



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωργία Τ. Τζιάσιου

Επίβλεψη : Παύλος Σ. Γεωργιλάκης, Λέκτορας Ε.Μ.Π.
Γιώργος Α. Ορφανός, Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΤΕΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Γεωργία Τ. Τζιάσιου

Επίβλεψη : Πάυλος Σ. Γεωργιλάκης, Λέκτορας Ε.Μ.Π.
Γιώργος Α. Ορφανός, Υ.Δ. Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 29^η Οκτωβρίου 2010.

.....
Πάυλος Γεωργιλάκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

.....
Γεώργιος Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Κωνσταντίνος Βουρνάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

.....
Γεωργία Τ. Τζιάσιου

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

Copyright © Γεωργία Τζιάσιου, 2010.

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.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι ο επιμερισμός του κόστους μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στους χρήστες του συστήματος (παραγωγούς και καταναλωτές) με τη χρήση μεθόδων τιμολόγησης υπηρεσιών μεταφοράς. Στις μεθόδους τιμολόγησης, εκτός από τη φύση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικό ρόλο παίζει και ο ακριβής καθορισμός της χρήσης του συστήματος μεταφοράς. Κάτι τέτοιο είναι δύσκολο λόγω της μη γραμμικής μορφής των ροών φορτίου. Έτσι, γίνεται χρήση προσεγγιστικών μοντέλων, δεικτών ευαισθησίας και αλγορίθμων για να καθοριστεί η συνεισφορά του κάθε συμμετέχοντα ή συναλλαγής στη ροή φορτίου του δικτύου.

Στην παρούσα εργασία, δημιουργήθηκε γραφικό περιβάλλον (GUI) σε περιβάλλον MATLAB, το οποίο εφαρμόστηκε στο σύστημα των 6 ζυγών του Garver και στο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE. Αρχικά, για κάθε δίκτυο, λύνεται το πρόβλημα της βέλτιστης dc ροής φορτίου και υπολογίζεται το ετήσιο κόστος συμφόρησης. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η συνεισφορά των χρηστών στις ροές των γραμμών με μεθόδους ανίχνευσης ροής φορτίου όπως είναι οι αλγόριθμοι των Rudnick, Bialek και η μέθοδος ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης. Ο επιμερισμός του κόστους χρήσης γίνεται με τις μεθόδους χρέωσης γραμματοσήμου (postage stamp) και MW-mile με τις παραλλαγές της. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεθόδων, συγκρίνονται μεταξύ τους και προτείνονται τρόποι επέκτασης της εργασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Τιμολόγηση υπηρεσιών μεταφοράς, μέθοδοι ανίχνευσης, επιμερισμός κόστους, βέλτιστη ροή φορτίου, γραμμικοποιημένη ροή φορτίου, συμφόρηση, τοπική οριακή τιμή.

ABSTRACT

The scope of this thesis is the allocation of transmission charges to the electricity system users (producers and consumers) using transmission pricing methods. Regardless of the market structure, it is important to accurately determine transmission usage in order to implement usage-based cost allocation methods. However, determining an accurate transmission usage could be difficult due to the nonlinear nature of power flow. This fact necessitates using approximate models, sensitivity indices, or tracing algorithms to determine the contributions to the network flows from individual users or transactions.

In the present diploma thesis, a graphical user interface (GUI) was designed using the MATLAB environment. This interface (GUI) was applied to Garver 6-bus system and IEEE RTS 24-bus system. Firstly, for each network the problem of dc optimal power flow is solved and the annual congestion cost is calculated. After that, the contribution of each user to the line flows is calculated using tracing methods, such as the algorithms of Rudnick, Bialek and the method of the minimum electrical distance. The total grid cost allocation is evaluated using transmission pricing methods such as postage stamp and MW-mile method with its variations. Moreover, results of each method are presented and comparisons on the results are discussed. Finally, aspects on expanding the diploma thesis are proposed.

KEY WORDS

Transmission pricing, tracing methods, cost allocation, optimal power flow, dc load flow, congestion, locational marginal pricing.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2009-2010 υπό την επίβλεψη του κ. Παύλου Γεωργιάκη, καθηγητή του Ε.Μ.Π. της σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεσή της, δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Γιώργο Ορφανό, για τη βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τα αδέρφια μου και τις φίλες μου για τη στήριξη και βοήθεια τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Εισαγωγή	1
1.2	Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας	2
1.3	Κόστος μεταφοράς	2
1.4	Δομή της εργασίας	3
1.5	Βιβλιογραφία	4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΡΕΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

2.1	Εισαγωγή	5
2.2	Ετήσιο κόστος συστήματος	6
2.3	Μέθοδος χρέωσης χρήσης συστήματος	7
2.4	Βιβλιογραφία	8

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

3.1	Εισαγωγή	9
3.2	Μοντέλα αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας	10
3.2.1	Διμερείς συμφωνίες	10
3.2.2	Κοινοπραξία	11
3.3	Μέθοδοι ανίχνευσης ροής φορτίου	13
3.3.1	Μέθοδος Rudnick ή μέθοδος συντελεστών κατανομής	13
3.3.1.1	Συντελεστές GSDF ή συντελεστές A	13
3.3.1.2	Συντελεστές GGDF ή συντελεστές D	14
3.3.1.3	Συντελεστές GLDF ή συντελεστές C	15
3.3.2	Μέθοδος Bialek	15
3.3.2.1	Αλγόριθμος Bialek upstream	16
3.3.2.2	Αλγόριθμος Bialek downstream	19
3.3.3	Μέθοδος Kirschen	20
3.3.4	Μέθοδος ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης	22
3.4	Μέθοδοι κατανομής κόστους χρήσης συστήματος μεταφοράς	23
3.4.1	Προσθετικό μοντέλο τιμολόγησης	24
3.4.1.1	Μέθοδος γραμματοσήμου	25
3.4.1.2	Μέθοδος συμβεβλημένης διαδρομής	25
3.4.1.3	Μέθοδος MW-mile βασισμένη στην απόσταση	26

3.4.1.4	Μέθοδος MW-mile βασισμένη στη ροή φορτίου	27
3.4.1.5	Μέθοδος αέργου ισχύος MVA-mile	31
3.4.2	Αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης	31
3.4.2.1	Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου αυξητικού κόστους	32
3.4.2.2	Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου αυξητικού κόστους	33
3.4.2.3	Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου οριακού κόστους	33
3.4.2.4	Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου οριακού κόστους	34
3.4.3	Σύνθετο μοντέλο τιμολόγησης	34
3.5	Βιβλιογραφία	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (OPF)

4.1	Εισαγωγή	37
4.2	DC ροή φορτίου	37
4.3	Βέλτιστη ροή φορτίου	39
4.4	Τοπική οριακή τιμολόγηση	41
4.5	Βιβλιογραφία	43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

5.1	Εισαγωγή	45
5.2	Το γραφικό περιβάλλον (GUI) της Matlab	45
5.3	Χαρακτηριστικά λογισμικού για επιμερισμό κόστους μεταφοράς	49
5.3.1	Περιβάλλον ανάπτυξης και απαιτήσεις συστήματος	49
5.3.2	Λειτουργίες λογισμικού	50
5.3.2.1	Μέθοδοι επιμερισμού κόστους μεταφοράς που μοντελοποιήθηκαν	50
5.3.2.2	Γραφικό περιβάλλον	51
5.3.2.3	Εισαγωγή δεδομένων	52
5.3.2.4	Εξαγωγή αποτελεσμάτων	53
5.3.2.5	Μελέτη και ανάλυση αποτελεσμάτων	54
5.3.2.6	Επιπλέον πληροφορίες για το λογισμικό	58
5.3.2.7	Ιεραρχικό διάγραμμα υπορουτινών λογισμικού	60
5.3.2.8	Μελλοντικές επεκτάσεις λογισμικού	64
5.4	Βιβλιογραφία	64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	
6.1	Εισαγωγή	67
6.2	Εφαρμογή στο σύστημα 6 ζυγών του Garver	67
6.2.1	Δεδομένα του συστήματος	67
6.2.2	Αποτελέσματα	69
6.2.3	Σχολιασμός αποτελεσμάτων	106
6.3	Εφαρμογή στο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE	108
6.3.1	Δεδομένα του συστήματος	108
6.3.2	Αποτελέσματα	112
6.3.3	Σχολιασμός αποτελεσμάτων	150
6.4	Βιβλιογραφία	151
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	
7.1	Σύνοψη της εργασίας και των αποτελεσμάτων της	153
7.2	Επεκτάσεις της εργασίας	156
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:	ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	159

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας (ΣΗΕ) καλείται το σύνολο των εγκαταστάσεων και των μέσων που χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε εξυπηρετούμενες περιοχές κατανάλωσης. Βασικές προϋποθέσεις καλής λειτουργίας ενός ΣΗΕ είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οπουδήποτε υπάρχει ζήτηση με το ελάχιστο δυνατό κόστος και τις ελάχιστες οικολογικές επιπτώσεις, εξασφαλίζοντας σταθερή συχνότητα, σταθερή τάση και υψηλή αξιοπιστία τροφοδότησης.

Η τροφοδότηση των καταναλωτών με ηλεκτρική ενέργεια προϋποθέτει τρεις ξεχωριστές λειτουργίες του ΣΗΕ : την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή. Η ηλεκτρική ενέργεια από το σημείο που θα παραχθεί μέχρι το σημείο που θα καταναλωθεί βρίσκεται σε μια συνεχή ροή και επειδή η ηλεκτρική ενέργεια δεν μπορεί να αποθηκευτεί σε μεγάλες ποσότητες με οικονομικό τρόπο, πρέπει να παράγεται τη στιγμή ακριβώς που χρειάζεται η κατανάλωσή της.

Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται στους σταθμούς παραγωγής. Κύριοι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι θερμικοί και οι υδροηλεκτρικοί. Τελευταία γίνεται μια ανάπτυξη στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας κυρίως με την εκμετάλλευση του αέρα και του ήλιου.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες από τα εργοστάσια παραγωγής προς τις περιοχές κατανάλωσης γίνεται με τις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης, οι οποίες μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια σε κεντρικά σημεία του δικτύου, τους υποσταθμούς, από όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής μέσης τάσης που διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές δια μέσου των υποσταθμών διανομής και των γραμμών χαμηλής τάσης.

Η δομή του συστήματος επηρεάζεται σημαντικά από το μέγεθος της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, τη χρονική της μεταβολή κατά τη διάρκεια του 24ώρου και από τη χωροταξική της κατανομή. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι τριφασικά εναλλασσόμενου ρεύματος, συχνότητας 50 ή 60Hz, χρησιμοποιούνται όμως και συστήματα συνεχούς ρεύματος για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Η τάση λειτουργίας πρέπει να παραμένει σταθερή στην ονομαστική τιμή. Οι γραμμές μεταφοράς και οι γραμμές διανομής μέσης τάσης έχουν τρεις αγωγούς φάσεων, ενώ οι γραμμές διανομής χαμηλής τάσης διαθέτουν επίσης και τον ουδέτερο αγωγό.

Οι πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στα δίκτυα υψηλής και μέσης τάσης είναι στην πλειονότητά τους βιομηχανικοί καταναλωτές ενώ στα δίκτυα χαμηλής τάσης συνδέονται πελάτες οικιακής χρήσης και ένα μεγάλο μέρος των πελατών εμπορικής χρήσης.

1.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει το σύνολο των διαδικασιών λειτουργίας και ελέγχου των εγκαταστάσεων και μέσων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από την έξοδο των σταθμών παραγωγής μέχρι τους υποσταθμούς που τροφοδοτούν τα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης όπου ξεκινούν τα δίκτυα διανομής. Επίσης τροφοδοτούν τους μεγάλους καταναλωτές υψηλής τάσης που κατασκευάζουν δικό τους υποσταθμό υποβιβασμού υψηλής σε μέση τάση και δικά τους εσωτερικά δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης.

Το σύστημα μεταφοράς περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών υψηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξης των δικτύων και τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων επιπέδων τάσεων που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο μεταφοράς. Το σύστημα μεταφοράς πρέπει να παρέχει σταθερή τάση και οι τάσεις των τριών φάσεων να βρίσκονται σε ισορροπία. Η αποδοτικότητα θα πρέπει να πλησιάζει την τιμή, η οποία οδηγεί σε ελάχιστο ετήσιο κόστος μεταφοράς.

Η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με υψηλή τάση διότι αυτό συνεπάγεται μικρότερες ηλεκτρικές απώλειες και οικονομικότερη λειτουργία. Χρησιμοποιούνται διάφορες τάσεις μεταφοράς ανάλογα με την απόσταση και την ποσότητα της ισχύος που πρέπει να μεταφερθεί. Η ισχύς, η οποία μπορεί να μεταφερθεί από μια γραμμή μεταφοράς είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης, για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται υπερυψηλές τάσεις για την επίτευξη μεγάλων ισχύων μεταφοράς. Επιπλέον οι μειωμένες απώλειες, τις οποίες συνεπάγεται η μεταφορά με υπερυψηλές τάσεις, καθιστούν οικονομικότερη τη λειτουργία με τις τάσεις αυτές [1.1].

1.3 ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί το διαχωρισμό των δραστηριοτήτων των μέχρι πρόσφατα καθετοποιημένων ηλεκτρικών επιχειρήσεων σε παραγωγή, μεταφορά και διανομή με στόχο τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που επιτρέπει τον ανταγωνισμό στον τομέα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο πλαίσιο της ελεύθερης αγοράς, λόγω του διαχωρισμού των δραστηριοτήτων της βιομηχανίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, απαιτείται ο καθορισμός διαφανών και αντικειμενικών κριτηρίων και τεχνικών κανόνων, βάσει των οποίων θα πραγματοποιείται διάκριση των πελατών που εξυπηρετούνται από το δίκτυο μεταφοράς και εκτίμηση του κόστους των υπηρεσιών που τους παρέχονται για τον καθορισμό των αντίστοιχων τιμολογίων χρέωσης μεταφοράς.

Ο διαχωρισμός του κόστους ανάμεσα στις διάφορες δραστηριότητες της βιομηχανίας παροχής ηλεκτρικής ενέργειας είναι αρκετά περίπλοκο θέμα. Η χρέωση των υπηρεσιών μεταφοράς διαχωρίζεται συνήθως στις παρακάτω κατηγορίες:

- Χρέωση σύνδεσης, που αφορά στις αναγκαίες επενδύσεις για τη σύνδεση του χρήστη (παραγωγού ή φορτίου) στο δίκτυο μεταφοράς.

- Χρέωση χρήσης συστήματος μεταφοράς, που περιλαμβάνει τη χρέωση για την κάλυψη του κόστους κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος μεταφοράς.
- Χρέωση λειτουργιών μεταφοράς (οι οποίες αναφέρονται συνήθως με τον όρο βοηθητικές υπηρεσίες) που περιλαμβάνει άλλες κατηγορίες κόστους όπως κόστος απωλειών δικτύου, παροχής αέργων και ρύθμιση τάσης, ρύθμιση συχνότητας, παροχής εφεδρείας καθώς και το κόστος που προκύπτει από ανακατανομή του φορτίου στις μονάδες για να ικανοποιούνται οι περιορισμοί του δικτύου.

