.

- ◊ Η κατάταξη των τάσεων ως προς την απόλυτη τιμή τους με αύξουσα σειρά είναι σχεδόν ίδια και στις δύο περιπτώσεις. Υπάρχουν ορισμένες μικροδιαφορές, οι οποίες είτε παρουσιάζονται σε ζυγούς που ουσιαστικά έχουν την ίδια τάση -ζυγός Ιεράπετρας και Σητείας-, είτε σε ζυγούς, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με γεννήτριες που αντιδρούν γρήγορα στις μεταβολές του δικτύου και επηρεάζονται πιο έντονα από τις αρχικές τιμές των τάσεων των φάσεων κατά την έναρξη του βραχυκυκλώματος.

- ◊ Σε ορισμένους ζυγούς υψηλής τάσης –συγκεκριμένα στα Χανιά και στο Καστέλι- παρουσιάζεται το φαινόμενο κατά τη διάρκεια των έντονων μεταβατικών να δημιουργούνται σημαντικές υπερτάσεις, μεγαλύτερες και από εκείνες που θα προκληθούν από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας στην απομακρυσμένη από αυτούς γραμμή μεταφοράς, του ίδιου σχεδόν μεγέθους και στις δύο περιπτώσεις, αν και στην πρώτη περίπτωση είναι ελαφρώς πιο επιβαρυνμένη η κατάσταση.

- ◊ Τα ρεύματα παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα και ιδιαίτερα υψηλές τιμές. Το σφάλμα τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο παρουσιάζοντας μικροδιαφορές ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις.

- ◊ Υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών Α.

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς.

- ◊ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα και στις δύο περιπτώσεις κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα, καθώς επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από την πτώση τάσης κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς.



◇ Και στις δύο περιπτώσεις κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται όλοι οι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα.

◇ Τα ρεύματα δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή, ενώ τα επίπεδα τροφοδοσίας του σφάλματος από τα δύο άκρα -2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και 1/3 από το άλλο άκρο είναι τα ίδια με μικροδιαφορές της τάξης του 0,5%.

◇ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του Α.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας στα ίδια περίπου επίπεδα, -τις 1,5 α.μ..

◇ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές διαφέροντας ανάμεσα τους σημαντικά, καθώς στην πρώτη περίπτωση για το διακόπτη BLC42-BUS42 έχουμε 2,54 αντί 1,9 α.μ./μs της δεύτερης. Γι'αυτό ευθύνονται οι στιγμιαίες τιμές τάσεων του δικτύου στα σημεία των διακοπών προστασίας, όπως διαμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του σφάλματος.

◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς και παρουσιάζουν υψηλότερες υπερτάσεις με μικρές διαφορές και στις δύο περιπτώσεις φθάνοντας τις 1,57 α.μ..

◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Και στις δύο περιπτώσεις έχουμε τα ίδια επίπεδα μεταβολών με μικροδιαφορές της τάξης του 1%.

◇ Παρατηρούμε στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- η τάση είναι διπλάσια σε σχέση με τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος, αλλά πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη αρχική, με συνέπεια να μην μας δημιουργεί κανένα πρόβλημα.

◇ Και στις δύο περιπτώσεις τα ρεύματα παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά μόνο που στη δεύτερη περίπτωση τα αποσβεννύμενα ρεύματα λαμβάνουν λίγο υψηλότερες αρχικές τιμές από εκείνες της πρώτης περίπτωσης.

◇ Η συχνότητα που μετράται από το μοντέλο των ταχέων μεταβατικών και στις δύο περιπτώσεις είναι ίση με 3,78 kHz, που είναι πολύ κοντά στην αντίστοιχη θεωρητική.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά μήκος των διακοπών είναι κοντά στη 1 α.μ. και στις δύο περιπτώσεις λαμβάνοντας σχεδόν τις ίδιες τιμές.

◇ Οι τάσεις των ζυγών και στις δύο περιπτώσεις έχουν λάβει σχεδόν τις ίδιες τιμές, γεγονός που υποδηλώνει ότι θα καταλήξουμε σχεδόν στην ίδια κατάσταση ισορροπίας, αν και διαφέρουν κατά ένα ποσοστό -2%, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης.

◇ Και στις δύο περιπτώσεις από το διακόπτη βραχυκύκλωσης τα ρεύματα των τριών φάσεων συνεχίζουν να ταλαντώνονται, αλλά λαμβάνοντας πλέον μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του Α, αφού η γραμμή έχει πρακτικά εκφορτισθεί μετά από 5 κύκλους.

Συνολικά προκύπτει το συμπέρασμα ότι μελετώντας τη μία περίπτωση εκ των δύο θα πλησιάζαμε αρκετά ικανοποιητικά τη συμπεριφορά του δικτύου, αν και υπάρχουν ορισμένες σημαντικές διαφορές ως προς το ρυθμό ανόδου της τάσης αποκατάστασης. Επίσης δεν μπορούμε σαφώς να ορίσουμε ποια εκ των δύο περιπτώσεων είναι δυσμενέστερη για το δίκτυο, διότι η μεν πρώτη περίπτωση παρουσιάζει μεγαλύτερες βυθίσεις τάσης και ελαφρώς μεγαλύτερα ρεύματα βραχυκύκλωσης, η δε δεύτερη περίπτωση παρουσιάζει μεγαλύτερες

υπερτάσεις στους ζυγούς και τάσεις αποκατάστασης στους διακόπτες, χωρίς όμως η μεταξύ τους διαφορά να ξεπερνά το 3% -έχοντας εξαιρέσει βέβαια τις τιμές των RRRV.

#### **4.6 Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι 0-**

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το μονοφασικό βραχυκύκλωμα της φάσης Α προς γη χωρίς αντίσταση σφάλματος που πραγματοποιείται στο άκρο προς τον Άγιο Νικόλαο -BUS42 στο σχήμα 2.1 του κεφαλαίου 2- της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας -LINE 16 ανάμεσα στους ζυγούς BUS42 και BUS44, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1- κατά τη χρονική στιγμή 0,01369 sec από τη στιγμή έναρξης εκτέλεσης του προγράμματος. Εκείνη τη στιγμή η τάση της φάσης Α είναι ίση με μηδέν. Σημειώνουμε ότι το μονοφασικό βραχυκύκλωμα θα προσομοιωθεί με τη βοήθεια ενός ιδανικού τριπολικού διακόπτη που συνδέει το σημείο βραχυκύκλωσης με τη γη, κλείνοντας όμως μόνο τη φάση Α, σε αντίθεση με τις παραγράφους 4.3 και 4.4 που κλείνουν όλες οι φάσεις.

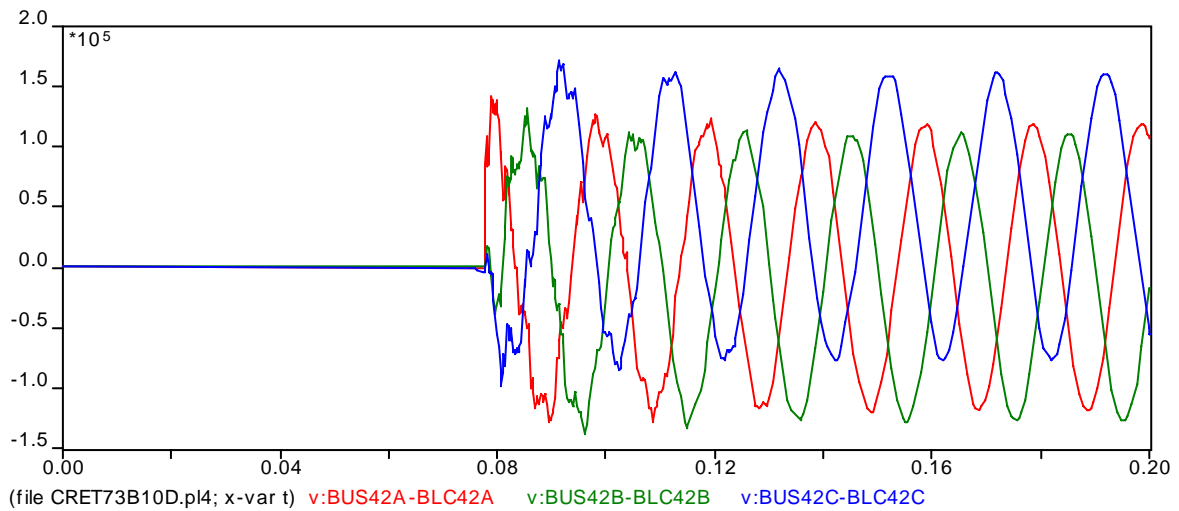
Οι αρχικές συνθήκες ομαλής λειτουργίας του δικτύου είναι εκείνες της υψηλής φόρτισης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τη βοήθεια του προγράμματος ροής φορτίου.

Αφού πραγματοποιηθεί το σφάλμα, θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν οι τριπολικοί διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς, ώστε να αντιμετωπισθεί το βραχυκύκλωμα και να απομονωθεί από το υπόλοιπο δίκτυο. Θα θεωρήσουμε ότι ανοίγουν και οι τρεις φάσεις των διακοπών. Οι παραδοχές ως προς το είδος και τη λειτουργία των διακοπών είναι ίδιες με της παραγράφου 4.3. Απλώς η εντολή για το άνοιγμα των διακοπών προστασίας δίνεται και πάλι σε τρεις κύκλους μετά από την εκδήλωση του σφάλματος, δηλαδή τη χρονική στιγμή 0,07369 sec. Το ποια φάση θα ανοίξει πρώτη και το πότε εξαρτάται από την αλληλοδιαδοχή των φάσεων και τις θέσεις ως προς το μηδέν, στις οποίες θα βρεθούν τα αντίστοιχα ρεύματα που διαρρέουν τους διακόπτες προστασίας.

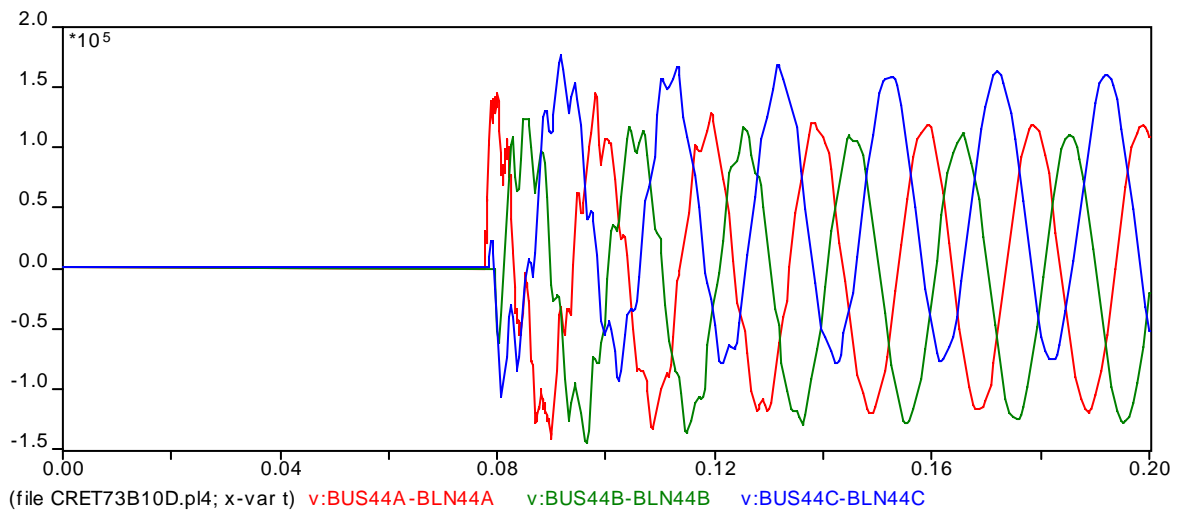
Στην παρούσα περίπτωση, όπως και στην παράγραφο 4.3, θα μελετήσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και ενδεικτικά σε ορισμένους ζυγούς μέσης. Συγκεκριμένα θα καταγράψουμε τις αναπτυσσόμενες μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης και τους ρυθμούς ανόδου της τάσης αποκατάστασης πάνω στους διακόπτες προστασίας τόσο στις υγιείς φάσεις, όσο και στη φάση Α που έχει δεχτεί το σφάλμα, τις τιμές των τάσεων στους ζυγούς κατά τη διάρκεια του μόνιμου σφάλματος, κατά το μεταβατικό στάδιο μετά από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας και έπειτα από πέντε κύκλους, όταν έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ομαλή και μόνιμη λειτουργία του συστήματος. Ακόμη θα προσδιορίσουμε τα ρεύματα τροφοδότησης του σημείου βραχυκύκλωσης από τα δύο άκρα της γραμμής καθ' όλη τη διάρκεια του φαινομένου, όπως επίσης και το συνολικό ρεύμα κάθε φάσης με το οποίο τροφοδοτείται ο «διακόπτης βραχυκύκλωσης» πριν το κοινό κόμβο προς γη, και στη φάση Α και στις δύο υγιείς φάσεις Β και C.

Πριν όμως μελετήσουμε τα αριθμητικά αποτελέσματα αυτής της εκτέλεσης του προγράμματος, είναι αναγκαίο να παρουσιάσουμε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των τάσεων και των ρευμάτων του δικτύου. Αναλυτικότερα για την παρούσα περίπτωση θα δειχθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που παρουσιάσαμε και στην περίπτωση της παραγράφου 4.3, δηλαδή τις αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους δύο διακόπτες προστασίας, τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και σε ορισμένους ζυγούς μέσης τάσης, τα ρεύματα πάνω στους διακόπτες προστασίας και στο διακόπτη βραχυκύκλωσης. Όλα τα μεγέθη θα καταγραφούν και ως προς τις τρεις φάσεις.

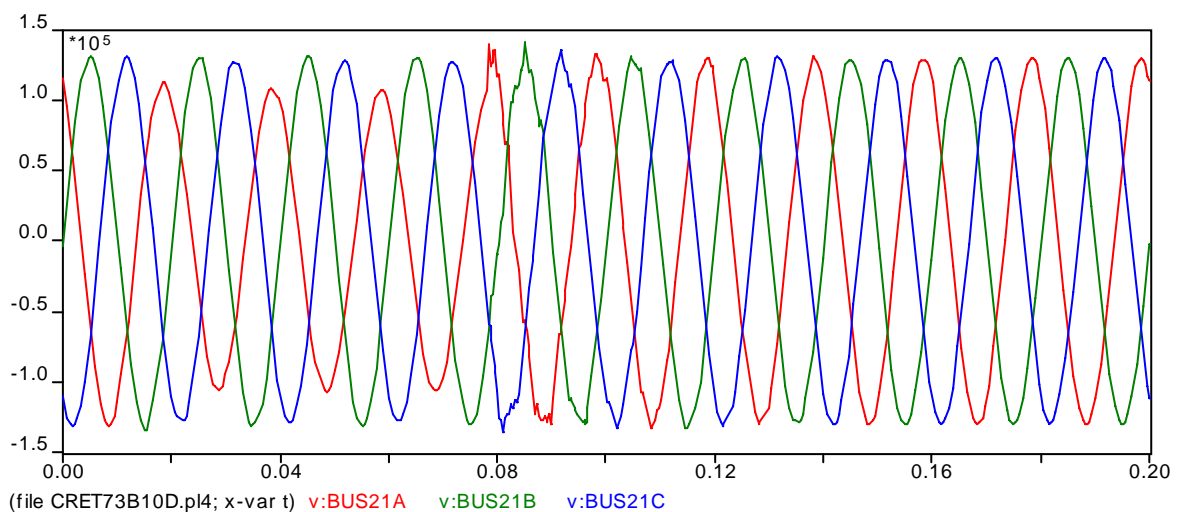
Παράλληλα διατηρήθηκε η ίδια χρωματολογία των φάσεων για όλα τα μεγέθη ως προς τις τρεις φάσεις που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις, οι οποίες έχουν τοποθετηθεί πλήρως συγχρονισμένες για τα 200 msec εκτέλεσης του υπολογιστικού προγράμματος EMTP.



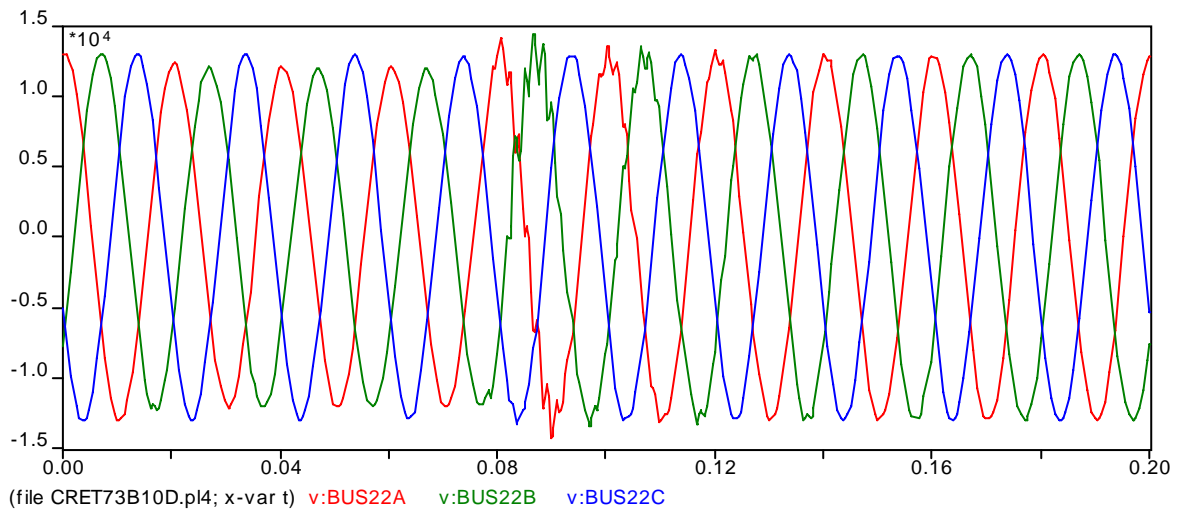
**Σχήμα 4.39** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLC42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



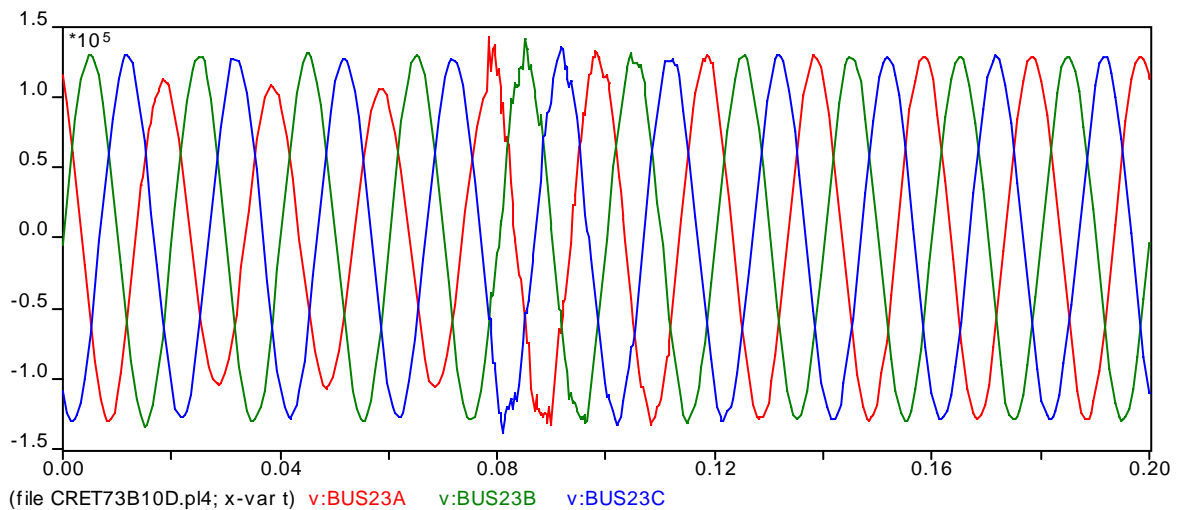
**Σχήμα 4.40** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



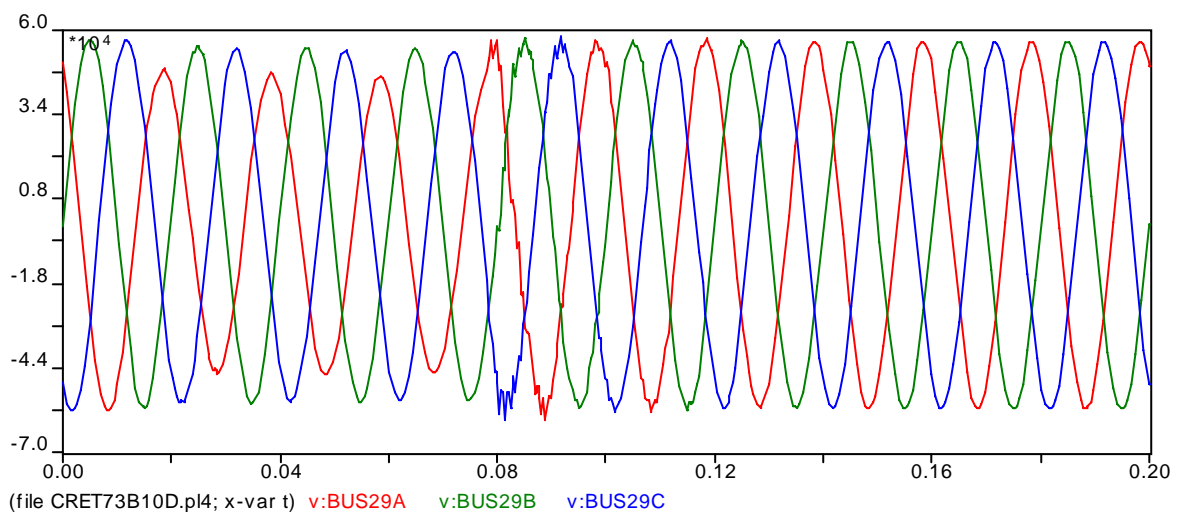
**Σχήμα 4.41** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS21 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



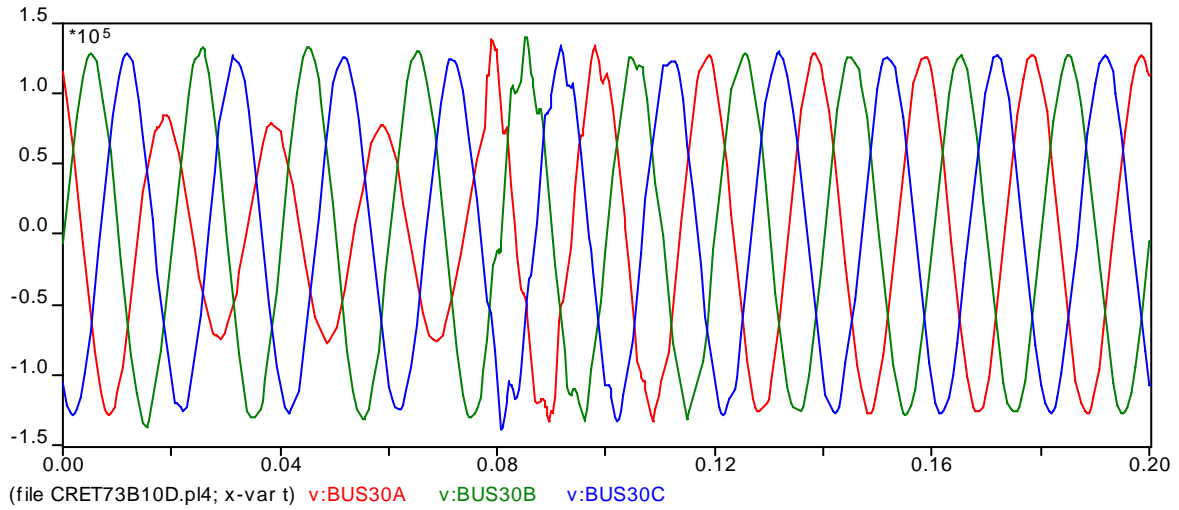
**Σχήμα 4.42** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS22 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



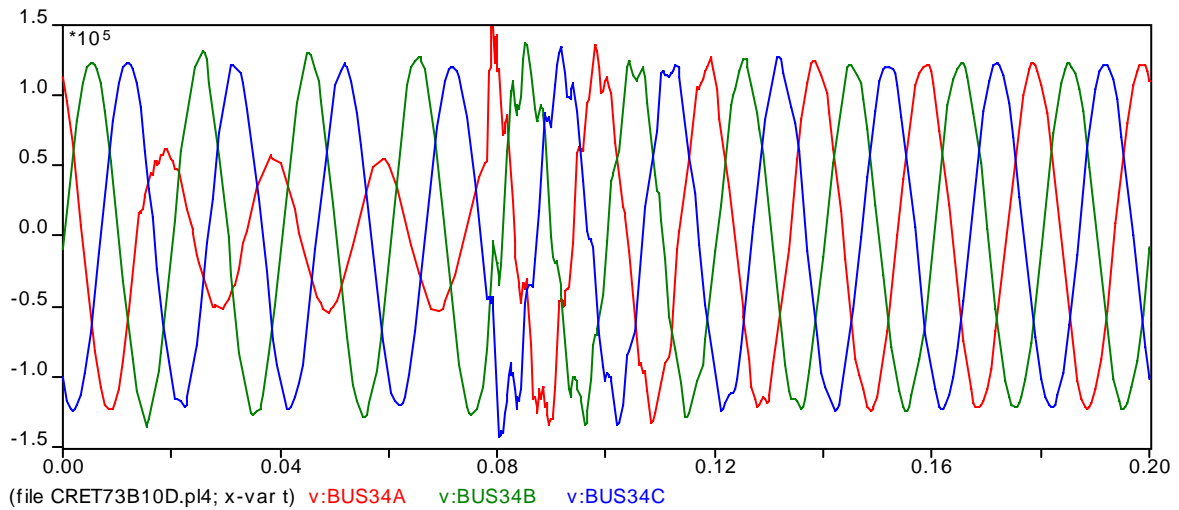
**Σχήμα 4.43** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS23 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



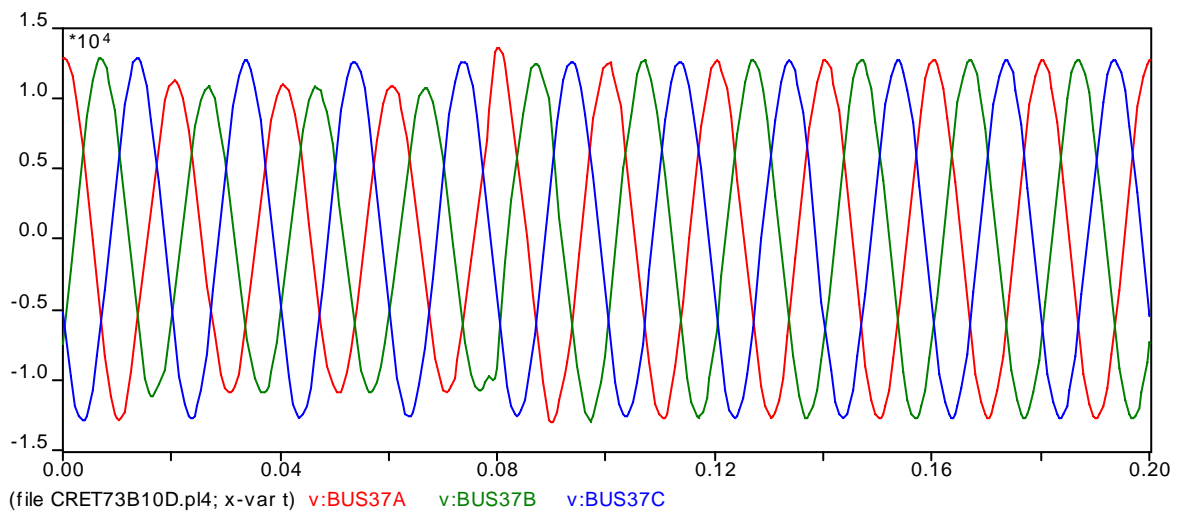
**Σχήμα 4.44** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS29 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



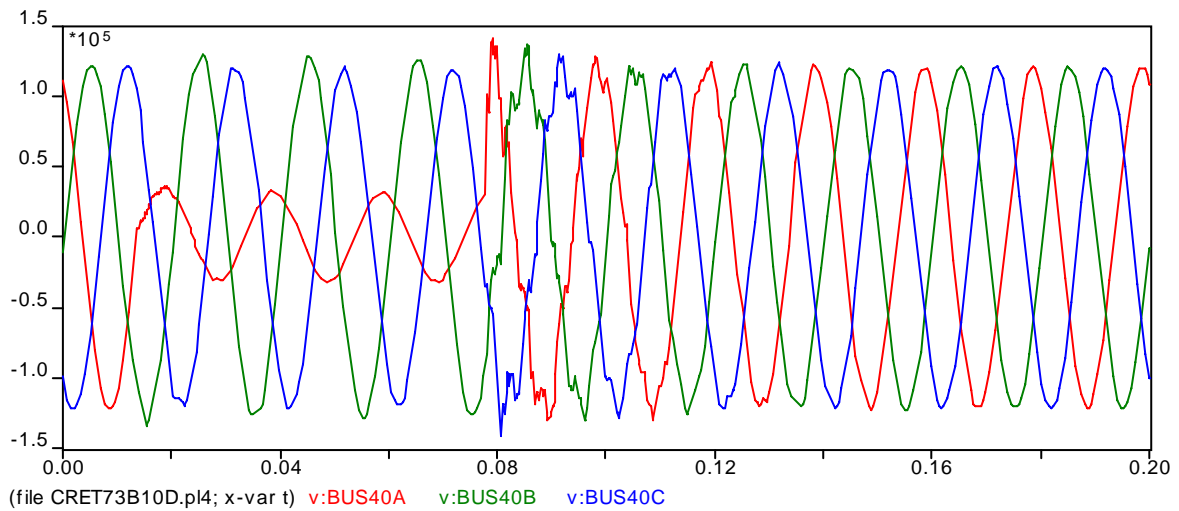
**Σχήμα 4.45 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS30 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



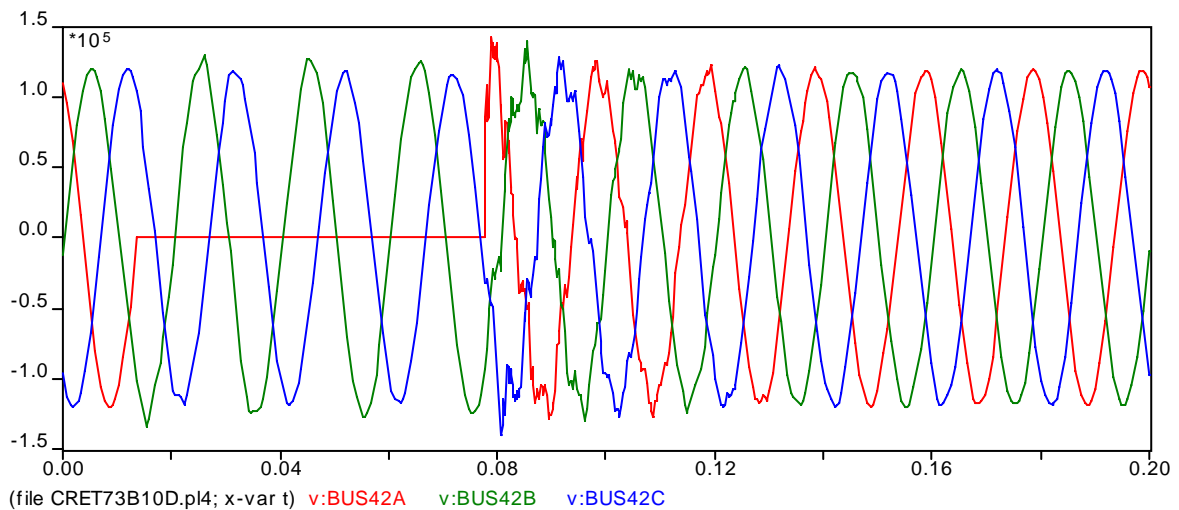
**Σχήμα 4.46 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS34 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



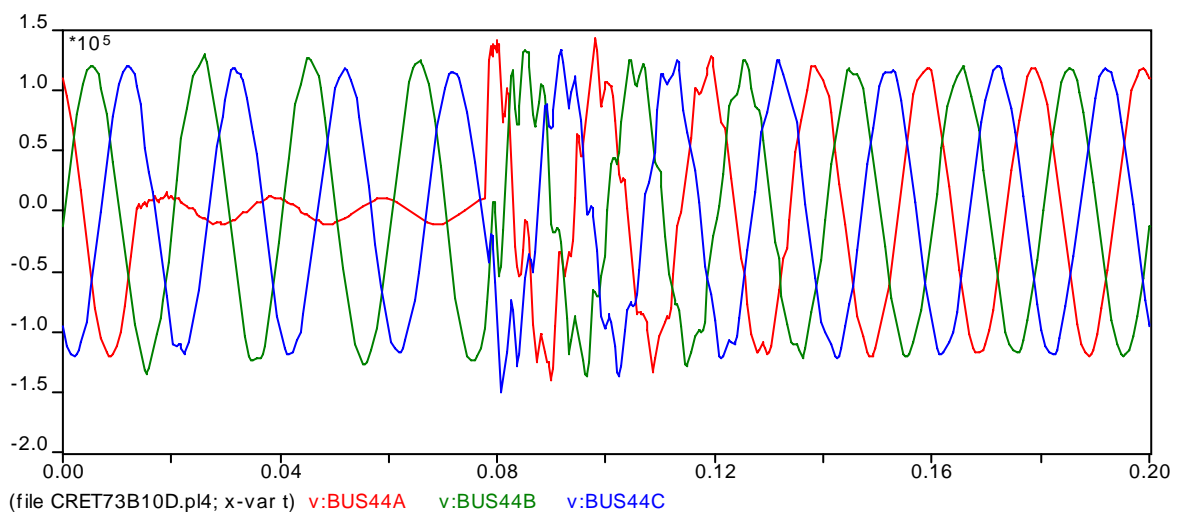
**Σχήμα 4.47 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS37 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



