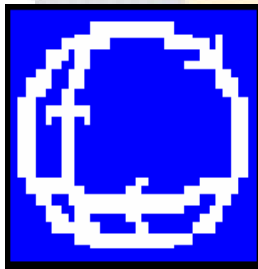




Τ.Ε.Ι. Κρήτης  
Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος



## Προσομοίωση λειτουργίας ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης

*Βασιλοκωνσταντάκης Ηρακλής  
Ξενικάκης Στέφανος*

*Επιβλέπων Καθηγητής  
Εμμανουήλ Καραπιδάκης*

Χανιά

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΡΗΤΗΣ</u></b> .....	<b>5</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	5
1.2 ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	14
1.2.1 Σταθμός Λινοπεραμάτων.....	15
1.2.2 Σταθμός Χανίων.....	16
1.2.3 Σταθμός Αθρινόλακκου.....	17
1.2.4 Αιολικά πάρκα Σητείας.....	18
1.3 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ.....	21
1.4 ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	22
1.5 ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ .....	25
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ</u></b> .....	<b>27</b>
2.1 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	27
2.2 ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ.....	47
2.3 ΜΗΧΑΝΕΣ DIESEL.....	49
2.4 ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ.....	50
2.5 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ.....	52

<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: POWER WORLD SIMULATOR</u></b> .....	56
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	56
3.2 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	57
3.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ.....	60
3.4 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ.....	60
3.5 ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	61
3.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΖΥΓΩΝ.....	62
3.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	63
3.8 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΟΡΤΙΩΝ.....	64
3.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	65
3.10 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΕΔΙΩΝ / ΕΤΙΚΕΤΩΝ.....	66
3.11 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	67
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</u></b> .....	68
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ POWER WORLD SIMULATOR</u></b> .....	71
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	71
5.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	74

5.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1° Διακοπή γραμμής δικτύου μεταφοράς Ηρακλείου-Ρεθύμνου.....	74
5.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2° Διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα Σητείας.....	76
5.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3° Διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο φορτίο του Ρεθύμνου.....	78
5.2.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4° Διακοπή λειτουργίας DIESEL μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	80
<b><u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u></b> .....	<b>82</b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u></b> .....	<b>85</b>

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία έχει σκοπό την μελέτη του ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης. Ακόμα να δείξει πως συμπεριφέρονται τα διάφορα στοιχεία που αποτελούν το σύστημα σε διάφορες κατάστασης λειτουργίας. Κατά την προσομοίωση λαμβάνουν μέρος οι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, οι υποσταθμοί, το δίκτυο μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και τα μεγαλύτερα φορτία κατανάλωσης.

Το πρόγραμμα *Power World Simulator* είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ηλεκτρικών συστημάτων. Κατασκευάζεται μοντέλο του συστήματος βασισμένο σε πραγματικά στοιχεία με σκοπό να δει ο διαχειριστής την συμπεριφορά των συντελεστών που το αποτελούν και να προβλέψει σφάλματα ή να βρει το βέλτιστο τρόπο λειτουργίας του.

Επίσης μπορεί να δει ποιες μονάδες παραγωγής έχουν ενεργό ρόλο στο ηλεκτρικό σύστημα όπως τα αιολικά πάρκα τα οποία ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες πάντα, συνεισφέρουν στην ενεργειακή ζήτηση του νησιού.

Στην εργασία ακόμα παρατηρείται ότι το ηλεκτρικό σύστημα είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε οποιαδήποτε στιγμή να μπορεί να αντεπεξέλθει στις εκάστοτε συνθήκες λειτουργίας του. Για παράδειγμα όταν προκληθεί μια βλάβη ή παρατηρηθεί κάποια αύξηση της ζήτησης υπάρχουν μηχανισμοί που σταθεροποιούν το σύστημα έτσι ώστε να καλύπτονται πάντα οι ανάγκες.

## ABSTRACT

The work has aim the study of electric system of Crete. It also shows that behave the various elements that constitute the system in various situation of operation. At the simulation take part the central stations of production of energy, the substations, the network of transport of electric current as well as the bigger charges of consumption.

The program *Power World Simulator* is a program of simulation of electric systems. Is manufactured model of system based on real elements in order to see the analyst the behaviour of factors that constituting and it forecasts faults or to find his most optimal way of operation.

Also it can see who units of production have active role in the electric system as the aeolian parks which always depending on meteorological, they contribute in the energy demand of island.

In the work it is observed that the electric system is manufactured in such a way that any moment can cope with his each conditions of operation. For example when is caused damage or is observed some increase of demand exists mechanisms that stabilise the system so as to cover always the needs.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι πολύ χρήσιμη μορφή ενέργειας, και παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα. Μπορεί εύκολα και χωρίς ιδιαίτερες απώλειες να μετατραπεί σε άλλες μορφές, είναι καθαρή, διαθέσιμη και μεταφέρεται εύκολα. Έτσι, αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη μορφή, η οποία σήμερα καλύπτει το 15% των συνολικών αναγκών τελικής κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το σύνολο των συνεργαζόμενων εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς, διανομής, κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ελέγχου και ρύθμισης αποτελούν το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας – Σ.Η.Ε. Ο σκοπός των Σ.Η.Ε. είναι να τροφοδοτήσουν αδιάλειπτα, αξιόπιστα και οικονομικά, με ηλεκτρική ενέργεια και ισχύ καλής ποιότητας τους καταναλωτές. Δηλαδή πρέπει να παρέχεται όση ενέργεια και ισχύς χρειάζεται η κατανάλωση και μάλιστα στη χρονική περίοδο και τον τόπο όπου απαιτείται. Η ενέργεια πρέπει να διοχετεύεται υπό τάση και συχνότητα με στενά όρια ανοχών (συνήθως όπως και στην Ελλάδα,  $\pm 5\%$  για την τάση και  $\pm 0,5\%$  για την συχνότητα).

Η εξασφαλισμένη τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ είναι μια από τις βασικές προϋποθέσεις για τη σύγχρονη ζωή. Ελλιπής ή διακεκομμένη τροφοδότηση μπορεί να επιφέρει τεράστιες ζημιές στην οικονομία και στην κοινωνία. Η κατασκευή και η επέκταση των Σ.Η.Ε. απασχολεί ένα σημαντικό ποσοστό του εργατικού και επιστημονικού δυναμικού.

Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, αναλόγως με την τοπολογία του δικτύου του, τις συνθήκες λειτουργίας του, αλλά και τον τύπο των διαταραχών που επίκεινται να συμβούν σ' αυτό, μπορεί να προκληθούν παρατεταμένες ανισορροπίες σε διάφορους παράγοντες που το χαρακτηρίζουν, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικούς τύπους αστάθειας.

Αυτοί οι τύποι αστάθειας μπορούν να ταξινομηθούν, λαμβάνοντας υπόψιν:

- α) την κύρια μεταβλητή του συστήματος που χαρακτηρίζει την αστάθεια (όπως π.χ την τάση των ζυγών και τη συχνότητα)
- β) το μέγεθος της θεωρούμενης διαταραχής που επηρεάζει τον υπολογισμό και την πρόβλεψη της ευστάθειας και
- γ) τις συσκευές, διαδικασίες, αλλά και το χρονικό διάστημα που πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την εκτίμηση της ευστάθειας.

Ο βασικός λόγος ύπαρξης ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος, η μεταφορά της και εν τέλει η παροχή της σε δεδομένες περιοχές κατανάλωσης, οι οποίες αναφέρονται ως φορτία (load). Συνεπώς, ένα ΣΗΕ θα πρέπει να έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

1. Κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας οποτεδήποτε χρειαστεί (kWh)
2. Κάλυψη της απαιτούμενης ζήτησης οποιασδήποτε ποσότητας ισχύος (kW)
3. Κάλυψη των ποιοτικών κριτηρίων της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας
  - α. Σταθερή τάση (volt)
  - β. Σταθερή συχνότητα (Hz)
4. Κάλυψη των ανωτέρω με το ελάχιστο οικονομικό και οικολογικό κόστος

Ένα Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε.) αποτελείται από το σύνολο των εγκαταστάσεων και μέσων, τα οποία χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση των αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια. Προϋπόθεση καλής λειτουργίας είναι να παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια όπου υπάρχει ζήτηση, με το ελάχιστο κόστος σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται σταθερή συχνότητα και τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης. Η δομή ενός Σ.Η.Ε. έχει κυρίαρχη σημασία για τη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε γεωγραφικό επίπεδο.

Η τελική τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει την ύπαρξη τριών λειτουργιών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας: την Παραγωγή, τη Μεταφορά και τη Διανομή. Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής, και τους υποσταθμούς ανύψωσης της τάσης, για τη μεταφορά της ισχύος υπό υψηλή τάση. Η ηλεκτρική ενέργεια, από την παραγωγή της μέχρι την κατανάλωσή της, βρίσκεται σε συνεχή ροή και, στο βαθμό που δεν μπορεί να αποθηκευτεί, πρέπει να παράγεται ακριβώς όποτε χρειάζεται η κατανάλωσή. Το σύστημα μεταφοράς περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών υψηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξης των δικτύων, τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων τάσεων του δικτύου, και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσης σε μέση τάση, για την τροφοδότηση των δικτύων διανομής. Το σύστημα διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης, στα οποία υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής μέσω των οποίων γίνεται ο υποβιβασμός της μέσης τάσης σε χαμηλή. Οι εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς είναι οικονομικά εξαρτημένες μεταξύ τους, οπότε ο τεχνικός και οικονομικός σχεδιασμός πρέπει να είναι ενιαίος. Η διανομή σχεδιάζεται και αναπτύσσεται χωριστά και εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής την οποία εξυπηρετεί.

Το ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης είναι αυτόνομο και δεν εξαρτάται από αυτό της υπόλοιπης Ελλάδας μιας και πρόκειται για νησιωτική περιοχή. Οι ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται από σταθμούς παραγωγής που είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία του νησιού.

Τα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας χαρακτηρίζονται από την απουσία διασυνδέσεων με γειτονικά συστήματα, που οφείλεται σε γεωγραφικούς, οικονομικούς και πολιτικούς λόγους. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να είναι αυτοδύναμα ως προς την κάλυψη της ζητούμενης ισχύος με αξιόπιστο και ασφαλή τρόπο.

Τα κυριότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη λειτουργία των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων είναι:

1. Απαιτήση για διατήρηση περισσότερης στρεφόμενης εφεδρείας.
2. Υψηλό κόστος στρεφόμενης εφεδρείας.
3. Μεγάλο μέγεθος μονάδων παραγωγής συγκρινόμενο με το φορτίο του συστήματος.
4. Μεγάλες διακυμάνσεις στη συχνότητα εξαιτίας της χαμηλής αδράνειας του συστήματος.
5. Μεγάλες διακυμάνσεις στην τάση εξαιτίας της χαμηλής ισχύος βραχυκύκλωσης.
6. Μεγάλη επίδραση των κυμαινόμενων φορτίων στην ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας.
7. Υψηλό κόστος παραγωγής.
8. Συγκέντρωση της παραγωγής σε λίγες εγκαταστάσεις με επιπτώσεις στην ασφάλεια του συστήματος.
9. Οριακή ευστάθεια του συστήματος.
10. Υψηλοί ρυθμοί αύξησης της ζήτησης και αυξημένοι περιβαλλοντικοί περιορισμοί στην ανάπτυξη νέων έργων παραγωγής και μεταφοράς, ειδικά σε οικονομίες με υψηλή τουριστική ανάπτυξη.

Παράλληλα ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα για τη λειτουργία των αυτόνομων νησιωτικών συστημάτων καθίσταται η απώλεια μιας μονάδας παραγωγής που βρίσκεται σε λειτουργία. Ενδεικτικά, επισημαίνεται η υφιστάμενη εμπειρία μερικότερων ή και γενικών διακοπών που έχουν παρουσιαστεί στα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα της Κρήτης και της Ρόδου τα τελευταία χρόνια όπου πολλές φορές τα φαινόμενα που οδήγησαν στη διακοπή είχαν ως αιτία την απώλεια κάποιας μονάδας παραγωγής. Το πρόβλημα καθίσταται περισσότερο έντονο, δεδομένης και της μεγάλης συχνότητας εμφάνισης περιστατικών απώλειας κάποιας μονάδας παραγωγής. Για παράδειγμα στο σύστημα της Κρήτης, για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία, εμφανίζονται περισσότερα από 100 trip μονάδων παραγωγής το χρόνο.

Με βάση τα παραπάνω, είναι προφανές ότι κατά την επιλογή νέων μονάδων παραγωγής σε αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα, θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη παράγοντες που έχουν σχέση με την ασφάλεια του συστήματος, όπως το μέγεθος της μονάδας παραγωγής, η σταθερά αδράνειας της, τα όρια αντοχής σε υποσυχνότητα και υπόταση, ο ρυθμός ανάληψης φορτίου κλπ.



Γενικά, η λειτουργία των συμβατικών μονάδων ενός αυτόνομου νησιωτικού συστήματος βασίζεται στους ακόλουθους κανόνες :

- 1.Οι μονάδες που λειτουργούν με μαζούτ προηγούνται αυτών που χρησιμοποιούν ντίζελ λόγω κόστους καυσίμου.
- 2.Σύμφωνα με την ειδική κατανάλωση καυσίμου προηγούνται οι πλέον αποδοτικές μονάδες και έπονται οι λιγότερο αποδοτικές.
- 3.Εν γένει, οι μεγάλες μονάδες εντάσσονται πριν από τις μικρές. Αυτό δεν είναι απόλυτο, καθώς πολλές φορές η ημερήσια διακύμανση φορτίου επιβάλλει τη λειτουργία μικρότερων μονάδων, όταν πρόκειται να αντιμετωπισθούν μικρής διάρκειας αιχμές.
- 4.Η σειρά ένταξης μεταβάλλεται, ανάλογα με την κατάσταση των μονάδων (μονάδες σε συντήρηση ή με βλάβη).
- 5.Οι μονάδες βάσης δεν «σβήνουν» παρά μόνο όταν αυτό επιβάλλεται από τον μακροπρόθεσμο προγραμματισμό (εβδομαδιαίο ή μηνιαίο). Ομοίως, μονάδες που χρησιμοποιούνται για ατμοπαραγωγή δεν είναι δυνατό να σβήσουν.
- 6.Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην όσο το δυνατό περιορισμένη λειτουργία των αεροστροβίλων που καταναλώνουν ντίζελ.
- 7.Μονάδες παλαιές, με προβλήματα, εντάσσονται τελευταίες.
- 8.Όταν υπάρχουν περισσότεροι του ενός σταθμοί στο ίδιο σύστημα, θα πρέπει να υπάρχει σε λειτουργία τουλάχιστον μία μονάδα σε κάθε σταθμό.

Ως αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, χαρακτηρίζονται τα συστήματα εκείνα, τα οποία βρίσκονται εγκατεστημένα σε νησιά ή γενικότερα σε απομονωμένες γεωγραφικές περιοχές, οι οποίες δεν έχουν την δυνατότητα διασύνδεσης με ένα ευρύτερο σύνολο συστημάτων. Η απομόνωση ενός δικτύου από ένα τέτοιο πλαίσιο «συνεργασίας», όπου συνυπάρχουν και αλληλοϋποστηρίζονται πολλά διαφορετικά συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μίας ουσιαστικά ανεξάρτητης και αυτόνομης ενεργειακής «νησίδας».

Τα βασικά πλεονεκτήματα ενός διασυνδεδεμένου συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας έναντι ενός αυτόνομου δικτύου είναι ότι:

1. Μεγάλοι κεντρικοί σταθμοί παραγωγής που εξυπηρετούν ένα ευρύ γεωγραφικό και ποσοτικό φάσμα ηλεκτρικών φορτίων, σε αντίθεση με την αναγκαστική εγκατάσταση μικρών σταθμών παραγωγής σε κάθε ένα από τα επιμέρους απομονωμένα συστήματα, με άμεσο αποτέλεσμα την μείωση του ανοιγμένου (MW/€) κόστους εγκατάστασης για κάθε MW.

2. Υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης μεγαλύτερων και με μικρότερο κόστος λειτουργίας συμβατικών μονάδων παραγωγής, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας μέσω κεντρικών και πιο οικονομικών γραμμών μεταφοράς υπερυψηλής τάσης ( $\geq 400\text{KV}$ ).
3. Υπάρχει μικρότερη ανάγκη στρεφόμενης εφεδρείας, σε αντίθεση πάντα με τα απομονωμένα συστήματα, όπου η στρεφόμενη εφεδρεία είναι ένας από τους πλέον βασικούς παράγοντας της ομαλής και ασφαλούς τους λειτουργίας.
4. Υπάρχει διαφοροποίηση της ζήτησης φορτίου μεταξύ περιοχών κατά τη διάρκεια του έτους, συνεπώς απαιτείται μικρότερο πλεόνασμα εγκατεστημένης ισχύος για την κάλυψη του φορτίου μικρών χρονικών περιόδων αιχμής.
5. Υπάρχει διαφοροποίηση της ζήτησης φορτίου μεταξύ περιοχών (ετεροχρονισμός) κατά τη διάρκεια του 24ώρου, με αποτέλεσμα την εξομάλυνση της συνολικής εικοσιτετράωρης καμπύλης φορτίου.
6. Υπάρχει μεγαλύτερη δυνατότητα διαχείρισης καταστάσεων εκτάκτων αναγκών και αντιμετώπισης ενδεχόμενων διαταραχών, λόγω διασύνδεσης αλλά και μικρής ποσοστιαίας επιρροής των σφαλμάτων στο συνολικό δίκτυο.

Μία ακόμα σημαντική παράμετρος διαφοροποίησης μεταξύ των δύο κατηγοριών ΣΗΕ είναι η ικανοποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου. Στην περίπτωση των αυτόνομων δικτύων, αναγκαία προϋπόθεση για την λειτουργία του είναι η ύπαρξη θετικού ενεργειακού ισοζυγίου, όπου η συνολική ζήτηση του φορτίου δεν υπερβαίνει την τρέχουσα παραγόμενη ισχύ. Τα διασυνδεδεμένα συστήματα αντίθετα έχουν την δυνατότητα εισαγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικά ΣΗΕ, προκειμένου να καλύψουν ένα αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο.

Τα αυτόνομα ή νησιωτικά δίκτυα του ελλαδικού χώρου είναι δυνατόν να διαχωριστούν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ που διαθέτουν. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

1. Μικρά Αυτόνομα Συστήματα: τα συγκεκριμένα δίκτυα διαθέτουν εγκατεστημένη ισχύ μέχρι  $7\text{MW}$ , ενώ οι γραμμές μεταφοράς είναι μέσης τάσης της τάξης των  $15\text{KV}/20\text{KV}$ . Οι σταθμοί παραγωγής χαρακτηρίζονται ως αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής και διαθέτουν συμβατικές μονάδες, οι οποίες είναι στην πλειονότητά τους μηχανές εσωτερικής καύσης, (Diesel).

2. Αυτόνομα Συστήματα Μεσαίου Μεγέθους: τα δίκτυα αυτής τη κατηγορίας διαθέτουν εγκατεστημένη ισχύ από 7MW έως 50MW, με γραμμές μεταφοράς και πάλι μέσης τάσης της τάξης των 15KV/20KV. Οι σταθμοί παραγωγής διαθέτουν στην πλειονότητα των περιπτώσεων δύο τύπους συμβατικών μονάδων, μηχανές εσωτερικής καύσης (Diesel) για την κάλυψη του φορτίου βάσης και αεριοστρόβιλους (Gas Turbines) για την εξυπηρέτηση της αιχμής.
3. Μεγάλα Αυτόνομα Συστήματα: στην κατηγορία αυτή εντάσσονται δίκτυα με εγκατεστημένη ισχύ μεγαλύτερη των 50MW, ενώ οι γραμμές μεταφοράς είναι υψηλής τάσης της τάξης των 66KV/150KV. Οι σταθμοί παραγωγής διαθέτουν συμβατικές μονάδες, οι οποίες περιλαμβάνουν ατμοστροβλικές μονάδες, αεριοστρόβιλους και μηχανές εσωτερικής καύσης. Τα συστήματα αυτά έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της πολυπλοκότητας του δικτύου και της ποικιλομορφίας των μονάδων παραγωγής τους, ενώ παρουσιάζουν σημαντικές ιδιομορφίες ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη διαδικασία ελέγχου της λειτουργίας τους.

Στον τομέα της παραγωγής, τα αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (φυσικό αέριο & πετρέλαιο), τα οποία πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, εισάγουν με αποτέλεσμα επιπλέον οικονομική επιβάρυνση της λειτουργίας τους. Στην περίπτωση των ελληνικών αυτόνομων συστημάτων η πλειονότητα των εγκατεστημένων συμβατικών μονάδων είναι πετρελαϊκές. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της έλλειψης ορυκτών καυσίμων στα συγκεκριμένα συστήματα, σε αντίθεση με το ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο σύστημα, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ισχύος καλύπτεται από την καύση εγχώριου λιγνίτη. Η σημαντικά υψηλή τιμή εισαγωγής έχει ως άμεσο αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος λειτουργίας τους.

Οι πετρελαϊκές συμβατικές μονάδες είναι κυρίως μηχανές εσωτερικής καύσης, ενώ ανάλογα με την ονομαστική τους ισχύ χρησιμοποιούν ως καύσιμο βαρύ πετρέλαιο (mazout - μονάδες μεγαλύτερης ισχύος) και ελαφρύ (diesel - μονάδες μικρότερης ισχύος). Τα περισσότερα ελληνικά νησιά, εξαιτίας της χαμηλής φόρτισης κατά τη χειμερινή περίοδο αλλά και της μικρής απαίτησης ισχύος, δεν διαθέτουν ατμοστροβλικές μονάδες, οι οποίες θα μπορούσαν να λειτουργούν ως μονάδες βάσης με μικρότερο σχετικά κόστος παραγωγής (εξαιρέση αποτελούν τα νησιά της Κρήτης και της Ρόδου).

Όπως έχει αναφερθεί συνοπτικά στην εισαγωγή του κεφαλαίου, η ζήτηση φορτίου στα αυτόνομα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση κατά την διάρκεια ενός έτους. Στην περίπτωση των ελληνικών νησιών για παράδειγμα, η ετήσια αιχμή ζήτησης φορτίου εμφανίζεται κατά την θερινή περίοδο. Με σκοπό λοιπόν την εξυπηρέτηση των συγκεκριμένων θερινών αυξημένων φορτίων, κρίνεται αναγκαία η εγκατάσταση και λειτουργία επιπρόσθετων μονάδων παραγωγής (αεριοστροβλικές). Οι μονάδες αυτές έχουν γενικά χαμηλή απόδοση, μεγάλη ειδική κατανάλωση καυσίμου καθώς χρησιμοποιούν ως καύσιμο ελαφρύ

πετρέλαιο (diesel), ενώ τη χειμερινή περίοδο λόγω της χαμηλής ζήτησης μένουν σε ψυχρή εφεδρεία.

Κατά συνέπεια, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς στα αυτόνομα συστήματα είναι γενικά αυξημένη με σκοπό να αντιμετωπίσει την αιχμή φορτίου μικρού χρονικού διαστήματος. Επιπλέον, οι μονάδες, οι οποίες χρησιμοποιούνται, είναι μικρής ονομαστικής ισχύος ως αποτέλεσμα της μικρής συνολικά εγκατεστημένης παραγωγής, αλλά και της σημαντικής μεταβολής του φορτίου. Συμπερασματικά λοιπόν οι παραπάνω λόγοι συμβάλλουν αθροιστικά στο αύξηση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας στα αυτόνομα συστήματα.

Τα αυτόνομα ηλεκτρικά δίκτυα χαρακτηρίζονται από σχετικά μικρές αποστάσεις και αντίστοιχα μικρή μεταφερόμενη ισχύ μεταξύ των διάφορων σταθμών παραγωγής και των κέντρων κατανάλωσης, με συνέπεια στα περισσότερα από αυτά, το σύστημα μεταφοράς να ταυτίζεται ουσιαστικά με το σύστημα διανομής με τάση 15KV ή 20KV. Πιο συγκεκριμένα, στην νησιωτική Ελλάδα υπάρχουν αρκετά μικρά αυτόνομα συστήματα, τα οποία διαθέτουν αποκλειστικά γραμμές χαμηλής τάσης (380V).

Αντίθετα, σε μεγαλύτερα συστήματα, όπως τα ΣΗΕ Λέσβου, Ρόδου και Κρήτης, υπάρχουν γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης, εξαιτίας των μεγαλύτερων σχετικά αποστάσεων, αλλά και της αυξημένης μεταφερόμενης ισχύος. Κατά συνέπεια μόνο στα προηγούμενα αυτόνομα συστήματα του Ελλαδικού χώρου υπάρχουν εγκατεστημένοι υποσταθμοί υποβιβασμού υψηλής τάσης - μέσης τάσης (ΥΤ/ΜΤ), καθώς στα μεν δίκτυα της Λέσβου και της Ρόδου οι ονομαστικές τάσεις των γραμμών μεταφοράς είναι 66kV, ενώ στο δίκτυο της Κρήτης είναι 150kV.

Οι απώλειες ανά χιλιόμετρο των γραμμών μεταφοράς ενός αυτόνομου ενεργειακού δικτύου είναι κατά αναλογία μεγαλύτερες από το αντίστοιχο σύστημα μεταφοράς ενός διασυνδεδεμένου δικτύου, λόγω της χαμηλότερης τάσης μεταφοράς. Παράλληλα, γίνεται προσπάθεια να υλοποιείται βροχοειδής διασύνδεση μεταξύ των υποσταθμών, με στόχο την αδιάλειπτη τροφοδότηση των φορτίων τους. Από τα ελληνικά νησιωτικά δίκτυα μόνο η Ρόδος διαθέτει πλήρως βροχοειδές σύστημα μεταφοράς, ενώ στην περίπτωση του ΣΗΕ Κρήτης υπάρχει βροχοειδής διασύνδεση μεταξύ των υποσταθμών στο μεγαλύτερο μέρος του.

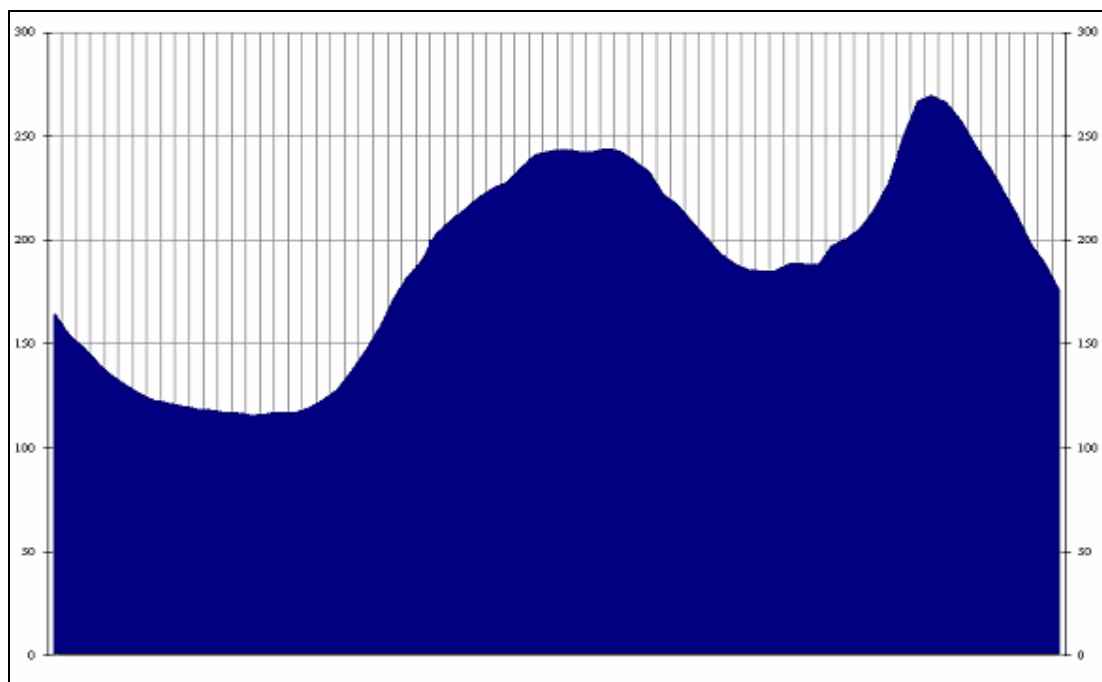
Σε ένα βροχοειδές σύστημα μεταφοράς ο κάθε υποσταθμός συνδέεται με το υπόλοιπο δίκτυο μέσω δύο ή περισσότερων γραμμών μεταφοράς, οπότε σε περίπτωση βλάβης της μίας, τα φορτία των εκάστοτε υποσταθμών συνεχίζουν να τροφοδοτούνται από την παραγωγή μέσω της δεύτερης γραμμής. Αντίθετα σε ένα ακτινικό σύστημα μεταφοράς, μια ενδεχόμενη βλάβη της γραμμής μεταφοράς έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αποκοπή των φορτίων των ακόλουθων υποσταθμών από το σύστημα.

Η συμπεριφορά των φορτίων σε ένα αυτόνομο σύστημα έχει σημαντικές διακυμάνσεις τόσο κατά την διάρκεια του εικοσιτετραώρου όσο και κατά την διάρκεια του έτους. Η συνήθως μικρή εγκατάσταση βιομηχανικών φορτίων έχει ως

συνέπεια την πολύ χαμηλή συνολική ζήτηση φορτίου κατά τις ώρες ελαχίστων σε σχέση με τις ώρες αιχμής. Παρόμοια ανισορροπία στο συνολικό φορτίο παρουσιάζεται μεταξύ των εποχών ενός έτους, είτε λόγω εποχιακών οικονομικών δραστηριοτήτων είτε λόγω εποχιακής πληθυσμιακής μετακίνησης.

Τα ελληνικά νησιωτικά αυτόνομα συστήματα έχουν μεγάλη φόρτιση κατά τη θερινή περίοδο, κυρίως εξαιτίας των αυξημένων τουριστικών φορτίων και πολύ μικρή φόρτιση κατά την διάρκεια του χειμώνα λόγω της πληθυσμιακής συρρίκνωσης και της σημαντικά μειωμένης οικονομικής δραστηριότητας. Κατά συνέπεια, τα νησιωτικά δίκτυα παρουσιάζουν πολύ μικρό λόγο ελάχιστης προς μέγιστης αιτούμενης ισχύος, τόσο στην ετήσια, όσο και στην εικοσιτετράωρη καμπύλη φορτίου. Μία τοπική ημερήσια καμπύλη φορτίου απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα 1.

Τα νησιωτικά αυτόνομα δίκτυα εμφανίζουν επιπλέον χαμηλό συντελεστή φορτίου, ενώ η έντονη διακύμανση του φορτίου προκαλεί σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς το είδος και το μέγεθος των εν λειτουργία μονάδων παραγωγής, την επιτρεπόμενη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στον εξοπλισμό των δικτύων μεταφοράς αλλά και στην επιλογή των υποσταθμών και των μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται.



Σχήμα 1 Τυπική Ημερήσια Καμπύλη Φορτίου (ΣΗΕ Κρήτης)

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό των αυτόνομων συστημάτων, όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου είναι η μεγαλύτερη διακύμανση της συχνότητας του δικτύου σε σχέση με τα διασυνδεδεμένα. Κατά συνέπεια μία κρίσιμη διαδικασία στην λειτουργία των αυτόνομων ΣΗΕ είναι έλεγχος της συχνότητας του δικτύου. Η απότομη αύξηση της ζήτησης ενεργού ισχύος προκαλεί στιγμιαία μείωση της συχνότητας του δικτύου έως ότου οι μονάδες παραγωγής να αναλάβουν την

συγκεκριμένη αύξηση και το σύστημα να ισορροπήσει σε μία νέα συχνότητα λειτουργίας. Όταν το σύστημα είναι διασυνδεδεμένο τότε μέρος της ενεργού ισχύος, η οποία απαιτείται για να ικανοποιηθεί η αύξηση της ζήτησης, μπορεί να προέλθει από τις διασυνδεδετικές γραμμές. Σε ειδικές περιπτώσεις διαταραχών του συστήματος π.χ. βλάβη γεννήτριας, αν οι υπόλοιπες γεννήτριες του συστήματος δεν μπορούν να αναλάβουν γρήγορα και εξ ολοκλήρου την υπολειπόμενη ισχύ, τότε εγχύεται ισχύς από τις διασυνδεδετικές γραμμές μεταφοράς και ελαττώνεται ο ρυθμός μεταβολής της συχνότητας. Συνεπώς το σύστημα μπορεί να αντιμετωπίσει την απότομη μεταβολή του φορτίου χωρίς τον κίνδυνο της ενεργοποίησης των διατάξεων προστασίας υποσυχνότητας, οι οποίες θα προκαλέσουν διακοπή καταναλωτών.

Στα νησιωτικά δίκτυα δεν υπάρχει η ευχέρεια έγχυσης ισχύος από διασυνδεδετικές γραμμές με αποτέλεσμα οποιαδήποτε μεταβολή της ισχύος να πρέπει να ικανοποιείται από τις διαθέσιμες μονάδες. Υπάρχει λοιπόν αυξημένη ανάγκη στρεφόμενης εφεδρείας προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι απότομες διακυμάνσεις του φορτίου σε μικρό χρονικό διάστημα. Το συγκεκριμένο πρόβλημα είναι εντονότερο, όσο ασθενέστερο είναι το δίκτυο. Η απώλεια μίας γεννήτριας (generator trip) προκαλεί σημαντική πτώση της συχνότητας, καθώς οι μονάδες παραγωγής στα απομονωμένα δίκτυα έχουν σημαντικό μέγεθος σε σχέση με την ονομαστική ισχύ του συνολικού συστήματος παραγωγής.

Το σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής (συμβατικούς και ανανεώσιμους) ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και τους υποσταθμούς ανυψώσεως της τάσης. Εν συνεχεία, το σύστημα μεταφοράς περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών μεταφοράς υψηλής (150kV) ή υπερυψηλής (400kV) τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξης και τους υποσταθμούς υποβιβασμού σε μέση τάση (15/20kV). Συνεπώς, μέσω του συστήματος μεταφοράς πραγματοποιείται η διάχυση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής στο φορτίο, ενώ το σύστημα διανομής περιλαμβάνει το λοιπό δίκτυο τροφοδοσίας της μέσης (15/20kV) και χαμηλής τάσης (380V) προς του τελικούς καταναλωτές.



Εικόνα 1: Χάρτης ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης

## 1.2 ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στους σταθμούς παραγωγής μετατρέπεται μια πρωτογενής μορφή ενέργειας σε ηλεκτρική. Οι σταθμοί παραγωγής αποτελούνται από πολλές μονάδες που λειτουργούν παράλληλα. Σε κάθε μονάδα υπάρχει ένα ζεύγος κινητήριας μηχανής – γεννήτριας που μετατρέπει την πρωτογενή ενέργεια σε ηλεκτρική.

Στον τομέα της παραγωγής, τα αυτόνομα συστήματα χρησιμοποιούν συμβατικά καύσιμα (πετρέλαιο), τα οποία πλην ελαχίστων εξαιρέσεων, εισάγουν με αποτέλεσμα επιπλέον οικονομική επιβάρυνση της λειτουργίας τους. Στην περίπτωση των ελληνικών αυτόνομων συστημάτων η πλειονότητα των εγκατεστημένων συμβατικών μονάδων είναι πετρελαϊκές. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της έλλειψης ορυκτών καυσίμων στα συγκεκριμένα συστήματα, σε αντίθεση με το ηπειρωτικό διασυνδεδεμένο σύστημα, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ισχύος καλύπτεται από την καύση εγχώριου λιγνίτη. Η σημαντικά υψηλή τιμή εισαγωγής έχει ως άμεσο αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος λειτουργίας τους.

Οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατατάσσονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την αποστολή τους:

- α) τους σταθμούς βάσης
- β) τους σταθμούς αιχμής

Οι σταθμοί βάσης λειτουργούν συνήθως για μεγάλα χρονικά διαστήματα και καλύπτουν τις βασικές ανάγκες της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ οι σταθμοί αιχμής λειτουργούν σε ώρες μεγάλης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ηλεκτρικό σύστημα αποτελείται από τρεις κύριους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν για την λειτουργία τους συμβατικά καύσιμα. Η ηλεκτρική ισχύς παραγωγής τους φαίνεται στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Παραγόμενη ισχύς θερμικών σταθμών Κρήτης.

ΘΕΡΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΡΗΤΗΣ	ΚΑΘΑΡΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΛΑΧΙΣΤΟ (MW)
<b>ΔΗΣ ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ</b>		
ΑΤΜ ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	105	74
DIESEL ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	44	15
ΑΕΡ ΛΙΝΟΠΕΡΑΜΑΤΩΝ	114	19
<b>ΔΗΣ ΧΑΝΙΩΝ</b>		
ΑΕΡ ΧΑΝΙΩΝ	217	41
ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΧΑΝΙΩΝ	132,3	35
<b>ΔΗΣ ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ</b>		
DIESEL ΑΘΕΡΙΝΟΛΑΚΚΟΥ	100	60

## 1.2.1 Σταθμός Λινοπεραμάτων



Εικόνα 1: Ο σταθμός παραγωγής στην περιοχή Λινοπεράματα.

