



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Διπλωματική Εργασία με τίτλο:

**Έλεγχος και Συλλογή Δεδομένων από Απόσταση
Συστημάτων Παραγωγής και Μεταφοράς
Ηλεκτρικής Ενέργειας**

ΜΑΛΒΙΝΑ ΟΛΓΑ ΧΡΥΣΑΦΗ

Επιβλέποντες:

Γεώργιος Σταμούλης, Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Νέστωρ Ευμορφόπουλος, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Βόλος, Φεβρουάριος 2016

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές κ. Γεώργιο Σταμούλη, Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και κ. Νέστωρ Ευμορφόπουλο, Επίκουρο Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και για την συνεργασία που είχαμε όλη αυτή τη περίοδο.

Επιπλέον, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Ιωάννη Ξιφαρά καθώς η βοήθεια του και οι συμβουλές του ήταν καθοριστικές για την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου, στην αδελφή μου, στο αγόρι μου και τους φίλους μου για την αμέριστη υποστήριξη, βοήθεια αλλά και εμπιστοσύνη που μου δείχνανε τόσο κατά την διάρκεια των σπουδών μου όσο και κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η δομή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας και αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας των συστημάτων SCADA, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και την εποπτεία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Αρχικά παρουσιάζονται οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας με την χρήση τόσο συμβατικών πηγών ενέργειας όσο και με Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στη συνέχεια περιγράφεται το σύστημα Μεταφοράς αλλά και το Δίκτυο Διανομής Ενέργειας. Τέλος γίνεται μια περιγραφή των διεθνών διασυνδέσεων του ελληνικού ΣΗΕ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση του εποπτικού συστήματος ελέγχου και συλλογής δεδομένων (SCADA). Αναλύονται τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται και περιγράφονται οι εφαρμογές του , οι λειτουργίες του αλλά και τα διάφορα λογισμικά που υπάρχουν.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στους ανοιχτού τύπου υποσταθμούς υψηλής τάσης και στον τρόπο με τον οποίο το SCADA εξασφαλίζει την σωστή λειτουργία τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι υποσταθμοί κλειστού τύπου υψηλής τάσης και ο τρόπος με τον οποίο το SCADA συμβάλει σε αυτούς.

Τέλος ακολουθούν τα συμπεράσματα και πιθανές μελλοντικές προτάσεις.

Λέξεις Κλειδιά

Ελληνικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας, υποσταθμός, Εποπτικό σύστημα ελέγχου και συλλογής δεδομένων, ανοιχτού τύπου υποσταθμοί υψηλής τάσης, κλειστού τύπου υποσταθμοί υψηλής τάσης

Abstract

This thesis presents the structure of Greek Electric Power System, and also analyses the operating way of SCADA systems, which are used for the control and the supervise of the electric energy systems.

The first chapter analyses the Greek Power System. At first there is a presentation of production stations with the use of conventional energy sources and also with renewable energy sources. Then follows the description of the transmission system and as well as the energy distribution system. Finally there is a description of international interconnection of the Greek Power System.

The second chapter provides an overview of Supervisory Control and Data Acquisition Systems (SCADA). Analyzes the structural elements and describes the applications and the various software available.

The third chapter is a comprehensive reference to the AIS (Air Insulated Substation) high voltage substations and the way in which the SCADA secures a proper operation

Chapter four introduces the GIS (Gas Insulated Substation) high voltage substations and the way SCADA contributes to their operation.

Finally, the last chapter presents the conclusions and future possible proposals.

Keywords

Greek electric power system, substation, supervisory control and data acquisition, scada, high voltage ais substation, high voltage gis substation.

Περιεχόμενα

Συνομογραφίες	7
Περιεχόμενα Εικόνων	9
Περιεχόμενα Πινάκων.....	10
Κεφάλαιο 1 ^ο	15
1 Δομή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	15
1.1 Σταθμοί Παραγωγής.....	16
1.1.1 Ηλεκτροπαραγωγή από Συμβατικές Πηγές Ενέργειας.....	17
1.1.2 Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ.....	20
1.1.3 Φυσικό Αέριο	29
1.2 Σύστημα Μεταφοράς	29
1.2.1 Υποσταθμοί (Υ/Σ).....	30
1.2.2 Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ).....	31
1.2.3 Γραμμές Μεταφοράς (Γ.Μ.)	31
1.3 Δίκτυο Διανομής.....	32
1.4 Διεθνείς Διασυνδέσεις του ΣΗΕ	32
Κεφάλαιο 2ο.....	35
2 Τι είναι το SCADA	35
2.1 Εφαρμογές των συστημάτων SCADA.....	35
2.2 Το Σύστημα SCADA	37
2.2.1 Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ).....	37
2.2.2 Δομή του Συστήματος SCADA	38
2.3 Λειτουργίες του Συστήματος SCADA.....	47
2.4 Λογισμικά του SCADA	47
Κεφάλαιο 3 ^ο	51
3 Το Εποπτικό Σύστημα Ελέγχου στους Υποσταθμούς Υψηλής Ανοιχτού Τύπου	51

3.1	Ανοιχτού Τύπου Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης.....	51
3.1.1	Κτίριο Ελέγχου Υ/Σ.....	52
3.1.2	Δομικά Στοιχεία του «Γηπέδου» ενός Υ/Σ	57
3.2	Σήματα του Εποπτικού Συστήματος Ελέγχου από τον Υ/Σ Ανοιχτού Τύπου	75
	Κεφάλαιο 4 ^ο	81
4	Το Εποπτικό Σύστημα Ελέγχου στους Υποσταθμούς Υψηλής Τάσης Κλειστού Τύπου	81
4.1	Υποσταθμοί Κλειστού Τύπου (GIS).....	81
4.2	Σήματα του Εποπτικού Συστήματος Ελέγχου από τον Υ/Σ Κλειστού Τύπου	82
	Κεφάλαιο 5ο.....	89
5	Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προτάσεις	89
	Βιβλιογραφία.....	91

Συντομογραφίες

A/Γ: Ανεμογεννήτρια

A/Δ: Αυτόματος Διακόπτης

ΑΔΜΗΕ: Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

A/Z: Αποζεύκτης

ΑΗΣ: Ατμοηλεκτρικός Σταθμός

ΑΞ: Αλεξικέραυνο

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΑΣΠ: Αυτόνομος Σταθμός Παραγωγής

Γ.Μ.: Γραμμές Μεταφοράς

Δ.Ε.Η: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Η/Ν: Ηλεκτρονόμος

ΚΕΕ: Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας

Κ.Υ.Τ: Κέντρο Υπερυψηλής Τάσης

ΜΕ: Μετασηματιστές Εντάσεως

Μ/Σ: Μετασηματιστής

ΜΤ: Μετασηματιστές Τάσεως

ΜΤ: Δευτερεύον τύλιγμα μετασηματιστή

Σ.Η.Ε: Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΣΡ: Συνεχές Ρεύμα

Υ/Ε: Υδροηλεκτρική Ενέργεια

ΥΗΕ: Υδροηλεκτρικό Έργο

Υ/Σ: Υποσταθμός

ΥΤ: Πρωτεύον τύλιγμα μετασηματιστή

Φ/Β: Φωτοβολταϊκά

ΨΣΕ: Ψηφιακό Σύστημα Ελέγχου

AIS: Air Insulated Substation

BCU: Bay Control Unit

CPU: Central Processing Unit

EMS: Energy Management System

FACTS: Flexible AC Transmission Systems

GIS: Gas Insulated Substation

HMI: Human Machine Interface

HVDC: High Voltage Direct Current

IED: Intelligent Electronic Devices

MMI: Man Machine Interface

PLC: Programmable Logic Controllers

RTU: Remote Terminal Unit

SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Δομή του ελληνικού ΣΗΕ [1]	15
Εικόνα 2: Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας [4].....	17
Εικόνα 3: Δομή Λιγνιτικού Σταθμού Παραγωγής [10].....	19
Εικόνα 4: Δομή Αεριοστροβλικού Σταθμού [11]	19
Εικόνα 5: Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο [6]	21
Εικόνα 6: Στοιχεία Φ/Β Συστήματος [6].....	23
Εικόνα 7: Αυτόνομο Υβριδικό Φ/Β Σύστημα με Αποθήκευση με βοηθητική πηγή μια ανεμογεννήτρια[8]	24
Εικόνα 8: Διάταξη αναμογεννητριών [9].....	25
Εικόνα 9: Διάταξη Ανεμογεννήτριας Οριζόντιου Άξονα [9].....	26
Εικόνα 10: Δομή Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας με Ανεμογεννήτρια [6]	27
Εικόνα 11: Δομή Λειτουργίας Σταθμών Παραγωγής με Βιομάζα [9]	27
Εικόνα 12: Υδροηλεκτρικός Σταθμός [6]	28
Εικόνα 13: Διασυνδεδεμένο Σύστημα των Βαλκανίων. [2].....	33
Εικόνα 14: Δομή SCADA [17]	38
Εικόνα 15: Δομή ενός RTU [18].....	39
Εικόνα 16: Δομή του PLC [23].....	43
Εικόνα 17: Δομή <<Γηπέδου>> ενός Υ/Σ ΥΤ [33].....	51
Εικόνα 18: Κάτοψη <<Γηπέδου>> ενός Υ/Σ ΥΤ [33].....	52
Εικόνα 19: Δομή του Μ/Σ Ισχύος [32]	60
Εικόνα 20: Δομή Μ/Σ Εντάσεως [37] Εικόνα 21: Δομή Μ/Σ Τάσεως [34].....	63
Εικόνα 22: Δομή ενός Α/Δ [33]	64
Εικόνα 23: Δομή ενός Α/Ζ [33]	68
Εικόνα 24: Τομή πύλης ενός GIS [33].....	82

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Ανάλυση ποσοστών ΑΠΕ (2015)[11]	20
Πίνακας 2: Συνολικά Μήκη Γ.Μ. του Συστήματος (Δεκέμβριος 2013)[2]	32
Πίνακας 3: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Ισχύος	60
Πίνακας 4: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Μ/Σ ισχύος - alarm	62
Πίνακας 5: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Μ/Σ ισχύος - εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης.....	62
Πίνακας 6: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Εντάσεως Πίνακας 7: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Τάσεως	63
Εικόνα 22: Δομή ενός Α/Δ [33] Πίνακας 8: Δομικά στοιχεία Α/Δ	64
Πίνακας 9: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ.....	64
Πίνακας 10: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Α/Δ	65
Πίνακας 11: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής	65
Πίνακας 12: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV σους Ζυγούς 150 kV - Α/Δ.....	65
Πίνακας 13: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ	65
Πίνακας 14: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ.....	66
Πίνακας 15: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Α/Δ	66
Πίνακας 16: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Α/Δ.....	66
Πίνακας 17: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV σους Ζυγούς 150 kV - Α/Δ.....	66
Πίνακας 18: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ	66
Πίνακας 19: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ.....	66
Πίνακας 20: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Α/Δ	67
Πίνακας 21: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Α/Δ.....	67

Πίνακας 22: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Δ	67
Πίνακας 23: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Δ	67
Πίνακας 24: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 1.....	68
Πίνακας 25: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2.....	68
Πίνακας 26: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z γραμμής 150 kV χειροκίνητος	69
Πίνακας 27: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV A/Z 150 kV Ζυγού 1.....	69
Πίνακας 28: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2	69
Πίνακας 29: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150 kV Ζυγού 1	69
Πίνακας 30: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150 kV Ζυγού 2.....	69
Πίνακας 31: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1	69
Πίνακας 32: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2	70
Πίνακας 33: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή Γραμμή Μεταφοράς 150 kV - A/Z 150kV	70
Πίνακας 34: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z γραμμής.....	70
Πίνακας 35: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1.....	70
Πίνακας 36: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2.....	70
Πίνακας 37: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1	70
Πίνακας 38: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2	71
Πίνακας 39: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150kV Ζυγού 1	71
Πίνακας 40: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150kV Ζυγού 2	71

Πίνακας 41: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1	71
Πίνακας 42: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2	71
Πίνακας 43: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV	71
Πίνακας 44: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Γειωτής γραμμής 150kV	72
Πίνακας 45: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Γειωτής γραμμής χειροκίνητος	72
Πίνακας 46: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας απόστασης	73
Πίνακας 47: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - H/N προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία αποστάσεως στην πύλη:	73
Πίνακας 48: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	76
Πίνακας 49: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς.....	76
Πίνακας 50: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	76
Πίνακας 51: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ	76
Πίνακας 52: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Διασταθής H/N εκτάκτου ανοίγματος	77
Πίνακας 53: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	77
Πίνακας 54: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	77
Πίνακας 55: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Αυτόματη επαναφορά.....	77
Πίνακας 56: AIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης	77
Πίνακας 57: AIS Πύλη 150 kV με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ.....	78
Πίνακας 58: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	78
Πίνακας 59: Γενικές ενδείξεις για τον Υ/Σ – Σχήμα σύγκρισης τάσεων συγχρονισμού	78

Πίνακας 60: Γενικές ενδείξεις για τον Υ/Σ.....	78
Πίνακας 61: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας απόστασης	79
Πίνακας 62: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας υπερέντασης	79
Πίνακας 63: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - H/N προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία αποστάσεως στην πύλη:	79
Πίνακας 64: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV	79
Πίνακας 65: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - H/N..	80
Πίνακας 66: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	82
Πίνακας 67: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς.....	82
Πίνακας 68: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Δ 150kV.....	83
Πίνακας 69: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1.....	83
Πίνακας 70: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2.....	83
Πίνακας 71: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z γραμμής 150kV χειροκίνητος	83
Πίνακας 72: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης	83
Πίνακας 73: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς	84
Πίνακας 74: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 1.....	84
Πίνακας 75: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 2.....	84
Πίνακας 76: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής 150kV Ζυγού 1	84
Πίνακας 77: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής 150kV Ζυγού 2.....	84
Πίνακας 78: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Δ 150kV πύλης	84
Πίνακας 79: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης.....	85

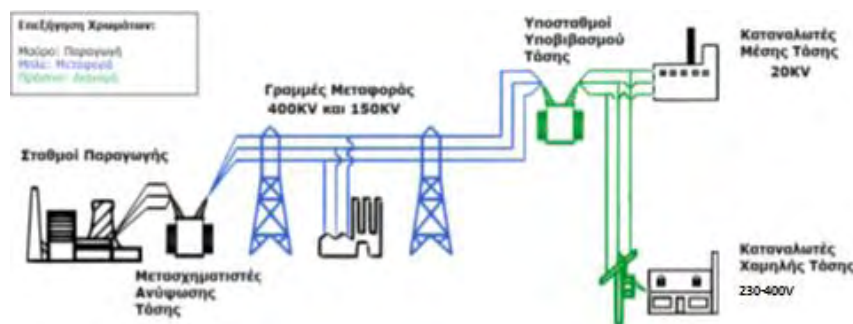
Πίνακας 80: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Αυτόματη επαναφορά.....	85
Πίνακας 81: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης	85
Πίνακας 82: GIS Πύλη 150 kV με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ.....	85
Πίνακας 83: GIS Πύλη 150 kV GIS σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας απόστασης	86
Πίνακας 84: GIS Πύλη 150 kV GIS σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας υπερέντασης	86
Πίνακας 85: GIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - H/N προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία αποστάσεως στην πύλη:	86
Πίνακας 86: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV	86
Πίνακας 87: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - H/N..	87

Κεφάλαιο 1^ο

1 Δομή του Ελληνικού Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Σ.Η.Ε) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασική προϋπόθεση καλής λειτουργίας ενός Σ.Η.Ε. είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση, με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.

Η βασική δομή των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας της χώρας μας παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Τα ΣΗΕ αποτελούνται από τρία επιμέρους τμήματα τα οποία αναλύονται παρακάτω. Η δομή του είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη κάτι που καθιστά αναγκαίο την ύπαρξη ενός συστήματος ελέγχου για την επίτευξη ομαλής λειτουργίας.



Εικόνα 1: Δομή του ελληνικού ΣΗΕ [1]

Τα Σ.Η.Ε διακρίνονται σε τρία επιμέρους τμήματα:

1. Σταθμοί Παραγωγής
2. Σύστημα Μεταφοράς
3. Δίκτυα Διανομής

Το ελληνικό Σ.Η.Ε χωρίζεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, το διασυνδεδεμένο (ηπειρωτικό) και το νησιωτικό, το οποίο αποτελείται από δυο επιμέρους τμήματα στο νησιωτικό σύστημα της Κρήτης και της Ρόδου και στους Αυτόνομους Σταθμούς Παραγωγής (ΑΣΠ) των νησιών.

Η Κρήτη και η Ρόδος είναι τα δυο μεγάλα αυτόνομα νησιά. Η Κρήτη έχει τρεις θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, δυο σταθμούς εναλλακτικών πηγών ενέργειας και δυο υδροηλεκτρικούς σταθμούς ενώ η Ρόδος έναν θερμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής.

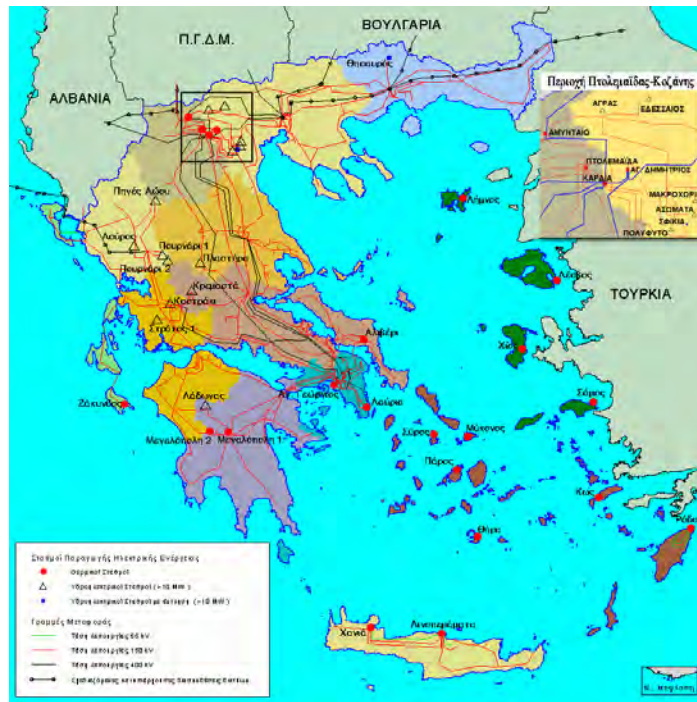
Τα περισσότερα νησιά στην Ελλάδα (κυρίως στο Αιγαίο) ηλεκτροδοτούνται από αυτόνομα ηλεκτρικά συστήματα με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά κύριο λόγο από τοπικούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής αλλά και από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Οι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί λειτουργούν με καύσιμο πετρέλαιο είτε βαρύ (μαζούτ) είτε ελαφρύ (diesel). Η απόσταση που έχει να καλύψει κάθε ΑΣΠ για να φτάσει το ρεύμα στον καταναλωτή είναι πολύ μικρή σε σχέση με τους Θ/Σ στο ηπειρωτικό τμήμα για το λόγο αυτό το ρεύμα ανυψώνεται στα 150kV και στη συνέχεια διανέμεται χωρίς να υπερυψωθεί αρχικά στα 400kV μέσω του Κέντρου Υπερυψηλής Τάσης (KYT).

Στους ΑΣΠ δεν υπάρχει σύστημα μεταφοράς όμως και πάλι αποτελούν ένα ακριβό μοντέλο παραγωγής ενέργειας. Το μεγάλο κόστος οδήγησε στην προσπάθεια που γίνεται από το 2014 για την διασύνδεση των νησιών με υποβρύχια καλώδια με το ηπειρωτικό μέρος της χώρας μας.

1.1 Σταθμοί Παραγωγής

Οι σταθμοί παραγωγής είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία τόσο στην ηπειρωτική όσο και στην νησιωτική Ελλάδα. Η ηλεκτροπαραγωγή χωρίζεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το είδος των πηγών ενέργειας που χρησιμοποιούνται, οι οποίες είναι:

- Συμβατικές πηγές ενέργειας καύσιμα, όπως ο λιγνίτης, το πετρέλαιο και φυσικό αέριο.
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια.



Εικόνα 2: Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας [4]

1.1.1 Ηλεκτροπαραγωγή από Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Στην ηλεκτροπαραγωγή από συμβατικές πηγές ενέργειας χρησιμοποιούνται συμβατικά καύσιμα. τα οποία χωρίζονται σε:

- Στερεά: λιγνίτης, λιθάνθρακας, ανθρακίτης, κωκ κα
- Υγρά: φωτιστικό πετρέλαιο, πετρέλαιο diesel, μαζούτ, οινόπνευμα, βενζίνη κ.α
- Αέρια: υγραέριο, φωταέριο, φυσικό αέριο

Η παραγωγή στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από ατμοηλεκτρικούς σταθμούς οι οποίοι χρησιμοποιούν λιγνίτη. Ο λιγνίτης είναι οργανικής προελεύσεως πέτρωμα, του οποίου το κύριο στοιχείο είναι ο άνθρακας. Περιέχει επίσης υδρογόνο, οξυγόνο και άζωτο. Ο λιγνίτης είναι χαμηλότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα από τον λιθάνθρακα και θεωρείται χειρότερης ποιότητας καύσιμο από αυτόν. Επιπλέον η χρονική διάρκεια ζωής των γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια. Όλα αυτά οδηγούν στην ανάγκη εισόδου νέων καυσίμων στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου.

Όπως παρατηρείται και στην Εικόνα 2 η πλειοψηφία των θερμοηλεκτρικών σταθμών βρίσκεται στο βόρειο τμήματα της χώρας μας γεγονός που δημιουργεί αυξημένες απώλειες κατά τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και ανισορροπία στη λειτουργία. Ωστόσο ο σχεδιασμός τους

βασίστηκε στην εγγύτητά τους στις περιοχές που υπάρχουν πλούσια κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος αποτελεί την καύσιμη πρώτη ύλη για αυτούς τους σταθμούς.