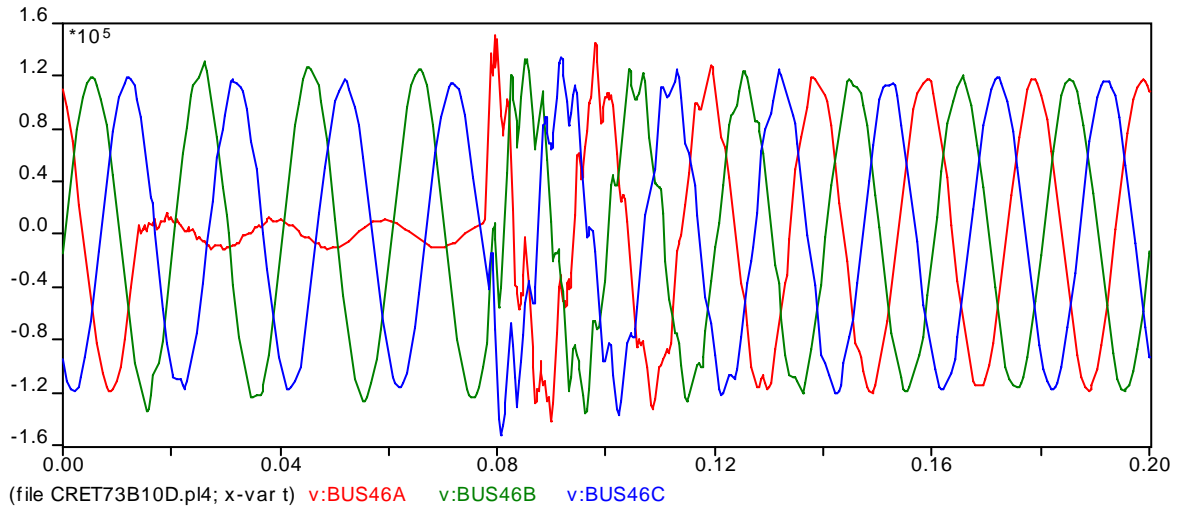
**Σχήμα 4.48 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS40 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



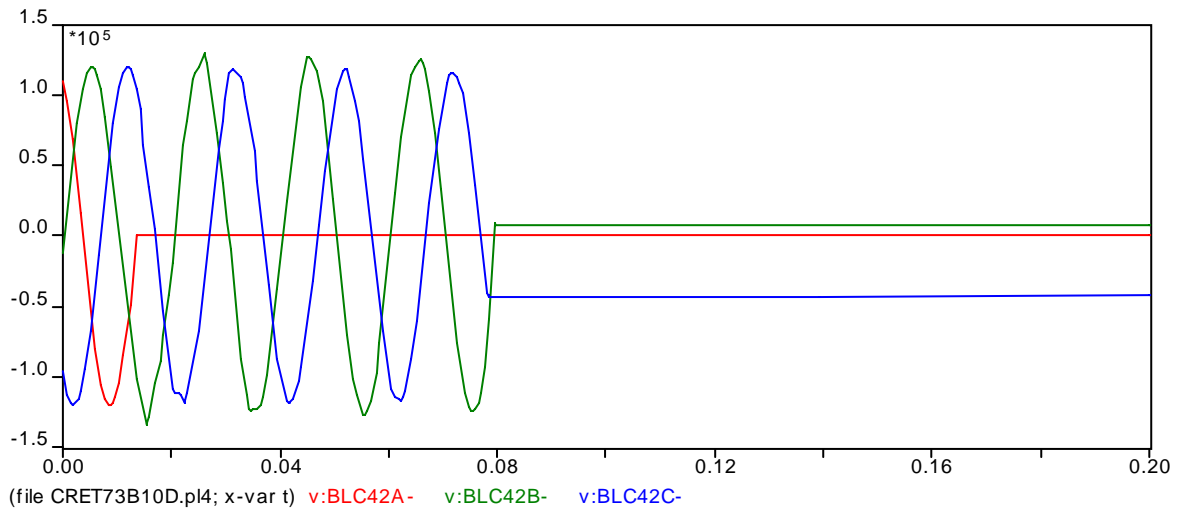
**Σχήμα 4.49 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



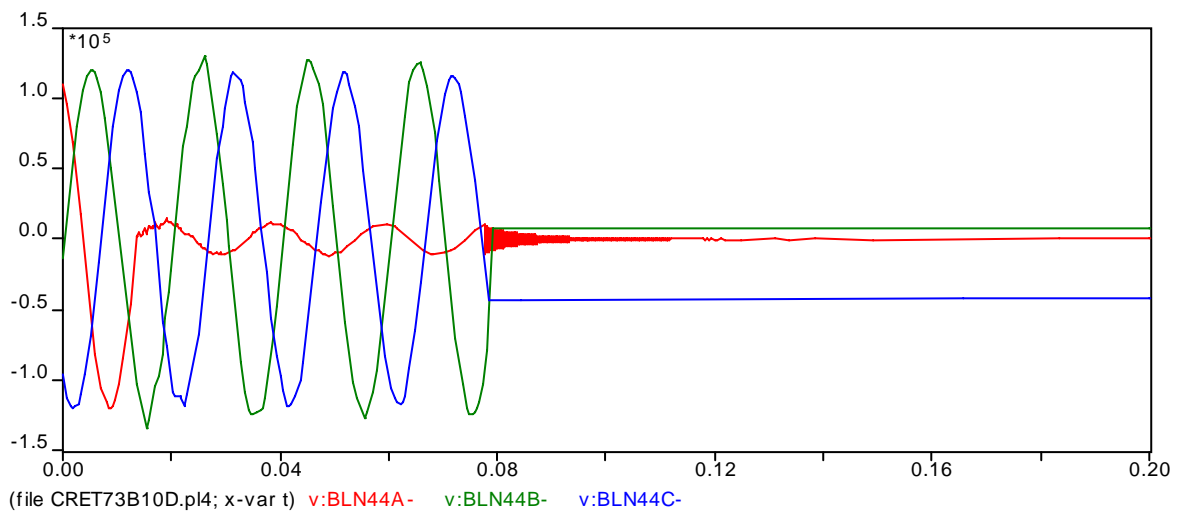
**Σχήμα 4.50 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



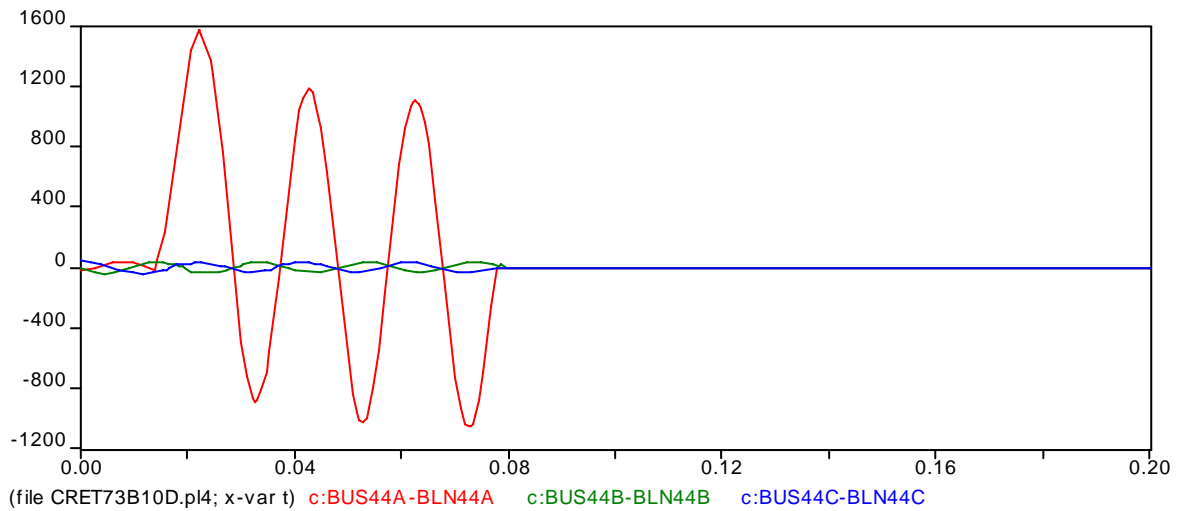
**Σχήμα 4.51 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS46 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



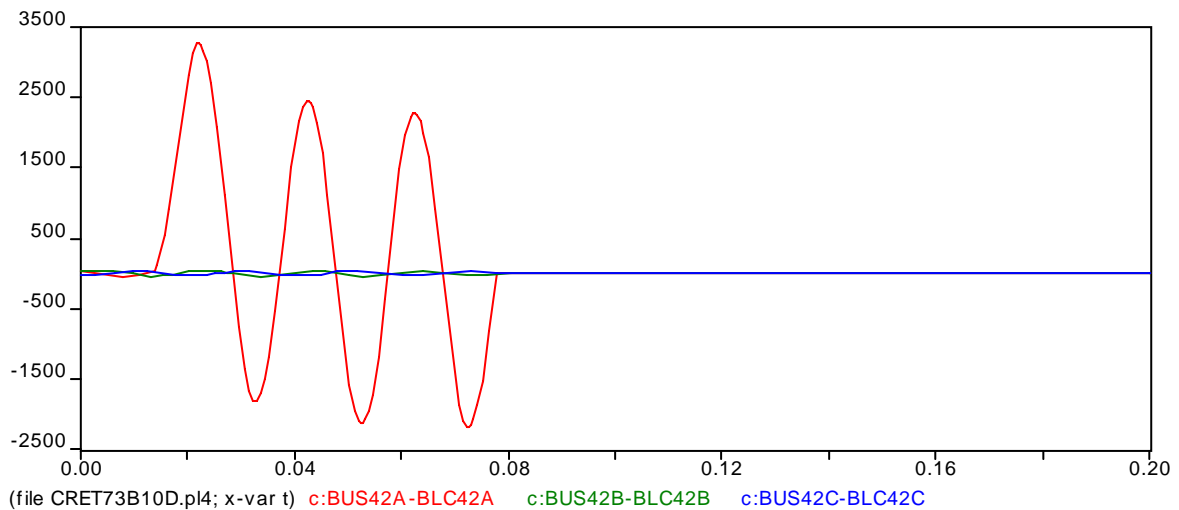
**Σχήμα 4.52 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLC42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



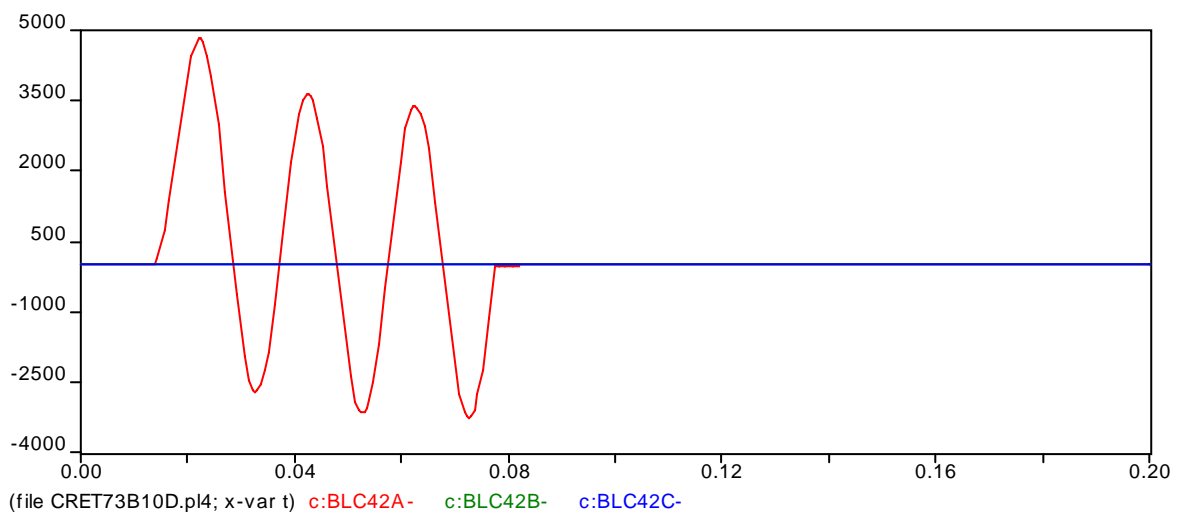
**Σχήμα 4.53 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLN44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της φάσης Α είναι 0



**Σχήμα 4.54** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.55** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



**Σχήμα 4.56** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLN42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0



Στη συνέχεια στους ακόλουθους πίνακες θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αριθμητικά αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψη μας τους ορισμούς που δόθηκαν στην παράγραφο 4.3 και τις σχέσεις από (4.3-1) ως (4.3-5). Σημειώνουμε ότι οι τάσεις ή τα ρεύματα με το χαρακτηριστικό A είναι τα μεγέθη της φάσης που έχει πληγεί από το σφάλμα, ενώ χωρίς κανένα χαρακτηριστικό είναι τα αντίστοιχα μεγέθη σε όποια από τις υγιείς φάσεις είναι δυσμενέστερα.

Ζυγός	TRV (kV)	RRRV (kV/μs)	V <sub>o</sub> (kV)	TRV (α.μ.)	RRRV (α.μ./μs)	V <sub>o</sub> (α.μ.)
BLC42-BUS42 A	142,43	231,85	119,35	1,1629	1,8930	0,9745
BLC42-BUS42	171,09	56,10	161,02	1,3969	0,4581	1,3147
BLN44-BUS44 A	145,22	218,10	160,33	1,1857	1,7808	1,3091
BLN44-BUS44	176,80	118,52	199,88	1,4436	0,9677	1,6320

**Πίνακας 4.9 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα φάσης A, όταν η τάση της φάσης A είναι 0 - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε διακόπτες προστασίας

Μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα			Μεταβατική τάση μετά τη λειτουργία διακοπών			Τάση μετά από 5 κύκλους από λειτουργία διακόπτη			
Ζυγός	V <sub>r</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>mm</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>o</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	αλλαγή (%)
BUS42 A	0,0000	-100,00	BUS46	1,2486	28,64	BUS46	0,9643	-0,65	-0,23
BLC42 A	0,0000	-100,00	BUS44	1,2290	25,44	BUS46 A	0,9645	-0,62	-0,21
BUS46 A	0,0869	-91,05	BUS46 A	1,2262	26,34	BUS42 A	0,9715	-0,85	-0,44
BUS44 A	0,0884	-90,97	BUS34 A	1,2174	20,46	BUS42	0,9727	-0,73	-0,32
BLN44 A	0,0888	-90,94	BUS44 A	1,1766	20,09	BUS44 A	0,9730	-0,68	-0,36
BUS40 A	0,2572	-74,23	BUS34	1,1648	15,25	BUS44	0,9735	-0,63	-0,31
BUS34 A	0,4399	-56,47	BUS23 A	1,1647	9,50	BUS37 A	0,9891	-0,93	-1,72
BUS30 A	0,6196	-40,78	BUS42 A	1,1623	18,62	BUS37	0,9891	-0,93	-1,72
BUS37 A	0,8414	-15,73	BUS40	1,1598	16,22	BUS40	0,9910	-0,70	-0,60
BUS29 A	0,8467	-20,17	BUS23	1,1568	8,76	BUS40 A	0,9949	-0,30	-0,20
BUS23 A	0,8619	-18,97	BUS40 A	1,1530	15,54	BUS34	0,9972	-1,33	-1,15
BUS21 A	0,8678	-18,86	BUS21	1,1515	7,66	BUS34 A	1,0015	-0,90	-0,72
BUS22 A	0,9373	-7,81	BUS42	1,1489	17,25	BUS22	1,0101	-0,64	-0,63
BUS37	0,9782	-2,02	BUS30	1,1485	9,75	BUS22 A	1,0109	-0,57	-0,55
BUS22	1,0047	-1,18	BUS21 A	1,1442	6,99	BUS30	1,0342	-1,17	-1,09
BUS29	1,0050	-5,25	BUS30 A	1,1368	8,64	BUS30 A	1,0370	-0,90	-0,82
BUS46	1,0204	5,13	BUS22 A	1,1237	10,52	BUS29	1,0496	-1,04	-1,10
BUS42	1,0225	4,35	BUS29	1,1164	5,25	BUS29 A	1,0503	-0,97	-1,03
BLC42	1,0225	4,35	BUS29 A	1,1143	5,06	BUS23	1,0544	-0,87	-0,85
BUS44	1,0242	4,54	BUS37 A	1,0599	6,16	BUS23 A	1,0555	-0,77	-0,75
BLN44	1,0242	4,54	BUS22	1,0311	1,42	BUS21	1,0600	-0,89	-0,87
BUS40	1,0312	3,34	BUS37	0,9821	-1,63	BUS21 A	1,0610	-0,79	-0,77
BUS34	1,0381	2,71	BLC42	0,3500	-64,29				
BUS23	1,0574	-0,58	BLN44	0,3495	-64,32				
BUS30	1,0608	1,37	BLN44 A	0,0832	-91,50				
BUS21	1,0624	-0,66	BLC42 A	0,0000	-100,00				

**Πίνακας 4.10 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα φάσης A, όταν η τάση της φάσης A είναι 0 - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε ζυγούς υψηλής & μέσης τάσης

Ρεύματα	$I_{f'}$ (A)	$I_f$ (A)	$I_{mm}$ (A)	$I_o$ (A)	$I_{f'}$ (α.μ.)	$I_f$ (α.μ.)	$I_{mm}$ (α.μ.)	$I_o$ (α.μ.)
BLN42-BUS42 A	3267,8	2199,0	0,0	0,0	8,4900	5,7132	0,0000	0,0000
BLN42-BUS42	41,6	41,6	0,0	0,0	0,1081	0,1082	0,0000	0,0000
BLN44-BUS44 A	1572,9	1059,9	0,0	0,0	4,0865	2,7537	0,0000	0,0000
BLN44-BUS44	42,2	38,1	0,0	0,0	0,1096	0,0990	0,0000	0,0000
BLN42-earth A	4840,8	3259,2	± 25,2	0,0	12,5768	8,4677	-	±0,0653
BLN42-earth	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Πίνακας 4.11 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα στη φάση A, όταν η τάση της φάσης A είναι 0 - Ρεύματα από διακόπτες

Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη μας τις γραφικές παραστάσεις και τους πίνακες 4.9 ως 4.11 θα προχωρήσουμε σε σχολιασμό της συμπεριφοράς του δικτύου ως προς το μονοφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος στη φάση A που συνέβη στο άκρο της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας προς τον Άγιο Νικόλαο κατά τη χρονική στιγμή που η τάση στη φάση A βρίσκεται στη μηδενική τιμή της. Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τις τάσεις των διαφόρων ζυγών σε τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις της φάσης A των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς.

- ◊ Παρουσιάζονται φαινόμενα αρμονικών σε πολύ μικρό βαθμό στις φάσεις που έχουν δεχθεί το σφάλμα –για το δίκτυο υψηλής τάσης είναι η A- και ιδιαίτερα σε εκείνους τους ζυγούς που βρίσκονται κοντά στο σφάλμα, όπως στην Ιεράπετρα και στη Σητεία.

- ◊ Στις υγιείς φάσεις παρουσιάζεται στους περισσότερους ζυγούς υψηλής τάσης υπέρταση, η οποία όμως είναι αρκετά μικρότερη από την αντίστοιχη που προκαλείται από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας. Ειδικά παρατηρούμε ότι όσο πιο κοντά βρίσκονται στο σημείο του σφάλματος οι ζυγοί, τόσο πιο μεγάλη είναι η υπέρταση φθάνοντας στο +10% σε σχέση με την αρχική τιμή-Σητεία και Ιεράπετρα. Σε όσους δεν εμφανίζονται υπερτάσεις, αλλά μία μικρή βύθιση τάσης είτε είναι συνδεδεμένοι με γεννήτριες, είτε είναι ζυγοί μέσης τάσης, στους οποίους έχει μεσολαβήσει ο μετασχηματιστής που απομονώνει το ομοπολικό κύκλωμα του δικτύου μέσης τάσης.

- ◊ Τα ρεύματα στην πληγείσα φάση δεν παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα, σε αντίθεση με τις υγιείς που είναι έντονα τα μεταβατικά φαινόμενα.

- ◊ Το σφάλμα της βλαβείσας φάσης τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 3270 A και των 1570 A αντίστοιχα. Οι υγιείς φάσεις παρουσιάζουν μικρές μεταβολές στο ρεύμα.

- ◊ Στην βλαβείσα φάση υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών A, αφού το ρεύμα που διαρρέει το «διακόπτη βραχυκύκλωσης» δεν είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των δύο άκρων της γραμμής.

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις της βλαβείσας φάσης των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Γι' αυτό άλλωστε ο ζυγός των Χανίων υψηλής και μέσης τάσης -BUS21 και BUS22 αντίστοιχα- έχουν επηρεαστεί λιγότερο σε σχέση με όλους τους άλλους, αφού είναι ουσιαστικά από τους πιο απομακρυσμένους ζυγούς από το σφάλμα.

◇ Όλες οι υγιείς τάσεις των ζυγών κατά τη μόνιμη φάση του σφάλματος παρουσιάζουν βύθιση τάσης που φθάνει μέχρι και το 3,5% στους ζυγούς που είναι κοντά στο σφάλμα, ενώ όσο απομακρυνόμαστε από τον Άγιο Νικόλαο, τόσο περισσότερο πλησιάζουμε τις αρχικές μας τιμές, όπως φαίνεται άλλωστε και από τη στήλη των μεταβολών.

◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς και από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος.

◇ Η βύθιση τάσης που εμφανίζεται στους ζυγούς επηρεάζεται επίσης και από την πτώση τάσης κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς, γι' αυτό ο ζυγός της Σητείας, αν και πιο μακριά από το σφάλμα σε σχέση με τον αντίστοιχο της Ιεράπετρας, παρουσιάζει σχεδόν την ίδια τάση κατ' απόλυτη τιμή. Ωστόσο η μεταβολή στη βλαβείσα φάση ως προς την αρχική τιμή είναι μικρότερη από την αντίστοιχη της Ιεράπετρας.

◇ Η μεταβολή κυμαίνεται από το -100% στο σημείο βραχυκύκλωσης ως το -19% περίπου στους πιο απομακρυσμένους ζυγούς για τη βλαβείσα φάση, ενώ για τις υγιείς κυμαίνεται από το -3,5% ως το -1,2% για τους πιο απομακρυσμένους.

◇ Κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται οι περισσότεροι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων, των Λινοπεραμάτων Β και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα. Δηλαδή η εμβέλεια του βραχυκυκλώματος σε εκείνο το σημείο του δικτύου της Κρήτης είναι ουσιαστικά περίπου 100 km γραμμής μεταφοράς των 150 kV απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>. Πέρα από αυτήν την απόσταση η διαταραχή γίνεται αισθητή λόγω του μεγέθους της μεταβολής της -γύρω στο -20%-, αλλά η τάση κυμαίνεται σε επιτρεπτά όρια. Αυτά συμβαίνουν ως προς τη βλαβείσα φάση, καθώς οι υγιείς βρίσκονται – παρά τη διαταραχή λόγω μη ύπαρξης του συμμετρικού τριφασικού κυκλώματος- εντός των επιτρεπτών ορίων.

◇ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν λάβει τη βασική ημιτονική τους μορφή.

◇ Τα ρεύματα της βλαβείσας φάσης δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή. Αντίθετα τα ρεύματα των υγιών φάσεων περιέχουν ακόμη σε μικρό ποσοστό αρμονικές.

◇ Το σφάλμα συνεχίζει να τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 2200 A και των 1060 A αντίστοιχα και σχεδόν συγχρόνως τη μέγιστη τιμή.

◇ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του A.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,45 α.μ.. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη, καθώς στην περίπτωση της βλαβείσας φάσης των διακοπών λόγω του γεγονότος ότι η φάση A στο άκρο BLC42 έχει λάβει δυναμικό 0 παρουσιάζει μικρότερη τάση από εκείνη των υγιών τάσεων. Επίσης οι τάσεις αποκατάστασης του διακόπτη BLC42-BUS42 είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες του διακόπτη BLN44-BUS44 σε όλες τις φάσεις που οφείλεται πάλι στο μηδενισμό της τάσης της φάσης A στο ζυγό του Αγίου Νικολάου.

◇ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,9 α.μ./μsec για τη φάση A του διακόπτη BLC42-BUS42. Επίσης παρατηρούμε ότι στην περίπτωση των υγιών

φάσεων οι ρυθμοί ανόδου είναι σημαντικά μικρότεροι φθάνοντας στη χειρότερη περίπτωση τις 0,95 α.μ./μsec.

◇ Οι τιμές της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης λαμβάνουν συνηθισμένες τιμές.

◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Συγκεκριμένα οι ζυγοί, όπως της Σητείας, της Ιεράπετρας και των Μοιρών –BUS46, BUS44 και BUS34 αντίστοιχα- παρουσιάζουν υπερτάσεις που φθάνουν μέχρι το 1,25 α.μ.. Αντίθετα οι απομακρυσμένοι ηλεκτρικά ζυγοί επηρεάζονται λιγότερο, όπως οι ζυγοί παραγωγής.

◇ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν και το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν, γι' αυτό άλλωστε οι ζυγοί των Λινοπεραμάτων Β, των Χανίων μέσης τάσης και του Ηρακλείου Ι -BUS29, BUS22 και BUS37- επηρεάζονται λιγότερο.

◇ Επηρεάζουν ακόμη οι αρχικές συνθήκες, στις οποίες βρίσκονταν πριν το άνοιγμα των διακοπών προστασίας οι ζυγοί, και το μέγεθος των χωρητικών στοιχείων που είναι κοντά τους. Εξαιτίας τούτου η υγιή φάση στο ζυγό της Σητείας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη υπέρταση, αφού ο πυκνωτής που είναι συνδεδεμένος με τον αντίστοιχο ζυγό μέσης τάσης είναι ποσοστιαία μεγαλύτερος ως προς το φορτίο του ίδιου ζυγού σε σχέση με τους υπόλοιπους ζυγούς. Την κατάσταση αυτή επιβαρύνει και το γεγονός της μικρής απόστασης από το σημείο του σφάλματος.

◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Εξαιτίας τούτων λαμβάνουμε τις μεγαλύτερες μεταβολές κοντά στο σημείο του σφάλματος, όπως φαίνεται άλλωστε και από τη μεταβολή της μεταβατικής τάσης μετά τη λειτουργία των διακοπών ως προς την τάση πριν το άνοιγμα του διακόπτη στον πίνακα 4.10.

◇ Παρατηρούμε ότι στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- η τάση της βλαβείσας φάσης είναι σχεδόν ίση με την αντίστοιχη της μόνιμης κατάστασης σφάλματος και πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη αρχική. Για τις υγιείς φάσεις των απομονωμένων άκρων του διακόπτη παρουσιάζονται τάσεις πολύ μικρότερες από τις αρχικές.

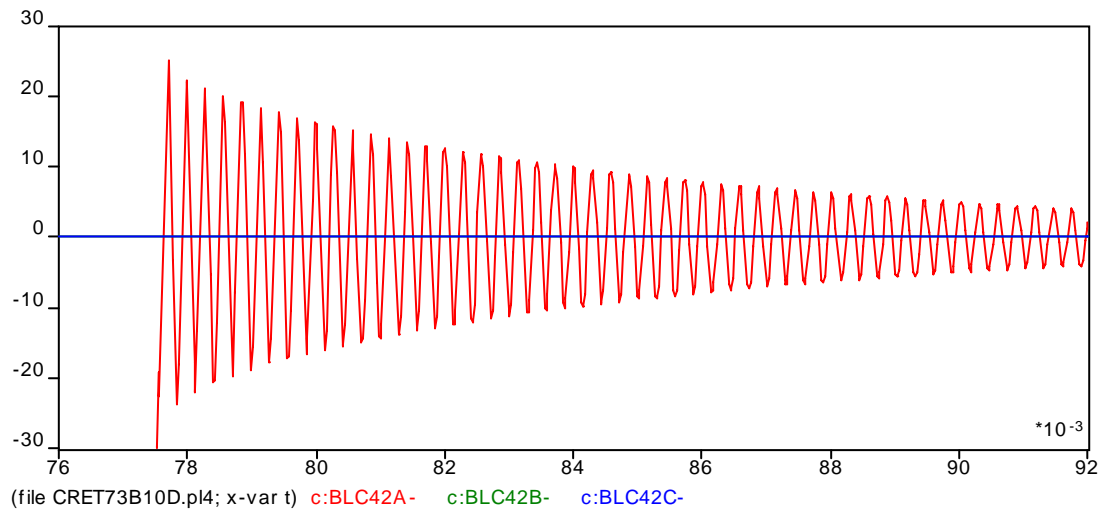
◇ Η μεταβολή κυμαίνεται από το 1% στους απομακρυσμένους ζυγούς -ζυγός Χανίων, Λινοπεραμάτων Β και Ηρακλείου Ι ( BUS21, BUS29 και BUS37 ) - ως το 29% περίπου στους πιο κοντινούς ζυγούς ως προς τους διακόπτες προστασίας. Παρατηρούμε επίσης ότι τα ποσοστά μεταβολής, όπως και οι αντίστοιχες τάσεις είναι αρκετά κοντά και για τις προσβληθείσες φάσεις από το σφάλμα και για τις υγιείς.

◇ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις σε όλες τις φάσεις έχουν έντονα φαινόμενα αρμονικών. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, στην αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων που «βλέπει» ο κάθε ζυγός.

◇ Τα ρεύματα παρουσιάζουν πολύ μικρά μεταβατικά φαινόμενα από τη στιγμή που η πρώτη φάση -στην προκειμένη περίπτωση λόγω της χρονικής στιγμής που επιλέξαμε είναι η φάση C- μηδενισθεί και διακοπεί. Αυτό έχει ως συνέπεια το κύκλωμα να πάψει να είναι συμμετρικό και να δημιουργούνται ασυμμετρίες και ως προς τα ρεύματα, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να μας οδηγήσουν σε ρεύματα μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της μόνιμης κατάστασης σφάλματος. Επίσης η όλη διαδικασία διαρκεί λιγότερο από 2 msec –περίπου το 1/10 μίας περιόδου των 50 Hz.

◇ Από το σημείο βραχυκύκλωσης συνεχίζει η κυκλοφορία ρεύματος, μέσω της οποίας ξεκινά η εκφόρτιση της βλαβείσας φάσης της γραμμής μεταφοράς. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η συχνότητα ταλάντωσης της γραμμής μεταφοράς δίνεται από τη

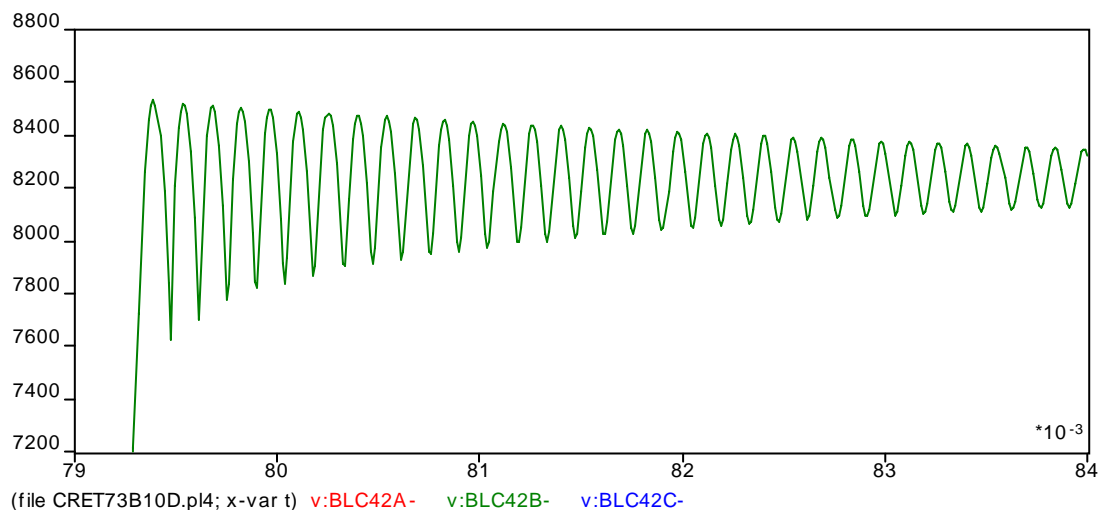
σχέση (4.3-6) και μέσω των αντίστοιχων υπολογισμών της παραγράφου 4.3, προκύπτει ότι είναι ίση με 3,84 kHz. Αν μεγενθύνουμε τη γραφική παράσταση 4.56 και λάβουμε υπόψη μας τη συχνότητα των αντίστοιχων ταλαντώσεων του ρεύματος εκφόρτισης της φάσης A, όπως φαίνεται στην ακόλουθη παράσταση,



**Σχήμα 4.57** : Μεγενθυμένη Γραφική Παράσταση Ρεύματος φάσης A στο διακόπτη BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της φάσης A είναι 0

τότε προκύπτει ότι η αντίστοιχη συχνότητα είναι ίση με 3,78 kHz, τιμή αρκετά κοντά στην αντίστοιχη θεωρητική.

◊ Παράλληλα παρατηρούμε ότι οι υγιείς φάσεις στην απομονωμένη πλέον γραμμή παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα ταλαντώσεων, όπως φαίνονται στην ακόλουθη γραφική παράσταση, οι οποίες κυμαίνονται με συχνότητα περίπου 7,56 kHz - διπλάσια της συχνότητας που παρουσιάζεται στο ρεύμα και στην τάση της βλαβείας φάσης A- γύρω από την τιμή τάσης που είχε το άκρο του διακόπτη τη στιγμή του ανοίγματος. Αυτή η διπλάσια συχνότητα δηλώνει έντονη την παρουσία του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος.



