



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1780**

**ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ**

**ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΜ: 6995**

**ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΑΜ: 6640**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2020**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διαρκώς αναπτυσσόμενη και μεταβαλλόμενη βιομηχανία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με τις κλιματικές αλλαγές και την ανάγκη μείωσης της χρήσης των ορυκτών καυσίμων, οδήγησε στην εισαγωγή των έξυπνων δικτύων στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.

Smart Grid ή αλλιώς έξυπνο δίκτυο, είναι ένα προηγμένο ηλεκτρικό δίκτυο που περιλαμβάνει ένα μεγάλο κομμάτι νέας και ενεργειακής τεχνολογίας, όπως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έξυπνες συσκευές τελευταίας τεχνολογίας και έξυπνους μετρητές. Σημαντικές παράμετροι του έξυπνου δικτύου αποτελούν η ηλεκτρονική ρύθμιση της ισχύος καθώς και ο έλεγχος της παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Στα πλεονεκτήματα του έξυπνου δικτύου ανήκουν η αυτόματη επαναφορά μετά από τεχνικές διαταραχές, η μειωμένη ζήτηση αιχμής, το μειωμένο λειτουργικό κόστος άρα και τελικό κόστος ως προς τους καταναλωτές, καθώς και τη γενικότερη αυξημένη αντοχή σε βλάβες, όπως και επίσης τη δυνατότητα συνεχούς ενσωμάτωσης νέων τεχνολογικών εννοιών. Τέλος, το έξυπνο δίκτυο είναι πιο ασφαλές όσον αφορά επιθέσεις και χάρη στους έξυπνους μετρητές του, έχει διαρκώς τη συνεχή εποπτεία της ενεργειακής κατανάλωσης.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά τα έξυπνα δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια περιγραφή του ελληνικού ΣΗΕ ούτως ώστε να γίνουν εμφανείς οι αδυναμίες του. Ακολουθεί το δεύτερο κεφάλαιο στο οποίο παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των έξυπνων δικτύων. Κατόπιν, στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται οι τεχνολογίες επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα αυτά. Ακολουθεί το τέταρτο κεφάλαιο στο οποίο πραγματοποιείται μια παρουσίαση των υπερ-δικτύων ανά τον κόσμο και τέλος

στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος τιμολόγησης και οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στα δίκτυα αυτά

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|   |     |
|---|-----|
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....   | I   |
| <b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....  | III |
| <b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....  | V   |
| <b>1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....   | 1   |
| <b>ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ</b> .....   | 1   |
| 1.1 Περιγραφή ελληνικού ΣΗΕ.....  | 1   |
| 1.2 Περιγραφή συστήματος Μεταφοράς και Διανομής.....                                | 5   |
| 1.3 Εθνικό σχέδιο για πολιτική «20-20-20» .....                                     | 10  |
| 1.4 Οι αδυναμίες του ηλεκτρικού δικτύου .....                                       | 12  |
| 1.5 Από το ηλεκτρικό δίκτυο στο έξυπνο δίκτυο .....                                 | 14  |
| <b>2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....   | 17  |
| <b>ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ</b> .....   | 17  |
| 2.1 Εισαγωγή.....   | 17  |
| 2.2 Πλεονεκτήματα ενός Ευφυούς Δικτύου.....   | 19  |
| 2.3 Ανάγκες και προκλήσεις του Έξυπνου Δικτύου .....                                | 21  |
| 2.4 Η αρχιτεκτονική ενός έξυπνου δικτύου .....                                      | 22  |
| 2.5 Χαρακτηριστικά των Έξυπνων Δικτύων .....  | 25  |
| 2.6 Προκλήσεις αξιοπιστίας του δικτύου.....   | 34  |
| 2.7 Η επίδραση των κυριότερων στοιχείων του έξυπνου δικτύου στην αξιοπιστία του. 36 |     |
| 2.8 Έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα .....   | 40  |
| 2.9 Ασφάλεια στα Ευφυή Δίκτυα .....   | 42  |
| 2.10 Στόχοι ασφάλειας σε Ευφυή Δίκτυα .....   | 47  |
| 2.11 Θέματα ασφάλειας σε Ευφυή Δίκτυα.....  | 49  |
| 2.12 Ασφαλίζοντας το Έξυπνο Δίκτυο.....   | 52  |
| <b>3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....   | 54  |
| <b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ</b> .....                             | 54  |
| 3.1 Εισαγωγή.....   | 54  |
| 3.2 Εφαρμόσιμες τεχνολογίες στα έξυπνα δίκτυα.....                                  | 57  |
| 3.2.1 Ασύρματες Τεχνολογίες. ....   | 57  |

|       |   |            |
|-------|---|------------|
| 3.2.2 | Ενσύρματες Τεχνολογίες .....  | 58         |
| 4     | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....   | 59         |
|       | ΧΡΕΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΉΣ .....   | 59         |
| 4.1   | Η Δυναμική Τιμολόγηση .....   | 59         |
| 4.2   | Μεταβαλλόμενη τιμή της ενέργειας.....   | 64         |
| 4.3   | Οι κυριότεροι παράγοντες της τιμής .....  | 65         |
| 4.4   | Απόκριση ζήτησης.....   | 66         |
| 4.4.1 | Οφέλη από την απόκριση ζήτησης. ....  | 67         |
| 4.4.2 | Διαφορετικοί τρόποι απόκρισης φορτίου.....  | 70         |
| 4.4.3 | Προγράμματα απόκρισης ζήτησης.....  | 71         |
| 5     | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....   | 77         |
|       | ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΥΠΕΡ-ΔΙΚΤΥΑ .....   | 77         |
| 5.1   | Το ασιατικό υπερ-δίκτυο .....   | 77         |
| 5.2   | Το υπερ-δίκτυο των Η.Π.Α.....   | 79         |
| 5.3   | Η προοπτική του Ευρωπαϊκού υπερ-δικτύου .....   | 80         |
| 5.3.1 | Προτεινόμενα σχήματα .....  | 82         |
| 5.4   | Τεχνολογική κατεύθυνση. ....  | 85         |
| 5.5   | Έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα .....   | 87         |
| 6     | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....   | 90         |
|       | ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ .....  | 90         |
| 6.1   | Εισαγωγή.....   | 90         |
| 6.2   | Ο έξυπνος μετρητής ως τοίχος προστασίας ανάμεσα σε εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον. .... | 94         |
| 6.3   | Έξυπνοι μετρητές στην οικία. ....   | 97         |
| 6.4   | Οφέλη από τη χρήση Έξυπνων μετρητών.....  | 99         |
| 6.5   | Η κατάσταση στο Ελληνικό δίκτυο.....  | 105        |
|       | <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΙΝΤΕΡΝΕΤ .....</b>   | <b>107</b> |

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|   |            |
|---|------------|
| <b>Εικόνα 1-1: Απεικόνιση του ελληνικού ΣΗΕ .....</b>   | <b>3</b>   |
| <b>Εικόνα 1-2: Το δίκτυο στη σημερινή του μορφή .....</b>   | <b>6</b>   |
| <b>Εικόνα 1-3: Από το ηλεκτρικό δίκτυο στο έξυπνο δίκτυο. ....</b>  | <b>16</b>  |
| <b>Εικόνα 2-1: Η εικόνα ενός έξυπνου δικτύου.....</b>   | <b>18</b>  |
| <b>Εικόνα 2-2: Το Έξυπνο Δίκτυο σύμφωνα με το μοντέλο του NIST σαν ένα σύνολο οντοτήτων που εξαρτώνται μεταξύ τους. ....</b>        | <b>24</b>  |
| <b>Εικόνα 2-3: Το όραμα ενός μελλοντικού Έξυπνου Δικτύου Μεταφοράς.....</b>   | <b>25</b>  |
| <b>Εικόνα 2-4: Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί.....</b>                 | <b>34</b>  |
| <b>Εικόνα 2-5: Αρχιτεκτονική ασφάλειας σε Smart Grid σύστημα .....</b>  | <b>48</b>  |
| <b>Εικόνα 2-6:Απεικόνιση του συμμετρικού και ασύμμετρου αλγόριθμου κρυπτογράφησης .....</b>   | <b>53</b>  |
| <b>Εικόνα 3-1: Οι τεχνολογίες επικοινωνίας σε ένα έξυπνο δίκτυο .....</b>   | <b>56</b>  |
| <b>Εικόνα 4-1: Μείωση της αιχμής σε σχέση με την διαφορά τιμών μεταξύ αιχμής και κοιλάδας (έρευνα Ahmad Faruqi) .....</b>           | <b>63</b>  |
| <b>Εικόνα 4-2:Τα αποτελέσματα της έρευνα με χρήση κάποιας τεχνολογίας ....</b>  | <b>63</b>  |
| <b>Εικόνα 4-3:Τα αποτελέσματα πιλοτικών πειραμάτων με χρήση πολύ εξελιγμένης τεχνολογίας.....</b>                                   | <b>64</b>  |
| <b>Εικόνα 4-4:Διαμόρφωση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας με την επίδραση της απόκρισης ζήτηση .....</b>                              | <b>70</b>  |
| <b>Εικόνα4-5:Ο ρόλος της απόκρισης ζήτησης στη λειτουργία του ΣΗΕ .....</b>   | <b>76</b>  |
| <b>Εικόνα 5-1:Ένα σχέδιο ενός υπερ-δικτύου που συνδέει τις Α.Π.Ε. σε όλη τη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη .....</b> | <b>85</b>  |
| <b>Εικόνα 6-1:Κλασσικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας .....</b>   | <b>93</b>  |
| <b>Εικόνα 6-2:Έξυπνος μετρητής.....</b>   | <b>94</b>  |
| <b>Εικόνα 6-3: Ένας πραγματικός έξυπνος μετρητής από την εταιρεία EVB Energie AG .....</b>  | <b>94</b>  |
| <b>Εικόνα 6-4:Σχέση έξυπνων μετρητών και τεχνικών υπηρεσίας. ....</b>   | <b>96</b>  |
| <b>Εικόνα 6-5:Ένα δίκτυο από έξυπνες οικιακές συσκευές .....</b>  | <b>98</b>  |
| <b>Εικόνα 6-6:Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε παγκόσμιο επίπεδο. ....</b>   | <b>99</b>  |
| <b>Εικόνα 6-7:Τα κύρια έργα και οι στόχοι στο έργο της τηλεμέτρησης. ....</b>   | <b>106</b> |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ως σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) ορίζεται ένα σύνολο εγκαταστάσεων και εξοπλισμού το οποίο αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, υποσταθμούς ανύψωσης τάσης, υποσταθμούς υποβιβασμού τάσης και γραμμές μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας (υπόγειες και υπέργειες)

Κύριος σκοπός ενός ΣΗΕ είναι να τροφοδοτεί όλους τους καταναλωτές όταν αυτοί το ζητήσουν, με αξιοπιστία και ασφάλεια, προσφέροντας τους ηλεκτρική ενέργεια στη χαμηλότερη δυνατή τιμή και με όσον το δυνατόν μικρότερο κόστος στο περιβάλλον.

### 1.1 Περιγραφή ελληνικού ΣΗΕ

Όταν αναφερόμαστε στο ελληνικό ΣΗΕ, ουσιαστικά αναφερόμαστε στην Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), που ιδρύθηκε το 1950. Μέχρι το 2001 η ΔΕΗ κατείχε το μονοπώλιο στην ελληνική αγορά. Τότε απελευθερώθηκε η αγορά ενέργειας από μονοπωλιακή σε ανταγωνιστική βάση νόμου, ακολουθούμενη μιας τάσης που γεννήθηκε στις ΗΠΑ στα τέλη του προηγούμενου αιώνα. Η απελευθέρωση της αγοράς βοήθησε στην ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών παραγωγής ρεύματος (φωτοβολταϊκά, βιομάζα, γεωθερμία, αιολική ενέργεια).

Σημαντική χρονική στιγμή για τη πορεία της παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής υπήρξε το 1997 όταν υπογράφηκε το

Πρωτόκολλο του Κιότο. Το πρωτόκολλο αυτό υποχρέωνε τα βιομηχανικά ανεπτυγμένα κράτη να μειώσουν τις εκπομπές αερίων ρύπων που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης ορίζει συγκεκριμένο καταμερισμό ευθυνών ανά χώρα. Υπογράφηκε από 191 χώρες με τις ΗΠΑ όμως να μην συμπεριλαμβάνονται σε αυτές.

Συγκεκριμένα στο ελληνικό ΣΗΕ χρησιμοποιείται τριφασική εναλλασσόμενη τάση με συχνότητα 50 Hz. Το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλεκτρικής ισχύος παράγεται σε μεγάλους σταθμούς που βρίσκονται κοντά στις πρώτες ύλες (λιγνίτης) έπειτα μέσω του συστήματος μεταφοράς φτάνει στα κέντρα κατανάλωσης και τέλος μέσω του δικτύου διανομής ικανοποιεί τις ανάγκες όλων των καταναλωτών.

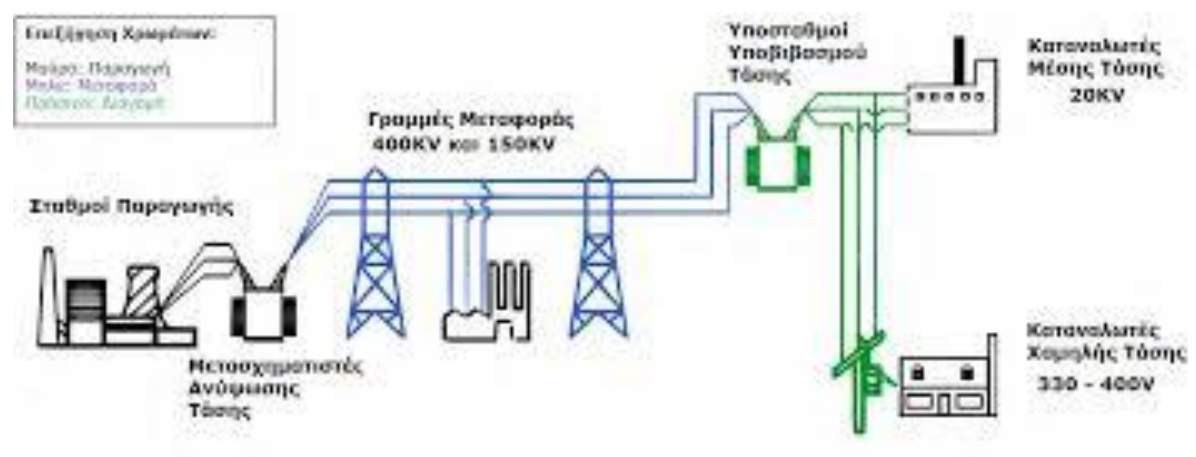
Στο ελληνικό ΣΗΕ η παραγόμενη ισχύς από τα μεγάλα θερμοηλεκτρικά και υδροηλεκτρικά εργοστάσια έχει επίπεδο τάσης μεταξύ 20-30 kV. Έπειτα η τάση αυτή ανυψώνεται στα 400 kV που είναι το επίπεδο του συστήματος μεταφοράς, έτσι ώστε η ροή ισχύος να φτάνει στους καταναλωτές με όσο το δυνατόν μειωμένες απώλειες. Κοντά στα αστικά κέντρα, η υπερυψηλή τάση υποβαθμίζεται σε σταθμούς υποβιβασμού τάσης στα 150 kV. Σε εκείνο το σημείο τροφοδοτεί καταναλωτές υψηλής τάσης (βιομηχανίες) και συνεχίζεται η μεταφορά ισχύος σε άλλους σταθμούς υποβιβασμού όπου η τάση πέφτει στα 20 kV (μέση τάση).

Ο ζυγός μέσης τάσης ενός τέτοιου υποσταθμού είναι στην ουσία η αρχή του δικτύου διανομής, από όπου αναχωρούν γραμμές μέσης τάσης προς τους κοντινότερους καταναλωτές του υποσταθμού. Στους κόμβους μέσης τάσης συνδέονται μετασχηματιστές διανομής που υποβαθμίζουν



την τάση στα 400V τριφασική ή 230V μονοφασική (χαμηλή τάση). Από εκεί αναχωρούν οι γραμμές χαμηλής τάσης που τροφοδοτούν τους καταναλωτές (κατοικίες, μικρές βιοτεχνίες και εμπορικά καταστήματα). Όσες βιομηχανίες έχουν μεγάλες απαιτήσεις ισχύος (>250KVA) και συνδέονται απευθείας σε γραμμές μέσης τάσης.

Τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί μια νέα τάση στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο με μεγάλες μονάδες παραγωγής, δημιουργούνται μικρότερες μονάδες οι οποίες συνδέονται απευθείας στο δίκτυο μέσης ή χαμηλής τάσης. Ουσιαστικά αποφεύγεται η χρήση του συστήματος μεταφοράς σε γραμμές υψηλής τάσης. Με το μοντέλο αυτό ικανοποιούνται οι ανάγκες των καταναλωτών τοπικά προσδίδοντας τους μια σχετική αυτάρκεια. Σε περίπτωση πλεονάζουσας παραγωγής υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής της ισχύος στο σύστημα μεταφοράς. Βασικό στοιχείο της διανεμημένης παραγωγής είναι η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ).



*Εικόνα 1-1: Απεικόνιση του ελληνικού ΣΗΕ*

Την διανομή και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα έχουν αναλάβει εξολοκλήρου δημόσιοι φορείς, ενώ αντίθετα στον τομέα της παραγωγής ενέργειας εμπλέκονται πλέον και αρκετές ιδιωτικές εταιρείες.

Ύστερα από τον διαχωρισμό της ΔΕΗ Α.Ε. σχηματίστηκαν δυο εταιρείες οι οποίες είναι 100% θυγατρικές της. Ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. αποτελεί τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας και ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. αποτελεί τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η πρώτη εταιρεία ασχολείται με την ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του δικτύου διανομής ενέργειας ενώ η δεύτερη με την διαχείριση, λειτουργία και συντήρηση του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και όλων των διασυνδέσεών του.

Η ΔΕΗ περιλαμβάνει στο χαρτοφυλάκιο της, λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς, πετρελαϊκούς σταθμούς, σταθμούς φυσικού αερίου όπως και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Κατέχει περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα και είναι ο μεγαλύτερος προμηθευτής ενέργειας στην ελληνική αγορά.

Όσον αφορά την ηλεκτροπαραγωγή αυτή χωρίζεται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με τις πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται αντίστοιχα. Έτσι έχουμε:

- Ηλεκτροπαραγωγή από Συμβατικά καύσιμα η οποία χρησιμοποιεί σαν πηγή ενέργειας ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα τα οποία βρίσκονται στο υπέδαφος. Βρίσκονται σε μικρά ή μεγαλύτερα βάθη και οι ποσότητες του είναι μη ανανεώσιμες (π.χ. θερμοηλεκτρικοί, ατμοηλεκτρικοί σταθμοί κ.τ.λ.)
- Ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας η οποία χρησιμοποιεί πηγές ενέργειας που είναι διαχρονικές και δεν έχουν πεπερασμένο απόθεμα όπως για παράδειγμα ο ήλιος (π.χ. φωτοβολταϊκά, αιολικά πάρκα).

Σύμφωνα με την ΡΑΕ γνωρίζουμε ότι η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Συγκεκριμένα στη Δυτική Μακεδονία παράγεται περίπου το 50% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως η συγκέντρωση των σταθμών παραγωγής στα βόρεια της Ελλάδας(π.χ. Δράμα, Δυτική Μακεδονία, Ελασσόνα) δημιουργεί μεγάλες απώλειες στη μεταφορά της ενέργειας στα κέντρα κατανάλωσης και διάφορα προβλήματα στη λειτουργία. Ο σχεδιασμός όμως των σταθμών στις περιοχές αυτές έγινε για τον λόγο ότι εκεί υπήρχαν μεγάλες ποσότητες λιγνίτη που αποτελεί και τη κύρια πηγή ενέργειας.

## **1.2 Περιγραφή συστήματος Μεταφοράς και Διανομής.**

Σύμφωνα με την Μελέτη Ανάπτυξης (ΜΑΣΜ 2010-2014)[13] του ΔΕΣΜΗΕ στο ελληνικό σύστημα μεταφοράς υπάρχουν τα εξής επίπεδα υψηλής και υπερυψηλής τάσης με τις αντίστοιχες στάθμες βραχυκύκλωσης:

- Επίπεδο τάσης 66 kV: Η στάθμη βραχυκύκλωσης είναι 12 kA σε τάση 72,5 kV.
- Επίπεδο τάσης 150 kV: ο παλιός εξοπλισμός αυτής της βαθμίδας τάσης είναι σχεδιασμένος με βάση μια στάθμη βραχυκύκλωσης ίση με 20 kA στα 170 kV. Για τον νέο εξοπλισμό αυτής της βαθμίδας που έχει ή πρόκειται να εγκατασταθεί στο Σύστημα προβλέπεται στάθμη βραχυκύκλωσης 31 kA, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Κώδικα Διαχείρισης Συστήματος & ΣΗΕ.
- Επίπεδο τάσης 400 kV: Η στάθμη βραχυκύκλωσης είναι 40 kA σε τάση 420 kV.

Συγκεκριμένα το επίπεδο τάσης 400 kV ανήκει στη κατηγορία της υπερυψηλής τάσης (Υ.Υ.Τ.) και τα επίπεδα τάσεων των 150 kV και 66 kV ανήκουν στην κατηγορία της υψηλής τάσης (Υ.Τ.). Οι τάσεις που εμφανίζονται στη τελευταία κατηγορία δεν εμφανίζονται στο Σύστημα αλλά μόνο στο Δίκτυο.



*Εικόνα 1-2: Το δίκτυο στη σημερινή του μορφή*

Σύμφωνα πάλι με την ίδια μελέτη του ΔΕΣΜΗΕ στο σύστημα είναι συνδεδεμένοι οι παρακάτω υποσταθμοί 150 kV/MT:

- 202 Υ/Σ υποβιβασμού 150 kV/MT της ΔΕΗ
- Υ/Σ για την υποδοχή της ισχύος αιολικών πάρκων εκ των οποίων οι Υ/Σ Καρύστου, Λιβαδίου και Αργυρού εξυπηρετούν παράλληλα και φορτία διανομής (συμπεριλαμβάνονται στους παραπάνω 202 Υ/Σ υποβιβασμού της ΔΕΗ).
- Υ/Σ ανυψώσεως MT/150 kV στους ακόλουθους σταθμούς παραγωγής της ΔΕΗ:
  - ✓ Θερμοηλεκτρικοί σταθμοί (Κομοτηνής, Πτολεμαΐδας, Αλιβερίου, Μεγαλόπολης I και II, Αγ. Γεωργίου και Λαυρίου)
  - ✓ Υδροηλεκτρικοί σταθμοί (Θησαυρού, Πλατανόβρυσης, Άγρα, Εδεσσαίου, Πολυφύτου, Ασωμάτων, Μακροχωρίου, Σφηκιάς, Ν. Πλαστήρα, Γκιώνας, Πηγών Αώου, Λούρου, Πουρναρίου I και II, Καστρακίου, Κρεμαστών, Στράτου, Λάδωνα)
  - ✓ 2 Υ/Σ ανυψώσεως σε σταθμούς παραγωγής ανεξάρτητων παραγωγών (ΗΡΩΝ Θερμοηλεκτρική Α.Ε. και Αλουμίνιο Α.Ε.). Οι μονάδες παραγωγής των εν λόγω σταθμών συνδέονται στα 150 Kv μέσω Μ/Σ ανυψώσεως MT/150 Kv.
  - ✓ 35 Υ/Σ υποβιβασμού 150 kV/MT που εξυπηρετούν τις ανάγκες πελατών Υ.Τ.

Τέλος σύμφωνα με την ίδια μελέτη στο σύστημα υπάρχουν πέρα των εναέριων γραμμών:

- ✓ 232 km υπόγειων και υποβρύχιων καλωδίων 150 kV.
- ✓ 4 km υπόγειων καλωδίων 400 kV
- ✓ 13,5 km υποβρύχιων καλωδίων 66 kV
- ✓ 106 km εναέριας γραμμής και 160 km υποβρύχιου καλωδίου 400 kV συνεχούς ρεύματος για τη διασύνδεση με την Ιταλία.
- ✓ 212 km υπόγειων καλωδίων 150 kV για τη μεταφορά ισχύος εντός των πυκνοκατοικημένων περιοχών της Πρωτεύουσας και της Θεσσαλονίκης.

Όσον αφορά το ελληνικό Δίκτυο Διανομής ενέργειας αυτό έχει σύμφωνα με τα στοιχεία του 2013 μια έκταση συνολικού μήκους 236.000 km και περιλαμβάνει δυο μεγάλες κατηγορίες:

- Το δίκτυο διανομής μέσης τάσης των 20 kV το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς της διανομής.
- Το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (230/400 V) το οποίο χρησιμοποιείται για να μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους ίδιους τους καταναλωτές.

Το σύστημα διανομής έχει σαν βασικό εξοπλισμό τα ακόλουθα στοιχεία:

- Τις γραμμές διανομής οι οποίες διανέμουν την ενέργεια από το ένα σημείο στο άλλο.
- Τους μετασχηματιστές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για να αλλάξουν το μέγεθος της τάσης της μεταφερόμενης ενέργειας όταν αυτό είναι επιθυμητό.

- Τον εξοπλισμό ασφάλειας που χρησιμεύει για να παρέχει απρόσκοπτη λειτουργία ακόμα και σε περίπτωση που συμβεί κάποια βλάβη όπως και για να εγγυάται την ασφάλεια.
- Τον εξοπλισμό ρύθμισης της τάσης που είναι απαραίτητος για να διατηρεί το επίπεδο της τάσης μέσα στα καθορισμένα επιτρεπτά όρια καθώς το φορτίο δεν είναι σταθερό και αλλάζει.

Σύμφωνα με τα επίσημα στοιχεία του ΔΕΔΔΗΕ τα βασικά μεγέθη του δικτύου διανομής για το έτος 2018 (δεν υπάρχουν πιο πρόσφατα) είναι:

**Ποσοτικά μεγέθη του δικτύου διανομής (τέλος του έτους):**

- **112.295 χλμ** δίκτυο Μέσης Τάσης (Μ.Τ.)
- **126.941 χλμ** δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.)

