

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)
στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Πληροφοριακά Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας: Επισκόπηση, Κατηγοριοποίηση και Οντολογίες»

Μπίτσικας Ευάγγελος

Μ 3110014

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ (MSc)

στα ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« Πληροφοριακά Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας: Επισκόπηση, Κατηγοριοποίηση και Οντολογίες »

Μπίτσικας Ευάγγελος

Μ 3110014

Επιβλέπων Καθηγητής: Καθ. Θεόδωρος Αποστολόπουλος

Εξωτερικός Κριτής: Καθ. Δημήτριος Γκρίτζαλης

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Θεόδωρο Αποστολόπουλο για την εμπιστοσύνη του στην ανάθεση του θέματος, για την επιστημονική του καθοδήγηση και την αμεσότητα στη συνεργασία μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενέργεια αποτελεί στις μέρες μας στοιχείο ύψιστης σημασίας για όλες τις χώρες. Η επιβίωση και η ευημερία του σύγχρονου κόσμου εξαρτάται από την ηλεκτρική ενέργεια. Η βιομηχανία, οι μεταφορές, η λειτουργία οργανισμών, επιχειρήσεων και οικιών υφίστανται χάρη σε αυτήν. Η συνεχής αύξηση των τιμών της ενέργειας, ο αντίκτυπος της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας και της κατανάλωσης ενέργειας φιλικής στο περιβάλλον καθώς και οι ισχύουσες διατάξεις του πρωτοκόλλου του Κιότο θέτουν τον ενεργειακό τομέα στο κέντρο της προσοχής. Η τάση των σύγχρονων δυτικών κοινωνιών είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη αξιοποίηση και εκμετάλλευση της ενέργειας, η μείωση της σπατάλης και των απωλειών και η εύρεση αποδοτικότερων και εναλλακτικών τρόπων παραγωγής ενέργειας. Ο τομέας της Πληροφορικής έρχεται να συμβάλλει στο εγχείρημα αυτό και να αποτελέσει με τα Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας ένα ισχυρό σύμμαχο προς την υλοποίηση όλων των παραπάνω. Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται μια προσπάθεια να αποτυπωθεί ο ρόλος που διαδραματίζουν τα Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας και ειδικότερα στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο Μέρος Α γίνεται μια προσπάθεια να καλυφθεί όσο το δυνατόν εκτενέστερα το Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας ως οντότητα. Ένα ΠΣΕ έχει την δυνατότητα να προσαρμοστεί, να χρησιμοποιηθεί και να εξυπηρετήσει πολλές συνιστώσες του τομέα της ενέργειας. Επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και ενεργειακοί πάροχοι λιανικής, εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας και τελικοί καταναλωτές μπορούν να αποτελούν τους χρήστες ενός ΠΣΕ. Η αποδοτική παραγωγή ενέργειας, η παρακολούθηση του δικτύου μεταφοράς και διαμονής, η μείωση της σπατάλης και η εξοικονόμηση χρημάτων είναι μερικά από τα οφέλη που θα συζητηθούν στην παρούσα εργασία. Ένα ΠΣΕ αποτελεί ένα συνδυασμό τεχνολογιών που γεφυρώνουν την απόσταση από την μέτρηση μέχρι το περιβάλλον διεπαφής. Έτσι τα διάφορα μεγέθη ενέργειας μετριούνται από ειδικό εξοπλισμό, αποθηκεύονται προσωρινά και ανά τακτά χρονικά διαστήματα μεταφέρονται με ενσύρματο ή ασύρματο τρόπο σε κάποια βάση δεδομένων. Από εκεί θα αντληθούν για να επεξεργαστούν και μέσα από κατάλληλες εφαρμογές θα δώσουν στον ενδιαφερόμενο

τις απαραίτητες πληροφορίες για την ενεργειακή εποπτεία της εγκατάστασης. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται και στο θέμα της διαχείρισης της ζήτησης ενέργειας. Βάση της συνθήκης του Κιότο πολλά κράτη, συμπεριλαμβανομένων και αυτών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν δεσμευτεί για μείωση των εκπομπών αερίων. Έτσι, η λήψη πολιτικών και μέτρων για μείωση της ζήτησης σε ενέργεια, είναι ένα κρίσιμο θέμα, με τα προγράμματα ζήτησης – απόκρισης, να παίζουν καθοριστικό ρόλο προς αυτή την κατεύθυνση. Τα προγράμματα αυτά ανάλογα με τον τύπο τους προσφέρουν χρηματική ανταμοιβή ή ανταμοιβή με την μορφή κινήτρων ενώ τα οφέλη που αποκομίζουν οι εμπλεκόμενοι σε αυτά μπορούν να είναι άμεσα ή/και βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα.

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας που ξεκίνησε πριν αρκετά χρόνια είχε σημαντικό αντίκτυπο στην διαμόρφωση ενός νέου ενεργειακού σκηνικού. Ενός σκηνικού που ενθαρρύνει τον ανταγωνισμό και επιφέρει αξιοπιστία και χαμηλότερα ενεργειακά κόστη. Στο Μέρος Β της παρούσας εργασίας θα μελετήσουμε την εικονική διάσταση της ενέργειας, της διάστασης δηλαδή που ασχολείται με το εμπόριο του ηλεκτρισμού. Στην διάσταση αυτή, πωλητές και αγοραστές συμπράττουν συμβόλαια, είτε φυσικά, για την παροχή πραγματικής ενέργειας είτε μη φυσικά, που σχεδιάζονται για την κάλυψη κινδύνου, μέσω των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης και των δικαιωμάτων προαίρεσης. Τα συμβόλαια αυτά μπορεί να συμπράττονται είτε μέσω χρηματιστηριακών συναλλαγών είτε μέσω αδιαφανών διμερών συνεννοήσεων ενώ είναι δυνατόν να έχουμε ταυτόχρονες συναλλαγές σε πολλές αγορές. Καθώς ο τομέας ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει πολλούς συμμετέχοντες, η δημιουργία ενός μοντέλου αγοράς ενέργειας θα βοηθούσε στην κατανόηση του τρόπου που αυτοί αλληλεπιδρούν και συναλλάσσονται μεταξύ τους. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε ένα τέτοιο μοντέλο που δίνει έμφαση σε μια κοινωνικο-τεχνική προσέγγιση καθώς αναπαριστά τους συμμετέχοντες και τον εξοπλισμό που αυτοί κατέχουν και διαχειρίζονται. Επιστρέφοντας στο τεχνολογικό επίπεδο των ΠΣΕ και στα δεδομένα που αυτά συλλέγουν, διαχειρίζονται και επεξεργάζονται γίνεται μια συζήτηση σχετικά με τον ρόλο που μπορούν να διαδραματίσουν οι οντολογίες όσον αφορά την ενοποίηση των δεδομένων αυτών. Η ύπαρξη πολλών συστημάτων ενέργειας διαφορετικών τεχνολογιών δημιουργεί πρόβλημα διασύνδεσης που είναι δύσκολο να λυθεί λόγω της σημασιολογικής ανομοιογένειας που

υπάρχει και δυσκολεύει την ενοποίηση των συστημάτων αυτών. Για την επίλυση του προβλήματος παρουσιάζεται ένα μοντέλο που αποτελεί δίαυλο επικοινωνίας και κάνει την αντιστοίχιση μεταξύ της τοπικής και συνολικής οντολογίας.

SUMMARY

Energy constitutes nowadays a matter of paramount importance to every country. The modern world's survival and prosperity are dependent on electricity. Industry, transport and the running of organizations, businesses and households would not exist without it. The energy sector is at the center of attention due to the constant increase of energy prices, the liberalization of the energy market, the consumption of environmentally-friendly energy and the relevant provisions of the Kyoto Protocol. Modern western societies tend to take utmost advantage of energy, reduce waste and loss, and seek more efficient and alternative ways of energy production. Information technology contributes to the aforementioned efforts and together with the Energy Information Systems (EIS) it has become a key to realizing these goals. This thesis aims to outline the role of Energy Information Systems and their contribution in the electricity sector in particular.

Part A attempts a thorough description of the Energy Information System as an entity. An EIS can be adapted to serve different components of the energy sector. It can be used by electricity companies and retail energy suppliers, energy service companies and end-consumers alike. The benefits discussed in this thesis include efficient energy production, monitoring of the transmission and distribution networks, waste reduction and financial savings. An EIS is a combination of technologies that bridge the distance between the metering and the interface environment. This way the various energy scales are measured with special equipment, then they are temporarily stored and regularly transmitted to a database by wire or wireless means. They are subsequently taken from the database and processed, so that with proper software applications they can provide all the necessary information for the facility's energy supervision. Special reference is made to the management of energy demand. Under the Kyoto Protocol many countries, including the EU member-states, committed themselves to reducing greenhouse gas emissions. The creation of policies and measures to reduce energy demand has thus become a matter of urgency and energy demand response programs play a crucial role towards this end. These programs offer either financial or motivational rewards, with direct and/or short-term or long-term benefits for those involved.

The liberalization of the energy market had a significant impact on shaping the new energy scene, which encourages competition and brings about reliability and reduced energy costs. Part B of the thesis examines the virtual dimension of energy, which is related to the trading of electricity. Within the virtual dimension, buyers and sellers engage in physical contracts - providing real electricity - or non-physical contracts, hedging with futures and options. These contracts can be established either through financial transactions or through private bilateral agreements, with possible simultaneous transactions in different markets. As the electricity sector encompasses many participants, the creation of an energy market model would help understand the way these participants interact and deal with each other. The thesis presents such a model, focusing on a socio-technical approach by indicating the participants and the equipment that they possess and manage. Returning to the EIS' technological level and to the data they manage, the thesis discusses the role that ontologies can play in merging the data together. The existence of many energy systems of different technologies creates interconnection problems hard to solve due to their semantic heterogeneity, which impedes the merging together of these systems. Seeking a solution to this problem, the thesis presents a model that works as a communication channel and maps the local to the global ontology.

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ Α 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 1

1.1 Εισαγωγή στα Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας (ΠΣΕ) 1

1.2 Τα οφέλη των χρηστών από την χρήση των ΠΣΕ 4

1.2.1 Κατηγορίες χρηστών 5

1.2.2 Χρήσεις και οφέλη 7

1.3 Τύποι των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας 12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 22

2.1 Τεχνολογικά Επίπεδα ΠΣΕ 22

2.1.1 Επίπεδο μετρήσεων 22

2.1.1.1 Βασικές Τεχνολογίες μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας 23

2.1.1.2 Μετρητές ειδικού σκοπού 26

2.1.2 Επίπεδο συνδεσιμότητας 34

2.1.2.1 Τρόποι μετάδοσης και Πρωτόκολλα 37

2.1.3 Αποθήκευση και αρχειοθέτηση 48

2.1.3 Επίπεδο εφαρμογών 49

2.1.3.1 Γραφική αναπαράσταση 50

2.1.3.2 Παρουσίαση και Ανάλυση δεδομένων 50

2.1.3.3 Προηγμένη Ανάλυση 54

2.1.3.4 Οικονομική Ανάλυση / Ανάλυση κόστους (financial / cost analysis) 55

2.1.3.5 Διαχείριση προμηθειών 56

2.1.3.6 Εξαγωγή Αναφορών (Reporting) 56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 61

3.1 Διαχείριση ζήτησης ενέργειας (ΔΖΕ) (Demand side management/Energy demand management) 61

3.1.1 Ζήτηση - Απόκριση (ΖΑ) / Demand Response (DR) 61

3.1.1.1 Η σημασία των προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης 62

3.1.1.2 Τύποι προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης 64

3.1.1.2.1 Προγράμματα βασιζόμενα στην τιμή / Επιλογές κοστολόγησης 65

3.1.1.2.2 Προγράμματα βασιζόμενα σε κίνητρα / Επιλογές προγραμμάτων 66

3.1.1.3 Τα οφέλη της ζήτησης απόκρισης 67

3.1.1.3.1 Άμεσα οφέλη / Οφέλη από τη συμμετοχή 67

3.1.1.3.2 Δευτερεύοντα οφέλη 68

ΜΕΡΟΣ Β 71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 71

4.1 Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας 71

4.1.1 Μοντέλα Αγοράς Ενέργειας 73

4.1.1.1 Αγορά πισίνας (Pool Market) 73

1.2.1.1 Τρόπος λειτουργίας αγοράς πισίνας 74

1.2.1.2 Συμβόλαια Διαφορών (Contracts for Differences - CfD) 76

4.1.1.2 Η διμερής αγορά (Bilateral OTC Market) 77

4.1.2 Επιμέρους Αγορές 79

4.1.2.1 Ημερήσια Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας (Day-Ahead Energy Market) 79

4.1.2.2 Ενδοημερήσια Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας (Intraday Energy Market) 83

4.1.2.3 Ενεργειακή Αγορά Πραγματικού Χρόνου (Real-Time Energy Market) 86

4.1.2.4 Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών (Ancillary Service Market) 87

4.1.2.5 Αγορά Παραγώγων (Derivative Market) 90

4.1.3 Μεθοδολογίες πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας (Price-forecasting methodologies) ... 93
4.1.3.1 Μοντέλα θεωρίας παιγνίων (Game theory models) ... 94
4.1.3.2 Μοντέλα εξομοίωσης (Simulation models) ... 95
4.1.3.3 Μοντέλα Χρονοσειρών (Time series models) ... 95
4.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας ... 96
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ... 100
5.1 Η Χρήση των Οντολογιών στο Χώρο της Ενέργειας ... 100
5.1.1 Οντολογίες δεδομένων ενέργειας ... 100
5.1.1.1 Το πρότυπο CIM ... 103
5.1.2 Οντολογίες αγοράς ενέργειας ... 105
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ... 111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ... 112
1. Εμπορικά Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας ... 112
1.1 cpmPlus Energy Manager (ABB) ... 112
1.2 PowerLogic ION EEM (Schneider Electric) ... 114
1.3 Energy Information System (Verisae) ... 120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ ... 124

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Τυπική αρχιτεκτονική ενός συστήματος ΠΣΕ 2

Εικόνα 2: Βασικό Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας 14

Εικόνα 3: Σύστημα Ζήτησης – Απόκρισης 15

Εικόνα 4: Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας 17

Εικόνα 5: Διαδικτυακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Ελέγχου 19

Εικόνα 6: Διάγραμμα διαδικασίας, από την μέτρηση δεδομένων μέχρι το λογισμικό 22

Εικόνα 7: Μηχανικός Μετρητής 23

Εικόνα 8: Ηλεκτρομηχανικός Μετρητής 24

Εικόνα 9: Προηγμένοι Μετρητές 25

Εικόνα 10: Διανύσματα τάσης και έντασης 27

Εικόνα 11: Συντελεστής Ισχύος (Power Factor) 29

Εικόνα 12: Το πρότυπο RS-485 40

Εικόνα 13: Διάγραμμα κατάστασης master 42

Εικόνα 14: Διάγραμμα κατάστασης slave 43

Εικόνα 15: Αρχιτεκτονική Πελάτη / Εξυπηρετητή (Client / Server) 45

Εικόνα 16: Το μοντέλο αγοράς πισίνας 76

Εικόνα 17: Κατηγοριοποίηση μοντέλων πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας 94

Εικόνα 18: Ενοποίηση ετερογενών δεδομένων σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται σε οντολογία 102

Εικόνα 19: Μοντέλο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. 108

ΜΕΡΟΣ Α

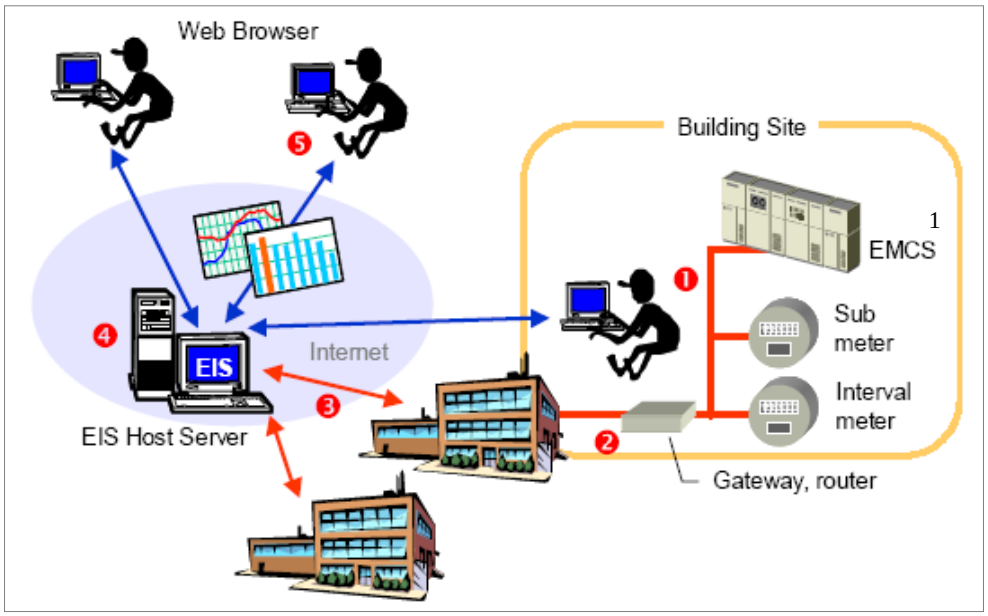
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή στα Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας (ΠΣΕ)

Με τον όρο πληροφοριακό σύστημα ενέργειας (ΠΣΕ) αναφερόμαστε στο λογισμικό παρακολούθησης επιδόσεων, στο υλικό ανάκτησης δεδομένων και στα συστήματα αποθήκευσης και επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, ανάλυση και αναπαράσταση των ενεργειακών δεδομένων ενός κτηρίου. Τα συστήματα αυτά αναπτύσσονται από εταιρίες παροχής ενέργειας ή από εταιρίες ανάπτυξης λογισμικού και παροχής υπηρεσιών ενέργειας, ή από συνεργασίες μεταξύ διαφόρων συντελεστών του ενεργειακού τομέα. Οι σχετικές με την καταναλισκόμενη ενέργεια πληροφορίες, παρέχονται σε ενεργειακούς διαχειριστές συγκροτημάτων και κτηρίων, διευθυντές εργοστασίων και οικονομικούς διευθυντές. Οι ελάχιστες δυνατότητες ενός ΠΣΕ περιλαμβάνουν τουλάχιστον ωριαία ανάκτηση ενεργειακών δεδομένων όλης της εγκατάστασης τα οποία είναι προσπελάσιμα μέσω δικτύου, με δυνατότητες ανάλυσης και γραφικής παρουσίασης. Οι χρονοσειρές των δεδομένων που προέρχονται από τους μετρητές και τους αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό ορίων χρήσης ενέργειας, για σύγκριση δεδομένων και για ανίχνευση σφαλμάτων εξοπλισμού. Τα δεδομένα που συνήθως επεξεργάζεται ένα ΠΣΕ αφορούν δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας, χαρακτηριστικά κτηριακών εγκαταστάσεων όπως θέρμανση, εξαερισμός, κλιματισμός (ΘΕΚ) και δεδομένα φωτισμού, δεδομένα σχετικά με τον καιρό, ενδείξεις για τις ενεργειακές τιμές και πληροφορίες για γεγονότα ζήτησης – απόκρισης για το οποίο θα μιλήσουμε εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο.

Σήμερα τα ΠΣΕ λογίζονται σαν μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για λόγους που θα ανακαλύψουμε στην πορεία αυτής της εργασίας. Είναι κοινώς αποδεκτό μεταξύ των ειδικών της ενέργειας το κενό και η απόκλιση που υπάρχει ανάμεσα στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων και την κατανάλωση της ενέργειας. Ενώ σήμερα τα κτήρια και οι

εγκαταστάσεις κατασκευάζονται με πολύ υψηλά ενεργειακά πρότυπα ωστόσο η χρήση της ενέργειας δεν γίνεται με τον αποδοτικό τρόπο που επιβάλλεται στις σύγχρονες κοινωνίες. Για το λόγο αυτό αυξάνεται συνεχώς ο αριθμός εκείνων που πιστεύουν ότι τα μέσα μέτρησης και παρακολούθησης της ενέργειας παίζουν καθοριστικό ρόλο προς την κατεύθυνση της αποδοτικής κατανάλωσης.



Εικόνα 1: Τυπική αρχιτεκτονική ενός ΠΣΕ [Motegi & Piette 2003]

[1] EMCS (Energy Management and Control System -Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Ελέγχου – ΣΔΕΕ): Είναι συστήματα που μέσω μιας σειράς μετρητών και συσκευών ελέγχου επιτρέπουν τη διαχείριση του εξοπλισμού ενός κτηρίου, συνήθως εγκαταστάσεων ΘΕΚ. Αυτά τα κέντρα ελέγχου συνήθως διαχειρίζονται από έναν κεντρικό σταθμό εργασίας μέσα στο κτήριο.

Η πιο συνηθισμένη αρχιτεκτονική ενός ΠΣΕ είναι (1) συλλογή δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας από τους μετρητές που είναι εγκατεστημένοι στα διάφορα σημεία (2) αποστολή τους μέσω κάποιας δικτυακής πύλης (gateway) ή άλλης συσκευής επικοινωνίας (router), (3) μεταφορά τους μέσω τηλεφωνικής γραμμής ή διαδικτυακής σύνδεσης στην βάση δεδομένων του εξυπηρετητή (server) που συνήθως βρίσκεται στις εγκαταστάσεις της εταιρίας παροχής του ΠΣΕ (4) αποθήκευση και αρχειοθέτηση των δεδομένων στον server και (5) οι χρήστες συνδέονται απομακρυσμένα στην βάση χρησιμοποιώντας κάποιο φυλλομετρητή (browser). Η εφαρμογή που είναι εγκατεστημένη στον server προσφέρει ένα φιλικό για το χρήστη περιβάλλον διεπαφής που διευκολύνει την διαχείριση του προγράμματος ενώ συνήθως παρέχει γραφική αναπαράσταση των δεδομένων.

Σήμερα στο εμπόριο υπάρχουν διαθέσιμα πολλά ΠΣΕ. Παρόλα αυτά το τοπίο δεν είναι ιδιαίτερα ξεκάθαρο, καθώς δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός των συστημάτων ενώ στο εμπόριο δεν ακολουθείται μια συγκεκριμένη καθολική ονομασία για κάθε σύστημα. Επιπλέον οι δυνατότητες των εν λόγω ΠΣΕ είναι πολύ διευρυμένες σε σημείο που είναι δύσκολο κάποιος να εξηγήσει τι λειτουργίες προσφέρει το εκάστοτε εργαλείο, ποιες οι τεχνολογικές-υλικές απαιτήσεις και τι κάνει ένα προϊόν περισσότερο αποτελεσματικό από ένα άλλο.

Πάντως στο σημείο αυτό πρέπει να τονίσουμε ότι μια μεγάλη κατηγοριοποίηση των πληροφοριακών συστημάτων ενέργειας είναι αυτά που βασίζονται στον ιστό (web-based) και αυτά που δεν βασίζονται στον ιστό (non web-based). Τα πρώτα προσπελαύνουν και διαχειρίζονται τα δεδομένα των εγκαταστάσεων μέσω του Διαδικτύου ενώ στα δεύτερα η διαχείριση δεδομένων γίνεται τοπικά, σε υπολογιστικό σύστημα που υπάρχει μέσα στο εκάστοτε κτήριο. Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσουν μόνο τα ΠΣΕ που βασίζονται στον ιστό καθώς με την τεράστια εξάπλωση των δικτύων υπολογιστών, η δεύτερη περίπτωση θεωρείται πλέον ξεπερασμένη.

1.2 Τα οφέλη των χρηστών από την χρήση των ΠΣΕ

Το κυρίως όφελος ενός ΠΣΕ είναι ότι βοηθάει τους ιδιοκτήτες μιας εγκατάστασης, τους διαχειριστές και κάθε άλλον που έχει θέση ανάληψης αποφάσεων στην σωστή χρήση της ενέργειας. Ένα ΠΣΕ βοηθάει όλους τους εμπλεκομένους να αντιληφθούν σωστά τα πρότυπα χρήσης της ενέργειας μεταξύ των οποίων είναι:

- Τη σπουδαιότητα και το χρονικό προσδιορισμό της κορύφωσης της ζήτησης για ενέργεια.
- Την καθημερινή ζήτηση σε φορτίο
- Ιστορικά στοιχεία σχετικά με τα όρια χρήσης ενέργειας
- Μη προγραμματισμένες αιφνίδιες λειτουργίες που ενδεχομένως να προκύψουν
- Αποκλίσεις κόστους ανά ώρα, ημέρα, εβδομάδα, μήνα και χρόνο

Τα δεδομένα πραγματικού χρόνου ή η ημερήσια ενημέρωση για την κατανάλωση ενέργειας ακόμα και σε ωριαία βάση επιτρέπουν στους χρήστες να αξιολογήσουν θέματα ενεργειακής απόδοσης κτηρίου που ήταν δύσκολο να γίνουν αντιληπτά. Χάρη σε αυτή την καθημερινή ενημέρωση και την αναφορά ακόμα και σε πραγματικό χρόνο οι διαχειριστές μιας εγκατάστασης μπορούν να ελέγξουν το αντίκτυπο που έχει μια συγκεκριμένη στρατηγική στην επιχείρηση ακόμα και από την πρώτη μέρα εφαρμογής της. Διαφορετικά όταν το ΠΣΕ απουσιάζει τότε για το αν μια στρατηγική βαίνει καλώς κρίνεται από τον λογαριασμό κατανάλωσης ενέργειας που δεν έρχεται παρά μόνο στο τέλος του μήνα. Επιπλέον με τις δυνατότητες που προσφέρει το διαδίκτυο μέσω ενός ΠΣΕ μπορούμε να διαχειριζόμαστε πληθώρα διάσπαρτων εγκαταστάσεων. Ακόμα και αν οι ενεργειακοί διαχειριστές είναι ικανοί να διαχειριστούν τους μηνιαίους λογαριασμούς πολλών εγκαταστάσεων ωστόσο δε παύει να είναι μια διαδικασία επίπονη και ασύμφορη από πλευράς χρόνου που σίγουρα γίνεται πιο εύκολη με την χρήση ενός ΠΣΕ.

Συνήθως τα ΠΣΕ έρχονται μαζί με κάποιο πρόγραμμα ζήτησης – απόκρισης επιτρέποντας έτσι στους ενεργειακούς διαχειριστές τη συμμετοχή σε τέτοια προγράμματα και την εφαρμογή στρατηγικών. Τα περισσότερα από τα συστήματα αυτά επίσης παρέχουν άμεση ανταπόκριση όταν υπάρξει ανάγκη για μείωση κατανάλωσης.

1.2.1 Κατηγορίες χρηστών

Αν θέλαμε να χωρίσουμε τους χρήστες ενός ΠΣΕ σε κατηγορίες θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι οι εξής:

- Επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και Ενεργειακοί πάροχοι λιανικής
- Εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας
- Τελικοί καταναλωτές
    - Εταιρίες διαχείρισης συγκροτημάτων και κτηρίων
    - Μεμονωμένα κτήρια

Επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και Ενεργειακοί πάροχοι λιανικής

Με τον όρο επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας αναφερόμαστε κυρίως στις εταιρίες παραγωγής ενέργειας, ενώ συνήθως αναλαμβάνουν και την διανομή αλλά όχι πάντα, καθώς υπάρχουν περιπτώσεις που αυτό γίνεται από άλλες εταιρίες που αποτελούν τις εταιρίες διανομής. Οι ενεργειακοί πάροχοι λιανικής είναι εταιρίες που χάρη στην απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας που υπάρχει στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες προσφέρουν ενέργεια στη λιανική αγορά σε ανταγωνιστικές τιμές καθώς και ενεργειακές λύσεις μέσω προγραμμάτων, συνήθως με χρήση ενός ΠΣΕ. Ένα ΠΣΕ μπορεί να δημιουργήσει μια σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ των επιχειρήσεων αυτών και των πελατών τους. Οι επιχειρήσεις αυτές παράγουν ένα ΠΣΕ ή αγοράζουν ένα από κάποια εταιρία, το παραμετροποιούν και είτε το προσφέρουν στους πελάτες τους σαν πρόσθετη υπηρεσία είτε το διαθέτουν δωρεάν στους συμμετέχοντες κάποιου προγράμματος διαχείρισης ενέργειας.

Εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας

Οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας είναι εμπορικές επιχειρήσεις που παρέχουν ένα ευρύ φάσμα ενεργειακών λύσεων όπως σχεδιασμό και υλοποίηση προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας, διατήρησης ενέργειας, διαχείριση ενεργειακών εγκαταστάσεων, έργα που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας και της διακίνηση της καθώς και ανάλυση κινδύνου. Μάλιστα η νέα γενιά τέτοιων εταιριών επικεντρώνεται κυρίως στην ανάπτυξη καινοτόμων μεθόδων και προγραμμάτων κοστολόγησης. Τα

προγράμματα αυτά περιλαμβάνουν και καλύτερη διαχείριση ενεργοβόρων μηχανημάτων και συσκευών με σκοπό τη συνολική μείωση του κόστους ενέργειας του κτηρίου. Οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων ή του κτηρίου επωφελούνται οικονομικά από την εξοικονόμηση ενέργειας και πληρώνουν την εταιρία για τις υπηρεσίες της. Σκοπός φυσικά είναι το όφελος από την εξοικονόμηση ενέργειας να υπερβαίνει το κόστος της παροχής υπηρεσιών. Η εταιρία ξεκινά συνήθως με μια εις βάθος ανάλυση των εγκαταστάσεων στις οποίες θα εφαρμόσει το πρόγραμμα και συνεχίζει με το σχεδιασμό λύσεων για ενεργειακή απόδοση, εγκαθιστά τον απαραίτητο εξοπλισμό και συντηρεί το σύστημα για να εξασφαλίσει την απαραίτητη εξοικονόμηση ενέργειας. Η συνήθης τακτική είναι με τα χρήματα που εξασφαλίζονται από την εξοικονόμηση ενέργειας να πληρώνεται σιγά σιγά η αρχική επένδυση συνήθως σε βάθος αποπληρωμής πέντε με είκοσι χρόνια ή επανεπενδύονται στο κτήριο για επιπλέον ενεργειακό όφελος. Εν τέλει αν το όλο πρόγραμμα αποτύχει και έχει αρνητικά αποτελέσματα τότε η εταιρία παροχής υπηρεσιών υποχρεούται τα πληρώσει την διαφορά.

Εταιρίες διαχείρισης συγκροτημάτων και κτηρίων

Οι εταιρίες αυτές διαχειρίζονται συγκροτήματα που αποτελούνται από πολλά κτήρια και αποτελούν πελάτες ενός ΠΣΕ. Τέτοια συγκροτήματα είναι μεγάλοι οργανισμοί, αλυσίδες λιανικού εμπορίου, κτήρια γραφείων, κυβερνητικοί οργανισμοί και εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις. Τα παραπάνω αποτελούν σημαντική αγορά για το χώρο των ΠΣΕ. Ένα από τα πλεονεκτήματα ενός ΠΣΕ είναι ότι μπορεί να διαχειρίζεται εγκαταστάσεις διασκορπισμένες σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Για μεγάλα συγκροτήματα ένα ΠΣΕ μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματικό καθώς δεν είναι ανάγκη να υπάρχει ένα άτομο σε κάθε κτήριο προκειμένου να το διαχειρίζεται. Για παράδειγμα μια μεγάλη αλυσίδα παντοπωλείου με πολλές εγκαταστάσεις που δεν έχει ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας συχνά σπαταλά ενέργεια λόγω μη αποδοτικής λειτουργίας, δυσλειτουργίας του συστήματος ή λάθος προγραμματισμού εργασιών. Χάρις όμως στα ΠΣΕ σήμερα για μεγάλες εγκαταστάσεις είναι απαραίτητοι λίγοι μόνο ενεργειακοί διαχειριστές.

Μεμονωμένα κτήρια

Είναι λιγότερο σύνηθες αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και μεμονωμένα κτήρια μπορούν να έχουν εγκατεστημένο ένα ΠΣΕ. Τα περισσότερα από αυτά δεν έχουν

μεγάλες απαιτήσεις και έτσι τους προσφέρεται ένα περιορισμένο εύρος σε συλλογή δεδομένων, γραφική αναπαράσταση και εργαλεία διαχείρισης τα οποία όμως μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικά χρήσιμα στους ενεργειακούς διαχειριστές. Κάποια ΠΣΕ βέβαια παρέχουν εξειδικευμένες πληροφορίες και δεδομένα για ολόκληρο το κτήριο, όπως τελική κατανάλωση, θερμοκρασία, καταστάσεις on/off σε ωριαία βάση ή και συντομότερα κάτι όμως που είναι πολύ κουραστικό για τον διαχειριστή να παρακολουθεί με τόση λεπτομέρεια. Για το λόγο αυτό τα περισσότερα ΠΣΕ παρέχουν επεξεργασία δεδομένων και παρουσιάζουν απλοποιημένες μετρικές και κριτήρια ώστε να εξοικονομείται χρόνος από την μεριά του διαχειριστή. Στην περίπτωση που υπάρξει ανάγκη για πιο λεπτομερή ανάλυση κάποιες εταιρίες παροχής ΠΣΕ προσφέρουν την δυνατότητα απομακρυσμένης παροχής υπηρεσιών.

1.2.2 Χρήσεις και οφέλη

Τα πληροφοριακά συστήματα ενέργειας έχουν πολλαπλές χρήσεις και οφέλη που εξαρτώνται από τον εκάστοτε χρήστη. Δηλαδή αναφερόμαστε σε οφέλη για μια επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας, για έναν πάροχο ενέργειας, για μια εταιρία παροχής υπηρεσιών ενέργειας ή για τελικούς καταναλωτές. Αν και κάθε επιχείρηση έχει διαφορετικές ανάγκες στις οποίες πρέπει να είναι προσαρμοσμένο ένα πληροφοριακό σύστημα ενέργειας, υπάρχουν κάποια γενικά οφέλη και χρήσεις που παρουσιάζονται παρακάτω.

ΠΣΕ προσφερόμενο από επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας: Μια παραδοσιακή εταιρία διανομής μπορεί να παρέχει ένα ΠΣΕ είτε σαν υπηρεσία προς τους πελάτες της είτε σαν εργαλείο διαχείρισης δικών της υπηρεσιών. Για παράδειγμα ένα σχετικά φθηνό ΠΣΕ μπορεί να παρέχει μονάχα πίνακες δεδομένων και γραφικές αναφορές του ιστορικού της ηλεκτρικής κατανάλωσης είτε μέσω Internet είτε μέσω αποστολής email. Η κατανάλωση της ενέργειας που αναφέρεται είναι τόσο πρόσφατη όσο η τελευταία μέτρηση αλλά σε πολλές περιπτώσεις ο απλός αυτός τύπος συστήματος είναι υπέρ αρκετός για μικρές εμπορικές επιχειρήσεις. Κάποια άλλα ΠΣΕ που κρατάνε παλαιότερα στοιχεία για να έχουν ιστορικό και να παρέχουν έτσι στον πελάτη τη δυνατότητα να συγκεντρώνει και να επεξεργάζεται δεδομένα, μετρικές για την επιχείρηση του ή ενδείξεις καιρού ώστε οι αναφορές που προκύπτουν να αποτελούν ένα κατάλογο χρήσης σχετικών συντελεστών

και ορίων. Έτσι ένα ιστορικό χρήσης δώδεκα ή εικοσιτεσσάρων μηνών μπορεί να αποτελέσει σημαντικό δείκτη για σχεδιασμό του προϋπολογισμού ή ακόμα και να συμβάλει στην κατανομή του κόστους. Επίσης το ιστορικό μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο στην περίπτωση επαναδιαπραγμάτευσης ενός συμβολαίου για την τιμή της παρεχόμενης ενέργειας, ειδικά σε χώρες όπου η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι δεδομένη αλλά επαναδιαπραγματεύεται.

Βέβαια τα ΠΣΕ που κρατάνε ιστορικό έχουν και κάποια μειονεκτήματα:

1. Τα δεδομένα των αναφορών που εξάγονται εξαρτώνται από το σύστημα μετρήσεων και χρέωσης της επιχείρησης και έτσι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των συστημάτων ιστορικού. Το διάστημα που τα συστήματα αυτά συλλέγουν τα δεδομένα εξαρτάται από τον κύκλο χρέωσης και όχι από τον ημερολογιακό μήνα και σπάνια τα δύο αυτά να συμπίπτουν.
2. Τα αναφερθέντα δεδομένα επειδή δίνουν συνολική εικόνα κατανάλωσης σπάνια δίνουν επαρκείς πληροφορίες για το κόστος του κάθε σημείου/ θέσης μέτρησης ή των χρόνων παραγωγής αφού για κάτι τέτοιο είναι απαραίτητη η εγκατάσταση μετρητών σε κάθε ένα από αυτά.
3. Τα δεδομένα δεν είναι άμεσα αξιοποιήσιμα. Δηλαδή αν τον Αύγουστο πληροφορηθούμε ότι τον Ιούνιο υπήρξε αυξημένη ζήτηση και άρα κατανάλωση είναι ήδη πολύ αργά για να υπάρξει μια ενδεχόμενη πρόβλεψη ζήτησης.

Κάποια ΠΣΕ προορίζονται για προγράμματα διαχείρισης φορτίου, ειδικά για προγράμματα που ανταποκρίνονται στην αλλαγή των τιμών. Έτσι ο μετρητής του πελάτη είναι μετρητής πραγματικού χρόνου διαβιβάζοντας την πληροφορία περί κατανάλωσης ασύρματα ή μέσω Internet. Τέτοια προγράμματα διαχείρισης φορτίου ενσωματώνουν ένα σύστημα ειδοποίησης και απαιτείται από τον χρήστη-μέλος να ανταποκρίνεται σε αυτό είτε μέσω τηλεφώνου, είτε μέσω Internet. Σε ορισμένες περιπτώσεις ένα πρόγραμμα ανταπόκρισης-τιμής (demand response) μπορεί να επιτρέπει στον πελάτη της επιχείρησης την αποθήκευση ενέργειας σε συγκεκριμένη τιμή εάν υπάρχει τέτοια δυνατότητα ή να την αρνηθεί. Η τιμή δεν εξαρτάται μόνο από την ζήτηση αλλά και από άλλους παράγοντες του συστήματος μεταφοράς.

Ένα καλό ΠΣΕ υποστηρίζει υπολογισμούς κόστους ώστε ο πελάτης να είναι σε θέση να υπολογίζει ακόμα και το ελάχιστο κέρδος που μπορεί να έχει από την συμμετοχή του σε ένα τέτοιο πρόγραμμα έναντι του κόστους και των οφελών από τη συνεχόμενη παραγωγή σε πλήρη ισχύ. Τέτοια συστήματα ωφελούν ταυτόχρονα την εταιρία παραγωγής ενέργειας και τον πελάτη μειώνοντας το ρίσκο και την αβεβαιότητα. Η εταιρία παραγωγής μπορεί να εποπτεύει και να διαχειρίζεται τη συμμετοχή κατά τη διάρκεια της περικοπής φορτίου και να μην περικόπτει περισσότερο από όσο χρειάζεται ή να περικόπτει σε ορισμένες περιοχές. Ο πελάτης μπορεί να περικόπτει / αποθηκεύει φορτίο ανάλογα με το όφελος που έχει κάθε φορά και όχι περισσότερο από το απαραίτητο ώστε να υπάρχει μια ισορροπία βάση του προγράμματος ανταμοιβής.

ΠΣΕ προσφερόμενο από ενεργειακό πάροχο λιανικής: Ένας ενεργειακός πάροχος λιανικής μπορεί και ο ίδιος να προσφέρει ένα ΠΣΕ που κρατάει ιστορικό ή κάποιο πρόγραμμα διαχείρισης φορτίου. Εξαρτάται από την σχέση που έχει αυτή η εταιρία με την εταιρία διανομής ηλεκτρισμού προς τους πελάτες της πρώτης. Τα πληροφοριακά αυτά συστήματα προσφέρουν πολλά οφέλη τα οποία όμως για να αναδειχθούν απαιτούνται επιπλέον μετρήσεις ή/και διαφορετικού τύπου, πέρα από αυτές της εταιρίας διανομής. Λογικά όσο μεγαλύτερο είναι το χρονικό διάστημα της παρακολούθησης της χρήσης του πελάτη τόσο πιο χρήσιμα είναι τα δεδομένα που συγκεντρώνονται. Επιπλέον όσο περισσότεροι είναι οι πελάτες που παρακολουθούνται τόσο πιο πολύτιμα είναι τα δεδομένα γενικής χρήσης και χρησιμεύουν σε τομείς όπως η πρόβλεψη, η ανάλυση κινδύνου και η πολιτική των συμβολαίων που θα ακολουθηθεί. Προκύπτουν πρότυπα και προφίλ που επιτρέπουν στον πάροχο λιανικής να δημιουργήσει ομάδες χρέωσης και προγράμματα συμβολαίου με βάση το χρόνο (πραγματικού χρόνου, επόμενης μέρας, ημερήσιο). Είναι όμως εύκολα αντιληπτό ότι δίχως ιστορικό είναι πολύ δύσκολο για να τον αναλυτή τιμών να αποφασίσει πιο πρόγραμμα θα προσφερθεί σε ποιον πελάτη.

Για τους νέους πελάτες, ο αναλυτής τιμών βασίζεται στα δεδομένα που έχει από την εταιρία διανομής και συνήθως εισάγει τα δεδομένα αυτά σε κάποιο πολύπλοκο πρόγραμμα λογιστικών φύλλων. Για τους υπάρχοντες πελάτες ένα καλό ΠΣΕ είναι εφοδιασμένο με εργαλείο καθορισμού τιμής (rate tool) και εφαρμόζονται κανόνες τιμολογίου (tariff) ώστε να εκτιμηθεί το χρεώσιμο φορτίο. Αυτό το εργαλείο τιμολογίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την εξαγωγή μοντέλων σκοπού και για τη δημιουργία

εναλλακτικών σεναρίων τιμολόγησης. Από τη στιγμή που ο πάροχος λιανικής έχει μια πληθώρα στοιχείων για τους πελάτες του μπορεί να εξάγει «τύπους χρηστών». Έτσι μπορεί να στηθεί ένας υποτιθέμενος λογαριασμός, να εφαρμοστούν πάνω σε αυτόν τα εργαλεία καθορισμού τιμής και να γίνουν πολλά δοκιμαστικά συμβόλαια πριν αυτά προσφερθούν στους πελάτες.

Εάν μέσα στο ΠΣΕ ενσωματώσουμε τις διαδικασίες κινδύνου και προστασίας από τις ανεπιθύμητες αλλαγές στις τιμές το εργαλείο μας μπορεί να αυξήσει την βραχυπρόθεσμη αλλά και μακροπρόθεσμη πρόβλεψη, κάτι που μειώνει τον κίνδυνο. Για παράδειγμα ένας πελάτης, έστω εστιατόριο, ανήκει στην κατηγορία που επηρεάζεται από τον καιρό. Εάν τρέξουμε το ΠΣΕ για βραχυπρόθεσμη χρήση με βάση την πρόβλεψη του καιρού μπορούμε να προσδιορίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη ζήτηση της συγκεκριμένης κατηγορίας γενικότερα. Έτσι ο πάροχος λιανικής μπορεί να έχει περίσσευμα αποθέματος για άμεση διάθεση ή να χρειάζεται να προβεί σε συμβόλαιο για την απόκτηση επιπλέον αποθέματος νωρίτερα.

