



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Έξυπνη Διαχείριση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

Μιχαήλ Κούρου

Επιβλέπων καθηγητής: Δημήτριος Μπαργιώτας
Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συνεπιβλέπων Καθηγητής: Ελευθέριος Τσουκαλάς
Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Βόλος, Ιούνιος 2018



UNIVERSITY OF THESSALY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Intelligence Management of Renewable Energy Sources

Thesis of

Michail Kouros

Supervisors:

Dimitrios Bargiotas

Associate Professor, University of Thessaly

Lefteri Tsoukalas

Professor, University of Thessaly

Volos, June 2018

Ευχαριστίες

Με αφορμή την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτε-
ρως τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Δημήτριο Μπαργιώτα για την εμπιστοσύνη που
μου έδειξε, τη βοήθεια που μου προσέφερε και την καθοδήγησή του, καθώς και το
συνεπιβλέποντα καθηγητή κ. Ελευθέριο Τσουκαλά.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξή της στη διάρ-
κεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική παρουσιάζονται τρόποι βελτίωσης του έξυπνου δικτύου με την χρήση των μικροδικτύων (AC, DC, Hybrid). Για το σκοπό αυτό, αναλύεται το υπάρχον δίκτυο (παραγωγή, μετάδοση, διανομή) και οι λόγοι που υποδεικνύουν την αναγκαιότητα αναβάθμισης. Παρουσιάζονται με κριτικό πνεύμα οι ιδιότητες του έξυπνου δικτύου και τα σχετικά οφέλη που αυτό αποφέρει.

Τέλος, αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους μικροδίκτυα μπορούν να ωφελήσουν την εταιρία ηλεκτρισμού και τους καταναλωτές, ενισχύοντας την τοπική αξιοπιστία, παρέχοντας χαμηλότερο επενδυτικό κόστος και μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων και τις απώλειες ενέργειας στις γραμμές μεταφοράς.

Abstract

This thesis focuses on the use of microgrids (AC, DC, Hybrid) in order to enhance the future smart grid even more. To that end, the current grid (generation, transmission, distribution) is analysed as well as the reasons indicating a need for upgrading. The expected future properties of a smart grid and the related benefits are presented.

Finally, the ways in which microgrids may benefit the utility and the consumers by enhancing local reliability, providing lower investment costs, and reducing emissions and energy losses in transmission lines are analyzed.

Πίνακας περιεχομένων

1	Το Σημερινό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	8
1.1	Εισαγωγή	8
1.2	Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας	8
1.2.1	Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας	9
1.2.2	Σύστημα μεταφοράς.....	9
1.2.3	Σύστημα διανομής	10
1.3	Τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας	11
1.3.1	Κεντρική παραγωγή	11
1.3.2	Διεσπαρμένη παραγωγή.....	11
2	Το Ξεπερασμένο Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	13
2.1	Τα προβλήματα του σημερινού δικτύου	13
2.2	Κίνητρα για την αναβάθμιση του δικτύου	15
3	Το Έξυπνο Δίκτυο	18
3.1	Ορισμός έξυπνου δικτύου	18
3.2	Χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου	19
3.3	Τα οφέλη του έξυπνου δικτύου	21
3.3.1	Οφέλη βελτιωμένης αξιοπιστίας	21
3.3.2	Οφέλη στην οικονομία.....	23
3.3.3	Οφέλη βελτιωμένης απόδοσης	24
3.3.4	Περιβαλλοντικά οφέλη	26
3.3.5	Οφέλη στην ασφάλεια.....	26
3.4	Τρόποι υλοποίησης βελτιώσεων από το έξυπνο δίκτυο	27
4	Έξυπνοι μετρητές	29
4.1	Ορισμός	29
4.2	Συστήματα μέτρησης.....	31
4.2.1	Συμβατική καταγραφή μετρήσεων (Conventional Meter Reading)	31
4.2.2	Automated Meter Reading(AMR).....	31
4.2.3	Automated Meter Infrastructure (AMI).....	31
4.3	Εφαρμογές που χρειάζονται έξυπνους μετρητές	33
4.3.1	Κατάσταση εκτίμησης των δικτύων διανομής ενέργειας	33
4.3.2	Έξυπνα σπίτια.....	34

4.3.3	Εικονική μονάδα παραγωγής ενέργειας, ενσωματωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή.....	35
4.3.4	Ανίχνευση απάτης.....	35
5	Δίκτυα και Συστήματα Επικοινωνιών.....	37
5.1	Διαθέσιμες τεχνολογίες επικοινωνιών	37
5.2	ZigBee	38
5.3	Cellular Networks	39
5.4	Digital Subscriber Lines (DSL)	40
5.5	Power Line Communication (PLC)	40
6	Μικροδίκτυα.....	41
6.1	Ορισμός Μικροδικτύου	41
6.2	Οφέλη Μικροδικτύων	42
6.3	Τύποι Μικροδικτύων	43
6.4	Βασικά στοιχεία των μικροδικτύων	44
6.4.1	Τοπική παραγωγή	45
6.4.2	Κατανάλωση	46
6.4.3	Αποθήκευση ενέργειας.....	48
6.4.4	Σημείο βασικής σύζευξης (PCC).....	48
6.5	Σύνδεση Μικροδικτύων σε ζυγούς.....	45
6.5.1	Σύνδεση Μικροδικτύου με ζυγό AC.....	45
6.5.2	Αντιστροφήας.....	46
6.5.3	Σύνδεση Μικροδικτύου σε ζυγό DC	48
6.5.4	Φορτίο εκτροπής	48
7	Συμπεράσματα.....	50
	Βιβλιογραφία	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Το Σημερινό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας

1.1 Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη για την σύγχρονη κοινωνία. Η οικονομική ευημερία και η δημόσια ασφάλεια δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς αυτήν, καθώς οι περισσότερες συσκευές λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα. Οι κοινότητες που στερούνται την ηλεκτρική ενέργεια, ακόμη και για μικρές περιόδους, αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα για την κάλυψη βασικών αγαθών όπως τρόφιμα, καταφύγιο, νερό, δίκαιο και τάξη.

1.2 Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας

Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) θεωρείται ένα σύστημα εγκαταστάσεων και μέσων, που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιοχές εξυπηρέτησης.

Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός ΣΗΕ είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια όπου υπάρχει ζήτηση, με ελάχιστο δυνατό κόστος, εξασφαλίζοντας σταθερή τάση, σταθερή συχνότητα και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης [1].

Το σημερινό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αν συμπεριλάβουμε τις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και των πύργων μετάδοσης που βρίσκονται σε όλα τα τοπία μας, λειτουργεί πιο πολύ σαν ένα σύστημα διασυνδεδεμένων αγωγών. Η ισχύς ρέει μέσω του συστήματος μετάδοσης, κατά μήκος της πορείας ελάχιστης αντίστασης, βρίσκοντας πολλαπλές διαδρομές μεταξύ των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής και των πόλεων που απαιτούν ενέργεια. Οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου έχουν πολύ λίγο έλεγχο επί του σημερινού συστήματος και πρωταρχικό καθήκον τους είναι να διασφαλίσουν, ότι όση ενέργεια παράγεται τόση χρησιμοποιείται.

Τα 3 σημαντικότερα μεγέθη πάνω στα οποία βασίζεται η σχεδίαση, η επίδοση και η ασφάλεια ενός ηλεκτρικού δικτύου είναι:

1. Η Τάση (μέγιστη τάση λειτουργίας)

2. Η Ισχύς βραχυκύκλωσης
3. Η στάθμη Μόνωσης

Τέλος, η εξυπηρέτηση των αναγκών της ηλεκτροδότησης προϋποθέτει τις διακριτές φάσεις της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής.

1.2.1 Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται κυρίως με την μετατροπή μιας μορφής πρωτογενούς ενέργειας σε μηχανική και ύστερα από μηχανική με την χρήση γεννητριών σε ηλεκτρική. Το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στον καταναλωτή προέρχεται κατά κύριο λόγο από την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, λιγνίτης, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Το σύστημα παραγωγής αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης για τη μεταφορά του ρεύματος υπό υπερυψηλή και υψηλή τάση.

1.2.2 Σύστημα μεταφοράς

Το σύστημα μεταφοράς αποτελείται από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής και υπερυψηλής τάσης, για μεταφορά μεγάλων μεγεθών ισχύος που διασυνδέουν τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με τελικό προορισμό τα κέντρα κατανάλωσης. Ο λόγος που η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στην υψηλή τάση, είναι γιατί έτσι υπάρχουν μικρότερες απώλειες. Στο σύστημα μεταφοράς περιλαμβάνεται και το σύστημα υπομεταφοράς, στο οποίο χρησιμοποιούνται γραμμές χαμηλότερης τάσης, αναλόγως την απόσταση και την ποσότητα της ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί.

Στην Εικόνα 1.1 φαίνονται οι γραμμές μεταφοράς που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια προς τα συστήματα διανομής.

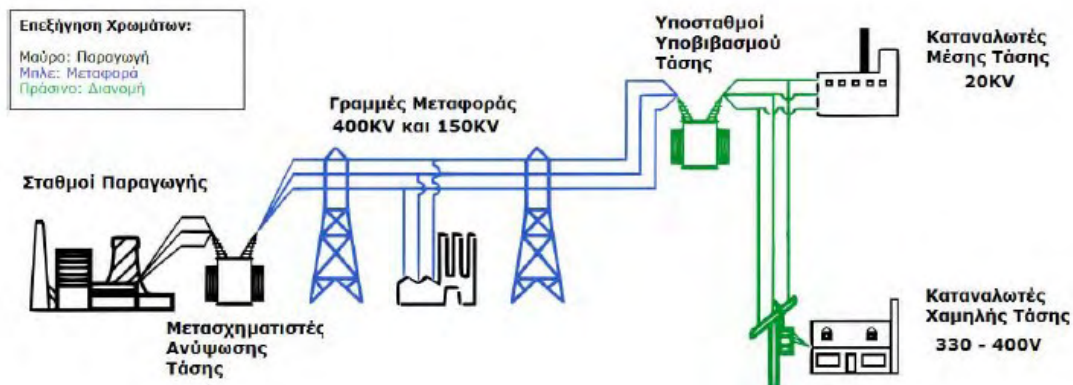


Εικόνα 1.1: Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

1.2.3 Σύστημα διανομής

Περιλαμβάνει τις γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας μέσης και χαμηλής τάσης, όπου υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής, μέσω των οποίων γίνεται ο υποβιβασμός από την μέση τάση στην χαμηλή τάση. Μέσω του δικτύου διανομής παρέχεται η ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές μέσης και χαμηλής τάσης μικρότερων περιοχών. Το δίκτυο διανομής τερματίζει στον μετρητή του καταναλωτή της παρεχόμενης ενέργειας. Έπειτα ξεκινάει η ηλεκτρική εγκατάσταση εσωτερικά, που περιλαμβάνει το εσωτερικό δίκτυο διανομής και τις συσκευές κατανάλωσης.

Στο Σχήμα 1.1 βλέπουμε σχηματικά πως είναι το σημερινό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.1: Το σημερινό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας

1.3 Τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

1.3.1 Κεντρική Παραγωγή

Η κεντρική παραγωγή αναφέρεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας, σε κεντρικές εγκαταστάσεις. Οι εγκαταστάσεις αυτές βρίσκονται συνήθως μακριά από τους τελικούς χρήστες και συνδέονται με ένα δίκτυο γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από την κεντρική παραγωγή διανέμεται μέσω του ηλεκτρικού δικτύου σε πολλούς τελικούς χρήστες. Οι εγκαταστάσεις κεντρικής παραγωγής περιλαμβάνουν σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με ορυκτά καύσιμα, πυρηνικούς σταθμούς και μεγάλα υδροηλεκτρικά φράγματα.

Σημαντικό πλεονέκτημα της κεντρικής παραγωγής είναι η διατήρηση της συχνότητας και των επιπέδων τάσης του δικτύου αλλά πέρα από την επίπτωση στο περιβάλλον, έχει μεγάλο κόστος για την συντήρηση των μονάδων και των γραμμών μεταφοράς.

1.3.2 Διεσπαρμένη παραγωγή

Η διεσπαρμένη παραγωγή αναφέρεται σε μια ποικιλία τεχνολογιών, που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κοντά στο σημείο όπου θα χρησιμοποιηθεί.

Η διεσπαρμένη παραγωγή μπορεί να εξυπηρετεί μια ενιαία δομή, όπως είναι η κατοικία ή η επιχείρηση, ή μπορεί να είναι μέρος ενός μικρότερου δικτύου που συνδέεται επίσης με το μεγαλύτερο σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μια μεγάλη βιομηχανική εγκατάσταση, μια στρατιωτική βάση, ή μια μεγάλη πανεπιστημίουπολη. Όταν συνδέεται με το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης, η διεσπαρμένη παραγωγή μπορεί να βοηθήσει στην υποστήριξη της παροχής καθαρής και αξιόπιστης ισχύος σε επιπλέον πελάτες και στη μείωση των απωλειών ηλεκτρικής ενέργειας κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς και διανομής αλλά έχει πολύ μεγάλο κόστος.

Μερικές εγκαταστάσεις που ανήκουν στη διεσπαρμένη παραγωγή είναι:

- Φωτοβολταϊκά συστήματα (PV)

Φωτοβολταϊκό σύστημα είναι ένα σύστημα ισχύος σχεδιασμένο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελείται από μια διάταξη πολλών εξαρτημάτων, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών συλλεκτών που απορροφούν και

μετατρέπουν το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια, έναν ηλιακό μετατροπέα για την αλλαγή του ηλεκτρικού ρεύματος από DC σε AC, καθώς και τη συναρμολόγηση, την καλωδίωση και άλλα ηλεκτρικά εξαρτήματα για τη δημιουργία ενός λειτουργικού συστήματος.

- **Ανεμογεννήτριες (αιολικά πάρκα)**

Η ανεμογεννήτρια είναι μια συσκευή που μετατρέπει την κινητική ενέργεια από τον άνεμο σε ηλεκτρισμό. Οι λεπίδες μιας ανεμογεννήτριας περιστρέφονται 13 με 20 φορές ανά λεπτό, ανάλογα με την τεχνολογία τους, με σταθερή ή μεταβλητή ταχύτητα, όπου η ταχύτητα του ρότορα ποικίλλει σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου για να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση.

- **Μικροί υδροηλεκτρικοί σταθμοί**

Παράγουν ρεύμα εκμεταλλευόμενοι την κινητική ενέργεια του νερού. Χρησιμοποιούν τη φυσική ροή και τις φυσικές υδατοπτώσεις του νερού, οπότε δεν χρειάζεται η κατασκευή τεχνητών λιμνών και μεγάλων φραγμάτων που χρειάζεται για τους μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

- **Μηχανές εσωτερικής καύσης**

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μετατρέπουν την ενέργεια που υπάρχει σε ένα καύσιμο σε μηχανική. Η μηχανική ενέργεια που παράγεται χρησιμοποιείται ώστε ο άξονας μέσα στην μηχανή να αρχίσει να περιστρέφεται. Για να μετατραπεί η περιστροφική κίνηση της μηχανής εσωτερικής καύσης σε ηλεκτρική ενέργεια, χρειάζεται να συνδεθεί με μια γεννήτρια. Είναι διαθέσιμες από μικρά μεγέθη (5kW για εφεδρική γεννήτρια σε κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Για να λειτουργήσουν χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Το Ξεπερασμένο Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι το μεγαλύτερο αλλά και αρχαιότερο διασυνδεδεμένο σύστημα παγκοσμίως συγκριτικά με άλλους κλάδους, όπως αυτός της πληροφορικής και των επικοινωνιών (ICT) που έχουν παρουσιάσει ραγδαία ανάπτυξη, ενώ ο κλάδος της ηλεκτρικής ενέργειας έχει παραμείνει στάσιμος στις περισσότερες χώρες. Συνεπώς το ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι κατασκευασμένο για να μπορεί να ανταποκριθεί στις νέες εξελίξεις της τεχνολογίας αλλά και να τις ενσωματώσει στην υποδομή του.

