

ΑΤΕΙ Κρήτης - Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανολογίας

Δυναμική Τιμολόγηση και Έξυπνα Δίκτυα

Πτυχιακή Εργασία

ΛΑΜΠΡΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

A.M. 4977

Καθηγητής : Νικόλαος Σακκάς



Απρίλιος
2015

Εισαγωγή

Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας έχει προκαλέσει μια “αποσύνδεση” μεταξύ του καταναλωτή και του παραγωγού. Οι σημερινές μέθοδοι τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας δεν αντικατοπτρίζουν το πραγματικό κόστος της παραγωγής. Αν οι παραγωγοί ήταν σε θέση να καταγράψουν τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας που κάνει ο τελικός χρήστης, θα μπορούσαν ενδεχομένως να αξιολογούν μεγαλύτερες αμοιβές από την κατανάλωση σε κάποιες περιόδους, αλλά και μικρότερες σε κάποιες άλλες περιόδους. Για να αποκτήσουν πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας, οι παραγωγοί δοκιμάζουν τη θεωρία του έξυπνου δικτύου. Αυτό το προτεινόμενο έξυπνο δίκτυο είναι ένα σύστημα από συσκευές επικοινωνίας, πράξης και αναφοράς, όπου δίνουν στο χειριστή του συστήματος τη δυνατότητα να παρακολουθεί την κατανάλωση σε κλίμακα που δεν έχουμε ξαναδεί.

Σε αυτή την πτυχιακή γίνεται προσπάθεια ανάλυσης των όρων δυναμική τιμολόγηση, διαχείριση της ζήτησης (Demand Side Management ή DSM), απόκριση της ζήτησης (Demand response ή DR) καθώς και Έξυπνο Δίκτυο. Ακόμα θα δούμε διάφορα στοιχεία και χαρακτηριστικά αυτών, όπως και τα οφέλη που έχουμε με τη χρήση τους.

Λέξεις κλειδιά: (Έξυπνο Δίκτυο, Διαχείριση Ζήτησης, Απόκριση Ζήτησης)

Abstract

Pricing of electricity has caused a disconnect between the consumer and producers. Current methods for pricing electricity are non-incentive and do not reflect the actual costs of production. If producers were capable of monitoring electricity use by the end user, they could potentially assess greater fees associated with consumption during specified periods, but also lower fees during other specified periods . To gain access to critical usage information, producers are testing out the theory of a smart grid. This proposed smart grid is a system of communicating, actuating and reporting devices that give system operators the capability to observe consumption on a scale unseen before.

This thesis attempts to analyze the terms Dynamic Pricing, Demand Side Management (DSM) , Demand Response (DR) and Smart Grid. Also we will see different elements, attributes and the benefits of them.

Keywords: (Smart Grid, Demand Side Management, Demand Response)

Περιεχόμενα

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	<u>1</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο Δυναμική Τιμολόγηση	
<u>1.1 Εισαγωγή</u>	<u>5</u>
<u>1.2 Η έννοια της δυναμικής τιμολόγησης</u>	<u>5</u>
<u>1.3 Η ηθική της Δυναμικής Τιμολόγησης</u>	<u>6</u>
<u>1.4 Ηνωμένες Πολιτείες</u>	<u>7</u>
<u>1.5 Μεταβολή της Τιμής</u>	<u>9</u>
<u>1.6 Παράγοντες της τιμής</u>	<u>10</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο Ζήτηση	
<u>2.1 Διαχείριση της ζήτησης (DSM)</u>	<u>11</u>
<u> Ανάπτυξη του DSM</u>	<u>12</u>
<u> Εφαρμογές του DSM</u>	<u>13</u>
<u>2.2 Απόκριση ζήτησης</u>	<u>15</u>
<u> Οφέλη</u>	<u>16</u>
<u> Στρατηγικές απόκρισης φορτίου</u>	<u>17</u>
<u> Είδη Προγραμμάτων Απόκρισης</u>	<u>19</u>
<u>2.3 Ενεργειακή Αποδοτικότητα</u>	<u>22</u>
<u>2.4 Εφαρμογές απόκρισης ζήτησης στην Ευρώπη</u>	<u>23</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο Έξυπνα Δίκτυα

<u>3.1 Εισαγωγή</u>	<u>27</u>
<u>3.2 Τι προσφέρουν</u>	<u>28</u>
<u>3.3 Εννοιολογικό Μοντέλο</u>	<u>30</u>
<u>3.4 Διαφορές με το συμβατικό δίκτυο</u>	<u>38</u>
<u>3.5 Συσκευές</u>	<u>39</u>
<u>3.6 Έξυπνος Μετρητής</u>	<u>40</u>
<u>3.7 Έξυπνο Σπίτι</u>	<u>41</u>
<u>3.8 Ευρώπη</u>	<u>42</u>
<u>3.9 Τι συμβαίνει στην Ελλάδα</u>	<u>47</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

<u>ΕΠΙΛΟΓΟΣ</u>	<u>50</u>
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	<u>51</u>

1. Δυναμική Τιμολόγηση

1.1 Εισαγωγή

Καθώς οι βιομηχανίες συνεχίζουν το 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.

1.2 Η έννοια της Δυναμικής Τιμολόγησης

Με τον όρο Δυναμική Τιμολόγηση (dynamic pricing) αναφερόμαστε στην δυνατότητα που δίνει ο πάροχος στον πελάτη του, να τιμολογείται με μία τιμή που διαφέρει από ώρα σε ώρα, ενώ για κάθε 24ώρο, οι τιμές ανακοινώνονται από μία 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 πάροχου και άλλες χρεώσεις. Με τον τρόπο αυτό, οι καταναλωτές εκτίθενται πλήρως στο ρίσκο της τιμής που διαμορφώνεται ανά ώρα, αλλά γλιτώνουν την χρέωση που θα τους επέβαλλε ο πάροχος τους, εάν αναλάμβανε εκείνος να διαχειριστεί το ρίσκο αυτό.

1.3 Η ηθική της Δυναμικής Τιμολόγησης

Όλοι οι ασχολούμενοι με το θέμα γνωρίζουν (και κατ' αρχήν αποδέχονται) ότι τα σημερινά τιμολόγια, που δεν μεταβάλλονται με την ώρα κατανάλωσης του ηλεκτρισμού είναι από άποψη οικονομικής αποτελεσματικότητας υποδεέστερα των δυναμικών τιμολογίων, δηλαδή αυτών που μεταβάλλονται σε πραγματικό χρόνο ανάλογα με το κόστος παραγωγής του ρεύματος. Με την μετάβαση όμως σε δυναμικά τιμολόγια ορισμένοι από τους καταναλωτές αναμένεται να ωφεληθούν ενώ άλλοι να χάσουν. Αυτοί που θα χάσουν είναι αυτοί των οποίων το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσής τους γίνεται σε ώρες αιχμής. Αυτοί που θα κερδίσουν είναι αυτοί που έχουν "επίπεδη" κατανάλωση, δηλαδή μόνο μικρό μέρος της κατανάλωσής τους γίνεται στην αιχμή. Υπάρχουν επίσης και αυτοί που δεν έχουν ούτε όφελος ούτε ζημία γιατί το προφίλ κατανάλωσής τους ταυτίζεται με την καμπύλη φορτίου (και κόστους) του συστήματος (υποθέτουμε ανασχεδιασμό τιμολογίων ουδέτερο ως προς τα συνολικά έσοδα του προμηθευτή).

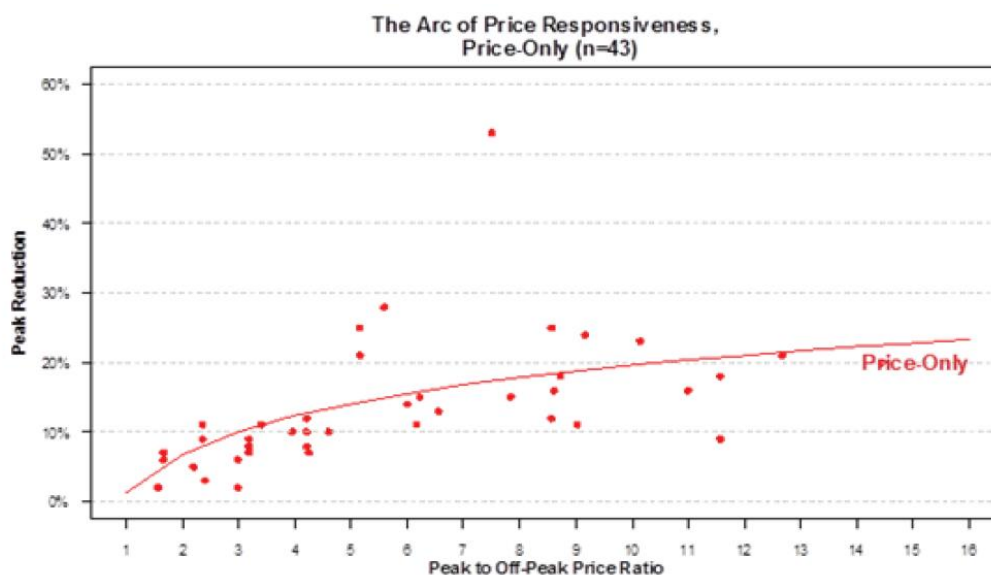
Έχουμε λοιπόν μια αύξηση της γενικής ευημερίας με τα δυναμικά τιμολόγια αλλά συγχρόνως δημιουργούμε κερδισμένους και χαμένους κατά την μετάβαση σε αυτά. Να σημειώσουμε πριν τους ταυτοποιήσουμε ότι αυτή είναι η βραχυπρόθεσμη κατάσταση. Οι χαμένοι μπορούν να επωφεληθούν (ή να μειώσουν την απώλειά τους) στο μέτρο που μπορούν ή θέλουν να αλλάξουν καταναλωτική συμπεριφορά, πράγμα που είναι λογικά αναμενόμενο να συμβεί (γιατί εκτός των άλλων θα βοηθήσει και η τεχνολογία του έξυπνου δικτύου). Όμως μας ενδιαφέρει να μάθουμε ποιοι είναι αυτοί που θα χάσουν και θα κερδίσουν άμεσα. Διαισθητικά η απάντηση συνάδει με το λαϊκό περί δικαίου αίσθημα. Οι πλούσιοι και οι επιχειρήσεις θα χάσουν (αν υποθέσουμε ότι αυτοί χρησιμοποιούν κυρίως κλιματισμό) και οι κοινοί θνητοί θα ωφεληθούν. Επίσης θα ωφεληθούν οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις όταν τελειώσουν οι επιδοτήσεις.

Αν η μετάβαση στα δυναμικά τιμολόγια είναι λοιπόν και ηθικά αποδεκτή, σημαίνει ότι τα υπάρχοντα "επίπεδα" τιμολόγια είναι άδικα.

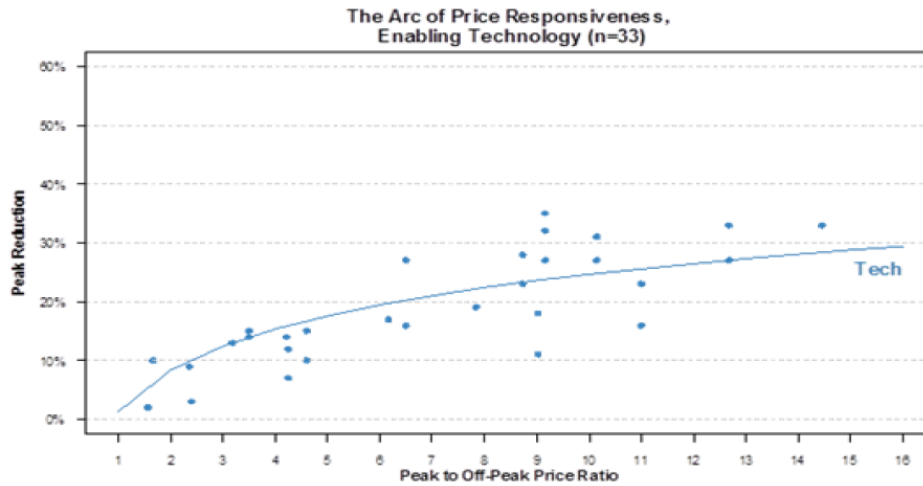
1.4 Ηνωμένες Πολιτείες

Στις ΗΠΑ ένα στα τρία νοικοκυριά έχει πλέον εγκατεστημένο «έξυπνο» μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας στο σπίτι του. Όμως μόνο το 1% των νοικοκυριών καταναλώνει ηλεκτρισμό με «έξυπνα» τιμολόγια. Μόνο η μείωση της αιχμής στην κατανάλωση που επιφέρουν τα δυναμικά τιμολόγια δικαιολογεί την επένδυση σε έξυπνους μετρητές, η μείωση στα λειτουργικά έξοδα δεν αρκεί. Τα τελευταία 10 χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολυάριθμα πιλοτικά προγράμματα στις ΗΠΑ, σχεδιασμένα για να δώσουν απαντήσεις στο ερώτημα κατά πόσο οι καταναλωτές ανταποκρίνονται σε δυναμικά τιμολόγια μειώνοντας την αιχμή της κατανάλωσής τους. Τα αποτελέσματα φαίνονται στα παρακάτω διαγράμματα όπου περιγράφεται η μείωση στην αιχμή που επετεύχθη σε σχέση με την διαφορά τιμών μεταξύ αιχμής και κοιλάδας και συνοψίζονται ως εξής:

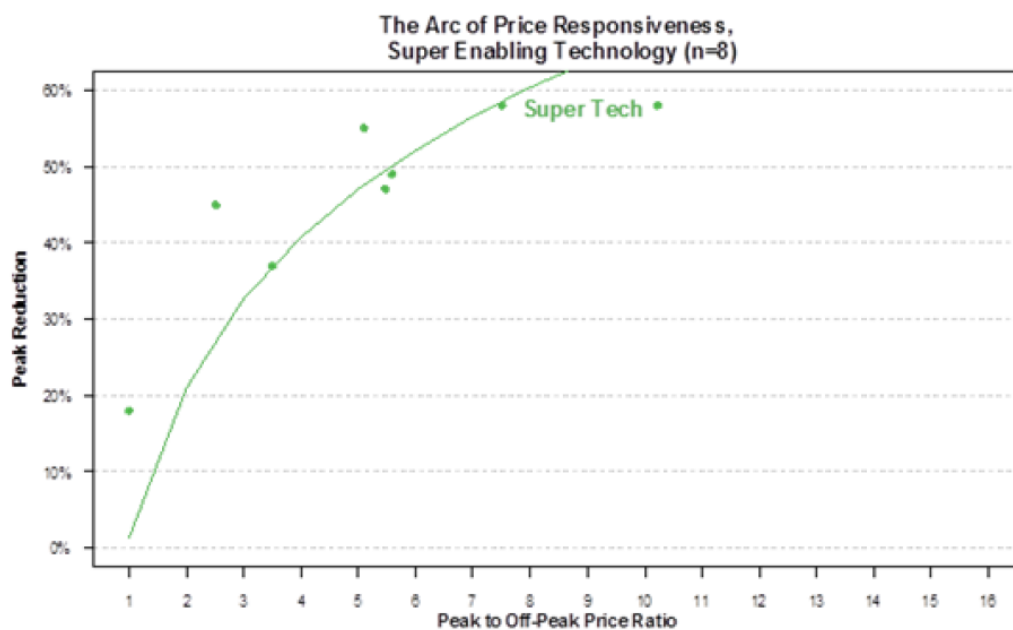
- Όταν δίδεται στους καταναλωτές ισχυρό μήνυμα μέσω των τιμών, ανταποκρίνονται μειώνοντας την αιχμή της ζήτησής τους.
- Όσο πιο ισχυρό είναι το μήνυμα τόσο πιο μεγάλη είναι η απόκριση σε μείωση της ζήτησης στη αιχμή.
- Η αύξηση της ανταπόκρισης αυξάνεται με μειούμενο ρυθμό, ακολουθώντας μια ασυμπτωτική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



Όταν η απόκριση των καταναλωτών γινόταν αυτόματα, με χρήση κάποιας τεχνολογίας, όπως «έξυπνοι» θερμοστάτες, η καμπύλη γινόταν ακόμα πιο αυξητική υποδεικνύοντας ακόμα μεγαλύτερη ευαισθησία στις δυναμικές τιμές (επόμενο διάγραμμα).



