



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

**Βασικές Αρχές και Τρόπος Λειτουργίας
Ελληνικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τσάπας Παναγιώτης

A.M: 03300944

Επιβλέπων : Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Αθήνα, Ιούλιος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ»

Βασικές Αρχές και Τρόπος Λειτουργίας Ελληνικής Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων : Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑΔΑ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 31^η Μήνα Έτος.

.....
Τσεκούρας Γεώργιος
Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α.

.....
Σταύρος Παπαθανασίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Αντώνιος Παπαβασιλείου
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Ιούλιος 2022

.....
Τσάπας Παναγιώτης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Τσάπας Παναγιώτης, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει τα θέματα εξηλεκτρισμού της Ελλάδας, καθώς και τη σύγχρονη πορεία της προς τη διαμόρφωση μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας. Η πετρελαϊκή κρίση, κατά τη δεκαετία του 1970, κατέδειξε ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη σε ορυκτά καύσιμα, εισάγει ένα πολύ σημαντικό κόστος, το οποίο μετακυλιέται σε όλους τους τομείς της οικονομίας. Παράλληλα, η μονοπωλιακή οργάνωση καθετοποιημένων δομών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η Δ.Ε.Η στην Ελλάδα, εισάγει σημαντικά κόστη, μειώνοντας το όφελος των τελικών καταναλωτών. Στην αντίπερα όχθη αν δεν υπήρχε η Δ.Ε.Η. δεν θα είχε επέλθει ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας. Η Ε.Ε. εντοπίζοντας το πρόβλημα, κινείται εδώ και αρκετές δεκαετίες, με έκδοση κανονισμών και οδηγιών, προς ενοποίηση των αγορών ενέργειας, πέρα από τα κρατικά όρια, με μονάδες παραγωγής που βασίζονται σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Η παρακολούθηση όλων των διαδικασιών, εκτός από τη δημιουργία νέων φορέων, βασίζεται και στις Ανεξάρτητες Ρυθμιστικές Αρχές, ως βασικούς εγγυητές, για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος.

Στη διπλωματική εργασία παρουσιάζονται συνολικά όλες οι πτυχές των παραπάνω διεργασιών για τη μετεξέλιξη και την πορεία προς μία ενιαία αγορά ενέργειας. Στο κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται το πρόβλημα της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η επίδραση των ανανεώσιμων πηγών με τη διείσδυση τους στην παραγωγή. Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η επίδραση της ιδιωτικοποίησης στο χώρο παραγωγής της ενέργειας και τη διαμόρφωση των οριακών τιμών συστήματος. Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η λειτουργία και οι μηχανισμοί για τη διαχείριση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αναλύονται οι προσεγγίσεις και οι δράσεις όλων των συμμετεχόντων στην αγορά. Στο κεφάλαιο 4, το πρόβλημα προσεγγίζεται από την πλευρά των δικτύων μεταφοράς, το επαγόμενο κόστος για τους καταναλωτές, καθώς και τα μοντέλα συναλλαγών. Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται το Ευρωπαϊκό Μοντέλο της ενεργειακής αγοράς, όπως αυτό έχει διαμορφωθεί από τα κανονιστικά και νομοθετικά πλαίσια της Ε.Ε. και των κρατών μελών της. Το Κεφάλαιο 6 προσεγγίζει επικεντρωμένα τη διαμόρφωση της Ελληνικής Αγοράς ενέργειας, με βάση τους κανονισμούς και τις οδηγίες που έχουν προκαλέσει οι νέες νομοθετικές παρεμβάσεις στην επικράτεια. Έμφαση δίνεται στο Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας (Ε.Χ.Ε.) και στην παρουσίαση των αλληλεπιδράσεων με τους συμμετέχοντες στο σύστημα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής. Στο Κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται αριθμητικό παράδειγμα οικονομικών συναλλαγών ενέργειας μεταξύ δύο περιοχών Α και Β καθώς και ο αντίστοιχος κώδικας στο Matlab. Κλείνοντας στο κεφάλαιο 8, παρουσιάζονται τα γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη της εργασίας, καθώς και οι ανοικτοί ερευνητικοί τομείς της τεχνολογίας, οι οποίοι αναμένεται να επιδράσουν καθοριστικά στην εξέλιξη του μοντέλου της Ενιαίας Ενεργειακής Αγοράς.

Λέξεις κλειδιά

Εξηλεκτρισμός, Ελληνική Αγορά Ενέργειας, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ιδιωτικοποίηση, Οριακή Τιμή Συστήματος, Συναλλαγές, Ωριαία Απόδοση Τιμής, Εξισορρόπηση Ισχύος, Δίκτυα Μεταφοράς, Ευρωπαϊκό Μοντέλο Αγοράς Ενέργειας, Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας, Αγορά Επόμενης Ημέρας, Ενδοημερήσια Αγορά, Προθεσμιακή Αγορά, Αγορά Εξισορρόπησης

Abstract

Current thesis presents the issues of electrification of Greece, as well as modern directions and directives towards the formation of a common energy market. Oil price crisis during 1970s, revealed that generating electricity based on fossil fuels, introduces a very significant cost, which is passed on to all manufacturing sectors of economy. At the same time, the monopoly organization of vertical structures for the production of electricity, such as PPC in Greece, introduces significant costs, reducing the benefit of final consumers. EU locating this issue, has been moved for several decades, with the issuance of regulations and instructions, to consolidate energy markets, beyond national state borders, with production units based on Renewable Energy Sources (REs). Monitoring of all procedures, apart from the creation of new bodies/forms, is also based on the Independent Regulatory Authorities, as key guarantors, for the smooth operation of the system.

The dissertation presents in total all the aspects of the afford mentioned processes for the evolution path towards a common energy market. Chapter 1 presents basic aspects of electricity, as well as the effect of renewable sources with their penetration in production. Chapter 2 presents the effect of privatization on the energy production site and the configuration of system's marginal costs. Chapter 3 presents the operation and mechanisms for managing the electricity market. The approaches and actions of all market participants are analyzed. In Chapter 4, the problem is approached from the point of view of transmission networks, induced costs for consumers, as well as transaction models. Chapter 5 presents the European Model of the energy market, as it has been formulated by the regulatory and legislative frameworks of the EU, and its Member States. Chapter 6 focuses on the formation of the Greek Energy Market, based on the regulations and directives that have caused new legislative interventions in the field. Emphasis is placed on the Hellenic Stock Exchange and on the presentation of the interactions with the participants in the production, transmission and distribution system. Chapter 7 presents a numerical example of economic energy transactions between two regions A and B as well as the corresponding code in Matlab. Finally, in Chapter 8, the general conclusions from the study of the work are presented, as well as the open research areas of technology, which are expected to have a decisive impact on the evolution of the model of the Common Energy Market.

Key words

Electricity, Greek Energy Market, Renewable Energy Sources, Privatization, System Marginal Price, Transactions, Hourly Price Performance, Power Balancing, Transmission Networks, European Energy Market Model, Hellenic Energy Exchange Market, Forward Market, Balancing Market

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου Κο. Γεώργιο Τσεκούρα τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την υλοποίηση της παρούσας εργασίας, όσο και για την άριστη συνεργασία μας για την επιτυχημένη ολοκλήρωσή της.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τα κοντινά μου πρόσωπα, που με την αμέριστη υποστήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια της προσπάθειάς μου συνέβαλλαν αποφασιστικά στην επίτευξη αυτού του στόχου.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη 5

Abstract 6

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Κατάλογος σχημάτων

Κατάλογος πινάκων

Λίστα Συντμήσεων

1	Εισαγωγή	- 15 -
1.1	Σύντομη Ιστορική Αναδρομή	- 15 -
1.2	Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα	- 16 -
1.3	Το πρόβλημα λειτουργίας στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	- 18 -
1.4	Η ανάγκη για αναδιάρθρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	- 19 -
1.5	Γιατί Ανταγωνιστική Αγορά;.....	- 20 -
1.6	Το παραδοσιακό μοντέλο λειτουργίας	- 22 -
1.7	Ο ανταγωνισμός στη χονδρεμπορική και λιανική αγορά ενέργειας	- 24 -
1.8	Η σημαντικότητα της διείσδυσης των Α.Π.Ε. και της διεσπαρμένης παραγωγής ...	- 27 -
1.9	Η ιδιωτικοποίηση και ο ρόλος της στον ανταγωνισμό της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.....	- 27 -
1.10	Συμπεράσματα	- 28 -
2	Η Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	- 29 -
2.1	Η θεωρία της Τιμής Άμεσης Παράδοσης (Spot Pricing).....	- 29 -
2.1.1	Η Τιμή Άμεσης Παράδοσης και οι παράγοντες που την καθορίζουν	- 33 -
2.1.2	Μέθοδος τιμολόγησης βάσει του λειτουργικού κόστους	- 35 -
2.1.3	Εποπτεία της Τιμολόγησης	- 39 -
2.1.4	Οι καμπύλες φορτίου και οι καμπύλες παραγωγής – Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ)	- 40 -
2.2	Αγοροπωλησίες στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας	- 44 -
2.2.1	Κοστολόγηση και κατηγοριοποίηση των καταναλωτών.....	- 45 -
2.2.2	Συναλλαγές Σταθερής και Μεταβαλλόμενης Τιμής – Εξατομικευμένες Συναλλαγές.....	- 46 -
2.2.3	Παραγωγή από τον Καταναλωτή – Εξατομικευμένες Συναλλαγές	- 50 -
2.3	Συμπεράσματα	- 50 -
3	Η λειτουργία της αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	- 52 -
3.1	Προγραμματισμός και Λειτουργία Αγοράς	- 52 -
3.2	Υπολογισμός της Ωριαίας Τιμής Συστήματος	- 56 -
3.3	Συμμετοχή στις αγορές ενέργειας	- 58 -
3.3.1	Η συμμετοχή του καταναλωτή	- 58 -
3.3.2	Η συμμετοχή του πωλητή.....	- 60 -
3.3.3	Η συμμετοχή του παραγωγού	- 61 -
3.3.4	Η συμμετοχή των Α.Π.Ε. και των μονάδων αποθήκευσης.....	- 67 -
3.4	Προβλήματα κατά τη λειτουργία	- 69 -
3.4.1	Το πρόβλημα της στοχαστικότητας των Α.Π.Ε.	- 69 -
3.5	Συνολική οπτική της αγοράς.....	- 70 -
3.5.1	Μονάδες εφεδρείας και εξισορρόπησης	- 70 -

3.5.2	Άσκηση Ισχύος στην Αγορά (Exercising Market Power)	- 73 -
3.6	Συμπεράσματα	- 74 -
4	Δίκτυα Μεταφοράς και Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας	- 76 -
4.1	Η πρόσβαση και η σύνδεση στο δίκτυο μεταφοράς	- 76 -
4.2	Το κόστος χρήσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας	- 78 -
4.3	Το κόστος των βοηθητικών υπηρεσιών	- 79 -
4.3.1	Το κόστος της αέργου ισχύος	- 80 -
4.3.2	Το κόστος διατήρησης της συχνότητας	- 80 -
4.3.3	Οι περιορισμοί του δικτύου	- 81 -
4.4	Αποκεντρωμένες Συναλλαγές στο δίκτυο μεταφοράς	- 82 -
4.5	Κεντρικές Συναλλαγές στο δίκτυο μεταφοράς	- 84 -
4.6	Το πρόβλημα της τιμολόγησης της πραγματικής ισχύος	- 84 -
4.7	Παράδειγμα κεντρικών συναλλαγών σε δίκτυο δύο ζυγών	- 85 -
4.8	Παράδειγμα κεντρικών συναλλαγών σε δίκτυο τριών ζυγών	- 87 -
4.9	Συμπεράσματα	- 89 -
5	Το Ευρωπαϊκό Μοντέλο της Ενεργειακής Αγοράς - Μοντέλο Στόχος (Target Model) και οι ευρωπαϊκοί στόχοι	- 91 -
5.1	Η ασφάλεια του εφοδιασμού	- 91 -
5.2	Ανάπτυξη της εσωτερικής ευρωπαϊκής αγοράς	- 94 -
5.3	Η ανάγκη για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου	- 95 -
5.4	Η ενεργειακή σύζευξη των κρατών μελών της Ε.Ε.	- 97 -
5.5	Συμπεράσματα	- 100 -
6	Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά Ενέργειας	- 102 -
6.1	Ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας και το εθνικό μονοπώλιο	- 102 -
6.2	Η εξελιγμένη δομή της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας	- 104 -
6.3	Το ελληνικό χρηματιστήριο ενέργειας (Ε.Χ.Ε.)	- 105 -
6.3.1	Η αγορά επόμενης ημέρας	- 107 -
6.3.2	Η ενδοημερήσια αγορά	- 108 -
6.3.3	Η προθεσμιακή αγορά	- 108 -
6.3.4	Η αγορά εξισορρόπησης	- 109 -
6.4	Τα διμερή συμβόλαια – PPAs	- 109 -
6.5	Ο μηχανισμός εποπτείας και ελέγχου	- 111 -
6.6	Προβλήματα κατά την εφαρμογή του νέου μοντέλου αγοράς	- 112 -
6.7	Συμπεράσματα	- 112 -
7	Υπολογιστικό παράδειγμα Οικονομικών Ανταλλαγών Ενέργειας	- 114 -
7.1	Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης για μη Κυρτά Προβλήματα	- 114 -
7.2	Οικονομικές Ανταλλαγές Ενέργειας	- 115 -
8	Γενικά Συμπεράσματα και Περιοχές για περαιτέρω έρευνα	- 118 -
8.1	Γενικά Συμπεράσματα	- 118 -
8.2	Περιοχές για περαιτέρω έρευνα	- 122 -
	Παράρτημα Α	- 123 -
	Παράρτημα Β	- 132 -
B1.	Νομοθετικά σημεία αναφοράς Ρ.Α.Ε.	- 132 -
B2.	Νομοθετικά σημεία αναφοράς Α.Δ.Μ.Η.Ε.	- 132 -
B3.	Νομοθετικά σημεία αναφοράς Αγοράς Επόμενης Ημέρας	- 133 -
B4.	Νομοθετικά σημεία αναφοράς Ενδοημερήσιας Αγοράς	- 134 -
B5.	Νομοθετικά σημεία αναφοράς Προθεσμιακής Αγοράς	- 135 -

Κατάλογος Σχημάτων

- Σχήμα 1: Προβολές εγκατεστημένης ισχύος και ζήτησης αιχμής για την Ευρώπη, Ιανουάριος 2004 – 2010, σε Gw. (Πηγή: UCTE)
- Σχήμα 2: Το παραδοσιακό μοντέλο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας
- Σχήμα 3: Μοντέλο διαφοροποίησης του παραδοσιακού μοντέλου παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
- Σχήμα 4: Καθετοποιημένη εταιρεία κοινής ωφέλειας σε συνεργασία με ανεξάρτητους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας (IPP)
- Σχήμα 5: Συνολική δομή μοντέλου ηλεκτρικής ενέργειας
- Σχήμα 6: Το σχήμα της Ηλεκτρικής αγοράς παρουσία **εταιρειών λιανικής πώλησης**
- Σχήμα 7: Τυπική διασύνδεση της τιμής ενός αγαθού συναρτήσει της ζήτησης του
- Σχήμα 8: (α) Ακαθάριστο πλεόνασμα καταναλωτών και (β) καθαρό πλεόνασμα καταναλωτών
- Σχήμα 9: Μεταβολή του καθαρού πλεονάσματος καταναλωτών ως αποτέλεσμα της αύξησης της τιμής ενός αγαθού
- Σχήμα 10: Διαγράμματα ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης
- Σχήμα 11: Ετήσια καμπύλη απόδοσης τιμών
- Σχήμα 12: Εξάρτηση των αλλαγών φορτίου στην παραγωγική κατάσταση του παρόχου
- Σχήμα 13: Αλλαγή στα οριακά κόστη για αντίστοιχη μεταβολή αύξησης των απαιτήσεων
- Σχήμα 14: Τμηματικά Γραμμική Καμπύλη Κόστους και ο συσχετισμός της με μία τμηματικά σταθερή και αυξανόμενη καμπύλη κόστους
- Σχήμα 15: Καμπύλη προσφορών από τον ιστότοπο ISO - New England, προπώλησης μίας ημέρας για την 30η Μαρτίου 2016
- Σχήμα 16: Καμπύλες μπαστουινού για την αγορά του ISO - New England με προσφορά προήγησης μίας ημέρας για τις ώρες 3 και 11 της 30ης Μαρτίου
- Σχήμα 17: Εκκαθάριση της αγοράς για το ISO - New England με προσφορά προήγησης μίας ημέρας για τις ώρες 3 και 11 της 30ης Μαρτίου 2016
- Σχήμα 18: Προήγηση προσφοράς μίας ημέρας με καμπύλες ωριαίων τιμών για τη Βοστώνη και την ISO - New England για το χρόνο του 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται σε δολάρια Η.Π.Α.
- Σχήμα 19: Διάγραμμα διακύμανσης τιμών για την ηλεκτρική αγορά της Αλμπέρτα για το 2015. Οι τιμές ορίζονται σε καναδικά
- Σχήμα 20: Επίδραση μίας μερικώς ελαστικής απαίτησης στην εκκαθάριση αγοράς
- Σχήμα 21: Σύνδεση παραγωγού στο δίκτυο με χαμηλό (τοπικό) κόστος
- Σχήμα 22: Διασύνδεση του παραγωγού με το δίκτυο και ενισχύσεις στα σημεία A και B – Εκτεταμένο κόστος
- Σχήμα 23: Περιορισμός δικτύου μεταξύ διασυνδεόμενων περιοχών A και B
- Σχήμα 24: Συναρτήσεις κόστους για την ενέργεια στις δύο χώρες
- Σχήμα 25: Μοντέλο διασύνδεσης για τις δύο χώρες
- Σχήμα 26: Γραφική αναπαράσταση του συνδυασμού παραγωγής ισχύος
- Σχήμα 27: Σύστημα τριών ζυγών
- Σχήμα 28: Γράφημα των τιμών διακύμανσης του πετρελαίου για το χρονικό διάστημα 1861 – 2015 (η γραμμή με το πορτοκαλί χρώμα είναι προσαρμοσμένη λαμβάνοντας υπόψη τον πληθωρισμό)

- Σχήμα 29: Επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας από διαφορετικές πηγές καυσίμων
- Σχήμα 30: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ε.Ε. για το χρονικό διάστημα 1965 – 2020 (οι τιμές είναι σε εκατομμύρια τόνους)
- Σχήμα 31: Οι επτά περιφερειακές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη
- Σχήμα 32: Περιφέρειες υπολογισμού δυναμικότητας (Capacity Calculation Regions – CCRs)
- Σχήμα 33: Χάρτης των μελών σύζευξης
- Σχήμα 34: Τα τρία κύματα διασύνδεσης του XBD project
- Σχήμα 35: Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο – Κατευθύνσεις και Ρυθμιστικά κείμενα
- Σχήμα 36: Σχηματική Αναπαράσταση του Χρηματιστηριακού Μοντέλου Οργάνωσης

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Παραδείγματα πιθανών μοντέλων επικοινωνίας

Πίνακας 2: Δεδομένα λειτουργίας για σχήμα 3 ζυγών κάλυψης φορτίου

Πίνακας 3: Νομοθετική Διαδικασία της οδηγίας «Καθαρή Ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους»

Πίνακας 4: Χρηματιστηριακό μοντέλο οργάνωσης και Εκκαθαριστές Συναλλαγών

Πίνακας 5 : Δεδομένα παραγωγής των γεννητριών του παραδείγματος

Λίστα Συντμήσεων

AC	Alternating Current
ATHEX	Athens Exchange Market
DAM	Day Ahead Market
DC	Direct Current
Disco	Distribution Company
EPRI	Electric Power Research Institute
ERI	Electricity Regional Initiatives
ESI	Electricity Supply Industry
EUPHEMIA	Pan-European Hybrid Electricity Market Integration Algorithm
Genco	Generation Company
IDM	Intra-Day Market
IEA	International Energy Agency
IPP	Independent Power Producer
ISO	Independent System Operator
ITVC	Interim Tight Volume Coupling
LOLH	Loss of Hour Loads
LOLP	Load Loss Probability
MC	Marginal Cost
MISO	Mid-continent Independent System Operator
MO	Market Operator
OTC	Ove The Counter
PCR	Price Coupling of Regions
Res	Renewable Energy sources
SOE	State Owned Enterprise
TOU	Time of Use
TSO	Transmission System Operator
VoLL	Value of Lost Load
XBD	Cross Border IntraDay
ΑΔΜΗΕ	Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ενέργειας
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΕΣΜΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΔΣΜ	Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΕΧ	Ευρωπαϊκό Χρηματιστήριο Ενέργειας
ΕΧΕ	Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας
ΗΕΠ	Ημερήσιος Ενεργειακός Προγραμματισμός
ΛΑΓΓΗΕ	Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας
ΟΠΕΚ	Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών
ΟΤΣ	Οριακή Τιμή Συστήματος
ΡΑΕ	Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας
ΕΕΣΧΕ/ΕΤΕΚ	Εταιρία Εκκαθάρισης Συναλλαγών Χρηματιστηρίου Ενέργειας

1

Εισαγωγή

1.1 Σύντομη Ιστορική Αναδρομή

Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας έγινε απαραίτητη από τη δεκαετία του 1880, όταν άρχισε να παράγεται ηλεκτρική ενέργεια στους σταθμούς παραγωγής. Πριν από αυτό, η ηλεκτρική ενέργεια παραγόταν τοπικά και συνήθως εκεί επιτόπου που έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ή σε σχετικά μικρές αποστάσεις. Ο κύριος σκοπός των πρώτων συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (σε πόλεις της Ευρώπης και των Η.Π.Α.), ήταν για την παροχή φωτισμού [1]. Ο φωτισμός εκείνη την εποχή βασιζόταν στο φαινόμενο τόξου και λειτουργούσε με πολύ υψηλή τάση (περίπου 3000 Volt). Χρησιμοποιούσε τόσο εναλλασσόμενο (AC), όσο και συνεχές ρεύμα (DC). Ο φωτισμός πυρακτώσεως που λειτουργούσε με χαμηλή τάση (της τάξης των 100 Volts) χρησιμοποιούσε αποκλειστικά συνεχές ρεύμα. Και οι δύο αυτοί τύποι φωτισμού (AC –DC), αντικατέστησαν τα συστήματα φωτισμού αερίου. Ο φωτισμός τόξου ήταν πιο διαδεδομένος και χρησιμοποιούνταν κυρίως για τον φωτισμό των δρόμων. Επιπλέον ο ηλεκτρικός φωτισμός πυρακτώσεως αντικατέστησε το αέριο για τον φωτισμό επιχειρήσεων και κατοικιών.

Λόγω των υψηλών τάσεων που χρησιμοποιούνταν στον φωτισμό τόξου, ένας μόνο σταθμός παραγωγής θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες φωτισμού για κυκλώματα μήκους έως και 7 μιλίων (11 km). Η αύξηση στο διπλάσιο του επιπέδου της τάσης επέτρεπε στο ίδιο καλώδιο να μεταδίδει την ίδια ισχύ, σε τετραπλάσια απόσταση. Τα συστήματα φωτισμού πυρακτώσεως εσωτερικών χώρων συνεχούς ρεύματος, για παράδειγμα ο πρώτος σταθμός

Edison Pearl Street που εγκαταστάθηκε το 1882, δυσκολεύονταν να τροφοδοτήσουν τους πελάτες τους σε απόσταση μεγαλύτερη από ένα μίλι από τον σταθμό παραγωγής. Ο κύριος λόγος για αυτόν τον περιορισμό αυτό, ήταν ότι το σύστημα χρησιμοποιούσε χαμηλή τάση (110 Volt) σε όλο το σύστημα, από τις γεννήτριες μέχρι την τελική χρήση. Το σύστημα Edison DC χρειαζόταν χοντρά χάλκινα καλώδια αγωγών και οι εγκαταστάσεις παραγωγής έπρεπε να βρίσκονται σε απόσταση περίπου 1,5 μιλίου (2,4 km) από τον πιο απομακρυσμένο πελάτη για να αποφύγουν τους υπερβολικά μεγάλους και ακριβούς αγωγούς.

Η μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη απόσταση σε υψηλή τάση, και στη συνέχεια η μείωσή της σε χαμηλότερη τάση για φωτισμό, έγινε ένα αναγνωρισμένο μηχανικό εμπόδιο στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας με πολλές, όχι πολύ ικανοποιητικές, λύσεις που δοκιμάστηκαν από εταιρείες φωτισμού. Στα μέσα της δεκαετίας του 1880, μια σημαντική ανακάλυψη ήταν η ανάπτυξη λειτουργικών μετασχηματιστών. Αυτοί επέτρεψαν στην τάση εναλλασσόμενου ρεύματος να "αυξηθεί" σε πολύ υψηλότερες τιμές μετάδοσης, και στη συνέχεια να υποβιβαστεί σε χαμηλότερη τάση τελικού χρήστη. Με πολύ φθηνότερο κόστος μετάδοσης για τις μεγαλύτερες οικονομίες κλίμακας, λόγω του ότι μεγάλες μονάδες παραγωγής τροφοδοτούν ολόκληρες πόλεις και περιοχές, η χρήση μετάδοσης AC εξαπλώθηκε γρήγορα.

Στις Η.Π.Α., ο ανταγωνισμός μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος πήρε μια προσωπική τροπή στα τέλη της δεκαετίας του 1880 με τη μορφή ενός «πόλεμου ρευμάτων», όταν ο Thomas Edison άρχισε να επιτίθεται στον Nikola Tesla. Η ανάπτυξη των πρώτων συστημάτων μετασχηματιστών εναλλασσόμενου ρεύματος στις Η.Π.Α., επισημάνθηκε ότι προκάλεσε θανάτους από συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής τάσης κατά τη διάρκεια των ετών χρήσης της. Το επιχείρημα στο σημείο αυτό ήταν, ότι οποιοδήποτε σύστημα AC ήταν εγγενώς επικίνδυνο. Η προπαγανδιστική εκστρατεία του Edison δεν επικράτησε. Τελικά η εταιρεία του κατέληξε να κάνει χρήση του AC συστήματος το 1892.

Η χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) έγινε η κυρίαρχη μορφή μετάδοσης ισχύος. Αυτό αφορούσε στις καινοτομίες στην Ευρώπη και τις Η.Π.Α. στους σχεδιασμούς ηλεκτρικών κινητήρων και την ανάπτυξη μηχανικών καθολικών συστημάτων. Τα συστήματα αυτά επιτρέψαν σε ένα μεγάλο αριθμό παλαιών συστημάτων να συνδεθούν με τα μεγάλα δίκτυα AC.

Στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα, σε πολλά μέρη η βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας ήταν καθιερωμένη, γεγονός που σημαίνει ότι μια εταιρεία έκανε παραγωγή, μεταφορά, διανομή, μέτρηση και τιμολόγηση. Στις δεκαετίες του 1970 και του 1980, τα κράτη ξεκίνησαν τη διαδικασία απορρύθμισης και ιδιωτικοποίησης, οδηγώντας σε αγορές ηλεκτρικής ενέργειας [2]. Σε αυτό το σχήμα το σύστημα διανομής θα παρέμενε υπό ρύθμιση. Τα συστήματα παραγωγής, λιανικής και μερικές φορές τα συστήματα μεταφοράς, μετατράπηκαν σε ανταγωνιστικές αγορές μέσω της εισαγωγής ιδιωτών.

1.2 Το Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα

Η οργάνωση του Κλάδου της Διανομής, αρχικά κατά την ίδρυση της ΔΕΗ έγιναν το 1950. Σύμφωνα και με τις εισηγήσεις της Αμερικανικής εταιρείας EBASCO, που εκτέλεσε το αρχικό Πρόγραμμα έργων Παραγωγής – Μεταφοράς 1950-55, η οποία πρότεινε και τη γενικότερη οργάνωση της ΔΕΗ, η τελευταία πρότεινε τη δημιουργία 5 έως 7 Περιφερειακών Οργανισμών Διανομής. Οι δομές αυτές προφανώς θα αναλάμβαναν το έργο της Διανομής της ηλεκτρικής ισχύος.

Οι προτεινόμενοι οργανισμοί θα είχαν την μορφή Ανωνύμων Εταιρειών και θα μετείχαν καταρχάς οι ιδιοκτήτες των 400 περίπου Ηλεκτρικών Εταιρειών που ηλεκτροδοτούσαν τους τοπικούς σταθμούς και τα αντίστοιχα δίκτυα για ισάριθμους περίπου οικισμούς. Η συμμετοχή τους στις νέες εταιρείες, θα ήταν ανάλογη με την αξία των εγκαταστάσεών τους. Οι μέτοχοι σε αυτές θα μπορούσαν επιπλέον να είναι οι Δήμοι, αλλά και ιδιώτες. Σε αυτό συμμετείχε και η ΔΕΗ από την οποία θα προμηθεύονταν την ηλεκτρική ενέργεια.

Υπήρξαν όμως σοβαρές αντιδράσεις, με κύριο αίτημα τη διατήρηση του υφιστάμενου καθεστώτος διαχείρισης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να καθυστερεί ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας και να μην αξιοποιούνται τα έργα Παραγωγής – Μεταφοράς. Τα προγράμματα αυτά προχωρούσαν με βάση το Πρόγραμμα Ανάπτυξης 1950-55. Για το λόγο αυτό, η κυβέρνηση εκείνης της περιόδου προχώρησε στην ψήφιση του νόμου 3523/1956. Ο νόμος προέβλεπε ότι από 1/8/1956 έληγαν όλες οι Συμβάσεις και οι αντίστοιχες Άδειες που κατά καιρούς είχε παραχωρήσει το Ελληνικό Δημόσιο στις Ηλεκτρικές Επιχειρήσεις. Οι Ηλεκτρικές Επιχειρήσεις θα περιέρχονταν σταδιακά στη ΔΕΗ μετά από την εξαγορά των εγκαταστάσεών τους. Το τελευταίο θα συνέβαινε, εφόσον οι διαπραγματεύσεις για το τίμημα αγοράς και απορρόφησης τους, δεν κατέληγαν εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος [1]. Ο νόμος έδινε τη δυνατότητα στον Υπουργό Βιομηχανίας να κηρύξει την απαλλοτρίωση των εγκαταστάσεών τους. Επίσης από 1/8/1956, δημιουργήθηκαν νέα ενιαία τιμολόγια για όλους τους καταναλωτές της χώρας. Τα τιμολόγια αυτά ήταν σημαντικά χαμηλότερα από αυτά των τοπικών Επιχειρήσεων.

Οι αντιδράσεις που προέκυψαν αρχικά, υποχώρησαν σύντομα με τα πρώτα δείγματα που έδωσε η ΔΕΗ, και την ομόθυμη συμπαράσταση του κοινού. Έτσι το 1963 είχαν εξαγοραστεί 406 Επιχειρήσεις, από το σύνολο των 415. Σε αυτές συμπεριλαμβανόταν και η Αγγλικών συμφερόντων, Ηλεκτρική Εταιρεία Αθηνών – Πειραιώς. Κατά το χρονικό διάστημα 1956 – 63, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε κατά 240%. Η εγκατάσταση του ηλεκτρικού δικτύου από τη ΔΕΗ συνέχισε και κατά τα αμέσως επόμενα χρόνια. Αυτό έγινε παρά τις αρρυθμίες που άρχισαν να παρουσιάζονται στη λειτουργία της, λόγω της συνεχώς αυξανόμενης κρατικής παρέμβασης. Οι παρεμβάσεις αυτές θα πρέπει να τονιστεί ότι ήταν κατά παράβαση των όσων προβλέπονταν στον ιδρυτικό της νόμο. Ο τελευταίος προέβλεπε την πλήρη Διοικητική και Οικονομική Αυτοτέλειά της.

Παράλληλα ένας συνεχής προβληματισμός των αρμοδίων συνέχισε να υπάρχει, όσον αφορά στην οργανωτική διάρθρωση και λειτουργία των περιφερειακών μονάδων της Διανομής. Οι προσαρμογές αυτές γίνονταν με εισηγήσεις των κεντρικών κυρίως υπηρεσιών και με τη συμβολή της Διευθύνσεως Οργανώσεως και Εκπαιδεύσεως, η οποία ιδρύθηκε στα μέσα της δεκαετίας 1960.

Σημαντικό άλμα στην αύξηση του ρόλου της Διανομής και στην εξέλιξη των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, αποτέλεσε η συνεχώς αυξανόμενη συμμετοχή της Διανεμημένης Παραγωγής από τη δεκαετία του 1990. Κυρίως αυτό αφορούσε στη συμμετοχή στο εθνικό δίκτυο, των μικρής ισχύος μονάδων παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Έτσι, εκτός της κύριας πηγής τροφοδότησης των καταναλωτών από το Διασυνδεδεμένο Σύστημα Παραγωγής – Μεταφοράς, υπήρχε πλέον και πλήθος άλλων μικρών πηγών παραγωγής. Έτσι δόθηκε η ευκαιρία στους καταναλωτές ώστε να γίνουν και Παραγωγοί. Κατά συνέπεια ο έλεγχος της λειτουργίας των Δικτύων Διανομής, περιπλέκεται και απαιτεί την επαύξηση ή και εφαρμογή νέων μεθόδων ελέγχου.

Ο εκσυγχρονισμός των δικτύων Διανομής απαιτεί μεγάλες επενδύσεις. Για το λόγο αυτό η μητρική ΔΕΗ και ο ΔΕΔΔΗΕ αντιμετωπίζει σοβαρά οικονομικά και διαχειριστικά

προβλήματα. Για την αντιμετώπιση αυτών φαίνεται ότι η συμμετοχή ιδιωτικών κεφαλαίων (ιδιωτικοποίηση) αποτελεί μονόδρομο.

Ιδιαίτερα θα πρέπει να ληφθεί υπόψη, τα δίκτυα Διανομής. Σε αντίθεση με αυτά της Μεταφοράς, συνδέονται άμεσα με τις ιδιαιτερότητες κάθε χώρας και το ιστορικό της ανάπτυξής τους. Αυτό δικαιολογεί και το γεγονός της διαφορετικής μορφής και οργάνωσης των δικτύων Διανομής σε εθνικά επίπεδα. Η Ελλάδα λόγω του ιστορικού που προαναφέρθηκε, διαθέτει ομοιόμορφο δίκτυο Διανομής. Το χαρακτηριστικό αυτό αποτελεί πλεονέκτημα. Αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα και ενδείκνυται να διατηρηθεί και συστηματοποιηθεί με τις προσαρμογές που θα γίνουν λόγω του εκσυγχρονισμού του στο άμεσο μέλλον.

1.3 Το πρόβλημα λειτουργίας στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Πριν από τις εξελίξεις αναδιάρθρωσης των δεκαετιών 1980 και 1990, η βιομηχανία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (Electricity Supply Industry - ESI) ήταν γενικά οργανωμένη και λειτουργούσε κάτω από μία ή συνδυασμό των ακόλουθων δύο δομών [3]:

- ως κρατική επιχείρηση (State Owned Enterprises - SOE), ή
- ως ιδιωτική εταιρεία - μονοπώλιο.

Στην πρώτη περίπτωση, συνήθως δεν υπήρχε ανεξάρτητος ρυθμιστής αλλά ένα ξεχωριστό τμήμα της κυβέρνησης (π.χ. το Υπουργείο Οικονομικών), το οποίο μπορούσε να ασκεί ρυθμιστική εποπτεία ή να παρέχει χρηματοοικονομικές ή καταπιστευτικές πολιτικές.

Το μοντέλο λειτουργίας των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας έχει κάποιες ελλείψεις. Οι φορολογούμενοι σε μία κρατική υπόσταση, συνήθως καταβάλλουν τους περισσότερους επενδυτικούς κινδύνους. Για τις επενδύσεις αυτές ενδέχεται να υπάρχει ανεπαρκής λογοδοσία, δεδομένου ότι η κρατική υπηρεσία δεν είναι άμεσα υπόλογη στους καταναλωτές ή τους μετόχους. Επιπλέον, κάτω από αυτό το σενάριο τείνει να εμφανιστεί μία κυκλικότητα. Διαφορετικά σκέλη της κυβέρνησης θα ασχολούνταν με διαφορετικούς τομείς, όπως: τις προβλέψεις ζήτησης, τον σχεδιασμό, την κατασκευή, την επένδυση και λειτουργία, τη διαχείριση του δικτύου, τη ρύθμιση και την είσπραξη των τιμολογίων λιανικής. Οι κρατικές επιχειρήσεις μπορεί να μην είναι υπερβολικά ευαίσθητες στις ανάγκες των πελατών και μπορεί να μην διαθέτουν επαρκή κίνητρα για τη βελτίωση της εξυπηρέτησης των πελατών ή την τεχνολογική καινοτομία. Στην περίπτωση πολλών ταχέως αναπτυσσόμενων οικονομιών, η κεντρική κυβέρνηση μπορεί να μην έχει επαρκείς πόρους για επενδύσεις σε υποδομές, με αποτέλεσμα χρόνιες ελλείψεις ηλεκτρικής ενέργειας και φτωχές σε αξιοπιστία υπηρεσίες.

Στην περίπτωση των ιδιωτικών εταιρειών μονοπωλιακού τύπου, αυτές κυριαρχούν περισσότερο στις προηγμένες οικονομίες, ο ιδιωτικός τομέας κατέχει και διαχειρίζεται ορισμένα ή σημαντικά στοιχεία της Ηλεκτρικής Βιομηχανίας Παραγωγής (ESI), υπό την εποπτεία μίας ανεξάρτητης ρυθμιστικής αρχής. Τα μονοπώλια υπό την ανωτέρω ρύθμιση θα μπορούσαν δυνητικά να προσφέρουν κάποια πλεονεκτήματα συγκρινόμενα με τις κεντρικά σχεδιασμένες κρατικές επιχειρήσεις. Τα πλεονεκτήματα αυτά εμφανίζονται ιδίως όταν υπάρχει ένας σαφώς ορισμένος και ανεξάρτητος ρυθμιστής για την παρακολούθηση της λειτουργίας τους. Τουλάχιστον θεωρητικά, αυτό το μοντέλο θα μπορούσε να αναλάβει της σημαντικής κλίμακας οικονομίες, μεγάλων και κάθετα ολοκληρωμένων μονοπωλίων, για να μπορούν να ελεγχθούν τυχούσες καταχρηστικές τάσεις τους. Τα μονοπωλιακά

καθεστώς υπό την ανωτέρω ρύθμιση μπορούν να παρέχουν ένα βαθμό σταθερότητας των τιμών της αγοράς, ενώ επίσης ενθαρρύνουν τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό. Σε ορισμένες χώρες, αυτό το μοντέλο είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός αριθμού μεγάλων και κάθετα ολοκληρωμένων εταιρειών. Σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους (βλέπε Αμερική, Γερμανία, Ιαπωνία). Οι χώρες αυτές προσφέρουν παραδείγματα αυτού του ρυθμιστικού τρόπου προσέγγισης της λειτουργίας, με έναν μικρό αριθμό μεγάλων καθετοποιημένων βοηθητικών υπηρεσιών να κυριαρχούν παράλληλα με τις επιχειρήσεις.

1.4 Η ανάγκη για αναδιάρθρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Παρά αυτά τα υποτιθέμενα πλεονεκτήματα, το ρυθμιζόμενο μονοπωλιακό μοντέλο έχει μια σειρά από ελλείψεις, συμπεριλαμβανομένων των παρακάτω [3]:

- Υπερ-επένδυση στη βάση των τραπεζικών επιτοκίων
- Εγγύηση Ασφάλειας στην παρεχόμενη ισχύ
- Οικονομικοί κίνδυνοι για τους καταναλωτές από τη διαμόρφωση μονοπωλιακού κόστους
- Μη δυνατότητα επιλογής από τους πελάτες
- Ανισότητα στις προσφερόμενες τιμές ενέργειας προς τον καταναλωτή
- Μη δυνατότητα επιδότησης τιμών

Από την άλλη πλευρά, το ρυθμιζόμενο μοντέλο έχει μια σειρά από άλλα χαρακτηριστικά με δυνητικά σημαντικές συνέπειες για την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια των τιμών ενέργειας:

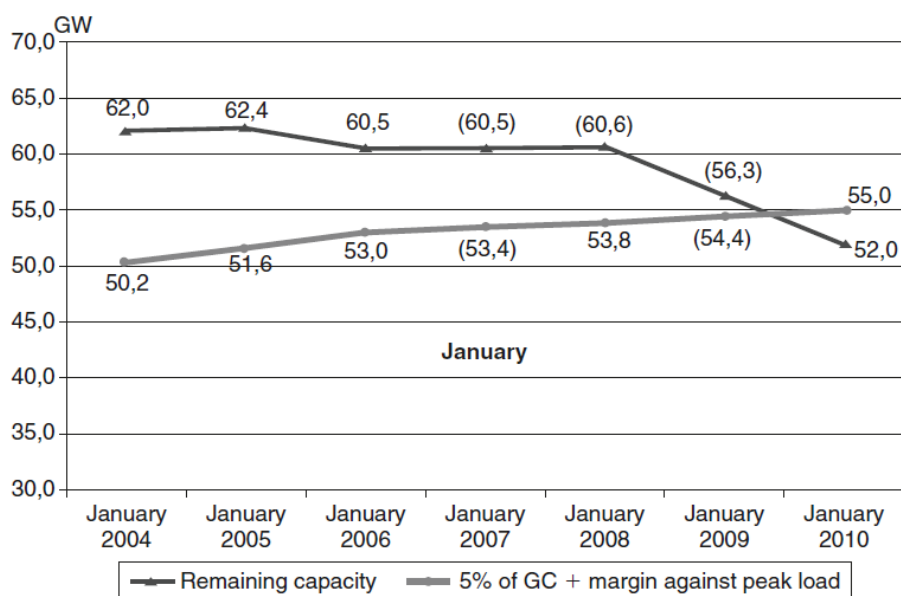
- Επάρκεια επιπέδων ισχύος
- Χειραγώγηση από πολιτικές και κυβερνήσεις
- Χειραγώγηση προς χρήση πυρηνικής ενέργειας για την παραγωγή
- Ενεργοποίηση των δημοσίων φορέων ως ρυθμιστικές αρχές για την παρακολούθηση

Σε ένα «απορρυθμισμένο» μοντέλο παραγωγής ενέργειας, όπου τα καθετοποιημένα βοηθητικά προγράμματα συνήθως διακόπτονται, ενδέχεται να υπάρχει ελάχιστος συντονισμένος σχεδιασμός. Το πρόβλημα που ανακύπτει, είναι ιδιαίτερα επιτακτικό λόγω της διχοτόμησης του σχεδιασμού παραγωγής και μεταφοράς. Η διχοτόμηση αυτή τώρα παίρνει θέση σε διαφορετικές, συχνά ανταγωνιστικές, εταιρείες. Επιπλέον, σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, μπορεί να υπάρχουν ισχυρά αντικίνητρα στην επικοινωνία και τον συντονισμό των δομών μεταξύ τους.

Η Βόρεια Αμερική αποτελεί ένα παράδειγμα των παραπάνω διαδικασιών, με τους πρόσφατους κύκλους «άνθησης και ύφεσης» στις επενδύσεις δυναμικότητας, οι οποίοι ενδέχεται να έχουν επιδεινωθεί από την εισαγωγή του ανταγωνισμού στη χονδρική αγορά. Στο πρόσφατο παρελθόν, υπήρξαν σημαντικές υπερβολές παραγωγικής ικανότητας σε ορισμένες περιοχές και μεταγενέστερες πτώσεις στις τιμές χονδρικής. Ο ανταγωνισμός χονδρικής έχει επίσης κατηγορηθεί για αυξημένα προβλήματα συμφόρησης των δικτύων μεταφοράς, από τότε που ο σχεδιασμός μεταφοράς και παραγωγής έχουν γίνει ουσιαστικά ασύνδετες διαδικασίες μεταξύ τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το αποτέλεσμα ήταν η

παροχή ικανοποιητικών υπηρεσιών σε τοπική κλίμακα, ενώ ελλείψεις πλήττουν άλλες περιοχές. Σε ορισμένες περιοχές, ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός πόρων έχει γίνει χαοτικός, με ανησυχίες για την ευθύνη διαχείρισης και διατήρησης επαρκών περιθωρίων αποθεματικών ισχύος. Περαιτέρω έρευνα φαίνεται να δικαιολογείται με θέματα όπως, ο εντοπισμός και η ποσοτικοποίηση αυτών των προβλημάτων. Αυτά τα προβλήματα επιβάλλουν σημαντικούς κινδύνους για τη λειτουργία του δικτύου ισχύος.

Στην περίπτωση της Ευρώπης, η εισαγωγή του ανταγωνισμού με βάση την οδηγία του 1996 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αυτή μπορεί να είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ενδιαφέροντος για επενδύσεις στην παραγωγή ενέργειας. Το τελευταίο, έχει αυξήσει τη σημασία της έννοιας «ασφάλεια εφοδιασμού και παροχής ισχύος». Αυτό αποτελεί αντικείμενο μελέτης, ιδίως στην περίπτωση της Γερμανίας. Επίκαιρες προβλέψεις στην Ευρώπη δείχνουν πιθανά προβλήματα στον ορίζοντα, σχετικά με την επάρκεια εφοδιασμού (Σχήμα 1). Οι νέες συνθήκες αποτελούν ένα πεδίο δοκιμής για την αγορά ενέργειας, με στόχο να διαπιστωθεί εάν θα αναπτυχθεί πρόσθετη δυναμικότητα παραγωγής στο νέο σχήμα με βάση την οδηγία.



Σχήμα 1: Προβολές εγκατεστημένης ισχύος και ζήτησης αιχμής για την Ευρώπη, Ιανουάριος 2004 – 2010, σε Gw. (Πηγή: UCTE) [3]

1.5 Γιατί Ανταγωνιστική Αγορά;

Κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα, οι καταναλωτές είχαν μόνο μία επιλογή όταν ήθελαν να αγοράσουν ηλεκτρική ενέργεια. Η κάλυψη τους έπρεπε να βασιστεί στην εταιρεία κοινής ωφέλειας. Αυτή είχε το μονοπώλιο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή τους. Ορισμένες από αυτές τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, ήταν κάθετα ενοποιημένες. Οπότε παρήγαγαν την ηλεκτρική ενέργεια, τη μετέφεραν από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής στα κέντρα διανομής φορτίων και τη διένειμαν σε μεμονωμένους καταναλωτές. Η εταιρεία κοινής ωφέλειας, ήταν υπεύθυνη μόνο για την πώληση και τη διανομή της σε μια τοπική περιοχή [4]. Η εταιρεία διανομής κατά το ίδιο πρότυπο έπρεπε, να αγοράσει την ηλεκτρική ενέργεια από μια εταιρεία παραγωγής και μεταφοράς που δραστηριοποιούνταν σε μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου, οι επιχειρήσεις κοινής

ωφέλειας ήταν ελεγχόμενες ιδιωτικές εταιρείες. Σε άλλες περιοχές ήταν δημόσιες εταιρείες ή κρατικές υπηρεσίες. Τα γεωγραφικά μονοπώλια ήταν ο κανόνας, ανεξάρτητα από την ιδιοκτησία και το επίπεδο κάθετης ολοκλήρωσης.

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας που βασίζουν τη λειτουργία τους σε αυτό το μοντέλο, συνέβαλαν σε σημαντικό βαθμό στην οικονομική δραστηριότητα και την ποιότητα ζωής των καταναλωτών. Οι άνθρωποι στο βιομηχανοποιημένο κόσμο, έχουν πρόσβαση σε δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι απαιτήσεις κατανάλωσης διπλασίαζαν τα δίκτυα παροχής ενέργειας περίπου κάθε 8 χρόνια. Ταυτόχρονα, οι εξελίξεις στη μηχανική βελτίωσαν την αξιοπιστία της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Σε πολλά μέρη του κόσμου ο μέσος καταναλωτής στερείται ηλεκτρικής ενέργειας για λιγότερο από 2 λεπτά το χρόνο. Αυτά τα επιτεύγματα κατέστησαν δυνατά, χάριν στην αδιάκοπη τεχνολογική πρόοδο. Στα επιτεύγματα αυτά θα πρέπει να αναφερθούν: (α) η ανάπτυξη και κατασκευή γραμμών μεταφοράς που λειτουργούν σε πάνω από 1.000.000 V εκτεινόμενες σε χιλιάδες χιλιόμετρα, (β) η κατασκευή σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακας (ικανών να παράγουν περισσότερα από 1000 MW) και (γ) ο on-line έλεγχος των δικτύων που τα συνδέουν προς τους τελικούς καταναλωτές.

Ορισμένοι οικονομολόγοι, κατά τη δεκαετία του 1980, άρχισαν να υποστηρίζουν ότι αυτό το μοντέλο είχε ολοκληρώσει τον κύκλο του. Υποστήριξαν ότι το μονοπωλιακό καθεστώς των επιχειρήσεων κοινής ωφελείας, αφαίρεσε το κίνητρο για αποτελεσματική λειτουργία και ενθάρρυνε τις περιττές επενδύσεις. Οι οικονομολόγοι υποστήριξαν επίσης, ότι τα λάθη που έκαναν οι ιδιωτικές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τα οποία αύξησαν το κόστος, δεν θα έπρεπε να μετακυλίσουν στους καταναλωτές. Από την άλλη πλευρά θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας της εποχής, ήταν πολύ στενά συνδεδεμένες με τις εκάστοτε κυβερνήσεις σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Η πολιτική θα μπορούσε τότε να παρέμβει για τη διαμόρφωση των τιμών ενέργειας. Για παράδειγμα, ορισμένες δημόσιες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας αντιμετώπιστηκαν ως πηγές ρευστού χρήματος, άλλες δεν μπορούσαν να ορίσουν τιμολόγια σε επίπεδο που να αντικατοπτρίζει το κόστος παραγωγής τους ή στερήθηκαν το κεφάλαιο που χρειαζόνταν για βασικές επενδύσεις.

Αυτοί οι οικονομολόγοι πρότειναν ότι οι τιμές ενέργειας θα ήταν χαμηλότερες και η συνολική οικονομία πιο αποτελεσματική, αν η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειται σε πειθαρχία των κανόνων της αγοράς και όχι σε μονοπωλιακή ρύθμιση ή κυβερνητικές πολιτικές και παρεμβάσεις. Η πρόταση αυτή έγινε στο πλαίσιο μιας γενικότερης απορρύθμισης των δυτικών οικονομιών. Η προσπάθεια αυτή είχε ξεκινήσει ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η κίνηση αυτή προς την ηλεκτρική ενέργεια είχε ήδη επηρεάσει τις αεροπορικές εταιρείες, τις μεταφορές και την παροχή φυσικού αερίου. Σε όλους αυτούς τους τομείς, μια ρυθμιζόμενη αγορά ή τα ίδια τα μονοπώλια είχαν προηγουμένως θεωρηθεί ως οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι παράδοσης των «προϊόντων» προς τους τελικούς καταναλωτές. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους τα καθιστούσαν ακατάλληλα για διαπραγμάτευση σε ελεύθερες αγορές. Οι υποστηρικτές της απορρύθμισης της αγοράς, θεώρησαν ότι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των προϊόντων, δεν αποτελούσαν ανυπέρβλητα εμπόδια. Επομένως και αυτά τα προϊόντα θα μπορούσαν και θα έπρεπε να αντιμετωπίζονται όπως όλα τα υπόλοιπα. Εάν οι εταιρείες μπορούσαν να ανταγωνίζονται ελεύθερα για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, τα κέρδη απόδοσης από αυτόν τον ανταγωνισμό, θα μπορούσαν να ωφελήσουν τους τελικούς καταναλωτές. Επιπλέον, οι εταιρείες που ανταγωνίζονταν θα μπορούσαν να επιλέγουν

πιθανώς διαφορετικές τεχνολογίες. Κατά συνέπεια φαινόταν απίθανο οι καταναλωτές να επιβαρυνθούν με τις συνέπειες των ασύνετων επενδύσεων.

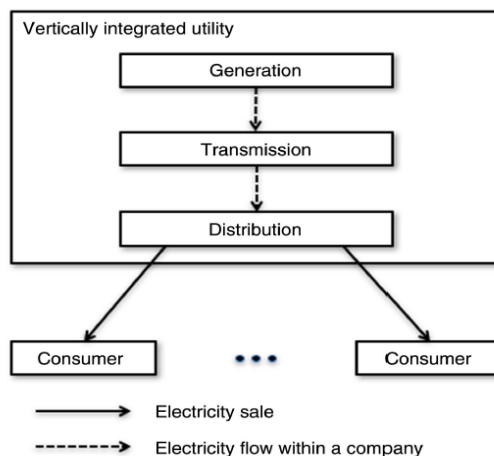
Η ηλεκτρική ισχύς έχει το μειονέκτημα ότι δεν μπορεί να αποθηκευτεί όπως άλλα αγαθά, και να χρησιμοποιηθεί μόλις ο καταναλωτής τη ζητήσει. Σε αυτήν την περίπτωση η ηλεκτρική ενέργεια θα ήταν ένα απλό εμπόρευμα και δεν θα υπήρχε ανάγκη για περαιτέρω μελέτη. Παρά την τεχνολογική πρόοδο στην αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας και τη μικροπαραγωγή, οι τεχνολογικές εξελίξεις αυτές δεν είναι ακόμη τεχνικά ή εμπορικά εφικτές. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής συντελούν στην αξιόπιστη και συνεχή παράδοση σημαντικών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν αυτές συνδέονται με τον καταναλωτή μέσω δικτύων μεταφοράς και διανομής, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην αξιοπιστία.

Στην εργασία, διερευνάται πώς διάφορες πτυχές της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν προϊόντα που μπορούν να τεθούν σε διαδικασίες αγοραπωλησίας, σε ανοιχτές αγορές. Επειδή αυτά τα προϊόντα δεν μπορούν να διαχωριστούν πλήρως από την υποδομή της παραγωγής τους, θα πρέπει να διερευνηθεί επίσης πώς η εμπορία τους, επηρεάζει τη λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό με τη σειρά του, εισάγει το πώς οι λειτουργικοί περιορισμοί επηρεάζουν τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Μακροπρόθεσμα, προκύπτει πάντα η ανάγκη επένδυσης σε νέες εγκαταστάσεις, είτε επειδή μια νέα τεχνολογία υπόσχεται μεγαλύτερα κέρδη, είτε απλώς επειδή ο εξοπλισμός υπόκειται στη διαδικασία της φυσικής γήρανσης και χρειάζεται αντικατάσταση. Στο σημείο αυτό θα χρειαστεί να εξετάσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ της συμπεριφοράς που βασίζεται στην αγορά, των φυσικών περιορισμών και της ανάγκης για αξιοπιστία.

1.6 Το παραδοσιακό μοντέλο λειτουργίας

Πριν γίνει εμβάθυνση στην ανάλυση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας, είναι χρήσιμο να εξεταστούν οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούν να δομηθούν. Επίσης πρέπει να περιγραφούν οι τύποι των εταιρειών και οργανισμών που διαδραματίζουν ρόλο σε αυτές τις αγορές. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται με λεπτομέρειες, η λειτουργία και τα κίνητρα των συμμετεχόντων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αγορές έχουν εξελιχθεί με διαφορετικούς ρυθμούς και σε διαφορετικές κατευθύνσεις σε κάθε χώρα ή περιοχή και κατά συνέπεια οι συμμετέχοντες διαφοροποιούνται ανά περιοχή [4].

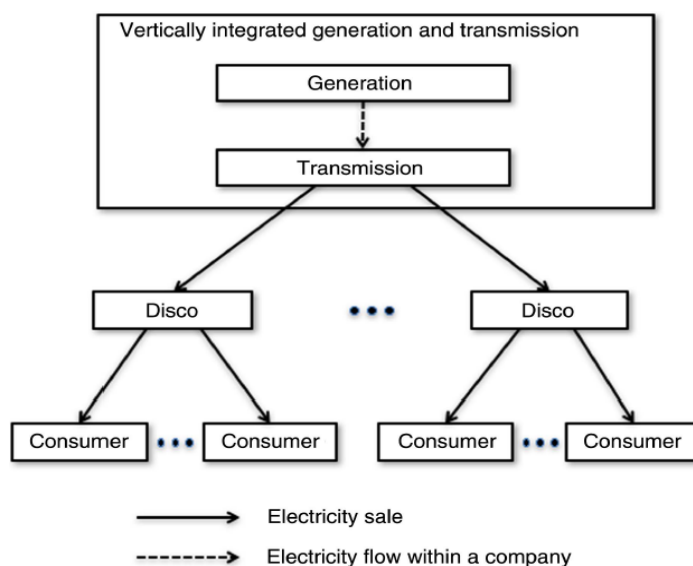
Στο παραδοσιακό μοντέλο της αγοράς το οποίο παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί, οι συναλλαγές περιορίζονται στους καταναλωτές που αγοράζουν ηλεκτρική ενέργεια από την τοπική τους επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 2: Το παραδοσιακό μοντέλο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας [4]

Η δομή που παρουσιάστηκε, έχει δύο βασικά χαρακτηριστικά. Πρώτον, έχει το μονοπώλιο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή εξυπηρέτησης της. Εάν οι καταναλωτές θέλουν να αγοράσουν ηλεκτρική ενέργεια, δεν έχουν άλλη εναλλακτική επιλογή. Η ενέργεια πρέπει να αγοραστεί από το παραπάνω μονοπώλιο. Δεύτερον, η δομή λειτουργίας είναι κάθετα ενσωματωμένη. Αυτό σημαίνει ότι εκτελεί όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές περιλαμβάνουν την κατασκευή σταθμών παραγωγής, των γραμμών μεταφοράς και των δικτύων διανομής, καθώς και την εκμετάλλευση αυτών των υποδομών με αξιόπιστο τρόπο και χρέωση των καταναλωτών για την παρεχόμενη υπηρεσία.

Σε μια αρκετά κοινή παραλλαγή του παραδοσιακού μοντέλου που παρουσιάζεται στο επόμενο σχήμα, η κάθετα ολοκληρωμένη υποδομή χωρίζεται σε δύο μέρη. Ένας οργανισμός παράγει και μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή και την πωλεί σε πολλές εταιρείες διανομής (Distribution Companies - Discos), καθεμία από τις οποίες έχει το τοπικό μονοπώλιο για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές.