Η χρέωση χρήσης του δικτύου μεταφοράς αφορά στο κόστος με το οποίο επιβαρύνονται οι πελάτες για τη χρήση των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών μεταφοράς. Αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα των χρεώσεων που γίνονται για τη μεταφορά, καθώς μέσω αυτής επιχειρείται η απόσβεση με έναν εύλογο ρυθμό, των επενδύσεων που έχουν ήδη γίνει, η χρηματοδότηση των απαιτούμενων νέων έργων επέκτασης του δικτύου καθώς και το κόστος λειτουργίας και συντήρησής του [1.2].

1.4 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο επιμερισμός του κόστους χρήσης του συστήματος μεταφοράς στους χρήστες του συστήματος. Πιο αναλυτικά, η δομή της εργασίας οργανώνεται σε επτά κεφάλαια:

Στο **Κεφάλαιο 2** περιγράφεται η χρέωση χρήσης του ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο **Κεφάλαιο 3** παρουσιάζονται τα μοντέλα αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, περιγράφονται διάφορες μέθοδοι ανίχνευσης της ροής φορτίου με τις οποίες καθορίζεται η συνεισφορά των παραγωγών και των καταναλωτών στη ροή των γραμμών. Επιπλέον, αναλύονται μέθοδοι τιμολόγησης υπηρεσιών μεταφοράς που χρησιμοποιούνται συχνά και γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματά τους.

Στο **Κεφάλαιο 4** ορίζεται το πρόβλημα της βέλτιστης ροής φορτίου με τις εξισώσεις που το χαρακτηρίζουν για εφαρμογή του μοντέλου της dc ροής φορτίου. Το πρόβλημα βέλτιστης ροής φορτίου αναφέρεται στην εύρεση βέλτιστης λύσης που ελαχιστοποιεί την αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος ικανοποιώντας περιορισμούς για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στις τοπικές οριακές τιμές και στο κόστος συμφόρησης που προκύπτουν από την επίλυση του προβλήματος.

Στο **Κεφάλαιο 5** περιγράφεται το λογισμικό που αναπτύχθηκε για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς, οι μέθοδοι που μοντελοποιήθηκαν καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις του προγράμματος. Ο αλγόριθμος υλοποιήθηκε σε περιβάλλον MATLAB όπου επιπλέον δημιουργήθηκε γραφικό περιβάλλον για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα δεδομένα των συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν, τα αποτελέσματα των μεθόδων επιμερισμού του κόστους μεταφοράς καθώς και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την εκτέλεση του προγράμματος. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα εφαρμόστηκε στο σύστημα των 6 ζυγών του Garver και στο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE.

Στο **Κεφάλαιο 7** γίνεται μια σύνοψη της εργασίας, παρουσιάζονται συμπεράσματα και προτείνονται τρόποι βελτίωσης και επέκτασης της εργασίας.

Στο **Παράρτημα Α** παρουσιάζονται τα κυριότερα ελληνικά και αγγλικά ακρωνύμια.

1.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] Κ. Βουρνάς, Γ. Κονταξής, *Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2001, σελ. 5-16.
- [1.2] Ι. Καμπούρης, Σ. Ευσταθίου, Α. Κορωνίδης και Α. Μαΐσης. (2000, Ιαν. - Δεκ.). Συγκριτική ανάλυση μεθόδων χρέωσης υπηρεσιών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για το Ελληνικό σύστημα και ενδεικτικά αποτελέσματα. *Τεχνικά Χρονικά: Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ: ΙΙΙ*. [Online]. 20(1-2), σελ. 37-49. Διαθέσιμο: http://library.tee.gr/digital/techr/2000/techr_2000_iii_1_2_37.pdf, προσπελάστηκε τον Σεπτέμβριο 2010.

ΧΡΕΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικός στόχος της χρέωσης χρήσης Συστήματος είναι η κατανομή του ετήσιου κόστους του Συστήματος μεταφοράς στους χρήστες του Συστήματος. Το Σύστημα Μεταφοράς ή απλά καλούμενο Σύστημα αποτελείται από το διασυνδεδεμένο σύστημα του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας και των διασυνδεδεμένων με αυτό νησιών στα επίπεδα υψηλής τάσης 150kV και 66 kV και υπερυψηλής τάσης 400kV. Επίσης, είναι διασυνδεδεμένο με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά δίκτυα της Αλβανίας, της πρώην Γιουγκοσλαβίας και της Βουλγαρίας, με γραμμές 400kV και 150kV. Επιπλέον το ελληνικό σύστημα συνδέεται ασύγχρονα (μέσω υποβρυχίου συνδέσμου συνεχούς ρεύματος) με την Ιταλία.

Κύριος του Συστήματος είναι η ΔΕΗ. Η ΔΕΗ παραχωρεί το δικαίωμα λειτουργίας και εκμετάλλευσης του Συστήματος στο Διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) έναντι ετήσιου ανταλλάγματος. Ο Διαχειριστής του Συστήματος ανακτά το ετήσιο ανάλλαγμα προς τον Κύριο του Συστήματος από τη χρέωση χρήσης του Συστήματος στους χρήστες του Συστήματος.

Χρήστες του Συστήματος είναι οι Καταναλωτές (ΔΕΗ/Διανομή, Επιλέγοντες Πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στο Σύστημα, ΔΕΗ/Ορυχεία), οι Μονάδες Παραγωγής (που ανήκουν στη ΔΕΗ/Παραγωγή ή σε Ανεξάρτητους Παραγωγούς) και οι Εισαγωγείς/Εξαγωγείς ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των διεθνών διασυνδέσεων.

Τα πάγια του συστήματος μεταφοράς (Σ.Μ.) που χρηματοδοτήθηκαν από τη ΔΕΗ ή με ειδική χρηματοδότηση σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Διαχείρισης Συναλλαγών (ΚΔΣ) από το Διαχειριστή του Συστήματος ή από τρίτους, ονομάζονται «πάγια Συστήματος». Το ετήσιο κόστος των παγίων Συστήματος επιμερίζεται στους χρήστες του Συστήματος με τη χρέωση χρήσης Συστήματος. Τα πάγια του Σ.Μ. που χρηματοδοτήθηκαν από συγκεκριμένο χρήστη του Συστήματος για τη σύνδεσή του με το Σύστημα ονομάζονται «πάγια Σύνδεσης» και δε λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρέωση χρήσης Συστήματος.

Ως όριο του Συστήματος και των εγκαταστάσεων ορισμένου Χρήστη έχει καθορισθεί από τον ΚΔΣ η διακοπτική συσκευή (διακόπτης ή αποζεύκτης) που βρίσκεται στους ακροδέκτες υψηλής τάσης (ΥΤ) του μετασχηματιστή (Μ/Σ) ισχύος του χρήστη. Η εν λόγω διακοπτική συσκευή αλλά και ο Μ/Σ ισχύος ανήκουν στο Χρήστη και αποτελούν πάγια Σύνδεσης του Χρήστη με το Σύστημα. Το δίκτυο ΥΤ που εξυπηρετεί τις ανάγκες της περιοχής της Αθήνας εντάχθηκε στην αρμοδιότητα του Διαχειριστή του Δικτύου (ΔΕΗ/Διανομή) και συνεπώς αποτελεί πάγιο Σύνδεσης του Δικτύου με το Σύστημα.

Ο επιμερισμός του ετήσιου κόστους του Συστήματος γίνεται, σύμφωνα με τον ΚΔΣ, στις Μονάδες Παραγωγής και στους Πελάτες (που είναι συνδεδεμένοι στο Σύστημα ή στο Δίκτυο) και στο εξής ως Χρήστες του Συστήματος θα θεωρούνται οι Μονάδες Παραγωγής και οι Πελάτες. Σύμφωνα με τις διατάξεις του ΚΔΣ, η χρέωση των εισαγωγών ηλεκτρικής

ενέργειας γίνεται βάσει της ποσότητας της εισαγόμενης ενέργειας (kWh) και πιστώνεται σε ιδιαίτερο λογαριασμό που τηρεί ο Διαχειριστής του Συστήματος, χωρίς να χρησιμοποιείται για την κάλυψη του ετήσιου κόστους του Συστήματος. Για το λόγο αυτό οι Εισαγωγείς δε θεωρούνται χρήστες του Συστήματος σε σχέση με τη χρέωση χρήσης Συστήματος και δε χρεώνονται για τη χρήση Συστήματος [2.1], [2.2].

2.2 ΕΤΗΣΙΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Μέχρι την 31^η Οκτωβρίου κάθε έτους ο Διαχειριστής του Συστήματος συντάσσει προϋπολογιστική έκθεση για το επόμενο έτος, στην οποία περιλαμβάνονται τα συνολικά αναμενόμενα έσοδα του Διαχειριστή του Συστήματος από τη χρέωση χρήσης του Συστήματος για το επόμενο οικονομικό έτος ενώ δεν περιλαμβάνονται οι δαπάνες λειτουργίας του Διαχειριστή του Συστήματος. Ο προϋπολογισμός του ετήσιου κόστους του Συστήματος και οι μοναδιαίες χρεώσεις που προκύπτουν εγκρίνονται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, μετά από γνώμη της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας (ΡΑΕ). Το ετήσιο κόστος του Συστήματος υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$E = E_1 + E_2 \pm \Pi_1 \pm \Pi_2 \quad (2.1)$$

όπου:

- E : Το ετήσιο κόστος του Συστήματος.
- E_1 : Το ετήσιο αντάλλαγμα, που οφείλει ο Διαχειριστής του Συστήματος στον Κύριο του Συστήματος.
- E_2 : Το ετήσιο κόστος των έργων του Συστήματος το οποίο βαρύνει τον Διαχειριστή του Συστήματος.
- Π_1 : Το μη ανακτηθέν από μονάδες παραγωγής κόστος (θετικό πρόσημο) ή πλεόνασμα (αρνητικό πρόσημο) κατά το τρέχον οικονομικό έτος όπως υπολογίζεται στον ΚΔΣ.
- Π_2 : Το μη ανακτηθέν από πελάτες κόστος (θετικό πρόσημο) ή πλεόνασμα (αρνητικό πρόσημο) όπως υπολογίζεται στον ΚΔΣ.

Το αντάλλαγμα, που οφείλει ο Διαχειριστής του Συστήματος στον Κύριο του Συστήματος σε ετήσια βάση και το οποίο αντιστοιχεί στη μεταβλητή E_1 , υπολογίζεται με βάση τη σχέση:

$$E_1 = O + A + (V - D) \times \rho \quad (2.2)$$

όπου:

- O : Οι ετήσιες δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης, καθώς και οι έμμεσες δαπάνες, όπως προϋπολογίζονται σύμφωνα με τους κανόνες του λογιστικού διαχωρισμού, οι οποίες βαρύνουν τον Κύριο του Συστήματος. Οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν και τις δαπάνες συντήρησης των παγίων σύνδεσης Χρηστών.

- A : Οι ετήσιες αποσβέσεις των στοιχείων του παγίου ενεργητικού της μεταφοράς, όπως προϋπολογίζονται σύμφωνα με τους κανόνες του λογιστικού διαχωρισμού.
- $V-D$: Η μέση τιμή του συνόλου των απασχολούμενων μακροχρονίων, ιδίων και ξένων κεφαλαίων της μεταφοράς, κατά την αρχή και το τέλος του έτους, όπως προκύπτουν κατά τους κανόνες του λογιστικού διαχωρισμού, όπου:
- V : Η μέση προϋπολογιζόμενη αρχική αξία των στοιχείων παγίου ενεργητικού βάσει αποδεκτών μεθόδων αποτίμησης και του κεφαλαίου κίνησης της μεταφοράς.
- D : Η αντίστοιχη μέση προϋπολογιζόμενη τιμή των σωρευτικών αποσβέσεων των στοιχείων παγίου ενεργητικού της μεταφοράς.
- ρ : Το ονομαστικό επιτόκιο απόδοσης των απασχολούμενων κεφαλαίων της μεταφοράς, προ φόρων, το οποίο είναι αποδεκτό από τη ΡΑΕ σύμφωνα με την εφαρμοζόμενη ρυθμιστική πολιτική και τη διεθνή πρακτική και εμπειρία.

2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Ο Διαχειριστής του Συστήματος επιμερίζει το ετήσιο κόστος του Συστήματος σε όλους τους Χρήστες του Συστήματος και υπολογίζει το ποσό χρέωσης για κάθε Χρήστη του Συστήματος. Το ετήσιο κόστος του Συστήματος επιμερίζεται κατά 100% στο σύνολο των Πελατών.

Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης αναπροσαρμόζονται τα ποσοστά επιμερισμού του ετήσιου κόστους του Συστήματος μεταξύ των Μονάδων και των Πελατών ανά τρία έτη μετά από γνωμοδότηση της ΡΑΕ. Η ΡΑΕ αξιολογεί τα ποσοστά επιμερισμού, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος συντήρησης των παγίων σύνδεσης Μονάδων παραγωγής, τα αποτελέσματα εφαρμογής της μεθόδου επίλυσης του ημερήσιου ενεργειακού προγραμματισμού (HEP) καθώς και τα ειδικά χαρακτηριστικά και το προϋπολογιζόμενο κόστος νέων έργων ανάπτυξης του Συστήματος.

Το ετήσιο κόστος που αναλογεί στο σύνολο των Πελατών, επιμερίζεται μεταξύ των Πελατών που είναι συνδεδεμένοι στο Σύστημα και λοιπών Πελατών οι οποίοι συνδέονται στη μέση και χαμηλή τάση, ανάλογα με την ισχύ χρέωσής τους. Ο περαιτέρω επιμερισμός του ετήσιου κόστους λοιπών Πελατών σε κατηγορίες Πελατών ορίζεται βάσει της μεθοδολογίας που περιλαμβάνεται στο Εγχειρίδιο Χρεώσεων Χρήσης Συστήματος Πελατών Δικτύου Διανομής (ΧΧΣ).

Το ποσό της χρέωσης που αντιστοιχεί σε κάθε Πελάτη που είναι απευθείας συνδεδεμένος με το Σύστημα προϋπολογίζεται σε ετήσια βάση και προσδιορίζεται ως το γινόμενο της ισχύος χρέωσης του Πελάτη επί τη μοναδιαία χρέωση που του αντιστοιχεί. Η μοναδιαία χρέωση για κάθε Πελάτη που είναι συνδεδεμένος με το Σύστημα, σε Ευρώ/MW, είναι η ίδια για όλη την Ελλάδα και καθορίζεται ως το πηλίκο του ετήσιου κόστους Συστήματος που επιμερίζεται στους Πελάτες αυτούς διαιρούμενο με το άθροισμα των ισχύων χρέωσής τους.

Οι Χρεώσεις Χρήσης Συστήματος για τους Πελάτες που συνδέονται στην Μέση και Χαμηλή Τάση καθορίζονται βάσει της μεθοδολογίας που περιλαμβάνεται στο Εγχειρίδιο ΧΧΣ.

Εντός ενός μηνός από το πέρας κάθε έτους ο Διαχειριστής του Συστήματος προβαίνει σε εκκαθάριση των χρεώσεων χρήσης που αντιστοιχούν σε έκαστο Χρήστη του Συστήματος που είναι απευθείας συνδεδεμένος με το Σύστημα, βάσει των δεδομένων Μετρήσεων που αφορούν στην ισχύ χρέωσης του Χρήστη κατά το προηγούμενο έτος. Τα ποσά των χρεώσεων χρήσης Συστήματος που αναλογούν στους Πελάτες που είναι συνδεδεμένοι στο Δίκτυο Διανομής υπολογίζονται από τους Διαχειριστές των Δικτύων ανά Προμηθευτή για το σύνολο των Πελατών του και εισπράττονται από το Διαχειριστή του Συστήματος.