Υπήρχαν επίσης πιλοτικά πειράματα στα οποία με την χρήση ακόμη πιο εξελιγμένης τεχνολογίας, η επίπτωση των δυναμικών τιμολογίων ήταν εξαιρετικά υψηλή (επόμενο διάγραμμα)



Οι 50 ειδικοί που συμμετείχαν σε έρευνα της The Brattle Group και των Global Energy Partners τον περασμένο χρόνο περιμένουν να δουν ένα ποσοστό από 8 έως 20% των οικιακών καταναλωτών στις ΗΠΑ να έχουν κάποιο είδος δυναμικής τιμολόγησης μέχρι το 2020. Ο αριθμός αυτός είναι μικρότερος από τον σημερινό

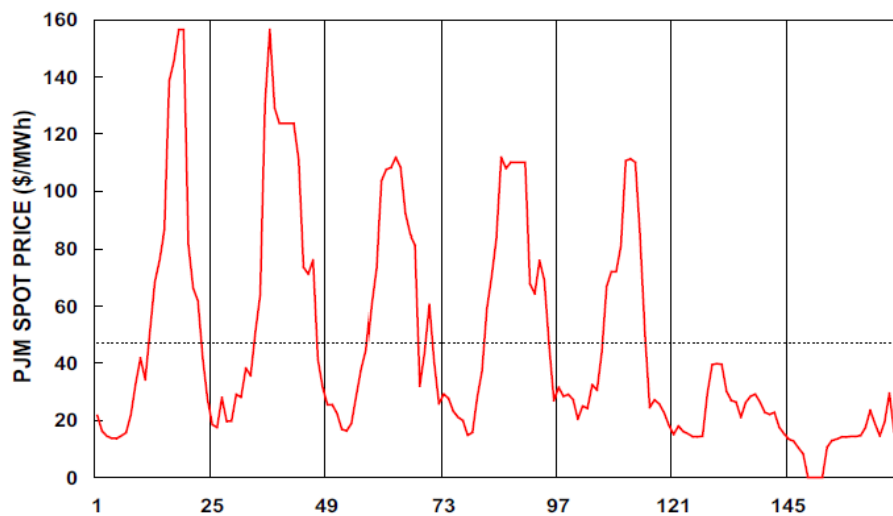
αριθμό των εγκατεστημένων έξυπνων μετρητών και θα είναι ακόμα μικρότερος από αυτόν του 2020.

1.5 Μεταβολή της τιμής

Οι σύγχρονες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας (χονδρική αγορά) δεν είναι αρκετά αποτελεσματικές όσον αφορά τον ανταγωνισμό κυρίως εξαιτίας αδυναμίας των πελατών της λιανικής αγοράς και των φορτίων τους, να συμμετέχουν σε αυτές. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας στην χονδρική αγορά μεταβάλλεται από ώρα σε ώρα, συχνά ακόμα και κατά 30% - 50% μέσα σε μία μέρα. Οι λόγοι για τους οποίους η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει αυτήν την συμπεριφορά είναι:

1. Το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας διαφέρει ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται. (Για παράδειγμα οι υδροηλεκτρικές μονάδες και εκείνες που χρησιμοποιούν την πυρηνική ενέργεια έχουν κόστος κάτω των 10\$/MWh, ενώ το κόστος για μία συμβατική μονάδα ορυκτών καυσίμων ανέρχεται περίπου στα 100\$/MWh).
2. Το φορτίου του συστήματος, μεταβάλλεται από ώρα σε ώρα.
3. Η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί με οικονομικό τρόπο, και έτσι πρέπει να καταναλώνεται την ίδια στιγμή που παράγεται.
4. 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.
5. Η λειτουργία των μονάδων διέπεται από τεχνικούς περιορισμούς. Κάποιες φορές όταν το φορτίο είναι πολύ χαμηλό, η τιμή στην αγορά μηδενίζεται ή γίνεται ακόμα και αρνητική. Αυτό συμβαίνει διότι είναι οικονομικότερο να μείνει μία μονάδα σε λειτουργία (ακόμα και αν αυτό δεν είναι απαραίτητο) παρά να κλείσει και να επαναλειτουργήσει αργότερα.

Στο διάγραμμα, φαίνεται η διακύμανση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα που διαχειρίζεται η εταιρεία PJM interconnection, για χάρη κάποιων πολιτειών των ΗΠΑ, για μία εβδομάδα του Ιουλίου:



Αυτό που παρατηρούμε είναι πως η τιμή μεταβάλλεται από τα 0 \$/MWh στα 157\$/MWh μέσα σε μία εβδομάδα. Η μέση τιμή της βρίσκεται στα 47 \$/MWh αλλά με μία διασπορά στα 38 \$/MWh. Παρόμοια συμπεριφορά παρατηρείται σε όλες τις αγορές των ανεπτυγμένων χωρών. Καθίσταται λοιπόν αναγκαίο για τις εταιρίες εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας, να αναλαμβάνουν το ρίσκο αλλά και την διαχείρισή του, το οποίο εμπεριέχεται σε τέτοιου είδους αγορές, μεταφέροντας το κόστος αυτό, στον τελικό καταναλωτή.

1.6 Παράγοντες της Τιμής

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

- το προϊόν “ ηλεκτρικό ρεύμα”.
- την προστασία του καταναλωτή από την μεταβλητότητα της τιμής στην χονδρική αγορά.

Οι πελάτες θα πρέπει 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 την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το να

έχει την δυνατότητα ο καταναλωτής να επιλέξει μέσα από μία πληθώρα τιμολογιακών πολιτικών, είναι κάτι ουσιαστικό για τον πραγματικό ανταγωνισμό.

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, τις μειώσεις στις τιμές αυτές απολαμβάνουν όλοι οι καταναλωτές και όχι μόνο εκείνοι που ρυθμίζουν την κατανάλωσή τους.

2. Ζήτηση

2.1 Διαχείριση της ζήτησης (DSM)

Η έννοια της διαχείρισης ζήτησης αναφέρεται στα προγράμματα και τις δράσεις που εφαρμόζουν οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό τον έλεγχο, την διαμόρφωση και την μείωση της ζήτησης από τους καταναλωτές. Τα προγράμματα αυτά στοχεύουν στην χρησιμοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας πιο αποτελεσματικά έτσι ώστε να αποφευχθεί ή έστω να καθυστερήσει η εγκατάσταση νέων σταθμών παραγωγής και η περαιτέρω επέκταση των δικτύων μεταφοράς. Περιλαμβάνουν προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής αποδοτικότητας, προγράμματα απόκρισης της ζήτησης, προγράμματα υποκατάστασης καυσίμου και προγράμματα διαχείρισης φορτίου για εμπορικούς και οικιακούς καταναλωτές. Το DSM μέσα από όλες αυτές τις δραστηριότητες για μεταβολή της ποσότητας ή/και της χρονικής στιγμής της κατανάλωσης αποφέρει οφέλη για τις εταιρίες παροχής, τους καταναλωτές και γενικά το κοινωνικό σύνολο.

Η ανάγκη για αποδοτικότερη διαχείριση της ενέργειας προέκυψε εξαιτίας των ζητημάτων της ραγδαίας αύξησης της ζήτησης, της αβεβαιότητας των τιμών των

καυσίμων και της επίδρασης στο περιβάλλον και της ανάγκης διείσδυσης των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στο υπάρχον δίκτυο διανομής. Με την υιοθέτηση και την κατάλληλη εφαρμογή των μέτρων αυτών η κατανάλωση των συμβατικών καυσίμων μπορεί να μειωθεί με αποτέλεσμα την μείωση εκπομπής αέριων ρύπων. Για την επίτευξη των στόχων της διαχείρισης ζήτησης είναι απαραίτητη η αξιοποίηση τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας, η συνεχής εποπτεία και ο έλεγχος των εγκαταστάσεων, η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών και η διαφορετική τιμολόγηση ανάλογα με την ώρα κατανάλωσης. Το τελευταίο είναι πολύ σημαντικό γιατί αντικατοπτρίζει το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή δημιουργώντας κίνητρα για μείωση της κατανάλωσης σε ώρες αιχμής, με αποτέλεσμα την ομαλοποίηση της καμπύλης ζήτησης.

Οι δύο πυλώνες του DSM είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα (energy efficiency) και η απόκριση ζήτησης (demand response) . Η ενεργειακή απόδοση περιλαμβάνει προγράμματα προώθησης ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού στις διάφορες κατηγορίες καταναλωτών και αναφέρονται στον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό μιας και οι μειώσεις της κατανάλωσης που φέρει η ενεργειακή αποδοτικότητα είναι μόνιμες . Για παράδειγμα, η ενεργειακή αναβάθμιση ενός κτιρίου, η αντικατάσταση των συσκευών με καινούργιες που λειτουργούν πιο αποδοτικά είναι μέτρα που εξοικονομούν ενέργεια συνεχώς ακόμη και χωρίς μεταβολή των συνηθειών του καταναλωτή.

Ανάπτυξη του DSM

Η προοπτική για αυξημένη αποδοτικότητα της λειτουργίας του συστήματος και των υφιστάμενων επενδύσεων στους τομείς της παραγωγής και της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν τους κυριότερους λόγους για την εισαγωγή προγραμμάτων διαχείρισης ζήτησης.

Η δέσμευση για λειτουργία βασισμένη σε απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρισμού καθιστά τους καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας κεντρικά πρόσωπα στην διαδικασία αποφάσεων για την λειτουργία και την μελλοντική ανάπτυξη του συστήματος. Είναι φανερό ότι η αξιοποίηση του DSM υποστηρίζει την τάση για απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρισμού και παρέχει δυνατότητες επιλογής στους καταναλωτές σχετικά με την χρήση του και δυνατότητες απόκρισης σε διακυμάνσεις στις τιμές του ηλεκτρισμού. Ωστόσο, η διαχείριση της ζήτησης δεν έχει ενσωματωθεί πλήρως στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας.

Ορισμένα θέματα όμως μπορούν να επιταχύνουν την διείσδυση της διαχείρισης ζήτησης, όπως η πρόκληση της κλιματικής αλλαγής που κάνει επιτακτική την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος, η ανάπτυξη στον κλάδο της τεχνολογίας

πληροφοριών και επικοινωνιών (Information and Communication Technology, ICT) και η γήρανση του εξοπλισμού της υποδομής του ηλεκτρικού συστήματος.

Εφαρμογές του DSM

Η ιδέα της διαχείρισης της ζήτησης δεν είναι καινούργια και βασικές τεχνολογίες για την εφαρμογή της έχουν αναπτυχθεί. Κάποιες από τις κυριότερες τεχνικές που έχουν ήδη εφαρμοστεί:

➤ **Νυχτερινή ηλεκτρική θέρμανση.**

Δεδομένου ότι οι σταθμοί βάσης έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η νυχτερινή ηλεκτρική θέρμανση έχει εφαρμοστεί σε πολλές χώρες. Η τεχνική αυτή επιτυγχάνει μια πιο ισορροπημένη χρήση του ηλεκτρισμού κατά την διάρκεια της ημέρας, αφού το αυξημένο φορτίο της ηλεκτρικής θέρμανσης μετατοπίζεται σε ώρες χαμηλής ζήτησης.

➤ **Άμεσος έλεγχος φορτίου.**

Οικιακά προγράμματα για άμεσο έλεγχο φορτίων εφαρμόζονται σε συσκευές που μπορούν να σταματούν την λειτουργία τους σε σύντομο χρονικό διάστημα, όπως είναι τα κλιματιστικά, οι θερμοσίφωνες, οι αντλίες σε πισίνες. Απαραίτητη είναι η επικοινωνία μεταξύ της εταιρίας παροχής, του διαχειριστή του συστήματος και του καταναλωτή. Γι' αυτό γίνεται εγκατάσταση ευφυών συστημάτων ανταλλαγής πληροφοριών και ελέγχου. Οι πελάτες που συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα αποζημιώνονται με μειωμένους λογαριασμούς ηλεκτρισμού.

➤ **Περιοριστές φορτίου.**

Οι περιοριστές φορτίου ορίζουν ένα όριο κατανάλωσης σε ατομικούς καταναλωτές. Η τεχνική αυτή δίνει την δυνατότητα στους καταναλωτές να επιλέξουν ποιες συσκευές θα χρησιμοποιήσουν και ποιες καταναλώσεις θα αναβάλλουν.

➤ Εμπορικά/βιομηχανικά προγράμματα.

Προγράμματα διαχείρισης του μέγιστου φορτίου είναι διαθέσιμα σε μεγάλους εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές. Ιδιαίτερα δημοφιλή είναι τα προγράμματα διακοπτόμενου φορτίου για την παροχή υπηρεσιών εφεδρείας και για βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος. Οι συμμετέχοντες προέρχονται από τους κλάδους της διύλισης, των εξορύξεων, των κατασκευών, της επεξεργασίας του νερού. Για τους εμπορικούς καταναλωτές προσφέρονται προγράμματα για έλεγχο του συστήματος εξαερισμού, κλιματισμού και φωτισμού.

➤ Ρύθμιση συχνότητας.

Η συχνότητα του συστήματος είναι στο άμεσο μέτρο ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ζήτησης και πρέπει να διατηρείται συνεχώς στα 50Hz με μικρές αποκλίσεις. Για παράδειγμα, την απώλεια μιας μεγάλης γεννήτριας ακολουθεί σημαντική πτώση της συχνότητας και το σήμα αυτό πυροδοτεί μειώσεις φορτίων που έτσι συνεισφέρουν στην ρύθμιση της συχνότητας. Μεγάλοι βιομηχανικοί καταναλωτές λαμβάνουν μέρος σε τέτοιες δραστηριότητες.

➤ Τιμολόγηση του ηλεκτρισμού ανάλογα με την ώρα.

Οι διακυμάνσεις στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αντανακλούν το κόστος παραγωγής της, δημιουργώντας κίνητρα για ολίσθηση φορτίου από περιόδους υψηλής σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Κατάλληλο για οικιακούς καταναλωτές.

➤ Προγράμματα προσφορών.

Τα προγράμματα διατίθενται σε καταναλωτές που είναι πρόθυμοι να μειώσουν την κατανάλωση τους για μια προκαθορισμένη τιμή. Προγραμματίζοντας τους θερμοστάτες επιτυγχάνεται ο έλεγχος των κλιματιστικών και των συστημάτων θέρμανσης. Οι θερμοστάτες μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να υιοθετούν ρυθμίσεις ανάλογα με την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας και την εποχή. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ειδοποίηση των ενοίκων για συμμετοχή σε κάποιο γεγονός. Διάφορα προγράμματα που βασίζονται στην χρήση του

διαδικτύου εξελίσσονται και επιτρέπουν στον πελάτη να δέχεται πληροφορίες και να αναλαμβάνει ενεργό δράση για διαχείριση του μέγιστου φορτίου.