**Σχήμα 4.58** : Μεγενθυμένη Γραφική Παράσταση Τάσης φάσης B στο διακόπτη BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι 0

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :
  - ◊ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά μήκος των διακοπών διαφέρουν σημαντικά, καθώς στη βλαβεία φάση του διακόπτη BLC42-BUS42 είναι κοντά στη 1 α.μ., ενώ

στις υγιείς είναι κοντά στο 1,3 α.μ.. Αντίστοιχα για το διακόπτη BLN44-BUS44 έχουμε 1,3 α.μ. για τη βλαβείσα και 1,6 α.μ. για τις υγιείς. Αυτό συμβαίνει, διότι τα άκρα των υγιών φάσεων έχουν υψηλότερες τάσεις από τη βλαβείσα, όπως επίσης σε υψηλότερα επίπεδα τάσης βρίσκεται το άκρο της γραμμής μεταφοράς προς την Ιεράπετρα από τον Άγιο Νικόλαο.

◊ Οι τάσεις των ζυγών έχουν λάβει λογικές τιμές και όσο απομακρυνόμαστε από τους ζυγούς παραγωγής, τόσο μειώνονται περισσότερο η τιμή τους, χωρίς όμως να λαμβάνουν επικίνδυνες τιμές για τη λειτουργία του δικτύου. Γενικά παρατηρούμε μία μείωση των τάσεων στους ζυγούς ως προς τις τάσεις και τα ρεύματα προ της βραχυκύκλωσης κατά ένα ποσοστό του 0,2 με 1,15%, όπως φαίνεται άλλωστε από τη στήλη «μεταβολή» στην «τάση μετά από 5 κύκλους από τη λειτουργία του διακόπτη» του πίνακα 4.10. Σημειώνουμε ωστόσο ότι δεν έχει ολοκληρωθεί η μεταβατική περίοδος του ανοίγματος του διακόπτη, διότι το σύστημα δεν έχει αποκτήσει ακόμη πλήρη συμμετρία στις τάσεις, αλλά υπάρχουν ακόμη μικροδιαφορές ανάμεσα στις βλαβείσες φάσεις και στις υγιείς που φθάνει μέχρι το 0,4%.

◊ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν στη διαμόρφωση των τελικών τιμών στις τάσεις του δικτύου, εκτός από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν και τις συνθήκες, τις οποίες δημιούργησε το βραχυκύκλωμα, οι αντιδράσεις των γεννητριών καθ'όλη τη διάρκεια του σφάλματος και της απομόνωσής του, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται από τους συντελεστές αδρανείας και από τα εσωτερικά τους ηλεκτρικά στοιχεία. Γι'αυτό άλλωστε οι τελικές τάσεις του δικτύου διαφέρουν κατά ένα ποσοστό -1,7%, όπως φαίνεται και από τη στήλη «αλλαγή» του πίνακα 4.10, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης, δηλαδή η γεννήτρια 4.

◊ Από το διακόπτη βραχυκύκλωσης το ρεύμα της φάσης Α συνεχίζει να ταλαντώνεται, αλλά λαμβάνοντας πλέον πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του Α. Ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της φάσης Α της γραμμής.

◊ Αντίθετα για τις υγιείς φάσεις η εκφόρτιση της γραμμής γίνεται διαμέσου των κατανεμημένων πυκνωτών με πάρα πολύ αργούς ρυθμούς, αυτό άλλωστε φαίνεται από τα επίπεδα τάσης στις υγιείς φάσεις που φθάνουν αρχικά μέχρι τα 0,35 α.μ..

Σημειώνουμε επίσης ότι είναι αρκετά ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε την επίδραση της συνδεσμολογίας των μετασχηματιστών στη διαμόρφωση των τάσεων μετά την έναρξη του σφάλματος, όπως και μετά το άνοιγμα των διακοπών. Σύμφωνα με τις γραφικές παραστάσεις 4.42 και 4.47 που παρουσιάζουν τις τάσεις στους ζυγούς των Χανίων και του Ηρακλείου Ι σε επίπεδο μέσης τάσης προκύπτει το συμπέρασμα ότι με τη χρήση μετασχηματιστών συνδεσμολογίας γειωμένου αστέρα-τριγώνου γίνεται η απομόνωση του ομοπολικού κυκλώματος ανάμεσα στα δύο επίπεδα τάσεων και επίσης μοιράζεται κατά κάποιο τρόπο το σφάλμα σε δύο φάσεις έναντι της μίας στην οποία είχε προκληθεί, με συνέπεια η παραπέρα καταπόνηση του κυκλώματος να περιορίζεται περισσότερο σε σχέση με τη χρησιμοποίηση αστέρα-αστέρα είτε γειωμένου, είτε αγείωτου. Συνεπώς η χρήση των μετασχηματιστών συνδεσμολογίας αστέρα-τριγώνου έχει ευεργετικές συνέπειες για το δίκτυο μέσης τάσης.

Εξίσου μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εκφόρτιση των υγιών φάσεων μέσω των κατανεμημένων πυκνωτών της απομονώμενης γραμμής μεταφοράς με συχνότητα διπλάσια της αντίστοιχης της βλαβείσας φάσης που υποδηλώνει την ασυμμετρία του κυκλώματος της γραμμής που είναι ουσιαστικά άμεσα γειωμένο η φάση Α στο ένα της άκρο, ενώ οι άλλες φάσεις συνδέονται με τη γη διαμέσου μεγάλων πυκνωτών. Αυτό έχει ως συνέπεια να παρουσιάζεται η διπλάσια συχνότητα, χαρακτηριστικό του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος, που λαμβάνει μέρος στην περίπτωση οποιασδήποτε ασυμμετρίας του δικτύου.

#### **4.7 Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της Φάσης Α είναι μέγιστη-**

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιάσουμε το μονοφασικό βραχυκύκλωμα της φάσης Α προς γη χωρίς αντίσταση σφάλματος που πραγματοποιείται στο άκρο προς τον Άγιο Νικόλαο -BUS42 στο σχήμα 2.1 του κεφαλαίου 2- της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας -LINE 16 ανάμεσα στους ζυγούς BUS42 και BUS44, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1- κατά τη χρονική στιγμή 0,01769 sec από τη στιγμή έναρξης εκτέλεσης του προγράμματος. Εκείνη τη στιγμή η τάση της φάσης Α είναι ίση με τη μέγιστη τιμή της. Σημειώνουμε ότι το μονοφασικό βραχυκύκλωμα θα προσομοιωθεί με τη βοήθεια ενός ιδανικού τριπολικού διακόπτη που συνδέει το σημείο βραχυκύκλωσης με τη γη, κλείνοντας όμως μόνο τη φάση Α, σε αντίθεση με τις παραγράφους 4.3 και 4.4 που κλείνουν όλες οι φάσεις.

Οι αρχικές συνθήκες ομαλής λειτουργίας του δικτύου είναι εκείνες της υψηλής φόρτισης, όπως αυτές προσδιορίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο με τη βοήθεια του προγράμματος ροής φορτίου.

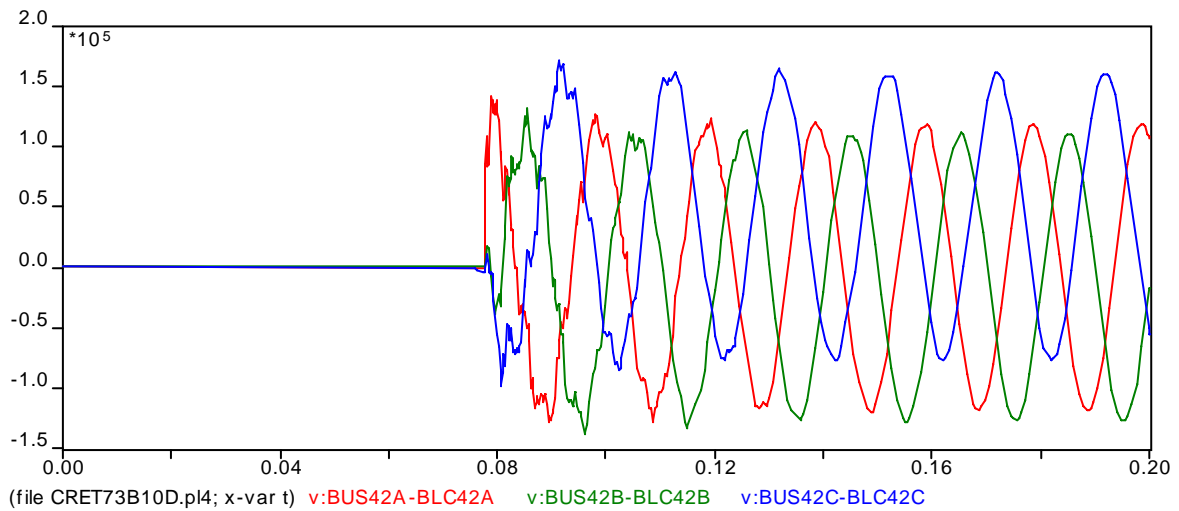
Αφού πραγματοποιηθεί το σφάλμα, θα θεωρήσουμε ότι λειτουργούν οι τριπολικοί διακόπτες προστασίας της γραμμής μεταφοράς, ώστε να αντιμετωπισθεί το βραχυκύκλωμα και να απομονωθεί από το υπόλοιπο δίκτυο. Θα θεωρήσουμε ότι ανοίγουν και οι τρεις φάσεις των διακοπών. Οι παραδοχές ως προς το είδος και τη λειτουργία των διακοπών είναι ίδιες με της παραγράφου 4.3. Απλώς η εντολή για το άνοιγμα των διακοπών προστασίας δίνεται και πάλι σε τρεις κύκλους μετά από την εκδήλωση του σφάλματος, δηλαδή τη χρονική στιγμή 0,07769 sec. Το ποια φάση θα ανοίξει πρώτη και το πότε εξαρτάται από την αλληλοδιαδοχή των φάσεων και τις θέσεις ως προς το μηδέν, στις οποίες θα βρεθούν τα αντίστοιχα ρεύματα που διαρρέουν τους διακόπτες προστασίας.

Στην παρούσα περίπτωση, όπως και στην παράγραφο 4.3, θα μελετήσουμε τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και ενδεικτικά σε ορισμένους ζυγούς μέσης. Συγκεκριμένα θα καταγράψουμε τις αναπτυσσόμενες μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης και τους ρυθμούς ανόδου της τάσης αποκατάστασης πάνω στους διακόπτες προστασίας τόσο στις υγιείς φάσεις, όσο και στη φάση Α που έχει δεχτεί το σφάλμα, τις τιμές των τάσεων στους ζυγούς κατά τη διάρκεια του μόνιμου σφάλματος, κατά το μεταβατικό στάδιο μετά από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας και έπειτα από πέντε κύκλους, όταν έχει αρχίσει να αποκαθίσταται η ομαλή και μόνιμη λειτουργία του συστήματος. Ακόμη θα προσδιορίσουμε τα ρεύματα τροφοδότησης του σημείου βραχυκύκλωσης από τα δύο άκρα της γραμμής καθ'όλη τη διάρκεια του φαινομένου, όπως επίσης και το συνολικό ρεύμα κάθε φάσης με το οποίο τροφοδοτείται ο «διακόπτης βραχυκύκλωσης» πριν το κοινό κόμβο προς γη, και στη φάση Α και στις δύο υγιείς φάσεις Β και C.

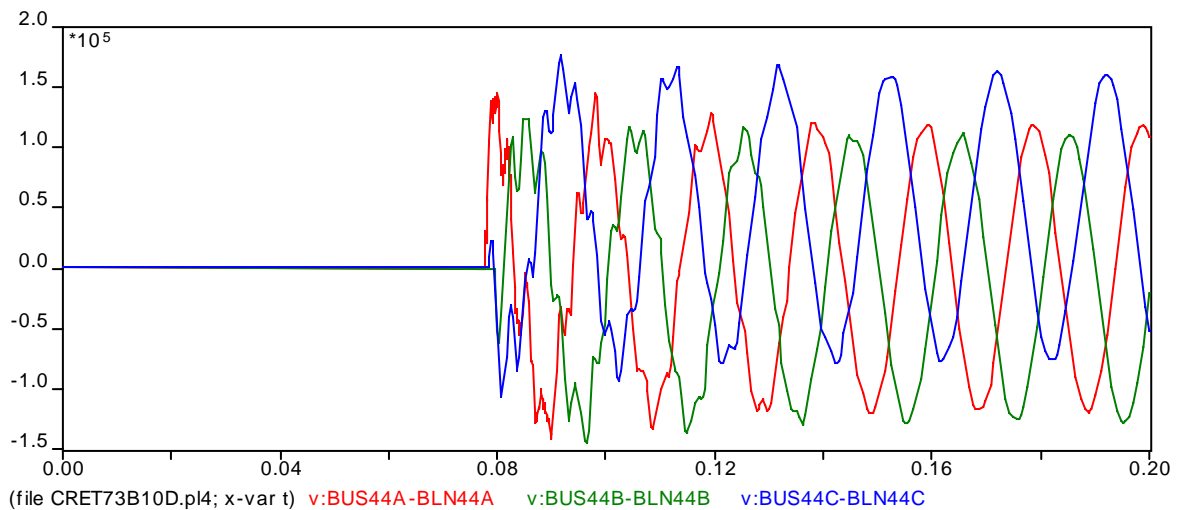
Πριν όμως μελετήσουμε τα αριθμητικά αποτελέσματα αυτής της εκτέλεσης του προγράμματος, είναι αναγκαίο να παρουσιάσουμε τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των τάσεων και των ρευμάτων του δικτύου. Αναλυτικότερα για την παρούσα περίπτωση θα δειχθούν οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις που παρουσιάσαμε και στην περίπτωση της παραγράφου 4.3, δηλαδή τις αναπτυσσόμενες τάσεις πάνω στους δύο διακόπτες προστασίας, τις τάσεις πάνω στους ζυγούς υψηλής τάσης και σε ορισμένους ζυγούς μέσης τάσης, τα ρεύματα πάνω στους διακόπτες προστασίας και στο διακόπτη βραχυκύκλωσης. Όλα τα μεγέθη θα καταγραφούν και ως προς τις τρεις φάσεις.

Παράλληλα διατηρήθηκε η ίδια χρωματολογία των φάσεων για όλα τα μεγέθη ως προς τις τρεις φάσεις που παρουσιάζονται στις γραφικές παραστάσεις.

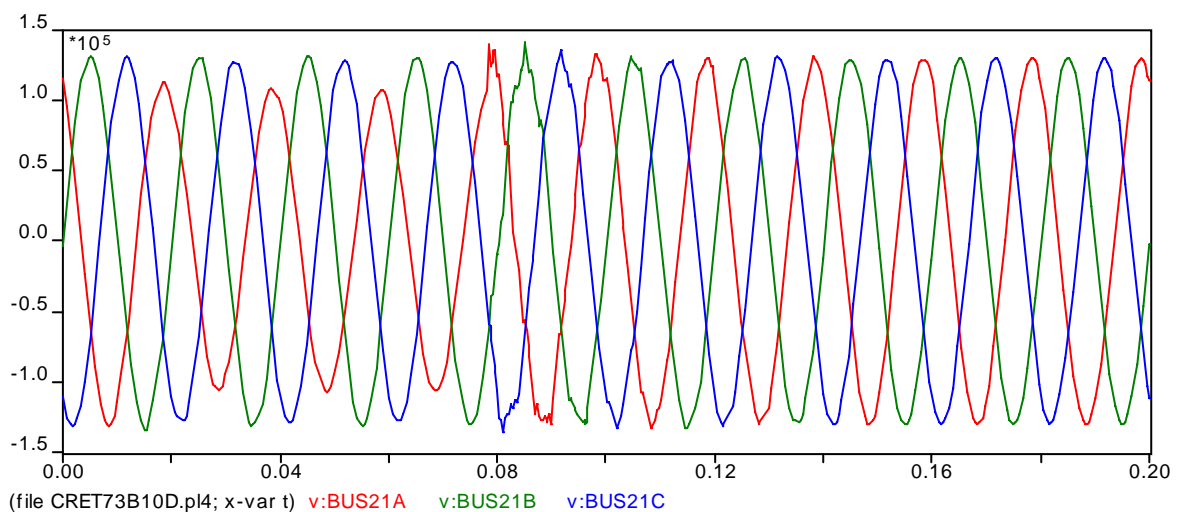
Επίσης έγινε μία συστηματική προσπάθεια να τοποθετηθούν οι παραστάσεις πλήρως συγχρονισμένες για τους δέκα κύκλους μελέτης όλου του φαινομένου, δηλαδή για τα 200 msec εκτέλεσης του υπολογιστικού προγράμματος EMTP.



**Σχήμα 4.59** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη

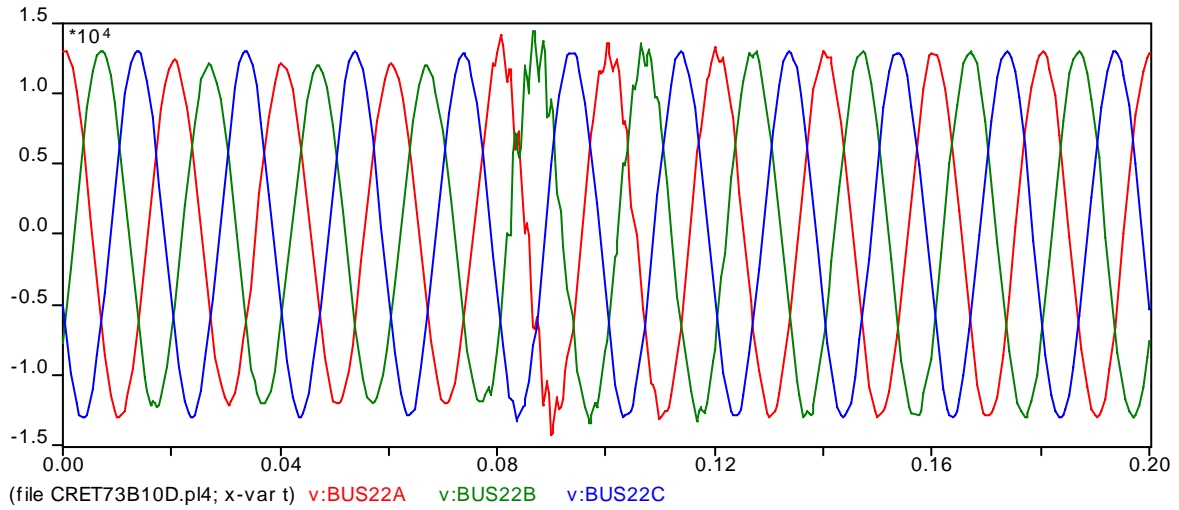


**Σχήμα 4.60** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη

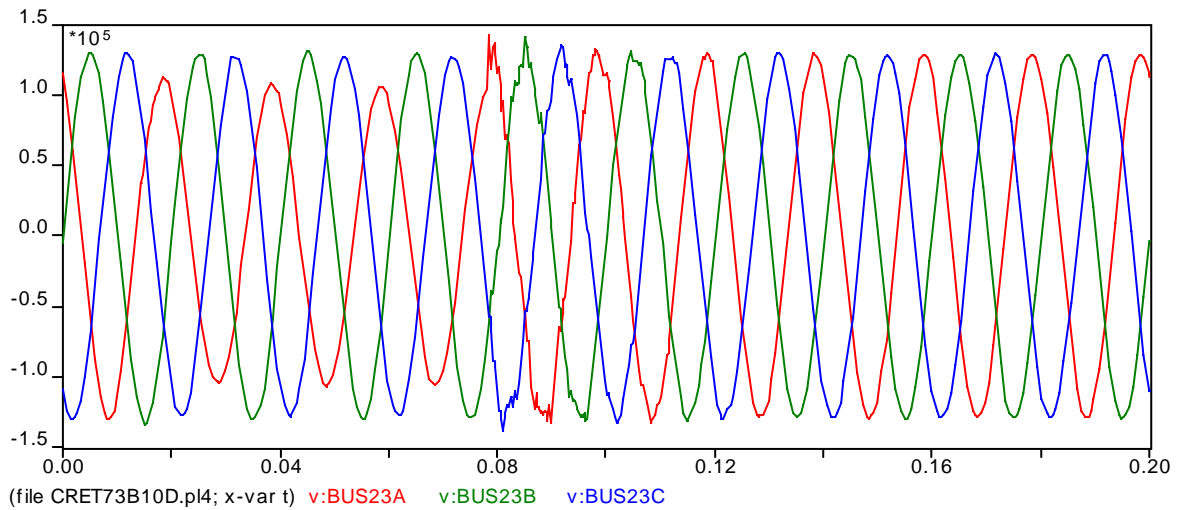


**Σχήμα 4.61** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS21 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη

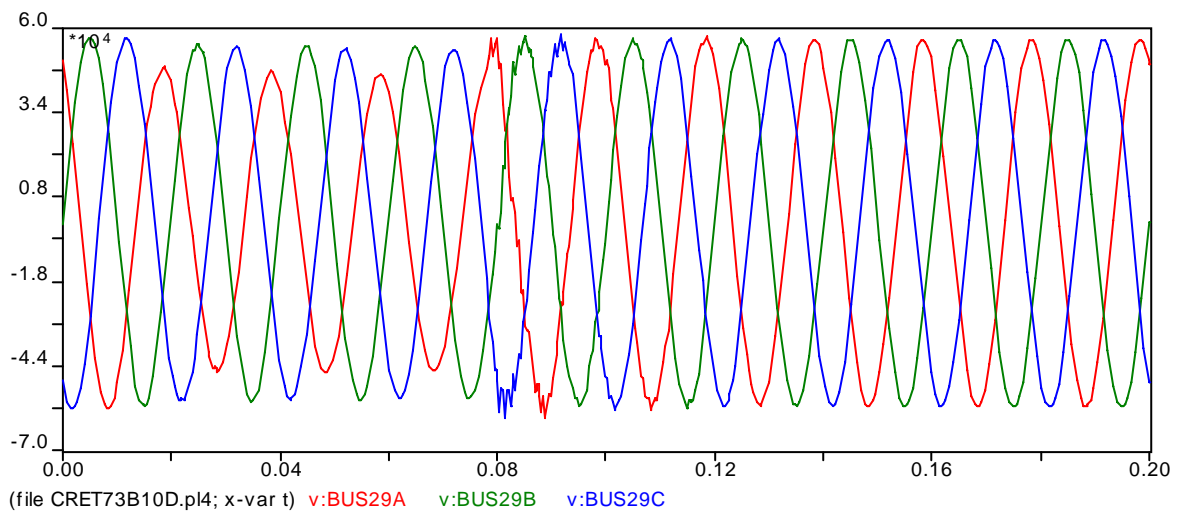




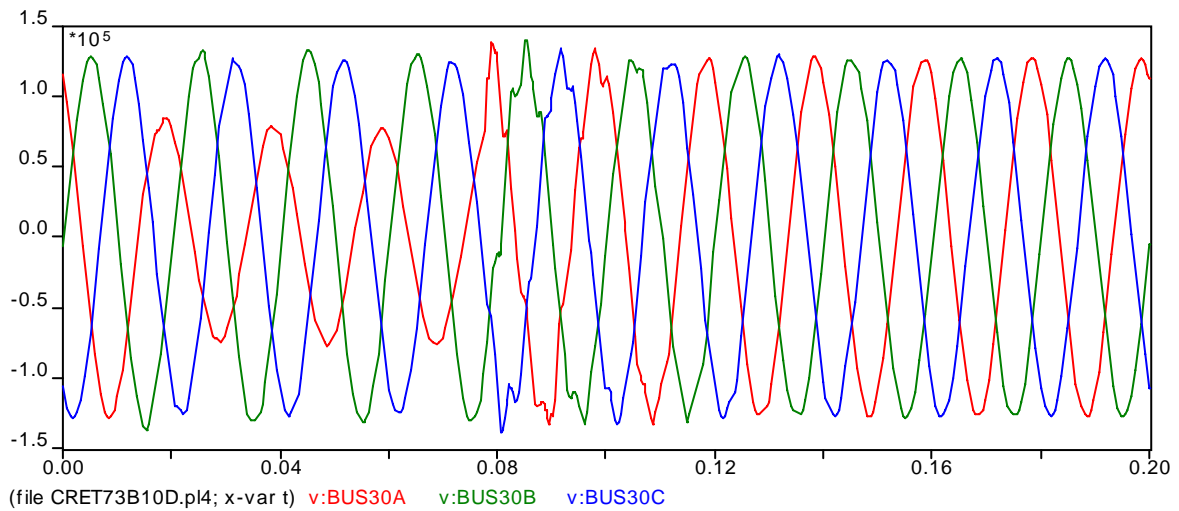
**Σχήμα 4.62 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS22 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



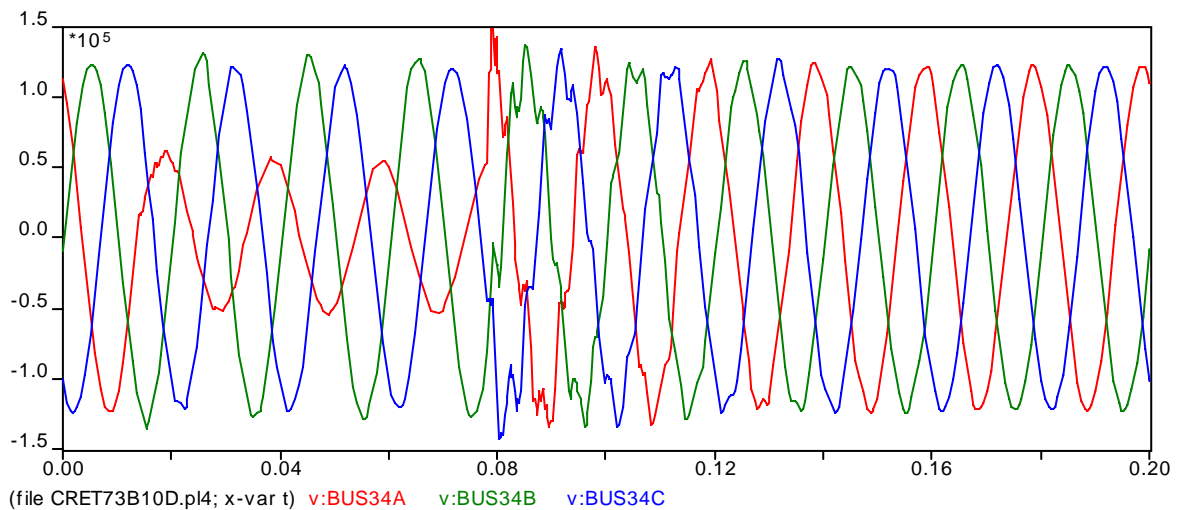
**Σχήμα 4.63 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS23 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



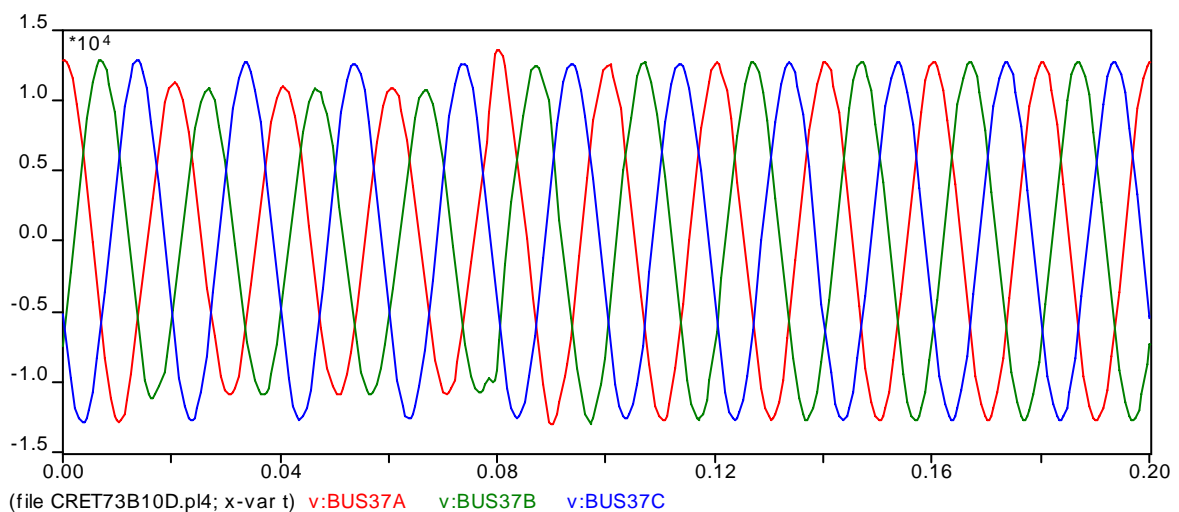
**Σχήμα 4.64 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS29 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



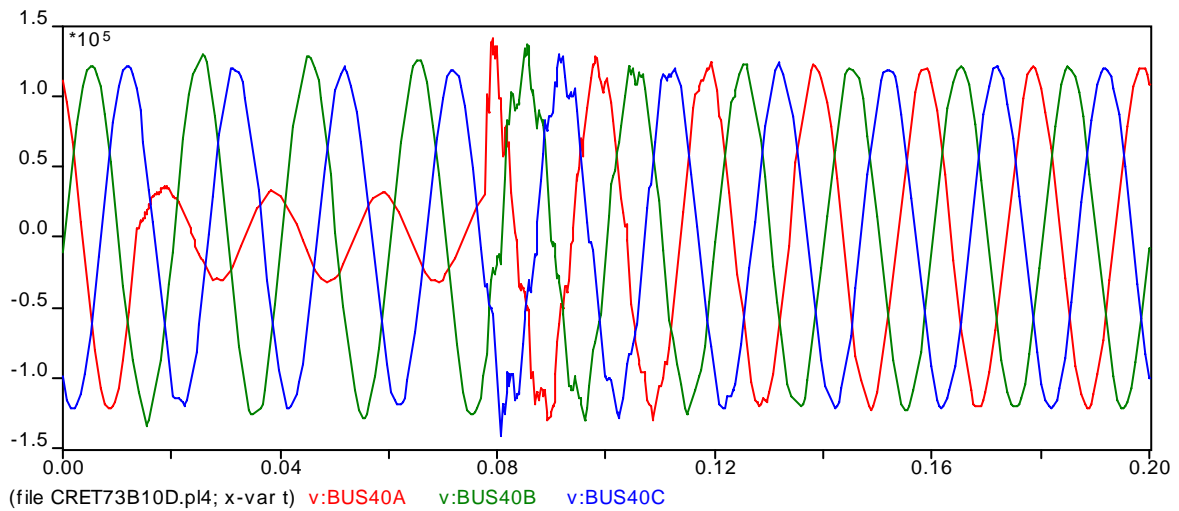
**Σχήμα 4.65 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS30 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



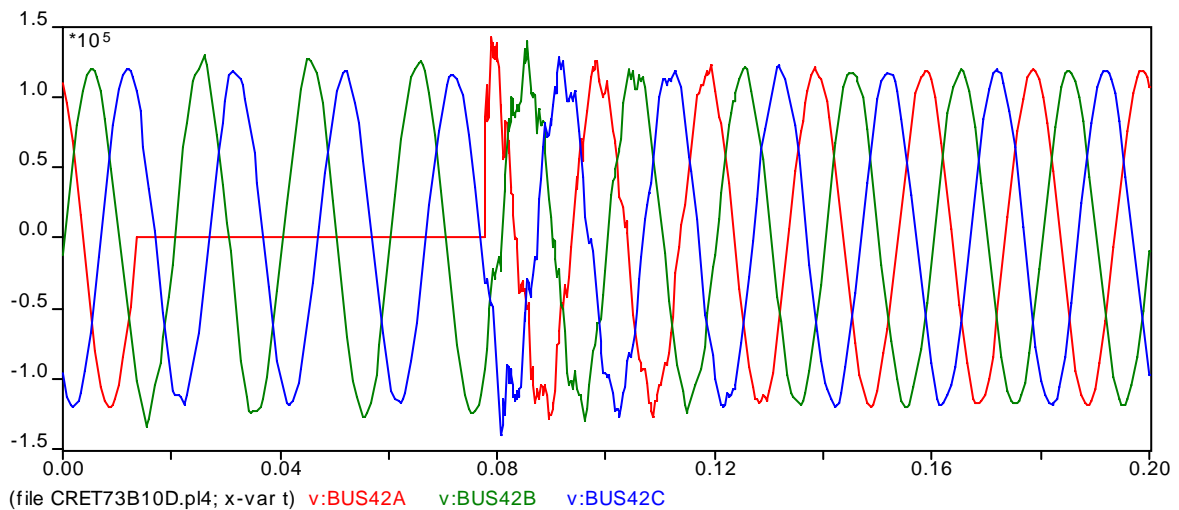
**Σχήμα 4.66 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS34 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



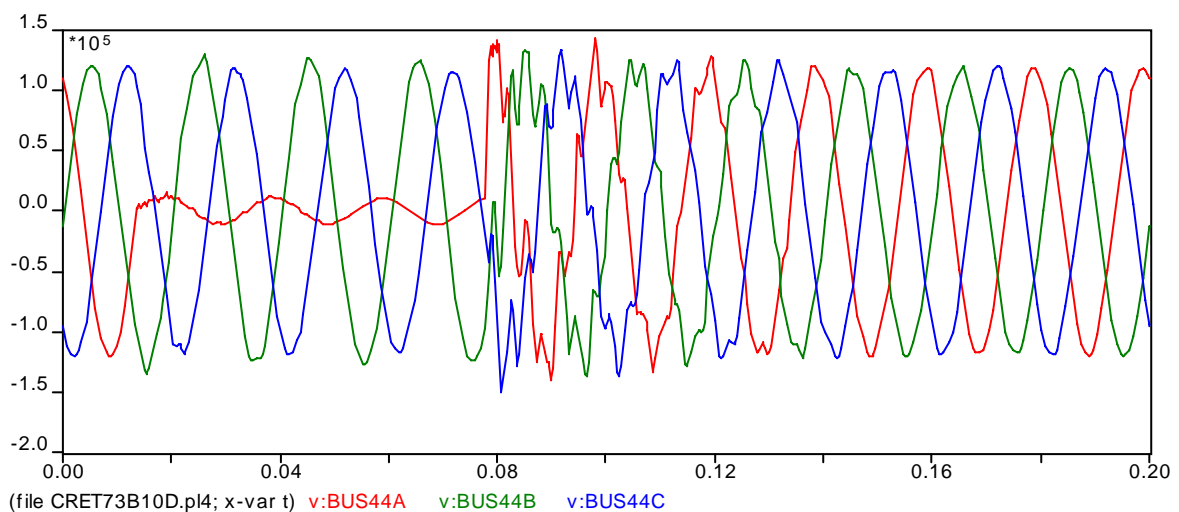
**Σχήμα 4.67 :** Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS37 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