Η ισχύς χρέωσης πελάτη που είναι συνδεδεμένος στο Σύστημα ορίζεται σε ετήσια βάση και υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των ακόλουθων τριών τιμών:

- 1) της τιμής της μέσης ωριαίας ισχύος, που ο πελάτης αυτός καταναλώνει κατά την ώρα θερινής αιχμής,
- 2) της τιμής της μέσης ωριαίας ισχύος που ο πελάτης αυτός καταναλώνει κατά την ώρα χειμερινής αιχμής και
- 3) του μεγίστου των δύο προηγούμενων τιμών.

Η ισχύς χρέωσης για το σύνολο των Πελατών που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο Διανομής ορίζεται σε ετήσια βάση και υπολογίζεται ως ο μέσος όρος των ακόλουθων τριών τιμών:

- 1) το άθροισμα των μετρήσεων ισχύος κατανάλωσης όλων των υποσταθμών σύνδεσης Συστήματος και δικτύου κατά την ώρα θερινής αιχμής,
- 2) το άθροισμα των μετρήσεων ισχύος κατανάλωσης όλων των υποσταθμών σύνδεσης Συστήματος και δικτύου κατά την ώρα χειμερινής αιχμής και
- 3) του μεγίστου των δύο προηγούμενων τιμών.

Ως ώρα θερινής αιχμής ενός έτους ορίζεται η ώρα κατά τη διάρκεια της οποίας η μέση ωριαία ζήτηση στο Σύστημα είναι η μέγιστη, στο διάστημα των μηνών Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου.

Ως ώρα χειμερινής αιχμής ενός έτους ορίζεται η ώρα κατά τη διάρκεια της οποίας η μέση ωριαία ζήτηση στο Σύστημα είναι η μέγιστη, στο διάστημα των υπόλοιπων μηνών του συγκεκριμένου έτους [2.2].

2.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [2.1] ΔΕΣΜΗΕ, "Σχέδιο μελέτης ανάπτυξης συστήματος μεταφοράς περιόδου 2010-2014", [Online]. Διαθέσιμο:
http://www.desmie.gr/content/index.asp?parent_id=41&cat_id=1464&lang=1, προσπελάστηκε τον Ιούνιο 2010.
- [2.2] ΔΕΣΜΗΕ, "Νέος κώδικας διαχείρισης του Συστήματος και συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας", [Online]. Διαθέσιμο:
http://www.desmie.gr/content/index.asp?parent_id=241&lang=1, προσπελάστηκε τον Ιούνιο 2010.

ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας επιτρέπει τον ανταγωνισμό μεταξύ των παραγωγών και τη δημιουργία συνθηκών αγοράς στον τομέα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Σε μια ανταγωνιστική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικό ρόλο παίζει η σωστή τιμολόγηση υπηρεσιών μεταφοράς γιατί επηρεάζει άμεσα τη λήψη αποφάσεων για την κατανομή των πόρων, την επέκταση του συστήματος και τις ενισχύσεις των γραμμών μεταφοράς.

Ο ανταγωνιστικός χαρακτήρας των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας κάνει επιτακτική την ανάγκη για εύκολη πρόσβαση στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής που συνδέουν τους παραγωγούς και τους καταναλωτές. Επιπρόσθετα, από τη στιγμή που οι ροές φορτίων επηρεάζουν τα κόστη μεταφοράς, η κοστολόγηση της μεταφοράς μπορεί όχι μόνο να καθορίσει την πρόσβαση στο δίκτυο αλλά και την αποτελεσματική ή όχι λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής. Για παράδειγμα, περιορισμοί στη μεταφορά είναι πιθανό να συντελέσουν στη μη αξιοποίηση μιας μονάδας παραγωγής. Ένα σωστά μελετημένο πλαίσιο κοστολόγησης της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που λαμβάνει υπόψη τους κατάλληλους περιορισμούς και το ενδεχόμενο συμφόρησης μπορεί να δώσει κίνητρο σε επενδυτές για τοποθέτηση νέων σταθμών παραγωγής βελτιώνοντας την απόδοση του δικτύου.

Γενικά, είναι πολύ δύσκολο να πετύχει κανείς τη δημιουργία ενός κοινού πλαισίου κοστολόγησης μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που να ταιριάζει στις διάφορες δομές των αγορών που συναντώνται στον κόσμο. Η τρέχουσα έρευνα που γίνεται δείχνει ότι δεν υπάρχει μια γενική συμφωνία στη μέθοδο κοστολόγησης. Στην πράξη, κάθε χώρα ή κάθε αγορά έχει επιλέξει ένα συγκεκριμένο τρόπο κοστολόγησης βασισμένο στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δικτύου της, με σκοπό την επίτευξη των παρακάτω στόχων:

- οικονομική αποδοτικότητα στη χρήση του δικτύου
- όχι διακρίσεις στην πρόσβαση στο δίκτυο
- διαφάνεια τιμών
- κάλυψη συνολικού κόστους
- αποφυγή συμφόρησης

Διάφορες μέθοδοι έχουν προταθεί για την κατανομή του κόστους χρήσης του συστήματος μεταφοράς στους χρήστες (παραγωγούς και καταναλωτές) ή συναλλαγές. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών των μεθόδων, αφού προηγηθεί αναφορά στα είδη της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και σε μεθόδους ανίχνευσης ροής που καθορίζουν τη συνεισφορά των χρηστών στις ροές φορτίου των γραμμών του δικτύου, ώστε να γίνει σωστή τιμολόγηση [3.1], [3.2].

3.2 ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΓΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η οργάνωση των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να στοχεύει:

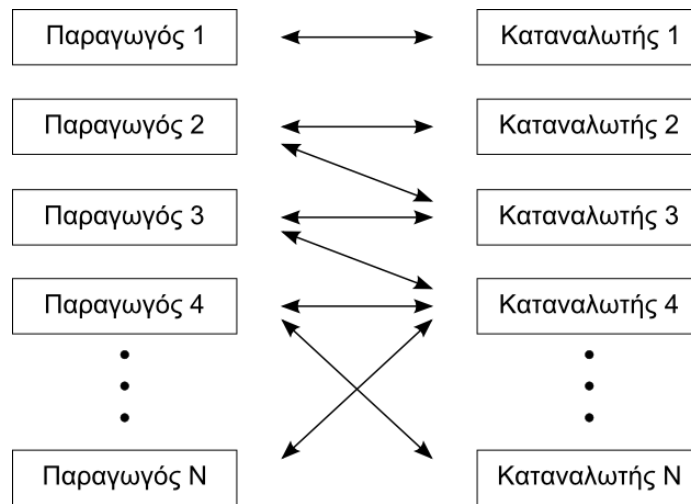
- 1) Στην εξυπηρέτηση της προβλεπόμενης ζήτησης του φορτίου κάθε στιγμή με το ελάχιστο κόστος.
- 2) Στην αποζημίωση για τις απώλειες ενεργού και αέργου ισχύος στη μεταφορά που συμβαίνουν στο σύστημα καθώς παρέχεται η προβλεπόμενη ζήτηση.
- 3) Στην ικανοποίηση των λειτουργικών περιορισμών μεταφοράς (π.χ. θερμικά όρια, περιορισμοί ευστάθειας στις γραμμές, όρια τάσης στους ζυγούς παραγωγής και φορτίου).
- 4) Στην παροχή ευέλικτης παραγωγής σε πραγματικό χρόνο για την ισορροπία αποκλίσεων από την αναμενόμενη ζήτηση όπου συμβαίνει.
- 5) Στην παροχή πόρων δικτύου (ενεργό και άεργο ισχύ) στην περίπτωση διακοπής στο σύστημα.

Τους παραπάνω στόχους ακολουθούν και οι δύο μορφές αγοράς, οι διμερείς συμφωνίες και το μοντέλο της κοινοπραξίας που περιγράφονται στη συνέχεια [3.2].

3.2.1 Διμερείς συμφωνίες

Σύμφωνα με τις διμερείς συμφωνίες (bilateral contracts), γίνονται απευθείας συναλλαγές μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών, οι οποίοι διαπραγματεύονται ανεξάρτητα από τρίτους την ποσότητα και την τιμή της ενέργειας την οποία θα ανταλλάξουν σύμφωνα με δικούς τους οικονομικούς όρους. Οικονομική αποδοτικότητα επιτυγχάνεται με τους καταναλωτές να επιλέγουν τους λιγότερο ακριβούς παραγωγούς. Η διμερής προσέγγιση περιγράφεται από τον όρο του ανταγωνισμού ελεύθερης αγοράς παρέχοντας στους πελάτες απευθείας πρόσβαση στην επιλογή του παραγωγού. Έτσι το μοντέλο αναφέρεται και ως μέθοδος απευθείας πρόσβασης. Το Σχήμα 3.1 περιγράφει αυτή τη μορφή αγοράς, όπου οι παραγωγοί μπορεί να έχουν έναν καταναλωτή μόνο να προμηθεύουν όπως και οι καταναλωτές μπορεί να έχουν έναν μόνο παραγωγό για προμηθευτή. Είναι αναμενόμενο ότι καταναλωτές έρχονται σε συμφωνία με περισσότερους από έναν παραγωγούς και παραγωγοί παραδίδουν ενέργεια σε πολλούς καταναλωτές ώστε να βελτιστοποιήσουν τη λειτουργία τους.

Ο διαχειριστής τους συστήματος δεν εμπλέκεται στις συναλλαγές, αλλά διατηρεί την ισορροπία και ασφάλεια του συστήματος περιορίζοντας την ποσότητα της ενέργειας που αγοράζεται ή πωλείται για να διατηρήσει το φορτίο και την παραγωγή σε ισορροπία ή περιορίζει την ποσότητα εγχύμενης ισχύος από τους παραγωγούς σε κάποιους ζυγούς, αν η ασφάλεια δε μπορεί να εξασφαλιστεί με άλλα μέσα.



Σχήμα 3.1: Διμερείς συμφωνίες.

3.2.2 Κοινοπραξία

Σύμφωνα με το μοντέλο της Κοινοπραξίας (pool model ή centralized electricity trading), δεν υπάρχει η δυνατότητα απευθείας συναλλαγών μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών. Όλη η ενέργεια αγοράζεται ή πωλείται μέσω της κεντρικής αγοράς pool (Σχήμα 3.2). Η αγορά αυτή διαπραγματεύεται το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που θα εγχυθεί από τους παραγωγούς και θα απορροφηθεί από τους προμηθευτές, χωρίς η προέλευση της ενέργειας να είναι γνωστή. Μια κοινοπραξία ουσιαστικά λειτουργεί ως εξής:

Ο διαχειριστής του συστήματος (pool operator) που έχει σκοπό να οδηγήσει την αγορά σε βέλτιστη κατάσταση, λαμβάνει προσφορές τιμών και ποσοτήτων για παραγωγή και κατανάλωση σε ημερήσια βάση. Κάθε προσφορά γίνεται για την επόμενη μέρα (day ahead) ενώ η κάθε μέρα χωρίζεται σε χρονικές περιόδους της μιας ώρας ή της μισής ώρας. Για κάθε περίοδο ο διαχειριστής δέχεται προσφορές μέχρι μια καθορισμένη προθεσμία.

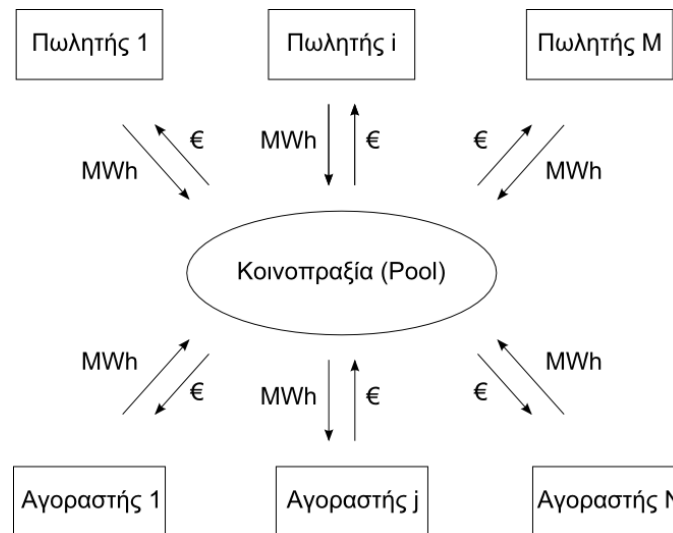
Οι παραγωγοί προσφέρουν την παραγωγή τους όσον αφορά την τιμή και την ποσότητα για τις προγραμματισμένες περιόδους. Οι καταναλωτές υποβάλουν τις προσφορές τους σχετικά με το ζητούμενο φορτίο και την μέγιστη τιμή που είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν. Στη συνέχεια ο διαχειριστής υπολογίζει την τιμή (p_m) και την ποσότητα (q_m) εκκαθάρισης της αγοράς για κάθε προγραμματισμένη περίοδο (μισής ή μιας ώρας) της επόμενης ημέρας. Ουσιαστικά, όλες οι προσφορές των παραγωγών ταξινομούνται κατά μήκος μίας αύξουσας καμπύλης προσφοράς, με βάση την τιμή στην οποία ο κάθε παραγωγός είναι διατεθειμένος να παράγει. Στο ίδιο διάγραμμα απεικονίζεται και η καμπύλη ζήτησης (οι προσφορές των καταναλωτών σε φθίνουσα σειρά).

Η λύση ή η ισορροπία της αγοράς καθορίζεται από το σημείο τομής των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης, όπου η τελευταία μονάδα παραγωγής καθορίζει την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς, η οποία αναφέρεται και σαν οριακή τιμή συστήματος (Σχήμα 3.3). Η τιμή αυτή μεγιστοποιεί τη χρησιμότητα των καταναλωτών και το κέρδος των παραγωγών. Όλες οι υποβληθείσες προσφορές αγοράς σε τιμή χαμηλότερη ή ίση με την τιμή ισορροπίας αγοράς γίνονται αποδεκτές και οι παραγωγοί οδηγούνται στο να παράγουν το ποσό ενέργειας που αντιστοιχεί στις αποδεκτές προσφορές αγοράς. Ομοίως, όλες οι υποβληθείσες προσφορές πώλησης με τιμή μεγαλύτερη ή ίση με την τιμή ισορροπίας αγοράς γίνονται αποδεκτές και οι

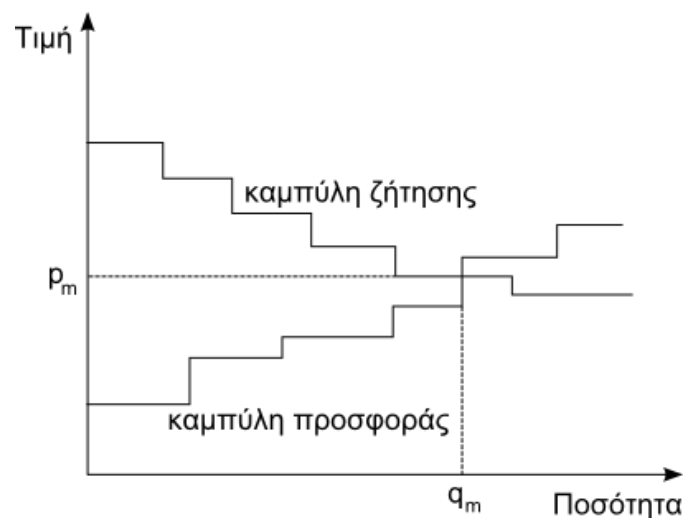
καταναλωτές ενημερώνονται για το ποσό της ενέργειας που μπορούν να αντλήσουν από το σύστημα.