Ο πρώτος σταθμός βρίσκεται στο νομό Ηρακλείου και συγκεκριμένα στην περιοχή Λινοπεράματα. Αποτελείται από τρία είδη γεννητριών:

- A) Ατμοστρόβιλους
- B) Μηχανές DIESEL
- Γ) Αεριοστρόβιλους

Πίνακας 2: Μονάδες παραγωγής ενέργειας ΑΗΣ Ηρακλείου

α/α	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(MW)	ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	Ατμ/λος 1	FRANCO TOSI ANSALDO	Μαζούτ	6,25	1970
2	Ατμ/λος 2	W.BIRO SIEMENS	Μαζούτ	15	1971
3	Ατμ/λος 3	W.BIRO SIEMENS	Μαζούτ	15	1971
4	Ατμ/λος 4	RAFACO JUGOTURBINA	Μαζούτ	25	1977
5	Ατμ/λος 5	BREDA ANSALDO	Μαζούτ	25	1981
6	Ατμ/λος 6	BREDA ANSALDO	Μαζούτ	25	1981
7	A/Σ 1	JOHN BROWN	DIESEL	16,25	1987
8	A/Σ 2	JOHN BROWN	DIESEL	16,25	1988
9	A/Σ 3	GENERAL ELECTRIC	DIESEL	47,3	2002
10	A/Σ 4	GT35 ABB STAL	DIESEL	14,72	2001
11	A/Σ 5	GENERAL ELECTRIC	DIESEL	27,95	2003
12	DIESEL 1	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	1989
13	DIESEL 2	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	1989
14	DIESEL 3	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	1989
15	DIESEL 4	CEGIELSKI	Μαζούτ	12,28	1989



Οι ατμοστρόβιλοι είναι έξι(6) και δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{ατμ}}=111 \text{ MW.}$$

Οι μηχανές DIESEL είναι τέσσερις(4) και δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{diesel}}=49 \text{ MW.}$$

Οι αεροστρόβιλοι είναι πέντε(5) και δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{αερ}} =122.5 \text{ MW}$$

### 1.2.2 Σταθμός Χανίων



Εικόνα 2: Ο σταθμός παραγωγής στην περιοχή Ξυλοκαμάρια.

Ο δεύτερος σταθμός βρίσκεται στο νομό Χανίων και συγκεκριμένα στην περιοχή της Ξυλοκαμάριας. Αποτελείται από δυο είδη γεννητριών:

- A) Αεριοστρόβιλους
- B) Συνδυασμένου κύκλου

Πίνακας 3: Μονάδες παραγωγής ενέργειας ΑΗΣ Χανίων

α/α	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ (MW)	ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	A/Σ 1	BBC	DIESEL	16,2	1968
2	A/Σ 4	THOMASSEN	DIESEL	24	1985
3	A/Σ 5	FIAT	DIESEL	30	1986
4	A/Σ 11	ANSALDO	DIESEL	59,4	1998
5	A/Σ 12	ANSALDO	DIESEL	59,4	1998
6	A/Σ 13	GENERAL ELECTRIC	DIESEL	28	2003
7	Μ.Σ.Κ	ABB		132,3	
	A/Σ 6		DIESEL	44,9	
	A/Σ 7		DIESEL	44,9	
	Ατμ/λος			42,5	1995

Οι αεροστρόβιλοι είναι επτά(7) και δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{αερ}} = 217 \text{ MW.}$$

Η συνδυασμένου κύκλου δίνει μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{οκ}} = 132.3 \text{ MW.}$$

### 1.2.3 Σταθμός Αθερινόλακκου



Εικόνα 3: Ο σταθμός παραγωγής στην περιοχή Αθερινόλακκος.

Ο τρίτος σταθμός βρίσκεται στο νομό Λασιθίου στην νότιο-ανατολική παραλία της Κρήτης και σε απόσταση 45 χιλιομέτρων περίπου νότιο-ανατολικά από την Σητεία και σε υψόμετρο 6 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Αθερινόλακκος. Ο σταθμός του Αθερινόλακου είναι ένα από τα πιο σύγχρονα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπρόσθετα πρέπει να τονίσουμε ότι ο κατασκευαστής έχει δώσει μεγάλη βαρύτητα στις τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν έτσι ώστε η λειτουργία της μονάδας να είναι φιλική προς το περιβάλλον. Αποτελείται από δυο(2) μηχανές DIESEL που δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ ίση με:

$$P_{\text{diesel}} = 102 \text{ MW.}$$

Πίνακας 4: Μονάδες παραγωγής ενέργειας ΑΗΣ Αθερινόλακκου.

α/α	ΜΟΝΑΔΑ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ(MW)	ΕΤΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ
1	DIESEL 1	Μαζούτ	51,12	2004
2	DIESEL 2	Μαζούτ	51,12	2004

Ο σταθμός του Αθερινόλακκου λειτουργεί σαν εφεδρικός. Δηλαδή είναι ο σταθμός που επηρεάζεται από τις αυξομειώσεις της ζήτησης. Έτσι όταν έχουμε αύξηση της ζήτησης θα αυξήσει την παραγόμενη ισχύ του, ενώ στην περίπτωση που η ζήτηση μειωθεί για κάποια αιτία π.χ τις πρώτες πρωινές ώρες που η ζήτηση είναι μικρή θα μειώσει την παραγόμενη ισχύ του για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση του δικτύου μεταφοράς.

#### 1.2.4 Αιολικά πάρκα Σητείας



Εικόνα 4: Αιολικό πάρκο στη Σητεία(Μονή Τοπλού).

Τις τελευταίες δεκαετίες, με δεδομένο τον προβληματισμό για τη ουσιαστική και αξιόπιστη κάλυψη των όλο και αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών με μεθόδους οικονομικές αλλά και φιλικές προς το περιβάλλον, το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) αυξήθηκε κατακόρυφα. Βασικά πλεονεκτήματα των ΑΠΕ σε σχέση με τις συμβατικές πηγές είναι η ανεξάντλητη μορφή τους και η μη επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την λειτουργία τους. Εντούτοις, ο ρυθμός παροχής της ενέργειας από τις ΑΠΕ δεν είναι συνεχής, με συνέπεια να μην υπάρχει ο αναγκαίος συγχρονισμός της παραγωγής με την αντίστοιχη ζήτηση φορτίου

Η ηλεκτροπαραγωγή από την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας παγκοσμίως παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια μεγάλη αύξηση. Η αιολική ενέργεια κατέχει με διαφορά το μεγαλύτερο μερίδιο από τις ανανεώσιμες πηγές (εξαιρουμένης της υδροηλεκτρικής). Βασική αιτία της ραγδαίας αυτής εξέλιξης, παγκοσμίως και ιδιαίτερα στην Ευρώπη, είναι το χαμηλό κόστος αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας σε σχέση με τις άλλες ήπιες μορφές ενέργειας και από το γεγονός ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με μετατροπή της αιολικής χρησιμοποιώντας ανεμογεννήτριες δεν απέχει και πολύ από το κόστος παραγωγής χρησιμοποιώντας ορυκτά καύσιμα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ενώ το 1998 το παγκόσμιο

εγκατεστημένο δυναμικό αιολικής ενέργειας ανερχόταν σε λίγο περισσότερο από 10,000 MW συνολικά, ενώ το 2007 είχε ήδη φτάσει τα 95,000 MW. Το νούμερο αυτό αναμένεται να ανέβει στα 150,000 MW μέχρι το 2012.

Για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας, ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνον εκείνες οι περιοχές στις οποίες επικρατούν άνεμοι με ικανοποιητικές μέσες ετήσιες ταχύτητες. Σημαντική συνεισφορά στις ενεργειακές ανάγκες του νησιού δίνουν τα αιολικά πάρκα. Υπάρχουν αρκετά αιολικά πάρκα κυρίως στην ανατολική Κρήτη. Η παραγόμενη αιολική ενέργεια εξαρτάται από πλήθος παραμέτρων όπως το μέγεθος και ο τύπος της χρησιμοποιούμενης μηχανής τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής, το ύψος τοποθέτησης, αλλά κυρίως από τη σωστή συνεργασία του τοπικού αιολικού δυναμικού και της λειτουργικής συμπεριφοράς της υπό εγκατάσταση αιολικής μηχανής.

Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι λόγω των καιρικών συνθηκών δεν μπορούμε πάντα να έχουμε παραγωγή ισχύος από τα αιολικά πάρκα κατά την διάρκεια της ημέρας (σχήμα 3). Μερικά πάρκα βρίσκονται στην Σητεία και συγκεκριμένα στην περιοχή Αχλάδια, στην περιοχή της Μονής Τοπλού (εικόνα 4) και στην περιοχή Χανδρά.

Τα αιολικά πάρκα Σητείας δίνουν μέγιστη συνολική ισχύ:

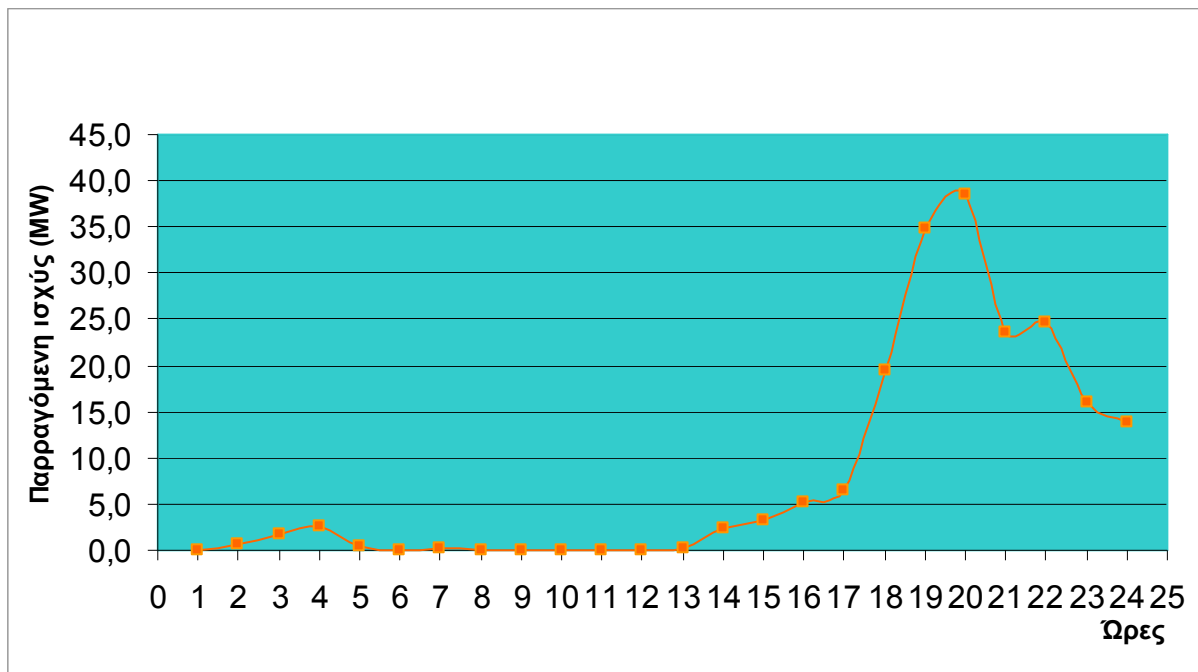
$$P_{\text{αιολ}} = 57 \text{ MW}$$

**Πίνακας 4:** Μονάδες παραγωγής ενέργειας από αιολικά πάρκα Σητείας

Εταιρεία	Ισχύς (MW)	Δήμος/κοινότητα	Θέση
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΚΡΥΩΝ ΑΕ	11,2	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΒΟΥΒΑΛΟΙ/ΠΛΑΤΥΒΟΛΑ ΚΡΥΩΝ
ΑΝΕΜΟΕΣΣΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΕ	6,2	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΒΙΓΛΙ
ΛΕΟΛΟΣ	9,9	ΛΕΥΚΗΣ	ΧΑΝΔΡΑΣ
ΡΟΚΑΣ ΑΙΟΛΙΚΗ ΑΒΕΕ	10,2	ΙΤΑΝΟΥ	ΠΛΑΤΟΚΕΡΑΤΙΑ ΜΗΤΑΤΟΥ
ΕΝΤΕΚΑ ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΕ	11,9	ΙΤΑΝΟΥ	ΠΙΣΚΟΠΙΑΝΕΣ/ΠΙΣΚΟΛΑΚΟΣ
ENERGON ΕΛΛΑΣ ΑΕ	2,7	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΠΛΑΤΥΒΟΛΟ
WRE HELLAS SA	2,5	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΠΛΑΤΥΒΟΛΑ ΚΡΥΩΝ
ΑΙΟΛΙΚΑ ΠΑΡΚΑ ΑΧΛΑΔΙΩΝ ΑΕ	11,2	ΣΗΤΕΙΑΣ	ΑΓΡΙΛΙΔΑ/ΒΕΛΗΡΑΣ



Εικόνα 5: Αιολικά πάρκα στην ανατολική Κρήτη



Σχήμα 1: Μέση ωριαία παραγωγή ισχύος αιολικών πάρκων .

### 1.3 ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ



Εικόνα 6: Υποσταθμός στο Ηράκλειο (περιοχή Πανεπιστημίου)

Οι υποσταθμοί είναι εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν σκοπό την αυξομείωση της τάσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Αύξηση γίνεται για να μπορεί να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις και να έχουμε μικρές απώλειες και μείωση για να επιτύχουμε την επιθυμητή τάση στα φορτία κατανάλωσης. Αυτό γίνεται με τη χρήση μετασχηματιστή.

Με τη χρήση του μετασχηματιστή εξοικονομείται κυρίως η μεταφορά και η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από σύγχρονες γεννήτριες γίνεται σε επίπεδα τάσης 15 kV - 20 kV. Επίσης, η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε διαφορετικό επίπεδο τάσης (σε υψηλή τάση 150 kV, ή υπερύψηλη τάση 400 kV, 750 kV) και με αυτό τον τρόπο μειώνονται οι απώλειες θερμότητας κατά την μεταφορά της. Τέλος, η χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στο πιο κατάλληλο επίπεδο για κάθε καταναλωτική συσκευή. (χαμηλή τάση 220 V στην Ευρώπη, ή 120 V στην Αμερική). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου απαιτούνται χαμηλότερες τάσεις από τα 220 V του δικτύου, όπως σε ηλεκτρονικές συσκευές, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και μικρές ηλεκτρικές συσκευές. Σε όλες τις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές.

Οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται στις παρά πάνω εφαρμογές έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας: η ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ισχύος  $p_1$  που εισέρχεται στον μετασχηματιστή εξέρχεται από αυτόν  $p_2$ , όμως με αλλαγμένο το επίπεδο της τάσης (αρχή διατήρησης της ισχύος).

Ένας μονοφασικός μετασχηματιστής αποτελείται από δύο (ή περισσότερα) τυλίγματα ηλεκτρικά ανεξάρτητα όμως συνεζευγμένα μέσω ενός αμοιβαίου μαγνητικού πεδίου  $\Phi$ . Το τυλίγμα 1 με N1 ελίγματα (σπείρες) ονομάζεται πρωτεύον και το τυλίγμα 2 με N2 ελίγματα ονομάζεται δευτερεύον. Η είσοδος της ηλεκτρικής ισχύος είναι από το πρωτεύον και η έξοδος της είναι από το δευτερεύον.

Ως πυρήνας του μετασχηματιστή χρησιμοποιείται ένα σιδηρομαγνητικό υλικό, ή σίδηρος, ή και αέρας. Επειδή η μαγνητική διαπερατότητα του σιδήρου είναι πολύ υψηλότερη από του αέρα, χρησιμοποιούνται περισσότερο οι μετασχηματιστές με πυρήνα σιδήρου. Ο πυρήνας κατασκευάζεται από δέσμη λεπτών ελασμάτων, πάχους 0,3-0,5 mm, ηλεκτρικώς μονωμένα μεταξύ τους με επιφανειακή μόνωση από ειδικό βερνίκι, με σκοπό τη μείωση των δινορρεύματων που επάγονται στο σίδηρο. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται και οι απώλειες λόγω δινορρευμάτων. (Τα δινορρεύματα ή ρεύματα Φουκώ (Foucault) είναι κυκλικά ρεύματα που επάγονται σε αγωγίμα (μεταλλικά) σώματα. Τα ρεύματα αυτά προκαλούν τον ακουστικό θόρυβο του μετασχηματιστή.) Τα τυλίγματα κατασκευάζονται από μονωμένους χάλκινους αγωγούς, που τυλίγονται σε πολλές στρώσεις πάνω σε καλούπια και μετά συναρμολογούνται στους κορμούς.

Υποσταθμοί υπάρχουν σε κάθε εργοστάσιο παραγωγής αυξάνοντας την τάση που διοχετεύεται στο δίκτυο μεταφοράς. Υπάρχουν στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Ηρακλείου, των Χανίων, του Αθρινόλακκου και τέλος της Σητείας που βρίσκεται το αιολικό πάρκο.

Υποσταθμοί υπάρχουν επίσης σε περιοχές με μεγάλα καταναλωτικά φορτία δηλαδή στις μεγάλες πόλεις και στις βιομηχανικές περιοχές. Αυτοί οι σταθμοί έχουν σκοπό να μειώσουν την τάση που μεταφέρει το δίκτυο έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτοί υπάρχουν σε πόλεις όπως το Ηράκλειο, οι Μοίρες η Σταλίδα, τα Χανιά, το Καστέλι, το Ρέθυμνο η Σητεία και η Ιεράπετρα.

#### 1.4 ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ



Εικόνα 7: Χαρακτηριστικοί τύποι πύλων ΔΕΗ τύπου πύργος

Το δίκτυο μεταφοράς είναι από τα σημαντικότερα κομμάτια του ηλεκτρικού συστήματος. Το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Κρήτη, το οποίο είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση των υφιστάμενων σταθμών παραγωγής (συμβατικών και μη) με τα αστικά κέντρα, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και τις λοιπές καταναλώσεις, αποτελείται από γραμμές μεταφοράς υπερυψηλής και υψηλής τάσης (400KV και 150KV αντίστοιχα). Εν συνεχεία, το σύστημα διανομής είναι υπεύθυνο για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τους υποσταθμούς υποβιβασμού (από 400/150KV σε 20/6,6KV) που αναφέρθηκαν προηγουμένως στους τελικούς καταναλωτές, μέσω γραμμών μέσης και χαμηλής τάσης (20/6,6KV και 380V αντίστοιχα). Αποτελείται από τους πυλώνες, τους στύλους και τα καλώδια.

Στο ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης υπάρχουν διάφοροι τύποι στύλων όπως ξύλινοι στύλοι και στύλοι από οπλισμένο σκυρόδεμα που χρησιμοποιούνται στις γραμμές μέσης και χαμηλής τάσεως. Ακόμα για υψηλότερες τάσεις χρησιμοποιούνται συνθετότερες ξύλινες κατασκευές και χαλύβδινοι στύλοι.

Όπου απαιτείται πολύ μεγάλη αντοχή και διάρκεια ζωής χρησιμοποιούνται χαλύβδινοι πυλώνες οι οποίοι ονομάζονται και πύργοι (εικόνα 7). Μεταφέρουν υψηλές και υπερύψηλες τάσεις σε μεγάλες αποστάσεις από τους σταθμούς παραγωγής στις περιοχές μείζονος φορτίου.

Όσον αφορά τα καλώδια μεταφοράς και διανομής του ηλεκτρικού ρεύματος είναι αγωγοί που κατασκευάζονται από υλικά όπως χαλκός και αλουμίνιο (εικόνα 8). Ευρύτερα χρησιμοποιήσιμο είναι το αλουμίνιο, λόγω του μειωμένου βάρους του στις εναέριες γραμμές μεταφοράς. Ακόμα ανάλογα με την τάση που μεταφέρουν τα καλώδια διακρίνονται σε αγωγούς μεγάλης διατομής για υψηλές τάσεις και μικρής διατομής χαμηλής τάσης.

Η επιλογή της διατομής των αγωγών μιας εναέριας γραμμής υπόκειται στην τήρηση τεχνικών περιορισμών που σχετίζονται:

1. Με τη μέγιστη επιτρεπτή ένταση (θερμικό όριο) που είναι αποδεκτή για κάθε διατομή και είδος αγωγού.
2. Με τη μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης.
3. Με τη μηχανική αντοχή της γραμμής.

Επομένως βέλτιστη διατομή είναι εκείνη για την οποία το κόστος της γραμμής θεωρούμενο στο σύνολο των ετών λειτουργίας της και ανηγμένο στο έτος κατασκευής, ελαχιστοποιείται.

Η επιλογή του είδους των αγωγών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται τόσο από το κόστος όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και φυσικά από την επιφόρτιση. Οι αγωγοί Al χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις δικτύων με γυμνούς αγωγούς σε περιοχές φυσιολογικής διαβρωτικότητας.



Σε περιοχές έντονης διαβρωτικότητας, κυρίως παραθαλάσσιες περιοχές και περιοχές με έντονη βιομηχανική ρύπανση γίνεται χρήση αγωγών Cu. Τα συνεστραμμένα καλώδια χρησιμοποιούνται σε δασώδεις περιοχές, σε παραθαλάσσιες περιοχές με συχνές υπερπηδήσεις στις γραμμές με γυμνούς αγωγούς Cu, σε ορεινές περιοχές με μεγάλη επικάθηση πάγου στις γραμμές και σε ειδικές περιπτώσεις που σχετίζονται με την τήρηση αποστάσεων ασφαλείας σε περιοχές εναέριου δικτύου και την προστασία του περιβάλλοντος (σε συνδυασμό με συνεστραμμένα καλώδια Χ.Τ.).

Τα δίκτυα διανομής, ως ο τελευταίος κόμβος πριν από τον καταναλωτή και με την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας και λόγω της αύξησης των αναγκών και του εκσυγχρονισμού της ζωής, επεκτείνονται συνέχεια προς όλες τις κατευθύνσεις, τροφοδοτούν αδιάλειπτα, αξιόπιστα, γρήγορα και φθηνά με ηλεκτρική ενέργεια και ισχύ μέσα σε στενά όρια ανοχών ( $\pm 5\%$  για την τάση και  $\pm 0,5\%$  για την συχνότητα) και με όση ποσότητα είναι αναγκαία τους καταναλωτές – πελάτες.

Τα δίκτυα διανομής Μ.Τ. είναι μέσα σε πόλεις καλωδιακά υπόγεια, στην ύπαιθρο και στα περίχωρα των πόλεων εναέρια, ενώ τα αντίστοιχα Χ.Τ. είναι εναέρια εκτός πόλεως και μικτά εντός πόλεως. Μέσα στο κέντρο μεγάλων αστικών κέντρων η μόνη λύση που δίνεται συνήθως είναι αυτή του υπόγειου δικτύου, επειδή δεν επιτρέπεται να περάσουν εναέρια γραμμές (το επιβάλλουν λόγοι καλαισθησίας και ασφαλείας) και έστω αν περάσει μια εναέρια γραμμή ανά δρόμο, δεν φτάνει για να τροφοδοτήσει την μεγάλη πυκνότητα του φορτίου. Καλωδιακές (υπόγειες) γραμμές έχουν κόστος που είναι 3-10 φορές μεγαλύτερο από ότι το κόστος των εναέριων γραμμών, κόστος που μπορεί να υποπολλαπλασιαστεί με την σωστή συνεργασία όλων των φορέων.



**Εικόνα 8: Μονοπολικά καλώδια αλουμινίου, χαλκού και συγκεντρωτικό καλώδιο παροχής ΧΤ της ΔΕΗ.**

## 1.5 ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Τα φορτία κατανάλωσης είναι οι αποδέκτες της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος. Σαν φορτίο μπορεί να θεωρηθεί οτιδήποτε χρησιμοποιεί ο άνθρωπος και απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια για να καλύψει τις ανάγκες του. Τα φορτία αυτή η συνιστώσα του συστήματος μπορεί να είναι σύνολο οικιακών και αγροτικών καταναλωτών, μικρών ή μεγάλων βιοτεχνιών και βιομηχανιών. Ανάλογα με την ισχύ που θέλουν οι καταναλωτές μεταβάλλεται η τάση και ο τρόπος τροφοδοσίας τους εξαιτίας τεχνοοικονομικών λόγων. Έτσι οι καταναλωτές χωρίζονται σε καταναλωτές χαμηλής τάσης (230/400 V), μέσης τάσης (15 ή 20 KV) και υψηλής (150KV). Οι τελευταίοι λέγονται και καταναλωτές του συστήματος μεταφοράς.

Τα μεγαλύτερα φορτία στη Κρήτη παρατηρούνται σε αστικές περιοχές, σε βιομηχανικές μονάδες και σε περιοχές που υπάρχει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα όπως τουριστικές ζώνες, μεγάλα δημόσια κτίρια και υπηρεσίες, νοσοκομεία κ.α. Επίσης στα φορτία παρατηρείται μια διακύμανση της ζητούμενης ενέργειας κατά την διάρκεια μιας συνηθισμένης μέρας. Υπάρχουν ώρες που υπάρχει αυξημένη ζήτηση από τους καταναλωτές όπως το μεσημέρι και αργά το βράδυ και ώρες όπου η ζήτηση δεν είναι μεγάλη όπως τις πρώτες πρωινές και τις απογευματινές ώρες.

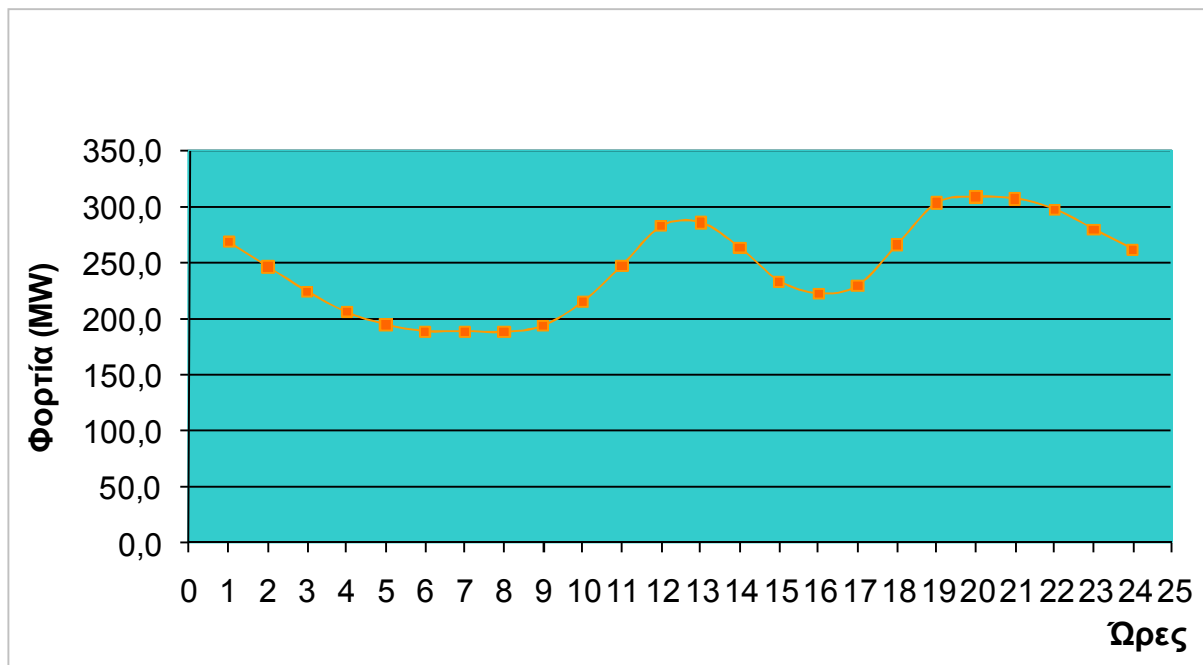


Εικόνα 9: Μεγάλα φορτία κατανάλωσης (Ξενοδοχειακές μονάδες-βιομηχανίες)

Τα ελληνικά νησιωτικά αυτόνομα συστήματα έχουν μεγάλη φόρτιση κατά τη θερινή περίοδο, κυρίως εξαιτίας των αυξημένων τουριστικών φορτίων και πολύ μικρή φόρτιση κατά την διάρκεια του χειμώνα λόγω της πληθυσμιακής συρρίκνωσης και της σημαντικά μειωμένης οικονομικής δραστηριότητας. Κατά συνέπεια, τα νησιωτικά δίκτυα παρουσιάζουν πολύ μικρό λόγο ελάχιστης προς μέγιστης αιτούμενης ισχύος, τόσο στην ετήσια, όσο και στην εικοσιτετράωρη καμπύλη φορτίου.

Τα νησιωτικά αυτόνομα δίκτυα εμφανίζουν επιπλέον χαμηλό συντελεστή φορτίου, ενώ η έντονη διακύμανση του φορτίου προκαλεί σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς το είδος και το μέγεθος των εν λειτουργία μονάδων παραγωγής, την επιτρεπόμενη διείσδυση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στον εξοπλισμό των δικτύων μεταφοράς αλλά και στην επιλογή των υποσταθμών και των μετασχηματιστών που χρησιμοποιούνται.

Η συμπεριφορά των φορτίων σε ένα αυτόνομο σύστημα έχει σημαντικές διακυμάνσεις τόσο κατά την διάρκεια του εικοσιτετράωρου (σχήμα 15) όσο και κατά την διάρκεια του έτους. Η συνήθως μικρή εγκατάσταση βιομηχανικών φορτίων έχει ως συνέπεια την πολύ χαμηλή συνολική ζήτηση φορτίου κατά τις ώρες ελαχίστων σε σχέση με τις ώρες αιχμής. Παρόμοια ανισορροπία στο συνολικό φορτίο παρουσιάζεται μεταξύ των εποχών ενός έτους, είτε λόγω εποχιακών οικονομικών δραστηριοτήτων είτε λόγω εποχιακής πληθυσμιακής μετακίνησης.



Σχήμα 2: Μέσα ωρταία φορτία Κρήτης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

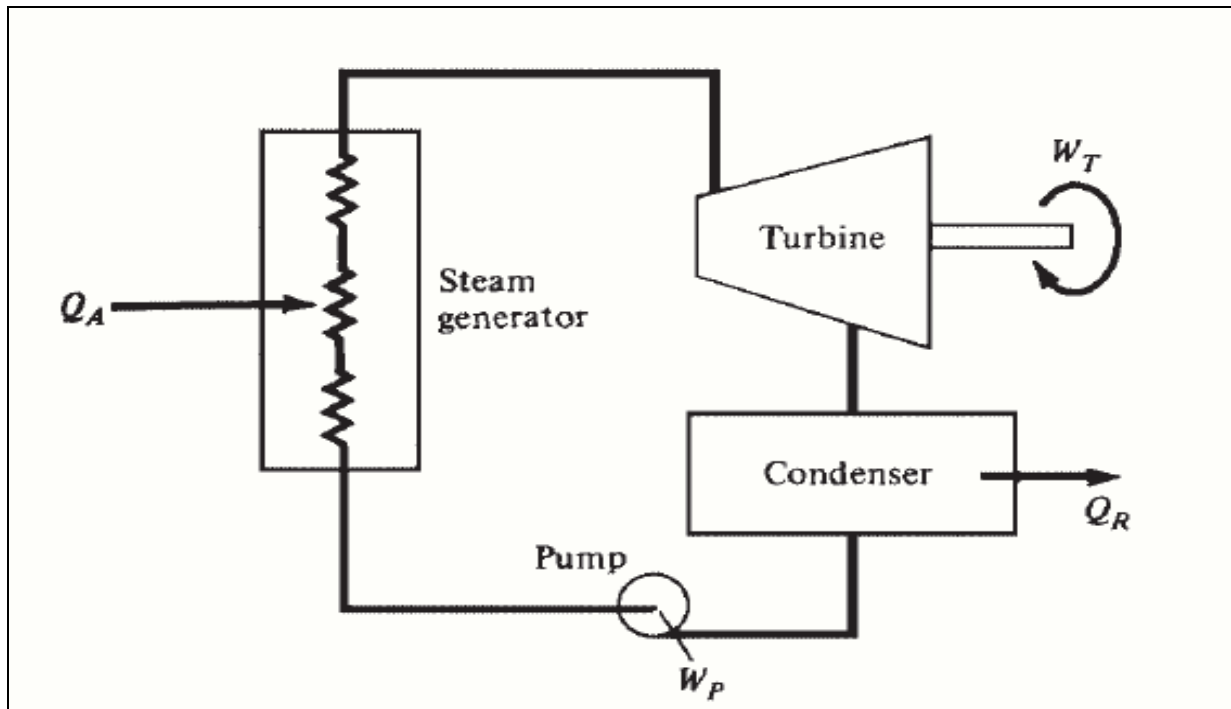
### ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

#### 2.1 ΑΤΜΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

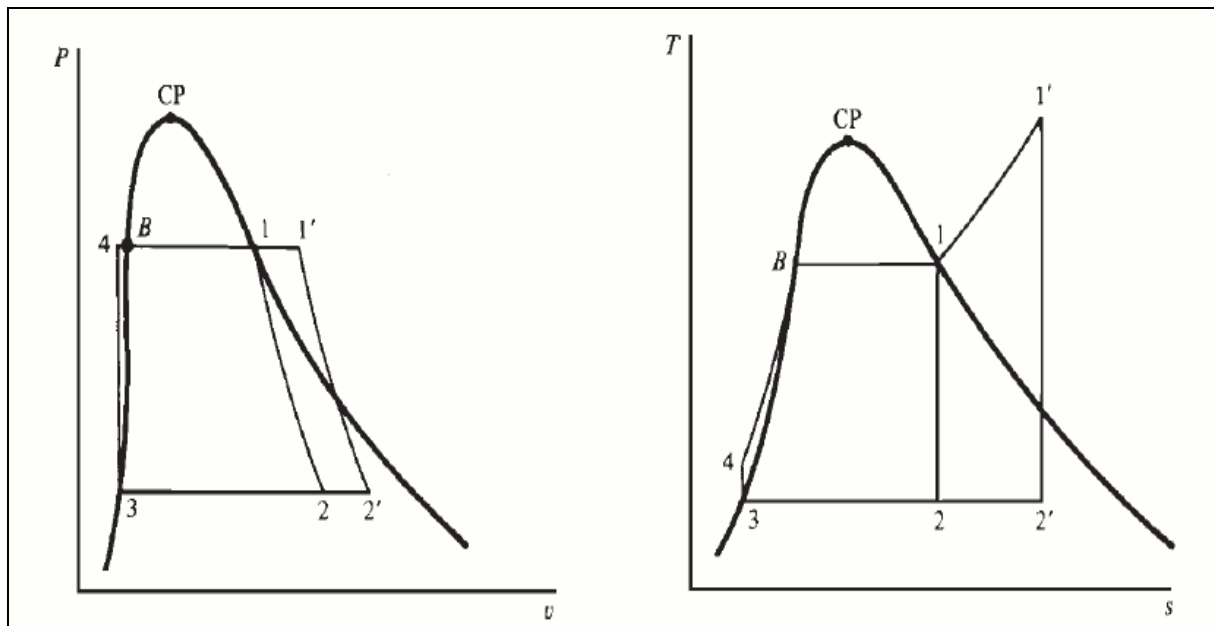
Οι ατμοστρόβιλοι αποτελούν τις μηχανές οι οποίες μετατρέπουν την ενέργεια του ατμού σε κινητική ενέργεια μιας στρεφόμενης μάζας, του τροφέα ή ρότορα του στροβίλου. Προορισμός του στροβίλου είναι επίσης η μετάδοση της κινητικής του ενέργειας στην ηλεκτρογεννήτρια με τη οποία βρίσκεται σε μηχανική ζεύξη, δηλαδή ο ατμοστρόβιλος και η ηλεκτρογεννήτρια έχουν κοινό άξονα περιστροφής.

Οι διαστάσεις των στροβίλων είναι αντιστρόφως ανάλογες της πίεσης λειτουργίας. Έτσι οι ατμοστρόβιλοι υψηλής πίεσης έχουν τις μικρότερες διαστάσεις, ενώ οι ατμοστρόβιλοι χαμηλής πίεσης έχουν τις μεγαλύτερες διαστάσεις. Οι ατμοστρόβιλοι είναι επομένως οι κινητήριες μηχανές των ηλεκτρογεννητριών των θερμικών σταθμών.

Κάθε ατμοηλεκτρικός σταθμός αποτελείται από διάφορες επιμέρους εγκαταστάσεις. Αυτές παρουσιάζονται σε απλοποιημένη μορφή στο σχήμα 1. Η λειτουργία του κύκλου είναι η εξής: Από την τροφοδοτική δεξαμενή το νερό, με την βοήθεια της τροφοδοτικής αντλίας και αύξηση της πίεσης του, οδηγείται στον ατμοπαραγωγό. Εκεί το νερό θερμαίνεται, ατμοποιείται και τελικά υπερθερμαίνεται. Από τον ατμοπαραγωγό με μια σειρά ασφαλιστικών οργάνων και βαλβίδων ρύθμισης, ο υπέρθερμος ατμός οδηγείται στο στρόβιλο όπου αποτονούται με απόδοση έργου σε μια γεννήτρια. Στην συνέχεια ο ατμός εισάγεται στο συμπυκνωτή, όπου ψύχεται και υγροποιείται. Τέλος με την αντλία συμπυκνώματος οδηγείται στη τροφοδοτική δεξαμενή. Ο θερμοδυναμικός κύκλος της εγκατάστασης παρουσιάζεται στο σχήμα 2 με την μορφή διαγραμμάτων p-v και T-s.