Οπότε, μπορεί το ηλεκτρικό δίκτυο να συμβάλλει για την ευημερία μεταξύ των λαών αλλά υπάρχουν ακόμα αρκετές βελτιώσεις που πρέπει να γίνουν, οι οποίες αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου και πρέπει να αντιμετωπιστούν.

2.1 Τα προβλήματα του σημερινού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

α) Διακοπές ρεύματος (blackout):

Μια διακοπή ρεύματος ή blackout είναι η βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη απώλεια της ηλεκτρικής ισχύος σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Υπάρχουν πολλά αίτια διακοπής ρεύματος σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Παραδείγματα αυτών των αιτιών είναι οι βλάβες σε σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, ζημιές στις γραμμές μεταφοράς, ή σε άλλα μέρη του συστήματος διανομής, ένα βραχυκύκλωμα ή η υπερφόρτωση του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σημερινό δίκτυο δεν έχει μηχανισμούς άμεσης αποκατάστασης σε περίπτωση ξαφνικής διακοπής ρεύματος. Οπότε, συχνά για να αποκατασταθούν τέτοιες βλάβες απαιτείται ο εντοπισμός τους από τους τεχνικούς, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί μια προσωρινή εναλλακτική διαδρομή τροφοδότησης. Λόγω μη ύπαρξης κάποιας μεθόδου για την πρόβλεψη ή το γρήγορο εντοπισμό του σφάλματος, μια διακοπή μπορεί να κρατήσει για αρκετά λεπτά. Γεγονός που συντελεί στην αύξηση της ζημίας για τις επιχειρήσεις αλλά και για την εταιρία ηλεκτρικού ρεύματος.

Στην Εικόνα 2.1 φαίνεται ένα παράδειγμα βραχυκυκλώματος στις γραμμές μεταφοράς.



Εικόνα 2.1: Βραχυκύκλωμα στις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Συνεπώς, γίνεται φανερή η ανάγκη για μείωση των διακοπών ρεύματος που γίνονται μέσα στο χρόνο και οι οποίες επηρεάζουν πολύ την οικονομία.

β) Ανάγκη περιορισμού των κλοπών ρεύματος:

Η κλοπή ηλεκτρικού ρεύματος είναι πλέον αρκετά σύνηθες φαινόμενο, ειδικά σε χώρες με πιο αδύναμες οικονομίες. Αυτό το φαινόμενο δημιουργεί αρκετά προβλήματα στην ασφάλεια του πληθυσμού αλλά και στα έσοδα των εταιριών ηλεκτρισμού και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής για τους υπόλοιπους καταναλωτές. Στην παρούσα του μορφή το ηλεκτρικό δίκτυο δεν μπορεί να αντιμετωπίσει άμεσα τέτοια φαινόμενα. Ο έλεγχος γίνεται από κεντρικές εγκαταστάσεις σε διάφορες περιοχές, οπότε η καταπολέμηση τέτοιων κρουσμάτων είναι πολύ δύσκολη αφού και μόνο ο εντοπισμός τους απαιτεί σημαντικό χρόνο. Συνεπώς, για να ελεγχθεί αποτελεσματικότερα αυτό το φαινόμενο πρέπει να υπάρξουν βελτιώσεις στο δίκτυο.

γ) Ανησυχία για τα ορυκτά καύσιμα:

Το σημερινό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται κατά κύριο λόγο στα ορυκτά καύσιμα του (άνθρακα, κάρβουνου, λιγνίτη, πετρελαίου και φυσικού αερίου). Τα πιο διαδεδομένα καύσιμα παγκοσμίως είναι ο άνθρακας και μετά το φυσικό αέριο. Η μεγάλη αύξηση όμως στην τιμή των καυσίμων, επηρεάζει αρνητικά την ελεύθερη και οικονομική παροχή του ηλεκτρικού ρεύματος.

δ) Ανησυχία λόγω της κλιματικής αλλαγής:

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από ορυκτά καύσιμα είναι υπεύθυνη για τις μεγάλες ποσότητες εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα αλλά και για τα αέρια του θερμοκηπίου. Επίσης λόγω της ταχείας αύξησης του πληθυσμού αυξάνεται η ζήτηση για ενέργεια. Οπότε πρέπει το σημερινό σύστημα να ενισχυθεί με εναλλακτικές μορφές ενέργειας.

ε) Επικοινωνία με τον καταναλωτή:

Στο σημερινό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας δεν υπάρχει καθόλου επικοινωνία με τον καταναλωτή και μεταξύ των σταδίων παραγωγής και κατανάλωσης, πράγμα το οποίο πλέον επιθυμούν οι καταναλωτές. Τις περασμένες δεκαετίες οι καταναλωτές θεωρούσαν την ενέργεια ως ένα φθινό και δεδομένο αγαθό. Πλέον όμως, είναι περισσότερο ενήμεροι για την σημαντικότητα του ρεύματος και θέλουν να έχουν και αυτοί ενεργή συμμετοχή στην διαδικασία για την διαμόρφωση της ζήτησης και των τιμών.

ζ) Αύξηση της ζήτησης στο πέρασμα χρόνου:

Στατικές μελέτες στο σημερινό διαμορφωμένο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας έδειξαν ότι η ζήτηση για κάποια χρονική στιγμή μεγιστοποιείται, ενώ τις άλλες στιγμές πριν και μετά μειώνεται δραστικά. Επειδή οι περισσότεροι οικιακοί χρήστες λειτουργούν με αυτό το τρόπο, οι εταιρίες παροχής ηλεκτρισμού πρέπει να σχεδιάσουν το δίκτυο έτσι ώστε να καλύπτεται η μεγάλη ζήτηση, αλλά και να κρατάει ένα πλεόνασμα ασφαλείας για αποφυγή ολικής διακοπής. Οπότε για να καλυφθεί η μεγάλη ζήτηση για μικρή χρονική στιγμή στην διάρκεια της μέρας γίνεται μεγάλη σπατάλη πόρων.

2.2 Κίνητρα για την αναβάθμιση του Δικτύου

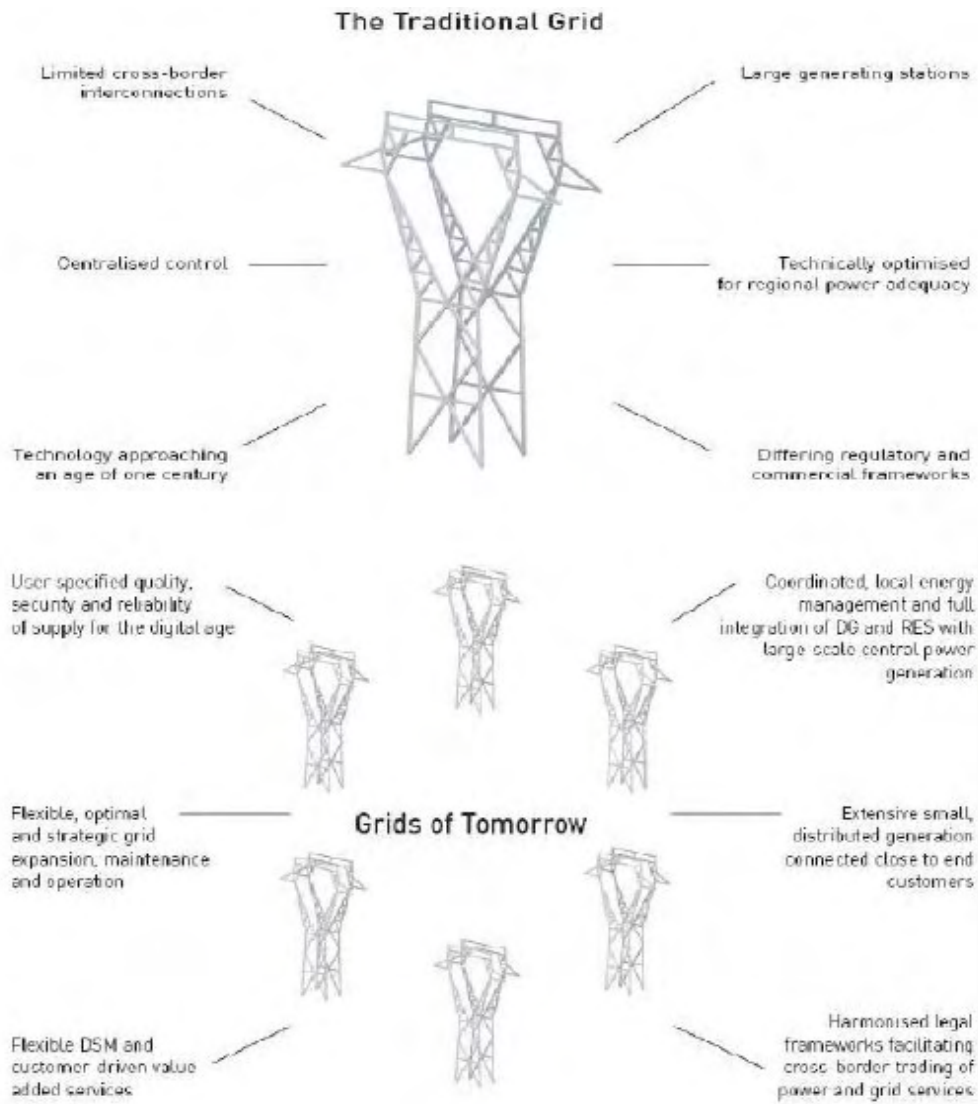
Το σύστημα της ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της αύξησης του αριθμού των καταναλωτών και συνεπώς και της παραγωγής, αναγκάζεται να λειτουργεί όλο και περισσότερο στα όρια του και οι γραμμές μεταφοράς στην μέγιστη χωρητικότητά τους, ώστε να προσφέρεται οικονομική ενέργεια στους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, συνέπεια ήταν και είναι να συμβαίνουν αρκετές και πολύωρες διακοπές της τάσης λόγω υπερφόρτωσης των γραμμών.

Επίσης, ένα άλλο κίνητρο για τον εκσυγχρονισμό του δικτύου βρίσκεται στην ανάγκη χρήσης σύγχρονων τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών (ICT) για τις λειτουργίες του τομέα της ενέργειας. Οι τεχνολογίες της πληροφορικής, των τηλεπικοινωνιών αλλά και του αυτοματισμού μπορούν να αντικαταστήσουν πολλές εργασίες μεγάλης κλίμακας που ακόμα γίνονται με το χέρι, όπως μέτρηση μετρητή, σύνδεση χρήστη και αποσύνδεση, και λειτουργίες του μεταγωγέα του δικτύου. Επιπλέον, με τη χρήση της πληροφορικής στον τομέα της ενέργειας θα παραχθούν νέες δυνατότητες και σενάρια για τον τελικό χρήστη, όπως η αυτοματοποίηση για καλύτερη ενεργειακή απόδοση και η αύξηση της ενεργειακής ευαισθητοποίησης.

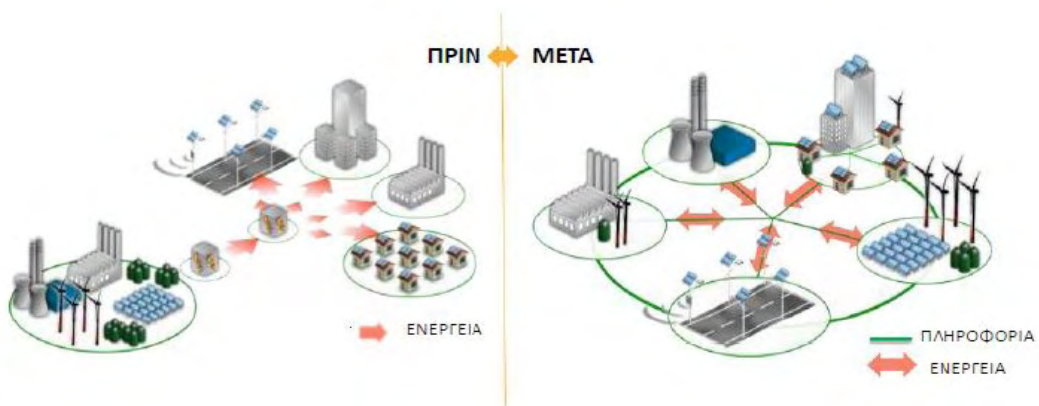
Το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας έχει ξεκινήσει να αντιμετωπίζει την τάση ενσωμάτωσης της υποδομής του με την υποδομή της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Αυτή η αλλαγή θα αναπτύξει το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας από τις ξεπερασμένες και αποκλειστικές τεχνολογίες, στη χρησιμοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών για ζεύξεις επικοινωνιών μεταξύ τους και στην αλλαγή του τρόπου παραγωγής, διαχείρισης και κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος.

Η στροφή στην ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς ώστε να είναι πιο έξυπνα έχει συνοπτικά οριστεί ως «Έξυπνο Δίκτυο» (*Smart Grid*), ενώ άλλες ονομασίες αποτελούν τα GridWise, IntelligentGrid, FutureGrid, κ.λπ. Έξυπνο Δίκτυο είναι το σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο, όπου θα ενσωματωθεί ευφυώς η συμπεριφορά και οι δράσεις όλων των χρηστών που συνδέονται με αυτό, παραγωγών και καταναλωτών, με σκοπό να εξασφαλιστεί αποτελεσματικά η οικονομία, η σταθερότητα αλλά και η ασφάλεια της παροχής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στην Εικόνα 2.2 γίνεται μια σύγκριση των σημερινών δικτύων με αυτά του αύριο.