Το τελευταίο στάδιο στην αγορά της κοινοπραξίας αναφέρεται σε οικονομικές συναλλαγές. Οι αγοραστές πληρώνουν στο διαχειριστή την καταναλισκόμενη ενέργεια, ενώ ο διαχειριστής πληρώνει στους παραγωγούς την ενέργεια που εγγέουν στο σύστημα. Σε όλους τους συμμετέχοντες εφαρμόζεται η οριακή τιμή του συστήματος.

Σε κάποιες κοινοπραξίες, οι παραγωγοί καταθέτουν σύνθετες προσφορές για κάθε μία από τις παραγωγικές μονάδες τους. Αυτές οι προσφορές απεικονίζουν τα χαρακτηριστικά των δαπανών της μονάδας (συμπεριλαμβανομένου του οριακού κόστους, του κόστους εκκίνησης και του κόστους άνευ φορτίου) όπως επίσης και κάποιες τεχνικές παραμέτρους (ελάχιστη και μέγιστη παραγωγή, ευελιξία). Αντί να συσσωρεύσει απλά τις προσφορές, η κοινοπραξία εκτελεί έναν υπολογισμό δέσμευσης των μονάδων που καθορίζει το προγραμματισμό της παραγωγής και τις τιμές για μία ολόκληρη μέρα χωρισμένη σε περιόδους μισής ή μίας ώρας [3.2] – [3.4].



Σχήμα 3.2: Μοντέλο κοινοπραξίας (Pool).



Σχήμα 3.3: Τιμή εκκαθάρισης της αγοράς P_m , ή οριακή τιμή συστήματος.

3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Ένας αποτελεσματικός μηχανισμός κοστολόγησης πρέπει να διαχειρίζεται τα κόστη μεταφοράς με το να τα επιμερίζει στους συμμετέχοντες του δικτύου μεταφοράς με τον πιο κατάλληλο τρόπο. Εκτός από τη φύση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σημαντικό ρόλο παίζει και ο ακριβής καθορισμός χρήσης του συστήματος μεταφοράς ώστε να εφαρμοστούν κατάλληλες μέθοδοι κοστολόγησης βασισμένες στη χρήση. Κάτι τέτοιο είναι εξαιρετικά δύσκολο λόγω της μη γραμμικής μορφής των ροών φορτίου. Έτσι γίνεται αναγκαία η χρήση προσεγγιστικών μοντέλων, δεικτών ευαισθησίας και αλγορίθμων για να καθοριστεί η συνεισφορά των χρηστών και των συναλλαγών στις ροές φορτίου του δικτύου. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες μέθοδοι ανίχνευσης ροής φορτίου (tracing methods).

3.3.1 Μέθοδος Rudnick ή Μέθοδος Συντελεστών Κατανομής

Η μέθοδος Rudnick ή μέθοδος των συντελεστών κατανομής (distribution factors method) είναι ένας μηχανισμός για τον προσδιορισμό της κατανομής του κόστους μεταφοράς καθώς μπορεί να εκτιμήσει αποτελεσματικά τη χρησιμοποίηση του συστήματος μεταφοράς. Για την ανάκτηση του συνολικού σταθερού κόστους μεταφοράς, η μέθοδος των συντελεστών κατανομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανομή των πληρωμών σε διαφορετικούς χρήστες. Με βάση τη μέθοδο αυτή, η κατανομή του κόστους μπορεί να αποδοθεί στις εγχύσεις ισχύος στο δίκτυο, στους παραγωγούς ή στα φορτία. Η μέθοδος των συντελεστών κατανομής περιγράφεται στη συνέχεια.

3.3.1.1 Συντελεστές GSDF ή Συντελεστές A

Οι συντελεστές GSDF (generation shift distribution factors) ή συντελεστές A δείχνουν τις αλλαγές της ροής στις γραμμές μεταφοράς λόγω μιας αλλαγής στην παραγωγή των γεννητριών. Χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της μέγιστης ροής για συγκεκριμένη παραγωγή και συγκεκριμένο φορτίο. Ορίζονται με τον ακόλουθο τρόπο [3.1]:

$$\Delta F_{l-k} = A_{l-k,i} \Delta G_i \quad , \quad i \neq r \quad (3.1)$$

$$\Delta G_r = - \Delta G_i \quad (3.2)$$

όπου:

ΔF_{l-k} : Η αλλαγή στη ροή ενεργού ισχύος μεταξύ των ζυγών l και k .

$A_{l-k,i}$: A factor της γραμμής που συνδέει τους ζυγούς l , k και αντιστοιχεί στην αλλαγή της παραγωγής στο ζυγό i .

ΔG_i : Αλλαγή στην παραγωγή του ζυγού i , όπου i δεν αντιστοιχεί στο ζυγό αναφοράς.

ΔG_r : Αλλαγή στην παραγωγή του ζυγού αναφοράς r .

Ο συντελεστής $A_{l-k,i}$ υπολογίζεται από τον ορισμό του πίνακα επαγωγικών αντιδράσεων Z (reactance matrix), ο οποίος προκύπτει από την αντιστροφή του πίνακα αγωγιμοτήτων αγνοώντας τη γραμμή και τη στήλη που αντιστοιχεί στο ζυγό αναφοράς, με βάση τη DC ροή φορτίου:

$$A_{l-k,i} = \frac{Z_{li} - Z_{ki}}{x_{lk}} \quad (3.3)$$

όπου Z_{li} και Z_{ki} είναι στοιχεία του πίνακα επαγωγικών αντιδράσεων Z και x_{lk} η επαγωγική αντίδραση της γραμμής $l-k$.

Ο συντελεστής $A_{l-k,i}$ μετρά την αυξητική (incremental) χρήση του δικτύου μεταφοράς από τους παραγωγούς και τους καταναλωτές (φορτία). Εκφράζει την ευαισθησία της ροής στη γραμμή $l-k$ ως προς την έγχυση στο ζυγό i . Εξαρτάται από την επιλογή του ζυγού αναφοράς, την κατεύθυνση των ροών φορτίου και από τη διαμόρφωση του δικτύου ενώ είναι ανεξάρτητος από τη λειτουργική κατάσταση του συστήματος (κατανομή του φορτίου και της παραγωγής).

3.3.1.2 Συντελεστές GGDF ή Συντελεστές D

Οι συντελεστές GGDF (generalized generation distribution factors) ή συντελεστές D καθορίζουν την συνεισφορά κάθε παραγωγικής μονάδας στις ροές ενεργού ισχύος των γραμμών και για αυτόν τον λόγο μπορούν να έχουν και αρνητική τιμή. Δεδομένου ότι βασίζονται στις DC ροές φορτίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο για ροές ενεργού ισχύος. Οι GGDFs ή d factors ορίζονται ως ακολούθως [3.1]:

$$F_{l-k} = \sum_{i=1}^N D_{l-k,i} P_{G_i} \quad (3.4)$$

όπου:

$$D_{l-k,i} = D_{l-k,r} + A_{l-k,i} \quad (3.5)$$

$$D_{l-k,r} = \frac{F_{l-k}^0 - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq r}}^N A_{l-k,i} P_{G_i}}{\sum_{i=1}^N P_{G_i}} \quad (3.6)$$

όπου:

F_{l-k} : Η συνολική ροή ενεργού ισχύος της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k .

F_{l-k}^0 : Η ροή ισχύος της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k της προηγούμενης επανάληψης.

$D_{l-k,i}$: Συντελεστής GGDF της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k που αντιστοιχεί στην παραγωγή στο ζυγό i .

$D_{l-k,r}$: Συντελεστής GGDF της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k που αντιστοιχεί στην παραγωγή στο ζυγό αναφοράς r .

P_{G_i} : Η συνολική παραγωγή στο ζυγό i .

Οι GGDF μετρούν τη συνολική χρήση του συστήματος μεταφοράς από τις γεννήτριες, μπορεί να βγουν αρνητικοί για κάποιες γραμμές και είναι μοναδικοί, ανεξάρτητα

από την επιλογή του ζυγού αναφοράς. Εξαρτώνται από τις παραμέτρους των γραμμών, τις λειτουργικές συνθήκες του συστήματος και όχι από την επιλογή του ζυγού αναφοράς.

3.3.1.3 Συντελεστές GLDF ή συντελεστές C

Οι συντελεστές GLDF (generalized load distribution factors) ή συντελεστές C παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τους συντελεστές D. Οι συντελεστές C καθορίζουν τη συνεισφορά κάθε φορτίου στις ροές των γραμμών. Ορίζονται με τον ακόλουθο τρόπο [3.1]:

$$F_{l-k} = \sum_{j=1}^N C_{l-k,j} P_{L_j} \quad (3.7)$$

όπου:

$$C_{l-k,j} = C_{l-k,r} - A_{l-k,j} \quad (3.8)$$

$$C_{l-k,r} = \frac{F_{l-k}^0 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq r}}^N A_{l-k,j} P_{L_j}}{\sum_{j=1}^N P_{L_j}} \quad (3.9)$$

όπου:

F_{l-k} : η συνολική ροή ενεργού ισχύος της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k .

F_{l-k}^0 : Η ροή ισχύος της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k της προηγούμενης επανάληψης.

$C_{l-k,j}$: Συντελεστής GLDF της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k που αντιστοιχεί στο φορτίο του ζυγού j .

$C_{l-k,r}$: Συντελεστής GLDF της γραμμής μεταξύ των ζυγών l, k που αντιστοιχεί στο φορτίο του ζυγού αναφοράς r .

P_{L_j} : Η συνολική ζήτηση στο ζυγό j .

Οι συντελεστές GLDF βασίζονται στις dc ροές φορτίου. Μετρούν τη συνολική χρήση του δικτύου μεταφοράς από τα φορτία τα οποία θεωρούνται αρνητικές εγχύσεις. Όπως και οι GGDF, εξαρτώνται από τις παραμέτρους των γραμμών, τις λειτουργικές συνθήκες του συστήματος και όχι από την επιλογή του ζυγού αναφοράς [3.1], [3.5].

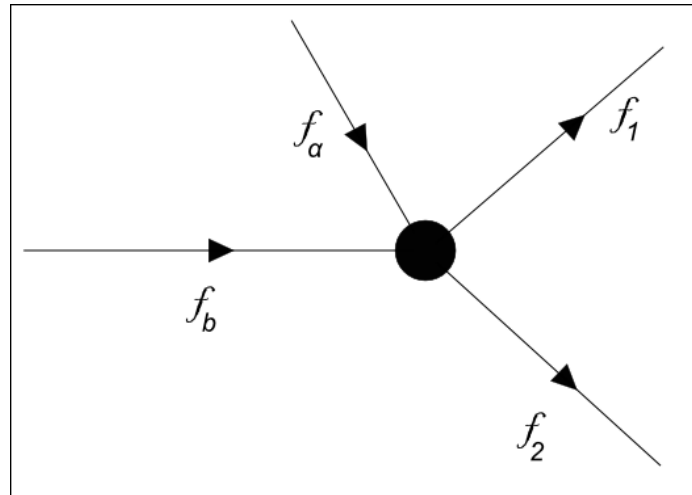
3.3.2 Μέθοδος Bialek

Στη μέθοδο Bialek γίνεται η παραδοχή ότι οι κομβικές εισροές κατανέμονται ποσοστιαία στις κομβικές εκροές. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί μια τοπολογική προσέγγιση για να καθορίσει τη συνεισφορά της κάθε γεννήτριας ή του φορτίου στη ροή της κάθε γραμμής. Βασίζεται στον υπολογισμό τοπολογικών συντελεστών κατανομής (topological distribution factors). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τόσο τις dc όσο και τις ac ροές φορτίου. Γενικά η μέθοδος περιλαμβάνει:

- Δύο ροές σε κάθε γραμμή, μία να εισέρχεται στη γραμμή και μία να εξέρχεται αυτής (για τον υπολογισμό των απωλειών).
- Την παραγωγή και το φορτίο σε κάθε ζυγό.

Για να γίνει πιο εύκολα κατανοητή η αρχή που χρησιμοποιείται, παρατίθεται το Σχήμα 3.4, που δείχνει τέσσερις γραμμές συνδεδεμένες σε ένα κόμβο. Δύο εκροές (outflows) f_1, f_2 μπορούν να εκφραστούν με βάση δύο εισροές (inflows) f_a, f_b , ώστε να φανεί ποια ποσότητα της f_1 προέρχεται από την f_a και ποια από την f_b . Το ίδιο ισχύει και για την f_2 .

$$f_1 = f_1 \frac{f_a}{f_a + f_b} + f_1 \frac{f_b}{f_a + f_b} \quad f_2 = f_2 \frac{f_a}{f_a + f_b} + f_2 \frac{f_b}{f_a + f_b} \quad (3.10)$$



Σχήμα 3.4: Αρχή ποσοστιαίας κατανομής (proportional sharing principle).

Η μέθοδος χρησιμοποιεί είτε τον αλγόριθμο upstream-looking, είτε τον αλγόριθμο downstream-looking. Στον αλγόριθμο upstream-looking, η χρησιμοποίηση του δικτύου και οι συμπληρωματικές χρεώσεις κατανέμονται σε κάθε γεννήτρια και οι απώλειες καταμερίζονται στα φορτία. Στον αλγόριθμο downstream-looking, η χρησιμοποίηση του δικτύου και οι συμπληρωματικές χρεώσεις κατανέμονται στα φορτία ενώ οι απώλειες καταμερίζονται στις γεννήτριες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ώστε να προσδιορίζεται ποια ποσότητα από την παραγωγή μιας γεννήτριας προμηθεύει ένα συγκεκριμένο φορτίο, και τι ποσοστό ενός συγκεκριμένου φορτίου προμηθεύεται από μια συγκεκριμένη γεννήτρια. Οι τοπολογικοί συντελεστές κατανομής που υπολογίζονται είναι πάντα θετικοί [3.1].

3.3.2.1 Αλγόριθμος Bialek upstream

Για την κατανόηση του αλγορίθμου Bialek upstream, ορίζεται η ακαθάριστη ζήτηση (gross demand) σαν το άθροισμα ενός συγκεκριμένου φορτίου και του κατανεμημένου μέρους των συνολικών απωλειών μεταφοράς σε αυτό. Έτσι, η συνολική ακαθάριστη ζήτηση (total gross demand) σε ένα σύστημα είναι ίση με τη συνολική πραγματική παραγωγή (total actual generation). Η ακαθάριστη ισχύς στο ζυγό i , κοιτώντας τις εισροές είναι ίση με το άθροισμα της ισχύος που παράγεται στο ζυγό i και της εισερχόμενης ισχύος από τους γειτονικούς ζυγούς:

$$P_i^g = \sum_{j \in a_i^u} |P_{ij}^g| + P_{G_i} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.11)$$

όπου:

P_{G_i} : Παραγωγή στο ζυγό i .

