



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

**«ΜΟΝΤΕΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ Β. ΚΟΥΡΙΑΜΠΑΛΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΙΡΗΝΗ ΚΟΡΩΝΑΚΗ

ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούνιος 2017

Ευχαριστίες

Θα ήθελα κατ'αρχάς να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές μου ευχαριστίες στην επίκουρο καθηγήτρια του Ε.Μ.Π κ. Ειρήνη Κορωνάκη, αφενός για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και αφετέρου για την καθοδήγησή της κατά την διάρκεια της εκπόνησής της.

Ένα μεγάλο και εγκάρδιο ευχαριστώ θέλω να απευθύνω και στην οικογένεια μου, η οποία με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια, δίνοντάς μου τη δύναμη να προχωρώ και να υπερπηδώ κάθε εμπόδιο προκειμένου να υλοποιήσω τους στόχους μου.

Περίληψη

Ένα από τα αγαθά ύψιστης σημασίας για τις σύγχρονες κοινωνίες είναι η ηλεκτρική ενέργεια, μιας και παίζει σημαίνοντα ρόλο στην επιβίωση και την ευημερία του. Από την άλλη, η ύπαρξη της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπός της παραγωγής της και η συνεχής αύξηση των τιμολογίων, οδηγούν στην καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας και στην υιοθέτηση αποδοτικότερων μεθόδων παραγωγής και εξοικονόμησης της.

Εξάλλου, οι σύγχρονες πρακτικές λειτουργίας ενός ολοκληρωμένου Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας υπαγορεύουν την ενεργή συμμετοχή του καταναλωτή - πελάτη με τον παραγωγό ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω αμφίδρομης επικοινωνίας τους σε πραγματικό χρόνο με έξυπνους μετρητές για την ανταλλαγή χρήσιμων πληροφοριών για την ομαλή λειτουργία του Σ.Η.Ε. Για την επίτευξη μιας τέτοιας αλληλεπίδρασης απαραίτητο στοιχείο είναι η Απόκριση Ζήτησης, η οποία αφορά μία σειρά μέτρων που αποβλέπουν στην κατάλληλη διαχείριση του ηλεκτρικού φορτίου σε ημερήσια βάση.

Στο πλαίσιο αυτό, αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βιβλιογραφική ερευνά για την έννοια της απόκρισης ζήτησης, τα βασικά χαρακτηριστικά της και την ενσωμάτωσή της σε έξυπνα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα γίνεται περιγραφή των χαρακτηριστικών ενός έξυπνου δικτύου, της έννοιας της διαχείρισης ζήτησης, ορισμένων από τις βασικότερες τεχνικές απόκρισης ζήτησης, καθώς και τα αντίστοιχα προγράμματα που έχουν εφαρμοστεί σε διάφορες χώρες με την παράλληλη συμμετοχή των καταναλωτών μέσω έξυπνων μετρητών, αποδίδοντάς τους πολλαπλά οφέλη.

Λέξεις κλειδιά: Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, Διαχείριση ζήτησης, Απόκριση ζήτησης, Έξυπνα δίκτυα, Τεχνικές απόκρισης ζήτησης, Έξυπνοι μετρητές.

Abstract

One of the paramount goods of modern societies is the electricity, since it plays a prominent role in the survival and prosperity of people. On the other hand, the existence of deregulated electricity market, the environmental impact of electricity production and the constant increase in tariffs, leads to better utilization of energy and the adoption of more efficient methods of production and energy saving.

Furthermore, modern operating practices of an integrated Electric Power System dictate the active involvement of the consumer - customer with the electricity producer, through two-way communication in real time with smart meters for the exchange of useful information in order to secure smooth functioning of the power system. For this reason, Demand Response is the key element to achieve such an interaction, which involves a series of measures aiming to proper management of the electric charge on a daily basis.

In this context, the subject of this thesis is the literature review in order to explore the concept of demand response, its key features and its integration into smart electricity networks. Alongside there is a thorough description of the characteristics of a smart network, the concept of demand management, the main demand response techniques and the corresponding programs that have been implemented in several countries with the parallel involvement of consumers through smart meters, attributing multiple benefits.

Keywords: Electricity market, Demand side management, Demand response, Smart grids, Demand response techniques, Smart meters.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη.....	2
Abstract	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.....	9
1.1 Η ηλεκτρική ενέργεια ως κοινωνικό αγαθό.....	9
1.2 Αρχή της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας.....	10
1.2.1 Θέσπιση ενεργειακών στόχων	13
1.3 Διεθνή μοντέλα αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	14
1.4 Βασικές οντότητες της αγοράς ενέργειας	17
1.4.1 Ανεξάρτητος Διαχειριστής μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ)	18
1.4.2 Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ)	19
1.4.3 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)	21
1.4.4 Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)	22
1.4.5 Σύγκριση της κατάστασης πριν και μετά την απελευθέρωση	24
1.5 Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	25
1.6 Καταναλωτές.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας.....	30
2.1 Πρόβλεψη ζήτησης	30
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	31
2.3 Διαχείριση ζήτησης	32
2.3.1 Ανάλυση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	32
2.3.2 Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός.....	33
2.3.3 Αγορά Μακροχρόνιας Επάρκειας Ισχύος.....	35
2.4 Έξυπνα δίκτυα (Smart Grids)	36
2.5 Σύγκριση έξυπνων δικτύων με τα συμβατικά	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Βασικές αρχές διαφόρων πολιτικών διαχείρισης ενέργειας	41
3.1 Διαχείριση ζήτησης (Demand Side Management).....	41
3.1.1 Οφέλη διαχείρισης της ζήτησης	44

3.1.2	Εφαρμογές της διαχείρισης ζήτησης	46
3.2	Ενεργειακή Αποδοτικότητα.....	48
3.3	Απόκριση Ζήτησης (Demand Response)	49
3.4	Ολοκληρωμένη διαχείριση ζήτησης (Demand Side Integration) ...	52
3.5	Προγράμματα διαχείρισης ζήτησης.....	54
3.5.1	Στις Η.Π.Α.....	54
3.5.2	Στην Ευρώπη	55
3.6	Ενσωμάτωση της διαχείρισης ζήτησης στην Ελλάδα	58
3.6.1	Προοπτικές και οφέλη ενσωμάτωσης.....	58
3.6.2	Προβλήματα ενσωμάτωσης.....	59
3.6.3	Βήματα διαδικασίας ενσωμάτωσης.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συστήματα απόκρισης ζήτησης (Demand response)		63
4.1	Η έννοια της απόκρισης ζήτησης.....	63
4.2	Τεχνικές απόκρισης ζήτησης.....	66
4.2.1	Προγράμματα βασισμένα στην τιμή	67
4.2.2	Προγράμματα βασισμένα στα κίνητρα	72
4.3	Συνεργασία απόκρισης ζήτησης και ενεργειακής αποδοτικότητας	74
4.4	Απαιτούμενες τεχνικές προδιαγραφές προγραμμάτων.....	78
4.5	Έξυπνοι μετρητές	79
4.5.1	Ορισμός	79
4.5.2	Βασικά στοιχεία.....	81
4.5.3	Υφιστάμενη τεχνολογία έξυπνων μετρητών	82
4.5.4	Βασικές προδιαγραφές έξυπνων μετρητών	83
4.5.5	Πλεονεκτήματα Έξυπνων Μετρητικών Συστημάτων	84
4.5.6	Έρευνα σχετικά με τους έξυπνους μετρητές.....	84
4.6	Αποτίμηση κόστους προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εφαρμογή της απόκρισης ζήτησης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.....		88
5.1	Εισαγωγή.....	88
5.2	Προγράμματα απόκρισης ζήτησης.....	88
5.2.1	Για εμπορικούς καταναλωτές.....	88

5.2.2	Για βιομηχανικούς καταναλωτές.....	89
5.2.3	Για πολύ μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές	90
5.3	Παραδείγματα από το διεθνή χώρο.....	91
5.4	Μελέτη επίδρασης απόκρισης ζήτησης σε χώρες της Ε.Ε.	94
5.5	Οφέλη προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης	95
5.5.1	Για τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας	98
5.5.2	Για την αξιοπιστία.....	98
5.5.3	Για τους καταναλωτές.....	99
5.5.4	Για την κοινωνία	99
5.5.5	Σε βραχυπρόθεσμη βάση	99
5.5.6	Σε μακροπρόθεσμη βάση	100
5.5.7	Για την επίδοση της αγοράς	100
5.5.8	Για το περιβάλλον	101
Συμπεράσματα.....		102
Μελλοντικές προοπτικές		103
Βιβλιογραφία.....		105

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1: Λειτουργία απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (www.allaboutenergy.gr)	13
Εικόνα 1.2: Φωτογραφία Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου στη Δυτική Μακεδονία (energypress.gr).....	26
Εικόνα 1.3: Φωτογραφία υδροηλεκτρικού σταθμού Λάδωνα (energypress.gr)	26
Εικόνα 1.4: Φωτογραφία αιολικού πάρκου στη Λέσβο (energypress.gr)	27
Εικόνα 1.5: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ στην Ελλάδα, στόχος έτους 2020 (www.investgreece.gov.gr)	28
Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση των κυρίων μερών και των διασυνδέσεων ενός έξυπνου δικτύου (Vanfretti et al. 2014)	38
Εικόνα 2.2: Εξέλιξη της δομής και μελλοντική διάρθρωση των έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (International Energy Agency 2011).....	40
Εικόνα 3.1: Αποτόπωση των διαφόρων τρόπων μεταβολής της καμπύλης φορτίου (Kiliccote et al., 2005).....	42
Εικόνα 3.2: Προφίλ ζήτησης διαφόρων μεθόδων της Διαχείρισης Ζήτησης (Kiliccote et al., 2006)	44
Εικόνα 3.3: Διάφορες έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές που ελέγχονται μέσω εφαρμογής κινητού (Vanfretti L. et al, 2014)	48
Εικόνα 3.4: Χρήση έξυπνων μετρητών για τη διαχείριση απόκρισης ζήτησης (Ruilong D. et al., 2015)	50
Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση διαγράμματος συσχέτισης της τιμής και της παραγωγής ενέργειας (FERC, 2012)	51
Εικόνα 3.6: Στρατηγικές DSI αναφορικά με την αλλαγή μορφής του φορτίου (αριστερά) και του επιπέδου ζήτησης (δεξιά) (Strbac Goran, 2008).....	54
Εικόνα 3.7: Σχηματική απεικόνιση των βασικών βημάτων για την ενσωμάτωση του DSM στην Ελλάδα (Παναπακίδης Ι., 2012).....	61
Εικόνα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση Απόκρισης Ζήτησης (Shen Bo, 2013).....	64
Εικόνα 4.2: Εννοιολογική σκοπιά της αποτελεσματικότητας και της ανταπόκρισης στη ζήτηση (Siano P., 2014).....	65
Εικόνα 4.3: Βασικές κατηγορίες των συνηθέστερων προγραμμάτων Απόκρισης Ζήτησης (Shariatzadeh Farshid, 2015)	67
Εικόνα 4.4: Πρόγραμμα κοστολόγησης σύμφωνα με το χρόνο χρήσης στο Οντάριο του Καναδά (Vardakas J. et al., 2015).....	69

Εικόνα 4.5: Παράδειγμα τιμολόγησης πραγματικού χρόνου (Hussain Ijaz, 2015)	70
Εικόνα 4.6: Παράδειγμα τιμολόγησης μέγιστου φορτίου (Charles River Associates, 2005)	71
Εικόνα 4.7: Κατηγοριοποίηση προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης (Cappers Peter, 2009)	72
Εικόνα 4.8: Η διαχρονική μεταβολή των διαφόρων επιλογών επίτευξης στόχων της Διαχείρισης Ζήτησης με την πάροδο των ετών (Goldman Charles, 2010)	74
Εικόνα 4.9: Σχεδιασμός και Προγραμματισμός συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (Goldman Charles, 2010)	76
Εικόνα 4.10: Ο ρόλος της ενεργειακής αποδοτικότητας και απόκρισης ζήτησης στον προγραμματισμό των Σ.Η.Ε (Goldman Charles, 2010)	77
Εικόνα 4.11: Σχηματική αναπαράσταση ενός σύγχρονου ολοκληρωμένου συστήματος με χρήση έξυπνων μετρητών (https://www.intechopen.com/)	80
Εικόνα 4.12: Ένας σύγχρονος έξυπνος μετρητής διαθέσιμος στο εμπόριο (http://emfsafetynetwork.org)	80
Εικόνα 4.13: Παρουσίαση της διεπαφής ενός έξυπνου μετρητή (www.esma-home.eu)	82
Εικόνα 4.14: Σχηματική αναπαράσταση ενός έξυπνου δικτύου σε μια οικιακή εφαρμογή με χρήση των αντίστοιχων μετρητών (FERC, 2012)	83
Εικόνα 5.1: California ISO ένας από τους ανεξάρτητους διαχειριστές συστήματος στην Αμερική (http://www.caiso.com)	91
Εικόνα 5.2: Συνολική παρουσίαση της συνεισφοράς των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης στις αγορές των Η.Π.Α. (Shariatzadeh F., 2015)	93
Εικόνα 5.3: Πρόβλεψη της επίδρασης του DR στις 15 χώρες της ΕΕ-έως το 2020 (US Energy Information Administration, 2014)	95
Εικόνα 5.4: Σχηματική αναπαράσταση του σχεδιασμού Σ.Η.Ε. σε χρονική κλίμακα και με βάση τη λήψη αποφάσεων (Deng Ruilong et al., 2015)	96
Εικόνα 5.5: Επίδραση της απόκρισης ζήτησης στη συνολική λειτουργία ενός Σ.Η.Ε. (Deng Ruilong et al., 2015)	97
Εικόνα 5.6: Επίπτωση της απόκρισης ζήτησης στην τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας (Charles River Associates, 2005)	98

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

1.1 Η ηλεκτρική ενέργεια ως κοινωνικό αγαθό

Η Ενέργεια είναι μια από τις κύριες ιδιότητες της ύλης και απαραίτητος όρος για την ύπαρξη και την ανάπτυξη της ζωής. Εκδηλώνεται με διάφορες μορφές (κίνηση, θερμότητα, ηλεκτρισμός, φως κ.α.) και γίνεται αντιληπτή στην τεχνολογία όταν μεταφέρεται από ένα φυσικό σύστημα σ' ένα άλλο ή όταν μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη. Ειδικότερα όμως η ηλεκτρική ενέργεια, αποτελεί τη βάση της οικονομίας και της σύγχρονης διαβίωσης. Έχει αποδειχθεί ότι παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της οικονομίας και της κοινωνίας σε όλες τις χώρες του κόσμου. Σ' αυτήν στηρίζονται η βιομηχανία, η επιστημονική έρευνα, οι τηλεπικοινωνίες, ο τομέας των υπηρεσιών, η θέρμανση και ο κλιματισμός των κατοικιών και άλλων χώρων. (Schwaller & Gilberti, 1999)

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας θα πρέπει να τροφοδοτούν τους καταναλωτές συνεχώς και με αξιοπιστία, καθώς η διακοπή της τροφοδότησης μπορεί να επιφέρει πολύ σημαντικές ζημιές. Εξάλλου, ο ηλεκτρισμός σαν αγαθό, έχει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία δε μπορούν να αγνοηθούν κατά τη μελέτη των σύγχρονων απελευθερωμένων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας. Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- ✓ Δεν υπάρχει υποκατάστατο της ηλεκτρικής ενέργειας σαν αγαθό και γι' αυτό το λόγο οποιαδήποτε διακοπή της συνεχούς παροχής της έχει σημαντικό αντίκτυπο στην οικονομία, στη δημόσια υγεία και στην εθνική ασφάλεια.
- ✓ Η αδυναμία αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρισμού, τουλάχιστον με το υπάρχον τεχνολογικό επίπεδο, έχει ως αποτέλεσμα την αναγκαστική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας τη στιγμή που απαιτείται για την κατανάλωση.
- ✓ Ο ηλεκτρισμός είναι ομοιογενές προϊόν που σημαίνει ότι έχει τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά (όπως τάση και συχνότητα) για όλους τους καταναλωτές ανεξάρτητα της μονάδας παραγωγής από την οποία προήλθε. Έτσι, ο ανταγωνισμός μεταξύ των παραγωγών περιορίζεται μόνο στο επίπεδο τιμής των προϊόντων.

Η παραγωγή και η ορθολογική κατανομή ενέργειας είναι, επομένως, ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει κάθε χώρα όσον αφορά την οικονομική της ανάπτυξη και τη βελτίωση του επιπέδου ζωής των κατοίκων της, με αποτέλεσμα η ενεργειακή πολιτική – που περιλαμβάνει συνοπτικά την εξασφάλιση, την εξοικονόμηση και τη διάθεση της ενέργειας να αποτελεί το πρώτιστο μέλημα των κυβερνήσεων. Η κυρίαρχη τάση της τελευταίας εικοσαετίας είναι η επινόηση τεχνικών βελτιώσεων, όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας και την παραγωγή της με λιγότερο περιβαλλοντικό κόστος. (Schwaller & Gilberti,1999)

1.2 Αρχή της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας

Η απελευθέρωση της ευρωπαϊκής και ελληνικής αγοράς ενέργειας καθώς και η ενεργειακή κρίση, έχουν οδηγήσει στην ανάγκη ορθής χρήσης της διαχείρισης ενέργειας με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας αλλά και τη προστασία του περιβάλλοντος καθώς επίσης και της μείωσης των ρύπων. Ταυτόχρονα η ολοένα αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση και η ραγδαία μείωση της διαθεσιμότητας των συμβατικών καυσίμων, οδηγεί στην ανάγκη λύσης του ζητήματος της ικανοποίησης των αναγκών των καταναλωτών, αποφεύγοντας όμως τη κατασκευή νέων συμβατικών μονάδων παραγωγής και επέκτασης των δικτύων μεταφοράς.

Η επένδυση σε νέες συμβατικές μονάδες παραγωγής είναι μία ακριβή λύση του προβλήματος τόσο για τις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού όσο και για τους καταναλωτές, οι οποίοι θα επιβαρυνθούν από αυτή την επένδυση μέσω της αύξησης των τιμολογίων της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης αυτή η λύση όχι μόνο θα αποτρέψει την Ευρωπαϊκή Ένωση από το στόχο της για μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων CO₂ αλλά θα την οδηγήσει και σε αύξηση των εκπομπών.

Κατά συνέπεια το πλήρες άνοιγμα των αγορών ενέργειας αποτελεί κεντρικό παράγοντα για τη βελτίωση της ευρωπαϊκής ανταγωνιστικότητας και για την ευημερία των πολιτών της. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η πλέον σημαντική δευτερογενής πηγή ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους τομείς της οικονομίας στην Ευρώπη, με ετήσια παραγωγή περίπου 3.000 TWh (3.000 δισεκατομμύρια κιλοβατώρες) και συνολικό ετήσιο κύκλο εργασιών περίπου 150 δισεκατομμύρια ευρώ.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ολοκλήρωσε τη διαδικασία απελευθέρωσης των αγορών ενέργειας το 2003 με την έκδοση νέας οδηγίας σχετικά με την απελευθέρωση

της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά σε πολλές χώρες τεράστια πρώην μονοπώλια κυριαρχούν ακόμη στους κλάδους της ηλεκτρικής ενέργειας, διατηρώντας τις τιμές σε υψηλά επίπεδα και καθιστώντας δύσκολη την είσοδο νέων εταιρειών.

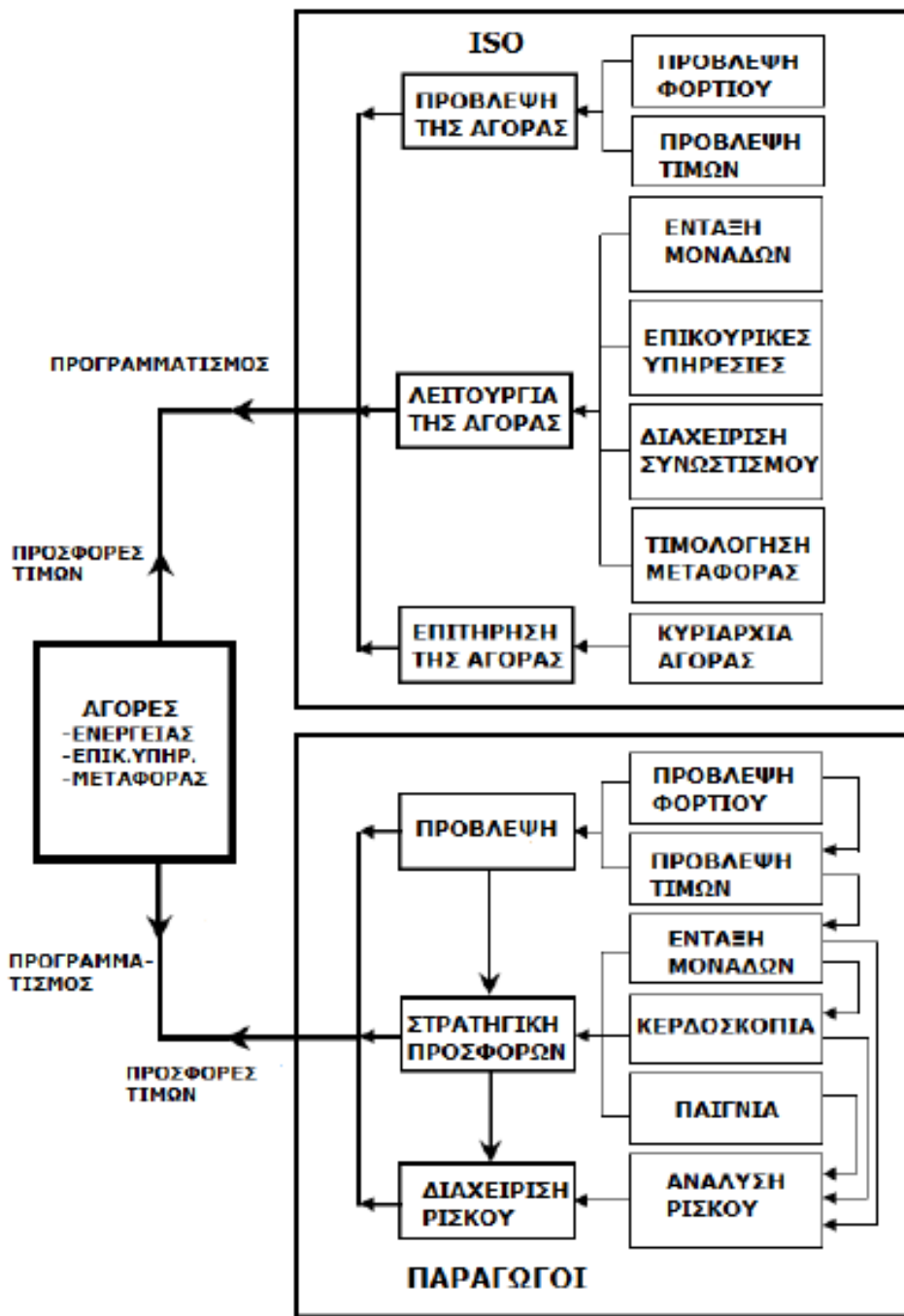
Η μέχρι τώρα καθετοποιημένη δομή της βιομηχανίας εξελίσσεται σε μια κατανομημένη και ανταγωνιστική μορφή όπου οι κινητήριιοι μοχλοί της αγοράς της ενέργειας προσβλέπουν στο μειωμένο κόστος παραγωγής και διάθεσης του ηλεκτρισμού. Το μονοπωλιακό καθεστώς της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας περιορίζει την ορθολογική λήψη αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό και την επέκταση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, δεν οδηγεί σε βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων και συνήθως η λήψη αποφάσεων επηρεάζεται από την εξυπηρέτηση πολιτικών συμφερόντων. Η απελευθέρωση της αγοράς έθεσε σαν προϋποθέσεις την “αποσύνθεση” της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Εστιάζει στον περιορισμό της κρατικής παρέμβασης στη λειτουργία των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας αλλά και της ιδιοκτησίας αυτών καθώς και στην εισαγωγή ανταγωνισμού μέσω της εδραίωσης της χονδρεμπορικής (wholesale) και της λιανεμπορικής (retail) αγοράς. Επίσης, προϋποθέσεις αποτελεί ο έλεγχος των δικτύων μεταφοράς και διανομής από ανεξάρτητες υπηρεσίες διαχείρισης και η δυνατότητα της ενεργής συμμετοχής των καταναλωτών στην αγορά. (Shahidehpour et al. 2002)

Η αναδιάρθρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αφορά κυρίως στο διαχωρισμό του ανταγωνιστικού τομέα της παραγωγής από τα παραδοσιακά μονοπώλια των δικτύων μεταφοράς και διανομής. Ο αποτελεσματικός διαχωρισμός της παραγωγής από τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντικός καθώς έτσι αποφεύγονται φαινόμενα μη ανταγωνιστικής συμπεριφοράς και διασφαλίζεται η πρόσβαση άλλων επιχειρήσεων στον τομέα της μεταφοράς. Επίσης, με τον οριζόντιο διαχωρισμό των επιχειρήσεων μειώνεται η συγκέντρωση του ελέγχου της αγοράς σε λίγες επιχειρήσεις και ενθαρρύνεται ο ανταγωνισμός. Η προϋπόθεση αυτή είναι απαραίτητη ώστε να διευκολυνθεί ο ανταγωνισμός σε βραχυχρόνιο επίπεδο και να ενθαρρυνθεί η είσοδος νέων επιχειρήσεων μακροπρόθεσμα. Σε αντίθετη περίπτωση, οι εταιρείες παραγωγής δεν έχουν κίνητρο να δραστηριοποιηθούν στην αγορά. Επιπρόσθετα, η εδραίωση αγορών χονδρικής και λιανικής πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη για την απελευθέρωση της αγοράς. Αν και οι μεγάλοι καταναλωτές όπως οι βιομηχανίες έχουν ήδη επωφεληθεί από τον ανταγωνισμό σε επίπεδο χονδρικής πώλησης, οι οικιακοί καταναλωτές δεν απολαμβάνουν ακόμη τα οφέλη από τη λιανική πώληση. (Defeuilley 2009)

Ο ρόλος των ρυθμιστικών αρχών σε κάθε χώρα είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τη διατήρηση του ανταγωνισμού και η επιβολή ρυθμίσεων και ελέγχου από τις

αρμόδιες ρυθμιστικές αρχές πρέπει να προηγείται της απελευθέρωσης. Ανάμεσα στα καθήκοντα των ρυθμιστικών αρχών συγκαταλέγεται ο έλεγχος διασφάλισης της ελεύθερης και χωρίς διακρίσεις πρόσβασης των επιχειρήσεων παραγωγής στα δίκτυα διανομής και μεταφοράς. Δεδομένου ότι περίπου το 1/3 της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται κυρίως από τη χρέωση για διανομή και μεταφορά, οι ρυθμιστικές αρχές πρέπει να ορίζουν ένα μοντέλο καθορισμού τιμής για τις υπηρεσίες αυτές. Τέλος, η ιδιωτικοποίηση των επιχειρήσεων έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας και την μείωση του λειτουργικού κόστους των επιχειρήσεων, αφού αντικειμενικός σκοπός τους είναι η μεγιστοποίηση του κέρδους. (Shahidehpour et al. 2002)

Η Εικόνα 1.1 παρουσιάζει ένα σχηματικό διάγραμμα με τη λειτουργία της απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.



Εικόνα 1.1: Λειτουργία απελευθερωμένης αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (www.allaboutenergy.gr)

1.2.1 Θέσπιση ενεργειακών στόχων

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την κλιματική και ενεργειακή πολιτική με στόχο την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και την αύξηση της ενεργειακής ασφάλειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενισχύοντας παράλληλα την ανταγωνιστικότητα της και την

μετατροπή της σε μια ιδιαίτερα αποδοτική από ενεργειακή άποψη οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα

Οι απαιτήσεις που υιοθετήθηκαν από τους αρχηγούς κρατών και κυβερνήσεων αφορούσαν:

- ✓ Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 20% κάτω από τα επίπεδα του 1990.
- ✓ 20% της κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές.
- ✓ Μείωση κατά 20% στη χρήση πρωτογενούς ενέργειας σε σύγκριση με τα προβλεπόμενα επίπεδα μέσω τη βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης.

Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι ευρέως γνωστές ως στόχοι 2020.

Επομένως εξαιτίας της ανάγκης αποφυγής μίας ενεργειακής κρίσης άλλα και της επίτευξης των στόχων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι τεχνολογίες της εξοικονόμησης ενέργειας καλούνται να διαδραματίσουν ένα σημαντικό ρόλο. Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν και πρέπει να εφαρμοστούν τόσο στους βιομηχανικούς όσο και στους εμπορικούς και οικιακούς καταναλωτές.

1.3 Διεθνή μοντέλα αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Οι αγορές διαμορφώνονται μέσω ενός συνδυασμού των διάφορων δομών αγορών που υπάρχουν. Οι βασικές δομές που συναντώνται είναι δύο, η κοινοπραξία ισχύος (Power Pool) και το χρηματιστήριο ενέργειας (Power Exchange), οι οποίες θα περιγραφούν συνοπτικά ακολούθως.

➤ Κοινοπραξία – Pool

Η κοινοπραξία είναι μία δομή κατά την οποία συναλλάσσονται ποσά ενέργειας, η οποία μπορεί να έχει υποχρεωτικό είτε εθελοντικό χαρακτήρα. Οι παραγωγοί και οι προμηθευτές καταθέτουν τις προσφορές τους, ενώ ο Λειτουργός της Αγοράς εκτελεί βελτιστοποίηση του πλεονάσματος της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας λαμβάνοντας υπ' όψιν όλους τους τεχνικούς περιορισμούς των μονάδων παραγωγής και τους λειτουργικούς περιορισμούς του συστήματος μεταφοράς. (Stoft 2002)

➤ Χρηματιστήριο Ενέργειας – Power Exchange

Τα χρηματιστήρια ενέργειας είναι αγορές στις οποίες (όπως και στις κοινοπραξίες) παραγωγοί και καταναλωτές πραγματοποιούν προσφορές αγοράς και πώλησης ενέργειας. Με τη βοήθεια μιας αναλυτικής μεθόδου και μέσω της καμπύλης διάρκειας φορτίου και της καμπύλης διάρκειας τιμής βρίσκουμε τις ώρες λειτουργίας κάθε μονάδας με βάση το μεταβλητό κόστος της αντίστοιχης τεχνολογίας. Δεν λαμβάνονται υπ' όψιν οι τεχνικοί περιορισμοί των μονάδων παραγωγής και οι λειτουργικοί περιορισμοί του συστήματος μεταφοράς. (Stoft 2002)

Γενικά, τα χρηματιστήρια ενέργειας καθορίζουν την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός μηχανισμού δημοπρασιών και αντιστοιχίσεων προσφορών πώλησης



των παραγωγών και προσφορών αγοράς των καταναλωτών, κι έτσι προκύπτει μια τιμή ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Στο χρηματιστήριο ενέργειας συνήθως συναντάται η μορφή της ημερήσιας αγοράς (dayahead) με δημοπρασίες για κάθε μία ώρα από τις 24 ώρες της κάθε ημέρας, ή δημοπρασίες κάθε 30 λεπτών, όπως συμβαίνει στο Ηνωμένο Βασίλειο. (Stoft 2002)

Πέρα από τις δύο βασικές δομές αγορών υπάρχουν και οι διμερείς συμβάσεις, που αποτελούν έναν ακόμη τρόπο συναλλαγών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας.

➤ Διμερείς Συμβάσεις – Bilateral Contracts

Μία διμερής σύμβαση είναι μία συμφωνία μεταξύ δύο μερών για την ανταλλαγή ηλεκτρικής ενέργειας κάτω από συγκεκριμένους όρους και προϋποθέσεις, όπως η ποσότητα της συνδιαλεγόμενης ενέργειας, ο χρόνος διάρκειας της παροχής αυτής και η συμφωνημένη σταθερή τιμή, χωρίς την ανάγκη κάποιας κοινοπραξίας ή χρηματιστηριακών αγορών.

Στις διμερείς συμβάσεις οι αγοραστές και οι πωλητές διαπραγματεύονται ενέργεια, είτε με τρόπο άμεσο, ή μέσω κάποιου χρηματιστή, ο οποίος αναλαμβάνει να φέρει σε συμφωνία τις δύο μεριές (με κάποια προμήθεια).

Το κύριο πλεονέκτημα μιας διμερούς σύμβασης είναι ότι και τα δύο μέρη, ο παραγωγός δηλαδή και ο καταναλωτής, παραμένουν ικανοποιημένοι έχοντας συμφωνήσει σε μία προκαθορισμένη τιμή. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένα σχετικός βαθμός ρίσκου σε συμβάσεις τέτοιου τύπου. Εάν η τιμή της αγοράς είναι πιο υψηλή από αυτήν που έχει συμφωνηθεί στη σύμβαση, τότε ο παραγωγός έχει μειωμένο όφελος σε σύγκριση με αυτό που θα μπορούσε να έχει εάν είχε συμμετάσχει στην αγορά/κοινοπραξία. Στην

περίπτωση αυτή όμως ο καταναλωτής είναι αυτός που έχει όφελος, καθώς θα πληρώσει λιγότερο για την ηλεκτρική ενέργεια που του παρέχεται.

Από την άλλη μεριά, εάν η μέση τιμή της αγοράς είναι μικρότερη από αυτήν που έχει συμφωνηθεί στα πλαίσια της σύμβασης, τότε ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να πληρώσει την τιμή που έχει συμφωνηθεί στη σύμβαση, η οποία θα είναι υψηλότερη της τιμής που θα έπρεπε να πληρώσει εάν είχε συμμετάσχει στην αγορά. (Stoft 2002)

Υπάρχουν δύο (2) είδη διμερών συμβάσεων, η φυσική διμερής σύμβαση και η οικονομική διμερής σύμβαση, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

a. Φυσική Διμερής Σύμβαση

Σε αυτόν τον τύπο σύμβασης, αγοραστές και πωλητές δημιουργούν εμπορικές σχέσεις μεταξύ τους, είτε με τρόπο άμεσο είτε μέσω κάποιου αντιπροσώπου. Το χαρακτηριστικό αυτού του τύπου σύμβασης είναι ο σημαντικό ρόλος του προγραμματισμού των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που προκύπτει. Κατά τη διάρκεια ισχύος της σύμβασης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, ο παραγωγός εξασφαλίζει την έγχυση ισχύος στο σύστημα από τους σταθμούς παραγωγής τους για ένα προκαθορισμένο πλάνο παραγωγής. Η μεριά του αγοραστή της ηλεκτρικής ενέργειας οφείλει να κατευθύνει την ποσότητα ενέργειας που έχει συμφωνηθεί ανάλογα με την κατανάλωση που εκπροσωπεί. Ο διαχειριστής του συστήματος αξιολογεί την εφικτότητα της εκάστοτε συναλλαγής και καθορίζει τις υπηρεσίες του δικτύου που απαιτούνται για την τεχνική πραγματοποίηση της φυσικής διμερούς σύμβασης που έχει ζητηθεί. Τέλος, χρησιμοποιώντας καθορισμένες μεθοδολογίες υπολογίζεται το κόστος (διόδια) για αυτήν τη διμερή συναλλαγή. (Stoft 2002)

β. Οικονομική Διμερής Σύμβαση

Αναλόγως με την προηγούμενη κατηγορία, οι οικονομικές διμερείς συμβάσεις είναι προϊόντα ελεύθερης εμπορικής συναλλαγής μεταξύ πωλητή και αγοραστή, με τρόπο είτε άμεσο, είτε μέσω κάποιου broker μεσάζοντα. Ωστόσο, όσον αφορά στο διαχειριστή του συστήματος, οι οικονομικές διμερείς συμβάσεις δεν επηρεάζουν τον προγραμματισμό των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς αυτοί έχουν σαν σκοπό τη διαχείριση, σύμφωνα με διάφορες στρατηγικές της αγοράς του ρίσκου της μελλοντικής διακύμανσης τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. (Κυριακίδης Ι. 2009)

Στην περίπτωση της Ισπανικής αγοράς ενέργειας αυτού του τύπου οι συμβάσεις ονομάζονται **Συμβόλαια Διαφορών** (Contratos por Diferencias). Τα συμβόλαια αυτά λειτουργούν παράλληλα με την κεντρική αγορά. Με αυτά τα συμβόλαια οι παίκτες που συμμετέχουν στην αγορά συμφωνούν σε μία συγκεκριμένη τιμή αγοράς/πώλησης για μία συγκεκριμένη περίοδο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, και για συγκεκριμένη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια, τα δύο μέρη συμμετέχουν στην κεντρική αγορά ακριβώς όπως οι υπόλοιποι συμμετέχοντες. Η τιμή που έχει συμφωνηθεί παραμένει σταθερή και κατά τη λήξη του συμβολαίου συγκρίνεται η τιμή που έχει συμφωνηθεί με την τιμή της κεντρικής αγοράς και αν η πρώτη είναι υψηλότερη από την τιμή της αγοράς τότε ο αγοραστής πληρώνει στον πωλητή την διαφορά αυτή, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ο πωλητής πληρώνει στον αγοραστή αυτή τη διαφορά. Ένα συμβόλαιο διαφοράς μπορεί να περιγραφεί ως ένας συνδυασμός δικαιώματος αγοράς και δικαιώματος πώλησης με την ίδια τιμή εξάσκησης. (Κυριακίδης Ι., 2009)

1.4 Βασικές οντότητες της αγοράς ενέργειας

Οι σημαντικότεροι παράγοντες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι παραγωγοί και οι προμηθευτές.