**Συνολικά 239.236 χλμ. Δικτύου.**

- **163.220 χλμ** Υποσταθμοί Μέσης Τάσης προς Χαμηλή Τάση (Υ/Σ ΜΤ/ΧΤ)
- **989 χλμ** Δίκτυο Υψηλής Τάσης (Υ.Τ) εκ των οποίων **218 χλμ** στην Αττική **771 χλμ** στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.
- **240** Υποσταθμοί Υψηλής Τάσης προς Μέση Τάση (Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ)
- **7.543.107 Πελάτες** (11.660 ΜΤ & 7.531.447 ΧΤ)
- **43.194 GWH Καταναλώσεις Πελατών** (11.755 στη ΜΤ & 31.439 στη ΧΤ)

**Κύρια οικονομικά μεγέθη του δικτύου Διανομής:**

- **Επενδύσεις** (ετήσιες δαπάνες επενδύσεων) **149 εκ. €**

- **Εκμετάλλευση (ετήσιες λειτουργικές δαπάνες) 421 εκ. €**
- **Ετήσια έσοδα από χρήση δικτύου 711 εκ. €**
- **Πάγια δικτύων διανομής με αναπόσβεστη αξία 3,6 δις. €**

**Προσωπικό & Οργάνωση του δικτύου Διανομής (τέλος του έτους):**

✚ **6,445** μισθωτοί

✚ **3** Γενικές Διευθύνσεις, **12** Κεντρικές Διευθύνσεις, **5** Περιφερειακές Διευθύνσεις, **2** Κεντρικά Κλιμάκια, **58** Περιοχές, **70** Πρακτορεία, **81** Υποπρακτορεία.

**1.3 Εθνικό σχέδιο για πολιτική «20-20-20»**

Στις αρχές του 2010 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εγκαινίασε τη στρατηγική «Ευρώπη 2020», με σκοπό να βελτιωθεί η ανταγωνιστικότητα της ΕΕ διατηρώντας παράλληλα το κοινωνικό μοντέλο της οικονομίας της αγοράς και βελτιώνοντας σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματική χρησιμοποίηση των πόρων της. Στόχος της στρατηγικής αυτής είναι η προαγωγή μιας ανάπτυξης έξυπνης με αποτελεσματικές επενδύσεις στην εκπαίδευση, την έρευνα και την καινοτομία, βιώσιμης χάρη στην αποφασιστική μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα και χωρίς αποκλεισμούς με ιδιαίτερη έμφαση στη δημιουργία θέσεων εργασίας και στη μείωση της φτώχειας. Βάσει της στρατηγικής αυτής η ΕΕ και κάθε Κράτος – Μέλος, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας έχει να εκπληρώσει συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς και ενεργειακούς στόχους μέχρι το 2020. Η εκπλήρωση των στόχων αυτών θεωρείται βασικός κινητήριος μοχλός για την υλοποίηση στην χώρα μιας σειράς επενδύσεων που θα συμβάλλουν στην περιβαλλοντική προστασία και



στην ορθολογικότερη χρήση των φυσικών πόρων και υπό την έννοια αυτή καταλύτης για την υιοθέτηση ενός πιο πράσινου αναπτυξιακού μοντέλου. Σύμφωνα λοιπόν με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ το ενιαίο αυτό πακέτο μέτρων προβλέπει:

- Υποχρεωτική συνολική μείωση των εκπομπών αερίων φαινομένου θερμοκηπίου σε επίπεδο ΕΕ κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ενώ το ποσοστό αυτό μπορεί να ανέλθει στο 30% σε περίπτωση επίτευξης διεθνούς συμφωνίας για τη μείωση των εκπομπών μετά το 2012 και τη λήξη της 1<sup>ης</sup> περιόδου δεσμεύσεων του Πρωτόκολλου του Κυότο.
- Υποχρεωτική συμμετοχή των ΑΠΕ κατά 20% στην τελική ενεργειακή κατανάλωση σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.
- Βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 20% το 2020 σε σχέση με ένα σενάριο αναφοράς.

Αυτοί οι στόχοι έχουν μετατραπεί σε εθνικούς στόχους:

- Μείωση κατά 4% των εκπομπών αερίου του φαινομένου του θερμοκηπίου σε σχέση με το 2005 για τις εγκαταστάσεις εκτός εμπορίας.
- Αύξηση σε 18% του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη τελική κατανάλωση,
- Βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας στη τελική χρήση κατά 95 μέχρι το 2016.

Η Ελλάδα στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην

αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στη τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20% ο οποίος εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20% σε ανάγκες θέρμανσης – ψύξης και 10% στις μεταφορές (ΥΠΕΚΑ, Εθνικό σχέδιο δράσης).

Η ΕΕ προσεγγίζει την επίτευξη του στόχου της για μείωση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου καθώς αυτές μειώθηκαν κατά 18% τη περίοδο 1990-2012. Οι τρέχουσες πολιτικές για το κλίμα και την ενέργεια επέτρεψαν την επίτευξη προόδου.

#### **1.4 Οι αδυναμίες του ηλεκτρικού δικτύου**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας υπάρχει αυτοματοποίηση στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας και στα συστήματα ελέγχου της, όμως δεν μπορούμε να πούμε ότι έφερε την επανάσταση στον τομέα αυτό όπως έχει γίνει σε άλλους τομείς της βιομηχανίας.

Όμως οι απαιτήσεις των ανθρώπων αλλάζουν και πολλαπλασιάζονται καθώς περνούν τα χρόνια κάτι το οποίο απαιτεί και τα συστήματά μας να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις αυτές. Έχουμε δηλαδή αρχίσει να αντιλαμβανόμαστε τις όποιες αδυναμίες του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου.

Ένα δίκτυο το οποίο είναι χτισμένο να λειτουργεί βασισμένο σε μεγάλους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς χτισμένους σε στρατηγικά σημεία που πολλές φορές συνδέονται με συστήματα μεταφοράς υψηλής τάσης για να καλύπτουν την ηλεκτροδότηση μεγάλων περιοχών και έτσι διακινείται ένας τεράστιος όγκος πληροφορίας από και προς τα κέντρα

παραγωγής με αποτέλεσμα η πληροφορία αυτή να φτάνει πολλές φορές με μεγάλη καθυστέρηση στον προορισμό καθιστώντας έτσι δύσκολη τη δυνατότητα που έχει το σύστημα να πραγματοποιεί έλεγχο σε πραγματικό χρόνο. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα οι περισσότεροι σταθμοί έχουν σαν κύρια πηγή ενέργειας τον λιγνίτη κάτι που δημιουργεί και το πρόβλημα της επάρκειας του ορυκτού αυτού.

Επίσης μια άλλη αδυναμία του τρέχοντος δικτύου είναι το γεγονός της μονόπλευρης φύσης της επικοινωνίας και της ροής της ενέργειας. Έτσι ενέργεια μεταφέρεται μόνο από τον σταθμό που τη παράγει προς το δίκτυο και στη συνέχεια προς τον πελάτη με αποτέλεσμα ο τελευταίος να μην μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση του δικτύου εισάγοντας δικές του πηγές ενέργειας σε αυτό όπως ηλιακή ενέργεια ή αιολική ενέργεια από ιδιόκτητες εγκαταστάσεις. Αυτή η ανικανότητα του δικτύου να ενσωματώσει αυτές τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας έχει επίσης και σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, η ρύπανση του οποίου αποτελεί ένα σοβαρό πρόβλημα στην εποχή μας.

Ένα άλλο πολύ μεγάλο πρόβλημα του τρέχοντος δικτύου είναι η αδυναμία που υπάρχει στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ισχύος με σχετικά εύκολο τρόπο. Το δίκτυο για να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της επόμενης μέρας εφόσον δεν έχει αποθέματα ενέργειας πρέπει να κάνει μια σωστή εκτίμηση της ζήτησης ενέργειας της επόμενης μέρας. Αυτό είναι ένα σύνθετο πρόβλημα και η ζήτηση δεν μπορεί σχεδόν ποτέ να προβλεφθεί με απόλυτη ακρίβεια. Συνεπώς είτε θα παραχθεί περισσότερη ενέργεια από αυτή που πραγματικά χρειάζεται με αποτέλεσμα αυτή να μην χρησιμοποιείται πουθενά και να χάνεται, είτε

θα έχουμε διακοπή ρεύματος (blackout) λόγω του ότι παράχθηκε τελικά λιγότερη ενέργεια από αυτή που τελικά ζητήθηκε την επόμενη μέρα.

Τέλος το γεγονός ότι το υπάρχον σύστημα εφόσον παρουσιαστεί κάποια βλάβη χρειάζεται τη φυσική παρέμβαση κάποιου χειριστή προκειμένου να αποκατασταθεί η λειτουργία του επιβαρύνει τη θέση του τρέχοντος ηλεκτρικού συστήματος,

Για όλους αυτούς τους λόγους φτάσαμε στην εποχή όπου το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να επανασχεδιαστεί με έξυπνο τρόπο για να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες. Έτσι γεννιέται η ιδέα του Έξυπνου Ηλεκτρικού Δικτύου στο οποίο οι τεχνολογίες της επικοινωνίας και της πληροφορίας θα έχουν κεντρικό ρόλο στα επιμέρους στάδια από την παραγωγή μέχρι τη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας.

### **1.5 Από το ηλεκτρικό δίκτυο στο έξυπνο δίκτυο**

Καθώς ο 21<sup>ος</sup> αιώνας προχωρά, η βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος επιδιώκει να επωφεληθεί από νέες προσεγγίσεις για να ανταπεξέλθει στην συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας. Οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας βρίσκονται υπό πίεση για να εξελίξουν τις κλασικές τους τοπολογίες για να ανταποκριθούν στην κατανεμημένη παραγωγή. Καθώς η παραγωγή ενέργειας από ανεμογεννήτριες και από ηλιακά πάνελ στις ταράτσες των σπιτιών γίνεται σύνηθες φαινόμενο, οι διαφορές μεταξύ των δικτύων μεταφοράς και διανομής θα συνεχίσουν να θολώνουν το τοπίο. Επίσης η ανταπόκριση της ζήτησης είναι μια τεχνική δικτύου με την οποία τόσο οι πελάτες λιανικής όσο και οι πελάτες χονδρικής είναι υποχρεωμένοι να μειώσουν το φορτίο τους είτε

ηλεκτρονικά είτε χειροκίνητα. Επί του παρόντος, οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου μεταφοράς χρησιμοποιούν την ανταπόκριση της ζήτησης έτσι ώστε οι μεγάλοι καταναλωτές ενέργειας, όπως οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις να μειώσουν το φορτίο τους.

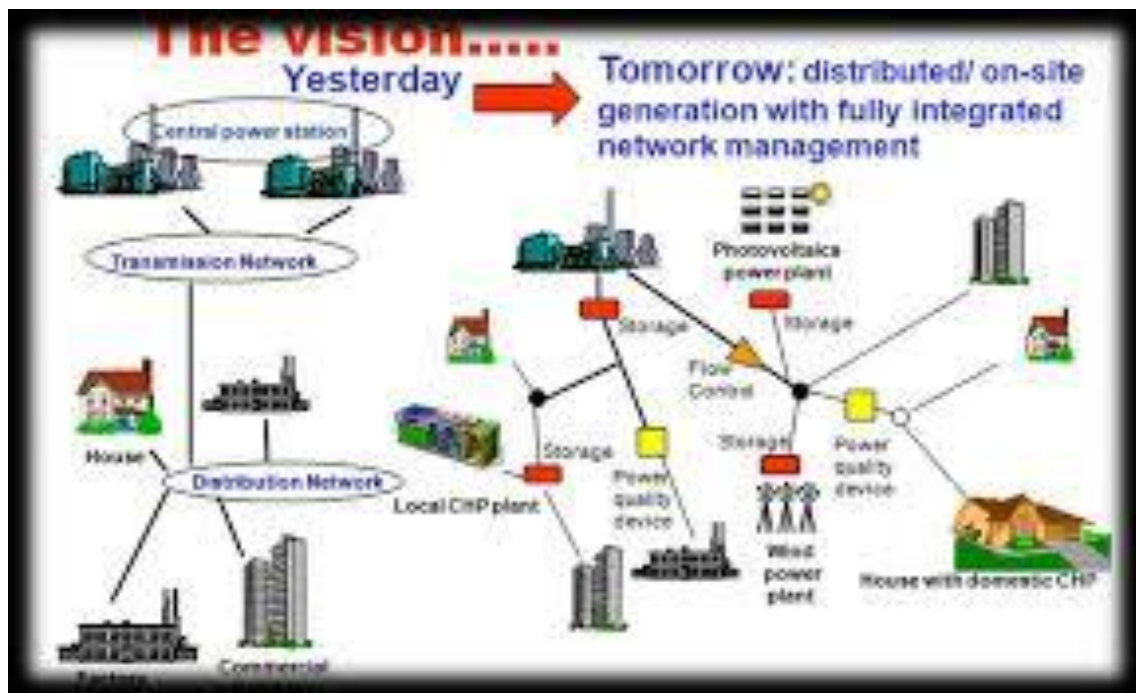
Με τα πάντα διασυνδεδεμένα και σε μια ελεύθερη οικονομία αρχίζει να έχει νόημα το να επιτρέπεται ακόμα και να ενθαρρύνεται η κατανεμημένη παραγωγή. Μικρότερες γεννήτριες που δεν ανήκουν στις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο έτσι ώστε να βοηθήσουν στην ανάγκη για παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Η μικρότερη παραγωγική μονάδα μπορεί να είναι ένα σπίτι με περίσσεια ενέργεια προερχόμενη από ηλιακά πάνελ ή ανεμογεννήτριες. Αυτοί οι πόροι μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο είτε με εντολή της υπηρεσίας κοινωνικής ωφέλειας είτε μέσω του ιδιοκτήτη με σκοπό να πουλήσει ενέργεια. Σε πολλές από αυτές τις μικρές μονάδες παραγωγής επιτρέπεται να πωλούν στο δίκτυο ενέργεια στην τιμή με την οποία θα αγόραζαν την ενέργεια. Επιπλέον πολλές προσπάθειες γίνονται με σκοπό την ενθάρρυνση για την δημιουργία ενός έξυπνου δικτύου. Η ελπίδα είναι οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να μπορούν να προβλέψουν καλύτερα τις ανάγκες τους.

Το ηλεκτρικό δίκτυο αναμένεται να εξελιχθεί σε μια νέα μορφή δικτύου, το έξυπνο δίκτυο, σαν εξέλιξη του ήδη υπάρχοντος δικτύου που βρίσκεται σε λειτουργία από τον 20ο αιώνα. Τα παραδοσιακά ηλεκτρικά δίκτυα συνήθως χρησιμοποιούνται για να μεταφέρουν ενέργεια από κεντρικές μονάδες παραγωγής σε ένα μεγάλο αριθμό χρηστών ή καταναλωτών. Σε αντίθεση, το έξυπνο δίκτυο χρησιμοποιεί μια

αμφίδρομη ροή ενέργειας και πληροφορίας με σκοπό τη δημιουργία ενός εξελιγμένου και αυτοματοποιημένου δικτύου διανομής ενέργειας.

Τέλος για την μετάβαση στα έξυπνα δίκτυα βρίσκονται σε εξέλιξη διάφορες ιδέες όπως:

- Τα ενεργειακά δίκτυα
- Τα μικροδίκτυα
- Οι εικονικοί σταθμοί παραγωγής
- Προτεραιότητα για έξυπνα δίκτυα στα νησιά
- Ενεργός ρόλος των χρηστών στον κύκλο παραγωγής – κατανάλωσης



*Εικόνα 1-3: Από το ηλεκτρικό δίκτυο στο έξυπνο δίκτυο.*

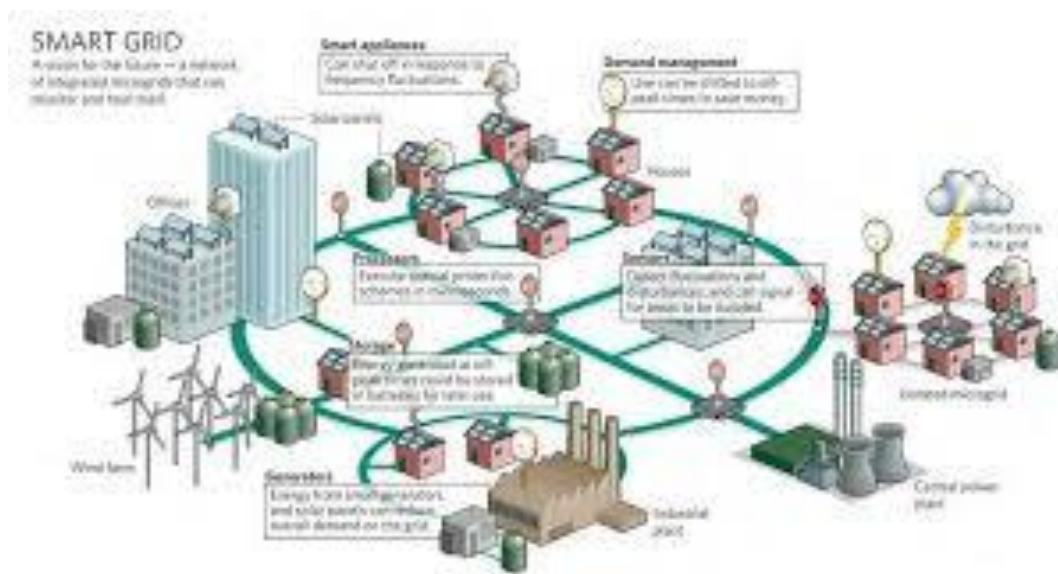
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΕΥΦΥΗ ΔΙΚΤΥΑ

#### 2.1 Εισαγωγή

Ως Ευφυές ή αλλιώς Έξυπνο δίκτυο ορίζουμε μια ευφυή υποδομή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας η οποία υποστηρίζεται από τις τελευταίες τεχνολογίες στον τομέα της επικοινωνίας του υπολογισμού και της ηλεκτρονικής προκειμένου να ανταποκριθεί στις μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Το Γραφείο Μεταφοράς και Διανομής Ενέργειας του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ παρουσιάζει το Έξυπνο Δίκτυο ως μια λύση που «θα εξασφαλίσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος μέσω ανταλλαγής πληροφοριών κατανεμημένης παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας». Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ορίζει το Έξυπνο Δίκτυο ως «ένα εξελιγμένο ηλεκτρικό δίκτυο, του οποίου αναπόσπαστο κομμάτι είναι η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή και τα ευφυή συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης της λειτουργίας του». Τέλος το European Commission Task Force for Smart Grid ορίζει το Ευφυές Δίκτυο ως «ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο με αποδοτικό τρόπο μπορεί να ενσωματώσει τη συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των παραγόντων που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε αυτό – παραγωγοί, καταναλωτές ή και καταναλωτές που παράγουν ενέργεια – ώστε να διασφαλίσει ένα οικονομικά αποδοτικό, βιώσιμο σύστημα ενέργειας με χαμηλές απώλειες και υψηλής ποιότητας υπηρεσία σε ένα ασφαλές και αξιόπιστο δίκτυο».

Από τα παραπάνω στοιχεία μπορεί κάποιος να καταλάβει ότι το μελλοντικό έξυπνο δίκτυο δεν είναι κάτι άλλο παρά ο εκσυγχρονισμός του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου σε ένα δίκτυο στο οποίο η τεχνολογία της πληροφορίας θα έχει πλέον τον πρωτεύοντα ρόλο. Η τεχνολογία αυτή της πληροφορίας θα επιτρέπει τον απομακρυσμένο έλεγχο όλων των σταδίων από τη παραγωγή στην κατανάλωση της ενέργειας, την αμφίδρομη πλέον επικοινωνία μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης (επιτρέποντας έτσι στον καταναλωτή να συμμετέχει και αυτός στην παραγωγή), την εξασφάλιση βιωσιμότητας και ποιότητας υπηρεσιών, την καταναλωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, την επεξεργασία της πληροφορίας σε τοπικό πλέον επίπεδο (χωρίς να χρειάζεται αποστολή της πληροφορίας σε κεντρικό σημείο), την αποθήκευση πλέον της παραγόμενης ενέργειας και τέλος την έξυπνη μέτρηση της κατανάλωσης της ενέργειας. Όλα τα παραπάνω έχουν σαν σκοπό την εξασφάλιση:



*Εικόνα 2-1: Η εικόνα ενός έξυπνου δικτύου*



- Αξιοπιστίας με τον σχεδιασμό του συστήματος με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να ανιχνεύει την αιτία των προβλημάτων του και να τα διορθώνει, βρίσκοντας παράλληλα και εναλλακτικούς τρόπους τροφοδότησης του δικτύου σε περιπτώσεις που οι υπάρχοντες δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις. Αυτή η δυνατότητα θα μειώσει σαφώς και τον κίνδυνο για blackouts τα οποία έχουν σημαντικές επιπτώσεις τόσο σε κοινωνικό όσο και σε οικονομικό επίπεδο.
- Αποδοτικότητας με την αξιοποίηση εναλλακτικών μορφών πηγών ενέργειας με σκοπό τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας παραγωγής μεταφοράς και διανομής της ενέργειας. Επίσης θα είναι εφικτή και η συμμετοχή του πελάτη στην διαδικασία εξοικονόμησης ενέργειας κάτι το οποίο μπορεί να γίνει μέσω προγραμμάτων τύπου demand – response.
- Ασφάλειας με τη χρήση πιο προσεγγμένου και αποτελεσματικού συστήματος ελέγχου και παρακολούθησης της συνολικής διαδικασίας ηλεκτροδότησης.

## **2.2 Πλεονεκτήματα ενός Ευφυούς Δικτύου**

Στις 13 Σεπτεμβρίου του 2011 το Τμήμα Εμπορίου του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογιών των ΗΠΑ και η Συντονιστική Επιτροπή Έξυπνων Δικτύων της ΕΕ σε κοινή τους ανακοίνωση δήλωσαν την πρόθεσή τους να συνεργαστούν για την ανάπτυξη κοινών προτύπων για τη σχεδίαση και λειτουργία των Smart Grids, ώστε να επιτευχθεί η

μεταξύ τους διαλειτουργικότητα. Τα πλεονεκτήματα που αναμένουμε να μας παρέχει το έξυπνο δίκτυο ηλεκτροδότησης είναι τα εξής:

- ✚ Μεγαλύτερη αξιοπιστία και καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας (μέσω υιοθέτησης ενός κατανεμημένου μοντέλου παραγωγής ενέργειας)
- ✚ Καλύτερη αξιοποίηση της υφιστάμενης υποδομής και των εναλλακτικών μορφών ενέργειας προκειμένου να μη χρειάζεται πλέον η χρήση απαρχαιωμένων ηλεκτροπαραγωγών σταθμών (που μολύνουν το περιβάλλον) για κάλυψη της ζήτησης,
- ✚ Ευέλικτος σχεδιασμός που να επιτρέπει στο σύστημα να λειτουργεί αυτοάνοσα σε περιπτώσεις βλάβης.
- ✚ Προστασία του περιβάλλοντος μέσω της αξιοποίησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπής ρυπογόνων παραγόντων στην ατμόσφαιρα.
- ✚ Ενεργός συμμετοχή του καταναλωτή στη προσπάθεια για εξοικονόμηση ενέργειας (μέσω προγραμμάτων demand response και δυναμικής χρέωσης κιλοβατώραν αναλόγως της ώρας της ημέρας).
- ✚ Δυνατότητα πιο ακριβούς πρόβλεψης της ζήτησης μέσω επεξεργασίας δεδομένων που λαμβάνονται από έξυπνους μετρητές (πράγμα το οποίο συνεπάγεται μειωμένη σπατάλη ενέργειας και μικρότερο ρίσκο για διακοπές παροχής).

### 2.3 Ανάγκες και προκλήσεις του Έξυπνου Δικτύου

Οι ανάγκες και οι προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει το έξυπνο δίκτυο στα αμέσως επόμενα χρόνια μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις (4) κατηγορίες:

- **Προκλήσεις του περιβάλλοντος:** Η παραγωγή με τον παραδοσιακό τρόπο ηλεκτρικής ενέργειας είναι η μεγαλύτερη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και αυτό πρέπει σύντομα να αλλάξει ώστε να μειωθεί η επίδραση στη κλιματική αλλαγή. Επίσης τα ορυκτά καύσιμα όπως ο λιγνίτης που χρησιμοποιούνται σαν πηγές ενέργειας αναμένεται να έχουν ανεπάρκεια στις επόμενες δεκαετίες. Επίσης ο διαθέσιμος χώρος που χρειάζεται για τη μελλοντική επέκταση του δικτύου έχει μειωθεί.
- **Ανάγκες των καταναλωτών:** Είναι απαραίτητο να έχουμε την ανάπτυξη ολοκληρωμένων τεχνολογιών λειτουργίας του συστήματος αλλά και πολιτικές για την αγορά ενέργειας με σκοπό να υποστηριχθεί η διαφάνεια αλλά και η ελεύθερη ανταγωνιστική αγορά. Για να υπάρξει ικανοποίηση των πελατών από τις υπηρεσίες του δικτύου θα πρέπει να βελτιωθεί η παροχή υψηλού λόγου ποιότητας/τιμής όπως και να δοθεί η δυνατότητα στους καταναλωτές να έχουν αλληλεπίδραση με το δίκτυο.
- **Προκλήσεις υποδομής:** Η υποδομή του δικτύου που υπάρχει σήμερα περιέχει πολλά στοιχεία που γερνούν και φθείρονται

γρήγορα. Με τις απαιτήσεις για όλο και αυξανόμενο φορτίο να πιέζουν το δίκτυο εμφανίζεται όλο και χειρότερη συμφόρηση. Έτσι απαραίτητα στοιχεία για να έχουμε ένα πιο αξιόπιστο δίκτυο είναι τα γρήγορα εργαλεία real-time ανάλυσης, οι μετρήσεις, ο αυτόματος έλεγχος όπως και η σωστή προστασία από σφάλματα.