ΠΣΕ προσφερόμενο από εταιρία παροχής υπηρεσιών ενέργειας: Όπως είπαμε οι εταιρίες αυτές προσφέρουν ενεργειακές λύσεις για εξοικονόμηση και διατήρηση ενέργειας, παραγωγή και τροφοδοσία ενέργειας καθώς και λύσεις για αποδοτική διαχείριση και ανάλυση κινδύνου. Κάποιες είναι μικρού εύρους και περιορισμένων δυνατοτήτων, όπως επανεξοπλισμό στο τομέα του φωτισμού και άλλες πολύπλοκες και μεγάλου εύρους όπως η πλήρης ανάθεση της ενεργειακής διαχείρισης μιας επιχείρησης σε μια τέτοια εταιρία. Χρησιμοποιώντας το δικό τους ΠΣΕ, η εταιρία παροχής μπορεί να υποδείξει διακριτά επίπεδα χρήσης με προσωρινούς μετρητές για να δημιουργήσει έτσι μια οριογραμμή που θα αποτελέσει ένα σημείο αναφοράς. Στα επόμενα στάδια καθώς το έργο είναι σε εξέλιξη τα δύο συμβεβλημένα μέρη συγκρίνουν τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα σε σχέση με τον αρχικό σχεδιασμό και ή συνεχίζουν ή αναπροσαρμόζουν το σχέδιο για την επίτευξη των αναμενόμενων αποτελεσμάτων. Οι μετρητές μπορεί να τοποθετηθούν σε κάποιο άλλο σημείο, να αυξηθούν ή να μειωθούν ή να επαναπρογραμματιστούν ώστε μαζί με την ποσότητα να παρέχουν και πληροφορίες σχετικές με την ποιότητα της ενέργειας. Με το κλείσιμο του έργου είναι διαθέσιμες αναφορές για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους και είναι η ώρα του εργαλείου καθορισμού τιμής να εξάγει τις αντίστοιχες μετρικές. Από την άλλη μεριά μια τέτοια

υπηρεσία διαχείρισης ενέργειας πρέπει να εκμεταλλευτεί κάθε πιθανή ευκαιρία για αναζήτηση πόρων, αποδοτικότητα παραγωγής, να εξετάσει για τυχόν λάθη στην χρέωση και να μειώσει όσο το δυνατόν το κόστος για τον πελάτη της. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι το δυνατό σημείο ενός ΠΣΕ είναι η βάση δεδομένων του όπου μέσα βρίσκεται όλη η πληροφορία που εισάγεται στα διάφορα εργαλεία σχεδιασμού πόρων, στα λογισμικά διοίκησης και στα οικονομικά μοντέλα ακόμα και σε απλά λογιστικά φύλλα.

ΠΣΕ για τον τελικό χρήστη: Σε γενικές γραμμές ένα ΠΣΕ πρέπει να απαλλάσσει την βιομηχανική ή εμπορική επιχείρηση από την χειροκίνητη συλλογή δεδομένων, χειρισμό ή δημιουργία αναφορών. Ένα ΠΣΕ κατά πρώτον είναι ένα επιχειρησιακό σύστημα. Τα συστήματα ελέγχου κτηρίων είναι κυρίως κεντρικοποιημένα όσον αφορά τον έλεγχο και την παρακολούθηση. Το βασικό σημείο των ΠΣΕ είναι ότι παρέχουν μια ενιαία πληροφόρηση που είναι διαθέσιμη εξ' αποστάσεως και δε χρειάζεται να γίνεται διαχείριση κάθε σημείου-κτηρίου χωριστά. Όταν ο διευθυντής/διαχειριστής δε χρειάζεται να συντάξει την αναφορά αλλά του παραδίδεται αυτόματα και μάλιστα έγκαιρα τότε έχει κερδίσει πολύ σημαντικό χρόνο. Καθώς η διάθεση των δεδομένων γίνεται εξ' αποστάσεως, αυτοματοποιημένα και αποθηκεύονται ηλεκτρονικά δίχως χειροκίνητη προσπάθεια η χρήση της ενέργειας μπορεί να προσδιοριστεί καλύτερα και να υπάρξει έτσι μια πιο αποδοτική πρόβλεψη. Επίσης εάν μια εγκατάσταση έχει πολλά ενεργοβόρα κέντρα τότε η χρήση κατά τόπους μετρητών κρίνεται απαραίτητη για καλύτερο προσδιορισμό της ενεργειακής χρήσης. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι ένα πλήρως αυτοματοποιημένο και κεντρικοποιημένο ΠΣΕ λύνει τα χέρια του τελικού χρήστη και καθιστά την συνολική ενεργειακή παρακολούθηση των εγκαταστάσεων μια ασφαλή λειτουργία καθώς εκμηδενίζεται ο κίνδυνος ανθρωπίνου λάθους.

Το ΠΣΕ, άλλη μια προσφερόμενη υπηρεσία ή εργαλείο ανεξαρτησίας του τελικού χρήστη; Οι επιχειρήσεις παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, οι ενεργειακοί πάροχοι λιανικής και οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας ελπίζουν να προσελκύσουν και να διατηρήσουν τους κερδοφόρους πελάτες τους ειδικά σε ένα περιβάλλον έντονου ανταγωνισμού όπως είναι το σημερινό. Όσο ο πελάτης αντιλαμβάνεται την χρησιμότητα και τα οφέλη των αναφορών χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας, των αναφορών χρέωσης, των συγκριτικών αναφορών και των άλλες αναλύσεων που του παρέχει το ΠΣΕ μέσω Internet ή email τόσο περισσότερο εξαρτάται από αυτό και τόσο δυσκολότερο γίνεται για τον ίδιο

να αφήσει την υπάρχουσα συνεργασία και να αναζητήσει καινούργιο πάροχο παρόμοιων υπηρεσιών. Αν ο πάροχος του ΠΣΕ έχει ενσωματώσει πολλά οφέλη στο σύστημα του, τότε πιθανόν να υπάρχουν επιπλέον υπηρεσίες που απολαμβάνει ο πελάτης και άρα η συνεργασία με κάποιον άλλο πάροχο γίνεται ακόμα πιο απίθανη και πιο κοστοβόρα. Αντιθέτως κάποιος ισχυρός πελάτης με μεγάλο συμφέρον από την εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί κάποια στιγμή να επενδύσει στην ανάπτυξη του δικού του ΠΣΕ δίνοντας του έτσι την ευκαιρία να ανεξαρτητοποιηθεί από κάθε πάροχο τέτοιων υπηρεσιών και να αποκτήσει ευελιξία στην αγορά της ενέργειας. Έτσι έχει και πάλι διαθέσιμα όλα τα δεδομένα που χρειάζεται για ανάλυση κόστους, χρεώσεων και πρόβλεψη αλλά ταυτόχρονα και τον τελικό έλεγχο.

1.3 Τύποι των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας

Τα πληροφοριακά συστήματα ενέργειας και μάλιστα αυτά που βασίζονται στον ιστό έχουν εξελιχθεί πολύ και έχουν ξεπεράσει τα όρια μιας εγκατάστασης βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την διαχείριση δεδομένων κατανάλωσης. Επίσης και άλλοι συγγενείς τομείς της διαχείρισης ενέργειας έχουν εμπλακεί στο θέμα των ΠΣΕ και η πραγματικότητα είναι ότι τα όρια των διαφόρων συστημάτων είναι πλέον δυσδιάκριτα.

Στο κεφάλαιο αυτό θα κάνουμε έναν διαχωρισμό των διαφόρων ΠΣΕ που αν και βασίζεται σε δεδομένα παλαιοτέρων ετών δίνει μια πολύ καλή αντίληψη των συστημάτων αυτών και των χαρακτηριστικών τους.

Τύποι των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας

Βασικό Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας (Βασικό-ΠΣΕ)	Συλλογή, αρχειοθέτηση και γραφική αναπαράσταση των ενεργειακών δεδομένων μιας εγκατάστασης.
Συστήματα Ζήτησης – Απόκρισης (ΣΖΑ)	Επικοινωνία μεταξύ των εγκαταστάσεων και των πελατών για την ευκολία πραγματοποίησης ενός προγράμματος ζήτησης – απόκρισης.

Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας (ΕΣΔΕ)	Διαχείριση του συνολικού ενεργειακού κόστους μιας επιχείρησης μέσω μεθόδων σύγκρισης και βελτιστοποίησης προμήθειας ενέργειας.
Διαδικτυακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Ελέγχου (Web-ΣΔΕΕ)	Ενοποίηση πολλαπλών συστημάτων μιας εγκατάστασης (πχ ΘΕΚ, φωτισμός) ή/και παρακολούθηση και έλεγχος των επιμέρους συστημάτων μέσω του διαδικτύου.

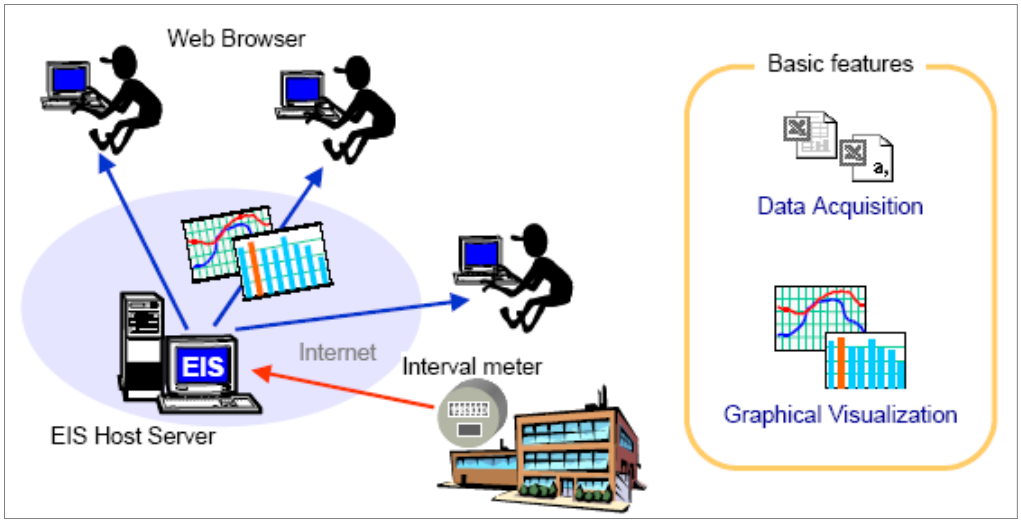
Πίνακας 1: Τύποι των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας

Πολλά προϊόντα ΠΣΕ έχουν σχεδιαστεί για να εκτελούν πολλές λειτουργίες που πολλές φορές επικαλύπτονται με αποτέλεσμα ένα σύστημα να μην εντάσσεται αποκλειστικά σε μια από τις παραπάνω κατηγορίες. Για παράδειγμα ένα ΣΖΑ μπορεί να συνδυάζει λειτουργίες ζήτησης – απόκρισης και βασικού ΠΣΕ. Στην παρούσα φάση όμως θα μείνουμε στις κατηγορίες αυτές ενώ σε άλλο κεφάλαιο θα εξετάσουμε λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά των συστημάτων ανεξαρτήτως κατηγορίας.

Βασικό-ΠΣΕ

Ένα Βασικό-ΠΣΕ περιλαμβάνει κυρίως τις λειτουργίες της συλλογής, της διαχείρισης και της γραφικής αναπαράστασης των δεδομένων που σχετίζονται με την καταναλισκόμενη ενέργεια. Έτσι οι δυνατότητες ενός Βασικού-ΠΣΕ είναι:

- Συλλογή των ενεργειακών δεδομένων όλου του κτηρίου
- Συλλογή δεδομένων κάθε μία ώρα ή και κάθε 15 λεπτά
- Μεταφορά σε έναν εξυπηρετητή για επεξεργασία
- Γραφική αναπαράσταση των τρεχόντων ή παλαιότερων δεδομένων



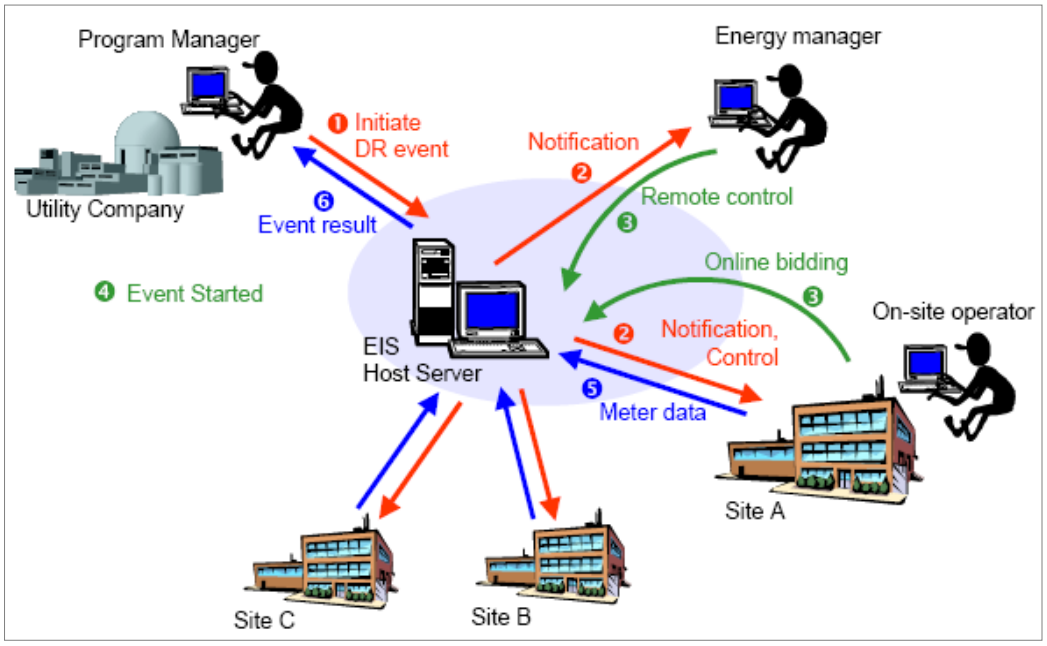
Εικόνα 2: Βασικό Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας [Motegi & Piette 2003]

Ειδικά για την αναπαράσταση ιστορικού της κατανάλωσης κάποια Βασικά-ΠΣΕ ήταν εφοδιασμένα με τέτοια εργαλεία και προσφέρονταν στους πελάτες σαν επιπρόσθετη υπηρεσία.

Ένα Βασικό-ΠΣΕ προσφέρει τις βασικές λειτουργίες ανάκτησης και γραφικής αναπαράστασης των δεδομένων αλλά δεν έχει εργαλεία για λεπτομερή ανάλυση ενώ δεν παρέχει ούτε απομακρυσμένη πρόσβαση. Θα πρέπει κάθε ρύθμιση του συστήματος να λαμβάνει χώρα στη φυσική του θέση. Χάρη στην απλότητα των συστημάτων αυτών το κόστος τους είναι αρκετά χαμηλότερο από άλλα ΠΣΕ.

Συστήματα Ζήτησης – Απόκρισης (ΣΖΑ)

Τα συστήματα αυτά είναι εργαλεία ειδοποίησης-απόκρισης που χρησιμοποιούνται για να απλοποιήσουν την εφαρμογή των προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης[2] που προσφέρονται από τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα αυτά στην ουσία ενεργούν σαν δίοδοι επικοινωνίας πραγματικού χρόνου μεταξύ των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας και των πελατών τους.



Εικόνα 3: Σύστημα Ζήτησης – Απόκρισης [Motegi & Piette 2003]

---

2 Τα προγράμματα ζήτησης απόκρισης είναι προγράμματα που προσφέρουν κίνητρα στους τελικούς καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας ανταποκρινόμενοι στις ανάγκες της επιχείρησης ηλεκτρισμού σε περιόδους υψηλής ζήτησης ή σε καταστάσεις που το δίκτυο διανομής υπερφορτωθεί και κινδυνεύει με κατάρρευση. Σε επόμενο κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στα προγράμματα αυτά.

Τα συστήματα ΖΑ ενεργοποιούνται όταν υπάρξει ένα γεγονός ζήτησης-απόκρισης. Ο πάροχος ή ο παραγωγός ενέργειας ειδοποιεί τους συμμετέχοντες στο πρόγραμμα με ηλεκτρονικό τρόπο ότι ένα γεγονός ζήτησης-απόκρισης πλησιάζει ώστε να λάβουν μέρος. Αυτομάτως ενημερώνεται ο ενεργειακός διαχειριστής αλλά και οι διαχειριστές της εκάστοτε εγκατάστασης και εκτελούν ένα σύνολο εργασιών ανάλογο του προγράμματος στο οποίο συμμετέχουν. Όταν το γεγονός ξεκινήσει οι μετρητές καταγράφουν την μειωμένη πλέον καταναλισκόμενη ενέργεια και μέσω του δικτύου η πληροφορία μεταφέρεται στον πάροχο ενέργειας που λαμβάνει γνώση σχετικά με την εξοικονόμηση που επιτυγχάνεται.

Για τους πελάτες που διαθέτουν πληθώρα εγκαταστάσεων τα συστήματα αυτά διευκολύνουν τους ενεργειακούς διαχειριστές να οργανώσουν τα ενεργειακά στοιχεία ταυτόχρονα και απομακρυσμένα για όλες τις εγκαταστάσεις. Επιπλέον επιτρέπουν στους χρήστες και στους επικεφαλείς των προγραμμάτων να παρακολουθούν τις ενεργειακές στρατηγικές τους και να επιβεβαιώνουν στους συμμετέχοντες τα ποσά ενέργειας που εξοικονομήθηκαν.

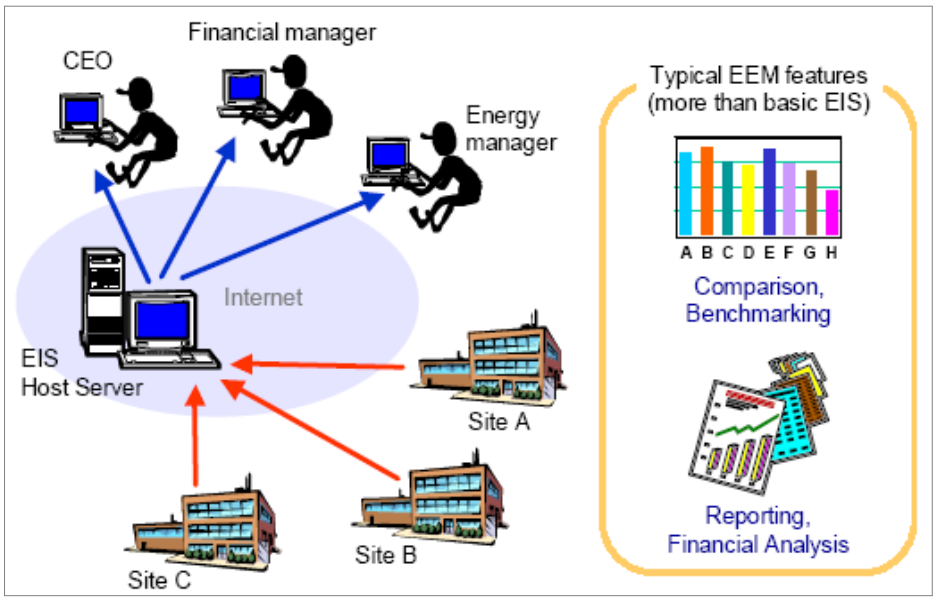
Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας

Τα προϊόντα και τα συστήματα της επιχειρησιακής διαχείρισης ενέργειας ενοποιούν πολλαπλές διαδικασίες λήψης αποφάσεων σε μία μόνο πληροφοριακή υποδομή και καθιστούν ικανή την ταυτόχρονη παρακολούθηση πολλών εγκαταστάσεων. Γενικότερα ένα ΕΣΔΕ προσδιορίζεται ως ένα σύστημα που εξυπηρετεί την σύγκριση των ενεργειακών πόρων και την βελτιστοποίηση των προμηθειών ενέργειας χειροκίνητα ή αυτοματοποιημένα σε πολλές εγκαταστάσεις.

Τα τυπικά ΕΣΔΕ έχουν τέσσερεις συνιστώσες:

- Ενεργειακή ανάλυση για την καλύτερη λήψη αποφάσεων σε θέματα τροποποίησης της επένδυσης για εξοικονόμηση ενέργειας
- Προμήθεια ενέργειας με όρους διαπραγμάτευσης συμβολαίου για να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της εγκατάστασης.

- Διαχείριση ενέργειας των εγκαταστάσεων για την βελτιστοποίηση του ενεργειακού κόστους
- Αξιολόγηση του κόστους ενέργειας για να βεβαιωθεί ότι το συμβόλαιο τηρείται στο έπακρο.



Εικόνα 4: Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας [Motegi & Piette 2003]

Τα ΕΣΔΕ υπερτερούν των βασικών ΠΣΕ καθώς πέρα των βασικών ιδιοτήτων προφέρουν επιπλέον εργαλεία σύγκρισης ενεργειακών πόρων και οικονομικής ανάλυσης που επιτρέπουν την διαχείριση πολλών εγκαταστάσεων μιας επιχείρησης.

Οι κύριοι πελάτες ενός ΕΣΔΕ είναι οι τελικοί καταναλωτές και μερικές φορές περιλαμβάνονται σε αυτούς και μικρές εγκαταστάσεις ή εμπορικά κτήρια λιανικής πώλησης. Αυτοί σπάνια έχουν εγκατεστημένους μετρητές από την εταιρία παροχής τους και έτσι πρέπει να προμηθευτούν οι ίδιοι τον απαραίτητο εξοπλισμό.

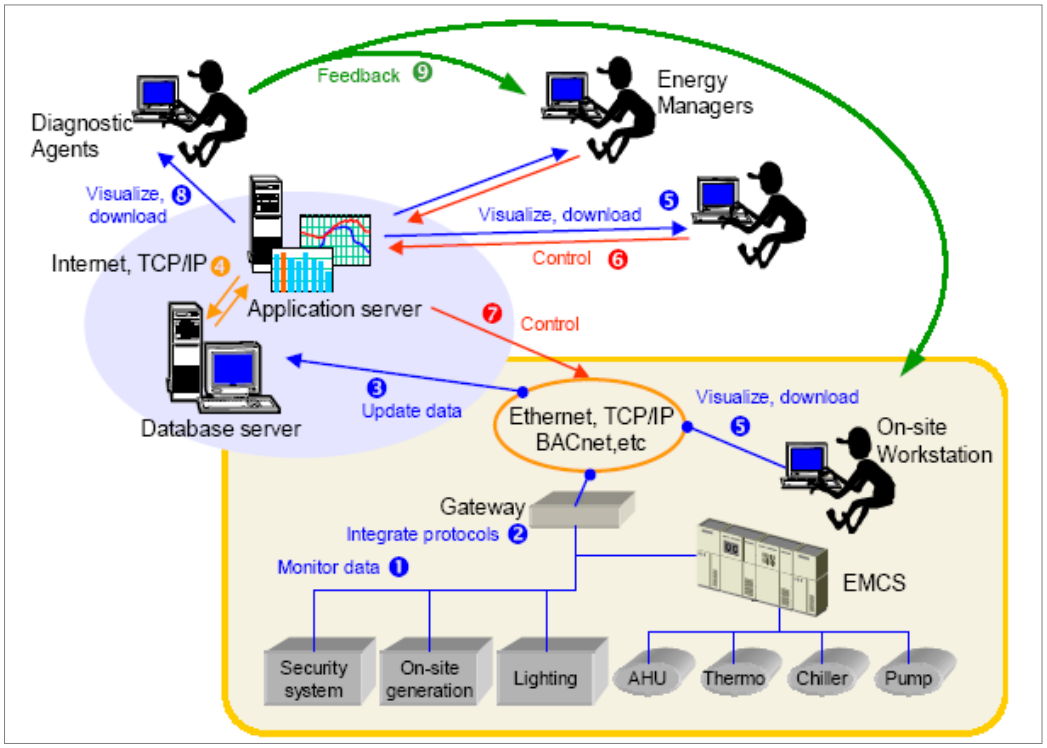
Τα ΕΣΔΕ προσφέρουν στους ενεργειακούς διαχειριστές δυνατότητες σύγκρισης μεταξύ των διαφορετικών εγκαταστάσεων μιας επιχείρησης. Έτσι μπορεί να γίνει εμφανές πως

κυμαίνεται η κατανάλωση ενός κτηρίου σε σχέση με μια παρόμοια εγκατάσταση της επιχείρησης ή αν υπάρχουν μήνες, μέρες ή ακόμα και ώρες που υπάρχει σπατάλη ενέργειας και να παρθούν έτσι οι κατάλληλες αποφάσεις.

Ένα άλλο κοινό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι η οικονομική ανάλυση. Με τα συστήματα αυτά γίνεται μια ενοποίηση της ενεργειακής χρήσης, του ρυθμού κατανάλωσης, του κόστους, της προμήθειας και όλων των σχετικών πληροφοριών κάτω από ένα φιλικό προς το χρήστη περιβάλλον ώστε να μπορεί να το χειριστεί και κάποιος που δεν είναι απόλυτα εξειδικευμένος.

Διαδικτυακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Ελέγχου (Web-ΣΔΕΕ)

Με τον όρο ΣΔΕΕ εννοούμε τους αισθητήρες, τους αναμεταδότες, τα μέσα επικοινωνίας και διασύνδεσης για τη συλλογή δεδομένων ΘΕΚ και γενικότερα από συσκευές κατανάλωσης ενέργειας όπως φωτισμός, θερμαντήρες και συστήματα ασφαλείας. Δυστυχώς τα ΣΔΕΕ σπανίως χρησιμοποιούνται για την βελτιστοποίηση λειτουργιών και αυτό γιατί δεν συνοδεύονται από επαρκή εξοπλισμό ανάλυσης δεδομένων. Παλαιότερα ο βασικός περιορισμός των περισσότερων ΣΔΕΕ ήταν η έλλειψη διαλειτουργικότητας μεταξύ των κτηρίων. Τα σημερινά συστήματα κτηρίων είναι εξαιρετικά πολύπλοκα προσπαθώντας να ομαδοποιήσουν τις λειτουργίες της ΘΕΚ, του φωτισμού και ενδεχομένως της παραγωγής ενέργειας εντός του κτηρίου.



Εικόνα 5: Διαδικτυακό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας και Ελέγχου [Motegi & Piette 2003]

On-site generation = μονάδα παραγωγής ενέργειας εντός της εγκατάστασης, AHU = Air Handler Unit, Pump = σύστημα άντλησης υδάτων.

Μερικές φορές ένα ΣΔΕΕ μπορούμε να το συναντήσουμε και με άλλα ονόματα όπως, Σύστημα Αυτοματισμού Κτηρίων, ή Σύστημα Διαχείρισης Κτηρίων.

Με την ανάπτυξη των δικτύων υπολογιστών τα πράγματα έχουν αλλάξει. Ένα web-ΣΔΕΕ προσφέρει παρακολούθηση και έλεγχο του κτηρίου επικοινωνώντας με τα παραπάνω συστήματα μέσω ενός τοπικού δικτύου και τα τελευταία χρόνια μέσω του διαδικτύου.

Η αρχιτεκτονική ενός συστήματος web-ΣΔΕΕ ποικίλει, από απλό μέχρι πολύ σύνθετο. Ένα απλό σύστημα αποτελείται από ένα μετρητή που στέλνει και λαμβάνει σήματα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του εξοπλισμού στον οποίο έχει εγκατασταθεί.

Ένα πιο πολύπλοκο σύστημα όπως αυτό της παραπάνω εικόνας ενοποιεί πολλά συστήματα όπως μετρητές θερμοκρασίας, νερού, φωτισμό, συστήματα ασφαλείας,

συστήματα παραγωγής ενέργειας στο εσωτερικό της εγκατάστασης σε ένα ενιαίο. Για την ενοποίηση αυτή πολλών συστημάτων συνήθως χρησιμοποιείται μια δικτυακή πύλη (gateway) που μπορεί να μεταφράσει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα σε ένα όπως το BACnet ή το LonWorks για να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα. Στην περίπτωση που όλα τα συστήματα χρησιμοποιούν κοινό πρωτόκολλο αντί για δικτυακή πύλη (gateway) μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας απλός δρομολογητής (router). Όλες αυτές οι μετρήσεις καταλήγουν στην βάση δεδομένων του εξυπηρετητή (server) που ενημερώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια με τις διαδικτυακές εφαρμογές λογισμικού που έχουν αναπτυχθεί οι εμπλεκόμενοι είναι σε θέση να εκτελέσουν τις λειτουργίες παρακολούθησης και ελέγχου της εγκατάστασης.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούν δικτυακή πύλη (gateway) μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, μόνο παρακολούθησης και παρακολούθησης – ελέγχου. Τα μόνο – παρακολούθησης μετατρέπουν τα δεδομένα που λαμβάνουν από τις συσκευές σε μορφή τέτοια ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την βάση του ΠΣΕ, αλλά το ανάποδο αδυνατούν να το κάνουν. Αντιθέτως τα παρακολούθησης – ελέγχου λειτουργούν και προς τις δύο κατευθύνσεις και είναι τα κατ’ εξοχήν συστήματα που χρησιμοποιούνται στα προγράμματα ζήτησης – απόκρισης. Οι συμμετέχοντες σε ένα τέτοιο πρόγραμμα όταν τους ζητηθεί μέσω του λογισμικού επεμβαίνουν και μπορούν αυτόματα να αλλάξουν τις ρυθμίσεις σε ένα θερμοστάτη, να χαμηλώσουν τον κλιματισμό ή το φωτισμό ή να κλείσουν τους ανεμιστήρες προκειμένου να εξοικονομήσουν ενέργεια.

Τα προϊόντα web-ΣΔΕΕ που επικεντρώνονται στην διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ των διαφορετικών εξοπλισμών μπορούν να αποτελέσουν το θεμέλιο πάνω στο οποίο θα αναπτυχθούν άλλα προϊόντα ΠΣΕ που θα επικεντρώνονται στον τομέα ανάλυσης και γραφικής αναπαράστασης των δεδομένων. Σε αυτή την βάση εφαρμογές ΠΣΕ παραμετροποιούνται και προσαρμόζονται ώστε να επικοινωνούν με άλλες και αυτές με άλλες και τελικά επιτυγχάνουμε την ενοποίηση των διαφόρων ΠΣΕ.

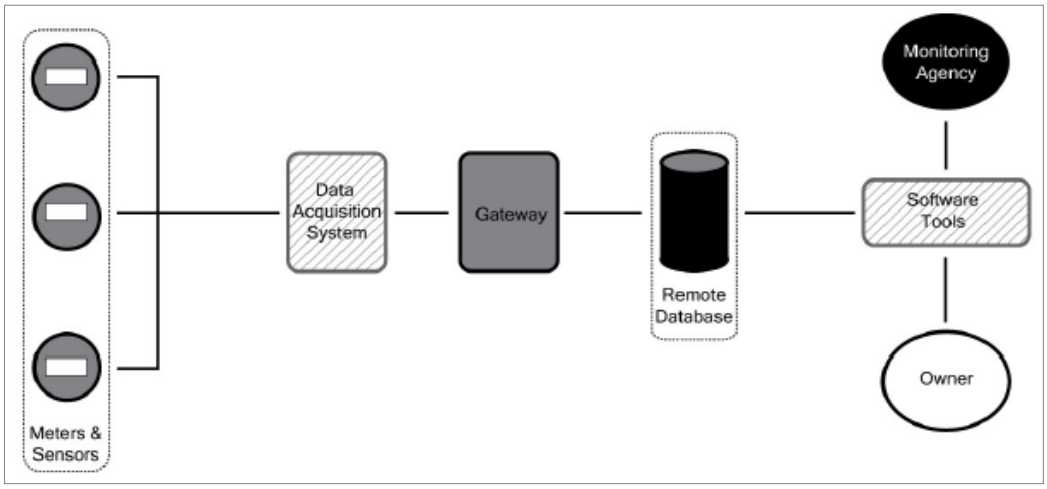
Ένα web-ΣΔΕΕ μπορεί να συμβάλλει επίσης στην συνεχή και πραγματικού χρόνου διαδικασία της διάγνωσης σε όλα τα στάδια λειτουργίας ενός συστήματος, από τον σχεδιασμό μέχρι την λειτουργία και την συντήρηση. Η γραφική αναπαράσταση των

δεδομένων είναι ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια των ενεργειακών διαχειριστών ενώ η ανάλυση χρονοσειρών που μπορεί να παρέχεται είναι μεν χρήσιμη αλλά και πολύ χρονοβόρα διαδικασία. Τέλος, πρέπει να πούμε ότι τα web-ΣΔΕΕ παρά τις διευκολύνσεις που παρέχουν και την αναμφισβήτητη χρησιμότητα τους δεν αποτελούν εργαλεία διάγνωσης και λήψης αποφάσεων. Κάτι τέτοιο γίνεται χειροκίνητα από εξειδικευμένο προσωπικό (diagnostic agents) που συλλέγει, αναλύει τα δεδομένα και εξάγει πολύτιμα συμπεράσματα τα οποία θέτει στην διάθεση των ενεργειακών διαχειριστών που καθορίζουν την ενεργειακή πολιτική της επιχείρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Τεχνολογικά Επίπεδα ΠΣΕ

Τα ΠΣΕ είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών που γεφυρώνουν την απόσταση από τη μέτρηση μέχρι το περιβάλλον διεπαφής με το χρήστη. Είδαμε ότι κάθε ΠΣΕ έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, έτσι ένα ΕΣΔΕ επικεντρώνεται περισσότερο στο φιλικό γραφικό περιβάλλον ενώ ένα web-ΣΔΕΕ στην ενοποίηση των διαφορετικών συστημάτων. Όλα αυτά τα διαφορετικά στάδια θα μπορούσαμε να τα θεωρήσουμε τεχνολογικά επίπεδα και να έχουμε (1) το επίπεδο μετρήσεων (2) το επίπεδο συνδεσιμότητας (μεταφορά των δεδομένων στον server) (3) αποθήκευση και αρχειοθέτηση των δεδομένων στον server και (4) το επίπεδο εφαρμογών (ανάλυση και παρουσίαση).



Εικόνα 6: Διάγραμμα διαδικασίας, από την μέτρηση δεδομένων μέχρι το λογισμικό [New Buildings Institute 2009]

2.1.1 Επίπεδο μετρήσεων

Η μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους, χρησιμοποιώντας μια πληθώρα εξοπλισμού, που διαφέρουν σε ακρίβεια και αξιοπιστία. Παρομοίως, οι χρήσεις των δεδομένων από την κατανάλωση της ενέργειας είναι ποικίλες, από ένα απλό άθροισμα των μηνιαίων κιλοβατώρων (Kwh) μέχρι εξαγωγή αποτελεσμάτων περί ποιότητας ρεύματος. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο κοινοί τύποι μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας.

2.1.1.1 Βασικές Τεχνολογίες μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι μετρητών: (1) οι μηχανικοί μετρητές (mechanical meters) όπου η χρήση της ενέργειας μετριέται με την κίνηση μιας μηχανικής πλάκας, (2) ηλεκτρομηχανικοί μετρητές (electro-mechanical meters), παρόμοιοι με τους μηχανικούς αλλά με ηλεκτρονική έξοδο δεδομένων και (3) ενιαίοι / ψηφιακοί μετρητές (solid state / digital meters) που επίσης ονομάζονται και προηγμένοι μετρητές (advanced meters) και δεν έχουν κινητά μέρη και η έξοδος παρέχεται σε διάφορες ψηφιακές μορφές.

Μηχανικοί μετρητές: Ο τύπος αυτός είναι ο πιο διαδεδομένος και ο πιο δοκιμασμένος ειδικά σε οικιακή χρήση. Η βασική λειτουργία του μετρητή περιλαμβάνει ένα μεταλλικό δίσκο στον οποίο επιδρούν δύο πηνία. Το ένα παράγει μαγνητικό πεδίο ανάλογο της τάση και το άλλο πεδίο ανάλογο του ρεύματος. Αυτά τα δύο πεδία επιδρούν στον δίσκο με την ισχύ που παράγεται από το γινόμενο τάση επί έντασης. Η ισχύς αυτή αναγκάζει το δίσκο να περιστρέφεται με ταχύτητα ανάλογης της ισχύς του φορτίου που διαπερνά το μετρητή.



Αυτός ο τύπος μετρητή συνήθως βρίσκεται στο σημείο σύνδεσης με τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας των κατοικιών ή μικρών εμπορικών κατοικιών και λειτουργεί με τάση 120/240 volts. Έχουν σφάλμα μέτρησης 1-2% και το κόστος κυμαίνεται από $50-$100.

Εικόνα 7: Μηχανικός Μετρητής [Federal Energy Management Program, U.S DoE]

Βασικό μειονέκτημα των μηχανικών μετρητών είναι η έλλειψη αποθήκευσης των δεδομένων και η αδυναμία τους για ηλεκτρονική επικοινωνία. Δεν μπορούν να πάρουν ενδιάμεσες μετρήσεις και η ανάγνωση της κατανάλωσης γίνεται χειροκίνητα. Γενικότερα κρίνονται ακατάλληλοι για τα σύγχρονα ΠΣΕ.

Ηλεκτρομηχανικοί μετρητές: Αυτός ο τύπος είναι παρόμοιος σε μορφή και λειτουργία με την μηχανικό τύπο, εκτελεί τις ίδιες βασικές λειτουργίες με το επιπλέον χαρακτηριστικό ενός κωδικοποιητή για την ψηφιοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης. Ο κωδικοποιητής ανιχνεύει τον περιστρεφόμενο δίσκο και στέλνει ένα σήμα (συνήθως είναι παλμός) όταν ολοκληρωθεί μια πλήρη περιστροφή. Ο παλμός αυτός που δείχνει την καταναλισκόμενη ενέργεια μπορεί είτε να αποθηκευτεί για μελλοντική ανάκτηση είτε να σταλεί απευθείας σε μια συσκευή αποθήκευσης δεδομένων. Έτσι ο ηλεκτρομηχανικός μετρητής μπορεί να διαβάζει, καταγράφει και αποθηκεύει την ηλεκτρονική αναπαράσταση της ενέργειας.



Τοποθετείται, όπως και ο μηχανικός, συνήθως στην είσοδο της παροχής ενέργειας κατοικιών και εμπορικών επιχειρήσεων, δουλεύει με τάση 120/240 volts, έχει σφάλμα μέτρησης 1-2% και το κόστος του ανέρχεται στα $100-$200.

Εικόνα 8: Ηλεκτρομηχανικός Μετρητής [Federal Energy Management Program, U.S DoE]

Αν και μπορεί να παραμετροποιηθεί ώστε να λαμβάνει μετρήσεις ακόμα και σε ωριαία διαστήματα το κόστος εξοπλισμού αποθήκευσης και μεταφοράς σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι απαγορευτικά μεγάλο. Για το λόγο αυτό ελέγχεται η χρήση του στα σύγχρονα ΠΣΕ.

Προηγμένοι (solid state/digital) ηλεκτρικοί μετρητές: Οι μετρητές αυτοί είναι διαφορετικοί από τους δύο προηγούμενους τύπους, δεν έχουν κινητά μέρη αλλά αποτελούνται από αξιόπιστα ολοκληρωμένα κυκλώματα με μετασχηματιστές τάσης και έντασης, μνήμη και ενσωματώνουν τεχνολογία επικοινωνιών.

Οι μετρητές αυτοί έχουν την δυνατότητα μετρήσεων και καταγραφής ανά διαστήματα χρόνου (τουλάχιστον ανά ώρα) και μεταφορά αυτών σε μορφή κατάλληλη και αξιοποιήσιμη από τα διάφορα προηγμένα συστήματα μέτρησης. Μετράνε την ζήτηση

(KW) ανά ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα που μπορεί να είναι από 1 ώρα μέχρι και κάθε 1 λεπτό ανάλογα με τις ανάγκες της επεξεργασίας ή του προγράμματος που πρέπει να ικανοποιηθεί. Καθώς οι δυνατότητες και η προσαρμοστικότητα των μετρητών αυξάνεται και το κόστος μειώνεται αυτοί οι μετρητές συνεχώς κερδίζουν έδαφος στην αγορά και τυγχάνουν μεγάλης αποδοχής.



Αυτού του τύπου οι μετρητές εγκαθίστανται συνήθως σε μεγάλα συγκροτήματα, εργοστάσια και εγκαταστάσεις μεγάλης κατανάλωσης ενέργειας.

Εικόνα 9: Προηγμένοι Μετρητές [Federal Energy Management Program, U.S DoE]

Το μέγεθος και το σχήμα τους ποικίλει από στρογγυλό τύπου φωλιάς (socket) μέχρι συστοιχία πλαισίων (panel rack). Αναλόγως τον κατασκευαστή και το μοντέλο επιτυγχάνουν σφάλμα μέτρησης 0.2–0.5% ενώ η τιμή τους είναι ανάλογη του κατασκευαστή και των χαρακτηριστικών που ενσωματώνουν και κυμαίνεται από $400-$700 ενώ μπορεί να φτάσει και τα $2000 εάν ενσωματώνουν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των προηγμένων μετρητών είναι τα εξής:

- Αποθήκευση δεδομένων και δυνατότητα χρονοσφραγίδας - καταγράφουν και αποθηκεύουν τις μετρήσεις σε εγγραφές χρονοσειρών (time-series records).
- Εξυπηρετούν και άλλες εισόδους – μπορούν να λαμβάνουν εισόδους από άλλους μετρητές (αερίου ή νερού) και ενσωματώνουν τα δεδομένα αυτά στις ίδιες εγγραφές.
- Έχουν δυνατότητες διάγνωσης – γεφυρώνουν τις ενδεχόμενες διαταραχές τάσης ή συμμετρίας των φάσεων.

- Προσφέρουν αμφίδρομη επικοινωνία – μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν σήματα πράγμα που επιτρέπει απομακρυσμένη πρόσβαση για αλλαγή των παραμέτρων τους πχ αλλαγή των μεσοδιαστημάτων μέτρησης.
- Χαρακτηριστικά ελέγχου και συναγερμού – όταν η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται μπορούν να ειδοποιήσουν για την προσέγγιση των ορίων και να δώσουν εντολή για απενεργοποίηση κάποιου εξοπλισμού.
- Ελαστικά μεσοδιαστήματα μετρήσεων – για διαγνωστικούς σκοπούς στους μετρητές αυτούς μπορούμε να προσαρμόζουμε το διάστημα καταγραφής ώστε να παίρνει μετρήσεις ακόμα και κάθε 1 λεπτό. Αυτό διευκολύνει το προσωπικό όταν θέλουν να μελετήσουν ένα συγκεκριμένο γεγονός.
- Στατιστικά: μέγιστο, ελάχιστο , μέσος όρος – έχουν την δυνατότητα για καταγραφή, ανάλυση και εξαγωγή μεγίστου/ελαχίστου ρεύματος ή τάσης , συσχέτιση μεταξύ των φάσεων κτλ
- Πολλαπλοί τρόποι επικοινωνίας – οι περισσότεροι μετρητές έχουν την δυνατότητα για επικοινωνία μέσω τηλεφωνικής γραμμής και modem, μέσω δικτύου ή και ασύρματα. Επιπλέον κάποιοι πιο εξειδικευμένοι μπορούν να αποτελέσουν οι ίδιοι σημείο διασύνδεσης (hub) για άλλες συσκευές όπως μετρητές αερίου ή νερού.

Από όλα τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι αυτός είναι ο καταλληλότερος τύπος μετρητή και χρησιμοποιείται στα σύγχρονα ΠΣΕ.

2.1.1.2 Μετρητές ειδικού σκοπού

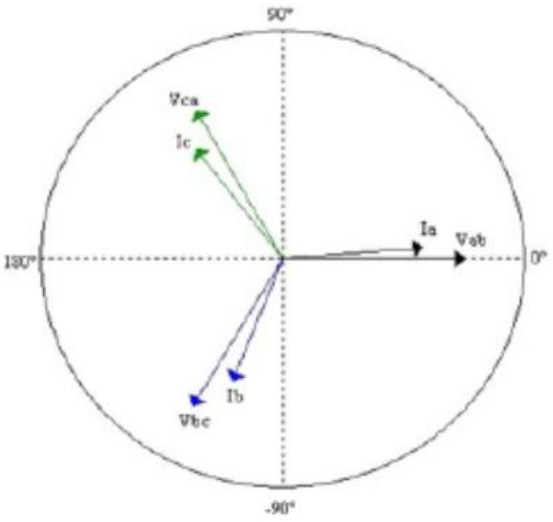
Εκτός από τα είδη των μετρητών που ήδη αναφέραμε, υπάρχουν και κάποιοι άλλοι, ειδικού σκοπού, οι οποίοι σχετίζονται με την ποιότητα της ενέργειας. Οι μετρητές αυτοί είτε είναι ξεχωριστές συσκευές είτε η λειτουργία τους ενσωματώνεται μέσα σε προηγμένους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε μια καταγραφή των συστημάτων αυτών και δίνουμε λεπτομέρειες σχετικά με τους τρόπους χρήσης και τα πλεονεκτήματα που ενδεχομένως προσφέρουν.