Ως παραγωγοί χαρακτηρίζονται όλοι όσοι κατέχουν άδεια από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στους προμηθευτές ανήκουν οι έμποροι, οι ιδιώτες και η Δ.Ε.Η. οι οποίοι προμηθεύουν με ενέργεια τους επιλέγοντες πελάτες του Συστήματος, έπειτα από σύναψη εμπορικών συμβολαίων. Στην περίπτωση των μη επιλεγόντων πελατών, το ρόλο του προμηθευτή τον αναλαμβάνει αποκλειστικά η Δ.Ε.Η..

Επίσης, σημαντικό ρόλο στην σύγχρονη απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδος, παίζουν οι εξής 4 εταιρείες:

- ❖ Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Η.Ε.)
- ❖ Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Λ.ΑΓ.Η.Ε.)
- ❖ Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.)
- ❖ Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.)

1.4.1 Ανεξάρτητος Διαχειριστής μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ)

Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) Α.Ε. συστάθηκε σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). (www.admie.gr)



Ο ΑΔΜΗΕ έχει σαν αποστολή τη διασφάλιση του εφοδιασμού της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο.

Πιο συγκεκριμένα τα βασικότερα καθήκοντα του ΑΔΜΗΕ είναι:

- ❖ να διασφαλίζει ότι η μακροχρόνια ικανότητα του Συστήματος ανταποκρίνεται σε εύλογες ανάγκες για μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, υπό οικονομικά βιώσιμες συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος.
- ❖ να παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) με το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (Κώδικας Διαχείρισης ΕΣΜΗΕ).
- ❖ να διαχειρίζεται τις ροές ηλεκτρικής ενέργειας στο Σύστημα, συνεκτιμώντας τις ανταλλαγές με άλλα διασυνδεδεμένα συστήματα μεταφοράς.
- ❖ να μεριμνά για την ασφαλή, αξιόπιστη και αποδοτική λειτουργία του Συστήματος, διασφαλίζοντας, μεταξύ άλλων, τη διαθεσιμότητα των αναγκαίων επικουρικών υπηρεσιών.
- ❖ να καταρτίζει πρόγραμμα κατανομής των μονάδων παραγωγής που συνδέονται με το Σύστημα, τη χρήση των διασυνδέσεων με άλλα συστήματα μεταφοράς και να κατανέμει το φορτίο ηλεκτρικής

ενέργειας στις διαθέσιμες εγκαταστάσεις παραγωγής σε πραγματικό χρόνο.

- ❖ να παρέχει επαρκείς πληροφορίες στους Διαχειριστές άλλων Συστημάτων μεταφοράς και δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, με τα οποία συνδέεται το Σύστημα, με σκοπό την ασφαλή και αποδοτική λειτουργία, καθώς και τη συντονισμένη ανάπτυξη και τη διαλειτουργικότητα του Συστήματος και των παραπάνω συστημάτων και δικτύων.
- ❖ να παρέχει τις υπηρεσίες του με βάση αντικειμενικά κριτήρια, ώστε να αποτρέπεται κάθε διάκριση μεταξύ των Χρηστών ή των κατηγοριών Χρηστών του Συστήματος και ιδίως κάθε διάκριση υπέρ των συνδεδεμένων με αυτόν επιχειρήσεων.
- ❖ να εισπράττει τα τέλη πρόσβασης στο Σύστημα, σύμφωνα με το άρθρο 13 του Κανονισμού (ΕΚ) 714/2009.
- ❖ να δημοσιεύει όλα τα εγκεκριμένα από τη ΡΑΕ τιμολόγια με τα οποία χρεώνει τους Χρήστες του Συστήματος.
- ❖ να εκπονεί σε ετήσια βάση, κατόπιν διαβούλευσης με όλους τους υφιστάμενους και μελλοντικούς Χρήστες του ΕΣΜΗΕ, Δεκαετές Πρόγραμμα Ανάπτυξης του ΕΣΜΗΕ (Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας).
- ❖ να υπολογίζει την οριακή τιμή αποκλίσεων και να διευθετεί τις εκκαθαρίσεις των αποκλίσεων παραγωγής-ζήτησης.
- ❖ να προσφέρει συμβουλευτικές υπηρεσίες τεχνικής φύσεως σε θέματα της αρμοδιότητάς του σε διαχειριστές ή κυρίους συστημάτων μεταφοράς έναντι αμοιβής, καθώς και να συμμετέχει σε ερευνητικά προγράμματα, καθώς και σε προγράμματα χρηματοδοτούμενα από την Ε.Ε., εφόσον δεν παρακωλύεται η άρτια εκτέλεση των καθηκόντων του. (www.admie.gr)

1.4.2 Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ)

Ο Λειτουργός της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας ΑΕ (ΛΑΓΗΕ ΑΕ) εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου 4001/2011 και τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό.

Στο πλαίσιο του σκοπού του, ο Λειτουργός της Αγοράς ασκεί, κυρίως, τις ακόλουθες αρμοδιότητες (www.lagie.gr) :



- ❖ Διενεργεί τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό, ως εξής:
 - ➔ προγραμματίζει τις εγχύσεις ηλεκτρικής ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ, καθώς και τις απορροφήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε αυτό, κατά τα προβλεπόμενα στον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
 - ➔ υπολογίζει την Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ).
 - ➔ εκκαθαρίζει τις συναλλαγές στο πλαίσιο του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού.
- ❖ Τηρεί ειδικό Μητρώο Συμμετεχόντων στην Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας και εγγράφει τους Συμμετέχοντες, σύμφωνα με τις ειδικότερες διατάξεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας, παρέχοντας στους συμμετέχοντες τις απαραίτητες πληροφορίες και αποφεύγοντας κάθε διάκριση κατά την παροχή των υπηρεσιών του.
- ❖ Συμμετέχει σε κοινές επιχειρήσεις, ιδίως με διαχειριστές συστημάτων μεταφοράς, καθώς και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενέργειας και άλλους ανάλογους φορείς, με στόχο τη δημιουργία περιφερειακών αγορών στο πλαίσιο της εσωτερικής αγοράς ενέργειας.
- ❖ Εισπράττει από τους Συμμετέχοντες τέλη για τη διαχείριση και λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, σύμφωνα με τις ειδικότερες προβλέψεις του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- ❖ Συμμετέχει σε ενώσεις, οργανώσεις ή εταιρείες, μέλη των οποίων είναι λειτουργοί αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και χρηματιστήρια ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες έχουν σκοπό την επεξεργασία και διαμόρφωση κανόνων κοινής δράσης που συντείνουν, στο πλαίσιο της κοινοτικής νομοθεσίας, στη δημιουργία ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- ❖ Συνάπτει συμβάσεις πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα προβλεπόμενα στο άρθρο 12 του ν. 3468/2006 που παράγονται από εγκαταστάσεις ΑΠΕ ή ΣΗΘΥΑ, εφόσον οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας συνδέονται στο Σύστημα είτε απευθείας είτε μέσω του Δικτύου, και καταβάλλει τις πληρωμές που προβλέπονται στις συμβάσεις αυτές.

Κατά την εκτέλεση των καθηκόντων του, ο Λειτουργός της Αγοράς διευκολύνει κατά κύριο λόγο την ολοκλήρωση της ενιαίας εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και για το σκοπό αυτόν αναλαμβάνει κάθε αναγκαία ενέργεια, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων που του ανατίθενται με τον νόμο 4001/2011, προκειμένου να διασφαλίζεται η εφαρμογή των προβλέψεων του Κανονισμού 714/2009, της Οδηγίας 72/2009 και όλων των σχετικών κατευθύνσεων και αποφάσεων που εκδίδονται από τα αρμόδια όργανα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

1.4.3 Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ)

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), η οποία συγκροτήθηκε τον Ιούλιο του 2000, αποτελεί ανεξάρτητη διοικητική αρχή, στην οποία έχει ανατεθεί η



παρακολούθηση της αγοράς ενέργειας, τόσο στην Ελληνική αγορά όσο και σε σχέση με τις ξένες αγορές ενέργειας, και ιδίως με αυτές με τις οποίες διασυνδέεται. Αρχικά, η ΡΑΕ είχε κυρίως γνωμοδοτικές αρμοδιότητες, πλην όμως, σε συμμόρφωση με τις κοινοτικές επιταγές και τις ανάγκες της ενεργειακής αγοράς, με σειρά άλλων νομοθετικών διατάξεων, της δόθηκαν πλείονες αποφασιστικές αρμοδιότητες.

Θεμελιώδεις στόχοι είναι η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού της Χώρας, η προστασία του περιβάλλοντος στο πλαίσιο και των διεθνών υποχρεώσεων της Χώρας, η ενίσχυση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας της εθνικής οικονομίας και η ισόρροπη περιφερειακή ανάπτυξη.

Ειδικότερα, η ΡΑΕ έχει γνωμοδοτική αρμοδιότητα στη χορήγηση αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, με τον δε πρόσφατο νόμο 3851/2010, η ΡΑΕ έχει αποφασιστική αρμοδιότητα για τη χορήγηση αδειών από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Είναι υπεύθυνη να παρακολουθεί τη διασφάλιση πρόσβασης τρίτων στο δίκτυο της χώρας, τη λειτουργία του διασυνδεδετικού εμπορίου εισαγωγών και εξαγωγών, καθώς και για τον έλεγχο του ότι η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας – όπως αυτή λειτουργεί μέσω του ΛΑΓΗΕ και ΑΔΜΗΕ λειτουργεί ομαλά.

Στην ίδια βάση, γνωμοδοτεί για τη χορήγηση αδειών για τη προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, πάντα με πρώτο γνώμονα τη προστασία του

καταναλωτή. Στο πλαίσιο αυτό, παρακολουθεί την ανάπτυξη και τήρηση κανόνων υγιούς ανταγωνισμού και προστασίας του καταναλωτή και, σε συνεργασία με συναρμόδιους φορείς, δύναται να εκκινήσει διαδικασίες επιβολής κυρώσεων, όταν διαπιστώνεται ότι οι εν λόγω ειδικότερες διατάξεις παραβιάζονται.

Στον τομέα του φυσικού αερίου, η Αρχή πέραν της παρακολούθησης της τήρησης των υγιών κανόνων ανταγωνισμού, γνωμοδοτεί – μεταξύ άλλων για τη χορήγηση αδειών προμήθειας, διαχείρισης και κυριότητας ανεξάρτητων συστημάτων φυσικού αερίου. Με πρόσφατες νομοθετικές ρυθμίσεις, η ΡΑΕ είναι αρμόδια και για τη διασύνδεση του ελληνικού συστήματος φυσικού αερίου με άλλες χώρες, καθώς και για τον τρόπο δυνατότητας ανάπτυξης αυτού, σε συνεργασία με τους αντίστοιχους ρυθμιστές.

Η παρακολούθηση της τιμολόγησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και η αρμοδιότητα της ΡΑΕ είτε να θεσπίσει αρχές και κανόνες, είτε να γνωμοδοτήσει σχετικά, συνιστά μείζονος σημασίας αρμοδιότητα, η άσκηση της οποίας προϋποθέτει σφαιρική και βέβαιη αντίληψη των δεδομένων που επικρατούν στην αγορά. Στο ίδιο πλαίσιο, η αρμοδιότητα της Αρχής για οριοθέτηση των ΥΚΩ (Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας) και Κοινωνικού Τιμολογίου (ΚΟΤ), για παρακολούθηση των τιμολογίων τόσο στον τομέα του ηλεκτρισμού όσο και του φυσικού αερίου, καθίσταται μείζονος σημασίας.

Επιπλέον η ΡΑΕ αναλαμβάνει διεθνείς συνεργασίες τόσο με τις χώρες των Βαλκανίων όσο και με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου συντελούνται μεγάλες θεσμικές αλλαγές με στόχο την ενιαία ανταγωνιστική εσωτερική αγορά ενέργειας (www.rae.gr).

1.4.4 Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)

Ο όμιλος της Δ.Ε.Η. αποτελείται από τις ακόλουθες επιχειρήσεις: Δ.Ε.Η Α.Ε., Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. Α.Ε., Α.Δ.Μ.Η.Ε. Α.Ε. και Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες Α.Ε. (www.dei.gr).

Δ.Ε.Η Α.Ε

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρεία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, με περισσότερους από 7,5 εκατομμύρια πελάτες. Η ΔΕΗ Α.Ε. ιδρύθηκε το 1950, ενώ από 12.12.2001 έχει εισαχθεί στα Χρηματιστήρια Αξιών Αθηνών και Λονδίνου. Έχει στην ιδιοκτησία της το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και τα δίκτυα Διανομής. Η ΔΕΗ διαθέτει πολύ μεγάλη

υποδομή σε εγκαταστάσεις ορυχείων λιγνίτη, παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει ηγετική θέση ως εταιρεία κοινής ωφέλειας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα.

Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής της ΔΕΗ το 2014 ανήλθε σε 12,5 GW, καλύπτοντας το 84% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας. Μέσω της «ΔΕΗ Ανανεώσιμες», 100% θυγατρικής εταιρείας της ΔΕΗ, με εγκατεστημένη ισχύ 123 MW, με χαρτοφυλάκιο έργων υπό ανάπτυξη ισχύος 150W και ένα σημαντικό αριθμό νέων έργων, ο Όμιλος της ΔΕΗ στοχεύει να κατακτήσει την ηγετική θέση στο χώρο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην Ελλάδα μέσω της ανάπτυξης έργων ισχύος άνω 1.000 MW και με συνολικές επενδύσεις ύψους άνω των 2 δις. ευρώ συνολικά έως το 2015.

Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. Α.Ε.

Η ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας) συστάθηκε με την απόσχιση του κλάδου Διανομής της ΔΕΗ Α.Ε. σύμφωνα με το Ν. 4001/2011 και σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2009/72/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του Διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής. Είναι κατά 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε., ωστόσο είναι ανεξάρτητη λειτουργικά και διοικητικά, τηρώντας όλες τις απαιτήσεις ανεξαρτησίας που ενσωματώνονται στο παραπάνω νομικό πλαίσιο. Έργο της εταιρείας είναι η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα και η διασφάλιση της διαφανούς και αμερόληπτης πρόσβασης των καταναλωτών και γενικότερα όλων των χρηστών του δικτύου. Στοχεύει στην αξιόπιστη τροφοδοσία των Πελατών, στην ποιότητα της τάσης του ρεύματος και στη διαρκή βελτίωση της ποιότητας εξυπηρέτησης.

Δ.Ε.Η. Ανανεώσιμες Α.Ε.

Η καύση των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία (άρα και στην ηλεκτροπαραγωγή) συνεπάγεται σημαντική ρύπανση που επί δεκαετίες επιβαρύνει το περιβάλλον οδηγώντας στην παγκόσμια υπερθέρμανση (global overwarming), τη ραγδαία αύξηση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου (greenhouse gases) και την όξινη βροχή που αυξάνει την οξύτητα του φλοιού της γης και ανατρέπει την χημική ισορροπία των ποταμών και των λιμνών.

Παράλληλα η άνοδος της τιμής του πετρελαίου λόγω των απαντών πετρελαϊκών κρίσεων κατά τη δεκαετία του 1970, έστρεψαν το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας στις «ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» (ΑΠΕ) ή -

«ήπιες μορφές ενέργειας». Σε αυτές περιλαμβάνονται η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η υδραυλική ενέργεια, η γεωθερμία, η βιομάζα η ενέργεια των κυμάτων και η ενέργεια των ωκεανών.

Οι παραπάνω πηγές ενέργειας καλούνται «ανανεώσιμες» διότι, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα, οι ποσότητές τους δεν είναι πεπερασμένες, αλλά πρακτικά ανεξάντλητες, αφού θα υπάρχουν για όσο χρονικό διάστημα θα είναι βιώσιμος ο πλανήτης μας. Καλούνται επίσης «ήπιες», διότι η εκμετάλλευσή τους δεν είναι ρυπογόνα, αφού δεν προϋποθέτει κάποιου είδους εξόρυξη ή χημική επεξεργασία ή καύση. Επομένως η σταδιακή αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων από τις ΑΠΕ θεωρείται καταλύτης για τον περιορισμό των παγκοσμίων περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. ως 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε. έχει παραλάβει τη σκυτάλη της διαχείρισης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) από τη μητρική εταιρεία, με στόχο την όσο δυνατόν μεγαλύτερη ανάπτυξη του κλάδου. Με 125 MW εγκατεστημένης ισχύος σε αιολικά πάρκα, μικρά υδροηλεκτρικά και φωτοβολταϊκά και ένα πλήθος έργων υπό κατασκευή, μελέτη και ανάπτυξη σε διάφορες φάσεις, φιλοδοξεί να αποκτήσει μία ηγετική θέση στον κλάδο των ΑΠΕ στη χώρα μας. (www.dei.gr)

1.4.5 Σύγκριση της κατάστασης πριν και μετά την απελευθέρωση

Για το μεγαλύτερο μέρος του 20^{ου} αιώνα, η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν καθετοποιημένη, δηλαδή η επιχείρηση παρήγαγε την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτούσε απευθείας τους καταναλωτές, μεταφέροντας την ενέργεια από τις μονάδες παραγωγής στα φορτία, ενώ άλλες υπηρεσίες ήταν υπεύθυνες μόνο για την πώληση και διανομή της ενέργειας στα φορτία, αγοράζοντας με τη σειρά τους την ηλεκτρική ενέργεια από άλλες επιχειρήσεις παραγωγής. Η πώληση της ηλεκτρικής ενέργειας υπήρξε υπόθεση μονοπωλίων, μέχρι προσφάτως.

Το μοντέλο αυτό, στον κλάδο της ενέργειας, συνεισέφερε σημαντικά στην άμεση πρόσβαση στα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, στη σταδιακή ενσωμάτωση όλων των νοικοκυριών στα ηλεκτρικά δίκτυα, παρουσιάζοντας διπλασιασμό προσφοράς και ζήτησης κάθε οχτώ με δέκα χρόνια, ενώ, σε συνδυασμό με την τεχνολογική ανάπτυξη, βελτιώθηκε σημαντικά η αξιοπιστία των συστημάτων παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, όμως, αρκετοί οικονομολόγοι, υπέρμαχοι του οικονομικού φιλελευθερισμού, της μείωσης του κρατισμού και του περιορισμού των κρατικών παρεμβάσεων, έθεσαν τις βάσεις της

συζήτησης περί απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, αμφισβητώντας το μονοπωλιακό μοντέλο και τη δυνατότητα επιβίωσής του. Οι βασικοί ισχυρισμοί της θέσης υπέρ της απελευθέρωσης ήταν ότι το μοντέλο προωθούσε αχρειαστές επενδύσεις κεφαλαίων, ότι μεταβίβαζε τα κόστη των σφαλμάτων των ιδιωτικών μονοπωλίων στον τελικό καταναλωτή και ότι το αντίστοιχο δημόσιο ή κρατικό μονοπώλιο συνδέονταν άρρηκτα με το κράτος, η εκάστοτε κυβέρνηση του οποίου το εκμεταλλεύονταν, αποτρέποντας την επιχείρηση ηλεκτρισμού να λειτουργήσει ομαλά και να αποταμιεύσει τα απαιτούμενα για τις μελλοντικές επενδύσεις κεφάλαια.

Παράλληλα, οι οικονομολόγοι αυτοί υποστήριξαν ότι ο ανταγωνισμός θα διατηρούσε τις τιμές της ενέργειας σε πιο χαμηλά επίπεδα και θα ενίσχυε την οικονομία. Η απελευθέρωση της ενεργειακής αγοράς βασίστηκε στην υπόθεση ότι ο ανταγωνισμός θα μειώσει τα κόστη των νοικοκυριών για την αγορά ενέργειας, ενώ οι επιχειρήσεις θα επέλεγαν διαφορετικές τεχνολογίες για τις επιμέρους διαδικασίες παραγωγής, μεταφοράς ή διανομής της ενέργειας, αποδεσμεύοντας τους τελικούς καταναλωτές από επιβαρύνσεις λόγω λανθασμένων επενδύσεων και σφαλμάτων.

Σημαντική τροχοπέδη στη διαδικασία απελευθέρωσης της συγκεκριμένης αγοράς υπήρξε μια ειδοποιός διαφορά της ενέργειας από τα υπόλοιπα εμπορεύματα: η δυσκολία αποθήκευσης ή αποθεματοποίησης των μονάδων ηλεκτρικής ενέργειας, παρά την τεχνολογική ανάπτυξη του αντικειμένου της ηλεκτρικής αποθήκευσης και της μικροπαραγωγής. Κατ' αυτήν την έννοια, η διανομή ενέργειας οφείλει να είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παραγωγή και, αντίστοιχα, οι εταιρείες διανομής με τις εταιρείες παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. (Λαμπρίδης Δ.,2006)

1.5 Μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και σαν βιομηχανία μετασχηματισμού. Μεγάλες γεννήτριες άλλες φορές καταναλώνουν καύσιμα όπως είναι το κάρβουνο, το φυσικό αέριο, το ενισχυμένο ουράνιο των πυρηνικών σταθμών και άλλες φορές χρησιμοποιούν μεθόδους όπως είναι η βαρύτητα, στην περίπτωση των ποταμών από μεγάλες λίμνες που βρίσκονται ορεινά, και η δύναμη των ανέμων για να παράγουν ενέργεια που θα διοχετεύσουν υψηλής τάσης δίκτυα. Εταιρίες marketing και διανομείς παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια από τα δίκτυα, την μοιράζουν σε διανομείς με μικρότερη τάση και την πουλούν σε βιομηχανικούς και απλούς πελάτες διαχειριζόμενοι μόνο το μέτρημα και την τιμολόγηση.

Ο διαχειριστής του δικτύου είναι υπεύθυνος να διατηρεί τις ισορροπίες, σχετικά με τις ποσότητες που εισέρχονται σε αυτό, και να εξασφαλίζει την αποφυγή συμφόρησης του συστήματος. Διατηρεί το λογισμικό του συστήματος που επιτρέπει στους εμπόρους να ανταλλάσσουν ηλεκτρική ενέργεια στο υψηλής τάσης δίκτυο, το οποίο είναι και το φυσικό περιβάλλον του χονδρικού εμπορίου. Γενικότερα, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής ενέργειας καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία κατάλληλων υποδομών που θα μπορούν να στηρίζουν τα δίκτυα αυτά. (www.allaboutenergy.gr)

- **Θερμικοί σταθμοί**



Εικόνα 1.2: Φωτογραφία Α.Η.Σ. Αγίου Δημητρίου στη Δυτική Μακεδονία (energypress.gr)

- **Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί**



Εικόνα 1.3: Φωτογραφία υδροηλεκτρικού σταθμού Λάδωνα (energypress.gr)

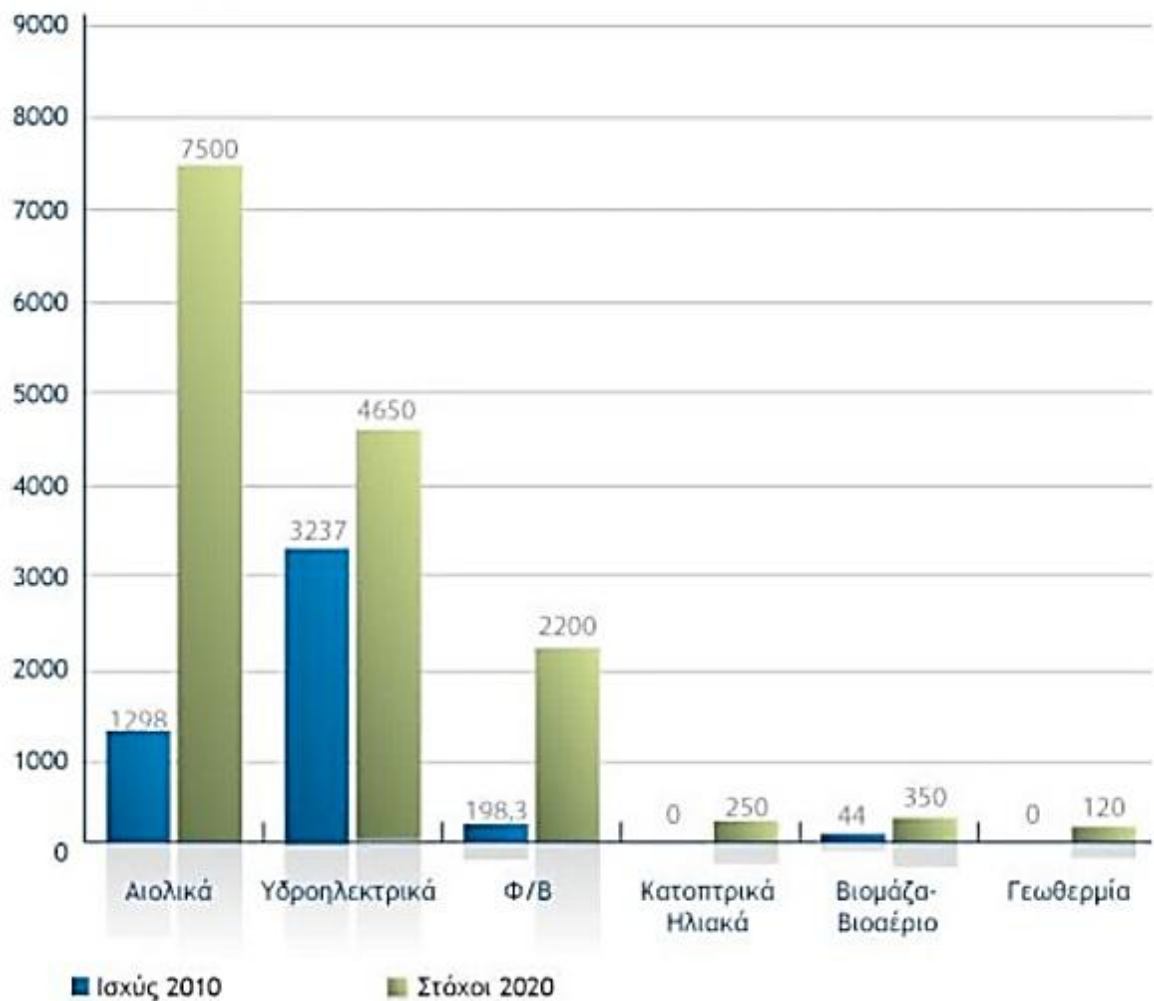
- ΑΠΕ



Εικόνα 1.4: Φωτογραφία αιολικού πάρκου στη Λέσβο (energypress.gr)

Η ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40% συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή (Εικόνα 1.5), 20% σε ανάγκες θέρμανσης ψύξης και 10 % στις μεταφορές.

Επιπρόσθετα, σε σχέση με την εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) η Ελλάδα έχει ήδη καταρτίσει το πρώτο σχέδιο δράσης ενεργειακής αποδοτικότητας όπου προβλέπεται 9% εξοικονόμηση ενέργειας στην τελική κατανάλωση μέχρι το έτος 2016 σύμφωνα και με την οδηγία 2006/32/ΕΚ, ενώ πρόσφατα και με τον Νόμο 3855/2010, ο οποίος προστίθεται και στον κανονισμό που αφορά την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων ΚΕΝΑΚ, προχωρά στην ανάπτυξη μηχανισμών της αγοράς και εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων και πολιτικών που αποσκοπούν στην επίτευξη του συγκεκριμένου εθνικού στόχου για εξοικονόμηση ενέργειας.



Εικόνα 1.5: Εξέλιξη εγκατεστημένης ισχύος ΑΠΕ στην Ελλάδα, στόχος έτους 2020 (www.investgreece.gov.gr)

Συγκεκριμένα οι εθνικοί στόχοι για το 2020, αναμένεται να ικανοποιηθούν για τη μεν ηλεκτροπαραγωγή με την ανάπτυξη περίπου 13300MW από ΑΠΕ (από περίπου 4000MW σήμερα), όπου συμμετέχουν το σύνολο των τεχνολογιών με προεξέχουσες τα αιολικά πάρκα με 7500MW, υδροηλεκτρικά με 3000MW και τα ηλιακά με περίπου 2500MW, ενώ για τη θέρμανση και ψύξη με την ανάπτυξη των αντλιών θερμότητας, των θερμικών ηλιακών συστημάτων, αλλά και των εφαρμογών βιομάζας. (www.allaboutenergy.gr) (www.investgreece.gov.gr)

1.6 Καταναλωτές

Πρόκειται για κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο του οποίου η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση έχει συνδεθεί με τις εγκαταστάσεις διανομής και μπορεί να τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα μέσω αυτών, για την κάλυψη των αναγκών του. Οι καταναλωτές διακρίνονται σε: (www.rae.gr)

(α) *μεμονωμένους*, οι οποίοι διαθέτουν ένα ακίνητο με ένα μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας και υποβάλλουν μία αίτηση ηλεκτροδότησης,

(β) *συστάδες*, οι οποίοι υποβάλλουν μια κοινή αίτηση για την ηλεκτροδότηση περισσότερων από ένα ακινήτων με ισάριθμους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Οι συστάδες διακρίνονται:

(β1) σε *μεμονωμένους καταναλωτές*, στους οποίους συμπεριλαμβάνονται μεμονωμένα ακίνητα, τα οποία καταλαμβάνουν κάποια εδαφική έκταση, με την προϋπόθεση ότι κανένα από τα κτίσματα δεν απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 200 (m) από το πλησιέστερο των υπολοίπων κτισμάτων της συστάδας και

(β2) σε *πολυκατοικίες*, στις οποίες τοποθετούνται περισσότεροι από ένας μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδότηση ισάριθμων καταναλωτών, η αίτηση δε ηλεκτροδότησης υποβάλλεται συνήθως στη ΔΕΗ από τον κατασκευαστή της πολυκατοικίας. (www.dei.gr)

2.1 Πρόβλεψη ζήτησης

Η ενέργεια είναι σημαντικό και απαραίτητο αγαθό και για το λόγο αυτό η προσφορά ενέργειας πρέπει να καλύπτει τη ζήτησή της. Επειδή τόσο η ζήτηση όσο και η προσφορά ενέργειας αφορούν το μέλλον, πρέπει η δυναμικότητα της προσφοράς να υπερβαίνει την προβλεπόμενη ζήτηση. Η περίσσεια ενέργειας ονομάζεται περιθώριο εφεδρείας και παίζει σημαντικό ρόλο για την αξιοπιστία του συστήματος. Από την άλλη πλευρά, ένα πολύ μεγάλο περιθώριο εφεδρείας προκύπτει από λανθασμένη εκτίμηση πρόβλεψης, οι οποία οδήγησε σε επενδύσεις υπερβολικά μεγάλης δυναμικότητας.

Λόγω του ότι οι επενδύσεις στην ενέργεια έχουν μεγάλο χρόνο κατασκευής και μεγάλη διάρκεια ζωής, ο προγραμματισμός τους βασίζεται πάντοτε στην πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας, ενώ τυχόν λάθος έχει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις. Η πρόβλεψη της ζήτησης ενέργειας περιλαμβάνει και την ανάλυση των πολιτικών ή των μέτρων με τα οποία μπορεί η ζήτηση να επηρεασθεί, δηλαδή να μετριάζεται η αύξησή της ή και να μειωθεί.

Η ζήτηση ενέργειας ικανοποιεί ανάγκες διαβίωσης, θέρμανσης, μεταφορών και παραγωγής, ενώ σε αντίθεση με την παραγωγή ενέργειας, αφορά χιλιάδες καταναλωτές. Η κατανάλωση ενέργειας χαρακτηρίζεται από σημαντική ανομοιογένεια, διότι είναι μια κατηγορία που περιλαμβάνει βιομηχανίες, μεταφορές, κατοικίες, κτίρια του τριτογενούς τομέα κ.λπ.. (Κάπρος Π.,2006)

Παραγωγοί χαρακτηρίζονται όλοι οι κάτοχοι άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως έχουν εγκριθεί από τη Ρυθμιστική Αρχή, σύμφωνα με τους ισχύοντες νόμους αδειοδότησης ιδιωτών. (www.lagie.gr , www.admie.gr)

Το αρμόδιο υπουργείο, με τη γνωμοδότηση της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας και με βάση τους όρους και τις προϋποθέσεις που υπαγορεύουν οι διατάξεις του νόμου 2773/99, αποδέχεται ή απορρίπτει τις αιτήσεις για χορήγηση αδειών παραγωγής. Κατόπιν έγκρισης, οι εταιρείες αποκτούν τη δυνατότητα κατασκευής και λειτουργίας μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Από τη λήψη άδειας παραγωγής εξαιρούνται οι εξής σταθμοί:

- Σταθμοί που εγκαθίστανται από το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για λόγους πιστοποίησης ή μετρήσεων.
- Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού ισχύος έως 20 kW.

- Εφεδρικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής ισχύος έως 150 kW, ή 400 kW εφόσον αυτοί εγκαθίστανται σε βιομηχανίες ή βιοτεχνίες.
- Σταθμοί ισχύος έως 2 MW που κατασκευάζονται από ερευνητικούς ή εκπαιδευτικούς φορείς, με σκοπό αποκλειστικά πειραματικό ή εκπαιδευτικό αντίστοιχα. (www.lagie.gr , www.admie.gr)

Προμηθευτές χαρακτηρίζονται οι έμποροι ή ιδιώτες που προμηθεύουν με ενέργεια τους επιλέγοντες καταναλωτές του Συστήματος, κατόπιν σύναψης εμπορικών συμβολαίων. Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού αναλαμβάνει την προμήθεια των μη επιλεγόντων καταναλωτών σε αποκλειστικό επίπεδο. Οι άδειες προμήθειας παρέχονται με αντίστοιχες διαδικασίες όπως και οι άδειες παραγωγής. (Κάπρος Π., 2006)

2.2 Ιστορική αναδρομή

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια πραγματικότητα για πολλές χώρες, με στόχο τη μείωση του κόστους για την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα η υιοθέτηση της πολιτικής αυτής επιτυγχάνει την υιοθέτηση καινοτομίας και την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας. (Teske et al. 2011, Lior 2010)

Η απελευθέρωση της αγοράς ξεκινά με την αλλαγή της πολιτικής τιμολόγησης των καταναλωτών, η οποία θα πρέπει να κινητοποιεί τον καταναλωτή να περιορίσει τη ζήτηση ενέργειας ή να προτιμήσει να την καταναλώσει σε περιόδους υψηλού κόστους παραγωγής. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται μέτρα ώστε η ζήτηση ενέργειας να γίνεται σε χρονικές στιγμές κατά τις οποίες δημιουργείται όφελος για όλους τους εμπλεκόμενους στην αγορά. Γενικά η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας έχει ακολουθήσει διεθνώς την ίδια τάση.

Το 1973, οι τιμές των καυσίμων αυξήθηκαν λόγω της πετρελαϊκής κρίσης με αποτέλεσμα την αναζήτηση τρόπων για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας μέσω πολιτικών αποφάσεων. Η πρώτη προσπάθεια έγινε μέσω των προγραμμάτων ενεργειακής απόδοσης, τα οποία προτιμήθηκαν σε σύγκριση με τη δημιουργία νέων υποδομών. Αυτή ήταν και η πρώτη πρόταση για δυναμικά τιμολόγια χρέωσης (timevarying rates) για μεγάλους εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές, και συγκεκριμένα για τιμολόγια ανά περίοδο χρήσης (timeofuse rates).