- **Καινοτόμες τεχνολογίες:** Το υπάρχον δίκτυο πρέπει να αναβαθμιστεί ώστε να υπάρχει συμβατότητα με καινοτόμες τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένων νέων υλικών, προηγμένων ηλεκτρονικών ισχύος και τεχνολογιών επικοινωνιών. Με αυτό τον τρόπο θα έρθει η επανάσταση στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

## 2.4 Η αρχιτεκτονική ενός έξυπνου δικτύου

Υπάρχει μια πληθώρα τρόπων με τους οποίους μπορεί κανείς να περιγράψει ένα Έξυπνο Δίκτυο. Ένας τρόπος ο οποίος αξιοποιείται συχνά, αφορά στην απεικόνιση του Έξυπνου Δικτύου ως ενός συνόλου από οντότητες οι οποίες επικοινωνούν μεταξύ τους. Ο τρόπος αυτός όπως προτάθηκε για πρώτη φορά από τον οργανισμό NIST, προσφέρει μια αφαιρετική απεικόνιση του Έξυπνου Δικτύου σε υψηλό επίπεδο, χωρίζοντάς το σε επτά συνεργαζόμενους τομείς-δίκτυα κάθε ένα από τα οποία περιλαμβάνει μια ή περισσότερες οντότητες-συσκευές συστήματα ή προγράμματα (όπως π.χ. smart meters, συστήματα SCADA κτλ.) τα οποία ανταλλάσσουν πληροφορίες και λαμβάνουν αποφάσεις για την

εξασφάλιση της εύρυθμης λειτουργίας του. Οι επτά τομείς στους οποίους μπορούμε να χωρίσουμε ένα Έξυπνο Δίκτυο είναι οι εξής:

- **Πελάτες:** τομέας που περιλαμβάνει τόσο τους καταναλωτές όσο και τις συσκευές που αυτοί διαθέτουν για να παράγουν, να αποθηκεύσουν και να διαχειρίζονται την ενέργεια. Τυπικά αναφερόμαστε σε τρεις τύπους πελατών. α) πελάτες του δικτύου με σκοπό την οικιακή χρήση ηλεκτρισμού β) πελάτες με σκοπό την εμπορική χρήση και γ) πελάτες με σκοπό τη βιομηχανική χρήση.
- **Αγορές:** τομέας που περιλαμβάνει τους λειτουργούς και τους συμμετέχοντες στην αγορά ενέργειας.
- **Πάροχοι Υπηρεσιών:** τομέας που αφορά στους οργανισμούς οι οποίοι προσφέρουν υπηρεσίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας σε πελάτες αλλά και παρόχους άλλων υπηρεσιών.
- **Λειτουργίες:** τομέας που έχει να κάνει με τους διαχειριστές της διακίνησης ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ δικτύων.
- **Παραγωγή:** Τομέας που περιλαμβάνει το σύνολο των γεννητριών και ηλεκτροπαραγωγών σταθμών που παράγουν ενέργεια σε μεγάλες ποσότητες και τις μονάδες αποθήκευσης ενέργειας για διάθεση σε κατοπινό στάδιο.
- **Μεταφορά:** τομέας που αναφέρεται στην υποδομή για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας σε μακρινές αποστάσεις. Ενδεχομένως να περιλαμβάνει μέσα για την αποθήκευση ή παραγωγή ενέργειας κατά τόπους.
- **Διανομή:** τομέας που έχει να κάνει με την υποδομή που υπάρχει για διανομή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς πελάτες, ο οποίος

ενδεχομένως να περιλαμβάνει και την αποθήκευση ενέργειας ή την παραγωγή της.



*Εικόνα 2-2: Το Έξυπνο Δίκτυο σύμφωνα με το μοντέλο του NIST σαν ένα σύνολο οντοτήτων που εξαρτώνται μεταξύ τους.*

Γενικότερα ισχύει ότι οι οντότητες σε κάθε τομέα έχουν κοινούς στόχους και για να το επιτύχουν αυτό πρέπει να υπάρχει συνεργασία τόσο μεταξύ τους όσο και με διαφορετικές οντότητες άλλων τομέων. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός των οντοτήτων σε τομείς δεν είναι απόλυτος και αντικειμενικός γιατί σε πολλές περιπτώσεις μια οντότητα μπορεί να επιτελεί μια λειτουργία που βασίζεται σε πληροφορία από άλλους τομείς.



Εικόνα 2-3: Το όραμα ενός μελλοντικού Έξυπνου Δικτύου Μεταφοράς

## 2.5 Χαρακτηριστικά των Έξυπνων Δικτύων

Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου καθώς και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί είναι τα εξής:

- **Αξιοπιστία και Ευστάθεια.** Χρησιμοποιώντας τον όρο αξιοπιστία αναφερόμαστε στην ικανότητα που έχει ένα σύστημα ή ακόμα και στοιχεία αυτού να εκτελούν κάποιες απαιτούμενες λειτουργίες για καθορισμένο χρονικό διάστημα και υπό δεδομένες συνθήκες. Η αξιοπιστία δηλαδή αποτελεί κατά κάποιον τρόπο ένα

χαρακτηριστικό ανθεκτικότητας. Σε γενικές γραμμές μας δείχνει τη λειτουργική υγεία και τον βαθμό μεταβλητότητας ολόκληρου του συστήματος. Επιπλέον με τη βοήθεια αποτελεσματικών μετρήσεων και εκτιμήσεων μας παρουσιάζει τη κατάσταση υψηλής συνοχής επαναληψιμότητας και φερεγγυότητας που το έξυπνο δίκτυο θα μπορεί να δημιουργήσει. Έτσι λόγω της αξιοπιστίας απαίτησή μας είναι οι βλάβες στο σύστημα να συμβαίνουν με τη μικρότερη δυνατή πιθανότητα ενώ ακόμα και σε περίπτωση που κάτι πάει στραβά, η επίπτωση που θα έχει στο συνολικό σύστημα να είναι η ελάχιστη δυνατή και το δυσλειτουργικό αυτό στοιχείο να αντικατασταθεί ή ακόμα και να επιδιορθωθεί σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρονικό διάστημα. Όμως η αξιοπιστία δεν είναι πάντα δεδομένη και εξαρτάται από την επίτευξη πολλών άλλων καθοριστικών παραγόντων που αναλύονται στις παρακάτω παραγράφους.

Η ευστάθεια τώρα ενός συστήματος καθορίζει το επίπεδο αξιοπιστίας που χαρακτηρίζει το συγκεκριμένο σύστημα. Ένα έξυπνο δίκτυο προφανώς και πρέπει να εγγυάται τη σταθερότητα της τάσης και του ρεύματος στα επιθυμητά όρια, να περιορίζει τη ζήτηση αιχμής και τη μεταβλητότητα του φορτίου με τη κατανομή της ηλεκτροπαραγωγής και την αποθήκευση ενέργειας σε μεγάλες εκτάσεις και να αποκλείει διάφορα άλλα ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά.

- **Μετρησιμότητα και Ελεγχιμότητα.** Οι βλάβες στα δίκτυα όπως και η διακοπή υπηρεσιών είναι πολύ σοβαρά περιστατικά και είναι



αρκετά πιθανό να συμβούν. Σημαντικό είναι τα προβλήματα αυτά να είναι μετρήσιμα και ελέγξιμα με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να εκτελεστούν σκόπιμες αξιολογήσεις και εκτιμήσεις. Ένα έξυπνο δίκτυο έχει την ικανότητα να εντοπίζει και να διορθώνει διαταραχές στην λειτουργία του μέσω δυναμικών μετρήσεων και real-time παρακολούθηση. Επίσης στο δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει και κάποιος ικανός βαθμός παρατηρησιμότητας και διαφάνειας με σκοπό την αποτελεσματική ανάλυση και διαχείριση όπως επίσης και τη πρόβλεψη και αντίδραση στις όποιες μεταβαλλόμενες καταστάσεις μπορεί να μεταβεί το δίκτυο. Τέλος ο τεράστιος όγκος πληροφοριών και δεδομένων που στην ουσία καθιστά ένα δίκτυο έξυπνο πρέπει και αυτός να είναι μετρήσιμος, παρατηρήσιμος και διαχειρίσιμος.

- **Ευελιξία και Κλιμάκωση.** Το δίκτυο κινείται από μια κεντρική δομή σε πολλαπλά αποκεντρωμένα μικροδίκτυα. Η κλιμάκωση του έξυπνου δικτύου είναι σημαντικό να οριστεί καλά. Μέσω της νησιδοποίησης, τα μικροδίκτυα προσπαθούν να ενσωματώσουν τη καταναεμημένη παραγωγή 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, το μοντέλο ποιότητας και αξιοπιστίας, τη διαχείριση προβλημάτων και τη διαχείριση ασφάλειας.

Η ευελιξία επιτρέπει στο έξυπνο δίκτυο να παρέχει 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 (4) πτυχές:

- ✓ Επεκτασιμότητα για μελλοντική ανάπτυξη με τη διείσδυση καινοτόμων και διαφορετικών τεχνολογιών παραγωγής.
- ✓ Προσαρμοστικότητα στις ποικίλες γεωγραφικές τοποθεσίες και τα κλίματα
- ✓ Πολλαπλές στρατηγικές ελέγχου για το συντονισμό των αποκεντρωμένων συστημάτων ελέγχου ανάμεσα στους υποσταθμούς και τα κέντρα ελέγχου
- ✓ Απρόσκοπτη συμβατότητα με τα διάφορα στύλ λειτουργίας της αγοράς και plug-and-play ικανότητα να φιλοξενήσει σταδιακή αναβάθμιση με συστατικά υλικού και λογισμικού της τεχνολογίας.

Η ευελιξία μπορεί ακόμα να εφαρμοστεί σε ένα σύνολο προτύπων που λειτουργούν στο δίκτυο, συμπεριλαμβανομένων των ANSI, IEC, PLC, wireless M-Bus και ZigBee ούτως ώστε να είναι διαθέσιμα και αναβαθμίσιμα σε όλο τον κόσμο.

- **Διαθεσιμότητα.** Η διαθεσιμότητα της ενέργειας αλλά και των επικοινωνιών είναι απαραίτητα συστατικά για τη ζήτηση ενέργειας και πληροφοριών από τους καταναλωτές και βασίζεται στη διαθεσιμότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται στο δίκτυο. Όταν πρόκειται για θέματα που σχετίζονται με την καθυστέρηση ή

την ασφάλεια, ο βαθμός διαθεσιμότητας πόρων που απαιτείται είναι αρκετά υψηλός. Για παράδειγμα η καθυστέρηση στα συστήματα προστασίας και ελέγχου της γραμμής χρειάζεται να είναι της τάξης των χιλιοστών του δευτερολέπτου, όμως μια επίθεση άρνησης υπηρεσίας μπορεί να εξασθενήσει την επίδοση του δικτύου κάνοντας τους servers ή τις υπηρεσίες προσωρινά μη διαθέσιμες. Ένας τρόπος λύσης του προβλήματος αυτού θα μπορούσε να είναι ο πλεονασμός. Όμως ακόμα και με τον πλεονασμό η αποτελεσματικότητα του θα εξαρτηθεί από τον σχεδιασμό του συστήματος για να αποφεύγει παράλληλα και το κόστος της μεγάλης πολυπλοκότητας του δικτύου καθώς και από το ζήτημα της κλιμάκωσης.

- **Ανθεκτικότητα**. 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 οποιουδήποτε 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.** Η ικανότητα της συντήρησης δείχνει στην ουσία την αξιοπιστία ενός συστήματος αλλά και τη μακροβιότητά του. Επίσης δείχνει την ικανότητά του συστήματος να εκτελεί ορθά και αποδοτικά μια σειρά από δράσεις που αποτελούν εργασίες συντήρησης. Οι διαδικασίες αυτές που γίνονται ειδικά κατά τη συντήρηση περιλαμβάνουν την επιθεώρηση, την αντιμετώπιση προβλημάτων και την αντικατάσταση. Ένα έξυπνο δίκτυο σαφώς και 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 και διαχείριση του δικτύου) που διαθέτει να μπορούν να επιδιορθωθούν ταχύτατα και με όσο το δυνατόν οικονομικότερο τρόπο. Επίσης η υψηλή αποδοτικότητα εργατοώρας, καθώς και η αποδοτικότητα των εργαλείων και του εξοπλισμού αποτελούν σημαντικό παράγοντα για το σύστημα συντήρησης του δικτύου.
- **Βιωσιμότητα.** 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 το συστήματος παροχής και μετριασμό της συμφόρησης δικτύου. Οι καινοτόμες τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να προκαλούν λιγότερη μόλυνση ή εκπομπές και να είναι ανεξαρτημένες από τον άνθρακα, λαμβάνοντας υπόψη τις περιβαλλοντικές και κλιματικές αλλαγές.

- **Διαλειτουργικότητα.** Η διαλειτουργικότητα που παρουσιάζει η υποδομή ενός συστήματος είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνη για την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα της συνολικής επίδοσης ενός συστήματος. Ένα έξυπνο δίκτυο έχει κατασκευαστικά στοιχεία που προϋποθέτουν την ύπαρξη ενός συνόλου κοινών και διαλειτουργικών προτύπων για τη διασύνδεση τόσο της ενέργειας όσο και των επικοινωνιών. Η δυνατότητα αυτή απαιτείται κατά την ενσωμάτωση διάφορων τεχνολογιών και πρωτοκόλλων επικοινωνίας, προκειμένου να γίνονται κατανοητά το ένα στο άλλο, αλλά και να παρέχουν ασταμάτητη μεταφορά ενέργειας και δεδομένων. Μια όχι ορθή αλληλεπίδραση μεταξύ των διάφορων ποικιλόμορφων μερών θα σήμαινε επιβράδυνση του χρόνου απόκρισης και θα υποβάθμιζε τη λειτουργία του συνολικού συστήματος καθώς και την αποδοτικότητά του.
- **Ασφάλεια.** 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 ασφάλειας αποτελούν στοιχειώδεις απαιτήσεις για το έξυπνο δίκτυο, όπως τα συστήματα Firewall, τα συστήματα ανίχνευσης και αποτροπής εισβολών (IDS/IPS), τα εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (virtual private network-VPN), τα εικονικά τοπικά δίκτυα (virtual local area network-VLAN) και ο έλεγχος πρόσβασης.

- **Βελτιστοποίηση**. Η βελτιστοποίηση των στοιχείων ενός έξυπνου δικτύου αλλά και της λειτουργίας του είναι μια πολύ σημαντική ανάγκη. Αυτό μπορεί να καταστεί δυνατό με τη βοήθεια των σύγχρονων τεχνολογιών, των έξυπνων ηλεκτρικών συσκευών καθώς και με ευφυή διαχείριση και αυτοματισμούς εξισορροπώντας έτσι μια ποικιλομορφία μεταβλητών και tradeoffs. Ένα έξυπνο δίκτυο καλείται να βελτιστοποιηθεί σύμφωνα με τους εξής όρους:

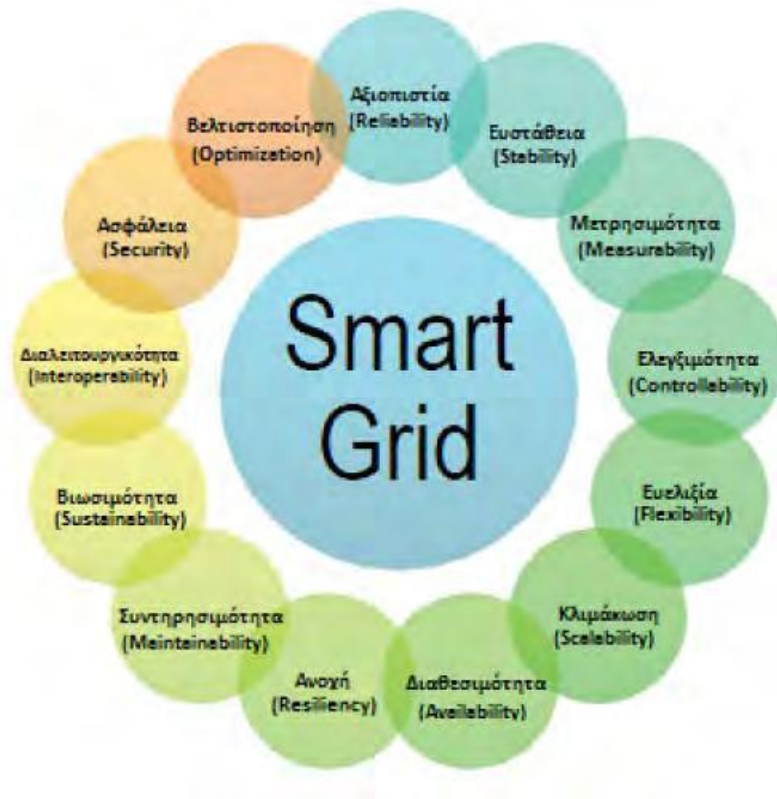
- ✚ Αξιοπιστίας της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✚ Αποδοτικότητας μετατροπής και χρήσης της ενέργειας.
- ✚ Ποιότητας παραγωγής και διανομής ενέργειας.
- ✚ Διαθεσιμότητας κατά την μεταφορά ενέργειας και δεδομένων.
- ✚ Αποτελεσματικότητας και ακρίβειας των δεδομένων και των επικοινωνιών
- ✚ Χρονικής απόκρισης και διαχείρισης σφαλμάτων.

✚ Οικονομικό κέρδος.

Επίσης μπορούμε να πούμε ότι η μείωση του κόστους κεφαλαίου, η πολυπλοκότητα του δικτύου και η χρήση των πόρων είναι θέματα τεράστιας σημασίας για το έξυπνο δίκτυο που θα αναπτυχθεί στην πράξη.

- **Ψηφιοποίηση.** Το έξυπνο δίκτυο θα χρησιμοποιηθεί 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 τον χρήστη απεικόνιση για ενημέρωση ευαίσθητων καταστάσεων αλλά και από υψηλή ανοχή προς ανθρωπογενή λάθη.
- **Ευφυΐα.** Στο έξυπνο δίκτυο μεταφοράς θα χρησιμοποιηθούν ευφυείς τεχνολογίες και ανθρώπινη τεχνογνωσία. Το σύστημα θα μπορεί να έχει αυτοεπίγνωση της κατάστασης λειτουργίας του με την βοήθεια online ανάλυσης στο πεδίο του χρόνου, όπως είναι η ανάλυση της σταθερότητας τάσης-γωνίας και της ασφάλειας. Επίσης στο σύστημα θα είναι διαθέσιμη και αυτοθεραπεία με σκοπό να ενισχύσει την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς μέσω κάποιων συντονισμένων σχημάτων προστασίας και ελέγχου.
- **Προσαρμογή.** 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 ένα 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.



*Εικόνα 2-4: Τα βασικά χαρακτηριστικά ενός Έξυπνου Δικτύου και οι απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιεί.*

## **2.6 Προκλήσεις αξιοπιστίας του δικτύου.**

Η ανάγκη ύπαρξης αξιοπιστίας βρίσκεται στην πρώτη γραμμή κατά τον σχεδιασμό και την λειτουργία του δικτύου, λόγω του πολύ υψηλού κόστους των προγραμματιστων διακοπών παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε σύγχρονο δίκτυο βρίσκεται αντιμέτωπο με πολλούς



παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά την αξιοπιστία του και γι' αυτό γίνεται ακόμα πιο δύσκολο να επιτύχει τους στόχους για την ενίσχυσή της. Έτσι απαραίτητη είναι η ανάγκη για την αντιμετώπιση των παρακάτω προκλήσεων που μειώνουν την αξιοπιστία ενός δικτύου. Για να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις αυτές απαραίτητη προϋπόθεση είναι η μετάβαση προς ένα πιο έξυπνο δίκτυο το οποίο θα είναι ικανό να εκμηδενίσει τα προβλήματα ενός σύγχρονου δικτύου. Οι προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν και αποτελούν στόχο για την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων είναι:

- Η αυξανόμενη συμφόρηση του δικτύου διανομής, λόγω μεταξύ άλλων της ποικιλομορφίας, της αβεβαιότητας και της όλο και αυξανόμενης ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές συνδεδεμένες πάνω στο δίκτυο.
- Οι αρκετά μεγάλοι μεγέθους μεταφορές ενέργειας σε πιο μακρινές αποστάσεις που μειώνουν την ευστάθεια του δικτύου όπως και τα περιθώρια αξιοπιστής λειτουργίας.
- Η συχνή λειτουργία του δικτύου στα όρια του εξαιτίας:
  - ✓ Ανεπαρκών επενδύσεων
  - ✓ Αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας και υψηλότερη μέγιστη ζήτηση ισχύος.
  - ✓ Προβλήματα στην υποδομή λόγω παλαιότητας
  - ✓ Μεγιστοποίηση της χρησιμοποίησης του εξοπλισμού χρησιμοποιώντας σύγχρονα εργαλεία για παρακολούθηση, ανάλυση και έλεγχο.

- Η συνένωση των φορέων λειτουργίας η οποία προκαλεί πιο σύνθετα προβλήματα μειώνοντας τα περιθώρια λάθους αλλά και τους χρόνους αποφάσεων.
- Η ολοένα και αυξανόμενη διείσδυση της διανεμημένης παραγωγής που καθιστά δύσκολη τη διάκριση μεταξύ μεταφοράς και διανομής και αυξάνει τη πολυπλοκότητα και την αστάθεια του δικτύου.

## **2.7 Η επίδραση των κυριότερων στοιχείων του έξυπνου δικτύου στην αξιοπιστία του.**

**Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.** Οι περισσότερο αναπτυσσόμενες μορφές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι η αιολική και η ηλιακή. Μεγάλο πρόβλημα της αιολικής ενέργειας είναι η περιορισμένη προβλεψιμότητά της που φαίνεται από τους χαμηλούς συντελεστές χρησιμοποίησης σε σχέση με αυτά των κλασσικών γεννητριών. Έτσι δημιουργούνται προβλήματα στον έλεγχο και την αξιοπιστία του δικτύου. Η μεταβλητότητα αυτής της παραγόμενης αιολικής ενέργειας δεν ακολουθεί πάντα τη μεταβλητότητα του φορτίου και συνεπώς δεν βοηθά πάντα στην κάλυψη της μέγιστης ζήτησης αυξάνοντας έτσι τη πιθανότητα στις ώρες αιχμής να μην είναι διαθέσιμη.

Η άφθονη ποσότητα ηλιακής ενέργειας που φτάνει πάνω στην επιφάνεια της γης ξεπερνά κατά 1000 περίπου φορές την ενέργεια που κάθε χρόνο παράγεται από τη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων. Οι κυριότερες τεχνολογίες εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι τα φωτοβολταϊκά και τα ηλιοθερμικά συστήματα. Στην περίπτωση της ηλιακής ενέργειας, η μεταβλητότητα εξαρτάται κυρίως από το κλίμα και

την ύπαρξη ηλιακής ακτινοβολίας. Οι συντελεστές χρησιμοποίησης των φωτοβολταϊκών είναι περίπου 10-20%, ενώ στα ηλιοθερμικά συστήματα με δυνατότητα αποθήκευσης μπορεί να φτάσει ακόμα και στο 70%. Οι μεγάλες ηλιακές πηγές μπορεί να βρίσκονται μακριά από τα φορτία και έτσι να αντιμετωπίζουν τις όποιες δυσκολίες στην μεταφορά. Επίσης η ηλιακή ενέργεια συμπίπτει χρονολογικά με την αυξημένη ζήτηση ισχύος κατά τους θερινούς μήνες και έτσι η διαθεσιμότητα της εκείνη την περίοδο μπορεί να καλύψει τα αυξημένα φορτία κυρίως λόγω του κλιματισμού.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας όπως η γεωθερμία και η βιομάζα έχουν παρόμοια συμπεριφορά με τη συμβατικά παραγωγή ενέργειας όσον αφορά την πλευρά της αξιοπιστίας. Αυτό συμβαίνει σε αντίθεση με την ηλιακή και αιολική ενέργεια που έχουν αρνητική επίπτωση στην αξιοπιστία του δικτύου εξαιτίας κυρίως:

- Της μεταβλητότητας και των χαμηλών συντελεστών χρησιμοποίησης
- Της χαμηλής συσχέτισης τους με τις καμπύλες φορτίου ειδικά για την αιολική ενέργεια.
- Της μεγάλης δυσκολίας πρόβλεψης για μακροχρόνιο διάστημα.
- Της συμφόρησης στη μεταφορά και τη διανομή εξαιτίας της εγκατάστασης μεγάλων και διανεμημένων μονάδων
- Των ζητημάτων λειτουργικής απόδοσης όπως ο συγχρονισμός και ρύθμιση τάσης.

Μέχρι τώρα έχουν χρησιμοποιηθεί ως λύση στη κάλυψη της μεταβλητότητας του φορτίου οι συμβατικοί τρόποι ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι υδροηλεκτρικοί και οι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί. Η ταχύτατη όμως ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κάνει επιτακτική την ανάγκη απόκρισης της ζήτησης και την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης της ενέργειας που μπορεί να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με τις συμβατικές λύσεις.

- **Διαχείριση φορτίου – Απόκριση ζήτησης.**

Η διαχείριση του φορτίου περιλαμβάνει τη μείωση του φορτίου ως απόκριση σε κρίσιμες καταστάσεις και/ή σε υψηλές τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας. Τέτοιες συνθήκες επικρατούν κυρίως κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής ή σε περιπτώσεις κορεσμένης λειτουργίας του δικτύου. Η μείωση του φορτίου ως πρωτοβουλία του καταναλωτή αναφέρεται ως απόκριση της ζήτησης, η οποία σε καταστάσεις μη έκτακτης ανάγκης εκτιμάται σε εύρος 5% με 10% του μέγιστου φορτίου και μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη, περιορίζοντας τις ανάγκες για επιπλέον παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μειώνοντας τις τιμές του ηλεκτρισμού. Η απόκριση ζήτησης δεν μεταβάλλει σημαντικά τη συνολική κατανάλωση ενέργειας, αφού μεγάλο τμήμα της ενέργειας που εξοικονομείται κατά τη περικοπή του φορτίου καταναλώνεται σε κάποια άλλη χρονική στιγμή. Ως αποτέλεσμα αυτού του χαρακτηριστικού της απόκρισης ζήτησης προκύπτει μια πιο επίπεδη καμπύλη φορτίου.

Η απόρριψη φορτίου για προστασία του δικτύου σε επείγουσες καταστάσεις εφαρμόζεται είτε με εντολή από τον διαχειριστή του συστήματος είτε μέσω ρελέ προστασίας σε περιπτώσεις υπότασης ή/και

μειωμένης συχνότητας. Το έξυπνο δίκτυο μπορεί να ενισχύσει τη διαχείριση του φορτίου ώστε να εκτελείται με περισσότερη ευφυΐα και μεγαλύτερη συμμετοχή από τους καταναλωτές. Η διαφορετική χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με την χρονική περίοδο σε ένα έξυπνο δίκτυο, καθιστά δυνατή την αυξημένη εκούσια συμμετοχή των καταναλωτών μέσω αυτοματοποιημένης ή χειρωνακτικής απόκρισης και μέσω επικοινωνίας του καταναλωτή με την εταιρεία παροχής ή τον διαχειριστή του συστήματος. Η απόκριση της ζήτησης, με την ικανότητά της να συνεισφέρει στη διαμόρφωση μιας πιο επίπεδης καμπύλης φορτίου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών με αποτέλεσμα τη βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου.