Σχήμα 3: Μοντέλο διαφοροποίησης του παραδοσιακού μοντέλου παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας [4]

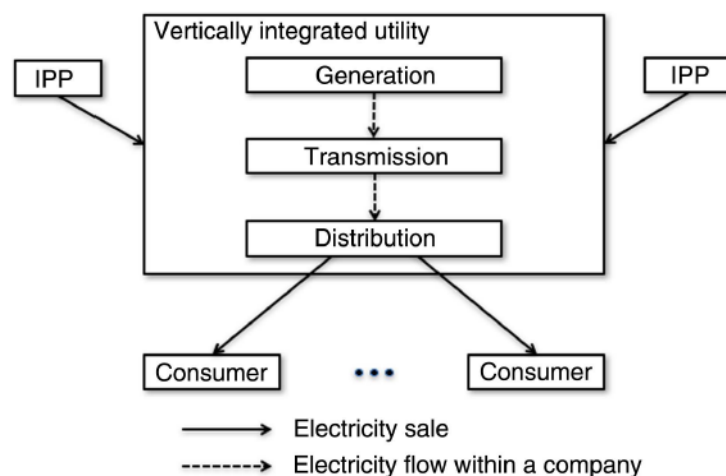
Επειδή τα μονοπώλια θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν το γεγονός ότι οι πελάτες τους δεν έχουν εναλλακτική επιλογή, μπορούν έτσι να τους χρεώσουν εκβιαστικές τιμές. Για το λόγο αυτό θα πρέπει είτε να είναι κρατικοί φορείς, είτε να υπόκεινται σε επίβλεψη από μια κρατική υπηρεσία, η οποία καλείται ρυθμιστική αρχή. Στο παραδοσιακό μοντέλο, η ρυθμιστική αρχή επιβάλλει αυτό που ονομάζεται ρυθμιστικό συμπαγές. Πρόκειται για μια συμφωνία που δίνει σε μια εταιρεία κοινής ωφέλειας το μονοπώλιο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια δεδομένη γεωγραφική περιοχή. Σε αντάλλαγμα, η εταιρεία κοινής ωφέλειας συμφωνεί ότι οι τιμές της θα καθοριστούν από τη ρυθμιστική αρχή, ότι θα προμηθεύει όλους τους καταναλωτές σε αυτήν την περιοχή και ότι θα διατηρήσει μια ορισμένη ποιότητα υπηρεσιών.

Το παραπάνω μοντέλο δεν αποκλείει τις διμερείς συναλλαγές ενέργειας μεταξύ των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας, οι οποίες λειτουργούν σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές. Τέτοιες συναλλαγές πραγματοποιούνται σε επίπεδο χονδρικής, δηλαδή μέσω διασυνδέσεων μεταξύ δικτύων μεταφοράς.

Το πρόβλημα με το παραδοσιακό μοντέλο και την παραλλαγή του είναι, ότι τα μονοπώλια τείνουν να είναι αναποτελεσματικά, επειδή δεν χρειάζεται να ανταγωνίζονται άλλες εταιρείες για να επιβιώσουν. Επιπλέον, επειδή οι δραστηριότητές τους είναι μάλλον αδιαφανείς, οι ρυθμιστικές αρχές δυσκολεύονται να εκτιμήσουν πού θα μπορούσαν να γίνουν βελτιώσεις στην παροχή των υπηρεσιών τους.

1.7 Ο ανταγωνισμός στη χονδρεμπορική και λιανική αγορά ενέργειας

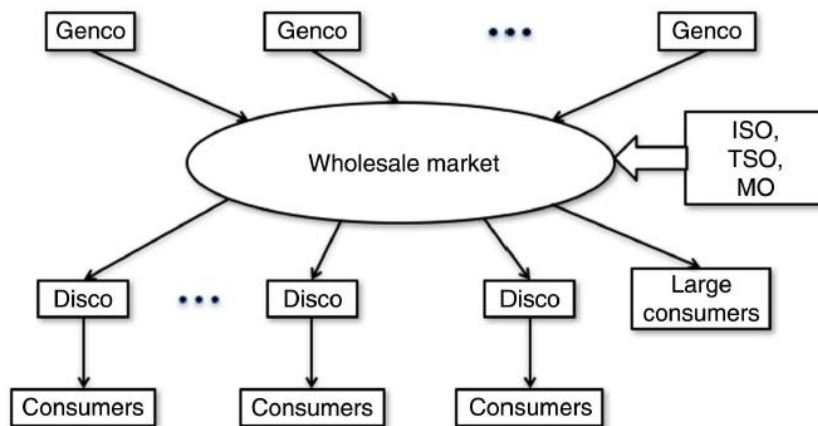
Ένα πρώτο βήμα προς μια πιο ανταγωνιστική δομή του προηγούμενου μοντέλου συνίσταται στο να επιτραπεί σε άλλες εταιρείες (που ονομάζονται ανεξάρτητοι παραγωγοί ενέργειας ή Independent Power Producers - IPP), να παράγουν μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που πρέπει να παρέχεται στους πελάτες, από την υφιστάμενη κάθετα ολοκληρωμένη εταιρεία κοινής ωφέλειας [4]. Το σχήμα που ακολουθεί, απεικονίζει αυτή τη διάταξη. Ενώ αυτό το μοντέλο εισάγει έναν βαθμό ανταγωνισμού σε επίπεδο παραγωγής, δεν παρέχει μηχανισμό για την ανακάλυψη των τιμών που αντανακλούν το κόστος παραγωγής της ενέργειας, όπως αυτό προκύπτει με την υποτιθέμενη διαφάνεια που επικρατεί στην ελεύθερη αγορά.



Σχήμα 4: Καθετοποιημένη εταιρεία κοινής ωφέλειας σε συνεργασία με ανεξάρτητους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας (IPP) [4]

Η υφιστάμενη εταιρεία κοινής ωφέλειας, είναι προφανές ότι επιθυμεί να πληρώσει όσο το δυνατό λιγότερα για την ενέργεια που παράγεται από τους Ανεξάρτητους Παραγωγούς (IPPs), για να τις αποθαρρύνει από την επέκταση της παραγωγικής τους ικανότητας. Ως εκ τούτου, πρέπει να αναγκαστεί από το νόμο να αγοράσει την ισχύ που παράγεται από τους Ανεξάρτητους Παραγωγούς (IPPs). Δεδομένης αυτής της εγγύησης, ότι η παραγωγή τους θα αγοραστεί, οι Ανεξάρτητοι Παραγωγοί θα προσπαθήσουν να έχουν όσο το δυνατόν υψηλότερη τιμή. Αυτό αφήνει στη ρυθμιστική αρχή το καθήκον να αποφασίσει και να καθορίσει με δίκαιο τρόπο την τιμή αγοράς. Ελλείψει λεπτομερών και αξιόπιστων πληροφοριών, το αποτέλεσμα θα είναι συχνά οικονομικά αναποτελεσματικό.

Ένα περαιτέρω βήμα προς τις ανταγωνιστικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας συνίσταται στην απαλλαγή από την υπάρχουσα εταιρεία κοινής ωφέλειας. Όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα, όλες οι εταιρείες που κατέχουν μεγάλες μονάδες παραγωγής (Generation Companies - Gencos) ανταγωνίζονται στη συνέχεια σε ισότιμη βάση για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας.

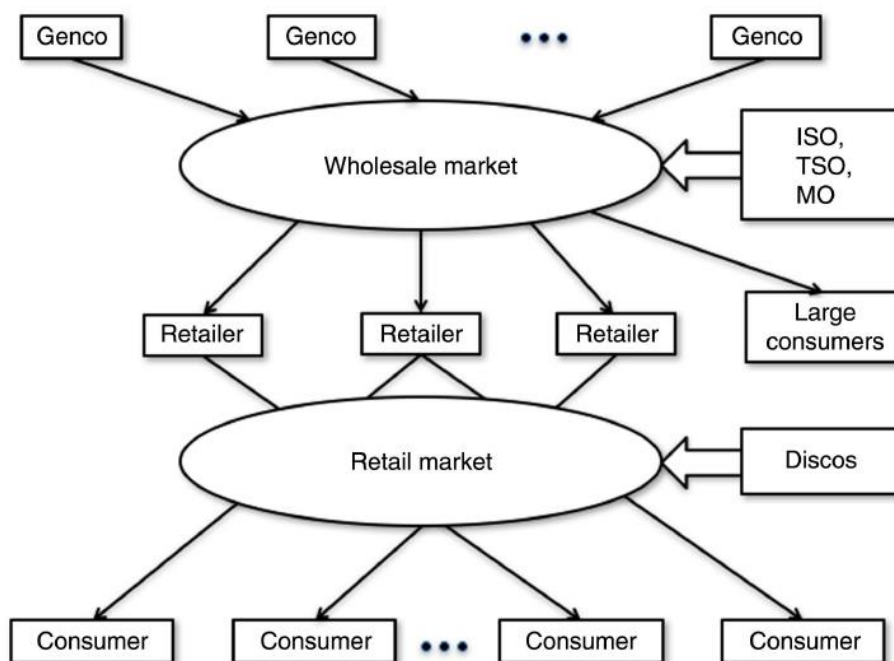


Σχήμα 5: Συνολική δομή μοντέλου ηλεκτρικής ενέργειας [4]

Οι εταιρείες διανομής αγοράζουν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνουν οι πελάτες τους, σε αυτήν τη χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι μεγαλύτεροι καταναλωτές συχνά επιτρέπεται να συμμετέχουν χωρίς μεσάζοντες σε αυτήν την αγορά. Όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια, αυτή η αγορά χονδρικής μπορεί να λειτουργεί με κεντρικό τρόπο, ή μπορεί να βασίζεται σε διμερείς συναλλαγές. Σε αυτό το μοντέλο, η χονδρική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, καθορίζεται από την αλληλεπίδραση προσφοράς και ζήτησης. Όμως, η λιανική τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας, πρέπει να παραμείνει ρυθμισμένη, διότι κάθε εταιρεία διανομής διατηρεί το τοπικό μονοπώλιο της πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του δικτύου της.

Όταν η αγορά χονδρικής λειτουργεί με κεντρικό τρόπο, πρέπει να δημιουργηθεί ένας οργανισμός που ονομάζεται ανεξάρτητος Διαχειριστής συστήματος (Independent System Operator - ISO). Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος έχει δύο κύριες λειτουργίες: Πρώτον, θα πρέπει να διαχειρίζεται την αγορά με αμερόληπτο και αποτελεσματικό τρόπο, και δεύτερον, θα πρέπει να είναι υπεύθυνος για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος μεταφοράς. Όπως υποδηλώνει ο τίτλος του, για να διασφαλιστεί δικαιοσύνη στη λειτουργία της αγοράς, ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Συστήματος πρέπει να είναι θεσμικά ανεξάρτητος από όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά.

Σε μια διμερή αγορά χονδρικής, αυτές οι λειτουργίες συχνά κατανέμονται μεταξύ ενός ή περισσότερων διαχειριστών αγοράς (Market Operators - MOs), των οποίων ο ρόλος είναι να διευκολύνουν τις εμπορικές συναλλαγές μεταξύ αγοραστών και πωλητών ηλεκτρικής ενέργειας. Στο σχήμα απαιτείται και ένας διαχειριστής συστήματος μεταφοράς (Transmission System Operator - TSO). Ο διαχειριστής συστήματος μεταφοράς διατηρεί το σύστημα σε ισορροπία και λειτουργική αξιοπιστία. Οι Διαχειριστές Συστήματος Μεταφοράς συχνά κατέχουν τα περιουσιακά στοιχεία μεταφοράς (γραμμές, μετασχηματιστές, υποσταθμούς, κ.λπ.), σε αντίθεση με τους Ανεξάρτητους Διαχειριστές Συστήματος. Ο ανταγωνισμός μπορεί να εισαχθεί και στη λιανική αγορά. Αυτό οδηγεί στη δομή που απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα, όπου οι πωλητές λιανικής αγοράζουν την ηλεκτρική ενέργεια από τη χονδρική αγορά. Στη συνέχεια τη μεταπωλούν σε μικρομεσαίους καταναλωτές.



Σχήμα 6: Το σχήμα της Ηλεκτρικής αγοράς παρουσία εταιρειών λιανικής πώλησης [4]

Οι δραστηριότητες των εταιρειών διανομής σε αυτό το μοντέλο, συνήθως διαχωρίζονται από τις δραστηριότητες της λιανικής πώλησης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν έχουν πλέον τοπικό μονοπώλιο για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στην περιοχή που καλύπτεται από το δίκτυό τους. Στην περίπτωση αυτή γίνεται εμφανές, ότι η χονδρική αγορά λειτουργεί μέσω του δικτύου μεταφοράς, ενώ η λιανική γίνεται μέσω του δικτύου διανομής. Η κατασκευή και η λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής παραμένουν μονοπωλιακές δραστηριότητες, επειδή είναι γενικά αποδεκτό ότι η κατασκευή ανταγωνιστικών παράλληλων γραμμών μεταφοράς θα ήταν σπατάλη. Επομένως, η ρυθμιστική αρχή αποφασίζει ποιες επενδύσεις σε περιουσιακά στοιχεία δικτύου δικαιολογούνται, και πώς το κόστος αυτών των επενδύσεων θα πρέπει να καταναλωθεί στους χρήστες των δικτύων.

Αφότου δημιουργηθούν επαρκώς ανταγωνιστικές αγορές, δεν θα χρειάζεται πλέον να ρυθμίζεται η τιμή λιανικής, επειδή οι μικροί καταναλωτές έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν πωλητή λιανικής, εάν τους προσφερθεί καλύτερη τιμή ή καλύτερη υπηρεσία. Από

οικονομική σκοπιά, αυτό είναι επιθυμητό επειδή οι αλληλεπιδράσεις της αγοράς οδηγούν στην ανακάλυψη οικονομικά αποδοτικών τιμών.

1.8 Η σημαντικότητα της διεξόδου των Α.Π.Ε. και της διεσπαρμένης παραγωγής

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, οι δημόσιες πολιτικές που στοχεύουν στη μείωση των εκπομπών άνθρακα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, έχουν αλλάξει σημαντικά το μείγμα των τεχνολογιών παραγωγής σε πολλά μέρη του κόσμου. Επειδή η αιολική και η ηλιακή παραγωγή συνεισφέρουν πλέον σε ένα σημαντικό μέρος της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας έπρεπε να προσαρμοστούν στη διαλείπουσα και στοχαστική φύση τους. Για να αντιμετωπιστούν πιο αποτελεσματικά οι μεγαλύτερες ανισορροπίες μεταξύ παραγωγής και φορτίου στο δίκτυο, που προκαλεί η παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι αγορές λειτουργούν σε πολύ μικρότερο χρονικό πλαίσιο από πριν [4]. Μια άλλη προσαρμογή είναι η αυξανόμενη εξάρτηση από την ευελιξία από την πλευρά της ζήτησης, για να βοηθήσει στη διατήρηση αυτής της ισορροπίας. Η ομαδοποίηση των πόρων από την πλευρά της ζήτησης είναι πρόκληση, επειδή οι πόροι παραγωγής τείνουν να είναι μικροί και κατανεμημένοι σε όλο το σύστημα. Η άμεση συμμετοχή στις αγορές χονδρικής ηλεκτρικής ενέργειας από κατανεμημένους ενεργειακούς πόρους, (όπως η ανταπόκριση στη ζήτηση, η αποθήκευση ενέργειας μικρής κλίμακας και η παραγωγή μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων), δεν είναι δυνατή, γιατί αυξάνει κατά πολύ τον αριθμό των συμμετεχόντων στην αγορά και καθιστά αυτές τις αγορές μη διαχειρίσιμες. Επιπλέον, οι κανόνες των αγορών χονδρικής είναι περίπλοκοι, και οι απαιτήσεις συμμετοχής είναι αυστηρές, καθιστώντας το κόστος της συναλλαγής απαγορευτικά ακριβό για τους μικρούς συμμετέχοντες. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, εμφανίζονται νέες οντότητες που ονομάζονται συσσωρευτές - aggregators. Ο ρόλος τους είναι να χρησιμεύουν ως εμπορικοί και τεχνικοί ενδιάμεσοι μεταξύ των αγορών χονδρικής και των ιδιοκτητών των διανεμημένων ενεργειακών πόρων, που θα μπορούσαν να συμβάλλουν στην οικονομική απόδοση του συνολικού συστήματος.

1.9 Η ιδιωτικοποίηση και ο ρόλος της στον ανταγωνισμό της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Σε πολλές χώρες η εισαγωγή του ανταγωνισμού στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας, συνοδεύτηκε από την ιδιωτικοποίηση ορισμένων ή όλων των στοιχείων του κλάδου. Η ιδιωτικοποίηση είναι η διαδικασία μεταβίβασης των επιχειρήσεων κοινής ωφέλειας του δημοσίου, με πώληση από το κράτος, σε ιδιώτες επενδυτές [4]. Οι επιχειρήσεις αυτές στη συνέχεια καθίστανται ιδιωτικές, κερδοσκοπικές εταιρείες. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονισθεί όμως ότι η ιδιωτικοποίηση δεν αποτελεί προϋπόθεση για την επέκταση του ανταγωνισμού. Κανένα από τα μοντέλα ανταγωνισμού που περιγράφονται ανωτέρω, δεν συνεπάγεται κάποια μορφή ιδιοκτησίας. Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας μπορούν να συνυπάρχουν με ιδιωτικές εταιρείες σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον.

1.10 Συμπεράσματα

Η παραγωγή, μεταφορά, διανομή και διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, όσον αφορά στην επίλυση του. Η τεχνολογία προσφέρει διαρκώς εξελισσόμενες λύσεις, κυρίως στους τομείς της παραγωγής και μεταφοράς των ποσών ισχύος, που απαιτούνται για την κάλυψη των διαρκώς αυξανόμενων ηλεκτρικών φορτίων των χρηστών. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα, που ο διαχειριστής του ηλεκτρικού δικτύου καλείται να επιλύσει, είναι η διασφάλιση της εξισορρόπησης του συνολικού συστήματος, καθώς και η εύρωστη λειτουργία του. Οι δομές που διαχειρίζονται την ηλεκτρική ενέργεια είναι διαφορετικές ανάλογα με τους τομείς που σχετίζονται, και πολλές φορές οι ρόλοι τους προσβλέπουν στην επίλυση των αντίστοιχων προβλημάτων από διαφορετική σκοπιά. Οι αρχικά καθιερωμένες δομές παραγωγής και μεταφοράς της ισχύος, εξελίσσονται με βάση τις επιταγές της σύγχρονης αγοράς, σε σύνθετα συστήματα, στα οποία συμμετέχουν ένα πλήθος από νέες οντότητες με συμπληρωματικές δραστηριότητες. Η εισαγωγή των Α.Π.Ε. δημιουργεί νέα θέματα προς επίλυση, δεδομένου του στοχαστικού χαρακτήρα λειτουργίας τους.

Ο τελικός καταναλωτής – χρήστης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτεί την όσο το δυνατόν, οικονομικότερη διασφάλιση του προϊόντος που αγοράζει. Οι νέες οντότητες (aggregators, παραγωγοί μικρής – μεγάλης κλίμακας, κ.λπ.), προφανώς επιθυμούν τη μεγιστοποίηση του επιπέδου κερδών που μπορούν να αποκομίσουν από την αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά συνέπεια, οι διαδικασίες τελικής τιμολόγησης των ποσών ισχύος προς τον τελικό καταναλωτή, αποτελούν ένα πολύ σημαντικό θέμα, εφόσον είναι επιθυμητή η «πραγματική» απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας. Οι καταναλωτές θα πρέπει να είναι ελεύθεροι να επιλέξουν τους παρόχους – διανεμητές ηλεκτρικής ενέργειας, επιλέγοντας αυτούς που δίνουν τα χαμηλότερα τιμολόγια (με στόχο την εξοικονόμηση χρημάτων). Αυτό συνεπάγεται ότι οι καταναλωτές θα πρέπει να διαθέτουν τον βαθμό ελευθερίας των επιλογών (αποκλεισμός μονοπωλιακών δομών), αλλά επιπλέον για την επίτευξη των χαμηλών τιμών κατανάλωσης, ενδεχόμενα θα πρέπει και αυτοί να εκπαιδευτούν προς ένα σωστό μοντέλο χειρισμού της κατανάλωσης τους. Οι ώρες αιχμής και συμφόρησης των δικτύων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ισχύος, είναι οι χρονικές περίοδοι που συμβάλλουν στην αύξηση της τιμής της παρεχόμενης ισχύος. Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών, σε συνδυασμό με το πρόβλημα εξισορρόπησης της λειτουργίας του δικτύου, η προδέσμευση συμβολαίων ενέργειας με στόχο την αποκόμιση οικονομικού οφέλους από τις εταιρείες παραγωγής, το πρόβλημα των περιβαλλοντικών ρύπων και των εκπομπών αερίου, καθώς και ο εκσυγχρονισμός της κατάστασης της αγοράς ενέργειας με χρήση σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων – προβλέψεων, συνθέτουν ένα πολυπαραμετρικό πρόβλημα με ετερογενείς και συχνά αντικρουόμενες συνθήκες, προς επίλυση.

2

Η Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

2.1 Η θεωρία της Τιμής Άμεσης Παράδοσης (Spot Pricing)

Το ερώτημα που καλείται να απαντηθεί σε αυτό το κεφάλαιο, είναι γιατί η χρέωση των πελατών με μια τιμή άμεσης παράδοσης (spot price), δηλ. με δυναμικά μεταβαλλόμενη τιμή που απηχεί τη διασυνεχή εξέλιξη της στο χρόνο, βελτιώνει το προφίλ κατανάλωσης τους και ταυτόχρονα βελτιώνει τη χρήση του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (ή τη συμπεριφορά των άλλων πελατών του συστήματος).

Η τιμή άμεσης απόδοσης (spot pricing), αποτελεί την ιδανική άμεση εκτίμηση της τιμής πώλησης της βασικής μονάδας ενέργειας (kWh), προς τον τελικό καταναλωτή. Η εκτίμηση της τιμής άμεσης απόδοσης, όπως θα παρουσιαστεί και στη συνέχεια, είναι εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία, διότι αποτελεί μία διασυνεχή διεργασία στο χρόνο, η οποία επηρεάζεται από ένα σημαντικό πλήθος παραγόντων (προσφορά, ζήτηση, κατάσταση δικτύου, συντήρηση, κ.λπ.). Οι όροι άμεση τιμή, τιμή άμεσης αγοράς, τιμή άμεσης απόδοσης, είναι ισοδύναμοι και περιγράφουν την παραπάνω διαδικασία διασυνεχούς αποτίμησης. Στο κείμενο που ακολουθεί χρησιμοποιούνται για να αποδώσουν το ίδιο νόημα.

Φυσικά μία από τις αρχές των οικονομιών της ελεύθερης αγοράς είναι ότι οι τιμές βασίζονται στα μηνύματα που παράγονται από την ίδια την αγορά. Αυτό βασίζεται στη ζήτηση και την προσφορά (αυτό προφανώς καθιστά τις τιμές των προϊόντων μεταβαλλόμενες στο χρόνο). Αυτό είναι ένα θεωρητικό επιχείρημα, και ενώ μπορεί να θεωρηθεί ως μία βασική αρχή λειτουργίας της ελεύθερης αγοράς, η επίδραση του δεν είναι

ευρέως αποδεκτή (δηλ., ότι η προσφορά και η ζήτηση πρέπει να ρυθμίζουν τις τιμές κόστους) [4].

Στη συνέχεια θεωρείται ένα απλό παράδειγμα ενός βιομηχανικού πελάτη που κάνει χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού, συγκεντρώνοντας το σε δεξαμενές αποθήκευσης. Στο παράδειγμα αυτό θεωρείται ως πάροχος, ένα δημοτικό τμήμα ύδρευσης που πρέπει να γεμίζει με νερό τις δεξαμενές του βιομηχανικού πελάτη του καθημερινά. Γίνεται η υπόθεση ότι ο πελάτης προμηθεύεται το νερό σε δύο χρονικές περιόδους της ημέρας, με τιμές που ποικίλλουν με την πάροδο του χρόνου, αλλά με προκαθορισμένο και άκαμπτο τρόπο. Αυτό μπορεί να συμβαίνει, διότι ο πελάτης έχει αρχικά ένα πάγιο επίπεδο χρέωσης (για όποια ώρα της ημέρας και να κάνει την κατανάλωση), ή χρεώνεται με μία τιμή ρυθμιζόμενης χρέωσης ζήτησης με τιμή ώρας. Αυτοί οι τρόποι χρέωσης δίνουν στον πελάτη ίσως περισσότερα οφέλη από μία τιμή άμεσης απόδοσης. Έστω ότι το πρόγραμμα του πελάτη επιβάλλει να κάνει άντληση νερού κάθε βράδυ και κάθε Σαββατοκύριακο, τις ίδιες ώρες κάθε εβδομάδας. Αν ο πελάτης δεν μπορεί να γεμίσει πλήρως τις δεξαμενές του, κατά τη διάρκεια της περιόδου χαμηλής τιμής (που προσφέρεται σε κάποιες ώρες της ημέρας), θα πρέπει να περιμένει μέχρις ότου οι δεξαμενές να φτάσουν στα χαμηλά τους όρια. Στη συνέχεια ο πελάτης ενεργοποιεί και πάλι την άντληση νερού. Αυτό συχνά σημαίνει ότι ο πελάτης συνεχίζει την άντληση το απόγευμα ή νωρίς το βράδυ, ακριβώς μετά τη λήξη της περιόδου υψηλής τιμής. Γίνεται η υπόθεση ότι ο πελάτης διατηρεί τον ίδιο χρόνο χρήσης του δικτύου ύδρευσης κάθε εβδομάδα, για να επιτύχει μία συγκεκριμένη τιμή, χωρίς προσαρμογή για διακοπές της γεννήτριας άντλησης, αλλαγές στο κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται, κ.λπ.

Αλλάζοντας τώρα αυτό τον τύπο του πελάτη, σε μια πολιτική τιμολόγησης που ενημερώνει την τιμή χρέωσης εντός των 24 ωρών, στη χειρότερη περίπτωση, ο πελάτης μπορεί να συνεχίσει το παλιό του πρόγραμμα άντλησης, σαν να ήταν ακόμα σε προκαθορισμένες – σταθερές τιμές ανά ώρα ημέρας. Υποθέτοντας ότι η παλιά τιμή τιμολόγησης καθώς και η νέα τιμή τιμολόγησης (μεταβλητή ανά ημέρα), υπολογίστηκαν με βάση συγκρίσιμους τύπους, ο λογαριασμός του πελάτη για την ηλεκτρική ενέργεια θα παρέμενε τότε ίδιος και το κόστος για την υπηρεσία κοινής ωφέλειας θα παρέμενε σταθερό.

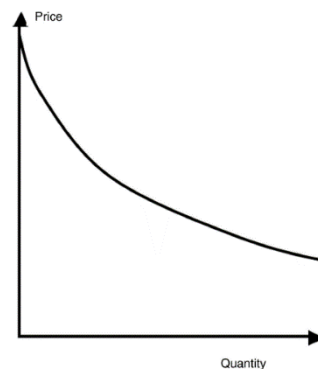
Ωστόσο, ο πελάτης στο μοντέλο τιμής άμεσης απόδοσης (spot pricing), θα αρχίσει να προσαρμόζει την άντλησή του νερού που προγραμματίζει κάθε μέρα, με βάση τις ωριαίες τιμές που προβλέπονται για την επόμενη ημέρα. Προφανώς σχεδιάζει την άντληση νερού κατά τις ώρες με το χαμηλότερο κόστος. Οι ώρες άντλησης μπορεί να μην είναι απαραίτητα συνεχόμενες. Το πρόγραμμα άντλησης κάθε ημέρας αναμένεται να είναι διαφορετικό. Κατά συνέπεια ο πελάτης θα αρχίσει να αντλεί νερό σε διαφορετικές ώρες κάθε ημέρα. Τις ημέρες που η τιμή άμεσης απόδοσης (spot pricing) αποδεικνύεται χαμηλή, μπορεί να αντλεί σχεδόν όλη την ημέρα, γεμίζοντας αυξανόμενους χώρους αποθήκευσης με μακροπρόθεσμους στόχους. Έτσι μπορεί να κερδίσει επίσης σε σχέση με τις ημέρες όπου η χρέωση θα γινόταν με υψηλότερες τιμές. Αυτό σαν διαδικασία, απαιτεί κάποιου είδους πρόβλεψη. Ανεξάρτητα όμως από τη δυσκολία της πρόβλεψης, αποτιμώντας τη λειτουργία του πελάτη κατά τη διάρκεια ενός έτους, ο πελάτης δεν θα είναι σε χειρότερη κατάσταση αποθήκευσης νερού. Διαφορετικές εποχές του έτους και διαφορετικές καταστάσεις διακοπής λειτουργίας του δικτύου, οδηγούν σε κατάλληλη συμπεριφορά από τον πελάτη, χωρίς περίτεχνους μηχανισμούς.

Τα οφέλη του πελάτη από την τιμή άμεσης απόδοσης (spot pricing) προφανώς εξαρτώνται από τη λειτουργική ευελιξία που έχει ή μπορεί να αποκτήσει (κάνοντας επιλεκτικές επενδύσεις). Αυτό εξαρτάται επίσης από τη διακύμανση της τιμής του ηλεκτρικού ρεύματος

που απαιτείται για την άντληση, ανά ώρα και ανά ημέρα, οπότε ο πελάτης μπορεί να εξοικονομήσει κέρδος, μεταβάλλοντας τη χρήση/κατανάλωση του δικτύου.

Εάν ο πελάτης δεν ανταποκριθεί στην τιμή άμεσης απόδοσης (spot pricing), η παρακολούθηση της κατανάλωσης από πλευράς δικτύου, βλέπει το ίδιο μοτίβο ζήτησης όπως και πριν. Αυτό με τη σειρά του δεν εμφανίζει συνολικά χειρότερη απόδοση. Ωστόσο, εάν ο πελάτης δεν ανταποκριθεί καθόλου, η κατανάλωση και πάλι είναι εγγυημένη, διότι όλες οι υπόλοιπες συμπεριφορές των άλλων πελατών θα μετατοπίσουν τη χρήση ενέργειας, από περιόδους υψηλών τιμών σε περιόδους χαμηλών τιμών.

Ανάλογα παραδείγματα μπορούν να παρουσιαστούν και για άλλες καταστάσεις και εφαρμογές. Το βασικό σημείο όλων των παραδειγμάτων είναι ξεκάθαρο. Εάν ο πελάτης δεν αλλάξει τη συμπεριφορά του, τότε ούτε αυτός, ούτε οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται για το δίκτυο είναι χειρότερες από πριν. Όσο περισσότερο αλλάζει τη συμπεριφορά του ο πελάτης, αυτό είναι επωφελές και για τα δύο μέρη (πελάτης – δίκτυο). Από τις βασικές αρχές της οικονομίας είναι γνωστό ότι η τιμή ενός προϊόντος διαμορφώνεται από τη ζήτηση του, με μία καμπύλη της μορφής του σχήματος (Σχήμα 7):



Σχήμα 7: Τυπική διασύνδεση της τιμής ενός αγαθού συναρτήσει της ζήτησης του σε περίπτωση επάρκειας του προϊόντος [4]

Αυτή η καμπύλη (τιμής – ζήτησης), αντιπροσωπεύει την αντίστροφη συνάρτηση ζήτησης για το αγαθό. Έστω ότι το q υποδηλώνει την ποσότητα που αγοράστηκε και την τιμή του αγαθού, οπότε αυτές οι παράμετροι συνδέονται με την ακόλουθη σχέση:

$$p=D^{-1}(q) \quad (\text{Εξ. 1})$$

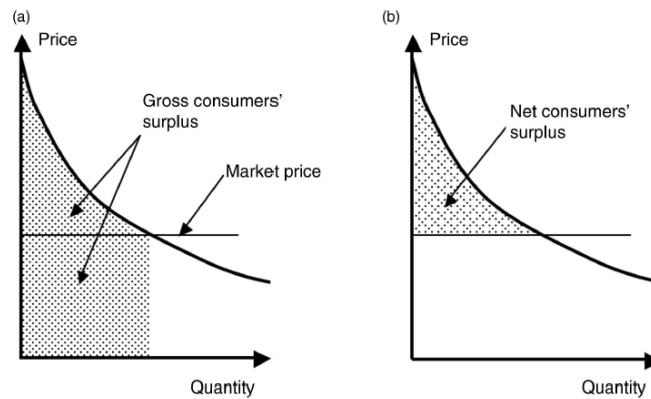
Αν μελετηθεί η ίδια καμπύλη με χρήση της αντίστροφης συνάρτησης, προκύπτει η συνάρτηση ζήτησης για αυτό το αγαθό:

$$q=D(p) \quad (\text{Εξ. 2})$$

Για τα περισσότερα πρακτικά εμπορεύσιμα αγαθά, η συνάρτηση ζήτησης έχει καθοδική κλίση. Αυτό συνεπάγεται ότι η ποσότητα που καταναλώνεται μειώνεται, όσο αυξάνεται η τιμή του αγαθού. Η οικονομική ερμηνεία της συνάρτησης αντίστροφης ζήτησης είναι ιδιαίτερα σημαντική. Για ένα δεδομένο επίπεδο κατανάλωσης, είναι σημαντικό το ποσό χρημάτων που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι καταναλωτές για να αγοράσουν ένα μικρό επιπλέον ποσό του εξεταζόμενου αγαθού. Το να μην ξοδέψουν αυτό το ποσό χρημάτων σε αυτό το αγαθό, θα τους επέτρεπε να αγοράσουν περισσότερα τεμάχια από

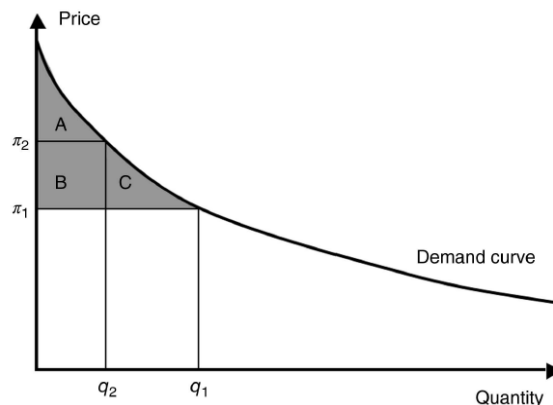
ένα άλλο αγαθό ή να εξοικονομήσουν τα χρήματα για να αγοράσουν κάτι άλλο σε μεταγενέστερη χρονική περίοδο. Η καμπύλη ζήτησης δίνει την οριακή αξία που αποδίδουν οι καταναλωτές στο αγαθό. Η κλίση της καμπύλης προς τα κάτω δείχνει ότι οι καταναλωτές είναι συνήθως διατεθειμένοι να πληρώσουν περισσότερα για πρόσθετες ποσότητες. Αυτό όμως συμβαίνει όταν διαθέτουν μόνο μια μικρή ποσότητα από αυτό το αγαθό. Κατά συνέπεια η οριακή τους διάθεση να πληρώσουν μειώνεται, όσο αυξάνεται η κατανάλωσή τους.

Από τις έννοιες του ακαθάριστου και του καθαρού πλεονάσματος ενός καταναλωτή, η ανάλυση μπορεί να επεκταθεί στα ακαθάριστα και καθαρά πλεονάσματα μιας ομάδας καταναλωτών. Το ακαθάριστο πλεόνασμα, όπως φαίνεται και στο επόμενο σχήμα, αντιπροσωπεύεται γραφικά από την περιοχή κάτω από την αντίστροφη συνάρτηση ζήτησης μέχρι την οριζόντια γραμμή (που ορίζει την τρέχουσα τιμή αγοράς). Η περιοχή μεταξύ της αντίστροφης συνάρτησης ζήτησης και της οριζόντιας γραμμής στην τιμή αγοράς αντιστοιχεί στο καθαρό πλεόνασμα.



Σχήμα 8: (α) Ακαθάριστο πλεόνασμα καταναλωτών και (β) καθαρό πλεόνασμα καταναλωτών [4]

Η έννοια του καθαρού πλεονάσματος είναι πολύ πιο σημαντική από τον υπολογισμό μιας απόλυτης τιμής για μία ποσότητα ενός αγαθού. Ο υπολογισμός της απόλυτης τιμής του καθαρού πλεονάσματος είναι αρκετά δύσκολος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συνάρτηση αντίστροφης ζήτησης δεν είναι γνωστή με ακρίβεια. Η εξέταση του τρόπου με τον οποίο αυτό το καθαρό πλεόνασμα εξαρτάται από την τιμή της αγοράς είναι ένα πολύ πιο ενδιαφέρον θέμα.



Σχήμα 9: Μεταβολή του καθαρού πλεονάσματος καταναλωτών ως αποτέλεσμα της αύξησης της τιμής ενός αγαθού [4]

Το προηγούμενο σχήμα απεικονίζει τη μεταβολή του καθαρού πλεονάσματος όταν αυξάνεται η τιμή της αγοράς. Θεωρώντας ότι όταν η τιμή της αγοράς είναι p_1 , οι καταναλωτές αγοράζουν μια ποσότητα q_1 και το καθαρό πλεόνασμα ισούται με τη σκιασμένη περιοχή. Αυξάνοντας την τιμή σε p_2 , αυτό οδηγεί το επίπεδο κατανάλωσης σε μείωση σε q_2 και το καθαρό πλεόνασμα των καταναλωτών επίσης σε μείωση στη χονδρικά τριγωνική περιοχή με την ένδειξη Α. Δύο παράγοντες συμβάλλουν σε αυτή τη μείωση του καθαρού πλεονάσματος. Πρώτον, επειδή η τιμή αυξάνεται, η κατανάλωση μειώνεται από q_1 σε q_2 . Η απώλεια καθαρού πλεονάσματος ή ευημερίας, είναι ίση με την περιοχή με την ένδειξη Β. Δεύτερον, επειδή οι καταναλωτές πρέπει να πληρώσουν υψηλότερη τιμή για την ποσότητα q_2 που αγοράζουν ακόμη, χάνουν ένα επιπλέον ποσό ευημερίας που αντιπροσωπεύεται από την περιοχή με την ένδειξη Β.

2.1.1 Η Τιμή Άμεσης Παράδοσης και οι παράγοντες που την καθορίζουν

Οι έμποροι λιανικής και οι μεγάλοι καταναλωτές δεν μπορούν να προβλέψουν τις ανάγκες τους για κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με απόλυτη ακρίβεια. Ομοίως, οι παραγωγοί ενέργειας δεν μπορούν να εγγυηθούν ότι θα είναι σε θέση να παράγουν την ακριβή ποσότητα που έχουν προσυμφωνήσει στις προθεσμιακές αγορές, ιδιαίτερα εάν το σύνολο ή μέρος αυτής της ενέργειας παράγεται από στοχαστικές ανανεώσιμες πηγές, όπως η αιολική ή η ηλιακή ενέργεια. Κατά τη στιγμή της παράδοσης, οποιοδήποτε συμμετέχουν στην αγορά ενέργειας, έχουν περισσότερη ή λιγότερη ενέργεια από αυτή που χρειάζονται ή έχουν συνάψει σύμβαση. Αυτή η διαφορά ενέργειας πρέπει να επιτρέπει διαπραγματεύση της στην αγορά της τιμής άμεσης απόδοσης, για να καλύψει την προκύπτουσα διαφορά [5].

Οι αγορές με τιμή άμεσης απόδοσης για άλλα εμπορεύματα (εκτός της ηλεκτρικής ενέργειας) βασίζονται σε άμεσες αλληλεπιδράσεις μεταξύ αγοραστών και πωλητών για την κάλυψη των ανισορροπιών. Η προσέγγιση αυτή δεν θεωρείται επαρκώς αξιόπιστη για να διασφαλίσει τη λειτουργική αξιοπιστία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Το φυσικό αντίστοιχο μιας ανισορροπίας μεταξύ ζήτησης και προσφοράς είναι μια ανισορροπία μεταξύ φορτίου και παραγωγής. Αυτή η ανισορροπία πρέπει να καλυφθεί πολύ γρήγορα για να παραμείνει ευσταθές και σταθερά λειτουργικό το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Ενώ οι ηλεκτρονικές αγορές για ορισμένα χρηματοπιστωτικά αγαθά είναι εξαιρετικά γρήγορες τα τελευταία χρόνια. Αυτή η μορφή αυτοματοποιημένων συναλλαγών βασίζεται σε περιορισμένο αριθμό σημάτων που σχετίζονται με τη διακύμανση των τιμών. Από την άλλη πλευρά, η διατήρηση της ευστάθειας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί διαρκή παρακολούθηση και εκτίμηση ενός μεγάλου αριθμού φυσικών μεγεθών. Στην τρέχουσα κατάσταση της τεχνολογίας, είναι ακόμη δύσκολο να επινοηθεί ένας μηχανισμός όπου αρκετές γεννήτριες και καταναλωτές θα έχουν την ικανότητα και την τάση να επεξεργάζονται αυτές τις πληροφορίες αρκετά γρήγορα, ώστε να συνάπτουν συναλλαγές που θα αποκαθιστούν την ισορροπία μεταξύ φορτίου και παραγωγής με αξιόπιστο τρόπο. Η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας που προορίζεται από το σύστημα για εξισορρόπηση, δεν είναι επομένως μια αγορά με τιμή άμεσης απόδοσης δεδομένου ότι ο διαχειριστής ενδιαφέρεται αποκλειστικά και μόνο για τη διασφάλιση της ηλεκτρικής ισορροπίας και όχι την επίτευξη βέλτιστης τιμής αγοράς. Αντίθετα, αυτή είναι μία «διαχειριζόμενη αγορά άμεσης απόδοσης», επειδή ο διαχειριστής του συστήματος είναι αντισυμβαλλόμενος σε όλες τις συναλλαγές. Αυτό σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες στην αγορά δεν αγοράζουν ή

πωλούν ο ένας από τον άλλον. Συναλλάσσονται μόνο με τον διαχειριστή του ηλεκτρικού συστήματος, ο οποίος αποφασίζει πόση ισχύ χρειάζεται να αγοράσει ή να πωλήσει για να διατηρήσει την ισορροπία του συστήματος. Στη συνέχεια, η τιμή άμεσης απόδοσης υπολογίζεται με βάση τις προσφορές και τις διαθέσιμες ισχύος που υποβάλλονται από τους συμμετέχοντες στην αγορά και επιλέγονται από τον διαχειριστή του συστήματος. Κάθε διαχειριστής συστήματος έχει τη δική του αγορά. Όλοι οι παραγωγοί, οι έμποροι λιανικής, οι μεγάλοι καταναλωτές και οι κερδοσκόποι που εμπορεύονται ενέργεια στη συγκεκριμένη περιοχή που εποπτεύεται από έναν διαχειριστή συστήματος, υπόκεινται στους κανόνες του. Ειδικότερα, οποιαδήποτε διαφορά μεταξύ της ενέργειας που δεσμεύτηκε συμβατικά από ένα συμμετέχοντα στην αγορά και της ενέργειας που προσέφερε/κατανάλωσε στην πραγματικότητα, διακανονίζεται στην τιμή της αγοράς άμεσης απόδοσης. Ας υποθεθεί, για παράδειγμα, ότι ένας παραγωγός είχε πωλήσει 100 MW σε διάφορους λιανοπωλητές, αλλά παρήγαγε μόνο 97 MW κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης περιόδου διαπραγμάτευσης στην άμεση αγορά. Για να διατηρηθεί το σύστημα σε ισορροπία, ο διαχειριστής του συστήματος, κάλυψε άμεσα τη διαφορά μέσω αγορών. Από οικονομική άποψη, ο παραγωγός θεωρείται ότι αγόρασε την αντίστοιχη ποσότητα ενέργειας στην άμεση τιμή. Ομοίως, ένας έμπορος λιανικής που συνήψε συμβόλαιο για 100 MW, αλλά κατανάλωσε μόνο 96 MW κατά τη διάρκεια μιας περιόδου διαπραγμάτευσης, θεωρείται ότι πώλησε τη διαφορά στην τρέχουσα τιμή της αγοράς.

Ασχέτως των τεχνικών λόγων διαχείρισης της άμεσης αγοράς, η άμεση αγορά πρέπει να λειτουργεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Η έλλειψη ισορροπίας μπορεί να είναι αναπόφευκτη για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Δεν θα πρέπει όμως να είναι δωρεάν. Για να ενθαρρύνουν την αποτελεσματική συμπεριφορά, οι παραγωγοί και οι καταναλωτές που βρίσκονται σε ανισορροπία, πρέπει να πληρώσουν το πραγματικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που αγοράζεται ή πωλείται στην άμεση αγορά. Αυτό απαιτείται για να αποκατασταθεί η ισορροπία μεταξύ φορτίου και παραγωγής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εάν ένας συμμετέχων στην αγορά είναι εκτός ισορροπίας αλλά βρίσκεται στην αντίθετη κατεύθυνση του συστήματος στο σύνολό του (δηλ., προσέφερε στο σύστημα περισσότερα ποσά ισχύος είτε από παραγωγή, είτε από εξοικονόμηση), θα πρέπει να ανταμειφθεί για αυτό.

Μια αποτελεσματική αγορά με τιμή άμεσης απόδοσης δίνει στους συμμετέχοντες της αγοράς, την πεποίθηση ότι οι ανισορροπίες θα διευθετηθούν με δίκαιο τρόπο. Μόλις τεθεί σε εφαρμογή ένας τέτοιος μηχανισμός, η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να γίνει αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε προθεσμιακές αγορές, όπως και τα εμπορεύματα άλλου τύπου. Ανάλογα με τη δικαιοδοσία, η άμεση αγορά ονομάζεται «αγορά σε πραγματικό χρόνο», «αγορά εξισορρόπησης», «ενδοημερήσια αγορά» ή «μηχανισμός εξισορρόπησης», και η περίοδος διαπραγμάτευσης κυμαίνεται από 1 ώρα έως 5 λεπτά. Οι πραγματικές υλοποιήσεις μπορεί να διαφέρουν ουσιαστικά από αυτό το σχέδιο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η τιμή άμεσης απόδοσης που σχετίζεται με τον k_{th} πελάτη κατά την ώρα t κατανάλωσης, ως το άθροισμα των επιμέρους παραγόντων, μέσω του τύπου:

$$p_k(t) = \gamma_P(t) + \gamma_M(t) + \gamma_{QS}(t) + \gamma_R(t) + \eta_{L,k}(t) + \eta_{QS,k}(t) \quad (\text{Εξ. 3})$$

όπου $\gamma_P(t)$ ο παράγοντας οριακού κόστους καυσίμου για την παραγωγή (Generation Marginal Fuel), $\gamma_M(t)$ ο παράγοντας οριακού κόστους διατήρησης της παραγωγής σε λειτουργία (Generation Marginal Maintenance), $\gamma_{QS}(t)$ ο παράγοντας κόστους διασφάλισης ποιότητας παροχής ισχύος εκ μέρους της παραγωγής (Generation Quality of Supply), $\gamma_R(t)$ ο

παράγοντας κόστους ανάκτησης παραγωγής (Generation Revenue Reconciliation), $\eta_{L,k}(t)$ ο παράγοντας απωλειών εκ μέρους του δικτύου (Network Marginal Losses), $\eta_{QS,k}(t)$ ο παράγοντας ποιότητας δικτύου τροφοδοσίας για τον k^{th} πελάτη (Network Quality of Supply), και $\eta_{R,k}(t)$ ο παράγοντας κόστους ανάκτησης κεφαλαίου δικτύου (Network Revenue Reconciliation) για τον k^{th} πελάτη.

Η ποιότητα των στοιχείων παροχής ηλεκτρικής ενέργειας προκύπτει όταν η παραγωγή ή η χωρητικότητα του δικτύου περιορίζεται. Ως εκ τούτου, χρησιμεύουν ως ασφάλιστρα περικοπής ή αξιοπιστίας για προσαυξήσεις. Τα προηγούμενα στοιχεία που παρουσιάστηκαν συγκροτούνται σε ομάδες, όπως π.χ.:

$$\lambda(t) = \gamma_F(t) + \gamma_M(t) \quad (\text{Εξ. 4})$$

$$\gamma(t) = \lambda(t) + \gamma_{QS}(t) \quad (\text{Εξ. 5})$$

$$\eta_k(t) = \eta_{L,k}(t) + \eta_{QS,k}(t) \quad (\text{Εξ. 6})$$

όπου $\lambda(t)$ ο παράγοντας λάμδα του συστήματος (System Lambda), $\gamma(t)$ ο παράγοντας Οριακής Τιμής Παραγωγής (Marginal Value of Generation), και $\eta_k(t)$ ο παράγοντας Οριακής Τιμής Λειτουργίας Δικτύου (Marginal Value of Network Operation).

Η τιμή άμεσης απόδοσης αναλύεται σε στοιχεία όπως στη σχέση (3) επειδή κάθε στοιχείο της έχει φυσική/οικονομική ερμηνεία. Ωστόσο, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι:

- Τα διάφορα στοιχεία της σχέσης (3) δεν είναι απαραίτητα ανεξάρτητα το ένα από το άλλο. Το στοιχείο απώλειας $\eta_{L,k}(t)$ εξαρτάται από την παράμετρο $\lambda(t)$.
- Τα στοιχεία δικτύου της τιμής άμεσης απόδοσης εξαρτώνται από τον πελάτη (δείκτης k), επειδή διαφορετικοί πελάτες βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία του δικτύου.

Μία χωρική απόκλιση στην τιμολόγηση προκύπτει από τις διαφορές στις απώλειες γραμμής και το γεγονός ότι μεμονωμένες γραμμές μπορεί να υπερφορτωθούν σε ένα μέρος του δικτύου, ενώ είναι ενεργές. Οι υπόλοιπες ροές γραμμών μπορούν να παραμένουν εντός ορίων υπερφόρτωσης. Στην πράξη, οι τιμές άμεσης απόδοσης θα είναι οι ίδιες για τους περισσότερους πελάτες μιας συγκεκριμένης κατηγορίας.

2.1.2 Μέθοδος τιμολόγησης βάσει του λειτουργικού κόστους

Οι συνιστώσες του λειτουργικού κόστους της τιμής άμεσης απόδοσης είναι συνήθως οι μεγαλύτερες [5]. Αυτές είναι:

Καύσιμα για την παραγωγή και λειτουργία (Generation Fuel and Operations):

$$\lambda(t) = \gamma_F(t) + \gamma_M(t) \quad (\text{Εξ. 7})$$

Απώλειες Δικτύου (Network Losses) $\eta_{L,k}(t)$

Παράγοντας Οριακού Κόστους (Generation Marginal Fuel and Maintenance $\lambda(t)$)

Ο παράγοντας $\lambda(t)$, αποτελεί σημαντικό στοιχείο της τιμής άμεσης απόδοσης καθώς είναι η παράγωγος του συνολικού κόστους του καυσίμου και της συντήρησης για την επίτευξη της παραγωγής, σε σχέση με τη ζήτηση για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Στην ιδανική περίπτωση, υπολογίζεται μέσω της αποστολής δεδομένων μέσω τηλεμετρίας από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι σταθμοί με τη σειρά τους δεσμεύονται για την υλοποίηση της παραγωγής αυτής. Χρησιμοποιείται σε πολλά σύγχρονα κέντρα ελέγχου συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Ο παράγοντας $\lambda(t)$ περιλαμβάνει την επίδραση των αγορών και των πωλήσεων. Αυτές σχετίζονται με τις εξωτερικές διασυνδέσεις του υπό μελέτη συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας.

Γενικά, ο παράγοντας $\lambda(t)$ αυξάνεται με την αύξηση της συνολικής ζήτησης $d(t)$. Η καμπύλη του $\lambda(t)$ ως προς τη ζήτηση, μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως: (α) την εξαναγκασμένη (και προγραμματισμένη) ισχύ προς εξισορρόπηση, (β) τις διακοπές λειτουργίας των εγκαταστάσεων, (γ) τη διαθεσιμότητα νερού, (δ) τις ευκαιρίες της αγοράς και της πώλησης, (ε) την παρακολούθηση του κόστους φορτίου όπως αυτό επηρεάζεται από τους περιορισμούς ράμπας και υποχρεωτικής λειτουργίας, κ.λπ. Όταν αυτοί οι μεταβαλλόμενοι στο χρόνο περιορισμοί είναι σημαντικοί, το $\lambda(t)$ επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το προγραμματισμένα μελλοντικά γεγονότα. Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα με μεγάλη ικανότητα αποθήκευσης νερού, η γεννήτρια που προορίζεται για εξισορρόπηση είναι μερικές φορές μια υδροηλεκτρική μονάδα (η οποία βασίζεται στην μεγάλη ικανότητα συγκέντρωσης νερού για την άμεση παραγωγή ισχύος). Ο παράγοντας $\lambda(t)$, υπολογίζεται με βάση το αναμενόμενο κόστος λειτουργίας μιας μονάδας ορυκτών καυσίμων που θα πρέπει να παράγει περισσότερο όταν οι ταμειυτήρες νερού είναι άδειες.

Απώλειες Δικτύου (Network Losses $\eta_{L,k}(t)$)

Αυτός ο παράγοντας προκύπτει από τις ενεργειακές απώλειες που προκαλούνται από τη μεταφορά και κατανομή της ισχύος. Υποθέτοντας μια κλιμακωτή εξάρτηση από απώλειες στις ροές γραμμής, το $\eta_{L,k}(t)$ δίνεται από τη σχέση:

$$\eta_{Lk}(t) = [\lambda(t) + \gamma_{QS}(t)] \frac{\partial L(t)}{\partial d_k(t)} = [\lambda(t) + \gamma_{QS}(t)] \sum_i 2R_i z_i(t) \frac{\partial z_i(t)}{\partial d_k(t)} \quad (\text{Εξ. 8})$$

όπου:

$d_k(t)$: οι απαιτήσεις κατανάλωσης ισχύος του k-πελάτη

$z_i(t)$: η ισχύς που ρέει στη γραμμή i κατά τη χρονική στιγμή t

$L(t)$: Συνολικές απώλειες ενέργειας κατά τη χρονική στιγμή t

Συνολικές Απώλειες και απώλειες κατά τη χρονική στιγμή t

$L(t)$: Συνολικές Απώλειες κατά την ώρα t (kWh)

$$= \sum_i L_i [z_i(t)]$$

$L_i [z_i(t)]$ = Απώλειες για τη ζεύξη i κατά την ώρα t

$$= R_i z_i^2(t)$$

(Εξ. 9)

και R_i , σταθερά η οποία εξαρτάται από την αντίσταση της γραμμής i .

Η επίδραση του $d_k(t)$ στις συνολικές και μεμονωμένες απώλειες γραμμής, εξαρτάται από τη φυσική θέση του k πελάτη στο δίκτυο.

Ο παράγοντας οριακής απώλειας δικτύου μπορεί να είναι αρκετά σημαντικός σε περιόδους υψηλού επιπέδου ζήτησης. Αυτό ισχύει ακόμη και αν οι ετήσιες ποσοστιαίες απώλειες είναι σχετικά μικρές.

Οι παράγοντες κόστους ποιότητας ισχύος του συστήματος, $\gamma_{QS}(t)$ και $\eta_{QS,k}(t)$, μπορούν να ποσοτικοποιηθούν με ποικίλους τρόπους. Τις περισσότερες φορές όλες οι προσεγγίσεις αποδίδουν συμπεριφορές που χαρακτηρίζονται από πολύ μικρά ή μηδενικά επίπεδα μεταβολής ισχύος με γρήγορη αύξηση της ζήτησης, όταν προσεγγίζεται το όριο χωρητικότητας παραγωγής του δικτύου. Κατά τη διάρκεια τέτοιων κρίσιμων φάσεων, αυτά τα στοιχεία κόστους κυριαρχούν στην τιμή άμεσης απόδοσης.

Κόστος Ποιότητας της Τροφοδοσίας (Generation Quality of Supply $\gamma_{QS}(t)$)

Συνολικές Απώλειες και Απαιτήσεις Ισχύος κατά τη χρονική στιγμή t

$$g(t) = \text{Συνολική Ζήτηση} + \text{Συνολικές Απώλειες} = d(t) + L(t) \quad (\text{Εξ. 10})$$

$g_{\text{crit}}(t)$: Κρίσιμο επίπεδο από πλευράς ζήτησης παραγωγής που βασίζεται στη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα του δικτύου (περιορισμοί θερμοκικού, βραχυκυκλωμάτων, κλπ.).

Ο παραπάνω παράγοντας θα πρέπει να τηρεί την ακόλουθη ανισότητα:

$$g(t) \leq g_{\text{crit},\gamma}(t) \quad (\text{Εξ. 11})$$

Τιμή Εκκαθάρισης Αγοράς (Market Clearing Price)

Ο παράγοντας $\gamma_{QS}(t)$ ορίζεται ως η τιμή που προκαλεί τους πελάτες να μειώσουν τη χρήση ενέργειας μέχρι να αποκατασταθεί $g(t) = g_{\text{crit},\gamma}(t)$. Αυτή η τιμή εξαρτάται από την απαιτούμενη μείωση της ποσότητας του φορτίου.

Κόστος μη Εξυπηρετούμενης Ενέργειας (Value of Unserved Energy)

Ο παράγοντας $\gamma_{QS}(t)$ ορίζεται έτσι ώστε οι προκύπτουσες τιμές απόδοσης να είναι ίσες με το κόστος του πελάτη για τη μη εξυπηρετούμενη ενέργεια, κατά μέσο όρο λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση των άλλων πελατών.

Διαχείριση του Μέγιστου Ύψους Κεφαλαίου της Μονάδας Παραγωγής (Allocation of Peaking Plant Capital)

Βασίζει τον παράγοντα $\gamma_{QS}(t)$ στο ετήσιο κόστος μιας νέας μονάδας σε αιχμή λειτουργίας: Για τη μέθοδο κατανομής κόστους εγκατάστασης αιχμής, μια προσέγγιση αποδίδει:

$$\gamma_{QS}(t) = A_{QS,\gamma} \frac{\alpha_\gamma(t)}{\bar{\alpha}_\gamma} \quad (\text{Εξ. 12})$$

όπου:

A_{QS} : Ετήσιο κόστος για την εγκατάσταση μονάδας σε λειτουργία αιχμής

$a_{\gamma}(t) = LOLP(t)$ Η πιθανότητα απώλειας του φορτίου δεδομένης της παραγωγής ισχύος στη χρονική στιγμή t

$\bar{a}_{\gamma} = LOLH$ Η Ετήσια απώλεια ωρών φορτίου

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι ο πολλαπλασιασμός της $a_{\gamma}(t)$ με οποιαδήποτε σταθερά δεν μεταβάλλει τον παράγοντα $\gamma_{QS}(t)$.

Η πιθανότητα απώλειας φορτίου $LOLP_{\gamma}(t)$ αξιολογείται για τη χρονική περίοδο t αρχίζοντας από μία χρονική στιγμή t . Αν υποθεθεί ότι όλα τα τυχαία γεγονότα μπορούν να προβλεφθούν τέλεια μία ώρα πριν, τότε:

$$LOLP_{\gamma}(t) = \begin{cases} 1 & g(t) > g_{crit,\gamma}(t) \\ 0 & \text{αλλιώς} \end{cases} \quad (\text{Εξ. 13})$$

Ωστόσο, ένα πιο λογικό μοντέλο έχει το $LOLP_{\gamma}(t)$ να κυμαίνεται ομαλά μεταξύ 0 και 1, καθώς ο παράγοντας $g(t)$ προσεγγίζει την τιμή του $g_{crit,\gamma}(t)$.

Η προσέγγιση της τιμής εκκαθάρισης της αγοράς συνίσταται για μία ιδεατή προσέγγιση. Όμως, οι άλλες δύο προσεγγίσεις μπορεί να είναι πιο εύκολο να εφαρμοστούν στο πραγματικό σύστημα. Η τιμή εκκαθάρισης της αγοράς σχετίζεται με την τιμή της μη εξυπηρετούμενης ενέργειας (χωρίς απαραίτητα να είναι ίσες).