Κατά τη δεκαετία του 1980 έγινε προσπάθεια διαμόρφωσης της καμπύλης του φορτίου, μέσω της διαχείρισης των ενεργειακών πόρων. Αυτό οδήγησε στην έννοια του σχεδιασμού του συστήματος ελαχίστου κόστους. Κατά το δεύτερο μισό της δεκαετίας εφαρμόστηκαν προγράμματα διαχείρισης του φορτίου ζήτησης, τα οποία όμως οδήγησαν σε μείωση της κερδοφορίας των εταιριών,

λόγω των χαμηλότερων πωλήσεων. Έτσι, η τιμή του ηλεκτρισμού αυξήθηκε, ενώ αργότερα επιχειρήθηκε η υιοθέτηση τιμολογίων πραγματικού χρόνου (realtime pricing). Κατά τα τέλη της δεκαετίας του 1990, οι ρυθμιστικές αρχές προσπάθησαν να ενισχύσουν τα προγράμματα διαχείρισης φορτίου, εισάγοντας στα τιμολόγια της ηλεκτρικής ενέργειας τη «χρέωση κοινωνικού αγαθού».(Saidel et al. 2003)

Από το 2001 εισάγονται ψηφιακές τεχνολογίες στην αγορά, ενώ σημασία δίνεται στα δυναμικά τιμολόγια και λιγότερο στην ενεργειακή απόδοση. Η δυναμική τιμολόγηση (dynamic pricing) είναι μία μορφή τιμολόγησης όπου είτε είναι άγνωστη η τιμή μίας επερχόμενης περιόδου είτε είναι άγνωστη η διάρκεια μίας περιόδου με γνωστή τιμή. Η τιμολόγηση πραγματικού χρόνου είναι μία μορφή δυναμικής τιμολόγησης. (International Energy Agency 2012, Limaye 2011)

Η εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας δεν επιτυγχάνεται μόνο μέσω της διαχείρισης της ζήτησης φορτίου, αλλά και μέσω της αύξησης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Η μείωση της ενέργειας κατανάλωσης μέσω την αύξηση της απόδοσης είναι ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος για την επίτευξη ασφάλειας εφοδιασμού, προσιτού κόστους των ενεργειακών υπηρεσιών και προστασίας του περιβάλλοντος.

Το «Ενεργειακό Συμβόλαιο» (Energy Contracting) ή «Υπηρεσία Ενεργειακής Απόδοσης» (Energy Efficiency Service) είναι μια ενεργειακή υπηρεσία με στόχο την επικύρωση ενεργειακών αποδοτικών αναπτυξιακών έργων ή επιλογών παραγωγής σε συμφωνία με κάποιο ελαχιστοποιημένο κόστος. Στην τυπική περίπτωση, ένα ESCO ενεργεί ως ο ανάδοχος για την σύναψη και την εκτέλεση του ενεργειακού συμβολαίου. Το ESCO παρέχει είτε ποσά ενέργειας είτε πακέτα εξοικονόμησης στον πελάτη. Ο τελικός στόχος είναι η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών υπό προκαθορισμένα οικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια. Η βιομηχανία των ESCO είναι ταχέως αναπτυσσόμενη, ειδικά στις Η.Π.Α. (International Energy Agency 2012, Limaye et al. 2011)

2.3 Διαχείριση Ζήτησης

2.3.1 Ανάλυση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Το νέο μοντέλο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα περιλαμβάνει δύο τύπους αγορών:

- τη χονδρεμπορική αγορά του Ημερησίου Ενεργειακού Προγραμματισμού
- την αγορά μακροχρόνιας επάρκειας ισχύος (ή αγορά εξασφάλισης ισχύος) (www.lagie.gr)

2.3.2 Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός

Ο Λ.Α.Γ.Η.Ε. εκτελώντας τον ημερήσιο ενεργειακό προγραμματισμό, καθορίζει τη λειτουργία κάθε μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που συμμετέχει στο σύστημα, καθώς και των εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας από ξένα δίκτυα. Σκοπός του είναι να καλυφθεί η ζήτηση ενέργειας για κάθε περίοδο κατανομής της επόμενης ημέρας κατανομής, παράλληλα με τη μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους και την εξασφάλιση της βραχυχρόνιας εφεδρείας του συστήματος.

Μέσω του ημερησίου ενεργειακού προγραμματισμού επιτυγχάνεται ο βέλτιστος συνδυασμός των θερμικών και υδροηλεκτρικών μονάδων, των μονάδων Α.Π.Ε. καθώς και των εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας για την κάλυψη του ζητούμενου φορτίου και των εξαγωγών, καθώς και την εξασφάλιση απαιτούμενης εφεδρείας.

Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται οι καθημερινές ανάγκες των καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια. Η κάλυψη των εφεδρειών ενέργειας εξασφαλίζει την ποιότητα της ενέργειας και την αξιοπιστία του συστήματος, δηλαδή στη διατήρηση της κατάλληλης τάσης και συχνότητας του παραγόμενου ηλεκτρικού ρεύματος. Στην αγορά εφεδρειών, οι εγχώριοι παραγωγοί ενέργειας από θερμικές και υδροηλεκτρικές μονάδες προσφέρουν επικουρικές υπηρεσίες, ενώ οι προμηθευτές, οι επιλέγοντες πελάτες και οι εξαγωγείς που προμηθεύονται τις υπηρεσίες αυτές καταβάλλουν το ανάλογο με την ποσότητα που προμηθεύονται ποσό για τις υπηρεσίες αυτές.

Όσον αφορά τη χωροθέτηση των μονάδων παραγωγής προτιμάται η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής κοντά στα κέντρα κατανάλωσης. Με τον τρόπο αυτό οι παραγωγοί της Β. Ελλάδας συμμετέχουν περισσότερο στην ετήσια χρέωση χρήσεως συστήματος και οι παραγωγοί της Ν. Ελλάδας αμείβονται περισσότερο, κατά τις ώρες αιχμής της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το βορρά στο νότο. (Ρεντιζέλας, 2013)

Πρόβλεψη φορτίου

Ο Διαχειριστής του συστήματος εκτελεί την πρόβλεψη φορτίου για την ημέρα κατανομής. Η πρόβλεψη αυτή βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία για τη ζήτηση,

στη στατιστική επεξεργασία τους, καθώς και σε μετεωρολογικά στοιχεία και σε ειδικά γεγονότα που πρόκειται να συμβούν την υπό μελέτη ημέρα και σε προγραμματισμένες περικοπές φορτίου πάνω από 10 MW. (www.admie.gr)



Προσφορές έγχυσης

Το επόμενο βήμα είναι η υποβολή των προσφορών έγχυσης από τους παραγωγούς και τους εισαγωγείς. Οι προσφορές που υποβάλλονται για την έγχυση ενέργειας από μονάδες παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας κι εκείνες που αφορούν στις υποχρεωτικές λειτουργίες των υδροηλεκτρικών σταθμών δεν τιμολογούνται.

Οι κάτοχοι άδειας παραγωγής οφείλουν να υποβάλουν πλήρως δεσμευτική προσφορά έγχυσης χωριστά για κάθε κατανεμόμενη μονάδα για κάθε περίοδο κατανομής, κάθε ημέρας κατανομής και για το σύνολο της ισχύος της Μονάδας. Δεν έχουν δικαίωμα υποβολής προσφοράς έγχυσης οι κάτοχοι άδειας παραγωγής για συμβεβλημένες μονάδες και για μονάδες ψυχρής εφεδρείας. Οι κάτοχοι άδειας προμήθειας και οι αυτοπρομηθευόμενοι οφείλουν να υποβάλουν προσφορά έγχυσης για εισαγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χωριστά για κάθε κόμβο διασύνδεσης.

Κάθε προσφορά έγχυσης πρέπει να υποβάλλεται το νωρίτερο 48 ώρες πριν την υπό μελέτη μέρα κατανομής και το αργότερο μέχρι τη λήξη της προθεσμίας υποβολής. Μέσα στο διάστημα αυτό, η προσφορά μπορεί να αντικατασταθεί ως 5 φορές. Προσφορές έγχυσης που υποβάλλονται μετά τη λήξη της προθεσμίας υποβολής δεν γίνονται δεκτές, ενώ σε περίπτωση μη νόμιμης υποβολής, επισύρονται κυρώσεις. Με βάση τις προσφορές αυτές, ο λειτουργός της αγοράς θα καταρτίσει τον προγραμματισμό.

Κάθε προσφορά που υποβάλλεται πρέπει να περιλαμβάνει το τεχνικό μέγιστο και το τεχνικό ελάχιστο της μονάδας, το χρόνο συγχρονισμού και αποσυγχρονισμού, τους ρυθμούς ανόδου, καθόδου και φόρτισης, την ικανότητα λειτουργικής εφεδρείας και παροχής εφεδρείας όταν η μονάδα βρίσκεται εκτός φορτίου και την ικανότητα επανεκκίνησης έπειτα από γενική διακοπή. (www.rae.gr, Μπακιρτζής, 2010)

Προσφορές εφεδρειών

Ο κάτοχος της άδειας παραγωγής οφείλει να υποβάλει, χωριστά για κάθε Κατανεμόμενη Μονάδα, πλήρως δεσμευτική προσφορά εφεδρειών για κάθε Περίοδο Κατανομής κάθε Ημέρας Κατανομής και για το σύνολο της ικανότητας της Μονάδας για την παροχή Εφεδρείας Πρωτεύουσας Ρύθμισης και Εύρους Δευτερεύουσας Ρύθμισης, σύμφωνα με τα Δηλωμένα Χαρακτηριστικά της. Δεν έχουν δικαίωμα υποβολής Προσφοράς Εφεδρειών οι κάτοχοι άδειας παραγωγής για Συμβεβλημένες Μονάδες και για Μονάδες Ψυχρής Εφεδρείας. (www.admie.gr)

Δηλώσεις φορτίου

Στο στάδιο αυτό προμηθευτές, εξαγωγείς και αυτοπρομηθευόμενοι καταναλωτές υποβάλλουν δηλώσεις φορτίου για την απορρόφηση ή εξαγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό συντάσσεται η πρόβλεψη της ζήτησης του φορτίου που απαιτείται από το Σύστημα την ημέρα κατανομής.

Η συνάρτηση της ζήτησης είναι μη αύξουσα, δηλαδή όσο μειώνεται στον ένα άξονα η τιμή ενέργειας (σε €) τόσο αυξάνεται στον άλλο άξονα η ποσότητα ενέργειας (σε MWh), την οποία είναι πρόθυμος ο Προμηθευτής να αγοράσει (ζεύγη τιμής - ποσότητας ενέργειας). Εάν η ποσότητα της ενέργειας φτάνει κοντά στο 0 (ή ακόμα τέμνει τον άξονα των MWh), τότε κάπου θα συναντήσει την συνάρτηση προσφοράς και στο σημείο αυτό θα επέλθει η ισορροπία.

Η αποδοχή των νομίμως υποβληθέντων Δηλώσεων Φορτίου γίνεται από το Διαχειριστή του Συστήματος εντός προθεσμίας μίας ώρας από την υποβολή τους και το αργότερο μέχρι 30 λεπτά από τη Λήξη της Προθεσμίας Υποβολής, κι οι Δηλώσεις Φορτίου αυτές μέχρι τη Λήξη της Προθεσμίας Υποβολής λαμβάνονται υπόψη από το Διαχειριστή για την κατάρτιση του Προγράμματος ΗΕΠ. (Κάπρος 2006, Ρεντιζέλας 2013, Μπακιρτζής 2010)

Για την κάθε δήλωση πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες τραπεζικές βεβαιώσεις που να πιστοποιούν ότι ο κάθε εκπρόσωπος φορτίου έχει τη δυνατότητα να ανταπεξέλθει στις οικονομικές του υποχρεώσεις.

2.3.3 Αγορά Μακροχρόνιας Επάρκειας Ισχύος

Ο μηχανισμός αυτός στοχεύει στη μείωση του επιχειρηματικού κινδύνου του παραγωγού, αλλά και του προμηθευτή, ο οποίος εξασφαλίζει την ομαλότερη διακύμανση των τιμών στη χονδρεμπορική αγορά, ακριβώς διότι μειώνεται ο βραχυχρόνιος κίνδυνος του παραγωγού. Η ανάγκη για την ύπαρξη και μίας δευτερογενούς αγοράς ισχύος υποδεικνύεται από τους εξής παράγοντες:

Η ηλεκτρική ενέργεια εμπεριέχει διαφορετικά κόστη για τον κάθε παραγωγό και διαφορετική αξία για τον κάθε καταναλωτή. Η διάκριση αυτή όμως δε φαίνεται στη χονδρεμπορική αγορά, γιατί εκεί η τιμή της ενέργειας είναι σταθερή και ίση με την Οριακή Τιμή Συστήματος παντού. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η ύπαρξη μιας δευτερεύουσας αγοράς η οποία θα επιτρέπει τον αποτελεσματικότερο προγραμματισμό των συμμετεχόντων και τη μακροχρόνια εξασφάλιση τους, ως προς την ποιότητα και τη μακροχρόνια τιμή του προϊόντος. Η ύπαρξη φθηνών και αποδοτικών λιγνιτικών μονάδων παραγωγής καθώς και η αυξημένη χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου ως καύσιμο, απαιτούν τη δημιουργία χωριστής αγοράς ισχύος, στην οποία θα αμειβεται η αξιοπιστία της κάθε μονάδας. (Κουσιδης 2009)

Στη μακροχρόνια αγορά ισχύος, κάθε Προμηθευτής, Αυτοπρομηθευόμενος Πελάτης ή Εξαγωγέας υποχρεούται να εξασφαλίζει Συμβάσεις Διαθεσιμότητας Ισχύος με του Παραγωγούς, ικανές να ικανοποιούν τα φορτία των πελατών τους επαυξημένα κατά ένα ποσό εφεδρείας. Οι Παραγωγοί πρέπει να μπορούν να αποδείξουν ότι διαθέτουν την απαραίτητη εγκατεστημένη ισχύ. Τα απαραίτητα πιστοποιητικά ονομάζονται Αποδεικτικά Διαθεσιμότητας Ισχύος.

Για την επίτευξη των στόχων της ενεργειακής πολιτικής απαιτείται να συνδυαστούν τόσο οι μακροχρόνιες αποφάσεις για την εγκατάσταση και τη διαθεσιμότητα ισχύος όσο και οι βραχυχρόνιες για την ορθή κατανομή των πόρων μέσω του Ημερήσιου Ενεργειακού Προγραμματισμού. (Κουσιδης 2009)

2.4 Έξυπνα δίκτυα (Smart Grids)

Στη σημερινή εποχή επιβάλλεται η μετάβαση σε ένα ταχύτερο, πιο έξυπνο ηλεκτρικό δίκτυο, που θα μπορεί να παρέχει καλύτερη ποιότητα ρεύματος με επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης, που θα εξισορροπεί την προσφορά και τη ζήτηση σε πραγματικό χρόνο, εξομαλύνοντας τις αιχμές της ζήτησης, και το οποίο θα καθιστά τους πελάτες ενεργούς συμμετοχούς στην παραγωγή και την κατανάλωση ηλεκτρισμού. (Τσικόγιας Α.)

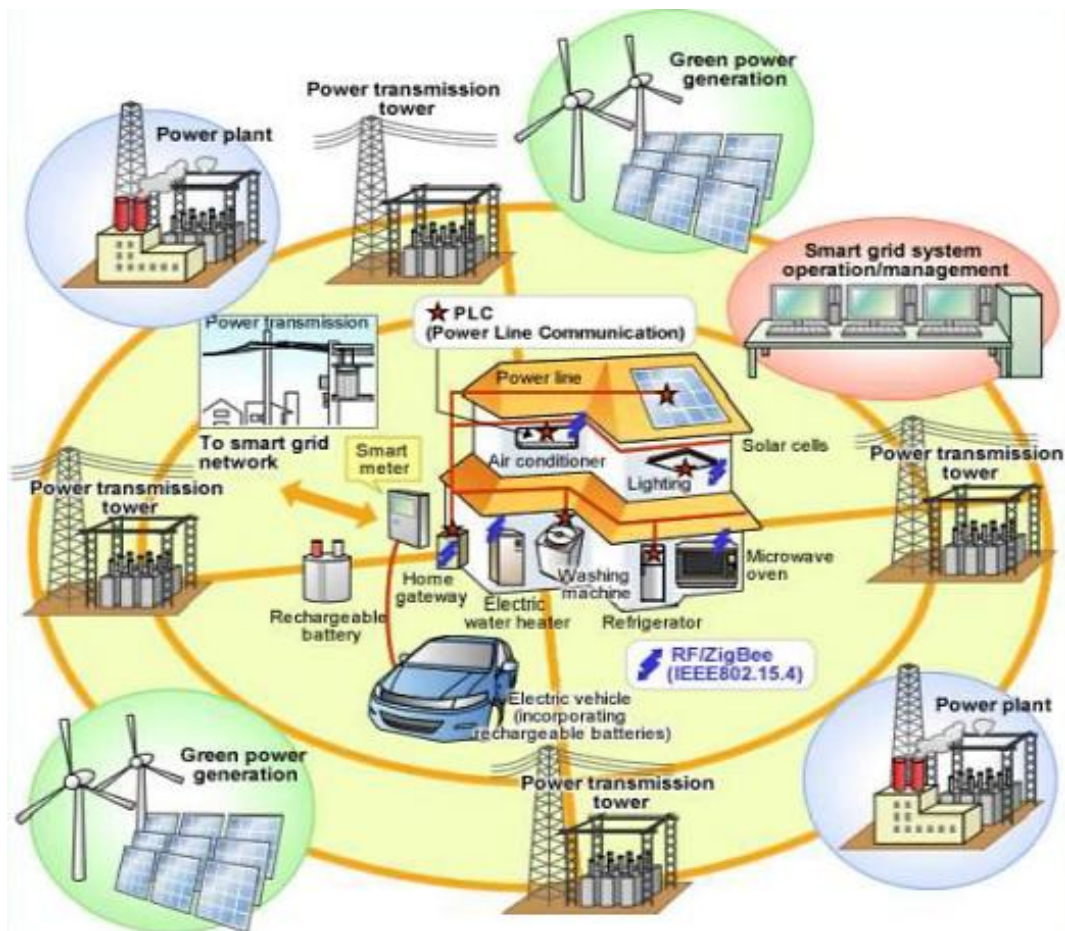
Το έξυπνο δίκτυο επιτρέπει την αποδοτικότερη χρήση της υπάρχουσας εγκατεστημένης ισχύος και της υποδομής μεταφοράς και διανομής ενέργειας, με μείωση των απωλειών στις ηλεκτρικές γραμμές μέσω της χρήσης τοπικής, αποκεντρωμένης ηλεκτροπαραγωγής σε μεγαλύτερο βαθμό. Καθώς αυξάνεται το μερίδιο παραγωγής από ποικίλες ανανεώσιμες πηγές, ένα έξυπνο δίκτυο μπορεί να χειριστεί καλύτερα τις αυξομειώσεις του ρεύματος, όταν ο άνεμος καταλαγιάζει ή τα σύννεφα κρύβουν τον ήλιο. Θα επιτρέψει επίσης στα

ηλεκτρικά οχήματα να αποθηκεύουν ρεύμα για τις μετακινήσεις τους ή να το πωλούν πίσω στο δίκτυο όταν αυτό απαιτείται.

Οι έξυπνες τεχνολογίες – συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων μετρητών, των αυτόματων συστημάτων ελέγχου και των ψηφιακών αισθητήρων– θα δείχνουν στους καταναλωτές την τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο και θα τους επιτρέπουν να εξοικονομούν χρήματα και ενέργεια κλείνοντας ηλεκτρικές συσκευές, συστήματα θέρμανσης και ψύξης ολόκληρων κτιρίων, ή βιομηχανικά φορτία σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές ή όταν η τιμή του ρεύματος ξεπερνά ένα προκαθορισμένο ποσό ή όταν υπάρχει πτώση παραγωγής στις μεγάλες μονάδες αιολικής ενέργειας. (Τσικόγιας Α., Vanfretti et al. 2014)

Μπορούν να βοηθήσουν στη μεταφορά φορτίων σε περιόδους χαμηλής ζήτησης, όταν οι απώλειες των ηλεκτρικών γραμμών είναι μικρότερες και δεν λειτουργούν τα περισσότερο ρυπογόνα και λιγότερο αποδοτικά εργοστάσια. Επίσης, επιτρέπουν στους ελεγκτές του δικτύου να προβλέπουν και να αντιμετωπίζουν άμεσα τα προβλήματα στο δίκτυο. Πιλοτικά προγράμματα έχουν αποδείξει σημαντική εξοικονόμηση για τους καταναλωτές και μειώσεις στη ζήτηση. (Vanfretti et al. 2014)

Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται η δομή, τα κύρια μέρη και οι διασυνδέσεις που απαρτίζουν ένα σύγχρονο Έξυπνο Δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.



Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση των κυρίων μερών και των διασυνδέσεων ενός έξυπνου δικτύου (Vanfretti et al. 2014)

2.5 Σύγκριση έξυπνων δικτύων με τα συμβατικά

Το έξυπνο δίκτυο οδηγεί σε χαμηλότερο κόστος ενέργειας για τους καταναλωτές, καθώς μειώνονται δραστικά οι απώλειες ενέργειας λόγω της μεταφοράς, καθώς η παραγωγή είναι αποκεντρωμένη και τοπική, σε αντίθεση με το συμβατικό δίκτυο όπου η κατανάλωση γίνεται μακριά από την παραγωγή. Οι απώλειες θερμότητας μπορούν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγική διαδικασία. Η καλύτερη κατανομή του φορτίου βοηθά στην αποσυμφόρηση του δικτύου, ενώ μετριάζεται το κόστος για υπηρεσίες καταναλωτών.

Όμως; ένα έξυπνο δίκτυο περιλαμβάνει σημαντικά κόστη υπερβάσεων για την ανάθεση και εγκατάστασή του, τα οποία μπορούν να καλυφθούν μόνο με κρατική επιδότηση. Η οικονομική ανάλυση και αξιολόγηση μιας τέτοιας επένδυσης πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα κόστη αυτά, καθώς μειώνουν το όφελος του καταναλωτή. Επιπλέον κόστος υπάρχει επίσης για την επίτευξη αξιοπιστίας του έξυπνου δικτύου αντίστοιχης με του συμβατικού. (International Energy Agency 2011)

Ομοιότητες

Τα κοινά σημεία της οικονομίας ενός έξυπνου δικτύου με ένα συμβατικό δίκτυο είναι τα ακόλουθα:

- (1) Υιοθέτηση κανόνων οικονομικής λειτουργίας
- (2) Αγορά και πώληση ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικούς χρόνους
- (3) Βέλτιστος συνδυασμός των διαφορετικών τεχνολογικά πηγών,
- (4) Κάλυψη των φορτίων βάσης με μονάδες χαμηλού κόστους παραγωγής, αλλά υψηλού κόστους εγκατάστασης
- (5) Κάλυψη των φορτίων αιχμής με τεχνολογίες χαμηλού κόστους εγκατάστασης, αλλά υψηλού κόστους παραγωγής (International Energy Agency 2011, Vanfretti et al. 2014)

Διαφορές

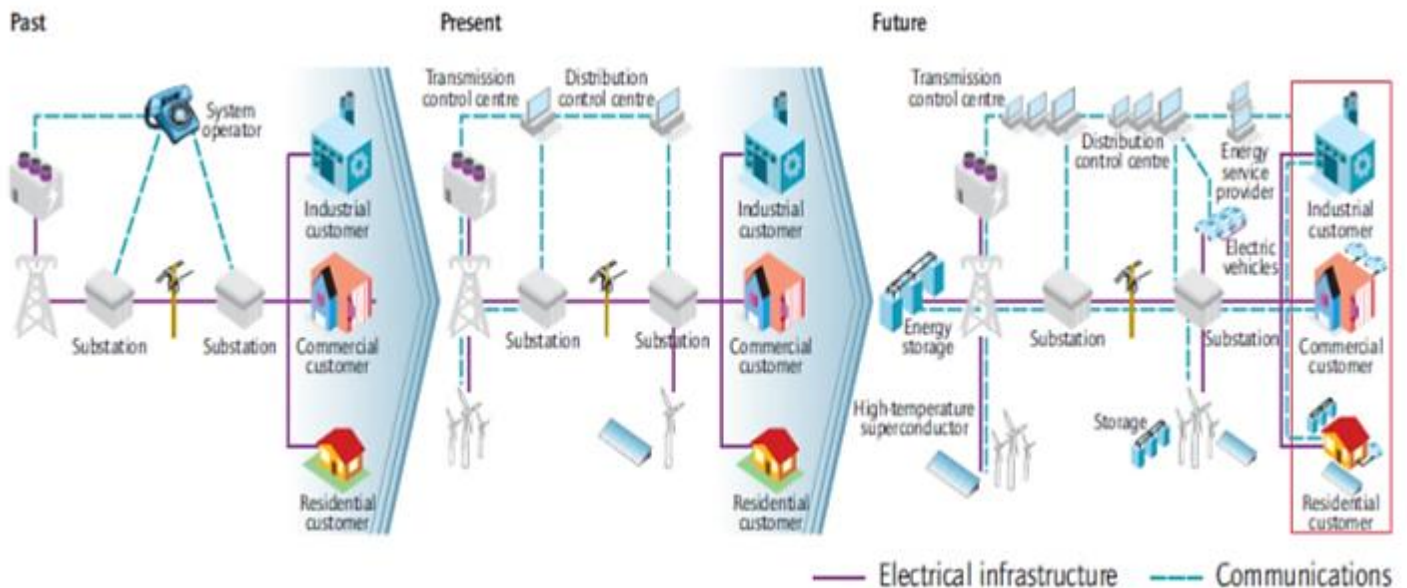
Τα σημεία στα οποία διαφέρει ένα έξυπνο δίκτυο από ένα συμβατικό είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Σημαντικό χαρακτηριστικό του έξυπνου δικτύου είναι η προσαρμοστικότητα και η αυτόματη επιδιόρθωσή του, καθώς έχει τη δυνατότητα ανίχνευσης πιθανών προβλημάτων. Αντιθέτως, στο συμβατικό δίκτυο υπάρχουν δυσλειτουργίες που συχνά καταλήγουν σε εκτεταμένες διακοπές ρεύματος (blackout) ώστε να αποτραπούν περαιτέρω ζημιές.
- ❖ Σε ένα έξυπνο δίκτυο, οι καταναλωτές έχουν πολύ καλύτερη ενημέρωση και ενεργή συμμετοχή στην αγορά εργασίας.
- ❖ Επιπλέον, σε ένα έξυπνο δίκτυο, ακόμη και οι βλάβες που μπορεί να προέλθουν από φυσικές καταστροφές μπορούν γρήγορα να αποκατασταθούν, λόγω της ανθεκτικότητάς του, ενώ το συμβατικό δίκτυο είναι πολύ πιο ευάλωτο.
- ❖ Ένα έξυπνο δίκτυο έχει τη δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πολύ καλύτερης ποιότητας προς τους καταναλωτές, σε αντίθεση με το συμβατικό που εστιάζει στην εξασφάλιση της αδιάλειπτης προσφοράς και όχι στην εξασφάλιση και της απαιτούμενης ποιότητας.
- ❖ Επιπλέον ένα έξυπνο δίκτυο, παρέχει χαμηλότερη τιμή στον καταναλωτή για ενέργεια χαμηλότερης ποιότητας, πράγμα το οποίο δεν είναι εφικτό σε ένα συμβατικό δίκτυο. Η ευρεία εφαρμογή των έξυπνων δικτύων με ελεγχόμενη παραγωγή και δυνατότητα τοπικού ελέγχου, εφεδρεία και αποθήκευση ενέργειας με διαχείριση ζήτησης, μπορεί να εξυπηρετήσει αποτελεσματικά τα ευαίσθητα φορτία με μείωση του κόστους, γιατί σήμερα οι ηλεκτρικές εταιρίες έχουν ομοιόμορφο επίπεδο ποιότητας ισχύος για όλα.

- ❖ Σε ένα έξυπνο δίκτυο, σε αντίθεση με ένα συμβατικό μπορεί να ενσωματώσει πολλές διαφορετικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως Α.Π.Ε., αποκεντρωμένη παραγωγή κ.λπ., καθώς και την αποθήκευση ενέργειας. (International Energy Agency 2011, Vanfretti et al. 2014)

Μελλοντικές δυνατότητες

Η πληροφορική και οι επικοινωνίες, οι στρατηγικές διαχείρισης και απόκρισης ζήτησης (Demand side management/Demand response) καθώς και οι διαδικτυακές υπηρεσίες, αποτελούν εξαιρετικά χρήσιμα εργαλεία για τη βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου. Το έξυπνο δίκτυο αυτό έχει τη δυνατότητα παρακολούθησης των αναγκών των χρηστών, ώστε να συντονίσει τις δυναμικότητες των παραγωγών, των διαχειριστών, των δικτύων και των καταναλωτών. Με τον τρόπο αυτό, καλύπτει τις ανάγκες τους με το χαμηλότερο κόστος και με τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση για το περιβάλλον. Η δυνατότητα ανταλλαγής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους καταναλωτές να ελέγχουν την κατανάλωση τους, να εξοικονομούν ενέργεια και να αποκρίνονται σε αυξημένες τιμές ηλεκτρισμού ή σε κρίσιμα γεγονότα. (Hossain 2013)



Εικόνα 2.2: Εξέλιξη της δομής και μελλοντική διάρθρωση των έξυπνων δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (International Energy Agency 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Βασικές αρχές διαφόρων πολιτικών διαχείρισης ενέργειας

3.1 Διαχείριση Ζήτησης (Demand Side Management)

Το τελευταίο διάστημα η ιδέα της Διαχείρισης της Ζήτησης (Demand Side Management - DSM) κερδίζει ολοένα και περισσότερους υποστηρικτές και συζητείται πιο θερμά η υιοθέτησή της. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στην κατακόρυφη αύξηση της ζήτησης ενέργειας, στην κατασπατάληση των κοιτασμάτων των ορυκτών καυσίμων και του διαθέσιμου υπολοίπου τους, στη σημαντική διακύμανση που εμφανίζονται στην τιμολόγηση των εισαγόμενων καυσίμων, καθώς και στον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχουν οι συμβατικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Δίνοντας έναν ορισμό της Διαχείρισης της Ζήτησης είναι ένα σύνολο στρατηγικών που αφορούν τους καταναλωτές κυρίως ανταγωνιστικών αγορών ενέργειας, που σκοπό έχουν τη διασφάλιση του συστήματος, την αποκόμιση οικονομικού οφέλους καθώς και την ενεργή συνδρομή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Από αυτή τη σκοπιά, η διαχείριση ζήτησης αποβλέπει στη δημιουργία κλίματος συνεργασίας μεταξύ των παρόχων ενέργειας και των καταναλωτών ώστε να υπάρχει ελεγχόμενη ζήτηση ενέργειας, η οποία κατά περιπτώσεις θα είναι δυνατό να μειωθεί προς όφελος τους, του γενικότερου κοινωνικού συνόλου αλλά και του περιβάλλοντος. (International Institute for Energy Conservation, 2006)

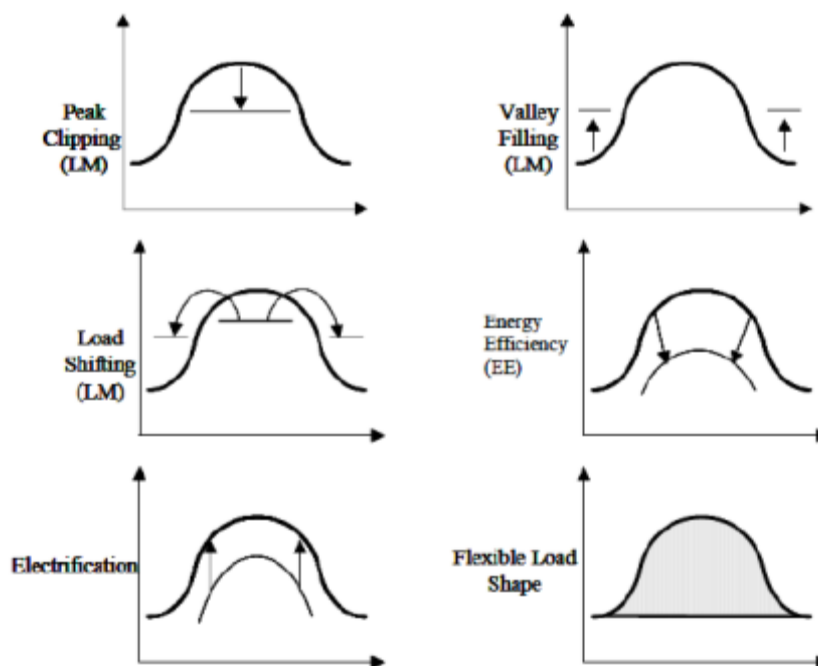
Εξάλλου, η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα διαρκών μεταβαλλόμενο φαινόμενο, αρκετές φορές με ανεξέλεγκτο βαθμό, ενώ επίσης έχει σημαντική διακύμανση με την εποχή (μέγιστη ζήτηση στην Ελλάδα κατά τους θερινούς μήνες). Στο σημείο αυτό λοιπόν πρέπει να επισημανθεί ότι η εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής θα πρέπει να μπορεί να καλύπτει τα μέγιστα φορτία που εμφανίζονται κατά την αιχμή. Σε γενικές γραμμές βέβαια ο συντελεστής χρησιμοποίησης της εγκατεστημένης δυναμικότητας είναι σχετικά χαμηλός, αφού ο μέσος όρος το περισσότερο διάστημα είναι κάτω του ήμισυ, γεγονός που αποτελεί σημαντική βάση για την υιοθέτηση στρατηγικών διαχείρισης ζήτησης. Μια από τις βασικές ενέργειες της διαχείρισης είναι ότι μπορεί να μετατοπίζει το φορτίο σε περιόδους εκτός των μεγίστων, να μειώνει τις απαιτήσεις εκ νέου παραγωγής ενέργειας και να αυξάνει το βαθμό απόδοσής της.

Σημαντικός αρωγός στην ανάπτυξη και εν τέλει ενσωμάτωση των πολιτικών Διαχείρισης της Ζήτησης είναι η διαρκής εξέλιξη των πληροφοριακών

συστημάτων, των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, αλλά και η κατασκευή Έξυπνων Δικτύων. Ως αποτέλεσμα η συμμετοχή των καταναλωτών γίνεται πιο ενεργή και δίνεται η δυνατότητα διαφοροποίηση της τιμολόγησης της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Για την πραγματοποίηση της τιμολόγησης με βάση την χρονική περίοδο, του εκάστοτε κόστους της παραγόμενης ενέργειας και της ανάγκης απόρριψης περίσσειας φορτίου, βασική προϋπόθεση είναι η ενεργή συμμετοχή των καταναλωτών με τη βοήθεια αυτόματων ή χειροκίνητων συστημάτων απόκρισης σε συνεργασία με τον διαχειριστή του συστήματος. Ορισμένα από όργανα αυτά είναι έξυπνοι μετρητές της ωριαίας κατανάλωσης, ανατροφοδότηση απαραίτητων πληροφοριών μέσω οθόνης για τον εκάστοτε πελάτη, αμφίδρομη επικοινωνία με τον διαχειριστή και αυτοματοποιημένο έλεγχο του φορτίου με άμεσο τρόπο. Η διαχείριση ζήτησης περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές για τη τροποποίηση της καμπύλης φορτίου των καταναλωτών. Η διαμόρφωση ομαλότερης καμπύλης φορτίου είναι σε θέση να βελτιώσει σημαντικά την αξιοπιστία του δικτύου. Οι βασικοί άξονες που περιλαμβάνει είναι:

- ❖ Ενεργειακή αποδοτικότητα
- ❖ Απόκριση ζήτησης (Demand response)

Η μεταβολή της καμπύλης φορτίου μπορεί να γίνει με έναν ή και περισσότερους τρόπους που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Εικόνα 3.1). (Kiliccote et al., 2005)

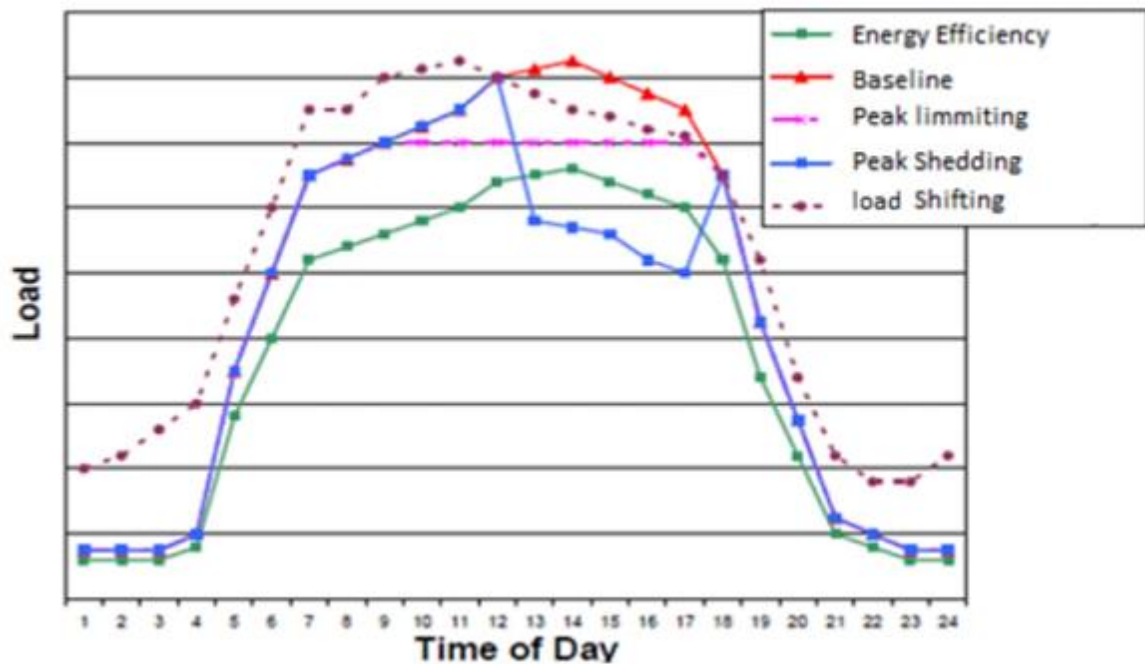


Εικόνα 3.1: Αποτύπωση των διαφόρων τρόπων μεταβολής της καμπύλης φορτίου (Kiliccote et al., 2005)

Όπως είναι εμφανές από την Εικόνα 3.1, έξι είναι οι κύριοι τρόποι μεταβολής της καμπύλης φορτίου, πιο ειδικά έχουμε:

1. Peak Clipping: Μείωση της ζήτησης σε περιόδους αιχμής.
2. Valley Filling: Αύξηση κατανάλωσης σε περιόδους χαμηλής ζήτησης με σκοπό τη βελτίωση του συντελεστή φορτίου του συστήματος.
3. Load Shifting: Μείωση της ζήτησης σε περιόδους αιχμής και ταυτόχρονη αύξηση ζήτησης σε περιόδους χαμηλής ζήτησης.
4. Energy Efficiency: Μείωση της συνολικής ζήτησης εξαιτίας ενεργειακά αποδοτικότερου εξοπλισμού.
5. Electrification: Γενική αύξηση της ζήτησης.
6. Flexible Load Shape: Ευελιξία φορτίου με σκοπό της άμεσης ανταπόκρισης σε επείγουσες καταστάσεις.