(α)



(β)

Εικόνα 2.2 (α, β): Δίκτυο του σήμερα και του αύριο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

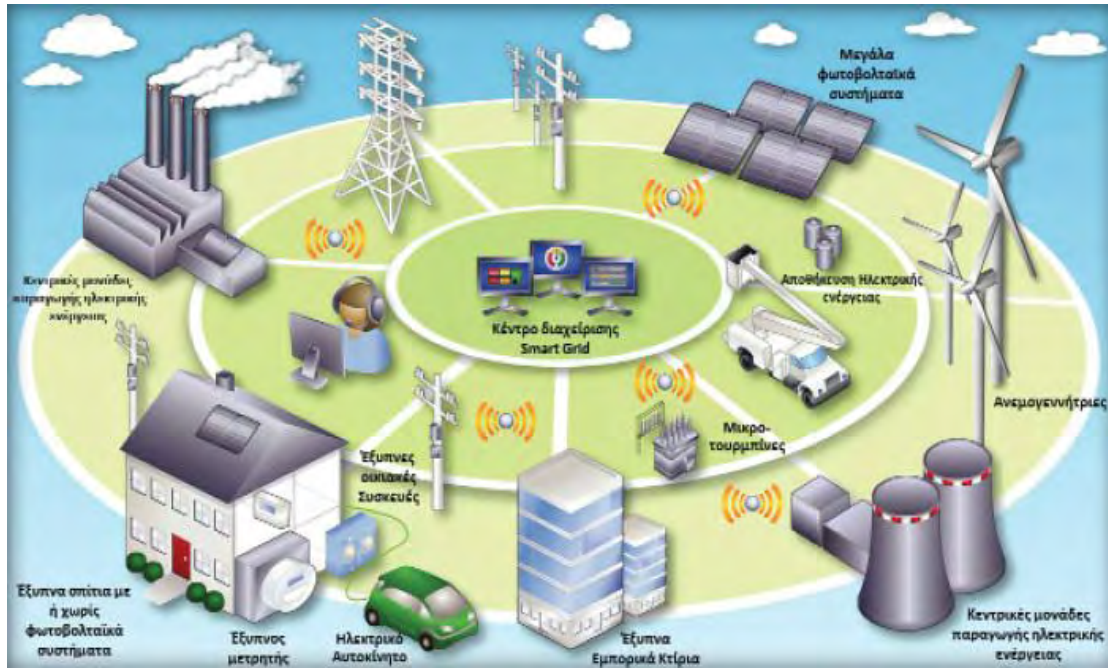
Το Έξυπνο Δίκτυο

3.1 Ορισμός του έξυπνου δικτύου

Το έξυπνο δίκτυο είναι ένας πρόσφατος όρος, ο οποίος δεν έχει μοναδική σημασία. Η βασική ιδέα του έξυπνου δικτύου όμως είναι να προσθέσει δυνατότητες παρακολούθησης, ανάλυσης, ελέγχου και επικοινωνίας στο εθνικό ηλεκτρικό σύστημα παράδοσης, ώστε να μεγιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος μειώνοντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας. Το έξυπνο δίκτυο θα επιτρέψει στις μονάδες του δικτύου να μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια γύρω από το σύστημα, όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά και οικονομικά. Θα επιτρέψει ακόμη στον ιδιοκτήτη σπιτιού και στις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια όσο το δυνατόν οικονομικότερα. Για παράδειγμα μπορεί ο σπιτονοικοκύρης να κρατήσει το σπίτι του σε θερμοκρασία 75 βαθμών F το καλοκαίρι, όταν οι τιμές είναι χαμηλές, αλλά μπορεί να είναι διατεθειμένος να αυξήσει τον θερμοστάτη του στους 78 βαθμούς F εάν οι τιμές είναι υψηλές. Ομοίως, μπορεί να θέλει να στεγνώσει τα ρούχα του για 5 λεπτά ανά κιλοβατώρα στις 9:00 μ.μ. αντί για 15 λεπτά του ευρώ ανά κιλοβατώρα στις 14:00 το απόγευμα. Θα έχει την επιλογή και την ευελιξία να διαχειριστεί την ηλεκτρική του χρήση, ελαχιστοποιώντας το κόστος του.

Το έξυπνο δίκτυο βασίζεται σε πολλές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται ήδη από τις επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά προσθέτει δυνατότητες επικοινωνίας και ελέγχου που θα βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία ολόκληρου του ηλεκτρικού δικτύου. Το έξυπνο δίκτυο φιλοδοξεί να επωφεληθεί από τις νέες τεχνολογίες, όπως plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, διάφορες μορφές κατανεμημένης παραγωγής, ηλιακή ενέργεια, έξυπνη μέτρηση, συστήματα διαχείρισης φωτισμού, αυτοματοποίηση διανομής και πολλά άλλα.

Στο Σχήμα 3.1 φαίνεται πως αναμένεται να λειτουργεί το έξυπνο δίκτυο.



Σχήμα 3.1 Έξυπνο δίκτυο

3.2 Χαρακτηριστικά του έξυπνου δικτύου

Επιτρέπει την ενημερωμένη συμμετοχή των πελατών

Οι καταναλωτές συμβάλλουν στην εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης και διασφαλίζουν την αξιοπιστία τους, τροποποιώντας τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν και αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια. Αυτές οι τροποποιήσεις οφείλονται στις επιλογές των καταναλωτών που παρακινούν διαφορετικές μεθόδους αγοράς και συμπεριφοράς. Αυτές οι επιλογές περιλαμβάνουν νέες τεχνολογίες, νέες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας και νέες μορφές τιμολόγησης και κινήτρων για την ηλεκτρική ενέργεια.

Καλύπτει όλες τις επιλογές παραγωγής ρεύματος και αποθήκευσης

Ένα έξυπνο δίκτυο φιλοξενεί, όχι μόνο μεγάλους κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, αλλά και την αυξανόμενη ποικιλία κατανεμημένων ενεργειακών πόρων. Η ενσωμάτωση αυτών των πόρων - συμπεριλαμβανομένων των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της μικρής κλίμακας συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και της αποθήκευσης ενέργειας - θα αυξηθεί ταχύτατα σε όλη την αλυσίδα αξίας, από τους προμηθευτές στους εμπόρους και στους πελάτες.

Ενεργοποιεί νέα προϊόντα, υπηρεσίες και αγορά

Οι σωστά σχεδιασμένες και λειτουργικές αγορές δημιουργούν αποτελεσματικά, ευκαιρίες για τους καταναλωτές να επιλέγουν μεταξύ ανταγωνιστικών υπηρεσιών. Ορισμένες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές δικτύου που πρέπει να διαχειριστούν ρητώς είναι η ενέργεια, η χωρητικότητα, η θέση, ο χρόνος, ο ρυθμός αλλαγής και η ποιότητα. Οι αγορές μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση αυτών των μεταβλητών. Οι ρυθμιστικές αρχές, οι ιδιοκτήτες / φορείς εκμετάλλευσης και οι καταναλωτές χρειάζονται την ευελιξία να τροποποιούν τους επιχειρηματικούς κανόνες ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας και τις συνθήκες της αγοράς.

Παρέχει ποιότητα ενέργειας για το εύρος των αναγκών

Δεν χρειάζονται όλες οι επιχειρήσεις και σίγουρα όχι όλοι οι οικιακοί πελάτες την ίδια ποιότητα ισχύος. Ένα έξυπνο δίκτυο παρέχει διαφορετικούς βαθμούς (και τιμές) ποιότητας. Το κόστος υψηλής ποιότητας ισχύος μπορεί να συμπεριληφθεί στη σύμβαση παροχής ηλεκτρικών υπηρεσιών. Οι προηγμένες μέθοδοι ελέγχου παρακολουθούν τα βασικά συστατικά, επιτρέποντας την ταχεία διάγνωση και λύση συμβάντων που επηρεάζουν την ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως κεραυνοί, παλμοί μεταγωγής, σφάλματα γραμμής και αρμονικές πηγές.

Βελτιστοποιεί την αξιοποίηση των μονάδων του και την αποδοτικότητα λειτουργίας

Ένα έξυπνο δίκτυο εφαρμόζει τις τελευταίες τεχνολογίες για να βελτιστοποιήσει τη χρήση των στοιχείων του. Για παράδειγμα, βελτιστοποιημένη χωρητικότητα μπορεί να επιτευχθεί με δυναμικές εκτιμήσεις, οι οποίες επιτρέπουν τη χρήση των στοιχείων του δικτύου σε μεγαλύτερα φορτία με συνεχή ανίχνευση και βαθμολόγηση των δυνατοτήτων τους. Η αποδοτικότητα συντήρησης μπορεί να βελτιστοποιηθεί με συντήρηση βασισμένη σε συνθήκες, που θα σηματοδοτούν την ανάγκη για συντήρηση του εξοπλισμού ακριβώς στην κατάλληλη στιγμή.

Οι συσκευές ελέγχου συστήματος μπορούν να ρυθμιστούν για τη μείωση των απωλειών και την εξάλειψη της συμφόρησης. Η αποδοτικότητα λειτουργίας αυξάνεται, όταν επιλέγεται το φθηνότερο αποδοτικό σύστημα παροχής ενέργειας, που διατίθεται μέσω αυτών των τύπων συσκευών ελέγχου συστήματος.

Παρέχει ανθεκτικότητα σε διαταραχές, επιθέσεις και φυσικές καταστροφές

Η ανθεκτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός συστήματος να αντιδρά σε απροσδόκητα γεγονότα, με την απομόνωση προβληματικών στοιχείων, ενώ το υπόλοιπο σύστημα επαναφέρεται σε κανονική λειτουργία. Αυτές οι δράσεις αυτοθεραπείας έχουν ως αποτέλεσμα τη μειωμένη διακοπή της υπηρεσίας στους καταναλωτές και την παροχή βοήθειας στους παρόχους υπηρεσιών να διαχειριστούν καλύτερα την υποδομή παράδοσης.

3.3 Τα οφέλη του έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

Τα οφέλη της προσθήκης ευφυΐας στο συμβατικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πολλούς τομείς. Τα οφέλη μπορούν να εντοπιστούν σε όλα τα τμήματα του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας (παραγωγή, μεταφορά, διανομή, κατανάλωση και αγορά ενέργειας). Τα οφέλη που αναμένεται να υπάρξουν από την αναβάθμιση του δικτύου είναι: αξιοπιστία, οικονομικά οφέλη, αποδοτικότητα, περιβαλλοντικά οφέλη, προστασία και ασφάλεια.

3.3.1 Οφέλη βελτιωμένης αξιοπιστίας

Γενικά, ένα αξιόπιστο δίκτυο είναι αυτό που παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές, όταν το επιθυμούν ή το χρειάζονται και η ποιότητα της ενέργειας υποστηρίζει τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Βελτιώσεις στην αξιοπιστία μπορούν να μετριοούνται γενικά, με τη μείωση της συχνότητας και της διάρκειας των διακοπών, τη μείωση του αριθμού των διαταραχών λόγω κακής ποιότητας ενέργειας και την εξάλειψη των εκτεταμένων διακοπών ρεύματος.

Οφέλη στην εταιρεία παράδοσης ηλεκτρικού ρεύματος

- Μειωμένο λειτουργικό κόστος
- Βελτίωση των συνθηκών ασφάλειας των εργαζομένων καθώς οι εργαζόμενοι θα υπόκεινται σπανιότερα σε επικίνδυνες συνθήκες.
- Αυξημένα έσοδα καθώς οι πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας θα διακόπτονται λιγότερες φορές και για λιγότερη διάρκεια.
- Υψηλότερες βαθμολογίες ικανοποίησης πελατών και βελτιωμένες σχέσεις με τη ρυθμιστική αρχή, την κοινότητα κ.λπ.

- Μειωμένο κόστος κεφαλαίου, καθώς λιγότερες συσκευές αποτυγχάνουν στην υπηρεσία.

Οφέλη προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας

Η βελτιωμένη αξιοπιστία μειώνει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας για ορισμένες γεννήτριες. Όταν ο πελάτης είναι "off", η γεννήτρια θα παράγει λιγότερο. Επιπλέον, η μεταβατική μείωση στη χρήση θα μειώσει τη φθορά στις γεννήτριες και μπορεί να μειώσει τον χρόνο που οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι εκτός λειτουργίας για λόγους αξιοπιστίας.

Οφέλη οικιακών χρηστών

- Βελτιωμένο επίπεδο εξυπηρέτησης με λιγότερες δυσκολίες που προκαλούνται από διακοπές και κακής ποιότητας ισχύ (επαναφορά ηλεκτρονικών συσκευών, έλλειψη φωτισμού, ψύξη κ.λπ.)
- Μειωμένες εκτός προϋπολογισμού δαπάνες που προκύπτουν από την απώλεια ρεύματος

Γενικά, τα οφέλη που σχετίζονται με την αξιοπιστία του συστήματος που απολαμβάνουν οι οικιακοί καταναλωτές δεν είναι οικονομικά σημαντικά. Πολλοί δεν βιώνουν ποτέ οικονομικές απώλειες λόγω προβλημάτων αξιοπιστίας.

Αλλά, υπάρχουν και άτομα που μπορεί να διαφωνήσουν αφού υποφέρουν από παρατεταμένους περιόδους χωρίς ρεύμα, πράγμα που μπορεί να προκαλέσει πλημμυρισμένα υπόγεια, αλλοιωμένα τρόφιμα και άλλα προβλήματα.

Από την άλλη πλευρά όμως, οι καταναλωτές εμπορικών και βιομηχανικών προϊόντων, αποκομίζουν σημαντικά οφέλη από την βελτίωση της αξιοπιστίας. Πολλά από τα φορτία στις εγκαταστάσεις τους βασίζονται σε ηλεκτρονικά συστήματα και απαιτούν υψηλότερο επίπεδο ισχύος από ποτέ. Και ακόμη και σύντομες, στιγμιαίες διακοπές μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλο πρόβλημα. Οι απώλειες στην παραγωγή και την παραγωγικότητα και ο αντίκτυπος στην ασφάλεια των εργαζομένων είναι σημαντικοί. Αυτά τα έξοδα συχνά μεταφέρονται με τη μορφή υψηλότερων τιμών για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους. Ως εκ τούτου, μειώνοντας αυτές τις απώλειες μειώνουμε και τις τιμές των προϊόντων.

3.3.2 Οφέλη στην οικονομία

Οι βελτιώσεις στην οικονομία πραγματοποιούνται, όταν οι λογαριασμοί ενέργειας και παράδοσης που καταβάλλουν οι καταναλωτές, είναι χαμηλότεροι από ότι διαφορετικά θα ήταν. Η δημιουργία ευκαιριών για νέα προϊόντα και υπηρεσίες, η τόνωση της οικονομικής ανάπτυξης και του ΑΕΠ της χώρας και η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας είναι όλα στοιχεία βελτίωσης της οικονομίας του δικτύου.

Οφέλη Εταιρείας παράδοσης

- Πολυάριθμες ευκαιρίες για τη αξιοποίηση των πόρων της και την είσοδο σε νέες αγορές που δημιουργούνται από το έξυπνο δίκτυο, όπως η ανταπόκριση στη ζήτηση, την ανάπτυξη και τις λειτουργία μικροδικτύων, καταναμημένων ενεργειακών πόρων κ.λπ.
- Αυξημένα έσοδα αφού η κλοπή υπηρεσίας θα μειωθεί, από τη βελτιωμένη ακρίβεια μέτρησης των έξυπνων μετρητών έναντι των παραδοσιακών και από τις βραχύτερες διακοπές ενέργειας.
- Βελτιωμένες ταμειακές ροές από την αποτελεσματικότερη διαχείριση των διαδικασιών διαχείρισης χρεώσεων και εσόδων.

Η ωφέλιμη αξία αυτών των παροχών εξαρτάται από την τρέχουσα κατάσταση της εταιρείας παράδοσης. Κάποιοι θα επωφεληθούν πλήρως από νέες ευκαιρίες, όπως αυτές που σχετίζονται με την ενσωμάτωση των υβριδικών οχημάτων plug-in (PHEVs), των καταναμημένων ενεργειακών πόρων, των μικροδικτύων κλπ. Η διαθεσιμότητα νέων πληροφοριών θα επιτρέψει την αποτελεσματικότερη και έγκαιρη διαδικασία συλλογής εσόδων. Η ευελιξία των οργανώσεων εταιρειών παράδοσης θα αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα για τον προσδιορισμό της σημασίας των οικονομικών οφελών.

Οφέλη προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας

- Θα δημιουργηθούν νέες ευκαιρίες αγοράς για καταναμημένη παραγωγή και αποθήκευση.
- Η ζήτηση για χαμηλότερο κόστος, καταναμημένης παραγωγής και αποθήκευσης που θα είναι φιλικό στο περιβάλλον, θα δώσει στους προμηθευτές ενέργειας νέες επιλογές για καταναμημένους ενεργειακούς πόρους (DER).