Κόστος Διασφάλισης ποιότητας τροφοδοσίας εκ μέρους του Δικτύου Μεταφοράς (Network Quality of Supply: $\eta_{QS,k}(t)$)

Κατ' αναλογία με το $\gamma_{QS}(t)$, το $\eta_{QS,k}(t)$ γίνεται μεγάλο σε μέγεθος, όταν η χωρητικότητα του δικτύου μεταφοράς ισχύος έχει προσεγγιστεί. Για μία συγκεκριμένη γραμμή i , με ροή υπερφόρτωσης $Z_i(t)$ τότε μία μορφή του κόστους για την $\eta_{QS,k}(t)$ είναι:

$$\eta_{QS,k}(t) = \theta_{QS,\eta,i}(t) \frac{\partial Z_i(t)}{\partial d_k(t)} \quad (\text{Εξ. 14})$$

$\theta_{QS,\eta,i}(t)$: έχει μορφή οριακού κόστους

Δύο τρόποι για να μοντελοποιηθεί το παραπάνω οριακό κόστος είναι:

- Εκκαθάριση Αγοράς (Market clearing). Το $\theta_{QS,\eta,i}$ προσαρμόζεται μέχρι να ανταποκριθούν οι πελάτες και οι παραγωγοί αλλάζοντας τα μοτίβα χρήσης και παραγωγής, ώστε να εξαφανιστεί η υπερφόρτωση της γραμμής.
- Ως παράγωγος μιας συνάρτησης κόστους σε σχέση με το $Z_i(t)$. Η συνάρτηση κόστους είναι μηδέν έως ότου το $Z_i(t)$ να πλησιάσει το επίπεδο υπερφόρτωσης της γραμμής.

Οι τιμές απόδοσης επηρεάζονται χωρικά σε όλο το δίκτυο, ακόμη και αν μόνο μία γραμμή (η γραμμή i) έχει υπερφορτωθεί.

Άνω όριο στην ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης

Η παραγωγή και η ποιότητα του δικτύου μπορεί να οδηγήσουν σε πολύ υψηλές τιμές υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Ας θεωρηθεί ότι μία αγορά ενέργειας συνίσταται από ένα μείγμα πελατών που χρησιμοποιούν ωριαίες τιμές και άλλους που χρησιμοποιούν μακροπρόθεσμες (προκαθορισμένες τιμές). Τότε μετά το κόστος διακοπής της προκαθορισμένης τιμής, οι πελάτες είναι αυτοί που θέτουν ένα ανώτερο όριο στην ωριαία τιμή. Έτσι, όταν η ωριαία τιμή φτάσει στο κόστος διακοπής τους, η προκαθορισμένη ομάδα των πελατών θα έχει επιτύχει μειωμένη ωριαία τιμή.

2.1.3 Εποπτεία της Τιμολόγησης

Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας διευθύνονται συνήθως από μια κρατική υπηρεσία ή από μία ιδιωτική βιομηχανία, που ελέγχεται από μία κρατική υπηρεσία. Ως εκ τούτου υπάρχει συνήθως ανάγκη για συμφωνία εσόδων για να διασφαλιστεί ότι αυτές οι επιχειρήσεις δεν θα κερδίσουν ή θα χάσουν (πάρα πολλά) χρήματα [5]. Οι προσεγγίσεις για τη συμφωνία εσόδων περιλαμβάνουν όρους για:

- Χρήση πρόσθετης χρέωσης ή επιστροφή χρημάτων
- Χρήση ανακυκλούμενων κεφαλαίων
- Τροποποίηση της τιμής άμεσης απόδοσης

Στην ιδανική περίπτωση, η χρήση ανακυκλούμενων κεφαλαίων ή ορισμένων τύπων επιβάρυνσης συνιστά επιστροφή χρημάτων, καθώς δεν αλλάζουν την ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης και ως εκ τούτου έχουν στόχο να επιτύχουν τα μέγιστα δυνατά κοινωνικά οφέλη. Τέτοιες όμως προσεγγίσεις παρουσιάζουν πολλά πρακτικά προβλήματα εφαρμογής. Κατά συνέπεια στη συνέχεια θα μελετηθεί η προσέγγιση της τροποποίησης της τιμής άμεσης απόδοσης με χρήση της συμφωνίας εσόδων. Για το λόγο αυτό ορίζεται:

$p_k(t)$: Ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης χωρίς αποκατάσταση ωφέλειας

$p_k(t) = \gamma(t)$ Συνιστώσες Κόστους Παραγωγής + $\eta_k(t)$ Συνιστώσες Κόστους Δικτύου (Εξ. 15)

$$\begin{aligned} \gamma(t) &= \lambda(t) + \gamma_{QS}(t) \\ \eta_k(t) &= \eta_{L,k}(t) + \eta_{QS,k}(t) \end{aligned} \quad (\text{Εξ. 16})$$

Η βασική ιδέα είναι να τροποποιηθούν οι τιμές που πληρώνουν οι πελάτες, έτσι ώστε τα έσοδα της κοινής ωφέλειας σε κάποιο χρονικό διάστημα (π.χ. ένα έτος), να καλύπτουν τα έξοδα λειτουργίας της επιχείρησης και το ενσωματωμένο κόστος κεφαλαίου, συν ένα λογικό ποσοστό απόδοσης της επένδυσης. Αυτό καλύπτει τα κόστη ανάκτησης κεφαλαίου και του δικτύου για τον k_{th} πελάτη, $\gamma_R(t)$ και $\eta_{R,k}(t)$ αντίστοιχα.

Στην ειδική περίπτωση της τιμολόγησης Ramsey ή μία σταθμισμένης θεωρίας με κλιμακωτές συναρτήσεις, προκύπτει μια πολλαπλασιαστική τροποποίηση, δηλ.:

$$\begin{aligned} \gamma_R(t) &= m_{e\gamma} \gamma(t) \\ \eta_{R,k}(t) &= m_n \eta_k \end{aligned} \quad (\text{Εξ. 17})$$

όπου τα m_{ey} και m_{η} μπορούν να έχουν διαφορετικές τιμές. η οποία αποδίδει μια ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης με τη συμφωνία εσόδων που δίνεται από τη σχέση:

$$p_k(t) = (1 + m) \cdot \widetilde{p}_k(t) \quad (\text{Εξ. 18})$$

Ο πολλαπλασιαστής συμφωνίας εσόδων m , είναι μια σταθερά που προσαρμόζεται με τη συνθήκη τα αναμενόμενα ετήσια έσοδα να ισούνται με τα ετήσια έσοδα που έχουν τεθεί ως στόχος. Έτσι η τιμή του m καθορίζεται από τη συνθήκη:

$$(1 + m) \sum_{t=1}^{8760} \sum_k \widetilde{p}_k(t) d_k(t) = \text{Ετήσιος Στόχος Εσόδων} \quad (\text{Εξ. 19})$$

όπου ο αριστερός όρος θα πρέπει να υπολογισθεί με βάση την αναμενόμενη τιμή του $\widetilde{p}_k(t) dk(t)$. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ανταπόκριση της ζήτησης στην τιμή, τότε το $dk(t)$ είναι συνάρτηση του $P_k(t)$. Με τη σειρά του αυτό είναι συνάρτηση του m , άρα απαιτείται επαναληπτική λύση της παραπάνω σχέσης για τον προσδιορισμό του m .

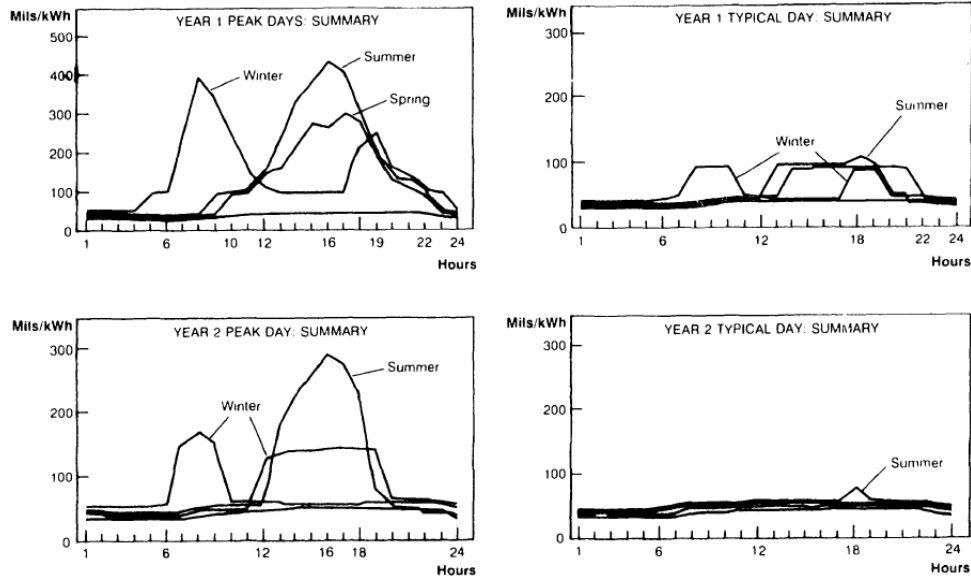
Η συμφωνία επιτυγχάνεται χωριστά για το κόστος παραγωγής και το απαιτούμενο κεφάλαιο ανάκτησης δικτύου για τον k_{th} πελάτη.

Μία άλλη προσέγγιση αποσυνθέτει τη συμφωνία εσόδων σε μεμονωμένες γραμμές ή ακόμη και κατηγορίες γραμμών τάσης. Μια άλλη προσέγγιση δημιουργεί πολλαπλασιαστές συμφωνίας εσόδων που μεταβάλλονται με βάση το k , π.χ. εξαρτάται από την ελαστικότητα ζήτησης του k πελάτη. Ορισμένες μορφές έχουν m που εξαρτώνται από το $d_k(t)$, δηλαδή αντιπροσωπεύουν μη γραμμική τροποποίηση της τιμολόγησης. Τονίζεται η χρήση των σταθερών πολλαπλασιαστών, γιατί απλοποιούν τις εναλλακτικές προσεγγίσεις. Στην πράξη, μπορεί να υπάρχει μια πιο περίπλοκη προσέγγιση για μία πραγματική εφαρμογή.

2.1.4 Οι καμπύλες φορτίου και οι καμπύλες παραγωγής – Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ)

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν τα επιμέρους στοιχεία της τιμής άμεσης απόδοσης σε ωριαία βάση. Στη συνέχεια οι προηγούμενες βασικές αρχές συνδυάζονται με στόχο τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων [5].

Η ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης αποτελεί μια τυχαία μεταβλητή, δεδομένου ότι η ζήτηση και οι διακοπές στα δίκτυα αποτελούν επίσης τυχαίες μεταβλητές. Το σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζει τις αναμενόμενες τροχιές τιμών άμεσης απόδοσης για 24 ώρες, υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει χωρική εξάρτηση από τη θέση των πελατών (k), και ότι η ζήτηση είναι ανεξάρτητη από την τιμή άμεσης απόδοσης. Αυτές οι τροχιές είναι, η υπό όρους προβλεπόμενη τιμή άμεσης απόδοσης που δίνεται σε ισοδύναμο επίπεδο ζήτησης, το οποίο λαμβάνει υπόψη του τις επιπτώσεις των διακοπών του δικτύου παραγωγής, οι οποίες έχουν υπολογιστεί κατά μέσο όρο.



Σχήμα 10: Διαγράμματα ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης [5]

Οι αναμενόμενες 24ωρες τροχιές τιμής άμεσης απόδοσης, όπως παρουσιάζονται στο προηγούμενο σχήμα, υπολογίζονται από μία διαδικασία δύο σταδίων:

- Αρχικά, υπολογίζεται μια καμπύλη $E\{p(t)|d(t)\}$ ως προς το $d(t)$ όπου $E\{p(t)|d(t)\}$ είναι η αναμενόμενη τιμή άμεσης απόδοσης δεδομένης της $d(t)$.
- Στη συνέχεια η καμπύλη «πολλαπλασιάζεται» με τις τιμές από 24ωρες τροχιές ζήτησης $d(t)$.

Ο υπολογισμός του μέσου όρου υπό συνθήκη $E\{p(t)|d(t)\}$ απαιτεί την εκτίμηση του $E\{\lambda(t)|d(t)\}$. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα προγράμματος για την εκτίμηση του κόστους παραγωγής με προσομοίωση σε υπολογιστικό περιβάλλον. Η πραγματική διαδικασία εξαρτάται από τη φύση του προγράμματος προσομοίωσης που χρησιμοποιείται.

Οι 24ωρες τροχιές τιμής άμεσης απόδοσης του προηγούμενου σχήματος, αντιστοιχούν στις προβλεπόμενες τυπικές ημέρες αιχμής (της ίδιας χρήσης), σε δύο συνεχόμενα έτη. Αυτές επιλέχθηκαν επειδή κατά τη διάρκεια του έτους 1, η εταιρεία κοινής ωφέλειας αναμενόταν να έχει έλλειψη χωρητικότητας δικτύου, ενώ κατά τη διάρκεια του έτους 2, στο δίκτυο εισήχθη ένα νέο βασικό φορτίο. Η αύξηση της ζήτησης αναμενόταν να επιτείνει την έλλειψη χωρητικότητας του δικτύου.

Από το σχήμα τιμής άμεσης απόδοσης, εξάχθηκαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Οι αναμενόμενες ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης παρουσιάζουν πολύ μεγάλες διακυμάνσεις με το χρόνο.
- Η συμπεριφορά της τιμής άμεσης απόδοσης μπορεί να αλλάξει σημαντικά με τις αλλαγές στην εγκατεστημένη χωρητικότητα του δικτύου.

Είναι αξιοπρόσεκτο παρατηρώντας το προηγούμενο σχήμα, να προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης, τείνουν να είναι μικρότερες την άνοιξη και το

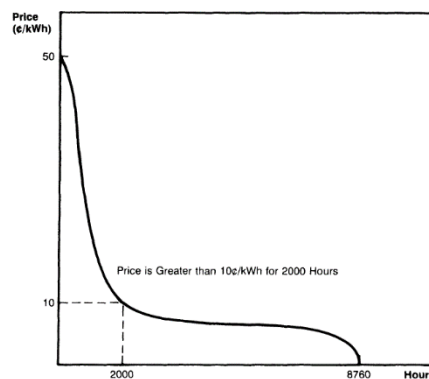
φθινόπωρο. Ένα τέτοιο συμπέρασμα όμως δεν είναι αναγκαστικά αληθές για τους παρακάτω λόγους:

- Ο προγραμματισμός της συντήρησης του δικτύου έχει αγνοηθεί: Οι περισσότερες εργασίες συντήρησης γίνονται την άνοιξη και το φθινόπωρο και επομένως, οι τιμές κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο είναι συνήθως υψηλότερες από αυτές που παρουσιάζονται.
- Χρησιμοποιήθηκαν μέσοι όροι διακοπής λειτουργίας του δικτύου κατά τη διάρκεια της παραγωγής ισχύος: Η πραγματική εκτίμηση μπορεί να γίνει αρκετά μεγάλη την άνοιξη ή το φθινόπωρο, εάν προκύψουν μεγάλες αναγκαστικές διακοπές.

Οι υψηλότερες τιμές συνήθως δεν εμφανίζονται την ώρα της υψηλότερης ζήτησης, εξαιτίας των διακοπών παραγωγής. Επιπλέον, οι πραγματικές τροχιές τιμών άμεσης απόδοσης δεν θα είναι πάντα τόσο ομαλές, όσο αυτές που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο σχήμα, λόγω μη προγραμματισμένης διακοπής των γεννητριών παραγωγής κατά τη διάρκεια της ώρας t , οπότε η διακοπή μπορεί να προκαλέσει "άλμα" της τιμής άμεσης απόδοσης για την επόμενη ώρα.

Οι 24ωρες τροχιές τιμής άμεσης απόδοσης δίνουν μια εικόνα της συμπεριφοράς της ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης. Μια διαφορετική εικόνα (προκύπτει από μία διαφορετική οπτική στο πρόβλημα), η οποία προκύπτει εστιάζοντας σε μια καμπύλη διάρκειας που ορίζει την κατανομή πιθανότητας της ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης.

Μια ετήσια καμπύλη διακύμανσης της τιμής, μπορεί να θεωρηθεί ότι συνοψίζει τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε 365 ημέρες αναμενόμενων τροχιών τιμών, όπως παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα. Το σχήμα της καμπύλης που προκύπτει είναι ανάλογο με την καμπύλη διάρκειας φορτίου. Οι καμπύλες διάρκειας μπορεί να ληφθούν είτε για ένα έτος είτε, για περιόδους μικρότερης διάρκειας.



Σχήμα 11: Ετήσια καμπύλη απόδοσης τιμών [5]

Μια καμπύλη διάρκειας τιμής μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τρεις διαφορετικές μεθοδολογίες:

- Άθροιση των αναμενόμενων τροχιών τιμής άμεσης απόδοσης
- Χρήση προσομοίωσης Monte Carlo
- Χρήση συνελίξεων πιθανοτήτων

Οι μέθοδοι δίνουν παρόμοια αλλά όχι ακριβώς ίδια αποτελέσματα.

Άθροιση Τροχιών Ωριαίας Σημειακής Τιμής

Ο απλούστερος τρόπος υπολογισμού μιας ετήσιας καμπύλης τιμής, μπορεί να γίνει υπολογίζοντας τις αναμενόμενες ωριαίες τροχιές τιμών για 365 ημέρες. Στη συνέχεια αθροίζονται ο αριθμός των ωρών του έτους που η αναμενόμενη τιμή υπερβαίνει κάποιο καθορισμένο επίπεδο.

Προσομοίωση Monte Carlo

Οι ωριαίες τροχιές της προηγούμενης μεθόδου, συνήθως υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την αναμενόμενη τιμή για το οριακό κόστος. Αυτό έχει ως συνέπεια ότι η καμπύλη διάρκειας τιμής που υπολογίζεται απευθείας από τέτοιες ωριαίες τροχιές, να μην συμπεριλαμβάνει τα πραγματικά χαρακτηριστικά των διακυμάνσεων της ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης.

Μια πιο ακριβής διαδικασία είναι ο υπολογισμός των ωριαίων τροχιών τιμών με χρήση προσομοίωσης Monte Carlo. Στη μέθοδο, οι τιμές για τις διακοπές παραγωγής για μια δεδομένη ημέρα, προσδιορίζονται πρώτα χρησιμοποιώντας τυχαίους αριθμούς και μετά την πληροφορία από τις καμπύλες του 24ωρου, και υπολογίζεται έτσι η τροχιά της τιμής για εκείνη την ημέρα. Σχεδιάζοντας τις προκύπτουσες 24ωρες τροχιές και κάνοντας αρκετή τυχαία δειγματοληψία, μπορούν να υπολογιστούν οι τυχαίες ωριαίες τροχιές τιμών κατά μέσο όρο από την πραγματική καμπύλη. Η καμπύλη τιμών τύπου Monte Carlo, αναμένεται να έχει υψηλότερη κορυφή από αυτή που απλώς συνοψίζει για 365 ημέρες τις αναμενόμενες 24ωρες τροχιές.

Η μέθοδος Monte Carlo είναι η πιο ευέλικτη και ισχυρή προσέγγιση, επειδή είναι λεπτομερής και δυναμική στο χρόνο (όπως η ανταπόκριση των πελατών σε τιμές άμεσης απόδοσης σε ένα δίκτυο). Δυστυχώς, η προσέγγιση Monte Carlo μπορεί να απαιτεί αρκετό υπολογιστικό χρόνο για την εκτίμηση της.

Χρήση συνελίξεων πιθανοτήτων

Η συνέλιξη πιθανοτήτων είναι λιγότερο απαιτητική σε σχέση με τη μέθοδο Monte Carlo. Αυτό αφορά κυρίως τους υπολογισμούς, αλλά και τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου. Το μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου, παραμένει το γεγονός ότι δεν είναι σε θέση να μοντελοποιήσει μία λεπτομερή και χρονικά δυναμική συμπεριφορά του φαινομένου.

Η μέθοδος της συνελίξης πιθανοτήτων χρησιμοποιεί την τεχνική των Ισοδύναμων Καμπύλων φορτίου, για την παραγωγή εκτιμήσεων στο χρόνο, όπου μια συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής βρίσκεται στο όριο. Αξιοποιεί δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που η παράμετρος Λ ισούται με το μεταβλητό ενεργειακό κόστος αυτής της μονάδας. Αφού η παράμετρος Λ είναι ένα σημαντικό στοιχείο της τιμής άμεσης απόδοσης, αυτό είναι ένα σημαντικό βήμα προς την απόκτηση της καμπύλης διάρκειας της τιμής. Τα υπόλοιπα στοιχεία της μεθόδου λαμβάνουν υπόψη, την υπό συνθήκη πρόβλεψη της ζήτησης φορτίου δεδομένου του επιπέδου της παραμέτρου Λ . Στις περισσότερες μεθόδους βέβαια συμβαίνει το ανάποδο. Η πρόβλεψη του φορτίου για να υπολογιστεί λαμβάνει υπόψη την παράμετρο Λ . Ο συσχετισμός με την παράμετρο Λ είναι γενικά υψηλός, αλλά το σφάλμα που εισάγεται στη μέθοδο είναι συνήθως μικρό.

Στις 24ωρες τροχιές τιμών, οι τιμές άμεσης απόδοσης βασίστηκαν στην αναμενόμενη τιμή της παραμέτρου Λ , σε εξάρτηση με το επίπεδο φορτίου. Οι τιμές άμεσης απόδοσης

βασίζονται στην αναμενόμενη τιμή του φορτίου σε συσχέτιση με την παράμετρο Lambda του συστήματος.

2.2 Αγοροπωλησίες στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας

Η ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης είναι η βάση της ενεργειακής αγοράς, δεδομένου ότι παρέχει τη βάση για όλες τις συναλλαγές. Η ενότητα εξετάζει τις συναλλαγές με περισσότερες λεπτομέρειες και τις συσχετίζει με τα σημερινά επίπεδα συναλλαγών. Θα πρέπει να διασαφηνισθεί ότι δεν υπάρχει ένας μοναδικός τύπος συναλλαγών που να δίνει το καλύτερο αποτέλεσμα για όλες τις καταστάσεις. Οι τρεις βασικοί τύποι συναλλαγής, που μελετώνται, είναι [5]:

- Τιμή Μόνο (Price-Only): Ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει όλη την ηλεκτρική ενέργεια που επιθυμεί σε μια προσφερόμενη τιμή (€/kWh).
- Τιμή Ποσότητας (Price-Quantity): Ο πελάτης συμμορφώνεται να προσαρμόσει τη χρήση για κάλυψη των αναγκών του, κάτω από προκαθορισμένες προϋποθέσεις. Στόχος είναι η διασφάλιση οικονομικής ανταμοιβής.
- Συμβόλαια Μακράς Διάρκειας (Long-Term Contracts): Οι πελάτες συμμετέχουν σε αυτά διασφαλίζοντας μακροπρόθεσμη σταθερή τιμή καθώς και σταθερές συμβάσεις ποσότητας με την εταιρεία κοινής ωφέλειας, ή άλλους πελάτες ή διαμεσολαβητές.

Το ιδανικό κριτήριο κατά την επιλογή ενός συνόλου συναλλαγών είναι:

Επιλέγονται οι τύποι συναλλαγών που αποφέρουν τις καλύτερες δυνατές αντισταθμίσεις κόστους-οφέλους. Αυτές αφορούν στη συγκεκριμένη υπηρεσία κοινής ωφέλειας και τους πελάτες της.

Ένα τέτοιο κριτήριο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εφόσον το κόστος των συναλλαγών καθώς και τα οφέλη, δεν έχουν γίνει κατανοητά ή όταν δε μπορούν να εκτιμηθούν. Το κόστος των πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας συμπεριλαμβάνει: (α) τα φυσικά κόστη και (β) το κόστος συναλλαγών. Το φυσικό κόστος εξετάστηκε στις προηγούμενες ενότητες και αφορά την ίδια την ενέργεια (ανά kWh). Το κόστος συναλλαγών είναι το κόστος υπολογισμού κοινοποίησης των πληροφοριών και των χρημάτων που συνοδεύουν τις συναλλαγές.

Κόστη Συναλλαγών (Transactions Costs)

Το κόστος συναλλαγών για μία εταιρεία κοινής ωφέλειας και τους πελάτες της προκύπτει από τις πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας σε μια ενεργειακή αγορά. Παραδείγματα κόστους κοινής ωφέλειας που περιλαμβάνουν:

- Κόστη Υπολογισμού (Costs of Computation)
- Κόστος Επικοινωνίας (Costs of Communication)
- Κόστος Μετρήσεων (Costs of Metering)

Οι πελάτες μπορούν να αντιμετωπίσουν το κόστος συναλλαγών που σχετίζεται με την εγκατάσταση και το υλικό επικοινωνίας για την εκμετάλλευση των μεταβαλλόμενων τιμών. Η μετάβαση από το παρόν σύστημα που ήδη χρησιμοποιείται σε μια ενεργειακή αγορά θα

προκαλέσει επίσης σχετικό κόστος. Αυτό αφορά στην εκπαίδευση του προσωπικού κοινής ωφελείας και στην εκπαίδευση των πελατών για την αντιμετώπιση των συναλλαγών νέου τύπου.

Οφέλη

Η ηλεκτρονική ανάλυση μπορεί να ποσοτικοποιήσει το κόστος των συναλλαγών με ακρίβεια. Τα οφέλη, ωστόσο, είναι πολύ πιο σύνθετα. Οι συναλλαγές στην αγορά θα πρέπει να πληρούν κριτήρια, όπως:

- Οικονομική Αποδοτικότητα (Economic Efficiency)
- Ισότητα (Equity)
- Ελευθερία Επιλογής (Freedom of Choice)
- Αποδοχή Πελάτη και Κατανόηση των όρων συνεργασίας (Customer Acceptance and Understanding)
- Έλεγχος, Λειτουργία και Σχεδιασμός Υπηρεσίας (Utility Control, Operation, and Planning)
- Έλεγχος του Πελάτη, Λειτουργία και Σχεδιασμός (Customer Control, Operation, and Planning)

Τα οφέλη των διαφορετικών τύπων συναλλαγών μετρούνται ως προς το πόσο καλά πληρούν τα παραπάνω κριτήρια. Δυστυχώς τα κριτήρια είναι συχνά αντικρουόμενα. Εξετάζοντας ένα από τα άνωθεν κριτήρια κατ' αποκοπή από τα υπόλοιπα και χωρίς διακύμανση στο χρόνο, παρατηρείται ότι, ενώ αυτό μπορεί να ικανοποιείται, δεν ικανοποιούνται όμως το κριτήριο της οικονομικής αποδοτικότητας, του ελέγχου και της λειτουργίας εκ μέρους της υπηρεσίας.

Ο ρόλος των Προβλέψεων (Role of Forecasts)

Τα δύο τελευταία κριτήρια αφορούν ζητήματα για τη λειτουργία και τον έλεγχο του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και των συσκευών ιδίας χρήσης του πελάτη. Και για τις δύο λειτουργίες η πρόβλεψη των αναγκών με κάποιο βαθμό ακρίβειας, είναι κρίσιμη. Συγκεκριμένα:

- Το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να μπορεί να προβλέψει, με κάποια προσέγγιση, πώς η συνολική ζήτηση των πελατών θα ανταποκριθεί στην τιμή.
- Ο πελάτης από την πλευρά του, πρέπει να έχει διαθέσιμη μια πρόβλεψη για τη μελλοντική διακύμανση των τιμών.

Η χρήση των διαθέσιμων προβλέψεων δεν σημαίνει ότι απαιτείται απόλυτη ακρίβεια στην πρόβλεψη. Η διαδικασία των προβλέψεων υπονοεί ότι οι πληροφορίες για την αναμενόμενη μελλοντική συμπεριφορά είναι απαραίτητες για τον έλεγχο, τη λειτουργία και τη λήψη αποφάσεων.

2.2.1 Κοστολόγηση και κατηγοριοποίηση των καταναλωτών

Θεωρητικά, κάθε πελάτης θα μπορούσε να έχει διαφορετική ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης. Στην πράξη, ορισμένοι μεγάλοι βιομηχανικοί πελάτες μπορεί να έχουν χρέωση με ειδικά διαμορφωμένες τιμές, αλλά οι περισσότεροι πελάτες χωρίζονται σε κατηγορίες.

Οι αναλύσεις συχνά αναφέρονται στην "τιμή που βλέπει ο k_{th} -πελάτης». Αυτή η τιμή θα είναι η ίδια για όλους τους πελάτες της ίδιας κατηγορίας [5].

Τρεις κατηγορίες πελατών ως προς τις τιμές που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι η οικιακή, η εμπορική, και η βιομηχανική. Σε μια αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, μια λογική βάση για τον καθορισμό των κλάσεων του πελάτη (classes), είναι το επίπεδο τάσης στο οποίο ο πελάτης λαμβάνει την παροχή. Οι πελάτες στους οποίους η παροχή ισχύος γίνεται στη μέση τάση επιβάλλει λιγότερο κόστος κεφαλαίου και προκαλεί λιγότερες απώλειες δικτύου, σε σχέση με τους πελάτες που τροφοδοτούνται σε επίπεδο χαμηλής τάσης. Έτσι οι πελάτες υψηλότερης τάσης θα πρέπει να δουν χαμηλότερες τιμές χρέωσης.

Μια σχετική βάση για τον καθορισμό κατηγοριών πελατών, θα μπορούσε να είναι η γεωγραφική τοποθεσία, καθώς το κόστος και οι απώλειες κεφαλαίου του δικτύου ποικίλλουν ευρέως σε όλες τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας ανά περιοχή εξυπηρέτησης. Τα χαρακτηριστικά ζήτησης ενός πελάτη μπορούν επίσης να αποτελέσουν τη βάση για τον ορισμό των κατηγοριών πελατών.

2.2.2 Συναλλαγές Σταθερής και Μεταβαλλόμενης Τιμής – Εξατομικευμένες Συναλλαγές

Για πώληση ηλεκτρικής ενέργειας βασισμένη σε μία τιμή, η εταιρεία κοινής ωφελείας προσφέρει, εκ των προτέρων, μία σταθερή τιμή ανά kWh ενέργειας (€/kWh). Η προσφορά που αφορά στη συναλλαγή ισχύει για κάποια καθορισμένη περίοδο του χρόνου. Ο πελάτης μπορεί να αγοράσει οποιαδήποτε ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας στην προσυμφωνημένη τιμή. Οι περισσότερες σημερινές συναλλαγές είναι αυτού του τύπου. Αυτό αναμένεται να συνεχιστεί για οποιαδήποτε εφαρμογή της άμεσης τιμολόγησης [5].

Χαρακτηριστικά μίας τιμής

Υπάρχουν πολλοί πιθανοί τύποι συναλλαγών, οι οποίοι βασίζονται μόνο σε μία τιμή. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά είναι:

- Τιμή με ενημέρωση ανά ώρα (One-Hour Update)
- Τιμή με ενημέρωση ανά 24ωρο (24-Hour Update)
- Σταθερή Τιμή με ενημέρωση ανά χρονική περίοδο (Billing Period Update Flat)
- Τιμή με Ενημέρωση ανά Περίοδο με βάση το χρόνο χρήσης (Billing Period Update TOU-Time of Use)

Οι σταθερές τιμές ετήσιας ενημέρωσης και/ή οι τιμές TOU (Χρόνου Χρήσης), θα μπορούσαν να οριστούν ανάλογα με τα παραπάνω.

Οι τέσσερις προηγούμενοι τύποι απεικονίζουν δύο βασικά χαρακτηριστικά για συναλλαγή μιας τιμής:

- Μήκος Κύκλου Ενημέρωσης (Update Cycle Length) – χρονική περίοδος ενημέρωσης του πελάτη.
- Καθορισμός Χρονικής Περιόδου (Period Definition) – η διάρκεια των συμβολαίων μέχρις ότου επέλθουν αλλαγές στις τιμές του τιμολογίου κάθε πελάτη.

Δύο άλλα γενικά χαρακτηριστικά των συναλλαγών μόνο με μία καθορισμένη τιμή είναι:

- Εκ των προτέρων ειδοποίηση (Advance Warning)
- Πλήθος των επιπέδων τιμολόγησης (Number of Price Levels)

Μια ενημέρωση για μία τιμή άμεσης απόδοσης διάρκειας μίας ώρας μπορεί να έχει προειδοποιητικό χρόνο 5 ή 10 λεπτών, ενώ μια 24ωρη ενημέρωση θα έχει ένα προειδοποιητικό χρόνο της τάξης της 1 ώρας. Οι συναλλαγές μόνο με τιμή μπορούν να έχουν οποιαδήποτε αριθμό επιπέδων καθορισμού των τιμών. Στην περίπτωση που δεν έχει προκαθοριστεί ένας πεπερασμένος αριθμός επιπέδων τιμών, τότε η συναλλαγή λέγεται ότι έχει συνεχές επίπεδο τιμών.

Καθορισμός Χρέωσης Μόνο με Τιμή – Η επίδραση του Μήκους Κύκλου Ενημέρωσης (Specification of Price-Only: Effect of Update Cycle Length)

Για την επίδραση της διάρκειας του κύκλου ενημέρωσης, θεωρείται μια ενημέρωση 24 ωρών. Οι τιμές στο δεδομένο κύκλο αλλάζουν κάθε ώρα, παρόλο που είναι προκαθορισμένες πολλές ώρες πριν.

$p_k(t|\tau)$: Τιμή για τον k πελάτη για την ώρα τ οριζόμενη ανά ώρα, (€/kWh).

Με χρήση λιγότερης μαθηματικής ορολογίας, το $E\{p_k(t)|\tau\}$ είναι η καλύτερη εικασία της τιμής ως ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης στο χρόνο t που μπορεί να προδεσμευτεί. Φυσικά με ενημέρωση μιας ώρας τότε $t = \tau$ και $p_k(t|\tau) = p_k(t)$.

Η εξίσωση είναι:

$$\text{Covariance Term} = \frac{Cov(t)}{E\{d'_k(t)|\tau\}} \quad (\text{Εξ. 20})$$

Ο όρος συνδιακύμανσης, $Cov(t)$, είναι ένα μέτρο της σχέσης μεταξύ της μεταβολής του $p_k(t)$ και της $d_k(t)$. Αυτός ο όρος είναι θετικός όταν το $p_k(t)$ είναι μεγαλύτερο από την αναμενόμενη τιμή του $E\{p_k(t)|\tau\}$ και εμφανίζεται όταν η μεταβολή του $d_k(t)$ είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη τιμή της $E\{d_k(t)|\tau\}$.

Ο όρος συνδιακύμανσης καθίσταται σημαντικός όταν χρησιμοποιείται ένας μακρύς κύκλος ενημέρωσης. Έχοντας επαρκείς πληροφορίες σχετικά με την απόκριση της ζήτησης πελατών, τότε η συνδιακύμανση παρέχει μια άλλη βάση για τον ορισμό των κατηγοριών των πελατών με διαφορετικές τιμές. Έτσι, οι πελάτες με κλιματισμό που βρίσκονται σε ενημέρωση της περιόδου χρέωσης, μπορεί να θεωρηθούν ως ξεχωριστή κατηγορία. Η κατηγορία αυτή πληρώνει υψηλότερες χρεώσεις εάν οι όροι συνδιακύμανσης τους προσδιορίζονταν ως θετικοί.

Καθορισμός Χρέωσης Μόνο με Τιμή – Επίδραση του ορισμού της Περιόδου (Specification of Price-Only: Effect of Period Definition)

Η εξίσωση:

$$p_k(t|\tau) = E\{d'_k(t)|\tau\} + \text{Όρος Συνδιακύμανσης} \quad (\text{Εξ. 21})$$

περιγράφει επαρκώς την τιμή $p_k(t)$ εφόσον η τιμή αλλάζει κάθε ώρα. Ωστόσο, οι τιμές περιόδου τιμολόγησης, σταθερές ή ΤΟΥ (με βάση το χρόνο χρήσης), δεν μεταβάλλονται κάθε ώρα. Έτσι η εξίσωση πρέπει να τροποποιηθεί για πολλούς τύπους περιόδου ορισμού. Οι επιδράσεις φαίνονται πιο εύκολα για μια ενημερωμένη περίοδο χρέωσης. Αυτό που παρουσιάζεται δεν είναι ένας προτεινόμενος τύπος συναλλαγής, καθώς χάνει το μεγαλύτερο μέρος της τιμής άμεσης απόδοσης, εξαιτίας του απαιτούμενου χρόνου μεταβολής. Ωστόσο, είναι πολύ διαδεδομένος σήμερα. Επομένως είναι ένα παράδειγμα του τρόπου χρήσης για τιμές άμεσης απόδοσης, για τον υπολογισμό των σημερινών τιμών. Γενικά, τόσο το κόστος των συναλλαγών όσο και τα οφέλη που συνδέονται με την εκπλήρωση άλλων κριτηρίων τείνουν να αυξάνονται, καθώς οι συναλλαγές πλησιάζουν στις συνεχείς ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης, δηλαδή:

- Το μήκος κύκλου ενημέρωσης (Update Cycle Length) μειώνεται
- Ο ορισμός του χρονικού διαστήματος μιας Περιόδου αυξάνεται
- Το πλήθος των επιπέδων τιμών αυξάνεται

Ένα σύστημα ισχύος μπορεί θεωρητικά να ελεγχθεί μέσω της χρήσης των τιμών καθώς και με τη χρήση ποσοτικού ελέγχου. Θεωρητικά, η επιθυμητή συμπεριφορά του πελάτη θα μπορούσε να προκύπτει με τη χρήση ελέγχου ποσότητας, όπου το πρόγραμμα παρακολούθησης της κατανάλωσης ελέγχει άμεσα τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας, με βάση την ωριαία τιμή άμεσης απόδοσης. Το πρόγραμμα παρακολούθησης δέχεται από τον πελάτη πληροφορίες σχετικά με την εκτίμηση των υπηρεσιών που παρέχονται από την εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, υπό τις συνθήκες της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπου υπάρχει τεράστιος αριθμός πελατών με διαφορετικά προφίλ κατανάλωσης και υπηρεσιών, η χρήση των τιμών άμεσης απόδοσης είναι πολύ πιο σημαντική από τον έλεγχο της ποσότητας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, όσον αφορά αμφότερες τις συναλλαγές, δηλ., το κόστος και τα οφέλη. Υπάρχει, όμως πάντα ένας πιθανός ρόλος για ορισμένες συναλλαγές τιμής-ποσότητας στην αγορά ενέργειας.

Οι συναλλαγές τιμής-ποσότητας μπορούν μερικές φορές να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν τον όγκο των συναλλαγών. Για παράδειγμα, μια συναλλαγή 24ωρης ενημέρωσης μόνο με βάση την τιμή, έχει χαμηλότερες συναλλαγές και κοστίζει περισσότερο από μια αντίστοιχη με ενημέρωση μιας ώρας, αλλά είναι ευάλωτη σε διακοπές λειτουργίας. Εάν οι πελάτες απαντήσουν σε λάθος τιμή, τότε σηματοδοτούν λάθος προς το δίκτυο εάν συμβεί διακοπή της εγκατάστασης ή γίνει ένα σημαντικό λάθος πρόβλεψης καιρού τη στιγμή που υπολογίστηκαν και αναφέρθηκαν οι τιμές 24ωρης ενημέρωσης. Η χρήση της 24ωρης ενημέρωσης τιμής άμεσης απόδοσης σε συνδυασμό με ένα διακοπτόμενο συμβόλαιο (έναν τύπος συναλλαγής) επιτρέπουν την πραγματοποίηση διορθώσεων για ιδιαίτερα κακές περιπτώσεις μετεωρολογικών προβλέψεων ή διακοπές λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Το κόστος συναλλαγών μπορεί να είναι χαμηλότερο από αυτά της τιμής άμεσης απόδοσης. Αν τελικά το κόστος των συναλλαγών είναι πραγματικά χαμηλότερο, είναι ένα ανοικτό ερώτημα.

Μια τιμή ενημέρωσης ανά ώρα μπορεί να συνδυαστεί με ένα διακοπτόμενο συμβόλαιο. Αυτό παρέχει στην εταιρεία έναν τρόπο τροποποίησης της ζήτησης σε χρονικά διαστήματα μικρότερα από μία ώρα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες, να φέρουν το απαραίτητο λειτουργικό απόθεμα ισχύος για τον έλεγχο ασφάλειας του συστήματος ισχύος, δηλαδή να επιτρέψουν στον πάροχο να ανταποκρίνεται ικανοποιητικά σε μία ξαφνική απώλεια μιας μεγάλης μονάδας παραγωγής ή μιας γραμμής μεταφοράς.

Χαρακτηριστικά της έννοιας Τιμής – ποσότητας

Η βασική ιδέα που διέπει πολλές συναλλαγές τιμής-ποσότητας γίνεται μέσω δέσμευσης των πελατών για ένα επίπεδο ζήτησης βάσει του οποίου, η εταιρεία μπορεί να ελέγξει ορισμένες συνθήκες. Σε αντάλλαγμα, ο πελάτης έχει ένα χρηματικό κίνητρο. Μερικές από τις πολλές δυνατότητες για τέτοιες συναλλαγές είναι οι εξής:

- Τύπος συμφωνίας
 - Σταθερή ποσότητα μείωσης ενέργειας σε κάποιο χρονικό διάστημα
 - Σταθερό ποσό μείωσης του επιπέδου ισχύος
 - Κατάργηση όλης της ενέργειας πάνω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο
 - Μείωση ισχύος σε προκαθορισμένο επίπεδο ή
 - Έλεγχος μιας συγκεκριμένης συσκευής ή διαδικασίας
- Δυνατότητα παράκαμψης
- Κίνητρα
 - A priori πληρωμή
 - A posteriori πληρωμή
 - Συνδυασμός a priori και a posteriori πληρωμών
- Έλεγχος με βάση καθορισμένη συμφωνία

Εκτός από τα παραπάνω, χαρακτηριστικά που είναι ανάλογα με την τιμή, συναλλαγές όπως η διάρκεια του κύκλου ενημέρωσης, ο αριθμός των επιπέδων, ο χρόνος προειδοποίησης κ.λπ., ισχύουν επίσης.

Συμβόλαια Μακράς Διάρκειας

Ένα από τα κριτήρια που αναφέρονται για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων της ενέργειας είναι ότι οι συναλλαγές στην αγορά είναι ο βαθμός στον οποίο διευκολύνουν τη λειτουργία των πελατών, καθώς και τις αποφάσεις σχεδιασμού. Για ορισμένους πελάτες μπορεί να είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουν το μελλοντικό ενεργειακό τους κόστος ανά ώρες/ημέρες/μήνες ή ακόμη και χρόνια εκ των προτέρων. Αυτή η επιθυμία θα μπορούσε να ικανοποιηθεί με την προσφορά συναλλαγών με χρόνους μακράς ενημέρωσης, αλλά αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης. Ευτυχώς όμως ένα είδος μακροπρόθεσμης σύμβασης επιτρέπει στους πελάτες να αγοράζουν δικαιώματα για τις μελλοντικές τους ανάγκες σε σταθερή τιμή, ενώ εξακολουθεί να διατηρείται η αποτελεσματικότητα των σύντομων μηκών κύκλου ενημέρωσης, που κυμαίνονται από ώρες έως ημέρες.

Ρύθμιση ανά πελάτη

Σε ορισμένα μέρη του κόσμου, οι ποσότητες ισχύος των βιομηχανικών πελατών, μπορούν μεμονωμένα να διαπραγματεύονται με την εταιρεία κοινής ωφέλειας. Έτσι κάθε πελάτης βλέπει τις τιμές που είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες του. Οι τιμές αυτές υπόκεινται φυσικά σε περιορισμούς κόστους. Αυτή η προσαρμογή δεν αποτελεί μέρος των περισσότερων πρακτικών που χρησιμοποιούνται στην Ε.Ε., όμως θεωρητικά η τιμή άμεσης απόδοσης, την καθιστά μια βιώσιμη εναλλακτική λύση με ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Οι χρεώσεις ζήτησης είναι μια σημαντική πηγή εσόδων για πολλές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας επί του παρόντος. Ωστόσο, οι χρεώσεις ζήτησης δεν έχουν ουσιαστικά κανένα ρόλο στην αγορά ενέργειας.

Εναλλακτικές τεχνικές συναλλαγών και τιμολόγησης με τιμή άμεσης απόδοσης:

- Χρήση Ενέργειας (Energy usage)
- Μέση Τιμή άμεσης απόδοσης vs Επίπεδης Τιμής (Average Spot Price vs Flat Rate)
- Κλιμακωτά Τιμολόγια (Block Rates)
- Διακοπτόμενα Συμβόλαια (Interruptible Contracts)
- Περιορισμός ζήτησης φορτίου (Demand Limiters)
- Απευθείας Έλεγχος Ηλεκτρικών Συσκευών (Direct Appliance Control)
- Τιμές ενέργειας κάλυψης βασικών αναγκών (Life-Line Rates)

2.2.3 Παραγωγή από τον Καταναλωτή – Εξατομικευμένες Συναλλαγές

Εάν η συμφωνία εσόδων αγνοηθεί, οι ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης για την εταιρεία κοινής ωφέλειας που ένας πελάτης της πωλεί και εγγείει την ηλεκτρική ενέργεια προς το δίκτυο, είναι η ίδια όπως όταν η επιχείρηση κοινής ωφέλειας αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια από οποιονδήποτε άλλο πάροχο. Η συμφωνία εσόδων μπορεί να καταστρέψει αυτήν τη συμμετρία αλλά δεν αλλάζει τη βασική συμπεριφορά των τιμών [5].

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η νομοθεσία PURPA όριζε ότι οι ποσότητες επαναγοράς (περίσσειας ισχύος η οποία πωλείται προς το δίκτυο), θα έπρεπε να βασίζονται στο κόστος που επιθυμείται να αποφευχθεί, χωρίς να προσδιορίζεται με σαφήνεια τι είναι αυτό. Οι ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης παρέχουν έναν τέτοιο ορισμό.

Στις σημερινές συναλλαγές, το κόστος που αποφεύγεται συχνά υποδιαιρείται σε ένα κόστος ενέργειας, και μια πίστωση χωρητικότητας, που χρησιμοποιείται για να αντικατοπτρίζει τις επιπτώσεις στο κεφαλαιουχικό κόστος της εταιρείας κοινής ωφέλειας. Οι πιστώσεις χωρητικότητας δεν χρησιμοποιούνται στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιστώσεις χωρητικότητας μπορούν να θεωρηθούν ότι έχουν ενσωματωθεί είτε στο ωριαίο επίπεδο τιμής σύμφωνα με την ποιότητα προσφοράς ή τη συμφωνία εσόδων.

Αυτές οι συζητήσεις για τις ποσότητες επαναγοράς έχουν υποθέσει σωπηρά, ότι κάθε μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που ανήκει σε έναν πελάτη είναι αρκετά μικρή σε σχέση με το σύνολο της παραγωγής της εταιρείας κοινής ωφέλειας. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αντιμετωπιστούν δίκαια τα μεμονωμένα φορτία πελατών. Για αυτούς τους πελάτες η ποικιλομορφία είναι κρίσιμη και έχει αξιοσημείωτη επίδραση στη συνολική τιμή άμεσης απόδοσης. Το συμπέρασμα αυτό δεν ισχύει όταν μια μεμονωμένη εταιρεία παραγωγής πελάτη είναι πολύ μεγάλη.

2.3 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο περιεγράφηκε ένας πολύ πλούσιος κατάλογος συναλλαγών που είναι δυνατές σε μια ωριαία αγορά ενέργειας με τιμή άμεσης απόδοσης. Διαφορετικές συναλλαγές μπορούν να συνυπάρχουν ταυτόχρονα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί διότι όλες οι μέθοδοι τιμολόγησης έχουν την ίδια κοινή βάση μέσω της ωριαίας τιμής άμεσης απόδοσης. Η επιλογή των συναλλαγών που θα προσφερθούν σε συγκεκριμένες κατηγορίες πελατών, βασίζεται σε συμβιβασμούς μεταξύ του κόστους των συναλλαγών και των

οφελών από την πραγματοποίηση συναλλαγών, που είναι κοντά στις ωριαίες άμεσες αποδόσεις τιμών [5].

Ένα βασικό συμπέρασμα είναι ότι υπάρχει συμμετρία μεταξύ των φορτίων που ανήκουν στον πελάτη και στην παραγωγή ισχύος από έναν πελάτη. Δεν υπάρχει λόγος να γίνονται διακρίσεις, χρεώνοντας ειδικές τιμές. Επίσης, υπάρχουν καλοί λόγοι για τους παραγωγούς ενέργειας βασιζόμενοι σε ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμόσουν την παραγωγή τους σε καμπύλες ζήτησης φορτίου που μεταβάλλονται δυναμικά για να βοηθήσουν καλύτερα το πρόγραμμα παραγωγής τους.

Ένα προφανές ερώτημα είναι ποιοι θα πρέπει να είναι οι σχετικοί ρόλοι συναλλαγών της τιμής μόνο, συμβολαίων μακροπρόθεσμων συναλλαγών με βάση την αρχή τιμής-ποσότητας και σταθερής τιμής-καθορισμένης ποσότητας. Προς το παρόν οι συναλλαγές συνίσταται να βασίζονται μόνο σε τιμή και ποσότητα τιμής για τις συναλλαγές που παίζουν μόνο υποστηρικτικό ρόλο για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων αναγκών, όπως τα λειτουργικά αποθεματικά ισχύος. Αυτή η σύσταση ισχύει σήμερα ιδιαίτερα για βιομηχανικούς και μεγάλους εμπορικούς πελάτες. Επίσης ένας λόγος είναι η πολυπλοκότητα που εισάγεται από τις συναλλαγές τιμής-ποσότητας στην καθημερινότητα των πελατών και των φορέων κοινής ωφέλειας.

Οι συμβάσεις σταθερής τιμής-καθορισμένης ποσότητας, διαδραματίζουν διαφορετικό ρόλο από ότι οι συμβάσεις με βάση μόνο την τιμή και την τιμή-ποσότητα. Αυτό ισχύει όταν εφαρμόζονται μακροπρόθεσμα, δηλ., για μήνες ή χρόνια. Παρέχουν έτσι στους πελάτες αντιστάθμιση κινδύνου. Οι περισσότερες συναλλαγές τιμής-ποσότητας θα πρέπει να μετατραπούν σε συναλλαγές μόνο με τιμή. Αυτές δίνουν στους πελάτες τη δυνατότητα να αλλάξουν γνώμη, εφόσον είναι πρόθυμοι να πληρώσουν υψηλότερη τιμή. Για να γίνουν οι τελικές συγκρίσεις, χρειάζεται μεγαλύτερη εμπειρία στην πράξη.

Σύγκριση των συναλλαγών στην αγορά ενέργειας με τις σημερινές συναλλαγές, δείχνει τόσο ομοιότητες, όσο και θεμελιώδεις διαφορές. Οι συναλλαγές μόνο με τιμή στην αγορά ενέργειας τιμής-ποσότητας, μπορούν να θεωρηθούν λογική εξέλιξη των σημερινών τιμών χρόνου χρήσης (TOU) και των διακοπτόμενων συμβολαίων. Η αγορά μακροπρόθεσμων συμβολαίων σταθερής τιμής-καθορισμένης ποσότητας, φαίνεται να μην έχει σημερινό αντίστοιχο. Χρεώσεις τρέχουσας ζήτησης, πιστώσεις χωρητικότητας, και πολλά συστήματα περιορισμού της ζήτησης, ουσιαστικά δεν έχουν κανένα ρόλο σε μια αγορά ενέργειας με βάση τις ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης ως υπηρεσία.

Ακόμα κι αν μόνο οι πολύ μεγαλύτεροι πελάτες πετυχαίνουν στην πραγματικότητα ωριαίες τιμές άμεσης απόδοσης, οι αρχές τιμολόγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό τιμών και για άλλους πελάτες.

3

Η λειτουργία της αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

3.1 Προγραμματισμός και Λειτουργία Αγοράς

Η λειτουργία μιας ενεργειακής αγοράς χαρακτηρίζεται από τα είδη των συναλλαγών που προσφέρονται. Επίσης χαρακτηρίζεται και από τα συστήματα επικοινωνίας και μέτρησης-τιμολόγησης [5].

Τύποι Συναλλαγών:

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν τρεις βασικοί τύποι συναλλαγών στην αγορά ενέργειας:

- Τιμή-Μόνο (Price-only): Μια καθορισμένη τιμή ανά μονάδα ενέργειας (kWh) που καθορίζεται εκ των προτέρων. Οι πελάτες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ότι επιθυμούν σε ποσότητα με αυτήν τη χρέωση.
- Τιμή-Ποσότητα (Price-Quantity): Οι πελάτες συμφωνούν να προσαρμόσουν τη χρήση τους καταναλώνοντας μέχρι μία δεδομένη ποσότητα ενέργειας.
- Μακροπρόθεσμα Συμβόλαια/Αγορά Μελλοντικής Εκπλήρωσης (Long Term Contracts): Μια σταθερή τιμή χρέωσης για μια καθορισμένη ποσότητα ενέργειας.

Τρεις από τους παράγοντες που χαρακτηρίζουν αυτές τις συναλλαγές είναι:

- Διάρκεια κύκλου: Διάρκεια χρόνου μεταξύ των επαναπροσδιορισμών των νέων τιμών ή αναθεώρηση των συμβάσεων.

- Ορισμός περιόδου: Αριθμός μεμονωμένων περιόδων εντός της διάρκειας του κύκλου.
- Αριθμός Επιπέδων: Αριθμός διαφορετικών επιπέδων τιμής χρέωσης ή ποσότητας.

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει μερικές από τις πολλές πιθανές συναλλαγές, με την προϋπόθεση ότι η περίοδος χρέωσης είναι ένας μήνας. Η τιμή μόνο και οι αντίστοιχες εγγραφές τιμής-ποσότητας στον πίνακα είναι διπλές. Καθεμία μπορεί να υλοποιηθεί με τον ίδιο τύπο υλικού για επικοινωνία, μέτρηση και τιμολόγηση. Τα υπάρχοντα συστήματα από τον πίνακα 1 απαιτούν έναν μετρητή καταχώρησης.

Πίνακας 1: Παραδείγματα πιθανών μοντέλων επικοινωνίας και τρόπων συναλλαγών

Υπάρχοντα Συστήματα	
1.	Ταχυδρομείο
2.	Τύπος (εφημερίδες)
3.	Εμπορικά προγράμματα Ραδιοφώνου/Τηλεόρασης
4.	Τηλεφωνικές Κλήσεις
4.1	Αιτούμενες από τον Πελάτη
4.2	Αιτούμενες από την Υπηρεσία προς τον Πελάτη
4.3	Ψηφιακά Δεδομένα – Αυτοματοποιημένες Φωνητικές Κλήσεις – Κλήσεις από άνθρωπο
Ειδικά Συστήματα	
5.	Ενημέρωση από εκπομπές Ραδιοφώνου
6.	Διαμόρφωση των Εμπορικών Υπηρεσιών από Σταθμούς
7.	Ιδιωτικοί Πομποί
8.	Δορυφόροι
9.	Τηλεφωνικά Κυκλώματα
9.1	- Μισθωμένες Τηλεφωνικές Γραμμές
9.2	- Πάροχος ο οποίος δεν παρεμβάλλεται στην κοινή τηλεφωνική χρήση
10.	Γραμμές Ισχύος
10.1	Έλεγχος Κυματώσεων
10.2	Φέρον Επικοινωνίας Χαμηλής Συχνότητας (μικρότερη από 6 kHz) για να διέρχεται από τους Μ/Σ
10.3	- Φέρον Υψηλής Συχνότητας
10.4	- Άλλες Τεχνικές Διαμόρφωσης
11.	Κυκλώματα Καλωδιακής Τηλεόρασης

Πρέπει να τονιστεί ότι η δυαδικότητα υλικού στον Πίνακα 1 δεν συνεπάγεται παρόμοια ανταπόκριση πελάτη, αποδοχή ή αξία χρέωσης.

Μια πτυχή των συναλλαγών τιμής-ποσότητας που δεν επικεντρώνεται μόνο στην τιμή χρέωσης, αποτελεί το θέμα του τι συμβαίνει εάν ο πελάτης δεν συμμορφώνεται με αλλαγή της συμβατικής ποσότητας κατανάλωσης του. Η μη συμμόρφωση λογίζεται όταν του το ζητήσει η εταιρεία κοινής ωφέλειας. Τρεις πιθανές προσεγγίσεις είναι:

- Η μη συμμόρφωση προκαλεί πρόστιμο σε οικονομικό επίπεδο για τον πελάτη.
- Η μη συμμόρφωση προκαλεί απώλεια του δικαιώματος συμμετοχής σε μελλοντική ποσότητα τιμής για τη συναλλαγή.
- Η μη συμμόρφωση προκαλεί διακοπή όλων των υπηρεσιών προς τον πελάτη.

Το πρόστιμο σε οικονομικό επίπεδο μετατρέπει στην πραγματικότητα τη σύμβαση τιμής-ποσότητας μόνο σε σύμβαση τιμής. Η απώλεια του δικαιώματος μελλοντικής συμμετοχής σε καθορισμένη ποσότητα με δεδομένη τιμή, με βάση τα συμβόλαια δεν απαιτεί επιπλέον εξοπλισμό μέτρησης ή χρέωσης. Εάν η συνέπεια της παράλειψης συμμόρφωσης είναι η απενεργοποίηση όλων των υπηρεσιών προς τον πελάτη, απαιτούνται επιπλέον διακόπτες ισχύος οπότε η δυαδικότητα του υλικού που χρησιμοποιείται πριν δεν υπάρχει πλέον με την αυστηρή έννοια.

Λόγω της δυαδικότητας υλικού στις συναλλαγές τιμής-ποσότητας και τιμής, οι συζητήσεις για την εφαρμογή επικεντρώνονται σε συναλλαγές μόνο με τιμή. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες συναλλαγές τιμής-ποσότητας που δεν έχουν αντίστοιχες σε συναλλαγές μόνο τιμής, όπως π.χ.

- Έλεγχος άμεσου φορτίου: Οι μεμονωμένες συσκευές ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται κάτω από τον έλεγχο χρησιμοποίησής τους.
- Συνδρομητική Υπηρεσία Ζήτησης: Επιβάλλεται χρονικά μεταβαλλόμενο όριο κάλυψης ισχύος για τις ανάγκες των καταναλώσεων του πελάτη.

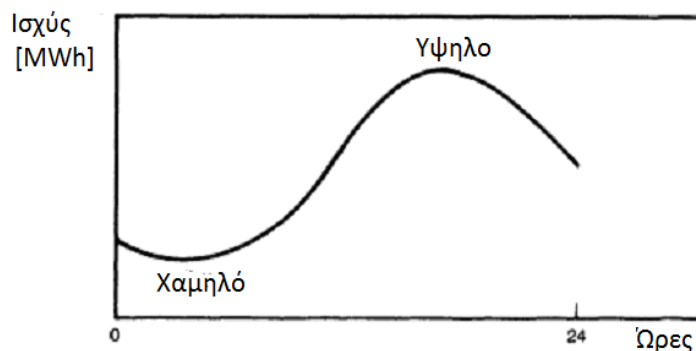
Τα θέματα εφαρμογής που σχετίζονται με τις συναλλαγές τιμής-ποσότητας έχουν συζητηθεί χωριστά. Οι συμβάσεις τιμής-ποσότητας εισάγουν επίσης τη δυνατότητα νέας προσφοράς μεταξύ των πελατών.

Ο πίνακας καλύπτει μόνο δύο επίπεδα ως προς την κλιμάκωση των τιμών. Στην πράξη η χρήση τριών έως πέντε επιπέδων χρέωσης μπορεί συχνά να είναι πιο επιθυμητή από τα δύο επίπεδα.