Στην Ελλάδα κοιτάσματα λιγνίτη βρίσκονται στις περιοχές της Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου Φλώρινας, Μεγαλόπολης, Ελασσόνας, Αλιβέρι Εύβοιας και Δράμας. Υπάρχουν συνολικά 8 σταθμοί της ΔΕΗ που έχουν σαν πρώτη ύλη των λιγνίτη και αποτελούν το 42% της εγκατεστημένης ισχύος της και παράγουν το 56% περίπου της καθαρής ηλεκτρικής παραγωγής της ΔΕΗ. Σε τρία (Πτολεμαΐδα, Αμύνταιο Φλώρινας, Μεγαλόπολη,) από τα έξι κοιτάσματα λιγνίτη υπάρχουν κοντά σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

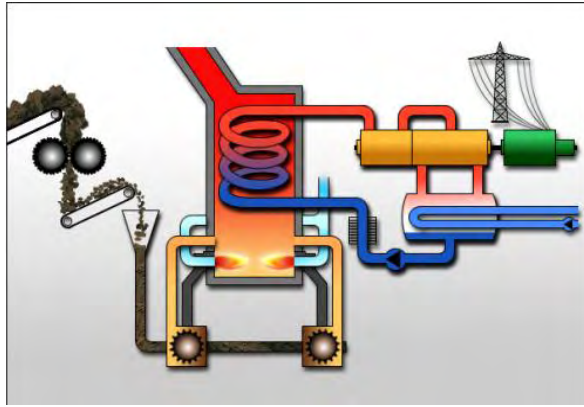
1.1.1.1 Θερμικοί Σταθμοί Παραγωγής

Οι θερμικοί σταθμοί παραγωγής διακρίνονται ανάλογα με τα καύσιμα που χρησιμοποιούν σε συμβατικά και πυρηνικά. Συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται είναι διεθνώς τα εξής: τύρφη, λιγνίτης, λιθάνθρακες, πετρέλαιο (diesel ή μαζούτ) και φυσικό αέριο. Πυρηνικά καύσιμα είναι κυρίως μείγμα σχάσιμου ουρανίου U235 και άλλων ισοτόπων του. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν πυρηνικά εργοστάσια αντίθετα υπάρχουν θερμικά εργοστάσια τα οποία χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το μέσο και τις μηχανές που χρησιμοποιούν για το θερμοδυναμικό τους κύκλο:

1. Ατμοηλεκτρικοί Σταθμοί (ΑΗΣ)

Οι ΑΗΣ χρησιμοποιούν ατμοστρόβιλους και για καύσιμη ύλη λιγνίτη, μαζούτ, φυσικό αέριο, τύρφη κα.

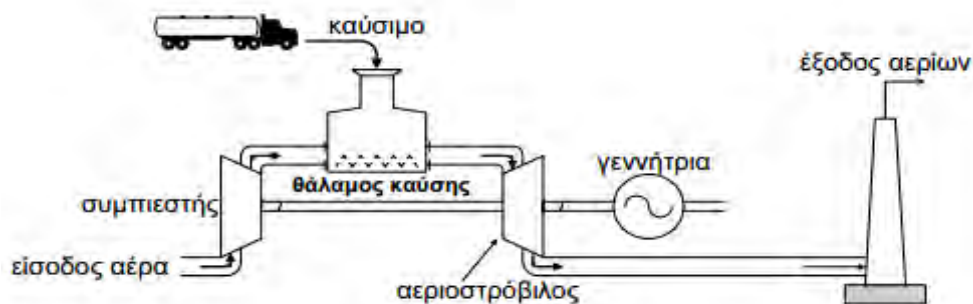
Στην Ελλάδα υπάρχουν κυρίως λιγνιτικοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής, στην εικόνα 3 παρουσιάζεται η λειτουργία τους. Αρχικά ο λιγνίτης οδηγείται με ταινιόδρομους στο σιλό των μύλων, απ' όπου με τροφοδότες καταλήγει στους μύλους όπου αλέθεται. Ο λιγνίτης υπό μορφή σκόνης οδηγείται για καύση σε ειδικούς καυστήρες οι οποίοι θερμαίνουν τους ατμολέβητες για ατμοποίηση του νερού. Ο ατμολέβητας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού ύδατος λειτουργεί σε 540°C και πίεση 170 ατμοσφαιρών, παράγοντας υπέρθερμο ατμό. Στη συνέχεια ο ατμός αυτός οδηγείται με ατμαγωγούς στο στρόβιλο τον οποίο και στρέφει με 3.000 στροφές το λεπτό. Ο ατμός μετά την εκτόνωσή του στο στρόβιλο, συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή και μέσω προθερμαντών νερού οδηγείται ξανά στο λέβητα για να συνεχίσει την ίδια διαδικασία. Ο ατμοστρόβιλος στρέφει τη γεννήτρια, η οποία παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Τέλος η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, έχει τάση 20kV, ανυψώνεται μέσω του μετασχηματιστή ανύψωσης στα 400 kV και καταλήγει στο Εθνικό Δίκτυο διαμέσου των Κέντρων Υπερυψηλής Τάσης (KYT).



Εικόνα 3: Δομή Λιγνιτικού Σταθμού Παραγωγής [10]

2. Αεριοστροβιλικόι Σταθμοί

Οι αεριοστροβιλικές μονάδες αποτελούνται από ένα στρόβιλο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 4, που στρέφει τη γεννήτρια, ένα θάλαμο καύσης και ένα συμπιεστή, που κινείται επίσης από το στρόβιλο. Ο συμπιεσμένος αέρας (10 bar) τροφοδοτείται στο θάλαμο καύσης, όπου εξασφαλίζεται η συνεχής καύση του τροφοδοτούμενου καυσίμου (πετρέλαιο ή φυσικό αέριο). Τα θερμά αέρια (850°C) της καύσης χρησιμοποιούνται για να κινήσουν τον αεριοστρόβιλο, αλλά και μετά τη χρήση τους διατηρούν σημαντική θερμική ενέργεια (600°C). Η απώλεια αυτής της ενέργειας μαζί με την ενέργεια που χρησιμοποιείται στο συμπιεστή, μειώνουν το συντελεστή απόδοσης της μονάδας στο 25-30%.



Εικόνα 4: Δομή Αεριοστροβιλικού Σταθμού [11]

3. Ντιζελοηλεκτρικοί Σταθμοί

Στους ντιζελοηλεκτρικούς σταθμούς για την περιστροφή των γεννητριών χρησιμοποιούνται εμβολοφόροι ντιζελοκινητήρες, που χρησιμοποιούν για καύσιμο ποικίλους τύπους πετρελαίου, ανάλογα με το μέγεθός τους. Η απόδοσή τους φτάνει το 50% και στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται μόνο στα αυτόνομα δίκτυα κάποιων νησιών (π.χ. Κρήτης, Ρόδου).

1.1.2 Ηλεκτροπαραγωγή από ΑΠΕ

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες. Ως ενέργεια από ανανεώσιμες μη ορυκτές πηγές θεωρούνται η αιολική, ηλιακή, αεροθερμική, γεωθερμική, υδροθερμική και ενέργεια των ωκεανών, υδροηλεκτρική, από βιομάζα, από τα εκλυόμενα στους χώρους υγειονομικής ταφής αέρια, από αέρια μονάδων επεξεργασίας λυμάτων και από βιοαέρια.

Οι ΑΠΕ πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Επιπλέον δίνουν τη δυνατότητα επιλογής της κατάλληλης μορφής ενέργειας που είναι προσαρμοσμένη στις ανάγκες του χρήστη (π.χ. ηλιακή ενέργεια για θερμότητα χαμηλών θερμοκρασιών έως αιολική ενέργεια για ηλεκτροπαραγωγή), επιτυγχάνοντας πιο ορθολογική χρησιμοποίηση των ενεργειακών πόρων.

Όπως φαίνεται και στο πίνακα 1 η συμμετοχή των ΑΠΕ στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας αυξάνεται συνεχώς. Είχε τεθεί ως στόχος έως το 2020 οι ΑΠΕ να αποτελούν το 20% της συνολικής παραγόμενης ενέργειας ο οποίος έχει ήδη υπερκαλυφθεί .

Πίνακας 1: Ανάλυση ποσοστών ΑΠΕ (2015)[11]

	2010	2012*	2013**	2020
Ποσοστό ΑΠΕ στη θέρμανση	17.2%	23.4%	26.5%	20%
Ποσοστό ΑΠΕ στην ηλεκτρική ενέργεια	12.4%	16.4%	21.2%	40%
Ποσοστό ΑΠΕ στις μεταφορές	2.0%	1.0%	1.1%	10%
Συνολικό ποσοστό ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας.	9.7%	13.4%	15%	20% (18%) ¹

* Αναθεωρημένο από το ΕΠΜ του 2014

** Δεν έχει οριστικοποιηθεί

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι σημαντικότερες ΑΠΕ.

1.1.2.1 Ηλιακή Ενέργεια

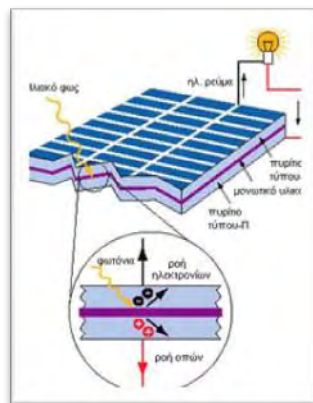
Με τον όρο ηλιακή ενέργεια χαρακτηρίζουμε το σύνολο των διαφόρων μορφών ενέργειας που προέρχονται από τον Ήλιο. Το φως και η θερμότητα που

ακτινοβολούνται, απορροφούνται από στοιχεία και ενώσεις στη Γη και μετατρέπονται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η ηλιακή ενέργεια χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες εφαρμογών:

1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα
2. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα
3. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

1. Φωτοβολταϊκά Συστήματα (Φ/Β)

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι η πλέον διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας στην Ελλάδα. Τα Φ/Β παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από την ηλιακή λόγω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.



Εικόνα 5: Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο [6]

Στοιχεία Φ/Β Συστημάτων

1. Φωτοβολταϊκό Στοιχείο (Solar Cell)

Συλλέγει το ηλιακό φως. Είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος ημιαγωγός λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

2. Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο (PV Module)

Απαρτίζεται από πολλά Φ/Β συνδεδεμένα μεταξύ τους και αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας. Τα πλαίσια έχουν τυπική ισχύ 20W-300W.

Τύποι Φ/Β πλαισίων:

- Σε σχέση με το βαθμό ενσωμάτωσης:
 1. Τυπικά Φ/Β πλαίσια (πλαίσια γυαλιού-ελασμάτων)
 2. Ημιπερατά Φ/Β (Κρυσταλλικά πλαίσια γυαλιού-γυαλιού)
- Σε σχέση με το υλικό κατασκευής τους:
 1. Τεχνολογία κρυσταλλικού πυριτίου
 2. Τεχνολογία λεπτού υμενίου

3. Φωτοβολταϊκές Συστοιχίες (Strings)

Τα Φ/Β πλαίσια συνδέονται ηλεκτρολογικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (strings).

4. Ελεγκτής Φόρτισης

Ηλεκτρονική διάταξη που ελέγχει τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης του συσσωρευτή και έχει τη δυνατότητα να απομονώσει τον συσσωρευτή από την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας σε περίπτωση υπερφόρτισης ή υπερεκφόρτισης.

5. Μετατροπέας Τάσεως

Ηλεκτρονική διάταξη η οποία προσαρμόζει την τάση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην τάση του συστήματος αποθήκευσης, έτσι ώστε να γίνει πλήρης η εκμετάλλευση της παραγόμενης από το Φ/Β σύστημα ενέργειας.

Διακρίνονται σε :

- Μετατροπέας συνεχούς τάσεως σε εναλλασσόμενη (DC-AC inverter)
- Μετατροπέας εναλλασσόμενης τάσεως σε συνεχή ή ανορθωτής (AC-DC converter)
- Μετατροπέας συνεχούς τάσεως σε συνεχή (DC-DC converter)



Εικόνα 6: Στοιχεία Φ/Β Συστήματος [6]

Κατηγορίες Φ/Β Συστημάτων

Χωρίζονται σε δυο κατηγορίες τα απομονωμένα συστήματα και τα συνδεδεμένα στο δίκτυο (διακρατικό, εθνικό ή τοπικό δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικές πηγές).

- Απομονωμένα Φ/Β Συστήματα

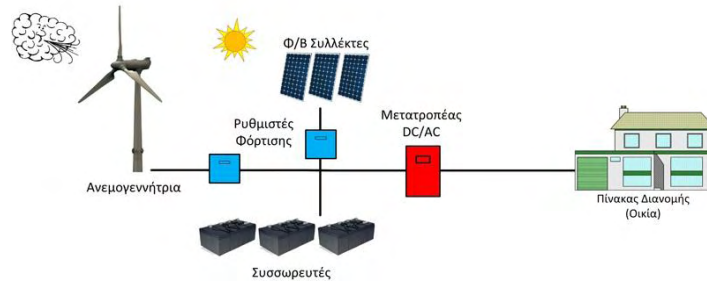
Διακρίνονται σε αυτόνομα και σε υβριδικά

1. Αυτόνομα

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτεται αποκλειστικά από τη Φ/Β συστοιχία και μπορεί να είναι συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενης (AC) τάσεως. Τα αυτόνομα Φ/Β χωρίζονται με την σειρά τους σε δυο κατηγορίες με αποθήκευση και χωρίς αποθήκευση.

2. Υβριδικά

Η παραγόμενη ενέργεια προέρχεται από το συνδυασμό της Φ/Β συστοιχίας με άλλες βοηθητικές πηγές, οι οποίες μπορεί να είναι και αυτές ανανεώσιμες (π.χ. ανεμογεννήτριες), μπορεί και όχι (πχ ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος Η/Ζ).



Εικόνα 7: Αυτόνομο Υβριδικό Φ/Β Σύστημα με Αποθήκευση με βοηθητική πηγή μια ανεμογεννήτρια[8]

- Συνδεδεμένα στο Δίκτυο

Συνδέονται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Γι'αυτά τα συστήματα δεν απαιτείται ηλεκτρικός συσσωρευτής και ελεγκτής φόρτισης, παρά μόνο ένα μετατροπέας τάσης DC-AC.

Διακρίνονται σε καταναμημένα και κεντρικού σταθμού.

1. Καταναμημένα

Διακρίνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν το δίκτυο ως βοηθητική πηγή ενέργειας και σε εκείνα που λειτουργούν σε συνεχή αλληλεπίδραση με το δίκτυο.

2. Κεντρικού Σταθμού

Συνιστούν κεντρικούς Φ/Β σταθμούς μεγάλης ισχύος, των οποίων η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο κεντρικό δίκτυο.

2. Παθητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι δομικά στοιχεία του κτιρίου που χωρίς τη χρήση μηχανικών μέσων και αξιοποιώντας τους νόμους μεταφοράς θερμότητας, συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια, την αποθηκεύουν σε μορφή θερμότητας και τη διανέμουν στο χώρο. Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας βασίζεται στο φαινόμενου του θερμοκηπίου.

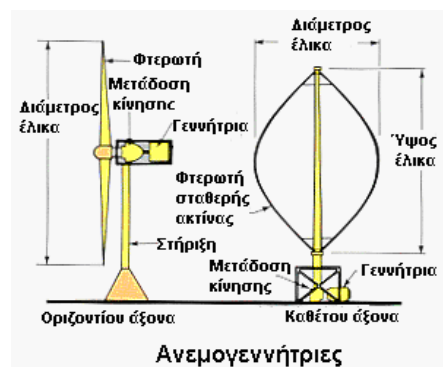
3. Ενεργητικά Ηλιακά Συστήματα

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία και στη συνέχεια τη μεταφέρουν με τη μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο

άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Η πιο διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων είναι ο ηλιακός θερμοσίφοντας.

1.1.2.2 Αιολική Ενέργεια

Η αιολική ενέργεια ονομάζεται η ενέργεια του ανέμου που προέρχεται από την μετακίνηση αέριων μαζών της ατμόσφαιρας. Αποτελεί μια από τις “καθαρές” πηγές καθώς δεν εκπέμπει αλλά ούτε προκαλεί ρύπους. Η σημερινή τεχνολογία βασίζεται στις ανεμογεννήτριες (Α/Γ) οι οποίες διακρίνονται σε δυο είδη: οριζόντιου ή κάθετου άξονα.



Εικόνα 8: Διάταξη ανεμογεννητριών [9]

- Κάθετου άξονα

Ο άξονας παραμένει σταθερός και είναι κάθετος προς την επιφάνεια του εδάφους. Λαμβάνει τον άνεμο από κάθε κατεύθυνση αλλά δεν έχει τόσο καλή απόδοση.

- Οριζόντιου άξονα (με δυο ή τρία πτερύγια)

Ο δρομέας είναι τύπου έλικα και βρίσκεται συνεχώς παράλληλα με την κατεύθυνση του ανέμου και του εδάφους. Αυτού του είδους οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται κατά 90%.

Αποτελείται από τα παρακάτω:

- Δρομέας

Αποτελείται από δύο ή τρία πτερύγια από ενισχυμένο πολυεστέρα. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω σε μια πλήμνη είτε σταθερά, είτε με τη δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από το διαμήκη άξονα τους μεταβάλλοντας το βήμα.

- Σύστημα Μετάδοσης Κίνησης

Αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα 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.

- Ηλεκτρική Γεννήτρια (Σύγχρονη ή Επαγωγική)

Αποτελείται από 4 ή 6 πόλους και συνδέεται με την έξοδο του πολλαπλασιαστή μέσω ενός ελαστικού ή υδραυλικού συνδέσμου και μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική

- Σύστημα Προσανατολισμού

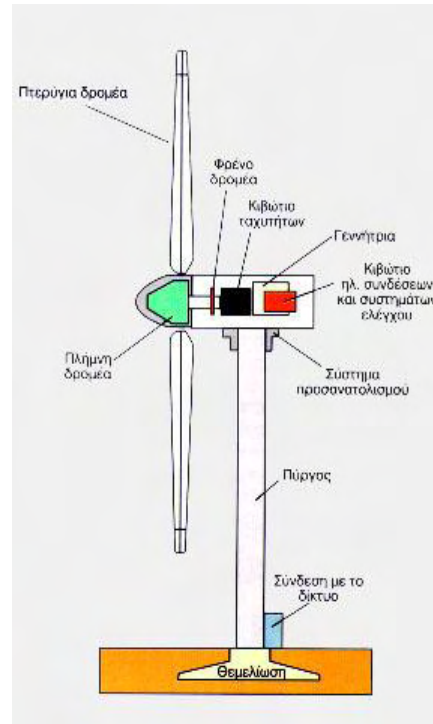
Αναγκάζει συνεχώς τον άξονα περιστροφής του δρομέα να βρίσκεται παράλληλα με τη διεύθυνση του ανέμου.

- Πύργος

Στηρίζει την παραπάνω ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση

- Ηλεκτρονικός Πίνακας και Πίνακας Ελέγχου

Είναι τοποθετημένοι στη βάση του πύργου και συντονίζουν, ελέγχει όλες τις λειτουργίες της ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 9: Διάταξη Ανεμογεννήτριας Οριζόντιου Άξονα [9]

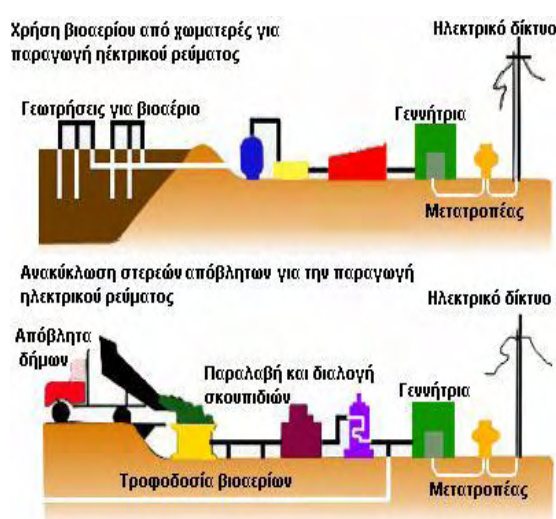
Το παραγόμενο από τις ανεμογεννήτριες ηλεκτρικό ρεύμα είτε καταναλώνεται επιτόπου, είτε εγχέεται και διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο για να καταναλωθεί αλλού. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις Α/Γ, όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση, συχνά αποθηκεύεται για να χρησιμοποιηθεί αργότερα, όταν η ζήτηση είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή. Η αποθήκευση σήμερα γίνεται με δύο οικονομικά βιώσιμους τρόπους, ανάλογα με το μέγεθος της παραγόμενης ενέργειας. Οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές (μπαταρίες) είναι η πλέον γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για μικρής κλίμακας παραγωγικές μη διασυνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο μονάδες.