- Ένα ισχυρότερο δίκτυο μετάδοσης θα ενσωματώσει ευκολότερα μεγάλα ποσοστά παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, από αιολική και ηλιακή ενέργεια.

Κατ' οίκον καταναλωτικά οφέλη

- Πτώση των τιμών ενέργειας και των συνολικών λογαριασμών των πελατών.
- Αυξημένη ικανότητα, ευκαιρία και κίνητρο για μείωση της κατανάλωσης.
- Ευκαιρία αλληλεπίδρασης με τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του οικιακού δικτύου και έξυπνου μετρητή συνδεσιμότητας.
- Ευκαιρία να μειωθεί το κόστος μεταφοράς με τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων αντί των συμβατικών οχημάτων.
- Ευκαιρία ο καταναλωτής να πουλήσει ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τον ίδιο στο δίκτυο.

Τα πρόσφατα πειράματα τιμολόγησης υποδηλώνουν, ότι οι οικιακοί καταναλωτές θα αλλάξουν τη συμπεριφορά τους σε συνάρτηση με τις χρονομετρήσεις, ανάλογα με το πόσο οι τιμές αυτές διαφέρουν με την πάροδο του χρόνου. Αυτή η μείωση της κατανάλωσης αιχμής και ενέργειας θα οδηγήσει σε μειωμένους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος. Σε γενικές γραμμές, αυτά τα οικονομικά οφέλη μπορεί να μην είναι μεγάλα σε ατομική βάση. Οι εμπορικοί και βιομηχανικοί καταναλωτές, έχοντας τις μεγαλύτερες απαιτήσεις και τα υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης, έχουν καλή ευκαιρία να μειώσουν το κόστος τόσο της ενέργειας όσο και της ζήτησης, συμμετέχοντας στο έξυπνο δίκτυο.

3.3.3 Οφέλη βελτιωμένης απόδοσης

Οι βελτιώσεις απόδοσης θα μειώσουν το κόστος παραγωγής, παράδοσης και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Οφέλη Εταιρείας παράδοσης

- Μείωση των απωλειών γραμμών στις μεταδόσεις και στη διανομή.
- Μείωση του κόστους συμφόρησης μετάδοσης.
- Μείωση του φορτίου αιχμής και της κατανάλωσης ενέργειας που οδηγεί σε αναβολή μελλοντικών κεφαλαιουχικών επενδύσεων.
- Μείωση των κεφαλαιουχικών δαπανών λόγω της βελτιωμένης αξιοποίησης των υφιστάμενων στοιχείων του δικτύου.

- Επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των στοιχείων του συστήματος μέσω βελτιωμένης διαχείρισης της «υγείας» τους
- Βελτίωση της παραγωγικότητας των εργαζομένων, μέσω της χρήσης πληροφοριών έξυπνων δικτύων, που βελτιώνουν τις διαδικασίες λειτουργίας και συντήρησης
- Βελτιωμένη πρόβλεψη φορτίου, που επιτρέπει πιο ακριβείς προβλέψεις για το πότε χρειάζονται νέες επενδύσεις.

Αυτά τα οφέλη απόδοσης πρέπει να επιτρέπουν στις εταιρείες παροχής υπηρεσιών να μειώσουν το κόστος των υπηρεσιών τους, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ανάγκη αύξησης των συντελεστών ή τουλάχιστον να καθυστερείται η συχνότητα αύξησης των επιτοκίων. Δυστυχώς, μερικά από αυτά τα οφέλη θα μειώσουν τον όγκο των πωλήσεων ανά κιλοβατώρα (KWh) που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα συνολικά έσοδα των επιχειρήσεων.

Οφέλη προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας

- Η μειωμένη συμφόρηση μετάδοσης παρέχει στους πιο ανταγωνιστικούς παραγωγούς μεγαλύτερη πρόσβαση στις αγορές.
- Η αποδοτικότητα της παραγωγής βελτιώνεται λόγω των πιο επίπεδων καμπυλών φορτίου.
- Ευκαιρία επέκτασης πράσινης (καθαρής) ισχύος χάρης σε ένα πιο ισχυρό δίκτυο μεταφοράς.
- Λιγότερες αναγκαστικές διακοπές, λόγω μιας πιο αξιόπιστης και αποδοτικής μονάδας αύξησης των συντελεστών χωρητικότητας του συστήματος μετάδοσης.

Κατ' οίκον καταναλωτικά οφέλη

- Αυξημένη επιρροή στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δυνατότητα αλλαγής από βενζίνη σε ηλεκτρική ενέργεια για μεταφορά.

Η διατήρηση και η μείωση του φορτίου αιχμής, με τη χρήση τεχνολογιών έξυπνων δικτύων, παρέχουν στους καταναλωτές τη δυνατότητα να κάνουν πιο αποτελεσματική κατανάλωση. Αυτή η βελτίωση της αποτελεσματικότητας βοηθά την εταιρεία παράδοσης να μειώσει το κόστος της, γεγονός που μπορεί να επιφέρει μείωση στις τιμές της αγοράς καθώς μειώνεται η ζήτηση. Ενώ η συμβολή κάθε καταναλωτή στη

βελτίωση της αποτελεσματικότητας είναι μικρή, συλλογικά μπορεί να έχει σημαντικά κοινωνικά οφέλη.

3.3.4 Περιβαλλοντικά οφέλη

Τα οφέλη για ένα δίκτυο πιο φιλικό ως προς το περιβάλλον, είναι για όλους τα ίδια αλλά η μετάβαση σε μια "πράσινη οικονομία" θα είναι επιτυχής μόνο εάν το θέλουν οι οικιακοί καταναλωτές. Το έξυπνο δίκτυο μπορεί να παρέχει την υποδομή για να στηρίξει αυτή τη μετατόπιση, δίνοντας στους καταναλωτές τη δυνατότητα να συμμετέχουν στην αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας για να μειώσουν τις εκπομπές και να τους δώσουν επιλογές για να αποφασίσουν από πού θα την προμηθευτούν. Ενώ η συμβολή κάθε καταναλωτή στη μείωση των εκπομπών είναι μικρή, συλλογικά μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά κοινωνικά οφέλη. Οι εμπορικοί και βιομηχανικοί καταναλωτές, λόγω των μεγαλύτερων απαιτήσεων και των υψηλότερων επιπέδων κατανάλωσης, μπορεί να έχουν σημαντικότερο αντίκτυπο στη μείωση των εκπομπών.

3.3.5 Οφέλη στην ασφάλεια

Οφέλη Εταιρείας παράδοσης

- Μείωση της πιθανότητας να συμβεί μια εσκεμμένη δικτυακή ή φυσική επίθεση από τον άνθρωπο και μείωση των συνεπειών οποιωνδήποτε δεν ανιχνεύονται ή αποτρέπονται.
- Βελτιωμένοι χρόνοι αποκατάστασης μετά από καταιγίδες και άλλα φυσικά φαινόμενα.
- Μείωση κλοπής και βανδαλισμού ιδιοκτησίας λόγω της αυξημένης ικανότητας ανίχνευσης.
- Μείωση των τραυματισμών και των θανάτων των εργαζομένων, λόγω της μείωσης του χρόνου που βρίσκονται σε επικίνδυνες καταστάσεις και της διαθεσιμότητας πιο έξυπνων συστημάτων, που υποστηρίζουν την ασφάλεια τους.

Αυτά τα οφέλη θα μειώσουν την πιθανότητα εκτεταμένων διακοπών, που επηρεάζουν την ασφάλεια των πελατών μειώνοντας την απειλή, την ευπάθεια και τις συνέπειες των επιθέσεων.

Η αυξημένη εξάρτηση από τις ψηφιακές τεχνολογίες του έξυπνου δικτύου, θα απαιτήσει την ανάπτυξη νέων συστημάτων για την αντιμετώπιση της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, εξασφαλίζοντας ότι αυτή η κρίσιμη υποδομή είναι όσο το δυνατόν πιο ασφαλής. Η αυξημένη ευρωστία και η ανθεκτικότητα του έξυπνου δικτύου θα μειώσει επίσης το αντίκτυπο πολλών φυσικών καταστροφών, που σήμερα οδηγούν σε εκτεταμένες διακοπές.

Η εργασία ηλεκτρικού εξοπλισμού είναι από τις πιο επικίνδυνες από όλες τις εργασίες. Η Αμερικανική Ένωση Δημόσιας Ηλεκτρικής Ενέργειας (APPA) αναφέρει ότι περίπου 1000 θάνατοι συμβαίνουν ετησίως στην επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας. Το έξυπνο δίκτυο όμως με τη δυνατότητα να μειώσει τη συχνότητα και τη διάρκεια της έκθεσης των εργαζομένων σε επικίνδυνες συνθήκες, μπορεί να μειώσει σημαντικά αυτούς τους αριθμούς.

Οφέλη προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας

- Μειωμένη έκθεση των μονάδων παραγωγής σε πιθανές ζημιές και επικίνδυνες διαταραχές χάριν ενός πιο ασφαλούς συστήματος μεταφοράς.

Κατ' οίκον καταναλωτικά οφέλη

- Καθησυχασμός, ότι το ηλεκτρικό δίκτυο από το οποίο εξαρτώνται, είναι λιγότερο ευάλωτο σε τρομοκρατική επίθεση.
- Αυξημένη ικανότητα των εργαζομένων στο δίκτυο να εντοπίζουν και να ανταποκρίνονται στην ανάγκη καταναλωτών, που εξαρτώνται από τον ηλεκτρισμό για στήριξη ζωής, όταν συμβαίνουν διακοπές ή συμβάντα που επηρεάζουν την ποιότητα ισχύος.

3.4 Τρόποι υλοποίησης βελτιώσεων από το έξυπνο δίκτυο

A) Υποδομή προηγμένων μετρήσεων με έξυπνους μετρητές και δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, που θα παρέχει σήματα τιμών στους καταναλωτές σχεδόν σε πραγματικό χρόνο, τα οποία θα συνδέονται με τις χονδρικές τιμές.

Αυτές οι πληροφορίες θα δημιουργήσουν το κίνητρο για τους καταναλωτές να ανταποκρίνονται στις τιμές, ακριβώς όπως κάνουν για τα περισσότερα άλλα προϊόντα που αγοράζουν. Αυτή η αντίδραση αναμένεται να μειώσει την κορυφή της ζήτησης και των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, οι έξυπνοι μετρητές θα εντοπίζουν αμέσως ζητήματα ποιότητας ηλεκτρικής ενέργειας και απώλειας ισχύος, επιτρέποντας στους διαχειριστές συστημάτων να εντοπίζουν γρήγορα τα προβλήματα συστήματος και να αποκαταστούν πιο γρήγορα την υπηρεσία.

Β) Συστήματα πλευράς πελάτη, όπως συστήματα οικιακής διαχείρισης ενέργειας, οικιακά δίκτυα και οθόνες, έξυπνες συσκευές και άλλες θα παρέχουν την υπηρεσία, που οι καταναλωτές αναμένουν για συμμετοχή τους στο έξυπνο δίκτυο, καθώς θα τους επιτρέπεται να λαμβάνουν μέτρα που μειώνουν το φορτίο αιχμής και τη συνολική κατανάλωση ενέργειας, ρυθμίζοντας τι ώρα λειτουργίας των συσκευών..

Γ) Συστήματα διαχείρισης διανομής, με πανταχού παρόντες αισθητήρες, επικοινωνίες και έξυπνες εφαρμογές ελέγχου, που παρέχουν στους φορείς εκμετάλλευσης αυξημένη συνειδητοποίηση της κατάστασης όσον αφορά το σύστημα διανομής. Η έγκαιρη ανίχνευση του προβληματικού εξοπλισμού μπορεί να επιτρέψει την έγκαιρη αντικατάστασή του, αποφεύγοντας προβλήματα και περιορίζοντας έτσι τον αριθμό των επηρεαζόμενων πελατών.

Δ) Τα προγράμματα απόκρισης - ζήτησης σε συνδυασμό με τα σχέδια έξυπνης χρέωσης, θα δώσουν πρόσθετα κίνητρα στους καταναλωτές και θα δημιουργήσουν νέες αγορές που θα τονώσουν την οικονομία.

Ε) Οι διανεμημένοι ενεργειακοί πόροι, συμπεριλαμβανομένων τόσο της τοπικής παραγωγής όσο και της τοπικής αποθήκευσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανταπόκριση ζήτησης και σε ορισμένες περιπτώσεις ενεργούν ως πόροι "προς πώληση" στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

ΣΤ) Βελτιωμένες εφαρμογές μεταφοράς, που θα κατέχουν δυνατότητες ευφυΐας και ελέγχου, που απαιτούνται για τη στήριξη της μεταφοράς μεγάλων τεμαχίων ποσοτήτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και αποδοτικότερης συμβατικής παραγωγής στα κέντρα φόρτωσης. Αυτές οι εφαρμογές θα χρησιμοποιηθούν για την αξιοποίηση της μετάδοσης του δικτύου και θα μειώσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις απώλειες με αποτέλεσμα λιγότερες εκπομπές όλων των τύπων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Έξυπνοι Μετρητές

4.1 Ορισμός

Οι ηλεκτρικές συσκευές που μπορούν να ανιχνεύσουν και να εμφανίσουν ενέργεια με τη μορφή μετρήσεων, ονομάζονται μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Παραδοσιακοί μετρητές χρησιμοποιούνται από τα τέλη του 19ου αιώνα. Ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών σε μηχανογραφικό περιβάλλον, τόσο για την παραγωγή όσο και για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην πλειονότητα των παραδοσιακών μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται αλουμινένιοι δίσκοι για να βρουν τη χρήση ισχύος. Ο σημερινός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργεί ψηφιακά, αλλά εξακολουθεί να έχει ορισμένους περιορισμούς σε σχέση με τους έξυπνους μετρητές.

Ο έξυπνος μετρητής είναι ένας προηγμένος μετρητής ενέργειας, που μετρά την κατανάλωση ενέργειας του καταναλωτή και παρέχει πρόσθετες πληροφορίες στην εταιρεία ηλεκτρισμού σε σύγκριση με έναν συμβατικό μετρητή ενέργειας.

Στην Εικόνα 5.1 φαίνεται η οθόνη ενός έξυπνου μετρητή που δείχνει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που έγινε μέσα σε μια βδομάδα και ένα μήνα.

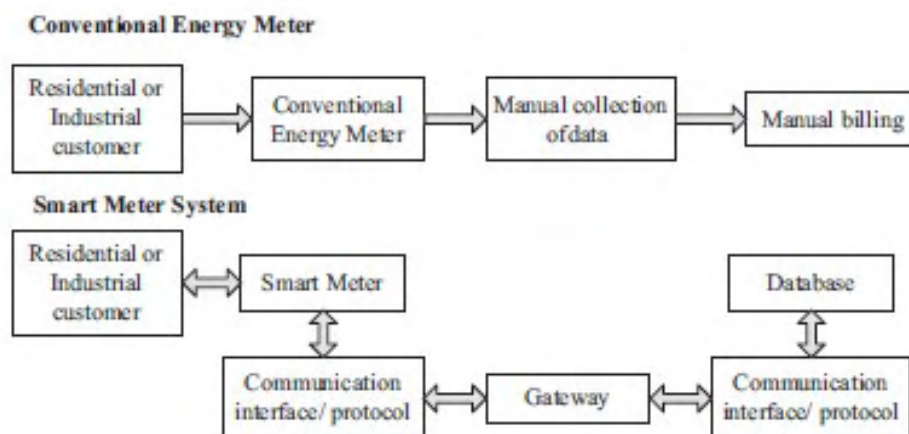


Εικόνα 5.1: Display έξυπνου μετρητή

Οι έξυπνοι μετρητές διαβάζουν πληροφορίες κατανάλωσης ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, συμπεριλαμβανομένων των τιμών της τάσης, της γωνίας φάσης και της συχνότητας. Η ικανότητα των έξυπνων μετρητών αμφίδρομης επικοινωνίας δεδομένων, επιτρέπει τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με την ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτείται πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο από τις εγκαταστάσεις του πελάτη.