- **Συσκευές αποθήκευσης**

Μέχρι τώρα ο κυριότερος τρόπος αποθήκευσης ενέργειας είναι τα συστήματα άντλησης και αποθήκευσης υδραυλικής ενέργειας. Όμως τα συστήματα αυτά δεν έχουν μεγάλη δυνατότητα ανάπτυξης σε σχέση με τη μεγάλη ανάγκη για αποθήκευση ενέργειας που έχει προκύψει εξαιτίας της μεταβλητότητας της παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Έτσι καινούργιες τεχνολογίες αποθήκευσης εμφανίζονται τα τελευταία χρόνια. Η μπαταρία είναι η πιο διαδεδομένη κυρίως λόγω του μικρού χώρου που καταλαμβάνει. Η αποθήκευση γρήγορης απόκρισης επιδρά στην καμπύλη ζήτησης κάνοντάς την πιο επίπεδη και έτσι σαφώς ενισχύεται η αξιοπιστία του δικτύου. Επίσης με τις μπαταρίες μπορούν να πραγματοποιηθούν ταχύτατοι έλεγχοι σε έξυπνα δίκτυα γιατί έχουν τη δυνατότητα απόκρισης σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Συνεπώς με διανεμημένη αποθήκευση κατά μήκος του δικτύου, σε καταναλωτές, σε

υποσταθμούς αλλά και σε σταθμούς παραγωγής μπορούμε να επιτύχουμε αποσυμφόρηση των δικτύων μεταφοράς και διανομής.

## **2.8 Έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα**

Στο συνέδριο «Recent Developments in the Greek Gas and Power Markets» που πραγματοποιήθηκε στις 16 Δεκεμβρίου του 2014, ο τότε Διευθύνων Σύμβουλος του ΔΕΔΔΗΕ κ. Κ. Ζωντανός ανακοίνωσε ότι οι επενδύσεις του Διαχειριστή του ελληνικού δικτύου στη δημιουργία των έξυπνων δικτύων, τόσο στην πλευρά της προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας όσο και στην πλευρά της κατανάλωσης θα ξεπεράσουν το ποσό του 1,5 δις ευρώ μέχρι το 2018.

Τα κυριότερα βήματα για να πραγματοποιηθεί αυτή η μεγάλη βελτιστοποίηση του δικτύου είναι η εισαγωγή του Μηχανογραφικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών με σκοπό να υποστηρίζονται εφαρμογές των ευφυών δικτύων, η λειτουργία του Συστήματος Τηλεμέτρησης Μέσης Τάσης όπως και η εφαρμογή των έξυπνων μετρητών στην χαμηλή τάση με την αρχική τοποθέτησή τους σε πιλοτικό στάδιο.

Ο σχεδιασμός του ΔΕΔΔΗΕ βάζει ως αρχική προτεραιότητα τη δημιουργία ενός σύγχρονου δικτύου, καθώς σύμφωνα με τον Πρόεδρό του «το όραμα για μια σύγχρονη αγορά περνάει μέσα από τα δίκτυα». Ο ΔΕΔΔΗΕ στο νέο επιχειρησιακό του σχεδιασμό περιλαμβάνει Στρατηγικά Έργα τα οποία αποτελούν κεντρικό άξονα αλλά και καταλύτη για τον εκσυγχρονισμό του ενώ παράλληλα σηματοδοτούν την πορεία της εταιρείας στο προσεχές μέλλον. Τα Έργα αυτά είναι μέρος του

Προγράμματος Μετασχηματισμού του ΔΕΔΔΗΕ προς μια σύγχρονη εταιρεία Διαχείρισης Δικτύων μέσω ψηφιοποιημένων λειτουργιών και νέων εργαλείων σχεδιασμού και ανάπτυξης του Δικτύου Διανομής σε όλη την ηπειρωτική χώρα και τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι βασικές προϋποθέσεις εισόδου και της Ελλάδας στην νέα εποχή των Έξυπνων Δικτύων, στη βάση των οποίων μπορούν να αναπτυχθούν νέες αγορές υπηρεσιών και προϊόντων σε μια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που μεταβάλλεται συνεχώς. Ο τομέας ηλεκτρικής ενέργειας έχει εισέλθει διεθνώς σε περίοδο ριζικών αλλαγών, τόσο τεχνολογικά όσο και επιχειρησιακά και ο ΔΕΔΔΗΕ επιδιώκει να αναπτύξει τις απαραίτητες υποδομές με το μέγιστο δυνατό όφελος για την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον.

Τα Στρατηγικά Έργα είναι τα εξής:

- Εκσυγχρονισμός Κέντρου Ελέγχου Δικτύων Αττικής
- Δημιουργία Κέντρου Ελέγχου Δικτύων νησιών
- Εκσυγχρονισμός Ελέγχου Δικτύων λοιπής χώρας
- Αναβάθμιση περιφερειακού εξοπλισμού τηλεχειρισμών στα Δίκτυα
- Εγκατάσταση Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών
- Νέο Πληροφοριακό Σύστημα Εξυπηρέτησης Πελατών
- Εγκατάσταση Συστημάτων Τηλε-εξυπηρέτησης Πελατών
- Αναβάθμιση Προγραμματισμού Ανάπτυξης Δικτύων
- Ανάπτυξη Υποδομών Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών (ΜΔΝ) για εφαρμογή Κώδικα ΜΔΝ

- Ανάπτυξη «Έξυπνων Νησιών», Πιλοτικό και προώθηση επέκτασής του
- Τηλεμέτρηση Πελατών Χαμηλής Τάσης (ΧΤ), Πιλοτικό και προώθηση επέκτασής του
- Αναδιοργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας
- Ανάπτυξη Συστήματος Ενιαίας Διαχείρισης Πληροφοριών

Τα οφέλη που αναμένονται από την υλοποίηση των Στρατηγικών Έργων σε συνδυασμό με τους πάγιους στόχους της Εταιρείας αφορούν:

- στη βελτίωση της ποιότητας ενέργειας και των υπηρεσιών που παρέχονται στους πελάτες με ταυτόχρονη μείωση του κόστους λειτουργίας της Εταιρείας
- στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας για το προσωπικό της
- στην αποδοτικότερη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρισμού και
- στη προστασία του περιβάλλοντος μέσω της αύξησης της διείσδυσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ)

## **2.9 Ασφάλεια στα Ευφυή Δίκτυα**

Είναι απολύτως αναμενόμενο ότι σε ένα τόσο σημαντικό και σύνθετο δίκτυο όσο είναι το δίκτυο ηλεκτροδότησης μιας χώρας, η ασφάλεια εντός του δικτύου είναι ένα νευραλγικό ζήτημα που δεν μπορούμε να αγνοήσουμε. Στο μέλλον όλα τα έξυπνα δίκτυα θα αποτελούνται σε ένα μεγάλο ποσοστό από τεχνολογίες της πληροφορικής και δίκτυα των υπολογιστών, τα οποία είναι ανοικτά προς το Διαδίκτυο. Έτσι τα σενάρια για απώλεια ασφάλειας είναι ποικίλα και δυστυχώς σε πολλές περιπτώσεις έχουν άσχημες προεκτάσεις.



Σε ένα έξυπνο δίκτυο μεταδίδονται τεράστιοι όγκοι δεδομένων που αφορούν τα μοτίβα κατανάλωσης ενέργειας των πελατών, ώστε να υπάρχει καλύτερη πρόβλεψη της ζήτησης και αντίστοιχα αντίστοιχη παραγωγή χωρίς απώλειες. Ακόμα και με τον τρόπο αυτόν ωφελείται ο πελάτης και του παρέχεται βοήθεια για το πότε συμφέρει τον ίδιο να καταναλώσει ενέργεια και να προγραμματίσει τις πιο ενεργειακά δαπανηρές δουλειές του. Συνεπώς σε ένα τέτοιο δίκτυο δεν είναι δυνατόν να αμελήσουμε την ασφάλεια του μόνο και μόνο αν σκεφτούμε πόση πληροφορία μπορεί να εξαχθεί για τους υπαλλήλους μιας μεγάλης εταιρείας ή τους ενοίκους μιας πολυκατοικίας αν καθημερινά μελετάμε και κρατάμε δεδομένα για τα προφίλ κατανάλωσής τους.

Τέτοιες πληροφορίες είναι ποιες συσκευές χρησιμοποιούνται, πόσοι ένοικοι ζούνε στο σπίτι, σε ποιο δωμάτιο βρίσκονται ανά πάσα στιγμή ή ακόμα και ποιες είναι οι καθημερινές του συνήθειες. Αυτές είναι μόνο μερικές από τις πληροφορίες που μπορούμε να αντλήσουμε συνδυάζοντας τα δεδομένα ενός έξυπνου μετρητή. Ακόμα χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέγονται από τους σταθμούς φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, τα οποία αναμένεται να αυξηθούν σε μεγάλο βαθμό με την εδραίωση των έξυπνων δικτύων, μπορούμε κάθε στιγμή να γνωρίζουμε που βρίσκεται ο οδηγός, προς τα που πηγαίνει, αν ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδρομή κάθε μέρα και ένα πλήθος άλλων προσωπικών και ευαίσθητων πληροφοριών.

Επιπλέον δεν είναι δύσκολο και σπάνιο το ενδεχόμενο να εισέλθει στο σύστημα ένας κακόβουλος χρήστης ο οποίος εκμεταλλευόμενος την απουσία κρυπτογράφησης των δεδομένων στο δίκτυο ή της απουσίας

ελέγχου πριν γίνει αποστολή πληροφορίας, καταφέρει να προσποιηθεί πως είναι το κέντρο ελέγχου του συστήματος που στέλνει πληροφορία προς τον έξυπνο μετρητή μας. Με αυτόν τον τρόπο έχει τη δυνατότητα να διαβάσει δεδομένα που στέλνονται από τη κατοικία μας προς το κέντρο ελέγχου ή να στείλει ψεύτικα μηνύματα προς τον μετρητή του σπιτιού μας, όπως για παράδειγμα ότι οι επόμενες ώρες θα είναι ώρες μειωμένης κατανάλωσης και θα χρεώνονται λιγότερο, γεγονός που δεν θα ισχύει.

Ένας άλλος σημαντικός κίνδυνος που μπορεί να προκύψει από την έλλειψη ασφάλειας έχει να κάνει με τις ενημερώσεις του λογισμικού στα κέντρα ελέγχου και στα διάφορα τμήματα του δικτύου. Η δυνατότητα ενημέρωσης του λογισμικού γίνεται για καλό σκοπό και μας επιτρέπει να εμπλουτίσουμε το λογισμικό ακόμα και μετά τη κυκλοφορία του, ώστε να είναι το σύστημα πιο προετοιμασμένο για να αντιμετωπίσει τυχόν νέες απειλές. Από την άλλη μεριά όμως αυτό αποτελεί μια σημαντική αδυναμία του δικτύου. Αυτό ισχύει διότι ο κακόβουλος χρήστης μπορεί να ανεβάσει στο δίκτυο μια υποτιθέμενη ενημέρωση ενός λογισμικού, η οποία δεν θα είναι τίποτα λιγότερο από ένα μολυσμένο λογισμικό με σκοπό να βλάψει όλο το δίκτυο και να το θέσει σε κίνδυνο.

Ένα τέτοιο παράδειγμα κακόβουλου λογισμικού είναι ο ιός Stuxnet ο οποίος το 2010 χρησιμοποιήθηκε για να μολύνει τα συστήματα SCADA που είχαν κατασκευαστεί από την SIEMENS στο Ιράν. Ο συγκεκριμένο ιός αφού είχε εγκατασταθεί, εντόπιζε τους PLC Controllers (Programmable Logic Controllers) που είχε βάλει η SIEMENS στο σύστημα και εγκαθίστατο σε αυτούς. Αν ο ιός κατάφερνε

να αναλάβει δράση, τα αποτελέσματα θα ήταν καταστροφικά γιατί ο ιός δεν είχε ως στόχο να κλέψει μόνο πληροφορίες και δεδομένα αλλά να παρέμβει και να αλλάξει τις ρυθμίσεις του δικτύου. Για παράδειγμα θα μπορούσε να αλλάξει κάποια στοιχεία που ορίζουν την διαδικασία της φυγοκέντρωσης στους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας κάτι που θα έβαζε τον σταθμό σε κατάσταση εκτός λειτουργίας. Επιπλέον θα μπορούσε να επέμβει στα ρολόγια που ρυθμίζουν και ελέγχουν την ροή αερίου μέσα στους σωλήνες, κάτι που θα μπορούσε να οδηγήσει ακόμα και σε εκρήξεις.

Είναι απολύτως κατανοητό ότι οποιαδήποτε αδυναμία παρουσιάσει το δίκτυο ηλεκτροδότησης να ανταποκριθεί στις ανάγκες των πελατών, αυτή μπορεί να οδηγήσει σε διακοπές ρεύματος με σοβαρές συνέπειες. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε μέσω κάποιας κακόβουλης ενέργειας, όπως ενός ιού στο σύστημα, είτε χωρίς σχεδιασμό από πριν. Έτσι μπορεί να προκληθούν τεράστιες ζημιές στην κοινωνία, όπως σε υπηρεσίες υγείας όπου η έλλειψη παροχής ρεύματος μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια ζώων, αλλά και στην οικονομία μιας χώρας. Το κόστος των διακοπών ηλεκτροδότησης μπορεί να ανέρχεται σε τεράστια οικονομικά ποσά, ακόμα και αν οι διακοπές αυτές μπορεί να διαρκέσουν ελάχιστα μόλις λεπτά.

Μεγάλη κινητήρια δύναμη στην εποχή μας μιας χώρας είναι ο ηλεκτρισμός, κάτι που σημαίνει ότι τον καθιστά βασικό στόχο για κακόβουλες επιθέσεις και τρομοκρατικά χτυπήματα. Τέτοια περιστατικά συνέβησαν το 2008 στις ΗΠΑ όταν βρέθηκαν ίχνη Κινέζων και Ρώσων κατασκόπων που κατάφεραν να εισέλθουν στο δίκτυο ηλεκτροδότησης

της χώρας. Αν είχαν καταφέρει τον σκοπό τους, θα μπορούσαν να προκαλέσουν μεγάλη ζημιά στην χώρα, αφού μέσω του δικτύου ηλεκτροδότησης σχετίζονται άμεσα η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας, το δίκτυο απομάκρυνσης λυμάτων και το δίκτυο υδροδότησης.

Ένας τελευταίος αλλά σοβαρός κίνδυνος έχει να κάνει με τις επιθέσεις του γνωστού είδους Denial Of Service (DOS). Τέτοιες επιθέσεις κάνουν ζημιά στο δίκτυο υπερφορτώνοντας αυτό και τα επιμέρους τμήματά του, έτσι ώστε να μην μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις των πραγματικών όμως χρηστών του. Παράδειγμα τέτοιας επίθεσης στο έξυπνο δίκτυο θα μπορούσε να είναι η συνεχόμενη επίθεση πάνω στους αισθητήρες που καταγράφουν ανά πάσα στιγμή τη κατάσταση του δικτύου, με σκοπό την εξάντληση της μπαταρίας πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους. Μετά από μια τέτοια επίθεση μπορεί να υπάρχει λανθασμένη αντίληψη της κατάστασης του δικτύου με αποτέλεσμα να υπάρχουν σοβαρές συνέπειες.

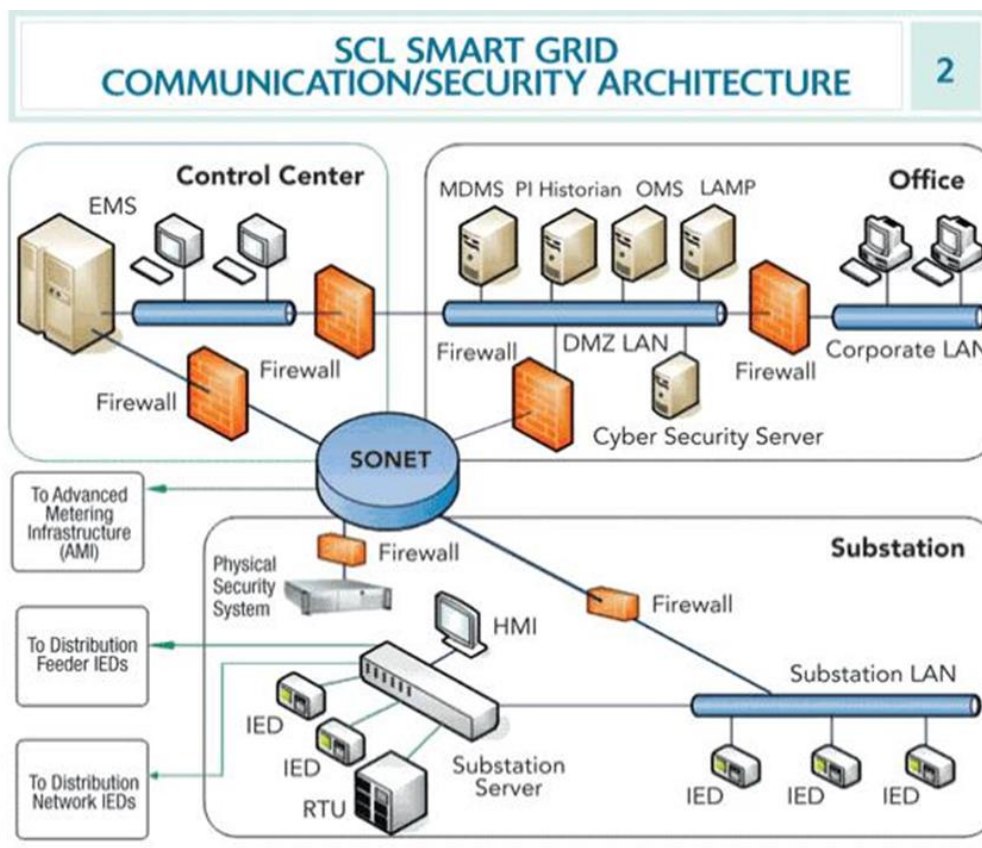
Παλιότερα τα δίκτυα ηλεκτροδότησης κατασκευάζονταν με κυριότερο στόχο την απόδοση τους και τελευταίο την ασφάλεια. Πλέον όμως οι συνθήκες έχουν αλλάξει και η τεχνολογία έχει εξελιχθεί υπερβολικά. Οι κίνδυνοι που υπάρχουν είναι ορατοί και πολλοί, με συνέπειες που μπορεί να έχουν άσχημα αποτελέσματα. Συνεπώς συμπεραίνουμε ότι η ασφάλεια στα Ευφυή Δίκτυα είναι ένα σημαντικότερο ζήτημα και αποτελεί βασικό στόχο πλέον των σχεδιαστών του συγκεκριμένου είδους δικτύων.

## 2.10 Στόχοι ασφάλειας σε Ευφυή Δίκτυα

Στο περιβάλλον ενός Ευφυούς Δικτύου πρέπει να πληρούνται ορισμένοι στόχοι ασφάλειας προκειμένου να θεωρείται ότι εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του και η αξιοπιστία του. Οι στόχοι αυτοί εμπεριέχουν την εξασφάλιση:

- **Εμπιστευτικότητας:** Με τον όρο αυτόν εννοούμε τη διαβεβαίωση ότι μόνο χρήστες που έχουν εξουσιοδότηση μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα και να κάνουν ανταλλαγή αυτών.
- **Διαθεσιμότητας:** Ως διαθεσιμότητα ορίζουμε τη διαβεβαίωση ότι οι οποιοδήποτε πόροι του δικτύου (δεδομένα / bandwidth / συστήματα συνδεδεμένα με αυτό), είναι πάντα διαθέσιμοι για κάθε εξουσιοδοτημένη οντότητα, όποτε αυτή τους χρειαστεί και προστατευμένοι έναντι οποιοδήποτε περιστατικού μπορεί να επηρεάσει την άμεση διαθεσιμότητά τους.
- **Ακεραιότητας:** Σαν ακεραιότητα ορίζεται η διαβεβαίωση ότι τα δεδομένα που διακινούνται στο δίκτυο είναι ορθά, συνεπή και έγκυρα χρονικά. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχει γίνει καμία αλλοίωση σε αυτά, όπως προσθήκη ή διαγραφή περιεχομένου και δεν έχουν υποστεί απώλεια ή καταστροφή κατά τη διάδοση, την αποθήκευση ή την ανάκτησή τους.
- **Αυθεντικότητας:** Ορίζεται η πιστοποίηση ότι μια οντότητα είναι πράγματι αυτή που ισχυρίζεται πως είναι και πως ένα μήνυμα το οποίο αποστέλλεται από αυτήν πράγματι έχει αποσταλεί από αυτήν.

- Εξουσιοδότησης: Ορίζεται η διαβεβαίωση που δίνουμε ότι τα δικαιώματα της κάθε οντότητας που έχει πρόσβαση στο Ευφρές Δίκτυο περιβάλλον είναι αυστηρά καθορισμένα και ότι καμιά οντότητα δεν θα μπορέσει να αποκτήσει πρόσβαση σε δεδομένα που είναι εκτός των δικαιωμάτων της.
- Μη αποποίησης ευθύνης: Με τον όρο αυτόν ορίζεται η διαβεβαίωση της προστασίας απέναντι σε οποιαδήποτε προσπάθεια άρνησης της αποστολής ή της παραλαβής ενός μηνύματος, ή της πρόσβασης ή μη σε μια υπηρεσία από οποιονδήποτε συμμετέχει στην επικοινωνία. Η δυνατότητα αυτή μας εγγυάται ότι για όποιον ισχυρισμό ενός χρήστη θα μπορούμε να αποδείξουμε αν αυτός ισχύει ή όχι.



Εικόνα 2-5: Αρχιτεκτονική ασφάλειας σε Smart Grid σύστημα

## 2.11 Θέματα ασφάλειας σε Ευφυή Δίκτυα

Ο πελάτης έχει το δικαίωμα να ζητήσει από την εταιρεία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας τα δεδομένα που αφορούν την καθημερινή κατανάλωσή του. Αυτό δίνει πολύτιμο feedback στον πελάτη και συμβουλές προκειμένου να γίνει ευαίσθητος σε θέματα ενέργειας. Όμως μια ενδεχόμενη απειλή είναι ένας κακόβουλος χρήστης να προσωποποιηθεί τον πελάτη προκειμένου να λάβει τα στοιχεία αυτά. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη συλλογή πληροφοριών που θα μαρτυρούν την οικονομική κατάσταση του πελάτη, τον αριθμό διαμερίσματος, το μέγεθος του σπιτιού κλπ. Και έτσι ο κακόβουλος χρήστης θα έχει ότι χρειάζεται για να ετοιμάσει ένα μελλοντικό χτύπημα.

Επίσης σε κάποιες περιπτώσεις ο πελάτης επιλέγει να συνεργαστεί με εταιρεία της επιλογής του. Τα δεδομένα κατανάλωσής του αποθηκεύονται στο κεντρικό σύστημα της εταιρείας και ένας άλλος πάροχος που αναλαμβάνει τη λιανική πώληση της ενέργειας για χάρη του πελάτη παίρνει δεδομένα από τον κεντρικό. Ο πελάτης πρέπει να εγκρίνει την όλη αυτή διαδικασία. Σε αυτό το σενάριο, μια επίθεση αν συνδυαστεί για παράδειγμα με μια επίθεση αλλοίωσης μηνυμάτων, μπορεί να οδηγήσει έναν κακόβουλο χρήστη να εξουσιοδοτηθεί και να λαμβάνει τα προσωπικά δεδομένα του πελάτη με ότι αυτό συνεπάγεται.

Για να λειτουργήσει σωστά ένα έξυπνο δίκτυο πρέπει να λειτουργούν με ασφάλεια υποσυστήματα του όπως τα SCADA, DRMS, LMS, MDMS κλπ. Διάφοροι servers λειτουργούν πίσω από αυτά τα συστήματα προκειμένου να γίνονται οι απαιτούμενες εργασίες στο Smart

Grid. Για παράδειγμα, το DRMS σύστημα διαχειρίζεται θέματα που αφορούν το Demand Response, το LMS διαχειρίζεται θέματα διαχείρισης φορτίου, το MDMS συλλέγει δεδομένα από τους μετρητές για να γίνουν οι απαιτούμενες χρεώσεις και το SCADA σύστημα χρειάζεται για τον έλεγχο της κατάστασης του συστήματος σε κάθε σημείο του. Ένα σενάριο είναι ένας κακόβουλος χρήστης να χρησιμοποιήσει οποιαδήποτε τεχνική για να βλάψει έναν ή παραπάνω servers του συστήματος. Με τέτοιες επιθέσεις είναι δυνατόν ολόκληρες περιοχές να βυθιστούν στο σκοτάδι και έτσι να υπάρχουν καταστροφικές συνέπειες τόσο για τη κοινωνία όσο και για την οικονομία μιας χώρας.

Παράλληλα κάποιος μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο σύστημα, εκμεταλλευόμενος αδυναμίες του συστήματος. Τέτοιες αδυναμίες αφορούν λανθασμένες πολιτικές που δίνουν σε χρήστες περισσότερα δικαιώματα από αυτά που απαιτούνται για τον ρόλο τους, λανθασμένους τρόπους αυθεντικοποίησης του χρήστη, μη ορθό καθορισμό συνθηματικών πρόσβασης και μην κρυπτογραφημένα μηνύματα που μπορεί να πέσουν στα χέρια κακόβουλων χρηστών και να περιέχουν ακόμα και κωδικούς πρόσβασης χρηστών.

Έτσι κάποιος που επιτίθεται στο σύστημα μπορεί αφού έχει συλλέξει πληροφορίες για αυτό, να αξιοποιήσει κάποια bugs που υπάρχουν στο λογισμικό που τρέχει στους διάφορους servers και να ετοιμάσει μια επίθεση της λογικής Denial Of Service. Έτσι οι servers τίθενται εκτός λειτουργίας και δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν τους πραγματικούς χρήστες του συστήματος λόγω της υπερφόρτωσης που



προκαλείται από την επίθεση η οποία γεμίζει το σύστημα ψεύτικες αιτήσεις.

Σε μια πιο ακραία περίπτωση, επίθεση στην εταιρεία θα μπορούσε να κάνει και κάποιος δυσαρεστημένος υπάλληλος της, ο οποίος θα έχει και τις απαραίτητες γνώσεις για να δημιουργήσει ζημιά στα συστήματα της εταιρείας και να επιτύχει ακόμα και την κατάρρευσή τους.

Όσο επικίνδυνες είναι οι επιθέσεις με στόχο τη κατάρρευση του συστήματος τόσο επικίνδυνες είναι και οι αντίστοιχες επιθέσεις που στοχεύουν στον ολοκληρωτικό έλεγχο του συστήματος. Έτσι ο κακόβουλος χρήστης αποκτάει τον έλεγχο ολόκληρου ή ενός μέρους του συστήματος και χειρίζεται το σύστημα ανάλογα με τους στόχους που έχει. Αυτές οι επιθέσεις μπορούν να προκαλέσουν τεράστιο πλήγμα τόσο στην κοινωνική όσο και την οικονομική ισορροπία της χώρας.