Σχήμα 1 : Σχηματικό διάγραμμα ροής του ιδανικού κύκλου Rankine.



Σχήμα 2 : Κύκλος Clausius-Rankine(υπέρθερμου ατμού) στα διαγράμματα p-v και T-s.

Πιο αναλυτικά , οι κυριες συνιστώσες της εγκατάστασης κατά αντιστοιχία με τις μεταβολές του κύκλου είναι οι παρακάτω :

Μεταβολή 3-4-αντλίες τροφοδοσίας

Οι αντλίες ανυψώνουν την πίεση του κορεσμένου νερού που επιστρέφει από το συμπυκνωτή , για να τη φέρουν στην τιμή πίεσης τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού.

Το νερό εισέρχεται στις αντλίες σε κατάσταση κορεσμού και κατά την έξοδο του είναι υποψυκτο.

Μεταβολές 4-B, B-1 , 1-1'-Ατμοπαραγωγός.

Ο ατμοπαραγωγός παράγει τον ατμό που απαιτείται για τη λειτουργία του ατμοστρόβιλου με καύση κάποιου καυσίμου. Η όλη διεργασία θέρμανσης του νερού , ατμοποίησης και υπερθέρμανσης γίνεται υπό σταθερή πίεση(για την ακρίβεια υπάρχει μικρή μεταβολή πίεσης που οφείλεται στις διαφορών ειδών απώλειες ολικής πίεσης κατά τη ροή μέσα στον ατμοπαραγωγό). Η διαφορετική φυσική κατάσταση του θερμαινόμενου μέσου οδηγεί σε διαφορετική κατασκευή των επιμέρους τμημάτων που διαχωρίζονται ως εξής:

Μεταβολή 4-B τμήμα στο οποίο γίνεται η προθέρμανση του νερού από υποψύκτη σε κορεσμένη κατάσταση και το οποίο ονομάζεται οικονομητήρας (ECO).

Μεταβολή B -1 πρόκειται για τον κυρίως λέβητα , στον οποίο γίνεται η ατμοποίηση του νερού, δηλαδή από κορεσμένο νερό σε κορεσμένο ατμό (ατμοποιητής , EVAP).

Μεταβολή 1 -1' στον κύκλο υπέρθερμου ατμού , υπάρχει υπερθερμαντήρας (SH) μετατρέπει τον κορεσμένο ατμό σε υπέρθερμο.

Μεταβολή 1'-2'-Ατμοστρόβιλος

Πραγματοποιεί την εκτόνωση του ατμού που εισέρχεται σε αυτόν από τον ατμοπαραγωγό , μετατρέποντας σε μηχανική ενέργεια την ενθαλπική πτώση του ατμού. Η μετατροπή γίνεται με χρήση διαδοχικών σειρών κινητών και σταθερών περυσίων , πρόκειται δηλαδή για τυπική περίπτωση θερμικής στροβιλομηχανής.

Μεταβολή 2'-3'- συμπυκνωτής

Συλλέγει και συμπυκνώνει τον ατμό εξόδου του στροβίλου απορρίπτοντας την απαραίτητη θερμότητα στο περιβάλλον. Πρόκειται για εναλλάκτη θερμότητας , στον οποίο ανταλλάσσεται θερμότητα μεταξύ 2 ρευμάτων:

A) του ατμού εξόδου του στροβίλου , που συμπυκνώνεται και οδηγείται προς το σύστημα τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού , απορρίπτοντας θερμότητα.

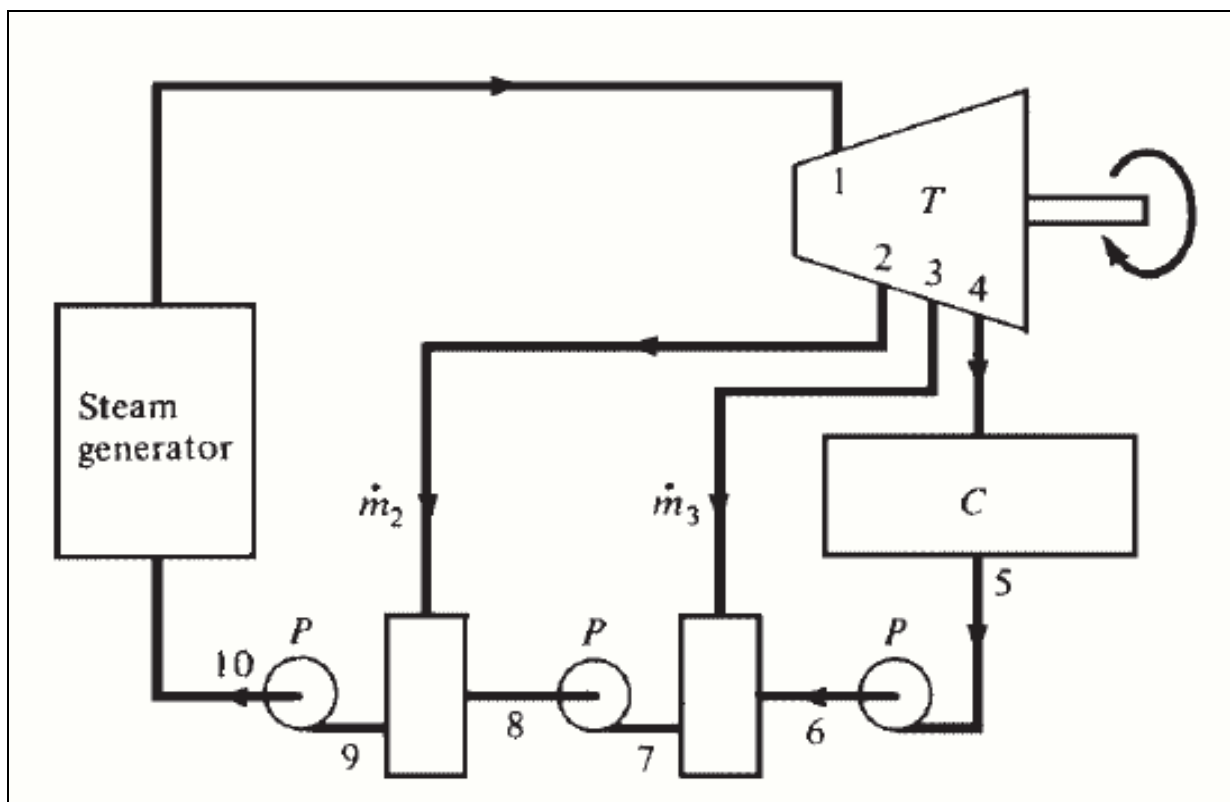
B) του νερού ψύξης που παραλαμβάνει την απορριπτόμενη θερμότητα.

Σε όλες τις περιπτώσεις του κύκλου ατμού του μηχανικού έργου γίνεται στον ατμοστρόβιλο , ο οποίος όμως υλοποιεί μόνο μια μεταβολή του κύκλου. Οι υπόλοιπες μεταβολές γίνονται από τμήματα της εγκατάστασης διαχωρισμένα από τον ατμοστρόβιλο.

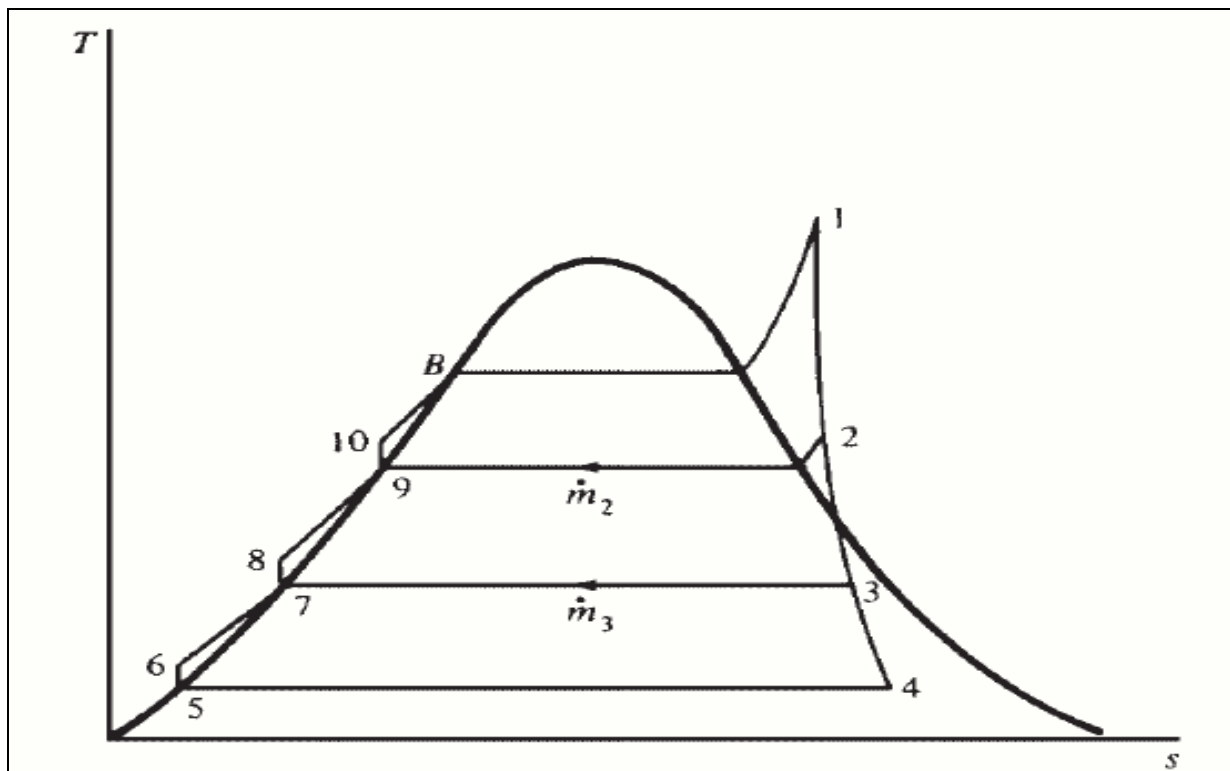
## Κύκλος απομάστευσης και προθέρμανσης

Πρόκειται για μια βασική παραλλαγή του απλού κύκλου. Ποσοστά παροχής ατμού αναιρούνται από διάφορες θέσεις κατά μήκος του στροβίλου και χρησιμοποιούνται για προθέρμανση του τροφοδοτικού νερού. Ο λόγος για τον οποίο ο κύκλος απομάστευσης μπορεί να δώσει μεγαλύτερη απόδοση από τον απλό κύκλο είναι ότι, αν η ολόκληρη η ποσότητα του ατμού εκτονωθεί μέσω του στροβίλου, τότε προκύπτει μηχανικό έργο, ίσο με την διαθέσιμη ενθαλπική πτώση, ενώ το Α μέρος του ατμού εκτονωθεί μερικά και στην συνέχεια χρησιμοποιηθεί για την προθέρμανση τροφοδοτικού νερού, είναι δυνατό η συνολική ωφέλιμη διαφορά ενθαλπίας που αποδίδεται από τον ατμό να είναι μεγαλύτερη. Έτσι προκύπτει αύξηση του βαθμού απόδοσης, καθώς από θερμοδυναμική άποψη η εσωτερική θέρμανση του νερού έχει ως αποτέλεσμα η εξωτερική θερμότητα να προσδίδεται μόνο για ατμοποίηση. Υπάρχει δηλαδή πρόσδοση θερμότητας σε υψηλότερη μέση θερμοκρασία με αποτέλεσμα την αύξηση του βαθμού απόδοσης.

Ο ιδανικός κύκλος αναγέννησης μπορεί να προσεγγιστεί με έναν αριθμό απομαστευσεων-προθερμάνσεων που μπορούν να υλοποιηθούν με διάφορους τρόπους (παρακάτω σχήματα). Οι προθερμαντήρες που χρησιμοποιούνται είναι δυο ειδών : ανοιχτού και κλειστού τύπου.



Σχήμα 3: Σχηματικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης με δυο προθερμαντήρες ανοικτού τύπου.



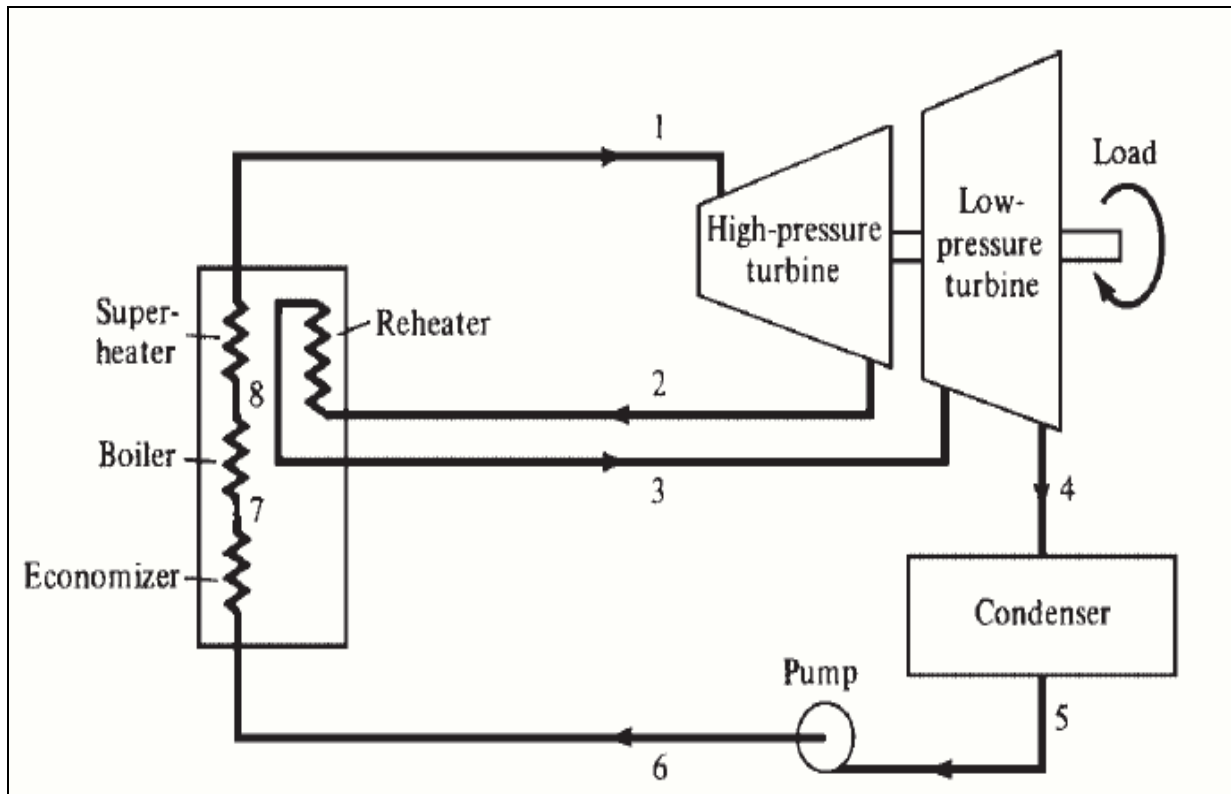
Σχήμα 4: Κύκλος Rankine (υπέρθερμου ατμού) με δυο προθερμαντήρες ανοικτού τύπου σε διάγραμμα T-s.

### Κύκλος με αναθέρμανση

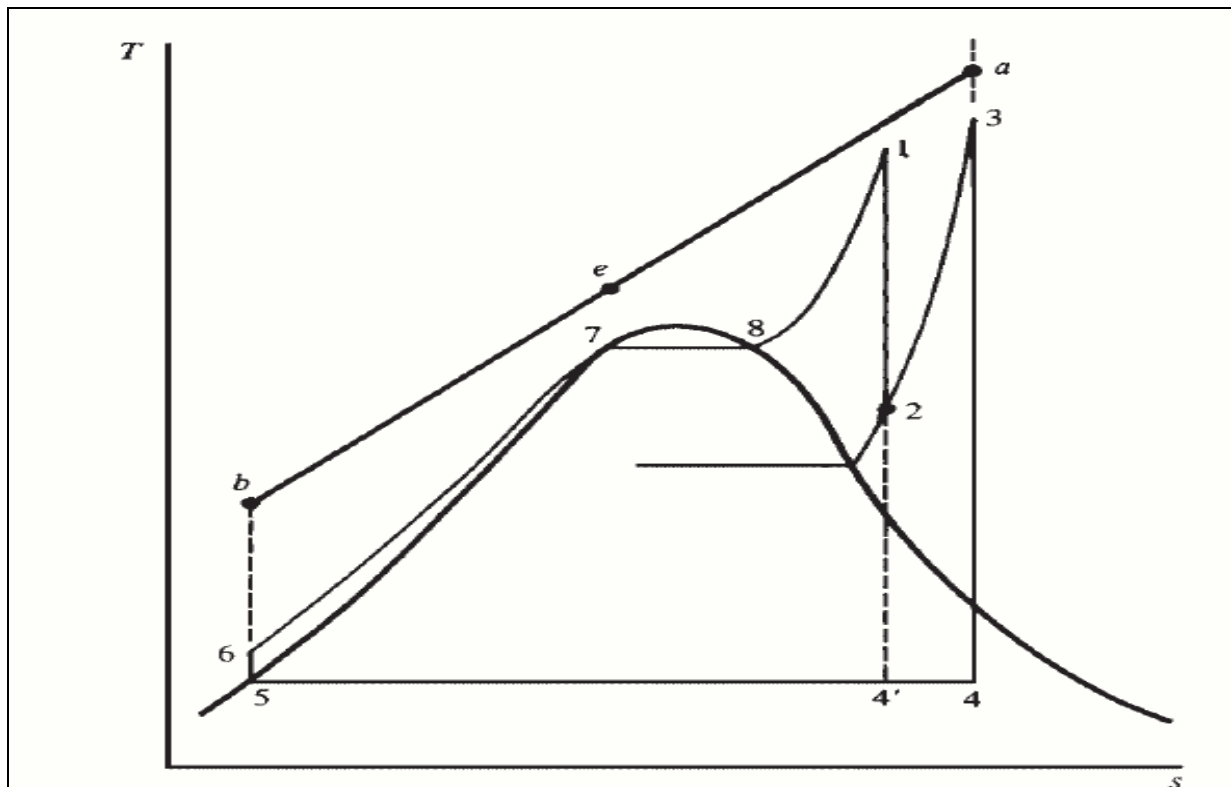
Ένας άλλος τρόπος αύξησης του βαθμού απόδοσης είναι η εφαρμογή της αναθέρμανσης. Αφού πραγματοποιηθεί μέρος της εκτόνωσης, ο ατμός που διοχετεύεται σε αναθερμαντή όπου του προσδίδεται πλέον θερμότητα, αυξάνεται η θερμοκρασία και στην συνέχεια εκτονώνεται. Ο κύκλος με αναθέρμανση φαίνεται στο σχήμα 5, ενώ η σχηματική διάταξη με την οποία επιτυγχάνεται παρουσιάζεται στο σχήμα 6.

Η αναθέρμανση μπορεί να γίνει σε μια ή περισσότερες βαθμίδες και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας πρόσδοσης θερμότητας του κύκλου. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα που προκύπτει από την αναθέρμανση είναι ότι για συγκεκριμένη τελική πίεση εξόδου στο στρόβιλο, μειώνεται ο αριθμός των βαθμίδων που λειτουργούν με υγρό ατμό. Έτσι μειώνονται οι απώλειες υγρότητας και μειώνονται τα προβλήματα διάβρωσης από την κρούση σταγονιδίων στα περύγια του αμοστροβίλου.





Σχήμα 5: Σχηματικό διάγραμμα ροής εγκατάστασης με αναθέρμανση



Σχήμα 6: Κύκλος Rankine (υπέρθερμου ατμού) με αναθέρμανση σε διάγραμμα T-s.

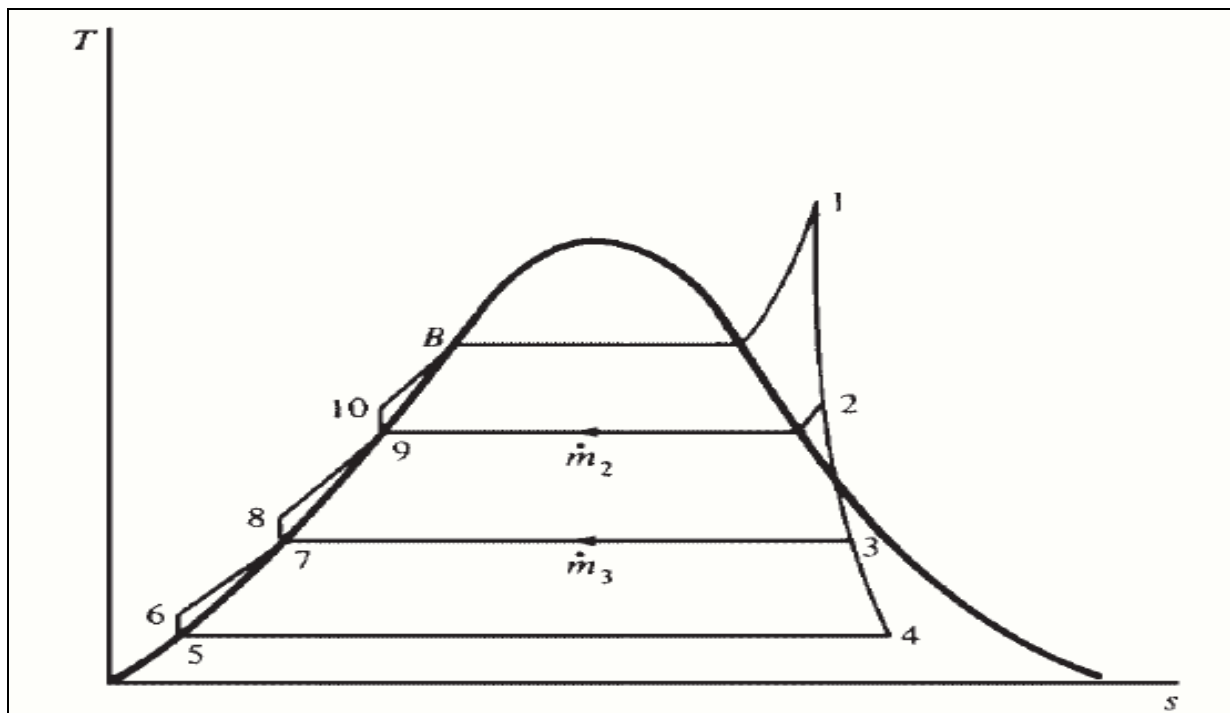
## Τμήματα Ατμοηλεκτρικών Σταθμών

Οι ΑΗΣ αποτελούνται κυρίως από ατμοπαραγωγούς , ατμοστροβίλους , γεννήτριες , συμπυκνωτές ατμού σύστημα προθέρμανσης τροφοδοτικού νερού κ.λ.π. Η μέγιστη ισχύς μιας μονάδας ξεπερνά σήμερα τα 1000 MW. Ο βαθμός απόδοσης έχει ξεπεράσει το 43 %. Ως καύσιμα χρησιμοποιούνται κυρίως λιθάνθρακες , φαιάνθρακες βαρύ πετρέλαιο και φυσικό αέριο.

Συναντώνται κυρίως σα μονάδες φορτιού βάσης αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν μονάδες μεσαίου φορτιού (μεταξύ 2000και 5000 h/a) και φορτιού αιχμής (500-2000 h/a). Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των βασικών εξαρτημάτων της ΑΗΣ ανεξαρτήτως του καυσίμου που χρησιμοποιούν.

### Ατμοπαραγωγός

Ο ατμοπαραγωγός είναι ένα σύστημα παραγωγής ατμού , με ορισμένα θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά και καθορισμένη περιοχή. Μπορεί να θεωρηθεί εναλλάκτης θερμότητας μεταξύ ρεύματος θερμού καυσαερίου και ρεύματος νερού , καθώς διαρρέει τον ατμοπαραγωγό μετασχηματίζεται βαθμιαία σε κορεσμένο και υπέρθερμο ατμό, παίρνοντας θερμότητα από το καυσαέριο(σχήμα 7).



Σχήμα 7: Διάγραμμα θερμοκρασίας – μεταφοράς θερμότητας για ατμοπαραγωγό.

Το ρεύμα του θερμού καυσαερίου , που αποτελεί τον φορέα της συναλλασσόμενης θερμότητας δημιουργείται μέσα στον ατμοπαραγωγό με την καύση του καυσίμου. Τόσο το εργαζόμενο μέσο (νερό η ατμός) όσο και ο φορέας θερμότητας (καυσαέριο) , κυκλοφορούν σε σύστημα αγωγών μέσα από τοιχώματα των οποίων μεταφέρεται η θερμότητα από το καυσαέριο στο εργαζόμενο μέσο. Η επιφάνεια των τοιχωμάτων

των αγωγών ατμού ή νερού, που έρχεται σε επαφή με το καυσαέριο, αποτελεί τη θερμαινόμενη επιφάνεια του ατμοπαραγωγού.

Σε μεγάλους ατμοπαραγωγούς, το σύστημα αγωγών, μέσα στους οποίους κυκλοφορεί το εργαζόμενο μέσο, αποτελείται από πολλούς παράλληλους σωλήνες μικρής σχετικά διαμέτρου. Η καύση του καυσίμου και η δημιουργία του καυσαερίου γίνεται σε ειδικό χώρο του ατμοπαραγωγού, που ονομάζεται θάλαμος καύσης ή εστία. Ο θάλαμος αυτός είναι συνήθως ντυμένος εσωτερικά με σειρά σωλήνων, μέσα στους οποίους κινείται το νερό που πρόκειται να ατμοποιηθεί. Λόγω της ακτινοβολίας της φλόγας και επειδή το καυσαέριο κατά το σχηματισμό του έχει μεγάλη θερμοκρασία ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας μεταδίδεται στους σωλήνες που ντύνουν το θάλαμο καύσης με ακτινοβολία.

Με βάση την κυκλοφορία του εργαζόμενου μέσου οι ατμοπαραγωγοί χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

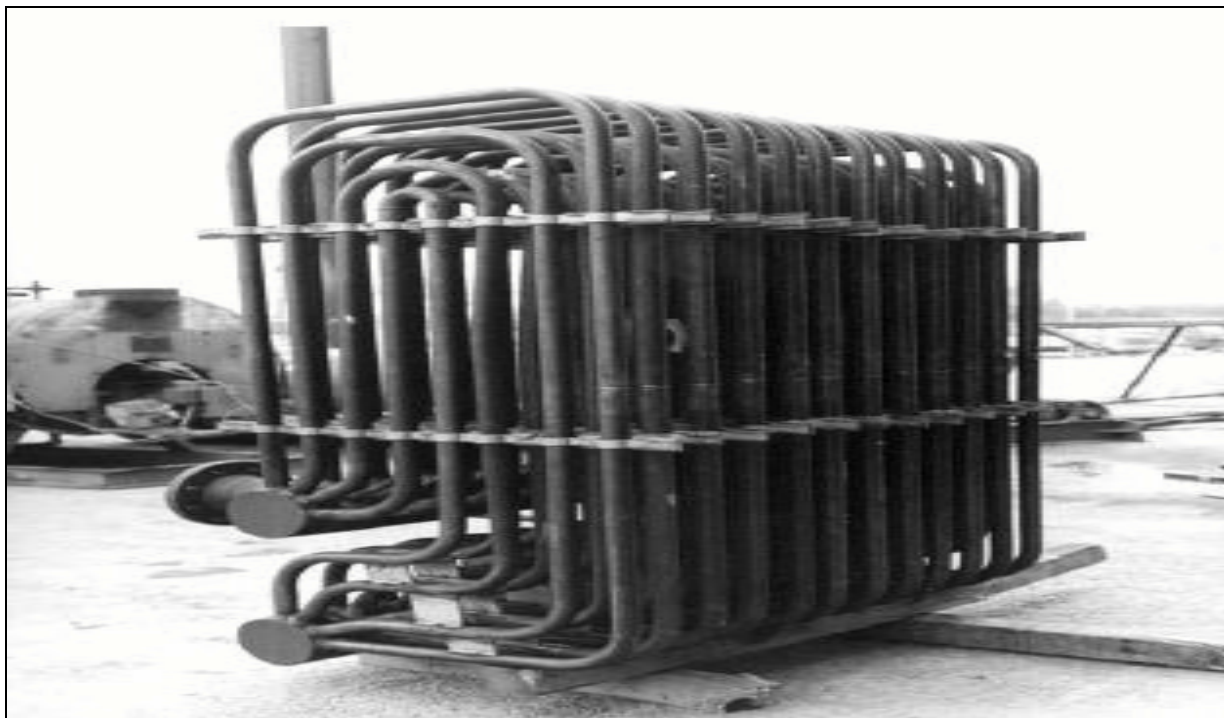
- Ατμοπαραγωγοί με φυσική κυκλοφορία
- Ατμοπαραγωγοί με τεχνητή κυκλοφορία
- Ατμοπαραγωγοί εξαναγκασμένης ροής

Οι σύγχρονοι ατμοπαραγωγοί, που έχουν εξελιχθεί σε πολύ μεγάλες και πολύπλοκες κατασκευές, εκτός από το σύστημα ατμοποίησης είναι εξοπλισμένοι με:

### **Υπερθερμαντήρες**

Οι υπερθερμαντήρες έχει σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας του κορεσμένου ατμού και τοποθετείται μετά το σύστημα ατμοποίησης. Αποτελείται από ένα ή περισσότερα τμήματα (σερπαντίνες σωλήνων), που τοποθετούνται σε διαφορετικά σημεία στη ροή των καυσαερίων. Μεταξύ των τμημάτων του υπερθερμαντήρα τοποθετούνται ψύκτες ατμού για την ρύθμιση της θερμοκρασίας του.

Ανάλογα με την περιοχή τοποθέτησης του υπερθερμαντήρα και τον τρόπο μετάδοσης θερμότητας, διακρίνονται υπερθερμαντήρες ακτινοβολίας ή επαφής μεταφοράς.



Εικόνα 1: Υπερθερμαντήρες με βρόχους

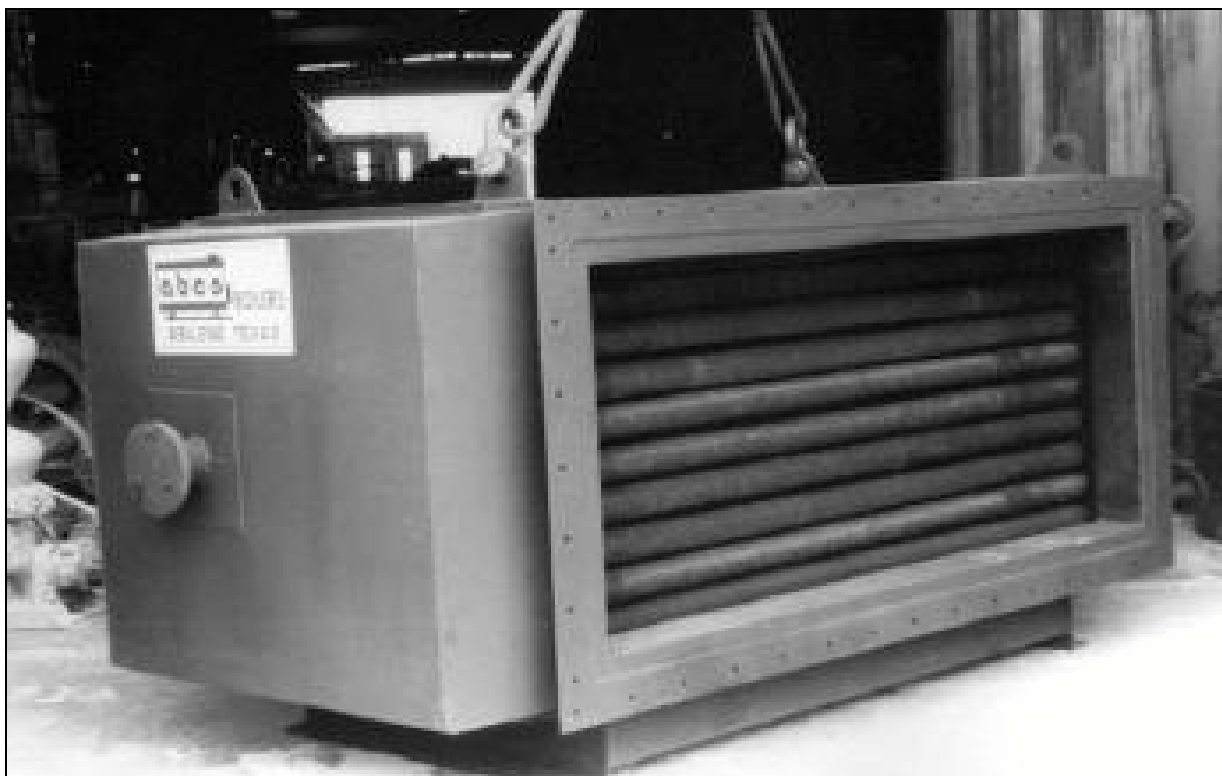
### Αναθερμαντήρες

Ο αναθερμαντής ατμού είναι μια επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας που χρησιμεύει για την αναθέρμανση του ατμού μετά την μερική αποτόνωση του, στο τμήμα υψηλής πίεσης του ατμοστροβίλου. Η κατασκευή του αναθερμαντή, μορφολογικά είναι ίδια με αυτήν του υπερθερμαντήρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας του ατμού γίνεται, συνήθως μέχρι την θερμοκρασία που έχει αυτός, κατά την έξοδο του από υπερθερμαντήρα. Και εδώ είναι απαραίτητη η ρύθμιση της θερμοκρασίας ατμού, που γίνεται με διαφόρους μεθόδους.

### Προθερμαντήρες νερού

Ο προθερμαντήρας νερού ή οικονομητήρας προθερμαίνει το νερό τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού, πριν αυτό οδηγηθεί στο σύστημα ατμοποίησης. Η θερμότητα που φέρουν ακόμα τα καυσαέρια τα οποία έχουν προσφέρει ήδη θερμότητα στις επιφάνειες του συστήματος ατμοποίησης, υπερθερμαντήρα και αναθερμαντήρα αξιοποιείται για την θέρμανση του τροφοδοτικού νερού, μέχρις θερμοκρασίας μικρότερης κατά 30 - 50 C της θερμοκρασίας κορεσμού που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας.

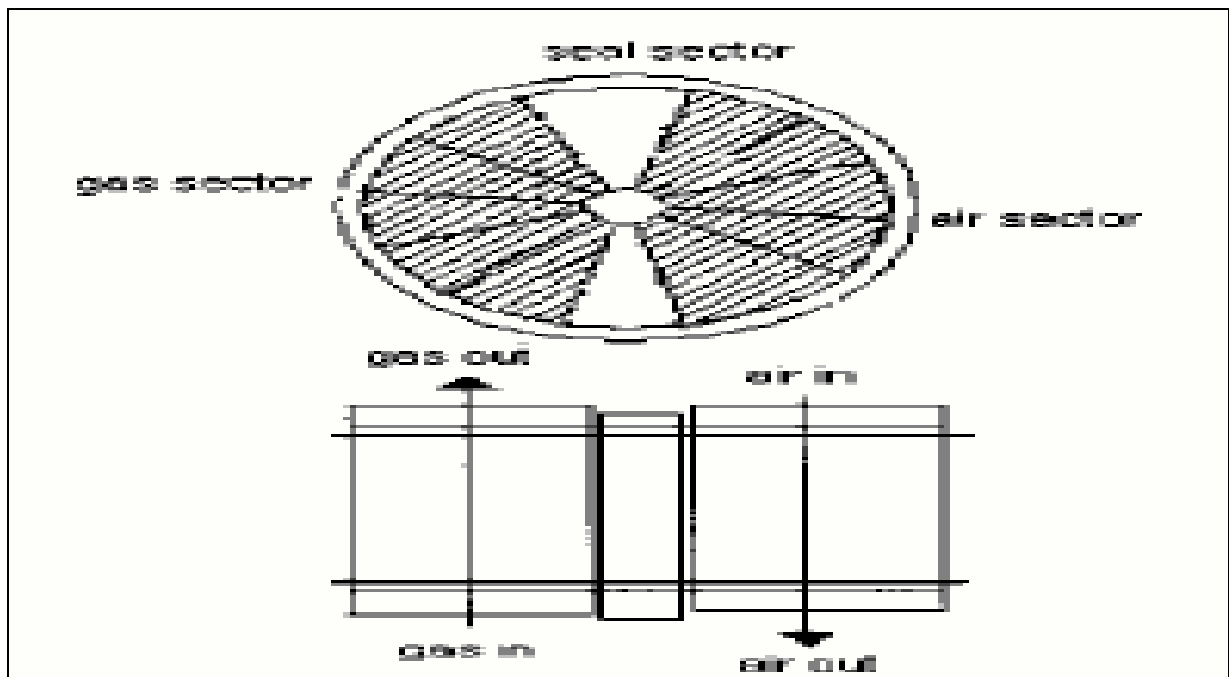
Οι οικονομητήρες αποτελούνται από συλλέκτες εισόδου - εξόδου και από σερπαντίνες χαλυβδοσωλήνων, γυμνών ή με περύγια.