Ένα έξυπνο σύστημα μετρητών περιλαμβάνει ένα έξυπνο μετρητή, υποδομή επικοινωνίας και συσκευές ελέγχου. Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να επικοινωνούν και να εκτελούν τις εντολές ελέγχου τοπικά και εξ αποστάσεως. Χρησιμοποιούνται ακόμα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο όλων των οικιακών συσκευών στις εγκαταστάσεις του πελάτη. Επίσης, συλλέγουν διαγνωστικές πληροφορίες σχετικά με τη διανομή στο δίκτυο, τις οικιακές συσκευές και μπορούν να επικοινωνούν με άλλους μετρητές. Μετρούν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο, υποστηρίζουν αποκεντρωμένες πηγές παραγωγής και συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και χρεώσουν τον πελάτη ανάλογα.

Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να χρεώνεται μόνο η κατανάλωση ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτρισμού, ενώ δεν θα χρεώνεται η ισχύς που καταναλώνεται από τις κατανεμημένες πηγές παραγωγής ή τις συσκευές αποθήκευσης που ανήκουν στους πελάτες. Οι έξυπνοι μετρητές μπορούν να περιορίσουν τη μέγιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μπορούν να τερματίσουν ή να επανασυνδέσουν την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε οποιονδήποτε πελάτη από απόσταση. Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται η αρχιτεκτονική ενός συμβατικού και ενός έξυπνου μετρητή.



Σχήμα 4.1 Αρχιτεκτονικές μέτρησης συμβατικού μετρητή ενέργειας και έξυπνου μετρητή.

4.2 Συστήματα μέτρησης

4.2.1 Συμβατική καταγραφή μετρήσεων(Conventional Meter Reading)

Ο σημερινός ή αλλιώς συμβατικός τρόπος καταμέτρησης της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, παρέχει τη δυνατότητα καταγραφής της κατανάλωσης στην καλύτερη των περιπτώσεων ανά μήνα, σε ορισμένες μόνο χώρες. Ακόμα, υπάρχει το ενδεχόμενο σημαντικών αποκλίσεων από την πραγματική κατανάλωση είτε λόγω μη ορθής λειτουργίας του αναλογικού μετρητή είτε λόγω ανθρώπινου λάθους κατά την καταγραφή των ενδείξεων από τον υπάλληλο είτε λόγω λανθασμένης εκτίμησης από την εταιρία στους κατ' εκτίμηση λογαριασμούς.

4.2.2 Automated Meter Reading(AMR)

Το συγκεκριμένο σύστημα συλλογής μετρήσεων είναι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα, που συλλέγει δεδομένα στα σημεία κατανάλωσης ενέργειας, για την τιμολόγηση και την ανάλυση των καταναλώσεων. Η επικοινωνία με το κεντρικό σύστημα συλλογής δεδομένων επιτυγχάνεται μέσω τηλεπικοινωνιακού διαύλου, με την βοήθεια της μονάδας επικοινωνίας.

4.2.3 Automated Meter Infrastructure (AMI)

Αυτό το σύστημα εφαρμόζει έξυπνες τεχνολογίες ελέγχου και επικοινωνίας για να αυτοματοποιήσει τις λειτουργίες μέτρησης, που συνήθως πραγματοποιούνταν με χειροκίνητες ενέργειες, συμπεριλαμβανομένων μετρήσεων ηλεκτρικού ρεύματος, σύνδεση και αποσύνδεση του ρεύματος, ανίχνευση παραβίασης και κλοπής, αναγνώριση σφαλμάτων και διακοπής λειτουργίας και παρακολούθηση τάσης. Σε συνδυασμό με τις προηγμένες τεχνολογίες που βασίζονται στον πελάτη, η AMI δίνει επίσης τη δυνατότητα στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού να προσφέρουν νέες επιλογές τιμολόγησης, που να ενθαρρύνουν τους πελάτες να μειώσουν την αιχμή της ζήτησης και την κατανάλωση ενέργειας.

Η ανάπτυξη συστημάτων AMI αποτελείται συνήθως από τρία βασικά στοιχεία:

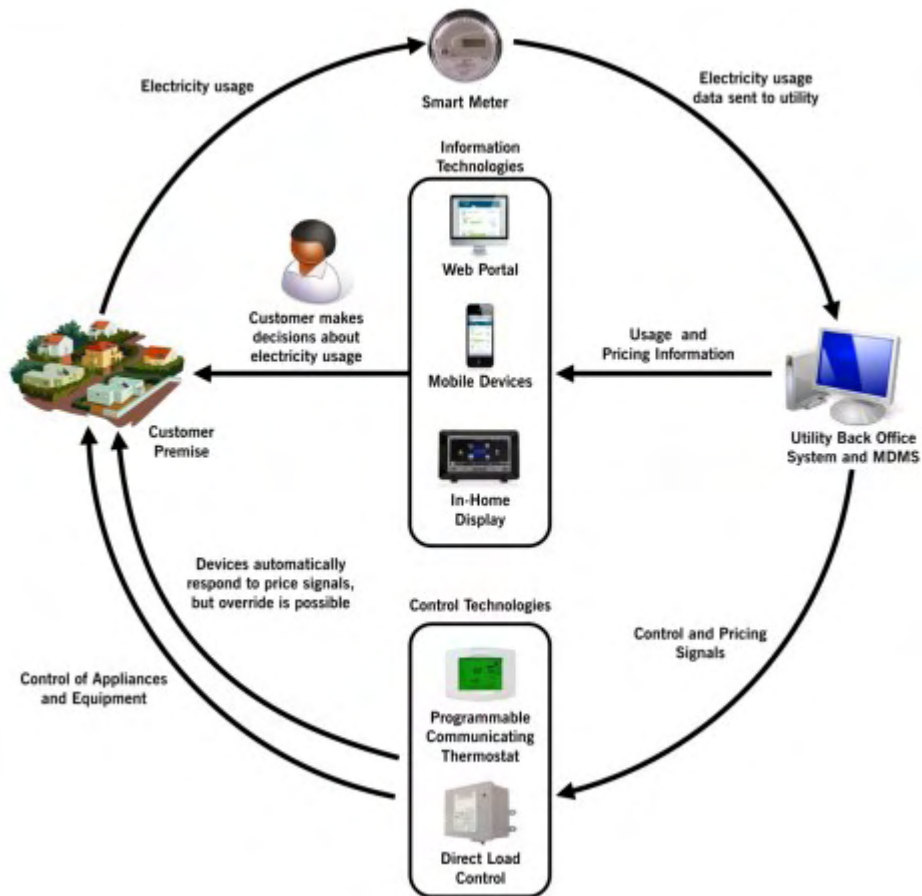
- Εγκατάσταση έξυπνων μετρητών στο χώρο του πελάτη, οι οποίοι θα συλλέγουν δεδομένα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε διαστήματα 5, 15, 30 ή 60 λεπτών.
- Νέα ή αναβαθμισμένα δίκτυα επικοινωνιών για τη μετάδοση του μεγάλου όγκου δεδομένων φορτίου διαστήματος από το μετρητή στα βοηθητικά γραφεία.
- Ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων μετρητών (MDMS) για την αποθήκευση και επεξεργασία των δεδομένων των μετρητών και για την ενσωμάτωση τους με ένα ή περισσότερα βασικά συστήματα πληροφοριών και ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων χρέωσης, συστημάτων πληροφοριών πελατών (CIS), γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), συστήματα διαχείρισης σφάλματος (OMS) και συστήματα διαχείρισης διανομής (DMS).

Τα συστήματα πελατών περιλαμβάνουν τόσο **τεχνολογίες πληροφοριών**, όσο και **τεχνολογίες ελέγχου**, που στοχεύουν να βοηθήσουν τους πελάτες να διαχειριστούν καλύτερα την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και τις συναφείς δαπάνες - ιδιαίτερα σε συνάρτηση με τον χρόνο:

Οι **τεχνολογίες ελέγχου** περιλαμβάνουν συσκευές όπως προγραμματιζόμενους θερμοστάτες επικοινωνίας (PCTs) και συσκευές άμεσου ελέγχου φορτίου (DLC) που χρησιμοποιούν οι εταιρείες ηλεκτρικής ενέργειας και οι πελάτες για να ελέγχουν αυτόματα τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης των πελατών ή άλλες συσκευές που καταναλώνουν ενέργεια. Επιπλέον, μπορούν να εγκατασταθούν δίκτυα οικιακής χρήσης (HAN) και συστήματα διαχείρισης ενέργειας για τον αυτόματο έλεγχο των συσκευών, για την ανταπόκριση στα σήματα τιμών, τις συνθήκες φορτίου ή τις προκαθορισμένες προτιμήσεις.

Οι **τεχνολογίες πληροφοριών** ενθαρρύνουν τους πελάτες να διαχειριστούν καλύτερα την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, παρέχοντάς τους σχεδόν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και το κόστος τους σε μια οθόνη (IHDs).

Στο Σχήμα 4.2 φαίνεται η λειτουργία συστημάτων AMI και πελατών για την διαχείριση της ζήτησης.



Σχήμα 4.2 : Συγχρονισμός AMI και συστημάτων πελατών για να αυτοματοποιήσουν τις λειτουργίες και να διαχειριστούν την κατανάλωση από την πλευρά της ζήτησης

4.3 Εφαρμογές που χρειάζονται έξυπνους μετρητές

4.3.1 Κατάσταση εκτίμησης των δικτύων διανομής ενέργειας

Σήμερα, η γνώση των ρών ισχύος κοντά στο άκρο χαμηλής τάσης των δικτύων διανομής είναι συχνά πολύ ανακριβής, επειδή βασίζεται συνήθως σε μοντέλα δικτύου, εκτιμώμενα φορτία και μετρήσεις σε υποσταθμούς. Με την προσθήκη μετρήσεων που θα λαμβάνονται κοντά στο σημείο σύνδεσης του πελάτη (kWh-meter), η φόρτωση και οι απώλειες του δικτύου μπορούν να γίνουν γνωστές με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή υπερφόρτωσης εξαρτημάτων (μετασχηματιστών και γραμμών) και στην αποφυγή αποκλίσεων στην ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατάσταση εκτίμησης είναι μια προηγμένη τεχνική, όπου ένας μεγάλος αριθμός μετρήσεων από ένα δίκτυο συνδυάζονται με ένα μοντέλο του φυσικού δικτύου και τα φορτία του. Ο συνδυασμός μετρήσεων και μοντέλων επι-

τρέπει τον υπολογισμό και των δύο άγνωστων μεταβλητών (π.χ. απώλειες ή ροή α-έργου ισχύος) και τον εντοπισμό μη αξιόπιστων μετρήσεων και άλλων αμφίβολων δεδομένων εισόδου μοντέλου. Ένα δείγμα όλων των μετρητών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της ζήτησης σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα (π.χ. 1 ή 5 λεπτά) και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση κατάστασης.

4.3.2 Έξυπνα σπίτια

Τα έξυπνα σπίτια είναι σπίτια όπου διάφορες συσκευές κατανάλωσης ενέργειας συνδέονται σε ένα δίκτυο, το οποίο ελέγχεται ανάλογα με τις ανάγκες και τις συμπεριφορές των κατοίκων του, το εξωτερικό κλίμα και άλλες παραμέτρους. Ο οικιακός αυτοματισμός και ο τηλεχειρισμός των συσκευών από τον πελάτη γίνονται ολοένα και πιο συχνές, καθώς στο σπίτι εμφανίζονται νέες τεχνολογικές συσκευές, συστήματα θέρμανσης και συστήματα συναγερμού. Αυτά μπορούν να διασυνδεθούν με το ρεύμα και μπορούν να λειτουργήσουν από κοινού. Ένα ενοποιημένο σύστημα θα επιτρέψει τον αποτελεσματικότερο έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας. Αλλά ταυτόχρονα, ακόμη και στα πιο έξυπνα σπίτια, η συμπεριφορά του καταναλωτή είναι ο ανώτατος παράγοντας στην κατανάλωση ενέργειας, επειδή οι καταναλωτές καθορίζουν τους παράγοντες βάσει των οποίων λειτουργεί το σύστημα ελέγχου. Με πολύ περίπλοκα συστήματα, οι καταναλωτές χάνουν το ενδιαφέρον τους για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας και για τη λήψη μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.

Η έξυπνη μέτρηση αφορά κυρίως την παροχή πρόσθετων πληροφοριών στους τελικούς χρήστες, ώστε να αλλάξουν τη συμπεριφορά τους όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας. Πέρα από αυτή την απλή ερμηνεία της έξυπνης μέτρησης είναι εφικτή η πραγματοποίηση μιας σειράς συνδέσεων με άλλα συστήματα ελέγχου και πληροφόρησης μέσα στο σπίτι. Αυτές οι συνδέσεις μπορούν να αυξήσουν τις πληροφορίες, που είναι διαθέσιμες στον τελικό χρήστη και να βελτιώσουν την κατανόηση των πληροφοριών αυτών. Επιπλέον, ενδέχεται να είναι δυνατή η χρήση των δεδομένων του μετρητή για την αυτοματοποίηση μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και απόκρισης ζήτησης. Ο αυτοματισμός στο σπίτι προσφέρει επίσης τη δυνατότητα

στον τελικό χρήστη να ελέγχει μεμονωμένες συσκευές βάσει των πληροφοριών που λαμβάνονται από τα δεδομένα του μετρητή.

4.3.3 Εικονική μονάδα παραγωγής ενέργειας, ενσωματωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και συμπαραγωγή

Ο "εικονικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής" περιγράφει μια δομή ελέγχου, όπου ένας μεγάλος αριθμός μικρών μονάδων παραγωγής και άλλων μικρών ενεργειακών πόρων (όπως ελεγχόμενα φορτία) ελέγχονται για να λειτουργήσουν ως μεγάλα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας. Ο εικονικός σταθμός ηλεκτροπαραγωγής είναι μια χρήσιμη ιδέα, διότι απαιτείται εξ' αποστάσεως παρακολούθηση και λειτουργία, καθώς και αθροιστική σύνδεση της αγοράς ενέργειας για τους μικρούς ενεργειακούς πόρους. Πολλές μικρές μονάδες παραγωγής και φορτία μπορούν να ελέγχονται πολύ ταχύτερα από τις περισσότερες μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, υπό την προϋπόθεση ότι η επικοινωνία είναι αξιόπιστη και αρκετά γρήγορη. Καθώς αυξάνεται η διείσδυση της κατανεμημένης παραγωγής και παραγωγής από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν μικρότερες μονάδες από ό, τι πριν ως ελεγχόμενοι πόροι για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και για βοηθητικές υπηρεσίες των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Ο έξυπνος μετρητής μπορεί να μετρήσει τη παραγωγή από κάθε μονάδα (ή την ισορροπία μεταξύ της τοπικής ζήτησης και της παραγωγής). Ο έλεγχος της τοπικής παραγωγής θα μπορούσε τυπικά να γίνει ανεξάρτητος από το μετρητή, π.χ. από το Διαδίκτυο ή από την τεχνολογία του κινητού τηλεφώνου, αλλά είναι επίσης πιθανό να χρησιμοποιείται ο έξυπνος μετρητής για την επικοινωνία.