➤ Έξυπνες συσκευές και έξυπνοι μετρητές

Η εφαρμογή των παραπάνω τεχνικών θα πρέπει να συνοδεύεται με την χρήση έξυπνων συσκευών. Θέτοντας ως στόχο την διευκόλυνση ενός τέτοιου συστήματος ενέργειας όπου κυριαρχούν οι συνεχείς αλληλεπιδράσεις μεταξύ ενός μεγάλου αριθμού οικιακών καταναλωτών, ένα ηλεκτρονικό σύστημα αγοράς ενέργειας υποστηριζόμενο από το διαδίκτυο χρειάζεται να αναπτυχθεί.

2.2 Απόκριση ζήτησης

Η έννοια της απόκρισης ζήτησης αναφέρεται σε μεταβολές στο προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους τελικούς καταναλωτές ως απόκριση σε διακυμάνσεις της τιμής του ηλεκτρισμού σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Επιπλέον, αναφέρεται σε πληρωμές κινήτρων σχεδιασμένων να επιφέρουν μείωση της κατανάλωσης σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή όταν κινδυνεύει η αξιοπιστία του συστήματος. Περιλαμβάνει όλες τις σκόπιμες τροποποιήσεις της κατανάλωσης ηλεκτρισμού που στοχεύουν σε μετατόπιση της κατανάλωσης από ώρες αιχμής σε περιόδους που η ζήτηση είναι χαμηλή, ή σε μείωση του επιπέδου της μέγιστης ζήτησης χωρίς αντιστάθμιση σε ώρες εκτός αιχμής. Δηλαδή έχουμε μετατόπιση των αιχμών ζήτησης της και υπέρθεση τους ώστε να προκύψει μια όσο γίνεται πιο ομαλή και συμφέρουσα από πλευρά κόστους παραγωγής καμπύλη ζήτησης.

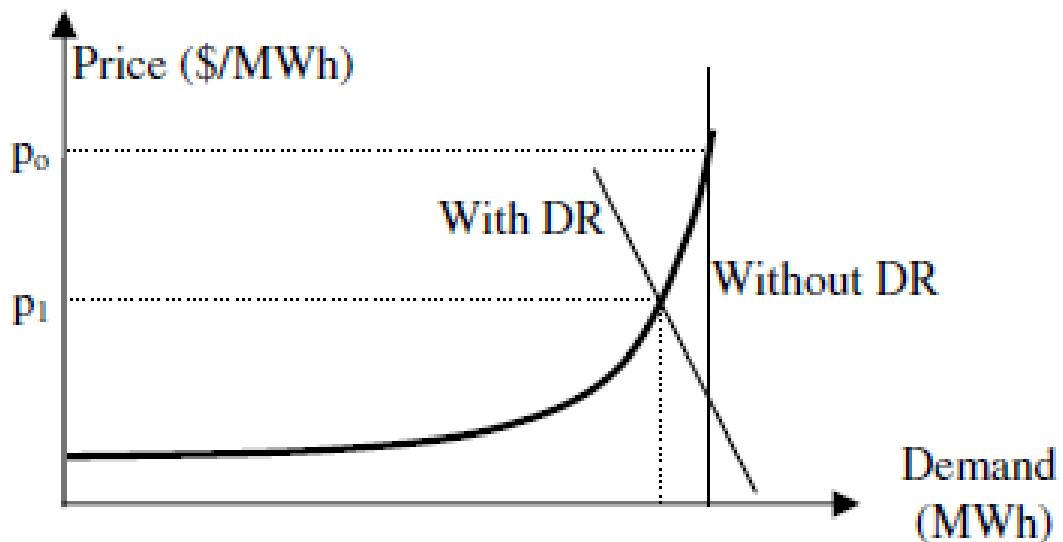
Για την κινητοποίηση των καταναλωτών απαιτείται κατάλληλος σχεδιασμός και υλοποίηση ενεργειών καθώς και παρακολούθηση της ανταπόκρισης τους. Οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης ενημερώνονται για τις διαφορετικές τιμολογήσεις της καταναλισκόμενης ενέργειας με σήματα που μεταδίδονται από τον διαχειριστή του συστήματος.

Οφέλη

- Οι καταναλωτές που συμμετέχουν στα προγράμματα αυτά επωφελούνται από μειωμένους λογαριασμούς ως ανταμοιβή για την μείωση της κατανάλωσης τους σε ώρες αιχμής. Σε κάποιες περιπτώσεις οι καταναλωτές πληρώνονται για την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα ή απολαμβάνουν χαμηλότερες τιμές για αύξηση της κατανάλωσης σε περιόδους εκτός αιχμής .
- Εκτός από τους συμμετέχοντες όμως οικονομικά οφέλη προκύπτουν για όλους τους καταναλωτές ηλεκτρισμού. Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας μειώνονται χάρη στην αποδοτικότερη αξιοποίηση της υπάρχουσας υποδομής και μείωση της ανάγκης για παραγωγή ενέργειας από τις ακριβές μονάδες. Έτσι αποφεύγονται ή έστω αναβάλλονται οι επεκτάσεις του δικτύου μεταφοράς και η εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής .
- Αξιοσημείωτη είναι η επίδραση στην βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου που επηρεάζει όλη την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Όλοι οι καταναλωτές υφίστανται λιγότερες διακοπές ρεύματος , ενώ οι διαχειριστές του δικτύου έχουν περισσότερες επιλογές για να διατηρήσουν την αξιοπιστία του δικτύου μειώνοντας έτσι τις ξαφνικές διακοπές παροχής ηλεκτρισμού .
- Τέλος, ενισχύεται η απόδοση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αφού οι συμμετέχοντες στα προγράμματα DR έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν την αγορά και τις τιμές του ηλεκτρισμού. Έτσι η απόκριση ζήτησης μειώνει την τάση των μεγάλων εταιριών παροχής ηλεκτρισμού να αυξάνουν σημαντικά τις τιμές άνω του κόστους παραγωγής .

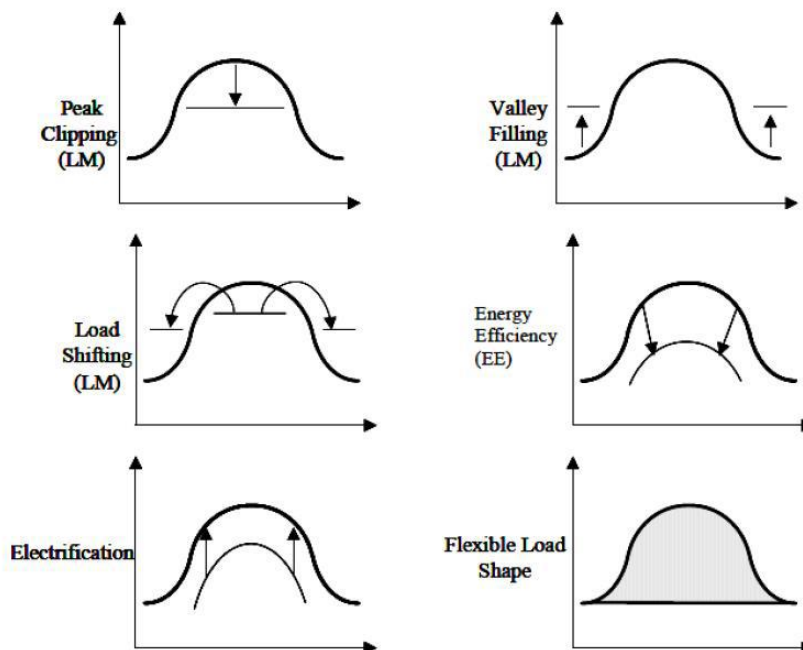
Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η επίδραση της απόκρισης ζήτησης στην διαμόρφωση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Η δυνατότητα αυτή της απόκρισης ζήτησης να οδηγεί σε χαμηλότερες τιμές οφείλεται στο γεγονός ότι το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται εκθετικά καθώς στενεύουν τα περιθώρια για περαιτέρω αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στις περιπτώσεις δηλαδή που η αυξημένη ζήτηση οδηγεί το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας κοντά στο όριο του, η τιμή της καταναλισκόμενης KWh αυξάνεται λόγω του αυξημένου κόστους παραγωγής της. Έτσι μια μικρή μείωση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός γεγονότος απόκρισης της ζήτησης μπορεί να επιφέρει μεγάλη μείωση στο κόστος παραγωγής και κατά συνέπεια σημαντική πτώση στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παράδειγμα του

σχήματος η αρχική ζήτηση αναπαρίσταται από μια κάθετη γραμμή καθώς γίνεται η υπόθεση ότι το σύστημα λειτουργεί χωρίς την εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης. Η εφαρμογή προγραμμάτων DR εισάγει μια αρνητική κλίση στην αρχική καμπύλη της ζήτησης, με αποτέλεσμα μια περιορισμένη μείωση στη ζήτηση και μια αρκετά μεγάλη μείωση στη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας.



Επίδραση του DR στην διαμόρφωση της τιμής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στρατηγικές απόκρισης φορτίου



Τρόποι μεταβολής της καμπύλης φορτίου

Οι καταναλωτές που συμμετέχουν στην απόκριση ζήτησης μπορούν να αποκριθούν στις υψηλές τιμές και στις επείγουσες καταστάσεις με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- **Μείωση μεγίστου**

Πρώτον, οι καταναλωτές μπορούν να μειώσουν την χρήση ηλεκτρισμού στις ώρες υψηλών τιμών ή κρίσιμων γεγονότων ανάλογα με το πρόγραμμα στο οποίο συμμετέχουν χωρίς μετά να την αντισταθμίσουν. Στην περίπτωση αυτή ο καταναλωτής υφίσταται σε κάποιο βαθμό απώλεια ανέσεων. Παράδειγμα τέτοιας απόκρισης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας ρύθμισης στο θερμοστάτη του κλιματιστικού τους θερινούς μήνες κατά την διάρκεια περιόδων αιχμής .

- **Μετατόπιση φορτίου**

Δεύτερον, οι καταναλωτές μπορούν να αναβάλουν κάποιες δραστηριότητες τους που απαιτούν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από περιόδους αιχμής σε άλλες χρονικές περιόδους. Για παράδειγμα κάποιος θα μπορούσε να αναβάλει την λειτουργία του πλυντηρίου για τις βραδινές ώρες. Εδώ λοιπόν ο καταναλωτής δεν έχει απώλεια ανέσεων.

- **Επιτόπου παραγωγή**

Τέλος, κάποιοι καταναλωτές μπορούν να αποκριθούν με επί τόπου παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (διανεμημένη παραγωγή από ανανεώσιμες πηγές) για την ικανοποίηση των αναγκών τους . Αν και ο πελάτης δεν μειώνει ή μειώνει ελάχιστα την κατανάλωση του, η απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια από το δίκτυο μειώνεται.

Είδη Προγραμμάτων Απόκρισης

Οι τεχνικές απόκρισης της ζήτησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Αυτές είναι οι Price Based Demand Response και Incentive Based Demand Response. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τιμολόγια με διαφορετική χρέωση κατά τη διάρκεια του χρόνου ενώ η δεύτερη προγράμματα που παρέχουν κίνητρα στους καταναλωτές για μεταβολή της ζήτησης .

-Price Based

Τα προγράμματα που περιλαμβάνονται σε αυτή τη κατηγορία βασίζονται στη δυναμική τιμολόγηση της ενέργειας. Στοχεύουν στις αλλαγές της κατανάλωσης του πελάτη ανάλογα με τις μεταβολές στις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος, με σκοπό τη μείωση του φορτίου σε περιόδους αιχμής ή μετακίνηση του σε περιόδους χαμηλής τιμής.

- **Time- of-use (TOU):** Βασίζεται σε διαφορετική τιμολόγηση του ηλεκτρισμού κατά την διάρκεια του 24ώρου. Διαφορετικοί συντελεστές χρέωσης ισχύουν για κάθε χρονολογική ζώνη, αντικατοπτρίζοντας το μέσο κόστος παραγωγής και διανομής του ηλεκτρισμού κατά την διάρκεια κάθε ζώνης. Εκτός από την ημερήσια διακύμανση υπάρχουν και διαφορετικά τιμολόγια ανά εποχή.
- **Real time pricing (RTP):** Η τιμή του ηλεκτρισμού αλλάζει ωριαία ανταποκρινόμενη στην ωριαία διακύμανση του κόστους παραγωγής. Οι πελάτες ενημερώνονται για τις τιμές μια ώρα ή μια μέρα πριν την εφαρμογή τους.
- **Critical peak pricing (CPP):** Η τεχνική αυτή είναι συνδυασμός των παραπάνω και περιλαμβάνει μια βασική TOU τιμολόγηση ενώ σε περιπτώσεις υψηλής αιχμής (όταν απειλείται η αξιοπιστία του δικτύου ή όταν οι τιμές παροχής ηλεκτρισμού είναι πολύ υψηλές) εφαρμόζεται μια επιπλέον χρέωση στην κανονική μέγιστη τιμή. Ο καταναλωτής ενημερώνεται μια μέρα πριν για την εφαρμογή της επιπλέον χρέωσης. Ως ανταμοιβή οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα έχουν έκπτωση για κατανάλωση σε ώρες εκτός αιχμής.
- **Critical peak rebate (CPR):** Στην στρατηγική αυτή οι καταναλωτές ανταμείβονται ανάλογα με το πόσο μειώνουν την κατανάλωση τους στις ώρες υψηλής αιχμής. ουσιαστικά πρόκειται για το αντίστροφο της προηγούμενης μεθόδου. Τα προγράμματα αυτά γίνονται πιο εύκολα αποδεκτά από τους καταναλωτές γιατί δεν συνδέονται με την

έννοια της ποινής όπως στα προγράμματα CPP, δεν έχει ωστόσο εφαρμοστεί ακόμη σε μεγάλο εύρος καθώς αποτελεί καινούργια στρατηγική.

- **Extreme day pricing (EDP)**: Στην τιμολόγηση αυτού του είδους εφαρμόζεται μια επιπλέον χρέωση στις ώρες υψηλής αιχμής όπως στα CPP όμως η αυξημένη αυτή τιμή ισχύει για όλη την ημέρα χωρίς να έχουν ενημερωθεί οι καταναλωτές την προηγούμενη μέρα.
- **Extreme day CPP (ED-CPP)**: Εδώ εφαρμόζονται δύο επίπεδα αυξημένων χρεώσεων για ώρες εντός και εκτός αιχμής κατά την διάρκεια των επικίνδυνων για το δίκτυο ημερών. Ωστόσο τις υπόλοιπες μέρες η τιμολόγηση του ηλεκτρισμού δεν έχει διακυμάνσεις.

Σημαντικό είναι ότι στο price-based DR η απόκριση των καταναλωτών που συμμετέχουν σε κάποιο πρόγραμμα δεν είναι υποχρεωτική. Οι πελάτες μπορούν να ανταποκρίνονται ανάλογα με τις ανάγκες τους στις διαφορετικές χρεώσεις.

