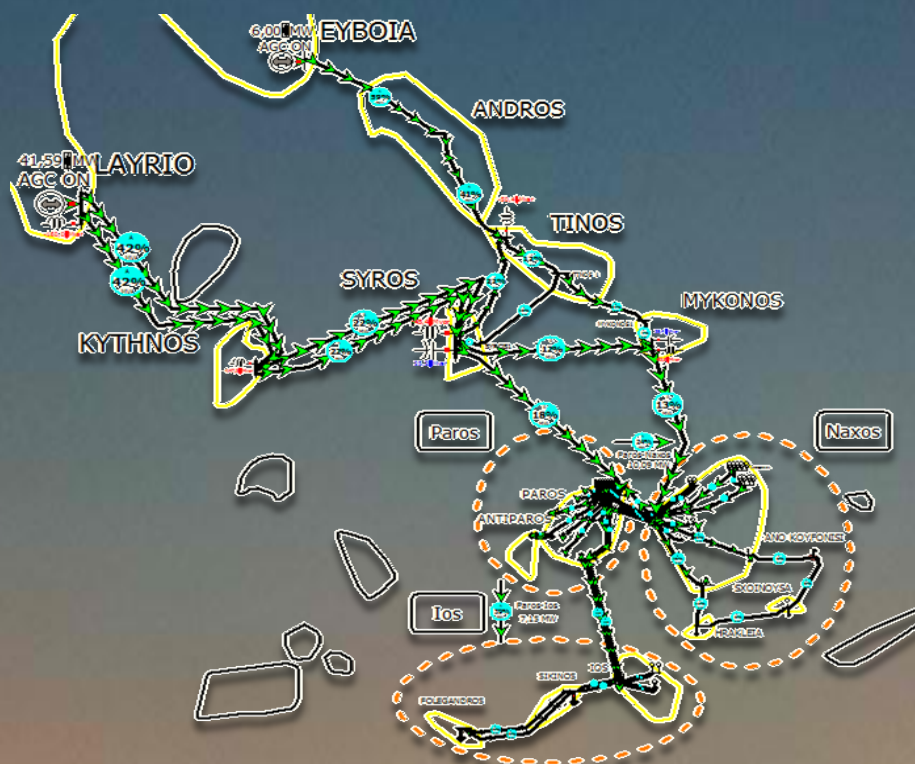




ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



Μοντελοποίηση και μελέτη μέσω προσομοίωσης του
ενεργειακού ηλεκτρικού συστήματος Πάρου-Νάξου

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Γ. ΘΕΩΝΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΥΛΙΓΝΑΚΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2011

Copyright © Ευάγγελος Γ. Θεωνάς, 2011
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης.

*Στους γονείς μου
Κυριακή και Γιώργο
και στον αδελφό μου
Νίκο*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή εντάσσεται στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των φοιτητικών σπουδών για την απόκτηση του διπλώματος του τμήματος των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (ΣΤΕΦ), του Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου **κ. Ιωάννη Συλλιγνάκη** που μου έδωσε την δυνατότητα να αναλάβω αυτήν την εργασία που με τις οδηγίες του και την βοήθειά του κατάφερα να την φέρω εις πέρας. Παρόλο που η επιλογή του θέματος ήταν δικής μου έμπνευσης, η βοήθεια και οι ιδέες του ήταν πολύτιμες καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης αυτής της πτυχιακής εργασίας καθώς με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα κάποιες παραμέτρους όπου δεν είχα τις λεπτομερείς γνώσεις και την απαραίτητη εμπειρία για να τις εξετάσω μόνος μου. Θέλω επίσης να τον ευχαριστήσω για την υπομονή αλλά και την επιμονή του σε πολλά ζητήματα που προέκυψαν καταφέροντας με φιλική διάθεση και ευχάριστο τρόπο να τα λύσουμε μαζί όλο αυτό το διάστημα. Υπήρξε για εμένα ένας πολύ καλός σύμβουλος και συνεργάτης πράγμα που δεν θα μπορούσα να παραλείψω και τον ευχαριστώ για όλα όσα μου πρόσφερε τόσο σε επίπεδο γνώσεων όσο και σε επίπεδο συμπεριφοράς.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ χρωστάω επίσης στον καθηγητή μου **κ. Αντώνη Τσικαλάκη** τόσο για τις συμβουλές του κατά την διάρκεια των σχετικών με την εργασία μου μαθημάτων τα οποία παρέδιδε αλλά και για την βοήθεια του στις ώρες εκτός αυτών. Επίσης τον ευχαριστώ για τις πληροφορίες και το ενδιαφέρον του όποτε τα είχα ανάγκη.

Στο χρονικό διάστημα από την ανάληψη της πτυχιακής εργασίας μέχρι και την ολοκλήρωσή της πέρασε από διάφορα στάδια στα οποία ήλθα σε επαφή με πάρα πολλούς ανθρώπους, ενημερώθηκα διεξοδικά από εταιρίες που έχουν άμεση σχέση με το αντικείμενο της εργασίας μου και θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για τον χρόνο που μου αφιέρωσαν, την εμπιστοσύνη αλλά και την αμέριστη βοήθεια που μου έδειξαν ώστε να μπορέσω να διεκπεραιώσω με τον καλύτερο δυνατό τρόπο την εργασία μου.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και πληροφορίες από πολλές πηγές και ανθρώπους όπως προανέφερα, μέσα από προσωπική έρευνα που έκανα στις νήσους Νάξος και Πάρος κατάφερα να επισκεφτώ το θερμικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΣΠ) που βρίσκεται στην Πάρο παίρνοντας έτσι τις απαραίτητες πληροφορίες, για να μπορέσω να εκπονήσω την πτυχιακή μου. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον διευθυντή του εργοστασίου για την άριστη συνεργασία που είχαμε. Η επίσκεψή μου στο εργοστάσιο έγινε κάτω από φιλικές συνθήκες χωρίς να υπάρχει κάποιο πρόβλημα στην συνεργασία μας. Η επίσκεψή μου στην Πάρο είχε διπλό λόγο αφού επισκέφτηκα και την διαχείριση του συστήματος του δικτύου, μιας και η διαχείριση γίνεται στο ίδιο κτήριο με την παραγωγή. Η παραμονή μου στο εργοστάσιο με εξέπληξε ευχάριστα καθώς τόσο το περιβάλλον του χώρου όσο και η συνεργασία μου με τους ανθρώπους ήταν μία αξέχαστη εμπειρία που θα θυμάμαι ως ηλεκτρολόγος στο μέλλον.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στο Δήμο Νάξου για την βοήθειά στην συλλογή πληροφοριών από την επίσκεψή μου στο Φ/Π του δήμου. Το συγκεκριμένο πάρκο είναι πολύ σημαντικό καθώς είναι πλήρες εξοπλισμένο με όργανα που συλλέγουν δεδομένα τόσο από το πάρκο όσο και από το περιβάλλον, αλλά και γιατί είναι το πρώτο Φ/Π του νησιού το οποίο είναι εγκατεστημένο σε δημόσιο κτήριο. Δεν θα μπορούσα βέβαια να μην ευχαριστήσω τους υπεύθυνους του Φ/Β πάρκου στο Γαλανάδο Νάξου για τις πληροφορίες που μου έδωσαν. Το πάρκο αυτό είναι εξοπλισμένο και αυτό με όργανα και μετρητές από τα οποία μπόρεσα να αντλήσω πληροφορίες για το ηλιακό δυναμικό του νησιού.

Βέβαια δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τους φίλους μου, τα ξαδέλφια μου, τους θείους μου και πάνω από όλους την οικογένειά μου που μου στάθηκε τόσο στις δυσκολίες όσο και στις χαρές που πέρασα καθώς ήταν εκεί όταν τους ήθελα σε όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου ζωής και με πολλή αγάπη και κατανόηση με βοήθησαν να φέρω εις πέρας τον σκοπό για τον οποίο ήλθα στο Τ.Ε.Ι.

Περίληψη

Η παρακάτω πτυχιακή εργασία ασχολείται με τον τομέα της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και με την μοντελοποίηση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, τομέας ο οποίος είναι από τους πιο ραγδαία αναπτυσσόμενους και με μεγάλες εφαρμογές στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας ώστε ο αναγνώστης να εξοικειωθεί με το περιβάλλον της εργασίας. Στη συνέχεια εξετάζεται περισσότερο εκτεταμένα το δίκτυο της Παροναξίας τα δομικά του στοιχεία και οι ιδιομορφίες του. Αφιερώνεται ένα κεφάλαιο στην μελέτη του τοπικού ηλιακού και Αιολικού δυναμικού αλλά και γενικότερα στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) αφού φαίνεται να είναι ένα θέμα το οποίο απασχολεί και προβληματίζει. Έπειτα αφού αναλυθούν συγκεκριμένα δεδομένα για το σύστημα της Παροναξίας παρουσιάζεται ο τρόπος εισαγωγής στο λογισμικό που χρησιμοποιείται (Power World Simulator) ενώ παράλληλα γίνεται και μια γνωριμία με αυτό. Αναφέρονται επίσης οι παρούσες εκτιμήσεις σχετικά με την επέκταση του δικτύου και τελικά την ένωση του με το ηπειρωτικό σύστημα. Ακόμα γίνεται ανάλυση των σεναρίων που εξετάζονται, των διακριτών καταστάσεων λειτουργίας και τελικά των δεδομένων που προκύπτουν από τις αντίστοιχες εξομοιώσεις. Τέλος αναλύονται εκτενώς τα αποτελέσματα των παραπάνω εξομοιώσεων ενώ εξάγονται συμπεράσματα και παρατηρήσεις σχετικά με τα πρώτα.

Abstract

The following paper involves the section of production, transportation and distribution of electricity as well as the modeling of power systems, a section which is one of the most rapidly developing and with substantial applications on power systems.

The paper begins with an introduction on power systems in order to make the reader better understand the object of the study. In addition the power system of Paros and Naxos is further examined, while its basic parts and peculiarities are considered. A chapter is dedicated on the study of the local wind and sun potential as well as the Renewable Energy Sources (RES) in general since it seems to be a subject which troubles a lot. After certain data are analyzed for the power system of Paros and Naxos, the way to insert them into the software used (Power World Simulator) while at the same time the reader is familiarized with it. The current estimates are mentioned regarding the extension of the aforementioned power system and its connection with the interconnected Greek power system. Also an analysis is made in regard with scenarios tested, the distinct operation states and finally the data exported by the corresponding simulations. In the end the results of the simulations are further analyzed while conclusions are exported and observations made regarding the first.

Εισαγωγή

Μία από τις πιο αναπτυσσόμενες και χρησιμοποιούμενες μορφές ενέργειας του 20^{ου} αιώνα είναι η ηλεκτρική. Αυτό δεν είναι τυχαίο διότι η μορφή αυτής της ενέργειας επιτρέπει την μεταφορά αλλά και την μετατροπή σε άλλες μορφές ενέργειας. Πολύ σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση και την υιοθέτηση της από την παγκόσμια κοινότητα είναι η εύκολη μεταφορά της χωρίς σημαντικές απώλειες. Χρησιμοποιώντας τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια φιλική προς το περιβάλλον. Οι κλιματικές αλλαγές, που γίνονται όλο και πιο εμφανείς και η μείωση των αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων συνεισφέρουν στην εξάπλωση των παραπάνω τεχνολογιών.

Η εξέλιξη του ηλεκτρισμού

Ο πρώτος που ανακάλυψε το ηλεκτροστατικό πεδίο και αναφέρθηκε στην ιδιότητα που έχει το ήλεκτρο δηλαδή να μπορεί να έλκει ελαφρά σώματα δεν ήταν άλλος από τον Θαλή τον Μιλήσιο τον 7^ο αιώνα π.Χ.. Περίπου 23 αιώνες μετά άρχισε ξανά να ασχολείται κάποιος με τα φαινόμενα αυτά και να ονομάζει το σχετικό φαινόμενο ηλεκτρισμό. Πρόκειται για τον William Gilbert (1600 μ.Χ.). Το 1660 ήταν εκείνος που κατασκεύασε την πρώτη ηλεκτροστατική μηχανή. Στα χρόνια που ακολούθησαν η ανάπτυξη του ηλεκτρισμού και ιδιαίτερα των εφευρέσεων οι οποίες διαδέχονταν η μία την άλλη πήραν θεαματική τροπή. Μεγάλοι εφευρέτες και ερευνητές όπως ο M. Faraday, L. Galvani, A. Volta, A. M. Ampere και ο G.S. Ohm διατυπώνουν τους βασικούς νόμους που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό.

Γύρω στα 1878-1884 η αγορά και συγκεκριμένα ο εμπορικός και ο ιδιωτικός τομέας αρχίζουν να ενδιαφέρονται για την ηλεκτρική ενέργεια. Η κινητήρια δύναμη των πρώτων εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ατμομηχανές και οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος με τάση εξόδου της τάξης των 100V ενώ οι ελάχιστοι καταναλωτές μένουν σε μικρή απόσταση από το εργοστάσιο παραγωγής. Στις Η.Π.Α. δημιουργούνται οι πρώτες εταιρείες παραγωγής και εκμετάλλευσης ηλεκτρικής ενέργειας στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Ο ηλεκτρισμός φέρνει την επανάσταση στην παραγωγή αγαθών, στις μεταφορές, στις επικοινωνίες και στην οργάνωση της οικιακής ζωής. Η διαμάχη για την χρήση συνεχούς ή εναλλασσόμενης τάσης έληξε στις αρχές του 20^{ου} αιώνα με την επικράτηση του εναλλασσόμενου ρεύματος καθώς η μορφή αυτή επέτρεπε την χρήση μετασχηματιστών με αποτέλεσμα την χρήση υψηλότερων τάσεων και την οικονομικότερη μεταφορά της νέας ενέργειας σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Έτσι άρχισε σιγά σιγά η εξάπλωση του ηλεκτρισμού και κατ' επέκταση των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα Σ.Η.Ε. στην σημερινή εποχή και ο ρόλος της μοντελοποίησης

Ένα ΣΗΕ αποτελείται από το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων τα οποία χρησιμεύουν στην διευκόλυνση των αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών σε παροχή ποιοτικής ηλεκτρικής ενέργειας. Λέγοντας ποιοτική εννοούμε ότι ο εκάστοτε παροχέας της ηλεκτρικής ενέργειας δεσμεύεται για την παραγωγή σταθερής τάσης και συχνότητας με χαμηλό κόστος προς τον καταναλωτή. Για να είναι εφικτή αυτή η δέσμευση ο διαχειριστής του εκάστοτε ΣΗΕ θα πρέπει να ελέγχει την παραγωγή και τα φορτία του μέσω των ΣΗΕ και κάθε φορά να αντιδρά σε κάθε μεταβολή που περικλείνει αυτής της δέσμευσης. Όμως η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες ήταν και συνεχίζει να είναι ραγδαία με συνέπεια την όλο και περισσότερο επέκταση των ΣΗΕ. Αύτη η συνεχής ανάπτυξη των ΣΗΕ παρουσίαζε προκλήσεις για τους μηχανικούς που ήταν αναγκασμένοι να αντιμετωπίζουν αυτή την επέκταση του δικτύου κάνοντας υπολογισμούς χειρόγραφα με αποτέλεσμα να εμπίπτουν σε σφάλματα. Την λύση αυτών των προβλημάτων την έδωσε ο Η/Υ και συγκεκριμένα η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής μοντελοποίησης. Ο ρόλος της ήταν καθοριστικός αφού κατάφερε να επίλυση χρόνια προβλήματα που ταλάνιζαν τους μηχανικούς. Πιο συγκεκριμένα ο μηχανικός τώρα έχει "ένα" λογισμικό όπου με την βοήθειά του μπορεί να αναπαραστήσει

αντιπροσωπευτικά το δίκτυο που θέλει να ελέγξει. Λαμβάνοντας υπόψη παραμέτρους που πριν την εμφάνισή του θα ήταν αδιανόητο, λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που θα έπρεπε να υπολογίσει.

Η χρήση της μοντελοποίησης και γενικά όλων τα ηλεκτρονικών μέσων προσομοίωσης αδιαμφισβήτητα βοήθησαν και βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση, ταχύτητα επεξεργασίας και μεγαλύτερου όγκου δεδομένων από ότι συνέβαινε παλιότερα. Έτσι και στο ηλεκτρικό δίκτυο της Πάρου που μελετάμε κάνουμε χρήση αυτών των υπολογιστικών εργαλείων προκειμένου να έχουμε την δυνατότητα να βγάλουμε ασφαλή ποιοτικά συμπεράσματα από τα οποία θα κατανοήσουμε καλύτερα την ενεργειακή εξέλιξη του συγκεκριμένου δικτύου.

Σκοπός-στόχος της παρούσας εργασίας

Η μελέτη του συγκεκριμένου δικτύου γίνεται λόγω της ανάγκης του για ενέργεια αφού ο πληθυσμός του και συγκεκριμένα ο τουριστικός αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς. Αυτό σε συνδυασμό με την πολύ καλή ποιότητα τόσο σε αιολικό όσο και ηλιακό δυναμικό μας δίνει το ερέθισμα να ασχοληθούμε με αυτό το ενεργειακό θέμα. Επίσης λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που μας παρέχει αυτό το δίκτυο έχει δρομολογηθεί η διασύνδεσή του με το ηπειρωτικό δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η εκμετάλλευση αυτού του δυναμικού που προείπαμε τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας αφού οι κλιματικές αλλαγές που προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι τόσο εμφανείς όσο ποτέ άλλοτε. Έτσι η χρήση ΑΠΕ είναι μία λύση του προβλήματος αφού ένα μεγάλο κομμάτι της ζήτησης μπορούν να το καλύψουν τα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα. Έτσι στόχος της εργασίας είναι να προσπαθήσουμε να μελετήσουμε διάφορα σενάρια που θα βοηθούσαν στην περεταίρω ενεργειακή εξέλιξη-ανάπτυξη όχι μόνο των τοπικών κοινωνιών, αλλά και γενικά του ενεργειακού εθνικού συνόλου.

Επίσης σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να ενημερωθεί ο αναγνώστης για την υφιστάμενη κατάσταση στο δίκτυο της Παροναξίας αλλά και για τα άμεσα σχέδια διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο. Θα πρέπει ακόμα να αποκτήσει γνώσεις σχετικά με την χρήση του προγράμματος Power Word Simulator (PWS).

Θα μελετηθεί ακόμα η διείσδυση των ΑΠΕ στο δίκτυο της Παροναξίας και θα εξαχθούν συμπεράσματα αναφορικά με τα αποτελέσματα των εξομοιώσεων που θα ακολουθήσουν. Τέλος, θα εξεταστεί η δυνατότητα ανάπτυξης ΑΠΕ στο συγκεκριμένο νησιωτικό σύμπλεγμα, ώστε να συμβάλουν στις ενεργειακές ανάγκες του Ελλαδικού χώρου.

Περιεχόμενα

Πίνακες.....	x
Εικόνες	xi
Χάρτες	xiii
Πίνακας διαγραμμάτων	xiv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Καταγραφή των ηλεκτρικών στοιχείων παραγωγής και μεταφοράς του δικτύου της Παροναξίας.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αναφορά σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. συνδεδεμένων στο παρόν δίκτυο	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συλλογή λειτουργικών δεδομένων για το εν λόγω σύστημα και ανάλυση του μαθηματικού μοντέλου	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Power World Simulator	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ανάλυση της διασύνδεσης του δικτύου με το ηπειρωτικό ΣΗΕ της Ελλάδας	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Εκτέλεση προσομοίωσης σεναρίων φόρτισης σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα και παρατηρήσεις	136
Παράρτημα Α : Εξήγηση όρων-εντολών του PW.....	147
Παράρτημα Β : Συμπληρωματικά διαγράμματα από την ανάλυση των σεναρίων του PW	147
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	151

Πίνακες

Πίνακας 2.1 Ωρες λειτουργίας, συντήρησης και βλαβών των μονάδων ΑΣΠ Πάρου.....	19
Πίνακας 2.2 (Καταναλώσεις καυσίμου μονάδων για 04/2010).....	19
Πίνακας 2.3.1(Υφιστάμενες υποβρύχιες διασυνδέσεις στο σύστημα της Πάροναξίας, πηγή Δ.Ε.Η.).....	21
Πίνακας 2.3.2(Τεχνικά χαρακτηριστικά υποβρυχίων καλωδίων διασύνδεσης, πηγή Δ.Ε.Η.).....	21
Πίνακας 2.4.1 (Στοιχεία των εναέριων γραμμών του δικτύου της Πάρου)	23
Πίνακας 2.4.2 (Τεχνικά χαρακτηριστικά εναέριων καλωδίων διασύνδεσης, πηγή Δ.Ε.Η.).....	23
Πίνακας 2.5.1 (Βασικά στοιχεία εκμετάλλευση ΑΣΠ Πάρου (ετήσια ανά μήνα) για το 2009, πηγή εργοστάσιο Πάρου).....	24
Πίνακας 2.5.2 (Βασικά στοιχεία εκμετάλλευση ΑΣΠ Πάρου (ετήσια ανά μήνα ¹) για το 2010, πηγή εργοστάσιο Πάρου).....	25
Πίνακας 2.6 (Ημερήσια αναφορά: Ωριαίες τιμές KW H/Z-A.Π.Ε.-Σύνολο για 9/8/2010).....	26
Πίνακας 4.1 (Στοιχεία φορτίου των νησιών για συγκεκριμένη χρονική στιγμή (10/08/2010)).....	50
Πίνακας 7.1.1 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW στην υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου).....	90
Πίνακας 7.1.2 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	92
Πίνακας 7.1.3 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	94
Πίνακας 7.1.4 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	95
Πίνακας 7.1.5 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	97
Πίνακας 7.1.6 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	98
Πίνακας 7.1.7 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	100
Πίνακας 7.1.8 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	101
Πίνακας 7.1.9 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια του 30% της εγκατεστημένης ισχύος (μέχρι 15.763KW) με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	103
Πίνακας 7.2 (Τεχνικά χαρακτηριστικά υποβρυχίων καλωδίων διασύνδεσης).....	109
Πίνακας 7.2.1 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	118
Πίνακας 7.2.2 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	121
Πίνακας 7.2.3 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	123
Πίνακας 7.2.4 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	126
Πίνακας 7.2.5 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	129
Πίνακας 7.2.6 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξησης της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια των γραμμών μεταφοράς με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	131

Εικόνες

Εικόνα 1.1(Διάγραμμα (sunky) σταδίων παραγωγής από θερμική σε ηλεκτρική ενέργεια)...	2
Εικόνα 1.2(Γενική μορφή διασύνδεση AC συστημάτων με τη βοήθεια της τεχνολογίας HVDC)	6
Εικόνα 1.3(Γέφυρα 12 παλμών).....	7
Εικόνα 2.1(Ηλεκτρικό δίκτυο Πάρου).....	15
Εικόνα 2.2(Εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. στην Πάρο, από προσωπική έρευνα).....	15
Εικόνα 2.3(Ζεύξη υποβρύχιων με εναέριες γραμμές, πηγή Panoramio).....	22
Εικόνα 2.4(Ο Σταθμός ζεύξης των υποβρύχιων) με εναέριων γραμμών , πηγή από προσωπική έρευνα).....	22
Εικόνα 2.5(Εσωτερικός χώρος του σταθμού (της Νάξου) άφιξης των υποβρύχιων γραμμών από την Πάρο, πηγή από προσωπική έρευνα).....	22
Εικόνα 3.1(Αιολικό πάρκο Ξυρόκαμπου, εικόνα από προσωπική έρευνα).....	30
Εικόνα 3.2(Αιολικό πάρκο Κορώνου εικόνα από προσωπική έρευνα).....	30
Εικόνα 3.3 (Φωτοβολταϊκό πάρκο κ.Συργιανού, εικόνα από προσωπική έρευνα).....	34
Εικόνα 3.4 (Φωτοβολταϊκά πάρκα στο Δαμαλά της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα)	34
Εικόνα 3.5(Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Σαγκρί της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα)	34
Εικόνα 3.6(Φωτοβολταϊκή συστοιχία του Δήμου Νάξου με θέα την πόλη και το λιμάνι της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα).....	38
Εικόνα 4.1(Παράσταση γενικευμένου ζυγού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας).....	55
Εικόνα 4.2 (Ισοδύναμο κύκλωμα Π- γραμμής μεταφοράς).....	59
Εικόνα 4.3 Παράσταση γεννήτριας.....	60
Εικόνα 4.5 (Παράσταση εγκάρσιου πυκνωτή και αυτεπαγωγής).....	61
Εικόνα 4.6 (Ισοδύναμο κύκλωμα αυτομετασχηματιστή ή ανύψωσης τάσης).....	61
Εικόνα 4.7 (Μοντέλο μετασχηματιστή ρύθμισης).....	62
Εικόνα 4.8 (Ισοδύναμο κύκλωμα μετασχηματιστή ρύθμισης μέτρου τάσης).....	62
Εικόνα 4.9.1 (Παράσταση φορτίου σταθερής ισχύος).....	63
Εικόνα 4.9.2 (Παράσταση φορτίου σταθερής αγωγιμότητας).....	63
Εικόνα 5.1(Κατάσταση Edit Mode σε 2D)	65
Εικόνα 5.2 (Κατάσταση Run Mode σε 3D).....	65
Εικόνα 5.3 (Toolbar PW).....	66
Εικόνα 5.4 (Toolbar PW).....	66
Εικόνα 5.5 (Εισαγωγή στοιχείων).....	67
Εικόνα 5.6.1(Περιγραφή παραμέτρων ζυγών).....	68
Εικόνα 5.6.2(Περιγραφή παραμέτρων ζυγών).....	69
Εικόνα 5.6.3(Περιγραφή παραμέτρων γεννήτριας).....	69
Εικόνα 5.6.4(Περιγραφή παραμέτρων γεννήτριας).....	70
Εικόνα 5.6.5(Περιγραφή παραμέτρων φορτίου).....	70
Εικόνα 5.6.6(Περιγραφή παραμέτρων Γ.Μ.).....	71
Εικόνα 5.6.7(Περιγραφή παραμέτρων Γ.Μ.).....	72
Εικόνα 5.7 (Το δίκτυο της Πάρου στο PW simulator).....	73
Εικόνα 7.1 (Παρουσίαση του μοντελοποιημένου δικτύου της Πάρου στο Power World simulator).....	86
Εικόνα 7.2 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Πάρου).....	87
Εικόνα 7.3 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Νάξου)	88
Εικόνα 7.4 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Ίου).....	89
Εικόνα 7.5 (Παρουσίαση του μοντελοποιημένου δικτύου της Πάρου διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό στο Power World simulator).....	108

Εικόνα 7.6 (Παρουσίαση των νέων έργων για την διασύνδεση των Κυκλάδων με το ηπειρωτικό δίκτυο, λύση με εναλλασσόμενη σύνδεση Λαυρίου-Σύρου, πηγή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.).....	110
Εικόνα 7.7.1 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου του Λαυρίου).....	111
Εικόνα 7.7.2 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Εύβοιας).....	112
Εικόνα 7.7.3 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Σύρου).....	113
Εικόνα 7.7.4 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Μυκόνου).....	114
Εικόνα 7.7.5 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Πάρου).....	115
Εικόνα 7.7.6 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Νάξου).....	116
Εικόνα 7.7.7 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Ίου).....	117

Χάρτες

Χάρτης 3.1(Χάρτης με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό περιοχών του δικτύου της Πάρου, πηγή Κ.Α.Π.Ε.)	28
Χάρτης 3.2(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου του δικτύου της Πάρου, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ)).....	31
Χάρτης 3.3(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου της Πάροναξίας, λεπτομέρεια από προηγούμενο χάρτη, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ)).....	32
Χάρτης 3.4(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου της Ελλάδας, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ)).....	32
Χάρτης 3.5(Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας και κατ' επέκταση των Κυκλάδων (πηγή JRC EUROREAN COMMISSION από το internet).....	33
Χάρτης 3.6(Τοποθεσία πάρκου Δήμου Νάξου, πηγή ARCMAP).....	38
Χάρτης 6.1(Διασύνδεση του δικτύου της Πάρου με το ηπειρωτικό εθνικό δίκτυο πηγή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.)	76

Πίνακας διαγραμμάτων

Γράφημα 2.1 (Διαθεσιμότητα μιας τυχαίας μονάδας του ΑΣΠ Πάρου, πηγή εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. Πάρου).....	16
Γράφημα 2.2 Συνολική μηνιαία παραγωγή για το 2009.....	25
Γράφημα 2.2 Συνολική ημερήσια παραγωγή της 9/8/2010.....	37
Γράφημα 2.3 Συνολική ημερήσια παραγωγή της 09/08/2010.....	26
Γράφημα 3.1 (Αποτύπωση των μεσαίων τιμών στις 21/6/2011).....	35
Γράφημα 3.2 (Μήνας μέγιστης ισχύος για το 2011).....	35
Γράφημα 3.3 (Ηλιακή ακτινοβολία για το πρώτο εξάμηνο του 2011).....	36
Γράφημα 3.4 (Η ημέρα του θερινού ηλιοστασίου με την μεγαλύτερη διάρκειά της για το 2011).....	37
Γράφημα 3.5 Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για το 2010.....	39
Γράφημα 3.6 (Μήνας μέγιστης ισχύος για το 2010).....	39
Γραφήματα 3.7 Η ημερήσια, η μηνιαία και η ετήσια εξωτερική θερμοκρασία των ΦΒ.....	40
Γραφήματα 3.8 (Αποτύπωση των μεσαίων τιμών στις 21/6/2010 και του μήνα αυτού καθώς η ετήσια αποτύπωση του 2010)	40
Γράφημα 3.9 (Περιβαλλοντολογικά ωφέλει από τα ΦΒ του Δήμου Νάξου, πηγή Sunny Portal).....	41
Γράφημα 4.1 Καμπύλες απεικόνισης μέγιστων –ελάχιστων τιμών του φορτίου ΑΣΠ Πάρου από το 2006-2010.....	47
Γράφημα 4.2(Κατανομή αέργου ισχύος στις επιμέρους μονάδες την 13:36:47 (10/08/2010)).....	47
Γράφημα 4.3(Κατανομή ενεργού ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47(10/08/2010)).....	49
Γράφημα 4.4(Κατανομή αέργου ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47 (10/08/2010)).....	49
Γράφημα 4.5(Καμπύλες απεικόνισης μέγιστων –ελάχιστων τιμών του φορτίου ΑΣΠ Πάρου από το 2006-2010).....	51
Γράφημα 6.1(Κατανομή ενεργού ισχύος στις επιμέρους μονάδες την 13:36:47 (10/08/2010)).....	74
Γράφημα 6.2(Κατανομή αέργου ισχύος στις επιμέρους μονάδες την 13:36:47 (10/08/2010)).....	74
Γράφημα 6.3(Κατανομή ενεργού ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47 (10/08/2010)).....	76
Γράφημα 6.4(Κατανομή αέργου ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47 (10/08/2010)).....	76
Γράφημα 7.1.1 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW στην υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου).....	91
Γράφημα 7.1.2 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	93
Γράφημα 7.1.3 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	96
Γράφημα 7.1.4 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	99
Γράφημα 7.1.5 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	102
Γράφημα 7.1.6 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια του 30% της εγκατεστημένης ισχύος (μέχρι 15.763KW) με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	104
Γράφημα 7.1.7 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι απώλειες ισχύος του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση).....	105

Γράφημα 7.1.8 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι τάσεις των ζυγών του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση).....	106
Γράφημα 7.1.9 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζεται η διακύμανση τάσεων των ζυγών του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση).....	107
Γράφημα 7.2.1 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	119
Γράφημα 7.2.2 (Στοιχεία ζυγών όπως προκύπτουν από το PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	121
Γράφημα 7.2.3 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	124
Γράφημα 7.2.4 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	127
Γράφημα 7.2.5 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	129
Γράφημα 7.2.6 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξηση της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια των γραμμών μεταφοράς με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής).....	131
Γράφημα 7.2.7 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι απώλειες ισχύος για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	132
Γράφημα 7.2.7.1 (Στο παραπάνω γράφημα(A) εμφανίζονται οι τάσεις (έως 15KV) των ζυγών για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	133
Γράφημα 7.2.7.2 (Στο παραπάνω γράφημα(B) εμφανίζονται οι τάσεις (έως 150KV) των ζυγών για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	134
Γράφημα 7.9 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζεται η διακύμανση τάσεων των ζυγών για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου).....	135
Γράφημα 8.1 (Σύγκριση απωλειών συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας για όλα τα σενάρια).....	138
Γράφημα 8.2 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας την 10/08/10).....	141
Γράφημα 8.3 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας χωρίς ΑΠΕ).....	142
Γράφημα 8.4 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με +25% φορτίο).....	143
Γράφημα 8.5 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με -25% φορτίο).....	144
Γράφημα 8.6 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με -50% φορτίο).....	145
Γράφημα 8.7 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ).....	146

1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

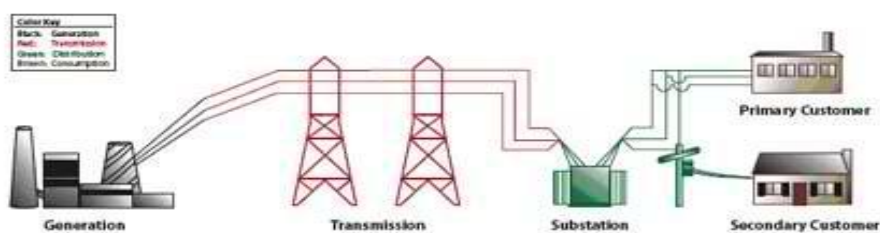
Εισαγωγή

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των εξαρτημάτων τα οποία συντελούν στη παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παρακάτω κεφάλαιο θα γίνει μια περιγραφή των στοιχείων αυτών, καθώς επίσης, θα αναφερθούν οι βασικότερες διατάξεις οι οποίες χρησιμοποιούνται στις παραπάνω διεργασίες. Θα αναφερθούν επίσης οι πιο διαδεδομένες τεχνικές ελέγχου και οι φιλοσοφία λειτουργίας τους. Μιας και γίνεται η πρώτη αναφορά στον τομέα της παραγωγής θεωρήθηκε αναγκαίο να αναφερθούν σε αυτό το σημείο και οι βασικότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τα απαραίτητα για την εκμετάλλευσή τους ηλεκτρονικά στοιχεία.

1.1 Εισαγωγικά

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας αποτελείται από τα εξής βασικά δομικά στοιχεία:

- Γεννήτρια-Κινητήρα
- Μετασχηματιστή
- Γραμμές μεταφοράς
- Το φορτίο
- Α.Π.Ε. και
- Σύστημα ελέγχου-διαχείρισης

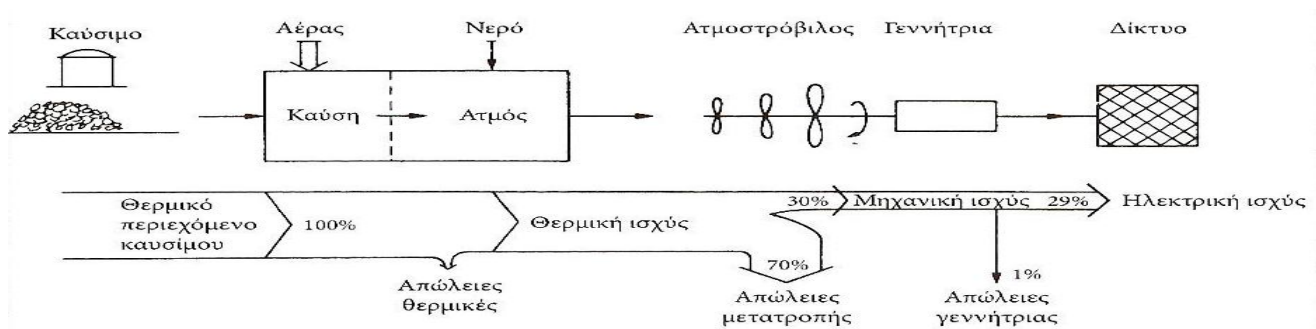


1.2 Γεννήτρια-Κινητήρας

Η ηλεκτρική μηχανή (electric machine) είναι η διάταξη που μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και αντίστροφα. Μια τέτοια διάταξη, όταν χρησιμοποιείται για τη μετατροπή μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική ονομάζεται **γεννήτρια** (generator). Ενώ όταν η διάταξη μετατρέπει ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ονομάζεται **κινητήρας** (motor). Έτσι οποιαδήποτε ηλεκτρική μηχανή μπορεί να μετατρέψει ενέργεια αμφίδρομα. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί είτε ως γεννήτρια είτε ως κινητήρας. Όλες οι υπάρχουσες γεννήτριες και κινητήρες μετατρέπουν ενέργεια από την μία μορφή στην άλλη μέσω της δράσης του μαγνητικού πεδίου. Βασισόμενες στην εξ' επαγωγής δημιουργία ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ).

1.2.1 Βασικός διαχωρισμός γεννητριών

Εξετάζοντας το θέμα από την σκοπιά του ΣΗΕ ο πιο γενικός διαχωρισμός των γεννητριών πραγματοποιείται τον τρόπο παραγωγής της μηχανικής ενέργειας που απαιτείται για την δημιουργία της ηλεκτρικής. Οι συμβατικοί (θερμικοί) σταθμοί παραγωγής είναι οι **ατμοστροβιλικοί**, οι **αεριοστροβιλικοί** και οι **ντιζελοηλεκτρικοί**. Ενώ όλοι οι προηγούμενοι έχουν στον άξονα τους συνδεδεμένες σύγχρονες γεννήτριες για την παραγωγή του ηλεκτρισμού.



Εικόνα 1.1(Διάγραμμα (sunkey) σταδίων παραγωγής από θερμική σε ηλεκτρική ενέργεια)

1. Οι **ατμοστροβιλικοί** χρησιμοποιούν μαζούτ, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και ορυκτά καύσιμα για να ζεστάνουν νερό. Στην συνέχεια οι υδρατμοί οδηγούνται σε στρόβιλο που βρίσκεται σε κοινό άξονα με την ηλεκτρική γεννήτρια και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.
2. Οι **αεριοστροβιλικοί** χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ή ελαφριά κλάσματα πετρελαίου τα οποία οδηγούνται στο θάλαμο καύσης μαζί με συμπιεσμένο αέρα. Με την ενέργεια που δημιουργείται από την καύση στρέφεται ο στρόβιλος και στην συνέχεια η γεννήτρια.
3. Στους **ντιζελοηλεκτρικούς** χρησιμοποιούνται εμβολοφόροι κινητήρες εσωτερικής καύσης, αυτοί οι σταθμοί παραγωγής είναι οι πιο συνηθισμένοι στα νησιωτικά δίκτυα. Αυτό συμβαίνει γιατί συνήθως είναι μικρής συγκριτικά ισχύος.

1.2.2 Αρχή λειτουργίας εμβολοφόρου κινητήρα

Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης είναι μια θερμική μηχανή, στην οποία καίγεται ένα καύσιμο παρουσία αέρα μέσα σε ένα θάλαμο (θάλαμος καύσης) και από την εξώθερμη αντίδραση του καυσίμου με τον οξειδωτή (θερμική καύση ελεύθερης φλόγας σε αέρια κατάσταση), που είναι το οξυγόνο του αέρα, δημιουργώντας θερμά αέρια. Στον κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι πάντα η εκτόνωση της πίεσης των αερίων που παράγονται όπου εφαρμόζουν δύναμη στο κινητό μέρος του κινητήρα, όπως τα έμβολα ή πετρώγια.

Τα βασικά μέρη του εμβολοφόρου κινητήρα είναι:

- Έμβολο
- Διωστήρας
- Στρόφαλος
- Κύλινδρος-Θάλαμος καύσης και
- Βαλβίδες

Ανάλογα με τον αριθμό των απλών διαδρομών του εμβόλου, δηλαδή των χρόνων που απαιτούνται για την πραγματοποίηση ενός κύκλου λειτουργίας, διακρίνονται σε **τετράχρονους** και σε **δίχρονους** εμβολοφόρους κινητήρες. Γίνεται αναφορά στους τετράχρονους κινητήρες γιατί αυτοί οι τύποι μηχανών χρησιμοποιούνται κυρίως από το υφιστάμενο εργοστάσιο θερμικής παραγωγής.

Η διαδικασία λειτουργίας τους αποτελείται από τις εξείς φάσεις:

Οι τετράχρονοι κινητήρες εσωτερικής καύσης έχουν 4 φάσεις λειτουργίας («χρόνους»):

1. **Εισαγωγή.** Το καύσιμο μείγμα εισέρχεται στο θάλαμο καύσης από την ανοιχτή βαλβίδα εισαγωγής
2. **Συμπίεση.** Το έμβολο κινείται προς το άνω νεκρό σημείο και συμπιέζει το καύσιμο μείγμα
3. **Ανάφλεξη.** Η ακαριαία αύξηση της θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τον ηλεκτρικό σπινθήρα που δίνεται από το μπουζί, προκαλούν την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος.
4. **Καύση - Εκτόνωση.** Το μείγμα καίγεται και εκτονώνεται, πιέζοντας το έμβολο προς το κάτω νεκρό σημείο, παράγοντας ωφέλιμο έργο
5. **Εξαγωγή.** Το έμβολο, που λόγω της πίεσης των αερίων της καύσης έχει φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο, λόγω της αδράνειας του συστήματος έμβολο-στροφαλοφόρος-σφόνδυλος, αρχίζει να κινείται προς τα επάνω σπρώχνοντας τα αέρια προς την ανοιχτή βαλβίδα εξαγωγής. Έτσι τα προϊόντα της καύσης εξέρχονται από το θάλαμο καύσης.

1.3 Μετασχηματιστής

Μια άλλη συγγενική διάταξη είναι ο **μετασχηματιστής**(*transformer*). Ο μετασχηματιστής είναι η διάταξη που μετατρέπει εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια με συγκεκριμένο πλάτος τάσης σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική

ενέργεια με διαφορετικό πλάτος τάσης χωρίς να μεταβάλλεται η συχνότητα. Συνήθως οι μετασχηματιστές μελετώνται μαζί με τις ηλεκτρικές μηχανές μιας και έχουν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με αυτές. Η κατασκευή τους πραγματοποιείται γενικά με την περιέλιξη δυο διαφορετικών τυλιγμάτων για κάθε φάση σε κοινό μεταλλικό πυρήνα. Το ένα τύλιγμα τροφοδοτείται με πηγή εναλλασσόμενης τάσης ενώ στο δεύτερο συνδέεται το φορτίο. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην εξ' επαγωγής δημιουργία τάσης στο τύλιγμα που δεν τροφοδοτείται από πηγή τάσης.

Στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνουμε συνήθως τρία είδη ΜΣ ανάλογα με το σκοπό που αυτοί εξυπηρετούν:

- ΜΣ ισχύος
- ΜΣ τάσης
- ΜΣ ρεύματος

1.3.1 Μετασχηματιστές ισχύος

Στο σύστημα μεταφοράς χρησιμοποιούνται ΜΣ 400KV/150KV, με ισχύ περίπου 250MVA, για την σύνδεση δικτύων ΥΤ/ΥΤ. Οι ΜΣ αυτοί ανήκουν συνήθως στην κατηγορία των αυτομετασχηματιστών. Χρησιμοποιούνται επίσης ΜΣ τάσεων 150KV/20KV, με ισχύ από 20-75MVA, για την σύνδεση δικτύων ΥΤ/ΜΤ. Για τους Μ/Σ ΥΤ/ΥΤ και ΥΤ/ΜΤ είναι συνηθισμένο να χρησιμοποιούνται διαφορετικές λήψεις (Taps) οι οποίες δίνουν την δυνατότητα διαφοροποίησης της τάσης συνήθως κατά $\pm 2*2,5\%$ ώστε να καλύπτονται οι πτώσεις τάσεις στην γραμμή μεταφοράς.

Στο δίκτυο διανομής χρησιμοποιούνται αντίστοιχα ΜΣ ΜΤ/ΧΤ 20/0,4KV, με ισχύ από 15-2500KVA. Οι τυπικές τιμές ισχύος των ΜΣ διανομής που χρησιμοποιούνται στο ελληνικό δίκτυο ΧΤ είναι 15, 25, 50, 75, 150, 250, 500, 630, 750 και 1000KVA αντίστοιχα.

1.3.2 Μετασχηματιστές τάσης-ρεύματος

Οι δύο τελευταίοι λέγονται και ΜΣ οργάνων ή μετρήσεων (Instrument Transformers Messwandlers) και χρησιμοποιούνται για:

- Το μετασχηματισμό τάσεων και ρευμάτων από μια μεγάλη συνήθως τιμή σε μια τιμή κατάλληλη για όργανα μετρήσεων, τιμολόγησης, ελέγχου και προστασίας
- Τη μόνωση του κυκλώματος μέτρησης από το πρωτεύον τύλιγμα ΥΤ
- Την παροχή δυνατότητας προτυποποίησης των οργάνων μέτρησης και των ηλεκτρονόμων προστασίας και ελέγχου σε ένα σχετικά μικρό σύνολο ονομαστικών τάσεων και ρευμάτων

1.4 Πυκνωτές αντιστάθμισης

Η πλειοψηφία των φορτίων που συναντούνται στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας είναι επαγωγικά με αποτέλεσμα πρώτων να μεταφέρεται άεργη ισχύς στα φορτία χωρίς να την εκμεταλλεύεται κανείς. Επίσης το αυξημένο ρεύμα που κυκλοφορεί αυξάνει τόσο την πτώση τάση στην γραμμή μεταφοράς όσο και την φόρτιση της γραμμής. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το φαινόμενο χρησιμοποιούνται συστοιχίες πυκνωτών αντιστάθμισης οι οποίοι είτε βελτιώνουν τον συντελεστή ισχύος της γραμμής και του φορτίου ενώ σε περιπτώσεις που υπάρχει περιθώριο φόρτισης είναι δυνατό να μετατοπίσουν την συμπεριφορά σε χωρητική ώστε να αυξηθεί η τάση άφιξης.

1.5 Γραμμές μεταφοράς

Το μέσο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι γραμμές μεταφοράς (ΓΜ). Η σύνδεση της παραγωγής με τους Μ/Τ και τα φορτία γίνεται από τις ΓΜ ενώ χωρίζονται σε υποβρύχιες, εναέριας και υπόγειες ανάλογα με την τοποθέτησή τους. Επίσης διαχωρίζονται ανάλογα με το μήκος τους σε: μικρού μήκους (έως 80 km), μεσαίου μήκους (από 80 μέχρι 240 km) και μεγάλου μήκους (μεγαλύτερες από 240 km). Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι γραμμές μεταφοράς μέσης τάσης, μικρού μήκους. Για αυτού του είδους γραμμών έχει επικρατήσει θεωρητικά να εξετάζονται σαν απλοποιημένα μοντέλα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι εξετάζονται μονάχα η αντίσταση και η επαγωγική αντίδραση της γραμμής και όχι τα εγκάρσια στοιχεία.

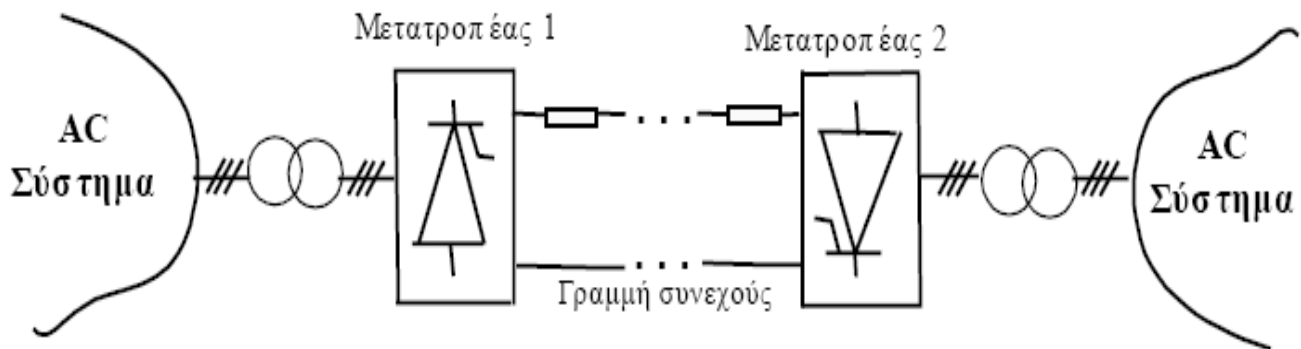
1.5.1 Υποβρύχιες γραμμές

Γενικά τα υποβρύχια καλώδια παρουσιάζουν έντονη χωρητική συμπεριφορά. Οι κύριες τεχνολογίες σε αυτόν τον τομέα είναι τα καλώδια πλήρωσης λαδιού και καλώδια με πλαστική μόνωση XLPE. Τα καλώδια λαδιού χρησιμοποιούνται περισσότερο και είναι μια ώριμη και ευρέως χρησιμοποιημένη τεχνική εδώ και πολλά χρόνια. Τα μειονεκτήματά τους είναι ότι έχουν υψηλό κόστος, απαιτούν μεγάλους χώρους για την εγκατάσταση υδραυλικών συστημάτων, επίσης έχουν μεγάλο βάρος και όγκο (άρα δυσκολία κατά την πόντιση τους) και παράλληλα έχουν αυξημένη χωρητική αντίδραση (άρα προβλήματα αντιστάθμισης της παραγόμενης άεργου ισχύος). Οι λόγοι αυτοί περιορίζουν το μήκος των συνδέσμων σε 40-50km. Τα καλώδια με μόνωση XLPE παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα του μειωμένου κόστους, όγκου και βάρους, καθώς και απαιτούμενων χώρων στα σημεία προσαρμογής. Επιπρόσθετα παρουσιάζουν χαμηλότερη παραγωγή άεργου ισχύος. Πρόκειται για νέα σχετική τεχνολογία για υποβρύχιες εφαρμογές. Τα καλώδια με μόνωση XLPE λόγω της μειωμένης χωρητικότητας, άρα περιορίζει τις ανάγκες άεργου αντιστάθμισης, φαίνεται ότι θα επικρατήσουν για διασυνδέσεις με ΕΡ στο άμεσο μέλλον.

1.5.2 Γραμμή μεταφοράς Υψηλής Τάση Συνεχούς Ρεύματος (HVDC)

Ακόμα, για την φάση της διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί γραμμή μεταφοράς υψηλής τάση συνεχούς ρεύματος (HVDC) παρόλο που δεν μελετάτε στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Σαν συνεχής τάση δοκιμής V_{DC} , ορίζεται κατά IEC η μέση τιμή της παραγόμενης τάσης, όπως περιγράφεται στην σχέση 1.1. Ο ορισμός αυτός επιλέγεται, διότι ο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής Σ.Υ.Τ. με ανόρθωση, έχει το βασικό μειονέκτημα του <<εμπλουτισμού>> της τάσης με αρμονικές, οι οποίες εκφράζονται στην Σ.Υ.Τ. ως κυμάτωση. Οι εφαρμογές των Σ.Υ.Τ. είναι πολλές, τόσο στην μεταφορά και την διανομή Η.Ε. (H.V.D.C. Transmission, υποθαλάσσιες διασυνδέσεις κ.α.) όσο και σε άλλα πεδία, όπως στα ιατρικά μηχανήματα (παραγωγή ακτίνων X), στο περιβάλλον (ηλεκτροστατικά φίλτρα κ.α.). Μεγάλα οφέλη υπάρχουν επίσης στην περίπτωση κατά την οποία επιθυμούμε να μεταφέρουμε πολύ μεγάλη ποσότητα ισχύος σε πολύ μεγάλες αποστάσεις αφού εξαλείφεται η χωρητική συμπεριφορά της γραμμής. Η τεχνολογία HVDC Light χρησιμοποιείται και σε περιπτώσεις τροφοδοσίας πλατφόρμων άντλησης πετρελαίου σε μεγάλες αποστάσεις μεταξύ τους. Επιπλέον χρησιμοποιείται για την μελέτη της συμπεριφοράς διαφόρων μονωτικών.

$$V_{DC} = V = \frac{1}{T} * \int_{\alpha}^T |u(t)| dt \quad (\text{σχέση 1.1})$$



Εικόνα 1.2 (Γενική μορφή διασύνδεση AC συστημάτων με τη βοήθεια της τεχνολογίας HVDC)

Ένα τυπικό καλώδιο DC περιγράφεται παρακάτω:

	Χάλκινος Αγωγός
	HVDC μόνωση πολυμερών
	Περίβλημα κράματος μολύβδου
	Ατσάλινο περίβλημα (Διπλών στρώσεων για τη βαθειά θάλασσα)
	Συνολικό καλώδιο - διάμετρος 50 - 125 mm - Βάρος 8 - 50 ton/km
	6 - 330 MW per bipole
ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ: 84 και 150 kV	

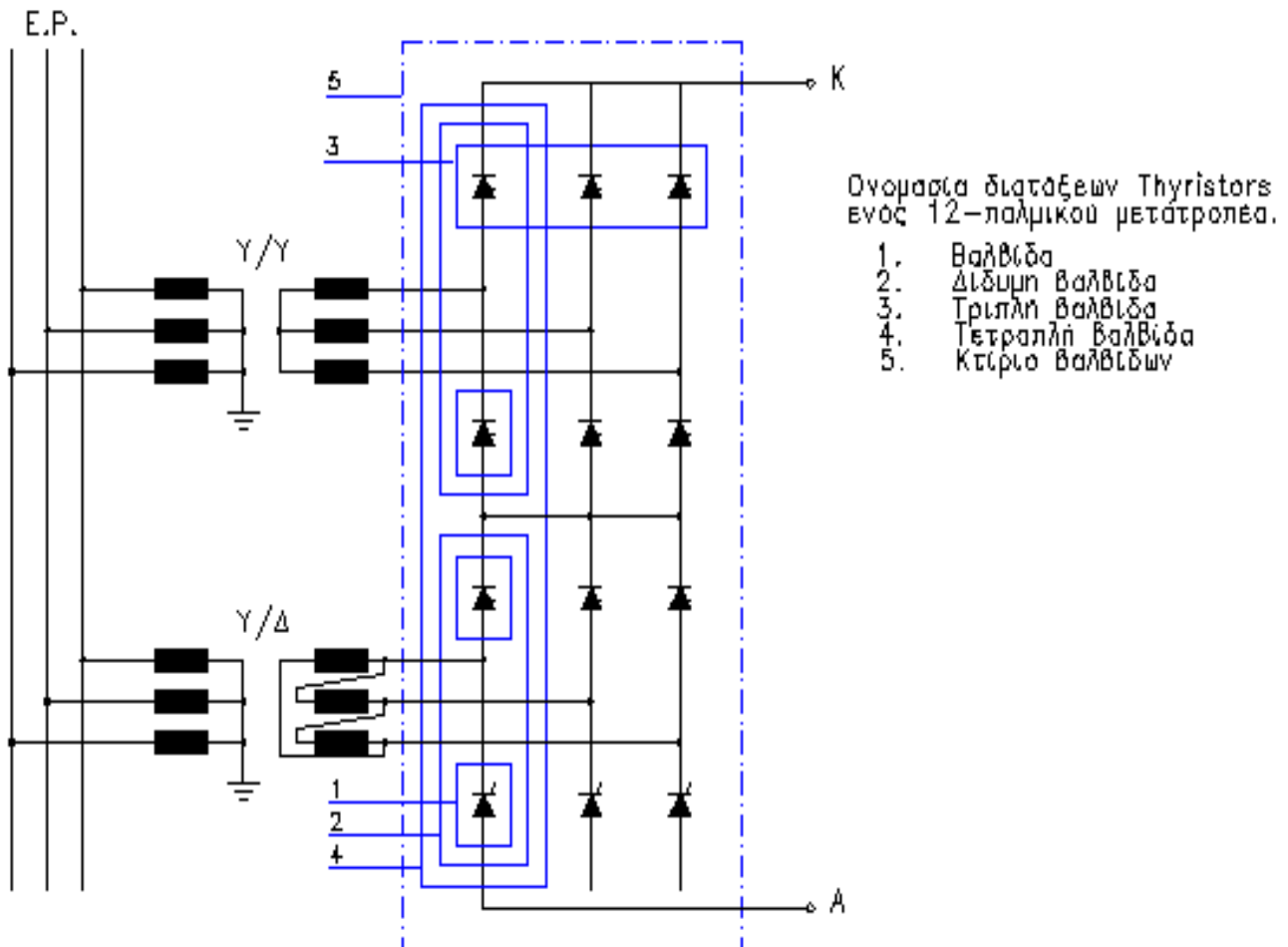
1.5.2.1 Τεχνικές διασύνδεσης συστημάτων με τη χρήση D.C.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος προσφέρουν πολλές λειτουργικές δυνατότητες στα Σ.Η.Ε. πιο συγκεκριμένα βελτιώνουν το ρόλο και την αξία των Σ.Η.Ε. με τις παρακάτω δυνατότητες:

- Μετατροπής Ε.Ρ. σε Σ.Ρ., Σ.Ρ. σε Ε.Ρ., Ε.Ρ. σε Ε.Ρ.
- Δημιουργίας συνθηκών αποφυγής παραμορφώσεων αρμονικών βυθισμάτων τάσης και υπερτάσεων
- Γρήγορου και συχνού ελέγχου ηλεκτρικών μεγεθών, όπως τάση, ρεύμα, σύνθετη αντίσταση, γωνία φάσης
- Γρήγορη ζεύξη και απόζευξη κυκλωμάτων χωρίς τις ταλαντώσεις συχνότητας που αναμένονται από τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Ενίσχυση της αξιοπιστίας
- Μεταφορά σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με εναέριες γραμμές
- Υπόγεια και κυρίως υποβρύχια καλώδια
- Έλεγχος ροής ισχύος σε ευρείες περιοχές
- Μείωση της συμφόρησης
- Σύνδεση με ασύγχρονο τρόπο σε περιοχές με διαφορετική συχνότητα.
- Απομόνωση διαταραχών, φτιάχνοντας ένα "Firewall" έναντι της αλληλουχίας διαδοχικών διακοπών
- Ενίσχυση της δυνατότητας επανεκκίνησης συστήματος μετά από σβέση

1.5.2.2 Κύριες συνιστώσες μιας διασύνδεσης ΣΡ

Η βασική μονάδα κάθε σταθμού μετατροπής είναι ο μετατροπέας, ο οποίος όταν έχει σαν είσοδο το εναλλασσόμενο ρεύμα και έξοδο το ελεγχόμενο συνεχές ρεύμα λέγεται ανορθωτής, ενώ όταν λειτουργεί αντίστροφα ονομάζεται αντιστροφέας. Οι μετατροπείς που χρησιμοποιούνται στην πράξη είναι γέφυρες 6 παλμών με θυρίστορ. Για την αύξηση της ισχύος μετατροπής χρησιμοποιούνται περισσότερες από μία γέφυρες. Η πιο συνηθισμένη είναι η 12 παλμών. Η πρόοδος των ημιαγωγικών στοιχείων οδήγησε σε ακόμη μεγαλύτερη διακοπτική ισχύ και ταχύτερη απόκριση όποτε αυτό ήταν απαραίτητο. Έτσι στις μέρες μας χρησιμοποιούνται περισσότερο (Transistor-IGBT).



Εικόνα 1.3 (Γέφυρα 12 παλμών)

1.5.3 Εναέριες γραμμές

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα μέσης τάσης είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό, αλουμίνιο ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR). Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράμματα π.χ. από γαλβανισμένο χάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο κ.λ.π. Οι αγωγοί κατασκευάζονται μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι. Στα εναέρια δίκτυα σπάνια χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι αγωγοί, γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλωνους. Επίσης οι μονόκλωνοι είναι δύσκαμπτοι. Η διατομή των μονόκλωνων αγωγών είναι μέχρι 16mm^2 . Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών παρουσιάζουν ωμική αντίσταση που δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: την θερμοκρασία, την συχνότητα και την πυκνότητα του ρεύματος. Από την βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι αν είναι γνωστή η ωμική αντίσταση ενός αγωγού R_{T1} θερμοκρασία $T1$ και ζητείται να υπολογιστεί σε θερμοκρασία $T2$ τότε ισχύει η σχέση:

$$R_{T1} = R_{T2} * [1 + \alpha(T2 - T1)] \quad (\text{σχέση 1.2})$$

Όπου α : ο συντελεστής θερμοκρασίας του αγωγού, ο οποίο μεταβάλλεται σε συνάρτηση με την θερμοκρασία που όμως για τις θερμοκρασίες -20°C έως 80°C η μεταβολή του είναι ελάχιστη π.χ. για το αλουμίνιο είναι $\alpha:0,0037*(1/^{\circ}\text{C})$

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών λόγω του επιδερμικού φαινομένου. Για συχνότητα 50Hz η αύξηση της ωμικής αντίστασης είναι πολύ μικρή (λιγότερη του 10%). Επίσης για τον υπολογισμό της αντίστασης των αγωγών δεν λαμβάνεται υπόψη το πραγματικό μήκος που εξαρτάται από το βέλος των γραμμών, αλλά το μήκος ανοίγματος μεταξύ των σημείων στήριξής τους. Καθώς οι αγωγοί των εναέριων γραμμών διαρρέονται από εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργείται γύρω τους ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο αντιδρά στην αιτία που το προκάλεσε, δηλαδή την κίνηση των ηλεκτρονίων. Σε αυτήν ακριβώς την αδράνεια στην κίνηση των ηλεκτρονίων που προκαλείται από την αντίδραση του μαγνητικού πεδίου, οφείλεται η επαγωγική αντίσταση των γραμμών, η οποία δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$X_L = \omega * L = 2\pi f * L \quad (\text{σχέση 1.3})$$

Όπου X_L σε Ω , f η κυκλική συχνότητα (Hz) και L ο συντελεστής αυτεπαγωγής (H)

1.5.4 Επιδερμικό φαινόμενο

Η αντίσταση ενός αγωγού που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του ίδιου αγωγού όταν αυτός διαρρέεται από συνεχές ρεύμα. Η διαφορά αυτή της τιμής της αντίστασης ενός αγωγού οφείλεται αποκλειστικά στην διαφορετική κατανομή της πυκνότητας του ρεύματος επί της διατομής του αγωγού. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα παρατηρείται μεγαλύτερη πυκνότητα ρεύματος στην επιφάνεια των αγωγών από ότι στο κέντρο τους. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται επιδερμικό φαινόμενο (skin effect). Το επιδερμικό φαινόμενο οφείλεται σε επαγωγικά φαινόμενα που προκαλούνται από το χρονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Όπως γίνεται σαφές λόγω του επιδερμικού φαινομένου το ρεύμα δεν διαρρέει ολόκληρη την διατομή ενός αγωγού. Ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει το μέγεθος του επιδερμικού φαινομένου ορίζεται από το βάθος διείσδυσης (επιδερμικό βάθος).

1.6 Το φορτίο

Το σύνολο των καταναλώσεων ηλεκτρικής ισχύος σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο (κινητήρες, συσκευές θέρμανσης, ηλεκτρονικές συσκευές, φωτιστικά κ.α.) ονομάζεται **φορτίο**. Φορτίο μπορεί να θεωρείται μία κατοικία, μία επιχείρηση ή γενικά το σύνολο του πληθυσμού και των εφαρμογών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια σε ένα ΣΗΕ. Γενικότερα τα φορτία συνδέονται στην χαμηλή τάση παρόλα αυτά οι μεγάλοι καταναλωτές συνδέονται μέσω υποσταθμών, στην μέση ή στην υψηλή τάση. Σε μεγάλα φορτία είναι απαραίτητο πέρα από την πραγματική ισχύ να ελέγχεται και η άεργος. Υπάρχουν ειδικές μετρητικές διατάξεις για την μέτρηση του συντελεστή ισχύος. Οι μεγάλοι καταναλωτές υποχρεούνται να αντισταθμίζουν την άεργη ισχύ που καταναλώνουν. Επειδή ο συντελεστής ισχύος είναι γενικά επαγωγικός η αντισταθμίστη γίνεται με χρήση πυκνωτών ή σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με χρήση σύγχρονων κινητήρων. Από ηλεκτρική άποψη υπάρχουν πολύ μεγάλες διαφορές μεταξύ των φορτίων όσον αφορά το μέγεθος, τη συμμετρία (αν είναι μονοφασικά ή τριφασικά), τη σταθερότητα (ως προς την ευαισθησία στην συχνότητα ή στην τάση και την ισχύ) και την χρονική περίοδο χρήσης (αν είναι προβλεπόμενη ή τυχαία). Παρόλο που τα φορτία παρουσιάζουν μεγάλη ανομοιομορφία όσον αφορά τα ηλεκτρικά τους χαρακτηριστικά, στατιστικά προκύπτει κάποιος μέσος όρος ζήτησης για κάθε μετασηματιστή διανομής. Σε επίπεδο υπόμεταφορας ο μέσος όρος αυτός προσδιορίζεται ακόμα καλύτερα, φτάνοντας στο επίπεδο μεταφοράς όπου η καμπύλη ζήτησης μπορεί σχεδόν να προβλεφτεί.

Ένα τυπικό σύνθετο ηλεκτρικό φορτίο έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Τόσο το μέγεθός του όσο και ο τρόπος μεταβολής του με τον χρόνο μπορούν σε μεγάλο βαθμό να προβλεφθούν.
2. Μεταβάλλεται πολύ αργά με το χρόνο, έτσι ώστε από λεπτό σε λεπτό να είναι σχεδόν σταθερό. Βέβαια η χρονική διάρκεια του ενός λεπτού είναι σχετικά μια μεγάλη χρονική περίοδος συγκρινόμενη με τις σταθερές χρόνου του ηλεκτρικού συστήματος. Αυτό μας επιτρέπει να δεχόμαστε ότι το σύστημα λειτουργεί σε μόνιμη κατάσταση που μεταβάλλεται αργά κατά την διάρκεια της ημέρας.
3. Καταναλώνει πάντοτε άεργο ισχύ. Αυτό συμβαίνει διότι από τα βασικά στοιχεία ενός φορτίου είναι οι κινητήρες που πάντοτε είναι επαγωγικοί.
4. Είναι πάντοτε συμμετρικό. Στην περίπτωση των μεγάλων κινητήρων η συμμετρία είναι αυτόματη επειδή αυτοί σχεδιάζονται για συμμετρική τριφασική λειτουργία. Στην περίπτωση των μονοφασικών φορτίων η συμμετρία επιτυγχάνεται με σκόπιμη κατανομή των φορτίων στο επίπεδο διανομής και στις τρεις φάσεις.
5. Εξαρτάται από την τάση και τη συχνότητα. Σε ορισμένες μελέτες των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα φορτία εξαρτώνται από την τάση και τη συχνότητα. Κατά την διάρκεια σφαλμάτων ή άλλων ανώμαλων καταστάσεων η εξάρτηση αυτή προκαλεί μεγάλες διακυμάνσεις στα φορτία. Αν το φορτίο αποτελείται από μια σύνθετη αντίσταση, είναι εύκολο να βρεθούν αυτές οι εξαρτήσεις.

Ανάλογα με το είδος της μελέτης, χρησιμοποιούμε ένα στατικό ή ένα δυναμικό μοντέλο για να περιγράψουμε το φορτίο. Οι μελέτες που απαιτούν να ληφθεί υπόψη η δυναμική των φορτίων είναι αρκετά εξειδικευμένες και ως εκ τούτου δεν θα γίνει αναφορά στα δυναμικά μοντέλα των φορτίων. Αναφορά θα γίνει μόνο στα στατικά μοντέλα όπου χρησιμοποιούνται στις βασικές μελέτες των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Το στατικό μοντέλο φορτίου εκφράζει τα χαρακτηριστικά του φορτίου σε κάθε χρονική στιγμή ως συναρτήσεις του μέτρου της τάσης του ζυγού στον οποίο συνδέεται το φορτίο και της συχνότητας στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Η εξάρτηση ενός φορτίου από την τάση παριστάνεται με το εκθετικό μοντέλο

$$P_L = P_{L0} \left(\frac{|V|}{|V_0|} \right)^a$$

$$Q_L = Q_{L0} \left(\frac{|V|}{|V_0|} \right)^b$$

όπου P_L και Q_L είναι η πραγματική και άεργος ισχύς του φορτίου όταν η τάση ζυγού είναι $|V|$ και ο δείκτης a αναφέρεται στις ονομαστικές τιμές που έχουν οι αντίστοιχες ποσότητες στην αρχική συνθήκη λειτουργίας.

Οι παράμετροι αυτού του μοντέλου είναι οι εκθέτες a και b . Όταν αυτοί οι εκθέτες έχουν τιμές 0, 1 ή 2 το μοντέλο παριστάνει σταθερή ισχύ, σταθερό ρεύμα ή σταθερή σύνθετη αντίσταση αντίστοιχα. Για σύνθετα φορτία, οι τιμές τους εξαρτώνται από τα συνολικά χαρακτηριστικά των συνιστωσών του φορτίου και βρίσκονται του μεν εκθέτη a συνήθως στην περιοχή μεταξύ 0.5 και 2.8, ενώ του εκθέτη b στην περιοχή μεταξύ 2.5 και 6. Το πιο κοινά αποδεκτό στατικό μοντέλο φορτίου είναι αυτό που θεωρεί ότι η πραγματική ισχύς παρέχεται υπό σταθερό ρεύμα (δηλαδή $a=1$) και η άεργος ισχύς υπό σταθερή σύνθετη αντίσταση (δηλαδή $b=2$).

1.7 Α.Π.Ε.

Εκείνες οι πηγές ενέργειας που είναι αδιάλειπτες στο χρόνο και συμμετέχουν στην παραγωγή του ηλεκτρισμού χωρίς να εξάγουν στο περιβάλλον διοξείδιο του άνθρακα ονομάζονται **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

(Α.Π.Ε.). Έχουν ως κύρια γενεσιουργό αιτία την ηλιακή ακτινοβολία, άμεσα (ακτινοβολία, θερμότητα), είτε έμμεσα (κίνηση αέριων μαζών, κύκλος του νερού) με εξαίρεση την ενέργεια που προκαλείται από την παλίρροια και την γεωθερμία. Οι πιο βασικές μορφές ΑΠΕ είναι η αιολική, φωτοβολταϊκή, γεωθερμική, κυματική, ηλιοθερμική, εκείνη της βιομάζας αλλά και η υδροηλεκτρική ενέργεια.