4.3.4 Ανίχνευση απάτης

Απάτη σημαίνει παράνομη απόσυρση ενέργειας από το δίκτυο ή επηρεάζοντας τη χρέωση παραβιάζοντας το σύστημα μέτρησης κ.λπ. Οι ηλεκτρομηχανικοί μετρητές διαθέτουν ορισμένα χαρακτηριστικά που έχουν σχεδιαστεί για τη μείωση της απάτης. Για παράδειγμα, ο μετρητής μπορεί να διαθέτει μια λειτουργία σταματήματος για να αποτρέψει την αντίστροφη λειτουργία του. Η έξυπνη μέτρηση πρέπει, τουλάχιστον, να παρέχει ένα ίσο βαθμό προστασίας των εσόδων. Αυτό γίνεται πιο περι-

πλοκο, διότι ένα σημαντικό πλεονέκτημα της AMR είναι η αφαίρεση της ανάγκης για φυσική επίσκεψη για καταμέτρηση των μετρητών. Αυτό σημαίνει ότι οι μετρητές δεν θα επιθεωρούνται από κάποιο άτομο, υπονοώντας ότι ο ίδιος ο μετρητής θα πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τυχόν απόπειρες απάτης. Επίσης, σε κάποιο βαθμό και οι έξυπνοι μετρητές μπορεί να εισάγουν κάποια καινούρια χαρακτηριστικά που μπορεί να δημιουργήσουν νέες ευκαιρίες για απάτη, αλλά πιο σημαντικό είναι ότι οι έξυπνοι μετρητές θα επιτρέπουν την έγκαιρη ανίχνευση διαφόρων προσπαθειών απάτης.

Οι έξυπνοι μετρητές είναι σε θέση να ανιχνεύσουν και να ειδοποιήσουν άμεσα οποιαδήποτε παράνομη προσπάθεια να:

- Ανοιχτεί το κιβώτιο του μετρητή,
- Τροποποιηθούν οι συνδέσεις στο μετρητή
- Επαναπρογραμματιστεί το λογισμικό του μετρητή

Σε περιοχές όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος απάτης, μαζί με έξυπνους μετρητές θα μπορούσαν να εγκατασταθούν μονάδες μέτρησης του ενεργειακού ισοζυγίου του συστήματος. Σε περιοχές όπου υπάρχει υψηλός κίνδυνος απάτης, μαζί με έξυπνους μετρητές θα μπορούσαν να εγκατασταθούν μονάδες μέτρησης του ενεργειακού ισοζυγίου του συστήματος. Σε περίπτωση που η διαφορά μεταξύ της μετασχηματισμένης ενέργειας και του αθροίσματος της ενέργειας που μετρήθηκε από τους συνδεδεμένους πελάτες είναι σημαντικά χαμηλότερη από τις τεχνικές απώλειες ενέργειας, η εταιρία ηλεκτρισμού μπορεί να ξεκινήσει έρευνα για την εντοπισμό πιθανής απάτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

Δίκτυα και Συστήματα Επικοινωνιών

5.1 Διαθέσιμες τεχνολογίες επικοινωνιών

Για το έξυπνο δίκτυο, μία από τις βασικές υποδομές είναι το σύστημα επικοινωνίας. Η εισαγωγή και χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών και εφαρμογών μέσω του ηλεκτρικού δικτύου, οδηγεί στη δημιουργία και την ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων από διαφορετικές τοποθεσίες, οπότε είναι κρίσιμο για τις εταιρείες κοινής ωφέλειας να καθορίσουν τις απαιτήσεις επικοινωνίας που μπορούν να εξασφαλίσουν αξιόπιστες υπηρεσίες και λειτουργία ολόκληρου του συστήματος.

Στα έξυπνα δίκτυα, μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τις τεχνολογίες επικοινωνίας έξυπνου δικτύου, με τις δύο πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους μετάδοσης δεδομένων, ενσύρματες και ασύρματες επικοινωνίες. Κάθε ένα από τα προαναφερθέντα μέσα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανάλογα με τα σενάρια που χρησιμοποιούνται, τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω.

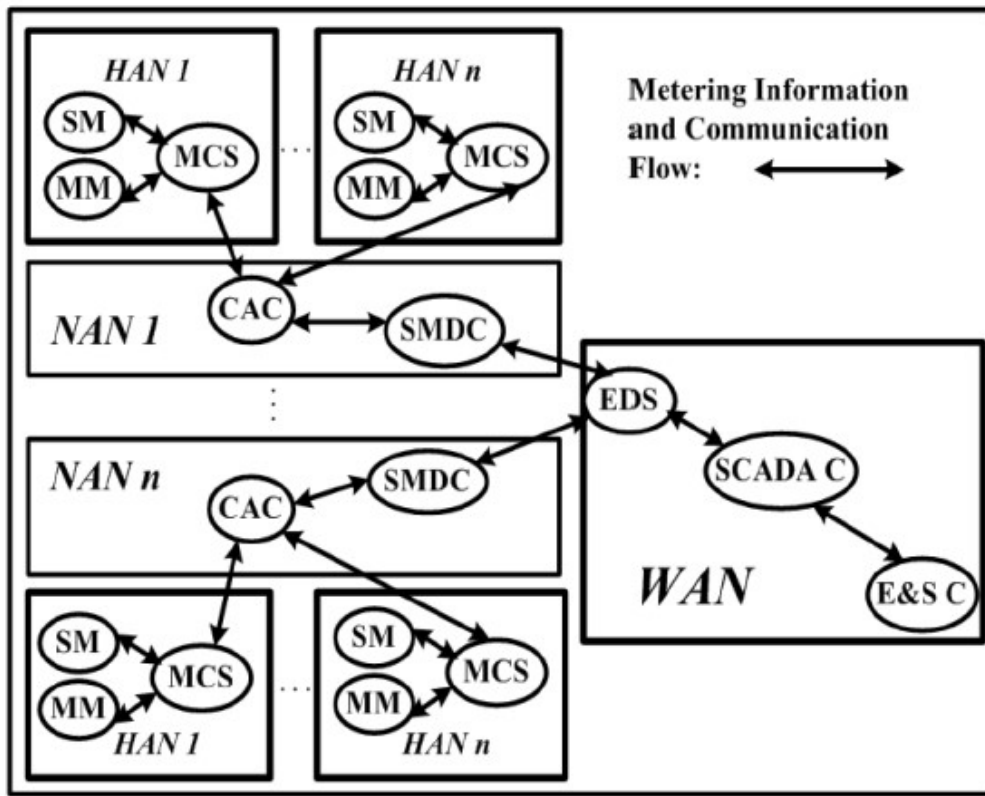
Στα έξυπνα δίκτυα χρησιμοποιούνται τρία επίπεδα δικτύων. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1, τα επίπεδα είναι το δίκτυο τοπικής περιοχής (HAN), το δίκτυο γειτονιάς (NAN) και το δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN).

Το HAN είναι το πρώτο στρώμα που έχει άμεση πρόσβαση στους καταναλωτές. Έχει σύστημα μέτρησης που καταγράφει την κατανάλωση ενέργειας, σύστημα εξυπηρέτησης που παρέχει δεδομένα κόστους και κατανάλωσης στους καταναλωτές και σύστημα ελέγχου μετρητή, το οποίο φροντίζει οι πληροφορίες να μεταδίδονται από τα συστήματα μέτρησης στα συστήματα εξυπηρέτησης.

Το επόμενο επίπεδο πάνω από το HAN είναι το δίκτυο γειτονιάς (NAN) με μεγάλες ποσότητες μετρητών δικτύου. Σε αυτό το στρώμα βρίσκουμε Κεντρικό Ελεγκτή Πρόσβασης και Συλλέκτη Δεδομένων Έξυπνου Μετρητή, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη συλλογή πληροφοριών από τους μετρητές.

Το πιο επάνω επίπεδο είναι το Wide Area Network (WAN) με στόχο τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ NAN, γραμμών διανομής και υποσταθμών. Διαθέτει ένα στοιχείο για τη φροντίδα της κατανομής δεδομένων μέτρησης που ονομάζεται σύ-

στημα ενεργειακής κατανομής. Ο εποπτικός έλεγχος και ο ελεγκτής λήψης δεδομένων (SCADA) προορίζεται για τη διαχείριση και τον έλεγχο των στοιχείων.



Εικόνα 5.1: Αρχιτεκτονική επιπέδων του δικτύου επικοινωνίας του έξυπνου δικτύου

Οι δύο σημαντικότερες υποδομές που απαιτούνται για την αποτελεσματική μετάδοση πληροφοριών στο έξυπνο δίκτυο, είναι αυτές που χρησιμοποιούν αισθητήρες σε έξυπνους μετρητές και από τις μετρητικές συσκευές στα κέντρα δεδομένων. Υπάρχουν πολλές τεχνολογίες επικοινωνιών που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση πληροφοριών μέσω των δηλωμένων υποδομών. Μερικές από τις τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι:

5.2 ZigBee

Το ZigBee είναι μια αμφίδρομη τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας με μικρή απόσταση, χαμηλής πολυπλοκότητας, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, χαμηλής ταχύτητας δεδομένων και χαμηλού κόστους. Χρησιμοποιείται κυρίως στην ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών χαμηλής ισχύος σε μικρή απόσταση. Μπορούν να υπάρξουν μέχρι και 65.000 μονάδες ασύρματης επικοινωνίας σε ένα

δίκτυο ZigBee, το οποίο είναι πολύ παρόμοιο με τηλεπικοινωνιακά δίκτυα όπως το CDMA ή το GSM.

Κάθε μονάδα ZigBee είναι σαν τηλεπικοινωνιακός σταθμός, όπου όλες οι ενότητες μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους σε όλο το δίκτυο. Οι αποστάσεις επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων μπορούν να κυμανθούν από τα πρότυπο των 75 μέτρων έως εκατοντάδες μέτρα και ακόμη και μερικά χιλιόμετρα. Το δίκτυο ZigBee μπορεί επίσης να συνδεθεί σε άλλα δίκτυα. Το ZigBee είναι το πιο δημοφιλές πρότυπο ασύρματης δικτύωσης, καθώς είναι πολύ ευέλικτο και εύκολο στη χρήση αφού το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 που χρησιμοποιεί διαμορφώνεται αυτόματα. Το κύριο μειονέκτημα του Zigbee είναι η χαμηλή ικανότητα επεξεργασίας και το μέγεθος της μνήμης που αποτελεί περιορισμό για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Είναι επίσης επιρρεπές σε παρεμβολές από WLAN, WiFi και συσκευές Bluetooth.

5.3 Cellular Networks

Πρόκειται για σταθερές υποδομές που δημιουργούνται από κυψελοειδείς εταιρείες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δίκτυα γειτονικών περιοχών για να επιτρέψουν την επικοινωνία μεταξύ των μετρητών και των κέντρων δεδομένων. Δεδομένου ότι είναι μια ήδη υλοποιημένη υποδομή, μειώνει το κόστος εγκατάστασης και επιτρέπει ταχύτερες εγκαταστάσεις για επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι οι 2G, 2.5G, 3G, WiMAX και LTE οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε έργα μεγάλης κλίμακας και σε μεγάλο εύρος περιοχής. Ένα άλλο πλεονέκτημα του κυψελοειδούς δικτύου είναι η ασφάλειά του για ασφαλείς μεταδόσεις δεδομένων. Παρόλο που είναι οικονομικά αποδοτικό και πιο ασφαλές, το γεγονός ότι είναι ένα κοινόχρηστο μέσο που δεν είναι αποκλειστικό δίκτυο μόνο για εφαρμογές του έξυπνου δικτύου, ενδέχεται να υποβαθμίσει την απόδοση του δικτύου. Είναι πιο κατάλληλο για εφαρμογές που χρησιμοποιούν δεδομένα πραγματικού χρόνου και μεγάλες μεταφορές δεδομένων που απαιτούνται για συνεχή παρακολούθηση, όπου η διαθεσιμότητα παίζει σημαντικό ρόλο.

5.4 Digital Subscriber Lines (DSL)

Το DSL είναι μια τεχνολογία επικοινωνίας που χρησιμοποιεί το τηλεφωνικό δίκτυο για τη μεταφορά δεδομένων. Πρόκειται για τεχνολογία μετάδοσης υψηλής ταχύτητας από σημείο σε σημείο, που μπορεί να προσφέρει μια υποδομή ασφαλή, υψηλού εύρους ζώνης και χαμηλής λανθάνουσας κατάστασης (latency). Ένα άλλο πλεονέκτημα της επικοινωνίας DSL είναι ότι μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος εγκατάστασης και υλοποίησης, λόγω της προηγούμενης ύπαρξής της. Για περιοχή χαμηλής πυκνότητας, μπορεί να είναι πολύ δαπανηρή για την αρχική υλοποίηση και λειτουργία λόγω των απομακρυσμένων θέσεων των μεμονωμένων κατοικιών. Ένα άλλο ζήτημα για περιοχές χαμηλής πυκνότητας είναι το ζήτημα της απόστασης. Καθώς όσο η απόσταση μεταξύ των εξαρτημάτων αυξάνει, η απόδοση θα υποβαθμίζεται αναλόγως.

Αυτή είναι η επικοινωνιακή υποδομή που αναλύθηκε και δοκιμάστηκε σε αυτό το έργο, επειδή ο ελεγκτής που επιλέχθηκε για αυτή την εργασία, οι ελεγκτές της αγοράς Smart Grid επικεντρώνονται σε αστικές περιοχές και είναι πολύ εφικτοί σε αυτές τις περιπτώσεις. Τέλος η ελεγκτές της αγοράς του έξυπνου δικτύου επικεντρώνονται για χρήση σε αστικές περιοχές και είναι πολύ αποδοτικότεροι σε αυτές τις περιπτώσεις.

