



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΑΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2012-2013
ΜΑΘΗΜΑ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΔΙΔΑΣΚΩΝ: Δρ. Τσικαλάκης Αντώνιος-

Πρόσθετες σημειώσεις για τα Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας

Ηράκλειο - 2013

1 ΚΕΝΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σκοπός ενός Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) είναι η συνολική εποπτεία της λειτουργίας ενός συστήματος σε πραγματικό χρόνο και η οικονομική κατανομή της παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος στο δίκτυο. Επιπρόσθετα, ένα σύγχρονο ΚΕΕ είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο της ασφάλειας του συστήματος, το οποίο εποπτεύει.

Ειδικότερα, η φύση και η σοβαρότητα των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν τα αυτόνομα ή τα νησιωτικά δίκτυα, όπως έγινε φανερό από τις προηγούμενες παραγράφους, καθιστά σημαντική την ύπαρξη σύγχρονων ειδικευμένων κέντρων ελέγχου ενέργειας, τα οποία θα είναι σε θέση να εξασφαλίζουν την εύρυθμη λειτουργία του υπό παρακολούθηση συστήματος.

Κάθε κέντρο ελέγχου ενέργειας αποτελείται από ένα υποσύστημα συλλογής δεδομένων και εποπτικού ελέγχου, ένα υποσύστημα υπολογιστών και τέλος ένα υποσύστημα προγραμμάτων επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής (man-machine interface-MMI).

Υποσύστημα Συλλογής Δεδομένων και Ελέγχου

Μέσω της συλλογής των δεδομένων γίνεται η μεταφορά της παρούσας κατάστασης του συστήματος στην κεντρική βάση δεδομένων. Η συγκέντρωση των πληροφοριών πραγματοποιείται διακριτά, ενώ εξειδικευμένοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται για την ελαχιστοποίηση των χρονικών διαφορών μεταξύ των κατανεμημένων τερματικών μονάδων.

Υποσύστημα Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Τα κέντρα ελέγχου διαθέτουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε πραγματικό χρόνο (real time application).

Αναγκαία συνθήκη σε ένα κέντρο ελέγχου είναι η απρόσκοπτη και αδιάλειπτη εικοσιτετράωρη καθημερινή λειτουργία του. Τέτοιοι τεχνικοί περιορισμοί αντιμετωπίζονται με την εφαρμογή της αρχιτεκτονικής των διδύμων ή δυαδικών συστημάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών (mirroring). Η συγκεκριμένη πρακτική έχει ως άμεσο στόχο την διατήρηση της λειτουργίας τουλάχιστον ενός Η/Υ, σε περίπτωση ενδεχόμενης βλάβης του δεύτερου (failover), χωρίς να διακόπτεται η λειτουργία του συνολικού υποσυστήματος.

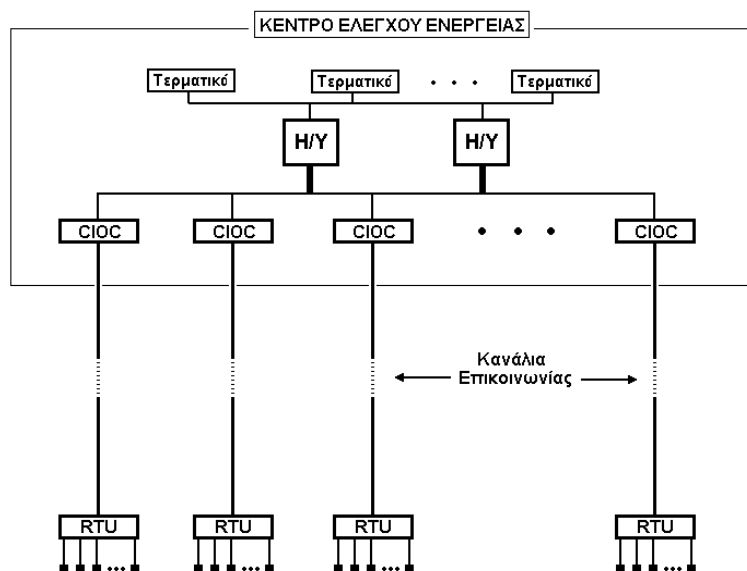
Κατά την μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, οι τρέχουσες διαδικασίες διαμοιράζονται στους δύο επιμέρους Η/Υ, με σειρά προτεραιότητας. Οι πλέον κρίσιμες διαδικασίες παρακολούθησης και ελέγχου ανατίθενται σε έναν μόνο υπολογιστή, ο οποίος ονομάζεται πρωτεύων (on-line), ενώ τις υπόλοιπες λιγότερο σημαντικές λειτουργίες αναλαμβάνει ο δευτερεύων υπολογιστής (off-line).

