

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ  
ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ  
ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.**

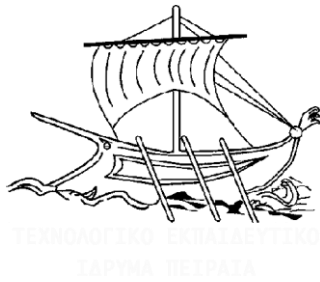
***<<Technologies and applications of intelligent  
networks in electrical power systems.>>***

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Ιωάννα-Αθανασία Θ. Σκανδάλη

**Επιβλέπων:** Μαλατέστας Παντελής, Καθηγητής

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2016



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΠΕΙΡΑΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ  
ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.**

*<<Technologies and applications of intelligent networks in  
electrical power systems.>>*

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Ιωάννα-Αθανασία Θ. Σκανδάλη

**Επιβλέπων:** Μαλατέστας Παντελής, Καθηγητής

**Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 30η  
Σεπτεμβρίου 2016:**

Μαλατέστας Παντελής, Καθηγητής

Βυλλιώτης Ηρακλής, Καθηγητής Εφαρμογών

Καραϊσάς Πέτρος, Καθηγητής Εφαρμογών



# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα .....	3
Εικόνες .....	6
Ευχαριστίες .....	7
Περίληψη .....	8
<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή στα Έξυπνα ή Ευφυή Δίκτυα (SmartGrids).....</b>	<b>9</b>
1.1 Ιστορική Ανάδρομη .....	9
1.1.1 Οι λόγοι για τους οποίους πραγματοποιείται η μετεξέλιξη του ΣΗΕ.....	10
1.2 Ο ορισμός του Έξυπνου Δικτύου(Smart Grid) .....	12
1.3 Προκλήσεις και ανάγκες .....	13
1.4 Πλαίσιο και χαρακτηριστικά των ευφυών δικτύων μεταφοράς.....	15
1.5 Βασικές διαφορές μεταξύ έξυπνου δικτύου και συμβατικού δικτύου.....	20
<b>Κεφάλαιο 2 Αρχιτεκτονική Δικτύου Έξυπνων Μετρητών .....</b>	<b>22</b>
2.1 Δομικά στοιχεία ευφυούς δικτύου .....	22
2.2 Ιεραρχική αρχιτεκτονική .....	23
2.3 Τοπολογίες Δικτύου .....	30
2.2 Ιεραρχική αρχιτεκτονική .....	30
<b>Κεφάλαιο 3 Διανεμημένη Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Distributed Energy Generation) .....</b>	<b>26</b>
3.1 Διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Distributed Energy Generation) .....	26
3.1.1 Τι είναι η Νησιδοποιημένη λειτουργία (Islanding operation)	
28	
3.1.2 Ορισμός της Νησιδοποιημένης Λειτουργίας (Islanding Operation) .....	28

3.1.3 Τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής και κατηγοριοποίηση .....	29
3.1.4 Αισθητικά, Οικονομικά, Λειτουργικά και Περιβαλλοντικά οφέλη της Διεσπαρμένης Παραγωγής .....	31
3.1.5 Μειονεκτήματα της Διεσπαρμένης Παραγωγής .....	33
Κεφάλαιο 4 Εισαγωγή στα Μικροδίκτυα (Micro grids) .....	36
4.1 Ορισμός Μικροδικτύου .....	36
4.2 Επιδράσεις στη Λειτουργία ενός ΣΗΕ από τα Μικροδίκτυα .....	39
4.2.1 Πλεονεκτήματα των Μικροδικτύων .....	31
4.2.2 Μειονεκτήματα των Μικροδικτύων .....	41
4.2.3 Αξιοπιστία και Ποιότητα Ισχύος στα Μικροδίκτυα .....	43
4.2.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη ενός Μικροδικτύου .....	44
4.2.5 Παρουσίαση της τυπικής δομής του Μικροδικτύου .....	45
Κεφάλαιο 5 Τεχνολογίες και Εφαρμογές των Έξυπνων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	48
5.1 Τεχνολογίες των Έξυπνων Δικτύων .....	48
5.2 Συστήματα και υποδομές του Έξυπνου Δικτύου .....	49
5.2.1 Συστήματα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition).....	49
5.2.2 Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) .....	51
5.2.3 Building Management System (BMS).....	51
5.2.4 Έξυπνοι Μετρητές (Smart Meters).....	53
5.2.4.1 Περιγραφή του Έξυπνου Ψηφιακού Μετρητή (Smart Meter).....	54
5.2.4.2 Η λειτουργία των Smart Meters .....	55
5.2.4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΞΥΠΝΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ.....	55
5.2.4.5 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή Έξυπνων Μετρητών .....	58
Κεφάλαιο 6 Παραδείγματα από την εφαρμογή των Έξυπνων Δικτύων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	63

<b>6.1 Εισαγωγή.....</b>	<b>63</b>
<b>6.2 Έξυπνα δίκτυα σε νησιά του Αιγαίου .....</b>	<b>64</b>
<b>6.3 Το Μικροδίκτυο της Κύθνου .....</b>	<b>65</b>
<b>Κεφάλαιο 7 Νομοθεσία .....</b>	<b>68</b>
<b>7.1 Εισαγωγή .....</b>	<b>68</b>
<b>7.2 Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο .....</b>	<b>68</b>
<b>7.3 Το 3ο Πακέτο Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. ....</b>	<b>70</b>
<b>7.4 Η σημασία της τυποποίησης .....</b>	<b>72</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>74</b>

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα1.1:Παράδειγμα παραδοσιακού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας.....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
Εικόνα1.2:Όραμα για το πώς θα είναι ένα έξυπνο δίκτυο.....	15
Εικόνα 1.3Τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις ενός Έξυπνου δικτύου.....	15
Εικόνα 3.1: Τυπική μορφή συστήματος διεσπαρμένης παραγωγής .....	27
Εικόνα 3.2: Παράδειγμα Νησιδοποιημένης Λειτουργίας.....	28
Εικόνα 4.1: Τυπική μορφή μικροδικτύου .....	38
Εικόνα 4.2: Τυπική μορφή μικροδικτύου .....	45
Εικόνα 5.1: Building Management System (BMS) .....	53
Εικόνα 5.2: Παράδειγμα ενός Έξυπνου μετρητή.....	55
Εικόνα 5.3: Παρουσίαση ενός AMR συστήματος.....	58
Εικόνα 6.1: Αναπαράσταση Μικροδικτύου της Κύθνου.....	66

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου Κύριο Μαλατέστα Παντελή για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω την διπλωματική μου εργασία υπό την επίβλεψη του, την άριστη συνεργασία, την εμπιστοσύνη, την βοήθεια και τις πολύτιμες γνώσεις που μου πρόσφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την αμέριστη στήριξη όλα αυτά τα χρόνια.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η ανάλυση των τεχνολογιών και των εφαρμογών των Έξυπνων Ηλεκτρικών Δικτύων (Smartgrids ), που μπορούν να βρουν εφαρμογή στα Συστήματα Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Το «Έξυπνο Δίκτυο» γενικά αναφέρεται στην προσπάθεια εκσυγχρονισμού του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου και τη μετατροπή του σε ένα μοντέρνο, διαλειτουργικό δίκτυο που θα ενσωματώνει τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών στην υποδομή διανομής ενέργειας. Κύριο γνώρισμα της λειτουργίας του αποτελεί η αμφίδρομη ροή τόσο της ενέργειας όσο και των πληροφοριών. Τα έξυπνα χαρακτηριστικά του, που εντοπίζονται σε όλα τα στάδια –από την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή έως την κατανάλωση και την εμπορία ενέργειας, θα καταστήσουν το δίκτυο πιο αποδοτικό, εύρωστο, φιλικό προς το περιβάλλον και εύκολα διαχειρίσιμο, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνεται η παρακολούθηση και ο έλεγχος σε όλα τα συστατικά στοιχεία του δικτύου.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια προσπάθεια ορισμού των Έξυπνων Δικτύων. Επίσης αναφέρονται τα προβλήματα που αντιμετωπίζει το σημερινό δίκτυο τα οποία οδηγούν στον εκσυγχρονισμό του και ακόμα, αναλύονται τα χαρακτηριστικά που καλείται να περιλαμβάνει το σύγχρονο αυτό δίκτυο. Το δεύτερο κεφάλαιο έχει να κάνει με την αρχιτεκτονική των έξυπνων μετρητών, όπου παρουσιάζονται αναλυτικά τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται τα έξυπνα δίκτυα καθώς και οι διάφορες τοπολογίες. Το τρίτο κεφαλαίο αφιερώνεται στη Διεσπαρμένη Παράγωγή (ΔΠ) και τη διείσδυση της σε τεχνικά ζητήματα που αφορούν τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας. Στο τέταρτο κεφαλαίο γίνεται αναφορά στα μικροδίκτυα. Δηλαδή παρουσιάζεται η επίδραση που ασκούν στα ΣΗΕ, και επισημαίνονται τα πλεονεκτήματα καθώς και τα μειονεκτήματά τους. Το πέμπτο κεφάλαιο ασχολείται με τις εφαρμογές και τις τεχνολογίες των ευφυών δικτύων. Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται κάποιες έμπρακτες εφαρμογές των ευφυών δικτύων στον ελλαδικό χώρο. Τέλος στο τελευταίο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η νομοθεσία που σχετίζεται με τις έξυπνες τεχνολογίες όπως επίσης και η σημασία της τυποποίησης.

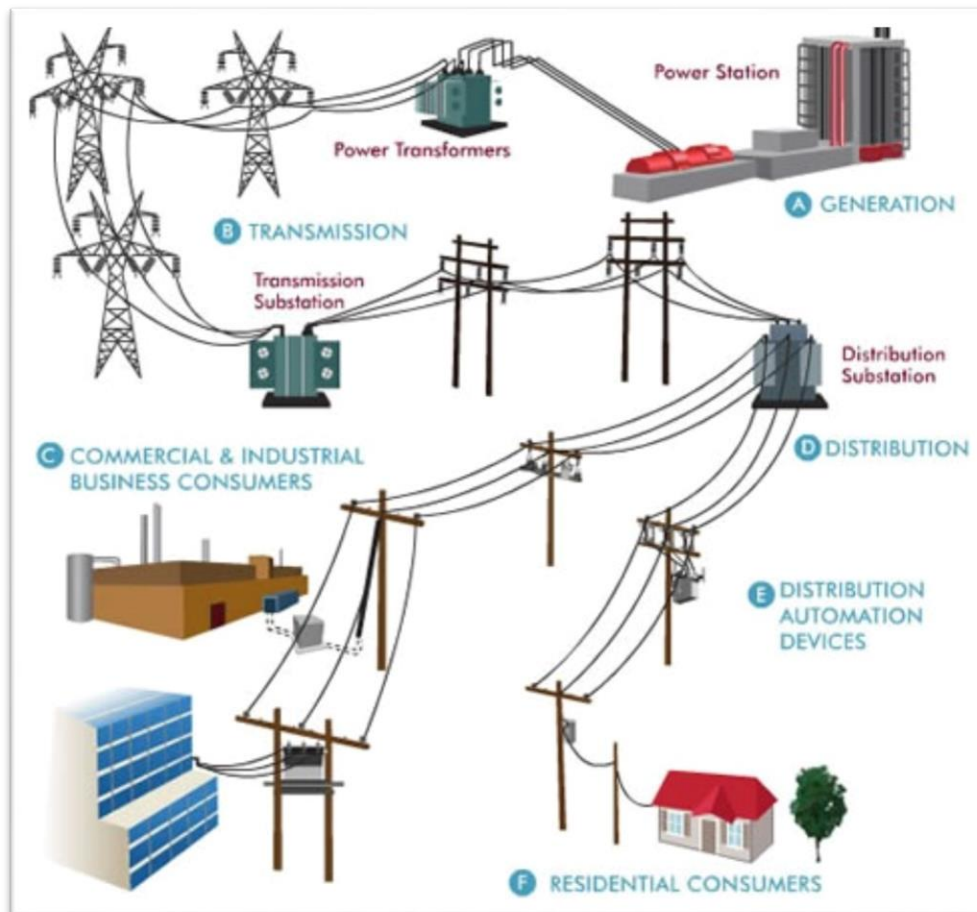
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.Εισαγωγή στα Έξυπνα ή Ευφυή Δίκτυα(Smart Grids)**

### **1.1 Ιστορική Ανάδρομη**

Τα βασικά μέρη ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας είναι η παραγωγή, η μετάδοση, η διανομή και τα φορτία. Η ενέργεια παράγεται από μεγάλους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής και τροφοδοτείται σε ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο μεταφοράς υψηλής τάσης. Η ισχύς η οποία μεταφέρεται πάνω από μεγάλες αποστάσεις, αποστέλλεται μέσω μιας ακολουθίας μετασχηματιστών διανομής, στα τελικά κυκλώματα έτσι ώστε να διανεμηθεί στους καταναλωτές.

Το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας έχει παρουσιάσει σημαντική βελτίωση πάνω από έναν αιώνα, Αρχικά αποτελούταν από τοπικά DC δίκτυα χαμηλής τάσης, έπειτα μετεξελίχθηκε στα τριφασικά AC δίκτυα υψηλής τάσης και τελικά στα σύγχρονα ογκώδη διασυνδεδεμένα δίκτυα με διάφορα επίπεδα τάσης και πολύπλοκα ηλεκτρικά συστατικά στοιχεία.

Στη σημερινή εποχή τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας, που μας εξυπηρετούν για δεκαετίες, βασίζονται κατά κύριο λόγο στα ορυκτά καύσιμα, συμπεριλαμβανομένου του πετρελαίου, του άνθρακα και του φυσικού αερίου ως πηγές ενέργειας. Τα ορυκτά αυτά καύσιμα είναι μη ανανεώσιμα και τα αποθέματά τους στη γη καταναλώνονται ταχύτατα. Η αναδυόμενη ενεργειακή κρίση καλεί την παγκόσμια προσοχή να στραφεί στην ανεύρεση εναλλακτικών πηγών ενέργειας που μπορούν να στηρίξουν μια μακροπρόθεσμη ανάπτυξη της βιομηχανίας. Οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας που έχουν καθοριστεί συνυπολογίζουν την αιολική, την ηλιακή, την παλιρροιακή, τη γεωθερμική, την υδροηλεκτρική ενέργεια και τη βιομάζα, οι οποίες καλούνται και ως << πράσινη ενέργεια >> διότι δεν απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας ηλεκτρικής ενεργείας. Οι ανανεώσιμες πηγές λόγω της διάρκειας εκμετάλλευσής τους καθώς και της φιλικότητάς τους ως προς το περιβάλλον αποτελούν σημαντικά συμπληρώματα και αναπληρωτές των ορυκτών καυσίμων.



**Εικόνα 1.1:** Παράδειγμα παραδοσιακού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

### 1.1.10 Οι λόγοι για τους οποίους πραγματοποιείται η μετεξέλιξη του ΣΗΕ

Οι σύγχρονες απαιτήσεις για συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας όπως επίσης και η πολυπλοκότητα του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία σοβαρών προβλημάτων στο ήδη καταπονημένο δίκτυο. Τέτοια προβλήματα είναι οι διακοπές ρεύματος, οι βυθίσεις τάσης και υπερφορτίσεις τα οποία είναι υπεύθυνα για την μείωση της αξιοπιστίας και της ποιότητας του ρεύματος.

Το υπάρχον δίκτυο, λοιπόν, βρίσκεται υπό μεγάλη πίεση από τις διάφορες προκλήσεις και ανάγκες που προκύπτουν από το περιβάλλον, τους καταναλωτές, την αγορά αλλά και από θέματα της υπάρχουσας υποδομής. Αυτές οι προκλήσεις και ανάγκες είναι ιδιαίτερα σημαντικές και επείγουσες από ποτέ και θα έχουν ως συνέπεια την επέκταση του δικτύου και την βελτίωσή του προς ευφύτερα γνωρίσματα, με τη συμβολή και τη βοήθεια των ταχύτατα αναπτυσσόμενων τεχνολογιών. Για να μπορέσουμε να αντιμετωπίσουμε αποτελεσματικά τέτοια προβλήματα, παρουσιάστηκε μια νέα έννοια, ενός ηλεκτρικού δικτύου επόμενης γενιάς, ένα έξυπνο δίκτυο. Η στροφή στην ανάπτυξη των δικτύων μεταφοράς ώστε να είναι πιο έξυπνα έχει

συνοπτικά οριστεί ως “Έξυπνο Δίκτυο”(SmartGrid). Διαφορετικές ερμηνείες του Έξυπνου Δικτύου είναι IntelliGrid, GridWise, FutureGrid, κλπ. .

Τα βασικά οφέλη που περιμένουμε από ένα σύγχρονο ηλεκτρικό δίκτυο είναι πολλά καθώς ένα έξυπνο δίκτυο:

- Βελτιώνει την αξιοπιστία και την ποιότητα της ενέργειας
- Βελτιστοποιεί την αξιοποίηση των εγκαταστάσεων και αποτρέπει την κατασκευή εφεδρικών (για φορτία αιχμής) σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Ενισχύει τη χωρητικότητα και την αποδοτικότητα των υπάρχοντων ηλεκτρικών δικτύων
- Βελτιώνει την ανθεκτικότητα προς βλάβες/διακοπές
- Επιτρέπει την προληπτική συντήρηση και την αυτό-αποκατάσταση σε περίπτωση διαταραχών του συστήματος
- Διευκολύνει την ευρεία ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Χρησιμοποιεί κατακεμημένες πηγές ενέργειας
- Αυτοματοποιεί τη συντήρηση και τη λειτουργία
- Μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα επιτρέποντας τη χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και νέων πηγών ενέργειας
- Μειώνει την κατανάλωση πετρελαίου, μειώνοντας την ανάγκη για ανεπαρκή παραγωγή κατά τις περιόδους χρήσης αιχμής
- Παρουσιάζει ευκαιρίες για τη βελτίωση της ασφάλειας του δικτύου
- Αυξάνει τις επιλογές των καταναλωτών
- Δίνει τη δυνατότητα για νέα προϊόντα, υπηρεσίες και αγορές και επιτρέπει την πρόσβαση των καταναλωτών σε αυτά

## 1.2 Ο ορισμός του Έξυπνου Δικτύου (SmartGrid)

Ο ορισμός του Έξυπνου Δικτύου δεν έχει μια συγκεκριμένη- αποκλειστική έννοια. Η ιδιαιτερότητά του μπορεί να αποδοθεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες και η ερμηνεία του από τους ειδικούς των διαφόρων πεδίων πιθανότατα θα διαφέρει. Όπως για παράδειγμα:

- **Η Ευρωπαϊκή Πλατφόρμα Τεχνολογίας (European Technology Platform) το ορίζει ως:** Ένα Έξυπνο Δίκτυο είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο που μπορεί έξυπνα να συμπεριλάβει μαζί τις δράσεις όλων των χρηστών (παραγωγούς, καταναλωτές και αυτούς που κάνουν και τα δυο) που συνδέονται με αυτό, με σκοπό την αποδοτική διανομή βιώσιμων, οικονομικών και ασφαλών ηλεκτρικών προμηθειών.
- **Σύμφωνα με το Τμήμα Ενέργειας των ΗΠΑ:** Ένα Έξυπνο Δίκτυο χρησιμοποιεί την ψηφιακή τεχνολογία για να βελτιώσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα (τόσο την οικονομική όσο και την ενεργειακή) του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας –από τη μεγάλη παραγωγή, μέσω των συστημάτων μεταφοράς, έως τους καταναλωτές– και έναν αυξανόμενο αριθμό μέσων αποθήκευσης και κατανεμημένης παραγωγής.
- **Σε άλλη αναφορά το Έξυπνο Δίκτυο ορίζεται:** Ένα Έξυπνο Δίκτυο χρησιμοποιεί αισθητήρες, ενσωματωμένη επεξεργασία και ψηφιακές επικοινωνίες για να καταστήσει το ηλεκτρικό δίκτυο παρατηρήσιμο (ικανό να υπολογιστεί και να απεικονιστεί), ελέγξιμο (διαχειρίσιμο και ικανό να βελτιστοποιηθεί), αυτοματοποιημένο (ικανό να προσαρμοστεί και να αυτό-θεραπευτεί), πλήρως διασυνδεδεμένο (πλήρως διαλειτουργικό με τα υπάρχοντα συστήματα και με την ικανότητα να ενσωματώσει ένα διαφορετικό σύνολο πηγών ενέργειας).

**Επιπλέον ορισμοί αναφέρονται σε ένα Έξυπνο Δίκτυο που:**

- Συνεπάγεται τη μετατροπή σε ένα ικανό για μετάδοση πληροφοριών και άκρως διασυνδεδεμένο δίκτυο μεταξύ των καταναλωτών και των παρόχων ηλεκτρικής ενέργειας, που περικλείει την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή.
- Δημιουργεί την πλατφόρμα για την ανάπτυξη έξυπνων τεχνολογιών που βελτιώνουν τη διαχείριση φορτίου και την απόκριση ζήτησης.
- Θα κάνει τα συστήματα μεταφοράς ενέργειας των χωρών πιο αποδοτικά, θα ενθαρρύνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και θα παρέχει στους καταναλωτές καλύτερο έλεγχο της χρήσης και του κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Είναι μια ακριβή μοντεροποίηση του ηλεκτρικού δικτύου που περιλαμβάνει την υποστήριξη πραγματικού-χρόνου, αμφίδρομης

ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ των επιχειρήσεων ηλεκτρισμού και των όλο και πιο συνειδητοποιημένων ενεργειακά καταναλωτών.

- Είναι μια συλλογή ιδεών/σχεδίων για την παροχή ενέργειας επόμενης γενιάς, που περιλαμβάνει νέα στοιχεία παροχής ισχύος, παρακολούθηση και έλεγχο σε όλο το δίκτυο ενέργειας και περισσότερες και πιο ενημερωμένες επιλογές για τους καταναλωτές.
- Είναι ένα σύγχρονο, βελτιωμένο, ανθεκτικό και αξιόπιστο ηλεκτρικό δίκτυο που στηρίζει την περιβαλλοντική διαχείριση, είναι ασφαλές, οικονομικά αποδοτικό και είναι ένας κύριος μοχλός για την οικονομική σταθερότητα και ανάπτυξη.
- Είναι ένα σύγχρονο ηλεκτρικό σύστημα. Χρησιμοποιεί αισθητήρες, παρακολούθηση, επικοινωνίες, αυτοματισμό και υπολογιστικά συστήματα για να βελτιώσει την ευελιξία, την ασφάλεια, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος.
- Είναι μια υποδομή που δίνει έμφαση στον ενεργό αντί στον παθητικό έλεγχο.

Συμπερασματικά λοιπόν , θα λέγαμε ότι ο όρος Έξυπνο Δίκτυο μιλά για ένα εντελώς εκσυγχρονισμένο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο παρακολουθεί, προστατεύει και βελτιστοποιεί τη λειτουργία των στοιχείων που συνδέονται σε αυτό. Άρα είναι μια υποδομή που έχει σκοπό την ενδυνάμωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας μέσω αυτομάτου ελέγχου, μετατροπών υψηλής ισχύος, σύγχρονης δομής επικοινωνιών, τεχνολογιών αισθητήρων/μετρητών και σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης ενέργειας βασισμένων στη βελτιστοποίηση της ζήτησης, τη διαθεσιμότητα της ενέργεια και του δικτύου κ.ά. Το σύστημα αποτελείται από κεντρικές και κατακεντρωμένες ηλεκτρικές γεννήτριες μέσω του δικτύου υψηλής τάσης και σύστημα διανομής χαμηλής τάσης σε βιομηχανικούς χρήστες ή συστήματα αυτοματισμού οικιακών κτηρίων, σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και σε τελικούς καταναλωτές. Το έξυπνο δίκτυο θα χαρακτηρίζεται από αμφίδρομη ροή ηλεκτρικής ενέργειας και πληροφοριών για τη δημιουργία ενός αυτοματοποιημένου, ευρέως κατακεντρωμένου δικτύου διανομής ενέργειας. Ενσωματώνει στο δίκτυο τα πλεονεκτήματα των κατακεντρωμένων υπολογιστικών συστημάτων και των επικοινωνιών, για τη μεταφορά σε πραγματικό χρόνο πληροφοριών με σκοπό την εξισορρόπηση της παροχής και της ζήτησης ρεύματος .

### **1.3 Προκλήσεις και ανάγκες**

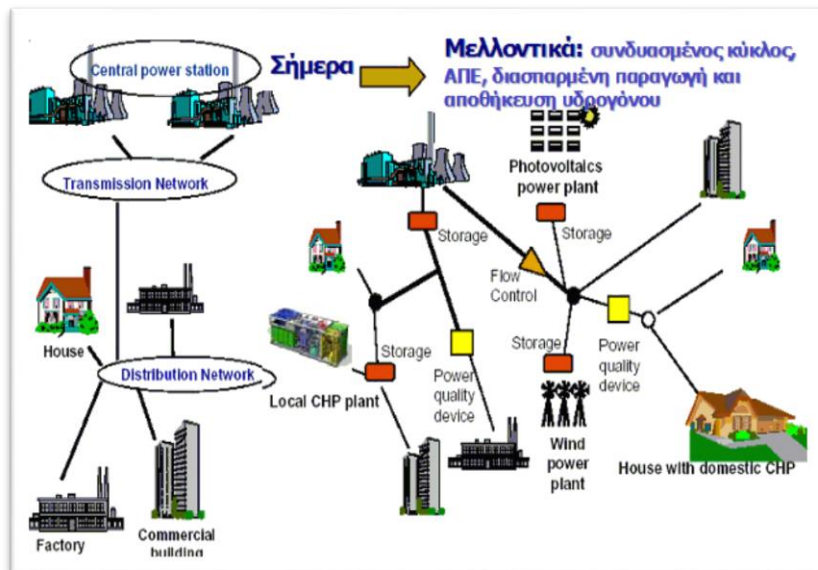
Οι προκλήσεις και οι ανάγκες που καλείται να αντιμετωπίσει ένα μελλοντικό ευφυές δίκτυο μεταφοράς δίνονται αναλυτικά στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες:

**α) Περιβαλλοντικές προκλήσεις.** Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με τον παραδοσιακό τρόπο αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπής CO<sub>2</sub>. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να υποστεί σημαντική αλλαγή έτσι ώστε να μειωθεί η κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, έχει προβλεφθεί ανεπάρκεια ορυκτών καυσίμων στις επόμενες δεκαετίες. Επίσης φυσικές καταστροφές, όπως θύελλες, σεισμοί και τυφώνες μπορούν εύκολα να καταστρέψουν το δίκτυο μεταφοράς. Τέλος, ο διαθέσιμος και κατάλληλος χώρος για τη μελλοντική επέκταση του δικτύου έχει μειωθεί δραματικά.