Η διαχείριση ζήτησης (DSM) αποσκοπεί στη βέλτιστη διαχείριση των φορτίων για την επίτευξη όσο το δυνατόν ομαλότερης καμπύλης ζήτησης. Καθώς σε περιόδους υψηλής ζήτησης καλούνται να βοηθήσουν λιγότερο αποδοτικές μονάδες με υψηλό κόστος παραγωγής, υπάρχει η ανάγκη για μείωση των αιχμών ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Στο παρακάτω σχεδιάγραμμα στην Εικόνα 3.2 αντικατοπτρίζεται η αλλαγή που επιφέρουν τα μέτρα DSM στη βασική καμπύλη (baseline) ώστε να υπάρξει μείωση αιχμών. Οι μέθοδοι Peak limiting, load shifting και Peak shedding ανήκουν στη κατηγορία της απόκρισης Ζήτησης (DR). Το Peak limiting αποσκοπεί στην απόρριψη φορτίου, όταν τα προκαθορισμένα όρια ζήτησης πρόκειται να ξεπεραστούν. Τα φορτία αυτά αποκαθίστανται όταν η ζήτηση πλέον είναι αρκετά μειωμένη. Το load shifting μετατοπίζει τα ηλεκτρικά φορτία από τις κρίσιμες περιόδους σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Το Peak Shedding ορίζεται ως δυναμική απόρριψη φορτίο που συνήθως γίνεται μέσω αυτοματοποιημένων ελέγχων. (Kiliccote et al., 2006)



Εικόνα 3.2: Προφίλ ζήτησης διαφόρων μεθόδων της Διαχείρισης Ζήτησης (Kiliccote et al., 2006)

Είναι φανερό ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα αποσκοπεί στη μόνιμη μείωση της συνολικής χρησιμοποιούμενης ενέργειας (kWh) ενώ η απόκριση ζήτησης στη προσωρινή μείωση των αιχμών του συστήματος.

Για την ενσωμάτωση των προγραμμάτων του DSM, και κατ'επέκταση της μεταβολής της καμπύλης φορτίου, είναι απαραίτητη η αναμόρφωση της τιμολογιακής πολιτικής των καταναλωτών. Η παροχή της ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να αντιληφθεί ως ένα πεπερασμένο δημόσιο αγαθό και να γίνουν αντιληπτές οι συνέπειες της υπερκατανάλωσής της στο σύνολο της κοινωνίας. Γι αυτό το λόγο η χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας οφείλει να περιλαμβάνει τις πραγματικές ανάγκες των καταναλωτών αλλά και το πραγματικό κόστος παραγωγής. Επομένως ο σχεδιασμός του τιμολογίου θα πρέπει να δίνει κίνητρα στον καταναλωτή ώστε να μετατοπίζει τη ζήτηση σε περιόδους χαμηλού κόστους παραγωγής ή και στη μείωση της ζήτησης. (Kiliccote et al., 2006)

3.1.1 Οφέλη διαχείρισης της ζήτησης

Η εφαρμογή της Διαχείρισης της Ζήτησης επιδρά και παρέχει διαφορετικά οφέλη σε κάθε εμπλεκόμενο φορέα αλλά και σε κάθε επιμέρους τμήμα των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Πιο ειδικά: (Lior N., 2009)

❖ Σταθμοί Παραγωγής

Η Διαχείριση της Ζήτησης μπορεί να βοηθήσει ώστε να καθυστερήσει η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής ή ακόμα και να μειωθεί η χρήση δαπανηρών μονάδων αιχμής στο σύστημα, προσδιορίζοντας απλά τα φορτία που μπορούν να απορριφθούν σε κρίσιμες περιόδους, αντί για ένταξη νέων μονάδων. (Lior N., 2009)

❖ Δίκτυο Διανομής και Μεταφοράς

Η μη ένταξη νέων μονάδων έχει ως αποτέλεσμα να μειωθεί η ανάγκη για την ενίσχυση των δικτύων διανομής και μεταφοράς. Επίσης η εφαρμογή της Διαχείρισης της Ζήτησης θα βοηθήσει στην αποσυμφόρηση αστικών υποσταθμών διανομής. Η υψηλή ζήτηση, ιδίως τους καλοκαιρινούς



μήνες εξαιτίας της αυξημένης χρήσης κλιματισμού, θα μπορεί να αντιμετωπιστεί χωρίς να γίνει αντικατάσταση των Μ/Σ με καινούριους αυξημένης ισχύος, αλλά με την εφαρμογή προγραμμάτων Διαχείρισης της Ζήτησης. Ομοίως η εφαρμογή της Διαχείρισης της Ζήτησης μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση της καταπόνησης καλωδίων και μετασχηματιστών σε περιόδους με αυξημένη ζήτηση φορτίου. (Lior N., 2009)

❖ Διείσδυση των ΑΠΕ

Οι ανησυχίες σχετικά με την ευελιξία, τη μεταβλητότητα, τη μη προβλεψιμότητα των ανανεώσιμων πηγών και των επιπτώσεων τους στη διατήρηση ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, μπορούν να μετριαστούν με την εξάπλωση των προγραμμάτων Διαχείρισης της Ζήτησης. (Lior N., 2009)



❖ Καταναλωτές

Μέσω της εφαρμογής των προγραμμάτων Διαχείρισης της Ζήτησης θα μειωθεί η χρέωση των τιμολογίων ηλεκτρικής ενέργειας, μιας και θα απαοφευχθούν κόστη με τα οποία πιθανόν



να επιβαρυνόντουσαν για την κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής και θα απολαμβάνουν περισσότερο αξιόπιστες υπηρεσίες. (Lior N., 2009)

❖ Κοινωνικό Σύνολο

Η εφαρμογή της Διαχείρισης της Ζήτησης θα επιφέρει δημιουργία νέων αγορών με σκοπό τη προώθηση και την ανάπτυξη του εν λόγω συστήματος. Η διείσδυση του προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς αποφεύγεται η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής, ενώ παράλληλα μειώνονται οι εκπεμπόμενοι ρύποι. (Lior N., 2009)

3.1.2 Εφαρμογές της διαχείρισης ζήτησης

Η ιδέα της διαχείρισης της ζήτησης δεν είναι καινούργια, έτσι έχουν αναπτυχθεί αρκετές βασικές τεχνολογίες για την εφαρμογή της. 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 ευφών συστημάτων ανταλλαγής πληροφοριών και ελέγχου. Οι πελάτες που συμμετέχουν σε αυτά τα προγράμματα αποζημιώνονται με μειωμένους λογαριασμούς ηλεκτρισμού. (Vanfretti L. et al, 2014)

➤ Εμπορικά / βιομηχανικά προγράμματα

Προγράμματα διαχείρισης του μέγιστου φορτίου είναι διαθέσιμα σε μεγάλους εμπορικούς και βιομηχανικούς καταναλωτές. Ιδιαίτερα δημοφιλή είναι τα προγράμματα διακοπόμενου 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 με την ώρα

Οι διακυμάνσεις στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αντανακλούν το κόστος παραγωγής της, δημιουργώντας κίνητρα για ολισθήση φορτίου από περιόδους υψηλής σε περιόδους χαμηλής ζήτησης. Κατάλληλο για οικιακούς καταναλωτές. (Vanfretti L. et al, 2014)

➤ 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. (Vanfretti L. et al, 2014)



Εικόνα 3.3: Διάφορες έξυπνες ηλεκτρικές συσκευές που ελέγχονται μέσω εφαρμογής κινητού (Vanfretti L. et al, 2014)

3.2 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

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. (Gellera H. et al., 2010)

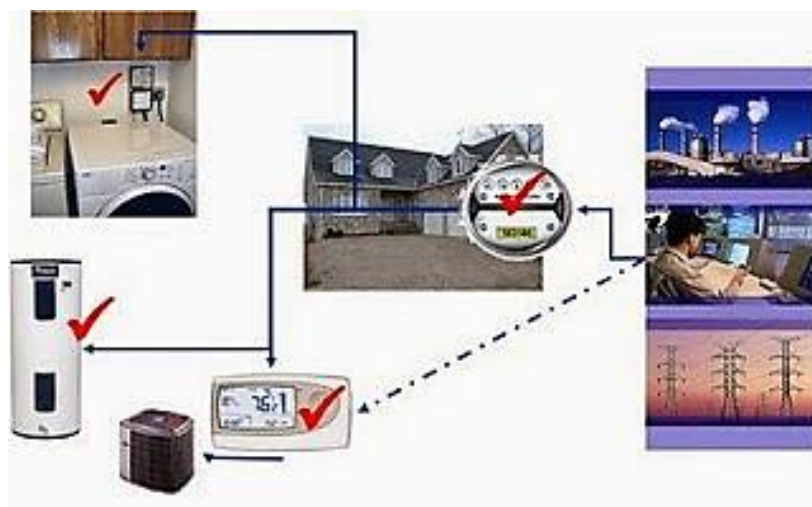
Διάφορα προγράμματα και τεχνικές για τη διείσδυση της Ενεργειακής απόδοσης στους καταναλωτές είναι οι εξής:

- ✓ 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. (Herring H., 2006)

3.3 Απόκριση Ζήτησης (Demand Response)

Η έννοια της Απόκρισης Ζήτησης (Demand Response) αναφέρεται σε μεταβολές στο προφίλ κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους τελικούς

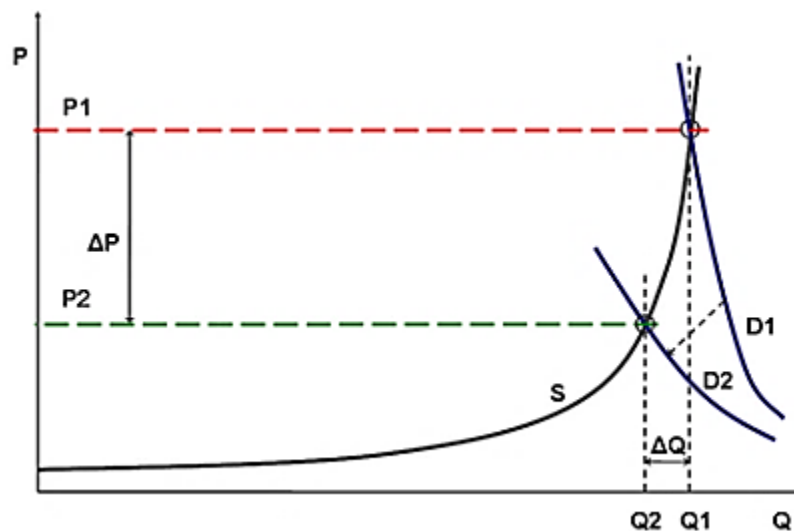
καταναλωτές ως «απόκριση» σε διακυμάνσεις της τιμής του ηλεκτρισμού σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. (Ruilong D. et al., 2015)



Εικόνα 3.4: Χρήση έξυπνων μετρητών για τη διαχείριση απόκρισης ζήτησης (Ruilong D. et al., 2015)

Πιο ειδικά η απόκριση ζήτησης αναφέρεται στους μηχανισμούς διαχείρισης της ζήτησης αποκρινόμενη στις συνθήκες προσφοράς, για παράδειγμα η μείωση της κατανάλωσης σε ώρες αιχμής ή ανάλογα με τις τιμές της αγοράς. Τα φορτία των πελατών διαχειρίζονται "έξυπνα" βάση της κοστολόγησης της kW και σε συνεννόηση με τον διαχειριστή. Στην απόκριση ζήτησης σκοπός δεν είναι η εξοικονόμηση, αλλά η αποκοπή φορτίων σε κρίσιμες ώρες. Η κινητοποίηση για αποκοπή φορτίων μπορεί να έρχεται είτε από αίτημα της εταιρίας παραγωγής ενέργειας είτε σε απόκριση τιμών της αγοράς. Τα φορτία (φωτισμός, κλιματισμός, μηχανήματα) κόβονται ανάλογα με τη σειρά προτεραιότητας που έχει καθοριστεί. Εναλλακτικό της αποκοπής φορτίων είναι η λειτουργία μονάδων παραγωγής ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά, ανεμογεννήτριες, συμπαραγωγή) στην εγκατάσταση, τις κρίσιμες ώρες αιχμής. Ακόμα, δεν αποκλείεται να ζητηθεί η αύξηση της κατανάλωσης από κάποιους πελάτες στις ώρες που η παραγωγή είναι υψηλή αλλά η ζήτηση χαμηλή. Δηλαδή ουσιαστικά έχουμε μια μετατόπιση των αιχμών ζήτησης και υπέρθεση τους ώστε να προκύψει όσο το δυνατόν πιο ομαλή και συμφέρουσα από πλευρά κόστους παραγωγής καμπύλη ζήτησης. Ο όρος συνεπώς αναφέρεται στο σχεδιασμό, υλοποίηση και παρακολούθηση ενεργειών που στοχεύουν στην κινητοποίηση των πελατών να τροποποιήσουν τη ζήτηση τους όσον αφορά τον χρονισμό. Η μείωση που αφορά το επίπεδο των αιχμών μειώνει σημαντικά τα υψηλά λειτουργικά κόστη της στρεφόμενης εφεδρείας. Όπως αναφέρει και το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ (DOE): «αφορά την μείωση της ζήτησης σε ώρες αιχμής, ή ακόμα όταν απειλείται η ευστάθεια του συστήματος». (FERC, 2012)

Οι κινήσεις αυτές αφορούν μόνο κάποιες ώρες της ημέρας, όπου η ζήτηση ενέργειας είναι υψηλή ή όταν η εφεδρεία είναι σε χαμηλά επίπεδα. Οι κινήσεις αυτές είναι σημαντικές για το διαχειριστή του δικτύου διότι γνωστοποιεί άμεσα της ανάγκες του συστήματος, ενώ είναι ακόμα σημαντικό για το παραγωγό ώστε να μπορεί να καλύψει τη ζήτηση αλλά και για μεγάλους καταναλωτές (π.χ. βιομηχανίες) ώστε να μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα τα λειτουργικά τους κόστη. Εάν οι αλλαγές στις τιμές της ενέργειας διαρκέσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε μπορεί να προκύψει μια μακρόχρονη στρατηγική μείωσης της κατανάλωσης μέσω της επένδυσης στην ενεργειακή αποδοτικότητα ή μια αλλαγή στη συμπεριφορά του πελάτη. Η ενεργειακή αποδοτικότητα και συντηρητικότητα προκύπτει συχνά όταν οι πελάτες που συμμετέχουν σε τέτοια προγράμματα προσπαθούν α) να μειώσουν την κατανάλωση τους σε ώρες αιχμής ζήτησης που το κόστος είναι υψηλό ενώ μαθαίνουν καλύτερα το ενεργειακό προφίλ τους ή β) οι πελάτες επενδύουν σε συσκευές υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας και μειώνουν τη συνολική ζήτηση τους. Παρατηρούμε στο σχήμα στην Εικόνα 3.5 την γραφική εξήγηση της επίδρασης της απόκρισης ζήτησης στην αγορά ενέργειας στο διάγραμμα παραγωγής ενέργειας (Q) - τιμής (P). Υπό ανελαστική ζήτηση (D1) η τιμή (P1) είναι εξαιρετικά υψηλή. Αντίθετα αν ληφθούν μέτρα που περιγράφονται στην πολιτική DR, η ζήτηση γίνεται πιο ελαστική (D2) και μια πολύ μικρότερη τιμή εμφανίζεται στην αγορά (P2). (FERC, 2012)



Εικόνα 3.5: Σχηματική απεικόνιση διαγράμματος συσχέτισης της τιμής και της παραγωγής ενέργειας (FERC, 2012)

Προγράμματα απόκρισης ζήτησης που βασίζονται σε κίνητρα προσφέρουν οικονομικά κίνητρα για να μειώσουν την κατανάλωση τις ώρες που το σύστημα βρίσκεται σε κρίσιμη κατάσταση. Ρυθμίζοντας την παραγωγική διαδικασία ή μεταφέροντας τις αιχμές ζήτησης σε περιόδους ηπιότερες για το

σύστημα ή εγκαθιστώντας ένα σύστημα διανεμημένης παραγωγής, οι πελάτες μπορούν να μειώσουν το επίπεδο επιβάρυνσης στο δίκτυο διανομής και στην παραγωγική διαδικασία. Οι πελάτες που συμμετέχουν λαμβάνουν μειωμένες τιμές ή χρηματικό ποσό.

Κάποιες βασικές πολιτικές Demand Response είναι οι εξής: (Mukerji R, 2011)

- **Direct Load Control (DLC):** Μια λειτουργία απόκρισης ζήτησης στην οποία ο διαχειριστής του προγράμματος μπορεί να κλείνει ή να μειώνει τους κύκλους των ηλεκτρικών συσκευών του καταναλωτή (κλιματιστικό, θερμοσίφοντας κτλ.), απομακρυσμένα, αφού πρώτα έχει προηγηθεί σύντομη ειδοποίηση. Απευθύνονται συνήθως σε οικιακούς ή μικρούς εμπορικούς πελάτες και αφορά κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο που υπάρχει κατά κόρον λειτουργία μηχανημάτων κλιματισμού. (Mukerji R, 2011)
- **Voluntary Load Reduction(VLR):** Δίνονται κίνητρα σε πελάτες, εμπορικούς ή βιομηχανικούς, που μπορούν να μειώσουν τα φορτία τους σε ώρες αιχμής, να το υλοποιήσουν αφού πρώτα έχει προηγηθεί σύντομη ειδοποίηση. Οι πελάτες επιλέγουν τον τρόπο και τη διάρκεια που μπορούν να το πραγματοποιήσουν και συμφωνούν για τις διευκολύνσεις που θα του προσφερθούν ως αντίτιμο. (Mukerji R, 2011)
- **Price Responsive Load (PRL):** Παρέχεται ειδοποίηση στους πελάτες για τις ώρες στις οποίες η τιμή της ενέργειας, λόγω αιχμής ζήτησης, θα έχει υψηλό κόστος. Αφορά την ίδια κατηγορία καταναλωτών όπως και το DLC και σκοπό έχει να παρακινήσει τους καταναλωτές να μειώσουν τα φορτία τους κατά τις ώρες αιχμής.

3.4 Ολοκληρωμένη διαχείριση ζήτησης (Demand Side Integration)

Οι έννοιες Demand Side Management και Demand Response έχουν αρκετά παρεμφερή σημασία και συνάφεια μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να υπάρχουν περιπτώσεις σύγχυσης κατά την αναφορά και χρήσης τους σε διαφορετικές χώρες. Εξάλλου, στο πρώιμο στάδιο πριν την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας η DSM περιείχε την έννοια της DR.

Ο όρος Demand Side Management αναφέρεται παραδοσιακά στις μεθόδους μείωσης ζήτησης μέσω μεθόδων, όπως η αποκοπή φορτίων, μετατόπιση φορτίων, τοπική παραγωγή (on-site production) και άλλα παρεμφερή μέτρα. Από την άλλη, ο όρος Demand Response χρησιμοποιούνταν μέχρι πρόσφατα για να περιγράψει εκτός από τέτοιες λειτουργίες και την αντίδραση του καταναλωτή στις τιμές της ενέργειας. Τώρα ο όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει ενέργειες που προκύπτουν από την πίεση της αγοράς.

Για να ξεπεραστούν αυτά τα προβλήματα ορισμών υιοθετήθηκε ο όρος Demand Side Integration (DSI) που σαν έννοια περιλαμβάνει αυτές της Διαχείρισης Ζήτησης (DSM) και Απόκρισης Ζήτησης (DR) και γενικότερα των του σχεδιασμού βελτίωσης της αποδοτικότητας του ενεργειακού συστήματος. Η πολιτική DSI επεκτείνει τις παραπάνω δύο πολιτικές παρέχοντας μια πιο ολοκληρωμένη πολιτική και κάνει χρήση: της Διεσπαρμένης Παραγωγής (Distributed Generation), των Διατάξεων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (Energy Storages) και των Έξυπνων Δικτύων (Smart Grids).

Μια κατηγοριοποίηση που κάνει η IEA (International Energy Agency), διαφοροποιεί τις δραστηριότητες της πολιτικής DSI μεταξύ αυτών που επηρεάζουν τη μορφή της καμπύλης ζήτησης φορτίου και αυτών που επηρεάζουν το επίπεδο ζήτησης. (Strbac Goran, 2008)

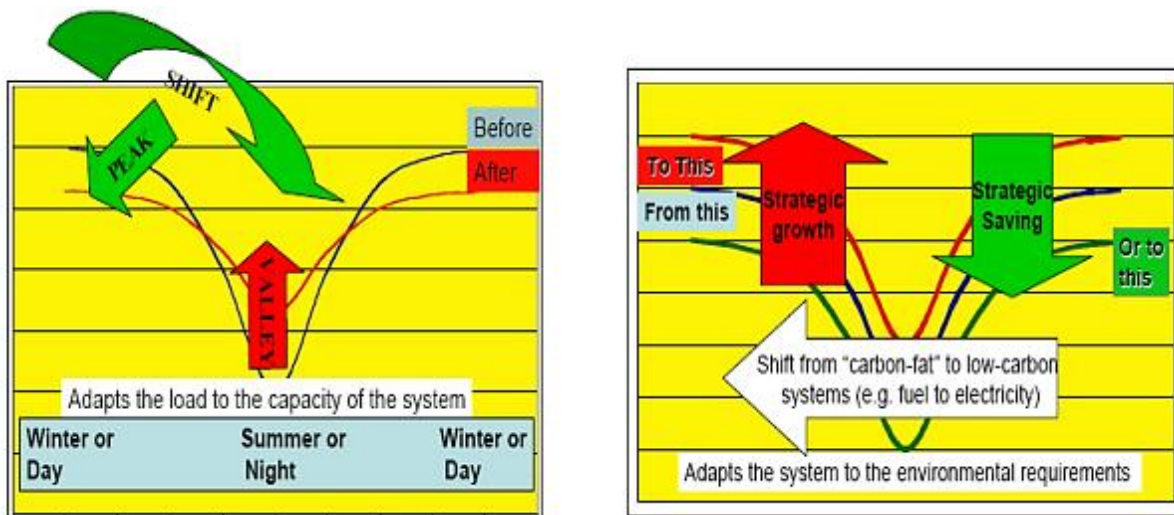
Αλλαγή της μορφής του φορτίου σημαίνει:

- Μείωση των αιχμών ζήτησης, ιδιαίτερα όταν η αυτή φτάνει κοντά στα όρια διαθεσιμότητας του συστήματος
- Μετακίνηση των φορτίων στη διάρκεια μια ημέρας ή ακόμα και μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος
- Κάλυψη των «κοιλιών» ζήτησης για ορθότερη χρησιμοποίηση της διαθέσιμη παραγωγής (Stoft Steven, 2002)

Αλλαγή του επιπέδου ζήτησης σημαίνει:

- Μείωση της συνολικής ζήτησης (στρατηγική εξοικονόμηση), καλύπτοντας τα ενεργειακές υπηρεσίες με χρήση λιγότερης ενέργειας και όχι μειώνοντας τις
- Στρατηγική ανάπτυξης εναλλακτικών πηγών ενέργειας που έχουν πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά π.χ. όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος

Η κατηγοριοποίηση των πολιτικών DSI παρουσιάζεται και γραφικά στην Εικόνα 3.6 :



Εικόνα 3.6: Στρατηγικές DSI αναφορικά με την αλλαγή μορφής του φορτίου (αριστερά) και του επιπέδου ζήτησης (δεξιά) (Strbac Goran, 2008)

3.5 Προγράμματα διαχείρισης ζήτησης

3.5.1 Στις Η.Π.Α.

Το DSM πρωτοεμφανίστηκε στις Η.Π.Α. την δεκαετία του 1970. Μέχρι σήμερα έχουν εφαρμοστεί πολλά προγράμματα Ενεργειακής Απόδοσης και Απόκρισης της Ζήτησης. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικά από αυτά:

Ένα από τα πρώτα προγράμματα διαχείρισης ζήτησης που εφαρμόστηκε στις Η.Π.Α. αφορούσε τον οικιακό τομέα. Ο κύριος στόχος του ήταν η προώθηση συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού (CFLs) σε καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος και η διαμόρφωση της καταναλωτικής συνείδησης σε θέματα ενεργειακής απόδοσης. Το εν λόγω πρόγραμμα σχεδιάστηκε και υποστηρίχτηκε από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας σε συνεργασία με διάφορους φορείς καταναλωτών, οι οποίοι βοήθησαν στη διαφήμιση και την αξιολόγηση του προγράμματος. Έτσι οι λαμπτήρες CFL διανεμήθηκαν δωρεάν στους καταναλωτές χαμηλού εισοδήματος με σκοπό την αντικατάσταση αντιστοιχών πυράκτωσης, με τον πάροχο να διατηρεί τη διοικητική και τεχνική υποστήριξη της δράσης.

Το αποτέλεσμα του προγράμματος για την περίοδο 1985-1991 ήταν εξοικονόμηση ενέργειας έως και 418,500 MWh, ενώ παράλληλα η περικοπή της ζήτησης ανήλθε στα 13.85 MW. Επίσης επιτεύχθη μείωση της τιμής πώλησης της ενέργειας κατά 9%, ενώ το συνολικό κόστος του προγράμματος ήταν 23.55 εκατομμύρια \$. (Limaye D. R. et al., 2011)

Ένα άλλο πρόγραμμα Διαχείρισης της Ζήτησης αφορούσε τον εμπορικό τομέα των Η.Π.Α. Σκοπός του προγράμματος ήταν η προώθηση του DSM σε δημόσια κτίρια και ιδρύματα μέσω αύξησης της αποδοτικότητας του φωτισμού. Η υλοποίηση του προγράμματος έγινε με χρηματοδότηση των ιδρυμάτων για την ενσωμάτωση νέου εξοπλισμού αφού πρώτα είχαν καθοριστεί οι επιλογές για απόδοση τους μέσω ενεργειακών επιθεωρήσεων. Ορισμένα από τα μέτρα που λήφθηκαν αφορούσαν την αγορά νέων λαμπτήρων φθορισμού, ballasts, CFLs, φωτοκυττάρων, βελτίωση των HVAC κ.α. Η εφαρμογή του προγράμματος ήταν γρήγορη, αλλά οι πραγματικές μειώσεις της κατανάλωσης ήταν χαμηλότερες από τις προβλεπόμενες.

Το αποτέλεσμα του προγράμματος για το 1992 ήταν μείωση της κατανάλωσης κατά 1,7000,000 MWh ενώ και η μείωση της ζήτησης ανήλθε στα 14.20 MW. το συνολικό κόστος του προγράμματος ήταν 55.34 εκατομμύρια \$. (Gellera H., 2010)

3.5.2 Στην Ευρώπη

Οι πολιτικές που έχουν ακολουθηθεί στην Ευρώπη δεν έχουν καταφέρει ως τώρα να προωθήσουν καινοτομίες στην αγορά ηλεκτρισμού ως προς την απόκριση ζήτησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης στοχεύουν στη ρύθμιση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούν οι μεγάλες βιομηχανίες, χωρίς να υπολογίζουν το όφελος που θα προέκυπτε από την ένταξη και εμπορικών ή οικιακών καταναλωτών σε διάφορα προγράμματα ή και μέσω της προγραμματισμένης αποκοπής φορτίου.

Οι εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη έχουν ακολουθήσει διάφορες πολιτικές τις δύο τελευταίες δεκαετίες αναφορικά με την αποκοπή φορτίου κατά τις ώρες αιχμής ζήτησης σε μεγάλες βιομηχανίες. Μια τέτοια περίπτωση αποτελεί η Σουηδία, στην οποία σύμφωνα με μελέτες που είχαν πραγματοποιηθεί, οι περισσότερες βιομηχανίες της χώρας μπορούσαν να ανταπεξέλθουν σε αποκοπές φορτίου διάρκειας 30 λεπτών ως και 3 ωρών καθημερινά. Με βάση τη μελέτη αυτή θεσπίστηκε προσωρινός νόμος που ρύθμιζε τα αποθέματα μέγιστης ισχύος, με σκοπό τη διασφάλιση εφεδρείας. Πραγματοποιήθηκαν δημοπρασίες για τη διασφάλιση της εφεδρείας στα 2000 MW. Στη συνέχεια διερευνήθηκε ο τρόπος με τον οποίο οι βιομηχανίες χρησιμοποιούσαν την ενέργεια κατά τα υπόλοιπα διαστήματα, ώστε να προτείνουν μια λύση που να μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες των βιομηχανιών. (Berry D., 2008)

Αντίστοιχα προγράμματα εφαρμόστηκαν και στη Φιλανδία, τα οποία αποσκοπούσαν επίσης στη διασφάλιση εφεδρείας μέσω προγραμματισμένων αποκοπών φορτίου. Ετήσια συμβολαία υπογράφονταν του διαχειριστή του εθνικού δικτύου μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και των εταιριών. Ύστερα από την εφαρμογή των προγραμμάτων, το 2005 το συνολικό δυναμικό απόκρισης ζήτησης από βιομηχανικούς καταναλωτές μεγάλης κλίμακας ήταν 1280 MW, το οποίο αντιστοιχεί περίπου στο 9% της μέγιστης ζήτησης ισχύος στη χώρα. Το 2008 εφαρμόστηκε ένα προηγμένο σύστημα μέτρησης, το οποίο είχε τη δυνατότητα να διαβάζει, να ελέγχει και να διαχειρίζεται αυτόματα τα 60.000 σημεία μέτρησης των πελατών της. (Charles River Associates, 2005)

Τα προγράμματα που παρουσιάστηκαν στόχευαν στις βιομηχανίες, οι οποίες αποτελούν και τους πιο ενεργοβόρους καταναλωτές.

Όπως αναφέρθηκε όμως, θα πρέπει να διερευνηθεί και η δυνατότητα συμμετοχής



εμπορικών και οικιακών καταναλωτών σε προγράμματα διαχείρισης ζήτησης.

Ένα τέτοιο πρόγραμμα εφαρμόστηκε στη Γαλλία, το οποίο βασίστηκε στη διαφορετική τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Στο πρόγραμμα αυτό εντάχθηκαν περίπου 350.000 οικιακοί πελάτες και 100.000 μικρές επιχειρήσεις. Οι ημέρες χωρίστηκαν σε «άσπρες» και «κόκκινες» και με το σύστημα αυτό εντάσσονταν σε διαφορετική τιμολόγηση. Επίσης οριζόταν αν η κάθε ώρα ανήκει σε περίοδο εντός ή εκτός αιχμής. Η κατανάλωση μπορούσε να ρυθμιστεί είτε χειροκίνητα, είτε μέσω αυτοματισμών, όπου τα διάφορα φορτία, π.χ. θέρμανση, συνδέονταν ή αποσυνδέονταν με βάση συγκεκριμένο πρόγραμμα.

Βάσει των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι για μια μέση κατοικία στη Γαλλία με κατανάλωση ισχύος 10 kW, η μείωση που παρουσιάστηκε με τον τρόπο αυτό έφτασε το 15% στις «άσπρες» μέρες και 45% στις «κόκκινες μέρες». Αυτή η μείωση της κατανάλωσης αντιστοιχούσε σε 10% εξοικονόμηση χρημάτων στο λογαριασμό ηλεκτρισμού. Αν εφαρμοσθούν προγράμματα αποκοπής φορτίου, θα προκύψει εξοικονόμηση ενέργειας 35 TWh ετησίως ως το 2020. (Stromback, J. et al., 2011)

Αντίστοιχα, στη Δανία έχουν γίνει μελέτες που καταδεικνύουν το όφελος για τους οικιακούς καταναλωτές από προγράμματα συμβολαίων απόκρισης ζήτησης. Σε μια τυπική μέρα κατά τη χειμερινή περίοδο η ζήτηση θα

μπορούσε να μειωθεί κατά 260 MW από το μέγιστο φορτίο, αν 60.000 που χρησιμοποιούν ηλεκτρική θέρμανση, υπέγραφαν συμβόλαια απόκρισης ζήτησης. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο 6% του μέγιστου φορτίου στη Δανία. Το πρόγραμμα εφαρμόστηκε πιλοτικά σε 25 σπίτια. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι η απόκριση ζήτησης μπορεί να μειωθεί ως 5 kW ανά κατοικία. 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.

Στη Βρετανία τέτοια προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν ξεκινήσει να εφαρμόζονται εδώ και αρκετά χρόνια. Οι μεγάλοι βιομηχανικοί καταναλωτές μπορούν να υπογράψουν με τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας συμβόλαια αποκοπής ενέργειας ή διαφορετικής τιμολόγησης ενέργειας ανάλογα με την ώρα κατανάλωσης. Μπορούν επίσης να συναφθούν συμφωνίες μεταξύ του διαχειριστή και των βιομηχανιών, ώστε να ενταχθούν σε δραστηριότητες εξισορρόπησης φορτίου. Όσον αφορά τους οικιακούς καταναλωτές, περίπου 4.500.000 εκατομμύρια έχουν ενταχθεί σε προγράμματα κυμαινόμενης τιμολόγησης. Με τον τρόπο αυτό προωθείται η κατανάλωση ενέργειας κατά τις νυχτερινές ώρες.