Οι μορφές που εξετάζονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία και είναι ήδη εγκατεστημένες στο προς μελέτη δίκτυο είναι η αιολική και η φωτοβολταϊκή. Δεδομένου ότι δεν προβλέπεται να εγκατασταθούν άμεσα παραγωγικές μονάδες διαφορετικού τύπου θα είναι και οι μόνες που θα αναλυθούν εκτενώς.

1.7.1 Αιολική ενέργεια

Τι ονομάζουμε αιολική ενέργεια;

Γενικά αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια που παράγεται από την εκμετάλλευση του πνέοντος ανέμου. Η ενέργεια αυτή χαρακτηρίζεται "ήπια μορφή ενέργειας" και περιλαμβάνεται στις "καθαρές" πηγές όπως συνηθίζεται να λέγονται οι πηγές ενέργειας που δεν εκπέμπουν ή δεν προκαλούν ρύπους. Η αρχαιότερη μορφή εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ήταν τα ιστία (πανιά) των πρώτων ιστιοφόρων πλοίων και πολύ αργότερα οι ανεμόμυλοι στη ξηρά. Ονομάζεται αιολική γιατί στην ελληνική μυθολογία ο Αίολος ήταν ο θεός του ανέμου. Η αιολική ενέργεια αποτελεί σήμερα μια ελκυστική λύση στο πρόβλημα της ηλεκτροπαραγωγής. Το «καύσιμο» είναι άφθονο, αποκεντρωμένο και δωρεάν. Δεν εκλύονται αέρια θερμοκηπίου και άλλοι ρύποι, και οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές σε σύγκριση με τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής από συμβατικά καύσιμα. Επίσης, τα οικονομικά οφέλη μιας περιοχής από την ανάπτυξη της αιολικής βιομηχανίας είναι αξιολογικά.

Αρχή λειτουργίας

Η εγκατάσταση κάθε ανεμογεννήτριας διαρκεί 1-3 μέρες. Αρχικά ανυψώνεται ο πύργος και τοποθετείται τμηματικά πάνω στα θεμέλια. Μετά ανυψώνεται η άτρακτος στην κορυφή του πύργου. Στη βάση του πύργου συναρμολογείται ο ρότορας ή δρομέας (οριζοντίου άξονα, πάνω στον οποίο είναι προσαρτημένα τα πτερύγια), ο οποίος αποτελεί το κινητό μέρος της ανεμογεννήτριας. Η άτρακτος περιλαμβάνει το σύστημα μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Στη συνέχεια ο ρότορας ανυψώνεται και συνδέεται στην άτρακτο. Τέλος, γίνονται οι απαραίτητες ηλεκτρικές συνδέσεις.

Τι ονομάζουμε αιολικό πάρκο;

Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται σε ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα 2 ή 3 πτερυγίων. Όταν εντοπιστεί μια ανεμώδης περιοχή – και εφόσον βέβαια έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες μετρήσεις και μελέτες – για την αξιοποίηση του αιολικού της δυναμικού τοποθετούνται ανεμογεννήτριες, οι οποίες απαρτίζουν ένα «**αιολικό πάρκο**».

Η κατάσταση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη ακτογραμμή και τεράστιο πλήθος νησιών. Ως εκ τούτου, οι ισχυροί άνεμοι που πνέουν κυρίως στις νησιωτικές και παράλιες περιοχές προσδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στη χώρα. Το εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό εκτιμάται ότι αντιπροσωπεύει το 13,6% του συνόλου των ηλεκτρικών αναγκών της χώρας. Ενέργειες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, ενώ στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ΑΠΕ, η οποία ενθαρρύνει και επιδοτεί επενδύσεις στις ήπιες μορφές ενέργειας. Αλλά και σε εθνική κλίμακα, ο νέος αναπτυξιακός νόμος 3299/04, σε συνδυασμό με το νόμο για της ανανεώσιμες πηγές ενέργειας 3468/06, παρέχει ισχυρότατα κίνητρα ακόμα και για επενδύσεις μικρής κλίμακας (40-50 kW).

1.7.2 Φωτοβολταϊκή ενέργεια

Τι είναι ένα φωτοβολταϊκό;

Το φωτοβολταϊκό στοιχείο (*photovoltaic cell*) είναι γενικά, ένα σύστημα δύο υλικών σε επαφή, το οποίο όταν δέχεται ακτινοβολία, εμφανίζει στα άκρα του συνεχή ηλεκτρική τάση. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία των οποίων η βιομηχανική παραγωγή έχει προωθηθεί, είναι αυτά που βασίζονται στη δημιουργία δύο ημιαγωγικών στρωμάτων σε επαφή. Συνήθως, τα δύο στρώματα αποτελούνται από το ίδιο κύριο υλικό, το ένα στρώμα είναι τύπου n και το άλλο τύπου p. Η λειτουργία του βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Όταν το ΦΒ στοιχείο φωτίζεται προκαλείται στο εσωτερικό του ηλεκτρικό ρεύμα (φωτόρευμα), το οποίο είναι ανάλογο της πυκνότητας ισχύος του ηλιακού φωτός που προσπίπτει στην επιφάνειά του. Μέχρι στιγμής το πιο διαδεδομένο υλικό για την κατασκευή ΦΒ είναι το πυρίτιο. Η νέα τάση είναι τα οργανικά ΦΒ για τα οποία γίνεται εκτενής έρευνα και η απόδοση τους αυξάνεται συνεχώς.

Τύποι ΦΒ

Η επιλογή του είδους των ΦΒ είναι συνάρτηση των αναγκών, του διαθέσιμου χώρου ή ακόμα και της οικονομικής ευχέρειας του χρήστη. Για τους παραπάνω λόγους τα ΦΒ διακρίνονται σε:

- Λεπτού υμενίου ή Thin Film με απόδοση
 1. a-Si: 4,2-6,6%
 2. μ-Si: 8,1-8,5%
 3. CIS-CIGS: 6-11%
 4. CdTe: 6-11,1%
- Πολυκρυσταλλικά με απόδοση 11-14,8%
- Μονοκρυσταλλικά με απόδοση 11-19,3%

Όλα τα ΦΒ μοιράζονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα ανεξάρτητα από τον τύπο τους

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- Απεξάρτηση από την τροφοδοσία καυσίμων για τις απομακρυσμένες περιοχές
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- Ελάχιστη συντήρηση
- Αρνητικό θερμοκρασιακό συντελεστή

Inverters

Ο μετατροπέας (*inverter*) είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) στο εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Η μετατροπή στο AC μπορεί να γίνει σε κάθε απαιτούμενη τάση και συχνότητα με τη χρήση κατάλληλων Ημιαγωγικών στοιχείων, κυκλώματα ελέγχου και μετασχηματιστών. Οι μετατροπείς δεν έχουν κινητά μέρη και χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από τα μικρά τροφοδοτικά μεταγωγής (UPS) σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σε μεγάλες εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος. Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μετατροπέα. Η παραγωγή ενός τροποποιημένου μετατροπέα κυμάτων ημιτόνου είναι παρόμοιος με ένα τετραγωνικό κύμα εξόδου. Είναι απλός με χαμηλό κόστος (~ \$ 0.10USD/Watt) και είναι συμβατός με τις περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές. Ένας καθαρός αναστροφέας ημιτόνου παράγει ένα σχεδόν τέλειο ημιτονοειδές κύμα εξόδου (<3% ολική αρμονική παραμόρφωση, THD).

Έτσι, είναι συμβατό με όλες τις ηλεκτρονικές συσκευές εναλλασσόμενου ρεύματος και η χρήση του δεν δημιουργεί αρμονικές στο δίκτυο. Ο σχεδιασμός του είναι πιο περίπλοκος και το κόστος 5 ή 10 φορές περισσότερο ανά μονάδα ισχύος (~ \$ 0,50 έως \$ 1.00USD/Watt). Ο μετατροπέας εκτελεί την αντίστροφη λειτουργία του ανορθωτή .

Τεχνικά στοιχεία ΦΒ

Η αναπτυσσόμενη συνεχής ηλεκτρική τάση ανοικτού κυκλώματος σε ένα τυπικό ΦΒ είναι της τάξης των 0,5-0,7V , ενώ το αντίστοιχο ηλεκτρικό ρεύμα είναι των 10-40mA/cm² για πρότυπες συνθήκες(STC). Δηλαδή, για πυκνότητα ισχύος ηλιακού φωτός 1kW/m², air mass ίσο με 1,5 και θερμοκρασία πλαισίου 25° C.

Ιστορικές πληροφορίες

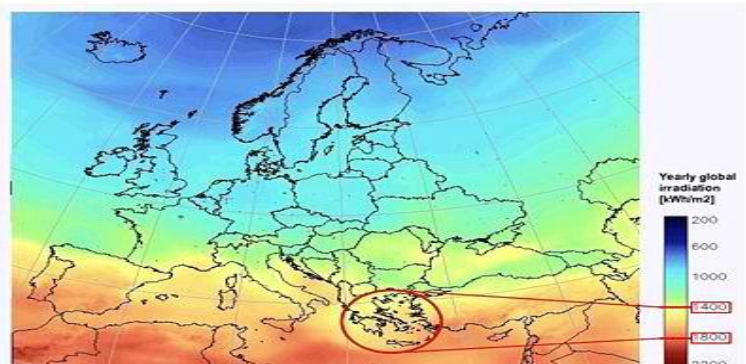
Κατά το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα αναπτύχθηκε ραγδαία η τεχνολογία των ΦΒ. Το φαινόμενο είχε παρατηρηθεί πολύ νωρίτερα από τον Becquerel, το 1839. Το 1954 ανακοινώθηκε η πρώτη κατασκευή ηλιακού στοιχείου τύπου πυριτίου Si, με σχηματισμό επαφής p-n, με διάχυση και με απόδοση 6% από τους Fuller, Pearson και Chapin.

Η εξέλιξη

Οι αρχικές εμπορικές κατασκευές, ήταν πολύ υψηλού κόστους (1000\$/W_p το 1956), με σχετικά μικρή απόδοση 5-10%. Κατασκευάστηκαν κυρίως από κρυσταλλικό πυρίτιο(c- Si). Σήμερα οι αποδόσεις των ΦΒ στοιχείων από κρυσταλλικό πυρίτιο φτάνουν το 22% για διαστημικές κατασκευές, ενώ για βιομηχανική-οικιακή χρήση είναι μεταξύ 14-18%. Το κόστος των τελευταίων κυμαίνεται περί τα 4-5€/W_p για εγκαταστάσεις μικρών συστημάτων, μεγέθους μέχρι μερικών kW_p. Σε εγκαταστάσεις σχετικά μεγάλης ισχύος αιχμής, το κόστος αγοράς των ΦΒ πλαισίων, ανά W_p, μειώνεται σε συνάρτηση με το μέγεθος του συστήματος. Σε μεγάλα συστήματα, άνω του MW_p, το κόστος αυτό μειώνεται σχεδόν στο ήμισυ του αντίστοιχου των εγκαταστάσεων μικρής ισχύος.

Η ΦΒ ενέργεια στην Ελλάδα

Η Φωτοβολταϊκή ενέργεια για την χώρα μας είναι μία από τις ανανεώσιμες μορφές που ανθεί τα τελευταία χρόνια. Η θέση της Ελλάδας γεωγραφικά είναι μέσα στην ζώνη της ηλιακής ακτινοβολίας όπου τα ΦΒ μπορούν να ευδοκιμήσουν. Σύμφωνα με τα στοιχεία του 2008 η εγκατεστημένη ισχύς ανερχόταν σε 18,5MW_p. Στο νησιωτικό χώρο υπάρχει σχέδιο εγκατάστασης 200MW_p, εκ των οποίων τα 52,5MW_p στην Κρήτη. Η αύξηση της εγκατάστασης ΦΒ ήταν και είναι ραγδαία. Η ΦΒ ενέργεια είναι μία μορφή ενέργειας που υπόσχεται πολλά για την χώρα μας και θα συνεχίσει να μας απασχολεί για πολύ καιρό ακόμη.



1.8 Σύστημα ελέγχου-διαχείρισης

1.8.1 AVR- GOVERNOR

Η συνεργασία των μονάδων παραγωγής σε ένα ενεργειακό σύστημα όπου έχουν εγκατασταθεί πολλές, οι οποίες προμηθεύουν ένα αρκετά μεγάλο φορτίο με ηλεκτρική ενέργεια, δεν είναι μία απλή υπόθεση. Υπάρχουν αρκετά προβλήματα πέρα από το ενεργειακό. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ο έλεγχος τους σε επίπεδο τάσης και στροφών. Η ιδιομορφία της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ότι την στιγμή που θα ζητηθεί θα πρέπει να δωθεί. Αυτό είναι ένα πρόβλημα ελέγχου των γεννητριών για τον εκάστοτε διαχειριστή του συστήματος. Την λύση του προβλήματος την δίνουν οι αυτοματισμοί, σταθεροποίηση τάσης (AVR) και ένα σύστημα ρύθμιση στροφών (Governor). Η λειτουργία αυτών των ελεγκτών είναι να διατηρούν συγκεκριμένες μεταβλητές του συστήματος (π.χ. την τάση εξόδου και την συχνότητα της παραγόμενης τάσης μέσω της ταχύτητα της σύγχρονης γεννήτριας) σε επιθυμητά όρια λειτουργίας.

Ο ρυθμιστής τάσης ελέγχει τη ροή άεργου ισχύος. Προσδίδει μια αρνητική ανατροφοδότηση από τη μετρούμενη τάση εξόδου της μηχανής στο σύστημα διέγερσης του δρομέα.

Σε παρόμοια κλίμακα λειτουργεί και ο ρυθμιστής στροφών ο οποίος παρακολουθεί την συχνότητα της παραγόμενης τάσης προσδίδοντας ένα έλεγχο αρνητικής ανατροφοδότησης στη μηχανική ισχύ εισόδου της κινητήριας μηχανής.

1.8.2 AGC

Στόχος του Αυτόματου Ελέγχου Παραγωγής(AGC) είναι η διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό επιτυγχάνεται με την κατανομή της εκάστοτε απαιτούμενης παραγωγής στις μονάδες. Για να ικανοποιηθεί η απαίτηση των αλλαγών στο φορτίο, τις απώλειες και τις αλλαγές ισχύος μεταξύ περιοχών μεταβάλλεται η συνολική παραγωγή μέσω του αυτόματου ελέγχου παραγωγής (AGC).

1.8.3 Scada

Το scada είναι ένα σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων. Το σύστημα αυτό διασυνδέει όλα τα δομικά μέρη μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (ανεμογεννήτριες, μετεωρολογικούς σταθμούς, υποσταθμούς) με έναν κεντρικό υπολογιστή, που παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να παρακολουθεί και να ελέγχει την εγκατάσταση. Το σύστημα παρέχει και αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία της εγκατάστασης ούτως ώστε να εντοπιστούν και να διεκπεραιωθούν αστοχίες ή προβλήματα λειτουργίας με την συγκεκριμένη ηλεκτρική εγκατάσταση.

2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

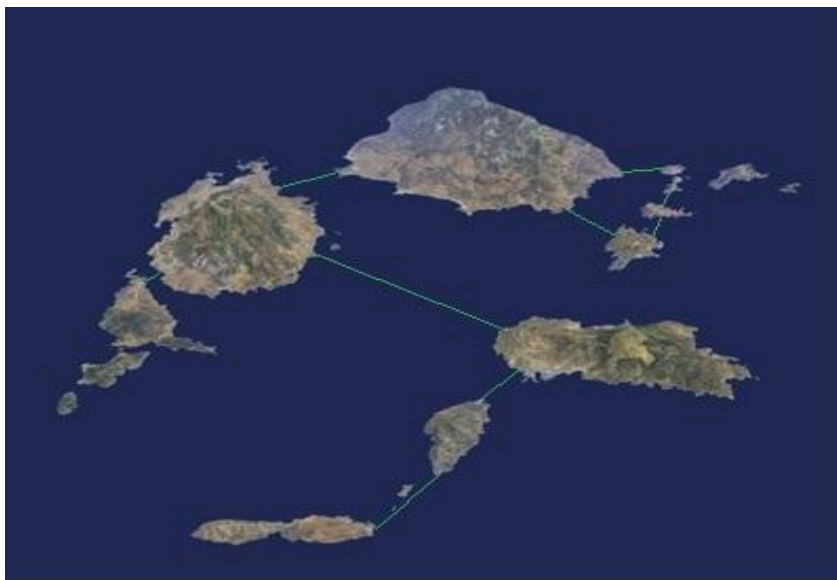
Καταγραφή των ηλεκτρικών στοιχείων παραγωγής και μεταφοράς του δικτύου της Παροναξίας

Εισαγωγή

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Παροναξίας όπως αυτό καταγράφηκε κατά την επίσκεψη του συγγραφέα. Τα δεδομένα συλλέχτηκαν ως επί το πλείστον από το κέντρο κατανομής φορτίου της Πάρου την 10/08/2010. Σε αυτά τα στοιχεία θα στηριχθεί η περαιτέρω μοντελοποίηση του ηλεκτρικού συστήματος. Οι παρακάτω πληροφορίες αφορούν τόσο στις μηχανές οι οποίες είναι εγκατεστημένες στον αυτόνομο σταθμό παραγωγής (ΑΣΠ) Πάρου όσο και στον τρόπο ένταξης των μονάδων και στην κατανάλωση καυσίμου από αυτές. Τέλος γίνεται μια σύγκριση ανάμεσα στην θερμική παραγωγή και την παραγωγή από ΑΠΕ.

2.1 Παρουσίαση του ηλεκτρικού δικτύου της Παροναζίας

Το παρόν αυτόνομο δίκτυο εντάσσεται στο σύστημα μη διασυνδεδεμένων νήσων της Ελλάδας. Σε αυτό το αυτόνομο σύστημα περιλαμβάνονται τα εξείς νησιά: Αντίπαρος, Πάρος, Νάξος, Κουφονήσια, Σχοινούσα, Ηρακλεία, Ίος, Σίκινο, Φολέγανδρος. Ο ΑΣΠ του δικτύου είναι εγκατεστημένος στην νήσο Πάρο. Όπως συμβαίνει και σε άλλους αυτόνομους σταθμούς έτσι και στο δίκτυο που εξετάζεται κυριαρχεί το πετρέλαιο. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου 75 MW ενώ σε αυτό μπορούν να προστεθούν και η ισχύς από μηχανές οι οποίες ενοικιάζονται κατά τους μήνες αιχμής ή παλαιότερες μηχανές που χρησιμοποιούνται μόνο σε έκτακτη ανάγκη. Εκτός όμως από την θερμική παραγωγή στο σύστημα είναι ενταγμένα αιολικά και φωτοβολταϊκά πάρκα κυρίως στα νησιά Νάξος και Ίος. Η ζήτηση που ικανοποιεί ο ΑΣΠ της Πάρου τους



μήνες αιχμής όπως είναι ο Ιούλιος και *Εικόνα 2.1 (Ηλεκτρικό δίκτυο Πάρου)*

Αύγουστος κυμαίνεται μεταξύ ελάχιστου νυκτός και μέγιστου ημέρας από τα 30-65MW ενώ τους υπόλοιπους μήνες και ειδικά από τον Οκτώβριο ως τον Απρίλιο ικανοποιεί ζήτηση ισχύος η οποία κυμαίνεται μεταξύ των 10MW ελάχιστο νύκτας και των 30MW μέγιστο ημέρας. Τους υπόλοιπους μήνες Σεπτέμβριο-Μάιο-Ιούλιο υπάρχει μία ενδιάμεση κατάσταση. Ειδικά το Φθινόπωρο και την Άνοιξη δύσκολα υπερβαίνουν τα 20MW της

ζήτησης. Στον σταθμό της Πάρου εκτός από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γίνεται και ο έλεγχος της από το τμήμα διαχείρισης το οποίο είναι εγκατεστημένο στο ίδιο κτήριο. Αρχικά το εργοστάσιο ηλεκτρισμού ήταν εγκατεστημένο στην Νάξο. Το 1973 έγινε η μετεγκατάστασή του στη νήσο Πάρο. Από την Πάρο αναχωρούν όλες οι γραμμές μεταφοράς προς τα υπόλοιπα νησιά που είναι συνδεδεμένα με αυτήν άμεσα (Αντίπαρος, Νάξος, Ίος) ή έμμεσα. Τα Κουφονήσια, η Ηρακλεία και η Σχοινούσα συνδέονται μέσω της Νάξου από δύο γραμμές σχηματίζοντας κλειστό βρόγχο. Ενώ η Σίκινο και η Φολέγανδρος μέσω της Ίου ακτινωτά.



Εικόνα 2.2 (Εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. στην Πάρο, από προσωπική έρευνα)

2.2 Οι μονάδες του εργοστασίου της Πάρου (εικόνες από προσωπική έρευνα)

Αργή λειτουργίας της γεννήτριας

Ξεκινώντας την μηχανή αυξάνεται η τάση διέγερσης στην γεννήτρια και ανάλογα η τάση εξόδου της. Ο πίνακας διεγέρσεως είναι ο αυτόματος ρυθμιστής τάσης της μηχανής (Automatic Voltage Regulator, AVR). Προ του παραλληλισμού γίνεται έλεγχος ώστε η τάση εξόδου να γίνει ίση με την επιθυμητή. Στη συνέχεια η συχνότητα της γεννήτριας ρυθμίζεται από διαφορετική μονάδα ώστε να είναι ελαφρώς μεγαλύτερη του δικτύου. Επίσης διασφαλίζεται η σωστή διαδοχή των φάσεων και δεδομένου ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις ακολουθούμε την διαδικασία του παραλληλισμού.

Ο παραλληλισμός γίνεται όταν έχουμε ίδια τάση και συχνότητα και στο 'νεκρό σημείο', δηλαδή, τη στιγμή που η γεννήτρια είναι σε συγχρονισμό με το δίκτυο, ζεύξη του διακόπτη των 15 KV. Η μονάδα τότε εισάγεται στο δίκτυο και αρχίζει η διαδικασία της φόρτισης έως το σημείο εκείνο που ορίζει ο κατασκευαστής (ονομαστική ισχύς).

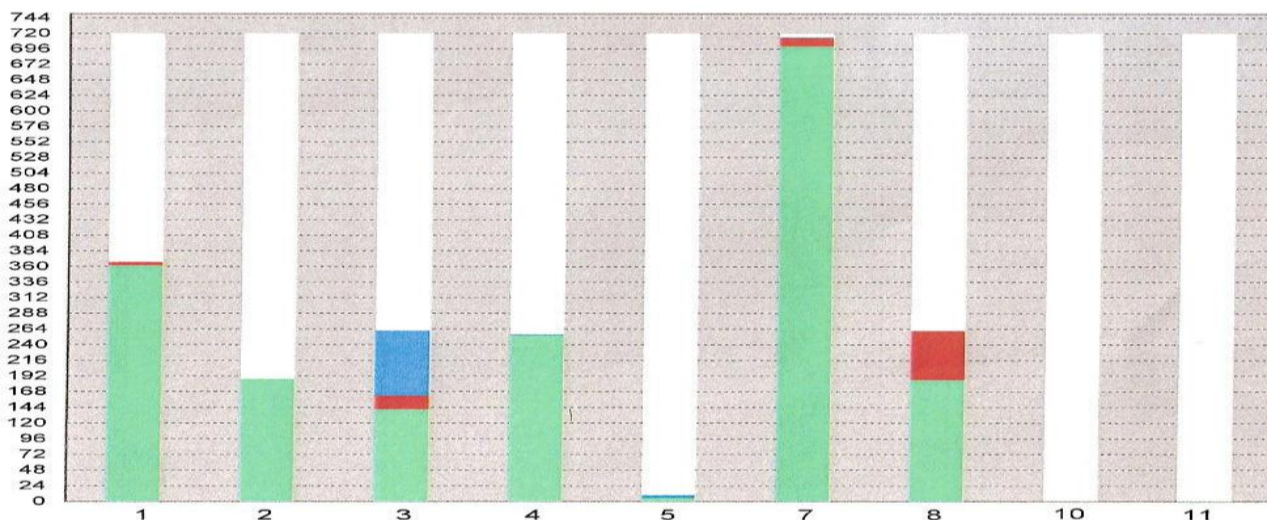


Όταν η μονάδα βρίσκεται σε συγχρονισμό με το δίκτυο μετά τον παραλληλισμό της, λαμβάνουν χώρα ορισμένες διαδικασίες ελέγχου. Η μία είναι ο έλεγχος φορτίου συχνότητας ή αυτόματος έλεγχος παραγωγής (AGC). Αυτό βασίζεται στην ιδιότητα της γεννήτριας να αναλαμβάνει φορτίο όταν αυξάνονται οι στροφές της κινητήριας μηχανής, ενώ απορρίπτει φορτίο στην αντίθετη περίπτωση. Η δεύτερη διεργασία είναι ο έλεγχος τάσης διέγερσης-αέργου ισχύος ή αυτόματη ρύθμιση τάσης (AVR). Αυτός ο έλεγχος γίνεται λόγω της ιδιότητας της γεννήτριας να αυξάνει ή να μειώνει την παραγόμενη άεργη ισχύ ανάλογα με την τάση διέγερσης της.

2.3 Μηνιαία φόρτιση των μονάδων Α.Σ.Π. Πάρου

Επεξηγήσεις χρωμάτων

- Με το πράσινο χρώμα λειτουργία των μονάδων
- Με το μπλε χρώμα συντήρηση των μονάδων
- Με το κόκκινο χρώμα βλάβη των μονάδων
- Και με το λευκό χρώμα διαθεσιμότητα των μονάδων



Γράφημα 2.1 (Διαθεσιμότητα μιας τυχαίας μονάδας του ΑΣΠ Πάρου, πηγή εργοστάσιο της Δ.Ε.Η. Πάρου)

❖ ΜΟΝΑΔΑ 1

- **Πίνακας ελέγχου της μηχανής 1(αποτελούμενα στοιχεία)**

Το Κοντρόλ (δηλ. ο πίνακας ελέγχου της μηχανής) ότι αφορά το ηλεκτρικό μέρος της μηχανής)

- Το φορτίο της
- Την άεργο ισχύς της
- Τη συχνότητα
- Και την τάση της
- Το ρεύμα της γεννήτριας



- **Πίνακες προστασίας Γεννήτριας-Μ/Σ της Μηχανής**

Ο πίνακας προστασίας της γεννήτριας και του μετασχηματιστή της μηχανής.



❖ ΜΟΝΑΔΑ 2

- **Πίνακας ελέγχου της μηχανής 2,3(αποτελούμενα στοιχεία)**

Οι μονάδες 2 και 3 είναι πανομοιότυπες στην κατασκευή τους. Είναι ακριβώς ίδιες μηχανές και έχουν ίδια συστήματα ελέγχου.

Πίνακας ελέγχου της μονάδας 2 περιλαμβάνει τους δείκτες:

- Της άεργου ισχύος
- Της ενεργού ισχύος
- Του ρεύματος της γεννήτριας
- Του ρεύματος και της τάση διέγερσης



- **Πίνακες προστασίας Γεννήτριας-Μ/Σ της Μηχανής**

Ο πίνακας προστασίας της γεννήτριας και του μετασχηματιστή της μηχανής 2 και 3.



❖ ΜΟΝΑΔΑ 4

- Πίνακας ελέγχου της μηχανής 4(αποτελούμενα στοιχεία)

Ότι ακριβώς ισχύει για τις υπόλοιπες μονάδες ισχύει και για αυτήν την μονάδα. Η μόνη διαφορά με την 'βάρτσιλα' όπως ονομάζεται είναι ότι μόλις πάρει τις 500 στροφές ανεβάζει αυτόματα την τάση χωρίς εμείς να κλείσουμε τον διακόπτη για να εισαχθεί η διέγερση. Την λειτουργία αυτήν την κάνει από μόνη της.



❖ ΜΟΝΑΔΑ 7 και ΜΟΝΑΔΑ 8

- Και αυτές οι μονάδες έχουν τον ίδιο τρόπο λειτουργίας με τις προηγούμενες. Δεν αλλάζει κάτι ουσιαστικό παρά μόνο στην εργονομία.



2.4 Στοιχεία των μονάδων του εργοστασίου Πάρου

Μήνας Απρίλιος 2010 (ώρες μήνα 720:00)												
No	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΟΝΟΜΑ	A.M.	ΕΤΟΣ ΑΡΧΗΣ ΛΕΙΤ/ΑΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (KW)	ΩΡΕΣ ΑΠΟ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤ/ΑΣ	ΩΡΕΣ ΑΠΟ ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤ/ΑΣ	ΩΡΕΣ ΔΙΑΘ/ΤΗΤΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΘ/ΤΗΤΑΣ	ΩΡΕΣ ΑΚΙΝΗΣΙΑΣ (ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ)	ΩΡΕΣ ΑΚΙΝΗΣΙΑΣ (ΒΛΑΒΗ)
1.	FINCANTIERI 18ZAV40S	G1	2118	1997	10.720	59.821	3.989	360:58	714:43	99,27%	00:00	05:17
2.	GMT FIAT A420.8	G2	2074	1984	3.920	91.566	984	187:05	720:00	100,00%	00:00	00:00
3.	GMT FIAT A420.8	G3	2072	1984	3.920	89.795	141	140:15	599:00	83,19%	100:05	20:55
4.	WARTSILA NSD 12V46B	G4	2127	2000	10.360	51.122	12.694	253:26	718:00	99,72%	02:00	00:00
5.	WARTSILA NSD 12V46B	G5	2126	2000	10.360	55.779	4.016	05:00	715:30	99,38%	04:30	00:00
6.	B &MAN 7K60	G7	2142	2006	11.200	25.817	966	699:15	705:45	98,02%	01:15	13:00
7.	CEGIELSKI(SULZER) 6RTAF58	G8	2090	1989	6.300	100.239	2.757	184:50	644:15	89,48%	00:00	75:45
8.	CEGIELSKI 16ATV25H	G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ1)	2117	1991	2.900	11.907	87	00:55	720:00	100,00%	00:00	00:00
9.	CEGIELSKI 16ATV25H	G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ2)	2135	2002	3.100	3.049	3.049	00:40	720:00	100,00%	00:00	00:00

Πίνακας 2.1 Ώρες λειτουργίας, συντήρησης και βλαβών των μονάδων ΑΣΠ Πάρου

A/A	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΟΝΟΜΑ	ΜΑΖΟΥΤ (KGR)	ΝΤΗΖΕΛ (KGR)	ΝΤΗΖΕΛ (%)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΕΙΔ.ΚΑΤ. (GR/KWH)	ΣΥΝΤΕΛ. ΦΟΡΤΙΣΗΣ
1	FINCANTIERI 18ZAV40S	G1	524.267	1.288	0,25%	2.562.000	205,13	0,66
2	GMT FIAT A420.8	G2	93.007	0	0,00%	429.534	216,53	0,59
3	GMT FIAT A420.8	G3	86.902	2.117	2,38%	402.066	221,40	0,73
4	WARTSILA NSD 12V46B	G4	382.768	0	0,00%	1.952.900	196,00	0,74
5	WARTSILA NSD 12V46B	G5	7.664	0	0,00%	39.100	196,00	0,75
6	B &MAN 7K60	G7	1.170.806	0	0,00%	6.129.875	191,00	0,78
7	CEGIELSKI(SULZER) 6RTAF58	G8	164.859	0	0,00%	863.136	191,00	0,74
8	CEGIELSKI 16ATV25H	G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ 1)		401	100,00%	1.336	300,00	0,50
9	CEGIELSKI 16ATV25H	G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ 2)	0	212	100,00%	706	300,00	0,34
10				0	100,00%	0		
ΣΥΝ			2.430.273	4.017	0,17%	12.380.653	196,62	0,74
							ΜΕΣ. ΟΡΟΣ	ΜΕΣ. ΣΥΝΤ.

Πίνακας 2.2 (Καταναλώσεις καυσίμου μονάδων για 04/2010)

2.5 Οι πίνακες συγχρονισμού των μονάδων του εργοστασίου της Πάρου

Ο πίνακας συγχρονισμού των μονάδων

Είναι ο πίνακας με τα όργανα συγχρονισμού των μονάδων. Όταν ανοίξει ο διακόπτης συγχρονισμού του πίνακα και συγχρονισμού της μονάδος που τίθεται σε λειτουργία φτάνοντας στο σημείο μηδέν κλείνει ο διακόπτης και έτσι γίνεται ο συγχρονισμός. Η μηχανή τότε εντάσσεται στο δίκτυο. Επιβάλλεται το κλείσιμο του διακόπτη για να συμπέσει με το 'νεκρό σημείο'. Αν δεν συμβεί αυτό υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας έντονων μεταβατικών φαινομένων ή και καταστροφής της μηχανής.

Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις λόγω της αστάθειας που χαρακτηρίζει τα αυτόνομα δίκτυα ένας λάθος παραλληλισμός μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή λειτουργίας του συστήματος (black out). Αυτή διαδικασία ονομάζεται παραλληλισμός.



2.6.1 Οι πίνακες ελέγχου αναχωρήσεων του εργοστασίου της Πάρου

1) Ο πίνακας ελέγχου αναχωρήσεων Νάξου και Ίου

- Ο συγκεκριμένος πίνακας ελέγχει τις αναχωρήσεις της Νάξου και της Ίου. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τις γραμμές 370, 380, 350, 340, 310, 320 και 330.
- Για την Ίο έχουμε δύο γραμμές αναχωρήσεων την 370 και την 380.
- Για την Νάξο έχουμε πέντε γραμμές αναχωρήσεων τις 350, 340, 310, 320, 330.



2) Ο πίνακας ελέγχου αναχωρήσεων Πάρου-Αντιπάρου

- Ο συγκεκριμένος πίνακας ελέγχει τις αναχωρήσεις της Πάρου και Αντιπάρου. Η κάθε γραμμή έχει την προστασία της από υπερτάση και από σφάλμα ως προς γη. Ο πίνακας αυτός περιλαμβάνει τις γραμμές 240, 250, 260, 270, 280, 210, 220 από τις οποίες όλες ανήκουν στην Πάρο εκτός από την 250.
- Για την Αντίπαρο έχουμε μία γραμμή αναχωρήσεων την 250.



2.6.2 Στοιχεία υποβρύχιων γραμμών μεταφοράς

A/A	ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ	ΜΗΚΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ/ΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (KV)	ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΙΣΧΥΟΣ ΑΝΑ ΚΑΛΩΔΙΟ ΥΠΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ (MVA)	ΕΤΟΣ ΠΟΝΤΙΣΗΣ
1	ΠΑΡΟΣ-ΝΑΞΟΣ	7,5	3	3X150 AL	15	7,8	1973-1992
			2	3X95 Cu		9,1	2004
2	ΠΑΡΟΣ-ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	1,9	4 (3+1εφεδρικό)	1X50 AL		5,3	1973
3	ΝΑΞΟΣ-ΚΟΥΦΟΝΗΣΗ	6,2	1	3X35 Cu		4,9	1983
4	ΚΟΥΦΟΝΗΣΗ-ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	9,2	1	3X35Cu		4,9	1983
5	ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ-ΗΡΑΚΛΕΙΑ	4,6	1	3X35 Cu		4,9	1983
6	ΙΟΣ-ΣΙΚΙΝΟΣ	10,3	2	3X35 AL		3,8	1989
7	ΣΙΚΙΝΟΣ-ΦΟΛΕΓΑΝΔΟΣ	18,5	2	3X35 AL		3,8	1989
8	ΝΑΞΟΣ-ΗΡΑΚΛΕΙΑ	8,8	1	3X35 Cu		4,9	1997
9	ΠΑΡΟΣ-ΙΟΣ	25	2	3X95 Cu		9,1	2000

Πίνακας 2.3.1 (Υφιστάμενες υποβρύχιες διασυνδέσεις στο σύστημα της Πάροναξίας, πηγή Δ.Ε.Η.)

ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ	3X95Cu	3X35Cu	3X35AL	3X150AL	3X50AL (για την γραμμή Πάρου-Αντιπάρου)	1X50AL (για την εφεδρική γραμμή Πάρου-Αντιπάρου)
Ωμική αντίσταση (R) (Ω/Km)	0,248	0,617	1,035	0,243	0,757	0,388
Επαγωγική αντίδραση (X) (Ω/Km)	0,125	0,115	0,115	0,079	0,112	0,645
Μέγιστο ρεύμα (Imax) (A)	350	190	145	300	170	228
Ονομαστική τάση (Vn) (KV)	15	15	15	15	15	15

Πίνακας 2.3.2 (Τεχνικά χαρακτηριστικά υποβρυχίων καλωδίων διασύνδεσης, πηγή Δ.Ε.Η.)

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο φωτογραφίες του σημείου όπου γίνεται η άφιξη των υποβρύχιων καλωδίων που ενώνουν το σύστημα της Πάρου με τις εναέριες γραμμές τις Νάξου. Αριστερά όπως είχε κατασκευαστεί αρχικά και δεξιά αφού χτίστηκε ο σταθμός άφιξης των υποβρυχίων καλωδίων της τελευταίας. Ο σταθμός ζεύξης των καλωδίων βρίσκεται στην τοποθεσία Μουγκρί (Νάξος) .



Εικόνα 2.3(Ζεύξη υποβρύχιων με εναέριες γραμμές, πηγή Panoramio)



Εικόνα 2.4(Ο Σταθμός ζεύξης των υποβρύχιων) με εναέριων γραμμών, πηγή από προσωπική έρευνα)



Εικόνα 2.5(Εσωτερικός χώρος του σταθμού (της Νάξου) άφιξης των υποβρύχιων γραμμών από την Πάρο, πηγή από προσωπική έρευνα)

2.6.3 Στοιχεία εναέριων γραμμών μεταφοράς

Τα στοιχεία που έχουν μοντελοποιηθεί στο πρόγραμμα Power World βασίστηκαν στο παρακάτω πίνακα. Το μήκος των γραμμών βασίστηκε από την χάραξη ευθειών που εφαρμόστηκε στο πρόγραμμα Google Earth από περιοχή σε περιοχή με μια προσαύξηση περίπου 1Km. Η προσαύξηση έγινε λόγω της καμπυλότητας και της υψομετρικής διαφοράς του εδάφους. Γίνεται η παραδοχή ότι οποιαδήποτε απόκλιση από άποψη μήκους είναι σχετικά μικρή και δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα τις εξομοίωσης. Επίσης τα στοιχεία των ζυγών του πίνακα που ακολουθεί χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση της μοντελοποίησης του συστήματος κάτι που θα συζητηθεί παρακάτω.

A/A	ΑΠΟ ΖΥΓΟ	ΠΡΟΣ ΖΥΓΟ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΜΗΚΟΣ (Km)	
1	Εργοστάσιο παραγωγής (Πάρος)	Νάουσα	1	3X95Cu	18	
2		Καμάρες	1		7	
3		Πάρος (πόλη)	1		4	
4		Αναχωρήσεις Πάρου-Αντίπαρος	1		17	
5		Καμάρι	1		17	
6		Αλυκή	1		0,05	
7		Λεύκες	1		5	
8		Αναχωρήσεις Πάρου-Ιου	2		20	
9		Αναχωρήσεις Πάρου-Νάξου	5		6	
10	Μουγκρί (Νάξος)	Αναχωρήσεις Νάξου-Ηρακλειά	1		17	
11		Σαγκρί	1		6	
12		Αναχωρήσεις Νάξου-Κουφονήσι	1		20	
13		Δαμαλάς	1		7	
14		Αιολικό Πάρκο Αμμομάξης	2 (και 1για την μεταξύ σύνδεση των ζυγών των 0,05 Km)		17	
15	Αιολικό Πάρκο Ευρόκαμπος	2	7			
16	Αφίξεις (Ιου)	Αιολικό Πάρκο Πελεκανιά	2		3X35Cu	7
17		Αιολικό Πάρκο Πύργος	2		7	

Πίνακας 2.4.1 (Στοιχεία των εναέριων γραμμών του δικτύου της Πάρου)

ΕΝΑΕΡΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ	3X95Cu	3X35Cu
Ωμική αντίσταση (R) (Ω/Km)	0,220	0,596
Επαγωγική αντίδραση (X)(Ω/Km)	0,358	0,393
Μέγιστο ρεύμα (Imax)(A)	352	185
Ονομαστική τάση (Vn) (KV)	15	15

Πίνακας 2.4.2 (Τεχνικά χαρακτηριστικά εναέριων καλωδίων διασύνδεσης, πηγή Δ.Ε.Η.)

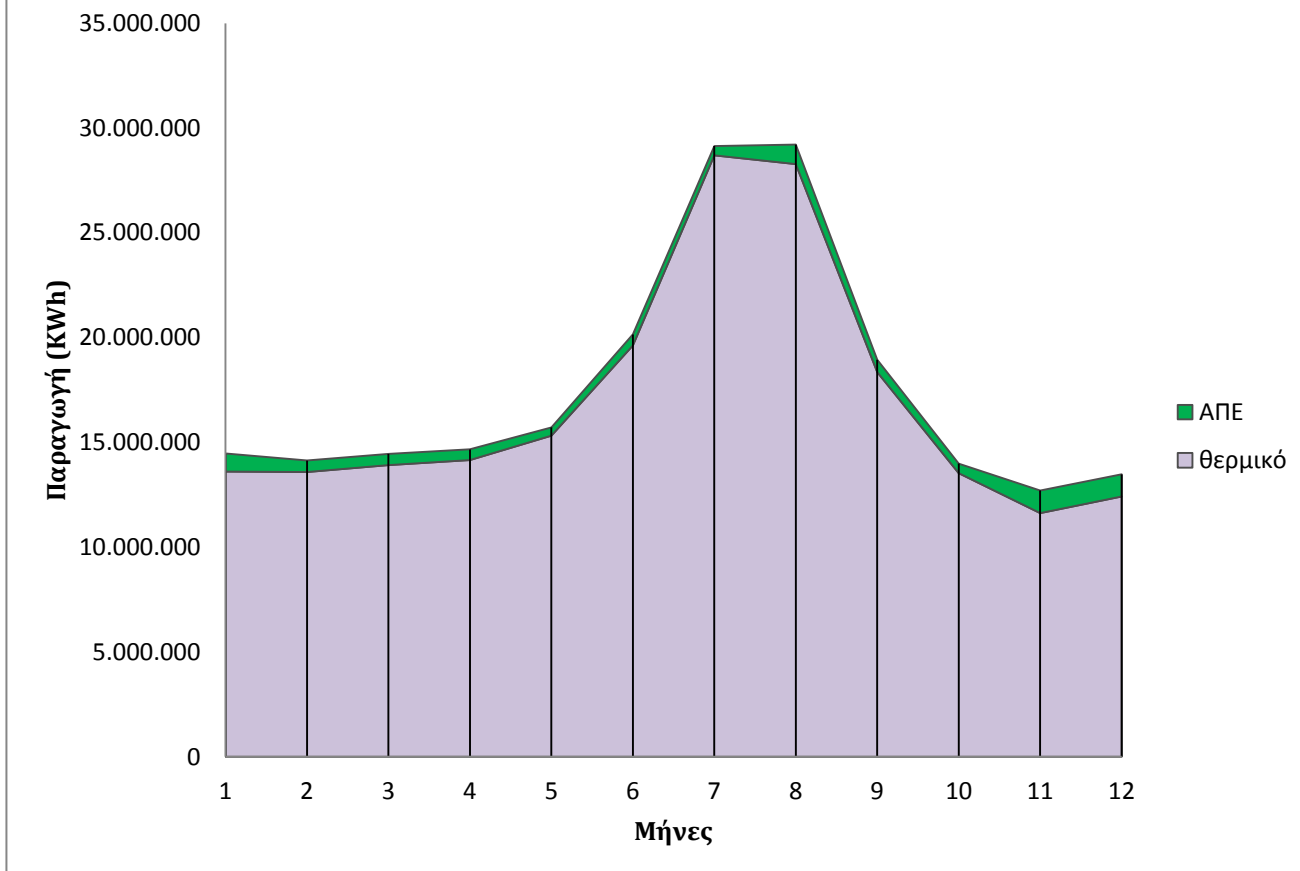
2.7 Δεδομένα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Σε αυτό το σημείο παρουσιάζονται πίνακες που αφορούν στην θερμική παραγωγή και την παραγωγή από ΑΠΕ στο σύστημα της Παροναζίας για το έτος 2009 και το πρώτο εξάμηνο του 2010. Δίνονται επίσης δεδομένα για την 09/08/2010 αναφορικά με την θερμική παραγωγή, και συγκεκριμένα από κάθε μηχανή ξεχωριστά, και παράλληλα την παραγωγή από ΑΠΕ την αντίστοιχη ώρα της ημέρας. Αναφέρονται επιπλέον στοιχεία σχετικά με το είδος καυσίμου που χρησιμοποιείται. Παρακάτω φαίνονται γραφήματα που αφορούν την μηνιαία παραγωγή από θερμικούς σταθμούς και από ΑΠΕ και το αντίστοιχο ημερήσιο γράφημα για την 09/08/2010.

ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (ΚΩΗ)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ 2009 (ΚΩΗ)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ Α.Π.Ε. 2009 (ΚΩΗ)	ΠΟΣΟΣΤΟ Α.Π.Ε. (%)	DIESEL ΛΕΒΗΤΑ (Kgr)	DIESEL ΜΟΝΑΔΩΝ (Kgr)	ΜΑΖΟΥΤ (Kgr)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (Kgr)
ΙΑΝ.	14.473.429	13.610.779	862.650	5,96%	0	19.091	2.734.892	2.753.983
ΦΕΒ.	14.139.657	13.586.877	552.780	3,91%	16.710	11.258	2.701.851	2.729.819
ΜΑΡ.	14.452.365	13.917.795	534.570	3,70%	24.230	3.856	2.710.593	2.738.679
ΑΠΡ.	14.672.415	14.158.932	513.483	3,50%	21.513	9.888	2.760.820	2.792.221
ΜΑΙ.	15.715.074	15.322.584	392.490	2,50%	24.352	17.401	3.014.653	3.056.406
ΙΟΥΝ.	20.156.127	19.626.361	529.766	2,63%	12.959	12.410	3.824.350	3.849.719
ΙΟΥΛ.	29.141.532	28.698.136	443.396	1,52%	0	524.188	5.258.071	5.782.259
ΑΥΓ.	29.213.131	28.280.860	932.271	3,19%	10.002	160.635	5.512.955	5.683.592
ΣΕΠΤ.	18.944.258	18.355.570	588.688	3,11%	18.569	9.986	3.568.486	3.597.041
ΟΚΤ.	13.987.220	13.532.357	454.863	3,25%	15.061	6.042	2.675.205	2.696.308
ΝΟΕ.	12.705.508	11.627.837	1.077.671	8,48%	17.897	15.585	2.313.576	2.347.058
ΔΕΚ.	13.480.636	12.420.616	1.060.020	7,86%	3.365	12.122	2.530.905	2.546.392
ΣΥΝ.	211.081.352	203.138.704	7.942.648	3,76%	164.658	802.462	39.606.357	40.573.477

Πίνακας 2.5.1 (Βασικά στοιχεία εκμετάλλευση ΑΣΠ Πάρου (ετήσια ανά μήνα) για το 2009, πηγή εργοστάσιο Πάρου)

Συνολική μηνιαία παραγωγή 2009



Γράφημα 2.2 Συνολική μηνιαία παραγωγή για το 2009

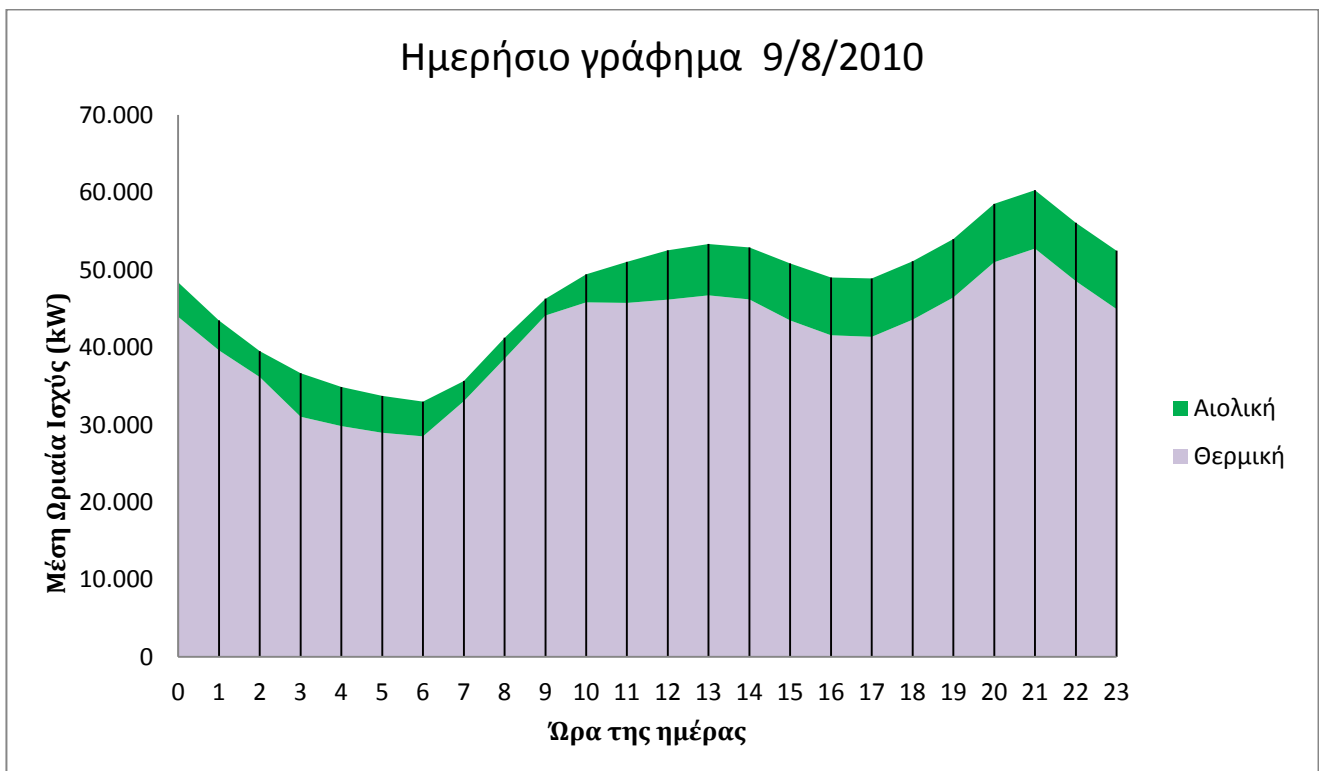
ΜΗΝΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (KWH)	ΠΟΣ. ΜΕΤΑΒ. ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΤΟ 2009 (%)	ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ 2010 (KWH)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ Α.Π.Ε. 2010 (KWH)	ΠΟΣΟΣΤΟ Α.Π.Ε. (%)	DIESEL ΛΕΒΗΤΑ (Kgr)	DIESEL ΜΟΝΑΔΩΝ (Kgr)	ΜΑΖΟΥΤ (Kgr)	ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΥΣΙΜΟΥ (Kgr)	ΠΟΣ.ΜΕΤΑΒ. ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ ΤΟ 2009 (%)
ΙΑΝ.	14.125.216	-2,41%	12.564.879	1.560.337	11,05%	7.579	5.891	2.543.868	2.557.338	-7,14%
ΦΕΒ.	13.507.445	-4,47%	10.733.686	2.773.759	20,54%	6.009	9.606	2.161.222	2.176.837	-20,26%
ΜΑΡ.	13.989.452	-3,20%	11.999.827	1.989.625	14,22%	26.722	4.904	2.435.070	2.466.696	-9,93%
ΑΠΡ.	14.424.093	-1,69%	12.380.653	2.043.440	14,17%	23.691	4.017	2.430.273	2.457.981	-11,97%
ΜΑΙ.	16.437.021	+4,59%	15.120.565	1.316.456	8,01%	27.978	11.439	2.935.872	2.975.289	-2,65%
ΙΟΥΝ.	20.233.365	+0,38%	18.041.562	2.191.803	10,83%	22.966	9.030	3.622.775	3.654.771	-5,06%
ΙΟΥΛ.										
ΑΥΓ.										
ΣΕΠΤ.										
ΟΚΤ.										
ΝΟΕ.										
ΔΕΚ.										
ΣΥΝ.	92.716.592	-0,95%	80.841.172	11.875.420	12,81%	114.95	44.887	16.129.080	16.288.912	-9,11%

Πίνακας 2.5.2 (Βασικά στοιχεία εκμετάλλευση ΑΣΠ Πάρου (ετήσια ανά μήνα¹) για το 2010, πηγή εργοστάσιο Πάρου)

⁽¹⁾ Τα στοιχεία του πίνακα 2.5.2 είναι ελλιπείς διότι η επίσκεψη στο εργοστάσιο της Πάρου έγινε τον μήνα Αύγουστο.

Μέση Ωριαία Ισχύς (KW)												
Ωρα	H/Z1	H/Z2	H/Z3	H/Z4	H/Z5	H/Z7	H/Z8	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Θερμική Παραγωγή	Αιολική Παραγωγή	Σύνολο
00:00	8.138	3.123	0	8.769	8.669	10.028	5.215	0	0	43.924	4.450	48.373
01:00	7.761	3.056	0	8.559	5.442	9.907	4.889	0	0	39.592	3.856	43.445
02:00	7.647	3.091	0	6.500	6.639	9.753	4.721	0	0	36.143	3.352	39.496
03:00	7.255	2.978	0	0	8.496	9.507	4.305	0	0	31.023	5.621	36.644
04:00	7.360	0	0	0	8.602	9.553	4.350	0	0	29.813	5.056	34.869
05:00	7.119	0	0	0	8.382	9.355	4.124	0	0	28.950	4.765	33.717
06:00	7.366	0	0	0	8.244	8.412	4.509	0	0	28.490	4.485	32.976
07:00	7.800	0	0	6.836	8.587	8.741	5.336	0	0	33.032	2.599	35.632
08:00	7.789	0	0	8.413	8.713	8.484	5.088	618	-36	38.528	2.690	41.219
09:00	8.134	2.132	0	9.072	9.624	10.010	5.536	415	-36	44.100	2.157	46.257
10:00	8.071	3.162	0	9.195	9.696	10.106	5.559	0	232	45.800	3.624	49.424
11:00	8.057	3.149	0	9.238	9.468	10.203	5.562	0	285	45.727	5.304	51.031
12:00	7.922	3.156	0	9.089	9.273	10.040	5.483	0	1.206	46.150	6.373	52.522
13:00	8.167	3.319	0	9.252	9.482	10.260	5.659	0	747	46.703	6.629	53.332
14:00	8.001	3.280	0	9.412	9.599	10.153	5.755	0	0	46.180	6.713	52.893
15:00	7.346	3.122	0	9.041	9.039	9.692	5.226	0	0	43.460	7.366	50.826
16:00	7.768	3.042	0	8.463	8.071	9.106	5.132	0	0	41.548	7.461	49.011
17:00	7.766	3.085	0	8.430	7.967	9.047	5.068	0	0	41.350	7.537	48.887
18:00	8.170	3.183	0	8.684	8.746	9.407	5.406	0	0	43.557	7.543	51.097
19:00	8.303	3.176	0	8.818	9.471	9.817	5.521	0	1.632	46.439	7.543	53.986
20:00	8.341	3.175	0	8.820	9.484	10.248	5.542	2.669	3.618	50.984	7.541	58.524
21:00	8.189	3.173	0	8.746	9.321	10.078	5.399	3.915	3.918	52.746	7.543	60.289
22:00	8.146	3.180	0	8.718	9.289	10.027	5.332	1.214	3.146	48.543	7.540	56.085
23:00	8.183	3.008	0	8.746	9.297	10.063	5.387	0	1.002	44.926	7.540	52.466

Πίνακας 2.6 (Ημερήσια αναφορά: Ωριαίες τιμές KW H/Z-A.Π.Ε.-Σύνολο για 09/08/2010)



Γράφημα 2.3 Συνολική ημερήσια παραγωγή της 09/08/2010

3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Αναφορά σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις Α.Π.Ε. συνδεδεμένων στο παρόν δίκτυο

Εισαγωγή

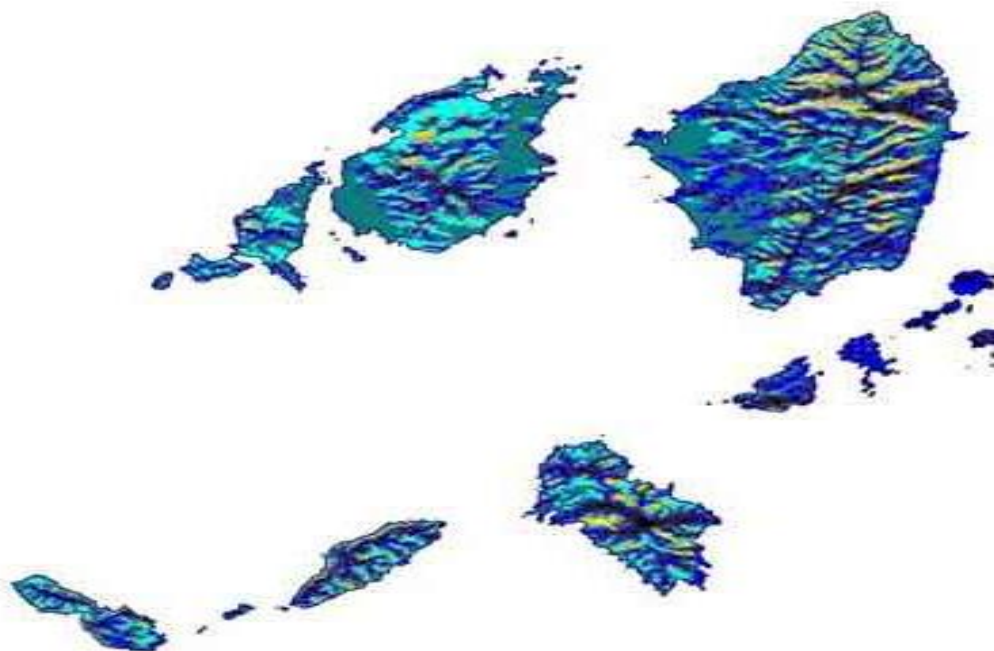
Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εγκαταστάσεις ΑΠΕ οι οποίες ήταν σε λειτουργία και παρείχαν ενέργεια στο σύστημα μέχρι και τις 10/08/2010. Επίσης παρατίθεται πλούσιο φωτογραφικό υλικό στο οποίο διακρίνονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις. Γίνεται επίσης ανάλυση σχετικά με το αιολικό και ηλιακό δυναμικό της συγκεκριμένης αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση του γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών (GIS). Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά σε ενεργειακά δεδομένα τα οποία εξάγονται από μετατροπείς διάφορων φωτοβολταϊκών μονάδων παραγωγής.

3.1 Περιγραφή των Α.Π.Ε. στις Κυκλάδες

Η ζήτηση ηλεκτρισμού αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου είτε λόγω της τουριστικής ανάπτυξης, είτε εξαιτίας της αύξησης των αναγκών του πληθυσμού και έτσι η ανάγκη για ενέργεια γίνεται όλο και πιο πιεστική. Η αύξηση της εγκατεστημένης ισχύς από νέες συμβατικές μονάδες παραγωγής θα ήταν μία λύση του προβλήματος αυτού. Όμως η λύση αυτή θα σήμαινε συνάμα και την αύξηση των αέριων ρύπων που συμβάλουν στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η ένταξη αιολικών και Φωτοβολταϊκών πάρκων στο σύστημα μπορεί να συμβάλει ικανοποιητικά στη παραγωγή. Οι ενδείξεις των συστημάτων ελέγχου του δικτύου δείχνουν ότι η ενέργεια που παράγεται από ΑΠΕ είναι αξιόλογη και βοηθάει αρκετά στην μείωση των ρύπων. Ευνόητο είναι ότι με την αύξηση της διείσδυσης των ΑΠΕ θα μειωθεί η εκπομπή ρύπων.

➤ ΑΙΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Σε γεωγραφικές περιοχές όπως είναι οι Κυκλάδες, πρακτικό ενδιαφέρον όσον αφορά την πράσινη ενέργεια παρουσιάζει η εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού. Όπως είναι γνωστό στην περιοχή των Κυκλάδων το αιολικό δυναμικό είναι σημαντικό π.χ. τα μελέμια το καλοκαίρι καθώς επίσης και ισχυροί βόρειοι άνεμοι κυρίως των μηνών Φεβρουαρίου και Μαρτίου το κρατούν σε ικανοποιητικά επίπεδα λειτουργίας των Α\Γ. Συγκριτικά, ο στρωτός άνεμος που έρχεται από την θάλασσα δίνει το πλεονέκτημα της ποιότητας σε σχέση με άλλες περιοχές όπου η εγκατάσταση των αιολικών παρκών γίνεται σε βουνοκορφές. Το αποτέλεσμα είναι να αποφεύγονται τοπικά μετεωρολογικά φαινόμενα όπως οι δίνες του ανέμου πάνω στις ανεμογεννήτριες που δημιουργούνται από τις γύρω οροσειρές. Όσον αφορά την ανάπτυξη των αιολικών παρκών κατά τους θερινούς μήνες όπου η ζήτηση φτάνει σε υψηλά επίπεδα είναι ότι υπάρχει δυνατότητα εγκατάστασης και εκμετάλλευσης ακόμη μεγαλύτερης ισχύος αιολικών παρκών.



Χάρτης 3.1 (Χάρτης με εκμεταλλεύσιμο αιολικό δυναμικό περιοχών του δικτύου της Πάρου, πηγή Κ.Α.Π.Ε.)

Όμως κατά την διάρκεια του χειμώνα η ζήτηση είναι περιορισμένη με αποτέλεσμα ακόμη και στα υπάρχοντα αιολικά πάρκα, να μην είναι δυνατή η μέγιστη απορρόφηση ισχύος από τα αυτά διότι πρέπει να τηρείται ο συντελεστής διείσδυσης του 30%. Αυτό επιβάλλεται για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα του συστήματος (σταθερή τάση και συχνότητα). Συμπέρασμα είναι ότι η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου επιτρέπει

περιορισμένη ανάπτυξη αιολικών μονάδων παραγωγής, κατά τους θερινούς μήνες όπου η ζήτηση είναι σε υψηλά επίπεδα, σε αντίθεση με τους υπόλοιπους.

Επίσης γίνεται αντιληπτό ότι σε περίπτωση διασύνδεσης με το ηπειρωτικό δίκτυο θα προέκυπτε το εξής πλεονέκτημα. Η εν δυνάμει παραγόμενη ενέργεια από Α.Π.Ε. που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί στο αυτόνομο δίκτυο θα μπορούσε να διοχετευτεί στο διασυνδεδεμένο. Μειώνοντας έτσι τόσο το κόστος παραγωγής ενέργειας αλλά ταυτόχρονα και τις εκπομπές ρύπων στο περιβάλλον.

3.2 Περιγραφή των Α.Π.Ε. στα εξεταζόμενα νησιά

Το κάθε νησί ξεχωριστά διαθέτει τις παρακάτω εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αιολικών παρκών:

Νήσος	Ισχύς πάρκου (MW)	Αριθμός ανεμογεννητριών	Κατασκευαστής ανεμογεννητριών	Ιδιοκτήτης	Ημερομηνία έκδοσης άδειας λειτουργίας	Περιοχή
Νάξος	1,2	2	ENERCON	ΜΕΛΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΛΦΑ ΑΕ	19/4/2004	Ξυρόκαμπος
	7,56	9	VESTAS	ΑΙΟΛΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΝΑΞΟΥ ΑΕ	2/2/2007	Αμμομάξη
Ίος	0,6	2	-	-	-	Πελεκανια
	0,6	1	-	-	-	Πύργος

Το κάθε νησί ξεχωριστά διαθέτει τις παρακάτω εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φωτοβολταϊκών παρκών:

Νήσος	Ισχύς πάρκου (KW)	Ιδιοκτήτης	Ημερομηνία έκδοσης άδειας λειτουργίας	Περιοχή
Νάξος	0,2	Συργιανός Μαρίνος ΚΣ	22/10/2008	Γαλανάδο
	100	Ηλιάδης Σ. Στυλ. & ΣΙΑ	3/9/2010	Σαγρί
	0,2	Θερμήσια Α.Ε.	7/9/2010	Δαμαλάς
	0,2	DEVELOP Α.Ε.	14/6/2010	Δαμαλάς
Σχοινούσα	0,2	Σχοινούσα Ενεργειακή	9/3/2009	Μύλος

Στο νησί της Νάξου έχουν εγκατασταθεί 2 αιολικά πάρκα. Το πρώτο αιολικό πάρκο στην τοποθεσία Ξυρόκαμπος είναι ιδιοκτησία της εταιρία ΜΕΛΚΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΛΦΑ Α.Ε. Όπως φαίνετε και στην φωτογραφία που παρατίθεται αποτελείται από 2 ανεμογεννήτριες τύπου E-40 της εταιρίας ENERCON, των 600KW έκαστη. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συγκεκριμένων ανεμογεννητριών όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου είναι: η κατώτερη ταχύτητα του ανέμου που αποκόβονται, 2,5m/s. Η ονομαστική ταχύτητα ανέμου, 12,5m/s ενώ η ανώτερη ταχύτητα ανέμου, 28 - 34m/s. Το συγκεκριμένο πάρκο είναι το μικρότερο στη Νάξο με ονομαστική ισχύς 1,2 MW. Το συγκεκριμένο πάρκο βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την πόλη του νησιού.



Εικόνα 3.1(Αιολικό πάρκο Ξυρόκαμπου εικόνα από προσωπική έρευνα)

Το δεύτερο αιολικό πάρκο βρίσκεται στο χωριό Κόρωνος ή Κορωνίδα στην ορεινή Νάξο και έχει εγκατασταθεί από την εταιρεία VESTAS. Ο αριθμός των ανεμογεννητριών που απαρτίζουν το πάρκο είναι 9 με ονομαστική ισχύς τα 850 KW κάθε μια. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φτάνει τα 7,56MW. Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των συγκεκριμένων ανεμογεννητριών όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου είναι: η κατώτερη ταχύτητα του ανέμου που αποκόβονται, 4m/s. Η ονομαστική ταχύτητα ανέμου, 16m/s ενώ, η ανώτερη ταχύτητα ανέμου 25m/s. Το αιολικό πάρκο της Κορώνου είναι το μεγαλύτερο σε ισχύς στο νησί και στο αυτόνομο δίκτυο της Πάρου. Βέβαια παρατηρώντας την φωτογραφία φαίνεται ότι σε μικρή απόσταση από το πάρκο βρίσκεται ένας ανεμόμυλος. Στοιχείο που μαρτυρά ότι οι κάτοικοι της περιοχής γνώριζαν από παλιά το υψηλό Αιολικό δυναμικό της περιοχής.



Εικόνα 3.2(Αιολικό πάρκο Κορώνου εικόνα από προσωπική έρευνα)

3.3 Τα οφέλη της αιολικής διείσδυσης στο σύστημα της Πάρου

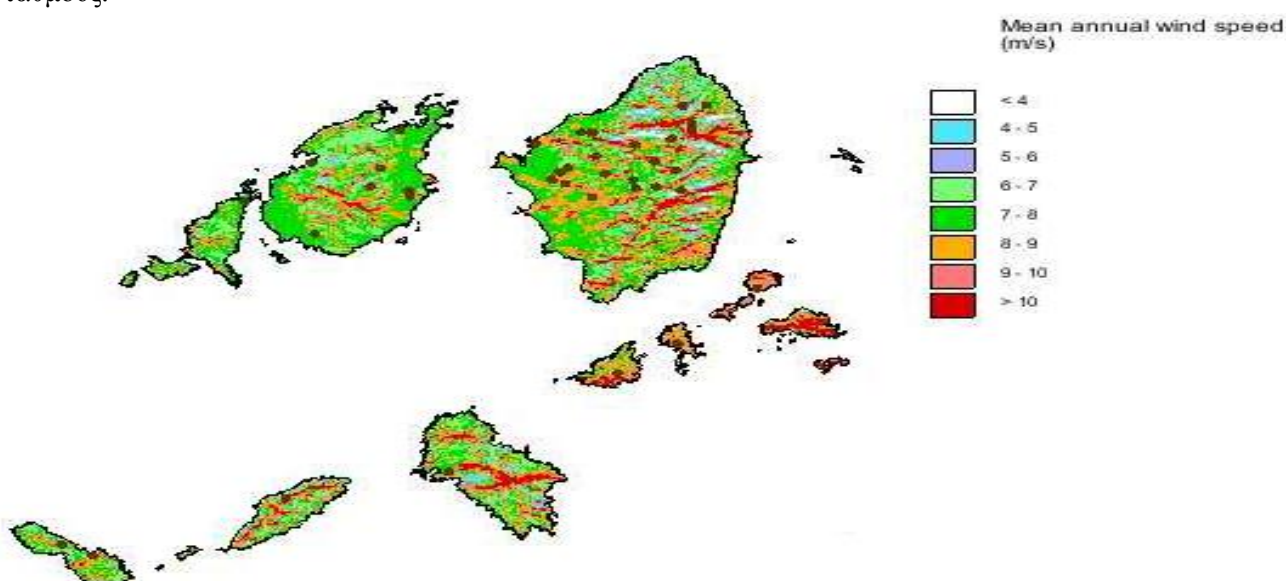
Διείσδυση των ΑΠΕ σε ένα σύστημα είναι ο λόγος της εγκατεστημένης ισχύς από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας προς την συνολική εγκατεστημένη ισχύ από θερμικές μονάδες. Αυτό είναι ένα μέγεθος το οποίο δείχνει την δυνατότητα των χειριστών του δικτύου να εξυπηρετήσουν όλο και περισσότερα φορτία με φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια. Αυτό το γεγονός είναι εξαιρετικά σημαντικό ιδιαίτερα μετά την υπογραφή της συνθήκης του Κιότο, σύμφωνα με την οποία κάθε χώρα έχει συγκεκριμένο όριο εκπομπής αερίων ρύπων. Αν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδος προέρχεται από λιγνίτη, ένα εξαιρετικά ρυπογόνο καύσιμο, η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ φαντάζει όλο και πιο σημαντική. Σε περίπτωση που η εκπομπή ρύπων ξεπεράσει τα όρια που τίθενται από την συνθήκη του Κιότο, η χώρα που τα ξεπερνά είτε πληρώνει πρόστιμο στην Ε.Ε. είτε εξαγοράζει το δικαίωμα εκπομπής ρύπων κάποιας άλλης χώρας. Και οι δύο εναλλακτικές είναι εξαιρετικά ακριβές για αυτό το λόγο η εκάστοτε κυβέρνηση δίνει κίνητρα για την ανάπτυξη των ΑΠΕ από ιδιώτες, όπως αναπτυξιακοί νόμοι, καλύτερη φορολογία και πολύ καλή ταρίφα για την πώληση της KWh.