**β) Ανάγκες αγοράς/καταναλωτών.** Χρειάζεται να αναπτυχθούν ολοκληρωμένες τεχνολογίες λειτουργίας του συστήματος αλλά και πολιτικές για την αγορά ενέργειας, ώστε να στηρίξουν τη διαφάνεια και την ελευθερία της ανταγωνιστικής αγοράς. Η ικανοποίηση των πελατών από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να βελτιωθεί με την παροχή υψηλού λόγου ποιότητας/τιμής και με τη δυνατότητα των καταναλωτών να αλληλεπιδρούν με το δίκτυο.

**γ) Προκλήσεις Υποδομής.** Η σημερινή υποδομή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει στοιχεία που γερνούν γρήγορα. Εξαιτίας της συνεχής πίεσης για αύξηση των απαιτήσεων φορτίου, η συμφόρηση του δικτύου γίνεται όλο και χειρότερη. Τα γρήγορα εργαλεία online ανάλυσης, η ευρείας ζώνης παρακολούθηση, οι μετρήσεις, ο έλεγχος, και η γρήγορη και ακριβής προστασία κρίνονται ως απαραίτητα στοιχεία για να βελτιωθεί η αξιοπιστία των δικτύων.

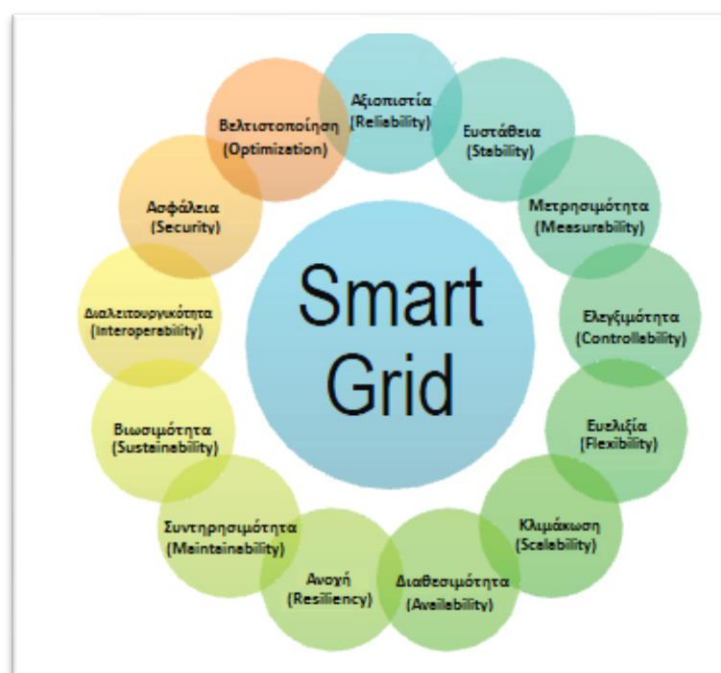
**δ) Καινοτόμες Τεχνολογίες.** Από τη μία πλευρά, οι καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων νέων υλικών, προηγμένων ηλεκτρονικών ισχύος και τεχνολογιών επικοινωνιών, δεν είναι ακόμα ώριμες ή εμπορικά διαθέσιμες για την επανάσταση των δικτύων μεταφοράς. Από την άλλη, στο υπάρχον δίκτυο υπάρχει έλλειψη συμβατότητας για να δεχθεί την εφαρμογή spear-point τεχνολογιών στα πρακτικά δίκτυα.



Εικόνα 1.2: Όραμα για το πώς θα είναι ένα έξυπνο δίκτυο

#### 1.4 Πλαίσιο και χαρακτηριστικά των ευφυών δικτύων μεταφοράς

Στην παρακάτω εικόνα προβάλλονται τα κύρια χαρακτηριστικά από τα οποία πρέπει να αποτελείται ένα έξυπνο δίκτυο. Τα γνωρίσματα αυτά αναλύονται διεξοδικά παρακάτω και επίσης θα ήταν καλό επισημάνουμε ότι πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τον σχεδιασμό του έξυπνου δικτύου.



Εικόνα 1.3: Τα χαρακτηριστικά και οι απαιτήσεις ενός Έξυπνου δικτύου



➤ **Αξιοπιστία και Ευστάθεια  
(Reliability and Stability)**

Με τον όρο αξιοπιστία αναφερόμαστε στην ικανότητα ενός συστήματος ή και στοιχείων αυτού να εκτελούν τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες κάτω από δεδομένες συνθήκες για καθορισμένο χρονικό διάστημα. Η αξιοπιστία έχει ένα χαρακτηριστικό ανθεκτικότητας. Ερμηνεύει δηλαδή τη λειτουργική υγεία και το βαθμό μεταβλητότητας όλου του συστήματος. Επιπλέον, παρουσιάζει την κατάσταση υψηλής συνοχής, επαναληψιμότητας και φερεγγυότητας που το έξυπνο δίκτυο θα διατηρήσει σύμφωνα με αποτελεσματικές μετρήσεις και εκτιμήσεις. Με την αξιοπιστία θέλουμε οι τυχόν βλάβες του συστήματος να συμβαίνουν με μικρή πιθανότητα, ενώ αν κάτι πάει στραβά, η επίπτωσή του στο συνολικό σύστημα να είναι πολύ μικρή και το στοιχείο που έχει υποστεί βλάβη να αντικατασταθεί ή επιδιορθωθεί όσο το δυνατόν συντομότερα.

Η ευστάθεια έχει να κάνει με το επίπεδο αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει το σύστημα. Το έξυπνο δίκτυο πρέπει να εγγυάται σταθερότητα της τάσης και του ρεύματος, να περιορίζει τη ζήτηση αιχμής και τη μεταβλητότητα του φορτίου, με την εφαρμογή κατανεμημένης ηλεκτροπαραγωγής και αποθήκευση ενέργειας σε μεγάλες εκτάσεις, και να αποκλείει διάφορα ανεπιθύμητα περιστατικά.

➤ **Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα  
(Measurability and Controllability)**

Πολλές φορές είναι πολύ πιθανό να συμβούν σοβαρά περιστατικά όπως η διακοπή υπηρεσιών και οι βλάβες. Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντικό τα περιστατικά αυτά να μπορούν να μετρηθούν και να και να ελεγχθούν με τρόπο ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν σκόπιμες εκτιμήσεις και αξιολογήσεις. Το έξυπνο δίκτυο είναι σε θέση να εντοπίζει και να διορθώνει λειτουργικές διαταραχές μέσω δυναμικών μετρήσεων και παρακολούθηση πραγματικού χρόνου. Παράλληλα, θα πρέπει να υπάρχει κάποιος βαθμός παρατηρησιμότητας και διαφάνειας με στόχο την αποτελεσματική ανάλυση, διαχείριση, καθώς και την πρόβλεψη και αντίδραση στις μεταβαλλόμενες καταστάσεις του δικτύου. Ο πλούτος πληροφοριών των δεδομένων, που ουσιαστικά καθιστά το δίκτυο έξυπνο πρέπει επίσης να είναι μετρήσιμος, παρατηρήσιμος και διαχειρίσιμος.

➤ **Ευελιξία και Κλιμάκωση  
(Flexibility and Scalability)**

Το δίκτυο κινείται από μια κεντρική δομή σε πολλαπλά αποκεντρωμένα μικροδίκτυα (Microgrids - MGs). Η κλιμάκωση του έξυπνου δικτύου είναι σημαντικό να οριστεί καλά. Μέσω της νησιδοποίησης (islanding), τα

μικροδίκτυα προσπαθούν να ενσωματώσουν την κατανεμημένη παραγωγή (DG) και την αποθήκευση ενέργειας για να συνεισφέρουν ενέργεια στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας σε περιόδους ζήτησης αιχμής. Η λειτουργία της νησίδας εισάγει μια έννοια ενός γιγάντιου έξυπνου δικτύου που αποτελείται από πολλαπλά μικρά έξυπνα δίκτυα. Κάθε τοπικό δίκτυο μπορεί να λειτουργεί αυτόνομα ως προς τη Διαχείριση της Ζήτησης (DemandSideManagement - DSM), το μοντέλο ποιότητας και αξιοπιστίας, τη διαχείριση προβλημάτων και τη διαχείριση ασφάλειας.

Η ευελιξία δίνει τη δυνατότητα στο έξυπνο δίκτυο να πραγματοποιεί πολλαπλές εναλλακτικές διαδρομές για τη ροή της ενέργειας και των δεδομένων, ενώ επίσης παρέχει επιλογές για να είναι εφικτός ο έλεγχος και η λειτουργία όποτε χρειάζεται. Θα λέγαμε ότι παρουσιάζει τέσσερις πτυχές: α) επεκτασιμότητα για μελλοντική ανάπτυξη με τη διείσδυση καινοτόμων και διαφορετικών τεχνολογιών παραγωγής, β) προσαρμοστικότητα στις ποικίλες γεωγραφικές τοποθεσίες και τα κλίματα, γ) πολλαπλές στρατηγικές ελέγχου για το συντονισμό των αποκεντρωμένων συστημάτων ελέγχου ανάμεσα στους υποσταθμούς και τα κέντρα ελέγχου, δ) απρόσκοπτη συμβατότητα με τα διάφορα συλ λειτουργίας της αγοράς και plug-and-play ικανότητα να φιλοξενήσει σταδιακή αναβάθμιση, με συστατικά υλικού και λογισμικού, της τεχνολογίας.

#### ➤ **Διαθεσιμότητα (Availability)**

Η διαθεσιμότητα της ενέργειας και των επικοινωνιών είναι ουσιώδης για τη ζήτηση ενέργειας και πληροφοριών από τους καταναλωτές και βασίζεται στη διαθεσιμότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται στο δίκτυο. Ο βαθμός διαθεσιμότητας πόρων που απαιτείται, ειδικά όταν πρόκειται για θέματα που σχετίζονται με την καθυστέρηση (latency) ή την ασφάλεια, είναι υψηλός. Για παράδειγμα, στα συστήματα προστασίας και ελέγχου της γραμμής η καθυστέρηση χρειάζεται να είναι της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου, αλλά μια επίθεση άρνησης υπηρεσίας (DenialofService - DoS) μπορεί να επιδεινώσει την επίδοση του δικτύου κάνοντας τους servers ή τις υπηρεσίες προσωρινά μη διαθέσιμες. Ο πλεονασμός (redundancy) θα μπορούσε να είναι ένα μέτρο επίλυσης του προβλήματος. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά του θα εξαρτηθεί από το πώς θα σχεδιαστεί το σύστημα για να αποφεύγει παράλληλα το επακόλουθο κόστος της μεγάλης πολυπλοκότητας δικτύου, καθώς και από το θέμα της κλιμάκωσης.

#### ➤ **Ανθεκτικότητα (Resiliency)**

Ο βαθμός της ανθεκτικότητας καθορίζει πόσο πραγματικά αξιόπιστο είναι το έξυπνο δίκτυο όταν συμβαίνουν διάφορα περιστατικά. Γενικά, το δίκτυο θα

πρέπει να είναι σε θέση να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στους πελάτες με ασφάλεια και αξιοπιστία παρά τους οποιουσδήποτε εσωτερικούς ή εξωτερικούς κινδύνους. Ειδικά από τη σκοπιά της ασφάλειας, η ανθεκτικότητα αναπαριστά την ικανότητα ανάκτησης και αποκατάστασης μετά από τις οποιεσδήποτε διαταραχές ή δυσλειτουργίες, μέσω μιας εύρωστης διαδικασίας γρήγορης απόκρισης. Η ικανότητα αυτή της αυτό-θεραπείας καθιστά το δίκτυο ικανό να επαναπροσδιορίζεται δυναμικά ώστε να ανακάμψει από επιθέσεις, διακοπές ρεύματος, φυσικές καταστροφές, κακόβουλες δραστηριότητες και βλάβες των κατασκευαστικών στοιχείων του. Τα ευάλωτα ηλεκτρικά στοιχεία είναι πιθανότατα οι γραμμές μεταφοράς και οι σταθμοί, οι μεγάλες μονάδες παραγωγής ενέργειας, καθώς και οι πυρηνικοί σταθμοί με διαρροή. Σχέδια έκτακτης ανάγκης απαιτούνται για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυσμενών περιπτώσεων.

➤ **Δυνατότητα συντήρησης  
(Maintainability)**

Η συντηρησιμότητα αντανakλά ουσιαστικά τη μακροβιότητα και την αξιοπιστία ενός συστήματος. Συνήθως δείχνει την ικανότητά του να εκτελεί αποτελεσματικά και αποδοτικά μια σειρά δράσεων για εργασίες συντήρησης. Οι διαδικασίες που γίνονται ειδικά κατά τη συντήρηση περιλαμβάνουν την επιθεώρηση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και την αντικατάσταση. Το έξυπνο δίκτυο θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο που να διευκολύνει τη συντήρηση, έτσι ώστε τα διάφορα στοιχεία ενέργειας και επικοινωνιών (π.χ. εγκαταστάσεις, εξοπλισμός, συστήματα, υποσυστήματα, ασφάλεια του δικτύου και διαχείριση) να επιδιορθώνονται γρήγορα και με τρόπο οικονομικά αποδοτικό. Παρομοίως, η υψηλή αποδοτικότητα εργατοώρας, καθώς και των εργαλείων και του εξοπλισμού αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το σύστημα συντήρησης του δικτύου.

➤ **Βιωσιμότητα  
(Sustainability)**

Η άνοδος της ανησυχίας για το περιβάλλον αλλά και οι κίνδυνοι από τη ζήτηση αιχμής καθιστούν κρίσιμη απαίτηση για τη λειτουργία του έξυπνου δικτύου μεταφοράς τη βιωσιμότητα, η οποία παρουσιάζεται ως επάρκεια, αποδοτικότητα και φιλικότητα προς το περιβάλλον. Η αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια θα πρέπει να ικανοποιηθεί με την εφαρμογή προσιτών εναλλακτικών ενεργειακών πόρων, την αύξηση εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της τεχνολογίας στη λειτουργία του συστήματος παροχής και μετριασμό της συμφόρησης δικτύου. Οι καινοτόμες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να προκαλούν λιγότερη μόλυνση ή εκπομπές και να είναι απεξαρτημένες από τον άνθρακα, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές και κλιματικές αλλαγές.

## **Διαλειτουργικότητα (Interoperability)**

Η αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της συνολικής επίδοσης του συστήματος θα εξαρτηθεί κατά κύριο λόγο από τη διαλειτουργικότητα που παρουσιάζει η υποδομή. Τα κατασκευαστικά στοιχεία του έξυπνου δικτύου προϋποθέτουν την ύπαρξη ενός συνόλου κοινών και διαλειτουργικών προτύπων για τη διασύνδεση τόσο της ενέργειας όσο και των επικοινωνιών. Αυτή η δυνατότητα απαιτείται κατά την ενσωμάτωση και σύγκλιση διαφόρων τεχνολογιών και πρωτοκόλλων επικοινωνιών, προκειμένου να γίνονται κατανοητά το ένα στο άλλο και να παρέχουν αδιάλειπτη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων. Αδέξια αλληλεπίδραση και ενοποίηση μεταξύ των ποικιλόμορφων μερών θα επιβράδυνε το χρόνο απόκρισης και θα υποβάθμιζε τη λειτουργία του συνολικού συστήματος καθώς και την αποδοτικότητα.

### **➤ Ασφάλεια (Security)**

Η έννοια της ασφάλειας απευθύνεται στις δυσλειτουργίες του συστήματος που οφείλονται σε ανθρώπινα αίτια, όπως εσκεμμένες επιθέσεις και μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Μια ασφαλής και σίγουρη συνδεσιμότητα μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών παρέχει προστασία για τις κρίσιμες εφαρμογές και τα δεδομένα αλλά και άμυνες ενάντια σε παραβιάσεις της ασφάλειας. Διάφορα υπάρχοντα μέτρα και εργαλεία ασφαλείας αποτελούν στοιχειώδεις απαιτήσεις για το έξυπνο δίκτυο, όπως τα συστήματα Firewall, τα συστήματα ανίχνευσης και αποτροπής εισβολών (IDS/IPS), τα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (virtualprivatenetwork - VPN), τα εικονικά τοπικά δίκτυα (virtuallocalareanetworkVLAN) και ο έλεγχος πρόσβασης.

### **➤ Βελτιστοποίηση (Optimization)**

Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας και των στοιχείων ενεργητικού του έξυπνου δικτύου είναι επιτακτική ανάγκη. Μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια των προηγμένων τεχνολογιών και των έξυπνων ηλεκτρικών συσκευών (Intelligentelectronicdevices - IEDs), καθώς και με ευφυή διαχείριση και αυτοματισμό, εξισορροπώντας ταυτόχρονα μια ποικιλομορφία μεταβλητών και tradeoffs. Το έξυπνο δίκτυο καλείται να βελτιστοποιηθεί σύμφωνα με όρους α) αξιοπιστίας της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, β) αποδοτικότητας μετατροπής και χρήσης της ενέργειας, γ) ποιότητας παραγωγής και διανομής ενέργειας, δ) διαθεσιμότητας για τη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων, ε) αποτελεσματικότητας και ακρίβειας των δεδομένων και των επικοινωνιών, στ) χρονικής απόκρισης και διαχείρισης σφαλμάτων, ζ) οικονομικό κέρδος. Εν τω μεταξύ, η μείωση του κόστους κεφαλαίου, η πολυπλοκότητα του δικτύου και η

χρήση των πόρων είναι αποφασιστικής σημασίας για το έξυπνο δίκτυο που θα αναπτυχθεί στην πράξη.

Εκτός από όσα απεικονίζονται και αναλύθηκαν παραπάνω, ως επιπλέον ιδιότητες ενός μελλοντικού έξυπνου δικτύου θα μπορούσαμε να σημειώσουμε και τα εξής:

➤ **Ψηφιοποίηση  
(Digitalization)**

Το έξυπνο δίκτυο θα χρησιμοποιεί μια μοναδική, ψηφιακή πλατφόρμα για γρήγορη και αξιόπιστη ανίχνευση, μέτρηση, επικοινωνία, υπολογισμό, έλεγχο, προστασία, απεικόνιση και συντήρηση ολόκληρου του συστήματος μεταφοράς. Πρόκειται για θεμελιώδες χαρακτηριστικό που θα διευκολύνει την υλοποίηση άλλων έξυπνων λειτουργιών. Αυτή η πλατφόρμα χαρακτηρίζεται από φιλική προς το χρήστη απεικόνιση για ενημέρωση ευαίσθητων καταστάσεων αλλά και από υψηλή ανοχή προς ανθρωπογενή λάθη.

➤ **Ευφυΐα  
(Intelligence)**

Ευφυείς τεχνολογίες και ανθρώπινη τεχνογνωσία θα ενσωματωθούν στο έξυπνο δίκτυο μεταφοράς. Αυτό-επίγνωση της κατάστασης λειτουργίας του συστήματος θα είναι διαθέσιμη με τη βοήθεια online ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου, όπως ανάλυση της σταθερότητας τάσης/γωνίας και της ασφάλειας. Θα υπάρχει, επίσης, αυτό-θεραπεία για να ενισχύσει την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς μέσω συντονισμένων σχημάτων προστασίας και ελέγχου.

➤ **Προσαρμογή  
(Customization)**

Ο σχεδιασμός του έξυπνου δικτύου μεταφοράς θα είναι, για την ευκολία των φορέων εκμετάλλευσης, προσαρμοσμένος στον πελάτη, χωρίς να χάνει τις λειτουργίες του και τη διαλειτουργικότητά του. Επίσης, θα εξυπηρετεί τους πελάτες παρέχοντας περισσότερες επιλογές κατανάλωσης ενέργειας για έναν υψηλότερο λόγο ποιότητας/τιμής. Το έξυπνο δίκτυο θα απελευθερώσει περαιτέρω την αγορά ενέργειας με την αύξηση της διαφάνειας και τη βελτίωση του ανταγωνισμού για τους συμμετέχοντες στην αγορά.

## **1.5 Βασικές διαφορές μεταξύ έξυπνου δικτύου και συμβατικού δικτύου.**

Η έννοια του συμβατικού δικτύου απέχει σε μεγάλο βαθμό από εκείνη του έξυπνου δικτύου. Από τη σύγκριση τους προκύπτουν αρκετές σημαντικές διαφορές, μερικές από τις οποίες περιγράφονται παρακάτω.

- Το έξυπνο δίκτυο προσαρμόζεται εύκολα και έχει την δυνατότητα αυτοίασης. Εστιάζει στην πρόληψη, έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει πιθανά προβλήματα και αποκρίνεται άμεσα χωρίς να επιδρά στον καταναλωτή. Αντίθετα στο συμβατικό δίκτυο υπάρχουν δυσλειτουργίες που συχνά καταλήγουν σε εκτεταμένες διακοπές ρεύματος (blackout) ώστε να αποτραπούν περαιτέρω ζημιές. Οι καταναλωτές σε ένα έξυπνο δίκτυο έχουν πολλές επιλογές, είναι ενημερωμένοι και συμμετέχουν ενεργά στην αγορά ενέργειας.
- Το υπάρχον δίκτυο είναι ευαίσθητο σε καταπονήσεις και φυσικές καταστροφές ενώ το έξυπνο δίκτυο είναι ανθεκτικό σε τέτοιους κινδύνους με ικανότητα ταχείας αποκατάστασης της βλάβης.
- Το επίκεντρο του συμβατικού δικτύου είναι η προσφορά αδιάλειπτης ηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να εστιάζει σε θέματα ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Σε αντίθεση με τους στόχους ενός ευφυούς δικτύου να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των καταναλωτών προσφέροντας υψηλής ποιότητας ηλεκτρική ενέργεια ή διαφορετικές ποιότητες σε διαφορετικές τιμές.
- Τα ευφυή δίκτυα διευκολύνουν όλες τις επιλογές παραγωγής (ανανεώσιμες πηγές, διανεμημένη παραγωγή) και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στο σημερινό δίκτυο κεντρικής παραγωγής όπου με δυσκολία ενσωματώνονται τα παραπάνω.
- Το έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί ψηφιακές διατάξεις, πληθώρα αισθητήρων φορητές συσκευές ελέγχου και αμφίδρομη επικοινωνία. Τα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν στο συμβατικό δίκτυο αφού διαθέτει ελάχιστους αισθητήρες, δεν υπάρχει παρακολούθηση και αμφίδρομη ροή πληροφοριών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Αρχιτεκτονική Δικτύου Έξυπνων Μετρητών

### 2.1 Δομικά στοιχεία ευφυούς δικτύου.

Οι ευφυείς μετρητές είναι δίκτυα επικοινωνιών τα οποία στοχεύουν στην αμφίδρομη μετάδοση πληροφορίας μεταξύ των μετρητών και του κέντρου διαχείρισης δεδομένων μετρήσεων (Meter Data Management System – MDMS). Κατά τη εκτέλεση της διαδικασίας μέτρησης οι ευφυείς μετρητές λαμβάνουν δεδομένα και τα αποστέλλουν για επεξεργασία στο κέντρο διαχείρισης, ενώ το κέντρο διαχείρισης αποστέλλει εντολές ελέγχου στα τερματικά, δηλαδή τους ευφυείς μετρητές.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι έξυπνοι μετρητές είναι ολοκληρωμένα λειτουργικά πληροφοριακά δίκτυα, περιέχουν τα ακόλουθα στοιχεία :

**1. Ευφυείς μετρητές (SM):** Είναι οι τερματικές διατάξεις του δικτύου, που δουλειά τους είναι η συλλογή και η μετάδοση της πληροφορίας.

**2. Συγκεντρωτής – Πύλη (Concentrator – Gateway):** Αποτελεί ένα δίαυλο που καθιστά εφικτή τη σύνδεση των τερματικών συσκευών με το δίκτυο κορμού.

**3. Σύστημα Διαχείρισης Δεδομένων (Meter Data Management System – MDMS):** Είναι εκείνο το μέρος συγκέντρωσης της πληροφορίας που συλλέγουν οι μετρητές. Με τη βοήθεια πληροφοριακών συστημάτων πραγματοποιείται η επεξεργασία των δεδομένων. Επίσης, άλλες εφαρμογές μπορεί να έχουν εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στα δεδομένα.

**4. Δίκτυο SM – SM Area Network:** Αναφέρεται στη γεωγραφική περιοχή που περιλαμβάνει τα τερματικά και τους συγκεντρωτές.

**5. Δίκτυο Επικοινωνιών SM – SM Communication Network:** Αποτελεί το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο που συνδέει τους ευφυείς μετρητές με τους συγκεντρωτές καθώς και τους συγκεντρωτές με το MDMS.