-Incentive Based

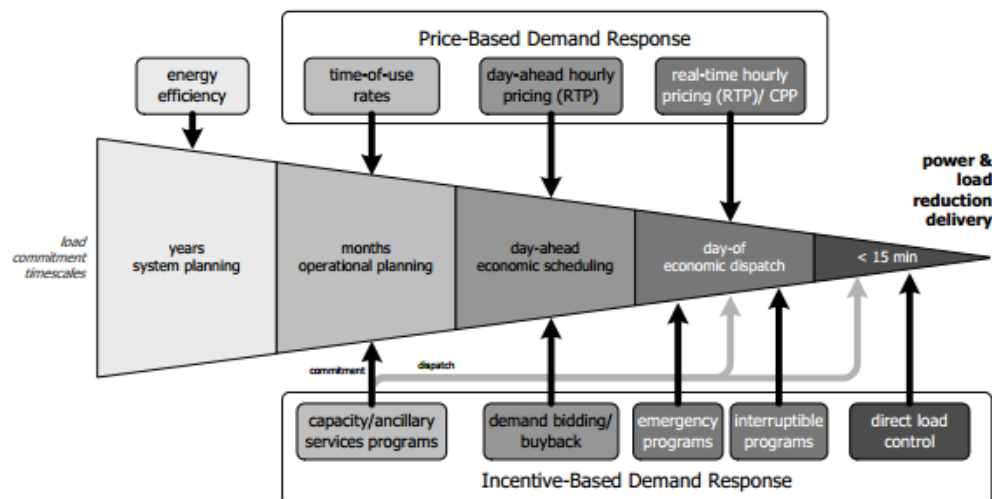
Σε αυτή τη κατηγορία ανήκουν τα προγράμματα τα οποία προσφέρονται μέσω συμβολαίων και δίνουν κίνητρα στους πελάτες για μείωση του φορτίου τους σε κρίσιμες περιόδους όταν τους ζητηθεί. Σε αυτού του είδους τα προγράμματα οι καταναλωτές οφείλουν να ανταποκριθούν στη μείωση της ζήτησης όταν τους ζητηθεί, ενώ σε μερικά προγράμματα η μη ανταπόκριση τιμωρείται με οικονομικές ποινές. Τα προγράμματα που αντιστοιχούν σε αυτή τη κατηγορία είναι :

- **Direct load control (DLC)**: Στο πρόγραμμα του άμεσου ελέγχου ο διαχειριστής του προγράμματος μπορεί να διακόψει την λειτουργία κάποιων φορτίων (κλιματιστικά, θερμοσίφωνες) απομακρυσμένα, μετά από σύντομη ειδοποίηση του καταναλωτή. Οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα επωφελούνται με μειώσεις στους λογαριασμούς τους. Τα προγράμματα άμεσου ελέγχου των φορτίων απευθύνονται κυρίως σε οικιακούς ή μικρούς εμπορικούς καταναλωτές.
- **Interruptible/ curtailable programs (I/C)** : Πρόκειται για προγράμματα αποκοπής φορτίου. Οι συμμετέχοντες σε τέτοιου είδους προγράμματα έχουν έκπτωση στους λογαριασμούς αλλά η συμμετοχή τους στην μείωση

του φορτίου σε προκαθορισμένες τιμές είναι υποχρεωτική. Ο πάροχος μπορεί να ζητήσει αποκοπή φορτίου σε κρίσιμες για το σύστημα καταστάσεις και μπορούν να τεθούν ποινές σε περίπτωση μη αποκοπής. Τέτοια προγράμματα προσφέρονται κυρίως σε μεγάλους βιομηχανικούς ή εμπορικούς καταναλωτές.

- **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 την 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.
- **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.
- **Capacity market programs:** Πρόκειται για προγράμματα αγοράς ισχύος που προσφέρονται σε καταναλωτές που μπορούν να εγγυηθούν εκ των προτέρων για συγκεκριμένη μείωση φορτίου σε κρίσιμες καταστάσεις. Ενημέρωση των καταναλωτών γίνεται μια μέρα πριν. Σε αυτήν την κατηγορία προγραμμάτων οι πελάτες υπόκεινται σε αυστηρές ποινές αν δεν ανταποκριθούν.
- **Ancillary services market programs:** Τα προγράμματα αγοράς βοηθητικών υπηρεσιών δίνουν την δυνατότητα στους πελάτες να προσφέρουν περικοπές φορτίου στους διαχειριστές του συστήματος. Εφόσον οι προσφορές γίνουν αποδεκτές πληρώνονται στην τιμή της αγοράς ώστε να βρίσκονται σε ετοιμότητα σε περίπτωση που χρειαστεί η αποκοπή του συμφωνηθέντος φορτίου.

Σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, στο incentive-based DR οι καταναλωτές που έχουν συμφωνήσει με συμβόλαιο για την συμμετοχή τους στο κάθε πρόγραμμα υποχρεούνται να ανταποκρίνονται στο περιορισμό της ζήτησης στις κρίσιμες για το σύστημα περιόδους. Σε διαφορετική περίπτωση επιβάλλονται οικονομικές ποινές.



Ο ρόλος του DR στον σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3 Ενεργειακή Αποδοτικότητα

Η ενεργειακή αποδοτικότητα αναφέρεται στη χρησιμοποίηση λιγότερης ενέργειας για τη παροχή των ίδιων ή βελτιωμένων υπηρεσιών στον καταναλωτή με οικονομικότερο και αποδοτικότερο τρόπο. Δηλαδή απαιτεί μόνιμες αλλαγές της ηλεκτρικής κατανάλωσης μέσω της εγκατάστασης αποδοτικότερων συσκευών από τον καταναλωτή, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας ενέργειας που χρειάζεται για την υλοποίηση μια λειτουργίας.

Για την πλήρη κατανόηση της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι:

- Οι υπάρχουσες ηλεκτρικές συσκευές αντικαθίστανται με αποδοτικότερες συσκευές, χωρίς όμως να υπάρξει καμία αλλαγή στην λειτουργία που προσφέρουν στον καταναλωτή.
- Οι νέες συσκευές λειτουργούν χρησιμοποιώντας λιγότερη ενέργεια για την ίδια λειτουργία.
- η πραγματική μείωση στην κατανάλωση ενέργειας (kWh) πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας ανεξάρτητα από την παρουσία κρίσιμων περιόδων στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας

Οι παραπάνω παραδοχές είναι αρκετά σημαντικές ώστε να γίνει εμφανής η διαφορά μεταξύ της ενεργειακής αποδοτικότητας και της απόκρισης ζήτησης.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα δεν απαιτεί καμία θυσία ή μείωση της άνεσης και ξεχωρίζει από την πρακτική συντηρητικής χρήσης ενέργειας, η οποία απαιτεί μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας και ποιότητας παροχών (ουσιαστικά αλλαγή ενεργειακής συμπεριφοράς του καταναλωτή) μέσα από διάφορες ενέργειες όπως τη μείωση του θερμοστάτη κατά τη διάρκεια της περιόδου θέρμανσης ή μείωση του φωτισμού κάτω από το επιθυμητό επίπεδο.

Βελτιώνοντας της ενεργειακή συμπεριφορά όλων των καταναλωτών, βιομηχανικών, εμπορικών και οικιακών, είναι ένας από τους εποικοδομητικότερους και οικονομικά αποδοτικούς τρόπους για να αντιμετωπιστούν οι αυξανόμενες τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας, να διασφαλίσουμε την αξιοπιστία των ενεργειακών συστημάτων και να συμβάλουμε στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Διάφορα προγράμματα και τεχνικές για τη διείσδυση της Ενεργειακής απόδοσης στους καταναλωτές είναι οι εξής:

- **Εκπτώσεις** στους πελάτες που εγκαθιστούν ενεργειακά αποδοτικές συσκευές, συστήματα HVAC(θέρμανσης, αερισμού και ψύξης) κ.α.
- **Χρηματοδότηση** η οποία γίνεται συνήθως με επιδοτήσεις ή οικονομικά προγράμματα ώστε να αντισταθμιστεί το αρχικό κόστος των μέτρων της ενεργειακή αποδοτικότητας.
- **Κίνητρα εμπορίου** τα οποία αποτελούν τα κίνητρα που δίνονται σε επιχειρήσεις ώστε να επενδύουν, να πωλούν και να εγκαθιστούν προγράμματα και συσκευές ενεργειακής απόδοσης
- **Εκπαίδευση** των καταναλωτών για τα οφέλη της ενεργειακής απόδοσης
- **Πρότυπα συσκευών** όπου θα ενσωματώνεται η ενεργειακή αποδοτικότητα της συσκευής.
- **Κανονισμοί Δόμησης** ώστε να πιστοποιείται η ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων αλλά και ο σχεδιασμός νέων πραγματικά αποδοτικών κτιρίων.

2.4 Εφαρμογές απόκρισης ζήτησης στην Ευρώπη

Οι σχεδιασμοί της αγοράς και οι πολιτικές που εφαρμόζονται στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν βοηθήσει στην προώθηση καινοτομιών και ευκαιριών απόκρισης ζήτησης στις αγορές ηλεκτρισμού. Κάποια από τα προγράμματα DR που είναι σε εφαρμογή στα κράτη μέλη της ΕΕ έχουν εστιάσει σε μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές και παρουσιάζουν φτωχά υποκατάστατα των πιθανών

οφελών που θα προέκυπταν μέσα από μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση της απόκρισης ζήτησης, συμπεριλαμβανομένου προειδοποιημένη αποκοπή φορτίων σε εμπορικούς και οικιακούς καταναλωτές .

Τα τελευταία είκοσι χρόνια, οι ευρωπαϊκές εταιρίες παροχής έχουν χρησιμοποιήσει διάφορες μορφές μηχανισμών αποκοπής φορτίου σε μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές για να μειώσουν την ζήτηση κατά τις ώρες αιχμής. Τα προγράμματα αυτά συνήθως δεν βασίζονται σε ακριβή σήματα τιμών, που αποτελούν την βάση της δυναμική τιμολόγησης. Είναι λιγότερο δαπανηρά στην εφαρμογή τους και βασίζονται σε διακριτά χρονικά διαστήματα και τιμολόγηση της διακοπής. Για παράδειγμα, στη Σουηδία ένας προσωρινός νόμος για τα αποθέματα μέγιστης ισχύος ίσχυε από το 2003 μέχρι το 2008. Βασιζόταν σε μελέτες για την απόκριση ζήτησης που έδειχναν ότι οι περισσότερες σουηδικές βιομηχανίες είχαν την δυνατότητα να αντιμετωπίσουν αποκοπές φορτίων που θα διαρκούσαν από 30 λεπτά έως 3 ώρες την μέρα. Ο νόμος θεσπίστηκε από την κυβέρνηση της Σουηδίας με σκοπό την εξασφάλιση επαρκούς εφεδρείας. Οργανώθηκαν δημοπρασίες για την διατήρηση του εφεδρικού δυναμικού μέχρι τα 2000MW. Μετά από μία περίοδο εφαρμογής του νόμου διεξήχθη αξιολόγηση για να διερευνηθεί πως οι συμμετέχοντες αξιοποιούσαν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των αποκοπών φορτίων για να προετοιμάσουν το έδαφος για μια λύση βασισμένη στην αγορά.

Στη Φιλανδία, παρόμοια με ότι συνέβη στην Σουηδία, για αρκετά χρόνια εφαρμόστηκαν προγράμματα αποκοπής φορτίου για την εξασφάλιση εφεδρείας. Εταιρίες υπέγραφαν ετήσια συμβόλαια με τον διαχειριστή του εθνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρισμού. Το 2005 το συνολικό δυναμικό της απόκρισης ζήτησης από μεγάλης κλίμακας βιομηχανικούς καταναλωτές που συμμετείχαν στα προγράμματα είχε εκτιμηθεί περίπου στα 1280MW, που αποτελεί το 9% της μέγιστης ζήτησης ισχύος στη Φιλανδία. Έπειτα το 2008 η βασική εταιρία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας της Φιλανδίας επένδυσε σε ένα προηγμένο σύστημα μέτρησης ώστε να διαβάσει, να ελέγχει και να διαχειρίζεται αυτόματα τα 60.000 σημεία μέτρησης των πελατών της.

Στην Ολλανδία ο Υπουργός Οικονομικών έχει εκτιμήσει το δυναμικό της διαχείρισης φορτίου μεταξύ 1000-1500MW. Ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί σταδιακά μέχρι το 2020 και βασίζεται σε ένα σύστημα προσφορών για εφεδρεία και ρύθμιση ισχύος.

Τα παραπάνω παραδείγματα αφορούσαν μακροχρόνιες εφαρμογές που ως στόχο είχαν τους μεγαλύτερους και πιο ενεργοβόρους βιομηχανικούς καταναλωτές. Ωστόσο πλέον σε αρκετές χώρες τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν

εξελιχθεί ώστε να κινητοποιήσουν εμπορικούς και οικιακούς καταναλωτές να συμμετέχουν.

Τυπικό παράδειγμα προγράμματος που βασίζεται σε διαφορετική τιμολόγηση ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες εφαρμόστηκε στη Γαλλία. Περίπου 350.000 οικιακοί πελάτες και πάνω από 100.000 μικρές επιχειρήσεις χρησιμοποίησαν το τιμολόγιο αυτό. Η διάκριση των ημερών με βάση την τιμή γινόταν με ένα σύστημα χρωμάτων (“άσπρες” και “κόκκινες” ημέρες) και μια υπόδειξη για το αν η κάθε ώρα ανήκει στην περίοδο εκτός αιχμής(8 ώρες) ή όχι. Οι πελάτες μπορούσαν να προσαρμόσουν την κατανάλωση τους είτε χειροκίνητα είτε επιλέγοντας ένα πρόγραμμα αυτοματοποιημένης σύνδεσης και αποσύνδεσης φορτίων (θέρμανση, θερμοσίφωνες). Βάσει υπολογισμών για την μέση κατοικία στη Γαλλία(10kW), η τιμολόγηση αυτή έφερε μείωση της τάξης του 15% στην κατανάλωση τις “άσπρες” ημέρες και 45% τις “κόκκινες” ημέρες. Αυτό σημαίνει ότι οι πελάτες εξοικονόμησαν κατά μέσο όρο 10% στον λογαριασμό ηλεκτρισμού. Επιπλέον, εκτιμάται ότι η εφαρμογή προγράμματος άμεσης αποκοπής φορτίου θα έχει ως αποτέλεσμα εξοικονόμηση 35TWh ανά έτος μέχρι το 2020 .

Στη Δανία, έρευνες έχουν δείξει ότι τα οφέλη από τα προγράμματα συμβολαίων απόκρισης ζήτησης σε οικιακούς καταναλωτές θα είναι σημαντικά. Περίπου 260MW θα μπορούσαν να αφαιρεθούν από το μέγιστο φορτίο σε μια τυπική ημέρα κατά την χειμερινή περίοδο, αν το 50% των 125.000 νοικοκυριών που διαθέτουν ηλεκτρική θέρμανση υπέγραψαν συμβόλαια απόκρισης ζήτησης. Η ισχύς αυτή αντιστοιχεί στο 6% του μέγιστου φορτίου (6400MW) στη Δανία. Η πιλοτική εφαρμογή συμπεριλάμβανε 25 σπίτια και απέδειξε ότι είναι δυνατή η επίδραση της απόκρισης ζήτησης να φτάσει έως τα 5kW ανά κατοικία . Ως επακόλουθο αυτής της έρευνας, η κύρια εταιρία παροχής ηλεκτρισμού της Δανίας ξεκίνησε την εγκατάσταση 110.000 συστημάτων μέτρησης ετησίως με σκοπό να εξυπηρετήσει τους 550.000 πελάτες της σε 5-6 χρόνια.