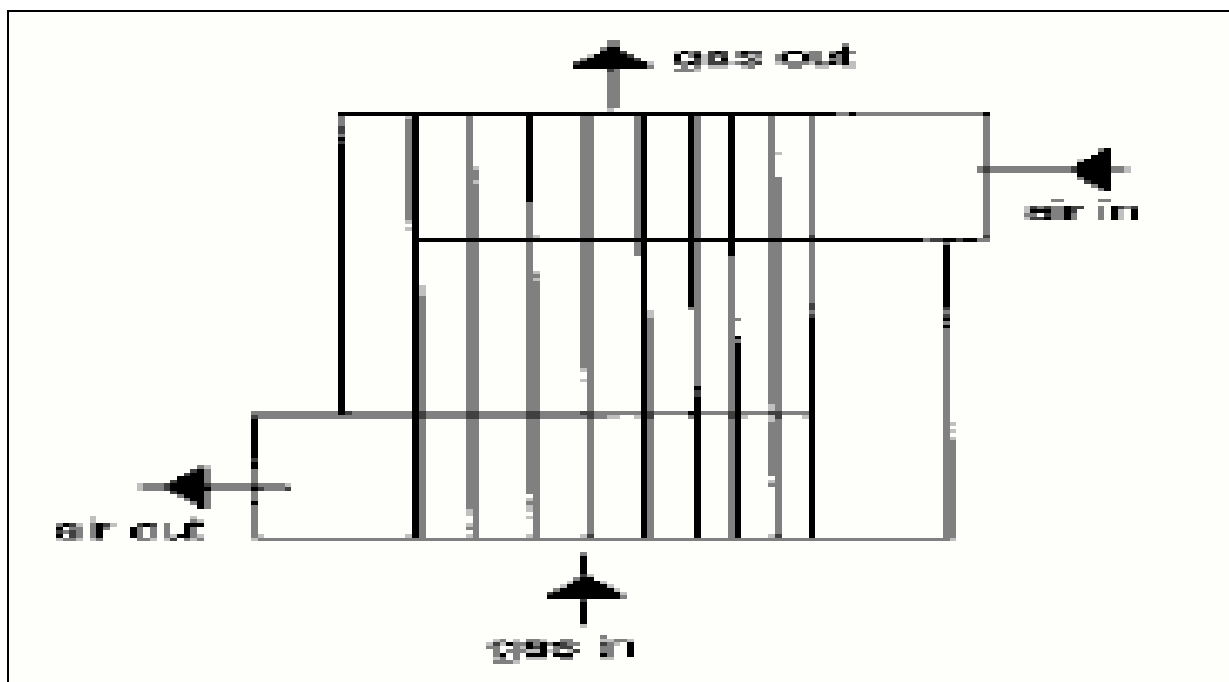
Εικόνα 2: Προθερμαντήρας

### Προθερμαντήρας αέρα καύσης (LUVO)

Η χρήση των προθερμαντήρων αέρα καύσης βελτιώνει το βαθμό απόδοσης του ατμοπαραγωγού, μειώνοντας τη θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων και, επίσης συμβάλλοντας σημαντικά στην καλύτερη και ταχύτερη διεργασία καύσης ιδιαίτερα όταν τα καύσιμα έχουν περιεκτικότητα σε υγρασία. Η τελική θερμοκρασία εξόδου των καυσαερίων από τον προθερμαντήρα αέρα εξαρτάται από την θερμοκρασία δροσού των καυσαερίων και δεν πρέπει ποτέ να είναι ίση ή μικρότερη από αυτήν. Όσο μεγαλύτερη η περιεκτικότητα του καυσίμου σε θείο, τόσο υψηλότερο είναι το σημείο δρόσου των καυσαερίων. Υπάρχουν διαφόρων ειδών προθερμαντήρες αέρα π.χ προθερμαντήρες με πλάκες περιστρεφόμενοι προθερμαντήρες ή προθερμαντήρες αέρα σε σωλήνες.



Σχήμα 8: Περιστρεφόμενος προθερμαντήρας αέρα



Σχήμα 9: Προθερμαντήρας αέρα με σωλήνες

### Προθερμαντές νερού

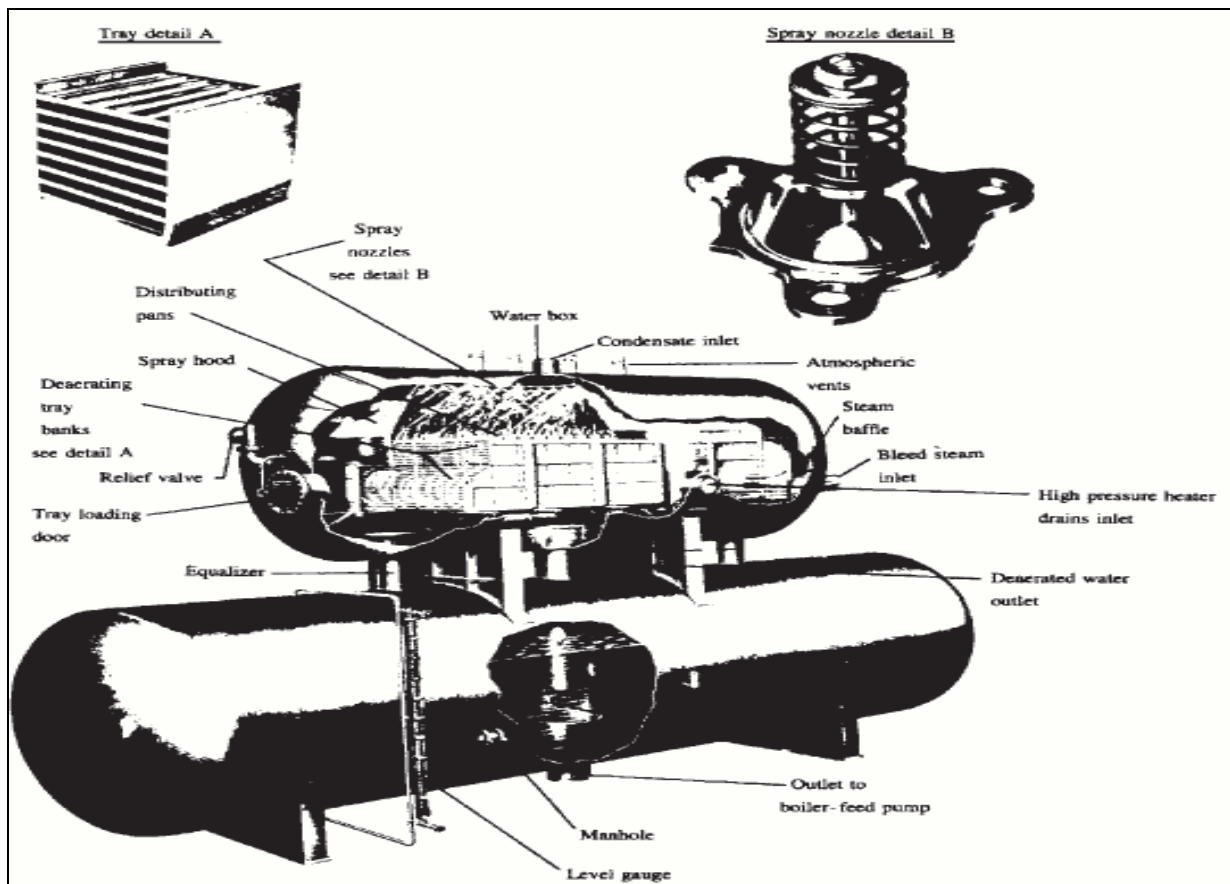
Η υλοποίηση του κύκλου απομάστευσης και προθέρμανσης μπορεί να γίνει με διαφορετικές διατάξεις, όσον αφορά στον τρόπο διαχείρισης του απομαστευόμενου ατμού και των συμπυκνωμάτων. Έτσι έχουμε δυο βασικούς τύπους προθερμαντήρων καθένας από τους οποίους συνεπάγεται και διαφορετική διάταξη του κύκλου στο τμήμα προετοιμασίας του νερού τροφοδοσίας του λέβητα.

## Προθερμαντήρες ανοικτού τύπου (άμεσης επαφής)

Οι προθερμαντήρες αυτοί αναμιγνύουν τον απομαστευόμενο ατμό με συμπύκνωμα επιστροφής. Το πλεονέκτημα τους είναι η πολύ καλή απόδοση της προθέρμανσης και η απλή κατασκευή τους. Το μειονέκτημα είναι ότι, για να γίνει ανάμιξη συμπυκνώματος -ατμού, επειδή ο θερμότερος ατμός είναι σε υψηλότερη πίεση, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται μια αντλία συμπυκνώματος ανά προθερμαντήρα. Στον πρώτο προθερμαντήρα π.χ κορεσμένο νερό από την έξοδο του συμπυκνωτή, συμπέζεται και έρχεται σε υπόψυκτη κατάσταση, σε πίεση ίση με αυτή του ατμού της τελευταίας απομάστευσης.

Το σημαντικό στοιχείο στη διεργασία αυτή είναι ότι η ποσότητα ατμού που απομαστεύεται για προθέρμανση επιλέγεται έτσι ώστε το νερό στην έξοδο του προθερμαντή να βρίσκεται σε κορεσμένη κατάσταση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του προθερμαντήρα ανοικτού τύπου είναι ότι δρα ως απαεριωτής. Η διάσπαση του νερού σε σταγονίδια κατά την ανάμιξη του με τον ατμό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της επιφάνειας και την απελευθέρωση αερίων διαλυμένων στο νερό ( $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ). Η απαλλαγή του νερού από τέτοια αέρια είναι απαραίτητη για την αποφυγή διαβρώσεων στον ατμοπαραγωγό.



Σχήμα 10: Απαεριωτής - Προθερμαντήρας ανοικτού τύπου

## Προθερμαντήρες κλειστού τύπου

Στους προθερμαντήρες αυτούς , ο ατμός ρέει σε χωριστούς σωλήνες από το συμπύκνωμα. Πρόκειται δηλαδή για τοπικούς εναλλάκτες θερμότητας , στους οποίους η συναλλαγή θερμότητας γίνεται μέσω τοιχωμάτων των σωλήνων. Η θερμική τους απόδοση είναι κατά συνέπεια μικρότερη , όμως έχουν το πλεονέκτημα ότι χρειάζεται μόνο μια αντλία , δεδομένου ότι το κύκλωμα νερού είναι χωριστό από αυτό του ατμού , και έτσι μπορεί να διαχωριστεί ανεξάρτητα από τον ατμό.

Ανάλογα με τον τρόπο που είναι διατεταγμένοι οι προθερμαντές κλειστού τύπου έχουμε δυο είδη διατάξεων.

Η πρώτη διάταξη χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι, το συμπύκνωμα από κάθε προθερμαντή οδηγείται προς τον επόμενο , που βρίσκεται σε χαμηλότερη πίεση (συμπύκνωμα προς τα πίσω).

Σε κάθε προθερμαντή ο ατμός ψύχεται και συμπυκνώνεται, ενώ μπορεί να ψυχθεί ακόμα παραπέρα. Έτσι ο προθέρμανσης μπορεί να χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό των παρακάτω διεργασιών όσον αφορά στον ατμό απομάστευσης: ψύξη υπέρθερμου ατμού , συμπύκνωση κορεσμένου ατμού , ψύξη συμπυκνώματος. Σημειώνεται ότι μετά την έξοδο του συμπυκνώματος για να τροφοδοτηθεί αυτό στον επόμενο προθερμαντή πρέπει να στραγγαλιστεί για να πέσει η πίεση του. Έτσι δημιουργούνται απώλειες που μειώνουν την αποδοτικότητα του συστήματος.

Το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια μονό αντλία τροφοδοσίας. Πιθανά να τοποθετούνται και δυο , μια αντλία συμπυκνώματος και μια αντλία τροφοδοσίας του ατμοπαραγωγού , για να μη βρίσκεται ολόκληρο το σύστημα τροφοδοσίας σε υψηλή πίεση και να μειώνεται το έργο κάθε αντλίας. Από την άλλη μεριά αν χρησιμοποιηθεί προθέρμανσης ανοικτού τύπου σαν απαεριωτής , μετά από μια σειρά προθερμαντών κλειστού τύπου , αυτόματα απαιτείται η προσθήκη μιας αντλίας.

Στο δεύτερο είδος διάταξης , το νερό από το συμπυκνούμενο , απομαστευόμενο ατμό τροφοδοτείται στο κυρίως νερό τροφοδοσίας μετά τον προθερμαντή (συμπύκνωμα προς τα μπρος). Επειδή η πίεση του είναι χαμηλότερη από την πίεση τροφοδοσίας χρειάζεται μια αντλία που προκαλεί τη απαιτούμενη ανύψωση πίεσης. Έτσι δεν υπάρχουν απώλειες στραγγαλισμού αλλά έχει προστεθεί μια μικρή αντλία. Σημειώνεται ότι , πρόκειται για πολύ μικρότερη προσθετή πολυπλοκότητα από την περίπτωση προθερμαντήρων ανοικτού τύπου.

Συνήθως όταν υπάρχει μια σειρά προθερμαντών κλειστού τύπου στην τελευταία βαθμίδα προθέρμανσης χρησιμοποιείται προθερμαντής ανοικτού τύπου που λειτουργεί ως απαεριωτής. Ο λόγος χρήσης του είναι για την απομάκρυνση των αερίων , που είναι διαλυμένα στο συμπύκνωμα (κυρίως οξυγόνου) ώστε να προστατευτεί ο λέβητας από διάβρωση.



## Ατμοστρόβιλος

Οι ατμοστρόβιλοι είναι απλές θερμικές μηχανές που έχουν μεγάλη ταχύτητα περιστροφής και μεγάλη συγκέντρωση ισχύος. Στον ατμοστρόβιλο όπως και στον αεροστρόβιλο επιδιώκουμε την μετατροπή της θερμικής ενέργειας του εργαζομένου μέσου σε κινητική ενέργεια και αυτής σε μηχανικό έργο. Σήμερα κατασκευάζονται ατμοστρόβιλοι από λίγα kW μέχρι περίπου 1300 MW σε μια άτρακτο.

Η μετατροπή της ενέργειας σε κινητική γίνεται με την βοήθεια ακροφύσιων ή με τη βοήθεια περυγίων (οδηγών ή κινητών). Κατά την μετατροπή της θερμικής ενέργειας σε κινητική η δέσμη του ατμού αποκτά μεγάλη ταχύτητα. Η κινητική αυτή ενέργεια λόγω αλλαγής κατεύθυνσης της δέσμης του ατμού στα κινητά περύγια δημιουργεί μια περιφερειακή δύναμη όσης, η οποία δημιουργεί τη ροπή στρέψης στην άτρακτο του στρόβιλου. Κάθε στρόβιλος αποτελείται από δυο κυρία τμήματα :

- Το κέλυφος με τα οδηγία περύγια ή ακροφύσια που έχουν προορισμό να προσάγουν τον ατμό με την επιθυμητή κατεύθυνση του δρομαία.
- Την κινητή στεφάνη (δρομαία) με τα κινητά περύγια όπου η υπάρχουσα συνολική ενέργεια που αποτελείται από την πώση της πίεσης προ του κινητού τροχού και είναι σχεδόν ίδια με την αδιαβατική θερμική πώση, μετατρέπεται σε μηχανικό έργο.

Καταρχήν ο ατμός εισέρχεται στα ακροφύσια εισόδου, όπου η δυναμική ενέργεια του ατμού μετατρέπεται (με μείωση της πίεσης του) σε κινητική ενέργεια. Η ταχύτητα του ατμού αυξάνεται από 30-50 m/s σε 100-400 m/s.

Στην συνέχεια στο περύγιο δρομαία μετατρέπεται η κινητική ενέργεια του ατμού με αλλαγή κατεύθυνσης σε μηχανική ενέργεια. Το φαινόμενο αυτό επαναλαμβάνεται σε κάθε περύγιο του δρομαία μέχρι της τελικής πίεσης.

Η τελική πίεση μπορεί να είναι υπερπίεση ή υποπίεση σε στρόβιλους που εργάζονται με ψυγείο. Στις τελευταίες βαθμίδες, η ταχύτητα ροής ελαττώνεται και φτάνει περίπου τα 100 m/s. Η χρονική διάρκεια από την είσοδο του ατμού στο στρόβιλο μέχρι την είσοδο του ατμού στο συμπυκνωτή είναι ελάχιστη.

Στο ψυγείο ο εξερχόμενος ατμός από το στρόβιλο ψύχεται και αναιρουμένης της θερμότητας ατμοποίησης, γίνεται πάλι νερό. Υπολογίζεται ότι η θερμοκρασία του νερού ψύξης στο συμπυκνωτή αυξάνεται περίπου κατά 8-10 C. Αυτό σημαίνει ότι για τη συμπύκνωση του ατμού χρειάζεται 50πλάσια ποσότητα νερού ψύξης.

Συνηθίζεται οι ατμοστρόβιλοι να χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με ορισμένα χαρακτηριστικά τους που σχετίζονται με το είδος σχεδίασης, τη διάταξη των επιμέρους τμημάτων τους και την κατάσταση του ατμού στην είσοδο ή την έξοδο.

## Τύποι περυγώσεων

### Στρόβιλοι δράσεως (Impulse Turbines)

Πρόκειται για στρόβιλος με μηδενικό βαθμό αντίδρασης. Τα επιμέρους είδη τους είναι :”

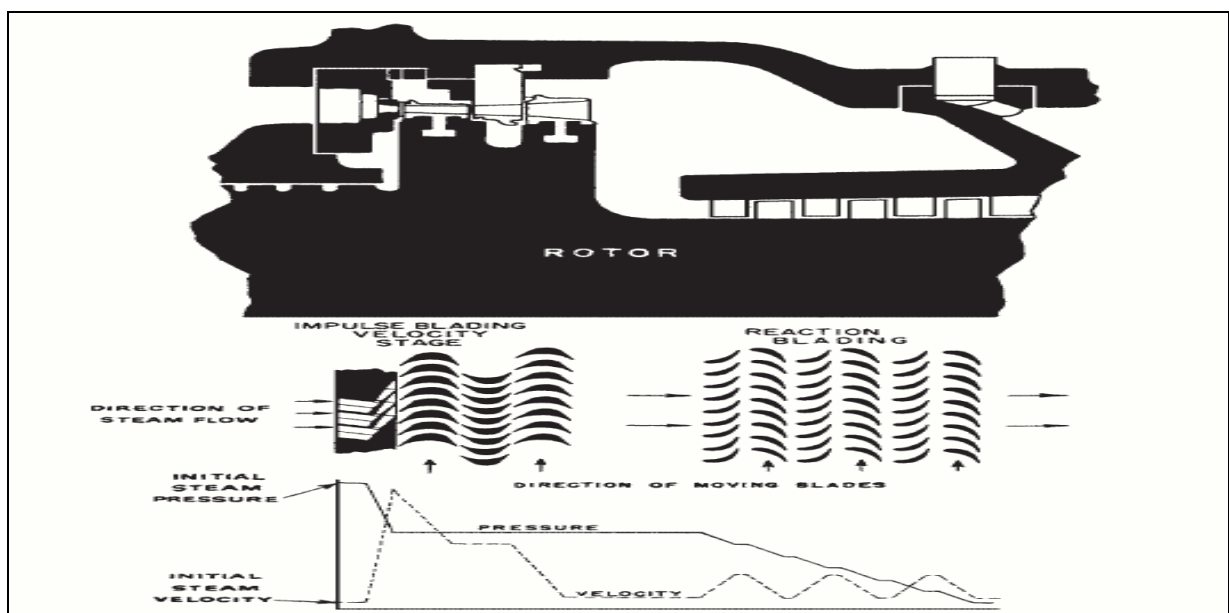
- Μονοβαθμιαίοι στρόβιλοι δράσεως
- Βαθμίδες ταχύτητας (Curtis)
- Βαθμίδες πίεσης (Rateau)

Τα περύγια της σταθερής περυγώσης είναι τέτοια ώστε να δημιουργούν ακροφυσία με σκοπό να επιταχύνουν τη διερχόμενη ροή , μειώνοντας ταυτόχρονα την πίεση. Η ροή η οποία εξέρχεται από τα ακροφυσία οδηγείται με υψηλή ταχύτητα στα κινούμενα περύγια τα οποία και ωθεί με την δύναμη που οφείλεται στη μεταβολή της ορμής του ρευστού και μονό. Έτσι έχουμε εξάσκηση δύναμης που έχει την ίδια φύση με την δύναμη που ασκεί ελεύθερη δέσμη που προσπίπτει σε τοίχωμα.

Τότε μιλάμε για βαθμίδα δράσεως και η δύναμη στα περύγια οφείλεται στην αλλαγή κατεύθυνσης της ροής , χωρίς να μεταβάλλεται η σχετική ταχύτητα της περωτής. Κατά την διόδο του ρευστού μέσω των κινουμένων περυγίων δεν έχουμε μεταβολή της στατικής του πίεσης μεταξύ της εισόδου και της εξόδου του ρότορα.

### Στρόβιλοι δράσεως (Reaction Turbines , Parsons)

Πρόκειται για στρόβιλους με βαθμό αντίδρασης μεγαλύτερο του μηδενός( $r > 0$ ). Ανάλογα με το βαθμό αντίδρασης έχουμε μείωση της πίεσης τόσο στον ροτορα όσο και στο στατορα , εκτός από την περίπτωση που ο βαθμός αντίδρασης είναι 100 % και τότε όλη η μεταβολή πίεσης γίνεται στον ρότορα.



Σχήμα 11: Βαθμίδες δράσης και αντίδρασης

## Γενική διάταξη ροής

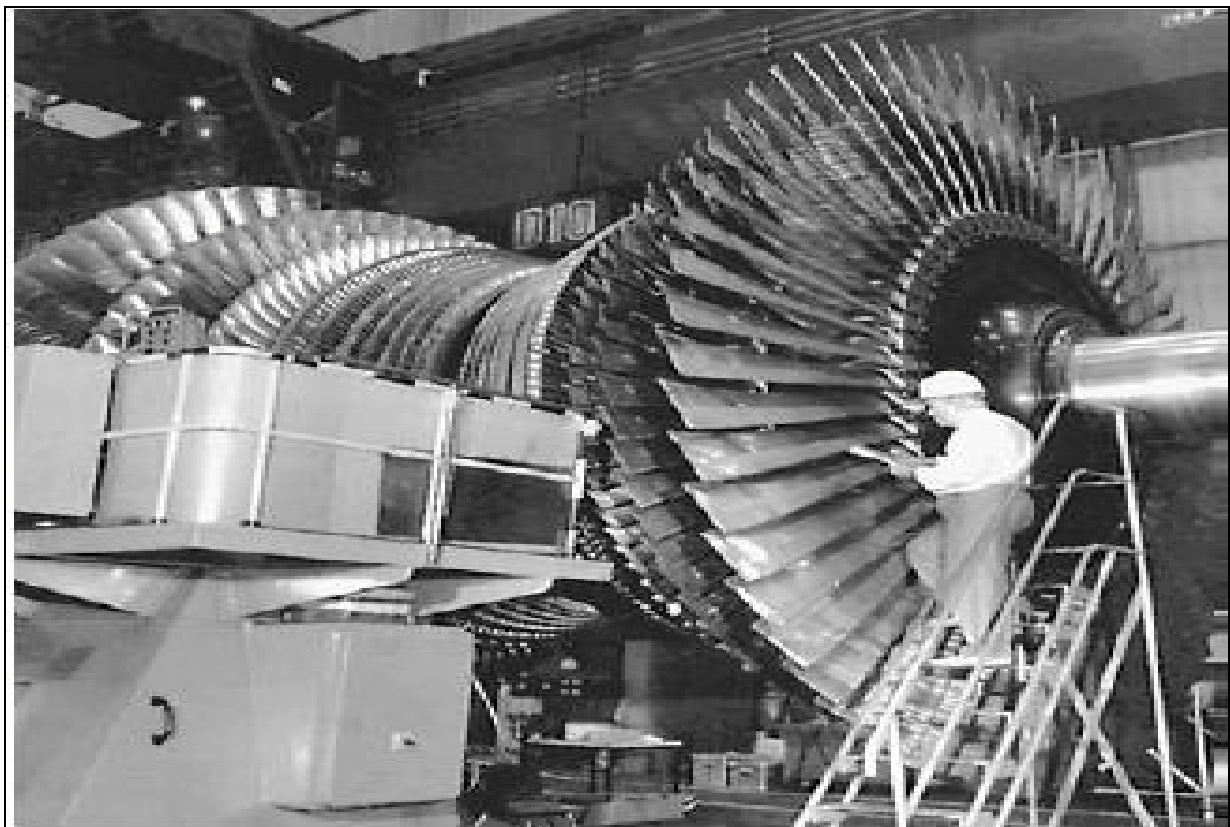
Απλής ροής , οπού ο ατμός κινείται προς μια κατεύθυνση , από την είσοδο υψηλής πίεσης μέχρι την έξοδο.

Διπλής ροής η αντιρροής, οπού ο ατμός χωρίζεται σε δυο κλάδους περνώντας σε αντίθετες φορές από δυο διαφορετικές σειρές βαθμιδών πάνω στον ίδιο ρότορα.

Σύνθετης διάταξης , οπού ο ατμός περνά από μια σειρά χωριστές μονάδες.

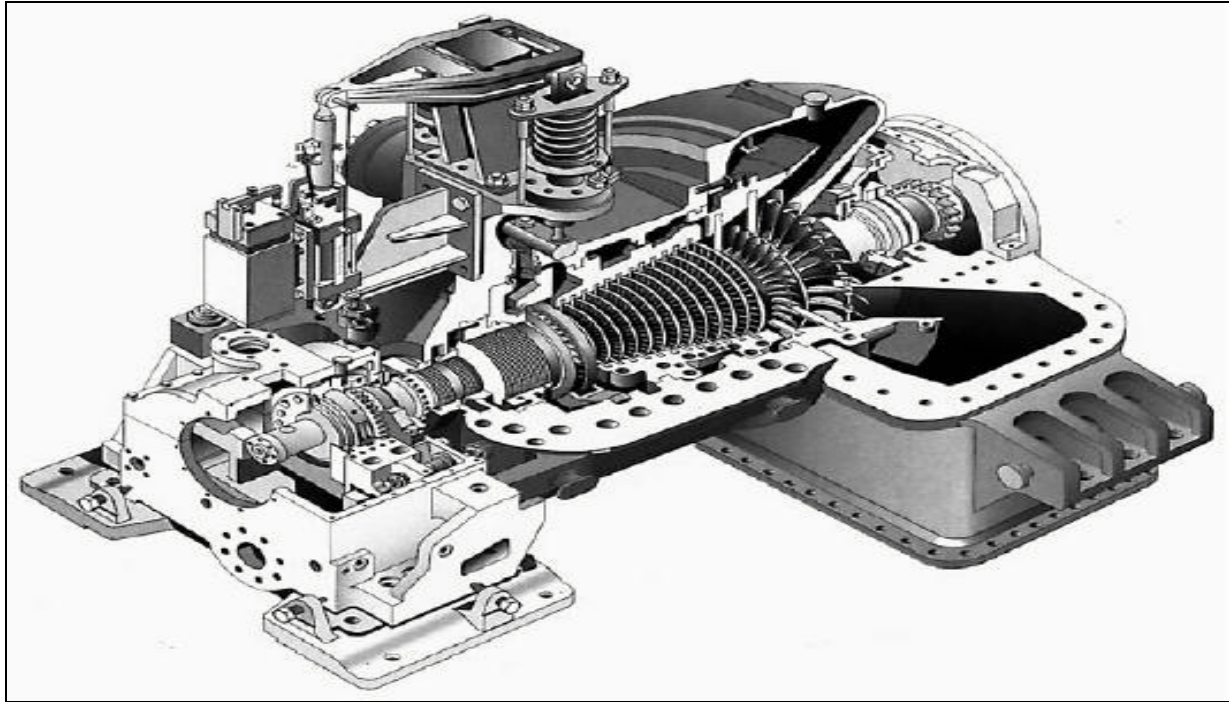
## Συνθήκες τροφοδοσίας εξόδου

Ατμοστρόβιλοι συμπυκνώσεως, οπού η έξοδος του ατμού γίνεται στον συμπυκνωτή στον οποίο έχουμε υγροποίηση του ατμού. Ο συμπυκνωτής βρίσκεται σε πολύ χαμηλή πίεση αρκετά μεγαλύτερη από τη ατμοσφαιρική.



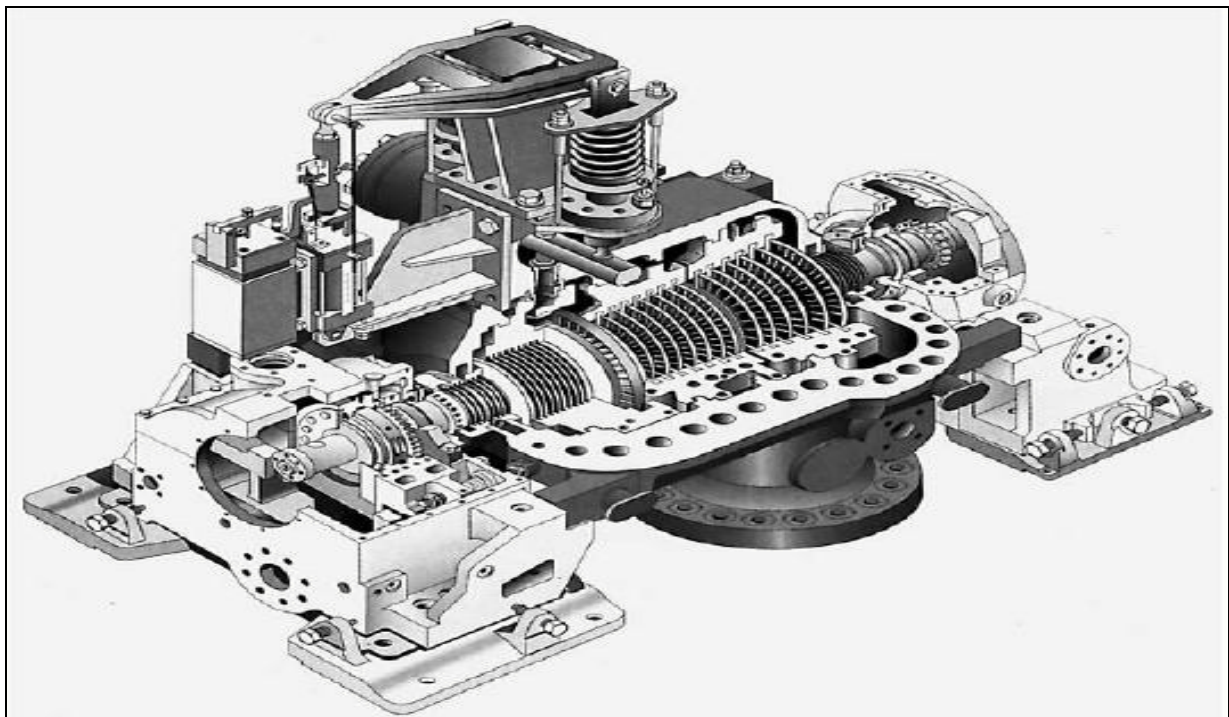
Εικόνα 3: Ρότορας στροβίλου διπλής ροής(Siemens Westinghouse Power Corp.)

Ατμοστρόβιλοι αντίθληψης ,\_οπού ο ατμός στην έξοδο του έχει σχετικά υψηλή πίεση και η θερμοκρασία για τροφοδοσία διεργασιών με ατμό η ακόμα και ενός άλλου στροβίλου.



Σχήμα 12: Στρόβιλος συμπύκνωσης απόδοσης 65 MW

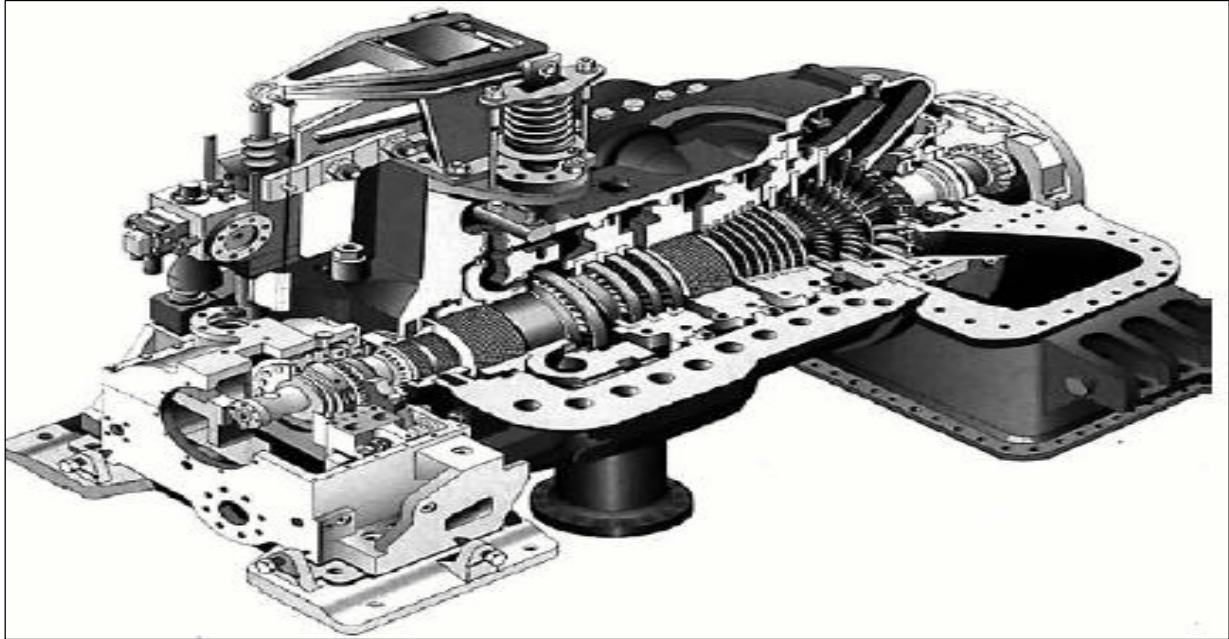
Ατμοστρόβιλοι αντίθληψης, όπου ο ατμός στην έξοδο του έχει σχετικά υψηλή πίεση και η θερμοκρασία για τροφοδοσία διεργασιών με ατμό η ακόμα και ενός άλλου στροβίλου.



Σχήμα 13: Στρόβιλος αντίθληψης απόδοσης 28 MW

## Ατμοστρόβιλοι με απομαστεύσεις για εξωτερική τροφοδοσία

Μέρος του ατμού απομαστεύεται από κάποια ενδιάμεση θέση του στρόβιλου και χρησιμοποιείται για άλλες χρήσεις π.χ θέρμανση ή άλλες διεργασίες. Ο ατμός που απάγεται μπορεί να τροφοδοτείται στην κατανάλωση με σταθερή ή μεταβλητή πίεση. Όταν οι ανάγκες της τροφοδοσίας επιβάλουν σταθερή πίεση τότε το σύστημα ελέγχου του στρόβιλου φροντίζει να ικανοποιείται καταρχάς αυτή η απαίτηση μεταβαλλοντας τις στροφές ή το φορτίο.



Σχήμα 14: Στρόβιλος με απομάστευση

Οι κατηγορίες , σύμφωνα με το είδος των συνθηκών εισόδου εξόδου σχετίζονται κυρίως με το κατά ποσό μέρος του στρόβιλου λειτουργεί στη περιοχή του υγρού ατμού , με τις σχετικές συνέπειες ως προς την μορφολογία και τις επιδόσεις.

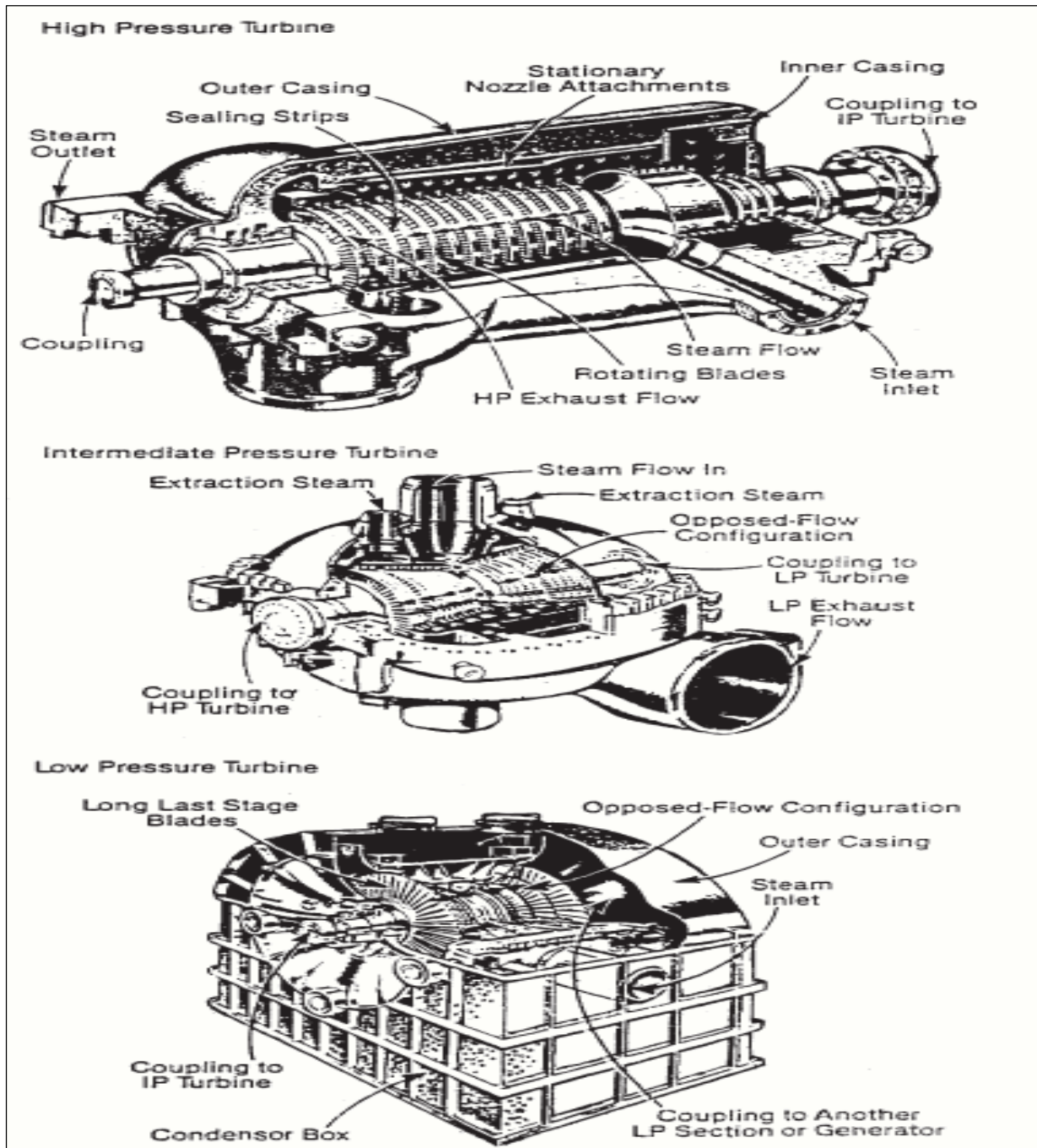
### Πίεση τροφοδοσίας.