Τα συστήματα ευφυούς μέτρησης έχουν σαν πρωταρχική λειτουργία τη μέτρηση συγκεκριμένων μεγεθών με συγκεκριμένη συχνότητα και μετέπειτα την αποστολή των μετρήσεων στο MDMS. Κάποιες άλλες από τις λειτουργίες τους σχετίζονται με άμεση ένδειξη κάποιου προβλήματος που παρουσιάστηκε στα τερματικά ή στο δίκτυο SM. Επιπροσθέτως, τα ευφυή τερματικά μπορούν να λαμβάνουν εντολές από το κέντρο διαχείρισης με σκοπό να εκτελέσουν ενέργειες που στοχεύουν στη διόρθωση δυσλειτουργιών ή σφαλμάτων του ηλεκτρικού δικτύου. Τέλος, η επικοινωνία των μετρητών και του MDMS

μπορεί να γίνεται για καθαρά διαχειριστικούς λόγους ή για ανανέωση του λογισμικού των SM.

## 2.2 Ιεραρχική αρχιτεκτονική

Είναι γνωστό ότι έχει επικρατήσει η προσέγγιση ότι το δίκτυο AMI πρέπει να έχει ιεραρχική δομή που παρακολουθεί την αρχιτεκτονική του δικτύου HE. Η αρχιτεκτονική αυτή στοχεύει στην σωστότερη και καλύτερη διαχείριση του τεράστιου πλήθους έξυπνων μετρητών. Τα επίπεδα ενός δικτύου AMI (υποδίκτυα - tiers) είναι τα εξής:

- **Home Area Network (HAN):** Το οποίο δίνει τη δυνατότητα διασύνδεσης σε ευφυείς μετρητές, έξυπνες συσκευές, αισθητήρες, συσκευές κατανάλωσης ενέργειας και συστήματα παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας. Πύλη (gateway ή οικιακός συγκεντρωτής) του HAN αποτελεί ο έξυπνος μετρητής.

- **Local/Industrial /Block Area Network (LAN/IAN/BAN):** Ασχολείται με μία ευρύτερη περιοχή, όπως ένα εργοστάσιο ή μία πολυκατοικία εξασφαλίζει τη διασύνδεση μεταξύ μιας ομάδας έξυπνων μετρητών, που είναι πύλες σε δίκτυα HAN. Πύλη του BAN θεωρείται κάθε τοπικός συγκεντρωτής (local gateway).

- **Neighborhood Area Network (NAN):** Αποτελεί την δικτύωση μια ομάδας έξυπνων μετρητών και local gateways σε χωρική έκταση διαμέτρου της τάξης εκατοντάδων μέτρων. Πύλη του NAN θεωρείται ένας συγκεντρωτής, που επικοινωνεί με έξυπνους μετρητές και τοπικούς συγκεντρωτές.

- **Wide Area Network (WAN):** Το συγκεκριμένο δίκτυο καλύπτει γεωγραφική έκταση διαμέτρου μερικών χιλιομέτρων (π.χ. κάλυψη μιας πόλης) και επίσης απαρτίζεται από συγκεντρωτές. Πύλες του WAN είναι κάποια τοπικά κέντρα ελέγχου, που επικοινωνούν με ομάδες συγκεντρωτών. Όλα τα τοπικά κέντρα ελέγχου συνδέονται με τον MDMS και δημιουργούν το δίκτυο κορμού του AMI. Ωστόσο όμως, σαν δίκτυο WAN μπορεί να θεωρηθεί και το δίκτυο επικοινωνίας ενός ποσοστού συγκεντρωτών απευθείας με το MDMS.

## 2.3 Τοπολογίες Δικτύου

Η τοπολογία ενός δικτύου ευφυούς μετρητών εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο διατάσσονται στο χώρο οι ευφυείς μετρητές και επίσης από τον τρόπο με τον οποίο αυτοί επικοινωνούν μεταξύ τους. Με κριτήριο την υπολογιστική τους ικανότητα, οι SM ταξινομούνται σε :

- ✓ **Full – Function Device (FFD):** οι κόμβοι που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή έχουν την ικανότητα λειτουργίας είτε ως συντονιστές



του δικτύου, είτε ως απλοί ενδιάμεσοι κόμβοι. Πέρα από τη δυνατότητα καταγραφής δεδομένων από το εξωτερικό περιβάλλον, μπορούν παράλληλα να επικοινωνήσουν με άλλους κόμβους, μεταφέροντας μηνύματα διαχείρισης και ελέγχου.

- ✓ **Reduced – Function Device (RFD):** είναι εκείνοι οι κόμβοι που περιλαμβάνουν μόνο λειτουργίες καταγραφής και επικοινωνίας με κόμβους FFD. Επιπροσθέτως, δεν έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν ως συντονιστές του δικτύου.

Υπάρχουν πέντε είδη τοπολογιών που απαντώνται σε ένα δίκτυο SM. Αυτές μπορεί να είναι:

- Τοπολογία αστέρα (star)
- Τοπολογία δένδρου (tree)
- Τοπολογία κατανεμημένου δικτύου (mesh network)
- Τοπολογία διαύλου (bus)
- Τοπολογία βρόχου (ring)

### **Τοπολογία Αστέρα**

Η τοπολογία αστέρα (ή Ακτινωτή) αποτελείται από ένα κόμβο FFD και πλήθος απλών κόμβων καταγραφής RFD. Ορίζεται επίσης και ως και επικοινωνία σημείου προς σημείο (point-to-point), διότι όλοι οι κόμβοι καταγραφής επικοινωνούν απευθείας με τον κόμβο πλήρους λειτουργίας, που παίζει και το ρόλο συγκεντρωτή και είναι υπεύθυνος για την μετέπειτα προώθηση των δεδομένων. Βασική προϋπόθεση, η οποία παράλληλα αποτελεί σημαντικό περιορισμό της τοπολογίας αυτής, είναι η εγκατάσταση των τελικών κόμβων εντός της εμβέλειας του FFD, έτσι ώστε να είναι πραγματοποιήσιμη η επικοινωνία και η μεταφορά δεδομένων. Ιδιαίτερο πλεονέκτημα αποτελεί η απευθείας δρομολόγηση.

### **Τοπολογία Δένδρου**

Η τοπολογία δένδρου δημιουργείται με συγκέντρωση όλων των τελικών κόμβων που είναι τοποθετημένοι σε μεγάλη απόσταση από το συγκεντρωτή και δυσκολεύονται να επικοινωνήσουν άμεσα μαζί του. Σε κάθε ομάδα τελικών κόμβων η επικοινωνία γίνεται με έναν επαναλήπτη, που είναι κόμβος FFD, αφού είναι βασικό να διαθέτει λειτουργίες καταγραφής, λήψης και προώθησης πακέτων. Κύρια εργασία του επαναλήπτη είναι η λήψη δεδομένων από τους κόμβους κατώτερου επιπέδου και η προώθηση τους προς τον κόμβο – συγκεντρωτή. Αντιλαμβανόμαστε ότι κάθε πακέτο δεδομένων, για να καταφέρει να φθάσει στον τελικό προορισμό του πραγματοποιεί πολλά βήματα, χρησιμοποιώντας έτσι μια multi-hop δρομολόγηση. Η τοπολογία αυτή έχει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, εκείνο της κλιμακωσιμότητας, γιατί κάθε καινούργιος κόμβος έχει τη δυνατότητα να τοποθετείται σε μία ήδη υπάρχουσα ομάδα, γεγονός που τον κάνει άμεσα

λειτουργικό. Παρόλα αυτά, η αναφερόμενη τοπολογία χρειάζεται πρωτόκολλα δρομολόγησης που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα των κόμβων. Παραδείγματα αλγορίθμων δρομολόγησης είναι οι ROLL και AODV. Επίσης, οι αλγόριθμοι οφείλουν να είναι ευέλικτοι σε αλλαγές, όπως η είσοδος νέων κόμβων.

### **Mesh Τοπολογία**

Η κατανεμημένη (mesh) τοπολογία παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες ως αναφορά με τα χαρακτηριστικά της με την τοπολογία δένδρου, παρόλα αυτά όμως, χαρακτηρίζεται από μικρότερη ομοιομορφία στη χωρική κατανομή των κόμβων. Η δρομολόγηση της θεωρείται πολυβηματική (multi-hop) και πραγματοποιείται με παρόμοιους αλγορίθμους. Επίσης τα μειονεκτήματα καθώς και τα πλεονεκτήματα της τοπολογίας αυτής δεν διαφέρουν σημαντικά από εκείνα της τοπολογίας δένδρου. Το κυριότερο πλεονέκτημα της mesh τοπολογίας είναι η διαθεσιμότητα εναλλακτικών διαδρομών. Εξαιτίας της χωρικής ανομοιομορφίας, η επικοινωνία με τον κόμβο RFD μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια εναλλακτικής multi-hop δρομολόγησης. Όλοι οι κόμβοι στηρίζονται στους γειτονικούς τους για να μπορέσουν να μεταδώσουν δεδομένα. Η επικοινωνία αυτή γίνεται και σε περιπτώσεις που ο γειτονικό κόμβος τεθεί εκτός λειτουργίας μέσω της mesh τοπολογίας και της εναλλακτικής δρομολόγησης. Είναι σημαντικό να προσθέσουμε πως στην τοπολογία δένδρου δεν είναι εφικτή η εναλλακτική δρομολόγηση στην περίπτωση όπου τεθεί εκτός λειτουργίας ο κόμβος.

### **Τοπολογία Διαύλου**

Στην τοπολογία διαύλου, όλοι οι κόμβοι συνδέονται στον ίδιο φυσικό δίαυλο. Τα στοιχεία από ένα κόμβο φθάνουν σε όλους και κάθε κόμβος ελέγχει αν είναι ο παραλήπτης. Το κόστος δημιουργίας της τοπολογίας αυτής είναι σχετικά μικρό διότι περιλαμβάνει μόνο ένα δίαυλο, όμως έχει δυσκολότερη διαχείριση. Τέλος σε ενδεχόμενη διακοπή της σύνδεσης, το δίκτυο πρόσβασης σταματά τη λειτουργία του, αφού δεν υπάρχει εναλλακτική διαδρομή.

### **Τοπολογία Βρόχου**

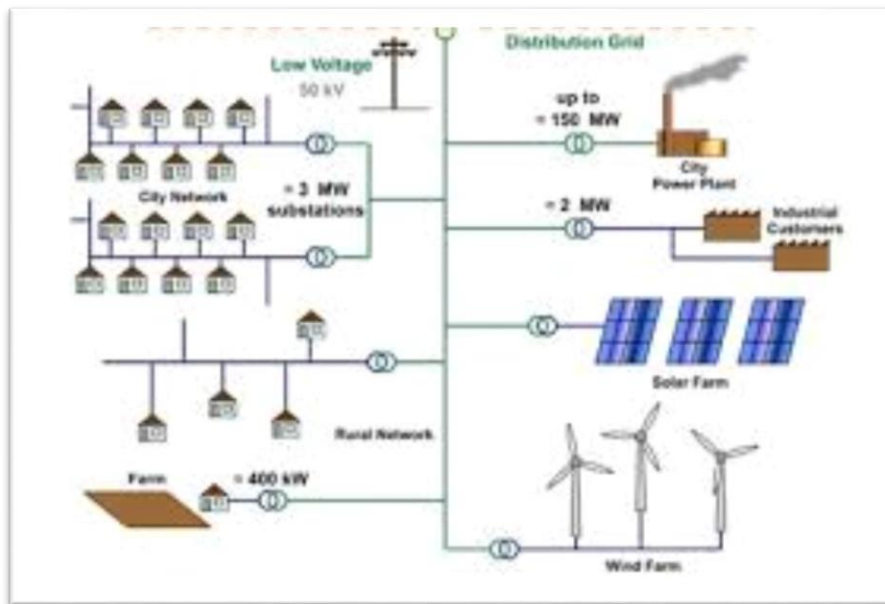
Στη βρογχοειδή τοπολογία, όλοι οι κόμβοι είναι συνδεδεμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο. Με λίγα λόγια, κάθε κόμβος ενώνεται συνδεσμολογικά με άλλους δύο κόμβους. Η μετάδοση των δεδομένων είναι ημιαμφίδρομη και διέρχονται από όλους τους κόμβους του δικτύου, που λειτουργούν και ως επαναλήπτες για να διατηρούν σε υψηλά επίπεδα την ισχύ του σήματος. Ακόμα, σε περίπτωση που μία ζεύξη παύσει να λειτουργεί, η τοπολογία βρόχου προσφέρει εναλλακτική δρομολόγηση, ενεργοποιώντας την αντίστροφη διαδρομή.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Διανεμημένη Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (Distributed Energy Generation)**

### **3.1 Διανεμημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Distributed Energy Generation)**

Η διεσπαρμένη παραγωγή σαν όρος έχει εμφανιστεί τα τελευταία δέκα χρόνια για να περιγράψει την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς ορίζεται ως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας( Α.Π.Ε), φυσικά αέρια, κυψέλες καυσίμου, συστήματα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού Θερμότητας (Σ.Η.Θ) κ.α, σε επίπεδα παραγωγής ισχύος αρκετά μικρής κλίμακας σε σχέση με τις αντίστοιχες συμβατικές μονάδες( οι τιμές κυμαίνονται από 1KW μέχρι 100MW ), οι οποίες συνδέονται στα δίκτυα πρωτεύουσας και δευτερεύουσας διανομής. Δηλαδή, σε διάφορα κατάλληλα επιλεγμένα σημεία των περιοχών κάλυψης των δικτύων μέσης και χαμηλής τάσης. Γι'αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται και ως διεσπαρμένη παραγωγή. Στη βιβλιογραφία πολλές φορές η διεσπαρμένη παραγωγή συναντάται με τους εναλλακτικούς όρους όπως ,διανεμημένη παραγωγή, διάσπαρτη παραγωγή, ενσωματωμένη παραγωγή, αποκεντρωμένη παραγωγή.

Η ένταξη της διανεμημένης παραγωγής λοιπόν, έχει ως συνέπεια την αμφίδρομη ροή ισχύος σε πολλά μέρη του δικτύου διανομής, με αποτέλεσμα η παραδοσιακή τους λειτουργία με ροή μιας κατεύθυνσης (από τους ζυγούς προς τα φορτία) να μεταβάλλεται ολοκληρωτικά, μετατρέποντάς τα από παθητικά σε ενεργητικά δίκτυα, δηλαδή σε ενεργά δίκτυα διανομής (activedistributionnetworks). Οι πηγές διεσπαρμένης παραγωγής όμως εξαιτίας της χαμηλής πυκνότητας της ενέργειας αλλά και της εξάρτησής τους από γεωγραφικές και κλιματικές συνθήκες εμφανίζονται κατά κύριο λόγο ως συναρμολογούμενες μονάδες μικρής ισχύος. Οι μονάδες αυτές, τοποθετούνται συνήθως για οικονομικούς και τεχνικούς λόγους πολύ κοντά στα φορτία, ενώ βρίσκονται διανεμημένες σε όλη τη γεωγραφική έκταση του δικτύου διανομής.

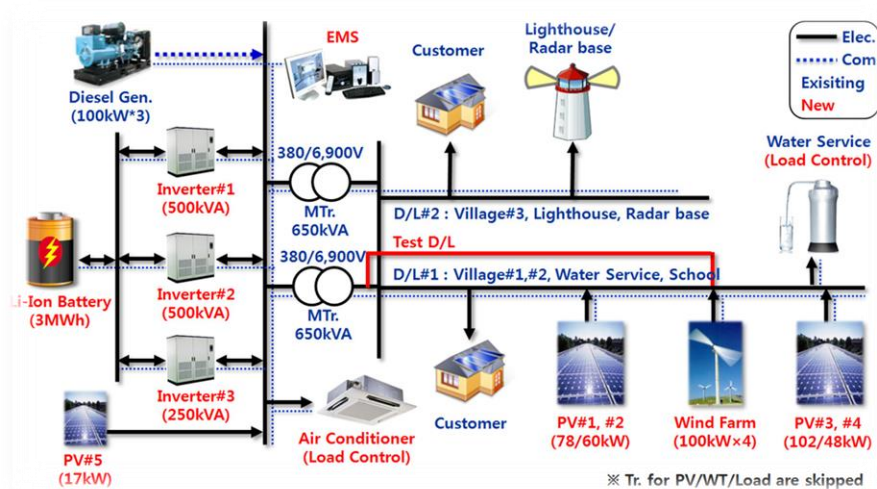


**Εικόνα 3.1:** Τυπική μορφή συστήματος διεσπαρμένης παραγωγής

Ο βασικός στόχος των ηλεκτρικών επιχειρήσεων είναι στο μέλλον, η αποκεντρωμένη παραγωγή να αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης κοινωνίας, προσφέροντας τόσο στους παρόχους όσο και στους καταναλωτές, υπηρεσίες οι οποίες χαρακτηρίζονται από ασφάλεια, προσβασιμότητα, καθαρότητα και ελαστικότητα. Αυτό που πρέπει να γίνει αντιληπτό είναι πως η επένδυση και η ανάπτυξη στις διάφορες τεχνολογίες που σχετίζονται με τη διανεμημένη παραγωγή, έχουν να προσφέρουν πολλά οφέλη, όχι μόνο στους καταναλωτές αλλά και σε όλους τους συμμετέχοντες με οποιονδήποτε τρόπο στις υπηρεσίες του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Για να μπορέσουμε να πετύχουμε τους επιδιωκόμενους στόχους, απαραίτητη προϋπόθεση είναι να υπάρχει ενοποιημένος έλεγχος της κεντρικής και της διεσπαρμένης παραγωγής σε όλα τα επίπεδα της τάσης. Θα πρέπει λοιπόν, να γίνουν οι απαραίτητες νομοθετικές ρυθμίσεις και να δοθούν οικονομικά κίνητρα, για επενδύσεις και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, ώστε να μεταβούμε, από τις τρέχουσες πρακτικές του συστήματος, οι οποίες στηρίζονται στον κεντρικό έλεγχο, προς την κατεύθυνση της αποκεντρωμένης προσέγγισης. Τέλος θα ήταν καλό να επισημάνουμε ότι, οι τεχνολογικές εξελίξεις στις τηλεπικοινωνίες, την πληροφορική και την πρόγνωση, θα έχουν ουσιαστική προσφορά προς την κατεύθυνση αυτή.

### 3.1.1 Τι είναι η Νησιδοποιημένη λειτουργία(Islandingoperation)

Γενικά, υπάρχουν διάφορα επίπεδα αποκεντροποίησης του ελέγχου του δικτύου τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν, από την πλήρως αποκεντρωμένη προσέγγιση έως τον ιεραρχικό έλεγχο. Στο διανεμημένο έλεγχο (distributed control), το χαμηλότερο επίπεδο ελέγχου, θα έχει τη δυνατότητα να μπορεί να λειτουργεί είτε ανεξάρτητα, δηλαδή να διακόπτεται από την ιεραρχία του υψηλότερου επιπέδου ελέγχου, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται η λεγόμενη νησιδοποιημένη λειτουργία (islanding operation) συγκεκριμένου μέρους του δικτύου, είτε επίσης να λειτουργεί διασυνδεδεμένα με το σύστημα (grid-connected mode)



Εικόνα 3.2: Παράδειγμα Νησιδοποιημένης Λειτουργίας

### 3.1.2 Ορισμός της Νησιδοποιημένης Λειτουργίας (IslandingOperation)

Με τον όρο νησιδοποιημένη λειτουργία, εννοούμε την αυτόνομη λειτουργία του συγκεκριμένου τμήματος του δικτύου, το οποίο θα έχει την ικανότητα να αντισταθμίζει την παραγωγή και τη ζήτηση εντός των αποδεκτών ορίων ποιότητας ισχύος που καθορίζονται από τις τοπικές απαιτήσεις του συστήματος. Αυτό, προϋποθέτει ότι, θα πρέπει να διατεθούν από τα συγκεκριμένα τμήματα του δικτύου ενεργειακοί πόροι από διεσπαρμένη παραγωγή, οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της παύσης από το κοινό δίκτυο, για την κάλυψη της ίδιας ενεργειακής ζήτησης. Η δυνατότητα αυτή, που είναι συνέπεια της ικανότητας ανεξαρτησίας του ελέγχου, αυξάνει την αξιοπιστία τροφοδότησης στα ίδια τμήματα του δικτύου. Αντίθετα, οι ενεργειακοί πόροι του συστήματος, σε περιπτώσεις σύνδεσης με το κοινό δίκτυο, αποτελούν κομμάτι της υπόλοιπης

παραγωγής και χρησιμοποιούνται με στόχο την κάλυψη της συνολικής πλέον ζήτησης του συστήματος με σκοπό τη βέλτιστη οικονομική λειτουργία του.

Είναι σαφές ότι τα συστήματα ελέγχου που είναι απαραίτητα για την επίτευξη των στόχων αυτών, θα πρέπει σε σχέση με τα ήδη υπάρχοντα, να είναι αρκετά πιο πολύπλοκα και προοδευτικά. Οι καινοτόμες τεχνολογίες, τα σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας, συλλογής και διαχείρισης των πληροφοριών καθώς και η χρήση κατά πολύ περισσότερων αισθητήρων και ελεγκτών σε σχέση με τα σημερινά δίκτυα διανομής, είναι βασικά γνωρίσματα που απαιτούνται για τις εκτιμήσεις των ροών φορτίου καθώς για τον έλεγχο της τάσης και της άεργης ισχύος.

### **3.1.3 Τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής και κατηγοριοποίηση**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το κύριο γνώρισμα της παραγωγής αυτού του είδους είναι ο τοπικός της χαρακτήρας. Με αυτό τον τρόπο η σύνδεση των μονάδων αυτών πραγματοποιείται είτε άμεσα με το δίκτυο διανομής ή στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή. Στη συνέχεια προβάλλονται αναλυτικά οι τύποι των τεχνολογιών διεσπαρμένης παραγωγής οι οποίες απαρτίζονται κυρίως από συστήματα παραγωγής ενέργειας και συστήματα αποθήκευσης. Δηλαδή:

#### **➤ Μικροτουρμπίνες**

Είναι μικρές τουρμπίνες που παράγουν ισχύ μεταξύ 25 και 500 kW. Η προέλευσή τους βασίζεται σε τεχνολογίες που υπήρχαν σε μεγάλα φορτηγά ή στις τουρμπίνες των αεροσκαφών.

#### **➤ Τουρμπίνες εσωτερικής καύσης**

Οι παραδοσιακές τουρμπίνες παράγουν ισχύ μεταξύ 500 kW και 25 MW για DER, και μέχρι 250 MW για κεντρική παραγωγή ισχύος. Το καύσιμο που χρησιμοποιούν είναι φυσικό αέριο, πετρέλαιο ή ένας συνδυασμός καυσίμων. Οι σύγχρονες τουρμπίνες έχουν αποδόσεις που κυμαίνονται από 20 έως 45% στο πλήρες φορτίο.

#### **➤ Μηχανές εσωτερικής καύσης**

Οι μηχανές εσωτερικής καύσης μετατρέπουν την ενέργεια που περιέχεται σε κάποιο καύσιμο σε μηχανική ενέργεια. Η μηχανική ενέργεια λοιπόν που παράγεται χρησιμοποιείται για την περιστροφή ενός άξονα μέσα στη μηχανή. Επίσης, με τη μηχανή εσωτερικής καύσης συνδέεται μια γεννήτρια η οποία μετατρέπει την περιστροφική κίνηση σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι γεννήτριες αυτές είναι διαθέσιμες από μικρά μεγέθη (5kW για εφεδρική γεννήτρια σε

κατοικίες) μέχρι μεγάλες γεννήτριες (7 MW). Οι μηχανές εσωτερικής καύσης χρησιμοποιούν διαθέσιμα καύσιμα όπως βενζίνη, φυσικό αέριο και diesel.

#### ➤ **Μηχανές Stirling**

Οι μηχανές Stirling ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών εξωτερικής καύσης. Αποτελούν σφραγισμένα συστήματα με ένα αδρανές αέριο, συνήθως ήλιο ή υδρογόνο, που θέτουν σε λειτουργία τη μηχανή. Είναι διαθέσιμες σε μικρά μεγέθη (1-25 kW) και προς το παρόν παράγονται σε μικρές ποσότητες για εξειδικευμένες εφαρμογές στη διαστημική και τη θαλάσσια βιομηχανία.

#### ➤ **Κυψέλες καυσίμου**

Τα συστήματα ισχύος με κυψέλες καυσίμου είναι αθόρυβα, καθαρά και αποδοτικά τοπικά συστήματα παραγωγής που χρησιμοποιούν μια ηλεκτροχημική διεργασία – όχι καύση – για τη μετατροπή του καυσίμου σε ηλεκτρισμό. Επιπροσθέτως της παροχής ενέργειας, μπορούν να προσφέρουν μια πηγή θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση του χώρου και του νερού ή για ψύξη απορρόφησης. Σε κάποιες έρευνες έχει αποδειχθεί ότι οι κυψέλες καυσίμου μειώνουν το κόστος για τις υπηρεσίες ηλεκτρισμού 20 με 40%.

#### ➤ **Αποθήκευση ενέργειας / Συστήματα UPS**

Οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας δεν παράγουν καθαρή ενέργεια όμως μπορούν να προμηθεύουν ηλεκτρική ενέργεια για μικρά χρονικά διαστήματα. Χρησιμοποιούνται για τη διόρθωση πτώσεων τάσης, flicker και έντονης κυμάτωσης που συμβαίνουν όταν η εταιρία παροχής ή οι πελάτες αλλάζουν προμηθευτές ή φορτία. Ακόμα έχουν την ικανότητα να χρησιμοποιηθούν ως Συστήματα Αδιάλειπτου Τροφοδοσίας (UPS). Γι'αυτό, οι τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θεωρούνται τεχνολογίες διασπαρμένης παραγωγής.