Δύο ανοικτά θέματα σχεδιασμού που σχετίζονται με την εφαρμογή της αγοράς ενέργειας πρέπει να καθοριστούν:

- Ποιοι θα είναι οι τύποι των προσφερόμενων συναλλαγών;
- Πώς αυτοί οι τύποι πρέπει να εφαρμοστούν;

Όταν επιλέγεται ένα σύνολο συναλλαγών που επιτυγχάνουν τους επιθυμητούς στόχους, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι ανάγκες μιας εταιρείας κοινής ωφέλειας αλλάζουν με την πάροδο των ετών. Η ιστορία στις Ηνωμένες Πολιτείες έχει αποδείξει ότι συχνά ακολουθούνται χρόνια ανεπαρκούς ικανότητας κάλυψης της ζήτησης και χρόνια πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας ενέργειας. Τέτοιες παραλλαγές πιθανότατα θα συνεχιστούν και στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν συναλλαγές μόνο με τιμή και ορισμένες από τις συναλλαγές τιμής-ποσότητας με στόχο την κάλυψη όλων των συνθηκών που συνοψίζονται στο ακόλουθο σχήμα. Συγκεκριμένοι τύποι συμβολαίων τιμής-ποσότητας όπως: ο άμεσος έλεγχος φορτίου του πελάτη, οι συσκευές και τα όρια ζήτησης τους, είναι πιο περιορισμένα ως προς τους τύπους συνθηκών που είναι αποτελεσματικοί για τις χρεώσεις.



Ανάλογα με την κατάσταση της μονάδας παραγωγής:

- A. Έλλειψη χωρητικότητας ισχύος
 - B. Έλλειψη Καυσίμου Παραγωγής
 - C. Εκτεταμένη Μεταβολή του κόστους καυσίμου εξαρτώμενη από το επίπεδο Απαίτησης Ισχύος
 - D. Επίπεδο Υπέρβασης της Χωρητικότητας φορτίου
 - E. Υπέρβαση για όλους τους τύπους Χωρητικότητας Παραγωγής
- Η βέλτιστη μεταβολή του φορτίου βασίζεται στις συνθήκες:

	Χαμηλό	Υψηλό
Μετακίνηση Υψηλού	A,B,C	E
Μετακίνηση Χαμηλού	B	C,D,E

Σχήμα 12: Εξάρτηση των αλλαγών φορτίου στην παραγωγική κατάσταση του παρόχου [5]

Από την πλευρά του παρόχου, η επιλογή των τύπων συναλλαγών που θα προσφερθούν είναι μια αντιστάθμιση μεταξύ του κόστους υλοποίησης και του ποσού τελικής χρέωσης του πελάτη. Η αντιστάθμιση κόστους-οφέλους μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τυπικές τεχνικές σχεδιασμού συστημάτων.

Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η επιλογή των συναλλαγών στην αγορά ενέργειας. Οι επιλογές αυτές θα προσφερθούν για να καλύψουν τις επιθυμίες και τις ανάγκες του πελάτη. Αυτές οι ανάγκες μπορούν να ενσωματωθούν μοντελοποιώντας την ανταπόκριση των πελατών. Στην πράξη είναι καλύτερο να ληφθεί υπόψη η άποψη του πελάτη με πιο σαφή τρόπο. Τα θέματα που απασχολούν τους πελάτες περιλαμβάνουν:

- Μεγιστοποίηση του αντιληπτού οφέλους που προκύπτει από τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας
- Μεγιστοποίηση της προστιθέμενης αξίας για την ηλεκτρική ενέργεια (για μια επιχείρηση)
- Ελαχιστοποίηση της πολυπλοκότητας των συναλλαγών
- Ελαχιστοποίηση του μηνιαίου λογαριασμού
- Ελαχιστοποίηση της αβεβαιότητας στους λογαριασμούς και τη διαθεσιμότητα ενέργειας
- Διατήρηση του μέγιστου ελέγχου των περιουσιακών στοιχείων (από πλευράς παρόχου και πελάτη)
- Η ανάπτυξη ενός αισθήματος συνεργασίας

Ορισμένα από αυτά τα ζητήματα είναι δύσκολο να συμπεριληφθούν στην επίσημη ανάλυση κόστους-οφέλους (όπως συνήθως ορίζεται), αλλά δεν μπορούν και να αγνοηθούν από ένα δίκαιο σύστημα συναλλαγών.

3.2 Υπολογισμός της Ωριαίας Τιμής Συστήματος

Η αξία της τιμής άμεσης απόδοσης τη στιγμή t , δεδομένων των διαθέσιμων πληροφοριών τη στιγμή τ , είναι [5]:

$$p_k(t|\tau) = E\{p'_k(t)|\tau\} + \text{Όρος Συνδιακύμανσης} \quad (\text{Εξ. 22})$$

$E\{p'_k(t)|\tau\}$ η καλύτερη δυνατή πρόβλεψη του $p_k(t)$ δεδομένης της πληροφορίας στη χρονική στιγμή τ .

$$p_k(t) = \lambda(t) + \gamma_{QS}(t) + \eta_{L,k}(t) + \eta_{QS,k}(t|\tau) + \gamma_R(t) + \eta_{R,k}(t) \quad (\text{Εξ. 23})$$

Ο υπολογισμός της πραγματικής τιμής του $p_k(t)$ την ώρα t δεν είναι εύκολη υπόθεση για πολλούς λόγους. Πιθανότατα θα υπάρξει διαφωνία για το πώς ορισμένα από τα στοιχεία, όπως το κόστος τροφοδοσίας εκ μέρους της παραγωγής (ή του δικτύου) και ο συνδυασμός εσόδων, όπως και η παράμετρος του συστήματος λ , τα οποία θα πρέπει να καθοριστούν. Για πολλές υλοποιήσεις, οι προσεγγίσεις για τις απώλειες και για τις επιπτώσεις τους στη χρονική σύζευξη πολλαπλών περιόδων $\lambda(t)$ εξαρτώνται από τις συνθήκες σε άλλες ώρες.

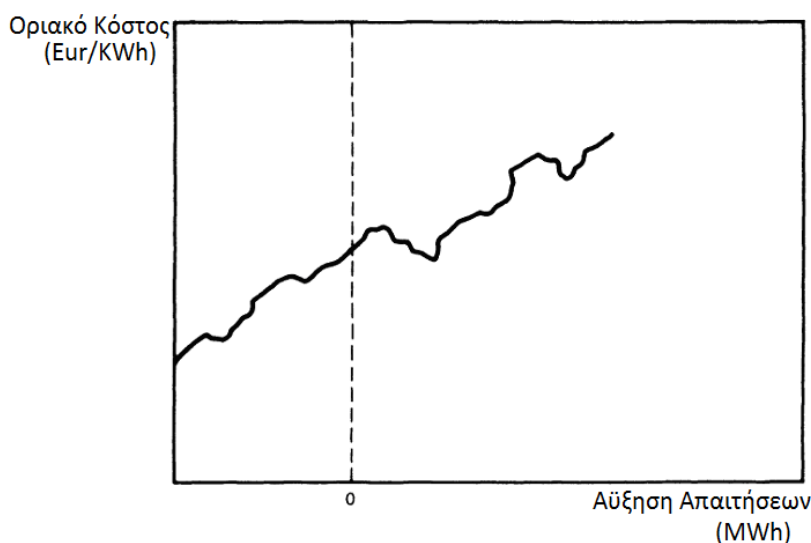
Το γεγονός ότι το αληθές $p_k(t)$ μπορεί να μην υπολογιστεί, δεν καταστρέφει την τιμή για την εφαρμογή μιας αγοράς ενέργειας εφόσον αυτή έχει ως βάση την τιμή άμεσης απόδοσης. Η πραγματική αξία που υπολογίζεται θα είναι πολύ πιο κοντά στις πραγματικές τιμές για το δεδομένο χρόνο χρήσης κ.λπ. Ο στόχος υπολογισμού ωριαίας τιμής συστήματος με βάση την τιμή άμεσης απόδοσης, είναι να βελτιώσει τη σύζευξη μεταξύ του παραγωγού ενέργειας και των πελατών του, όχι για την επίτευξη θεωρητικής βελτιστοποίησης.

Η παράμετρος συστήματος $\lambda(t)$:

Η παράμετρος του συστήματος λ έχει οριστεί ως η μερική παράγωγος καυσίμου παραγωγής και συντήρησης σε σχέση με τη ζήτηση την ώρα t . Υπάρχουν διάφοροι τρόποι που μπορεί να προσδιοριστεί.

Στην ιδεατή περίπτωση, η παράμετρος λ θα αποκτηθεί μέσω της δέσμησης μίας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, από το κέντρο ελέγχου ενέργειας, η οποία φροντίζει αυτόματα για όλη την εξάρτηση πολλαπλών χρονικών περιόδων που σχετίζονται με την εκκίνηση και τον τερματισμό λειτουργίας του δικτύου (κόστη). Επιπλέον η παράμετρος λ σχετίζεται με την αποθήκευση ενέργειας. Επίσης η παράμετρος μεταβάλλεται με τις αγορές και πωλήσεις ενέργειας με άλλες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας κ.λπ. Δυστυχώς, σε πολλές εφαρμογές του πραγματικού κόσμου, δεν θα είναι τόσο εύκολο να εκτιμηθεί, αφού οι υπάρχουσες λογικές της δέσμησης μονάδων ενδέχεται να μην είναι κατάλληλα καθορισμένες και μάλιστα μπορεί να μην είναι καν αυτοματοποιημένες (με χρήση υπολογιστικών συστημάτων). Επομένως άλλες προσεγγίσεις, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της.

Υπάρχει μια προσέγγιση, όπου η ζήτηση προς το σύστημα, ποικίλλει σε μια δεδομένη ώρα t για να εξεταστεί πώς το συνολικό κόστος ανά ώρα t , αλλάζει. Λόγω της φύσης και της κατάστασης των θερμικών μονάδων βάσης, τα κόστη εκκίνησης, σταματήματος και λειτουργίας των μονάδων αυτών, συχνά δεν θα είναι ομαλά ή ακόμη και μονότονα όπως φαίνεται στο σχήμα της καμπύλης που ακολουθεί. Μια λογική προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθεί μια ακολουθία του μεταβαλλόμενου κόστους εφαρμόζοντας τεχνικές μέσου όρου για να εκτιμηθεί το $\lambda(t)$.



Σχήμα 13: Αλλαγή στα οριακά κόστη για αντίστοιχη μεταβολή αύξησης των απαιτήσεων ενέργειας [5]

Δημιουργία του συντελεστή ποιότητας παροχής ισχύος εκ μέρους της παραγωγής: $\gamma_{qs}(t)$

Σε έναν ιδανικό κόσμο, η ποιότητα παροχής ισχύος εκ μέρους του συστήματος παραγωγής καθορίζεται από τις τάσεις εκκαθάρισης της αγοράς, δηλαδή απλώς αυξάνεται κατά τη διάρκεια της παραγωγής με ελλείψεις χωρητικότητας έως ότου η ζήτηση μειωθεί αρκετά για να διατηρήσει το επιθυμητό περιθώριο λειτουργικού αποθεματικού μεταξύ παραγωγής και ζήτησης (ή φτάνει στο επίπεδο όπου οι πελάτες που δεν είναι σε τιμή άμεσης απόδοσης αντιμετωπίζουν εναλλασσόμενες διακοπές ρεύματος). Στην αγορά η εκκαθάριση μπορεί να γίνει με λειτουργία πρόβλεψης. Για παράδειγμα, εάν προβλέπεται ζήτηση που είναι πολύ υψηλή στις 4 μ.μ., μπορεί να ξεκινήσει μια μονάδα παραγωγής ενέργειας το μεσημέρι για να δοθεί χρόνος στους πελάτες να ανταποκριθούν και να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο με ικανοποιητικό τρόπο. Όπως αναλύθηκε όμως, αυτή η ιδανική προσέγγιση έχει κάποιες αρνητικές πολιτικές και κοινωνικές επιδράσεις. Στην πράξη, άλλες μέθοδοι προσδιορισμού της ποιότητας παροχής ισχύος εκ μέρους της παραγωγής μπορούν να επιλεγούν με βάση τις μονάδες παραγωγής και προμήθειας, ειδικά κατά την αρχική φάση υλοποίησης και σχεδιασμού ενός συστήματος ενέργειας.

Απώλειες δικτύου $\eta_{L,k}(t)$:

Μία διαθέσιμη on-line εκτίμηση της ροής φορτίου εφόσον καλύπτει όλους τους ζυγούς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα. Επομένως αυτό επιτρέπει την ποσοτικοποίηση των απωλειών του δικτύου $\eta_{L,k}(t)$. Όμως, μία on-line εκτίμηση της ροής φορτίου για τα επίπεδα μεταφοράς ισχύος δεν είναι πάντα διαθέσιμη σε επίπεδο δικτύου διανομής. Κατά συνέπεια απαιτούνται συγκεντρωτικά μοντέλα για τη συνολική λειτουργία του δικτύου. Το επίπεδο λεπτομέρειας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πώς έχουν καθορισθεί οι κατηγορίες των πελατών (δηλαδή οι κλάσεις k).

Πρόβλεψη των μελλοντικών ζητήσεων ενέργειας:

Ο υπολογισμός των στοιχείων που καθορίζουν το $\rho_k(t)$, έχει εκτιμηθεί υποθέτοντας ότι οι πληροφορίες στην ώρα t είναι διαθέσιμες. Για την πραγματική εφαρμογή, είναι επίσης

απαραίτητο για τον υπολογισμό των καλύτερων προβλέψεων της τιμής σε ώρα t να θεωρηθεί δεδομένη η πληροφορία που είναι διαθέσιμη τη χρονική περίοδο τ , $t > \tau$. Επομένως είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το $\lambda(t|\tau) = E\{\lambda(t)|\tau\}$,

Μια μελέτη δέσμευσης των μονάδων παραγωγής που γίνεται τη χρονική στιγμή τ θα αποφέρει άμεσα το $\lambda(t|\tau)$. Αν χρησιμοποιηθούν άλλες διαδικασίες, βέλτιστες προβλέψεις διαθεσιμότητας παραγωγής ισχύος μπορούν επίσης να προκύψουν. Τέτοιες προβλέψεις μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να εντοπίσουν την απώλεια πληροφορίας για τη ζήτηση ενέργειας ως προς το σύστημα.

Ο όρος συνδιακύμανσης:

Ο όρος συνδιακύμανσης της εξίσωσης καθορίζεται από τη συσχέτιση μεταξύ των ωριαίων διακυμάνσεων των τιμών χρέωσης και εκείνων της παραγωγού της ζήτησης σε σχέση με την τιμή. Τα προβλήματα δεδομένων που σχετίζονται με την πραγματική τιμή του όρου και ο υπολογισμός του μπορεί να είναι ένα δύσκολο πρόβλημα προς υπολογισμό. Μία προσέγγιση στο πρόβλημα, είναι οι όροι συνδιακύμανσης να αγνοηθούν εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου υπάρχει ισχυρός *a priori* λόγος για το αντίθετο.

3.3 Συμμετοχή στις αγορές ενέργειας

3.3.1 Η συμμετοχή του καταναλωτή

Η μικροοικονομική θεωρία προτείνει ότι οι καταναλωτές ηλεκτρικής ενέργειας, όπως και οι καταναλωτές όλων των άλλων εμπορευμάτων, αυξάνουν τη ζήτησή τους μέχρι το σημείο όπου το οριακό όφελος που αποκομίζουν από την ηλεκτρική ενέργεια που αγοράζουν είναι ίσο με την τιμή που πρέπει να πληρώσουν. Για παράδειγμα, ένας κατασκευαστής δεν θα παράγει προϊόντα εάν το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για την κατασκευή τους καθιστά την πώλησή τους ασύμφορη [4]. Βάσει της ίδιας λογικής ο ιδιοκτήτης μιας βιοτεχνίας ρούχων θα αυξήσει το επίπεδο φωτισμού μόνο εφόσον βλέπει ότι προσελκύει περισσότερους πελάτες. Τέλος, στο σπίτι κατά τη διάρκεια ενός κρύου χειμωνιάτικου βραδιού, έρχεται ένα σημείο που οι περισσότεροι ένοικοι θα προτιμήσουν να φορέσουν κάποια επιπλέον ρούχα, αντί να ανεβάσουν τον θερμοστάτη και να αντιμετωπίσουν έναν πολύ μεγάλο λογαριασμό ρεύματος. Δεδομένου ότι αυτό το κεφάλαιο ασχολείται μόνο με τη βραχυπρόθεσμη συμπεριφορά των καταναλωτών, δεν εξετάζεται η επιλογή αγοράς νέων συσκευών, μηχανημάτων ή άλλων εγκαταστάσεων που θα άλλαζαν την πηγή ενέργειας ή τον τρόπο κατανάλωσης.

Εάν οι βιομηχανικοί, εμπορικοί και οικιακοί πελάτες κληθούν να τιμολογηθούν με έναν προκαθορισμένη τιμή για κάθε kWh που καταναλώνουν, με τον τρόπο αυτό απομονώνονται από την τιμή άμεσης απόδοσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ζήτηση τους επηρεάζεται μόνο από τις δραστηριότητές τους. Η ζήτησή τους κατά μέσο όρο για λίγες εβδομάδες ή μήνες, απεικονίζει την προθυμία τους να πληρώσουν τη δεδομένη τιμή χρέωσης. Η γρήγορη διακύμανση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας εισάγει ένα σημαντικό θέμα. Εμπειρικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι η ζήτηση μειώνεται ως απόκριση σε μια βραχυπρόθεσμη αύξηση της τιμής. Αυτή η επίδραση όμως είναι σχετικά μικρή. Η ελαστικότητα τιμής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι μικρή. Σε ένα διάγραμμα τιμής έναντι ποσότητας, η κλίση της καμπύλης ζήτησης είναι κατά συνέπεια μεγάλη. Ο προσδιορισμός του σχήματος της καμπύλης ζήτησης με ακρίβεια είναι πρακτικά αδύνατος για ένα εμπόρευμα όπως η ηλεκτρική ενέργεια. Είναι ενδιαφέρον, ωστόσο, να συγκριθεί η

μέση τιμή χονδρικής για την ηλεκτρική ενέργεια που πωλείται σε μια ανταγωνιστική αγορά με ένα μέτρο της τιμής που δίνουν οι καταναλωτές στη διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο μέτρο είναι η τιμή του χαμένου φορτίου (Value of Lost Load - VoLL). Η τιμή αυτή μπορεί να προκύψει μέσω ερευνών καταναλωτών και αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή ανά MWh που θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν οι καταναλωτές για να αποφύγουν την αποσύνδεση τους από το σύστημα ισχύος χωρίς προειδοποίηση. Για παράδειγμα, από το 2007 έως το 2013, η μέση τιμή ενέργειας για την επόμενη μέρα στους κόμβους διαπραγμάτευσης MISO (Midcontinent Independent System Operator) ήταν 35,85 €/MWh, ενώ η MISO εκτιμά ότι το VoLL είναι 3500 €/MWh.

Δύο οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες μπορούν να εξηγήσουν αυτήν την ασθενή ελαστικότητα. Πρώτον, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί μόνο ένα μικρό μέρος του συνολικού κόστους παραγωγής των περισσότερων βιομηχανικών αγαθών. Αυτό αντιπροσωπεύει μόνο ένα μικρό κλάσμα του κόστους ζωής για τα περισσότερα νοικοκυριά. Ταυτόχρονα, η ηλεκτρική ενέργεια είναι απαραίτητη στη μεταποίηση. Τα περισσότερα άτομα στον βιομηχανοποιημένο κόσμο τη θεωρούν απαραίτητη για την ποιότητα ζωής. Κατά συνέπεια, οι βιομηχανικοί καταναλωτές είναι απίθανο να μειώσουν την παραγωγή τους δραστικά για να αποφύγουν μια βραχυπρόθεσμη αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο λόγος είναι ότι αυτή η εξοικονόμηση μπορεί να αντισταθμιστεί θετικά από την απώλεια κέρδους. Ομοίως, οι περισσότεροι οικιακοί καταναλωτές δε λαμβάνουν ως κίνητρο τη μείωση του λογαριασμού τους και πιθανότατα δεν θα μειώσουν την άνεση και την ευκολία τους. Ο δεύτερος παράγοντας που εξηγεί αυτήν την ασθενή ελαστικότητα είναι κυρίως ιστορικός. Από τις απαρχές της εμπορικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πριν από έναν αιώνα, η ηλεκτρική ενέργεια διατίθεται στο εμπόριο ως ένα εμπόρευμα που είναι πάντα διαθέσιμο. Αντί απλώς οι καταναλωτές να μειώσουν τη ζήτησή τους ως απάντηση σε μια ξαφνική αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας, οι καταναλωτές μπορεί να αποφασίσουν να καθυστερήσουν αυτή τη ζήτηση μέχρι τη στιγμή που οι τιμές είναι χαμηλότερες. Για παράδειγμα, ένας κατασκευαστής μπορεί να μεταφέρει χρονικά την ολοκλήρωση ενός ιδιαίτερα ενεργοβόρου σταδίου μιας παραγωγικής διαδικασίας μέχρι τη νυχτερινή βάρδια. Τότε η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να είναι χαμηλότερη. Ομοίως, οι οικιακοί καταναλωτές σε ορισμένες χώρες επωφελούνται από τα χαμηλότερα νυχτερινά τιμολόγια, περιμένοντας μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες για να πλύνουν και να στεγνώσουν τα ρούχα ή να ζεστάνουν νερό. Η μετατόπιση της ζήτησης είναι δυνατή μόνο εφόσον ο καταναλωτής μπορεί να αποθηκεύσει ενδιάμεσα προϊόντα (θερμότητα, ηλεκτρική ενέργεια). Εκτός εάν η διαφορά μεταξύ της περιόδου χαμηλών και υψηλών τιμών γίνει πολύ μεγάλη, η πραγματική εξοικονόμηση πόρων για τους καταναλωτές μπορεί να μην είναι πολύ σημαντική, επειδή μόνο ένα κλάσμα των οικιακών και μικρών εμπορικών φορτίων μπορεί να μετατοπιστεί έγκαιρα χωρίς να προκληθεί σημαντική απώλεια άνεσης ή εσόδων. Ως εκ τούτου, οι περισσότεροι μικροί οικιακοί και εμπορικοί καταναλωτές είναι απίθανο να ενδιαφέρονται πολύ να χρεώνονται με βάση τις τιμές που αλλάζουν κάθε ώρα ή πιο γρήγορα. Εάν ναι, τα ηλεκτρικά τους φορτία θα πρέπει να ελέγχονται αυτόματα από ένα «Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας Καταναλωτή», που θα λαμβάνει πληροφορίες για τις τιμές και θα προγραμματίζεται, ώστε να αντικατοπτρίζει τις προτιμήσεις κάθε καταναλωτή. Στο άμεσο μέλλον, η μεγάλη πλειονότητα αυτών των καταναλωτών πιθανότατα θα συνεχίσει να αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια με βάση ένα τιμολόγιο, δηλ. σε σταθερή τιμή ανά kWh που προσαρμόζεται το πολύ, λίγες φορές το χρόνο. Ένα τέτοιο τιμολόγιο τους απομονώνει από τις διακυμάνσεις των τιμών χονδρικής και επομένως μειώνει στο μηδέν τη συμβολή τους στη βραχυπρόθεσμη ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή. Μια

πολύ χαμηλή ελαστικότητα έχει ανεπιθύμητες επιπτώσεις στη λειτουργία των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας.

3.3.2 Η συμμετοχή του πωλητή

Οι καταναλωτές των οποίων η μέγιστη ζήτηση είναι τουλάχιστον μερικές εκατοντάδες kW μπορεί να είναι σε θέση να εξοικονομήσουν σημαντικά χρηματικά ποσά, χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο προσωπικό για την πρόβλεψη της ζήτησης παρακολουθώντας το εμπόριο στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας για να επιτύχουν χαμηλότερες τιμές αγοράς. Οι καταναλωτές αυτοί είναι αναμενόμενο να συμμετέχουν άμεσα και ενεργά στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, μια τέτοια ενεργή συμμετοχή μπορεί να μην αξίζει τον κόπο για τους μικρότερους καταναλωτές. Αυτοί συνήθως προτιμούν να αγοράζουν με τιμολόγια καθορισμένης χρέωσης. Οι λιανοπωλητές ηλεκτρικής ενέργειας επιχειρούν να γεφυρώσουν το χάσμα μεταξύ της αγοράς χονδρικής και των μικρότερων καταναλωτών [4].

Η πρόκληση για αυτούς τους μεσάζοντες είναι: να αγοράζουν ενέργεια σε μεταβλητή τιμή στη χονδρική αγορά, και να την πουλήσουν σε σταθερή τιμή σε επίπεδο λιανικής. Ένας έμπορος λιανικής μπορεί να χάσει χρήματα σε περιόδους υψηλών τιμών, επειδή η τιμή που πρέπει να πληρώσει για την ενέργεια είναι υψηλότερη από την τιμή της μεταπώλησης της στους μικρούς καταναλωτές. Από την άλλη πλευρά, πετυχαίνει σημαντικά κέρδη σε περιόδους χαμηλών τιμών, επειδή η τιμή λιανικής πώλησης είναι υψηλότερη από την τιμή αγοράς της για αυτόν. Για να υπάρχει κέρδος για την επιχείρηση του μεταπωλητή, θα πρέπει η ποσοτικά σταθμισμένη μέση τιμή στην οποία ένας έμπορος λιανικής αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια, να είναι χαμηλότερη από την τιμή που χρεώνει στους πελάτες του. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο να επιτευχθεί. Ο λόγος είναι ότι ο έμπορος λιανικής δεν έχει άμεσο έλεγχο της ποσότητας ενέργειας που καταναλώνουν οι πελάτες του. Κάθε έμπορος λιανικής πωλεί στους πελάτες του την ποσότητα ενέργειας που καταμετρήθηκε από τους μετρητές τους. Εάν για οποιαδήποτε περίοδο, το συνολικό ποσό ενέργειας για όλους τους πελάτες του υπερβαίνει το σύνολο ενέργειας που έχει συνάψει συμβόλαια για αγορά, ο έμπορος λιανικής πρέπει να αγοράσει τη διαφορά ενέργειας στην αγορά άμεσης παράδοσης σε όποια τιμή προσφέρεται για αυτήν την περίοδο. Ο έμπορος λιανικής θεωρείται ότι πώλησε πίσω τη διαφορά στην αγορά άμεσης παράδοσης, εάν το ποσό ενέργειας που έχει προβλέψει να αγοράσει υπερβαίνει το ποσό ενέργειας που καταναλώνουν οι πελάτες του,.

Ένας έμπορος λιανικής, για να μειώσει την έκθεσή του στον κίνδυνο που σχετίζεται με το απρόβλεπτο των τιμών της αγοράς τιμής άμεσης απόδοσης, προσπαθεί να προβλέψει όσο το δυνατόν ακριβέστερα τη ζήτηση των πελατών του. Στη συνέχεια, αγοράζει ενέργεια στις προθεσμιακές αγορές για να ανταποκρίνεται σε αυτήν την πρόβλεψη. Για έναν έμπορο λιανικής υπάρχει έτσι ένα ισχυρό κίνητρο να κατανοήσει τα καταναλωτικά πρότυπα (προφίλ) των πελατών του. Συχνά ενθαρρύνει τους πελάτες του να εγκαθιστούν μετρητές που καταγράφουν την ενέργεια που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια κάθε περιόδου. Αυτό έχει ως συνέπεια να μπορεί να τους προσφέρει πιο ελκυστικά τιμολόγια εάν μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας σε ώρες αιχμής. Είναι δυνατό να προβλεφθεί η αξία της ζήτησης ενέργειας ανά ώρα με μέση ακρίβεια περίπου 1,5-2%, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους μετεωρολογικούς, κλιματολογικούς, οικονομικούς, πολιτιστικούς και ειδικούς παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι πιο εξελιγμένες διαθέσιμες τεχνικές πρόβλεψης. Η επίτευξη αυτής της ακρίβειας είναι

δυνατή μόνο με μεγάλες ομάδες καταναλωτών. Σε αυτήν την περίπτωση τα αποτελέσματα της συγκέντρωσης μειώνουν τη σχετική σημασία των τυχαίων διακυμάνσεων. Ένας λιανοπωλητής που δεν έχει το μονοπώλιο στην προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας σε μια δεδομένη περιοχή, δεν είναι σε θέση να προβλέψει τη ζήτηση των πελατών του με την ίδια ακρίβεια που θα μπορούσε να επιτύχει μια μονοπωλιακή εταιρεία κοινής ωφέλειας. Το πρόβλημα αυτό επιδεινώνεται εάν οι πελάτες έχουν την ευκαιρία να αλλάξουν πωλητές λιανικής για να λάβουν καλύτερο τιμολόγιο. Για τον έμπορο λιανικής μια ασταθής πελατειακή βάση καθιστά πολύ πιο δύσκολο να συγκεντρώσει τα αξιόπιστα στατιστικά δεδομένα που χρειάζεται για να βελτιώσει την πρόβλεψή του για τη ζήτηση.

3.3.3 Η συμμετοχή του παραγωγού

Σε αυτήν την παράγραφο εξετάζεται η προοπτική μιας εταιρείας παραγωγής που προσπαθεί να μεγιστοποιήσει τα κέρδη που αποκομίζει από την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας, που παράγεται από μία μόνο μονάδα παραγωγής. Αρχικά εξετάζεται αυτή η απόφαση στο πλαίσιο μιας αγοράς με τέλει ανταγωνισμό. Στη συνέχεια, γίνεται η συζήτηση πώς μπορεί να μοντελοποιηθεί η συμπεριφορά προσφοράς των παραγωγών όταν είναι σε θέση να ασκήσουν ισχύ στην αγορά [4].

Περιβάλλον Τέλειου Ανταγωνισμού Βασική Αποστολή

Ας εξεταστεί πρώτα πώς μεγιστοποιείται το κέρδος της μονάδας παραγωγής σε μια περίοδο 1 ώρας, υποθέτοντας ότι όλες οι ποσότητες παραμένουν σταθερές κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Το κέρδος ορίζεται ως «η διαφορά μεταξύ των εσόδων που προκύπτουν από την πώληση της ενέργειας και του κόστους παραγωγής αυτής της ενέργειας»:

$$\max \Omega_i = \max[\pi P_i - C_i(P_i)] \quad (\text{Εξ. 24})$$

όπου:

P_i είναι η ισχύς που παράγεται από τη μονάδα κατά τη διάρκεια αυτής της ώρας,
 π είναι η τιμή στην οποία πωλείται αυτή η ενέργεια και
 $C_i(P_i)$ είναι το κόστος παραγωγής ενέργειας.

Εάν υποθεθεί ότι η μόνη μεταβλητή στην οποία η εταιρεία έχει άμεσο έλεγχο είναι η παραγόμενη ισχύς, η απαραίτητη προϋπόθεση για τη βέλτιστη παραγωγή δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{d\Omega_i}{dP_i} = \frac{d(\pi P_i)}{dP_i} - \frac{dC_i(P_i)}{dP_i} = 0 \quad (\text{Εξ. 25})$$

Ο πρώτος όρος σε αυτήν τη σχέση αντιπροσωπεύει τα οριακά έσοδα της μονάδας i . Αυτά είναι τα έσοδα που θα αποκόμιζε η εταιρεία για την παραγωγή ενός επιπλέον MW κατά τη διάρκεια αυτής της ώρας. Ο δεύτερος όρος αντιπροσωπεύει το κόστος παραγωγής αυτού του επιπλέον MW, δηλ. το οριακό κόστος του. Επομένως, για να μεγιστοποιηθούν τα κέρδη, θα πρέπει η παραγωγή της μονάδας να προσαρμοστεί μέχρι το επίπεδο όπου τα οριακά της έσοδα είναι ίσα με το οριακό κόστος:

$$MR_i = MC_i \quad (\text{Εξ. 26})$$

Εάν ο ανταγωνισμός θεωρηθεί τέλειος (ή εάν η δυνητική παραγωγή της μονάδας είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με το μέγεθος της αγοράς), τότε η αγοραία τιμή π δεν θα επηρεάζεται από τις αλλαγές στο P_i . Τα οριακά έσοδα της μονάδας θα προκύπτουν επομένως από τη σχέση:

$$MR_i = \frac{d(\pi P_i)}{dP_i} = \pi \quad (\text{Εξ. 27})$$

το οποίο απλώς εκφράζει το γεγονός ότι μια εταιρεία παραγωγής ενέργειας εισπράττει την αγοραία τιμή για κάθε MWh που πωλεί. Υπό αυτές τις συνθήκες, εάν το οριακό κόστος είναι μια μονότονα αυξανόμενη συνάρτηση της παραγόμενης ενέργειας, η μονάδα παραγωγής θα πρέπει να αυξήσει την παραγωγή της μέχρι το σημείο όπου το οριακό κόστος παραγωγής είναι ίσο με την τιμή της αγοράς:

$$\frac{dC_i(P_i)}{dP_i} = \pi \quad (\text{Εξ. 28})$$

Στο οριακό κόστος συμπεριλαμβάνεται το κόστος καυσίμου, συντήρησης και όλων των άλλων στοιχείων που μεταβάλλονται ανάλογα με την ισχύ που παράγεται από τη μονάδα. Κόστος που δεν είναι συνάρτηση της ποσότητας της παραγόμενης ενέργειας (για παράδειγμα, το αποσβενόμενο κόστος κατασκευής της μονάδας ή το πάγιο λειτουργικό κόστος), δεν συνυπολογίζονται στο οριακό κόστος και επομένως είναι άσχετα κατά τη λήψη αποφάσεων αποστολής ποσών ενέργειας βραχυπρόθεσμης παραγωγής.

Εάν ο ανταγωνισμός υποτεθεί ως τέλειος, η παραγωγή κάθε μονάδας θα πρέπει να προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας την τελευταία εξίσωση. Εφόσον είναι δεδομένη η τιμή αγοράς, όλες οι μονάδες παραγωγής μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους, στην περίπτωση όπου μια εταιρεία παραγωγής έχει στην ιδιοκτησία της περισσότερες από μία μονάδες.

Τα όρια των μονάδων παραγωγής

Αν υποτεθεί ότι η μέγιστη ισχύς P_i^{\max} που μπορεί να παραχθεί από την i -οστή μονάδα παραγωγής είναι τέτοια, ώστε:

$$\left. \frac{dC_i(P_i)}{dP_i} \right|_{P_i^{\max}} \leq \pi \quad (\text{Εξ. 29})$$

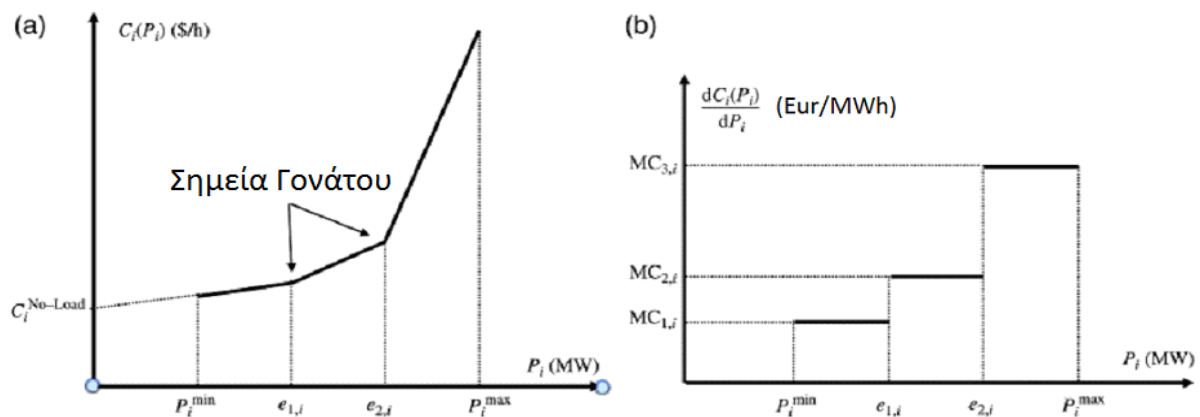
Αυτή η μονάδα παραγωγής θα πρέπει επομένως να παράγει P_i^{\max} . Από την άλλη πλευρά, εάν υποτεθεί ότι η ελάχιστη σταθερή παραγωγή της μονάδας P_i^{\min} είναι τέτοια, ώστε:

$$\left. \frac{dC_i(P_i)}{dP_i} \right|_{P_i^{\min}} > \pi \quad (\text{Εξ. 30})$$

Αυτή η μονάδα δεν μπορεί να παράγει κερδοφόρα σε αυτήν την τιμή. Ο μόνος τρόπος για να αποφευχθεί η απώλεια χρημάτων για την εταιρεία παραγωγής από τη λειτουργία της, είναι να κλείσει.

Τμηματικά γραμμικές καμπύλες κόστους

Οι καμπύλες παραγωγής-κατανάλωσης (εισόδου-εξόδου) μιας εταιρείας παραγωγής σχεδιάζονται με βάση τις μετρήσεις που λαμβάνονται, ενώ η μονάδα παραγωγής λειτουργεί σε διάφορα επίπεδα παραγωγής. Τα σημεία δεδομένων συνήθως δεν ευθυγραμμίζονται κατά μήκος μιας ομαλής καμπύλης, ασχέτως της προσπάθειας να γίνουν αυτές οι μετρήσεις όσο το δυνατόν ακριβέστερες. Μια γραμμική παρεμβολή αυτών των δεδομένων είναι εξίσου αποδεκτή με μια τμηματικά ευθύγραμμη συνάρτηση. Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει μια τμηματική γραμμική καμπύλη κόστους καθώς και τη σχετική καμπύλη οριακού κόστους.



Σχήμα 14: Τμηματικά Γραμμική Καμπύλη Κόστους και ο συσχετισμός της με μία τμηματικά σταθερή και αυξανόμενη καμπύλη κόστους [4]

Δεδομένου ότι κάθε τμήμα της καμπύλης κόστους είναι γραμμικό, κάθε τμήμα της καμπύλης οριακού κόστους είναι σταθερό. Αυτό απλοποιεί τη διαδικασία λειτουργίας της μονάδας ως απόκριση στις τιμές ηλεκτρικής ενέργειας που επικρατούν στην αγορά:

$$\begin{array}{ll}
 \pi < MC_{1,i} \Rightarrow P_i = P_i^{min} & \text{εφόσον πρέπει να λειτουργεί} \\
 MC_{1,i} < \pi < MC_{2,i} \Rightarrow P_i = e_{1,i} & \pi = MC_{1,i} \rightarrow P_i^{min} < P_i < e_{1,i} \\
 MC_{2,i} < \pi < MC_{3,i} \Rightarrow P_i = e_{2,i} & \pi = MC_{2,i} \rightarrow e_{1,i} < P_i < e_{2,i} \\
 MC_{3,i} < \pi \Rightarrow P_i = P_i^{max} & \pi = MC_{3,i} \rightarrow e_{2,i} < P_i < P_i^{max} \\
 & \text{(Εξ. 31)}
 \end{array}$$

Όπου

$$MC_{1,i} = \frac{C_{1-i} - C_i}{e_{1-i} - P_i^{min}}$$

$$MC_{2,i} = \frac{C_{2-i} - C_{1-i}}{e_{2-i} - e_{1-i}}$$

$$MC_{3,i} = \frac{C_{imax} - C_{2i}}{P_i^{max} - e_{2-i}} \quad (\text{Εξ. 32})$$

Εάν η τιμή που μπορεί να επιτευχθεί είναι ακριβώς ίση με το οριακό κόστος ενός από τα τμήματα της καμπύλης, τότε η παραγωγή μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή εντός αυτού του τμήματος. Το οριακό κόστος σε ένα σημείο “γονάτου” είναι ίσο με την κλίση του επόμενου τμήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το οριακό κόστος ορίζεται παραδοσιακά ως το κόστος του επόμενου MW και όχι ως το κόστος του προηγούμενου MW της παραγωγής.

Το κόστος έλλειψης φορτίου

Ενώ η συνθήκη βελτιστοποίησης που προκύπτει παραπάνω εγγυάται ότι το κέρδος θα είναι μέγιστο, δεν διασφαλίζει ότι η μονάδα παραγωγής δεν θα λειτουργεί με ζημία. Οι παραγωγοί πρέπει επίσης να λαμβάνουν υπόψη το ψευδο-σταθερό κόστος που σχετίζεται με τη λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής, αλλά είναι ανεξάρτητο από την ποσότητα της παραγόμενης ισχύος. Ο πρώτος τύπος ψευδο-σταθερού κόστους είναι το κόστος χωρίς φορτίο. Εάν είναι δυνατό η μονάδα να παραμείνει συνδεδεμένη στο σύστημα μεταφοράς ισχύος χωρίς να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια, το κόστος χωρίς φορτίο αντιπροσωπεύει το κόστος του καυσίμου που απαιτείται για τη διατήρηση της λειτουργίας της μονάδας. Ένας τέτοιος τρόπος λειτουργίας δεν είναι δυνατός για τις περισσότερες θερμικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος χωρίς φορτίο αποτελεί το σταθερό όρο στη συνάρτηση κόστους και δεν έχει φυσική σημασία.

Η πώληση στο οριακό κόστος είναι επικερδής υπό την προϋπόθεση ότι αυτό το οριακό κόστος είναι μεγαλύτερο από το μέσο κόστος παραγωγής.

Προγραμματισμός

Δεδομένου ότι η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια αλλάζει ως συνάρτηση του χρόνου, η τιμή που επιτυγχάνει μια μονάδα για την παραγωγή της ποικίλλει. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι συνήθως σταθερή για μια χρονική περίοδο. Η χρονική περίοδος αυτή μπορεί να κυμαίνεται από λίγα λεπτά έως μία ώρα, ανάλογα με την αγορά. Δεδομένου ενός προφίλ τιμών που εκτείνεται σε μία ημέρα ή περισσότερο, η βέλτιστη παραγωγή ισχύος θα μπορούσε να υπολογιστεί όπως περιγράφεται παραπάνω για κάθε περίοδο αγοράς ξεχωριστά. Ωστόσο, το προκύπτουν χρονοδιάγραμμα παραγωγής δεν θα ήταν το βέλτιστο. Αυτό οφείλεται στο ότι αμελείται το κόστος εκκίνησης μονάδων παραγωγής. Επίσης αυτό θα ήταν τεχνικά ανέφικτο, επειδή η προσέγγιση αγνοεί τους περιορισμούς στις μεταβάσεις που μπορούν να κάνουν οι μονάδες παραγωγής μεταξύ των καταστάσεων λειτουργίας. Επιπλέον, άλλου τύπου περιβαλλοντικοί περιορισμοί και οικονομικές ευκαιρίες μπορεί επίσης να επηρεάσουν τη βελτιστοποίηση της πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί οι διαφορετικοί τύποι περιορισμών αναλύονται στη συνέχεια.

Κατά συνέπεια, οι μονάδες παραγωγής που έχουν μεγάλο κόστος εκκίνησης ή υπόκεινται σε περιοριστικούς λειτουργικούς περιορισμούς δεν μεγιστοποιούν τα κέρδη τους. Ειδικότερα αυτό ισχύει εάν η παραγωγή τους βελτιστοποιείται για κάθε περίοδο ξεχωριστά. Αντίθετα, η λειτουργία τους πρέπει να προγραμματιστεί σε έναν ορίζοντα που κυμαίνεται

από μία ημέρα έως μία εβδομάδα ή περισσότερο. Αυτό το πρόβλημα έχει κάποιες ομοιότητες με το πρόβλημα δέσμευσης μονάδων που επιλύουν οι μονοπωλιακές επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Στο πρόβλημα αυτό θέλουν να προσδιορίσουν πώς να ανταποκριθούν σε ένα δεδομένο χρονοδιάγραμμα φορτίου με ελάχιστο κόστος έχοντας στη διάθεση τους ένα δεδομένο σύνολο μονάδων παραγωγής. Στην ουσία, και τα δύο προβλήματα εξισορροπούν τα ψευδο-σταθερά και μεταβλητά στοιχεία του κόστους, ενώ ικανοποιούν τους περιορισμούς. Στο πρόβλημα δέσμευσης λειτουργίας μονάδας, η παραγωγή όλων των μονάδων βελτιστοποιείται μαζί. Η συνολική τους παραγωγή πρέπει να είναι ίση με το συνολικό φορτίο. Από την άλλη πλευρά, εάν υποθεθεί ότι μια μονάδα παράγει ενέργεια βάσει τιμών, η παραγωγή της μπορεί να βελτιστοποιηθεί ανεξάρτητα από την παραγωγή άλλων παραγωγών. Ακόμη και όταν ισχύει αυτή η προσέγγιση παραγωγής με καθορισμένες τιμές, ο προγραμματισμός παραγωγής για τη μεγιστοποίηση των κερδών είναι υπολογιστικά περίπλοκος. Η φύση ενεργοποίησης και απενεργοποίησης ορισμένων από τις μονάδες καθιστά το πρόβλημα μη κυρτό. Μια αυστηρή μαθηματική αντιμετώπιση των περιορισμών του αυξάνει σημαντικά τη διάσταση του προβλήματος. Τεχνικές όπως ο δυναμικός προγραμματισμός ή ο προγραμματισμός μικτών ακεραίων έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επίλυση τέτοιων προβλημάτων.

Κόστη εκκίνησης μονάδων

Το κόστος εκκίνησης μιας μονάδας παραγωγής αντιπροσωπεύει το κόστος λειτουργίας αυτής της μονάδας έτσι, ώστε να είναι έτοιμη για παραγωγή ενέργειας μετά από κατάσταση διακοπής λειτουργίας. Αυτό εισάγει επομένως ένα άλλο τύπο ψευδο-σταθερού κόστους. Οι γεννήτριες diesel και οι αεριοστρόβιλοι ανοιχτού κύκλου έχουν χαμηλό κόστος εκκίνησης. Αυτό οφείλεται στο ότι αυτοί οι τύποι μονάδων ξεκινούν γρήγορα. Από την άλλη πλευρά, οι μεγάλες θερμικές μονάδες πρέπει να καίνε μια σημαντική ποσότητα καυσίμου, προτού ο ατμός βρεθεί σε επαρκή θερμοκρασία και πίεση για να διατηρήσει την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Επομένως, αυτές οι μονάδες έχουν μεγάλο κόστος εκκίνησης. Για να μεγιστοποιηθεί η κερδοφορία μιας θερμικής μονάδας, το κόστος εκκίνησης πρέπει να αποσβεστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό μπορεί ακόμη και να περιλαμβάνει τη λειτουργία της μονάδας με απώλεια για λίγες ώρες, αντί να απενεργοποιηθεί, οπότε θα χρειαζόταν να επιβαρυνθεί εκ νέου με το κόστος εκκίνησης, όταν οι τιμές αυξηθούν ξανά.

Λειτουργικοί Περιορισμοί

Η εκκίνηση ή η απενεργοποίηση μιας μονάδας παραγωγής θερμότητας ή ακόμα και η αύξηση ή η μείωση της απόδοσης της κατά περισσότερο από ένα μικρό ποσό ισχύος, προκαλεί σημαντική μηχανική καταπόνηση στον κύριο κινητήρα. Ως εκ τούτου, συχνά τίθενται όρια σε τέτοιες αλλαγές λειτουργίας για να αποφευχθεί η καταστροφή αυτών των ακριβών εξαρτημάτων της μονάδας. Αυτές οι διασφαλίσεις έχουν μακροπρόθεσμα οφέλη, αλλά εισάγουν βραχυπρόθεσμο κόστος. Ειδικότερα, η τοποθέτηση ορίου στον ρυθμό με τον οποίο μια μονάδα μπορεί να αυξήσει ή να μειώσει την παραγωγή της μπορεί να την εμποδίσει να επιτύχει τη βέλτιστη οικονομικά απόδοση της. Ειδικότερα όταν αυτό συμβαίνει σε διαδοχικές περιόδους. Η ελαχιστοποίηση του κόστους αυτών των ορίων (ρυθμού ράμπας) απαιτεί τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας της μονάδας για ένα χρονικό διάστημα αρκετών ωρών.

Για τον περιορισμό της ζημιάς που προκαλείται από συχνές εκκινήσεις και διακοπές λειτουργίας, τίθεται ένα ελάχιστο στον αριθμό των ωρών που πρέπει να παραμείνει

συνδεδεμένη μια θερμική μονάδα στο σύστημα ισχύος μετά την εκκίνηση. Ένα παρόμοιο όριο συνήθως τίθεται στον αριθμό των ωρών που μια μονάδα πρέπει να παραμείνει σε αδράνεια μετά τον τερματισμό της λειτουργίας της. Αυτά τα όρια διασφαλίζουν ότι υπάρχει αρκετός χρόνος για να υποχωρήσουν οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες στον στρόβιλο. Οι περιορισμοί ελάχιστου χρόνου λειτουργίας και ελάχιστου χρόνου διακοπής λειτουργίας μειώνουν τις δυνατότητες αλλαγής της κατάστασης της μονάδας. Επιπλέον μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο βέλτιστο χρονοδιάγραμμα. Έτσι ο ελάχιστος περιορισμός χρόνου διακοπής λειτουργίας θα μπορούσε να αναγκάσει μια μονάδα να συνεχίσει να παράγει με ζημία κατά τη διάρκεια μιας περιόδου χαμηλών τιμών. Από την άλλη πλευρά το κλείσιμο της θα την εμπόδιζε να αποκομίσει μεγαλύτερα κέρδη αργότερα.

Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί

Οι μονάδες παραγωγής πρέπει να συμμορφώνονται με τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Οι κανονισμοί αυτοί ενδέχεται να επηρεάσουν την ικανότητά τους να λειτουργούν στο βέλτιστο (οικονομικό επίπεδο), διότι εισάγουν περιορισμούς στις συνθήκες λειτουργίας. Οι εκπομπές ρύπων από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής οφείλονται στην καύση ορυκτών καυσίμων, η οποία με τους νέους κανονισμούς ρυθμίζεται όλο και περισσότερο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο ρυθμός με τον οποίο ένας συγκεκριμένος ρύπος απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα λόγω του περιορισμού του μειώνει τη μέγιστη ισχύ εξόδου της μονάδας. Σε άλλες περιπτώσεις, είναι η συνολική ποσότητα ενός ρύπου που εκλύεται κατά τη διάρκεια ενός έτους που διαμορφώνει το ανώτατο όριο, θέτοντας έναν περίπλοκο αναπόσπαστο περιορισμό στη λειτουργία της μονάδας.

Άλλες Οικονομικές ευκαιρίες

Οι ανάγκες της σχετικής βιομηχανικής διαδικασίας συχνά καθορίζουν την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τη συμπαραγωγή ή τις μονάδες συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Ως εκ τούτου, η ικανότητα τέτοιων μονάδων να επωφελούνται από ευκαιρίες για πώληση ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να είναι περιορισμένη.

Σφάλματα Πρόβλεψης

Ο βέλτιστος προγραμματισμός της παραγωγής μιας μονάδας σε ένα χρονικό ορίζοντα, απαιτεί μια πρόβλεψη της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε περίοδο. Τέτοιες προβλέψεις δεν είναι ποτέ απόλυτα ακριβείς και τα σφάλματα πρόβλεψης οδηγούν σε αποφάσεις προγραμματισμού και αποστολής ισχύος, που αποδεικνύονται λιγότερες από τις βέλτιστες. Η ακριβής πρόβλεψη των τιμών είναι δύσκολη διαδικασία. Αυτό οφείλεται στο πλήθος των παραγόντων που εμπλέκονται καθώς και στην έλλειψη πληροφοριών για ορισμένους από αυτούς. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από την ισορροπία της αγοράς. Επιπλέον επηρεάζεται τόσο από το φορτίο, όσο και από την παραγωγή. Από την πλευρά του φορτίου, όλοι οι χρονικοί, μετεωρολογικοί, οικονομικοί και ειδικοί παράγοντες που επιδρούν στην πρόβλεψη λαμβάνονται υπόψη και κατά την πρόβλεψη των τιμών. Η πλευρά της παραγωγής είναι ακόμη πιο προβληματική. Ορισμένα από τα συμβάντα που σχετίζονται με αυτή μπορεί να είναι τυχαία (π.χ. αστοχίες μονάδων παραγωγής). Άλλα από τα συμβάντα δεν δημοσιοποιούνται πάντα εκ των προτέρων (π.χ. προγραμματισμένες διακοπές λειτουργίας για συντήρηση).

Η απόφαση παραγωγής ως προς την πώληση

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η περίπτωση μιας εταιρείας παραγωγής που έχει υπογράψει σύμβαση για την προμήθεια ενός δεδομένου φορτίου σε μία μόνο ώρα. Υποτίθεται ότι αυτή η εταιρεία αποφασίζει να εκπληρώσει τη συμβατική της υποχρέωση να προμηθεύσει αυτό το φορτίο, βασιζόμενη στο σύνολο των μονάδων παραγωγής ενέργειας που αυτή διαθέτει. Προφανώς η εταιρεία θα προσπαθήσει να παράγει την ενέργεια που απαιτείται με το ελάχιστο κόστος. Μαθηματικά, αν αγνοηθούν οι περιορισμοί στη λειτουργία των μονάδων παραγωγής, αυτό μπορεί να διατυπωθεί ως το ακόλουθο πρόβλημα βελτιστοποίησης:

$$\text{Ελαχιστοποίηση της } \sum_{i=1}^N C_i(P_i) \text{ με δέσμευση } \sum_{i=1}^N P_i = L \quad (\text{Εξ. 33})$$

όπου:

το P_i αντιπροσωπεύει την παραγωγή της διαθέσιμης i -οστής μονάδας και
το $C_i(P_i)$ είναι το κόστος παραγωγής αυτής της ποσότητας ισχύος σε αυτήν τη μονάδα.

3.3.4 Η συμμετοχή των Α.Π.Ε. και των μονάδων αποθήκευσης

Μέχρι στιγμής, έχει γίνει επικέντρωση στη συμμετοχή στην αγορά μονάδων που μετατρέπουν τη χημική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια με την καύση ορυκτών καυσίμων. Σε αυτά περιλαμβάνονται ο άνθρακας, το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο. Το οριακό κόστος αυτών των εγκαταστάσεων είναι επομένως σημαντικό, λόγω του κόστους εξόρυξης αυτών των καυσίμων. Οι εγκαταστάσεις που δεν καίνε ορυκτά καύσιμα έχουν πολύ χαμηλότερο (π.χ. πυρηνικά) ή αμελητέο (π.χ. υδροηλεκτρικό, αιολικό, ηλιακό) οριακό κόστος. Ωστόσο, αυτές οι μονάδες τείνουν να έχουν πολύ υψηλότερο κόστος επένδυσης ανά MW εγκατεστημένης ισχύος ή να έχουν στοχαστική ομοιομορφία. Επομένως, η πρόκληση για τους ιδιοκτήτες τους είναι να συγκεντρώσουν αρκετά έσοδα για να ανακτήσουν τις επενδύσεις τους.

Όταν ανταγωνίζονται άλλες μορφές παραγωγής, οι ιδιοκτήτες αιολικών και ηλιακών πάρκων έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι οι πρωτογενείς πηγές ενέργειας τους είναι δωρεάν. Από την άλλη πλευρά, έχουν να αντιμετωπίσουν δύο σημαντικά προβλήματα. Πρώτον, αυτές οι πηγές είναι διακοπτόμενες: Στα περισσότερα μέρη ο άνεμος δεν φυσάει πάντα και ο ήλιος δεν λάμπει πάντα. Αυτό σημαίνει ότι αυτές οι γεννήτριες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν μπορούν να επιλέξουν πότε θα παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Ανάλογα με την περιοχή και την εποχή, το μοτίβο διαθεσιμότητας ανέμου και ηλιοφάνειας μπορεί ή όχι να ταιριάζει με τις περιόδους αιχμής της ζήτησης. Το καλύτερο που μπορούν να κάνουν είναι να προβλέψουν πότε και πόση ενέργεια αναμένουν να παράγουν και να πουλήσουν αυτήν την ενέργεια στις προθεσμιακές αγορές. Πράγμα που οδηγεί στο δεύτερο πρόβλημα: δεδομένου ότι αυτές οι πηγές ενέργειας είναι στοχαστικές, είναι αδύνατο να προβλεφθεί με απόλυτη ακρίβεια πότε θα αρχίσει ή θα σταματήσει να φυσάει ο άνεμος και πόσο δυνατά θα φυσήσει ή πότε και πόσο καιρό ένα μεγάλο σύννεφο θα ρίχνει σκιά πάνω από ένα ηλιακό πάρκο [4]. Ως εκ τούτου, οι αιολικές και ηλιακές μονάδες συχνά αντιμετωπίζουν μια ανισορροπία μεταξύ της ποσότητας ενέργειας που έχουν πουλήσει και της πραγματικής παραγωγής. Δεδομένου ότι το κόστος κάλυψης αυτών των ανισορροπιών

στην άμεση αγορά μπορεί να είναι αρκετά σημαντικό, οι φορείς εκμετάλλευσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές μετριασμού του.

Πρώτον, προσπαθούν να βελτιώσουν την ακρίβεια των προγνώσεων παραγωγής τους χρησιμοποιώντας αριθμητική πρόβλεψη καιρού (για την παραγωγή μέσω ανέμου) και δορυφορικές εικόνες νεφών (για ηλιακή παραγωγή). Δεύτερον, μπορούν να συναλλάσσονται ενεργά στις βραχυπρόθεσμες μελλοντικές αγορές για να καλύψουν αναμενόμενες ανισορροπίες, καθώς γίνονται διαθέσιμες βελτιωμένες προβλέψεις. Τρίτον, μπορούν να συνεργαστούν με μια ευέλικτη συμβατική γεννήτρια ή μια εγκατάσταση αποθήκευσης ενέργειας. Αυτός ο συνεργάτης στη συνέχεια αυξάνει, μειώνει ή αντιστρέφει την ενεργειακή του παραγωγή για να αντισταθμίσει οποιοδήποτε έλλειμμα ή πλεόνασμα στην παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Μαζί, αυτοί οι εταίροι μπορούν να συνάψουν «σταθερές» συμβάσεις για την παράδοση ενέργειας. Ενώ η ενέργεια που παράγεται από αυτόν τον ευέλικτο εταίρο μπορεί να μην είναι πάντα φθηνότερη από τις τιμές στην άμεση αγορά, μια τέτοια ρύθμιση μειώνει τον κίνδυνο τιμής στον οποίο εκτίθεται μία μονάδα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Οι κάθετα ολοκληρωμένες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας έχουν χρησιμοποιήσει υδροηλεκτρικούς σταθμούς με αντλίες για αρκετές δεκαετίες για να διευκολύνουν την ενοποίηση των πυρηνικών σταθμών και να μειώσουν το λειτουργικό κόστος του συστήματος, ισοπεδώνοντας το προφίλ φορτίου. Αυτά τα εργοστάσια καταναλώνουν ενέργεια αντλώντας νερό σε ταμειυτήρες κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλού φορτίου από το δίκτυο και παράγουν ενέργεια απελευθερώνοντας αυτό το νερό μέσω στροβίλων σε περιόδους υψηλού φορτίου. Η ανακυκλωτική κατανάλωση και παραγωγή με αυτόν τον τρόπο, μειώνει τη διαφορά μεταξύ των αιχμών και των κατώτατων σημείων στην καμπύλη ζήτησης. Αυτό επιτρέπει στους πυρηνικούς σταθμούς να λειτουργούν με σταθερή ισχύ εξόδου, μειώνει την ανάγκη ενεργοποίησης και απενεργοποίησης συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής ή τη λειτουργία τους με χαμηλότερη από το φορτίο βέλτιστης απόδοσης, και έτσι μειώνεται το κόστος λειτουργίας του συστήματος.