Εικόνα 10: Δομή Συστήματος Παραγωγής Ενέργειας με Ανεμογεννήτρια [6]

1.1.2.3 Ενέργεια από Βιομάζα

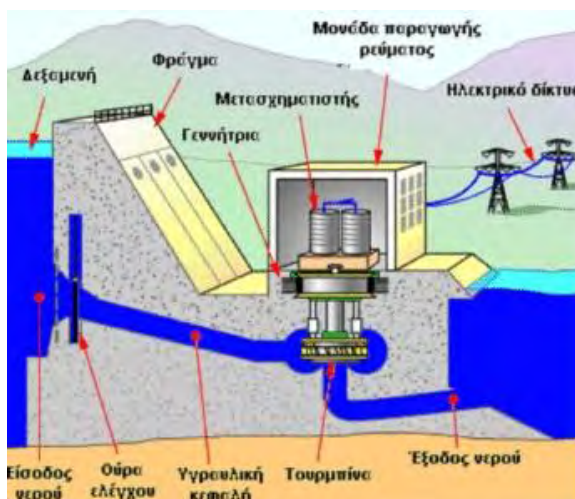
Με τον όρο βιομάζα ονομάζουμε οποιοδήποτε υλικό παράγεται από ζωντανούς οργανισμούς (πχ ξύλο, υπολείμματα καλλιεργειών, κτηνοτροφικά απόβλητα, απόβλητα βιομηχανικών τροφίμων κλπ) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας. Η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο, με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν αυτήν την ενέργεια με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. Η βιομάζα χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, ηλεκτρισμού κ.λπ.) και ακόμα για την παραγωγή υγρών βιοκαυσίμων (βιοαιθανόλη, βιοντήζελ κ.λπ.).



Εικόνα 11: Δομή Λειτουργίας Σταθμών Παραγωγής με Βιομάζα [9]

1.1.2.4 Υδροηλεκτρική Ενέργεια (Υ/Ε)

Είναι η ενέργεια η οποία στηρίζεται στην εκμετάλλευση και τη μετατροπή της δυναμικής ενέργειας του νερού των λιμνών και της κινητικής ενέργειας του νερού των ποταμών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η μετατροπή αυτή γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο, μέσω της περωτής του στροβίλου, έχουμε την μετατροπή της κινητικής ενέργειας του νερού σε μηχανική ενέργεια με την μορφή περιστροφής του άξονα της περωτής και στο δεύτερο στάδιο, μέσω της γεννήτριας, επιτυγχάνουμε τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το σύνολο των έργων και εξοπλισμού μέσω των οποίων γίνεται η μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε ηλεκτρική, ονομάζεται Υδροηλεκτρικό Έργο (ΥΗΕ).



Εικόνα 12: Υδροηλεκτρικός Σταθμός [6]

Η μετατροπή της ενέργειας των υδατοπτώσεων με τη χρήση υδροηλεκτρικών έργων (υδατοταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) παράγει την υδροηλεκτρική ενέργεια. Οι υδροηλεκτρικές μονάδες εκμεταλλεύονται τη φυσική διαδικασία του κύκλου του νερού. Η λειτουργία των υδροηλεκτρικών μονάδων βασίζεται στην κίνηση του νερού λόγω διαφοράς μανομετρικού ύψους μεταξύ των σημείων εισόδου και εξόδου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάζεται ένα φράγμα που συγκρατεί την απαιτούμενη ποσότητα νερού στον δημιουργούμενο ταμιευτήρα. Κατά τη διέλευσή του από τον αγωγό πτώσεως κινεί έναν στρόβιλο ο οποίος θέτει σε λειτουργία τη γεννήτρια. Μία τουρμπίνα που είναι εγκατεστημένη σε μεγάλη μονάδα μπορεί να ζυγίζει μέχρι 172 τόνους και να περιστρέφεται με 90 rpm. Η ποσότητα του ηλεκτρισμού που παράγεται καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Δύο από τους σημαντικότερους είναι ο όγκος του νερού που ρέει και η διαφορά μανομετρικού ύψους μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του ταμιευτήρα και του στροβίλου. Η ποσότητα ηλεκτρισμού που παράγεται είναι ανάλογη των δύο αυτών μεγεθών.

Συνεπώς, ο παραγόμενος ηλεκτρισμός εξαρτάται από την ποσότητα του νερού του ταμιευτήρα. Για το λόγο αυτόν μόνο σε περιοχές με σημαντικές βροχοπτώσεις, πλούσιες πηγές και κατάλληλη γεωλογική διαμόρφωση είναι δυνατόν να κατασκευαστούν υδροηλεκτρικά έργα. Συνήθως η ενέργεια που τελικώς παράγεται, χρησιμοποιείται μόνο συμπληρωματικά ως προς άλλες συμβατικές πηγές ενέργειας, καλύπτοντας φορτία αιχμής.

1.1.3 Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι το πλέον περιζήτητο καύσιμο εξαιτίας της υψηλής θερμογόνου δύναμης, της μειωμένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της αποδοτικής του καύσης. Θεωρείται η καθαρότερη πηγή ενέργειας μετά τις Ανανεώσιμες, λόγω της ποιότητας της καύσης του και της χαμηλής περιεκτικότητας των καυσαερίων του σε ρυπογόνες ουσίες.

Το φυσικό αέριο είναι ένα μείγμα καυσίμων αερίων που βρίσκεται σε κοιλότητες του υπεδάφους, συνήθως μαζί με άλλα ορυκτά καύσιμα. Είναι μείγμα ενώσεων διαφόρων στοιχείων, με το μεθάνιο κυρίαρχο συστατικό. Πριν διατεθεί για χρήση υφίσταται μια επεξεργασία κατά την οποία διαχωρίζονται και κατακρατούνται ποικίλα ανεπιθύμητα συστατικά και ενώσεις από τη μάζα του. Το τελικό προϊόν το οποίο συλλέγεται και μεταφέρεται με αγωγούς από τον τόπο εξόρυξης προς την τελική κατανάλωση, είναι απαλλαγμένο από υδρατμούς, από βαρύτερους του μεθανίου υδρογονάνθρακες, και άλλα στοιχεία και ενώσεις.

1.2 Σύστημα Μεταφοράς

Το Σύστημα Μεταφοράς μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφοράς. Η μεταφορά γίνεται σε υψηλή τάση, μέσω του δικτύου υψηλής τάσης(150K Volts) και υπερυψηλής (400K Volts) για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος, όταν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Οι γραμμές μεταφοράς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα τους καταναλωτές που χρησιμοποιούν χαμηλή τάση (220/380 Volts) αλλά φθάνουν μέχρι ορισμένα σημεία ,τους υποσταθμούς μεταφοράς, όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στη μέση τάση, δηλαδή 20K Volts του δικτύου.

1.2.1 Υποσταθμοί (Υ/Σ)

Ο υποσταθμός είναι η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός της τάσης, η κατανομή ή η διανομή ενέργειας. Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με την τάση που τροφοδοτούνται:

1.2.1.1 Υποσταθμοί Διανομής

Οι Υ/Σ διανομής υποβιβάζουν την τάση από μέση τάση (MT) , δηλαδή 15 ή 20K Volts, σε τάση κατανάλωσης, δηλαδή 230/400 Volts. Οι συγκεκριμένοι Υ/Σ διακρίνονται σε εναέριους, επίγειους και υπόγειους αναλόγως με τον τρόπο και χώρο κατασκευής τους.

- Εναέριοι Υ/Σ Διανομής

Κατασκευάζονται πάνω σε στύλους και συνήθως χρησιμοποιούνται όταν οι ηλεκτρικές γραμμές είναι εναέριες. Το μέγεθος τους δεν ξεπερνά συνήθως τα 250K VA σε εγκατεστημένη ισχύ.

- Επίγειοι Υ/Σ Διανομής

Χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- Επίγειοι Υ/Σ Εσωτερικού Τύπου

Τοποθετούνται είτε μέσα σε κτίρια, είτε μέσα σε ιδιαίτερα οικοδομήματα, είτε μέσα σε ειδικά μεταλλικά περίπτερα. Η διάταξη Υ/Σ κλειστού χώρου απαιτεί να ληφθούν ειδικά μέτρα για να εξασφαλισθεί ο αερισμός έτσι ώστε η θερμοκρασία του χώρου να μη φθάσει σε επικίνδυνα όρια για τη λειτουργία του μετασχηματιστή και των άλλων ηλεκτρικών συσκευών και καλωδίων.

- Επίγειοι Υ/Σ Υπαίθριοι

Κατασκευάζονται εκεί όπου χρειάζεται ισχύς μεγαλύτερη από των εναέριων Υ/Σ και οι τοπικές συνθήκες επιτρέπουν την υπαίθρια εγκατάσταση των μηχανημάτων του Υ/Σ.

- Υπόγειοι Υ/Σ Διανομής

Κατασκευάζονται συνήθως σε κεντρικά σημεία πόλεων και σε θέσεις που δεν είναι εύκολη η κατασκευή υπέργειου Υ/Σ.

1.2.1.2 Υποσταθμοί Μεταφοράς

Υπάρχουν τρεις τύποι Υ/Σ μεταφοράς αναλόγως το σκοπό που εξυπηρετούν στο σύστημα. Έτσι διακρίνουμε τους Υ/Σ ανυψώσεως, τους Υ/Σ υποβιβασμού και τους Υ/Σ ζεύξεως ή διασυνδέσεως.

- Υ/Σ Ανυψώσεως

Βρίσκονται κοντά στο σταθμό παραγωγής και ανυψώνουν την τάση παραγωγής σε τάση μεταφοράς.

- Υ/Σ Υποβιβασμού

Υποβιβάζουν την τάση μεταφοράς των 150 ή 400 kV Volts στη μέση τάση διανομής 15 ή 20 kV.

- Υ/Σ Ζεύξεως

Πραγματοποιείται μόνο η ζεύξη των ηλεκτρικών κυκλωμάτων υψηλής τάσης χωρίς απαραίτητα να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως.

1.2.2 Κέντρα Υπερυψηλής Τάσης (ΚΥΤ)

Αποτελούν τα σημεία σύνδεσης των Συστημάτων 400kV και 150kV και εξυπηρετούν ανάγκες απομάστευσης ισχύος προς το Σύστημα 150K Volts. Πρόκειται για 14 ΚΥΤ που περιλαμβάνουν έναν ή περισσότερους αυτομετασχηματιστές (ΑΜ/Σ) τριών τυλιγμάτων 400kV /150kV /30kV . Επιπλέον, υπάρχουν 11 ΚΥΤ (δεν συμπεριλαμβάνονται στα προαναφερόμενα 14) εγκατεστημένα πλησίον των ομώνυμων σταθμών παραγωγής και εξυπηρετούν παράλληλα ή αποκλειστικά ανάγκες ανύψωσης τάσης από τις μονάδες παραγωγής προς το Σύστημα 400kV.

1.2.3 Γραμμές Μεταφοράς (Γ.Μ.)

Στο ελληνικό ΣΗΕ υπάρχουν Γ.Μ. υψηλής (66kV και 150kV) και υπερυψηλής (400kV) τάσης διαφόρων ειδών και τύπων. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2 οι γραμμές μεταφοράς των 66kV είναι πολλοί λιγότερες συγκριτικά με αυτές των 150kV και 400kV και βρίσκονται στα αυτόνομα νησιά της Κρήτης και της Ρόδου. Στα επόμενα χρόνια δεν θα υπάρχουν καθόλου καθώς θα αντικατασταθούν από αυτές των 150kV για να γίνει ομαλά η διασύνδεση των νησιών με την ηπειρωτική Ελλάδα. Επιπλέον, είναι εγκατεστημένα 200 km υπογείων καλωδίων 150k Volts για

τη μεταφορά ισχύος εντός των πυκνοκατοικημένων περιοχών της Πρωτεύουσας, τα οποία ανήκουν στο Δίκτυο 150K Volts.

Πίνακας 2: Συνολικά Μήκη Γ.Μ. του Συστήματος (Δεκέμβριος 2013)[2]

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (χλμ. όδευσης)					
	400kV	Σ.Ρ. (D.C.) 400kV	150 kV	66 kV	ΣΥΝΟΛΟ
ΕΝΑΕΡΙΕΣ	2.647	107	8.152	39	10.945
ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ	0,58		140	15	155
ΥΠΟΓΕΙΕΣ	30		101		131
ΣΥΝΟΛΟ	2.677	107	8.393	54	11.232

1.3 Δίκτυο Διανομής

Το δίκτυο διανομής είναι υπεύθυνο για την διανομή :

1. της μέσης τάσης (20K Volts) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
2. της χαμηλής τάσης (230/400 Volts) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.

1.4 Διεθνείς Διασυνδέσεις του ΣΗΕ

Το ελληνικό σύστημα λειτουργεί σύγχρονα και παράλληλα με το διασυνδεδεμένο Ευρωπαϊκό Σύστημα υπό το γενικότερο συντονισμό του ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators of Electricity) ο οποίος αποτελεί διάδοχο και ευρύτερο σχήμα της UTCE (Union pour la Transport de l' Electricité). Το ελληνικό σύστημα λειτουργεί παράλληλα με το Ευρωπαϊκό μέσω διασυνδετικών Γ.Μ, κυρίως 400 kV και συνδέεται , όπως φαίνεται και στην εικόνα 13, με τα συστήματα της Αλβανίας, της Βουλγαρίας και της ΠΓΔΜ. Επίσης συνδέεται ασύγχρονα μέσω υποβρύχιο συνδέσμου συνεχούς ρεύματος με την Ιταλία. Τέλος υπάρχει σύνδεση και με το σύστημα της Τουρκίας, το οποίο με την σειρά του έχει συνδεθεί με το σύστημα της Βουλγαρίας.



Εικόνα 13: Διασυνδεδεμένο Σύστημα των Βαλκανίων. [2]

Στην εικόνα 13 εκτός από τις διασυνδέσεις τις χώρες διακρίνονται και οι υφιστάμενες διασυνδέσεις στα υπόλοιπα Βαλκάνια. Επίσης απεικονίζονται οι διασυνδέσεις που είναι υπό κατασκευή, υπό μελέτη ή είναι ήδη προγραμματισμένη η υλοποίησή τους.

- Διασύνδεση Ελλάδας – Αλβανίας

Η σύνδεση γίνεται μέσω :

- μίας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό, μεταξύ του ΚΥΤ Καρδιάς και Zemblak της Αλβανίας.
- μίας γραμμής 150 kV ελαφρού τύπου μεταξύ του Υ/Σ Μούρτου και του ΥΗΣ Bistrica, με ονομαστική ικανότητα μεταφοράς περίπου 100 MW.

- Διασύνδεση Ελλάδας – Βουλγαρίας

Η σύνδεση γίνεται μέσω Γ.Μ. 400 kV μεταξύ του ΚΥΤ Θεσσαλονίκης και Blagoevgrad της Βουλγαρίας.

- Διασύνδεση Ελλάδας – Ιταλίας

Η διασύνδεση αυτή είναι συνεχούς ρεύματος και συνδέει το ΚΥΤ Αράχθου με τον Υ/Σ Galatina της Ιταλίας.

Περιλαμβάνει:

- δύο σταθμούς μετατροπής HVDC 400 kV ικανότητας MW.
- τμήματα εναέριων Γ.Μ DC μήκους 45 km επί ιταλικού εδάφους και 107 km επί ελληνικού εδάφους.
- τμήμα υπόγειο καλωδίου DC μήκους 4 km επί ιταλικού εδάφους.
- ένα υποβρύχιο καλώδιο DC 400 kV ισχύος 500MW και μήκος 160 km.

- Διασύνδεση Ελλάδας – ΠΓΔΜ

Με το σύστημα της ΠΓΔΜ η Ελλάδα συνδέεται μέσω:

- μίας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό μεταξύ του ΚΥΤ Θεσσαλονίκης και Dubrono της ΠΓΔΜ.
- μίας γραμμής 400 kV απλού κυκλώματος με δίδυμο αγωγό μεταξύ του ΚΥΤ Μελίτης και Bitola της ΠΓΔΜ.

- Διασύνδεση Ελλάδας – Τουρκίας

Από το καλοκαίρι του 2008 έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή της Γ.Μ. 400 kV του ΚΥΤ Φιλίππων και του ΚΥΤ Ν. Σάντα – Babaeski της Τουρκίας.

Η γραμμή μεταφοράς είναι:

- διπλού κυκλώματος στο τμήμα ΚΥΤ Φιλίππων – Ν. Σάντα.
- μονού κυκλώματος στο τμήμα Ν. Σάντα – Babaeski.

Από το 2010 η διασύνδεση της Τουρκίας με το Ευρωπαϊκό Σύστημα βρισκόταν σε δοκιμαστική λειτουργία. Το 2013 η περιφερειακή επιτροπή του ENTSO-E αξιολόγησε τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής λειτουργίας και διαπίστωσε ότι είναι δυνατή η μόνιμη σύνδεση του Τουρκικού συστήματος με το Ευρωπαϊκό, η σύμβαση υπογράφηκε τον Απρίλιο του 2015.

2 Τι είναι το SCADA

Ο όρος SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - Εποπτικό Σύστημα Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων) περιγράφει μια κατηγορία συστημάτων βιομηχανικού αυτομάτου ελέγχου και τηλεμετρίας. Το χαρακτηριστικό των συστημάτων SCADA είναι ότι αποτελούνται από τοπικούς ελεγκτές, που ελέγχουν επί μέρους στοιχεία και μονάδες εγκατάστασης, συνδεδεμένους σε ένα Κεντρικό Σταθμό Εργασίας (Master Station). Ο κεντρικός σταθμός εργασίας μπορεί κατόπιν να μεταφέρει τα δεδομένα που συλλέγει από την εγκατάσταση σε ένα πλήθος από σταθμούς εργασίας σε τοπικό LAN ή και να μεταδίδει τα δεδομένα της εγκατάστασης σε μακρινά σημεία μέσω κάποιου συστήματος τηλεπικοινωνίας, πχ μέσω του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου ή μέσω κάποιου ασύρματου δικτύου.

Ένα σύστημα SCADA επιτρέπει στους χειριστές του να ελέγχουν και να παρατηρούν διαδικασίες με μεγάλη τοπολογική διανομή, από μια κεντρική τοποθεσία. Τα πλεονεκτήματα ενός SCADA γίνονται περισσότερο ορατά όταν μια διαδικασία ή ένα σύστημα καλύπτει μια μεγάλη γεωγραφική έκταση. Αντί να αποστέλλεται προσωπικό σε διάφορα σημεία για μετρήσεις και ρυθμίσεις, η εποπτεία και ο έλεγχος όλου του συστήματος μπορούν να πραγματοποιηθούν από μια τοποθεσία, και κυρίως με μεγάλες ταχύτητες απόκρισης. [25]

2.1 Εφαρμογές των συστημάτων SCADA

Τα συστήματα SCADA είναι κατάλληλα εξοπλισμένα για να διαχειρίζονται από μερικές χιλιάδες έως και ένα εκατομμύριο κανάλια εισόδων/εξόδων (I/O) για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως για μεγάλες αυτοματοποιημένες βιομηχανικές διεργασίες σε συστήματα μεταφοράς αλλά και σε πυρηνικές εγκαταστάσεις.

Οι κυριότεροι τύποι εφαρμογών των συστημάτων SCADA είναι για :

- Εταιρίες παραγωγής και διανομής ενέργειας.

Τα συστήματα SCADA αυξάνουν την απόδοση της παραγωγής και της διανομής. Καταγράφουν τη ροή ισχύος, την τάση της γραμμής μεταφοράς, τις διακοπές του κυκλώματος κ.ά. [14]

- Βιομηχανία

Χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν αν οι στόχοι παραγωγικότητας πληρούνται και αν όλα τα συστήματα λειτουργούν ομαλά. Σε μια γραμμή παραγωγής παρακολουθούν πόσες μονάδες έχουν παραχθεί, πόσες βρίσκονται σε διάφορα άλλα στάδια, τα δεδομένα της αποθήκης και πραγματοποιούν έλεγχο ποιότητας. Επίσης καταγράφονται και αναλογικές τιμές όπως η θερμοκρασία. [15]

- Δημόσιες και ιδιωτικές εταιρίες κοινής ωφέλειας

Χρησιμοποιούν τα συστήματα SCADA για το δίκτυο διανομής νερού, φυσικού αερίου, πετρελαιοαγωγών ή για το δίκτυο υπονόμων. Καταγράφουν την ταχύτητα ροής, τα επίπεδα μόλυνσης με την βοήθεια αισθητήρων αλλά και τα επίπεδα πίεσης σε διάφορα σημεία του κάθε δικτύου. [14]

- Συστήματα μαζικής μεταφοράς

Πραγματοποιείται καταγραφή ενεργειακών πόρων στα διάφορα συστήματα μαζικής μεταφοράς, έλεγχος φωτεινών σηματοδοτών και διασταυρώσεων τρένων κ.ά. [14]

- Ρύθμισης περιβαλλοντικών παραμέτρων στα κέντρα εργασιών ενός οργανισμού

Πραγματοποιείται συλλογή δεδομένων θερμοκρασίας, φωτισμού και κίνησης ατόμων αλλά και ρύθμιση του κεντρικού κλιματισμού ή άλλων συστημάτων στα κτίρια του κάθε οργανισμού. [14]

- Τηλεπικοινωνίες

Καταγράφουν την θερμοκρασία των servers και άλλων ευαίσθητων μηχανημάτων. Επίσης χρησιμοποιούν μαγνητικούς αισθητήρες πόρτας και παθητικούς υπέρυθρους (PIR) αισθητήρες κίνησης για να αποφύγουν εισβολές σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. [15]

2.2 Το Σύστημα SCADA

2.2.1 Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ)

Το Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας ενός συστήματος SCADA είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο σύστημα το οποίο διαχειρίζεται σε πραγματικό χρόνο μεγάλο όγκο πληροφοριών. Σκοπός ενός Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) είναι η συνολική εποπτεία της λειτουργίας ενός συστήματος και η οικονομική κατανομή της παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο. Επίσης είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της ασφάλειας του συστήματός του.