#### ➤ **Φωτοβολταϊκά Συστήματα**

Τα φωτοβολταϊκά κελιά (PV), ή αλλιώς ηλιακά κελιά, μετατρέπουν απευθείας το φως του ήλιου σε ηλεκτρική ενέργεια. Συγκεντρώνονται σε επίπεδα πάνελ τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σε τάρτσες ή άλλες ηλιόλουστες περιοχές. Παράγουν ηλεκτρισμό χωρίς να έχουν κινούμενα μέρη, λειτουργούν αθόρυβα και χωρίς εκπομπές.

#### ➤ **Αιολικά συστήματα**

Οι ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούν τον άνεμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτελούνται από μία τουρμπίνα με πτερωτές η οποία τοποθετείται στην κορυφή ενός ψηλού πύργου. Το ύψος του πύργου είναι έτσι σχεδιασμένο για να εκμεταλλευόμαστε τη μεγαλύτερη ταχύτητα του ανέμου, απαλλαγμένη από τις αναταράξεις που προέρχονται από τη μεσολάβηση εμποδίων όπως δέντρα, λόφοι και κτίρια. Κατά την περιστροφή της

τουρμπίνας με τον άνεμο, μια γεννήτρια παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος, μία ανεμογεννήτρια μπορεί να ποικίλλει σε μέγεθος από λίγα kW σε οικιακές εφαρμογές έως πάνω από 5 MW.

#### ➤ Υβριδικά συστήματα

Παραγωγοί και κατασκευαστές τεχνολογιών διασπαρμένης παραγωγής αναζητούν τρόπους να συνδυάσουν τεχνολογίες για να βελτιώσουν τις επιδόσεις και την απόδοση του εξοπλισμού διασπαρμένης παραγωγής.

### **3.1.4 Αισθητικά, Οικονομικά, Λειτουργικά και Περιβαλλοντικά οφέλη της Διεσπαρμένης Παραγωγής**

Η διεσπαρμένη παραγωγή (ΔΠ), μας παρέχει ένα σημαντικό πλήθος αισθητικών, λειτουργικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων. Τα οφέλη αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

#### **Αισθητικά**

Το βασικό πλεονέκτημα που προσφέρει η διεσπαρμένη παραγωγή σε επίπεδο αισθητικής είναι ότι, καλυτερεύει την εικόνα των συστημάτων που είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο, καταργώντας έτσι την ανάγκη για υπέργεια καλώδια.

#### **Οικονομικά**

Ως αναφορά τα οφέλη στο οικονομικό επίπεδο έχουμε ότι:

- Η χρήση της διεσπαρμένης παραγωγής οδηγεί σε μείωση του κόστους ελαττώνοντας τη ζήτηση αιχμής σε μια εγκατάσταση και κατά συνέπεια και τις χρεώσεις ζήτησης.
- Ενώ ακόμα, με την εισαγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δίνει τη δυνατότητα μικρότερου ρίσκου δηλαδή προσφέρει ουσιαστικά πιο προβλέψιμο ενεργειακό κόστος.

#### **Λειτουργικά**

Σε λειτουργικό επίπεδο οι θετικές συνέπειες της διεσπαρμένης παραγωγής είναι οι εξής:

- Χαρίζει μεγαλύτερη αξιοπιστία και ποιότητα ισχύος, ειδικά σε περιοχές όπου οι διακυμάνσεις τάσης είναι συχνές ή όπου η ενέργεια που παρέχεται από το δίκτυο δεν είναι αξιόπιστη.
- Βοήθα στο να επιτυγχάνονται οι βελτιώσεις στην απόδοση του εξοπλισμού σε περιπτώσεις όπου χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με εξοπλισμό συμπαραγωγής π.χ. θέρμανσης.



- Παρέχει ενέργεια σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν είναι εφικτή η επιλογή των παραδοσιακών γραμμών διανομής. Όπως για παράδειγμα πύργοι κεραιών, μικρά απομακρυσμένα χωριά ή πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου στον ωκεανό βρίσκονται εκτός του ηλεκτρικού δικτύου και επωφελούνται από τη διασπαρμένη παραγωγή ως βασική πηγή ενέργειας.
- Μειώνει την υπερφόρτωση στις γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Ενισχύει την αξιοπιστία του δικτύου.
- Η λήψη άδειας για τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής είναι ταχύτερη συγκριτικά με την αναβάθμιση των γραμμών διανομής.

### Περιβαλλοντικά

Κάποια από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά οφέλη είναι ότι:

- Η συνεχώς εντατικότερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας συντελεί στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, όπως επίσης συμβάλει και στη ελαχιστοποίηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>) αλλά και άλλων βλαβερών αερίων όπως είναι τα οξείδια του θείου και του αζώτου (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>), συνεισφέροντας έτσι με ουσιαστικό τρόπο στην προστασία του περιβάλλοντος.
- Επίσης, η μείωση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς εξαιτίας της σωστής χωροθέτησης των μικροπηγών σε σχέση με την τοποθεσία και δυναμικότητα, μπορεί να βελτιώσουν ακόμα περισσότερο το περιβαλλοντικό όφελος.

Πέρα από τα βασικά πλεονεκτήματα η διεσπαρμένη παραγωγή προσφέρει και κάποια δευτερεύοντα οφέλη όπως σταθερότητα, διασφάλιση από απρόοπτα και δυνατότητα «**black start**» (η δυνατότητα μιας μονάδας παραγωγής κατά τη διάρκεια της αποκατάστασης του συστήματος να μεταβεί από απενεργοποιημένη κατάσταση σε κατάσταση λειτουργίας και να αρχίσει να παράγει ενέργεια χωρίς να υποβοηθηθεί από το ηλεκτρικό σύστημα.

Έπειτα ακολουθούν πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την παραγωγή, η οποία ανταποκρίνεται άμεσα και γρηγορότερα σε νέες απαιτήσεις ισχύος. Επίσης θα ήταν καλό στο σημείο αυτό, να τονίσουμε ότι ένα από τα κύρια γνωρίσματα της διεσπαρμένης παραγωγής είναι ότι οι αυξομειώσεις στην εγκατεστημένη ισχύ μπορούν να επιτευχθούν με μικρές αυξήσεις σε πλήρη συμφωνία με τη ζήτηση, σε αντίθεση με την κατασκευή μεγάλων, κεντρικών εργοστασίων ενέργειας κατασκευασμένων για την κάλυψη κυρίως μελλοντικής και όχι τρέχουσας ζήτησης.

Επίσης, έχουμε οφέλη που αφορούν την ασφάλεια, όπως η ενδυνάμωση της ενεργειακής ασφάλειας –εφεδρική ενέργεια. Ακόμα στην κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης έχουμε καθαρότερη, πιο αθόρυβη λειτουργία η οποία

μειώνει τις εκπομπές για κάποιες τεχνολογίες (π.χ. τεχνολογίες που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια και τον άνεμο και κυψέλες καυσίμου). Τέλος, με τη χρήση της διεσπαρμένης παραγωγής, πραγματοποιείται η ελάττωση καθώς και η αναβολή των αναβαθμίσεων των έργων υποδομής (γραμμές και υποσταθμοί) και ακόμα γίνεται επιτρεπτή η αποτελεσματική οικονομική διαχείριση ενέργειας και φορτίου.

### **3.1.5 Μειονεκτήματα της Διεσπαρμένης Παραγωγής**

Η είσοδος σημαντικού αριθμού διεσπαρμένων μονάδων παραγωγής ενέργειας, σε ευρεία κλίμακα, μπορεί να οδηγήσει σε ασταθή λειτουργία το δίκτυο από τη μεγάλη σύνεση που χαρακτηρίζουν κυρίως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι οποίες είναι παραγωγές που όταν εξαφανιστούν θα πρέπει να αναλάβουν το ρόλο τους συμβατικές μονάδες που έχουν συγκεκριμένους χρόνους αντίδρασης. Η διεσπαρμένη παραγωγή απαιτεί αμφίδρομη ροή ισχύος και σύνθετη διαχείριση ενέργειας, χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να παρουσιάσουν προβλήματα και να οδηγήσουν σε έντονη διακύμανση της τάσης. Ακόμα οι πολλαπλές πηγές, κάθε μία από τις οποίες δεν μπορεί να εντοπίσει ανεξάρτητη τα εκάστοτε σφάλματα του δικτύου, είναι υπαίτιες για τα πιθανά βραχυκυκλώματα καθώς και τις υπερφορτίσεις στο δίκτυο. Επιπροσθέτως, η αντιμετώπιση του προβλήματος της νησιδοποίησης (islanding), μέχρι πρότινος αποτελούσε ένα σημαντικό ηλεκτρικό πρόβλημα για τους διαχειριστές των δικτύων, διότι όταν παρόλο που το δίκτυο ήταν αποσυνδεδεμένο με το ανάντη (κεντρικό σημείο διασύνδεσης), οι μονάδες συνέχιζαν να παράγουν ισχύ. Τέλος η πολυπλοκότητα διαχείρισης ενός πλέον μεγάλου αριθμού πηγών ενέργειας δυσκολεύει τον διαχειριστή και τον υποχρεώνει σε επενδύσεις συστημάτων ελέγχου.

Στη συνέχεια προβάλλονται τα μειονεκτήματα της διεσπαρμένης παραγωγής:

- 1) Η συνεχώς αυξανόμενη ένταξη της διεσπαρμένης παραγωγής στην ήδη προϋπάρχουσα παραγωγή, θα έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη επιλογή μεταξύ των κύριων καυσίμων. Αυτό θα μπορούσε να ελαχιστοποιήσει τη διαφορετικότητα των πρωταρχικών αποθεμάτων ενέργειας. Με δεδομένο ότι η πλειοψηφία των τεχνολογιών διεσπαρμένης παραγωγής στηρίζονται πρώτα στο αέριο, αναμένεται έντονα ανεβασμένη ζήτηση και εξάρτηση από αυτό.
- 2) Σε σχέση με την κεντρική παραγωγή το κόστος στη διεσπαρμένη παραγωγή για την πρωταρχική παραγωγή καυσίμου, διακρίνεται να είναι πολύ εξαιτίας οικονομικών κλίμακας. Στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει δυσκολία ακριβής πρόβλεψης για την ικανότητα παραγωγής

συγκεκριμένων εγκαταστάσεων παραγωγής. Γι'αυτό πρέπει να πραγματοποιείται πρόβλεψη, η οποία όμως δεν έχει την ικανότητα να προσδιορίσει με ακρίβεια την ποσότητα ισχύος που θα είναι δυνατό να παραχθεί. Σε μικρά χρονικά διαστήματα μπορούν να υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις στη δυνατότητα παραγωγής ή ακόμα και απώλεια της παραγωγής εξαιτίας της φύσης ορισμένων πηγών όπως είναι για παράδειγμα ο άνεμος ή ο ήλιος. Συνεπώς το ποσοστό της ζήτησης που μπορεί να ισοσταθμιστεί από ανανεώσιμες πηγές είναι περιορισμένο, δηλαδή η διείσδυση είναι μειωμένη και γι'αυτό το λόγο πρέπει πάντα να υπάρχει εφεδρεία συμβατικών μονάδων παραγωγής. Το πρόβλημα αυτό απασχολεί κυρίως τα ανεξάρτητα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

- 3) Η χρήση μεγάλου αριθμού μονάδων παραγωγής μπορεί να προκαλέσει, πέρα από τη συνηθισμένη ροή φορτίου από τη μέση στη χαμηλή τάση, ακόμα και ροή φορτίου, από τη χαμηλή τάση στο δίκτυο μέσης τάσης. Η αμφίδρομη ροή του φορτίου, ζητά διαφορετικά μέσα προστασίας και στα δύο επίπεδα τάσης. Επίσης, οι μονάδες παραγωγής προσφέρουν ιδιαίτερη προσαρμοστικότητα. Έτσι απαιτείται καλύτερη ανάλυση και μεγαλύτερη προσοχή όσον αφορά τη διαχείριση και λειτουργία του δικτύου.
- 4) Επιπροσθέτως, η συνεισφορά των διεσπαρμένων γεννητριών στο ρεύμα βραχυκύκλωσης θα μπορούσε να αποτελέσει αιτία αποκοπής των υγιών γραμμών, στις οποίες συνδέονται διεσπαρμένες γεννήτριες λόγω της γρήγορης αντίδρασης των γραμμών μέσης τάσης σε σφάλματα του δικτύου. Όταν σε κάποιες περιπτώσεις οι διεσπαρμένες γεννήτριες συνεχίζουν να είναι συνδεδεμένες σε μια προβληματική γραμμή, θα μπορούσαν να κρατήσουν τη γραμμή υπό διέγερση και να εμποδίσουν την απόσβεση σφαλμάτων. Από την άλλη πλευρά όμως, μπορεί όταν οι γεννήτριες έχουν αποσυντονιστεί με το δίκτυο, να πραγματοποιηθεί αυτόματη επανάρθρωση της γραμμής το οποίο θα είχε ενδεχομένως αρκετά καταστρεπτικές επιπτώσεις για τις γεννήτριες. Η τροφοδοσία αποσυνδεδεμένων γραμμών από το δίκτυο λόγω σφαλμάτων μέσης καθώς και χαμηλής τάσης που προκαλούνται από διεσπαρμένες γεννήτριες, μπορεί να προκαλέσει πιθανή ζημία στους καταναλωτές λόγω των μεγάλων αποκλίσεων της τάσης και της συχνότητας από τις ονομαστικές τιμές τους.
- 5) Όλες οι τεχνολογίες παραγωγής ξεχωριστά χαρακτηρίζονται από άμεσες και έμμεσες εκπομπές ρύπων. Ως έμμεσες ορίζονται οι εκπομπές ρύπων οι οποίες συμβαίνουν κατά τη διαδικασία κατασκευής και μεταφοράς της μονάδας. Επίσης οι διαφορετικές γνώμες σχετικά με θέματα όπως η υψηλή στάθμη θορύβου και η οπτική ρύπανση που προκαλεί μια

ανεμογεννήτρια, είναι γνωρίσματα τα οποία δυσκολεύουν την περιβαλλοντική εκτίμηση.

- 6) Επιπλέον άλλο ένα μειονέκτημα που παρουσιάζει η διεσπαρμένη παραγωγή, είναι το σχετικά υψηλό κόστος κεφαλαίου ανά kW εγκατεστημένης ισχύος, σε σχέση με τα μεγάλα κεντρικά εργοστάσια παραγωγής. Τέλος, διαφορές υπάρχουν και στα κόστη κεφαλαίου για διαφορετικές τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής τα οποία ποικίλουν από 1.000 €/kW έως 10.000 €/kW στις τουρμπίνες καύσης και σε κυψέλες καυσίμου αντίστοιχα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Εισαγωγή στα Μικροδικτύα (Micro grids)

Τα μικροδίκτυα αποτελούν ένα μοντέλο δικτύου που συμβάλει καθοριστικά στον εκσυγχρονισμό των συστημάτων ενέργειας, δηλαδή στοχεύουν στην αποδοτική λειτουργία των νέων γεννητριών συμβατικών καυσίμων, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και την μείωση των απωλειών διανομής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με την αύξηση της αξιοπιστίας. Σε περίπτωση εφαρμογής πλήθους μορφών και ισχύων διεσπαρμένης παραγωγής, το μικροδίκτυο αποτελεί άριστη μορφή ανάπτυξης ενός σύγχρονου δικτύου με χαρακτηριστικά που το μετατρέπουν σε άμεσο όφελος για τη συνολική οντότητα του δικτύου.

### 4.1 Ορισμός Μικροδικτύου

Το ηλεκτρικά απομονωμένο σύνολο καταναλωτών (φορτίων) και παραγωγών(γεννητριών) που έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτήσουν ακόμα και κατ' αποκλειστικότητα το σύνολο της ζήτησης των καταναλωτών και συνεπώς να διασφαλίσουν αυτονομία στο δίκτυο αυτό καλείται ως μικροδίκτυο(microgrid). Ένα μικροδίκτυο περιλαμβάνει πηγές διεσπαρμένης παραγωγής (distributed generation) από λίγα kW μέχρι μερικά MW, καθώς και συσκευές αποθήκευσης (πυκνωτές, μπαταρίες, σφονδύλους κ.α). Τα μικροδίκτυα λοιπόν είναι ένα είδος συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας που αναμένεται στο μέλλον να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο σε συνδυασμό με την εξέλιξή του σε έξυπνο δίκτυο που αναφέρεται κυρίως σε συστήματα και λειτουργίες ελέγχου παρά σε δόμη δικτύου. Ο σχεδιασμός ενός μικροδικτύου είναι αυτόνομος από το κεντρικό δίκτυο (ανάντη δίκτυο), όμως έχει τη δυνατότητα να διασυνδεθεί με αυτό, για ανταλλαγή ενέργειας στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας.

Κάποιες από τις βασικές πηγές ενός μικροδικτύου είναι οι γεννήτριες ντίζελ ή φυσικού αερίου, συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού (γεννήτριες, μικροστρόβιλοι), οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι κυψέλες καυσίμου, οι γεωθερμικοί και ηλιοθερμικοί σταθμοί, τα μικρά υδροηλεκτρικά, επίσης οι μονάδες που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη βιομάζα, βιοντίζελ ή οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Θα ήταν καλό λοιπόν ένα μικροδίκτυο να εγκατασταθεί σε μέρος όπου υπάρχει διαθέσιμη μια από τις παραπάνω φυσικές πηγές ενέργειας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της παραγωγής της και να καλύπτονται αποδοτικότερα οι καταναλώσεις της περιοχής που εγκαθίσταται.

Ο βαθμός χρησιμοποίησης του μικροδικτύου ποικίλει, από μια οικία που χρησιμοποιεί ένα υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκών και γεννήτριας ντίζελ ή

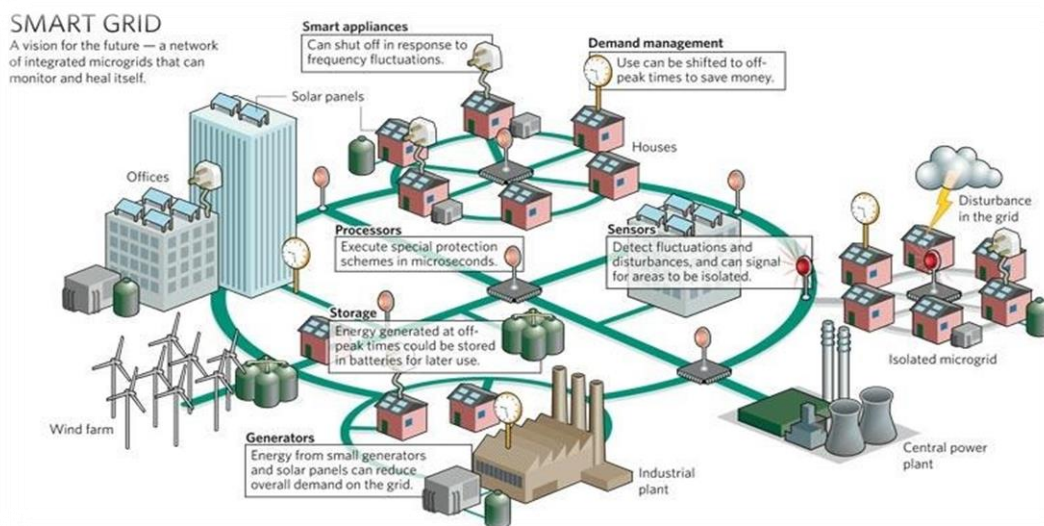
βιοκαυσίμων, ένα νοσοκομείο που χρησιμοποιεί κυψέλες καυσίμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ζεστού νερού, μέχρι και μια πόλη που τροφοδοτείται από σταθμούς βιομάζας, γεννήτριες ντίζελ και αιολικά πάρκα. Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να προσθέσουμε πως σε ο συνδυασμός ανανεώσιμων πηγών με νέες τεχνολογίες συμπαραγωγής θα μπορούσε να κάνει την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στο μικροδίκτυο ανταγωνιστική σε σχέση με αυτή των κεντρικών δικτύων.

Το μέγεθος και η φιλοσοφία του μικροδικτύου που εμπεριέχει την έννοια της διεσπαρμένης παραγωγής, καθώς και οι μικρής ισχύος μονάδες παραγωγής που αποτελείται, οδηγούν την υλοποίησή του (παραγωγή και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας) σε επίπεδο χαμηλής τάσης, όπου εξ' ορισμού δεν γίνεται μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Το μέγεθος βέβαια των μονάδων παραγωγής και των καταναλωτών (φορτίων) είναι ουσιαστικά αυτό που καθορίζει το επίπεδο τάσης. Σημαντικό χαρακτηριστικό των μικροδικτύων είναι ο συντονισμένος έλεγχος τους. Το γνώρισμα τους αυτό τους δίνει τη δυνατότητα να εμφανίζονται στο ανάντη δίκτυο ως μια ενιαία οντότητα (φορτίο ή παραγωγή ανάλογα με την κατάσταση λειτουργίας τους) μέσω του δικού τους αποκεντρωμένου συστήματος ελέγχου το οποίο δεν επηρεάζει αρνητικά τα συστήματα ελέγχου του ανάντη ευρισκόμενου δικτύου. Έτσι, με τοπική διαχείριση επιτυγχάνεται ο συντονισμός του μικροδικτύου και η εμφάνιση στο κεντρικό δίκτυο μίας, συνολικής κατάστασης.

Ένα ακόμα εξίσου βασικό γνώρισμα των μικροδικτύων όπως ήδη προαναφέρθηκε είναι η δυνατότητα τους όχι μόνο να λειτουργούν σε καθεστώς διασυνδεδεμένης λειτουργίας με το δίκτυο μέσης τάσης (μέσω μετασχηματιστή ΧΤ/ΜΤ), που είναι και η συνήθης λειτουργία τους, αλλά και αυτόνομα(νησιδοποιημένα),σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης δηλαδή, όταν διακοπεί η διασύνδεσή τους με το κύριο δίκτυο. Παρόλα αυτά και στη δεύτερη περίπτωση επιτυγχάνουν με οργανωμένο και ελεγχόμενο τρόπο να παρέχουν στους καταναλωτές αυξημένη αξιοπιστία και σημαντική ποιότητα ισχύος. Σαφώς αυτή τους η δυνατότητα απαιτεί εξελιγμένες υποδομές προστασίας, ελέγχου, τηλεπικοινωνιών και πληροφορικής προκειμένου να είναι σε θέση να παράσχουν όσο το δυνατό ποιο σταθερή και αυτόνομη λειτουργία. Από την πλευρά του κυρίως ηλεκτρικού δικτύου (ανάντη), ένα μικροδίκτυο αντιμετωπίζεται σαν μια ελεγχόμενη οντότητα η οποία μπορεί να λειτουργεί όπως ένα συγκεντρωμένο φορτίο ή μια πηγή ενέργειας, συνεπώς και ως βοηθητική υπηρεσία που υποστηρίζει το δίκτυο εάν είναι δυνατό. Από την πλευρά του καταναλωτή, τα μικροδίκτυα εκπληρώνουν τις ανάγκες για ηλεκτρισμό (και θερμότητα μέσω μονάδων συμπαραγωγής), ακριβώς όπως τα παραδοσιακά δίκτυα διανομής, επιπροσθέτως δε ενισχύουν την τοπική αξιοπιστία ηλεκτροδότησης (μέσω της διεσπαρμένης παραγωγής), μμειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (CO<sub>2</sub>) και βελτιώνουν την ποιότητα

ισχύος υποστηρίζοντας κυρίως τη σταθεροποίηση της τάση, μειώνοντας τις βυθίσεις της.

Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι το κυριότερο χαρακτηριστικό του μικροδικτύου είναι η διπλή φύση λειτουργίας του που του εξασφαλίζει τη δυνατότητα σε περιπτώσεις όπου οι συνθήκες είναι ομαλές να λειτουργεί σε συνδυασμό με το ανάντη δίκτυο και να μεταβιβάζει ενέργεια με αυτό, ενώ αυτόματα να τεθεί σε απομονωμένη λειτουργία σε περιπτώσεις σφαλμάτων του κυρίως δικτύου. Συμπερασματικά, το μικροδίκτυο για το κυρίως ευρισκόμενο δίκτυό του αντιμετωπίζεται σαν ένα σημειακό φορτίο ή σαν μία αντίστοιχη παραγωγή η οποία με τα κατάλληλα οικονομικά κίνητρα μπορεί να προσφέρει πολύ μεγάλη βοήθεια (στήριξη) στο δίκτυο, ιδιαίτερα σε περιόδους αιχμής.



**Εικόνα 4.1:** Τυπική μορφή μικροδικτύου

Η πρόβλεψη ότι οι διεσπαρμένες πηγές ενέργειας (Distributed Energy Resources) που αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό ενός μικροδικτύου, μέσα στις επόμενες δεκαετίες θα διαμορφώσουν τον τρόπο με τον οποίο θα παρέχεται πλέον η ηλεκτρική ενέργεια στηρίζεται στις ακόλουθες υποθέσεις:

- Παρουσιάζεται σημαντική βελτίωση της τεχνολογίας παραγωγής ενέργειας σε μικρή κλίμακα, ανανεώσιμων αλλά και συμβατικών πηγών και όλες οι ενδείξεις συντείνουν στην προσδοκία για ακόμα μεγαλύτερη ανάπτυξη στο μέλλον.
- Χωροταξικοί περιορισμοί, περιβαλλοντικά θέματα, ανεπάρκεια ορυκτών καυσίμων και άλλοι περιορισμοί θα επιδράσουν αρνητικά

στην εξάπλωση της υπάρχουσας υποδομής παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.

- Θα έχουμε ενίσχυση στην επιθυμία των καταναλωτών να ελέγχουν την ποιότητα και την αξιοπιστία των παροχών που τους προσφέρονται.
- Τα ηλεκτρονικά ισχύος μπορούν να επιτρέψουν τη λειτουργία ημιαυτόνομων συστημάτων.
- Η δυναμική εφαρμογής τεχνολογιών συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θέρμανσης (CHP) μικρής κλίμακας θα οδηγήσει στην μετάθεση της παραγωγής πιο κοντά σε θερμικά φορτία.