Δεδομένου ότι η αντιμετώπιση της διακοπής λειτουργίας και της στοχαστικότητας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα ήταν πολύ πιο εύκολη εάν ήταν διαθέσιμη μεγαλύτερη χωρητικότητα αποθήκευσης, σημαντική προσπάθεια έχει αφιερωθεί τα τελευταία χρόνια στην ανάπτυξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας ηλεκτροχημικών μπαταριών. Αυτές οι συσκευές υπόσχονται ότι είναι φθηνότερες, πιο αποτελεσματικές και πιο φιλικές προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης με αντλία.

Έχει υποτεθεί ότι οι μπαταρίες ή άλλες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας εκτελούν μόνο προσωρινό arbitrage, δηλ. αγοράζουν και αποθηκεύουν ενέργεια όταν η τιμή της είναι χαμηλή και απελευθερώνουν και πωλούν αυτήν την ενέργεια όταν η τιμή είναι υψηλή (εξισορροπητική κερδοσκοπία).

Το προσωρινό arbitrage σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, μπορεί να είναι κερδοφόρο. Αυτό ισχύει όταν τα έσοδα που παράγονται από την πώληση ενέργειας σε περιόδους υψηλών τιμών είναι μεγαλύτερα από το κόστος της ενέργειας που καταναλώνεται σε περιόδους χαμηλών τιμών. Αυτός ο υπολογισμός πρέπει να λαμβάνει υπόψη το γεγονός ότι, λόγω των απωλειών, δεν μπορεί να πωληθεί όλη η ενέργεια που αγοράζεται και αποθηκεύεται.

3.4 Προβλήματα κατά τη λειτουργία

Η ευέλικτη ζήτηση μπορεί να ενσωματωθεί σε μια αγορά ενέργειας με δύο τρόπους. Μπορεί είτε να εξεταστεί μαζί με την πλευρά της προσφοράς σε μια κεντρική διαδικασία βέλτιστου προγραμματισμού, είτε οι καταναλωτές μπορούν να προγραμματίσουν μόνοι τους την ευέλικτη ζήτηση με βάση τις τιμές που μεταδίδονται από τον φορέα εκμετάλλευσης της αγοράς [4].

Στο πλαίσιο του παραδείγματος, οι καταναλωτές υποβάλλουν τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά της ευελιξίας τους στον διαχειριστή της αγοράς, ο οποίος στη συνέχεια προγραμματίζει τη λειτουργία τους ταυτόχρονα με τις μονάδες παραγωγής μέσω ενός καθολικού προβλήματος βελτιστοποίησης. Στη συνέχεια, τα σήματα αποστολής, αποστέλλονται σε κάθε μεμονωμένη ευέλικτη μονάδα φορτίου και παραγωγής. Ενώ αυτός ο συγκεντρωτικός βέλτιστος προγραμματισμός θα μπορούσε θεωρητικά να επιτύχει το βέλτιστο οικονομικό αποτέλεσμα, είναι αμφίβολο ότι θα μπορούσε να επεκταθεί, ώστε να χειριστεί χιλιάδες ή και εκατομμύρια ευέλικτες συσκευές. Οι επικοινωνιακές και υπολογιστικές απαιτήσεις θα ήταν πράγματι πολύ αυστηρές και το κόστος υλοποίησης πολύ υψηλό. Ένας τέτοιος κεντρικός μηχανισμός θα εγείρει επίσης ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικής ζωής, επειδή απαιτεί από τους καταναλωτές να αποκαλύπτουν σημαντικό όγκο πληροφοριών σχετικά με το πώς και πότε χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια. Η εναλλακτική προσέγγιση για την ενσωμάτωση της ευέλικτης ζήτησης στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας αποφεύγει τις ανησυχίες επεκτασιμότητας και ιδιωτικότητας της κεντρικής αρχιτεκτονικής, δίνοντας στους καταναλωτές την ευκαιρία να προγραμματίσουν οι ίδιοι τη ζήτησή τους, ως απάντηση στις τρέχουσες τιμές. Οι καταναλωτές θα μπορούσαν στη συνέχεια να επωφεληθούν από τις διαφορές τιμών για να μειώσουν τους λογαριασμούς ηλεκτρικής ενέργειας τους. Επειδή οι τιμές θα ήταν υψηλότερες κατά τις περιόδους αιχμής ζήτησης και χαμηλότερες κατά τις περιόδους ζήτησης εκτός αιχμής, οι καταναλωτές θα είχαν ένα κίνητρο να μετατοπίσουν τη ζήτησή τους από περιόδους αιχμής σε περιόδους εκτός αιχμής. Ωστόσο, μια αφελής εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος τιμολόγησης, σε συνδυασμό με μια αυτόματη ανταπόκριση των συσκευών σε αυτές τις τιμές, θα μπορούσε να συγκεντρώσει τη ζήτηση στις περιόδους με τις χαμηλότερες τιμές, δημιουργώντας δυνητικά νέες αιχμές ζήτησης κατά τη διάρκεια περιόδων που παλαιότερα ήταν χαμηλής ζήτησης, οδηγώντας σε αναποτελεσματική λειτουργία του συστήματος. Ομοίως, η ευέλικτη ζήτηση έχει αποδειχθεί ότι «ανακάμπει» μετά από μια περίοδο υψηλών τιμών.

3.4.1 Το πρόβλημα της στοχαστικότητας των Α.Π.Ε.

Όταν ανταγωνίζονται άλλες μορφές παραγωγής, οι ιδιοκτήτες αιολικών και ηλιακών πάρκων έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα ότι οι πρωτογενείς πηγές ενέργειας τους είναι δωρεάν. Από την άλλη πλευρά, έχουν να αντιμετωπίσουν δύο σημαντικά ζητήματα.

Χαρτοφυλάκιο ανανεώσιμων πηγών προτύπων ή πρότυπα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας υποχρεώνουν τους λιανοπωλητές να παράγουν ή να αγοράζουν ένα συγκεκριμένο ποσοστό της ενέργειας που πωλούν από ορισμένους τύπους ανανεώσιμων πηγών. Αυτό το ποσοστό συχνά αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα, στην Πολιτεία της Καλιφόρνιας, αυτά τα ποσοστά είναι 33% έως το 2020, 40% έως το 2024, 45% έως το 2027 και 50% έως το 2030. Αυτά τα πρότυπα μερικές φορές καθορίζουν επίσης ποσοστά για διαφορετικές τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι εκπτώσεις φόρου επενδύσεων συμβάλλουν στην κάλυψη του υψηλού κόστους των επενδύσεων σε

ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, παρέχοντας στους επενδυτές έκπτωση στους φόρους τους για κάθε kW εγκατεστημένης δυναμικότητας παραγωγής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επίδραση στις αγορές

Καθώς το ποσοστό της παραγωγικής ικανότητας από αιολική και ηλιακή ενέργεια αυξάνεται, η επίδρασή της στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σημαντική. Το κύριο αποτέλεσμα είναι ότι η μέση τιμή μειώνεται επειδή οι παραγωγοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι πρόθυμοι να πουλήσουν σε χαμηλή τιμή, επειδή το οριακό κόστος παραγωγής τους είναι πολύ χαμηλό και η κύρια πρόκληση τους είναι να ανακτήσουν το μεγάλο επενδυτικό τους κόστος. Εκτοπίζουν έτσι άλλες μορφές παραγωγής και συχνά τις αναγκάζουν να αποσυρθούν. Από την άλλη πλευρά, όταν δεν υπάρχει αέρας ή ηλιοφάνεια, οι τιμές παραγωγής τους μπορούν να αυξηθούν σημαντικά.

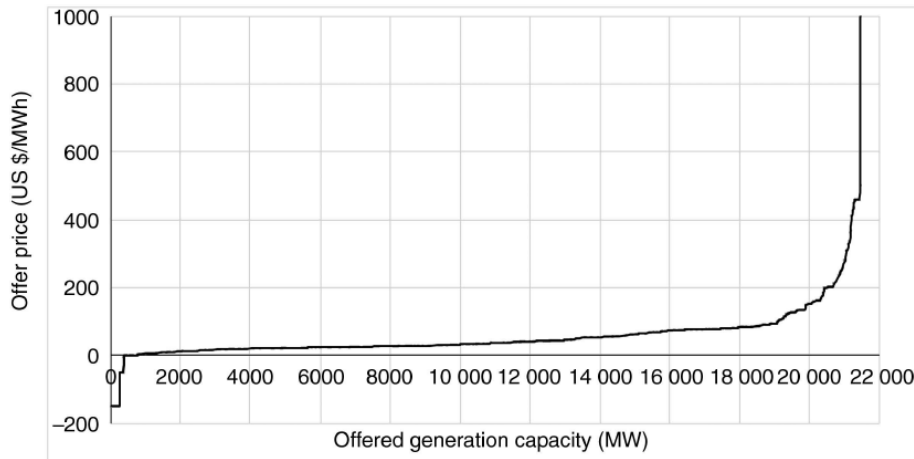
Αν και δικαιολογούνται με βάση την περιβαλλοντική πολιτική, οι επιδοτήσεις στρεβλώνουν την αγορά. Για παράδειγμα, οι παραγωγοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που λαμβάνουν έκπτωση φόρου παραγωγής ουσιαστικά αμείβονται με ένα σταθερό ποσό πάνω από την τιμή αγοράς για κάθε MWh που παράγουν. Όταν η ζήτηση είναι χαμηλή και οι ανανεώσιμες πηγές είναι άφθονες, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αρνητικές τιμές για την αγορά (δηλαδή οι παραγωγοί πρέπει να πληρώσουν για να παράγουν). Οι παραγωγοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μπορούν να το ανεχθούν καλύτερα από άλλους παραγωγούς ισχύος, επειδή συνεχίζουν να εισπράττουν, έσοδα εφόσον η απόλυτη τιμή της αρνητικής τιμής αγοράς δεν υπερβαίνει την πίστωση φόρου παραγωγής.

Η ποσότητα της δυναμικότητας παραγωγής φωτοβολταϊκών, που έχουν εγκαταστήσει οι οικιακοί και εμπορικοί καταναλωτές στις στέγες τους, έχει γίνει σημαντική σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές. Αν και αυτοί οι μικροί παραγωγοί συνήθως δεν συμμετέχουν απευθείας στη χονδρική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν έμμεση επίδραση σε αυτές τις αγορές, επειδή η συγκέντρωση αυτής της κατανεμημένης παραγωγής μπορεί να προκαλέσει σημαντική πτώση στη ζήτηση κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ισχυρότερη [4].

3.5 Συνολική οπτική της αγοράς

3.5.1 Μονάδες εφεδρείας και εξισορρόπησης

Το παρακάτω σχήμα δείχνει μια καμπύλη προσφοράς που προέρχεται από δεδομένα που συλλέγονται από τον ιστότοπο ISO - New England. Αυτή η καμπύλη δημιουργήθηκε με τη συγκέντρωση 556 προσφορών τιμής/ποσότητας που υποβλήθηκαν από παραγωγούς σε αύξουσα σειρά τιμής. Δεδομένου ότι αυτά τα δεδομένα είναι ανώνυμα, μπορεί μόνο να υποτεθεί ποιες ομάδες παραγωγών υπέβαλαν έναν συγκεκριμένο τύπο προσφοράς. Μπορούν να διακριθούν τέσσερα διαφορετικά μέρη σε αυτήν την καμπύλη [4]:

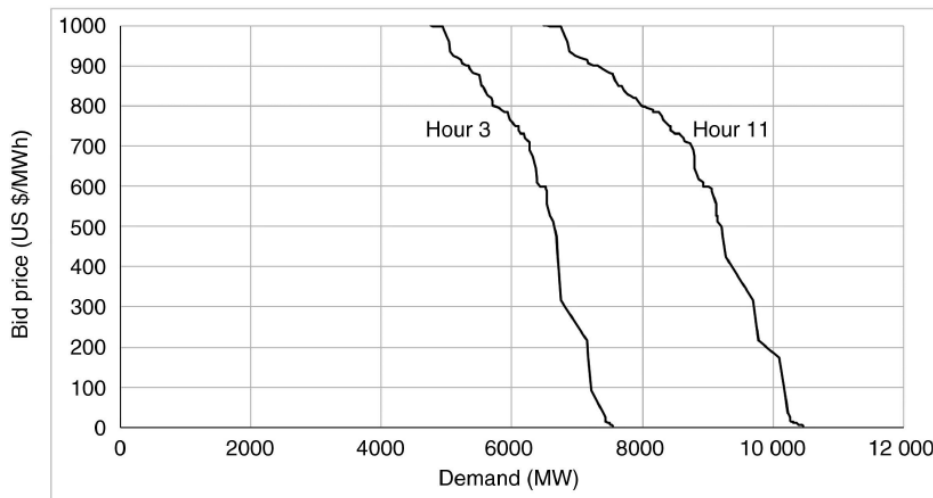


Σχήμα 15: Καμπύλη προσφορών από τον ιστότοπο ISO - New England, προώλησης μίας ημέρας για την 30η Μαρτίου 2016 [4]

- Περίπου 750 MW ισχύος προσφέρονται σε μηδενικές ή αρνητικές τιμές. Κάποιες από αυτές τις προσφορές υποβάλλονται από πυρηνικές, υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις, καύση σκουπιδιών και άλλες γεννήτριες που πρέπει να λειτουργήσουν και έτσι θέλουν να βεβαιωθούν ότι περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα παραγωγής, ανεξάρτητα από την τιμή. Άλλες προσφορές μπορεί να προέρχονται από παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που λαμβάνουν επιδοτήσεις παραγωγής και, επομένως, μπορούν να παραμείνουν κερδοφόρες, ακόμη και αν η τιμή είναι αρνητική.
- Από περίπου 750 MW έως περίπου 19.000 MW, η τιμή προσφοράς αυξάνεται σταδιακά και είναι πιθανό να αντανακλά το οριακό κόστος παραγωγής κάθε παραγωγού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένες μονάδες παραγωγής υποβάλλουν ένα ενιαίο ζεύγος τιμής/ποσότητας, ενώ άλλες χωρίζουν την προσφορά τους σε 10 τμήματα, που είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο από τους κανόνες της αγοράς.
- Από 19.000 έως 21.400 MW, η τιμή προσφοράς αυξάνεται πολύ πιο κατακόρυφα. Αυτές οι προσφορές υποβάλλονται είτε από παραγωγούς με πολύ υψηλότερο οριακό κόστος, είτε από παραγωγούς που λειτουργούν σπάνια και επομένως χρειάζονται πολύ υψηλότερη τιμή για να ανακτήσουν το πάγιο κόστος τους.
- Μερικές γεννήτριες προσφέρουν στην ανώτατη τιμή της τάξης των 1000 \$ / MWh.

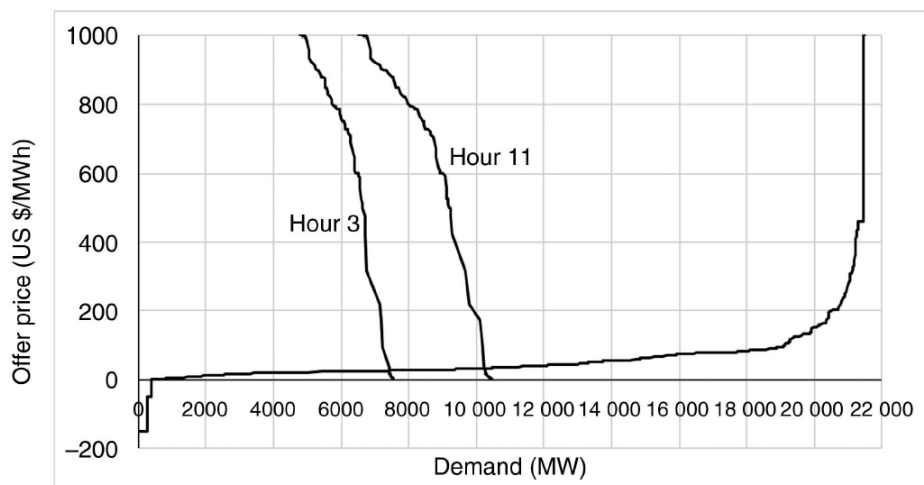
Οι καμπύλες με αυτό το τυπικό σχήμα ονομάζονται συχνά «μπαστούνια χόκεϊ». Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει δύο καμπύλες ζήτησης που έχουν κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον ίδιο ιστότοπο. Η καμπύλη στα αριστερά είναι για την περίοδο διαπραγμάτευσης που λήγει στις 3 π.μ. (δηλαδή κοντά στην ελάχιστη ζήτηση για εκείνη την ημέρα), ενώ η καμπύλη στα δεξιά είναι για την περίοδο διαπραγμάτευσης που λήγει στις 11 π.μ. (δηλαδή κοντά στη μέγιστη ζήτηση για εκείνη την ημέρα). Δεν υποβλήθηκε τιμή περίπου 7550 MW την 3η ώρα και 10.500 MW την ώρα 11, γεγονός που δείχνει ότι αυτοί οι καταναλωτές δεν είναι ευαίσθητοι στις τιμές. Από την άλλη πλευρά, καθώς υποβλήθηκαν περίπου 2800 και 4000 MW προσφορών ευαίσθητων στην τιμή για τις ώρες 3 και 11 αντίστοιχα, αυτές οι καμπύλες ζήτησης παρουσιάζουν κάποια ελαστικότητα τιμών. Ωστόσο, ένα σημαντικό μέρος αυτής της ελαστικότητας προέρχεται πιθανώς από εικονικές

προσφορές που υποβάλλονται στην αγορά της επόμενης ημέρας και όχι από την πραγματική ευελιξία φορτίου.



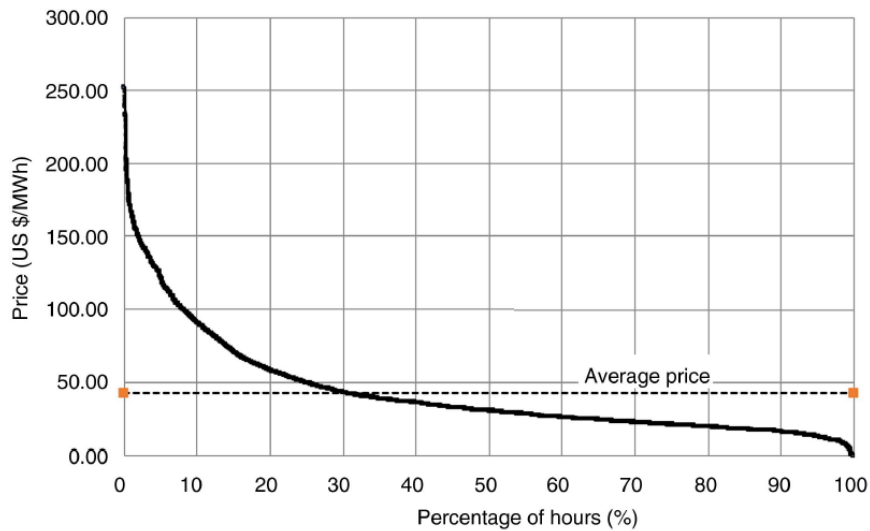
Σχήμα 16: Καμπύλες μπαστουινιού για την αγορά του ISO - New England με προσφορά προήγησης μίας ημέρας για τις ώρες 3 και 11 της 30^{ης} Μαρτίου [4]

Εάν, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, θα γίνει υπέρθεση των καμπυλών προσφοράς και καμπυλών μπαστουινιού, ώστε να προκύψει ότι η τιμή εκκαθάρισης της αγοράς για τις διάφορες περιόδους αγοράς αυτής της συγκεκριμένης ημέρας θα ποικίλλει εντός ενός σχετικά στενού εύρους. Αυτό είναι αναμενόμενο, γιατί η 30η Μαρτίου 2016 ήταν μια σχετικά ήπια ανοιξιάτικη μέρα που δεν απαιτούσε πολλή ηλεκτρική θέρμανση ή ψύξη. Η δυναμικότητα παραγωγής που προσφερόταν στην αγορά ήταν επομένως πολύ μεγαλύτερη από τη ζήτηση και δεν χρειαζόταν καμία από τις μονάδες παραγωγής που προσέφεραν υψηλή τιμή. Από την άλλη πλευρά, σε μια ιδιαίτερα ζεστή ή κρύα μέρα, η καμπύλη ζήτησης μετατοπίζεται πολύ προς τα δεξιά. Λόγω του σχετικού σχήματός τους, η τομή των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλές τιμές για μια μικρή αύξηση του φορτίου την ώρα αιχμής, δημιουργώντας αιχμές τιμών.



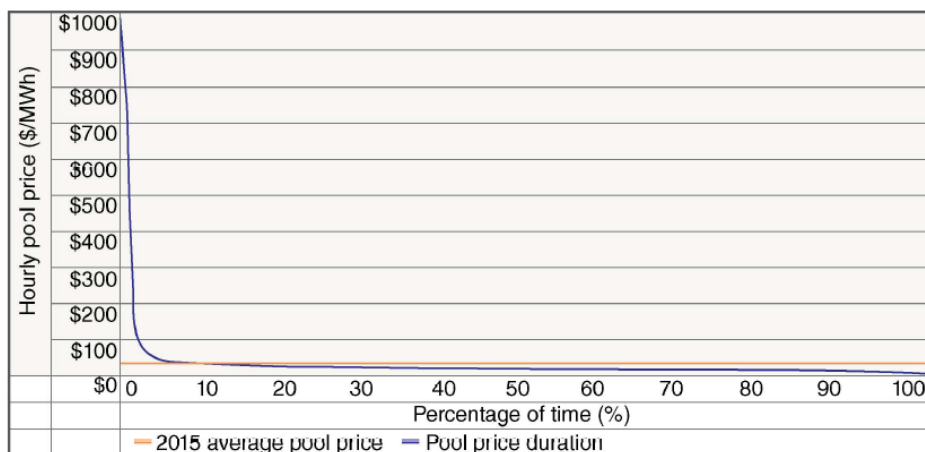
Σχήμα 17: Εκκαθάριση της αγοράς για το ISO - New England με προσφορά προήγησης μίας ημέρας για τις ώρες 3 και 11 της 30^{ης} Μαρτίου 2016 [4]

Το παρακάτω σχήμα συνοψίζει τον τρόπο με τον οποίο εκκαθαρίστηκε η αγορά ISO – New England κατά τη διάρκεια του έτους 2015 χρησιμοποιώντας μια καμπύλη διάρκειας τιμών, π.χ. ένα διάγραμμα που δείχνει το ποσοστό των ωρών κατά τις οποίες η τιμή εκκαθάρισης της αγοράς υπερέβη μια δεδομένη τιμή.



Σχήμα 18: Προήγηση προσφοράς μίας ημέρας με καμπύλες ωριαίων τιμών για τη Βοστώνη και την ISO - New England για το χρόνο του 2015. Οι τιμές παρουσιάζονται σε δολάρια Η.Π.Α. [4]

Συγκριτικά, το σχήμα που ακολουθεί δείχνει ότι οι τιμές στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της канаδικής επαρχίας Αλμπέρτα ποικίλλουν γενικά σε ένα στενότερο εύρος, αλλά αυξάνονται σε πολύ υψηλότερες τιμές μερικά τοις εκατό του χρόνου.



Σχήμα 19: Διάγραμμα διακύμανσης τιμών για την ηλεκτρική αγορά της Αλμπέρτα για το 2015. Οι τιμές ορίζονται σε καναδικά δολάρια [4]

3.5.2 Άσκηση Ισχύος στην Αγορά (Exercising Market Power)

Οι παραγωγοί συχνά χρησιμοποιούν οικονομική ή φυσική παρακράτηση για να προσπαθήσουν να αυξήσουν την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς. Η οικονομική

παρακράτηση συνεπάγεται την προσφορά κάποιας χωρητικότητας σε υψηλή τιμή με την προσδοκία ότι αυτή η χωρητικότητα θα χρειαστεί για την εκκαθάριση της αγοράς. Παρατηρώντας τα προηγούμενα σχήματα, αυτό σημαίνει ότι το απότομο τμήμα της καμπύλης προσφοράς γίνεται ακόμη πιο απότομο για να ωθήσει την τομή του με την (επίσης απότομη) καμπύλη ζήτησης [4]. Η φυσική παρακράτηση συνίσταται στη μη προσφορά σημαντικού μέρους παραγωγής στην αγορά. Η ικανότητα παρακράτησης ισχύος μετατοπίζει έτσι την υπόλοιπη καμπύλη προσφοράς προς τα αριστερά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα και πάλι σε υψηλότερη τιμή εκκαθάρισης της αγοράς. Τα σχήματα των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης παρέχουν μια διαισθητική εξήγηση του γιατί η άσκηση της ισχύος στην αγορά είναι πιο πιθανό να είναι σημαντική σε περιόδους υψηλής ζήτησης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η άσκηση ισχύος στην αγορά είναι λιγότερο αποτελεσματική εάν η ελαστικότητα της ζήτησης ως προς την τιμή είναι μεγαλύτερη. Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει το γεγονός ότι μόνο ένα σχετικά μικρό ποσοστό της συνολικής ζήτησης πρέπει να είναι ευαίσθητο στην τιμή για να μειωθεί σημαντικά η τιμή αγοράς κατά τις περιόδους αιχμής.



Σχήμα 20: Επίδραση μίας μερικώς ελαστικής απαίτησης στην εκκαθάριση αγοράς [4]

3.6 Συμπεράσματα

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν και αναλύθηκαν τα θέματα που σχετίζονται με την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την τιμή άμεσης απόδοσης στην κατανάλωση. Η τιμή άμεσης απόδοσης προς τον τελικό καταναλωτή, με βάση τις σύγχρονες επιταγές της αγοράς, απαιτεί ένα διαρκώς προσαρμοζόμενο οικονομικό μοντέλο με βάση τις ανάγκες παραγωγής και κατανάλωσης. Ο υπολογισμός της τιμής άμεσης απόδοσης αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, στο οποίο συμμετέχουν από διαφορετική πλευρά, καταναλωτές, πωλητές και παραγωγοί. Ο κάθε ένας από τους παραπάνω «παίκτες» έχει μία διαφορετική οπτική, καθώς και ετερογενή χαρακτηριστικά και δεσμεύσεις, τις οποίες θα πρέπει να ικανοποιήσει, ενώ παράλληλα, θα πρέπει να επιτύχει οικονομικό κέρδος για τις υπηρεσίες συμμετοχής του στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Οι Α.Π.Ε. δημιουργούν επιπλέον προβλήματα μαζί με τις λύσεις που προσφέρουν, δεδομένου ότι τα κόστη λειτουργίας τους (οριακή τιμή) είναι σαφώς χαμηλότερα σε σχέση με τις τιμές που μπορούν να προσφέρουν οι παραδοσιακές δομές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (υδροηλεκτρικά εργοστάσια, σταθμοί παραγωγής ορυκτών καυσίμων, κ.λπ.). Η μετάβαση σε μία εποχή για την παραγωγή πιο «καθαρής» (πράσινης) ενέργειας αναγκάζει τις κυβερνήσεις να πριμοδοτούν νομοθετικά και οικονομικά τους τελευταίους, συμβάλλοντας σε ένα μοντέλο αθέμιτου

ανταγωνισμού στην απελευθερωμένη αγορά ενέργειας. Από την άλλη πλευρά οι Α.Π.Ε. δεν είναι δυνατό, στα επίπεδα κλίμακας που βρίσκονται σήμερα (2022), να μπορέσουν να αναλάβουν εξ ολοκλήρου τις ενεργειακές απαιτήσεις συνολικά όλων των καταναλωτών. Η στοχαστικότητα της λειτουργίας τους, η οποία είναι υποκείμενη σε κλιματολογικές συνθήκες, αναγκάζει σε συνύπαρξη των νέων με τις παλαιότερες τεχνολογίες.

Τα παραδοσιακά προβλήματα της εύρυθμης λειτουργίας των ηλεκτρικών δικτύων (πρόβλημα εξισορρόπησης), επηρεάζονται ακόμη περισσότερο με την προσθήκη και την εισαγωγή αυτών των νέων τεχνολογιών παραγωγής. Οι νέοι φορείς που εισάγονται στην αγορά, διακόπτοντας τα καθιερωμένα παραδοσιακά μοντέλα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ισχύος, απαιτούν την ικανότητα για γρήγορες δράσεις και μεταβολές των τιμών ενέργειας. Ο λόγος είναι η δυναμική διαχείριση της οικονομικής πλευράς του προβλήματος, καθώς και η αποφυγή απώλειας εσόδων. Η σύγχρονη τεχνολογία υπολογιστικών συστημάτων είναι αρκετά ώριμη, για να παρέχει υπολογιστικά συστήματα, τα οποία αναλύουν τις υφιστάμενες καταστάσεις, και αυτοματοποιούν δράσεις – αντιδράσεις, όπου απαιτείται. Οι αλγόριθμοι δράσεως και λήψης αποφάσεων, αποτελούν επίσης ένα σημαντικό θέμα με δύο πλευρές. Η πρώτη αφορά κυρίως στην ανάλυση των μοντέλων αυτών των αλγορίθμων, που αξιολογούν τις συνθήκες, ενώ η δεύτερη πλευρά αφορά κυρίως στην ευρύτερη αποδοχή και καθολικότητά τους σε διεθνή επίπεδα. Τα παραδοσιακά μοντέλα τιμολόγησης μπορεί να φαίνονται απλά και υποβέλτιστα, αλλά παρέχουν ένα μοτίβο που δύσκολα θα εγκαταλειφθεί τουλάχιστον για το προσεχές άμεσο μέλλον.

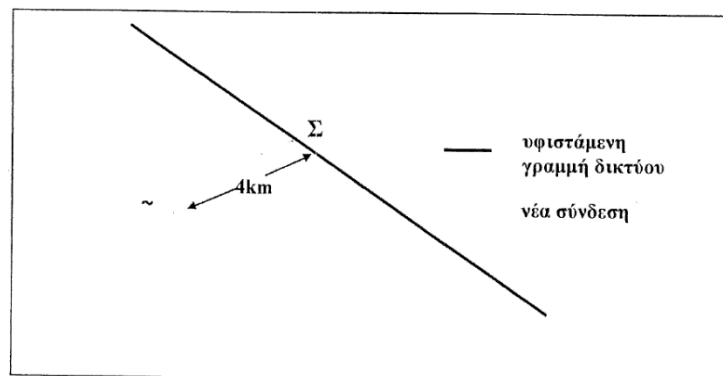
Οι γραμμές μεταφοράς αποτελούν επίσης ένα σημαντικό μέρος του προβλήματος, διότι είναι υπεύθυνες για τη διανομή και ομαλή λειτουργία του δικτύου από πλευράς ισχύος. Η απελευθέρωση της δυνατότητας διασύνδεσης και η ανάπτυξη νέων γραμμών μεταφοράς, δημιουργεί σημαντικά κόστη, τα οποία θα πρέπει να επιμεριστούν στους τελικούς καταναλωτές. Οι δράσεις των νέων συμμετεχόντων στο δίκτυο, οι οποίοι αναλαμβάνουν να κατασκευάσουν και τις γραμμές μεταφοράς, μπορεί να δημιουργήσει αντίστοιχα προβλήματα μονοπώλησης και χειραγώγησης της αγοράς (ανάλογα με τα παραδοσιακά καθιερωμένα μοντέλα παραγωγής και διανομής). Οι νομοθετικές παρεμβάσεις από τις ανεξάρτητες κυβερνητικές ρυθμιστικές αρχές φιλοδοξούν προς την επίλυση τους, αναγκάζοντας τους επενδυτές σε κοινή χρήση αυτών των γραμμών. Για αυτό αναπτύσσονται στο επόμενο κεφάλαιο.

4

Δίκτυα Μεταφοράς και Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

4.1 Η πρόσβαση και η σύνδεση στο δίκτυο μεταφοράς

Το κόστος σύνδεσης αφορά στα κόστη των εγκαταστάσεων μεταφοράς, τα οποία αναφέρονται στη σύνδεση κάθε χρήστη ενός δικτύου. Η σύνδεση για παραγωγή ή κατανάλωση αφορά στο πλησιέστερο διαθέσιμο σημείο προς τη γραμμή μεταφοράς, συνδυάζοντας παράλληλα και το μικρότερο δυνατό οικονομικό κόστος για τη διασύνδεση. Στο σχήμα που ακολουθεί, παρουσιάζεται η διασύνδεση ενός παραγωγού ισχύος με μία υπάρχουσα γραμμή υψηλής τάσεως σε απόσταση 4 km [1].



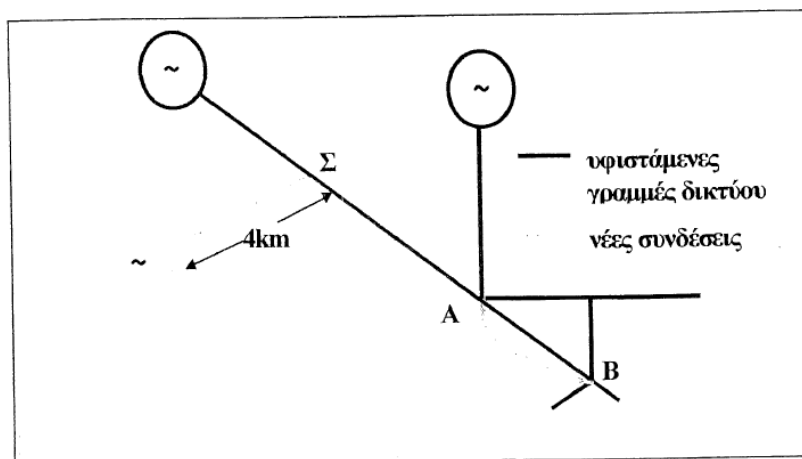
Σχήμα 21: Σύνδεση παραγωγού στο δίκτυο με χαμηλό (τοπικό) κόστος [1]

Το κόστος σύνδεσης μπορεί να καταταχθεί σε δύο κατηγορίες:

- Μικρό/Τοπικό κόστος
- Πλήρες/Εκτεταμένο κόστος

Το κόστος διασύνδεσης συνίσταται από το μήκος της γραμμής καθώς και τον τύπο των υλικών που απαιτούνται για τη διασύνδεση (αποζεύκτες, διακόπτες, μετρητικά όργανα, κ.λπ.). Άρα το κόστος συμπεριλαμβάνει το έργο και τον εξοπλισμό.

Η διασύνδεση που προκύπτει πολλές φορές, δημιουργεί ανάγκη ενίσχυσης σε άλλα σημεία του δικτύου. Συμπεριλαμβάνοντας τα κόστη που προκύπτουν από την ενίσχυση, αυτό συνεπάγεται ένα νέο κόστος που καλείται εκτεταμένο κόστος. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η διασύνδεση του παραγωγού στο σημείο Σ και η ενίσχυση διασύνδεσης μεταξύ των κόμβων Α και Β.



Σχήμα 22: Διασύνδεση του παραγωγού με το δίκτυο και ενισχύσεις στα σημεία Α και Β – Εκτεταμένο κόστος για ενίσχυση του υφιστάμενου δικτύου. [1]

Όπως φαίνεται δεν υπάρχει δυσκολία στον προσδιορισμό του κόστους διασύνδεσης, όμως δυσκολία ανακύπτει όταν αυτά τα κόστη χρειάζεται να επιμεριστούν μεταξύ χρηστών με κοινές ενισχύσεις, λόγω της διασύνδεσης τους στο δίκτυο (ηλεκτρική εταιρεία μονοπωλίου). Συνήθως οι παραγωγοί αρνούνται να καλύψουν τα επιπρόσθετα κόστη ενίσχυσης για τους παρακάτω λόγους:

- Η νέα γραμμή ενίσχυσης ΑΒ που η μονοπωλιακή εταιρεία θεωρεί αναγκαία, αποτελεί μία επιπλέον γραμμή μεταφοράς ισχύος που ενδεχόμενα μπορεί να εξυπηρετήσει και άλλους χρήστες του δικτύου. Επομένως ο νέος παραγωγός που διασυνδέθηκε στο δίκτυο δεν θεωρεί τα έξοδα αυτά ως απαιτούμενα για αποκλειστική χρήση.
- Ο νέος παραγωγός που διασυνδέθηκε με την επιπλέον χρέωση για τη γραμμή ενίσχυσης ΑΒ, μπορεί να θεωρήσει ότι πληρώνει με διπλό τρόπο, και μέσω κόστους διασύνδεσης αλλά και μέσω κόστους χρήσης.

Επομένως η χρέωση με πλήρες κόστος δεν γίνεται αποδεκτή και κατά συνέπεια δεν συνιστάται. Αλλά και η χρέωση τοπικού κόστους επίσης εμφανίζει κάποια προβλήματα στην εφαρμογή της. Η εκτίμηση του κόστους διασύνδεσης και η υλοποίηση της διασύνδεσης με τις γραμμές μεταφοράς αποτελούσε αποκλειστική δυνατότητα και ιδιότητα της μονοπωλιακής εταιρείας διαχείρισης του δικτύου. Δεν ήταν δυνατό να υπάρξει

εναλλακτική γραμμή μεταφοράς από άλλη εταιρεία κοινής ωφελείας. Η επιβάρυνση για την ανάπτυξη για το πλήρες κόστος, ανερχόταν σε ένα μεγάλο ποσοστό της τιμής που απαιτούνταν για το τοπικό κόστος διασύνδεσης του παραγωγού στο δίκτυο. Η μονοπωλιακή εταιρεία μπορεί να διαθέσει την διασύνδεση ενίσχυσης και για την ικανοποίηση διασύνδεσης και άλλων μελλοντικών πελατών (παραγωγών) στο δίκτυο της. Οι απαιτήσεις αυτές δημιούργησαν την ανάγκη για καθετοποιημένη διασύνδεση των παραγωγών στο δίκτυο (Παραγωγή – Μεταφορά – Διανομή). Το πρόβλημα για τη χρέωση πλήρους κόστους δεν επιλύθηκε όμως ούτε και με αυτήν την προσέγγιση. Η μονοπωλιακή όμως υφή των αναπτυσσόμενων αυτών εταιρειών υπό τον κρατικό έλεγχο, επιλύει το πρόβλημα της χρέωσης με ταυτόχρονη αδιαμφισβήτητη νομική υποστήριξη από την πλευρά του κράτους, χωρίς να αφήνει τα περιθώρια αμφισβήτησης για το διασυνδεόμενο νέο παραγωγό.

Η απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας, εμφανίζει τα προηγούμενα προβλήματα καθώς και νέα θέματα λόγω της ανταγωνιστικής μορφής των διασυνδεόμενων παραγωγών στο υπάρχον δίκτυο. Η Οδηγία 96/92 [2] για την απελευθέρωση της αγοράς ενέργειας προβλέπει όχι μόνο το λογιστικό διαχωρισμό της Μεταφοράς από τις άλλες δραστηριότητες, αλλά και την αποδυνάμωση αυτού του μονοπωλιακού τύπου λειτουργίας. Ο νέος παραγωγός τώρα έχει τη δυνατότητα αν το επιθυμεί, να κατασκευάσει και τις γραμμές διασύνδεσης, εφόσον έχει την απαιτούμενη τεχνογνωσία (απευθείας γραμμή μεταφοράς). Στο σημείο αυτό θα χρειαστούν νομικές παρεμβάσεις για τη διασφάλιση της ίσης αντιμετώπισης διασύνδεσης των τοπικών παρόχων.

Τα προβλήματα χρέωσης τοπικού κόστους μπορούν να επιλυθούν με παρεμβάσεις στα παρακάτω σημεία:

- Αναλυτική κοστολόγηση και προσφορά των απαιτούμενων εργασιών διασύνδεσης για έναν νέο παραγωγό.
- Καταβολή του τοπικού κόστους εφάπαξ ή σε δόσεις.
- Εφόσον ο νέος παραγωγός κρίνει ότι το κόστος διασύνδεσης είναι μεγάλο, μπορεί να ζητήσει άδεια από την Ρυθμιστική Αρχή για να κατασκευάσει και να υλοποιήσει μόνος του την διασύνδεση (απευθείας γραμμή μεταφοράς).

Για την αποφυγή των τριβών, η εταιρεία του δικτύου είναι υποχρεωμένη να δημοσιεύει ετησίως πίνακα τιμών χιλιομετρικού κόστους (εγκεκριμένο από τη Ρυθμιστική Αρχή).

4.2 Το κόστος χρήσης του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας

Εκτός από το κόστος σύνδεσης που μελετήθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, οι χρήστες ενός δικτύου μεταφοράς θα πρέπει να μοιράζονται τα κόστη χρήσης και συντήρησης του δικτύου. Οι βασικές αρχές για την έκδοση των τιμολογίων χρήσεως του δικτύου θα πρέπει να υπόκεινται στα παρακάτω [1], :

- Πέρα από το κόστος χρήσεως επιπρόσθετα θα πρέπει να προσμετράται και ένα επιπλέον κόστος που αφορά στην συντήρηση, επισκευή, ανανέωση, και λειτουργία του δικτύου.
- Αποφυγή διπλών χρεώσεων από παράλληλες και ανεξάρτητες διεργασίες.
- Οι χρεώσεις θα πρέπει να είναι διαφανείς, απλές και αμερόληπτες για όλους τους πελάτες.

- Από τις χρεώσεις θα πρέπει να σηματοδοτούνται μηνύματα προς τους χρήστες για τη στάθμιση της κατανάλωσης ενέργειας από το δίκτυο.

Για την επίτευξη ειδικότερα του τελευταίου χαρακτηριστικού, θα πρέπει να δοθούν κίνητρα παραγωγής ενέργειας αντίστοιχα και πλησίον των περιοχών που απαιτούν μεγάλες καταναλώσεις. Το τελευταίο αποδεσμεύει τις γραμμές μεταφοράς από τη μεταφορά ποσών ενέργειας προς απομακρυσμένες κατευθύνσεις στο δίκτυο.

Η διαφοροποίηση των τιμών ανά περιοχές στο δίκτυο είναι ένα σημαντικό θέμα, με πολλές μεθόδους για την εκτίμηση τους. Οι 12 κυριότερες μέθοδοι παρουσιάζονται με λεπτομέρεια στην έκδοση του Electric Power Research Institute (EPRI). Το κόστος για το δίκτυο μεταφοράς με βάση αυτές τις μεθόδους πρέπει να στηρίζεται στα ποσά μεταφερόμενης ισχύος (MW), και στη χιλιομετρική απόσταση. Για το λόγο αυτό δημιουργείται η μεταβλητή της έννοιας MW x km. Η εκτίμηση της χιλιομετρικής αποστάσεως ανάγεται για όλο το μήκος της γραμμής μεταφοράς συμπεριλαμβάνοντας και τους υποσταθμούς που μετέχουν στη διανομή, με χειρισμό των αντίστοιχων μηκών γραμμής που εκτείνονται και ελέγχονται από αυτούς.

Οι μέθοδοι χρέωσης προφανώς, με βάση τους αλγόριθμους που προτείνουν, χρειάζονται υπολογιστικά συστήματα για τους υπολογισμούς τους. Κάθε μέθοδος μπορεί να οδηγεί, με βάση τις παραδοχές και τις εκτιμήσεις της σε διαφορετικά κόστη ανά κόμβο και χιλιόμετρο της γραμμής μεταφοράς. Οι μέθοδοι αυτές δεν έχουν γίνει αποδεκτές συνολικά από τις χώρες – κράτη για τους παρακάτω λόγους:

- Μεγάλη υπολογιστική ισχύς η οποία απαιτείται για τις ροές φορτίου σε κάθε κόμβο ενός δικτύου μεταφοράς.
- Η πολυπλοκότητα των προτεινόμενων αλγορίθμων και μεθόδων οδηγεί σε διαφορετικά αποτελέσματα κόστους, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να υιοθετηθούν καθολικά για ένα δίκτυο.

Μία μέθοδος που έχει εφαρμοστεί ιστορικά και φαίνεται να είναι κοινά αποδεκτή από τα κράτη, είναι η μέθοδος του ταχυδρομικού γραμματοσήμου (Postage Stamp Method). Η μέθοδος χρεώνει το ίδιο ποσό χρέωσης για οποιαδήποτε μεταφορά ισχύος εντός μίας περιοχής, ανεξάρτητα από την απόσταση και τη μεταβολή των ποσών ισχύος ζήτησης – κατανάλωσης. Όλοι οι χρήστες εντός μίας περιοχής δέχονται την ίδια χρέωση. Η μέθοδος δεν έχει αποτελέσει αντικείμενο λεπτομερούς ανάλυσης. Συνήθως ένα μέτρο για την εκτίμηση της χρέωσης είναι ο συνολικός υπολογισμός της ισχύος που διακινήθηκε σε ετησία βάση, διαιρεμένος με το συνολικό μήκος των γραμμών μεταφοράς – διανομής. Η μέθοδος έχει ως βασικό μειονέκτημα ότι ισοπεδώνει τα μηνύματα στάθμισης και κατανάλωσης προς τους χρήστες, αλλά είναι απλή. Η χρέωση αυτού του τύπου συνήθως προέρχεται από τα μονοπώλια διαχείρισης της ηλεκτρικής ισχύος και παρακολουθείται από την ανεξάρτητη Ρυθμιστική Αρχή.

4.3 Το κόστος των βοηθητικών υπηρεσιών

Εκτός από τις κύριες υπηρεσίες χρέωσης, ο Διαχειριστής του Συστήματος Μεταφοράς είναι υπεύθυνος και για κάποιες άλλες υπηρεσίες οι οποίες καλούνται βοηθητικές (ancillary services) [1]. Σε αυτές συγκαταλέγονται, η διατήρηση και παρακολούθηση του ποσοστού αέργου ισχύος που αναπτύσσεται στο δίκτυο, καθώς και η διασφάλιση του απαιτούμενου

ρεύματος για την επανεκκίνηση του δικτύου μετά από μία φάση ολικής διακοπής της λειτουργίας του (black start after blackout).

4.3.1 Το κόστος της αέργου ισχύος

Η τάση σε ένα δίκτυο γενικά θα πρέπει να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα εκτός ίσως από μεταβατικές καταστάσεις (οι οποίες θα πρέπει να είναι βραχυχρόνιες). Για παράδειγμα το δίκτυο μεταφοράς των 400 kV θα πρέπει να διατηρεί τα επίπεδα της τάσεως εντός των τιμών 360 – 420 kV [6]. Σε φάσεις χαμηλού φορτίου τα επίπεδα της τάσεως τείνουν να αυξηθούν ενώ αντίθετα σε περιπτώσεις υψηλού φορτίου τα επίπεδα τάσεως τείνουν να μειώνονται, και αυτό αφορά τα παραπάνω όρια που έχουν τεθεί. Κατά κύριο λόγο η μεταβολή των επιπέδων της τάσεως στο δίκτυο οφείλεται στα επίπεδα της αέργου ισχύος, που έχει δεσμευτεί σε αυτό. Όσο πιο μεγάλα τα επαγωγικά φορτία στους κόμβους τείνουν να μειώσουν τα επίπεδα τάσεως, ενώ τα χωρητικά φορτία τείνουν σε αύξησή τους. Το μεγάλο μήκος γραμμών σε συνδυασμό με τα χαμηλά φορτία σε ένα δίκτυο αυξάνουν αυτά τα επίπεδα μεταβολών απαιτώντας την ανάγκη για αντιστάθμιση. Σε συνθήκες χαμηλού φορτίου, οπότε η τάση τείνει να αυξηθεί, για την αντιστάθμιση συνδέονται στους κόμβους, πηνία αντισταθμίσεως. Το αντίθετο σε συνθήκες υψηλού φορτίου που τείνουν να μειώσουν την τάση, στους κόμβους συνδέονται πυκνωτές αντισταθμίσεως. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός για την αντιστάθμιση (πηνία, πυκνωτές, αποζεύκτες, διακόπτες, κ.λπ.), έχουν προφανώς ένα κόστος αγοράς, εγκατάστασης και συντήρησης. Αυτό το κόστος θα πρέπει να επιμεριστεί στους χρήστες του δικτύου. Η σύνδεση και αποσύνδεση των κυκλωμάτων αντιστάθμισης, ρυθμίζει τις μεταβολές της τάσης, διαμορφώνοντας επίπεδα. Η αντίστοιχη διαδικασία της αντιστάθμισης εκτός από τη χρήση αυτών των κυκλωμάτων, μπορεί να γίνει και με έγχυση αέργου ισχύος από τις γεννήτριες παραγωγής στο δίκτυο. Η ρύθμιση της αέργου ισχύος από τη γεννήτρια μπορεί να επιτευχθεί εντός κατασκευαστικών ορίων. Η γεννήτρια μπορεί να παράγει θετική άεργο ισχύ συμπεριφερόμενη ως πυκνωτής, ή αρνητική άεργο ισχύ, οπότε συμπεριφέρεται ως πηνίο. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η διασυνεχής και όχι βηματική ρύθμιση των επιπέδων της παρεχόμενης τάσεως στο δίκτυο από την ίδια τη γεννήτρια. Η μεταβαλλόμενη ρύθμιση της παραγόμενης αέργου ισχύος από τη γεννήτρια δημιουργεί αυξημένες απώλειες στα τυλίγματα της, οι οποίες δημιουργούν ένα επιπρόσθετο κόστος για τον παραγωγό ενέργειας (λόγω φθοράς της). Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση τέτοιων γεννητριών δημιουργεί μεγαλύτερο κόστος εξαιτίας των μεγαλύτερων διαστάσεων της γεννήτριας και των μετασχηματιστών ανυψώσεως που απαιτούνται για την παρεχόμενη τάση στο δίκτυο. Προφανώς ο παραγωγός ισχύος διαπραγματεύεται με τον διαχειριστή του δικτύου αυτήν την ικανότητα για αντιστάθμιση, και ο δεύτερος καλείται να επιμερίσει αυτό το κόστος στους χρήστες του δικτύου μεταφοράς.

4.3.2 Το κόστος διατήρησης της συχνότητας

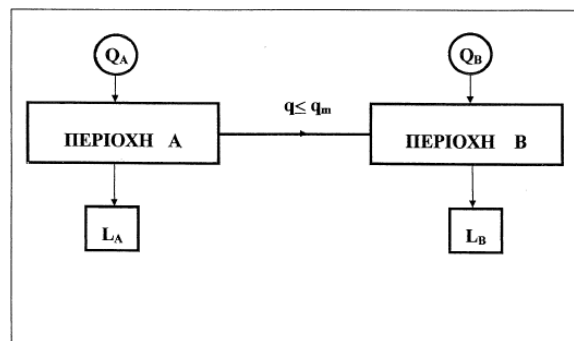
Εκτός από τη μεταβολή των επιπέδων τάσεως στο δίκτυο, οι μεταβολές του φορτίου τείνουν να προκαλέσουν και αντίστοιχες διαταραχές στα επίπεδα της συχνότητας της διανεμόμενης ισχύος. Η συχνότητα διανομής θα πρέπει να διατηρηθεί σταθερή για τους παρακάτω λόγους [1], [7]:

- Οι κινητήρες που κάνουν χρήση αυτής της ισχύος λειτουργούν ευθέως ανάλογα προς αυτήν τη συχνότητα.
- Οι μετρητικές διατάξεις λειτουργούν με σύγχρονους κινητήρες και η ακρίβεια της μετρήσεως τους βασίζεται στη συχνότητα του δικτύου (και πιο συγκεκριμένα στο ολοκλήρωμα των αποκλίσεων της συχνότητας σε σχέση με την ονομαστική της τιμή).
- Το δίκτυο ελέγχεται με τον καλύτερο τρόπο, όταν η συχνότητα διατηρείται κοντά στα ονομαστικά της επίπεδα. Η μεταβολή της συχνότητας για ένα δίκτυο αποτελεί σημαντική ένδειξη ανωμαλιών για το δίκτυο (π.χ. βραχυκύκλωμα). Πολλά από τα αυτοματοποιημένα συστήματα έγκαιρης λήψης απόφασης, βασίζονται στα σταθερά επίπεδα της συχνότητας λειτουργίας. Για το λόγο αυτό το όριο διακύμανσης συχνότητας είναι πολύ αυστηρά (50 ± 0.5 Hz).
- Η διασύνδεση των συστημάτων παραγωγής με παράλληλο τρόπο, θα πρέπει να αποφύγει διακυμάνσεις της συχνότητας, οι οποίες θα μεταδώσουν ανωμαλίες λειτουργίας από το ένα υποσύστημα στο άλλο.

Η διατήρηση της συχνότητας γίνεται με συστήματα αυτομάτου ελέγχου τα οποία με τη διαπίστωση μεταβολής Δf προκαλούν αντίστοιχη μεταβολή ΔP στα επίπεδα της ενεργού παραγόμενης ισχύος, με στόχο την απομείωση της μεταβολής. Οι μονάδες παραγωγής που χρησιμοποιούνται από τα συστήματα ελέγχου, θα πρέπει να λειτουργούν σε χαμηλότερα επίπεδα παραγωγής ισχύος από τα μέγιστα τους, έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα της παραγωγής επιπρόσθετων ποσών ισχύος όταν αυτό απαιτείται. Η μεταβολή των επιπέδων παραγωγής της ενεργού ισχύος καταπονεί και φθείρει τον εξοπλισμό, εφόσον αυτό απαιτείται συνεχώς στο χρόνο. Προφανώς τα κόστη θα πρέπει να επιμεριστούν στους καταναλωτές ισχύος για όλο το δίκτυο.

4.3.3 Οι περιορισμοί του δικτύου

Κατά τη διανομή ισχύος σε ένα δίκτυο θα πρέπει επιπρόσθετα να ληφθούν υπόψη και οι περιορισμοί που επιβάλλονται στην πραγματικότητα στις διασυνδέσεις των περιοχών παραγωγής. Για την απλούστευση του προβλήματος, θεωρούνται δύο περιοχές (A,B) με ικανότητα παραγωγής (Q_A, Q_B) για την κάλυψη φορτίων (L_A, L_B) αντίστοιχα και μεταφορά ισχύος $q > 0$, από την περιοχή A προς την B. Η παραπάνω περιγραφή παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί [1]:



Σχήμα 23: Περιορισμός δικτύου μεταξύ διασυνδεόμενων περιοχών A και B [1]

Τα συμπεράσματα για τη βέλτιστη απόδοση ισχύος για τη διασύνδεση των περιοχών, είναι:

- Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει περιορισμός στη διασύνδεση μεταξύ των περιοχών, η βέλτιστη κατανομή πραγματοποιείται όταν η ροή ισχύος στη διασύνδεση γίνεται από την περιοχή με το χαμηλότερο οριακό κόστος προς την περιοχή με το υψηλότερο οριακό κόστος. Η ποσότητα διασύνδεσης q_0 καθορίζεται με τρόπο έτσι, ώστε να εξισώνονται τα οριακά κόστη των δύο περιοχών.
- Εάν υπάρχει περιορισμός q_m στο διασυνδεόμενο q , τότε διακρίνονται δύο περιπτώσεις:
 - Εάν το $q_0 < q_m$, τότε η βέλτιστη λύση επιτυγχάνεται με $q=q_0$.
 - Εάν το $q_0 > q_m$, τότε μία υποβέλτιστη λύση μπορεί να επιτευχθεί για $q=q_m$.

Στη δεύτερη περίπτωση υπάρχει κορεσμός της διασύνδεσης χωρίς να μπορεί να επιτευχθεί εξισορρόπηση του οριακού κόστους των δύο περιοχών. Η μη ικανοποίηση της βέλτιστης λύσης προφανώς οδηγεί σε ένα επιπρόσθετο κόστος για τη λειτουργία του συστήματος. Το κόστος προκύπτει από την επιπλέον χρήση της περιοχής B με μεγαλύτερο κόστος παραγωγής. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι το επαγόμενο κόστος οφείλεται στην αδυναμία των γραμμών μεταφοράς να καλύψουν τις απαιτούμενες ανάγκες διασύνδεσης. Για το λόγο αυτό το συγκεκριμένο κόστος θα επιβαρύνει τη συνολική λειτουργία του συστήματος μεταφοράς.

Το επιπρόσθετο κόστος μεταβάλλεται ανάλογα με τις ανάγκες της περιοχής B και τις εποχές. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σταθμιστεί κατά πόσον είναι οικονομικά συμφέρουσα η αύξηση της δυνατότητας μεταφοράς ισχύος, σε σχέση με το επαγόμενο κόστος (το οποίο μπορεί να μετρηθεί σε ετήσια βάση). Κατά συνέπεια ο παραπάνω περιορισμός μπορεί να συντείνει στην ανάγκη σχεδιασμού επιπρόσθετων γραμμών μεταφοράς από την περιοχή A προς την B περιοχή.

4.4 Αποκεντρωμένες Συναλλαγές στο δίκτυο μεταφοράς

Σε ένα αποκεντρωμένο ή διμερές σύστημα συναλλαγών, όλες οι συναλλαγές για ηλεκτρική ενέργεια αφορούν μόνο σε δύο μέρη: Έναν αγοραστή και έναν πωλητή. Τα δύο μέρη συμφωνούν για μια ποσότητα ενέργειας, την τιμή συναλλαγής καθώς και οποιονδήποτε άλλο όρο που μπορεί να θέλουν να επισυνάψουν στην εμπορική τους συμφωνία. Ο διαχειριστής του συστήματος δεν εμπλέκεται σε αυτές τις συναλλαγές. Ενώ επίσης δεν καθορίζει τις τιμές στις οποίες πραγματοποιούνται. Ο ρόλος του περιορίζεται στη διατήρηση της ισορροπίας και της λειτουργικής αξιοπιστίας του συστήματος. Αυτό περιλαμβάνει τα ακόλουθα [4]:

- Αγορά ή πώληση ενέργειας για την εξισορρόπηση του φορτίου και της παραγωγής. Σε κανονικές συνθήκες, τα ποσά ενέργειας που εμφανίζονται στις εξισορροπητικές συναλλαγές θα πρέπει να είναι μικρά.
- Περιορισμός των συναλλαγών μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών, εάν η λειτουργική αξιοπιστία δεν μπορεί να διατηρηθεί με άλλα μέσα.

Φυσικά Δικαιώματα Μεταφοράς

Ο προσδιορισμός του συνόλου συναλλαγών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε παραβίαση των ορίων μεταφοράς σε ένα δίκτυο, μέσω των σύγχρονων λογισμικών ανάλυσης συστημάτων ισχύος, είναι εφικτός αν και υπολογιστικά απαιτητικός. Το να αποφασιστούν ποιες συναλλαγές θα πρέπει να περιοριστούν, ώστε να παραμείνουν εντός

αυτών των ορίων, είναι ένα πολύ πιο περίπλοκο ερώτημα. Μπορούν να θεσπιστούν διοικητικές διαδικασίες για τον καθορισμό της σειράς με την οποία θα πρέπει να περικοπούν οι συναλλαγές. Τέτοιες διαδικασίες περιορισμού του φορτίου μεταφοράς λαμβάνουν υπόψη τη φύση των συναλλαγών (εταιρική ή μη), τη σειρά με την οποία καταχωρήθηκαν στον διαχειριστή του συστήματος και πιθανώς ορισμένους ιστορικούς παράγοντες. Ωστόσο, τέτοιες διοικητικές διαδικασίες δεν επηρεάζουν τα σχετικά οικονομικά οφέλη των διαφόρων συναλλαγών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον συναλλαγών δεν παρέχει ένα πλαίσιο για την αξιολόγηση αυτών των οφελών. Κατά συνέπεια, οι διοικητικές περικοπές είναι οικονομικά αναποτελεσματικές και θα πρέπει να αποφεύγονται.