5.5 Power Line Communication

Η επικοινωνία γραμμής ισχύος (PLC) είναι μια τεχνική μετάδοσης που χρησιμοποιεί τις υπάρχουσες γραμμές μεταφοράς για τη μετάδοση δεδομένων από τη μια συσκευή στην άλλη. Μπορεί να διευκολύνει την άμεση σύνδεση μεταξύ των μετρητικών συσκευών και των κέντρων συλλογής δεδομένων. Το PLC είναι επωφελές από το γεγονός, ότι σχεδόν κάθε οικιστική αγροτική ή αστική περιοχή συνδέεται με το δίκτυο. Ένα μεγάλο μειονέκτημα του PLC είναι ότι είναι ευαίσθητο στον θόρυβο λόγω του σκληρού περιβάλλοντος, που δημιουργείται από τη γραμμή ισχύος. Λόγω αυτού του λόγου, δεν είναι σε θέση να εκπληρώσει τις απαιτήσεις υψηλού εύρους ζώνης μεταφοράς δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

Μικροδίκτυα (Microgrids)

6.1 Ορισμός Μικροδικτύου

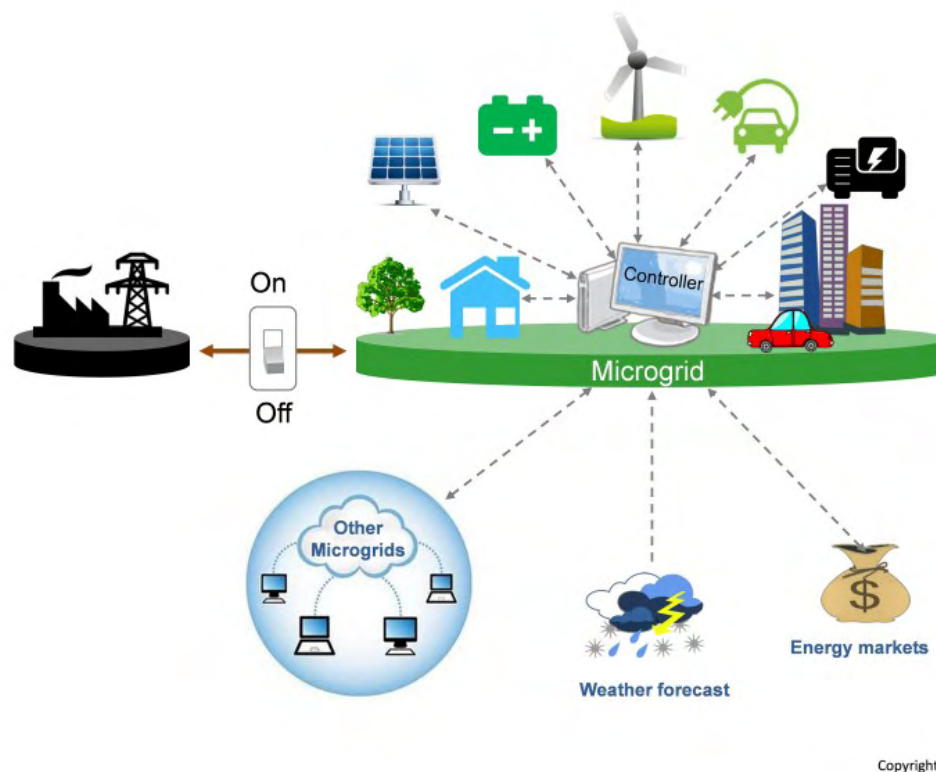
Τα Μικροδίκτυα (Microgrids) θα διαδραματίσουν κρίσιμο ρόλο στη μετατροπή του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου προς το έξυπνο δίκτυο του μέλλοντος. Μπορούν να οριστούν ως δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης, που αποτελούνται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), εφεδρικές ελεγχόμενες πηγές ενέργειας όπως γεννήτριες ντίζελ, συστήματα αποθήκευσης και ελεγχόμενα φορτία. Μπορούν να βοηθήσουν στην ενσωμάτωση των προηγούμενων στοιχείων στο δίκτυο, ενισχύοντας την αξιοπιστία τους και να μειώσουν την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, που εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας. Επιπλέον, υποστηρίζουν τη βαθιά διείσδυση των ηλεκτροκίνητων οχημάτων (PEV) και των υβριδικών ηλεκτρικών οχημάτων (PHEV).

Τα συστήματα διαχείρισης ισχύος και ενέργειας (EMS) αποτελούν σημαντικά μέρη ελέγχου ενός μικροδικτύου και έχουν αποτελέσει αντικείμενο σημαντικής διεξαγόμενης έρευνας. Τα συστήματα EMS είναι σε θέση να λειτουργούν βέλτιστα ελεγχόμενες γεννήτριες, να αποστέλλουν την ενεργή ισχύ των ΑΠΕ και να ελέγχουν την κατανάλωση ελεγχόμενων φορτίων σύμφωνα με κάποιο οικονομικό κριτήριο.

Τα μικροδίκτυα μπορούν να λειτουργούν συνδεδεμένα στο κυρίως δίκτυο ή σε αυτόνομη λειτουργία (νησιδοποίηση). Σε λειτουργία συνδεδεμένη στο δίκτυο, η ρύθμιση τάσης και συχνότητας πραγματοποιείται από το κύριο δίκτυο. Επιπλέον, δεδομένου ότι το κύριο δίκτυο στις δυτικές χώρες έχει πολύ υψηλή διαθεσιμότητα, το κύριο καθήκον του μικροδικτύου δεν θα είναι να εγγυηθεί την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στους τελικούς χρήστες, αλλά να εφαρμόσει EMS για την έγχυση ενέργειας στο κύριο δίκτυο όταν οι τιμές είναι υψηλές και να αγοράζουν ενέργεια από το δίκτυο όταν οι τιμές είναι χαμηλές. Επιπλέον, τα μικροδίκτυα που συνδέονται με το δίκτυο παρέχουν έναν καλύτερο τρόπο διασύνδεσης των ΑΠΕ με το κύριο δίκτυο, ενδεχομένως μεγιστοποιώντας την ενεργειακή τους απόδοση. Από την άλλη πλευρά, εάν το μικροδίκτυο λειτουργεί σε αυτόνομη λειτουργία, είναι απαραί-

τητο να ελέγχονται οι κατανεμημένες πηγές ενέργειας για να διασφαλίζεται η σταθερότητα της τάσης και της συχνότητας του. Επιπλέον, η ενεργειακή ισορροπία πρέπει να τηρείται αυστηρά ανά πάσα στιγμή. Η έννοια του μικροδικτύου είναι ζωτικής σημασίας για τη διαχείριση της αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας μέσω της τοπικής παραγωγής ενέργειας, καθώς και για τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου μέσω της προώθησης των ΑΠΕ.

Στο Σχήμα 6.1 φαίνεται ένα τυπικό παράδειγμα μικροδικτύου



Σχήμα 6.1: Μικροδίκτυο

6.2 Οφέλη Μικροδικτύων

Τα οφέλη των μικροδικτύων είναι:

- Όσον αφορά το περιβάλλον, ένα μικροδίκτυο περικλύπτει την μόλυνση αφού θα εξαρτάται κυρίως από ΑΠΕ.
- Τα μικροδίκτυα λειτουργούν παράλληλα με το κύριο δίκτυο, αντιμετωπίζοντας ειδικά βάρη που ενισχύουν το δίκτυο κοινής ωφέλειας. Το πρόσθετο όριο που παρέχεται από το μικροδίκτυο, μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή

δημιουργίας υπερβολικών φορτίων και διακοπών ρεύματος του εθνικού δικτύου.

- Στα οικονομικά, θα υπάρξει μείωση της εγκατάστασης μεγάλων γραμμών μεταφοράς. Η ελάχιστη προσπάθεια εγκατάστασης μικροδικτύων, θα μειώσει σημαντικά τα τοπικά έξοδα ίδρυσης και τις δυσκολίες στην μετάδοση. Τα μικροδίκτυα βοηθούν επιπλέον στη μείωση χρήσης της ορυκτής ενέργειας.
- Δουλεύοντας τόσο σε αυτόνομη λειτουργία όσο και σε νησιωτική λειτουργία, εγγυάται αδιάλειπτη επιβάρυνση. Αυτό το καθιστά πιο σταθερό και μεταφέρει καλής ποιότητα ενέργεια στα βασικά φορτία.

6.3 Τύποι Μικροδικτύων

Μικροδίκτυα Πανεπιστημιούπολης

Η εστίαση των μικροδικτύων πανεπιστημιούπολεων συγκεντρώνει την υπάρχουσα παραγωγή με πολλαπλά φορτία που βρίσκονται σε σφιχτή γεωγραφία όπου ο ιδιοκτήτης τους διαχειρίζεται εύκολα.

Απομακρυσμένα Μικροδίκτυα "εκτός δικτύου"

Αυτά τα μικροδίκτυα δεν συνδέονται ποτέ με το κυρίως δίκτυο και δουλεύουν μόνιμως σε νησιωτική λειτουργία λόγω οικονομικού προβλήματος ή γεωγραφικής θέσης. Συνήθως, ένα μικροδίκτυο "εκτός δικτύου" είναι χτισμένο σε περιοχές που απέχουν πολύ από οποιαδήποτε υποδομή μεταφοράς και διανομής και συνεπώς δεν έχουν καμία σύνδεση με το δίκτυο κοινής ωφέλειας.

Μικροδίκτυα Στρατιωτικών Βάσεων

Αυτά τα μικροδίκτυα κατά κανόνα αναπτύσσονται με σκοπό τόσο τη φυσική όσο και τη ψηφιακή ασφάλεια για τις στρατιωτικές εγκαταστάσεις, προκειμένου να εξασφαλιστεί, αξιόπιστη ισχύ χωρίς να εξαρτάται από το κύριο δίκτυο.

Εμπορικά και Βιομηχανικά (C & I) Μικροδίκτυα

Αυτά τα είδη Μικροδικτύων αναπτύσσονται ταχύτατα στη Βόρεια Αμερική και την Ασία. Ωστόσο, η έλλειψη γνωστών προτύπων για αυτούς τους τύπους μικροδικτύων περιορίζει την χρήση τους παγκοσμίως. Πρωταρχικοί στόχοι πίσω από τη δημιουργία ενός σύγχρονου μικροδικτύου είναι η ασφάλεια τροφοδοσίας και η σταθερή ποιότητα. Υπάρχουν πολλές μορφές συναρμολόγησης, στις οποίες η παρεμβολή του

ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να προκαλέσει δυστυχήματα υψηλού εισοδήματος και μεγάλο χρόνο επανεκκίνησης.

6.4 Βασικά στοιχεία των μικροδικτύων

6.4.1 Τοπική παραγωγή

Παρουσιάζει διάφορους τύπους πηγών παραγωγής, που τροφοδοτούν ηλεκτρικό ρεύμα προς τον χρήστη. Αυτές οι πηγές χωρίζονται σε δύο αξιοσημείωτες συγκεντρώσεις - συνηθισμένες πηγές θερμικής ενέργειας (π.χ. γεννήτριες ντίζελ) και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ανεμογεννήτριες, με ηλιακό φως).

6.4.2 Κατανάλωση

Αναφέρεται ουσιαστικά στις συσκευές που καταναλώνουν ισχύ, που εκτείνονται από απλές ηλεκτρικές συσκευές μέχρι φωτισμό, θέρμανση κλπ. Στην περίπτωση ελεγχόμενων φορτίων, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να τροποποιηθεί βάση της ζήτησης του δικτύου.

6.4.3 Αποθήκευση ενέργειας

Στο μικροδίκτυο, η αποθήκευση ενέργειας μπορεί να διαδραματίσει πολυάριθμες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα την εγγύηση της ποιότητας της ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της συχνότητας και του ελέγχου της τάσης, την εξομάλυνση της παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την εφεδρική παροχή ισχύος για το σύστημα και παίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση του κόστους.

6.4.4 Σημείο βασικής σύζευξης (PCC)

Είναι το σημείο στο οποίο το μικροδίκτυο συνδέεται με το κύριο δίκτυο. Μικροδίκτυα που δεν διαθέτουν PCC καλούνται περιορισμένα μικροδίκτυα, τα οποία τυπικά εκτίθενται λόγω απομακρυσμένων τοποθεσιών (π.χ. απομακρυσμένες ομάδες ή απομακρυσμένοι μηχανικοί προορισμοί), όπου η διασύνδεση με το κύριο δίκτυο δεν είναι εφικτή λόγω εφικτή λόγω τεχνικών ή οικονομικών περιορισμών.

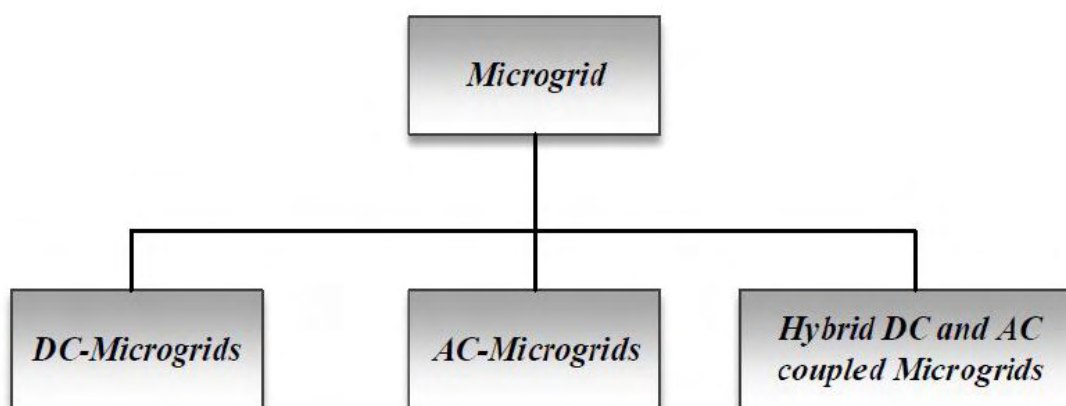
6.5 Σύνδεση Μικροδικτύων σε ζυγούς

Κάθε πηγή ενέργειας παράγει ένα διαφορετικό σήμα ισχύος, πχ. Τα φωτοβολταϊκά παράγουν DC και οι ανεμογεννήτριες παράγουν AC. Συνεπώς, απαιτείται προσαρμογή μεταξύ του. Αυτή η προσαρμογή ονομάζεται σύζευξη. Η σύζευξη μπορεί να γίνει με δύο διαφορετικούς τρόπους: AC ή DC. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέρος τόσο σε δίκτυο, εκτός δικτύου, όσο και σε μικτό σχεδιασμό.

Ανάλογα με τη σύνδεση, τα μικροδίκτυα χωρίζονται σε τρεις τύπους:

1. DC Microgrids
2. AC Microgrids
3. Hybrid DC and AC coupled Microgrids

Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζονται οι 3 τύποι μικροδικτύων.



Σχήμα 6.2: Οι τρεις τύποι μικροδικτύων

6.5.1 Σύνδεση Μικροδικτύου με ζυγό AC

Στα μικροδίκτυα AC, κάθε τμήμα του συστήματος συνδέεται με την τυπική τάση εναλλασσόμενου ρεύματος του δικτύου, για παράδειγμα 50Hz, 230 / 400V, σε σημείο σύνδεσης πριν από το τοπικό φορτίο. Η δυνατότητα επέκτασης είναι το κύριο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος. Πρόσφατα αυτοί οι τύποι συστημάτων σύνδεσης έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς, λόγω της αύξησης των αποκεντρωμένων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Το κύριο μειονέκτημα με αυτά τα συστήματα είναι ότι χρειάζονται αναστροφή.

Ο Πίνακας 6.1 δείχνει μερικά τυπικά παραδείγματα των ηλεκτρικών φορτίων AC που είναι διαθέσιμα στα σπίτια μας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι λειτουργίες του

μικροδικτύου AC υιοθετούν τα πρότυπα τάσης και συχνότητας που εφαρμόζονται στα περισσότερα συμβατικά συστήματα διανομής.

Πίνακας 6.1: Τυπικά παραδείγματα οικιακών συσκευών που λειτουργούν με AC.

Sl. no.	AC powered loads	Voltage ratings (V)	Current ratings (A)	Power ratings
1	Microwave oven	240	–	8.3 kW
2	Dishwasher	120	11	–
3	Toaster	120	–	1050 W
4	Coffee pot	120	–	1100 W
5	Electric clothes drier	240	–	5600 W
6	Electric cook-top	240	–	8.8 W
7	Refrigerator	120	8.3	–
8	Washing machine	120	7	–

6.5.2 Αντιστροφέας

Ο αντιστροφέας θεωρείται, ως ένα με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, ένα μέρος το οποίο είναι βασικό για κάθε φωτοβολταϊκό σύστημα που συνδέεται με το δίκτυο.