Κάθε ΚΕΕ αποτελείται από:

- Υποσύστημα Συλλογής Δεδομένων και Ελέγχου

Με το υποσύστημα αυτό γίνεται η μεταφορά της κατάστασης του συστήματος στην κεντρική βάση δεδομένων. Η συγκέντρωση των πληροφοριών γίνεται διακριτά. Επίσης υπάρχουν εξειδικευμένοι αλγόριθμοι που ελαχιστοποιούν τις χρονικές διαφορές μεταξύ των κατανεμημένων τερματικών μονάδων

- Υποσύστημα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

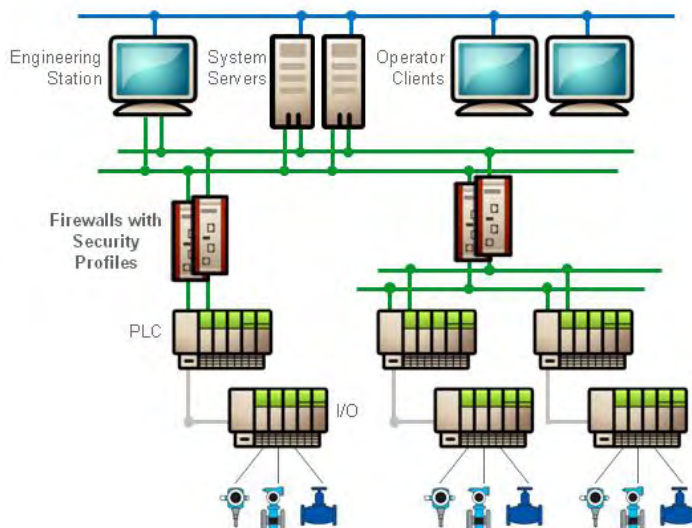
Σε ένα ΚΕΕ είναι απαραίτητη η αδιάλειπτη καθημερινή λειτουργία του για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η τεχνική των δίδυμων συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών (ή δυαδικό σύστημα Η/Υ - mirroring). Με τη μέθοδο αυτή έχει ως στόχο την διατήρηση της άμεσης λειτουργίας ενός Η/Υ σε περίπτωση βλάβης του δεύτερου, χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του υποσυστήματος.

Το λογισμικό που χρησιμοποιούν τα ΚΕΕ είναι πολύ σημαντικό. Η ποιότητα του λογισμικού είναι πολύ σημαντική ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία όλου του συστήματος. Όταν το λογισμικό του ΚΕΕ είναι απαλλαγμένο από σφάλμα ανταποκρίνεται σωστά και αξιόπιστα σε οτιδήποτε μπορεί να συμβεί. Επιπλέον εάν το λογισμικό είναι ευέλικτο και εύχρηστο τότε το σύστημα SCADA είναι αποδοτικότερο και μπορεί να συνδεθεί με διάφορες βοηθητικές επεκτάσεις. Για να είναι ομαλή η λειτουργία του SCADA με τις επεκτάσεις του από άλλα λογισμικά είναι απαραίτητη η ύπαρξη κέντρων ελέγχου ανοιχτής αρχιτεκτονικής βασισμένα σε διεθνή πρότυπα.

Το ελληνικό Σύστημα Ενέργειας διαθέτει τρία μεγάλα Εθνικά Κέντρα Ελέγχου, στον Άγιο Στέφανο Αττικής, στη Θεσσαλονίκη και στην Πτολεμαΐδα.

2.2.2 Δομή του Συστήματος SCADA

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 14 για τον σχεδιασμό ενός συστήματος SCADA είναι απαραίτητη η εισαγωγή των παρακάτω στοιχείων:



Εικόνα 14: Δομή SCADA [17]

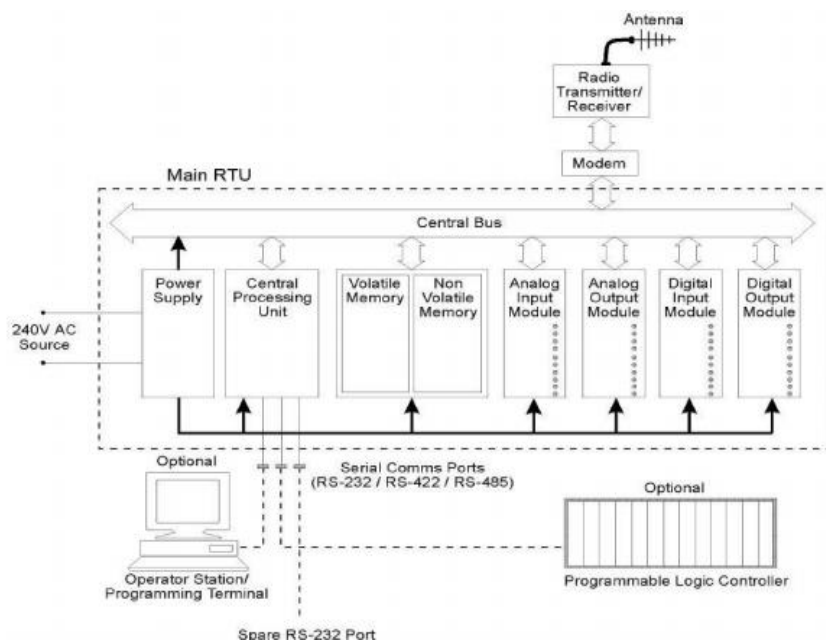
- Field Data Interface Devices (Συσκευές διασύνδεσης/διεπαφής δεδομένων πεδίου)

Υπάρχουν μια ή περισσότερες συσκευές ανίχνευσης που αλληλεπιδρούν με τους τοπικούς διακόπτες ελέγχου και τους ενεργοποιητές βαλβίδων. Οι κυριότερες συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι τα RTUs και τα PLCs.

- Remote Terminal Units (RTUs)

Οι Απομακρυσμένες Τερματικές Μονάδες (RTUs) είναι μονάδες διεπαφής μεταξύ των φυσικών συσκευών και του SCADA που μεταδίδει από τις συσκευές στο σύστημα και ελέγχει τις συσκευές σύμφωνα με τα μηνύματα ελέγχου από το SCADA. Τα RTUs μετατρέπουν τα εισερχόμενα σήματα π.χ. τάσεις, ρεύματα, πιέσεις κτλ σε σήματα τα οποία μπορούν να αποσταλούν είτε ενσύρματα είτε ασύρματα. Τα RTUs έχουν την δυνατότητα να μετατρέπουν εισερχόμενα σήματα είτε από άλλο RTU είτε από κάποιον κεντρικό Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (Η/Υ).

Η δομή ενός RTU φαίνεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα 15: Δομή ενός RTU [18]

Αναλυτικότερα ένα RTU αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία:

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU):

Η CPU έχει δύο ή τρεις θύρες επικοινωνίας (RS-232/RS-422/RS485) ή σύνδεση Ethernet. Το σύστημα ελέγχεται από ένα firmware (είδος λογισμικού γραμμένο σε γλώσσα μηχανής ή συμβολική γλώσσα, φτιαγμένο αποκλειστικά για ένα μοντέλο συσκευής) και ένα ρολόι πραγματικού χρόνου με πλήρες ημερολόγιο που χρησιμοποιείται για την χρονική σήμανση διάφορων γεγονότων. Η CPU διαθέτει ένα χρονόμετρο επαγρύπνησης που ελέγχει αν το πρόγραμμα του RTU λειτουργεί κανονικά. Το πρόγραμμα του RTU επαναφέρει τακτικά το χρονόμετρο επαγρύπνησης, αν σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα δεν είναι έτοιμο τότε το χρονόμετρο δηλώνει ότι υπάρχει σφάλμα.

- Αναλογικές Είσοδοι:

Τα ηλεκτρικά σήματα που λαμβάνει το RTU είναι ανάλογα των μετρουμένων φυσικών μεγεθών και προέρχονται από μετατροπείς στα 4-20 mA.

- Αναλογικές Έξοδοι:

Μετατρέπουν την ψηφιακή τιμή που έλαβαν από την CPU σε αναλογική μέσω ενός μετατροπέα από ψηφιακή σε αναλογική τιμή.

- Ψηφιακές Είσοδοι:

Χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν την μια κατάσταση και ως σήματα συναγερμού για το λόγο αυτό έχουν μόνο δύο πιθανές τιμές ON ή OFF.

- Ψηφιακές Έξοδοι:

Εντολές όπως π.χ. εκκίνηση ή παύση , άνοιγμα ή κλείσιμο απαιτούν ψηφιακές εξόδους που προέρχονται είτε από τον κεντρικό Η/Υ είτε από τις εισόδους άλλων RTUs

- Μονάδα Τροφοδοσίας:

Τα RTUs χρειάζονται συνεχή παροχή ρεύματος, υπάρχουν όμως και περιπτώσεις κατά τις οποίες τα RTUs βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Σ' αυτή την περίπτωση είναι κατάλληλα εξοπλισμένα με εναλλακτική πηγή τροφοδοσίας και με εφεδρικές μπαταρίες, για ενδεχόμενη απώλεια ενέργειας. Συχνά χρησιμοποιούνται ηλιακοί συλλέκτες για την τροφοδοσία χαμηλής ισχύος αλλά και θερμοηλεκτρικές γεννήτριες.

- Διεπαφές Επικοινωνίας

Ο σχεδιασμός των RTUs επιτρέπει πολλαπλά μέσα επικοινωνίας:

- ❖ RS 232/ RS 442 / RS 485
- ❖ Ethernet
- ❖ Τηλεφωνικές γραμμές
- ❖ Δορυφορικά
- ❖ Ραδιοσυχνότητες
- ❖ Οπτικές ίνες

Εκτός από τις Εισόδους/Εξόδους που παρουσιάζονται στην εικόνα 14 υπάρχουν και οι παλμικές Είσοδοι/Εξοδοι.

- Παλμικές Είσοδοι:

Κάθε παλμός αντιστοιχεί σε μια μονάδα μέτρησης του μεγέθους. Οι παλμοί αυτοί αθροίζονται (accumulated) από το RTU και το συνολικό άθροισμα απεικονίζεται από το RTU.

- Παλμικές Έξοδοι:

Το RTU με κάποιο πρόγραμμα επιτρέπει στα ψηφιακά κυκλώματα εξόδου να δώσουν παλμούς ακριβώς αντίστοιχους με τους παλμούς εισόδου του RTU σε κάποιο άκρο.

Τα RTUs χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με:

- Τον αριθμό εισόδων και εξόδων που μπορούν να διαχειριστούν
- Τον τύπο της επικοινωνίας που χρησιμοποιούν (φωνητικά ή ASCII)
- Εάν είναι στοιχειώδη, με δυνατότητα απλής διαχείρισης εκθέσεων και εντολών ή αν είναι 'έξυπνα' προγραμματιζόμενα RTUs με προχωρημένες δυνατότητες.

Επικοινωνία των RTUs

Τα RTUs μπορούν να συνδεθούν με διαφορετικά μέσα επικοινωνίας σε:

- Πολλαπλούς κεντρικούς σταθμούς

Συνήθως είναι μεγάλα συστήματα ελέγχου σε έναν σταθμό ελέγχου ή συστήματα συλλογής δεδομένων που ενσωματώνονται σε ένα μεγαλύτερο σύστημα. Τα δεδομένα μετακινούνται με τη χρήση των διεπαφών επικοινωνίας που αναφέρθηκαν παραπάνω. Πολλές φορές οι γραμμές επικοινωνίας χρησιμοποιούνται από πολλές διαφορετικές μονάδες.

- IEDs (Intelligent Electronic Devices)

Μια ευφυή ηλεκτρονική συσκευή (IED) εκτελεί λειτουργίες προστασίας, προηγμένο τοπικό έλεγχο νοημοσύνης και έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί διάφορες διαδικασίες και να επικοινωνεί απευθείας με το σύστημα SCADA. Η μετακίνηση δεδομένων όπως και στους πολλαπλούς κεντρικούς σταθμούς πραγματοποιείται με τη χρήση των διεπαφών επικοινωνίας.

Υποστηρίζουν τυποποιημένα πρωτόκολλα (Modbus, IEC 61850 κ.α.) για να διασυνδεθούν με κάποιο άλλο λογισμικό.

Η μεταφορά δεδομένων μπορεί να ξεκινήσει από τα δύο άκρα χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές ώστε να διασφαλιστεί ο συγχρονισμός με την ελάχιστη δυνατή κίνηση των δεδομένων. Ο κεντρικός σταθμός μπορεί να επιλέξει από τις δευτερεύουσες μονάδες (κεντρικό σταθμό στο RTU ή το RTU επιλέγει ένα IED) για τις αλλαγές στα δεδομένα σε περιοδική βάση. Οι αλλαγές στις αναλογικές τιμές συνήθως καταγράφονται όταν είναι εκτός από ένα προκαθορισμένο εύρος τιμών σε σχέση με την τελευταία καταγεγραμμένη τιμή. Οι ψηφιακές τιμές αντιμετωπίζονται με παρόμοιο τρόπο και μεταφέρονται ομάδες από bytes μόνο όταν αλλάξει έστω και ένα bit από αυτά. Χρησιμοποιείται και μια άλλη μέθοδος κατά την οποία μια δευτερεύουσα μονάδα πραγματοποιεί ενημέρωση των δεδομένων όταν πραγματοποιείται μια αλλαγή εκτός του προκαθορισμένου εύρους τιμών στα αναλογικά ή ψηφιακά δεδομένα.

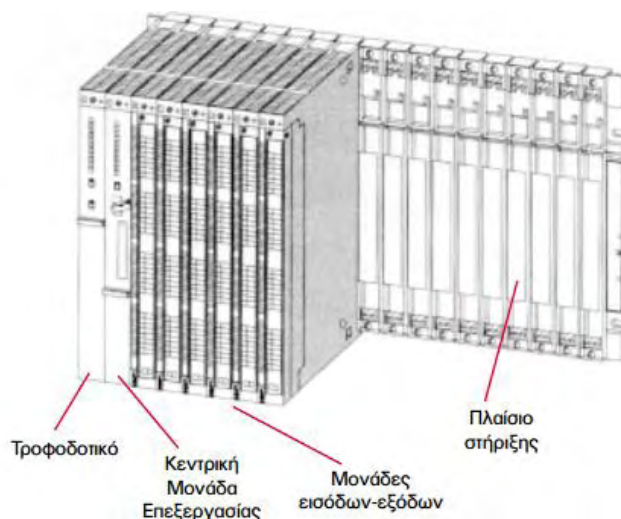
- Programmable Logic Controllers (PLCs)

Οι Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLCs) είναι ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα βασισμένα σε μικροεπεξεργαστές που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικό περιβάλλον. Τα PLCs διαθέτουν μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών ώστε να επιτελούν διάφορες λειτουργίες π.χ. λογικές ή αριθμητικές πράξεις και να ελέγχονται μέσω αναλογικών και ψηφιακών μονάδων διάφορες μηχανές ή διαδικασίες.

Η μνήμη των PLCs μπορεί να προγραμματιστεί με τη γλώσσα Ladder, η οποία επιτρέπει την μεταφορά του ηλεκτρολογικού σχεδίου μέσω της συσκευής προγραμματισμού στο PLC. Ένας άλλος τρόπος για να προγραμματιστούν είναι με την χρήση της λίστας εντολών (Statement List, STL), η οποία δημιουργεί λίστα εντολών που αντιστοιχούν στις λογικές πύλες (AND, OR κτλ). Τέλος τα PLCs μπορούν να προγραμματιστούν και με την γλώσσα λογικών γραφικών ή λογικού διαγράμματος, η οποία χρησιμοποιεί το λογικό κύκλωμα του αυτοματισμού.

Δομή των PLCs

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 15 ένας Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:



Εικόνα 16: Δομή του PLC [23]

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (CPU):

Είναι υπεύθυνη για την λειτουργία του αυτοματισμού. Πρακτικά είναι ένας μικροϋπολογιστής που αποτελείται από μνήμη και έναν μικροεπεξεργαστή.

- Μονάδα τροφοδοσίας:

Δημιουργεί από την τάση του δικτύου τροφοδοσίας τις απαραίτητες εσωτερικές τάσεις που απαιτούνται για την τροφοδοσία των ηλεκτρικών στοιχείων του PLC.

- Μονάδες εισόδων/εξόδων (I/O):

Αποτελούν τις μονάδες επικοινωνίας της κεντρικής μονάδας με το υπόλοιπο δίκτυο, όπως π.χ. με τους αισθητήρες, τους διακόπτες που δίνουν τις πληροφορίες και με τους ηλεκτρονόμους (H/N).

- Πλαίσια στήριξης για την τοποθέτηση των μονάδων και τον επεκτάσεων τους:

Οι μονάδες ενός μεγάλου PLC τοποθετούνται σε ένα κεντρικό πλαίσιο στο οποίο είναι ενσωματωμένο ένα σύστημα αγωγών-ζυγών μέσω του οποίου επικοινωνούν οι διάφορες μονάδες με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας.

- Συσκευή προγραμματισμού:

Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή του προγράμματος στο PLC και την παρακολούθηση της εξέλιξης του αυτοματισμού από την οθόνη που διαθέτει.

Σύγκριση των RTUs με τα PLCs

Βασική χρήση του RTU είναι η επικοινωνία και η αποστολή μετρήσεων και εντολών από και προς απομακρυσμένα σημεία, συχνά χρησιμοποιώντας και ασύρματες επικοινωνίες. Από την άλλη πλευρά τα PLCs είναι αποδοτικότερα για τον τοπικό έλεγχο βιομηχανικών διαδικασιών (εγκαταστάσεις, γραμμές παραγωγής κτλ) χρησιμοποιώντας φυσικά μέσα για τον έλεγχο. Επίσης το PLC έχει περισσότερες δυνατότητες προγραμματισμού σε σχέση με τα RTUs αλλά εκτελεί μόνο ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα κάθε φορά. Τα PLCs υστερούν στην επικοινωνία καθώς είναι προσανατολισμένα κυρίως στον έλεγχο διαδικασιών για το λόγο αυτό χρειάζονται εξωτερικά modems και ειδικό προγραμματισμό. Αντίθετα τα RTUs έχουν πολύ καλή επικοινωνία μέσω ενσωματωμένων modems. Τέλος το κόστος ανά σημείο εισόδου/εξόδου (I/O) ενός RTU είναι μικρότερο από ένα PLC.

- Σύστημα Επικοινωνίας (Γραμμές Επικοινωνίας)

Χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων μεταξύ των συσκευών διασύνδεσης δεδομένων πεδίου, των μονάδων ελέγχου και τους κεντρικούς υπολογιστές του συστήματος SCADA. Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι τηλεφωνο, καλωδιακό, δορυφορικό κτλ ή ο συνδυασμός αυτών.

- Εξυπηρετητές Εισόδων/Εξόδων (I/O servers)

Είναι υπολογιστές που επικοινωνούν με τα PLCs ή τα RTUs μέσω βιομηχανικού Ethernet (Industrial Ethernet-IE) για να λάβουν τις τιμές από τους αισθητήρες αλλά και από άλλα δεδομένα των διάφορων διεργασιών. Οι εξυπηρετητές αυτοί στην συνέχεια μεταφέρουν τα δεδομένα αυτά στον κεντρικό υπολογιστή και στον ιστοριογράφο.

- Human Machine Interface (HMI) ή Man Machine Interface (MMI) - Λογισμικό Φιλικό προς το Χρήστη

Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιείται για να προσφέρει στον κεντρικό σταθμό τις εφαρμογές ελέγχου, να υποστηρίξει το σύστημα επικοινωνιών και να παρουσιάζει και να ελέγχει τις απομακρυσμένες συσκευές. Πρακτικά το HMI είναι το λογισμικό που ζητάει τα δεδομένα από έναν εξυπηρετητή λήψης δεδομένων. Τα δεδομένα εμφανίζονται επεξεργασμένα στον χειριστή του λογισμικού.

- Master Terminal Unit – Κεντρικός Υπολογιστής

Λαμβάνει τα δεδομένα από τους εξυπηρετητές I/O και σε συνδυασμό με το HMI τα εμφανίζουν σε οθόνες ώστε ο χειριστής του λογισμικού να μπορεί να εποπτεύει και να κάνει αλλαγές σε διάφορες τιμές.

- Αισθητήρες, Συσκευές Τερματισμού και Ηλεκτρονόμοι (H/N)

- Αισθητήρες:

Καταγράφουν δεδομένα, ελέγχουν διαδικασίες, ανιχνεύουν και διαβιβάζουν σημαντικές μετρήσεις. Είναι συσκευές εισόδου/εξόδου(I/O) και μπορεί να είναι είτε ψηφιακοί είτε αναλογικοί.

- Συσκευές Τερματισμού:

Διαθέτουν εξοπλισμό από βαλβίδες έως και μεγάλα μηχανήματα, όπως αντλίες, τουρμπίνες κτλ. Ελέγχονται από τα PLCs για να ξεκινήσουν, να σταματήσουν όπως απαιτείται.

- Ηλεκτρονόμοι (H/N- ρελέ): [24]

Ο ηλεκτρονόμος συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρικός διακόπτης που ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί ένα κύκλωμα κάτω από την άμεση επίδραση ενός άλλου κυκλώματος. Ο H/N έχει την ιδιότητα να μπορεί να καθορίζει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα εξόδου πολύ υψηλής τάσης από ένα κύκλωμα εισόδου, λειτουργεί δηλαδή σαν ηλεκτρικός ενισχυτής. Αποτελείται από επαφές οι οποίες μπορεί να είναι:

- Κανονικά Ανοιχτή (Normally Open- NO) :

Η επαφή αυτή συνδέει το κύκλωμα όταν ο Η/Ν ενεργοποιείται και αποσυνδέει το κύκλωμα όταν απενεργοποιείται. Η κανονικά ανοιχτή επαφή είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν ενεργοποίηση μιας πηγής υψηλής τάσης από απόσταση.

- Κανονικά Κλειστή (Normally Closed- NC) :

Αποσυνδέει το κύκλωμα όταν ο ηλεκτρονόμος ενεργοποιείται και το συνδέει όταν ο Η/Ν είναι ανενεργός. Είναι ιδανική επαφή για εφαρμογές που θέλουν να το κύκλωμα να παραμένει κλειστό- ενεργό μέχρι ο Η/Ν να ενεργοποιηθεί.