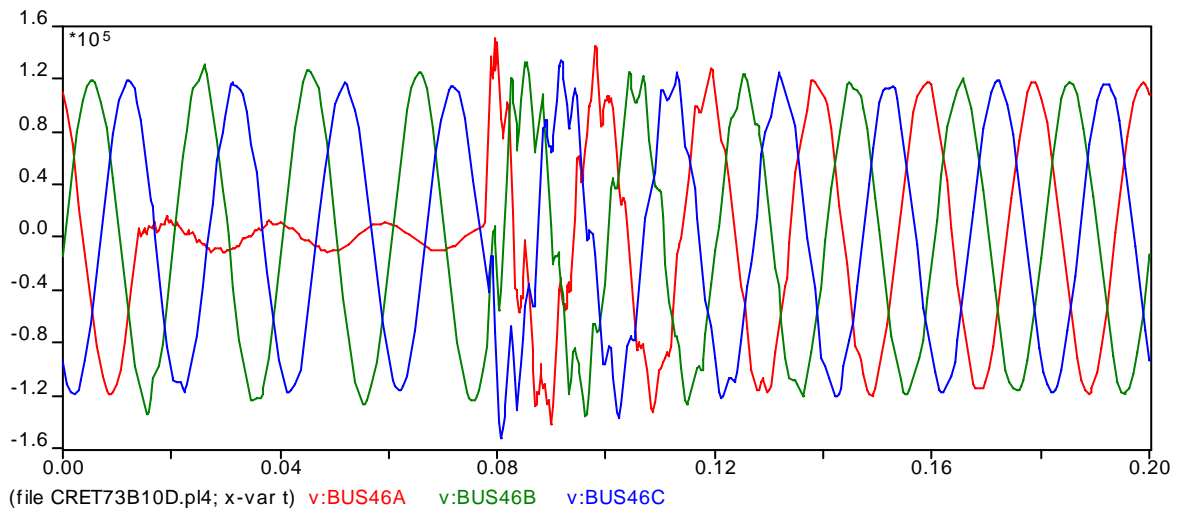
**Σχήμα 4.68** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS40 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



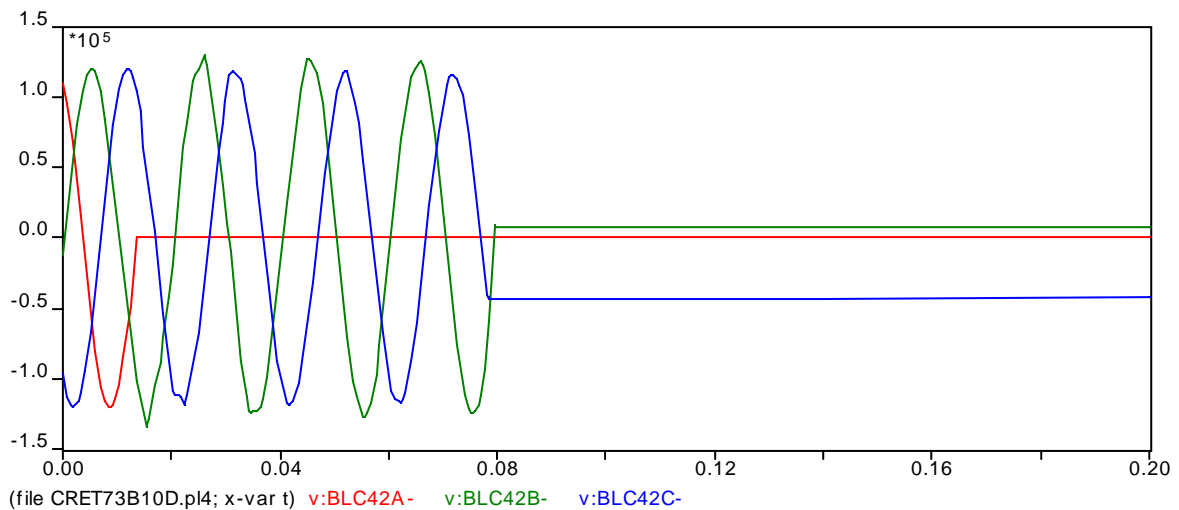
**Σχήμα 4.69** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



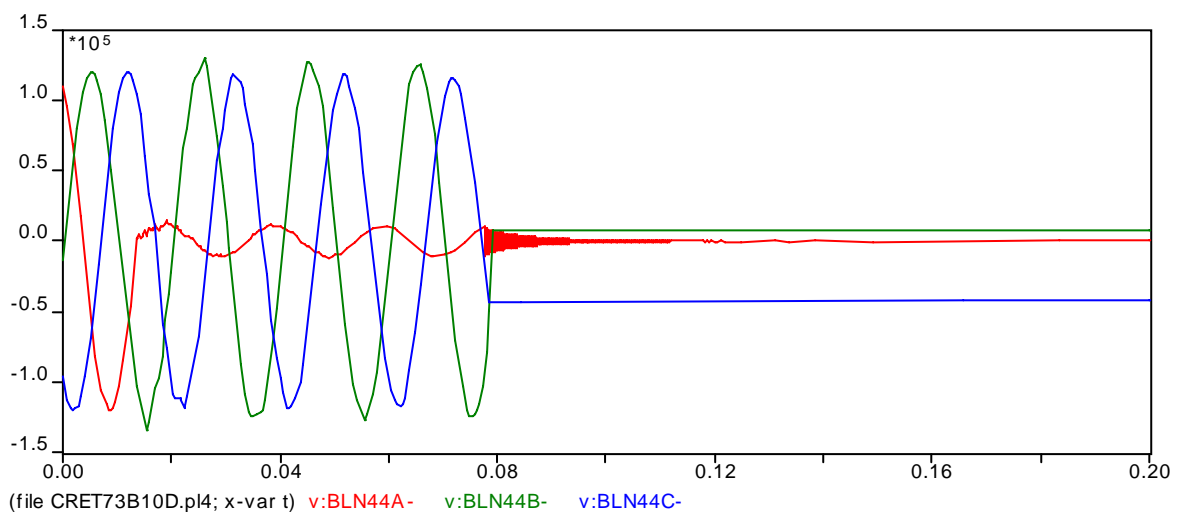
**Σχήμα 4.70** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



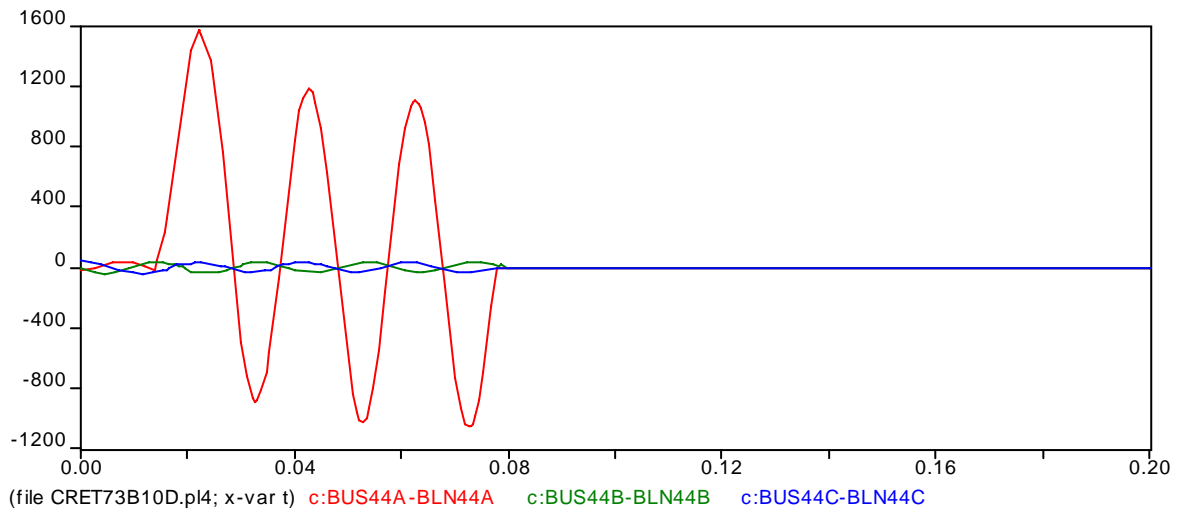
**Σχήμα 4.71** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BUS46 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



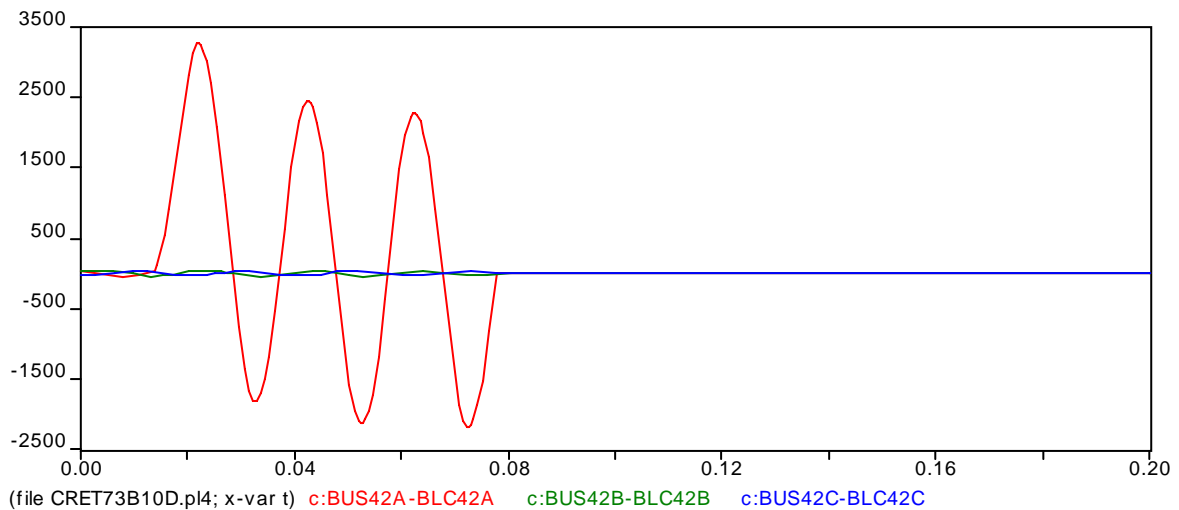
**Σχήμα 4.72** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLC42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



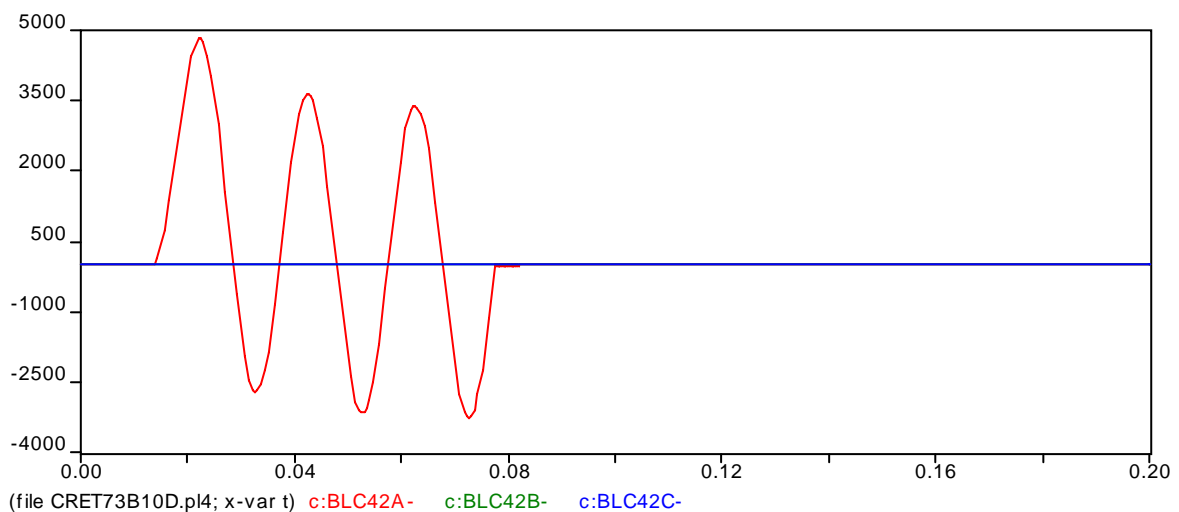
**Σχήμα 4.73** : Γραφική Παράσταση Τάσης στο ζυγό BLN44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.74** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN44-BUS44 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.75** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο διακόπτη BLN42-BUS42 υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη



**Σχήμα 4.76** : Γραφική Παράσταση Ρεύματος στο ζυγό BLN42-γη υπό υψηλή φόρτιση δικτύου, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη

Στη συνέχεια στους ακόλουθους πίνακες θα παρουσιάσουμε συγκεντρωτικά τα αντίστοιχα αριθμητικά αποτελεσμάτα λαμβάνοντας υπόψη μας τους ορισμούς που δόθηκαν στην παράγραφο 4.3 και τις σχέσεις από (4.3-1) ως (4.3-5). Σημειώνουμε ότι οι τάσεις ή τα ρεύματα με το χαρακτηριστικό A είναι τα μεγέθη της φάσης που έχει πληγεί από το σφάλμα, ενώ χωρίς κανένα χαρακτηριστικό είναι τα αντίστοιχα μεγέθη σε όποια από τις υγιείς φάσεις είναι δυσμενέστερα.

Ζυγός	TRV (kV)	RRRV (kV/μs)	V <sub>o</sub> (kV)	TRV (α.μ.)	RRRV (α.μ./μs)	V <sub>o</sub> (α.μ.)
BLC42-BUS42 A	146,46	232,85	119,46	1,1958	1,9012	0,9754
BLC42-BUS42	269,85	111,88	249,05	2,2033	0,9135	2,0335
BLN44-BUS44 A	145,71	152,45	119,84	1,1897	1,2447	0,9785
BLN44-BUS44	272,28	135,39	248,70	2,2232	1,1055	2,0306

**Πίνακας 4.12 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα φάσης A, όταν η τάση της φάσης A είναι μέγιστη - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε διακόπτες προστασίας

Μόνιμη κατάσταση μετά το σφάλμα			Μεταβατική τάση μετά τη λειτουργία διακοπών			Τάση μετά από 5 κύκλους από λειτουργία διακόπτη			
Ζυγός	V <sub>f</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>mm</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	Ζυγός	V <sub>o</sub> (α.μ.)	μεταβολή (%)	αλλαγή (%)
BUS42 A	0,0000	-100,00	BUS46	1,2919	33,10	BUS46 A	0,9682	-0,24	0,17
BLC42 A	0,0000	-100,00	BUS44	1,2742	30,06	BUS46	0,9691	-0,15	0,26
BUS44 A	0,1101	-88,77	BUS34 A	1,2646	25,13	BUS42	0,9742	-0,57	-0,16
BLN44 A	0,1102	-88,75	BUS46 A	1,2421	27,98	BUS42 A	0,9755	-0,45	-0,04
BUS46 A	0,1214	-87,49	BUS34	1,2262	21,33	BUS44 A	0,9769	-0,28	0,04
BUS40 A	0,2636	-73,59	BUS40	1,2138	21,63	BUS44	0,9774	-0,23	0,09
BUS34 A	0,4679	-53,71	BUS44 A	1,2095	23,45	BUS37	0,9883	-1,00	-1,79
BUS30 A	0,6218	-40,57	BUS42	1,2016	22,63	BUS37 A	0,9887	-0,97	-1,75
BUS37 A	0,8359	-16,27	BUS42 A	1,1958	22,04	BUS40	0,9917	-0,62	-0,52
BUS29 A	0,8616	-18,77	BUS40 A	1,1874	18,99	BUS40 A	0,9933	-0,47	-0,37
BUS21 A	0,8712	-18,54	BUS30	1,1865	13,39	BUS34	1,0046	-0,60	-0,41
BUS23 A	0,8745	-17,79	BUS23 A	1,1733	10,31	BUS34 A	1,0060	-0,46	-0,27
BUS22 A	0,9336	-8,17	BUS23	1,1691	9,91	BUS22 A	1,0086	-0,80	-0,78
BUS37	0,9821	-1,64	BUS21	1,1658	9,00	BUS22	1,0094	-0,71	-0,70
BUS22	1,0070	-0,95	BUS30 A	1,1606	10,91	BUS30	1,0385	-0,76	-0,68
BUS29	1,0074	-5,02	BUS21 A	1,1493	7,46	BUS30 A	1,0402	-0,59	-0,52
BUS40	1,0461	4,83	BUS29 A	1,1273	6,29	BUS29	1,0483	-1,17	-1,22
BUS42	1,0490	7,06	BUS29	1,1134	4,97	BUS29 A	1,0492	-1,08	-1,13
BUS23	1,0524	-1,06	BUS22 A	1,1011	8,31	BUS23 A	1,0568	-0,64	-0,63
BUS44	1,0585	8,04	BLC42	1,0708	9,27	BUS23	1,0570	-0,62	-0,60
BLN44	1,0585	8,04	BLN44	1,0708	9,29	BUS21 A	1,0623	-0,68	-0,66
BUS21	1,0607	-0,82	BUS37 A	1,0688	7,06	BUS21	1,0626	-0,65	-0,63
BUS34	1,0608	4,96	BUS22	1,0086	-0,80				
BUS46	1,0655	9,78	BUS37	0,9814	-1,70				
BUS30	1,0795	3,16	BLN44 A	0,0367	-96,26				
			BLC42 A	0,0000	-100,00				

**Πίνακας 4.13 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα φάσης A, όταν η τάση της φάσης A είναι μέγιστη - Αναπτυσσόμενες τάσεις σε ζυγούς υψηλής & μέσης τάσης

Ρεύματα	$I_{F'}$ (A)	$I_f$ (A)	$I_{mm}$ (A)	$I_o$ (A)	$I_{F'}$ (α.μ.)	$I_f$ (α.μ.)	$I_{mm}$ (α.μ.)	$I_o$ (α.μ.)
BLN42-BUS42 A	2622,7	2240,0	-	0,0	6,8140	5,8197	-	0,0000
BLN42-BUS42	153,1	56,7	-	0,0	0,3978	0,1474	-	0,0000
BLN44-BUS44 A	1319,8	1080,5	-	0,0	3,4289	4,1193	-	0,0000
BLN44-BUS44	130,1	47,0	-	0,0	0,3379	0,1221	-	0,0000
BLN42-earth A	3928,1	3325,4	-	±21,9	10,2055	8,6396	-	±0,0568
BLN42-earth	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

**Πίνακας 4.14 :** Μονοφασικό Βραχυκύκλωμα στη φάση A, όταν η τάση της φάσης A είναι μέγιστη - Ρεύματα από διακόπτες

Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη μας τις γραφικές παραστάσεις και τους πίνακες 4.12 ως 4.14 θα προχωρήσουμε σε σχολιασμό της συμπεριφοράς του δικτύου ως προς το μονοφασικό βραχυκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος στη φάση A που συνέβη στο άκρο της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας προς τον Άγιο Νικόλαο κατά τη χρονική στιγμή που η τάση στη φάση A βρίσκεται στη μέγιστη τιμή της. Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τις τάσεις των διαφόρων ζυγών σε τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις της φάσης A των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς.

- ◊ Παρουσιάζονται φαινόμενα αρμονικών σε πολύ μικρό βαθμό στις φάσεις που έχουν δεχθεί το σφάλμα -για το δίκτυο υψηλής τάσης είναι η A- και ιδιαίτερα σε εκείνους τους ζυγούς που βρίσκονται κοντά στο σφάλμα, όπως στην Ιεράπετρα και στη Σητεία.

- ◊ Στις υγιείς φάσεις παρουσιάζεται στους περισσότερους ζυγούς υψηλής τάσης υπέρταση, η οποία είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη που προκαλείται από το άνοιγμα των διακοπών προστασίας. Ειδικά παρατηρούμε ότι όσο πιο κοντά βρίσκονται στο σημείο του σφάλματος οι ζυγοί, τόσο πιο μεγάλη είναι η υπέρταση φθάνοντας στο +50% σε σχέση με την αρχική τιμή -Σητεία. Κατ' απόλυτη τιμή μεγαλύτερη υπέρταση παρουσιάζει ο ζυγός στο Καστέλι, αλλά η μεταβολή που πραγματοποιείται σε σχέση με την αρχική τιμή είναι μόλις 40%. Επίσης όσο απομακρυνόμαστε από το σφάλμα και φθάνουμε στους ζυγούς παραγωγής, παρατηρούμε ότι οι υπερτάσεις εμφανίζονται και στην πληγείσα φάση και όχι μόνο στις υγιείς.

Ζυγός	$V_{F'}$ (α.μ.)	μεταβολή (%)
BUS23 A	1,4832	39,44
BUS46	1,4483	49,22
BUS34	1,3840	36,94
BUS30	1,3776	31,65
BUS29	1,3635	28,56
BUS23	1,3544	27,34
BUS42 (BLC42)	1,3478	37,55
BUS40	1,3457	34,85
BUS44 (BLN44)	1,3307	35,83
BUS21	1,3216	23,57
BUS22 A	1,2478	22,73
BUS29 A	1,2073	13,83
BUS21 A	1,1793	10,27

**Πίνακας 4.15 :** Υπερτάσεις ζυγών κατά το βραχυκύκλωμα, όταν η τάση της φάσης A είναι μέγιστη

Κάνοντας σύγκριση των τιμών των πινάκων 4.13 και 4.15 προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι υπερτάσεις κατά την έναρξη του σφάλματος για τους απομακρυσμένους ζυγούς είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες, όταν ανοίγουν οι διακόπτες προστασίας, μέχρι και 0,43 α.μ..

◊ Τα ρεύματα τόσο στην πληγείσα φάση, όσο και στις υγιείς παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα.

◊ Το σφάλμα της βλαβείσας φάσης τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 2624 A και των 1320 A αντίστοιχα. Οι υγιείς φάσεις παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές στο ρεύμα φθάνοντας σε τετραπλάσιες τιμές από τις αρχικές.

◊ Στην βλαβείσα φάση υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών δεκάτων του A, αφού το ρεύμα που διαρρέει το «διακόπτη βραχυκύκλωσης» δεν είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των δύο άκρων της γραμμής.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι τάσεις της βλαβείσας φάσης των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Γι' αυτό άλλωστε ο ζυγός των Χανίων υψηλής και μέσης τάσης -BUS21 και BUS22 αντίστοιχα- έχουν επηρεαστεί λιγότερο σε σχέση με όλους τους άλλους, αφού είναι ουσιαστικά από τους πιο απομακρυσμένους ζυγούς από το σφάλμα.

◊ Οι περισσότερες υγιείς τάσεις των ζυγών κατά τη μόνιμη φάση του σφάλματος παρουσιάζουν σημαντικές υπερτάσεις, οι οποίες ποσοστιαία -ως προς την αρχική τιμή τάσης του εκάστοτε ζυγού- είναι μεγαλύτερες κοντά στους ζυγούς που έχουν υποστεί το σφάλμα φθάνοντας το +10% στη Σητεία. Βέβαια σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και τα επιμέρους στοιχεία του δικτύου, καθώς οι πυκνωτές συμβάλλουν σημαντικά στην ανάπτυξη μεγάλων υπερτάσεων, όπως συμβαίνει στη Σητεία, όπου η χωρητική αντίδραση των πυκνωτών αντιστάθμισης είναι ποσοστιαία υψηλότερη ως προς το φορτίο με επαγωγικό συντελεστή ισχύος σε σχέση με οποιονδήποτε άλλο ζυγό φορτίου.

◊ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και την πτώση τάσης που προκαλείται πάνω στα στοιχεία.

◊ Η μεταβολή για τις υγιείς φάσεις κυμαίνεται από το -5% -μακριά από το σημείο σφάλματος ως το +10% -κοντά στο σημείο βραχυκύκλωσης. Αντίθετα για τις φάσεις που έχουν δεχθεί το σφάλμα κυμαίνεται από -100% στο ζυγό που παρουσιάζεται το βραχυκύκλωμα μέχρι το -8,2% σε ζυγούς μακριά από το σφάλμα -ζυγός των Χανίων μέσης τάσης.

◊ Κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται οι περισσότεροι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων, των Λινοπεραμάτων Β και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα. Δηλαδή η εμβέλεια του βραχυκυκλώματος σε εκείνο το σημείο του δικτύου της Κρήτης είναι ουσιαστικά περίπου 100 km γραμμής μεταφοράς των 150 kV απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>. Πέρα από αυτήν την απόσταση η διαταραχή γίνεται αισθητή λόγω του μεγέθους της μεταβολής της -γύρω στο -20%- , αλλά η τάση κυμαίνεται σε επιτρεπτά όρια. Αυτά συμβαίνουν ως προς τη βλαβείσα φάση, καθώς οι υγιείς βρίσκονται -παρά τη διαταραχή λόγω μη ύπαρξης του συμμετρικού τριφασικού κυκλώματος και των υπερτάσεων που εμφανίζονται- εντός των επιτρεπτών ορίων.



- ◇ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις έχουν λάβει τη βασική ημιτονική τους μορφή.
- ◇ Τα ρεύματα της βλαβείσας φάσης δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή. Αντίθετα τα ρεύματα των υγιών φάσεων περιέχουν ακόμη σε μικρό ποσοστό αρμονικές.
- ◇ Το σφάλμα συνεχίζει να τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο φθάνοντας τις τιμές των 2240 A και των 1080 A αντίστοιχα και σχεδόν συγχρόνως τη μέγιστη τιμή.
- ◇ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις καταναμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του A.
  - Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :
- ◇ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 2,22 α.μ.. Επηρεάζονται σημαντικά από τις τάσεις που αναπτύσσονται στα δύο άκρα του διακόπτη, καθώς στην περίπτωση της βλαβείσας φάσης των διακοπών λόγω του γεγονότος ότι η φάση στο άκρο BLC42 έχει λάβει δυναμικό 0 παρουσιάζουν μικρότερη τάση από εκείνη των υγιών τάσεων - 1,2 α.μ. έναντι 2,2 α.μ. στις υγιείς φάσεις. Επίσης οι τάσεις αποκατάστασης στους δύο διακόπτες στην παρούσα περίπτωση είναι σχεδόν ίδιες.
- ◇ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις 1,9 α.μ./μsec για τη φάση A του διακόπτη BLC42-BUS42. Επίσης παρατηρούμε ότι στην περίπτωση των υγιών φάσεων οι ρυθμοί ανόδου είναι σημαντικά μικρότεροι φθάνοντας στη χειρότερη περίπτωση τις 1,1 α.μ./μsec.
- ◇ Οι τιμές της μεταβατικής τάσης αποκατάστασης και του ρυθμού ανόδου της τάσης αποκατάστασης λαμβάνουν συνηθισμένες τιμές.
- ◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς είτε πρόκειται για τη βλαβείσα φάση, είτε για τις υγιείς. Συγκεκριμένα οι ζυγοί, όπως της Σητείας, της Ιεράπετρας και των Μοιρών -BUS46, BUS44 και BUS34 αντίστοιχα- παρουσιάζουν υπερτάσεις που φθάνουν μέχρι το 1,29 α.μ.. Αντίθετα οι απομακρυσμένοι ηλεκτρικά ζυγοί επηρεάζονται λιγότερο, όπως όλοι οι ζυγοί παραγωγής.
- ◇ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν και το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν, γι'αυτό άλλωστε οι ζυγοί των Λινοπεραμάτων Β, των Χανίων μέσης τάσης και του Ηρακλείου I -BUS29, BUS22 και BUS37- επηρεάζονται λιγότερο.
- ◇ Επηρεάζουν ακόμη οι αρχικές συνθήκες στις οποίες βρίσκονταν πριν το άνοιγμα των διακοπών προστασίας οι ζυγοί και το μέγεθος των χωρητικών στοιχείων που είναι κοντά τους. Εξαιτίας τούτου η υγής φάση στο ζυγό της Σητείας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη υπέρταση, αφού ο πυκνωτής που είναι συνδεδεμένος με τον αντίστοιχο ζυγό μέσης τάσης είναι ποσοστιαία μεγαλύτερος ως προς το φορτίο του ίδιου ζυγού σε σχέση με τους υπόλοιπους ζυγούς. Την κατάσταση αυτή επιβαρύνει και το γεγονός της μικρής απόστασης από το σημείο του σφάλματος.
- ◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται πάλι κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Εξαιτίας τούτων λαμβάνουμε τις μεγαλύτερες μεταβολές κοντά στο σημείο του σφάλματος, όπως φαίνεται άλλωστε και από τη μεταβολή της μεταβατικής τάσης μετά τη λειτουργία των διακοπών ως προς την τάση πριν το άνοιγμα του διακόπτη στον πίνακα 4.13.

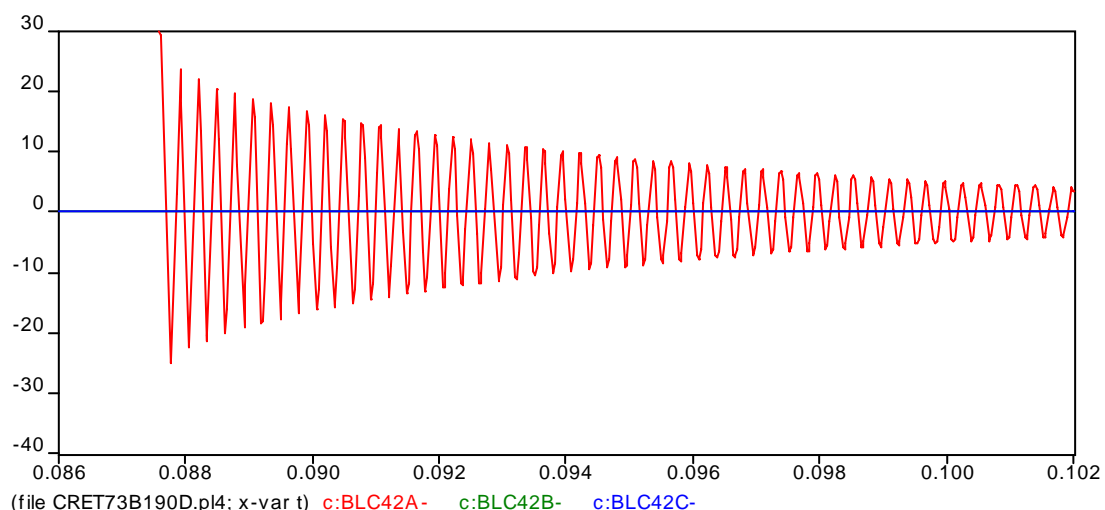
◊ Παρατηρούμε ότι στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- η τάση της βλαβείας φάσης είναι αρκετά μικρότερη από της μόνιμης κατάστασης σφάλματος και πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη αρχική. Για τις υγιείς φάσεις των απομονωμένων άκρων του διακόπτη παρουσιάζονται υπερτάσεις λίγο μεγαλύτερες από τις αρχικές.

◊ Η μεταβολή κυμαίνεται από το  $-1,7\%$  στους απομακρυσμένους ζυγούς μέσης τάσης -ζυγός Χανίων και Ηρακλείου I ( BUS22 και BUS37 ) - ως το  $33\%$  περίπου στους πιο κοντινούς ζυγούς ως προς τους διακόπτες προστασίας, όπως ο ζυγός της Σητείας. Παρατηρούμε επίσης ότι τα ποσοστά μεταβολής, όπως και οι αντίστοιχες τάσεις δεν είναι αρκετά κοντά για τις προσβληθείσες φάσεις από το σφάλμα και για τις υγιείς, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις ζυγών υψηλής τάσης οι υγιείς καταπονούνται περισσότερο.

◊ Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι οι τάσεις σε όλες τις φάσεις έχουν έντονα φαινόμενα αρμονικών. Τα φαινόμενα αυτά οφείλονται, όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως, στην αλληλεπίδραση επαγωγικών-χωρητικών αντιδράσεων που «βλέπει» ο κάθε ζυγός.

◊ Τα ρεύματα παρουσιάζουν πολύ μικρά μεταβατικά φαινόμενα από τη στιγμή που η πρώτη φάση -στην προκειμένη περίπτωση λόγω της χρονικής στιγμής που επιλέξαμε είναι η φάση B- μηδενισθεί και διακοπεί. Αυτό έχει ως συνέπεια το κύκλωμα να πάψει να είναι συμμετρικό και να δημιουργούνται ασυμμετρίες και ως προς τα ρεύματα, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να μας οδηγήσουν σε ρεύματα μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της μόνιμης κατάστασης σφάλματος. Επίσης η όλη διαδικασία διαρκεί λιγότερο από  $2,8\text{msec}$  –περίπου το  $15\%$  μίας περιόδου των  $50\text{ Hz}$ .