Παράλληλα, η διασύνδεση των συγκεκριμένων υπολογιστών, αλλά και τα λειτουργικά συστήματα που διαθέτουν επιτρέπουν ταχεία και ολοκληρωμένη αμφίδρομη μεταγωγή διαδικασιών και δεδομένων (hot swap). Οι πλέον σύγχρονες τεχνικές βασίζονται στην χρήση κατανεμημένων αρχιτεκτονικών (distributed networks) και σημαντικού αριθμού εμπλεκόμενων ηλεκτρονικών υπολογιστών (computer agents).

Λειτουργίες Κέντρων Ελέγχου Ενέργειας

Μία από τις βασικές διαδικασίες κατά την εγκατάσταση ενός Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας είναι η τοποθέτηση οργάνων μέτρησης και ελέγχου σε όλα τα σημαντικά σημεία του δικτύου. Οι συγκεκριμένες πληροφορίες μεταβιβάζονται από τα διάφορα σημεία του συστήματος στο κέντρο ελέγχου, μέσω τερματικών μονάδων επικοινωνίας (Remote Terminal Units-RTU).

Οι συγκεκριμένες απομακρυσμένες τερματικές μονάδες βρίσκονται σε συνεχή επικοινωνία με τους ελεγκτές εισόδου-εξόδου (Communication Input/Output Controllers), οι οποίοι συνδέονται άμεσα με τους αντίστοιχους ηλεκτρονικούς υπολογιστές του κέντρου. Μια τυπική τοπολογία της διαδικασίας συλλογής πληροφοριών του δικτύου από τα διάφορα απομακρυσμένα σημεία του παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1 Τοπολογία Συλλογής Απομακρυσμένων Πληροφοριών Μέσο RTU

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές του κέντρου ελέγχου διαθέτουν προγράμματα επεξεργασίας και διαχείρισης των συγκεντρωμένων πληροφοριών του συστήματος (**Supervisory Control And Data Acquisition-SCADA**), τα αποτελέσματα των οποίων απεικονίζονται εν συνεχεία στις κονσόλες των χειριστών και το μιμικό διάγραμμα τοίχου.

Οι βασικές υπολογιστικές διαδικασίες του συνόλου των πιθανών εγκατεστημένων προγραμμάτων μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω τρεις κύριες κατηγορίες:

1. Λειτουργίες Συγκέντρωσης & Επεξεργασίας Στοιχείων

- α. Συγκέντρωση Πληροφοριών (data collection)
- β. Εκτίμηση Παραμέτρων Δικτύου (parameter estimation)
- γ. Τοπολογία Δικτύου (network topology)
- δ. Εκτίμηση Κατάστασης (state estimation)
- ε. Απεικόνιση Πληροφοριών (data display)