- Μεταγωγική (Change-Over) :

Μπορεί να ελέγχει δύο κυκλώματα. Ισοδυναμεί με μια επαφή NO και μια NC με έναν κοινό ακροδέκτη.

Οι ηλεκτρονόμοι έχουν δύο ηλεκτρικές τάσεις ενεργοποίησης, την ηλεκτρική τάση έλξης και την ηλεκτρική τάση συγκράτησης του ελάσματος. Η ηλεκτρική τάση έλξης πρέπει να είναι πολύ ισχυρότερη από την τάση συγκράτησης του ελάσματος.

Σκοπός τους είναι να ανιχνεύουν σφάλματα και να τα απομονώνουν επιλεκτικά και γρήγορα από το υπόλοιπο σύστημα ώστε οι συνέπειες του σφάλματος να μειωθούν όσο είναι δυνατόν περισσότερο.

- Ιστοριογράφος (Historian) [20]

Ο ιστοριογράφος είναι συνήθως ένας εξυπηρετητής με μεγάλη χωρητικότητα σκληρού δίσκου, ο οποίος κρατάει αρχείο από τις τιμές των αισθητήρων, τους συναγεμμούς και τα άλλα στοιχεία της εγκατάστασης.

- Τείχη προστασίας (Firewalls) [17]

Τα τείχη προστασίας τοποθετούνται μπροστά από τις συσκευές διασύνδεσης και διαμορφώνονται ανάλογα με τα τρωτά σημεία που θέλουν να επιλύσουν.

Στα μικρότερα συστήματα ο εξυπηρετητής Εισόδων/Εξόδων, ο κεντρικός υπολογιστής και ο ιστοριογράφος μπορούν να είναι ένας ενιαίος υπολογιστής.

2.3 Λειτουργίες του Συστήματος SCADA

Ένα σύστημα SCADA είναι υπεύθυνο για την συγκέντρωση των πληροφοριών από τα RTUs και την μεταφορά (ενσύρματα ή ασύρματα) τους στον κεντρικό σταθμό τον οποίο προειδοποιεί όταν έχει εμφανιστεί κάποιο σφάλμα. Επιπλέον αποθηκεύει στη βάση δεδομένων που διαθέτει τα δεδομένα και τα παρουσιάζει μέσω των HMI συστημάτων. Μια άλλη λειτουργία τους είναι η εικονική απεικόνιση των διεργασιών σε μιμικά διαγράμματα, τα οποία απεικονίζουν πραγματικά τμήματα της παραγωγικής διαδικασίας, με αυτό τον τρόπο είναι ευκολότερη η εποπτεία από τους χειριστές του συστήματος. Πολλά συστήματα SCADA υποστηρίζουν και κάποιο παράλληλο σύστημα με άμεση φόρτωση όταν είναι απαραίτητο ώστε να ελαχιστοποιηθεί το εκάστοτε σφάλμα. Τέλος ο έλεγχος των στοιχείων του χρήστη για πρόσβαση στο σύστημα αλλά και η διατήρηση αρχείου αποτελούν δύο σημαντικές λειτουργίες των συστημάτων SCADA.

2.4 Λογισμικά του SCADA

Το λογισμικό των συστημάτων SCADA αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία του. Για να είναι ένα λογισμικό κατάλληλο θα πρέπει να συγκροτείται από ανεξάρτητες μονάδες κάθε μια από τις οποίες να εξυπηρετεί συγκεκριμένη λειτουργία, να μπορεί να τροποποιηθεί αλλάζοντας κάποιες παραμέτρους και όχι ολόκληρο τον κώδικα και να μπορεί να συνεργαστεί με τις υπόλοιπες μονάδες ομαλά. Επιπλέον πολύ σημαντικό είναι και το κόστος του λογισμικού

Τα κυριότερα λογισμικά του SCADA είναι τα ακόλουθα:

- SCADA Wonderware InTouch της εταιρίας Schneider Electric

Το InTouch είναι ένα αντικειμενοστραφές ανοιχτό και επεκτάσιμο λογισμικό που στοχεύει στην επίτευξη της επικοινωνίας των χειριστών με την διεργασία μέσω γραφικών. Επίσης στόχος τους είναι τόσο η επίτευξη της αυτοματοποίησης της βιομηχανίας όσο και η εποπτική παρακολούθηση των εφαρμογών. Το InTouch είναι απλό στη χρήση και λειτουργεί σαν ένα σύστημα διαχείρισης λογισμικού, το οποίο απεικονίζει τα δεδομένα και παρουσιάζει τα γραφικά σε πραγματικό χρόνο, κρατάει ιστορικά αρχεία των διάφορων μεγεθών και παρουσιάζει στατιστικά διαγράμματα.

Μια επέκταση του συγκεκριμένου λογισμικού είναι το Wonderware InTouch Access Anywhere, το οποίο είναι μια εφαρμογή για smartphones και tablets. Η εφαρμογή αυτή δίνει την δυνατότητα στους εργαζόμενους να ενεργούν άμεσα όταν εμφανίζεται ένα σφάλμα, αυξάνοντας την παραγωγικότητα, την αποτελεσματικότητα και τον έλεγχο σε χρόνο, πόρους και χρήματα. Επιπλέον μειώνεται το κόστος συντήρησης και αυξάνεται η ασφάλεια του συστήματος.

- GENESIS της εταιρίας Iconics

Υπάρχουν δυο εκδόσεις του συγκεκριμένου λογισμικού το GENESIS32 (32-bits) και το GENESIS64 (64-bits). Το GENESIS32 αποτελεί την πρώτη πλήρως επεκτάσιμη πλατφόρμα για εφαρμογές SCADA. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι εύκολο στη χρήση και προσφέρει καλύτερη απόδοση και εξοικονόμηση κόστους λόγω του σχεδιασμού του. Το GENESIS64 εκμεταλλευόμενο τα 64-bits που διαθέτει μειώνει σημαντικά τον χρόνο παραγωγής, με αποτέλεσμα την εξοικονόμησης ενέργειας και χρημάτων. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η παροχή πλήρης άποψη 360° των ενεργειών σε πραγματικό χρόνο.

- SIMATIC WinCC της εταιρίας Siemens

Το λογισμικό αυτό είναι επεκτάσιμο και ανοιχτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλα προγράμματα δημιουργώντας το κατάλληλο αποτέλεσμα. Επιπλέον προσφέρει μια σειρά από μηχανολογικά συστήματα τα οποία είναι ιδανικά προσαρμοσμένα ή μπορούν να προσαρμοστούν από τον χρήστη. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί μια διεργασία μέσω μιας οθόνης και ενημερώνεται κάθε φορά που αλλάζει η κατάσταση της. Επίσης ο χρήστης κατά την διάρκεια λειτουργίας του λογισμικού μπορεί να αλλάξει τιμή σε κάποιες από τις παραμέτρους ή να τις αποθηκεύσει ώστε να δημιουργηθεί αρχείο ιστορικού για όλη την πορεία της διεργασίας ή να τροποποιήσει το υπάρχον σύστημα.

- Cimplicity της εταιρίας GE Intelligent Platforms

Το Cimplicity παρέχει την δυνατότητα οπτικοποίησης, έλεγχου και βελτίωσης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, προστατεύοντας παράλληλα την εγκατεστημένη βάση του εξοπλισμού. Το συγκεκριμένο λογισμικό έχει χαμηλό κόστος ιδιοκτησίας (TCO: Total Cost Ownership) και παρέχει στους προγραμματιστές ευκολία και ταχύτητα ανάπτυξης των εφαρμογών.

Εκτός από τα παραπάνω λογισμικά υπάρχουν και ελεύθερα λογισμικά ανοιχτού κώδικα. [16]

- Free Scada

Παρέχει στους χρήστες ευέλικτα εργαλεία για την απεικόνιση μιας βιομηχανικής διαδικασίας αλλά και για τον διαδραστικό έλεγχο της. Το συγκεκριμένο λογισμικό είναι συμβατό μόνο με το λειτουργικό σύστημα των Windows.

- openDAX

Είναι ένα σύστημα ανοιχτού κώδικα, συλλογής δεδομένων σύστημα ελέγχου. Το openDAX είναι κατάλληλο μόνο για Linux.

- openSCADA

Αποτελεί μια ανεξάρτητη πλατφόρμα που βασίζεται σε έναν μοντέρνο σχεδιασμό συστήματος που παρέχει ασφάλεια αλλά και ευελιξία. Υποστηρίζεται από Windows αλλά και από Linux.

- S.E.E.R 2

Αποτελεί ένα πλήρες σύστημα ανάλυσης και είναι κατάλληλο για Linux.

- SCADA ProcessViewer

Είναι ανεξάρτητο πλατφόρμας λογισμικό και είναι γραμμένο σε Pascal.

- ScadaBR

Το λογισμικό αυτό έχει εφαρμογές στη διαδικασία ελέγχου και αυτοματισμού. Αναπτύσσεται και διανέμεται με τη χρήση ανοιχτού κώδικα και είναι κατάλληλο για Windows.

- Szarp

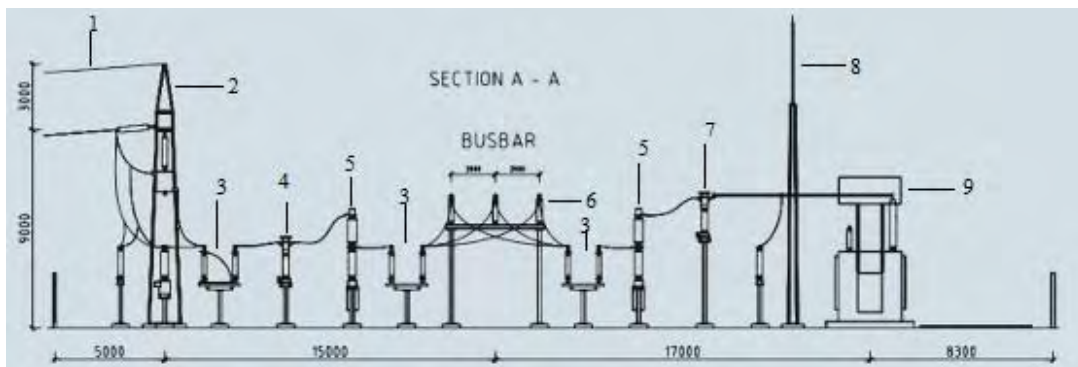
Το Szarp είναι ένα πλήρως εξοπλισμένο ανοιχτό σύστημα SCADA για Linux με τα προγράμματα για πελάτη να είναι διαθέσιμα τόσο για Linux όσο και για Windows.

Κεφάλαιο 3^ο

3 Το Εποπτικό Σύστημα Ελέγχου στους Υποσταθμούς Υψηλής Ανοιχτού Τύπου

3.1 Ανοιχτού Τύπου Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης

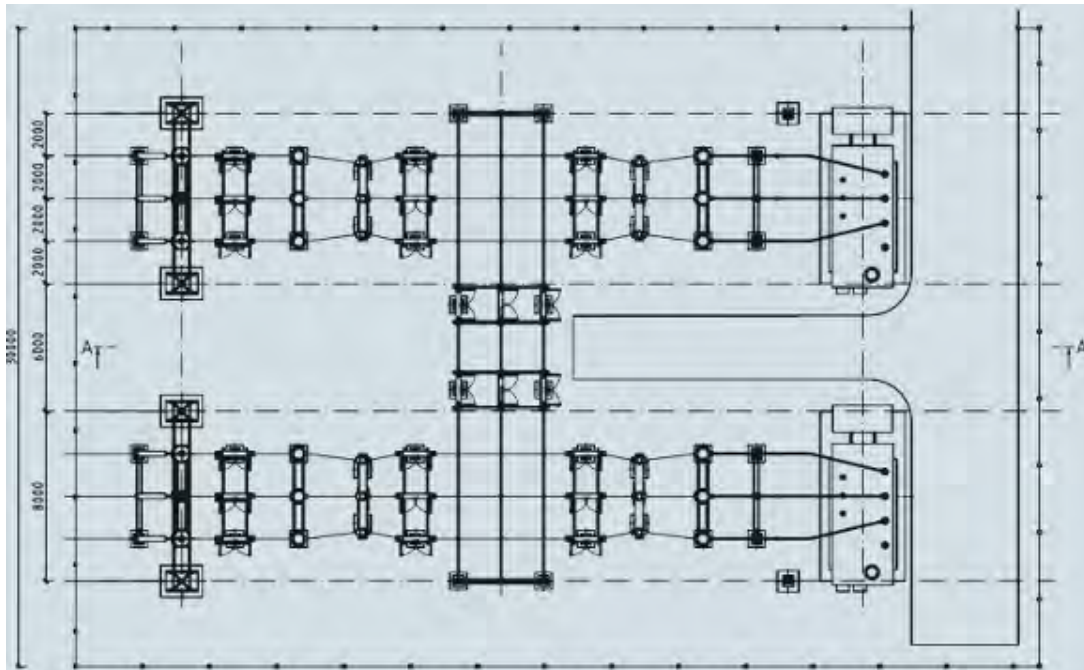
Οι Υποσταθμοί ΥΤ, στους οποίους συγκεντρώνεται η ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε με διάφορους τρόπους, αποτελούν σημαντικούς κόμβους του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Στους Υ/Σ αυτούς η ηλεκτρική ενέργεια συγκεντρώνεται, μετασχηματίζεται και διανέμεται.



Εικόνα 17: Δομή <<Γηπέδου>> ενός Υ/Σ ΥΤ [33]

1	Γραμμές Μεταφοράς	6	Ζυγοί ΥΤ
2	Πυλώνας	7	Α/Ξ
3	Α/Ζ	8	Α/Ξ
4	Μονωτήρας Στηρίξεως	9	Μ/Σ ισχύος
5	Α/Δ		

Ένας υποσταθμός ανοιχτού τύπου αποτελείται από δύο τμήματα, το από χώρο ανάπτυξης του κυρίως Υ/Σ (γήπεδο) και το κτίριο ελέγχου. Η δομή του «γηπέδου» ενός Υ/Σ ΥΤ φαίνεται στην εικόνα 17 και στην εικόνα 18 παρουσιάζεται η κάτοψη του Υ/Σ. Τα επιμέρους δομικά στοιχεία του αναλύονται στην συνέχεια. Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός του «γηπέδου» τοποθετείται σε κατάλληλες αποστάσεις ώστε να τηρούν τα όρια ασφαλείας που υπαγορεύονται από διεθνείς κανονισμούς. Επίσης πρέπει να διασφαλίζεται ότι υπάρχει επαρκής χώρος για την μεταφορά διάφορων μηχανημάτων για την εγκατάσταση, συναρμολόγηση αλλά και συντήρηση του εξοπλισμού. Τέλος ο εξοπλισμός πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένος ώστε να διευκολύνεται το προσωπικό του Υ/Σ στην εργασία τους.



Εικόνα 18: Κάτοψη <<Γηπέδου>> ενός Υ/Σ ΥΤ [33]

3.1.1 Κτίριο Ελέγχου Υ/Σ

Το κτίριο ελέγχου είναι απαραίτητο για την στέγαση του εξοπλισμού κλειστού χώρου αλλά και για την επιτήρηση και συλλογή δεδομένων για την σωστή λειτουργία του υποσταθμού. Αποτελείται από διάφορες αίθουσες και διαθέτει χώρο ΜΤ (αίθουσα διακοπών ΜΤ), αίθουσα εργαστηρίου, συνεργείων αλλά και διάφορες αίθουσες για το προσωπικό πχ γραφεία, αποθήκες. Επιπλέον υπάρχει αίθουσα ελέγχου, προστασίας και μετρήσεων στην οποία βρίσκεται το εποπτικό σύστημα SCADA αλλά και το Ψηφιακό Σύστημα Ελέγχου.

3.1.1.1 Ψηφιακό Σύστημα Ελέγχου (ΨΣΕ)

Για τον έλεγχο, την προστασία και την επιτήρηση κάθε επιμέρους εγκατάστασης στους Υ/Σ είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ενός Ψηφιακού Συστήματος Ελέγχου (ΨΣΕ). Η επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων του Υ/Σ επιτυγχάνεται με τη χρήση του πρωτοκόλλου IEC 61850. Αντίθετα η επικοινωνία του ΨΣΕ με το ΚΕΕ πραγματοποιείται με την χρήση ενδιάμεσων πινάκων τύπου “IR” και “TDB” στους οποίους όλα τα σήματα μέσω κατάλληλων διατάξεων (πχ καρτών PLC) μετατρέπονται σε επαφές ελεύθερης τάσης. Στη συνέχεια οι επαφές αυτές συνδέονται κατάλληλα με τις τερματικές μονάδες επικοινωνίας (RTUs) ώστε να επιτευχθεί η επικοινωνία με το ΚΕΕ.

3.1.1.2 Ιεραρχικά Επίπεδα Ελέγχου

Υπάρχουν τέσσερα διακριτά επίπεδα ελέγχου, από τα οποία γίνονται οι απαιτούμενοι χειρισμοί για τα διάφορα στοιχεία του εξοπλισμού. Κάθε ένα από τα επίπεδα μπορεί να διεκπεραιώσει τους προβλεπόμενους για αυτό χειρισμούς μόνο όταν υπάρχουν οι ακόλουθες προϋποθέσεις. Αρχικά το χειριστήριο «τοπικά» - «ανώτερο επίπεδο ελέγχου» (Local-Remote) του επιπέδου που πρόκειται να εκτελέσει χειρισμούς βρίσκεται στη θέση «τοπικά» (Local). Επίσης τα χειριστήρια «τοπικά» - «ανώτερο επίπεδο ελέγχου» (Local-Remote) όλων των κατώτερων του προαναφερόμενου επιπέδων, βρίσκονται στη θέση «ανώτερο επίπεδο ελέγχου» (Remote). Ο σχεδιασμός του ΨΣΕ εξασφαλίζει ότι οποιαδήποτε εντολή χειρισμού θα δίνεται κάθε φορά από ένα επίπεδο ελέγχου, αποκλείοντας ταυτόχρονα τα ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα.

Τα επίπεδα ελέγχου από το κατώτερο προς το ανώτερο είναι :

- Επιτόπου του εξοπλισμού - α' επίπεδο

Το α' επίπεδο περιλαμβάνει τα κομβία ON-OFF των A/Δ 150 kV, A/Z 150 kV και των Γειωτών 150 kV αλλά και κομβία χειρισμού για τα υπόλοιπα στοιχεία του εξοπλισμού. Όλοι οι χειρισμοί υλοποιούνται με ένα ανεξάρτητο κύκλωμα Συνεχούς Ρεύματος (ΣΡ) 110V , το οποίο διεγείρει τα αντίστοιχα πηνία ανοίγματος και κλεισίματος των στοιχείων του εξοπλισμού.

- Επίπεδο ελέγχου πύλης - β' επίπεδο

Περιλαμβάνει όλες τις πύλες 150 kV, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με δυο μονάδες ελέγχου (Bay Control Units - BCUs). Η πρώτη μονάδα ελέγχου πύλης είναι εγκατεστημένη στον Πίνακα Προστασίας και Ελέγχου της πύλης στον Υ/Σ, ενώ η δεύτερη είναι εγκατεστημένη σε έναν ιδιαίτερο πίνακα στον χώρο του ΑΔΜΗΕ. Η ανταλλαγή ψηφιακών σημάτων μεταξύ των δύο BCUs δεν επιτρέπεται, καθώς τα ψηφιακά συστήματα ελέγχου του Υ/Σ και του ΑΔΜΗΕ είναι ανεξάρτητα.

- Επίπεδο Κεντρικού Ελέγχου του Υ/Σ (Αίθουσα Ελέγχου) - γ' επίπεδο

Ο έλεγχος και η εποπτεία στο συγκεκριμένο επίπεδο πραγματοποιείται στο ΨΣΕ μέσω δύο συσκευών οθόνης που διαθέτει. Ο χειριστής του συστήματος μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στις παρακάτω απεικονίσεις.

- Μιμική απεικόνιση της κατάστασης των διακοπτικών στοιχείων αλλά και των βασικών μετρούμενων μεγεθών ανά πύλη.
- Απεικόνιση συγκεκριμένης πύλης, την οποία την επιλέγει ο χειριστής μέσω μιας συγκεκριμένης εντολής.

Ο χειριστής έχει την δυνατότητα να επιλέξει μια εντολή, να την ακυρώσει ή να την επιβεβαιώσει και να την εκτελέσει. Όταν κάποια εντολή δεν εκτελεστεί στην οθόνη θα εμφανιστούν τα αίτια της αποτυχίας.

Ο κεντρικός έλεγχος του Υ/Σ περιλαμβάνει τους παρακάτω χειρισμούς:

- «άνοιγμα» - «κλείσιμο» όλων των διακοπτικών στοιχείων 150 kV (Α/Δ, Α/Ζ, Γειωτές) του Υ/Σ, εκτός των Α/Δ 150 kV των πυλών σύνδεσης με τον Μ/Σ ισχύος.
 - «εντός» - «εκτός» αυτόματης επαναφοράς σε όσες από τις πύλες των ΓΜ 150 kV προβλέπεται λειτουργία αυτόματης επαναφοράς.
 - «επαναφορά» (reset) σε όσους Η/Ν απαιτείται.
- Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας - δ' επίπεδο

Στο συγκεκριμένο επίπεδο ελέγχου δεν υπάρχουν χειριστήρια «Local» - «Remote», διότι είναι το ανώτερο επίπεδο και ο έλεγχος του παραχωρείται από τα υπόλοιπα επίπεδα όταν τα χειριστήρια τους τεθούν στην θέση «Remote». Το δ' επίπεδο λειτουργεί μέσω τηλεμεταβιβαζόμενων εντολών.