Χαμηλής πίεσης, ατμοστρόβιλος οπου η πίεση τροφοδοσίας είναι μέχρι 20bar.

Μέσης πίεσης ,για πίεση τροφοδοσίας μέχρι 40 bar

Υψηλής πίεσης, για πίεση τροφοδοσίας μέχρι 170 bar

Υπερύψηλης πίεσης ,για πίεση πάνω από 170 bar ενώ για πιέσεις πάνω από 225 bar έχουμε μηχανές υπερκρίσιμης πίεσης.



Σχήμα 15: Στρόβιλοι υψηλής μέσης χαμηλής πίεσης

### Ταχύτητα περιστροφής

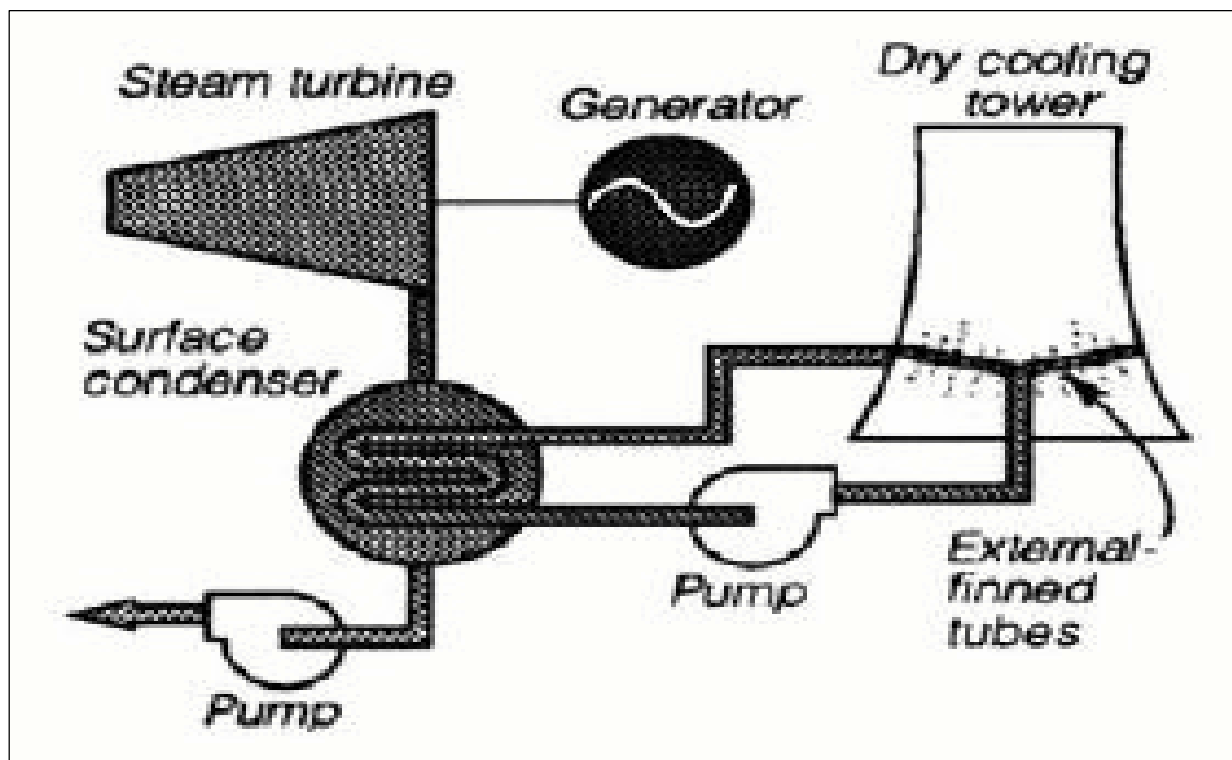
Σταθερής ταχύτητας για μηχανές που λειτουργούν για παραγωγή ηλεκτρισμού και περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.

Μεταβλητής ταχύτητας, που χρησιμοποιούνται σαν κινητήριες μηχανές αντλιών, ανεμιστήρων συμπιεστών πρόωσης πλοίων.

## Συμπυκνωτής

Σκοπός του συμπυκνωτή είναι να μετατρέψει τον ατμό εξόδου του στροβίλου σε νερό που επανατροφοδοτείται στον ατμοπαραγωγό. Ένας λόγος για επανατροφοδότηση του νερού είναι το γεγονός ότι πρόκειται για νερό υψηλής καθαρότητας που έχει υποστεί επεξεργασία γι αυτό και θα ήταν εντελώς ασύμφορο να πεταχτεί. Ένας άλλος λόγος όμως που είναι ιδιαίτερα σημαντικός από ενεργειακή άποψη είναι ότι όταν η συμπύκνωση γίνεται σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία δημιουργείται στο συμπυκνωτή υποπίεση που είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την απόδοση έργου από το στρόβιλο. Η πίεση αυτή είναι άμεσα συνδεδεμένη με την θερμοκρασία συμπύκνωσης που καθορίζεται ουσιαστικά από την θερμοκρασία του νερού ψύξης.

Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι κατασκευής συμπυκνωτών : άμεσης επαφής η ανοικτού τύπου και κλειστού τύπου. Στους συμπυκνωτές ανοικτού τύπου ο ατμός έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό ψύξης που ουσιαστικά είναι κοινό με το νερό τροφοδοσίας. Τέτοιου τύπου συμπυκνωτές χρησιμοποιούνται όταν πρόκειται για ξηρούς πύργους ψύξης σε γεωθερμικές εγκαταστάσεις και άλλες συνήθεις περιπτώσεις.



Σχήμα 16: Συμπυκνωτής με ξηρό πύργο ψύξης

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων ο συμπυκνωτής είναι κλειστού τύπου με τη μορφή εναλλάκτη θερμότητας. Το νερό ψύξης είναι εντελώς χωριστό από το νερό τροφοδοσίας. Μπορεί δε να προέρχεται είτε απευθείας από το περιβάλλον στο οποίο και να απορρίπτεται π.χ νερό ποταμών, λιμνών, θάλασσας η να αποτελεί χωριστό κύκλωμα που να ψύχεται με εναλλάκτες π.χ υγρούς πύργους ψύξης.

## 2.2 ΑΕΡΙΟΣΤΡΟΒΙΛΟΙ

Οι αεροστρόβιλοι είναι περιστροφικές μηχανές και ανήκουν στις μηχανές εσωτερικής καύσης(ΜΕΚ). Το καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι ελαφρύ πετρέλαιο με απόσταξη αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο βαρύτερο πετρέλαιο όσο και φυσικό αέριο. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες αεροστρόβιλων (ανοικτού, κλειστού, μικτού κυκλώματος) αλλά σήμερα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά οι αεροστρόβιλοι ανοικτού κυκλώματος.

Ο αεροστρόβιλος αποτελείται από έναν κύριο άξονα που στη μια του άκρη έχει τον κυρίως αεροστρόβιλο και στην άλλη έναν περιστροφικό συμπιεστή. Ο αεροστρόβιλος στρέφει τον άξονα, παρασύροντας τον συμπιεστή σε περιστροφή, συγχρόνως με το φορτίο που είναι η ηλεκτρογεννήτρια. Στο συμπιεστή εισάγεται ατμοσφαιρικός αέρας, ο οποίος με την περιστροφή των πτερυγίων συμπιέζεται και θερμαίνεται. Βγαίνοντας από το συμπιεστή ο αέρας μπαίνει στο θάλαμο καύσης, όπου κατά ένα μέρος του ανακατεύεται με τα καυσαέρια, κατεβάζει τη θερμοκρασία τους και το μείγμα εκτονώνεται στις διαδοχικές βαθμίδες του στρόβιλου προκαλώντας την περιστροφή τους. Στην εκκίνηση το όλο σύστημα χρειάζεται εξωτερική επέμβαση που πραγματοποιείται με ηλεκτροκινητήρα που παραμένει συνδεδεμένος μέχρι ο αεροστρόβιλος να αποκτήσει ορισμένο αριθμό στροφών και να αυτοσυντηρείται.

Ο τρόπος λειτουργίας ενός σταθμού ηλεκτροπαραγωγής με αεριοστρόβιλους είναι ο εξής: Ο συμπιεστής παραλαβαίνει αέρα από την ατμόσφαιρα τον οποίο συμπιέζει σε μερικές δεκάδες ατμόσφαιρες. Στη συνέχεια ο αέρας περνά στο θάλαμο καύσης όπου φτάνει και το καύσιμο σε αέρια ή υγρή μορφή. Στο θάλαμο γίνεται η καύση με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε 1000° C ή και περισσότερους. Ο θερμός και συμπιεσμένος αέρας περνά στη συνέχεια στο στρόβιλο όπου η ενέργεια την οποία μεταφέρει μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του στρόβιλου. Τέλος ο στρόβιλος θέτει σε κίνηση την ηλεκτρογεννήτρια η οποία δίνει ηλεκτρική ενέργεια.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των αεριοστρόβιλων σε σχέση με τους ατμοστρόβιλους είναι:

1. Οι αεροστρόβιλοι είναι απλούστερες μηχανές οπότε χρειάζονται λιγότερο ειδικευμένο προσωπικό και απλούστερη συντήρηση.
2. Δεν χρειάζονται νερό τροφοδοσίας.
3. Ξεκινούν εύκολα και γρήγορα φτάνουν στην πλήρη φόρτιση τους με αποτέλεσμα να μπορούν να εξυπηρετήσουν αιχμές φορτίου.
4. Έχουν χαμηλές πιέσεις λειτουργίας.

Σε σχέση με τις μηχανές Diesel τα πλεονεκτήματα των αεριοστρόβιλων είναι:

1. Δεν έχουν τμήματα που εκτελούν παλινδρομικές κινήσεις με αποτέλεσμα απλούστερη κατασκευή και ελάχιστες μηχανικές απώλειες.
2. Δεν παρουσιάζουν προβλήματα ζυγοστάθμισης και έδρασης.

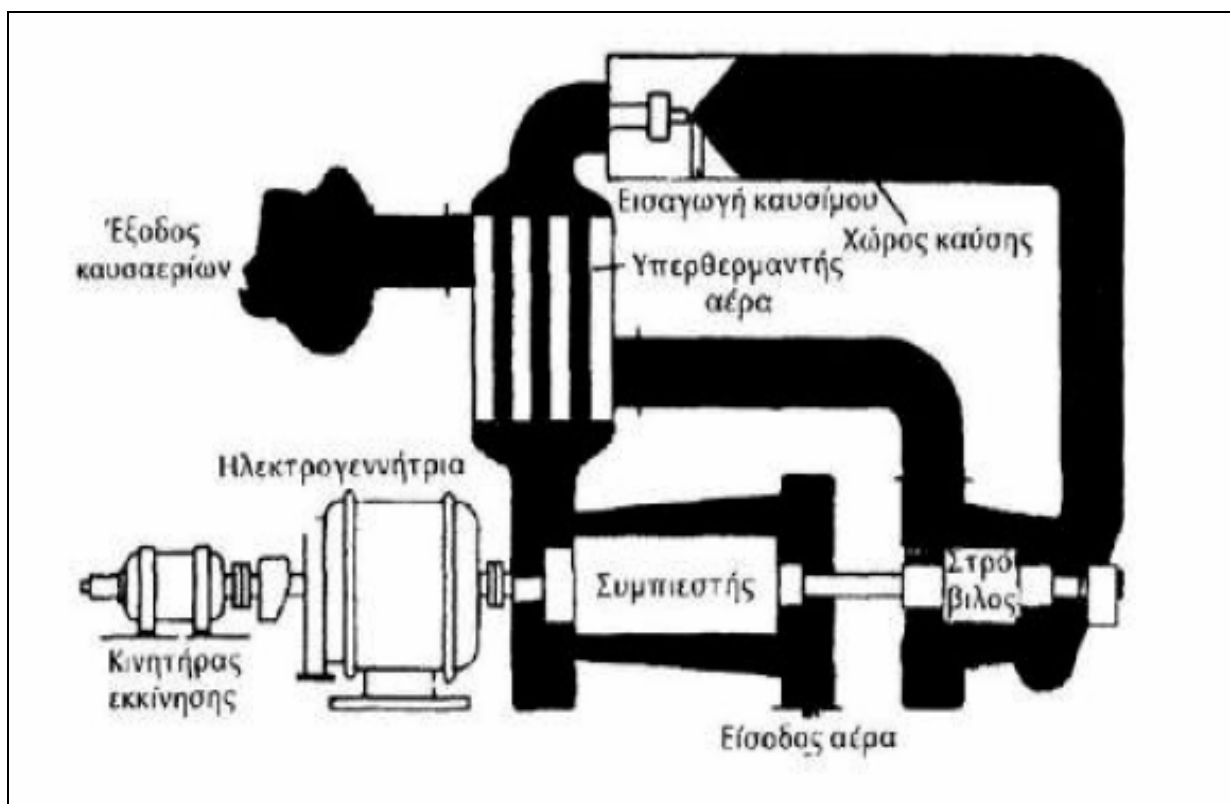


3. Η συντήρηση είναι απλούστερη και φθηνότερη.
4. Δεν χρειάζονται νερό ψύξης.
5. Δεν υπάρχουν μεγάλες πιέσεις.
6. Η λειτουργία είναι πιο ομαλή και αθόρυβη.

Τα βασικά μειονεκτήματα των αεριοστροβίλων είναι:

1. Τα καύσιμα τους είναι ακριβά.
2. Έχουν μικρότερο βαθμό απόδοσης.

Σοβαρό μειονέκτημα είναι ο μικρός βαθμός απόδοσης της τάξης του 20% που μπορεί να αυξηθεί στο 35% με πρόσθετες βελτιώσεις που όμως αυξάνουν σοβαρά την πολυπλοκότητα, τις απαιτήσεις και το κόστος.



Σχήμα 17: Τομή αεριοστροβίλου.

Χαρακτηριστικό πλεονέκτημα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής με αεριοστροβίλους είναι ο μικρός χρόνος θέσης αυτών σε κανονική λειτουργία. Αυτός δεν ξεπερνά τα 30 λεπτά της ώρας, ενώ στους ατμοστροβίλους είναι περίπου δεκαπλάσιος. Γι' αυτό και οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται ως σταθμοί αιχμής.

## 2.3 ΜΗΧΑΝΕΣ DIESEL

Οι αυτόνομοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης (MEK) Diesel και βρίσκονται συνήθως σε νησιωτικές περιοχές. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούνται διότι οι αεριοστρόβιλοι είναι ασύμφοροι για μικρές ισχύς της τάξης των μερικών MW.

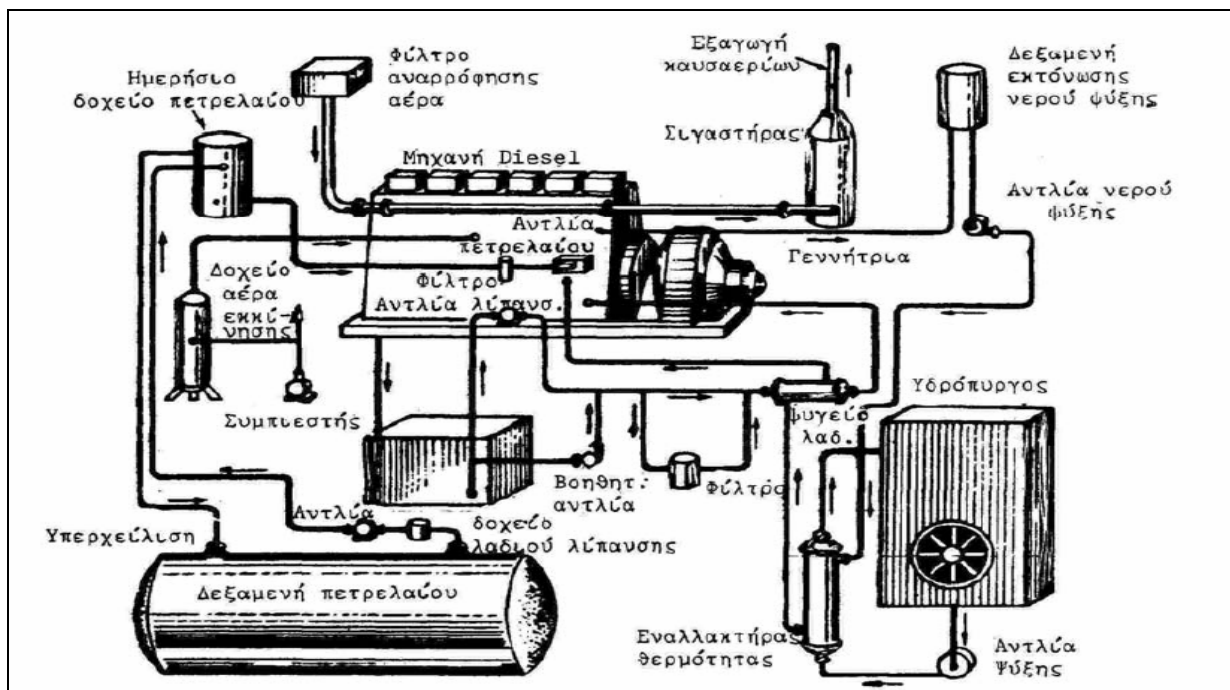
Οι MEK ονομάζονται έτσι γιατί η καύση του καυσίμου γίνεται μέσα σε αυτές (στους κυλινδρους) ενώ στους ατμοστρόβιλους γίνεται έξω από αυτούς (στον λέβητα). Τα βασικά πλεονεκτήματα των μηχανών Diesel ως προς τις ατμοκίνητες μηχανές είναι:

1. Οι MEK είναι ελαφρύτερες για την ίδια ισχύ.
2. Μπαίνουν σε λειτουργία και φορτίζονται αμέσως.
3. Δεν έχουν πολύπλοκες εγκαταστάσεις.
4. Έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης σε μικρές και μέσες ισχύς (ως 5 MW).
5. Χρειάζονται λιγότερο χώρο για τις εγκαταστάσεις.
6. Λειτουργούν με λίγο προσωπικό.

Τα βασικά μειονεκτήματα είναι:

1. Χρειάζονται συχνά συντήρηση και ειδικευμένο προσωπικό.
2. Παθαίνουν συχνά βλάβες.

Οι μηχανές Diesel έχουν καλό βαθμό απόδοσης όταν λειτουργούν στο 75% ως 80% της ονομαστικής τους ισχύος αλλά αυτός μειώνεται πολύ όταν λειτουργούν κάτω από το 50% της ονομαστικής τους ισχύος. Οι σταθμοί με MEK συνήθως παράγουν ενέργεια με εναλλασσόμενο ρεύμα χαμηλής τάσης 220/380 V και σπάνια σε τάση 15 KV.

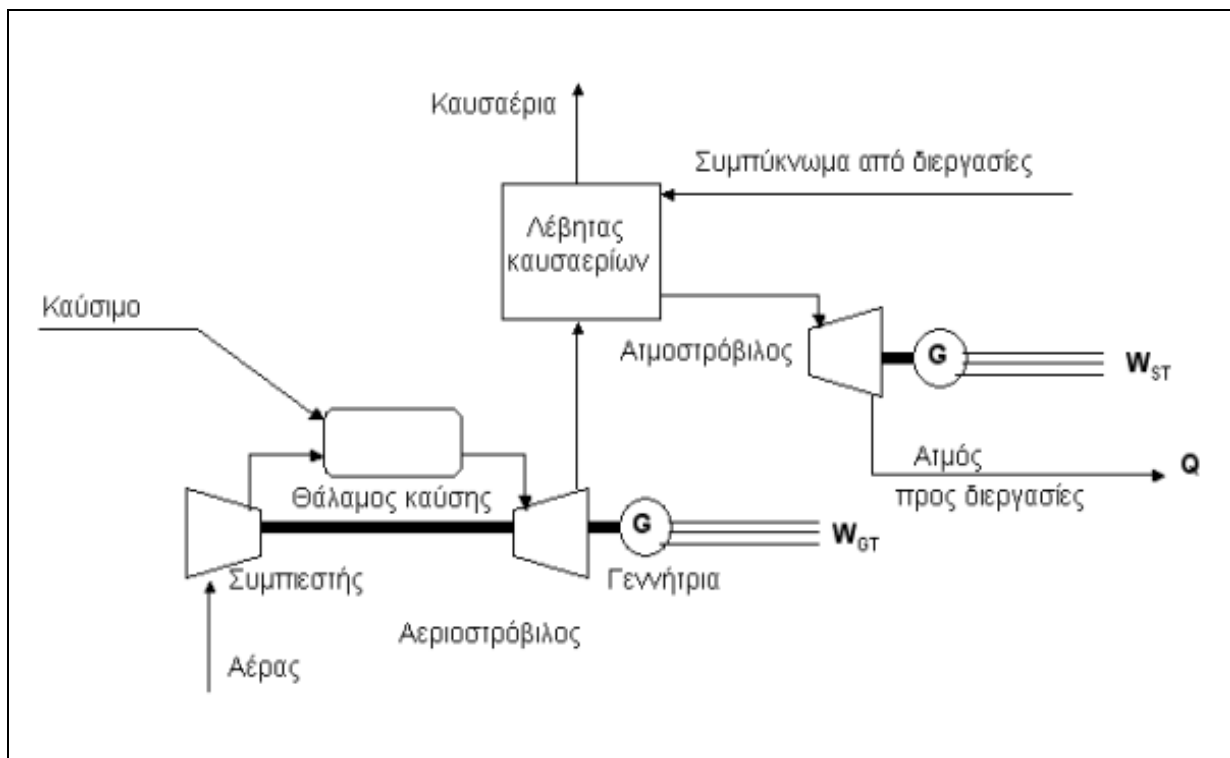


Σχημα 18: Μονάδα παραγωγής που κινείται με μηχανή DIESEL

Ο τρόπος που λειτουργούν είναι ο εξής: Μέσα στις μηχανές αυτές γίνεται η καύση κάποιου καυσίμου (πετρελαιοειδούς) και παράγεται κινητική ενέργεια που περιστρέφει τη γεννήτρια και έτσι έχουμε παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

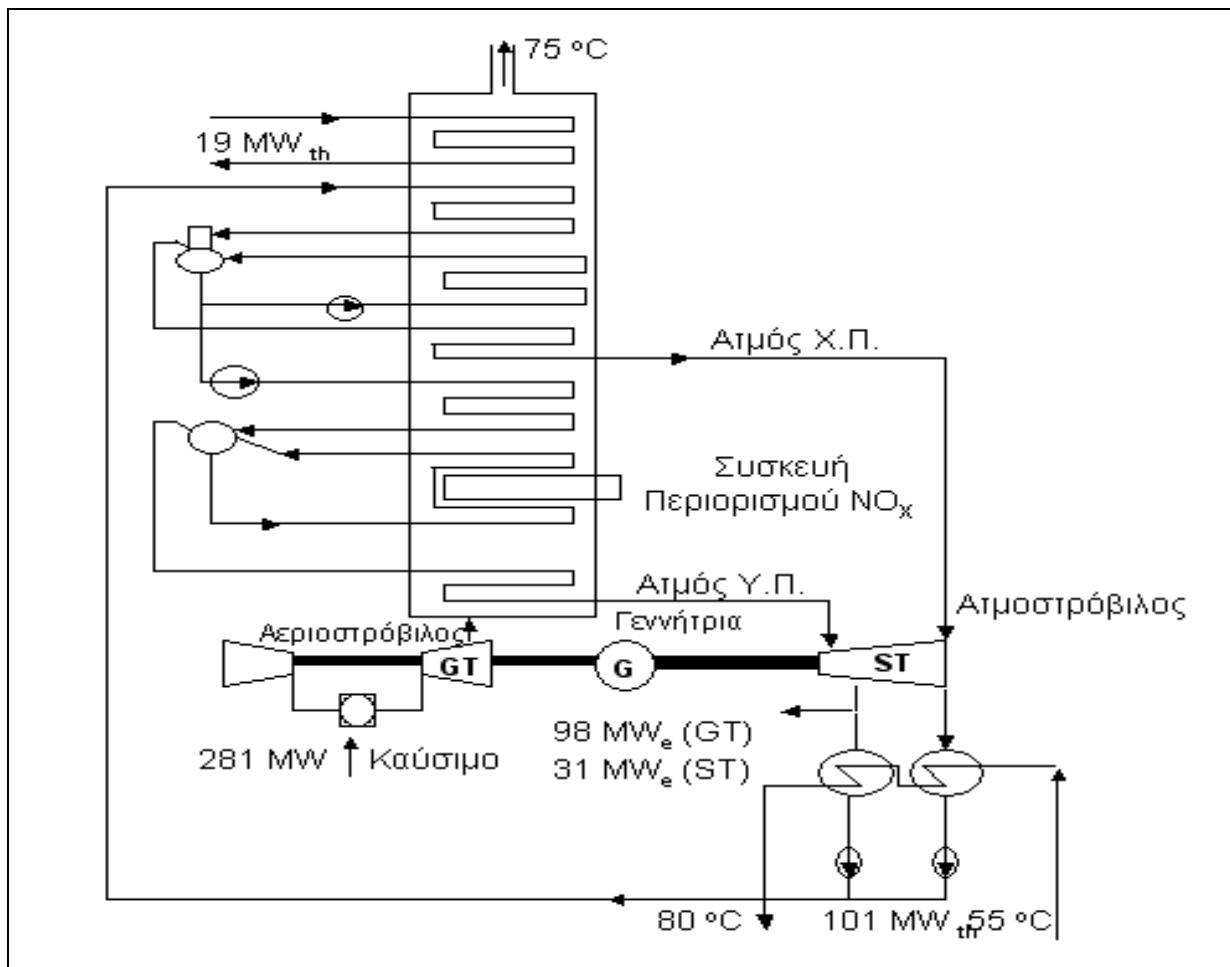
## 2.4 ΣΥΝΔΙΑΣΜΕΝΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο όρος "συνδυασμένος κύκλος" αναφέρεται σε συστήματα με δύο θερμοδυναμικούς κύκλους, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με κάποιο εργαζόμενο ρευστό και λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Ο κύκλος υψηλής θερμοκρασίας (κορυφής) αποβάλλει θερμότητα, που ανακτάται και χρησιμοποιείται από τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας (βάσης) για την παραγωγή πρόσθετης ηλεκτρικής ή μηχανικής ενέργειας, αυξάνοντας έτσι το βαθμό απόδοσης. Η παραγωγή ατμού σε δύο ή και τρεις διαφορετικές πιέσεις κάνει την εγκατάσταση πιο περίπλοκη, αλλά αυξάνει το βαθμό απόδοσης.



Σχήμα 19: Σύστημα συνδυασμένου κύκλου αεροστροβίλου - ατμοστροβίλου

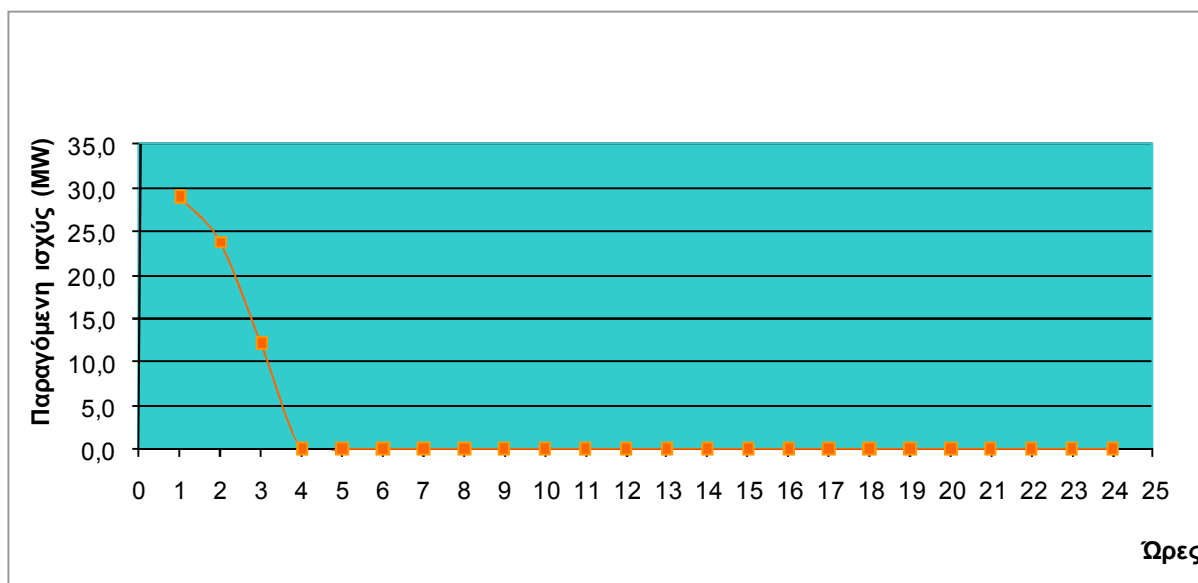
Η υψηλή περιεκτικότητα οξυγόνου στα καυσαέρια του αεροστροβίλου (περίπου 17%) επιτρέπει την καύση συμπληρωματικού καυσίμου στο λέβητα καυσαερίων, εάν κριθεί αναγκαία για την αύξηση ισχύος του συστήματος. Η συμπληρωματική καύση αυξάνει το βαθμό απόδοσης του συστήματος κατά τη λειτουργία σε μερικό φορτίο, αλλά κάνει την εγκατάσταση (και ιδιαίτερα τις διατάξεις ρύθμισης και ελέγχου) πιο περίπλοκες.



**Σχήμα 20:** Σύγχρονο σύστημα δύο πιέσεων ατμού με τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά του.

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα συνδυασμένου κύκλου είναι εκείνα με συνδυασμό αεριοστρόβιλου - ατμοστρόβιλου. Είναι επίσης δυνατός ο συνδυασμός κύκλου Diesel. Χρησιμοποιείται στις μεγάλες μονάδες. Η ισχύς των συστημάτων συνδυασμένου κύκλου κυμαίνεται συνήθως στην περιοχή 20-400 MW, ενώ κατασκευάζονται επίσης και μικρότερες μονάδες με ισχύ 4-11 MW.

Οι γεννήτριες συνδυασμένου κύκλου εκμεταλλεύονται δηλαδή τα καυσαέρια των αεριοστρόβιλων και των μηχανών DIESEL, που έχουν υψηλή θερμότητα, για να θερμάνουν νερό και την παραγωγή ατμού που στη συνέχεια κινεί τη φτερωτή της γεννήτριας και παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η λειτουργία τους είναι ίδια με αυτή των ατμοστρόβιλων μόνο που εδώ δεν έχουμε κατανάλωση κάποιου καυσίμου για την παραγωγή ατμού. Η παραγωγή τους δεν είναι σταθερή κατά την διάρκεια των ωρών μιας συνηθισμένης μέρας και εξαρτάται από την ζήτηση των καταναλωτών. (σχήμα 20)



Σχήμα 20: Μέση ωριαία παραγωγή ισχύος από μηχανές συνδυσασμένου κύκλου Χανίων.

## 2.5 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ

Τα αιολικά πάρκα αποτελούνται από πολλές συστοιχίες ανεμογεννητριών που εκμεταλλεύονται την αιολική ενέργεια που υπάρχει σε αρκετές περιοχές με ικανοποιητικές ταχύτητες ανέμου. Η ανεμογεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια αλλά ούτε η τιμή της παραγόμενης τάσης ούτε η συχνότητα είναι σταθερές διότι εξαρτώνται από τη ταχύτητα του ανέμου. Έτσι ενδιάμεσο βήμα είναι η μετατροπή της παραγόμενης τάσης σε συνεχή μέσω ανορθωτή και η φόρτιση συσσωρευτών σε αυτόνομα συστήματα ή η μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη τάση μέσω μετατροπέα και η σύνδεση της με το υπάρχον δίκτυο καταναλωτών ή η χρήση ασύγχρονης γεννήτριας και η άμεση σύζευξη της με το δίκτυο.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το μέγεθος της και την ταχύτητα του ανέμου. Το μέγεθος είναι συνάρτηση των αναγκών που καλείται να εξυπηρετήσει και ποικίλει από μερικές εκατοντάδες W μέχρι και μερικά MW. Οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα υπερέχουν σε ενεργειακή απόδοση αυτών του κατακόρυφου άξονα, αφού εγκαθίστανται σε μεγαλύτερο ύψος και διαθέτουν σύστημα προσανατολισμού το οποίο τις στρέφει ανάλογα με την φορά του ανέμου. Αυτός είναι και ο λόγος που σήμερα έχουν επικρατήσει οι ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα. Οι τυπικές διαστάσεις μιας τέτοιας ανεμογεννήτριας, που έχει δυναμικότητα 500 kW, έχουν ως εξής : Διάμετρος δρομέα , 40 μέτρα και ύψος 40-50 μέτρα, ενώ γι' αυτήν των 3 MW, οι διαστάσεις είναι 80 και 80-100 μέτρα αντίστοιχα.

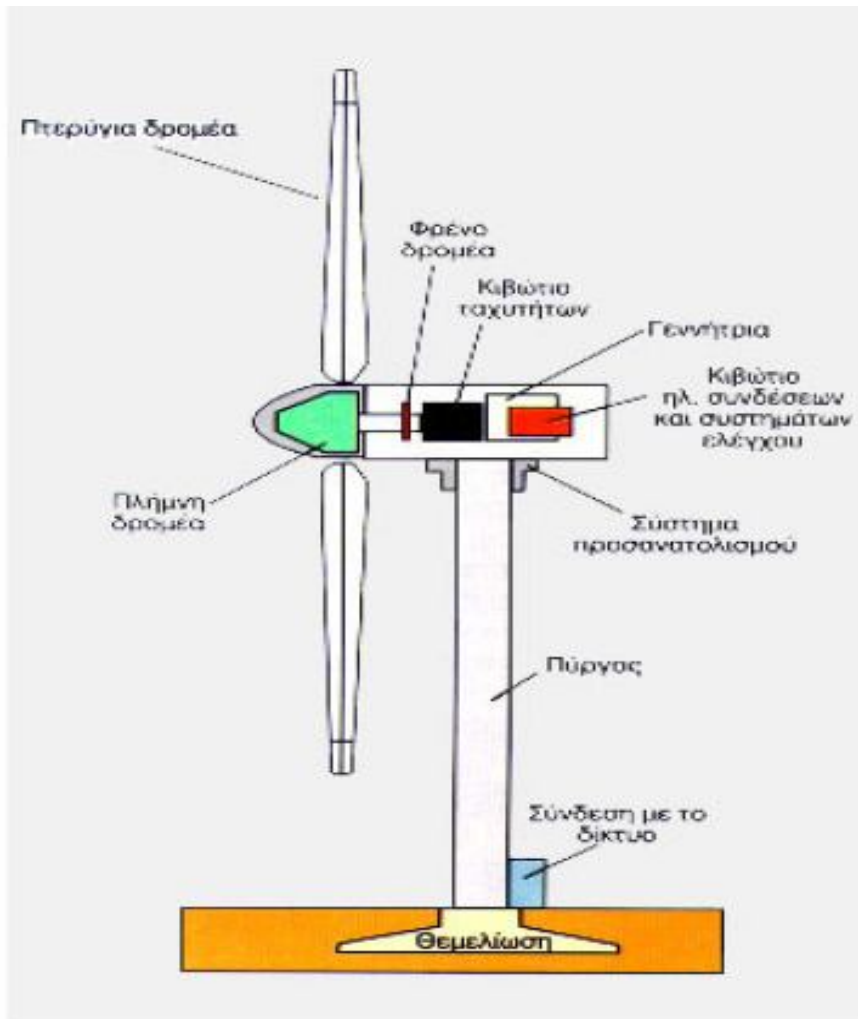
Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της χρήσης ανεμογεννητριών για μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι:

1. Πιο κατανομημένη και αποκεντρωμένη ενεργειακή παραγωγή.
2. Ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού ανεφοδιασμού.
3. Είναι από τις πιο οικονομικές πηγές ενέργειας καθώς αφθονεί η διαθέσιμη πηγή, ο άνεμος.
4. Σημαντική περιβαλλοντική συνεισφορά καθώς μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με συμβατικές μεθόδους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
5. Δεν εμποδίζει τις γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες καθώς το 99% της γης που φιλοξένει αιολικό πάρκο είναι διαθέσιμο για χρήσεις.
6. Οι σύγχρονες ανεμογεννήτριες έχουν χαμηλά επίπεδα έντασης ήχου.
7. Δημιουργία θέσεων εργασίας αφού κάθε MW αιολικής ενέργειας που αξιοποιείται δημιουργεί περίπου 10 θέσεις εργασίας καθώς και ανάπτυξη των αγροτικών περιοχών εκεί όπου εγκαθίστανται αιολικά πάρκα.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης ανεμογεννητριών για μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι:

1. Η χρήση ανεμογεννητριών για ηλεκτροπαραγωγή απαιτεί υψηλότερη αρχική επένδυση από εκείνη των γεννητριών που λειτουργούν με καύση ορυκτών καυσίμων.
2. Η διακοπτόμενη παρουσία αέρα.
3. Τα κατάλληλα σημεία για κατασκευή αιολικών πάρκων συχνά βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές μακριά από όπου χρειάζεται η ηλεκτροδότηση.
4. Υπάρχει προβληματισμός για τον χαμηλής συχνότητας και έντασης θόρυβο που παράγεται από την περιστροφή των πτερυγίων, την αισθητική επίπτωση και τη σκίαση.
5. Οι ανεμογεννήτριες μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμούς ή θανατώσεις πουλιών, κυρίως αποδημητικών.
6. Βασικές ανησυχίες των πολιτών κατά πόσον θα επηρεαστεί η αξία της ιδιοκτησίας τους από την παρουσία των αιολικών πάρκων.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι για τα περισσότερα από τα μειονεκτήματα που προαναφέρθηκαν έχουν βρεθεί λύσεις και οι οποίες βοήθησαν ακόμη περισσότερο την παγκόσμια ανάπτυξη της χρήσης των ανεμογεννητριών για ηλεκτροπαραγωγή.