2. Λειτουργίες Ενέργειας & Οικονομίας

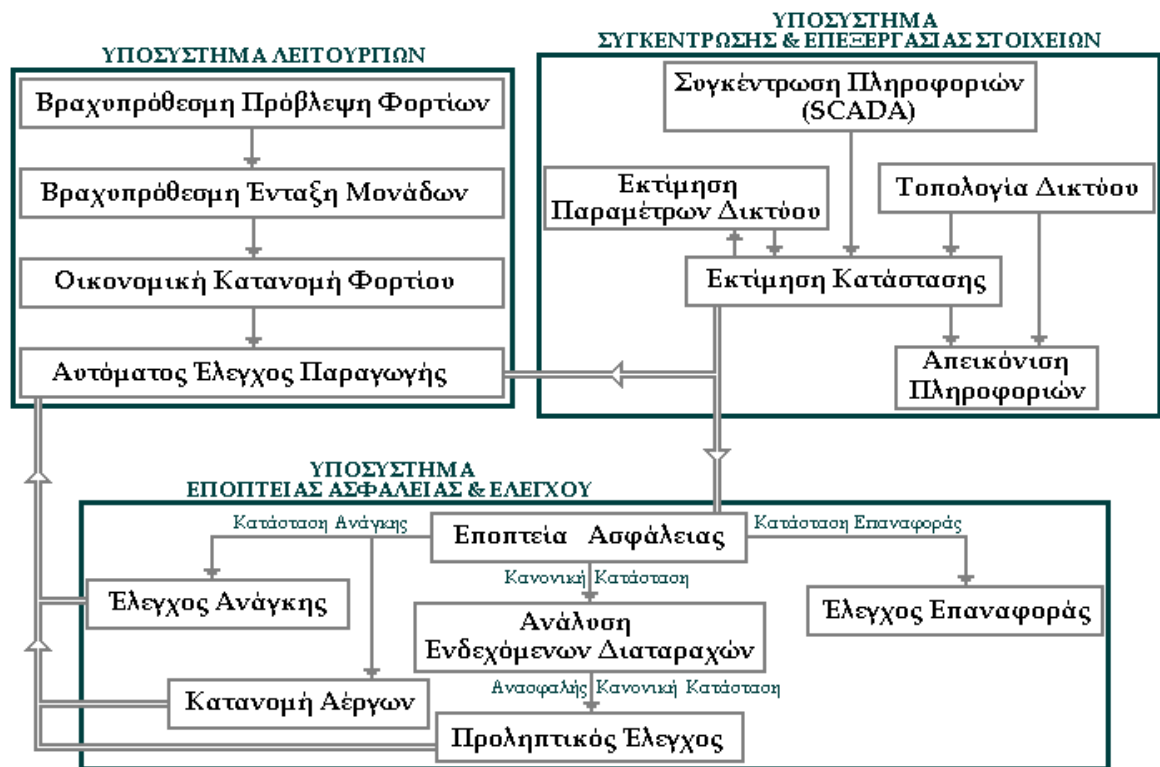
- α. Πρόβλεψη Φορτίου (load forecasting)
- β. Πρόβλεψη Αιολικής Παραγωγής (wind power forecasting)
- γ. Ένταξη Μονάδων (unit commitment)
- δ. Οικονομική Κατανομή (economic dispatch)

3. Λειτουργίες Εποπτείας & Ελέγχου Ασφάλειας

- α. Εποπτεία Ασφάλειας (security monitoring)