P_{ij}^g : Άγνωστη ακαθάριστη ροή στη γραμμή $i-j$.

P_i^g : Άγνωστη ακαθάριστη ροή στο ζυγό i .

a_i^u : Σύνολο ζυγών που προμηθεύουν απευθείας ισχύ στο ζυγό i .

N : Σύνολο ζυγών του δικτύου.

$$\begin{aligned} \text{Σε κάθε γραμμή ισχύει: } |P_{ij}^g| &= |P_{ji}^g| \Rightarrow |P_{ij}^g| = \frac{|P_{ji}^g|}{P_j^g} P_j^g \Rightarrow \\ &\Rightarrow |P_{ij}^g| \cong \frac{|P_{ji}|}{P_j} P_j^g \end{aligned} \quad (3.12)$$

όπου:

P_{ji} : Η πραγματική ροή από τον κόμβο j στη γραμμή $i-j$.

P_j : Η πραγματική συνολική ισχύς στο ζυγό j .

Η εξίσωση (3.11) παίρνει τη μορφή:

$$P_i^g - \sum_{j \in a_i^u} \frac{|P_{ji}|}{P_j} P_j^g = P_{G_i} \quad \text{ή} \quad \mathbf{A}_u \mathbf{P}_{\text{gross}} = \mathbf{P}_G \quad (3.13)$$

όπου:

$\mathbf{P}_{\text{gross}}$: Διάνυσμα με τις άγνωστες ακαθάριστες ροές των ζυγών.

\mathbf{P}_G : Διάνυσμα με τις παραγωγές των ζυγών.

\mathbf{A}_u : $N \times N$ πίνακας κατανομής upstream, του οποίου τα στοιχεία (i,j) υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$[A_u]_{ij} = \begin{cases} 1 & , \quad i = j \\ -\frac{|P_{ji}|}{P_j} & , \quad j \in a_i^u \\ 0 & , \quad \text{αλλού} \end{cases} \quad (3.14)$$

Ο πίνακας \mathbf{A}_u είναι αραιός και μη συμμετρικός. Αν υπάρχει ο πίνακας \mathbf{A}_u^{-1} , τότε ισχύει:

$$\mathbf{P}_{\text{gross}} = \mathbf{A}_u^{-1} \mathbf{P}_G \quad .$$

Κάθε στοιχείο i υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_i^g = \sum_{k=1}^N [A_u^{-1}]_{ik} P_{G_k} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.15)$$

Η εξίσωση (3.15) δείχνει πως η ακαθάριστη ισχύς στο ζυγό i προμηθεύεται από όλους τους παραγωγούς του συστήματος. Η ακαθάριστη εκροή ισχύος της γραμμής $i-j$ χρησιμοποιώντας την αρχή της ποσοστιαίας κατανομής δίνεται από τη σχέση :

$$P_{ij}^g = \frac{P_{ij}^g}{P_i^g} \sum_{k=1}^N [A_u^{-1}]_{ik} P_{G_k} = \sum_{k=1}^N D_{ij,k}^g P_{G_k} \quad , \quad j \in a_i^d \quad (3.16)$$

$$\text{και} \quad D_{ij,k}^g = \frac{P_{ij}^g [A_u^{-1}]_{ik}}{P_i^g} \cong \frac{P_{ij} [A_u^{-1}]_{ik}}{P_i} \quad (3.17)$$

όπου:

a_i^d : Σύνολο ζυγών που προμηθεύονται απευθείας ισχύ από το ζυγό i .

$D_{ij,k}^g$: Τοπολογικός συντελεστής κατανομής της γεννήτριας k .

Ο συντελεστής $D_{ij,k}^g$ εκφράζει τη συνεισφορά της γεννήτριας k στη συνολική ροή της γραμμής $i-j$. Διαφέρουν από τη μέθοδο των συντελεστών GGDF οι οποίοι βασίζονται στο θεώρημα της υπέρθεσης και εφαρμόζονται σε dc γραμμικοποιημένο μοντέλο συστήματος. Αναπαριστούν την επίπτωση της κάθε γεννήτριας στη ροή των γραμμών, έτσι μπορεί να είναι αρνητικοί. Αντίθετα οι τοπολογικοί συντελεστές βασίζονται σε τοπολογική ανάλυση των ροών του δικτύου και εκφράζουν το μερίδιο συγκεκριμένης παραγωγής στη συνολική ροή των γραμμών. Συνεπώς είναι πάντα θετικοί.

Η ακαθάριστη ζήτηση στο ζυγό i υπολογίζεται με τον ακόλουθο τρόπο:

$$P_{Li}^g = \frac{P_{Li}^g}{P_i^g} P_i^g \cong \frac{P_{Li}}{P_i} P_i^g = \frac{P_{Li}}{P_i} \sum_{k=1}^N [A_u^{-1}]_{ik} P_{G_k} \quad (3.18)$$

Η διαφορά της πραγματικής ζήτησης του φορτίου από την ακαθάριστη ζήτηση σε ένα ζυγό δίνει τις απώλειες λόγω της ροής που προκαλούν όλες οι γεννήτριες σε ένα συγκεκριμένο φορτίο. Ο αλγόριθμος upstream-looking όχι μόνο βρίσκει τη συμμετοχή της κάθε γεννήτριας ώστε να ικανοποιείται η ζήτηση του κάθε φορτίου, αλλά κατανέμει και τις συνολικές απώλειες μεταφοράς σε κάθε φορτίο ξεχωριστά.

Η συνολική χρήση U_{G_k} του δικτύου από την $k^{\text{ση}}$ γεννήτρια μπορεί να υπολογιστεί θεωρώντας ότι η χρέωση της κάθε γραμμής θα γίνει αναλογικά με την πραγματική χρήση των γραμμών από τη δοσμένη γεννήτρια. Ορίζεται το ακαθάριστο βάρος w_{ij}^g της γραμμής $i-j$ ως:

$$w_{ij}^g = C_{ij} / P_{ij}^g \quad (3.19)$$

όπου:

C_{ij} : Η συνολική συμπληρωματική χρέωση για τη χρήση της γραμμής $i-j$.

w_{ij}^g : Χρέωση ανά MW κάθε γραμμής $i-j$.

Η συμπληρωματική χρέωση της $k^{\text{ση}}$ γεννήτριας (ή χρήση U_{G_k}) μπορεί να υπολογιστεί αθροίζοντας τις επιμέρους συνεισφορές (πολλαπλασιαζόμενες με τα βάρη των γραμμών) της γεννήτριας σε όλες τις γραμμές του συστήματος:

$$U_{G_k} = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in a_i^d} w_{ij}^g D_{ij,k}^g P_{G_k} = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in a_i^d} \frac{C_{ij}}{P_{ij}^g} \frac{P_{ij}^g}{P_i^g} P_{G_k} = P_{G_k} \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{[A_u^{-1}]_{ik}}{P_i^g} \sum_{j \in a_i^d} C_{ij} \right\} \quad (3.20)$$

Για τον καθορισμό των χρεώσεων είναι απαραίτητη η αντιστροφή του πίνακα \mathbf{A}_u και η εύρεση του διανύσματος $\mathbf{P}_{\text{gross}}$.

3.3.2.2 Αλγόριθμος Bialek downstream

Ο αλγόριθμος Bialek downstream βρίσκει τη συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με παρόμοιο τρόπο με τον αλγόριθμο Bialek upstream. Αφαιρώντας από την πραγματική παραγωγή του κάθε ζυγού το κατανεμημένο μέρος των συνολικών απωλειών σε αυτόν ορίζεται η καθαρή παραγωγή (net generation). Η συνολική καθαρή παραγωγή είναι ίση με τη συνολική πραγματική ζήτηση. Κοιτώντας τις εκροές, η καθαρή ισχύς στο ζυγό i εκφράζεται σαν το άθροισμα των ροών που εξέρχονται από το ζυγό i και της ζήτησης του φορτίου στο ζυγό i :

$$P_i^n = \sum_{j \in a_i^d} |P_{ij}^n| + P_{L_i} \Rightarrow P_i^n - \sum_{j \in a_i^d} \frac{|P_{ji}|}{P_j} P_j^n = P_{L_i} \quad \text{ή} \quad \mathbf{A}_d \mathbf{P}_{\text{net}} = \mathbf{P}_L \quad (3.21)$$

όπου:

P_{L_i} : Φορτίο στο ζυγό i .

P_{ij}^n : Άγνωστη καθαρή ροή στη γραμμή $i-j$.

P_i^n : Άγνωστη καθαρή ροή στο ζυγό i .

\mathbf{P}_{net} : Διάνυσμα με τις άγνωστες καθαρές ροές των ζυγών.

\mathbf{P}_L : Διάνυσμα με τη ζήτηση του φορτίου των ζυγών.

\mathbf{A}_d : $N \times N$ πίνακας κατανομής downstream, του οποίου τα στοιχεία (i,j) υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$[A_d]_{ij} = \begin{cases} 1 & , \quad i = j \\ -\frac{|P_{ji}|}{P_j} & , \quad j \in a_i^d \\ 0 & , \quad \text{αλλού} \end{cases} \quad (3.22)$$

Ο πίνακας \mathbf{A}_d είναι αραιός και μη συμμετρικός. Αν υπάρχει ο πίνακας \mathbf{A}_d^{-1} , τότε ισχύει:

$\mathbf{P}_{\text{net}} = \mathbf{A}_d^{-1} \mathbf{P}_L$. Κάθε στοιχείο i υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_i^n = \sum_{k=1}^N [A_d^{-1}]_{ik} P_{L_k} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.23)$$

Η παραπάνω ισότητα δείχνει πως η ακαθάριστη ισχύς σε κάθε ζυγό κατανέμεται σε όλα τα φορτία του συστήματος. Η ακαθάριστη εισροή στο ζυγό i που προέρχεται από τη γραμμή $j-i$ μπορεί να υπολογιστεί με βάση την αρχή της ποσοστιαίας κατανομής:

$$P_{ij}^n = \frac{P_{ij}^n}{P_i^n} \sum_{k=1}^N [A_d^{-1}]_{ik} P_{L_k} = \sum_{k=1}^N D_{ij,k}^n P_{L_k} \quad , \quad j \in a_i^u \quad (3.24)$$

Ο τοπολογικός συντελεστής D δείχνει το ποσοστό της ζήτησης του φορτίου k που ρέει στη γραμμή $i-j$. Η καθαρή παραγωγή στο ζυγό i είναι μια εισροή και μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την αρχή της ποσοστιαίας κατανομής ως εξής:

$$P_{G_i}^n = \frac{P_{G_i}^n}{P_i^n} P_i^n \cong \frac{P_{G_i}}{P_i} P_i^n = \frac{P_{G_i}}{P_i} \sum_{k=1}^N [A_d^{-1}]_{ik} P_{L_k} \quad (3.25)$$

Η εξίσωση (3.25) δείχνει ποια θα ήταν η απαραίτητη παραγωγή της γεννήτριας i για να καλύψει τη ζήτηση του συστήματος αν το σύστημα δεν είχε απώλειες. Η διαφορά της καθαρής παραγωγή από την πραγματική παραγωγή σε ένα ζυγό δίνει τις απώλειες λόγω της ροής που προκαλεί η συγκεκριμένη γεννήτρια σε όλα τα φορτία. Ο αλγόριθμος downstream-looking όχι μόνο καθορίζει πως κατανέμεται η παραγωγή της κάθε γεννήτριας μεταξύ όλων των φορτίων, αλλά κατανέμει και τις συνολικές απώλειες μεταφοράς σε κάθε γεννήτρια ξεχωριστά.

Η ανίχνευση ροής αέργου ισχύος γίνεται με παρόμοιο τρόπο με τη διαφορά ότι απαιτείται η τοποθέτηση νέων ζυγών στις γραμμές, λόγω των απωλειών αέργου ισχύος των γραμμών [3.6] – [3.7].

3.3.3 Μέθοδος Kirschen

Η μέθοδος Kirschen (όπως και η μέθοδος Bialek) βασίζεται στην αρχή της ποσοστιαίας κατανομής. Πριν την περιγραφή της μεθόδου, δίνεται ο ορισμός κάποιων εννοιών που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή. Οι ορισμοί παρουσιάζονται παρακάτω:

Domain (πεδίο) : Σύνολο των ζυγών που λαμβάνουν ισχύ από μία συγκεκριμένη γεννήτρια.

Common (κοινό) : Σύνολο των ζυγών που λαμβάνουν ισχύ από τις ίδιες γεννήτριες.

Links (σύνδεσμοι): Κλάδοι (branches) που συνδέουν δύο κοινά (commons) με ευθύ τρόπο.

Με βάση αυτούς τους ορισμούς η κατάσταση του συστήματος (ακυκλικός γράφος) αναπαρίσταται με έναν ευθύ γράφο (direct graph), που αποτελείται από links και commons, με ευθείες ροές ανάμεσα στα commons και τα αντίστοιχα δεδομένα για τις παραγωγές/φορτία σε αυτά καθώς και τις ροές στα links.

Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια περιοδικά επαναλαμβανόμενη διαδικασία για τον υπολογισμό της συνεισφοράς των γεννητριών/φορτίων στα commons, links και για τις ροές των γραμμών μέσα σε κάθε κοινό (common). Για ένα συγκεκριμένο κοινό, η μέθοδος χρησιμοποιεί την παραδοχή ότι το ποσοστό της εισροής ισχύος λόγω μιας συγκεκριμένης γεννήτριας είναι ίδιο με το ποσοστό της εκροής ισχύος λόγω της ίδιας γεννήτριας. Όπως και η μέθοδος Bialek, έτσι και αυτή μπορεί να καθορίσει τη συμβολή μεμονωμένων γεννητριών και φορτίων στις ροές των γραμμών.

Ξεκινώντας από ένα βασικό κοινό (root common), η μέθοδος βρίσκει περιοδικά την συμβολή της παραγωγής (ή φορτίου) κάθε κοινού στις ροές των γραμμών και στα καταναλισκόμενα φορτία. Η μέθοδος χρησιμοποιεί την ποσοστιαία υπόθεση για να

καταναίμει την εκροή από ένα κοινό σε αυτούς που προκαλούν την εισροή σε αυτό. Καθορίζοντας την ροή σε κάθε κλάδο (branch), η μέθοδος καταμερίζει τη χρήση του συστήματος μεταφοράς στους χρήστες που συμβάλλουν στη ροή του κάθε κλάδου.

Η μέθοδος αυτή είναι μία τοπολογική μέθοδος ανίχνευσης, που δίνει απάντηση στην παρακάτω ερώτηση: “τι ποσοστό ενεργού (αέργου) ισχύος σε μια γραμμή προέρχεται από την κάθε γεννήτρια;”. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και για ac αλλά και για dc ροές φορτίου. Δεν βασίζεται σε γραμμικοποιημένο μοντέλο του δικτύου και ξεκινά υπολογίζοντας τις ροές των γραμμών, οι οποίες με τη σειρά τους παρέχουν την κατεύθυνση της ροής σε κάθε κλάδο. Ξεκινώντας από τη γεννήτρια κάθε ζυγού και με βάση την κατεύθυνση της ροής στην κάθε γραμμή, η μέθοδος είναι σε θέση να προσδιορίσει το πεδίο (domain) της κάθε γεννήτριας.