Σχήμα 21: Τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα

Μια τυπική ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (Σχήμα 21) , αποτελείται από τα εξής μέρη :

- 1) Το δρομέα, που αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα..
- 2) Το σύστημα μετάδοσης της κίνησης, αποτελούμενο από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών , το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

- 3) Την ηλεκτρική γεννήτρια, σύγχρονη ή επαγωγική με 4 ή 6 πόλους, η οποία συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή, μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενώ βρίσκεται συνήθως πάνω στον πύργο της ανεμογεννήτριας . Υπάρχει και το σύστημα πέδης το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας.
- 4) Το σύστημα προσανατολισμού, που αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα , να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.
- 5) Τον πύργο, ο οποίος στηρίζει όλη την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Ο πύργος είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα.
- 6) Τον ηλεκτρονικό πίνακα και τον πίνακα ελέγχου, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου. Το σύστημα ελέγχου παρακολουθεί, συντονίζει και ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας, φροντίζοντας για την απρόσκοπτη λειτουργία της. Συνοπτικά κατά την λειτουργία της ανεμογεννήτριας, έχουμε περιστροφή των πτερυγίων της καθώς φυσάει και μετάδοση της κίνησης αυτής στον άξονα περιστροφής, ο οποίος, χάρη σε ένα σύστημα προσανατολισμού, βρίσκεται πάντα παράλληλα προς την κατεύθυνση του ανέμου.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### POWER WORLD SIMULATOR

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στις σύγχρονες κοινωνίες δημιουργεί την ανάγκη για μεγαλύτερη παραγωγή και ισχυρότερα δίκτυα μεταφοράς. Τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας δεν καλύπτουν πλήρως τις προϋποθέσεις για ασφαλή μεταφορά της ενέργειας. Δημιουργείται έτσι η αναγκαιότητα για την ολοένα και συχνότερη χρήση προγραμμάτων Η/Υ για την ανάλυση των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Τα προγράμματα αυτά χρησιμοποιούν συνήθως μεθόδους προσομοίωσης και εκτός της επίλυσης των δικτύων προτείνουν και βέλτιστο τρόπο λειτουργίας τους.

Για να αντιληφθούμε τη μεγάλη χρησιμότητα τέτοιων προγραμμάτων ανάλυσης ΣΗΕ, αρκεί να σημειώσουμε την πολυπλοκότητα των συστημάτων και τα σύνθετα προβλήματα που πρέπει να επιλύσουμε. Σε ότι αφορά για παράδειγμα στο ελληνικό διασυνδεδεμένο σύστημα (το οποίο είναι αρκετά μικρό), η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από περίπου 80 γεννήτριες, εγκατεστημένης ισχύος 12.000 MW. Οι γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης έχουν μήκος περίπου 9811 km, οι μέσης τάσης 76544 km και οι χαμηλής τάσης 87935 km. Ακόμα, στο βαθμό που δεν υπάρχει τρόπος αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή θα πρέπει να παράγεται τη στιγμή που ζητείται αλλά ταυτόχρονα να επιτυγχάνεται η οικονομικότερη λειτουργία, να μην παρατηρείται δηλαδή σπατάλη ενέργειας ή χρημάτων. Συνεπώς, είναι απαραίτητες μέθοδοι πρόβλεψης φορτίου και ελέγχου. Θα πρέπει ακόμα να συνυπολογίσουμε ότι οι θερμικοί σταθμοί απαιτούν για την κατασκευή τους τουλάχιστον 3-5 χρόνια. Έτσι οι αποφάσεις για επέκταση των δικτύων θα πρέπει να αφορούν μια περίοδο τουλάχιστον 15 ετών. Τέλος, αν λάβουμε υπόψη μας το γεγονός ότι για ένα σχετικά μικρό σύστημα απαιτείται η επίλυση περίπου 2500 μη γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων, αντιλαμβανόμαστε ότι η χρήση ψηφιακών προγραμμάτων είναι όχι απλά χρήσιμη αλλά αναγκαία.

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές χρησιμοποιούνται σε όλα τα στάδια του κύκλου της ηλεκτρικής ενέργειας (παραγωγή, μεταφορά, διανομή). Στο επίπεδο του σταθμού παραγωγής είναι κυρίως χρήσιμοι για την παρακολούθηση και εκτέλεση λειτουργιών ελέγχου. Συγκεντρώνουν και επεξεργάζονται δεδομένα από τα υποσυστήματα, προειδοποιούν όταν συγκεκριμένες μεταβλητές είναι εκτός ορίων (θερμοκρασίες, πιέσεις, ροές), υπολογίζουν δείκτες απόδοσης για το σταθμό αλλά και τα επιμέρους υποσυστήματα.

Η κύρια χρησιμότητα των ηλεκτρονικών υπολογιστών αφορά στον κεντρικό έλεγχο όλων των λειτουργιών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Στα κέντρα ελέγχου ενέργειας, οι χειριστές χρησιμοποιούν Η/Υ για την κατανομή του φορτίου στις γεννήτριες του συστήματος. Παρακολουθούν και ελέγχουν τα δίκτυα μεταφοράς, προετοιμάζονται για την αντιμετώπιση βλαβών (οι οποίες συμπεριλαμβάνουν και απότομη μεταβολή της ζήτησης), προγραμματίζουν τη συντήρηση των στοιχείων (ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση μερικού ή ολικού blackout). Στα κέντρα ελέγχου των συστημάτων διανομής, οι Η/Υ χρησιμεύουν στην παρακολούθηση των δικτύων μέσης τάσης και των κέντρων διανομής υπό ομαλές ή έκτακτες καταστάσεις (άσχημες καιρικές συνθήκες ή άλλου τύπου διαταραχές που προκαλούν διακοπή τροφοδότησης των καταναλωτών). Τέλος, υπολογιστές χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάπτυξη και σχεδίαση συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Μια ακόμα σημαντική παράμετρος της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών για τη μελέτη και ανάλυση ΣΗΕ είναι η εκπαιδευτική τους χρησιμότητα, αφενός στο επίπεδο της παραγωγικής διαδικασίας και αφετέρου στα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Μέσω των προσομοιωτών εκπαίδευσης χειριστών εκπαιδεύονται σε νέα προγράμματα και δεδομένα όχι μόνο οι νέοι μηχανικοί αλλά και έμπειροι χρήστες. Ακόμα, για τις ανάγκες της αρχικής εκπαίδευσης, έχουν δημιουργηθεί προσομοιώσεις συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας σε πρώιμο στάδιο, σε απλό επίπεδο.

Τέτοια εκπαιδευτικά πακέτα στοχεύουν στην κατανόηση εννοιών και μεθόδων επίλυσης. Άλλοτε παρέχουν μόνο τη διαδικασία υπολογισμών και άλλοτε παρέχουν την πλήρη απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Δεν έχουν όμως συνήθως τις δυνατότητες επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων, που αντιμετωπίζονται από επαγγελματικά πακέτα.

### 3.2 ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Το Power World Simulator είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης συστημάτων ισχύος με σκοπό να λύνει ροές ισχύος και προβλήματα οικονομικής κατανομής, σχεδιασμένο έτσι ώστε να είναι ιδιαίτερα αλληλεπιδραστικό και φιλικό προς το χρήστη. Διαθέτει τις απαραίτητες δυνατότητες να χρησιμοποιηθεί για επιστημονική ανάλυση από έναν μηχανικό αλλά ταυτόχρονα λόγω της ικανότητας αλληλεπίδρασης του με τον χρήστη και της χρήσης γραφικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανάλυση και κατανόηση της λειτουργίας από μη-τεχνικά ακροατήρια.

Πρόκειται ουσιαστικά για μια περιεκτική, ικανότατη μηχανή που παρέχει λύση για ροές ισχύος σε ένα σύστημα ικανή να χειριστεί συστήματα μέχρι και 100.000 ζυγών. Ταυτόχρονα επιτρέπει 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 συστημάτων ισχύος μπορούν να τροποποιηθούν ή να σχεδιαστούν από την αρχή

ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη με βάση τα χαρακτηριστικά των γραφικών του προγράμματος. Έτσι για παράδειγμα, γραμμές μεταφοράς μπορούν να ανοίξουν ή να κλείσουν, μια νέα γραμμή ή παραγωγή μπορεί να εισαχθεί σε ένα ήδη υπάρχον μοντέλο και νέες ανταλλαγές ισχύος μπορούν να καταρτισθούν απλά με μερικά κλικ του ποντικιού. Η εκτεταμένη χρήση γραφικών και κίνησης αυξάνει κατά πολύ την κατανόηση των χαρακτηριστικών, των προβλημάτων και των περιορισμών ενός μοντέλου ισχύος από τον χρήστη ενώ παράλληλα δίνει και ισοδύναμα κατανοητούς τρόπους αντιμετώπισης αυτών.

Οι ειδικές λειτουργίες και τα εργαλεία του προγράμματος προσφέρουν άπειρες δυνατότητες για εις βάθος ανάλυση, μελέτη και απεικόνιση περίπλοκων και μεγάλης κλίμακας συστημάτων ισχύος. Μερικά παραδείγματα των εφαρμογών που μπορούν να αναπτυχθούν είναι τα εξής:

- Σχεδιασμός Γραμμών Μεταφοράς : Η σχεδίαση και εξήγηση του τρόπου λειτουργίας των γραμμών γίνεται χρησιμοποιώντας την λειτουργία ανάλυσης αποτελεσμάτων του προγράμματος, μια χρονική προσομοίωση ροής φορτίου ή απλά μια γραφική απεικόνιση του μοντέλου. Αυτό έχει ως συνέπεια να δίνει στον εκάστοτε μηχανικό το πλεονέκτημα της γρήγορης και ακριβέστερης ανάλυσης κάνοντας έτσι ευκολότερο το έργο του για εξήγηση της λειτουργίας και πολυπλοκότητας τέτοιων συστημάτων ισχύος.

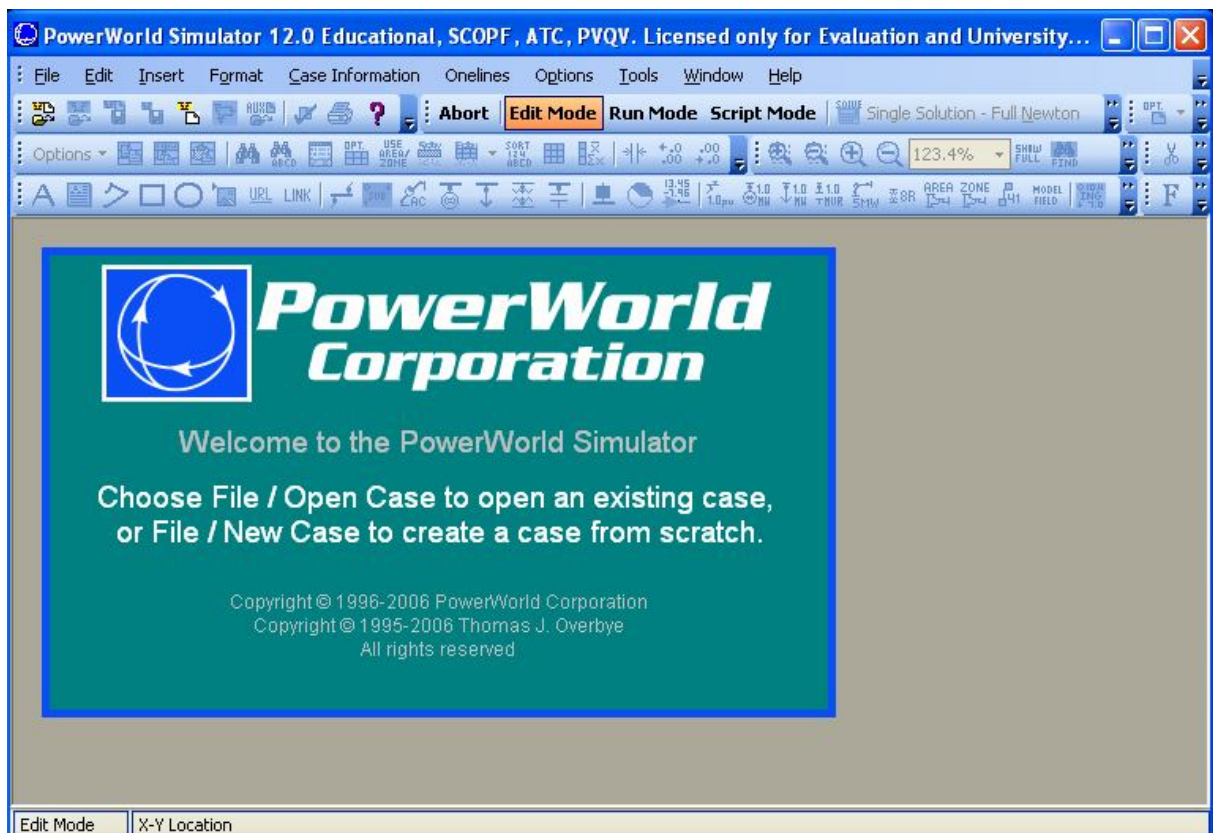
- Αγοροπωλησία Ενέργειας : Το πρόγραμμα με την εφαρμογή της οικονομικής κατανομής επιτρέπει να συνδυάσουμε θέματα που αφορούν τις γραμμές μεταφοράς και την παραγωγή για να δούμε τον τρόπο αλληλεπίδρασης αυτών αλλά και να εξάγουμε συμπεράσματα και στοιχεία που αφορούν τα συστήματα μεταφοράς. Αυτό εμφανίζει μεγάλο ενδιαφέρον στην αγορά ενέργειας. Για παράδειγμα, η ανάλυση με συντελεστές συμμετοχής μπορεί να επιφέρει μεγάλα κέρδη αφού δίνουν την δυνατότητα στους χειριστές της αγοράς ενέργειας να εκτιμήσουν τα μέγιστα όρια των γραμμών μεταφοράς και άρα πιθανές οικονομικά συμφέρουσες ανταλλαγές ισχύος.

- Προσομοίωση της αγοράς ενέργειας : Το πρόγραμμα είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάλυση της αγοράς στην ηλεκτρική ενέργεια. Το εργαλείο OPF (Optimal Power Flow) του προγράμματος μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε, με περιορισμούς ασφάλειας, τοπικά διαφορικά κόστη σε κάθε ζυγό του συστήματος καθορίζοντας έτσι πόσο θα πρέπει να πληρώσουν ή να πληρωθούν οι “παίκτες” του χρηματιστηρίου ηλεκτρικής ενέργειας. Το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα προσδιορισμού της διανομής με ελάχιστο λειτουργικό κόστος, την εισαγωγή περιορισμών αλλά και την προκαθορισμό των επιπτώσεων σε μια συμφόρηση. Επιπλέον έχουμε πρόσβαση στην επίδραση διακοπών ρεύματος, στην μεταβολή του φορτίου και του κόστους καυσίμου πράγμα που βοηθά στην ανάπτυξη κατάλληλης στρατηγικής για τον χειρισμό οποιονδήποτε κεφαλαίων στην αγορά ενέργειας. Τέλος, με την χρήση του εργαλείου Simulator Time Step Simulation μπορούμε να έχουμε την κατανομή ισχύος για το σύστημα για κάποιες ώρες και να διαπιστώσουμε πόσο αλλάζουν οι τιμές με τη ζήτηση ή τις συνθήκες στις οποίες λειτουργεί το σύστημα.

· Εκπαίδευση χειριστή : Χρησιμοποιώντας το εργαλείο Time Step Simulation μπορεί ο χρήστης να δημιουργήσει πιθανά σενάρια καταστάσεων σε ένα σύστημα κατά χρονικά διαστήματα. Η αντιμετώπιση των περιπτώσεων αυτών βελτιώνει την αντίληψη και κατανόηση του χρήστη πάνω στο σύστημα αλλά και την αντίδρασή του σε τυχαία γεγονότα ή διαταραχές.

· Παρακολούθηση συστήματος σε πραγματικό χρόνο : Το εργαλείο Power World Retriever παρέχει την καλύτερη απεικόνιση για ένα κέντρο ελέγχου, δίνοντας στους χειριστές του συστήματος ισχύος τις σωστές πληροφορίες την σωστή στιγμή βοηθώντας τους έτσι να πάρουν τις κατάλληλες αποφάσεις κατά την εμφάνιση ενός προβλήματος. Το εργαλείο αυτό δίνει στον χρήστη μια κατάσταση του συστήματος σε πραγματικό χρόνο ή ιστορικά στοιχεία καθώς επίσης και διάφορους παραμέτρους του με ταχύτητα και ακρίβεια αυξάνοντας την αντιληπτική ικανότητα του χρήστη-χειριστή.

Τέλος, πέρα από τις βιομηχανικές, εμπορικές και πειραματικές εφαρμογές το πρόγραμμα προσομοίωσης Power World μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εκπαιδευτικούς σκοπούς καθώς περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την εκμάθηση της λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας και την εκπόνηση ερευνών και αναλύσεων.



Σχήμα 1:Το περιβάλλον του προγράμματος Power World Simulator

### 3.3 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΤΗ

Αρχικά πρέπει ο χρήστης να διακρίνει τις δύο βασικές διακριτές λειτουργίες του προσομοιωτή, λειτουργία σχεδίασης (**Edit Mode**) και εκτέλεσης (**Run Mode**). Η λειτουργία **Edit Mode** χρησιμοποιείται για την κατασκευή νέων συστημάτων για προσομοίωση ή την μετατροπή των ήδη υπαρχόντων, ενώ με τη λειτουργία **Run Mode** πραγματοποιείται ουσιαστικά η προσομοίωση. Η εναλλαγή μεταξύ των δύο λειτουργιών γίνεται πολύ απλά με χρήση των αντίστοιχων πλήκτρων στη γραμμή εργαλείων του προγράμματος ή μέσω του μενού επιλέγοντας **File>Switch to Edit Mode** ή **File>Switch to Run Mode**.

Κάποιες ενέργειες και εντολές μπορούν να εκτελεστούν αποκλειστικά στη μια από τις δύο λειτουργίες **Edit** και **Run Mode**. Επιπλέον υπάρχει και η λειτουργία **Script Mode** η οποία χρησιμοποιείται για πρόσβαση στο αντίστοιχο παράθυρο εντολών (**Script Command Window**). Η λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται για την καταγραφή και ομαδοποίηση περισσότερων εντολών ώστε να εκτελεστούν διαδοχικά από τον προσομοιωτή. Οι εντολές αυτές μπορούν να εγγραφούν απευθείας στο παράθυρο εκτέλεσης εντολών του **Script Mode** ή να εισαχθούν μέσω βοηθητικών αρχείων.

### 3.4 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΚΑΙ ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ο νέος χρήστης του PowerWorld Simulator πρέπει να κατανοήσει τη διάκριση που κάνει το πρόγραμμα ανάμεσα στα γραφικά αντικείμενα και τα στοιχεία του μοντέλου του συστήματος. Το πραγματικό μοντέλο του συστήματος και τα στοιχεία του αποθηκεύονται στο Case του δικτύου. Αυτά και μόνο τα δεδομένα είναι αρκετά για να καθορίσουν ένα σύστημα και να επιλυθεί η ροή φορτίου.

Αν το παρών δίκτυο έχει συσχετιστεί και με ένα μονογραμμικό διάγραμμα, γεγονός που δεν είναι απαραίτητο, κάθε γραφικό στοιχείο του μονογραμμικού διαγράμματος συνδέεται με ένα πραγματικό στοιχείο του συστήματος. Σε διαφορετική περίπτωση το γραφικό στοιχείο χαρακτηρίζεται ασύνδετο και εμφανίζεται υπογραμμισμένο με φούξια. Έτσι δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επέμβει στο πραγματικό σύστημα αλλάζοντας το μονογραμμικό διάγραμμα. Τα στοιχεία των μοντέλων στο PowerWorld Simulator είναι προσανατολισμένα στους ζυγούς. Έτσι είναι είτε ζυγοί, είτε στοιχεία ακτινικά συνδεδεμένα σε ζυγούς (φορτία, γεννήτριες, κ.α.), είτε στοιχεία που ενώνουν δύο ζυγούς (γραμμές μεταφοράς, μετασχηματιστές, κ.α.). Μ' αυτόν τον τρόπο η σύνδεση με το μονογραμμικό διάγραμμα γίνεται μέσω των ζυγών.

Κάθε δίκτυο μπορεί να συνδέεται με ένα ή περισσότερα μονογραμμικά διαγράμματα (ή και κανένα), που αναπαριστούν π.χ. διάφορα τμήματα του δικτύου. Ομοίως μπορούμε να χρησιμοποιούμε το ίδιο μονογραμμικό διάγραμμα για δίκτυα με την ίδια διάταξη αλλά διαφορετικές παραμέτρους στα στοιχεία τους.

Όταν επιλέγουμε το κλείσιμο ενός μονογραμμικού διαγράμματος στο παράθυρο του Simulator οι παράμετροι του δικτύου ως Case διατηρούνται και κλείνει μόνο η γραφική αναπαράσταση, ενώ εμφανίζεται και αντίστοιχο παράθυρο αν επιθυμούμε αποθήκευση. Μπορούμε δηλαδή να αποθηκεύουμε και να ανοίγουμε διακριτά το ουσιαστικό δίκτυο και το μονογραμμικό του διάγραμμα. Επίσης όταν ζητήσουμε διαγραφή ενός στοιχείου του μονογραμμικού διαγράμματος εμφανίζεται παράθυρο ερώτησης αν επιθυμούμε διαγραφή του γραφικού στοιχείου μαζί με το συνδεδεμένο στοιχείο του μοντέλου ή απλά διαγραφή του γραφικού στοιχείου.

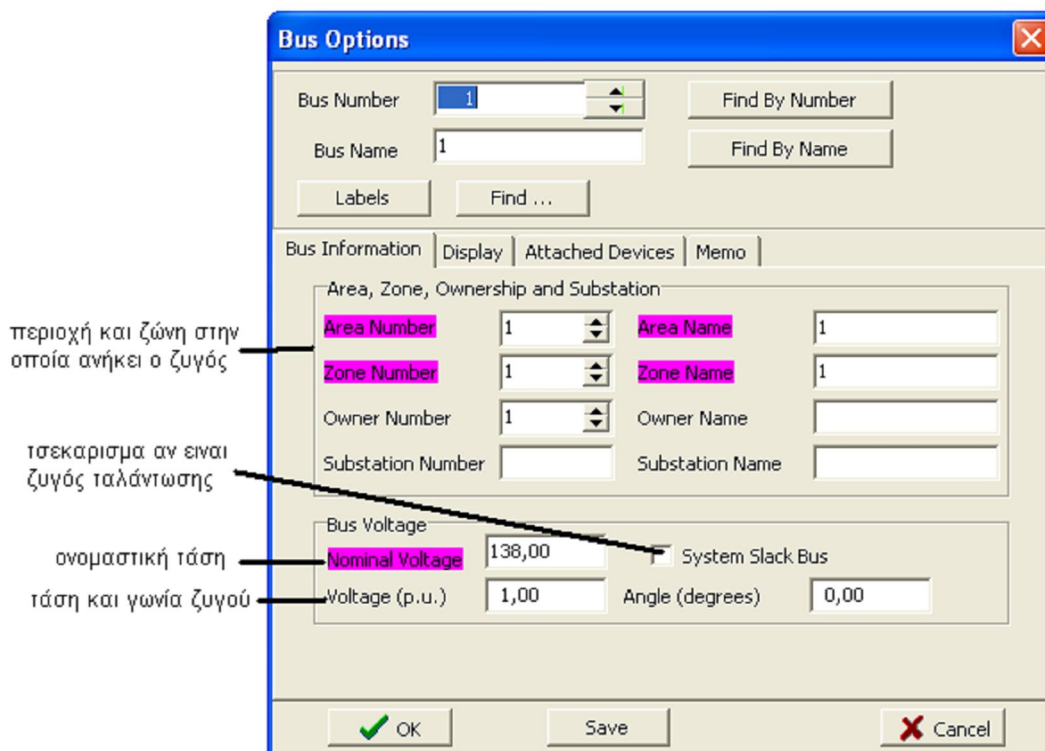
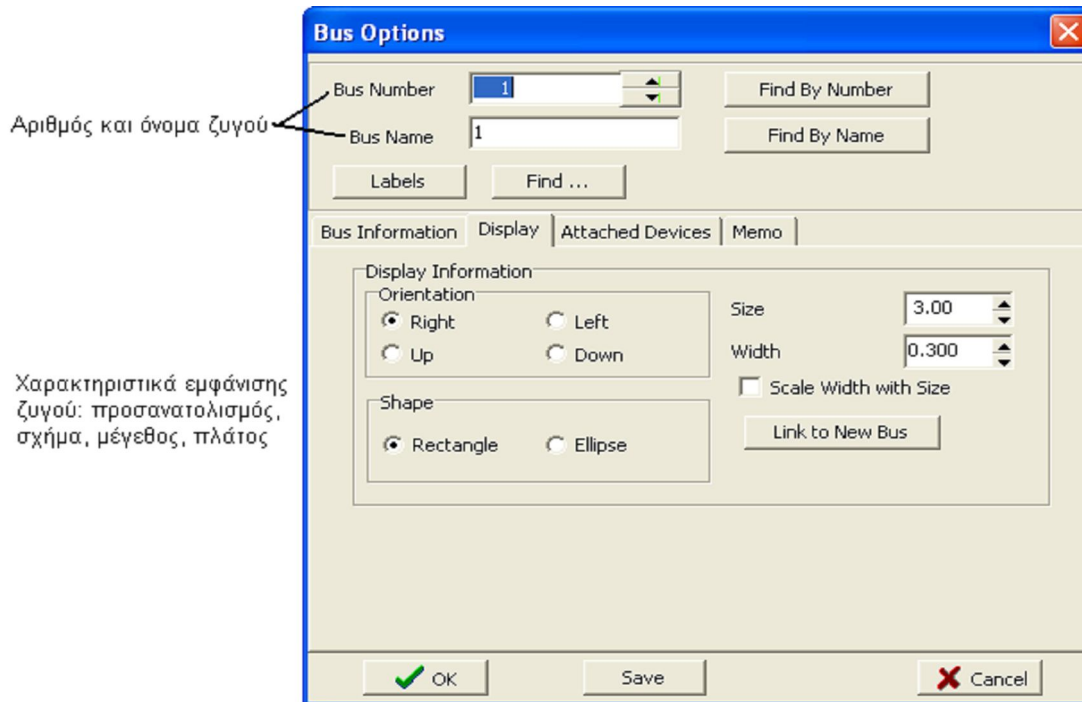
### 3.5 ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η σχεδίαση και διαμόρφωση των δικτύων που προσομοιώνονται πραγματοποιείται όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στη λειτουργία **Edit Mode**, όπου και εμφανίζονται οι αντίστοιχες γραμμές εργαλείων για τη σχεδίαση. Για να φορτώσουμε στον προσομοιωτή ένα υπάρχον ή νέο δίκτυο χρησιμοποιούμε τις ενέργειες του μενού **File** (π.χ. **File>Open Case** ή **File>New Case**) ή τα αντίστοιχα κουμπιά στη γραμμή εργαλείων **File**.

Ανοίγοντας ένα δίκτυο ανοίγει ταυτόχρονα και το μονογραμμικό διάγραμμα που έχει συσχετιστεί με το δίκτυο αυτό και δίνει τη γραφική αναπαράσταση του δικτύου. Η εισαγωγή νέων στοιχείων στο δίκτυο γίνεται μέσω του μενού **Insert** ή της αντίστοιχης γραμμής εντολών. Στη δεύτερη σειρά της γραμμής εντολών φαίνονται αντίστοιχα τα πλήκτρα που επιλέγουμε για εισαγωγή ζυγών, υποσταθμών, γραμμών μεταφοράς, γεννητριών, φορτίων, μετασχηματιστών και πυκνωτών, από αριστερά προς δεξιά. Τα πλήκτρα της τέταρτης σειράς εισάγουν στο διάγραμμα πεδία – ετικέτες που καταγράφουν επιλεγόμενα από το χρήστη χαρακτηριστικά και καταστάσεις του αντίστοιχου στοιχείου. Όταν εισάγουμε ένα νέο στοιχείο στο δίκτυο εμφανίζεται αυτόματα το παράθυρο με τις παραμέτρους του στοιχείου, οι οποίες πρέπει να καθοριστούν. Το παράθυρο των παραμέτρων μπορεί να ανακληθεί οποιοδήποτε στιγμή με δεξιά κλικ πάνω στο στοιχείο και επιλογή του **“Information Dialog”**.

### 3.6 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΖΥΓΩΝ

Για την εισαγωγή ζυγών σε ένα νέο δίκτυο επιλέγουμε **Insert>Bus** από το μενού . Με αριστερό κλικ επιλέγουμε τη θέση στο φόντο του μονογραμμικού διαγράμματος όπου θέλουμε να τοποθετηθεί ο ζυγός και αυτόματα εμφανίζεται το παράθυρο για την επιλογή των χαρακτηριστικών του ζυγού που φαίνεται στο σχήμα 1.

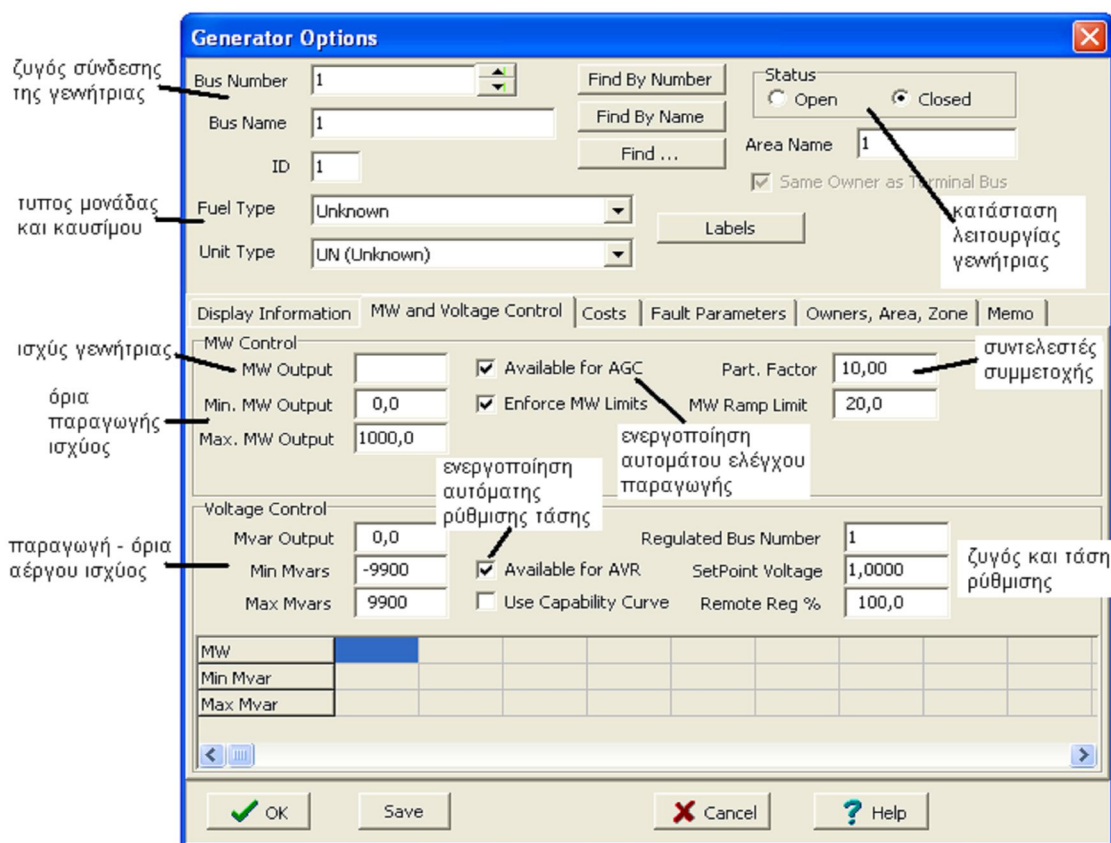


Σχήμα 2 : Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής ζυγών.

Ένας τουλάχιστον ζυγός το δικτύου πρέπει να οριστεί ως ζυγός ταλάντωσης (slack bus) και να οριστεί η γωνία και η τάση του. Για τους υπόλοιπους ζυγούς οι τιμές που ορίζονται για γωνία και τάση δεν έχουν μεγάλη σημασία καθώς οι τιμές αυτές υπολογίζονται κατά την επίλυση της ροής φορτίου και αντικαθίστανται. Αφού επιλεγούν τα χαρακτηριστικά του ζυγού και πατηθεί το πλήκτρο **OK** ο ζυγός εμφανίζεται στο μονογραμμικό διάγραμμα. Το παράθυρο με τις παραμέτρους του ζυγού μπορεί να ανακληθεί οποιαδήποτε στιγμή και να τροποποιηθεί στο **Edit Mode** με δεξί κλικ και επιλογή **"Bus Information Dialog"**.

### 3.7 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Η εισαγωγή γεννητριών γίνεται αντίστοιχα με επιλογή **Insert>Generator** και με δεξί κλικ στο ζυγό όπου θα συνδεθεί η γεννήτρια. Οι παράμετροι της γεννήτριας προσδιορίζονται στο εμφανιζόμενο παράθυρο **Generator Options**.



Σχήμα 3: Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής γεννήτριας.

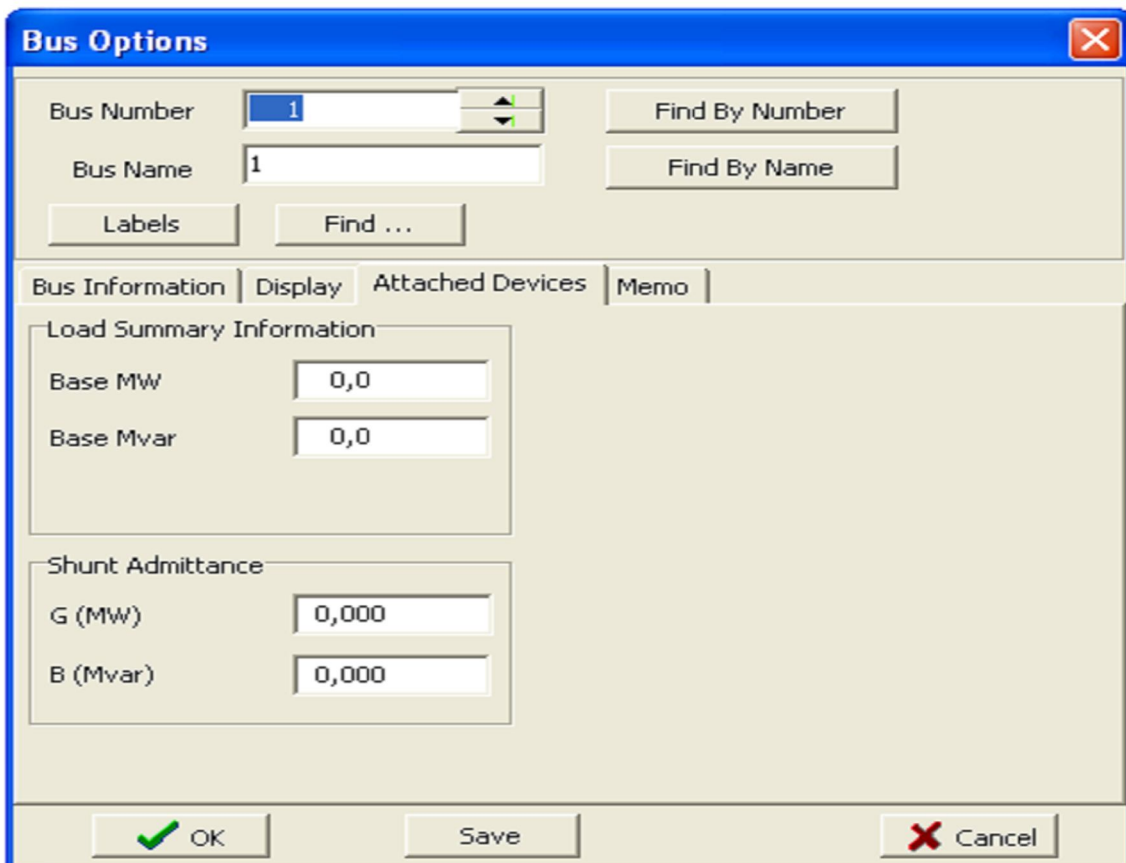
Εκτός από τις παραμέτρους που φαίνονται στο σχήμα 2, στο παράθυρο επιλογών της γεννήτριας μπορούν να προσδιοριστούν χαρακτηριστικά για την εμφάνιση της γεννήτριας στο μονογραμμικό διάγραμμα (**Display Information**), συναρτήσεις κόστους για οικονομική κατανομή παραγωγής και υπολογισμό κόστους παραγωγής ενέργειας (**Costs**), αντιστάσεις μηδενικής και αρνητικής ακολουθίας για αναλύσεις σφαλμάτων (**Fault Parameters**), κτλ.