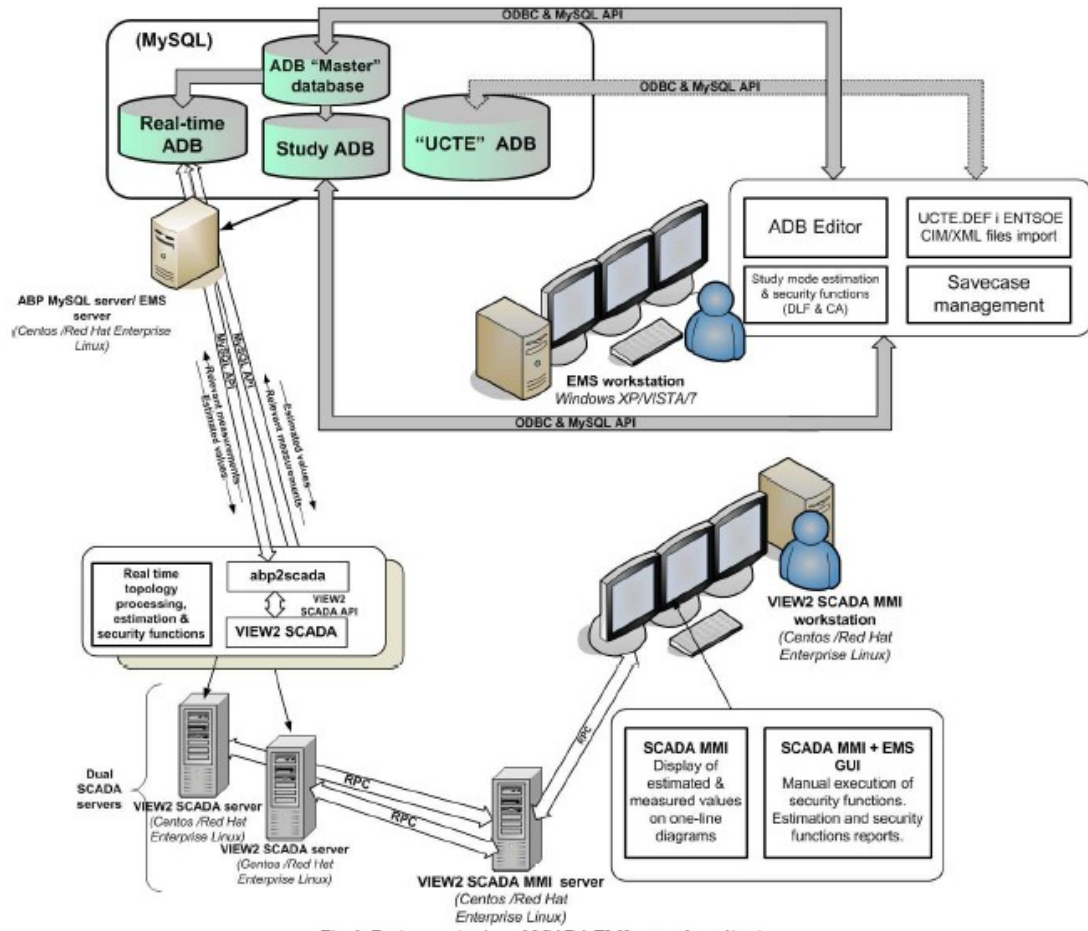
- β. Ανάλυση Ενδεχομένων Διαταραχών (security assessment)
- γ. Προληπτικός Έλεγχος (preventive control)
- δ. Έλεγχος Ανάγκης (emergency control)
- ε. Έλεγχος Επαναφοράς (restoration control)

Οι προηγούμενες κατηγορίες των βασικών λειτουργιών ενός κέντρου ελέγχου ενέργειας, με τις αντίστοιχες επιμέρους διαδικασίες και τις σχέσεις που τις διέπουν, απεικονίζονται γραφικά στην Εικόνα 2.



Εικόνα 2 Λειτουργικό Διάγραμμα Κέντρου Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ)

Στα ΚΕΕ των αυτόνομων συστημάτων και σε αντίθεση με τα διασυνδεδεμένα δίκτυα οι διαδικασίες της πρόβλεψης φορτίου, της βραχυχρόνιας (short-term) ένταξης μονάδων και της εκτίμησης της δυναμικής ασφάλειας είναι μείζονος σημασίας. Οι διακυμάνσεις της ζήτησης του φορτίου είναι μεγάλες και η πρόβλεψη τους δυσκολότερη από την αντίστοιχη πρόβλεψη σε ένα διασυνδεδεμένο σύστημα. Η ένταξη των μονάδων εκτελείται συχνά, λόγω της ανάγκης κάλυψης του έντονα μεταβαλλόμενου φορτίου από ένα μεγάλο αριθμό μονάδων παραγωγής με μικρή ονομαστική ισχύ.



Εικόνα 3 Τυπική διασύνδεση Συστημάτων SCADA μεταξύ τους

1.1 Το Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας Κρήτης

Εκτός από το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας υπάρχει Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας για το ΣΗΕ Κρήτης το οποίο είναι γνωστό με την ονομασία Κέντρο Κατανομής Φορτίου και το οποίο βρίσκεται στο Ηράκλειο. Σε αυτό το κέντρο δουλεύουν 2 άτομα βάρδια 24 ώρες το 24 ώρο.