Ένα τέτοιο πρόγραμμα ονομάζεται «Economy 7» και ορίζει χαμηλότερη χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας κατά το χρονικό διάστημα 01:00 - 08:00. Έτσι οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν την ηλεκτρική θέρμανση τις ώρες αυτές και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες θέρμανσης τους, εξοικονομώντας παράλληλα χρήματα από το λογαριασμό ηλεκτρισμού. 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 εφαρμόζονται αντίστοιχα προγράμματα αποκοπής φορτίων, καθώς και προγράμματα πώσης φορτίων, τα οποία αφορούν την αυτόματη αποκοπή φορτίου σε επείγουσες καταστάσεις. Στην πρώτη περίπτωση τα προγράμματα στοχεύουν στη μείωση της κατανάλωσης ώστε να φτάσουν σε προκαθορισμένα επίπεδα. Όσοι συμμετέχουν στο πρόγραμμα και δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του, αντιμετωπίζουν ποινές. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται 6,5% μείωση του μέγιστου φορτίου. Στην περίπτωση της αυτόματης αποκοπής φορτίου, οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας ελέγχουν τα φορτία των πελατών τους. Έτσι διακόπτουν τη λειτουργία ορισμένων τμημάτων του εξοπλισμού, αφού βέβαια έχει προηγηθεί μια σύντομη προειδοποίηση. Επιπλέον, στην Ιταλία ισχύει και η διαφορετική τιμολογιακή πολιτική με βάση την ώρα κατανάλωσης, ώστε να μειωθεί το φορτίο κατά τις ώρες αιχμής και να μετατοπιστεί σε ώρες χαμηλής ζήτησης. (Vanfretti L. et al., 2014)

Στην Ισπανία η ανάγκη ρύθμισης της απόκρισης ζήτησης έχει προκύψει κυρίως λόγω της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας. Οι βασικές κατηγορίες προγραμμάτων είναι τα οδηγούμενα από το σύστημα και τα οδηγούμενα από τις τιμές. Την τελευταία εικοσαετία εφαρμοζόταν ο άμεσος έλεγχος φορτίου, ενώ πλέον βρίσκουν εφαρμογή και προγράμματα βοηθητικών υπηρεσιών. Ο διαχειριστής του συστήματος μεταφοράς της Ισπανίας είχε το δικαίωμα να απαιτήσει μείωση της ζήτησης ενέργειας για χρονικά διαστήματα 45 λεπτών ως 12 ωρών, ύστερα από προειδοποίηση. Υπάρχουν συγκεκριμένες οδηγίες σχετικά με το μέγιστο αριθμό ωρών περικοπής φορτίου και για τον αριθμό των αιτημάτων μείωσης ζήτησης που μπορεί να δεχτεί.

Τα προγράμματα αυτά πάντως τείνουν να αντικατασταθούν με προγράμματα παροχής βοηθητικών υπηρεσιών. Αυτό σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες θα περικόπουν φορτία, ώστε να χρησιμοποιείται η ενέργεια αυτή ως εφεδρεία, σε μια αποδεκτή τιμή. Αν οι προσφορές τους γίνονται δεκτές οι πελάτες θα πληρώνονται στην τιμή αυτή όταν η περικοπή φορτίου τους ζητηθεί.

Στην δεύτερη κατηγορία, ανήκουν τα προγράμματα που προσφέρουν οικονομικά κίνητρα για την απόκριση ζήτησης. Ολόκληρο το έτος χωρίζεται σε επτά περιόδους διαφορετικής τιμολόγησης. Για κάθε περίοδο, καθορίζεται ένα επίπεδο ζήτησης και μια διαφορετική χρέωση για την καταναλισκόμενη ενέργεια. (Waide P. et al., 2008)

3.6 Ενσωμάτωση της διαχείρισης ζήτησης στην Ελλάδα

3.6.1 Προοπτικές και οφέλη ενσωμάτωσης

Η διαχείριση ζήτησης αφορά με διαφορετικό τρόπο τους φορείς που εμπλέκονται στην υιοθέτησή της, μιας και τα κίνητρα τους ποικίλλουν. Πιο ειδικά, οι πάροχοι ηλεκτρικής ενέργειας με την ενσωμάτωση μιας τέτοιας πολιτικής είναι δυνατό να αναστείλουν ή ακόμη και να απορρίψουν τα σχέδια τους σχετικά με την κατασκευή νέων μονάδων ή την επέκταση των υπαρχουσών. Κατά συνέπεια θα αποφευχθεί πιθανή επιπλέον χρέωση που θα προέκυπτε για τους καταναλωτές ενέργειας, το οποίο θα αφορούσε την κάλυψη του κόστους δημιουργίας νέων εγκαταστάσεων. Παράλληλα όμως τελικοί καταναλωτές θα ωφεληθούν και από τη μείωση των ενεργειακών τους δαπανών λόγω της βελτιστοποίησης της διαχείρισης ζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, οι βιομηχανικοί καταναλωτές θα είναι πιο ωφελημένοι μιας και θα είναι σε θέση να προσφέρουν οικονομικά ανταγωνιστικότερα προϊόντα λόγω της μείωσης του κόστους παραγωγής τους. Έτσι λοιπόν τα

πλεονεκτήματα που προκρίνουν μια τέτοια πολιτική αφορούν τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας, τους τελικούς καταναλωτές αλλά και γενικότερα το κοινωνικό σύνολο. Πιο ειδικά: (Χαμπάκης Μ., 2015)

(i) *Οφέλη για τον πάροχο*: βελτίωση της απόδοσης της ηλεκτροπαραγωγής, μείωση της ανάγκης για εγκατάσταση νέων μονάδων, βελτίωση της αξιοπιστίας του συστήματος και αναβάθμιση της ποιότητας ισχύος, προσφορά ποιοτικότερων ενεργειακών υπηρεσιών, αυξημένη διείσδυση των ΑΠΕ, κ.α.

(ii) *Οφέλη για τον καταναλωτή*: χαμηλότερη χρέωση ηλεκτρισμού, πλειάδα υπηρεσιών για κάλυψη των πραγματικών αναγκών, κ.α.

(iii) *Οφέλη για το κοινωνικό σύνολο*: δημιουργία νέων αγορών, οικονομική ανάπτυξη, τεχνολογική καινοτομία, προστασία του περιβάλλοντος, αποκεντροποίηση της παραγωγής, μείωση εξάρτησης από εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους, κ.α.

Η “ποσοτικοποίηση” των πλεονεκτημάτων που προκύπτουν από τα μέτρα DSM απαιτεί διάφορες πληροφορίες όπως:

- Επιλογές μέτρων DSM: εάν υπάρχει ένα ευπόληπτο σύνολο εναλλακτικών που να ανταποκρίνεται σε αρκετές ανάγκες.
- Συμμετοχή των καταναλωτών: πιθανότητα ευρείας αποδοχής από τους καταναλωτές.
- Ανταπόκριση των καταναλωτών: σε ποιο βαθμό ανταποκρίνονται οι καταναλωτές στις απαιτήσεις ενός μέτρου DSM;
- Οικονομικά οφέλη: ανάπτυξη μεθόδων για την εκτίμηση της εξοικονόμησης κονδυλίων κάτω από τις μεταβαλλόμενες συνθήκες της αγοράς.
- Άλλα οφέλη: λειτουργικά ζητήματα του δικτύου, προστασία του περιβάλλοντος, κτλ. (Κουσίδης Γ., 2009)

3.6.2 Προβλήματα ενσωμάτωσης

Όπως σε όλες τις νέες δράσεις και πρωτοβουλίες για νέα προγράμματα υπάρχουν και ορισμένα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν ή να αντιμετωπιστούν ώστε να προχωρήσει η υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών πολιτικών, όπως η Διαχείριση της Ζήτησης. Σε πρώτη φάση λοιπόν πρέπει να γίνει αξιολόγηση με βάση ορισμένα κριτήρια τα οποία έχουν μια συγκεκριμένη ιεραρχία. Πιο ειδικά:

1. **Αποδοτικότητα:** η ικανότητα μιας μεθόδου DSM στο να ικανοποιήσει τους εκ των προτέρων στόχους.
2. **Οικονομική εφαρμοσιμότητα:** το οικονομικό αντίκτυπο που θα έχει στη βιωσιμότητα ενός προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. **Ευελιξία :** η προσαρμοστικότητα ενός προμηθευτή στο να συμμορφώσει τις υπάρχουσες δραστηριότητες του προμηθευτή.
4. **Νομική εφαρμοσιμότητα:** η ανάγκη για θέσπιση νέων νόμων ή η τροποποίηση των υπαρχόντων ώστε να υιοθετηθεί μια DSM στρατηγική.
5. **Δυναμικό τροποποίησης της αγοράς:** μείωση των εμποδίων της αγοράς
6. **Πολιτική εφαρμοσιμότητα:** οι παρόντες πολιτικοί περιορισμοί στο να εφαρμοστεί μια μέθοδος DSM.

Εκτός από τα παραπάνω η σύγχρονη έρευνα σε πολιτικές Διαχείρισης της Ζήτησης καλείται να αντιμετωπίσει και τους εξής ανασταλτικούς παράγοντες:

- ❖ Περιορισμένο ενδιαφέρον για θέματα ενεργειακής απόδοσης και ελλιπής χρηματοδότηση.
- ❖ Ανεπαρκής υποδομή των τεχνολογιών μέτρησης και τηλεπικοινωνίας.
- ❖ Χαμηλό επίπεδο ανταγωνισμού μεταξύ των προμηθευτών ηλεκτρικής ενέργειας.

Συμπερασματικά λοιπόν, η υιοθέτηση μιας μεθόδου DSM μπορεί να χαρακτηριστεί χρονοβόρα λόγω της ικανοποίησης των προαναφερθέντων κριτηρίων. (ΤΕΕ-Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, 2012)

3.6.3 Βήματα διαδικασίας ενσωμάτωσης

Η επιτυχής ενσωμάτωση της Διαχείρισης της Ζήτησης έχει σαν πρώτη προϋπόθεση τη συγκέντρωση των επαρκών πληροφοριών για το κόστος, τις προδιαγραφές του εξοπλισμού, τις διαδικασίες των προγραμμάτων, τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των καταναλωτών και την αποτύπωση της υπάρχουσας τεχνολογικής κατάστασης. Στην Εικόνα 3.7 παρουσιάζονται τα βήματα για την ενσωμάτωση του DSM. Η διαδικασία αποτελείται από τα εξής βήματα: (Παναπακίδης Ι., 2012)



Εικόνα 3.7: Σχηματική απεικόνιση των βασικών βημάτων για την ενσωμάτωση του DSM στην Ελλάδα (Παναπακίδης Ι., 2012)

Βήμα 1: Έρευνα φορτίου

Το 1ο βήμα περιλαμβάνει την αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της καμπύλης φορτίου κατά τη διάρκεια της υπό εξέταση περιόδου (ημερήσια, εβδομαδιαία, εποχιακή, ετήσια, κτλ.). Η έρευνα στοχεύει στην αποτίμηση της συνεισφοράς του κάθε τομέα (οικιακός, βιομηχανικός, κτλ.) στην συνολική καμπύλη φορτίου. Εξετάζονται θέματα όπως ο αριθμός των καταναλωτών της κάθε κατηγορίας, η κατηγοριοποίηση τους βάσει διάφορων κριτηρίων (επίπεδο τάσης, συμφωνημένη ισχύς, συντελεστής ισχύος, εμπορικοί κώδικες δραστηριότητας, κτλ.), τα χαρακτηριστικά των διάφορων φορτίων (φωτισμός, ηλεκτρική έλξη, ψύξη και θέρμανση, κτλ.) και άλλοι παράγοντες.

Βήμα 2: Καθορισμός της καμπύλης φορτίου

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τον καθορισμό της επιθυμητής μορφής της καμπύλης φορτίου.

Βήμα 3: Αξιολόγηση της ενσωμάτωσης του προγράμματος

Το 3ο βήμα επικεντρώνεται στην αναγνώριση των φορτίων που συνεισφέρουν περισσότερο στην αιχμή της καμπύλης φορτίου, έτσι ώστε οι δράσεις μείωσης να στοχεύουν στα ανάλογα φορτία. Εκτός από αυτό, το παρών στάδιο περιλαμβάνει μια διευρυμένη ανάλυση κόστους-οφέλους για την αποτίμηση των κοινωνικών και περιβαλλοντικών οφελών.

Βήμα 4: Ενσωμάτωση του προγράμματος

Η ενσωμάτωση του προγράμματος γίνεται με τη προώθηση του (εκστρατείες ενημέρωσης, διαφήμιση, κτλ.) στους καταναλωτές - στόχους.

Βήμα 5: Επιτήρηση και αξιολόγηση

Στο τελευταίο βήμα για την ενσωμάτωση της Διαχείρισης Ζήτησης στο Ελληνικό σύστημα ενέργειας αφορά στη διεξαγωγή ανάλυσης για την σύγκριση των στόχων που έθεσε ο φορέας σχεδιασμού του προγράμματος με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την υλοποίηση του προγράμματος. Η ανάλυση περιλαμβάνει την ενδεχόμενη μείωση του κόστους παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας και τη μείωση της χρέωσης των καταναλωτών. (Παναπακίδης Ι., 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συστήματα απόκρισης ζήτησης **(Demand response)**

4.1 Η έννοια της απόκρισης ζήτησης

Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται μέσα από πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ αγοραστών και πολιτών. Αυτό σημαίνει ότι η διαμόρφωση της ΟΤΣ επηρεάζεται από τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και τη διαθεσιμότητα των μονάδων παραγωγής που καλύπτουν την ενέργεια αυτή. Στην περίπτωση όπου οι τιμές που προσφέρονται στον καταναλωτή μεταβάλλονται από ώρα σε ώρα, ώστε να ανταποκρίνονται στην αστάθεια τιμής της χονδρεμπορικής αγοράς, του δίνεται επίσης η δυνατότητα να προσαρμόζει τις ανάγκες του στη διαθεσιμότητα της παραγωγής και να αντιλαμβάνεται το βραχυπρόθεσμο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η Απόκριση Ζήτησης (Demand Response) αναφέρεται σε ένα σύνολο στρατηγικών που αποσκοπούν στο να φέρουν την πλευρά της κατανάλωσης στη διαδικασία καθορισμού των τιμών.

Συγκεκριμένα, η Απόκριση Ζήτησης, αναφέρεται στις αλλαγές που μπορεί να κάνει ο καταναλωτής στις συνηθισμένες ανάγκες ζήτησης, ανάλογα με την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας κάθε ώρα. Η αλλαγή αυτή βασίζεται στο οικονομικό όφελος που αποκομίζει ο καταναλωτής από τη μετακίνηση του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλο χρονικό διάστημα της ημέρας, όπου το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι χαμηλότερο. Με άλλα λόγια, κάθε εκ προθέσεως τροποποίηση του προτύπου κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από τους πελάτες τελικής χρήσης, της οποίας σκοπός είναι η μεταβολή της χρονικής στιγμής ή/και του επιπέδου της στιγμιαίας ζήτησης και της συνολικής κατανάλωσης, μπορεί να ενταχθεί στην έννοια της Απόκρισης Ζήτησης. (Albadi M., 2007, Albadi & El-Saadany, 2007)

Στην Εικόνα 4.1 παρουσιάζεται ένα πιο λεπτομερές παράδειγμα εφαρμογής της Απόκρισης Ζήτησης. Κατά την αιχμή φορτίου, οι εταιρίες ηλεκτρικής ενέργειας, εκπέμπουν ένα σήμα για απόκριση ζήτησης. Το σήμα αυτό μεταφέρεται μέσω του δικτύου ενέργειας ή μέσω ραδιοσυχνοτήτων στα σπίτια, δηλαδή στους τελικούς καταναλωτές. Οι θερμοστάτες και οι θερμαντήρες ζεστού νερού μειώνουν τη θερμοκρασία κατά 1-2°C ώστε να μειωθεί το φορτίο του συστήματος. (Shen Bo, 2013)

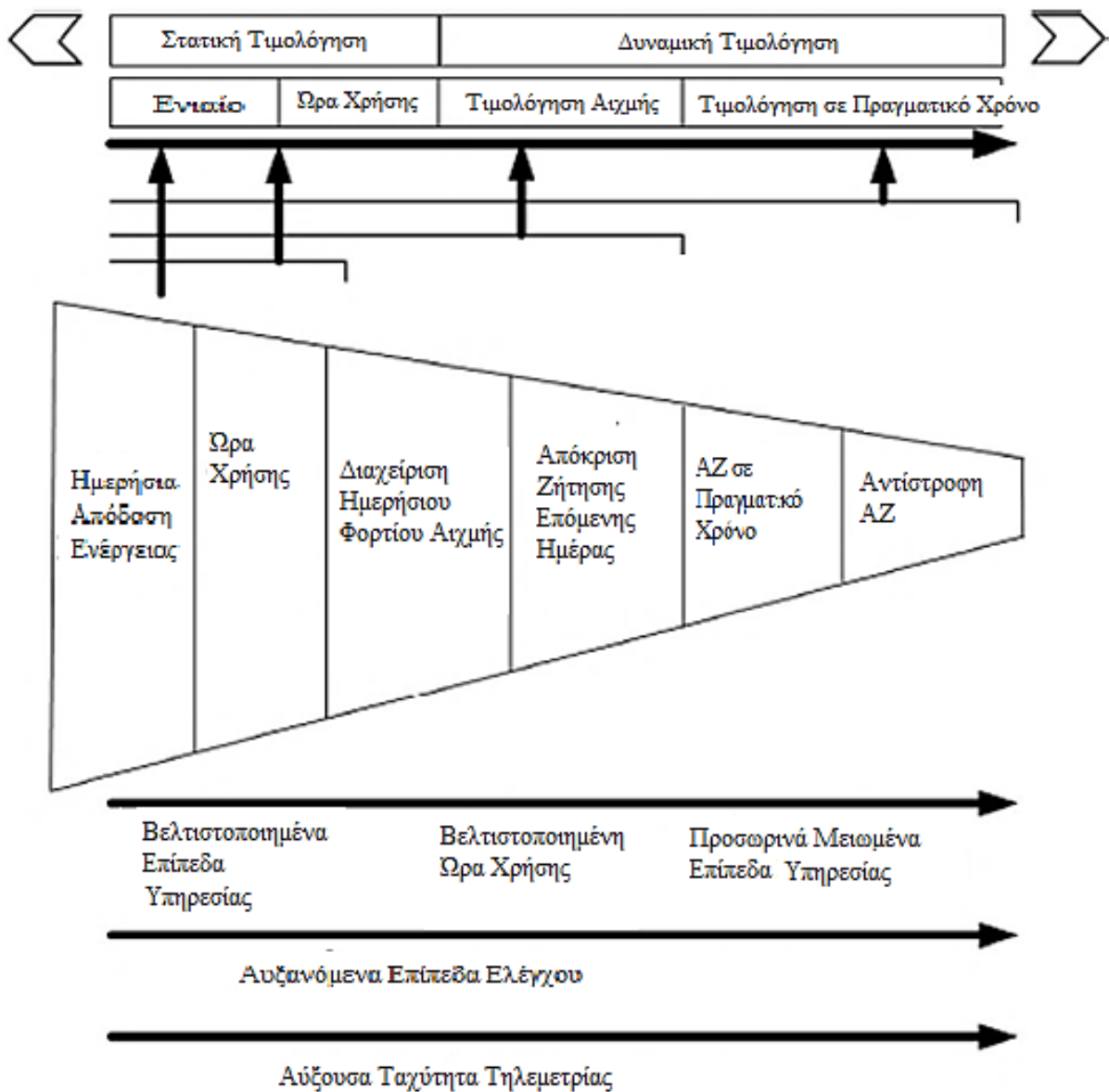


Εικόνα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση Απόκρισης Ζήτησης (Shen Bo, 2013)

Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να εφαρμοσθεί η Απόκριση Ζήτησης είναι οι ακόλουθοι: (Hewett M., 1995)

- *Απόκριση τιμής:* Αφορά την περίπτωση όπου οι πελάτες μειώνουν εκούσια τη ζήτηση ενέργειας, λόγω της υψηλής χρέωσης που υπάρχει κατά τις περιόδους αιχμής.
- *Προσφορά ζήτησης:* Στην περίπτωση αυτή, όταν η συνολική ζήτηση ενέργειας υπερβαίνει τα όρια δυνατότητας παροχής από τις εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, τότε συμφέρει οικονομικά τις εταιρίες να πληρώσουν ένα χρηματικό ποσό στους μεγάλους καταναλωτές προκειμένου να ελαττώσουν το φορτίο τους, αντί να προβούν σε εισαγωγή ενέργειας από άλλη χώρα.
- *Εκούσια απόρριψη φορτίου:* Αναφέρεται σε καταστάσεις όπου οι πελάτες μειώνουν εκούσια τη ζήτηση ενέργειας ανταποκρινόμενοι σε κάποια έκκληση από την κυβέρνηση κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλής ζήτησης και/ή περιορισμένης δυνατότητας παροχής ηλεκτρισμού.

Στην Εικόνα 4.2 περιγράφονται οι πιθανές επιπτώσεις της αποτελεσματικότητας και της ανταπόκρισης στη ζήτηση και τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών, ανάλογα με το βαθμό ενσωμάτωσης της απόκρισης ζήτησης στο σύστημα. Παρουσιάζεται το όφελος που προκύπτει ως προς την ταχύτητα ελέγχου μέσω της μετάβασης από τη στατική στη δυναμική τιμολόγηση. Οι ευκαιρίες και οι προοπτικές τόσο για την ενεργειακή απόδοση όσο και την ανταπόκριση ζήτησης εξαρτώνται από τον υφιστάμενο εξοπλισμό των υποδομών του καταναλωτή. Η κατηγορία ενεργειακής απόδοσης των δράσεων στην Εικόνα 4.3 ενσωματώνει δύο δράσεις διατήρησης των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων επενδύσεων στην ενεργειακή απόδοση. (Siano P., 2014)



Εικόνα 4.2: Εννοιολογική σκοπιά της αποτελεσματικότητας και της ανταπόκρισης στη ζήτηση (Siano P., 2014)

Δύο από τα κύρια εμπόδια που παρατηρούνται τα τελευταία χρόνια για την ανάπτυξη της Απόκρισης Ζήτησης (Demand Response) είναι η ανελαστικότητα υπάρχει από τη μεριά της ζήτησης και το μικρό ποσοστό συμμετοχής εξαιτίας της μηδαμινής πληροφόρησης. (Albadi & El-Saadany, 2007)

4.2 Τεχνικές απόκρισης ζήτησης

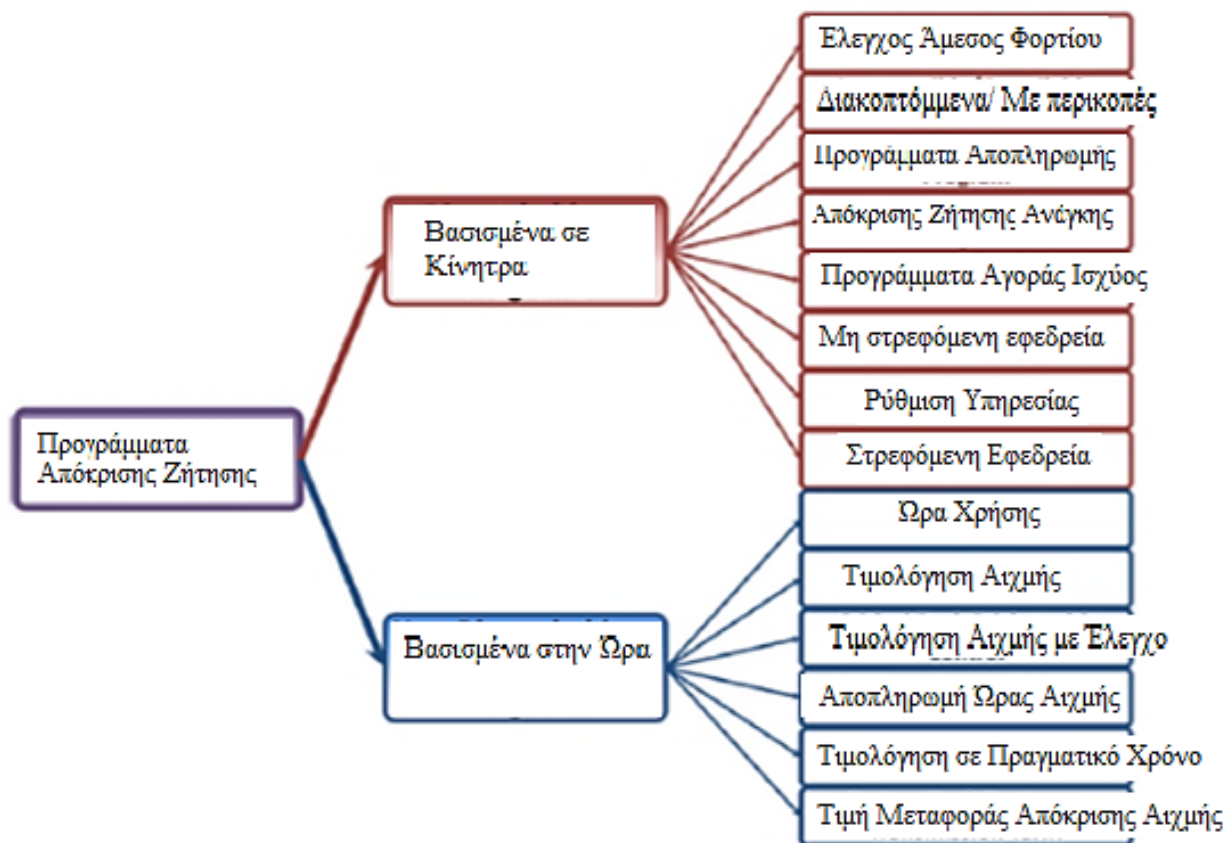
Οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να ακολουθήσουν τρεις διαφορετικές πρακτικές μεταβολής του τρόπου χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. (Goldman Charles, 2010)

1. *Μείωση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής.* Η ορθή ρύθμιση του θερμοστάτη, η μείωση των ωρών χρήσης κλιματιστικών και η διακοπή ή η μείωση της έντασης του φωτισμού αποτελούν τυπικά παραδείγματα σε οικιακούς καταναλωτές.

2. *Μετατόπιση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους εκτός των γεγονότων απόκρισης ζήτησης ή σε χρονικά διαστήματα χαμηλής τιμής.* Η φόρτιση των μπαταριών στο βιομηχανικό τομέα σε περιόδους χαμηλής ζήτησης ή η εκ των προτέρων ψύξη/θέρμανση στον οικιακό και εμπορικό τομέα είναι τυπικά παραδείγματα μετατόπισης φορτίου.

3. *Αυτοπαραγωγή* Οι καταναλωτές μπορούν να θέσουν σε λειτουργία μονάδες αυτοπαραγωγής από ΑΠΕ ή εφεδρικές ηλεκτρογεννήτριες για να καλύψουν μέρος των αναγκών τους, μειώνοντας έτσι την ανάγκη κάλυψης φορτίου από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας. (Goldman Charles, 2010)

Στην Εικόνα 4.3 παρουσιάζεται η βασική κατηγοριοποίηση των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης. Στην πρώτη κατηγορία εντάσσονται τα προγράμματα στα οποία παρέχονται κίνητρα στον καταναλωτή να μειώσει την ζήτηση ενέργειας, ενώ στην δεύτερη κατηγορία εντάσσονται τα προγράμματα που στοχεύουν στην προσαρμογή της ζήτησης σε διαφορετική χρονική περίοδο με χαμηλότερο φορτίο και χαμηλότερη τιμή. (Shariatzadeh Farshid, 2015)



Εικόνα 4.3: Βασικές κατηγορίες των συνηθέστερων προγραμμάτων Απόκρισης Ζήτησης (Shariatzadeh Farshid, 2015)

4.2.1 Προγράμματα βασισμένα στην τιμή

Για παράδειγμα η κατηγορία Time-based Demand Response αναφέρεται σε αλλαγές που πραγματοποιούν οι καταναλωτές στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό να επωφεληθούν από τις χαμηλότερες τιμές ηλεκτρικού ρεύματος σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Τα βασικά προγράμματα στην κατηγορία αυτή είναι η κοστολόγηση σύμφωνα με το χρόνο χρήσης, η τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο και η τιμολόγηση μέγιστου φορτίου. (U.S. Department of Energy, 2006) Αν η διαφορά της τιμής χρέωσης μεταξύ ωρών ή χρονικών περιόδων είναι σημαντική, οι πελάτες μπορούν να προσαρμόσουν τις ενεργειακές τους ανάγκες στο δεδομένο τιμολογιακό σύστημα πραγματοποιώντας σημαντικές αλλαγές στον τρόπο χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι αποφεύγουν την κατανάλωση ενέργειας σε περιόδους υψηλής χρέωσης, αποκομίζοντας σημαντικό οικονομικό όφελος στο λογαριασμό τους. Οι τροποποιήσεις στη χρήση ενέργειας που πραγματοποιεί ο καταναλωτής είναι πλήρως εκούσιες. (Charles River Associates, 2005)

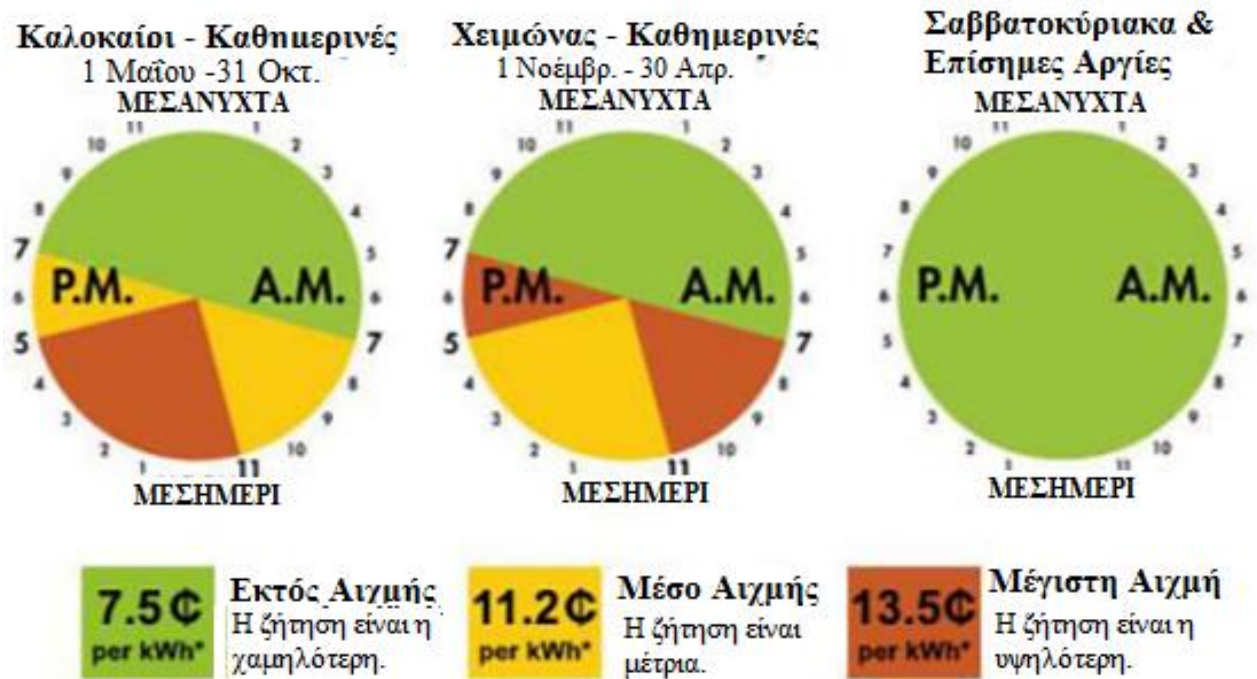
Τα προγράμματα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικότερα ακολούθως:

- *Time-of-Use Pricing- TOU*

Αφορά τη διαφορετική χρέωση της ηλεκτρικής ενέργειας σε διαφορετικές περιόδους κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου. Η διάκριση αυτή οδηγεί σε περιόδους υψηλής και χαμηλής ζήτησης. Η τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί συνάρτηση του μέσου κόστους παραγωγής και μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια των αντίστοιχων περιόδων. Όταν η ζήτηση ισχύος είναι υψηλή, αυξάνεται αντιστοίχως και η χρέωση της ενέργειας σε σύγκριση με τις περιόδους χαμηλότερης ζήτησης. Τα τιμολόγια αυτά είναι προκαθορισμένα για μια περίοδο αρκετών μηνών ή ετών.