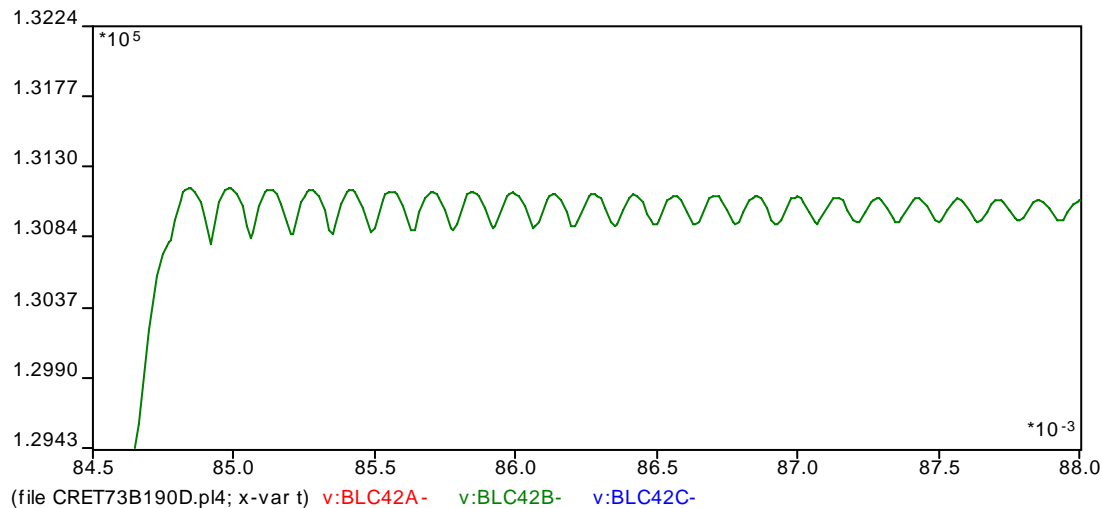
◊ Από το σημείο βραχυκύκλωσης συνεχίζει η κυκλοφορία ρεύματος, μέσω της οποίας ξεκινά η εκφόρτιση της βλαβείας φάσης της γραμμής μεταφοράς. Αν λάβουμε υπόψη μας ότι η συχνότητα ταλάντωσης της γραμμής μεταφοράς δίνεται από τη σχέση (4.3-6) και μέσω των αντίστοιχων υπολογισμών της παραγράφου 4.3, προκύπτει ότι είναι ίση με  $3,84\text{ kHz}$ . Αν μεγενθύνουμε τη γραφική παράσταση 4.76 και λάβουμε υπόψη μας τη συχνότητα των αντίστοιχων ταλαντώσεων του ρεύματος εκφόρτισης της φάσης A, όπως φαίνεται στην ακόλουθη παράσταση,



**Σχήμα 4.77 :** Μεγεθυμμένη Γραφική Παράσταση Ρεύματος φάσης A στο διακόπτη BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση A, όταν η τάση ως προς γη της A είναι μέγιστη

τότε προκύπτει ότι η αντίστοιχη συχνότητα είναι ίση με  $3,78\text{ kHz}$ , που είναι αρκετά κοντινή τιμή με την αντίστοιχη θεωρητική.

◊ Παράλληλα παρατηρούμε ότι οι υγιείς φάσεις στην απομονωμένη πλέον γραμμή παρουσιάζουν έντονα φαινόμενα ταλαντώσεων, όπως φαίνονται στην ακόλουθη γραφική παράσταση, οι οποίες κυμαίνονται με συχνότητα περίπου 7,58 kHz – διπλάσια της συχνότητας που παρουσιάζεται στο ρεύμα και στην τάση της βλαβείας φάσης Α- γύρω από την τιμή τάσης που είχε το άκρο του διακόπτη τη στιγμή του ανοίγματος. Αυτή η διπλάσια συχνότητα δηλώνει έντονη την παρουσία του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος.



**Σχήμα 4.78** : Μεγενθυμένη Γραφική Παράσταση Τάσης φάσης Β στο διακόπτη BLC42-γη υπό υψηλή φόρτιση, εκδήλωση μονοφασικού βραχυκυκλώματος στη φάση Α, όταν η τάση ως προς γη της Α είναι μέγιστη

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά μήκος των διακοπών διαφέρουν σημαντικά, καθώς στη βλαβείσα φάση του διακόπτη BLC42-BUS42 είναι κοντά στη 0,98 α.μ., ενώ στις υγιείς είναι κοντά στο 2,03 α.μ.. Αντίστοιχα για το διακόπτη BLN44-BUS44 έχουμε σχεδόν ίδιες τιμές. Αυτό συμβαίνει, διότι τα άκρα των υγιών φάσεων έχουν υψηλότερες τάσεις από τη βλαβείσα.

◊ Οι τάσεις των ζυγών έχουν λάβει λογικές τιμές και όσο απομακρυνόμαστε από τους ζυγούς παραγωγής, τόσο μειώνονται περισσότερο η τιμή τους, χωρίς όμως να λαμβάνουν επικίνδυνες τιμές για τη λειτουργία του δικτύου. Γενικά παρατηρούμε μία γενική μείωση της τάσης στους ζυγούς ως προς τις αρχικές τους συνθήκες κατά ένα ποσοστό του 0,15 με 1,17%, όπως φαίνεται άλλωστε από τη στήλη «μεταβολή» στην «τάση μετά από 5 κύκλους από τη λειτουργία του διακόπτη» του πίνακα 4.13. Σημειώνουμε ωστόσο ότι δεν έχει ολοκληρωθεί η μεταβατική περίοδος του ανοίγματος του διακόπτη, διότι το σύστημα δεν έχει αποκτήσει ακόμη πλήρη συμμετρία στις τάσεις, αλλά υπάρχουν ακόμη μικροδιαφορές ανάμεσα στις βλαβείσες φάσεις και στις υγιείς που φθάνει μέχρι το 0,2%.

◊ Καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν στη διαμόρφωση των τελικών τιμών στις τάσεις του δικτύου, εκτός από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν και τις συνθήκες, τις οποίες δημιούργησε το βραχυκύκλωμα, οι αντιδράσεις των γεννητριών καθ'όλη τη διάρκεια του σφάλματος και της απομόνωσής του, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζονται από τους συντελεστές αδρανείας και από τα εσωτερικά τους ηλεκτρικά στοιχεία. Γι'αυτό άλλωστε οι τελικές τάσεις του δικτύου διαφέρουν κατά ένα ποσοστό που φθάνει μέχρι το -1,8%, όπως φαίνεται και από τη στήλη «αλλαγή» του πίνακα 4.14, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης, δηλαδή η γεννήτρια 4.

◇ Από το διακόπτη βραχυκύκλωσης το ρεύμα της φάσης Α συνεχίζει να ταλαντώνεται, αλλά λαμβάνοντας πλέον πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του Α. Ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της φάσης Α της γραμμής.

◇ Αντίθετα για τις υγιείς φάσεις η εκφόρτιση της γραμμής γίνεται διαμέσου των κατανεμημένων πυκνωτών με πάρα πολύ αργούς ρυθμούς, αυτό άλλωστε φαίνεται από τα επίπεδα τάσης στις υγιείς φάσεις που φθάνουν αρχικά μέχρι τις 1,07 α.μ..

Σημειώνουμε επίσης, όπως αναφέραμε και στην προηγούμενη παράγραφο, ότι είναι αρκετά ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε την επίδραση της συνδεσμολογίας των μετασχηματιστών στη διαμόρφωση των τάσεων μετά την έναρξη του σφάλματος, όπως και μετά το άνοιγμα των διακοπών, μελετώντας τις γραφικές παραστάσεις 4.62 και 4.65 που παρουσιάζουν τις τάσεις στους ζυγούς των Χανίων και του Ηρακλείου Ι σε επίπεδο μέσης τάσης. Από τη μελέτη αυτή θα καταλήξουμε στο ίδιο συμπέρασμα ως προς τις θετικές συνέπειες που προκύπτουν για το δίκτυο μέσης τάσης από τη χρήση των μετασχηματιστών συνδεσμολογίας αστέρα-τριγώνου.

Συγχρόνως παρατηρούμε τα ίδια φαινόμενα κατά την εκφόρτιση των υγιών φάσεων μέσω των κατανεμημένων πυκνωτών της απομονωμένης γραμμής μεταφοράς γύρω από το θέμα της διπλάσιας συχνότητας από την αντίστοιχη της βλαβείσας φάσης που υποδηλώνει την ασυμμετρία του κυκλώματος της γραμμής και την ενεργό συμμετοχή του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος.

#### **4.8 Σύγκριση Μονοφασικών Βραχυκυκλωμάτων της Φάσης Α στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας ως προς τη Διαφορά Φάσης τη Στιγμή του Σφάλματος**

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα αποτελέσματα των παραγράφων 4.6 και 4.7 θα προχωρήσουμε στη σύγκριση των δύο διαφορετικών περιπτώσεων μονοφασικού βραχυκυκλώματος της φάσης Α στο ίδιο σημείο με μοναδική διαφορά τη στιγμή βραχυκύκλωσης, αφού στη μεν πρώτη περίπτωση το βραχυκύκλωμα συμβαίνει όταν η τάση της φάσης Α διέρχεται από το μηδέν, ενώ στη δεύτερη όταν λαμβάνει τη μέγιστη θετική της τιμή.

Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τα μεγέθη του δικτύου στα τέσσερα χρονικά διαστήματα :

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι τάσεις της φάσης Α των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς παρουσιάζοντας συγχρόνως έντονα φαινόμενα αρμονικών, όπως στην Ιεράπετρα και στη Σητεία. Επίσης εμφανίζονται σημαντικές υπερτάσεις στους πιο απομακρυσμένους ζυγούς - μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του ανοίγματος των διακοπών προστασίας- στην περίπτωση του βραχυκυκλώματος με την τάση της φάσης Α στη μέγιστη τιμή της.

◇ Στις υγιείς φάσεις παρουσιάζεται στους περισσότερους ζυγούς υψηλής τάσης υπέρταση, η οποία στην περίπτωση της πραγματοποίησης του σφάλματος, όταν η τάση της φάσης Α είναι μέγιστη, είναι μεγαλύτερη από τις αντίστοιχες υπερτάσεις που δημιουργούνται κατά το άνοιγμα των διακοπών. Υπερτάσεις δημιουργούνται και στην περίπτωση της βραχυκύκλωσης, όταν η τάση της φάσης Α είναι μηδέν, αλλά ούτε φθάνουν τα ίδια επίπεδα με τα αντίστοιχα της προηγούμενης περίπτωσης, ούτε ξεπερνούν τις υπερτάσεις των ανοιγμάτων των διακοπών προστασίας.

◇ Τα ρεύματα στην πληγείσα φάση δεν παρουσιάζουν έντονα μεταβατικά φαινόμενα, σε αντίθεση με τις υγιείς που είναι έντονα τα μεταβατικά φαινόμενα.

◇ Το σφάλμα της βλαβείσας φάσης τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο, αν και στην περίπτωση που η τάση της φάσης A είναι μηδέν, τότε το ρεύμα είναι περίπου κατά 25% υψηλότερο από το αντίστοιχο της δεύτερης περίπτωσης. Οι υγιείς φάσεις παρουσιάζουν μικρές μεταβολές στο ρεύμα.

◇ Υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών A.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι τάσεις των ζυγών στη βλαβείσα φάση που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς. Γι' αυτό και στις δύο περιπτώσεις οι ζυγοί των Χανίων επηρεάζονται λιγότερο σε σχέση με τους υπόλοιπους.

◇ Λόγω της ασυμμετρίας του σφάλματος και της διαφοράς φάσης των 90 μοιρών ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις, προκύπτει ότι στις υγιείς φάσεις, όταν η τάση της φάσης A είναι μηδέν, παρουσιάζεται βύθιση τάσης που φθάνει μέχρι  $-3,5\%$  σε αντίθεση με την περίπτωση που η τάση της φάσης A είναι μέγιστη, όπου παρατηρούνται υπερτάσεις που φθάνουν στο  $+10\%$  κοντά στους ζυγούς του σφάλματος.

◇ Και στις δύο περιπτώσεις κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται όλοι οι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων, των Λινοπεραμάτων B και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα με εμβέλεια που φθάνει τα 100 km γραμμής μεταφοράς 150 kV απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>.

◇ Τα ρεύματα της βλαβείσας φάσης δεν παρουσιάζουν μεταβατικά φαινόμενα, αλλά έχουν ημιτονική μορφή, σε αντίθεση με τα ρεύματα των υγιών φάσεων που έχουν ένα μικρό ποσοστό αρμονικών. Και στις δύο περιπτώσεις τα επίπεδα τροφοδοσίας είναι σχεδόν τα ίδια παρέχοντας τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και το 1/3 από το άλλο άκρο.

◇ Συνεχίζει να υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες και είναι της τάξης των μερικών δεκάτων του A.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές. Συγκεκριμένα οι υγιείς φάσεις καταπονούνται περισσότερο φθάνοντας στην περίπτωση του σφάλματος με την τάση της φάσης A να λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της σε επίπεδα των 2,2 α.μ.. Οι φάσεις που έχουν πληγεί από το σφάλμα παρουσιάζουν πολύ μικρότερες υπερτάσεις που φθάνουν στη τιμή της 1,5 α.μ.. Σε κάθε περίπτωση καταπονείται περισσότερο ο διακόπτης προς την Ιεράπετρα, ενώ οι δυσμενέστερες συνθήκες σχηματίζονται, όπως αποδεικνύεται από τις καταγραφείσες τιμές, όταν το σφάλμα εκδηλώνεται κατά τη στιγμή που η τάση της φάσης A έχει τη μέγιστη τιμή της.

◇ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές, όπου και στις δύο περιπτώσεις η βλαβείσα φάση φθάνει κοντά στη τιμή των 1,9 α.μ./μsec, ενώ οι υγιείς φάσεις αντίστοιχα σε μικρότερη τιμή από τα 1,1 α.μ./μsec. Γι' αυτό ευθύνονται οι στιγμιαίες τιμές τάσεων του δικτύου στα σημεία των διακοπών προστασίας, όπως διαμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του σφάλματος, και η ασυμμετρία λόγω του μονοφασικού βραχυκυκλώματος.

◇ Οι τάσεις των ζυγών που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς και παρουσιάζουν υψηλότερες υπερτάσεις φθάνοντας τις 1,29 α.μ. στην περίπτωση που το σφάλμα εκδηλώθηκε

κατά τη χρονική στιγμή που η τάση της φάσης A είναι μέγιστη και τις 1,25 α.μ., όταν η αντίστοιχη τάση είναι μηδέν.

◊ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης και το σημείο σφάλματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις δυσμενέστερη μεταβολή κατά ένα ποσοστό που φθάνει μέχρι και το 5% έχουμε για την περίπτωση, που κατά την πραγματοποίηση του μονοφασικού σφάλματος η τάση της φάσης A είναι μέγιστη.

◊ Παρατηρούμε στο απομονωμένο πλέον άκρο της γραμμής -BLN44- ότι η τάση της βλαβείσας φάσης είναι μικρότερη σε σχέση με τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος, ενώ οι υγιείς φάσεις φθάνουν σε τάσεις ως προς γη 1,07 α.μ. στην περίπτωση πραγματοποίησης μονοφασικού σφάλματος όταν η τάση της φάσης A είναι μέγιστη, σε αντίθεση με την περίπτωση που η αντίστοιχη τάση είναι μηδέν, καθώς τότε η αντίστοιχη τιμή είναι 0,35 α.μ.. Στα ίδια επίπεδα και όμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν οι υγιείς φάσεις του άλλου άκρου της γραμμής συμπεριφοράς και στις δύο περιπτώσεις.

◊ Από τις γραφικές παραστάσεις και των δύο περιπτώσεων προκύπτει ότι οι τάσεις σε όλες τις φάσεις έχουν έντονα φαινόμενα αρμονικών.

◊ Και στις δύο περιπτώσεις τα ρεύματα παρουσιάζουν την ίδια συμπεριφορά μόνο που στην πρώτη περίπτωση -όταν η τάση της φάσης A είναι μηδέν κατά την εκδήλωση του σφάλματος- τα αποσβεννύμενα ρεύματα λαμβάνουν λίγο υψηλότερες αρχικές τιμές από εκείνες της δεύτερης περίπτωσης.

◊ Η συχνότητα που μετράται από το μοντέλο των ταχέων μεταβατικών ως προς τη βλαβείσα φάση είναι και στις δύο περιπτώσεις ίση με 3,78 kHz, τιμή αρκετά κοντινή της αντίστοιχης θεωρητικής. Ως προς τις υγιείς φάσεις -λόγω της ενεργού συμμετοχής του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος εξαιτίας του ασύμμετρου σφάλματος- η αντίστοιχη συχνότητα είναι διπλάσια της προηγούμενης και ίσης με 7,56 kHz.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◊ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις στη βλαβείσα φάση κατά μήκος των διακοπών είναι κοντά στις 1,3 α.μ. στη δυσμενέστερη περίπτωση -για το διακόπτη BLN44-BUS44, όταν κατά την εκδήλωση του σφάλματος η τάση της φάσης A είναι μηδέν. Κατά τη δυσμενέστερη περίπτωση των υγιών φάσεων φθάνουμε στον ίδιο διακόπτη στην τιμή των 2,2 α.μ., όταν όμως η τάση της φάσης A είναι μέγιστη κατά την πραγματοποίηση του βραχυκυκλώματος.

◊ Οι τάσεις των ζυγών και στις δύο περιπτώσεις -αν και δεν έχουν αποκτήσει την πλήρη συμμετρία- έχουν λάβει σχεδόν τις ίδιες τιμές, γεγονός που υποδηλώνει ότι θα καταλήξουμε σχεδόν στην ίδια κατάσταση ισορροπίας, αν και διαφέρουν κατά ένα ποσοστό -1%, από τις αντίστοιχες τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης.

◊ Και στις δύο περιπτώσεις από το διακόπτη βραχυκύκλωσης το ρεύμα της βλαβείσας φάσης A συνεχίζει να ταλαντώνεται, λαμβάνοντας όμως πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του A, αφού ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της γραμμής. Αντίθετα οι υγιείς φάσεις συνεχίζουν να εκφορτίζονται με πολύ αργούς ρυθμούς μέσω των κατανεμημένων πυκνωτών της γραμμής μεταφοράς, αφού δεν είναι άμεσα γειωμένες, με συνέπεια να παρουσιάζουν για σημαντικό χρονικό διάστημα υψηλές τάσεις πάνω στους αντίστοιχους ζυγούς. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται πριν από οποιαδήποτε εργασία

αποκατάστασης της βλάβης πάνω στη γραμμή από ανθρώπους, να εκφορτισθεί η τελευταία μέσω κατάλληλων διατάξεων γείωσης, ώστε να μηδενισθούν οι αντίστοιχες τάσεις στις αρχικά υγιείς φάσεις.

Συνολικά προκύπτει το συμπέρασμα ότι μελετώντας την περίπτωση του μονοφασικού βραχυκυκλώματος, όταν κατά την εκδήλωση του σφάλματος η τάση της φάσης Α είναι μέγιστη, καλύπτουμε και τις υπόλοιπες περιπτώσεις, καθώς τότε λαμβάνουμε τις δυσμενέστερες τιμές ως προς όλα τα μεγέθη μελέτης μας από αυτό το είδος σφάλματος. Τέλος τονίζουμε ότι και από τις δύο περιπτώσεις προκύπτει το συμπέρασμα ότι η επίδραση του μονοφασικού σφάλματος στο δίκτυο υψηλής τάσης περιορίζεται κατά κύριο λόγο στο τελευταίο, αφού η χρήση των μετασχηματιστών συνδεσμολογίας αστέρα-τριγώνου περιορίζει τις επιδράσεις στο δίκτυο μέσης τάσης λόγω της άπειρης αντίστασης του ομοπολικού κυκλώματος από την πλευρά της μέσης.

#### **4.9 Σύγκριση Μονοφασικών Βραχυκυκλωμάτων της Φάσης Α & Αντίστοιχων Τριφασικών στο Άκρο προς Άγιο Νικόλαο της Γραμμής Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας**

Λαμβάνοντας υπόψη μας τα αποτελέσματα των παραγράφων 4.3 ως 4.8 θα προχωρήσουμε στη σύγκριση των βασικών σημείων των δύο διαφορετικών ειδών σφαλμάτων -μονοφασικό σφάλμα προς γη και τριφασικό, χωρίς την ύπαρξη αντίστασης σφάλματος- στο ίδιο σημείο του δικτύου.

Συγκεκριμένα προς διευκόλυνσή μας θα συγκρίνουμε τα μεγέθη του δικτύου στα τέσσερα χρονικά διαστήματα ως προς τα δύο είδη σφάλματος λαμβάνοντας υπόψη μας τα αποτελέσματα και των δύο περιπτώσεων που μελετήσαμε σε κάθε βραχυκύκλωμα -δηλαδή όταν η τάση της φάσης Α κατά τη στιγμή του σφάλματος είναι μηδέν ή μέγιστη-:

- Κατά τη μεταβατική κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Παρουσιάζονται υπερτάσεις στο τριφασικό βραχυκύκλωμα, οι οποίες είναι όμως μικρότερες από τις αντίστοιχες του μονοφασικού, καθώς οι τελευταίες επηρεάζονται έντονα από την ασυμμετρία του κυκλώματος.

- ◊ Τα ρεύματα κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα λαμβάνουν σαφώς αρκετά μεγαλύτερες τιμές από τις αντίστοιχες του μονοφασικού, αν και σε όλες τις περιπτώσεις το σφάλμα στις βλαβείσες φάσεις τροφοδοτείται περίπου κατά τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο βραχυκύκλωσης και κατά το 1/3 από το άλλο άκρο.

- ◊ Υπάρχει ρεύμα που προέρχεται από τις κατανεμημένες χωρητικότητες κατά μήκος της γραμμής μεταφοράς της τάξης των μερικών Α.

- Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

- ◊ Οι τάσεις των ζυγών στις βλαβείσες φάσεις -και στα δύο είδη βραχυκυκλώματος- που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα επηρεάζονται εντονότερα από τους άλλους ζυγούς.

- ◊ Η σημαντικότερη διαφορά ως προς τα δύο είδη σφάλματος είναι ότι στην περίπτωση του τριφασικού βραχυκυκλώματος παρουσιάζονται βυθίσεις τάσεων σε όλες τις φάσεις όλων των ζυγών, ενώ στην περίπτωση του μονοφασικού εμφανίζονται στην πληγείσα φάση μικρότερες βυθίσεις τάσεων έναντι των αντίστοιχων του τριφασικού και στις υγιείς φάσεις υπερτάσεις -στην περίπτωση που η τάση της φάσης Α είναι μέγιστη κατά την εκδήλωση του μονοφασικού σφάλματος- και πολύ μικρές βυθίσεις στην άλλη περίπτωση της μελέτης μας.

◇ Στην περίπτωση του τριφασικού βραχυκυκλώματος κάτω από το όριο της τάσης 0,8 α.μ. βρίσκονται όλοι οι ζυγοί υψηλής τάσης εκτός των Χανίων και του Καστελίου, το οποίο σημαίνει ότι σχεδόν όλο το δίκτυο δέχεται ένα ισχυρό πλήγμα με εμβέλεια που φθάνει τα 170 km μεικτής γραμμής μεταφοράς 150 kV, ενώ στην περίπτωση του μονοφασικού βραχυκυκλώματος λιγότεροι ζυγοί πέφτουν κάτω από το όριο των 0,8 α.μ. και η εμβέλεια του σφάλματος περιορίζεται σε 100 km γραμμής μεταφοράς 150 kV απλού κυκλώματος διατομής 336,4 mm<sup>2</sup>.

◇ Τα ρεύματα στις φάσεις που έχουν δεχθεί το σφάλμα είναι περίπου τα ίδια και στις δύο περιπτώσεις βραχυκυκλώματος φθάνοντας να διαφέρουν από +1% ως -2% οι τιμές του μονοφασικού σφάλματος ως προς τις αντίστοιχες του τριφασικού. Παράλληλα διατηρείται η αναλογία ρευμάτων τροφοδοσίας του σημείου βραχυκύκλωσης παρέχοντας τα 2/3 από το ζυγό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο σφάλματος και το 1/3 από το άλλο άκρο.

• Κατά τη μεταβατική κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν υψηλές τιμές φθάνοντας τις δυσμενέστερες τιμές για τις πληγείσες από το σφάλμα φάσεις κατά τη διάρκεια των τριφασικών βραχυκυκλωμάτων με τιμή ίση με 1,52 α.μ.. Στην πραγματικότητα όμως οι δυσμενέστερες μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV παρουσιάζονται πάνω στους διακόπτες προστασίας κατά την εκδήλωση του μονοφασικού σφάλματος, όταν η τάση της φάσης Α είναι μέγιστη φθάνοντας την τιμή των 2,22 α.μ..

◇ Οι ρυθμοί ανόδου των τάσεων αποκατάστασης RRRV πάνω στους διακόπτες προστασίας λαμβάνουν τις δυσμενέστερες τιμές στις πληγείσες φάσεις και ιδιαίτερα κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα, όταν η τάση της φάσης Α είναι μηδέν κατά την εκδήλωση του σφάλματος, λαμβάνοντας την τιμή των 2,54 α.μ./μsec. Γι' αυτό ευθύνονται οι στιγμιαίες τιμές τάσεων του δικτύου στα σημεία των διακοπών προστασίας, όπως διαμορφώθηκαν κατά τη διάρκεια του σφάλματος.

◇ Οι υπερτάσεις των ζυγών ως προς γη κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες τάσεις των μονοφασικών βραχυκυκλωμάτων κατά τη μεταβατική συμπεριφορά του δικτύου τόσο πριν τη λειτουργία των διακοπών προστασίας, όσο και έπειτα από την ενεργοποίηση των τελευταίων, φθάνοντας την τιμή των 1,57 α.μ.. Τα φαινόμενα είναι πιο έντονα όσο βρισκόμαστε σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σφάλμα.

◇ Οι μεταβολές των τάσεων ως προς τις αρχικές τους τιμές πριν το σφάλμα επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από την ηλεκτρική απόσταση των γραμμών μεταφοράς, από το μέγεθος των ηλεκτρικών στοιχείων που μεσολαβούν ανάμεσα στο σημείο μέτρησης, από το σημείο και το είδος του βραχυκυκλώματος και από τις τιμές που είχαν διαμορφωθεί κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος. Ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις δυσμενέστερη μεταβολή έχουμε κατά το τριφασικό βραχυκύκλωμα, αφού το αντίστοιχο ποσοστό φθάνει μέχρι και το 62% στις πληγείσες φάσεις.

◇ Παρατηρούμε ότι στα απομονωμένα πλέον άκρα της γραμμής η τάση στις φάσεις που έχει εκδηλωθεί το σφάλμα εκφορτίζονται πολύ γρήγορα εκτετελώντας αποσβεννύμενες ταλαντώσεις συχνότητας 3,78 kHz και για τα δύο είδη βραχυκύκλωσης. Αντίθετα για τις υγιείς φάσεις της γραμμής μεταφοράς κατά το μονοφασικό βραχυκύκλωμα οι αποσβεννύμενες ταλαντώσεις είναι διπλάσιας συχνότητας λόγω του αρνητικού ακολουθιακού κυκλώματος, και έχουν πολύ μικρότερο ρυθμό απόσβεσης, αφού είναι γειωμένες μέσω των μεγάλων καταναμημένων χωρητικοτήτων της γραμμής.

• Κατά τη μόνιμη κατάσταση μετά τη λειτουργία των διακοπών προστασίας :

◇ Οι αναπτυσσόμενες τάσεις κατά το μονοφασικό σφάλμα λαμβάνουν δυσμενέστερες τιμές φθάνοντας στα 1.6 α.μ. στις υγιείς και στα 1,3 α.μ. στην πληγείσα φάση αντί



των 1,05 α.μ. του τριφασικού βραχυκυκλώματος. Πάντως και στις δύο περιπτώσεις καταπονείται περισσότερο ο διακόπτης BLN44-BUS44.

◇ Οι τάσεις των ζυγών στην περίπτωση του τριφασικού βραχυκυκλώματος παρουσιάζουν μεγαλύτερη διαφοροποίηση από τις αντίστοιχες τιμές του μονοφασικού σφάλματος ως προς τις τιμές του προγράμματος ροής φορτίου, όπου σε εκείνη την περίπτωση έχουμε θεωρήσει ότι τις αλλαγές τις λαμβάνει μόνο μία γεννήτρια, που είναι ο ζυγός ταλάντωσης. Καθώς στην πρώτη περίπτωση παρατηρούμε ότι οι μεταβολές κυμαίνονται γύρω από -2% έναντι του -1% που κινούνται στην περίπτωση του μονοφασικού. Αυτό συμβαίνει, καθώς το τριφασικό βραχυκύκλωμα ως σφάλμα είναι βαρύτερο από το αντίστοιχο μονοφασικό.

◇ Και στα δύο είδη βραχυκυκλώματος στις πληγείσες φάσεις από το σφάλμα τα ρεύματα συνεχίζουν να ταλαντώνονται, λαμβάνοντας όμως πολύ μικρές τιμές, μερικά χιλιοστά του A, αφού ουσιαστικά έχει ολοκληρωθεί μετά από 5 κύκλους η εκφόρτιση της γραμμής. Αντίθετα οι υγιείς φάσεις του μονοφασικού σφάλματος συνεχίζουν να εκφορτίζονται με πολύ αργούς ρυθμούς μέσω των κατανεμημένων πυκνωτών της γραμμής μεταφοράς.

Από την πιο πάνω σύγκριση προκύπτει το συμπέρασμα ότι για τη μελέτη της συμπεριφοράς του δικτύου χρειάζεται η μελέτη και των δύο ειδών βραχυκυκλωμάτων, αφού για τις τάσεις των ζυγών ως προς τις βυθίσεις μετά την εκδήλωση του σφάλματος και ως προς τις υπερτάσεις μετά την εκκαθάριση του σφάλματος, όπως επίσης για τα μεταβατικά φαινόμενα των ρευμάτων και τους ρυθμούς ανόδου της τάσης αποκατάστασης RRRV τις δυσμενέστερες τιμές δίνει το τριφασικό βραχυκύκλωμα, ενώ για τις μεταβατικές τάσεις αποκατάστασης TRV πάνω στους διακόπτες προστασίας οι χειρότερες τιμές λαμβάνονται από το μονοφασικό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

#### 5.1 Τελικά Συμπεράσματα

Με βάση τη μελέτη της συμπεριφοράς του δικτύου της νήσου Κρήτης του προηγούμενου κεφαλαίου, όταν εκδηλωθεί βραχυκύκλωμα -μονοφασικό ή τριφασικό- στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

- ⇒ Αναπτύσσονται έντονα μεταβατικά φαινόμενα κατά την εκδήλωση του σφάλματος σε όλους τους ζυγούς του δικτύου, αλλά περισσότερο καταπονούνται εκείνοι που βρίσκονται σε μικρή ηλεκτρική απόσταση από το σημείο του σφάλματος.
- ⇒ Κατά τη μόνιμη κατάσταση σφάλματος η βύθιση τάσης είναι έντονη και οι ζυγοί υψηλής τάσης που βρίσκονται σε μικρότερη απόσταση από 100 km γραμμής μεταφοράς στο μονοφασικό σφάλμα και από 170 km στο τριφασικό έχουν τάσεις μικρότερες του 80% της αντίστοιχης ονομαστικής.
- ⇒ Κατά την εκκαθάριση του σφάλματος αναπτύσσονται σημαντικές υπερτάσεις που δύνανται να φθάσουν σε τιμές του 160% της ονομαστικής τάσης, με συνέπεια να υπάρχει σημαντικός κίνδυνος ενεργοποίησης των προστασιών των αιολικών πάρκων λόγω υπερτάσεων.
- ⇒ Αν δεν υπάρξει καμία μεταβολή του δικτύου -παραδείγματος χάρη αποκοπή των ανεμογεννητριών από το υπόλοιπο δίκτυο-, τότε το σύστημα επανέρχεται σε ισορροπία μέσα σε χρόνο 5 κύκλων. Αν υπάρξει μεταβολή, τότε πρέπει να υπάρξει η κατάλληλη τροποποίηση του υπάρχοντος μοντέλου, ώστε να είναι δυνατή η ορθή προσομοίωση του δικτύου.

Τα αποτελέσματα των εκτελέσεων του προηγούμενου κεφαλαίου μπορούν έμμεσα να επιβεβαιωθούν από την καταγραφή συμβάντων του δικτύου της Κρήτης από τη Δ.Ε.Η., καθώς η τελευταία έχει παρατηρήσει ότι κάνοντας χειρισμούς -εκούσιους ή ακούσιους- στο βρόχο του δικτύου μεταφοράς στην ανατολική Κρήτη παρουσιάζονται ανωμαλίες λόγω υπερτάσεων ή βυθίσεων τάσης, οι οποίες με τη σειρά τους ενεργοποιούν τις προστασίες των αιολικών πάρκων που βρίσκονται κοντά σ' αυτόν το βρόχο -ζυγός Σητείας. Αυτό έχει ως συνέπεια λόγω της απόρριψης των ανεμογεννητριών να προκαλείται μία δεύτερη σοβαρή διαταραχή στο δίκτυο, η οποία μπορεί να το οδηγήσει σε κατάρρευση, στην περίπτωση που τα απορριπτόμενα αιολικά πάρκα καλύπτουν μεγάλο μέρος της ζήτησης του φορτίου και η στρεφόμενη εφεδρεία του συστήματος είναι μικρή.

Στην περίπτωση των προγραμματισμένων διακοπών μπορούμε να λάβουμε σειρά προληπτικών μέτρων, όπως αύξηση της εφεδρείας του συστήματος και σταδιακή αποσύνδεση των ανεμογεννητριών, ώστε να μην υποστούν το μεταβατικό φαινόμενο που θα προκληθεί από τους χειρισμούς. Στην περίπτωση όμως τυχαίου σφάλματος υπάρχει ο

κίνδυνος να τεθούν απότομα εκτός λειτουργίας οι ανεμογεννήτριες. Για να αντιμετωπισθεί αυτό, είναι απαραίτητη η ισχυροποίηση του δικτύου και η κατάλληλη διαμόρφωση των προστασιών των ανεμογεννητριών.

Σε κάθε περίπτωση όμως για την εξαγωγή ασφαλών και αναλυτικότερων συμπερασμάτων είναι απαραίτητο να βελτιωθεί το παρόν μοντέλο του δικτύου της Κρήτης για την επίλυση ταχέων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων με την προσθήκη των ανεμογεννητριών και την κατάλληλη διαμόρφωση των διακοπών προστασίας. Παράλληλα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα καινούργια δεδομένα ως προς τη μορφή του δικτύου, όπως η προσθήκη των αεριοστροβίλων 11 και 12 στα Χανιά και η σταδιακή μετατροπή της μέσης τάσης των μετασχηματιστών υποβιβασμού στην τιμή των 21 kV.