Όπως ορίστηκε παραπάνω, το πεδίο είναι το σύνολο των ζυγών που λαμβάνουν ενεργό (άεργο) ισχύ από μια συγκεκριμένη γεννήτρια. Για ένα σύστημα με N_g ζυγούς γεννητριών υπάρχουν N_g πεδία (domains). Αφού προσδιοριστούν τα πεδία ακολουθεί ο προσδιορισμός των κοινών (commons). Αν το G_i αναφέρεται στην $i^{\text{οστη}}$ γεννήτρια, το πρώτο κοινό (rank=1, root node), είναι το σύνολο των ζυγών που λαμβάνουν ισχύ μόνο από την G_1 , το δεύτερο κοινό (rank=2) λαμβάνει από τις G_1, G_2 , το τρίτο κοινό (rank=3) λαμβάνει από τις G_1, G_2, G_3 , κ.ο.κ.

Μετά από αυτή τη διαδικασία, γνωρίζοντας τις ροές των γραμμών και τα κοινά, προσδιορίζονται οι σύνδεσμοι (links) μεταξύ των κοινών. Με βάση τα κοινά και τους συνδέσμους, η μέθοδος χρησιμοποιεί το γράφο κατάστασης για να υπολογίσει τις διαφορετικές συνεισφορές. Ο γράφος κατάστασης είναι ο μετασχηματισμός του δικτύου σε έναν ακυκλικό γράφο, ο οποίος αποτελείται από κοινά, συνδέσμους και την παραγωγή και το φορτίο σε κάθε κοινό. Χρησιμοποιώντας το γράφο κατάστασης, η μέθοδος μπορεί να προσδιορίσει το πόσο μία γεννήτρια (ή φορτίο) συμβάλλει στα φορτία (ή γεννήτριες) και στις ροές μέσα στα κοινά αλλά και κατά μήκος των συνδέσμων του γράφου.

Για να γίνει αυτό υπολογίζεται πρώτα η εισροή σε κάθε κοινό. Αυτή δίνεται μαθηματικά από την ακόλουθη σχέση [3.1]:

$$I_k = g_k + \sum_j F_{jk} \quad (3.26)$$

όπου:

I_k : Η εισροή στο κοινό k .

g_k : Η παραγωγή του δικτύου στο κοινό k .

$F_{j,k}$: Η ροή (από το j στο k) σε ένα σύνδεσμο που συνδέει τα κοινά j, k .

Το επόμενο βήμα είναι να υπολογιστούν περιοδικά οι σχετικές συμβολές των επιμέρους γεννητριών στο φορτίο και στην εκροή του κάθε κοινού ξεκινώντας από το root common. Οι σχετικές αυτές συμβολές υπολογίζονται με βάση τις απόλυτες συμβολές (absolute contributions) σε ένα κοινό. Έτσι ορίζεται:

R_{ij} : Η σχετική συμβολή ενός κοινού i στο φορτίο και στην εκροή ενός κοινού j .

A_{ij} : Η απόλυτη συμβολή της εισροής του κοινού j στο κοινό i .

N_c : Ο συνολικός αριθμός των κοινών.

F_{ki} : Η ροή ανάμεσα στα κοινά k, i .

Τα στοιχεία του πίνακα των απόλυτων συμβολών (A) και του πίνακα των σχετικών συμβολών (R) υπολογίζονται σύμφωνα με τον παρακάτω αλγόριθμο [3.1]:

```

do  $j=1, N_c$ 
   $A_{jj} = g_j$ 
   $R_{jj} = A_{jj} / I_j$ 
enddo
do  $i=1, N_c$ 
  do  $j=i+1, N_c$ 
     $A_{ij} = 0$ 
    do  $k=1, j$ 
       $A_{ji} = 0$ 
       $R_{ji} = 0$ 
       $A_i = A_i + R_{ik} F_{kj}$ 
       $R_{ij} = A_i / I_k$ 
    enddo
  enddo
enddo
enddo

```

Κάθε στοιχείο R_{ij} εκφράζει τα ακόλουθα:

- ότι η παραγωγή στο κοινό i (g_i) παράγει το $(R_{ij} * 100)\%$ του φορτίου που καταναλώνεται στο κοινό j (d_j).
- το $(R_{ij} * 100) \%$ της ροής σε κάθε σύνδεσμο που ξεκινά από το κοινό j .
- το $(R_{ij} * 100) \%$ της ροής σε κάθε γραμμή μεταξύ δύο ζυγών στο κοινό j .

Τα στοιχεία κάτω από την κύρια διαγώνιο και των δύο πινάκων είναι μηδενικά, πράγμα που σημαίνει ότι ένα κοινό δεν συμβάλλει σε ένα άλλο κοινό που έχει χαμηλότερο βαθμό (rank). Τα στοιχεία της μήτρας R αποτελούν τη βάση για τη χρέωση χρήσης του συστήματος μεταφοράς [3.1].

3.3.4 Μέθοδος ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης

Σε αυτή τη μέθοδο θεωρείται ότι η ενεργός ισχύς ρέει σε μονοπάτια έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα συνολικά MW – km σε όλο το σύστημα με σκοπό τη δημιουργία ενός μοντέλου γραμμικού προγραμματισμού το οποίο είναι πολύ χρήσιμο σε μεγάλα δίκτυα. Εισάγει τον όρο της ηλεκτρικής απόστασης, ο οποίος αν χρησιμοποιηθεί μέσα στο μοντέλο του γραμμικού προγραμματισμού παρέχει την κατανομή των γεννητριών στα φορτία, καθορίζοντας έτσι πόση ισχύ στέλνει η κάθε γεννήτρια σε κάθε φορτίο. Χρησιμοποιείται το μοντέλο της dc ροής φορτίου.

Θεωρώντας ένα δίκτυο χωρίς απώλειες όπου N_G είναι το σύνολο των ζυγών που έχουν συνδεδεμένες γεννήτριες, N_L το σύνολο των ζυγών που έχουν φορτία, p_{ij} είναι η ισχύς που στέλνει η γεννήτρια i στο φορτίο j , τότε η ηλεκτρική απόσταση d_{ij} από το ζυγό i που έχει συνδεθεί μια γεννήτρια στο ζυγό j που είναι συνδεδεμένο ένα φορτίο ορίζεται ως [3.8]:

$$d_{ij} = \sum_{kt} \left| \frac{\partial F_{kt}}{\partial p_{ij}} \right| l_{kt} \quad (3.27)$$

με:

$$\frac{\partial F_{kt}}{\partial p_{ij}} = A_{kt,i} - A_{kt,j} = [(Z_{ki} - Z_{ti}) - (Z_{kj} - Z_{tj})] / x_{kt} \quad (3.28)$$

όπου:

$\frac{\partial F_{kt}}{\partial p_{ij}}$: Συντελεστής που καθορίζει τη ροή στη γραμμή $k-t$ λόγω της αποστολής 1 MW από το ζυγό i στο ζυγό j , γνωστός με τον όρο power transfer distribution factor (PTDF).

l_{kt} : Το μήκος της γραμμής $k-t$ σε km.

x_{kt} : Η επαγωγική αντίδραση της γραμμής $k-t$.

Z : Πίνακας επαγωγικών αντιδράσεων που προκύπτει από αντιστροφή του πίνακα αγωγιμοτήτων αφαιρώντας τη γραμμή και τη στήλη που αντιστοιχούν στο ζυγό αναφοράς και προσθέτοντας μετά την αντιστροφή μηδενική γραμμή και στήλη στην αντίστοιχη θέση.

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς, η μέθοδος λύνει το παρακάτω πρόβλημα γραμμικού προγραμματισμού :

$$\min \sum_{ij} d_{ij} p_{ij}$$

υπό τους περιορισμούς:

$$\sum_i p_{ij} = P_{Lj} \quad , \quad \forall j \in N_L$$

$$\sum_j p_{ij} = P_{Gi} \quad , \quad \forall i \in N_G$$

$$p_{ij} > 0 \quad , \quad \forall i \in N_G \text{ και } \forall j \in N_L \quad (3.29)$$

όπου:

P_{Lj} : Το φορτίο στο ζυγό j .

P_{Gi} : Η παραγωγή στο ζυγό i .

Το μοντέλο αυτό χρησιμεύει στον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς σε ένα δίκτυο καθορίζοντας πόση ισχύ στέλνει κάθε γεννήτρια σε κάθε φορτίο και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο για δεδομένη παραγωγή και δεδομένο φορτίο είναι δυνατόν να οριστούν συναλλαγές και να καθοριστεί η χρέωσή τους [3.8].

3.4 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται παραδείγματα και μέθοδοι κοστολόγησης, για τον επιμερισμό τμήματος ή του συνολικού κόστους μεταφοράς στους πελάτες με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Τα μοντέλα τιμολόγησης μεταφοράς

μεταφράζουν τα κόστη του συστήματος σε συνολικές χρεώσεις μεταφοράς και διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

1. Προσθετικό μοντέλο τιμολόγησης (rolled-in pricing paradigm).
2. Αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης (incremental pricing paradigm).
3. Σύνθετο μοντέλο τιμολόγησης (composite embedded / incremental pricing paradigm).

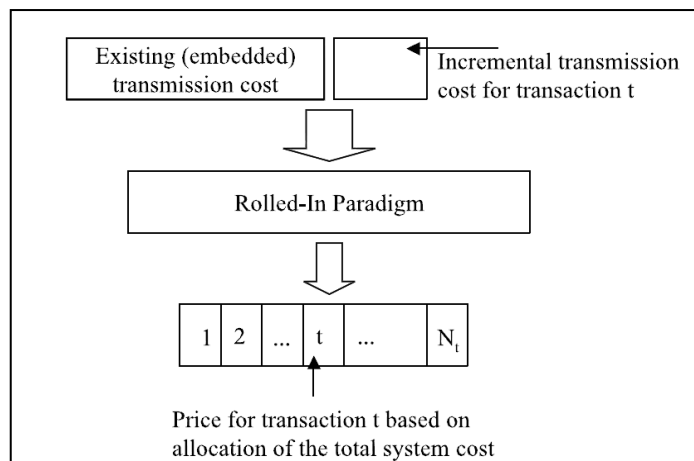
3.4.1 Προσθετικό Μοντέλο Τιμολόγησης

Στο προσθετικό μοντέλο τιμολόγησης, όλα τα κόστη του συστήματος προστίθενται (rolled-in) σε έναν ενιαίο αριθμό. Τα διάφορα είδη του κόστους δεν διαχωρίζονται. Όλα τα είδη κόστους περιλαμβάνονται. Το συνολικό άθροισμα κατανέμεται (διαιρείται) μεταξύ των χρηστών του συστήματος. Είναι απαραίτητο να οριστεί η έκταση της χρήσης του συστήματος μεταφοράς από τον κάθε χρήστη. Διάφορες μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για αυτό το σκοπό:

1. Μέθοδος γραμματοσήμου (Postage Stamp).
2. Μέθοδος συμβεβλημένης διαδρομής (Contract Path).
3. Μέθοδος MW-mile βασισμένη στην απόσταση (Distance based MW-mile).
4. Μέθοδος MW-mile βασισμένη στη ροή φορτίου (Power flow based MW-mile).
5. Μέθοδος MVA-mile.

Το Σχήμα 3.5 εξηγεί τον τρόπο τιμολόγησης του προσθετικού μοντέλου. Όλα τα ενσωματωμένα κόστη ορίζονται σαν τις απαιτήσεις που χρειάζονται για την κάλυψη του κόστους του υπάρχοντος εξοπλισμού μεταφοράς μαζί με τα νέα κόστη λειτουργίας και επέκτασης του συστήματος.

Αν και αυτός ο τρόπος τιμολόγησης είναι δημοφιλής, θεωρείται οικονομικά ανεπαρκής δεδομένου ότι αγνοεί την έλλειψη πόρων μεταφοράς. Επειδή δεν λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί του συστήματος, δεν στέλνονται σωστά οικονομικά σήματα για τη μείωση της συμφόρησης, τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του συστήματος και την τοποθέτηση νέων σταθμών παραγωγής. Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται στη συνέχεια για κάθε μέθοδο ξεχωριστά.



Σχήμα 3.5: Προσθετικό μοντέλο τιμολόγησης [3.9].

3.4.1.1 Μέθοδος γραμματισήμου

Η μέθοδος γραμματισήμου βασίζεται στην ποσότητα της μεταφερόμενης ισχύος της κάθε συναλλαγής. Χρεώνει τους παραγωγούς ανάλογα με την εγκατεστημένη τους ισχύ και τα φορτία ανάλογα με τη ζήτησή τους. Δεν απαιτεί υπολογισμούς ροών φορτίου, είναι ανεξάρτητη της απόστασης μεταφοράς, των σημείων που εισέρχεται ή εξέρχεται ισχύς και της τοπολογίας του δικτύου. Γίνεται η παραδοχή ότι ολόκληρο το σύστημα μεταφοράς χρησιμοποιείται ανεξάρτητα από τις πραγματικές υπηρεσίες που παρέχονται στο σύστημα μεταφοράς. Η χρέωση γίνεται τη στιγμή της αιχμής του συστήματος και βασίζεται σε ένα μέσο ενσωματωμένο κόστος. Υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση [3.9]:

$$TC_t = TC \frac{P_t}{P_{peak}} \quad (3.30)$$

όπου:

TC_t : Χρέωση χρήστη ή συναλλαγής t σε €.

TC : Συνολικό κόστος μεταφοράς σε €.

P_t : Ισχύς συναλλαγής t ή εγκατεστημένη ισχύς του παραγωγού t , ή ζήτηση του φορτίου t σε MW.

P_{peak} : Αιχμή του συστήματος σε MW.

Η μέθοδος αν και είναι εξαιρετικά απλή στην εφαρμογή της, αδυνατεί να δώσει τα κατάλληλα σήματα στους μελλοντικούς χρήστες ως προς τη βέλτιστη γεωγραφική τους χωροθέτηση. Δεν δίνει πληροφορίες για αύξηση του φορτίου σε περιοχές όπου υπάρχει μεγάλη παραγωγή ούτε για εγκατάσταση νέων παραγωγών σε περιοχές με μεγάλη κατανάλωση. Χρήστες που συμμετέχουν σε συναλλαγές χρεώνονται ανεξάρτητα από τη μεταξύ τους απόσταση. Έτσι δεν ευνοούνται οι χρήστες που χρησιμοποιούν λιγότερο το δίκτυο. Δεν λαμβάνονται υπόψη ροές φορτίου, περιορισμοί του δικτύου ή η συμφόρηση. Η εφαρμογή ενιαίας τιμολογιακής πολιτικής σε δίκτυα που παρουσιάζουν σημαντική ανομοιομορφία φορτίου και παραγωγής οδηγεί στην ανομοιογενή γεωγραφική κατανομή των καταναλωτών και των μονάδων παραγωγής συμβάλλοντας στη μη ομαλή λειτουργία του συστήματος και τη μη βέλτιστη επέκταση του δικτύου μεταφοράς. Η μέθοδος αν και αγνοεί την πραγματική κατάσταση του συστήματος χρησιμοποιείται συχνά, λόγω της απλότητάς της [3.9] - [3.10].