3.1.1.3 Επιτήρηση και καταγραφή γεγονότων και σημάνσεων

Για την εύρυθμη λειτουργία του Υ/Σ είναι απαραίτητη η απεικόνιση στην κεντρική θέση ελέγχου του Υ/Σ όλων των γεγονότων (“events”) που αναφέρονται στην αλλαγή κατάστασης/ θέσης των στοιχείων του Υ/Σ αλλά και των προειδοποιητικών σημάνσεων (“alarms”) για όλες τις μη κανονικές καταστάσεις των στοιχείων του εξοπλισμού του Υ/Σ. Τα γεγονότα και οι προειδοποιητικές σημάνσεις εμφανίζονται σε διαφορετικές λίστες, οι οποίες περιέχουν το χρόνο και την ημερομηνία της σήμανσης, το όνομα του εξοπλισμού από το οποίο προέρχεται αυτή αλλά και μία περιγραφή του γεγονότος τέλος εμφανίζεται και η κατάσταση επιβεβαίωσης. Τόσο τα γεγονότα όσο και οι σημάνσεις θα καταγράφονται αυτόματα στη μονάδα μαζικής αποθήκευσης του συστήματος.

3.1.1.4 Αυτόματος Συγχρονισμός Α/Δ 150 kV

Το κλείσιμο των Α/Δ των πυλών εναέριων ή καλωδιακών Γραμμών Μεταφοράς 150 kV και της πύλης διασύνδεσης ζυγών 150 kV (όταν υπάρχει διπλός ζυγός) πραγματοποιείται μόνο εάν ελεγχθεί ο συγχρονισμός των τάσεων εκατέρωθεν των διακοπών. Τα προς σύγκριση σήματα τάσεων, μέγεθος, γωνία και συχνότητα, ασφαλιζονται και επιτηρούνται από μικροαυτόματους, οι οποίοι αποτρέπουν εσφαλμένους χειρισμούς κλεισίματος σε περίπτωσης απώλειας των σημάτων.

3.1.1.4.1 Έλεγχος από την αίθουσα ελέγχου (γ' επίπεδο)

Όταν ο χειριστής στην Αίθουσα Ελέγχου επιχειρεί τον κλείσιμο του διακόπτη 150 kV πύλης ΓΜ 150 kV ή πύλης διασύνδεσης ζυγών εκκινείτε αυτόματα από το λογισμικό του συστήματος (Scada) η διαδικασία του συγχρονισμού. Τόσο η κεντρική μονάδα ελέγχου του ΨΣΕ όσο και η μονάδα ελέγχου πύλης μπορούν να επιτελέσουν συγχρονισμό. Για την υλοποίηση του ελέγχου συγχρονισμού υπάρχουν τα παρακάτω σχήματα σύγκρισης τάσεων:

1. «NZNG»: μη ενεργός – νεκρός ζυγός «NZ» και μη ενεργή – νεκρή γραμμή «NG»
2. «NZZG»: μη ενεργός – νεκρός ζυγός «NZ» και ενεργή – ζωντανή γραμμή «ZG»
3. «ZZNG»: ενεργός – ζωντανός ζυγός «ZZ» και μη ενεργή – νεκρή γραμμή «NG»
4. «ZZZG»: ενεργός – ζωντανός ζυγός «ZZ» και ενεργή – ζωντανή γραμμή «ZG»

Για να χαρακτηριστεί ένας ζυγός ή μια γραμμή 150 kV ως ενεργός – νεκρός η τιμή της τάσεως του πρέπει να είναι μικρότερη από μια προκαθορισμένη τιμή, την τάση κατωφλίου.

Όταν ισχύει κάποιο από τα 1,2,3 σχήματα θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί ο συγχρονισμός και προχωράει η διαδικασία του κλεισίματος του Α/Δ. Αντίθετα όταν ισχύει το 4. σχήμα συγκρίνονται οι διαφορές των προς έλεγχο τάσεων (διαφορά μέτρου, διαφορά φάσης και διαφορά συχνότητας) με τις προκαθορισμένες επιτρεπτές τιμές. Ο χρόνος συγκράτησης μιας εντολής κλεισίματος προκειμένου να επιτευχθεί ο συγχρονισμός αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο στο λογισμικό του συστήματος.

Στις οθόνες του ΨΣΕ εμφανίζονται τα παρακάτω σήματα τα οποία προέρχονται από την αντίστοιχη μονάδα ελέγχου πύλης 150 kV (BCU) , στην οποία πραγματοποιείται και ο έλεγχος των μεγεθών τάσης που είναι απαραίτητα για τον συγχρονισμό.

- Τα 6 μετρούμενα μεγέθη (τάση V1 και V2, φάση φ1 και φ2 και συχνότητα f1 και f2) και οι αντίστοιχες διαφορές τους σε σχέση με τις προκαθορισμένες επιτρεπτές τιμές.
- Το σχήμα σύγκρισης τάσεων που ισχύει στη συγκεκριμένη περίπτωση συγχρονισμού.
- Σε περίπτωση αποτυχίας του συγχρονισμού εμφανίζονται οι λόγοι της αποτυχίας.
- Σε περίπτωση επιτυχίας του συγχρονισμού εμφανίζεται η σήμανση «Έχει δοθεί εντολή κλεισίματος στον Α/Δ.» .

3.1.1.4.2 Έλεγχος από το ΚΕΕ (δ' επίπεδο)

Ο χειριστής στο ΚΕΕ με μια εντολή «επιλέγει» έναν Α/Δ 150 kV προς κλείσιμο και τηλεσημαίνεται η επιλογή του στο ΚΕΕ. Επίσης ταυτόχρονα με την επιλογή του Α/Δ ενεργοποιείται η λειτουργία συγχρονισμού της μονάδας ελέγχου της συγκεκριμένη πύλης (BCU) και τηλεσημαίνονται προς το ΚΕΕ οι παρακάτω ενδείξεις :

- Τα σχήματα σύγκρισης τάσεων (NZNG, NZZG, ZZNG, ZZZG). Οι ενδείξεις αυτές είναι ανεξάρτητες και πάντα είναι διεγερμένη μόνο η μία από αυτές.
- Εντός ή εκτός ορίων η τιμή της τάσης.
- Εντός ή εκτός ορίων η γωνία των τάσεων.
- Εντός ή εκτός ορίων η συχνότητα.

Όσο διάστημα ο Α/Δ παραμένει επιλεγμένος οι παραπάνω σημάνσεις ενημερώνονται συνεχώς από τον συγχρονιστή ώστε ο χειριστής του ΚΕΕ να έχει σωστή εικόνα για την τρέχουσα κατάσταση του Υ/Σ. Η επιλογή του Α/Δ παραμένει ενεργή για τρία λεπτά εάν δεν μεσολαβήσει κάποια ενέργεια από τον χειριστή στο ΚΕΕ. Μετά την λήξη του χρόνου η επιλογή του Α/Δ καταργείται αυτόματα και απενεργοποιούνται οι 7 παραπάνω σημάνσεις. Με κάποια επόμενη εντολή ο χειριστής του ΚΕΕ μπορεί να επιλέξει:

- ο κλείσιμο του επιλεγμένου Α/Δ.

Ο συγχρονιστής αφού λάβει την εντολή κλεισίματος του Α/Δ ελέγχει επαναληπτικά για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα (30΄΄) εάν πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις για το κλείσιμο του Α/Δ. Αν μέσα στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα πληρούνται οι προϋποθέσεις στέλνει εντολή κλεισίματος προς τον Α/Δ και ταυτόχρονα στέλνει την ειδοποίηση «κλείσε Α/Δ» προς τον ΚΕΕ. Εάν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις τότε μετά τα 30 δευτερόλεπτα ο συγχρονιστής αποδιεγείρεται.

- ο να ακυρώσει την εντολή επιλογής του Α/Δ και στη συνέχεια απενεργοποιούνται οι επτά τηλεσημάνσεις του συγχρονιστή.

Για την υλοποίηση του συγχρονισμού από το ΚΕΕ είναι απαραίτητη για κάθε Α/Δ που απαιτεί συγχρονισμό η υλοποίηση εντολής για την επιλογή του αλλά και για το κλείσιμο του. Επίσης πρέπει να υπάρχει και μια εντολή ανάρτησης της επιλογής Α/Δ προς κλείσιμο.

3.1.2 Δομικά Στοιχεία του «Γηπέδου» ενός Υ/Σ

3.1.2.1 Μετασχηματιστής (Μ/Σ)

Οι μετασχηματιστές (Μ/Σ) είναι ηλεκτρικές μηχανές, οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια την οποία παίρνουν μιας ορισμένης τάσεως σε ηλεκτρική ενέργεια μιας άλλης τάσεως (μικρότερη ή μεγαλύτερη) της ίδιας συχνότητας, χωρίς ενδιάμεσα να γίνει μετατροπή σε μηχανική ενέργεια. Η λειτουργία τους βασίζεται σε δύο βασικές αρχές: το ηλεκτρικό ρεύμα έχει την δυνατότητα να παράγει ηλεκτρικό πεδίο και ένα μεταβαλλόμενο πεδίο σε ένα τυλιγμένο σύρμα επάγει διαφορά δυναμικού στα άκρα του τυλίγματος.

Οι μετασχηματιστές ανάλογα με τον τρόπο ψύξης χωρίζονται σε λαδιού ή σε ξηρού τύπου με μόνωση χυτορητίνης.

Οι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς είναι οι εξής:

3.1.2.1.1 Μετασχηματιστές Ισχύος

3.1.2.1.1.1 Δομή ενός Μετασχηματιστή Ισχύος

Ο Μ/Σ Ισχύος είναι το σημαντικότερο στοιχείο ενός υποσταθμού Μεταφοράς, διότι αλλάζει την τάση του συστήματος από Υψηλή Τάση – 150 kV σε Μέση Τάση – 20 kV (υποβιβασμός) ή από ΜΤ σε ΥΤ (ανύψωση) ανάλογα με τον τύπο του Υ/Σ.

Τα σημαντικότερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του είναι:

- Τυλίγματα-Περιέλιξη του Μ/Σ

Διακρίνονται σε πρωτεύον τύλιγμα (ΥΤ) και σε δευτερεύον τύλιγμα (ΜΤ). Το κάθε τύλιγμα αποτελείται από τρία ή περισσότερα πηνία τα οποία συνδέονται με διάφορους τρόπους. Στο ελληνικό σύστημα μεταφοράς χρησιμοποιείται η συνδεσμολογία Τρίγωνο – Αστέρας με εξαίρεση τους Υ/Σ της περιφέρειας Αττικής που χρησιμοποιούν Αστέρα – Αστέρα.

- Πυρήνας

Στον πυρήνα είναι περιελιγμένα τα τυλίγματα του Μ/Σ. Κατασκευάζεται από πυριτιούχα δυναμοελάσματα ψυχρής εξέλασης και μαγνητικά προσανατολισμένα, ώστε να έχουμε πολύ χαμηλές απώλειες από υστέρηση και δινορεύματα. Ο πυρήνας μαζί με της περιέλιξη εμβαπτίζονται σε μονωτικό λάδι, το οποίο περιέχεται σε κλειστό δοχείο (κέλυφος).

- Σύστημα Ψύξεως

Το σύστημα ψύξεως του μονωτικού λαδιού αποτελείται από τα ψυγεία και τους ανεμιστήρες. Όταν η θερμοκρασία του λαδιού αυξάνεται ο θερμοστάτης δίνει εντολή στους ανεμιστήρες, οι οποίοι δημιουργούν εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρος ψύχοντας το λάδι. Επίσης υπάρχει ένα δοχείο διαστολής λαδιού στο οποίο φυλάσσεται επιπλέον λάδι για την αντιμετώπιση διαρροών. Τέλος χρησιμοποιείται και ένας αφυγραντήρας που αφαιρεί την ατμοσφαιρική υγρασία, η οποία μειώνει τις μονωτικές του ιδιότητες.

- Σύστημα αλλαγής λήψεων υπό φορτίο

Το σύστημα αλλαγής λήψεων υπό φορτίο είναι μια διάταξη πολυδιακόπτου, η οποία κινείται από βηματικό κινητηριακό μηχανισμό (MD: Moto Drive), ο οποίος ελέγχεται από ένα ρυθμιστή.

- Συσκευές προστασίας

Ένας Μ/Σ μπορεί να υποστεί βλάβη είτε από διαρκή υπερφόρτωση είτε από σφάλμα στη μόνωση αλλά και από παρατεταμένο βραχυκύκλωμα μέσα ή έξω από το δοχείο του στην πλευρά της χαμηλής ή της υψηλής τάσης. Για την προστασία του Μ/Σ υπάρχουν οι παρακάτω συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες στον ίδιο τον Μ/Σ.

- Ηλεκτρονόμος Buchholz (H/N Bu):

Ανιχνεύει την ύπαρξη φυσαλίδων αερίου ή τον κυματισμό του λαδιού και είναι τοποθετημένος μεταξύ του δοχείου του Μ/Σ και του δοχείου διαστολής. Ο H/N Bu έχει δύο στάθμες ενεργοποιήσεως την σήμανση (alarm) και την πτώση (trip). Όταν ενεργοποιείται η προειδοποίηση (alarm) ενημερώνεται η Αίθουσα Ελέγχου του Υ/Σ και το Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) ενώ αν έχουμε trip αρχικά δίνεται εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης από τον H/N και στην συνέχεια ειδοποιούνται η Αίθουσα Ελέγχου Υ/Σ και το ΚΕΕ (β' και γ' επίπεδο). Επίσης ένας βοηθητικός H/N μανδαλώσεων 8 επαφών διεγείρεται, ο οποίος διεγερμένος θα οδηγεί εντολές πτώσης στον Α/Δ 150kV της πύλης Μ/Σ και στον κεντρικό Α/Δ ΜΤ. Ο συγκεκριμένος H/N είναι δυο καταστάσεων (δισταθής και lock out) και απαιτεί εντολή επαναφοράς(reset) για την ενεργοποίηση του μετά από διέγερση, η οποία γίνεται με τηλεχειρισμό.

- Ασφαλιστική - Ανακουφιστική Βαλβίδα

Ενεργοποιείται όταν αυξάνεται πολύ η πίεση του λαδιού και δίνει εντολής πτώσεις στον Α/Δ της πύλης και ενημερώνεται είτε η Αίθουσα Ελέγχου του Υ/Σ είτε το ΚΕΕ.

- Θερμόμετρο Λαδιού

Τοποθετείται μέσα στο λάδι και διαθέτει έναν θερμοστάτη δύο σταθμών ενεργοποίησης, σήμανσης (alarm) και πτώσης (trip). Το ΚΕΕ και η Αίθουσα Ελέγχου Υ/Σ ειδοποιούνται και στις δυο σημάνσεις. Επίσης στην ένδειξη trip δίνεται και εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης.

- Ένδειξη Στάθμης Λαδιού

Η στάθμη του λαδιού βρίσκεται στο εξωτερικό του Μ/Σ σε ενδεικτικό όργανο, το οποίο είναι εφοδιασμένο με επαφές σημάνσεων που ενεργοποιούνται με την

πτώση της στάθμης. Όταν έχουμε alarm ενημερώνονται τόσο το ΚΕΕ όσο και η Αίθουσα Ελέγχου Υ/Σ

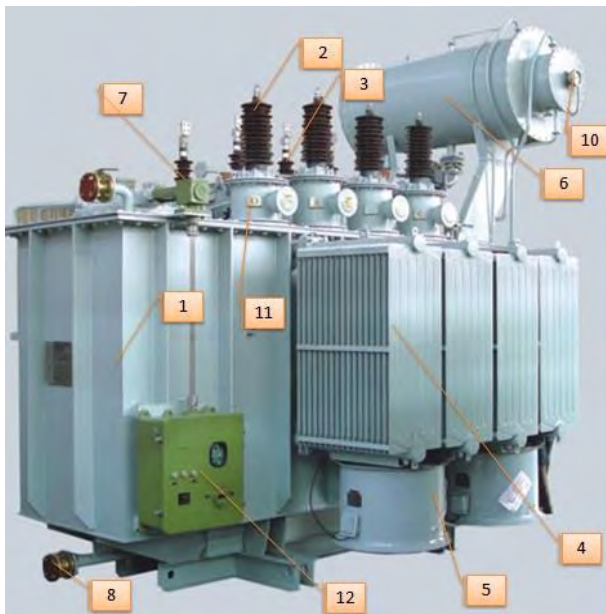
- Ηλεκτρονόμος θερμοκρασίας τυλίγματος

Είναι μια συσκευή προσομοίωσης θερμοκρασίας, η οποία τροφοδοτείται από τον Μ/Σ εντάσεως των ακροδεκτών x1,x3 του δευτερεύοντος τυλίγματος. Οι δύο ακροδέκτες δίνουν εντολή προειδοποίησης ή πτώσης στον Α/Δ της πύλης και ενημερώνουν την Αίθουσα Ελέγχου (γ' επίπεδο) Υ/Σ και το ΚΕΕ (δ' επίπεδο.). Ο Η/Ν διαθέτει ένα θερμομέτρο ενδεικτικού τύπου με ένδειξη μέγιστης τιμής και δύο ρυθμιζόμενες ανοιχτές επαφές.

Στην εικόνα 19 και στον πίνακα 3 αναλύεται η δομή του Μ/Σ ισχύος.



η δομή του



Εικόνα 19: Δομή του Μ/Σ Ισχύος [32]

1	Δεξαμενή
2	Μονωτήρας Διελεύσεως ΥΤ
3	Μονωτήρας Διελεύσεως ΧΤ
4	Πτερύγια ψύξης – καλοριφέρ
5	Ανεμιστήρες ψύξης
6	Δεξαμενή συντήρησης
7	Σύστημα γείωσης ακροδεκτών
8	Βαλβίδα αποστράγγισης
9	Αναπνευστήρας αφυδατώσεως
10	Θερμοκρασία Λαδιού – Πιεσόμετρο
11	Μονωτήρας διελεύσεως Μ/Σ Ρεύματος
12	Πίνακας Ελέγχου

Πίνακας 3: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Ισχύος

Ενώ τα βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του Μ/Σ ισχύος είναι:

- Ονομαστική Ισχύς [kVA]

Είναι η ανώτερη φαινομένη ισχύς που μπορεί να διέλθει μέσα από των μετασχηματιστή. Εκφράζεται πάντα σε kVA.

- Ονομαστική τάση πρωτεύοντος [kV]
Είναι η πολική τάση λειτουργίας του πρωτεύοντος τυλίγματος.
- Ονομαστική τάση δευτερεύοντος [kV]
Είναι η πολική τάση λειτουργίας του δευτερεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ.
- Συνδεσμολογία
Το είδος των συνδέσεων μεταξύ των τριών φάσεων του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος.
- Τάση βραχυκυκλώσεως [%]
Αντιπροσωπεύει την εσωτερική αντίσταση των τυλιγμάτων του Μ/Σ και εκφράζεται ως ποσοστό της ονομαστικής τάσεως.
- Απώλειες σιδήρου και χαλκού [W]
Οι εσωτερικές απώλειες του ηλεκτρικού και του μαγνητικού κυκλώματος του Μ/Σ όταν λειτουργεί σε πλήρες φορτίο, δηλαδή όταν από τον μετασχηματιστή διέρχεται η φαινομένη ισχύς του. Οι απώλειες αυτές εμφανίζονται λόγω του φαινομένου Joule.
- Λήψεις τάσεως
Αναφέρεται στα όρια αλλαγής τάσεως και στα βήματα του ρυθμιστού.
- Ψύξη
Αναφέρεται στο είδος ψύξεως του λαδιού.
- Μήκος, πλάτος, ύψος [mm]
Οι εξωτερικές διαστάσεις του Μ/Σ
- Βάρος Μ/Σ [kg]

3.1.2.1.1.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος από έναν Μετασχηματιστή

Τα σήματα που λαμβάνει το SCADA από ένα Μ/Σ είναι τα παρακάτω.

Για τις Σημάνσεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 4: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Μ/Σ ισχύος - alarm

Μ/Σ ισχύος- προειδοποίηση (“alarm”) από:	Γ’ επίπεδο	Δ’ επίπεδο
H/N Buchholz Μ/Σ	✓	✓
H/N Buchholz OLTC		
Θερμοκρασία λαδιού		
Θερμοκρασία τυλίγματος X1		
Θερμοκρασία τυλίγματος X3		
Χαμηλή στάθμη λαδιού Μ/Σ		
Χαμηλή στάθμη λαδιού OLTC		

Πίνακας 5: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Μ/Σ ισχύος - εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης

Μ/Σ ισχύος- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης από:	Γ’ επίπεδο	Δ’ επίπεδο
H/N Buchholz Μ/Σ	✓	✓
H/N Buchholz OLTC		
Θερμοκρασία λαδιού		
Θερμοκρασία τυλίγματος X1		
Θερμοκρασία τυλίγματος X3		
Ανακουφιστική βαλβίδα (pressure relief valve)		

3.1.2.1.2 Μετασχηματιστές Εσωτερικής Υπηρεσίας

Κάθε Μ/Σ ισχύος που υπάρχει σε έναν υποσταθμό συνοδεύεται τριφασικό Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας. Ο συγκεκριμένος Μ/Σ μπορεί να εγκατασταθεί είτε υπαίθρια δίπλα από το Μ/Σ ισχύος είτε στο υπόγειο του κτιρίου του Υ/Σ σε κατάλληλα διαμορφωμένο χώρο περιφραγμένο με μεταλλικό κιγκλίδωμα. Ο Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας τροφοδοτείται μέσω κατάλληλων ασφαλειοαποζευκτών από την πλευρά της Μέσης Τάσης του Μ/Σ ισχύος.

3.1.2.1.3 Μετασχηματιστές Εντάσεως (ME) και Μετασχηματιστές Τάσεως (MT)

Είναι μονοφασικοί Μ/Σ υποβιβασμού, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για προστασία και μέτρηση. Το πρωτεύον τυλίγμα τους συνδέεται στην ΥΤ, εν σειρά στους Μ/Σ Εντάσεως και παράλληλα στους Μ/Σ Τάσεως ενώ το δευτερεύον τυλίγμα τροφοδοτεί με ένταση ή τάση τον εξοπλισμό μετρήσεων ή προστασίας.