## **5.2 Περιοχές για Περαιτέρω Έρευνα**

Η παραπέρα ανάπτυξη του θέματος θα μπορούσε να στραφεί βασικά προς δύο κατευθύνσεις : στη βελτιστοποίηση του μοντέλου μελέτης του δικτύου της Κρήτης ως προς τα μεταβατικά φαινόμενα και στην εκτέλεση νέων σεναρίων γύρω από σφάλματα, χειρισμούς ή επέκταση του δικτύου.

Ως προς τη βελτιστοποίηση του μοντέλου των ταχέων μεταβατικών του δικτύου της Κρήτης μπορούμε να σημειώσουμε τα εξής :

- ⇒ Πρέπει να προσθέσουμε τα αιολικά πάρκα στους αντίστοιχους ζυγούς του δικτύου κατασκευάζοντας και το κατάλληλο μοντέλο ανεμογεννήτριας, που αυτήν τη στιγμή δεν υπάρχει στο υπολογιστικό πακέτο EMTP.
- ⇒ Να προσθέσουμε όσους διακόπτες προστασίας μας λείπουν από το μοντέλο, όπως φαίνεται από το μονογραμμικό σχέδιο του δικτύου της Κρήτης -παράρτημα 1. Παράλληλα είναι καλό να χρησιμοποιήσουμε πιο σύνθετα μοντέλα διακοπών από τον ιδανικό με τον οποίο προσομοιώσαμε τους διακόπτες του υπάρχοντος μοντέλου.
- ⇒ Είναι αναγκαίο για την πληρέστερη μοντελοποίηση του δικτύου με τη χρήση κατάλληλων εντολών ή πιο βελτιωμένων εκδόσεων του EMTP να περιγράψουμε το δίκτυο στην πλήρη του μορφή καταργώντας τις ομαδοποιήσεις που κάναμε στο δεύτερο κεφάλαιο. Συγχρόνως είναι καλό να εισάγουμε και την υπάρχουσα δομή του δικτύου -του έτους 2000- αντί του έτους 1996, καθώς έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές αλλαγές, όπως προσθήκη γεννητριών, αλλαγή μετασχηματιστών και επίπεδου μέσης τάσης.
- ⇒ Τέλος είναι απαραίτητο να γίνει η ακριβέστερη αναπαράσταση των φορτίων χωρίζοντας το καθένα σε επιμέρους τμήματα, τα οποία είναι το φορτίο σταθερού ρεύματος, σταθερής αντίστασης, σταθερής ισχύος κτλ., ώστε -παραδείγματος χάριν- να είναι δυνατό να περιγραφεί η διαφορετική ηλεκτρική συμπεριφορά των κινητήρων από τους θερμοσίφωνες. Σ'αυτήν την περίπτωση πρέπει να διαμορφώσουμε τα αντίστοιχα μοντέλα φορτίων για όσα δεν υπάρχουν.

Ως προς την εκτέλεση νέων σεναρίων μπορούμε να αναφέρουμε τις εξής βασικές πιθανές κατηγορίες μελετών ταχέων ηλεκτρικών μεταβατικών φαινομένων στο δίκτυο της Κρήτης :

- ⇒ Αλλαγή του σημείου σφάλματος, καθώς μελετάμε συνεχώς τη συμπεριφορά του δικτύου, αν συμβεί σφάλμα στο άκρο του Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας. Θα μπορούσαμε να μελετήσουμε τη συμπεριφορά του δικτύου τοποθετώντας το βραχυκύκλωμα στο άλλο άκρο της γραμμής, ή σε άλλη γραμμή μεταφοράς ή σε κάποιο ζυγό ή μετασχηματιστή ή γεννήτρια ή συστοιχία πυκνωτών ή σημείο αναχώρησης φορτίου μέσης τάσης.
- ⇒ Αλλαγή είδους σφάλματος. Αντί να μελετούμε μόνο μονοφασικά σφάλματα ή τριφασικά χωρίς αντίσταση σφάλματος, μπορούμε να ερευνήσουμε τη συμπεριφορά

του δικτύου με αντίσταση σφάλματος διαφόρων τιμών, και υπό συνθήκες διφασικού βραχυκυκλώματος με ή χωρίς γη. Ακόμη αξίζει να μελετηθούν οι διακοπές αγωγών φάσεων ή τα πολλαπλά σφάλματα σε διαφορετικά σημεία του δικτύου. Επίσης στην ίδια κατηγορία θα μπορούσαμε να τοποθετήσουμε την απόρριψη ή την προσθήκη ενός μεγάλου φορτίου ή μίας γεννήτριας, τους χειρισμούς διακοπών προστασίας γραμμών μεταφοράς, μετασχηματιστών κτλ., τις εξωτερικές υπερτάσεις -κεραυνούς- κτλ..

- ⇒ Αλλαγή συνθηκών σφάλματος. Η αντίδραση του δικτύου σε οποιαδήποτε μεταβολή επηρεάζεται σημαντικά από τις αρχικές συνθήκες, όπως τα επίπεδα φόρτισης του δικτύου, η κατανομή της ζητούμενης ισχύος στις γεννήτριες, οι διαθέσιμες γεννήτριες για λειτουργία, η υπάρχουσα λειτουργική κατάσταση των στοιχείων του δικτύου (γραμμών μεταφοράς, μετασχηματιστών, πυκνωτών) κτλ..

Στηριζόμενοι στα όσα αναφέραμε προηγουμένως και έχοντας υπόψη μας τον όγκο, αλλά και την ποικιλία των φαινομένων που παρουσιάστηκαν αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο, μπορούμε να καταλήξουμε ότι με το πέρας αυτής της εργασίας έχουμε στη διάθεσή μας ένα ικανοποιητικό μοντέλο του δικτύου της Κρήτης για τη μελέτη των ταχέων μεταβατικών φαινομένων, το οποίο από τη μία μεριά μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά -με την προσθήκη ανεμογεννητριών κτλ.- και από την άλλη μπορεί να αποτελέσει το εργαλείο μελέτης της συμπεριφοράς του δικτύου υπό διάφορες συνθήκες για τα ταχέα μεταβατικά φαινόμενα και σε συνδυασμό με ένα κατάλληλο υπολογιστικό πακέτο ροής φορτίου, όπως είναι η GINA, να επιτρέπει τη μελέτη της συμπεριφοράς του συστήματος καθ'όλη τη διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων.

Παράλληλα μέσα από αυτήν την εργασία αναδείχθηκαν δύο βασικά προβλήματα προς επίλυση και βελτίωση του υπολογιστικού προγράμματος EMTP, που είναι από τη μία μεριά η έλλειψη κατάλληλων μοντέλων, όπως ανεμογεννητριών και σύνθετων φορτίων, και από την άλλη οι περιορισμένες δυνατότητες του προγράμματος για την επίλυση μεγάλων δικτύων, όπως θα ήταν το διασυνδεδεμένο δίκτυο της Ελλάδας, αφού αναγκαστήκαμε για το πολύ μικρότερο δίκτυο της Κρήτης να προχωρήσουμε σε ομαδοποιήσεις στοιχείων.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζουμε το μονογραμμικό σχέδιο του ηλεκτρικού συστήματος παραγωγής και μεταφοράς του νησιού της Κρήτης, όπως είχε διαμορφωθεί μέχρι το Σεπτέμβριο του 1996. Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από το αντίστοιχο παράρτημα της Δ.Ε.Η. στην Κρήτη.

Σημειώνουμε ότι περιέχει όλες τις γεννήτριες, τους μετασχηματιστές, τους στατούς πυκνωτές και τους διακόπτες προστασίας που υπάρχουν στο δίκτυο υψηλής τάσης και στη μέση τάση των υποσταθμών μέσης/υψηλής ή υψηλής/μέσης. Από αυτό το σχέδιο του δικτύου προέκυψε στη συνέχεια το ομαδοποιημένο δίκτυο των σχημάτων 2.1 και 3.1, μέσω των οποίων προχωρήσαμε τη μελέτη μας.



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2****ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΙ ΕΞΟΔΟΙ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ GINA**

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζουμε τα αρχεία εξόδου του προγράμματος ροής φορτίου GINA που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση αυτής της εργασίας προσομοιώνοντας το κατάλληλα ομαδοποιημένο ισοδύναμο μοντέλο του δικτύου της Κρήτης υπό διαφορετικές συνθήκες ζήτησης φορτίου, μορφή του δικτύου και επίπεδα φόρτισης των γεννητριών.

**Π 2.1 Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης**

Θεωρούμε ότι οι συνθήκες υψηλής φόρτισης του δικτύου της Κρήτης επιτυγχάνονται, όταν τα φορτία αντιπροσωπεύουν το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης. Τα φορτία είναι σταθερής ισχύος και έχουν επαγωγικό συντελεστή ισχύος ίσο με 0,8, ενώ οι στατοί πυκνωτές είναι εντός λειτουργίας, όπως επίσης και όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου -μετασχηματιστές, γεννήτριες και γραμμές μεταφοράς. Πιο αναλυτικές λεπτομέρειες ως προς την αρχικοποίηση του προβλήματος υπάρχουν στην παράγραφο 3.2.1. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το αντίστοιχο αρχείο εξόδου.

SYSTEM LOAD DATA					
S/S	NAME	ACT. LOAD	REAC. LOAD	REAL	IMAG ADMITTANCE
1	BUS1/	.0000	.0000	.0000	.0000
2	BUS22/	.5600	.4200	.0000	.0400
3	BUS21/	.0000	.0000	.0000	.0000
4	BUS23/	.0000	.0000	.0000	.0000
5	BUS24/	.1400	.1050	.0000	.0335
6	BUS3/	.0000	.0000	.0000	.0000
7	BUS2/	.0000	.0000	.0000	.0000
8	BUS4/	.0000	.0000	.0000	.0000
9	BUS25/	.0000	.0000	.0000	.0000
10	BUS26/	.4200	.3150	.0000	.0750
11	BUS30/	.0000	.0000	.0000	.0000
12	BUS5/	.0000	.0000	.0000	.0000
13	BUS6/	.0000	.0000	.0000	.0000
14	BUS27/	.0000	.0000	.0000	.0000
15	BUS28/	.0000	.0000	.0000	.0000
16	BUS31/	.0000	.0000	.0000	.0000
17	BUS29/	.0000	.0000	.0000	.0000
18	BUS7/	.0000	.0000	.0000	.0000
19	BUS8/	.0000	.0000	.0000	.0000
20	BUS9/	.0000	.0000	.0000	.0000
21	BUS36/	.0000	.0000	.0000	.0000
22	BUS37/	.2800	.2100	.0000	.0750
23	BUS50/	.0000	.0000	.0000	.0000
24	BUS38/	.0000	.0000	.0000	.0000
25	BUS39/	.2800	.2100	.0000	.0750
26	BUS48/	.0000	.0000	.0000	.0000
27	BUS49/	.2800	.2100	.0000	.0750
28	BUS40/	.0000	.0000	.0000	.0000

29	BUS41/	.2800	.2100	.0000	.0750
30	BUS34/	.0000	.0000	.0000	.0000
31	BUS35/	.2800	.2100	.0000	.0750
32	BUS42/	.0000	.0000	.0000	.0000
33	BUS43/	.2800	.2100	.0000	.0750
34	BUS44/	.0000	.0000	.0000	.0000
35	BUS45/	.1400	.1050	.0000	.0750
36	BUS46/	.0000	.0000	.0000	.0000
37	BUS47/	.1400	.1050	.0000	.0620

SYSTEM ACTIVE LOAD= 3.080 pu at nominal voltage  
 SYSTEM REACTIVE LOAD 1.574 pu at nominal voltage

SYSTEM BRANCH DATA

BR.	SEND-BUS	REC-BUS	RESISTANCE	REACTANCE	SUSCEPTANCE
1	BUS22/	BUS1/	.0267606	.4647887	.0000000
2	BUS21/	BUS22/	.0038000	.2301000	.0000000
3	BUS21/	BUS23/	.0141540	.0613161	.0201448
4	BUS23/	BUS24/	.0100000	.4360000	.0000000
5	BUS21/	BUS3/	.0074442	.2569479	.0000000
6	BUS21/	BUS2/	.0095238	.2965079	.0000000
7	BUS21/	BUS4/	.0020064	.0769231	.0000000
8	BUS25/	BUS21/	.0226952	.0915006	.0345464
9	BUS25/	BUS26/	.0066533	.2666667	.0000000
10	BUS30/	BUS21/	.0431294	.1738860	.0656512
11	BUS25/	BUS30/	.0201495	.0812372	.0306714
12	BUS5/	BUS30/	.0061875	.1582813	.0000000
13	BUS6/	BUS30/	.0042667	.1035733	.0000000
14	BUS21/	BUS27/	.0044000	.2600000	.0000000
15	BUS27/	BUS28/	.1972360	.4321281	.0058185
16	BUS28/	BUS29/	.2240937	.4909711	.0066108
17	BUS29/	BUS31/	.0011331	.0024824	.0000334
18	BUS31/	BUS30/	.0032000	.1002000	.0000000
19	BUS31/	BUS29/	.0004196	.0009194	.0000124
20	BUS29/	BUS7/	.0135135	.2729730	.0000000
21	BUS29/	BUS8/	.0133333	.3072000	.0000000
22	BUS29/	BUS9/	.0625000	1.0937500	.0000000
23	BUS36/	BUS29/	.0365964	.0799897	.0010770
24	BUS29/	BUS36/	.0285363	.0625207	.0008418
25	BUS36/	BUS37/	.0100000	.4000000	.0000000
26	BUS30/	BUS50/	.0204400	.6744000	.0000000
27	BUS50/	BUS37/	.2440000	.1303761	.0028670
28	BUS38/	BUS30/	.0082842	.0333995	.0126101
29	BUS38/	BUS39/	.0058000	.4298000	.0000000
30	BUS30/	BUS48/	.0082842	.0333995	.0126101
31	BUS48/	BUS49/	.0058000	.4298000	.0000000
32	BUS30/	BUS40/	.0319001	.0776683	.0227909
33	BUS40/	BUS41/	.0102000	.4418800	.0000000
34	BUS30/	BUS34/	.0311677	.0758851	.0222676
35	BUS34/	BUS35/	.0100800	.4190000	.0000000
36	BUS40/	BUS42/	.0234368	.0570624	.0167443
37	BUS42/	BUS43/	.0102000	.4420000	.0000000
38	BUS34/	BUS44/	.0653464	.1591011	.0466864
39	BUS44/	BUS42/	.0170893	.0416080	.0122094
40	BUS44/	BUS45/	.0204000	.6115500	.0000000
41	BUS44/	BUS46/	.0345856	.0842067	.0247095
42	BUS46/	BUS47/	.0204000	.6115500	.0000000

GENERATOR DATA

GEN.	GEN-BUS	VOLTAGE	ACT. POWER
1	BUS1/	1.10000	.16200
2	BUS3/	1.10000	.36000
3	BUS2/	1.10000	.24000
4	BUS4/	1.10000	.50090
5	BUS6/	1.10000	.70500
6	BUS5/	1.10000	.49200
7	BUS7/	1.10000	.32400
8	BUS9/	1.10000	.06200
9	BUS8/	1.10000	.30000

OLTC INITIAL DATA

T/F	SEND-BUS	REC-BUS	INITIAL TAP
1	BUS22/	BUS1/	1.00000
2	BUS21/	BUS22/	1.00000
3	BUS23/	BUS24/	1.00000
4	BUS21/	BUS3/	1.00000
5	BUS21/	BUS2/	1.00000
6	BUS21/	BUS4/	1.00000
7	BUS25/	BUS26/	1.00000



8	BUS5/	BUS30/	1.00000
9	BUS6/	BUS30/	1.00000
10	BUS21/	BUS27/	1.00000
11	BUS31/	BUS30/	1.00000
12	BUS29/	BUS7/	1.00000
13	BUS29/	BUS8/	1.00000
14	BUS29/	BUS9/	1.00000
15	BUS36/	BUS37/	1.00000
16	BUS30/	BUS50/	1.00000
17	BUS38/	BUS39/	1.00000
18	BUS48/	BUS49/	1.00000
19	BUS40/	BUS41/	1.00000
20	BUS34/	BUS35/	1.00000
21	BUS42/	BUS43/	1.00000
22	BUS44/	BUS45/	1.00000
23	BUS46/	BUS47/	1.00000

P O W E R F L O W C A L C U L A T I O N S

BUS DATA				GENERATION				LOAD				TO BUS			
No	NAME	PU	ANGLE	MW	MVAR	MW	MVAR	No	NAME	MW	MVAR	No	NAME	MW	MVAR
1	BUS1/	1.10000	-3.05	16.200	19.262	.000	.000								
.140	2.433							2	BUS22/	16.200	19.263				
2	BUS22/	1.01667	-6.64	.000	.000	56.000	37.866								
.140	2.433							1	BUS1/	-16.060	-16.829				
.075	4.536							3	BUS21/	-39.940	-21.036				
3	BUS21/	1.06953	-1.84	.000	.000	.000	.000								
.075	4.536							2	BUS22/	40.015	25.572				
.030	2.160							4	BUS23/	14.053	5.776				
.091	3.133							6	BUS3/	-35.909	-10.255				
.055	1.721							7	BUS2/	-23.945	-9.516				
.072	2.775							8	BUS4/	-50.045	-40.273				
.408	2.203							9	BUS25/	38.530	21.965				
.165	6.684							11	BUS30/	18.403	6.161				
.000	.004							14	BUS27/	-1.102	.570				
4	BUS23/	1.06372	-2.22	.000	.000	.000	.000								
.030	2.160							3	BUS21/	-14.023	-7.936				
.023	1.000							5	BUS24/	14.023	7.937				
5	BUS24/	1.03144	-5.37	.000	.000	14.000	6.936								
.023	1.000							4	BUS23/	-14.000	-6.936				
6	BUS3/	1.10000	2.63	36.000	13.386	.000	.000								
.091	3.133							3	BUS21/	36.000	13.388				
7	BUS2/	1.10000	1.58	24.000	11.236	.000	.000								
.055	1.721							3	BUS21/	24.000	11.237				
8	BUS4/	1.10000	.00	50.112	43.043	.000	.000								
.072	2.775							3	BUS21/	50.118	43.048				
9	BUS25/	1.04125	-3.37	.000	.000	.000	.000								

.408	2.203							3	BUS21/	-38.121	-24.167
.169	6.785							10	BUS26/	42.169	31.312
.009	3.307							11	BUS30/	-4.048	-7.145
10	BUS26/	.96421	-9.68	.000	.000	42.000	24.527	-----			
.169	6.785							9	BUS25/	-41.999	-24.527
11	BUS30/	1.04631	-3.26	.000	.000	.000	.000	-----			
.165	6.684							3	BUS21/	-18.238	-12.845
.009	3.307							9	BUS25/	4.057	3.838
.194	4.953							12	BUS5/	-49.006	-32.006
.287	6.959							13	BUS6/	-70.213	-49.252
.066	2.066							16	BUS31/	-45.594	-13.363
.010	.336							23	BUS50/	6.743	3.002
.085	1.028							24	BUS38/	28.146	17.458
.085	1.028							26	BUS48/	28.146	17.458
1.683	1.716							28	BUS40/	65.000	38.138
.975	.019							30	BUS34/	50.964	27.572
12	BUS5/	1.10000	.51	49.200	36.954	.000	.000	-----			
.194	4.953							11	BUS30/	49.200	36.959
13	BUS6/	1.10000	.26	70.500	56.204	.000	.000	-----			
.287	6.959							11	BUS30/	70.500	56.211
14	BUS27/	1.06819	-1.69	.000	.000	.000	.000	-----			
.000	.004							3	BUS21/	1.102	-.567
.004	.655							15	BUS28/	-1.102	.567
15	BUS28/	1.06661	-1.36	.000	.000	.000	.000	-----			
.004	.655							14	BUS27/	1.105	-1.222
.007	.732							17	BUS29/	-1.105	1.222
16	BUS31/	1.06138	-.92	.000	.000	.000	.000	-----			
.000	.004							17	BUS29/	-12.340	-4.170
.066	2.066							11	BUS30/	45.660	15.429
.000	.001							17	BUS29/	-33.319	-11.256
17	BUS29/	1.06161	-.91	.000	.000	.000	.000	-----			
.007	.732							15	BUS28/	1.113	-1.954
.000	.004							16	BUS31/	12.340	4.167
.000	.001							16	BUS31/	33.319	11.255
.142	2.878							18	BUS7/	-32.257	-12.160
.120	2.753							19	BUS8/	-29.880	-10.830
.027	.470							20	BUS9/	-6.173	-3.205
.039	.035							21	BUS36/	9.449	5.560
.050	.016							21	BUS36/	12.087	7.158

18	BUS7/	1.10000	3.34	32.400	15.036	.000	.000	-----				
									17	BUS29/	32.400	15.038
.142	2.878											
19	BUS8/	1.10000	3.53	30.000	13.581	.000	.000	-----				
									17	BUS29/	30.000	13.583
.120	2.753											
20	BUS9/	1.10000	2.31	6.200	3.674	.000	.000	-----				
									17	BUS29/	6.200	3.675
.027	.470											
21	BUS36/	1.05413	-1.19	.000	.000	.000	.000	-----				
									17	BUS29/	-9.409	-5.595
.039	.035											
									17	BUS29/	-12.037	-7.142
.050	.016											
									22	BUS37/	21.446	12.738
.056	2.240											
22	BUS37/	1.00696	-5.75	.000	.000	28.000	13.395	-----				
									21	BUS36/	-21.390	-10.498
.056	2.240											
									23	BUS50/	-6.608	-2.897
.123	.231											
23	BUS50/	1.02654	-5.65	.000	.000	.000	.000	-----				
									11	BUS30/	-6.733	-2.667
.010	.336											
									22	BUS37/	6.732	2.667
.123	.231											
24	BUS38/	1.03832	-3.67	.000	.000	.000	.000	-----				
									11	BUS30/	-28.061	-18.487
.085	1.028											
									25	BUS39/	28.060	18.487
.061	4.501											
25	BUS39/	.96710	-10.51	.000	.000	28.000	13.985	-----				
									24	BUS38/	-27.999	-13.985
.061	4.501											
26	BUS48/	1.03832	-3.67	.000	.000	.000	.000	-----				
									11	BUS30/	-28.061	-18.487
.085	1.028											
									27	BUS49/	28.060	18.487
.061	4.501											
27	BUS49/	.96710	-10.51	.000	.000	28.000	13.985	-----				
									26	BUS48/	-27.999	-13.985
.061	4.501											
28	BUS40/	.99791	-5.34	.000	.000	.000	.000	-----				
									11	BUS30/	-63.317	-36.423
1.683	1.716											
									29	BUS41/	28.121	20.010
.122	5.286											
									32	BUS42/	35.193	16.412
.361	.758											
29	BUS41/	.91467	-13.03	.000	.000	28.000	14.725	-----				
									28	BUS40/	-27.999	-14.725
.122	5.286											
30	BUS34/	1.01065	-4.86	.000	.000	.000	.000	-----				
									11	BUS30/	-49.989	-27.553
.975	.019											
									31	BUS35/	28.113	19.191
.114	4.753											
									34	BUS44/	21.873	8.361
.380	3.701											
31	BUS35/	.93533	-11.91	.000	.000	28.000	14.439	-----				
									30	BUS34/	-27.999	-14.438
.114	4.753											
32	BUS42/	.97992	-6.28	.000	.000	.000	.000	-----				

.361	.758							28	BUS40/	-34.832	-17.170
.129	5.599							33	BUS43/	28.128	20.621
.010	1.149							34	BUS44/	6.701	-3.451
33	BUS43/	.89274	-14.31	.000	.000	28.000	15.023	-----			
.129	5.599							32	BUS42/	-27.998	-15.022
34	BUS44/	.97997	-6.47	.000	.000	.000	.000	-----			
.380	3.701							30	BUS34/	-21.493	-12.062
.010	1.149							32	BUS42/	-6.691	2.302
.048	1.427							35	BUS45/	14.047	5.177
.084	2.145							36	BUS46/	14.137	4.584
35	BUS45/	.94870	-11.71	.000	.000	14.000	3.750	-----			
.048	1.427							34	BUS44/	-13.999	-3.749
36	BUS46/	.97008	-7.07	.000	.000	.000	.000	-----			
.084	2.145							34	BUS44/	-14.053	-6.729
.053	1.577							37	BUS47/	14.052	6.729
37	BUS47/	.92881	-12.45	.000	.000	14.000	5.151	-----			
.053	1.577							36	BUS46/	-13.999	-5.151

-----  
 TOTAL LOSSES : Real: 6.613 MW Reactive: 100.259 MVAR  
 -----

TRANSFORMER TAPS

No	SEND-BUS	REC-BUS	TAP
1	BUS22/	BUS1/	1.00000
2	BUS21/	BUS22/	1.00000
3	BUS23/	BUS24/	1.00000
4	BUS21/	BUS3/	1.00000
5	BUS21/	BUS2/	1.00000
6	BUS21/	BUS4/	1.00000
7	BUS25/	BUS26/	1.00000
8	BUS5/	BUS30/	1.00000
9	BUS6/	BUS30/	1.00000
10	BUS21/	BUS27/	1.00000
11	BUS31/	BUS30/	1.00000
12	BUS29/	BUS7/	1.00000
13	BUS29/	BUS8/	1.00000
14	BUS29/	BUS9/	1.00000
15	BUS36/	BUS37/	1.00000
16	BUS30/	BUS50/	1.00000
17	BUS38/	BUS39/	1.00000
18	BUS48/	BUS49/	1.00000
19	BUS40/	BUS41/	1.00000
20	BUS34/	BUS35/	1.00000
21	BUS42/	BUS43/	1.00000
22	BUS44/	BUS45/	1.00000
23	BUS46/	BUS47/	1.00000

----- END OF FULL LIST -----

## Π 2.2 Συνθήκες Χαμηλής Φόρτισης

Θεωρούμε ότι η χαμηλή φόρτιση του δικτύου της Κρήτης επιτυγχάνεται, όταν τα φορτία αντιπροσωπεύουν το 20% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης. Τα φορτία είναι σταθερής ισχύος και έχουν επαγωγικό συντελεστή ισχύος ίσο με 0,8, ενώ οι στατοί πυκνωτές είναι εκτός λειτουργίας. Παράλληλα

όμως θεωρούμε ότι όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του δικτύου -μετασχηματιστές, γεννήτριες και γραμμές μεταφοράς είναι σε λειτουργία. Πιο αναλυτικές λεπτομέρειες ως προς την αρχικοποίηση του προβλήματος υπάρχουν στην παράγραφο 3.2.2. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το αντίστοιχο αρχείο εξόδου.

G I N A O U T P U T				
SYSTEM LOAD DATA				
S/S	NAME	ACT. LOAD	REAC. LOAD	REAL IMAG ADMITTANCE
1	BUS1/	.0000	.0000	.0000 .0000
2	BUS22/	.2000	.1600	.0000 .0000
3	BUS21/	.0000	.0000	.0000 .0000
4	BUS23/	.0000	.0000	.0000 .0000
5	BUS24/	.0500	.0375	.0000 .0000
6	BUS3/	.0000	.0000	.0000 .0000
7	BUS2/	.0000	.0000	.0000 .0000
8	BUS4/	.0000	.0000	.0000 .0000
9	BUS25/	.0000	.0000	.0000 .0000
10	BUS26/	.1500	.1125	.0000 .0000
11	BUS30/	.0000	.0000	.0000 .0000
12	BUS5/	.0000	.0000	.0000 .0000
13	BUS6/	.0000	.0000	.0000 .0000
14	BUS27/	.0000	.0000	.0000 .0000
15	BUS28/	.0000	.0000	.0000 .0000
16	BUS31/	.0000	.0000	.0000 .0000
17	BUS29/	.0000	.0000	.0000 .0000
18	BUS7/	.0000	.0000	.0000 .0000
19	BUS8/	.0000	.0000	.0000 .0000
20	BUS9/	.0000	.0000	.0000 .0000
21	BUS36/	.0000	.0000	.0000 .0000
22	BUS37/	.1000	.0750	.0000 .0000
23	BUS50/	.0000	.0000	.0000 .0000
24	BUS38/	.0000	.0000	.0000 .0000
25	BUS39/	.1000	.0750	.0000 .0000
26	BUS48/	.0000	.0000	.0000 .0000
27	BUS49/	.1000	.0750	.0000 .0000
28	BUS40/	.0000	.0000	.0000 .0000
29	BUS41/	.1000	.0750	.0000 .0000
30	BUS34/	.0000	.0000	.0000 .0000
31	BUS35/	.1000	.0750	.0000 .0000
32	BUS42/	.0000	.0000	.0000 .0000
33	BUS43/	.1000	.0750	.0000 .0000
34	BUS44/	.0000	.0000	.0000 .0000
35	BUS45/	.0500	.0375	.0000 .0000
36	BUS46/	.0000	.0000	.0000 .0000
37	BUS47/	.0500	.0375	.0000 .0000

SYSTEM ACTIVE LOAD= 1.100 pu at nominal voltage  
 SYSTEM REACTIVE LOAD .835 pu at nominal voltage

SYSTEM BRANCH DATA					
BR.	SEND-BUS	REC-BUS	RESISTANCE	REACTANCE	SUSCEPTANCE
1	BUS22/	BUS1/	.0267606	.4647887	.0000000
2	BUS21/	BUS22/	.0038000	.2301000	.0000000
3	BUS21/	BUS23/	.0141540	.0613161	.0201448
4	BUS23/	BUS24/	.0100000	.4360000	.0000000
5	BUS21/	BUS3/	.0074442	.2569479	.0000000
6	BUS21/	BUS2/	.0095238	.2965079	.0000000
7	BUS21/	BUS4/	.0020064	.0769231	.0000000
8	BUS25/	BUS21/	.0226952	.0915006	.0345464
9	BUS25/	BUS26/	.0066533	.2666667	.0000000
10	BUS30/	BUS21/	.0431294	.1738860	.0656512
11	BUS25/	BUS30/	.0201495	.0812372	.0306714
12	BUS5/	BUS30/	.0061875	.1582813	.0000000
13	BUS6/	BUS30/	.0042667	.1035733	.0000000
14	BUS21/	BUS27/	.0044000	.2600000	.0000000
15	BUS27/	BUS28/	.1972360	.4321281	.0058185
16	BUS28/	BUS29/	.2240937	.4909711	.0066108
17	BUS29/	BUS31/	.0011331	.0024824	.0000334
18	BUS31/	BUS30/	.0032000	.1002000	.0000000
19	BUS31/	BUS29/	.0004196	.0009194	.0000124
20	BUS29/	BUS7/	.0135135	.2729730	.0000000
21	BUS29/	BUS8/	.0133333	.3072000	.0000000
22	BUS29/	BUS9/	.0625000	1.0937500	.0000000



3	BUS21/	1.02040	-.90	.000	.000	.000	.000	-----				
.014	.867								2	BUS22/	17.029	10.117
.005	2.073								4	BUS23/	5.008	1.847
.003	.094								6	BUS3/	-4.997	-3.637
.002	.055								7	BUS2/	-2.998	-3.194
.012	.459								8	BUS4/	-21.865	-11.989
.028	3.451								9	BUS25/	7.997	6.326
.006	6.764								11	BUS30/	.885	.423
.000	.003								14	BUS27/	-1.058	.107
4	BUS23/	1.01797	-1.05	.000	.000	.000	.000	-----				
.005	2.073								3	BUS21/	-5.004	-3.920
.004	.170								5	BUS24/	5.004	3.920
5	BUS24/	1.00091	-2.26	.000	.000	5.000	3.750	-----				
.004	.170								4	BUS23/	-5.000	-3.750
6	BUS3/	1.03000	-.22	5.000	3.731	.000	.000	-----				
.003	.094								3	BUS21/	5.000	3.731
7	BUS2/	1.03000	-.44	3.000	3.249	.000	.000	-----				
.002	.055								3	BUS21/	3.000	3.249
8	BUS4/	1.03000	.00	21.877	12.448	.000	.000	-----				
.012	.459								3	BUS21/	21.877	12.448
9	BUS25/	1.01135	-1.21	.000	.000	.000	.000	-----				
.028	3.451								3	BUS21/	-7.969	-9.777
.024	.978								10	BUS26/	15.024	12.228
.010	3.104								11	BUS30/	-7.056	-2.452
10	BUS26/	.97889	-3.48	.000	.000	15.000	11.250	-----				
.024	.978								9	BUS25/	-15.000	-11.250
11	BUS30/	1.01348	-.90	.000	.000	.000	.000	-----				
.006	6.764								3	BUS21/	-.878	-7.187
.010	3.104								9	BUS25/	7.066	-.652
.015	.376								12	BUS5/	-11.985	-10.005
.081	1.958								13	BUS6/	-41.919	-13.585
.008	.246								16	BUS31/	-15.441	-3.711
.002	.068								23	BUS50/	2.608	1.876
.013	1.239								24	BUS38/	10.022	6.966
.013	1.239								26	BUS48/	10.022	6.966
.210	1.790								28	BUS40/	22.684	11.591
.120	1.967								30	BUS34/	17.820	7.741
12	BUS5/	1.03000	.11	12.000	10.380	.000	.000	-----				
.015	.376								11	BUS30/	12.000	10.380