Τα βασικά οφέλη της μεγάλης διείσδυσης των ΑΠΕ είναι:

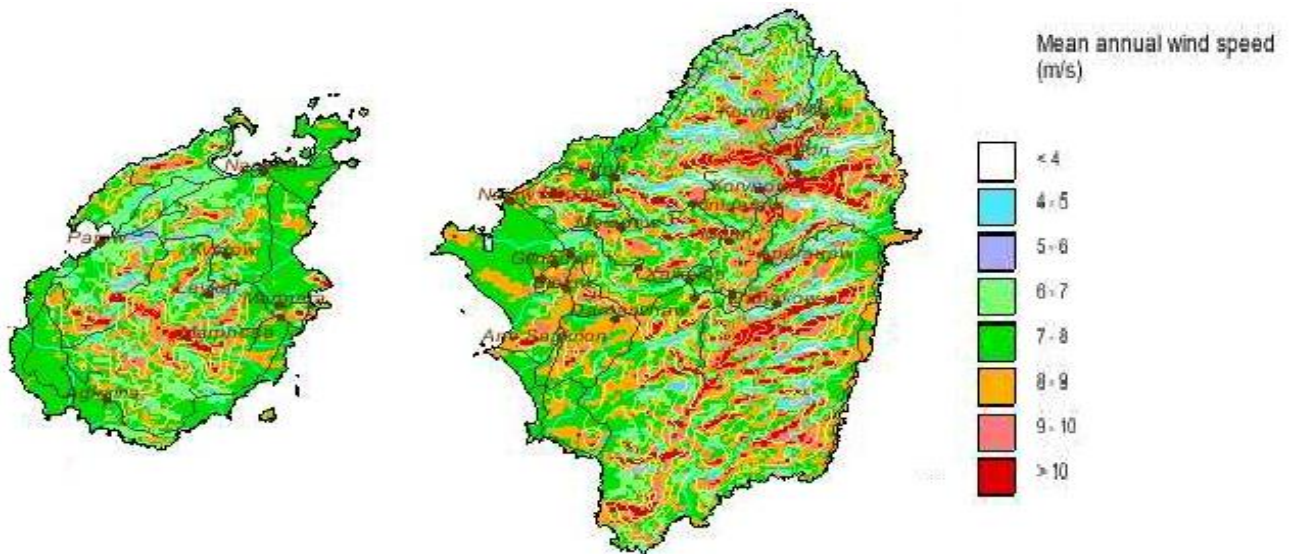
- Αξιοποίηση του μεγάλου αιολικού δυναμικού των Κυκλάδων (βλέπε χάρτη 3.1)
- Περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη από την μείωση των ρυπογόνων μονάδων
- Πηγή εσόδων για την τοπική κοινωνία
- Σταδιακή μείωση της καύσης πετρελαίου-στροφή στην πράσινη ενέργεια

Παρακάτω παρουσιάζονται χάρτες Αιολικού δυναμικού που αφορούν μέση τιμή ανέμου τόσο για το σύστημα της Παροναξίας όσο και για τον ευρύτερο Ελλαδικό χώρο. Παρόλο που οι παρακάτω χάρτες είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι στην εκτίμηση του Αιολικού δυναμικού δεν είναι δεσμευτικοί όσο αφορά την ενεργειακή παραγωγή από αιολικούς σταθμούς στα αντίστοιχα σημεία. Αυτό συμβαίνει επειδή η ενεργειακή παραγωγή από μία ανεμογεννήτρια εξαρτάται από τον κύβο της ταχύτητας ανέμου. Άρα για να γίνει σωστή εκτίμηση αιολικού δυναμικού απαιτούνται αναλυτικές χρονοσειρές ταχύτητας ανέμου.

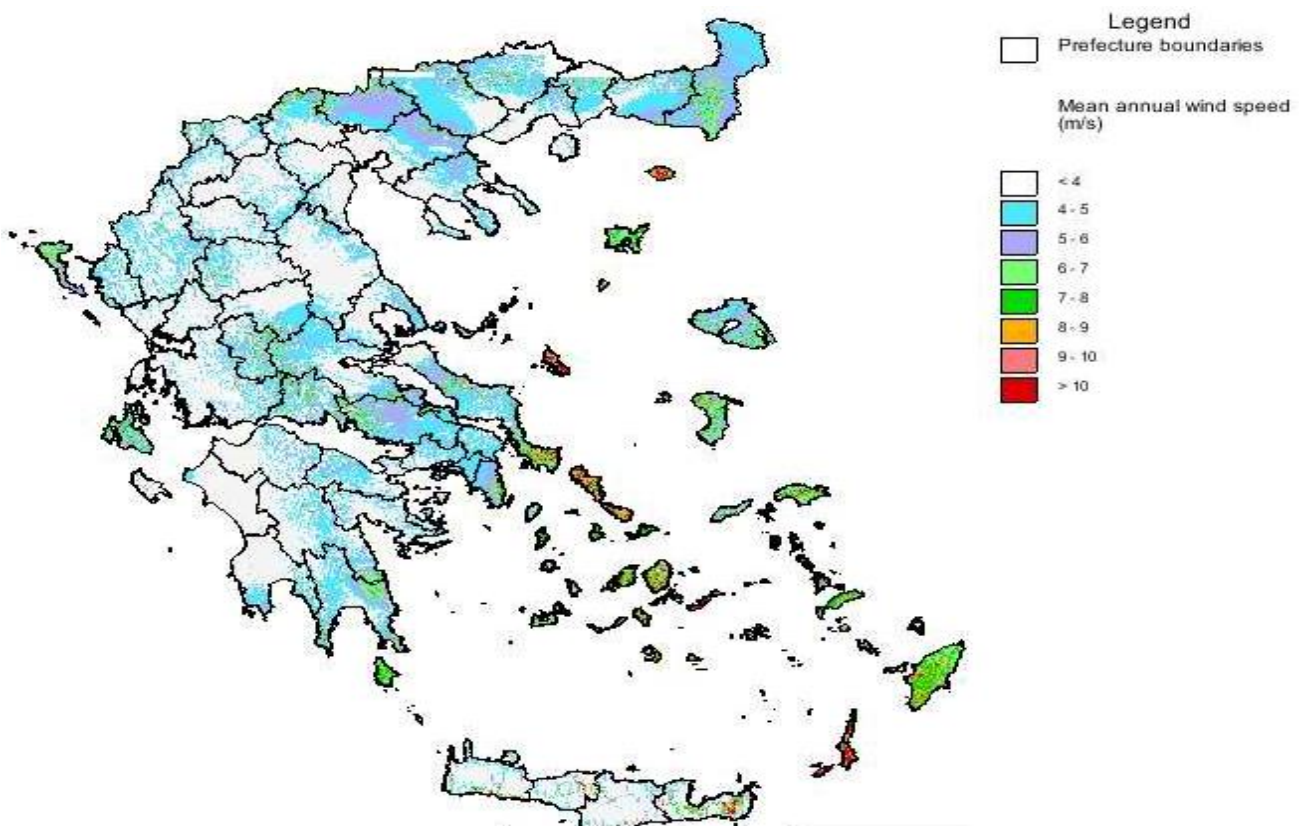
Παρόλα αυτά το γεωγραφικό ανάγλυφο και η θέση του συστήματος Παροναξίας εγγυάται σταθερούς σε ταχύτητα ανέμους και συνήθως χωρίς ριπές, η οποία είναι και η βέλτιστη ποιότητα ανέμου για Αιολικούς σταθμούς.



Χάρτης 3.2(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου του δικτύου της Πάρου, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ))



Χάρτης 3.3(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου της Πάροναξίας, λεπτομέρεια από προηγούμενο χάρτη, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ))

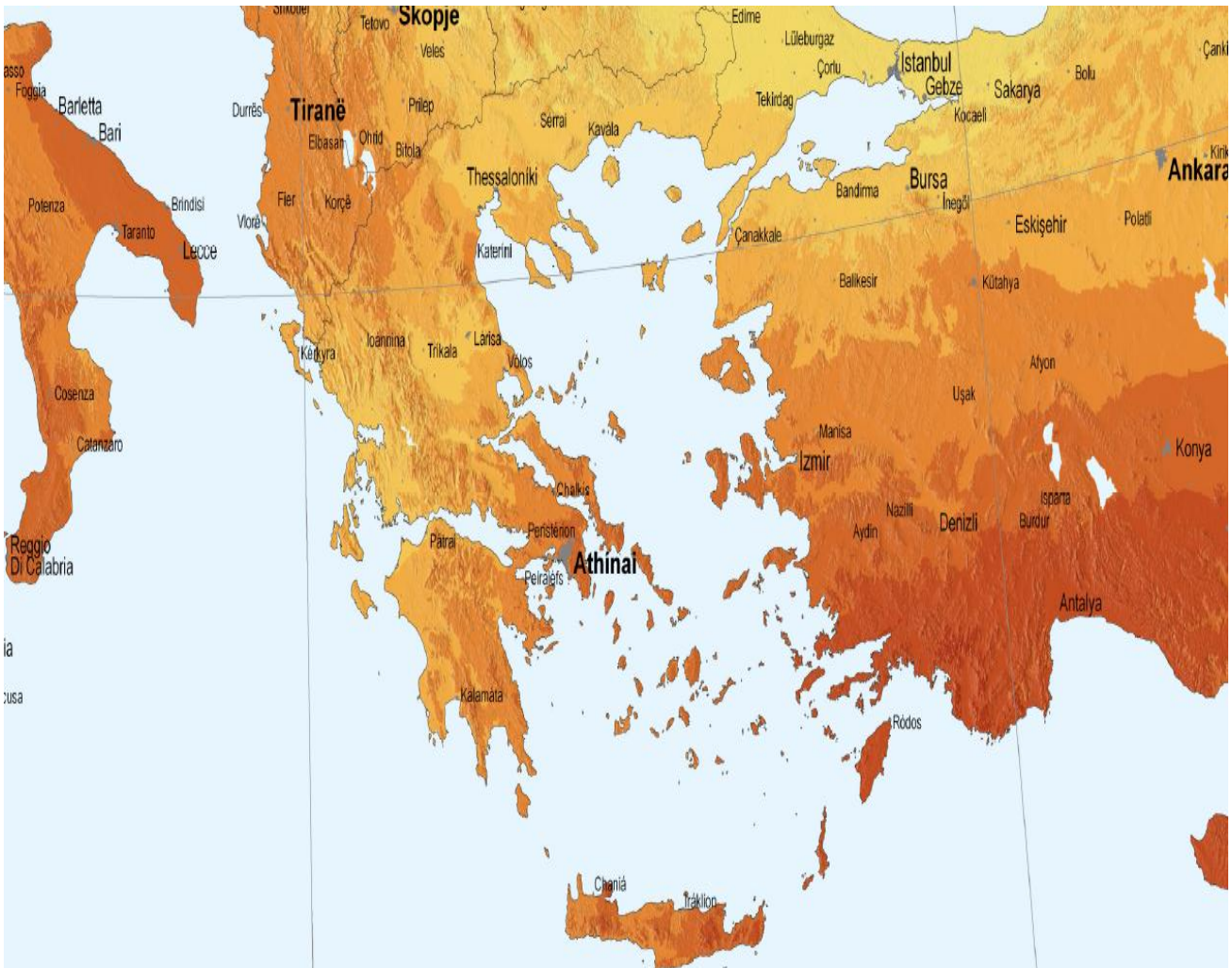


Χάρτης 3.4(Χάρτης μέσης ετήσιας ταχύτητας ανέμου της Ελλάδας, πηγή Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ))

Αυτό που παρατηρείται συγκρίνοντας τους τρεις τελευταίους χάρτες είναι ότι η μέση ταχύτητα ανέμου μεταξύ των 7-8m/s τους κατέχουν σε πλειοψηφία τα νησιά του Αιγαίου και συγκεκριμένα οι Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα. Η ταχύτητα αυτή είναι η βέλτιστη για την λειτουργία των αιολικών πάρκων.

➤ ΗΛΙΑΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ

Το ηλιακό δυναμικό είναι επίσης αξιόλογο σε αυτήν την περιοχή. Η εκμετάλλευση του δεν θα μπορούσε να αφήσει έξω την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών. Στην περιοχή των Κυκλάδων η ανάπτυξη μιας τέτοιου είδους τεχνολογίας ενδείκνυται. Αυτό συμβαίνει διότι οι ημέρες ηλιοφάνειας πλεονάζουν και αυτό σε συνδυασμό με τον άνεμο που πνέει στα νησιά συμβάλει στην βέλτιστη απόδοσή τους. Ως γνωστόν τα φωτοβολταϊκά έχουν αρνητικό θερμοκρασιακό συντελεστή. Η ψύξη λοιπόν, την οποία προσφέρουν οι πνοές ανέμου αυξάνει την απόδοση και κατ' επέκταση την παραγωγή των φωτοβολταϊκών πάρκων. Αυτό άλλωστε αποδεικνύεται από τα στοιχεία που έχουμε από τα δύο φωτοβολταϊκά πάρκα.



Χάρτης 3.5(Το ηλιακό δυναμικό της Ελλάδας και κατ' επέκταση των Κυκλάδων (πηγή JRC EUROPEAN COMMISSION από το internet)

Το πρώτο κατεξέτασιν πάρκο είναι εγκατεστημένο το χωριό Γαλανάδο*. Το συγκεκριμένο πάρκο έχει τοποθετηθεί στην επιχείρηση εμπορία ηλεκτρολογικού υλικού του κ. ΜΑΡΙΝΟΥ ΣΙΡΓΙΑΝΟΥ. Η συνολική ισχύς του πάρκου είναι 18,6KW. Τα πάνελς του πάρκου ήταν της εταιρείας SANTECHO (ΣΑΝ ΤΕΚΝΟ). Το αξιοσημείωτο είναι ότι στην Ελληνική ενεργειακή αγορά εμφανίστηκαν νέες εταιρείες από τις οποίες πολλές μέχρι και σήμερα είναι Ελληνικές. Το κόστος του πάρκου συνολικά ανέρχεται περίπου στα 150.000€. Το φωτοβολταϊκό πάρκο είναι συνδεδεμένο για τις ανάγκες της Δ.Ε.Η και είναι εγκατεστημένο στην ταράτσα της επιχείρησης όπου διατηρεί ο κ.Συριανός. Τα φωτοβολταϊκά πάνελς που έχουν χρησιμοποιηθεί στη παρούσα εγκατάσταση είναι πολυκρυσταλλικής δομής ενώ για την σύνδεση των πάνελς με τον πίνακα της Δ.Ε.Η.



Εικόνα 3.3 (Φωτοβολταϊκό πάρκο κ.Συργιανού, εικόνα από προσωπική έρευνα)

χρησιμοποιήθηκαν αντιστροφείς τον 6KVA έκαστος της σειράς Sunny Mini Central 6000TL. Επίσης υπάρχει και ένα σύστημα τηλεμετρίας και καταγραφής δεδομένων παρόμοιο με εκείνο του Δήμου Νάξου. Σύμφωνα με υπολογισμούς που έχουν γίνει για την ηλιοφάνεια της περιοχής της Νάξου το φωτοβολταϊκό σύστημα αποδίδει 26,360KWh ετησίως (τιμή διαφοροποιημένη από έτος σε έτος) στο ηλεκτρικό δίκτυο της Δ.Ε.Η.



Εικόνα 3.4 (Φωτοβολταϊκά πάρκα στο Δαμαλά της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα)

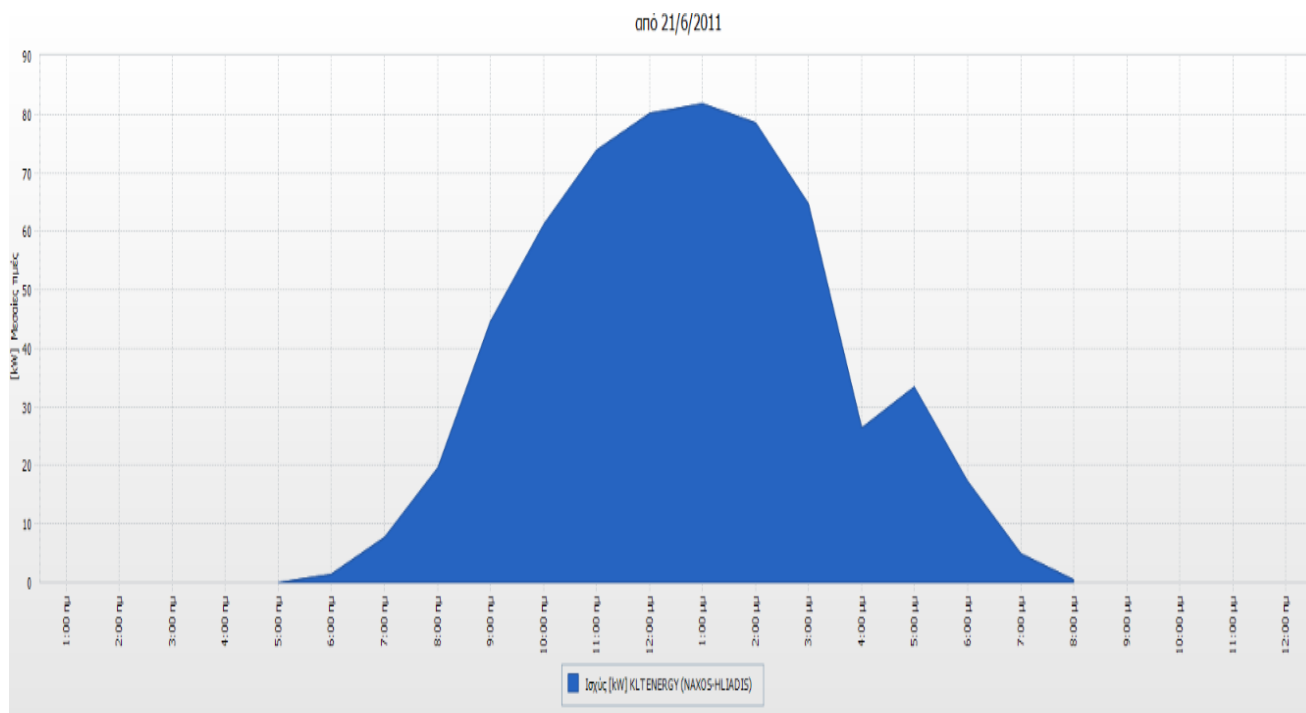
Το δεύτερο και το τρίτο εξεταζόμενο κατά σειρά πάρκο βρίσκεται στο χωριό Δαμαλά και έχουν εγκατεστημένη ισχύς 20KW έκαστος. Τα συγκεκριμένα πάρκα δεν διαθέτουν καταγραφικά τηλεμετρίας. Γεγονός που είναι πολύ συνηθισμένο σε εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος.



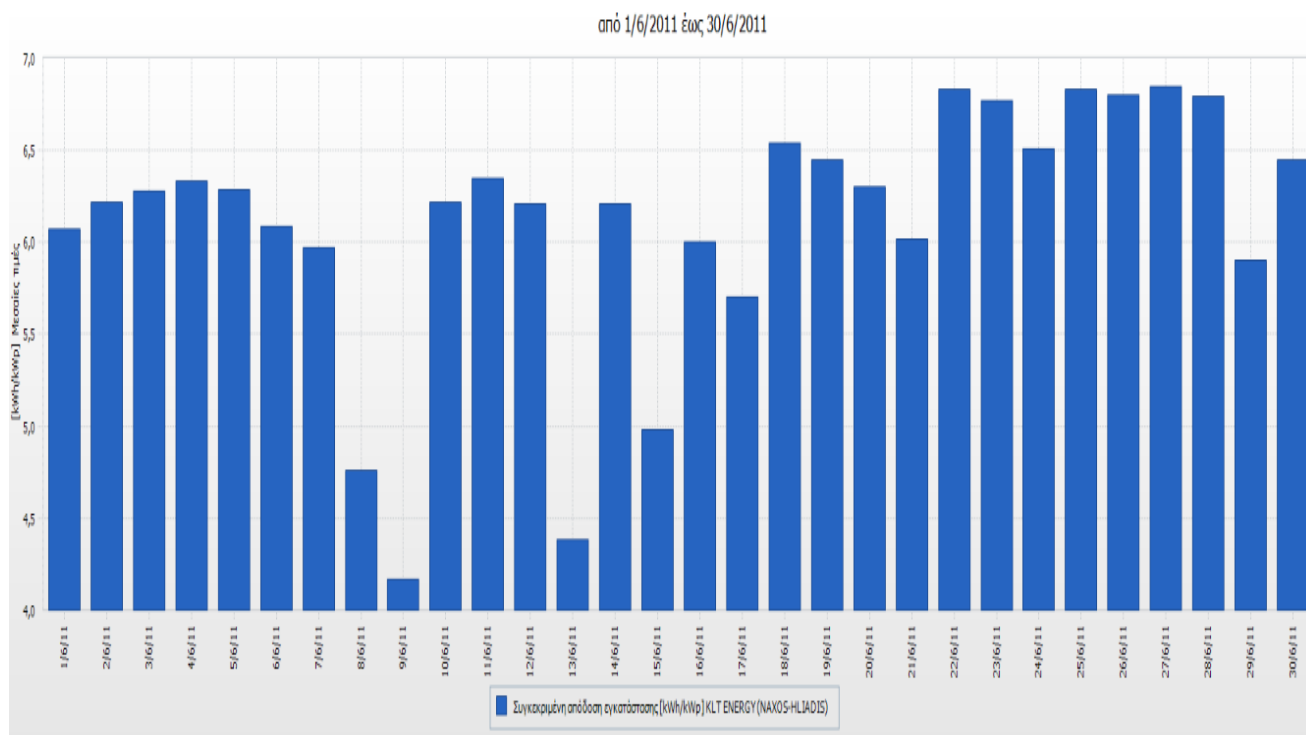
Εικόνα 3.5(Φωτοβολταϊκό πάρκο στο Σαγκρί της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα)

Το τέταρτο πάρκο βρίσκεται στο χωριό Σαγκρί και η εγκατεστημένη ισχύς του είναι 100KW.Το εν λόγω φωτοβολταϊκό πάρκο συνδέεται στην μέση τάση και διαθέτει αντιστροφείς τις Γερμανικής εταιρίας SMA τις σειράς Sunny boy. Οι συγκεκριμένοι αντιστροφείς προσφέρουν δυνατότητα τηλεμετρίας. Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα του πάρκου για επιλεγμένα χρονικά διαστήματα.

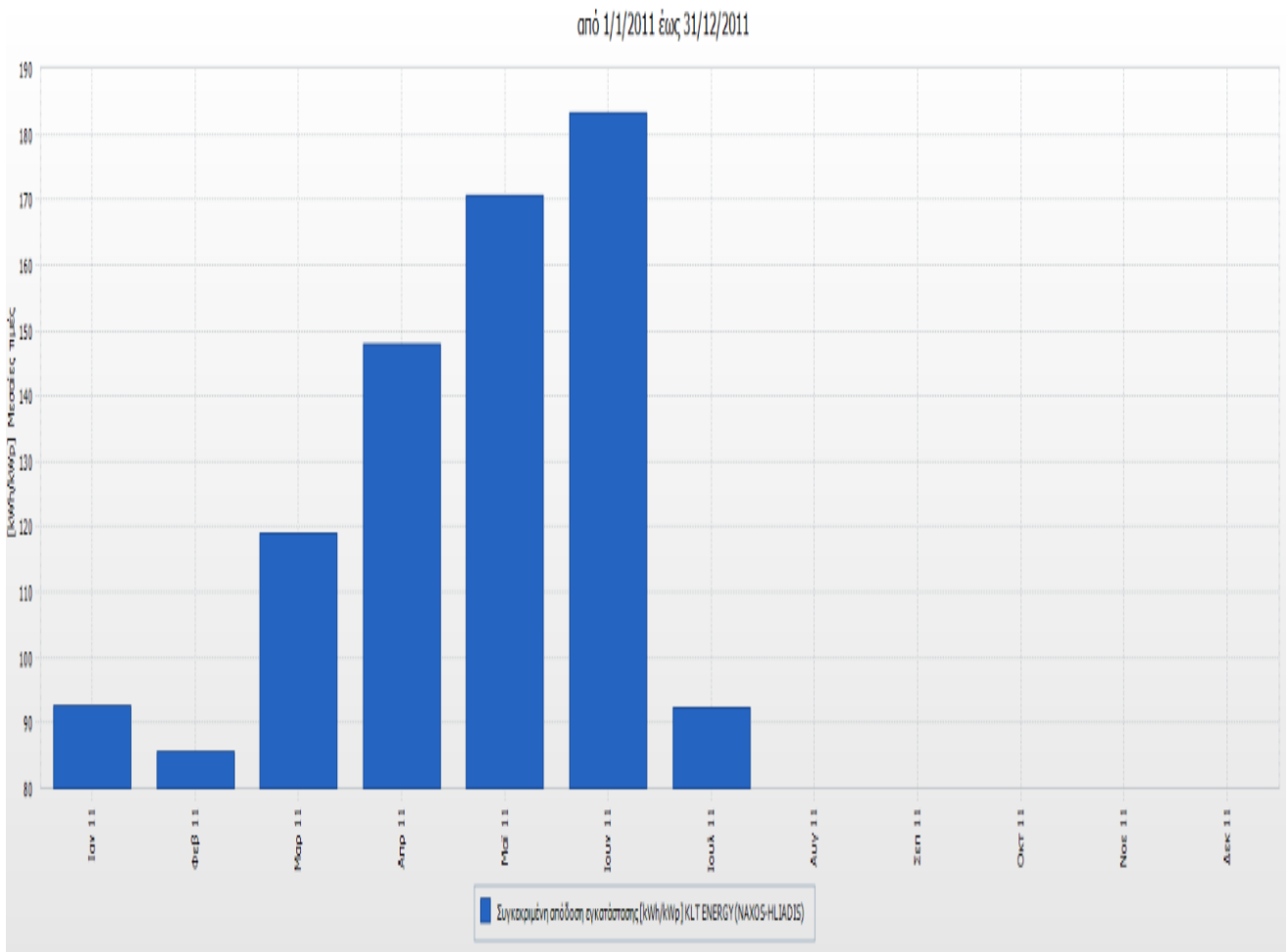
Τα γραφήματα που ακολουθούν είναι από την Φωτοβολταϊκή συστοιχία στο χωριό Σαγκρί.



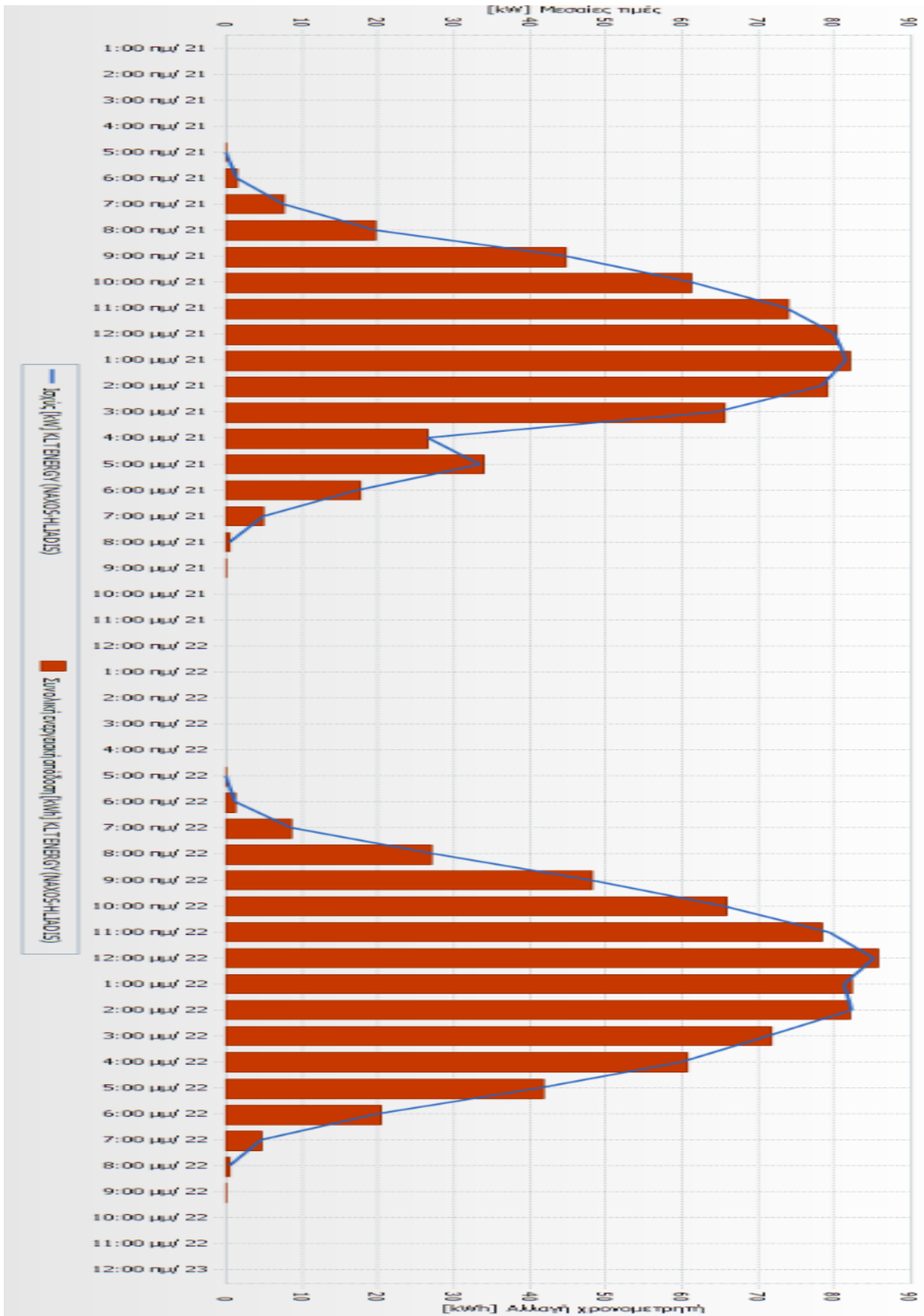
Γράφημα 3.1 (Αποτύπωση των μεσαίων τιμών στις 21/06/2011)



Γράφημα 3.2 (Μήνας μέγιστης ισχύος για το 2011)



Γράφημα 3.3 (Ηλιακή ακτινοβολία για το πρώτο εξάμηνο του 2011)



από 21/6/2011 έως 22/6/2011

Γράφημα 3.4 (Η ημέρα του θερινού ηλιοστασίου με την μεγαλύτερη διάρκεια της για το2011)

Η πέμπτη Φωτοβολταϊκή συστοιχία που εξετάζεται, βρίσκεται στην πόλη της Νάξου και είναι εγκατεστημένη στην ταράτσα του ΔΗΜΟΥ ΝΑΞΟΥ. Τα συγκεκριμένα ΦΒ είναι πολύ μικρής ισχύς μόλις 4KW και η ένταξή τους στην συγκεκριμένη εργασία έγινε μόνο επειδή είναι εξοπλισμένο με καταγραφικό και μετρητές



Εικόνα 3.6(Φωτοβολταϊκή συστοιχία του Δήμου Νάξου με θέα την πόλη και το λιμάνι της Νάξου, εικόνα από προσωπική έρευνα)

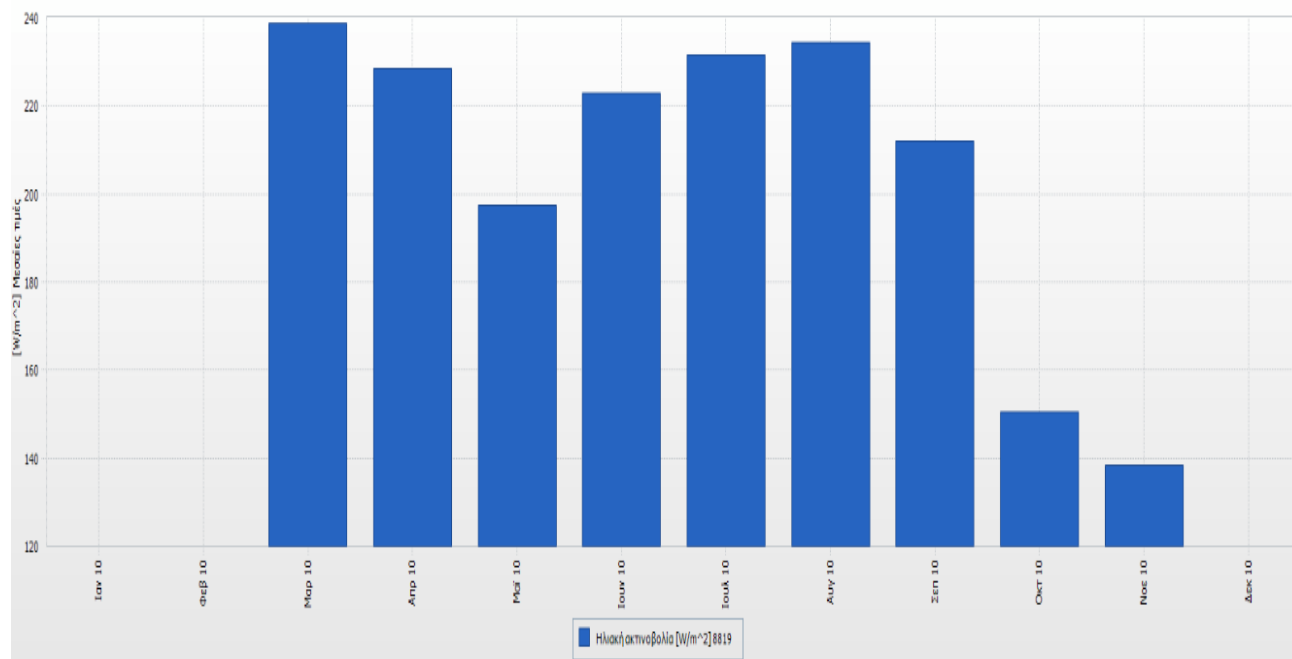
μετεωρολογικών δεδομένων καθώς και δεδομένων των ίδιων των ΦΒ, όπου θα βοηθήσουν στην κατανόηση του Ηλιακού δυναμικού της Νάξου. Το έργο αφορά την εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών πλαισίων για την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους δημόσιους λαμπτήρες φωτισμού του περιβάλλοντος χώρου του Δημαρχείου της Νάξου. Είναι η πρώτη Φωτοβολταϊκή συστοιχία που εγκαταστάθηκε σε δημόσιο κτήριο στην Νάξο και έχει μετεωρολογικούς μετρητές που μετράνε την θερμοκρασία των πάνελ, τον άνεμο και την ηλιακή ακτινοβολία. Τα ΦΒ έχουν εγκατασταθεί για να καλύπτουν ως επί το πλείστον ανάγκες του ΔΗΜΟΥ (Ο χώρος της Σφίγγας της Νάξου φωτίζεται με πράσινη ενέργεια από τα ΦΒ του Δήμου Νάξου). **Λόγω της μικρής εγκατεστημένης ισχύος της μονάδος αυτής δεν θα ληφθεί υπόψη στην μοντελοποίηση του συστήματος.** Η καταγραφή των δεδομένων ξεκίνησε στις 17/3/2010.



Χάρτης 3.6(Τοποθεσία πάρκου Δήμου Νάξου, πηγή ARCMAP)

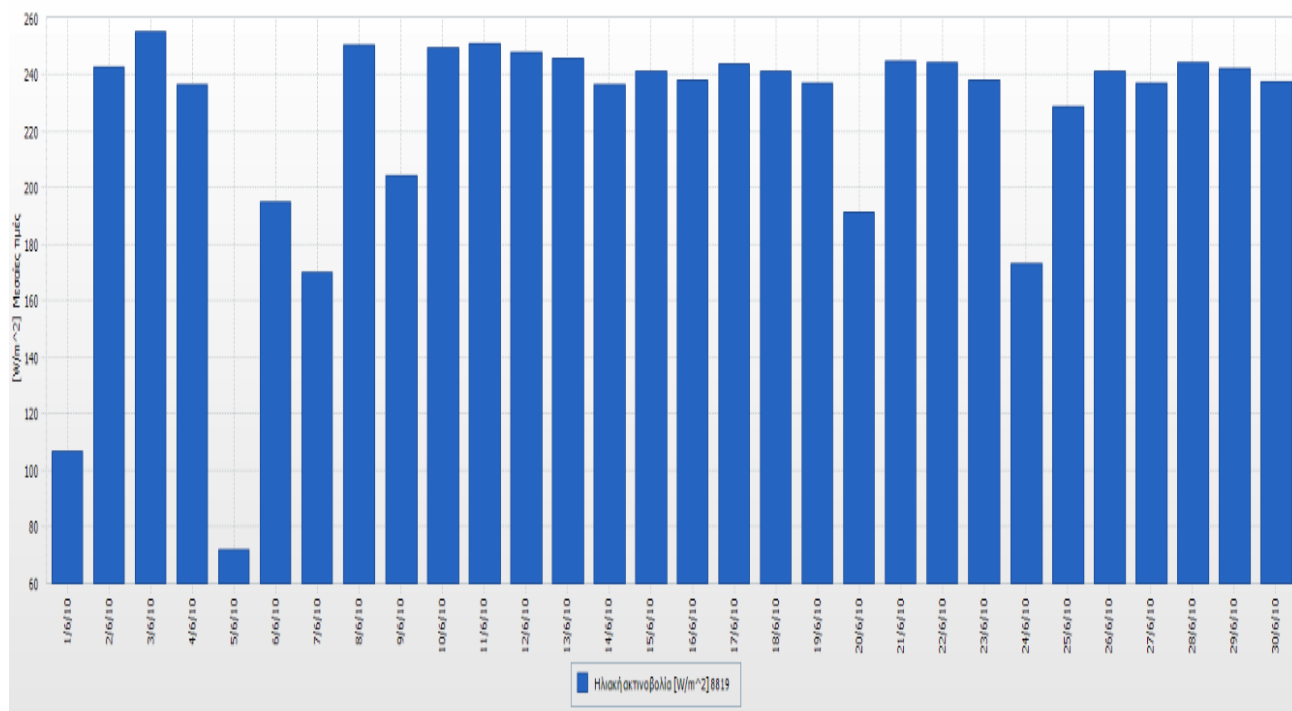
Τα γραφήματα που ακολουθούν είναι από την Φωτοβολταϊκή συστοιχία του Δήμου Νάξου.

Ετήσια Ηλ. Ακτινοβολία από 1/1/2010 έως 31/12/2010



Γράφημα 3.5 (Ετήσια ηλιακή ακτινοβολία για το 2010)

Μηνιαία από 1/6/2010 έως 30/6/2010

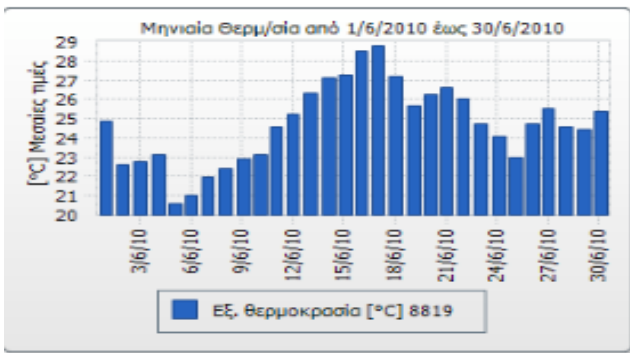


Γράφημα 3.6 (Μήνας μέγιστης ισχύος για το 2010)

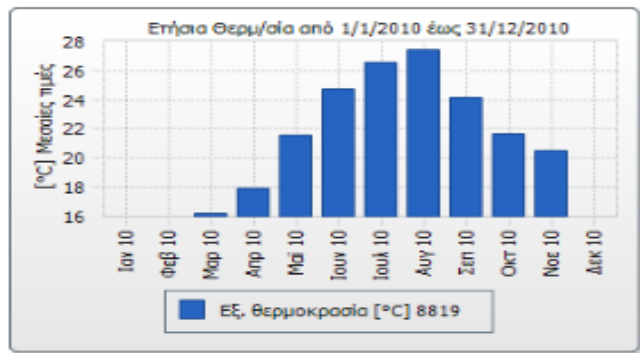
Οι θερμοκρασίες που παρατίθενται είναι θερμοκρασίες περιβάλλοντος από τα μετεωρολογικά όργανα που είναι τοποθετημένα δίπλα στα πάνελ και συγκεκριμένα από το θερινό ηλιοστάσιο και τον μήνα αυτού. Επίσης εμφανίζεται και η ετήσια θερμοκρασία περιβάλλοντος.



◀ 21/6/2010 ▶



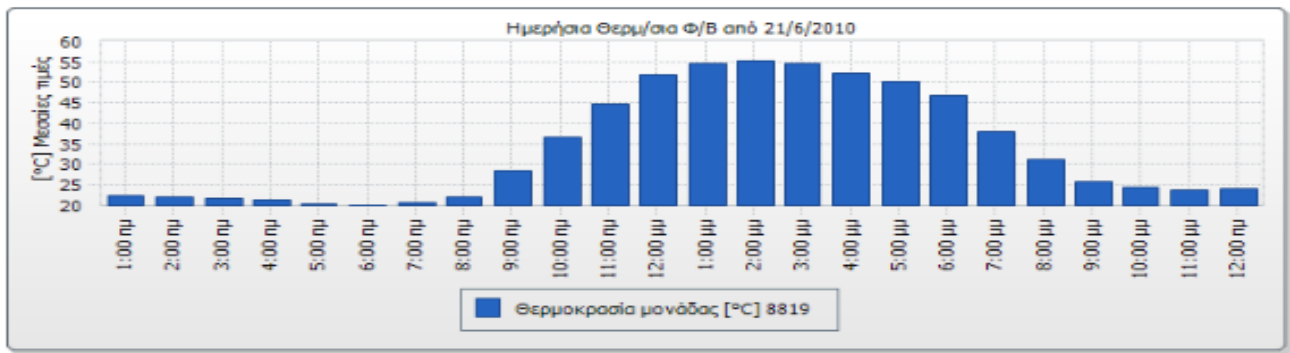
◀ 1/6/2010 - 30/6/2010 ▶



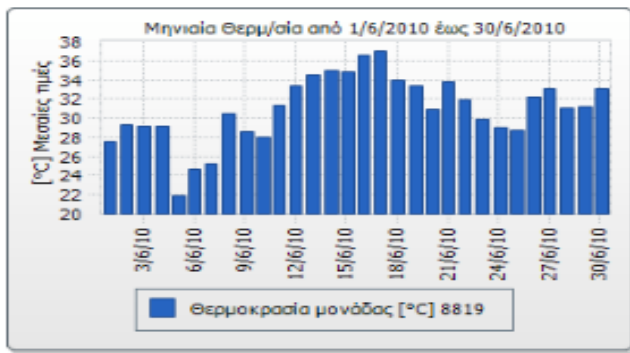
◀ 1/1/2010 - 31/12/2010 ▶

Γραφήματα 3.7 (Η ημερήσια, η μηνιαία και η ετήσια εξωτερική θερμοκρασία των ΦΒ)

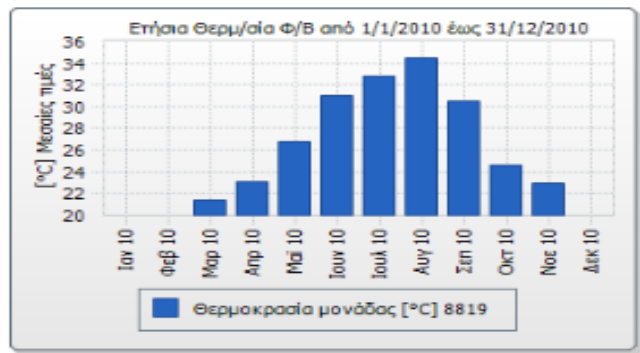
Οι θερμοκρασίες που παρατίθενται είναι αυτές που αναπτύσσονται στις Φ/Β κυψελίδες για τον μήνα του θερινού ηλιοστασίου.



◀ 21/6/2010 ▶



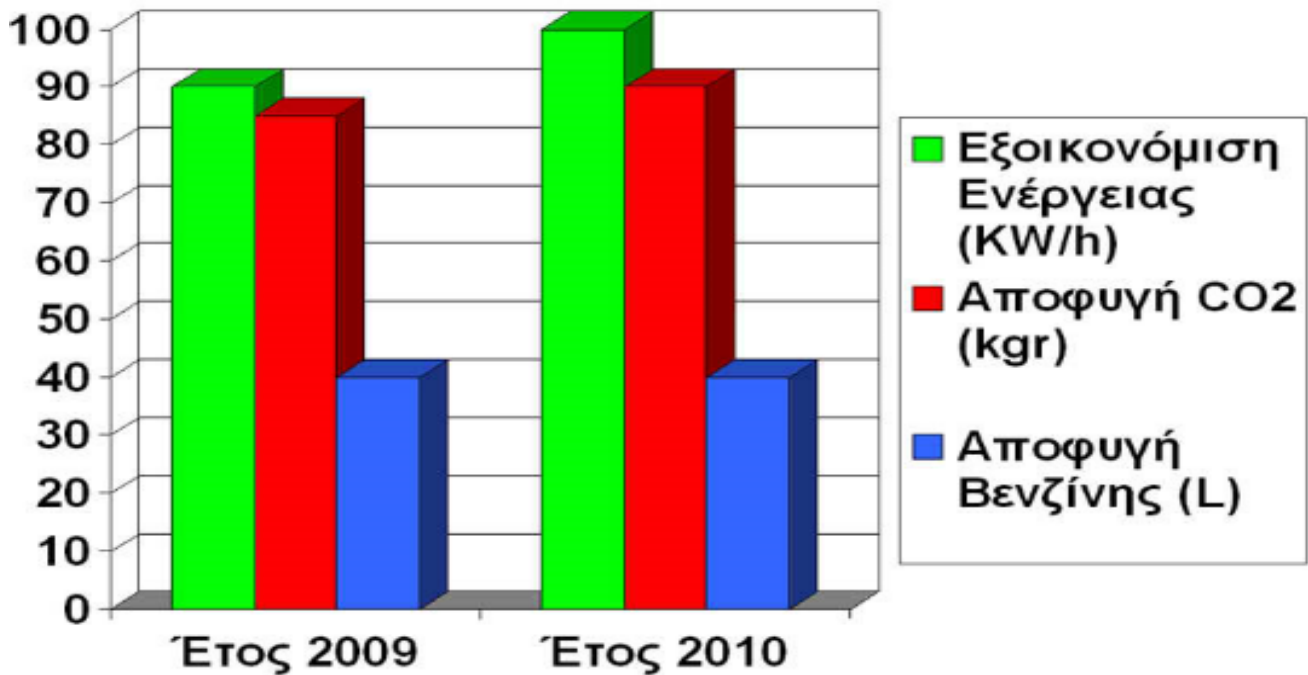
◀ 1/6/2010 - 30/6/2010 ▶



◀ 1/1/2010 - 31/12/2010 ▶

Γραφήματα 3.8 (Αποτύπωση των μεσαίων τιμών της 21/06/2010 και του μήνα αυτού καθώς η ετήσια αποτύπωση του 2010)

Γράφημα Συγκεντρωτικό

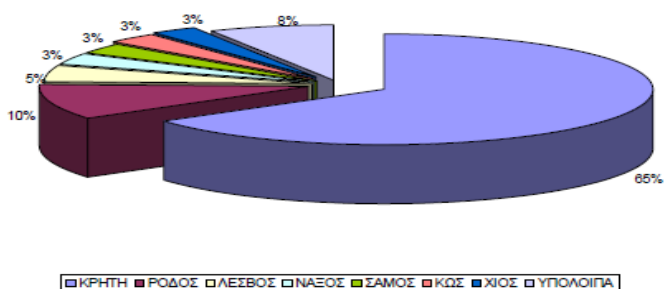


Γράφημα 3.9 (Περιβαλλοντολογικά ωφέλει από τα ΦΒ του Δήμου Νάξου, πηγή Sunny Portal)

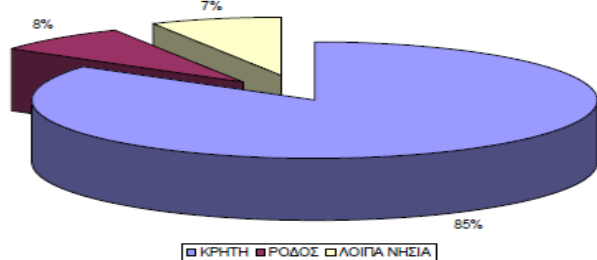
Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται η εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση λόγω της χρήσης Φ/Β γεννητριών. Όπως και η αποφυγή εκπομπής ρυπογόνων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, καθώς και των ορυκτών καυσίμων τα οποία τα παράγουν. Είναι ευνόητο ότι η χρήση Φ/Β συμβάλει στην μείωση της ρύπανσης παρόλο που το ενεργειακό τους αποτύπωμα διαρκεί τουλάχιστον δύο χρόνια (thin film, λεπτού υμενίου). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο χρόνος ζωής τους είναι τουλάχιστο δεκαπλάσιος του ενεργειακού αποτυπώματός τους.

Γεωγραφική Κατανομή Εγκατεστημένης Ισχύος (%) Μονάδων ΑΠΕ (Άρθρο 10 Ν3468/2006) στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά – Οκτωβρίου 2010

77 Αιολικά Πάρκα (Α/Π) Συνολικής Ισχύος 255,06 MW



383 Φωτοβολταϊκοί Σταθμοί (ΦΒ) Συνολικής Ισχύος 28,20 MW



ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΝΗΣΙ	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)		
	Α/Π	ΦΒ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	166,55	23,93	190,78*
ΡΟΔΟΣ	26,35	2,17	28,52
ΛΕΣΒΟΣ	11,85	0,47	12,32
ΝΑΞΟΣ	8,76	0,16	8,92
ΣΑΜΟΣ	7,68	0,07	7,75
ΚΩΣ	7,60	0,12	7,72
ΧΙΟΣ	7,12	0,14	7,26
ΥΠΟΛΟΙΠΑ**	19,15	1,14	20,29
ΣΥΝΟΛΟ ΜΔΝ	255,06	28,20	283,56

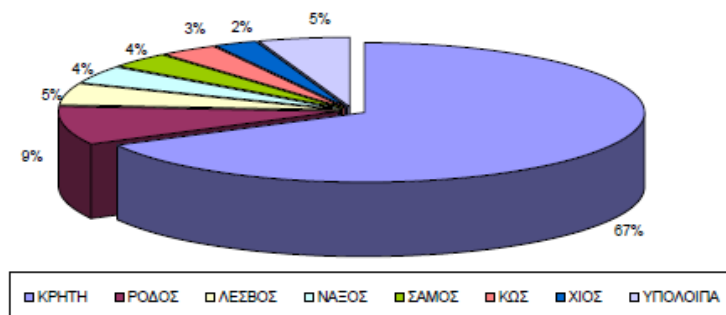
(*περιλαμβάνεται ένας ΜΥΗΣ 0,3 MW)

**ΣΥΡΟΣ, ΜΥΚΟΝΟΣ, ΙΟΣ, ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ, ΜΗΛΟΣ, ΚΥΘΝΟΣ, ΣΙΦΝΟΣ, ΣΥΜΗ, ΣΚΥΡΟΣ, ΚΑΡΠΑΘΟΣ, ΛΕΡΟΣ, ΠΑΤΜΟΣ, ΚΑΛΥΜΝΟΣ, ΙΚΑΡΙΑ, ΛΗΜΝΟΣ, ΨΑΡΑ.

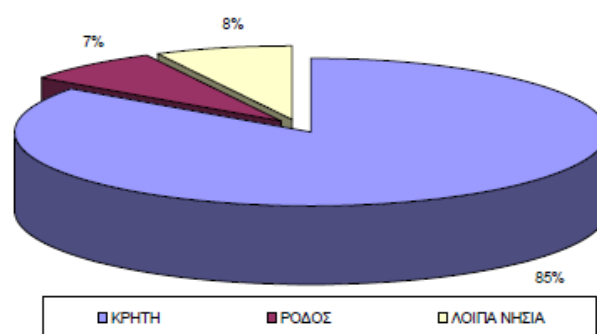
Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών

Γεωγραφική Κατανομή Ενέργειας (%) Μονάδων ΑΠΕ (Άρθρο 10 Ν3468/2006) στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά – Οκτωβρίου 2010

Συνολική Παραγωγή 77 Α/Π 53.079,36 MWh



Συνολική Παραγωγή 383 ΦΒ 3.585,44 MWh



ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΝΗΣΙ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MWh)		
	Α/Π	ΦΒ	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΕ
ΚΡΗΤΗ	35.646,64	3.047,94	38.734,38*
ΡΟΔΟΣ	4.821,60	265,85	5.087,45
ΛΕΣΒΟΣ	2.562,80	75,21	2.638,01
ΝΑΞΟΣ	2.226,45	19,73	2.246,18
ΣΑΜΟΣ	1.891,56	0,00	1.891,56
ΚΩΣ	1.809,60	16,66	1.826,26
ΧΙΟΣ	1.254,84	20,98	1.275,82
ΥΠΟΛΟΙΠΑ	2.865,87	139,07	3.004,94
ΣΥΝΟΛΟ ΜΔΝ	53.079,36	3.585,44	56.704,60

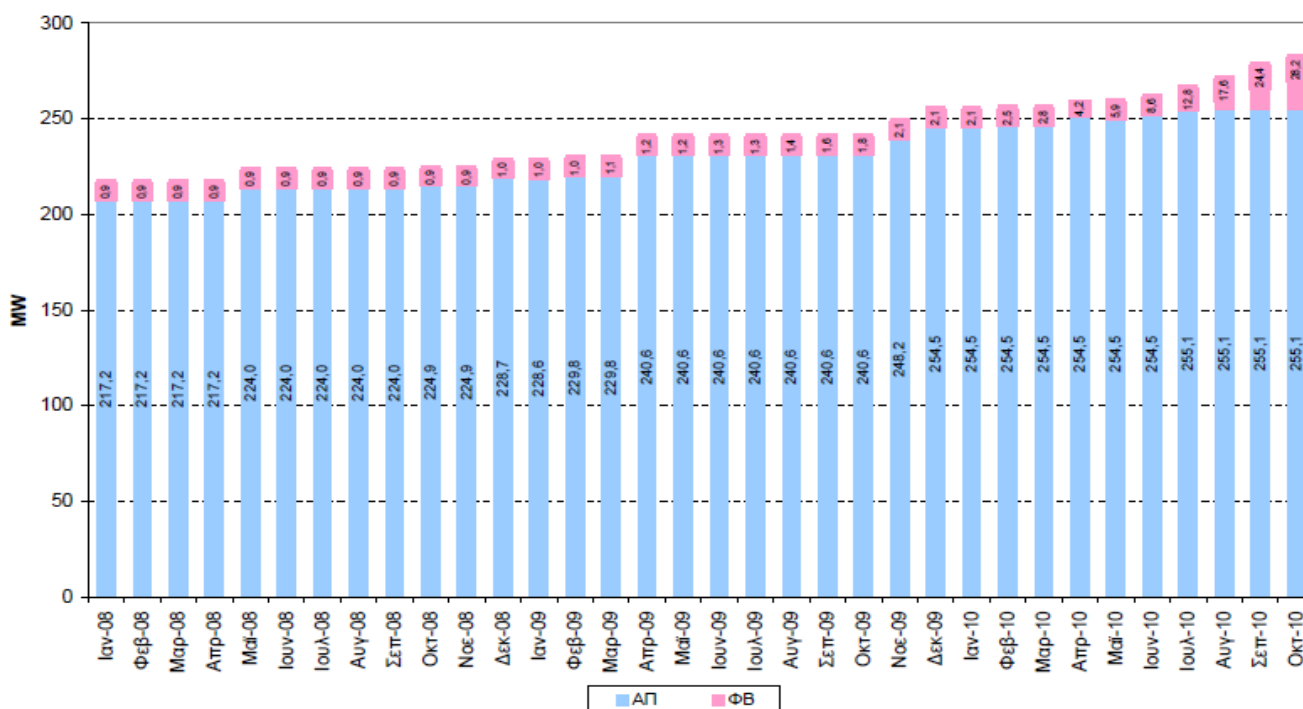
(*περιλαμβάνεται ενέργεια από έναν ΜΥΗΣ 39,80 MWh)

Διεύθυνση Διαχείρισης Νησιών

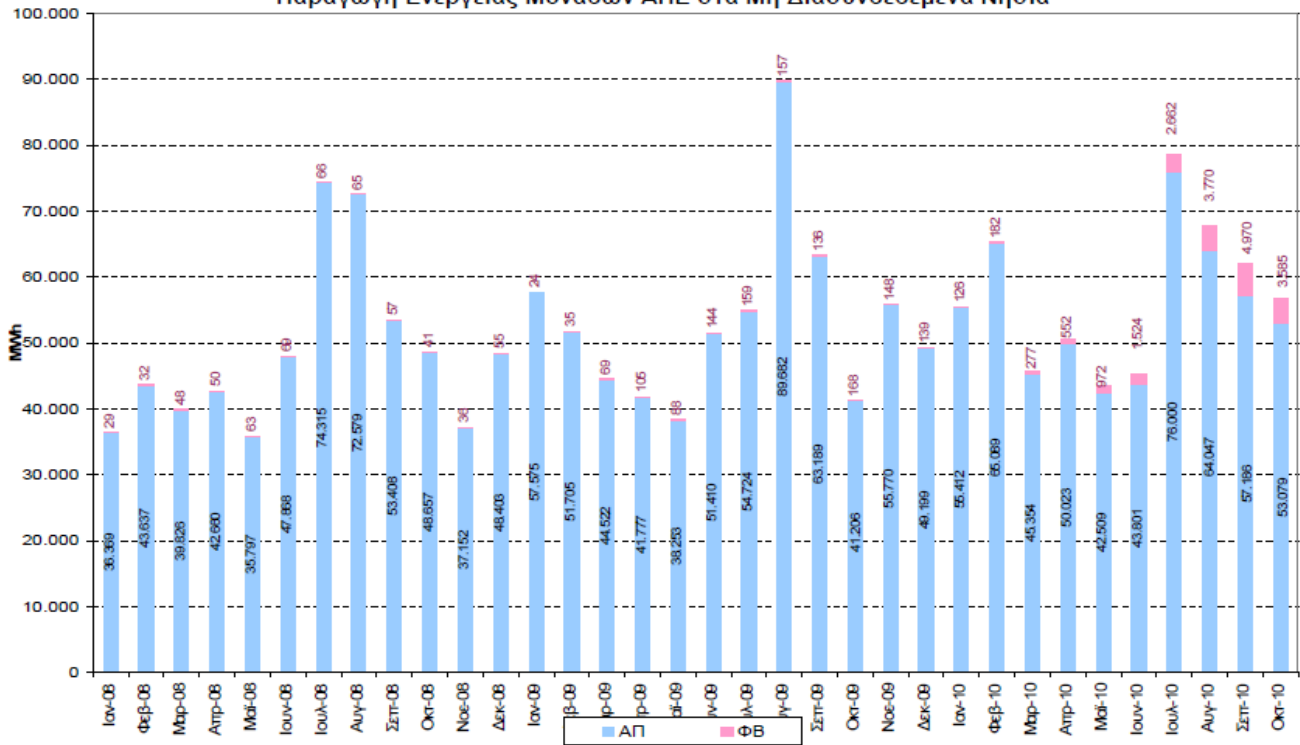
Συγκεντρωτικά Στοιχεία Μονάδων ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά για το Έτος 2010

ΜΗΝΑΣ	ΑΙΟΛΙΚΑ		ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ		ΥΔΡΗΛΕΚΤΡΙΚΑ		ΣΥΝΟΛΟ	
	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)	ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (MWh)
Ιανουάριος	254,46	55.412,42	2,14	125,73	0,30	48,55	256,90	55.586,70
Φεβρουάριος	254,46	65.088,63	2,46	182,47	0,30	0,00	257,22	65.271,10
Μάρπος	254,46	45.354,03	2,78	276,63	0,30	17,95	257,54	45.648,61
Απρίλιος	254,46	50.023,27	4,22	551,90	0,30	70,18	258,98	50.645,35
Μάιος	254,46	42.509,49	5,88	971,73	0,30	64,05	260,64	43.545,27
Ιούνιος	254,46	43.800,58	8,62	1.524,09	0,30	40,35	263,38	45.365,02
Ιούλιος	255,06	75.999,67	12,81	2.661,54	0,30	46,86	268,17	78.708,07
Αύγουστος	255,06	64.047,08	17,64	3.770,29	0,30	5,19	273,00	67.822,56
Σεπτέμβριος	255,06	57.186,19	24,40	4.969,63	0,30	27,14	279,76	62.182,96
Οκτώβριος	255,06	53.079,36	28,20	3.585,44	0,30	39,80	283,56	56.704,60
Νοέμβριος								
Δεκέμβριος								
Σύνολο		552.500,72		18.619,45		360,07		571.480,24

2008 - 2010 Εγκατεστημένη Ισχύς Μονάδων ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά



2008 - 2010
Παραγωγή Ενέργειας Μονάδων ΑΠΕ στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά



Όπως φαίνεται από τα παραπάνω γραφήματα η εγκατεστημένη ισχύς σε ΑΠΕ στο σύστημα της Παροναξίας είναι σημαντική, αφού η Ν. Νάξος ήταν τέταρτη σε παραγωγή και εγκατεστημένη ισχύ το 2010. Ενώ όλο και περισσότεροι επενδυτές προσελκύονται στο χώρο. Ακόμα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ‘πράσινης’ παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά οφείλεται σε Αιολικά ενώ η παραγωγή από Φ/Β αυξήθηκε μόνο την τελευταία πενταετία αλλά παραμένει εμφανώς μικρότερη από την Αιολική.

4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Συλλογή λειτουργικών δεδομένων για το εν λόγω σύστημα και ανάλυση του μαθηματικού μοντέλου

Εισαγωγή

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα στοιχεία του δικτύου, τα χαρακτηριστικά του φορτίου που αυτό εξυπηρετεί και γενικότερα στα δεδομένα φόρτισης τα οποία επικρατούσαν κατά την επίσκεψη του συγγραφέα στον ΑΣΠ Πάρου. Παρουσιάζονται ακόμα τα ημερήσια ελάχιστα και μέγιστα της τελευταίας τετραετίας. Τέλος γίνεται ανάλυση του μαθηματικού μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε, του μαθηματικού υπόβαθρου και των τεχνικών υπολογισμού που χρησιμοποιεί το Power World.

4.1 Ηλεκτρικά στοιχεία του εργοστασίου

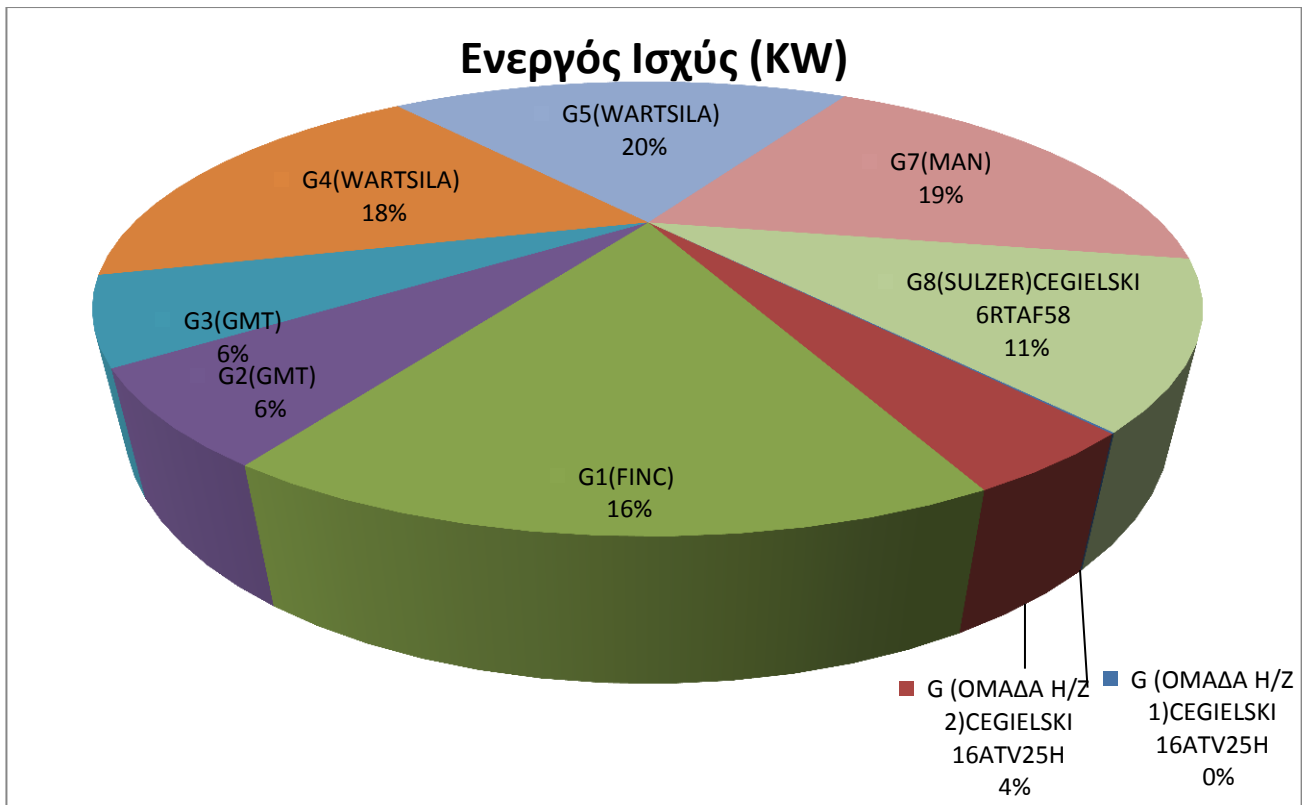
Την 09/08/2010 κατά την επίσκεψη του συγγραφέα στον ΑΣΠ Πάρου καταγράφηκαν τα παρακάτω δεδομένα σχετικά με τα ηλεκτρικά μεγέθη εξόδου του εργοστασίου. Η καταγραφή έγινε με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και προσοχή στις 13:36:47.

Μεγέθη	Δεδομένα
Ενεργός ισχύς (KW)	52.830
Άεργος ισχύς (KVAR)	25.161
Φαινόμενη ισχύς (KVA)	55.962
Τάση (KV)	15.735
Συχνότητα (Hz)	50.230
Συντελεστής ισχύος (Cosφ)	0.87

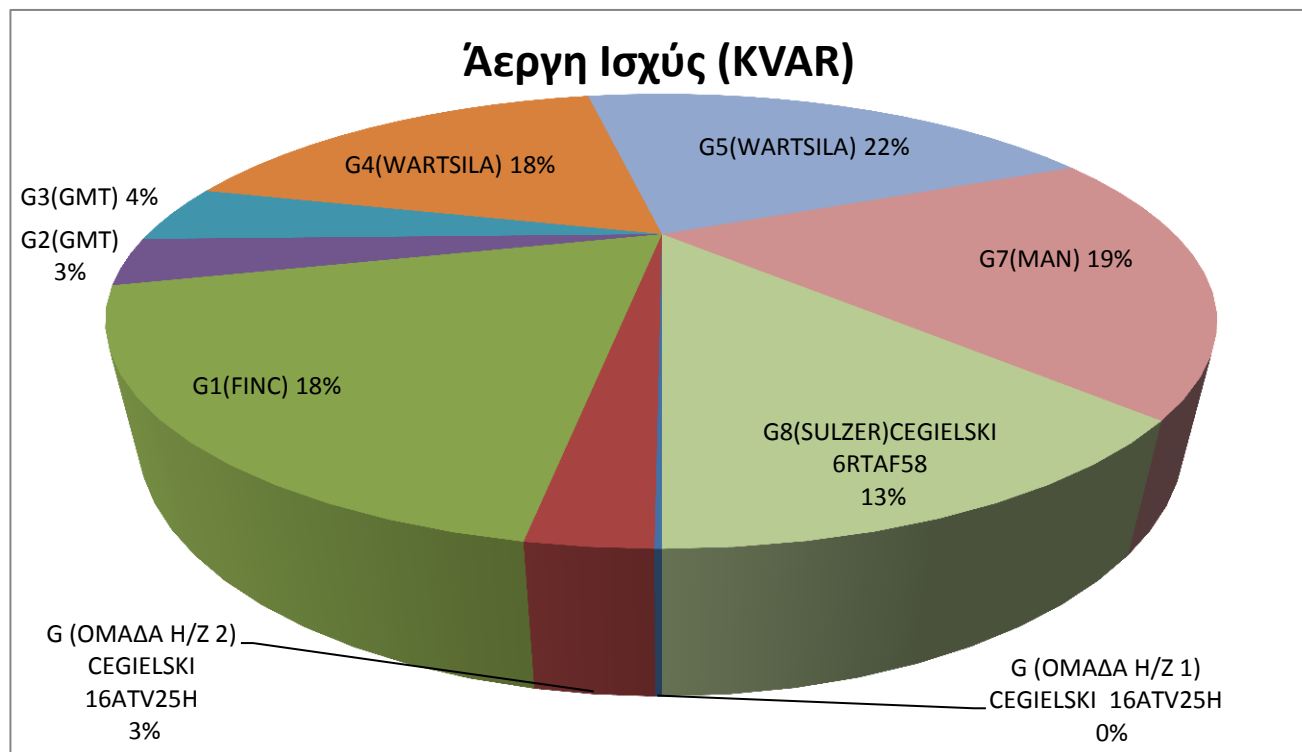
Ειδικότερα για κάθε μονάδα μετρήθηκαν

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΑΣΠ ΠΑΡΟΥ 10/8/2011					
ΓΕΝΗΤΡΙΕΣ	KW	KVAR	COSΦ	AMPS	ΦΟΡΤΗΣΗ(%)
G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ 1) CEGIELSKI 16ATV25H	-36	-36	-0,5	2	0
G (ΟΜΑΔΑ Η/Ζ 2) CEGIELSKI 16ATV25H	1950	637	0,95	76	16,2
G1(FINC)	7843	4646	0,86	802	73,1
G2(GMT)	3017	869	0,94	298	79,2
G3(GMT)	2942	1083	0,93	284	75
G4(WARTSILA)	8851	4504	0,89	880	85,4
G5(WARTSILA)	9497	5465	0,86	968	91,6
G7(MAN)	9475	4737	0,89	984	84,8
G8(SULZER) CEGIELSKI 6RTAF58	5452	3168	0,86	534	87
ΣΥΝΟΛΟ	48.991	25.073	0,89	4.828	

Τα παραπάνω δεδομένα παραγωγής από της επιμέρους μονάδες του σταθμού όσο αφορά την ενεργό και την άεργο ισχύ οπτικοποιούνται στα παρακάτω γραφήματα.