Η Νορβηγία εφαρμόζει ειδικά προγράμματα με στόχους που αφορούν την αναβολή επέκτασης του δικτύου: 10% μείωση της μέγιστης ζήτησης στην περιοχή του Όσλο, επιπλέον γνώση της συμπεριφοράς των καταναλωτών, και δημιουργία κινήτρων για διαχείριση της ζήτησης (DSM). Πιλοτικές μελέτες υποδεικνύουν ότι χάρη σε αυτά τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης το φορτίο αιχμής των εμπορικών καταναλωτών μειώθηκε κατά 4,5MW και η εξοικονόμηση ενέργειας έφτασε στο 15% .

Στην Βρετανία ειδικά προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν εφαρμοστεί για αρκετά χρόνια. Στο βιομηχανικό και εμπορικό τομέα, οι μεγάλοι καταναλωτές μπορούν να υπογράψουν συμβόλαια αποκοπής (Interruptible contracts) φορτίων και/ή διαφορετικής τιμολόγησης ανά ώρα κατανάλωσης (Time of Use) με τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί

να συμφωνήσει με μεγάλους καταναλωτές με όμοιο τρόπο και να τους συμπεριλάβει σε δραστηριότητες εξισορρόπησης του δικτύου. Από την πλευρά των οικιακών καταναλωτών εκτιμάται ότι περίπου 4,5 εκατομμύρια καταναλωτές έχουν ενταχθεί σε κυμαινόμενες τιμολογήσεις. Αυτό περιλαμβάνει προγράμματα που επιτρέπουν στον πελάτη να καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια κατά τις νυχτερινές ώρες που οι τιμές είναι χαμηλότερες. Ένα παράδειγμα τέτοιου προγράμματος (Time of Use) ονομάζεται "Ecoenergy 7" και εφαρμόζει χαμηλότερη χρέωση του ηλεκτρισμού από τη 1 έως τις 8 το πρωί. Έτσι οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρική θέρμανση τις ώρες αυτές και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες θέρμανσης τους, εξοικονομώντας στον λογαριασμό τους. Για να συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα οι καταναλωτές χρειάζονται δύο μετρητές καταγραφής που εγκαθίστανται από το διαχειριστή του δικτύου διανομής ή την εταιρία παροχής.

Στην Ιταλία προγράμματα αποκοπής φορτίων (Interruptible Programs) αντιπροσωπεύουν το 6,5% του μέγιστου φορτίου και προγράμματα πτώσης φορτίων (Load Shedding Programs) αποκόπτουν αυτόματα φορτία σε επείγουσες καταστάσεις. Στα προγράμματα αποκοπής φορτίου οι συμμετέχοντες υποχρεούνται να μειώσουν την κατανάλωση τους σε προκαθορισμένες τιμές, ενώ με τα προγράμματα πτώσης φορτίων οι εταιρίες παροχής έχουν τη δυνατότητα να ελέγχουν τα φορτία των πελατών τους και να σταματούν τη λειτουργία τμημάτων του εξοπλισμού τους μετά από σύντομη προειδοποίηση. Μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο προγραμμάτων είναι ότι οι συμμετέχοντες στο πρόγραμμα αποκοπής φορτίου που δεν αποκρίνονται αντιμετωπίζουν ποινές. Επίσης στην Ιταλία εφαρμόζονται και διαφορετικές χρεώσεις με βάση την ώρα της κατανάλωσης (Time of Use rates) ώστε να μετατοπισθεί φορτίο από περιόδους αιχμής σε ώρες εκτός αιχμής.

Στην Ισπανία η ανάπτυξη στον τομέα της αιολικής ενέργειας θεωρείται ο κύριος λόγος για την εφαρμογή της απόκρισης ζήτησης. Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες προγραμμάτων DR τα οδηγούμενα από το σύστημα και τα οδηγούμενα από τις τιμές. Τα προγράμματα της πρώτης κατηγορίας αλλάζουν με τον καιρό από κλασικά προγράμματα σε προγράμματα που στηρίζονται στην αγορά. Για παράδειγμα, ο άμεσος έλεγχος φορτίου (Direct Load Control) εφαρμοζόταν τα τελευταία 20 χρόνια, ενώ πλέον κερδίζουν έδαφος τα προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών (Ancillary Services). Από το 1988 μεγάλος αριθμός βιομηχανικών καταναλωτών είχε τη δυνατότητα να επιλέξει ειδικές χρεώσεις εθελοντικά. Ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς της Ισπανίας είχε την αρμοδιότητα να ζητήσει από τις βιομηχανίες να περιορίσουν τη ζήτηση τους για περιόδους διαρκείας από 45 λεπτά μέχρι 12 ώρες, υπό την προϋπόθεση ότι οι καταναλωτές θα είχαν λάβει ειδοποίηση. Ο μέγιστος αριθμός ωρών περικοπής φορτίων και αιτημάτων μείωσης της ζήτησης από το διαχειριστή είναι καθορισμένος εκ των προτέρων για κάθε πελάτη. Οι πελάτες των προγραμμάτων αυτών επωφελούνται με μειωμένες χρεώσεις της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με τον αριθμό των αιτημάτων για μείωση της

ζήτησης που δέχονται κατά τη διάρκεια ενός έτους. Πλέον γίνονται προσπάθειες των εταιριών παροχής να συμφωνήσουν με τους βιομηχανικούς καταναλωτές για αντικατάσταση των προγραμμάτων άμεσου ελέγχου με προγράμματα παροχής βοηθητικών υπηρεσιών στα οποία οι συμμετέχοντες θα μπορούν να προσφέρουν περικοπή των φορτίων τους, ως εφεδρεία, σε κάποια αποδεκτή από αυτούς τιμή. Αν οι προσφορές τους γίνονται δεκτές οι πελάτες θα πληρώνονται στην τιμή αυτή όταν η περικοπή φορτίου τους ζητηθεί. Στην δεύτερη κατηγορία προγραμμάτων (price-led) διαφορετικές τιμολογήσεις παρέχουν οικονομικά κίνητρα για απόκριση ζήτησης. Οι χρώσεις Time of Use βασίζονται στο διαχωρισμό των 8760 ωρών του έτους σε επτά περιόδους διαφορετικών τιμών. Για κάθε περίοδο, καθορίζεται ένα επίπεδο ζήτησης και μια διαφορετική χρέωση για την καταναλισκόμενη ενέργεια.

3. Έξυπνα Δίκτυα

3.1 Εισαγωγή

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αλλάζει με την πάροδο του χρόνου. Τα τελευταία χρόνια όλο περισσότερες ηλεκτρικές συσκευές μπαίνουν στην καθημερινότητα του πολίτη, συσκευές χαμηλής ή υψηλής κατανάλωσης. Είναι αναμενόμενο λοιπόν οι ανάγκες του κάθε χρήστη για ηλεκτρική ενέργεια να αυξάνονται συνεχώς. Το γεγονός αυτό έφερε τους φορείς παροχής ηλεκτρικής ενέργειας αντιμέτωπους με ένα σημαντικό πρόβλημα. Η αυξανόμενη ζήτηση απαιτεί μεγαλύτερη παραγωγή. Η αύξηση της παραγωγής όμως έχει ένα όριο, το οποίο δημιουργείται από οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Σε κάποιες περιοχές η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι είναι η απαιτούμενη, ειδικά της ώρες αιχμής. Αποτέλεσμα τούτου σε ορισμένες περιπτώσεις είναι η κακή

ποιότητα παροχής, δηλαδή η διακοπή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, από μερική έως και ολική.

Λύσεις σε αυτό το πρόβλημα φέρνει η τεχνολογία των Έξυπνων Δικτύων Ενέργειας. Ένα Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας είναι ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο με την χρήση ICT (Information and Communications Technology) συλλέγει πληροφορίες σχετικά με τις καταναλώσεις και λαμβάνει αποφάσεις. Ένας άλλος ορισμός που μπορεί να δοθεί είναι ότι το Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας είναι ένα μοντέρνο δίκτυο που χρησιμοποιεί αμφίδρομες ροές ενέργειας και επικοινωνίας και παρέχει δυνατότητες ελέγχου οι οποίες θα οδηγήσουν σε ένα σύνολο νέων δυνατοτήτων και εφαρμογών.

3.2 Τι προσφέρουν

Οι αποφάσεις από ένα Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας λαμβάνονται με βάση τους παρακάτω άξονες.

- **Αξιοπιστία** στην παροχή
- **Ευελιξία** στον τρόπο παροχής
- **Αποδοτικότητα**
- **Βιωσιμότητα** του δικτύου
- **Οικονομία** και από την μεριά του Παρόχου και από την μεριά του Καταναλωτή
- **Άνεση** του Καταναλωτή

Αξιοπιστία

Ένα Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας θα κάνει χρήση τεχνολογιών οι οποίες βελτιώνουν την ικανότητα του δικτύου να καταλάβει ένα σφάλμα (Fault-Detection) και στη συνέχεια να το διορθώσει χωρίς την παρεμβολή ανθρώπινου δυναμικού (Self-Heal). Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται το Δίκτυο να μην είναι συνδεδεμένο αποκλειστικά σε τοπολογία αστέρα, όπως κατά βάση είναι σήμερα. Πρέπει να υπάρχουν διαφορετικές διαδρομές παροχής ώστε αν δημιουργηθεί ένα σφάλμα σε κάποια, το δίκτυο να το αναγνωρίσει και να την αποκλείσει έως ότου αποκατασταθεί. Αντίστοιχα το Δίκτυο θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να μειώσει τον φόρτο μιας γραμμής ώστε να εξυπηρετηθούν ικανοποιητικά όλοι οι πελάτες.

Ευελιξία

Με την ανάπτυξη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας κρίνεται απαραίτητο για ένα σύγχρονο δίκτυο να υποστηρίζει αμφίδρομη μεταφορά ενέργειας. Εάν ο

καταναλωτής παράγει ηλεκτρική ενέργεια (π.χ. με χρήση φωτοβολταϊκών) θα πρέπει να μπορεί να παρέχει στο δίκτυο την ενέργεια που δεν καταναλώνει. Επίσης θα πρέπει να μπορεί να γνωρίζει κάθε στιγμή εάν καταναλώνει ενέργεια που ο ίδιος παράγει, ή ενέργεια που αντλεί από το δίκτυο. Αυτή η δυνατότητα αποτελεί βασικό κομμάτι ενός Έξυπνου Δικτύου.

Αποδοτικότητα

Η αποδοτικότητα είναι ένας από του κυρίαρχους ρόλους της ανάπτυξης των Έξυπνων Δικτύων Ενέργειας. Σε ένα τέτοιο δίκτυο ο φορέας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, με την άδεια του καταναλωτή, θα μπορεί να έχει κάποιον έλεγχο στην ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνολικός φόρτος ενός δικτύου μεταβάλλεται σημαντικά στην διάρκεια της ημέρας. Για παράδειγμα σε μια εταιρία, το πρωί, ανοίγουν την ίδια ώρα όλα τα κλιματιστικά. Αυτή η ξαφνική αιχμή στην ζήτηση μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο δίκτυο στην περίπτωση που δεν είναι έτοιμο να ανταπεξέλθει. Το Έξυπνο Δίκτυο θα μπορεί να κλείσει για κάποιο χρονικό διάστημα μια ηλεκτρική συσκευή. Αυτή η κίνηση θα έχει πολύ σημαντικά οφέλη, ιδιαίτερα σε ώρες αιχμής, όπως παραδείγματος χάριν η περίπτωση που αναφέρθηκε παραπάνω. Με έναν τέτοιο έλεγχο η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι ελεγχόμενη έως ένα βαθμό οπότε μειώνεται αρκετά η πιθανότητα να γίνει μεγαλύτερη από την δυνατότητα παροχής του δικτύου. Άλλο παράδειγμα τέτοιας κατάστασης είναι οι ώρες υπερβολικής ζέστης όπου αρκετές ηλεκτρικές συσκευές μεγάλης κατανάλωσης λειτουργούν ταυτόχρονα. Σε αυτή την περίπτωση το δίκτυο θα μπορεί να ζητήσει ολιγόλεπτη διακοπή της συσκευής, ή μείωση της κατανάλωσής της. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι ένα κλιματιστικό ή ένα ψυγείο που έχει την δυνατότητα να λειτουργεί σε διάφορες κλίμακες.

Βιωσιμότητα

Η μεγαλύτερη ευελιξία που προσφέρει το Έξυπνο Δίκτυο επιτρέπει και προωθεί την μεγαλύτερη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η παροχή όμως τέτοιων πηγών συνήθως μεταβάλλεται στην διάρκεια της ημέρας καθώς επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, με κυρίαρχο τον περιβαλλοντικό. Η ταχέως μεταβαλλόμενη αυτή παροχή στο δίκτυο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα λόγω της υποδομής του. Σε ένα Έξυπνο Δίκτυο όμως υπάρχουν οι απαραίτητες τεχνολογίες και προϋποθέσεις για την σωστή διαχείριση της ενέργειας αυτής.

Οικονομία

Η οικονομία είναι ένας ακόμα από τους σημαντικούς λόγους της ανάπτυξης των Έξυπνων Δικτύων Ενέργειας. Σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι εφικτή, και απαραίτητη, η συνεχής επικοινωνία μεταξύ φορέα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και καταναλωτή. Η επικοινωνία αυτή δημιουργεί τις απαραίτητες προϋποθέσεις για οικονομία και

από τις δύο πλευρές. Ο καταναλωτής θα γνωρίζει ανά πάσα στιγμή το μέγεθος της κατανάλωσής του καθώς και τις συγκεκριμένες μερικές καταναλώσεις κάθε συσκευής. Μπορεί έτσι να πράξει κάθε στιγμή προς όφελός του, ανοίγοντας, κλείνοντας ή ρυθμίζοντας διαφορετικά κάποια συσκευή. Επίσης όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο πάροχος θα έχει δυνατότητα κάποιου ελέγχου στην ζήτηση, οπότε θα μπορεί να αποφύγει προβλήματα που δημιουργούνται σε ώρες αιχμής. Σε μια τέτοια περίπτωση θα μπορεί να προσφέρει και στον καταναλωτή κάποιο οικονομικό όφελος ώστε αυτός να επιτρέπει την διαχείριση κάποιων συσκευών από το δίκτυο.

Άνεση

Ο καταναλωτής θα μπορεί όπως αναφέρθηκε παραπάνω να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή πόση ενέργεια καταναλώνει κάθε συσκευή. Επίσης θα του δίνεται η δυνατότητα να ελέγχει αυτές τις συσκευές μέσω του διαδικτύου. Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet Of Things) βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, γεγονός που σημαίνει ότι σε λίγο καιρό, όλες οι συσκευές του σπιτιού, από το ψυγείο έως το κλιματιστικό και από την τηλεόραση έως την κουζίνα θα είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Οπότε ο καταναλωτής θα μπορεί μέσω του κινητού του τηλεφώνου ανά πάσα στιγμή να κλείσει την τηλεόραση, να ανοίξει το κλιματιστικό και να μπορεί να διαχειριστεί οποιαδήποτε συσκευή.