Ένας άλλος τομέας επιθέσεων είναι αυτές που έχουν ως στόχο την κλοπή εταιρικών δεδομένων, τα οποία περιλαμβάνουν για παράδειγμα όλες τις μετρήσεις που γίνονται από τους αισθητήρες όπως και όλη τη πληροφορία που λαμβάνουν οι έξυπνοι μετρητές. Έτσι μια τέτοια επίθεση έχει σκοπό να υποκλέψει όσο περισσότερη πληροφορία γίνεται από τα συστήματα μιας εταιρείας παροχής ηλεκτρισμού και αυτή θα μπορούσε να υποκινηθεί από άλλες εταιρείες παροχή με σκοπό να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ή να βλάψουν την εταιρεία στην οποία επιτίθενται.

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε τις επιθέσεις που έχουν στόχο την εισαγωγή το Smart Grid λανθασμένων πληροφοριών ώστε το σύστημα να

έχει λανθασμένη εικόνα για την κατάσταση του δικτύου του. Αυτό θα έχει σοβαρές συνέπειες στο δίκτυο, στους πελάτες αλλά και τις αγορές ενέργειας. Ένα παράδειγμα για το πως μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτό, είναι με επιθέσεις Denial of service στους αισθητήρες του δικτύου, ώστε αυτοί να κλείσουν λόγω έλλειψης μπαταρίας και έτσι να τροποποιηθούν οι μετρήσεις του συστήματος. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί μεγάλο πρόβλημα στη πρόβλεψη ζήτησης της επόμενης μέρας, γιατί αυτή χρησιμοποιεί τη ζήτηση της προηγούμενης ημέρας και την κατάσταση του δικτύου, με αποτέλεσμα τα λανθασμένα δεδομένα στο σύστημα να οδηγήσουν σε μια λανθασμένη πρόβλεψη. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να έχουμε διακοπές ρεύματος αλλά και πρόβλημα στην ευστάθεια του δικτύου.

## **2.12 Ασφαλίζοντας το Έξυπνο Δίκτυο**

Για να καταφέρουμε να ασφαλίσουμε το έξυπνο δίκτυο πρέπει να εξασφαλίσουμε την εμπιστευτικότητα δηλαδή την σιγουριά ότι μόνο άτομα που έχουν την εξουσιοδότηση μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ευαίσθητα δεδομένα και πληροφορίες. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι η μέθοδος της κρυπτογράφησης. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος για να μετατραπεί το αρχικό μήνυμα σε ένα άλλο ακατανόητης μορφής, με τρόπο τέτοιο ώστε το μήνυμα να μπορεί να επανέλθει στην αρχική του μορφή μόνο αν είμαστε σίγουροι ότι έχει φτάσει στον νόμιμο παραλήπτη του, ο οποίος είναι και ο μόνος που μπορεί να κάνει αποκρυπτογράφηση του μηνύματος.

Ανάλογα με το είδος του κλειδιού που χρησιμοποιούν οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- I. Τους συμμετρικούς και
- II. Τους ασύμμετρους



*Εικόνα 2-6: Απεικόνιση του συμμετρικού και ασύμμετρου αλγόριθμου κρυπτογράφησης*

Για να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος είτε της συμμετρικής είτε της ασύμμετρης κρυπτογράφησης πρέπει να υπάρχει μια διαδικασία με την οποία τόσο ο αποστολέας όσο και ο παραλήπτης θα έχουν συμφωνημένο κλειδί ή κλειδιά στην αμφίδρομή τους επικοινωνία. Με μια κακή διαχείριση των κλειδιών μπορεί να έχουμε απώλεια στους στόχους ασφάλειας του Smart Grid, γιατί μπορεί να υπάρξουν τυχόν διαρροές στοιχείων και πληροφοριών. Για αυτό τον λόγο η ασφαλής διαχείριση κλειδιών είναι αναγκαία και κρίσιμη για το Smart Grid.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ

#### 3.1 Εισαγωγή

Ένα έξυπνο δίκτυο είναι αυτοματοποιημένο σύστημα παροχής και ελέγχου ηλεκτρικού ρεύματος, στο οποίο οι συσκευές ή τα τελικά σημεία που βρίσκονται στην αρχή και κατά μήκος της γραμμής ρεύματος, μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Οι κοινές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αυτές τις συσκευές μπορεί να είναι εντολές για έλεγχο της κατάστασης, σύνδεση, αποσύνδεση, ενεργοποίηση, απενεργοποίηση και ανάγνωση δεδομένων.

Οι τεχνολογίες επικοινωνιών χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση πληροφοριών από τις εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας στη χρησιμότητα και αντιστρόφως.

Η πιο βασική μορφή του έξυπνου δικτύου μπορεί να χωριστεί σε δυο βασικούς τομείς.

- I. **Αυτόματη ανάγνωση μετρητών (AMR).** Το σύστημα αυτό συλλέγει δεδομένα κατανάλωσης και διάγνωσης από μετρητές σε λογαριασμούς με ακριβή τιμολόγηση πελατών και ανάλυση ή αντιμετώπιση προβλημάτων. Ο πελάτης αποκτά έτσι πρόσβαση σε δεδομένα χρήσης.
- II. **SCADA (εποπτικός έλεγχος και απόκτηση δεδομένων)/αυτοματισμοί διανομής (DA).** Τα συστήματα αυτά

βοηθούν στην αποτελεσματική λειτουργία μιας πολύ επιθυμητής και αξιόπιστης γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτά τα συστήματα μπορούν να παρακολουθήσουν μεγαλύτερη περιοχή με εξοπλισμό πεδίου στη μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και να επιτρέψουν στις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας να μετρήσουν τάση/ρεύμα καθώς και στοιχεία ενεργητικού ελέγχου στο δίκτυο του μέσω αυτόματης λήψης αποφάσεων, αποτελεσματικής ανίχνευσης σφαλμάτων και αποκατάστασης ισχύος.

Αν και η βασική μορφή της εφαρμογής του έξυπνου δικτύου δεν είναι ξεπερασμένη σήμερα, μεταξύ της δεκαετίας του 1990 και του 2005, η βιομηχανία και η τεχνολογία μετακινήθηκαν από βασικές σε πιο προηγμένες λειτουργίες.

Οι αμφίδρομοι και πραγματικοί χρόνοι είναι οι βασικοί πυλώνες που αναπτύσσονται.

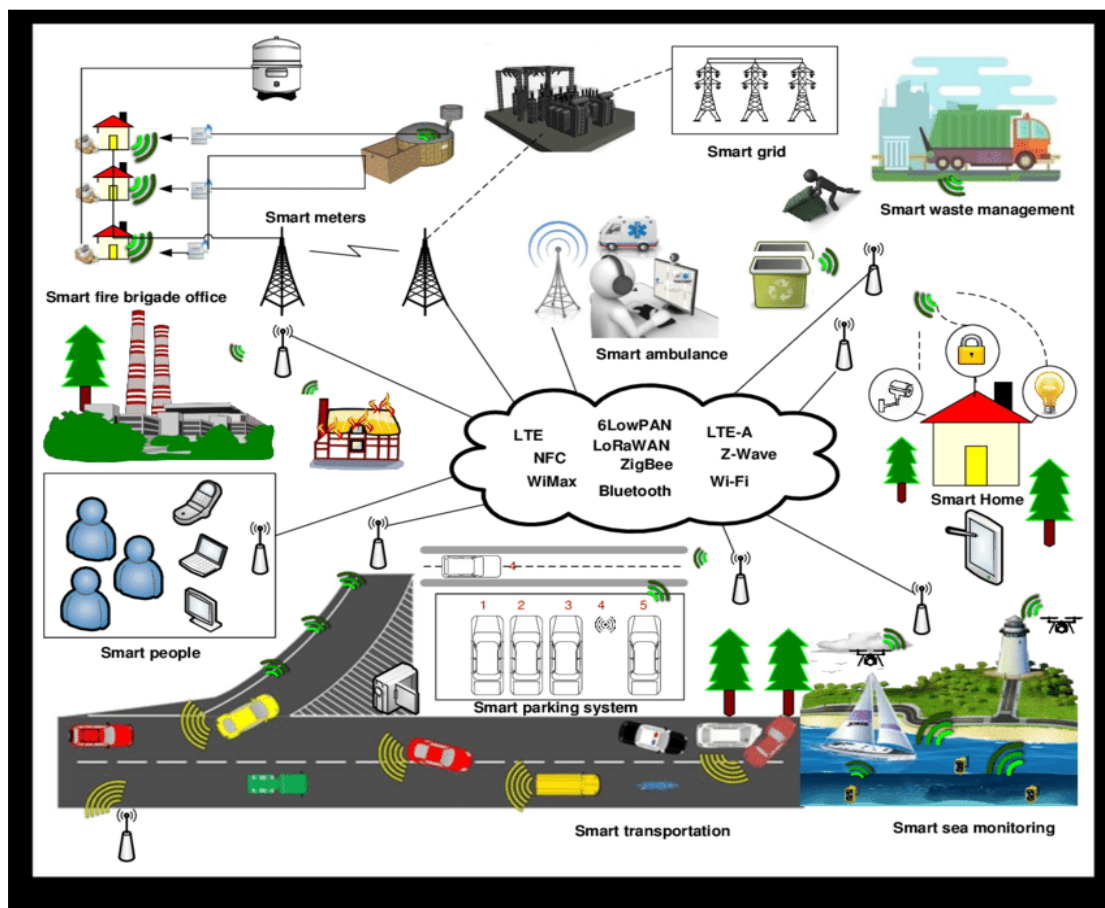
Βοηθητικά μέσα για προηγμένη υποδομή μέτρησης (AMI) είναι ένας όρος που υποδηλώνει αυτοματοποιημένη αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ ενός έξυπνου μετρητή και ενός κέντρου δεδομένων χρησιμότητας.

AMR + αμφίδρομη επικοινωνία + ικανότητα πραγματικού χρόνου ισούται με AMI. Ομοίως στα συστήματα ελέγχου ισχύος μαζί με SCADA DA, αναπτύχθηκαν πλήρεις εφαρμογές έξυπνων δικτύων: διαχείριση τάσης, απαιτήσεις απόκρισης, έλεγχος Direct Load , απορρόφηση από διεσπαρμένη παραγωγή (DER) κλπ.

Το AMI, είναι ένα λογικό σημείο εκκίνησης καθώς άλλα στοιχεία του έξυπνου δικτύου κοινής ωφελείας θα καλυφθούν διαρθρωτικά με τεχνολογίες AMI.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία σε ένα έξυπνο δίκτυο αποτελείται από τέσσερα (4) επίπεδα:

1. Οικιακό δίκτυο
2. Έξυπνος μετρητής
3. Σημείο συγκέντρωσης
4. Κέντρο δεδομένων βοηθητικών εφαρμογών



*Εικόνα 3-1: Οι τεχνολογίες επικοινωνίας σε ένα έξυπνο δίκτυο*

## **3.2 Εφαρμόσιμες τεχνολογίες στα έξυπνα δίκτυα.**

Η εφαρμογή των διαφόρων τεχνολογιών για τις επικοινωνίες των έξυπνων δικτύων εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου και τις καθορισμένες απαιτήσεις.







Μικρές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορεί να εκμεταλλευθούν τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα και να συνεργαστούν με άλλους ώστε να μειώσουν το κεφαλαιούχο και λειτουργικό κόστος.

Αντίθετα οι μεγάλες επιχειρήσεις είναι σε θέση να φτιάξουν το δικό τους δίκτυο για να αποφύγουν τη κοινή χρήση εύρους ζώνης με στόχο να έχουν μεγαλύτερα κέρδη από το κεφάλαιο που έχει επενδυθεί.

Επιπλέον οι γεωγραφικές ανάγκες, οι στόχοι του έργου, οι εφαρμογές και οι υπηρεσίες που θα διατίθενται στους καταναλωτές θα επηρεάσουν τις επιλογές των τεχνολογιών που θα εφαρμοστούν.

### **3.2.1 Ασύρματες Τεχνολογίες.**

Οι ασύρματες τεχνολογίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις διάφορες εφαρμογές των έξυπνων δικτύων είναι οι εξής:

-  WiMAX
-  Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (Wireless LAN)
-  Κυψελωτές Επικοινωνίες
-  ZigBee
-  Ασύρματα Δίκτυα Πλέγματος (Wireless Mesh Networks – WMN)
-  Δορυφορικές επικοινωνίες

- ✚ Mobile Broadband Wireless Access (MBWA)
- ✚ Ψηφιακή Τεχνολογία Μικροκυμάτων (Digital Microwave Technology)
- ✚ Ελεύθερου χώρου οπτική επικοινωνία (Free-space optical communication)
- ✚ Bluetooth

### 3.2.2 Ενσύρματες Τεχνολογίες

Οι ενσύρματες τεχνολογίες όπως οι οπτικές ίνες και το BPL , μπορεί να προτιμηθούν από τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας όταν είναι ήδη διαθέσιμες στις εξυπηρετούμενες περιοχές και όταν μπορούν να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις επίδοσης. Βέβαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή επικοινωνιακών δικτύων και αφιερωμένα καλώδια που είναι διαφορετικά από τις ηλεκτρικές γραμμές. Αυτά τα ειδικά αφιερωμένα δίκτυα απαιτούν επιπλέον επένδυση για την εγκατάσταση των καλωδίων, αλλά μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και μικρότερη καθυστέρηση για την επικοινωνία. Ανάλογα με το μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται, τα ενσύρματα δίκτυα περιλαμβάνουν τα SONET/SDH, Ethenet, DSL και ομοαξονικού καλωδίου δίκτυα πρόσβασης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΧΡΕΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ

#### 4.1 Η Δυναμική Τιμολόγηση

Καθώς οι βιομηχανίες συνεχίζουν τον σχεδιασμό για την δημιουργία των έξυπνων δικτύων, τα δυναμικά προγράμματα τιμολόγησης παρουσιάζουν όλο και μεγαλύτερο ενδιαφέρον από δημόσιες κρατικές επιτροπές και επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Ο λόγος είναι ότι οι επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά τον κόσμο δεν επιτρέπουν την αμφίδρομη σχέση με τον καταναλωτή ώστε να μπορεί ο ίδιος να είναι ρυθμιστής της κατανάλωσης ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες του.

Διάφορες μελέτες ερευνητικών ομάδων έδειξαν πως το κόστος δεν κατανέμεται ισομερώς. Η μελέτη κατέδειξε ότι οι καταναλωτές οι οποίοι βρίσκονταν υπό το καθεστώς «επίπεδης» τιμολόγησης κατανάλωσαν περισσότερη ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής. Με τα δυναμικά προγράμματα τιμολόγησης υπάρχει η δυνατότητα να επιλυθεί αυτό το πρόβλημα με την ενίσχυση της οικονομικής αποδοτικότητας έχοντας σαν αποτέλεσμα την μείωση της ζήτησης κατά τις ώρες αιχμής.

Με τον όρο **Δυναμική Τιμολόγηση** αναφερόμαστε στην δυνατότητα που δίνει ο πάροχος στον πελάτη του, να τιμολογείται με μια τιμή που διαφέρει από ώρα σε ώρα ενώ για κάθε 24ωρο οι τιμές ανακοινώνονται από μια μέρα έως και λίγες ώρες πριν. Για τον

υπολογισμό δε αυτής, λαμβάνεται υπόψη η τιμή στην χονδρική αγορά, το κόστος για την χρήση των δικτύων, το κέρδος του παρόχου και άλλες χρεώσεις. Με τον τρόπο αυτό, οι καταναλωτές εκτίθενται πλήρως στο ρίσκο της τιμής που διαμορφώνεται ανά ώρα, αλλά γλιτώνουν τη χρέωση που θα τους επέβαλλε ο πάροχός τους εάν αναλάμβανε εκείνος την διαχείριση αυτού του ρίσκου.

Όσοι ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα γνωρίζουν και αποδέχονται ότι τα σημερινά επίπεδα τιμολόγια τα οποία δεν μεταβάλλονται ανάλογα με την ώρα κατανάλωσης της ενέργειας είναι υποδεέστερα από οικονομικής άποψης σε σχέση με τα δυναμικά τιμολόγια τα οποία μεταβάλλονται σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με το παραγωγικό κόστος της ενέργειας. Με μια μετάβαση όμως σε δυναμικά τιμολόγια αναμένεται ότι κάποιοι καταναλωτές θα ωφεληθούν οικονομικά ενώ κάποιοι άλλοι θα χάσουν. Εκείνοι οι οποίοι θα χάσουν είναι αυτοί που πραγματοποιούν την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας σε ώρες αιχμής. Αντίθετα εκείνοι που θα κερδίσουν είναι αυτοί που παρουσιάζουν την λεγόμενη «επίπεδη» κατανάλωση, δηλαδή δεν καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας στις ώρες αιχμής. Επίσης υπάρχουν και οι καταναλωτές που ούτε θα χάσουν αλλά ούτε και θα κερδίσουν γιατί η κατανάλωσή τους παρουσιάζει ένα προφίλ που ταυτίζεται με τη καμπύλη φορτίου του συστήματος.

Έτσι με τη δυναμική τιμολόγηση έχουμε μια αύξηση της γενικότερης ευημερίας αλλά δημιουργούμε χαμένους και κερδισμένους κατά τη μετάβαση σε αυτή. Οι χαμένοι μπορούν να επωφεληθούν (μειώνοντας τις απώλειες τους) στο μέτρο που μπορούν να αλλάξουν

καταναλωτική συμπεριφορά πράγμα που είναι απολύτως αναμενόμενο να συμβεί γιατί σε αυτή θα βοηθήσει η τεχνολογία του έξυπνου δικτύου. Εάν μας ενδιαφέρει να μάθουμε ποιοι θα κερδίσουν και ποιοι θα χάσουν άμεσα η απάντηση διαισθητικά ταιριάζει με το λαϊκό περί δικαίου αίσθημα. Πλουσιότεροι και οι μεγάλες επιχειρήσεις θα χάσουν (υποθέτοντας ότι αυτοί χρησιμοποιούν περισσότερο κλιματισμό) και οι υπόλοιποι όπως κοινοί οικιακοί καταναλωτές θα έχουν όφελος.

Εάν η δυναμική τιμολόγηση είναι πλέον και ηθικά αποδεκτή αυτό σημαίνει ότι τα σημερινά επίπεδα τιμολόγια είναι άδικο. Σύμφωνα με τον κ. Ahmad Faruqi, ειδικού στη δυναμική τιμολόγηση στις ΗΠΑ μπορούμε να έχουμε μια εκτίμηση της αδικίας αυτής σύμφωνα με την μέθοδό του. Το αποτέλεσμα της μεθόδου αυτής δίνει μια μεταφορά ποσού 4 δις δολαρίων σε μια δεκαετία από τους αιχμιακούς στους επίπεδους για ένα σύνολο 10 εκατομμυρίων καταναλωτών. Οι ίδιοι υπολογισμοί έγιναν για τη περίπτωση της ελληνικής αγοράς από τα στελέχη της εταιρείας Clarus ESCo. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα με τα σημερινά τιμολόγια οι επίπεδοι καταναλωτές επιδοτούν τους αιχμιακούς με ένα ποσό που εκτιμάται στα 300 εκατομμύρια ευρώ τον χρόνο.

Μελετώντας τη περίπτωση των ΗΠΑ η εφαρμογή της δυναμικής τιμολόγησης έχει εντυπωσιακά αποτελέσματα. Ένα στα τρία νοικοκυριά έχει πλέον στο σπίτι του εγκατεστημένο έξυπνο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. Όμως ο κ. Ahmad Faruqi είναι ακόμα απογοητευμένος γιατί μόνο το 1% των σπιτιών καταναλώνει ηλεκτρισμό εκμεταλλευόμενο τα έξυπνα τιμολόγια και σημειώνει ότι μόνο η μείωση της αιχμής στη

κατανάλωση που επιφέρουν τα δυναμικά τιμολόγια μπορεί να δικαιολογήσει την τεράστια επένδυση σε έξυπνους μετρητές.

Ο κ. Ahmad Faruqi έχει λάβει μέρος τα τελευταία χρόνια σε διάφορα πιλοτικά προγράμματα στις ΗΠΑ με σκοπό να βρεθούν απαντήσεις στο ερώτημα κατά πόσο οι καταναλωτές χρησιμοποιούν τα δυναμικά τιμολόγια μειώνοντας την κατανάλωση τους κατά τις ώρες αιχμής. Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα συμπεράσματα όπου φαίνεται η μείωση στην αιχμή που επετεύχθη σε σχέση με την διαφορά τιμών μεταξύ αιχμής και κοιλάδας και μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Όταν δίδεται στους καταναλωτές ισχυρό μήνυμα μέσω των τιμών ανταποκρίνονται μειώνοντας την αιχμή της ζήτησής τους.
- Όσο πιο ισχυρό είναι το μήνυμα τόσο πιο μεγάλη είναι η απόκριση σε μείωση της ζήτησης στην αιχμή.
- Η αύξηση της ανταπόκρισης αυξάνεται με μειωμένο ρυθμό ακολουθώντας μια ασυμπτωματική καμπύλη κορεσμού παρά μια ευθεία.

Όταν υπήρχε αυτόματη απόκριση των καταναλωτών με χρήση κάποιας τεχνολογίας όπως έξυπνους θερμοστάτες η καμπύλη αυξανόταν ακόμα περισσότερο δείχνοντας έτσι ακόμα μεγαλύτερη ευαισθησία στις δυναμικές τιμές (Εικόνα 4-1)



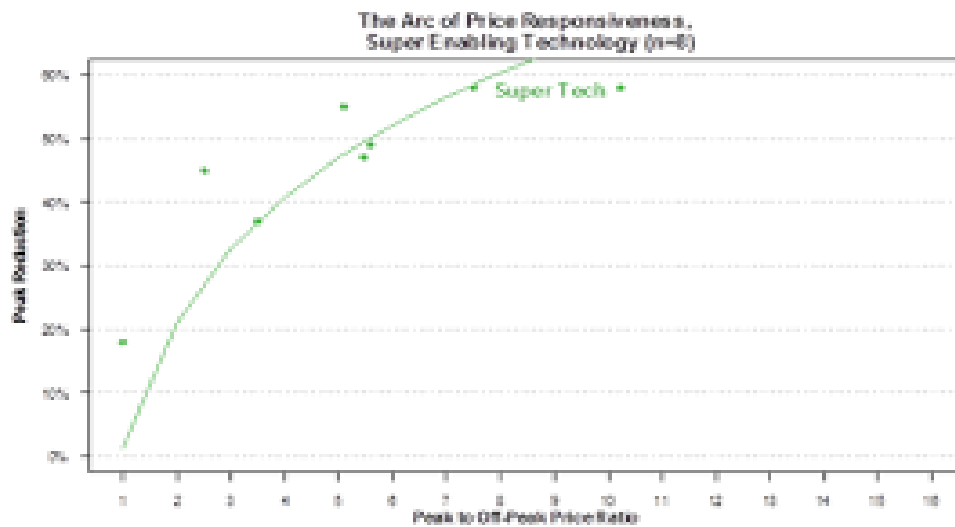
Εικόνα 4-1: Μείωση της αιχμής σε σχέση με την διαφορά τιμών μεταξύ αιχμής και κοιλάδας (έρευνα Ahmad Faruqi)



Εικόνα 4-2: Τα αποτελέσματα της έρευνα με χρήση κάποιας τεχνολογίας

Τέλος υπήρχαν και κάποια πιλοτικά προγράμματα στα οποία χρησιμοποιούταν ακόμα πιο εξελιγμένη τεχνολογία και συνεπώς η

εφαρμογή των δυναμικών τιμολογίων είχε εξαιρετικά υψηλή επίπτωση (εικόνα 4-2)



*Εικόνα 4-3: Τα αποτελέσματα πιλοτικών πειραμάτων με χρήση πολύ εξελιγμένης τεχνολογίας.*

#### **4.2 Μεταβαλλόμενη τιμή της ενέργειας.**

Όσον αφορά τις σύγχρονες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας (χονδρική αγορά), μπορούμε να πούμε ότι δεν είναι αρκετά αποτελεσματικές όσον αφορά τον ανταγωνισμό λόγω κυρίως της αδυναμίας των πελατών της λιανικής αγοράς και των φορτίων τους να συμμετέχουν σε αυτές. Έτσι στην χονδρική αγορά η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να μεταβληθεί από ώρα σε ώρα, ακόμα και σε ποσοστά 30-50% κατά την διάρκεια της ημέρας. Οι λόγοι για τους οποίους παρουσιάζεται αυτή η αύξουσα ή μειωτική συμπεριφορά στη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι εξής:

- Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται.
- Το φορτίο του συστήματος μεταβάλλεται από ώρα σε ώρα.
- Η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί με οικονομικό τρόπο και έτσι πρέπει να καταναλώνεται την ίδια στιγμή που παράγεται.
- Συμβάντα όπως ξαφνική απώλεια μονάδων του δικτύου ή ακραία καιρικά φαινόμενα, συχνά προκαλούν ανισορροπίες μεταξύ της ζήτησης και της προσφοράς. Μάλιστα η επαναφορά του συστήματος είναι ακριβή διαδικασία.
- Η λειτουργία των μονάδων διέπεται από τεχνικούς περιορισμούς. Κάποιες φορές όταν το φορτίο είναι πολύ χαμηλό, η τιμή στην αγορά μηδενίζεται ή γίνεται ακόμα πιο αρνητική. Αυτό συμβαίνει διότι είναι οικονομικότερο να μείνει μια μονάδα σε λειτουργία (ακόμα και όταν αυτό δεν είναι απαραίτητο) παρά να κλείσει και να επαναλειτουργήσει αργότερα.

### **4.3 Οι κυριότεροι παράγοντες της τιμής**

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην λιανική αγορά αποτελείται από δύο κύριους παράγοντες, οι οποίοι θα έπρεπε να τιμολογούνται ξεχωριστά:

- Το προϊόν «ηλεκτρικό ρεύμα»
- Την προστασία του καταναλωτή από την μεταβλητότητα της τιμής στη χονδρική αγορά.

Οι πελάτες θα έπρεπε να έχουν την ευκαιρία να παρακολουθούν αυτές τις τιμές. Επιτρέποντας τους αυτό, η αγορά γίνεται πολύ πιο ανταγωνιστική, οικονομικά πιο αποτελεσματική, τα δίκτυα πιο σταθερά και ασφαλή ενώ παράλληλα μειώνονται και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το να έχει τη δυνατότητα ο καταναλωτής να επιλέξει μέσα από μια πληθώρα τιμολογιακών πολιτικών, είναι κάτι ουσιαστικό για τον πραγματικό ανταγωνισμό. Μπορεί να επωφεληθεί με δυο τρόπους:

- Να μην πληρώνει για τη προστασία από την μεταβλητότητα της τιμής αφού πλέον θα είναι και αυτός εκτεθειμένος σε αυτήν.
- Να ρυθμίζει την κατανάλωσή του ανάλογα με τα επίπεδα των τιμών, δηλαδή να μειώνει το φορτίο του όταν οι τιμές είναι αυξημένες και αντιστρόφως.