Γράφημα 4.1(Κατανομή ενεργού ισχύος στις επιμέρους μονάδες την 13:36:47 (10/08/2010))



Γράφημα 4.2(Κατανομή άεργου ισχύος στις επιμέρους μονάδες την 13:36:47 (10/08/2010))

Πέρα από τα δεδομένα φόρτισης των επιμέρους γεννητριών έγινε και καταγραφή των ισχύων αναχώρησης σε κάθε γραμμή εξόδου του σταθμού. Η καταγραφή αφορούσε πραγματική και άεργη ισχύ.

Για κάθε αναχώρηση μετρήθηκαν:

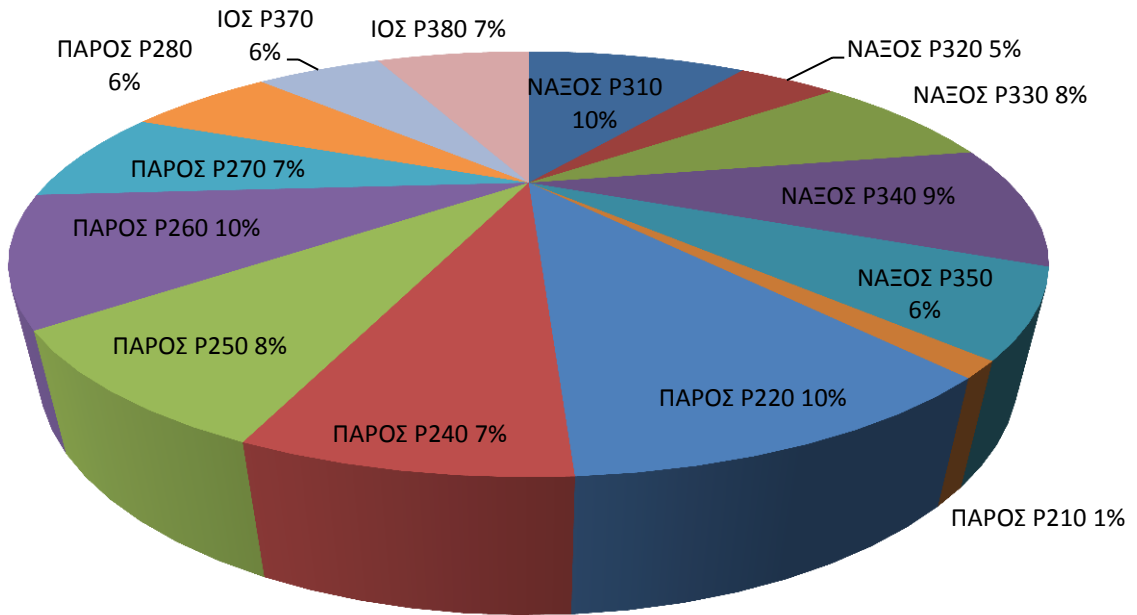
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΧΩΡΗΣΕΩΝ ΑΣΠ ΠΑΡΟΥ 10/8/2010

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΡΑΜΜΩΝ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΡΑΜΜΩΝ	ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ KW	ΑΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ KVAR	ΣΥΝΤ/ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ COSΦ	ΡΕΥΜΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ AMPS
ΝΑΞΟΣ	P310	4770	1818	0,93	187
	P320	2097	1836	0,75	102
	P330	3768	1992	0,88	156
	P340	4464	1860	0,92	177
	P350	2988	696	0,97	112
ΠΑΡΟΣ	P210	552	264	0,9	22
	P220	4932	2556	0,88	203
	P240	3468	1860	0,88	144
	P250	3876	984	0,96	146
	P260	4626	2187	0,9	187
	P270	3519	1468	0,92	139
	P280	2979	1377	0,9	120
ΙΟΣ	P370	2673	306	0,99	98
	P380	3339	1530	0,9	134
ΣΥΝΟΛΟ		48.051	20.734	0,92	1.927

Όσον αφορά την παραγωγή των αιολικών πάρκων του αυτόνομου δικτύου της Πάρου δεν είναι γνωστά τα στοιχεία της παραγόμενης ισχύς τους εκείνη την χρονική στιγμή (10/08/2010 και ώρα 13:36:47) εκτός από το αιολικό πάρκο της Αμμομάξης. Η παραγόμενη ενεργός ισχύς του πάρκου είναι 3411KW. Τα υπόλοιπα αιολικά πάρκα εκείνη την χρονική στιγμή ήταν σε 'Διαχείριση Set Point'. Η συνολική επιθυμητή διείσδυση των Α.Π.Ε. στο παρόν δίκτυο είναι 15.763KW αφού σύμφωνα με την νομοθεσία η διείσδυση των Α.Π.Ε. πρέπει να μην ξεπερνάει το 30% της συνολικής παραγόμενης ισχύος.

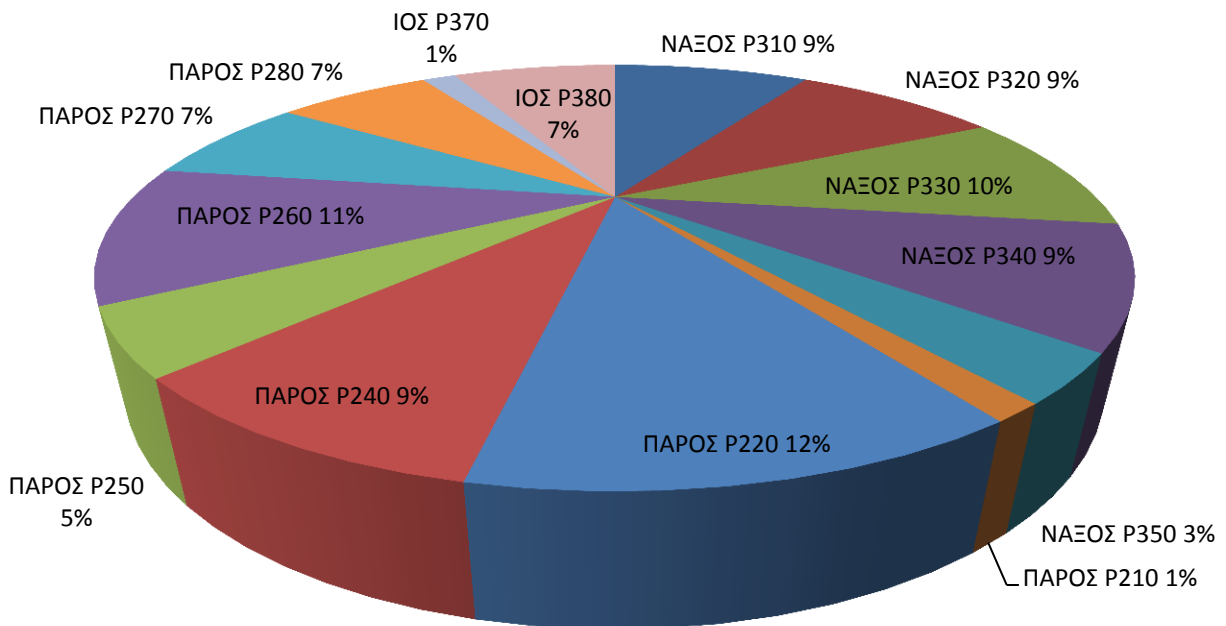
Τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα οπτικοποιούνται στα επόμενα δυο γραφήματα.

Ενεργός Ισχύς (KW)



Γράφημα 4.3(Κατανομή ενεργού ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47 (10/08/2010))

Άεργη Ισχύς (KVAR)



Γράφημα 4.4(Κατανομή αέργου ισχύος στις επιμέρους γραμμές την 13:36:47 (10/08/2010))

4.2 Δεδομένα δικτύου

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια όπως και στα άλλα αυτόνομα δίκτυα χαρακτηρίζεται από υψηλό κόστος. Αυτό συμβαίνει διότι η ζήτηση ενέργειας από αυτόνομους σταθμούς παραγωγής (Πάρος) εμφανίζει μεγάλες μεταβολές από μήνα σε μήνα. Λόγω του τουριστικού χαρακτήρα των νησιών αυτών οι μεταβολές γίνονται ακόμα πιο έντονες αν συγκριθεί η χαμηλή χειμερινή ζήτηση σε σχέση με την ενεργοβόρα καλοκαιρινή περίοδο. Σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους (Χριστούγεννα, Πάσχα, δεκαπενταύγουστος) παρατηρούνται εντονότατες μεταβολές ακόμα και στις καμπύλες ζήτησης διαδοχικών ημερών. Έτσι έχουμε χαμηλό βαθμό απόδοσης των μηχανών αφού αυτές υπολογίζονται να καλύπτουν την μέγιστη ζήτηση ενώ καταλήγουν να καλύπτουν κλάσμα αυτής για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αν προστεθούν τα προβλήματα μεταφοράς των καυσίμων και το μικρό μέγεθος των σταθμών σε σχέση με την συνεχιζόμενη αύξηση των οριακών τιμών της ζήτησης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες τότε απορρέει το συμπέρασμα ότι τα προβλήματα κόστους τείνουν να επιδεινωθούν. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους παραγωγής ενέργειας το οποίο μεταφέρεται στον τελικό καταναλωτή.

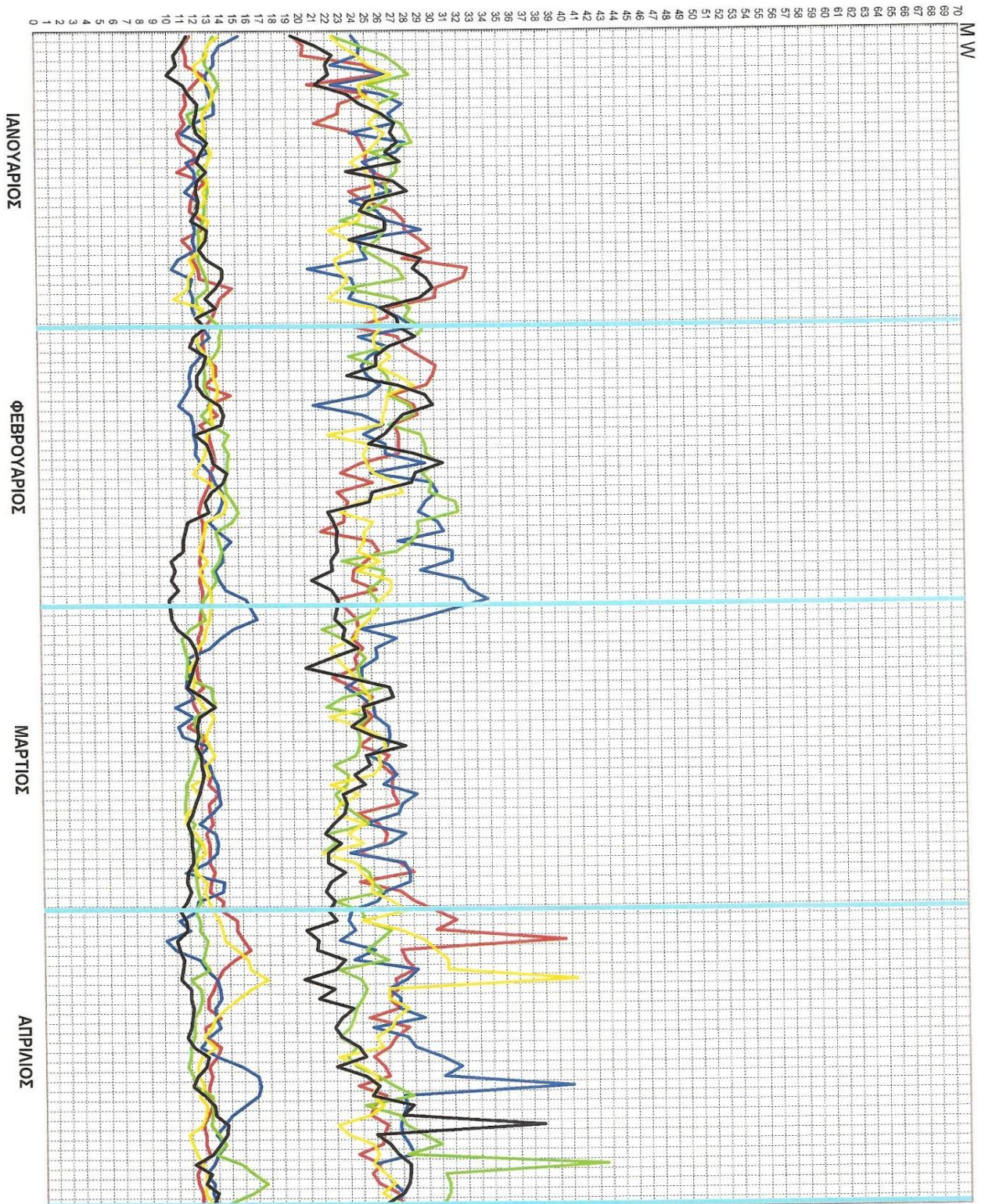
4.3 Στοιχεία φορτίου

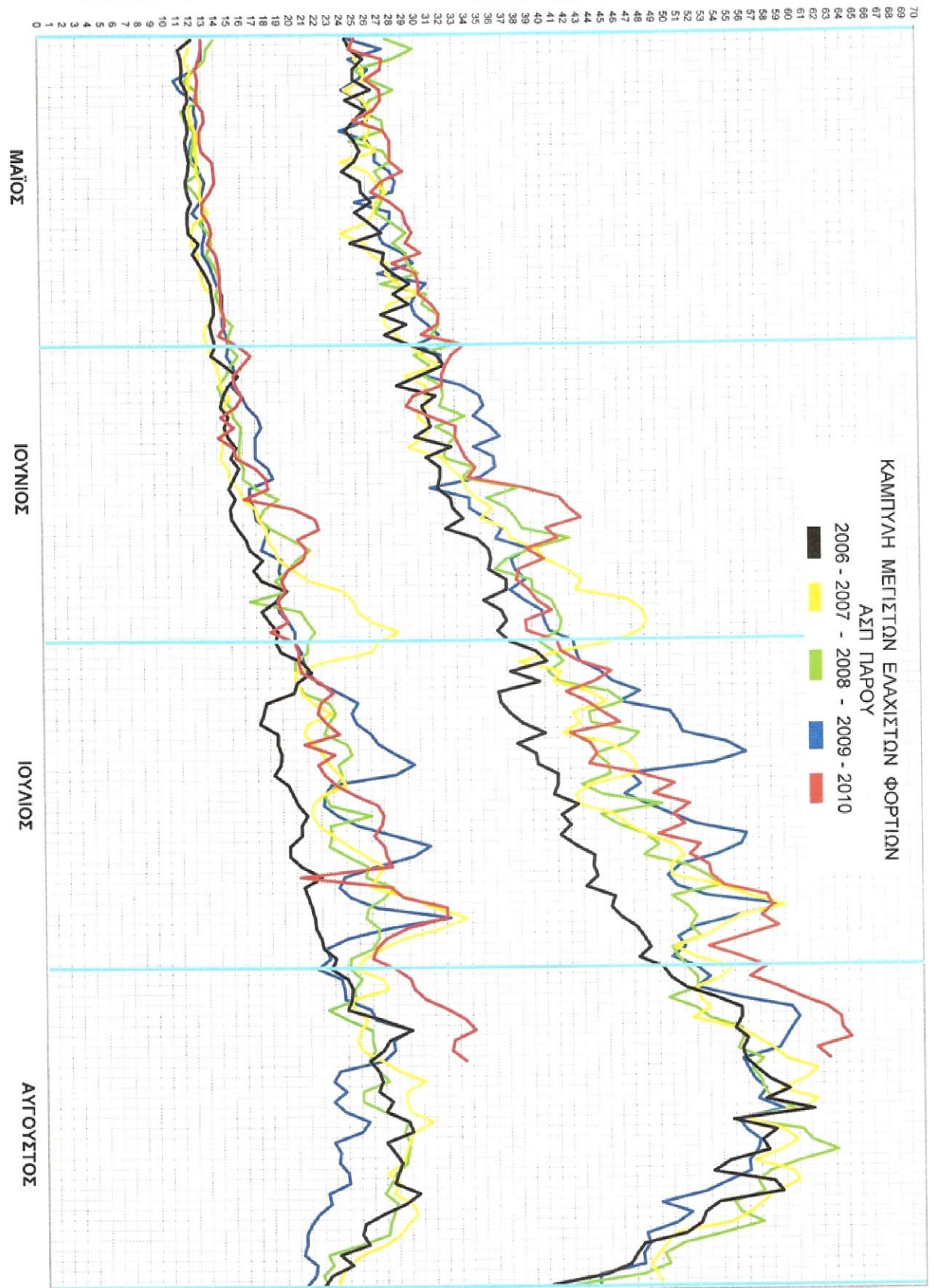
Για την αποτίμηση του φορτίου παίρνουμε τα στοιχεία από τις γραμμές των αναχωρήσεων του scada (10/08/2010 και ώρα 13:36:47). Τα στοιχεία που έχουμε στην διάθεση μας είναι για την συνολική κατανάλωση των νήσων Πάρου, Νάξου, Ίου. Για τα υπόλοιπα νησιά (Αντίπαρος, Ηρακλεία, Σχοινούσα, Κουφονήσια, Σίκινο, Φολέγανδρος) το ηλεκτρικό φορτίο υπολογίστηκε θεωρώντας ότι η ηλεκτρική ισχύς κατανέμεται αναλογικά με τον πληθυσμό στα επιμέρους νησιά.

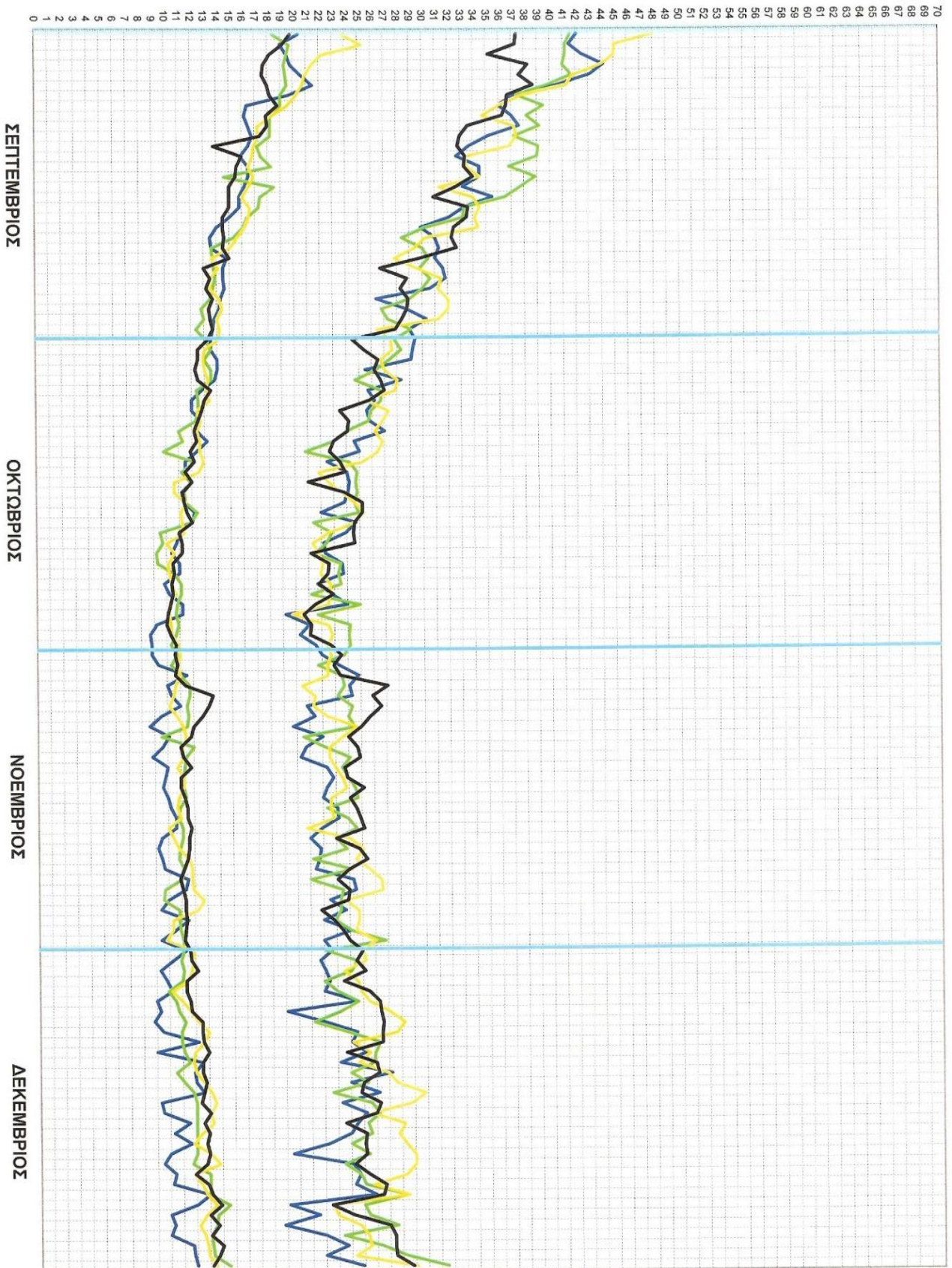
ΝΗΣΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΣΥΝΟΛΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΣΙΩΝ (ανά ομάδα)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%) (ποσοστό= πληθυσμός νησιού/σύνολο της ομάδας των νησιών)	ΣΥΝΤΕΛΕΣ ΤΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MW (από scada)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MVAR (από scada)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MW (συντελεστής X σύνολο MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MVAR (συντελεστής X σύνολο MVAR)
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	1.037	13.890	7,5	0,075	23,952	10,696	1,796	0,8
ΠΑΡΟΣ	12.853		92,5	0,925			22,156	9,84
ΝΑΞΟΣ	18.138	18.861	96	0,96	18,087	8,202	17,36	7,87
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	151		1	0,01			0,181	0,08
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	206		1,1	0,011			0,199	0,09
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	366		2	0,02			0,36	0,16
ΙΟΣ	1.838		67	0,67			4,028	1,23
ΣΙΚΙΝΟΣ	238	2.743	8,7	0,087	6,012	1,836	0,52	0,16
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	667		24	0,24			1,44	0,44

Πίνακας 4.1 (Στοιχεία φορτίου των νησιών για συγκεκριμένη χρονική στιγμή (10/08/2010))

Γράφημα 4.5(Καμπύλες απεικόνισης μέγιστων –ελάχιστων τιμών του φορτίου ΑΣΠ Πάρου από το 2006-2010)







4.4 Ανάλυση ροής φορτίου

Η ανάλυση ροής φορτίου συνίσταται στη μελέτη της συμπεριφοράς ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, που υφίσταται συγκεκριμένη φόρτιση, στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας. Οι ποσότητες που υπολογίζονται από την ανάλυση ροής φορτίου είναι οι τάσεις όλων των ζυγών του δικτύου και οι ροές ισχύος σε όλες τις γραμμές μεταφοράς και τους μετασχηματιστές. Η ανάλυση ροής ισχύος είναι βασικής σημασίας για τον καθορισμό της βέλτιστης λειτουργίας ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Καθώς αυτό μπορεί να ικανοποιήσει μια συγκεκριμένη ζήτηση ισχύος κατά διαφορετικούς τρόπους, είναι βασικό να επιλέξει κανείς από το πλήθος των δυνατών καταστάσεων λειτουργίας την καλύτερη από άποψη οικονομική αλλά και ποιότητας ισχύος.

Η ανάλυση ροής φορτίου είναι επίσης πρωταρχικής σημασίας ειδικά όταν σχεδιάζονται μεταβολές ή μελλοντικές επεκτάσεις σε ένα υπάρχον σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Συνοπτικά, οι μελέτες της ροής φορτίου διεξάγονται για να διερευνηθούν τα παρακάτω:

- Ροή MW και MVA στους κλάδους του δικτύου.
- Τάσεις των ζυγών.
- Επίδραση της αναδιευθέτησης των κυκλωμάτων και της ενσωματώσεως νέων κυκλωμάτων στην φόρτιση του συστήματος.
- Επίδραση της στιγμιαίας απώλειας σε κυκλώματα παραγωγής και μεταφοράς στην φόρτιση του συστήματος.
- Βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας του συστήματος και κατανομής του φορτίου.
- Βέλτιστες απώλειες του συστήματος.
- Βέλτιστη ονομαστική τιμή και περιοχή λήψεως των μετασχηματιστών.
- Βελτίωση από την αλλαγή του μεγέθους των αγωγών και της τάσεως του συστήματος.

Οι μελέτες ροής φορτίου χρησιμοποιούνται για :

- τον εντοπισμό των αδύνατων σημείων λειτουργίας του συστήματος
- την επιλογή της πιο οικονομικής λειτουργίας των γεννητριών του συστήματος
- τον έλεγχο της τήρησης προκαθορισμένων ορίων των τάσεων και των ροών του συστήματος
- την ανάλυση διαταραχών
- τις μελέτες επέκτασης του συστήματος παραγωγής και μεταφοράς, που περιλαμβάνουν:
 1. την κατασκευή νέων γραμμών μεταφοράς
 2. την εγκατάσταση εξοπλισμού αντισταθμίσεως έργου ισχύος (πυκνωτές, πηνία).

Όμως πριν γίνει η υλοποίησή τους πρέπει να μελετηθούν οι επιπτώσεις που αυτές θα έχουν στην λειτουργία του συστήματος, αλλά και να αναλυθεί η αποδοτικότητα και η αποτελεσματικότητα διαφόρων εναλλακτικών λύσεων ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους και να προκριθεί η καλύτερη. Η μελέτη ροής φορτίου είναι αναγκαία για τον προσδιορισμό της βέλτιστης διαδικασίας λειτουργίας ενός συστήματος όταν για κάποιους λόγους τεθούν εκτός λειτουργίας μία οι περισσότερες μονάδες παραγωγής ή γραμμές μεταφοράς.

Δύο είναι οι βασικές ανάγκες που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την κατασκευή ενός αποτελεσματικού υπολογιστικού προγράμματος ανάλυσης ροής φορτίου:

1. Η μαθηματική περιγραφή του προγράμματος
2. Η εφαρμογή μιας αριθμητικής μεθόδου για την επίλυση των εξισώσεων που προκύπτουν

Το πρώτο θέμα αντιμετωπίζεται με επιτυχία χρησιμοποιώντας για τη διαμόρφωσή του μαθηματικού μοντέλου του συστήματος τη μέθοδο των κόμβων. Η απευθείας εφαρμογή, βέβαια, της μεθόδου δεν είναι δυνατή, επειδή τα φορτία είναι γνωστά ως μιγαδικές ισχύς και όχι ως αντιστάσεις και οι γεννήτριες δεν είναι δυνατόν να

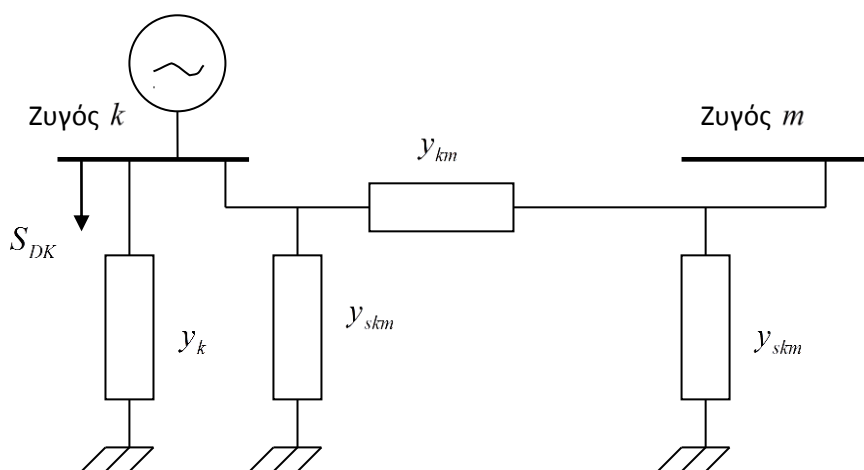
παρασταθούν ως πηγές τάσης, αφού συμπεριφέρονται περισσότερο ως πηγές ισχύος. Με κατάλληλη διαφοροποίηση των εξισώσεων των κόμβων, πετυχαίνουμε να περιγράψουμε επακριβώς τις σχέσεις μεταξύ τάσεων και ισχύων έχοντας ένα σύστημα μη γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων.

Το δεύτερο θέμα αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση επαναληπτικών τεχνικών αφού λόγω της μη γραμμικότητας των εξισώσεων δεν μπορεί να υπάρξει αναλυτική λύση. Υπολογιστικές τεχνικές για την επίλυση μη γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων έχουν αναπτυχθεί πολλές. Δύο από αυτές έχουν αποδειχθεί ότι είναι πολύ χρήσιμες στις μελέτες ροής φορτίου. Πρόκειται για τη μέθοδο Gauss-Seidel(G-S) και τη μέθοδο Newton-Raphson (N-R).

Στην ανάλυση ροής φορτίου τα φορτία θεωρούνται συμμετρικά και ορίζονται ως πραγματικές και άεργες ισχείς. Οι γεννήτριες αντίστοιχα ορίζονται από τις παραγόμενες ισχείς και τάσεις ζυγού. Σε ότι αφορά στους ζυγούς, ορίζονται τρεις τύποι :

- οι **ζυγοί φορτίου**, όπου είναι γνωστή η ενεργός και άεργος ισχύς φορτίου και άγνωστη η τάση
- οι **ζυγοί παραγωγής**, όπου είναι γνωστή η παραγόμενη ενεργός ισχύς και το μέτρο της τάσης και άγνωστη η άεργος ισχύς και η γωνία της τάσης
- ο **ζυγός ταλάντωσης ή ζυγός αναφοράς**, ο οποίος είναι ζυγός παραγωγής, χρησιμεύει για να αντισταθμίζει τις - άγνωστες αρχικά - απώλειες του δικτύου και για την άμεση αντιμετώπιση των μεταβολών ισχύος. Σ' αυτόν το ζυγό επιβάλλουμε σταθερή κατά μέτρο και γωνία τάση.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας γενικευμένος ζυγός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να καταστρωθούν οι γενικές εξισώσεις επίλυσης του προβλήματος:



Εικόνα 4.1(Παράσταση γενικευμένου ζυγού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας)

Θεωρούμε ότι μία ή περισσότερες γραμμές είναι συνδεδεμένες με το ζυγό m , ενώ στο ζυγό k είναι συνδεδεμένη μια σύνθετη αγωγιμότητα y_k (κάθε συνδυασμός πυκνωτών, αυτεπαγωγών ή φορτίων με σταθερή

αγωγιμότητα). Η γεννήτρια είναι συνδεδεμένη στο ζυγό k και εγχέει ρεύμα \tilde{I}_{GK} ενώ το φορτίο \tilde{S}_{DK} απορροφά ρεύμα \tilde{I}_{DK} . Η τάση στους ζυγούς k και m είναι αντίστοιχα \tilde{V}_k και \tilde{V}_m .

Για τα ρεύματα ισχύει :

Το ρεύμα I_{km} που διαρρέει τη γραμμή μεταξύ των ζυγών k και m ισούται με:

$$\tilde{I}_{km} = (y_{skm} + y_{km})\tilde{V}_k - y_{km} * \tilde{V}_m \quad (4.1)$$

Το ρεύμα που απορροφάται από την εγκάρσια αγωγιμότητα ισούται με:

$$\tilde{I}_k = y_k * \tilde{V}_k \quad (4.2)$$

Εφαρμόζοντας το νόμο των ρευμάτων Kirchhoff στο ζυγό k προκύπτει:

$$\begin{aligned} \tilde{I}_{GK} - \tilde{I}_{DK} &= \tilde{I}_k + \sum_{m \in a(k)} \tilde{I}_{km} \Rightarrow \\ \tilde{I}_{GK} - \tilde{I}_{DK} &= \left\{ y_k + \sum_{m \in a(k)} (y_{skm} + y_{km}) \right\} * \tilde{V}_k - \sum_{m \in a(k)} y_{km} * \tilde{V}_m \Rightarrow \\ \tilde{I}_{GK} - \tilde{I}_{DK} &= y_{kk} * \tilde{V}_k + \sum_{m \in a(k)} Y_{km} * \tilde{V}_m \end{aligned} \quad (4.3)$$

όπου

$$\begin{aligned} y_{kk} &= y_k + \sum_{m \in a(k)} (y_{skm} + y_{km}) \\ Y_{km} &= -y_{km} \end{aligned}$$

Τα στοιχεία y_{kk} και y_{km} είναι στοιχεία της μήτρας αγωγιμοτήτων.

Για τις ισχύεις γεννητριών και φορτίων, ισχύει :

$$\begin{aligned} \tilde{S}_{DK} &= \tilde{V}_K * \tilde{I}_{DK}^\circ \\ \tilde{S}_{GK} &= \tilde{V}_K * \tilde{I}_{GK}^\circ \end{aligned} \quad (4.4)$$

Από τις εξισώσεις (4.3) και (4.4) προκύπτει:

$$\tilde{S}_{GK} - \tilde{S}_{DK} = Y_{kk}^\circ * |\tilde{V}_k|^2 + \tilde{V}_k * \sum_{m \in a(k)} \tilde{Y}_{km}^\circ * \tilde{V}_m^\circ \quad (4.5)$$

Η τελευταία εξίσωση εκφράζει το ισοζύγιο ισχύος στο ζυγό k . Για ένα σύστημα N ζυγών ισχύουν N τέτοιες εξισώσεις, οι οποίες αποτελούν τις εξισώσεις ροής φορτίου.

4.5.1 Μέθοδος Gauss-Seidel (G-S)

Η μέθοδος Gauss-Seidel (G-S) είναι μια από τις απλούστερες επαναληπτικές μεθόδους. Χρησιμοποιήθηκε αρκετά στην ανάλυση ροής φορτίου, αλλά σήμερα κυριαρχεί μια πιο ισχυρή μέθοδος, η Newton-Raphson (N-R). Η μέθοδος Gauss-Seidel:

- Είναι απλή και έχει παιδαγωγική αξία
- Χρησιμοποιείται ακόμη για ανάλυση μικρών ενεργειακών συστημάτων διότι σε αυτές τις περιπτώσεις εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι η απλότητα του προγράμματος.
- Χρησιμοποιείται πολλές φορές σε μεγάλα ενεργειακά συστήματα για να ληφθεί υπόψη η πρώτη προσεγγιστική λύση η οποία θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια ως αρχική λύση για τη μέθοδο N-R.

4.5.2 Μέθοδος Newton-Raphson (N-R)

Η μέθοδος G-S είναι μεν πολύ απλή, αλλά συγκλίνει αργά. Η σύγκλιση γίνεται πιο αργά όσο το σύστημα αυξάνει σε μέγεθος. Η μέθοδος N-R συγκλίνει γρήγορα και για μικρά και για μεγάλα συστήματα με αποτέλεσμα να πλεονεκτεί σε σχέση με τη G-S. Μερικές επαναλήψεις συνήθως είναι αρκετές για να επιτευχθεί η σύγκλιση. Για το λόγο αυτό η μέθοδος N-R έχει γίνει πολύ δημοφιλής για την επίλυση μεγάλων ενεργειακών συστημάτων παρόλο που οι υπολογισμοί ανά επανάληψη είναι περισσότεροι και πιο πολύπλοκοι από ότι στη μέθοδο G-S. Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν για τις ροές φορτίου, οι εξισώσεις του προβλήματος γράφονται ως εξής:

$$\begin{aligned} \bar{f}(\bar{x}) &= \bar{b} \Rightarrow \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= b_1 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= b_2 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= b_n \end{aligned} \quad (4.6)$$

με αρχική εκτίμηση

$$\bar{x}_0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \quad (4.7)$$

Αν η αρχική εκτίμηση δεν ικανοποιεί την εξίσωση του προβλήματος, απαιτείται μια καλύτερη εκτίμηση των μεταβλητών κατάστασης. Η μέθοδος Newton-Raphson συνίσταται στη γραμμικοποίηση του συστήματος γύρω από το σημείο \bar{x}_0 . Η γραμμικοποίηση γίνεται με τη βοήθεια του αναπτύγματος Taylor μιας συνάρτησης πολλών μεταβλητών αμελώντας τους όρους μεγαλύτερης τάξης. Έτσι, προκύπτει :

$$\begin{aligned}
f_1(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_1}{\partial x_i} (x_i - x_i^0) &\approx b_1 \\
f_2(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_2}{\partial x_i} (x_i - x_i^0) &\approx b_2 \\
\vdots & \\
f_n(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_n}{\partial x_i} (x_i - x_i^0) &\approx b_n
\end{aligned}$$

Οι εξισώσεις αυτές μπορούν να γραφτούν σε μητρική μορφή:

$$\bar{f}(\bar{x}^0) + \left[\frac{\partial f}{\partial \bar{x}} \right] (\bar{x} - \bar{x}^0) \approx \bar{b} \quad (4.8)$$

όπου

$$\bar{x}^0 = \begin{bmatrix} x_1^0 \\ x_2^0 \\ \vdots \\ x_n^0 \end{bmatrix}$$

$$\bar{f}(\bar{x}^0) = \begin{bmatrix} f_1(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \\ f_2(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \\ \vdots \\ f_n(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) \end{bmatrix}$$

$$\left[\frac{\partial f}{\partial \bar{x}} \right] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} = J(\bar{x}^0)$$

Λύνοντας τη γραμμικοποιημένη έκφραση ως προς x παίρνουμε:

$$\bar{x} = \bar{x}^0 + J(\bar{x}^0)^{-1} (\bar{b} - \bar{f}(\bar{x}^0)) \quad (4.9)$$

Γενικά, για κάθε ανακύκλωση l ισχύει :

$$\bar{x}^{l+1} = \bar{x}^l + J(\bar{x}^l)^{-1}(\bar{b} - \bar{f}(\bar{x}^l)) \quad (5.0)$$

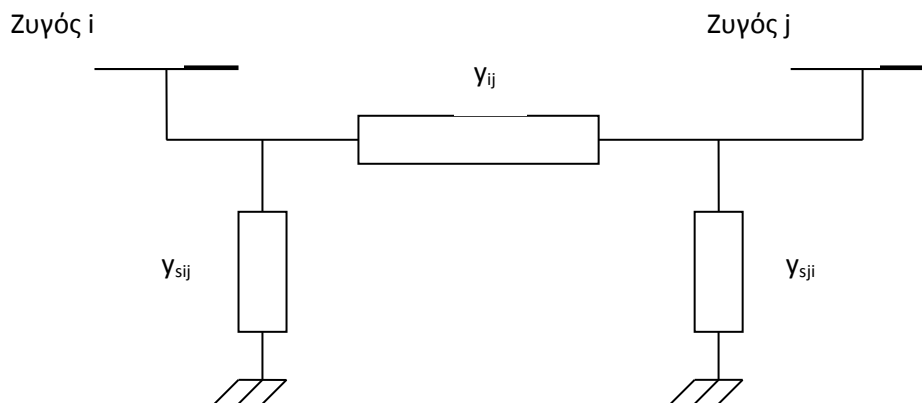
Η βέλτιστη λύση προκύπτει όταν για το συγκεκριμένο διάνυσμα \bar{x}^l η διαφορά $\bar{b} - \bar{f}(\bar{x}^l)$ γίνεται μικρότερη από την προκαθορισμένη ανοχή σύγκλισης.

4.6 Σχηματική αναπαράσταση εξοπλισμού ΣΗΕ

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η σχηματική αναπαράσταση των στοιχείων ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, όπως χρησιμοποιείται στις μελέτες ροής φορτίου. Συγκεκριμένα δίνονται τα μοντέλα των γραμμών μεταφοράς, των γεννητριών, των εγκάρσιων πυκνωτών και αυτεπαγωγών, των μετασχηματιστών και των φορτίων.

4.6.1 Παράσταση γραμμών μεταφοράς

Οι γραμμές μεταφοράς παρουσιάζονται με ισοδύναμα κυκλώματα Π, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα :

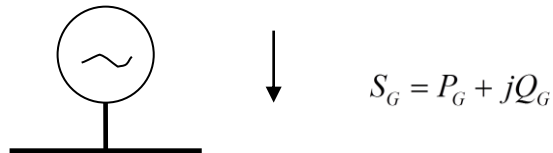


Εικόνα 4.2 (Ισοδύναμο κύκλωμα Π- γραμμής μεταφοράς)

Στο παραπάνω σχήμα το y_{ij} παριστάνει την αγωγιμότητα σειράς της γραμμής, και τα y_{sij}, y_{sji} τις εγκάρσιες αγωγιμότητες.

4.6.2 Παράσταση γεννητριών

Οι γεννήτριες παριστάνονται όπως στο ακόλουθο σχήμα :



Εικόνα 4.3 Παράσταση γεννήτριας

Η μιγαδική παραγόμενη ισχύς συμβολίζεται ως S_G και ορίζεται ως :

$$S_G = P_G + jQ_G \quad (5.1)$$

όπου

$$P_G = E_a I_a \cos \phi \quad (5.2)$$

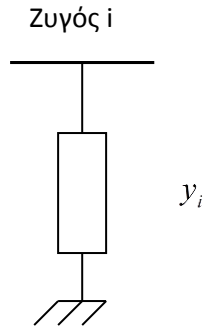
η παραγόμενη ενεργός ισχύς σε MW, και

$$Q_G = E_a I_a \sin \phi \quad (5.3)$$

η παραγόμενη άεργος ισχύς σε MVar

4.6.3 Παράσταση εγκάρσιων πυκνωτών και αυτεπαγωγών

Οι εγκάρσιοι πυκνωτές και αυτεπαγωγές παριστάνονται όπως στην παρακάτω εικόνα :



Εικόνα 4.5 (Παράσταση εγκάρσιου πυκνωτή και αυτεπαγωγής)

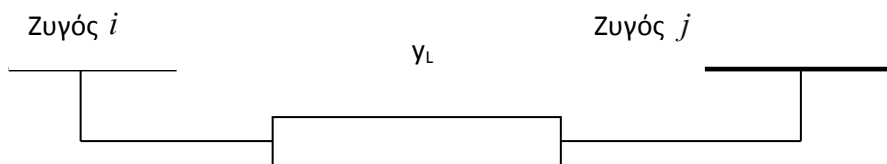
όπου y_i η αγωγιμότητα μορφής jb_i , θετική για πυκνωτή και αρνητική για αυτεπαγωγή.

4.6.4 Παράσταση μετασχηματιστών

Οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης, ρύθμισης και αυτομετασχηματιστές. Η παράστασή τους γίνεται με ισοδύναμα κυκλώματα με παραμέτρους που εξαρτώνται από τη λειτουργία που εκτελούν.

A. Μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης / αυτομετασχηματιστές

Οι μετασχηματιστές ανύψωσης τάσης και οι αυτομετασχηματιστές παριστάνονται με μια αγωγιμότητα σειράς όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:

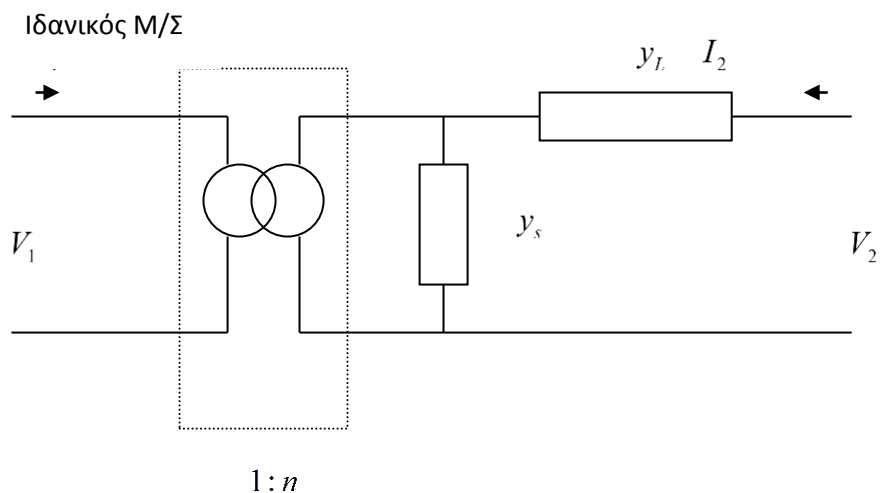


Εικόνα 4.6 (Ισοδύναμο κύκλωμα αυτομετασχηματιστή ή ανύψωσης τάσης)

όπου y_L η αγωγιμότητα σειράς.

B. Μετασχηματιστές ρύθμισης

Αντίστοιχα οι μετασχηματιστές ρύθμισης παριστάνονται με το ακόλουθο μοντέλο, όπου ο λόγος μετασχηματισμού είναι μιγαδικός, ώστε να είναι δυνατόν να εξεταστεί είτε ο μετασχηματιστής ρύθμισης μέτρου τάσης, είτε ο μετασχηματιστής ρύθμισης φάσης.



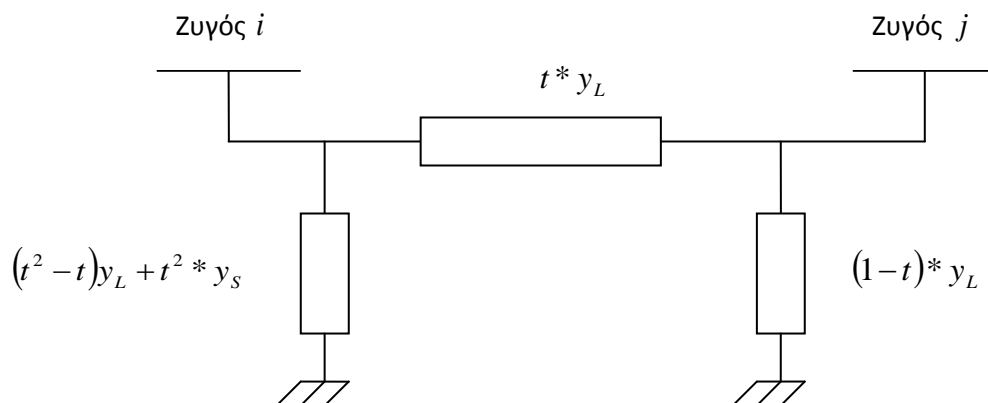
Εικόνα 4.7 (Μοντέλο μετασχηματιστή ρύθμισης)

Για το παραπάνω μοντέλο ισχύει :

$$\tilde{I}_1 = |n|^2 (y_L + y_S) * \tilde{V}_1 - n * y_L * \tilde{V}_2 \quad (5.4)$$

$$\tilde{I}_2 = y_L * \tilde{V}_2 - n * y_L * \tilde{V}_1 \quad (5.5)$$

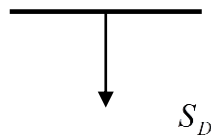
Ισοδύναμο κύκλωμα – Π (αν $n \in \mathfrak{R}$) :



Εικόνα 4.8 (Ισοδύναμο κύκλωμα μετασχηματιστή ρύθμισης μέτρου τάσης)

4.6.5 Παράσταση φορτίων

A. Φορτία σταθερής ισχύος



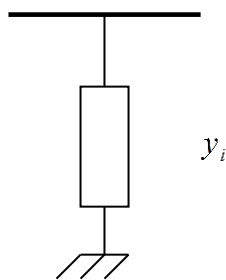
Εικόνα 4.9.1 (Παράσταση φορτίου σταθερής ισχύος)

όπου S_D είναι η μιγαδική ισχύς φορτίου:

$$S_D = P_D + jQ_D, \quad (5.6)$$

όπου P_D η ενεργός ισχύς φορτίου και Q_D η άεργος ισχύς φορτίου

B. Φορτία σταθερής αγωγιμότητας



Εικόνα 4.9.2 (Παράσταση φορτίου σταθερής αγωγιμότητας)

5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

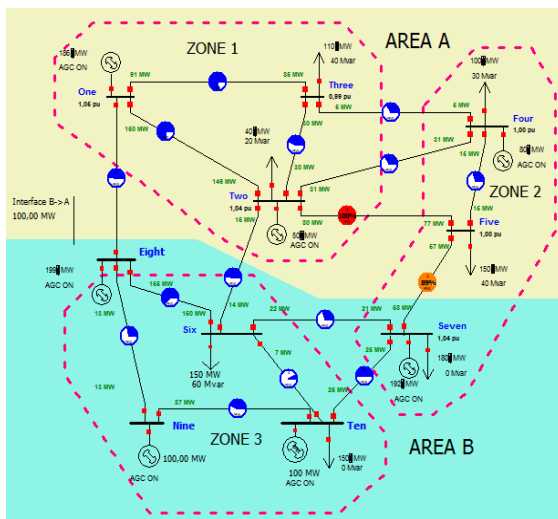
Power World Simulator

Εισαγωγή

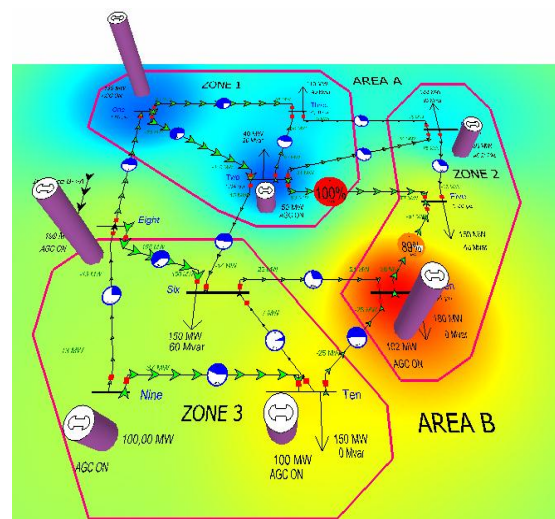
Στη συνέχεια γίνεται επεξήγηση των βασικών λειτουργιών του Power World Simulator, του σκοπού που αυτό εξυπηρετεί και μια περιγραφή των δυνατοτήτων του. Επίσης παρατίθεται αναλυτική περιγραφή του τρόπου εισαγωγής δεδομένων για τα επιμέρους στοιχεία του ηλεκτρικού συστήματος.

5.1 Οι στόχοι του προγράμματος

Το power world (PW) είναι ένα λειτουργικό πρόγραμμα προσομοίωσης και ανάλυσης μοντέλων Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.). Κάποια από τα βασικά προβλήματα που μπορεί να λύσει είναι ροές ισχύος και οικονομικής κατανομής. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα είναι ένα αρκετά εύχρηστο και αξιόλογο λογισμικό. Οι δυνατότητες του PW είναι ικανές ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για επιστημονική ανάλυση είτε από μηχανικούς. Όμως λόγω της ικανότητας του να παρουσιάζει με γραφικό τρόπο τα δεδομένα που προκύπτουν από την εξομοίωση δίνει την δυνατότητα χρησιμοποιηθεί και για ανάλυση και κατανόηση της λειτουργίας από μη τεχνικά ακροατήρια. Ουσιαστικά πρόκειται για μία ικανότατη 'μηχανή' που μπορεί να παρέχει λύση για ροές ισχύος σε ένα σύστημα, ικανή να χειριστεί συστήματα μέχρι και 100.000 ζυγών. Με την βοήθειά του προσομοιώνεται κάθε λογής ηλεκτρικό δίκτυο επιτρέποντας στον χρήστη να παρακολουθεί το σύστημα και τις αλληλεπιδράσεις των στοιχείων που το αποτελούν μέσω χρωματισμένων κινούμενων (animated) μονογραμμικών διαγραμμάτων ενισχυμένων με την δυνατότητα εστίασης και μετακίνησης ή περιήγησης στο εκάστοτε μοντέλο. Τα μοντέλα που σχεδιάζονται στο PW μπορούν να τροποποιηθούν ή να σχεδιαστούν από την αρχή ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχει ο χρήστης. Για παράδειγμα, γεννήτριες, γραμμές μεταφοράς και φορτία μπορούν να ανοίξουν ή να κλείσουν απλά, με το πάτημα ενός κλικ του ποντικιού. Πέραν όμως από τις βασικές ικανότητες που έχει το PW διαθέτει και τα απαραίτητα εργαλεία για την εκτέλεση μιας ολοκληρωμένης οικονομικής κατανομής φορτίου, οικονομικής ανάλυσης της ανταλλαγής ισχύος μεταξύ των περιοχών-ζωνών του μοντέλου, υπολογισμού των παραγόντων συμμετοχής (PTDF), ανάλυση βραχυκυκλωμάτων και διαταραχών. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα του PW να γίνεται μεταβολή των παραμέτρων του συστήματος κατά την διάρκεια της εξομοίωσης. Διευκολύνοντας την αλληλεπίδραση του προγράμματος με το χρήστη, φαινόμενο σπάνιο για λογισμικά του συγκεκριμένου χώρου. Η πιο πρόσφατη version του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας είναι η 15 και είναι σε Demo έκδοση.



Εικόνα 5.1 (Κατάσταση Edit Mode σε 2D)



Εικόνα 5.2 (Κατάσταση Run Mode σε 3D)

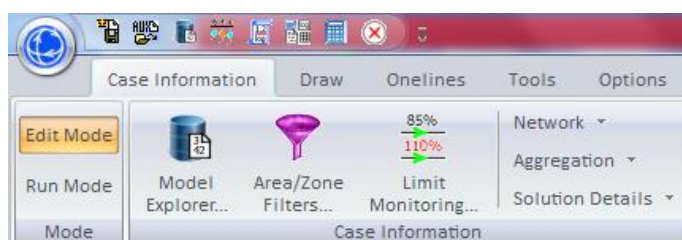
Γεννήτριες, ζυγοί, καταναλωτές, ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, γραμμές μεταφοράς είναι μερικά από τα στοιχεία που μπορούν να προσομοιωθούν και να αναλυθούν στο PW. Η παρουσίασή τους γίνεται με τρόπο ρεαλιστικό αφού η χρήση κινούμενων γραφικών (animation) όπου αναπαριστώνται τα στοιχεία προσφέρει μια αντιπροσωπευτική εικόνα του δικτύου που εξετάζεται. Επίσης είναι δυνατή η εμφάνιση του σχεδίου σε τρισδιάστατη αναπαράσταση. Όλα αυτά σε συνδυασμό με την απεικόνιση χαρτών που εισάγονται από το πρόγραμμα Arcmap GIS με την μορφή Shapefile κάνουν ακόμα πιο ρεαλιστική την διάδραση με το πρόγραμμα. Άλλωστε η επιλογή του για την διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας έγινε για τους παραπάνω λόγους. Ένας ακόμα λόγος για την επιλογή του συγκεκριμένου λογισμικού είναι η έμφαση που δίνεται στην

μελέτη μόνιμης κατάστασης λειτουργίας. Αυτό συντέλεσε στον αποκλεισμό άλλων υπολογιστικών εργαλείων, όπως το Matlab, τα οποία δίνουν έμφαση στη μεταβατική συμπεριφορά. Αυτά εξετάζουν κυρίως μαθηματικά μοντέλα και συναρτήσεις μεταφοράς, καθιστώντας έτσι δυσνόητη και κουραστική την προσομοίωση.

Το PW προγράμματα εκτός από τις βιομηχανικές, εμπορικές και πειραματικές εφαρμογές μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εκπαιδευτικούς σκοπούς καθώς περιλαμβάνει όλα εκείνα τα εργαλεία που είναι απαραίτητα την εκμάθηση της λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι όπως, στην παρούσα εργασία είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί για την μελέτη πραγματικών ή υποθετικών δικτύων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται εφικτή η μελέτη και ανάλυση τους με τρόπο εύκολο και κατανοητό τόσο για τον χρήστη όσο και για τον ακροατή (φοιτητή).

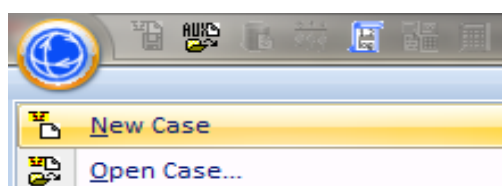
5.2 Λειτουργία του PW

Ο χρήστης-μηχανικός αρχικά ανοίγοντας το περιβάλλον του προγράμματος διακρίνει τις δύο βασικές λειτουργίες του την **Edit Mode** όπου του δίνεται η δυνατότητα σχεδίασης και την **Run Mode** όπου εκτελείται η εξομοίωση του μοντέλου που δημιουργήθηκε. Βεβαία μερικές εντολές είναι εκτελέσιμες αποκλειστικά σε μία από τις δύο καταστάσεις λειτουργίας.



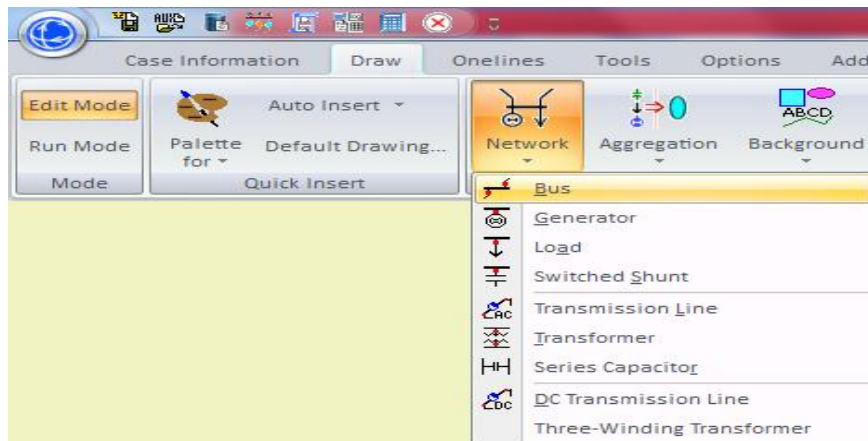
Εικόνα 5.3 (Toolbar PW)

Ξεκινώντας τον προσομοιωτή για να γίνει σχεδιασμός ενός νέου δικτύου ή επεξεργασία ενός δικτύου που έχει ήδη σχεδιαστεί επιλέγεται το μενού του PW και με κλικ αριστερό εμφανίζεται **File>Open case** ή **File>New Case** αντίστοιχα. Έτσι θεωρώντας ότι θέλουμε να φτιάξουμε ένα νέο μοντέλο πηγαίνουμε στην εντολή **File>New Case** και το εκτελούμε. Έχοντας εκτελέσει την προηγούμενη διαδικασία η οθόνη θα γίνει λευκή και αυτό γιατί είναι το προεπιλεγμένο χρώμα φόντου. Το πρόγραμμα είναι έτοιμο για σχεδίαση ηλεκτρικών συστημάτων.




Εικόνα 5.4 (Toolbar PW)

Η εισαγωγή ηλεκτρικών μοντέλων όπως γεννήτριες, γραμμές μεταφοράς και φορτία γίνεται από την κεντρική μπάρα του μενού επιλέγοντας **Draw>Network**



Εικόνα 5.5 (Εισαγωγή στοιχείων)

και το επιθυμητό στοιχείο, καθορίζοντας τις απαιτούμενες παραμέτρους όπου αυτό είναι αναγκαίο. Εκτός όμως από τα λειτουργικά στοιχεία μπορεί να απεικονιστούν και γραφικές παραστάσεις καθώς και το κόστος παραγωγής σε οποιοδήποτε νόμισμα.

Τελειώνοντας το σχεδιαστικό κομμάτι του προγράμματος και ενώ έχει ελεγχθεί το μοντέλο τίθεται η λειτουργία **Run Mode**. Στην κατάσταση αυτή για να τεθούν τα στοιχεία σε κίνηση επιλέγεται από το toolbar του προγράμματος η εντολή **Tool>Play**  ενώ αντίθετα με την εντολή **Stop** δίπλα στο play διακόπτεται η κίνηση.

5.3 Περιγραφή των βασικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην μοντελοποίηση του δικτύου

1. Ζυγός

Εισάγεται ένας νέος ζυγός στο σύστημα επιλέγοντας **Draw>Network>Bus** και στο παράθυρο που εμφανίζεται καταχωρούνται οι παράμετροι που απαιτούνται για την προσομοίωση του στο σύστημα.

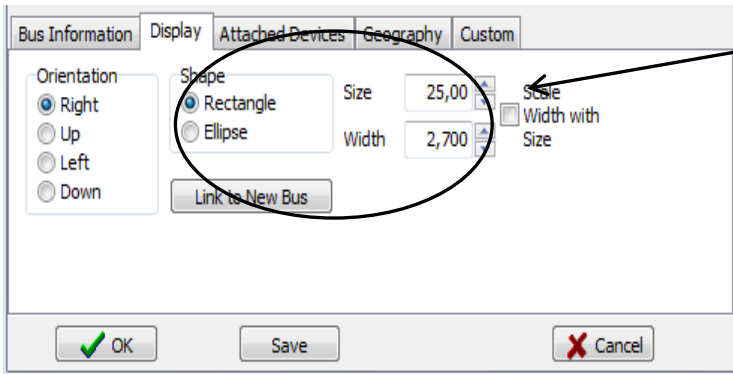
Στο σημείο αυτό καταχωρείται το νούμερο, το όνομα του ζυγού και η ονομαστική τάση λειτουργίας του.

Στο επόμενο σημείο επιλέγεται η τάση σε p.u. και η γωνία του ζυγού. Επίσης επιλέγεται η εντολή *system slack bus* όταν έχουμε ζυγό αναφοράς (ταλάντωσης).

Εικόνα 5.6.1 (Περιγραφή παραμέτρων ζυγών)

Τα βασικά πεδία που μας ενδιαφέρουν είναι:

- **Bus Number:** Αριθμός ζυγού. Αφορά την αρίθμηση των ζυγών όπως ορίζεται από την εταιρεία ηλεκτρισμού.
- **Bus Name:** Ονομασία ζυγού. Αφορά την ονομασία της περιοχής που είναι εγκατεστημένος ειδικά δίνουμε αριθμητική ονομασία όπως μας εξυπηρετεί.
- **Area Number:** Αριθμός περιοχής που ανήκει ο ζυγός.
- **Nominal Voltage:** Ονομαστική τάση του ζυγού, σε KV.
- **System Slack Bus:** Η εντολή αυτή επιλέγεται μόνο όταν πρόκειται για ζυγό αναφοράς (ζυγός ταλάντωσης). Μπορεί να υπάρχει μόνο ένας τέτοιος ζυγός σε κάθε σύστημα.
- **Voltage:** Μέτρο τάσης ζυγού, σε pu.
- **Angle:** Φάση ζυγού, σε μοίρες (degrees).

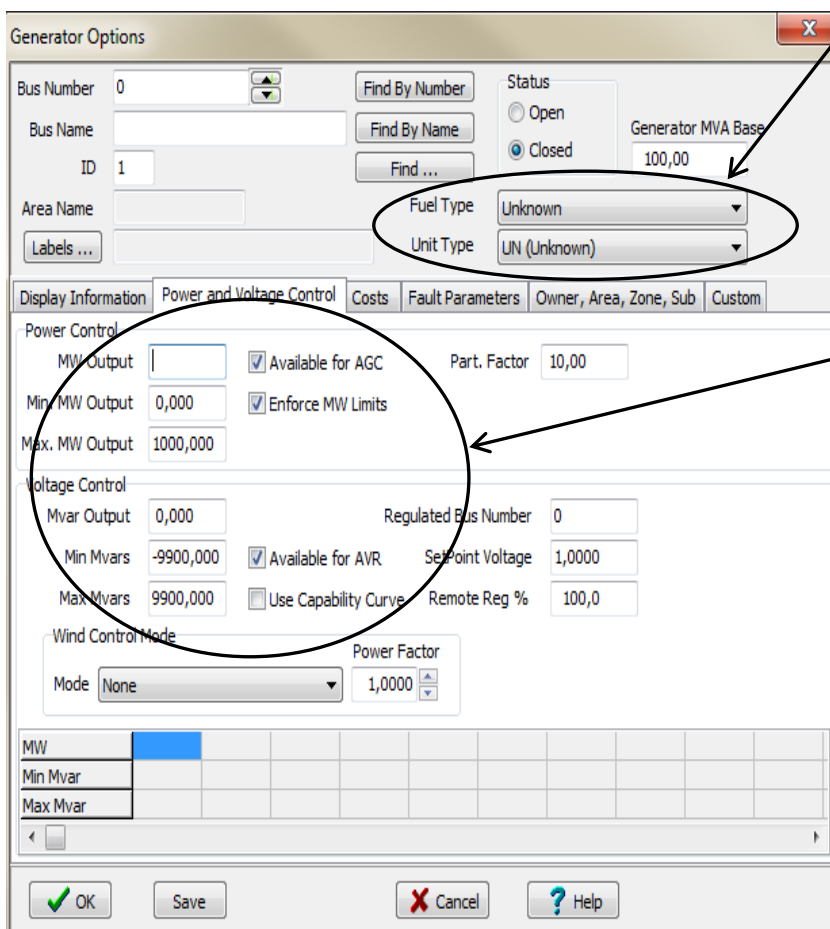


Δίπλα από την καρτέλα *Bus Information* είναι η καρτέλα *Display* όπου εκεί τροποποιείται ο ζυγός αναφορικά με το σχήμα εμφάνισης και το μέγεθός του.

Εικόνα 5.6.2 (Περιγραφή παραμέτρων ζυγών)

2. Γεννήτρια

Η εισαγωγή των γεννητριών στο σύστημα γίνεται με τρόπο παρόμοιο με εκείνον που έγινε η εισαγωγή του ζυγού. Επιλέγοντας **Draw>Network>Generator**. Στο παράθυρο που εμφανίζεται καταχωρούνται οι παράμετροι που απαιτούνται για την καλύτερη προσομοίωση του στο σύστημα. Το παράθυρο διαλόγου όπως ονομάζεται χρησιμοποιείται για να οριστεί το στοιχείο αναγνώρισης, το μέγεθος προβολής, τον προσανατολισμό, την έξοδο και τα όρια του στοιχείου σε MW, τα όρια άεργου ισχύος, την τάση στην οποία πρέπει να λειτουργεί ο ζυγός και το μοντέλο υπολογισμού κόστους της γεννήτριας.



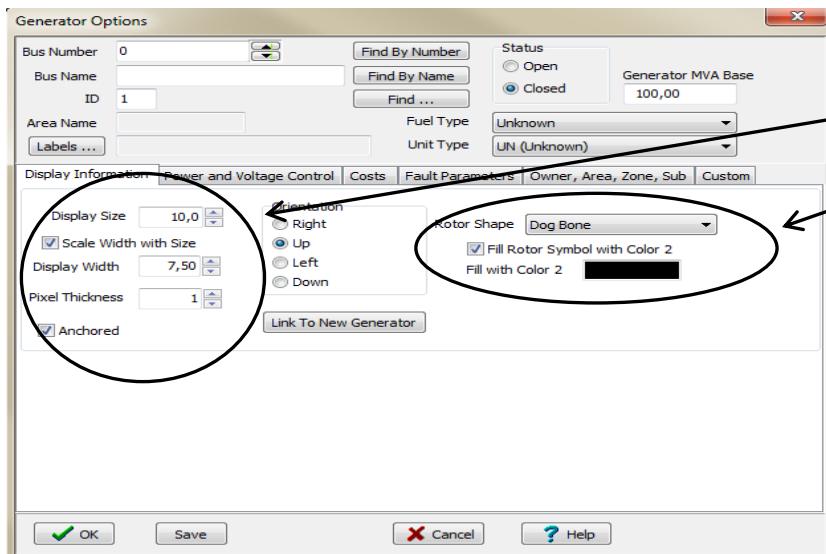
Στο σημείο αυτό καθορίζεται ο τύπος της γεννήτριας (π.χ. Ντηζελογεννήτρια) αλλά και το είδος του καυσίμου (π.χ. μαζούτ).

Στο σημείο αυτό καταχωρείται η τρέχουσα τιμή αλλά και τα όρια της ενεργού και άεργου ισχύος της γεννήτριας. Επίσης επιλέγονται οι αυτοματισμοί AGC και AVR.