Βασική απαίτηση για την αύξηση της διεσπαρμένης παραγωγής είναι η ύπαρξη μικροδικτύων ,δηλαδή περιορισμένων σε χώρο, ημιαυτόνομων συνόλων φορτίων και παραγωγών που λειτουργούν υπό συντονισμένο τοπικό έλεγχο. Στο μικροδίκτυο, οι γεννήτριες καθώς και τα φορτία τοποθετούνται με στόχο τη μείωση του κόστους τροφοδοσίας της ζήτησης ηλεκτρισμού, διατηρώντας ταυτόχρονα ισορροπία ισχύος και προσφέροντας ασφάλεια και ποιότητα κατά τη λειτουργία.

Το πρώτο βήμα προς τη σταδιακή απομάκρυνση από το πρότυπο ανάπτυξης ηλεκτρικών δικτύων είναι το άνοιγμα της αγοράς. Με την εφαρμογή αυτού του βήματος το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας θα εξαπλώνεται με βάση τους στόχους των καταναλωτών και όχι σύμφωνα με το σύνολο των στόχων κεντρικής αρχής. Εν κατακλείδι, παρόλο που με βάση το καθαρό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το μικροδίκτυο φαίνεται να υστερεί ενός κεντρικού σταθμού παραγωγής, έχει τη δυνατότητα να προσφέρει μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα που εξισορροπούν τον παραπάνω ισχυρισμό και θα μπορούσαν να το κάνουν πολύ πιο ελκυστικό οικονομικά. Καταρχάς, το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εντός του μικροδικτύου συγκρίνεται μόνο με τις λιανικές τιμές πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας και όχι με το καθαρό κόστος παραγωγής ενός κεντρικού σταθμού.

## **4.2 Επιδράσεις στη λειτουργία ενός ΣΗΕ από τα Μικροδίκτυα**

Τα μικροδίκτυα επηρεάζουν σημαντικά τη γενικότερη λειτουργία του ΣΗΕ, είτε αποτελώντας μια ξεχωριστή μονάδα είτε και μέρος του συνολικού δικτύου. Επιδρούν σε αυτό θετικά στοχεύοντας την αποφυγή δημιουργίας επιπρόσθετων προβλημάτων και ταυτόχρονα δημιουργώντας συνθήκες αντιμετώπισης τους ως μίας συνολικής οντότητας.

### **4.2.1 Πλεονεκτήματα των Μικροδικτύων**



Κάποια από τα βασικά πλεονεκτήματα που εξασφαλίζει η δομή του μικροδικτύου στη λειτουργία του συνολικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω:

**1)** Το αρχικό πλεονέκτημα είναι η αδιάκοπη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας εντός του μικροδικτύου, ακόμα και σε περιπτώσεις κατάρρευσης του ανάντη δικτύου παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (νησιδοποίηση). Η ικανότητα απομονωμένης λειτουργίας μπορεί να παρέχει στον καταναλωτή που ανήκει στο υπάρχον μικροδίκτυο την ασταμάτητη λειτουργία την ίδια ώρα όπου το κεντρικό δίκτυο διανομής μπορεί να βρίσκεται σε ασταθή κατάσταση ή να έχει καταρρεύσει προσωρινά (blackout). Η σωστή και αξιόπιστη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές είναι ένα ζήτημα υψίστης σημασίας, εξαιρετικά για τους καταναλωτές, όπως νοσοκομεία, για τους οποίους είναι σημαντική η αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας.

**2)** Ένα άλλο θετικό αποτέλεσμα των μικροδικτύων είναι η αποδοτικότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με την ελαχιστοποίηση των απωλειών και τη βελτίωση της ποιότητας ισχύος μέσω της διεσπαρμένης παραγωγής που εγκαθίστανται κοντά στους καταναλωτές. Έτσι, ευεργετική αποδεικνύεται η τοπική κάλυψη του φορτίου που δεν συνεπάγεται μικρά μήκη γραμμών όπως και λίγους ενδιάμεσους καταναλωτές που αλλοιώνουν με τη χωρητική (ή επαγωγική για φορτία) συμπεριφορά τους τον συντελεστή ισχύος.

**3)** Επίσης παρουσιάζεται μικρότερη περιβαλλοντική επίδραση, λόγω μειωμένων εκπομπών αερίων και σωματιδίων. Αυτή επιτυγχάνεται καλύτερα με την εφαρμογή σε μεγάλο βαθμό ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μικροτουρμπίνων και γενικά καθαρών, νέων τεχνολογιών, φιλικότερων προς το περιβάλλον.

**4)** Ακόμα ένα σημαντικό προσόν είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των καταναλωτών, όταν το μικροδίκτυο λαμβάνει μέρος σε μια εντελώς απελευθερωμένη αγορά ενέργειας.

**5)** Η άμεση και εύκολη διαχείριση των φορτίων (απόρριψη φορτίων), είναι μια διαδικασία που βοηθά σημαντικά την ευστάθεια του δικτύου αλλά και στην οικονομική λειτουργία του συστήματος σε περιόδους αιχμιακής λειτουργίας.

**6)** Τέλος, από την πλευρά του διαχειριστή του δικτύου διανομής, η δυνατότητα τοπικής κάλυψης του φορτίου από το μικροδίκτυο προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα που εκκίνονται από τη δυνατότητα αναβολής επενδύσεων προς ενίσχυση του δικτύου και των κεντρικών σταθμών παραγωγής έως τη μεγαλύτερη ευελιξία στον έλεγχο του δικτύου, ιδιαίτερα κατά τον χειρισμό των οριακών καταστάσεων όπως προαναφέρθηκε.

Ορισμένες από τις μεταβλητές που επηρεάζουν και διακρίνουν τις δυνατότητες ενός μικροδικτύου, από οικονομικής και τεχνικής απόψεως, αποτελούν:

- Ο τύπος των φορτίων του (οικιακό, βιομηχανικό, εμπορικό ή συνδυασμός τους).
- Το πλήθος των καταναλωτών.
- Ο τύπος των πηγών διεσπαρμένης παραγωγής (φωτοβολταϊκές πηγές, αιολική ενέργεια, κυψέλες καυσίμου, μικροτουρμπίνες κλπ).
- Το μέγεθος (ισχύς), ο αριθμός των μονάδων παραγωγής και το προφίλ παραγωγής τους.
- Το επίπεδο της αξιοπιστίας του μικροδικτύου. Μια μέθοδος μέτρησης του συγκεκριμένου μεγέθους είναι και το ποσοστό ανεπάρκειας τροφοδοσίας των προβλεπόμενων φορτίων.

Όπως ήδη αναφέρθηκε το μικροδίκτυο είναι διαμορφωμένο ώστε να λειτουργεί τόσο σε αμφίδρομη σύνδεση με το δίκτυο όσο και σε αυτόνομη κατάσταση, σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Η δυνατότητα σύνδεσης του μικροδικτύου με το ανάντη δίκτυο του επιτρέπει την ανταλλαγή ενέργειας καθώς και την επιστροφή της πλεονάζουσας ενέργειας σε αυτό ή και την απορρόφηση της σε ενδεχόμενο όπου οι μονάδες του δικτύου δεν είναι επαρκείς για να καλύψουν την τοπική ζήτηση. Σε περιπτώσεις παραλληλισμένης λειτουργίας με το κεντρικό δίκτυο, αυτό που επιθυμούμε είναι να αποφεύγονται όσο το δυνατόν περισσότερο προβλήματα που δύναται να προκαλεί το μικροδίκτυο, κάτι που σημαίνει πως η ποιότητα της τάσης πρέπει να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του δικτύου και η απορροφούμενη ενέργεια να μην ξεπερνά τις απαιτήσεις (σε όρους ποιότητας) ενός τυπικού καταναλωτή. Επίσης το μικροδίκτυο μπορεί ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μετέχει σε υποστηρικτικό ρόλο στο κεντρικό δίκτυο. Λειτουργία που μπορεί να σημαίνει ότι το μικροδίκτυο θα απορροφά ή θα παρέχει ενεργό ή άεργο ισχύ όταν χρειάζεται για ρύθμιση τάσης ή αποφόρτιση στο σημείο σύνδεσης με το κεντρικό. Είναι κατανοητό ότι στην παραπάνω λειτουργία απαιτείται συγχρονισμένη επικοινωνία και χειρισμοί όλων των μονάδων ελέγχου του μικροδικτύου και του κεντρικού συστήματος.

#### **4.2.2 Μειονεκτήματα των Μικροδικτύων**

Παρά τα θετικά οφέλη που παρέχουν τα μικροδίκτυα στη λειτουργία του συνολικού συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ωστόσο θα ήταν εφικτό να επισημάνουμε ότι πάσχουν από κάποια βασικά μειονεκτήματα τα οποία αναλύονται διεξοδικά παρακάτω:

**1)** Το υψηλό κόστος των κατανεμημένων ενεργειακών πόρων εγκατάστασης για Μικροδίκτυα είναι ένα μεγάλο μειονέκτημα . Αυτό μπορεί να μειωθεί με την τοποθέτηση μερικών μικροδικτύων με μορφή επιδότησης από κρατικούς φορείς για την ενθάρρυνση των επενδύσεων . Όμως αυτό θα πρέπει να γίνει τουλάχιστον για μια μεταβατική περίοδο για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων δέσμευσης του άνθρακα . Υπάρχει ένας παγκόσμιος σκοπός που αφορά την ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στο 20 % μέχρι το 2020 έτσι ώστε περιοριστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 50 % μέχρι το 2050.

**2)** Τεχνικές δυσκολίες οι οποίες σχετίζονται με την έλλειψη τεχνικής εμπειρίας για τον έλεγχο και τη σύνδεση ενός μεγάλου αριθμού μικροπαραγωγών. Το ζήτημα αυτό απαιτεί εκτεταμένη έρευνα σχετικά με τη διαχείριση, την προστασία και τον έλεγχο του μικροδικτύου και επίσης σχετικά με την επιλογή , το μέγεθος και την τοποθέτηση των μικροπαραγωγών. Είναι προφανές ότι πρέπει να αναπτυχθούν ειδικά πρωτόκολλα τηλεπικοινωνιακών υποδομών και επικοινωνίας σε αυτόν τον τομέα. Παρόλο που η έρευνα των IEC 61850 βρίσκεται σε εξέλιξη για την εφαρμογή, την ανάπτυξη καθώς και την επικοινωνία των μικροδικτύων με το ανάντη δίκτυο, ωστόσο , παρουσιάζεται έλλειψη της κατάλληλης υποδομής επικοινωνιών σε αγροτικές περιοχές είναι ένα μειονέκτημα στην εφαρμογή των αγροτικών Μικροδικτύων . Εκτός αυτού , η οικονομική υλοποίηση αποσκοπεί στην εναλλαγή του τρόπου λειτουργίας που εξακολουθεί να είναι μια μεγάλη πρόκληση , δεδομένου ότι οι διαθέσιμες λύσεις για προστασία και έλεγχο είναι αρκετά ακριβές.

**3)** Ελλείπει προτύπων αναφορικά με τη λειτουργία και την προστασία των μικροδικτύων. Δεδομένου ότι τα μικροδίκτυα είναι ένας σχετικά νέος τομέας , τα πρότυπα που τα αφορούν δεν είναι ακόμα διαθέσιμα για την αντιμετώπιση θεμάτων λειτουργίας και προστασίας τους. Γι' αυτό θα πρέπει να καθοριστούν η ποιότητα των δεδομένων για τους διάφορους τύπους των πηγών , τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα για την ένταξη των μικροπαραγωγών και τη συμμετοχή τους σε συμβατικές αγορές ενέργειας , οι οδηγίες ασφάλειας και προστασίας , κ.λπ. Επίσης Πρότυπα όπως G59 / 1 και IEEE 1547 πρέπει να επαναξιολογηθούν και να αναδιαρθρωθούν για την επιτυχή υλοποίηση των μικροδικτύων και των ενεργών δικτύων διανομής.

**4)** Νομικά και διαχειριστικά ζητήματα, λόγω έλλειψης νομοθεσίας και κανονισμών σχετικά με τη λειτουργία και την προστασία των μικροδικτύων. Στις περισσότερες χώρες , δεν υπάρχει πρότυπη νομοθεσία και διαθέσιμοι

κανονισμοί για τη ρύθμιση της λειτουργίας των Μικροδικτύων. Ωστόσο, οι κυβερνήσεις ορισμένων χωρών ενθαρρύνουν την εγκαθίδρυση της πράσινης ενέργειας δηλαδή των Μικροδικτύων , παρόλο που δεν έχουν διαμορφωθεί ακόμα οι τυπικές ρυθμίσεις για την εφαρμογή τους στο μέλλον .

5)Θέματα της αγοράς ενέργειας, όπως ρύθμιση της τιμής της ενέργειας που παρέχει το μικροδίκτυο κατά την αυτόνομη λειτουργία του. Εάν τα μικροδίκτυα επιτρέπεται να παρέχουν ενέργεια σε αυτόνομα δίκτυα(νησιδοποίηση), τότε κατά τη διάρκεια έκτακτης ανάγκης , το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι ποιος τότε θα ελέγχει τις τιμές του ενεργειακού εφοδισμού στη διάρκεια της περιόδου κατά την οποία το κεντρικό δίκτυο δεν είναι διαθέσιμο . Δεδομένου ότι το ανάντη δίκτυο θα πρέπει να αποσυνδεθεί, η τρέχουσα αγορά ηλεκτρικής ενέργειας θα χάσει τον έλεγχο σχετικά με την τιμή της παρεχόμενης ενέργειας. Με αυτό τον τρόπο τα μικροδίκτυα θα έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάσουν μια πολύ υψηλή τιμή λιανικής πώλησης της ενέργειας εκμεταλλεύοντας το μονοπώλιο της αγοράς. Έτσι λοιπόν καταλήγουμε στο ότι πρέπει να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν κατάλληλες υποδομές για τη διατήρηση της ανάπτυξης της μικροδικτύων.

#### **4.2.3 Αξιοπιστία και Ποιότητα Ισχύος στα Μικροδίκτυα**

Οι δομές των μικροδικτύων προσφέρουν αυξημένη αξιοπιστία καθώς και ποιότητα ισχύος. Τα γνωρίσματα αυτά έχουν ως βάση τη διαθεσιμότητα ισχύος, όμως περιλαμβάνουν ακόμα και δευτερεύουσες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα είναι ο έλεγχος της σταθερότητας της τάσης και ο περιορισμός των αρμονικών. Στις οικονομικά ανθισμένες χώρες παγκοσμίως, χρησιμοποιείται σχεδόν καθολικά το μοντέλο ενιαίου συστήματος τροφοδότησης ηλεκτρικής ισχύος. Το κυρίαρχο αυτό πρότυπο ενεργειακού συστήματος βασίζεται σε μεγάλης κλίμακας κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, στη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας για μεγάλες αποστάσεις μέσω δικτύων υψηλής τάσης και έπειτα στην τοπική διανομή σε χαμηλότερες πλέον τάσεις, τοπικά ελεγχόμενων, γραμμών. Ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό της δομής που προαναφέρθηκε είναι ότι η παροχή ηλεκτρικής ισχύος διαδραματίζεται σε ένα σταθερό και συνεπές επίπεδο ποιότητας και αξιοπιστίας για τις περισσότερες περιοχές.

Έχει παρατηρηθεί ότι το συγκεκριμένο πρότυπο ομοιογενούς ποιότητας ισχύος και αξιοπιστίας έχει επιδράσει θετικά στις αναπτυσσόμενες οικονομίες του πλανήτη για μεγάλες χρονικές περιόδους. Όμως οι κλιμακωτές μεταβολές στις προσδοκίες ως αναφορά το ενεργειακό σύστημα, τόσο από την πλευρά της παραγωγής όσο και από την πλευρά της κατανάλωσης, οδηγούν σε ένα σημείο καμψής στην πορεία της εξέλιξής του και πιθανώς σε νέα πρότυπα. Όμως οι αληθινές απαιτήσεις PQR( απαιτήσεις ποιότητας και αξιοπιστίας ισχύος των καταναλώσεων παρουσιάζουν έντονη ανομοιογένεια, το οποίο

ερχεται σε αντιπαράθεση με το σημερινό πρότυπο ομοιογενούς ποιότητας παρεχόμενου ρεύματος. Για παράδειγμα, η άντληση νερού έχει μειωμένες PQR απαιτήσεις σε αντίθεση με άλλα κρίσιμα φορτία που η υποστήριξή τους είναι υψηλής ευαισθησίας και συνεπώς υψηλών απαιτήσεων ως προς την ποιότητα ισχύος και την αξιοπιστία παροχής.

Παρόλο που η εφαρμογή διανεμημένης αξιόπιστης παραγωγής έχει την πιθανότητα να μειώσει την ανάγκη για επέκταση του παραδοσιακού συγκεντρωτικού συστήματος, ωστόσο ο έλεγχος ενός τεραστίου πλήθους διεσπαρμένων πηγών αποτελεί από μόνος του πρόκληση που έχει τη δυνατότητα εν μέρει να επιλυθεί από την τεχνολογία του δικτύου. Η πρόκληση όμως αυτή, φαίνεται ότι μπορεί να πραγματοποιηθεί ή αλλιώς να υλοποιηθεί ευκολότερα μέσω της τεχνολογίας των μικροδικτύων, τα οποία συνίστανται σε οντότητες που συντονίζουν τις εκάστοτε πηγές ενέργειας σε ένα πιο αποκεντρωμένο πλαίσιο. Η προδιαγραφείσα αυτή λειτουργία αποσυμφωρεί τον έλεγχο του κεντρικού δικτύου και επιτρέπει στις μικροπηγές να αποδώσουν τα οφέλη τους στο μέγιστο. Συνεπώς τα μικροδίκτυα μαζί με τα γνωρίσματα ελέγχου και τεχνολογίες που τους προσδίδουν τον επιπρόσθετο χαρακτηρισμό ως “έξυπνα” αποτελούν κύριο στοιχείο των μελλοντικών ενεργειακών δικτύων διανομής αφού μπορούν, με την προϋπόθεση ότι συντονίζονται και λειτουργούν αποτελεσματικά, να αξιοποιούν στο έπακρο τη διανεμημένη παραγωγή ελαχιστοποιώντας πιθανούς κινδύνους από τη λειτουργίας τους.

#### **4.2.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη ενός Μικροδικτύου**

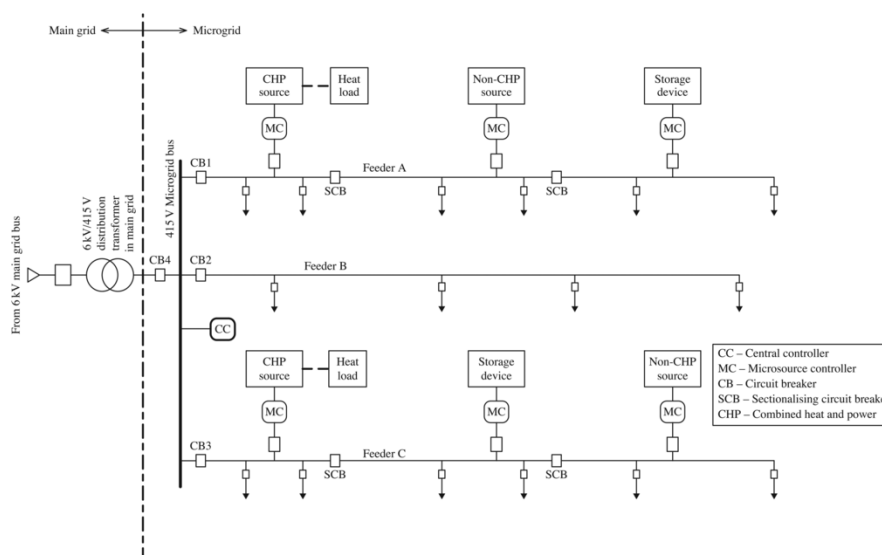
Είναι ξεκάθαρο ότι η λειτουργία των μικροδικτύων συμβάλει ενεργά στη ελαχιστοποίηση των εκπνεόμενων ρύπων με την έννοια ότι μεγαλύτερο ποσοστό από τις τεχνολογίες που λαμβάνουν μέρος, όπως οι τεχνολογίες συμπαραγωγής και το σύνολο των ΑΠΕ, είναι ελάχιστα ρυπογόνες. Όπως έχει επισημανθεί, σε συνδυασμό με τα μικροδίκτυα, μειώνονται οι απώλειες μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας δεδομένου ότι η παραγωγή γίνεται στο σημείο ή πολύ κοντά στο σημείο της κατανάλωσης. Άρα, για την κάλυψη του ίδιου φορτίου απαιτείται η παραγωγή μικρότερης ποσότητας ενέργειας με άμεση συνέπεια τις μειωμένες εκπομπές ρύπων.

Προφανώς η δημιουργία μικροδικτύων μπορεί να αναπτύξει ένα είδος ρύπανσης τοπικά, ειδικά αν ο σχεδιασμός των πηγών παραγωγής είναι λανθασμένος. Αυτό οφείλεται καταρχάς σε πιθανή ηχορύπανση που μπορεί να προκαλούν οι γεννήτριες των μικροπηγών καθώς επίσης και σε οπτική ρύπανση από την τοποθέτησή τους σε μη εμφανή σημεία, ακόμη και των πλέον διαδεδομένων όπως τα φωτοβολταϊκά και οι ανεμογεννήτριες. Κατά συνέπεια, για τα αστικά κέντρα κυρίως τα οποία χαρακτηρίζονται από εμφανή

έλλειψη χώρου, η παραγωγή δίπλα στο φορτίο, έχει σαν αποτέλεσμα τα ανωτέρω είδη ρύπανσης σε αντίθεση με τους έως τώρα συμβατικούς σταθμούς παραγωγής που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές όσο και αν αποτελούν εστίες ρύπανσης. Συνολικά όμως, με σωστό σχεδιασμό, τα περιβαλλοντικά οφέλη από ένα μικροδίκτυο είναι ουσιώδη και υπερτερούν με σαφή τρόπο έναντι των ελάχιστων έως ανύπαρκτων μειονεκτημάτων που εμφανίζουν στην υλοποίησή τους.

#### 4.2.5 Παρουσίαση της τυπικής δομής του Μικροδικτύου

Στο ακόλουθο σχήμα δίνεται η γενική μορφή ενός μικροδικτύου όπως επίσης και η σύνδεσή του με το κεντρικό δίκτυο. Ακόμα παρουσιάζεται και το σύνολο των στοιχείων – ελεγκτών που αποτελούν το σύστημα διαχείρισης των δικτύων διανομής DMS (DistributionManagementSystem).



**Εικόνα 4.2:** Τυπική μορφή μικροδικτύου

Όπως απεικονίζεται και στο σχήμα ένα μικροδίκτυο μπορεί να διακριθεί, ως αναφορά τον έλεγχό του, σε τρία ιεραρχικά επίπεδα τα οποία είναι:

- 1) Διαχειριστής δικτύου διανομής (DNO) και Διαχειριστής Αγοράς (MO).
- 2) Κεντρικός ελεγκτής Μικροδικτύου (MGCC).
- 3) Τοπικοί ελεγκτές οι οποίοι διακρίνονται σε ελεγκτές μικροπηγών (MC) και ελεγκτές φορτίου(LC).

Τα παραπάνω επίπεδα ελέγχου παρουσιάζονται στο σχήμα μαζί με μικροπηγές, φορτία και διατάξεις αποθήκευσης καθώς και τη σύνδεση με το ανάντη δίκτυο μέσω ζυγών και μετασχηματιστή ΧΤ/ΜΤ.

Τα κύρια στοιχεία που απαρτίζουν ένα τυπικό μικροδίκτυο, εκτός των μικροπηγών και των καταναλωτών είναι τα εξής:

### ➤ **Αντιστροφείς**

Το μεγαλύτερο μέρος των μικροπηγών του μικροδικτύου συνδέονται στο υπόλοιπο δίκτυο μέσω μετατροπών. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αρχικό στάδιο η παραγόμενη ισχύς δεν διαθέτει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά ώστε να αξιοποιηθεί από το δίκτυο (τάση, συχνότητα κλπ). Όμως οι αυξημένες δυνατότητες που προσφέρουν οι σύγχρονοι αντιστροφείς μας εξασφαλίζουν τη δυνατότητα έλεγχου της παραγωγής ενεργού και αέργου ισχύος και κατά συνέπεια της τάσης και της συχνότητας σε απομονωμένη λειτουργία.

### ➤ **Μονάδες Αποθήκευσης**

Η δυσκολία εύκολης και οικονομικής αποθήκευσης σε μεγάλες ποσότητες της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί ένα από τα στοιχειώδη προβλήματα της. Ολόκληρη σχεδόν η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ικανοποιεί, ταυτόχρονα, ακριβώς την κατανάλωση της (φορτία, απώλειες). Παρόλα αυτά η παρουσία μονάδων αποθήκευσης ενέργειας, είναι ιδιαίτερα επιθυμητή για τη λειτουργία των μικροδικτύων, επειδή αυτά περιέχουν μεγάλη παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι βασικές σύγχρονες μονάδες αποθήκευσης είναι:

- Ηλεκτρικοί συσσωρευτές ή κοινώς μπαταρίες και κυρίως μπαταρίες μολύβδου οξέος, που αποτελούν μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μετά την ηλεκτροχημική μετατροπή της.
- Μονάδες που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα (Compressed Air Energy Storage, CAES), όπου ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την συμπίεση ποσότητας αέρα η οποία στη συνέχεια κινώντας έναν στρόβιλο αναπαράγει την ηλεκτρική ενέργεια.
- Σφόνδυλοι (flywheels). Πρόκειται για διατάξεις όπου μέσω ενός κινητήρα – γεννήτριας μπορεί να γίνει αποθήκευση με την μορφή κινητικής ενέργειας σε μια στρεφόμενη μάζα.
- Υπεραγώγιμες διατάξεις. Εφαρμογές με διατάξεις που χρησιμοποιούν υγρό ήλιο είναι ήδη σε εμπορική εκμετάλλευση ενώ επίσης διατάξεις υγρού αζώτου αναμένονται στο άμεσο μέλλον.
- Διατάξεις άντλησης (εφαρμογές αντλιοσταμείωσης). Η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές χρησιμοποιείται για άντληση νερού σε υψηλότερη υψομετρική στάθμη. Κατόπιν ηλεκτρική ενέργεια παράγεται όταν ζητηθεί με έναν υδροστρόβιλο.