Η διάκριση αυτή, δηλαδή αυτή η διαφορετική τιμολόγηση, με τον ίδιο τρόπο που εφαρμόζεται ανά εικοσιτετράωρο, μπορεί να εφαρμοσθεί και ανά εποχή. Η πρακτική αυτή είναι αρκετά διαδεδομένη στις ευρωπαϊκές χώρες, και κυρίως όπου η θέρμανση των κατοικιών πραγματοποιείται με ηλεκτρική ενέργεια. Τα προγράμματα κοστολόγησης σύμφωνα με το χρόνο χρήσης αποτελούν από τις πιο διαδεδομένες πρακτικές απόκρισης ζήτησης και έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν είτε για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους είτε καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. (Vardakas J. et al., 2015)

Στην Εικόνα 4.4 παρουσιάζεται η εφαρμογή ενός προγράμματος κοστολόγησης σύμφωνα με τον χρόνο χρήσης, όπως εφαρμόστηκε στον Καναδά. Υπάρχουν τρία διαφορετικά μοτίβα χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία αφορούν το καλοκαίρι (για καθημερινές), το χειμώνα (για καθημερινές) και ένα τελευταίο που αφορά τα σαββατοκύριακα και τις επίσημες αργίες. Συγκεκριμένα, το πρώτο μοτίβο αφορά την περίοδο 1 Μαΐου- 31 Οκτωβρίου, όπου η υψηλότερη χρέωση kWh ισχύει από τις 11 π.μ.-5 μ.μ., μέτρια χρέωση ισχύει μεταξύ 7 π.μ.-11 μ.μ. και 5 μ.μ.-7 μ.μ., ενώ η χαμηλότερη χρέωση ισχύει μεταξύ 7 μ.μ.-7 π.μ. Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, δηλαδή 1 Νοεμβρίου-30 Απριλίου, ισχύει το ίδιο ωράριο τιμολόγησης όσον αφορά τη χαμηλότερη χρέωση, ενώ τα διαστήματα μέτριας και μέγιστης τιμολόγησης είναι αντίστροφα ορισμένα. Τέλος, τα σαββατοκύριακα και τις επίσημες αργίες ισχύει το τιμολόγιο ελάχιστης χρέωσης καθόλο το εικοσιτετράωρο. (Vardakas J. et al., 2015)

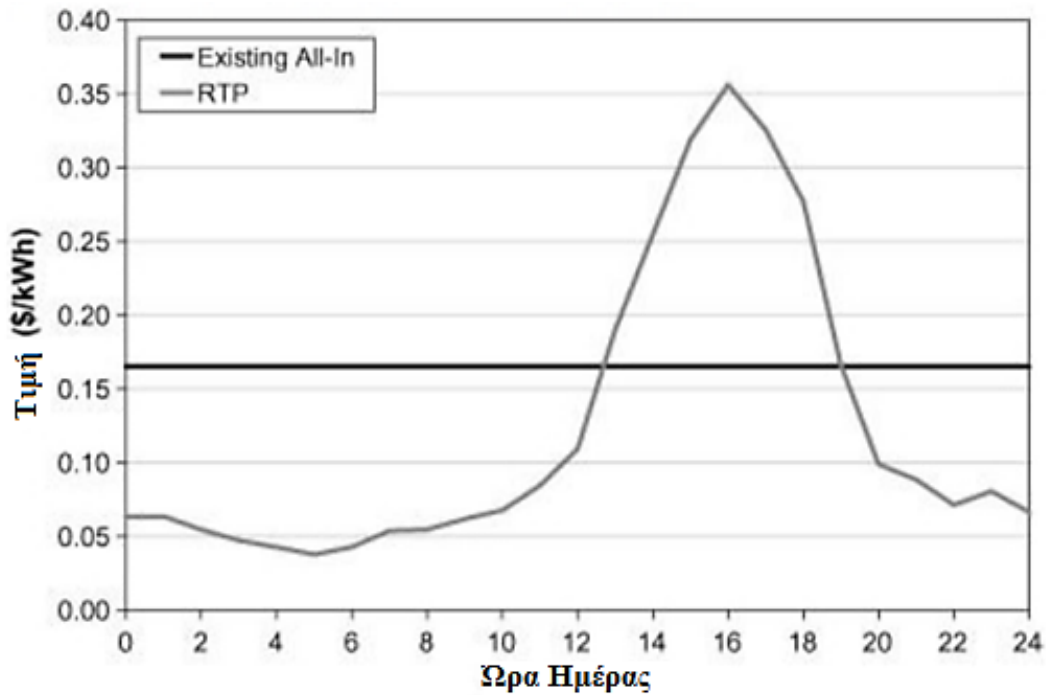


Εικόνα 4.4: Πρόγραμμα κοστολόγησης σύμφωνα με το χρόνο χρήσης στο Οντάριο του Καναδά (Vardakas J. et al., 2015)

- *Real-Time Pricing -RTP*

Στο πρόγραμμα αυτό η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας μεταβάλλεται συνεχώς κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, αντικατοπτρίζοντας την χονδρική τιμή της ενέργειας. Οι τιμές ανακοινώνονται στους πελάτες συνήθως μια μέρα ή μια ώρα νωρίτερα, σύμφωνα με προβλέψεις και στατιστικά για την ωριαία ζήτηση, ώστε να προγραμματίσουν τη μείωση στη ζήτησή τους. (Hussain Ijaz, 2015)

Στην Εικόνα 4.5 παρουσιάζεται η τιμή της kWh κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου, όταν εφαρμόζεται τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο. Παρατηρούμε ότι η τιμή της kWh μπορεί να παρουσιάσει σημαντική διακύμανση κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η τιμή της kWh κυμαίνεται γύρω στα 0,05 \$, ενώ κατά τις μεσημβρινές ώρες η τιμή κυμαίνεται γύρω στα 0,35\$, ενώ αν είχε εφαρμοσθεί σταθερή τιμολόγηση η τιμή της kWh θα ήταν όλο το εικοσιτετράωρο ίση με 0,17\$. (Hussain Ijaz, 2015)

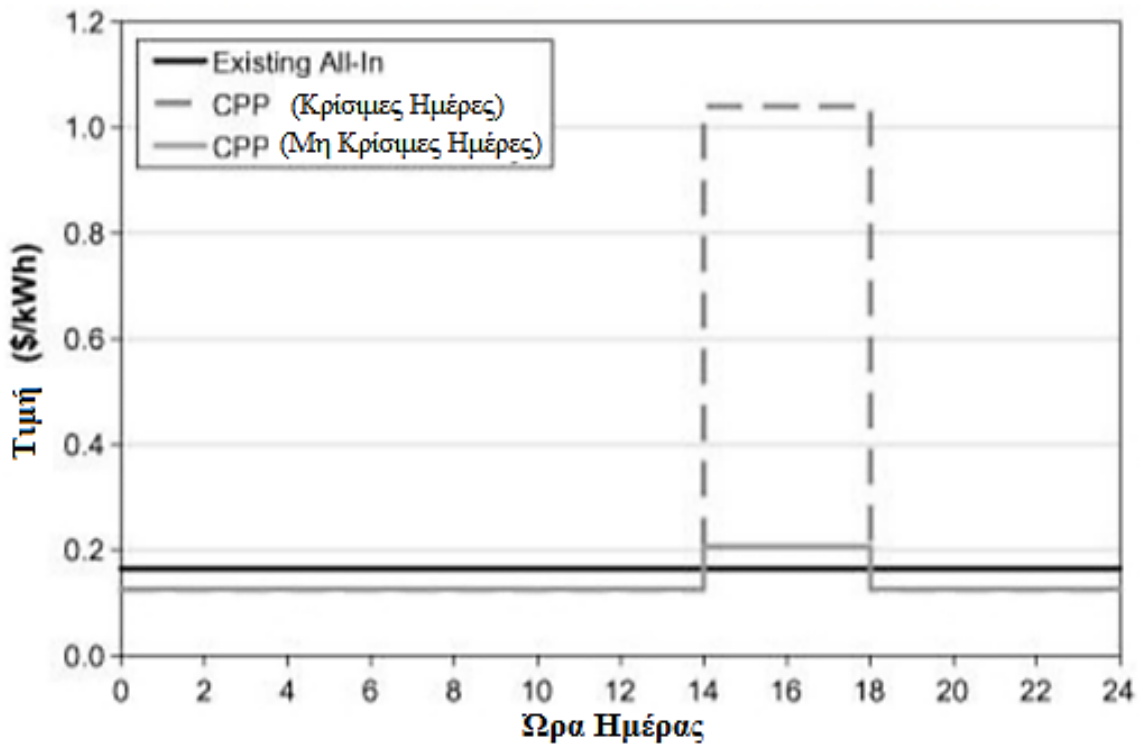


Εικόνα 4.5: Παράδειγμα τιμολόγησης πραγματικού χρόνου (Hussain Ijaz, 2015)

- *Critical Peak Pricing-CPP*

Αφορά την επιβολή υψηλής τιμολόγησης για μία κρίσιμη περίοδο αιχμής και είναι σε ισχύ για ένα προκαθορισμένο σύνολο ωρών. Οι πελάτες αυτού του προγράμματος συνήθως λαμβάνουν μια έκπτωση τιμών σε περίοδο μη τιμολόγησης μέγιστου φορτίου, ενώ περιλαμβάνεται και μια βασική χρέωση κοστολόγησης σύμφωνα με το χρόνο χρήσης. Ο μέγιστος αριθμός ημερών που μπορεί να εφαρμοσθεί αυτή η επιπλέον χρέωση, καθορίζεται βάσει συμβολαίου. Στην πραγματικότητα, το πρόγραμμα αυτό αποτελεί έναν συνδυασμό των δύο προηγούμενων προγραμμάτων. Η ενημέρωση για την επιπλέον χρέωση γίνεται μια ημέρα πριν. (Charles River Associates, 2005)

Στην Εικόνα 4.6 παρουσιάζεται η τιμή της kWh κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου. Κατά τις μη κρίσιμες ημέρες, τις ώρες μέγιστου φορτίου υπάρχει μια μικρή αύξηση στην τιμή της kWh, ενώ κατά τις κρίσιμες ημέρες, όταν δηλαδή το φορτίο ζήτησης είναι αυξημένο, η kWh τιμολογείται πολύ πιο ακριβά. (Charles River Associates, 2005)



Εικόνα 4.6: Παράδειγμα τιμολόγησης μέγιστου φορτίου (Charles River Associates, 2005)

Παραλλαγές του προγράμματος αυτού που μπορούν να εφαρμοσθούν είναι:

Τιμολόγηση ακραίας μέρας (Extreme Day Pricing-EDP): Λειτουργεί όπως η τιμολόγηση μέγιστου φορτίου, στο ότι η ενέργεια προσφέρεται σε υψηλότερη τιμή, αλλά διαφέρει στο ότι η τιμή αυτή βρίσκεται σε ισχύ για 24 ώρες, δηλαδή για ολόκληρη τη μέρα που χαρακτηρίζεται «ακραία» και η οποία είναι γνωστή από την προηγούμενη μέρα. (Valero S., 2007)

Συνδυασμός ED-CPP: Κατά τις κρίσιμες ημέρες του μήνα, εφαρμόζονται δύο διαφορετικές χρεώσεις. Κατά τις ώρες αιχμής, εφαρμόζεται τιμολόγηση ακραίας μέρας, ενώ κατά τις υπόλοιπες εφαρμόζεται η τιμολόγηση μέγιστου φορτίου. Τις υπόλοιπες όμως μέρες δεν υπάρχουν διακυμάνσεις στη τιμολόγηση.

Πρέπει βεβαίως να σημειωθεί, ότι η συμμετοχή του καταναλωτή στα προγράμματα αυτά είναι προαιρετική. Ο καταναλωτής δεν είναι υποχρεωμένος να τροποποιήσει το μοτίβο ενεργειακής κατανάλωσης, χωρίς να υφίσταται κάποια τιμωρία για τη μη ανταπόκρισή του σε κρίσιμες περιόδους. (Valero S., 2007)

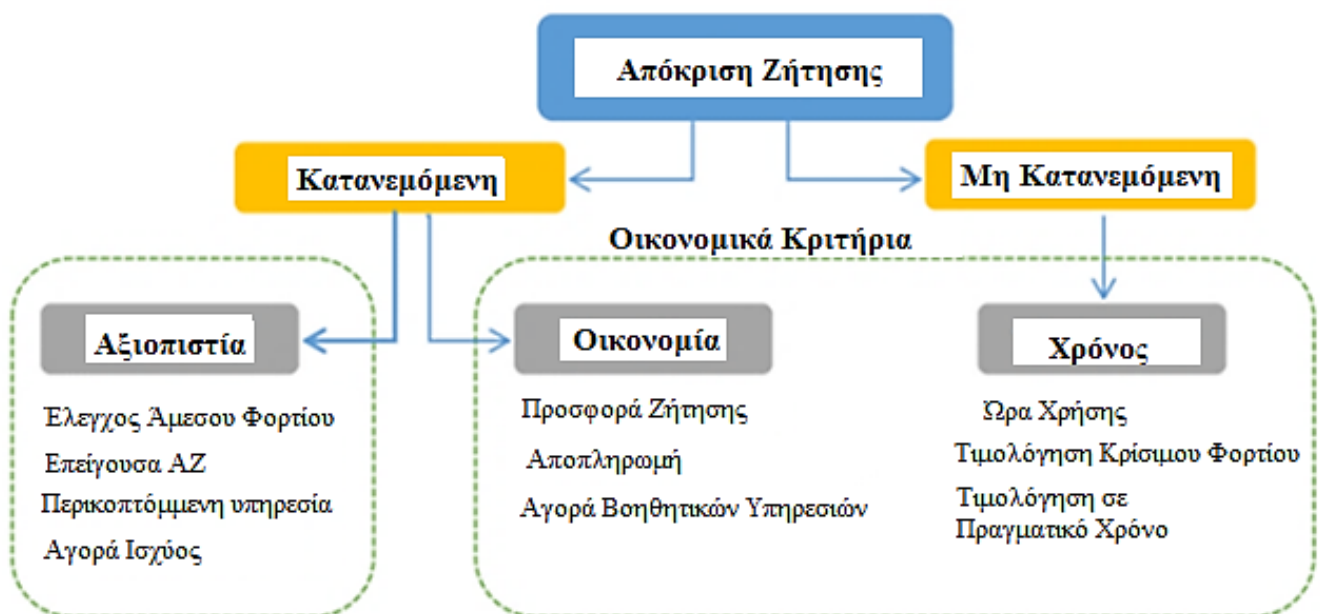
4.2.2 Προγράμματα βασισμένα στα κίνητρα

Τα συγκεκριμένα προγράμματα έχουν ως στόχο να δώσουν κίνητρα στους πελάτες να μειώσουν το φορτίο τους σε κρίσιμες περιόδους. Βασίζονται στη σύναψη συμβολαίων με τους πελάτες, και για το λόγο αυτό είναι υποχρεωμένοι να ανταποκριθούν στο αίτημα μείωσης ζήτησης. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχουν και οικονομικές ποινές σε περίπτωση μη ανταπόκρισης. (Valero S., 2007)

Τα προγράμματα που ανήκουν στη κατηγορία αυτή είναι:

- *Direct load control*

Στα προγράμματα αυτά, ο διαχειριστής του συστήματος έχει τη δυνατότητα να απενεργοποιεί ή να θέτει σε περιοδική λειτουργία εξ' αποστάσεως τις ηλεκτρικές καταναλώσεις του πελάτη, όπως π.χ. το κλιματιστικό ή το θερμοσίφωνα. Στόχος της διαδικασίας αυτής είναι η διατήρηση της αξιοπιστίας τοπικά ή σε ολόκληρο το σύστημα, με αντάλλαγμα πληρωμή ή πίστωση στο λογαριασμό του πελάτη. Τέτοια προγράμματα απευθύνονται συνήθως σε οικιακούς ή εμπορικούς καταναλωτές. Επίσης, υπάρχει περιορισμός όσον αφορά τον αριθμό ή τις ώρες που μπορεί μια συσκευή ενός καταναλωτή να τεθεί εκτός λειτουργίας κατά τη διάρκεια ενός έτους. (Cappers Peter, 2009)



Εικόνα 4.7: Κατηγοριοποίηση προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης (Cappers Peter, 2009)

- ***Demand bidding/buyback programs***

Στα συγκεκριμένα προγράμματα, οι μεγάλοι καταναλωτές προσφέρονται να μειώσουν το φορτίο τους όσο τους ζητηθεί ή προσδιορίζουν τι ποσότητα του φορτίου τους είναι διατεθειμένοι να περικόψουν για μια καθορισμένη τιμή που τους ανακοινώνεται. Συνήθως η προειδοποίηση για την περικοπή γίνεται μια μέρα πριν, με βάση τις προβλέψεις ζήτησης. Αν ένας πελάτης έχει δεσμευτεί για μείωση φορτίου, την οποία όμως τελικά δεν πραγματοποιήσει, επιβάλλονται κυρώσεις. Το πρόγραμμα αυτό αφορά μεγάλους καταναλωτές, πάνω του 1 MW. (Albadi M., 2007)

- ***Emergency demand response programs***

Πρόκειται για προγράμματα τα οποία προσφέρουν κίνητρα μέσω πληρωμών για μειώσεις των φορτίων σε κρίσιμες περιόδους αξιοπιστίας του συστήματος. Δεν είναι ξεκάθαρο εάν υπάρχει τιμωρία για τη μη ανταπόκριση του καταναλωτή στη μείωση του φορτίου. (Vardakas J., 2015)

- ***Capacity market programs***

Τα προγράμματα αυτά αποτελούν δέσμευση των πελατών να παρέχουν προκαθορισμένες μειώσεις φορτίων όταν εμφανίζονται απρόοπτα περιστατικά, ενώ υπάρχουν ποινές σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Η ειδοποίηση για τις περικοπές γίνεται μία ημέρα πριν. Τα προγράμματα αυτά παρέχουν μια μορφή ασφάλειας στο σύστημα. Ως αντάλλαγμα οι πελάτες λαμβάνουν εγγυημένες πληρωμές. (Vardakas J., 2015)

- ***Interruptible/curtailable service***

Οι πελάτες που συμμετέχουν λαμβάνουν έκπτωση ή πίστωση στο λογαριασμό τους, καθώς είναι υποχρεωμένοι να μειώσουν το φορτίο τους κατά τη διάρκεια απρόοπτων καταστάσεων, μέσα σε χρονικό διάστημα 30-60 λεπτών από τη στιγμή της ειδοποίησης. Αφορούν μεγάλους καταναλωτές με μέγεθος γύρω στα 200 kW. Σε περίπτωση αποτυχίας περικοπής φορτίων, εφαρμόζονται κυρώσεις. Υπάρχει ακόμη ένα ανώτατο όριο σχετικά με τον αριθμό ή τις ώρες που ο διαχειριστής μπορεί να ζητήσει περικοπές από τον καταναλωτή. (Hussain Ijaz, 2015)

- ***Ancillary services market programs***

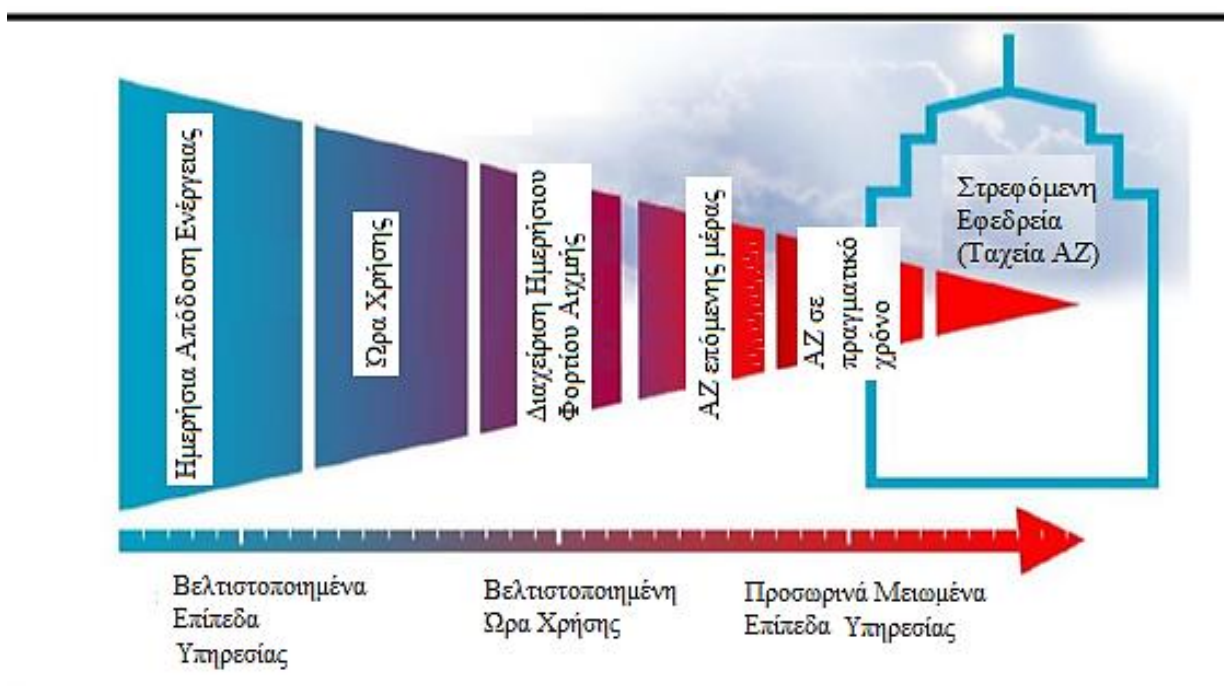
Πρόκειται για προγράμματα αγοράς βοηθητικών υπηρεσιών που προσφέρουν στους πελάτες τη δυνατότητα να πλειοδοτήσουν περικοπές φορτίου στους διαχειριστές του συστήματος. Εφόσον γίνει αποδεκτή η προσφορά, οι καταναλωτές πληρώνονται ώστε να βρίσκονται σε ετοιμότητα

για την αποκοπή του συμφωνηθέντος φορτίου όταν παραστεί ανάγκη. (Hussain Ijaz, 2015)

4.3 Συνεργασία απόκρισης ζήτησης και ενεργειακής αποδοτικότητας

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στην ενεργειακή αποδοτικότητα και στη απόκριση ζήτησης, όσον αφορά στο τι προσφέρουν, στο πως επηρεάζουν τον καταναλωτή και στο πως τον ανταμείβουν. Η μείωση των μεταξύ τους διαφορών και η συνεργασία τους θα μπορούσε να επιφέρει μείωση του κόστους εφαρμογής τους και ορθολογικότερη κατανομή των πόρων. Η συνεργασία αυτή θα είναι ωφέλιμη και για τη προώθησης τους στον καταναλωτή, καθώς οι πελάτες μπορεί να είναι περισσότερο δεκτικοί σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα διαχείρισης της χρήσης ενέργειας τους. (Goldman Charles, 2010)

Στην Εικόνα 4.8 παρουσιάζεται η προτεινόμενη εξέλιξη των επιλογών των πελατών. Τα διαδοχικά στάδια, από αριστερά προς δεξιά, παρουσιάζουν όλο και πιο πολύπλοκη λειτουργία απόκρισης ζήτησης και απαιτούν πρόσθετες επενδύσεις για την εκτέλεση τους σε πραγματικό χρόνο. (Goldman Charles, 2010)



Εικόνα 4.8: Η διαχρονική μεταβολή των διαφόρων επιλογών επίτευξης στόχων της Διαχείρισης Ζήτησης με την πάροδο των ετών (Goldman Charles, 2010)

Ο όρος "Daily Energy Efficiency" περιλαμβάνει τόσο τις βραχυπρόθεσμες δράσεις συντηρητικής χρήσης ενέργειας όσο και τις μακροπρόθεσμες επενδύσεις στην ενεργειακή απόδοση. Παρόλο που είναι επιθυμητό οι πελάτες να προβούν σε όλες τις κατάλληλες επενδύσεις ενεργειακής αποδοτικότητας πριν προβούν σε δραστηριότητες απόκρισης ζήτησης, αυτό δεν είναι πάντα εφικτό να πραγματοποιηθεί. (Goldman Charles, 2010)

Οι κύριοι τρόποι συνεργασίας και συνδυασμού της απόκρισης ζήτησης με την επίτευξη της ενεργειακής αποδοτικότητας είναι οι ακόλουθοι:

Συνδυασμένα προγράμματα προσφορών: Η παρουσίαση στον πελάτη συνδυασμένων προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας και DR. Θα μπορούσε να υπάρξει μία ενιαία χρηματοδότηση ή εκπτώσεις στους καταναλωτές για ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο προγραμμάτων

Συντονισμένα προγράμματα marketing και εκπαίδευση: Καθώς απαιτείται προσπάθεια πελατών και δράση για την εφαρμογή των προγραμμάτων, τα προγράμματα μάρκετινγκ πρέπει να περιλαμβάνουν μια ισχυρή εκπαιδευτική συνιστώσα. Οι επιχειρήσεις ενέργειας και οι οργανισμοί ενέργειας του κράτους μπορούν να προσφέρουν εκπαιδευτικά προγράμματα και για τους δύο κλάδους κάτω από ένα ευρύ θέμα της διαχείρισης της ενέργειας.

Κανονισμοί δόμησης και πρότυπα συσκευών: Η ενσωμάτωση ενεργειακής αποδοτικότητας και των μηχανισμών, απαραίτητων για τη λειτουργία προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης, απευθείας στο σχεδιασμό των κτιρίων και στο σχεδιασμό των συσκευών οδηγεί σε σημαντικές μειώσεις κατανάλωσης ενέργειας των πελατών.

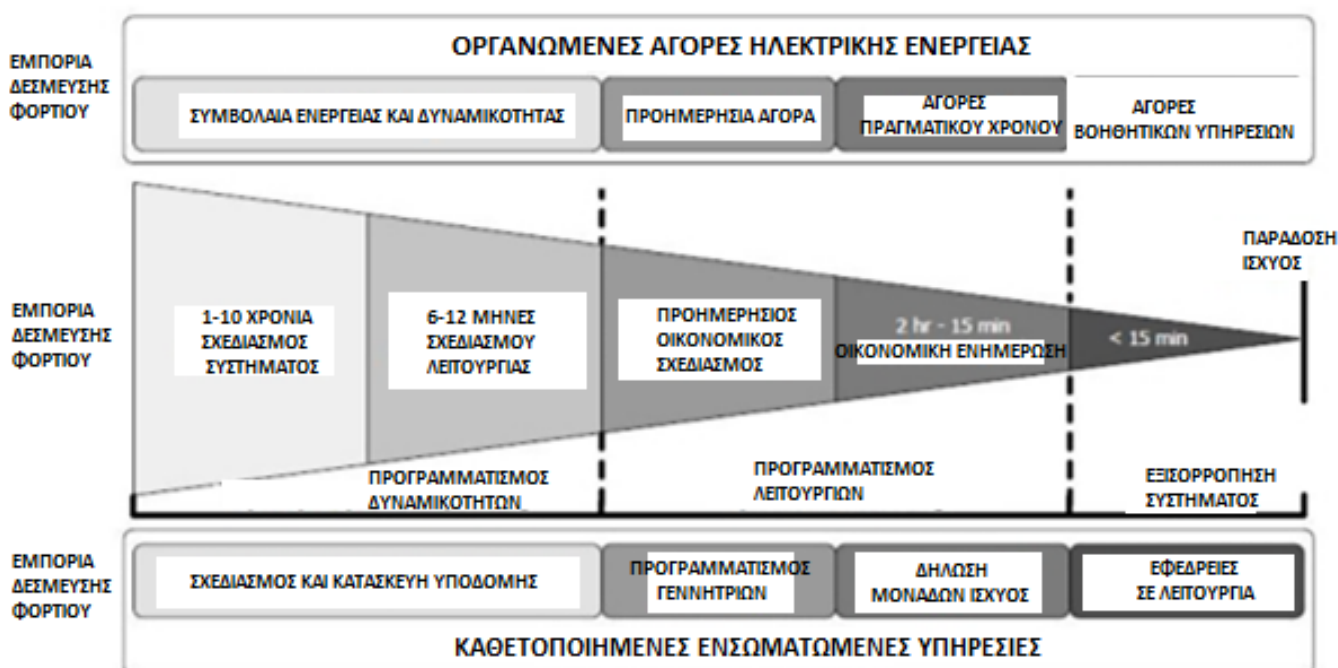
Η μεγάλης κλίμακας ανάπτυξη και ενσωμάτωση της ενεργειακής αποδοτικότητας θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση των τιμολογίων αλλά και την αναβολή της ανάγκης για νέες μονάδες φορτίου βάσης. Η ενσωμάτωση της απόκρισης ζήτησης θα μειώσει ή θα αναβάλλει την ανάγκη για νέες μονάδες κάλυψης φορτίου αιχμής και θα βελτιώσει την αξιοπιστία του συστήματος. Ο αποτελεσματικός τους συνδυασμός είναι ένα αναγκαίο βήμα για την αύξηση της αποτελεσματικότητας της ενεργειακής διαχείρισης πόρων. (Goldman Charles, 2010)

❖ *Επίδραση της συνεργασίας στα Σ.Η.Ε.*

Η κατασκευή νέων συστημάτων παραγωγής και μεταφοράς, αποτελεί μεγάλα και σύνθετα έργα, με αναμενόμενη οικονομική διάρκεια ζωής αρκετών

δεκαετιών. Τα έργα αυτά απαιτούν αρκετά χρόνια για την ανάπτυξη και κατασκευή τους ώστε τελικά να συνεισφέρουν στη παραγωγή και διανομή ενέργειας. Επίσης καθώς η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι οικονομικά αποθηκεύσιμη, απαιτείται η διατήρηση του ισοζυγίου προσφοράς - ζήτησης σε πραγματικό χρόνο. Σε περιπτώσεις μη διατήρησης μπορεί να απειληθεί η ακεραιότητα του ηλεκτρικού δικτύου μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. (U.S. Department of Energy, 2006)

Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας απαιτούν ένα ευρύ φάσμα χρονοδιαγραμμάτων για την διαχείριση της ενέργειας. Το φάσμα εκτείνεται από αρκετά χρόνια ή και δεκαετίας για το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της παραγωγής εως μερικά δευτερόλεπτα για την διατήρηση του ισοζυγίου μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. (Παναπακίδης Ιωάννης, 2012)



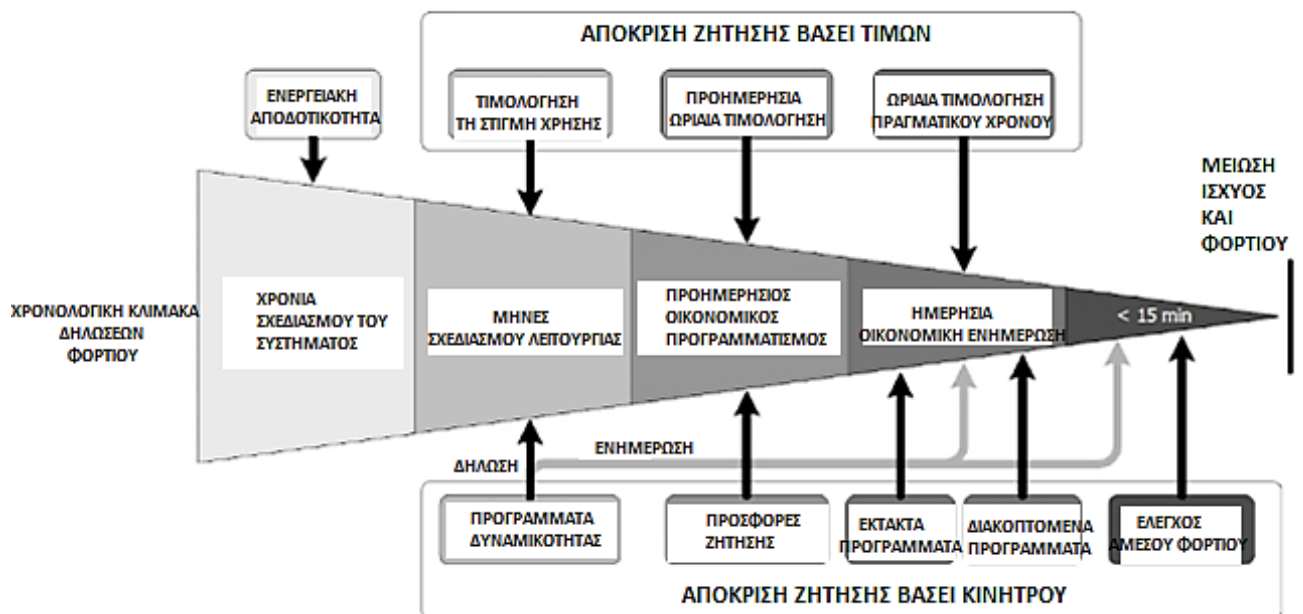
Εικόνα 4.9: Σχεδιασμός και Προγραμματισμός συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας (Goldman Charles, 2010)

Ο σχεδιασμός εγκατεστημένης ισχύος (capacity planning) περιλαμβάνει την αξιολόγηση της ανάγκης για νέες επενδύσεις σε πολυετή χρονικό ορίζοντα ενώ ο σχεδιασμός λειτουργίας (operation planning) περιλαμβάνει τον προγραμματισμό των διαθέσιμων πόρων για την κάλυψη της αναμενόμενης εποχικής ζήτησης με χρονοδιάγραμμα μηνών. Ο προγραμματισμός λειτουργίας (operations scheduling) στοχεύει στο προσδιορισμό των μονάδων λειτουργίας που θα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη της αναμενόμενης

βραχυπρόθεσμης ζήτησης. Η εξισορρόπηση του συστήματος (system balancing) σχετίζεται με τις λειτουργίες του δικτύου όπως στρεφόμενη εφεδρεία, έλεγχος τάσης κ.α. και γίνεται σε πολύ μικρή κλίμακα του χρόνου. ((Goldman Charles, 2010))

Η απόκριση ζήτησης έχει το χαρακτηριστικό ότι μπορεί να ενταχθεί σε όλα τα χρονοδιαγράμματα της διαχείρισης ζήτησης και να συνδράμει στους μηχανισμούς τιμολόγησης της ενέργειας. Εάν οι σχεδιαστές της διαχείρισης ζήτησης έχουν μία καλή γνώση για το πως οι πελάτες ανταποκρίνονται στις αλλαγές της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, τα προγράμματα "Price-Based DR" μπορούν να ενσωματωθούν σε διάφορα στάδια του χρονοδιαγράμματος. Τα τιμολόγια "TOU" μπορούν να ενσωματωθούν ως μέρος του σχεδιασμού λειτουργίας σε διάστημα μηνών ενώ τα τιμολόγια "RTP" στην εξισορρόπηση λειτουργίας με χρονικό ορίζοντα μίας ημέρας. (Παναπακίδης Ιωάννης, 2012) Τα προγράμματα του "Incentive-Based DR" μπορούν να εισαχθούν σχεδόν σε όλα τα χρονοδιαγράμματα της διαχείρισης όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα μπορεί να ενσωματωθεί ως μέρος του σχεδιασμού του συστήματος καθώς δημιουργεί μόνιμη μείωση της ζήτησης ενέργειας και εξοικονόμηση. (U.S. Department of Energy, 2006)



Εικόνα 4.10: Ο ρόλος της ενεργειακής αποδοτικότητας και απόκρισης ζήτησης στον προγραμματισμό των Σ.Η.Ε (Goldman Charles, 2010)

4.4 Απαιτούμενες τεχνικές προδιαγραφές προγραμμάτων

Πέρα από τα θεωρητικά στοιχεία των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης υπάρχουν και οι τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται ώστε να είναι επιτυχής η εφαρμογή των εν λόγω προγραμμάτων. Εξάλλου, η μια ορθή πολιτική διαχείρισης ζήτησης προϋποθέτει τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και στην αμφίδρομη επικοινωνία του καταναλωτή με τον εκάστοτε πάροχο. Σημαντική βοήθεια προς αυτή την κατεύθυνση προσφέρει η εγκατάσταση και χρήση έξυπνων μετρητών (Smart Meters) στη θέση των υφιστάμενων συμβατικής τεχνολογίας επαγωγικών μετρητών. (Haney A., 2009)

Οι ψηφιακοί μετρητές έχουν τη δυνατότητα για καταγραφή δεδομένων των ηλεκτρικών καταναλώσεων με αποτέλεσμα τη δυνατότητα εξαγωγής του ημερήσιου προφίλ του καταναλωτή. Η δυνατότητα αυτή είναι ουσιαστικής σημασίας για το σχεδιασμό των χρονικά μεταβαλλόμενων τιμολογίων. (ΤΕΕ, 2012)

Οι τρόποι αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ παρόχου και καταναλωτή ηλεκτρικής ενέργειας υποστηρίζεται μέσω χρήσης του διαδικτύου, μέσω σταθερής και κινητής τηλεφωνίας, μέσω δικτύου ραδιοσυχνότητας και μέσω Power Line Carrier (PLC - κομιστής γραμμής ρεύματος) (ΤΕΕ, 2012). Έτσι, προκύπτει το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας των μετρητών καθώς και της τηλεπικοινωνιακής υποδομής, κόστη που επιβαρύνουν την οικονομική λειτουργία του συστήματος.

Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση για την υλοποίηση των προγραμμάτων απόκρισης της ζήτησης καθίσταται η εγκατάσταση «έξυπνων» συσκευών, οι οποίες μπορούν να προγραμματίζονται ώστε να λειτουργούν συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η οποία είτε είναι γνωστή από πριν, όπως στην περίπτωση των προγραμμάτων ΤΟΥ είτε προκύπτει μέσα στη διάρκεια της ημέρας. (Design & Engineering Services, 2006)

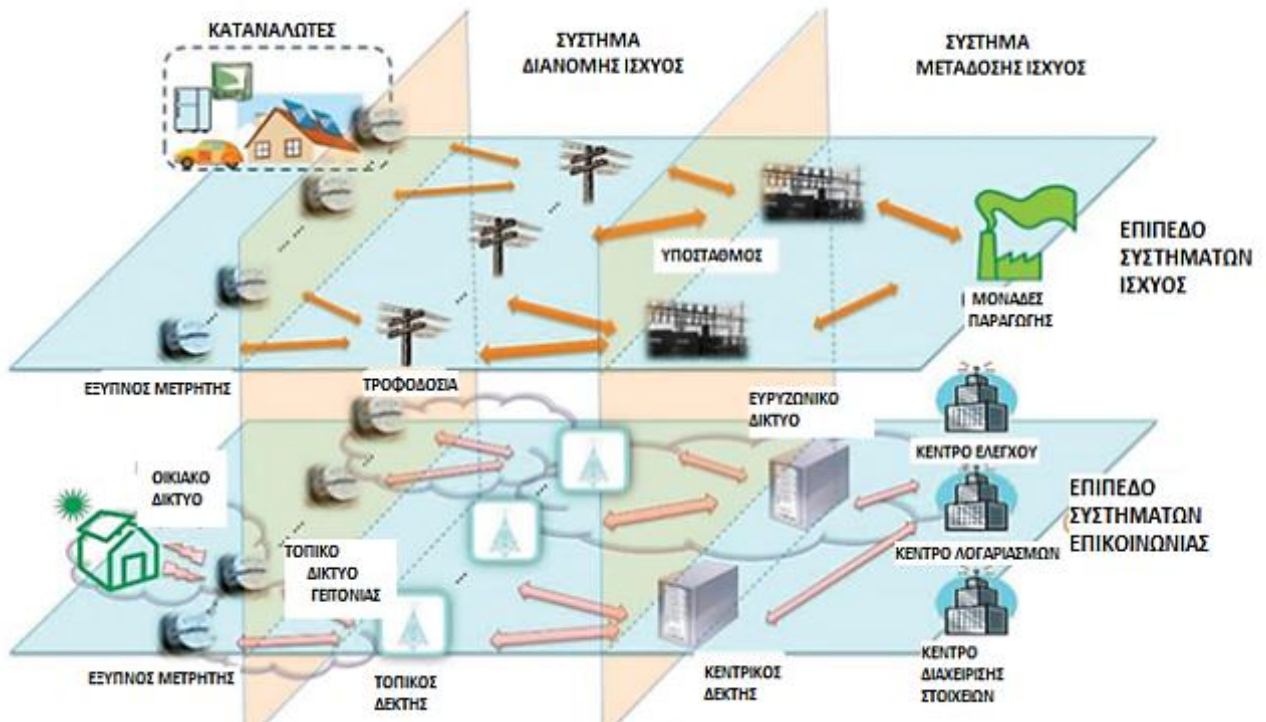
Παρά την επιβάρυνση, όμως, σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία όλα τα κράτη-μέλη υποχρεώνονται να έχουν αντικαταστάσει το 80% των συμβατικών μετρητών με έξυπνους ψηφιακούς μέχρι το 2018. Η υποχρέωση αυτή, λοιπόν, φαίνεται να δημιουργεί πρόσφορο έδαφος για την εφαρμογή των προγραμμάτων απόκρισης της ζήτησης. (Haney A., 2009)

4.5 Έξυπνοι μετρητές

Φωτισμός, συσκευές ψυχαγωγίας, λευκές ηλεκτρικές συσκευές και κλιματισμός σε μια κατοικία, αλλά και εξοπλισμός γραφείου, κυλιόμενες σκάλες, γραμμές παραγωγής, μονάδες ψύξης σε κτίρια γραφείων είναι μόνο μερικές από τις συσκευές που καταναλώνουν ενέργεια σε μια τυπική κατοικία ή σε χώρους γραφείων. Όλα αυτά τα εργαλεία είναι απαραίτητα για άνεση και την καθημερινότητα του ανθρώπου, αλλά είναι χρήσιμο επίσης να είναι γνωστό και το κόστος λειτουργία τους σε καθημερινή βάση, καθώς και ποιες ενέργειες ή πολιτικές μπορούν να υιοθετηθούν ώστε να εξοικονομηθεί ενέργεια και κατ'έπекταση χρήματα. Για το σκοπό αυτό συχνά χρησιμοποιούνται έξυπνοι μετρητές σε χώρους γραφείων ακόμη και σε οικιακές εφαρμογές. (www.esma-home.eu)

4.5.1 Ορισμός

Έξυπνος μετρητής: είναι μία ηλεκτρονική συσκευή που καταγράφει την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά χρονικά διαστήματα μικρότερα ή ίσα της μίας ώρας και στέλνει τα δεδομένα τουλάχιστον μία φορά τη μέρα πίσω στην εταιρία παροχής ηλεκτρισμού για λόγους τιμολόγησης και καταγραφής. Οι μετρητές αυτοί υποστηρίζουν την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του μετρητή και του κεντρικού συστήματος. Σε αντίθεση με τους οικιακά συστήματα παρακολούθησης ενέργειας, οι έξυπνοι μετρητές συλλέγουν δεδομένα με σκοπό αποστολή σε απομακρυσμένους δέκτες. Η υποδομή εξελιγμένης μέτρησης (Advanced Metering Infrastructure - AMI) διαφέρει από την παραδοσιακή αυτόματη ανάγνωση της μέτρησης (Automatic Meter Reading) στο ότι επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία με τον μετρητή. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα AMI παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.11. (Χαμπάκης Μ., 2005)



Εικόνα 4.11: Σχηματική αναπαράσταση ενός σύγχρονου ολοκληρωμένου συστήματος με χρήση έξυπνων μετρητών (<https://www.intechopen.com/>)

Μετρητές με παρόμοια χαρακτηριστικά υπάρχουν για αρκετά χρόνια, αλλά κυρίως ο όρος smart meter αναφέρεται σε αισθητήρες πραγματικού χρόνου, ή σχεδόν πραγματικού χρόνου, με τη δυνατότητα να αναφέρουν τυχόν διακοπές ρεύματος αλλά και αναφορές για την ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος. (Stromback J., 2011)



Εικόνα 4.12: Ένας σύγχρονος έξυπνος μετρητής διαθέσιμος στο εμπόριο (<http://emfsafetynetwork.org>)

4.5.2 Βασικά στοιχεία

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. (Χαμπιάκης Μ., 2005)

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. (Stromback, J. 2011, <http://www.esma-home.eu/>)

Οι κυριότερες λειτουργίες που επιτελεί ένας έξυπνος μετρητής είναι: (Stromback, J. 2011)

- ❖ 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.