Η ισχύς εξόδου της γεννήτριας πρέπει οπωσδήποτε να οριστεί για να εισαχθεί η γεννήτρια. Αν, όμως, έχουμε ορίσει συναρτήσεις κόστους και ο αυτόματος έλεγχος παραγωγής είναι ενεργοποιημένος, η ισχύς της γεννήτριας αναπροσαρμόζεται κατά την επίλυση ώστε σε κάθε περιοχή να έχουμε το μικρότερο κόστος και οι ανταλλαγές ισχύος με άλλες περιοχές να είναι όπως έχουν οριστεί. Σε περιπτώσεις επίλυσης απλής ροής φορτίου χωρίς οικονομική κατανομή πρέπει να ενεργοποιήσουμε τον αυτόματο έλεγχο μόνο στη γεννήτρια του ζυγού ταλάντωσης, ώστε να ρυθμίζεται η ισχύς του στην τιμή που απαιτεί το ισοζύγιο ισχύος.

### 3.8 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΟΡΤΙΩΝ

Η εισαγωγή φορτίων μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους. Το φορτίο μπορεί να καταχωρηθεί ως συνδεδεμένη συσκευή σε κάποιο ζυγό, όμως με αυτόν τον τρόπο δε θα εμφανίζεται στο μονογραμμικό διάγραμμα. Αυτό γίνεται μέσω του παραθύρου του ζυγού, υπό την ένδειξη **Attached Devices** που φαίνεται στο σχήμα 3. Προσδιορίζονται η ενεργός και άεργος ισχύς που απορροφάει το φορτίο ή η εγκάρσια αγωγιμότητα.



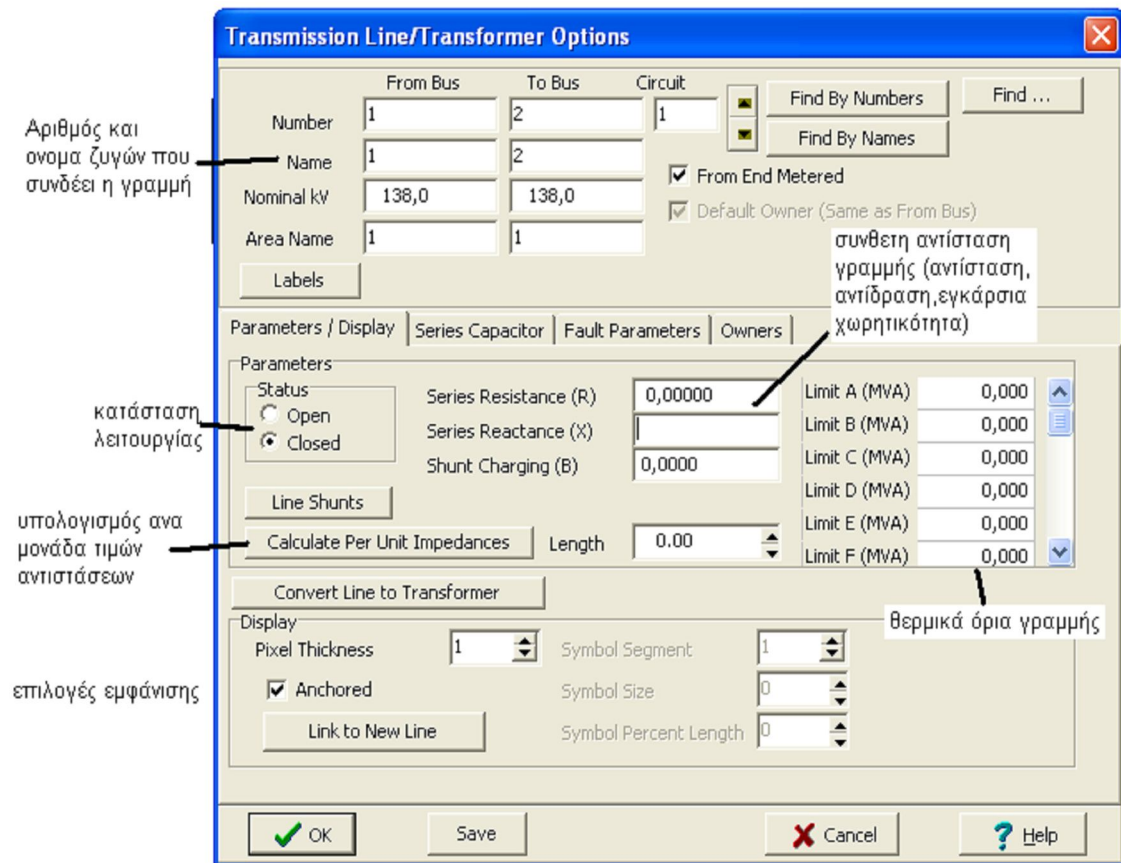
Σχήμα 4: Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής φορτίων απευθείας στο ζυγό.

Εναλλακτικά μπορεί να εισαχθεί φορτίο μέσω του μενού **Insert>Load** και με αριστερό κλικ στον αντίστοιχο ζυγό, οπότε το φορτίο θα αναπαρίσταται γραφικά στο μονογραμμικό διάγραμμα. Αυτόματα εμφανίζεται το παράθυρο επιλογών του φορτίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 4. Το φορτίο μπορεί να διαμορφωθεί ως σταθερής ισχύος, σταθερού ρεύματος, σταθερής αντίστασης ή και ως συνδυασμός των τριών τύπων.

Σχήμα 5: Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής φορτίων.

### 3.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

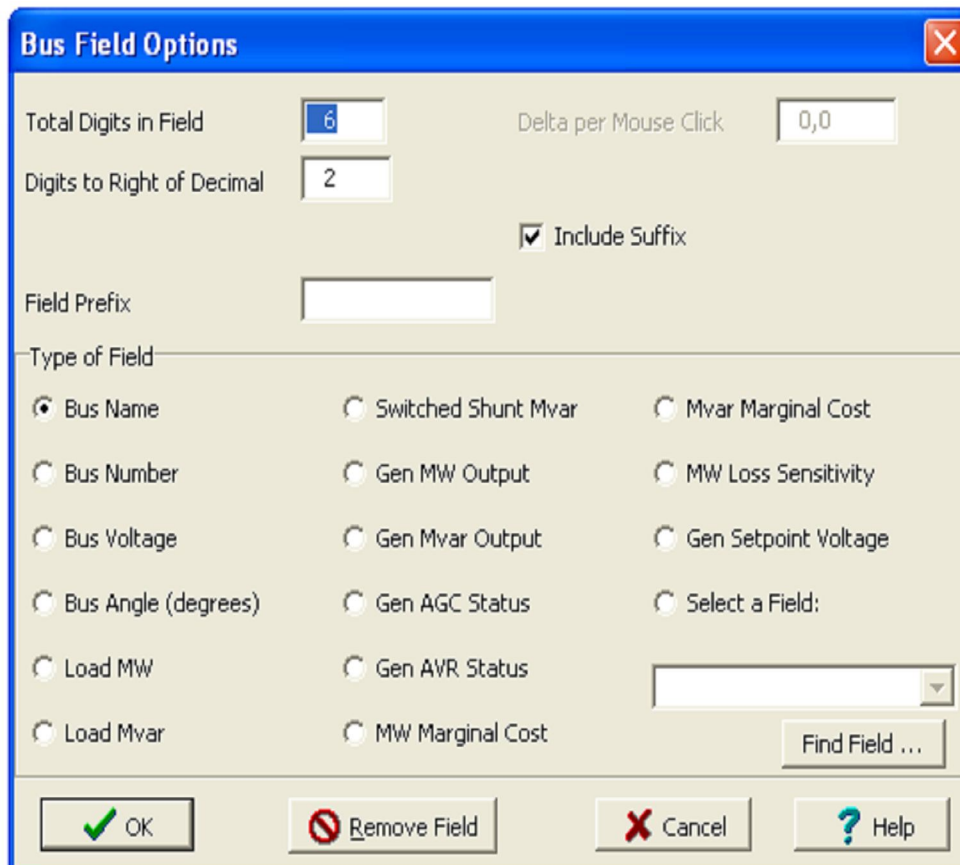
Για την εισαγωγή γραμμών μεταφοράς επιλέγουμε από το μενού **Insert>Transmission Line**. Με αριστερό κλικ επιλέγουμε το σημείο αφετηρίας της γραμμής (συνήθως ένα ζυγό) και στη συνέχεια εισάγουμε τη γραμμή ως σειρά ευθύγραμμων τμημάτων, όπου κάθε τμήμα τερματίζεται με αριστερό κλικ, χωρίς να κρατάμε πατημένο το ποντίκι κατά τη χάραξη των τμημάτων. Η γραμμή τερματίζεται με διπλό αριστερό κλικ, οπότε και ανοίγει το παράθυρο διαλόγου με τα χαρακτηριστικά της.



Σχήμα 6: Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής γραμμών μεταφοράς.

### 3.10 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΕΔΙΩΝ / ΕΤΙΚΕΤΩΝ

Δίπλα σε κάθε στοιχείο του κυκλώματος μπορούν να εισαχθούν πεδία / ετικέτες που αναγράφουν κάποια βασικά χαρακτηριστικά ή τιμές λειτουργίας κατ' επιλογή μας. Έτσι μπορούμε για παράδειγμα κάθε στιγμή της προσομοίωσης να βλέπουμε τη ενεργό και άεργο ισχύ σε μια γραμμή ή οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Η εισαγωγή των πεδίων αυτών γίνεται με δεξί κλικ σε ένα στοιχείο και επιλέγοντας **Add New Fields Around ...**, οπότε εμφανίζεται σχεδιάγραμμα που δείχνει τις δυνατές θέσεις. Μόλις επιλεγεί μια θέση με αριστερό κλικ του ποντικιού, εμφανίζεται το παράθυρο με τα χαρακτηριστικά του πεδίου, όπως το παρακάτω για πεδία ζυγών. Όπως φαίνεται μπορεί να επιλεγεί το χαρακτηριστικό του ζυγού που θέλουμε να εμφανίζεται στο πεδίο.



Σχήμα 7: Ρυθμίσεις παραμέτρων εισαγωγής πεδίων και ετικετών.

### 3.11 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

Για να επιλυθεί το δίκτυο με ροή φορτίου ο χρήστης πρέπει να επιλέξει τη λειτουργία εκτέλεσης (**Run Mode**). Αυτόματα το πρόγραμμα επικυρώνει το δίκτυο και εμφανίζει προειδοποιήσεις για πιθανά λάθη.

Η προσομοίωση μπορεί να ξεκινήσει επιλέγοντας **Simulation>Solve and Animate** από το μενού (ή **Simulation>Play** σε παλιότερες εκδόσεις του προγράμματος) ή πιέζοντας το πλήκτρο στη γραμμή εντολών **Run Mode**.

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης ο χρήστης μπορεί να ανοίγει γραμμές, να συνδέει / αποσυνδέει φορτία και γεννήτριες με κλικ πάνω στους αντίστοιχους διακόπτες και να παρατηρεί τις αλλαγές στις ροές ισχύος, αν έχει ρυθμίσει την καταγραφή τους σε πεδία.

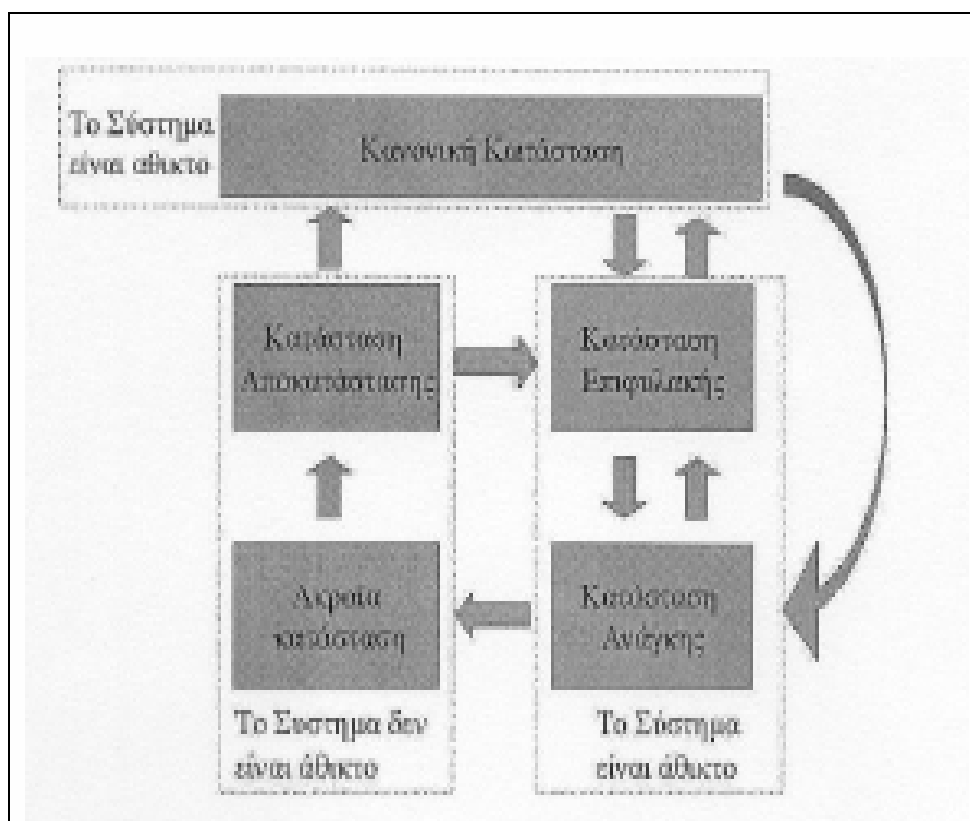
Περισσότερες πληροφορίες για τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μπορούμε να βρούμε στους πίνακες για τα στοιχεία που μας ενδιαφέρουν στο μενού **Case Information**. Επιλέγοντας το πρώτο πλήκτρο από τη γραμμή εργαλείων **Options>Solution/Environment>Solution Options** στο μενού ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους της προσομοίωσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για να γίνει κατανοητός ο όρος της ασφάλειας ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει πρώτα να αναφερθούμε στις λειτουργικές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί, αφού αυτές οι καταστάσεις με την σειρά τους, ταξινομούνται σύμφωνα με το επίπεδο ασφάλειας του ΣΗΕ, με τέτοιο τρόπο ώστε να βοηθούν τους χειριστές, να σχεδιάζουν αλλά και να λαμβάνουν τις κατάλληλες για κάθε περίπτωση ενέργειες ελέγχου.

Ο διαχωρισμός αυτός των λειτουργικών καταστάσεων σύμφωνα με το επίπεδο ασφάλειας που βρίσκεται ένα ΣΗΕ, αποδίδεται στον Dy-Liacco και παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα, όπου φαίνονται καθαρά η κατηγοριοποίηση, αλλά και οι σχέσεις αλληλοσύνδεσης μεταξύ των καταστάσεων:



Σχήμα 1: Χάρτης λειτουργικών καταστάσεων του Dy-Liacco

Σύμφωνα και με το σχήμα 1 λοιπόν , οι καταστάσεις που μπορεί να βρεθεί ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι εξής:

α) Η κανονική κατάσταση , όπου το ισοζύγιο μεταξύ παραγωγής και φορτίου(λαμβάνοντας υπόψιν και τις απώλειες ) ικανοποιείται, ενώ καμιά συσκευή του συστήματος δεν υπερφορτώνεται. Επιπρόσθετα τα περιθώρια εφεδρείας του ΣΗΕ είναι επαρκή και έτσι είναι ικανό να αντεπεξέρχεται σε πιθανές διαταραχές.

β) Η κατάσταση επιφυλακής , όπου το επίπεδο ασφαλείας του συστήματος εξασθενεί, ενώ ταυτόχρονα η πιθανότητα να τύχει μια διαταραχή αυξάνεται , με αποτέλεσμα η εκδήλωση μιας διαταραχής να οδηγήσει κάποιες συσκευές του δικτύου σε υπερφόρτωση. Σ' αυτήν την κατάσταση όλοι οι περιορισμοί σχετικά με το ισοζύγιο παραγωγής-φορτίου του συστήματος, αλλά και σχετικά με τα όρια ισχύος και τάσης ικανοποιούνται (όπως και στην περίπτωση α), με την διαφορά ότι τα περιθώρια εφεδρείας δεν είναι αρκετά για να εγγυηθούν ότι οι περιορισμοί θα εξακολουθούν να διατηρούνται , μετά από μια σοβαρή διαταραχή.

γ) Η κατάσταση ανάγκης , η οποία αποτελεί την διάδοχη κατάσταση της κατάστασης επιφυλακής , εφόσον συμβεί μια σοβαρή διαταραχή , πριν ακόμα συμβεί οποιαδήποτε προληπτική ενέργεια. Σ' αυτή την κατάσταση παραβιάζονται κάποιοι από τους περιορισμούς των ορίων τάσης και ισχύος, με αποτέλεσμα να υπερφορτώνονται συσκευές του δικτύου. Με την λήψη διορθωτικών ενεργειών, το σύστημα μπορεί να αποκατασταθεί στην κανονική του κατάσταση ή τουλάχιστον στην κατάσταση επιφυλακής.

δ) Η ακραία κατάσταση , η οποία μπορεί να προκύψει από την κατάσταση επιφυλακής όταν λάβει χώρα προηγουμένως μια σοβαρή διαταραχή ή από την κατάσταση ανάγκης , όταν κατά την διάρκεια της δεν λαμβάνονται διορθωτικές ενέργειες. Σ' αυτή την κατάσταση οι περιορισμοί σχετικά με το ισοζύγιο παραγωγής-φορτίου του συστήματος , αλλά και οι περιορισμοί σχετικά με τα όρια ισχύος και τάσης παραβιάζονται , με αποτέλεσμα το σύστημα να χάνει το συγχρονισμό του , να υπάρχουν διαδοχικές απώλειες στοιχείων και πιθανές διακοπές σε κύρια μέρη του ΣΗΕ. Οι διορθωτικές ενέργειες που μπορούν να ληφθούν σε αυτή την ακραία περίπτωση , είναι η απόρριψη φορτίου ή ο ελεγχόμενος διαχωρισμός του συστήματος, για την αποφυγή "blackout" ευρείας κλίμακας.

ε) Η κατάσταση αποκατάστασης , όπου ο χειριστής εκτελεί ενέργειες ελέγχου , που αποσκοπούν στην επανασύνδεση όλων των στοιχείων και στην αποκατάσταση όλου του φορτίου του συστήματος. Αναλόγως των συνθηκών, το σύστημα μπορεί να φτάσει ή στην κανονική ή στην κατάσταση επιφυλακής. Συνοψίζοντας μετά την παρουσίαση των λειτουργικών καταστάσεων που μπορούν να συμβούν σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας , είναι φανερό ότι το γενικό αντικείμενο του ελέγχου ασφάλειας , είναι η διατήρηση του συστήματος στην κανονική κατάσταση λειτουργίας. Για να γίνει εφικτή η διατήρηση του συστήματος σε κανονικά επίπεδα λειτουργίας, πρέπει ακολούθως να αναφερθούμε σε ένα πολύ σημαντικό ζήτημα των ΣΗΕ, αυτό της εκτίμησης της ασφάλειας.

Η εκτίμηση της ασφάλειας λοιπόν , διακρίνεται σε τρία επίπεδα:

α) Στην εποπτεία της ασφάλειας , όπου ελέγχεται το κατά πόσον ικανοποιούνται οι λειτουργικές συνθήκες στο σύστημα.

β) Στην ανάλυση της ασφάλειας , όπου γίνεται ο έλεγχος του κατά πόσον το σύστημα μπορεί να υποστεί διαταραχές, με αυτό να θεωρείται ασφαλές αν αντιστέκεται σε κάθε προσδιορισμένη διαταραχή χωρίς να μεταβαίνει σε κατάσταση ανάγκης. Αν το σύστημα δεν είναι ασφαλές , τότε λογικά είναι ανασφαλές ή σε κατάσταση επιφυλακής. Κατά την θεώρηση των διαταραχών, είναι καλύτερο να λαμβάνονται υπόψιν οι διαταραχές που έχουν λογικές πιθανότητες να συμβούν , αντί να λαμβάνονται υπόψιν όλες οι δυνατές διαταραχές , διότι στην προκειμένη περίπτωση θα είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί μια ασφαλής κατάσταση.

γ) Στον προσδιορισμό του περιθωρίου ασφαλείας , όπου γίνεται η εκτίμηση του επιπέδου ασφάλειας για μια δοσμένη λειτουργική συνθήκη ή συγκεκριμένη τοπολογία του συστήματος, υπό ένα προκαθορισμένο σύνολο διαταραχών. Η εκτίμηση αυτή χρειάζεται τον ορισμό ενός περιθωρίου ασφαλείας, χρησιμοποιώντας κάποιες επιλεγόμενες μεταβλητές ή παραμέτρους. Στα πλαίσια αυτού του επιπέδου εκτίμησης της ασφάλειας, το αντικείμενο μας δεν περιστρέφεται μόνο γύρω από την μετάβαση του συστήματος από ανασφαλή σε ασφαλή κατάσταση , αλλά εστιάζεται επίσης και στην διατήρηση των περιθωρίων ασφαλείας σε επαρκή επίπεδα.

Χαρακτηριστική περίπτωση του πιο πάνω , είναι η γνώση που απαιτείται να έχει ο χειριστής του ΣΗΕ, σχετικά με το πόσο φορτίο ή αύξηση μεταφοράς ισχύος είναι αποδεκτά , χωρίς το σύστημα να γίνεται ανασφαλές. Τελειώνοντας , θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η εκτίμηση ασφάλειας , ανάλογα με την μέθοδο ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την μελέτη της, μπορεί να ταξινομηθεί σε Εκτίμηση Στατικής Ασφάλειας (Static Security Assessment SSA) και σε εκτίμηση Δυναμικής ασφάλειας (Dynamic Security Assessment DSA).

Η Εκτίμηση Στατικής Ασφάλειας , αφορά τις μεθοδολογίες εκείνες που ελέγχουν τα όρια της τάσης των ζυγών και της ροής ισχύος στις γραμμές για την κατάσταση λειτουργίας μετά τη διαταραχή , θεωρώντας ότι η μετάβαση μεταξύ των λειτουργικών καταστάσεων πριν και μετά τη διαταραχή , γίνεται χωρίς να εμφανιστούν οποιαδήποτε φαινόμενα αστάθειας σε οποιοδήποτε μέρος του συστήματος .

Η Εκτίμηση Δυναμικής Ασφάλειας ως αντιπαραβολή, αφορά τις μεθοδολογίες εκείνες που ασχολούνται με την εκτίμηση της ευστάθειας και της ποιότητας των μεταβατικών διαδικασιών μεταξύ των καταστάσεων πριν και μετά την διαταραχή. Στην περίπτωση λοιπόν της εκτίμησης της δυναμικής ασφάλειας, διασφαλίζεται ότι το σύστημα μας θα είναι ευσταθές και μετά την εκδήλωση της διαταραχής και ότι τα μεταβατικά φαινόμενα που προκαλούνται από μια τέτοια διαταραχή είναι αποσβέσιμα, έχοντας μικρό πλάτος και μικρή επίδραση στην ποιότητα εξυπηρέτησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΡΗΤΗΣ ΜΕ POWER WORLD SIMULATOR

#### 5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσομοίωση του ηλεκτρικού συστήματος γίνεται για να μας δείξει τη συμπεριφορά των στοιχείων του συστήματος, τη ροή ισχύος, αλλά και στο να προβλεφτεί πώς συμπεριφέρονται τα στοιχεία όταν παρατηρηθεί κάποιο σφάλμα κατά την λειτουργία του όπως π.χ βλάβη ενός μέρους του δικτύου μεταφοράς.

Η ανάλυση ροών φορτίου αναφέρεται στον υπολογισμό των τάσεων, των ρευμάτων και των ροών ενεργού ισχύος στα διάφορα σημεία ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, κάτω από πραγματικές ή υποτιθέμενες συνθήκες φόρτισης και λειτουργίας. Η ανάλυση ροών φορτίου είναι αναγκαία για την καθημερινή λειτουργία, και για τις μελέτες επέκτασης και ανάπτυξης του συστήματος. Ακόμα, χρησιμεύει για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων από τις διασυνδέσεις με άλλα συστήματα, την εισαγωγή νέων φορτίων, την εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής, την κατασκευή νέων γραμμών μεταφοράς κλπ.

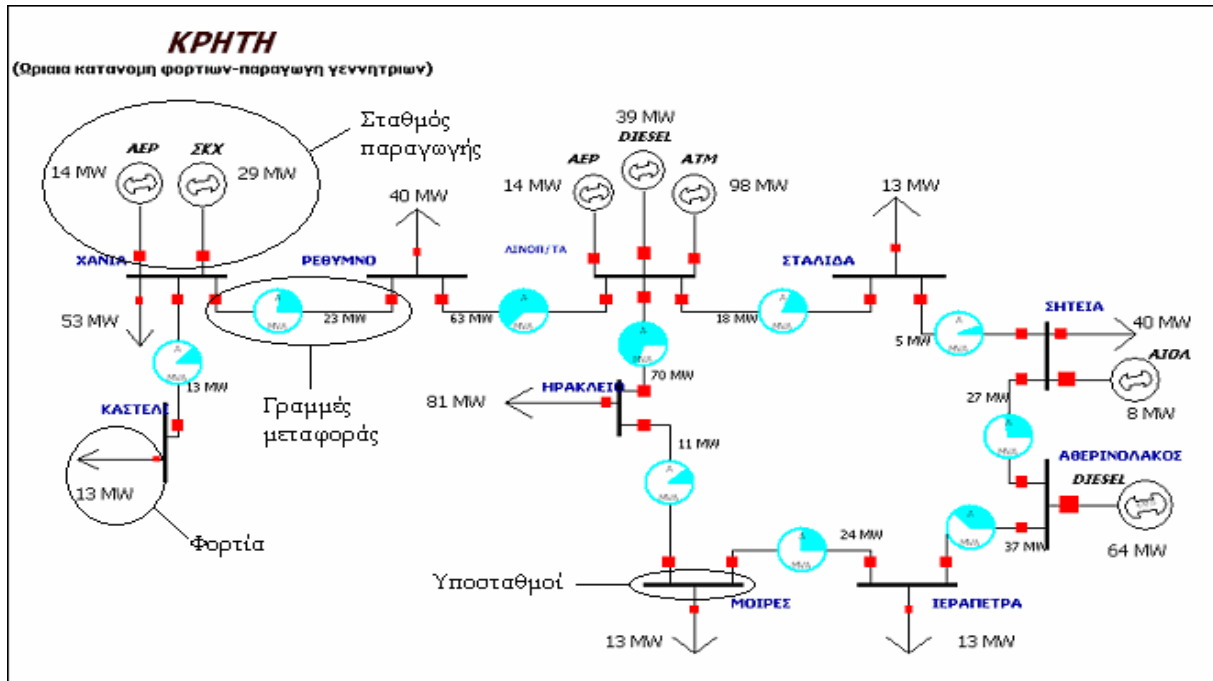
Οι μελέτες διαταραχών αποτελούν απαραίτητο συμπλήρωμα της ανάλυσης ροής φορτίου, και εξασφαλίζουν την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος κάτω από αναμενόμενες δυναμικές διαταραχές, κατά τη σχεδίαση ή την καθημερινή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, απαιτούνται για τη σωστή ρύθμιση της προστασίας έναντι βραχυκυκλωμάτων. Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα δυναμικό, μη γραμμικό σύστημα, το οποίο υφίσταται συνεχώς μικρές ή μεγάλες διαταραχές. Οι διαταραχές αυτές προέρχονται από τη μεταβολή της ζήτησης και της παραγωγής, τις διακοπές ή ζεύξεις στοιχείων του συστήματος, από βραχυκυκλώματα ή άλλα σφάλματα. Η μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς των δικτύων καλύπτει μία μεγάλη περιοχή φαινομένων διαφορετικής φύσης (ηλεκτρικά, μηχανικά, θερμικά φαινόμενα).

Η πραγματοποίηση της προσομοίωσης γίνεται αφού πρώτα κατασκευαστεί στο πρόγραμμα ένα μοντέλο του ηλεκτρικού συστήματος. Στο μοντέλο εμφανίζονται οι σταθμοί παραγωγής, τα φορτία, οι υποσταθμοί και το δίκτυο μεταφοράς. Επίσης το πρόγραμμα μας πληροφορεί για την ονομασία κάθε μηχανής παραγωγής και κάθε φορτίου και για την τιμή ισχύος που παράγει ή καταναλώνει αντίστοιχα (σχήμα 1).

Τα φορτία όπως έχουν τοποθετηθεί στο μοντέλο δεν αντιπροσωπεύουν μόνο τη συγκεκριμένη τοποθεσία που αναφέρεται αλλά μια ευρύτερη περιοχή που περιλαμβάνει τα κοντινά χώρια, τους οικισμούς, βιομηχανικές εγκαταστάσεις κ.α. Δηλαδή το φορτίο που αναφέρεται προκύπτει από τη συνολική κατανάλωση ενέργειας της περιοχής.



Οι σταθμοί παραγωγής αποτελούνται από διάφορα είδη γεννητριών. Κάθε γεννήτρια που φαίνεται στο μοντέλο προκύπτει από το άθροισμα όλων των γεννητριών του ίδιου είδους (ίδιος τρόπος λειτουργίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύς) που υπάρχει στον κάθε σταθμό.



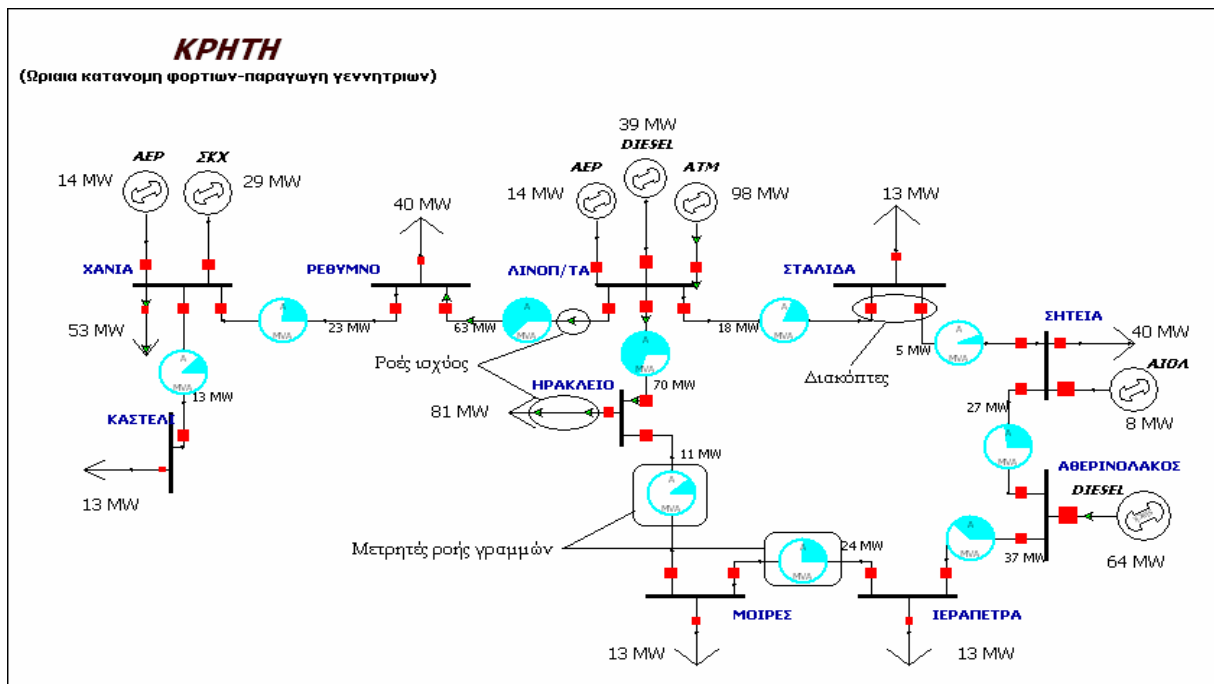
Σχήμα 1: Μοντέλο ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης με Power World Simulator.

Αφού κατασκευαστεί το μοντέλο του ηλεκτρικού συστήματος και ρυθμιστούν όλες οι παράμετροι λειτουργίας του περνάμε στη σημαντικότερη φάση, αυτή της επίλυσης του δικτύου. Κατά τη φάση αυτή (**Run Mode**) το πρόγραμμα με τη δυνατότητα της κίνησης μας δίνει πληροφορίες για τον τρόπο που αντεπεξέρχεται το σύστημα στις εκάστοτε συνθήκες. Για παράδειγμα μας δείχνει τις ροές ισχύος αλλά και το ποιες γεννήτριες λειτουργούν κάθε φορά ανάλογα με το αν αυτές περιστρέφονται ή όχι.

Η ροή ισχύος κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης παριστάνεται με πράσινα βέλη που κινούνται πάνω στις γραμμές μεταφοράς, δηλαδή από τις γεννήτριες παραγωγής προς τα φορτία κατανάλωσης (σχήμα 2). Όσο περισσότερα βέλη και όσο μεγαλύτερο το μέγεθος τους τόσο μεγαλύτερη ροή ισχύος έχουμε πάνω στη γραμμή την οποία κινούνται. Συνεπώς και το φορτίο στο οποίο κατευθύνονται θα έχει μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.

Πάνω σε κάθε γεννήτρια, φορτίο και γραμμή μεταφοράς του μοντέλου υπάρχουν διακόπτες που παριστάνονται με κόκκινους κύκλους (σχήμα 2). Κατά την επίλυση του δικτύου μπορούμε να επεμβούμε ανοίγοντας ή κλείνοντας τους διακόπτες και να παρατηρήσουμε τις μεταβολές που γίνονται στο σύστημα. Για παράδειγμα να αποκόψουμε ένα φορτίο ή να κλείσουμε μια γεννήτρια παραγωγής ή ακόμα μια ολόκληρη γραμμή μεταφοράς.

Σε κάθε γραμμή μεταφοράς υπάρχει ένα κυκλικό διάγραμμα που λειτουργεί σαν μετρητής ροής της γραμμής. Ένας μετρητής ροής γραμμών έχει δύο παραμέτρους, μια για την οριζόμενη ελάχιστη ροή, και μια για την οριζόμενη μέγιστη ροή (του κλάδου με εκτίμηση). Μέσα στο μετρητή είναι μια γεμισμένη περιοχή. Το χρώμα προεπιλογής της γεμισμένης περιοχής είναι μπλε και όσο μεγαλύτερη είναι μας αποκαλύπτει αλλαγές στη σχετική ροή του κλάδου. Όταν η ροή ξεπεράσει τη μέγιστη οριζόμενη ο μετρητής αλλάζει χρώμα και γίνεται κόκκινος πράγμα που σημαίνει ότι περιμένουμε να δούμε βλάβη λόγω υπερφόρτωσης (σχήμα 2).