Μετρητές διανύσματος φάσης (Phasor Measurement Unit - PMU)

Τα συστήματα μέτρησης διανύσματος φάσης (Phasor Measurement Unit – PMU ή synchrophasor) είναι συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο ενέργειας σε διάφορα σημεία και καταγράφουν την τάση και την ένταση του δικτύου σαν διανύσματα φάσης (μέτρο, γωνία φάσης) καθώς και το ρυθμό μεταβολής της συχνότητας του δικτύου.

Καθώς οι μετρητές PMU βρίσκονται διάσπαρτοι σε όλο το δίκτυο είναι ανάγκη, για να είναι τα αποτελέσματα συγκρίσιμα, να υπάρχει συγχρονισμός των μετρήσεων. Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τη χρήση ρολογιού ραδιοσυχνοτήτων που είναι συγχρονισμένο με τη διεθνή ώρα UTC (Universal Time Coordinated) και λαμβάνει σήμα μέσω GPS (Global Positioning System). Κάθε μέτρηση έχει τη δικιά της χρονική σφραγίδα. Έτσι επιτυγχάνονται συγχρονισμένες μετρήσεις πραγματικού χρόνου σε πολλά σημεία του δικτύου ταυτόχρονα. Οι συσκευές αυτές θεωρούνται από τις πιο σημαντικές συσκευές μετρήσεων στα συστήματα ενέργειας ενώ εξασφαλίζουν και μεγάλη ακρίβεια με μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα 1% στο τελικό διάνυσμα.

Ένας μετρητής PMU μπορεί να είναι μια αυτοτελή συσκευή ή να ενσωματώνεται σαν λειτουργία σε άλλες συσκευές.



Εικόνα 10: Διανύσματα τάσης και έντασης

Η φάση είναι ένας πολύπλοκος αριθμός που αναπαριστά ταυτόχρονα το μέτρο και την γωνία των μεγεθών που υπάρχουν στον ηλεκτρισμό. Έτσι οι μετρητές PMU μετράνε τις τάσεις και τα ρεύματα σε διαφορετικές τοποθεσίες του δικτύου και εξάγουν με ακρίβεια χρονοσφραγισμένα διανύσματα φάσης.

Πιο συγκεκριμένα οι μετρητές PMU μετράνε:

- Τριφασική τάση
- Τριφασικό ρεύμα

Και εξάγουν αναφορές με τις ακόλουθες πληροφορίες

- Μέτρο και γωνία τάσης
- Μέτρο και γωνία έντασης
- Συχνότητα (απόκλιση από την ονομαστική σε MHz)
- Ρυθμός μεταβολής της συχνότητας
- Δεδομένα που ορίζει ο χρήστης (πχ για κάποιο έλεγχο)

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως οι μετρητές PMU τοποθετούνται διάσπαρτα σε διάφορα σημεία του δικτύου. Μια από τις πιο συνηθισμένες θέσεις είναι οι μετασχηματιστές. Οι μετασχηματιστές είναι οι ενεργειακοί κόμβοι σε ένα δίκτυο που συνδέουν πολλές άλλες κύριες ενεργειακές συνιστώσες μεταξύ τους, σταθμούς παραγωγής, υποσταθμούς, δίκτυα και εγκαταστάσεις μεταφοράς και διανομής. Η ροή του ρεύματος και οι διάφορες ανωμαλίες που μπορούν να παρουσιαστούν μεταξύ των μερών αυτών παρακολουθούνται καλύτερα στους μετασχηματιστές, γι' αυτό και αποτελούν το πιο συνηθισμένο σημείο τοποθέτησης. Αυτό όμως δε σημαίνει ότι δε συναντάμε PMU μετρητές και σε σταθμούς παραγωγής ή υποσταθμούς μεταφοράς, ανάλογα με την εγκατάσταση που θέλουμε να ελέγξουμε κάθε φορά.

Οι μετρητές PMU βρίσκουν εφαρμογή σε σταθμούς παραγωγής καθώς οι μετρήσεις αυτές δείχνουν την κατάσταση του σταθμού, συμβάλουν στην αξιολόγηση και σταθεροποίηση του συστήματος ενέργειας πχ ανίχνευση ανωμαλίας της τάσης, έχουν την δυνατότητα ανίχνευσης νησιδοποίησης (islanding) και αποκατάστασης ενώ συμβάλουν και στην αποκατάσταση του σταθμού παραγωγής χωρίς την βοήθεια του εξωτερικού δικτύου διανομής (black start). Οι πολλαπλές μετρήσεις της έντασης του ρεύματος επιτρέπουν την ανίχνευση ανωμαλιών στους διάφορους υποσταθμούς παραγωγής.

Στους υποσταθμούς μεταφοράς οι μετρητές είναι χρήσιμοι για την προστασία των μετασχηματιστών. Συνδέουν τις εισόδους του ρεύματος, που δε χρησιμοποιούνται για

την προστασία του μετασχηματιστή, με εισερχόμενες ή εξερχόμενες γραμμές για την παροχή επιπλέον προστασίας, για μέτρηση της γωνίας φάσης, της ροής ενεργής ή άεργης ισχύος αλλά και για την ανίχνευση υπερχείλισης του δικτύου.

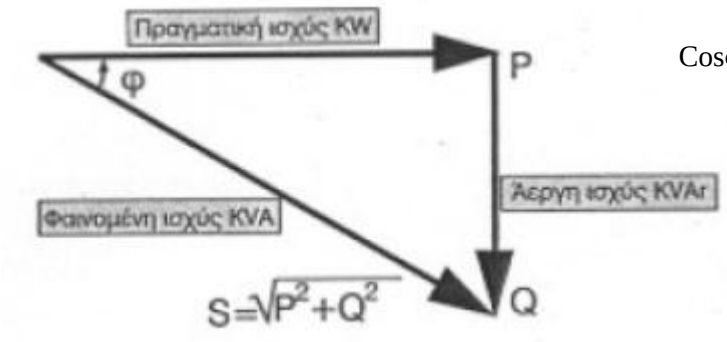
Μετρητές συντελεστή ισχύος (PF meters)

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τους μετρητές αυτούς πρέπει να ορίσουμε κάποια ηλεκτρολογικά μεγέθη και έννοιες.
Υπάρχουν τρία είδη ισχύος. Η ενεργός P, η άεργος Q και η φαινόμενη ισχύς S και ισχύει δε πάντα ότι $\vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$.

Η συνολική ισχύς S (φαινόμενη ή μιγαδική) είναι η ενέργεια που καταναλώνεται από μια συσκευή ανά μονάδα χρόνου (δευτερόλεπτο) και μετριέται σε κιλοβολταμπέρ (kVA).

Η ενεργός ισχύς (P), δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια ανά δευτερόλεπτο που παράγει πραγματικό έργο, μετριέται σε κιλοβάτ (kW). Με τον όρο «πραγματικό έργο» εννοείται το σύνολο της ενέργειας που τελικά μετατρέπεται σε ωφέλιμο έργο.

Το δεύτερο υποσύνολο της φαινόμενης ισχύος ονομάζεται άεργος ισχύς (Q) και μετριέται σε κιλοβολταμπέρ ρεακτίφ (kVAr). Ονομάζεται άεργος ισχύς διότι σε αντίθεση με την ενεργό ισχύ δεν μετατρέπεται σε έργο, αλλά αντανακλάται από τη συσκευή και επιστρέφει στο ηλεκτρικό δίκτυο με διαφορετική μορφή. Σε αναλογία μπορεί κανείς να φανταστεί την πορεία μιας ηλιαχτίδας μέσα από ένα παράθυρο. Ένα ποσοστό της περνά από το παράθυρο και το υπόλοιπο αντανακλάται, αλλά έχει διαφορετική κατεύθυνση από την αρχική.



Cosφ= Power Factor = $\frac{P(kW)}{S(kVA)}$

Εικόνα 11: Συντελεστής Ισχύος (Power Factor)

Τα ηλεκτρικά φορτία χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες.

1) Ωμικά: Όλες οι συσκευές που έχουν αντιστάσεις κουζίνες, θερμοσίφωνες ηλεκτρικά σίδερα. Τα ωμικά δεν χρησιμοποιούν άεργο ισχύ επειδή το ρεύμα είναι συμφασικό με την τάση.

2)Χωρητικά: Σύγχρονοι ηλεκτρικοί κινητήρες, πυκνωτές. Τα χωρητικά παράγουν άεργο επειδή το ρεύμα προηγείται της τάσης.

3) Επαγωγικά: Τα επαγωγικά φορτία είναι καταναλωτές άεργου ισχύος επειδή η τάση προηγείται του ρεύματος. Τέτοιες συσκευές είναι ψυγεία, κλιματιστικά, ασύγχρονοι κινητήρες, φωτιστικά εκκένωσης αέριων, μετασχηματιστές κλπ και τα οποία βρίσκονται στο σύνολο των εμπορικών καταστημάτων και βιοτεχνιών – βιομηχανιών.

Όλα τα επαγωγικά φορτία για να λειτουργήσουν χρειάζονται 2 είδη ισχύος.

Την ενεργό ισχύ (kW) που εκτελεί τη δουλειά και την άεργο ισχύ (kVAr).

Η άεργος ισχύς είναι μη παραγωγική ισχύς, αλλά χρησιμοποιείται από τα επαγωγικά φορτία για να παράγουν ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Χωρίς αυτό οι κινητήρες δεν μπορούν να ξεκινήσουν και να λειτουργούν για να παράγουν το έργο για τους οποίους τους έχουμε προμηθευτεί .

Επειδή όμως το φορτίο μιας επαγωγικής συσκευής μεταβάλλεται συνεχώς κατά την λειτουργία του, μεταβάλλεται ταυτόχρονα και ο συντελεστής ισχύος (Pf) που είναι ο λόγος της ενεργούς ισχύος P (kW) προς την συνολική (φαινόμενη) ισχύ S (kVA) το οποίο μας προσδιορίζει μέσω του διανυσματικού αθροίσματος την απορρόφηση της άεργου ισχύς Q (kVAr). Η γωνία που σχηματίζεται απ’ αυτό το γεωμετρικό άθροισμα ονομάζεται συντελεστής ισχύος (Pf) ή συνημίτονο φ (cosφ-συνφ) εν συντομία.

Καλό συνφ εννοείται αυτό που πλησιάζει το 1.

Στα επαγωγικά φορτία όσο η γωνία του συνφ ανοίγει πχ 0.95 – 0,90 – 0,80 – 0,70 τόσο και η άεργο ισχύ που χρειαζόμαστε αυξάνεται.

Για παράδειγμα, μια τυπική επώνυμη κλιματιστική μονάδα, η οποία δεν είναι νέας τεχνολογίας inverter αλλά παλαιάς τεχνολογίας 18000 BTU έχει ισχύ P=1850W με

Συντελεστή Ισχύος (cosφ) περίπου ίσο με 0,9 για τάση λειτουργίας U=230V μονοφασικό και ασφαλίζεται με μικροαυτόματο 16Α. Εάν μία τέτοια μονάδα λειτουργεί 14 ώρες ημερησίως στη θερινή περίοδο σε ένα χώρο με μέτριες θερμικές απώλειες (όχι συχνά ανοιγο-κλεισίματα παραθύρων και θυρών κλπ) αναμένονται 8-10 εκκινήσεις συνολικά, στην διάρκεια των οποίων το φορτίο δεν είναι σταθερό. Συνεπώς έχουμε:

1) Σημαντικό αριθμό εκκινήσεων στη διάρκεια των οποίων το ρεύμα εκκίνησης είναι πολλαπλάσιο του αντίστοιχου κανονικής λειτουργίας και προκαλεί τοπική πτώση τάσης στο δίκτυο.
2) Κατά την εκκίνηση (αρχικά στις χαμηλές στροφές περιστροφής κινητήρα) η τιμή του Συντελεστή Ισχύος (cosφ) είναι ιδιαίτερα χαμηλή.
3) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μηχανήματος, χωρίς δυνατότητα προσαρμογής των στροφών του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου, έχουμε χαμηλό συντελεστή ισχύος για φόρτιση μικρότερη του 100% (ιδανική συνθήκη). Ενδεικτικά για φόρτιση 100% έχουμε Συντελεστή Ισχύος (cosφ) =0,9, για φόρτιση 75% έχουμε Συντελεστή Ισχύος (cosφ) =0,87, για φόρτιση 50% Συντελεστή Ισχύος (cosφ) = 0,78 και για φόρτιση 25% Συντελεστή Ισχύος (cosφ) = 0,6. Η άεργος που θα απορροφήσει από το δίκτυο σύμφωνα με τα παραπάνω cosφ είναι 0,89 kVAr, 1,1 kVAr, 1,48 kVAr, 2,46 kVAr, ενώ το ρεύμα λειτουργίας θα είναι 9Α, 9,24Α, 10,3Α, 13,4Α αντίστοιχα. Κάτι ανάλογο λοιπόν συμβαίνει με όλες τις επαγωγικές συσκευές.

Γεγονός πάντως είναι ότι η άεργος ισχύς δημιουργεί πολλά προβλήματα και μεγάλο πονοκέφαλο στους διαχειριστές του δικτύου και των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά στις ώρες αιχμής και ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες αφού, το ηλεκτρικό δίκτυο έρχεται στα όρια του καθώς δεν μπορεί να μεταφέρει μεγάλες ποσότητες άεργου ισχύος kVAr και ενεργή ισχύς kW, καθώς η άεργος ισχύς δεν μεταφέρεται εύκολα μέσα στο δίκτυο και ενδέχεται να προκαλέσει μερική κατάρρευση του δικτύου (τοπικό black out). Επίσης η ξαφνικά περίσσια άεργος ισχύς επιστρέφει στην πηγή στην οποία παράχθηκε, δηλαδή στο σταθμό παραγωγής και υπάρχει περίπτωση σε μεγάλες ποσότητες να μην μπορεί να ελεγχθεί, αφού τα όρια φόρτισης του δικτύου είναι παρά πολύ στενά, με αποτέλεσμα να κινδυνεύει με κατάρρευση η ίδια η μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (γενικό black out). Η άεργος ισχύς όμως, έχει

ένα πλεονέκτημα, μπορεί να παραχθεί σε τοπικό επίπεδο, δηλαδή από τον ίδιο τον καταναλωτή, με την χρήση χωρητικού φορτίου, πυκνωτές ή σύγχρονους ηλεκτρικούς κινητήρες. Οι σύγχρονοι ηλεκτρικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται από την βιομηχανία για ευνόητους λόγους, παράγουν έργο ενώ ταυτόχρονα παραδίδουν στην ηλεκτρική εγκατάσταση άεργο ισχύ. Οι υπόλοιποι χρησιμοποιούν πυκνωτές ισχύος. Τα σύγχρονα συστήματα αντιστάθμισης άεργου ισχύος με πυκνωτές kVAr σχεδιάζονται και κατασκευάζονται ειδικά για το σύστημα στο οποίο προορίζονται μετά από μελέτη και εξειδικευμένες μετρήσεις με κατάλληλα ηλεκτρονικά όργανα.

Σήμερα η ανάγκη για εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται επιτακτική και στην χώρα μας. Με την υπογραφή της συμφωνίας του Κιότο και την διάσκεψη της Κοπεγχάγης σχετικά με την κλιματική αλλαγή είμαστε υποχρεωμένοι σε κάποιες αλλαγές. Πρέπει να περιορίσουμε της εκπομπές ρυπογόνων αέριων. Η ΔΕΗ από το 2013 και μετά θα αγοράζει δικαιώματα εκπομπών ρύπων, ενώ σήμερα εκπέμπει πάνω από 75.500.000 τόνους. Το κόστος αγοράς ρύπων θα ξεπερνάει το 1,5δις € το οποίο η εταιρία θα το περάσει στους καταναλωτές.

Ήδη η ΔΕΗ έχει αλλάξει τον τρόπο υπολογισμού της άεργου ισχύος που παρέχει στους καταναλωτές με τιμολόγια γενικής και βιομηχανικής χρήσης τύπου Γ22 - Γ22Β στην Χ.Τ με Νο παροχής 5-6-7. Λαμβάνει επίσης σαν αποδεκτό συνημίτονο φ το 0,95 ενώ μέχρι πριν από λίγο καιρό λάμβανε το 0,85. Από το 2013 το συνημίτονο φ 0,95 θα είναι υποχρεωτικό.

Σύμφωνα μάλιστα με το Κ.ΕΝ.Α.Κ (Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων) του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας. ΕΓΚΥΚΛΙΟΣ Αρ. Πρωτ. 2279. 22.12.2010 ορίζονται τα εξής: ¨Σε όλα τα κτίρια του τριτογενή τομέα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού της αντιστάθμισης της άεργου ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους (συνφ) σε επίπεδο κατ' ελάχιστο 0.95¨

Τα πλεονεκτήματα που έχουμε από την αντιστάθμιση άεργου ισχύος είναι

- Μείωση του κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας .
- Αύξηση της παραγωγικότητας των σταθμών παραγωγής.
- Σημαντική αποφυγή των επιβαρύνσεων στο λογαριασμό της ΔΕΗ.
- Απαλλαγή των στοιχείων του δικτύου (καλωδίων, μετασχηματιστών, διακοπτών) από την άεργο συνιστώσα του ρεύματος και αποφυγή πολυέξοδων επεκτάσεων.
- Υψηλότερος συντελεστής ισχύος, βελτιωμένη σταθερότητας τάσης και λιγότερες απώλειες δικτύου.
- Αποφυγή προβλημάτων συντονισμού και άμβλυνση των ηλεκτρικών διαταραχών.
- Λιγότερη φθορά του εξοπλισμού και αύξηση της διάρκεια ζωής του.
- Χαμηλότερο κόστος συντήρησης και χαμηλότερο κόστος αντικατάστασης του υπάρχοντος εξοπλισμού.

Άλλοι μετρητές

Οι παραπάνω κατηγορίες που αναφέραμε αποτελούν μετρητές ειδικού σκοπού και όπως είπαμε χρησιμοποιούνται είτε στο δίκτυο παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας είτε σε πολυδάπανες και ενεργοβόρες εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Ανάγκη όμως για παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας έχουν και οι μικρότερες εμπορικές ή οικιακές εγκαταστάσεις οι οποίες βέβαια δεν απαιτούν τους εξειδικευμένους μετρητές που αναφέραμε προηγουμένως. Για το λόγο αυτό υπάρχουν στο εμπόριο μετρητές που προσφέρουν ενδείξεις για το άθροισμα της ενεργής, άεργης και φαινόμενης ισχύς και μετράνε την ενέργεια των τριών προηγούμενων μεγεθών (kWh, KVArh). Οι μετρητές συχνότητας, μετράνε την συχνότητα του εναλλασσομένου ρεύματος και είναι επίσης διαδεδομένοι για την παρατήρηση της σταθερότητας του οικιακού κυρίως δικτύου.

Μετρητές BTU

Μια ειδική κατηγορία μετρητών που όμως έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών τόσο σε βιομηχανικό όσο και σε μικρότερο εμπορικό ή οικιακό επίπεδο είναι οι μετρητές BTU και για το λόγο αυτό είναι σκόπιμο να κάνουμε μια μικρή αναφορά σε αυτούς.

BTU (British Thermal Unit) είναι μια βασική μονάδα μέτρησης θερμικής ενέργειας. Ένα BTU είναι το ποσό της ενέργειας που χρειάζεται για να ζεσταθεί μια λίβρα νερού θερμοκρασίας ενός βαθμού Φαρενάιτ. Η ενέργεια αυτή μπορεί να προέρχεται από διάφορες πηγές, όπως κάρβουνο, ηλεκτρισμός, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, ορυκτούς πόρους και ηλιακή ενέργεια. Σήμερα στο εμπόριο υπάρχουν διαθέσιμοι αναλογικοί αλλά και ψηφιακοί μετρητές BTU ενώ διαφέρουν σε χαρακτηριστικά και ανάλογα με την χρήση. Κάποιοι είναι μικροί σε διαστάσεις και βάρος. Άλλοι είναι σχεδιασμένοι να δουλεύουν αμφίδρομα, προς δύο κατευθύνσεις, ώστε τα δεδομένα που καταγράφονται να προβάλλονται σε ένα σύστημα παρακολούθησης. Όταν χρησιμοποιούνται σε φούρνους, βραστήρες, χυτήρια κτλ μετράνε την θερμική ενέργεια που προστίθεται στο περιβάλλον, ενώ για χρήση σε συστήματα ψύξης, όπως κλιματισμού, μετράνε την θερμική ενέργεια που απομακρύνεται.

Οι μετρητές BTU χρησιμοποιούνται σε μονάδες ψύξης και θέρμανσης νερού ή υγροποίησης αερίου σε εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Σε επαγγελματικούς χώρους και γραφεία χρησιμοποιούνται για την χρέωση λογαριασμού σε ενοικιαστές αλλά και για την πρόβλεψη ενεργειακής ζήτησης. Οι μετρητές BTU χρησιμοποιούνται επίσης για την παρακολούθηση κεντρικών μονάδων παραγωγής ή σε ινστιτούτα, πανεπιστημιουπόλεις και βιομηχανικές εγκαταστάσεις σαν μέσα καταμερισμού του κόστους ενέργειας.

2.1.2 Επίπεδο συνδεσιμότητας

Για ένα ολοκληρωμένο σύστημα μέτρησης είναι ζωτικής σημασίας ο τρόπος επικοινωνίας από τον αισθητήρα προς το μετρητή και από τον μετρητή προς το χώρο αποθήκευσης. Συνήθως το πρώτο κομμάτι της επικοινωνίας, από τον αισθητήρα προς το μετρητή, είναι ενσωματωμένο μέσα στον ίδιο τον μετρητή γι’ αυτό και εμάς θα μας απασχολήσει το κομμάτι από τον μετρητή προς το χώρο αποθήκευσης.

Ανεξάρτητα από τον τύπο του μετρητή όταν τα δεδομένα συλλεχθούν πρέπει να μεταφερθούν στο χώρο που θα αποθηκευτούν, θα επεξεργαστούν και από εκεί θα χρησιμοποιηθούν. Κάθε μετρητής μπορεί να έχει διάφορους τύπους εξόδου σήματος με τους οποίους το όλο σύστημα πρέπει να είναι συμβατό. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι:

- Αναλογική έξοδος – συνήθως 4-20 mA ή 0-5 volts
- Κύκλωμα που δίνει σήμα εξόδου τύπου παλμού.
- Ψηφιακή έξοδος – ψηφιακός παλμός
- Ψηφιακό σήμα – σήματα που χρησιμοποιούν δίκτυα επικοινωνιών (πχ Ethernet, Modbus, HART).

Πολλοί από τους νέους τύπους μετρητών εξόδου ψηφιακού σήματος μπορούν να δίνουν έξοδο με σήματα διαφόρων τύπων προσφέροντας έτσι πολλές επιλογές στον τρόπο επικοινωνίας. Για παράδειγμα ένα σύνολο μετρητών επικοινωνεί με ένα κοινό ζεύγος καλωδίων προς το χώρο αποθήκευσης εξοικονομώντας χώρο από τα καλώδια αλλά και χρήματα. Επίσης οι μετρητές έχουν και οι ίδιοι μια μικρή οθόνη για την προβολή των μετρήσεων που είναι χρήσιμη για τον περιοδικό έλεγχο σωστής λειτουργίας ή για την αλλαγή ρυθμίσεων επί τόπου όταν παρουσιαστεί ένα πρόβλημα στην επικοινωνία.

Οι σύγχρονες τεχνικές επικοινωνίας συχνά έχουν τον ορισμό **Αυτοματοποιημένη Ανάγνωση Μετρητών (ΑΑΜ) (Automated Meter Reading - AMR).** Τα συστήματα ΑΑΜ, ενσύρματα ή ασύρματα συνεχώς κερδίζουν χώρο στην αγορά εξαιτίας της αξιοπιστίας και του ολοένα μικρότερου κόστους ενώ εγκαταστάσεις όπως εργοστάσια, μεγάλα συγκροτήματα ή πανεπιστημιουπόλεις είναι οι πιο συνηθισμένοι πελάτες. Όταν σχεδιάζουμε ένα σύστημα ΑΑΜ πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την υπάρχουσα επικοινωνιακή εγκατάσταση ώστε να την εκμεταλλευτούμε και να μειώσουμε το κόστος. Έτσι πρέπει να εκμεταλλευτούμε ένα υπάρχουν τοπικό δίκτυο υπολογιστών ενώ στην περίπτωση απομακρυσμένων κτηρίων ενδεχομένως μας συμφέρει ο συνδυασμός πολλών τεχνολογιών επικοινωνίας, μέσω τηλεφωνικών γραμμών για μια περιοχή, ασύρματη σύνδεση σε μια άλλη κτλ.

Παρακάτω γίνεται μια μικρή αναφορά στους τύπους ΑΑΜ με κάποια βασικά χαρακτηριστικά του καθενός.

Τηλεφωνική γραμμή – Modem. Αποτελεί την πιο κλασσική, διαχρονική και αξιόπιστη τεχνολογία. Στις τυπικές εφαρμογές χρησιμοποιείται αυτοματοποιημένο λογισμικό για να κάνει κλήση στο modem και να ανακτήσει τα δεδομένα ενώ υπάρχουν και μετρητές που κάνουν οι ίδιοι κλήσεις σε προκαθορισμένο χρόνο ή όταν έχουν αποθηκεύσει κάποιο όγκο δεδομένων. Να σημειώσουμε ακόμα ότι δεν είναι ανάγκη να υπάρχουν χωριστές τηλεφωνικές γραμμές για τη λειτουργία των μετρητών αλλά μοιράζονται τις υπάρχουσες που χρησιμοποιούνται και για άλλες λειτουργίες ακόμα και τα τηλέφωνα γραφείων. Για να μην παρατηρείται σύγχυση μπορεί η χρήση των κοινών γραμμών για μεταφορά δεδομένων να οριστεί να γίνεται τις μη εργάσιμες ώρες.

Στην κατηγορία αυτή θα εντάξουμε και την ασύρματη επικοινωνία μέσω τηλεφώνου. Αναφερόμαστε στα κινητά τηλέφωνα και τα πρότυπα μετάδοσης GSM, GPRS και 3G.

Το GSM αναπτύχθηκε στην Ευρώπη και εδώ και χρόνια αποτελεί το κυριότερο και πιο διαδεδομένο ανά τον κόσμο πρότυπο ασύρματης τηλεφωνικής επικοινωνίας.

Το GPRS είναι το ενδιάμεσο βήμα μεταξύ του παραδοσιακού GSM και του 3G. Χρησιμοποιεί τις ίδιες περιοχές συχνοτήτων (bands) με το GSM και ενώ χρησιμοποιείται ο ίδιος εξοπλισμός για τον πάροχο το κινητό μας είναι απαραίτητο να έχει ξεχωριστό πομποδέκτη.

Τέλος έχουμε τις υπηρεσίες τρίτης γενιάς 3G που βασίζονται στην λογική της μεταφοράς πακέτων, όπως συμβαίνει και στα δίκτυα υπολογιστών. Τα 3G δίκτυα λειτουργούν σε συχνότητες υψηλότερες από αυτές του GSM/GPRS με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο εύρος μετάδοσης δεδομένων (bandwidth) που φτάνει σήμερα τα 14 Mbps.

Τοπικά δίκτυα Υπολογιστών (LAN). Τα δίκτυα LAN που προϋπάρχουν μπορούνε να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα μέτρησης και να εξοικονομηθούν έτσι αρκετά χρήματα από τον εξοπλισμό. Οι μετρητές με την σωστή παραμετροποίηση μπορούν να επικοινωνούν με το υπάρχον δίκτυο χρησιμοποιώντας μια πληθώρα πρωτοκόλλων όπως το Modbus, HART, TCP/IP, BACnet κτλ. Επίσης αν επεκταθούμε λίγο μπορούμε με την

χρήση δικτύων μεγάλης εμβέλειας (WAN) να ενώσουμε όλα τα επιμέρους τοπικά δίκτυα, πράγμα χρήσιμο για μεγάλες εγκαταστάσεις με απομακρυσμένα κτήρια και υποδομές. Επιτυγχάνουμε με τον τρόπο αυτό διαμοιρασμό των δεδομένων σε όλο το δίκτυο και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο. Ένα ζήτημα που υπεισέρχεται είναι αυτό της ασφάλειας του δικτύου και της δυνατότητας κάποιου να παραβιάσει το δίκτυο από το φυσικό σημείο του μετρητή. Όλα αυτά όμως αντιμετωπίζονται σχετικά εύκολα με τα διάφορα πρωτόκολλα ασφαλείας που είναι διαθέσιμα αν και πρέπει να επενδυθεί λίγος χρόνος για εκπαίδευση του προσωπικού που θα ασχολείται με τον τομέα αυτό.

Σύστημα Αυτοματισμού Κτηρίου (Building Automation System - BAS). Στην περίπτωση που στις εγκαταστάσεις μας υπάρχει ήδη ένα τέτοιο σύστημα μπορούμε να εκμεταλλευτούμε αυτή την παλαιότερη μας επένδυση και να το χρησιμοποιήσουμε για την μεταφορά των δεδομένων από τους μετρητές μας. Τώρα οι μετρητές αποτελούν κάποια νέα «σημεία» του υπάρχοντος συστήματος BAS. Ένα βασικό στοιχείο που πρέπει να προσέξουμε πριν προχωρήσουμε σε αγορά εξοπλισμού είναι κατά πόσο το παλιό μας σύστημα μπορεί να επεκταθεί προσθέτοντας νέα «σημεία» και αν μπορεί να συνεργαστεί με το νέο, για παράδειγμα πρέπει να χρησιμοποιούν το ίδιο πρωτόκολλο.

Ραδιοσυχνότητες (RF) / Ασύρματα Δίκτυα. Ένας άλλος τρόπος μεταφοράς είναι ο ασύρματος μέσω ραδιοσυχνοτήτων που τα τελευταία χρόνια κερδίζει συνεχώς έδαφος καθώς ο εξοπλισμός γίνεται όλο και πιο φτηνός. Η ασύρματη επικοινωνία προσφέρει τα οφέλη του χαμηλού κόστους εγκατάστασης, της ευελιξίας όσον αφορά την τοποθεσία των μετρήσεων και την ανεξαρτησία από άλλες υπάρχουσες επικοινωνιακές υποδομές. Βεβαίως ένα μειονέκτημα παραμένει η αξιοπιστία της επικοινωνίας που εξαρτάται από την εμβέλεια του σήματος αλλά και από τα υλικά του κτηρίου που μπορεί να μπλοκάρουν τα RF σήματα. Τα ζητήματα αυτά λύνονται κυρίως με αναμεταδότες και ενισχυτές σήματος ενώ τα θέματα ασφαλείας που υπάρχουν και εδώ, παρόμοια με τα τοπικά δίκτυα, ξεπερνιούνται με τα πρωτόκολλα ασφαλείας ασυρμάτων επικοινωνιών.

2.1.2.1 Τρόποι μετάδοσης και Πρωτόκολλα

Στην ενότητα αυτή αναφερθήκαμε στο επίπεδο συνδεσιμότητας και είδαμε τους τρόπους που οι αισθητήρες επικοινωνούν με τους μετρητές και αυτοί με τη σειρά τους με τους χώρους αποθήκευσης. Κάναμε μια αναφορά και παρουσιάσαμε κάποιες μεθόδους τόσο

ενσύρματες όσο και πιο σύγχρονες ασύρματες. Στο σημείο αυτό θα πάμε λίγο παραπέρα και θα εμβαθύνουμε προκειμένου να μελετήσουμε ειδικότερα τις μεθόδους και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στην ενσύρματη κυρίως μετάδοση που είναι η αρχαιότερη και η πιο διαδεδομένη.

Με την μέχρι τώρα ανάλυση έχει γίνει κατανοητό ότι βασικό στοιχείο για την βιωσιμότητα και αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης κτηρίων αποτελούν οι μετρητές οι οποίοι πρέπει να είναι σε θέση να συλλέγουν και να μεταφέρουν τα δεδομένα και τις παραμέτρους εκείνες για ανάλυση και εξαγωγή αναφορών. Αναφορών που σχετίζονται με την κατανομή του κόστους ενέργειας ανά εγκατάσταση, για την εξαγωγή του λογαριασμού ενός κτηρίου ή για την ανεύρεση λύσεων εξοικονόμησης ενέργειας.

Πριν από μερικά μόλις χρόνια ο μόνος τρόπος για να ανακτήσουμε την πληροφορία των μετρητών ήταν να μεταβούμε στο σημείο που ήταν εγκατεστημένοι, να διαβάσουμε τις ενδείξεις τους και να τις μεταφέρουμε σε ένα τετράδιο. Βέβαια, σήμερα χάρη στην τεχνολογία και στην ποικιλία των επιλογών στον τομέα των επικοινωνιών οι μετρητές είναι σε θέση να μας «μιλάνε» χωρίς να υπάρχει η ανάγκη για επί τόπου μετάβαση. Πράγματι η σημερινή ευκολία έγκειται στους πολλούς διαφορετικούς τρόπους που έχουμε για την μεταφορά και συγκέντρωση της πληροφορίας από το σύστημα διαχείρισης κτηρίων.

Οι δύο πιο κλασσικοί τρόποι επικοινωνίας με τους μετρητές είναι (1) μέσω κατάλληλου λογισμικού και πρωτοκόλλων επικοινωνίας ή (2) μέσω ενός εξαγόμενου σήματος (κυρίως παλμού) προς το σύστημα διαχείρισης. Πάντως και στις δύο περιπτώσεις, η επικοινωνία προς το υπολογιστικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο το λογισμικό γίνεται είτε μέσω δομημένης καλωδίωσης είτε με κλήση μέσω modem.

Στην περίπτωση της δομημένης καλωδίωσης η επικοινωνία γίνεται μέσω καλωδίου RS-485 ή μέσω Ethernet χρησιμοποιώντας ένα υπάρχον δίκτυο. Για την επικοινωνία μέσω Ethernet απαιτείται η χρήση του πρωτοκόλλου IP ενώ με τη χρήση του RS-485 έχουμε τη δυνατότητα 1200μ. δομημένης καλωδίωσης στο κτήριο. Τα σημερινά λογισμικά είναι σε θέση με την κατάλληλη παραμετροποίηση να χρησιμοποιούνε ταυτόχρονα όλες αυτές τις μεθόδους. Ένα βασικό σημείο που πρέπει να έχουμε κατά νου είναι ότι οι μετρητές,

ειδικά οι παλαιότεροι, που δεν έχουν δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης πρέπει να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα με έναν Καταγραφέα Εσωτερικών Δεδομένων (Interval Data Recorder - IDR). Αυτοί αναλαμβάνουν την συλλογή και αποθήκευση της καταναλισκόμενης ενέργειας (kWh) και μετράνε την ζήτηση (kW) σε προγραμματιζόμενα από το χρήστη χρονικά διαστήματα όπως ακριβώς συμβαίνει και με τους σύγχρονους μετρητές. Ανάλογα με την τεχνολογία του IDR τα δεδομένα μπορεί να συλλέγονται από 8, 16 ή και περισσότερους μετρητές και να αποθηκεύονται ακόμα και για διάστημα 36 ημερών. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να προσπελαστούν μέσω κλήσης modem, ή με χρήση πρωτοκόλλων Ethernet, IP, Modbus, LonWorks TP, BACnet κτλ.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε modem οι μετρητές και τα IDR μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους με RS-485 καλωδίωση και να γίνει μετατροπή σε RS-232[3] για να συνδεθούν με το modem. Κάτι τέτοιο παρέχει πρόσβαση σε ολόκληρο το σύστημα μόνο με ένα modem. Θεωρητικά εκατοντάδες μετρητές και IDR μπορούν να προσπελαστούν από ένα μόνο modem.

Η περίπτωση του Ethernet είναι μια μέθοδος με βασικό πλεονέκτημα ότι είναι κατάλληλο για συστήματα Intranet και Internet. Έτσι όταν συνδέεται το σύστημα στο Internet οι μετρητές μπορούν να διαβαστούν από οπουδήποτε στον κόσμο χωρίς να έχουμε μεγάλες χρεώσεις απομακρυσμένης πρόσβασης, όπως θα είχαμε αν συνδεόμασταν στο Internet μέσω ενός απλού modem. Οι μεγάλες ταχύτητες που εξασφαλίζουμε πλέον στο Internet είναι σημαντικό πλεονέκτημα που λαμβάνεται υπόψη.

---

[3] Το RS-232 (Recommended Standard 232) είναι ένα πρότυπο για σειριακή μετάδοση δυαδικών σημάτων δεδομένων μεταξύ ενός DTE (Data Terminal Equipment) και ενός DCE (Data Circuit-terminating Equipment). Χρησιμοποιείται συχνά στις σειριακές θύρες των προσωπικών υπολογιστών και ορίστηκε το 1969 από την Electronics Industries Alliance (EIA).

Το Πρότυπο RS-485

Το EIA-485 επίσης γνωστό ως TIA/EIA-485 ή RS-485 είναι ένα πρότυπο που προσδιορίζει τα ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά των συσκευών και των δεκτών για χρήση σε ψηφιακά συστήματα εγκατεστημένα σε διαφορετικές θέσεις. Τα πρότυπο δημοσιεύτηκε από την Telecommucations Industry Association / Electronic Industries Alliance (TIA/EIA).

RS-485	
Standard	EIA RS-485
Physical media	Twisted pair
Network topology	Point-to-point, Multi-dropped, Multi-point
Maximum devices	32 - 256 devices (32 unit loads[1])
Maximum distance	1200 metres (4000 feet)
Mode of operation	Differential signaling
Maximum baud rate	100 kbit/s - 10 Mbit/s
Voltage levels	-7 V to +12 V
Mark (1)	Positive Voltages (B-A > +200 mV)
Space (0)	Negative voltages (B-A < -200 mV)
Available signals	Tx+/Rx+, Tx-/Rx- (Half Duplex) Tx+, Tx-, Rx+, Rx- (Full Duplex)
Connector types	Not specified

Εικόνα 12: Το πρότυπο RS-485 (Wikipedia.org)

Το πρότυπο RS-485 προσδιορίζει μονάχα κάποια ηλεκτρολογικά χαρακτηριστικά του εκπομπού και του δέκτη και δεν προσδιορίζει, ούτε συστήνει κανένα πρωτόκολλο επικοινωνίας. Προσφέρεται για την παραμετροποίηση μικρών τοπικών δικτύων λόγω της ευκολίας του, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων φτάνει τα 35Mbps για απόσταση μέχρι 10μ και τα 100Kbps μέχρι τα 1200μ. Η απόσταση αυτή είναι εφικτή καθώς ο φυσικός τρόπος σύνδεσης είναι το ανεστραμμένο ζεύγος καλωδίων.

Τα ψηφιακά δίκτυα επικοινωνίας που υλοποιούν το πρότυπο RS-485 μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά σε μακρινές αποστάσεις και σε ηλεκτρολογικώς θορυβώδη περιβάλλοντα. Οι πολλαπλοί δέκτες μπορούν να είναι συνδεδεμένοι βάση μιας γραμμικής διάταξης πάνω σε ένα σύνολο ηλεκτρικών καλωδίων. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τα δίκτυα αυτά εύχρηστα σε βιομηχανικά ή άλλα παρεμφερή περιβάλλοντα.

Η προτεινόμενη διάταξη των καλωδίων είναι ένωση σημείου με σημείο και όχι τοπολογίες αστέρα, δακτυλίου ή πολλών διασυνδεδεμένων δικτύων. Ιδανικά, στις 2 άκρες του καλωδίου τοποθετούνται αντιστάτες τερματισμού σε σειρά με τα δύο καλώδια.

Χωρίς τους αντιστάτες τερματισμού μπορεί να έχουμε ανακλάσεις στις άκρες των γρήγορων εκπομπών και να προκληθεί φθορά των δεδομένων.

Οι αντιστάτες τερματισμού επίσης μειώνουν τον θόρυβο λόγω της χαμηλότερης αντίστασης της ροή του ρεύματος.

Οι τοπολογίες αστέρα και δακτυλίου δε συνίστανται εξαιτίας των ανακλάσεων των σημάτων ή της υπερβολικά χαμηλής ή υψηλής αντίστασης των αντιστάσεων τερματισμού.

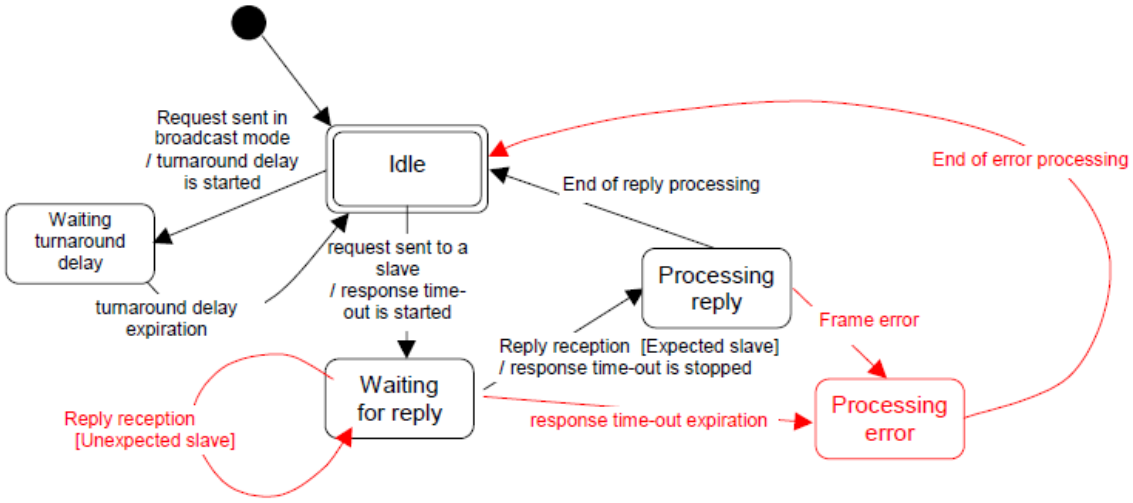
Το πρωτόκολλο Modbus

Ένα άλλο πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των μετρητών είναι το Modbus το οποίο είναι κυρίαρχο στα βιομηχανικά συστήματα ελέγχου. Οι μετρητές είναι σε θέση να μετράνε δεδομένα όπως καταναλισκόμενη ενέργεια, Volts, Amps, συντελεστή ισχύος, συχνότητα, kW, kVA, kVAr κτλ και να τα μεταφέρουν στα συστήματα ελέγχου.

Τα δεδομένα αποστέλλονται από τους μετρητές όταν ζητηθούν για να κατευθυνθούν και να επεξεργαστούν από το κεντρικό σύστημα ελέγχου του κτηρίου, που αναλαμβάνει το ρόλο του master. Οι μετρητές που είναι συμβατοί με το Modbus συνήθως είναι δύο κατηγοριών, Modbus RTU ή Modbus TCP, ανάλογα με την έκδοση του πρωτοκόλλου. Αντίστοιχες κατηγορίες με τους μετρητές υπάρχουν και για τα IDR.