### ➤ Μονάδες Ελέγχου

Για να μπορέσουν τα οφέλη που περιλαμβάνει ένα σύγχρονο μικροδίκτυο να μεγιστοποιηθούν θα πρέπει, το σύστημα ελέγχου του μικροδικτύου να μπορεί να προσφέρει τις ακόλουθες δυνατότητες:

- Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στα τοπικά φορτία.
- Συμμετοχή στις ενεργειακές αγορές με στόχο τη μείωση του λειτουργικού κόστους και την αύξηση των κερδών των ιδιοκτητών διεσπαρμένης παραγωγής.
- Κατά το δυνατόν αδιάλειπτη παροχή ενέργειας σε κρίσιμα φορτία.
- Συνεισφορά στη μείωση των ρύπων που οφείλονται στην τοπική ζήτηση.
- Παροχή βοηθητικών υπηρεσιών στο τοπικό δίκτυο διανομής όπως έλεγχος τάσης και αέργου ισχύος.
- Νησιδοποίηση και επανεκκίνηση του δικτύου μετά από σφάλμα στο ανάντη δίκτυο.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Τεχνολογίες και Εφαρμογές των Έξυπνων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.**

### **5.1 Τεχνολογίες των Έξυπνων Δικτύων.**

Για να μπορέσει να επιτευχθεί ο άρτιος εκσυγχρονισμός καθώς και η εξέλιξη ενός συμβατικού δικτύου έτσι ώστε να αποκτήσει την απαραίτητη ευφυΐα απαιτείται η υιοθέτηση κάποιων τεχνολογιών. Ένα μέρος των τεχνολογιών αυτών βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο ενώ άλλες έχουν ήδη εφαρμοστεί. Στην συνέχεια προβάλλονται οι τεχνολογίες του ευφυούς δικτύου:

#### **1. Γενική παρακολούθηση και έλεγχος.**

Αφορά τη γενική παρακολούθηση (monitoring) ολόκληρου του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η παρακολούθηση αυτή εκτελείται σε πραγματικό χρόνο και αναφέρεται σε λειτουργίες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής και τις διασυνδέσεις μεταξύ διάφορων περιοχών. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση εμφάνισης σφαλμάτων και επίσης υπάρχει εποπτεία σε τεχνολογίες παραγωγής εξειδικευμένου τύπου, όπως για παράδειγμα ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ακόμα, τα στοιχεία που συγκεντρώνονται αποτελούν τη βάση για τις στρατηγικές λήψης αποφάσεων.

#### **2. Information Communication Technology (ICT).**

Είναι η υποδομή της μεταφοράς της πληροφορίας. Το έξυπνο δίκτυο σχετίζεται με τη διπλής ροής μεταφορά πληροφορίας. Για να μπορέσει να πετύχει τη λειτουργία αυτή χρησιμοποιεί μέσα όπως είναι το διαδίκτυο, τα τηλεφωνικά δίκτυα, τα ραδιοφωνικά δίκτυα κτλ.

#### **3. ΑΠΕ και διανεμημένη παραγωγή.**

Η απομάκρυνση της παραγωγής έχει απασχολήσει τους φορείς λήψης αποφάσεων στην αγορά ενέργειας. Η κατανεμημένη παραγωγή δίνει αρκετές λύσεις για κάλυψη απομονωμένων φορτίων. Οι μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής έχουν τη δυνατότητα να εξασφαλίζουν-καλύπτουν ένα σημαντικό

κομμάτι των αναγκών σε εμπορικά κτήρια και κατοικίες. Το έξυπνο δίκτυο αποτελείται από μονάδες ελέγχου καθώς και αποθηκευτικά μέσα που προϋποθέτουν τη βέλτιστη λειτουργία τους.

#### **4. Διαχείριση του δικτύου διανομής.**

Στο έξυπνο δίκτυο, η χρησιμοποίηση αισθητήρων σε καλώδια τροφοδοσίας και μετασχηματιστών, αυτόματων διακοπών καθώς και η εισαγωγή αυτοματισμών σε υποσταθμούς, είναι παράγοντες που συμβάλλουν στην σταθεροποίηση της τάσης, στην ανίχνευση των σφαλμάτων και επίσης και μείωση του χρόνου αποκατάστασης αυτών.

#### **5. Εξελιγμένη υποδομή μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure, AMI).**

Η εξελιγμένη υποδομή μέτρησης (AMI) αποτελεί μία από τις κυριότερες τεχνολογίες του έξυπνου δικτύου. Προσφέρει δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, καταγραφή του φορτίου σε πραγματικό χρόνο, αποστολή δεδομένων που σχετίζονται με τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και άλλα πολλά. Τέλος, για την πραγματοποίηση της καταγραφής των δεδομένων των φορτίων, που λαμβάνουν μέρος για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία έχουν να κάνουν με τα πρότυπα κατανάλωσης, το AMI χρησιμοποιεί έξυπνους μετρητές και αισθητήρες.

#### **6. Υποδομή υποστήριξης της λειτουργίας ηλεκτρικών οχημάτων.**

Για να μπορέσουν υποστηριχθούν σωστά τα ηλεκτρικά οχήματα είναι απαραίτητη η χρήση συστημάτων για τη σύνδεση και τη φόρτιση τους. Το ευφυές δίκτυο μπορεί να επιτρέψει την εισαγωγή αυτών, στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Πέρα από το προφανές περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει, τα ηλεκτρικά οχήματα θα έχουν την ικανότητα να συμμετέχουν στην ελάττωση της αιχμής του φορτίου, σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται ως συσκευές αποθήκευσης φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας φορτίζοντας τα σε χρονικές περιόδους όπου η ζήτηση είναι χαμηλή και μπορούν να την προσφέρουν στο δίκτυο σε περιόδους αιχμής.

#### **7. Συστήματα στην πλευρά των καταναλωτών.**

Είναι εκείνες οι διατάξεις και οι εφαρμογές που έχουν στοχεύουν στον έλεγχο της κατανάλωσης και στην εγκατάσταση έξυπνων συσκευών. Νέες πραγματεύσεις συνιστούν την ανάπτυξη εφαρμογών για συσκευές κινητής τηλεφωνίας αλλά και τη χρήση των μέσων κοινωνικής δικτύωσης για την δημιουργία τάσεων ευρείας αποδοχής της ενεργειακής αποδοτικότητας.

## **5.2 Συστήματα και υποδομές του Έξυπνου Δικτύου**

### **5.2.1 Συστήματα SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)**

Όλα τα συστήματα που λαμβάνουν μέρος στην παραγωγή, τη μεταφορά καθώς και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται με συστήματα SCADA. Τα συστήματα αυτά έχουν την ευθύνη για τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη ρύθμιση της λειτουργίας τους. Επίσης, αποτελούν βασικό στοιχείο για το βιομηχανικό τμήμα του Ευφυούς Δικτύου διότι πραγματοποιούν τον αυτόματο έλεγχο των διατάξεων του βιομηχανικού πληροφοριακού δικτύου. Τα κυριότερα επιμέρους συστήματα που απαρτίζουν τα συστήματα SCADA είναι τα ακόλουθα:

- **Εποπτικός σταθμός**

Ο εποπτικός σταθμός αποτελεί το κυρίως σύστημα κάθε ομάδας συστημάτων του βιομηχανικού πληροφοριακού δικτύου το οποίο είναι επιφορτισμένο με τον έλεγχο των διατάξεων PLC (Programmable Logic Controller) που κατατάσσονται σε αυτό. Ακόμα στον εποπτικό σταθμό μεταδίδονται τα δεδομένα που αφορούν την κατάσταση λειτουργίας όλων των βιομηχανικών διατάξεων του Ευφυούς Δικτύου. Ενώ από τον εποπτικό σταθμό στέλνονται προς τις συγκεκριμένες διατάξεις εντολές ελέγχου, όπως, για παράδειγμα εντολές που σχετίζονται με την αλλαγή των ρυθμίσεων λειτουργίας μιας διάταξης.

- **Κατανεμημένα συστήματα ελέγχου**

Τα συστήματα αυτά στηρίζονται σε αρχιτεκτονικές όπου λαμβάνουν μέρος περισσότεροι του ενός ελεγκτές. Πιο εξειδικευμένα, ένας εποπτικός σταθμός έχει την ευθύνη για μία ομάδα ελεγκτών καθένας από τους οποίους είναι με τη σειρά του υπεύθυνος για μία ομάδα διατάξεων PLC. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να πραγματοποιηθούν δένδρικές τοπολογίες στο βιομηχανικό πληροφοριακό δίκτυο. Στα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου ο κάθε ελεγκτής είναι επιφορτισμένος με τον έλεγχο μίας ή περισσότερων βιομηχανικών διατάξεων PLC χωρίς την ανάγκη άμεσης επικοινωνίας με τον εποπτικό σταθμό. Τέλος, τα κατανεμημένα συστήματα ελέγχου έχουν την αρμοδιότητα της συλλογής δεδομένων από αισθητήρες, μετασχηματιστές και γεννήτριες και της αποστολής τους στον εποπτικό σταθμό.

- **Συστήματα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-μηχανής (Human machine interaction - HMI)**

Τα HMI συστήματα, είναι επιφορτισμένα με την συγκεντρωτική παρουσίαση των δεδομένων λειτουργίας των βιομηχανικών συσκευών σε μία μορφή αντιληπτή για τον άνθρωπο. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, είναι Η/Υ

που περιλαμβάνουν εμπορικά λειτουργικά συστήματα στα οποία ενσωματώνεται το πρόγραμμα που έχει χρέη HMI για ένα ή και περισσότερα συστήματα SCADA. Τα συστήματα HMI είναι αρμόδια για την προβολή των στοιχείων λειτουργίας των βιομηχανικών υποδομών που παρακολουθούνται από το σύστημα SCADA στο ανθρώπινο δυναμικό. Επιπροσθέτως, στα συστήματα αυτά, εισάγονται από το χρήστη εντολές ελέγχου καθώς αλλαγές στις ρυθμίσεις λειτουργίας των βιομηχανικών διατάξεων.

### **5.2.2 Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)**

Οι μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες μέχρι πρότινος, είχαν σαν βασικό στόχο στην έρευνά τους τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού καθώς και την αναβάθμιση του υποσυστήματος του κινητήρα των αυτοκινήτων. Όμως, μόλις στον τομέα των αυτοκινήτων παρουσιάστηκαν ιδιαίτερα εξελιγμένες τεχνολογίες, η μελέτες τους επικεντρώθηκαν, στη δημιουργία και τη χρήση μπαταριών και συστημάτων αποθήκευσης, που είχαν ως σκοπό να περιορίσουν τόσο τις εκπομπές ρύπων όσο και το κόστος μεταφοράς. Αυτά που προαναφέρθηκαν λοιπόν, είναι τα βασικά θετικά στοιχεία των plug-in αυτοκινήτων. Το επικρατέστερο ερώτημα που προκύπτει με την χρήση των plug-in αυτοκινήτων σε μεγάλο βαθμό, είναι ο τρόπος με τον οποίο η παρούσα δομή του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορέσει να τα δεχτεί. Η ατάσθαλη χρήση των PHEVs σε μεγάλη κλίμακα οδηγεί στην είσοδο μεγάλων ηλεκτρικών φορτίων στο δίκτυο, τα οποία με τη σειρά τους κινδυνεύουν να επιφέρουν διακυμάνσεις τάσεων και blackouts. Το πρόβλημα αυτό όμως επιλύεται με την ανάπτυξη του συστήματος EMS (Energy Management System), το οποίο στοχεύει στο να μην παρουσιαστεί υπερφόρτωση του δικτύου όταν ένα πλήθος plug-in οχημάτων συναρμολογηθούν σε αυτό. Για παράδειγμα, όταν ένα τέτοιο όχημα προσπαθήσει να φορτίσει την μπαταρία του, το σύστημα αυτό θα έχει την δυνατότητα και εξουσιοδότηση να καθυστερήσει ή ακόμα και να αρνηθεί τη διαδικασία της φόρτισης αν υπάρχει μεγάλη ζήτηση στο δίκτυο [LF].

### **5.2.3 Building Management System (BMS)**

Το BMS αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου το οποίο τοποθετείται σε κτήρια με στόχο να παρακολουθεί και να διευθύνει όλα τα ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα του κτιρίου, όπως για παράδειγμα την ψύξη, θέρμανση, εξαερισμό, φωτισμό και τα συστήματα ενέργειας. Περιλαμβάνει software και hardware και επίσης μεταχειρίζεται ανοιχτά πρωτόκολλα όπως BACnet, Lon, Modbus. Το BMS σύστημα λαμβάνει μέρος κυρίως σε μεγάλες υποδομές κτηρίων και βασική αρμοδιότητά του είναι η ρύθμιση της θερμοκρασίας, του επιπέδου CO<sub>2</sub> και της υγρασίας ενός κτηρίου. Ακόμα ελέγχει τα μέσα που

μεταφέρουν τον αέρα μέσα στο κτίριο με στόχο το συνδυασμό θερμού και ψυχρού αέρα για τη δημιουργία της κατάλληλης θερμοκρασίας σε κάθε χώρο του κτιρίου. Επιπροσθέτως επιβλέπει την στάθμη ανθρώπινης παραγωγής CO<sub>2</sub>, αναμιγνύοντας εξωτερικό καθαρό αέρα με τον εσωτερικό του κτιρίου και αυξάνοντας την στάθμη οξυγόνου χωρίς να υπάρχουν σοβαρές απώλειες Θέρμανσης ή Ψύξης. Επίσης ο φωτισμός σε ένα BMS έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή με τις ενδείξεις φωτοαισθητήρων. Δηλαδή, τα φώτα σε έναν μέρος μπορούν να ανάβουν μόνο στην περίπτωση που υπάρχει κίνηση, ή ακόμα μπορούν να βάλουν φωτοκύτταρα σε έναν εξωτερικό χώρο για να ελέγχουν τα φώτα σύμφωνα με την ώρα της ημέρας.

### **Ο λόγος της για τον οποίο εφαρμόζουμε συστήματα ενεργειακής διαχείρισης είναι διότι:**

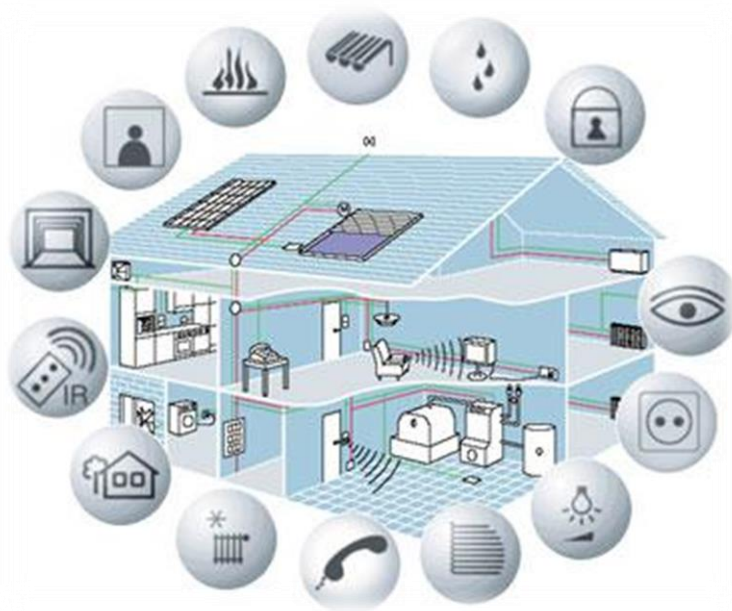
- Αποσκοπούν στη ελαχιστοποίηση των εξόδων λειτουργίας του κτηρίου και συμβάλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Με τον περιορισμό του κόστους ενέργειας έπεται σαν αποτέλεσμα η εξοικονόμηση χρημάτων.
- Παρατηρείται καλύτερη ποιότητα ζωής και ασφάλεια στο χώρο εργασίας ή κατοικίας.
- Υπάρχει σεβασμός για το περιβάλλον
- Γίνεται έλεγχος του συνολικού λειτουργικού ενεργειακού κόστους και όχι απλά της θερμής ενέργειας που καταναλώνεται.

### **Ακόμα από τη χρήση των BMS διακρίνονται και πολλά οφέλη όπως:**

- Περικοπή των φορτίων που επιβαρύνουν το ενεργειακό κόστος, με αυτόματο τρόπο.
- Πρόβλεψη ενεργειακής ζήτησης, ακρίβεια υπολογισμών, απόλυτη ανάλυση δεδομένων.
- Ορθή μεταχείριση πολλαπλών διαφορετικών λειτουργιών του συστήματος ελέγχου καθώς και επεμβάσεων συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών τους.
- Συνεχής παρακολούθηση των ενεργειακών παραμέτρων με αναφορά ιστορικού.
- Παρουσίαση των αναφορών με γραφικά.
- Αδιάλειπτη ενημέρωση των διαχειριστών για την λήψη κρίσιμων αποφάσεων που σχετίζονται με την σωστή λειτουργία του συστήματος.

Συνεπώς μέσω της εφαρμογής των δικτύων επικοινωνίας πραγματοποιείται ο απομακρυσμένος έλεγχος του συστήματος όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα

χειρισμού από το κυρίως σύστημα. Άρα λοιπόν καταλήγουμε στο ότι, ένα BMS μας παρέχει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθολικής εποπτείας, άμεσης ενημέρωσης για βλάβες- ακόμα και βλάβες που πρόκειται να συμβούν στο άμεσο μέλλον.



**Εικόνα 5.1:** Building Management System (BMS)

#### **5.2.4 Έξυπνοι Μετρητές (Smart Meters)**

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού(ΔΕΗ), σχεδιάζει να εγκαταστήσει μέσα στο σπίτι, Έξυπνους μετρητές, οι οποίοι θα έχουν τη δυνατότητα να μετρούν καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, την κατανάλωση ενέργειας και επίσης θα επιτρέπουν την παροχή τιμολογίων πολλαπλών ταχυτήτων.

Αρχικά έχει προγραμματιστεί ότι οι Έξυπνοι μετρητές θα εγκατασταθούν σε 60.000 μεγάλους καταναλωτές της χαμηλής τάσης, εκ των οποίων ένας σημαντικός αριθμός είναι οικιακοί. Το πρόγραμμα αυτό, ανέρχεται στα 27 εκατ. ευρώ, όπου συγχρηματοδοτείται κατά 50% από ευρωπαϊκά κονδύλια μέσω του ΕΣΠΑ.

Οι μετρητές αυτοί λοιπόν, θα αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά ρολόγια. Η τοποθέτησή τους θα γίνεται εσωτερικά στην κατοικία και όχι εξωτερικά στην είσοδο όπως συμβαίνει έως σήμερα. Έτσι, δεν θα είναι πλέον απαραίτητο να στέλνουν άτομα από τα συνεργεία της ΔΕΗ και εργολάβους για την καθιερωμένη καταμέτρηση, διότι με την τοποθέτηση των έξυπνων μετρητών, παύει να υπάρχει το σημερινό καθεστώς ελέγχου των ρολογιών και έκδοσης «έναντι» λογαριασμών. Συνεπώς κάθε μετρητής αυτόματα πλέον θα στέλνει

τα στοιχεία της κατανάλωσης του κατόχου του (πιθανότατα μέσω ασύρματου δικτύου εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, με την οποία η ΔΕΗ θα σύμβαση) σε έναν κεντρικό υπολογιστή της ΔΕΗ όπου εκεί θα γίνεται η συλλογή και η επεξεργασία τους.

Με αυτό τον τρόπο ο κάθε κάτοχος θα έχει την ικανότητα ανά πάσα στιγμή βλέποντας απλά την οθόνη του μετρητή να ξέρει και κατ' επέκταση να ελέγχει τι καταναλώνει. Για παράδειγμα όταν βάζει σε λειτουργία την κουζίνα η οποία αποτελεί μία ενεργοβόρα συσκευή, αυτόματα ο ηλεκτρονικός μετρητής θα παρουσιάσει αύξηση του φορτίου. Έτσι ο καταναλωτής θα μπορεί να ελαττώνει την περιττή χρήση στην κατανάλωση ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα θα σταματήσει να λαμβάνει λογαριασμούς οι οποίοι δεν έχουν καμία σχέση με την πραγματική κατανάλωση.

Επίσης η ΔΕΗ θα καταφέρει να εφαρμόσει χρονομεταβλητά τιμολόγια, τα οποία θα είναι πιο «ανεβασμένα» για όσους καταναλώνουν ρεύμα στις ώρες αιχμής του φορτίου και χαμηλότερα για εκείνους που βάζουν σε όρια τις ώρες αυτές την κατανάλωσή τους. Ακόμα θα έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει «on line» τις ώρες κατά τις οποίες ο κάθε πελάτης της καταναλώνει περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια, κάτι το οποίο δεν μπορεί να της παρέχει το τωρινό σύστημα. Επίσης, όλα τα έξοδα για την εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών θα καλυφθούν από τη ΔΕΗ, όπως έγινε και πριν λίγα χρόνια με τους 8.000 μετρητές που τοποθετήθηκαν στους πελάτες μέσης τάσης.

Τέλος ο βασικός λόγος που η τοποθέτηση των έξυπνων ηλεκτρονικών μετρητών ξεκινά από τους 60.000 μεγάλους πελάτες χαμηλής τάσης, είναι διότι σε συνδυασμό με τους 8.000 εμπορικούς καταναλωτές μέσης τάσης, οφείλονται για το 30% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στη χώρα μας. Μετέπειτα η τεχνολογία αυτή θα εξαπλωθεί στο σύνολο και των 7,5 εκατομμυρίων μετρητών πανελλαδικά. Ενώ το κόστος έχει υπολογιστεί ότι για τους 7,5 εκατομμύρια μετρητές θα φτάσει τα 700 εκατομμύρια ευρώ

#### **5.2.4.1 Περιγραφή του Έξυπνου Ψηφιακού Μετρητή (SmartMeter)**

Δεν έχει δοθεί ακόμα σαφής ορισμός για την περιγραφή των Έξυπνων μετρητών. Παρόλα αυτά, μπορούμε να πούμε ότι ο έξυπνος μετρητής αποτελεί μια ηλεκτρονική συσκευή που μετράει την ενέργεια που χρησιμοποιείται και αποστέλλει τις πληροφορίες στο σύστημα όπου από εκεί καταλήγουν στον πελάτη, ενημερώνοντας τον για την εκάστοτε κατανάλωση του και το αντίστοιχο κόστος αυτής. Επίσης έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με άλλες συσκευές. Ακόμα άλλο ένα σημαντικό γνώρισμα που διαθέτουν οι έξυπνοι μετρητές είναι η δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, δηλαδή μπορούν και να στέλνουν δεδομένα αλλά και να λαμβάνουν εντολές. Αποτελούν ένα οικονομικό τρόπο για μέτρηση και παρακολούθηση της

κατανάλωσης, που επιτρέπει στην καλύτερη ρύθμιση της παραγωγής βασιζόμενη σε ημερήσια δεδομένα πραγματικού χρόνου (εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων-μικρότερες επενδύσεις σε δίκτυα διανομής). Βασικός σκοπός είναι με τους έξυπνους μετρητές οι χρεώσεις στους καταναλωτές να γίνονται βάσει του ακριβούς ποσού ενέργειας που έχει καταναλωθεί.

#### 5.2.4.2 Η λειτουργία των SmartMeters

Ο σχεδιασμός των Έξυπνων Μετρητών παραλλάσσεται με βάσει τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά, στα διάφορα κράτη μέλη, και τους διαφορετικούς τύπους μετρητών σε κάθε κτίριο. Το μεγαλύτερο μέρος των μετρητών αποτελείται τις ακόλουθες λειτουργίες:

1) Ακριβή μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας, του αερίου, του νερού ή της θερμότητας.

2) Ένα σύστημα μετάδοσης δεδομένων.

3) Ένα περιβάλλον IT που ταιριάζει με τα υπόλοιπα στοιχεία.

4) Σύστημα τιμολογίων κατάλληλο για τον καταναλωτή.

5) Τοπική προβολή των στοιχείων ενεργειακής χρήσης.



Εικόνα 5.2: Παράδειγμα ενός Έξυπνου μετρητή.