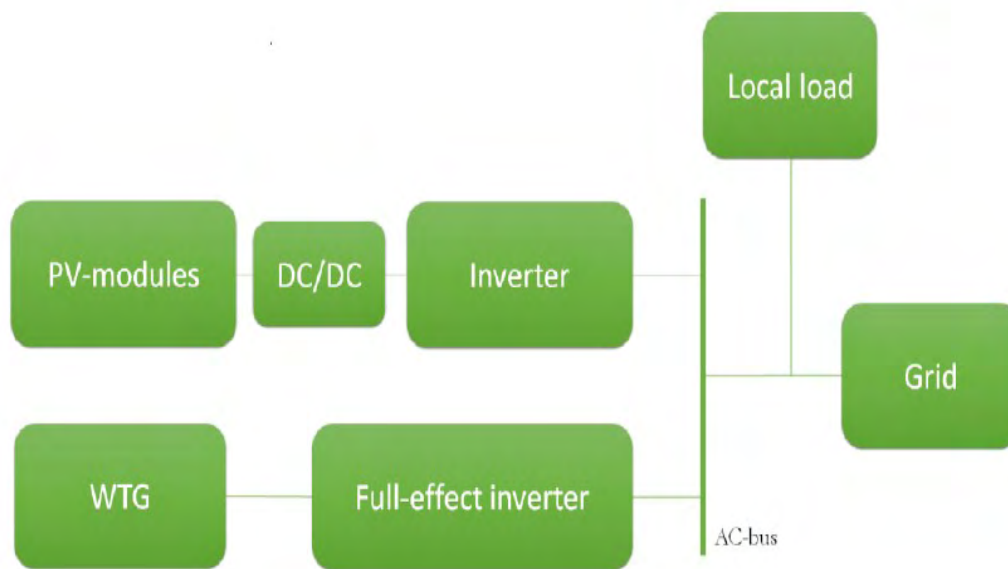
Η ενεργειακή του αξιολόγηση εξαρτάται από την μέγιστη παραγωγή από τις φωτοβολταϊκές μονάδες, οπότε η ενεργειακή του απόδοση είναι διαφορετική για κάθε σύστημα. Συχνά, οι περισσότεροι φωτοβολταϊκοί αντιστροφέες έχουν συνδυασμένο μετατροπέα DC-DC και αντιστροφέα, δηλαδή το σύστημα παρακολούθησης σημείων μέγιστης ισχύος συντονίζεται στο ίδιο κιβώτιο που γίνεται η μετατροπή από DC σε AC. Για να συνδέσετε μια πρόσθετη πηγή ρεύματος σε αυτές, ο εξοπλισμός πρέπει να ρυθμιστεί ηλεκτρικά ή πρέπει να αλλάξει με νέο προγραμματισμό. Με βάση τη συνδεδεμένη περίπτωση, η αναζήτηση για τον ιδανικό αντιστροφέα οδήγησε στις παρακάτω οδηγίες:

1. Ο μετατροπέας να είναι έτοιμος για ανεμογεννήτρια. Δηλ. να έχει τουλάχιστον μία πρόσθετη θύρα για ανεμογεννήτρια.
2. Ο μετατροπέας είναι κενός εντελώς, δηλ. δεν έχει ενσωματωμένα συστήματα παρακολούθησης.
3. Ο μετατροπέας έχει ξεχωριστά συστήματα παρακολούθησης μεγίστης ισχύος για διάφορες θύρες σύνδεσης και ο προγραμματισμός

του μέγιστου σημείου ισχύος μπορεί να επαναπρογραμματιστεί ή να αφαιρεθεί.

Είναι επιπλέον δυνατή η σύνδεση της ανεμογεννήτριας σε υφιστάμενο αντιστροφέα με υψηλή ισχύ, δηλ. την ικανότητά του να αυξάνει τη συνολική ονομαστική ισχύ τόσο της ανεμογεννήτριας όσο και των φωτοβολταϊκών.

Στο Σχήμα 6.2 φαίνεται η σύνδεση ενός μικροδικτύου σε AC ζυγό.



Σχήμα 6.2: Σύνδεση δικτύου σε ζυγό AC

Πλεονεκτήματα

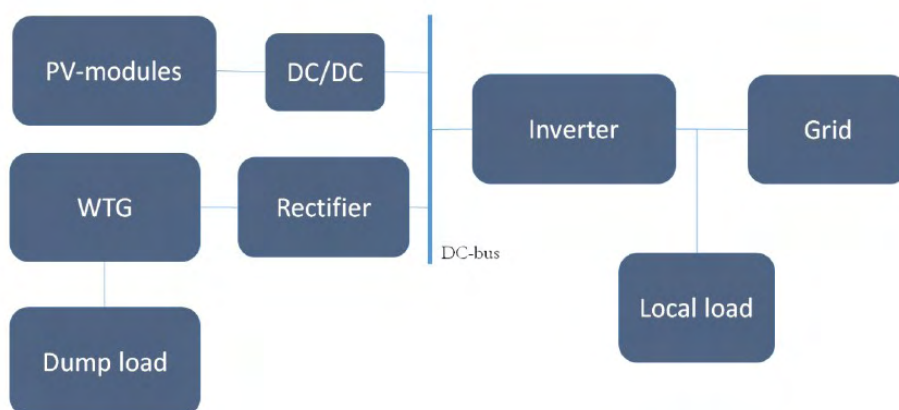
1. Δεν χρειάζεται φορτίο εκτροπής, όταν είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο.
2. Η επέκταση είναι δυνατή και εύκολη.
3. Ο σχεδιασμός κυκλώματος είναι απλός.
4. Ο αντιστροφέας είναι απαραίτητος για σύνδεση με το δίκτυο AC.

Μειονεκτήματα

1. Χρειάζεται αντιστροφέας, ο οποίος είναι ακριβός.
2. Λιγότερο αποτελεσματική, λόγω του αντιστροφέα.

6.5.3 Σύνδεση Μικροδικτύου σε ζυγό DC

Στο μικροδίκτυο DC κάθε στοιχείο των συστημάτων μετατροπής συνδέεται με ένα κύριο δίαυλο DC ο οποίος συνδέεται στο δίκτυο μέσω ενός αντιστροφέα. Υπάρχει ανάγκη μετατροπέα AC/DC, ικανού να συνδέσει τις γραμμές μεταφοράς συνεχούς ρεύματος, όπου όλα τα εξαρτήματα παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος υπάρχουν στο σύστημα. Λόγω του ότι οι φωτοβολταϊκές μονάδες παράγουν DC, η συμβατική μέθοδος σύνδεσης είναι DC. Το κύριο μειονέκτημα με το σύστημα μικροδικτύου που συνδέεται με DC είναι το φορτίο εκτροπής (dump load). Το διάγραμμα σύνδεσης φαίνεται στο Σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3 Σύνδεση δικτύου σε ζυγό DC

Ο Πίνακας 6.2 δείχνει μερικά τυπικά παραδείγματα των ηλεκτρικών φορτίων DC που είναι διαθέσιμα στα σπίτια μας.

Πίνακας 6.2: Τυπικά παραδείγματα οικιακών συσκευών που λειτουργούν με DC.

Sl. no.	DC powered loads	Voltage ratings (V)	Current ratings	Power ratings (W)
1	Laptop computer	20	4.5 A	–
2	Cell phone	5	550 mA	–
3	Wireless phones	6.5	500 mA	–
4	DVD player, home theater system	–	–	26, 300
5	Battery powered vacuum cleaner	10	250 mA	–
6	Cable modems	12	750 mA	–
7	Wireless internet router	5	2.5 A	–
8	Powered USB port	5	3.8 A	–
9	54" plasma TV	–	–	465
10	PC mini-tower	–	6 A	–
11	Variable speed drives for washers, dryer or air-condition	380	–	–
12	Rapid charger—PHEV or EVs	200–380	–	–

6.5.4 Φορτίο εκτροπής

Το σύστημα που είναι συνδεδεμένο στο δίαυλο DC, πρέπει να έχει φορτίο εκτροπής για την παραγωγή πλεονάζουσας ενέργειας, που υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα. Ένα φορτίο εκτροπής είναι ένα μέρος του συστήματος με χα-

μηλή ειδική αντίσταση που δημιουργεί θερμότητα μέσω της ισχύος. Χρησιμοποιείται ως μέρος ενός συστήματος είτε για την προστασία των μπαταριών από υπερβολική φόρτιση είτε σε μικροδίκτυο συνδεδεμένο με το δίκτυο για την προστασία του μετατροπέα. Για ένα σύστημα εκτός δικτύου που χρησιμοποιεί μπαταρίες, η ονομαστική ισχύς του φορτίου εκτροπής θα πρέπει να είναι ίδια με τη συνολική ισχύ εξόδου του συστήματος.

Για παράδειγμα: Ένα δίκτυο διαθέτει ανεμογεννήτριες και φωτοβολταϊκά πλαίσια συνολικής μέγιστης ισχύος 6kW. Ο μετατροπέας έχει εκτιμημένη ενέργεια 3,5kW. οπότε το φορτίο εκτροπής δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 2,5kW για να ασφαλίσει το σύστημα. Στην περίπτωση που το φορτίο εκτροπής συνδέεται με ένα συγκεκριμένο συστατικό, π.χ. των φωτοβολταϊκών μονάδων ή της ανεμογεννήτριας, θα πρέπει να έχει το ίδιο μέγεθος με αυτό που παράγει την περισσότερη ενέργεια. Το φορτίο εκτροπής μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ηλεκτρικός θερμαντήρας συνδεδεμένος με την αποθήκευση της θερμότητας του νοικοκυριού. Η παρακάτω θερμοδυναμική εξίσωση χρησιμοποιείται για να υπολογισμός της ενέργειας, που μπορεί να συγκρατήσει η αποθήκευση της θερμότητας.

$$E=C_p *m*dT$$

Όπου:

E - Ενέργεια (J)

M -Μάζα (Kg)

C_p - Ειδική ενεργειακή ικανότητα (J /kg k)

dT – διαφορά θερμοκρασίας (k)

Εάν το φορτίο εκτροπής χρησιμοποιηθεί ως θερμαντήρας, θα πρέπει να γίνουν υπολογισμοί για να εξασφαλιστεί ότι η δεξαμενή έχει αρκετή χωρητικότητα, ώστε να δέχεται τη θερμότητα που παράγεται από το φορτίο. Για παράδειγμα, αν υποθέσουμε ότι ένας διακόπτης είναι συνδεδεμένος με έναν αισθητήρα θερμότητας στη δεξαμενή, θα πρέπει να προγραμματιστεί είτε για να αλλάξει την παραγωγή για την ανεμογεννήτρια ή τα φωτοβολταϊκά στοιχεία όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 100 °C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

Συμπεράσματα

Το Μικροδίκτυο είναι μια επέκταση του κύριου δικτύου, που παρέχει επιτόπια παραγωγή ικανή να ικανοποιήσει την τοπική ζήτηση φορτίου. Η αρχιτεκτονική του μικροδικτύου απαιτεί να προστεθεί στο κύριο δίκτυο για να αυξηθεί η αξιοπιστία, να βελτιωθεί η ποιότητα της ηλεκτρικής ενέργειας, να αποφευχθεί η χρήση ορυκτών καυσίμων, να βελτιωθεί η τεχνική απόδοση και να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ένα μικροδίκτυο μπορεί να λειτουργήσει σε νησιωτική, σε απομονωμένη και σε παράλληλη σύνδεση με το δίκτυο. Ανάλογα με την απαίτηση οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συνδέονται στο κύριο πλέγμα ή λειτουργούν ξεχωριστά. Λόγω αυτών, η λειτουργία, ο έλεγχος και η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πόρων στο δίκτυο είναι ένα έργο θεμελιώδους σημασίας για το σύγχρονο σύστημα ενέργειας. Οι τρόποι λειτουργίας του μικροδικτύου και οι στρατηγικές αποστολής πρέπει να μελετηθούν. Επιπλέον, καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι διαλείπουσες ως προς τη φύση τους, απαιτούνται συστήματα αποθήκευσης ενέργειας για την αποθήκευση της ενέργειας και την ανάκτηση της ενέργειας σε περιόδους που απαιτούνται. Έτσι, είναι επιθυμητό να αναπτυχθεί αξιόπιστη λειτουργία των μικροδικτύων και αποτελεσματικοί αλγόριθμοι αποθήκευσης ενέργειας, οι οποίοι θα βελτίωναν την απόδοση υβριδικών συστημάτων ισχύος.

Βιβλιογραφία

1. Βουρνάς Κ. και Παππαδιάς Β., Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας- Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος, Αθήνα: Σ. ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ % ΣΙΑ Ο.Ε., 2010.
2. Ν. Βοβός, Γ. Γιαννακόπουλος, “Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας”, 2008
3. Καρακούσης Αντώνιος “Μετάβαση στο Ευφυές Ηλεκτρικό Δίκτυο και Ανάπτυξη του Ευφυούς Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας”, Αθήνα, 2015
4. Giuliano Andrea Pagani, “From the Grid to the Smart Grid, Topologically”, Italy, 2013-14
5. “GRID 2030”, A NATIONAL VISION FOR ELECTRICITY’S SECOND 100 YEARS, United States Department of Energy Office of Electric Transmission and Distribution, 2003
6. Understanding the Benefits of the Smart Grid, U.S. Department of energy, 2010
7. Soma Shekara Sreenadh Reddy Depuru, Lingfeng Wang*, “Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status”, USA
8. Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems, “RESULTS FROM THE SMART GRID INVESTMENT GRANT PROGRAM”, U.S Department of energy
9. “Smart Metering for Smart Electricity Consumption”, Praveen Vadda Sreerama Murthy Seelam, Sweeden, 2013
10. Pekka Koponen (ed.), Luis Diaz Saco, “Definition of Smart Metering and Applications and Identification of Benefits” Intelligent Energy Europe, Finland, 2008
11. Mohammed Seifu Kemal, Smart Grid Networks” Analysis of Timing Requirements for Data Aggregation and Control in Smart Grids”, Aalborg University, 2014
12. Vehbi C. Güngör, Dilan Sahin, “Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards”, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, VOL. 7 NO. 4, 2011
13. Berhanu Regassa, Verónica Medina, “Upgrading of Traditional Electric Meter Into Wireless Electric Meter Using ZigBee Technology, Spain”
14. Shang-Wen Luan Jen-Hao Teng, “Development of a Smart Power Meter for AMI Based on ZigBee Communication”
15. A. Varela Souto, “Optimization & Energy Management of a Microgrid Based on Frequency Communications “, Delft, 2016
16. Farid Katiraei, Reza Iravani, “Controls and Operation Aspects of Microgrids”, 2008
17. M. Brayima DAKYO, “Control and management strategies for a microgrid”, 2014

18. Myla Bharath Kumar, "MODELING AND CONTROL OF PV/WIND MICROGRID", Halmstad, 2017
19. Yeliz Yoldaşa, Ahmet Önen, "Enhancing smart grid with microgrids: Challenges and opportunities", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72 (2017) 205–214
20. Eneko Unamuno, Jon Andoni Barrena, "Hybrid ac/dc microgrids PartI: Review and classification of topologies
21. Jackson John Justo, Francis Mwasilu, "AC-microgrids versus DC microgrid with distributed energy resources: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24(2013)387–405.