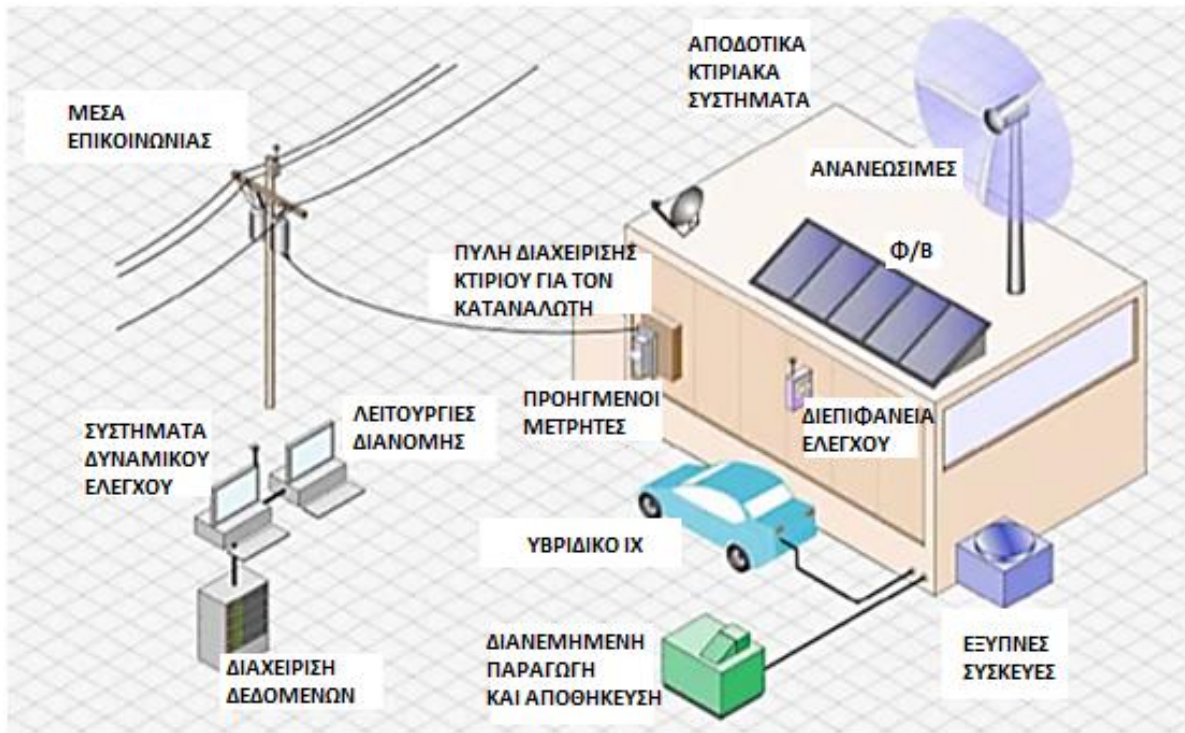


Εικόνα 4.13: Παρουσίαση της διεπαφής ενός έξυπνου μετρητή (www.esma-home.eu)

4.5.3 Υφιστάμενη τεχνολογία έξυπνων μετρητών

Από τις τεχνολογίες που συνεργάζονται για την ανάπτυξη των έξυπνων μετρητών η πιο κρίσιμη είναι οι μέθοδοι επικοινωνίας, ώστε να μεταφέρονται οι πληροφορίες με ασφάλεια, ταχύτητα και ακρίβεια. Μεταξύ των διάφορων δοκιμών υλοποίησης που έχουν γίνει, είναι η χρήση του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, του δορυφορικού δικτύου, αδειοδοτημένων και μη ραδιοφωνικών συχνοτήτων και χρήση των γραμμών μεταφοράς ισχύος. Όμως πέρα από το μέσο επικοινωνίας, πολύ σημαντική είναι και η τοπολογία του δικτύου. Πιο ειδικά, κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί η σταθερή ασύρματη δικτύωση, το δίκτυο πλέγματος αλλά και συνδυασμός των δύο. Για τη διαμόρφωση του δικτύου μπορεί να γίνεται χρήση του WiFi ή και άλλων τεχνολογιών διαδικτύου. Μέχρι σήμερα καμία τεχνολογία που έχει δοκιμαστεί δεν είναι καθολικά βέλτιστη καθώς οι ανάγκες επικοινωνίας είναι πολύ διαφορετικές σε κάθε εφαρμογή και απαιτούν προσαρμογή των απαιτήσεων για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος. (Shekara S. et al., 2011, FERC, 2012)

Στην Εικόνα 4.14 παρουσιάζεται ένα έξυπνο δίκτυο οικιακής εφαρμογής με τη χρήση έξυπνων μετρητών και διεπαφών.



Εικόνα 4.14: Σχηματική αναπαράσταση ενός έξυπνου δικτύου σε μια οικιακή εφαρμογή με χρήση των αντίστοιχων μετρητών (FERC, 2012)

4.5.4 Βασικές προδιαγραφές έξυπνων μετρητών

- Αμφίδρομη επικοινωνία
- Συλλογή δεδομένων για αποτίμηση δράσεων εξοικονόμησης ενέργειας, πρόβλεψης φορτίου και σχεδιασμού ανάπτυξης δικτύων
- Προγραμματιζόμενος χρόνος ανάλυσης από 1 λεπτό έως 1 ημέρα
- Δυνατότητα διαχείρισης κοστολόγησης (δυναμικές τιμές, καταγραφή ενεργειακής ζήτησης, αυτόματη εκτόπιση λογαριασμών.
- Απομακρυσμένος έλεγχος φορτίου
- Πληροφόρηση πελατών
- Αυτοματισμοί διανομής και απεικόνισης της ποιότητας παρεχόμενης ισχύος. (Shekara S. et al., 2011)

Προδιαγραφές μετρητών κατά ΡΑΕ

- Χαμηλή Τάση
- Καταγραφή ενέργειας ανά 15 λεπτο και θύρα RS-485
- 1φ έως 5KVA και 3φ άνω των 5 kVA (Χαμπάκης Μ., 2005)

4.5.5 Πλεονεκτήματα Έξυπνων Μετρητικών Συστημάτων

- ✓ Βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στους πελάτες
- ✓ Περιορισμός των καταγραφόμενων λαθών με τη βοήθεια ηλεκτρονικού τρόπου ανάγνωσης των μετρητών
- ✓ Μείωση του λειτουργικού κόστους των επιχειρήσεων
- ✓ Διαχείριση της ζήτησης των πελατών με όφελος τη μείωση των επενδύσεων για δίκτυα και εργοστάσια παραγωγής
- ✓ Πολλαπλή τιμολόγηση σε σχέση με την αντίστοιχη των κοινών μετρητών
- ✓ Συμμετοχή του πελάτη στην εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της απόκρισης ζήτησης
- ✓ Στους ηλεκτρομηχανικούς μετρητές δύσκολα εντοπίζεται οποιαδήποτε ρευματοκλοπή. Αντίθετα οι Ηλεκτρονικοί Μετρητές όχι μόνο εντοπίζουν και καταγράφουν κάθε απόπειρα παράνομης επέμβασης, αλλά και την κοινοποιούν έγκαιρα. Επιπρόσθετα, έχουν τη δυνατότητα καταγραφής των KWh που κλάπηκαν, με αποτέλεσμα η Επιχείρηση να μην υφίσταται απώλειες
- ✓ Οι μη τεχνικές απώλειες που θα μπορούσαν σε σημαντικό μέρος να αποφευχθούν ανέρχονται σε 20 δις \$ ετησίως (Shekara S. et al., 2011)

4.5.6 Έρευνα σχετικά με τους έξυπνους μετρητές

Η σταδιακή απελευθέρωση της ηλεκτρικής αγοράς ενέργειας οδήγησε στην ανάγκη της εύρεσης ενός τρόπου να συνδεθεί η παραγωγή με την κατανάλωση. Οι παραδοσιακοί μετρητές μετράνε μόνο την συνολική κατανάλωση χωρίς να παρέχουν πληροφορίες για το χρόνο που παρατηρήθηκε η κάθε κατανάλωση. Η τιμολόγηση έτσι γίνεται με ενιαίο τρόπο εκ των προτέρων. Με τους έξυπνους μετρητές παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες της ανάπτυξης διαφορετικής τιμολογιακής πολιτικής για διαφορετικές ώρες και περιόδους. Επίσης, η καταγραφή κρουστικών τιμών τάσης από κεραυνούς και αρμονικών συνιστωσών, επιτρέπει τη διάγνωση προβλημάτων στην ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος. (FERC, 2012)

Οι εταιρίες παροχής ενέργειας προωθούν τους έξυπνους μετρητές ισχυριζόμενοι ότι παρέχουν πιθανώς προνόμια και για τους οικιακούς χρήστες. Τέτοια προνόμια είναι η κατάργηση του έναντι τιμολογίου, που αποτελεί και τον κύριο λόγο παραπόνων και η παροχή ενός εργαλείου που

μπορεί να βοηθήσει τους καταναλωτές να διαχειριστούν καλύτερα τις καταναλωτικές τους συνήθειες. Μία ακαδημαϊκή έρευνα έδειξε ότι σύμφωνα με δοκιμές οι οικιακοί καταναλωτές ύστερα από την χρήση τέτοιων μετρητών μείωσαν την ενεργειακή τους κατανάλωση κατά μέσο όρο από 3 - 5 %. (FERC, 2012)

4.6 Αποτίμηση κόστους προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης

Ένα επιπλέον στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά θέσπιση και υιοθέτηση ενός προγράμματος απόκρισης ζήτησης είναι και το κόστος που επιφέρει τόσο για τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας όσο και τους καταναλωτές που θα συμμετάσχουν στα ανάλογα προγράμματα. Έτσι ο συμμετέχοντας - καταναλωτής στο πρόγραμμα ενδέχεται να χρειαστεί να εγκαταστήσει νέες τεχνολογίες, με χαρακτηριστικά παραδείγματα: θερμοστάτες, συσκευές ελέγχου του φορτίου αιχμής, σύστημα διαχείρισης ενέργειας, καθώς και τοπικές μονάδες παραγωγής. Επίσης, απαιτείται η ύπαρξη κάποιου σχεδίου ή στρατηγικής απόκρισης ζήτησης, το οποίο θα εφαρμοστεί σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Κατά συνέπεια, η αρχική επένδυση πρέπει να καλυφθεί συνήθως από τον ίδιο τον καταναλωτή, ενώ από την άλλη οι υπεύθυνοι υλοποίησης του εκάστοτε προγράμματος απόκρισης ζήτησης παρέχει την τεχνική υποστήριξη. (Haney A., 2009)

Τα λειτουργικά κόστη για τους καταναλωτές σχετίζονται με τα διάφορα περιστατικά που θα προκύψουν και ποικίλουν, καθώς είναι σε άμεση εξάρτηση από το εκάστοτε σχέδιο απόκρισης ζήτησης. Επιπροσθέτως μπορεί να προκύψει απώλεια των συνθηκών άνεσης, για παράδειγμα στην περίπτωση που ο καταναλωτής αλλάξει το σημείο ρύθμισης του θερμοστάτη, ή και ζημιές στον εργασιακό τομέα, αναδιοργάνωση της βιομηχανικής διαδικασίας και των δραστηριοτήτων. Σε περίπτωση που ο καταναλωτής επιθυμεί να προσθέσει κάποια εφεδρική τοπική μονάδα παραγωγής ενέργειας, τότε συνυπολογίζονται το κόστος για τα καύσιμα και τη συντήρηση. Ο σχεδιαστής και πάροχος του προγράμματος φροντίζει για την αρχική επένδυση και το κόστος λειτουργίας του συστήματος. Το αρχικό κόστος των επιχειρήσεων αφορά την τοποθέτηση σύγχρονων μετρητικών συστημάτων για τη μέτρηση, την αποθήκευση και την μεταφορά ενέργειας ανά χρονικά διαστήματα, πχ. ωριαίες μετρήσεις για τιμολόγηση σε πραγματικό χρόνο (Real Time Pricing). Τα λειτουργικά έξοδα αφορούν το κόστος διαχείρισης και διοίκησης, καθώς και τις πληρωμές ως αντάλλαγμα στη συμμετοχή των καταναλωτών σε σχετικά προγράμματα. (Haney A., 2009)

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο πριν την ανάπτυξη ενός προγράμματος είναι η εκπαίδευση των καταναλωτών γύρω από τα οφέλη του προγράμματος. Οι πιθανοί συμμετέχοντες πρέπει να ενημερώνονται σχετικά με τους διάφορους τύπους προγραμμάτων και να καθορίζονται οι στρατηγικές απόκρισης. Η επιτυχημένη εφαρμογή ενός προγράμματος απόκρισης ζήτησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εκπαίδευση του πελάτη, ενώ η προώθηση των υπηρεσιών προσελκύει καινούργιους συμμετέχοντες. Τέλος, απαιτείται συνεχής αποτίμηση και αξιολόγηση των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης που εφαρμόζονται, καθώς και των αποτελεσμάτων τους, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητοί στόχοι. (Albadi & El-Saadany, 2007)

Ο Πίνακας 4.1 παρουσιάζει μια ανάλυση για τα επιμέρους κόστη για τους συμμετέχοντες και τους λειτουργούς των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης.

Πίνακας 4.1: Ανάλυση του επιμέρους κόστους για κάθε συμμετέχοντα στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης (US Energy Information Administration, 2014)

Κόστος για τους συμμετέχοντες	<i>Αρχικό κόστος</i>	Εγκατάσταση απαραίτητης τεχνολογίας
		Σχεδιασμός των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης
	<i>Λειτουργικό κόστος</i>	Απώλεια ανέσεων
		Επανασχεδιασμός χρονοδιαγράμματος
Μονάδες αυτοπαραγωγής		
		Εγκατάσταση συστήματος τηλεμέτρησης
Κόστος για το λειτουργό του προγράμματος	<i>Αρχικό κόστος</i>	Συστήματα αυτόματων πληρωμών
		Εκπαίδευση καταναλωτών
		Διαχείριση και διοίκηση
	<i>Λειτουργικό κόστος</i>	Πληρωμές για τους συμμετέχοντες
		Προώθηση προγραμμάτων και ενημέρωση
		Αξιολόγηση προγραμμάτων
		Συντήρηση και αναβάθμιση εξοπλισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Εφαρμογή της απόκρισης ζήτησης στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

5.1 Εισαγωγή

Για τη διασφάλιση αποδοτικής, αδιάκοπης και αξιόπιστης λειτουργίας ενός συστήματος απόκρισης ζήτησης θα πρέπει να έχει προηγηθεί ολοκληρωμένος προγραμματισμός των στρατηγικών και πολιτικών που θα ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση. Επίσης χρήσιμο θα είναι η πλήρης αυτοματοποίηση των διαδικασιών ελέγχου και επικοινωνίας χωρίς την απαίτηση ανθρώπινης επέμβασης για την αποδοτική εφαρμογή των δραστηριοτήτων απόκρισης ζήτησης, αποφεύγοντας παράλληλα τυχόν σφάλματα ή δυσλειτουργίες. (Gyamfi S., 2010)

Στις ακόλουθες ενότητες παρουσιάζονται ορισμένα από τα βασικά προγράμματα απόκρισης ζήτησης που εφαρμόζονται σε ποικίλες περιπτώσεις.

5.2 Προγράμματα απόκρισης ζήτησης

5.2.1 Για εμπορικούς καταναλωτές

Τα συστήματα θέρμανσης, αερισμού και κλιματισμού (Heating, ventilation and air conditioning - HVAC) αποτελούν εξαιρετικές λύσεις για μείωση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Πρώτον, τα συστήματα HVAC αποτελούν ένα μεγάλο κομμάτι του ηλεκτρικού φορτίου στα εμπορικά κτίρια.



Δεύτερον, η αποθήκευση ενέργειας στα κελύφη των κτιρίων και η εσωτερική θερμική μάζα επιτρέπουν στα συστήματα αυτά να βρίσκονται εκτός λειτουργίας προσωρινά, χωρίς αυτό να έχει κάποιο αντίκτυπο στο ανθρώπινο προσωπικό που βρίσκεται εντός. (Han Junqiao, 2008, Gyamfi S., 2010)

Επιπροσθέτως, ένα άτομο νιώθει άνετα εντός ενός επιτρεπτού εύρους θερμοκρασιών, υγρασίας και ταχύτητας του αέρα, είναι οι λεγόμενες συνθήκες άνεσης. Εφόσον τα παραπάνω όρια δεν υπερβαίνονται ή υπερβαίνονται για μικρή χρονική διάρκεια, οι στρατηγικές απόκρισης ζήτησης μπορούν να εφαρμοστούν χωρίς προβλήματα. Ακόμη, στα μεγάλα εμπορικά κτίρια, συνηθίζεται τα συστήματα HVAC να είναι έστω μερικώς αυτοματοποιημένα με τη βοήθεια συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (Excise Movement and Control System - EMCS).

Παράλληλα με τις στρατηγικές για τα συστήματα θέρμανσης, αερισμού, κλιματισμού και φωτισμού, προτείνεται η απενεργοποίηση των φορτίων που συνδέονται σε πρίζες όταν δεν είναι απαραίτητα. Στην περίπτωση αυτοματοποιημένης διαχείρισης ζήτησης (auto-DR), όλες αυτές οι στρατηγικές προγραμματίζονται εκ των προτέρων από τα συστήματα EMCS, πραγματοποιώντας απόρριψη φορτίου όταν είναι απαραίτητο. (Han Junqiao, 2008)

Εναλλακτικά, οι στρατηγικές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν χειροκίνητα ή μερικώς αυτοματοποιημένα. Μεταξύ των φορτίων που μπορούν να υποστούν περικοπή είναι ανελκυστήρες, κυλιόμενες σκάλες, εξωτερικές πινακίδες, σιντριβάνια κτλ. (Gyamfi S., 2010)

5.2.2 Για βιομηχανικούς καταναλωτές

Η εφαρμογή του μηχανισμού της διαχείρισης ζήτησης σε τομείς της βιομηχανίας παρουσιάζει πολλές προκλήσεις, τόσο στην πράξη όσο και στο σχεδιασμό. Τέτοιου είδους προκλήσεις είναι: η μεγάλη ποικιλία στα φορτία και στις λειτουργίες



μεταξύ των τμημάτων της βιομηχανίας, αλλά και εντός του ίδιου τμήματος, η εξάρτηση της οργάνωσης παραγωγής από τους πόρους που χρησιμοποιεί αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες όπως η οι παραγγελίες των πελατών ή οι διαδικασίες που απαιτείται να ολοκληρωθούν κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, η έλλειψη ελέγχου και η αποστροφή για τη λήψη ρίσκου. Ωστόσο, με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τη σωστή προετοιμασία, ο βιομηχανικός τομέας μπορεί να αποδώσει πολλά οφέλη και ευκαιρίες για ανάπτυξη στον τομέα της διαχείρισης ζήτησης. (Shen Bo, 2009)

5.2.3 Για πολύ μεγάλους βιομηχανικούς καταναλωτές

Οι πολύ μεγάλες βιομηχανικές και κατασκευαστικές εταιρίες αποτελούν έναν ακόμη πολύ σημαντικό κλάδο που μπορεί να εφαρμοστούν και α έχουν σημαντικά αποτελέσματα τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης. Καθώς σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις περιλαμβάνεται συνήθως ειδικό εξοπλισμό, οι λειτουργίες που εκτελούνται μπορούν να παρέχουν αξιοσημείωτη μείωση φορτίου. Για αργή απόκριση (δηλαδή ειδοποίηση από τους ρυθμιστές 4 ή περισσότερες ώρες νωρίτερα), οι γραμμές παραγωγής μπορούν να σταματήσουν πλήρως, και πιθανώς να αναδιοργανωθούν. Σε μια πιο γρήγορη απόκριση, οι συσκευές ρύθμισης ταχύτητας, πιεστήρια, καμίνια κτλ. μπορούν να περικοπούν και να ελεγχθούν εξ' αποστάσεως.



Φυσικά, πολλές βιομηχανικές μονάδες διαθέτουν εφεδρικές μονάδες και μονάδες συμπαραγωγής οι οποίες επηρεάζουν επιπλέον τη διαμόρφωση της κατανάλωσης και της ζήτησης ενέργειας από τις μονάδες. (Shen Bo, 2009)

Γενικότερα, στα προγράμματα που βασίζονται στην αγορά, οι καταναλωτές αμείβονται με χρηματικά ποσά για την απόδοση τους, που εξαρτώνται από την ποσότητα μείωσης χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια κρίσιμων συνθηκών.

Για παράδειγμα ένα σύνηθες πρόγραμμα με βάση την αγορά είναι το επείγον πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης, **Emergency DR Program (EDRP)**, το οποίο ταυτίζεται με ένα συνδυασμό του προγράμματος άμεσου ελέγχου φορτίου και του προγράμματος διακοπόμενου φορτίου.

Επιπροσθέτως το πρόγραμμα χωρητικότητας αγοράς, **Capacity Market Program (CMP)**, απευθύνεται σε καταναλωτές που μπορούν να προσφέρουν προκαθορισμένες μειώσεις φορτίου, για να αντικαταστήσουν τη συμβατική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. (Deng R. et al., 2015)

5.3 Παραδείγματα από το διεθνή χώρο

Στις Η.Π.Α οι πρώτες ενέργειες εφαρμογής προγραμμάτων κυμαινόμενης τιμολόγησης για οικιακούς καταναλωτές ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '80. Το ενδιαφέρον εστιάστηκε στη μέτρηση της απόκρισης των καταναλωτών σε στατικές τιμές ανά ώρα ημέρας και ανά εποχή. Οι μέθοδοι στατικής τιμολόγησης προσδιορίζουν την τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας για μια ολόκληρη προκαθορισμένη περίοδο και μπορεί να αλλάξει μόνο με αλλαγή της τιμής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι στατικές μέθοδοι τιμολόγησης περιλαμβάνουν την ενιαία τιμολόγηση, καθώς και την TOU. Τα προγράμματα δυναμικής τιμολόγησης, όπως οι CPP και RTP άρχισαν να εφαρμόζονται από τα τέλη της δεκαετίας του '90, με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης στη μείωση της αιχμής ζήτησης για τους οικιακούς καταναλωτές. Προέκυψε ότι το πρόγραμμα CPP, μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του φορτίου κατά τις ώρες μη αιχμής. (Shariatzadeh F., 2015)

Πλέον, προγράμματα απόκρισης ζήτησης προσφέρονται διεθνώς από διάφορους ανεξάρτητους διαχειριστές συστήματος (Independent System Operator, ISO) ή από τοπικούς διαχειριστές μεταφοράς (Regional Transmission Operator, RTO).



Εικόνα 5.1: California ISO ένας από τους ανεξάρτητους διαχειριστές συστήματος στην Αμερική (<http://www.caiso.com>)

Στη Νέα Αγγλία, ο ανεξάρτητος διαχειριστής συστήματος παρέχει προγράμματα απόκρισης ζήτησης που βασίζονται στα κίνητρα, όπως τα

προγράμματα τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο (RTP) και το πρόγραμμα καθορισμού απόκρισης φορτίου επόμενης μέρας (DALRP). Στη δεύτερη περίπτωση, οι καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να συμμετέχουν έμμεσα στην αγορά ενέργειας της επόμενης ημέρας, ενώ στα προγράμματα τιμολόγησης σε πραγματικό χρόνο οι καταναλωτές μειώνουν το φορτίο τους σε πραγματικό χρόνο, όταν οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας υπερβούν ένα καθορισμένο σημείο. Οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα επείγουσας απόκρισης ζήτησης έχουν την επιλογή είτε να στέλνουν κάθε πέντε λεπτά πραγματικά δεδομένα μετρήσεων στον διαχειριστή του συστήματος, ώστε να λάβουν εκπτώσεις, αλλά έχουν και την επιλογή να μη διαθέτουν συσκευές τηλεμετρίας για να συμμετέχουν. (Shariatzadeh F., 2015)

Το πρόγραμμα απόκρισης φορτίου (LRP) ξεκίνησε το 2001, παρέχοντας κίνητρα στους συμμετέχοντες ως αντάλλαγμα στη μείωση ζήτησης ενέργειας κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής. Οι καταναλωτές μπορούσαν είτε να παρέχουν υποχρεωτικές μειώσεις φορτίου (100 kW ως 5 MW), είτε να συμμετέχουν εθελοντικά για συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που προσδιορίζεται από το διαχειριστή συστήματος. Στην περίπτωση αυτή, ο συμμετέχων θα αποζημιωθεί για τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, κατά 100 kW ως 5 MW. Συνήθως ενημερώνονται 30 λεπτά νωρίτερα από το διαχειριστή. (Shariatzadeh F., 2015)

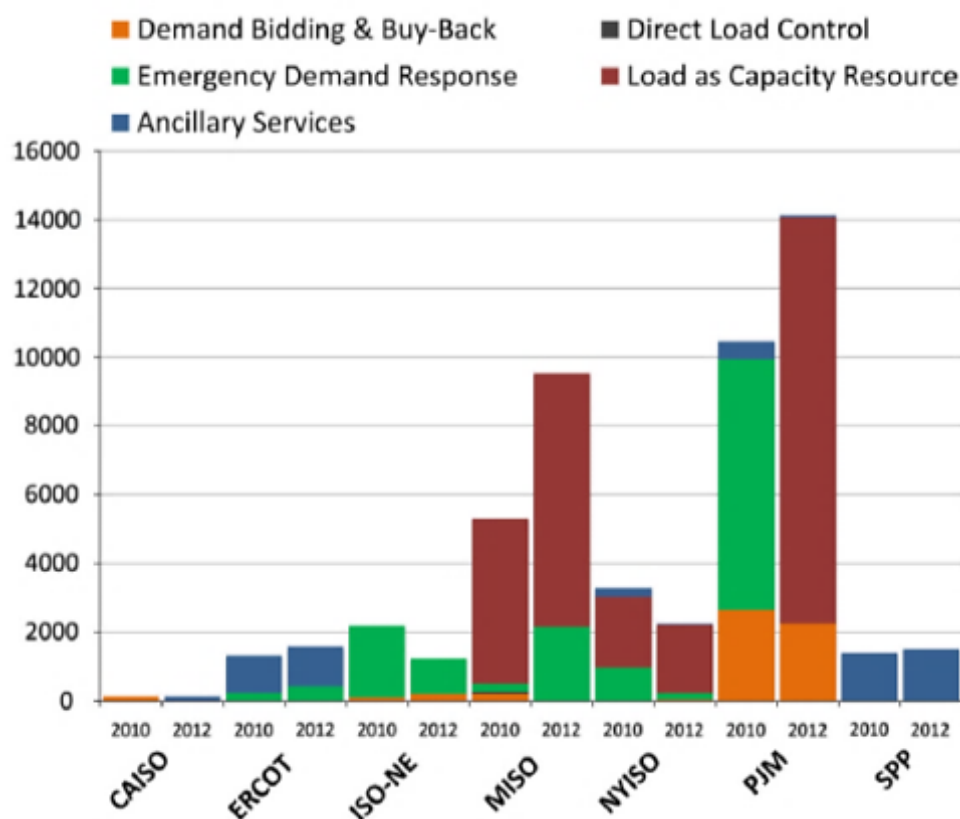
Το σύστημα διασύνδεσης της Pennsylvania, του New Jersey και του Maryland (PJM) διαθέτει ξεχωριστές αγορές ενέργειας, ισχύος και βοηθητικών υπηρεσιών. Ο διαχειριστής PJM παρέχει στους καταναλωτές τρία διαφορετικά προγράμματα βασιζόμενα σε κίνητρα: επείγουσας απόκρισης ζήτησης, διαχείρισης ενεργού φορτίου (ALM) και προγράμματα απόκρισης φορτίου οικονομικής φύσης. Τα δύο πρώτα χρησιμοποιούνται για την απόρριψη σε έκτακτες συνθήκες. Συγκεκριμένα, στο πρόγραμμα ALM, οι καταναλωτές πρέπει να ενταχθούν πριν την καλοκαιρινή περίοδο, ώστε να είναι δυνατή η μείωση των καταναλώσεων ισχύος για τουλάχιστον 10 μέρες ως και 6 ώρες ανά ημέρα. Οι καταναλωτές που έχουν πιο οικονομική τιμολόγηση μπορούν να επιλέξουν μεταξύ άμεσου ή έμμεσου χρονοπροσδιορισμού των φορτίων τους, ώστε να συμμετέχουν στην αγορά ενέργειας σε πραγματικό χρόνο, ενώ παράλληλα μια προνομιακή οικονομικά απόκριση ζήτησης παρέχει βοηθητικές υπηρεσίες στη χονδρεμπορική αγορά με κατάλληλη υποδομή. Η ελάχιστη δυναμικότητα ενός καταναλωτή για να συμμετέχει σε οποιοδήποτε πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης είναι 100 kW. (Walawalkar R., 2010)

Ο ανεξάρτητος διαχειριστής της Νέας Υόρκης, παρέχει πέντε διαφορετικά προγράμματα απόκρισης ζήτησης: πρόγραμμα επείγουσας απόκρισης ζήτησης (EDRP), πρόγραμμα πόρων ειδικών περιπτώσεων (SCR), στοχευμένο πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης (TDRP), πρόγραμμα απόκρισης ζήτησης επόμενης ημέρας (DADRP) και πρόγραμμα ζήτησης βοηθητικών υπηρεσιών

(DSASP). Από αυτά, τα EDRP, SCR και DADRP είναι προγράμματα που βασίζονται στα κίνητρα. (Mukerji R. 2011, NYISO, 2008)

Παρόλο που οι καταναλωτές που εντάσσονται στο πρόγραμμα SCR λαμβάνουν χρηματική πληρωμή για τις μειώσεις φορτίου που πραγματοποιούν, μπορούν να υποστούν κυρώσεις όταν δεν υπακούουν στις προσυμφωνημένες μειώσεις φορτίου. Σχεδόν όλοι οι διαχειριστές συστήματος και οι τοπικοί διαχειριστές μεταφοράς συμμετέχουν και στην αγορά ενέργειας και στην αγορά βοηθητικών υπηρεσιών. Πρέπει όμως να γίνει σαφές ότι ο πρωταρχικός στόχος των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης είναι η μείωση της αιχμής ζήτησης. Η επιτυχία τους εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και την καταλληλότητα του προγράμματος απόκρισης ζήτησης που εφαρμόζεται. (NYISO, 2009)

Στην Καλιφόρνια εφαρμόστηκε πιλοτικό πρόγραμμα για περίπου 2500 οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές μικρής κλίμακας. Ο βασικός στόχος του προγράμματος ήταν να ελεγχθεί η απόκριση των οικιακών καταναλωτών στο πρόγραμμα CPP. Όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 5.2, η περίπτωση της PJM παρουσίασε την υψηλότερη απόκριση ζήτησης μεταξύ των ετών 2011-2012. Όλες οι αγορές, εκτός της ISO-NE, βελτίωσαν την απόκριση ζήτησης κατά το έτος 2012 σε σύγκριση με το 2010. (Mukerji R., 2011, Shariatzadeh F., 2015)



Εικόνα 5.2: Συνολική παρουσίαση της συνεισφοράς των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης στις αγορές των Η.Π.Α. (Shariatzadeh F., 2015)

5.4 Μελέτη επίδρασης απόκρισης ζήτησης σε χώρες της Ε.Ε.

Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε σε 15 χώρες της Ευρώπης με αντικείμενο την επίδραση των προγραμμάτων DSM σε οικιακούς και εμπορικούς καταναλωτές, παρουσιάστηκαν δύο σενάρια. Το δυναμικό σενάριο βασίζεται στη βέλτιστη ενσωμάτωση των προγραμμάτων DR, όπου μαζί με πρόσθετα μέτρα θα εκπληρώσουν τους στόχους της ΕΕ για το 2020. Το μετριοπαθές υποθέτει ότι η ανάπτυξη της ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα συνεχίσει να έχει την ίδια πορεία με σήμερα, δηλαδή περιορισμένες δράσεις και πρωτοβουλίες για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι μόνο το 40% των αναγκαίων μέτρων για την επίτευξη των στόχων 20-20-20 θα έχουν τεθεί σε εφαρμογή μέχρι το 2020. (US Department of Energy, 2006)

Σύμφωνα με έρευνα που διενεργήθηκε σε 15 χώρες της Ευρώπης με αντικείμενο την επίδραση των προγραμμάτων DSM σε οικιακούς και εμπορικούς καταναλωτές, παρουσιάστηκαν δύο σενάρια (Εικόνα 5.3):

Δυναμικό σενάριο: βασίζεται στη βέλτιστη ενσωμάτωση των προγραμμάτων DR, όπου μαζί με πρόσθετα μέτρα θα εκπληρώσουν τους στόχους της ΕΕ για το 2020.