Εικόνα 5.6.3 (Περιγραφή παραμέτρων γεννήτριας)

Τα πεδία που μας ενδιαφέρουν είναι:

- **MW Output:** Ενεργός ισχύς εξόδου της γεννήτριας, σε MW.
- **Min MW Output:** Ελάχιστη ενεργός τιμή εξόδου της γεννήτριας.
- **Max MW Output:** Μέγιστη ενεργός τιμή εξόδου της γεννήτριας.
- **Mvar Output Output:** Άεργος ισχύς εξόδου της γεννήτριας, σε Mvar.
- **Min Mvars:** Ελάχιστη τιμή άεργου ισχύος της γεννήτριας.
- **Min Mvars:** Ελάχιστη τιμή άεργου ισχύος της γεννήτριας
- **Max Mvars:** Μέγιστη τιμή άεργου ισχύος της γεννήτριας

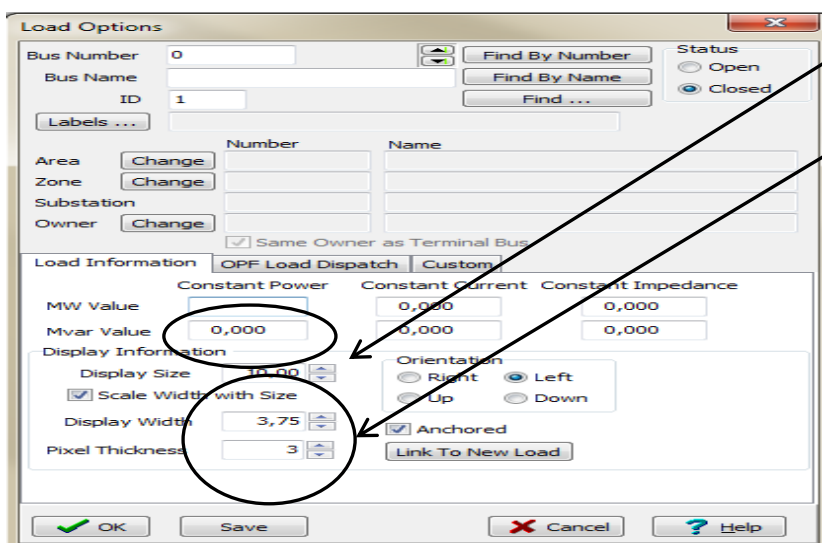


Αριστερά από την καρτέλα του *Power and Voltage control* βρίσκεται η καρτέλα *Display Information* όπου τροποποιείται αναφορικά με το μέγεθος και το σχήμα εμφάνισης της η γεννήτρια.

Εικόνα 5.6.4 (Περιγραφή παραμέτρων γεννήτριας)

3. Το Φορτίο

Για να γίνει η εισαγωγή ενός φορτίου σε κάποιον ζυγό πρέπει να επιλέξουμε **Draw>Network>Load**. Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται καταχωρούνται τα χαρακτηριστικά του φορτίου.



Στο σημείο αυτό καταχωρείται η τρέχουσα τιμή του φορτίου. Ενώ στο επόμενο σημείο καθορίζεται το μέγεθος εμφάνισης του φορτίου.

Εικόνα 5.6.5 (Περιγραφή παραμέτρων φορτίου)

Υπάρχουν τρεις τύποι φορτίου:

- **Constant Power:** Φορτίο σταθερής ισχύος
- **Constant Current:** Φορτίο σταθερού ρεύματος
- **Constant Impedance:** Φορτίο σταθερής σύνθετης αντίστασης

Τα πεδία που ενδιαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του φορτίου είναι:

- **MW Value:** Πραγματική σταθερής ισχύς φορτίου, σε MW.
- **Mvar Value:** Άεργη σταθερής ισχύς φορτίου, σε Mvar.

4.Γραμμές μεταφοράς

Για να γίνει η εισαγωγή μιας γραμμής μεταφοράς στο πρόγραμμα από ένα ζυγό σε ένα άλλο ζυγό πρέπει να επιλέξουμε **Draw>Network>Transmission line**. Οι γραμμές μεταφοράς και οι μετασχηματιστές σχεδιάζονται σαν μια σειρά από ευθύγραμμα τμήματα. Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται καταχωρούνται τα χαρακτηριστικά της γραμμής που εισήχθη.

Στο σημείο αυτό καταχωρούνται τα νούμερα και οι ονομασίες των ζυγών πάνω στους οποίους θα συνδεθεί η γραμμή μεταφοράς.

Στο σημείο αυτό καταχωρείται το μήκος της γραμμής σε Km.

Στο σημείο αυτό καταχωρούνται η αντίσταση(R), η επαγωγική(X) αντίδραση, η εγκάρσια χωρητικότητα(B) και η εγκάρσια αγωγιμότητα(G) και όλα σε pu.

Το πρόγραμμα μέσω της εντολής *Calculate Impedances* δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να καθορίσει τα στοιχεία των γραμμών και σε Ω/Km. Επίσης και για το μήκος της γραμμής υπάρχει η δυνατότητα να δοθεί και σε μίλια.

Το πρόγραμμα μέσω της εντολής *Convert Line to Transformer* μετατρέπει την γραμμή μεταφοράς σε μετασχηματιστή.

Εικόνα 5.6.6(Περιγραφή παραμέτρων Γ.Μ.)

Στο σημείο αυτό καταχωρούνται η αντίσταση(R), η επαγωγική(X) αντίδραση, η εγκάρσια χωρητικότητα(B) και η αγωγιμότητα των μονωτήρων (G) και όλα σε Ω/Km εκτός και αν έχουμε επιλέξει μίλια. Ενώ στην διπλανή στήλη γίνεται η αυτόματη μετατροπή των στοιχείων σε pu.

Στο σημείο αυτό επιλέγεται το μήκος της γραμμής αν η μονάδα της θα είναι σε χιλιόμετρα (Km) ή σε μίλια ($miles$).

Στο σημείο αυτό καταχωρούνται τα όρια φόρτισης των γραμμών μεταφοράς σε Amps ενώ στην διπλανή στήλη εφαρμόζεται η μετατροπή των δεδομένων σε pu(MVA).

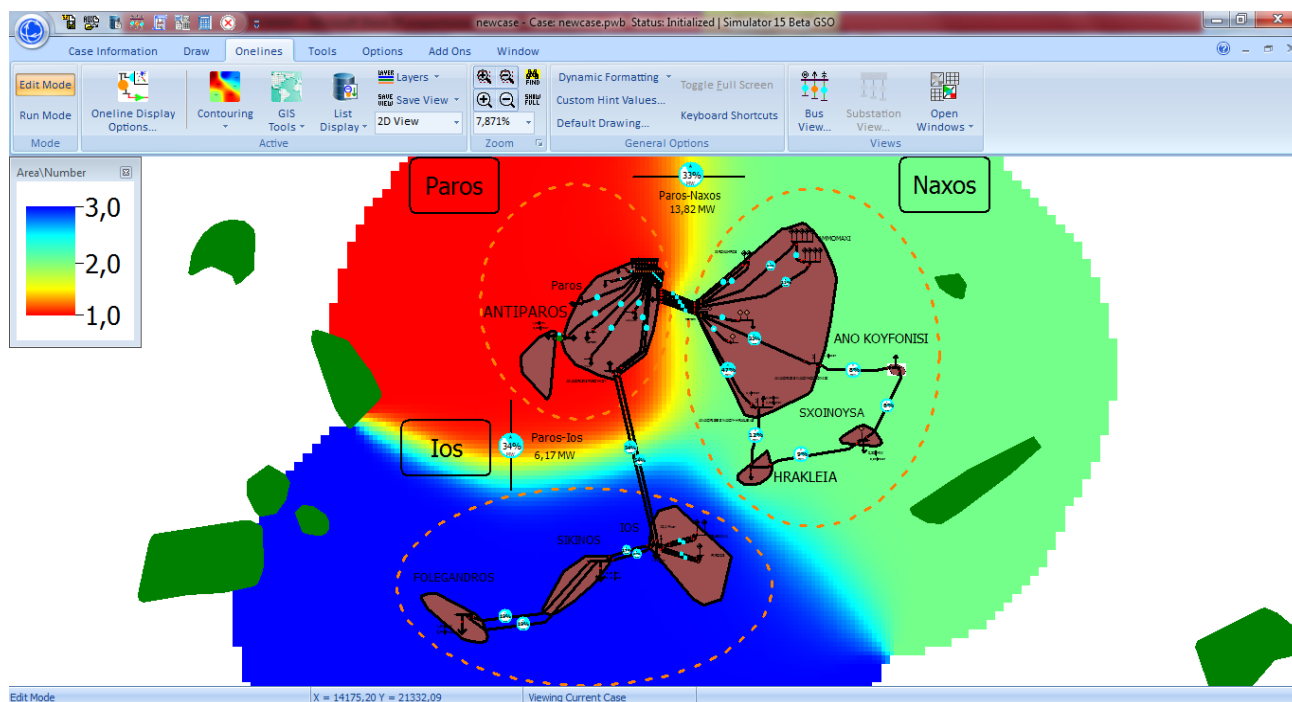
Εικόνα 5.6.7(Περιγραφή παραμέτρων Γ.Μ.)

Τα πεδία που ενδιαφέρουν είναι:

- **From Bus Number/Name:** Αριθμός και το όνομα του ζυγού 'αρχής' της γραμμής μεταφοράς.
- **To Bus Number/Name:** Αριθμός και το όνομα του ζυγού 'τέλους' της γραμμής μεταφοράς.
- **Nominal Voltage:** Ονομαστική τάση του ζυγού, σε KV.
- **Area Name:** Όνομα της περιοχής που ανήκει ο ζυγός
- **Circuit:** Ακέραιος αριθμός που καθορίζει τον αριθμό παράλληλου κυκλώματος της γραμμής, στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότερες από μία γραμμές από τον ζυγό 'αρχής' στο ζυγό 'τέλους'.
- **Status:** Κατάσταση λειτουργίας της γραμμής (open ή closed).
- **Series Resistance THΣ:** Ωμική αντίσταση της γραμμής, σε pu.
- **Series Reactance (X):** Επαγωγική αντίδραση της γραμμής, σε pu.
- **Shunt Charging (B):** Ολική εγκάρσια χωρητικότητα της γραμμής, σε pu.
- **Limit A (MVA):** Θερμικό όριο φόρτισης της γραμμής, MVA.

5.Μετασηματιστής

Για να γίνει η εισαγωγή ενός μετασηματιστή στο πρόγραμμα πρέπει να επιλέξουμε **Draw>Network>Transformer**. Το παράθυρο διαλόγου Transmission Line/Transformer Options εμφανίζεται αυτόματα μετά την σύνδεση του μετασηματιστή με τους ζυγούς, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία με εκείνη της γραμμής μεταφοράς.



Εικόνα 5.7 (Το δίκτυο της Πάρου στο PW simulator)

Στην παραπάνω εικόνα γίνεται απεικόνιση του δικτύου της Πάρου στο προσομοιωτή PW. Το δίκτυο βρίσκεται σε κατάσταση **Edit Mode**. Η προσομοίωση θα εξεταστεί στη συνέχεια. Επιβάλλεται να δοθεί βάρος στη σωστή διαμόρφωση των ηλεκτρικών στοιχείων στο πρόγραμμα. Ακόμα απαιτείται προσεκτικός έλεγχος των δεδομένων πριν εξομοιωθεί το μοντέλο. Αυτός είναι ο καλύτερος τρόπος να είναι ασφαλή τα συμπεράσματα που θα προκύψουν.

5.4 Εκπαιδευτική χρήση του Power World

Η αρχική έκδοση του Power World προοριζόταν για εκπαιδευτική χρήση με εφαρμογή στη διδασκαλία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και την παρουσίαση αποτελεσμάτων ανάλυσης με τρόπο ρεαλιστικό κυρίως σε τεχνικό κοινό. Η συνέχεια ήταν να εξελιχθεί σε ένα πρόγραμμα πολύ ισχυρό στην ανάλυση και απεικόνιση ηλεκτρικών συστημάτων.

Το PW είναι ένα ευέλικτο πρόγραμμα προσομοίωσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από φοιτητές, από απόφοιτους πανεπιστημίων και μηχανικούς υψηλότερων επιπέδων για τον έλεγχο και την ανάλυση των ΣΗΕ. Επίσης, εκτός από τον ρεαλιστικό τρόπο παρουσίασης των δεδομένων, ο χρήστης του λογισμικού έχει ως βοήθεια μία πλούσια βιβλιοθήκη επεξήγησης όρων που θα χρειαστεί κατά την μοντελοποίηση. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος που έχουν εκπαιδευτικό χαρακτήρα είναι μεταξύ άλλων:

- Πλήρης AC και DC ανάλυση
- Αυτόματη δημιουργία ισοδύναμων συστημάτων
- Ανάλυση σφαλμάτων
- Παράγοντες συμμετοχής, ροής του φορτίου, χαρακτηριστικά τάσης και ευαισθησία απωλειών

6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ανάλυση της διασύνδεσης του δικτύου με το ηπειρωτικό ΣΗΕ της Ελλάδας

Εισαγωγή

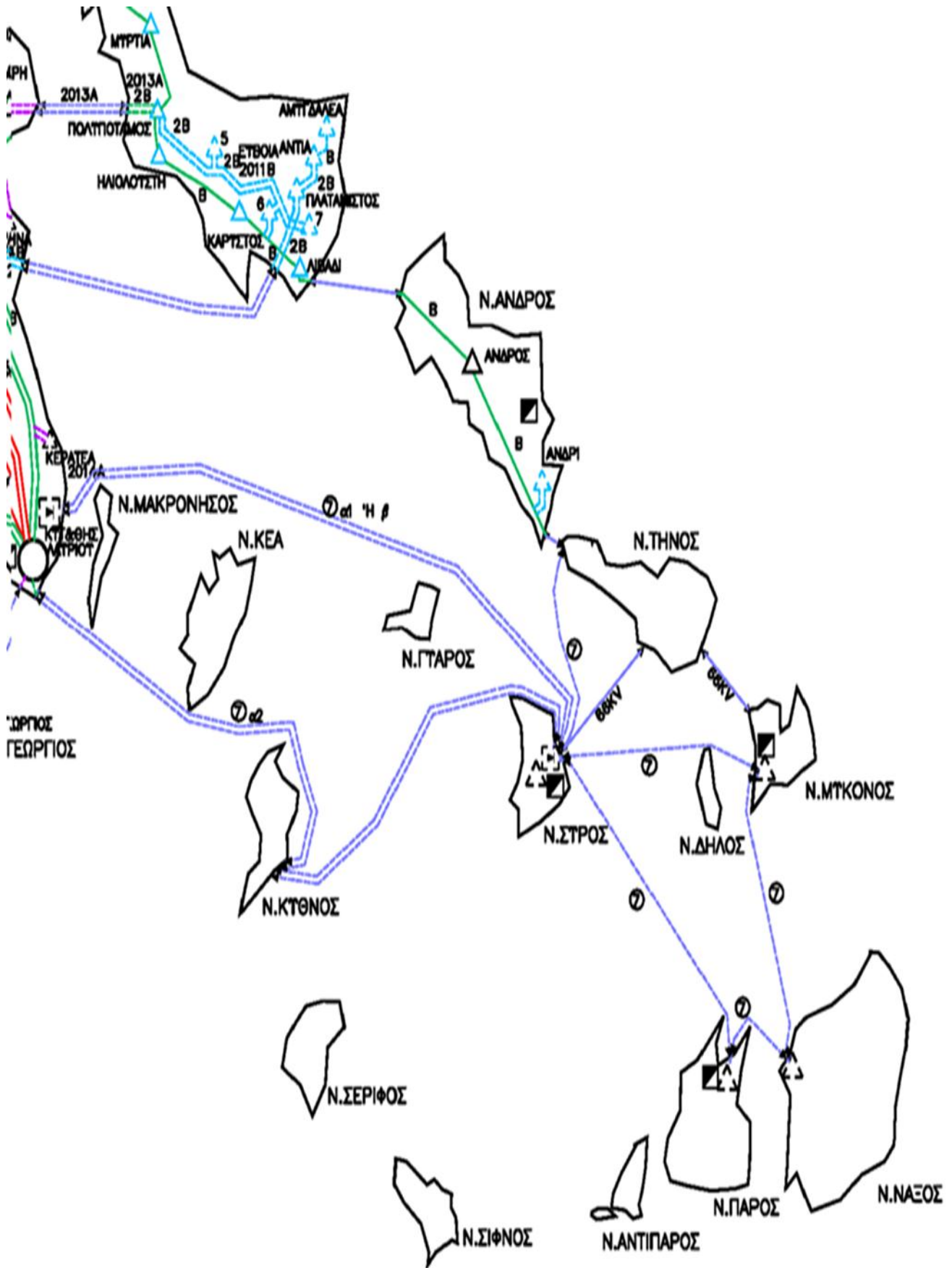
Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία διασύνδεσης όπως και οι κινήσεις που έχουν γίνει μέχρι την έκδοση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Ακολουθεί μια περιγραφή των τελευταίων προτάσεων οι οποίες λαμβάνονται υπόψη για την διασύνδεση του αυτόνομου συστήματος της Παροναξίας με το διασυνδεδεμένο Ηπειρωτικό σύστημα της Ελλάδος. Γίνεται αναφορά του εξοπλισμού που απαιτείται και αναφέρονται οι πιθανοί τρόποι διασύνδεσης όπως αυτοί προκύπτουν από την ισχύουσα ΜΑΣΜ. Στο παρακάτω κεφάλαιο θα οριστεί επίσης ο τρόπος που επιλέγεται για την μοντελοποίηση της μελλοντικής διασύνδεσης.

6.1 Εισαγωγή στην διασύνδεση των Κυκλάδων με το ηπειρωτικό δίκτυο και ποια η διαδρομή του μέχρι σήμερα (πηγή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.)

Η διασύνδεση των Κυκλάδων αποτελεί έργο μείζονος σημασίας για τη μελλοντική τροφοδότησή τους, λόγω των υψηλών ρυθμών ανάπτυξης των φορτίων τους. Ο αρχικός σχεδιασμός (δεκαετία του '80) προέβλεπε τη διασύνδεση των νησιών Άνδρου, Τήνου, Σύρου και Μυκόνου με το Σύστημα μέσω της Εύβοιας με υποβρύχια καλώδια κατά τα υποθαλάσσια τμήματα και εναέριες γραμμές επί της Άνδρου της Τήνου και της Σύρου. Μέχρι σήμερα έχει ολοκληρωθεί ένα σημαντικό τμήμα των παραπάνω έργων και συγκεκριμένα :

- τα εναέρια και υποβρύχια τμήματα της διασύνδεσης της Άνδρου με το Σύστημα
- τα εναέρια τμήματα επί της Άνδρου
- το υποβρύχιο καλώδιο Άνδρου-Τήνου
- η χάραξη της Γ.Μ. επί της Τήνου και η τοποθέτηση κατά μήκος αυτής ιστών και πυλώνων
- καθώς και τα υποβρύχια καλώδια μεταξύ των νήσων Τήνου-Σύρου και Τήνου-Μυκόνου (δύο τριπολικά υποβρύχια καλώδια 66kV).
- Κατά το έτος 2003 πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση προσωρινού Υ/Σ 150/20kV στην Άνδρο
- ενώ εντός του 2005 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες και εγκαταστάθηκε ο μόνιμος Υ/Σ Άνδρου.

Το υποβρύχιο καλώδιο Άνδρου-Τήνου λειτουργεί στα 20kV για την τροφοδότηση των φορτίων της Τήνου. Ωστόσο, η υλοποίηση του παραπάνω σχεδιασμού δεν κατέστη δυνατό να ολοκληρωθεί, λόγω σημαντικών αντιδράσεων κατοίκων, τοπικών φορέων και αλλεπάλληλων προσφυγών σε διοικητικές αρχές, αποτέλεσμα των οποίων ήταν η αποξήλωση των ιστών και των πυλώνων της Γ.Μ. επί της Τήνου. Έτσι, η σημερινή κατάσταση σε ότα αφορά τα νησιά των Ανατολικών Κυκλάδων έχει ως εξής: η Άνδρος και η Τήνος έχουν συνδεθεί στο Σύστημα μέσω της Εύβοιας, ενώ τα νησιά Μύκονος, Σύρος, Πάρος και Νάξος εξυπηρετούνται από Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ).



Χάρτης 6.1 (Διασύνδεση του δικτύου της Πάρου με το ηπειρωτικό εθνικό δίκτυο πηγή Δ.Ε.Σ.Μ.Η.Ε.)

Το 2004 συστάθηκε από το ΥΠΙΑΝ αρμόδια επιτροπή αποτελούμενη από εκπροσώπους του ΔΕΣΜΗΕ, της ΔΕΗ και της ΡΑΕ, με αντικείμενο την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος και την κατάρτιση τελικής πρότασης διασύνδεσης. Η επιτροπή ολοκλήρωσε τις εργασίες της το Μάιο του 2005. Η μελέτη που εκπονήθηκε από την επιτροπή πρότεινε νέο σχεδιασμό με γνώμονα την ελαχιστοποίηση της περιβαλλοντικής όχλησης επί των νησιών. Στην κατεύθυνση αυτή, οι νέοι Υ/Σ επί των νησιών έχουν χωροθετηθεί πλησίον του αιγιαλού, ώστε να αποφεύγεται η κατασκευή εναέριων Γ.Μ. επί των νησιών. Με βάση τα συμπεράσματα της επιτροπής διαμορφώθηκε ο σχεδιασμός του έργου που περιλαμβάνεται στις έκτοτε εγκεκριμένες ΜΑΣΜ και προχώρησε η αδειοδοτική διαδικασία του έργου και η διαμόρφωση των τευχών διακήρυξης από τον Κύριο του Συστήματος σε συνεργασία με ΔΕΣΜΗΕ και τη συνδρομή της ΡΑΕ. Η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων για το έργο χορηγήθηκε τον Σεπτέμβριο 2009.

Στα πλαίσια της διερεύνησης που πραγματοποιήθηκε από τον Κύριο του Συστήματος κατά το στάδιο προετοιμασίας των τευχών διακήρυξης του έργου έγιναν περαιτέρω οι ακόλουθες διαπιστώσεις:

- Το μήκος της καλωδιακής διαδρομής Ε.Ρ. Λαύριο – Κύθνος – Σύρος φτάνει τα ~150km και είναι τελικά σημαντικά μεγαλύτερο από την αρχική εκτίμηση (120km). Τούτο διότι ο Υ/Σ ζεύξης επί της Κύθνου χωροθετείται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού. Έτσι η καλωδιακή διαδρομή Ε.Ρ. Λαύριο – Κύθνος είναι ~80km και Κύθνος – Σύρος ~70km.
- Η χρήση τριπολικών καλωδίων αποτελεί την πλέον διαδεδομένη διεθνώς πρακτική, καθώς παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα μονοπολικά, κυρίως για εφαρμογές που αφορούν μεγάλο μήκος υποβρύχια τμήματα. Συγκεκριμένα, με τη χρήση τριπολικών καλωδίων επιτυγχάνονται ταχύτεροι χρόνοι πόντισης (σε αντίθεση με τις πολλαπλές ποντίσεις των μονοπολικών), σημαντικά μειωμένες απώλειες οπλισμού και μανδύα σε σχέση με τα μονοπολικά, ενώ αποφεύγονται τα προβλήματα ασυμμετρίας μεταξύ των φάσεων. Για το λόγο αυτό, ο σχεδιασμός που περιλαμβάνεται αφορά τριπολικά καλώδια για όλες τις καλωδιακές διαδρομές, (Λαύριο - Σύρος, Σύρος - Πάρος - Νάξος -Μύκονος – Σύρος, Σύρος – Τήνος). Όπως είναι αναμενόμενο σε ένα έργο τεχνολογίας αιχμής όπως αυτό της διασύνδεσης των Κυκλάδων, κατά το στάδιο της δημόσιας διαβούλευσης, είναι πιθανό να υπάρξουν προτάσεις για διαφορετικές προσεγγίσεις σε τεχνικά θέματα, όπως για παράδειγμα όσον αφορά τη μεταφορική ικανότητα των καλωδίων Ε.Ρ., τις δυνατότητες πόντισης καλωδίων Ε.Ρ. σε τόσο μεγάλο απ' ευθείας μήκος, τα θέματα ευελιξίας χειρισμών - μεταγωγών σε αμφότερες τις λύσεις Ε.Ρ. και Σ.Ρ., θέματα αξιοπιστίας, θέματα ισοδυναμίας των λύσεων Ε.Ρ. και Σ.Ρ. κ.α.

Συνοπτικά το έργο διασύνδεσης των Κυκλάδων περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Υποβρύχια διασύνδεση του Υ/Σ Σύρου με το ΚΥΤ Λαυρίου, η οποία δύναται να υλοποιηθεί με δύο εναλλακτικούς τρόπους:
 1. είτε με σύνδεσμο Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) αποτελούμενο από 3 (2+1 εφεδρικό) ισοδύναμα καλώδια Σ.Ρ. ισχύος 250MW και μετατροπείς Ε.Ρ./Σ.Ρ. – Σ.Ρ./Ε.Ρ. που θα εγκατασταθούν στο Λαύριο και στη Σύρο,
 2. είτε με ένα ζεύγος (1+1 εφεδρικό) τριπολικών καλωδίων Εναλλασσομένου Ρεύματος(Ε.Ρ.), ονομαστικής τάσης 150kV και ονομαστικής ικανότητας 280MVA έκαστο, με πλαστική μόνωση (XLPE).
- Κατασκευή νέων υποσταθμών (Υ/Σ) 150/20kV κλειστού τύπου (GasInsulated Substations- GIS) στα νησιά Σύρο, Μύκονο, Πάρο, Νάξο, σταθμού ζεύξης στην Κύθνο (λύση Ε.Ρ.), καθώς και σταθμού ζεύξης του υφισταμένου και του νέου καλωδίου στην Τήνο.
- Εσωτερικός βρόχος διασύνδεσης των νήσων Σύρου, Μύκονου, Πάρου, Νάξου και Τήνου με υποβρύχια καλώδια Ε.Ρ. ως ακολούθως:

1. **Σύρος-Μύκονος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~36km
2. **Σύρος-Πάρος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~50km
3. **Πάρος-Νάξος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~16km
4. **Νάξος-Μύκονος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~40km
5. **Σύρος - Τήνος:** διασύνδεση με υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο E.P. XLPE 150kV ονομαστικής ικανότητας 200MVA, μήκους ~32km

Διασύνδεση με καλώδια Εναλλασσομένου Ρεύματος

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Εγκατάσταση μεταξύ Σύρου και Λαυρίου ενός ζεύγους τριπολικών υποβρυχίων καλωδίων E.P. XLPE, ονομαστικής τάσης 150kV και ονομαστικής ικανότητας 280MVA έκαστο. Από αυτά το ένα βρίσκεται μόνιμα σε λειτουργία και το δεύτερο είναι εφεδρικό., οπότε σε περίπτωση βλάβης του ενός εν λειτουργία υποβρυχίου καλωδίου η μεταγωγή στο εφεδρικό θα γίνεται χειροκίνητα. Η διασύνδεση προβλέπεται να πραγματοποιηθεί σε δύο τμήματα συνολικού μήκους ~150km (Λαύριο-Κύθνος~80km και Κύθνος-Σύρος~70km), οπότε θα κατασκευαστεί σταθμός ζεύξεως στην Κύθνο όπου θα εγκατασταθούν πηνία αντιστάθμισης, ως ακολούθως:
 1. 4X20MVAr στο KYT Λαυρίου
 2. 4X20MVAr και 4X16MVAr στον Υ/Σ Κύθνου
 3. 4X16MVAr στον Υ/Σ Σύρου
- Είναι επίσης αναγκαία η εγκατάσταση ενός Στατού Συστήματος Αντιστάθμισης (Static Var Compensator – SVC) στη Σύρο με ονομαστική ικανότητα αντιστάθμισης -100MVAr (Reactive)/+150MVAr (Capacitive) για αυτόματη ρύθμιση της τάσεως.

Διασύνδεση με σύνδεσμο Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) και μετατροπείς E.P./Σ.Ρ. – E.P./Σ.Ρ.

Περιλαμβάνει τα ακόλουθα έργα:

- Κατασκευή συνδέσμου Σ.Ρ μεταξύ Λαυρίου-Σύρου μήκους 110km περίπου και ονομαστικής ικανότητας 250MW, ο οποίος θα αποτελείται από τρία ισοδύναμα υποβρύχια καλώδια (2 καλώδια σε λειτουργία και 1 εφεδρικό). Σε περίπτωση βλάβης του ενός εν λειτουργία υποβρυχίου καλωδίου η μεταγωγή στο εφεδρικό καλώδιο θα γίνεται χειροκίνητα σε ισοδύναμο χρόνο με αυτόν που απαιτείται σε αντίστοιχη μεταγωγή καλωδίων εναλλασσομένου ρεύματος. Ο σύνδεσμος θα επιτρέπει είτε ακτινική τροφοδότηση των νήσων, δηλαδή με ανοικτό το διακόπτη 150kV του Υ/Σ Σύρου προς Τήνο, είτε παράλληλη τροφοδότηση με κλειστό τον ως άνω διακόπτη.
- Κατασκευή δύο σταθμών μετατροπής E.P./Σ.Ρ σύγχρονης τεχνολογίας (Voltage Source Converter – VSC) σε κάθε άκρο του συνδέσμου, δηλαδή ενός στη Σύρο και ενός στο Λαύριο. Οι μετατροπείς θα έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ταυτόχρονα και ως ρυθμιστές τάσεων με ονομαστική ικανότητα αντιστάθμισης -50MVAr (Reactive) /+150MVAr (Capacitive), διατηρώντας την τάση

στην πλευρά εναλλασσομένου ρεύματος εντός των επιθυμητών ορίων, εφόσον δεν παραβιάζονται τα ονομαστικά μεγέθη του συνδέσμου.

Ο σύνδεσμος Λαυρίου – Σύρου θα πρέπει:

- Να διαθέτει κατάλληλους αυτοματισμούς έτσι ώστε, κατά την ακτινική του λειτουργία, η μεταφερόμενη μέσω αυτού ισχύς να παρακολουθεί τις διακυμάνσεις του ακτινικά τροφοδοτούμενου φορτίου των νήσων, εντός των ορίων ονομαστικής ισχύος του συνδέσμου, διατηρώντας στις τροφοδοτούμενες νήσους τα χαρακτηριστικά τάσεως και συχνότητας που επιβάλλονται από τον ΚΔΣ&ΣΗΕ. Σημειώνεται ότι η φορά της μεταφερόμενης ισχύος μέσω του συνδέσμου είναι δυνατόν να αντιστρέφεται επειδή, πέραν της τροφοδότησης του φορτίου των νήσων, είναι δυνατό να λειτουργούν επί των νήσων αιολικοί σταθμοί παραγωγής, συμβατικοί σταθμοί παραγωγής ή συνδυασμός και των δύο. Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις η λειτουργία του συνδέσμου θα πρέπει να είναι απρόσκοπτη, δηλαδή με κατάλληλους αυτοματισμούς και χωρίς παρέμβαση των τοπικών χειριστών ή του Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) να είναι δυνατή η αντιστροφή της μεταφερόμενης ισχύος από/προς τις νήσους, εντός φυσικά της ονομαστικής ικανότητας του συνδέσμου. Δηλαδή συνοπτικά, ο σύνδεσμος θα πρέπει να παρέχει αδιάλειπτη λειτουργία σε όλα τα τεταρτημόρια των αξόνων P/Q με απρόσκοπτη και αυτόματη μετάβαση από αρνητικές σε θετικές τιμές και αντίστροφα των P και Q.
- Να διαθέτει κατάλληλους αυτοματισμούς έτσι ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη λειτουργία του σε κλειστό βρόχο μέσω της καλωδιακής σύνδεσης του Υ/Σ της νήσου Σύρου προς Τήνο. Κατά τη λειτουργία του συνδέσμου σε κλειστό βρόχο θα πρέπει να παρέχονται κατ' ελάχιστο οι πιο κάτω επιλογές:
 1. Σταθερή ισχύς (με έκδοση set-point από το ΚΕΕ) να μπορεί να μεταφέρεται προς/από το νησιωτικό σύμπλεγμα, ενώ οι τάσεις στους ζυγούς 150kV του Υ/Σ Σύρου να παραμένουν εντός του προκαθοριζόμενου εύρους τιμών. Σε περίπτωση διαταραχής λόγω βλάβης της καλωδιακής σύνδεσης Λαυρίου - Σύρου ο σύνδεσμος να περιπίπτει σε λειτουργία ρύθμισης τάσεως παρέχοντας ή απορροφώντας άεργο ισχύ εντός των πιο πάνω οριζόμενων ονομαστικών μεγεθών, έτσι ώστε οι τάσεις στους ζυγούς 150kV του Υ/Σ Σύρου να παραμένουν εντός προκαθοριζόμενου εύρους τιμών .
 2. Ο σύνδεσμος να μπορεί μεταφέρει προς/από το νησιωτικό σύμπλεγμα την απαιτούμενη ισχύ ώστε η διακινούμενη ισχύς από τον Υ/Σ Σύρου από/προς την Τήνο να διατηρείται εντός ενός εύρους τιμών ισχύος επιλεγόμενου από το ΚΕΕ, ενώ οι τάσεις στους ζυγούς 150kV του Υ/Σ Σύρου να παραμένουν εντός προκαθοριζόμενου εύρους τιμών. Και κατά τη λειτουργία αυτή η φορά της ροής ισχύος μέσω του συνδέσμου δύναται να αναστρέφεται όπως περιγράφεται κατά την ακτινική σύνδεση. Σε περίπτωση διακοπής της καλωδιακής σύνδεσης Λαυρίου –Σύρου ο σύνδεσμος να περιπίπτει σε λειτουργία ρύθμισης τάσεως παρέχοντας ή απορροφώντας άεργο ισχύ εντός των πιο πάνω οριζόμενων ονομαστικών μεγεθών, έτσι ώστε οι τάσεις στους ζυγούς 150kV του Υ/Σ Σύρου να παραμένουν εντός προκαθοριζόμενου εύρους τιμών. Σε περίπτωση διακοπής της διασύνδεσης Ε.Ρ. Σύρος προς Τήνο – Άνδρο – Λιβιάδι – Κάρυστο – Εύβοια θα πρέπει να ανιχνεύεται αυτομάτως η απώλεια της σύνδεσης, χωρίς η εν λόγω ανίχνευση να βασίζεται μόνο στο άνοιγμα των διακοπών, και ο σύνδεσμος να περιπίπτει στην κατάσταση ακτινικής τροφοδότησης από το Λαύριο.
 3. Οι μετατροπείς Ε.Ρ./Σ.Ρ. – Σ.Ρ./Ε.Ρ. στο Λαύριο και στη Σύρο θα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι κατά συμμετρικό τρόπο και με τελείως ανεξάρτητα υποσυστήματα αναφορικά με τον αρνητικό και θετικό πόλο, έτσι ώστε σε περίπτωση μείζονος βλάβης σε ένα εξ' αυτών η λειτουργία του συνδέσμου να μπορεί να συνεχιστεί με μειωμένη ισχύ στο ήμισυ της ονομαστικής. Έκαστο των πιο πάνω υποσυστημάτων θα πρέπει να διαθέτει ικανό αριθμό επιμέρους εφεδρικών στοιχείων ώστε σε περίπτωση βλάβης αριθμού εξ' αυτών να επιτρέπει την απρόσκοπτη λειτουργία του Συνδέσμου σε πλήρη ισχύ. Η σχεδίαση του συνδέσμου πρέπει να είναι τέτοια ώστε, πέρα από την τήρηση του

κριτηρίου N-1 αναφορικά με το ήμισυ της ισχύος όπως περιγράφεται ανωτέρω, να επιτυγχάνεται και υψηλή συνολική διαθεσιμότητα για την ονομαστική ικανότητα του συνδέσμου Λαυρίου – Σύρου.

Έργα Καλωδίων

Λόγω του μεγάλου μήκους και αριθμού των υποβρυχίων καλωδίων που εγκαθίστανται επιλέγεται η χρήση καλωδίων με πλαστική μόνωση (XLPE), για ελαχιστοποίηση των απωλειών αέργου ισχύος, και τριπολικού τύπου για ελαχιστοποίηση των απωλειών οπλισμού και μανδύα. Για τη σύνδεση του συγκροτήματος των Κυκλάδων στο ΚΥΤ Λαυρίου θα απαιτηθούν τα εξής:

Λύση 1 Σ.Ρ.

- Υποβρύχιος σύνδεσμος Σ.Ρ. μεταξύ Λαυρίου – Σύρου αποτελούμενος από τρία ισοδύναμα υποβρύχια καλώδια (2 σε λειτουργία και 1 εφεδρικό) μήκους ~108 km και ονομαστικής ικανότητας 250 MW. Δύο σταθμοί μετατροπής Ε.Ρ./Σ.Ρ. με ονομαστική ικανότητα αντιστάθμισης -50 MVA_r /+150 MVA_r, ένας σε κάθε άκρο του κάθε συνδέσμου (Λαύριο και Σύρος).

Λύση 2 Ε.Ρ.

- Ένα ζεύγος (1+1 εφεδρικό) τριπολικών υποβρυχίων καλωδίων 150kV Ε.Ρ. XLPE συνολικού μήκους ~152 km και ονομαστικής ικανότητας 280 MVA έκαστο. Τα καλώδια προβλέπεται να εγκατασταθούν σε δύο τμήματα (Λαύριο-Κύθνος και Κύθνος-Σύρος μήκους ~84 km και ~68 km αντίστοιχα) ώστε να επιτυγχάνεται ελαχιστοποίηση των υποβρυχίων μη εργοστασιακών συνδέσεων.

Η εσωτερική διασύνδεση των νησιών των Κυκλάδων, ανεξαρτήτως του τρόπου σύνδεσης Λαυρίου – Σύρου, περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 kV XLPE Σύρος-Μύκονος μήκους ~35 km, ονομαστικής ικανότητας 200 MVA .
- Υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 kV XLPE Σύρος-Πάρος, μήκους ~46 km, ονομαστικής ικανότητας 200 MVA.
- Υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 kV XLPE Πάρος-Νάξος, μήκους ~8 km, ονομαστικής ικανότητας 200 MVA.
- Υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 kV XLPE Νάξος-Μύκονος, μήκους ~40 km, ονομαστικής ικανότητας 200 MVA.
- Υποβρύχιο τριπολικό καλώδιο 150 kV XLPE Σύρος-Τήνος, μήκους ~33 km, ονομαστικής ικανότητας 200 MVA.

Έργα εντός του ΚΥΤ Λαυρίου

Για τη σύνδεση του συγκροτήματος των Κυκλάδων στο ΚΥΤ Λαυρίου θα απαιτηθούν τα εξής:

Λύση 1 Σ.Ρ.

- Ένας σταθμός μετατροπής Ε.Ρ./Σ.Ρ με τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν ανωτέρω και ονομαστική ικανότητα αντιστάθμισης 50/+150MVA_r, ο οποίος θα περιλαμβάνει κατάλληλο Μ/Σ από τα 400kV στην

ονομαστική τάση λειτουργίας του συνδέσμου.

- Μία πλήρης πύλη για τη σύνδεση του ως άνω Μ/Σ επί ζυγού 400kV .
- Χώρος για την εγκατάσταση εφεδρικού Μ/Σ και πλήρους πύλης για τη σύνδεσή του επί ζυγού 400kV σε περίπτωση βλάβης.
- Χώρος για την εγκατάσταση μελλοντικά ενός δεύτερου σταθμού μετατροπής Ε.Ρ./Σ.Ρ όμοιου με τον παραπάνω.

Λύση 2 Ε.Ρ.

- Αυτομετασηματιστής (ΑΜ/Σ) 400/150kV ονομαστικής ικανότητας 280MVA με πηνίο ικανότητας 50 MVA_r στο τριτεύον τύλιγμα (30kV)
- Μία πλήρης πύλη για τη σύνδεση του ως άνω ΑΜ/Σ επί ζυγού 400kV
- Χώρος για την εγκατάσταση εφεδρικού ΑΜ/Σ και πλήρους πύλης για τη σύνδεσή του επί ζυγού 400kV σε περίπτωση βλάβης Κατασκευή νέου Υ/Σ GIS 150kV, ο οποίος περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο:
- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV □ Μία πλήρη πύλη για τη σύνδεση του ως άνω ΑΜ/Σ επί ζυγού 150kV
- Χώρο για μελλοντική εγκατάσταση εφεδρικού ΑΜ/Σ και πλήρους πύλης για τη σύνδεσή του επί ζυγού 150kV σε περίπτωση βλάβης Δύο (2) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Τέσσερα (4) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV 4X20MVA_r Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη πέντε (5) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω

Υ/Σ Σύρου

Ο Υ/Σ Σύρου είναι ο πλέον σύνθετος εκ των υποσταθμών κλειστού τύπου (GIS) που θα κατασκευαστούν στις νήσους και περιλαμβάνει τα ακόλουθα έργα και συστήματα ρύθμισης:

Λύση 1 Σ.Ρ.

- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Ένας σταθμός μετατροπής Ε.Ρ./ Σ.Ρ με τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν ανωτέρω και ονομαστική ικανότητα αντιστάθμισης -50/+150MVA_r, ο οποίος θα περιλαμβάνει κατάλληλο Μ/Σ από την ονομαστική τάση λειτουργίας του συνδέσμου στα 150kV
- Μία πλήρης πύλη για τη σύνδεση του ως άνω Μ/Σ επί ζυγού 150kV
- Χώρο για μελλοντική εγκατάσταση
- εφεδρικού Μ/Σ και πλήρους πύλης για τη σύνδεσή του επί ζυγού 150kV σε περίπτωση βλάβης
- Χώρο για την εγκατάσταση μελλοντικά ενός δεύτερου σταθμού μετατροπής Ε.Ρ./Σ.Ρ όμοιου με τον παραπάνω.
- Τρεις (3) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρος για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη πέντε (6) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Τέσσερα (4) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV, 3X16MVA_r και 1X9MVA_r
- Δύο (2) εφεδρικά πηνία αντιστάθμισης (διπλού) ζυγού 150kV 2X16MVA_r
- Δύο (2) εφεδρικοί πυκνωτές αντιστάθμισης (διπλού) ζυγού 150kV 2X25MVA_r
- Δύο (2) Μ/Σ υποβιβασμού 150/ Μ.Τ. 40/50 MVA για την τροφοδότηση των φορτίων της Σύρου
- Δύο (2) πλήρεις πύλες σύνδεσης Μ/Σ υποβιβασμού 150/Μ.Τ. επί διπλού ζυγού
- Δύο (2) πυκνωτές αντιστάθμισης Μ.Τ. 12MVA_r
- Πύλες Μ.Τ. συμπεριλαμβανομένων αυτών που απαιτούνται για τη σύνδεση των μονάδων ΑΣΠ

Λύση 2 Ε.Ρ.

- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Πέντε (5) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη πέντε (5) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Οκτώ (8) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV, 7X16MVA_r και 1X9MVA_r
- Δύο (2) εφεδρικά πηνία αντιστάθμισης (διπλού) ζυγού 150kV 2X16MVA_r
- Δύο (2) εφεδρικοί πυκνωτές αντιστάθμισης (διπλού) ζυγού 150kV 2X25MVA_r
- Δύο (2) μετασχηματιστές (Μ/Σ) υποβιβασμού 150/Μ.Τ. 40/50MVA για την τροφοδότηση των φορτίων της Σύρου
- Δύο (2) πλήρεις πύλες σύνδεσης Μ/Σ υποβιβασμού 150/Μ.Τ. επί διπλού ζυγού
- Δύο (2) πυκνωτές αντιστάθμισης Μ.Τ. 12MVA_r
- Στατό Σύστημα Αντιστάθμισης (SVC) με ονομαστική ικανότητα -100/+150MVA_r
- Μία πλήρη πύλη για τη σύνδεση του SVC επί διπλού ζυγού 150kV
- Πύλες ΜΤ συμπεριλαμβανομένων αυτών που απαιτούνται για τη σύνδεση των μονάδων ΑΣΠ

Υ/Σ Μυκόνου

- Ο Υ/Σ Μυκόνου θα είναι τεχνολογίας κλειστού τύπου (GIS) και θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Δύο (2) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη δύο(2) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Δύο (2) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV 1X16MVA_r και 1X18MVA_r
- Ένα (1) εφεδρικό πηνίο αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X18MVA_r
- Ένας(1) εφεδρικός πυκνωτής αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X25MVA_r
- Δύο (2) μετασχηματιστές (Μ/Σ) υποβιβασμού 150/Μ.Τ. 40/50MVA για την τροφοδότηση των φορτίων της Μυκόνου
- Δύο (2) πλήρεις πύλες σύνδεσης Μ/Σ υποβιβασμού 150/Μ.Τ. επί διπλού ζυγού
- Δύο (2) πυκνωτές αντιστάθμισης Μ.Τ. 12MVA_r

Υ/Σ Πάρου

Ο Υ/Σ Πάρου θα είναι τεχνολογίας κλειστού τύπου (GIS) και θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Δύο (2) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη τριών (3)επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Τρία (3) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV 1X16MVA_r και 2X9MVA_r
- Ένα (1) εφεδρικό πηνίο αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X16MVA_r
- Ένας(1) εφεδρικός πυκνωτής αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X25MVA_r
- Δύο (2) μετασχηματιστές (Μ/Σ) υποβιβασμού 150/Μ.Τ. 40/50MVA για την τροφοδότηση των φορτίων της Πάρου

- Δύο (2) πλήρεις πύλες σύνδεσης Μ/Σ υποβιβασμού 150/Μ.Τ. επί διπλού ζυγού
- Δύο (2) πυκνωτές αντιστάθμισης Μ.Τ. 12ΜVAr

Υ/Σ Νάξου

Ο Υ/Σ Νάξου θα είναι τεχνολογίας κλειστού τύπου (GIS) και θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Δύο (2) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη δύο(2) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Δύο (2) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV, 1X9ΜVAr και 1X18ΜVAr
- Ένα (1) εφεδρικό πηνίο αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X18ΜVAr
- Ένας(1) εφεδρικός πυκνωτής αντιστάθμισης διπλού ζυγού 150kV 1X25ΜVAr
- Δύο (2) μετασχηματιστές (Μ/Σ) υποβιβασμού 150/Μ.Τ. 40/50ΜVA για την τροφοδότηση των φορτίων της Νάξου
- Δύο (2) πλήρεις πύλες σύνδεσης Μ/Σ υποβιβασμού 150/Μ.Τ. επί διπλού ζυγού
- Δύο (2) πυκνωτές αντιστάθμισης Μ.Τ. 12ΜVAr

Ζεύξη Κύθνου

Είναι αναγκαία μόνο στη λύση Ε.Ρ. για την ενδιάμεση ζεύξη των δύο τμημάτων του καλωδίου Ε.Ρ. Λαυρίου-Σύρου. Η ζεύξη αυτή θα είναι τεχνολογίας κλειστού τύπου (GIS) και θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Δύο (2) ζυγούς λειτουργίας 150kV
- Τρεις (3) πλήρεις πύλες αναχώρησης 150kV επί διπλού ζυγού
- Χώρο για πιθανή μελλοντική ανάπτυξη τεσσάρων (4) επιπλέον πυλών αναχώρησης 150kV, όμοιων με τις παραπάνω
- Οκτώ (8) πηνία αντιστάθμισης Γ.Μ. 150kV, 4X16ΜVAr και 4X20ΜVAr
- Χώρο για δύο (2) μετασχηματιστές (Μ/Σ) υποβιβασμού 150/Μ.Τ. και τις αντίστοιχες πύλες, για την τροφοδότηση τοπικών φορτίων

Ζεύξη Τήνου

Ζεύξη του νέου καλωδίου Ε.Ρ. XLPE Σύρου-Τήνου επί της Τήνου με το υφιστάμενο καλώδιο ελαίου Ανδρου - Τήνου και εγκατάσταση πηνίου αντιστάθμισης Γ.Μ. 150 kV, ικανότητας 16 ΜVAr.

Επισημαίνεται ότι οι ζεύξεις Κύθνου (στη λύση Ε.Ρ.) και Τήνου μπορούν να εξελιχθούν σε Υ/Σ στο μέλλον, όταν οι συνθήκες φορτίου των νησιών το απαιτήσουν.

Σύνδεση ΑΣΠ

Μετά την ολοκλήρωση των έργων διασύνδεσης είναι δυνατή η θέση των ΑΣΠ σε ψυχρή εφεδρεία. Ωστόσο, για την αντιμετώπιση τυχόν έκτακτων καταστάσεων μετά από μεγάλες βλάβες (με χειρότερη την

περίπτωση

Γενικά θέματα

Θα πρέπει επίσης να σημειωθούν τα ακόλουθα:

- Ανεξάρτητα του προκρινόμενου σχήματος διασύνδεσης, σε κάθε περίπτωση, πρέπει οπωσδήποτε να προηγηθούν τα προγραμματισμένα έργα επί των νησιών (Υ/Σ, τερματικά καλωδίων, υπόγεια καλώδια ή/και γραμμές μεταφοράς) και στη συνέχεια να γίνει η πόντιση των υποβρυχίων καλωδίων, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος πόντισης καλωδίων και η εκ των υστέρων εμφάνιση αντιδράσεων που θα καθυστερήσει την ολοκλήρωση των έργων.
- Ο ακριβής χρόνος αποξήλωσης των ΑΣΠ θα αποφασιστεί στο μέλλον με βάση τη λειτουργική εμπειρία που θα έχει αποκτηθεί.

Όλα τα παραπάνω έργα απεικονίζονται σχηματικά στις σελίδες που ακολουθούν. Απώλειας της διασύνδεσης με το Λαύριο) προβλέπεται η διασύνδεση των υφιστάμενων σταθμών παραγωγής των νήσων Σύρου, Πάρου και ενδεχομένως της Μυκόνου με τους αντίστοιχους νέους Υ/Σ 150kV που πρόκειται να κατασκευαστούν σε επίπεδο.

Η λύση που υλοποιείται στην παρούσα εργασία όσον αφορά την σύνδεση Λαυρίου-Σύρου είναι η λύση 2 σύμφωνα με την μελέτη του διαχειριστή 2010-2014 δηλ την διασύνδεση του Λαυρίου με την Σύρο μέσω της Κύθνου με Ε.Ρ.

7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

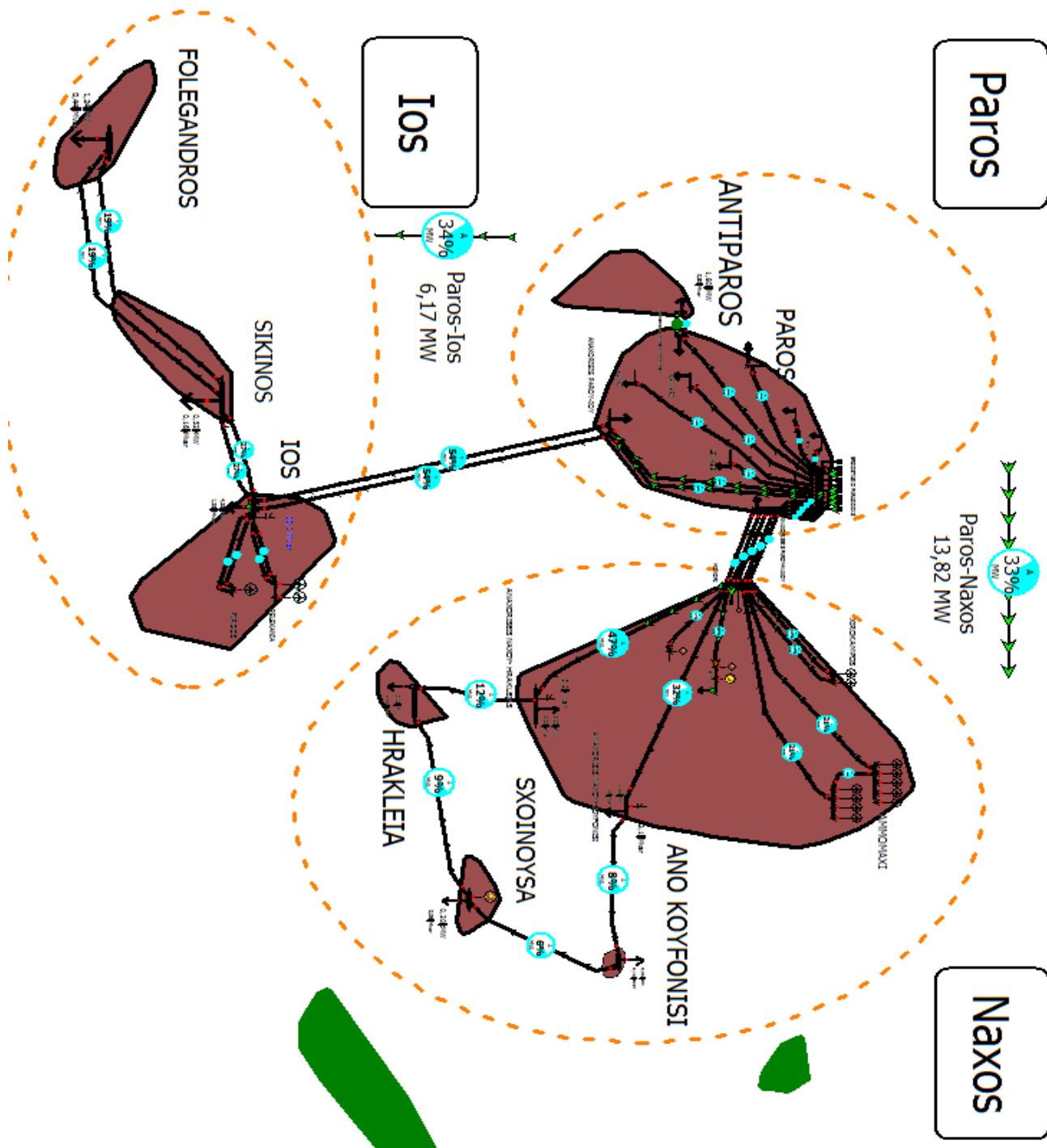
Εκτέλεση προσομοίωσης σεναρίων φόρτισης σε μόνιμη κατάσταση λειτουργίας

Εισαγωγή

Στο παρακάτω κεφάλαιο γίνεται διάκριση των σεναρίων τα οποία εξετάζονται. Αναφέρεται η ζήτηση σε κάθε ένα από αυτά και η λογική με την οποία προκύπτει. Ακόμα παρουσιάζεται το μοντέλο που χρησιμοποιείται στις δύο καταστάσεις λειτουργίας, δηλαδή, με ή χωρίς διασύνδεση. Τέλος παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εξομοίωσης συνοδευόμενα από τις ανάλογες γραφικές παραστάσεις και τα αντίστοιχα μονογραμμικά του δικτύου.

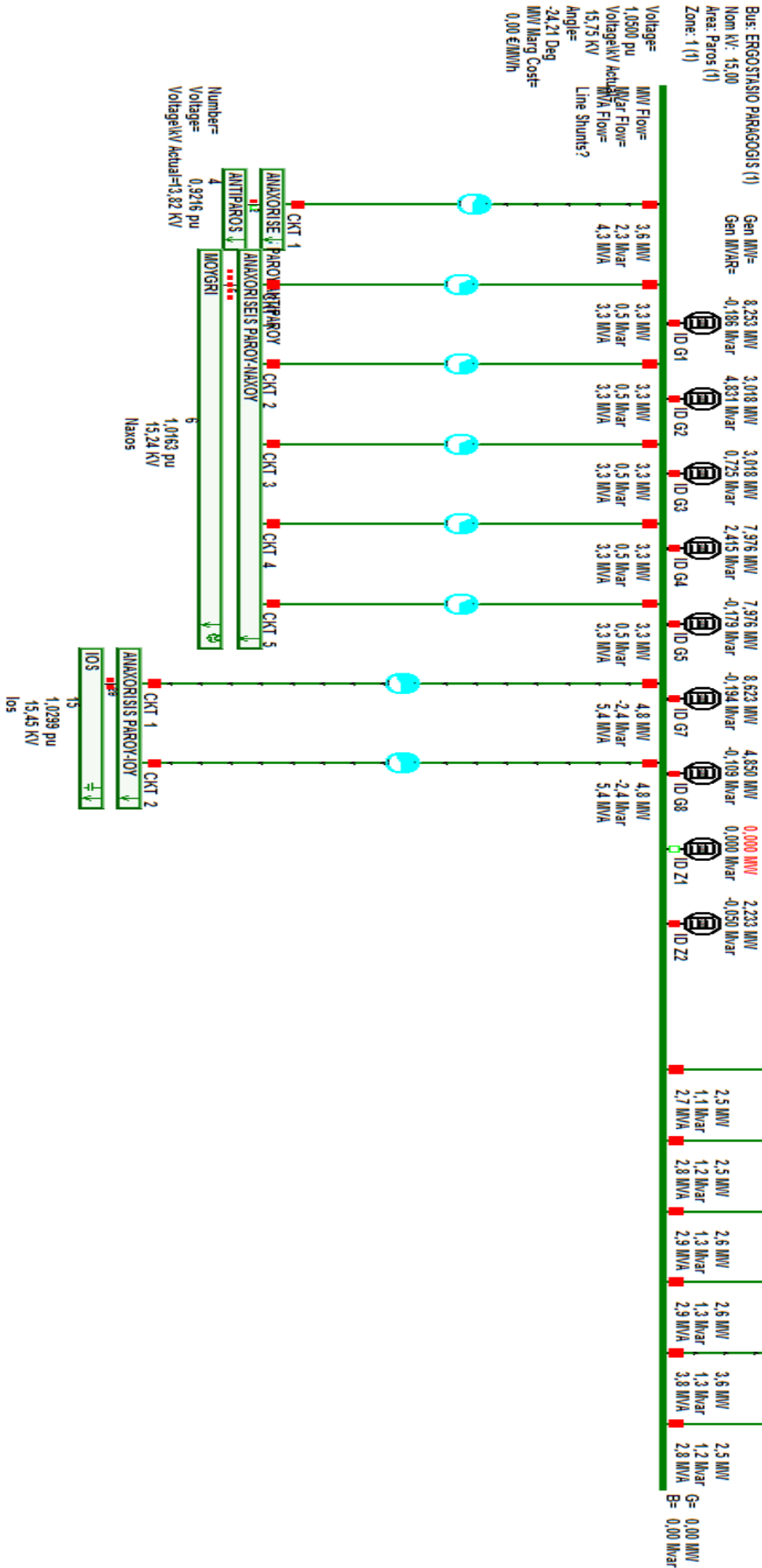
7.1 Υφιστάμενη κατάσταση δικτύου

Τα παρακάτω σχηματικά και μονογραμμικά αναφέρονται στα δεδομένα για την υφιστάμενη κατάσταση λειτουργίας, δηλαδή, με τα φορτία που εξυπηρετούνταν κατά την επίσκεψη του συγγραφέα στο ΑΣΠ Πάρου και με τις αντίστοιχες φορτίσεις στις μηχανές παραγωγής. Επίσης θεωρήθηκε παραγωγή από Αιολικά όπως αυτή είχε καταγραφεί από τα συστήματα τηλεμετρίας και ελέγχου του ΑΣΠ Πάρου. Για τους Φωτοβολταϊκούς σταθμούς θεωρήθηκε ονομαστική παραγωγή αφού κατά την στιγμή της επίσκεψης επικρατούσε ηλιοφάνεια και καθαρός ουρανός. Οι γραμμές μεταφοράς και οι υποβρύχιες διασυνδέσεις μοντελοποιήθηκαν σύμφωνα με τα στοιχεία που παρείχε ο διαχειριστής του δικτύου.



Εικόνα 7.1 (Παρουσίαση του μοντελοποιημένου δικτύου της Πάρου στο Power World simulator)

ERGOSTASIO PARAGOGIS



System State

Εικόνα 7.2 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Πάρου)

MOYGR1

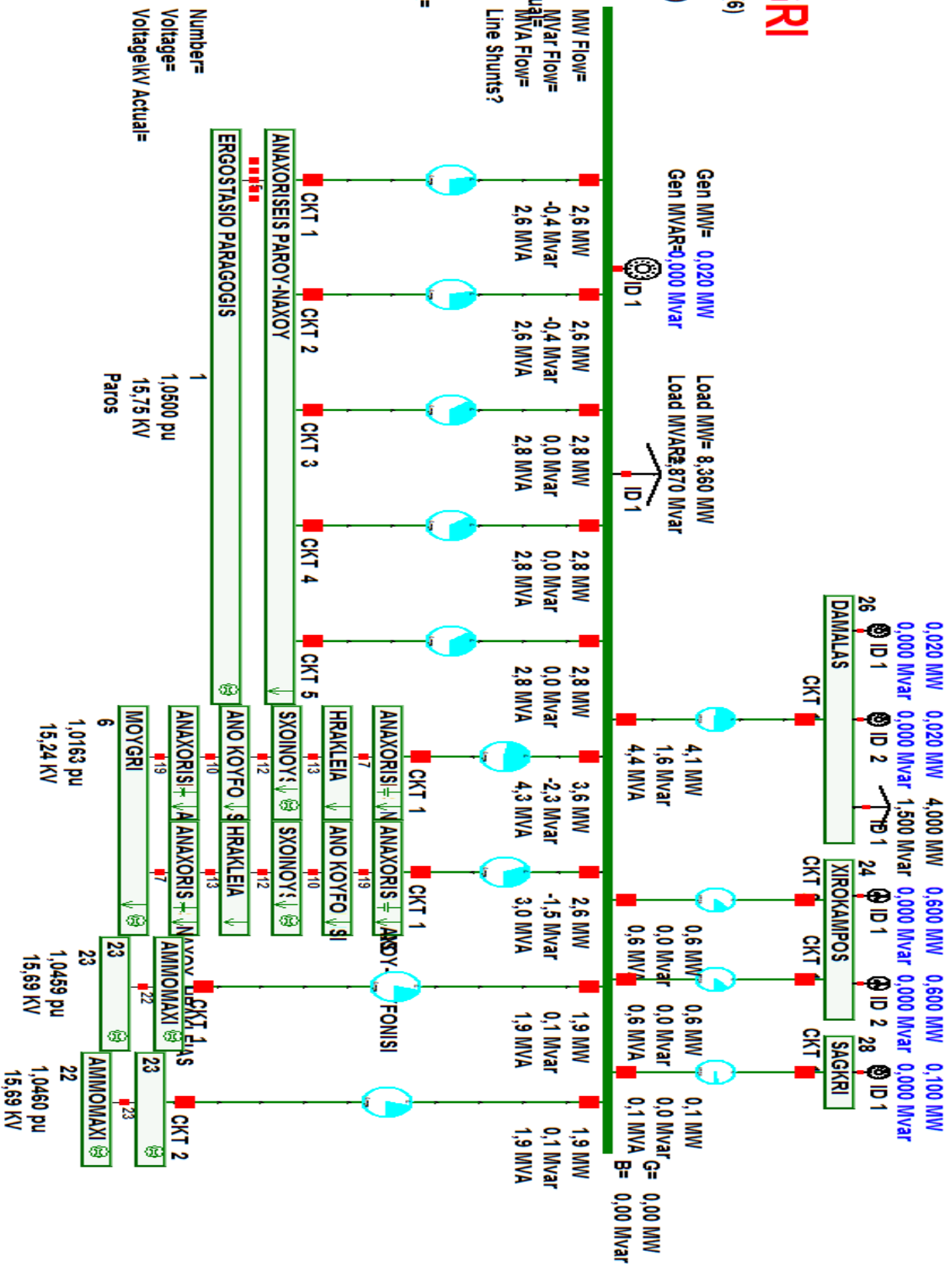
Bus: MOYGR1 (6)

Nom KV: 15,00

Area: Naxos (2)

Zone: 1 (1)

Voltage= 1,0163 pu
 Voltage/kV Actual= 15,24 KV
 Angle= -25,35 Deg
 MW Marg Cost= 0,00 €/MWh

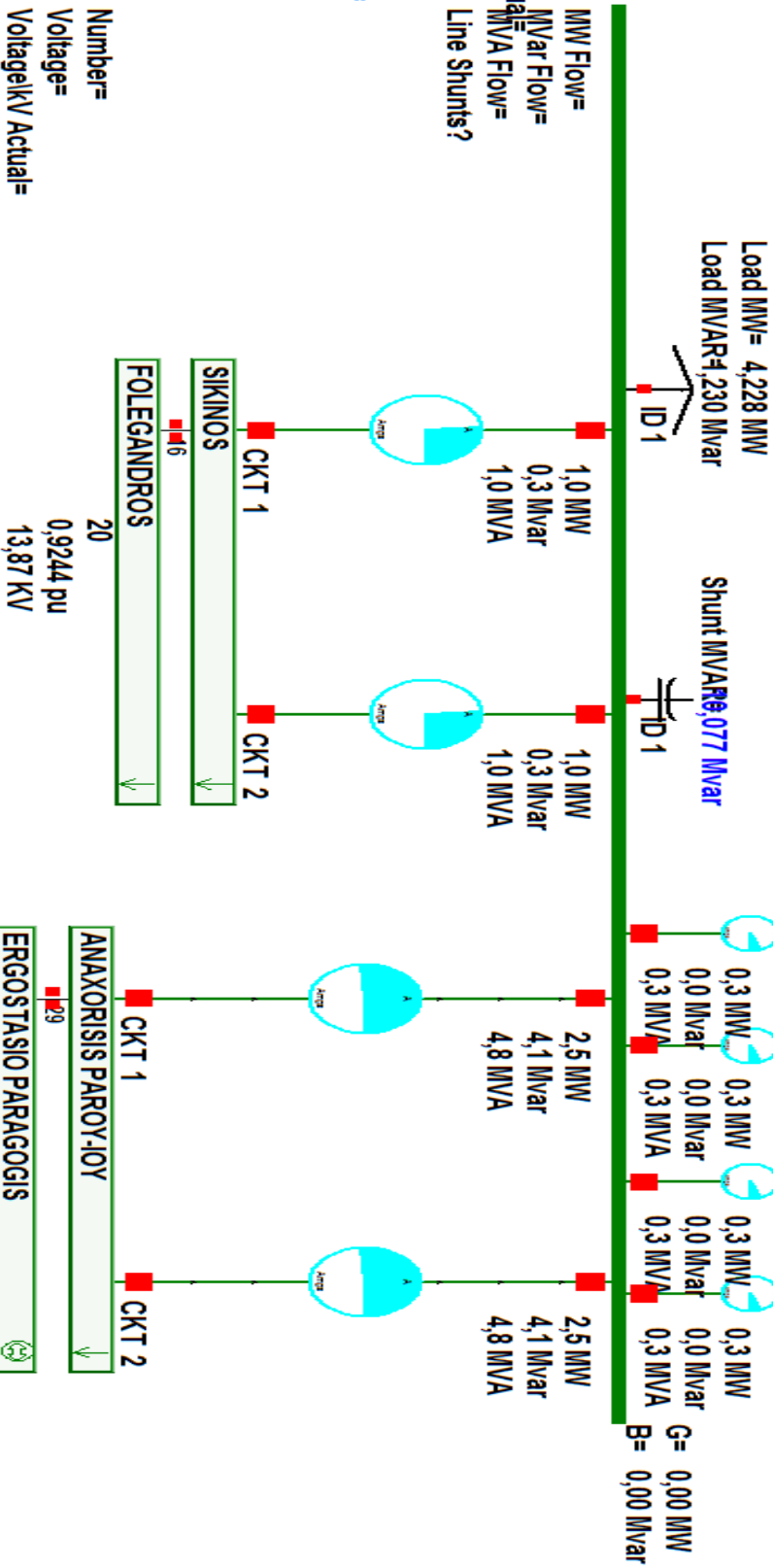


Εικόνα 7.3 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Νάξου)

IOS

Bus: IOS (15)
 Nom KV: 15,00
 Area: ios (3)
 Zone: 1 (1)

Voltage=
 1,0299 pu
 VoltageKV Actual=
 15,45 KV
 Angle=
 -42,57 Deg
 MW Marg Cost=
 0,00 €/MWh



System State

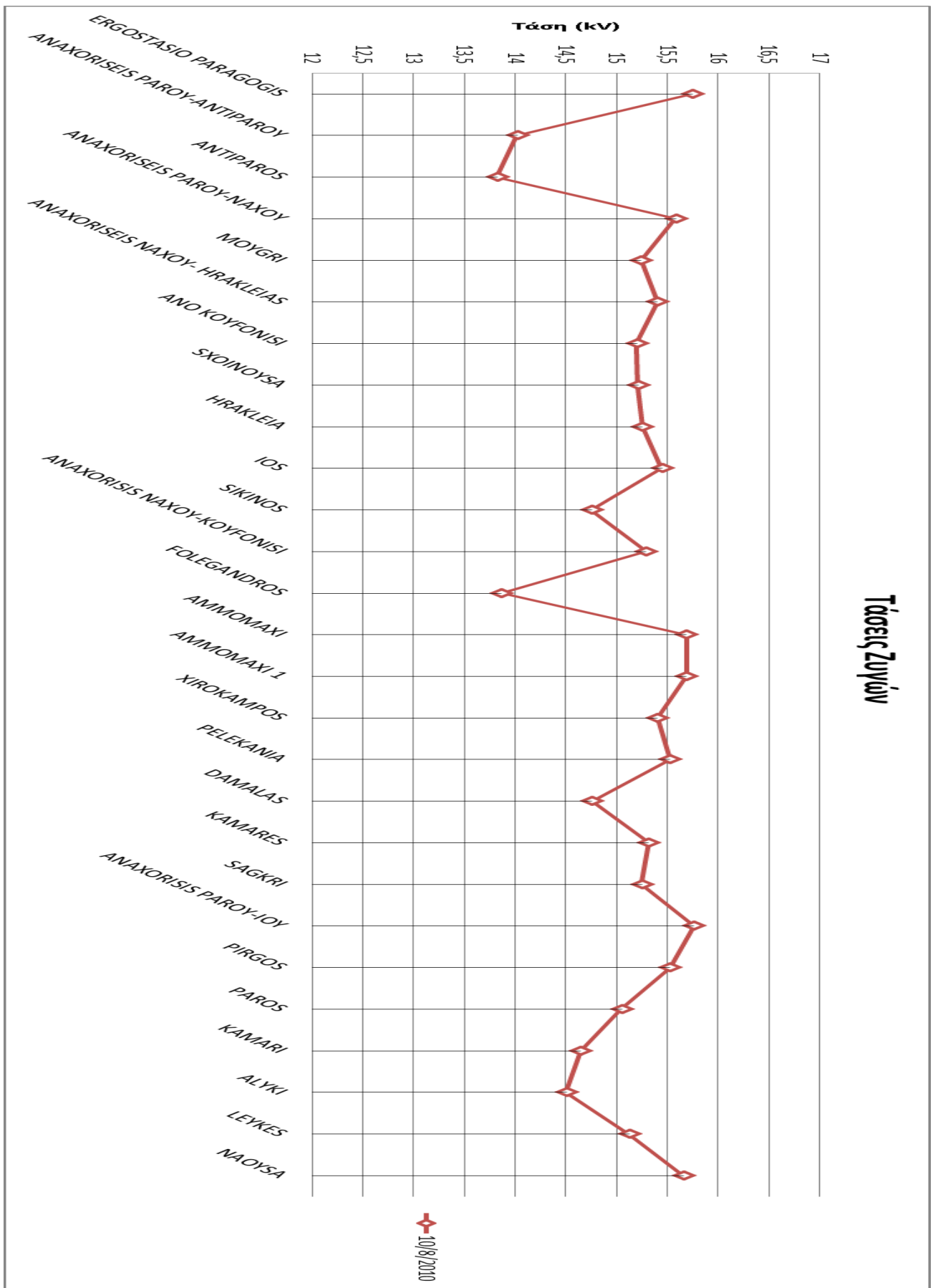
Εικόνα 7.4 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Του)

Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη για την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου είναι με βάση τον πίνακα 4.1.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			45,95	7,25	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,93486	14,023	-27,56	1,46	1,09			
4	ANTIPAROS			0,92158	13,824	-27,34	1,8	0,8			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,03877	15,582	-24,96	2,46	1,09			
6	MOYGRI	Naxos		1,01629	15,244	-25,35	8,36	2,87	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,02716	15,407	-32,9	3	2			5,28
10	ANO KOYFONISI			1,01347	15,202	-31,67	0,36	0,16			
12	SXOINOYSA			1,01421	15,213	-32,1	0,2	0,09	0,02	0	
13	HRAKLEIA			1,01704	15,256	-32,36	0,18	0,08			
15	IOS	Ios		1,02995	15,449	-42,57	4,23	1,23			10,08
16	SIKINOS			0,98381	14,757	-42,03	0,52	0,16			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,01953	15,293	-31,47	2	1,5			3,12
20	FOLEGANDROS	Ios		0,92439	13,866	-41,22	1,24	0,44			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,04596	15,689	-22,52			2,37	0	
23	AMMOMAXI 1			1,04594	15,689	-22,52			1,52	0	
24	XIROKAMPOS			1,0271	15,406	-24,95			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,03531	15,53	-42,37			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos		0,9842	14,763	-26,74	4	1,5	0,04	0	
27	KAMARES	Paros		1,0214	15,321	-25,28	2,46	1,09			
28	SAGKRI	Naxos		1,01686	15,253	-25,3			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,05087	15,763	-34,72	2,46	1,09			
30	PIRGOS	Ios		1,03531	15,53	-42,37			0,6	0	
31	PAROS	Paros		1,00328	15,049	-26,39	3,46	1,09			
32	KAMARI			0,97666	14,65	-26,92	2,46	1,09			
33	ALYKI			0,96704	14,506	-27,27	2,46	1,09			
34	LEYKES			1,00851	15,128	-25,75	2,46	1,09			
35	NAOYSA			1,04403	15,661	-24,44	2,46	1,09			

Πίνακας 7.1.1 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW στην υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.1.1 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW στην υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου)

• Σενάρια υφιστάμενης κατάστασης δικτύου

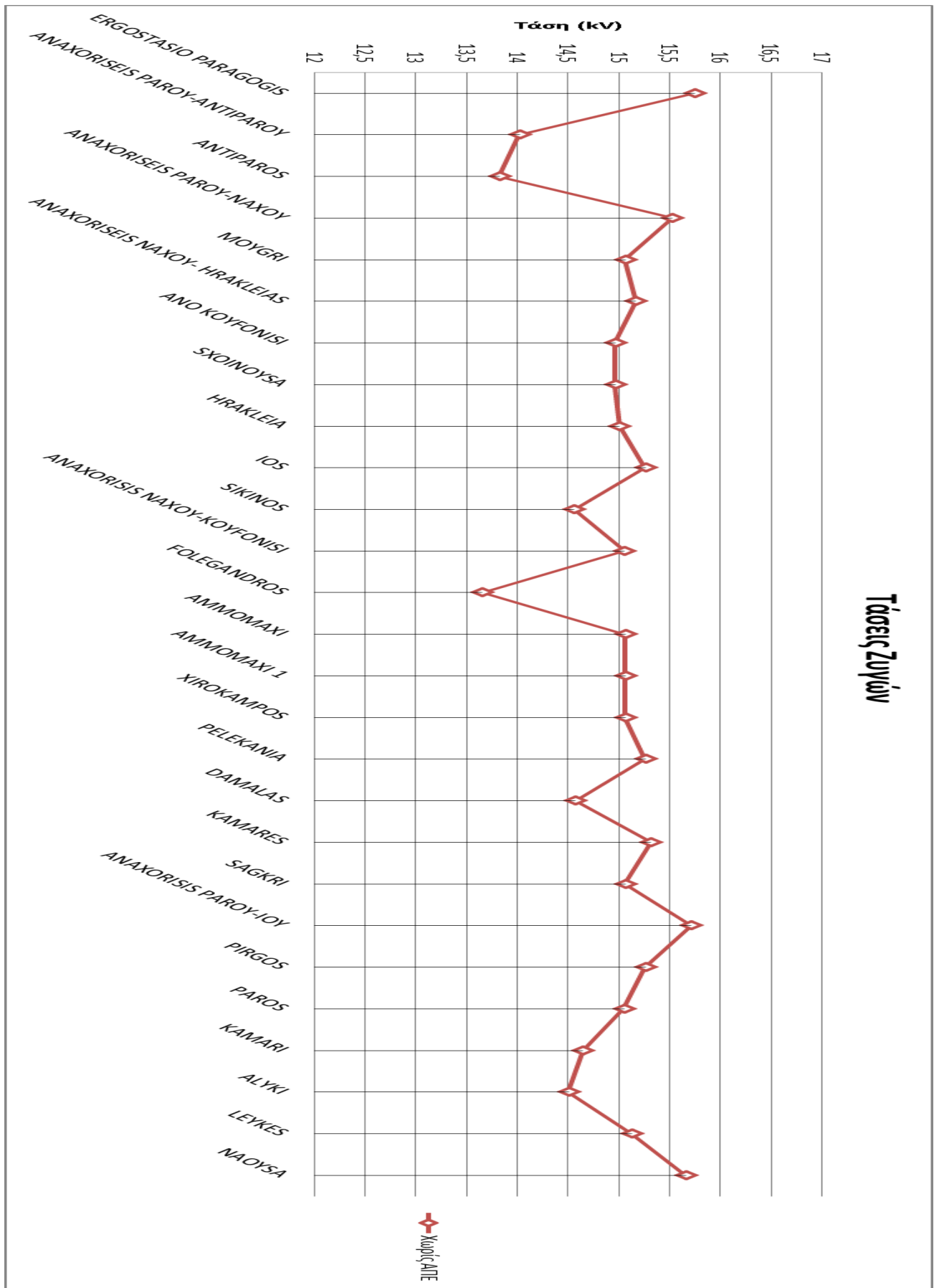
Σενάριο 1 (Χωρίς Α.Π.Ε.)