3.4.1.2 Μέθοδος συμβεβλημένης διαδρομής

Η μεθοδολογία βασίζεται στο κόστος μιας συμβεβλημένης διαδρομής. Συμβεβλημένη διαδρομή είναι μια αυθαίρετα επιλεγμένη συνεχόμενη διαδρομή στο ηλεκτρικό δίκτυο (λαμβάνεται συνήθως η διαδρομή με τη μικρότερη ηλεκτρική απόσταση δηλαδή τη μικρότερη συνολική αντίδραση) από το σημείο αποστολής μέχρι το σημείο παραλαβής της μεταφερόμενης ισχύος, χωρίς υπολογισμούς ροής φορτίου. Θεωρείται ότι όλη η μεταφερόμενη ισχύς μιας συγκεκριμένης συναλλαγής μεταφοράς ακολουθεί τη συμβεβλημένη διαδρομή. Η μέθοδος εφαρμόζεται σε συναλλαγές που χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα συστήματα για να μεταφέρουν ισχύ. Η μέθοδος αγνοεί τις ροές ισχύος σε γραμμές και Μ/Σ που δεν βρίσκονται κατά μήκος του καθορισμένου μονοπατιού. Στην

πραγματικότητα ένα ποσοστό μόνο της μεταφερόμενης ισχύος ακολουθεί τη συμβεβλημένη διαδρομή, ενώ η υπόλοιπη ακολουθεί παράλληλες διαδρομές του δικτύου από τον κόμβο αποστολής προς τον κόμβο παραλαβής της ισχύος. Η ανάκτηση του συνολικού ενσωματωμένου κόστους περιορίζεται στον εξοπλισμό μεταφοράς που περιλαμβάνεται κατά μήκος του μονοπατιού και κατανέμεται στους χρήστες που συμμετέχουν στις συναλλαγές. Η κάθε συναλλαγή χρεώνεται ως ακολούθως [3.11]:

$$TC_t = \sum_{k-m \in \Lambda_t} s_{k-m} P_{t,k-m} / P_{k-m} \quad (3.31)$$

όπου:

TC_t : Χρέωση συναλλαγής t .

s_{k-m} : Κόστος της γραμμής $k-m$ που περιλαμβάνεται στο συγκεκριμένο μονοπάτι.

$P_{t,k-m}$: Ισχύς της συναλλαγής t .

P_{k-m} : Ροή φορτίου στη γραμμή $k-m$.

Λ_t : Το σύνολο των γραμμών που περιλαμβάνονται στη συμβεβλημένη διαδρομή.

Σε περίπτωση που υπάρχουν πολλοί ιδιοκτήτες των γραμμών μεταφοράς, η μέθοδος της συμβεβλημένης διαδρομής είναι άδικη γιατί δεν αποζημιώνονται οι ιδιοκτήτες των γραμμών που ανήκουν στις παράλληλες διαδρομές για τη χρήση τους από τη συγκεκριμένη συναλλαγή μεταφοράς, ενώ αντίθετα αποζημιώνονται περισσότερο από το κανονικό οι ιδιοκτήτες των γραμμών που ανήκουν στη συμβεβλημένη διαδρομή.

Σε σχέση με τη μέθοδο γραμματοσήμου, η συγκεκριμένη μέθοδος λαμβάνει υπόψη την απόσταση των σημείων παραγωγής και κατανάλωσης, όμως και αυτή αγνοεί την πραγματική λειτουργία του συστήματος. Η ύπαρξη παράλληλων μονοπατιών τα οποία δε λαμβάνονται υπόψη μπορεί να απαιτεί την ενίσχυση των γραμμών που δεν ανήκουν στη συμβεβλημένη διαδρομή. Δεδομένου ότι το κόστος αυτό δεν περιλαμβάνεται στην τιμή της μεταφοράς, η μέθοδος στέλνει λάθος οικονομικά σήματα στην αγορά και με τη μέθοδο αυτή μπορεί να συμβούν συναλλαγές όχι οικονομικές [3.1], [3.9], [3.11].

3.4.1.3 Μέθοδος MW–Mile βασισμένη στην απόσταση

Σύμφωνα με τη μέθοδο MW–Mile βασισμένη στην απόσταση, τα ενσωματωμένα κόστη επιμερίζονται στους χρήστες με βάση την γεωγραφική απόσταση του σημείου προμήθειας και παράδοσης και την ποσότητα της μεταφερόμενης ισχύος της συναλλαγής [3.9]:

$$TC_t = TC \frac{PX_t}{\sum_k PX_t} \quad (3.32)$$

με:

$$PX_t = DT \cdot PM \quad (3.33)$$

όπου:

PX_t : Ποσότητα της κάθε συναλλαγής εκφρασμένη σε MW–mile.

DT : Απόσταση μεταξύ των σημείων προμήθειας και παράδοσης της.

PM : Μέγεθος της μεταφερόμενης ισχύος (MW).

TC : Συνολικά κόστη μεταφοράς (€).

Η μέθοδος αυτή αγνοεί την πραγματική κατάσταση του δικτύου. Η γεωγραφική απόσταση δεν δείχνει τις γραμμές που χρησιμοποιούνται στην πραγματικότητα σε μια συναλλαγή ούτε τις ενισχύσεις που απαιτούνται για την εξυπηρέτηση της συναλλαγής. Με αποτέλεσμα και αυτή η μέθοδος να στέλνει λάθος οικονομικά σήματα στην αγορά [3.9].

3.4.1.4 Μέθοδος MW-Mile βασισμένη στη ροή φορτίου

Η μέθοδος MW-Mile βασισμένη στη ροή φορτίου, σε αντίθεση με τις προηγούμενες, βασίζεται σε εξισώσεις ροής φορτίου. Δίνει τη δυνατότητα τιμολόγησης με βάση την πραγματική χρήση του δικτύου μεταφοράς. Η μέθοδος επιμερίζει τα κόστη στους χρήστες με βάση την έκταση της χρήσης του εξοπλισμού μεταφοράς. Η μέθοδος εγγυάται την πλήρη ανάκτηση του σταθερού κόστους μεταφοράς. Αρχικά υπολογίζει σε κάθε γραμμή τη ροή που προκαλεί ο κάθε χρήστης, γεννήτρια ή φορτίο με βάση το μοντέλο ροής φορτίου, αφού πρώτα επιλεγούν οι συνθήκες παραγωγής και φορτίου με τις οποίες θα γίνει η μελέτη ροής φορτίου. Η συνολική χρήση του συστήματος από τον κάθε χρήστη υπολογίζεται αθροίζοντας τη χρήση του από όλες τις γραμμές του δικτύου με βάση την παρακάτω σχέση [3.9]:

$$TU_t = \sum_k C_k L_k F_{k,t} \quad (3.34)$$

όπου:

TU_t : Η συνολική χρήση των γραμμών από κάθε χρήστη ή συναλλαγή t (MW).

C_k : Το κόστος της κάθε γραμμής ανά MW ανά μονάδα μήκους (€/MW-mile).

L_k : Το μήκος της κάθε γραμμής k (miles).

$F_{k,t}$: Η ροή (σε απόλυτη τιμή) που προκαλεί ο χρήστης t στη γραμμή k (MW).

Η χρέωση του κάθε χρήστη γίνεται με βάση τη συνολική χρήση του και με βάση το άθροισμα των απόλυτων τιμών των ροών που προκαλούν όλοι οι χρήστες σε όλες τις γραμμές του συστήματος, έτσι η χρέωση που προκύπτει είναι η ακόλουθη [3.1], [3.9]:

$$TC_t = TC \frac{TU_t}{\sum TU_t} \Rightarrow TC_t = TC \frac{\sum_{k \in K} C_k L_k MW_{t,k}}{\sum_{t \in T} \sum_{k \in K} C_k L_k MW_{t,k}} \quad (3.35)$$

όπου:

TC_t : Χρέωση χρήστη ή συναλλαγής t .

TC : Το συνολικό κόστος όλων των γραμμών του δικτύου σε €.

C_k : Το κόστος ανά MW ανά μονάδα μήκους της γραμμής k .

L_k : Το μήκος της γραμμής k .

T : Ο συνολικός αριθμός των χρηστών (παραγωγών ή καταναλωτών) ή συναλλαγών.

K : Το σύνολο των γραμμών του δικτύου.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό των χρεώσεων ανάλογα με το αν χρεώνονται ή όχι οι χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές (counter flows).

Οι αρνητικές ροές σχετίζονται με τους χρήστες του δικτύου που προκαλούν ροές αντίθετης κατεύθυνσης από την κύρια ροή των γραμμών. Είναι πολύ βοηθητικές διότι μειώνουν το επίπεδο φόρτισης των γραμμών. Έτσι οι απώλειες μπορούν να μειωθούν και η συμφόρηση να αποφευχθεί. Οι προσεγγίσεις αυτές ταξινομούνται σε τρία είδη:

1. Absolute,
2. Reverse και
3. Zero counter flow προσέγγιση.

Μεταξύ αυτών, η MW-mile absolute είναι η πιο δημοφιλής γιατί παρέχει ικανοποιητικό εισόδημα στον ιδιοκτήτη μεταφοράς σε σχέση με τις άλλες δύο. Έχει όμως το μειονέκτημα ότι αγνοεί τη συμβολή των χρηστών για αρνητικές ροές φορτίου (counter flows). Όλοι οι χρήστες πληρώνουν για τις ροές που προκαλούν ανεξάρτητα από την κατεύθυνσή τους. Αντίθετα, οι άλλες δύο λαμβάνουν υπόψη την κατεύθυνση των ροών που προκαλούν οι χρήστες στις γραμμές, όμως το εισόδημα του ιδιοκτήτη των γραμμών μπορεί να είναι μικρότερο. Η reverse πιστώνει όσους προκαλούν ροές αντίθετες από την κύρια ροή των γραμμών, ενώ η zero counter flow ούτε τους χρεώνει, ούτε τους πιστώνει. Οι χρήστες δεν πληρώνουν τίποτα για τις αρνητικές ροές.

Επιπλέον η χρέωση μπορεί να γίνει με βάση δύο περιπτώσεις χρήσης του δικτύου:

1. Με βάση την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών του δικτύου (total ή unused capacity pricing).
2. Με βάση τη χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών του δικτύου (used capacity pricing).

Όταν τα κόστη βασίζονται στην αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών του δικτύου εξασφαλίζεται η πλήρης ανάκτηση του ενσωματωμένου κόστους επειδή ο κάθε χρήστης έχει να πληρώσει και για την πραγματική χρήση του συστήματος μεταφοράς αλλά και για την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών. Οι χρεώσεις για την αχρησιμοποίητη ικανότητα μπορεί να είναι πληρωμές για αξιοπιστία, ασφάλεια και ευστάθεια συστήματος. Αυτός ο κανόνας τιμολόγησης είναι άδικος για κάποιους χρήστες, οι οποίοι αναγκάζονται να πληρώσουν για το κομμάτι του συστήματος μεταφοράς που δεν χρησιμοποιούν.

Στη δεύτερη περίπτωση οι χρήστες χρεώνονται μόνο για την πραγματική χρήση της δυναμικότητας του συστήματος και όχι για την αχρησιμοποίητη ικανότητα. Δεδομένου ότι οι συνολικές ροές των γραμμών είναι συνήθως μικρότερες από τις ικανότητες των γραμμών, αυτός ο τρόπος τιμολόγησης δεν εγγυάται την ανάκτηση του σταθερού κόστους μεταφοράς. Έτσι μειονεκτεί στο ότι δεν αφήνεται κανένα περιθώριο αξιοπιστίας.

Με βάση τους παραπάνω ορισμούς προκύπτουν έξι παραλλαγές της αρχικής μεθόδου MW-mile, η καθεμιά από τις οποίες χρεώνει διαφορετικά τους χρήστες [3.1], [3.12] - [3.14]:

1. Unused absolute MW- mile.
2. Unused reverse MW-mile.
3. Unused zero counter flow MW-mile.
4. Used absolute MW-mile.
5. Used reverse MW-mile.
6. Used zero counter flow MW-mile.

Οι έξι αυτές μέθοδοι αναλύονται στη συνέχεια:

1. Unused absolute MW-mile.

Η μέθοδος unused absolute MW-mile λαμβάνει υπόψη τις απόλυτες τιμές των συνεισφορών των χρηστών σε όλες τις γραμμές του δικτύου αγνοώντας την κατεύθυνσή τους. Η μέθοδος επιμερίζει το συνολικό κόστος με βάση το ποσοστό της απόλυτης τιμής της ροής που προκαλεί ο κάθε χρήστης σε κάθε γραμμή και του αθροίσματος των απολύτων τιμών των ροών που προκαλούν όλοι οι χρήστες στην ίδια γραμμή.

Ο ιδιοκτήτης των γραμμών ανακτά πλήρως το ενσωματωμένο κόστος μεταφοράς και οι χρήστες πληρώνουν και για την πραγματική χρήση αλλά και για επιπλέον εφεδρείες. Έτσι, η χρέωση είναι φθηνότερη για όσους δε μειώνουν τη ροή των γραμμών δηλαδή για αυτούς που δεν προκαλούν αρνητικές ροές. Όμως, είναι άδικη για κάποιους χρήστες που μοιράζονται τα χρέη ακριβού εξοπλισμού μεταφοράς, ενώ χρησιμοποιούν ένα μικρό κομμάτι του συστήματος. Για κάθε χρήστη προκύπτει η ακόλουθη χρέωση [3.1]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{|F_{t,k}|}{\sum_{i \in T} |F_{t,k}|} \quad (3.36)$$

2. Unused reverse MW-mile.

Η μέθοδος unused reverse MW-mile λαμβάνει υπόψη ροές φορτίου και προς τις δύο κατευθύνσεις και χρεώνει τους χρήστες με βάση τη συνολική ροή της κάθε γραμμής. Προκύπτει αρνητική χρέωση (πίστωση) για αυτούς που προκαλούν αρνητικές ροές και έτσι μειώνουν τη συμφόρηση. Το συνολικό κόστος ανακτάται πλήρως και κατανέμεται μεταξύ των χρηστών με την παρακάτω σχέση [3.12]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{F_{t,k}}{\sum_{i \in T} F_{t,k}} \quad (3.37)$$

3. Unused zero counter flow MW-mile.

Στη μέθοδο unused zero counter flow MW-mile δεν υπάρχει χρέωση για τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (αρνητική ροή). Θεωρείται ότι η μείωση στη ροή των γραμμών είναι ωφέλιμη στο σύστημα. Η χρέωση που προκύπτει είναι η ακόλουθη [3.12]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{F_{t,k}}{\sum_{i \in T} F_{t,k}} \quad , \quad F_{t,k} > 0 \quad (3.38)$$

4. Used absolute MW-mile.

Η μέθοδος used absolute MW-mile επιμερίζει τα κόστη ανάλογα με το μέγεθος της ροής που προκαλεί ο κάθε χρήστης σε κάθε γραμμή και την μέγιστη ικανότητα της γραμμής. Η μέθοδος δεν εγγυάται την πλήρη ανάκτηση του ενσωματωμένου κόστους, ενώ υπάρχει περίπτωση να συμβεί υπερανάκτηση του κόστους. Οι χρήστες χρεώνονται με την ακόλουθη σχέση [3.1]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{|F_{t,k}|}{F_{k,max}} \quad (3.39)$$

5. Used reverse MW-mile.

Η μέθοδος used reverse MW-mile χρεώνει τους χρήστες ανάλογα με τη ροή φορτίου που προκαλεί ο καθένας τους σε κάθε γραμμή και με τη μέγιστη ικανότητά της γραμμής. Πιστώνονται αυτοί που προκαλούν αρνητικές ροές και έτσι μειώνουν το φορτίο της γραμμής. Δεδομένου ότι η συνολική ροή στη γραμμή είναι μικρότερη από την μέγιστη ικανότητά της, προκύπτει υποανάκτηση του κόστους. Οι χρήστες δε χρεώνονται για επιπλέον εφεδρεία, η οποία δίνεται από τη διαφορά μεταξύ της ικανότητας της γραμμής και της πραγματικής ροής. Για κάθε χρήστη προκύπτει η ακόλουθη χρέωση [3.13]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{F_{t,k}}{F_{k,max}} \quad (3.40)$$

6. Used zero counter flow MW-mile.

Στη μέθοδο used zero counter flow MW-mile, οι χρήστες του δικτύου χρεώνονται μόνο για τη θετική ροή που προκαλούν σε κάθε γραμμή. Συνήθως δεν ανακτάται πλήρως το κόστος, όμως υπάρχει περίπτωση να συμβεί και υπερανάκτηση του κόστους. Η χρέωση γίνεται ως ακολούθως [3.13]:

$$TC_t = \sum_{k \in K} C_k \frac{F_{t,k}}{F_{k,max}} \quad , \quad F_{t,k} > 0 \quad (3.41)$$

όπου:

TC_t : Χρέωση κάθε χρήστη t (παραγωγού ή καταναλωτή).