Οι υποστηρικτές της αποκεντρωμένης εμπορίας ηλεκτρικής ενέργειας πιστεύουν ότι τα εμπλεκόμενα μέρη στις συναλλαγές είναι στην καλύτερη θέση να αποφασίσουν εάν επιθυμούν να χρησιμοποιήσουν το δίκτυο μεταφοράς. Όταν υπογράφουν μια σύμβαση, οι παραγωγοί στο δίκτυο Α και οι καταναλωτές στο δίκτυο Β που δεν επιθυμούν να δουν την άρνηση της συναλλαγής τους λόγω συμφόρησης του δικτύου μεταφοράς, θα πρέπει επομένως να αγοράσουν το δικαίωμα χρήσης του συστήματος μεταφοράς για αυτήν τη συναλλαγή. Δεδομένου ότι αυτά τα δικαιώματα μεταφοράς αποτελούν προϊόντα πώλησης σε δημόσια δημοπρασία, τα μέρη έχουν τη δυνατότητα να αποφασίσουν εάν αυτό το πρόσθετο κόστος είναι δικαιολογημένο.

Προβλήματα με τα δικαιώματα φυσικής μεταφοράς

Το παράδειγμα δύο περιοχών δημιουργεί την αίσθηση ότι τα φυσικά δικαιώματα μεταφοράς είναι πιο απλά από ό,τι στην πραγματικότητα. Η πρώτη δυσκολία είναι πρακτική. Η διαδρομή που ακολουθεί η μεταφορά μέσω ενός δικτύου καθορίζεται από φυσικούς νόμους και όχι από τις επιθυμίες των συμμετεχόντων στην αγορά. Το δεύτερο πρόβλημα είναι τα φυσικά δικαιώματα μεταφοράς. Αυτά έχουν τη δυνατότητα να επιδεινώσουν την άσκηση ισχύος στην αγορά από ορισμένους συμμετέχοντες.

Τα φυσικά δικαιώματα μεταφοράς έχουν οριστεί ως αυτά που δίνουν στον κάτοχό τους το δικαίωμα να μεταφέρει μια συγκεκριμένη ποσότητα ισχύος για ορισμένο χρονικό διάστημα μέσω ενός δεδομένου κλάδου του δικτύου μεταφοράς. Αντιμετωπίζοντας τα δικαιώματα φυσικής μεταφοράς όπως άλλα είδη δικαιωμάτων ιδιοκτησίας, δίνει το δικαίωμα στους κατόχους τους να μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν ή ακόμη και να τα πουλήσουν. Μπορούν επίσης να αποφασίσουν ότι θα κρατήσουν το δικαίωμα τους για μεταφορά χωρίς να το διαθέσουν. Η μη χρήση του δικαιώματος φυσικής μεταφοράς, σε μια απόλυτα ανταγωνιστική αγορά, θα ήταν μια παράλογη απόφαση. Από την άλλη πλευρά, εφόσον γίνεται αναφορά σε μια λιγότερο από απόλυτα ανταγωνιστική αγορά, τα φυσικά δικαιώματα μεταφοράς μπορούν να ενισχύσουν την ικανότητα ορισμένων συμμετεχόντων να ασκήσουν ισχύ και έλεγχο στην αγορά.

Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα, έχει προταθεί να επισυναφθεί μια διάταξη στην αγορά τους που να επιβάλλει «χρησιμοποίηση ή απώλεια» στα δικαιώματα φυσικής μεταφοράς. Βάσει αυτής της διάταξης, η χωρητικότητα μεταφοράς που έχει δεσμεύσει ένας συμμετέχων χωρίς να τη χρησιμοποιεί, αποδεδεσμεύεται σε άλλους που επιθυμούν να τη χρησιμοποιήσουν. Από θεωρητικής πλευράς, η προσέγγιση αυτή θα πρέπει να εμποδίζει τους συμμετέχοντες να συσσωρεύουν ικανότητα μεταφοράς ενέργειας με σκοπό την ενίσχυση της ισχύος τους στην αγορά. Στην πράξη, η επιβολή αυτής της προϋπόθεσης είναι δύσκολη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η αχρησιμοποίητη χωρητικότητα μεταφοράς

μπορεί να απελευθερωθεί τόσο αργά, επομένως όλοι οι άλλοι συμμετέχοντες στην αγορά να μην μπορούν να το γνωρίζουν.

4.5 Κεντρικές Συναλλαγές στο δίκτυο μεταφοράς

Οι παραγωγοί και οι καταναλωτές υποβάλλουν τις προσφορές και τις αιτήσεις κατανάλωσης τους σε ένα κεντρικό σύστημα συναλλαγών στον διαχειριστή συστήματος. Αυτός με τη σειρά του ενεργεί επίσης ως διαχειριστής αγοράς. Ο διαχειριστής του συστήματος, ο οποίος πρέπει να είναι ανεξάρτητος από όλα τα άλλα μέρη, επιλέγει τις προσφορές και τις αιτήσεις που εκκαθαρίζουν βέλτιστα την αγορά, τηρώντας παράλληλα τους περιορισμούς που επιβάλλονται από το δίκτυο μεταφοράς. Ο διαχειριστής συστήματος, ως μέρος αυτής της διαδικασίας, καθορίζει επίσης τις τιμές εκκαθάρισης της αγοράς. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από το δίκτυο όπου γίνεται έγχυση ή εξαγωγή ρεύματος λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες και τη συμφόρηση στο δίκτυο μεταφοράς. Η τιμή που πληρώνουν οι καταναλωτές και οι παραγωγοί είναι η ίδια για όλους τους συμμετέχοντες που συνδέονται στο ίδιο δίκτυο. Αυτό δεν συνέβαινε απαραίτητα σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα συναλλαγών. Εκεί οι τιμές καθορίζονται από διμερείς συμβάσεις. Επομένως σε ένα κεντρικό σύστημα συναλλαγών, ο διαχειριστής του συστήματος έχει πολύ πιο ενεργό ρόλο από ό,τι στο διμερές μοντέλο [4]. Η οικονομική απόδοση επιτυγχάνεται μόνο όταν βελτιστοποιηθεί η χρήση του δικτύου μεταφοράς.

4.6 Το πρόβλημα της τιμολόγησης της πραγματικής ισχύος

Η ισχύς σε μια δεδομένη γραμμή σε ένα δίκτυο και οι απώλειες σε αυτήν τη γραμμή, καθορίζονται από την παραγωγή και τα φορτία σε όλα τα διασυνδεδεμένα υπο-δίκτυα σε αυτό. Οι ροές ισχύος κάθε γραμμής καθορίζονται από τους νόμους του Kirchhoff. Επιπλέον αυτές εξαρτώνται από τη διασυνδεδεμένη δομή του δικτύου καθώς και τις φυσικές παραμέτρους (σύνθετες αντιστάσεις).

Γενικά, η λύση των νόμων του Kirchhoff περιλαμβάνει και πραγματικές και άεργες ισχείς. Η απεικόνιση των μεγεθών γίνεται με χρήση μέτρων και φάσεων. Αυτό ονομάζεται ροή AC φορτίου. Η συμπερίληψη μόνο πραγματικών ροών ισχύος, που χρησιμοποιείται στο μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενότητας, αποτελεί μια ειδική περίπτωση (προσέγγιση) που ονομάζεται ροή φορτίου DC.

Ο καθορισμός αναλυτικά των ρευμάτων και των τάσεων σε ένα σύνθετο δίκτυο, το οποίο αποτελείται από πολλά υπο-δίκτυα, είναι ένα σύνθετο πρόβλημα. Αυτό υπόκειται σε ένα σύνολο παραγόντων όπως [4]:

- Αιτήσεις ισχύος από τους καταναλωτές
- Επίπεδα παραγωγής ισχύος από τους παραγωγούς
- Δεσμεύσεις λειτουργίας και παραγωγής των γεννητριών του συστήματος
- Δεσμεύσεις από τις γραμμές μεταφοράς (χωρητικότητα)
- Διακύμανση στο χρόνο
- Ασφάλεια λειτουργίας του δικτύου (μείωση αέργου ισχύος, κάλυψη των ενεργών ποσών ισχύος, αντιστάθμιση, κ.λπ.)
- Συντήρηση – επέκταση δικτύων παραγωγής – διασύνδεσης
- Μελλοντικές καλύψεις

Κατά συνέπεια η διαδικασία τιμολόγησης προς τους τελικούς καταναλωτές δεν περιλαμβάνει μόνο την ισχύ που οι συγκεκριμένοι απαιτούν από το δίκτυο, αλλά συνυπολογίζει και όλους τους προηγούμενους παράγοντες. Η στάθμιση των επιπέδων χρέωσης στους τελικούς καταναλωτές, υπόκειται και σε ένα πλήθος άλλων περιορισμών, όπως είναι το επίπεδο κατανάλωσης, τα συμβόλαια κάλυψης, κ.λπ.

Κατά συνέπεια το πρόβλημα της αναλυτικής τιμολόγησης και επιμέρισης του κόστους δεν αποτελεί ένα πρόβλημα μέτρησης κατανάλωσης ισχύος, αλλά ένα σύνολο από γενικούς παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει επιπρόσθετα να ληφθούν υπόψη.

4.7 Παράδειγμα κεντρικών συναλλαγών σε δίκτυο δύο ζυγών

Γίνεται η ανάλυση για τις επιπτώσεις ενός δικτύου μεταφοράς στο κεντρικό εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιώντας ένα απλό παράδειγμα που αφορά τις πλασματικές χώρες B - Borduria και S - Sylvania. Οι δύο χώρες αποφάσισαν ότι ο δρόμος για την πρόοδο βρίσκεται στην οικονομική συνεργασία. Το κοινό έργο που μελετάται είναι η επαναενεργοποίηση υφιστάμενης ηλεκτρικής διασύνδεσης μεταξύ των δύο εθνικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας. Προτού δεσμευτούν σε αυτό το έργο, οι δύο κυβερνήσεις ζήτησαν μελέτη από έναν ιδιαίτερα αναγνωρισμένο ανεξάρτητο οικονομολόγο, ώστε να μελετήσει την επίδραση που θα είχε αυτή η διασύνδεση στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας τους, και να αξιολογήσει τα οφέλη που θα είχε αυτή η διασύνδεση και για τις δύο χώρες [4].

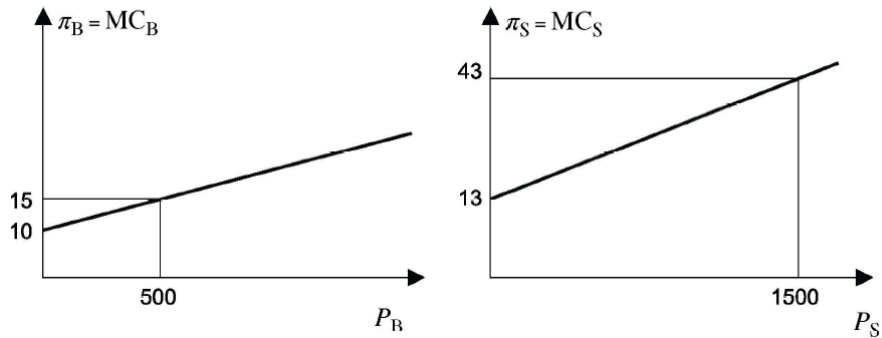
Η μελέτη ξεκινά αναλύοντας τα συστήματα ισχύος και των δύο χωρών. Παρατηρείται ότι και οι δύο χώρες έχουν αναπτύξει κεντρικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές είναι αρκετά ανταγωνιστικές. Η τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε αγορά αντικατοπτρίζει στενά το οριακό κόστος παραγωγής της. Και στις δύο χώρες, η εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής υπερβαίνει τη ζήτηση κατά σημαντικό περιθώριο. Χρησιμοποιώντας ανάλυση παλινδρόμησης, εκτιμάται η συνάρτηση προσφοράς για την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε χώρα. Η συνάρτηση προμήθειας της B είναι:

$$\pi_B = MC_B = 10 + 0.01P_B \quad \text{€/MWh} \quad (\text{Εξ. 34})$$

ενώ για την S έχει την ακόλουθη μορφή:

$$\pi_S = MC_S = 13 + 0.02P_S \quad \text{€/MWh} \quad (\text{Εξ. 35})$$

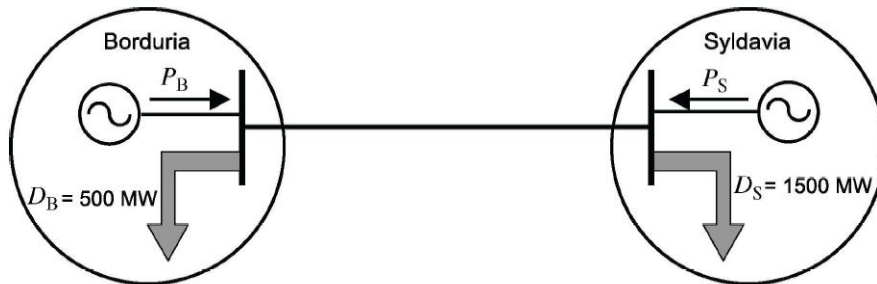
Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει ότι, όπως όλες αυτές οι συναρτήσεις, αυτές οι δύο συναρτήσεις προσφοράς αυξάνονται μονότονα με τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας. Για απλοποίηση του προβλήματος, ας υποθεθεί ότι οι απαιτήσεις στη B και την S χώρα είναι σταθερές και ίσες με 500 και 1500 MW, αντίστοιχα. Ας υποθεθεί επίσης ότι αυτές οι απαιτήσεις έχουν μηδενική ελαστικότητα τιμής. Όταν οι δύο εθνικές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν ανεξάρτητα, οι τιμές έχουν ως εξής:



Σχήμα 24: Συναρτήσεις κόστους για την ενέργεια στις δύο χώρες [4]

$$\begin{aligned} \pi_B = MC_B &= 10 + 0.01 \cdot 500 = 15 \text{ €/MWh} \\ \pi_S = MC_S &= 13 + 0.02 \cdot 1500 = 43 \text{ €/MWh} \end{aligned} \quad (\text{Εξ. 36})$$

Γίνεται επίσης η υπόθεση ότι καμία χώρα δεν διαθέτει διασυνδέσεις με άλλες. Δεδομένου ότι η υποδομή μεταφοράς σε κάθε χώρα είναι αρκετά ισχυρή και πολύ σπάνια επηρεάζει τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, ο μελετητής αποφασίζει ότι το απλό μοντέλο που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα είναι επαρκές για τη μελέτη που πρέπει να εκτελέσει.



Σχήμα 25: Μοντέλο διασύνδεσης για τις δύο χώρες [4]

Μεταφορά χωρίς περιορισμό

Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, η διασύνδεση μεταξύ τους μπορεί να μεταφέρει ισχύ της τάξης των 1600 MW. Εάν κλείσουν όλες οι γεννήτριες στην S, ολόκληρο το φορτίο αυτής της χώρας θα εξακολουθούσε να τροφοδοτείται από τη χώρα B, μέσω της διασύνδεσης. Η χωρητικότητα αυτής της ζεύξης υπερκαλύπτει την ισχύ που θα μπορούσε ενδεχομένως να χρειαστεί να μεταδοθεί.

Οι εξισώσεις κόστους αποδεικνύουν ότι οι τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στη B είναι σημαντικά χαμηλότερες από ό,τι στην S. Οι γεννήτριες της B, θα μπορούσαν επομένως να παρέχουν όχι μόνο την εγχώρια ζήτηση, αλλά και όλη τη ζήτηση της χώρας S. Οπότε θα προέκυπταν:

$$\begin{aligned} P_B &= 2000 \text{ MW} \\ P_S &= 0 \text{ MW} \end{aligned} \quad (\text{Εξ. 37})$$

Με αντικατάσταση των τιμών στις συναρτήσεις οριακού κόστους, διαπιστώνεται ότι το οριακό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στα δύο συστήματα, λαμβάνει τις τιμές:

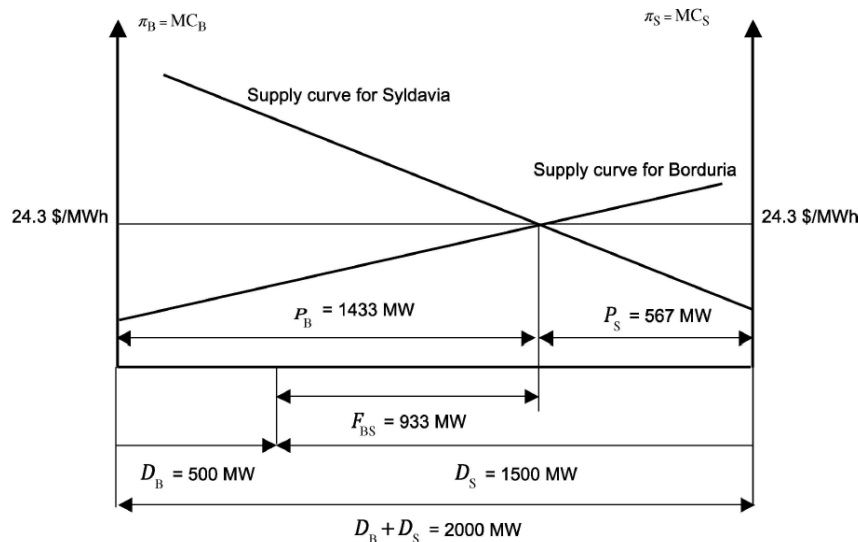
$$M_{CB}=30 \text{ €/MWh}$$

$$M_{CS}=13 \text{ €/MWh}$$

(Εξ. 38)

Αυτή η κατάσταση είναι προφανώς δεν είναι αποδεκτή. Σε αυτήν την περίπτωση οι γεννήτριες της B θα απαιτούσαν 30 €/MWh, ενώ οι γεννήτριες της S θα μπορούσαν να πουλήσουν ενέργεια μόλις με 13 €/MWh. Επομένως, οι γεννήτριες της B δεν είναι σε θέση να κατακτήσουν ολόκληρη την αγορά, επειδή θα λάμβανε χώρα μια διαδικασία εξίσωσης των τιμών. Με άλλα λόγια, η διασύνδεση αναγκάζει τις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και στις δύο χώρες να λειτουργούν ως ενιαία αγορά, όπου η ίδια τιμή ισχύει για την ενέργεια που καταναλώνεται και στις δύο χώρες:

Το σχήμα που ακολουθεί προσφέρει μια γραφική αναπαράσταση της λειτουργίας αυτής της ενιαίας αγοράς.



Σχήμα 26: Γραφική αναπαράσταση του συνδυασμού παραγωγής ισχύος [4]

Οι παραγωγές των γεννητριών της B και της S σχεδιάζονται αντίστοιχα από αριστερά προς τα δεξιά και από δεξιά προς τα αριστερά. Οι δύο κάθετοι άξονες χωρίζονται από το συνολικό φορτίο στο σύστημα. Επομένως οποιοδήποτε σημείο στον οριζόντιο άξονα αντιπροσωπεύει μια εφικτή κατανομή αυτού του φορτίου μεταξύ των γεννητριών στις δύο χώρες. Το διάγραμμα παριστά επίσης τις καμπύλες προσφοράς των δύο εθνικών αγορών. Οι τιμές στις B και S μετρούνται στον αριστερό και στον δεξιό άξονα, αντίστοιχα.

4.8 Παράδειγμα κεντρικών συναλλαγών σε δίκτυο τριών ζυγών

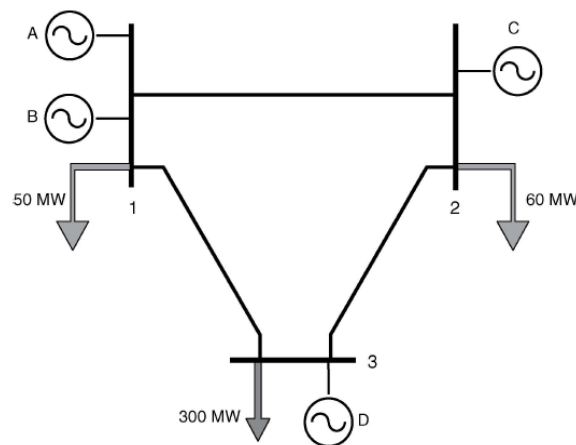
Στις προηγούμενες ενότητες αναλύθηκαν συστήματα στο πλαίσιο διμερών συναλλαγών. Σε αυτά δεν χρειαζόταν να ληφθούν υπόψη πληροφορίες σχετικά με την τιμή χρέωσης κάθε μονάδας ενέργειας ή το συνολικό κόστος παραγωγής. Αυτό οφείλεται στο ότι αυτά τα δεδομένα παραμένουν ιδιωτικά για τα μέρη που εμπλέκονται σε κάθε διμερή συναλλαγή. Οι παραγωγοί και οι καταναλωτές από την άλλη πλευρά, σε ένα κεντρικό σύστημα

συναλλαγών, υποβάλλουν τις αιτήσεις κατανάλωσης και τις προσφορές παραγωγής, στον διαχειριστή συστήματος. Αυτός με τη σειρά του χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να βελτιστοποιήσει τη λειτουργία του συστήματος. Αυτά τα δεδομένα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί [4].

Πίνακας 2: Δεδομένα λειτουργίας για σχήμα 3 ζυγών κάλυψης φορτίου

Generator	Capacity (MW)	Marginal cost (\$/MWh)
A	140	7.5
B	285	6
C	90	14
D	85	10

Ας υποθεθεί επίσης ότι, εφόσον η αγορά είναι απόλυτα ανταγωνιστική, οι προσφορές των παραγωγών είναι ίσες με το οριακό τους κόστος. Για λόγους απλότητας, το οριακό κόστος κάθε γεννήτριας θεωρείται σταθερό σε σχέση με την παραγωγική της ικανότητα και η πλευρά της ζήτησης αντιπροσωπεύεται από τα σταθερά φορτία που φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 27: Σύστημα τριών ζυγών [4]

Αγνοώντας τους περιορισμούς που μπορεί να επιβάλλει το δίκτυο, το συνολικό φορτίο των 410 MW θα πρέπει να αποστέλλεται αποκλειστικά με βάση τις προσφορές ή το οριακό κόστος των παραγωγών. Αυτό θα πρέπει να γίνεται με τρόπο που ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος κάλυψης της ζήτησης. Έχει υποθεθεί επίσης ότι αυτές οι γεννήτριες έχουν σταθερό οριακό κόστος σε όλο το εύρος λειτουργίας τους. Επίσης έχει υποθεθεί ότι η ζήτηση δεν είναι ευαίσθητη στην τιμή. Κατά συνέπεια αυτή η αποστολή είναι εύκολο να υπολογιστεί: οι γεννήτριες ταξινομούνται κατά σειρά αυξανόμενου οριακού κόστους και φορτίζονται μέχρι τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ τους (χωρητικότητα), ως ότου να ικανοποιηθεί το φορτίο. Οπότε έτσι προκύπτει:

$$P_A = 125 \text{ MW}$$

$$P_B = 285 \text{ MW}$$

$$\begin{aligned}
 P_C &= 0 \text{ MW} \\
 P_D &= 0 \text{ MW}
 \end{aligned}
 \tag{Εξ. 39}$$

Το συνολικό κόστος για την εξυπηρέτηση όλων των απαιτήσεων φορτίου είναι:

$$C_{ED} = MC_A \cdot P_A + MC_B \cdot P_B = 2647.50 \text{ €/h}
 \tag{Εξ. 40}$$

Επίσης πρέπει να ελεγχθεί κατά πόσον αυτή η αποστολή θα είχε ως αποτέλεσμα μία ή περισσότερες ροές να υπερβούν τη χωρητικότητα μιας γραμμής. Σε ένα δίκτυο μεγάλης κλίμακας, θα έπρεπε να υπολογιστούν οι ροές διακλάδωσης χρησιμοποιώντας ένα πρόγραμμα ροής ισχύος. Για το απλό σύστημα του παραδείγματος, μπορεί να υλοποιηθεί αυτός ο υπολογισμός με το χέρι και να αποκτηθεί μια πιο διαισθητική κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ρέει η ισχύς μέσω του δικτύου. Δεδομένων των υποτιθέμενων κατευθύνσεων ροής, μπορεί να γραφεί η εξίσωση ισοζυγίου ισχύος σε κάθε δίαυλο ή κόμβο:

$$\begin{aligned}
 \text{Node1} : F_{12} + F_{13} &= 360 \\
 \text{Node2} : F_{12} - F_{23} &= 60 \\
 \text{Node3} : F_{13} + F_{23} &= 300
 \end{aligned}
 \tag{Εξ. 41}$$

Σε αυτήν την περίπτωση, προκύπτουν τρεις εξισώσεις με τρεις άγνωστους. Οι εξισώσεις εξαρτώνται γραμμικά, επειδή το ισοζύγιο ισχύος ισχύει επίσης για το σύστημα ως σύνολο. Μία από αυτές τις εξισώσεις μπορεί να εξαλειφθεί χωρίς απώλεια πληροφοριών, οπότε προκύπτουν δύο εξισώσεις με τρεις άγνωστους. Αυτό δεν προκαλεί έκπληξη, γιατί δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι σύνθετες αντιστάσεις των κλάδων.

4.9 Συμπεράσματα

Στο παρόν κεφάλαιο μελετήθηκαν αναλυτικά τα επαγόμενα κόστη για τη διασύνδεση και συμμετοχή στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κόστη διασύνδεσης δεν αφορούν μόνο στην απαίτηση διασύνδεσης, αλλά και στις νέες ανάγκες που δημιουργούνται για την περαιτέρω ενίσχυση της λειτουργίας των υφιστάμενων δικτύων (πλήρες κόστος). Τα τελευταία θα πρέπει να επιμεριστούν με όσο το δυνατό δικαιότερο τρόπο, σε όλους τους καταναλωτές του δικτύου.

Στα παραπάνω κόστη θα πρέπει να προστεθούν και αυτά που προκύπτουν για τη συντήρηση, επισκευή, ανανέωση, και λειτουργία των δικτύων ηλεκτρικής ισχύος. Είναι σαφές, ότι για να προκύψει μία νέα και ισορροπημένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με το μοντέλο της τιμής άμεσης απόδοσης, οι κοστολογήσεις θα πρέπει να δίνουν σαφή μηνύματα στους τελικούς καταναλωτές. Τα μηνύματα αυτά θα οδηγήσουν τους καταναλωτές, σε λήψεις αποφάσεων και δυναμικών αλλαγών, ως προς τον τρόπο χρήσης των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (προφίλ κατανάλωσης).

Στα ανωτέρω κόστη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η αναγκαιότητα για τη συνεχή παρακολούθηση της λειτουργίας των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων. Το πρόβλημα διατήρησης της συχνότητας λειτουργίας και η διατήρηση των επιπέδων της τάσεως συνολικά στο δίκτυο αποτελούν σύνθετα προβλήματα, τα οποία απαιτούν χρήση σημαντικού μέρους διατάξεων και συστημάτων αυτομάτου ελέγχου. Οι επιπλέον διακόπτες, αποζεύκτες, μετασχηματιστές, τα κυκλώματα

αντιστάθμισης, κ.λπ., συνεπάγονται ένα σημαντικό κόστος, το οποίο επίσης θα πρέπει να επιμεριστεί με δίκαιο τρόπο στους τελικούς καταναλωτές. Οι περιορισμοί της ίδιας της λειτουργίας του δικτύου επίσης συνθέτουν ένα σημαντικό πρόβλημα επέκτασης και επανασχεδιασμού τμημάτων του, με σημαντικό οικονομικό κόστος.

Οι συναλλαγές μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών επηρεάζονται σημαντικά με βάση το μοντέλο της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Θεωρητικά το μοντέλο επιτρέπει ανάπτυξη αποκλειστικά διμερών σχέσεων. Το τελευταίο επηρεάζεται σημαντικά από τον ρόλο και τη λειτουργία του διαχειριστή του συστήματος. Το πρόβλημα επίσης της πραγματικής τιμολόγησης της ισχύος είναι ένα σύνθετο (μεγάλης κλίμακας υπολογισμών) πρόβλημα. Οι τελικοί καταναλωτές ενδιαφέρονται για να τιμολογηθούν με βάση την πραγματική ισχύ την οποία κατανάλωσαν, και όχι με επιπλέον ποσά που οφείλονται σε άεργα ποσά ισχύος.

Τα μαθηματικά μοντέλα για την επίτευξη οριακού κόστους σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας με πολλά υπο-δίκτυα και ζυγούς παραγωγής - διανομής, καταλήγουν στο συμπέρασμα, ότι το συνολικό σύστημα θα πρέπει να μπορεί να προσδώσει κοινή οριακή τιμή σε όλους τους συμμετέχοντες παραγωγούς (σε εθνικά ή ακόμη και διεθνή γεωγραφικά όρια).

5

Το Ευρωπαϊκό Μοντέλο της Ενεργειακής Αγοράς -

Μοντέλο Στόχος (Target Model) και οι ευρωπαϊκοί στόχοι

5.1 Η ασφάλεια του εφοδιασμού

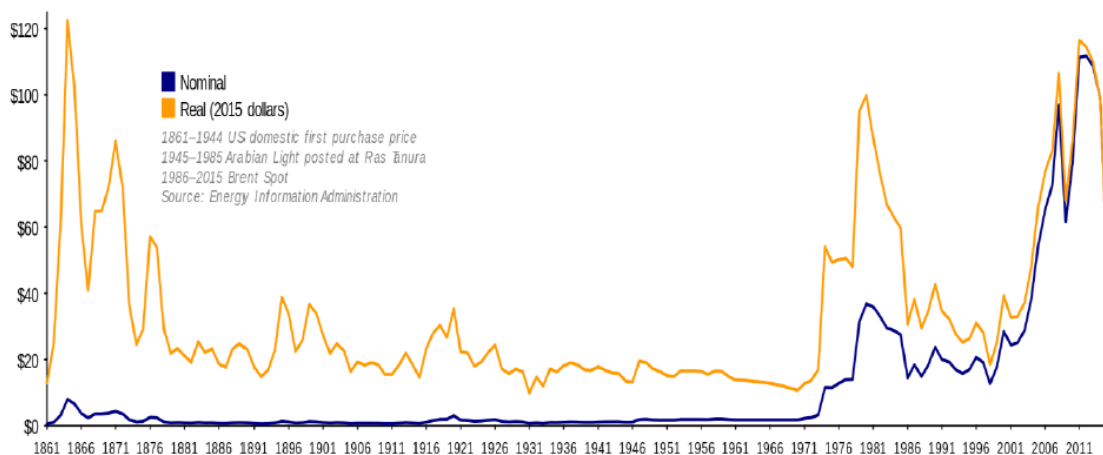
Ο ορισμός της ενεργειακής ασφάλειας απαιτεί τη σύνδεση των εννοιών της «εθνικής ασφάλειας» και της «διαθεσιμότητας φυσικών πόρων» για κατανάλωση ενέργειας. Η πρόσβαση σε φθηνή ενέργεια έχει καταστεί απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία των σύγχρονων οικονομιών. Όμως, η άνιση κατανομή του ενεργειακού εφοδιασμού μεταξύ των χωρών έχει οδηγήσει σε σημαντικές επιπτώσεις. Οι διεθνείς ενεργειακές σχέσεις έχουν συμβάλει στην παγκοσμιοποίηση. Αυτή με τη σειρά της οδηγεί τόσο σε ενεργειακή ασφάλεια, όσο και σε ενεργειακή ευπάθεια ταυτόχρονα [8].

Ο σύγχρονος κόσμος βασίζεται σε μια τεράστια προσφορά ενέργειας για να τροφοδοτεί τα πάντα, από τις μεταφορές, τις επικοινωνίες, μέχρι τα συστήματα παροχής ασφάλειας και υγείας. Κατά την άποψη του Michael Ruppert, για κάθε θερμίδα τροφής που παράγεται στον βιομηχανικό κόσμο, απαιτούνται δέκα θερμίδες ενέργειας από πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Αυτές επενδύονται σε μορφές λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, συσκευασίας, μεταφοράς και λειτουργίας αγροτικού εξοπλισμού. Η ενέργεια διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εθνική ασφάλεια κάθε δεδομένης χώρας, αποτελώντας το καύσιμο για την τροφοδοσία της οικονομικής μηχανής. Ορισμένοι τομείς βασίζονται στην ενέργεια

περισσότερο από άλλους. Για παράδειγμα, το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α. βασίζεται στο πετρέλαιο για περίπου το 77% των ενεργειακών του αναγκών. Οι απειλές για την ενεργειακή ασφάλεια περιλαμβάνουν: (α) την πολιτική αστάθεια πολλών χωρών παραγωγής ενέργειας, (β) τη χειραγώγηση του ενεργειακού εφοδιασμού, (γ) τον ανταγωνισμό για πηγές ενέργειας, (δ) τις επιθέσεις σε υποδομές εφοδιασμού, καθώς και (ε) ατυχήματα, φυσικές καταστροφές, τρομοκρατία και εξάρτηση από ξένες χώρες.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) θεωρεί ως μία σημαντική προϋπόθεση, για την ανάπτυξη μίας ολοκληρωμένης Αγοράς Ενέργειας, την ικανότητα διασφάλισης παροχής ενέργειας μέσω πλαισίων μίας ενιαίας Αγοράς ανταγωνισμού. Η ενοποιημένη αγορά δεν θα επιτρέπει διακρίσεις για την πρόσβαση στα δίκτυα ενέργειας, θα διασφαλίζει την πρόσβαση στις ενεργειακές πηγές και διαδρομές, επιλύοντας με οργανωμένο τρόπο τα προβλήματα και τις διαταραχές που μπορούν να προκύψουν κατά την καθημερινή λειτουργία. Η ασφάλεια του εφοδιασμού ενέργειας, αποτελεί ένα σημαντικό στρατηγικό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επιλύοντας το πρόβλημα της ενεργειακής εξάρτησης των χωρών – μελών της Ευρώπης.

Η οικονομία βασίζεται κατά σημαντικό ποσοστό στις αγορές πετρελαίου καθώς και ορυκτών καυσίμων. Διακυμάνσεις των τιμών τους, καθώς και εμπορικοί αποκλεισμοί (εμπάργκο), εμφανίζουν άμεση επίδραση στις λειτουργίες και τις τιμές που διαμορφώνονται από τις Ευρωπαϊκές αγορές. Πιο συγκεκριμένα το εμπάργκο στις χώρες του ΟΠΕΚ κατά το 1973 συνετέλεσε σε σημαντική αύξηση των τιμών του πετρελαίου, καθώς και των παραγώγων αυτού, από 2.5 σε 12 δολάρια το βαρέλι. Η επίδραση αυτής της μεταβολής των τιμών, ήταν πολύ σημαντική, καταδεικνύοντας το πρόβλημα της ενεργειακής εξάρτησης από τις πηγές υδρογονανθράκων τόσο για την παραγωγή ενέργειας, όσο και για τη λειτουργία της ίδιας της βιομηχανίας παραγωγής νέων προϊόντων.



Σχήμα 28: Γράφημα των τιμών διακύμανσης του πετρελαίου για το χρονικό διάστημα 1861 – 2015 (η γραμμή με το πορτοκαλί χρώμα είναι προσαρμοσμένη λαμβάνοντας υπόψη τον πληθωρισμό)

[8]

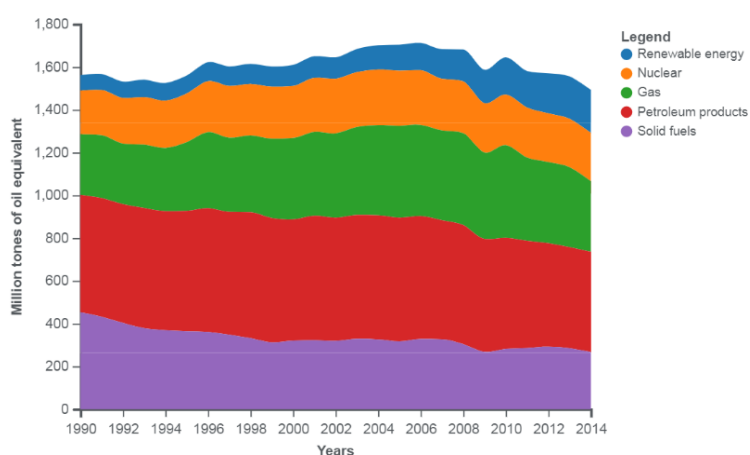
Το κραχ που προέκυψε το 1973, μετά την αύξηση των τιμών του πετρελαίου, είχε σημαντικές επιδράσεις, στην παγκόσμια οικονομία, συντείνοντας στην εμφάνιση του κραχ και στα χρηματιστήρια για την περίοδο 1973 – 1974.

Τα ιστορικά αυτά μαθήματα από τις τιμές διακύμανσης του πετρελαίου, έδωσαν μία νέα κατευθυντήρια γραμμή για απεξάρτηση των οικονομιών ή για τη συγκράτησή τους στην άμεση χρήση πετρελαίου, ως πηγή παραγωγής ενέργειας. Στις αρχές της ίδιας χρονιάς συστήθηκε ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (International Energy Agency – IEA). Αυτή η σύσταση είχε ως στόχο την αντιμετώπιση της κρίσης. Η ανάληψη πρωτοβουλιών από τον οργανισμό απέτυχε στην πράξη, δεδομένης της έλλειψης κοινής και ευθυγραμμισμένης πολιτικής και στόχων. Οι χώρες – κράτη μέλη, έδρασαν σπασμωδικά και σε εθνικά επίπεδα, προσπαθώντας να διασφαλίσουν καλύτερη πρόσβαση στις αγορές (πόρους ενέργειας), ανάλογα με τις συνθήκες στις οποίες βρίσκονταν (π.χ. η Ολλανδία εκείνη την περίοδο ήταν σε πολύ καλύτερη θέση, λόγω της χρήσεως φυσικού αερίου ως πηγή ενέργειας, σε σχέση με τις οικονομίες της Μεγάλης Βρετανίας και της Γαλλίας).

Το 1974, οι χώρες κράτη μέλη της Ε.Ε. σε μία κοινή προσπάθεια, υιοθέτησαν μία νέα στρατηγική (New Strategy), η οποία είχε ως στόχο τον εξορθολογισμό στη χρήση ενέργειας και την αξιοποίηση των εγχώριων πόρων που διέθετε κάθε κράτος για την κάλυψη των γενικότερων ενεργειακών αναγκών του. Αυτό συνεπαγόταν τη χρηματοδότηση προγραμμάτων έρευνας προς αυτήν την κατεύθυνση αλλά και την υιοθέτηση και χρήση της πυρηνικής ενέργειας, την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και την εισαγωγή των Α.Π.Ε. Επιπλέον δόθηκαν συγκεκριμένες οδηγίες – κατευθύνσεις προς τα κράτη μέλη, για την αποθήκευση ενέργειας. Η αποθήκευση αφορούσε σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, με στόχο να περιορίσει το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο ως καύσιμα τους.

Οι Ρώσο-ουκρανικές κρίσεις του 2006, του 2009, του 2014 και ο πόλεμος του 2022 έδωσαν μία επιπλέον επίφαση στην προσπάθεια επίλυσης των ενεργειακών εξαρτήσεων της Ε.Ε. από τα ορυκτά καύσιμα. Στο χρονικό διάστημα αυτό, οι ενεργειακές ανάγκες της Ε.Ε. είχαν επιπλέον αυξηθεί, δημιουργώντας πρόβλημα στην αναζήτηση πηγών εφοδιασμού. Επομένως, η προσπάθεια για ενεργειακή εναρμόνιση των κρατών μελών της Ε.Ε. καθώς και της ενεργειακής απεξάρτησης, έχει καταστεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό θέμα στα τελευταία χρονικά διαστήματα.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας από καύσιμα, έφτασε στο ανώτατο όριο το 2006 και μειώθηκε κατά 12% από τότε:



Σχήμα 29: Επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας από διαφορετικές πηγές καυσίμων [26]

5.2 Ανάπτυξη της εσωτερικής ευρωπαϊκής αγοράς

Η δεκαετία του 1970 σηματοδοτήθηκε από ένα πλήθος σημαντικών γεγονότων που επηρέασαν καθοριστικά τη λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως [8]:

- Λήξη του Διεθνούς Νομισματικού Συστήματος (Bretton Woods)
- Αποτυχία στην απόπειρα Νομισματικής Ενοποίησης,
- Πετρελαϊκή Κρίση

Το Μάιο του 1980 έγινε το πρώτο βήμα στον καθορισμό μίας πολιτικής κατεύθυνσης με την ανακοίνωση για την ανάπτυξη μίας ενιαίας ενεργειακής στρατηγικής. Η ανακοίνωση έθεσε τις κατευθύνσεις και τα σημεία προτεραιότητας για την ανάπτυξη δράσεων, που αφορούσαν στους παρακάτω τομείς:

- Ενθάρρυνση επενδύσεων στον χώρο τη παραγωγής ενέργειας
- Βελτίωση διαφάνειας
- Εφαρμογή μηχανισμών για τον έλεγχο και τον περιορισμό της ενεργειακής αστάθειας
- Ανάπτυξη και εξέλιξη της ενεργειακής τεχνολογίας

Τον Ιούλιο του 1985, η Ευρωπαϊκή επιτροπή κάνει ένα ακόμη βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση, με την έκδοση της Λευκής Βίβλου. Στόχος ήταν η ολοκλήρωση της ευρωπαϊκής αγοράς. Το έγγραφο περιλάμβανε 279 μέτρα. Τα μέτρα είχαν ως στόχο την προώθηση της εγκαθίδρυσης μίας Ενιαίας Αγοράς. Η ενιαία ευρωπαϊκή πράξη που εκδόθηκε το 1986, τέθηκε σε ισχύ την 1^η Ιουλίου του 1987. Αυτή αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης δράσης. Θα πρέπει να σημειωθεί, ότι η Λευκή Βίβλος παρά την πληθώρα δράσεων και κατευθύνσεων δεν περιλάμβανε σε αυτήν μέτρα και κατευθύνσεις προς την ενέργεια. Το κείμενο της Λευκής Βίβλου συμπληρώθηκε με ειδική προσθήκη προς την κατεύθυνση αυτή, διαμορφώνοντας πλαίσια προς την δημιουργία μίας ενιαίας ενεργειακής αγοράς. Εμπόδιο στην προσπάθεια ολοκλήρωσης, αποτελούσαν τα ενεργειακά εθνικά μονοπώλια της δεκαετίας του 1980, τα οποία θα έπρεπε να κατασταλούν και να επιτρέψουν ιδιωτικοποίηση στον χώρο παραγωγής ενέργειας. Η Μεγάλη Βρετανία έδωσε μία σημαντική ώθηση προς την κατεύθυνση αυτή, με την ιδιωτικοποίηση σημαντικών τμημάτων της εθνικής παραγωγής ενέργειας στην επικράτεια της. Σε αυτήν την προσπάθεια ακολούθησαν και άλλες χώρες όπως, η Ολλανδία (1989), η Σκωτία και η Νορβηγία (1991), η Φινλανδία, η Ισπανία και η Σουηδία. Η προσπάθεια αυτή επικροτήθηκε από την Ε.Ε. με την οδηγία 96/92.

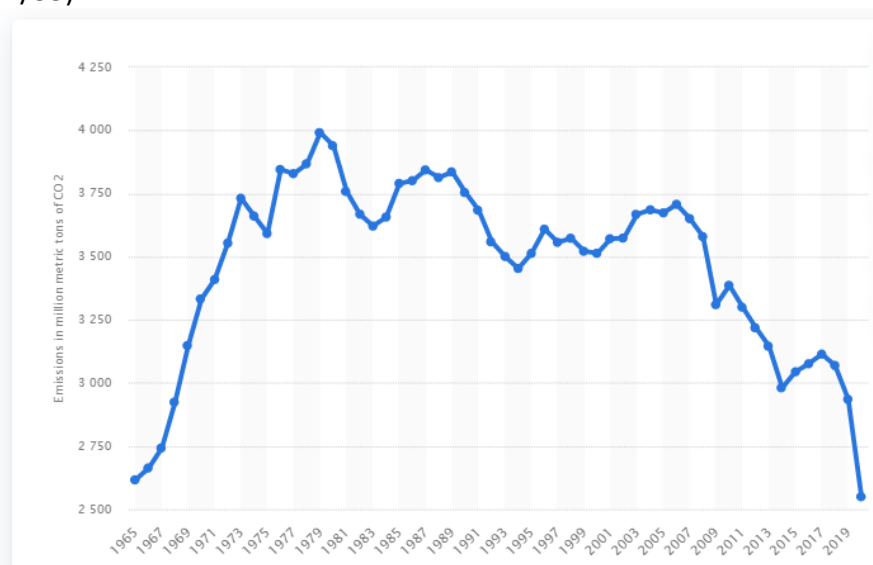
Η παρούσα οδηγία στοχεύει στη δημιουργία κοινών κανόνων. Οι κοινοί κανόνες αφορούν στην παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Η οδηγία ορίζει επίσης τους κανόνες σχετικά με τα ακόλουθα ζητήματα:

- την οργάνωση και λειτουργία του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας,
- την πρόσβαση στην αγορά.
- τα κριτήρια και τις διαδικασίες που ισχύουν για τις προσκλήσεις υποβολής προσφορών
- τη χορήγηση αδειών καθώς και την εκμετάλλευση των δικτύων.

Τα κράτη μέλη μπορούν να επιλέγουν για την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταξύ της διαδικασίας χορήγησης αδείας ή/και ενός συστήματος πρόσκλησης υποβολής προσφορών. Οι άδειες χορηγούνται και οι προσκλήσεις υποβολής προσφορών πραγματοποιούνται σύμφωνα με αντικειμενικά διαφανή και αμερόληπτα κριτήρια.

5.3 Η ανάγκη για μείωση των εκπομπών του διοξειδίου

Η παραγωγή ενέργειας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επίδρασή της στο περιβάλλον. Αυτό αφορά στις εκπομπές ρύπων, καθώς και στις κλιματολογικές μεταβολές του πλανήτη. Στόχος είναι η άμεση προστασία του περιβάλλοντος, καθώς και η όσο το δυνατό μεγαλύτερη απομείωση εκπομπής ρύπων κατά τη διαδικασία παραγωγής ενέργειας (οδηγία 2004/35).



Σχήμα 30: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην Ε.Ε. για το χρονικό διάστημα 1965 – 2020 (οι τιμές είναι σε εκατομμύρια τόνους) [26]

Το πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο επικυρώθηκε την 11^η Δεκεμβρίου του 1997, όρισε τα πλαίσια δράσης για την απομείωση των εκπομπών αερίων ρύπων (διοξειδίου του άνθρακα), οι οποίες έχουν άμεσες περιβαλλοντολογικές επιδράσεις στα φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, έθεσε τα νομικά πλαίσια δράσης, μέσω ανάληψης υποχρεώσεων των παραγωγών ενέργειας. Από τον Φεβρουάριο του 2005 το παραπάνω πρωτόκολλο τέθηκε σε ισχύ. Το πρωτόκολλο ορίζει τις οριακές τιμές εκπομπών αερίων ρύπων. Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει τρεις μηχανισμούς, για αυτό [8]:

- Την εμπορία των δικαιωμάτων εκπομπών ρύπων
- Τα προγράμματα κοινής εφαρμογής
- Και τον Μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης

Στόχος των κατευθύνσεων ήταν, η διοχέτευση των επενδύσεων παραγωγής ενέργειας στη διαφορετική επιλογή τεχνολογιών παραγωγής. Η βάση για το σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών ρύπων, είναι η οδηγία 2003/87. Οι δημοπρασίες ρύπων πραγματοποιούνται στην κοινή πλατφόρμα του Ευρωπαϊκού Χρηματιστηρίου Ενέργειας (E.E.X.). Για την Ελλάδα η εταιρεία «Διαχειριστής ΑΠΕ & Εγγυήσεων Προέλευσης - ΔΑΠΕΕΠ(

πρώην ΛΑΓΗΕ)» ανέλαβε τα δικαιώματα του εκπλειστηριαστή για τους εθνικά παραγόμενους ρύπους, ως εκπρόσωπος του Ελληνικού Κράτους. Στις 14 Μαρτίου του 2018 η οδηγία 2018/410, τροποποιεί την οδηγία 2003/87, και παρέχει τη νέα νομική βάση του συστήματος Εμπορίας Εκπομπών της Ε.Ε.

Η κλιματική αλλαγή όπως παρουσιάζεται στη συμφωνία των Παρισίων, περιλαμβάνει επίσης ένα σχέδιο δράσης. Αυτό έχει ως στόχο να συγκρατηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κάτω από 2°C.

Η κλιματική αλλαγή στην Ευρώπη οδήγησε σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1.9°C (2019) στην Ε.Ε., συγκρινόμενη με την αντίστοιχη τιμή στο προβιομηχανικό επίπεδο. Η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας, σύμφωνα με διεθνείς ειδικούς για το κλίμα, δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 2°C. Στόχος είναι να αποφευχθούν οι πιο επικίνδυνες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, χωρίς μείωση των εκπομπών CO₂ που θα μπορούσε να συμβεί πριν από το 2050. Η μείωση των εκπομπών απαιτεί την ανάπτυξη και την εφαρμογή νέων λύσεων ενεργειακής τεχνολογίας. Η τεχνολογική επανάσταση έχει ήδη ξεκινήσει στην Ευρώπη, αφού οι αγορές για την τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αυξάνονται ετησίως.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε στις 30 Νοεμβρίου του 2016, μία δέσμη μέτρων για Καθαρή Ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους. Για κάθε μία από τις 8 πράξεις, η διαδικασία έγκρισης παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 3: Νομοθετική Διαδικασία της οδηγίας «Καθαρή Ενέργεια για όλους τους Ευρωπαίους»

	European Commission Proposal	EU Inter-institutional Negotiations	European Parliament Adoption	Council Adoption	Official Journal Publication
Energy Performance in Buildings	30/11/2016	Political Agreement	17/04/2018	14/05/2018	19/06/2018 - Directive (EU) 2018/844
Renewable Energy	30/11/2016	Political Agreement	13/11/2018	04/12/2008	21/12/2018 - Directive (EU) 2018/2001
Energy Efficiency	30/11/2016	Political Agreement	13/11/2018	04/12/2018	21/12/2018 - Directive (EU) 2018/2002
Governance of the Energy Union	30/11/2016	Political Agreement	13/11/2018	04/12/2018	21/12/2018 - Regulation (EU) 2018/1999
Electricity Regulation	30/11/2016	Political Agreement	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Regulation (EU) 2019/943
Electricity Directive	30/11/2016	Political Agreement	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Directive (EU) 2019/944
Risk Preparedness	30/11/2016	Political Agreement	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Regulation (EU) 2019/941
ACER	30/11/2016	Political Agreement	26/03/2019	22/05/2019	14/06/2019 - Regulation (EU) 2019/942

Στόχος της οδηγίας είναι, η επικαιροποίηση του σχεδιασμού της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας της Ε.Ε. Οι Α.Π.Ε. αναμένεται να αυξήσουν τα ποσοστά συμβολής τους από 25% σε τιμές μεγαλύτερες του 50% έως το 2030.

Με βάση τον κανονισμό 2018/1999 από τις 31 Δεκεμβρίου 2019, «κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε. πρέπει να υποβάλλει ενοποιημένο εθνικό σχέδιο για την ενέργεια και το κλίμα». Το σχέδιο θα πρέπει να ενημερώνεται ανά δεκαετία. Οι δράσεις στοχεύουν σε μία ενιαία ολοκλήρωση μέχρι το 2050.

5.4 Η ενεργειακή σύζευξη των κρατών μελών της Ε.Ε.

Στόχος της Ε.Ε. είναι η ενοποίηση των ενεργειακών αγορών καθώς και η απρόσκοπτη προσφορά ενέργειας σε όλα τα μέλη κράτη και τους πολίτες της. Στον κανονισμό 2015/1222, αναφέρεται ότι η σύζευξη της αγοράς στοχεύει στην ενοποίηση της, μέσω αγοραπωλησιών ενέργειας στα Ευρωπαϊκά χρηματιστήρια ενέργειας. Η αγορά εκτείνεται σε διασυνοριακό – εθνικό επίπεδο, με βέλτιστο οικονομικά τρόπο. Η δημιουργία μίας ενοποιημένης ενεργειακής αγοράς θα παρέχει από όλους τους συνεργαζόμενους, πηγές ενέργειας διαφορετικών τεχνολογιών, με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος παραγωγής, μεγιστοποιώντας με τον τρόπο αυτό τα αποκομιζόμενα οφέλη για όλους τους συμμετέχοντες στην ενιαία χρηματιστηριακή αγορά ενέργειας [8].

Οι αγορές θα κινούνται στα πλαίσια βελτιστοποίησης και ικανοποίησης της ζήτησης ενέργειας, τόσο σε ημερήσιο επίπεδο, καθώς και σε ενδοημερήσια επίπεδα αγοράς - πώλησης ενέργειας. Αναλυτικά, ο κανονισμός προβλέπει ότι θα πρέπει να καθιερωθεί ένα κοινό μοντέλο δικτύου. Το κοινό αυτό μοντέλο πρέπει να αποτυπώνει το ευρωπαϊκό διασυνδεδεμένο σύστημα. Στόχος είναι ο συντονισμένος υπολογισμός της διαζωνικής δυναμικότητας από τους Διαχειριστές Συστήματος Μεταφοράς (ΔΣΜ).

Επίσης, στο σημείο 4 του προοιμίου του κανονισμού, διασαφηνίζεται ότι η διαθέσιμη δυναμικότητα υπολογίζεται κατά κανόνα σύμφωνα με την αποκαλούμενη προσέγγιση με βάση τη ροή. Η ροή της ενέργειας μπορεί να γίνεται από διαφορετικά διασυνδεδεμένα δίκτυα και κατευθύνσεις. Οι υπολογισμοί των ροών θα γίνονται με τη χρήση επικαιροποιημένων αλγορίθμων, οι οποίοι θα αναπτύσσονται και μεταβάλλονται (τροποποιούνται) καθώς εξελίσσονται στην πορεία του χρόνου. Οι αλγόριθμοι αυτοί είναι:

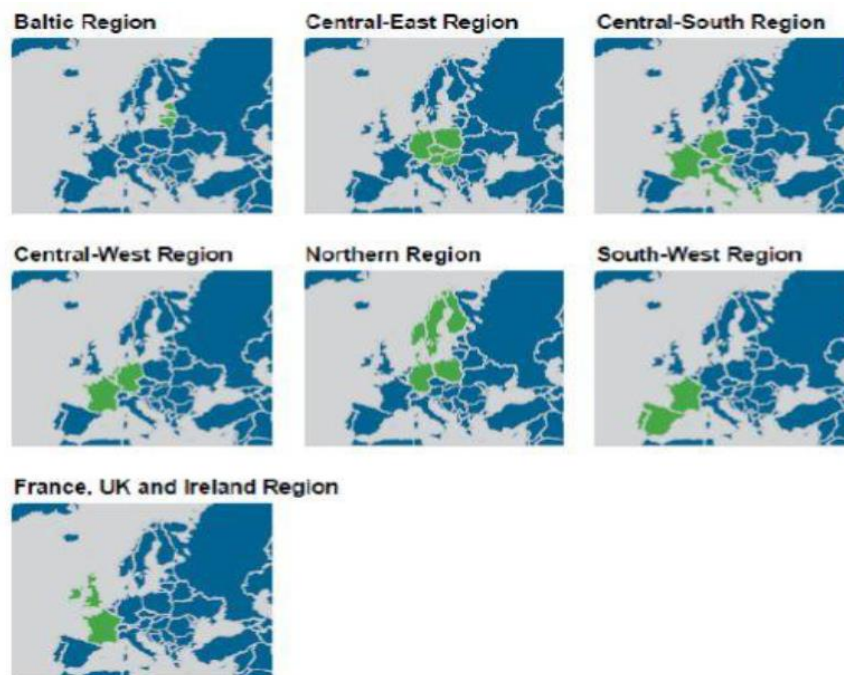
- Ο Αλγόριθμος σύζευξης τιμών (Price Coupling Algorithm)
- Ο Αλγόριθμος Αντιστοίχισης Συνεχούς Συναλλαγής (Continuous Trading Matching Algorithm)

Στα βασικά επιτεύγματα του έργου PCR συγκαταλέγεται η ανάπτυξη του αλγόριθμου σύζευξης ενιαίας τιμής. Αυτός είναι κοινώς γνωστός ως EURHEMIA (ακρωνύμιο για τον πανευρωπαϊκό αλγόριθμο ολοκλήρωσης της υβριδικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας). Το EURHEMIA από το Φεβρουάριο του 2014, χρησιμοποιείται σταδιακά για τον υπολογισμό της κατανομής ενέργειας και τη διαμόρφωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ευρώπη. Αυτό επιτυγχάνεται μεγιστοποιώντας το συνολικό όφελος με αύξηση της διαφάνειας για τον υπολογισμό των τιμών και των ροών.

Οι αλγόριθμοι αντιστοίχισης αποφασίζουν την αποτελεσματικότητα και την ευρωστία του συστήματος αντιστοίχισης παραγγελιών. Υπάρχουν δύο καταστάσεις για μια αγορά: η συνεχής διαπραγμάτευση όπου οι εντολές αντιστοιχίζονται αμέσως ή η δημοπρασία όπου η αντιστοίχιση γίνεται σε σταθερά διαστήματα. Ένα συνηθισμένο παράδειγμα όταν

χρησιμοποιείται ένα σύστημα αντιστοίχισης σε κατάσταση δημοπρασίας, είναι η ανοιχτή αγορά όταν έχει συσσωρευτεί ένας αριθμός παραγγελιών.