Οι καταναλωτές που ρυθμίζουν το φορτίο τους με βάση τις μεταβολές της τιμής, βοηθούν και στον περιορισμό του μεγέθους των αιχμών της, ως επακόλουθο της μειωμένης παραγωγής των μονάδων τις ώρες αιχμής, όπου το σύστημα είναι συνήθως πολύ πιεσμένο. Μάλιστα οι μειώσεις στις τιμές αυτές απολαμβάνουν όλοι οι καταναλωτές και όχι μόνο εκείνοι που ρυθμίζουν την κατανάλωσή τους.

#### **4.4 Απόκριση ζήτησης**

Χρησιμοποιώντας τον όρο της απόκρισης ζήτησης αναφερόμαστε στις μεταβολές του προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας των τελικών καταναλωτών ως απόκριση στις διακυμάνσεις της τιμής της κιλοβατώρας σε διάφορες χρονικές περιόδους. Ακόμα, αναφερόμαστε σε



πληρωμές κινήτρων που είναι σχεδιασμένες έτσι ώστε να επιφέρουν μείωση της κατανάλωσης σε περιόδους που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει υψηλό κόστος ή όταν μπορεί να κινδυνεύσει το σύστημα και η αξιοπιστία του. Η απόκριση ζήτησης περιλαμβάνει όλες εκείνες τις τροποποιήσεις στην κατανάλωση ηλεκτρισμού που είναι σκόπιμες και έχουν στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης σε ώρες αιχμής μετατοπίζοντας την κατανάλωση σε ώρες που η ζήτηση είναι χαμηλή ή σε μείωση του επιπέδου της μέγιστης ζήτησης χωρίς αντιστάθμιση σε ώρες αιχμής. Έτσι πετυχαίνεται η μετατόπιση των αιχμών ζήτησης της ενέργειας και υπέρθεσή τους ώστε να προκύψει μια αρκετά ομαλή καμπύλη ζήτησης και συμφέρουσα από την πλευρά του κόστους παραγωγής της ενέργειας.

Για να κινητοποιηθούν όμως οι καταναλωτές πρέπει να υλοποιηθούν συγκεκριμένες ενέργειες, να υπάρχει κατάλληλος σχεδιασμός και να παρακολουθείται η ανταπόκρισή τους. Με τον τρόπο αυτό οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε τέτοια προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν πλήρη ενημέρωση για τις διαφορετικές χρεώσεις της ενέργειας που καταναλώνουν και αυτό γίνεται με κάποια σήματα που μεταδίδονται από τον διαχειριστή του συστήματός τους (ΔΕΔΔΗΕ για την περίπτωση της Ελλάδας).

#### **4.4.1 Οφέλη από την απόκριση ζήτησης.**

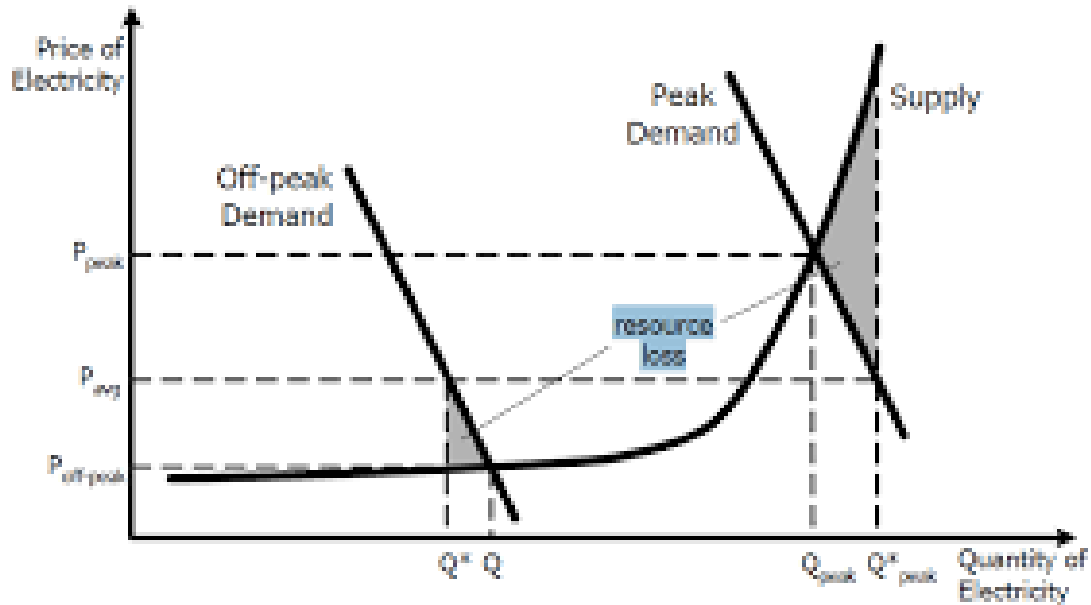
- Όσοι από τους καταναλωτές συμμετέχουν στα προγράμματα της απόκρισης ζήτησης μπορούν να επωφεληθούν από μειωμένους λογαριασμούς σαν ανταμοιβή για την μείωση της κατανάλωσης

στις αιχμιακές ώρες. Επιπλέον σε συγκεκριμένες περιπτώσεις οι καταναλωτές μπορεί ακόμα και να πληρώνονται για την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα ή να χρεώνονται με ακόμα χαμηλότερες τιμές για την αύξηση της κατανάλωσης σε περιόδους που δεν υπάρχει μεγάλη ζήτηση.

- Αντίστοιχες μειώσεις στο κόστος και οικονομικά οφέλη μπορεί να προκύψουν για όλους τους καταναλωτές του συστήματος ανεξάρτητα δηλαδή από το αν συμμετέχουν στα προγράμματα αυτά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι τιμές της ενέργειας μειώνονται λόγω της αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της υποδομής που υπάρχει και την μείωση της ανάγκης για παραγωγή ενέργειας από τις ακριβότερες μονάδες παραγωγής του συστήματος. Επιπλέον έτσι μπορεί να αναβληθεί η εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής και να μην χρειαστούν επεκτάσεις στο δίκτυο μεταφοράς.
- Μεγάλη βελτίωση παρουσιάζεται στην αξιοπιστία του δικτύου κάτι το οποίο έχει θετικά οφέλη για ολόκληρη την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι διαχειριστές του δικτύου έχουν περισσότερες λύσεις για να διατηρηθεί η αξιοπιστία του δικτύου μειώνοντας έτσι τις ξαφνικές διακοπές παροχής ηλεκτρισμού, ενώ οι καταναλωτές έχουν λιγότερες διακοπές ρεύματος και μεγαλύτερη ικανοποίηση.
- Τέλος σημαντικό είναι ότι έτσι αυξάνεται η απόδοση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αφού όσοι καταναλωτές συμμετέχουν στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να διαμορφώσουν τις

τιμές του ηλεκτρισμού και να επηρεάσουν την αγορά. Συνεπώς με την απόκριση ζήτησης μπορεί να μειωθεί η τάση που έχουν μεγάλες εταιρείες παραγωγής ηλεκτρισμού να αυξάνουν σημαντικά τις τιμές τους, αρκετά πάνω από το κόστος παραγωγής.

Στην εικόνα 4-4 που ακολουθεί φαίνεται εύκολα η επίδραση της απόκρισης ζήτησης στην διαμόρφωση της τελικής τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η δυνατότητα της απόκρισης ζήτησης να οδηγεί σε σημαντικά χαμηλότερες τιμές δικαιολογείται από το γεγονός ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει κόστος που αυξάνεται εκθετικά όσο στενεύουν τα περιθώρια για αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Δηλαδή όταν η πολύ αυξημένη ζήτηση οδηγεί το σύστημα ενέργειας κοντά στα όρια του η τιμή της κιλοβατώρας αυξάνεται επειδή αυξάνεται σημαντικά και το κόστος παραγωγής της. Συνεπώς έστω και μια μικρή μείωση στη ζήτηση ενέργειας με την βοήθεια της απόκρισης ζήτησης μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη μείωση του κόστους παραγωγής και άρα σε μείωση της τιμής της κιλοβατώρας για τον καταναλωτή.



*Εικόνα 4-4: Διαμόρφωση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας με την επίδραση της απόκρισης ζήτηση*

#### 4.4.2 Διαφορετικοί τρόποι απόκρισης φορτίου

Για να ανταποκριθούν οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης σε υψηλές τιμές και σε επείγουσες καταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- + **Μείωση μεγίστου:** Με τον τρόπο αυτόν οι καταναλωτές μπορούν να μειώσουν τη χρήση του ηλεκτρισμού κατά τις ώρες υψηλών τιμών ή κρίσιμων γεγονότων ανάλογα με το πρόγραμμα στο οποίο συμμετέχουν χωρίς να είναι απαραίτητο να αντισταθμίσουν αυτή τη μείωση. Σε τέτοια περίπτωση ο καταναλωτής υφίσταται κάποια απώλεια ανέσεων. Ένα απλό παράδειγμα τέτοια απόκρισης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στον θερμοστάτη του κλιματιστικού κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής, κυρίως τους θερινούς μήνες.

- ✚ Μετατόπιση φορτίου: χρησιμοποιώντας τον συγκεκριμένο τρόπο οι καταναλωτές μπορούν να μετατοπίσουν κάποιες ενέργειές τους που απαιτούν κατανάλωση ενέργειας από περιόδους αιχμής σε χρονικές περιόδους που υπάρχει χαμηλή ζήτηση. Για παράδειγμα ο καταναλωτής μπορεί να λειτουργεί το πλυντήριο του μόνο κατά τις βραδινές ώρες και όχι όταν υπάρχει μεγάλη ζήτηση. Σε αυτή τη περίπτωση μπορούμε να πούμε ότι ο καταναλωτής δεν έχει απώλεια ανέσεων.
- ✚ Επιτόπου παραγωγή: με αυτόν τον τρόπο οι καταναλωτές μπορούν να ανταποκριθούν με επί τόπου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές με σκοπό την ικανοποίηση των αναγκών τους. Αν και ο καταναλωτής δεν μειώνει ή μειώνει ελάχιστα την κατανάλωσή του, η ζήτηση ενέργειας από το δίκτυο μειώνεται.

#### **4.4.3 Προγράμματα απόκρισης ζήτησης**

Τα διαφορετικά προγράμματα απόκρισης της ζήτησης διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες.

- i) Price Based Demand Response. Περιλαμβάνει προγράμματα που βασίζονται στην δυναμική τιμολόγηση της ενέργειας. Σκοπός τους είναι οι αλλαγές στην κατανάλωση του πελάτη ανάλογα με τις μεταβολές στη τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος και τη μείωση του φορτίου σε περιόδους αιχμής ή την μετακίνηση του σε χρονικές περιόδους που η τιμή είναι χαμηλή. Τα διαφορετικά προγράμματα που υπάρχουν είναι:

- **Time of use (TOU):** Χρησιμοποιεί διαφορετική τιμολόγηση του ρεύματος κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για κάθε χρονολογική ζώνη υπάρχουν διαφορετικοί συντελεστές χρέωσης και έτσι αντικατοπτρίζεται το κόστος παραγωγής και διανομής του ρεύματος για κάθε ζώνη. Επίσης διαφορετικά τιμολόγια μπορεί να ισχύουν για κάθε εποχή του χρόνου.
- **Real time pricing (RTP):** Σε αυτή τη περίπτωση η τιμή της κιλοβατώρας αλλάζει κάθε ώρα και έτσι ανταποκρίνεται στην ωριαία τιμή του κόστους παραγωγής.
- **Critical peak pricing (CPP):** Συνδυάζει τα δυο προηγούμενα προγράμματα και περιλαμβάνει μια βασική time of use τιμολόγηση ενώ σε περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη αιχμή εφαρμόζεται μια επιπλέον χρέωση στην μέγιστη ισχύουσα τιμή. Ο πελάτης ενημερώνεται για αυτή την παραπάνω χρέωση συνήθως μια ημέρα πριν. Όσοι πελάτες συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα έχουν σαν μόνους έκπτωση για κατανάλωση ενέργειας σε εκτός αιχμής ώρες.
- **Critical peak rebate (CPR):** Οι καταναλωτές αμείβονται ανάλογα με το πόσο έχουν μειώσει την κατανάλωσή τους στις ώρες αιχμής και ουσιαστικά πρόκειται για το αντίστροφο από το προηγούμενο πρόγραμμα. Ένα τέτοιο πρόγραμμα γίνεται πιο εύκολα αποδεκτό από τον

καταναλωτή γιατί δεν περιλαμβάνει την ποινή που υπάρχει στα προγράμματα CPP.

- **Extreme day pricing (EDP):** σε αυτού του είδους τα προγράμματα η τιμολόγηση εφαρμόζει μια επιπλέον χρέωση στις περιόδους που υπάρχει υψηλή αιχμή όπως και στα CPP, αλλά αυτή η αυξημένη τιμή ισχύει για όλη την ημέρα και χωρίς να έχει ενημερωθεί ο καταναλωτής από την προηγούμενη ημέρα.
- **Extreme day CPP (ED-CPP):** Στη συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμόζονται δυο επίπεδα αυξημένης χρέωσης για ώρες εντός αιχμής και εκτός αντίστοιχα κατά τη διάρκεια των δύσκολων για το δίκτυο ημερών. Όμως τις υπόλοιπες μέρες η τιμολόγηση είναι σταθερή.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο Price Based DR η απόκριση των πελατών δεν είναι υποχρεωτική αν αυτοί συμμετέχουν σε κάποιο πρόγραμμα. Έτσι οι πελάτες έχουν την άνεση να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές χρεώσεις ανάλογα πάντα με τις ανάγκες τους.

## ii) **Incentive Based**

Τα προγράμματα που υπάρχουν στην κατηγορία αυτή προσφέρονται στους καταναλωτές μέσω συμβολαίων και τους δίνουν κίνητρα ώστε να μειώσουν το φορτίο τους στις κρίσιμες περιόδους για το δίκτυο και όταν αυτό τους ζητηθεί. Συνεπώς οι πελάτες πρέπει να ανταποκριθούν στη μείωση όταν αυτό τους ζητηθεί, ενώ σε ορισμένα προγράμματα υπάρχουν και οικονομικές ποινές για τους καταναλωτές που δεν ανταποκρίνονται.

Αναλυτικότερα τα προγράμματα που προσφέρονται σε αυτή τη κατηγορία είναι:

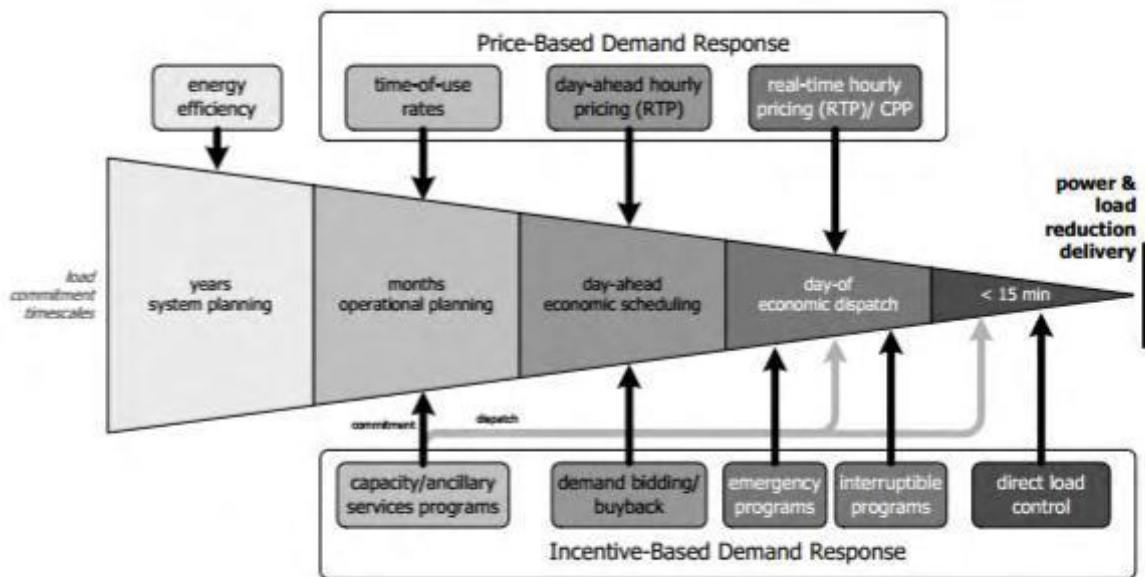
- **Direct load control (DLC):** Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα άμεσου ελέγχου ο διαχειριστής του συστήματος (π.χ. ΔΕΔΔΗΕ) μπορεί να διακόψει τη λειτουργία ορισμένων φορτίων (κλιματιστικά, θερμοσίφωνες) απομακρυσμένα και όταν αυτό χρειαστεί, μετά από σύντομη ειδοποίηση του καταναλωτή. Έτσι οι καταναλωτές μπορούν να επωφεληθούν με μειώσεις στους λογαριασμούς ρεύματος. Αυτά τα προγράμματα απευθύνονται για χρήση κυρίως από οικιακούς ή και μικρούς εμπορικούς καταναλωτές.
- **Interruptible / curtailable programs (I/C):** τα συγκεκριμένα αποτελούν προγράμματα αποκοπής φορτίου. Και εδώ οι καταναλωτές έχουν μειώσεις στους λογαριασμούς τους αλλά η μείωση του φορτίου τους σε συγκεκριμένες τιμές όταν αυτό τους ζητηθεί αποτελεί υποχρέωσή τους. Έτσι ο διαχειριστής μπορεί να ζητήσει την αποκοπή φορτίου σε κρίσιμες για το σύστημα περιόδους και μπορεί να υπάρχουν και ποινές σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης των καταναλωτών. Αυτά τα προγράμματα έχουν χρήση κυρίως σε βιομηχανίες ή σε μεγάλους εμπορικούς καταναλωτές.
- **Emergency demand response programs:** Αναφέρονται σε προγράμματα επείγουσας ανάγκης που προσφέρουν κίνητρα μέσω πληρωμών προς τους πελάτες για μειώσεις φορτίων σε



κρίσιμες περιόδους για την αξιοπιστία του δικτύου. Και εδώ υπάρχουν ποινές σε περίπτωση μη ανταπόκρισης των πελατών.

- **Demand bidding / Buyback programs:** Προγράμματα προσφορών που ενθαρρύνουν τον καταναλωτή να προσφέρει μείωση του φορτίου του σε μια αγορά χονδρικής στην τιμή στην οποία θέλουν και προγράμματα που δίνουν τη δυνατότητα στους καταναλωτές να αποφασίσουν το μέγεθος του φορτίου που θα αποκόψουν σε μια συγκεκριμένη τιμή. Σε περίπτωση που η προσφορά ενός πελάτη γίνει δεκτή και η μείωση φορτίου δεν πραγματοποιηθεί εφαρμόζονται κυρώσεις.
- **Capacity market programs:** Αυτά αποτελούν προγράμματα αγοράς ισχύος που προσφέρονται σε καταναλωτές οι οποίοι μπορούν εκ των προτέρων να εγγυηθούν για μια συγκεκριμένη μείωση φορτίου σε κάποιες κρίσιμες καταστάσεις. Οι καταναλωτές ενημερώνονται μια ημέρα πριν και σε αυτή την κατηγορία οι πελάτες έχουν σοβαρές συνέπειες αν δεν ανταποκριθούν.
- **Ancillary services market programs:** Πρόκειται για προγράμματα αγοράς κάποιων βοηθητικών υπηρεσιών που δίνουν τη δυνατότητα στους καταναλωτές να προσφέρουν στους διαχειριστές του συστήματος περικοπές φορτίου. Αν οι προσφορές γίνουν δεκτές πληρώνονται στην τιμή της αγοράς έτσι ώστε να είναι σε ετοιμότητα σε ενδεχόμενο που χρειαστεί η αποκοπή του φορτίου που έχει συμφωνηθεί.

Στο Incentive Based DR σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση οι καταναλωτές που έχουν υπογράψει συμβόλαιο για τη συμμετοχή τους σε κάποιο πρόγραμμα έχουν την υποχρέωση να ανταποκριθούν στη μείωση της ζήτησης σε κρίσιμες περιόδους για το σύστημα. Εάν δεν το εφαρμόσουν αυτό έχουν αυστηρές οικονομικές ποινές.



*Εικόνα4-5:Ο ρόλος της απόκρισης ζήτησης στη λειτουργία του ΣΗΕ*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΑ ΥΠΕΡ-ΔΙΚΤΥΑ

#### 5.1 Το ασιατικό υπερ-δίκτυο

Το ασιατικό υπερ-δίκτυο είναι ένα έργο για τη δημιουργία ενός δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο θα συνδέει την Κίνα, τη Νότια Κορέα, τη Ρωσία και την Ιαπωνία.

Η βασική ιδέα του δικτύου αυτού είναι να αξιοποιήσει την αιολική ενέργεια και την ηλιακή ενέργεια που διατίθενται στην περιοχή της ερήμου Gobi της Κίνας, που υπολογίζεται ότι ισοδυναμεί με χιλιάδες πυρηνικούς αντιδραστήρες. Πρόκειται για ένα ευρέως διασυνδεδεμένο έξυπνο δίκτυο που χρησιμοποιεί τα δίκτυα UHV με μια πλατφόρμα υποδομής στην οποία μπορεί να αναπτυχθεί να μεταδοθεί και να χρησιμοποιηθεί καθαρή ενέργεια παγκοσμίως. Εννέα περιφερειακά διασυνδεδεμένα δίκτυα λειτουργούν ήδη εντός της Κίνας οπότε έχει ήδη αποδειχθεί η τεχνική σκοπιμότητα της μετάδοσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με υψηλές τάσεις.

Θα μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές από περιοχές όλου του κόσμου που θα είναι σε θέση να τις παράγουν σε καταναλωτές σε άλλα μέρη του κόσμου. Η ανάπτυξη του δικτύου υψηλής τάσης έχει σκοπό την λειτουργία με περισσότερα από 1000 KV AC και 800 KV DC σε χιλιάδες χιλιόμετρα. Προβλέπει διασυνδεδετικά δίκτυα μεταξύ περιοχών εθνών και ηπείρων με μεταφορά άνω των 10 GW. Η

απόφαση της Κίνας για μετάδοση UHV βασίζεται στο γεγονός ότι οι ενεργειακοί πόροι είναι πολύ μακριά από τα κέντρα φορτίου. Η πλειονότητα των υδροηλεκτρικών πόρων είναι στα δυτικά και ο άνθρακας βρίσκεται στα βορειοδυτικά αλλά τα τεράστια φορτία βρίσκονται στα ανατολικά και τα νότια.

Για να μειωθούν οι απώλειες μετάδοσης σε ένα διαχειρίσιμο επίπεδο η μεταφορά μέσω UHV είναι μια λογική επιλογή. Όπως έχει δηλώσει η κρατική εταιρεία τηλεπικοινωνιών, η Κίνα θα επενδύσει περίπου 88 δις δολάρια στην ανάπτυξη του UHV μέχρι το 2020.

Η υλοποίηση του δικτύου UHV επιτρέπει την κατασκευή νεότερων καθαρότερων και αποδοτικότερων εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μακριά από τα κέντρα πληθυσμού.

Οι παλαιότεροι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής κατά μήκος της ακτής θα αποσυρθούν. Αυτό θα μειώσει τη συνολική τρέχουσα ποσότητα ρύπανσης καθώς και τη ρύπανση που αισθάνονται οι πολίτες στις αστικές κατοικίες.

Η χρήση μεγάλων κεντρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής που παρέχουν ηλεκτρική θέρμανση είναι επίσης λιγότερο ρυπογόνος από τους μεμονωμένους λέβητες που χρησιμοποιούνται για χειμερινή θέρμανση σε πολλά νοικοκυριά στον βορρά. Το δίκτυο UHV θα ενισχύσει το σχέδιο ηλεκτροδότησης και απαλλαγής της Κίνας από τον άνθρακα και θα επιτρέψει την ενσωμάτωση της ανανεώσιμης ενέργειας με την κατάργηση του σημείου συμφόρησης που περιορίζει σήμερα τις επεκτάσεις της χωρητικότητας παραγωγής αιολικής και ηλιακής

ενέργειας αναπτύσσοντας περαιτέρω την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων μακράς εμβέλειας.

Η Ιαπωνία από την άλλη πλευρά έχει τις δικές της τεχνικές προκλήσεις. Το ήμισυ του έθνους λειτουργεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα 50Hz ενώ το άλλο μισό χρησιμοποιεί 60Hz. Ο διαχωρισμός καθιστά αδύνατη τη διασύνδεση των εγκαταστάσεων παραγωγής σε κάθε τμήμα.

## **5.2 Το υπερ-δίκτυο των Η.Π.Α.**

Το ενοποιημένο εθνικό έξυπνο δίκτυο καθώς και το ενοποιημένο δίκτυο ηλιακής ενέργειας αποτελούν πρόταση για ένα ευρύ δίκτυο στις ΗΠΑ που είναι ένα εθνικό διασυνδεδεμένο δίκτυο βασισμένο σε μια υποδομή γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής δυναμικότητας που συνδέουν όλα τα τοπικά ηλεκτρικά δίκτυα του έθνους τα οποία έχουν αναβαθμιστεί σε έξυπνα δίκτυα.

Η μεταφορά μεγάλου όγκου όπως γίνεται με την γραμμή συνεχούς ρεύματος 800 KV υψηλής τάσης, θα καλύπτει όλη τη χώρα που παρέχει συνδέσεις με τις τοπικές ηλεκτρικές επιχειρήσεις και εγκαταστάσεις μαζικής παραγωγής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.

Η εθνική αξονική ενοποίηση θα ήταν έξυπνη με τρόπο παρόμοιο με αυτόν των τοπικών έξυπνων δικτύων. Καθώς τα τοπικά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας αναβαθμίζονται σε έξυπνα δίκτυα οι αλληλεπιδράσεις με την εθνική ενοποίηση μπορούν να γίνουν πιο συντονισμένες. Η πρόταση ενοποιημένου ευφυούς δικτύου δεν είναι απλώς μια συλλογή διασυνδέσεων από σημείο σε σημείο μεταξύ περιφερειακών συστημάτων με κάποια επικοινωνιακή ευφυΐα. Η

τοπολογία έχει εννοιολογικά πολλά σημεία πρόσβασης με κάθε κόμβο να είναι ένα έξυπνο δίκτυο που θα μπορούσε να είναι ένα εικονικό δίκτυο παραγωγής ενέργειας, μπορεί να είναι ένα τοπικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας ή θα μπορούσε να είναι μια εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας.