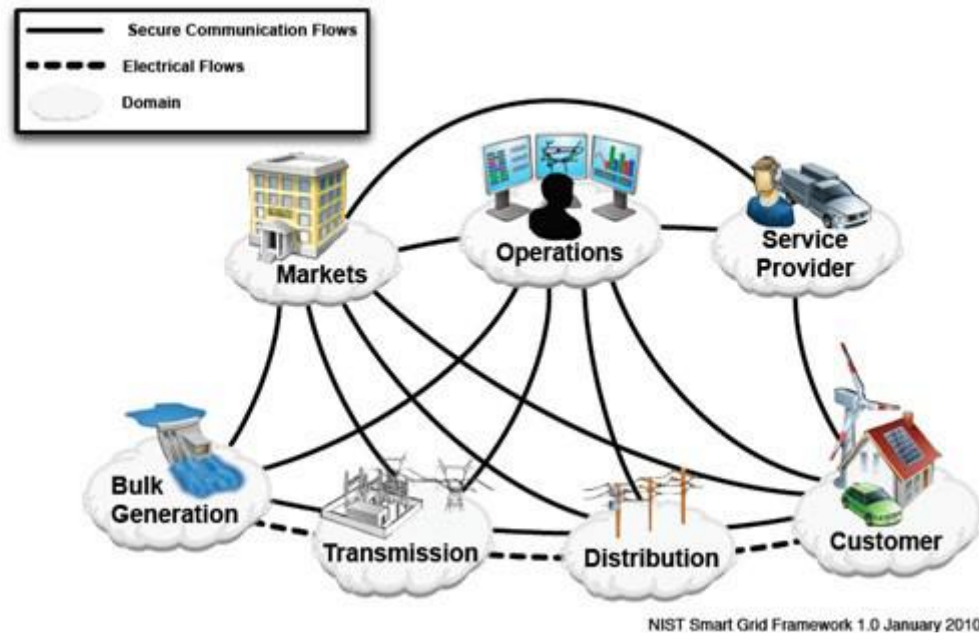
3.3 Εννοιολογικό Μοντέλο

Το εννοιολογικό μοντέλο που προτείνει το National Institute of Standards and Technology (NIST – Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας) της Αμερικής παρέχει ένα πλαίσιο για το Έξυπνο Δίκτυο που αποτελείται από επτά τομείς . Αυτοί είναι οι εξής:

- Μαζική παραγωγή,
- Δίκτυο Μεταφοράς,
- Δίκτυο Διανομής,
- Πελάτες,
- Κέντρο ενεργειών,
- Αγορά και Παροχή υπηρεσιών.

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα το μοντέλο παρουσιάζει όλες τις επικοινωνίες και την ροή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των τομέων καθώς και τον τρόπο με το οποίο συσχετίζονται. Οι συνδέσεις που απεικονίζονται με διακεκομμένη

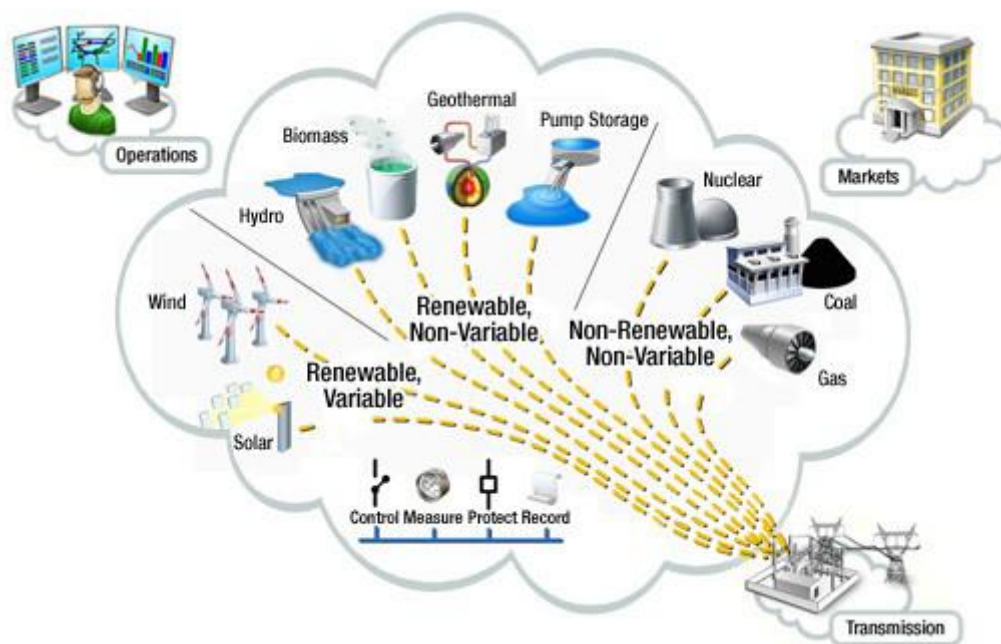
γραμμή αναπαριστούν ροή ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αυτές που απεικονίζονται με συνεχόμενη γραμμή αναπαριστούν ροή δεδομένων. Κάθε επιμέρους τομέας αποτελείται από σημαντικά στοιχεία των έξυπνων δικτύων τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με τρόπο που εξασφαλίζεται αμφίδρομη επικοινωνία και ροή ενέργειας.



Οι επικοινωνίες στο Έξυπνο Δίκτυο Ενέργειας

Τομέας Μαζικής Παραγωγής

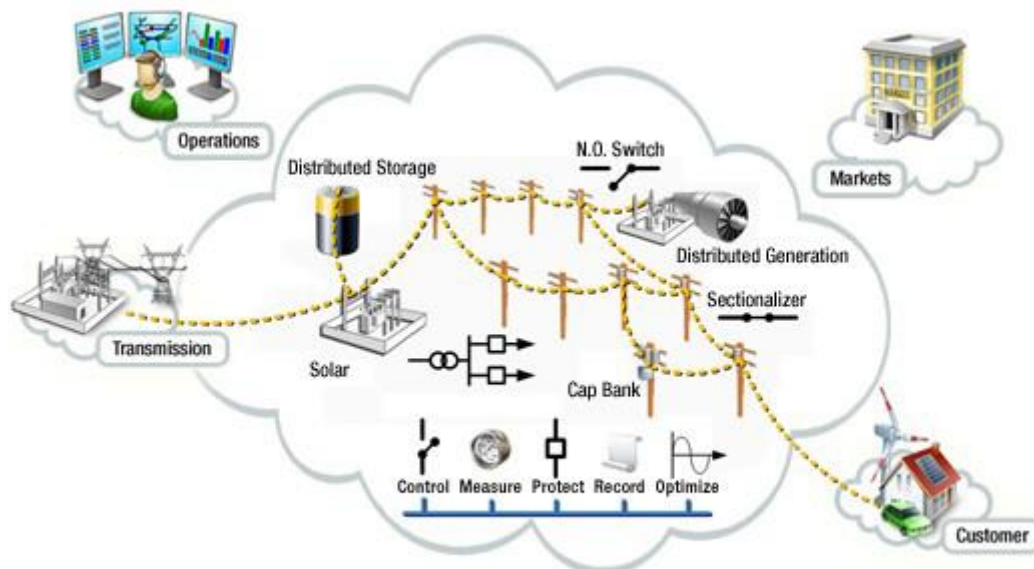
Σε αυτόν τον τομέα, ο οποίος παρουσιάζεται στην εικόνα, πραγματοποιείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες. Η παραγωγή αυτή γίνεται από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η πυρηνική ενέργεια, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο καθώς και από ανανεώσιμες. Οι ανανεώσιμες πηγές μπορούν να χαρακτηριστούν είτε μεταβλητές, όπως η αιολική και η ηλιακή, είτε σταθερές, όπως η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η αποθηκευτική αντλία.



Τομέας Μαζικής Παραγωγής

Τομέας Δικτύου Διανομής

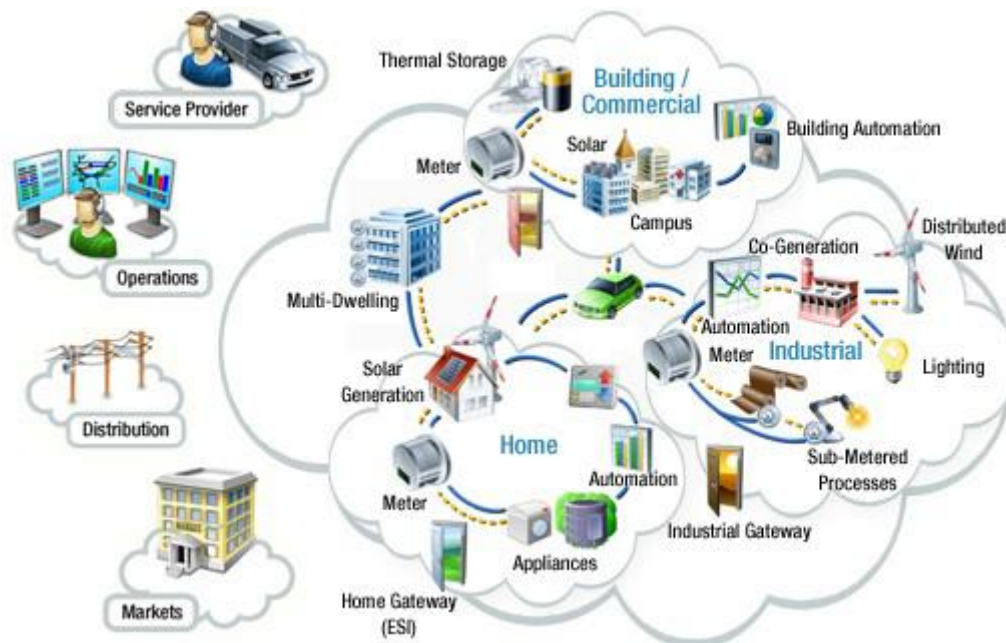
Σε αυτόν τον τομέα, όπως φαίνεται στην εικόνα, η ηλεκτρική ενέργεια διανέμεται από και προς τους πελάτες μέσω του έξυπνου δικτύου. Το δίκτυο διανομής συνδέει μεταξύ τους όλες τις έξυπνες συσκευές (όπως οι έξυπνοι μετρητές), και τις διαχειρίζεται μέσω ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας. Στο δίκτυο αυτό μπορούν να συνδεθούν επίσης εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, ή και απομακρυσμένες πηγές ενέργειας.



Τομέας Δικτύου Διανομής

Τομέας Πελατών

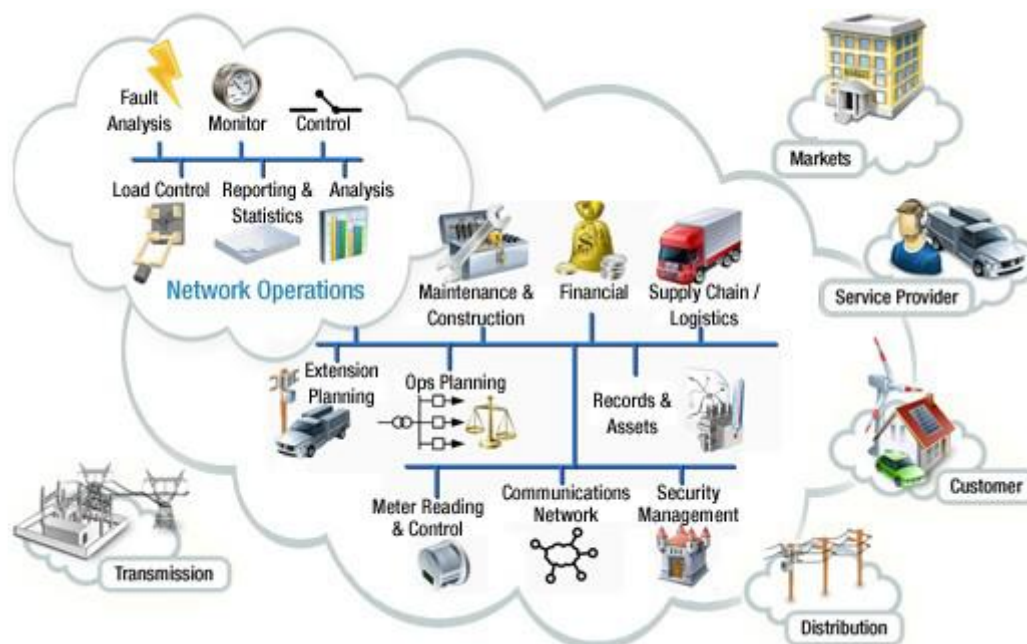
Στον τομέα αυτό γίνεται η σύνδεση μεταξύ των τελικών καταναλωτών της ηλεκτρικής ενέργειας με το υπόλοιπο δίκτυο. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω των έξυπνων μετρητών. Ως πελάτες – καταναλωτές θεωρούνται όλοι, είτε είναι οικιακοί είτε εμπορικοί είτε βιομηχανικοί. Οι έξυπνοι μετρητές ελέγχουν και διαχειρίζονται την ροή της ηλεκτρικής ενέργειας από και προς τους καταναλωτές και παρέχουν πληροφορίες χρήσης. Στον τομέα αυτόν μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί παραγωγή, αποθήκευση και διαχείριση ενέργειας. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στην εικόνα.



Τομέας Πελατών

Τομέας Κέντρου Ενεργειών

Ο τομέας αυτός διαχειρίζεται και ελέγχει την ροή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους άλλους τομείς του έξυπνου δικτύου. Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα, με τη χρήση ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας, συνδέεται σε υποσταθμούς, σε εγκαταστάσεις πελατών καθώς και σε άλλες έξυπνες συσκευές. Παρέχει παρακολούθηση (monitoring), αναφορές κατάστασης (reporting), έλεγχο (controlling) και εποπτεία (supervision) καθώς επίσης σημαντικές πληροφορίες για την διαδικασία και αποφάσεις. Διεργασίες που χρησιμοποιούν τεχνικές ανάλυσης μεγάλου όγκου δεδομένων (Big Data Analysis) συμβάλλουν σημαντικά στην λήψη αποφάσεων.



Τομέας Κέντρου Ενεργειών

Τομέας Αγοράς

Ο τομέας αυτός είναι υπεύθυνος για την λειτουργία του έξυπνου δικτύου και συντονίζει όλους τους συμμετέχοντες σε αυτό. Παρέχει διαχείριση της αγοράς, χονδρικό και λιανικό εμπόριο, καθώς επίσης και εμπορία υπηρεσιών ενέργειας. Ο τομέας αυτός, που παρουσιάζεται στην εικόνα επικοινωνεί με όλους τους άλλους τομείς, έτσι ώστε να εξασφαλίζει ότι λειτουργούν σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Χειρίζεται επίσης πράξεις συμψηφισμού πληροφοριών και παρέχει πληροφορίες στους φορείς παροχής υπηρεσιών.



Τομέας Αγοράς

Τομέας Παροχής Υπηρεσιών

Ο τομέας αυτός χειρίζεται όλες τις εξωτερικές του δικτύου λειτουργίες των τομέων. Τέτοιο παράδειγμα είναι μια δικτυακή πύλη (ιστοσελίδα) που παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης ενέργειας στους τελικούς πελάτες, ανταλλαγή δεδομένων σχετικών με την κατανάλωση ενέργειας μεταξύ πελατών και παρόχων. Μπορεί επίσης να χειριστεί και άλλες διαδικασίες όπως τα προγράμματα ανταπόκρισης στη ζήτηση (demand response) και την διαχείριση διακοπών (outage management). Παρουσιάζεται στην εικόνα.