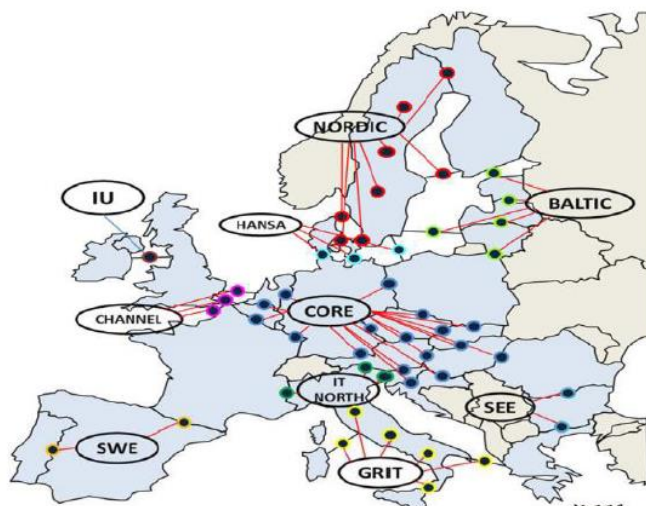
Στην πορεία ενοποίησης μίας κοινής ενεργειακής αγοράς, τα βήματα προς την κατεύθυνση αυτή έχουν ήδη ξεκινήσει από το 2006. Σε αυτήν τη χρονική στιγμή, το Βέλγιο, η Γαλλία και η Ολλανδία συμφώνησαν σε σύζευξη ενεργειακών αγορών επόμενης ημέρας. Την ίδια χρονιά, οι Ευρωπαϊκές Ρυθμιστικές Αρχές, (υπεύθυνες για τη διαχείριση ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου), προχώρησαν στην εφαρμογή του Προγράμματος Πρωτοβουλίας Ηλεκτρισμού (Electricity Regional Initiatives – ERI). Αυτή η πρωτοβουλία, αποτελεί το ενδιάμεσο στάδιο πριν την ενοποίηση της ευρωπαϊκής αγοράς. Οι περιφέρειες ενοποίησης παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 31: Οι επτά περιφερειακές αγορές ηλεκτρικής ενέργειας στην Ευρώπη [8]

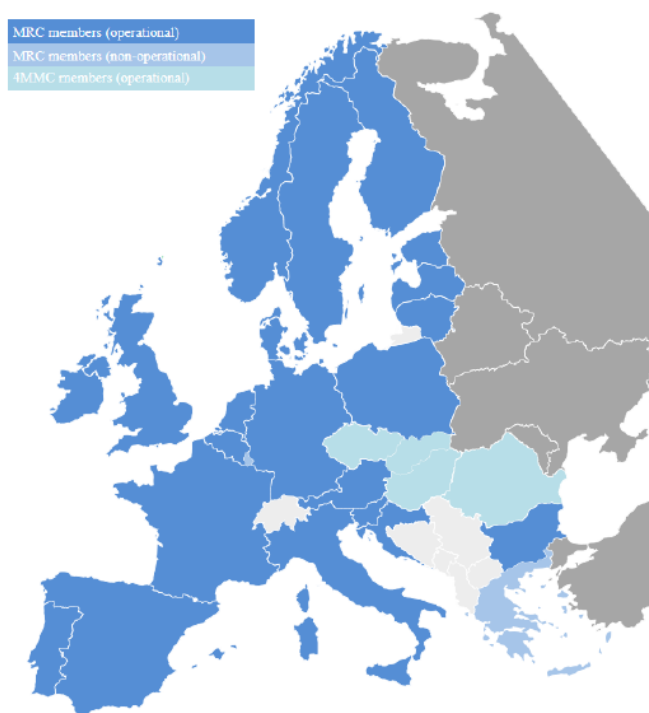
Το 2012 η Γερμανία και το Λουξεμβούργο προχώρησαν στην ολοκλήρωση σύζευξης των αγορών της δυτικής Ευρώπης (Market Coupling Western Europe – CWE). Το πρόγραμμα συνδέεται επίσης με σκανδιναβικές περιοχές μέσω του προγράμματος Interim Tight Volume Coupling (ITVC). Η Πορτογαλία και η Ισπανία ακολουθούν σε αυτό το σχήμα (MIBEL). Το 2013 η Αυστρία προσχώρησε στον όμιλο CWE.

Το 2010 με την πρωτοβουλία Σύζευξης Τιμών των Περιφερειών (Price Coupling of Regions – PCR), δημιουργήθηκε μία πανεθνική αγορά ενέργειας. Αυτή αποτελούνταν από 15 κράτη. Η συμφωνία αυτή συμπεριλαμβάνει επτά χρηματιστήρια ενέργειας, που διαμορφώνουν τις τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή επικράτεια.



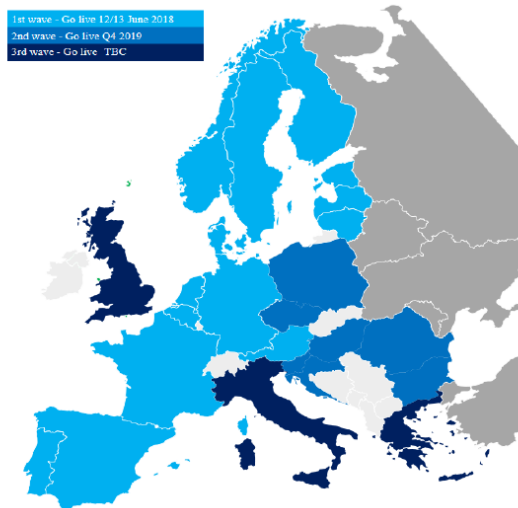
Σχήμα 32: Περιφέρειες υπολογισμού δυναμικότητας (Capacity Calculation Regions – CCRs) [8]

Σήμερα ο αλγόριθμος υπολογισμού του κανονισμού PCR χρησιμοποιείται για την ενεργειακή σύζευξη 25 χωρών. Ο συνολικός ευρωπαϊκός χάρτης με τη σύζευξη παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 33: Χάρτης των μελών σύζευξης [8]

Το πρόγραμμα XBD – Cross Border Intraday, αποτελεί τη βάση για τη διαμόρφωση ενδοημερήσιας αγοράς στην Ευρώπη. 14 χώρες μετέχουν στην ενδοημερήσια συναλλαγή για αγοραπωλησία ενέργειας. Η Ελλάδα έχει συμπεριληφθεί από το 2020 στο τρίτο κύμα εφαρμογής και βρίσκεται σε δοκιμαστική λειτουργία. Οι διασυνδεόμενες χώρες παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 34: Τα τρία κύματα διασύνδεσης του XBD project [8]

5.5 Συμπεράσματα

Η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970, κατέδειξε το έντονο πρόβλημα της χρήσης των ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας. Τα κράτη αποδείχτηκαν ανέτοιμα να αντιμετωπίσουν μεγάλες αλλαγές στις τιμές των καυσίμων, διολισθαίνοντας σε οικονομικά κραχ, τα οποία επηρέασαν τη λειτουργία όλων σχεδόν των χρηματοπιστηριακών δομών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η Ε.Ε. εκείνη την περίοδο, βρισκόταν στις απαρχές μίας κοινής οικονομικής συγκρότησης για τις ευρωπαϊκές χώρες. Έγινε κοινά αντιληπτό, ότι εφόσον η ενοποίηση της λειτουργίας των κρατών της Ευρώπης, έπρεπε να προχωρήσει σε ένα κοινό μέλλον, αυτό το μέλλον περιλάμβανε υποχρεωτικά και την παραγωγή και διαχείριση της ενέργειας.

Η Ε.Ε. προχώρησε, με σχετικά αργούς ρυθμούς, μέσω οδηγιών, στη συγκρότηση ενός ενιαίου μετώπου αντιμετώπισης των κρίσεων παραγωγής, απευθύνοντας κοινές δράσεις προς τα κράτη μέλη της. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, οι δράσεις και οι κατευθύνσεις, είχαν αργή εφαρμογή, για δύο λόγους. Αρχικά τα κράτη μέλη που απάρτιζαν την οικονομική ένωση της Ευρώπης ήταν λιγοστά σε αριθμό. Κατά δεύτερον, οι προτεινόμενες γραμμές δράσης, συναντούσαν εμπόδια σε εθνικά επίπεδα, τα οποία οφείλονταν στις κατά μονάς εθνικές δράσεις κάθε κράτους μέλους, οι οποίες αποσκοπούσαν σε αντιμετώπιση με αποκλειστικό – εθνικό τρόπο των προβλημάτων της τιμής των καυσίμων. Με την πάροδο των ετών, έγινε κοινή συναίνεση για όλα τα κράτη μέλη, ότι το πρόβλημα της ενέργειας θα πρέπει να αντιμετωπιστεί σε ένα κοινό επίπεδο δράσεων, με τη συγκρότηση μίας ενιαίας χρηματοπιστηριακής αγοράς ενέργειας. Η αγορά ενέργειας, στοχεύει στη διαχείριση αιτημάτων ποσών ενέργειας σε ημερήσιο επίπεδο. Καθώς τα συστήματα ελέγχου προσφοράς – ζήτησης, εξελίσσονται με τη χρήση των διασυνδεδεμένων υπολογιστικών συστημάτων, ο έλεγχος προσφοράς και ζήτησης περιέρχεται και σε ενδοημερήσιο επίπεδο. Το τελευταίο δίνει την άμεση δυνατότητα σε παρόχους και καταναλωτές για δυναμικές λήψεις αποφάσεων στο χρόνο.

Επιπρόσθετα από τα προβλήματα της τεχνολογίας για την επικράτηση μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας, θα πρέπει να σημειωθούν και τα προβλήματα που συνεισέφερε η ίδια η αγορά ενέργειας μέσω των μονοπωλιακών εθνικών μονάδων παραγωγής, οι οποίες κατά κύριο

λόγο ήταν εθνικής κλίμακας. Στο σημείο αυτό και για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, η Ε.Ε. εξέδωσε κοινές οδηγίες για ιδιωτικοποίηση και «σπάσιμο» των εθνικών μονοπωλίων, τόσο στα θέματα παραγωγής αλλά και διανομής της ενέργειας. Το μέλλον για όλα τα μέλη κράτη απαιτεί ένα κοινό μηχανισμό δράσης με όσο το δυνατόν πιο ενιαίες τιμές και συναλλαγές εντός κοινών χρηματιστηρίων συναλλαγών.

Το πρόβλημα της παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας δεν άπτεται μόνο οικονομικών και νομοθετικών θεμάτων. Η τεχνολογία είναι ο κύριος παράγοντας συμβολής για την αλλαγή των πηγών προσφοράς ενέργειας. Η μετάβαση από τις γεννήτριες ορυκτών καυσίμων, στις υδροηλεκτρικές και θερμοηλεκτρικές μονάδες οι οποίες χρησιμοποιούν ως καύσιμο φυσικό αέριο ή βιοαέριο συντέιναν στην αποκλιμάκωση της χρήσης αυτών των καυσίμων. Εναλλακτικά, η ενέργεια μπορεί να παραχθεί κάνοντας χρήση τόσο πυρηνικών τεχνολογιών αλλά και Α.Π.Ε. Οι τελευταίες αναμένεται να συμβάλλουν καθοριστικά, περισσότερο από άλλες μορφές και τεχνολογίες παραγωγής, δεδομένου ότι δεν εισάγουν σημαντικούς κινδύνους (π.χ. πυρηνικά απόβλητα), και συνάμα είναι φιλικές προς το περιβάλλον (πράσινη μορφή ενέργειας). Οι νομοθεσίες της Ε.Ε. αποσκοπούν άμεσα μέχρι το 2050, σε επίπεδα παραγωγής άνω του 50% από πράσινες πηγές ενέργειας.

Ο ενεργειακός μονόδρομος της ενιαίας αγοράς ενέργειας υπαγορεύεται επίσης από τα έντονα κλιματικά φαινόμενα και τις επιδράσεις στο περιβάλλον. Οι εκπομπές αερίων ρύπων που οφείλονται στην παραγωγή ενέργειας, δρουν καθοριστικά εξαιρετικά δυσμενώς, στη διαμόρφωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Η άνοδος της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη είναι αποτέλεσμα αυτών των δράσεων, και κατά συνέπεια η αλλαγή των τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας αποτελεί έναν τεχνολογικό μονόδρομο που θα πρέπει να εναρμονιστεί το κάθε κράτος όχι μόνο σε ευρωπαϊκό, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

6

Εισαγωγή στην Ελληνική Αγορά Ενέργειας

6.1 Ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας και το εθνικό μονοπώλιο

Ο εξηλεκτρισμός της Ελληνικής επικράτειας είναι ένα θέμα με ιστορικές απαρχές και πορεία εξέλιξης από το τέλος του 19^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα [15]. Οι ημερομηνίες – ιστορικά σημεία, της πορείας του εξηλεκτρισμού της χώρας αναφέρονται στα ακόλουθα:

1888: Γενική Εταιρεία Εργοληψιών

Η Γ.Ε.Ε., ήταν μία εταιρεία κατασκευής τεχνικών έργων. Επιπρόσθετα οι δραστηριότητες της αφορούσαν σε διαχείριση φωταερίου και παραγωγή - διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Από το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα, η εταιρεία δραστηριοποιήθηκε στην Ελλάδα [18]. Η Γ.Ε.Ε. ιδρύθηκε το 1888. Η ίδρυση της βασίστηκε σε τροποποίηση του καταστατικού της Εταιρείας Αεριοφωτος Πειραιώς. Η δημοσίευση της ίδρυσης της έγινε στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως (ΦΕΚ 99, Αθήνα 06/04/1888). Η εταιρεία ανέλαβε όλες τις υποχρεώσεις της προηγούμενης. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονταν η κατασκευή δημόσιων, δημοτικών και ιδιωτικών έργων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Επιπλέον, η εταιρεία ανέλαβε επίσης:

- την εκμετάλλευση μεταλλείων, ορυχείων,
- τη χορήγηση προκαταβολών για τα έργα,
- την αγορά και πώληση προνομίων,
- και την έκδοση τοκοφόρων ομολογιών.

Το εταιρικό κεφάλαιο της ορίστηκε σε 2.500.000 δραχμές. Το κεφάλαιο διαιρέθηκε σε 12.500 μετοχές προς 200 δραχμές έκαστην.

Στα τέλη του 1889, στην οδό Αριστείδου, ιδρύθηκε η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Η άδεια που χορηγήθηκε από το κράτος, δεν συνιστούσε δικαίωμα

αποκλειστικού προνομίου. Το κράτος διατηρούσε το δικαίωμα να δίνει παρόμοιες άδειες και σε άλλους ιδιώτες, εφόσον αυτό κρινόταν αναγκαίο. Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, κάλυπτε την περιοχή που περικλειόταν εντός των ορίων της πλατείας Ομονοίας, της οδού Πανεπιστημίου, της πλατείας Συντάγματος και των οδών Ερμού και Αθηνάς. Από τα πρώτα κτίρια που ηλεκτροφωτίστηκαν ήταν τα ανάκτορα στην Αθήνα, το 1889. Η διασύνδεση έγινε με καλώδια μέσα από το υπάρχον δίκτυο των υπονόμων, ή που τοποθετήθηκαν εναέρια.

Η τιμή του ρεύματος για τους ιδιώτες καθοριζόταν ελεύθερα από την εταιρεία. Για το κράτος και τις δημοτικές αρχές όμως καθορίστηκε 20% φθηνότερο, από τις τιμές πώλησης στους υπόλοιπους ιδιώτες. Η παραγωγή και η διανομή της ηλεκτρικής ισχύος σε οικονομικό επίπεδο απορροφούσε τα τρία τέταρτα των κεφαλαίων της εταιρείας.

1898: Σύμπραξη Γ.Ε.Ε. – Εθνικής Τράπεζας – Thomson - Houston

Μία θυγατρική εταιρεία της Compagnie franchise Thomson-Houston ήταν η Thomson-Houston της Μεσογείου (Thomson-Houston of the Mediterranean) [19]. Το 1898 εξαγόρασε τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις της Γ.Ε.Ε.

Ο ανταγωνισμός στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είχε αρχίσει να εκδηλώνεται με ενδιαφέρον και από άλλες εταιρείες.

1898: Εταιρία Τροχοδρομών και Ηλεκτροφωτισμού Θεσσαλονίκης

Η Εταιρεία Τροχοδρομών και Ηλεκτροφωτισμού, την ίδια χρονιά ανέλαβε, μέσω σύμβασης με το οθωμανικό κράτος, τον ηλεκτροφωτισμό της Θεσσαλονίκης. Η εταιρεία ήταν βελγικών συμφερόντων και μέσα στις εργασίες που προβλέπονταν από τη σύμβαση ήταν εκτός από τον ηλεκτροφωτισμό και η τροchioδρομηση (γραμμές τραμ) της πόλης.

1914: Βαλκανικοί Πόλεμοι – Α΄ Παγκόσμιος Πόλεμος

Η αδυναμία της Ελληνικής Ηλεκτρικής Εταιρείας να ανταπεξέλθει στις ανάγκες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω έλλειψης πρώτων υλών, είναι η κατάσταση που χαρακτηρίζει αυτήν την περίοδο. Η κρατική παρέμβαση κρίνεται αναγκαία για τη διασφάλιση της λειτουργίας, μέσω της παροχής των απαιτούμενων κεφαλαίων. Κατά συνέπεια περιέρχεται στο Κράτος ο έλεγχος παραγωγής και τιμών διάθεσης της ηλεκτρικής ενέργειας.

1918 – 1939: Μεσοπόλεμος

Αυτό που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη περίοδο, είναι η αύξηση των αναγκών ηλεκτροφωτισμού και η εξάπλωση της ηλεκτρικής τεχνολογίας για την κάλυψη των αναγκών εντός της επικράτειας. Οι σταθμοί που κατασκευάζονται είναι σχετικά μικρής κλίμακας, με στόχο να καλύψουν τις υφιστάμενες ανάγκες, χωρίς όμως να υπάρχουν γενικότερες μελέτες και κεντρικός σχεδιασμός για την κάλυψη καθολικά των αναγκών της επικράτειας. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας διαμορφώνεται σε τοπικά επίπεδα, με ιδιαίτερα υψηλές τιμές.

1940 – 1945: Β΄ Παγκόσμιος Πόλεμος

Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όλες οι οικονομικές δραστηριότητες καθώς και η προσπάθεια εξηλεκτρισμού της χώρας, παρέλυσαν. Οι μικρές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανέκοψαν τη λειτουργία τους σε μεγάλο βαθμό λόγω της έλλειψης πρώτων υλών. Νέες μελέτες δεν εκπονήθηκαν κατά την περίοδο αυτή, δεδομένου ότι

σχεδόν όλες οι υποδομές με τη λήξη του πολέμου, ήταν κατεστραμμένες σε μικρό ή μεγάλο βαθμό.

1946 – 1949: Μετά τη Λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου

Μετά τη λήξη του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, με τις μονάδες ενέργειας μερικώς ή ολικώς κατεστραμμένες, ανατέθηκε στην εταιρεία EBASCO Services (αμερικανική εταιρεία), η μελέτη και ο σχεδιασμός ενός συνολικού δικτύου εξηλεκτρισμού της χώρας. Το σχέδιο προέβλεπε την ανάπτυξη τόσο υδροηλεκτρικών όσο και θερμοηλεκτρικών σταθμών, ανάλογα με τις περιοχές και τις διαθέσιμες πηγές παραγωγής ενέργειας.

1950: Ίδρυση της Δ.Ε.Η.

Για την ολοκλήρωση των σχεδίων εξηλεκτρισμού κρίθηκε αναγκαία η ίδρυση μίας Εθνικής εταιρείας στην ελληνική επικράτεια. Έτσι ιδρύθηκε η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) το 1950 (ν1468/1950). Στις υπάρχουσες μικρές υποδομές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, δόθηκε η δυνατότητα της απορρόφησης μέσω συμφωνιών ή απαλλοτρίωσης από τη Δ.Ε.Η. Στο τέλος, το σύνολο όλων των μικρών εταιρειών παραγωγής, απορροφήθηκε από το νέο φορέα της Δ.Ε.Η. (ν353/1956) [20].

Η Δ.Ε.Η. μετά από αυτό, εξελίσσεται σε ένα εθνικό μονοπώλιο, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και τον έλεγχο των σταθμών παραγωγής και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ενιαίο για όλους τους καταναλωτές στην επικράτεια. Η Δ.Ε.Η. κάτω από τον κυβερνητικό έλεγχο, θέτει τον φιλόδοξο στόχο της δημιουργίας και επέκτασης των ηλεκτρικών δικτύων για όλη τη χώρα. Ενώ το 1950, το 84% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κάλυπτε τις ανάγκες μόνο της πρωτεύουσας και κάποιων αστικών κέντρων (μόλις το 16% κάλυπτε τις ανάγκες της υπόλοιπης Ελλάδας), έφτασε το 1975 να επιτύχει το σχεδόν καθολικό εξηλεκτισμό της χώρας. Το 1975 το 34% της ηλεκτρικής ενέργειας κάλυπτε τις ανάγκες της πρωτεύουσας, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό διατίθετο για την κάλυψη των υπολοίπων περιοχών της επικράτειας. Για τις ανάγκες της παραγωγής, αξιοποιήθηκαν οι υποδομές υδροηλεκτρισμού καθώς και κοιτασμάτων λιγνίτη που διέθετε η χώρα, μειώνοντας έτσι την χρήση ορυκτών καυσίμων από εξωτερικές αγορές (πετρελαίου), που εισάγει ένα σημαντικό κόστος παραγωγής.

Το βασικό πρόβλημα από την δημιουργία και λειτουργία της Δ.Ε.Η. αφορούσε στη διαμόρφωση του ενεργειακού μονοπωλίου, παράλληλα με τις κρατικές παρεμβάσεις. Οι τελευταίες απορρύθμισαν τη λειτουργία της, δεδομένου ότι οι διοικήσεις καθώς και τα σχέδια εκπόνησης ακολούθησαν κυβερνητικές εντολές, οι οποίες δεν είχαν πάντοτε ως γνώμονα την κερδοφορία και το όφελος των καταναλωτών.

Παράλληλα, τα προβλήματα από την εκπομπή ρύπων και τις περιβαλλοντικές επιδράσεις από την παραγωγή ενέργειας, ανάγκασαν τη Δ.Ε.Η. να στραφεί προς νέες πηγές ενέργειας (Α.Π.Ε.). Ο μονοπωλιακός χαρακτήρας της, καθιστούσε τη διαχείριση της αναποτελεσματική, με αποτέλεσμα την ανάγκη για ιδιωτικοποίηση ενός μεγάλου μέρους του χαρτοφυλακίου της, στοχεύοντας σε αυτορρύθμιση μέσω των ενιαίων αγορών.

6.2 Η εξελιγμένη δομή της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας

Τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα (πετρελαϊκή κρίση), οι οικονομικές διαταραχές, η δυσκαμψία των μονοπωλίων παραγωγής ενέργειας, κ.λπ., ανάγκασαν την Ε.Ε. σε προσπάθεια εξεύρεσης νέων λύσεων, προς μία δημιουργία ενιαίας αγοράς ενέργειας [9], [10]. Η προσπάθεια για τη δημιουργία αυτής της ενιαίας αγοράς,

υπαγορεύεται από τις κοινοτικές οδηγίες και κατευθύνσεις. Η κατάργηση των εθνικών ενεργειακών μονοπωλίων, είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στην προσπάθεια αυτορρύθμισης μίας κοινής αγοράς. Στην προσπάθεια κατάτμησης και ιδιωτικοποίησης, η ενέργεια χωρίστηκε σε 4 πυλώνες:

- Παραγωγή
- Μεταφορά
- Διανομή
- Προμήθεια

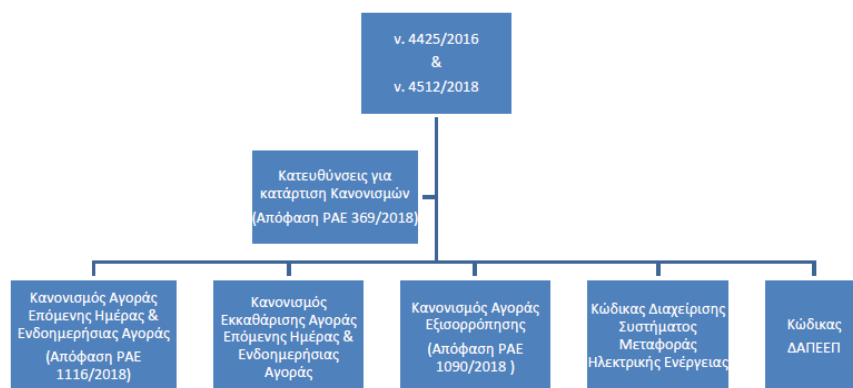
Και οι 4 παραπάνω πυλώνες, αποτελούσαν αντικείμενο των εθνικών μονοπωλίων ενέργειας (καθετοποιημένη παραγωγή), όπως και στην Ελλάδα. Τα θεσμικά, οικονομικά και πρακτικά ζητήματα, τα οποία ανακύπτουν στην προσπάθεια δημιουργίας μίας ενιαίας αγοράς, αντιμετωπίζονται σταδιακά τόσο με οδηγίες της Ε.Ε. καθώς και νόμους υπό το παραπάνω πρίσμα, στην Ελληνική επικράτεια. Ένα σύνολο νομοθετημάτων, όπως οι 2773/1999, ο 3426/2005, ο 4001/2011 και οι πιο πρόσφατοι 4425/2016 και 4512/2018, αντιμετωπίζουν σταδιακά τα προβλήματα. Ειδικότερα ο 2773/1999, ιδρύει την Ανεξάρτητη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) και ορίζει τις αρμοδιότητες της. Για περισσότερες λεπτομέρειες της ιδρυτικής διακήρυξης βλέπε Παράρτημα Β1.

Καθοριστικά βήματα προς την απελευθέρωση της ελληνικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας έγιναν με τον 4001/2011. Ο νόμος έδωσε το πλαίσιο για την πλήρη απελευθέρωση της αγοράς προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας. Η ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε., σύμφωνα με το άρθρο 99 του 4001/2011, μεταφέρει στην ανώνυμη εταιρεία με την επωνυμία «Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας» (ΑΔΜΗΕ Α.Ε.) [16], το θέμα μεταφοράς. Στο νέο φορέα μεταφέρονται οι οργανωτικές μονάδες και οι δραστηριότητες που αφορούν (α) τη διαχείριση, (β) λειτουργία, (γ) ανάπτυξη και (δ) συντήρηση του Συστήματος Μεταφοράς. Επίσης μεταβιβάζεται και η κυριότητα του Συστήματος από την Δ.Ε.Η. Για περισσότερες λεπτομέρειες της ιδρυτικής διακήρυξης βλέπε Παράρτημα Β2.

6.3 Το ελληνικό χρηματιστήριο ενέργειας (Ε.Χ.Ε.)

Το Φεβρουάριο του 2017 ο λειτουργός της ενεργειακής φυσικής αγοράς ΛΑΓΗΕ και ο Όμιλος του Χρηματιστηρίου Αθηνών (ΑΤΗΕΧ) [21], συνυπογράφουν μνημόνιο συνεργασίας (Memorandum of Understanding). Το μητρώο προβλέπει τη δημιουργία του Ελληνικού Χρηματιστηρίου Ενέργειας, με παροχή τεχνικής βοήθειας από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Την υλοποίηση των μεταρρυθμίσεων, ανέλαβε το Ερευνητικό Ινστιτούτο της Κομισιόν JRC. Ο νόμος που ρυθμίζει το πλαίσιο δράσης, είναι ο 4512/2018 που προβλέπει την ίδρυση του Χρηματιστηρίου Ενέργειας (νέο άρθρο 9 του 4425/2016). Ο φορέας διαχείρισης και λειτουργίας για το Χρηματιστήριο Ενέργειας (χρηματιστηριακή αγορά) της επόμενης ημέρας, της ενδοημερήσιας αγοράς και της ενεργειακής αγοράς, είναι το Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας Α.Ε. (Ε.Χ.Ε. Α.Ε.) [8].

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι συνεργαζόμενοι φορείς, καθώς και το νομικό πλαίσιο δράσης:



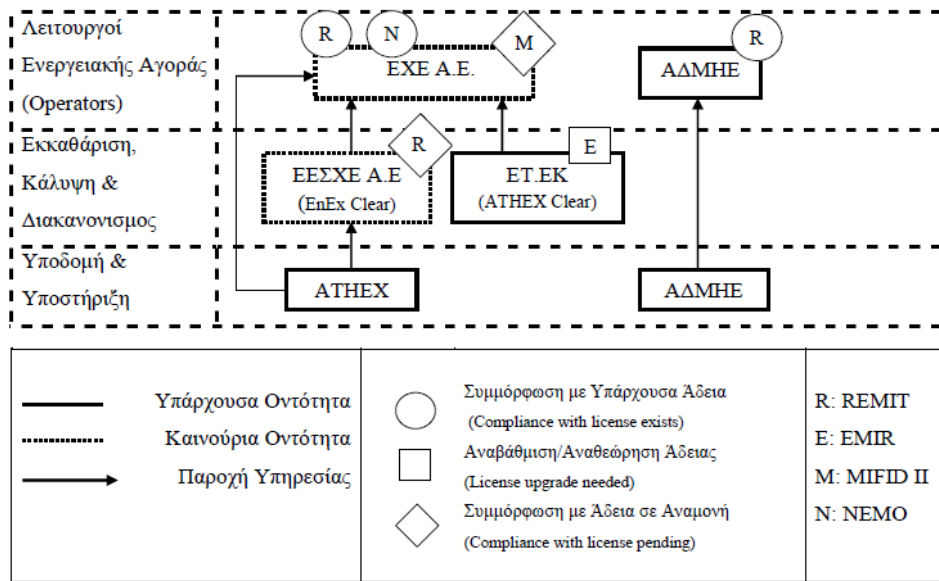
Σχήμα 35: Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο – Κατευθύνσεις και Ρυθμιστικά κείμενα [8]

Στο επίκεντρο της νέας ενεργειακής νομοθεσίας, τοποθετείται η ίδρυση και η λειτουργία του Χρηματιστηρίου Ενέργειας, καθώς και η αναδιάταξη της δομής και της λειτουργίας των νέων τεσσάρων αγορών ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Στο νέο δίκαιο περιλαμβάνονται, ειδικοί κανόνες αναφορικά με το ζήτημα της εκκαθάρισης των πραγματοποιούμενων συναλλαγών. Το νέο άρθρο 12 του 4425/2016 όπως προστέθηκε με το άρθρο 83 του 4512/2018, αναφέρει ότι η εκκαθάριση των συναλλαγών στην Αγορά Εξισορρόπησης διενεργείται από τον ΑΔΜΗΕ. Ο ΑΔΜΗΕ υποχρεούται να υποβάλλει τη σχετική σύμβαση εξωτερικής ανάθεσης στη Ρ.Α.Ε. [14] για έγκριση, με σκοπό τη διαφύλαξη της ομαλής λειτουργίας της ενεργειακής αγοράς.

Οι λειτουργίες των νέων φορέων, καθώς και τα πλαίσια συναρμογής, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 4: Χρηματιστηριακό μοντέλο οργάνωσης και Εκκαθαριστές Συναλλαγών

Λειτουργίες (Functions)	SPOT Markets-Προϊόντα Αμεσης Παράδοσης			Προθεσμιακές Αγορές	
	Αγορές Επόμενης Ημέρας (Day Ahead)	Ενδοημερήσια Αγορά (Intraday)	Αγορά Εξισορρόπησης (Balancing)	Φυσικής Παράδοσης	Διακανονισμού με Μετρητά (Cash Settlement)
Εκτέλεση Συναλλαγών (Trading)	EXE A.E.	EXE A.E	ΑΔΜΗΕ	EXE A.E	EXE A.E
Εκκαθάριση, Διακανονισμός, Διαχείριση Κινδύνου	ΕΕΣΧΕ Α.Ε (EnEx Clear)	ΕΕΣΧΕ Α.Ε (EnEx Clear)	ΑΔΜΗΕ *Clearing House	ΕΤ.ΕΚ (ATHEX Clear)	ΕΤ.ΕΚ (ATHEX Clear)
Τεχνική και Λειτουργική Υποστήριξη	ATHEX	ATHEX	ΑΔΜΗΕ	ATHEX	ATHEX



Σχήμα 36: Σχηματική Αναπαράσταση του Χρηματιστηριακού Μοντέλου Οργάνωσης [8]

Η ελληνική ενεργειακή αγορά βρίσκεται σε ένα μεταβατικό στάδιο. Το στάδιο αυτό χαρακτηρίζεται από πολλούς, ως άκρως απαιτητικό και κρίσιμο για την μετέπειτα πορεία της χώρας, στον ενεργειακό χάρτη της Ε.Ε.

6.3.1 Η αγορά επόμενης ημέρας

Η Αγορά Επόμενης Ημέρας (Day-Ahead Market) αφορά σε συναλλαγές αγοράς και πώλησης ηλεκτρικής ενέργειας, με υποχρέωση φυσικής παράδοσης την ημέρα D. Στην αγορά Day-Ahead (DAM) [9], [22], η ηλεκτρική ενέργεια ανταλλάσσεται, τόσο με διμερή συμβόλαια OTC (Over The Counter), όσο και με ανταλλαγή ισχύος. Οι συναλλαγές για αγορά ή πώληση ηλεκτρικής ενέργειας με φυσική υποχρέωση παράδοσης την ημέρα (D), δημοπρατούνται την ημέρα D-1, όπου δηλώνονται επίσης όλες οι συναλλαγές χρηματοοικονομικών προϊόντων ενέργειας με φυσική παράδοση. Αυτό έχει ως σκοπό τη φυσική παράδοση των προϊόντων για κάθε Αγοραία Χρονική Μονάδα της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης D. Η συμμετοχή είναι υποχρεωτική για τους παραγωγούς, και προαιρετική για όλους τους άλλους συμμετέχοντες. Οι παραγωγοί είναι υποχρεωμένοι να υποβάλλουν παραγγελίες πώλησης για τη διαθέσιμη χωρητικότητα των μονάδων τους, που δεν έχουν ήδη εκχωρηθεί μέσω συναλλαγών ενεργειακών χρηματοοικονομικών προϊόντων, ή άλλων συναλλαγών, που αφορούν ενεργειακά προϊόντα χονδρικής με υποχρέωση φυσικής παράδοσης. Η αγορά Day-Ahead λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Κατά το κλείσιμο της ημέρας, κάθε αγορά πρέπει να είναι ισορροπημένη, υπό την έννοια ότι η προγραμματισμένη παραγωγή πρέπει να ισούται με την προβλεπόμενη ζήτηση συν – μείον, τις καθαρές εξαγωγές προς ή εισαγωγές από άλλες ζώνες αγοράς. Στην αγορά επόμενης ημέρας (DAM) οι ζώνες της αγοράς μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους. Τα κύρια οφέλη μιας αγοράς επόμενης ημέρας (Day-Ahead) είναι, μεταξύ άλλων, ότι αυξάνει την αξιοπιστία του συστήματος, παρέχοντας επαρκή προειδοποίηση για προγραμματισμό. Επίσης μειώνει τον αντίκτυπο της αβεβαιότητας στις τιμές της αγοράς σε πραγματικό χρόνο, επειδή ένα μικρότερο ποσοστό παραγωγής εκτίθεται σε πραγματικό χρόνο στη μεταβλητότητα των

τιμών. Ακόμη, αυξάνει τη ρευστότητα, καθώς οι συναλλαγές μπορεί να είναι χρηματοοικονομικές συμβάσεις (PPAs) και όχι συμβάσεις για φυσική παράδοση.

Η Αγορά Επόμενης Ημέρας, είναι η χονδρική αγορά όπου εκτελούνται συναλλαγές μεταξύ Πωλητών και Αγοραστών. Στόχος αυτών είναι η παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας την επόμενη ημέρα. Η κατανομή/Δήλωση των Προθεσμιακών Συμβολαίων Ηλεκτρικής Ενέργειας με Φυσική Παράδοση, πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Χονδρικής Αγοράς Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η Αγορά Επόμενης Ημέρας διέπεται από τις διατάξεις του Κανονισμού 2015/1222 της Ε.Ε. (24 Ιουλίου 2015). Ο κανονισμός αναφέρεται στον καθορισμό κατευθυντήριων γραμμών:

- για την κατανομή της δυναμικότητας και τη διαχείριση της συμφόρησης,
- για τη δημιουργία μιας ενιαίας Αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας Επόμενης Ημέρας, που εκκαθαρίζεται από έναν κοινό αλγόριθμο σύζευξης τιμών,
- και των διατάξεων των νόμων 4001/2011 και 4425/2016.

Για περισσότερες λεπτομέρειες της ιδρυτικής διακήρυξης βλέπε Παράρτημα Β3.

6.3.2 Η ενδοημερήσια αγορά

Στο πλαίσιο της Ενδοημερήσιας Αγοράς (Intra-Day Market), οι συμμετέχοντες έχουν την ευκαιρία να υποβάλλουν προσφορές αγοράς και πώλησης κατά την ημέρα φυσικής παράδοσης D. Η Ενδοημερήσια Αγορά, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τους συμμετέχοντες, καθώς δύνανται να διορθώνουν τις θέσεις τους όταν προκύπτουν αποκλίσεις από τις προσφορές τους, στην Αγορά Day-Ahead. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να μετριαστούν οι αποκλίσεις της πραγματικής παραγωγής/ζήτησης, σύμφωνα με τις συνθήκες που επικρατούν πλησιέστερα στον πραγματικό χρόνο παράδοσης [23].

Η Ενδοημερήσια Αγορά είναι η χονδρική αγορά όπου εκτελούνται συναλλαγές μεταξύ Πωλητών και Αγοραστών για την παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας εντός της Ημέρας. Η Ενδοημερήσια Αγορά διέπεται από τις διατάξεις του κανονισμού 2015/1222 της Ε.Ε., της 24ης Ιουλίου 2015. Ο κανονισμός αναφέρεται [12] στον καθορισμό κατευθυντήριων γραμμών για την κατανομή της δυναμικότητας και τη διαχείριση της συμφόρησης για τη διαμόρφωση μίας ενιαίας επίλυσης της Σύζευξης Ενδοημερήσιων Αγορών, με βάση τους νόμους 4001/2011 και 4425/2016. Για περισσότερες λεπτομέρειες της ιδρυτικής διακήρυξης βλέπε Παράρτημα Β4.

6.3.3 Η προθεσμιακή αγορά

Η Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας, είναι η χονδρική αγορά όπου εκτελούνται συναλλαγές μεταξύ Πωλητών και Αγοραστών για την παράδοση ηλεκτρικής ενέργειας στο μέλλον (forward timescale), όπως ορίζεται στις Προδιαγραφές Προθεσμιακών Συμβολαίων (Forward Contract Specifications) των σχετικών Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας (Forward Products). Η Προθεσμιακή Αγορά διέπεται από τα άρθρα των νόμων 4001/2011 και 4425/2016. Σκοπός του Κώδικα Χονδρικής Αγοράς Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας, είναι να καθορίσει τους όρους και τις

προϋποθέσεις για τη λειτουργία της Προθεσμιακής Αγοράς. Λεπτομέρειες της ιδρυτικής διακήρυξης βλέπε Παράρτημα Β5.

6.3.4 Η αγορά εξισορρόπησης

Σκοπός της Αγοράς Εξισορρόπησης είναι η διόρθωση της ανισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ζήτησης σε πραγματικό χρόνο, διατηρώντας την αδιάλειπτη παροχή ενέργειας από το σύστημα, στα προβλεπόμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Αυτό συντελείται λαμβάνοντας υπόψη, τα προγράμματα αγοράς των συμμετεχόντων στις προηγούμενες αγορές. Η Αγορά Εξισορρόπησης (Balancing Market) διακρίνεται στην Αγορά Ισχύος Εξισορρόπησης, την Αγορά Ενέργειας Εξισορρόπησης, και τη Διαδικασία Εκκαθάρισης Αποκλίσεων [10], [25].

Ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς τηρεί Μητρώο Συμμετεχόντων που έχουν υπογράψει Σύμβαση Εξισορρόπησης (Balancing Contract). Ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς, ενημερώνει άμεσα τον Διαχειριστή Αγοράς για κάθε τροποποίηση της Σύμβασης Εξισορρόπησης (Balancing Agreement) ενός Συμμετέχοντα. Ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς τηρεί Μητρώο Μονάδων Παραγωγής, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Αγοράς Εξισορρόπησης. Ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς ενημερώνει τον Διαχειριστή Αγοράς σχετικά με:

- τα Μακροχρόνια Φυσικά Δικαιώματα Μεταφοράς για κάθε Ώρα Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης, όπως περιγράφεται στο Άρθρο 28 του κανονισμού «Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας» του ΔΑΠΕΕΠ.
- τις πληροφορίες από το Μητρώο Μονάδων Παραγωγής για κάθε Μονάδα Παραγωγής για κάθε Ημέρα Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης, όπως περιγράφεται στο Άρθρο 28 του κανονισμού «Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας» του ΔΑΠΕΕΠ.
- τη Διαθέσιμη Ισχύ των Μονάδων Παραγωγής και των Μονάδων Α.Π.Ε. για κάθε Ώρα Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης της Ημέρας Εκπλήρωσης Φυσικής Παράδοσης, όπως περιγράφεται στο Άρθρο 29 του κανονισμού «Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας» του ΔΑΠΕΕΠ.

Ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς, συμμορφώνεται με οποιαδήποτε άλλη υποχρέωση που απορρέει από τον Κώδικα της Προθεσμιακής Αγοράς και τον Κώδικα Εξισορρόπησης.

6.4 Τα διμερή συμβόλαια – PPAs

Η δομή της Προθεσμιακής Αγοράς προβλέπει:

- την υποβολή Εντολών Αγοράς ή Πώλησης και τη σύναψη Προθεσμιακών Συμβολαίων, με υποχρέωση φυσικής παράδοσης στη Χρηματιστηριακή Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας που διαχειρίζεται ο Διαχειριστής Αγοράς, και
- την καταχώριση Διμερών Εξωχρηματιστηριακών Συμβολαίων (Bilateral OTC Contracts – PPAs Power Purchase Agreements), με υποχρέωση φυσικής παράδοσης στο Σύστημα Καταχώρισης Προθεσμιακών Συμβολαίων και Υποβολής Δηλώσεων

Προγραμμάτων Φυσικής Παράδοσης/Απόληψης (Registration & Nomination Platform), που διαχειρίζεται ο Διαχειριστής Αγοράς.

Οι προθεσμιακές συναλλαγές θα πραγματοποιούνται εξ' ολοκλήρου σε διμερή βάση. Προς το παρόν, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν επαρκείς ποσότητες που να δικαιολογούν τη δημιουργία μιας εξειδικευμένης κεντρικής πλατφόρμας για την αγοροπωλησία προθεσμιακών προϊόντων (Over the Counter), η διαπραγμάτευση τους αναμένεται να λάβει χώρα έξω από οποιαδήποτε κεντρική αγορά. Με τον καιρό όμως, θα μπορούσε να αποδειχθεί ότι δικαιολογείται η δημιουργία μιας κεντρικής πλατφόρμας, για τη διαπραγμάτευση σχετικών προθεσμιακών προϊόντων. Ωστόσο, διευκρινίζεται ότι ο προτεινόμενος σχεδιασμός περιλαμβάνει μόνο προθεσμιακές συναλλαγές σε καθαρά διμερή βάση.

Η παρουσία των Επιχειρήσεων με δεσπόζουσα θέση στην αγορά, δείχνει ότι η συντριπτική πλειοψηφία των ποσοτήτων θα διαπραγματεύονται διμερώς. Κατά τα πρώτα χρόνια της λειτουργίας της αγοράς, η P.A.E. με σκοπό την ενίσχυση της ρευστότητας στην προθεσμιακή αγορά και την ενίσχυση των δυνατοτήτων που διαθέτουν οι ανεξάρτητοι συμμετέχοντες να αντισταθμίζουν τους κινδύνους που συνεπάγεται η έκθεση τους στην αγορά, μπορεί να επιβάλλει ειδικούς όρους, καθώς και ρυθμιζόμενες τιμές στα προθεσμιακά συμβόλαια των επιχειρήσεων με δεσπόζουσα θέση στην παραγωγή, με τρίτους.

Η P.A.E. δύναται να επανεξετάζει περιοδικά το μηχανισμό βάσει του οποίου συγκεκριμένα προθεσμιακά προϊόντα θα πρέπει να διατίθενται σε τρίτους. Υποχρέωση να προσφέρονται προκαθορισμένα προϊόντα σε αναλογική βάση και σε ρυθμιζόμενες τιμές, δημοπρασίες με ρυθμιζόμενη τιμή εκκίνησης ή άλλοι παρόμοιοι μηχανισμοί θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Η εφαρμογή των μηχανισμών αυτών, συνεπάγονται ρυθμιστική παρέμβαση, και αποτελούν μία διαδικασία που συντελείται παράλληλα με τις προτεινόμενες ρυθμίσεις της αγοράς και θα πρέπει να είναι συμβατή με αυτές.

Τα διμερή συμβόλαια που εγγράφονται στην πλατφόρμα του Λειτουργού της Αγοράς, αναφέρονται σε προϊόντα φυσικής παράδοσης. Αυτό σημαίνει ότι τα αντίστοιχα συμβόλαια πρέπει να αναφέρονται σε αντίστοιχες υποχρεώσεις για έγχυση και απορρόφηση ενέργειας.

Διμερή συμβόλαια μπορούν να διαπραγματεύονται, σε επίπεδο χονδρεμπορικής, ως συμβόλαια με δικαίωμα εξάσκησης μέχρι και σε χρόνο H-1, οπότε είτε εξασκούνται είτε τερματίζονται. Ο Λειτουργός της Αγοράς, θα πρέπει να διαθέτει ικανότητα εγγραφής ποικιλίας διμερών προϊόντων (προϊόντα βάσης, προϊόντα αιχμής κ.λπ.), διασφαλίζοντας ότι αντιστοιχούν σε ισόποσες ποσότητες έγχυσης-απορρόφησης ανά ημίωρο (περίοδος παράδοσης), οι οποίες εγγράφονται τόσο στους λογαριασμούς των παραγωγών όσο και στους λογαριασμούς των προμηθευτών λιανικής.

Οι οικονομικές συναλλαγές και οι αντίστοιχες εγγυήσεις αντιμετωπίζονται σε διμερή βάση και δεν εμπλέκεται ο Λειτουργός της Αγοράς. Η διαδικασία σύναψης των σχετικών συμβολαίων, μπορεί να λάβει χώρα είτε άμεσα είτε μέσω μεσιτών, με τους τελευταίους να αναλαμβάνουν συνήθως να παρέχουν τις σχετικές οικονομικές εξασφαλίσεις, σε αντάλλαγμα αμοιβής για την παροχή της υπηρεσίας αυτής.

Η εναλλακτική να επιτρέπεται, ώστε τα διμερή συμβόλαια να καλύπτονται οικονομικά από το Λειτουργό της Αγοράς, (όπως συμβαίνει στην Ιταλική Προθεσμιακή Αγορά με το Λειτουργό της Αγοράς GME, ο οποίος και αναλαμβάνει τον αντίστοιχο χρηματοοικονομικό κίνδυνο), δεν προτείνεται, καθώς ο οικονομικός κίνδυνος στον οποίο εκτίθεται ο Λειτουργός της Αγοράς, θα πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός, δεδομένου ότι,

πιθανότατα, ο Λειτουργός της Αγοράς θα είναι μια νέα εταιρεία (είτε εντός του ΔΣΜ είτε εκτός), χωρίς αντίστοιχη εμπειρία στη διαχείριση χρηματοοικονομικού κινδύνου. Σε περίπτωση που η λειτουργία της Αγοράς ανατεθεί σε εταιρεία με επαρκείς δυνατότητες διαχείρισης των σχετικών κινδύνων, τότε τα διμερή συμβόλαια θα μπορούσαν επίσης να καλύπτονται χρηματο-οικονομικά από αυτή.

6.5 Ο μηχανισμός εποπτείας και ελέγχου

Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.) είναι ανεξάρτητη ρυθμιστική αρχή, η οποία συστήθηκε με τον νόμο 2773/1999, στο πλαίσιο εναρμόνισης με τις Οδηγίες 2003/54 και 2003/55 της Ε.Ε., για τον ηλεκτρισμό και το φυσικό αέριο. Η κύρια αρμοδιότητά της, είναι η εποπτεία της εγχώριας αγοράς ενέργειας, σε όλους τους τομείς της. Η Ρ.Α.Ε. εισηγείται προς τους αρμόδιους φορείς της Πολιτείας, λαμβάνοντας και η ίδια μέτρα για την επίτευξη του στόχου της απελευθέρωσης των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου [8].

Με τον 2773/1999, και κυρίως με τις τροποποιήσεις του, που ακολούθησαν, ανατέθηκαν στη Ρ.Α.Ε. αρμοδιότητες, κυρίως γνωμοδοτικές, παρακολούθησης και ελέγχου της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς. Αυτό αφορά στους τομείς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από συμβατικά καύσιμα, από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και φυσικό αέριο. Περαιτέρω, η Ρ.Α.Ε. ανέλαβε συγκεκριμένες αρμοδιότητες σε σχέση με την αγορά των πετρελαιοειδών.

Με την έκδοση του 3851/2010, επήλθαν ουσιαστικές αλλαγές σε σχέση με το υφιστάμενο νομοθετικό καθεστώς που διέπει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, καθώς και τις αρμοδιότητες της Ρ.Α.Ε. στο πλαίσιο αυτό. Οι αλλαγές αυτές αφορούν τόσο στη διαδικασία αδειοδότησης των σταθμών Α.Π.Ε., όσο και στη διαδικασία αξιολόγησης των αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής.

Ειδικότερα, η Ρ.Α.Ε. ανέλαβε πλέον αποφασιστικό ρόλο στα παρακάτω θέματα:

- Χορήγηση αδειών παραγωγής
- Παρακολούθηση και εποπτεία της αγοράς ενέργειας
- Προστασία των καταναλωτών
- Παρακολούθηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού της χώρας
- Χορήγηση αδειών
- Εποπτεία επί των Ανεξάρτητων Διαχειριστών Μεταφοράς
- Έγκριση τιμολογίων μη ανταγωνιστικών δραστηριοτήτων
- Παρακολούθηση πρόσβασης στις ενεργειακές διασυνδέσεις
- Λήψη ρυθμιστικών μέτρων για την εύρυθμη λειτουργία των ενεργειακών αγορών

Ο ρόλος της Ρ.Α.Ε. ως εθνική ρυθμιστική αρχή ενέργειας, αναβαθμίστηκε από το 2011 και μετά, με την επαύξηση και ενίσχυση των αποφασιστικών αρμοδιοτήτων της, σχετικά με τη ρύθμιση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Οι αρμοδιότητες ανατέθηκαν σε αυτήν κατ' επιταγήν της Τρίτης Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Δέσμης, η οποία και ανάγει τις εθνικές ρυθμιστικές αρχές ενέργειας σε «εγγυητές» της εύρυθμης λειτουργίας των ενεργειακών αγορών.

6.6 Προβλήματα κατά την εφαρμογή του νέου μοντέλου αγοράς

Το νέο προτεινόμενο μοντέλο για την διαμόρφωση της ενιαίας αγοράς ενέργειας, όπως παρουσιάστηκε και στις προηγούμενες ενότητες, συμπλέκει ένα σύνολο νεοσύστατων και ήδη υφιστάμενων διοικητικών οντοτήτων (Ρ.Α.Ε., ΔΣΜ, ΑΔΜΗΕ, ΔΕΔΔΗΕ, ΔΑΠΕΕΠ, ΕΕΧ, κ.λπ.). Οι συγκεκριμένοι φορείς πρέπει να έχουν εποπτεία και έλεγχο σε διαφορετικούς τομείς της παραγωγής και διανομής ενέργειας, σε συνδυασμό με τον ηλεκτρονικό και άμεσο έλεγχο των αγορών (ημερήσια, ενδοημερήσια, προθεσμιακές – διμερείς συναλλαγές, εξισορρόπηση συστήματος, κ.λπ.). Οι τομείς αυτοί θα πρέπει να συναρμολογούνται για να διασφαλίσουν την απρόσκοπτη αγοραπωλησία και διανομή της ηλεκτρικής ισχύος από τους παραγωγούς στους τελικούς καταναλωτές, με διαφάνεια και αξιοπιστία.

Από τις νομοθετικές ρυθμίσεις διαφαίνεται ότι οι αρμοδιότητες εμπλέκουν περισσότερους του ενός φορέα, για την εκτέλεση των απαιτούμενων διεργασιών. Η εμπλοκή των ιδιωτών (παραγωγών – καταναλωτών), περιπλέκει τη λειτουργικότητα του σχήματος. Οι φορείς σε πολλές περιπτώσεις προσβλέπουν από διαφορετική οπτική στα θέματα παραγωγής και διανομής ενέργειας. Π.χ. το ΕΕΧ προσβλέπει στην αμεσότητα των δυναμικών συναλλαγών, ο ΔΣΜ επιθυμεί την εξισορρόπηση του συστήματος μεταφοράς, οι διαρκείς αλλαγές και παραγγελίες ενέργειας σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση, συντείνουν σε δυναμικές συναλλαγές, αλλάζοντας τα προφίλ παραγωγής και κατανάλωσης. Τα όρια αρμοδιοτήτων μεταξύ των φορέων είναι λεπτά, αλλά θα πρέπει να παραμείνουν σαφή για την ομαλή λειτουργία, του συνολικού συστήματος παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας. Σημαντικό ρόλο σε αυτό το σημείο καλείται να διαδραματίσει η Ρ.Α.Ε. Από την πλευρά της Ρ.Α.Ε., οι ελεγκτικοί μηχανισμοί και οι εγγυήσεις που παρέχονται, άπτονται θεμάτων και συμβάσεων που διαμορφώνονται από ιδιωτικούς φορείς μέσω συμβολαίων ρύθμισης. Η αποδοχή των κανόνων πρέπει να είναι κοινή, ορίζοντας με σαφή τρόπο τα όρια λειτουργίας και συνεργασίας. Το παραπάνω αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα κατά τον σχηματισμό πολύπλοκων σχημάτων – οργανογραμμάτων ελέγχου.

Οι υφιστάμενοι φορείς με αλλαγή αρμοδιοτήτων και των τομέων ευθύνης τους, συνεπάγονται επίσης ένα πολύ σημαντικό πρόβλημα στη διαμόρφωση του νέου σχήματος. Η Ε.Ε. κατευθύνει με οδηγίες και κανονισμούς προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, αλλά θα πρέπει να τονιστεί ότι οι παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές συμπληρώνονται από εθνικούς νόμους. Η νομοθεσία που αφορά στη λειτουργία των φορέων, μπορεί μόνο να χαρακτηρίσει αυτές τις κατευθύνσεις στο νομικό τους πλαίσιο. Η τεχνολογική όμως υφή του εγχειρήματος, εισάγει τεχνικές δυνατότητες ή ελλείψεις, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν καθοριστικά το μοντέλο λειτουργίας.

Η αποδυνάμωση των εθνικών μονοπωλίων ενέργειας, και η αντικατάστασή τους από ένα νέο σύνολο φορέων αποτελεί ένα δύσκολο στοίχημα. Η λειτουργία και η απόδοση του νέου σχήματος αποτελεί μία καθολική δομή, η οποία θα πρέπει να αξιολογηθεί στην πορεία του χρόνου καθώς και των στόχων που έχει θέσει.

6.7 Συμπεράσματα

Ο εξηλεκτρισμός της Ελλάδας αποτέλεσε ένα δύσκολο εγχείρημα, και για να επιτευχθεί, ακολούθησε το σύνολο των τεχνολογικών αλλά και εθνικών αλλαγών στο χρονικό διάστημα από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα. Οι αρχικές τοπικές δομές (παραγωγής), προφανώς δεν ήταν ώριμες ούτε σε τεχνολογικό αλλά ούτε και σε πολιτικό επίπεδο, για να

μπορέσουν να παρέχουν μέσω ενός κεντρικού σχεδιασμού την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας.

Η Δ.Ε.Η. συνέβαλε καθοριστικά στην επίλυση του προβλήματος του εξηλεκτρισμού της επικράτειας, έχοντας ως υποστήριξη την κρατική υποδομή καθώς και τα εθνικά κεφάλαια. Τα τελευταία, είναι πάντοτε απαιτούμενα για την επίτευξη στόχων, οι οποίοι ενδεχόμενα, δεν είναι επικερδείς καθώς και δελεαστικοί για την ιδιωτική πρωτοβουλία. Η κρατική υποστήριξη συνέτεινε προφανώς προς το σχηματισμό ενός εθνικού μονοπωλίου ενέργειας. Οι αγκυλώσεις, σε συνδυασμό με τις κυβερνητικές παρεμβάσεις, δυσχεραίνουν το έργο μίας καθολικής και αυτορρυθμιζόμενης λειτουργίας.

Οι σύγχρονες τάσεις της αγοράς, σε συνδυασμό με τις επιδράσεις από τις τεχνολογίες παραγωγής ορυκτών καυσίμων, συντείνουν στην ανάγκη, αποδέσμευσης από μία καθετοποιημένη μονοπωλιακή παραγωγή και διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας. Η Ε.Ε. εντοπίζοντας τα συγκεκριμένα προβλήματα στα κράτη – μέλη της, προσπαθεί να αναδιαρθρώσει τη λειτουργικότητα της αγοράς ενέργειας, με δομικές αποζεύξεις των φορέων που ασχολούνται με την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή της ενέργειας. Θεωρεί ότι ένα δυναμικό σχήμα που αποτελείται από ένα σύνολο φορέων, υπό την εποπτεία μίας ανεξάρτητης ρυθμιστικής αρχής, σε συνδυασμό με την ιδιωτική πρωτοβουλία, θα επιτρέψει μία αυτορρυθμιζόμενη ενιαία αγορά ενέργειας. Το νέο προφίλ δράσης περιλαμβάνει τη δυνατότητα για βραχυπρόθεσμες αλλά και μακροπρόθεσμες παραγωγές και καταναλώσεις ποσών ενέργειας. Τα Χρηματιστήρια Ενέργειας, αποτελούν τους δομικούς σχηματισμούς για την επαφή παραγωγών και καταναλωτών, με την αγορά. Η δυναμικότητα στο χρόνο των συναλλαγών, σε ημερήσια, ενδοημερήσια ή προθεσμιακή βάση, δίνουν τη δυνατότητα της άμεσης συμμετοχής και διασφάλισης οφέλους για όλους τους συμμετέχοντες στο σχήμα. Η ενέργεια όμως αποτελεί ένα ειδικό πεδίο δράσης, που διαφοροποιείται σημαντικά σε σχέση με την εμπορική διακίνηση άλλου τύπου αγαθών. Το πρόβλημα εξισορρόπησης και ευσταθούς λειτουργίας του δικτύου, αποτελεί ένα σημαντικό θέμα για την απρόσκοπτη παραγωγή και διανομή ενέργειας. Τα νομοθετικά πλαίσια για τη συνολική λειτουργία των δομών είναι εκτενή. Τα όρια δράσης και οι ευθύνες καθώς και τα δικαιώματα των συμμετεχόντων θα πρέπει να είναι σαφή και ευδιάκριτα. Τα νομικά πλαίσια όμως, επικεντρώνονται μόνο στη διατύπωση βασικών αρχών δράσης, αφήνοντας τις τεχνικές λεπτομέρειες εφαρμογής στους εμπλεκόμενους φορείς και τη Ρυθμιστική Αρχή. Το προτεινόμενο σχήμα είναι πολύπλοκο, με φιλόδοξη προσέγγιση για την καθολική διακρατική ενοποίηση των αγορών ενέργειας.

7

Υπολογιστικό παράδειγμα Οικονομικών Ανταλλαγών

Ενέργειας

7.1 Αλγόριθμοι Βελτιστοποίησης για μη Κυρτά Προβλήματα

Τα μη κυρτά προβλήματα, σε συνδυασμό με την επιβολή πρόσθετων συνθηκών περιορισμού (constraints), αποτελούν δύσκολα προβλήματα βελτιστοποίησης, εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους. Αυτά αφορούν σε πολλαπλά σημεία ελαχιστοποίησης του προβλήματος, σαγματικά σημεία των συναρτήσεων βελτιστοποίησης (saddle points), επίπεδες ζώνες οι οποίες δεν επιτρέπουν διαφορισιμότητα των συναρτήσεων κόστους, ή πολύ μεγάλες αλλαγές στην καμπυλότητα των υπερ-επιφανειών του προβλήματος. Επιπλέον, σε αυτά τα προβλήματα συγκαταλέγονται και τα προβλήματα που χρησιμοποιούν ακεραίους αριθμούς, η επίδραση των οποίων αλλάζει τη μορφή της συνάρτησης κόστους. Τα προβλήματα αυτού του τύπου συνιστούν γενικά προβλήματα NP (Non-Linear Programming). Τα συμπεράσματα από την ερευνητική – μαθηματική βιβλιογραφία για αυτά τα προβλήματα, καταδεικνύουν ότι δεν υπάρχει ένας καθολικός αλγόριθμος επίλυσης για όλους αυτούς τους τύπους των προβλημάτων. Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται, εξαρτώνται κυρίως από τον τύπο των εφαρμογών για τις οποίες προορίζονται. Επίσης, για τη διατύπωση αυτών των προβλημάτων δεν υπάρχει μία κοινή μεθοδολογία. Μερικές από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την επίλυση τους είναι:

- Stochastic Gradient Descent
- Mini-batching
- SVRG (Stochastic Variance Reduced Gradient)
- Momentum
- Neural Networks

7.2 Οικονομικές Ανταλλαγές Ενέργειας

Στην παρούσα παράγραφο θα παρουσιαστεί πως με τη συνεργασία των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας δύο διαφορετικών περιοχών (Α και Β) μπορούν να αποκομισθούν αμοιβαία οφέλη.