Η υποστήριξη του συστήματος παρέχεται από σύστημα SCADA το οποίο επικοινωνεί με RTUs στις μονάδες παραγωγής και σε διακόπτες υποσταθμών. Ανά λεπτό καταγράφονται δεδομένα όπως

Πιν. 1-1 Τυπικές Καταγραφές Συστήματος SCADA Κρήτης

ΓΕΝΙΚΑ	ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ
Συνολικά MW Συνολικά MVAR Θερμοκρασία Συνολική Ενέργεια	<u>Συμβατικές μονάδες παραγωγής</u> MW MVAR kV Ακαθάριστα MWh Καθαρή παραγωγή MWh	MW MVAR MVAR πυκνωτών kV Ρεύμα σε A
	<u>Αιολικά Πάρκα</u> MW MVAR Αιτούμενη Παραγωγή Παραγόμενη Ενέργεια Ανηγμένες ώρες Ισχύς στον Υ/Σ σύνδεσης	

	Σε κάποια πληροφορίες για την ταχύτητα ανέμου	
--	---	--

Περισσότερες λεπτομέρειες για το σύστημα αυτό ακολουθούν στην επόμενη παράγραφο.

1.1.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΤΟΥ ΚΕΕ ΚΡΗΤΗΣ

Έτσι στο σύστημα της Κρήτης έχει εγκατασταθεί σύστημα τηλε-μετρήσεων SCADA το οποίο αποτελείται από συνολικά 16RTUs, ένα σε κάθε υποσταθμό φορτίου και από δύο σε κάθε σταθμό παραγωγής. Τα στοιχεία συγκεντρώνονται στο Κέντρο Κατανομής Φορτίου (ΚΚΦ) κυρίως με τα φερέσυχνα της ΔΕΗ στα 4800bps και σε ορισμένες περιπτώσεις προς τα Αιολικά Πάρκα και στη γραμμή ΙΕΡΑΠΕΤΡΑ-ΣΗΤΕΙΑ χρησιμοποιούνται μισθωμένες γραμμές του ΟΤΕ. Συγκεντρωτικά τα χαρακτηριστικά του συστήματος SCADA είναι :

Αριθμός RTU	16
Αριθμός απλών ψηφιακών	961
Αριθμός διπλών ψηφιακών	425
Αριθμός αναλογικών σημάτων	630
Επικοινωνίες με φερέσυχνα 200-600baud rate	11 RTU
Επικοινωνίες με ΟΤΕ	5 RTU
Λειτουργικό σύστημα Η/Υ	VMS
Γλώσσες Προγραμματισμού	Fortran-C++
Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	AMPIEP

Πιν. 1-2 Στοιχεία συστήματος τηλε-μετρήσεων SCADA Κρήτης την περίοδο 2000-1

Τα δεδομένα συγκεντρώνονται στα RTUs και με τη βοήθεια των φερέσυχνων της ΔΕΗ ή των γραμμών των ΟΤΕ φτάνουν στο ΚΚΦ Κρήτης. Από το MODEM φερεσύχνων-ΟΤΕ οδηγούνται στο συγκεντρωτή δεδομένων (DATA CONCENTRATOR) και στη συνέχεια επεξεργάζονται από τους servers HOT και SBY. Η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του συστήματος SCADA επιτυγχάνεται με κατάλληλα πρωτόκολλα επικοινωνίας διαμορφωμένα για αυτό το σκοπό από την εταιρεία που εγκατέστησε στο σύστημα.