Στο σενάριο αυτό το σύστημα λειτουργεί όπως ακριβώς και την 10/08/2010 με μόνη διαφορά την απενεργοποίηση των αιολικών και φωτοβολταϊκών γεννητριών. Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 4.1 και ούτε αυτά έχουν μεταβληθεί. Η παραγωγή γίνεται εξ' ολοκλήρου από τον ΑΣΠ Πάρου.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα περιόχης	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			53,84	6,94	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,93486	14,023	-27,56	1,46	1,09			
4	ANTIPAROS			0,92158	13,824	-27,34	1,8	0,8			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,03543	15,531	-25,23	2,46	1,09			
6	MOYGRI	Naxos		1,00419	15,063	-25,81	8,36	2,87	0	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,01111	15,167	-33,43	3	2			5,11
10	ANO KOYFONISI			0,99744	14,962	-32,2	0,36	0,16			
12	SXOINOYSA			0,99779	14,967	-32,63	0,2	0,09	0	0	
13	HRAKLEIA			1,00072	15,011	-32,89	0,18	0,08			
15	IOS	Ios		1,01769	15,265	-46,89	4,23	1,23			11,91
16	SIKINOS			0,97088	14,563	-46,33	0,52	0,16			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,00387	15,058	-32	2	1,5			3,02
20	FOLEGANDROS	Ios		0,91055	13,658	-45,5	1,24	0,44			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,00419	15,063	-25,81			0	0	
23	AMMOMAXI 1			1,00419	15,063	-25,81			0	0	
24	XIROKAMPOS			1,00419	15,063	-25,81			0	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,01769	15,265	-46,89			0	0	
26	DAMALAS	Naxos		0,97146	14,572	-27,24	4	1,5	0	0	
27	KAMARES	Paros		1,0214	15,321	-25,28	2,46	1,09			
28	SAGKRI	Naxos		1,00419	15,063	-25,81			0	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,04778	15,717	-37,09	2,46	1,09			
30	PIRGOS	Ios		1,01769	15,265	-46,89			0	0	
31	PAROS	Paros		1,00328	15,049	-26,39	3,46	1,09			
32	KAMARI			0,97666	14,65	-26,92	2,46	1,09			
33	ALYKI			0,96704	14,506	-27,27	2,46	1,09			
34	LEYKES			1,00851	15,128	-25,75	2,46	1,09			
35	NAOYSA			1,04403	15,661	-24,44	2,46	1,09			

Πίνακας 7.1.2 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.1.2 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 2 (+25%)

Στο σενάριο αυτό το σύστημα λειτουργεί με αύξηση όλων των επιμέρους φορτίων κατά 25% σε σχέση με αυτά της 10/08/2010. Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τα στοιχεία του φορτίου υπολογισμένα με αύξηση 25%. Η παραγωγή από ΑΠΕ παραμένει όπως την 10/08/2010 και η υπόλοιπη παραγωγή γίνεται από τον ΑΣΠ Πάρου.

Στοιχεία φορτίου με υπολογισμό αύξησης +25%

ΝΗΣΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΣΥΝΟΛΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΣΙΩΝ (ανά ομάδα)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MW (από scada)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MVAR (από scada)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MW (συντελεστής X σύνολο MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MVAR (συντελεστής X σύνολο MVAR)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MW (+25% MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MVAR (+25% MVAR)
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	1.037	13.890	23,952	10,696	1,796	0,8	2,245	1
ΠΑΡΟΣ	12.853				22,156	9,84	27,695	12,3
ΝΑΞΟΣ	18.138	18.861	18,087	8,202	17,36	7,87	21,7	9,8375
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	151				0,181	0,08	0,22625	0,1
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	206				0,199	0,09	0,24875	0,1125
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	366				0,36	0,16	0,45	0,2
ΙΟΣ	1.838				4,028	1,23	5,035	1,53
ΣΙΚΙΝΟΣ	238	2.743	6,012	1,836	0,52	0,16	0,65	0,2
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	667				1,44	0,44	1,8	0,55

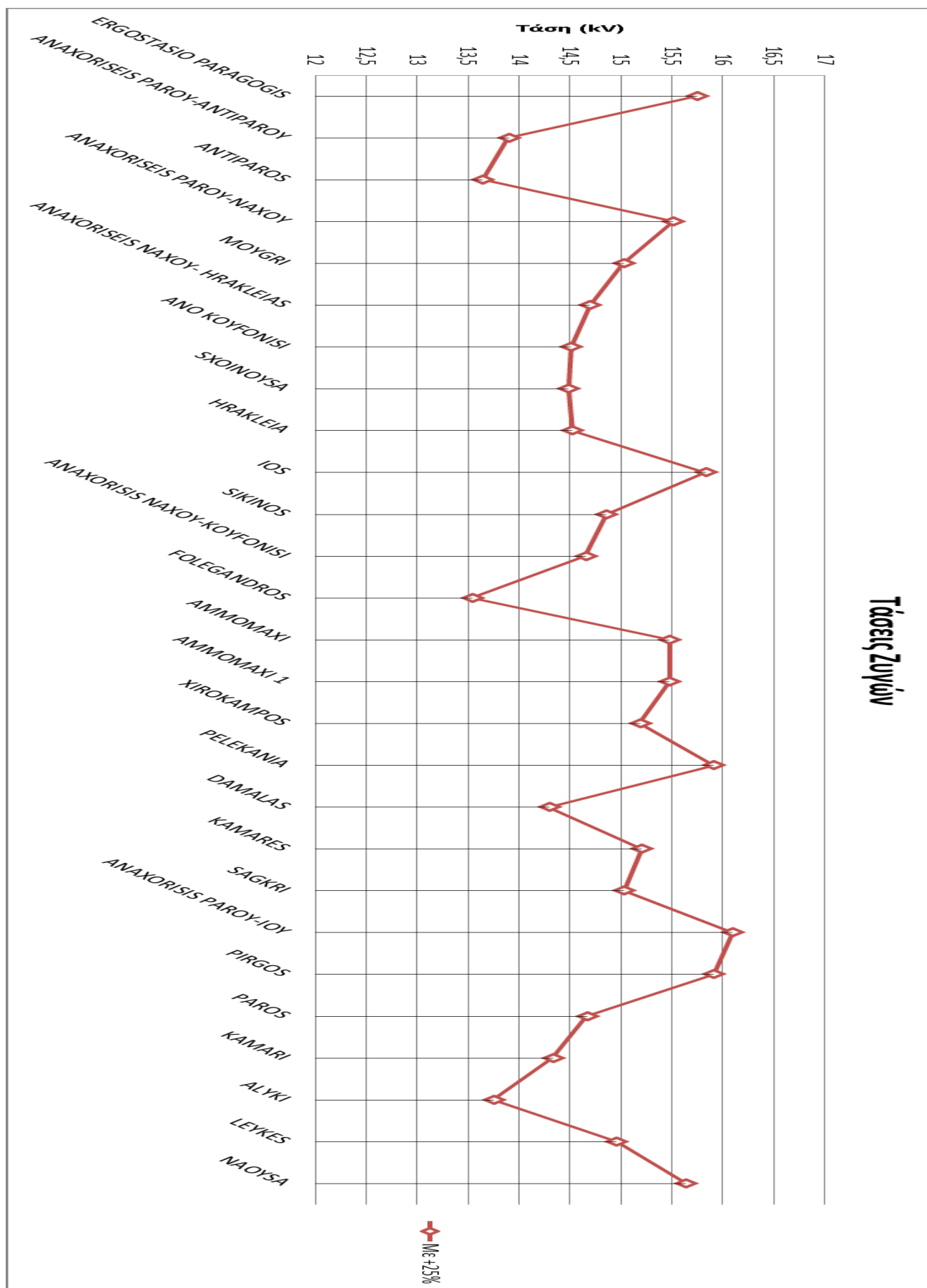
Πίνακας 7.1.3 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			63,94	8,11	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,92637	13,895	-29,82	2,08	0,37			
4	ANTIPAROS			0,9096	13,644	-29,53	2,24	1			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,03444	15,517	-25,31	3,08	1,37			
6	MOYGRI	Naxos		1,0018	15,027	-25,94	5,42	2,46	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			0,9797	14,695	-39,12	5,42	2,46			5,95
10	ANO KOYFONISI			0,9674	14,511	-40,9	0,45	0,2			
12	SXOINOYSA			0,96589	14,488	-40,08	0,25	0,11	0,02	0	
13	HRAKLEIA			0,96846	14,527	-39,72	0,23	0,1			
15	IOS	Ios		1,05567	15,835	-51,96	5,03	1,53			16,61
16	SIKINOS			0,99054	14,858	-51,34	0,65	0,2			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		0,97711	14,657	-41,57	5,42	2,46			7,16
20	FOLEGANDROS	Ios		0,90268	13,54	-50,38	1,8	0,55			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,03185	15,478	-23,02			2,37	0	
23	AMMOMAXI 1			1,03183	15,477	-23,03			1,52	0	
24	XIROKAMPOS		1,01276	15,191	-25,53			1,2	0		
25	PELEKANIA	Ios	1,06091	15,914	-51,77			0,6	0		

26	DAMALAS	Naxos		0,95315	14,297	-27,79	5,42	2,46	0,04	0	
27	KAMARES	Paros		1,01382	15,207	-25,55	3,08	1,37			
28	SAGKRI	Naxos		1,00239	15,036	-25,89			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,07341	16,101	-39,58	2,08	1,37			
30	PIRGOS	Ios		1,06091	15,914	-51,77			0,6	0	
31	PAROS	Paros		0,97781	14,667	-26,31	4,08	2,37			
32	KAMARI			0,95561	14,334	-27,67	3,08	1,37			
33	ALYKI			0,91652	13,748	-30,05	4,08	1,37			
34	LEYKES			0,99727	14,959	-26,16	3,08	1,37			
35	NAOYSA			1,04251	15,638	-24,49	3,08	1,37			

Πίνακας 7.1.4 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.1.3 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 3 (-25%)

Το σενάριο αυτό λειτουργεί όπως ακριβώς με το σενάριο 2 με μόνη διαφορά την μείωση του φορτίου της 10/08/2010 κατά 25%. Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τα στοιχεία του φορτίου υπολογισμένα με μείωση 25%. Η παραγωγή από ΑΠΕ παραμένει όπως την 10/08/2010 και η υπόλοιπη παραγωγή γίνεται από τον ΑΣΠ Πάρου.

Στοιχεία φορτίου με υπολογισμό μείωσης -25%

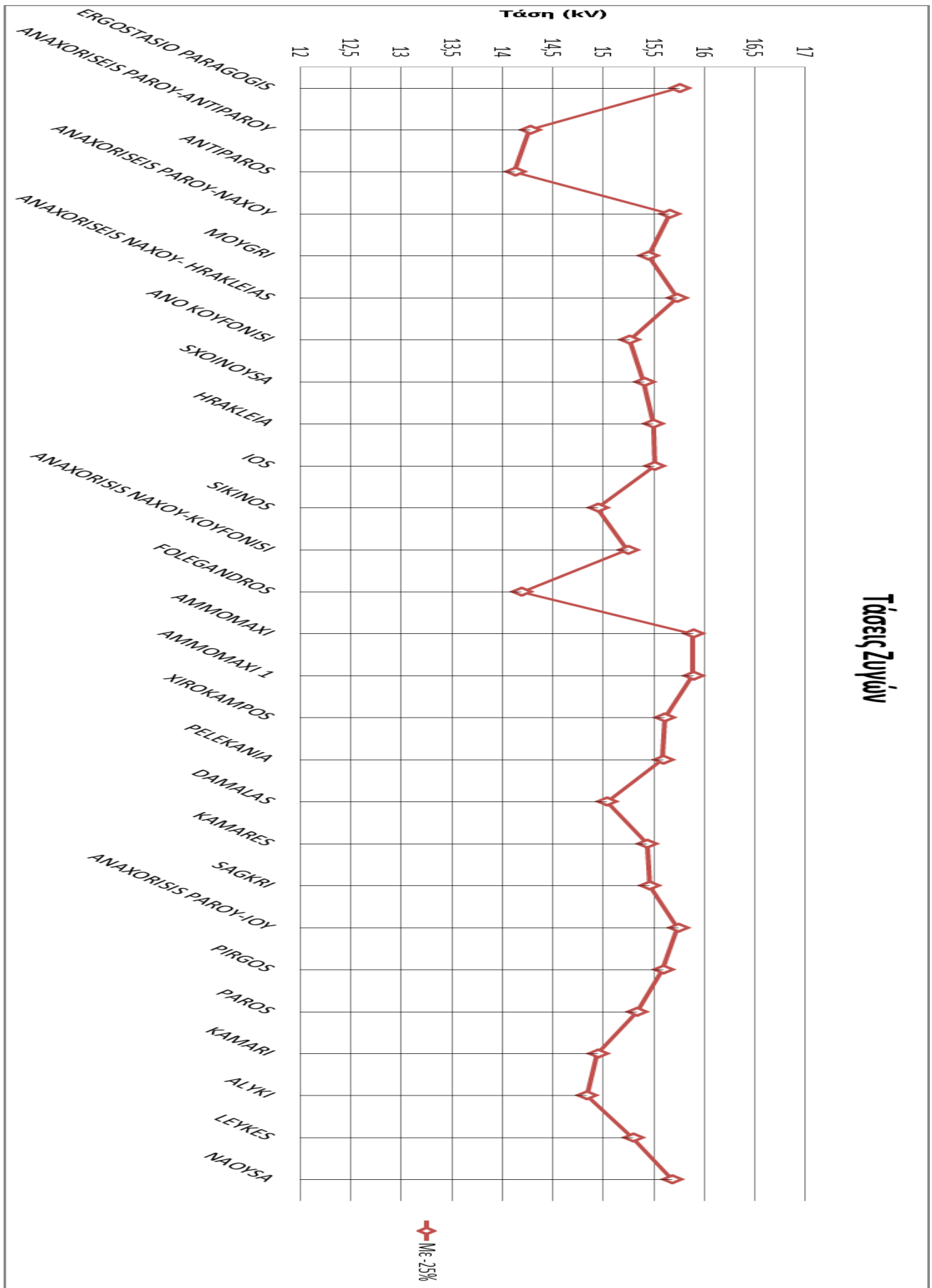
ΝΗΣΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΣΥΝΟΛΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΣΙΩΝ (ανά ομάδα)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MW (από scada)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MVAR (από scada)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MW (συντελεστής Χ σύνολο MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MVAR (συντελεστής Χ σύνολο MVAR)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MW (-25% MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MVAR (-25% MVAR)
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	1.037	13.890	23,952	10,696	1,796	0,8	1,347	0,6
ΠΑΡΟΣ	12.853				22,156	9,84	16,617	7,38
ΝΑΞΟΣ	18.138	18.861	18,087	8,202	17,36	7,87	13,02	5,9025
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	151				0,181	0,08	0,13575	0,06
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	206				0,199	0,09	0,14925	0,0675
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	366				0,36	0,16	0,27	0,12
ΙΟΣ	1.838	2.743	6,012	1,836	4,028	1,23	3,021	0,9225
ΣΙΚΙΝΟΣ	238				0,52	0,16	0,39	0,12
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	667				1,44	0,44	1,08	0,33

Πίνακας 7.1.5 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Αρ	Όνομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			32,19	3,83	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,9512	14,268	-27,84	1,85	0,82			
4	ANTIPAROS			0,94146	14,122	-27,68	1,35	0,6			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,04383	15,657	-24,77	1,85	0,82			
6	MOYGRI	Naxos		1,02981	15,447	-25,18	3,25	1,48	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,04888	15,733	-33,9	3,25	1,48			5,5
10	ANO KOYFONISI			1,01731	15,26	-32,9	0,27	0,12			
12	SXOINOYSA			1,02661	15,399	-33,26	0,15	0,07	0,02	0	
13	HRAKLEIA			1,03302	15,495	-33,47	0,14	0,06			
15	IOS	Ios		1,03377	15,507	-35,9	3,02	0,92			6,41
16	SIKINOS			0,99614	14,942	-35,52	0,39	0,12			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,01594	15,239	-32,73	3,25	1,48			3,1
20	FOLEGANDROS	Ios		0,94587	14,188	-34,98	1,08	0,33			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,05914	15,887	-22,41			2,37	0	
23	AMMOMAXI 1			1,05912	15,887	-22,42			1,52	0	
24	XIROKAMPOS			1,04048	15,607	-24,79			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,03912	15,587	-35,71			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos		1,00224	15,034	-26,2	3,25	1,48	0,04	0	
27	KAMARES	Paros		1,02867	15,43	-25,01	1,85	0,82			
28	SAGKRI	Naxos		1,03038	15,456	-25,13			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,0493	15,739	-30,99	1,85	0,82			
30	PIRGOS	Ios		1,03912	15,587	-35,71			0,6	0	
31	PAROS	Paros		1,02236	15,335	-25,24	1,85	0,82			
32	KAMARI			0,99611	14,942	-26,21	1,85	0,82			
33	ALYKI			0,98926	14,839	-26,46	1,85	0,82			
34	LEYKES			1,01917	15,288	-25,36	1,85	0,82			
35	NAOYSA			1,04552	15,683	-24,38	1,85	0,82			

Πίνακας 7.1.6 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.1.4 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης - 25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 4 (-50%)

Το σενάριο αυτό λειτουργεί όπως ακριβώς με το σενάριο 2 με μόνη διαφορά την μείωση του φορτίου της 10/08/2010 κατά 50%. Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας με τα στοιχεία του φορτίου υπολογισμένα με μείωση 50%. Η παραγωγή από ΑΠΕ παραμένει όπως την 10/08/2010 και η υπόλοιπη παραγωγή γίνεται από τον ΑΣΠ Πάρου.

Στοιχεία φορτίου με υπολογισμό μείωσης -50%

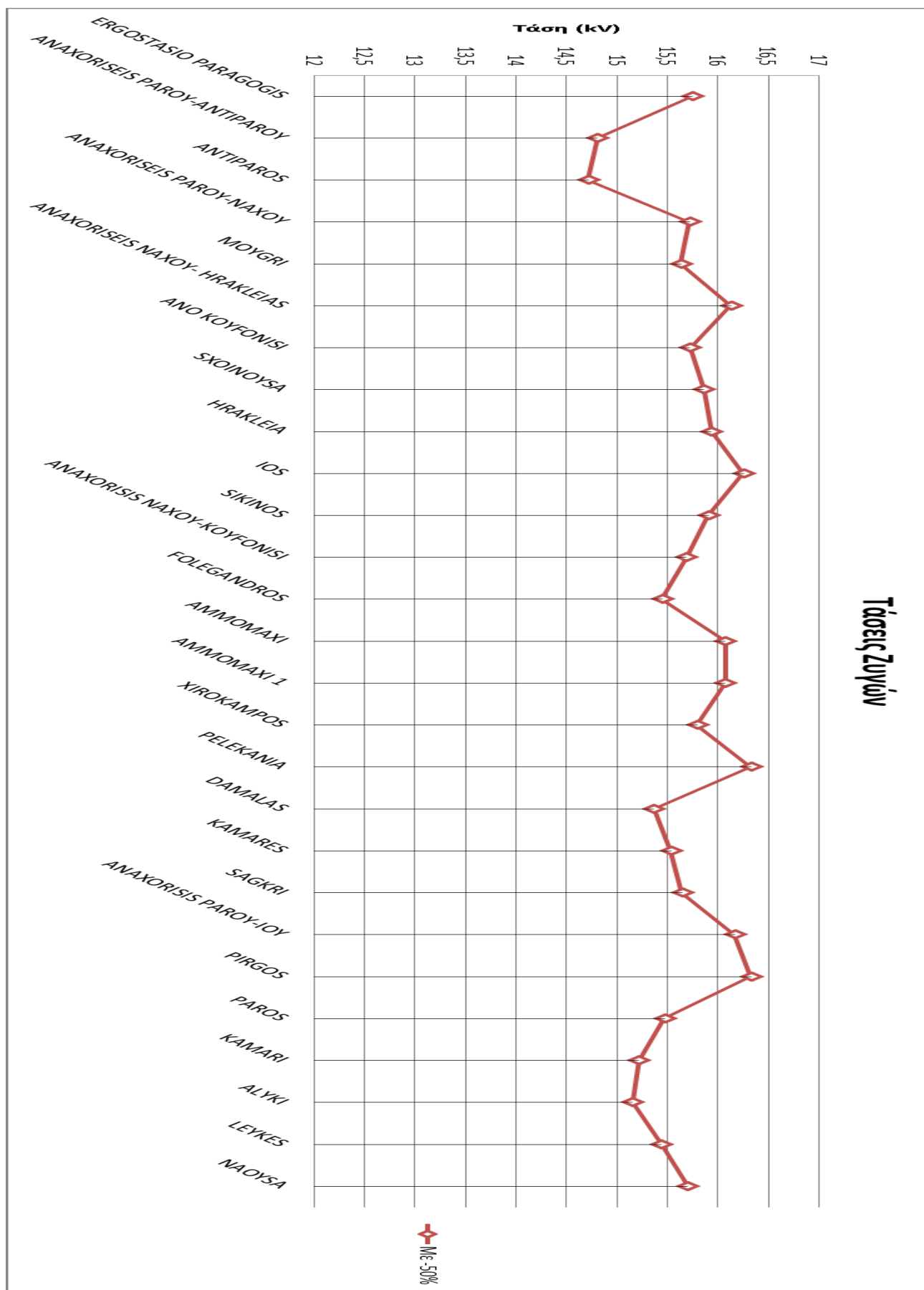
ΝΗΣΙΑ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ 2001	ΣΥΝΟΛΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΝΗΣΙΩΝ (ανά ομάδα)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MW (από scada)	ΣΥΝΟΛΟ φορτίου MVAR (από scada)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MW (συντελεστής X σύνολο MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ υφιστάμενου φορτίου MVAR (συντελεστής X σύνολο MVAR)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MW (-50% MW)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ σεναρίου φορτίου MVAR (-50% MVAR)
ΑΝΤΙΠΑΡΟΣ	1.037	13.890	23,952	10,696	1,796	0,8	0,898	0,4
ΠΑΡΟΣ	12.853				22,156	9,84	11,078	4,92
ΝΑΞΟΣ	18.138	18.861	18,087	8,202	17,36	7,87	8,68	3,935
ΗΡΑΚΛΕΙΑ	151				0,181	0,08	0,0905	0,04
ΣΧΟΙΝΟΥΣΑ	206				0,199	0,09	0,0995	0,045
ΚΟΥΦΟΝΗΣΙΑ	366				0,36	0,16	0,18	0,08
ΙΟΣ	1.838				4,028	1,23	2,014	0,615
ΣΙΚΙΝΟΣ	238	2.743	6,012	1,836	0,52	0,16	0,26	0,08
ΦΟΛΕΓΑΝΔΡΟΣ	667				1,44	0,44	0,72	0,22

Πίνακας 7.1.7 (Στοιχεία του φορτίου με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			18,95	-0,55	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,98725	14,809	-26,51	1,23	0,55			
4	ANTIPAROS			0,98109	14,716	-26,41	0,89	0,4			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,04809	15,721	-24,53	1,23	0,55			
6	MOYGRI	Naxos		1,04248	15,637	-24,84	2,17	0,98	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,07521	16,128	-31,2	2,17	0,98			4,62
10	ANO KOYFONISI			1,04866	15,73	-30,09	0,18	0,08			
12	SXOINOYSA			1,05743	15,861	-30,52	0,09	0,04	0,02	0	
13	HRAKLEIA			1,06275	15,941	-30,75	0,09	0,04			
15	IOS	Ios		1,0837	16,256	-33,03	2,01	0,61			5,87
16	SIKINOS			1,06054	15,908	-32,8	0,26	0,08			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,04594	15,689	-29,84	2,17	0,98			2,19
20	FOLEGANDROS	Ios		1,02977	15,447	-32,49	0,72	0,22			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,0715	16,073	-22,14			2,37	0	
23	AMMOMAXI 1			1,07148	16,072	-22,14			1,52	0	
24	XIROKAMPOS			1,05302	15,795	-24,46			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,08881	16,332	-32,85			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos		1,02464	15,37	-25,49	2,17	0,98	0,04	0	
27	KAMARES	Paros		1,03587	15,538	-24,74	1,23	0,55			
28	SAGKRI	Naxos		1,04304	15,646	-24,79			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,07794	16,169	-29,05	1,23	0,55			
30	PIRGOS	Ios		1,08881	16,332	-32,85			0,6	0	
31	PAROS	Paros		1,03174	15,476	-24,89	1,23	0,55			
32	KAMARI			1,01481	15,222	-25,51	1,23	0,55			
33	ALYKI			1,01047	15,157	-25,67	1,23	0,55			
34	LEYKES			1,02966	15,445	-24,97	1,23	0,55			
35	NAOYSA			1,04701	15,705	-24,32	1,23	0,55			

Πίνακας 7.1.8 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



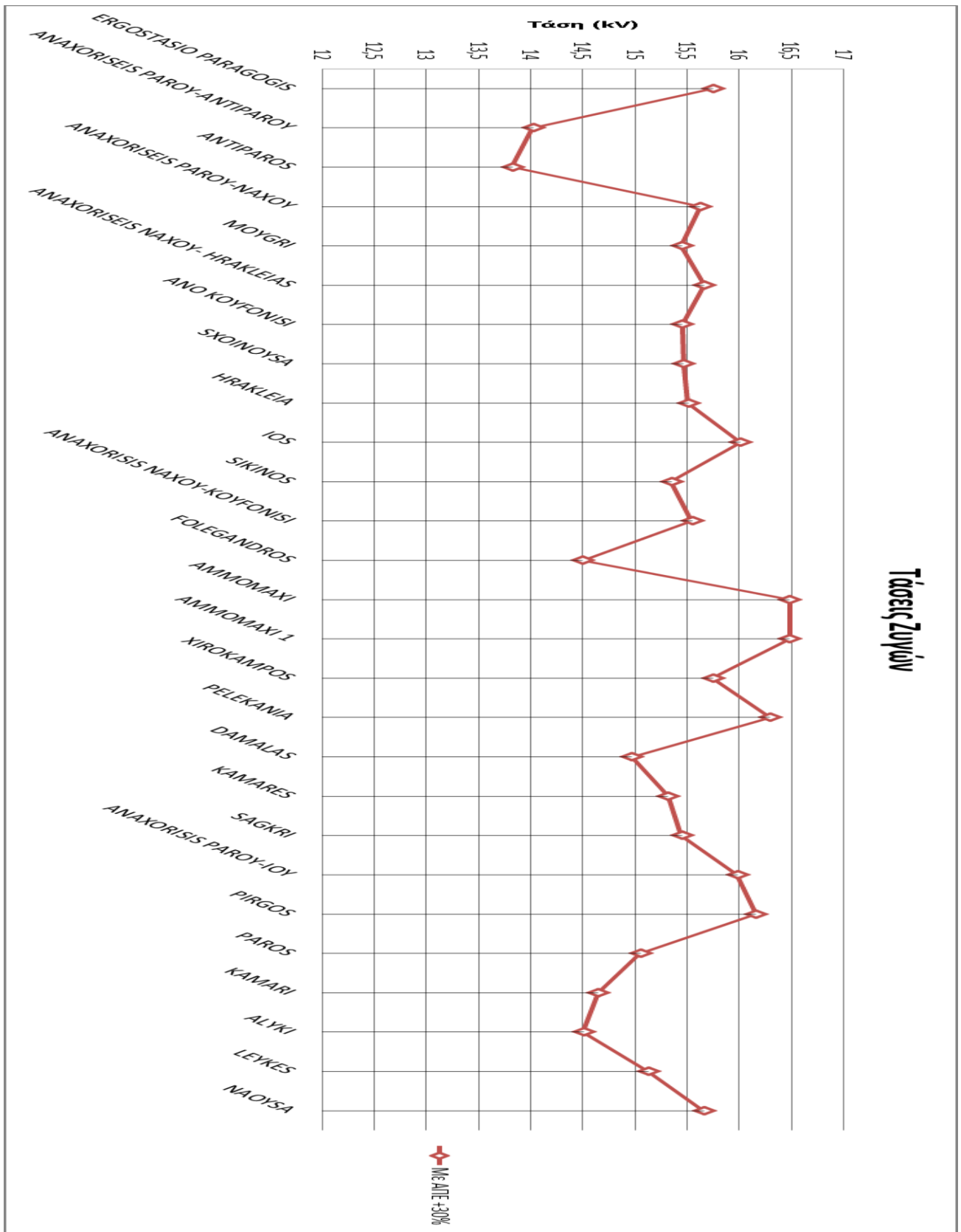
Γράφημα 7.1.5 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης - 50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 5 (Α.Π.Ε. +30%)

Στο σενάριο αυτό εξετάζεται η λειτουργία με το φορτίο όπως καταγράφηκε την 10/08/2010 και με αύξηση της εγκατεστημένη παραγωγής από ΑΠΕ στα επιτρεπτά όρια του 30% επί της συνολικής εγκατεστημένης θερμικής παραγωγής. Σε αυτό το σενάριο οι ήδη εγκατεστημένες ΑΠΕ θεωρήθηκε ότι αύξησαν την ισχύ τους αναλογικά μέχρι να επιτευχθεί η συμπλήρωση των 15.763 KW που έχει υπολογιστεί. Επίσης θεωρήθηκε ότι την στιγμή της εξομοίωσης οι ΑΠΕ έπιασαν την ονομαστική ισχύ τους και ολόκληρη εγχεόταν στο δίκτυο Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 4.1.

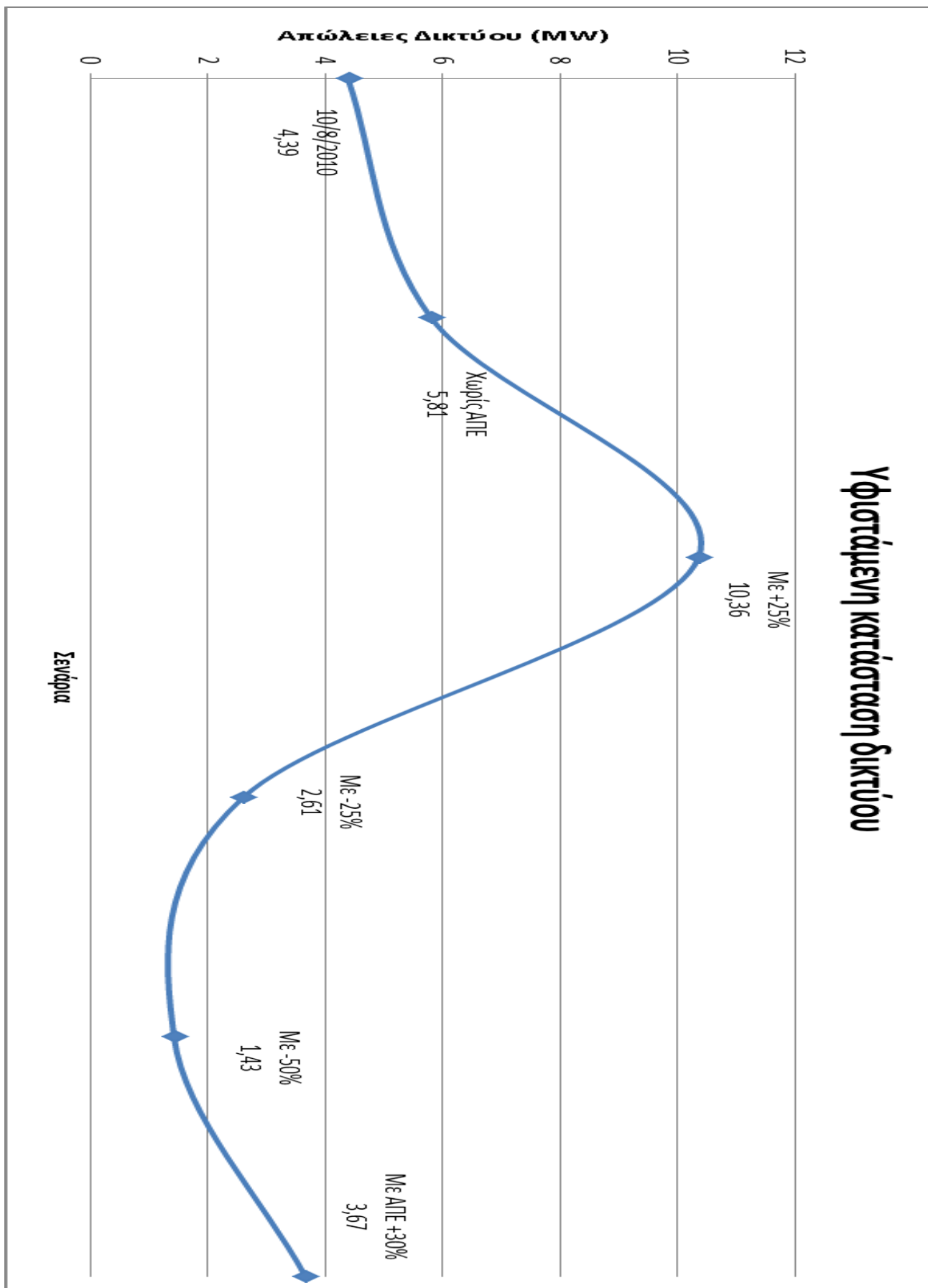
Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιφέρειας	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,05	15,75	-24,21			35,89	8,2	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,93486	14,023	-27,56	1,46	1,09			
4	ANTIPAROS			0,92158	13,824	-27,34	1,8	0,8			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,04207	15,631	-24,61	2,46	1,09			
6	MOYGRI	Naxos		1,02986	15,448	-24,7	8,36	2,87	0	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,04451	15,668	-32,2	3	2			5,45
10	ANO KOYFONISI			1,03046	15,457	-30,98	0,36	0,16			
12	SXOINOYSA			1,03113	15,467	-31,41	0,2	0,09	0	0	
13	HRAKLEIA			1,03413	15,512	-31,66	0,18	0,08			
15	IOS	Ios		1,06753	16,013	-37,29	4,23	1,23			8,55
16	SIKINOS			1,02336	15,35	-36,78	0,52	0,16			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,03646	15,547	-30,77	2	1,5			3,22
20	FOLEGANDROS	Ios		0,96655	14,498	-36,04	1,24	0,44			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,09915	16,487	-17,72			5,65	0	
23	AMMOMAXI 1			1,09912	16,487	-17,72			4,52	0	
24	XIROKAMPOS			1,04967	15,745	-23,97			2,25	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,08674	16,301	-36,6			2,26	0	
26	DAMALAS	Naxos		0,99802	14,97	-26,07	4	1,5	0	0	
27	KAMARES	Paros		1,0214	15,321	-25,28	2,46	1,09			
28	SAGKRI	Naxos		1,02986	15,448	-24,7			0	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,06546	15,982	-31,67	2,46	1,09			
30	PIRGOS	Ios		1,07724	16,159	-36,94			1,13	0	
31	PAROS	Paros		1,00328	15,049	-26,39	3,46	1,09			
32	KAMARI			0,97666	14,65	-26,92	2,46	1,09			
33	ALYKI			0,96704	14,506	-27,27	2,46	1,09			
34	LEYKES			1,00851	15,128	-25,75	2,46	1,09			
35	NAOYSA			1,04403	15,661	-24,44	2,46	1,09			

Πίνακας 7.1.9 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια του 30% της εγκατεστημένης ισχύος (μέχρι 15.763KW) με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)



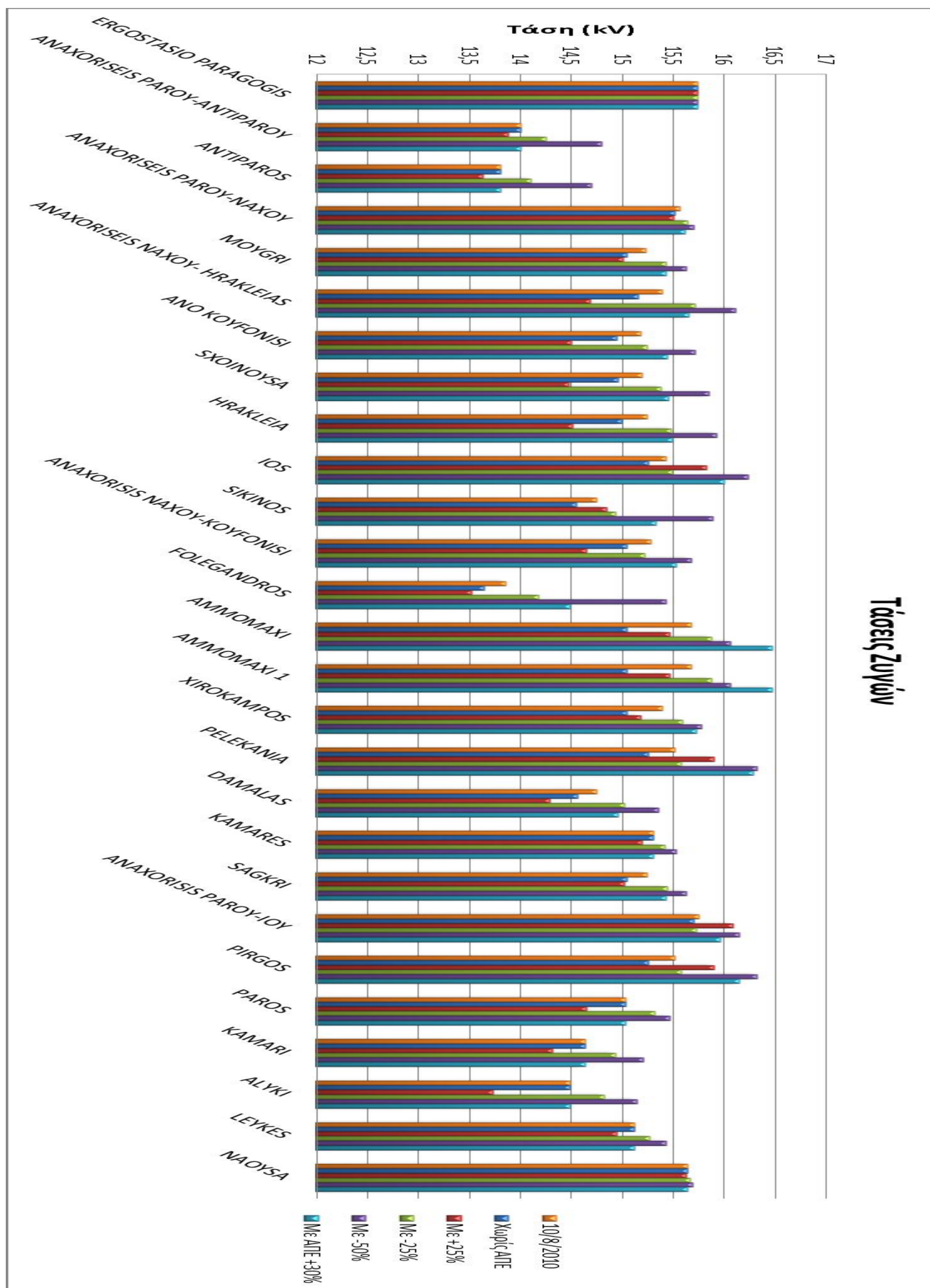
Γράφημα 7.1.6 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό της διείσδυση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια του 30% της εγκατεστημένης ισχύος (μέχρι 15.763KW) με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Υφιστάμενη κατάσταση δικτύου

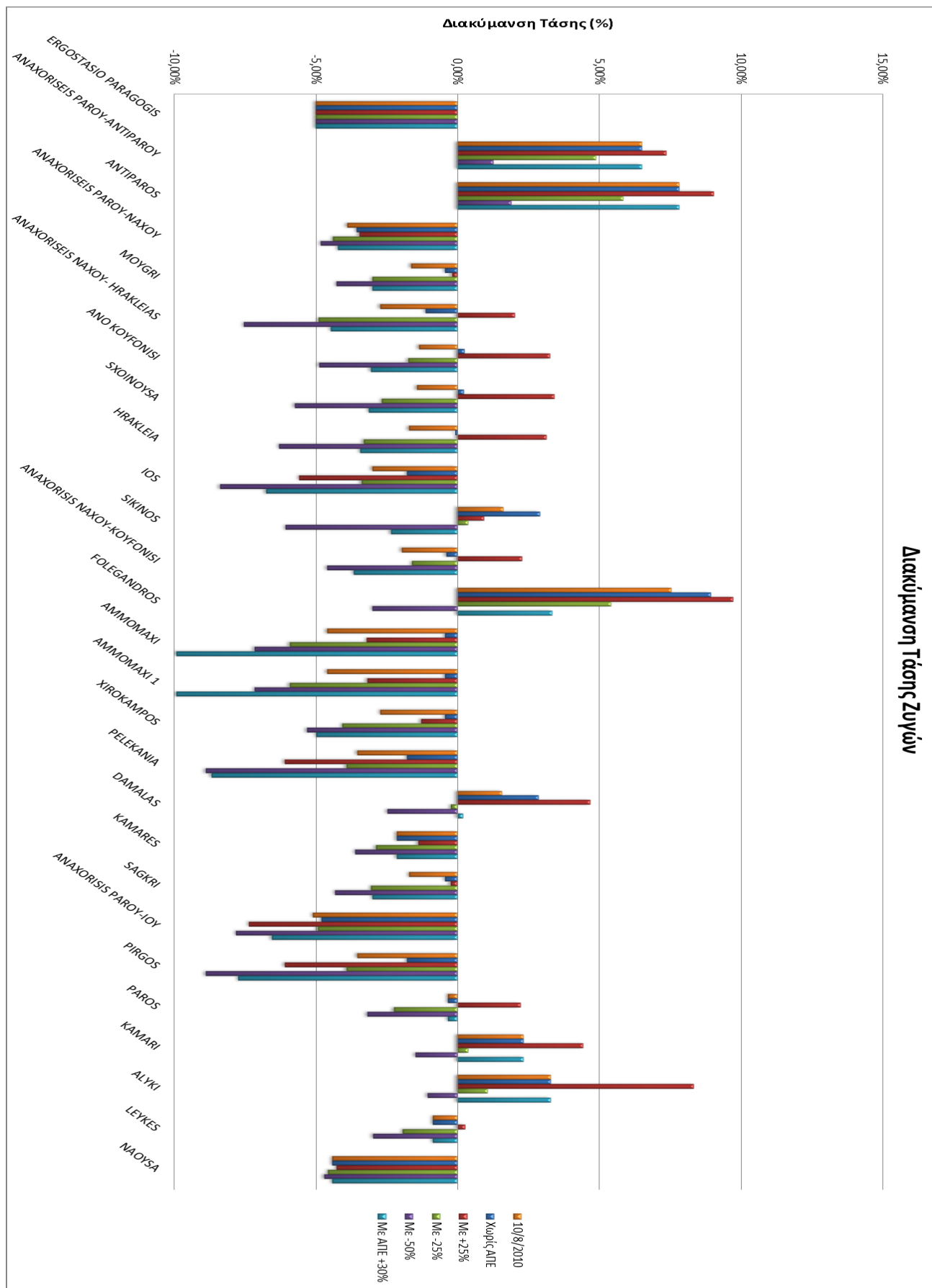


Γράφημα 7.1.7 (Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι απώλειες ισχύος του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση)

Τάσεις Ζυγών



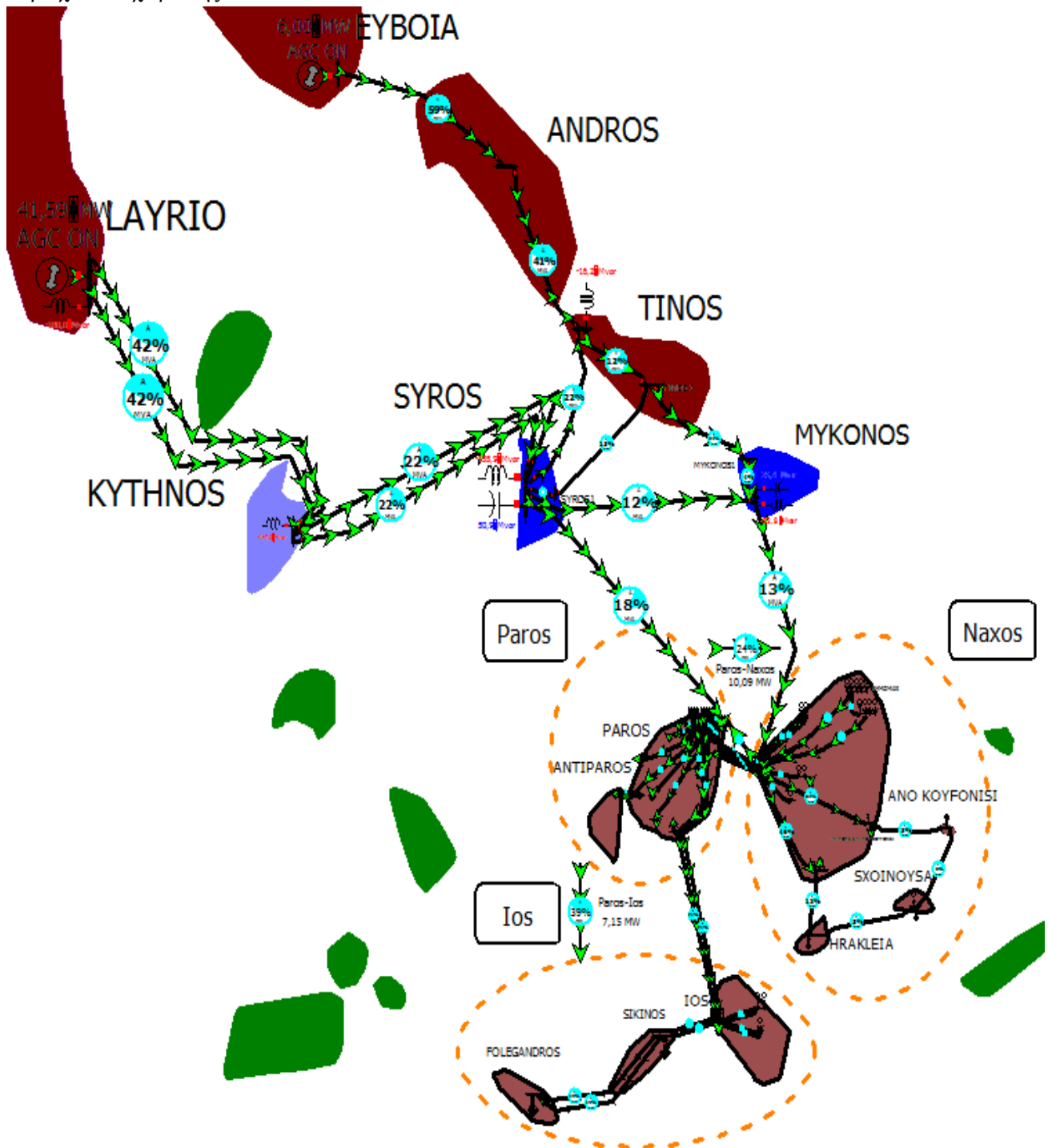
Γράφημα 7.1.8(Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι τάσεις των ζυγών του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση)



Γράφημα 7.1.9 (Στο παραπάνω γράφημα φαίνεται η διακύμανση τάσεων των ζυγών του δικτύου για κάθε σενάριο στην υφιστάμενη κατάσταση)

7.2 Διασύνδεση με το ηπειρωτικό δίκτυο

Τα παρακάτω σχηματικά και μονογραμμικά αναφέρονται στα δεδομένα για την κατάσταση λειτουργίας στην οποία επικρατούν τα ίδια φορτία με αυτά που εξυπηρετούνταν κατά την επίσκεψη του συγγραφέα στον ΑΣΠ Πάρου αλλά με την θερμική παραγωγή να προσφέρεται από τους ζυγούς Εύβοιας και Λαυρίου. Επίσης θεωρήθηκε παραγωγή από Αιολικά όπως αυτή είχε καταγραφεί από τα συστήματα τηλεμετρίας και ελέγχου του ΑΣΠ Πάρου. Για τους Φωτοβολταϊκούς σταθμούς θεωρήθηκε ονομαστική. Οι γραμμές μεταφοράς, οι υποβρύχιες διασυνδέσεις και οι αντισταθμίσεις στις γραμμές μοντελοποιήθηκαν σύμφωνα με τα στοιχεία που παρείχε ο διαχειριστής του δικτύου.



Εικόνα 7.5 (Παρουσίαση του μοντελοποιημένου δικτύου της Πάρου διασυνδεδεμένο με το ηπειρωτικό στο Power World simulator)

Τα ακόλουθα στοιχεία των υφιστάμενων (Υ) αλλά και νέων (Ν) υποβρυχίων καλωδίων που λήφθηκαν υπόψη κατά τους υπολογισμούς είναι:

Νήσοι	Ονομ. τάση καλωδίου (KV)	Ωμική αντίσταση (Ω/Km)	Επαγωγική αντίδραση (Ω/Km)	Αγωγιμότητα (μSiemens)	Φόρτιση (MVA)	Μήκος (Km)	Αριθμός καλωδίων	Μόνωση καλωδίου
Εύβοια-Άνδρος (Υ)	150	0,227	0,1	109,95	200	15	1	Cu
Άνδρος-Τήνος (Υ)						3,2		
Σύρος-Πάρος (Ν)						50		
Σύρος-Μύκονος (Ν)		36						
Πάρος-Νάξος (Ν)		16						
Νάξος-Μύκονος (Ν)		36						
Λαύριο-Κύθνος (Ν)	0,04	0,075	69,12	280	84	2	XLPE	
Κύθνος-Σύρος (Ν)					68			
Τήνος-Σύρος (Υ)	66	0,095	0,120	141,36	200	20		1
Τήνος-Μύκονος (Υ)						13		

Πίνακας 7.2 (Τεχνικά χαρακτηριστικά υποβρυχίων καλωδίων διασύνδεσης)

LAYRIO

Bus: LAYRIO (44)
 Nom KV: 150,00
 Area: Paros (1)
 Zone: 1 (1)

Gen MW=
 Gen MVAR=

41,503 MW
 -62,973 Mvar



Shunt MVAR=

-160,000 Mvar

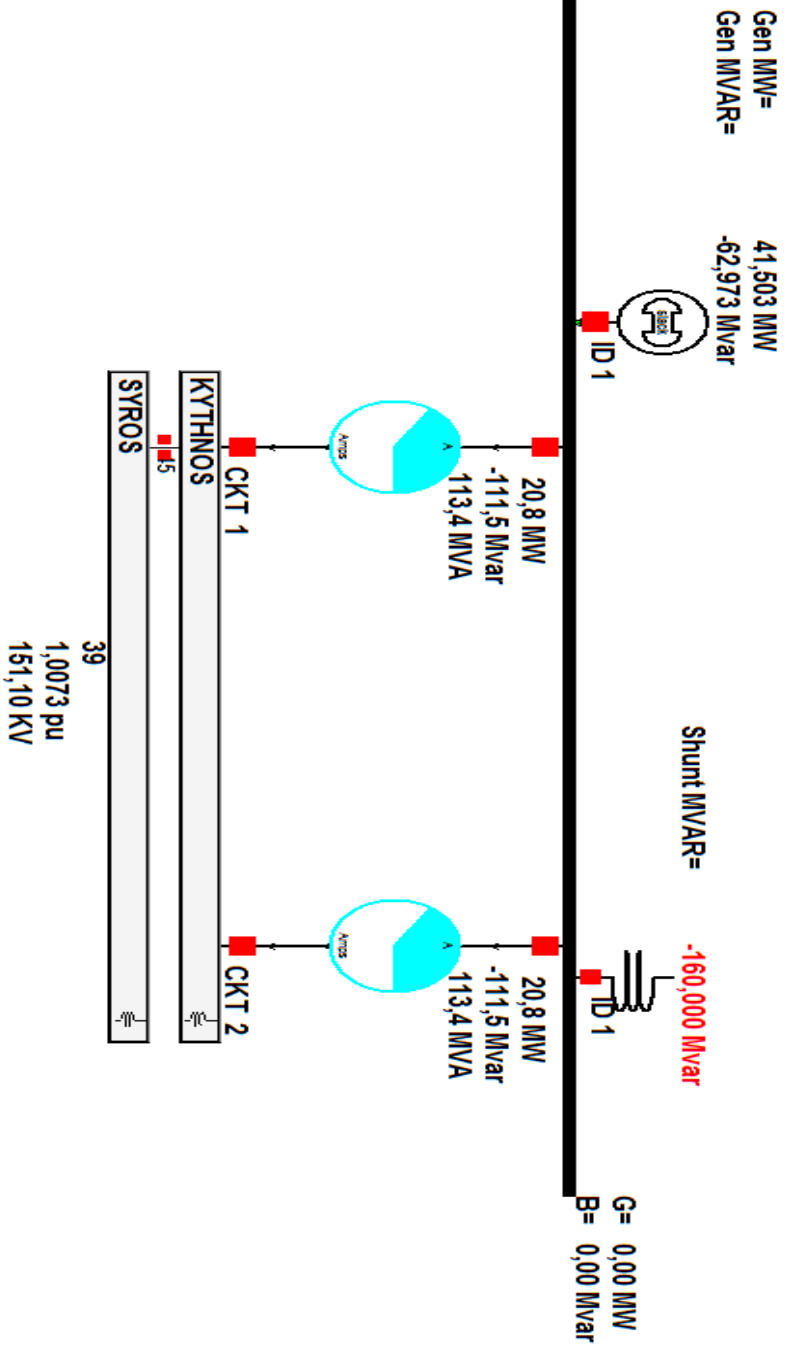


G= 0,00 MW
 B= 0,00 Mvar

Voltage=
 1,0000 pu
 VoltageKV Actual=
 150,00 KV
 Angle=
 2,70 Deg
 MW Marg Cost=
 0,00 €/MWh

MW Flow=
 MVar Flow=
 MVA Flow=
 Line Shunts?

Number=
 Voltage=
 VoltageKV Actual=



System State

Εικόνα 7.7.1 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου του Λαυρίου)

EYBOIA

Bus: EYBOIA (36)
Nom KV: 150,00
Area: Paros (1)
Zone: 1 (1)

Gen MW=
Gen MVAR=

6,000 MW
-95,427 Mvar



G = 0,00 MW
B = 0,00 Mvar

Voltage=
1,0000 pu
VoltageKV Actual=
150,00 KV
Angle=
2,67 Deg
MW Marg Cost=
0,00 €/MWh

MW Flow=
MVar Flow=
MVA Flow=
Line Shunts?