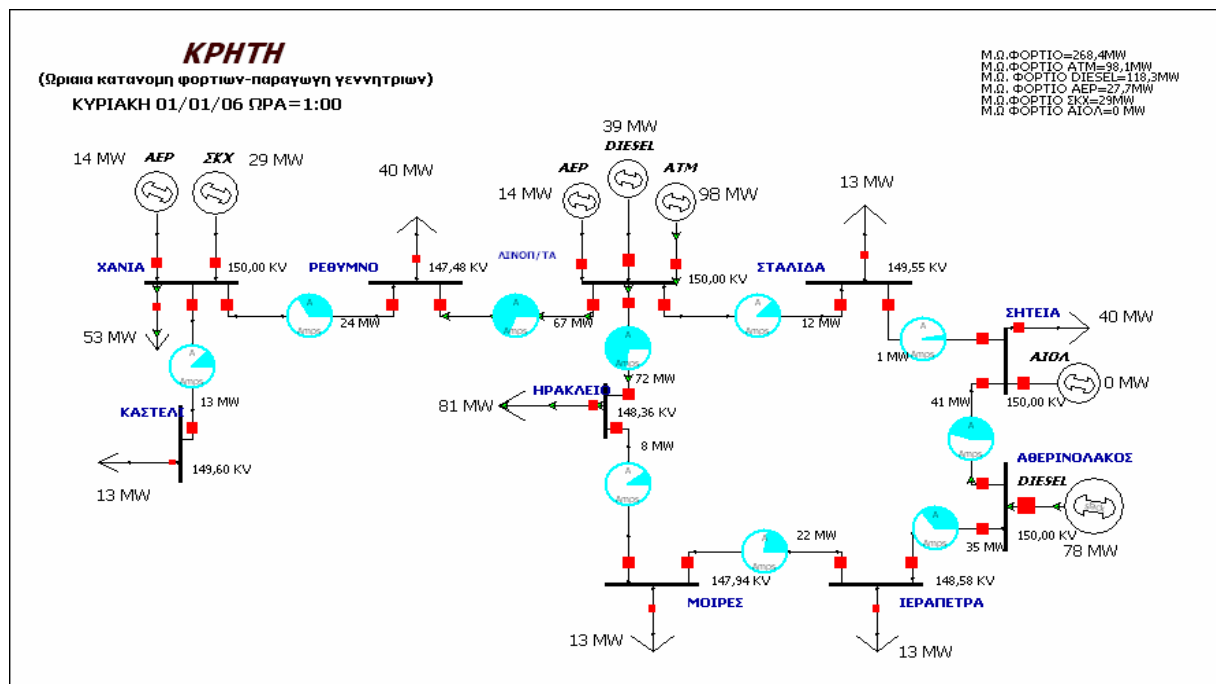
Σχήμα 2: Μοντέλο ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης κατά την προσομοίωση.

## 5.2 ΣΕΝΑΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 5.2.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1°

#### Διακοπή γραμμής δικτύου μεταφοράς Ηρακλείου-Ρεθύμνου.

Στην αρχική κατάσταση όπου το σύστημα λειτουργεί κανονικά οι μονάδες παραγωγής δουλεύουν στα προβλεπόμενα όρια τους. Έτσι ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμμάτων ικανοποιεί τις ανάγκες ισχύος του Ηρακλείου, της Σταλίδας, του Ρεθύμνου και μικρού ποσοστού της ζήτησης των Χανίων. Ο σταθμός των Χανίων στην περιοχή της Ξυλοκαμάρας ικανοποιεί τις ανάγκες των Χανίων και του Καστελίου. Ο σταθμός παραγωγής του Αθρινόλακκου στην Ανατολική Κρήτη καλύπτει τις ανάγκες ισχύος της Σητείας, της Ιεράπετρας, των Μοιρών και ένα μικρό ποσοστό στην πόλη του Ηρακλείου. Τα αιολικά πάρκα της Σητείας την συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεν συνεισφέρουν στην ενεργειακή ζήτηση. Πιθανά αίτια οι παρούσες καιρικές συνθήκες της περιοχής(σχήμα 3).



Σχήμα 3:Κανονική λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος.

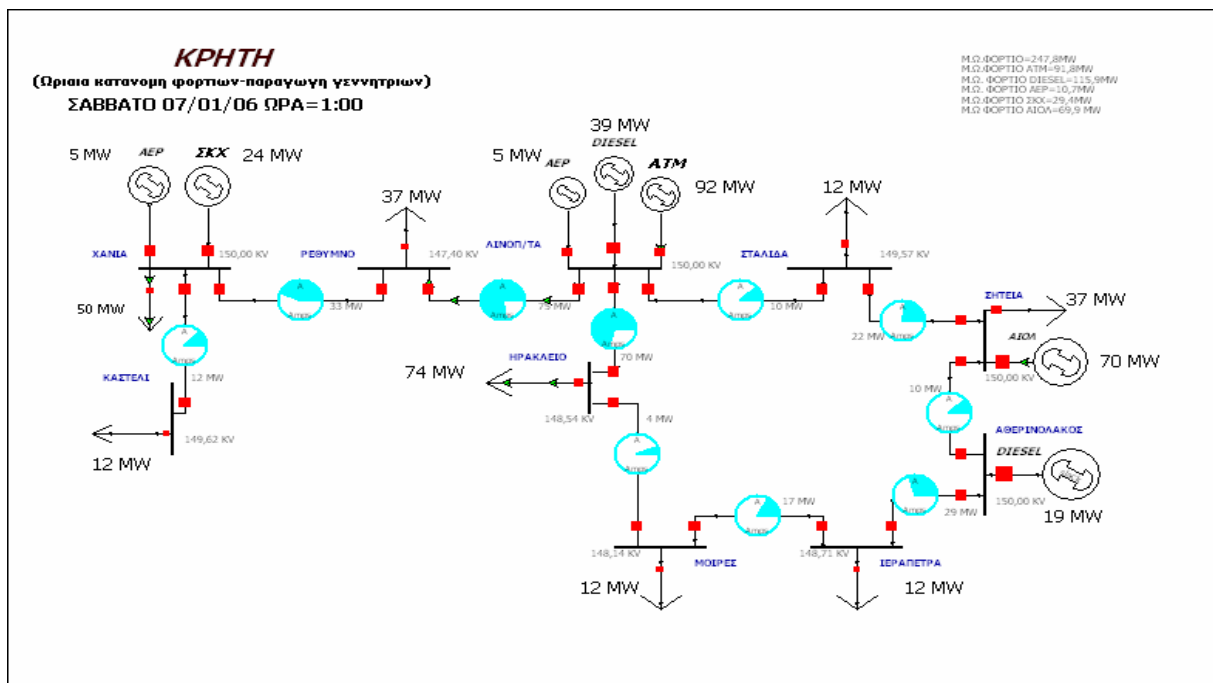
Στην περίπτωση που προκληθεί μια βλάβη στο κομμάτι του δικτύου μεταφοράς που ενώνει το Ηράκλειο με το Ρέθυμνο παρατηρούμε ότι επηρεάζεται όλο το ηλεκτρικό σύστημα Κρήτης. Χαρακτηριστικά βλέπουμε αλλάζουν οι ροές ισχύος (σχήμα 4). Έτσι ο σταθμός παραγωγής των Λινοπεραμάτων δεν συμμετέχει στην κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας Ρεθύμνου και Χανίων. Για τις ανάγκες αυτές αυτόματα ο σταθμός των Χανίων θα αυξήσει την παραγόμενη ισχύ του. Ο σταθμός των Λινοπεραμάτων θα συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά για να ικανοποιήσει την ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας του Ηρακλείου, των Μοιρών, της Σταλίδας μέρος της ζήτησης της Ιεράπετρας και το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης της Σητείας. Επειδή η παραγωγή του σταθμού είναι αρκετά μεγάλη και το μεγαλύτερο μέρος διοχετεύεται



## 5.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2°

### Διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα Σητείας.

Όταν υπάρχουν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες και συγκεκριμένα αυξημένο αιολικό δυναμικό, τα αιολικά πάρκα της Σητείας έχουν αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και συμμετέχουν ενεργά στο σύστημα και την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Χαρακτηριστικά την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα φθάνουν να δώσουν στο δίκτυο 70 MW (σχήμα 5). Η ισχύς αυτή μοιράζεται στους καταναλωτές της Σητείας της Ιεράπετρας της σταλίδας και το μεγαλύτερο μέρος των Μοιρών. Ακόμα οι ενεργειακές ανάγκες του Ρεθύμνου και του Ηρακλείου καλύπτονται από το σταθμό των Λινοπεραμάτων, ενώ των Χανίων και της περιοχής του Καστελίου παρέχονται από το σταθμό της Ξυλοκαμάρας.

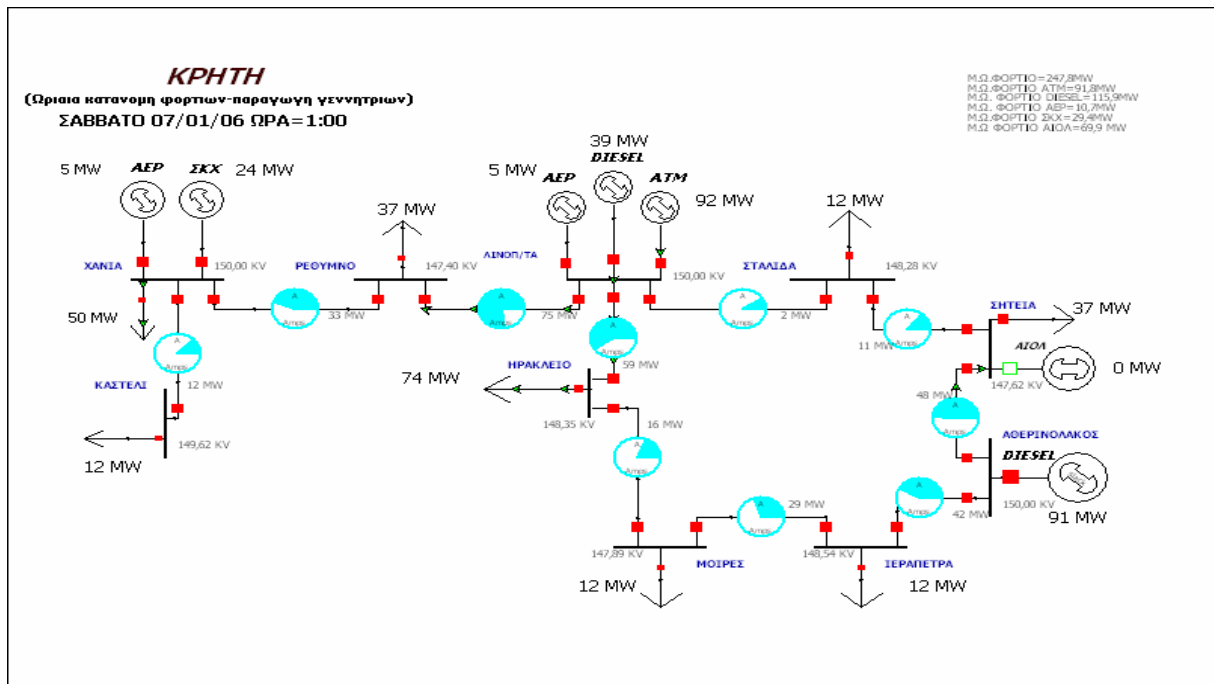


Σχήμα 5: Λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος με χρήση αιολικών.

Όταν τώρα οι καιρικές συνθήκες αντιστραφούν και μειωθεί το αιολικό δυναμικό στο ελάχιστο τα αιολικά παύουν να έχουν παραγωγή και σταματά η συμμετοχή τους στην λειτουργία του συστήματος.

Συνέπεια αυτού είναι να αυξηθεί η παραγωγή ενέργειας από την μηχανή εφεδρείας του Αθερινολακκου για να καλυφθεί η ζήτηση. Όπως φαίνεται στο σχήμα 5 τα 70MW που έδιναν πριν τα αιολικά αναγκάζεται να τα δώσει ο σταθμός του Αθερινολακκου. Ένα μεγάλο μέρος της παραγόμενης ισχύς διατίθεται για τις ανάγκες της Σητείας ενώ το υπόλοιπο μοιράζεται σε Ιεράπετρα και Μοίρες καθώς και ένα μικρό μέρος του Ηρακλείου. Οι ανάγκες της Σταλίδας δεν καλύπτονται και γι αυτό τον λόγο αναλαμβάνει να τις καλύψει ο σταθμός των Λινοπεραμάτων.

Επίσης παρατηρείται ότι οι ενεργειακές ανάγκες Ρεθύμνου και Χανίων δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από τη χρήση ή μη των αιολικών μονάδων παραγωγής ενέργειας (σχήμα 6).

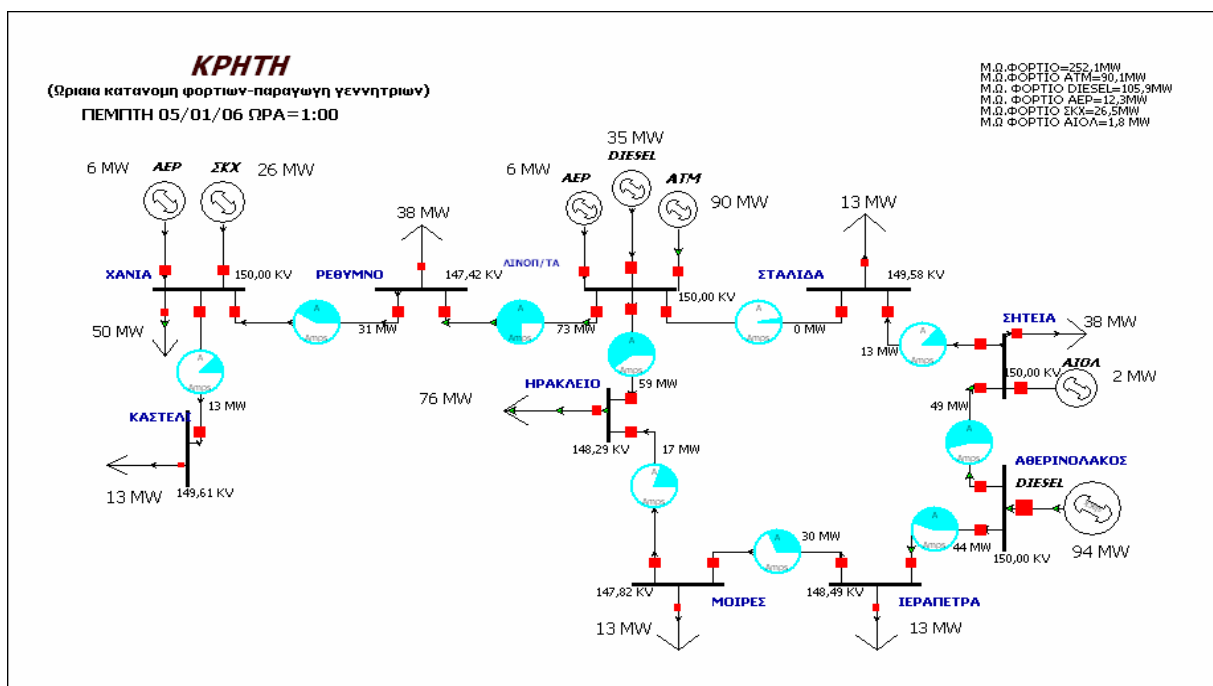


Σχήμα 6: Λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος χωρίς την χρήση αιολικών.

### 5.2.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3°

#### Διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στο φορτίο του Ηρακλείου.

Στην αρχική κατάσταση λειτουργίας του συστήματος όλες οι μονάδες παραγωγής συμμετέχουν για την κάλυψη της ζήτησης που αγγίζει τα 252.1 MW συνολικά. Η ροή της ενέργειας διοχετεύεται στα φορτία ομαλά χωρίς να παρατηρούνται προβλήματα κατά την μεταφορά και την διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όπως φαίνεται (σχήμα 7) αυξημένη ροή ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε εκεί που υπάρχουν τα μεγαλύτερα φορτία όπως του Ηρακλείου (76 MW) και των Χανίων (50MW). Οι αεροστρόβιλοι του σταθμού των Χανίων και των Λινοπεραμάτων όπως επίσης και τα αιολικά πάρκα της Σητείας έχουν μικρή παραγωγή ισχύος άρα και μικρή συμμετοχή στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του νησιού. Συνεπώς οι μηχανές παραγωγής που επιβαρύνονται είναι οι ατμοστρόβιλοι και οι μηχανές DIESEL.

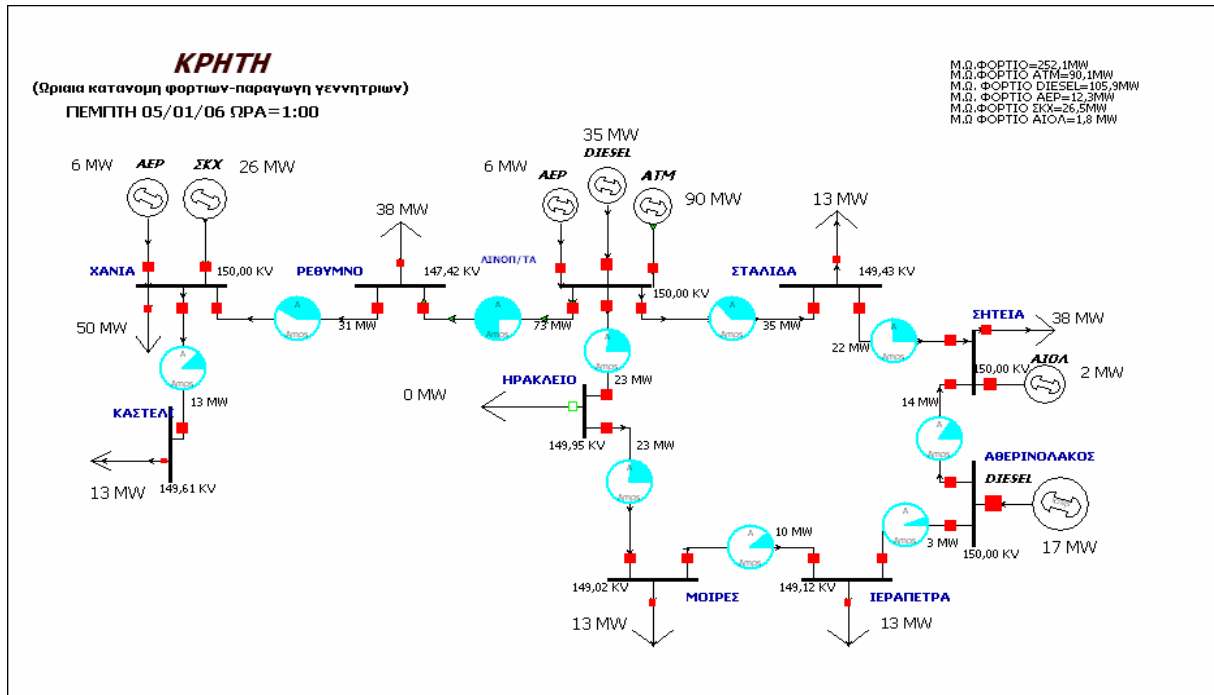


Σχήμα 7:Κανονική λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος.

Αν τώρα για κάποιο λόγο διακοπεί η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο φορτίο του Ηρακλείου (σχήμα 8) με πιθανότερο αίτιο κάποια βλάβη στον κεντρικό υποσταθμό θα είχαμε διάφορες αλλαγές στο ηλεκτρικό σύστημα. Οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν στην ανατολική πλευρά του νησιού αφού η δυτική περιφέρεια (Χανιά-Ρέθυμνο) δεν επηρεάζονται είτε στην παραγόμενη ισχύ των σταθμών , είτε στα φορτία διανομής.

Για να μην υπάρξει υπερφόρτωση στο δίκτυο κάποια μονάδα παραγωγής πρέπει να μειώσει την παρεχόμενη ισχύ της. Η μονάδα που μειώνει λοιπόν την παραγωγή της είναι του Αθρινολακκού η οποία όπως έχει αναφερθεί είναι η εφεδρική τους συστήματος. Στην αρχή έδινε 94 MW και μετά την βλάβη πέφτει στα 17 MW , με συνέπεια τα φορτία που καλυπτόταν πριν από αυτόν το σταθμό να καλύπτονται πλέον από τον σταθμό παραγωγής των λινοπεραμάτων. Λόγο της μεγάλης παραγωγής ισχύος του φτάνει για να καλυφτούν οι ανάγκες της νοτιοανατολικής

Κρήτης (Μοίρες, Ιεράπετρα) καθώς και της βορειοανατολικής (Σταλίδα ,Σητεία). Έτσι λοιπόν δίνεται λύση στο πρόβλημα που προκύπτει και καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες.



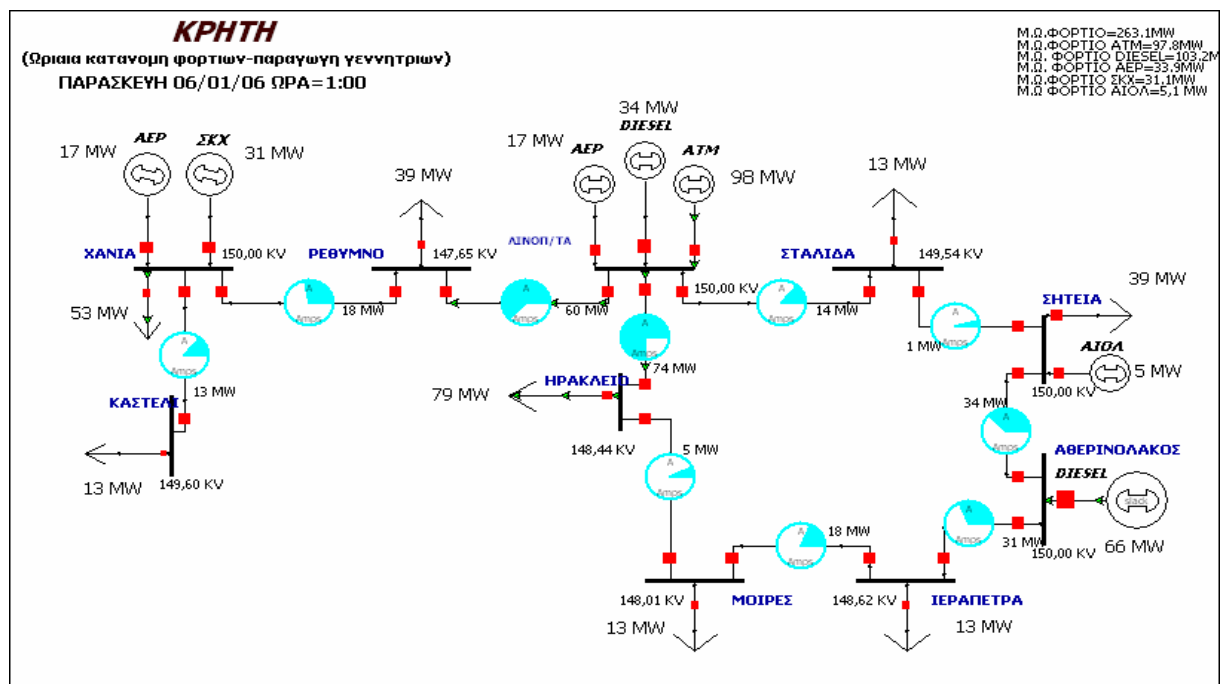
Σχήμα 8 : Λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος με διακοπή του φορτίου του Ηρακλείου.



## 5.2.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4°

### Διακοπή λειτουργίας DIESEL μηχανών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Τη συγκεκριμένη ημέρα πριν συμβεί η διακοπή των ντιζελομηχανών η ροή ισχύος κινείται ομαλά , η διοχέτευση με ηλεκτρική ενέργεια όλων των φορτίων της Κρήτης είναι επαρκείς ενώ οι μοναδικές απώλειες που έχουμε είναι του δικτύου μεταφοράς οι οποίες είναι γνωστές για το σύστημα. Χαρακτηριστικά το δυναμικό παραγωγής της μονάδας της Ξυλοκαμάρας είναι 48MW τα οποία με συνεργασία της μονάδας των Λινοπεραμάτων καλύπτουν τα 53 MW ηλεκτρικής ενέργειας της πόλης των Χανίων και τα 13 MW για το φορτίο Καστελίου. Ο σταθμός των Λινοπεραμάτων ακόμα καλύπτει τη πόλη του Ηρακλείου του Ρεθύμνου και τη Σταλίδα. Ενώ ο σταθμός του Αθρινόλακκου παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε Μοίρες Ιεράπετρα και Σητεία. Μικρή συμμετοχή έχει και το αιολικό πάρκο που προσφέρει στο δίκτυο 5 MW ηλεκτρικής ισχύος. Οι ροές, η παραγωγή των μονάδων καθώς και τα φορτία παρουσιάζονται στο σχήμα 9.



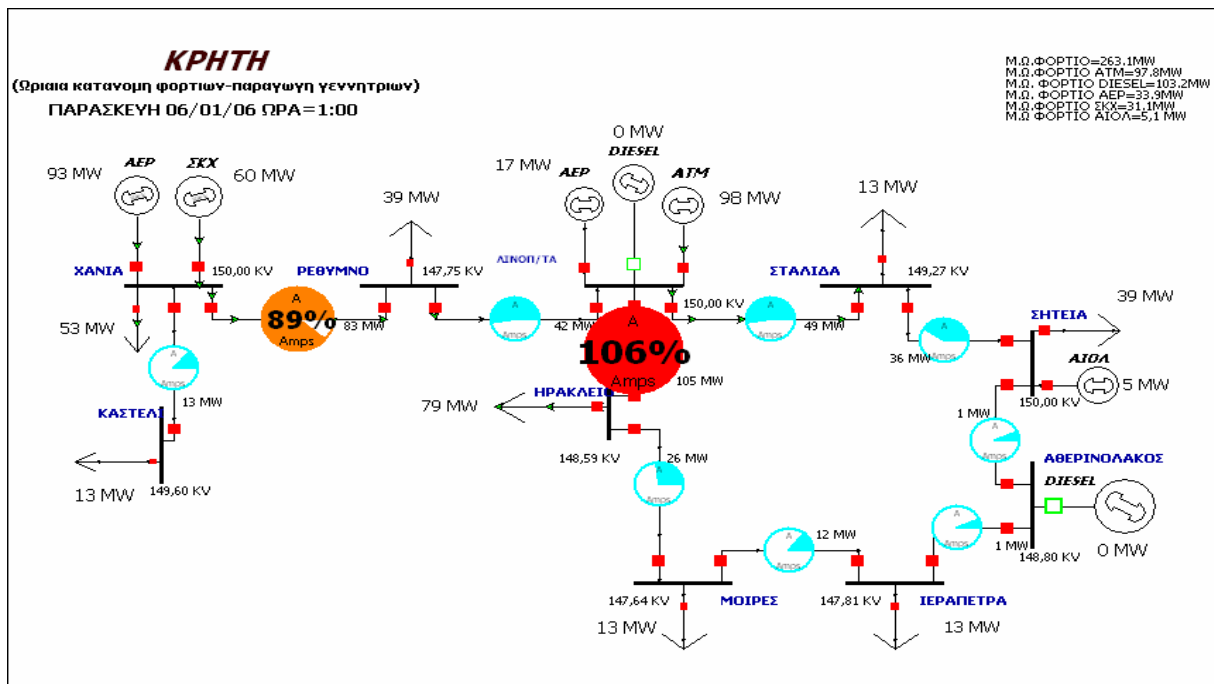
Σχήμα 9:Κανονική λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος.

Στην περίπτωση τώρα που μια συστηματική μεταβολή έχει ως αποτέλεσμα την παύση της λειτουργίας των μηχανών DIESEL( π.χ διακοπή λειτουργίας για συντήρηση , επισκευή μηχανών) στην παραγόμενη ισχύ , παρατηρούνται αρκετές αλλαγές στο ηλεκτρικό σύστημα. Λόγο της απουσίας τους κάποιες άλλες μονάδες θα αναγκαστούν να δώσουν την ηλεκτρική ισχύ που υπολείπεται.

Όπως βλέπουμε και στο μοντέλο του προσομοιωτή (σχήμα 10) οι αεριοστρόβιλοι ,οι οποίοι ανεβάζουν εύκολα και γρήγορα τη παραγόμενη ισχύ τους , καθώς και η μηχανή συνδυασμένου κύκλου της μονάδας παραγωγής της Ξυλοκαμαρας , αύξησαν την παραγόμενη ισχύ για να καλύπτει η ενεργειακή ζήτηση . Στην παρούσα κατάσταση παρατηρείται σημαντική αλλαγή στη ροή ισχύος. Έτσι η γραμμή

μεταφοράς Χανίων Ρεθύμνου υπερφορτώνεται λόγω της μεγάλης ισχύς που περνάει(χωρίς να υπάρχει όμως μεγάλος κίνδυνος καταστροφής). Μεγάλη ροή ισχύος παρατηρείται επίσης στην γραμμή μεταφοράς από τον υποσταθμό των Λινοπεραμάτων προς αυτόν του Ηρακλείου.

Οι μεγάλες αυτές υπερφορτώσεις στις γραμμές μεταφοράς έχουν σαν συνέπεια την απώλεια ηλεκτρικής ισχύος στα καλώδια μεταφοράς και την αντίσταση που αυτά παρουσιάζουν λόγω μήκους (μεγάλη απόσταση μεταξύ υποσταθμών). Παρόλες αυτές τις συνθήκες λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος, η ζήτηση των φορτίων καλύπτεται πλήρως και δεν παρατηρείται έλλειψη ισχύος σε καμία περίπτωση.



Σχήμα 10 : Λειτουργία ηλεκτρικού συστήματος με διακοπή των Diesel μηχανών παραγωγής.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάγκη για βελτίωση της καθημερινής ζωής, μας κάνει να απαιτούμε όσο το δυνατόν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, στο χρόνο και το τόπο που το θέλουμε. Η βέλτιστη λύση για την σωστή τροφοδότηση των καταναλωτών πρέπει να προκύψει από τον συγκερασμό των επιδιωκόμενων στόχων που είναι: η αξιοπιστία του συστήματος, η επαρκής και γρήγορη ηλεκτροδότηση, η εξυπηρέτηση των καταναλωτών, η ελαχιστοποίηση των δαπανών, η μέγιστη εκμετάλλευση του δικτύου, η ελαχιστοποίηση των απωλειών και του κόστους, η μη αλλοίωση του περιβάλλοντος και η σωστή πρόβλεψη του φορτίου.

Τα τελευταία χρόνια με την αλματώδη ανάπτυξη τις τεχνολογίας ολοένα και περισσότερες συσκευές και συστήματα κατασκευάζονται για να καλύψουν τις ανάγκες μας και να κάνουν τη ζωή μας ευκολότερη και καλύτερη όπως λένε. Σε κάθε σπίτι, στη δουλειά μας και τις περισσότερες ασχολίες μας χρησιμοποιούμε παρά πολλές. Όπως φαίνεται μας έχουν γίνει απαραίτητες και δείχνουμε ότι δεν μπορούμε να ζήσουμε και να κάνουμε τίποτα χωρίς αυτές.

Οι συσκευές αυτές και τα συστήματα για να λειτουργήσουν χρειάζονται ενέργεια που η κυριότερη μορφή της είναι η ηλεκτρική ενέργεια. Η ενέργεια αυτή παράγεται με διάφορους τρόπους σε μεγάλη κλίμακα από σταθμούς παραγωγής μεγάλης ισχύος μιας και η ζήτηση είναι μεγάλη και συνεχώς αυξάνεται. Για να καλυφθεί αυτή η μεγάλη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας που συναντάτε ακόμα και στη πιο απομακρυσμένη περιοχή έχει κατασκευαστεί το ηλεκτρικό σύστημα(ΣΗΕ). Τα ηλεκτρικά συστήματα πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να αντεπεξέρχονται στην εκάστοτε ζήτηση και τις συνθήκες λειτουργίας.

Στο ηλεκτρικό σύστημα της Κρήτης υπάρχουν αρκετά μεγάλα φορτία καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας που συναντιούνται στις περιοχές όπου υπάρχει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα και συγκεκριμένα κοντά στα μεγαλύτερα αστικά κέντρα του νησιού. Για να ικανοποιηθούν αυτές οι ανάγκες των καταναλωτών υπάρχουν οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των σταθμών λειτουργεί με συμβατικά καύσιμα. Παρόλο που οι μηχανές με συμβατικά καύσιμα έχουν χαμηλό συντελεστή απόδοσης, έχουν υψηλό κόστος λειτουργίας και παρουσιάζουν συχνά προβλήματα στη λειτουργία τους χρησιμοποιούνται γιατί μπορούν να δώσουν μεγάλα ποσά ενέργειας οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί.

Τα τελευταία χρόνια με το ενεργειακό πρόβλημα που παρατηρείται και την έλλειψη καυσίμων καθώς και τα περιβαλλοντικά προβλήματα οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας συμβάλουν σημαντικά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Στη Κρήτη έχουν εγκατασταθεί αρκετές μονάδες παραγωγής που εκμεταλλεύονται φυσικούς πόρους και στη πλειοψηφία τους εκμεταλλεύονται το αιολικό δυναμικό.

Η ενσωμάτωση μεγάλων ποσοτήτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και ιδιαίτερα αιολικής, στα αυτόνομα συστήματα παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον τόσο περιβαλλοντικό όσο και οικονομικό, λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής των συμβατικών μονάδων.

Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η αιολική ενέργεια μειώνει την συμμετοχή της συμβατικής παραγόμενης ενέργειας και όχι απαραίτητα τον αριθμό των εγκατεστημένων συμβατικών μονάδων παραγωγής, (εξοικονόμηση κόστους καυσίμου και όχι εγκατεστημένης ισχύος). Οι ανεμογεννήτριες λειτουργούν μόνον όταν υπάρχει ικανοποιητική ταχύτητα ανέμου. Κατά συνέπεια, επιβάλλεται η ύπαρξη εφεδρείας από τους υπάρχοντες συμβατικούς σταθμούς παραγωγής, καθώς οι δυνατότητες για οικονομική αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας είναι περιορισμένες. Φυσικά, για ηλεκτρικά συστήματα, όπως το σύστημα της Κρήτης, όπου οι αιχμές φορτίου καλύπτονται με αεροστρόβιλους και ντιζελογεννήτριες, με υψηλό κόστος παραγωγής, θα μπορούσε να εξεταστεί η περίπτωση συνδυασμού ανεμογεννητριών με αλλά συστήματα παραγωγής ενέργειας (αντλητικά υδροηλεκτρικά έργα).

Παρ' όλα αυτά όμως υπάρχουν ειδικά και προβλήματα κατά την διαδικασία ένταξης των ανεμογεννητριών στα αυτόνομα νησιωτικά συστήματα, γεγονός το οποίο οδηγεί στη σχετικά μικρή διείσδυση αιολικής ισχύος στα δίκτυα αυτά. Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η πολύ χαμηλή κατανάλωση κατά τη χειμερινή περίοδο. Οι συμβατικές μονάδες και ιδίως οι μονάδες βάσης, αμοστρόβιλοι και μεγάλες Diesel, λειτουργούν υπό ισχύ κοντά στο τεχνικό τους ελάχιστο. Αυξημένη παραγωγή των αιολικών πάρκων κατά την περίοδο αυτή έχει ως αποτέλεσμα να αναγκάζονται οι συμβατικές μονάδες βάσης να λειτουργούν υπό ακόμη χαμηλότερη ισχύ με κίνδυνο την παραβίαση των τεχνικών ελαχίστων τους μειώνοντας δραματικά την αξιοπιστία του συστήματος σε περίπτωση βλάβης κάποιας από τις λίγες ενταγμένες μονάδες.

Με την προσομοίωση του ηλεκτρικού συστήματος Κρήτης με το Power World Simulator μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για το πώς συμπεριφέρονται τα στοιχεία που αποτελούν το σύστημα στα διάφορα σενάρια λειτουργίας του. Τα συνηθέστερα σενάρια που εξετάζονται είναι η αποκοπή μιας μονάδας παραγωγής, ενός φορτίου και μιας γραμμής μεταφοράς. Τα φαινόμενα που μπορούμε να παρατηρήσουμε είναι διάφορα και ανάλογα με το σενάριο λειτουργίας επηρεάζουν το σύστημα.

Όπως χαρακτηριστικά διαπιστώνεται και από την προσομοίωση του ηλεκτρικού συστήματος οι ροές ηλεκτρικής ισχύος αλλάζουν συνεχώς σύμφωνα πάντα με την ζήτηση των φορτίων, την εκάστοτε παραγόμενη ισχύ κάθε μονάδας και στις πιθανές βλάβες που μπορεί να υπάρξουν. Επίσης διαπιστώνεται ότι κατά τη μεταφοράς της ενέργειας παρατηρούνται απώλειες.

Το σημαντικότερο όμως που διαπιστώνεται είναι ότι τα ηλεκτρικά συστήματα είναι έτσι μελετημένα και κατασκευασμένα, παρ'όλα τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη λειτουργία τους, ώστε να ανταποκρίνονται πάντα στην ζήτηση της ενέργειας και στη περίπτωση μας σε όλες τις περιοχές της Κρήτης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Μιχ.Π.Παπαδόπουλος, “Δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας”, Αθήνα 1994.
- [2] Βασιλείου Κ.Παπαδία, “ Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας “, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991.
- [3] Ιωάννης Κ.Καλδέλλης , Κοσμάς Α.Καββαδίας ,“Εργαστηριακές εφαρμογές ήπιων μορφών ενέργειας “ , Εκδόσεις Αθ.Σταμούλης, Αθήνα 2001.
- [4] Δρ Εμμανουήλ Καραπιδάκης , Σημειώσεις Μαθήματος «Σχεδιασμός & Διαχείριση Συστημάτων ΑΠΕ» Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος
- [5] Μαυρογιαννάκης Εμμ, “Στοιχεία Ηλεκτρισμού”, Οργανισμός εκδόσεων διδακτικών βιβλίων, Αθήνα 1996
- [6] Power world Simulator, Interactive power system simulation, analysis and visualization, Users Guide
- [7] Η ιστοσελίδα της Power World <http://www.powerworld.com>
- [8] ΔΕΗ Α .Ε <http://www.dei.gr>
- [9] Χάρης Στ. Παπαδόπουλος , Διπλωματική εργασία , “ Επίδραση της διεύθυνσης αιολικής ισχύος στην δυναμική ασφάλεια του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας της Κύπρου”
- [10] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας <http://www.cres.gr/kape>