Στους πίνακες 6 και 7 παρουσιάζονται τα δομικά στοιχεία του μετασχηματιστή εντάσεως (εικόνα 20) και του μετασχηματιστή τάσεως (εικόνα 21).



Εικόνα 20: Δομή Μ/Σ Εντάσεως [37]

Πίνακας 6: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Εντάσεως

1	Τερματικά υψηλής τάσης
2	Μαγνητικός πυρήνας και τυλίγματα κάτω από το περίβλημα
3	Μονωτήρας πορσελάνης
4	Δευτερεύον κουτί τερματικών



Εικόνα 21: Δομή Μ/Σ Τάσεως [34]

Πίνακας 7: Δομικά στοιχεία Μ/Σ Τάσεως

1	Τερματικά υψηλής τάσης
2	Μονωτήρας πορσελάνης
3	Δεξαμενή
4	Δευτερεύον κουτί τερματικών

Βασικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των ΜΕ και ΜΤ:

- Ονομαστική ένταση ή τάση λειτουργίας του πρωτεύοντος τυλίγματος
- Ονομαστική ένταση ή τάση λειτουργίας του δευτερεύοντος τυλίγματος
- Κλάση ακριβείας, η οποία καθορίζει τα όρια σφάλματος του Μ/Σ
- Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων (αστέρας ή τρίγωνο)
- Επιφόρτιση, είναι η φαινομένη ισχύς που απορροφάται υπό το ονομαστικό ρεύμα του δευτερεύοντος τυλίγματος ή των δευτερευόντων τυλιγμάτων.

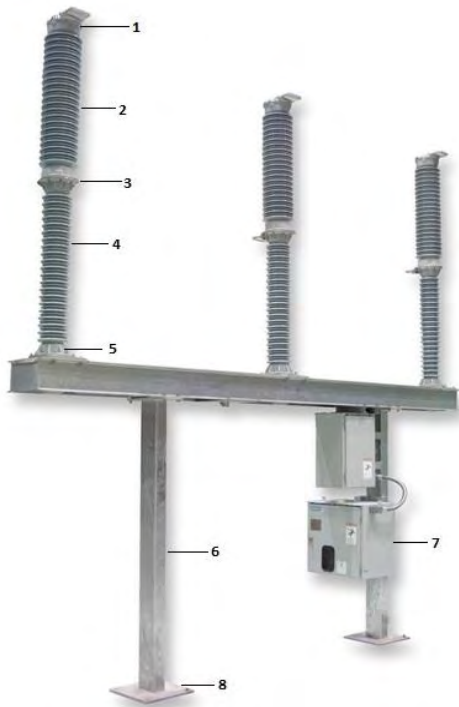
3.1.2.2 Αυτόματος Διακόπτης (Α/Δ) ή Διακόπτης Ισχύος

3.1.2.2.1 Δομή ενός Αυτόματου Διακόπτη

Το βασικότερο διακοπτικό στοιχείο των κυκλωμάτων ισχύος είναι ο Α/Δ. Οι διακόπτες μπορούν να διακόψουν τόσο ρεύματα φορτιών όσο και σφαλμάτων και έχουν την δυνατότητα να διακόψουν το κύκλωμα υπό οποιεσδήποτε συνθήκες.

Οι διακόπτες ως προς την κατασκευή τους διακρίνονται σε ανοιχτού (AIS) ή κλειστού (GIS) χώρου, ανάλογα με το μηχανισμό λειτουργίας τους σε ελατηριωτούς ή υδραυλικούς και ανάλογα με το μέσο πληρώσεως του θαλάμου διακοπής του τόξου σε λαδιού, κενού ή αερίου (SF₆). Οι Α/Δ που χρησιμοποιούνται κυρίως στους υποσταθμούς είναι οι διακόπτες αερίου SF₆.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 22 τα δομικά στοιχεία (πίνακας 8) ενός Α/Δ είναι:



1	Ακροδέκτης εισόδου
2	Πόλος
3	Ακροδέκτης εξόδου
4	Μονωτήρας στηρίξεως και διελεύσεως άξονα κινήσεως
5	Βάση στήριξης πόλων
6	Ικρίωμα στηρίξεως
7	Μηχανισμός κινήσεων
8	Βάσης στηρίξεως

Εικόνα 22: Δομή ενός Α/Δ [33]

Πίνακας 8: Δομικά στοιχεία Α/Δ

3.1.2.2.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος από έναν Α/Δ

Τα σήματα που λαμβάνει το SCADA από ένα Α/Δ είναι τα παρακάτω.

Για τους Χειρισμοί ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 9: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
------------	------------	------------	------------	------------

Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Επιλογή προς κλείσιμο				✓
Ακύρωση επιλογής προς κλείσιμο				✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓ *

*Η εντολή κλεισίματος που δίνεται από το ΚΕΕ είναι κοινή για όλους τους Α/Δ που επιδέχονται συγχρονισμό και πρέπει να δρομολογηθεί κατάλληλα προς εκείνον τον διακόπτη που έχει ήδη επιλεγεί προς κλείσιμο.

Πίνακας 10: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Επιλογή προς κλείσιμο				✓
Ακύρωση επιλογής προς κλείσιμο				✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓ *

*Η εντολή κλεισίματος που δίνεται από το ΚΕΕ είναι κοινή για όλους τους Α/Δ που επιδέχονται συγχρονισμό και πρέπει να δρομολογηθεί κατάλληλα προς εκείνον τον διακόπτη που έχει ήδη επιλεγεί προς κλείσιμο.

Πίνακας 11: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/ΜΤ Σταθμού Παραγωγής

Α/Δ 150 kV πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης ("Local")		✓			
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓			
Έλεγχος επιτόπου	✓				
Έλεγχος από μακριά	✓				
Άνοιγμα	✓	✓			*
Κλείσιμο	✓	✓			

* άνοιγμα εκτάκτου ανάγκης (emergency trip), από το ΚΕΕ ανεξαρτήτως θέσης ("Local" – "Remote") της πύλης.

Πίνακας 12: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 13: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
------------	------------	------------	------------	------------

Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Για τις Ενδείξεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 14: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Επιλεγμένο για κλείσιμο»				✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 15: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Επιλεγμένο για κλείσιμο»				✓
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 16: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/ΜΤ Σταθμού Παραγωγής - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 17: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV σους Ζυγούς 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 18: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Για τις Σημάνσεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 19: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ

Α/Δ 150 kV	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Στάθμη 1 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	✓

Στάθμη 2 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	
Αφόρτιστο ελατήριο	✓	✓

Πίνακας 20: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Δ

A/Δ 150 kV	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Στάθμη 1 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	✓
Στάθμη 2 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	
Αφόρτιστο ελατήριο	✓	✓

Πίνακας 21: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Δ

A/Δ 150 kV	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Στάθμη 1 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	✓
Στάθμη 2 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	
Αφόρτιστο ελατήριο	✓	✓

Πίνακας 22: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150kV - A/Δ

A/Δ 150 kV	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Στάθμη 1 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	✓
Στάθμη 2 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	
Αφόρτιστο ελατήριο	✓	✓

Πίνακας 23: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Δ

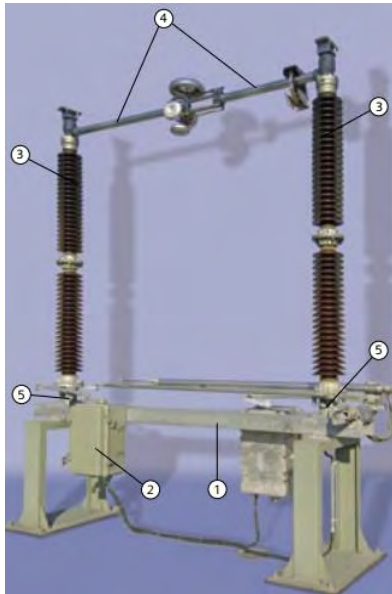
A/Δ 150 kV	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Στάθμη 1 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	✓
Στάθμη 2 χαμηλής πίεσης SF ₆	✓	
Αφόρτιστο ελατήριο	✓	✓

3.1.2.3 Αποζεύκτης (A/Z)

3.1.2.3.1 Δομή ενός Αποζεύκτη

Οι Α/Ζ συμπληρώνουν την λειτουργία των Α/Δ. Οι αποζεύκτες είναι διακοπτικοί μηχανισμοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται προς απομόνωση μιας γραμμής εφόσον έχει διακοπεί το κύκλωμα από διακόπτη ισχύος. Μέσω των αποζευκτών επιτυγχάνεται η σίγουρη απομόνωση ενός κυκλώματος που έχει ήδη ανοίξει καθώς διαπιστώνεται οπτικά εάν αυτοί είναι ανοιχτοί ή κλειστοί. Οι Α/Ζ πρέπει να αντέχουν σε κλειστή θέση τα ρεύματα σφαλμάτων και σε ανοιχτή θέση τις υπερτάσεις δικτύου. Διακρίνονται ανάλογα με την απόζευξη τους σε μονοπολική ή τριπολική απόζευξη και σε χειροκίνητους ή ηλεκτροκίνητους ανάλογα με το μηχανισμό λειτουργίας τους.

Στην εικόνα 23 παρουσιάζεται ένας αποζεύκτης μονής αποζεύξεως. Επίσης διακρίνονται και τα κύρια δομικά του στοιχεία.



1	Βάσης A/Z
2	Μηχανισμός λειτουργίας
3	Περιστρεφόμενοι μονωτήρες
4	Ράβδος αποζεύξεως
5	Περιστρεφόμενη μονάδα

Εικόνα 23: Δομή ενός A/Z [33]

Στους Υ/Σ χρησιμοποιούνται δύο είδη A/Z:

- Τριπολικός A/Z Γραμμής 150 kV
- A/Z 150 kV Ζυγού

3.1.2.3.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος από έναν A/Z

Τα σήματα που λαμβάνει το SCADA από ένα A/Z είναι τα παρακάτω.

Για τους Χειρισμοί ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 24: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 1

A/Z 150kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 25: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2

A/Z 150kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 26: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z γραμμής 150 kV χειροκίνητος

A/Z γραμμής 150kV χειροκίνητος	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓			
Κλείσιμο	✓			

Πίνακας 27: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV A/Z 150 kV Ζυγού 1

A/Z 150kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 28: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2

A/Z 150kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 29: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/ΜΤ Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150 kV Ζυγού1

A/Z 150 kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος επιτόπου	✓				
Έλεγχος από μακριά	✓				
Άνοιγμα	✓		✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓		✓	✓	✓

Πίνακας 30: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/ΜΤ Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150 kV Ζυγού2

A/Z 150 kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος επιτόπου	✓				
Έλεγχος από μακριά	✓				
Άνοιγμα	✓		✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓		✓	✓	✓

Πίνακας 31: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1

A/Z 150kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 32: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150 kV Ζυγού 2

A/Z 150kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 33: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή Γραμμή Μεταφοράς 150 kV - A/Z 150kV

A/Z 150kV	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Για τις Ενδείξεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 34: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z γραμμής

A/Z γραμμής χειροκίνητος 150 kV	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 35: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1

A/Z 150 kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 36: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2

A/Z 150 kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 37: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1

A/Z 150 kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 38: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2

A/Z 150 kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 39: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150kV Ζυγού 1

A/Z 150 kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 40: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - A/Z 150kV Ζυγού 2

A/Z 150 kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 41: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 1

A/Z 150 kV Ζυγού 1	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 42: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - A/Z 150kV Ζυγού 2

A/Z 150 kV Ζυγού 2	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 43: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV - A/Z 150kV

A/Z 150 kV	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

3.1.2.4 Γειωτές

3.1.2.4.1 Δομή ενός Γειωτή

Οι Γειωτές πρακτικά είναι A/Z με την διαφορά ότι η μία τους πλευρά συνδέεται πάντα στη γείωση. Χρησιμοποιούνται για μηδενίσουν τα ηλεκτρικά φορτία που παραμένουν στα κυκλώματα και οφείλονται στους παρασιτικούς πυκνωτές που υπάρχουν κυρίως στα καλώδια. Επίσης γειώνουν το τμήμα του δικτύου στο οποίο θα γίνει κάποια συντήρηση ή επιδιόρθωση. Το κλείσιμο ενός Γειωτή δεν επιτρέπεται εάν δεν είναι ανοιχτός ο αντίστοιχος A/Z ή εάν δεν έχει εξασφαλιστεί ότι το στοιχείο που πρόκειται να γειωθεί είναι εκτός τάσης.

3.1.2.4.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος από έναν Γειωτή

Τα σήματα που λαμβάνει το SCADA από ένα A/Z είναι τα παρακάτω.

Για τους Χειρισμοί ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 44: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Γειωτής γραμμής 150kV

Γειωτής γραμμής 150 kV	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓			
Κλείσιμο	✓			

Για τις Ενδείξεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 45: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Γειωτής γραμμής χειροκίνητος

Γειωτής γραμμής χειροκίνητος	A' επίπεδο	B' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«Επιτόπιος χειρισμός»	✓	✓	✓	
«Ανοιχτός»	✓	✓	✓	✓
«Κλειστός»	✓	✓	✓	✓

3.1.2.5 Ζυγός

Τα κύρια μέρη ενός εισερχόμενου ή εξερχόμενου κυκλώματος (Μ/Σ,Α/Δ, Α/Ζ, ΓΜ κτλ) ενώνονται με τους ζυγούς. Οι ζυγοί είναι τριάδες αγωγών, ένας για κάθε φάση πάνω στις οποίες καταλήγουν οι Γραμμές μεταφοράς ή τα κυκλώματα.

Αναλόγως τον τρόπο στήριξης των αγωγών οι ζυγοί χωρίζονται σε:

- Εναέριους

Αποτελούνται από εύκαμπτους πολύκλωνους αγωγούς (από χαλκό ή αλουμίνιο), οι οποίοι αναρτώνται μέσω μονωτήρων από κατάλληλα ικριώματα .

- Σταθερούς

Αποτελούνται από σωλήνες (χαλκού ή αλουμινίου), οι οποίοι με κατάλληλους συνδέσμους στηρίζονται σε μονωτήρες, προσαρμοσμένους επί ικριωμάτων, πακτωμένων σε ειδικές βάσεις από οπλισμένο σκυρόδεμα.

3.1.2.6 Πυλώνας Γραμμής Μεταφοράς Υψηλής Τάσης

Ο πυλώνας, ο οποίος βρίσκεται εντός του γηπέδου, συνδέει τον Υ/Σ με μια μονή ή διπλή ΓΜ, η οποία με την σειρά της διέρχεται και από άλλους υποσταθμούς. Οι πυλώνες που βρίσκονται εντός γειτονικών υποσταθμών ελέγχονται από ένα ζεύγος ηλεκτρονόμων (H/N) προστασίας απόστασεως, οι οποίοι δίνουν τα αντίστοιχα σήματα, όπως φαίνεται και στους πίνακες 46 και 47, σε περίπτωση σφάλματος στο εποπτικό σύστημα των αντίστοιχων Υ/Σ. Με αυτό τον τρόπο οι H/N που επικοινωνούν μεταξύ τους , σε περίπτωση σφάλματος , εντοπίζουν το είδος και το σημείο ενός πιθανού σφάλματος στη ΓΜ.

Πίνακας 46: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - H/N προστασίας απόστασης

H/N προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης, μέσω φερεσύχων, από τον Α/Δ του απέναντι Υ/Σ	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 47: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - H/N προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία απόστασεως στην πύλη:

H/N προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	

Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

3.1.2.7 Αλεξικέραυνα (ΑΞ)

Τα ΑΞ χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς για τον περιορισμό των υπερτάσεων που δημιουργούνται από την πτώση κεραυνών. Διατηρούν την τάση κάτω από μία συγκεκριμένη τιμή (τάση προστασίας). Τα ΑΞ εγκαθίστανται κοντά στον Μετασχηματιστή Ισχύος και σε απόσταση μικρότερη των 20m ή μέσα στον οικισμό του υποσταθμού ή και μέσα στις κυψέλες αν αυτό είναι δυνατόν.

3.1.2.8 Πυκνωτές Αντιστάθμισης

Η άεργος ισχύς που υπάρχει επιβαρύνει τον εξοπλισμό του συστήματος, γι' αυτό το λόγο η αντιστάθμιση της είναι απαραίτητη. Η απόδοση του συστήματος αυξάνεται, μειώνεται το κόστος της παρεχόμενης ενέργειας και μεταφέρεται περισσότερη ενεργός ισχύς. Κατασκευαστικά τα συγκροτήματα των Πυκνωτών Αντιστάθμισης αποτελούνται από συστοιχίες πυκνωτών ανά φάση, συνδεδεμένες κατ'αστέρα. Το συγκρότημα των πυκνωτών αυτών ελέγχεται από διακόπτη, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στους ζυγούς ΜΤ του Υ/Σ.

Στην περίπτωση που έχουμε χωρητικά φορτία χρησιμοποιούμε επαγωγικές διατάξεις (πηνία) για την αντιστάθμιση της άεργης ισχύος.

3.1.2.9 Πυκνωτής Ζεύξεως (CC)

Είναι ένας χωρητικός καταμεριστής τάσεως, μέσω του οποίου γίνεται η έγχυση της υψηλής συχνότητας των Φερέσυχνων (Φ/Σ) στην ΥΤ της Γραμμής Μεταφοράς και εγκαθίσταται στην αρχή της.

3.1.2.10 Κυματοπαγίδα

Η κυματοπαγίδα όπως και ο Πυκνωτής Ζεύξεως αποτελούν απαραίτητα εξαρτήματα της Φερεσυχνιακής Ζεύξεως ενός Υ/Σ. Είναι ένα συντονισμένο κύκλωμα LC και χρησιμοποιείται ως μη περατό φίλτρο για να μην εισέρχεται η υψηλή συχνότητα στα κυκλώματα ισχύος του Υ/Σ.

3.1.2.11 Μονωτήρες

Είναι ειδικές μονωτικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στους Υ/Σ για να απομονωθούν τα ηλεκτρικά από τα γειωμένα στοιχεία. Διακρίνονται σε εσωτερικού και σε εξωτερικού χώρου.

3.1.2.12 Καλώδια

Χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν τους ακροδέκτες του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Για τη μεταφορά ΥΤ ή ΜΤ χρησιμοποιούνται μονοπολικά ή τριπολικά καλώδια με πολύκλωνη χάλκινη ψυχή και μόνωση πολυαιθυλενίου (PVC). Για τις υποβρύχιες συνδέσεις στην ΥΤ χρησιμοποιούνται καλώδια λαδιού.

3.1.2.13 Αγωγοί

Όπως και τα καλώδια χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν τους ακροδέκτες του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Οι αγωγοί μπορεί να είναι εύκαμπτοι πολύκλωνοι γυμνοί αγωγοί και σωλήνες ή ταινίες διάφορων διατομών , από χαλκό ή από αλουμίνιο.

3.1.2.14 Ικριώματα

Τα ικριώματα χρησιμοποιούνται για τη στήριξη του εξοπλισμού υψηλής τάσης στους υπαίθριους Υ/Σ και την εξασφάλιση των απαιτούμενων αποστάσεων ασφαλείας των θερμών μερών του. Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Αναρτήσεως

Χρησιμοποιούνται για να αναρτηθεί ο εναέριος εξοπλισμός των ζυγών και γραμμών μεταφοράς (μονωτήρες, αγωγοί).

- Στηρίξεως

Εγκαθίσταται ο επίγειος εξοπλισμός.

3.1.2.15 Σύνδεσμοι – Σφιγκτήρες

Είναι εξαρτήματα τα οποία συγκρατεί μηχανικά και συνδέει ηλεκτρικά δύο ροηφόρα τμήματα του εξοπλισμού του Υ/Σ.

3.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος Ελέγχου από τον Υ/Σ Ανοιχτού Τύπου

Το SCADA δέχεται και διάφορα σήματα γενικά από τον Υ/Σ, ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του.