Η ιδέα ενός εθνικού συστήματος, βοήθησε σε μεγάλο βαθμό την αμερικάνικη ενεργειακή οικονομία όπως έγινε με το διακρατικό σύστημα οδικής κυκλοφορίας. Για παράδειγμα η ηλιακή ενέργεια από την Αριζόνα είναι σε θέση να προμηθεύσει το δίκτυο στο Οχάιο ή η βραδινή αιολική ενέργεια από τα βορειοανατολικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή μέγιστης ζήτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας στην Νεβάδα. Το ενιαίο έξυπνο δίκτυο συμβάλει αποτελεσματικά στην προστασία του κλίματος με βασικό άξονα το πρόγραμμα Repower America.

### **5.3 Η προοπτική του Ευρωπαϊκού υπερ-δικτύου**

Το υπερ-δίκτυο είναι ένα ευρύ δίκτυο μεταφοράς που καθιστά δυνατή την εμπορία μεγάλου όγκου ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις. Μερικές φορές αναφέρεται επίσης και ως μεγάλο δίκτυο.

Το ευρωπαϊκό υπερδίκτυο είναι ένας μελλοντικός σχεδιασμός με σκοπό να διασυνδέσει όλες τις ευρωπαϊκές χώρες και τις περιφερειακές γύρω από τα σύνορα της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης της Βόρειας Αφρικής, του Καζακστάν και της Τουρκίας, με ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας υψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος.

Το υπερ-δίκτυο είναι ανώτερο όχι μόνο επειδή είναι ένα μεγάλο δίκτυο από πολλές περιοχές αλλά και επειδή είναι πολύ συντονισμένο από ένα μακροοικονομικό επίπεδο που καλύπτει τα έθνη και τις ηπείρους σε όλη τη διαδρομή μέχρι τον προγραμματισμό χαμηλού επιπέδου προτεραιότητας φορτίων όπως οι θερμαντήρες νερού και ψύξης.

Στην ευρωπαϊκή πρόταση του υπερ-έξυπνου δικτύου και στην έννοια των ενοποιημένων έξυπνων δικτύων των ΗΠΑ αυτά διαθέτουν χαρακτηριστικά ευφυΐας στο επίπεδο μεταφοράς ευρείας περιοχής που ενσωματώνει τα τοπικά έξυπνα δίκτυα σε ένα ενιαίο τεράστιο υπερ-δίκτυο.

Αυτό το παράδειγμα είναι παρόμοιο με την περίπτωση του διαδικτύου που συνδέει μαζί τα μικρά δίκτυα σε ένα ενιαίο μεγάλο δίκτυο. Η μεταφορά σε μια ευρεία περιοχή μπορεί να θεωρηθεί ως οριζόντια επέκταση του έξυπνου δικτύου. Η διάκριση μεταξύ μεταφοράς και διανομής δεν είναι ξεκάθαρη με την ολοκλήρωση καθώς η ροή ενέργειας γίνεται αμφίδρομη.

Για παράδειγμα τα δίκτυα διανομής στις αγροτικές περιοχές ενδέχεται να παράγουν περισσότερη ενέργεια από ότι χρησιμοποιούν μετατρέποντας το τοπικό έξυπνο δίκτυο σε εικονικό σταθμό ηλεκτροπαραγωγής ή σε μια πόλη που υπάρχουν πολλές ηλεκτρικές μηχανές οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την αποκατάσταση των αιχμών στην μεταφορά με την ενσωμάτωσή τους στο έξυπνο δίκτυο.

Με βάση τις προβλέψεις το ευρωπαϊκό υπερ-δίκτυο θα μπορεί:

- Να μειώσει το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλες τις συμμετέχουσες χώρες, επιτρέποντας σε ολόκληρη την περιοχή να μοιράζεται τις αποδοτικότερες μονάδες παραγωγής ενέργειας.
- Να ελέγχει την μεταβλητότητα του φορτίου και την αναξιοπιστία του σταθμού ηλεκτροπαραγωγής μειώνοντας τις περιπτώσεις ανεπαρκούς αποθέματος και αναμονής που πρέπει να παρέχονται.
- Να επιτρέψει την ευρύτερη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ιδιαίτερα της αιολικής ενέργειας, ιδιαίτερα το καλοκαίρι στη Βόρεια Αφρική και το χειμώνα στην Ευρώπη.
- Να επιτρέπουν ευρεία διάθεση του συνολικού ευρωπαϊκού πόρου υδροηλεκτρικής ενέργειας η οποία είναι περίπου 6 εβδομάδες πλήρους φορτίου της ευρωπαϊκής παραγωγής.
- Να μειώσει την Ευρωπαϊκή εξάρτηση από τα εισαγόμενα καύσιμα.

### **5.3.1 Προτεινόμενα σχήματα**

Η πιο ολοκληρωμένη μελέτη προέρχεται από την Γερμανία βασισμένη σε ένα τεράστιο δίκτυο που καλύπτει τη Βόρεια Αφρική, την Ανατολική Ευρώπη, τη Νορβηγία και την Ισλανδία.

Η συγκεκριμένη μελέτη, έτρεξε μερικά σενάρια για διάφορες πηγές όπως αιολική, ηλιακή πυρηνική κλπ. Και η βελτιστοποίηση, έδειξε ότι όλη η ευρωπαϊκή ισχύς θα μπορούσε να προέλθει σε μεγάλο βαθμό από την αιολική ενέργεια, με σχετικά μικρές ποσότητες μονάδων καύσης



που χρειάζονται κατά τις περιόδους παγκοσμίου χαμηλού ανέμου. Επιπλέον η μελέτη έδειξε ότι δεν απαιτείται νέα αποθήκευση. Παράλληλα η υπάρχουσα υδροηλεκτρική ενέργεια είναι επαρκής.

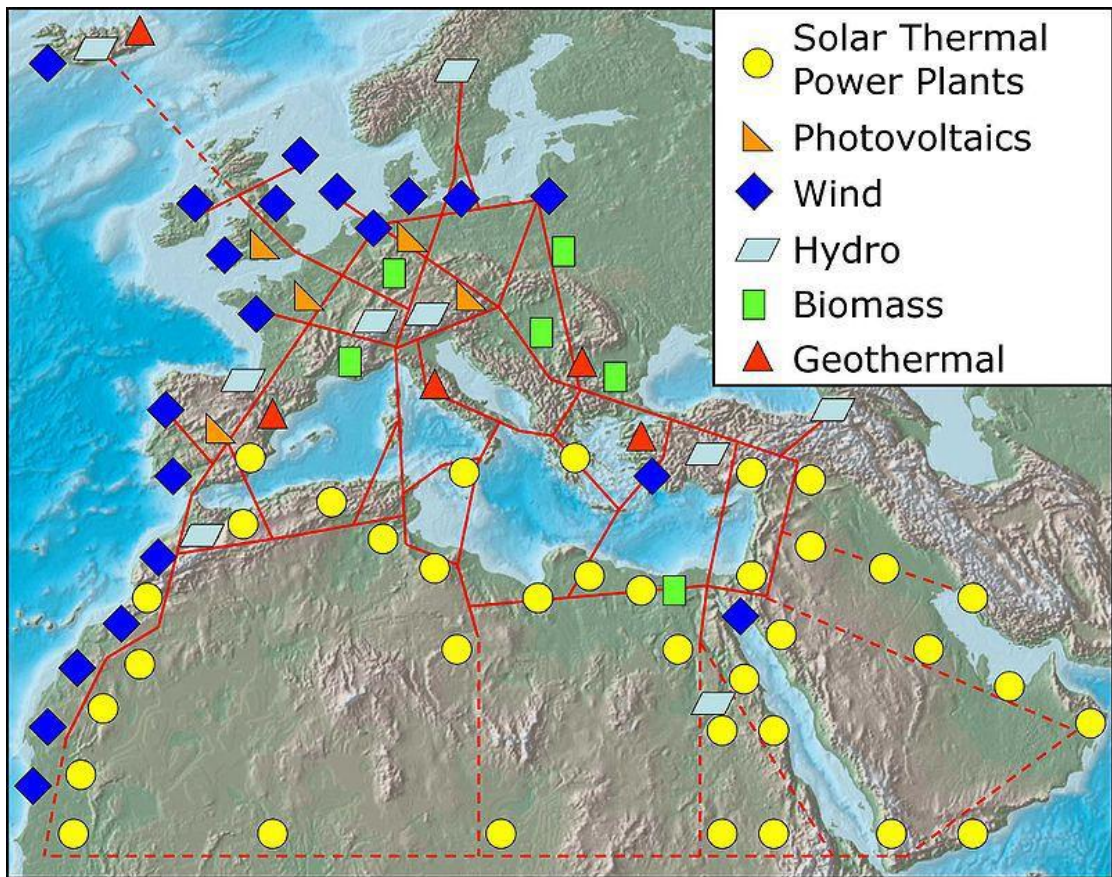
Έχουν προταθεί και ορισμένες ακόμα ειδικές μελέτες για την δημιουργία υπερ-δικτύων εντός της Ευρώπης, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Σχέδιο διασύνδεσης της αγοράς ενέργειας της Βαλτικής που περιλαμβάνει τη Δανία, την Εσθονία, τη Φιλανδία, την Γερμανία, την Λετονία την Λιθουανία, την Πολωνία.
- Σχέδιο με την ονομασία Euroagrid που προτάθηκε από την Euroagrid Limited για τη σύνδεση διαφόρων ευρωπαϊκών χωρών, συμπεριλαμβανομένου του Ηνωμένου Βασιλείου, της Ιρλανδίας των Κάτω Χωρών, του Βελγίου, της Γερμανίας και της Νορβηγίας.
- Το σχέδιο Offshore Grid της Βόρειας Θάλασσας, μια ενεργή πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, που προτάθηκε για πρώτη φορά τον Νοέμβριο του 2008 ως δομικό στοιχείο για ένα ευρωπαϊκό πανευρωπαϊκό δίκτυο υπεράκτιων δικτύων με την Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γαλλία, την Δανία, τη Σουηδία την Ιρλανδία και το Λουξεμβούργο.
- Το σχέδιο Low Grid που προτάθηκε από την Greenpeace για την σύνδεση των χωρών της Κεντρικής Ευρώπης, ιδίως της Γερμανίας, των Κάτω Χωρών, του Βελγίου και της Γαλλίας.
- Το σχέδιο High Grid που επίσης προτάθηκε από την Greenpeace για την σύνδεση της Ευρώπης και της Βόρειας Αφρικής με έμφαση στην εγκατάσταση ηλιακής ενέργειας στην Νότια Ευρώπη.

- Το σχέδιο με ονομασία ISLES μια ενεργή πρόταση από τον Σεπτέμβριο του 2011 για τη σύνδεση της Σκωτίας, της Βόρειας Ιρλανδίας και της Ιρλανδίας με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.
- Σχέδιο για την προσέγγιση όλων των νησιών με βάση τη συνεργασία μεταξύ των χωρών των Βρετανικών Νήσων
- Και τέλος το EU PowerNet. Το υπερ-δίκτυο αυτό θα ανήκει σε συνεταιριστική εταιρεία και θα διοικείται με την συμμετοχής των ευρωπαϊκών κρατών. Η ιδέα αυτή αναγνωρίζει την εθνική κυριαρχία αυτών των κρατών, ενώ παράλληλα πραγματοποιεί άμεσες διασυνδέσεις μεταξύ όλων των δικτύων αντί μόνο μεταξύ γειτόνων.

Άλλα σχετικά συνδυαστικά σχέδια είναι:

- DESERTEC, μια ιδέα που βασίζεται στην ιδέα της κατασκευής σταθμών συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP) στη Βόρεια Αφρική και τη Μέση Ανατολή και εξάγει στην Ευρώπη με γραμμές HVDC.
  - Medgrid ένα σχέδιο που σχεδιάζεται στη Βόρεια Αφρική και στοχεύει στη προώθηση και ανάπτυξη ενός ευρωμεσογειακού δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας που θα παρέχει στην Βόρεια Αφρική και στην Ευρώπη φθηνή ανανεώσιμη ηλεκτρική ενέργεια κυρίως ηλιακή.
- Ο στόχος είναι να εγκατασταθεί δυναμικό παραγωγής 20GW με 5GW να αφιερωθεί στις εξαγωγές προς την Ευρώπη.



*Εικόνα 5-1: Ένα σχέδιο ενός υπερ-δικτύου που συνδέει τις Α.Π.Ε. σε όλη τη Βόρεια Αφρική, τη Μέση Ανατολή και την Ευρώπη*

#### **5.4 Τεχνολογική κατεύθυνση.**

Τα σχέδια υπερ-δικτύων ευρείας περιοχής συνήθως απαιτούν μαζική μετάδοση χρησιμοποιώντας γραμμές συνεχούς ρεύματος υψηλής τάσης.

Η Ευρωπαϊκή πρόταση βασίζεται στο HVDC, ενώ στις ΗΠΑ οι βασικοί φορείς λήψης αποφάσεων τάσσονται υπέρ ενός εθνικού ηλεκτρικού δικτύου μεγάλων αποστάσεων.

Αν και το εναλλασσόμενο ρεύμα (FACTS) έχει μειονεκτήματα για μεγάλες αποστάσεις, η εταιρεία ενέργειας (American Electric Power) έχει υπερασπιστεί ένα υπερ-πλέγμα 765 kV που αποκαλούν I-765 που

θα παράσχει 400 GW πρόσθετης μεταφορικής ικανότητας που απαιτούνται για την παραγωγή 20% της αμερικάνικης ενέργειας από αιολικά πάρκα.

Οι υποστηρικτές του HVAC επισημαίνουν ότι τα συστήματα αυτά είναι προσανατολισμένα για μαζική μεταφορά και οι πολλαπλές συνδέσεις απαιτούν ακριβό πολύπλοκο εξοπλισμό επικοινωνίας και ελέγχου σε αντίθεση με τους απλούς μετασχηματιστές που απαιτούνται για την χρήση γραμμών AC,

Προς το παρόν υπάρχει μόνο ένα σύστημα μεταφοράς πολλαπλών αποστάσεων HVDC.

Στο μέλλον η απώλεια της τάσης των τρεχουσών μεθόδων θα μπορούσε να αποφευχθεί χρησιμοποιώντας την πειραματική υπεραγωγική τεχνολογία των έξυπνων δικτύων όπου το καλώδιο μετάδοσης ψύχεται από έναν αγωγό υγρού υδρογόνου, ο οποίος χρησιμοποιείται επίσης για την ροή ενέργειας σε εθνικό επίπεδο.

Επίσης οι απώλειες ενέργεια για τη δημιουργία τη συγκράτηση και την εκ νέου ψύξη υγρού υδρογόνου θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

Για τον συντονισμό και τον έλεγχο του δικτύου, θα χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες έξυπνων δικτύων όπως μονάδες μέτρησης φάσεων, για την ταχεία ανίχνευση ανισορροπιών στο δίκτυο που προκαλούνται από μεταβαλλόμενες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και ενδεχομένως άμεση αντίδραση με προγραμματισμένα συστήματα αυτόματης προστασίας για την ανακατεύθυνση, μείωση του φορτίου ή μείωση της παραγωγής ως λύση στις διαταραχές δικτύου.

## 5.5 Έξυπνα δίκτυα στην Ελλάδα

Η επίτευξη των Ευρωπαϊκών στόχων για 20% συμμετοχή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργεια (ΑΠΕ) στην τελική κατανάλωση ενέργειας μέχρι το 2020 και 27% μέχρι το 2030, καθώς και αντίστοιχων ποσοστών εξοικονόμησης ενέργειας, έχει δημιουργήσει πλήθος νέων προκλήσεων. Οι προκλήσεις αυτές μπορούν να αντιμετωπισθούν και με την μετεξέλιξη των σημερινών ηλεκτρικών δικτύων διανομής σε «έξυπνα δίκτυα».

Τα «έξυπνα δίκτυα» μπορούν να ικανοποιήσουν τις αυξημένες ανάγκες όλων των χρηστών, ενισχύοντας την αξιοπιστία τους μέσω βελτιωμένης παρακολούθησης των φορτίων, παρά την αύξηση του αριθμού των προμηθευτών και την ποικιλία των χαρακτηριστικών τους. Τα «έξυπνα δίκτυα» μπορούν να οδηγήσουν σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους ενέργειας για τους καταναλωτές και αυξημένη αποτελεσματικότητα μέσω βελτιστοποίησης της συνεισφοράς των προμηθευτών.

Μέσα στο νέο ενεργειακό τοπίο που διαμορφώνεται, ο ρόλος των διαχειριστών διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι καθοριστικός για την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία όλου του συστήματος ενέργειας και η διαχείριση των δικτύων βρίσκεται στην «καρδιά» της λειτουργίας της αγοράς προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Η σχέση με τον καταναλωτή αποκτά νέες διαστάσεις και γίνεται πλήρως αμφίδρομη. Οι διαχειριστές είναι υπεύθυνοι για να παρέχουν στους καταναλωτές άμεση πληροφόρηση και καλύτερο έλεγχο της χρήσης, άρα και του κόστους της ηλεκτρικής τους ενέργειας.

Ο συνδυασμός των «έξυπνων δικτύων», με πλήθος εγκατεστημένων αισθητήρων που παρέχουν on-line μετρήσεις για τη λειτουργία του συστήματος, με τα έξυπνα μετρητικά συστήματα, τα οποία προσφέρουν πληροφορίες για την κατανάλωση σε πραγματικό χρόνο, μετατρέπουν σταδιακά τις Εταιρίες των Δικτύων Διανομής σε διαχειριστές ενός πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφοριών.

Οι διαχειριστές των δικτύων διανομής, καλούνται να επεξεργαστούν αυτόν τον μεγάλο όγκο δεδομένων με διαφανή και αποδοτικό τρόπο, με κύριο γνώμονα το όφελος όλων των χρηστών (παραγωγών, προμηθευτών και καταναλωτών), διασφαλίζοντας παράλληλα την ομαλή, εύρυθμη και χωρίς διακρίσεις λειτουργία της αγοράς.

Το νέο αυτό περιβάλλον είναι εξαιρετικά πολύπλοκο, καθώς πρέπει να αντιμετωπισθούν σύνθετα θέματα όπως η ενσωμάτωση και η διαχείριση της διεσπαρμένης παραγωγής και των ενεργών πλέον καταναλωτών, ικανών να διαμορφώνουν οι ίδιοι το ενεργειακό τους προφίλ, η ενσωμάτωση και η διαχείριση διεσπαρμένης αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, η φόρτιση ηλεκτρικών αυτοκινήτων και η περαιτέρω επέκταση της χρήσης του ηλεκτρισμού σε άλλες εφαρμογές, η λειτουργία μελλοντικών αποκεντρωμένων αγορών ενέργειας και επικουρικών υπηρεσιών, κλπ.

Στο πλαίσιο αυτό, στην Ελλάδα δραστηριοποιείται ο ΔΕΔΔΗΕ, που είναι 100% θυγατρική εταιρία της ΔΕΗ, η οποία διατηρεί την κυριότητα των παγίων και χρηματοδοτεί τη λειτουργία και τις επενδύσεις της θυγατρικής της.

Από τον Μάιο του 2012, ο ΔΕΔΔΗΕ δραστηριοποιείται ως μια ανεξάρτητη λειτουργικά και οργανωτικά εταιρία, με βασική αποστολή την αποδοτική λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου διανομής της χώρας, τη διαχείριση των ηλεκτρικών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΕΞΥΠΝΟΙ ΜΕΤΡΗΤΕΣ

#### 6.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε ο ΔΕΔΔΗΕ έχει στόχο να εγκαταστήσει έξυπνους μετρητές ακόμα και σε όλα τα σπίτια, οι οποίοι θα μετρούν κάθε στιγμή την κατανάλωση ενέργειας και θα παρέχουν τη δυνατότητα για τιμολόγηση με διαφορετικές χρεώσεις και δυναμικό τρόπο.

Οι μετρητές αυτοί που θα αντικαταστήσουν τα μέχρι τώρα παραδοσιακά ρολόγια, τοποθετούνται στο εσωτερικό της κάθε κατοικίας και όχι στην είσοδο μιας πολυκατοικίας όπως συμβαίνει μέχρι τώρα. Αυτό γίνεται γιατί δεν χρειάζονται συνεργεία της ΔΕΗ ή των εργολάβων να έχουν πρόσβαση στους μετρητές για την καταμέτρηση καθώς από την στιγμή της εγκατάστασής τους δεν είναι αναγκαίος ο έλεγχος των μετρητών και η έκδοση έναντι λογαριασμών. Αυτόματα ο έξυπνος μετρητής στέλνει μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας τα στοιχεία κατανάλωσης του πελάτη σε έναν κεντρικό server της ΔΕΗ που θα συγκεντρώνει και θα επεξεργάζεται τα δεδομένα αυτά.

Ο πελάτης θα μπορεί ανά πάσα στιγμή κοιτώντας τον μετρητή να ξέρει τι έχει καταναλώσει. Μόλις βάζει σε λειτουργία συσκευές με μεγάλη κατανάλωση ενέργειας, ο μετρητής θα δείχνει αύξηση φορτίου και έτσι θα μπορεί να περιορίσει την αλόγιστη χρήση ενέργειας, ενώ θα σταματήσει το ενδεχόμενο να λαμβάνει



λογαριασμούς που δεν συμβαδίζουν με την προσωπική του κατανάλωση.

Η ΔΕΗ θα έχει τη δυνατότητα να εφαρμόσει διαφορετικά τιμολόγια ανάλογα με τον χρόνο, δηλαδή πιο ακριβά για όσους πελάτες καταναλώνουν ρεύμα κατά τις ώρες αιχμής του φορτίου και πιο φθηνά για όσους περιορίζουν εκείνες τις ώρες την κατανάλωσή τους. Θα υπάρχει αυτή η δυνατότητα γιατί η ΔΕΗ θα γνωρίζει on-line μέσω των έξυπνων μετρητών ποιος πελάτης καταναλώνει περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια κάθε ώρα, κάτι που δεν μπορεί να γίνει με το σημερινό σύστημα μέτρησης.

Με τον όρο «έξυπνος μετρητής» εννοούμε μια έξυπνη συσκευή που υπολογίζει την κατανάλωση ενέργειας, στέλνει τα δεδομένα στο σύστημα και μετά καταλήγουν στον πελάτη βοηθώντας τον να ξέρει την κατανάλωσή του αλλά και το κόστος αυτής. Στους μετρητές αυτούς υπάρχει η δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, δηλαδή εκτός από την αποστολή δεδομένων μπορεί να γίνει και λήψη κάποιων εντολών από τους μετρητές. Επίσης είναι ένας εύκολος και οικονομικός τρόπος για μέτρηση και έλεγχο της κατανάλωσης που βοηθάει στην καλύτερη οργάνωση της παραγωγής με βάση τα real-time ημερήσια δεδομένα, πετυχαίνοντας αφενός μεν εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας αφετέρου δε μείωση σε επενδύσεις του δικτύου. Στόχος δηλαδή των έξυπνων μετρητών είναι οι καταναλωτές να χρεώνονται με βάση το πραγματικό ποσό ενέργειας που έχουν καταναλώσει. Ο καταναλωτής θα μπορεί να ενημερώνεται με ευκολία από την

οθόνη του ηλεκτρονικού του υπολογιστή εφόσον υπάρχει ασύρματη σύνδεση μεταξύ μετρητή και υπολογιστή. Η ενημέρωση αυτή έχει σκοπό τη μείωση χρήσης κάποιων συσκευών οι οποίες καταναλώνουν μεγάλες ενεργειακές ποσότητες.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι έξυπνων μετρητών στην αγορά με κυριότερους από αυτούς τους:

- 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

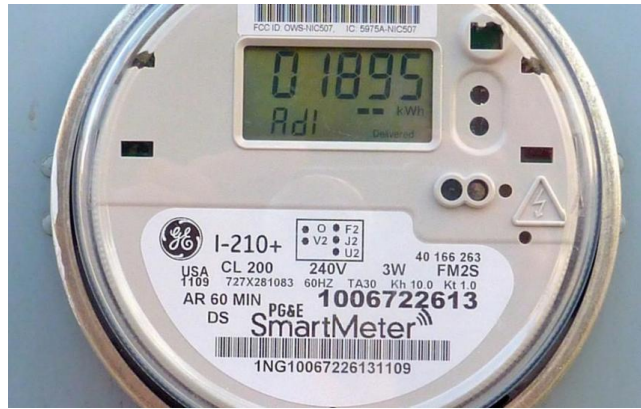
Μια χαρακτηριστική περίπτωση έξυπνου μετρητή είναι ο FLUKE 1760 Three-Phase Power Quality Recorder. Αυτός ο τριφασικός μετρητής ποιότητας ισχύος έχει τη δυνατότητα να μετράει τάση, ρεύμα, ενέργεια και ισχύ καθώς και να αναλύει τις αντίστοιχες αρμονικές τους. Έχει στην είσοδό τους 8 κανάλια για μέτρηση τάσεων και ρευμάτων και διαθέτει μια συχνότητα δειγματοληψίας που μπορεί να φτάσει και τα 10.24 KHz. Για την μεταφορά δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ του έξυπνου μετρητή και οποιασδήποτε άλλης συσκευής, όπως υπολογιστή, ο μετρητής διαθέτει θύρα RS-232 όπως και θύρες Ethernet. Επίσης περιέχει κατάλληλο λογισμικό μελέτης και ανάλυσης των μετρήσεων, το οποίο εγκαθίσταται στον υπολογιστή με τον οποίο

επικοινωνεί η συσκευή. Σημαντικότερο χαρακτηριστικό είναι ότι ο μετρητής διαθέτει μνήμη των 2GB, η οποία είναι αναγκαία για την αποθήκευση και στην συνέχεια την μεταφορά των μετρητικών δεδομένων. Συνεπώς ο χρήστης θα έχει την δυνατότητα μέτρησης δυο διαφορετικών μεταξύ τους συστημάτων, να εντοπίσει αν υπάρχει κάποιο σφάλμα εντός ή εκτός της εγκατάστασής του, να αναλύσει τις διαταραχές και να επιβεβαιώσει την καλή ποιότητα της ισχύος που εισέρχεται.

Οι έξυπνοι μετρητές που υπάρχουν στην αγορά έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αντικαταστήσουν τους τωρινούς μετρητές ηλεκτρισμού ή διαφορετικά να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με αυτούς.