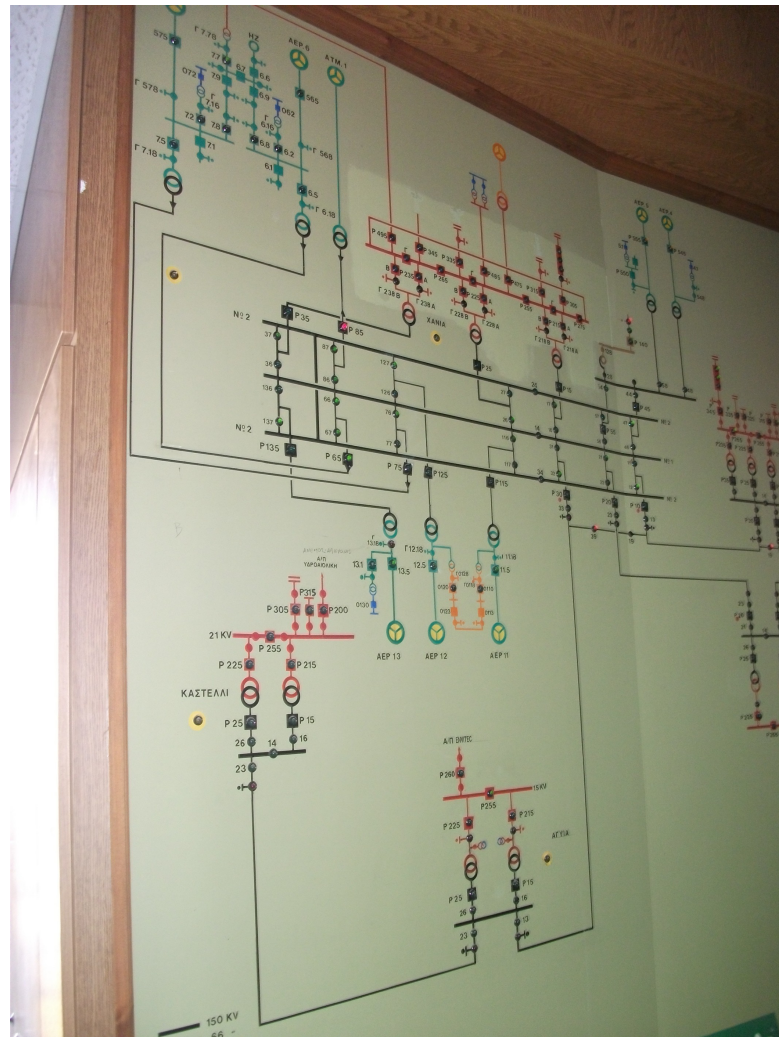
Οι server είναι δύο για να υπάρχει η μέγιστη δυνατή αξιοπιστία η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία αυτού του συστήματος. Την αξιοπιστία αυτή ενισχύει η αδιάλειπτη παροχή τάσης στα μηχανήματα του ΚΚΦ καθώς και η χρήση του λογισμικού VMS το οποίο παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με το λειτουργικό σύστημα Unix παρέχοντας όμως ακόμη μεγαλύτερη σταθερότητα. Διάγραμμα της δομής του SCADA φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Από τους servers τα δεδομένα οδηγούνται σε 3 Terminal Servers οι οποίοι εξυπηρετούν αντίστοιχα τις θέσεις εργασίας του Τεχνολόγου Μηχανικού, του εργοδηγού, του μηχανικού και του προϊσταμένου. Σε κάθε θέση εργασίας υπάρχουν 2 οθόνες και 1 πληκτρολόγιο τα οποία απεικονίζουν ανά πάσα στιγμή

- ³⁵₁₇ Την παραγωγή κάθε μίας συμβατικής μονάδας
- ³⁵₁₇ Την παραγωγή των σημαντικότερων αιολικών πάρκων
- ³⁵₁₇ Συγκεντρωτικά στοιχεία για την παραγωγή και την κατανάλωση
- ³⁵₁₇ Δυνατότητα απεικόνισης όλου του δικτύου Μεταφοράς της Κρήτης ή και μεμονωμένων διακοπών Υποσταθμών