6,0 MW
-95,4 Mvar
95,6 MVA



ID 1



CKT 1

ANDROS

37

TINOS

38

Number=
Voltage=
System State
VoltageKV Actual=

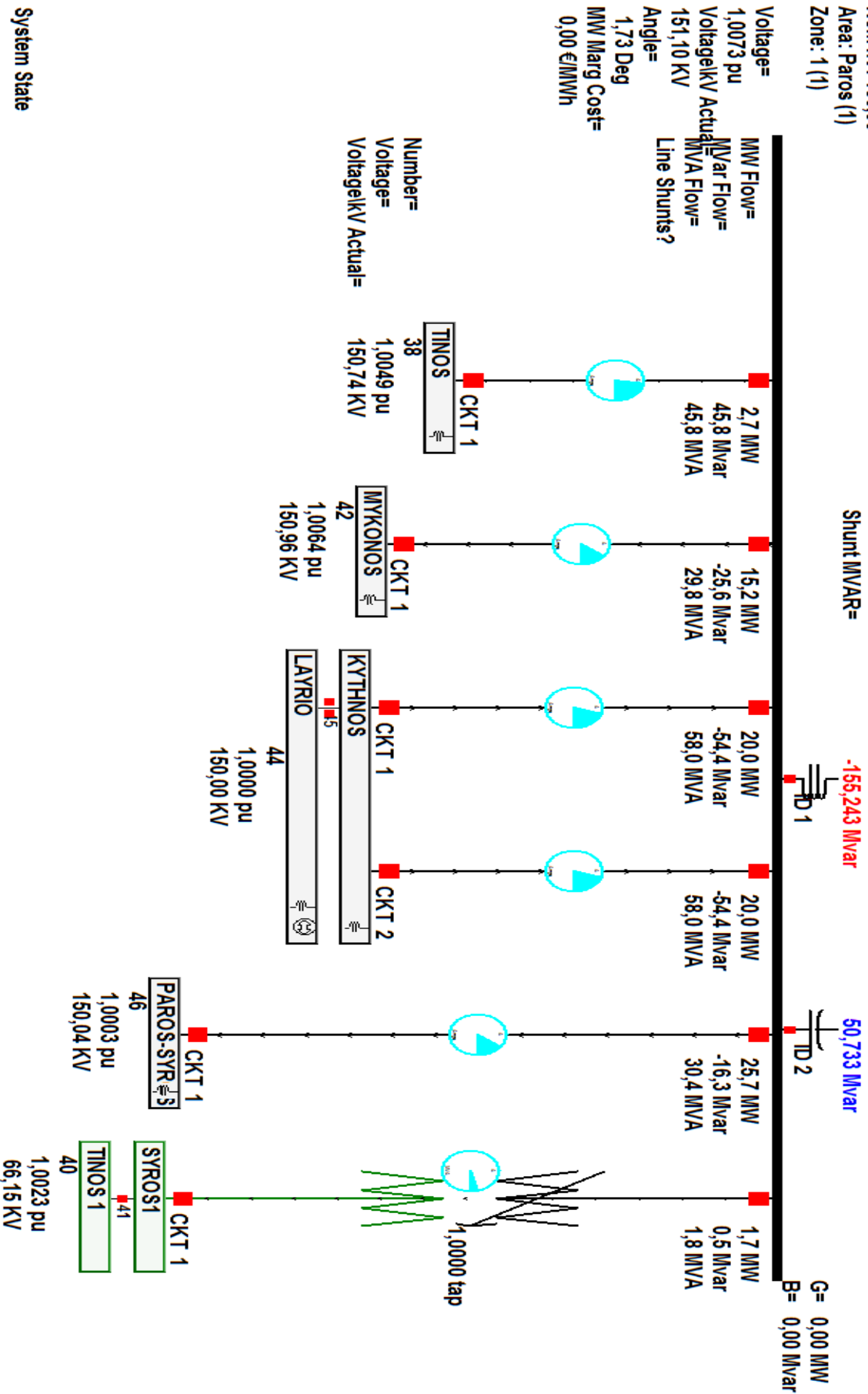
1,0049 pu
150,74 KV

Εικόνα 7.7.2 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Εύβοιας)

SYROS

Bus: SYROS (39)
Nom KV: 150,00
Area: Paros (1)
Zone: 1 (1)

Voltage=
1,0073 pu
VoltageKV Actual=
151,10 KV
Angle=
1,73 Deg
MW Marg Cost=
0,00 €/MWh



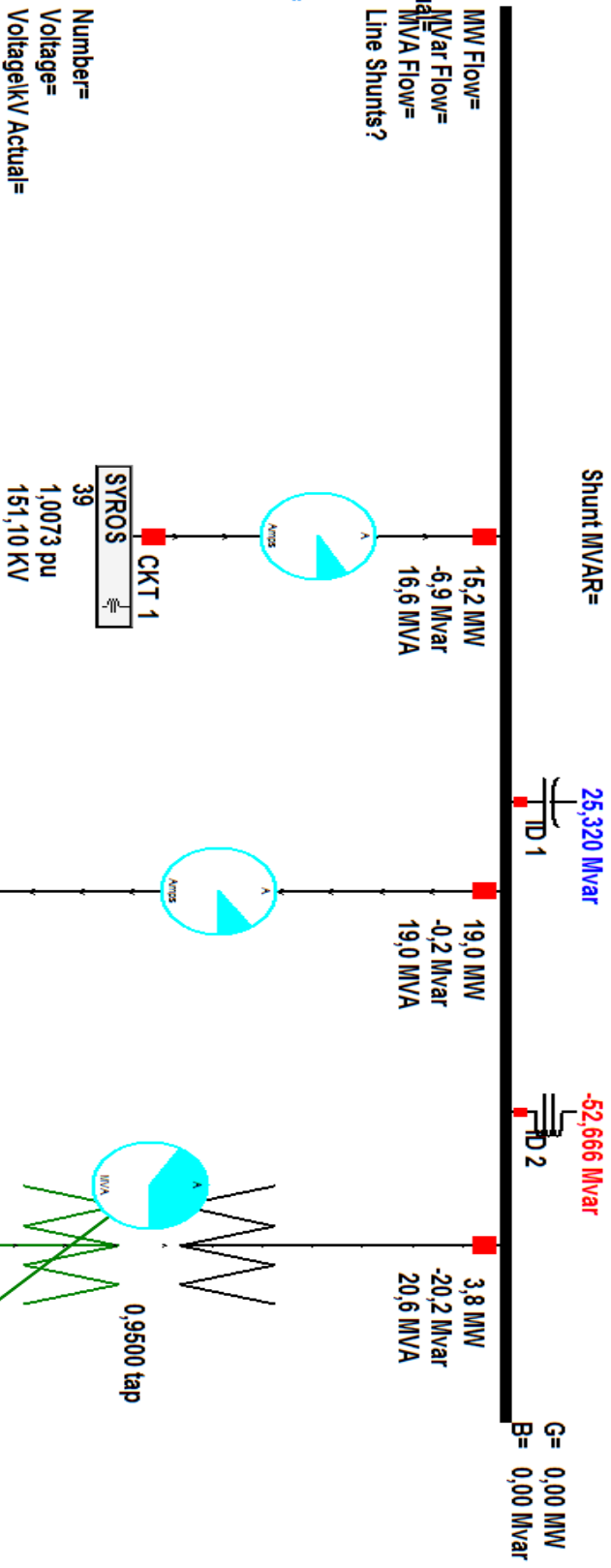
System State

Εικόνα 7.7.3 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Σύρου)

MYKONOS

Bus: MYKONOS (42)
 Nom KV: 150,00
 Area: Paros (1)
 Zone: 1 (1)

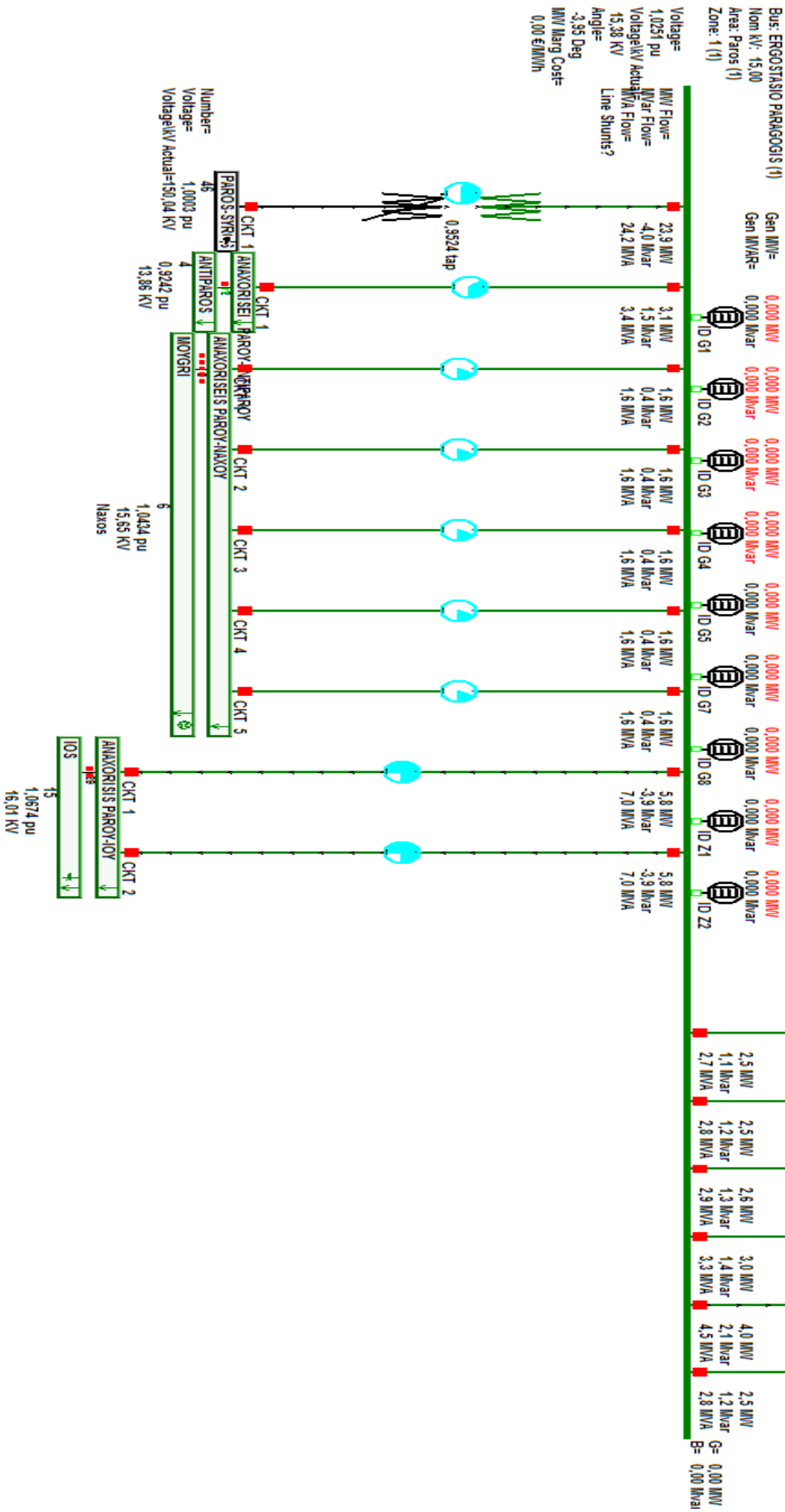
Voltage=
 1,0064 pu
 VoltageKV Actual=
 150,96 KV
 Angle=
 1,51 Deg
 MW Marg Cost=
 0,00 €/MWh



System State

Εικόνα 7.7.4 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Μυκόνου)

ERGOSTASIO PARAGOGIS

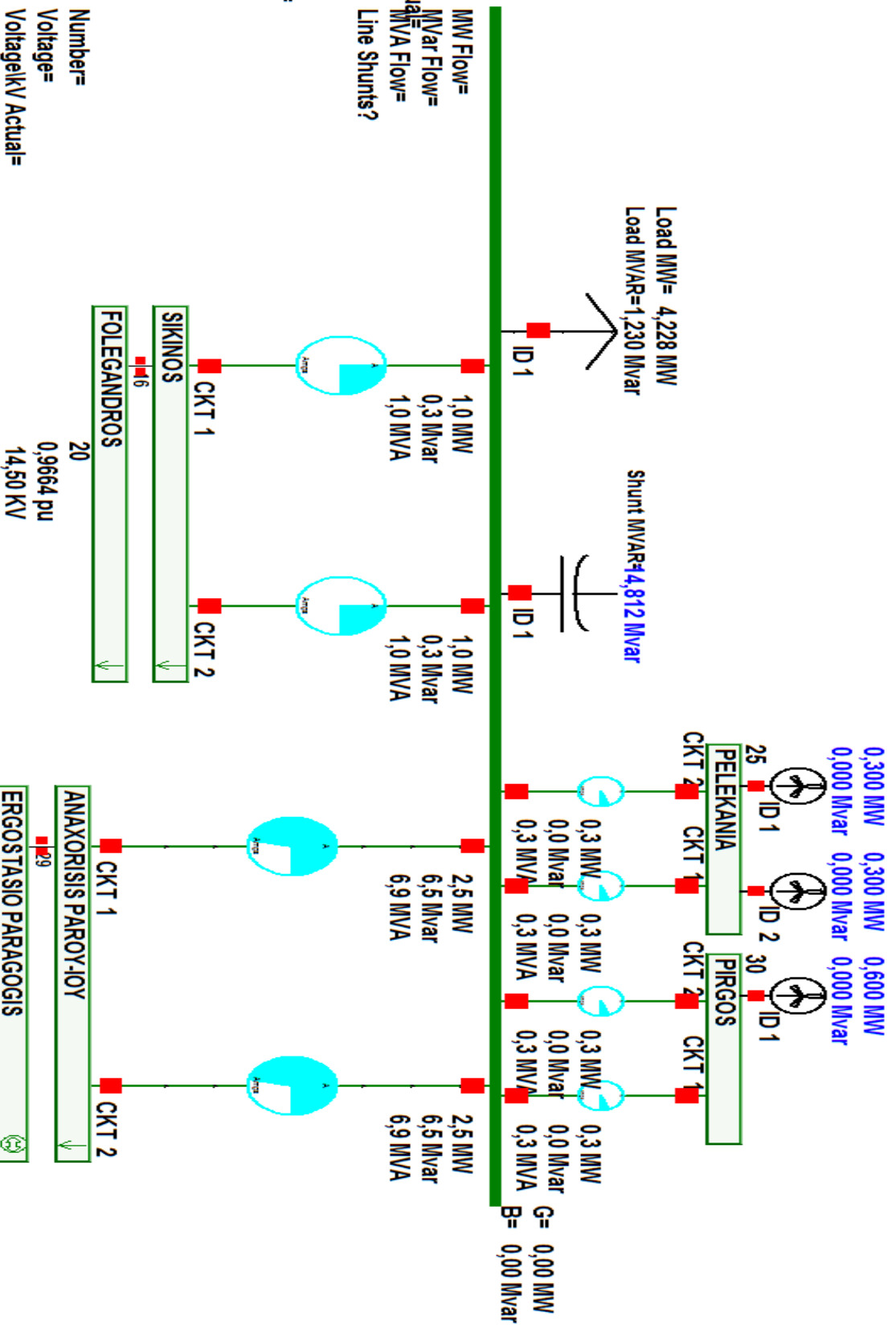


Εικόνα 7.7.5 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Πάρου)

IOS

Bus: IOS (15)
 Nom KV: 15,00
 Area: ios (3)
 Zone: 1 (1)

Voltage=
 1,0674 pu
 VoltageKV Actual=
 16,01 KV
 Angle=
 -28,49 Deg
 MW Marg Cost=
 0,00 €/MWh

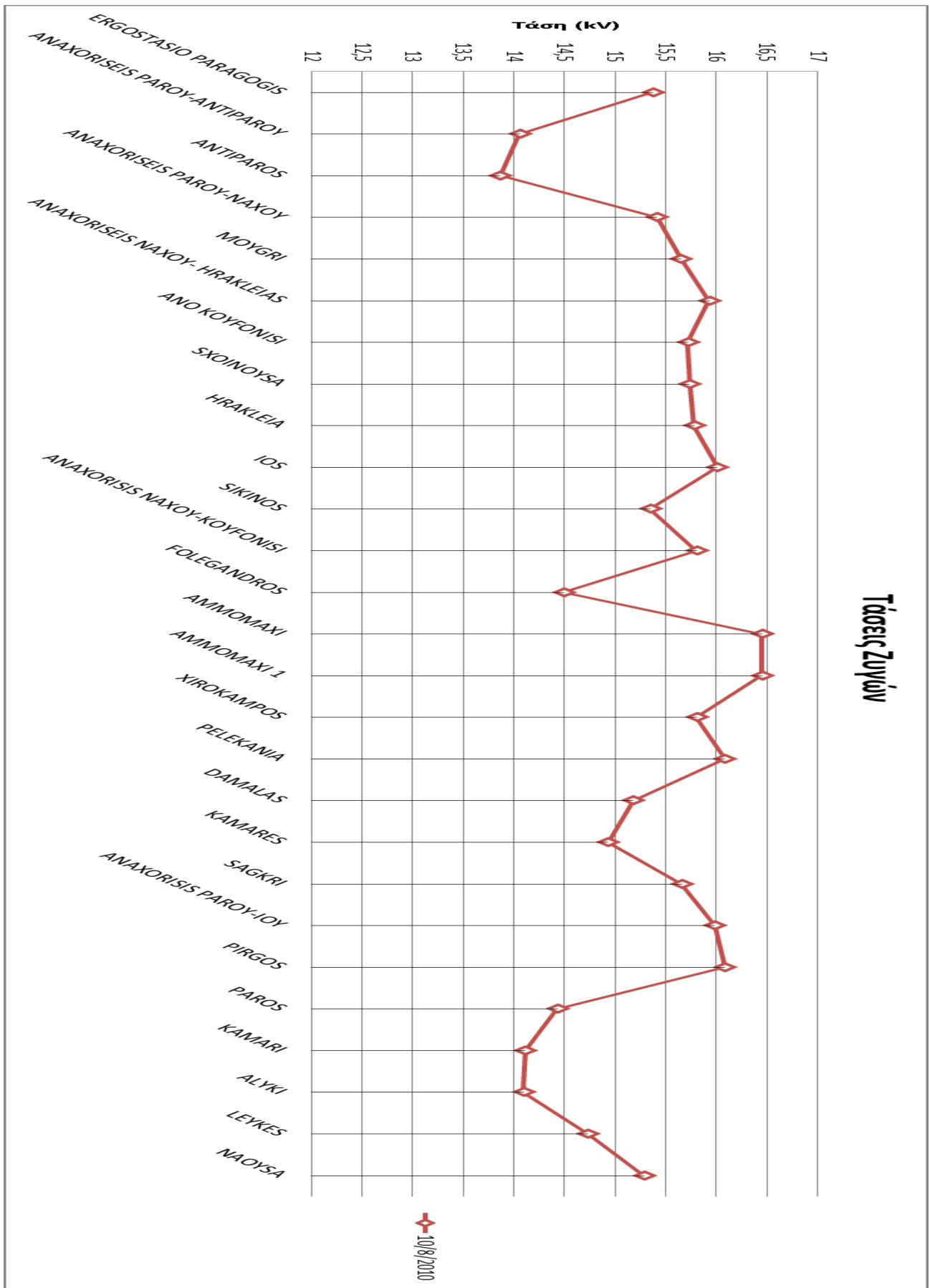


System State

Εικόνα 7.7.7 (Μονογραμμική απεικόνιση του δικτύου της Ιου)

Αρ	Όνομασία Ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,0251	15,377	-3,95			0	0	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,93749	14,062	-7,43	1,06	0,39			
4	ANTIPAROS			0,92424	13,864	-7,2	1,8	0,8			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,02782	15,417	-3,48	2,06	1,09			
6	MOYGRI	Naxos	15	1,04337	15,651	-3,06	8,36	2,87	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY-HRAKLEIAS			1,06222	15,933	-10,48	3	2			5,64
10	ANO KOYFONISI			1,04812	15,722	-9,26	0,36	0,16			
12	SXOINOYSA			1,04919	15,738	-9,69	0,2	0,09	0,02	0	
13	HRAKLEIA	Ios	15	1,0521	15,781	-9,94	0,18	0,08			
15	IOS			1,06743	16,011	-28,49	4,23	1,23			14,81
16	SIKINOS	Naxos	15	1,02325	15,349	-27,99	0,52	0,16			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI			1,05376	15,806	-9,05	2	1,5			3,33
20	FOLEGANDROS	Ios	15	0,96642	14,496	-27,24	1,24	0,44			
22	AMMOMAXI	Naxos	15	1,09707	16,456	2,13			4,25	0	
23	AMMOMAXI 1			1,09705	16,456	2,12			3,4	0	
24	XIROKAMPOS			1,05391	15,809	-2,68			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios	15	1,07261	16,089	-28,31			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos	15	1,01218	15,183	-4,37	4	1,5	0,04	0	
27	KAMARES	Paros	15	0,99576	14,936	-5,07	2,46	1,09			
28	SAGKRI	Naxos	15	1,04393	15,659	-3,01			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros	15	1,06595	15,989	-17,7	2,46	1,09			
30	PIRGOS	Ios	15	1,07261	16,089	-28,31			0,6	0	
31	PAROS	Paros	15	0,96228	14,434	-6,25	3,86	1,79			
32	KAMARI			0,94121	14,118	-7,47	2,86	1,09			
33	ALYKI			0,93964	14,095	-7,18	2,46	1,09			
34	LEYKES			0,98249	14,737	-5,57	2,46	1,09			
35	NAOYSA			1,01899	15,285	-4,19	2,46	1,09			
36	EYBOIA	-	150	1	150	2,67			6	-95,43	
37	ANDROS			1,0043	150,645	1,99					
38	TINOS			1,00491	150,737	1,88					-16,16
39	SYROS			1,0073	151,096	1,73					-104,51
40	TINOS 1	-	66	1,00232	66,153	1,64					
41	SYROS1			1,00656	66,433	1,54					
42	MYKONOS	-	150	1,00638	150,957	1,51					-27,35
43	MYKONOS1			66	0,99494	65,666	1,85				
44	LAYRIO	-	150	1	150	2,7			41,5	-62,97	-160
45	KYTHNOS			1,00985	151,477	1,98					-146,85
46	PAROS-SYROS			1,00029	150,044	1,49					-25,01
47	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY-MYKONOY 150KV			0,9999	149,984	1,5					-44,99

Πίνακας 7.2.1 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)



Γράφημα 7.2.1 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)

• Σενάρια μεταγενέστερης κατάστασης δικτύου (διασύνδεση με ηπειρωτική Ελλάδα)

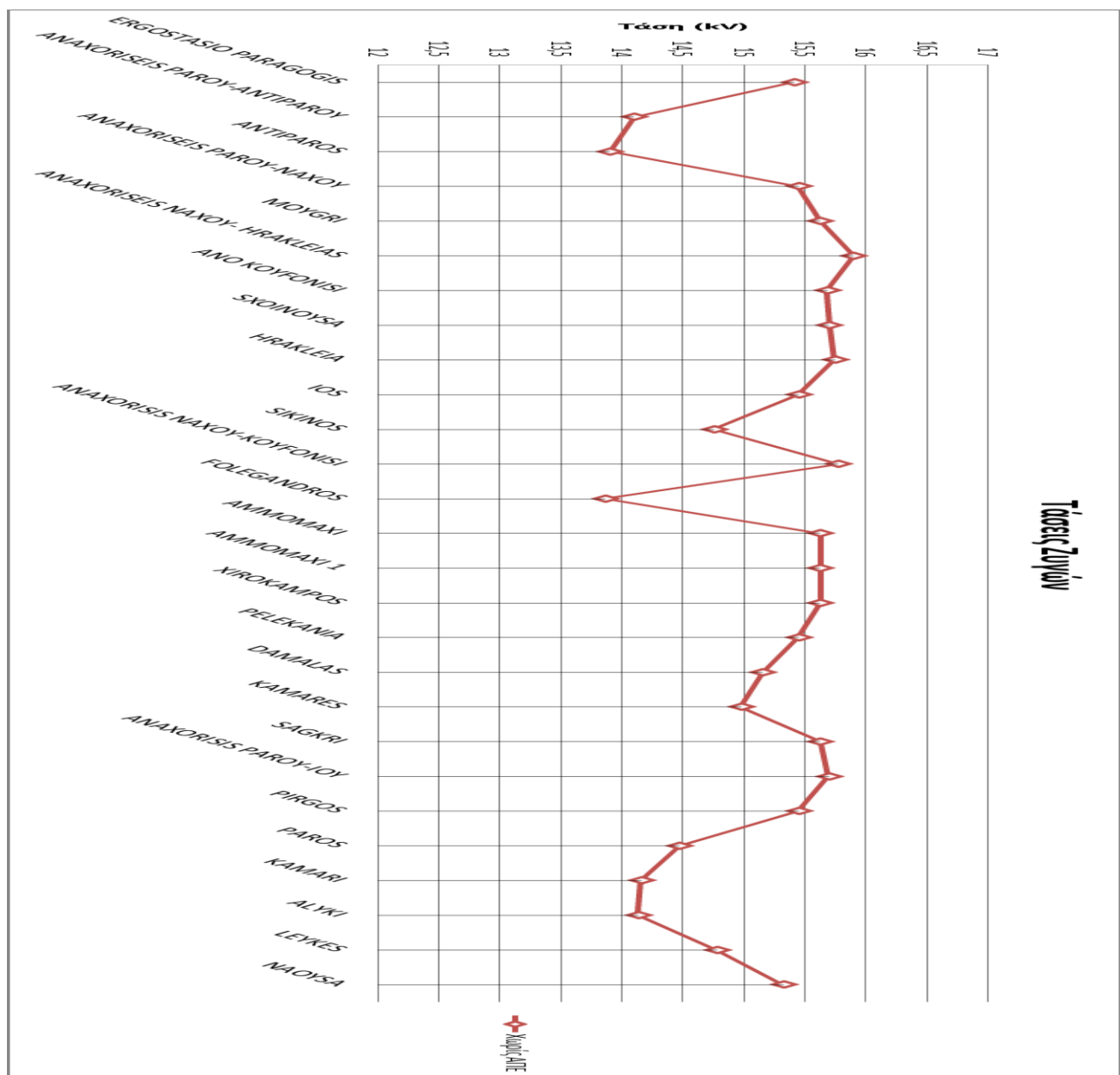
Σενάριο 6 (Χωρίς Α.Π.Ε.)

Στο σενάριο αυτό το σύστημα λειτουργεί με τα φορτία της 10/08/2010 αλλά με διασύνδεση με το Ηπειρωτικό σύστημα. Η διαφορά έγκειται στην απενεργοποίηση των αιολικών και φωτοβολταϊκών γεννητριών. Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 4.1. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το ηπειρωτικό σύστημα καθώς ο ΑΣΠ Πάρου είναι απενεργοποιημένος σύμφωνα με την γενική φιλοσοφία των διασυνδεδεμένων νήσων και παραμένει σε ψυχρή εφεδρεία.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)	
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,02762	15,414	-5,42			0	0		
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,94028	14,104	-8,87	1,06	0,39				
4	ANTIPAROS			0,92707	13,906	-8,65	1,8	0,8				
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,02991	15,449	-5,12	2,06	1,09				
6	MOYGRI	Naxos		1,04189	15,628	-4,9	8,36	2,87	0	0		
7	ANAXORISEIS NAXOY- HRAKLEIAS			1,06005	15,901	-12,33	3	2			5,62	
10	ANO KOYFONISI			1,04582	15,687	-11,12	0,36	0,16				
12	SXOINOYSA			1,04664	15,7	-11,55	0,2	0,09	0	0		
13	HRAKLEIA			1,04968	15,745	-11,8	0,18	0,08				
15	IOS	Ios		1,02972	15,446	-32,51	4,23	1,23				14,84
16	SIKINOS			0,9836	14,754	-31,96	0,52	0,16				
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,05164	15,775	-10,91	2	1,5				3,32
20	FOLEGANDROS	Ios		0,92418	13,863	-31,14	1,24	0,44				
22	AMMOMAXI	Naxos		1,04189	15,628	-4,9			0	0		
23	AMMOMAXI 1			1,04189	15,628	-4,9			0	0		
24	XIROKAMPOS			1,04189	15,628	-4,9			0	0		
25	PELEKANIA	Ios		1,02972	15,446	-32,51			0	0		
26	DAMALAS	Naxos		1,01045	15,157	-6,23	4	1,5	0	0		
27	KAMARES	Paros		0,99835	14,975	-6,53	2,46	1,09				
28	SAGKRI	Naxos		1,04189	15,628	-4,9			0	0		
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,04651	15,698	-20,65	2,46	1,09				
30	PIRGOS	Ios		1,02972	15,446	-32,51			0	0		
31	PAROS	Paros		0,96497	14,475	-7,7	3,86	1,79				
32	KAMARI			0,94398	14,16	-8,92	2,86	1,09				
33	ALYKI			0,94241	14,136	-8,62	2,46	1,09				
34	LEYKES			0,98512	14,777	-7,03	2,46	1,09				
35	NAOYSA			1,02152	15,323	-5,65	2,46	1,09				
36	EYBOIA	-		150	1	150	2,57			6	-	106,96
37	ANDROS				1,00509	150,764	1,79					

38	TINOS			1,00588	150,882	1,66					-16,19	
39	SYROS			1,00875	151,313	1,49					-104,81	
40	TINOS 1			66	1,00622	66,411	1,37					
41	SYROS1				1,00993	66,656	1,29					
42	MYKONOS			150	1,00864	151,296	1,15					-27,47
43	MYKONOS1			66	0,99959	65,973	1,53					
44	LAYRIO			150	1	150	2,7			52,73	-74,3	-160
45	KYTHNOS				1,01063	151,595	1,85					-147,08
46	PAROS-SYROS				1,00302	150,453	1,02					-25,15
47	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY- MYKONOY 150KV				1,00338	150,507	0,98					-20,14

Πίνακας 7.2.2 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)



Γράφημα 7.2.2 (Στοιχεία ζυγών όπως προκύπτουν από το PW χωρίς Α.Π.Ε. με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 7 (+25%)

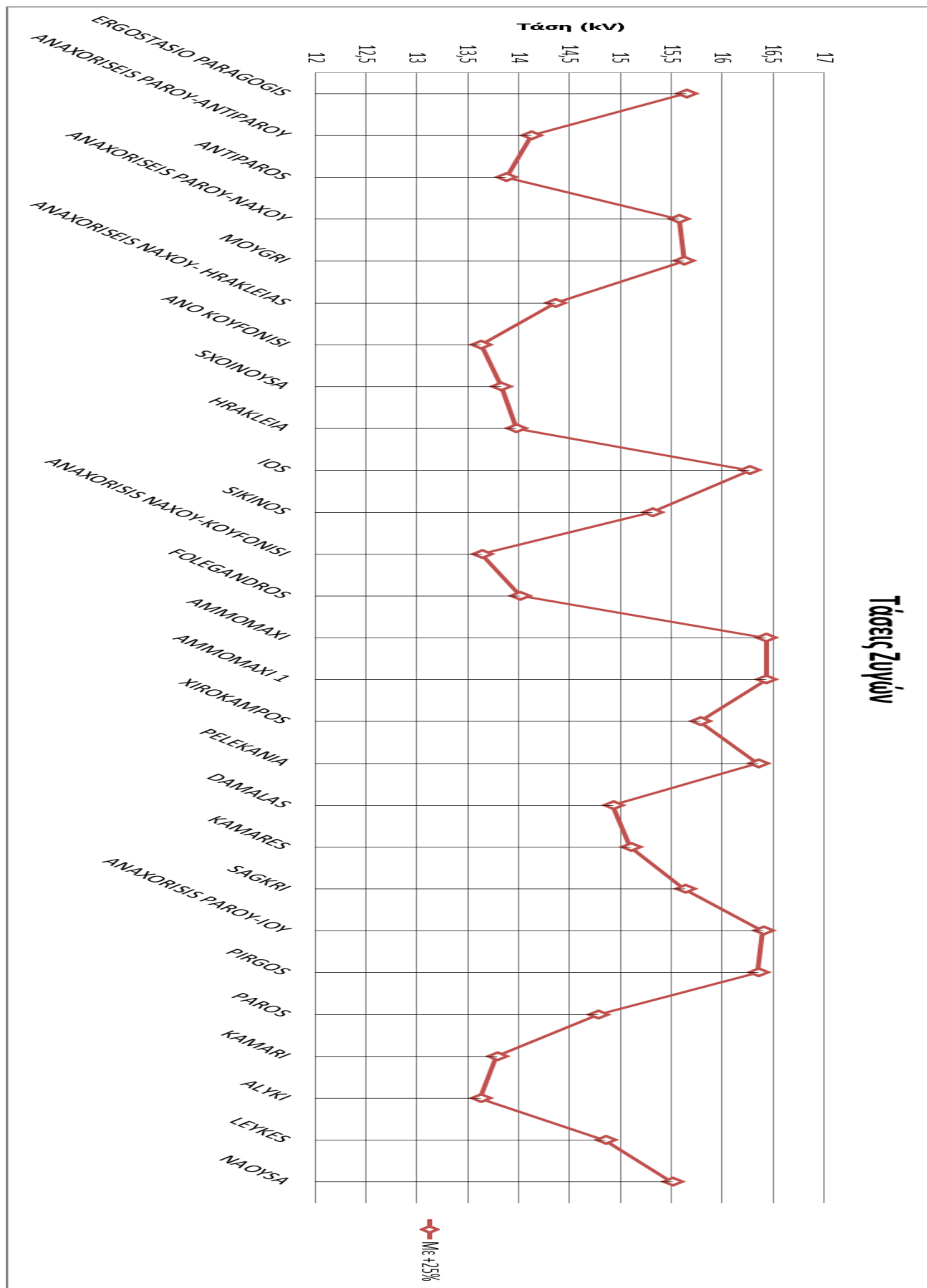
Στο σενάριο αυτό επικρατούν οι συνθήκες του σεναρίου 6 αλλά το σύστημα λειτουργεί με αύξηση του φορτίου της 10/08/2010 κατά 25%. Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 7.1.3. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το ηπειρωτικό σύστημα καθώς ο ΑΣΠ Πάρου διατηρεί τον παραπάνω ρόλο.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,04317	15,648	-4,17			0	0	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,94168	14,125	-8,14	1,08	0,37			
4	ANTIPAROS			0,9252	13,878	-7,86	2,24	1			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,03873	15,581	-4,09	4,08	1,37			
6	MOYGRI	Naxos		1,04187	15,628	-3,74	5,42	2,46	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY- HRAKLEIAS			0,95768	14,365	-15,28	5,42	2,46			4,59
10	ANO KOYFONISI			0,90881	13,632	-14,38	0,45	0,2			
12	SXOINOYSA			0,922	13,83	-14,65	0,25	0,11	0,02	0	
13	HRAKLEIA			0,93201	13,98	-14,84	0,23	0,1			
15	IOS	Ios		1,08502	16,275	-33,39	5,03	1,53			18,84
16	SIKINOS			1,02099	15,315	-32,8	0,65	0,2			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		0,90905	13,636	-14,34	5,42	2,46			2,48
20	FOLEGANDROS	Ios		0,93422	14,013	-31,89	1,84	0,56			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,09562	16,434	1,47			4,25	0	
23	AMMOMAXI 1			1,0956	16,434	1,46			3,4	0	
24	XIROKAMPOS			1,05242	15,786	-3,35			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios		1,09012	16,352	-33,21			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos		0,99532	14,93	-5,44	5,42	2,46	0,04	0	
27	KAMARES	Paros		1,00674	15,101	-5,53	3,08	1,37			
28	SAGKRI	Naxos		1,04243	15,636	-3,69			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros		1,09372	16,406	-20,05	1,08	1,37			
30	PIRGOS	Ios		1,09012	16,352	-33,21			0,6	0	
31	PAROS	Paros		0,98557	14,784	-6,75	4,08	1,38			
32	KAMARI			0,91908	13,786	-6,88	3,08	2,37			
33	ALYKI			0,90842	13,626	-10,1	4,08	1,37			
34	LEYKES			0,99005	14,851	-6,15	3,08	1,37			
35	NAOYSA			1,03419	15,513	-4,58	4,08	1,37			
36	EYBOIA	-		150	1	150	2,67		6	-132,7	
37	ANDROS				1,00687	151,031	1,66				
38	TINOS				1,00805	151,207	1,49				-16,26
39	SYROS				1,01227	151,841	1,25				-105,54
40	TINOS 1	-		66	1,00315	66,208	1,09				
41	SYROS1				1,00854	66,564	0,98				
42	MYKONOS				150	1,01516	152,273	0,75			

43	ΜΥΚΟΝΟΣ1		66	0,99423	65,619	1,3					
44	LAYRIO		150	1	150	2,7			60,32	-91,91	-160
45	KYTHNOS			1,01256	151,885	1,72					-147,64
46	PAROS-SYROS			1,01236	151,853	0,37					25,62
47	ANAXORISEIS PAROU-NAXOU- MYKONOY 150KV			1,0122	151,83	0,42					-20,49

Πίνακας 7.2.3 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.2.3 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξησης +25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Σενάριο 8 (-25%)

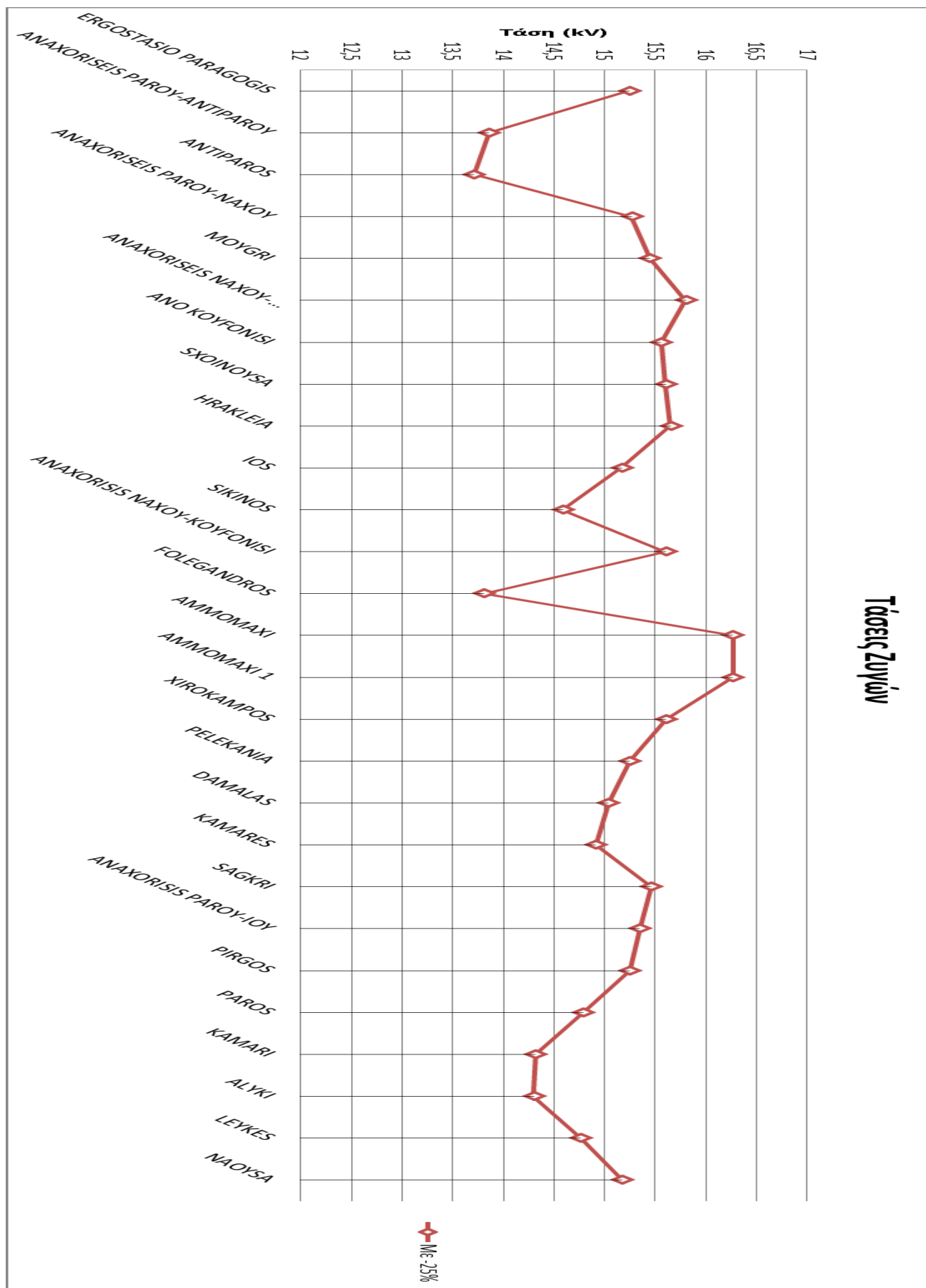
Στο σενάριο αυτό το σύστημα λειτουργεί με μείωση του φορτίου της 10/08/2010 κατά 25% ενώ η παραγωγή από ΑΠΕ παραμένει όση ήταν εκείνη την ημέρα. Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 7.1.5. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το ηπειρωτικό σύστημα καθώς ΑΣΠ Πάρου είναι σε ψυχρή εφεδρεία.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιφέρειας	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,01632	15,245	-1,62			0	0	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,9241	13,861	-5,35	1,65	0,62			
4	ANTIPAROS			0,91406	13,711	-5,18	1,35	0,6			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,01775	15,266	-1,21	1,85	0,82			
6	MOYGRI	Naxos	15	1,03003	15,45	-0,79	3,25	1,48	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY- HRAKLEIAS			1,05321	15,798	-9	3,25	1,48			5,55
10	ANO KOYFONISI			1,03738	15,561	-7,5	0,27	0,12			
12	SXOINOYSA			1,04026	15,604	-8,06	0,15	0,07	0,02	0	
13	HRAKLEIA			1,04347	15,652	-8,37	0,14	0,06			
15	IOS	Ios	15	1,01107	15,166	-15,02	3,02	0,92			7,16
16	SIKINOS			0,97245	14,587	-14,63	0,39	0,12			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos	15	1,04027	15,604	-7,19	2,25	1,48			3,25
20	FOLEGANDROS	Ios	15	0,92083	13,812	-14,06	1,08	0,33			
22	AMMOMAXI	Naxos	15	1,08426	16,264	4,53			4,25	0	
23	AMMOMAXI 1			1,08424	16,264	4,53			3,4	0	
24	XIROKAMPOS			1,0407	15,61	-0,39			1,2	0	
25	PELEKANIA	Ios	15	1,01653	15,248	-14,82			0,6	0	
26	DAMALAS	Naxos	15	1,00248	15,037	-1,8	3,25	1,48	0,04	0	
27	KAMARES	Paros	15	0,99425	14,914	-2,47	1,85	0,82			
28	SAGKRI	Naxos	15	1,0306	15,459	-0,73			0,1	0	
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros	15	1,02318	15,348	-9,3	1,85	0,82			
30	PIRGOS	Ios	15	1,01653	15,248	-14,82			0,6	0	
31	PAROS	Paros	15	0,98581	14,787	-2,89	2,05	0,82			
32	KAMARI			0,9545	14,318	-3,57	1,85	1,02			
33	ALYKI			0,95325	14,299	-4,03	1,85	0,82			
34	LEYKES			0,9844	14,766	-2,85	1,85	0,82			
35	NAOYSA			1,01169	15,175	-1,8	1,85	0,82			
36	EYBOIA				150	1	150	2,91			6
37	ANDROS	-	150	1,00372	150,558	2,29					
38	TINOS			1,0042	150,63	2,2					-16,13
39	SYROS			1,0062	150,93	2,07					-104,28
40	TINOS 1				66	1,00128	66,085	2,01			
41	SYROS1		66	1,00544	66,359	1,9					
42	MYKONOS		150	1,0051	150,765	1,97					-27,28
43	MYKONOS1		66	0,99402	65,605	2,23					
44	LAYRIO		150	1	150	2,7			24,5	-49,97	-160

45	KYTHNOS			1,00925	151,388	2,17					-146,68
46	PAROS-SYROS			0,99808	149,713	2,13					-49,81
47	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY- MYKONOY 150KV			0,99851	149,776	2,1					-44,87

Πίνακας 7.2.4 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Τάσεις Ζυγών



Γράφημα 7.2.4 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης 25% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

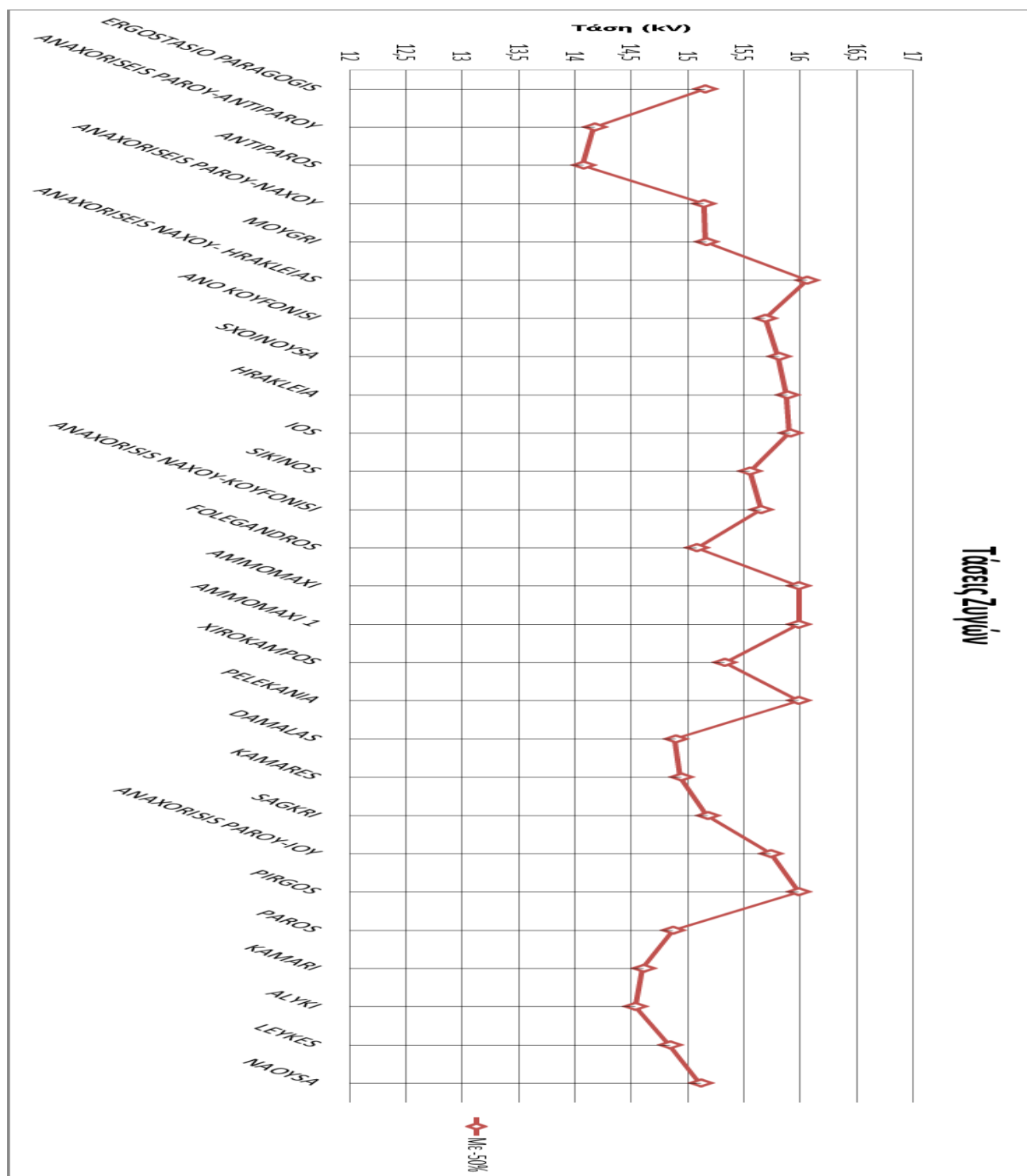
Σενάριο 9 (-50%)

Στο σενάριο αυτό το σύστημα λειτουργεί με μείωση του φορτίου της 10/08/2010 κατά 50%. Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 7.1.7. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το ηπειρωτικό και τους εγκατεστημένους Αιολικούς και Φ/Β σταθμούς παραγωγής.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιφέρειας	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,01054	15,158	1,92			0	0	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,94469	14,17	-0,59	1,23	0,55			
4	ANTIPAROS			0,93818	14,073	-0,48	0,9	0,4			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,00982	15,147	1,91	1,23	0,55			
6	MOYGRI	Naxos		1,01109	15,166	1,93	2,17	0,98	0,02	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY- HRAKLEIAS			1,0708	16,062	-5,65	2,17	0,98			5,73
10	ANO KOYFONISI			1,04588	15,688	-4,63	0,18	0,08			
12	SXOINOYSA			1,05384	15,808	-5,02	0,1	0,04	0,02	0	
13	HRAKLEIA	Ios		1,05888	15,883	-5,22	0,09	0,04			
15	IOS			1,06057	15,909	-8,55	2,01	0,61			6,75
16	SIKINOS	Naxos		1,03686	15,553	-8,31	0,26	0,08			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI			1,04371	15,656	-4,4	2,17	0,98			3,27
20	FOLEGANDROS	Ios		1,00533	15,08	-7,98	0,72	0,22			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,06607	15,991	7,44			4,25	0	
23	AMMOMAXI 1			1,06605	15,991	7,44			3,4	0	
24	XIROKAMPOS	Ios	1,02195	15,329	2,34			1,2	0		
25	PELEKANIA		1,06579	15,987	-8,36			0,6	0		
26	DAMALAS	Naxos	0,99267	14,89	1,24	2,17	0,98	0,04	0		
27	KAMARES	Paros	0,99584	14,938	1,36	1,23	0,55				
28	SAGKRI	Naxos	1,01166	15,175	1,98			0,1	0		
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros	1,04954	15,743	-3,76	1,23	0,55				
30	PIRGOS	Ios	1,06579	15,987	-8,36			0,6	0		
31	PAROS	Paros	0,99154	14,873	1,19	1,23	0,55				
32	KAMARI		0,97385	14,608	0,52	1,23	0,55				
33	ALYKI		0,9693	14,539	0,34	1,23	0,55				
34	LEYKES		0,98937	14,841	1,11	1,23	0,55				
35	NAOYSA		1,00744	15,112	1,8	1,23	0,55				
36	EYBOIA	-	150	1	150	3,48			6	-133,77	
37	ANDROS			1,00695	151,042	2,46					
38	TINOS			1,00814	151,221	2,29					-16,26
39	SYROS		1,01109	151,663	2,12					-105,3	
40	TINOS 1		66	1,00815	66,538	2,29					
41	SYROS1			1,01109	66,732	2,12					
42	MYKONOS		150	1,01131	151,697	2,05					-27,61
43	MYKONOS1	66	1,01131	66,746	2,05						

44	LAYRIO	150	1	150	2,7			13,9	-63,87	-160
45	KYTHNOS		1,01197	151,796	2,2					-147,47
46	PAROS-SYROS		1,01054	151,581	1,92					-25,53
47	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY- MYKONOY 150KV		1,01108	151,663	1,93					-20,45

Πίνακας 7.2.5 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)



Γράφημα 7.2.5 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό μείωσης -50% με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

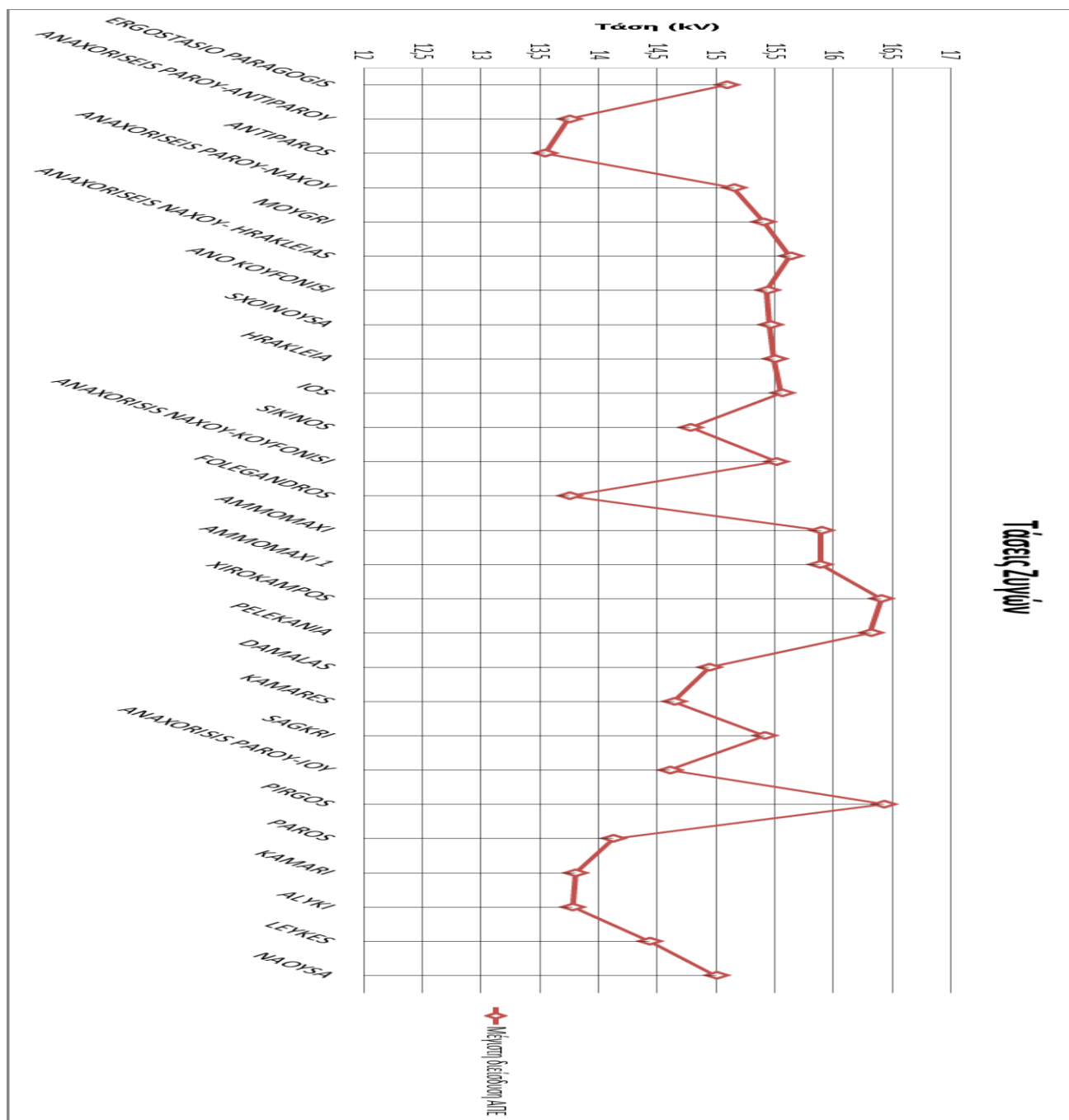
Σενάριο 10 (μέγιστη διείσδυση Α.Π.Ε.)

Με αυτό το σενάριο γίνεται μελέτη του συστήματος όταν αυτό λειτουργεί με αυξημένη διείσδυση των υφιστάμενων Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια των γραμμών μεταφοράς (η συνολική παραγωγή των Α.Π.Ε. στο σενάριο αυτό αγγίζει τα 39,5MW αιολικής και φωτοβολταϊκής παραγωγής). Τα στοιχεία του φορτίου με τα οποία γίνεται η μελέτη του συγκεκριμένου σεναρίου είναι με βάση τον πίνακα 4.1. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από το ηπειρωτικό σύστημα.

Αρ	Ονομασία ζυγού	Όνομα Περιοχής	Όνομ Τάση (kV)	Τάση (PU)	Φυσική Τάση (kV)	Γωνία (μοίρες)	Φορτίο (MW)	Φορτίο (Mvar)	Παραγωγή (MW)	Παραγωγή (Mvar)	Εγκάρσιες Αντιδράσεις (Mvar)
1	ERGOSTASIO PARAGOGIS	Paros	15	1,00619	15,093	-1,03			0	0	
2	ANAXORISEIS PAROY-ANTIPAROY			0,91645	13,747	-4,65	1,06	0,39			
4	ANTIPAROS			0,90289	13,543	-4,41	1,8	0,8			
5	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY			1,01015	15,152	-0,56	2,06	1,09			
6	MOYGRI	Naxos		1,02715	15,407	-0,21	8,36	2,87	0,1	0	
7	ANAXORISEIS NAXOY- HRAKLEIAS			1,04233	15,635	-7,64	3	2		5,43	
10	ANO KOYFONISI			1,0291	15,436	-6,41	0,36	0,16			
12	SXOINOYSA			1,03089	15,463	-6,83	0,2	0,09	0,1	0	
13	HRAKLEIA			1,03322	15,498	-7,09	0,18	0,08			
15	IOS	Ios		1,03721	15,558	8,17	4,03	1,23			0
16	SIKINOS			0,98567	14,785	8,68	0,52	0,16			
19	ANAXORISIS NAXOY-KOYFONISI	Naxos		1,03436	15,515	-6,21	2	1,5			3,21
20	FOLEGANDROS	Ios		0,91647	13,747	9,43	1,44	0,44			
22	AMMOMAXI	Naxos		1,05967	15,895	15,25			10	0	
23	AMMOMAXI 1			1,05941	15,891	15,25			8	0	-5,61
24	XIROKAMPOS		1,09397	16,41	2,28			8	0		
25	PELEKANIA	Ios	1,0878	16,317	10,03			6	0		
26	DAMALAS	Naxos	0,99626	14,944	-1,49	4	1,5	0,2	0		
27	KAMARES	Paros	0,97625	14,644	-2,19	2,46	1,09				
28	SAGKRI	Naxos	1,02772	15,416	-0,16			0,1	0		
29	ANAXORISIS PAROY-IOY	Paros	0,97384	14,608	3,96	2,46	1,09				
30	PIRGOS	Ios	1,0957	16,436	10,33			7	0		
31	PAROS	Paros	0,94198	14,13	-3,42	3,86	1,79				
32	KAMARI		0,92031	13,805	-4,7	2,86	1,09				
33	ALYKI		0,91871	13,781	-4,39	2,46	1,09				
34	LEYKES		0,96269	14,44	-2,72	2,46	1,09				
35	NAOYSA		0,99996	14,999	-1,27	2,46	1,09				
36	EYBOIA		--	150	1	150	3,79			6	-171,4
37	ANDROS	1,00958			151,437	2,45					
38	TINOS	1,01136			151,704	2,21					-16,37
39	SYROS	1,01722			152,584	1,89					-106,58
40	TINOS 1	66	1,01377	66,909	1,79						
41	SYROS1		1,01769	67,167	1,7						
42	MYKONOS		150	1,02465	153,697	1,43					-28,35

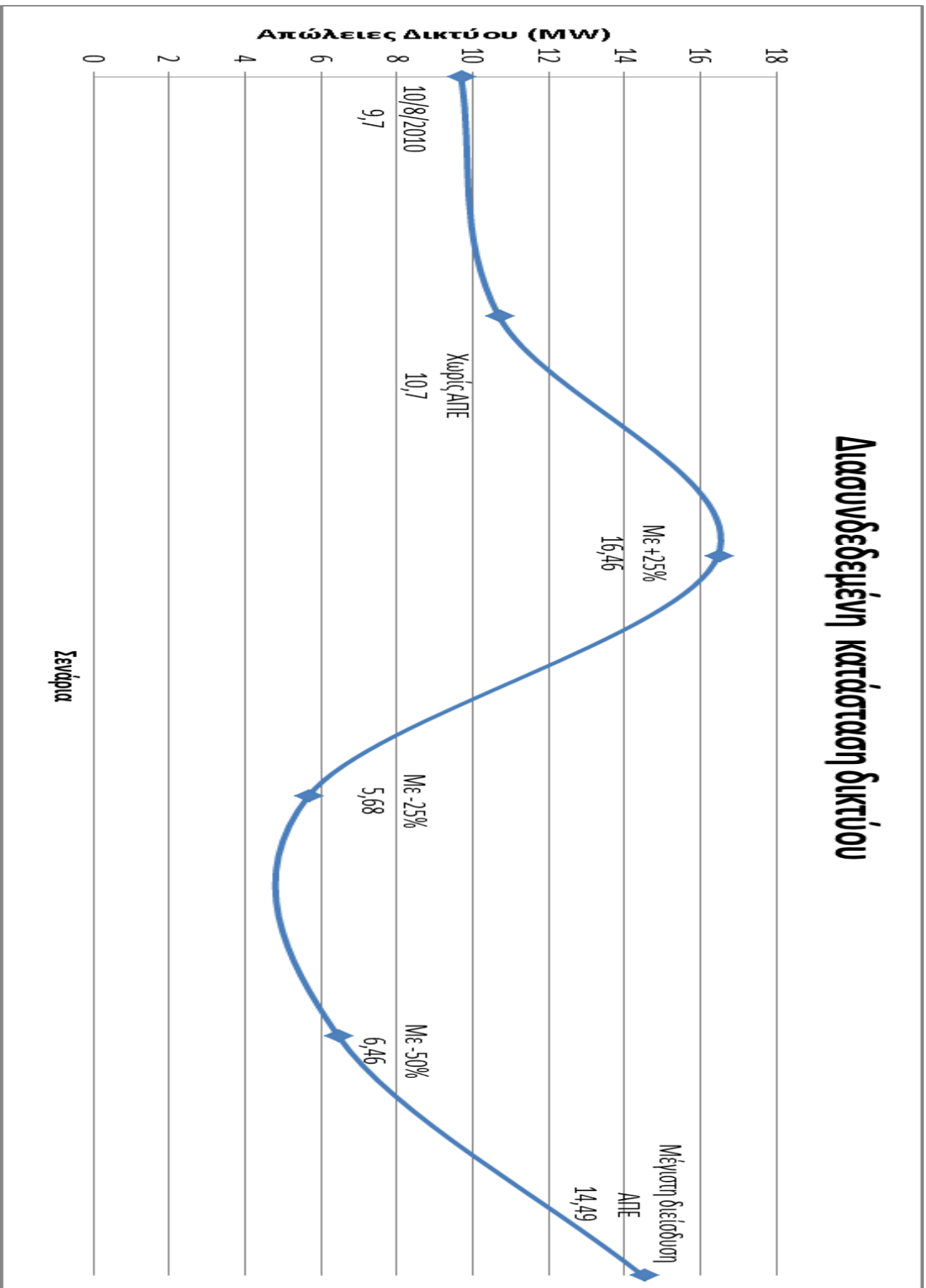
43	ΜΥΚΟΝΟΣ1	150	66	1,00706	66,466	1,92				
44	LAYRIO		1	150	2,7			17,02	-89,73	-160
45	ΚΥΘΝΟΣ		1,01537	152,305	2,07					-148,46
46	PAROS-SYROS		1,02709	154,064	1,14					31,65
47	ANAXORISEIS PAROY-NAXOY- MYKONOY 150KV		1,02771	154,157	1,12					17,96

Πίνακας 7.2.6 (Στοιχεία ζυγών μοντελοποιημένα στο PW με υπολογισμό αύξηση της διεύθυνση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια των γραμμών μεταφοράς με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)



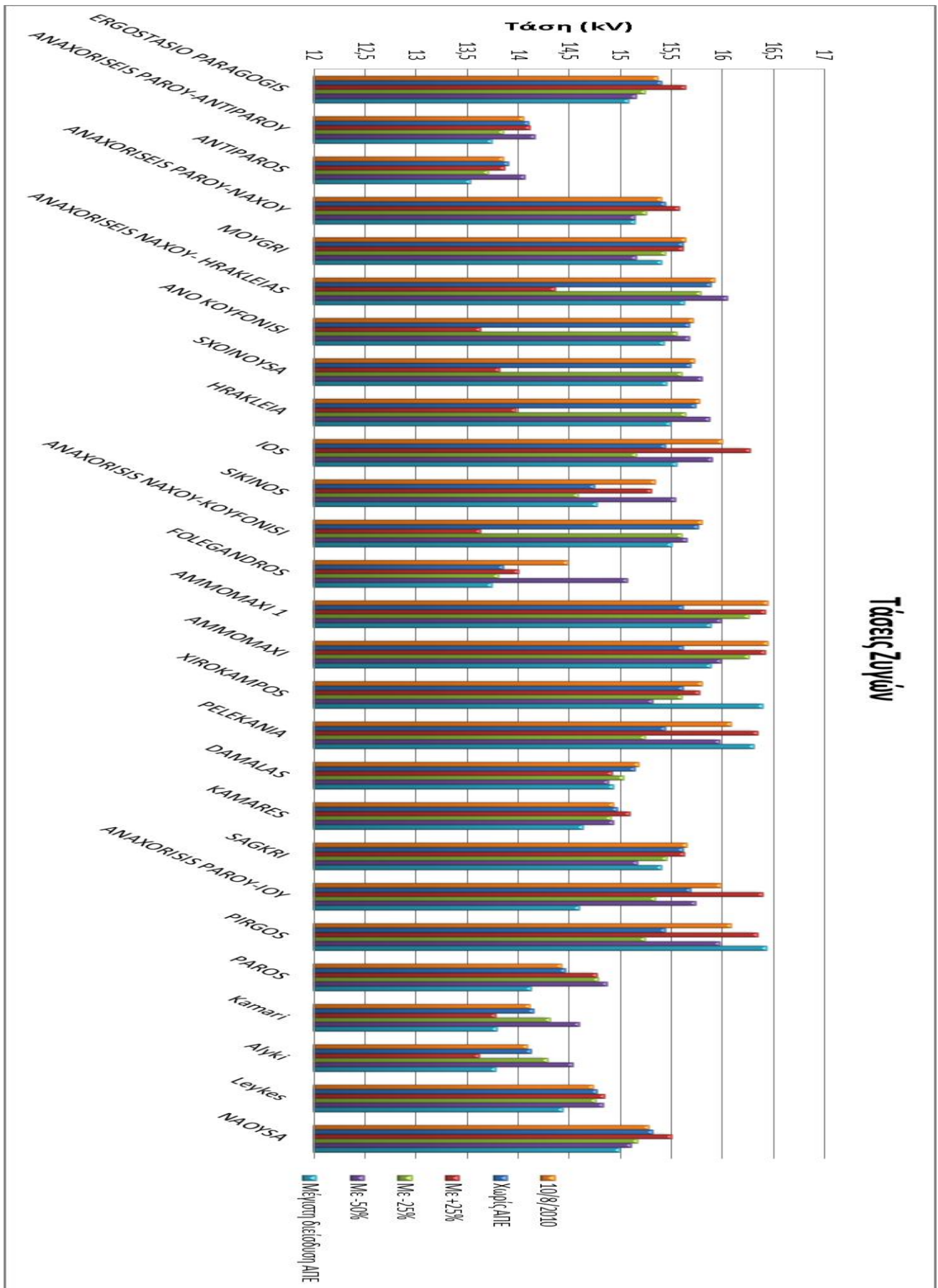
Γράφημα 7.2.6 (Τάσεις ζυγών όπως προκύπτουν από το PW με υπολογισμό αύξηση της διεύθυνση των Α.Π.Ε. στα επιτρεπτά όρια των γραμμών μεταφοράς με βάση την παραδοχή της πληθυσμιακής κατανομής)

Διασυνδεδεμένη κατάσταση δικτύου

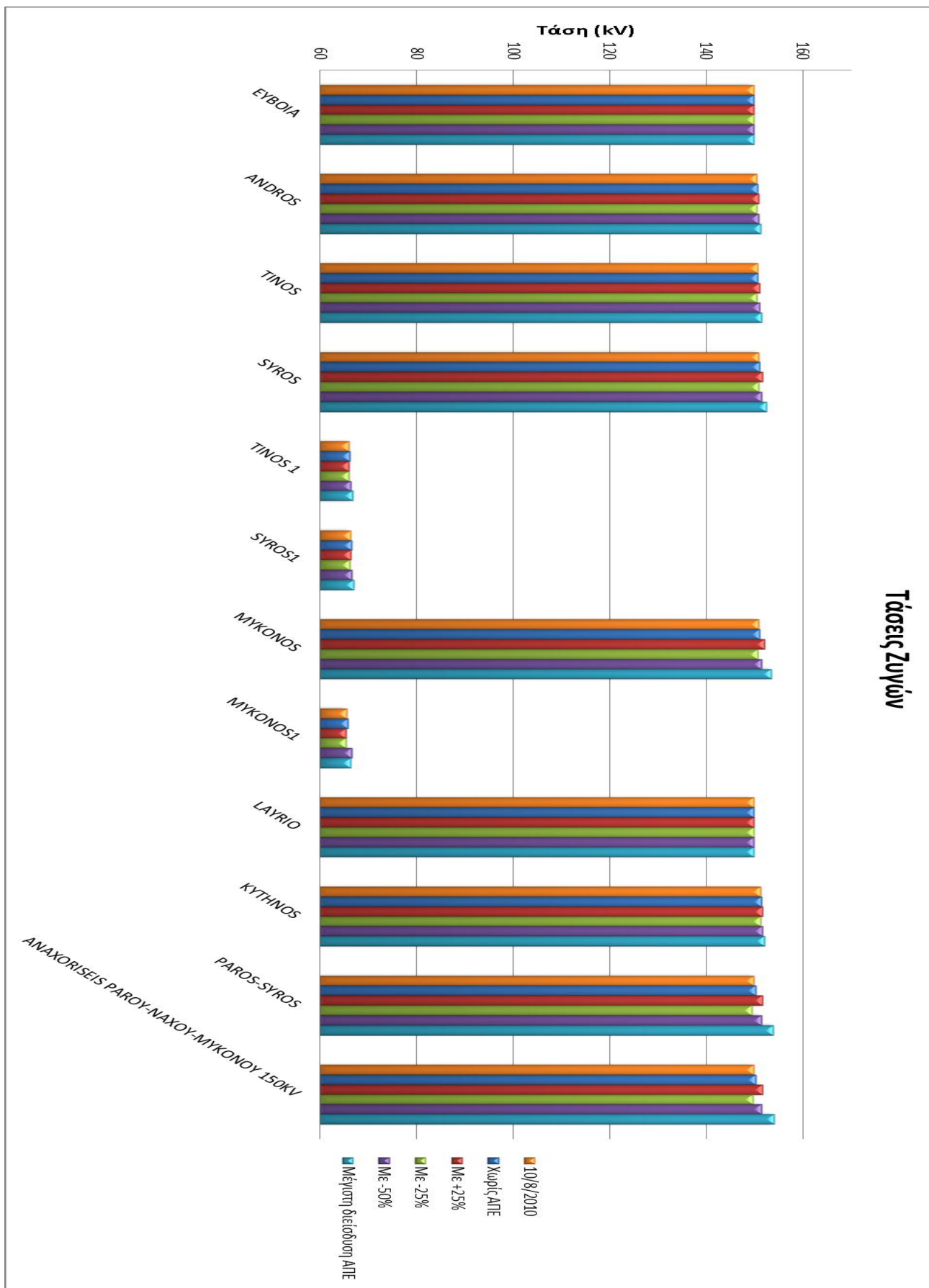


Γράφημα 7.2.7(Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζονται οι απώλειες ισχύος για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)

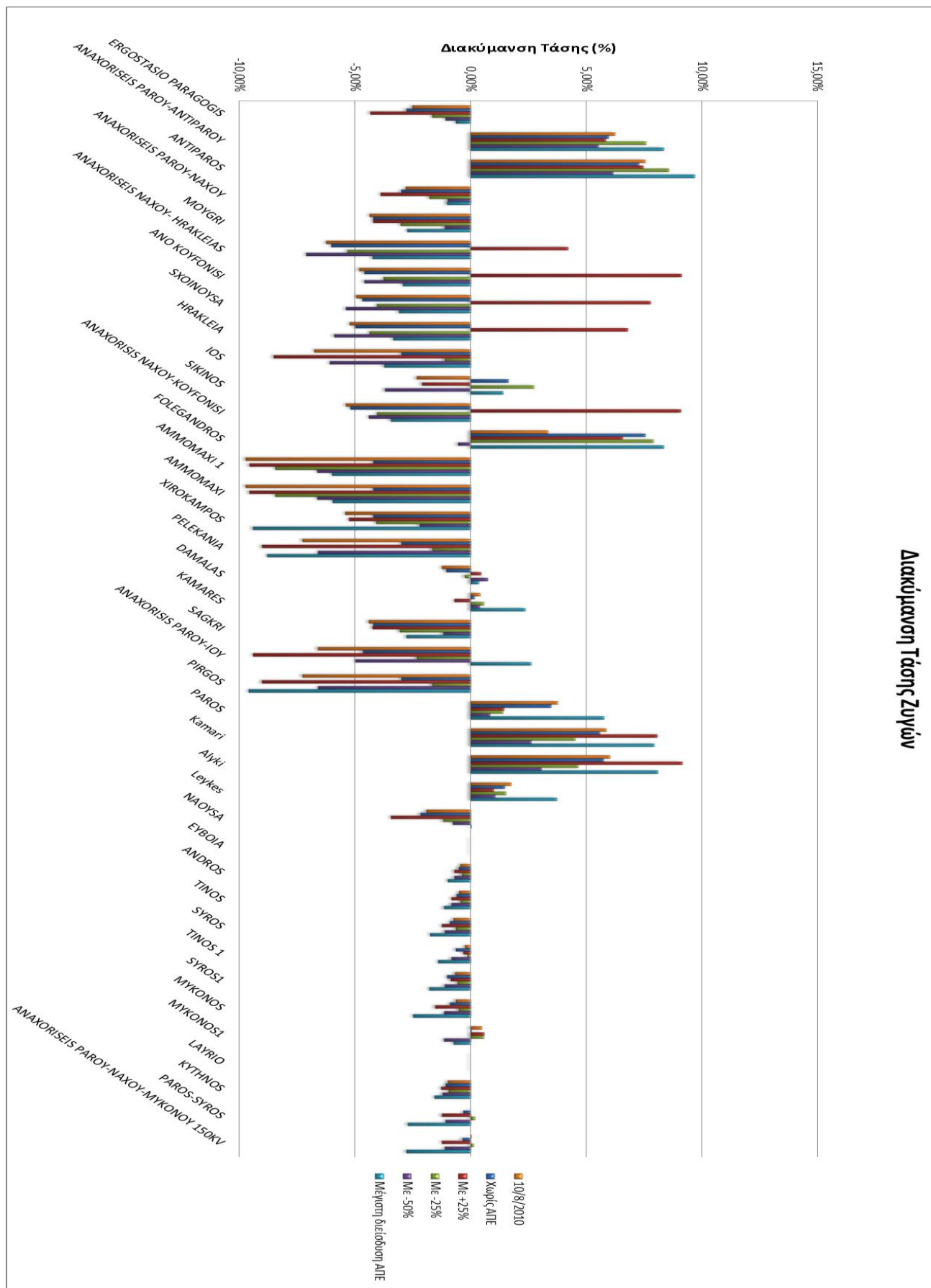
Τάσεις Ζυγίων



Γράφημα 7.2.7.1 (Στο παραπάνω γράφημα(A) εμφανίζονται οι τάσεις (έως 15KV) των ζυγίων για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)



Γράφημα 7.2.7.2 (Στο παραπάνω γράφημα (B) εμφανίζονται οι τάσεις (έως 150KV) των ζυγών για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)



Διακύμανση Τάσης Ζυγών

Γράφημα 7.9(Στο παραπάνω γράφημα εμφανίζεται η διακύμανση τάσεων των ζυγών για κάθε σενάριο στην διασυνδεδεμένη κατάσταση του δικτύου)

8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Συμπεράσματα και παρατηρήσεις

Εισαγωγή

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται η εξαγωγή των συμπερασμάτων από την ανάλυση των δεδομένων που παράγονται από τις εξομοιώσεις. Για να πραγματοποιηθεί η εξαγωγή των συμπερασμάτων έγινε σύγκριση ανάμεσα στις καταστάσεις λειτουργίας αλλά και ανάμεσα στα σενάρια σε κάθε μία από αυτές. Τέλος γίνονται κάποιες παρατηρήσεις οι οποίες είναι και η κατακλείδα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

8.1 Αρχικές παρατηρήσεις

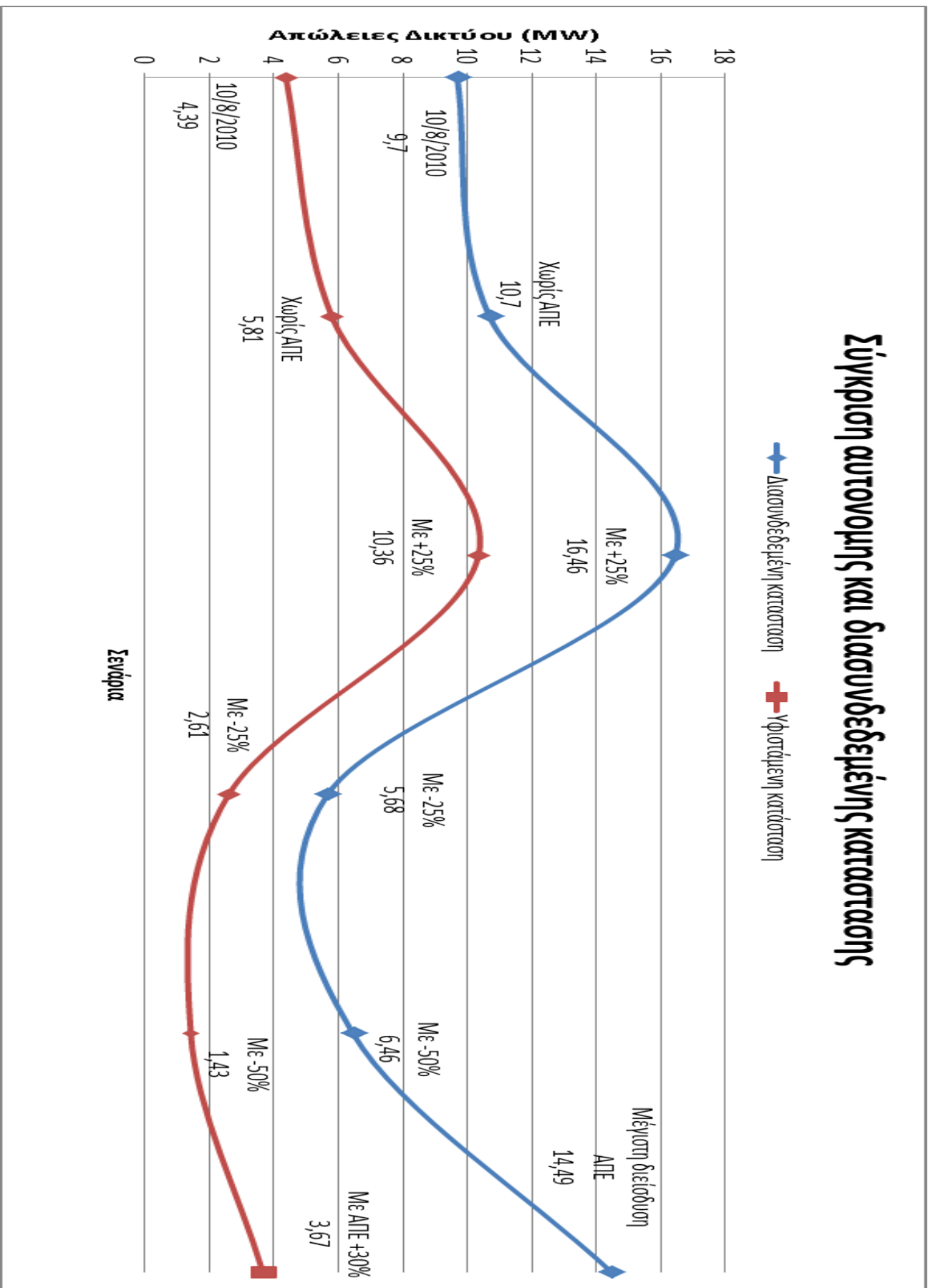
Πριν ακόμα γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων έχουν προκύψει κάποια συμπεράσματα που αφορούν την λειτουργία του δικτύου. Μια από αυτές είναι ότι όταν αυξάνεται η ζήτηση πάνω από 25% της βασικής υπόθεσης οι γραμμές παρουσιάζουν κορεσμό. Από αυτό προκύπτει ότι περεταίρω αύξηση του φορτίου δεν είναι δυνατή χωρίς την εγκατάσταση περισσότερων γραμμών μεταφοράς για την εξυπηρέτηση του. Αρχικά είχε συζητηθεί η μελέτη σεναρίου με αύξηση φορτίου κατά 50% το οποίο εγκαταλείφθηκε για τον παραπάνω λόγο. Άλλο ένα σημείο που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι η τάση στους ζυγούς της περιοχής της Ύδου οι οποίοι παρουσιάζουν την μεγαλύτερη πτώση τάσης. Αυτό συμβαίνει λόγω της μεγάλης απόστασης από τους ζυγούς παραγωγής, δηλαδή μεγάλα μήκη γραμμών, του ακτινωτού χαρακτήρα του συστήματος, αλλά και της σχετικά μικρής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ΑΠΕ) σε αυτή τη τοποθεσία. Να αναφερθεί ακόμα ότι στα σενάρια που αφορούν την διασύνδεση οι απώλειες ισχύος στις γραμμές μεταφοράς είναι εμφανώς μεγαλύτερες όπως φαίνεται και στο γράφημα 8.1 σε σχέση με τα αντίστοιχα σενάρια στην μη διασύνδεση.