- Το Modbus RTU χρησιμοποιείται στην σειριακή επικοινωνία, συνήθως μέσω καλωδίου RS-485 και για να επιτευχθεί η επικοινωνία του πρωτοκόλλου κάνει χρήση μιας συμπιεσμένης δυαδικής αναπαράστασης των δεδομένων. Για τον έλεγχο λαθών και για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των δεδομένων χρησιμοποιείται η τεχνική του κυκλικού ελέγχου πλεονασμού (Cyclic Redundancy Check - CRC). Τα μηνύματα στην έκδοση αυτή μεταφέρονται συνεχόμενα και χωρίζονται μεταξύ τους με κενά σιωπής (idle). Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στο πρωτόκολλο Modbus RTU είναι αυτή του Κυρίου/Δούλου (Master/Slave) κατά την οποία οι μετρητές έχουν το ρόλο του δούλου προς το σύστημα ελέγχου. Η έκδοση Modbus RTU είναι η πιο κοινή έκδοση του πρωτοκόλλου.

Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα κατάστασης για τον Κύριο (Master)



Εικόνα 13: Διάγραμμα κατάστασης master (Modbus.org)

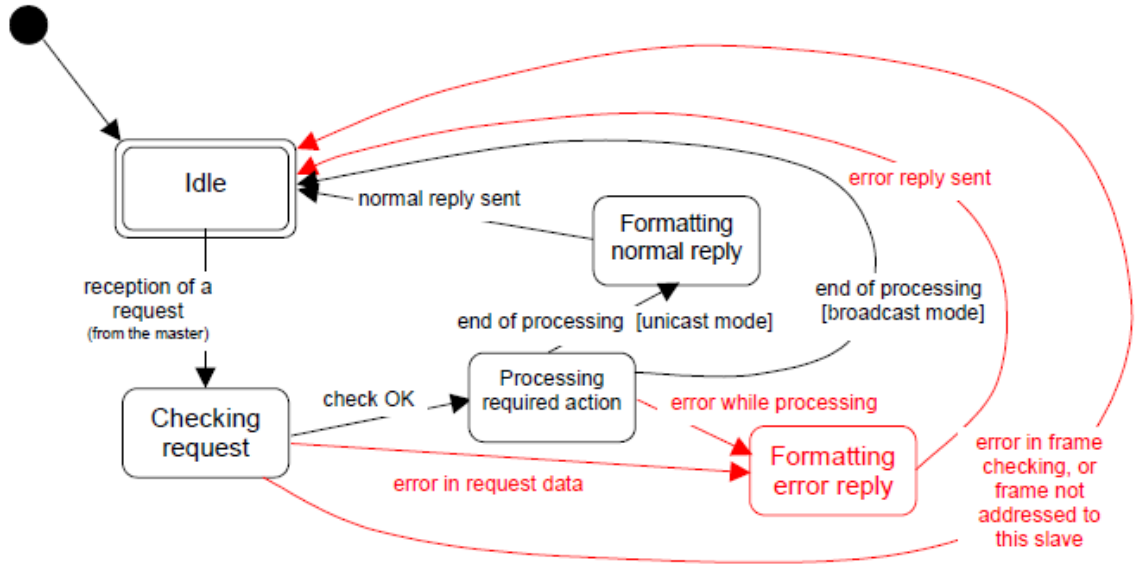
Εξηγήσεις σχετικά με το διάγραμμα:

- Η κατάσταση αδράνειας(Idle) σημαίνει ότι δεν υπάρχει αίτημα σε αναμονή. Είναι η αρχική κατάσταση που λαμβάνει το σύστημα όταν τίθεται σε λειτουργία. Ένα αίτημα μπορεί να σταλεί μόνο από την κατάσταση Idle. Όταν αποσταλεί ένα αίτημα ο master φεύγει από την κατάσταση "Idle" και δε μπορεί να στείλει δεύτερο αίτημα την ίδια στιγμή.
- Όταν ένα αίτημα αποστέλλεται σε έναν slave, ο master μπαίνει σε κατάσταση αναμονής απάντησης στο αίτημα του (Waiting for reply) ενώ ταυτόχρονα ξεκινά ένα χρονικό όριο στο οποίο πρέπει να έρθει η απάντηση (Response time-out). Αυτό αποτρέπει τον master να βρεθεί επ' άπειρον σε κατάσταση αναμονής απάντησης. Η χρόνος αναμονής ορίζεται ανάλογα με την εφαρμογή και ξεκινά από 1s μέχρι αρκετά δευτερόλεπτα με ρυθμό μετάδοσης τα 9600bps
- Όταν μια απάντηση ληφθεί, ο master ελέγχει για λάθη πριν συνεχίσει τη διαδικασία. Τα λάθη μπορεί να αφορούν είτε σε απάντηση από μη αναμενόμενο slave είτε σε λάθη στο πλαίσιο(frame) του μηνύματος που ελήφθη. Εάν το μήνυμα είναι από λανθασμένο slave τότε ο χρόνος αναμονής εξακολουθεί να

τρέχει ενώ εάν υπάρχει λάθος στο μήνυμα υπάρχει η δυνατότητα για επαναποστολή.

- Εάν δε ληφθεί καμία απάντηση, ο χρόνος αναμονής λήγει και παράγεται ένα λάθος(error). Στη συνέχεια ο master εισέρχεται σε κατάσταση αδράνειας(idle) και ενεργοποιείται για άλλη μια προσπάθεια αποστολής αιτήματος. Ο αριθμός των προσπαθειών εξαρτάται από τις ρυθμίσεις του master.
- Όταν αποστέλλεται μια εκπομπή προς όλους τους σταθμούς(broadcast) κατά μήκος της σειριακής γραμμής, δεν επιστρέφεται καμία απάντηση από αυτούς. Ωστόσο ο master περιμένει ένα χρονικό διάστημα ώστε ο κάθε slave να επεξεργαστεί το αίτημα. Το χρονικό αυτό διάστημα αναμονής ονομάζεται "Turn around delay", είναι μεταξύ 100ms και 200ms και μετά την πάροδο του, ο master επιστρέφει στην κατάσταση αδράνειας.

Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα κατάστασης για τον slave

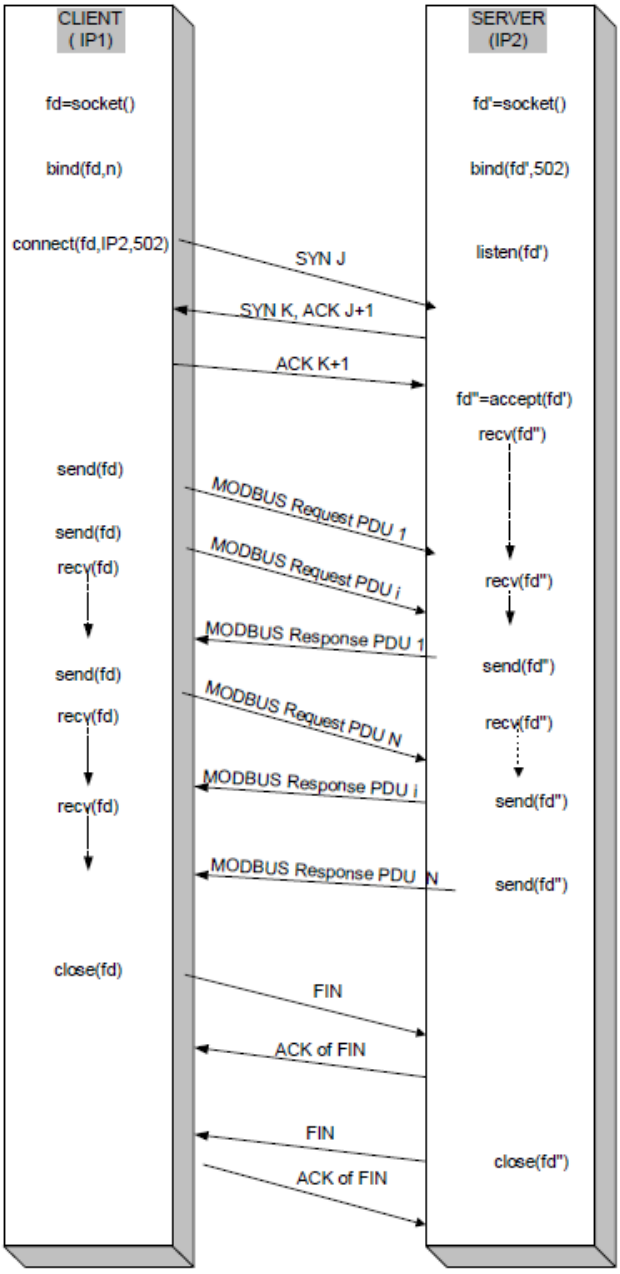


Εικόνα 14: Διάγραμμα κατάστασης slave (Modbus.org)

Εξηγήσεις σχετικά με το διάγραμμα:

- Η κατάσταση αδράνειας(idle) σημαίνει ότι δεν υπάρχει αίτημα σε αναμονή και αποτελεί την αρχική κατάσταση όταν η συσκευή τίθεται σε λειτουργία.
- Όταν λαμβάνεται ένα αίτημα από τον master ο slave ελέγχει το μήνυμα πριν εκτελέσει αυτό που λέει. Τα λάθη που μπορεί να προκύψουν είναι, λάθος στην μορφή του μηνύματος, μη έγκυρη ενέργεια κτλ. Στην περίπτωση λάθους στέλνεται μια απάντηση στον master.
- Όταν το αίτημα που απαιτείται ολοκληρωθεί, στέλνεται μια αναφορά στον master.
- Εάν υπάρξει λάθος στο πλαίσιο (frame) του μηνύματος, δεν αποστέλλεται απάντηση στον master.

- Το Modbus TCP είναι μια έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται σε TCP/IP δίκτυα, στην θύρα 502 και η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω Ethernet. Ο έλεγχος πλεονασμού στην έκδοση αυτή είναι περιττή καθώς το TCP/IP πρωτόκολλο εγγυάται την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων. Η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στο Modbus TCP είναι αυτή του Client/Server.



Εικόνα 14: Αρχιτεκτονική Πελάτη / Εξυπηρετητή (Client / Server)

Εξηγήσεις σχετικά με το διάγραμμα:

- Μια υποδοχή (socket) είναι το βασικό δομικό στοιχείο επικοινωνίας μέσω της οποίας μεταφέρονται τα δεδομένα μεταξύ του client / server όταν εγκαθίσταται μια συνεδρία μεταξύ τους. Η συνάρτηση socket() δημιουργεί ένα socket. Επιστρέφεται ένας αριθμός που χρησιμοποιείται στην συνέχεια από τον δημιουργό για να προσπελάσει το socket. Τα socket δημιουργούνται χωρίς IP διευθύνσεις ή αριθμό θύρας (port). Μέχρι μια θύρα να δεθεί με το socket δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δεχθεί δεδομένα.
- Η συνάρτηση bind() χρησιμοποιείται για να δέσει μια θύρα (port) με το socket και δημιουργεί μεταξύ τους μια συσχέτιση.
- Για να αρχικοποιηθεί η σύνδεση, ο πελάτης καλεί την συνάρτηση connect() προσδιορίζοντας τον αριθμό του socket, την IP και τη θύρα του παραλήπτη.
- Για την εγκαθίδρυση της σύνδεσης πρέπει ο server να εκτελέσει την συνάρτηση accept() με τον αριθμό του socket που έχει ακούσει στο προηγούμενο βήμα με την εκτέλεση της listen(). Τότε δημιουργείται ένα νέο socket με τα ίδια χαρακτηριστικά με το αρχικό. Το νέο αυτό socket συνδέεται με το socket του client και ο αριθμός του επιστρέφεται στον server. Το αρχικό socket είναι πλέον διαθέσιμο για άλλους clients που θέλουν στο μέλλον να συνδεθούν με τον server.
- Όταν ένα socket δεν χρειάζεται πλέον, ο περιγραφέας του απορρίπτεται και η επικοινωνία τερματίζεται με χρήση της συνάρτησης close().
- Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει τον client να εγκαθιδρύει επικοινωνία και να αποστέλλει τρία αιτήματα στον server χωρίς να χρειάζεται να περιμένει να απαντηθεί πρώτα το πρώτο, σε αντίθεση με το πρωτόκολλο Modbus RTU.

Το πρωτόκολλο BACnet

Το πρωτόκολλο BACnet είναι ένα ανοικτό πρωτόκολλο, πολύ χρήσιμο για την επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων μετρητών. Αναπτύχθηκε το 1987 στο Nashville, Tennessee και το 1995 έγινε πρότυπο της ANSI και ISO το 2003. Είναι ένα πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε ειδικά για αυτοματισμό και έλεγχο κτηρίων, για εφαρμογές θέρμανσης,

εξαερισμού, κλιματισμού, φωτισμού, ελέγχου και συστημάτων πυρόσβεσης. Για το λόγο αυτό έχει τύχει μεγάλης αποδοχής από την βιομηχανία στις παραπάνω εφαρμογές. Όπως συμβαίνει και με το Modbus οι συμβατοί με το BACnet μετρητές επικοινωνούν μεταξύ τους είτε με καλώδιο RS-485 είτε με Ethernet. Όταν έχουμε σύνδεση με RS-485 η έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται είναι η BACnet MS/TP με την αρχιτεκτονική Master / Slave ενώ στην Ethernet η έκδοση είναι το BACnet IP. Το πρωτόκολλο BACnet καθορίζει μεγάλο αριθμό επιπέδων, φυσικό ή συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων, όπως ARCNET, Internet, BACnet/IP, Point-To-Point over RS-485, Master-Slave over RS-485 και LonTalk.

Το πρωτόκολλο LonTalk / LonWorks

Ένα ακόμα ανοικτό πρωτόκολλο είναι το LonTalk το οποίο σήμερα είναι μέρος της πλατφόρμας LonWorks.Δημιουργήθηκε και αυτό κυρίως για βιομηχανικό έλεγχο και βρήκε εφαρμογή στον οικιακό αυτοματισμό, τις μεταφορές και τα συστήματα ΘΕΚ και φωτισμού. Ανήκει σε μια κατηγορία διαφορετική από τα προηγούμενα καθώς η σύνδεση των συσκευών δε γίνεται με RS-485 ή Ethernet αλλά με ζεύγος ανεστραμμένων καλωδίων, κάτι που το καθιστά μοναδικό στην εφαρμογή και στην εγκατάσταση.

Ασύρματα πλεγματοειδή δίκτυα

Τα ασύρματα πλεγματοειδή δίκτυα (Wireless Mesh Network - WMN) είναι δίκτυα επικοινωνίας που δημιουργούνται από κόμβους ραδιοκυμάτων οργανωμένους σε μορφή πλέγματος. Το δίκτυο αποτελείται κυρίως από πελάτες (clients), δρομολογητές (routers) και δικτυακές πύλες (gateways). Οι clients είναι συνήθως φορητοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα ή άλλες ασύρματες συσκευές ενώ οι δρομολογητές κατευθύνουν την κίνηση από και προς τις δικτυακές πύλες που μπορεί ή όχι να συνδέονται στο διαδίκτυο. Ένα πλεγματοειδές δίκτυο είναι αρκετά αξιόπιστο και όταν ένας κόμβος βρεθεί εκτός λειτουργίας οι υπόλοιποι μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω των υπολοίπων. Τα δίκτυα αυτά μπορούν να υλοποιηθούν με ποικίλες ασύρματες τεχνολογίες όπως, 802.11, 802.15, 802.16, τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας ή συνδυασμό μερικών από αυτές. Τα πλεγματοειδή δίκτυα έχουν εφαρμογή και στα συστήματα ελέγχου κτηρίων καθώς τα δεδομένα μεταφέρονται από τον ένα μετρητή στον άλλο μέχρι

να φτάσουν στον προσωρινό χώρο αποθήκευσης (data collector) και από εκεί να μεταφερθούν συνήθως μέσω Ethernet στον υπολογιστή.

2.1.3 Αποθήκευση και αρχειοθέτηση

Όπως αντιλαμβανόμαστε για όλα αυτά τα δεδομένα που θα παράγουμε και θα μεταφέρουμε χρειαζόμαστε ένα σύστημα μόνιμης αποθήκευσης. Το σύστημα αποθήκευσης δεδομένων που θα χρειαστούμε εξαρτάται από τον αριθμό των μετρητών, τον αριθμό των παραμέτρων που χρειάζεται να μετράμε, τα διαστήματα ανάμεσα στα οποία κάνουμε μετρήσεις και αν υπάρχει ανάγκη προσπέλασης παλαιοτέρων δεδομένων, ιστορικών στοιχείων όπως ονομάζονται. Στις περισσότερες των περιπτώσεων ένα από τα πολλά διαθέσιμα συστήματα βάσεων δεδομένων εξυπηρετούν τους σκοπούς αυτούς στο έπακρον.

Τα ειδικότερα χαρακτηριστικά ενός συστήματος βάσης δεδομένων θα πρέπει να αποφασιστούν από εξειδικευμένα άτομα του χώρου της πληροφορικής λαμβάνοντας υπόψη και το γνωστικό επίπεδο των ατόμων που θα κληθούν να τα χειριστούν.

Κάποιες τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι εξής:

- Τα δεδομένα πρέπει να αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων συμβατή με δομημένες γλώσσες ερωτημάτων (SQL). Ένας SQL server είναι η ιδανική περίπτωση.
- Η βάση δεδομένων πρέπει να επιτρέπει διάφορες εφαρμογές να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα της (ανάγνωση - εγγραφή) μέσω κωδικού ασφαλείας καθώς αυτή τρέχει.
- Οι νέες μετρήσεις που έρχονται από τους μετρητές μας πρέπει να καταχωρούνται στη βάση δεδομένων το λιγότερο μία φορά την ημέρα.
- Ο χώρος αποθήκευσης πρέπει να είναι ικανός να αποθηκεύσει δεδομένα για τουλάχιστον 2 χρόνια, για λόγους ιστορικότητας.
- Όλα τα δεδομένα πρέπει να έχουν χρονοσφραγίδα που θα τοποθετείται στο σημείο εξαγωγής και μετά θα μεταφέρονται στην βάση δεδομένων.

- Στα εξαγόμενα δεδομένα δεν πρέπει να υπάρχουν διπλοεγγραφές ή διπλές χρονοσφραγίδες. Κάθε μετρητής πρέπει να έχει τη δική του χρονοσφραγίδα (ημερομηνία/ ώρα).
- Οι ενδείξεις ημερομηνία/ώρα καλό είναι να είναι σε μια μόνο στήλη ώστε να είναι εύκολα διαχειρήσιμες από την βάση ή από ένα λογιστικό φύλλο.
- Οι μετρήσεις για κάθε σημείο καλό είναι να αποθηκεύονται σε ένα και μόνο αρχείο ή πίνακα.

Σχετικά με το υπολογιστικό σύστημα που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ευτυχώς σήμερα υπάρχει πληθώρα συστημάτων ισχυρής υπολογιστικής δύναμης, χωρητικότητας κτλ. Σαν συμβουλή μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα αυτό καλό είναι να χρησιμοποιείται μονάχα για αυτόν τον σκοπό και να είναι εφοδιασμένο με λειτουργίες αυτόματης λήψης αντιγράφων ασφαλείας (backup) για κάθε ενδεχόμενο.

2.1.3 Επίπεδο εφαρμογών

Μέχρι τώρα έχουμε δει το υλικό και τις υποδομές που χρειαζόμαστε για ένα ΠΣΕ. Εγκαταστήσαμε τους μετρητές μας, είδαμε την βάση δεδομένων που χρειαζόμαστε και μιλήσαμε για τον τρόπο επικοινωνίας και μεταφοράς των δεδομένων σε αυτήν. Το τελευταίο στοιχείο που πρέπει να λάβουμε υπόψη στην ανάπτυξη ενός ΠΣΕ είναι η εξερχόμενη πληροφορία. Πριν λοιπόν την ανάπτυξη ενός ΠΣΕ ή την αγορά ενός πρέπει να ξέρουμε τους στόχους μας και να αποφασίσουμε τι πληροφορίες θα παίρνουμε από αυτό. Για το λόγο αυτό χρειαζόμαστε ένα πακέτο λογισμικού που να ενσωματώνει όλες τις ανάγκες μας και οι εταιρίες παροχής τέτοιων υπηρεσιών αναλαμβάνουν την παραμετροποίηση του λογισμικού τους για τις ανάγκες του πελάτη. Οι υπηρεσίες αυτές είναι διαθέσιμες μέσω λογισμικού που τρέχει σε έναν server ή μέσω ενός ASP (Application Service Provider). Ένα ASP είναι ένα πακέτο λογισμικού που βασίζεται στο διαδίκτυο και μπορεί να προσπελαστεί μέσω αυτού απομακρυσμένα από πολλούς χρήστες.

Όπως είπαμε λοιπόν ανάλογα με τις απαιτήσεις του καθενός τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες ενός ΠΣΕ μπορούν να ποικίλουν. Παρακάτω ακολουθεί μια κατηγοριοποίηση με τα σημαντικότερα εξ αυτών που συναντούμε στα σύγχρονα ΠΣΕ.

2.1.3.1 Γραφική αναπαράσταση

Δείχνει την τοποθεσία των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού σε αυτές.

- **Απεικόνιση κτηρίων (geographical site/ building display):** Απεικονίζεται η τοποθεσία των κτηρίων, τα σχέδια τους ώστε οι χρήστες ειδικά οι απομακρυσμένοι να έχουν εικόνα του χώρου.
- **Γεωγραφική παρακολούθηση εξοπλισμού (graphical equipment monitoring):** Παρέχονται μηχανολογικά διαγράμματα και πληροφορίες πραγματικού χρόνου για τον εξοπλισμό, πχ θερμοκρασία, πίεση, κατάσταση λειτουργίας κτλ.
- **Συνοπτική παρουσίαση κατάστασης εξοπλισμού (summary view of equipment status):** Τα σημαντικότερα στοιχεία του εξοπλισμού εμφανίζονται συγκεντρωτικά σε μια οθόνη.

2.1.3.2 Παρουσίαση και Ανάλυση δεδομένων

Γίνεται οπτική παρουσίαση των δεδομένων με κατανοητούς τρόπους όπως γραφήματα τύπου Excel.

Ημερήσιο προφίλ φορτίου (daily load profile): Δημιουργείται ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης σε καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων με τον χρόνο (μεσοδιαστήματα ανά μία ώρα ή λιγότερο) στον οριζόντιο άξονα και το φορτίο στον κατακόρυφο. Αυτό είναι και η πιο συνηθισμένη λειτουργία για την αναπαράσταση των δεδομένων κατανάλωσης ενέργειας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιβεβαιώσει το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας, για τον προσδιορισμό της μέγιστης ζήτησης (peak hours), κα για τη δημιουργία σημείου αναφοράς κατανάλωσης (baseline load profile).

Ημερολογιακό προφίλ φορτίου (calendar load profile): Μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε οπτική μέχρι και ένα μήνα κατανάλωσης σε ένα γράφημα. Το προφίλ αυτό αναπαριστά το ημερήσιο ή/και το εβδομαδιαίο ιστορικό.

Ημερήσιος παραλληλισμός (day overlay): Έχουμε την δυνατότητα να βλέπουμε πολλά ημερήσια προφίλ φορτίου σε ένα γράφο σε χρονικό πλαίσιο 24 ωρών. Ο ημερήσιος παραλληλισμός είναι χρήσιμος για να εντοπίζουμε την αφύσικη συμπεριφορά για κάποια ημέρα που διαφορετικά μόνο με το απλό ημερήσιο προφίλ θα ήταν πολύ δύσκολο αλλά και για να έχουμε μια γρήγορη εκτίμηση του μέσου όρου της ημερήσιας κατανάλωσης ενός κτηρίου.

Παραλληλισμός σημείων (point overlay): Μας επιτρέπει να δούμε χρονοσειρές δεδομένων από διάφορα σημεία μετρήσεων σε ένα γράφημα. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο γιατί μας επιτρέπει να δούμε πιο σημείο (θέση) καταναλώνει περισσότερο από κάποιες άλλες. Επίσης μπορούμε να κάνουμε παραλληλισμό με κάποια άλλα στοιχεία, πχ ενέργεια με εξωτερική θερμοκρασία ενώ μερικά πιο προηγμένα ΠΣΕ προσφέρουν online πραγματικού χρόνου δεδομένα για πρόβλεψη θερμοκρασίας.

Μέσος όρος (average): Η λειτουργία αυτή μας υπολογίζει τη μέση ωριαία κατανάλωση για επιλεγμένες ημέρες και μας εμφανίζει ένα μέσο ημερήσιο προφίλ κατανάλωσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σημείο αναφοράς.

Μέγιστα και ελάχιστα (highs and lows): Δείχνει τις μέγιστες και ελάχιστες ωριαίες τιμές κατανάλωσης της ημέρας ή δημιουργεί γράφημα ημερήσιου προφίλ των μέγιστων και ελαχίστων τιμών της ημέρας μεταξύ των επιλεγμένων ημερών.

Τρισδιάστατα διαγράμματα (3D chart): Το γράφημα τριών διαστάσεων συχνά αναπαριστά την ώρα, την ημερομηνία και τις μεταβολές σε αυτές. Αυτά τα γραφήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να δείξουν με μια ματιά ποιες χρονικές περίοδοι είναι προβληματικές. Για παράδειγμα μπορεί να δείξει κορύφωση της ζήτησης σε κάποιες απροσδόκητες περιόδους ενός μήνα. Ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει μια ανωμαλία στο 3D γράφημα και στη συνέχεια για λεπτομέρεια να μελετήσει το αντίστοιχο 2D που θα του δώσει καλύτερη οπτική. Αυτή η προσέγγιση, δηλαδή η μελέτη από τα γενικότερα στα ειδικότερα, ονομάζεται ανάλυση από πάνω προς τα κάτω (top-down analysis) και το γράφημα τριών διαστάσεων την εξυπηρετεί.

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε εφαρμογές που είναι πιο εξειδικευμένες, παρέχουν πιο πολύπλοκα γραφήματα και χρησιμεύουν στην σύγκριση και στην διαγνωστική διαδικασία.

X-Y διάγραμμα διασποράς (X-Y scatter plot): Τα διαγράμματα αυτά είναι χρήσιμα για την αναπαράσταση των συσχετίσεων μεταξύ δύο μεταβλητών. Κάποια συνηθισμένα γραφήματα είναι KW για θέρμανση σε σχέση KW για ψύξη ανά τόνο νερού, ή CFM[4]/RPM[5] ανεμιστήρα σε σχέση με ισχύ.

Βασική στατιστική ανάλυση (basic statistical analysis): Η εφαρμογή παρέχει στατιστικούς υπολογισμούς όπως μέση τιμή, μεσαία (median) τιμή, απόκλιση, συσχέτιση, ανάλυση γραμμικής παλινδρόμησης και ανάλυση μεταβλητών.

Συνοπτική ανάλυση (summary): Η εφαρμογή αυτή προσφέρει ενοποίηση των δεδομένων κατανάλωσης ανά ημέρα, εβδομάδα, μήνα ή άλλη καθορισμένη χρονική περίοδο. Για την αναπαράσταση των δεδομένων χρησιμοποιούνται διαγράμματα στηλών ή γραμμών (bar charts) και είναι χρήσιμα για την ιστορική ανάλυση της κατανάλωσης ενός κτηρίου στον άξονα του χρόνου.

Ενοποίηση μονάδων μετρήσεων δεδομένων (Aggregation): Όλοι οι μετρητές δεν χρησιμοποιούν την ίδια μονάδα μέτρησης. Μέσω της εφαρμογής γίνεται μετατροπή όλων των μονάδων σε μια για να διευκολύνονται οι συγκρίσεις μεταξύ των μεγεθών, πχ μετατροπή KWh, Therm σε Btu.

Διάρκεια φορτίου (load duration): Η εφαρμογή αυτή αναπαριστά μια καμπύλη που δείχνει το χρόνο που η κατανάλωση παραμένει στα επιτρεπτά όρια που έχουμε ορίσει. Αν η καμπύλη αυτή παρουσιάσει μεταβολή προς τα πάνω σημαίνει ότι το χρονικό αυτό διάστημα υπάρχει αυξημένη ζήτηση που ξεπερνά τα όρια κατανάλωσης που έχουμε θέσει και ενδεχομένως τότε χρεωνόμαστε με αυξημένη τιμή.

---

[4]CFM = cubic feet per minute , [5]RPM = rounds per minute

Κανονικοποίηση (Normalization): Σε περιπτώσεις που το ΠΣΕ αφορά πολλές και διαφορετικές εγκαταστάσεις υπάρχουν δυσκολίες στην σύγκριση τους εξαιτίας του γεγονότος ότι κάθε μια έχει τις ιδιαιτερότητες της. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές κανονικοποίησης με βάση διάφορους παράγοντες όπως το εμβαδόν του κτηρίου, ο αριθμός των εργαζομένων, η εξωτερική θερμοκρασία, οι μέρες που είναι απαραίτητη η ψύξη ή η θέρμανση.

Για παράδειγμα εκφράζοντας τα δεδομένα με όρους κατανάλωσης ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο κανονικοποιούμε τα δεδομένα αυτά ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε σύγκριση κτηρίων διαφορετικού μεγέθους. Βέβαια υπάρχουν περιπτώσεις όπως η κανονικοποίηση καιρικών δεδομένων που είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί εξειδικευμένες μαθηματικές τεχνικές όπως η ανάλυση παλινδρόμησης.

Ιεραρχική σύνοψη (hierarchical summary): Παρουσιάζει συνοπτικά πληροφορίες χρήσης και κόστους ανά επίπεδο. Για παράδειγμα, ξεκινώντας από το κόστος της καταναλισκόμενης ενέργειας από τον εξοπλισμό, στο κόστος ενέργειας ενός κτηρίου, στη συνέχεια στο κόστος ενέργειας όλων των εγκαταστάσεων για να καταλήξουμε στο κόστος ενέργειας συμπεριλαμβανομένων και των εξωτερικών χώρων.

Σύγκριση (benchmarking): Ένα από τα εργαλεία ενός ΠΣΕ είναι τα εργαλεία σύγκρισης της ενέργειας που χρησιμοποιείται σε ένα κτήριο έναντι των άλλων κτηρίων είτε για το ίδιο το κτήριο μέσα στο χρόνο. Κάτι τέτοιο μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο για τον έλεγχο μιας υποδομής στην περίπτωση που πρέπει να παρθούν μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης αλλά και για την παρακολούθηση της κατανάλωσης μέσα σε μια χρονική περίοδο.

Τα εργαλεία σύγκρισης χρησιμοποιούνται από όλο το εύρος των χρηστών για διαφορετικούς λόγους ο καθένας. Οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών ενέργειας που αναπτύσσουν τα ΠΣΕ ή και εταιρίες που ασχολούνται με την αποδοτική κατανάλωση ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιήσουν συγκρίσεις σε ετήσιο επίπεδο για να αποφασίσουν αν υπάρχει περιθώριο ανάπτυξης ενός προγράμματος εξοικονόμησης ενέργειας. Επίσης οι εταιρίες παροχής ενέργειας παρακολουθούν την τρέχουσα κατανάλωση, την συγκρίνουν με τα παλαιότερα στοιχεία που έχουν και καταλήγουν σε συμπεράσματα σχετικά με την αυξομείωση της ζήτησης. Σε χαμηλότερο επίπεδο οι

ενεργειακοί διαχειριστές (energy managers) και οι ιδιοκτήτες εγκαταστάσεων μπορούν να κάνουν συγκρίσεις μεταξύ των παρόμοιων κτηρίων.

2.1.3.3 Προηγμένη Ανάλυση

Πέρα από τις εφαρμογές γραφικής αναπαράστασης που αναλύσαμε προηγουμένως υπάρχουν εργαλεία που παρέχουν πιο λεπτομερή και στοχευμένη ανάλυση. Αυτός ο τύπος της ανάλυσης αναφέρεται κυρίως σε πολλά σημεία παραγωγής δεδομένων και χρησιμοποιεί πιο πολύπλοκους αλγορίθμους για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Ανάλυση ποιότητας ενέργειας (power quality analysis): Παρακολουθείται συνεχώς η τάση και οι φάσεις του ρεύματος για τυχόν ανωμαλίες που μπορεί να οδηγήσουν σε δυσάρεστες καταστάσεις, όπως φθορά και καταστροφή του εξοπλισμού.

Πρόβλεψη (forecasting): Οι διαδικασίες πρόβλεψης χρησιμοποιούν ιστορικά στοιχεία για να προβλέψουν τις μελλοντικές τιμές της ενέργειας. Στα ΠΣΕ μια καλή πρόβλεψη κατανάλωσης ενέργειας αφορά τις επόμενες 2 με 5 ημέρες ενώ οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται διαφέρουν από σύστημα σε σύστημα. Σε επιχειρήσεις που συμμετέχουν σε προγράμματα ζήτησης-απόκρισης τα εργαλεία αυτά μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικός σύμμαχος. Έτσι όταν γίνει μια πρόβλεψη για υψηλή ζήτηση ενέργειας στις επόμενες μέρες τα στελέχη θα είναι έτοιμα και θα μπορούν να αποφασίσουν αν είναι σε θέση να μειώσουν την κατανάλωση και να συμμετέχουν ενδεχομένως σε ένα πρόγραμμα ζήτησης-απόκρισης.

Έγκριση, επεξεργασία, εκτίμηση (validation, editing, estimation-VEE): Είναι μια διαδικασία κατά την οποία σιγουρευόμαστε ότι τα δεδομένα που παίρνουμε από τους μετρητές μας είναι σωστά. Η διαδικασία περιλαμβάνει έγκριση των δεδομένων μέσα στα όρια σφάλματος που έχουν οριστεί, επεξεργασία και διόρθωση των λανθασμένων δεδομένων και εκτίμηση για τυχόν δεδομένα που έχουν χαθεί.

Ανίχνευση σφάλματος εξοπλισμού και διάγνωση (equipment fault detection and diagnostics): Εδώ αναφερόμαστε σε εφαρμογές που ανιχνεύουν βλάβες ή δυσλειτουργία εξοπλισμού που βασίζεται είτε σε μηχανικό σφάλμα είτε σε ανθρώπινο λάθος, όπως λανθασμένοι αλγόριθμοι ή παράμετροι.

2.1.3.4 Οικονομική Ανάλυση / Ανάλυση κόστους (financial / cost analysis)

Η οικονομική ανάλυση είναι ένα ισχυρό εργαλείο στα χέρια των ενεργειακών διαχειριστών για να προσδιορίσουν το κόστος της ενέργειας, να προγραμματίσουν την προμήθεια ενέργειας με τρόπο ώστε να εξοικονομήσουν χρήματα ή για να μελετήσουν το κέρδος που μπορεί να υπάρξει από τη συμμετοχή σε κάποιο πρόγραμμα ζήτησης-απόκρισης. Κάποια συνηθισμένα χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

Κοστολόγηση βασισμένη σε μοντέλα (model-based costing): Υπάρχει λοιπόν η παραδοσιακή κοστολόγηση που βασίζεται σε μια καθορισμένη τιμή από την αρχή αλλά και η δυναμική κοστολόγηση η οποία βασίζεται σε τιμές πραγματικού χρόνου που είναι διαθέσιμες μέσω διαδικτύου. Στην περίπτωση αυτή το κόστος υπολογίζεται ανά ημέρα ή και ανά ώρα με ανάγνωση των μετρητών, ανάλογα πόσο σύντομα μεταβάλλεται η τιμή.

Εγκυρότητα λογαριασμών (bill validation): Η εφαρμογή αυτή αποτελεί μια απλή διαδικασία κατά την οποία ο λογαριασμός συγκρίνεται με τις τιμές των μετρητών ώστε να διαπιστωθεί η ύπαρξη τυχόν λαθών στον λογαριασμό.

Εξόρυξη κόστους (energy cost drilldown): Είναι μια ενδιάμεση εφαρμογή της παραδοσιακής και της δυναμικής κοστολόγησης που αναφέραμε προηγουμένως. Η μόνη διαφορά με την δυναμική (πραγματικού χρόνου) κοστολόγηση είναι ότι στην μέθοδο αυτή τα δεδομένα δεν χρειάζεται να κατεβαίνουν σε πραγματικό χρόνο από το διαδίκτυο αλλά μπορούμε να τα παίρνουμε κάθε εβδομάδα ή μήνα. Η μέθοδος μας δίνει για παράδειγμα τη δυνατότητα να υπολογίσουμε ποιο ήταν το μέγιστο κόστος μέσα σε μια μέρα ή και ώρα.

Κατανομή κόστους χρήσης (end-use cost allocation): Η εφαρμογή μας βοηθάει στο να καθορίσουμε το κόστος της ενέργειας από τη χρήση της μέσα σε ένα κτήριο, με βάση διάφορες παραμέτρους και αλγορίθμους. Η πιο κοινή χρήση είναι για να γίνει αναγωγή του κόστους ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο.

2.1.3.5 Διαχείριση προμηθειών

Η λειτουργία της διαχείρισης προμηθειών ενέργειας παρέχει πληροφορίες και εργαλεία ανάλυσης για την καλύτερη οργάνωση ενός πλάνου προμήθειας με σκοπό την εξοικονόμηση χρημάτων.

Μηχανές αναπαραγωγής τιμών ταρίφας (rate engine): Το λογισμικό περιέχει μια σειρά από κλίμακες ταριφών από τις οποίες ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αυτή που τον ικανοποιεί. Οι κλίμακες αυτές μπορεί να είναι προκαθορισμένες ή να μεταβάλλονται online.

Πρόβλεψη ανταμοιβών (wages forecasting): Για τη σωστή διαχείριση προμηθειών παίζει ρόλο η σωστή πρόβλεψη. Μια σωστή πρόβλεψη σχετικά με την ενέργεια που πρόκειται να καταναλώσουμε μας επιτρέπει να κάνουμε καλές εκτιμήσεις και να έχουμε έλεγχο των προμηθειών ώστε να μεγιστοποιούμε το όφελος.

What-if ανάλυση ανταμοιβών (wages cost what-if analysis): Με τη μέθοδο αυτή συγκρίνουμε τα τρέχοντα με τα εναλλακτικά σενάρια προμηθειών ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη κάθε φορά τα διαφορετικά οφέλη που μπορούμε να αποκομίσουμε, για παράδειγμα αν θα χρησιμοποιήσουμε τα οφέλη στο τρέχον χρονικό διάστημα ή στο μέλλον.

Λειτουργίες κοστολόγησης πραγματικού χρόνου (real-time pricing functionalities): Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είμαι να ενσωματώσουμε τις πληροφορίες κοστολόγησης πραγματικού χρόνου στην διαδικασία προμηθειών.

2.1.3.6 Εξαγωγή Αναφορών (Reporting)

Αναφερόμαστε στις εφαρμογές ενός ΠΣΕ που είναι υπεύθυνες για τη διαδικασία εξαγωγής αναφορών και λειτουργιών προειδοποίησης.

Εξαγωγή δεδομένων: Αναφερόμαστε στην εξαγωγή δεδομένων για την δημιουργία αναφορών. Για τις αναφορές αυτές χρησιμοποιούνται διάφορες εφαρμογές, όπως ερωτήματα σε βάσεις δεδομένων, λογιστικά φύλλα Excel, κειμενογράφοι word, pdf κτλ.

Προσαρμοσμένοι τρόποι ειδοποίησης (customized alarm module): Οι εφαρμογές αυτές προσαρμόζονται στις ανάγκες του πελάτη και σκοπός είναι να παρακολουθούν των

ομαλότητα των δεδομένων. Σε κάθε ανωμαλία αποστέλλουν σήματα ειδοποίησης μέσω emails, μηνυμάτων στο κινητό κτλ

Λειτουργία παραθύρων (dashboards functionality): Πρόκειται για μικρά παράθυρα καθένα από τα οποία παρακολουθεί μια παράμετρο. Με τα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα έχουν μεγάλη απήχηση καθώς δίνουν την δυνατότητα σε έναν διαχειριστή να παρακολουθεί πολλά στοιχεία ταυτόχρονα και να διακρίνει άμεσα τυχόν πρόβλημα ή ανωμαλία.

Με βάση τα παραπάνω, εάν προσπαθήσουμε να κάνουμε μια συσχέτιση των χαρακτηριστικών των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας και των εμπλεκομένων καταλήγουμε συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα. Θεωρούμε ως εμπλεκομένους στα ΠΣΕ τους Χειριστές, τον Ενεργειακό Διευθυντή, τον Οικονομικό Διευθυντή και τον Γενικό Διευθυντή.

		Χειριστής	Ενεργειακός Διευθυντής	Οικονομικός Διευθυντής	Γενικός Διευθυντής
Γραφική Αναπαράσταση	Απεικόνιση Κτηρίων	•	•		
	Γεωγραφική παρακολούθηση εξοπλισμού	•	•		
	Συνοπτική παρουσίαση κατάστασης εξοπλισμού	•	•		•
Παρουσίαση & Ανάλυση των δεδομένων	Βασική οριογραμμή, Μέσος όρος		•		•
	Ημερήσιο &		•		•

	Ημερολογιακό ενεργειακό προφίλ				
	Ημερήσιος παραλληλισμός και παραλληλισμός σημείων	•	•		
	Διάγραμμα 3D και διασποράς X-Y		•		•
	Βασική Στατιστική Ανάλυση & Συνοπτική Ανάλυση		•	•	•
	Σύγκριση	•	•	•	•
	Διάρκεια Φορτίου	•	•		
	Ιεραρχική σύνοψη			•	•
Προηγμένη Ανάλυση	Ανάλυση ποιότητας	•			
	Πρόβλεψη		•		
	Έγκριση, επεξεργασία, εκτίμηση	•	•		

	Ανίχνευση σφάλματος & διάγνωση	•	•		•
Οικονομική Ανάλυση	Κοστολόγηση & Εξόρυξη κόστους		•	•	•
	Εγκυρότητα Λογαριασμών			•	
	Κατανομή Κόστους Χρήσης		•	•	
Διαχείριση Προμηθειών	Λειτουργίες κοστολόγησης πραγματικού χρόνου		•	•	•
	Πρόβλεψη ανταμοιβών & what-if ανάλυση		•		•
Αναφορές	Ειδοποιήσεις (alarm)	•	•		
Ζήτηση-Απόκριση			•	•	•

Πίνακας 2: Συσχέτιση ΠΣΕ και εμπλεκομένων

Παραπάνω έγινε μια προσπάθεια να παρουσιάσουμε αναλυτικά τις εφαρμογές που συναντάμε στα ΠΣΕ. Είναι προφανές ότι όλα τα ΠΣΕ δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες και δεν ενσωματώνουν όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Ο κυριότερος λόγος είναι ότι δεν απευθύνονται στο ίδιο κοινό. Έτσι υπάρχουν εταιρίες που στοχεύουν σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις και εγκαταστάσεις, άλλες σε μεγάλες βιομηχανικές παραγωγικές μονάδες ή κτηριακά συγκροτήματα και άλλες που απευθύνονται αποκλειστικά σε παραγωγούς ενέργειας ή ενεργειακούς παρόχους. Εύκολα αντιλαμβανόμαστε ότι κάθε ένας από αυτούς τους χρήστες έχει τις δικές του ιδιαιτερότητες και τις δικές του ανάγκες για να ικανοποιήσει. Επομένως χρειάζεται ένα ΠΣΕ που να τον καλύπτει και να τον εξυπηρετεί. Επίσης μια πρακτική που εφαρμόζουν οι εταιρίες ανάπτυξης ΠΣΕ είναι η δημιουργία ενός βασικού πακέτου που περιλαμβάνει εφαρμογές, συνήθως συλλογής και γραφικής αναπαράστασης δεδομένων, για την ικανοποίηση των βασικότερων αναγκών ενός χρήστη. Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις, επιπλέον εφαρμογές προσφέρονται σε προαιρετικά πακέτα με την ανάλογη αμοιβή. Αυτή τη στιγμή στο εμπόριο διατίθεται μια πληθώρα λογισμικών πακέτων από διάφορες εταιρίες και κάθε μια ευελπιστεί μέσα από το προϊόν της να πάρει μερίδιο στην πίτα της αγοράς. Στο παράρτημα στο τέλος της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται τα ΠΣΕ τριών μεγάλων πολυεθνικών εταιριών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 *Διαχείριση ζήτησης ενέργειας (ΔΖΕ)*

(Demand side management/Energy demand management)

Με τον όρο Διαχείριση ζήτησης ενέργειας εννοούμε την λήψη πολιτικών και μέτρων που σκοπό έχουν τον έλεγχο, την άσκηση επιρροής και γενικότερα την μείωση της ζήτησης για ενέργεια. Η ΔΖΕ έχει στόχο να βελτιώσει την χρήση των συστημάτων παροχής ενέργειας, να μειώσει την κατανάλωση αλλά ταυτόχρονα χωρίς να επηρεαστεί το επίπεδο των παρεχομένων υπηρεσιών.