13	BUS6/	1.03000	1.45	42.000	15.542	.000	.000	-----				
.081	1.958								11	BUS30/	42.000	15.543
14	BUS27/	1.02018	-.75	.000	.000	.000	.000	-----				
.000	.003								3	BUS21/	1.058	-.104
.002	.600								15	BUS28/	-1.058	.104
15	BUS28/	1.02052	-.46	.000	.000	.000	.000	-----				
.002	.600								14	BUS27/	1.061	-.705
.005	.676								17	BUS29/	-1.061	.705
16	BUS31/	1.01775	-.04	.000	.000	.000	.000	-----				
.000	.003								17	BUS29/	-4.178	-1.072
.008	.246								11	BUS30/	15.449	3.957
.000	.001								17	BUS29/	-11.281	-2.891
17	BUS29/	1.01783	-.04	.000	.000	.000	.000	-----				
.005	.676								15	BUS28/	1.066	-1.381
.000	.003								16	BUS31/	4.178	1.069
.000	.001								16	BUS31/	11.281	2.889
.007	.141								18	BUS7/	-5.993	-4.199
.026	.608								19	BUS8/	-13.974	-3.146
.010	.175								20	BUS9/	-3.990	-.824
.006	.098								21	BUS36/	3.262	2.441
.008	.070								21	BUS36/	4.172	3.156
18	BUS7/	1.03000	.82	6.000	4.344	.000	.000	-----				
.007	.141								17	BUS29/	6.000	4.340
19	BUS8/	1.03000	2.28	14.000	3.758	.000	.000	-----				
.026	.608								17	BUS29/	14.000	3.755
20	BUS9/	1.03000	2.32	4.000	1.000	.000	.000	-----				
.010	.175								17	BUS29/	4.000	.999
21	BUS36/	1.01469	-.13	.000	.000	.000	.000	-----				
.006	.098								17	BUS29/	-3.256	-2.539
.008	.070								17	BUS29/	-4.164	-3.226
.009	.344								22	BUS37/	7.429	5.765
22	BUS37/	.99165	-1.79	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.009	.344								21	BUS36/	-7.421	-5.422
.026	.270								23	BUS50/	-2.610	-2.079
23	BUS50/	1.00062	-1.87	.000	.000	.000	.000	-----				
.002	.068								11	BUS30/	-2.606	-1.808
.026	.270								22	BUS37/	2.636	1.808
24	BUS38/	1.01016	-1.05	.000	.000	.000	.000	-----				
.013	1.239								11	BUS30/	-10.010	-8.205



									25	BUS39/	10.009	8.206
.010	.706											
25	BUS39/	.97558	-3.52	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.010	.706								24	BUS38/	-10.000	-7.500
26	BUS48/	1.01016	-1.05	.000	.000	.000	.000	-----				
.013	1.239								11	BUS30/	-10.010	-8.205
									27	BUS49/	10.009	8.206
.010	.706											
27	BUS49/	.97558	-3.52	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.010	.706								26	BUS48/	-10.000	-7.500
28	BUS40/	.99665	-1.67	.000	.000	.000	.000	-----				
.210	1.790								11	BUS30/	-22.474	-13.382
									29	BUS41/	10.017	8.249
.017	.749								32	BUS42/	12.457	5.132
.045	1.543											
29	BUS41/	.96004	-4.27	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.017	.749								28	BUS40/	-10.000	-7.500
30	BUS34/	1.00141	-1.50	.000	.000	.000	.000	-----				
.120	1.967								11	BUS30/	-17.699	-9.708
									31	BUS35/	10.017	8.200
.017	.700								34	BUS44/	7.683	1.507
.048	4.513											
31	BUS35/	.96696	-3.94	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.017	.700								30	BUS34/	-10.000	-7.500
32	BUS42/	.99033	-2.00	.000	.000	.000	.000	-----				
.045	1.543								28	BUS40/	-12.412	-6.675
									33	BUS43/	10.018	8.260
.018	.760								34	BUS44/	2.395	-1.584
.001	1.195											
33	BUS43/	.95344	-4.63	.000	.000	10.000	7.500	-----				
.018	.760								32	BUS42/	-10.000	-7.500
34	BUS44/	.99033	-2.07	.000	.000	.000	.000	-----				
.048	4.513								30	BUS34/	-7.635	-6.021
									32	BUS42/	-2.394	.390
.001	1.195								35	BUS45/	5.009	4.007
.009	.257								36	BUS46/	5.020	1.624
.012	2.385											
35	BUS45/	.96502	-3.85	.000	.000	5.000	3.750	-----				
.009	.257								34	BUS44/	-5.000	-3.750
36	BUS46/	.98617	-2.26	.000	.000	.000	.000	-----				
.012	2.385								34	BUS44/	-5.008	-4.009
									37	BUS47/	5.009	4.009
.009	.259											
37	BUS47/	.96075	-4.06	.000	.000	5.000	3.750	-----				
.009	.259								36	BUS46/	-5.000	-3.750

TOTAL LOSSES : Real: .878 MW Reactive: 43.915 MVAR

TRANSFORMER TAPS

No	SEND-BUS	REC-BUS	TAP
1	BUS22/	BUS1/	1.00000
2	BUS21/	BUS22/	1.00000
3	BUS23/	BUS24/	1.00000
4	BUS21/	BUS3/	1.00000
5	BUS21/	BUS2/	1.00000
6	BUS21/	BUS4/	1.00000
7	BUS25/	BUS26/	1.00000
8	BUS5/	BUS30/	1.00000
9	BUS6/	BUS30/	1.00000
10	BUS21/	BUS27/	1.00000
11	BUS31/	BUS30/	1.00000
12	BUS29/	BUS7/	1.00000
13	BUS29/	BUS8/	1.00000
14	BUS29/	BUS9/	1.00000
15	BUS36/	BUS37/	1.00000
16	BUS30/	BUS50/	1.00000
17	BUS38/	BUS39/	1.00000
18	BUS48/	BUS49/	1.00000
19	BUS40/	BUS41/	1.00000
20	BUS34/	BUS35/	1.00000
21	BUS42/	BUS43/	1.00000
22	BUS44/	BUS45/	1.00000
23	BUS46/	BUS47/	1.00000

----- END OF FULL LIST -----

**Π 2.3 Συνθήκες Υψηλής Φόρτισης χωρίς τη Γραμμή Μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας**

Θεωρούμε ότι οι συνθήκες υψηλής φόρτισης του δικτύου της Κρήτης επιτυγχάνονται, όπως και προηγουμένως, όταν τα φορτία αντιπροσωπεύουν το 70% της εγκατεστημένης ισχύος των μετασχηματιστών υποβιβασμού υψηλής/μέσης τάσης. Ισχύουν τα όσα αναφέραμε και στην παράγραφο Π 2.1 με μόνη διαφορά ότι έχουμε πρακτικά απειρήσει την ωμική αντίσταση και την επαγωγική αντίδραση της αντίστοιχης γραμμής, με συνέπεια να είναι πρακτικά εκτός λειτουργίας. Πιο αναλυτικές λεπτομέρειες ως προς την αρχικοποίηση του προβλήματος υπάρχουν στην παράγραφο 3.2.3. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το αντίστοιχο αρχείο εξόδου.

G I N A O U T P U T

SYSTEM LOAD DATA

S/S	NAME	ACT. LOAD	REAC. LOAD	REAL	IMAG ADMITTANCE
1	BUS1/	.0000	.0000	.0000	.0000
2	BUS22/	.5600	.4200	.0000	.0400
3	BUS21/	.0000	.0000	.0000	.0000
4	BUS23/	.0000	.0000	.0000	.0000
5	BUS24/	.1400	.1050	.0000	.0335
6	BUS3/	.0000	.0000	.0000	.0000
7	BUS2/	.0000	.0000	.0000	.0000
8	BUS4/	.0000	.0000	.0000	.0000
9	BUS25/	.0000	.0000	.0000	.0000
10	BUS26/	.4200	.3150	.0000	.0750
11	BUS30/	.0000	.0000	.0000	.0000
12	BUS5/	.0000	.0000	.0000	.0000
13	BUS6/	.0000	.0000	.0000	.0000
14	BUS27/	.0000	.0000	.0000	.0000
15	BUS28/	.0000	.0000	.0000	.0000
16	BUS31/	.0000	.0000	.0000	.0000
17	BUS29/	.0000	.0000	.0000	.0000
18	BUS7/	.0000	.0000	.0000	.0000
19	BUS8/	.0000	.0000	.0000	.0000
20	BUS9/	.0000	.0000	.0000	.0000
21	BUS36/	.0000	.0000	.0000	.0000

22	BUS37/	.2800	.2100	.0000	.0750
23	BUS50/	.0000	.0000	.0000	.0000
24	BUS38/	.0000	.0000	.0000	.0000
25	BUS39/	.2800	.2100	.0000	.0750
26	BUS48/	.0000	.0000	.0000	.0000
27	BUS49/	.2800	.2100	.0000	.0750
28	BUS40/	.0000	.0000	.0000	.0000
29	BUS41/	.2800	.2100	.0000	.0750
30	BUS34/	.0000	.0000	.0000	.0000
31	BUS35/	.2800	.2100	.0000	.0750
32	BUS42/	.0000	.0000	.0000	.0000
33	BUS43/	.2800	.2100	.0000	.0750
34	BUS44/	.0000	.0000	.0000	.0000
35	BUS45/	.1400	.1050	.0000	.0750
36	BUS46/	.0000	.0000	.0000	.0000
37	BUS47/	.1400	.1050	.0000	.0620

SYSTEM ACTIVE LOAD= 3.080 pu at nominal voltage  
 SYSTEM REACTIVE LOAD 1.574 pu at nominal voltage

## SYSTEM BRANCH DATA

BR.	SEND-BUS	REC-BUS	RESISTANCE	REACTANCE	SUSCEPTANCE
1	BUS22/	BUS1/	.0267606	.4647887	.0000000
2	BUS21/	BUS22/	.0038000	.2301000	.0000000
3	BUS21/	BUS23/	.0141540	.0613161	.0201448
4	BUS23/	BUS24/	.0100000	.4360000	.0000000
5	BUS21/	BUS3/	.0074442	.2569479	.0000000
6	BUS21/	BUS2/	.0095238	.2965079	.0000000
7	BUS21/	BUS4/	.0020064	.0769231	.0000000
8	BUS25/	BUS21/	.0226952	.0915006	.0345464
9	BUS25/	BUS26/	.0066533	.2666667	.0000000
10	BUS30/	BUS21/	.0431294	.1738860	.0656512
11	BUS25/	BUS30/	.0201495	.0812372	.0306714
12	BUS5/	BUS30/	.0061875	.1582813	.0000000
13	BUS6/	BUS30/	.0042667	.1035733	.0000000
14	BUS21/	BUS27/	.0044000	.2600000	.0000000
15	BUS27/	BUS28/	.1972360	.4321281	.0058185
16	BUS28/	BUS29/	.2240937	.4909711	.0066108
17	BUS29/	BUS31/	.0011331	.0024824	.0000334
18	BUS31/	BUS30/	.0032000	.1002000	.0000000
19	BUS31/	BUS29/	.0004196	.0009194	.0000124
20	BUS29/	BUS7/	.0135135	.2729730	.0000000
21	BUS29/	BUS8/	.0133333	.3072000	.0000000
22	BUS29/	BUS9/	.0625000	1.0937500	.0000000
23	BUS36/	BUS29/	.0365964	.0799897	.0010770
24	BUS29/	BUS36/	.0285363	.0625207	.0008418
25	BUS36/	BUS37/	.0100000	.4000000	.0000000
26	BUS30/	BUS50/	.0204400	.6744000	.0000000
27	BUS50/	BUS37/	.2440000	.1303761	.0028670
28	BUS38/	BUS30/	.0082842	.0333995	.0126101
29	BUS38/	BUS39/	.0058000	.4298000	.0000000
30	BUS30/	BUS48/	.0082842	.0333995	.0126101
31	BUS48/	BUS49/	.0058000	.4298000	.0000000
32	BUS30/	BUS40/	.0319001	.0776683	.0227909
33	BUS40/	BUS41/	.0102000	.4418800	.0000000
34	BUS30/	BUS34/	.0311677	.0758851	.0222676
35	BUS34/	BUS35/	.0100800	.4190000	.0000000
36	BUS40/	BUS42/	.0234368	.0570624	.0167443
37	BUS42/	BUS43/	.0102000	.4420000	.0000000
38	BUS34/	BUS44/	.0653464	.1591011	.0466864
39	BUS44/	BUS42/	*****	*****	.0000000
40	BUS44/	BUS45/	.0204000	.6115500	.0000000
41	BUS44/	BUS46/	.0345856	.0842067	.0247095
42	BUS46/	BUS47/	.0204000	.6115500	.0000000

## GENERATOR DATA

GEN.	GEN-BUS	VOLTAGE	ACT. POWER
1	BUS1/	1.10000	.16200
2	BUS3/	1.10000	.36000
3	BUS2/	1.10000	.24000
4	BUS4/	1.10000	.50090
5	BUS6/	1.10000	.70500
6	BUS5/	1.10000	.49200
7	BUS7/	1.10000	.32400
8	BUS9/	1.10000	.06200
9	BUS8/	1.10000	.30000

## OLTC INITIAL DATA

T/F SEND-BUS REC-BUS INITIAL TAP

1	BUS22/	BUS1/	1.00000
2	BUS21/	BUS22/	1.00000
3	BUS23/	BUS24/	1.00000
4	BUS21/	BUS3/	1.00000
5	BUS21/	BUS2/	1.00000
6	BUS21/	BUS4/	1.00000
7	BUS25/	BUS26/	1.00000
8	BUS5/	BUS30/	1.00000
9	BUS6/	BUS30/	1.00000
10	BUS21/	BUS27/	1.00000
11	BUS31/	BUS30/	1.00000
12	BUS29/	BUS7/	1.00000
13	BUS29/	BUS8/	1.00000
14	BUS29/	BUS9/	1.00000
15	BUS36/	BUS37/	1.00000
16	BUS30/	BUS50/	1.00000
17	BUS38/	BUS39/	1.00000
18	BUS48/	BUS49/	1.00000
19	BUS40/	BUS41/	1.00000
20	BUS34/	BUS35/	1.00000
21	BUS42/	BUS43/	1.00000
22	BUS44/	BUS45/	1.00000
23	BUS46/	BUS47/	1.00000

P O W E R F L O W C A L C U L A T I O N S

BUS DATA				LINE FLOWS							
-----				-- GENERATION --		----- LOAD -----		--- TO BUS ---		-----	
No	NAME	PU	ANGLE	MW	MVAR	MW	MVAR	No	NAME	MW	MVAR
MW	MVAR										
1	BUS1/	1.10000	-3.05	16.200	19.302	.000	.000				
								2	BUS22/	16.200	19.305
.140	2.440										
2	BUS22/	1.01649	-6.65	.000	.000	56.000	37.867				
								1	BUS1/	-16.060	-16.865
.140	2.440										
.075	4.535							3	BUS21/	-39.940	-21.001
3	BUS21/	1.06928	-1.84	.000	.000	.000	.000				
								2	BUS22/	40.014	25.536
.075	4.535										
.030	2.159							4	BUS23/	14.053	5.780
.091	3.139							6	BUS3/	-35.909	-10.355
.055	1.726							7	BUS2/	-23.944	-9.603
.073	2.805							8	BUS4/	-50.215	-40.597
.412	2.183							9	BUS25/	38.616	22.238
.168	6.665							11	BUS30/	18.485	6.420
.000	.003							14	BUS27/	-1.095	.582
4	BUS23/	1.06347	-2.23	.000	.000	.000	.000				
								3	BUS21/	-14.023	-7.939
.030	2.159										
.023	1.001							5	BUS24/	14.023	7.939
5	BUS24/	1.03117	-5.38	.000	.000	14.000	6.938				
								4	BUS23/	-14.000	-6.938
.023	1.001										
6	BUS3/	1.10000	2.62	36.000	13.487	.000	.000				
								3	BUS21/	36.000	13.494
.091	3.139										
7	BUS2/	1.10000	1.57	24.000	11.323	.000	.000				

.055	1.726							3	BUS21/	24.000	11.329
8	BUS4/	1.10000	.00	50.289	43.380	.000	.000				
-----											
.073	2.805							3	BUS21/	50.289	43.402
9	BUS25/	1.04074	-3.38	.000	.000	.000	.000				
-----											
.412	2.183							3	BUS21/	-38.204	-24.421
.170	6.794							10	BUS26/	42.167	31.328
.008	3.305							11	BUS30/	-3.966	-6.907
10	BUS26/	.96363	-9.70	.000	.000	42.000	24.536				
-----											
.170	6.794							9	BUS25/	-41.997	-24.534
11	BUS30/	1.04561	-3.26	.000	.000	.000	.000				
-----											
.168	6.665							3	BUS21/	-18.317	-13.085
.008	3.305							9	BUS25/	3.974	3.602
.195	5.001							12	BUS5/	-49.004	-32.446
.290	7.031							13	BUS6/	-70.210	-49.925
.066	2.076							16	BUS31/	-45.592	-13.657
.010	.335							23	BUS50/	6.738	2.982
.085	1.026							24	BUS38/	28.146	17.481
.085	1.026							26	BUS48/	28.146	17.481
1.506	1.287							28	BUS40/	58.043	41.072
1.181	.526							30	BUS34/	58.096	26.498
12	BUS5/	1.10000	.50	49.200	37.421	.000	.000				
-----											
.195	5.001							11	BUS30/	49.199	37.447
13	BUS6/	1.10000	.25	70.500	56.917	.000	.000				
-----											
.290	7.031							11	BUS30/	70.499	56.957
14	BUS27/	1.06792	-1.70	.000	.000	.000	.000				
-----											
.000	.003							3	BUS21/	1.095	-.579
.004	.655							15	BUS28/	-1.095	.579
15	BUS28/	1.06627	-1.37	.000	.000	.000	.000				
-----											
.004	.655							14	BUS27/	1.098	-1.233
.007	.732							17	BUS29/	-1.098	1.233
16	BUS31/	1.06097	-.93	.000	.000	.000	.000				
-----											
.002	.000							17	BUS29/	-12.344	-4.255
.066	2.076							11	BUS30/	45.658	15.733
.005	.009							17	BUS29/	-33.328	-11.485
17	BUS29/	1.06120	-.91	.000	.000	.000	.000				
-----											
.007	.732							15	BUS28/	1.106	-1.965
.002	.000							16	BUS31/	12.345	4.256
.005	.009							16	BUS31/	33.333	11.495
.143	2.890							18	BUS7/	-32.257	-12.312

.120	2.763							19	BUS8/	-29.880	-10.965
.027	.472							20	BUS9/	-6.173	-3.243
.039	.034							21	BUS36/	9.452	5.575
.050	.016							21	BUS36/	12.091	7.177
18	BUS7/	1.10000	3.33	32.400	15.193	.000	.000	-----			
.143	2.890							17	BUS29/	32.400	15.202
19	BUS8/	1.10000	3.52	30.000	13.721	.000	.000	-----			
.120	2.763							17	BUS29/	30.000	13.729
20	BUS9/	1.10000	2.30	6.200	3.713	.000	.000	-----			
.027	.472							17	BUS29/	6.200	3.716
21	BUS36/	1.05371	-1.20	.000	.000	.000	.000	-----			
.039	.034							17	BUS29/	-9.412	-5.610
.050	.016							17	BUS29/	-12.041	-7.161
.056	2.245							22	BUS37/	21.450	12.770
22	BUS37/	1.00640	-5.77	.000	.000	28.000	13.404	-----			
.056	2.245							21	BUS36/	-21.394	-10.525
.123	.230							23	BUS50/	-6.603	-2.878
23	BUS50/	1.02595	-5.66	.000	.000	.000	.000	-----			
.010	.335							11	BUS30/	-6.727	-2.648
.123	.230							22	BUS37/	6.726	2.648
24	BUS38/	1.03760	-3.68	.000	.000	.000	.000	-----			
.085	1.026							11	BUS30/	-28.061	-18.507
.061	4.510							25	BUS39/	28.058	18.506
25	BUS39/	.96627	-10.53	.000	.000	28.000	13.997	-----			
.061	4.510							24	BUS38/	-27.997	-13.996
26	BUS48/	1.03760	-3.68	.000	.000	.000	.000	-----			
.085	1.026							11	BUS30/	-28.061	-18.507
.061	4.510							27	BUS49/	28.058	18.506
27	BUS49/	.96627	-10.53	.000	.000	28.000	13.997	-----			
.061	4.510							26	BUS48/	-27.997	-13.996
28	BUS40/	.99692	-5.00	.000	.000	.000	.000	-----			
1.506	1.287							11	BUS30/	-56.537	-39.785
.122	5.302							29	BUS41/	28.121	20.043
.290	.927							32	BUS42/	28.419	19.741
29	BUS41/	.91347	-12.71	.000	.000	28.000	14.742	-----			
.122	5.302							28	BUS40/	-27.998	-14.741
30	BUS34/	1.00875	-5.19	.000	.000	.000	.000	-----			
1.181	.526							11	BUS30/	-56.915	-25.972
.115	4.778							31	BUS35/	28.107	19.244

.585	3.176							34	BUS44/	28.785	6.729
31	BUS35/	.93310	-12.26	.000	.000	28.000	14.470	-----			
.115	4.778							30	BUS34/	-27.992	-14.466
32	BUS42/	.97853	-5.67	.000	.000	.000	.000	-----			
.290	.927							28	BUS40/	-28.129	-20.668
.130	5.625							33	BUS43/	28.130	20.671
.000	.000							34	BUS44/	.003	-.003
33	BUS43/	.89103	-13.73	.000	.000	28.000	15.045	-----			
.130	5.625							32	BUS42/	-28.001	-15.046
34	BUS44/	.97654	-7.51	.000	.000	.000	.000	-----			
.585	3.176							30	BUS34/	-28.200	-9.906
.000	.000							32	BUS42/	-.003	.003
.048	1.440							35	BUS45/	14.039	5.242
.085	2.126							36	BUS46/	14.143	4.661
35	BUS45/	.94478	-12.78	.000	.000	14.000	3.805	-----			
.048	1.440							34	BUS44/	-13.991	-3.802
36	BUS46/	.96655	-8.11	.000	.000	.000	.000	-----			
.085	2.126							34	BUS44/	-14.059	-6.786
.053	1.592							37	BUS47/	14.043	6.786
37	BUS47/	.92479	-13.53	.000	.000	14.000	5.198	-----			
.053	1.592							36	BUS46/	-13.990	-5.193

-----  
TOTAL LOSSES : Real: 6.791 MW Reactive: 99.097 MVAR  
-----

## TRANSFORMER TAPS

No	SEND-BUS	REC-BUS	TAP
1	BUS22/	BUS1/	1.00000
2	BUS21/	BUS22/	1.00000
3	BUS23/	BUS24/	1.00000
4	BUS21/	BUS3/	1.00000
5	BUS21/	BUS2/	1.00000
6	BUS21/	BUS4/	1.00000
7	BUS25/	BUS26/	1.00000
8	BUS5/	BUS30/	1.00000
9	BUS6/	BUS30/	1.00000
10	BUS21/	BUS27/	1.00000
11	BUS31/	BUS30/	1.00000
12	BUS29/	BUS7/	1.00000
13	BUS29/	BUS8/	1.00000
14	BUS29/	BUS9/	1.00000
15	BUS36/	BUS37/	1.00000
16	BUS30/	BUS50/	1.00000
17	BUS38/	BUS39/	1.00000
18	BUS48/	BUS49/	1.00000
19	BUS40/	BUS41/	1.00000
20	BUS34/	BUS35/	1.00000
21	BUS42/	BUS43/	1.00000
22	BUS44/	BUS45/	1.00000
23	BUS46/	BUS47/	1.00000

----- END OF FULL LIST -----

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3****ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΡΗΤΗΣ  
ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ EMTP**

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζουμε ενδεικτικά ένα από τα αρχεία του κώδικα προσομοίωσης του μοντέλου του δικτύου με τη βοήθεια του προγράμματος EMTP προς επίλυση ταχέων μεταβατικών φαινομένων.

**Π 3.1 Τριφασικό Βραχύκύκλωμα στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας, όταν η Τάση της φάσης Α είναι μηδέν, υπό συνθήκες Υψηλής Φόρτισης**

Συγκεκριμένα πραγματοποιείται ένα τριφασικό βραχύκύκλωμα χωρίς αντίσταση σφάλματος τη χρονική στιγμή 0,01369 sec μέσω του διακόπτη BLN42-γη στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1. Στη συνέχεια θεωρούμε ότι λειτουργούν μετά από 3 κύκλους οι διακόπτες προστασίας στα άκρα της γραμμής -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- προς εκκαθάριση του σφάλματος. Αναλυτικότερη περιγραφή για την εκτέλεση και τα αποτελέσματα του προγράμματος αναφέρονται στο κεφάλαιο 4, ενώ οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις γίνονται στο κεφάλαιο 3.

Σ'αυτό το σημείο τονίζουμε μόνο ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην αρχικοποίηση των γωνιών των τάσεων των γεννητριών, καθώς, για να συγχρονισθούν, πρέπει εκτός από τη διαφορά φάσης που προκύπτει από το αντίστοιχο πρόγραμμα ροής φορτίου, να προστεθεί ή να αφαιρεθεί κατάλληλα η γωνία στροφής που προκαλούν οι διάφορες συνδεσμολογίες των μετασχηματιστών. Αυτό τελικά έχει ως συνέπεια να προστεθούν 30 μοίρες στην αρχική γωνία -από το πρόγραμμα ροής φορτίου- της τάσης της φάσης Α της γεννήτριας 9 και να αφαιρεθούν 30 μοίρες από την αντίστοιχη γωνία της γεννήτριας 1.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο αντίστοιχος κώδικας.

```
BEGIN NEW DATA CASE
C -----
C Generated by ATPDRAW Μάιος, Τρίτη 30, 2000
C A Bonneville Power Administration program
C Programmed by H. K. Hψidalen at SEFAS - NORWAY 1994-98
C -----
ALLOW EVEN PLOT FREQUENCY
C Miscellaneous Data Card ....
```



```

C dT >> Tmax >> Xopt >> Copt >
.00001 .20
100 1 1 1 1 1 0 0 1 0
C 1 2 3 4 5 6 7 8
C 34567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
/BRANCH
C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< L >< C >
C < n 1>< n 2><ref1><ref2>< R >< A >< B ><Leng><><>0
$VINTAGE,1
C GRAMMH METAFORAS KASTE LI - HANIA 2
-1BUS21ABUS23A 3.184653000 43.91445000 .2849911000 1.0
-2BUS21BBUS23B 3.184653000 43.91445000 .2849911000 1.0
-3BUS21CBUS23C
$VINTAGE,0
C METASXHMATISTHS HANIA M/S1&M/S2 =>M/S1
TRANSFORMER SMS01A3.55E5 0
9999
1BUS21ABUS21C 1.288 247.2 150.
2BUS22A .0047 .9084 9.093
TRANSFORMER SMS01A SMS01B
1BUS21BBUS21A
2BUS22B
TRANSFORMER SMS01A SMS01C
1BUS21CBUS21B
2BUS22C
C HANIA METASXHMATISTHS31
TRANSFORMER SMS06A1.00E5 0
9999
1BUS22AMMS06 .0332 1.835 9.093
2BUS1A BUS1B .0159 .8808 6.3
TRANSFORMER SMS06A SMS06B
1BUS22BMMS06
2BUS1B BUS1C
TRANSFORMER SMS06A SMS06C
1BUS22CMMS06
2BUS1C BUS1A
C KASTE LI M/S1 & M/S2=>MS17
TRANSFORMER SMS17A5.00E5 0
9999
1BUS23ABUS23C 3.375 468.4 150.
2BUS24A .0124 1.721 9.093
TRANSFORMER SMS17A SMS17B
1BUS23BBUS23A
2BUS24B
TRANSFORMER SMS17A SMS17C
1BUS23CBUS23B
2BUS24C
$VINTAGE,1
C KASTE LI LOAD 25 MVA 70%=>LOAD02
BUL24A 12.0642680000000028.8013200000000 0
BUL24B 12.0642680000000028.8013200000000 0
BUL24C 12.0642680000000028.8013200000000 0
$VINTAGE,0
$VINTAGE,1
MMS06 100000. 0
$VINTAGE,0
$VINTAGE,1
C KASTE LI CAPACITOR 3.35 MVAR
BUC24A 42.9866700000129 0
BUC24B 42.9866700000129 0
BUC24C 42.9866700000129 0
$VINTAGE,0
C HANIA METASXHMATISTHS M/S4=> MS05

```

TRANSFORMER		SMS05A1.00E5		0
9999				
1BUS21AMMS05	1.0714	106.286.602		
2BUS2A BUS2B	.0173	1.713 11.		
TRANSFORMER SMS05A		SMS05B		
1BUS21BMMS05				
2BUS2B BUS2C				
TRANSFORMER SMS05A		SMS05C		
1BUS21CMMS05				
2BUS2C BUS2A				
\$VINTAGE,1				
C NO EARTH FOR M/S08				
MMS05		100000.		0
C HANIA LOAD 100 MVA 70%=>load01				
BUL22A	2.9303067000000006.	99559200000000		0
BUL22B	2.9303067000000006.	99559200000000		0
BUL22C	2.9303067000000006.	99559200000000		0
C HANIA CAPACITOR 4.0MVA				
BUC22A			51.3273700000136	0
BUC22B			51.3273700000136	0
BUC22C			51.3273700000136	0
\$VINTAGE,0				
C HANIA METASXHMATISTHS 5 =>MS04				
TRANSFORMER		SMS04A1.00E5		0
9999				
1BUS21APMS04	.8375	92.0186.602		
2BUS3A BUS3B	.0135	1.484 11.		
TRANSFORMER SMS04A		SMS04B		
1BUS21BPMS04				
2BUS3B BUS3C				
TRANSFORMER SMS04A		SMS04C		
1BUS21CPMS04				
2BUS3C BUS3A				
\$VINTAGE,1				
PMS04		.001		0
\$VINTAGE,0				
C HANIA MT/S 6, MTS 7, MTS 8 => M/S02				
TRANSFORMER		SMS02A2.03E5		0
9999				
1BUS21APMS02	.2257	27.5486.602		
2BUS4A BUS4B	.004	.4857 11.5		
TRANSFORMER SMS02A		SMS02B		
1BUS21BPMS02				
2BUS4B BUS4C				
TRANSFORMER SMS02A		SMS02C		
1BUS21CPMS02				
2BUS4C BUS4A				
\$VINTAGE,1				
PMS02		.001		0
C CHANIAA - RETHYMNO				
-1BUS25ABUS21A	5.106408000	65.53249000	.488731100	1.0
-2BUS25BBUS21B	5.106408000	65.53249000	.488731100	1.0
-3BUS25CBUS21C				
C REHYMNO 75MVA 70%=>LOAD03				
BUL26A	3.5142695000000008.	38970040000000		0
BUL26B	3.5142695000000008.	38970040000000		0
BUL26C	3.5142695000000008.	38970040000000		0
\$VINTAGE,0				
C RETHYMNO METASXHMATISTHS 1,2 , 3 =>M/S23				
TRANSFORMER		SMS23A3.75E5		0
9999				
1BUS25ABUS25B	2.2455	286.5 150.		
2BUS26A	.0083	1.053 9.093		

```

TRANSFORMER SMS23A                SMS23B
1BUS25BBUS25C
2BUS26B
TRANSFORMER SMS23A                SMS23C
1BUS25CBUS25A
2BUS26C
$VINTAGE,1
C RETHYMNO CAPACITOR 1 3.75 MVA
  BUC26A                        48.1194099999847    0
  BUC26B                        48.1194099999847    0
  BUC26C                        48.1194099999847    0
C RETHYMNO CAPACIOTR 2 3.75 MVA
  BUC25A                        48.1194099999847    0
  BUC25B                        48.1194099999847    0
  BUC25C                        48.1194099999847    0
C RETHYMNO - LINOPERAMATA 150KV => LINE04
-1BUS25ABUS30A                4.533636000  58.18189000  .433911400    1.0
-2BUS25BBUS30B                4.533636000  58.18189000  .433911400    1.0
-3BUS25CBUS30C
C CHANIAA2 LINOPERAMATA 150KV =>LINE03
-1BUS21ABUS30A                9.704117000  124.5367000  .928774900    1.0
-2BUS21BBUS30B                9.704117000  124.5367000  .928774900    1.0
-3BUS21CBUS30C
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA/A METASXHMATISTHS 91,92,95,96 =>MS08
  TRANSFORMER                SMS08A4.43E5    0
    9999
1BUS30A                .6961 56.6886.602
2BUS5A BUS5B                .0093 .7557 10.
  TRANSFORMER SMS08A                SMS08B
1BUS30B
2BUS5B BUS5C
  TRANSFORMER SMS08A                SMS08C
1BUS30C
2BUS5C BUS5A
C LINOPERAMATA M/S6 ,7,8=>MS10
  TRANSFORMER                SMS10A2.39E5    0
    9999
1BUS30APMS10                .48 37.0986.602
2BUS6A BUS6B                .0025 .1963 6.3
  TRANSFORMER SMS10A                SMS10B
1BUS30BPMS10
2BUS6B BUS6C
  TRANSFORMER SMS10A                SMS10C
1BUS30CPMS10
2BUS6C BUS6A
$VINTAGE,1
C Yd1 => LARGE RESISTOR
  PMS10                1000000.    0
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA A<->B => MS09
  TRANSFORMER                SMS09A1.91E5    0
    9999
1BUS30APMS09                .36 35.8886.602
2BUS31ADMS09                .0697 6.94738.105
  TRANSFORMER SMS09A                SMS09B
1BUS30BPMS09
2BUS31BDMS09
  TRANSFORMER SMS09A                SMS09C
1BUS30CPMS09
2BUS31CDMS09
$VINTAGE,1
C Yy0

```

```

PMS09                100000.                0
$VINTAGE,0
DMS09                1.00E6                0
$VINTAGE,1
C LINOPERAMATA/A - LINOPERAMATA/B LINE 1=>LIN09
1 BUS31ABUS29A      .01828 .12748310000006      .0009046
2 BUS31BBUS29B      .01828 .12748310000006      .0009046
3 BUS31CBUS29C      .01828 .12748310000006      .0009046
C LINOPERAMATA A <-> B LINE 2 => LIN10
1 BUS31ABUS29A      .04935599999999 .34420439999985      .0024425
2 BUS31BBUS29B      .04935599999999 .34420439999985      .0024425
3 BUS31CBUS29C      .04935599999999 .34420439999985      .0024425
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA/B M/S 4 & 5 => MS13
  TRANSFORMER      SMS13A5.00E5                0
    9999
1BUS29APMS13      .2943 18.9338.105
2BUS7A BUS7B      .008 .5173 6.3
  TRANSFORMER SMS13A      SMS13B
1BUS29BPMS13
2BUS7B BUS7C
  TRANSFORMER SMS13A      SMS13C
1BUS29CPMS13
2BUS7C BUS7A
$VINTAGE,1
C YNd1
  PMS13                .001                0
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA / B METASXHMATISTES 2 & 3 => MS12
  TRANSFORMER      SMS12A5.00E5                0
    9999
1BUS29APMS12      .2904 21.3038.105
2BUS8A BUS8B      .0496 3.639 15.75
  TRANSFORMER SMS12A      SMS12B
1BUS29BPMS12
2BUS8B BUS8C
  TRANSFORMER SMS12A      SMS12C
1BUS29CPMS12
2BUS8C BUS8A
$VINTAGE,1
C Yd1
  PMS12                100000.                0
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA M/S 1 => MS11
  TRANSFORMER      SMS11A5.00E5                0
    9999
1BUS29APMS11      1.3612 75.8338.105
2BUS9A            .0775 4.318 9.093
3TMS11ATMS11B      .0337 1.88 6.
  TRANSFORMER SMS11A      SMS11B
1BUS29BPMS11
2BUS9B
3TMS11BTMS11C
  TRANSFORMER SMS11A      SMS11C
1BUS29CPMS11
2BUS9C
3TMS11CTMS11A