Θα πρέπει να τονιστεί σε αυτό το σημείο ότι για την περίπτωση της διασύνδεσης ακολουθήθηκε η φιλοσοφία διασύνδεσης που αναφέρεται στο κεφάλαιο 6 ως λύση 2, δηλαδή διασύνδεση με δύο σημεία του Ηπειρωτικού δικτύου με χρήση εναλλασσόμενης τάσης. Σαν άπειρος ζυγός (slack bus) θεωρήθηκε ο ζυγός του Λαυρίου ενώ ακολουθήθηκε κατά γράμμα η μελέτη της πιο πρόσφατης ΜΑΣΜ (2010-2014) για τον ορισμό των τιμών των επιμέρους εξαρτημάτων. Επίσης θεωρήθηκε ότι για τις εναέριες γραμμές μεταφοράς των νησιών αγνοήθηκε η εγκάρσια χωρητικότητα τους λόγω του μικρού μήκους.

Επειδή το δίκτυο της Παροναξίας δεν χρησιμοποιεί υψηλή τάση για την μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή, όλο το σύστημα μεταφοράς βρίσκεται στα 15 kV πολική τάση, δεν χρησιμοποιήθηκαν μετασχηματιστές στο κυρίως δίκτυο παρά μόνο στην περίπτωση της διασύνδεσης στα σημεία που εμπλεκόταν μέση και υψηλή τάση (66 kV, 150 kV). Θα πρέπει να διευκρινιστεί ακόμα ότι η κατανομή του φορτίου σε κάθε γραμμή έγινε με βάση πληθυσμιακών κριτηρίων. Έγινε, δηλαδή, αναλογική κατανομή των φορτίων σε σχέση με τον πληθυσμό στην διαδρομή κάθε γραμμής, αλλά και για κάθε νησί. Για να εξεταστούν οι δυσχερέστερες περιπτώσεις, τα φορτία θεωρήθηκαν στο τέλος των γραμμών μεταφοράς, γεγονός που δεν είναι απόλυτα ρεαλιστικό. Στην πραγματικότητα στην πορεία των γραμμών παρεμβάλλονται μετασχηματιστές μέσης σε χαμηλή τάση για την τροφοδοσία μερών του συνολικού φορτίου κάθε γραμμής.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των ρών φορτίου του προηγούμενου κεφαλαίου, για κάθε σενάριο προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Σύγκριση αυτονομίας και διασυνδεδεμένης καταστάσης



Γράφημα 8.1 (Σύγκριση απωλειών συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας για όλα τα σενάρια)

8.2 Σενάριο 1

Το προφανέστερο συμπέρασμα για αυτό το σενάριο λειτουργίας είναι ότι με την κατάργηση των ΑΠΕ οι απώλειες στις γραμμές μεταφοράς αυξάνονται κατά 1,5 MW που σημαίνει πάνω από 30% ποσοστιαία αύξηση των απωλειών (βλ. γράφημα 8.1). Ο ζυγός με την μεγαλύτερη πτώση τάσης είναι ο ζυγός της Φολέγανδρου και ολόκληρη η ζήτηση φορτίου εξυπηρετείται από τον ΑΣΠ Πάρου.

8.3 Σενάριο 2

Για 25% αύξηση φορτίου το σύστημα φτάνει στα όρια του τόσο από πλευράς φόρτισης των γραμμών, όσο και από πλευράς παραγωγής μιας και η παραγωγή στον ΑΣΠ Πάρου ξεπερνά το 85% ενώ χρησιμοποιείται και το ένα εκ των δύο Η/Ζ. Οι απώλειες στις γραμμές μεταφοράς αυξάνονται ακόμα περισσότερο και φτάνουν τα 10,36 MW (βλ. γράφημα 8.1). Ο ζυγός με την μεγαλύτερη πτώση τάσης παραμένει ο ζυγός της Φολέγανδρου ενώ μεγάλη πτώση τάσης παρουσιάζουν και οι ζυγοί Αντιπάρου και Αλικής.

8.4 Σενάριο 3

Για 25% μείωση φορτίου και με δεδομένη την ίδια παραγωγή από ΑΠΕ όπως την 10/08/2010 το σύστημα έχει απώλειες ισχύος στις γραμμές που πλησιάζουν τα 2,61 MW. Ο ζυγός με την μεγαλύτερη πτώση τάσης παραμένει ο ζυγός της Φολέγανδρου και της Αντιπάρου αλλά η τάση τους είναι βελτιωμένη σχετικά με τις προηγούμενες περιπτώσεις και ξεπερνά τα 14 kV.

8.5 Σενάριο 4

Για 50% μείωση φορτίου και με δεδομένη την ίδια παραγωγή από ΑΠΕ όπως την 10/08/2010 οι απώλειες ισχύος στις γραμμές του συστήματος είναι λιγότερες από τις μισές σε σχέση με την περίπτωση της 10/08/2010. Ο ζυγός της Φολέγανδρου και της Αντιπάρου έχει πλέον κανονική τάση αλλά η τάση στους ζυγούς Πελεκανιάς, Ιου και αναχωρήσεων Παρου-Ιου έχει αυξηθεί σημαντικά σε σχέση με τις προηγούμενες περιπτώσεις και ξεπερνά τα 16 kV.

8.6 Σενάριο 5

Στο τελευταίο σενάριο της περίπτωσης χωρίς διασύνδεση εξετάζεται η μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ δηλαδή, 30% σε σχέση με την εγκατεστημένη θερμική παραγωγή. Η μείωση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς είναι τόσο προφανής όσο και αναμενόμενη. Η διασπορά της παραγωγής βοηθά στην πιο άμεση εξυπηρέτηση των φορτίων με αποτέλεσμα να μεταφέρεται λιγότερη άεργη ισχύς από τον ΑΣΠ Πάρου προς τα φορτία. Ο ζυγός της Αντιπάρου έχει την μεγαλύτερη πτώση τάσης επειδή η τοπική παραγωγή από ΑΠΕ είναι ανύπαρκτη με αποτέλεσμα τα φορτία του ζυγού αυτού να εξυπηρετούνται αποκλειστικά από τον ΑΣΠ Πάρου. Τα πράγματα επιδεινώνει το γεγονός ότι η γραμμή από τον ΑΣΠ Πάρου στον ζυγό αντιπάρου είναι μοναδική και με μικρή ικανότητα μεταφοράς.

8.7 Σενάριο 6

Εδώ όπως και στο σενάριο 1, οι απώλειες στις γραμμές μεταφοράς αυξάνονται αισθητά επιβεβαιώνοντας ουσιαστικά τα συμπεράσματα του 8.2 ότι η διείσδυση των ΑΠΕ βελτιώνει τον 'βαθμό απόδοσης' των γραμμών μεταφοράς. Παρατηρήθηκε επίσης αύξηση της φόρτισης σε όλες σχεδόν τις γραμμές σε σχέση με την κατάσταση τις 10/08/2010 αν υπήρχε διασύνδεση με το Ηπειρωτικό σύστημα. Οι απώλειες σε σχέση με την αυτόνομη λειτουργία είναι πολύ μεγαλύτερες αφού ολόκληρη η παραγωγή ενεργού ισχύος γίνεται από το Ηπειρωτικό δίκτυο όπως και ολόκληρη η άεργη παραγωγή. Ακόμα ένας παράγοντας που αυξάνει τις απώλειες είναι ότι στις απώλειες συμπεριλαμβάνονται και αυτές των γραμμών ανψηλής τάσης. Ο ζυγός με την μεγαλύτερη πτώση τάσης είναι ο ζυγός της Αντιπάρου και της Φολέγανδρου που πλησιάζουν τα 13,5 kV.

8.8 Σενάριο 7

Πρόκειται για το πιο ενεργοβόρο σενάριο με τις απώλειες γραμμών να φτάνουν τα 15 MW όπως και στο 8.3 το σύστημα φτάνει στα όρια του από πλευράς φόρτισης των γραμμών. Σε αυτό όπως και σε όλα τα παρακάτω σενάρια ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στο 8.7 σχετικά με τις απώλειες, με την διαφορά ότι στο παρόν και στα επόμενα σενάρια κάποιο μέρος της παραγωγής ενεργού ισχύος γίνεται τοπικά από ΑΠΕ αλλά αυτές δεν έχουν δυνατότητα παραγωγής αέργου ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πλήρης ζήτηση αέργου ισχύος να καλύπτεται από το ηπειρωτικό δίκτυο. Οι ζυγοί με την μεγαλύτερη πτώση τάσης είναι οι ζυγοί της Φολέγανδρου και της Αντιπάρου.

8.9 Σενάριο 8

Στην διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας σε αυτό το σενάριο παρουσιάζονται οι μικρότερες απώλειες σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια διασύνδεσης παρόλαυτά οι απώλειες στο αντίστοιχο σενάριο τις αυτόνομης λειτουργίας είναι περίπου οι μισές.

8.10 Σενάριο 9

Συμβαίνει σε αυτό το σενάριο, παρόλο που το φορτίο μειώνεται στο μισό σε σχέση με το προηγούμενο, οι απώλειες να αυξάνονται. Αυτό οφείλεται στην αλλαγή της συμπεριφοράς των γραμμών και κατ'επέκταση την κατακόρυφη αύξηση της άεργης ισχύος που προσφέρεται από το Ηπειρωτικό σύστημα. Η παραπάνω άεργη ισχύς δημιουργεί μεγαλύτερα ρεύματα στις γραμμές υψηλής τάσης και αφού οι απώλειες Joule εξαρτώνται από το τετράγωνο του ρεύματος είναι τελικά λογική η αύξηση των απωλειών.

8.11 Σενάριο 10

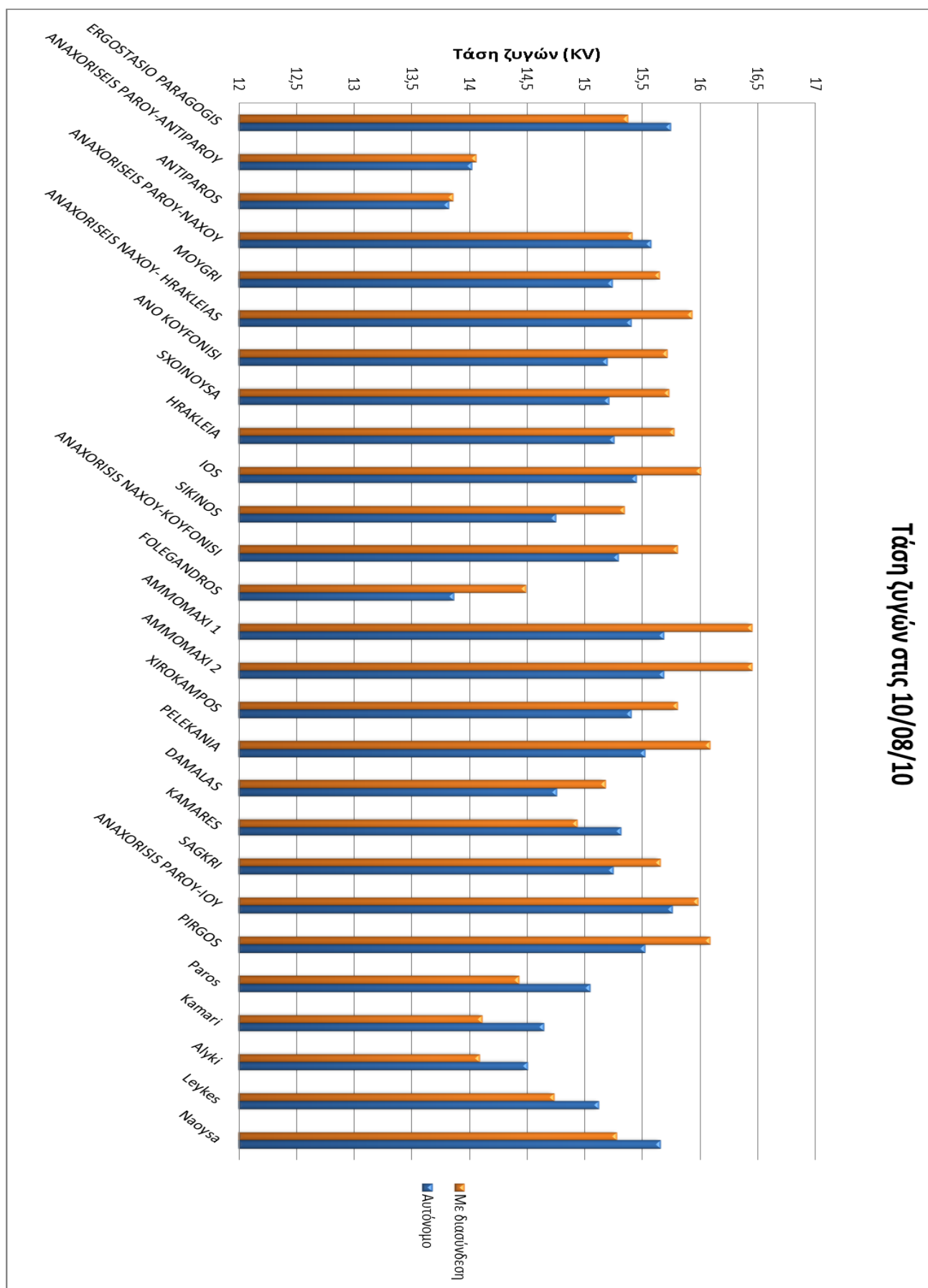
Εδώ όπως και στο σενάριο 9 οι απώλειες αυξάνονται και μάλιστα παίρνουν τιμές λίγο μικρότερες από αυτές του σεναρίου 7. Το σημαντικότερο σε αυτό το σενάριο είναι ότι η μεγαλύτερη πτώση τάσης παρατηρείται στο ζυγό της Αντιπάρου στον οποίο δεν παρέχεται καθόλου ενέργεια από ΑΠΕ, αντίθετα στον ζυγό της Φολέγανδρου που συνήθως αντιμεντόπιζε πρόβλημα η κατάσταση έχει βελτιωθεί, ακριβώς λόγω της αυξημένης παραγωγής από ΑΠΕ.

8.12 Προτάσεις

Παρακάτω ακολουθούν εκτιμήσεις του συγγραφέα που αφορούν την βελτίωση και ανάπτυξη του δικτύου της Παροναξίας ενόψει της διασύνδεσης που πρόκειται να πραγματοποιηθεί.

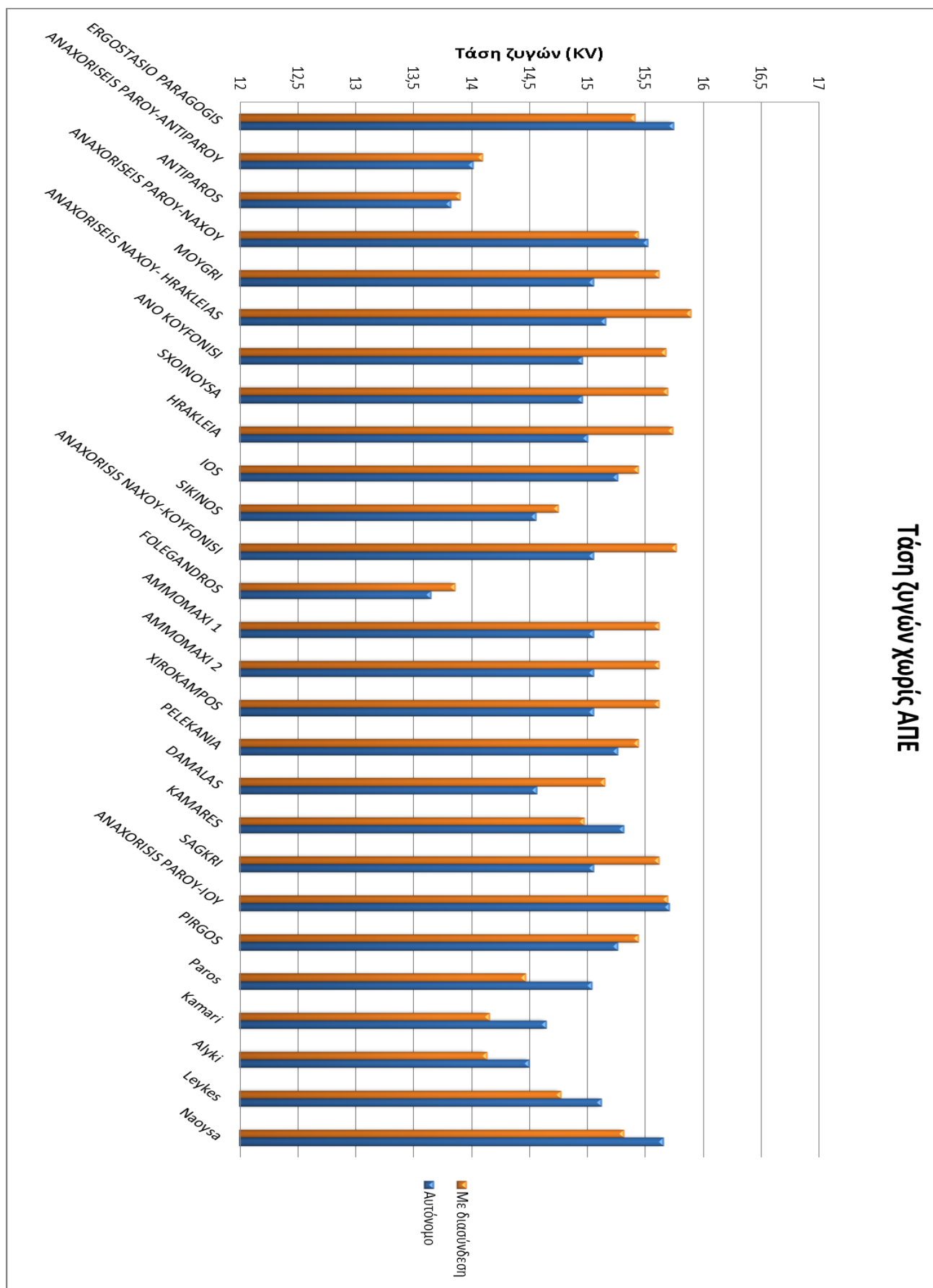
- Η γραμμή ΑΣΠ Πάρου-Αντιπάρου θα μπορούσε να ενισχυθεί με μια επιπλέον εναέρια γραμμή ώστε να βελτιωθεί η ικανότητα φόρτισης στο συγκεκριμένο ζυγό.
- Θα μπορούσαν να δωθούν κίνητρα για αύξηση των εγκαταστάσεων ΑΠΕ ειδικότερα στις περιοχές Αντιπάρου, Φολέγανδρου και Ιου οι οποίες έχουν την μεγαλύτερη πτώση τάσης στους ζυγούς τους.
- Θα μπορούσαν να δωθούν κίνητρα για εγκατάσταση ΑΠΕ με δυνατότητα παραγωγής αέργου ισχύος ειδικά κατά την διασύνδεση με το Ηπειρωτικό σύστημα.
- Η περιοχή της Ιου θα μπορούσε να διασυνδεθεί ξανά με το κυρίως τμήμα του αυτόνομου συστήματος δημιουργώντας δαχτύλιο και κατ'επέκταση βελτιώνοντας την μεταφορά ισχύος και την τάση στους ζυγούς της.

Ακολουθούν τέλος τα γραφήματα σύγκρισης των τάσεων των ζυγών για κάθε σενάριο με ή χωρίς διασύνδεση.



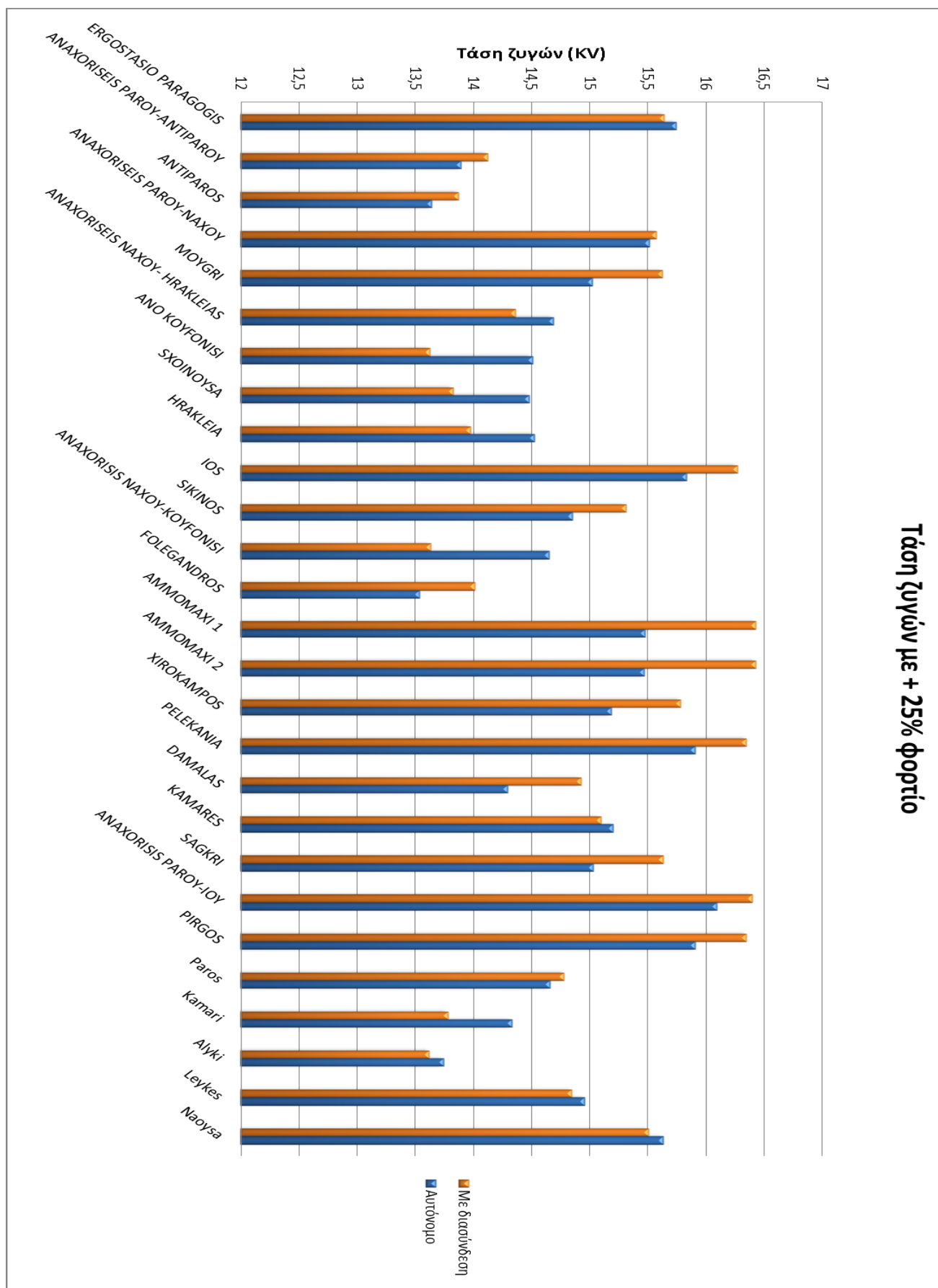
Γράφημα 8.2 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας την 10/08/10)

Τάση ζυγών χωρίς ΑΠΕ



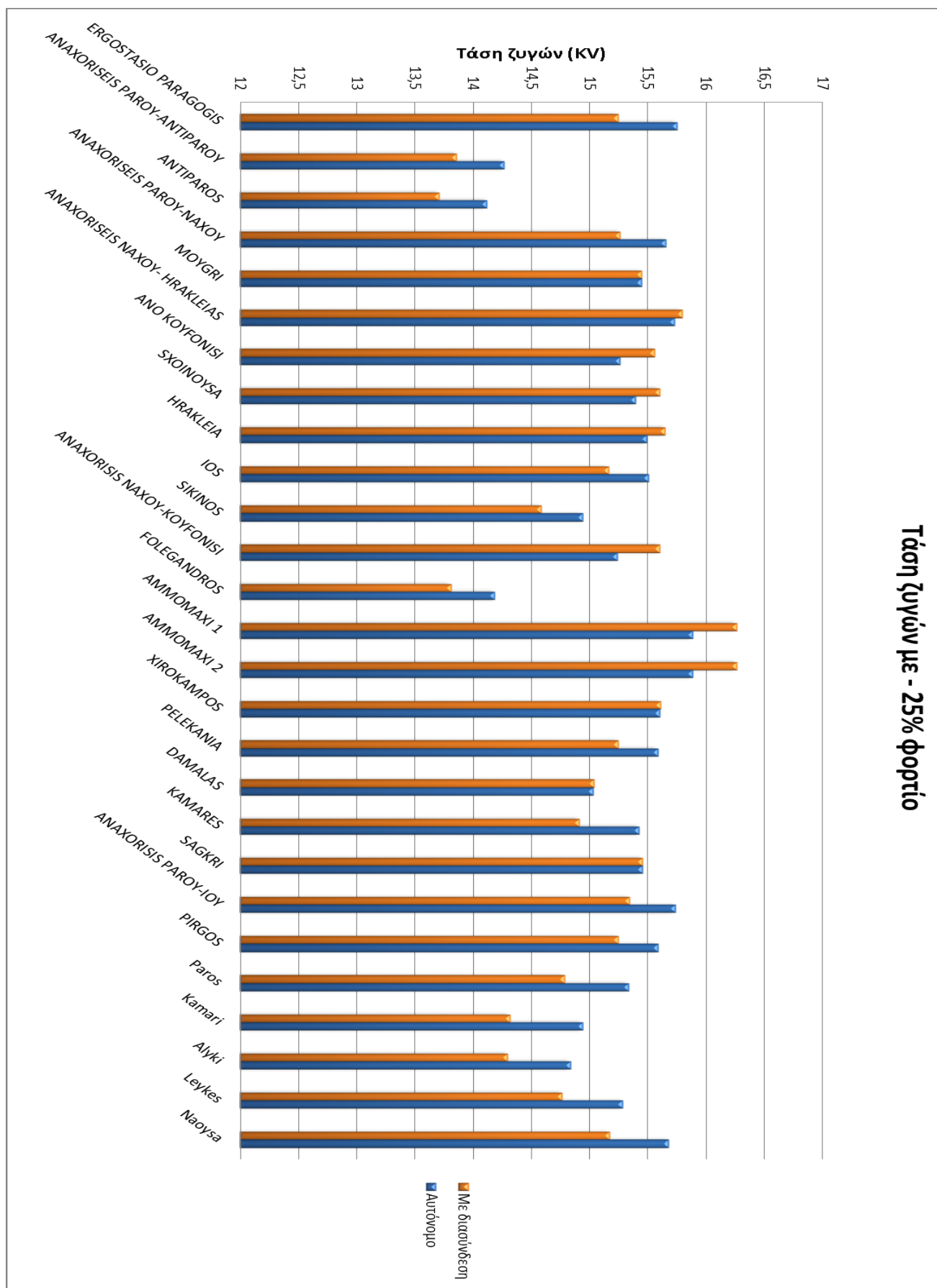
Γράφημα 8.3 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας χωρίς ΑΠΕ)

Τάση ζυγών με +25% φορτίο



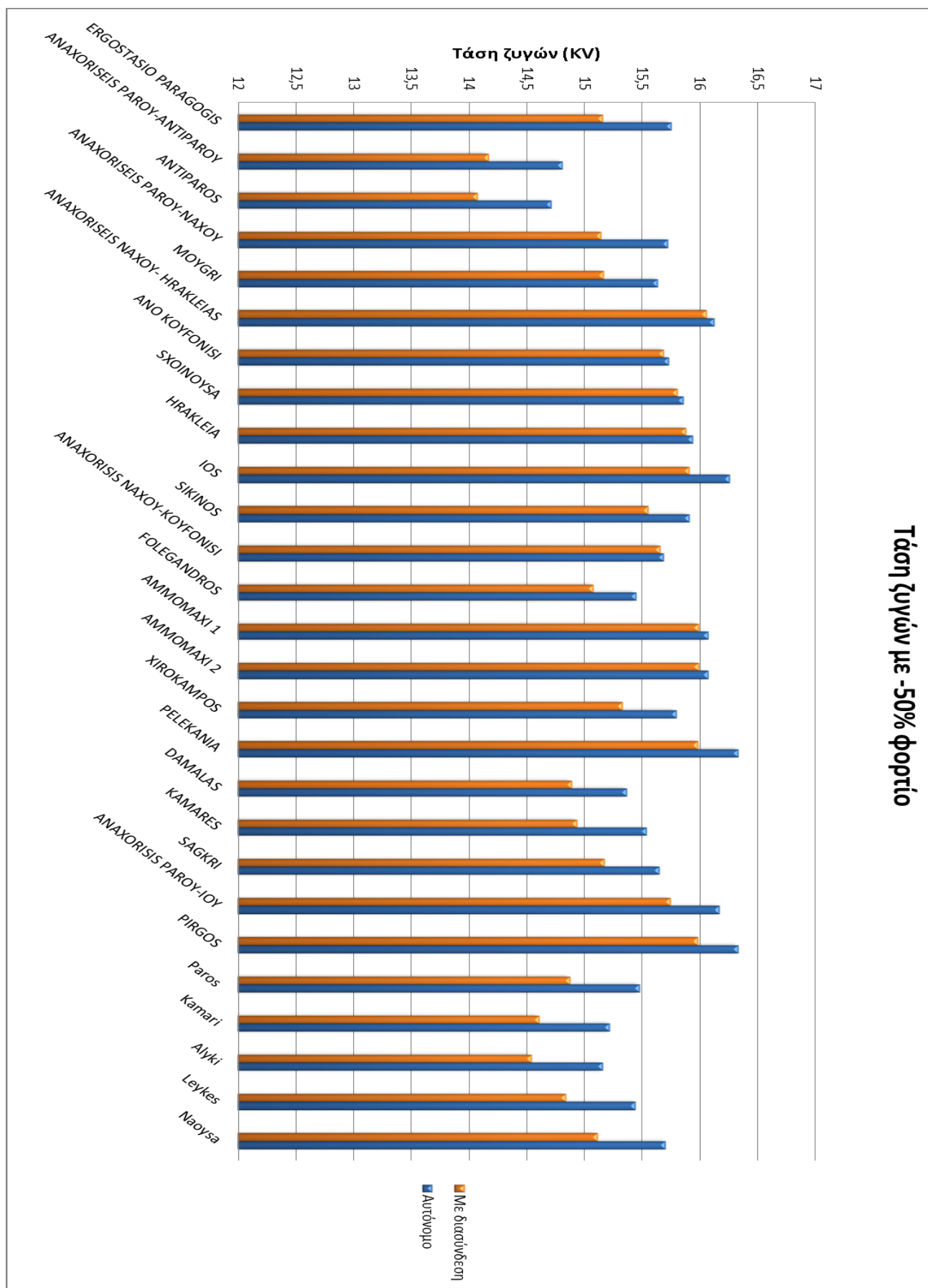
Γράφημα 8.4 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με +25% φορτίο)

Τάση ζυγών με - 25% φορτίο



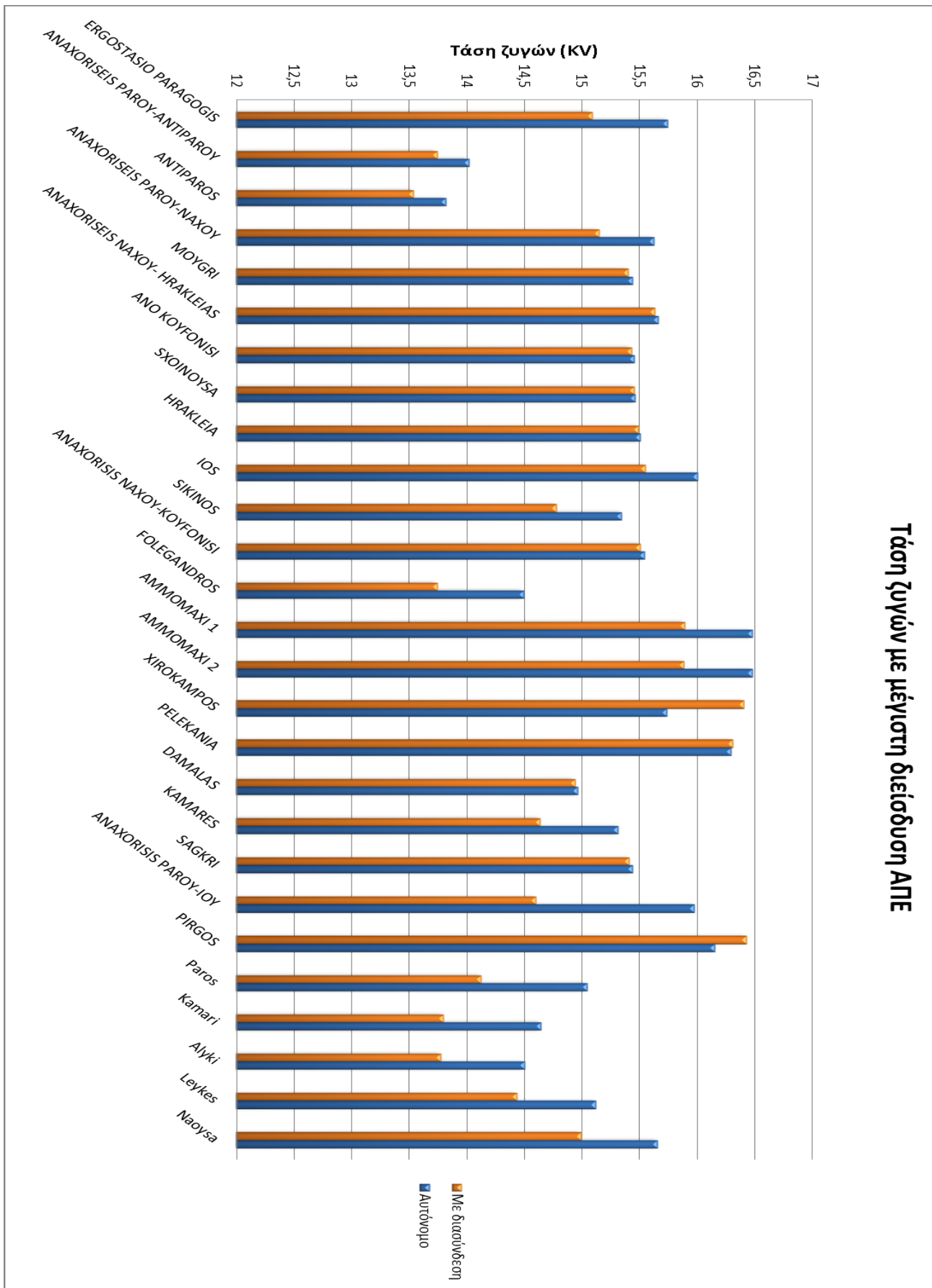
Γράφημα 8.5 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με -25% φορτίο)

Τάση ζυγών με -50% φορτίο



Γράφημα 8.6 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με -50% φορτίο)

Τάση ζυγών με μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ

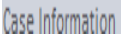


Γράφημα 8.7 (Σύγκριση τάσεων ζυγών του συστήματος σε αυτόνομη και διασυνδεδεμένη κατάσταση λειτουργίας με μέγιστη διείσδυση ΑΠΕ)

Παράρτημα Α

Εξήγηση όρων-εντολών του PW

- **KENTRIKH MIPARA ENTOLAΩN**

case information=στοιχεία της υπόθεσης 

draw=Σχεδιασμός 

oneline=Μονογραμμικό 

tools=εργαλεία 

options=Επιλογές 

add Ons=Πρόσθετοι 

window=παράθυρο 

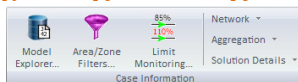
- **KENTRIKH MIPARA ERΓΑΣΙΑΣ**

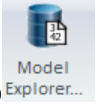
Edit Mode=Επεξεργασία Λειτουργίας 

Run Mode=Εκτέλεση Λειτουργίας 

- **Case Information**=στοιχεία της υπόθεσης 

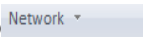
❖ **Case Information**

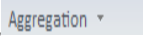


➤ **Model Explorer**=Εξερεύνηση Μοντέλου 

➤ **Area/Zone Filters**=Περιοχή / Φίλτρα Ζώνη 

➤ **Limit Monitoring**= Παρακολούθηση Ορίου 



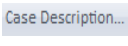
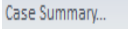
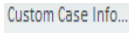
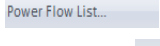
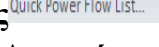

➤ **Network**=Δίκτυο 

➤ **Aggregation**=Άθροισμα 

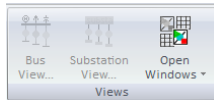
➤ **Solution Details**=Λεπτομέρειες Λύση 


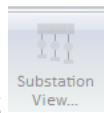
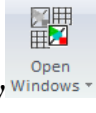
❖ Case Data= Υπόθεση Δεδομένων



- **Difference Flows=Διαφορά Ροών** 
- **Simulator Options= Επιλογές Προσομοιωτή** 
- **Case Description= Περιγραφή Υπόθεσης** 
- **Case Summary= Περίληψη Υπόθεσης** 
- **Custom Case info= Παραμετροποίηση πληροφοριών υπόθεσης** 
- **Power Flow List= Κατάλογος ροής Ισχύος** 
- **Quick Power Flow List=Γρήγορη Λίστα ροής ισχύος** 
- **Power system Objects Export Format Description= Αντικείμενα συστημάτων ισχύος και εξαγωγή της Περιγραφόμενης Μορφής** 

❖ View= Προβολή



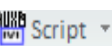


- **Display= Προβολή ζυγών** 
- **Substation View =Προβολή Υποσταθμός** 
- **Open Windows=Άνοιγμα Παραθύρων** 

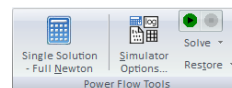
• tools=εργαλεία





❖ Log



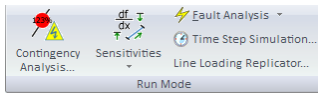
- **Abort=ματαιώση** 
- **Log=καταγράφω** 
- **Script=χειρόγραφο** 

❖ Power Flow Tools= Εργαλεία ροής φορτίου



- **Single Solution=Μία και μοναδική λύση-Πλήρης Newton -Full Newton** 
- **Play=”Ξεκίνημα”** 
- **Stop=Σταμάτιμα** 
- **Solve=Επίλυση** 
- **Restore=Επαναφορά** 

❖ **Run Mode=Εκτέλεση Λειτουργίας**



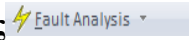
- **Contingency Analysis=Εναλλακτική Ανάλυση**



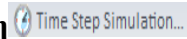
- **Sensitivities=Ευαισθησίες**



- **Fault Analysis=Σφάλμα ανάλυσης**



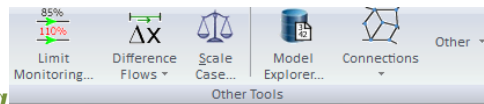
- **Time Step Simulator=Βηματική προσομοίωση**



- **Line Loading Replicator= Αντιγραφέας Φόρτισης Γραμμής**



❖ **Other Tools=Άλλα εργαλεία**



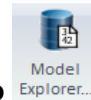
- **Limit Monitoring=Όριο Παρακολούθηση**



- **Scale Case=Κλίμακα υπόθεση**



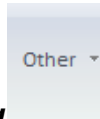
- **Model Explore= Εξερευνήστε το Μοντέλο**



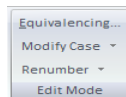
- **Connection= Σύνδεση**



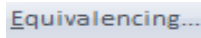
- **Other= Άλλα**



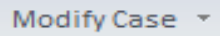
❖ **Edit Mode= Εκτέλεση Λειτουργίας**



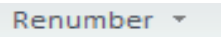
- **Equivalencing=Δημιουργία ισοδύμου**



- **Modify Case=Τροποποίηση υπόθεση**



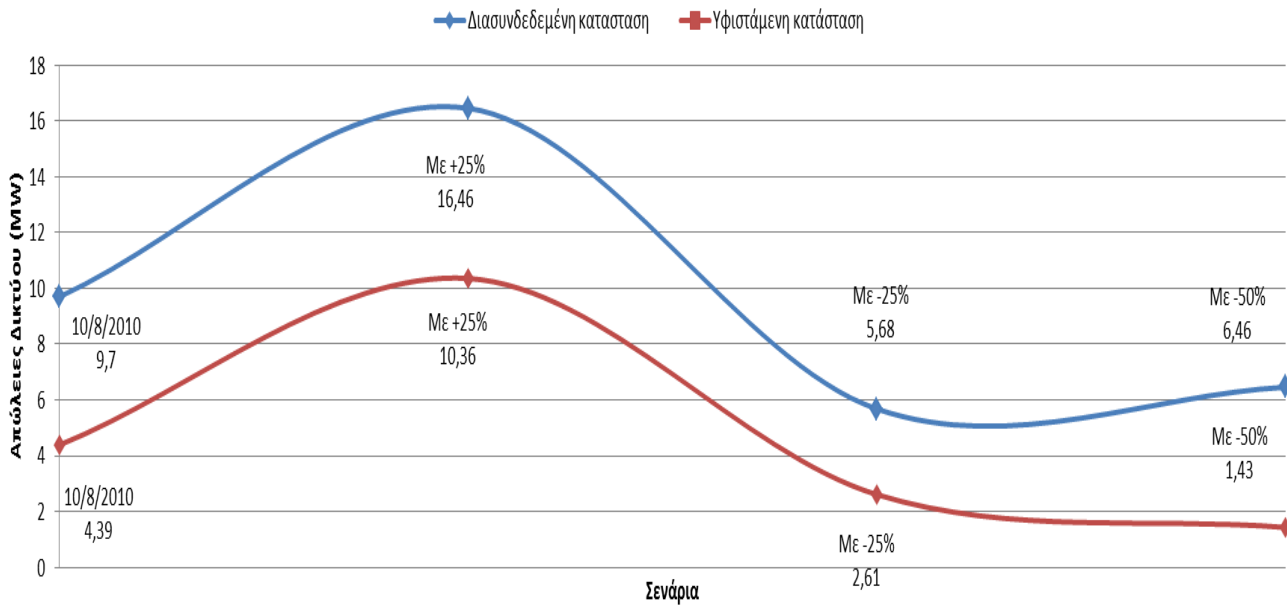
- **Renumber=Επαναρίθμηση**



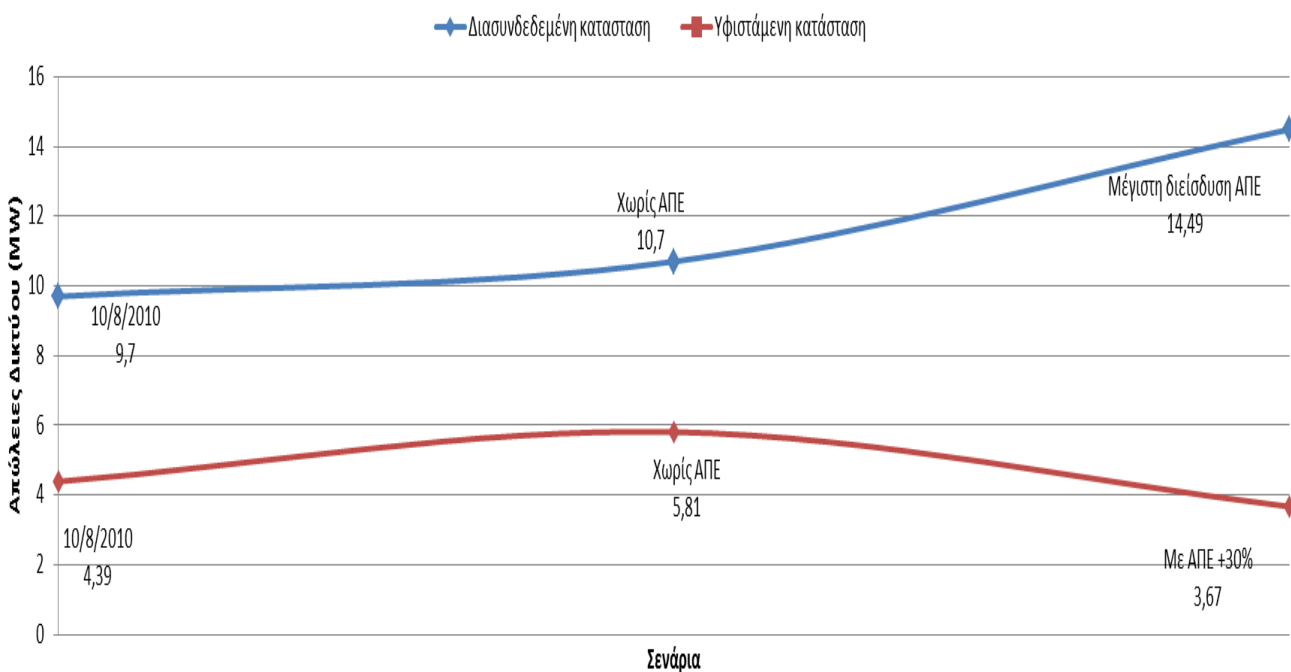
Παράρτημα Β

Συμπληρωματικά διαγράμματα από την ανάλυση των σεναρίων του ΡW

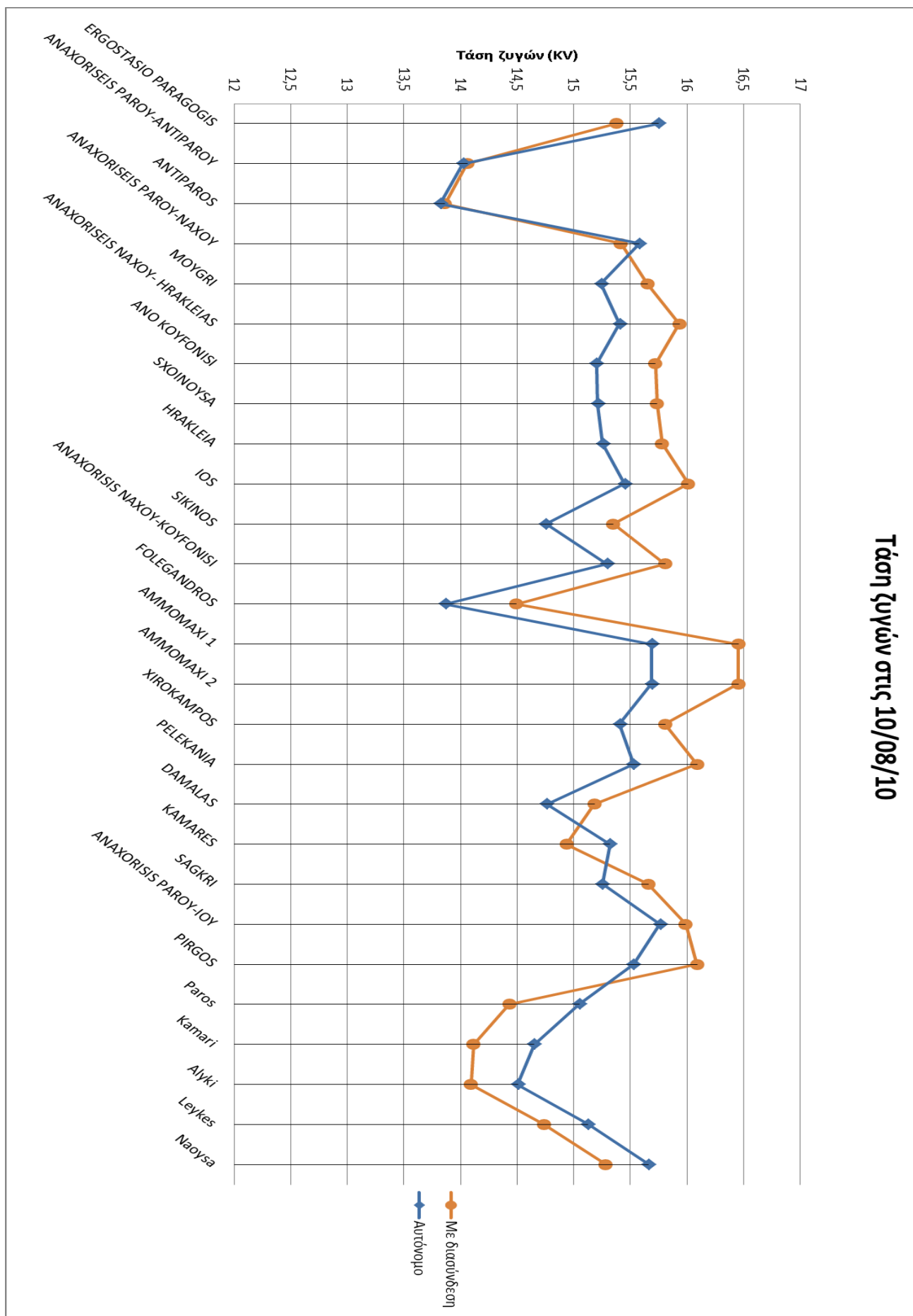
Σύγκριση αυτονομης και διασυνδεδεμένης καταστασης



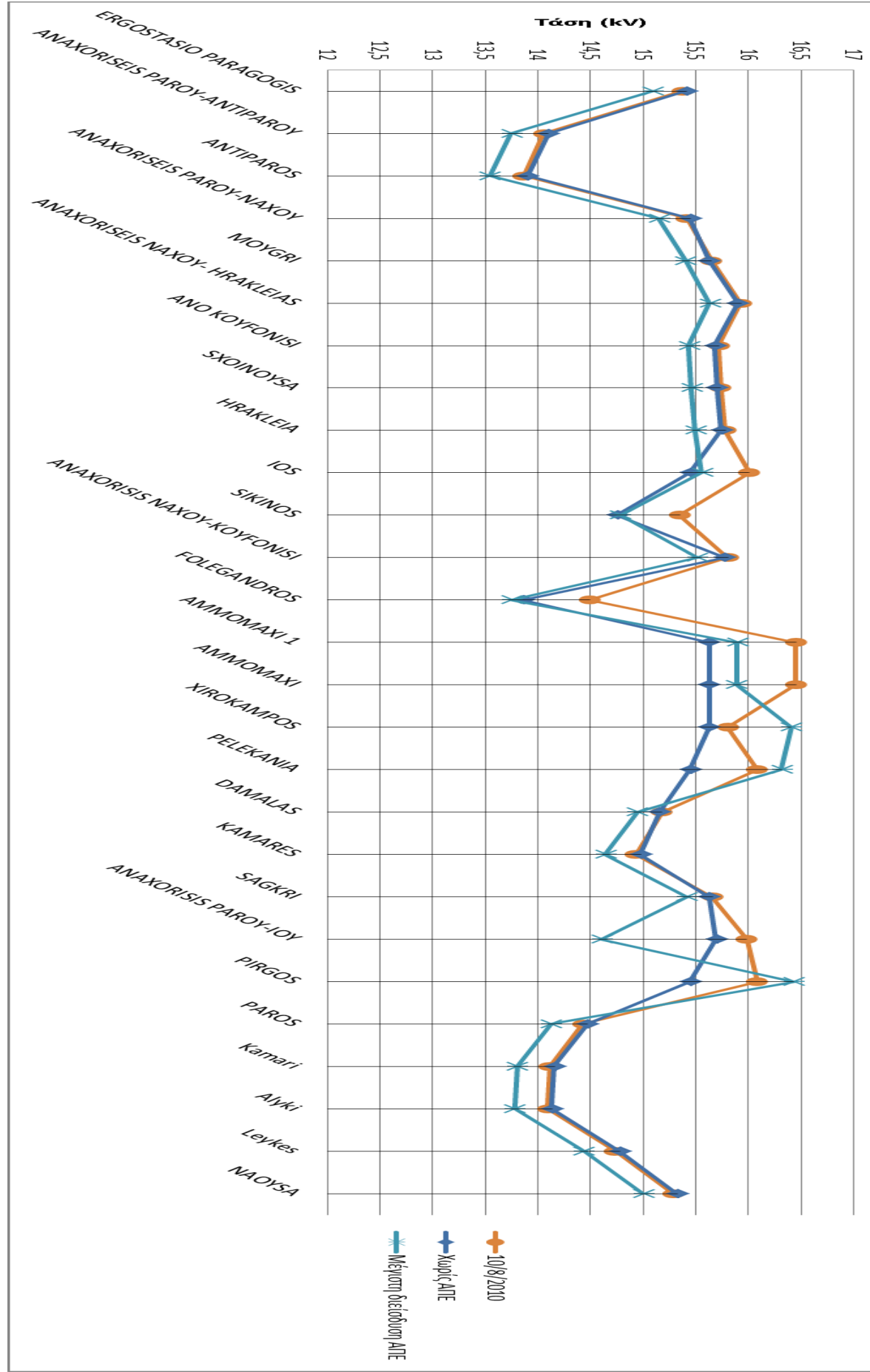
Σύγκριση αυτονομης και διασυνδεδεμένης καταστασης



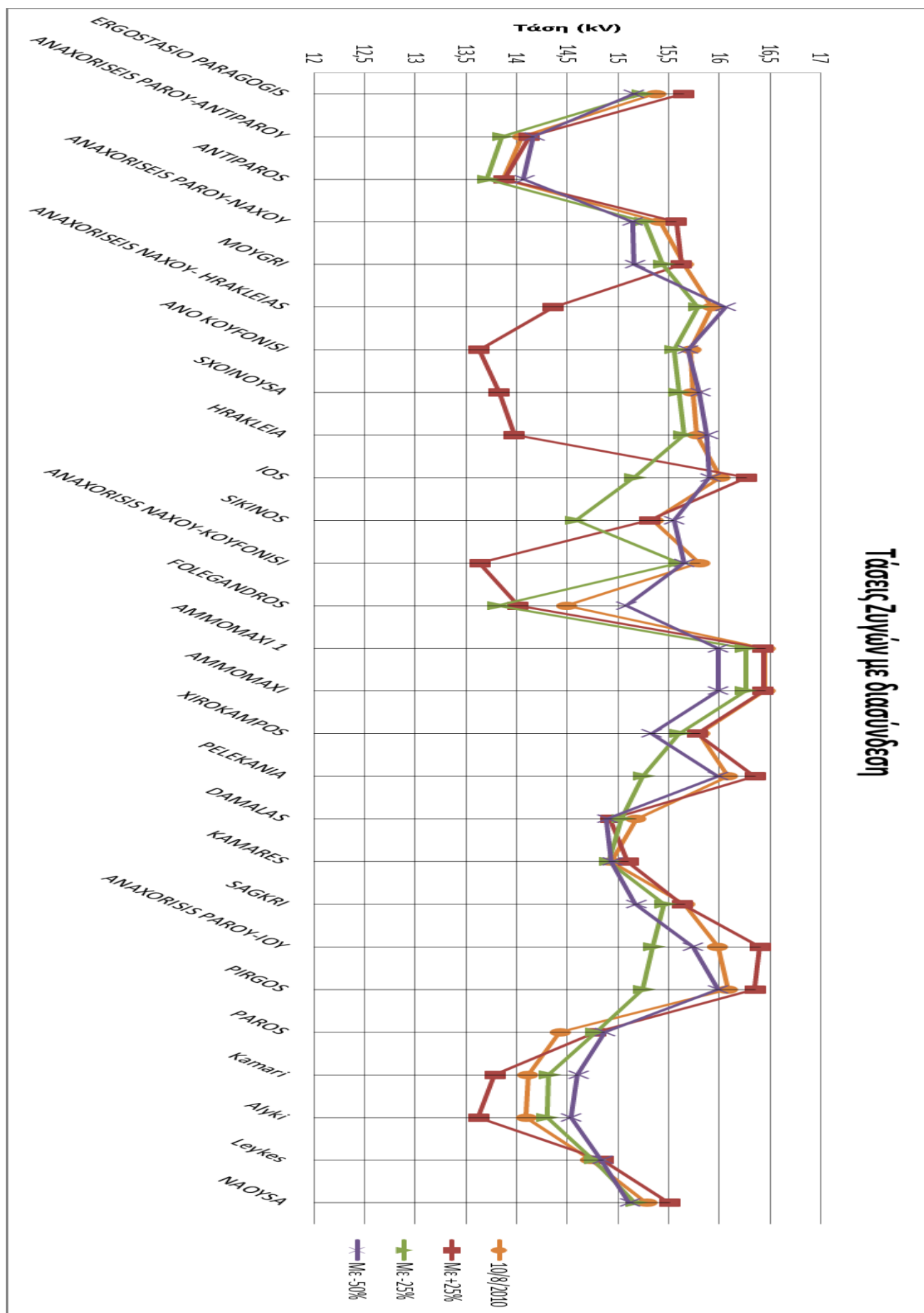
Τάση ζυγών στις 10/08/10



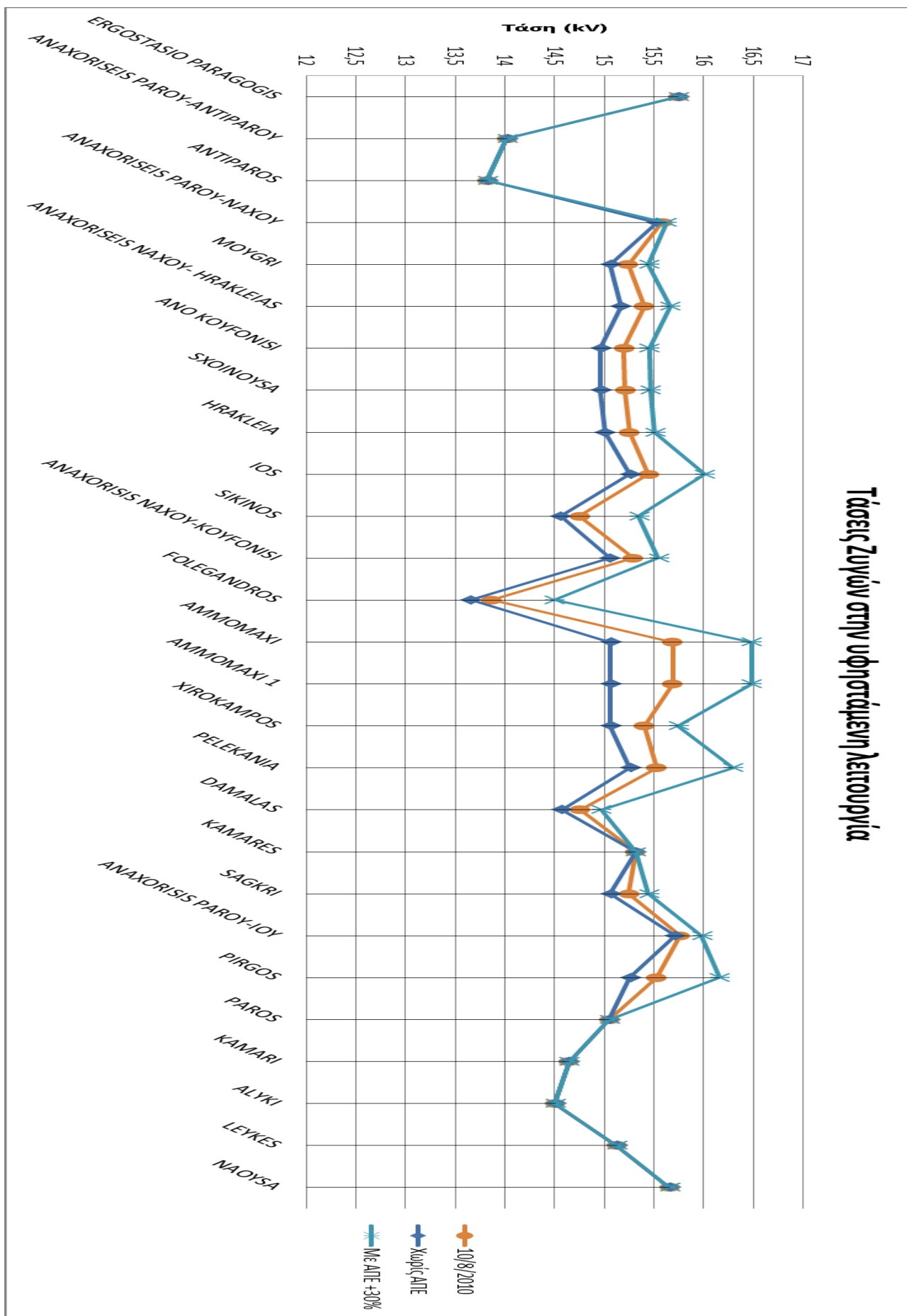
Τάσεις Ζυγών με διασύνδεση



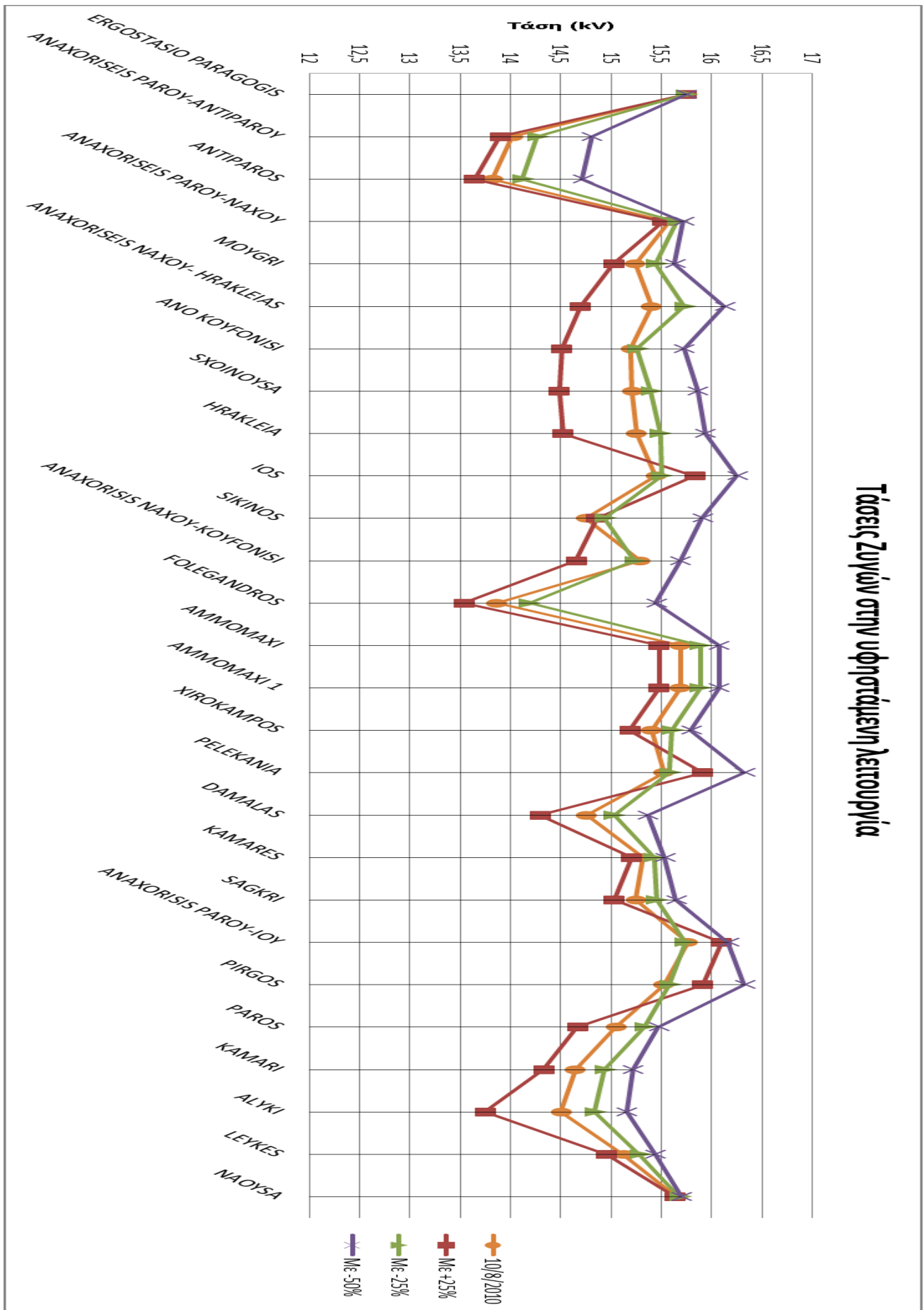
Τάσεις Ζυγών με διασύνδεση



Τάσεις Ζυγών στην υφιστάμενη λειτουργία



Τάσεις Ζυγών στην υφιστάμενη λειτουργία



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ιωάννη Φραγκιαδάκη, Φωτοβολταϊκά συστήματα, εκδόσεις ΖΗΤΗ 2009
2. Stephen Charman, μετάφραση Θεόδωρου Θεοδοουλίδη, Ηλεκτρικές μηχανές AC-DC, εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ 2003
3. Δ. Λαμπρίδη, Π. Ντοκόπουλου, Γ. Παπαγιάννη, Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας τόμος Α, εκδόσεις ΖΗΤΗ 2007
4. Νικολάου Βοβού, Γαβριήλ Γιαννακόπουλου, Ανάλυση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, εκδόσεις ΖΗΤΗ 2007
5. Γεωργίου Τζιράκη, Σημειώσεις εργαστηρίου ΣΗΕ 2, εκδόσεις ΤΕΙ Κρήτης 2010
6. Κυριάκου Σιδεράκη, Σημειώσεις εργαστηρίου υψηλών τάσεων, εκδόσεις ΤΕΙ Κρήτης 2010
7. Ειρήνης Τσαπέ, Διπλωματική εργασία: μελέτη διασύνδεσης των Κυκλάδων με το ηπειρωτικό σύστημα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2007
8. Ειρήνης Γαϊτάνου, Διπλωματική εργασία: μοντελοποίηση και ανάλυση λειτουργίας αυτόνομου ηλεκτρικού συστήματος νήσου Ρόδου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2007
9. Ηλιάνας Κλειασού, Διπλωματική εργασία: Διερεύνηση της φιλοσοφίας της λειτουργίας υβριδικού συστήματος αιολικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση στο σύστημα της Πάρο-Ναξίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο 2008
10. Πρεβεζιάνος Γεώργιος-Σακελλαρίου Σταύρος, Διπλωματική εργασία: Ανάλυση της Ροής Φορτίου σε συστήματα ισχύος με τη χρήση του λογισμικού Power World Simulator, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
11. Ιστοσελίδα του ΔΕΣΜΗΕ, Μελέτη Ανάπτυξης Συστήματος Μεταφοράς, 2010-2014, διεύθυνση: <http://www.desmie.gr/>
12. Ιστοσελίδα της ΔΕΗ Α.Ε., Πληροφοριακό δελτίο παραγωγής στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, 2010 διεύθυνση: <http://www.dei.gr/>
13. Ιστοσελίδα του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, διεύθυνση: <http://www.cres.gr/kape/index.htm>
14. Ιστοσελίδα της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας, διεύθυνση: <http://www.rae.gr>
15. Ιστοσελίδα της SMA, διεύθυνση: <http://www.sunnyportal.com>
16. Ιστοσελίδα του Power World simulator, διεύθυνση: <http://www.powerworld.com>
17. Ιστοσελίδα του Arcmap GIS, διεύθυνση: <http://www.esri.com/>
18. Ιστοσελίδα του Google Earth, διεύθυνση: <http://www.google.com/earth/index.html>
19. Ιστοσελίδα της VESTAS, διεύθυνση: <http://www.vestas.com>
20. Ιστοσελίδα της ENERCON, διεύθυνση: <http://www.buildings.gr/enercon/index.htm>
21. Ιστοσελίδα της JRC EUROPEAN COMMISSION, διεύθυνση: <http://re.jrc.ec.europa.eu>
22. Υλικό που προσφέρθηκε από το εργοστάσιο Πάρου
23. Υλικό που προσφέρθηκε από την Διαχείριση ΔΕΗ Πάρου
24. Υλικό που προσφέρθηκε από φωτοβολταϊκά πάρκα κ. Συργιανού, Δήμου Νάξου
25. Υλικό που προσφέρθηκε από τα πρακτορεία Νάξου-Πάρου