#### 5.2.4.3 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΕΞΥΠΝΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ



Κάποια από τα κυριότερα μοντέλα των Έξυπνων μετρητών δίνονται παρακάτω:

- FLUKE 1750 και FLUKE 1760
- ACE 5000, ACE 6000, ACE 7000 ή ACTARIS SL7000
- Gran-Electro SS-101 και Gran-Electro SS-301
- CTC 5602 και CTC 5605
- Voltech - PM 3000
- AMPROBE DM-III
- Trinity Oracle Portable Power Analysis
- G4500 BLACKBOX Portable Power Quality Analyzer

Ο FLUKE 1760 Three-Phase Power Quality Recorder αποτελεί έναν από τους χαρακτηριστικότερους τύπους έξυπνων μετρητών διότι, καταρχάς είναι ένας τριφασικός μετρητής, ο οποίος έχει τη δυνατότητα να μετρά τάση, ρεύμα, ενέργεια και ισχύ, ενώ ακόμα διαθέτει την ικανότητα ανάλυσης των αντίστοιχων αρμονικών. Μιλάμε λοιπόν για ένα μοντέλο μετρητή το οποίο διαθέτει 8 εισόδους – κανάλια για μέτρηση τάσεων και ρευμάτων με τους αντίστοιχους ακροδέκτες και η συχνότητα δειγματοληψίας έχει τη δυνατότητα να φτάσει τα 10.24KHz. Ως αναφορά την επικοινωνία και την μεταφορά δεδομένων μεταξύ της μετρητικής και οποιασδήποτε άλλης συσκευής αποθήκευσης δεδομένων, όπως υπολογιστή, η συσκευή διαθέτει θύρες Ethernet και θύρα RS232. Επίσης περιλαμβάνει κατάλληλο λογισμικό για την ανάλυση και τη μελέτη των μετρήσεων, το οποίο τοποθετείται στον υπολογιστή με τον οποίο επικοινωνεί η συσκευή. Εξίσου βασικό γνώρισμα είναι επίσης και η μνήμη των 2GB που παρέχεται, η οποία είναι πολύ σημαντική γιατί αποθηκεύει και κατά συνέπεια μεταφέρει τα μετρητικά αποτελέσματα. Συμπερασματικά καταλήγουμε στο ότι ο χειριστής της συσκευής θα μπορεί να μετρήσει δύο ανεξάρτητες πηγές και ανόμοια μεταξύ τους συστήματα, να ανιχνεύσει (αν υπάρχει) το σημείο του σφάλματος είτε αυτό συμβαίνει εντός της μετρούμενης εγκατάστασης είτε όχι, να κάνει λεπτομερή ανάλυση διαταραχών, καθώς και επιβεβαίωση της ποιότητας της εισερχόμενης ισχύος.

Η σχεδίαση των έξυπνων μετρητών έχει γίνει με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να έχουν την ικανότητα να είτε να πάρουν τη θέση των ήδη εγκατεστημένων μετρητών ηλεκτρισμού, είτε να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρωματικοί.

#### **5.2.4.4 Automatic Meter Reading (AMR)-Αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης**

Οι εταιρίες εξαιτίας του συνεχώς αυξανόμενου αριθμού των καταναλωτών έχουν καταφύγει στην αναζήτηση ενός αποδοτικού τρόπου για τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται από τους συνδρομητές. Αυτό το σύστημα υπολογισμού καλείται ως AMR (Automatic Meter Reading) και περιγράφει την αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης όχι μόνο της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκεται, διότι μπορεί να συμπεριλάβει και άλλους μετρητές όπως φυσικού αερίου και νερού.

Πέρα από την αυτοματοποιημένη διαδικασία μέτρησης καθώς και υπολογισμού της ενέργειας που καταναλώνεται, το σύστημα AMR μας δίνει ένα πακέτο ολοκληρωμένων υπηρεσιών. Κατ' αρχάς έχει τη δυνατότητα να προβάλει την καταναλισκόμενη ενέργεια σε πραγματικό χρόνο (real-time), την ώρα που οι μετρήσεις παίρνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Με τον τρόπο αυτό ο καταναλωτής μπορεί να γνωρίζει ακριβώς το τι καταναλώνει και τι πληρώνει ενώ ακόμα μπορεί να διαμορφωθεί ένα ενεργειακό προφίλ του πελάτη (κτιρίου). Το ενεργειακό προφίλ είναι ένα βασικό πιστοποιητικό που προσφέρει στον πελάτη αγοραστική δύναμη απέναντι σε μια απελευθερωμένη αγορά ενέργειας. Παρουσιάζει δηλαδή την κατανάλωση του πελάτη καθώς και τη χρονική στιγμή που συνέβη. Άρα αυτό μπορεί να συνεισφέρει αποτελεσματικά στην εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων, τόσο με εντοπισμό μη ωφέλιμων φορτίων όσο και από αποφυγή ποινών λόγω υψηλών αιχμών στην κατανάλωση. Επιπροσθέτως έχει τη δυνατότητα να βοηθήσει στην σωστή πρόβλεψη φορτίου από την Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας όπως επίσης και στην αποδοτικότερη εισαγωγή των μονάδων παραγωγής. Το αυτοματοποιημένο σύστημα AMR παρέχει επίσης δυνατότητες χειρισμού φορτίου, ανίχνευσης λαθών στο δίκτυο και έγκαιρης ενημέρωσης του συστήματος αλλά και αξιοπιστία στις μετρήσεις.

Το AMR είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που συλλέγει στοιχεία (μετρήσεις-καταναλώσεις) και τα στέλνει σε μια κεντρική βάση δεδομένων όπου γίνεται η αποθήκευση και η επεξεργασία αυτών των στοιχείων. Η επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω τηλεπικοινωνιακού διαύλου -ενσύρματου ή ασύρματου- ή μέσω της γραμμής μεταφοράς με φέροντα κύματα και πραγματοποιείται είτε με μονομερή αποστολή των στοιχείων από το σύστημα στο διακομιστή σε τακτά χρονικά διαστήματα, είτε με αποστολή κατόπιν αίτησης του διακομιστή, είτε με συνδυασμό των δύο παραπάνω.



**Εικόνα 5.3:** Παρουσίαση ενός AMR συστήματος

Για τη εγκατάσταση ενός AMR συστήματος απαιτούνται τα ακόλουθα:

- 1) Γεωγραφική δομή της περιοχής.
- 2) Η δομή των ηλεκτρικών γραμμών.
- 3) Θέση, Συχνότητα, Περιοχή Κάλυψης του GSM σταθμού που υπάρχει στην περιοχή.
- 4) Ύψος και θέση των κτιρίων.
- 5) Πλήθος Καταναλωτών.
- 6) Θέσεις των καταναλωτών και η κατάσταση συχνότητας επικοινωνίας στο δίκτυο.
- 7) Αριθμός καταναλωτών ηλεκτρισμού, νερού και γκαζιού.

#### **5.2.4.5 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή Έξυπνων Μετρητών**

Τα βασικότερα θετικά αποτελέσματα από την εφαρμογή των Έξυπνων Μετρητών για τους καταναλωτές είναι τα εξής:

- 1) Αρχικά, η ποιότητα του προϊόντος που παραδίδεται στον καταναλωτή είναι σημαντικά καλύτερη. Η αποτύπωση των ποιοτικών μεγεθών παροχής της

ηλεκτρικής ενέργειας (τάση, συχνότητα, κ.α.), συνεπάγεται την καταγραφή ορισμένων ανωμαλιών ή γεγονότων όπως για παράδειγμα πτώση ή αιχμή τάσεως. Τα όρια στα οποία επιτρέπεται να κυμανθεί η τάση του ρεύματος για παράδειγμα είναι νομοθετικά καταγεγραμμένα. Σε περιπτώσεις διαταραχών οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν υλικά προβλήματα στον εξοπλισμό του καταναλωτή, ο ίδιος έχει τη δυνατότητα να καταγγείλει τον Διαχειριστή του Δικτύου για την αξιοπιστία καθώς και την ποιότητα του ρεύματος που του παρέχει. Άρα λοιπόν με τη χρήση των Έξυπνων Μετρητών, τα δικαιώματα των καταναλωτών προστατεύονται, και αυτό οδηγεί στη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος που δίνεται στον καταναλωτή από τον Διαχειριστή του Δικτύου.

**2)** Επίσης ο καταναλωτής με τη βοήθεια των έξυπνων μετρητών θα έχει την ικανότητα να λαμβάνει πληροφορίες από την ιστοσελίδα της WATT+VOLT (σε συνεργασία με το ΠΣ διαχείρισης μετρούμενων δεδομένων της εταιρείας) που αφορούν την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας για κάθε χρονική στιγμή. Η χρήση αυτής της πληροφορίας αυτής έχει ιδιαίτερη βαρύτητα για την οικονομία των καταναλωτών, διότι τους βοηθά στο να πετυχαίνουν σωστή διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας και επιπλέον τους δίνει το κίνητρο να αυξήσουν την κατανάλωσή τους σε ώρες χαμηλής και να την ελαττώσουν αντίστοιχα σε ώρες υψηλής τιμής.

**3)** Ακόμα παρουσιάζεται βελτίωση των υπηρεσιών που προσφέρονται στον καταναλωτή. Με βάση με την Οδηγία 2006/32/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο κάθε καταναλωτής θα μπορεί από την ιστοσελίδα του Προμηθευτή (σε συνεργασία με το ΠΣ του ιδίου και της διαδικτυακής εφαρμογής Energy Analytics 2.0 της Intelen) μέσω διαβαθμισμένης πρόσβασης:

- Να παρακολουθεί τα ιστορικά των καταναλώσεών του, που αντιστοιχούν σε χρόνο μίας ώρας. Η ενημέρωση για την κατανάλωσή του (σε ωριαία βάση) κατά τα τελευταία χρόνια, θα είναι άμεσα διαθέσιμη μέσω ειδικά διαμορφωμένων αναφορών καθώς και εύκολα κατανοητών ως προς τον χρήστη γραφημάτων απεικόνισης της πληροφορίας. Με την πληροφορία αυτή ο καταναλωτής θα μπορεί να επιτυγχάνει σωστή διαχείριση της κατανάλωσής του, το ποίο φέρει ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση ενέργειας και επίσης οικονομικά οφέλη. Υπολογίζεται βάσει αναφορών από αντίστοιχα πιλοτικά προγράμματα ότι ο ενστερνισμός υγιέστερων καταναλωτικών συνηθειών και η βελτίωση της καταναλωτικής συμπεριφοράς τους έχει τη δυνατότητα να οδηγήσει σε ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από 5% έως 15%, κυρίως κατά τις ώρες αιχμής.
- Να καταθέτει εγγράφως ένα δελτίο παραπόνων.
- Σε περίπτωση προβλήματος είτε βλάβης της ηλεκτρικής εγκατάστασης να έχει on-line τεχνική υποστήριξη.

- Να έχει τη δυνατότητα να πληρώνει τους λογαριασμούς του ηλεκτρονικά, μέσω «Κωδικού Ηλεκτρονικής Πληρωμής» ή με πιστωτική κάρτα.

4) Τα στοιχεία κατανάλωσης, όπως ήδη ειπώθηκε προηγουμένως, θα εμφανίζονται είτε στην οθόνη είτε στην τηλεόραση του καταναλωτή. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης, θα έχει τη δυνατότητα να μπορεί να ελέγχει το πώς επιδρά και επηρεάζει η λειτουργία της κάθε συσκευής τη συνολική κατανάλωσή του. Ακόμα, είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι τα στοιχεία αυτά με τη βοήθεια εύχρηστων γραφημάτων κατανοητών ως προς το χρήστη θα αλλάζουν σε κόστος ενέργειας καθώς και σε υπολογισμό εκπομπών ρύπων ( δηλαδή CO<sub>2</sub> ), έτσι ώστε ο καταναλωτής να έχει απ' ευθείας γνώση των συνεπειών που προκαλεί η χρήση της ενέργειάς του στο περιβάλλον. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και συνείδησης των πολιτών.

5) Οι υπηρεσίες των Έξυπνων Μετρητών θα επεκταθούν με σκοπό να πληροφορούνται για διακεκριμένα πακέτα τιμολόγησης, τα οποία θα παρέχονται από τον Προμηθευτή. Δηλαδή, ο κάθε χρήστης θα μπορεί να προπληρώνει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει χωρίς την ύπαρξη πάγιας χρέωσης («κάρτο-ενέργεια»). Συνεπώς, ο κάθε καταναλωτής θα ξέρει και το ποσό της ενέργειας που έχει ήδη δαπανήσει καθώς και το ποσό που είναι ακόμα ελεύθερο προς κατανάλωση ( σε KWh ). Η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για κατοικίες οι οποίες έχουν μικρή κατανάλωση στη διάρκεια του έτους, όπως για παράδειγμα οι εξοχικές κατοικίες.

6) Ένα ακόμα σημαντικό όφελος από τη χρήση των Έξυπνων μετρητών είναι ότι μπορούν να αλλάζουν εύκολα τα πακέτα χρέωσης τα οποία επιλέγει ο καταναλωτής. Για παράδειγμα από ένα απλό πακέτο με πάγια χρέωση σε ένα πακέτο "κάρτο-ενέργειας" χωρίς πάγια χρέωση, μέσω απομακρυσμένης διαχείρισης του Έξυπνου Μετρητή από τον Προμηθευτή.

7) Με την αλλαγή του Ρυθμιστικού Πλαισίου για τη Διαχείριση του δικτύου όπως προϋποθέτει η Οδηγία 2006/32/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πλέον η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι ωριαία. Άρα θα χαρακτηρίζεται από ακρίβεια, αληθοφάνεια και αξιοπιστία.

8) Τέλος, όταν η κατανάλωση ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, τότε ο Έξυπνος μετρητής έχει την ικανότητα να παράγει ένα ηχητικό σήμα, το οποίο βοηθά τους χρήστες ώστε να ελέγχουν την κατανάλωσή τους και επιπροσθέτως να εξοικονομούν ενέργεια και χρήματα.

**Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση των Έξυπνων Μετρητών για το κοινωνικό σύνολο είναι τα εξής:**

1) Η σωστή χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας και κατ' επέκταση των φυσικών πόρων.

2) Η άμεση άνθιση της εθνικής οικονομίας. Η ανάπτυξη αυτή προκύπτει από την ελάττωση του ενεργειακού εθισμού της χώρας μας εξαιτίας των εισαγωγών καυσίμου( δηλαδή φυσικό αέριο, πετρέλαιο κ.τ.λ) καθώς και από τον περιορισμό της εισαγόμενης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας από γειτονικές χώρες για την κάλυψη κυρίως της αιχμής του φορτίου.

3) Με βάση τα έως σήμερα αποτελέσματα από την εκτέλεση των Έξυπνων μετρητών σε άλλες χώρες αλλά και σε δοκιμαστικά προγράμματα στον Ελλαδικό χώρο, έχει παρατηρηθεί λόγω προόδου της καταναλωτικής συμπεριφοράς των χρηστών, εξοικονόμηση ενέργειας περίπου 5%-15%.

4) Ακόμα η μείωση του κόστους εγκατάστασης των καινούργιων αιχμιακών μονάδων, του κόστους για την επέκταση του συστήματος μεταφοράς και του δικτύου διανομής έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κάλυψη του φορτίου, καθώς και η ελάττωση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και της εκπομπής ρύπων, αποτελούν σημαντικές θετικές συνέπειες που προκύπτουν από την εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου του συστήματος.

5) Ελαχιστοποίηση του κόστους των απωλειών του συστήματος μεταφοράς.

6) Από τη στιγμή που οι Έξυπνοι Μετρητές θα πάρουν τη θέση των ήδη υπάρχοντων μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας:

- Θα παρουσιαστεί σημαντική μείωση του κόστους για τον Διαχειριστή του Δικτύου διότι η διαδικασία περισυλλογής των μετρήσεων των καταναλωτών χαμηλής τάσης θα γίνεται αυτοματοποιημένα.
- Ο Διαχειριστής του δικτύου θα μπορεί άμεσα να αντιλαμβάνεται τυχόν βλάβες ή διαρροές και να έχει υπό τον έλεγχό του τη διαδικασία αποκατάστασης τους.

Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αντιμετωπίζει σήμερα πάρα πολλές προκλήσεις. Στην Ελλάδα γίνεται μια προσπάθεια ανάπτυξης στον τομέα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως σε νησιά του Αιγαίου. Τα νησιωτικά αυτά συστήματα που βρίσκονται στην ελληνική επικράτεια δεν είναι διασυνδεδεμένα με το σύστημα και το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Στα μη διασυνδεδεμένα νησιά περιλαμβάνονται 32 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) που θεωρούνται απομονωμένα συστήματα. Σε αυτά είναι εγκατεστημένοι και λειτουργούν 35 θερμικοί σταθμοί, συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 1717 MW και 1863 σταθμοί Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 444 MW.

Τα δίκτυα αυτά παρουσιάζουν σημαντικές ιδιαιτερότητες. Καταρχήν και όπως ήδη αναφέραμε είναι απομονωμένα και δεν έχουν δυνατότητα ανταλλαγής

ενέργειας με γειτονικά συστήματα, με σαφείς συνέπειας στην ομαλή λειτουργία του συστήματος. Επίσης περιλαμβάνουν σταθμούς παραγωγής μεγάλου εύρους μεγέθους, με μέγιστη ζήτηση ενέργειας που κυμαίνεται ανά σταθμό από μερικές εκατοντάδες kW έως αρκετές εκατοντάδες MW. Αυτό οφείλεται κυρίως στη διαχρονική διακύμανση της ζήτησης κυρίως λόγω του τουρισμού. Μια ακόμα ιδιαιτερότητα είναι το υψηλό κόστος παραγωγής ενέργειας σε σχέση με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας κυρίως εξαιτίας της χρησιμοποίησης συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο) με μέσο ενδεικτικό κόστος για το 2012 τα 191.98 €/MWh.

Η μη ύπαρξη διασύνδεσης με ισχυρότερα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που χαρακτηρίζονται από μεγάλη αδράνεια, έχει ως συνέπεια να δημιουργούνται προβλήματα στην λειτουργία αυτών των συστημάτων με κύρια της αστάθεια στη συχνότητα και την τάση. Όλες οι παραπάνω ιδιαιτερότητες στην λειτουργία των συστημάτων αυτών περιορίζουν την μέγιστη επιτρεπόμενη διείσδυση ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα μπορούν κατά ένα μέρος να αναιρεθούν είτε με την διασύνδεση των νησιών με κεντρικά μεγάλα δίκτυα έργα πολύ υψηλού κόστους, είτε με την εγκατάσταση μεγάλων συστημάτων μακροχρόνιας αποθήκευσης ενέργειας όπως η αντλιοταμείωση ή το υδρογόνο κ.α. , είτε με την δημιουργία έξυπνων δικτύων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Παραδείγματα από την εφαρμογή των Έξυπνων Δικτύων στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας**

### **6.1 Εισαγωγή.**

Στην Ελλάδα πραγματοποιείται μια προσπάθεια ανάπτυξης στον τομέα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως σε νησιά του Αιγαίου. Αυτά τα νησιωτικά συστήματα παρόλο που είναι εντός του ελλαδικού χώρου δεν είναι διασυνδεδεμένα με το σύστημα και το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας. Τα αποσυνδεδεμένα νησιά αποτελούνται από 32 Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) τα οποία θεωρούνται απομονωμένα συστήματα. Στα συστήματα αυτά είναι τοποθετημένοι και λειτουργούν 35 θερμικοί σταθμοί, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 1.717 MW και 1.863 σταθμοί Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), συνολικής εγκατεστημένης ισχύς 444 MW.

Τα δίκτυα αυτά παρουσιάζουν σημαντικές ιδιαιτερότητες. Αρχικά όπως προείπαμε είναι χωρισμένα από τα υπόλοιπα και δεν έχουν δυνατότητα ανταλλαγής ενέργειας με γειτονικά συστήματα, με συνέπεια στην ομαλή λειτουργία του συστήματος. Ακόμα αποτελούνται από σταθμούς παραγωγής μεγάλου μεγέθους, με μέγιστη ζήτηση ενέργειας που είναι ανά σταθμό από μερικές εκατοντάδες kW έως αρκετές εκατοντάδες MW. Αντιλαμβανόμαστε ότι, αυτό οφείλεται κυρίως στη διαχρονική διακύμανση της ζήτησης κυρίως λόγω του τουρισμού. Επίσης ένα ακόμα ιδιαίτερο γνώρισμα, το υψηλό κόστος παραγωγής ενέργειας σε σχέση με το ηπειρωτικό δίκτυο της χώρας κυρίως εξαιτίας της χρησιμοποίησης συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο) με μέσο ενδεικτικό κόστος για το 2012 τα 191.98 €/MWh.

Η έλλειψη διασύνδεσης με ισχυρότερα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που χαρακτηρίζονται από μεγάλη απώλεια δραστηριότητας, φέρει σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζονται προβλήματα στην λειτουργία αυτών των συστημάτων με κύριο αυτό της αστάθεια στη συχνότητα και την τάση. Όλες ιδιαιτερότητες στην λειτουργία των συστημάτων αυτών περιορίζουν την μέγιστη επιτρεπόμενη εισαγωγή ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Τα μειονεκτήματα που παρουσιάστηκαν παραπάνω έχουν τη δυνατότητα κατά ένα μέρος να καθαιρεθούν με τρεις τρόπους: είτε με την διασύνδεση των νησιών αυτών με κεντρικά μεγάλα δίκτυα, που θεωρούνται έργα πολύ υψηλού κόστους, είτε με την εγκατάσταση μεγάλων συστημάτων μακροχρόνιας αποθήκευσης ενέργειας όπως η αντλιοσταμείωση ή το υδρογόνο κ.α. , είτε με την δημιουργία έξυπνων δικτύων.



## 6.2 Έξυπνα δίκτυα σε νησιά του Αιγαίου

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου διανομής ΔΕΔΔΗΕ έχει ήδη προχωρήσει στην προκήρυξη ενός προγράμματος για την εγκατάσταση έξυπνων δικτύων σε 5 νησιά του Αιγαίου. Οι συζητήσεις για την υλοποίηση του έργου άρχισαν το 2009 σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Ένωση και οι μελέτες εγκατάστασης ολοκληρώθηκαν το 2013. Εδώ και δύο χρόνια το έργο έχει περάσει στη φάση της εγκατάστασης. Το παρόν έργο θα έχει ο σκοπό την έξυπνη διαχείριση της παραγωγής η οποία κατ' επέκταση θα επιτρέπει την αύξηση της διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), την αύξηση της αξιοπιστίας και την έξυπνη διαχείριση του φορτίου, εξασφαλίζοντας στους πελάτες την δυνατότητα της συμμετοχής ως ενεργών καταναλωτών στο σύστημα.

Η εγκατάσταση έξυπνων δικτύων σε νησιά του Αιγαίου είναι μια συνεργασία του ΔΕΔΔΗΕ και του Δικτύου ΔΑΦΝΗ (Δίκτυο Αειφόρων Νήσων Αιγαίου ) το οποίο λαμβάνει μέρος στο χρηματοδοτικό μηχανισμό ELENA (European Local Energy Assistance). Το πρόγραμμα ELENA με τη βοήθεια της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων αποτελεί μια προσπάθεια των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Πρωταρχικός στόχος του είναι η οικονομική ενίσχυση των κρατών της Ευρώπης όσον αφορά έργα που αφορούν την ανάπτυξη στο πεδίο της «πράσινης ενέργειας» , και έχει ήδη συμμετάσχει στη χρηματοδότηση έργων στη Βαρκελώνη, τη Μαδρίτη, το Μιλάνο και το Παρίσι.

Το πρόγραμμα στο νησιωτικό χώρο του Αιγαίου, περιλαμβάνει 5 διαφορετικά μεταξύ του νησιά ως προς τη γεωγραφική θέση, το μέγεθος, τα χαρακτηριστικά του φορτίου και τις τελικές ενεργειακές χρήσεις. Τα νησιά που συμμετέχουν στο πρόγραμμα είναι η Κύθνος, η Λέσβος, η Λήμνος, η Μήλος και η Σαντορίνη

Ύστερα από την ολοκλήρωση του έργου θα έχουν καλυφθεί ένα σύνολο 180.000 καταναλωτών με έξυπνους μετρητές που θα λαμβάνουν και θα στέλνουν δεδομένα στα Κέντρα Ελέγχου ενέργειας. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα οι καταναλωτές να μπορούν να διαλέξουν τη φθηνότερη και περιβαλλοντικά προτιμότερη λύση έτσι ώστε να καλύψουν τις ανάγκες τους. Στα προαναφερθείσα νησιά θα πραγματοποιηθεί εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και θα τοποθετηθούν επίσης σταθμοί φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Όλα αυτά γίνονται πραγματικότητα μέσω της συνεργασίας διαφόρων κλάδων της επιστήμης του ηλεκτρολόγου μηχανικού και περιλαμβάνουν τελευταίας τεχνολογίας Κέντρα Ελέγχου Ενέργειας (ΚΕΕ) που θα λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο και θα έχουν ως στόχο τη βέλτιστη διαχείριση του συστήματος ενέργειας.

Επιπροσθέτως όπως ειπώθηκε θα τοποθετηθούν σταθμοί φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων, 13 στη Λέσβο, 4 στη Λήμνο και από 1 σε Μήλο, Κύθνο και Σαντορίνη. Οι σταθμοί αυτοί θα παρέχουν τη ικανότητα ανάπτυξης των ηλεκτροκίνητων οχημάτων στα νησιά αυτά και επίσης θα μπορούν όταν δεν χρησιμοποιούνται να λειτουργούν και σαν μονάδες αποθήκευσης ενέργειας. Τέλος, μεγάλο βάρος έχει δοθεί προς την κατεύθυνση της μείωσης της κατανάλωσης της ενέργειας με την ανάπτυξη ενός συστήματος χαμηλής κατανάλωσης για τον ηλεκτροφωτισμό των δρόμων των νησιών αυτών.