Η ΔΖΕ αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως μια από τις σημαντικότερες δράσεις ενάντια στην κλιματική αλλαγή. Καθώς η ζήτηση και η κατανάλωση μειώνονται, μπορεί να αποφευχθεί ή να αναβληθεί μια ενδεχόμενη επέκταση του δικτύου διανομής ή αύξηση της δυναμικότητας του που έχει σαν αποτέλεσμα την λιγότερη παραγωγή πρωτεύουσας μορφής ενέργειας και άρα λιγότερους ρύπους αερίων.

Η διαχείριση ενέργειας βασίζεται στον συνδυασμό εξοπλισμού υψηλής τεχνολογίας και στην αποτελεσματική χρήση της ενέργειας μέσω καλών λειτουργικών πρακτικών. Παρουσιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων πολιτειών για την αποφυγή δημιουργίας νέων εργοστασίων παραγωγής ενέργειας και για την ενδυνάμωση του υπάρχοντος δικτύου διανομής. Έκτοτε παρόμοιες πολιτικές άρχισαν να υλοποιούνται σιγά σιγά και στην Ευρώπη.

Με την συνθήκη του Κιότο το 1997 για μείωση των εκπομπών αερίων η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε για μείωση κατά 8% των ρύπων σε σχέση με αυτές του 1990 μέχρι το έτος 2010 ενώ το ποσό ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές έπρεπε να φτάσει το 21% για τα 25 κράτη-μέλη (EU-25).

3.1.1 Ζήτηση - Απόκριση (ΖΑ) / Demand Response (DR)

Αυτή η διαχείριση ενέργειας γίνεται μέσω των λεγόμενων προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης (ΖΑ). Τα προγράμματα ζήτησης απόκρισης προσφέρουν κίνητρα στους τελικούς καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας ανταποκρινόμενοι στις

ανάγκες της επιχείρησης ηλεκτρισμού σε περιόδους υψηλής ζήτησης ή σε καταστάσεις που το δίκτυο διανομής υπερφορτωθεί και κινδυνεύει με κατάρρευση.

Στην παρούσα φάση, οι περισσότεροι πελάτες χρεώνονται βάση προαποφασισμένων τιμολογίων και δεν λαμβάνουν γνώση σχετικά με τις τιμές που μπορεί να αλλάζουν ή δεν έχουν κίνητρα για να ανταποκριθούν στην αλλαγή του τρόπου χρήσης της ενέργειας.

Αν θέλαμε να δώσουμε **έναν αυστηρό ορισμό της ζήτησης-απόκρισης** θα λέγαμε ότι είναι οι αλλαγές στην χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας, από τους τελικούς καταναλωτές, από τον κανονικό τρόπο κατανάλωσης, ανταποκρινόμενοι στις αλλαγές της τιμής ρεύματος όποτε αυτές γίνονται ή σε κίνητρα που ενθαρρύνουν την περιορισμένη χρήση σε στιγμές μεγάλης ζήτησης ή όταν το σύστημα κινδυνεύει με κατάρρευση.

Σε περιόδους μεγάλης ζήτησης λιγότερη χρήση ενέργειας σημαίνει μείωση της παραγόμενης και μεταφερόμενης ενέργειας. Αυτό σημαίνει μείωση του κόστους παραγωγής και συγκράτηση των τιμών ώστε να μην αυξηθούν απότομα όπως συμβαίνει σε ενεργειακά οργανωμένες αγορές. Η μειωμένη ζήτηση σε ανταπόκριση ενός ΖΑ προγράμματος έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση του δικτύου διανομής ενέργειας και μειώνει τις πιθανότητες για δυσλειτουργία, προσωρινή διακοπή ή και ολοκληρωτική κατάρρευση του δικτύου.

3.1.1.1 Η σημασία των προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης

Τα προγράμματα ΖΑ προσφέρουν πολλά οικονομικά και λειτουργικά οφέλη για όλους τους εμπλεκομένους, από τους τελικούς καταναλωτές και τους διαχειριστές του δικτύου ηλεκτροδότησης μέχρι τους παραγωγούς ενέργειας και τους παρόχους λιανικής. Τα ηλεκτρικά συστήματα ενέργειας έχουν τρία βασικά χαρακτηριστικά:

- Καθώς η αποθήκευση ενέργειας είναι πολύ κοστοβόρα και τις περισσότερες φορές δεν συμφέρει πρέπει ο εφοδιασμός και η ζήτηση να βρίσκονται μεταξύ τους σε συνεχή ισορροπία και μάλιστα σε πραγματικό χρόνο.
- Η κατάσταση στο δίκτυο μπορεί να αλλάξει από μέρα σε μέρα, από ώρα σε ώρα η ακόμα και από στιγμή σε στιγμή. Έτσι η ζήτηση μπορεί να αυξηθεί σημαντικά και απρόσμενα με αποτέλεσμα να διακυβεύεται η αξιοπιστία του δικτύου, από

μια απλή δυσλειτουργία μέχρι κατάρρευση που μπορεί να επηρεάσει μεγάλη γεωγραφική περιοχή.

- Ένα ολοκληρωμένο ηλεκτρικό σύστημα από την παραγωγή μέχρι την διανομή είναι μια εξαιρετικά ακριβή επένδυση, απαιτεί σημαντικά κεφάλαια, ο χρόνος ολοκλήρωσης του έργου είναι μεγάλος ενώ η απόσβεση της επένδυσης είναι συνήθως με πλάνο πολλών δεκαετιών.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά δηλώνουν ότι η κατασκευή ενός δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι μια απλή διαδικασία. Κατά τη φάση σχεδιασμού λαμβάνεται υπόψη ότι το δίκτυο θα χρησιμοποιείται και θα διαχειρίζεται για χρόνια και πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του σε πραγματικό χρόνο ανεξάρτητα από τους αστάθμητους παράγοντες, όπως η μελλοντική ζήτηση, οι πηγές ενέργειας, η διαθεσιμότητα των αποθεμάτων και οι συνθήκες που θα επικρατούν στο δίκτυο. Μέσα σε ένα οργανωμένο και ανταγωνιστικό ενεργειακό περιβάλλον οι επιχειρήσεις παραγωγής και λιανικής διάθεσης ενέργειας παράγουν ή αγοράζουν το 60-95% της ενέργειας που υπολογίζουν να διαθέσουν, με την προσδοκία να είναι σε θέση να παράγουν ή να αγοράσουν επιπλέον σε πραγματικό χρόνο όταν αυτό χρειαστεί.

Όλες αυτές οι προκλήσεις και οι αστάθμητοι παράγοντες καθιστούν τα προγράμματα ζήτησης-απόκρισης μείζονος σημασίας καθώς προσφέρουν ευελιξία με σχετικά μικρό κόστος. Οι διαχειριστές δικτύου, οι εταιρίες διανομής και οι πάροχοι ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα προγράμματα ΖΑ για να περικόψουν ή να μετατοπίσουν ενεργειακό φορτίο όταν χρειάζεται αντί της παραδοσιακής τακτικής, που είναι η δημιουργία νέας μονάδας παραγωγής. Αν και η δημιουργία πελατολογίου για τα προγράμματα ΖΑ είναι χρονοβόρα διαδικασία τα καλά δομημένα και με σοβαρά κίνητρα προγράμματα κερδίζουν συνεχώς έδαφος καθώς εξασφαλίζουν σημαντική εξοικονόμηση σχεδόν σε πραγματικό χρόνο για όλους τους συμμετέχοντες.

3.1.1.2 Τύποι προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης

Τα προγράμματα ζήτησης-απόκρισης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τις αλλαγές στο φορτίο.

Ζήτηση απόκριση που βασίζεται στην τιμή (price-based DR): Αναφέρεται στις αλλαγές της ενεργειακής χρήσης από τους πελάτες ως ανταπόκριση στις αλλαγές του τιμολογίου και περιλαμβάνουν κοστολόγηση πραγματικού χρόνου, κοστολόγηση περιόδου μεγάλης ζήτησης και κλίμακες χρόνου χρήσης. Εάν λοιπόν η διαφοροποίηση των τιμών μεταξύ ωρών ή συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος είναι σημαντική, οι πελάτες μπορούν να ανταποκριθούν με αλλαγή στον τρόπο χρήσης της ενέργειας. Προσαρμόζοντας τον τρόπο χρήσης, λαμβάνοντας υπόψη τις περιόδους κατανάλωσης με χαμηλό κόστος και αποφεύγοντας τις περιόδους υψηλής ζήτησης μειώνουν τον λογαριασμό του ηλεκτρικού ρεύματος. Η συμμετοχή στα προγράμματα ΖΑ του είδους αυτού είναι καθαρά εθελοντική και διακατέχονται κυρίως από την καλή διάθεση του πελάτη να συμβάλει στην προσπάθεια μείωσης της κατανάλωσης.

Ζήτηση απόκριση που βασίζεται σε κίνητρα (incentive-based DR): Τα προγράμματα αυτά δημιουργούνται από τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, τους παρόχους λιανικής διάθεσης ή τους διαχειριστές του δικτύου διανομής και παρέχονται στους πελάτες με τη μορφή συμβολαίου. Τα προγράμματα αυτά παρέχουν στους πελάτες κίνητρα για μείωση της κατανάλωσης που είναι διαφορετικά, ή επιπρόσθετα, από τους δείκτες χρονο-κατανάλωσης που αναφέραμε προηγουμένως. Τα κίνητρα μπορεί να είναι με τη μορφή κάποιας διευκόλυνσης στην αποπληρωμή του λογαριασμού ή με την καταβολή χρημάτων για μια προσυμφωνημένη μείωση φορτίου. Η μείωση του διακινούμενου φορτίου είναι απαραίτητη και ζητείται είτε όταν ο διαχειριστής του δικτύου κρίνει ότι διακυβεύεται η αξιοπιστία του δικτύου είτε όταν οι τιμές είναι πολύ υψηλές. Τα περισσότερα προγράμματα ΖΑ βάση μιας μεθόδου καθορίζουν ένα μέσο όριο κατανάλωσης για κάθε πελάτη τους ώστε οι παρατηρητές του δικτύου να κρίνουν αν πρέπει να απευθυνθούν σε αυτούς στην περίπτωση που υπάρξει ανάγκη για μείωση φορτίου. Επίσης κάποια προγράμματα ΖΑ εφαρμόζουν ποινή στους πελάτες που ενώ είναι εγγεγραμμένοι, την στιγμή που χρειάζεται να ανταποκριθούν στο κάλεσμα για περικοπή αυτοί δεν το κάνουν αθετώντας έτσι τους όρους του συμβολαίου τους. Αυτού

του είδους τα προγράμματα έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν ότι η μείωση στην κατανάλωση ενέργειας όταν αυτή θα ζητηθεί όντως θα πραγματοποιηθεί.

Υπάρχουν διάφορες επιλογές προγραμμάτων και κοστολόγησης που αφορούν το θέμα της ζήτησης απόκρισης. Παρακάτω θα αναφέρουμε τα σημαντικότερα από αυτά τα οποία είναι σε χρήση σήμερα.

3.1.1.2.1 Προγράμματα βασιζόμενα στην τιμή / Επιλογές κοστολόγησης

Χρόνος χρήσης (time-of-use-TOU): Μια κλίμακα με διαφορετικές τιμές μονάδας ενέργειας για χρήση μέσα σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα που συνήθως καθορίζονται εντός 24 ωρών. Οι κλίμακες αυτές αντικατοπτρίζουν το μέσο κόστος παραγωγής και διανομής ενέργειας για τα χρονικά διαστήματα αυτά. Οι κλίμακες χρόνου χρήσης συχνά διαφοροποιούνται σε κλίμακες ημέρας (χρονικά διαστήματα μικρής-μεγάλης ζήτησης) και σε κλίμακες εποχών όπου εκεί μιλάμε για προκαθορισμένες χρονικές περιόδους μηνών ή και χρόνων. Οι κλίμακες χρόνου χρήσης χρησιμοποιούνται ευρέως σε μεγάλες εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και απαιτούν μετρητές που καταγράφουν την κατανάλωση κατά τη διάρκεια των αναφερόμενων διαστημάτων.

Κοστολόγηση πραγματικού χρόνου (real time pricing -RTP): Μια κλίμακα στην οποία η τιμή του ρεύματος μεταβάλλεται ωριαία αντικατοπτρίζοντας έτσι τις αλλαγές στην χονδρική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πραγματικού χρόνου τιμές συνήθως γνωστοποιούνται στους πελάτες μία μέρα ή μια ώρα νωρίτερα.

Κοστολόγηση κρίσιμης περιόδου (critical peak pricing-CPP): Μια κλίμακα που περιλαμβάνει ένα προκαθορισμένο διάστημα αυξημένης χρήσης ενέργειας που αποφασίζεται από την επιχείρηση ηλεκτρισμού και χαρακτηρίζεται κρίσιμο. Τα προγράμματα αυτά ενεργοποιούνται από απρόοπτες εξελίξεις ή από τις υψηλές τιμές που αναγκάζεται μια επιχείρηση ηλεκτρισμού να προμηθευτεί ενέργεια από την χονδρική αγορά. Τα προγράμματα αυτά όταν παραστεί ανάγκη επισκιάζουν τα προηγούμενα, το διάστημα ενημέρωσης πριν ενεργοποιηθούν είναι συνήθως πολύ μικρό αλλά διαρκούν μονάχα λίγες μέρες ή ώρες το χρόνο. Συνήθως οι πελάτες ενός τέτοιου προγράμματος έχουν μια έκπτωση κατά την διάρκεια μη κρίσιμης περιόδου. Τα προγράμματα αυτά δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα αλλά πιλοτικά έχουν δοκιμαστεί σε κάποιες πολιτείες της Αμερικής.

3.1.1.2.2 Προγράμματα βασιζόμενα σε κίνητρα / Επιλογές προγραμμάτων

Άμεσος έλεγχος φορτίου(direct load control): Ένα πρόγραμμα σύμφωνα με το οποίο ο διαχειριστής του δικτύου ή η επιχείρηση ηλεκτρισμού βγάζει εκτός λειτουργίας απομακρυσμένα κάποιον εξοπλισμό του πελάτη (πχ κλιματισμό, θέρμανση νερού) συνήθως με μικρό διάστημα ειδοποίησης, ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του δικτύου. Οι πελάτες ως αντάλλαγμα λαμβάνουν συνήθως μια πίστωση στον λογαριασμό τους. Κάποια προγράμματα προσφέρουν τη δυνατότητα ο πελάτης να αρνηθεί να συμμετάσχει αλλά στην περίπτωση αυτή υπάρχει και μείωση των αποδοχών. Προγράμματα αυτού του είδους συνήθως προσφέρονται σε κατοικίες και μικρές εμπορικές επιχειρήσεις.

Υπηρεσία διακοπής ή περιορισμού (interruptible/curtailable service-I/C): Είναι προγράμματα που συνδυάζονται με επιλογές κοστολόγησης και παρέχουν έκπτωση ή πίστωση στο λογαριασμό όταν ο πελάτης συμμετέχει σε γεγονός περικοπής κατανάλωσης. Οι πελάτες που δεν θα το πράξουν όταν παραστεί ανάγκη έχουν ποινή συνήθως με τη μορφή πληρωμής υψηλών τιμών ενέργειας ή μπορεί και να αποβληθούν από το πρόγραμμα. Τέτοιου είδους προγράμματα συνήθως προσφέρονται σε μεγάλες εμπορικές ή βιομηχανικές επιχειρήσεις.

Προγράμματα πλειστηριασμού/επαναγοράς (demand bidding/buyback programs): Τα συγκεκριμένα προγράμματα (1) ενθαρρύνουν τους μεγάλους πελάτες να τοποθετήσουν την προσφορά τους στην χονδρική αγορά ενέργειας σχετικά με την τιμή που θεωρούν οι ίδιοι ότι τους συμφέρει για να συμμετέχουν σε ένα πρόγραμμα μείωσης ενέργειας ή (2) ενθαρρύνουν τους πελάτες να προσδιορίσουν οι ίδιοι πόσο φορτίο ενέργειας είναι διαθέσιμοι να εξοικονομήσουν για μια συγκεκριμένη προσφερόμενη τιμή. Από τη στιγμή όμως που το αίτημα τους γίνει δεκτό πρέπει να τηρήσουν τα συμφωνηθέντα αλλιώς κινδυνεύουν με ποινή.

Επείγοντα προγράμματα ζήτησης απόκρισης(emergency demand response programs): Είναι προγράμματα που παρέχουν χρηματικά κίνητρα στους πελάτες που συμμετέχουν σε συμβάντα περιορισμού ενέργειας όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Ανάλογα το πρόγραμμα μπορεί να υπάρξει ή όχι ποινή αν ο πελάτης δεν ανταποκριθεί.

Προγράμματα χωρητικότητας(capacity market programs): Τα προγράμματα αυτά προσφέρονται κυρίως σε πελάτες που μπορούν να δεσμευτούν ότι θα παρέχουν μια προσυμφωνημένη μείωση φορτίου όταν αυτό χρειαστεί. Η ενημέρωση για συμμετοχή στο πρόγραμμα γίνεται μια μέρα νωρίτερα ή και την ίδια μέρα, ενώ τα κίνητρα περιλαμβάνουν προκαταβολική πληρωμή ανάλογα με τις τρέχουσες τιμές της αγοράς και σε κάποια προγράμματα, επιπλέον καταβολή χρημάτων κατά τη διάρκεια εκδήλωσης του γεγονότος. Η μη ανταπόκριση στα εν λόγω προγράμματα συνήθως έχει σοβαρές ποινές.

3.1.1.3 Τα οφέλη της ζήτησης απόκρισης

Τα οφέλη των προγραμμάτων ζήτησης-απόκρισης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τα άμεσα, τα δευτερεύοντα και τα υπόλοιπα οφέλη που δεν ανήκουν σε καμία από τις προηγούμενες κατηγορίες. Τα άμεσα οφέλη αφορούν τους καταναλωτές που λαμβάνουν μέρος στα προγράμματα και ανταποκρίνονται όταν υπάρξει απαίτηση για μείωση ενέργειας ενώ τα υπόλοιπα από μερικές ή όλες τις ομάδες των καταναλωτών. Τα άμεσα και τα δευτερεύοντα οφέλη μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και να μεταφραστούν σε οικονομικά μεγέθη ενώ τα υπόλοιπα είναι πιο δύσκολο.

3.1.1.3.1 Άμεσα οφέλη / Οφέλη από τη συμμετοχή

Οι καταναλωτές που προσαρμόζουν την ενεργειακή κατανάλωση όταν τους ζητηθεί γίνονται αποδέκτες οικονομικών οφελών αλλά μπορεί να αποτελούν κίνητρο και κάποια οφέλη που έχουν να κάνουν με την αξιοπιστία.

- *Οικονομικά οφέλη:* Προέρχονται κυρίως από την μείωση του λογαριασμού του ηλεκτρικού αφού περιορίζεται η χρήση ενέργειας κατά τις περιόδους μεγάλης ζήτησης, όπου οι τιμές είναι υψηλές, και μετατοπίζεται στις περιόδους με χαμηλές τιμές κατανάλωσης. Επίσης έσοδα μπορούν να προκύψουν από την ανταμοιβή για την συμμετοχή ή την πραγματική ανταπόκριση σε ένα πρόγραμμα ζήτησης απόκρισης.
- *Οφέλη αξιοπιστίας:* Αναφερόμαστε κυρίως στο μειωμένο ρίσκο να χαθεί μια υπηρεσία κατά τη διάρκεια μιας κατάρρευσης του συστήματος. Αυτό το όφελος μπορεί να συνδυαστεί και να ενσωματωθεί σε άλλα. Για παράδειγμα ένας

πελάτης μπορεί να είναι κοινωνικά ευαίσθητος και λαμβάνει ευχαρίστηση νιώθοντας ότι συμμετέχει ενεργά στην μείωση της πιθανότητας εμφάνισης απρόβλεπτων περιστατικών. Σαφώς κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να μετρηθεί αλλά μπορεί να είναι σημαντικό κίνητρο για κάποιους πελάτες

Το επίπεδο των άμεσων οφελών για τους συμμετέχοντες πελάτες διαφέρει και εξαρτάται από την ικανότητα τους να ανταποκρίνονται αλλά και από τα οικονομικά κίνητρα που ενσωματώνει το πρόγραμμα στο οποίο συμμετέχουν.

3.1.1.3.2 Δευτερεύοντα οφέλη

Τα προγράμματα ζήτησης απόκρισης μέσω της επίδρασης που έχουν στο κόστος προμήθειας και στην αξιοπιστία του συστήματος παράγουν δευτερεύοντα οφέλη που γίνονται αντιληπτά από όλους σχεδόν τους πελάτες. Είναι τα οφέλη εκείνα που έχουν μεγάλες επιπτώσεις στο σύστημα διανομής και αποτελούν το βασικό κίνητρο των εταιριών παροχής των προγραμμάτων αυτών.

Τα δευτερεύοντα αυτά οφέλη μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σαν βραχυπρόθεσμα, μακροπρόθεσμα και οφέλη αξιοπιστίας.

- *Βραχυπρόθεσμες επιδράσεις στην αγορά:* Είναι η πιο άμεση και εύκολα μετρήσιμη πηγή οικονομικών οφελών από τα προγράμματα ζήτησης απόκρισης. Γενικά μιλώντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι εξοικονόμηση κόστους παραγωγής ενέργειας που προέρχεται από την αποδοτική κατανάλωση, δεδομένου των κατάλληλων υποδομών. Η αποδοτική χρήση των πόρων, που καθίσταται εφικτή με την καλύτερη συσχέτιση κλιμάκων λιανικής και μικρού κόστους προμήθειας, μεταφράζεται σε βραχυπρόθεσμη μείωση λογαριασμού από την εξοικονομημένη ενέργεια. Επιπλέον σε περιοχές με οργανωμένες αγορές η διαχείριση ενέργειας μέσω προγραμμάτων ζήτησης απόκρισης έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης σε περιόδους αυξημένης ζήτησης και κατά επέκταση την μείωση των τιμών χονδρικής. Η εξοικονόμηση χρημάτων από τις μειωμένες τιμές χονδρικής εξαρτάται κυρίως από την ποσότητα της ενέργειας που συναλλάσσεται στην αγορά και λιγότερο από τα προσυμφωνημένα συμβόλαια.

- *Μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην αγορά:* Καθώς με τα προγράμματα ζήτησης απόκρισης μειώνεται η τοπική ή η ευρέα ζήτηση και αποφορτίζεται το δίκτυο, η ανάγκη για κατασκευή νέων εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς ή διανομής ενέργειας όλο και μικραίνει. Καθώς ο τομέας παροχής ενέργειας είναι εξαιρετικά δαπανηρός και απαιτεί μεγάλα κεφάλαια η αποφυγή τέτοιου είδους επενδύσεων μπορεί να εξοικονομήσει πολλά χρήματα. Για να εξυπηρετούν όμως αυτό τον σκοπό πρέπει τα προγράμματα ΖΑ να εξασφαλίζουν διαθεσιμότητα και αξιοπιστία όποτε απαιτείται και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
- *Οφέλη αξιοπιστίας:* Αναφερόμαστε στην μείωση της πιθανότητας και της σοβαρότητας των αναγκαστικών διακοπών ρευματοδότησης όταν τα αποθέματα ενέργειας πέσουν κάτω από το επιτρεπτό όριο. Μειώνοντας την ζήτηση σε κάποια κρίσιμη στιγμή (πχ όταν μια γραμμή παραγωγής ή μεταφοράς καταρρεύσει) με ένα πρόγραμμα ΖΑ που ενεργοποιείται από τον διαχειριστή του δικτύου είναι δυνατόν τα επίπεδα αποθεματικού να επιστρέψουν στην πρότερη κατάσταση. Αυτά τα οφέλη αξιοπιστίας μπορούν να αξιολογηθούν με βάση το ποσό του φορτίου που χρειάστηκε για να αποσυμφορηθεί το δίκτυο αποτρέποντας έτσι την δυσλειτουργία ή κατάρρευση του και με βάση την αξία που προσδίδουν οι πελάτες σε μια αξιόπιστη υπηρεσία.

Άλλα οφέλη

Τα προγράμματα ΖΑ μπορούν να παράσχουν και άλλα οφέλη που προέρχονται από κάποιους ή από όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά ενέργειας αλλά δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν.

- *Πιο εύρωστη αγορά λιανικής:* Σε μια ανταγωνιστική αγορά λιανικής, οι υπηρεσίες κοστολόγησης πραγματικού χρόνου μπορούν να δραστηριοποιήσουν τους προμηθευτές λιανικής στον τομέα της καινοτομίας ενώ τα προγράμματα ΖΑ παρέχουν ευκαιρίες υπεραξίας για τους εμπόρους.
- *Καλύτερη επιλογή:* Τα προγράμματα ΖΑ στην λιανική τους μορφή μέσω των διαφορετικών χαρακτηριστικών, μπορούν να παρέχουν πολλαπλές επιλογές στους πελάτες ώστε να διαχειριστούν το ενεργειακό κόστος.

- *Οφέλη επίδοσης της αγοράς:* Τα προγράμματα ΖΑ μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στο να μετριαστεί η πιθανότητα οι παράγοντες της αγοράς ενέργειας να κρατήσουν χαμηλά την προμήθεια της ώστε να αυξήσουν τις τιμές και να ωφεληθούν οικονομικά. Η ζήτηση που ανταποκρίνεται στις τιμές μετριάζει την πιθανότητα αυτή καθώς οι προμηθευτές ενέργειας κινδυνεύουν να μείνουν εκτός αγοράς και αυτό είναι πολύ σοβαρό κίνητρο για να μην επιχειρήσουν την χειραγώγηση της αγοράς.
- *Πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη:* Τα προγράμματα ΖΑ μειώνουν την εκπομπή ρύπων και αερίων στις περιόδους μεγάλης ζήτησης και σαν αποτέλεσμα έχουν πολλά περιβαλλοντικά οφέλη. Εξάλλου σε ορισμένα κράτη οι παραγωγοί ενέργειας ελέγχονται αυστηρά σχετικά με τις εκπομπές αερίων στο περιβάλλον και γι' αυτό πρέπει να είναι προσεχτικοί. Πάντως πρέπει να έχουμε κατά νου ότι οι εκπομπές αερίων κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης πρέπει να είναι σε ισορροπία απέναντι σε ενδεχόμενη αύξηση των εκπομπών κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης.

ΜΕΡΟΣ Β

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 *Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας*

Έχουν περάσει αρκετά χρόνια από τότε που έγιναν οι πρώτες προσπάθειες για ανοικοδόμηση και ανασυγκρότηση του ενεργειακού τομέα παγκοσμίως. Ακολουθώντας το πρωτοπόρο παράδειγμα της Χιλής, της Αργεντινής και του Ηνωμένου Βασιλείου πολλές χώρες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης εισήγαγαν νόμους αναδιαμόρφωσης του ενεργειακού σκηνικού και έτσι επήλθε η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Η εμπειρία έχει δείξει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις το εγχείρημα είχε επιτυχία, καθώς αποκομίστηκαν μεγάλα οφέλη για την οικονομία. Υπήρξαν όμως και κάποιες μεγάλες αποτυχίες καθώς η αγορά στάθηκε ανίκανη να παράξει υπηρεσίες χαμηλού κόστους και να εγγυηθεί αξιοπιστία και ασφάλεια. Η περίπτωση της Καλιφόρνια, ΗΠΑ είναι μία από αυτές.

Η κίνηση αυτή στο ενεργειακό περιβάλλον έχει σκοπό να ενθαρρύνει τον ανταγωνισμό και να επιφέρει αξιοπιστία και χαμηλότερα ενεργειακά κόστη. Αν και η εμπειρία κάθε χώρας είναι διαφορετική όσον αφορά τους κανονισμούς, τις διαδικασίες και το βαθμό απελευθέρωσης που επιτυγχάνεται οι βασικές οντότητες-συντελεστές της αγοράς ενέργειας είναι ίδιες. Έτσι οι ρυθμιστικές αρχές, οι παραγωγοί, οι πωλητές και οι αγοραστές, οι διαχειριστές του συστήματος και του δικτύου και φυσικά οι καταναλωτές υπάρχουν παντού. Επίσης ανεξαρτήτως μοντέλου αγοράς που ακολουθείται, ο ηλεκτρισμός παραμένει αγαθό του οποίου η φυσική πορεία είναι από τους παραγωγούς στους καταναλωτές. Αυτό που αλλάζει είναι ο τρόπος που γίνεται η αγορά, η πώληση και γενικά η συναλλαγή στην ενεργειακή αγορά. Επίσης καθώς το παραδοσιακό, μονοπωλιακό κατεστημένο που ενσωμάτωνε όλα τα στάδια της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ενέργειας καταρρέει, η αγορά αναδιοργανώνεται και αποκτά νέες τεχνολογικές και εμπορικές διαστάσεις. Νέοι τομείς στην ενέργεια κάνουν την εμφάνιση τους, με τον καθένα να προσφέρει τα δικά του προϊόντα και υπηρεσίες.

Η διαδικασία ανοικοδόμησης ωστόσο περιορίζεται από την φύση των δραστηριοτήτων του τομέα ηλεκτρισμού καθώς υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί που διαφοροποιούν τον συγκεκριμένο τομέα από κάθε άλλο. Επιπλέον, υπάρχει δυσκολία στο να υιοθετηθούν οι αρχές μιας ελεύθερης αγοράς σε έναν τομέα όπως η ενέργεια που ευνοεί το μονοπώλιο. Η φύση της ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί την εφαρμογή συγκεκριμένων κανόνων και μια κεντρική διαχείριση του δικτύου, διατηρώντας έτσι το μονοπώλιο τουλάχιστον στο επίπεδο μεταφοράς της. Η οργάνωση και οι κανονισμοί της αγοράς πρέπει να δημιουργούν τις προϋποθέσεις εκείνες, ώστε σε συνεννόηση και με τις αρμόδιες αρχές, να δημιουργηθεί ένα όσο το δυνατόν πιο ανταγωνιστικό περιβάλλον μέσα στο οποίο κάθε μέρος που συμμετέχει, συμπεριλαμβανομένων και των πελατών, θα ευνοηθεί εξίσου.

Για να αντιληφθούμε μια τέτοια δομή και οργάνωση θα πρέπει να θεωρήσουμε τον τομέα ηλεκτρικής ενέργειας σαν έναν δισδιάστατο τομέα. Η μία είναι η φυσική διάσταση που σχετίζεται με τη φυσική ροή του ηλεκτρισμού και η άλλη η εικονική διάσταση που σχετίζεται με το εμπόριο του ηλεκτρισμού. Στην διάσταση αυτή, πωλητές και αγοραστές συμπράττουν συμβόλαια, είτε φυσικά, για την παροχή πραγματικής ενέργειας είτε μη φυσικά, που σχεδιάζονται για την κάλυψη κινδύνου, μέσω των συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (futures) και των δικαιωμάτων προαίρεσης (options). Οι δύο διαστάσεις είναι στενά συνδεδεμένες μεταξύ τους, ωστόσο ένας διαχωρισμός είναι απαραίτητος για να χτίσουμε ένα λειτουργικό και ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Ο χρόνος που λαμβάνουν χώρα οι συναλλαγές σε μια ελεύθερη αγορά είναι καθοριστικής σημασίας. Είτε μέσω χρηματιστηριακών συναλλαγών, είτε μέσω μηχανισμού «πισίνας» ή διμερών συμβολαίων οι συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να γίνουν μέσω διαφορετικών αγορών την ίδια χρονική στιγμή. Έτσι μπορεί να έχουμε ταυτόχρονες συναλλαγές στη φυσική αγορά (spot market), στην αγορά συμβολαίων μελλοντικής εκπλήρωσης (future market) ή στην αγορά ανταλλαγών (swap market).

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε κάποια στοιχεία της αγοράς ενέργειας όπως καθορίζονται μέσα από τις υπάρχουσες αγορές παγκοσμίως. Τα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν σε όλες τις αγορές, αλλού είναι περισσότερο και αλλού λιγότερο εμφανή,

πράγμα φυσικό καθώς κάθε αγορά δεν είναι αναπτυγμένη στον ίδιο βαθμό και ούτε επικρατούν οι ίδιες συνθήκες σε όλες τις χώρες. Όπου είναι δυνατόν θα αναφέρουμε και παραδείγματα από συγκεκριμένες αγορές.

Σε μια ανταγωνιστική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός ανεξάρτητου διαχειριστή συστήματος (Independent Service Operator - ISO) που έχει σκοπό τη διατήρηση της ακεραιότητας του συστήματος μεταφοράς παρέχοντας πρόσβαση αδιακρίτως σε όλους τους συμμετέχοντες της αγοράς. Επίσης ένας ISO πρέπει να καθορίσει ένα πρόγραμμα καθημερινής βέλτιστης λειτουργίας λαμβάνοντας υπόψη τους φυσικούς περιορισμούς του συστήματος μεταφοράς.

Σε ορισμένες χώρες ανάλογα με τον τρόπο οργάνωσης της αγοράς, όπως στην Ισπανία, ο ρόλος αυτός αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος έχουμε έναν διαχειριστή αγοράς που σκοπό έχει να διασφαλίσει τη δυνατότητα όλοι οι συμμετέχοντες να μπορούν να προσπελάσουν το σύστημα και να πραγματοποιούν συναλλαγές βασιζόμενοι στην τιμή και στην προσφερόμενη ποσότητα ενέργειας από τους πωλητές προς τους αγοραστές. Στο δεύτερο μέρος έχουμε έναν διαχειριστή συστήματος που ελέγχει την δυνατότητα μεταφοράς ενέργειας λαμβάνοντας υπόψη τους φυσικούς περιορισμούς και άλλα τεχνικά θέματα.

4.1.1 Μοντέλα Αγοράς Ενέργειας

Στην αγορά ενέργειας υπάρχουν δύο βασικά μοντέλα, το μοντέλο πισίνας (pool market) και το διμερές μοντέλο (bilateral OTC market).

4.1.1.1 Αγορά πισίνας (Pool Market)

Το μοντέλο αγοράς πισίνας διευκολύνει τον ανταγωνισμό μεταξύ των παραγωγών ενέργειας και τον υπολογισμό των χρημάτων που καταβάλλονται από τους αγοραστές. Όλοι οι συμμετέχοντες της αγοράς, παραγωγοί, διαχειριστές συστήματος, διαχειριστές αγοράς, προμηθευτές, διανομείς κτλ είναι συμβαλλόμενοι στην συμφωνία που καταλήγει ο μηχανισμός της πισίνας.

Μία πισίνα μπορεί να είναι είτε υποχρεωτική (compulsory ή mandatory ή gross) είτε εθελοντική (voluntary ή net). Μια υποχρεωτική πισίνα απαιτεί την παρουσία όλων των

παραγωγών, εκτός από τους πολύ μικρούς, για την πώληση του προϊόντος τους στην τιμή που έχουν ορίσει. Σε μια εθελοντική πισίνα οι παραγωγοί μπορούν να συμφωνήσουν σε διμερής συναλλαγές με τους αγοραστές για την παράδοση της ενέργειας αλλά είναι υποχρεωμένοι να ενημερώσουν τον διαχειριστή του συστήματος ώστε να το λάβει υπόψη όταν κάνει τον εκάστοτε σχεδιασμό.

Το συγκεκριμένο μοντέλο απαιτεί από τους παραγωγούς να υποβάλουν τις προσφορές τους δηλώνοντας τη ποσότητα ενέργειας που μπορούν να διαθέσουν και σε ποια τιμή. Οι παραγωγοί μπορούν να υποβάλουν τις προσφορές τους σε ότι τιμή θέλουν (price-based pools) είτε με βάση κάποιες προκαθορισμένες τιμές (cost-based pools). Το μοντέλο της πισίνας δουλεύει σε ένα αυστηρά καθορισμένο περιβάλλον ενώ οι συναλλαγές γίνονται κυρίως μέσω χρηματιστηρίων ενέργειας και τα αποτελέσματα δημοσιοποιούνται.

1.2.1.1 Τρόπος λειτουργίας αγοράς πισίνας

Αν και υπάρχουν αρκετές παραλλαγές του μοντέλου πισίνας ανάλογα με την χώρα οι βασικές αρχές λειτουργίας παραμένουν ίδιες. Το Βρετανικό μοντέλο είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και έχει επηρεάσει πολλές αγορές παγκοσμίως, ειδικά της Ευρώπης, της Ασίας και της Λατινικής Αμερικής. Οι πισίνες λειτουργούν σε ωριαία βάση με τους παραγωγούς να προσπαθούν να ανταγωνιστούν ο ένας τον άλλο για την κάλυψη της ζήτησης. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να υπάρχουν 24 διαφορετικές αγορές πισίνας σε μια μέρα. Ωστόσο ο αριθμός των διαφορετικών αγορών που θα έχει μια πισίνα καθορίζεται από την ζήτηση, που καθορίζεται από την λεγόμενη καμπύλη ζήτησης, και από τη δυνατότητα του συστήματος να συμβαδίσει με το φόρτο διαχείρισης.

Μια πισίνα μπορεί ταυτόχρονα να εξυπηρετεί συναλλαγές ημερήσιας, ενδοημερήσιας και πραγματικού χρόνου αγοράς. Σε μια υποχρεωτική πισίνα, οι παραγωγοί ενέργειας υποβάλλουν τις προσφορές τους για την επόμενη μέρα, που αφορούν σε συγκεκριμένες ποσότητες ενέργειας σε καθορισμένη τιμή. Ο διαχειριστής της αγοράς δέχεται τις προσφορές των παραγωγών ξεκινώντας από τις πιο φτηνές, μέχρι να καλύψουν την πρόβλεψη ζήτησης. Λέμε ότι οι παραγωγοί είναι “in merit” δηλαδή έχουν αξία, όταν οι προσφορές τους είναι επιτυχημένες και “out of merit” όταν είναι αποτυχημένες.

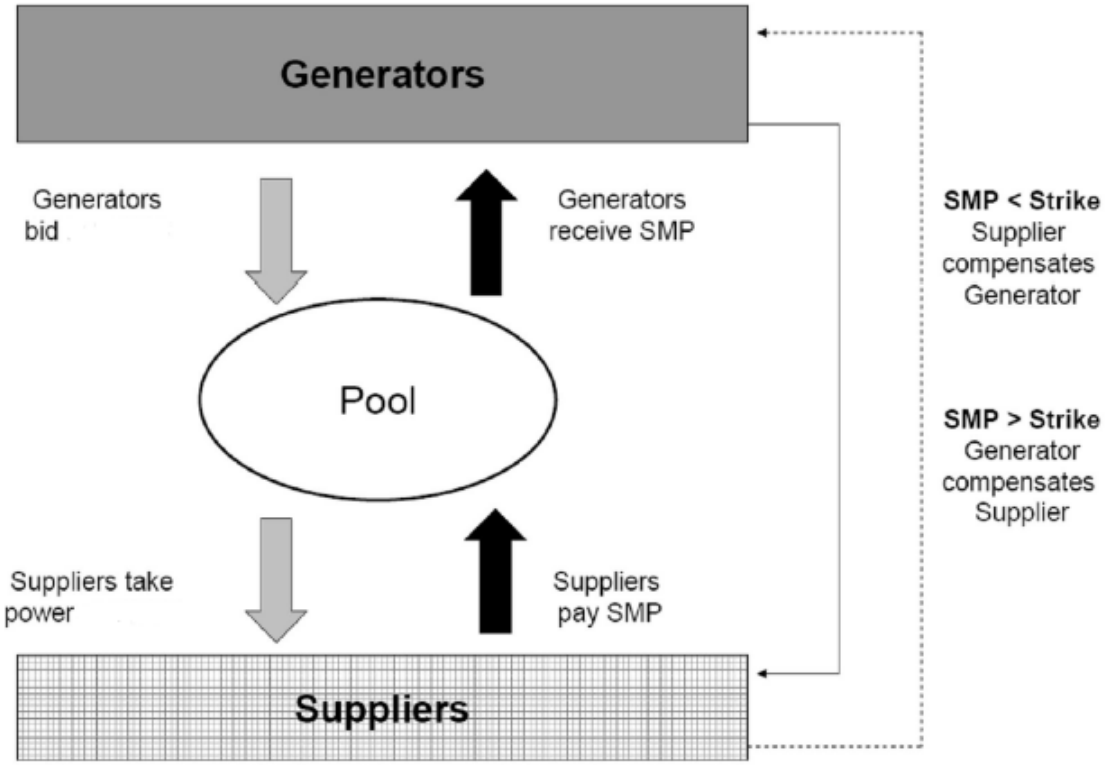
Στη συνέχεια ο διαχειριστής συστήματος χρησιμοποιεί ένα λογισμικό για τη δημιουργία του προγράμματος με το μικρότερο κόστος παραγωγής για την ημέρα συναλλαγής. Αυτό ονομάζεται ¨αβίαστο πρόγραμμα¨ καθώς υποτίθεται ότι δε θα υπάρξουν περιορισμοί στην μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο την ημέρα της συναλλαγής, θα προκύψουν διάφορα θέματα και προβλήματα, όπως λάθη στην πρόβλεψη της ζήτησης, μη-διαθεσιμότητα των "in merit" παραγωγών κτλ. Έτσι ο διαχειριστής του συστήματος υπολογίζει τις νέες παραμέτρους και προσαρμόζει το πρόγραμμα ώστε να καταστρώσει ένα νέο ¨με περιορισμούς¨ αφού το ¨αβίαστο¨ απέτυχε.

Η τελική τιμή που καταβάλλεται στους παραγωγούς προέρχεται από το συνδυασμό πολλών στοιχείων που περιγράφεται παρακάτω.

- System Marginal Price (SMP): είναι η πιο ακριβή προσφορά από όλες για την κάλυψη της ζήτησης σε μια συγκεκριμένη περίοδο. Γενικότερα η προσφορά καθορίζεται από δύο παράγοντες i) πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να καλύπτονται τα κόστη και ii) χαμηλή τόσο ώστε να είναι ανταγωνιστική με πιθανότητες επιλογής.
- Loss of Load Probability (LOLP): είναι η πιθανότητα η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να μην είναι αρκετή για την κάλυψη της ζήτησης.
- Value of Lost Load (VOLL): είναι η αξία (€/MWh) που αναπαριστά την πρόθεση του τελικού καταναλωτή να διακόψει την τροφοδότησή του με ενέργεια αλλά και την αξία που ο καταναλωτής θα εισπράξει για μη παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας.
- Capacity Payment (CP): είναι μια τιμή ανά MW που δίνεται στους παραγωγούς για την διαθεσιμότητά τους να παράξουν ανεξάρτητα από το αν παράγουν ή όχι. Μπορεί να αυξηθεί σε περιόδους έλλειψης αλλά μειώνεται όταν η χωρητικότητα του συστήματος υπερέχει της ζήτησης.

Συγκεκριμένα στο Βρετανικό μοντέλο, το άθροισμα του SMP και του CP (υπολογίζεται ως LOLP x (VOLL-SMP)) αποτελεί το Pool Purchase Price (PPP), το οποίο υπολογίζεται την προηγούμενη μέρα της συναλλαγής. Εάν σε αυτή την τιμή προσθέσουμε και κάποια επιπλέον χρήματα που δεν είναι στάνταρ αλλά κατά περίπτωση και στην πλειοψηφία

είναι σχετικά λίγα (ονομάζονται uplift payment) έχουμε την τελική τιμή (Pool Selling Price - PSP) που καταβάλλεται στον παραγωγό.