Τομέας Παροχής Υπηρεσιών

3.4 Διαφορές με το συμβατικό δίκτυο

Το συμβατικό δίκτυο απέχει σε μεγάλο βαθμό από την έννοια του έξυπνου δικτύου. Κάποιες από τις διαφορές του σε σύγκριση με τα έξυπνα δίκτυα:

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

3.5 Συσκευές

Σταθερές συσκευές :

- Συσκευές εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA) καθώς και συσκευές διανεμημένου αυτόματου ελέγχου (distribution automation, DA).
- Συσκευές αυτοματοποιημένης μέτρησης (Automation Meter Reading, AMR) και έξυπνους μετρητές (smart meters).
- Συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου και συστήματα διαχείρισης ενέργειας (Energy Management Systems, EMS).

Κινητές συσκευές :

- Ασύρματοι αποστολείς δεδομένων και ήχου (voice and data dispatch radios).
- Συσκευές προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης (GPS).
- Συσκευές αυτόματου εντοπισμού οχήματος (automatic vehicle location, AVL).
- Φορητοί υπολογιστές.
- Κινητά τηλέφωνα και άλλες συσκευές τηλεπικοινωνίας με πρόσβαση στο internet

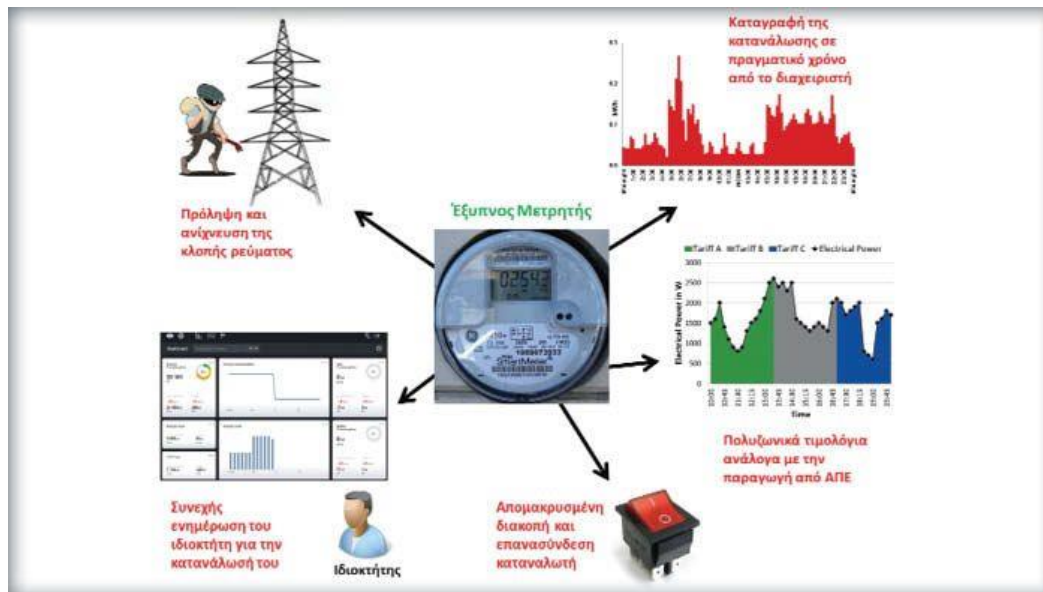
3.6 Έξυπνος Μετρητής

Οι έξυπνοι μετρητές αποτελούν βασική παράμετρο για την ανάπτυξη και την λειτουργία των έξυπνων δικτύων. Ένας έξυπνος μετρητής είναι αμφίδρομης επικοινωνίας και μετατρέπει ένα παθητικό καταναλωτή σ' ένα ενεργό καταναλωτή, αφού του επιτρέπει να αλληλεπιδρά με το δίκτυο και κατά συνέπεια να συμμετέχει στην εξοικονόμηση ενέργειας της πόλης.

Ο ίδιος ο καταναλωτής θα επωφελείται εξοικονομώντας χρήματα, από τα επερχόμενα πολυζωνικά τιμολόγια χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, αρκεί να έχει την υποδομή να τα αξιοποιήσει. Σε περίπτωση που σ' ένα κτίριο υπάρχει εγκαταστημένο ένα σύστημα ΑΠΕ π.χ. ένα φωτοβολταϊκό σύστημα, ένας έξυπνος μετρητής θα μεταδίδει τα χαρακτηριστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ΑΠΕ.

Μερικές από τις βασικές λειτουργίες των έξυπνων μετρητών είναι οι παρακάτω:

- Μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας εξ' αποστάσεως σε πραγματικό χρόνο από τον διαχειριστή του δικτύου.
- Λήψη εξειδικευμένων σημάτων για τον διαχωρισμό της διάθεσης πολυζωνικών τιμολογίων (ταρίφες) ανάλογα με την παραγωγή και την ζήτηση της ενέργειας από ΑΠΕ.
- Δυνατότητα απομακρυσμένης διακοπής και επανασύνδεσης του καταναλωτή.
- Ασφαλής μετάδοση των μετρητικών δεδομένων.
- Πρόληψη και ανίχνευση της κλοπής ρεύματος.
- Ο καταναλωτής μπορεί να έχει σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα της κατανάλωσής του προκειμένου να προσαρμόζει την ενεργειακή του συμπεριφορά.



3.7 “Έξυπνο Σπίτι”

Οι τεχνολογίες έξυπνων κτιρίων είναι παραπάνω από ικανές στο να παραδώσουν ένα smart-grid ready κτίριο παρόλο που το ενδιαφέρον της ευρύτερης αγοράς για έξυπνα κτίρια, μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει και αυξάνεται. Ένα είναι σίγουρο, είναι αδύνατο να υπάρξει έξυπνη πόλη χωρίς έξυπνα κτίρια. Η αντικατάσταση των συμβατικών μετρητών με έξυπνους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα πολύ σπουδαίο πρώτο βήμα αλλά όχι αρκετό καθώς, μετρώντας μόνο την ηλεκτρική ενέργεια δεν σημαίνει ότι αυτή αξιοποιείται στο μέγιστο. Για παράδειγμα, μπορεί να έχουμε μετρήσει την περίσσια ηλεκτρική ενέργεια που παράχθηκε από τα φωτοβολταϊκά σ’ ένα σημείο της πόλης αλλά με τι μηχανισμό αυτή θα καταναλωθεί από ένα άλλο σημείο της πόλης που υπάρχει έλλειψη ενέργειας προκειμένου να πετύχουμε μέγιστη αξιοποίηση των ΑΠΕ και μείωση της κατανάλωσης των ορυκτών καυσίμων;



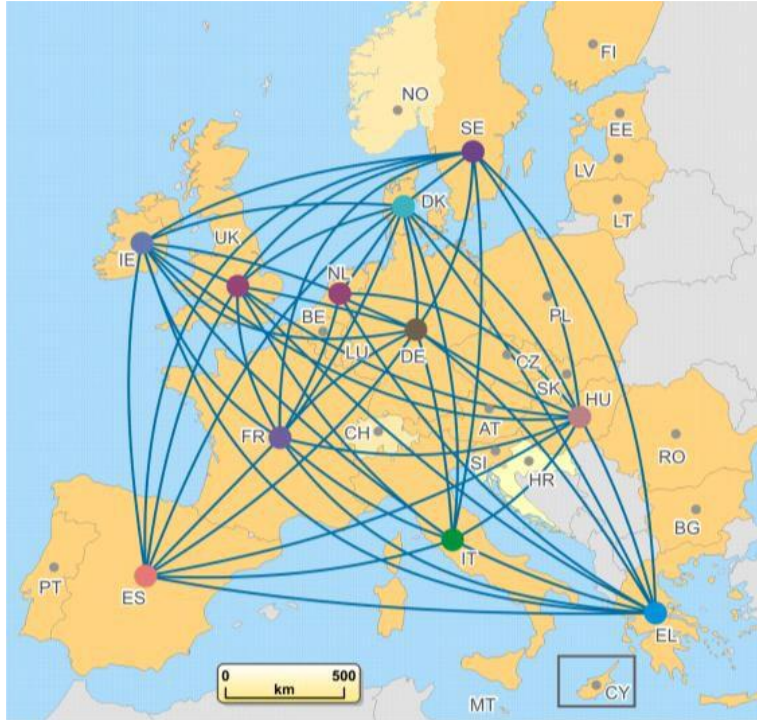
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μία από τις δυνατότητες ενός έξυπνου μετρητή είναι η λήψη εξειδικευμένων σημάτων, από τον διαχειριστή του δικτύου, που αφορούν την πολυζωνική τιμολόγηση, δηλαδή διαφορετική τιμολόγηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με τις ανάγκες λειτουργίας του έξυπνου δικτύου.

Ας υποθέσουμε ότι στις 10:00 το πρωί υπάρχει περίσσια παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι εγκατεστημένα σε κτίρια των βορείων προαστίων. Στα νότια προάστια έχει πολλή συννεφιά και κατά συνέπεια υπάρχει έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Το έξυπνο δίκτυο για να αξιοποιήσει την περίσσια ενέργεια των βορείων προαστίων στέλνει ένα σήμα στους μετρητές των νοτίων προαστίων. Ο διαχειριστής φορτίων του έξυπνου κτιρίου λαμβάνει το σήμα της και τρέχει το ενεργειακό σενάριο . Είναι ξεκάθαρο ότι μ' αυτό τον έξυπνο τρόπο λειτουργίας του δικτύου μειώνεται η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας αφού αξιοποιείται η παραγόμενη ενέργεια από ΑΠΕ στο μέγιστο. Επιπλέον ο χρήστης επωφελείται οικονομικά από την χαμηλή τιμή του ρεύματος.

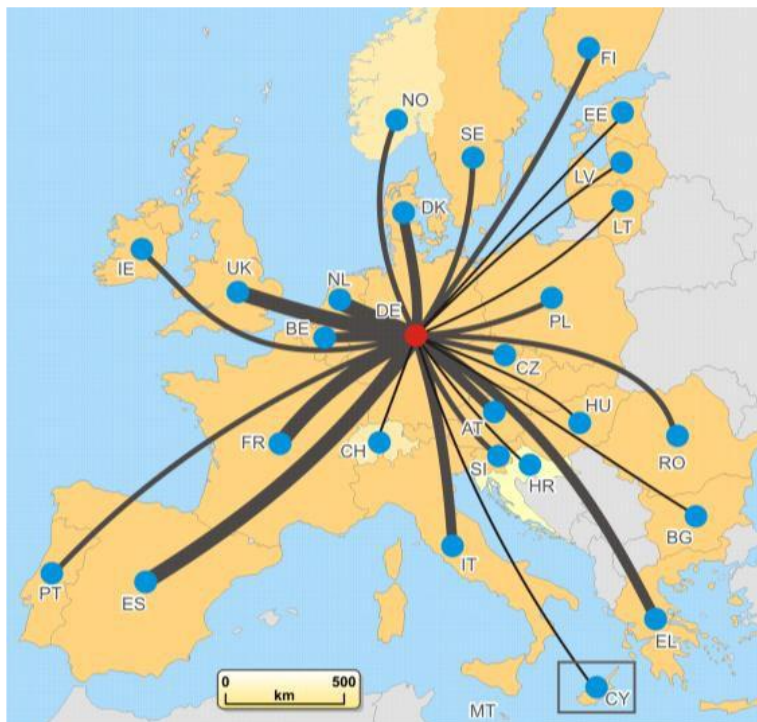
3.8 Ευρώπη

Στην Ευρώπη κυρίαρχο ρόλο στον συντονισμό αυτής της προσπάθειας παίζει το Joint Research Centre και ο συγκεκριμένα ο τομέας με την ονομασία “Ινστιτούτο Ενέργειας και Μεταφορών” (Institute for Energy and Transport – IET) του οποίου ο ρόλος είναι να συλλέγει πληροφορίες από τα εν εξελίξει προγράμματα και να αξιολογεί τα αποτελέσματα. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται παρακάτω προέρχονται από έρευνα του συγκεκριμένου κέντρου. Μέσα στο 2012 τα προγράμματα που ήταν σε εξέλιξη ήταν 281 και οι συνολικές επενδύσεις ανέρχονταν σε 1.8 δισεκατομμύρια ευρώ. Κυρίαρχες χώρες σε αυτήν την προσπάθεια είναι το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία, η Γαλλία και η Ιταλία. Η Δανία είναι η χώρα με τις μεγαλύτερες επενδύσεις ανά κάτοικο και ανά κιλοβατώρα που καταναλώνεται. Το μεγαλύτερο μέρος των προγραμμάτων αυτών (95%) υποστηρίζεται από κονδύλια της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Υπάρχουν 60 προγράμματα τα οποία πραγματοποιούνται με την συνεργασία πάνω της μιας χωρών, ενώ 12 από αυτά εστιάζουν στην συμμετοχή των καταναλωτών. Αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (εικ.α), ενώ στην αμέσως επόμενη (εικ.β) παρουσιάζονται μόνο τα προγράμματα συνεργασίας στα οποία συμμετέχει η Γερμανία, κυρίαρχη χώρα στις συνεργασίες αυτές.



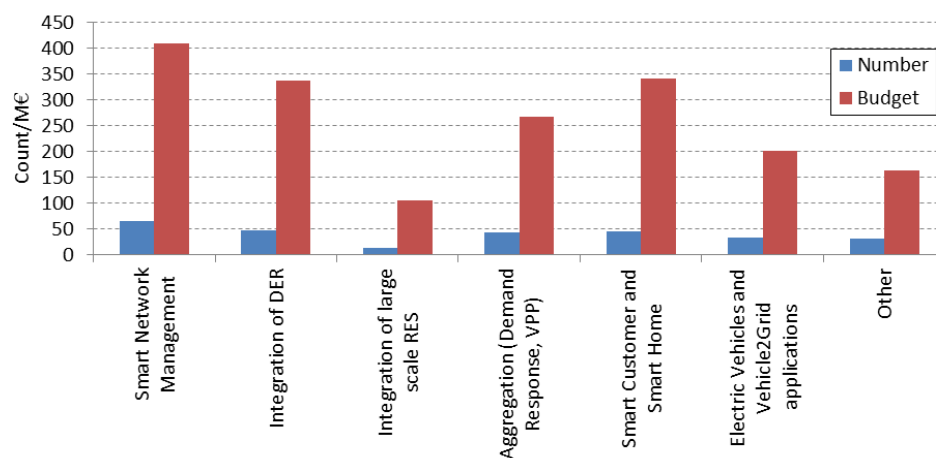
Εικ.α Προγράμματα συνεργασίας στην Ευρώπη



Εικ.β Προγράμματα συνεργασίας στη Γερμανία

Τα Πανεπιστήμια και οι Ερευνητικοί Οργανισμοί έχουν ενεργή συμμετοχή στην προσπάθεια αυτή. Έχουν αναλάβει πάνω από 90 προγράμματα για τα οποία οι συνολικές επενδύσεις είναι της τάξεως των 430 εκατομμυρίων ευρώ.

Μια χρήσιμη ανάλυση είναι η κατανομή των ερευνητικών προγραμμάτων ανάλογα με ποιον από τους τομείς του έξυπνου δικτύου ενέργειας ασχολούνται. Στην εικόνα παρακάτω φαίνεται πόσα προγράμματα υπάρχουν αυτή την στιγμή σε κάθε τομέα έρευνας, καθώς επίσης και τι ποσά έχουν επενδυθεί σε κάθε τομέα. Οι βασικοί τομείς έρευνας είναι έξι, και αναλύονται παρακάτω.