Μετριοπαθές σενάριο: υποθέτει ότι η ανάπτυξη της ευρωπαϊκής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας θα συνεχίσει να έχει την ίδια πορεία με σήμερα, δηλαδή περιορισμένες δράσεις και πρωτοβουλίες για την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι μόνο το 40% των αναγκαίων μέτρων για την επίτευξη των στόχων 20-20-20 θα έχουν τεθεί σε εφαρμογή μέχρι το 2020. (US Department of Energy, 2006)

Τρεις είναι οι βασικές παράμετροι που εστιάζει η εν λόγω έρευνα:

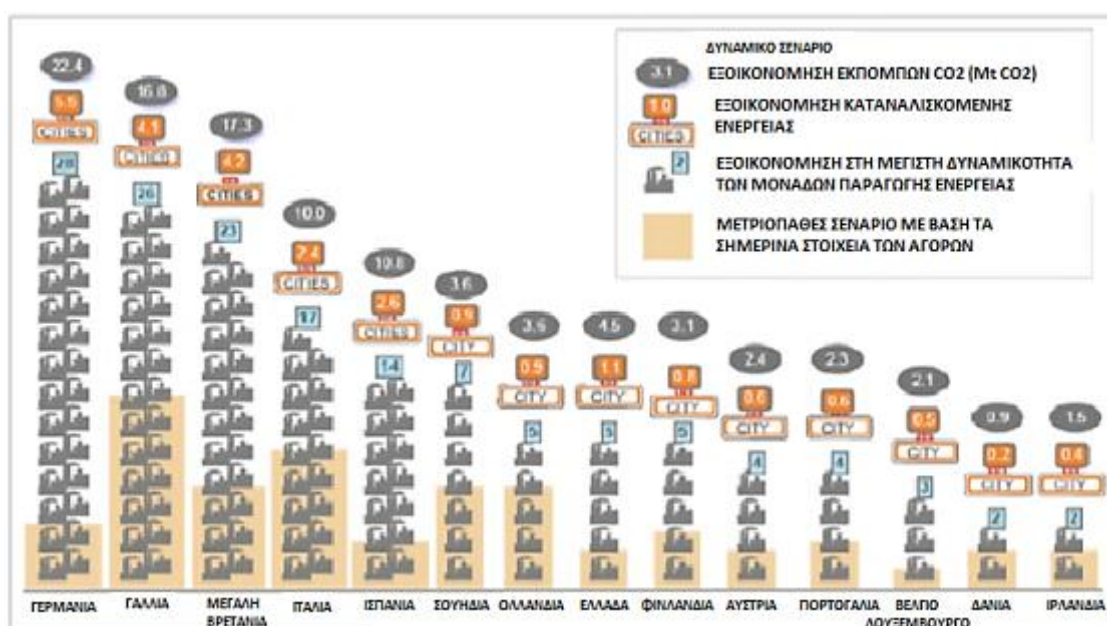
- 1 Εξοικονόμηση ισχύος σε GW και ενέργειας σε TWh
- 2 Εξοικονόμηση χρημάτων σε €
- 3 Εξοικονόμηση εκπομπών CO₂

Καθένα από τα μεγέθη αυτά εκφράζεται εποπτικά με ισοδύναμα μεγέθη της κατανάλωσης μιας μεγάλης πόλης καθώς και την απαίτηση σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ισχύος 500 MW ο καθένας για την κάλυψη της ισχύος αιχμής.

Στην Εικόνα 5.3 παρουσιάζονται δυο σενάρια πρόβλεψης από την εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης σε 15 χώρες της ΕΕ-15 έως το 2020. Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα, στο δυναμικό σενάριο η επιτυχής εφαρμογή της απόκρισης ζήτησης στην Ελλάδα μπορεί να συντελέσει στην

αποτροπή ανάγκης δημιουργίας 5 θερμοηλεκτρικών μονάδων της τάξης των 500 MW, στην εξοικονόμηση ενέργειας ίσης με αυτή που καταναλώνεται από μια πόλη 2 εκατομμυρίων κατοίκων και 150 χιλιάδων εμπορικών καταστημάτων, και στη μη έκλυση 4.5Mt CO₂. Από την άλλη, το μετριοπαθές σενάριο προβλέπει την αποτροπή ανάγκης δημιουργίας 1 θερμοηλεκτρικής μονάδας για το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας. (US Energy Information Administration, 2014)

Αναφορικά με τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε., το μετριοπαθές σενάριο προβλέπει σχεδόν για όλες τις χώρες αποτροπή δημιουργίας τουλάχιστον ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού. Επιπλέον, το δυναμικό σενάριο προβλέπει αξιοσημείωτη μείωση αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας, ισχύος και μείωσης των εκπομπών CO₂ για χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Συγκεκριμένα η Γερμανία, φαίνεται ότι μπορεί ως το 2020 να εξοικονομήσει την ενέργεια που αντιστοιχεί σε 5,5 μεγάλες πόλεις καθώς και την αποφυγή έκλυσης 22,4Mt CO₂. Επιπλέον μπορεί να αποφευχθεί η δημιουργία 28 θερμοηλεκτρικών σταθμών, λόγω των χαμηλότερων αναγκών φορτίου ισχύος.

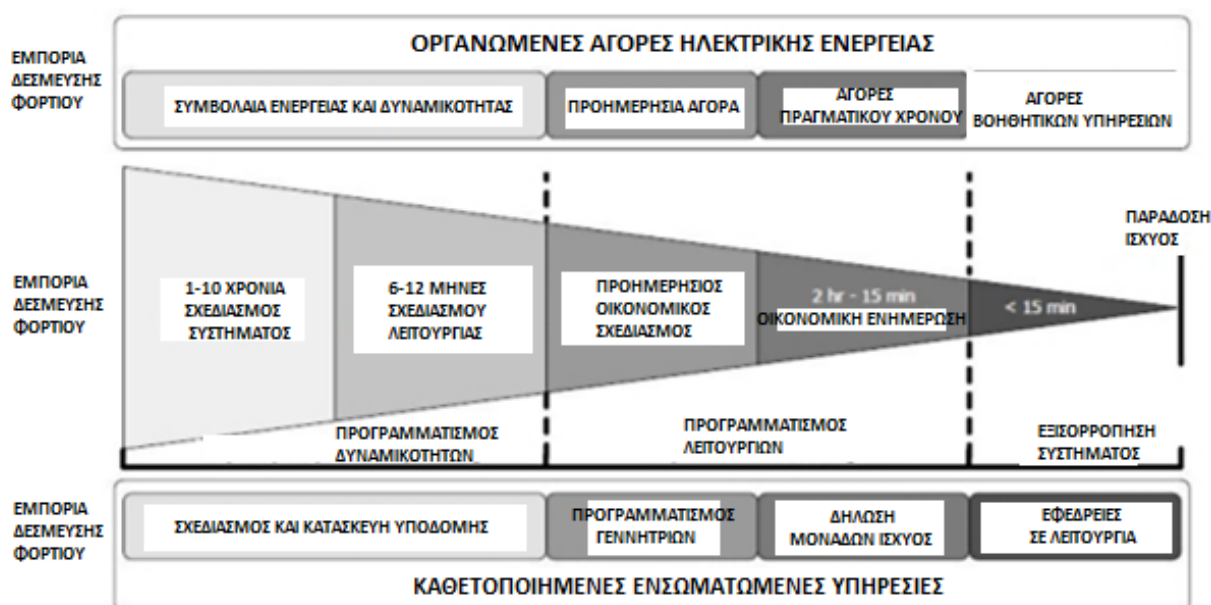


Εικόνα 5.3: Πρόβλεψη της επίδρασης του DR στις 15 χώρες της ΕΕ-έως το 2020 (US Energy Information Administration, 2014)

5.5 Οφέλη προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης

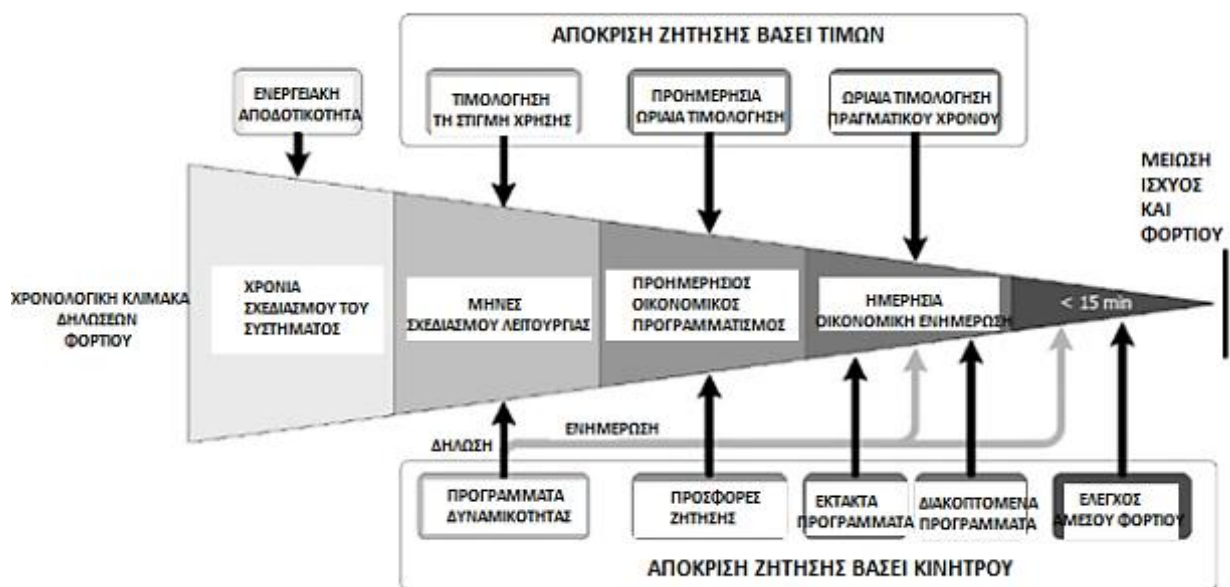
Σε όλες τις δομές της αγοράς, η διαχείριση των Σ.Η.Ε. εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από δύο σημαντικές φυσικές ιδιότητες της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Πρώτον, η ηλεκτρική ενέργεια δεν είναι οικονομικά

αποθηκεύσιμη, επομένως απαιτείται η διατήρηση ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης σε πραγματικό χρόνο. Η αναντιστοιχία προσφοράς και ζήτησης μπορεί να απειλήσει την ακεραιότητα του ηλεκτρικού δικτύου σε εξαιρετικά μεγάλες περιοχές μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα. Δεύτερον, η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πολύ υψηλής έντασης κεφαλαίου. Οι επενδύσεις στην παραγωγή και τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγάλες και τα αντίστοιχα έργα σύνθετα, με αναμενόμενη οικονομική διάρκεια ζωής αρκετών δεκαετιών. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά των Σ.Η.Ε. απαιτούν ένα ευρύ φάσμα χρονοδιαγραμμάτων για τη διαχείριση της ενέργειας. (Cappers Peter, 2009) Το φάσμα αυτό εκτείνεται από αρκετά χρόνια ή και δεκαετίες για το σχεδιασμό και τον προγραμματισμό της παραγωγής έως μερικά δευτερόλεπτα για τη διατήρηση του ισοζυγίου μεταξύ προσφοράς και ζήτησης, όπως φαίνεται παραστατικά στην Εικόνα 5.4. Στην ακόλουθη εικόνα παρουσιάζεται ο σχεδιασμός εγκατεστημένης ισχύος και λειτουργίας (capacity & operations planning) περιλαμβάνει μακροπρόθεσμες επενδύσεις και αποφάσεις. Ο σχεδιασμός περιλαμβάνει αφενός την αξιολόγηση της ανάγκης για επενδύσεις σε νέα ισχύ και υποδομές μεταφοράς και διανομής πάνω σε πολυετή χρονικό ορίζοντα και αφετέρου τον προγραμματισμό των διαθέσιμων πόρων για την κάλυψη της αναμενόμενης ζήτησης σε μηνιαίο χρονικό ορίζοντα. Ο προγραμματισμός λειτουργίας (operations scheduling) αναφέρεται στον καθορισμό των μονάδων παραγωγής που θα λειτουργήσουν για να καλύψουν βραχυπρόθεσμα τη ζήτηση. (Deng Ruilong et al., 2015)



Εικόνα 5.4: Σχηματική αναπαράσταση του σχεδιασμού Σ.Η.Ε. σε χρονική κλίμακα και με βάση τη λήψη αποφάσεων (Deng Ruilong et al., 2015)

Σύμφωνα με το εν λόγω χρονοδιάγραμμα, οι αποφάσεις λαμβάνονται μία ημέρα πριν, αλλά και σε περιόδους μερικών ωρών έως 15 λεπτών πριν την ένταξη της μονάδας (μηχανισμός εκκαθάρισης αποκλίσεων). Η εξισορρόπηση του συστήματος (system balancing) γίνεται σε πολύ μικρή κλίμακα χρόνου και αναφέρεται σε λειτουργίες του δικτύου, όπως η στρεφόμενη εφεδρεία, ο έλεγχος τάσης κ.ά. Το χαρακτηριστικό της απόκρισης ζήτησης είναι ότι μπορεί να ενσωματωθεί σε όλα τα τμήματα του χρονοδιαγράμματος της διαχείρισης ενέργειας και να συνδράμει στους μηχανισμούς τιμολόγησης της ενέργειας, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στην Εικόνα 5.5. Για παράδειγμα, τα προγράμματα ΤΟΥ μπορούν να ενσωματωθούν στον σχεδιασμό λειτουργίας, αφού αντανakλούν το ημερήσιο και το εποχιακό κόστος παραγωγής, ενώ τα RTP προγράμματα μπορούν να ληφθούν υπόψη στον ημερήσιο ενεργειακό προγραμματισμό 18 και στην εξισορρόπηση λειτουργίας. (Deng Ruilong et al., 2015)

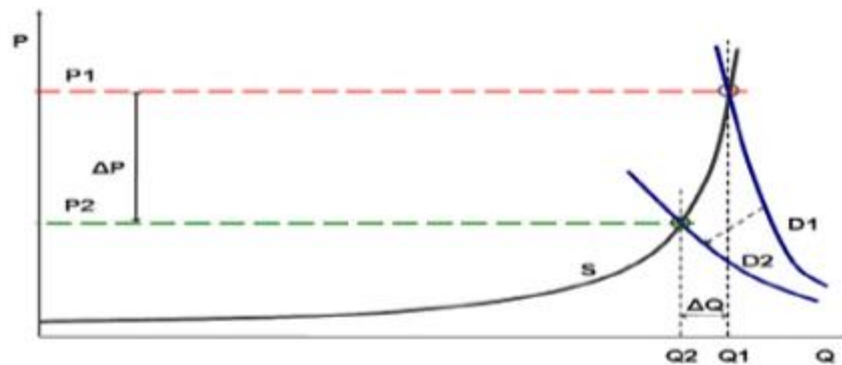


Εικόνα 5.5: Επίδραση της απόκρισης ζήτησης στη συνολική λειτουργία ενός Σ.Η.Ε. (Deng Ruilong et al., 2015)

Τα οφέλη των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες: (U.S. Department of Energy, 2006)

5.5.1 Για τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Ενισχύεται η απόδοση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας αφού οι συμμετέχοντες στα προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχουν την δυνατότητα να επηρεάσουν την αγορά και τις τιμές του ηλεκτρισμού κάνοντας τη ζήτηση περισσότερο ελαστική. Μειώνοντας την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ώρες αιχμής αποτρέπουν τις εταιρείες παροχής ηλεκτρισμού να αυξήσουν τις τιμές σημαντικά άνω του κόστους παραγωγής (Εικόνα 5.6). Μικρή μείωση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια της εφαρμογής ενός προγράμματος απόκρισης ζήτησης σε ώρες αιχμής μπορεί να επιφέρει μεγάλη μείωση στο κόστος παραγωγής και κατά συνέπεια, σημαντική πτώση στην τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας. (Charles River Associates, 2005)



Εικόνα 5.6: Επίπτωση της απόκρισης ζήτησης στην τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας (Charles River Associates, 2005)

5.5.2 Για την αξιοπιστία

Με τη συμμετοχή τους σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης, οι καταναλωτές συμβάλλουν στη μείωση του κινδύνου για ξαφνικές διακοπές στην τροφοδότηση. Έτσι, ο Διαχειριστής του Συστήματος έχει περισσότερες επιλογές και πόρους για να διατηρήσει σε υψηλά επίπεδα την αξιοπιστία του δικτύου και οι καταναλωτές απολαμβάνουν καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Όσον αφορά τους παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας, με τη βελτίωση της αξιοπιστίας αποφεύγουν της οικονομικές ζημιές που θα υπήρχαν σε περίπτωση μιας διακοπής. Η απόκριση ζήτησης μπορεί επίσης να αντικαταστήσει ένα ποσοστό της στρεφόμενης εφεδρείας που χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση απότομων μεταβολών του φορτίου ή απροσδόκητη απώλεια κάποιας γεννήτριας. (Shen Bo, 2012)

5.5.3 Για τους καταναλωτές

Καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να αναμένουν εξοικονόμηση χρημάτων από τους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος, εφόσον μειώσουν την κατανάλωσή τους σε περιόδους αιχμής. Άλλοι καταναλωτές θα είναι σε θέση να αυξήσουν την κατανάλωσή τους σε περιόδους εκτός αιχμής, χωρίς αυτό να προκαλέσει αύξηση του λογαριασμού τους. Επιπλέον, καταναλωτές που συμμετέχουν σε προγράμματα βασισμένα σε κίνητρα λαμβάνουν πληρωμές ανάλογα με τις επιδόσεις τους και τους όρους των συμβολαίων που έχουν υπογράψει. (Conejo Antonio, 2010)

5.5.4 Για την κοινωνία

Οφέλη από την εφαρμογή των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης δεν προκύπτουν μόνο για τους συμμετέχοντες αλλά και για όλη την αγορά ΗΕ. Μια συνολική τιμή μείωση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται λόγω της αποτελεσματικότερης χρήσης των διαθέσιμων υποδομών αλλά και της αποφυγής ή της μετάθεσης της κατασκευής νέων μονάδων παραγωγής. Η αποφυγή κατασκευής νέων μονάδων παραγωγής αλλά και η αποφυγή χρήσης των ήδη υπαρχόντων κατά τις ώρες αιχμής, σε συνδυασμό με τη μετακίνηση της κατανάλωσης σε περιόδους εκτός αιχμής οδηγεί και σε επιπλέον μείωση εκπομπών αερίων. (Datchanamoorthy S., 2011)

Υπάρχουν και ορισμένα δευτερεύοντα οφέλη, τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σαν βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα οφέλη.

5.5.5 Σε βραχυπρόθεσμη βάση

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

συναλλάσσεται στην αγορά και λιγότερο από τα προσυμφωνημένα συμβόλαια. (Shen Bo, 2012)

5.5.6 Σε μακροπρόθεσμη βάση

Καθώς με τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μειώνεται η τοπική ή η ευρεία ζήτηση και αποφορτίζεται το δίκτυο, η ανάγκη για κατασκευή νέων εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς ή διανομής ενέργειας όλο και μικραίνει. Καθώς ο τομέας παροχής ενέργειας είναι εξαιρετικά δαπανηρός και απαιτεί μεγάλα κεφάλαια η αποφυγή τέτοιου είδους επενδύσεων μπορεί να εξοικονομήσει πολλά χρήματα. Για να εξυπηρετούν όμως αυτό τον σκοπό πρέπει τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης να εξασφαλίζουν διαθεσιμότητα και αξιοπιστία όποτε απαιτείται και καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να παράσχουν και άλλα οφέλη που προέρχονται από ορισμένους ή από όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας αλλά δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν. (Shen Bo, 2012) Πιο ειδικά:

Για την λιανική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας

Σε μια ανταγωνιστική λιανικής αγοράς, οι υπηρεσίες κοστολόγησης πραγματικού χρόνου μπορούν να δραστηριοποιήσουν τους προμηθευτές λιανικής στον τομέα της καινοτομίας ενώ τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης παρέχουν ευκαιρίες υπεραξίας για τους εμπόρους.

Καλύτερη επιλογή: Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης στην λιανική τους μορφή μέσω των διαφορετικών χαρακτηριστικών, μπορούν να παρέχουν πολλαπλές επιλογές στους πελάτες ώστε να διαχειριστούν το ενεργειακό κόστος. (Cappers Peter, 2009)

5.5.7 Για την επίδοση της αγοράς

Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στο να μετριαστεί η πιθανότητα οι παράγοντες της αγοράς ενέργειας να κρατήσουν χαμηλά την προμήθεια της ώστε να αυξήσουν τις τιμές και να ωφεληθούν οικονομικά. Η ζήτηση που ανταποκρίνεται στις τιμές μετριάζει την πιθανότητα αυτή καθώς οι προμηθευτές ενέργειας κινδυνεύουν να μείνουν εκτός αγοράς και αυτό είναι πολύ σοβαρό κίνητρο για να μην επιχειρήσουν την χειραγώγηση της αγοράς. (U.S. Department of Energy, 2006)

5.5.8 Για το περιβάλλον

Τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης μειώνουν τους εκπεμπόμενους ρύπους και αερίων στις περιόδους μεγάλης ζήτησης και σαν αποτέλεσμα έχουν πολλά περιβαλλοντικά οφέλη. Εξάλλου σε ορισμένα κράτη οι παραγωγοί ενέργειας ελέγχονται αυστηρά σχετικά με



τις εκπομπές αερίων στο περιβάλλον και γι' αυτό πρέπει να είναι προσεχτικοί. Πάντως πρέπει να έχουμε κατά νου ότι οι εκπομπές αερίων κατά τις περιόδους υψηλής ζήτησης πρέπει να είναι σε ισορροπία απέναντι σε ενδεχόμενη αύξηση των εκπομπών κατά τις περιόδους χαμηλής ζήτησης. (U.S. Department of Energy, 2006)

Συμπεράσματα

Οι σύγχρονες αγορές ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν δομές που έχουν ως στόχο να ενισχύσουν τον ανταγωνισμό, τόσο στη χονδρεμπορική όσο και στη λιανεμπορική αγορά. Η εξισορρόπηση μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αποτελεί βασικό στόχο, ο οποίος γίνεται προσπάθεια να επιτευχθεί μέσω των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης.

Είναι σαφές ότι η ένταξη των καταναλωτών σε προγράμματα απόκρισης ζήτησης έχει ως αποτέλεσμα την περικοπή φορτίων, αλλά διαφέρει από τις διακοπές παροχής ρεύματος, που υπαγορεύονται για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του συστήματος. Η απόκριση ζήτησης χαρακτηρίζεται από προγραμματισμένη περικοπή φορτίου, για την οποία ο πελάτης έχει λάβει ειδοποίηση ώστε να προβεί σε οποιαδήποτε απαραίτητη ενέργεια, σε αντίθεση με τη διακοπή παροχής ρεύματος, η οποία γίνεται επί το πλείστον απροειδοποίητα. Γίνεται επίσης διάκριση μεταξύ ευαίσθητων και λιγότερο ευαίσθητων φορτίων, ώστε η περικοπή φορτίου να γίνεται από τα μη ευαίσθητα φορτία. Τα φορτία που αποκρίνονται μπορούν να μεταφερθούν σε ώρες χαμηλότερου φορτίου, με χαμηλότερη χρέωση ή και με χρηματική ανταμοιβή.

Η εφαρμογή προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης οδηγεί σε καλύτερο έλεγχο της επάρκειας του συστήματος, μειώνοντας την πιθανότητα υπερφόρτωσης του συστήματος και αυξάνοντας την ασφάλεια. Η βελτίωση της ασφάλειας του συστήματος μέσω της απόκρισης ζήτησης δεν αφορά μόνο τη ρύθμιση κατά τις ώρες αιχμής, αλλά και τη εξισορρόπηση και της φόρτισης και της παραγωγής του συστήματος, μέσω του ελέγχου της τάσης, της ρύθμισης της συχνότητας κ.λπ.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως στρεφόμενη εφεδρεία, παρέχοντας την επιθυμητή ενέργεια εντός 15 λεπτών, συμπληρωματική εφεδρεία ή εφεδρεία αντικατάστασης, με χρόνο απόκρισης ως 60 λεπτά. Η εφεδρεία αυτή προσφέρεται από περικοπές φορτίων των καταναλωτών, με σκοπό την καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Έτσι βρίσκονται σε ετοιμότητα και αμείβονται για τη δέσμευσή τους αυτή.

Το όφελος από τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης είναι σημαντικό και πολύπλευρο, καθώς αφορά τους παραγωγούς ενέργειας, τους διαχειριστές του συστήματος και τους τελικούς καταναλωτές. Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να εξισορροπεί χρονικά κατά το δυνατόν την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας, λόγω του ότι η αποθήκευση ενέργειας είναι πολύ

κοστοβόρα. Μια απρόσμενη, ανεξέλεγκτη αύξηση της ζήτησης ενέργειας μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την αξιοπιστία του συστήματος.

Οι επιχειρήσεις παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, λειτουργώντας μέσα σε ένα ανταγωνιστικό οικονομικό περιβάλλον, είτε παράγουν είτε αγοράζουν το 60-95% της ενέργειας που πρόκειται βάσει των προβλέψεων να διαθέσουν, και αγοράζουν σε πραγματικό χρόνο την ενέργεια που δεν μπορούν να καλύψουν. Οι αστάθμητοι παράγοντες που πρέπει να αντιμετωπίσουν για να καλύψουν την πλεονάζουσα ζήτηση είναι πολλοί, γι' αυτό και είναι μεγάλη η σημασία των προγραμμάτων απόκρισης ζήτησης στο να προσφέρουν την απαραίτητη ευελιξία.

Παρέχεται η δυνατότητα περικοπής ή μετατόπισης του φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας, αποφεύγοντας την μακροπρόθεσμη ανάγκη δημιουργίας νέων μονάδων παραγωγής ενέργειας. Παρόλο που η εύρεση σταθερού πελατολογίου στο οποίο μπορούν να βασιστούν τα προγράμματα απόκρισης ζήτησης είναι χρονοβόρα διαδικασία, τα παρεχόμενα κίνητρα ευνοούν την ένταξη των καταναλωτών σε τέτοιου είδους προγράμματα με αποτέλεσμα την εξασφάλιση της ισορροπίας και της αξιοπιστίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Μελλοντικές προοπτικές

Ένα από τα πρώτα σημεία που θα μπορούσε να εστιαστεί η μελλοντική έρευνα είναι η επίδραση των βασικών τεχνικών Διαχείρισης και Απόκρισης Ζήτησης στην αξιοπιστία ενός έξυπνου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Εξάλλου, η δομή ενός έξυπνου δικτύου απαρτίζεται από στοιχεία, τάσεις και τεχνολογικές υποδομές, τα οποία περιλαμβάνουν τη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, την ολοένα και αυξανόμενη υιοθέτηση χρήσης των ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς και την αναβάθμιση των υφιστάμενων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Όλες αυτές οι παράμετροι καθιστούν τη λειτουργία ενός τέτοιου συνεργατικού συστήματος ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα, στο οποίο πρέπει να μελετηθεί σε βάθος η επίδραση της στην αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να γίνει μια ολοκληρωμένη μελέτη της επίδρασης των οικονομικών παραμέτρων που υπεισέρχονται στα διάφορα σενάρια απόκρισης ζήτησης. Έτσι τα βασικά σημεία που μπορεί να γίνει μελέτη της επίδρασής τους είναι το κόστος παραγωγής, το κόστος μεταφοράς και το κόστος διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και στα λειτουργικά έξοδα της επιχείρησης ηλεκτρισμού. Έχοντας λοιπόν τα

αποτελέσματα της εν λόγω οικονομοτεχνικής έρευνας ο πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας είναι δυνατό να σχεδιάσει και να προσφέρει ανταγωνιστικότερα και πληρέστερα προγράμματα απόκρισης ζήτησης στους καταναλωτές - πελάτες της.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Berry D., The impact of energy efficiency programs on the growth of electricity sales, *Energy Policy*, vol. 36, pp. 3620-3625, Sep. 2008.

Cappers Peter, Goldman Charles, and Kathan David, Demand Response in U.S. Electricity Markets: Empirical Evidence, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, June 2009.

Charles River Associates, Primer on Demand-Side Management with an emphasis on price-responsive programs, February 2005.

Conejo Antonio J., Morales Juan M., Baringo Luis, Real-Time Demand Response Model, *IEEE Transactions On Smart Grid*, Vol.1, No.3, December 2010.

Datchanamoorthy S., Kuma S., Ozturk Y. and Lee G., Optimal Time-of-Use Pricing For Residential Load Control, *Smart Grid Communications*, IEEE International Conference, 2011.

Defeuilley C., “Retail competition in electricity markets” , *Energy Policy*, vol. 37, pp. 377-386, Feb 2009.

Deng Ruilong, Yang Zaiyue, Chow Mo-Yuen, Chen Jiming, A Survey on Demand Response in Smart Grids: Mathematical Models and Approaches, *IEEE Transactions on Informatics*, June 2015.

Design & Engineering Services, Inventory of Emerging Demand Response Technologies, Demand Response Emerging Markets and Technologies Program, Southern California Edison, Mar. 31, 2006.

European Smart Metering Alliance (ESMA) www.esma-home.eu

FERC, Assessment of Demand Response & Advanced Metering, Staff Report, December 2012.

Gellera H., Harringtonb P., Rosenfeldc A. H., Tanishimad S. and Unanderd F., Goldman Charles, Reid Michael, Levy Roger and Silverst Alison, Coordination of Energy Efficiency and Demand Response, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laborato, USA, January 2010.

Haney A. B., Jamasb T., and Pollitt M., Smart metering and electricity demand: Technology, economics and international experience., Working Paper CWPE 0905 & EPRG 0903, Feb. 2009.

Herring H., Energy efficiency – a critical view, *Energy*, vol. 31, pp. 10-20, Jan. 2006.

Hewett Martha, Campbell Ken, Reed Christopher, *Demand-Side Management For Municipal Utilities: A Practical Guide And Reference Manual*, Minnesota Department of Public Service, St. Paul, MN, June, 1995.

Hossain Rahat, Amanullah Oo and Ali Shawkat, Chapter 2 - Smart Grid, *Green Energy and Technology*, Springer-Verlag, London, 2013.

International Energy Agency, *Evaluating Energy Efficiency Policy Measures & DSM Programmes Volume I Evaluation Guidebook*. IEA: Paris, France, 2005.

International Energy Agency, *Technology Roadmap - Smart Grids*, France, 2011.

International Energy Agency. *Implementing Agreement on Demand-Side Management Technologies and Programmes 2011 Annual Report*. IEA: Paris, France, 2012.

International Institute for Energy Conservation. *Demand Side Management Best Practices Guidebook for Pacific Island Power Utilities*. IIEC: Vienna, U.S.A., 2006.

Kiliccote Sila, Piette Mary Ann, *Advanced Control Technologies and Strategies Linking Demand Response and Energy Efficiency*, 5th International Conference on Enhanced Building Operations, Pittsburgh, PA 2005.

Kiliccote Sila, Piette Mary Ann, Watson David S., Hughes Glenn, *Dynamic Controls for Energy Efficiency and Demand Response: Framework Concepts and a New Construction Study Case in New York*, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2006.

Limaye D. R. and Limaye E. S., “Scaling up energy efficiency: the case for a Super ESCO” , *Energy Efficiency*, vol. 4, pp. 133 - 144, May 2011.

Lior N., “Sustainable energy development: The present (2009) situation and possible paths to the future” , *Energy*, vol. 35, pp. 3976 - 3994, Oct. 2010.

Malik A. S., *Impact on power planning due to demand-side management (DSM) in commercial and government sectors with rebound effect – A case study of central grid of Oman*, *Energy*, vol. 32, pp. 2157-2166, Nov. 2007.

Mukerji R. *Demand response in the NYISO markets*. In: *IEEE/PES power systems conference and exposition (PSCE)*; 2011.

National Action Plan for Energy Efficiency Leadership Group. *Guide to Resource Planning with Energy Efficiency*. Washington, U.S.A., 2007.

NYISO. Annual compliance report on demand side management and new generation projects submitted to FERC; 2009.

NYISO. State of the market report 2008. New York ISO. (www.nyiso.com); 2008.

Polices for increasing energy efficiency: Thirty years of experience in OECD countries, *Energy Policy*, vol. 34, pp. 556-573, Mar. 2006.

Saidel M. A. and Alves S. S., “Energy efficiency policies in the OECD countries” , *Applied Energy*, vol. 76, pp. 123 - 134, Sep. - Nov. 2003.

Sarkar A. and Singh J., Financing energy efficiency in developing countries – lessons learned and remaining challenges, *Energy Policy*, vol. 38, pp. 5560-5571, Oct. 2010.

Schwaller & Gilberti, Σάγος Γεώργιος, Τουλόγλου Στέφανος, Ηλεκτρικές πηγές ενέργειας και περιβάλλον: Τεχνολογία ισχύος, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 1999.

Shahidehpour M., Hatim Yamin and Zuyi Li. Market operations in electric power systems: Forecasting, Scheduling, and Risk Management. John Wiley&Sons Inc.: New York, U.S.A., 2002.

Shariatzadeh Farshid, Mandal Paras, Srivastava Anurag K., Demand response for sustainable energy systems: A review, application and implementation strategy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45, 343–350, 2015.

Shekara S. et al., Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 2736–2742, 2011.

Shen Bo, Ghatikar Girish, Chun Ni Chun, and Dudley Junqiao, Addressing Energy Demand through Demand Response: International Experiences and Practices, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, June 2012.

Shen Bo., Addressing Energy Demand through Demand Response: International Experiences and Practices, 2013.

Siano Pierluigi, Demand response and smart grids – A survey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, February 2014.

SOLID-DER, Demand Response and Demand Side Management Phase I (November 2006) , <http://www.solid-der.org/>

Stoft Steven, “Power System Economics, Designing Markets &Electricity”, IEEE Press, 2002.

Strbac Goran, Demand side management: Benefits and challenges, Department of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College London, December 2008.

Stromback, J., Dromacque, C., Yassin, M. H. & Vaasa ETT, G. E. T. T.,. The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison Short name: Empower Demand.. Vaasa ETT, 2011.

Tan Y., Kirschen D., Classification of Control for Demand-side Participation, University of Manchester, March 2007.

Teske S., Pregger T., Simon S., Naegler T., Graus W. and Lins C., Energy Revolution 2010—a sustainable world energy outlook, Energy Efficiency, vol. 4, pp. 409 - 433, Aug 2011.

U.S. Department of Energy, Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving them, February 2006.

US Energy Information Administration, eia.gov Independent Statistics and analysis, 2014.

Valero S., Ortiz M., Senabre C., Alvarez C., Franco F., Gabaldon A., Methods for customer and demand response policies selection in new electricity markets', IET Gen. Transm. Distrib. 2007.

Vanfretti Luigi, Van Hertem Dirk and Gjerde Jan Ove, Smart Transmission Grids Vision for Europe: Towards a Realistic Research Agenda, Smart Grid Applications and Developments, Green Energy and Technology, 2014.

Waide P. and Buchner B., Utility energy efficiency schemes: savings obligations and trading, Energy Efficiency, vol. 1, pp. 297-311, Nov. 2008.

Walawalkar R. , Fernands S., Thakur N., Chevva K.R., Evolution and current status of demand response (DR) in electricity markets: insights from PJ Mand NYISO. Energy; 35(4):1553–60, 2010.

Warmer Cor, Hommelberg Maarten, Kamphuis Rene, Kok Koen, Market Integration of flexible demand and DG-RES supply - A new approach for Demand Response, 19th International Conference and Exhibition of Electricity Distribution, CIRED 2007, Vienna, 21-24 May 2007.

Ιστοσελίδες

<http://emfsafetynetwork.org>

<https://www.intechopen.com/>

www.admie.gr

www.allaboutenergy.gr

www.dei.gr

www.esma-home.eu

www.investgreece.gov.gr

www.lagie.gr

www.rae.gr

Ελληνική Βιβλιογραφία

Κάπρος Π., Βασικοί Δείκτες ενός Ενεργειακού Συστήματος, Σημειώσεις για το μάθημα, Ενεργειακή Οικονομία, ΣΗΜΜΗΥ, 2006.

Κουσιδης Γ., Κωστάμης Α., Μουρατιδης Π., 'Προσδιορισμός Τεχνικών και Οικονομικών Στοιχείων Μονάδων Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας του Ελληνικού Διασυνδεδεμένου Συστήματος', Διπλωματική Εργασία Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2009.

Κυριακίδης Ιωάννης, " Βασικές αρχές οικονομίας στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας", Επιβλέπων Καθηγητής; Αναστάσιος Μπακιρτζής, Α.Π.Θ., ΤΗΜΜΥ, 2009,

Λαμπρίδης, Δ., Ντοκόπουλος, Π. & Παπαγιάννης, Γ., Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας - Τόμος Α. Εκδόσεις ΖΗΤΗ., Θεσσαλονίκη, 2006

Μπακιρτζής Α., Οργάνωση της Ελληνικής Χονδρεμπορικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, Συνέδριο ΤΕΕ «Ενέργεια: Σημερινή ΕικόναΣχεδιασμόςΠροοπτικές», Αθήνα, 2010

Παναπακίδης Ιωάννης, Τσιαντούλας Νικόλαος, Διαχείριση της ηλεκτρικής ζήτησης: Προκλήσεις και πλεονεκτήματα,. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας - Μόνιμη Επιτροπή Ενέργειας, Θεσσαλονίκη 2012.

Ρεντιζέλας Α., Τόλης Α., Η απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, ΕΜΠ 2013.

ΤΕΕ-Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας, "Διαχείριση της ηλεκτρικής ζήτησης- Προκλήσεις και πλεονεκτήματα", Θεσσαλονίκη, 2012.

Τοικόγιας Αθανάσιος, Δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας - Εξοικονόμηση ενέργειας μέσω έξυπνων δικτύων (smart grids), Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Χαμπάκης Μ., Γεωργιάδης Γ., Ηλεκτρονικοί Μετρητές Σύγχρονης Τεχνολογίας για τη Διαχείριση της Ζήτησης στην Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Σύνοδος Cigre 2005.