Εικόνα 15: Το μοντέλο αγοράς πισίνας (A.I.Sianni 2011)

1.2.1.2 Συμβόλαια Διαφορών (Contracts for Differences - CfD)

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσα στην πισίνα διαφέρει από τη μια περίοδο στην άλλη ακόμα και μέσα στην ίδια μέρα ανάλογα με την διακύμανση της ζήτησης. Οι πωλητές και οι αγοραστές προκειμένου να προστατευθούν από την αστάθεια αυτή των τιμών προβαίνουν σε συμβόλαια μεταξύ τους που ονομάζονται Συμβόλαια Διαφορών (Contracts for Differences - CfD). Τα δύο μέρη λοιπόν συμφωνούν σε μια τιμή για μια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας, που ονομάζεται strike price. Ο παραγωγός δεσμεύεται να πουλήσει στον αγοραστή ένα ¨πρόγραμμα¨ ενέργειας σε μια καθορισμένη τιμή. Επίσης ένας αγοραστής έχοντας ένα τέτοιο συμβόλαιο δεσμεύεται να αγοράσει όλη

την ενέργεια που είναι απαραίτητη για να καλύψει την ζήτηση μέσω της πισίνας και πληρώνει για την ενέργεια που αγοράζει στην τιμή της αγοράς όπως και όλοι οι παραγωγοί. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ο δεσμευμένος με συμβόλαιο αγοραστής αγοράζει όλη την ενέργεια που χρειάζεται ανεξάρτητα με το αν ο παραγωγός την παράγει ή όχι. Έτσι στο τέλος δύο ειδών συναλλαγές μπορούν να υπάρξουν:

1. Εάν η συμφωνημένη τιμή του συμβολαίου strike price είναι μεγαλύτερη από την τιμή της αγοράς τότε ο αγοραστής πληρώνει τη διαφορά μεταξύ των δύο τιμών στον παραγωγό.
2. Εάν η τιμή της αγοράς είναι μεγαλύτερη από την strike price, ο παραγωγός πληρώνει τη διαφορά μεταξύ των δύο τιμών στον αγοραστή.

4.1.1.2 Η διμερής αγορά (Bilateral OTC Market)

Η αγορά διμερών συμβάσεων μπορεί να λειτουργεί παράλληλα με το μοντέλο πισίνας και συνήθως αυτή είναι η πιο συνηθισμένη πρακτική. Το μοντέλο αγοράς αυτό που ονομάζεται **Bilateral OTC (Over The Counter) Market** περιλαμβάνει εξωχρηματιστηριακές διμερής συμβάσεις μεταξύ του παραγωγού και του αγοραστή. Εδώ οι παραγωγοί μπορεί να είναι και οι ίδιοι αγοραστές στην περίπτωση που δεν παράγουν οι ίδιοι αρκετή ενέργεια αλλά πρέπει να προμηθευτούν από αλλού. Η διμερής αγορά λαμβάνει χώρα εκτός του χρηματιστηρίου ενέργειας. Τα αντισυμβαλλόμενα μέρη διαπραγματεύονται συναλλαγές ενέργειας είτε απευθείας μέσω τηλεφώνου, τηλεομοιοτυπίας (φαξ) και διαδικτύου, είτε με χρήση διαμεσολαβητών (brokers ή πλατφόρμες συναλλαγών). Για την επιβεβαίωση των συναλλαγών τα δύο μέρη ανταλλάσουν επικυρώσεις με φαξ, που περιέχουν όλες τις σχετικές λεπτομέρειες. Τα γραφεία διαμεσολάβησης δεν παρέχουν υπηρεσίες εύρεσης και συνδυασμού των αντισυμβαλλόμενων μερών (matching services), παρά μόνο διαθέτουν τίτλους χρεογράφων (securities) για την εξυπηρέτηση της σύναψης των συμβολαίων αγοραπωλησίας. Σε αντάλλαγμα, λαμβάνουν αμοιβή για τις υπηρεσίες τους. Οι ποσότητες των εξωχρηματιστηριακών OTC συμβάσεων σε αντίθεση με την αγορά πισίνας δεν δημοσιοποιούνται. Ενώ οι χρηματιστηριακές συναλλαγές καταγράφονται ηλεκτρονικά, οι διμερείς OTC συναλλαγές μεταξύ διαμεσολαβητών και πελατών τους δε δημοσιεύονται και έτσι το μέγεθος της συγκεκριμένης αγοράς μπορεί μόνο να υποτεθεί.

Οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν αυτού του τύπου τις συναλλαγές σε μακροπρόθεσμο κυρίως επίπεδο, προκειμένου να διαχειριστούν την έκθεση τους στην αστάθεια των τιμών της αγοράς όψεως.

Πολλές ώριμες αγορές, όπως αυτή της Γαλλίας, διαθέτουν πολλά προϊόντα συναλλαγών σε μεγάλο βαθμό τυποποιημένα, αλλά και με τη δυνατότητα προσαρμογής βάσει διαπραγματεύσεων μεταξύ των αντισυμβαλλόμενων μερών. Σε τέτοιες αγορές οι διμερείς OTC συμβάσεις μπορούν να θεωρηθούν ως οικονομικά μέσα, να μεταπωληθούν και να αντιμετωπιστούν όπως ένα προϊόν στη χρηματιστηριακή αγορά.

Τέλος ενώ οι χρηματιστηριακές συναλλαγές είναι ελεγχόμενες και η εκκαθάρισή τους γίνεται από έγκυρο κεντρικό μηχανισμό που εγγυάται την εκπλήρωση των συναλλαγών, στις διμερείς OTC συμβάσεις δε συμβαίνει το ίδιο. Εδώ υπάρχει σημαντικός κίνδυνος αθέτησης των εκ των συμβολαίων οικονομικών δεσμεύσεων των εμπορικών εταίρων, λόγω ενδεχόμενων χρηματοπιστωτικών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν (πχ. χρεωκοπία). Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος αυτός κάποιες χώρες, όπως η Ισπανία, έχουν ορίσει υπηρεσίες εκκαθαρίσεων συνήθως ελεγχόμενες από το χρηματιστήριο ενέργειας ενώ τα συμβόλαια που συντάσσονται πρέπει να ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένες προδιαγραφές.

4.1.2 Επιμέρους Αγορές

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέραμε τα δύο βασικά μοντέλα της αγοράς ενέργειας που υπάρχουν σήμερα και αναλύσαμε μερικά από τα χαρακτηριστικά τους και τον τρόπο λειτουργίας τους. Πέρα όμως από τα βασικά μοντέλα υπάρχουν και οι επιμέρους αγορές που λειτουργούν μέσα στα πλαίσια των προαναφερόμενων μοντέλων αγοράς. Έτσι λοιπόν έχουμε την Ημερήσια (day-ahead Energy Market), την Ενδοημερήσια (Intraday Market) και την Πραγματικού χρόνου (Real Time Energy Market) αγορά ενέργειας. Αυτές οι αγορές αποτελούν μέρος της λεγόμενης Spot Market[6] και λειτουργούν στα πλαίσια του μοντέλου αγοράς πισίνας (Pool Market) που περιγράψαμε παραπάνω. Παρακάτω ακολουθεί μια ανάλυση αυτών.

4.1.2.1 Ημερήσια Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας (Day-Ahead Energy Market)

Η ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μία προθεσμιακή αγορά, στην οποία οι κομβικές τιμές ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται για κάθε ώρα της Ημέρας Κατανομής (η ημέρα για την οποία γίνονται οι προσφορές), με βάση τις προσφορές της παραγωγής και της ζήτησης, δηλαδή τις προσφορές έγχυσης και απορρόφησης ενέργειας (δήλωση φορτίου), καθώς και τα προγράμματα των διμερών συναλλαγών, που υποβάλλονται σ' αυτή. Η υποβολή των προσφορών της ημερήσιας αγοράς ξεκινά κάποιες μέρες πριν από την ημέρα κατανομής (ημέρα D) και συνεχίζει μέχρι τη λήξη της προθεσμίας υποβολής, συνήθως μία μέρα πριν την ημέρα κατανομής (ημέρα D-1).

---

[6] Spot Market ή αλλιώς Cash Market είναι αγορές αγαθών (commodities) που πωλούνται για μετρητά και παραδίδονται αμέσως. Τα συμβόλαια που επισυνάπτονται έχουν άμεση ισχύ. Ωστόσο τον όρο τον χρησιμοποιούμε επίσης και για την παράδοση του αγαθού στο άμεσο μέλλον, μέσα σε ένα μήνα ή λιγότερο.

Οι προσφορές έγχυσης και απορρόφησης ενέργειας εκφράζουν:

- Προσφορές έγχυσης: εκφράζουν τη βούληση του συμμετέχοντα να πουλήσει μια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που δεν υπερβαίνει τον όγκο που ορίζεται στην προσφορά και σε τιμή μονάδας που δεν είναι χαμηλότερη από εκείνη στην ίδια προσφορά. Η αποδοχή της προσφοράς συνεπάγεται τη δέσμευση για έγχυση του όγκου που συμφωνήθηκε σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- Απορρόφηση ενέργειας (Δήλωση φορτίου): εκφράζουν την προθυμία του συμμετέχοντα να αγοράσει μια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που δεν υπερβαίνει εκείνη της προσφοράς και σε τιμή μονάδας που δεν υπερβαίνει τις προδιαγραφές στην ίδια προσφορά.

Οι προσφορές έγχυσης και απορρόφησης ενέργειας γίνονται αποδεκτές μετά το κλείσιμο της αγοράς υπό το κριτήριο της οικονομικής αξίας.

Ειδικότερα, η αγορά αυτή δίνει στους συμμετέχοντες τη δυνατότητα να αγοράζουν και να πωλούν ηλεκτρική ενέργεια σε δεσμευτικές κομβικές τιμές. Η συναλλαγή λαμβάνει χώρα σε χρηματιστήριο ενέργειας (μοντέλο πισίνας) και οι ενδιαφερόμενοι καταθέτουν τις προσφορές τους για την κάθε επόμενη μέρα η οποία χωρίζεται σε ωριαία διαστήματα. Επομένως έχουμε 24 ωριαία διαστήματα και προσφορές για τα αντίστοιχα διαστήματα ενώ η λήξη της προθεσμίας υποβολής είναι συνήθως η $12^{η}$ μεσημεριανή κάθε ημέρας. Η περίοδος των προσφορών μπορεί να διαφέρει από χώρα σε χώρα, στην Γαλλία για παράδειγμα είναι 45 ημέρες πριν την ημέρα κατανομής.

Οι προσφορές γίνονται συνήθως με δύο τρόπους:

- Με την μορφή των ωριαίων προσφορών (μία προσφορά αντιστοιχεί σε ένα ωριαίο διάστημα)
- Με τη μορφή του block bid.

Το block bid είναι μια προσφορά που έχει δύο χαρακτηριστικά. Το πρώτο είναι ότι αναφέρεται σε περισσότερα από ένα ωριαία χρονικά διαστήματα και το δεύτερο είναι ότι γίνεται δεκτή ή όχι στο σύνολο της. Αυτό αλλάζει το μαθηματικό μοντέλο από την συνεχή ισχύ μιας προσφοράς σε διακριτή και πλέον η απάντηση στο πρόβλημα δεν είναι «πόσο πολύ» αλλά «όλο ή τίποτα».

Για την κατανόηση της λειτουργίας της ημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα παρουσιάσουμε στη συνέχεια τον τρόπο λειτουργίας ενός κομματιού της αγοράς της Αμερικής και συγκεκριμένα της PJM. Η PJM είναι ένας οργανισμός ISO (Independent Service Operator), από τους αρκετούς που λειτουργούν στις ΗΠΑ, που σκοπό έχει το συντονισμό, έλεγχο και παρακολούθηση της λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος της περιοχής που έχει υπό την εποπτεία της. Η περιοχή αυτή περιλαμβάνει τις πολιτείες Pennsylvania – Jersey – Maryland (PJM).

Οι συνιστώσες των ωριαίων κομβικών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας, που υπολογίζονται στην ημερήσια αγορά της PJM, είναι η Ημερήσια Συστημική Τιμή Ενέργειας, η Ημερήσια Τιμή Συμφόρησης και η Ημερήσια Τιμή Απώλειας. Οι δύο τελευταίες συνιστώσες αντανακλούν τα κόστη απωλειών και τα κόστη συμφόρησης του συστήματος μεταφοράς, τα οποία προκύπτουν από τις αγοραπωλησίες της ενέργειας στην ημερήσια αγορά.

Αναλυτικότερα, κάθε αγοραστής στην ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας έχει τη δυνατότητα να υποβάλλει:

- Μία ωριαία προσφορά ζήτησης (Fixed Demand Bid), σύμφωνα με την οποία μπορεί να αγοράσει μία καθορισμένη ποσότητα ενέργειας, ανεξάρτητα από την κομβική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας που έχει υπολογισθεί στην ημερήσια αγορά.
- Μία ωριαία προσφορά ζήτησης (Price-Sensitive Demand Bid), σύμφωνα με την οποία μπορεί να αγοράσει ένα καθορισμένο ποσό ενέργειας σε μία συγκεκριμένη τιμή.
- Μία ωριαία οικονομική προσφορά για την πώληση ενός συγκεκριμένου ποσού ενέργειας στην ημερήσια αγορά, στην περίπτωση που η κομβική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη ή ίση με την συγκεκριμένη τιμή της προσφοράς, που έχει υποβάλλει (increment offer). Αυτή η οικονομική προσφορά αποτελεί μία μονοτόνως αύξουσα συνάρτηση προσφοράς έγχυσης ενέργειας.
- Μία ωριαία οικονομική προσφορά για την αγορά ενός συγκεκριμένου ποσού ενέργειας από την ημερήσια αγορά, στην περίπτωση που η κομβική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρότερη ή ίση με την συγκεκριμένη τιμή της

προσφοράς, που έχει υποβάλλει (decrement bid). Αυτή η οικονομική προσφορά αποτελεί μία μονοτόνως φθίνουσα συνάρτηση προσφοράς απορρόφησης ενέργειας.

Όσον αφορά τους πωλητές στην ημερήσια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, ισχύουν τα εξής:

- Κάθε πωλητής μπορεί να υποβάλλει μία ωριαία οικονομική προσφορά για την πώληση της ενέργειας στην ημερήσια αγορά, στην περίπτωση που η κομβική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη ή ίση με την συγκεκριμένη τιμή της προσφοράς, που έχει υποβάλλει (increment offer)
- Κάθε πωλητής μπορεί να υποβάλλει μία ωριαία οικονομική προσφορά για την αγορά της ενέργειας στην ημερήσια αγορά, στην περίπτωση που η κομβική τιμή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρότερη ή ίση με την συγκεκριμένη τιμή της προσφοράς, που έχει υποβάλλει (decrement bid)
- Κάθε ιδιοκτήτης μιας μονάδας παραγωγής, που έχει δεσμευθεί να παρέχει την εγκατεστημένη ισχύ της μονάδας του στην αγορά Μακροχρόνιας Διαθεσιμότητας Ισχύος (capacity resource), υποχρεούται να υποβάλλει μία ωριαία προσφορά έγχυσης, ακόμα και στην περίπτωση που η μονάδα δεν είναι διαθέσιμη εξαιτίας κάποιας μη-προγραμματισμένης βλάβης ή αναγκαστικής διακοπής της λειτουργίας της. Αν η προσφορά δεν γίνει δεκτή στην ημερήσια αγορά, τότε ο ιδιοκτήτης μπορεί να προβεί στην αναθεώρησή της και να την υποβάλλει στην αγορά εξισορρόπησης πραγματικού χρόνου. Μία εναλλακτική επιλογή είναι ο ιδιοκτήτης να προγραμματίσει ο ίδιος την ποσότητα ενέργειας, που θέλει να εγχύσει στο σύστημα.

Οι προσφορές έγχυσης ενέργειας μπορούν να περιλαμβάνουν επιμέρους προσφορές βασισμένες στην τιμή (price-based generator offers) και στο κόστος (cost-based generator offers). Οι τελευταίες αποτελούν προσφορές της ενέργειας που παράγεται κατά την εκκίνηση της λειτουργίας της μονάδας, κατά τη λειτουργία της μονάδας χωρίς φορτίο και κατά την αύξηση του επιπέδου της παραγωγής της μονάδας από ένα ελάχιστο επίπεδο, το οποίο καθορίζεται από την οικονομική κατανομή φορτίου (startup, no-load, incremental energy offers). Συνήθως υποβάλλονται στην περίπτωση που οι περιορισμοί

του συστήματος δεν επιτρέπουν την προμήθεια ενέργειας σε μία υποπεριοχή ελέγχου της εκάστοτε αγοράς και ο παραγωγός επιθυμεί να επιλύσει αυτό το πρόβλημα.

Στην περίπτωση της Ελλάδας, που αποτελεί μια σχετικά μικρή αγορά ενέργειας, ο Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός (ΗΕΠ) είναι εκείνος που συνιστά το μοντέλο για την οργάνωση της χονδρεμπορικής αγοράς μέσω της οποίας συναλλάσσεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που θα παραχθεί, θα καταναλωθεί και διακινηθεί την επόμενη μέρα στην Ελλάδα.

Το μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από αρκετά τεχνικά στοιχεία , στο οποίο ο προσδιορισμός της τιμής είναι αποτέλεσμα αλγοριθμικής εφαρμογής (βελτιστοποίηση αντικειμενικής συνάρτησης) και απαιτεί την εισαγωγή πολλών παραμέτρων, οι οποίες είτε τίθενται ρυθμιστικά είτε αποτελούν αντικείμενο ελέγχου από τον Ρυθμιστή.

Το μοντέλο περιλαμβάνει υποχρεωτικές προσφορές των παραγωγών για το σύνολο της ισχύος και αντίστοιχα υποβολή προσφορών για το σύνολο της ζήτησης από τους προμηθευτές, χωρίς να επιτρέπονται διμερή συμβόλαια φυσικής παράδοσης μεταξύ παραγωγών και προμηθευτών. Άρα το μοντέλο της Ελλάδας ακολουθεί το πρότυπο της υποχρεωτικής πισίνας (mandatory pool).

4.1.2.2 Ενδοημερήσια Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας (Intraday Energy Market)

Ο σκοπός της ενδοημερήσιας αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι να καλύψει την προσφορά και ζήτηση που μπορεί να παρουσιαστεί μετά την πάροδο του ημερήσιου προγραμματισμού μέχρι την επόμενη μέρα.

Από τη στιγμή που η διαδικασία της ημερήσιας αγοράς ενέργειας ολοκληρώνεται και η δημοπρασία λαμβάνει τέλος, μέχρι την στιγμή που θα εκτελεστεί το συμβόλαιο μεσολαβεί ένα σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα (ακόμα και 45 ημερών). Μέσα στο διάστημα αυτό τα δεδομένα μπορεί να αλλάξουν και να υπάρξουν αναταραχές όσον αφορά την προσφορά και ζήτηση. Η ενδοημερήσια αγορά καλύπτει αυτό ακριβώς το διάστημα λαμβάνοντας ρόλο μιας ενδιάμεσης αγοράς όπου οι συμμετέχοντες μπορούν να συναλλάσσονται διμερώς. Συνήθως, το προϊόν συναλλαγής βασίζεται σε συμβόλαια

ισχύς ανά ώρα και οι τιμές που δημοσιοποιούνται βασίζονται στην υπάρχουσα προσφορά και ζήτηση.

Η ενδοημερήσια αγορά ακολουθεί τους βασικούς κανόνες της ημερήσιας και είναι δομημένη με συγκεκριμένο τρόπο:

- Η συνεδρίαση της ενδοημερήσιας αγοράς ξεκινάει όταν τελειώσει η συνεδρίαση της ημερήσιας και αφορά την επόμενη μέρα και για τις ώρες που έχουν σχεδιαστεί για το τρέχον ημερήσιο πρόγραμμα ή σε κάποιες περιπτώσεις για την προηγούμενη, σε επίπεδο εκτέλεσης. Η λήξη της προθεσμίας υποβολής είναι αρκετά λεπτά πριν την ώρα κατανομής (συνήθως 75΄)
- Κάθε συνεδρίαση της ενδοημερήσιας αγοράς μπορεί να απευθύνεται σε μία ή περισσότερες ωριαίες προγραμματισμένες συνεδρίες, δεδομένου ότι οι συνεδρίες αυτές είναι δημοσιευμένες στο ημερήσιο πρόγραμμα.
- Συναλλαγές που αφορούν χρονικές περιόδους που δεν είναι δημοσιευμένες στο ημερήσιο πρόγραμμα δε μπορούν να συμπεριληφθούν στην ενδοημερήσια αγορά.
- Η ώρα έναρξης και λήξης για κατάθεση προσφορών αποφασίζεται από την εκάστοτε Ρυθμιστική Αρχή η οποία πρέπει να διασφαλίσει ότι σε κάθε ωριαία προγραμματισμένη περίοδο στο ημερήσιο πρόγραμμα θα αντιστοιχεί τουλάχιστον μια ενδοημερήσια συνεδρία.

Οι προσφορές στην ενδοημερήσια αγορά μπορεί να είναι απλές ή πολύπλοκες ενώ τόσο για την αγορά όσο και για την πώληση πρέπει να αναφέρονται στον ίδιο χρονικό ορίζοντα και στην ίδια μονάδα συναλλαγής.

Στην ενδοημερήσια αγορά, οι πράκτορες δεν επιτρέπεται να κάνουν προσφορές αγοραπωλησιών πριν να έχουν αποκτήσει δικαίωμα εκχώρησης από την αρμόδια αρχή, ενώ οι προσφορές τους πρέπει να είναι επί συγκεκριμένων μονάδων.

Για κάθε προγραμματισμένη περίοδο που θα λάβουν χώρα οι προσφορές ο Διαχειριστής της αγοράς καθορίζει την μέγιστη και την ελάχιστη τιμή μονάδας στην οποία μπορεί να πουληθεί και να αγοραστεί το προϊόν. Οι τιμές αυτές καθορίζονται στην αρχή κάθε συνεδρίας.

Οι απλές προσφορές είναι αυτές που γίνονται για μία ή περισσότερες ωριαίες προγραμματισμένες περιόδους (block bid) κατά τις οποίες δηλώνεται η τιμή και η ποσότητα της ενέργειας.

Οι πολύπλοκες προσφορές συμμορφώνονται με τις απλές αλλά ρυθμίζουν και κάποιες επιπλέον λεπτομέρειες που σχετίζονται με το μέγεθος της ενέργειας που πρόκειται να συναλλαχθεί και εισάγουν διάφορους περιορισμούς κυρίως στις block bid προσφορές. Παρακάτω αναφέρουμε μερικές από αυτές.

Συνθήκη για το μέγεθος παραγωγής ή για προηγούμενη αγορασμένη ενέργεια: Οι πωλητές μπορούν να ενσωματώσουν τέτοιους περιορισμούς αγοράς και πώλησης στις προσφορές τους. Σχετικά με το μέγεθος παραγωγής μπορούν να θέσουν μια μέγιστη απόκλιση στη ποσότητα της παραγόμενης ενέργειας ή στην αγορασμένη ποσότητα μεταξύ δύο διαδοχικών ωριαίων προγραμματισμένων περιόδων. Η συνθήκη αυτή θα εκφραστεί σε MW/λεπτό και η ενσωμάτωση του στην όλη διαδικασία θα πραγματοποιηθεί σε συμφωνία με τον κανονισμό σχετικά με την απόκλιση του φορτίου.

Συνθήκη αποδοχής με βάση το ταίριασμα του πρώτου μπλοκ στην προσφορά πώλησης: Οι πωλητές μπορούν να εισάγουν τον περιορισμό αν η προσφορά δεν ικανοποιεί το πρώτο μπλοκ να απορρίπτεται εξ ολοκλήρου. Για παράδειγμα, έστω η προσφορά αναφέρεται σε δύο μπλοκ, στις ώρες 1-24 και στις ώρες 9-20. Αν η προσφορά δεν ταιριάζει στο $1^{ο}$ μπλοκ (1-24) τότε απορρίπτεται εντελώς.

Συνθήκη αποδοχής για κάθε ώρα με βάση το ταίριασμα του μπλοκ στην προσφορά πώλησης: Οι πωλητές μπορούν να εισάγουν τον περιορισμό αν το $1^{ο}$ μπλοκ μιας προσφοράς δεν ταιριάζει απόλυτα σε μια ώρα, όλα τα μπλοκ της προσφοράς για την ώρα αυτή απορρίπτονται ενώ η υπόλοιπη προσφορά παραμένει ενεργή. Για παράδειγμα, έστω η προσφορά αναφέρεται σε δύο μπλοκ, στις ώρες 1-24 και στις ώρες 9-20. Αν η προσφορά δεν ταιριάζει στο 9-10 του $1^{ου}$ μπλοκ τότε ακυρώνεται και το $2^{ο}$ μπλοκ για την ώρα αυτή ενώ για τις υπόλοιπες ώρες ισχύει κανονικά.

Συνθήκη αποδοχής μέγιστης ενέργειας: Ο διαχειριστής της αγοράς σταματάει να δέχεται προσφορές για μια συγκεκριμένη περίοδο μόλις βρεθεί μία που καλύπτει στο ακέραιο το απαιτούμενο ποσό ενέργειας.

Η ενδοημερήσια αγορά τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς και αυτό οφείλεται στην παραγωγή ηλεκτρισμού από την αιολική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια είναι εκ φύσεως απρόβλεπτη με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ασυμμετρίες μεταξύ της ημερήσιας αγοράς και του τελικού παραγόμενου φορτίου. Η ενδοημερήσια αγορά ενέργειας λοιπόν έρχεται να παίξει το ρόλο της και να καλύψει το κενό που δημιουργείται.

4.1.2.3 Ενεργειακή Αγορά Πραγματικού Χρόνου (Real-Time Energy Market)

Καθώς η ηλεκτρική ενέργεια δε μπορεί να αποθηκευτεί σε ευρεία κλίμακα, η ασφαλής λειτουργία ενός συστήματος μεταφοράς προϋποθέτει την εξίσωση παραγωγής-κατανάλωσης σε πραγματικό χρόνο. Τα προγράμματα που βγαίνουν από την ημερήσια αγορά αποτελούν τη βάση για την ενέργεια που χρησιμοποιείται στην αγορά πραγματικού χρόνου. Οι προσφορές στην αγορά πραγματικού χρόνου προέρχονται από τις μονάδες που δεσμεύτηκαν από προγράμματα διαδικασίας ένταξης στην ημερήσια αγορά ή από μονάδες που δεσμεύονται με συμβόλαια επάρκειας παραγωγής και είναι υποχρεωμένες να παρέχουν την διαθέσιμη ισχύ τους. Ωστόσο, καθώς πλησιάζει ο πραγματικός χρόνος κατανομής προκύπτουν πιθανές αποκλίσεις σε σχέση με την προγραμματισμένη παραγωγή/κατανάλωση των συμμετεχόντων. Οι τελευταίοι πραγματοποιούν διορθωτικές κινήσεις εντός κάποιων περιμέτρων που τους επιτρέπεται να κινηθούν ώστε να διασφαλίσουν κατά το δυνατόν το αρχικά προγραμματισμένο ισοζύγιο ενέργειας, εντός αυτών των περιμέτρων. Έτσι οι αποκλίσεις αυτές μπορούν πράγματι να συμβούν σε πραγματικό χρόνο καθώς και να λάβουν χώρα απρόσμενα συμβάντα, όπως διακοπή λειτουργίας μιας μονάδας παραγωγής, καταστροφή της γραμμής μεταφοράς κτλ. με αποτέλεσμα να κινδυνεύει η ισορροπία ολόκληρου του συστήματος. Έτσι στις έκτατες αυτές περιπτώσεις η αγορά πραγματικού χρόνου έρχεται να δράσει επικουρικά ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του συστήματος. Σκοπός λοιπόν την αγοράς ενέργειας πραγματικού χρόνου είναι:

- Η προμήθεια συμπληρωματικής ενέργειας ή ενέργειας εξισορρόπησης για την κάλυψη της στιγμιαίας ζήτησης που εμφανίζεται στο δίκτυο.
- Η μείωση της παροχής ενέργειας αν δεν υπάρχει αρκετή ζήτηση στο δίκτυο.

- Η μείωση της ζήτησης, δηλαδή να ζητήσει από ορισμένους καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση τους (προγράμματα demand-response) με στόχο την εξασφάλιση της σταθερότητας του δικτύου.
- Η προμήθεια επικουρικών υπηρεσιών με σκοπό την αξιοπιστία και σταθερότητα του δικτύου. Ένας λόγος μπορεί να είναι μια αύξηση στην πρόβλεψη της ζήτησης ή η αντικατάσταση διαθέσιμης ισχύος που αποκτήθηκε στην ημερήσια αγορά που μπορεί να χρησιμοποιήθηκε για άλλους σκοπούς, όπως για ενέργεια εξισορρόπησης.

Στην αγορά πραγματικού χρόνου οι συμμετέχοντες μπορούν να υποβάλλουν προσφορές που διαφέρουν από αυτές της ημερήσιας αγοράς. Ένας συμμετέχοντας με μονάδες που είναι προγραμματισμένες στην ημερήσια αγορά ή που έχουν ενταχθεί κατά την διαδικασία εκτίμησης αξιοπιστίας του συστήματος οφείλει να ειδοποιήσει εγκαίρως την αγορά πραγματικού χρόνου για οποιαδήποτε αλλαγή στην διαθεσιμότητα ή στο λειτουργικό πλάνο της μονάδας του για την ημέρα λειτουργίας. Υπάρχουν περιπτώσεις, αναλόγως την αγορά, που η ειδοποίηση μπορεί να γίνει μέχρι και 30 λεπτά νωρίτερα. Οι συμμετέχοντες που έχουν μονάδες παραγωγής μπορούν να τροποποιούν τις προσφορές ενέργειας για την διαθεσιμότητα ισχύος που δεν έχει ακόμα κατανεμηθεί αλλά είναι διαθέσιμη κατά τη διάρκεια της ημέρας λειτουργίας. Οι μονάδες μπορούν να συμμετέχουν στην αγορά πραγματικού χρόνου υποβάλλοντας προσφορές με την προϋπόθεση ότι μπορούν να ανταποκρίνονται σε χρονικό διάστημα εντός 5 λεπτών. Αυτές οι μονάδες ονομάζονται ¨κατανεμόμενες¨. Μια μονάδα που είναι κατανεμόμενη αλλά δεν ακολουθεί τις οδηγίες παραγωγής μπορεί να χαρακτηριστεί ως ¨μη-κατανεμόμενη¨, λαμβάνοντας υπόψη τη σοβαρότητα, τον αριθμό των περιστατικών και τους λόγους παρέκκλισης.

4.1.2.4 Αγορά Επικουρικών Υπηρεσιών (Ancillary Service Market)

Η αγορά επικουρικών υπηρεσιών αποτελεί κατηγορία της μεγάλης αγοράς ζήτησης-απόκρισης η οποία όπως έχουμε πει χρησιμοποιείται από τους παραγωγούς ενέργειας και τους διαχειριστές δικτύου για την βελτίωση της αξιοπιστίας και για την αύξηση της οικονομικής αποδοτικότητας των ενεργειακών αγορών. Οι επικουρικές υπηρεσίες λαμβάνουν χώρα σε πραγματικό χρόνο και σύμφωνα με την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική

Επιτροπή Ενέργειας (Federal Energy Regulatory Commission-FERC) των ΗΠΑ ορίζονται ως οι υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τα σημεία έγχυσης (μονάδες παραγωγής) στα σημεία κατανάλωσης (πελάτες λιανικής), καθώς και για την διασφάλιση της ποιότητας παροχής τους μέσω του συστήματος μεταφοράς.

Ακόμα και κάτω από τις καλύτερες συνθήκες, στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορούν να υπάρξουν μεταβολές στην ποσότητα του φορτίου. Οι παραγωγοί και οι διαχειριστές δικτύου πρέπει να είναι προετοιμασμένοι σε μια ενδεχόμενη δυσλειτουργία που μπορεί να οδηγήσει σε απότομη αύξηση ή μείωση της ζήτησης και να είναι σε θέση να αντιδράσουν σε λεπτά ή ακόμα και δευτερόλεπτα από τη στιγμή που θα εκδηλωθεί τα έκτακτο συμβάν.

Βάση της οδηγίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2003/54 EC) σχετικά με την απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς οι επικουρικές υπηρεσίες ορίζονται ως ¨όλες οι υπηρεσίες που είναι αναγκαίες για την διαχείριση δικτύου μεταφοράς ή διανομής.¨ Βάση του κανονισμού της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ηπειρωτική Ευρώπη που περιλαμβάνει και την Ελλάδα οι επικουρικές υπηρεσίες είναι:

Ρύθμιση συχνότητας (frequency control)

Αναφέρεται στη διατήρηση της συχνότητας εντός των δεδομένων ορίων με συνεχή ρύθμιση της ενεργού ισχύος. Η ηλεκτρική ενέργεια έχει το μεγάλο μειονέκτημα ότι δε μπορεί να αποθηκευτεί εύκολα με συμβατικά μέσα. Για το λόγο αυτό, σε κάθε χρονική στιγμή, η ποσότητα της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να αντιστοιχεί στην καταναλισκόμενη ενώ η συχνότητα του δικτύου πρέπει να παραμένει σταθερή στα 50Hz (60Hz για την Αμερική). Οι απρόβλεπτες διακυμάνσεις μεταξύ της έγχυσης και της απορρόφησης ηλεκτρικής ενέργειας προς και από το δίκτυο πρέπει να εξισορροπηθούν άμεσα με την ταχεία αύξηση ή μείωση της ισχύος εξόδου των μονάδων που παρέχουν ρύθμιση συχνότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με μια ρυθμιστική διαδικασία τριών σταδίων, την πρωτεύουσα, την δευτερεύουσα και την τριτεύουσα εφεδρεία.

Η πρωτεύουσα εφεδρεία αποκαθιστά την ισορροπία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης εντός λίγων δευτερολέπτων (15΄΄- 30΄΄). Οι παρεκκλίσεις γίνονται αντιληπτές μέσω συνεχούς παρακολούθησης της συχνότητας και όταν παρουσιάζονται,

ενεργοποιείται η πρωτεύουσα εφεδρεία και η συχνότητα επαναφέρεται στα φυσιολογικά επίπεδα.

Η δευτερεύουσα εφεδρεία χρησιμοποιείται για να διατηρήσει τις επιθυμητές ανταλλαγές ενέργειας μιας περιοχής ελέγχου με το υπόλοιπο δίκτυο, με ταυτόχρονη υποστήριξη του εσωτερικού δικτύου για σταθερή συχνότητα 50Hz. Όταν παραστεί ανάγκη ο διαχειριστής δικτύου ειδοποιεί τις μονάδες που έχουν αναλάβει αυτό το ρόλο και η δευτερεύουσα εφεδρεία ενεργοποιείται εντός μερικών δευτερολέπτων ενώ συνήθως ολοκληρώνεται μετά από 15 λεπτά.

Η τριτεύουσα εφεδρεία χρησιμοποιείται προς ανακούφιση της δευτερεύουσας εφεδρείας, προκειμένου να αποκατασταθεί επαρκώς η ποσότητα της δεύτερης. Η εφεδρεία αυτή είναι αναγκαία για την διαχείριση μεγάλων, επίμονων αποκλίσεων, ιδίως μετά μη προγραμματισμένες βλάβες και αποκλίσεις φορτίου. Συνήθως η ενεργοποίηση πρέπει να γίνει εντός 15 λεπτών από τη στιγμή της ειδοποίησης.

Υποστήριξη Τάσης (Voltage Support)

Η υποστήριξη τάσης αφορά την τάση ενός κόμβου που μπορεί να επηρεαστεί από την ανταλλαγή της άεργου ισχύος. Η έγχυση άεργου ισχύος αυξάνει την τάση στον κόμβο και για την μείωση της, η άεργος ισχύς πρέπει να καταναλωθεί. Οι διακυμάνσεις της τάσης διευθετούνται άμεσα μέσω των σταθμών ενέργειας. Οι σταθμοί ενέργειας είναι υποχρεωμένοι να παράγουν μια υποχρεωτική ποσότητα άεργου ισχύος η οποία, εφόσον ο σταθμός είναι συγχρονισμένος με το δίκτυο, θα είναι διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή.

Αναπλήρωση απωλειών του συστήματος μεταφοράς

Η μεταφορά ενεργής ή άεργης ισχύος στο δίκτυο προκαλεί απώλειες ενεργής ισχύος. Οι απώλειες αυτές λαμβάνουν χώρα σε όλα τα επίπεδα του δικτύου και είναι απαραίτητο να αναπληρωθούν. Το μέγεθος των απωλειών διαφέρει από δίκτυο σε δίκτυο και εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως είναι η κατανάλωση, το πρόγραμμα παραγωγής και τις διασυνοριακές συνθήκες αν έχουμε μια τέτοια περίπτωση. Οι απώλειες υπολογίζονται από την διαφορά της ενέργειας που εγχέεται και αυτής που εν τέλει απορροφάται. Υπεύθυνοι για την αναπλήρωση της χαμένης ενέργειας είναι οι διαχειριστές του δικτύου διανομής.

Ικανότητα επανεκκίνησης του συστήματος(black start) και λειτουργίας σε απομόνωση(island operation)

Με την έννοια του black start εννοούμε την δυνατότητα ορισμένων κατάλληλα εξοπλισμένων σταθμών παραγωγής να θέτουν σε λειτουργία τον εαυτό τους χωρίς να χρειάζονται τροφοδότηση ενέργειας από το εξωτερικό δίκτυο. Έτσι μετά από σχετικό αίτημα του διαχειριστή οι σταθμοί ενεργοποιούνται και παρέχουν ενέργεια στο δίκτυο με σκοπό την σταθεροποίησή του μετά από κάποιο απρόβλεπτο περιστατικό. Για παράδειγμα ένα πυρηνικό εργοστάσιο είναι ικανό για black start εάν μπορεί από κατάσταση αναμονής να τεθεί σε λειτουργία χωρίς την παροχή ενέργειας από το δίκτυο. Τέλος κατά παρόμοιο τρόπο λέμε ότι ένας σταθμός λειτουργεί σε κατάσταση απομόνωσης, εάν μπορεί να επιτυγχάνει ένα συγκεκριμένο επίπεδο λειτουργικότητας, χωρίς να χρειάζεται το εξωτερικό δίκτυο για την ενεργοποίησή του.

4.1.2.5 Αγορά Παραγώγων (Derivative Market)

Τα παράγωγα είναι συμβόλαια, οικονομικά εργαλεία, που αποκτούν την αξία τους από το ίδιο το αγαθό. Σε αντίθεση με ένα προϊόν χρηματιστηρίου, ένα συμβόλαιο παραγώγου δεν αναπαριστά κάποιο δικαίωμα ιδιοκτησίας πάνω στο υποκείμενο αγαθό. Το αγαθό στο οποίο αναφέρεται το παράγωγο μπορεί να είναι ένα φυσικό αγαθό (αργό πετρέλαιο, σιτάρι κτλ), συνάλλαγμα, μια υπηρεσία, εταιρικό κεφάλαιο και πολλά άλλα. Το βασικό όμως είναι η αξία του αγαθού ή του προϊόντος να είναι ξεκάθαρη, διαφορετικά, η αξία του παραγώγου είναι υπό αμφισβήτηση. Τα παράγωγα στις μέρες μας παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαχείριση κινδύνου και αν χρησιμοποιηθούν με σύνεση έχουν πολύ καλά αποτελέσματα.

Forward Contracts

Τα συμβόλαια αυτά αποτελούν μια απλή επέκταση των συναλλαγών μετρητών και άμεσης παραλαβής. Ενώ σε μια κλασσική συναλλαγή μετρητών η μεταφορά της ιδιοκτησίας ή της κατοχής ενός αγαθού αφορά το παρόν και γίνεται άμεσα σε ένα forward συμβόλαιο η παράδοση γίνεται σε κάποια μελλοντική στιγμή. Για παράδειγμα ένας παραγωγός ενέργειας μπορεί να προχωρήσει σε ένα τέτοιο συμβόλαιο προκειμένου να αποφύγει ενδεχόμενες μελλοντικές αστάθειες της τιμής. Τα forward συμβόλαια

ποικίλουν ανάλογα με την χρήση και τους συμμετέχοντες σε αυτά αλλά ο σκοπός είναι ο ίδιος. Όλα τα forward συμβόλαια προσδιορίζουν τον τύπο, την ποσότητα και την ποιότητα του αγαθού, τον χρόνο και τον τόπο που θα παραδοθεί. Επιπλέον τα συμβόλαια αυτά έχουν μια τιμή ή μια φόρμουλα τιμολόγησης. Το πιο απλό συμβόλαιο είναι αυτό με μια καθορισμένη τιμή ενώ τα πιο πολύπλοκα περιλαμβάνουν άνω και κάτω όρια και κλιμακώσεις τιμών. Θέτοντας τέτοιες τιμές, οι πωλητές και οι αγοραστές είναι σε θέση να μειώσουν ή να αποκλείσουν τελείως την αβεβαιότητα για την πώληση του αγαθού στο μέλλον ενώ παράλληλα ενισχύεται και ο καλύτερος προγραμματισμός της εμπορικής δραστηριότητας.

Η αποπληρωμή ενός forward συμβολαίου που αφορά στην παράδοση μιας μονάδας ηλεκτρισμού στην τιμή F στη μελλοντική χρονική στιγμή T είναι:

$$\text{Αποπληρωμή forward συμβολαίου} = (S_T - F)$$

όπου S_T είναι η τιμή μονάδας ηλεκτρισμού τη χρονική στιγμή T

Τέλος, τα συμβόλαια μπορεί να περιέχουν διάφορους όρους σχετικά με τον καταμερισμό την ευθύνης μεταξύ των μερών, σε συνθήκες όπου κάποιο από τα μέρη αδυνατεί να συμπεριφερθεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο, πχ αδυναμία ή καθυστέρηση παράδοσης, μειωμένη ποιότητα κτλ. Τα forward συμβόλαια είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ευέλικτα και να ικανοποιούν τις εμπορικές ανάγκες του κάθε συμμετέχοντα. Παρόλα αυτά όμως παρουσιάζουν προβλήματα που μπορεί να είναι και αρκετά σοβαρά. Κατ' αρχάς, πρέπει να βρεθούν τα δύο συμβαλλόμενα μέρη και να υπάρξει συνεννόηση για την τιμή, κάτι που μερικές φορές είναι δύσκολο. Επίσης, η εύρεση της κατάλληλης τιμής για μια μελλοντική παράδοση είναι αρκετά αγχώδης και επίφοβη διαδικασία, ενώ απρόοπτα στην κατάσταση ενός εκ των δύο συμβαλλόμενων μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στο συμβόλαιο.

Συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης (Futures Contracts)

Τα μελλοντικά συμβόλαια, όπως και τα forward, υποχρεώνουν τον κάθε συμβαλλόμενο να αγοράσει ή να πουλήσει μια συγκεκριμένη ποσότητα ενός αγαθού σε μια συγκεκριμένη τιμή με ημερομηνία πληρωμής και παράδοσης κάποια στιγμή στο μέλλον. Σε αντίθεση με τα forward συμβόλαια, η αγοραπωλησία των μελλοντικών συμβολαίων

γίνεται στο χρηματιστήριο και όχι απευθείας μεταξύ των συμβαλλομένων ενώ μια άλλη διαφορά είναι η ποσότητα της ενέργειας που παραδίδεται. Στα συμβόλαια μελλοντικής εκπλήρωσης η καθορισμένη παραδιδόμενη ποσότητα είναι συνήθως μικρότερη από αυτή των forward συμβολαίων. Έτσι η πώληση ενός συμβολαίου μελλοντικής εκπλήρωσης αποτελεί μια συμφωνία, βάσει της οποίας ο πωλητής θα παρέχει τη δεδομένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας στη συμφωνημένη τιμή και σε μια επίσης δεδομένη μελλοντική περίοδο. Η εκκαθάριση αυτών των συμβολαίων είναι κατά βάση οικονομική, καθώς η σύναψη τους συνεπάγεται τον άμεσο χρηματοοικονομικό διακανονισμό μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών. Η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας παρόλα αυτά δε μπορεί να είναι άμεση, καθώς η ηλεκτρική ενέργεια δεν αποθηκεύεται εύκολα και έτσι η φυσική εκπλήρωση αυτών των συμβολαίων γίνεται μελλοντικά, στον προσυμφωνημένο χρόνο. Κάτι τέτοιο όμως, παρέχει ικανοποιητικά διαστήματα στους συμμετέχοντες, προκειμένου να μεταπωλούν τα συμβόλαια αυτά, μέχρι την έναρξη της φυσικής τους εκπλήρωσης.

Swaps

Τα swaps είναι συμβόλαια που επιτρέπουν στους κατόχους τους να πληρώνουν μια καθορισμένη τιμή για ηλεκτρισμό ανεξάρτητα από την διακύμανση της τιμής του, ή το ανάποδο, κατά τη διάρκεια του χρόνου που αναφέρεται στο συμβόλαιο. Συνήθως συντάσσονται για μια καθορισμένη ποσότητα ενέργειας που αναφέρεται σε μια μεταβαλλόμενη τιμή είτε στην τοποθεσία του παραγωγού είτε του καταναλωτή. Τα swaps ηλεκτρισμού χρησιμοποιούνται ευρέως για να παρέχουν μια βραχυπρόθεσμη ή μεσοπρόθεσμη ασφάλεια τιμής για ένα-δύο χρόνια. Τα swaps που βασίζονται στην τοποθεσία (locational basis swaps) χρησιμοποιούνται κυρίως και για το ¨κλείδωμα¨ της τιμής σε μια γεωγραφική περιοχή που είναι διαφορετική από την περιοχή παράδοσης που ορίζει ένα συμβόλαιο μελλοντικής εκπλήρωσης. Αυτό σημαίνει, ότι ο κάτοχος ενός locational basis swap συμφωνεί να πληρώσει ή να λάβει την διαφορά μεταξύ της τιμής ενός συμβολαίου μελλοντικής εκπλήρωσης και της τρέχουσας τιμής της αγοράς την στιγμή της συναλλαγής. Τα swaps αποτελούν αποτελεσματικά οικονομικά εργαλεία περιορισμού κινδύνου από τις διαφορετικές τιμές ενέργειας μεταξύ δύο διαφορετικών τοποθεσιών.

Options

Τα options (ειδικότερα "plain call and put options") είναι συμβόλαια που δίνουν στους κατόχους το δικαίωμα, αλλά όχι την υποχρέωση να αγοράσουν ή να πουλήσουν μια καθορισμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας σε μια συγκεκριμένη τιμή (strike price – είναι η τιμή που ορίζεται στο συμβόλαιο) μέχρι την ημερομηνία λήξης του option. Η αποπληρωμή ενός option είναι:

$$\text{Αποπληρωμή option} = \max (S_T - K, 0)$$

όπου S_T είναι η τιμή του ηλεκτρισμού την χρονική στιγμή T και K είναι η τιμή που ορίζεται στο option(strike price).

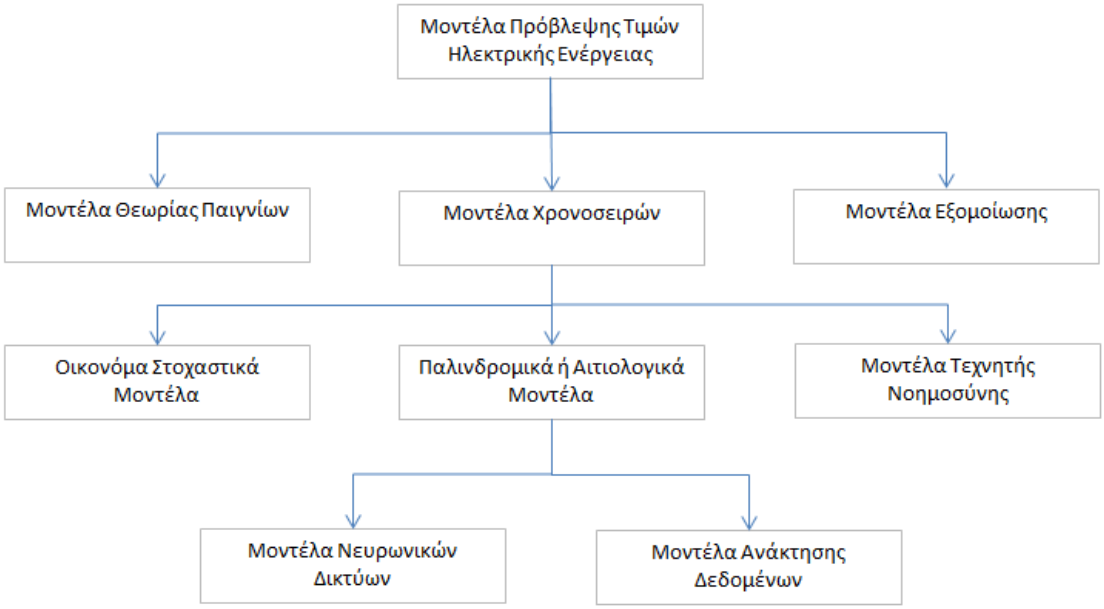
Η πλειοψηφία των συναλλαγών των options λαμβάνει χώρα στις διμερείς συναλλαγές (OTC - Over The Counter). Τα options είναι τα πιο αποτελεσματικά εργαλεία διαθέσιμα στους παραγωγούς ενέργειας καθώς οι δυνατότητες παραγωγής ενέργειας μπορούν να λογιστούν σαν options, ειδικά όταν το κόστος παραγωγής είναι καθορισμένο.

Ένα άλλο είδος options, όχι τόσο διαδεδομένη, είναι τα Spark spread options που η αποπληρωμή αφορά την διαφορά μεταξύ της τιμής του ηλεκτρισμού που πωλείται από τους παραγωγούς και της τιμής των καυσίμων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή.

4.1.3 Μεθοδολογίες πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας (Price-forecasting methodologies)

Κατά τη διαδικασία ανοικοδόμησης της βιομηχανίας ενέργειας είναι βασικό οι διαφορετικοί συμμετέχοντες, οι παραγωγοί και οι καταναλωτές, να βρεθούν και να αποφασίσουν για την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Η καμπύλη πρόβλεψης τιμή της ενέργειας είναι πιο πολύπλοκη υπόθεση από αυτή της ζήτησης του φορτίου καθώς η τιμή παρουσιάζει μεγάλη αστάθεια και δεν έχει σταθερή μέση τιμή ενώ επηρεάζεται και από την εποχικότητα. Επιπλέον, η ισορροπία της αγοράς επηρεάζεται πολύ από την ανασφάλεια της παραγωγής και του φορτίου. Για το λόγο αυτό τα εργαλεία πρόβλεψης τιμής είναι ζωτικής σημασίας για όλους τους συμμετέχοντες προκειμένου να εξασφαλίσουν την βιωσιμότητά τους μέσα στο νέο ενεργειακό περιβάλλον.

Για την πρόβλεψη της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι και οι περισσότεροι από αυτούς τους αλγορίθμους είναι οι ίδιοι που χρησιμοποιούνται και στην πρόβλεψη φορτίου και ιδιαίτερα στην βραχυπρόθεσμη. Ο χρονικός ορίζοντας της πρόβλεψης διαφέρει από μια ώρα μέχρι μια βδομάδα. Τα μοντέλα πρόβλεψης χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες και αυτές παραπέρα σε υποκατηγορίες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 16 : Κατηγοριοποίηση μοντέλων πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας [Sanjeev Kumar Aggarwal, Lalit Mohan Saini, Ashwani Kumar, 2008]

4.1.3.1 Μοντέλα θεωρίας παιγνίων (Game theory models)

Η πρώτη ομάδα μοντέλων βασίζεται στη θεωρία παιγνίων. Η μοντελοποίηση της στρατηγικής των συμμετεχόντων της αγοράς και η προσπάθεια λύσεων στα παιχνίδια αυτά παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Από τη στιγμή που οι συμμετέχοντες καταθέτουν τις προσφορές τους με τέτοιο τρόπο ώστε να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους, τα μοντέλα αυτά περιλαμβάνουν την μαθηματική λύση των παιχνιδιών αυτών και ο τρόπος που η τιμή μεταβάλλεται μπορεί να θεωρηθεί ως το αποτέλεσμα ενός παιχνιδιού μεταφοράς ενέργειας. Τα μοντέλα αυτά λαμβάνουν υπόψη σαν κομβικό σημείο την ισορροπία στην αγορά ενέργειας. Υπάρχουν διάφορα μοντέλα εξισορρόπησης όπως το Nash, το Cournot και το Bertrand. Περισσότερα για τα μοντέλα αυτά στο [32].

4.1.3.2 Μοντέλα εξομοίωσης (Simulation models)

Τα μοντέλα αυτά αποτελούν την δεύτερη κατηγορία τεχνικών πρόβλεψης τιμής. Εδώ έχουμε τη δημιουργία ενός μοντέλου που βασίζεται στο πραγματικό σύστημα και η πρόβλεψη γίνεται μέσα από αλγορίθμους που λαμβάνουν υπόψη τους τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην αγορά. Έτσι, η μέθοδος εξομοίωσης βασιζόμενη στο μοντέλο και τις διαδικασίες καθιερώνει μαθηματικά μοντέλα και η επίλυση αυτών μας δίνει την πρόβλεψη τιμών. Τα μοντέλα αυτά μιμούνται την αγορά με τις όποιες απαιτήσεις και περιορισμούς. Δύο πολύ γνωστά μοντέλα στην αγορά είναι το MAPS της GE Power Systems Energy Consulting και το UPLAN της LCG Consulting [33,34]. Γενικότερα όμως τέτοιου είδους μοντέλα έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα. Πρώτον, απαιτούν λεπτομερή δεδομένα του συστήματος λειτουργίας και δεύτερον, είναι πολύπλοκα στην ανάπτυξη ενώ έχουν και πολύ μεγάλο κόστος υπολογισμού.

4.1.3.3 Μοντέλα Χρονοσειρών (Time series models)

Η ανάλυση χρονοσειρών είναι μια μέθοδος πρόβλεψης που επικεντρώνεται στην παλαιότερη συμπεριφορά της εξαρτημένης μεταβλητής. Μερικές φορές ακόμα και εξωγενείς μεταβλητές μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν σε ένα πλαίσιο χρονοσειρών. Τα μοντέλα χρονοσειρών χωρίζονται παραπέρα σε τρεις κατηγορίες

Οικονόμα στοχαστικά μοντέλα (Parsimonious stochastic models)

Πολλά στοχαστικά μοντέλα εμπνέονται από την οικονομία και επιθυμούν να υιοθετήσουν μερικές από τις πιο γνωστές πρακτικές εφαρμογές. Μερικά από αυτά τα μοντέλα διακριτού χρόνου, είναι τα μοντέλα αυτοανέλιξης (AR), κινούμενου μέσου (MA), συνδυασμός των δύο προηγουμένων (ARMA) κτλ. Αυτά είναι στελέχη διακριτού χρόνου που βασίζονται σε στοχαστικά μοντέλα συνεχούς χρόνου. Για περαιτέρω πάνω σε αυτά τα μοντέλα στο [35].

Παλινδρομικά ή αιτιολογικά μοντέλα (Regression or causal models)

Τα παλινδρομικού τύπου μοντέλα πρόβλεψης βασίζονται στη θεωρητική σχέση μεταξύ μιας εξαρτημένης μεταβλητής (τιμή ηλεκτρισμού) και ενός αριθμού ανεξάρτητων μεταβλητών που είναι γνωστές ή μπορούν να εκτιμηθούν. Η τιμή μοντελοποιείται σαν

συνάρτηση μερικών εξωγενών μεταβλητών. Οι μεταβλητές αυτές προσδιορίζονται στη βάση της ανάλυσης συσχέτισης κάθε μιας από τις ανεξάρτητες μεταβλητές με την τιμή (εξαρτημένη) μεταβλητή.

Μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης (Artificial intelligence (AI) models)

Τα μοντέλα αυτά μπορούν να θεωρηθούν σαν μη παραμετρικά μοντέλα που χαρτογραφούν την σχέση εισόδου-εξόδου χωρίς να εξετάζουν την υποκείμενη διαδικασία. Θεωρείται ότι τα μοντέλα τεχνητής νοημοσύνης έχουν την ικανότητα να ¨μαθαίνουν¨ πολύπλοκες και μη γραμμικές σχέσεις που είναι δύσκολο να μοντελοποιηθούν από τα συμβατικά μοντέλα. Τα μοντέλα αυτά χωρίζονται παραπέρα σε δύο κατηγορίες: (i) μοντέλα τεχνητών νευρωνικών δικτύων και (ii) μοντέλα ανάκτησης δεδομένων.

(i) Μοντέλα που βασίζονται σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (artificial neural network (ANN) based models): Τα μοντέλα αυτά μπορούν να καταγράφουν τη δομή αυτοσυσχέτισης μιας χρονοσειράς ακόμα και αν αυτή λειτουργεί με τρόπο άγνωστο ή δύσκολο να περιγραφεί.

(ii) Μοντέλα ανάκτησης δεδομένων (Data-mining models): Τα τελευταία χρόνια τα μοντέλα που βασίζονται σε τεχνικές ανάκτησης δεδομένων κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Τέτοιες τεχνικές στις οποίες βασίζονται τα μοντέλα είναι η μέθοδος Bayes, η μέθοδος του κ-αστού κοντινότερου γείτονα, οι γενετικοί αλγόριθμοι κτλ.

4.1.4 Παράγοντες που επηρεάζουν τις τιμές της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Οι παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τις τιμές της αγοράς είναι αρκετοί και χρησιμοποιούνται σαν δεδομένα εισόδου στα μοντέλα μου αναφέραμε παραπάνω προκειμένου να γίνει η σωστή πρόβλεψη των τιμών. Κάθε μοντέλο πρόβλεψης τιμών από τα παραπάνω αξιοποιεί και χρησιμοποιεί μονάχα κάποια από αυτά τα δεδομένα εισόδου. Ανάλογα με την μέθοδο που χρησιμοποιεί είναι κατάλληλο να αξιοποιήσει συγκεκριμένα δεδομένα σαν είσοδο. Ωστόσο η έρευνα για την σωστή επιλογή της μεταβλητής για ένα συγκεκριμένο μοντέλο είναι διαρκώς σε εξέλιξη και μελετάται από τους ερευνητές.

Η πιο διαδεδομένη μεταβλητή που χρησιμοποιείται σαν είσοδος στα μοντέλα πρόβλεψης είναι η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας των προηγούμενων ημερών. Έτσι σαν ιστορικό τιμών έχουν χρησιμοποιηθεί δεδομένα μίας, δύο, τριών, τεσσάρων εβδομάδων αλλά και δεδομένα ενός έτους αναλόγως την πρόβλεψη που θέλουμε να κάνουμε. Έτσι, με τον τρόπο αυτό καλύπτεται όλο το χρονικό φάσμα, από ημερήσια και εβδομαδιαία πρόβλεψη μέχρι ετήσια.

Καθώς η τιμή της ενέργειας είναι άμεσα συνυφασμένη με την ζήτηση, η επόμενη πιο διαδεδομένη μεταβλητή σαν δεδομένο εισόδου είναι η ζήτηση φορτίου. Η ζήτηση είναι μια μεταβλητή η οποία μπορεί αρχικά να προβλεφθεί με παρόμοιες διαδικασίες και κατόπιν να χρησιμοποιηθεί στα μοντέλα πρόβλεψης τιμών σαν δεδομένο εισόδου. Ωστόσο καθώς η ζήτηση φορτίου αποτελεί τις περισσότερες φορές δημόσιο δεδομένο και παρέχεται από τους διαχειριστές δικτύου, μπορεί κάποιος να την χρησιμοποιήσει σαν είσοδο στο εκάστοτε μοντέλο χωρίς να χρειάζεται να την υπολογίσει εξ αρχής. Στις διάφορες έρευνες που έχουν γίνει σχετικά με την εύρεση των κατάλληλων δεδομένων εισόδου έχει χρησιμοποιηθεί μεταξύ άλλων, το ιστορικό του φορτίου, συναρτήσεις πρόβλεψης τιμής και φορτίου, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις αντί για το ίδιο το φορτίο έχει χρησιμοποιηθεί ο ρυθμός του φορτίου, ώστε να ληφθεί υπόψη ο ρυθμός με τον οποίο το φορτίο αλλάζει στην έξοδο. Ο πλεονασμός χωρητικότητας είναι η συνολική διαθέσιμη χωρητικότητα μείον την απαιτούμενη χωρητικότητα κατά τις ώρες αιχμής. Χρησιμοποιείται σαν μεταβλητή εισόδου, διότι στην περίπτωση που πέσει κάτω από ένα καθορισμένο σημείο (κατώφλι) μπορεί να επηρεάζει τις τιμές. Επίσης η χρονική αυτή διάρκεια αποτελεί καλή ευκαιρία και παροτρύνει τους βασικούς συμμετέχοντες της αγοράς να δοκιμάσουν την επίδραση που έχουν σε αυτή. Σε επίπεδο εξωγενών παραγόντων, η θερμοκρασία είναι ο κυριότερος εξ αυτών και για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται σαν μεταβλητή εισόδου ενώ οι τιμές πετρελαίου και των λοιπών καυσίμων επηρεάζουν και αυτές την τελική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης το Must Run Ratio (MRR) είναι ένα συγκεντρωτικό ευρετήριο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που αποτελεί ένδειξη της ολιγοπωλιακής φύσης της αγοράς και χρησιμοποιείται σαν δεδομένο εισόδου συνήθως στα μοντέλα παιγνίων.

Για την καλύτερη κατανόηση της κατάστασης της αγοράς, αντί για την συνολική χωρητικότητα παραγωγής είναι δυνατόν να θέσουμε τις επιμέρους ωριαίες

χωρητικότητες της πυρηνικής, θερμικής και υδροηλεκτρικής παραγωγής σαν μεταβλητές εισόδου στα μοντέλα μας. Επίσης άλλες εισόδους αποτελούν το Id flag που είναι μια ένδειξη για την ύπαρξη υψηλής τιμής ή αστάθειας στην τιμή κοντά στο προβλεπόμενο χρονικό πλαίσιο, η εποχικότητα, ενώ μερικοί ερευνητές έχουν κάνει προσπάθειες να εντάξουν την ελαστικότητα της ζήτησης και τις στρατηγικές πλειστηριασμού σαν μεταβλητές εισόδου στα μοντέλα πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας.

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μια κατηγοριοποίηση των μεταβλητών που μπορούν να αποτελέσουν δεδομένα εισόδου σε μοντέλα πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της αγοράς, τις αβεβαιότητες που μπορεί περιλαμβάνει μια στρατηγική, άλλα πιθανά απρόοπτα (σταχαστικού τύπου), ενδείξεις συμπεριφοράς και γεγονότα προσωρινού τύπου.

Κατηγορίες	**Μεταβλητές – Δεδομένα Εισόδου**
Χαρακτηριστικά Αγοράς	(1) Ιστορικό φορτίου, (2) Ρυθμός φορτίου Συστήματος, (3) εισαγωγές / εξαγωγές, (4) Πλεονασμός / έλλειμμα χωρητικότητας, (5) Ιστορικό αποθεμάτων, Παραγωγή από (6) πυρηνική, (7) θερμική, (8) υδροηλεκτρική, (9) Δυνατότητα παραγωγής, (10) Καθαρή ροή[7], (11) MRR, (12) Περιορισμοί του συστήματος, (13) Αντοχή γραμμών ηλεκτρισμού.

[7] Η καθαρή ροή είναι η ενέργεια που μεταφέρεται μεταξύ ενός ISO και μιας άλλης γειτονικής περιοχής εκτός των ορίων ελέγχου του ISO. Έχει θετικό πρόσημο αν η καθαρή ισχύς (megawatts) ρέει προς τον ISO και αρνητικό πρόσημο αν ρέει από τον ISO προς τα έξω.

Αβεβαιότητες Στρατηγικής	(14) Πρόβλεψη φορτίου, (15) Πρόβλεψη αποθεμάτων, (16) Θερμοκρασία, (17) Θερμοκρασία υγροποίησης[8], (18) καιρικές συνθήκες, (19) τιμή πετρελαίου, (20) τιμή φυσικού αερίου, (21) τιμή καυσίμων
Στοχαστικά Απρόοπτα	(22) διακοπή λειτουργίας παραγωγικής μονάδας, (23) Κατάσταση γραμμών ηλεκτροδότησης, (24) Πληροφόρηση έκτακτης ανάγκης, (25) Συμφόρηση γραμμών
Ενδείξεις Συμπεριφοράς	(26) Ιστορικό τιμών, (27) Ελαστικότητα ζήτησης, (28) Στρατηγική πλειστηριασμού, (29) Ύπαρξη ευρετηρίου μέγιστης /ελάχιστης τιμής, (30) Id flag
Προσωρινά Γεγονότα	(31) Περίοδος διευθέτησης / συμφωνίας, (32) Τύπος ημέρας, (33) Μήνας, (34) Περίοδος διακοπών, (35) Περίοδος Χριστουγέννων, (36) Αλλαγή ώρας, (37) Εποχή, (38) Ευρετήριο καλοκαιριού / χειμώνα

Πίνακας 3: Δεδομένα εισόδου σε μοντέλα πρόβλεψης τιμών ηλεκτρικής ενέργειας

[8] Θερμοκρασία υγροποίησης (dew point temperature) είναι η θερμοκρασία στην οποία ο αέρας δε μπορεί να συγκρατήσει όλο το εξατμιζόμενο νερό και αναγκάζεται έτσι ένα μέρος του νερού να μετατραπεί σε υγρή μορφή. Η θερμοκρασία αυτή είναι πάντα μικρότερη ή ίση με τη θερμοκρασία του αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 Η Χρήση των Οντολογιών στο Χώρο της Ενέργειας

5.1.1 Οντολογίες δεδομένων ενέργειας

Η πληροφορική της ηλεκτρικής ενέργειας στις μέρες μας συγκεντρώνει πολλές πηγές και δεδομένα που προέρχονται από την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση υποσταθμών μέχρι την ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών, από το λειτουργικό επίπεδο μέχρι το επίπεδο διαχείρισης και από μια απλή εφαρμογή μέχρι τη διαχείριση ενός ολοκληρωμένου πληροφοριακού συστήματος. Τα συστήματα ενέργειας που είναι απομονωμένα και διασκορπισμένα δε μπορούν να επικοινωνήσουν και να ανταλλάξουν πληροφορία δημιουργώντας έτσι το λεγόμενο πρόβλημα της απομόνωσης της πληροφορίας. Η διασύνδεση των πληροφοριακών συστημάτων είναι ένα δύσκολο πρόβλημα λόγω της σημασιολογικής ανομοιογένειας που υπάρχει και δυσκολεύει την ενοποίηση των συστημάτων αυτών. Με την ανάπτυξη των τεχνολογιών του σημασιολογικού ιστού[9], η οντολογία εντάσσεται στην ενοποίηση των δεδομένων, και μπορεί να περιγράψει με ακρίβεια τη σχέση μεταξύ των συνεργαζόμενων συνιστωσών και να επιλύσει αποτελεσματικά τα προβλήματα της ετερογένειας των δεδομένων.

---

[9] Ο **Σημασιολογικός Ιστός** (Web 3.0) είναι μια επέκταση του σημερινού Ιστού, που φέρνει δομή στο ουσιαστικό περιεχόμενο των ιστοσελίδων. Η λογική πίσω από αυτό είναι ότι η δημοσιευμένη πληροφορία θα περιέχει μετα-δεδομένα, τα οποία θα είναι κοινά για όλους, θα μπορούν να «κατανοούνται» και από μηχανές, οι οποίες θα βοηθήσουν στην καλύτερη συλλογή και επεξεργασία τους. Ο Σημασιολογικός Ιστός βασίζεται σε τεχνολογίες που ήδη υπάρχουν (URI και XML) αλλά και σε νέες τεχνολογίες (RDF, RDFS, OWL, κα.), οι οποίες αναπτύσσονται με την βοήθεια της κοινότητας. Δεδομένου ότι ο νέος Ιστός σκοπεύει να είναι μια μεγάλη βάση όπου δεδομένα από διαφορετικά πεδία θα συνδέονται μεταξύ τους, αναμένεται να παίξει μεγάλο ρόλο στη ζωή μας.

Οντολογία είναι ένας τυπικός και σαφής ορισμός μιας κοινής και συμφωνημένης εννοιολογικής μορφοποίησης που αφορά σε ένα πεδίο ενδιαφέροντος. Αυτή η τυπική αναπαράσταση γνώσης ως ένα σύνολο εννοιών, σχέσεων και ιδιοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συλλογιστική (εξαγωγή συμπερασμάτων/νέας γνώσης) και για την δομημένη περιγραφή γνώσης ενός πεδίου ενδιαφέροντος. Η μελέτη της οντολογίας στο χώρο της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ακόμα και στις μέρες μας περιορισμένη, όμως σιγά σιγά κερδίζει χώρο στην έρευνα.

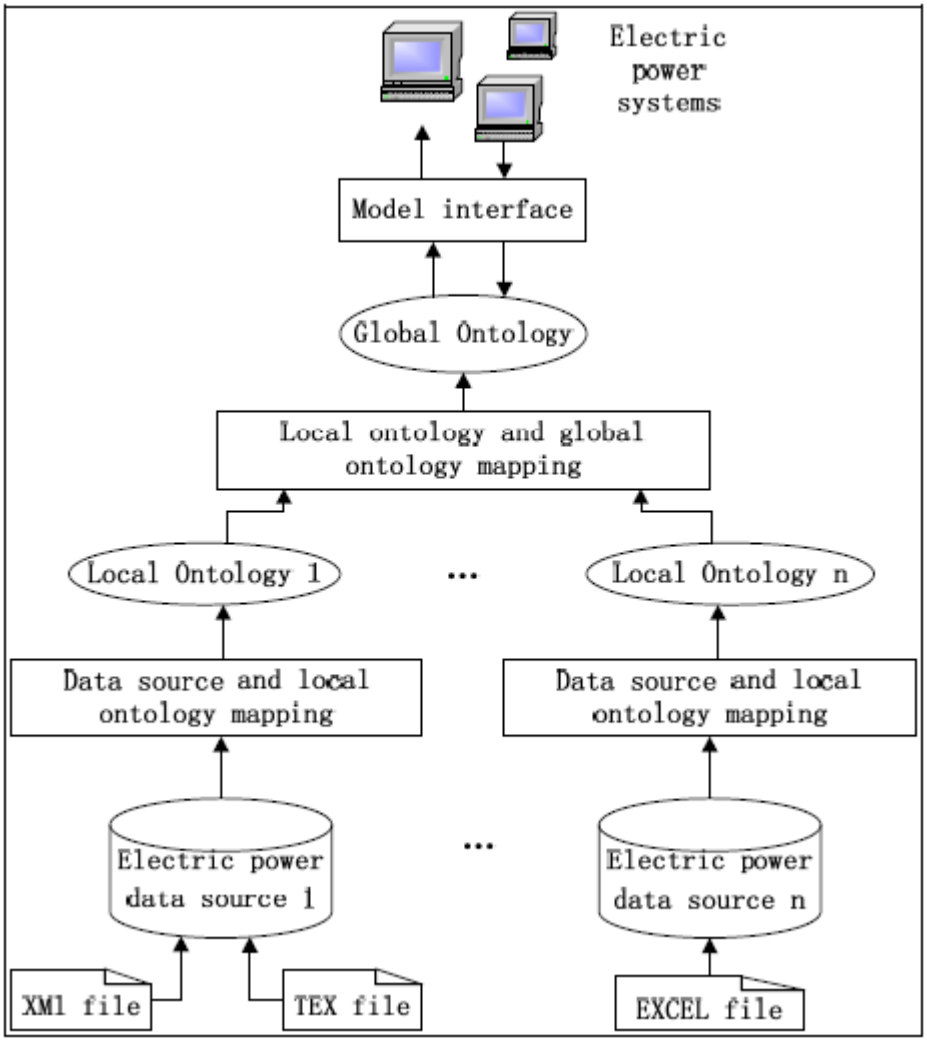
Με την ταχεία ανάπτυξη της πληροφορικής στον τομέα την ηλεκτρικής ενέργειας αναπτύχθηκαν πολλές εφαρμογές για το ηλεκτρικό σύστημα ενέργειας. Παράλληλα με την ανάπτυξη αυτή οι αποθήκες δεδομένων ενέργειας περιέχουν δομημένα, ημιδομημένα και αδόμητα δεδομένα σε διαφορετικές μορφές όπως σχεσιακές βάσεις δεδομένων, αρχεία xml, txt, excel κτλ.

Μια πρόταση λοιπόν για την αποσαφήνιση του συγκεχυμένου τοπίου των δεδομένων είναι η ύπαρξη ενός υβριδικού μοντέλου που θα αποτελέσει ένα δίαυλο επικοινωνίας και θα κάνει την αντιστοίχηση μεταξύ της τοπικής και συνολικής οντολογίας. Κάθε πηγή παροχής ηλεκτρικών δεδομένων αναφέρεται στην δικιά του τοπική οντολογία, παρέχει μια αντιστοίχιση μεταξύ των δεδομένων και της οντολογίας αυτής, συμβάλει στην εγκατάσταση της συνολικής οντολογίας πάνω από αυτή της τοπικής και παρέχει αντιστοίχιση μεταξύ τοπικής και συνολικής οντολογίας. Το πλεονέκτημα της υβριδικής αυτής μεθόδου είναι η εύκολη προσθήκη νέων πηγών παροχής ενεργειακών δεδομένων που δεν χρειάζεται να τροποποιηθούν.

Η κατασκευή της τοπικής οντολογίας είναι η διαδικασία κατά την οποία κάθε βάση δεδομένων, με την ευρεία έννοια, αναφέρεται σε οντολογία και εκφράζεται με την βοήθεια της OWL, μετατρέποντας έτσι την πληροφορία σε μορφή οντολογίας. Μια τοπική οντολογία μπορεί να περιέχει πολλές διαφορετικές οντολογίες δραστηριοτήτων σε διάφορα στάδια παραγωγής ενέργειας και αποτελεί το αντικείμενο της ενοποίησης του συστήματος. Η δημιουργία της τοπικής οντολογίας βασίζεται στο σχήμα της σχεσιακής βάσης δεδομένων, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι κανόνες μετασχηματισμού και αλγόριθμοι για την δημιουργία της καθώς και ένα σύνολο περιορισμών της βάσης δεδομένων για την αντιστοίχιση στην αναφερόμενη οντολογία.

Η κατασκευή της συνολικής οντολογίας μπορούμε να την κατανοήσουμε περισσότερο σαν οντολογία ενοποίησης. Σκοπός είναι η ενοποίηση των τοπικών οντολογιών σε μια συνολική ανταποκρινόμενοι έτσι στην ανάγκη ενοποίησης όλων των βάσεων δεδομένων χαμηλού επιπέδου σε ένα.

Κομβικό σημείο στην προσπάθεια αυτή είναι η αντιστοίχιση μεταξύ τοπικής και συνολικής οντολογίας. Ο μετασχηματισμός δηλαδή των συνιστωσών της τοπικής οντολογίας σε συνιστώσες συνολικής οντολογίας, συμπεριλαμβανομένου και της αντιστοίχισης μεταξύ συσχετίσεων, ορισμάτων και στιγμιότυπων.



Εικόνα 17: Ενοποίηση ετερογενών δεδομένων σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται σε οντολογία (Yu Song, Li Yang, Maomao Wu, 2012)

Όπως έχουμε αναφέρει ένα από τα βασικά προβλήματα της βιομηχανίας παραγωγής ενέργειας είναι οι πολλές διαφορετικές πηγές από τις οποίες προέρχονται τα δεδομένα μας. Αυτή η ετερογένεια των δεδομένων προκαλεί σοβαρά προβλήματα στην ενοποίηση και στην περεταίρω επεξεργασία και αξιοποίησή τους. Τα τελευταία χρόνια, ειδικά στον τομέα της μηχανικής μάθησης, αρχίζει να εδραιώνεται η χρήση των οντολογιών. Κατά καιρούς έχουν δημοσιευτεί εργασίες που για την αναδιοργάνωση της πληροφοριακής υποδομής μιας μονάδας παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιείται το μοντέλο CIM.

5.1.1.1 Το πρότυπο CIM

Στην μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας το **Common Information Model (CIM)** είναι ένα πρότυπο που αναπτύχθηκε αρχικά από τη βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας και υιοθετήθηκε επίσημα και εξελίχθηκε από την Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή - International Electrotechnical Commission (IEC) το 2003. Σκοπός του προτύπου είναι να οριστούν τα πλαίσια μέσα στα οποία θα χρησιμοποιούνται εφαρμογές λογισμικού για τη μεταφορά πληροφοριών σχετικά με τις παραμέτρους και την κατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου. Το CIM στην παρούσα φάση διατηρείται με βάση μοντελοποίηση σε UML και προσδιορίζει ένα κοινό λεξιλόγιο και μια βασική οντολογία των διαστάσεων της βιομηχανίας ηλεκτρικής ενέργειας. Το κεντρικό σημείο του CIM είναι το «καλωδιωμένο μοντέλο» το οποίο περιγράφει τις βασικές συνιστώσες που χρησιμοποιούνται στην μεταφορά ηλεκτρισμού. Το CIM μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να προκύψουν από αυτό XML και RDF σχήματα, που είναι απαραίτητα για την ενοποίηση των συσχετιζόμενων εφαρμογών λογισμικού.

Το πρότυπο που περιγράφει τον πυρήνα του CIM είναι το IEC 61970-301, που δίνει έμφαση στις ανάγκες της μεταφοράς ηλεκτρισμού, κάτι που περιλαμβάνεται στα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και παρακολούθησης και απαιτεί σωστό σχεδιασμό και συνεχή βελτιστοποίηση. Τα πρότυπα IEC 61970-501 και IEC 61970-452 προσδιορίζουν μια XML μορφή για την μεταφορά μεταξύ των δικτύων χρησιμοποιώντας RDF σχήμα. Η σειρά προτύπων IEC 61968 επεκτείνει το CIM για να καλύψει τις ανάγκες της διανομής ηλεκτρισμού που ενσωματώνονται σε συστήματα διαχείρισης διανομής, συστήματα διαχείρισης διακοπών λειτουργίας, το σχεδιασμό και την μέτρηση, σε γεωγραφικά

πληροφοριακά συστήματα και συστήματα πληροφόρησης πελατών καθώς και σε συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας.

Παράλληλα με το CIM και από την ίδια επιτροπή, την IEC TC 57, αναπτύχθηκε και η SCL (Substation Configuration Language). Παρόλο που και τα δύο έχουν την ικανότητα να ανταλλάσουν πληροφορία μεταξύ διαφορετικού εξοπλισμού και εργαλείων και χρησιμοποιούν την XML για αποθήκευση, υπάρχουν μερικές βασικές διαφορές μεταξύ τους.

- Το CIM έχει αναπτυχθεί εξ' ολοκλήρου βάση της UML που βασίζεται στην ιδέα της κληρονομικότητας. Η SCL αναπαράσταση είναι ακολουθιακή και ιεραρχική.
- Αν και η CIM δεν περιορίζεται στην μοντελοποίηση εξοπλισμού, δίνει έμφαση στην διαλειτουργικότητα και την διασύνδεση των συσκευών ενώ η SCL εξετάζει το θέμα από λειτουργικής απόψεως.
- Η CIM εφαρμόζεται ευρέως στην ενοποίηση της επιχειρηματικότητας και της πληροφορίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων συμπεριλαμβάνοντας και τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας και διανομής, το σχεδιασμό, την μέτρηση και τις ενεργειακές αγορές. Αντίθετα η SCL περιορίζεται στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εξοπλισμού και εργαλείων.

Υπάρχουν εφαρμογές που χρησιμοποιούν και τα δύο αυτά πρότυπα με εμφανή αποτελέσματα, τόσο στην διαλειτουργικότητα, όσο και στην ανταλλαγή δεδομένων. Το βασικό είναι το μοντέλο της SCL να μεταμορφώνεται σε μοντέλα βασισμένα στο CIM. Χωρίς αυτή την ομαλοποίηση η ανάπτυξη και υλοποίηση των συστημάτων και των εφαρμογών θα ήταν δύσκολη υπόθεση για τους μηχανικούς που θα έπρεπε να βασιστούν σε ένα μόνο πρότυπο. Αυτή η αρμονία μπορεί να επιτευχθεί αν αναμείξουμε την τοπολογική προσέγγιση του εξοπλισμού που προσφέρει το CIM με την λειτουργική προσέγγιση της SCL.

5.1.2 Οντολογίες αγοράς ενέργειας

Στην προηγούμενη ενότητα μιλήσαμε για μοντέλα οντολογιών που αναφέρονται σε δεδομένα ηλεκτρικής ενέργειας και πως αυτά μπορούν να συμβάλλουν στην ενοποίηση των διαφορετικών συστημάτων και τεχνολογιών. Οι οντολογίες όμως μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο και στη δημιουργία μοντέλων αγορών. Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε ένα τέτοιο μοντέλο των Koen van Dam και Emile Chappin που βασίζεται στους συντελεστές της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Γενικότερα τα μοντέλα συντελεστών-παραγόντων αγοράς είναι αρκετά διαδεδομένα για την μοντελοποίηση των ενεργειακών υποδομών ηλεκτρισμού και αγορών και έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες παραλλαγές. Αυτό όμως που τα μοντέλα αυτά έχουν κοινό είναι ότι εστιάζουν είτε στο επίπεδο δικτύου της υποδομής είτε στην αγορά και συγκεκριμένα στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Ωστόσο το μοντέλο που θα παρουσιάσουμε εδώ είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνει όλη τη διαδικασία που απαιτεί η αγορά ενέργειας. Έτσι η λήψη αποφάσεων λαμβάνεται υπόψη ήδη από το επίπεδο δικτύου μέχρι τις στρατηγικές και λειτουργικές αποφάσεις των ενδιαφερομένων.

Από τη φύση του ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει πολλούς συμμετέχοντες αλλά και πληθώρα εξοπλισμού. Μάλιστα οι συμμετέχοντες αλληλεπιδρούν και συνεργάζονται μεταξύ τους στις διάφορες αγορές ενέργειας όπως στις διμερείς, για τη σύναψη μακροπρόθεσμων συμβολαίων, στις αγορές της επόμενης μέρας και στις αγορές πραγματικού χρόνου όταν υπάρχει θέμα που πρέπει να ρυθμιστεί άμεσα. Όπως έχουμε αναφέρει η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει από τις άλλες αγορές καθώς ανά πάσα στιγμή αγορά και ζήτηση πρέπει να βρίσκονται σε απόλυτη αρμονία για την αποφυγή δυσλειτουργίας του συστήματος.

Η υποδομή ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει δύο δίκτυα, το δίκτυο μεταφοράς που διατρέχει και διασυνδέει μια χώρα και το δίκτυο διανομής που συνδέει τους μικρούς και μεσαίους καταναλωτές. Μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν γραμμές μεταφοράς που βγαίνουν εκτός συνόρων μιας χώρας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι καθοριστικό ρόλο σε ένα μοντέλο αγοράς ενέργειας παίζουν οι εκπομπές αερίων CO_2 που πρέπει να υπολογίζονται και να εντάσσονται σε κάθε μοντέλο. Από το 2005 και μετά η βιομηχανία παραγωγής

ηλεκτρικής ενέργειας έχει ενταχθεί στο Ευρωπαϊκό Σχήμα Εκπομπών Αερίων (EU ETS) και στο εξής επηρεάζεται από τις εκάστοτε ρυθμίσεις και πολιτικές. Οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται σε ένα διαρκή αγώνα δρόμου για να καλύψουν την συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση με αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών αερίων. Πάντως η πολιτική των περισσότερων αναπτυγμένων χωρών και φυσικά της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η μείωση της εκπομπής των παραγόμενων αερίων από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για το λόγο αυτό ενθαρρύνεται η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, φιλικών προς το περιβάλλον όπως η αιολική, η ηλιακή, η βιομάζα που έχουν μηδενικές εκπομπές αερίων.

Για τη μοντελοποίηση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα χρησιμοποιήσουμε μια κοινωνικο-τεχνική προσέγγιση κατά την οποία τα φυσικά στοιχεία του συστήματος διαχωρίζονται από τα κοινωνικά στοιχεία. Τα φυσικά και κοινωνικά στοιχεία αναπαρίστανται με κόμβους ενώ διασυνδέονται μεταξύ τους με ακμές.

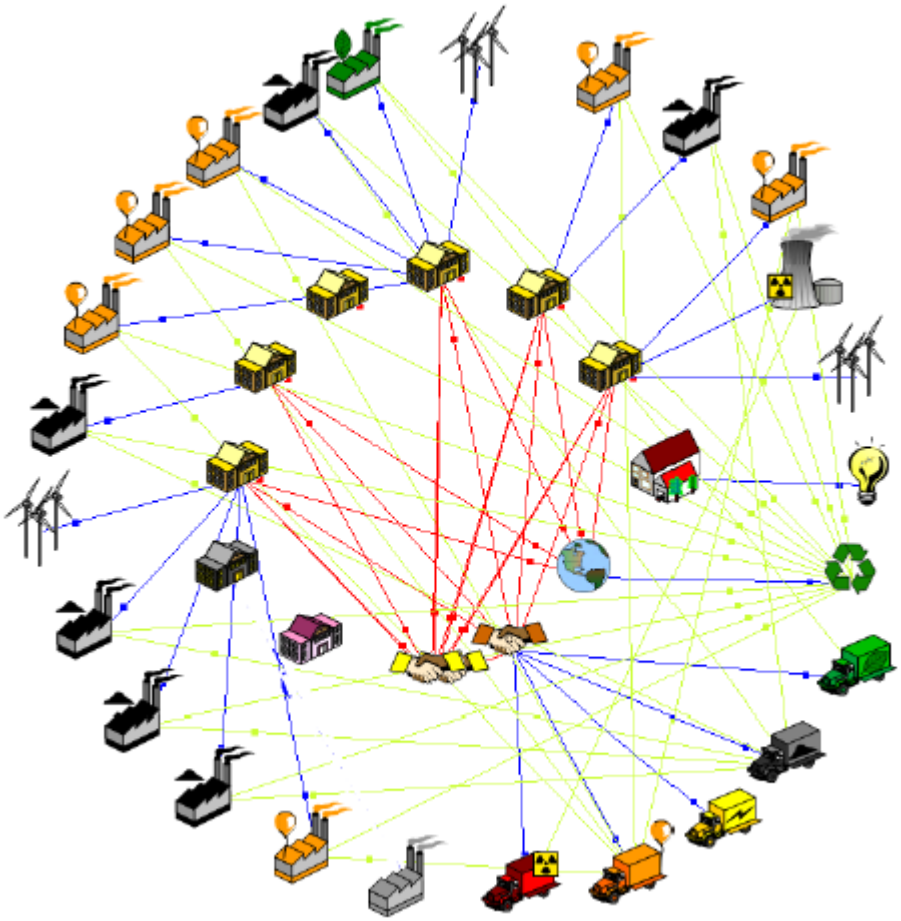
Τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής δεν αναπαρίστανται με κόμβους, διότι δεν κρίνεται απαραίτητο, αλλά υποθέτουμε ότι είναι διαθέσιμα. Οι ιδιοκτήτες σπιτιών αναπαρίστανται σαν πελάτες που έχουν ανάγκη ηλεκτροδότησης του σπιτιού τους καθ’ όλη τη διάρκεια ενός χρόνου. Οι πελάτες λοιπόν υποβάλλουν το αίτημα τους αυτό στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας ο οποίος ανήκει και αναπαριστά την διμερή αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Στην ίδια ακριβώς αγορά οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας προσφέρουν το προϊόν τους ενώ κατά τη διάρκεια των προσφορών τους είναι υποχρεωμένοι να λάβουν υπόψη και το όριο των εκπομπών CO_2 που ορίζεται από την εκάστοτε κυβέρνηση. Μετά την εκκαθάριση της αγοράς οι εταιρίες παραγωγής ενέργειας λειτουργούν τα εργοστάσια τους. Για να γίνει αυτό χρειάζεται να προμηθευτούν καύσιμα από την παγκόσμια αγορά. Όμως εκτός από την παγκόσμια αγορά και την αγορά ενέργειας υπάρχει και η αγορά εκπομπών CO_2 η οποία αποτελεί και αυτή συντελεστή του μοντέλου μας. Σε αυτή την αγορά, που είναι ανεξάρτητη από την αγορά ηλεκτρισμού, οι εταιρίες παραγωγής ενέργειας καταθέτουν τις προσφορές τους σχετικά με τις εκπομπές αερίων των εργοστασίων τους για συγκεκριμένη παραγόμενη ενέργεια. Στην περίπτωση που υπάρχει φορολογία για τις εκπομπές αερίων τότε οι εταιρίες είναι υποχρεωμένες να καταβάλουν το φόρο στο κράτος.