Γενικοί Χειρισμοί Υ/Σ

Πίνακας 48: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	
Έλεγχος από μακριά("Remote")			✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")		✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓		

Πίνακας 49: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς

Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Ενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓
Απενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 50: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	
Έλεγχος από μακριά("Remote")			✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")		✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓		

Πίνακας 51: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ

Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ (Α/Ζ Ζυγών 150 kV)	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")				✓	
Έλεγχος από μακριά("Remote")				✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")			✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")			✓		

Πίνακας 52: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Διασταθής Η/Ν εκτάκτου ανοίγματος

Διασταθής Η/Ν εκτάκτου ανοίγματος από ΑΔΜΗΕ	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Επαναφορά ("reset")	✓				✓

Πίνακας 53: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV σους Ζυγούς 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")			✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης ("Local")		✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓		

Γενικές Ενδείξεις Υ/Σ

Πίνακας 54: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	✓
Έλεγχος από μακριά ("Remote")			✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης ("Local")		✓	✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓	✓	

Πίνακας 55: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Αυτόματη επαναφορά

Αυτόματη επαναφορά	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«ενεργοποιημένη»	✓	✓	✓	✓
«απενεργοποιημένη»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 56: AIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	✓
Έλεγχος από μακριά ("Remote")			✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης ("Local")		✓	✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓	✓	

Πίνακας 57: AIS Πύλη 150 kV με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ

Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ (Α/Ζ Ζυγών 150 kV)	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")				✓	✓
Έλεγχος από μακριά("Remote")				✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")		✓	✓	✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓	✓	✓	

Πίνακας 58: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV ή πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	✓
Έλεγχος από μακριά("Remote")			✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")		✓	✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓	✓	

Πίνακας 59: Γενικές ενδείξεις για τον Υ/Σ – Σχήμα σύγκρισης τάσεων συγχρονισμού

Σχήμα σύγκρισης τάσεων συγχρονισμού	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«ενεργή γραμμή και ενεργός ζυγός»	✓	✓
«ανενεργή γραμμή και ενεργός ζυγός»	✓	✓
«ενεργή γραμμή και ανενεργός ζυγός»	✓	✓
«ανενεργή γραμμή και ανενεργός ζυγός»	✓	✓

Πίνακας 60: Γενικές ενδείξεις για τον Υ/Σ

	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Διαφορά μέτρου τάσεων «μικρή/ μεγάλη»	✓	✓
Διαφορά συχνότητας τάσεων «μικρή/ μεγάλη»	✓	✓
Διαφορά φάσεως τάσεων «μικρή/ μεγάλη»	✓	✓
Επιτήρηση λειτουργίας ("Watchdog") Συγχρονιστή		✓
Ένδειξη από Συγχρονιστή ότι εξέδωσε εντολή κλεισίματος προς τον Α/Δ		✓

Γενικές Σημάνσεις Υ/Σ

Πίνακας 61: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Η/Ν προστασίας απόστασης

Η/Ν προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης, μέσω φερεσύχων, από τον Α/Δ του απέναντι Υ/Σ	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 62: Πύλη 150 kV (AIS ή GIS) σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Η/Ν προστασίας υπερέντασης

Η/Ν προστασίας υπερέντασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 63: AIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Η/Ν προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία αποστάσεως στην πύλη:

Η/Ν προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 64: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV

	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Πηνίο 150kV- ίδιες προστασίες- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Η/Ν υπερέντασης-εντολή πτώσης	✓	

στον Α/Δ της πύλης		✓
Η/Ν υπερέντασης ουδέτερου κόμβου-εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Η/Ν υπερέντασης – βλάβη	✓	✓
Η/Ν υπερέντασης ουδέτερου κόμβου- βλάβη	✓	

Πίνακας 65: AIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Η/Ν

Η/Ν	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Υπερέντασης και υπερφόρτισης- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	✓
Ασυμμετρίας φόρτισης- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Υπερτάσεως-εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Υπερέντασης και υπερφόρτισης- βλάβη	✓	✓
Ασυμμετρίας φόρτισης- βλάβη	✓	
Υπερτάσεως- βλάβη	✓	

Κεφάλαιο 4^ο

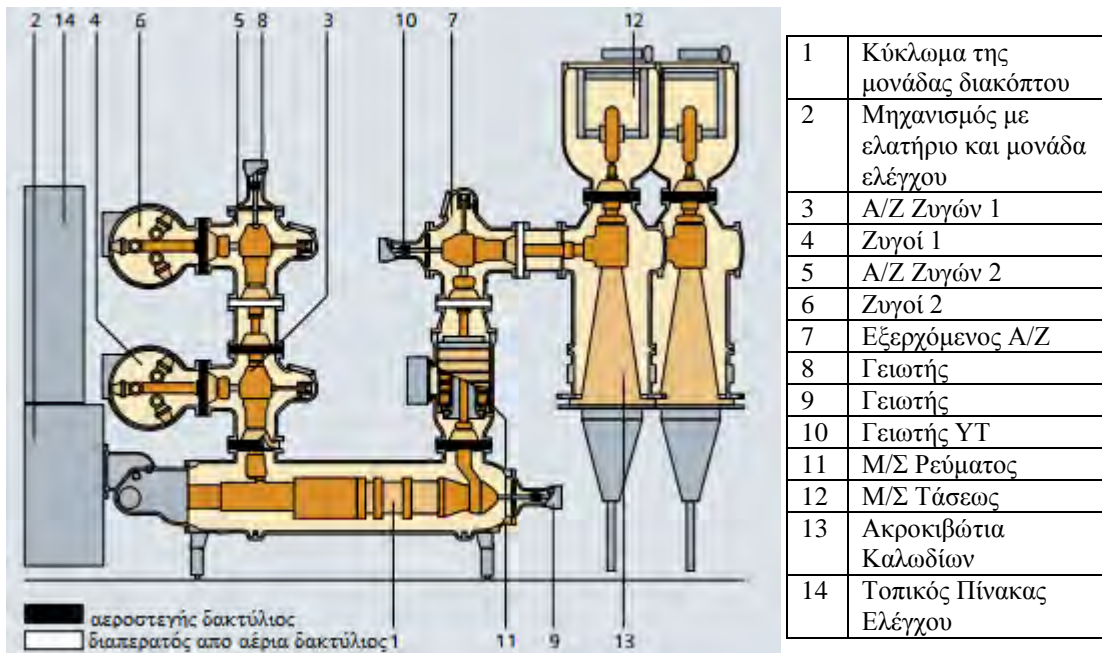
4 Το Εποπτικό Σύστημα Ελέγχου στους Υποσταθμούς Υψηλής Τάσης Κλειστού Τύπου

4.1 Υποσταθμοί Κλειστού Τύπου (GIS)

Η έλλειψη χώρου , το αυξανόμενο κόστος γης , η ρύπανση αλλά και λόγοι αισθητικής οδήγησαν τους κατασκευαστές στη δημιουργία νέων Υ/Σ. Έτσι δημιουργήθηκαν οι εγκιβωτισμένοι – κλειστού τύπου υποσταθμοί (GIS: Gas Insulated Substations) με μόνωση εξαφθοριούχου θείου SF₆. Κύριο χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων Υ/Σ είναι ότι όλες οι εγκαταστάσεις είναι τοποθετημένες μέσα σε ειδικά διαμορφωμένα κτίρια, τα οποία εσωτερικά με μεταλλικά πλέγματα χωρίζονται συνήθως σε δύο μέρη, την κυψέλη μέσης τάσης και την κυψέλη υψηλής τάσης. Επίσης η διασφάλιση καλού αερισμού του Υ/Σ αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία του , καθώς υπάρχουν μηχανήματα, πχ Μ/Σ ισχύος, τα οποία κατά την λειτουργία τους θερμαίνονται.

Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των Υ/Σ κλειστού τύπου η μεγαλύτερη ασφάλεια για το προσωπικό, καθώς τα ενεργά τμήματα του Υ/Σ βρίσκονται σε μεταλλικά γειωμένα δοχεία. Επίσης το μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται (SF₆) έχει μεγαλύτερη διηλεκτρική αντοχή οπότε δημιουργούνται εγκαταστάσεις μικρότερων διαστάσεων από τους υποσταθμούς με μόνωση ατμοσφαιρικού αέρα. Επιπλέον οι Υ/Σ κλειστού τύπου προσφέρουν μεγαλύτερη αξιοπιστία λειτουργίας και μειωμένο κόστος συντήρησης. Τέλος ο τρόπος κατασκευής του Υ/Σ εξασφαλίζει αυξημένη σεισμική αντοχή αλλά και μειωμένη περιβαλλοντική ρύπανση.

Η λογική της λειτουργίας του κυκλώματος ενός υποσταθμού κλειστού τύπου είναι ίδια με εκείνη ενός Υ/Σ ανοιχτού τύπου. Έτσι στον Υ/Σ κλειστού τύπου έχουμε τα αντίστοιχα διακοπτικά στοιχεία, τους ζυγούς και τα μέσα προστασίας με τον Υ/Σ ανοιχτού τύπου. Η τομή πύλης ενός GIS παρουσιάζεται στην εικόνα 24 .



Εικόνα 24: Τομή πύλης ενός GIS [33]

4.2 Σήματα του Εποπτικού Συστήματος Ελέγχου από τον Υ/Σ Κλειστού Τύπου

Τα κυριότερα σήματα που λαμβάνει το SCADA από έναν υποσταθμό κλειστού τύπου είναι τα παρακάτω.

Για τους Χειρισμούς ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 66: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	
Έλεγχος από μακριά ("Remote")			✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης ("Local")		✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓		

Πίνακας 67: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς

Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Ενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓
Απενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 68: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Δ 150kV

Α/Δ 150 kV	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Επιλογή προς κλείσιμο				✓
Ακύρωση επιλογής προς κλείσιμο				✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓ *

*Η εντολή κλεισίματος που δίνεται από το ΚΕΕ είναι κοινή για όλους τους Α/Δ που επιδέχονται συγχρονισμό και πρέπει να δρομολογηθεί κατάλληλα προς εκείνον τον διακόπτη που έχει ήδη επιλεγεί προς κλείσιμο.

Πίνακας 69: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Ζ 150kV Ζυγού 1

Α/Ζ 150kV Ζυγού 1	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 70: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Ζ 150kV Ζυγού 2

Α/Ζ 150kV Ζυγού 2	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 71: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Α/Ζ γραμμής 150kV χειροκίνητος

Α/Ζ γραμμής 150kV χειροκίνητος	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓			
Κλείσιμο	✓			

Πίνακας 72: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ ("Local")			✓	
Έλεγχος από μακριά("Remote")			✓	
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης("Local")		✓		
Έλεγχος από μακριά ("Remote")		✓		

Πίνακας 73: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς

Λειτουργία αυτόματης επαναφοράς	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Ενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓
Απενεργοποίηση	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 74: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 1

Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 1	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 75: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 2

Γειωτής A/Z 150kV Ζυγού 2	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 76: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής 150kV Ζυγού 1

Γειωτής 150kV Ζυγού 1	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 77: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Γειωτής 150kV Ζυγού 2

Γειωτής 150kV Ζυγού 2	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος επιτόπου	✓			
Έλεγχος από μακριά	✓			
Άνοιγμα	✓	✓	✓	✓
Κλείσιμο	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 78: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Α/Δ 150kV πύλης

Α/Δ 150 kV πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος επιτόπου	✓				
Έλεγχος από μακριά	✓				
Άνοιγμα	✓	✓			*
Κλείσιμο	✓	✓			

* άνοιγμα εκτάκτου ανάγκης (emergency trip), από το ΚΕΕ ανεξαρτήτως θέσης (“Local” – “Remote”) της πύλης.

Για τις Ενδείξεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 79: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ (“Local”)			✓	✓
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)			✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης (“Local”)		✓	✓	
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)		✓	✓	

Πίνακας 80: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Αυτόματη επαναφορά

Αυτόματη επαναφορά	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
«ενεργοποιημένη»	✓	✓	✓	✓
«απενεργοποιημένη»	✓	✓	✓	✓

Πίνακας 81: GIS Πύλη Διασύνδεσης Ζυγών 150 kV - Εξοπλισμός πύλης

Εξοπλισμός πύλης	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Έλεγχος από Υ/Σ (“Local”)			✓	✓
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)			✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης (“Local”)		✓	✓	
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)		✓	✓	

Πίνακας 82: GIS Πύλη 150 kV με Μ/Σ ισχύος 150 kV/MT Σταθμού Παραγωγής - Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ

Εξοπλισμός πύλης αρμοδιότητας ΑΔΜΗΕ (Α/Ζ Ζυγών 150 kV)	Α' επίπεδο	Β' επίπεδο		Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
		Παραγωγός	ΑΔΜΗΕ		
Έλεγχος από Υ/Σ (“Local”)				✓	✓
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)				✓	✓
Έλεγχος από Μονάδα Ελέγχου Πύλης (“Local”)		✓	✓	✓	
Έλεγχος από μακριά (“Remote”)		✓	✓	✓	

Για τις Σημάνσεις ανά Πύλη του Υ/Σ:

Πίνακας 83: GIS Πύλη 150 kV GIS σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Η/Ν προστασίας απόστασης

Η/Ν προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης, μέσω φερεσύχων, από τον Α/Δ του απέναντι Υ/Σ	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 84: GIS Πύλη 150 kV GIS σύνδεσης με εναέρια ή καλωδιακή ΓΜ 150 kV - Η/Ν προστασίας υπερέντασης

Η/Ν προστασίας υπερέντασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 85: GIS Πύλη Διασύνδεσης ζυγών 150 kV - Η/Ν προστασίας απόστασης. Εάν υπάρχει προστασία αποστάσεως στην πύλη:

Η/Ν προστασίας απόστασης	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Εντολή πτώσης στον Α/Δ πύλης	✓	✓
Διέγερση φάσης Α	✓	✓
Διέγερση φάσης Β	✓	
Διέγερση φάσης C	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 1	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 2	✓	
Σφάλμα στη ζώνη 3	✓	
Σφάλμα στην αντίθετη διεύθυνση	✓	
Δέσμευση αυτόματης επαναφοράς	✓	✓
Βλάβη	✓	✓

Πίνακας 86: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πηνίου 150 kV στους Ζυγούς 150 kV ή σε καλωδιακή ΓΜ 150 kV

	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Πηνίο 150kV- ίδιες προστασίες- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	✓
Η/Ν υπερέντασης-εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Η/Ν υπερέντασης ουδέτερου	✓	

κόμβου-εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης		
H/N υπερέντασης – βλάβη	✓	✓
H/N υπερέντασης ουδέτερου κόμβου- βλάβη	✓	

Πίνακας 87: GIS Πύλη 150 kV σύνδεσης πυκνωτή 150 kV στους Ζυγούς 150 kV - Η/Ν

H/N	Γ' επίπεδο	Δ' επίπεδο
Υπερέντασης και υπερφόρτισης- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	✓
Ασυμμετρίας φόρτισης- εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Υπερτάσεως-εντολή πτώσης στον Α/Δ της πύλης	✓	
Υπερέντασης και υπερφόρτισης- βλάβη	✓	✓
Ασυμμετρίας φόρτισης- βλάβη	✓	
Υπερτάσεως- βλάβη	✓	

Κεφάλαιο 5ο

5 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Προτάσεις

Το συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας έχει αξιόλογο και επαρκές τρόπο λειτουργίας. Υπάρχουν πολύ αυτοματισμοί κυρίως στο σύστημα εποπτικού ελέγχου με σκοπό την βέλτιστη λειτουργία, ώστε να έχουμε την μέγιστη μεταφορική ικανότητα στο σύστημα αλλά και αυξημένα επίπεδα ασφαλείας. Ως εκ τούτου το επόμενο βήμα είναι να δημιουργήσουμε ένα σύστημα μεταφοράς στην λογική των έξυπνων – ευφυών συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Στόχος είναι η βελτιστοποίηση της εποπτείας και η ενσωμάτωση προηγμένων συστημάτων ελέγχου. Το νέο σύστημα μεταφοράς θα πρέπει να είναι πιο αξιόπιστο και ασφαλές. Επίσης θα πρέπει να εξασφαλίζεται το βέλτιστο επίπεδο ευστάθειας αλλά και να μειωθούν οι απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας που υπάρχουν σήμερα. Τέλος θα πρέπει να ελαχιστοποιεί την ανάγκη τόσο της εγκατάστασης νέων συμβατικών μεγάλων μονάδων παραγωγής όσο και της επέκτασης του δικτύου μεταφοράς.

Η πλήρης εποπτεία του συστήματος μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο και η παρακολούθηση της κατάστασης του δικτύου σε πραγματικό χρόνο μπορεί να επιτευχθεί με την καθολική χρήση αισθητήρων σε όλα τα σημεία του συστήματος Μεταφοράς, την εγκατάσταση βελτιωμένων συστημάτων SCADA και με τη συγκέντρωση της πληροφορίας σε ένα Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (EMS – Energy Management System) του διαχειριστή.

Τέλος ο δυναμικός έλεγχος και η πλήρης εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του συστήματος μεταφοράς μπορούν να γίνουν εφικτά με την χρήση των Ευέλικτων Συστημάτων Μεταφοράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Flexible AC Transmission Systems - FACTS) και της HVDC (High Voltage Direct Current) μεταφοράς.

Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας – EMS

Το EMS περιλαμβάνει ένα σύνολο εφαρμογών με σκοπό την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας στα συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και τον συντονισμό και τη διαχείριση των μεγάλων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου προέρχονται από το SCADA για το λόγο αυτό και συνήθως ονομάζεται και EMS/SCADA. Το EMS ελέγχεται από τον διαχειριστή του συστήματος Μεταφοράς και βρίσκεται μαζί με το SCADA στο Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας.

Ευέλικτα Συστήματα Μεταφοράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος - FACTS

Οι ελεγκτές FACTS είναι μια τεχνολογία βασισμένη στα ηλεκτρονικά ισχύος που ενισχύει την δυνατότητα ελέγχου και αυξάνει τα όρια της μέγιστης μεταφερόμενης ισχύος στα AC συστήματα μεταφοράς. Χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα FACTS ελεγχόμενα από θυριστόρ και στα FACTS ελεγχόμενα από μετατροπείς ισχύος.

High Voltage Direct Current - HVDC

Η τεχνολογία HVDC δημιουργήθηκε για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις μέσω Γραμμών Μεταφοράς ή υποβρύχιων καλωδίων. Τα HVDC χρησιμοποιούνται για την μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από μεγάλες μονάδες παραγωγής σε μεγάλες αποστάσεις, για τη χρήση καλωδίων μεγάλου μήκους και για τη διασύνδεση μη συγχρονισμένων δικτύων.

Βιβλιογραφία

1. Πηγή: Ιστοσελίδα ΔΕΗ (www.dei.gr)
2. Πηγή: Ιστοσελίδα ΑΔΜΗΕ (www.admie.gr)
3. Πηγή: Ιστοσελίδα ΔΕΔΔΗΕ (www.deddie.gr)
4. Πηγή: Ιστοσελίδα ΡΑΕ (www.deddie.gr)
5. Πηγή: Ιστοσελίδα Wikipedia (www.wikipedia.gr)
6. Πηγή: Ιστοσελίδα Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα για την Ενέργεια (www.cie.org.cy)
7. Πηγή: Ιστοσελίδα Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας στην Ελλάδα (www.renewablegreece.wikispaces.com)
8. Πηγή: Ιστοσελίδα Πράσινη Αντίληψη (www.greenmindset.cti.gr)
9. Πηγή: Ιστοσελίδα Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Καστοριάς
10. Πηγή: Ιστοσελίδα Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering (LHTEE) (www.aix.meng.auth.gr)
11. Βοβός Νικόλαος Α. , Ανάλυση, Έλεγχος και Ευστάθεια Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, 2011
12. Ισμαηλίδης Αναστάσιος: Πτυχιακή εργασία με τίτλο: Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας και Περιβάλλον
13. Μουτσινάς Κωνσταντίνος: Διπλωματική εργασία με τίτλο: Η εξέλιξη των υποδομών και της λειτουργίας του ελληνικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας προς τα ευφυή δίκτυα (smart grids)
14. Ενότητα 12^η: Συστήματα μετρήσεων SCADA Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών, «Ενίσχυση Σπουδών Πληροφορικής», ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ, Ιωάννης Καλόμοιρος , Συστήματα Συλλογής Πληροφοριών και Μετρήσεων .
15. Πηγή: Ιστοσελίδα www.dpstele.com
16. Πηγή: Ιστοσελίδα www.sourceforge.net
17. Πηγή: Ιστοσελίδα www.tofinosecurity.com
18. Clarke, G.R., Reynders,D and Edwin W, “SCADA protocols: DNP3, 60870.5 and related systems.” Elsevier, 2004. pp.15 - 25
19. Francis Enejo Idachada, “Review of Remote Terminal Unit (RTU) and Gateways for Digital Oilfield deployments”, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, No. 8 , 2012

20. Πηγή: Ιστοσελίδα www.quora.com
21. Πηγή: Ιστοσελίδα www.electronews.gr
22. Πηγή: Ιστοσελίδα www.teilar.gr
23. Προγραμματιζόμενοι Λογικοί Ελεγκτές (PLC) , Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Μάθημα: Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά και Αυτοματισμοί (TME134), Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
24. National communication system, technical information bulletin 04-1, Supervisory Control and data Acquisition (scada) systems, October 2004.
25. Νικόλαος Σαρρής, Διπλωματική εργασία με τίτλο: Εποπτικός Έλεγχος και συλλογή δεδομένων(scada) ανάλυση και υλοποίηση σε δίκτυα Ethernet, Σεπτέμβριος 2002
26. Πρόσθετες σημειώσεις για τα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Μάθημα: Διαχείριση Ηλεκτρικής Ενέργειας, Διδάσκων: Δρ. Τσικαλάκης Αντώνιος, Τεχνολογικό Ίδρυμα Κρήτης.
27. Σημειώσεις θεωρίας για το μάθημα ‘Κατανεμημένα Συστήματα Ελέγχου’, Τμήμα Αυτοματισμού, Διδάσκων: Χ. Οικονομάκος, Τεχνολογικό Ίδρυμα Χαλκίδας.
28. Ηλεκτρικές Μηχανές Συνεχούς Ρεύματος (DC), Μετασχηματιστές, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Διδάσκων: Ν.Π Τρωγάδα, Τεχνολογικό Ίδρυμα Λάρισας.
29. Πασχαλίδης Β. Βασίλειος, Ο Υποσταθμός Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, Αθήνα 2003
30. Πηγή: Ιστοσελίδα www.hlektrologia.gr
31. Πηγή: Ιστοσελίδα www.skm-eleksys.com
32. Πηγή: Ιστοσελίδα www.powersystemsloss.blogspot.gr
33. Πηγή: Ιστοσελίδα www.energy.siemmens.com
34. Πηγή: Ιστοσελίδα www.mehru.net
35. Δέσποινα Π. Μητροπούλου: Διπλωματική Εργασία με τίτλο: Συγκριτική μελέτη διατάξεων Υποσταθμών Μεταφοράς Υ.Τ/ Μ.Τ και ΚΥΤ
36. Ηλεκτρολογία, Γ' τάξη Γενικού Λυκείου Τεχνολογική Κατεύθυνση
37. Πηγή: Ιστοσελίδα www.hubpages.com
38. Καρακούσης Αντώνιος: Διπλωματική Εργασία με τίτλο: Μετάβαση στο Ευφυές Ηλεκτρικό Δίκτυο και Ανάπτυξη του Ευφυούς Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