Το πρόβλημα που επιλύεται από τον κώδικα του Παραρτήματος Α διακρίνει δύο γεωγραφικές περιοχές (περιοχή Α και περιοχή Β). Συνολικά οι περιοχές διαθέτουν 6 γεννήτριες παραγωγής, οι οποίες είναι καταμεμημένες σε τρεις ανά περιοχή. Η κάθε περιοχή έχει και έναν διαχειριστή, το κέντρο ελέγχου του συστήματος. Το οποίο έχει ως αρμοδιότητα να διατηρεί σταθερή τη συχνότητα του συστήματος παραγωγής και είναι υπεύθυνο για τις ανταλλαγές ενέργειας με τα γειτονικά συστήματα. Τα χαρακτηριστικά των γεννητριών, ικανότητα παραγωγής (P_{min}, P_{max}) καθώς και τα κόστη λειτουργίας συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 5 : Δεδομένα Παραγωγής των γεννητριών του παραδείγματος.

Μονάδα	Περιοχή	P_{max} (MW)	P_{min} (MW)	Καύσιμο	Τιμή Καυσίμου (χρηματική μονάδα/Gcal)	$H(P) = a + bP + cP^2$		
						a (Gcal/h)	b (Gcal/MWh)	c (Gcal/MW ² h)
1	A	290	110	Λιγνίτης	1.92	65.8	2.004	0.00078
2	A	280	110	Λιγνίτης	1.92	77.8	2.051	0.00099
3	A	280	110	Λιγνίτης	1.92	77.8	2.051	0.00099
4	B	280	110	Λιγνίτης	1.92	77.8	2.041	0.00080
5	B	120	40	Λιγνίτης	1.92	64.5	2.708	0.06448
6	B	60	20	Λιγνίτης	1.92	30.7	3.071	0.00853

Το πρόβλημα απαιτεί την κάλυψη φορτίου 750MW για την περιοχή Α και 400MW για την περιοχή Β.

Το πρόβλημα μπορεί να επιλυθεί είτε αυτόνομα για κάθε περιοχή (isolated mode). Δηλαδή κάθε περιοχή να βασίζεται στις δικές της γεννήτριες παραγωγής ή συνολικά (combined mode) όπου όλες οι γεννήτριες χρησιμοποιούνται από κοινού για την κάλυψη του φορτίου και των 2 περιοχών που ανέρχεται σε 1150MW.

Ο αλγόριθμος επίλυσης ταξινομεί τις γεννήτριες παραγωγής με βάση τα κόστη παραγωγής τους. Προφανώς κατά την ανάθεση φορτίων προτιμάται αρχικά η γεννήτρια που παρουσιάζει τα χαμηλότερα κόστη και εφόσον αυτή δεν επαρκεί για την κάλυψη όλων των αναγκών του φορτίου, το υπολειπόμενο φορτίο ανατίθεται με τον ίδιο τρόπο ιεραρχικά στις υπόλοιπες γεννήτριες του σχήματος. Ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη του τις δεσμεύσεις P_{min} και P_{max} για την λειτουργία κάθε γεννήτριας. Το πρόβλημα που επιλύεται στο combined mode (συνολική αντιμετώπιση) δεν θεωρείται δεσμευτικό ή constrained χωρητικότητας γραμμών από την περιοχή Α προς τη Β και το ανάποδο. Στον αλγόριθμο που χρησιμοποιήθηκε για την ανάθεση φορτίων στις γεννήτριες λαμβάνεται υπόψη η εναπομείνασα προς κάλυψη ισχύ. Στην περίπτωση όπου η ισχύς που απομένει να καλυφθεί, είναι χαμηλότερη από την ελάχιστη ισχύ λειτουργίας της επόμενης γεννήτριας που χρησιμοποιείται στην ανάθεση, ο αλγόριθμος αναθέτει μικρότερο φορτίο στην

προηγούμενη αφήνοντας ακριβώς το ελάχιστο φορτίο για την ενεργοποίηση της επόμενης. Η τροποποίηση αυτή οδηγεί σε κάλυψη ακριβώς των απαιτήσεων ισχύος του προβλήματος, χωρίς την παραγωγή περίσσειας ισχύος.

Τα αποτελέσματα όπως υπολογίσθηκαν από τον αλγόριθμο του ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ Α αποτυπώνονται παρακάτω:

- Isolated Mode

Οι περιοχές καλύπτονται αυτόνομα από τις γεννήτριες που διαθέτει η κάθε μία. Η κάλυψη ισχύος όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι πλήρης και στις 2 περιοχές (750MW + 400MW). Το κόστος παραγωγής για κάθε περιοχή ανέρχεται για την περιοχή Α 3688 νομισματικές μονάδες ενώ για την περιοχή Β σε 2106 νομισματικές μονάδες. Το συνολικό κόστος για την κάλυψη και των δύο περιοχών ανέρχεται σε 5795 νομισματικές μονάδες.

Στην περιοχή Α η κατανομή του φορτίου στις εκάστοτε γεννήτριες γίνεται με την εξής σειρά:

- 1^η γεννήτρια, 290MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 2^η γεννήτρια 280MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 3^η γεννήτρια 180MW , 64,28% ποσοστό χρησιμοποίησης

Στην περιοχή Β η κατανομή του φορτίου στις γεννήτριες γίνεται με την παρακάτω σειρά:

- 1^η γεννήτρια, 280MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 3^η γεννήτρια, 60MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 2^η γεννήτρια, 60MW, 50% ποσοστό χρησιμοποίησης

Στη συνέχεια επιλύεται το ίδιο πρόβλημα κάλυψης ισχύος με χρήση από κοινού και των 6 γεννητριών για την κάλυψη 1150MW.

- Combined Mode

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρατηρείται ότι η συνολικά παραγόμενη ισχύς είναι 1150MW όση και η συνολική ζήτηση των δύο περιοχών. Η ενεργοποίηση των γεννητριών ανατέθηκε με την εξής σειρά :

- 1^η γεννήτρια, 290MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 4^η γεννήτρια, 280MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 2^η γεννήτρια, 280MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 3^η γεννήτρια, 280MW, 100% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 6^η γεννήτρια, 20MW, 33,3% ποσοστό χρησιμοποίησης
- 5^η γεννήτρια – Δεν χρησιμοποιείται.

Η περιοχή Α παρήγαγε περίσσεια ισχύος 100MW για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής Β. Η ισχύς των 100MW που οδεύει μέσω των διασυνδεδειγμένων γραμμών μεταφοράς από την Α στη Β περιοχή ονομάζεται ισχύς ανταλλαγής. Η μείωση στο συνολικό κόστος λειτουργίας των δύο περιοχών κατά τη διασύνδεση ανέρχεται σε 75 νομισματικές μονάδες.

Προφανώς ο διαχειριστής της Β περιοχής θα πρέπει να αποζημιώσει την μονάδα παραγωγής της περιοχής Α η οποία παρήγαγε περίσσεια ισχύος για τις ανάγκες της περιοχής Β. Εδώ δημιουργείται και το εξής ερώτημα :

Πόση θα είναι η ωριαία αποζημίωση που θα πρέπει να πληρώσει ο διαχειριστής της Β περιοχής στην εταιρία Παραγωγής της Α περιοχής όπου παρήγαγε περίσσεια ισχύος;

Μια δίκαιη προσέγγιση είναι να ισοκατανέμονται τα οικονομικά οφέλη της διασύνδεσης και στις δύο περιοχές με τον εξής τρόπο : «Η τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται από την αύξηση στο κόστος παραγωγής του εξαγωγέα συν το ένα δεύτερο της μείωσης του κόστους λειτουργίας του συστήματος.

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα ο διαχειριστής της περιοχής Β θα πρέπει να πληρώσει 326 νομισματικές μονάδες για την ενέργεια που πήρε από την περιοχή Α.

Η οικονομική κατανομή φορτίου των διασυνδεδεμένων συστημάτων αποδείχθηκε ότι συμφέρει οικονομικά με την προϋπόθεση ότι υπάρχουν κάπου συγκεντρωμένα όλα τα στοιχεία (κόστη, τεχνικά όρια) και των δύο συστημάτων.

8

Γενικά Συμπεράσματα και Περιοχές για περαιτέρω

έρευνα

8.1 Γενικά Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, παρουσιάστηκε το πρόβλημα παραγωγής και διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και η αναμόρφωση των συστημάτων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής, στοχεύοντας σε μία ενιαία αγορά ενέργειας. Ο εξηλεκτρισμός όλων των χωρών πέρασε από διάφορα στάδια, τα οποία επηρεάστηκαν άμεσα από τις τεχνολογικές δυνατότητες, καθώς και τις πολιτικές και κοινωνικές συνθήκες, που επικρατούσαν σε κάθε γεωγραφική περιοχή. Η Ελλάδα δεν αποτέλεσε εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα, με αποτέλεσμα ο εξηλεκτρισμός της να επηρεαστεί από τις διαθέσιμες τεχνολογίες καθώς και από τις πολιτικές και εθνικές συνθήκες που επικρατούσαν από τα τέλη του 19ου μέχρι και σχεδόν το τέλος της δεκαετίας του 1970. Η παραγωγή και διανομή της ενέργειας, ενώ στην αρχή ήταν χωρίς κεντρικό σχεδιασμό, καλύπτοντας μόνο τα μεγάλα αστικά κέντρα, στη συνέχεια επεκτάθηκε για την κάλυψη ολόκληρης της εθνικής επικράτειας. Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών μίας επικράτειας απαιτούσε χρόνο και χρήματα. Στις ιδιαίτερες κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες που επικρατούσαν, οι διαθέσιμοι πόροι των ιδιωτών δεν επαρκούσαν για τη συνολική κάλυψη. Κατά συνέπεια ο εθνικός – κρατικός φορέας και οι χρηματοδοτήσεις των έργων εξηλεκτρισμού ήταν μονόδρομος. Αυτή η κατάσταση διαμόρφωσε, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά σε παγκόσμιο επίπεδο, τα εθνικά μονοπώλια ενέργειας, με γεωγραφικά επικεντρωμένα ενδιαφέροντα για την κάλυψη αποκλειστικά και μόνο των αναγκών μίας εθνικής επικράτειας.

Η Δ.Ε.Η. αποτελεί το παράδειγμα αυτής της καθετοποιημένης μονοπωλιακής δομής, που έλυσε το πρόβλημα του εξηλεκτρισμού της Ελλάδας. Τα μονοπωλιακά αυτά μοντέλα διατηρήθηκαν υπό την κρατική εποπτεία για αρκετές δεκαετίες σε πολλές χώρες. Η λειτουργικότητα τους δεν γινόταν να επεκταθεί προς ιδιωτικοποίηση, δεδομένου ότι τα νομικά πλαίσια λειτουργίας τους δεν επέτρεπαν τη δημιουργία ιδιωτικών εταιρειών, για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ενέργειας προς τους τελικούς καταναλωτές. Αυτές οι καθετοποιημένες δομές δεν ήταν δυνατό να προχωρήσουν δεδομένου ότι δεν επιτρέπουν την είσοδο των αγορών στη δομή και τη λειτουργία τους. Επιπλέον, εισήγαγαν οικονομικούς κινδύνους και για τους ίδιους τους καταναλωτές, αφού ως μονοπώλια, δεν έδιναν τη δυνατότητα της εναλλακτικής επιλογής. Τα τιμολόγια τους ήταν αποκλειστικός μονόδρομος για κάθε καταναλωτή, χωρίς εναλλακτική λύση.

Η ανταγωνιστική ελεύθερη αγορά αποτελεί ένα μοντέλο, το οποίο μπορεί να δώσει λύση στο προηγούμενο πρόβλημα. Όπως όμως αναφέρθηκε, η αναδιάρθρωση και επανίδρυση των δομών απαιτούσε νομοθετικές παρεμβάσεις σε εθνικά επίπεδα. Επιπλέον από τις δύσκολες αποφάσεις για την επανίδρυση των δομών, η εξέλιξη των αγορών, καταδεικνύει την αναγκαιότητα για τιμές άμεσης απόδοσης και στην ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διαφέρει από τις παραδοσιακές μορφές αγαθών, αλλά η τιμολόγησή της αποτελεί ένα θέμα που αφορά το όφελος των καταναλωτών και δεν θα πρέπει να διαφοροποιείται από άλλες μορφές αγοραπωλησιών. Οι νόμοι προσφοράς – ζήτησης στην ελεύθερη αγορά διέπουν γενικά τις τιμές των αγαθών, κατά συνέπεια το ίδιο θα πρέπει να ισχύει και για την αγορά ενέργειας. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή άμεσης απόδοσης, είναι αρκετοί, και συμπεριλαμβάνουν εκτός από τα κόστη κατανάλωσης, τα κόστη λειτουργίας και συντήρησης των δικτύων, τα οποία θα πρέπει να επιμεριστούν με δίκαιο τρόπο προς τους τελικούς καταναλωτές. Τα οριακά κόστη των συστημάτων που προκύπτουν, αποτελούν τη βάση των πολιτικών τιμολόγησης σε μία σύγχρονη αγορά ενέργειας. Τα οριακά αυτά κόστη θα πρέπει να επιμεριστούν με τον ίδιο τρόπο, ανεξαρτήτως των εθνικών ορίων, εφόσον τα συστήματα παραγωγής ενέργειας προορίζονται για την κάλυψη ευρύτερων γεωγραφικών περιοχών (πέρα από εθνικά όρια). Οι αγοραπωλησίες ενέργειας σε ένα σύγχρονο σύστημα ενιαίας αγοράς θα πρέπει να μπορούν να διακριθούν τόσο βραχυπρόθεσμες, όσο και μακροπρόθεσμες συναλλαγές. Η κοστολόγηση των καταναλωτών είναι ανάλογη των επιλογών τους, και τα οφέλη τους προκύπτουν άμεσα από τις επιλογές τους. Το σύστημα μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας θα πρέπει να αποδίδει σαφή μηνύματα μέσω έκφρασης τιμών προς τους καταναλωτές. Οι τελευταίοι θα ρυθμίσουν τις επιλογές τους με συμμόρφωση στους νόμους τιμών της αγοράς.

Οι συμμετοχές στις σύγχρονες αγορές ενέργειας διακρίνουν διαφορετικές οπτικές ανάλογα με τον εμπλεκόμενο. Από την πλευρά των καταναλωτών, το άμεσο όφελος είναι η δυναμική παρουσία που διασφαλίζει τη χαμηλότερη τιμή για την καταναλισκόμενη ενέργεια. Από την πλευρά των ενδιάμεσων πωλητών, αυτοί στοχεύουν στην όσο το δυνατόν πιο σταθερή πελατειακή βάση, με δεδομένες συνθήκες κατανάλωσης, οι οποίες τους επιτρέπουν ελεγχόμενες προβλέψεις για αγορά ενέργειας. Από την πλευρά των παραγωγών ενέργειας, αυτοί διαφοροποιούν την προσέγγισή τους, ανάλογα με τα κόστη των μονάδων παραγωγής τους, θέλοντας να προωθήσουν στα συστήματα όσο το δυνατό φθηνότερη ενέργεια, για να μην αφήνουν αδρανοποιημένες τις μονάδες παραγωγής τους (καλύπτοντας όμως τα κόστη παραγωγής και συντήρησης των μονάδων τους). Αυτό δεν συνεπάγεται ότι όλες οι μονάδες παραγωγής μπορούν να παράγουν ενέργεια με οικονομικό τρόπο. Οι Α.Π.Ε. έχουν μεγάλα επενδυτικά κόστη στην εγκατάστασή τους, αλλά σχεδόν μηδενικά κόστη στη λειτουργία

τους, δημιουργώντας έτσι έναν αθέμιτο ανταγωνισμό στη βάση σύγκρισης τους με άλλες παραγωγικές παραδοσιακές μονάδες (π.χ. καυσίμου diesel). Είναι εμφανές ότι οι προσεγγίσεις των συμμετεχόντων στην αγορά, είναι εντελώς ετερογενείς, με κοινό όμως στόχο, την αποκόμιση οικονομικού οφέλους.

Οι κρατικές – νομοθετικές παρεμβάσεις, μπορεί να κάνουν ακόμη δυσκολότερο το τοπίο, δεδομένου ότι πολλές φορές πριμοδοτούν νέες τεχνολογίες, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση του αθέμιτου ανταγωνισμού, εκτοπίζοντας με αυτόν τον τρόπο τις παραδοσιακές επενδύσεις στο χώρο της παραγωγής ενέργειας (οι οποίες είναι υπάρχουσες – εγκατεστημένες και μπορούν να παράγουν ενέργεια).

Στο πρόβλημα της ενέργειας, εκτός από τους περιορισμούς της αγοράς, έρχονται να προστεθούν και λειτουργικοί περιορισμοί (πρόβλημα εξισορρόπησης, πρόβλημα διατήρησης επιπέδου τάσεως/συχνότητας, συντήρηση δικτύων, περιβαλλοντικά θέματα, στοχαστικότητα της παραγωγής από Α.Π.Ε., μέτρηση πραγματικής καταναλισκόμενης ισχύος, αντιστάθμιση άεργου ισχύος, κ.λπ.). Οι τελευταίοι με τη σειρά τους, επιβάλλουν σημαντικές επιβολές δράσεων, στην οργάνωση της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής ισχύος.

Η προσπάθεια ιδιωτικοποίησης των αγορών ενέργειας, αναμένεται να συμβάλλει με θετικό τρόπο στην απελευθέρωση των τιμών ενέργειας και εξισορρόπησης της αγοράς, αλλά από την άλλη πλευρά δεν θα πρέπει να αγνοηθούν ενδεχόμενοι κίνδυνοι, μονοπώλησης των πόρων των συστημάτων από ιδιώτες. Τα νομοθετικά πλαίσια δράσεων θα πρέπει να είναι σαφή, και να αποτρέπουν τους συμμετέχοντες από τέτοιου τύπου ενέργειες.

Τα παραπάνω θέματα, γίνονται πιο σημαντικά στην προσπάθεια ενοποίησης των αγορών ενέργειας, ξεπερνώντας τα εθνικά όρια. Η Ε.Ε. και τα κράτη μέλη της, αντιμετώπισαν τα προβλήματα παραγωγής ισχύος, αρχικά στα εθνικά επίπεδα κάθε επικράτειας. Αυτό που έγινε σαφές, ήταν ότι οι εξαρτήσεις της παραγωγής από ορυκτά καύσιμα σε εθνικά επίπεδα, καθιστά τις οικονομίες ευάλωτες στην αναπροσαρμογή των τιμών αυτών των καυσίμων. Έτσι, η αντιμετώπιση του προβλήματος παραγωγής και διαχείρισης ενέργειας, ξεπερνά τα εθνικά στενά κρατικά όρια, και γίνεται ένα καθολικό πρόβλημα μίας ευρύτερης ομάδας κρατών (που μετέχουν σε ένα σχηματισμό όπως είναι η Ε.Ε.). Αυτό με τη σειρά του, απαιτεί παρεμβάσεις, εκτός των εθνικών ορίων. Στα πλαίσια αυτά, η Ε.Ε. εξέδωσε κοινοτικές οδηγίες στην πορεία των χρόνων, οι οποίες στη συνέχεια μετασχηματίστηκαν σε εθνικές νομοθεσίες, για την επίλυση των κρατικών προβλημάτων των καθετοποιημένων μονοπωλιακών παραγωγών. Η ενεργειακή σύζευξη των κρατών μελών της Ε.Ε., απαιτεί κοινά συστήματα παραγωγής, διαχείρισης και τιμολόγησης. Αυτό με τη σειρά του, οδήγησε στη δημιουργία χρηματιστηριακών δομών για την αγοραπωλησία ενέργειας. Νέα πρωτόκολλα και μηχανισμοί δράσης απαιτούνται με αμεσότητα για να διασφαλίσουν επαρκώς την κάλυψη των δυναμικών αναγκών ενέργειας. Ενιαίοι αλγόριθμοι τιμολόγησης και διαχείρισης, συναντούν δυσκολίες, οι οποίες ενδέχεται να ξεπεραστούν στο άμεσο μέλλον. Επομένως, οι νέοι φορείς που απαιτούνται για την αναδιάρθρωση και τη δημιουργία μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας, εκτός από τις απαιτούμενες νομοθετικές παρεμβάσεις, απαιτούν και έμφαση σε λεπτά και ιδιαίτερα ζητήματα του χώρου ενέργειας. Αυτά τα θέματα οφείλουν να δώσουν έμφαση στους τομείς, όπως η ασφάλεια στην παρεχόμενη ισχύ, οι οικονομικοί κίνδυνοι για τους καταναλωτές από τη διαμόρφωση μονοπωλιακού κόστους, η ανισότητα στις προσφερόμενες τιμές ενέργειας προς τον καταναλωτή και η μη δυνατότητα επιδότησης τιμών.

Στόχος όλων των διαρθρωτικών παρεμβάσεων, είναι η επίτευξη μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας, η οποία θα επιλύσει το πρόβλημα παροχής φθηνής και προσβάσιμης ενέργειας,

προς όλους τους πολίτες. Η παραγόμενη ενέργεια θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο «καθαρή» και φιλική προς το περιβάλλον και το οικοσύστημα. Θα πρέπει να αξιοποιεί τις διαθέσιμες τεχνολογίες, τόσο για την παραγωγή, όσο και για την διαχείριση της. Επιπλέον θα πρέπει να σηματοδοτεί καθαρά μηνύματα προς τις αγορές και τους τελικούς παραγωγούς – καταναλωτές. Η εγκατάλειψη του μοντέλου της καθετοποιημένης μονοπωλιακής παραγωγής είναι ένας μονόδρομος, ο οποίος θα πρέπει να εγγυηθεί τη μετάβαση σε ένα καλύτερο και ασφαλέστερο ενεργειακό μέλλον.

Οι τεχνολογίες παραγωγής καθώς και των υπολογιστικών συστημάτων, αναμένεται να συμβάλλουν καθοριστικά σε αυτό. Η ωριμότητα διαχείρισης των φαινομένων της αγοράς, μέσω της ιστορικής εμπειρίας από την προσφορά και τη ζήτηση των αγαθών στα χρηματιστήρια, δίνει επίσης ένα σημαντικό υπόβαθρο εκκίνησης. Δεν θα πρέπει όμως να ξεχνάμε την ιδιαιτερότητα της φύσης του αγαθού της ενέργειας. Η ενέργεια με βάση τις υπάρχουσες τεχνολογίες δεν αποτελεί αντικείμενο αποθήκευσης, αλλά ένα δυναμικά οριζόμενο αγαθό στο χρόνο. Τα συστήματα θα πρέπει να είναι ικανά να ανταποκριθούν τόσο σε καταστάσεις καθημερινής φυσιολογικής λειτουργίας, καθώς επίσης και σε ακραίες συνθήκες, που απαιτούν την ενέργεια για την λειτουργία των κοινωνικών δομών. Η αποκεντρωμένη παραγωγή και διαχείριση εισάγει ένα μεγάλο πλήθος συμμετεχόντων, οι οποίοι καλούνται να λειτουργήσουν με σύμφωνο τρόπο προς μία κατεύθυνση. Οι νομοθετικές ρυθμίσεις είναι αυτές που δημιουργούν το υπόβαθρο κίνησης. Οι φορείς και οι δομές όμως θα πρέπει να έχουν σαφή και ευδιάκριτα όρια λειτουργίας. Αλλιώς οι επικαλύψεις αρμοδιοτήτων μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκες και όχι καλές συνθήκες λειτουργίας.

Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε, ότι ο ρόλος όλων των συστημάτων που σχεδιάζονται από τον άνθρωπο, θα πρέπει να αποσκοπούν σε διασφάλιση καλύτερων συνθηκών για τον ίδιο τον άνθρωπο. Οι μεταβάσεις σε τεχνολογίες και δομές οι οποίες εξελίσσονται, μπορούν να δημιουργήσουν έντονα προβλήματα ανατίμησης της ενέργειας, εφόσον οι νέες προτάσεις δεν είναι έτοιμες να υποδεχθούν τις υπάρχουσες και μελλοντικές ανάγκες ενέργειας.

Στις μέρες μας (2021-22), έγινε ιδιαίτερα εμφανές το τελευταίο. Τα εξελικτικά βήματα σε δομές παραγωγής ενέργειας (π.χ. Α.Π.Ε.) και η εγκατάλειψη παραδοσιακών δομών παραγωγής (π.χ. μονάδες diesel, λιγνίτη), είναι περιβαλλοντικά πολλά υποσχόμενες, αλλά από την άλλη πλευρά συμβάλλουν καθοριστικά σε κατακόρυφη αύξηση των τιμών ενέργειας, για τον τελικό καταναλωτή. Επομένως, το πολλά υποσχόμενο μελλοντικό βήμα, φαίνεται να προσκρούει στην κάλυψη των υπαρχουσών ενεργειακών αναγκών. Αυτό δίνει ένα σημαντικό μήνυμα στην επιλογή των εξελικτικών βημάτων, τόσο στο χώρο της αγοράς, όσο και στο χώρο της τεχνολογίας. Μία τεχνολογία θα πρέπει να παραδίδει τη θέση της σε μία άλλη, όταν τουλάχιστον η νέα μπορεί να αναλάβει κατά τον ίδιο ή πλέον καλύτερο τρόπο, τις υπάρχουσες ανάγκες. Το εγχείρημα με την ενιαία αγορά ενέργειας, η οποία βασίζεται σε νέες ανανεώσιμες τεχνολογίες, φιλοδοξούμε ότι μελλοντικά θα αποδώσει. Για την ώρα, εισπράττουμε τα μεταβατικά φαινόμενα αυτορρύθμισης και εξισορρόπησης των τιμών μιας νέας αγοράς. Αυτό πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψη, εφόσον ο στόχος και ο σκοπός των αλλαγών είναι η διαμόρφωση ενός καλύτερου μέλλοντος για την ανθρωπότητα.

8.2 Περιοχές για περαιτέρω έρευνα

Στην προσπάθεια για τη διαμόρφωση μίας ενιαίας αγοράς ενέργειας, οι δύο σημαντικά εμπλεκόμενοι τομείς είναι οι τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας καθώς και η διαχείρισή της μέσω υπολογιστικών συστημάτων.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάστηκε το γενικότερο πρόβλημα διαχείρισης των αγορών ενέργειας και συναρμογής τους, σε επίπεδα που αφορούν τόσο στα θέματα λειτουργίας και εξισορρόπησης ενός δικτύου παροχής ισχύος, όσο και στα θέματα που άπτονται στην άμεση απόδοση τιμής προς τον τελικό καταναλωτή. Περιοχές για περαιτέρω έρευνα αφορούν κυρίως στην οργάνωση και συγκρότηση των δομών και των αρμοδιοτήτων των φορέων που σχετίζονται με το πρόβλημα διαχείρισης της ενέργειας με δυναμικό τρόπο μέσω των αγορών και των χρηματιστηρίων Ενέργειας. Τα θέματα αναλυτικής τιμολόγησης και προσδιορισμού της τιμής άμεσης απόδοσης για τον τελικό καταναλωτή βασίζονται στις μοντελοποιήσεις λειτουργίας των δικτύων ισχύος. Καλύτερες – ακριβέστερες μοντελοποιήσεις των παραμέτρων που συνθέτουν αυτά τα μοντέλα θα μπορούσαν να συμβάλλουν καθοριστικά στην τοποθέτηση και επίλυση του προβλήματος.

Τα νομικά θέματα τα οποία σχετίζονται με τους φορείς και τις αρμοδιότητές τους, εφόσον διασαφηνιστούν με τους ρόλους των συμμετεχόντων θα συμβάλλουν στη μείωση επικαλύψεων αρμοδιοτήτων.

Παράρτημα Α

Στο παράρτημα παρουσιάζεται ο κώδικας που αναπτύχθηκε στο περιβάλλον προγραμματιστικών προσομοιώσεων Matlab[®], για την επίλυση του προβλήματος οργάνωσης παραγωγής σε διαφορετικές περιοχές. Το περιβάλλον προσομοίωσης δίνει τη δυνατότητα τόσο για απομονωμένη επίλυση των γεωγραφικών περιοχών (isolated mode) όσο και για συνδυαστική επίλυση όλων των περιοχών από κοινού με χρήση όλων των παραγωγών μονάδων (Combined mode). Ο κώδικας παρουσιάζεται στη συνέχεια:

```
%*****
% Project Title      :      Code for Power Exchange
% Routine Name      :      par7a
% Version No        :      1.0
% Date              :      02/06/2022
% Comments          :      1.0 -> Initial Code Version
%                  :      1.1 -> MOdification on power assignment on PUs
% Author            :      P. Tsapas
%*****

clc;
clear;

%*****
%
%                      Internal Parameters Definition
%*****

No_PU=6;                % Number of Power UNits
Ter(1,:)= [1 1 1 0 0 0]; % Definition of Power Units for Territory A
Ter(2,:)= [0 0 0 1 1 1]; % Definition of Power Units for Territory B
Pmin=[110 110 110 110 40 20]; % Min Power of each Unit (MW)
Pmax=[290 280 280 280 120 60]; % Max Power of each Unit (MW)
Cost=[1.92 1.92 1.92 1.92 1.92 1.92]; % Cost of fuel for each Power UNit
PU_par(1,1:3)=[65.8 2.004 0.00078]; % Cost parameters for each Power Unit
PU_par(2,1:3)=[77.8 2.051 0.00099];
PU_par(3,1:3)=[77.8 2.051 0.00099];
PU_par(4,1:3)=[77.8 2.041 0.00080];
PU_par(5,1:3)=[64.5 2.708 0.0648];
PU_par(6,1:3)=[30.7 3.071 0.00853];
Pdem_ter=[750 400]; % Power demands for each Territory

iso_sol='n'; % Defines Isolated (y) or Combined (n) solution

%-----
%          Check for vector sizes
%-----

[Ter_row, Ter_col]=size(Ter);

if (No_PU~=Ter_col)
    disp(' Correct size of Territories!');
    return;
end;
```

```

if (No_PU~=length(Pmin))
    disp(' Define Pmin for all Units in scheme!');
    return;
end;

if (No_PU~=length(Pmax))
    disp(' Define Pmax for all Units in scheme!');
    return;
end;

if (No_PU~=length(Cost))
    disp(' Define Cost for all Units in scheme!');
    return;
end;

[PU_par_row,PU_par_col]=size(PU_par);

if (No_PU~=PU_par_row)
    disp(' Define Parameters for all Units in scheme!');
    return;
end;

if (PU_par_col~=3)
    disp(' Define Cost Parameters for all Units in scheme!');
    return;
end;

if (Ter_row~=length(Pdem_ter))
    disp(' Define Pdemsands accoring Territories!');
    return;
end;

%*****
%
%                               Code Body
%*****

No_ter=Ter_row;

for i=1:1:No_PU
    Pcost1(i)=Cost(i)*(PU_par(i,1)+PU_par(i,2)*Pmax(i)+PU_par(i,3)*Pmax(i)^2);
    Pcost1(i)=Pcost1(i)/Pmax(i);
end;

for i=1:1:No_PU
    Pcost2(i)=Cost(i)*(PU_par(i,1)+PU_par(i,2)*Pmin(i)+PU_par(i,3)*Pmin(i)^2);
    Pcost2(i)=Pcost2(i)/Pmin(i);
end;

for i=1:1:No_PU
    Pave(i)=(Pmin(i)+Pmax(i))/2;
    Pcost3(i)=Cost(i)*(PU_par(i,1)+PU_par(i,2)*Pave(i)+PU_par(i,3)*Pave(i)^2);
    Pcost3(i)=Pcost3(i)/Pave(i);
end;

for i=1:1:No_PU
    Pcost(i)=(Pcost1(i)+Pcost2(i)+Pcost3(i))/3;

```

```

end;

if (iso_sol=='y') % Isolated Solution
for i=1:1:No_ter % Number of Territories
P_min(i)=0;
P_max(i)=0;
k=0;
for j=1:1:No_PU % Gen on Territory
if (Ter(i,j)==1) % Gen participates in Territory
P_min(i)=P_min(i)+Pmin(j);
P_max(i)=P_max(i)+Pmax(j);
k=k+1;
Ucost(k)=Pcost(j);
Umin(k)=Pmin(j);
Umax(k)=Pmax(j);
end;
end;
[sUcost,sind]=sort(Ucost);
for l=1:1:length(sind)
sUmin(l)=Umin(sind(l));
sUmax(l)=Umax(sind(l));
sPU_par(l,:)=PU_par(sind(l,:),:);
sCost(l)=Cost(sind(l));
end;
if (Pdem_ter(i)>P_max(i))
disp(' Territory ');
disp(i);
disp(' In isolated mode Territory Power demands not covered! ');
return;
end;
Fcost(i)=0;
Pres(i)=Pdem_ter(i);
for m=1:1:length(Ucost)
sUtil(i,m)=0;
if (Pres(i)>sUmax(m))
if ((m<length(Ucost)) && (Pres(i)-sUmax(m)>=sUmin(m+1)))
Fcost(i)=Fcost(i)+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*sUmax(m)+sPU_par(m,3)*sUmax(m)^2);
FPU(m)=sUmax(m);
sUtil(i,m)=100;
Pres(i)=Pres(i)-sUmax(m);
else
tt=Pres(i)-sUmin(m+1);
Fcost(i)=Fcost(i)+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*tt+sPU_par(m,3)*tt^2);
FPU(m)=tt;
sUtil(i,m)=100*tt/sUmax(m);
Pres(i)=Pres(i)-tt;
end;
elseif ((Pres(i)<=sUmax(m)) && (Pres(i)>=sUmin(m)))
Fcost(i)=Fcost(i)+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*Pres(i)+sPU_par(m,3)*Pres(i)^2);
FPU(m)=Pres(i);
sUtil(i,m)=100*Pres(i)/sUmax(m);
Pres(i)=0;
elseif ((Pres(i)>0) && (Pres(i)<sUmin(m)))
Fcost(i)=Fcost(i)+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*sUmin(m)+sPU_par(m,3)*sUmin(m)^2);
FPU(m)=sUmin(m);
sUtil(i,m)=100*sUmin(m)/sUmax(m);
Pres(i)=0;

```

```

else
    Fcost(i)=Fcost(i);
    FPU(m)=0;
    sUtil(i,m)=0;
    Pres(i)=0;
end;
end;
disp('-----');
disp(' Isolated Mode for Territories ');
disp('-----');
disp(' Solution for Territory ');
disp(i);
disp('-----');
disp(' Territory P demands ');
disp('-----');
disp(Pdem_ter(i));
disp('-----');
disp(' PU Activation Index ');
disp('-----');
disp(sind);
disp('-----');
disp(' PU Min Load ');
disp('-----');
disp(sUmin);
disp('-----');
disp(' PU Max Load ');
disp('-----');
disp(sUmax);
disp('-----');
disp(' Load Assigned on PU ');
disp('-----');
disp(FPU);
disp('-----');
disp(' PGen Utilization (%) ');
disp('-----');
disp(sUtil(i,:));
disp('-----');
disp(' Territory Costs ');
disp('-----');
disp(Fcost(i));
end;
disp('-----');
disp(' Territories Total Costs');
disp('-----');
disp(sum(Fcost));
else % Combined Solution
    P_min=0;
    P_max=0;
    Pdem_tot_ter=sum(Pdem_ter);
    k=0;
    for j=1:1:No_PU % Gen on Territory
        P_min=P_min+Pmin(j);
        P_max=P_max+Pmax(j);
        k=k+1;
        Ucost(k)=Pcost(j);
        Umin(k)=Pmin(j);
        Umax(k)=Pmax(j);
    end
end

```

```

end;
[sUcost,sind]=sort(Ucost);
for l=1:1:length(sind)
    sUmin(l)=Umin(sind(l));
    sUmax(l)=Umax(sind(l));
    sPU_par(l,:)=PU_par(sind(l),:);
    sCost(l)=Cost(sind(l));
end;
if (Pdem_tot_ter>P_max)
    disp(' Ttoal Power Demands not covered! ');
    return;
end;
Fcost=0;
Pres(i)=Pdem_tot_ter;
for m=1:1:length(Ucost)
    sUtil(m)=0;
    if (Pres(i)>sUmax(m))
        if ((m<length(Ucost)) && (Pres(i)-sUmax(m)>=sUmin(m+1)))
            Fcost=Fcost+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*sUmax(m)+sPU_par(m,3)*sUmax(m)^2);
            FPU(m)=sUmax(m);
            sUtil(m)=100;
            Pres(i)=Pres(i)-sUmax(m);
        else
            tt=Pres(i)-sUmin(m+1);
            Fcost=Fcost+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*tt+sPU_par(m,3)*tt^2);
            FPU(m)=tt;
            sUtil(m)=100*tt/sUmax(m);
            Pres(i)=Pres(i)-tt;
        end;
    elseif ((Pres(i)<=sUmax(m)) && (Pres(i)>=sUmin(m)))
        Fcost=Fcost+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*Pres(i)+sPU_par(m,3)*Pres(i)^2);
        FPU(m)=Pres(i);
        sUtil(m)=100*Pres(i)/sUmax(m);
        Pres(i)=0;
    elseif ((Pres(i)>0) && (Pres(i)<sUmin(m)))
        Fcost=Fcost+sCost(m)*(sPU_par(m,1)+sPU_par(m,2)*sUmin(m)+sPU_par(m,3)*sUmin(m)^2);
        FPU(m)=sUmin(m);
        sUtil(m)=100*sUmin(m)/sUmax(m);
        Pres(i)=0;
    else
        Fcost=Fcost;
        FPU(m)=0;
        sUtil(m)=0;
        Pres(i)=0;
    end;
end;
for i=1:1:No_ter
    xPU(i)=Pdem_ter(i);
    for j=1:1:No_PU
        if (Ter(i,sind(j))==1) % Gen participates in Territory
            xPU(i)=xPU(i)-FPU(j);
        end;
    end;
end;
for i=1:1:No_ter
    if (xPU(i)<0)
        xPU(i)=-xPU(i);
    end;
end;

```

```

else
    xPU(i)=0;
end;
end;
disp('-----');
disp(' Combined Mode for Territories ');
disp('-----');
disp(' Solution for Territories');
disp('-----');
disp(' Territories Total demands ');
disp('-----');
disp(Pdem_tot_ter);
disp('-----');
disp(' PU Activation Index ');
disp('-----');
disp(sind);
disp('-----');
disp(' PU Min Load ');
disp('-----');
disp(sUmin);
disp('-----');
disp(' PU Max Load ');
disp('-----');
disp(sUmax);
disp('-----');
disp(' Load Assigned on PU ');
disp('-----');
disp(FPU);
disp('-----');
disp(' Totak Load produced by PU ');
disp('-----');
disp(sum(FPU));
disp('-----');
disp(' PGen Utilization (%) ');
disp('-----');
disp(sUtil);
disp('-----');
disp(' Territories Total Costs');
disp('-----');
disp(Fcost);
disp('-----');
disp(' Territories Power Exchange');
disp('-----');
disp(xPU);
end;

```

Τα αποτελέσματα από την προσομοίωση για την κάλυψη δύο περιοχών με απαίτηση ισχύος 750 MW και 400 MW αντίστοιχα παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Ανεξάρτητη επίλυση των περιοχών

Isolated Mode for Territories

Solution for Territory

1

Territory P demands

750

PU Activation Index

1 2 3

PU Min Load

110 110 110

PU Max Load

290 280 280

Load Assigned on PU

290 280 180

PGens Utilization (%)

100.0000 100.0000 64.2857

Territory Costs

3.6889e+03

Isolated Mode for Territories

Solution for Territory

2

Territory P demands

400

PU Activation Index

1 3 2

PU Min Load

110 20 40

PU Max Load

280 60 120

Load Assigned on PU

280 60 60

PGens Utilization (%)

100 100 50

Territory Costs

2.1061e+03

Territories Total Costs

5.7950e+03

>>

Κοινή επίλυση των περιοχών

Combined Mode for Territories

Solution for Territories

Territories Total demands

1150

PU Activation Index

1 4 2 3 6 5

PU Min Load

110 110 110 110 20 40

PU Max Load

290 280 280 280 60 120

Load Assigned on PU

290 280 280 280 20 0

Total Load produced by PU

1150

PGens Utilization (%)

100.0000 100.0000 100.0000 100.0000 33.3333 0

Territories Total Costs

5.7206e+03

Territories Power Exchange

100 0

>>

Από την προσομοίωση αποδεικνύεται ότι η κοινή κάλυψη των δύο περιοχών εξοικονομεί με παραγωγή ισχύος 100 MW από την περιοχή Α προς την περιοχή Β, κόστος 5795 – 5720 = 75 μονάδων.

Παράρτημα Β

Στο παράρτημα παρουσιάζονται οι νομοθετικές – ιδρυτικές πράξεις και οι αρχές λειτουργίας και αρμοδιοτήτων για τις Ρ.Α.Ε., Α.Δ.Μ.Η.Ε. . Επίσης παρουσιάζονται οι νομοθετικές αρχές που διέπουν την Αγορά Επόμενης Ημέρας, την Ενδοημερήσια Αγορά και την Προθεσμιακή Αγορά, όπως προκύπτουν από τις ιδρυτικές πράξεις της ελληνικής νομοθεσίας. Η πληροφορία παρατίθεται αυτούσια από τις αντίστοιχες νομοθετικές διατάξεις.

B1. Νομοθετικά σημεία αναφοράς Ρ.Α.Ε.

Τα κυριότερα νομοθετικά σημεία αφορούν σε [11], [12]:

- Η κυριότητα του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας παραμένει στην Δ.Ε.Η.
- Η Διαχείριση του Συστήματος ανατίθεται στην ανώνυμη εταιρεία με την επωνυμία «Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.» (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε.) [17]. Η τελευταία ιδρύεται με προεδρικό διάταγμα, 6 μήνες μετά τη δημοσίευση του νόμου. Ο φορέας ασκεί τις αρμοδιότητες που ορίζονται στο άρθρο 15 του νόμου.
- Η διαχείριση του Συστήματος, διενεργείται σύμφωνα με τον «Κώδικα Διαχείρισης του Συστήματος». Επιπρόσθετα, καταρτίζεται και ο «Κώδικας Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας».
- Η Δ.Ε.Η. κατέχει την κυριότητα και το δικαίωμα διαχείρισης του Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.
- Η διαχείριση του Δικτύου Διανομής γίνεται σύμφωνα με τον «Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου».
- Επιβάλλεται ο λογιστικός διαχωρισμός στις Ολοκληρωμένες Ηλεκτρικές Επιχειρήσεις. Οι τελευταίες «υποχρεούνται να τηρούν χωριστούς λογαριασμούς κατά κλάδο παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας».

B2. Νομοθετικά σημεία αναφοράς Α.Δ.Μ.Η.Ε.

Τα κυριότερα σημεία από το νέο νομικό πλαίσιο είναι:

- Η κυριότητα του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) παραμένει στην Δ.Ε.Η.
- Επιβάλλεται νομικός και λειτουργικός διαχωρισμός της δραστηριότητας Διαχείρισης του Δικτύου Διανομής από την ιδιοκτησία της Δ.Ε.Η. Α.Ε..
- Η απόσχιση του κλάδου της Διανομής, οδηγεί στην σύσταση της θυγατρικής της εταιρείας με την επωνυμία «Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.» (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.).
- Με την ολοκλήρωση της μεταφοράς των δραστηριοτήτων της ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε. στην ΑΔΜΗΕ Α.Ε., η ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε. μετονομάζεται σε «ΛΑΓΗΕ Α.Ε.», «Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.».

- Η οργάνωση και καθημερινή λειτουργία της χονδρικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δομείται βάσει του μοντέλου της υποχρεωτικής κοινοπραξίας (mandatory pool), και ανατίθεται κατ' αποκλειστικότητα στην ΛΑΓΗΕ Α.Ε.
- Η ΛΑΓΗΕ Α.Ε. μεταξύ άλλων τηρεί το Μητρώο Συμμετεχόντων στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και διενεργεί τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό (Η.Ε.Π.).
- Στην αγορά υποχρεωτικής κοινοπραξίας του Η.Ε.Π. συμμετέχουν οι παραγωγοί με την υποβολή προσφορών έγχυσης, και οι προμηθευτές και οι εκπρόσωποι φορτίου, με την υποβολή δηλώσεων για τον εφοδιασμό της επόμενης ημέρας.
- Ο ΛΑΓΗΕ κατατάσσει τις προσφορές σε αύξουσα σειρά (βάσει τιμής), και έπειτα προγραμματίζει την κατανομή φορτίου στους σταθμούς παραγωγής για την επόμενη ημέρα.
- Ο μηχανισμός αυτός είναι εκ φύσεως ένας μηχανισμός δημοπρασιών, υποχρεωτικής συμμετοχής.
- Το κόστος της ακριβότερης προσφοράς που σύμφωνα με τον προγραμματισμό εντάσσεται στο σύστημα, διαμορφώνει την τιμή στην ημερήσια χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.
- Η τιμή αυτή είναι η τιμή με την οποία αμείβονται οι παραγωγοί και η τιμή στην οποία οι προμηθευτές αγοράζουν ενέργεια. Η τιμή αυτή ονομάζεται «Οριακή Τιμή Συστήματος (Ο.Τ.Σ.)».

B3. Νομοθετικά σημεία αναφοράς Αγοράς Επόμενης Ημέρας

Σκοπός του Κώδικα Αγοράς Επόμενης Ημέρας, είναι να καθορίσει τους όρους και τις προϋποθέσεις για τη λειτουργία της Αγοράς Επόμενης Ημέρας. Αναλυτικότερα:

- να ορίσει τους Επιλέξιμους Συμμετέχοντες και να περιγράψει τους σχετικούς Κανόνες Εγγραφής και Συμμετοχής για αυτούς.
- να ορίσει τα δικαιώματα των Συμμετεχόντων και τις υποχρεώσεις τους προς τον Διαχειριστή Αγοράς κατά τη συμμετοχή τους στην Αγορά Επόμενης Ημέρας,
- να ορίσει τα δικαιώματα του Διαχειριστή Αγοράς και τις υποχρεώσεις του προς τους Συμμετέχοντες, κατά τη συμμετοχή τους στην Αγορά Επόμενης Ημέρας,
- να επιτρέψει στο Διαχειριστή Αγοράς, στο Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς και στο Φορέα Εκκαθάρισης, Διακανονισμού και Κάλυψης Συναλλαγών, να εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις τους, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία,
- να περιγράψει τις διαδικασίες και τους όρους της συνεργασίας μεταξύ του Διαχειριστή Αγοράς, του Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς και άλλων σχετικών νομικών προσώπων, που έχουν ειδικές υποχρεώσεις όσον αφορά τη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Αγορών Επόμενης Ημέρας, προκειμένου να εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις που υπέχουν από το Νόμο,
- να περιγράψει τους κανόνες, τις διαδικασίες, τα χρονικά πλαίσια, τους όρους και τα πληροφοριακά συστήματα, σύμφωνα με τα οποία, οι Συμμετέχοντες συμμετέχουν στην Αγορά Επόμενης Ημέρας,
- να περιγράψει τις εφαρμοστέες διαδικασίες πριν, κατά τη διάρκεια, και μετά τη σύζευξη, σύμφωνα με τον Κανονισμό 2015/1222 της Ε.Ε. και τις σχετικές εκδοθείσες πράξεις εφαρμογής,

- να περιγράψει τις διεπαφές της Αγοράς Επόμενης Ημέρας με τη Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας και την Ενδοημερήσια Αγορά,
- να περιγράψει τις διαδικασίες Εκκαθάρισης, Διακανονισμού και Διαχείρισης Κινδύνου, σε σχέση με τις ποσότητες ενέργειας που διαπραγματεύτηκαν στην Αγορά Επόμενης Ημέρας,
- να αναφέρεται στις Έκτακτες Διαδικασίες Μετάπτωσης της Αγοράς Επόμενης Ημέρας,
- να ορίσει τους Λογιστικούς Λογαριασμούς που τηρεί ο Διαχειριστής Αγοράς για τη λειτουργία της Αγοράς Επόμενης Ημέρας,
- να ορίσει τη δομή των τελών της Αγοράς Επόμενης Ημέρας,
- να εξειδικεύσει τις υποχρεώσεις παροχής στοιχείων και πληροφοριών και παρακολούθησης του Διαχειριστή της Αγοράς,
- να ορίσει τις ποινές και κυρώσεις για τους Συμμετέχοντες, σε περίπτωση μη συμμόρφωσης τους, με τις Διατάξεις του προβλεπόμενου Κώδικα,
- να ορίσει τις διαδικασίες για την προστασία των εμπορικά ευαίσθητων πληροφοριών, και τέλος
- να ορίσει τις διαδικασίες επίλυσης διαφορών.

B4. Νομοθετικά σημεία αναφοράς Ενδοημερήσιας Αγοράς

Σκοπός του Κώδικα Ενδοημερήσιας Αγοράς είναι να καθορίσει τους όρους και τις προϋποθέσεις για τη λειτουργία της Ενδοημερήσιας Αγοράς. Αναλυτικότερα:

- να ορίσει τους Επιλέξιμους Συμμετέχοντες και να περιγράψει τους σχετικούς Κανόνες Εγγραφής και Συμμετοχής,
- να ορίσει τα δικαιώματα των Συμμετεχόντων και τις υποχρεώσεις τους, προς τον Διαχειριστή Αγοράς, όσον αφορά τη συμμετοχή τους στην Ενδοημερήσια Αγορά.
- να ορίσει τα δικαιώματα του Διαχειριστή Αγοράς και τις υποχρεώσεις του προς τους Συμμετέχοντες, όσον αφορά τη συμμετοχή τους στην Ενδοημερήσια Αγορά.
- να επιτρέψει στο Διαχειριστή Αγοράς, στο Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς και στο Φορέα Εκκαθάρισης Διακανονισμού και Κάλυψης Συναλλαγών, να εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις τους σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία.
- να περιγράψει τις διαδικασίες και τους όρους της συνεργασίας μεταξύ του Διαχειριστή Αγοράς, του Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς, και άλλων σχετικών νομικών προσώπων που έχουν ειδικές υποχρεώσεις, όσον αφορά στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Ενδοημερήσιων Αγορών, προκειμένου να εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις που υπέχουν από το Νόμο.
- να περιγράψει τις φάσεις υλοποίησης της ελληνικής Ενδοημερήσιας Αγοράς, εφαρμόζοντας σταδιακά Τοπικές Ενδοημερήσιες Δημοπρασίες στην πρώτη φάση και Συμπληρωματικές Περιφερειακές Ενδοημερήσιες Δημοπρασίες και Συνεχή Ενδοημερήσια Συναλλαγή στη δεύτερη φάση.
- να περιγράψει τους κανόνες, τις διαδικασίες, τα χρονικά πλαίσια, τους όρους και τα πληροφοριακά συστήματα, σύμφωνα με τα οποία οι Συμμετέχοντες συμμετέχουν στην Ενδοημερήσια Αγορά.

- να περιγράψει τις εφαρμοστέες διαδικασίες πριν, κατά τη διάρκεια, και μετά τη σύζευξη, σύμφωνα με τον 2015/1222 της Ε.Ε. και τις σχετικές εκδοθείσες πράξεις εφαρμογής.
- να περιγράψει τις διεπαφές της Ενδοημερήσιας Αγοράς με την Αγορά Επόμενης Ημέρας και την Αγορά Εξισορρόπησης.
- να περιγράψει τις διαδικασίες Εκκαθάρισης, Διακανονισμού και Διαχείρισης Κινδύνου, σε σχέση με τις ποσότητες ενέργειας που διαπραγματεύτηκαν στην Ενδοημερήσια Αγορά.
- να ορίσει τους Λογιστικούς Λογαριασμούς που τηρεί ο Διαχειριστής Αγοράς για τη λειτουργία της Ενδοημερήσιας Αγοράς.
- να ορίσει τη δομή των τελών της Ενδοημερήσιας Αγοράς.
- να εξειδικεύσει τις υποχρεώσεις παροχής στοιχείων και πληροφοριών και εποπτείας του Διαχειριστή της Αγοράς.
- να ορίσει τις διαδικασίες για την προστασία των εμπορικά ευαίσθητων πληροφοριών. Και τέλος
- να ορίσει τις διαδικασίες επίλυσης διαφορών.

B5. Νομοθετικά σημεία αναφοράς Προθεσμιακής Αγοράς

Σκοπός του Κώδικα Προθεσμιακής Αγοράς είναι να καθορίσει τους όρους και τις προϋποθέσεις για τη λειτουργία της Προθεσμιακής Αγοράς. Αναλυτικότερα [11], [24]:

- να ορίσει τους Επιλέξιμους Συμμετέχοντες και να περιγράψει τους σχετικούς Κανόνες Εγγραφής και Συμμετοχής.
- να καθορίσει τα δικαιώματα των Συμμετεχόντων και τις υποχρεώσεις τους προς το Διαχειριστή Αγοράς, όσον αφορά στη συμμετοχή τους στην Προθεσμιακή Αγορά.
- να καθορίσει τα δικαιώματα του Διαχειριστή Αγοράς και τις υποχρεώσεις του προς τους Συμμετέχοντες, όσον αφορά στη συμμετοχή τους στην Προθεσμιακή Αγορά.
- να επιτρέψει στο Διαχειριστή Αγοράς, στο Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς, και στο Φορέα Εκκαθάρισης Διακανονισμού και Κάλυψης Συναλλαγών, να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις τους, με βάση την κείμενη νομοθεσία.
- να περιγράψει τις διαδικασίες και τους όρους συνεργασίας του Διαχειριστή Αγοράς, του Διαχειριστή Συστήματος Μεταφοράς, και του Φορέα Εκκαθάρισης, ώστε να εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις τους, σύμφωνα με το Νόμο.
- να περιγράψει τους κανόνες, τις διαδικασίες, τα χρονικά πλαίσια, τους όρους και τα πληροφοριακά συστήματα, με τα οποία οι Συμμετέχοντες, συμμετέχουν στην Προθεσμιακή Αγορά.
- να περιγράψει τις διεπαφές της Προθεσμιακής Αγοράς, με την Αγορά Επόμενης Ημέρας.
- να περιγράψει τις διαδικασίες Εκκαθάρισης, Διακανονισμού και Διαχείρισης Κινδύνου, των Προθεσμιακών Συμβολαίων.
- να ορίσει τους Λογιστικούς Λογαριασμούς που τηρεί ο Διαχειριστής Αγοράς ή ο Φορέας Εκκαθάρισης για την Εκκαθάριση, και το Διακανονισμό της Προθεσμιακής Αγοράς.
- να ορίζει τη δομή των τελών της Προθεσμιακής Αγοράς.

- να εξειδικεύσει τις υποχρεώσεις υποβολής αναφορών και παρακολούθησης του Διαχειριστή Αγοράς.
- να καθορίσει τις ποινές και κυρώσεις για τους Συμμετέχοντες, σε περίπτωση μη συμμόρφωσης με τις κείμενες Διατάξεις.
- να καθορίσει τις μεθόδους προστασίας των εμπορικά ευαίσθητων πληροφοριών.
Και τέλος
- να καθορίσει τις διαδικασίες επίλυσης διαφορών.

Βιβλιογραφία

- [1] *Οικονομική Ανάλυση Ηλεκτρικών Συστημάτων*, Δρ. Ε. Λεκατσά, Έκδοση Τ.Ε.Ε., Αθήνα 2000
- [2] *Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council, 19 December 1996*
- [3] *Electricity Market Reform, An International Perspective*, F.P. Sioshansi, W. Pfaffenberger, © Elsevier, 2005
- [4] *Fundamentals of Power System Economics* D.S. Kirchen, G. Strbac, © Wiley, 2004
- [5] *Spot Pricing of Electricity*, Fred C. Schweppe, Michael C. Caramanis, Richard D. Tabors, Roger E. Bohn, Kluwer Academic Publishers, 1988
- [6] *Transmission Services Costing Framework*, Electric Power Research Institute, Vol 1 & 2
- [7] *Electric Energy Systems Theory: An Introduction*, O.I. Elgerd, © McGraw Hill, 1978
- [8] *Η Ελληνική Αγορά Ηλεκτρικής Ενέργειας: Το Ευρωπαϊκό Μοντέλο Στόχος και το Χρηματιστήριο Ενέργειας*, Διπλ. Εργασία, Ε. Ναντσή, Ειδ. Δίκαιο και Οικονομικά, Νοέμβριος 2019
- [9] *Κώδικας Αγοράς Επόμενης Ημέρας, Κανονισμός (ΕΕ) 2015/1222, Ιούλιος 2015*
- [10] *Regulatory Authority for Energy Independent Power Transmission Operator, Hellenic Electricity Market Operator, © ECCO, 19 October 2017*
- [11] *Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας, Νόμος 4001/2011 & Νόμος 4425/2016*
- [12] *Κώδικας Ενδοημερήσιας Αγοράς και Τροποποιήσεις, Κανονισμός (ΕΕ) 2015/1222, Ιούλιος 2015*
- [13] *Κανόνες Εγγραφής και Συμμετοχής για τη Χονδρική Αγορά Προθεσμιακών Προϊόντων Ηλεκτρικής Ενέργειας για την Αγορά Επόμενης Ημέρας και για την Ενδοημερήσια Αγορά*
- [14] *Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (Ρ.Α.Ε.), <https://www.rae.gr>*
- [15] *Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ), <https://www.dei.gr/el>*
- [16] *Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ενέργειας, (ΑΔΜΗΕ), <https://www.admie.gr>*
- [17] *Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, (ΔΕΣΜΗΕ), <https://www.xo.gr/profile/profile-911028816/el/>*

[18] Γενική Εταιρεία Εργοληψιών (Γ.Ε.Ε.)
https://el.wikipedia.org/wiki/Γενική_Εταιρεία_Εργοληψιών

[19] Thomson – Houston Electric Company, https://en.wikipedia.org/wiki/Thomson-Houston_Electric_Company

[20] Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.),
https://el.wikipedia.org/wiki/Δημόσια_Επιχείρηση_Ηλεκτρισμού

[21] Ελληνικό Χρηματιστήριο Ενέργειας, (Ε.Χ.Ε.), <https://www.athexgroup.gr/el/energy-exchange-group>

[22] Day Ahead Market, <https://www.next-kraftwerke.be/en/knowledge-hub/day-ahead-trading/>

[23] Intra-Day Market, <https://www.next-kraftwerke.com/knowledge/intraday-trading>

[24] Forward Market, <https://www.emissions-euets.com/internal-electricity-market-glossary/1472-forward-electricity-market>

[25] Balancing Market, <https://www.admie.gr/en/market/regulatory-framework/balancing-market-rule-book>

[26] Carbon Dioxide Emissions <https://www.statista.com/statistics/450017/co2-emissions-europe-eurasia/>