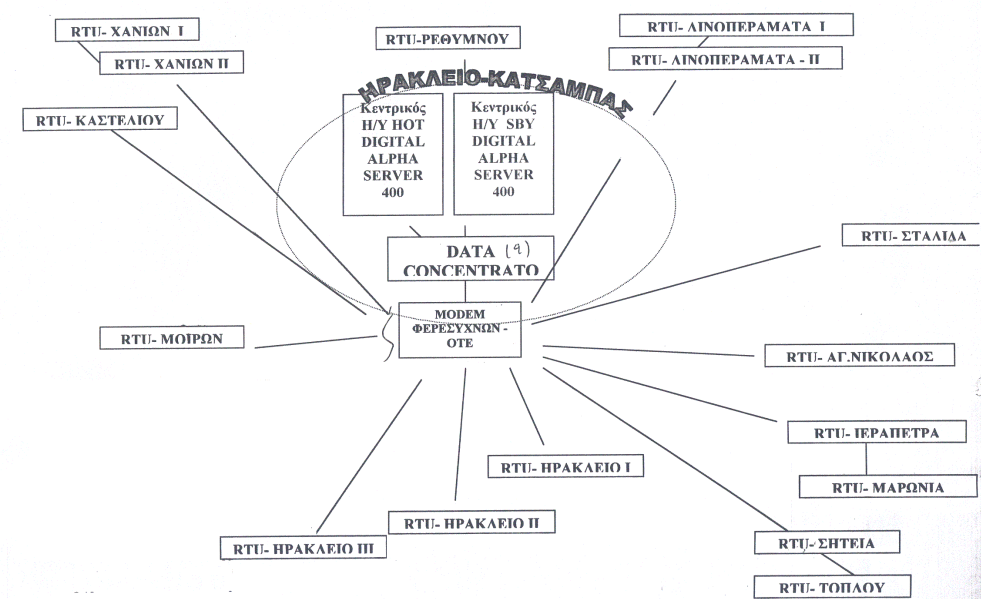
Από τον terminal server 1 τα δεδομένα οδηγούνται στο PLC του συχνόμετρου για την απεικόνιση της συχνότητας του συστήματος και στο PLC του μιμικού δια-γράμματος. Το μιμικό ή μωσαϊκό διάγραμμα, απεικονίζει όλο το σύστημα της Κρήτης με τους διακόπτες φορτίου, τους υποσταθμούς και τους διακόπτες των μονάδων. Με τα leds που υπάρχουν στο διάγραμμα οι χειριστές του ΚΚΦ μπορούν να ενημερώνονται για την κατάσταση των διακοπών που απεικονίζονται στο διάγραμμα αλλά και για τυχόν προβλήματα. Οι εκτυπωτές συμβάντων και ο εκτυπωτής δελτίου συστήματος συνδέονται στον terminal server2. Ο πρώτος καταγράφει συμβάντα όπως για παράδειγμα το άνοιγμα

ή κλείσιμο κάποιου διακόπτη και ποια στιγμή αυτό πραγματοποιήθηκε ενώ ο δεύτερος δίνει το ημερήσιο δελτίο του συστήματος.



Εικόνα 4 Μέρος του μιμικού Διαγράμματος Κρήτης

Ακολουθεί το διάγραμμα του συστήματος SCADA.