```

```

C YNyn0
    PMS11                .001                                0
$VINTAGE,1
C APEIRH RESISTANCE FOR THIRD WINDING OF MS11
    TMS11A                100000.                            0
    TMS11B                100000.                            0
    TMS11C                100000.                            0
$VINTAGE,0
C AYTOMETASXHMATISTHS HANIWN => MS03
    TRANSFORMER          SMS03A1.00E5                        0
        9999
1BUS21A                .495 93.1186.602
2BUS27A                .0958 18.0338.105
    TRANSFORMER SMS03A                SMS03B
1BUS21B
2BUS27B
    TRANSFORMER SMS03A                SMS03C
1BUS21C
2BUS27C
$VINTAGE,1
C LINE 12 B-TMHMA LINOPERAMATA/B -CHANIA B
-1BUS27ABUS28A        8.5916        59.91706000 .4251792        1.0
-2BUS27BBUS28B        8.5916        59.91706000 .4251792        1.0
-3BUS27CBUS28C
C LINOPERAMATA/B - CHANIA/B A-TMHMA=> LINE11
-1BUS28ABUS29A        9.761520000 68.07598        .483076        1.0
-2BUS28BBUS29B        9.761520000 68.07598        .483076        1.0
-3BUS28CBUS29C
C LOAD HRAKLEIO I 50 MVA 70%=>LOAD05
    BUL37A                5.7492011000000013.7252070000000        0
    BUL37B                5.7492011000000013.7252070000000        0
    BUL37C                5.7492011000000013.7252070000000        0
C CAPACITOR HRAKLEIO I 7,5 MVAR =. CAP07
    BUC37A                96.2388166700257        0
    BUC37B                96.2388166700257        0
    BUC37C                96.2388166700257        0
$VINTAGE,0
C HRAKLEIO I METASXHMATISTHS 1 & 2 =. MS19
    TRANSFORMER          SMS19A90750.                        0
        9999
1BUS36ABUS36C        .6534 83.19    66.
2BUS37A                .0124 1.579 9.093
    TRANSFORMER SMS19A                SMS19B
1BUS36BBUS36A
2BUS37B
    TRANSFORMER SMS19A                SMS19C
1BUS36CBUS36B
2BUS37C
$VINTAGE,1
C LINOPERAMATA/B HRAKLEIO I LINE 1=>LINE07
-1BUS29ABUS36A        1.24304        8.6688510    .0615153        1.0
-2BUS29BBUS36B        1.24304        8.6688510    .0615153        1.0
-3BUS29CBUS36C
C LINOPERAMATA/B HRAKLEIO I LINE 2 => LINE08
-1BUS29ABUS36A        1.590360000 11.09103    .0787034        1.0
-2BUS29BBUS36B        1.590360000 11.09103    .0787034        1.0
-3BUS29CBUS36C
$VINTAGE,0
C LINOPERAMATA M/S71
    TRANSFORMER          SMS07A1.13E6                        0
        9999
1BUS30ABUS30C        6.8985 724.5 150.
2BUS50A                .0254 2.6639.0932

```

```

TRANSFORMER SMS07A          SMS07B
1BUS30BBUS30A
2BUS50B
TRANSFORMER SMS07A          SMS07C
1BUS30CBUS30B
2BUS50C
$VINTAGE,1
C LINOPERAMATA/A 15kV HRAKLEIO I => LINE19
-1BUS50ABUS37A          1.586          2.6975          1.40400000          1.0
-2BUS50BBUS37B          1.586          2.6975          1.40400000          1.0
-3BUS50CBUS37C
C LINOPERAMATA/A - HRAKLEIO II LINE 1 => LINE05
-1BUS38ABUS30A          1.863936          23.92061000          .178396100          1.0
-2BUS38BBUS30B          1.863936          23.92061000          .178396100          1.0
-3BUS38CBUS30C
C LOAD HRAKLEIO II 50MVA 70%=> LOAD06
BUL39A          5.3030513000000012.6601020000000          0
BUL39B          5.3030513000000012.6601020000000          0
BUL39C          5.3030513000000012.6601020000000          0
C CAPACITOR HRAKLEIO II 7,5 MVA => CAP08
BUC39A          96.23881999999695          0
BUC39B          96.23881999999695          0
BUC39C          96.23881999999695          0
$VINTAGE,0
C HRAKLEIO II M/S1 => MS20
TRANSFORMER          SMS20A8.04E5          0
9999
1BUS38ABUS38B          1.9575 461.7 150.
2BUS39A          .0072 1.697 9.093
TRANSFORMER SMS20A          SMS20B
1BUS38BBUS38C
2BUS39B
TRANSFORMER SMS20A          SMS20C
1BUS38CBUS38A
2BUS39C
$VINTAGE,1
C LINOEPAMATA HRAKLEIO II**=> LOINE06
-1BUS48ABUS30A          1.863936          23.92061000          .178396100          1.0
-2BUS48BBUS30B          1.863936          23.92061000          .178396100          1.0
-3BUS48CBUS30C
C HRAKLEIO II22 LOAD 50 MVA 70%=> LOAD07
BUL49A          5.3030513000000012.6601020000000          0
BUL49B          5.3030513000000012.6601020000000          0
BUL49C          5.3030513000000012.6601020000000          0
C HRAKLEIO II22 CAPACITOR 7.5 MVA => CAP09
BUC49A          96.23881999999695          0
BUC49B          96.23881999999695          0
BUC49C          96.23881999999695          0
$VINTAGE,0
C HRAKLEIO II22 METASXHMATISTHS 2 --> MS21
TRANSFORMER          SMS21A8.04E5          0
9999
1BUS48ABUS48B          1.9575 461.7 150.
2BUS49A          .0072 1.697 9.093
TRANSFORMER SMS21A          SMS21B
1BUS48BBUS48C
2BUS49B
TRANSFORMER SMS21A          SMS21C
1BUS48CBUS48A
2BUS49C
$VINTAGE,1
C LINOPERAMATA/A MOIRES => LINE14
-1BUS34ABUS30A          7.012730000 54.34868          .315022400          1.0

```

```

-2BUS34BBUS30B          7.012730000  54.34868      .315022400      1.0
-3BUS34CBUS30C
C MOIRES LOAD 50 MVA 70%=>LOAD04
  BUL35A          4.96035530000000011.8419760000000      0
  BUL35B          4.96035530000000011.8419760000000      0
  BUL35C          4.96035530000000011.8419760000000      0
C MOIRES CAPACITOR 7.5 MVA=>CAP06
  BUC35A          96.23881999999695      0
  BUC35B          96.23881999999695      0
  BUC35C          96.23881999999695      0
$VINTAGE,0
C MOIRES METASXHMATISTES 1& 2 =>MS18
  TRANSFORMER          SMS18A5.36E5      0
      9999
1BUS34ABUS34B          3.402 450.1  150.
2BUS35A          .0125 1.654  9.093
  TRANSFORMER SMS18A          SMS18B
1BUS34BBUS34C
2BUS35B
  TRANSFORMER SMS18A          SMS18C
1BUS34CBUS34A
2BUS35C
$VINTAGE,1
C LINOPERAMATA/A STALIDA => LINE13
-1BUS40ABUS30A          7.17752      55.6258      .322425      1.0
-2BUS40BBUS30B          7.17752      55.6258      .322425      1.0
-3BUS40CBUS30C
C STALIDA LOAD 50 MVA 70%=> LOAD08
  BUL41A          4.74364230000000011.3246120000000      0
  BUL41B          4.74364230000000011.3246120000000      0
  BUL41C          4.74364230000000011.3246120000000      0
C STALIDA CAPACITOR 7.5 MVAR
  BUC41A          96.23881999999695      0
  BUC41B          96.23881999999695      0
  BUC41C          96.23881999999695      0
$VINTAGE,0
C STALIDA METASXHMATISTES 1&2 => MS14
  TRANSFORMER          SMS14A5.00E5      0
      9999
1BUS40ABUS40B          3.4425 474.7  150.
2BUS41A          .0127 1.745  9.093
  TRANSFORMER SMS14A          SMS14B
1BUS40BBUS40C
2BUS41B
  TRANSFORMER SMS14A          SMS14C
1BUS40CBUS40A
2BUS41C
$VINTAGE,1
C IERAPETRA LOAD 25MVA 70%=>LOAD10
  BUL45A          9.78288210000000 23.354911000000      0
  BUL45B          9.78288210000000 23.354911000000      0
  BUL45C          9.78288210000000 23.354911000000      0
C CAPACITOR IERAPETRA 7,5 MVAR=> CAP14
  BUC45A          96.23881999999695      0
  BUC45B          96.23881999999695      0
  BUC45C          96.23881999999695      0
$VINTAGE,0
C IERAPETRA M/S 1 & 2 =>MS16
  TRANSFORMER          SMS16A5.36E5      0
      9999
1BUS44ABUS44C          6.885 657.  150.
2BUS45A          .0253 2.414  9.093
  TRANSFORMER SMS16A          SMS16B

```

```

1BUS44BBUS44A
2BUS45B
  TRANSFORMER SMS16A          SMS16C
1BUS44CBUS44B
2BUS45C
$VINTAGE,1
C AG.NIKOLAOS LOAD 50 MVA 70%=>LOAD09
  BUL43A          8.033605900000019.1788210000000    0
  BUL43B          8.033605900000019.1788210000000    0
  BUL43C          8.033605900000019.1788210000000    0
C AG.NIKOLAOS CAPACITOR 7.5 MVAR=> CAP11
  BUC43A          54.1343343799817    0
  BUC43B          54.1343343799817    0
  BUC43C          54.1343343799817    0
$VINTAGE,0
C AG.NIKOLAOS METASXHMATISTES 1 & 2 =>MS22
  TRANSFORMER          SMS22A5.00E5    0
    9999
1BUS42ABUS42B          3.4425 474.8 150.
2BUS43A          .0225 3.10212.124
  TRANSFORMER SMS22A          SMS22B
1BUS42BBUS42C
2BUS43B
  TRANSFORMER SMS22A          SMS22C
1BUS42CBUS42A
2BUS43C
$VINTAGE,1
C SHTEIA LOAD 10 MVA =>LOAD 11
  BUL47A          10.206359000000024.3658880000000    0
  BUL47B          10.206359000000024.3658880000000    0
  BUL47C          10.206359000000024.3658880000000    0
C SHTEIA CPACITOR 5.0 MVAR =>CAP12
  BUC47A          64.1592111099744    0
  BUC47B          64.1592111099744    0
  BUC47C          64.1592111099744    0
$VINTAGE,0
C SHTEIA METASXHMATISTHS 1 & 2 => MS15
  TRANSFORMER          SMS15A5.36E5    0
    9999
1BUS46ABUS46C          6.885 657. 150.
2BUS47A          .0253 2.414 9.093
  TRANSFORMER SMS15A          SMS15B
1BUS46BBUS46A
2BUS47B
  TRANSFORMER SMS15A          SMS15C
1BUS46CBUS46B
2BUS47C
$VINTAGE,1
C STALIDA AG.NIKOLAOS => LINE15
-1BUS42ABUS40A          5.273280000 40.86793000 .2368837    1.0
-2BUS42BBUS40B          5.273280000 40.86793000 .2368837    1.0
-3BUS42CBUS40C
C AG.NIKOLAOS IERAPETRA => LINE16
-1BLN42ABLN44A          3.8451          29.79953 .1727277    1.0
-2BLN42BBLN44B          3.8451          29.79953 .1727277    1.0
-3BLN42CBLN44C
C IERAPETRA SHTEIA => LINE17
-1BUS44ABUS46A          7.781750000 60.30858000 .3495679    1.0
-2BUS44BBUS46B          7.781750000 60.30858000 .3495679    1.0
-3BUS44CBUS46C
C IERAPETRA MOIRES=> LINE18
-1BUS44ABUS34A          14.70293          113.9478 .660477700    1.0
-2BUS44BBUS34B          14.70293          113.9478 .660477700    1.0

```



```

-3BUS44CBUS34C
C CAPACITOR SHTEIA II 1,2MVAR=>CAP13
  BUC46A                                15.3982106699986    0
  BUC46B                                15.3982106699986    0
  BUC46C                                15.3982106699986    0
$VINTAGE,0
/SWITCH
C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie ><Vf/CLOP >< type >
C SWITCH BETWEEN BUS42&BLC42 (BLN42)
  BUS42ABLC42A      -1.    0.07369    0.    3
  BUS42BBLC42B      -1.    0.07369    0.    3
  BUS42CBLC42C      -1.    0.07369    0.    3
C SWITCH BETWEEN BUS44&BLN44
  BUS44ABLN44A      -1.    0.07369    0.    3
  BUS44BBLN44B      -1.    0.07369    0.    3
  BUS44CBLN44C      -1.    0.07369    0.    3
C < n 1>< n 2>< Tclose ><Top/Tde >< Ie ><Vf/CLOP >< type >
C SWITCH BETWEEN BLC42 (BLN42) &EARTH THREE PHASE SHORTCUT
  BLC42A            0.01369    10.    0.    3
  BLC42B            0.01369    10.    0.    3
  BLC42C            0.01369    10.    0.    3
C SWITCH BETWEEN BLN44&EARTH
  BLN44A            10.    11.    0.    2
  BLN44B            10.    11.    0.    2
  BLN44C            10.    11.    0.    2
C
  BUG01ABUS1A      -1.    10.    1.    1
  BUG01BBUS1B      -1.    10.    1.    1
  BUG01CBUS1C      -1.    10.    1.    1
  BUL24ABUS24A     -1.    10.    1.    0
  BUL24BBUS24B     -1.    10.    1.    0
  BUL24CBUS24C     -1.    10.    1.    0
C SWITCH CAPACITOR CAP01
  BUC24ABUS24A     -1.    10.    1.    0
  BUC24BBUS24B     -1.    10.    1.    0
  BUC24CBUS24C     -1.    10.    1.    0
  BUG02ABUS2A      -1.    10.    1.    1
  BUG02BBUS2B      -1.    10.    1.    1
  BUG02CBUS2C      -1.    10.    1.    1
C SWITCH OF LOAD 1 =HANIA LOAD
  BUL22ABUS22A     -1.    10.    1.    0
  BUL22BBUS22B     -1.    10.    1.    0
  BUL22CBUS22C     -1.    10.    1.    0
C SWITCH OF CAP02
  BUC22ABUS22A     -1.    10.    1.    0
  BUC22BBUS22B     -1.    10.    1.    0
  BUC22CBUS22C     -1.    10.    1.    0
  BUG03ABUS3A      -1.    10.    1.    1
  BUG03BBUS3B      -1.    10.    1.    1
  BUG03CBUS3C      -1.    10.    1.    1
  BUG04ABUS4A      -1.    10.    1.    1
  BUG04BBUS4B      -1.    10.    1.    1
  BUG04CBUS4C      -1.    10.    1.    1
C SWICH OF LOAD RETHYMNO LOAD03
  BUL26ABUS26A     -1.    10.    1.    0
  BUL26BBUS26B     -1.    10.    1.    0
  BUL26CBUS26C     -1.    10.    1.    0
  BUC26ABUS26A     -1.    10.    1.    0
  BUC26BBUS26B     -1.    10.    1.    0
  BUC26CBUS26C     -1.    10.    1.    0
  BUC25ABUS26A     -1.    10.    1.    0
  BUC25BBUS26B     -1.    10.    1.    0
  BUC25CBUS26C     -1.    10.    1.    0

```

BUS5A BUG5A	-1.	10.	1.	1
BUS5B BUG5B	-1.	10.	1.	1
BUS5C BUG5C	-1.	10.	1.	1
BUS6A BUG06A	-1.	10.	1.	1
BUS6B BUG06B	-1.	10.	1.	1
BUS6C BUG06C	-1.	10.	1.	1
BUS7A BUG07A	-1.	10.	1.	1
BUS7B BUG07B	-1.	10.	1.	1
BUS7C BUG07C	-1.	10.	1.	1
BUS8A BUG08A	-1.	10.	1.	1
BUS8B BUG08B	-1.	10.	1.	1
BUS8C BUG08C	-1.	10.	1.	1
BUS9A BUG09A	-1.	10.	1.	1
BUS9B BUG09B	-1.	10.	1.	1
BUS9C BUG09C	-1.	10.	1.	1
BUL37ABUS37A	-1.	10.	1.	0
BUL37BBUS37B	-1.	10.	1.	0
BUL37CBUS37C	-1.	10.	1.	0
BUC37ABUS37A	-1.	10.	1.	0
BUC37BBUS37B	-1.	10.	1.	0
BUC37CBUS37C	-1.	10.	1.	0
BUL39ABUS39A	-1.	10.	1.	0
BUL39BBUS39B	-1.	10.	1.	0
BUL39CBUS39C	-1.	10.	1.	0
BUC39ABUS39A	-1.	10.	1.	0
BUC39BBUS39B	-1.	10.	1.	0
BUC39CBUS39C	-1.	10.	1.	0
BUL49ABUS49A	-1.	10.	1.	0
BUL49BBUS49B	-1.	10.	1.	0
BUL49CBUS49C	-1.	10.	1.	0
BUC49ABUS49A	-1.	10.	1.	0
BUC49BBUS49B	-1.	10.	1.	0
BUC49CBUS49C	-1.	10.	1.	0
BUL35ABUS35A	-1.	10.	1.	0
BUL35BBUS35B	-1.	10.	1.	0
BUL35CBUS35C	-1.	10.	1.	0
BUC35ABUS35A	-1.	10.	1.	0
BUC35BBUS35B	-1.	10.	1.	0
BUC35CBUS35C	-1.	10.	1.	0
BUL41ABUS41A	-1.	10.	1.	0
BUL41BBUS41B	-1.	10.	1.	0
BUL41CBUS41C	-1.	10.	1.	0
BUC41ABUS41A	-1.	10.	1.	0
BUC41BBUS41B	-1.	10.	1.	0
BUC41CBUS41C	-1.	10.	1.	0
BUL45ABUS45A	-1.	10.	1.	0
BUL45BBUS45B	-1.	10.	1.	0
BUL45CBUS45C	-1.	10.	1.	0
BUC45ABUS45A	-1.	10.	1.	0
BUC45BBUS45B	-1.	10.	1.	0
BUC45CBUS45C	-1.	10.	1.	0
BUL43ABUS43A	-1.	10.	1.	0
BUL43BBUS43B	-1.	10.	1.	0
BUL43CBUS43C	-1.	10.	1.	0
BUC43ABUS43A	-1.	10.	1.	0
BUC43BBUS43B	-1.	10.	1.	0
BUC43CBUS43C	-1.	10.	1.	0
BUL47ABUS47A	-1.	10.	1.	0
BUL47BBUS47B	-1.	10.	1.	0
BUL47CBUS47C	-1.	10.	1.	0
BUC47ABUS47A	-1.	10.	1.	0
BUC47BBUS47B	-1.	10.	1.	0
BUC47CBUS47C	-1.	10.	1.	0

```

BUC46ABUS47A      -1.      10.      1.      0
BUC46BBUS47B      -1.      10.      1.      0
BUC46CBUS47C      -1.      10.      1.      0
C comment MEASURING current
C <bus1><bus2>                                MEASURING      1
  BLC42ABLN42A                                MEASURING      1
  BLC42BBLN42B                                MEASURING      1
  BLC42CBLN42C                                MEASURING      1
/SOURCE
C < n 1><>< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
C GAS 1 HANIA => GEN01
59BUG01A      5658.321      50.      -33.05
  BUG01B
  BUG01C
PARAMETER FITTING                                2.
  1 1 1 2      1.      1.      21.      6.3      480.
BLANK
      .001      .001      2.06      2.      .135      .134      .089      .088
      6.      3.7      .06      .05      .13
  1      1.0 .00090642
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK
  FINISH
C GAS 4 HANIA=>GEN02
59BUG02A      9879.609      50.      1.58
  BUG02B
  BUG02C
PARAMETER FITTING                                2.
  1 1 1 2      1.      1.      30.      11.      584.
BLANK
      .001      .001      1.84      1.75      .21      .201      .17      .17
      6.      3.7      .06      .42      .1
  1      1.0 .00486342
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK
  FINISH
C GAS 5 HANIA => GEN03
59BUG03A      9879.609      50.      2.63
  BUG03B
  BUG03C
PARAMETER FITTING                                2.
  1 1 1 2      1.      1.      42.      11. 176.3543
BLANK
      .001      .001      1.5      1.1      .175      .126      .126      .125
      8.      3.7      .06      .42      .1
  1      1.0 .00729391
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK

```

```

FINISH
C GAS 6 HANIA, GAS 7 HANIA, STEAM 1 HANIA => GEN04
59BUG04A 10328.682 50.
  BUG04B
  BUG04C
PARAMETER FITTING 2.
  1 1 1 2 1. 1. 195. 11.5 783.1882
BLANK
  .001 .01 2.48 2.48 .196 .196 .126 .126
  6.8 3.7 .12 .12 .1 .1
  1 1.0 .00438619
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK
FINISH
C DIESEL 1,2,3,4 LINOPERAMATA => GEN05
59BUG5A 8981.462 50. .51
  BUG5B
  BUG5C
PARAMETER FITTING 2.
  1 1 1 2 1. 1. 60. 10. 500.
BLANK
  .001 .001 1.48 .87 .46 .45 .35 .34
  5.2 .15 .061 .05 .1 .1
  1 1.0 .00301532
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK
FINISH
C STEAM 4,5,6 LINOPERAMTA => GEN06
59BUG06A 5658.321 50. .26
  BUG06B
  BUG06C
PARAMETER FITTING 2.
  1 1 1 2 1. 1. 93. 6.3 1428.
BLANK
  .001 .001 1.7 1.7 .2 .2 .125 .125
  7.5 3.7 .06 .06 .1 .1
  1 1.0 .0053145
BLANK
  10
  20
  30
  40
  50
BLANK
FINISH
C GAS 1 & 2 LINOPERAMATA/B => GEN07
59BUG07A 5658.321 50. 3.34
  BUG07B
  BUG07C
PARAMETER FITTING 2.
  1 1 1 2 1. 1. 38. 6.3 278.5944
BLANK
  .001 .01 2.1 2.1 .223 .223 .157 .157

```

```

          9.      3.7      .06      .06      .1      .1
1          1.0    .0018173
BLANK
10
20
30
40
50
BLANK
  FINISH
C STEAM 3 & 2 LINOPERAMATA/A => GEN08
59BUG08A      14145.8      50.      3.53
  BUG08B
  BUG08C
PARAMETER FITTING      2.
1 1 1 2      1.      1.      38.      15.75  111.7927
BLANK
      .001      .001      1.62      1.6      .195      .195      .129      .129
      .6      .6      .04      .04      .1      .1
1          1.0    .001979
BLANK
10
20
30
40
50
BLANK
  FINISH
C < n 1><< Ampl. >< Freq. ><Phase/T0>< A1 >< T1 >< TSTART >< TSTOP >
C STEAM 1 LINOPERAMATA => GEN09
59BUG09A      14145.8      50.      32.31
  BUG09B
  BUG09C
PARAMETER FITTING      2.
1 1 1 2      1.      1.      8.      15.75  375.
BLANK
      .001      .001      1.53      1.5      .22      .22      .12      .12
      6.      3.7      .04      .04      .1      .1
1          1.0    .00056578
BLANK
10
20
30
40
50
BLANK
  FINISH
BLANK BRANCH
BLANK SWITCH
BLANK SOURCE
C BUS21 HANIA
  BUS21ABUS21BBUS21C
C BUS22 HANIA LOAD
  BUS22ABUS22BBUS22C
C BUS23 KASTEI
  BUS23ABUS23BBUS23C
C BUS29 LINOPERAMATA 66KV
  BUS29ABUS29BBUS29C
C BUS30 LINOPERAMATA 150KV
  BUS30ABUS30BBUS30C
C BUS34 MOIRES 150KV
  BUS34ABUS34BBUS34C
C BUS37 HRAKLEIO I 15KV

```

```

BUS37ABUS37BBUS37C
C BUS40 STALIDA 150KV
BUS40ABUS40BBUS40C
C BUS42 AG.NIKOLAOS 150KV
BUS42ABUS42BBUS42C
C BUS44 IERAPETRA 150KV
BUS44ABUS44BBUS44C
C BUS46 SHTEIA 150KV
BUS46ABUS46BBUS46C
C BUS47 SHTEIA 15.75KV
BUS47ABUS47BBUS47C
BLANK OUTPUT
BLANK PLOT
BEGIN NEW DATA CASE
BLANK

```

### **Π 3.2 Άλλες Περιπτώσεις**

Τροποποιώντας τον πιο πάνω κώδικα κατάλληλα μπορέσαμε να υλοποιήσουμε και τις άλλες περιπτώσεις που αναφέραμε στα κεφάλαια 4 και 5. Ενδεικτικά αναφέρουμε τα ακόλουθα παραδείγματα με τις αντίστοιχες αλλαγές :

- Τριφασικό βραχυκύκλωμα τη χρονική στιγμή 0,01769 sec μέσω του διακόπτη BLN42-γη στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται τριφασικό βραχυκύκλωμα, όταν η τάση της φάσης A λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή ανοίγματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 0,07769 sec και στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 0,01769 sec.

- Μονοφασικό βραχυκύκλωμα στη φάση A τη χρονική στιγμή 0,01369 sec μέσω του διακόπτη BLN42-γη στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1. Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται μονοφασικό βραχυκύκλωμα στη φάση A, όταν η τάση της φάσης A είναι ίση με μηδέν. Οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 10 sec τις φάσεις B και C, ώστε να μην κλείσουν ποτέ κατά το χρόνο που ζητάμε να εκτελεστεί το πρόγραμμα –φθάνει μέχρι τα 0,2 sec.

- Μονοφασικό βραχυκύκλωμα στη φάση A τη χρονική στιγμή 0,01769 sec μέσω του διακόπτη BLN42-γη στο άκρο Αγίου Νικολάου της γραμμής μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16). Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται μονοφασικό βραχυκύκλωμα στη φάση A, όταν η τάση της φάσης A λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή ανοίγματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 0,07769 sec και στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 0,01769 sec τη φάση A και στα 10 sec τις φάσεις B και C, ώστε να μην κλείσουν ποτέ κατά το χρόνο που ζητάμε να εκτελεστεί το πρόγραμμα.

- Ομαλή λειτουργία δικτύου, όπου οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή ανοίγματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 10 sec και στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης

θέτοντάς τη στα 10 sec, ώστε να μην προκληθεί καμία ανωμαλία στο δίκτυο κατά το χρόνο που ζητάμε να εκτελεστεί το πρόγραμμα.

- Εκούσιο άνοιγμα των διακοπών προστασίας στη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), όταν η τάση της φάσης A λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στο άκρο του Αγίου Νικολάου. Οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή ανοίγματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 0,01769 sec και στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 10 sec, ώστε να μην κλείσουν ποτέ κατά το χρόνο που ζητάμε να εκτελεστεί το πρόγραμμα.

- Εκούσιο κλείσιμο των διακοπών προστασίας στη γραμμή μεταφοράς Αγίου Νικολάου-Ιεράπετρας (LINE16), όταν η τάση της φάσης A λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Οι αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή κλεισίματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 0,01769 sec, ανοίγματος των διακοπών προστασίας θέτοντάς τη στα 10 sec και στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 10 sec, ώστε να πραγματοποιηθεί η ηλεκτρίση της γραμμής. Παράλληλα έχουν αλλαχθεί σύμφωνα με τους πίνακες 3.9 και 3.11 της παραγράφου 3.2.3 οι τάσεις των γεννητριών -ως προς τις φάσεις τους- και τα φορτία του δικτύου.

- Εκούσιο άνοιγμα του διακόπτη προστασίας της γεννήτριας 4 κατά τη χρονική στιγμή που η τάση της φάσης A λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της. Οι μοναδικές αλλαγές γίνονται στη χρονική στιγμή ανοίγματος των διακοπών προστασίας -BLC42-BUS42 και BLN44-BUS44- θέτοντάς τη στα 10 sec, στη χρονική στιγμή κλεισίματος του διακόπτη βραχυκύκλωσης θέτοντάς τη στα 10 sec, ώστε να μην προκληθεί καμία ανωμαλία στο δίκτυο κατά το χρόνο που ζητάμε να εκτελεστεί το πρόγραμμα. Συγχρόνως τίθενται ότι τη χρονική στιγμή 0,015 sec ανοίγει ο αντίστοιχος διακόπτης της γεννήτριας 4.

Από τα όσα αναφέραμε και με βάση το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του δικτύου γίνεται φανερό ότι είναι δυνατό να υπάρξει ένα μεγάλο πλήθος εκτελέσεων και μελετών που μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον υπάρχον μοντέλο.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζουμε τα ελληνικά και ξένα συγγράμματα, τις σημειώσεις, τα άρθρα, τις εργασίες και τις εκθέσεις από τα οποία αντλήθηκαν πληροφορίες κατά τη συγγραφή της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Μέσα στο κείμενο γίνεται αναφορά σε ορισμένα από αυτά, όταν πρόκειται να γίνει χρήση πινάκων ή ειδικών γραφημάτων, χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη αρίθμηση.

#### Π 4.1 Ελληνική Βιβλιογραφία

- [E1] Β.Κ.Παπαδιάς : « Ταχεία Μεταβατικά Φαινόμενα στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας », Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Ε.Π.Ι.Σ.Ε.Υ./Ε.Μ.Π., 1997
- [E2] Κ.Βουρνάς, Γ.Κονταξής : « Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας », Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1997
- [E3] Β.Κ.Παπαδιάς : « Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Μόνιμη Κατάσταση», Τόμος Ι, Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, 1985
- [E4] Β.Κ.Παπαδιάς : « Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ασύμμετρες και Μεταβατικές Κατάστασεις », Τόμος ΙΙ, Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, 1985
- [E5] Β.Κ.Παπαδιάς : « Γραμμές Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας », Δεύτερη Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, 1991
- [E6] Κ.Βουρνάς, Β.Κ.Παπαδιάς : «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Έλεγχος Συχνότητας », Δεύτερη Έκδοση, Εκδόσεις Συμμετρία, 1991
- [E7] Μ.Π.Παπαδόπουλος : « Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές», Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1997
- [E8] Μ.Π.Παπαδόπουλος : « Προστασία Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας », Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1997
- [E9] Μ.Π.Παπαδόπουλος : « Δίκτυα Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας », Πρώτη Έκδοση, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 1994

#### Π 4.2 Ξένα Βιβλιογραφία

- [Ξ1] H. W. Dommel : « EMTP Theory Book », first edition, Bonneville Power Administration (BPA), Oregon (Portland), 1986



- [Ξ2] H. W. Dommel : « ATPDRAW Manual Book », first edition, Bonneville Power Administration (BPA), Oregon (Portland), 1986
- [Ξ3] Leuven EMTP Center : « EMTP Rule Book », first edition, 1993

#### **Π 4.3 Διπλωματικές Εργασίες και Διδακτορικές Διατριβές**

- [Α1] Κωνσταντίνος Δ. Τσιρέκης : «Διερεύνηση της επίδοσης μοντέλων γραμμής μεταφοράς του προγράμματος EMTP για προσομοίωση μεταβατικών φαινομένων ζεύξης και διακοπής σε γραμμή μεταφοράς διπλού κυκλώματος», Διπλωματική εργασία, Αθήνα Ε.Μ.Π., Οκτώβριος 1994
- [Α2] Προκόπης Γ. Μπόλιαρης : «Μοντελοποίηση Σύγχρονης Γεννήτριας, Συμμετρικό Τριφασικό Βραχυκύκλωμα (Εφαρμογή 1<sup>η</sup>) με τη χρήση του EMTP», Διπλωματική εργασία, Τεύχος Ι, Αθήνα Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1994
- [Α3] Προκόπης Γ. Μπόλιαρης : « Συμμετρικό Τριφασικό Βραχυκύκλωμα (Εφαρμογή 2<sup>η</sup>), Παραλληλισμός Γεννητριών με τη χρήση του EMTP», Διπλωματική εργασία, Τεύχος ΙΙ, Αθήνα Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1994
- [Α4] Προκόπης Γ. Μπόλιαρης : «Μοντέλα Γραμμής Μεταφοράς και Προσομοίωση ενεργοποίησης αυτής με τη χρήση του EMTP», Διπλωματική εργασία, Τεύχος ΙΙΙ, Αθήνα Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1994
- [Α5] Ιωάννης Μ. Προυσαλίδης : «Συμβολή στην Ανάπτυξη Μαθηματικών Εργαλείων για Ψηφιακή Εξομοίωση της συμπεριφοράς Μετασχηματιστών και Διακοπών Ισχύος σε Ταχέα Ηλεκτρομαγνητικά Φαινόμενα», Διδακτορική διατριβή, Αθήνα Ε.Μ.Π., Φεβρουάριος 1997

#### **Π 4.4 Εκθέσεις**

- [Φ1] Ν.Χατζηαργυρίου, Μ. Καραπιδάκης : «Καταγραφή Δεδομένων Μορφής Δικτύου Κρήτης», Έκθεση προγράμματος, Αθήνα Ε.Μ.Π., 1998