### **6.3 Το Μικροδίκτυο της Κύθνου**

Ένα πιλοτικό μονοφασικό μικροδίκτυο έχει ήδη εγκατασταθεί στο νησί της Κύθνου. Το μικροδίκτυο αυτό εγκαταστάθηκε για ερευνητικούς κυρίως σκοπούς και χρησιμοποιείται από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ). Ηλεκτροδοτεί δώδεκα σπίτια σε μία μικρή κοιλάδα της Κύθνου. Το μικροδίκτυο πληρεί τις προϋποθέσεις ασφαλείας που προβλέπονται από τη ΔΕΗ για τη σύνδεση με τα σπίτια. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κοιλάδα της Γαϊδουρομάντρας και το εγκατεστημένο σε αυτή μικροδίκτυο. Το σύστημα παραγωγής αποτελείται από συστοιχίες φωτοβολταϊκών ισχύος 10 kW, συστοιχίες μπαταριών με δυνατότητα αποθήκευσης 53 kWh και μια ντιζελογεννήτρια ονομαστικής ισχύος 5 kW. Στόχος του συστήματος αυτού είναι η τροφοδότηση των σπιτιών με ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από τα φωτοβολταϊκά σε συνδυασμό με τις μπαταρίες, ενώ η ντιζελογεννήτρια χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις παρατεταμένης συννεφιάς ή σε έκτακτες καταστάσεις. Σε κάθε κατοικία είναι τοποθετημένες φωτοβολταϊκές συστοιχίες, μια τοποθετημένη κοντά στο σπίτι και μια άλλη τοποθετημένη στην οροφή του κτηρίου ελέγχου, ισχύος 2 kW. Το ρεύμα που παρέχεται στους οικισμούς περιορίζεται από μία ασφάλεια των 6 Α. Η όλη εγκατάσταση βρίσκεται σε απόσταση τεσσάρων χιλιομέτρων από την πλησιέστερο κόμβο παροχής μέσης τάσης του νησιού, ενώ κτήριο είκοσι τετραγωνικών μέτρων έχει κατασκευαστεί στη μέση του οικισμού για να τοποθετηθούν οι μπαταρίες και οι αντιστροφείς τους, η ντιζελογεννήτρια καθώς και ο υπολογιστής ελέγχου και το υλικό επικοινωνίας.



**Εικόνα 6.1:** Αναπαράσταση Μικροδικτύου της Κύθνου

Το δίκτυο που ηλεκτροδοτεί τους καταναλωτές τροφοδοτείται από τρεις αντιστροφείς μπαταριών Sunny-island σε διαμόρφωση master-slave . Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπουν τη λειτουργία άνω του ενός αντιστροφέων μόνο όταν απαιτείται παραπάνω ισχύς από τους καταναλωτές. Συγκεκριμένα, γίνεται δυνατή η αυτόνομη κατανομή φορτίου χωρίς την ανάγκη γρήγορων συστημάτων επικοινωνίας, εφόσον μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι καμπύλες στατισμού ενεργού ισχύος/συχνότητας από τα συστήματα ελέγχου των αντιστροφέων. Κάθε αντιστροφέας μπορεί να παρέχει στην έξοδό του μέγιστη ισχύ ίση με 3.6 kW. Οι αντιστροφείς στο σύστημα της Κύθνου έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και σε συγχρονισμένη λειτουργία και με βάση τις καμπύλες στατισμού. Σε περίπτωση που η κατάσταση φόρτισης των μπαταριών είναι χαμηλή, το σύστημα, στη λειτουργία frequency droop [λειτουργία με βάση την καμπύλη στατισμού ενεργού ισχύος/συχνότητας], επιτρέπει τη μεταφορά πληροφορίας στους ελεγκτές για την ένταξη των φορτίων.

Ταυτόχρονα, σε αυτή λειτουργία, όταν η συστοιχία των μπαταριών είναι εντελώς φορτισμένη, το σύστημα επιτρέπει τον περιορισμό της ισχύος εξόδου των αντιστροφέων των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η συχνότητα του δικτύου από τα 50 Hz στα 51,5 Hz. Οι αντιστροφείς Sunny Boy, που είναι συνδεδεμένοι στα φωτοβολταϊκά έχουν την ικανότητα να μετρούν τη συχνότητα του δικτύου, με αποτέλεσμα αναγνωρίζοντας την παραπάνω μεταβολή, περιορίζουν την ισχύ εξόδου τους. Το κάθε σπίτι, στο σημείο όπου συνδέεται με το μικροδίκτυο, έχει ήδη εξοπλιστεί με έναν Κατανεμημένο Ευφυή Ελεγκτή Φορτίου. Οι ελεγκτές αυτοί εργάζονται με βάση τη συχνότητα του δικτύου δηλαδή μπορούν να μετρούν τη συχνότητα του δικτύου και να διακόπτονται από το δίκτυο όταν η συχνότητα φτάσει κάτω από μία ορισμένη τιμή (49,14 Hz), καθώς ο αντιστροφέας Sunny Island (ο οποίος στην ουσία δημιουργεί το

δίκτυο)αντιλαμβάνεται δύο καταστάσεις, είτε ότι η κατάσταση φόρτισης των μπαταριών είναι σε χαμηλό επίπεδο είτε ότι υπάρχει υπερφόρτιση από την πλευρά των καταναλωτών. Στην περίπτωση αυτή ο αντιστροφείας Sunny Island ενστερνίζεται τη συμπεριφορά μίας υπερφορτισμένης γεννήτριας, η οποία επιβραδύνεται και με αυτό τον τρόπο ελαττώνεται η συχνότητα του συστήματος. Όταν η μείωση της συχνότητας γίνει αντιληπτή από τον ελεγκτή φορτίου, τότε αποσυνδέεται το δίκτυο και εισέρχεται σε μία περίοδο διακοπής(time-outperiod) πριν από την επανασύνδεση. Το χρονικό διάστημα αυτής της περιόδου κυμαίνεται σε μια τιμή μεταξύ 2 και 4 λεπτών, συμπεριλαμβάνοντας έναν τυχαίο παράγοντα. Αυτό επιτρέπει στα σπίτια να επανασυνδεθούν σταδιακά στο δίκτυο, και να αποφευχθεί η περίπτωση επανασύνδεσης όλων μαζί, οδηγώντας πάλι το δίκτυο σε υπερφόρτιση.

Το μικροδίκτυο της Κύθνου είναι το πρώτο ουσιαστικά πραγματικό δίκτυο στο οποίο έχει εφαρμοσθεί στην πράξη αποκεντρωμένος έλεγχος μέσω ευφυών πρακτόρων για τον έλεγχο μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής. Παρόλο που το σύστημα είναι αρκετά απλό και μικρό σε έκταση αποτελεί σημαντικό παράδειγμα αναφοράς ακόμη και σε παγκόσμιο επίπεδο διότι αποδεικνύει στην πράξη τις δυνατότητες και τα οφέλη που παρουσιάζει μια αντίστοιχη υλοποίηση σε ευρεία κλίμακα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Νομοθεσία

### 7.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η λειτουργία των Έξυπνων Δικτύων καθορίζεται από την ανακοίνωση που δημοσιεύθηκε τον Απρίλιο του 2011 με τίτλο << Έξυπνα Δίκτυα-από την Καινοτομία στην ανάπτυξη>>. Με βάση την Επιτροπή, τα έξυπνα δίκτυα θα πρέπει να περιορίσουν σημαντικά τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των νοικοκυριών κατά 9% καθώς και την κατανάλωση ενέργειας κατά 10%. Αντιλαμβανόμαστε λοιπόν ότι, τα έξυπνα δίκτυα έχουν καθοριστική σημασία για να καταφέρει η ΕΕ να πετύχει τους στόχους της ολοκληρωμένης ενέργειας και την κλιματική αλλαγή (που εγκρίθηκε το Δεκέμβριο του 2008) χαρακτηριζόμενη ως «20-20-20».

### 7.2 Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέφρασε σε δύο ψήφους την αμέριστη υποστήριξή του για την έξυπνη μέτρηση: Δηλαδή κάθε οικογένεια στην ΕΕ να εγκαθίσταται με τους έξυπνους μετρητές μέχρι το 2022.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει ψηφίσει να υπερασπιστεί τη μετάδοση της έξυπνης μέτρησης στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ευρωπαϊκή Έξυπνη Βιομηχανική Ομάδα (ESMIG) εκφράζει τη συμφωνία της στις αποφάσεις του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και επίσης επευφημεί την αυξανόμενη τάση για την έξυπνη μέτρηση στην Ευρώπη ως συνέπεια της υποστήριξης της ΕΕ. Ακόμα το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο επικρότησε μια συμφωνία η οποία πραγματοποιήθηκε από τα όργανα της ΕΕ για μια νομοθεσία που αφορά την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας της ΕΕ. Αυτό το πακέτο αποτελείται από τις οδηγίες ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου που πρέπει να ακολουθηθούν από τα κράτη μέλη της ΕΕ, ώστε «να εξασφαλίσουν συστήματα ευφυών μετρητών».

Η Οδηγία Ηλεκτρικής Ενέργειας προβλέπει την ολοκληρωμένη επέκταση των έξυπνων συστημάτων στη δυσμενέστερη περίπτωση μέχρι το 2022, με το 80% των καταναλωτών να εξοπλίζονται με τα έξυπνα συστήματα έως το 2020. Δεν υπάρχει καμία προθεσμία στην οδηγία αερίου.

Ο εισηγητής στην Οδηγία Ηλεκτρικής Ενέργειας, Eluned Morgan στην συζήτηση που έγινε πριν την ψηφοφορία είπε τα εξής:

***«Αυτή η νομοθεσία επίσης θα εξασφαλίσει ότι κάθε οικογένεια στην ΕΕ θα εγκαταστήσει τους έξυπνους μετρητές [...] μέχρι το 2022. Αυτοί οι έξυπνοι μετρητές θα επιτρέψουν στους πελάτες να ελέγχουν καλύτερα***

**την ενεργειακή χρήση τους και να αυξήσουν τη ενεργειακή αποδοτικότητα, που βοηθά να κόψουν τα ενεργειακά κόστη και να μειώσουν τη εκπομπή άνθρακα.»**

Ο Ενεργειακός Επίτροπος Andris Piebalgs στη δήλωσή του στο Κοινοβούλιο, είπε ότι:

**« Η κλήση του Κοινοβουλίου για την ισχυρότερη προστασία καταναλωτών και την πάλη ενάντια στην ενεργειακή ένδεια είναι τώρα φυλαγμένη στα νομοθετικά κείμενα. Στους έξυπνους μετρητές, που επιτρέπουν τους καταναλωτές να ενημερώνονται ακριβώς για την κατανάλωσή τους και που προωθούν τη ενεργειακή αποδοτικότητα, παρέχεται ένας στόχος 80% των καταναλωτών που επιτυγχάνονται μέχρι το 2020.»**

Επίσης το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 23 Απριλίου 2009, δηλαδή στη πρώτη καταγραφή της Ενεργειακής Απόδοσης των κτηρίων (EPBD), ψήφισε να προχωρήσει πιο γρήγορα την εφαρμογή με την απαίτηση ότι όλα τα καινούργια κτήρια καθώς και εκείνα τα οποία υποβάλλονται στην ανακαίνιση εξοπλίζονται με τους έξυπνους μετρητές. Σε μια τροποποίηση στο EPBD, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο παρενέβαλε τα εξής:

**«Τα κράτη μέλη θα εξασφαλίσουν ότι οι έξυπνοι μετρητές εγκαθίστανται σε όλα τα νέα κτήρια και όλα τα κτήρια που υποβάλλονται σε μια σημαντική ανακαίνιση ή όποτε ένας μετρητής αντικαθίσταται, και θα ενθαρρύνει την εγκατάσταση των ενεργών συστημάτων ελέγχου όπως η αυτοματοποίηση, ο έλεγχος και τα συστήματα παρακολούθησης, όπου απαιτείται.»**

Ο Πρόεδρος ESMIG Αντρέας Umbach, ανακοίνωσε ότι:

**«Τα μέλη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου πρόκειται να δεχτούν συγχαρητήρια στην προνοητική προσέγγιση και τη δέσμευσή τους για την παραγωγή των στόχων του 20-20-20 της ΕΕ που είναι μια πραγματικότητα. Αυτό είναι μια απόφαση που προετοιμάζει το έδαφος για μια αγορά αποδοτικότερη, βιωσιμότερη και φιλική από θέμα ενέργειας στην Ευρώπη. Το έξυπνο δίκτυο αλλάζει τον τρόπο που ζούμε, παρέχοντας δημοκρατικά μέσα κατάστασης προόδου ακόμα και να επιτύχουμε ένα υψηλά και περιβαλλοντικά συνειδητό βιοτικό επίπεδο για καθέναν μας.»**

Υπάρχουν σημάδια των τύπων αλλαγών που έχουν επιπτώσεις στις βιομηχανίες που σχετίζονται με την έξυπνη μέτρηση. Για παράδειγμα, η πιο πρόσφατη έκθεση της electra- πρωτοβουλίας της ΕΕ οδηγείται στο συμπέρασμα ότι η ευρωπαϊκή οδηγία ενεργειακών υπηρεσιών δίνει ένα νέο ερέθισμα για την έξυπνη μέτρηση και την ευφυή διαχείριση δύναμης. Όταν

εφαρμόζεται η οδηγία από τα κράτη μέλη, μέσα στα εθνικά σχέδια ενεργειακής αποδοτικότητας τους (NEEAP), το ερέθισμα αυτό γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτό. Ακόμα και σε περιπτώσεις που ποικίλουν από κράτος σε κράτος οι εκτιμήσεις της συνολικής επένδυσης για το ξεδίπλωμα των έξυπνων συστημάτων σε όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως π.χ. η εκτίμηση για το UK είναι μεταξύ €8-12B, υπάρχουν αρκετά δεδομένα ότι, σε αυτήν την περιοχή, οι εμπορικές ευκαιρίες στην ΕΕ θα αυξηθούν και ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα θα γίνει σημαντικός επιχειρησιακός οδηγός.

### **7.3 Το 3ο Πακέτο Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης.**

Στις 3 Σεπτεμβρίου 2009 τέθηκε σε εφαρμογή το «3ο Πακέτο Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης» (EU 3rd Energy Package).

Ο στόχος του τρίτου ενεργειακού πακέτου είναι να δημιουργήσει μία ενιαία και πλήρως αποτελεσματική αγορά ενέργειας (ηλεκτρική και φυσικό αέριο) στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.). Αυτό θα βοηθήσει να διατηρηθούν οι τιμές σε όσο το δυνατό χαμηλότερα επίπεδα, να υπάρξουν καλύτερα πρότυπα ως αναφορά την κατανάλωση ενέργειας από τους χρήστες, εξυπηρέτηση καθώς και μεγαλύτερη προστασία στα δικαιώματα των καταναλωτών. Βασική προϋπόθεση του πακέτου αυτού είναι η διασφάλιση της εφαρμογής των Έξυπνων Μετρητών από τα κράτη-μέλη, και ακόμα ο εξοπλισμός του 80% των Ευρωπαίων πολιτών με Έξυπνους Μετρητές έως το έτος 2020. Τα μέτρα που αναφέρονται στην Οδηγία (European Energy Services Directive) για την προστασία των καταναλωτών είναι μεταξύ άλλων «ξεκάθαρα» και κοστοστρεφή συμβόλαια από τους Προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας, διαφάνεια στην τιμολόγηση, διαφορετικοί τρόποι πληρωμής, μηδαμινό κόστος αλλαγής Προμηθευτή, απλή διαδικασία για την αναφορά παραπόνων, παροχή στοιχείων κατανάλωσης τακτικά από τους Προμηθευτές στους καταναλωτές για τον έλεγχο και την «απορύθμιση» της κατανάλωσής τους.

Οι απαιτήσεις της Οδηγίας υποχρεώνουν τους Προμηθευτές να ξαναπροσαρμόσουν τις υπηρεσίες που προσφέρουν στους Πελάτες τους και τον τρόπο τιμολόγησης αυτών.

Το πακέτο λοιπόν, περιέχει δύο οδηγίες. Η πρώτη σχετίζεται με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου και η δεύτερη αφορά τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά ηλεκτρισμού, και τρεις κανονισμούς, ένας για τις συνθήκες πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου, ένας για τις συνθήκες πρόσβασης στο δίκτυο για διασυνοριακές ανταλλαγές ηλεκτρισμού και ένας για τη δημιουργία της Αντιπροσωπείας για τη Συνεργασία των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας (Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER) – 713/2009/EC). Οι προαναφερόμενες οδηγίες και κανονισμοί υιοθετήθηκαν τον Ιούλιο του 2009. Τα κράτη-μέλη είχαν 18 μήνες, μέχρι τις 3 Μαρτίου 2011, προκειμένου να

ενσωματώσουν τις δύο σχετικές οδηγίες στην εθνική τους νομοθεσία. Το «3ο Πακέτο Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης» πρέπει να ενσωματωθεί στη νομοθεσία των κρατών-μελών εντός 18 μηνών, δηλαδή έως τις 3 Μαρτίου 2011. Αναλυτικά:

Τα κράτη-μέλη πρέπει στο πλαίσιο της οδηγίας ηλεκτρικής ενέργειας να πραγματοποιήσουν μια οικονομική αξιολόγηση των δαπανών όπως επίσης και των κερδών της έξυπνης ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το Σεπτέμβριο του 2012. Έπειτα, θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα χρονοδιάγραμμα για την έξυπνη τεχνολογία με μία περίοδο μέχρι 10 ετών, με τουλάχιστον 80% των καταναλωτών να εξοπλίζονται με έναν έξυπνο μετρητή μέχρι το 2020.

Παρομοίως έως το Σεπτέμβριο του 2012 θα πρέπει να αναληφθεί από τα κράτη μέλη μια οικονομική αξιολόγηση της έξυπνης μέτρησης αερίου. Ο σχεδιασμός ενός χρονοδιαγράμματος βρίσκεται σε εξέλιξη παρόλο που δεν διευκρινίζεται καμία προθεσμία.

Ο συνυπολογισμός του υποχρεωτικού έξυπνου δικτύου σε ολόκληρη την Ευρώπη έχει γίνει αποδεκτός από την Ευρωπαϊκή Έξυπνη Βιομηχανική Ομάδα (ESMIG) σε μια δήλωση, και η ομάδα προβλέπει μια αυξανόμενη ορμή προς την έξυπνη αγορά στην περιοχή. Ωστόσο, ενώ το 3ο Ευρωπαϊκό ενεργειακό πακέτο είναι μια καλή αρχή, είναι μόνο η αρχή λέει ο Ανδρέας Umbach, Πρόεδρος της ESMIG.

Άλλα μέτρα προστασίας καταναλωτών στις οδηγίες, περιλαμβάνουν τις σαφείς συμβάσεις από τους φορείς παροχής υπηρεσιών, διαφανείς πληροφορίες για τα τιμολόγια, μια ευρεία επιλογή της μεθόδου πληρωμής, καμία δαπάνη για τον switching προμηθευτή, απλές διαδικασίες παραπόνων, και παροχή πραγματικών πληροφοριών και δαπανών κατανάλωσης. Το τελευταίο χρειάζεται να γίνεται αρκετά συχνά ώστε να επιτρέψουν στους καταναλωτές να ρυθμίσουν την κατανάλωσή τους.

**«Εάν πρόκειται να πλησιάσουμε κοντά στην πραγματοποίηση του έξυπνου δικτύου στο εγγύς μέλλον, για να επιτύχουμε τους στόχους του 20-20-20 της ΕΕ [αύξηση 20% στη ενεργειακή αποδοτικότητα, τη μείωση 20% των εκπομπών του CO<sub>2</sub>, και την αύξηση 20% στις ανανεώσιμες ενέργειες μέχρι το 2020], πρέπει να αρχίσουμε αμέσως. Η έξυπνη βιομηχανία κάνει το έργο της, αλλά τώρα εξαρτάται από τα κράτη μέλη να υποστηρίξουν το ενεργειακό πακέτο χρονικά και επίσης να εξασφαλιστεί ότι οι πολίτες τους μπορούν να απολαύσουν τα οφέλη του έξυπνου δικτύου το συντομότερο δυνατόν.»**

Συνεπώς, η **«έξυπνη μέτρηση, που συνδυάζεται με τον άμεσο πελάτη, έχει παρουσιαστεί για να αυξηθεί η ενεργειακή αποδοτικότητα κατά 5-15%, και σε μερικές περιπτώσεις ακόμη και μέχρι 20%»** Στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική και την Αυστραλία οι ποικίλες μελέτες, τα πειραματικά προγράμματα και γενικότερα το έξυπνο σύστημα θα οδηγήσει την ενεργειακή αποταμίευση σε ποσοστό 5%-15% και μερικές φορές ακόμα και υψηλότερα όπως 20%.

Με βάση την Κοινοτική Οδηγία, 32006L0032, 2006/32/EK, κεφάλαιο 3, άρθρο 13, παράγραφος 2 και 3 με θέμα «Μετρητές και αναλυτικοί λογαριασμοί για την κατανάλωση ενέργειας», τα κράτη μέλη θα πρέπει να εξασφαλίσουν ότι,



σε κάθε περίπτωση, η χρέωση που παρουσιάζεται από τους διανομείς ενέργειας, τους διαχειριστές συστημάτων διανομής και τις εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας, πρέπει να στηρίζεται στην πραγματική ενεργειακή κατανάλωση, και να προβάλλεται με ξεκάθαρο και κατανοητό τρόπο. Στον λογαριασμό του καταναλωτή πρέπει να περιέχονται σωστά δεδομένα, έτσι ώστε να μπορεί να έχει ολοκληρωμένη εικόνα του τρέχοντος ενεργειακού του κόστους. Η χρέωση με βάση την πραγματική κατανάλωση ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά συχνή, ώστε οι καταναλωτές να μπορούν να ρυθμίζουν την ενεργειακή τους κατανάλωση. Επιπροσθέτως, τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίσουν ότι, οι διανομείς ενέργειας, οι διαχειριστές συστημάτων διανομής, ή οι εταιρείες λιανικής πώλησης ενέργειας θα πρέπει να δίνουν στους τελικούς καταναλωτές, ως μέρος ή μαζί με τους λογαριασμούς τους, τις συμβάσεις τους, τις συναλλαγές τους ή/και τις αποδείξεις των σταθμών διανομής τους, τις ακόλουθες πληροφορίες κατά σαφή και κατανοητό τρόπο:

- Τις τρέχουσες πραγματικές τιμές και την πραγματική κατανάλωση ενέργειας.
- Συγκρίσεις της τρέχουσας κατανάλωσης του τελικού καταναλωτή προς την κατανάλωσή του κατά την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους, κατά προτίμηση υπό μορφή διαγράμματος.
- Συγκρίσεις με κάποιο μέσο κανονικό ή υποδειγματικό χρήστη ενέργειας της ίδιας κατηγορίας, εφόσον τούτο είναι εφικτό και χρήσιμο.
- Διευθύνσεις κ.λπ. οργανώσεων καταναλωτών, οργανισμών ενέργειας ή παρόμοιων οργάνων, μαζί με διευθύνσεις ιστοσελίδων, από τις οποίες μπορούν να λαμβάνονται πληροφορίες για τα διαθέσιμα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης, συγκρίσεις των διαφόρων κατηγοριών τελικών χρηστών ή/και αντικειμενικές τεχνικές προδιαγραφές για εξοπλισμό που χρησιμοποιεί ενέργεια.

#### **7.4 Η σημασία της τυποποίησης**

Η τυποποίηση των νέων τεχνολογιών και συστημάτων τόσο με τους κατασκευαστές όσο και με τους καταναλωτές/ χρήστες που συνεργάζονται, αποτελεί μία βασική απαίτηση που αποσκοπεί στην βέλτιστη ολοκλήρωση του κάθε συστατικού ξεχωριστά.

Για το λόγο αυτό, τα πρόσωπα της ESMIG συμμετάσχουν στις διεθνείς επιτροπές τυποποίησης όπως:

- IEC (η διεθνής ηλεκτροτεχνική Επιτροπή)
- CENELEC (ευρωπαϊκή Επιτροπή για την ηλεκτροτεχνική τυποποίηση)
- CEN (ευρωπαϊκή Επιτροπή για την τυποποίηση) και

- WELMEC (δυτικοευρωπαϊκή νομική συνεργασία μέτρησης).

Η ESMIG θα εγκρίνει την είσοδο των ευρωπαϊκών προτύπων σε κάθε κράτος μέλος και θα παρέχει στήριξη γενικότερα. Ο βασικός στόχος είναι να μονιμοποιηθούν τα τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας και τα λειτουργικά συστήματα που έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν στα εθνικά σύνορα, χωρίς να λαμβάνουμε υπόψη τους περιορισμούς.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

1. <http://corporate.kafkas.gr/d/eksupna-diktua-i-ilektriki-energeia-tou-mellontos-1002.htm?lang=el&path=1601700063>
2. [http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1512/kma\\_m1512 Andreou.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1512/kma_m1512_Andreou.pdf)
3. <http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/6459/1/DT2012-0225.pdf>
4. <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/EE874/%CE%9A%CE%95%CE%A6%201.pdf>
5. <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2012/VrachnakisGeorgios/attached-document-1354789012-164792-21561/VrachnakisGeorgios2012.pdf>
6. [http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1186/hlg\\_00788.pdf?sequence=1](http://okeanis.lib.teipir.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/1186/hlg_00788.pdf?sequence=1)
7. [http://vbn.aau.dk/ws/files/72262277/ALL\\_11\\_0935 TIE Part I.pdf](http://vbn.aau.dk/ws/files/72262277/ALL_11_0935_TIE_Part_I.pdf)
8. N. Hatziargyriou. "Microgrids - Architectures and Control"
9. S. Chowdhury, P. Crossley. "Microgrids and Active Distribution Networks"
10. A. Carrallo, J. Cooper. "The advanced Smart Grid"
11. <http://www.econews.gr/2014/07/17/ape-stoxoi-ellada-116359/>
12. <http://www.econews.gr/2014/05/15/exypna-nisia-114819/>
13. [https://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_meter](https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_meter)

14. [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/7269/1/Diploma\\_Thesis\\_Xanthopoulos.pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/7269/1/Diploma_Thesis_Xanthopoulos.pdf)
15. DIRECTIVE 2006/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC, available at <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0064:0064: EN:PDF>
16. 3ο Πακέτο Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης» (EU 3rd Energy Package). [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-11-125 de.htm?locale=en](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-125_de.htm?locale=en).