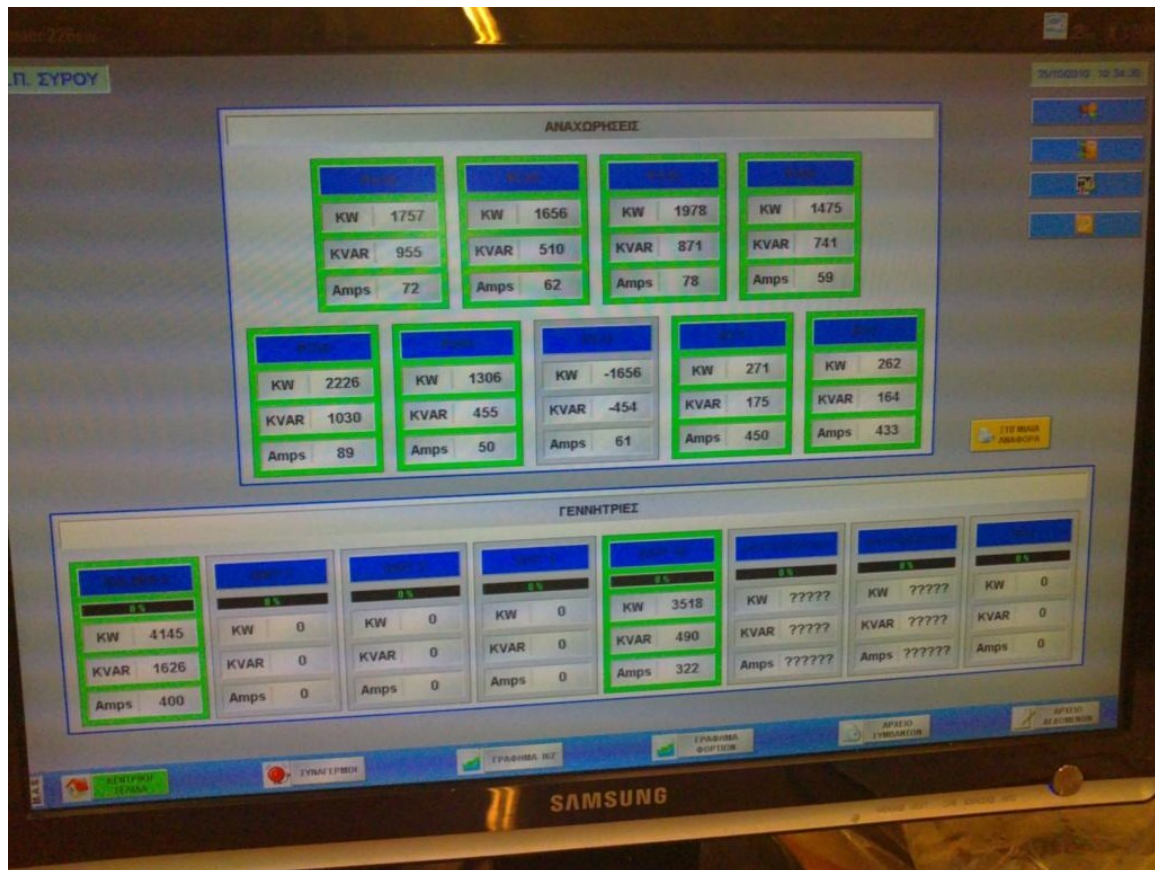


Εικόνα 5 Διάγραμμα SCADA Κρήτης και επικοινωνίας του με τα RTUs

Για την ενημέρωση των χειριστών και την προσφορά βοήθειας στο έργο τους, παράλληλα εκτελούνται τα προγράμματα CARE και ANEMOS για την προσφορά εκτίμησης δυναμικής ασφάλειας και πρόβλεψης αιολικής παραγωγής.

1.1.2 Οθόνη Απεικόνισης.

Παράδειγμα απεικόνισης από ένα πολύ μικρότερο κέντρο ελέγχου ενέργειας παρατίθεται από το νησί της Σύρου. Ο χειριστής σε αυτήν την οθόνη μπορεί να παρακολουθεί τόσο τις αναχωρήσεις των γραμμών διανομής όσο και την παραγωγή της κάθε μίας μονάδας. Σε μεγαλύτερα συστήματα ποι διατάξεις αυτές αποτελούνται από κυλιόμενες οθόνες με επιλογή από το χρήστη της πληροφορίας που επιθυμεί να απεικονίσει.



Εικόνα 6 Διάγραμμα SCADA Σύρου και επικοινωνίας του με τα RTUs

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- {1} Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις ΕΜΠ
- {2} Προσωπική Επικοινωνία με ΚΚΦ Κρήτης
- {3} Καραπιδάκης Εμμ, “Συμβολή Υπολογιστικής Νοημοσύνης στην Εκτίμηση Δυναμικής Ασφάλειας Αυτόνομων Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Πραγματικό Χρόνο”, Διδακτορική Διατριβή, ΕΜΠ.
- {4} Επισκόπηση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας Νήσου Σύρου, Διπλωματική Εργασία Δαέλη Νίκου, Ηράκλειο 2011

Άρθρα από το πρόσφατο Συνέδριο DEMSEE10 στη Σητεία

- ³⁵₁₇ Ana Petric, Miroslav Nerandzic, Jasmina Djordjevic, Dragan Petricic, “Electronic Dispatch Diary (EDD) Implementation in National Dispatch Center (NDC) in “Elektromreza Srbije” (EMS)”
- ³⁵₁₇ Nada Turudija, Sladjan Janicijevic, ”SCADA/EMS in the National Control Center in Serbia – Project Management and Implementation Aspects”
- ³⁵₁₇ George Ashikalis, Stavros Stavrinos “Strategic Communications at TSOs in a Deregulated Environment”