*Εικόνα 6-1:Κλασσικός μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας*



*Εικόνα 6-2: Έξυπνος μετρητής*



*Εικόνα 6-3: Ένας πραγματικός έξυπνος μετρητής από την εταιρεία EVB*

*Energie AG*

## **6.2 Ο έξυπνος μετρητής ως τοίχος προστασίας ανάμεσα σε εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον.**

Ο έξυπνος μετρητής έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως τοίχος προστασίας που ελέγχει την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση και διασφαλίζει το απόρρητο των χρηστών, όπως και την ακεραιότητα των μηνυμάτων που διακινούνται. Έχει επίσης τον ρόλο του μεσολαβητή

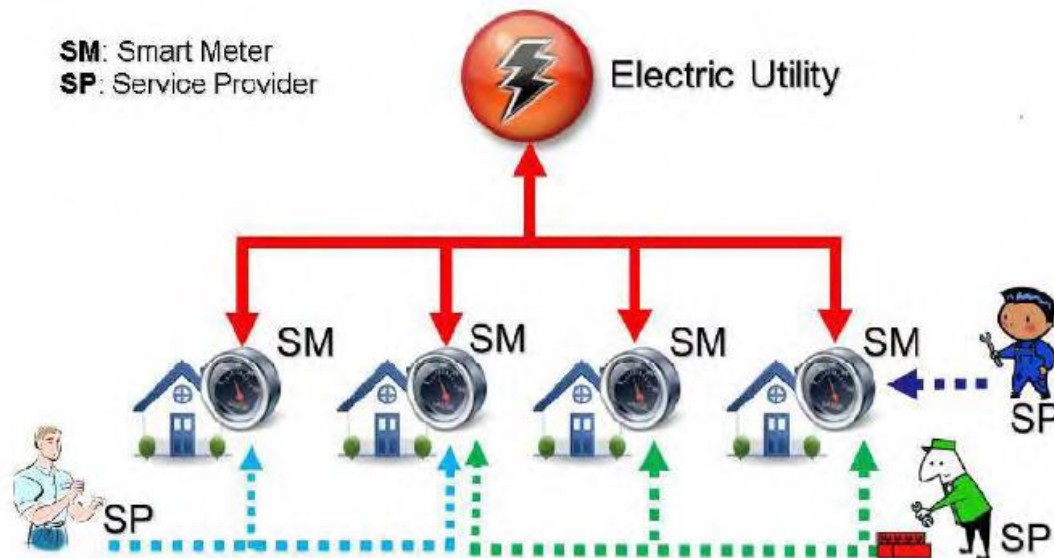
για να μεταφέρει τις οδηγίες του παρόχου ηλεκτρικής ενέργειας προς τις έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές του σπιτιού. Ακόμα επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσίας να παρακολουθούν και να βοηθούν σε τεχνικά θέματα τους πελάτες τους μέσω της υπάρχουσας δομής επικοινωνίας. Έτσι στην ουσία υπάρχει μια σχέση εμπιστοσύνης μεταξύ του παρόχου ηλεκτρισμού και του μετρητή.

Το εσωτερικό κόσμο αποτελεί το Home Area Network που περιλαμβάνει τις επικοινωνίες μεταξύ των οικιακών έξυπνων συσκευών, ενώ τον εξωτερικό κόσμο αντίστοιχα αποτελεί το Wide Area Network (WAN) που περιλαμβάνει τις επικοινωνίες μεταξύ των σπιτιών των παρόχων και των διαχειριστών του συστήματος.

Για να προστατέψει ο μετρητής την ιδιωτική ζωή των χρηστών κρύβει αυτά τα ατομικά στοιχεία από τον πάροχο ενέργειας, ο οποίος αντί να ελέγχει άμεσα τις οικιακές συσκευές θα ζητάει από τον μετρητή να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας και να διαλέξει ποιες συσκευές να κλείσει ή να μειώσει την λειτουργία τους. Στο τέλος οι πελάτες θα αποφασίζουν όμως την προτεραιότητα κάθε συσκευής τους.

Επίσης ο έξυπνος μετρητής θα έχει επικοινωνία με τους παρόχους υπηρεσίας οι οποίοι έχουν υπογράψει συμβόλαιο για να διατηρούν κάποιες ηλεκτρικές συσκευές. Έτσι θα καταγράφει και θα αντιστοιχεί έναν πάροχο υπηρεσίας με τις αντίστοιχες συσκευές και θα δημιουργεί μια επικοινωνία μεταξύ τους. Η παροχή μηνυμάτων θα γίνεται μόνο μεταξύ των παρόχων υπηρεσίας που έχουν υπογράψει συμβόλαιο με τις συσκευές για τις οποίες είναι υπεύθυνοι. Έτσι ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο

για παράδειγμα μπορεί να στείλει μηνύματα σε ένα συγκεκριμένο και πιστοποιημένο μηχανικό υπηρεσίας μέσω του έξυπνου μετρητή.



*Εικόνα 6-4: Σχέση έξυπνων μετρητών και τεχνικών υπηρεσίας.*

Συνεπώς ο ηλεκτρικός πάροχος θα στέλνει προς τους έξυπνους μετρητές οδηγίες σχετικές με την κατανάλωση και θα συλλέγει από αυτούς στοιχεία κατανάλωσης σε τακτά διαστήματα. Στις περιόδους αιχμής ο πάροχος θα ζητάει από τους μετρητές να περιορίσουν την κατανάλωση δίνοντάς τους κίνητρα. Μετά θα είναι αρμοδιότητα του μετρητή να κανονίσει τη λειτουργία των αντίστοιχων οικιακών συσκευών και ο πάροχος δεν θα γνωρίζει τίποτα για τη διαδικασία αυτή.

Οι πάροχοι υπηρεσιών θα εγγράφονται σε έναν ηλεκτρικό πάροχο και θα δίνουν πιστοποιητικά για την αυθεντικότητα τους όπως και κλειδιά επικοινωνίας για την εξυπηρέτηση των χρηστών. Στην συνέχεια θα υπογράφουν συμβόλαια με πελάτες για τις συσκευές που θα υποστηρίζουν. Τέλος ο μετρητής θα επιτρέπει την επικοινωνία των

συσκευών μόνο με παρόχους για τους οποίους έχει στην κατοχή του έγκυρα πιστοποιητικά.

### **6.3 Έξυπνοι μετρητές στην οικία.**

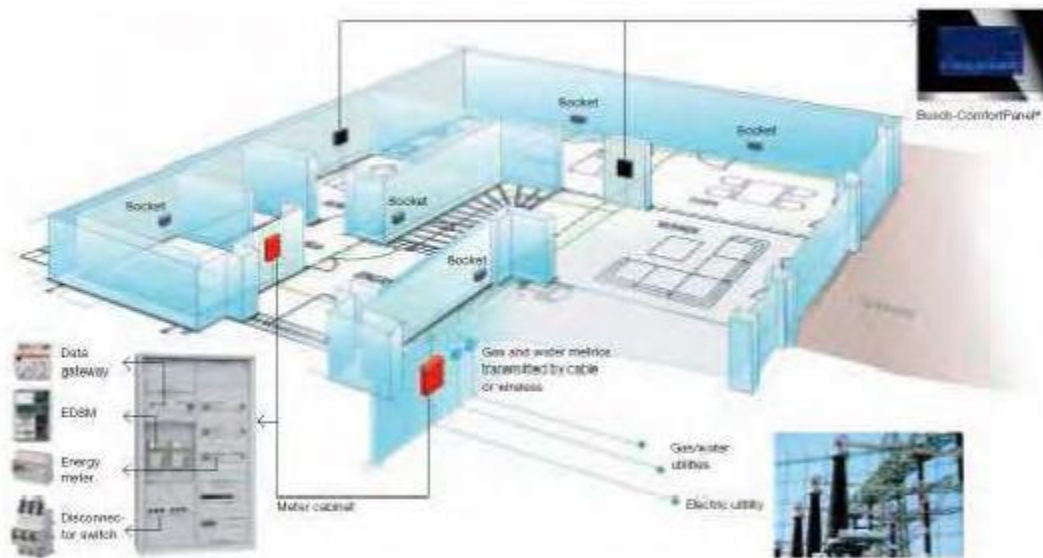
από την μεριά των καταναλωτών υπάρχουν δυο τάσεις που αλλάζουν τον τρόπο με τον οποίο βλέπουν την ενέργεια. Η πρώτη είναι οι περιβαλλοντικές ανησυχίες που έχουν και οι επιπτώσεις από την αλόγιστη χρήση ενέργειας. Η δεύτερη είναι το αυξανόμενο κόστος της ενέργειας που οδηγεί τους καταναλωτές στη μείωση της κατανάλωσης. Και οι δυο αυτές τάσεις επηρεάζουν τον τρόπο χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά όμως τις προθέσεις των καταναλωτών δεν είναι εύκολο να συνδεθούν καθημερινές μας ενέργειες με τον αντίστοιχο ενεργειακό τους αντίκτυπο και να δράσουμε αναλόγως.

Η εγκατάσταση όμως έξυπνης τεχνολογίας όπως είναι οι έξυπνοι μετρητές αλλάζει τα δεδομένα στην κατάσταση αυτή. Παράλληλα με μια κατάλληλη πύλη δεδομένων, μια τέτοια συσκευή δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να παρακολουθούν την κατανάλωση τους και να προσπαθούν για τη βελτιστοποίησή της. Αυτά τα δεδομένα εμφανίζονται σε γραφική μορφή, εύκολη στην κατανόηση βοηθώντας τους καταναλωτές να δούμε άμεσα τα αποτελέσματα των ενεργειών τους όπως για παράδειγμα όταν εγκαταστήσουν ένα ενεργειακά αποδοτικό ψυγείο.

Η πύλη δεδομένων εκτός από την ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παρακολουθεί και να απεικονίζει και την κατανάλωση άλλων πηγών (νερό, αέριο, θερμότητα) και να αποτελεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα μετρήσεων. Τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν στους πελάτες με

διάφορους τρόπους όπως στην οθόνη του υπολογιστή ή στο κινητό τηλέφωνο. Τα στοιχεία αυτά προωθούνται και στους προμηθευτές.

Μόλις εγκατασταθεί ένας έξυπνος μετρητής η ανάγκη που υπήρχε τόσα χρόνια ώστε ένας εργαζόμενος της εταιρείας παροχής ηλεκτρισμού να διαβάζει χειροκίνητα την ένδειξη των μετρητών αποτελεί παρελθόν. Η εταιρεία διαβάζει την κατανάλωση εξ' αποστάσεως από τον μετρητή. Ακόμα με μια λεπτομερή ανάλυση μπορούν να εντοπιστούν πιθανές ζημιές στο δίκτυο. Συνεπώς οι έξυπνοι μετρητές θα έχουν κύριο ρόλο στο μέλλον όπου οι προμηθευτές θα έχουν μεγάλη ελευθερία στο να επιλέγουν τον προμηθευτή ενέργειας.



*Εικόνα 6-5: Ένα δίκτυο από έξυπνες οικιακές συσκευές*





*Εικόνα 6-6: Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών σε παγκόσμιο επίπεδο.*

#### **6.4 Οφέλη από τη χρήση Έξυπνων μετρητών**

Η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών έχει πολλά οφέλη που αφορούν όλους τους τομείς της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και επηρεάζουν την κοινωνία. Τα σημαντικότερα από αυτά αναλύονται παρακάτω:

##### **1. Οφέλη για τους καταναλωτές.**

- **Ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο.** Οι έξυπνοι μετρητές προσφέρουν στους καταναλωτές ΗΕ την δυνατότητα να γνωρίζουν τη πραγματική κατανάλωσή τους καθώς είναι σε θέση να παρέχουν ακριβείς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Σε αντίθεση με την παλαιότερη αναλογική τεχνολογία μέτρησης, οι έξυπνοι μετρητές είναι ψηφιακά συστήματα που μπορούν να μεταδίδουν περιοδικά πληροφορίες κατανάλωσης σε κατάλληλες πλατφόρμες

επικοινωνίας, οι οποίες παρουσιάζουν σε ένα διαδραστικό φιλικό περιβάλλον γραφήματα με τη μέση κατανάλωση ΗΕ και το κόστος αυτής, τις πιθανές εκπομπές ρύπων και τις πολιτικές κατανάλωσης. Επομένως οι καταναλωτές ΗΕ διαθέτουν τη πλήρη εποπτεία του ενεργειακού τους προφίλ, αλλά και τη δυνατότητα μεταβολής του. Μέσω της διαρκούς πληροφόρησης και με χρήση κατάλληλων ICT εργαλείων, οι καταναλωτές θα είναι σε θέση να μειώσουν το ενεργειακό τους αποτύπωμα.

- **Δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας.** Εκτός από την πραγματοποίηση μετρήσεων και την αποστολή δεδομένων, οι έξυπνοι μετρητές διαθέτουν και τη δυνατότητα λήψης πληροφοριών/εντολών και αποτελούν την πύλη επικοινωνίας καταναλωτών ΗΕ με τους προμηθευτές ΗΕ. Κάθε καταναλωτής μπορεί να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο από τον προμηθευτή του για τη τιμή χρέωσης της kWh, για ενδεχόμενες προσφορές και εκπτώσεις, για θέματα ασφάλειας (έκτακτες διακοπές παροχής). Αντίστοιχα και ο καταναλωτής είναι σε θέση να επικοινωνεί με τον προμηθευτή αποστέλλοντας πχ αιτήσεις, παράπονα, ερωτήσεις.
- **Δυνατότητα λήψης εντολών.** Ο έξυπνος μετρητής μπορεί μέσω της πλατφόρμας επικοινωνίας να λάβει και να αποθηκεύσει εντολές. Κάθε καταναλωτής ΗΕ δηλαδή, όχι μόνο γνωρίζει το ενεργειακό του προφίλ αλλά μπορεί να μεταβάλλει, να προγραμματίσει και να κατευθύνει την κατανάλωση προς το συμφέρον του. Μπορεί για παράδειγμα να προγραμματίσει τις

συσκευές του (π.χ. πλυντήριο, κλιματιστικά, εγκατάσταση φόρτισης ηλεκτρικού αυτοκινήτου) να λειτουργούν οικονομικά μεταθέτοντας την κατανάλωση ΗΕ σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Αυτή η δυνατότητα είναι κρίσιμη σε συνθήκες απελευθερωμένης αγοράς όπου οι προμηθευτές ΗΕ προσφέρουν ευέλικτες διαδικασίες τιμολόγησης παρόμοιες με τον ισχύον νυχτερινό τιμολόγιο αλλά με την πρόσθετη δυνατότητα δυναμικής μεταβολής.

- **Δυνατότητα απομακρυσμένης εκκίνησης και διακοπής της σύνδεσης με το ΗΔ.** Ο καταναλωτής μπορεί κατά βούληση να ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τη σύνδεση τόσο για λόγους ασφάλειας όσο και για λόγους εξοικονόμησης ΗΕ.
- **Ευκολότερη μετάβαση σε άλλο προμηθευτή ΗΕ.** Με τους έξυπνους μετρητές παρέχεται η δυνατότητα στους χρήστες να αλλάζουν πάροχο με παρόμοιες διαδικασίες όπως αυτές της παροχής τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Αυτό θα συμβάλλει αποφασιστικά στην ενίσχυση του ανταγωνισμού μεταξύ των προμηθευτών, άρα και στην μεγιστοποίηση του οφέλους για τους καταναλωτές ΗΕ.
- **Δυνατότητα βελτίωσης της ποιότητας του ηλεκτρικού ρεύματος.** Οι έξυπνοι μετρητές ενσωματώνουν διατάξεις που επιτρέπουν τον αυτόματο έλεγχο και βελτίωση των χαρακτηριστικών του ηλεκτρικού ρεύματος. Παρέχουν λειτουργίες εξομάλυνσης της τάσης/συχνότητας και προστασίας από υπερτάσεις και υπερεντάσεις.

## **2. Οφέλη για τους προμηθευτές ΗΕ.**

- **Ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο.** Ο έξυπνος μετρητής αποστέλλει περιοδικά κρυπτογραφημένα δεδομένα για την κατανάλωση ΗΕ σε εξουσιοδοτημένα Κέντρα Λειτουργίας, παρέχοντας στον προμηθευτή ΗΕ τη δυνατότητα να γνωρίζει σε πραγματικό χρόνο το φορτίο του δικτύου που διαχειρίζεται.
- **Παραγωγή ψηφιακών δεδομένων.** Οι έξυπνοι μετρητές παράγουν ψηφιακά δεδομένα που μπορούν να αποθηκευτούν, να μεταδοθούν με αξιοπιστία και ασφάλεια, να ανακτηθούν, να υποστούν επεξεργασία και ανάλυση πολλών επιπέδων. Αυτά τα χαρακτηριστικά των ψηφιακών δεδομένων καθιστούν εφικτή την εφαρμογή πολιτικών ανταπόκρισης στη ζήτηση. Οι προμηθευτές ΗΕ μπορεί να δημιουργήσουν βάσεις δεδομένων και με κατάλληλους αλγόριθμους επεξεργασίας της πληροφορίας να αποκτήσουν την δυνατότητα αξιόπιστης πρόβλεψης των αναγκών των πελατών τους, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα και να αγοράσουν τα αντίστοιχα απαιτούμενα μεγέθη ΗΕ που θα απαιτηθούν, με ικανοποιητικά ακρίβεια. Ο περιορισμός του επιπλέον κόστους λόγω της ακριβέστερης εκτίμησης της ζήτησης ΗΕ έχει άμεσο αντίκτυπο και στην τιμολόγηση της ΗΕ προς τους καταναλωτές.
- **Απομακρυσμένη εκκίνηση και διακοπή της σύνδεσης.** Μέσω των έξυπνων μετρητών παρέχεται η δυνατότητα στον πάροχο να εκκινεί και να διακόπτει τη παροχή για λόγους ασφάλειας και προστασίας του δικτύου του καταναλωτή. Επιπλέον σε

περιπτώσεις μη τήρησης των υποχρεώσεων εκ μέρους κάποιου, μπορεί να διακόψει αμέσως την παροχή ΗΕ αλλά και να την αποκαταστήσει τάχιστα εφόσον διευθετηθούν οι μεταξύ τους διαφορές.

- **Έγκαιρος εντοπισμός και επέμβαση σε περίπτωση κλοπής.** Στις περιπτώσεις όπου οι μετρήσεις που συλλέγονται από τους μετρητές των καταναλωτών ΗΕ βρίσκονται σε αναντιστοιχία με τις ενδείξεις των μετρητών παρεχόμενης ενέργειας του ΔΔ ο προμηθευτής ΗΕ έχει τη δυνατότητα να εντοπίσει ενδεχόμενη κλοπή ΗΕ και να διακόψει αμέσως τη παροχή.
- **Εξάλειψη της δαπάνης της συμβατικής διαδικασίας καταμέτρησης ΗΕ.** Με την εγκατάσταση των έξυπνων μετρητών, ο συμβατικός τρόπος καταμέτρησης της καταναλωθείσας ΗΕ από υπαλλήλους του παρόχου καταργείται. Παράλληλα εξαλείφονται και οι περιπτώσεις ανθρώπινου λάθους κατά την καταγραφή που οδηγούν σε λανθασμένες χρεώσεις και προκαλούν προβλήματα στις σχέσεις μεταξύ προμηθευτών και καταναλωτών.

### **3. Οφέλη για τον διαχειριστή του Δικτύου Διανομής.**

- **Βελτίωση ποιότητας ρεύματος.** Ο διαχειριστής του συστήματος συλλέγοντας από τους έξυπνους μετρητές πληροφορίες για την ποιότητα του ρεύματος που προσφέρει και σε συνδυασμό με τις μετρήσεις από τις άλλες μετρητικές διατάξεις που είναι εγκατεστημένες στο δίκτυο, μπορεί να ενημερωθεί, να εντοπίσει και να επέμβει άμεσα στα σημεία του δικτύου που αντιμετωπίζουν προβλήματα ως προς την τάση και

την συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος (π.χ από σφάλματα ή από χρήση βιομηχανικού εξοπλισμού). Ο διαχειριστής του συστήματος έχει επίσης τη δυνατότητα να θέσει σε λειτουργία διατάξεις εξομάλυνσης κατά εστιασμένο τρόπο με άμεσα αποτελέσματα. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγει πιθανές αποζημιώσεις σε πελάτες για καταστροφή μηχανημάτων και εξοπλισμού.

- **Πρόληψη σφαλμάτων και διακοπών ή άμεση αποκατάστασή τους.** Διαθέτοντας τη δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης ο διαχειριστής μπορεί να προλαβαίνει σφάλματα, διακοπές και καταστροφές εξοπλισμού. Στην περίπτωση όπου τελικά υπάρξουν βλάβες επιταχύνεται ο εντοπισμός και η αποκατάστασή τους.

#### **4. Οφέλη για ολόκληρο το κοινωνικό σύνολο.**

- **Μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων.** Διαθέτοντας πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο, ελαχιστοποιούνται η παραγωγή πλεονάζουσας ΗΕ καθώς και οι απώλειες μεταφοράς και διανομής και αυξάνεται η διείσδυση των ΑΠΕ στην παραγωγή ΗΕ. Το άμεσο αποτέλεσμα είναι μειωμένες εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα από τις θερμικές μονάδες.
- **Εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου του συστήματος.** Η εξαγωγή και εύκολη διαχείριση και επεξεργασία των πληροφοριών κατανάλωσης ΗΕ παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής πολιτικών ανταπόκρισης στη ζήτηση (D-R)\_σε μεγάλη κλίμακα. Ως εκ τούτου λοιπόν καθίσταται εφικτή η μετάθεση μέρους της κατανάλωσης

ΗΕ σε περιόδους χαμηλότερης ζήτησης και η εξομάλυνση του μεγάλου κόστους αιχμών της καμπύλης φορτίου. Σε συνδυασμό με τη εξοικονόμηση ΗΕ επιτυγχάνεται μείωση της ανάγκης για επενδύσεις σε νέες μονάδες παραγωγής ΗΕ και σε επεκτάσεις του συστήματος μεταφοράς και διανομής για να ανταπεξέλθουν στη ζήτηση αιχμής.

- **Ευκολότερη εφαρμογή κοινωνικής πολιτικής.** Με την εγκατάσταση έξυπνων μετρητών διευκολύνονται και επιταχύνονται οι διαδικασίες εφαρμογής κοινωνικής πολιτικής σε ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού. Για παράδειγμα αν κάποιος καταναλωτής έχει αυξημένες ανάγκες σε ενέργειας λόγω ασθένειας, μπορεί άμεσα να επιδοτηθεί και να συνάψει ειδική συμφωνία με τον πάροχο.

## **6.5 Η κατάσταση στο Ελληνικό δίκτυο**

Για τη διείσδυση των έξυπνων μετρητών στο ελληνικό δίκτυο ενέργειας τέσσερα είναι τα μεγάλα έργα που έχει αναλάβει ο ΔΕΔΔΗΕ:

- Το σύστημα τηλεμέτρησης πελατών MT (ολοκληρωμένο)
- Το σύστημα τηλεμέτρησης μεγάλων πελάτων XT (ολοκληρωμένο)
- Το πιλοτικό σύστημα τηλεμέτρησης και διαχείρισης της ζήτησης οικιακών καταναλωτών και μικρών επιχειρήσεων(σε εξέλιξη)
- Το μελλοντικό έργο που θα καλύπτει το σύνολο των 7.500.000 μετρητών της ελληνικής επικράτειας.

Απώτερος στόχος του ΔΕΔΔΗΕ είναι η αντικατάσταση του 80% των συμβατικών μετρητών με έξυπνους μέχρι το τέλος του 2020 με το 40% να έχει ήδη αντικατασταθεί το 2017.



*Εικόνα 6-7: Τα κύρια έργα και οι στόχοι στο έργο της τηλεμέτρησης.*

Συνεπώς καταλήγουμε στο ότι ο ΔΕΔΔΗΕ είναι σε μεταβατικό στάδιο και επιχειρεί να αναβαθμίσει το δίκτυο διανομής ακολουθώντας τις Ευρωπαϊκές οδηγίες και τις διεθνείς τάσεις. Τα μεγάλα αυτά έργα εγκατάστασης έξυπνων μετρητών κινούνται προς αυτήν την κατεύθυνση. Επίσης η δημιουργία Μηχανογραφικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών θα βοηθήσει στην αποτύπωση του δικτύου σε ψηφιακή μορφή, κάτι που είναι απαραίτητο για την αξιοποίηση των έξυπνων μετρητών και την πορεία προς την κατεύθυνση του Έξυπνου Δικτύου.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΙΝΤΕΡΝΕΤ

- [www.admie.gr](http://www.admie.gr).
- [www.deddie.gr](http://www.deddie.gr).
- [www.ypeka.gr](http://www.ypeka.gr).
- <http://www.lagie.gr/agora/analysisi-agoras/miniaia-deltia-iep/>,
- [www.rae.gr](http://www.rae.gr).
- <http://www.smartgrid-metrology.eu/workshop>
- <https://www.energy.gov/oe/downloads/benefits-demand-response-electricity-markets-and-recommendations-achieving-them-report>
- [https://www.admie.gr/sites/default/files/attached-files/type-file/2020/02/masm\\_2010-2014-RAE.pdf](https://www.admie.gr/sites/default/files/attached-files/type-file/2020/02/masm_2010-2014-RAE.pdf)
- <https://www.nist.gov/system/files/documents/smartgrid/eu-us-smartgrids-white-paper.pdf>
- [www.iene.gr/energyweek09/articlefiles/b2b/1stSesssion/ROOM\\_B/4\\_XATZIVAS.pdf](http://www.iene.gr/energyweek09/articlefiles/b2b/1stSesssion/ROOM_B/4_XATZIVAS.pdf)
- [https://www.etsi.org/images/files/Report\\_CENCLCETSI\\_Standards\\_Smart\\_Grids.pdf](https://www.etsi.org/images/files/Report_CENCLCETSI_Standards_Smart_Grids.pdf)
- <https://www.yumpu.com/en/document/read/25934291/nist-framework-and-roadmap-for-smart-grid-interoperability>
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/5467283>
- [https://www.researchgate.net/publication/232923869\\_Security\\_in\\_Smart\\_Home\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/232923869_Security_in_Smart_Home_Environment)

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/6038996>
- <https://csrc.nist.gov/publications/detail/nistir/7628/rev-1/final>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=OJ:C:2012:299:FULL&from=frf>
- <https://www.slideshare.net/GiannisAlifragis/ss-33183262>
- [http://www.acer.europa.eu/official\\_documents/acts\\_of\\_the\\_agency/references/dsf\\_final\\_report.pdf](http://www.acer.europa.eu/official_documents/acts_of_the_agency/references/dsf_final_report.pdf)
- [https://www.researchgate.net/publication/257126070\\_How\\_renewables\\_will\\_change\\_electricity\\_markets\\_in\\_the\\_next\\_five\\_years](https://www.researchgate.net/publication/257126070_How_renewables_will_change_electricity_markets_in_the_next_five_years)
- <https://www.cpsenergy.com/content/dam/corporate/en/Documents/SmartGrid/A%20Metering%20Industry%20Perspective.pdf>
- <https://slideplayer.gr/slide/1887976/>
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/4591874>
- <https://smartgrid.ucla.edu/pubs/IFAC2014Microgrid.pdf>
- <https://www.smart-energy.com/wp-content/uploads/Keyhani.pdf>
- <http://www.powerworld.com>)