αριθμός προγραμμάτων και ποσό επένδυσης ανάλογα με τον τομέα

❖ Διαχείριση Έξυπνου Δικτύου Ενέργειας

Σε αυτή την κατηγορία εμπεριέχονται τα προγράμματα τα οποία εστιάζουν στην ενίσχυση της ευελιξίας της λειτουργίας του δικτύου. Τέτοια παραδείγματα είναι η παρακολούθηση και ο έλεγχος του δικτύου. Αναλυτικότερα στον τομέα της παρακολούθησης του δικτύου κάποια από τα θέματα στα οποία εστιάζουν τα προγράμματα είναι η εγκατάσταση έξυπνων μετρητών με σκοπό την συλλογή και αποθήκευση στοιχείων για έναν καταναλωτή ή μια ομάδα καταναλωτών, η βελτίωση της παρακολούθησης του δικτύου διανομής για την αντιμετώπιση γρήγορων αλλαγών στο δίκτυο, η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο όλων των πόρων και η αναγνώριση βλάβης καθώς και γεωγραφικός καθορισμός της. Στην σημερινή κατάσταση τα παρεχόμενα εργαλεία παρατήρησης του δικτύου είναι ώριμα και αξιόπιστα.

Αντίστοιχα στον τομέα του ελέγχου, τα κύρια αντικείμενα μελέτης είναι η εφαρμογή νέων δυνατοτήτων για τον έλεγχο της συχνότητας και της ροής της ηλεκτρικής ενέργειας, η δημιουργία ελεγχόμενων υποσταθμών διανομής, η ανάπτυξη δικτύων τα οποία αναπροσαρμόζονται αυτόματα, η δυναμική αξιολόγηση της γραμμής μεταφοράς και η ανάπτυξη τεχνολογιών, όπως νέας τεχνολογίας μετασχηματιστές με σκοπό την μείωση των απωλειών από το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Αρκετά από τα παραπάνω έχουν υλοποιηθεί και είναι αποδοτικά, όμως περαιτέρω ανάπτυξη χρειάζεται ο τομέας της ασφάλειας καθώς και η μεταφορά των εφαρμογών από μικρής σε μεγάλης κλίμακας προβλήματα.

❖ Ενσωμάτωση μεγάλης κλίμακας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

Τα περισσότερα προγράμματα αυτής της κατηγορίας αφορούν στην ενσωμάτωση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στο δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Βασικοί τομείς στους οποίους εστιάζουν τα προγράμματα αυτής της κατηγορίας είναι η δημιουργία εργαλείων για τον σχεδιασμό, τον έλεγχο και την λειτουργία των ΑΠΕ με στόχο την διευκόλυνση της ένταξής τους στην αγορά, η δημιουργία εργαλείων για την πρόβλεψη της παραγωγής των ΑΠΕ και η ανάπτυξη δικτύων για την ενσωμάτωση της αιολικής ενέργειας στο ήδη υπάρχον δίκτυο.

❖ Ενσωμάτωση Απομακρυσμένων Πηγών Ενέργειας

Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται προγράμματα που επικεντρώνονται σε νέα συστήματα ελέγχου καθώς και νέες λύσεις υλικού (hardware) και λογισμικού (software) για την ενσωμάτωση απομακρυσμένων πηγών ενέργειας, έχοντας όμως εξασφαλισμένη την αξιοπιστία και την ασφάλεια του συστήματος. Τα προγράμματα εδώ εστιάζουν σε τεχνικές λύσεις κυρίως, όπως η ενεργή υποστήριξη του δικτύου μέσω των απομακρυσμένων πηγών ενέργειας, με εφαρμογή ελέγχου τάσης και ισχύος σε αυτές για την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών, χρήση εγκαταστάσεων αποθήκευσης μαζί με αυτές της πηγές για έλεγχο τάσης, ρύθμιση της ροής ισχύος και εξισορρόπηση του δικτύου. Λύσεις για αυτά τα ζητήματα έχουν βρεθεί αλλά δεν είναι ακόμα σε θέση να υιοθετηθούν από το δίκτυο. Χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη με σκοπό την βελτιστοποίηση της αξιοπιστίας τους.

❖ Συγκέντρωση και Ομαδοποίηση

Σε αυτήν την κατηγορία στόχος των προγραμμάτων είναι η ανάπτυξη μηχανισμών για την συγκέντρωση των δυνατοτήτων ευελιξίας της προσφοράς και της ζήτησης των αποκεντρωμένων πόρων, λαμβάνοντας υπ' όψιν τους περιορισμούς του δικτύου και της αγοράς. Οι κύριες προκλήσεις που δημιουργούνται και πρέπει να αντιμετωπιστούν σε αυτόν τον τομέα είναι η εύρεση προτύπων για τον έλεγχο και την επικοινωνία με σκοπό την αποφυγή δαπανών και το γεγονός ότι καθώς οι αγορές είναι πολύ διαφορετικές από χώρα σε χώρα θα είναι δύσκολη η εφαρμογή αποτελεσμάτων σε ένα γενικό μοντέλο.

❖ Έξυπνοι Καταναλωτές – Έξυπνα Σπίτια

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται προγράμματα τα οποία ελέγχουν έξυπνες εφαρμογές καθώς και αυτοματισμούς για το σπίτι. Τα αποτελέσματα των ελέγχων αυτών έδειξαν πολλά στοιχεία για την απόδοση των εφαρμογών αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο βλέπει ο καταναλωτής μια μετάβαση στο Έξυπνο Δίκτυο. Αρκετά προγράμματα τα οποία πειραματίστηκαν με μεταβλητές χρεώσεις έδειξαν ότι είναι πιθανή η χρονική μετακίνηση μεγάλου φορτίου σε ώρες μη αιχμής. Παρατηρήθηκε ότι οι μεταβλητές χρεώσεις είναι ο καλύτερος τρόπος για την προσαρμογή της ζήτησης ανάλογα με την κατάσταση που βρίσκεται το δίκτυο. Παρ' όλα αυτά είναι απαραίτητο οι τεχνικές παρακολούθησης του δικτύου να είναι αρκετά ακριβείς ώστε να προσαρμόζονται σωστά οι τιμές. Πρέπει να αναφερθεί επίσης ότι οι περισσότεροι καταναλωτές είναι σκεπτικοί απέναντι σε μια μετάβαση σαν αυτή, καθώς δεν είναι άνετοι με την παραχώρηση του ελέγχου για συσκευές που βρίσκονται μέσα στο σπίτι τους.

❖ Έξυπνα Οχήματα

Τα προγράμματα εδώ εστιάζουν στην ενσωμάτωση ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Κύριος ρόλος αυτών είναι να απαντήσουν στο πώς μπορεί το ηλεκτρικό δίκτυο να έχει τα καλύτερα αποτελέσματα από την φόρτιση και την εκφόρτιση των οχημάτων. Τομείς στους οποίους δίνουν έμφαση τα προγράμματα αυτά είναι η ανάπτυξη προτύπων, η ανάλυση των αναγκών του χρήστη, των χρόνων και των μοτίβων φόρτισης και των φορτίων στο δίκτυο. Τελικός σκοπός αυτών είναι να είναι δυνατή η σύσταση για την βέλτιστη υποδομή φόρτισης, με κριτήρια τον τύπο των οχημάτων, τον αριθμό των οχημάτων, την γεωγραφική τοποθεσία, την άνεση των χρηστών καθώς και το κόστος για το δίκτυο.

3.9 Τι συμβαίνει στην Ελλάδα

Οι επενδύσεις του διαχειριστή των ελληνικών δικτύων **ΔΕΔΔΗΕ** στη δημιουργία “**έξυπνων**” **συστημάτων** τόσο στην πλευρά της προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας όσο και σε αυτή της κατανάλωσης, θα ξεπεράσουν το **1,5 δισ. Ευρώ** ως το 2018, όπως ανακοίνωσε ο διευθύνων σύμβουλος του Διαχειριστή κ. Κ. Ζωντανός μιλώντας στο Συνέδριο «Recent Developments in the Greek Gas and Power Markets» που έλαβε χώρα στις 16 Δεκεμβρίου του 2014.

Βασικά έργα αυτού του «πακέτου» παρεμβάσεων είναι η εισαγωγή Μηχανογραφικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS), έτσι ώστε να υποστηρίζονται εφαρμογές των Ευφυών Δικτύων (Smart Grids), η λειτουργία **Συστήματος Τηλεμέτρησης Μέσης Τάσης** και το πιλοτικό σύστημα με τους «έξυπνους μετρητές» στη Χαμηλή Τάση.

Ο μεσοπρόθεσμος σχεδιασμός της εταιρείας θέτει ως προτεραιότητα τη δημιουργία ενός σύγχρονου Δικτύου, καθώς, όπως δηλώνει ο πρόεδρος και, «το όραμα για μια σύγχρονη ενεργειακή αγορά περνάει μέσα από τα Δίκτυα».

**Ειδικότερα, τα κυριότερα έργα που υλοποιεί σήμερα ο ΔΕΔΔΗΕ
είναι τα εξής:**

- ***Εισαγωγή Μηχανογραφικού Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS)**, το οποίο αποτελεί το βασικό πυλώνα της απαραίτητης υποδομής για την υποστήριξη πλήθους εφαρμογών των Ευφυών Δικτύων (Smart Grids). Με το σύστημα αυτό ο Διαχειριστής στοχεύει στην αποτύπωση ολόκληρου του δικτύου του σε ψηφιακά αρχεία. Τα αρχεία αυτά, θα διαθέτουν περιγραφικές πληροφορίες για τα δίκτυα, σε συσχετισμό με τη γεωγραφική τους θέση. Το νέο Σύστημα θα δώσει τη δυνατότητα να γίνεται ταχύτατα επεξεργασία στις χαρτογραφικές αλλά και στις περιγραφικές πληροφορίες των Δικτύων, οδηγώντας στην αναβάθμιση των τεχνικών δραστηριοτήτων της Διανομής.

Τα οφέλη θα μετακυλιστούν προς όλους τους χρήστες του Δικτύου μέσω των αναβαθμισμένων υπηρεσιών που θα παρέχει ο ΔΕΔΔΗΕ.

- ***Παράλληλα έχει ήδη τεθεί σε λειτουργία Σύστημα Τηλεμέτρησης Μέσης Τάσης** το οποίο διαχειρίζεται το 23% της διανεμόμενης ενέργειας. Η τηλεμέτρηση, με τη χρήση του συστήματος GSM και της υπηρεσίας GPRS, αφορά σε 13.500 καταναλωτές και παραγωγούς της Μέσης Τάσης. Ταυτόχρονα έχει ξεκινήσει η υλοποίηση του Συστήματος Τηλεμέτρησης παροχών μεγάλων πελατών Χαμηλής Τάσης. Το Σύστημα θα περιλαμβάνει δύο πανομοιότυπα Κεντρικά Συστήματα, η επικοινωνία θα γίνεται μέσω GSM και GPRS και θα περιλαμβάνει 60.000 μετρητές παροχών.
- ***Ο ΔΕΔΔΗΕ προχωρά επίσης στην υλοποίηση πιλοτικού συστήματος Τηλεμέτρησης και Διαχείρισης της ζήτησης παροχών ηλεκτρικής ενέργειας οικιακών και μικρών εμπορικών καταναλωτών και εφαρμογής «έξυπνων δικτύων».** Ο σχετικός διαγωνισμός έχει προκηρυχθεί και αναμένεται η υποβολή προσφορών από τους ενδιαφερόμενους κατασκευαστές έως τα τέλη του Ιανουαρίου του 2015. Με το έργο αυτό, περιοχές όπως Ξάνθη, Λέσβος, Λευκάδα Αττική, Θεσσαλονίκη αλλά και κάποια νησιά των Κυκλάδων όπως Σαντορίνη, Κύθνος και Μήλος, θα αποκτήσουν συνολικά περίπου 200.000 έξυπνους μετρητές.

Οι μετρητές αυτοί, θα αλλάξουν τις ενεργειακές συνήθειες των καταναλωτών, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση κόστους, αλλά και στη **δραστική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.** Το

πιλοτικό αυτό έργο θεωρείται από τα στελέχη του ΔΕΔΔΗΕ καθοριστικής σημασίας για την σταδιακή πανελλαδική εφαρμογή των ευφυών συστημάτων μέτρησης και την αντικατάσταση των περίπου 7 εκατομμυρίων υφιστάμενων μετρητών με Smart Meters. Πρόκειται για ένα έργο, η αξία του οποίου αναμένεται να ξεπεράσει το 1 δις ευρώ.

Επίλογος

Τα έξυπνα δίκτυα αποτελούν καταλύτη για την επίτευξη μιας παγκοσμίως ανταγωνιστικής οικονομίας χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η απόκριση και η ευελιξία τους καθώς και οι δυνατότητες που προσφέρουν για ενεργειακή αποδοτικότητα και για την ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εγκαταστάσεων αποθήκευσης στα ηλεκτρικά συστήματα, συμβάλλουν στην αύξηση της ασφάλειας εφοδιασμού και διασφαλίζουν ότι τα οφέλη θα φτάσουν σε όλους τους τελικούς χρήστες. Αυτό θα μετατρέψει τους παθητικούς καταναλωτές που απλά πληρώνουν το λογαριασμό, σε ενεργούς καταναλωτές που ελέγχουν και βελτιστοποιούν την κατανάλωσή τους.

Τόσο από οικονομική όσο και από περιβαλλοντική άποψη, τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι αρκετά έξυπνα για να επιτρέψουν υψηλή διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται αποκεντρωμένα από εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, χωρίς όμως να τίθεται σε κίνδυνο η επάρκεια ενέργειας που απαιτείται στην τελική κατανάλωση.

Πηγές

1. "Classification of Control for Demand-side Participation", Y. Tan, D. Kirschen. University of Manchester, March 2007.
2. "Coordination of Energy Efficiency and Demand Response", Charles Goldman, Michael Reid, Roger Levy, Alison Silverstein. United States Environmental Protection Agency. January 2010.
3. "A summary of demand response in electricity markets", M.H. Albadi, E.F. El-Saadany. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Waterloo Canada 2008.
4. "Demand response: a decisive breakthrough for Europe", Capgemini June 2008.
5. "Advanced Control Technologies and Strategies Linking Demand Response and Energy Efficiency", Sila Kiliccote, Mary Ann Piette. 5th International Conference on Enhanced Building Operations, Pittsburgh, PA 2005.
6. "Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving them", US Department of Energy, February 2006.
7. "Demand side management: Benefits and challenges", Goran Strbac. Department of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College London, December 2008.
8. "Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation", Jacopo Torriti, Mohamed G. Hassan, Matthew Leach. Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Guildford, UK 2009.
9. "Quantifying Customer Response to Dynamic Pricing", A Faruqui, S George. The Electricity Journal, 2005.
10. "Διαχείριση της ηλεκτρικής ζήτησης: Προκλήσεις και πλεονεκτήματα", Ιωάννης Παναπακίδης, Νικόλαος Τσιαντούλας. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας-Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας-Θεσσαλονίκη 2012.
11. "The Power to Choose—Demand Response in Liberalized Electricity Markets", International Energy Agency, Paris 2003.
12. "Primer on Demand-Side Management with an emphasis on price-responsive programs", Charles River Associates. February 2005.

13. "Robust Control of Residential Demand Response Network with Low Bandwidth Input", William Burke, David Auslander. University of California Berkeley, October 2008.
14. www.aegean-energy.gr
15. Wikipedia.org
16. Econews.gr