Επιπλέον εκτός των άλλων δραστηριοτήτων που αναφέραμε ως τώρα και είναι λειτουργικής φύσης, οι εταιρίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να επενδύσουν σε νέα εργοστάσια παραγωγής και να εγκαταλείψουν τα υπάρχοντα. Τέτοιες αποφάσεις απαιτούν τον προσεκτική ανάλυση των δεδομένων που προέρχονται από τις λειτουργικές δραστηριότητες της εταιρίας, όπως η παρακολούθηση του ιστορικού τιμών των αγορών.

Συντελεστής	**Σχέση**	**Κόμβος**
Παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας	κατέχει	Εργοστάσια παραγωγής
Βιομηχανία	κατέχει	Εργοστάσια
Ιδιοκτήτες οικημάτων	κατέχει	Σπίτια
Παγκόσμια αγορά	κατέχει	Εξοπλισμός καυσίμων
Περιβάλλον	κατέχει	Περιβάλλον
Αγορά CO_2		
Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας		

Πίνακας 4: Συντελεστές, Κόμβοι και σχέσεις μεταξύ τους στο μοντέλο ηλεκτρικής ενέργειας. [Koen van Dam, Emile Chappin, 2010]

Οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται στον πυρήνα του μοντέλου καθώς είναι εκείνοι που προμηθεύουν με ενέργεια την αγορά. Στο μοντέλο έχουμε έξι παραγωγούς που χρησιμοποιούν διαφορετικά καύσιμα για την παραγωγή, ορυκτά καύσιμα, φυσικό αέριο, βιομάζα και αιολική ενέργεια. Οι ιδιοκτήτες οικημάτων αποτελούν την κυρίαρχη κατηγορία για απαίτηση ηλεκτρικής ενέργειας, όχι μόνο σε επίπεδο οικιακό αλλά και για τη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις. Η βιομηχανία στο μοντέλο αναπαριστά τη συνολική ζήτηση σε ενέργεια και έχει δικαίωμα συγκεκριμένων εκπομπών αερίων CO_2.



Εικόνα 18: Μοντέλο αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Ο εσωτερικός κύκλος περιλαμβάνει τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας, τις αγορές ενέργειας και άλλους συντελεστές του χώρου. Ο εξωτερικός κύκλος περιλαμβάνει τις διαφορετικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας και άλλα συστήματα, όπως εργοστάσια βιομηχανίας, μέσα μεταφοράς και ανακύκλωση. [Koen van Dam, Emile Chappin, 2010]

ΥΠΟΜΝΗΜΑ	
	Παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας
	Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ορυκτά καύσιμα
	Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με φυσικό αέριο
	Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με βιομάζα
	Εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνική ενέργεια
	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική ενέργεια
	Σπίτια και μονάδες με ανάγκη παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

Το μοντέλο αυτό στην ουσία είναι ένα μοντέλο που καθοδηγείται από την ζήτηση με την έννοια ότι όλη η υποδομή και η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας δουλεύει βάση της ζήτησης. Μια διάκριση που αξίζει να επισημάνουμε είναι αυτή μεταξύ των στρατηγικών και λειτουργικών αποφάσεων. Οι στρατηγικές αποφάσεις είναι αυτές που μπορούν να αλλάξουν την επιχείρηση και να ορίσουν τους συντελεστές και τις νέες διασυνδέσεις της επιχείρησης. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι επενδύσεις σε νέα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, νέες φυσικές συνδέσεις ή εγκατάλειψη παλαιών μονάδων. Οι λειτουργικές αποφάσεις σχετίζονται με διαδικασίες προμήθειας μεταφοράς και παραγωγής. Για παράδειγμα τέτοιες αποφάσεις περιλαμβάνουν τη λειτουργία του εργοστασίου, τον προγραμματισμό μεταφοράς της παραγόμενης ενέργειας και την κατανάλωση πρώτων υλών για την παραγωγή.

Για την υλοποίηση ενός τέτοιου μοντέλου έχουμε διαθέσιμα αρκετά εργαλεία λογισμικού. Σαν εργαλείο μοντελοποίησης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ανοικτού λογισμικού Repast Simphony που βασίζεται σε Java και μια εννοιολογική βάση που θα είναι διαχειρίσιμη με τον διαδεδομένο κειμενογράφο οντολογιών Protégé. Για την ανάλυση των δεδομένων έχουμε διάφορες επιλογές όπως Matlab, Excel, IBM SPSS κτλ. ανάλογα με τις απαιτήσεις μας. Οι κλάσεις του μοντέλου κατά την υλοποίηση μπορεί να είναι υποκλάσεις μιας κλάσης Agent (Συντελεστής). Πριν αρχίσει να τρέχει το μοντέλο μας γίνεται μια αρχικοποίηση που θέτει ένα σύνολο από αρχικούς agents (συντελεστές) και διαδικασίες οι οποίες μπορούν να λαμβάνονται από κάποια άλλη οντολογία. Για το μοντέλο μας η προγραμματιζόμενη ακολουθία είναι η εξής:

1. Θέτουμε τις παραμέτρους του νέου σεναρίου συνυπολογίζοντας και την ζήτηση των καταναλωτών για ηλεκτρική ενέργεια.
2. Οι παραγωγοί ενέργειας προχωράνε σε νέες επενδύσεις και εγκαταλείπουν παλαιότερες.
3. Οι παραγωγοί ενέργειας καταθέτουν τις προσφορές τους στην αγορά ενέργειας , βασιζόμενοι και στο κόστος που θα έχει η εκπομπή αερίων.
4. Οι παραγωγοί και η βιομηχανία καθορίζουν τα επιτρεπόμενα επίπεδα εκπομπών αερίων
5. Επιστροφή στο βήμα 3 μέχρι να έχουμε επιτυχή κατάληξη για τις εκπομπές CO_2 και τις τιμές του ηλεκτρισμού.
6. Οι παραγωγοί ενέργειας πληρώνουν τους φόρους τους
7. Οι παραγωγοί ενέργειας προμηθεύονται τις πρώτες ύλες (καύσιμα)
8. Ανανέωση των γραφημάτων και καταγραφή στο αρχείο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια να αποτιμηθεί ο ρόλος των Πληροφοριακών Συστημάτων Ενέργειας στον ευρύ τομέα της Ηλεκτρικής Ενέργειας από την παραγωγή και τη διανομή μέχρι την κατανάλωση. Στις περισσότερες προηγμένες χώρες, οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, οι πάροχοι λιανικής και οι τελικοί καταναλωτές είδαν σημαντικό όφελος όσον αφορά την παραγωγικότητα, την αποδοτικότητα, την αξιοπιστία και την εμπορική διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας από την χρήση των ΠΣΕ. Οι πρακτικές ενεργειακής αποδοτικότητας πρέπει να υιοθετούνται ύστερα από βαθιά γνώση του συστήματος σε όλο του το εύρος, ώστε να είναι σε θέση να επεκταθούν και να καλύψουν όλο το φάσμα των αναγκών των χρηστών, εξασφαλίζοντας τους μια ευοίωνη προοπτική. Πλέον τα συστήματα μετρήσεων, ο γενικότερος εξοπλισμός αλλά και οι υπάρχουσες εφαρμογές είναι αναπτυγμένες σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό παρέχοντας καλές επιδόσεις όσον αφορά την παρακολούθηση της κατανάλωσης και τις σχετικές συγκρίσεις. Αναμφισβήτητα, τα ΠΣΕ αποτελούν σημαντικό εργαλείο στη λήψη αποφάσεων και θεωρούμε ότι τα επόμενα χρόνια πρέπει να προσανατολιστούν περισσότερο προς αυτή την κατεύθυνση λαμβάνοντας πιο ενεργό ρόλο στη διαδικασία. Να αποτελούν δηλαδή συστήματα λήψης αποφάσεων και όχι απλά να συμμετέχουν στη διαδικασία ως εργαλείο. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την ταυτόχρονη μείωση των τιμών του εξοπλισμού δίνεται η ευκαιρία τα ΠΣΕ να γίνουν πιο προσιτά ακόμα και στο μέσο χρήστη. Έτσι πρέπει να ενθαρρυνθεί η χρησιμοποίηση απλών και εύχρηστων εργαλείων λογισμικού ώστε ακόμα και ο απλός οικιακός καταναλωτής να μπορεί να απολαμβάνει τα οφέλη που του προσφέρει ένα τέτοιο σύστημα. Επίσης, ίσως κάποια μέρα τα εργαλεία αυτά να υποστηρίζουν και να παίζουν ρόλο στην πιστοποίηση μιας εγκατάστασης ως εγκατάσταση χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Τέλος η πολυπλοκότητα και η ποικιλία των τεχνολογιών και των δεδομένων δυσκολεύει την ενοποίηση των συστημάτων, ώστε να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ τους. Οι οντολογίες και τα μοντέλα συστημάτων μπορούν να προσφέρουν πολλά στον τομέα αυτό. Έτσι παρά τις πλατφόρμες, τις μεθόδους και τους μηχανισμούς εξόρυξης γνώσης που κατά καιρούς έχουν προταθεί, η δημιουργία επαναχρησιμοποιούμενων οντολογιών για την επίλυση διαφορετικών προβλημάτων εξακολουθεί να αποτελεί μια μεγάλη ερευνητική πρόκληση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. Εμπορικά Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας

1.1 cpmPlus Energy Manager (ABB)

Το cpmPlus Energy Manager της ABB είναι ένα προϊόν λογισμικού που σκοπό έχει να βοηθήσει τους πελάτες της βιομηχανίας στην παρακολούθηση, διαχείριση και βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας, προκειμένου να επιτύχουν μέγιστη αποδοτικότητα και μείωση του κόστους. Η επιτυχία του συστήματος βασίζεται στον ακριβή σχεδιασμό της ενεργειακής ζήτησης που λαμβάνεται υπόψη κατά τη φάση της προμήθειας ενέργειας με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους και άλλα οικονομικά οφέλη.

Το λογισμικό Energy Manager είναι πλήρως κλιμακούμενο και προσαρμόσιμο και ξεκινά με τις βασικές λειτουργίες της παρακολούθησης και αναφοράς σε μία εγκατάσταση και μπορεί να επεκταθεί με επιπλέον χαρακτηριστικά σε πολλές εγκαταστάσεις καλύπτοντας και μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Τρία είναι τα κυριότερα χαρακτηριστικά του Energy Manager:

- **Παρακολούθηση και Αναφορά**

  Η μέτρηση της κατανάλωσης ενός εξοπλισμού - στόχου και κατ’ επέκταση όλης της εγκατάστασης, είναι η βάση για την βελτίωση της απόδοσης. Το Πληροφοριακό Σύστημα συλλέγει τα απαραίτητα ενεργειακά δεδομένα από τις διάφορες πηγές, με χρήση ενσύρματων και ασύρματων δικτύων και με εύχρηστα απεικονιστικά εργαλεία προσφέρει παρακολούθηση της ενεργειακής απόδοσης. Με την παρακολούθηση και την σύγκριση της κατανάλωσης δίνεται η δυνατότητα για μείωση αυτής καθώς και μελετάται η δυνατότητα βελτίωσης ενός στόχου.

- **Σχεδιασμός Ενεργειακού Φορτίου**

Οι μεγάλοι πελάτες – καταναλωτές χρειάζονται την πρόβλεψη και ένα σχεδιασμό σχετικά με το φορτίο που θα καταναλώσουν. Η πρόβλεψη αυτή γίνεται βάση του φορτίου που θα καταναλωθεί για την προγραμματιζόμενη παραγωγή και είναι αυτή που θα σταλεί στους προμηθευτές όπως θα δούμε παρακάτω. Οι μέθοδοι για την πρόβλεψη ποικίλουν και εξαρτώνται από τον τύπο του πελάτη:

Συνεχές φορτίο: Καταγραφή του φορτίου όταν η κατανάλωση είναι συνεχής

Εβδομαδιαίο προφίλ κατανάλωσης: Μετριέται η κατανάλωση και βγαίνει ένα εβδομαδιαίο προφίλ που εξαρτάται και από τον τρόπο χρέωσης της αγοράς. Τυπικά τα διαστήματα μέτρησης μπορούν να είναι από μία ώρα, μέχρι και 5 λεπτά ενώ υπάρχει η δυνατότητα πλήρης εξατομίκευσης ανάλογα με τις απαιτήσεις.

Κυκλικό προφίλ: Ορίζεται ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και μετριέται η κατανάλωση στη διάρκεια αυτού του διαστήματος.

Κατανάλωση εξαρτώμενη από το προϊόν: Η κατανάλωση διαφέρει κατά την παραγωγή ενός προϊόντος από ένα άλλο και έτσι η εξατομίκευση και η μέτρηση γίνεται σε αυτό το επίπεδο.

Πλήρως εξατομικευμένο προφίλ: Είναι γεγονός ότι η κατανάλωση ενέργειας διαφέρει από μέρα σε μέρα και από ώρα σε ώρα. Η κατανάλωση επίσης εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος κτλ. Για όλους αυτούς στους λόγους το Energy Manager παρέχει τη δυνατότητα της δημιουργίας προφίλ που ανταποκρίνονται στα δεδομένα αυτά.

- **Προγραμματισμός Προμηθειών Ενέργειας και Βελτιστοποίηση**

  Η βελτιστοποίηση πόρων (Resource Optimization) του Energy Manager εξυπηρετεί σαν μηχανή βελτιστοποίησης για την επιλογή της προμήθειας ενέργειας, ώστε να ανταποκριθεί στην προγραμματισμένη κατανάλωση, με όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος.

  Επίσης, η βελτιστοποίηση πόρων είναι μεγάλης σημασίας για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας και τους διαχειριστές δικτύου που πρέπει ανά πάσα στιγμή να έχουν έλεγχο του φορτίου στο δίκτυο.

1.2 PowerLogic ION EEM (Schneider Electric)

Το λογισμικό PowerLogic ION EEM είναι ένα Πληροφοριακό Σύστημα που επεκτείνει τα όρια της διαχείρισης ενέργειας και προχωράει στην ενοποίηση των λειτουργιών και της ενεργειακής στρατηγικής ολόκληρης της επιχείρησης. Οι εμπλεκόμενοι της επιχείρησης από την διοίκηση και την διαχείριση μέχρι τις λειτουργίες και το χειρισμό απολαμβάνουν τα οφέλη του Συστήματος καθώς αυτό παρέχει πληροφορίες για τα κοστοβόρα ενεργειακά κέντρα, ενώ αναδεικνύει τα περιθώρια βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, τα προβλήματα, τα κόστη και βοηθάει στην υιοθέτηση στρατηγικών για μείωση του κινδύνου. Επιπλέον, η προηγμένη ανάλυση που παρέχει το PowerLogic βοηθά στην διαχείριση της ενέργειας με οικονομικούς όρους ενώ καθιστά διαχειρίσιμη και την εκπομπή αερίων CO_2 που είναι απαραίτητη για τη συμμετοχή σε αντίστοιχα προγράμματα GHG (GreenHouse Gas). Τέλος, έχει τη δυνατότητα να παρέχει στοιχεία σχετικά με την ποιότητα της παρεχόμενης ενέργειας.

Σε γενικές γραμμές, το PowerLogic ION EEM είναι ένα ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα που περιλαμβάνει συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου, αυτοματοποιημένα συστήματα κτηρίου, υπηρεσίες καιρικών φαινομένων, τροφοδότηση με τις τρέχουσες τιμές της αγοράς ενέργειας και πληθώρα επιχειρησιακών εφαρμογών. Η συλλογή των δεδομένων γίνεται πλήρως αυτοματοποιημένα ενώ η πληθώρα των εργαλείων παρακολούθησης και απεικόνισης παρέχουν στον χρήστη συνολική εποπτεία της εγκατάστασης. Αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του PowerLogic ION EEM είναι:

Διασφάλιση Ποιότητας Δεδομένων

Με την χρήση προγραμμάτων και προτύπων γίνεται αυτόματη έγκριση των δεδομένων εισόδου όπως τιμές μετρητών, καιρικά δεδομένα, τιμές αγοράς, ολόκληρες βάσεις δεδομένων και δεδομένων εισερχομένων χειροκίνητα. Επιπλέον η έγκριση των δεδομένων κατά δεσμίδες (batch files) σε προκαθορισμένα διαστήματα αναγνωρίζει προβλήματα διπλοεγγραφών, κενών τιμών κτλ και ενημερώνει το χρήστη. Τέλος, στην περίπτωση λαθών υπάρχει πάντα η δυνατότητα της ανθρώπινης παρέμβασης για την χειροκίνητη διόρθωση αυτών.

Διαδικτυακές Εφαρμογές

Όπως τα περισσότερα σύγχρονα Πληροφοριακά Συστήματα Ενέργειας, έτσι και το PowerLogic ION EEM βασίζεται στις διαδικτυακές εφαρμογές, χάρη στις οποίες μπορούν όλοι οι ενδιαφερόμενοι, υπάλληλοι, μάνατζερ, πελάτες, προμηθευτές ή συνεργάτες να έχουν πρόσβαση εξ' αποστάσεως σε ότι τους αφορά. Με την χρήση των παραθύρων (dashboards) η περιήγηση στα σημεία που επιθυμεί ο χρήστης γίνεται εύκολη ενώ οι διαφορετικές μορφές αναπαράστασης της πληροφορίας, όπως διαγράμματα, πίτες, πίνακες, ιστοσελίδες και άλλα διευκολύνουν τη λεπτομερή ανάλυση των δεδομένων.

Εφαρμογές Αναφορών

Η υπηρεσία αναφορών του PowerLogic ION EEM παρέχει ποιοτικές αναφορές σχετικά με την ποιότητα της ενέργειας και τις χρεώσεις, μέσω πινάκων, εικόνων και διαγραμμάτων ενώ έχει τη δυνατότητα αναζήτησης δεδομένων και εξαγωγής αποτελεσμάτων. Επίσης μπορεί να οριστεί η αυτόματη αποστολή αναφορών μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Εργαλεία Ανάλυσης

Το PowerLogic ION EEM διαθέτει σύγχρονα και λεπτομερή εργαλεία ανάλυσης και απεικόνισης που ενοποιούν τα δεδομένα από διαφορετικές πηγές και τα οργανώνουν σε ιεραρχική δομή ανά λειτουργικές μονάδες, κτήρια και εγκαταστάσεις ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του χρήστη. Με τον τρόπο αυτό αποκαλύπτει περίπλοκες συσχετίσεις μεταξύ διαφόρων παραγόντων, όπως ενέργεια, ζήτηση, τάση, συντελεστή ισχύος, τιμή, ποιότητα ενέργειας, θερμοκρασία και άλλα. Επιπλέον η αναπαράσταση του ιστορικού και των προβλέψεων στο χρόνο προσαρμόζεται πλήρως και μπορεί να παρουσιάζεται κατά διαστήματα ημερών, εποχών, περιόδων χρήσης κτλ ενώ η κωδικοποίηση χρωμάτων προσφέρει εύκολο διαχωρισμό των δεδομένων χρονοσειρών, του εύρους τιμών, των ορίων και των κατωφλίων.

Εργαλεία Μοντελοποίησης

Τα εργαλεία Μοντελοποίησης δεν περιέχονται στο βασικό πακέτο λογισμικού και προσφέρονται προαιρετικά. Με τη χρήση εξειδικευμένων αλγορίθμων προσφέρουν μοντελοποίηση της ενεργειακής επίδοσης που βασίζεται στα ιστορικά στοιχεία και άλλους παραμέτρους. Διευκολύνουν την σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών εγκαταστάσεων, οριοθετούν την επίδοση τους και προβλέπουν τις ανάγκες σε ενέργεια. Στις υπηρεσίες τους περιλαμβάνεται και η κανονικοποίηση των δεδομένων κατανάλωσης αφαιρώντας τις ανεξάρτητες παραμέτρους όπως οι καιρικές συνθήκες σε διαφορετικό τόπο και χρόνο, η έκταση των εγκαταστάσεων ή το μέγεθος παραγωγής που διαφέρει από μονάδα (παραγωγική) σε μονάδα. Τέλος παρέχει πληροφορίες από την ενοποίηση εξωτερικών δεδομένων εξοπλισμού, κτηρίων και άλλων θεμάτων όπως δεικτών φορτίου/επίδοσης/αποδοτικότητας, ηλικίας, καταλαμβανόμενου χώρου και άλλα.

Ανάλυση Λογαριασμών

Η ανάλυση λογαριασμών είναι ένα από τα χαρακτηριστικά του PowerLogic ION EEM που προσφέρεται προαιρετικά. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα για είσοδο σειριακών δεδομένων ηλεκτρικής αλλά και άλλων τύπων ενέργειας (αέριο, νερό κτλ) και συνδυάζοντάς τα με τις αντίστοιχες ταρίφες και τιμές τιμολόγησης εξάγει οικονομικά μεγέθη. Επίσης υποστηρίζει την χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων χρέωσης, παρέχει υπηρεσίες ελέγχου και έγκρισης για τον εντοπισμό ανωμαλιών και συγκρίνει χρεώσεις μεταξύ διαφόρων οργανισμών. Τέλος, μπορεί να προσομοιώσει υποθετικά (what-if) σενάρια εισάγοντας θεωρητικές τιμές και ελέγχοντας τις επιπτώσεις ενώ έχει δυνατότητα προσαρμογής σε ERP συστήματα και άλλες επιχειρησιακές εφαρμογές για διαμοιρασμό των δεδομένων κόστους στους αρμοδίους.

Αναφορά Εκπομπών Αερίων

Πρόκειται για ακόμα ένα προαιρετικό χαρακτηριστικό του PowerLogic ION EEM και απευθύνεται σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις που για την παραγωγή τους εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες αερίων. Έχουμε αναφέρει και στην ενότητα των οντολογιών ότι πλέον δίνεται μεγάλη σημασία και προσοχή στις εκπομπές αερίων ενώ σε πολλές χώρες έχουν θεσπιστεί νόμοι που προβλέπουν φορολογία και πρόστιμα σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων εκπομπών. Το λογισμικό λαμβάνει υπόψη όλες τις

πηγές ενέργειας και με τις κατάλληλες συσχετίσεις μεταξύ αυτών και κάποιων παραγόντων εκπομπών αερίων μετατρέπει τα ενεργειακά δεδομένα σε πληροφορία για τις πιθανές εκπομπές αερίων. Επίσης συμβαδίζει με το πλαίσιο του International GHG Protocol παρακολουθώντας, μοντελοποιώντας και δίνοντας πλήρη αναφορά για τις εκπομπές αερίων, είτε αυτές είναι άμεσες είτε έμμεσες. Άμεσες είναι οι εκπομπές που προκύπτουν απευθείας από τον εξοπλισμό της επιχείρησης, ενώ έμμεσες αυτές που προκύπτουν από τους προμηθευτές ενέργειας προκειμένου να παραχθεί η απαιτούμενη από τους πελάτες ενέργεια. Στα επιπλέον χαρακτηριστικά του είναι ότι υπολογίζει τις συνολικές εκπομπές όλων των μονάδων ενοποιώντας τα δεδομένα, υπολογίζει τις αποκλίσεις που μπορεί να υπάρξουν από τους στόχους ενός προγράμματος μείωσης εκπομπών αερίων και συγκρίνει τις εκπομπές μεταξύ διαφορετικών τμημάτων, τομέων και εγκαταστάσεων. Τέλος, το λογισμικό χάρη στα πλούσια εργαλεία απεικόνισης και ανάλυσης προσφέρει γραφική αναπαράσταση των διαφόρων μεγεθών ενώ το φιλικό περιβάλλον διαχείρισης και η ευέλικτη αρχιτεκτονική προσφέρει στο διαχειριστή ευκολία στην διαχείριση των στόχων του.

Εφαρμογές καταμερισμού κόστους

Προαιρετικό χαρακτηριστικό που σκοπό έχει την ακριβή κατανομή του κόστους ενέργειας ανά κέντρο εργασίας, τμήμα, γραμμή παραγωγής ή ανά χρονική περίοδο που προσδιορίζεται από το χρήστη. Επίσης διευκολύνει την διαδικασία του καταμερισμού κόστους καθώς ενοποιεί όλες τις ενεργειακές χρεώσεις, χρεώσεις ζήτησης, συνδρομές και φόρους σε ένα μόνο ενεργειακό δείκτη. Προσαρμόζει τους ενεργειακούς συντελεστές σε ενεργειακές τιμές που δεν έχουν μετρηθεί, για παράδειγμα όταν το άθροισμα των μετρητών δεν αντιστοιχεί στη συνολική κατανάλωση. Έτσι αντισταθμίζει τις απώλειες του συστήματος ενώ τα πρόσθετα εργαλεία ανάλυσης σε συνεργασία με αυτά που αναφέραμε προηγουμένως προσφέρουν επιπλέον δυνατότητες αξιολόγησης του καταμερισμού κόστους.

Εργαλεία Ενοποίησης

Προαιρετικό χαρακτηριστικό του PowerLogic ION EEM που σκοπό έχει την ενοποίηση δεδομένων από όποια πηγή και αν προέρχονται, υπηρεσίες διαδικτύου, βάσεις δεδομένων τρίτων, υπολογιστικά φύλλα κτλ. Επίσης ενοποιεί δεδομένα από διαφορετικού τύπου εγκαταστάσεις (ηλεκτρισμού, νερού, αερίου, ατμού), δεδομένα εκπομπών αερίων CO_2 , καιρικά δεδομένα, δεδομένα τιμών πραγματικού χρόνου και άλλες επιχειρησιακές διαδικασίες. Όλα τα εξαγόμενα αποτελέσματα μπορούν να στέλνονται αυτοματοποιημένα σε άλλα συστήματα αυτοματισμού ή σε τρίτες επιχειρήσεις.

Εργαλεία Ανάλυσης Ποιότητας

Τα εργαλεία ανάλυσης ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ακόμα ένα προαιρετικό χαρακτηριστικό της σουίτας λογισμικού PowerLogic. Απευθύνεται σχεδόν αποκλειστικά στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας που έχουν ανάγκη να παρακολουθούν διαρκώς την ποιότητα του φορτίου που παράγουν και διατρέχει το δίκτυο διανομής. Έτσι τα εργαλεία αυτά έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την ποιότητα του ρεύματος, να απομονώνουν τα προβλήματα και να τα συσχετίζουν με τις πηγές από τις οποίες προέρχονται. Η διαδικασία της ανάλυσης περιλαμβάνει ανάλυση της τάσης, της έντασης, της ισχύος και της συχνότητας του ρεύματος, ανισσοροπία, διαταραχές των φάσεων και άλλα. Τα εργαλεία αναπαράστασης αναλαμβάνουν την απεικόνιση όλων των παραπάνω με διαγράμματα, αναφορές και γεωγραφικούς χάρτες των συμβάντων που περιγράφουν το χρόνο τέλεσης και την σοβαρότητα της κατάστασης. Επίσης για την ευκολότερη ανάγνωση των δεδομένων γίνεται η απαραίτητη ενοποίηση αυτών τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και σε άλλες διαστάσεις που επιθυμεί ο χρήστης ενώ η ποικιλία των συμβόλων και των χρωματικών κωδικών που χρησιμοποιεί το λογισμικό κάνει τη χρήση του και την ανάγνωση των παραγόμενων δεδομένων εύκολη υπόθεση.

Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το PowerLogic ION EEM της Scheider Electric είναι ένα ολοκληρωμένο Πληροφοριακό Σύστημα Ενέργειας που απευθύνεται σε αρκετούς παράγοντες της αγοράς ενέργειας, από παραγωγούς και διανομείς ενέργειας μέχρι βιομηχανίες και μεγάλες εγκαταστάσεις που έχουν αυξημένες ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια. Αντιλαμβανόμαστε ότι όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά δεν είναι απαραίτητα για τον κάθε πελάτη και για αυτό κάποια από αυτά δεν

περιλαμβάνονται στην βασική έκδοση αλλά προσφέρονται προαιρετικά σαν επιπλέον. Παρακάτω συνοψίζουμε τους παράγοντες και τα χαρακτηριστικά που χρειάζεται ο καθένας.

Βιομηχανία, Κτηριακές και άλλες μεγάλες Εγκαταστάσεις		
Χαρακτηριστικά	Βασική Έκδοση	Προαιρετικά
Βάση Δεδομένων SQL	●	
Διασφάλιση Ποιότητας Δεδομένων	●	
Διαδικτυακές Εφαρμογές	●	
Εφαρμογές Αναφορών	●	
Εργαλεία Ανάλυσης	●	
Εργαλεία Μοντελοποίησης		●
Ανάλυση Λογαριασμών		●
Αναφορά Εκπομπών Αερίων		●
Εφαρμογές Καταμερισμού Κόστους		●
Εργαλεία Ενοποίησης		●
Εργαλεία Ανάλυσης Ποιότητας Ενέργειας		●

Βιομηχανία Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας		
Χαρακτηριστικά	Βασική Έκδοση	Προαιρετικά
Βάση Δεδομένων SQL	●	
Διασφάλιση Ποιότητας Δεδομένων	●	
Διαδικτυακές Εφαρμογές	●	
Εφαρμογές Αναφορών	●	
Εργαλεία Ανάλυσης	●	
Εργαλεία Ανάλυσης Ποιότητας Ενέργειας	●	
Εργαλεία Ενοποίησης		●

1.3 Energy Information System (Verisae)

Το Πληροφοριακό Σύστημα της Verisae προσφέρει σε οργανισμούς και επιχειρήσεις την δυνατότητα να διαχειρίζονται τις προμήθειες, την κατανάλωση και γενικότερα τις ανάγκες τους σε ενέργεια ενώ υποστηρίζει και τη διαδικασία αναφορών τόσο εντός επιχείρησης όσο και εκτός αυτής. Η βάση δεδομένων μπορεί να φιλοξενήσει στοιχεία για την ενεργειακή προσφορά και ζήτηση ενώ με τη χρήση των εργαλείων παρακολούθησης και ανάλυσης υιοθετούνται πρακτικές για μείωση του κόστους ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα το Πληροφοριακό Σύστημα αποτελείται από:

- Διαχείριση Ενεργειακής Ζήτησης (Energy Demand Manager)
- Διαχείριση Προμηθειών Ενέργειας (Energy Supply Manager)

Διαχείριση Ενεργειακής Ζήτησης (Energy Demand Manager)

Το λογισμικό Διαχείρισης Ενεργειακής Ζήτησης έρχεται να προσθέσει ένα επιπλέον επίπεδο ελέγχου διασφαλίζοντας την διατήρηση των προτύπων της ενεργειακής κατανάλωσης. Όταν η ενεργειακή ζήτηση ελέγχεται κατ' αυτό τον τρόπο η κατανάλωση

διαχειρίζεται πιο αποδοτικά. Υιοθετούνται πρακτικές για μείωση του κόστους ενέργειας, αξιοποίηση των δεδομένων πραγματικού χρόνου και συσχέτιση των ενεργειακών ανωμαλιών με τις διαδικασίες συντήρησης του εξοπλισμού.

Πιο ειδικά η λειτουργικότητα του Energy Demand Manager περιλαμβάνει τα εξής:

- **Διαχείριση Δεδομένων** - Μεγάλες ποσότητες δεδομένων αποθηκεύονται στην βάση και από εκεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικιλοτρόπως. Για χειροκίνητη επεξεργασία, για χρήση από εφαρμογές διαδικτύου, ενοποίηση των δεδομένων και χρήση από συστήματα τηλεμετρίας, για εξαγωγή λογαριασμών, εντολές εργασίας και ειδοποιήσεις – συναγερμό. Με την κανονικοποίηση των δεδομένων έχουμε μια διαφορετική οπτική πάνω στις διαδικασίες, ανθρώπους και εξοπλισμό που μπορεί να συμβάλλει στην καλύτερη χρήση της ενέργειας.
- **Επικύρωση** – Η διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Παρεμβολές, κενά και αλλοιωμένα δεδομένα μπορούν να οδηγήσουν εύκολα σε λάθος αποφάσεις με καταστροφικές συνέπειες για την επιχείρηση. Το λογισμικό αυτόματα διενεργεί ελέγχους για τυχόν ελλειπή, ανακριβή ή δεδομένα εκτός φυσιολογικών τιμών και ορίων ενώ παρακολουθεί και τη διαδικασία εισροής δεδομένων από εξωτερικές πηγές, μετρητές ή άλλο εξοπλισμό συμπεριλαμβανομένου και της χειροκίνητης εισαγωγής.
- **Ειδοποιήσεις** – Με τη συσχέτιση των δεδομένων ανακαλύπτονται ανωμαλίες και το λογισμικό είναι εφοδιασμένο με εργαλεία συναγερμού και ειδοποίησης για την ενημέρωση του προσωπικού. Για παράδειγμα, εάν έχει οριστεί ένα ποσοστιαίο όριο στην κατανάλωση ηλεκτρισμού και το όριο αυτό ξεπεραστεί, αυτομάτως ενεργοποιείται ο μηχανισμός ειδοποίησης ενώ υπάρχει και η δυνατότητα εξαγωγής λεπτομερών αναφορών πάνω στο θέμα που προέκυψε.
- **Εργαλεία Ανάλυσης** – Από τη στιγμή που τα δεδομένα στην βάση θα επικυρωθούν ως έγκυρα είναι διαθέσιμα για περαιτέρω αξιοποίηση. Με τα εργαλεία ανάλυσης παρέχεται η δυνατότητα επεξεργασίας και οπτικοποίησης των δεδομένων και παρέχεται έτσι καλύτερη εικόνα της εγκατάστασης. Για παράδειγμα, αν η περίπτωση της αυξημένης χρήσης ενέργειας που αναφέραμε

προηγουμένως συνδέονται με κάποια εργασία συντήρησης - επισκευής ή αυξημένων ωρών λειτουργίας είναι δουλειά των εργαλείων ανάλυσης να κάνουν αυτό το συσχετισμό.

Μέσα από ένα σύνολο καλά ορισμένων κανόνων, οι χρήστες, χάρη στα εργαλεία αυτά, μπορούν να συγκρίνουν παράγοντες που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας πλήρως αυτοματοποιημένα, δίχως την ανάγκη για χειροκίνητο έλεγχο, μειώνοντας έτσι την γραφειοκρατία και το κόστος που απορρέει από αυτήν.

- **Νοημοσύνη –** Το Πληροφοριακό Σύστημα της Verisae χρησιμοποιεί εργαλεία για αυτοματοποιημένη αποστολή e-mail και εντολές εργασίας προς το κατάλληλο προσωπικό, που περιέχουν αναλυτικές οδηγίες για την αντιμετώπιση και επίλυση κάποιου προβλήματος που παρουσιάστηκε. Το λογισμικό βάση κανόνων που έχουν οριστεί κατά την παραμετροποίηση του, μπορεί να επεξεργάζεται τα μηνύματα και τις ειδοποιήσεις (flags) που δέχεται και να τα αξιολογεί, ανάλογα με την κρισιμότητά τους ή το οικονομικό τους αντίκτυπο.

  Όλες οι λεπτομέρειες παρουσιάζονται με αναφορές, πίνακες και παράθυρα, με τρόπο ώστε να γίνεται κατανοητό το πρόβλημα, το σημείο που έλαβε χώρα και οι προτεινόμενοι τρόποι επίλυσης του.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, το Energy Demand Manager βοηθά στην κατά τόπους μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω αναφορών, εργαλείων ελέγχου, παρουσίασης και μοντελοποίησης των δεδομένων. Βοηθά στην καλύτερη επισκόπηση της συνολικής επιχείρησης, στον έλεγχο του φορτίου και της ζήτησης και αποτελεί ένα μέσο πρόσβασης στην τιμολόγηση της αγοράς ενέργειας.

Οι σχετικές μελέτες έχουν δείξει ότι τα οφέλη στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων είναι σχετικά άμεσα, με μια βελτίωση της τάξης του 7% στα καινούργια κτήρια και μέχρι 15% στα κτήρια άνω της δεκαετίας.

Διαχείριση Προμηθειών Ενέργειας (Energy Supply Manager)

Οι υπηρεσίες προμηθειών ενέργειας ενσωματώνουν τον έλεγχο των τιμών ενέργειας, αξιοποιούν τα δεδομένα με τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης και υποστηρίζουν τις αποφάσεις για αγορά ενέργειας σε συνδυασμό με ακριβείς αναφορές και εργασίες διαχείρισης.

Καθώς η αγορά ενέργειας απελευθερώνεται και γίνεται πιο πολύπλοκη, αυξάνει και η ανάγκη των οργανισμών και επιχειρήσεων να αλληλεπιδρούν με τους παρόχους ενέργειας για την καλύτερη διαχείριση ρίσκου και ελέγχου της αβεβαιότητας των τιμών. Η προμήθεια ενέργειας δίχως επαρκής υπηρεσίες και εργαλεία εφοδιασμού μπορεί να είναι πολύπλοκη και κουραστική. Συχνά, πολλές εταιρίες συνειδητοποιούν ότι πληρώνουν πολλά για ενέργεια επειδή δεν εκμεταλλεύονται το πλεονέκτημα των κυμαινόμενων τιμών.

Έτσι οι υπηρεσίες προμηθειών ενέργειας έρχονται να καλύψουν το κενό μεταξύ του τοπικού ελέγχου και των αποφάσεων πραγματικού χρόνου που είναι απαραίτητες για την διαχείριση κινδύνου. Ο βασικός στόχος είναι η μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος και τον μελλοντικών εξόδων αγοράζοντας ενέργεια με έξυπνο τρόπο.

Τα βασικά στοιχεία που καλύπτει το Energy Supply Manager είναι:

- Εξάλειψη της κουραστικής γραφειοκρατικής δουλειάς
- Αποκαλύπτει λάθη στους λογαριασμούς και υπερχρεώσεις
- Αυτοματοποιημένες ενέργειες μείωσης της ενέργειας βάση της αλλαγής των τιμών (Demand - Response)
- Χρήση έξυπνης τεχνολογίας για την αξιοποίηση προγραμμάτων πίστωσης και ανταποδοτικών απολαβών.
- Διευκόλυνση της λήψης αποφάσεων που μειώνουν το ρίσκο.
- Διευκολύνουν τις επιχειρήσεις να γίνουν κατανοητές οι μέθοδοι χρέωσης της ενέργειας και οι διάφοροι δείκτες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ

[1] Naoya Motegi, Mary Ann Piette, Satkartar Kinney and Karen Herter "Web based Energy Information Systems for Energy Management and Demand Response in Commercial Buildings" April 2003

[2] Naoya Motegi and Mary Ann Piette "Web-based Energy Information Systems for Large Commercial Buildings" May 2002

[3] Barney L. Capehart and Lynne C. Capehart "Web Based Enterprise Energy and Building Automation Systems"

[4] Barney L. Capehart "Encyclopedia of Energy Engineering and Technology"

[5] New Buildings Institute "Advanced Metering and Energy Information Systems" July 2009

[6] Federal Energy Management Program "Metering Best Practices" August 2011

[7] Pacific Northwest National Laboratory "Energy Management and Control System: Desired Capabilities and Functionality" April 2005

[8] Energy Information Handbook "Applications for Energy-Efficient Building Operations"

[9] Rahul S. Walawalkar "Use Of Information Technology in the field of Energy Management" 2003

[10] Jessica Granderson, Mary Ann Piette, Girish Ghatikar, Philip Price "Building Energy Information Systems: State of the Technology and User Case Studies" November 2009

[11] Krish Narendra, Tony Weekes "Phasor Measurement Unit Communication Experience in a Utility Environment" October 2008

[12] Chris Harris "Electricity Markets "Pricing, Structures and Economics" Wiley, 2003

[13] T. Nogueira, A.Vale, Z.Vale "An Electricity Day-Ahead Market Simulation Model, 2003

[14] Tino Cluge "Pricing Swing Options and other Electricity Derivatives" 2006

[15] Αθανασίου Βασιλική, Κεραμισάνος Χρήστος «Ανάλυση Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας της PJM », 2012

[16] Μαρνέρης Ηλίας «Ανάλυση Αγορών Ηλεκτρικής Ενέργειας στη Γαλλία», 2011

[17] Egheosa Onaiwu “How does Bilateral Trading Differ From Electricity Pooling”

[18] Nikola Svigir, Igor Kuzle, Darjan Bosnjak ”Ancillary Services Management in an Open Market Environment” July 2008

[19] Derek W. Bunn and Nektaria Karakatsani ”Forecasting Electricity Prices”, 2003

[20] Sanjeev Kumar Aggarwal, Lalit Mohan Saini, Ashwani Kumar “Electricity price forecasting in deregulated markets: A review and evaluation” Elsevier, 2009

[21] S.J Deng, S.S Oren “Electricity derivatives and risk management”

[22] Energy Information Administration, U.S Department of Energy “Derivatives and Risk Management in the Petroleum, Natural Gas and Electricity Industries”, October 2002

[23] Alexander Eydeland and Helyette Geman ”Fundamentals of Electricity Derivatives”, June 1999

[24] Rene F. Navarro-Hernandez, Alonso Perez-Soltero, Gerardo Sanchez-Schmitz, Mario Barcelo-Valenzuela, Cesar E. Rose “An Ontological Model to Support the Implementation of Balanced Scorecard in the Organizations”, July 2006

[25] Koen H. van Dam, Emile J.L Chappin “Coupling Agent-Based Models of Natural Gas and Electricity Markets”

[26] Slobodanka Tomic, Anna Fensel, Tassilo Pellegrini “SESAME Demonstrator: Ontologies, Services and Policies for Energy Efficiency”

[27] Fabian Gruning “Data Quality Mining in Ontologies for Utilities”

[28] Yu Song, Li Yang and Maomao Wu “Heterogeneous Data Integration Method of Electric Power System Based on Ontology” July 2012

[29] ABB cmpEnergy Manager Brochure www.abb.com

[30] Schneider Electric ION EEM Brochure www.powerlogic.com

[31] Verisae Energy Information System www.verisae.com

[32] Bajpai, P, Singh SN. Bidding and gaming in electricity market: an overview and key issues, In: Proceedings of national power system conference (NPSC), Chennai; 2004. p. 338-346

[33] Bastian J, Zhu J, BanunaryananV, Mukherji R. Forecasting energy prices in a competitive market. IEEE Comput Appl Power 1999(July):40-5

[34] Deb R, Albert R, Hsue Lie-Long, Brown N. How to incorporate volatility and risk in electricity price forecasting. Electricity J 2000(May):1–16.

[35] Bunn DW, Karakatsani N. Forecasting electricity prices. Review paper. London Business School; 2003