C_k : Κόστος της γραμμής k .

$F_{t,k}$: Ροή ενεργού ισχύος που προκαλεί ο χρήστης t στη γραμμή k .

$F_{k,max}$: Μέγιστη ικανότητα της γραμμής k .

K : Το σύνολο των γραμμών του δικτύου.

T : Ο συνολικός αριθμός των χρηστών (παραγωγών ή καταναλωτών).

3.4.1.5 Μέθοδος αέργου ισχύος MVA-Mile

Η μέθοδος αέργου ισχύος MVA-Mile είναι μια επέκταση της μεθόδου MW-Mile. Η επέκταση έγκειται στο ότι περιλαμβάνεται και η χρέωση για τη ροή αέργου ισχύος πέρα από τη χρέωση για τη ροή ενεργού ισχύος. Έχει αποδειχθεί ότι μελετώντας τη ροή ενεργού και αέργου ισχύος συγχρόνως, με δεδομένα τα στοιχεία για τα όρια φόρτισης των γραμμών σε άεργο ισχύ καθώς και την υποστήριξη των παραγωγών προς το δίκτυο για τις ανάγκες σε MVA, γίνεται ευκολότερα προσεγγίσιμη η μέτρηση της χρήσης του συστήματος μεταφοράς. Ο καθορισμός της χρήσης του δικτύου λόγω ροών αέργου ισχύος γίνεται με μελέτη ac ροής φορτίου. Για παράδειγμα, η μέθοδος Bialek χρησιμοποιείται για να καθορίσει τη συμβολή των χρηστών στη ροή αέργου ισχύος των γραμμών. Η μέθοδος εξασφαλίζει ασφάλεια και αξιοπιστία του συστήματος. Σε αυτή τη μέθοδο οι ροές αέργου ισχύος που προκαλεί η κάθε συναλλαγή υπολογίζονται σε όλες τις γραμμές του δικτύου. Η χρέωση της κάθε συναλλαγής υπολογίζεται ως ακολούθως [3.15]:

$$TC_t = TC \frac{\sum_{k \in K} C_k MVA_{t,k}}{\sum_{t \in T} \sum_{k \in K} C_k MVA_{t,k}} \quad (3.42)$$

όπου:

$MVA_{t,k}$: Η ροή αέργου ισχύος στη γραμμή k , λόγω της συναλλαγής t .

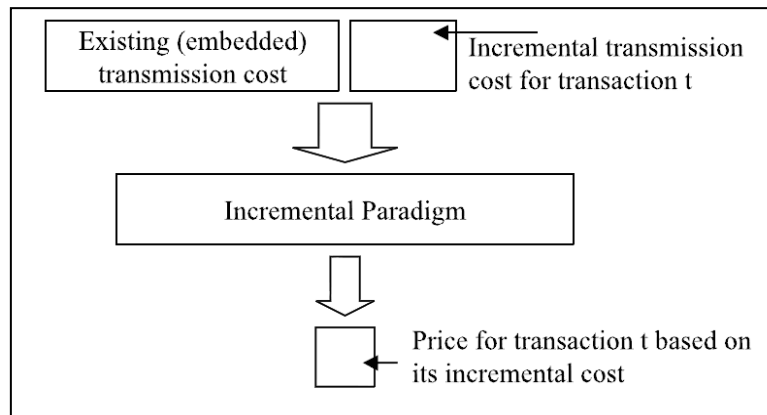
Πρακτικά, οι περισσότερες μέθοδοι αγνοούν την επιρροή αέργου ισχύος και κατανέμουν τα σταθερά κόστη στις ροές ενεργού ισχύος [3.1], [3.15].

3.4.2 Αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης

Σύμφωνα με το αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης, μόνο τα νέα κόστη μεταφοράς που προκαλούν οι νέοι πελάτες λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της χρέωσης αυτών των πελατών. Τα κόστη αυτά (αυξητικά) προκύπτουν λόγω του νέου εξοπλισμού μεταφοράς που απαιτεί η κάθε συναλλαγή. Τα υπάρχοντα κόστη του συστήματος παραμένουν ευθύνη των παρόντων πελατών. Για τον υπολογισμό του αυξητικού κόστους μεταφοράς, χρησιμοποιούνται τέσσερις μέθοδοι:

1. Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου αυξητικού κόστους (SRIC).
2. Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου οριακού κόστους (SRMC).
3. Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου αυξητικού κόστους (LRIC).
4. Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου οριακού κόστους (LRMC).

Το Σχήμα 3.6 περιγράφει τη βασική ιδέα αυτού του μοντέλου τιμολόγησης.



Σχήμα 3.6: Αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης [3.9].

Οι παραπάνω μεθοδολογίες διαφέρουν σε δύο σημεία:

1. Εξεταζόμενη περίοδος (βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη).
2. Είδος του κόστους (οριακό ή αυξητικό).

Η εξεταζόμενη περίοδος δεν είναι συγκεκριμένη όσον αφορά ένα προκαθορισμένο χρονικό πλαίσιο. Στις βραχυπρόθεσμες μεθοδολογίες, η ικανότητα μεταφοράς των γραμμών είναι σταθερή, ενώ στις μακροπρόθεσμες θεωρείται ότι νέες γραμμές μπορούν να κατασκευαστούν. Έτσι, τα μακροπρόθεσμα οριακά ή αυξητικά κόστη περιλαμβάνουν κόστη ενίσχυσης και επέκτασης εκτός από τα λειτουργικά κόστη. Τα βραχυπρόθεσμα οριακά ή αυξητικά περιλαμβάνουν μόνο τα λειτουργικά κόστη του υπάρχοντος εξοπλισμού μεταφοράς.

Σε αυτό το μοντέλο τιμολόγησης τα κόστη μπορούν να διαχωριστούν σε δύο είδη: τα αυξητικά και τα οριακά κόστη. Και τα δύο διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο εκτιμούνται. Το οριακό κόστος (MC) μπορεί να καθοριστεί σαν το επιπλέον κόστος για την επιπλέον μεταφορά μιας μονάδας (πχ. 1MWh). Το αυξητικό κόστος υπολογίζεται συγκρίνοντας τα κόστη του συστήματος με και χωρίς την κάθε συναλλαγή.

Σε αντίθεση με τις προσθετικές μεθόδους, το αυξητικό μοντέλο τιμολόγησης θεωρείται ότι προωθεί την οικονομική αποδοτικότητα, αν και δεν είναι απλό στην εφαρμογή του.

3.4.2.1 Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου αυξητικού κόστους

Σύμφωνα με την τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου αυξητικού κόστους, όλα τα αυξητικά (καινούρια) λειτουργικά κόστη επιβαρύνουν μια συναλλαγή. Τα έσοδα που συλλέγονται αντισταθμίζουν μόνο τα βραχυπρόθεσμα κόστη που οφείλονται στη συγκεκριμένη συναλλαγή. Τα λειτουργικά κόστη μπορούν να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο βέλτιστης ροής φορτίου το οποίο λαμβάνει υπόψη όλους τους λειτουργικούς περιορισμούς συμπεριλαμβανομένων των περιορισμών μεταφοράς (στατική ή δυναμική ασφάλεια) και των περιορισμών προγραμματισμού παραγωγής. Το βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος που προκύπτει μπορεί να είναι αρνητικό.

Ο τρόπος αυτός τιμολόγησης παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Για να παρέχει έγκαιρα οικονομικά σήματα στην αγορά πρέπει να προβλέψει τις λειτουργικές δαπάνες. Αυτό θα απαιτούσε πρόβλεψη μελλοντικών λειτουργικών σεναρίων τα οποία μπορεί να γίνουν όλο και λιγότερο ακριβή καθώς ο χρονικός ορίζοντας πρόβλεψης επεκτείνεται στο μέλλον.

Δεύτερο μειονέκτημα σχετίζεται με την κατανομή του βραχυπρόθεσμου αυξητικού κόστους μεταξύ των διαφόρων συναλλαγών που είναι υπεύθυνες για τις αλλαγές στα λειτουργικά κόστη. Τρίτο μειονέκτημα σχετίζεται με την αστάθεια των τιμών μεταφοράς που καθορίζονται με αυτή τη μεθοδολογία για τις μακροπρόθεσμες συναλλαγές. Αυτοί οι παράγοντες θα καθιστούσαν δύσκολο να ληφθεί αποδοτική οικονομική απόφαση για μακροπρόθεσμη συναλλαγή με βάση τις βραχυπρόθεσμες αυξητικές τιμές κόστους.

3.4.2.2 Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου αυξητικού κόστους

Η τιμολόγηση μακροπρόθεσμου αυξητικού κόστους υπολογίζει όλα τα μακροπρόθεσμα κόστη (λειτουργικά και ενίσχυσης των γραμμών) που είναι απαραίτητα για μια συναλλαγή και αποδίδονται σε αυτή τη συναλλαγή. Τα λειτουργικά κόστη μπορούν να υπολογιστούν όπως περιγράφηκε στην ενότητα 3.4.2.1. Τα κόστη ενίσχυσης μιας συναλλαγής μεταφοράς μπορούν να υπολογιστούν με βάση τις αλλαγές που προκαλούνται στα μακροπρόθεσμα σχέδια μεταφοράς λόγω της συναλλαγής. Παρόμοια με τις λειτουργικές δαπάνες, οι δαπάνες ενίσχυσης θα μπορούσαν να είναι αρνητικές δείχνοντας ότι η συναλλαγή έχει οδηγήσει στην αναβολή των προγραμματισμένων ενισχύσεων μεταφοράς.

Αν και η έννοια του κόστους ενίσχυσης είναι απλή, η εκτίμησή της είναι πολύ δύσκολη δεδομένου ότι περιλαμβάνει την επίλυση του προβλήματος ελαχιστοποίησης του κόστους επέκτασης μεταφοράς. Εδώ πάλι, υπάρχουν ανησυχίες σχετικές με την κατανομή του κόστους ενίσχυσης μεταξύ των συναλλαγών που προκαλούν συλλογικά αυτά τα κόστη.

3.4.2.3 Τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου οριακού κόστους

Στην τιμολόγηση βραχυπρόθεσμου οριακού κόστους υπολογίζεται αρχικά το οριακό κόστος λειτουργίας του συστήματος το οποίο αναφέρεται σαν το κόστος για την εξυπηρέτηση της οριακής αύξησης της μεταφερόμενης ισχύος. Το οριακό λειτουργικό κόστος της μεταφερόμενης ισχύος ανά MW μπορεί να υπολογιστεί ως η διαφορά των βέλτιστων τιμών κόστους σε όλα τα σημεία προμήθειας και παράδοσης της συναλλαγής. Το οριακό λειτουργικό κόστος πολλαπλασιάζεται με το μέγεθος της μεταφερόμενης ισχύος της συναλλαγής για να παραχθεί το βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος (*SRMC*) της συναλλαγής [3.9]:

$$SRMC_t = \sum_{i \in B_t} BMC_i P_{i,t} \quad (3.43)$$

όπου BMC_i είναι το οριακό κόστος του ζυγού i , $P_{i,t}$ είναι η εγγυώμενη ισχύς στο ζυγό i , λόγω της συναλλαγής t , B_t το σύνολο των ζυγών που συμμετέχουν στη συναλλαγή. Το οριακό κόστος των ζυγών μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας μεθόδους βέλτιστης ροής φορτίου. Οι τιμές $SRMC_t$ μπορεί να είναι αρνητικές.

Η τιμολόγηση που βασίζεται στο βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος έχει τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν στη μέθοδο SRIC στην ενότητα 3.4.2.1. Επίσης με τη μέθοδο αυτή δεν ανακτάται πλήρως το σταθερό κόστος μεταφοράς.

3.4.2.4 Τιμολόγηση μακροπρόθεσμου οριακού κόστους

Στην τιμολόγηση μακροπρόθεσμου οριακού κόστους τα οριακά λειτουργικά κόστη και τα οριακά κόστη ενίσχυσης του συστήματος χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της χρέωσης της κάθε συναλλαγής. Δεν υπάρχουν σταθερά κόστη, όλοι οι παράγοντες παραγωγής είναι μεταβλητοί. Συνοπτικά, μακροπρόθεσμα οριακά κόστη είναι τα κόστη που προκύπτουν από την αύξηση της παραγωγής κατά μία μονάδα, επιτρέποντας αλλαγές στη συνολική ικανότητα του συστήματος, πχ. βελτίωση ή διακοπή (τμημάτων) του συστήματος. Η ικανότητα μεταφοράς είναι βέλτιστη όταν το βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος είναι ίσο με το μακροπρόθεσμο οριακό κόστος. Ο υπολογισμός του οριακού λειτουργικού κόστους περιγράφηκε στην ενότητα 3.4.2.3. Το οριακό κόστος ενίσχυσης υπολογίζεται ως εξής:

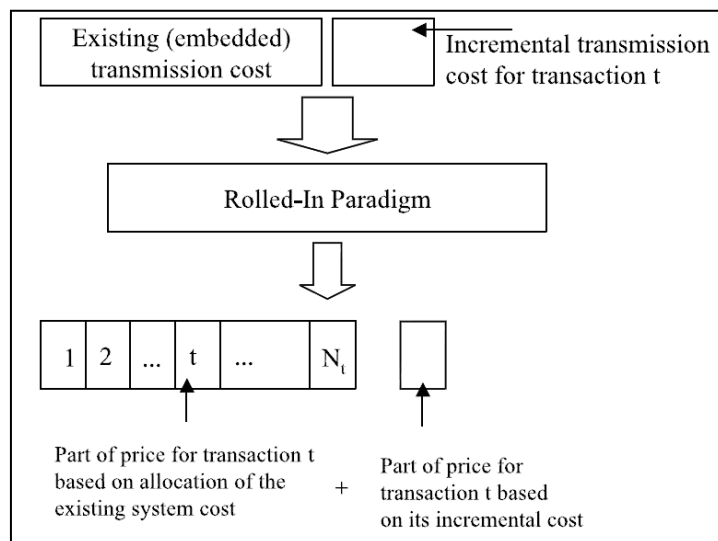
Για ένα μεγάλο χρονικό ορίζοντα πολλών ετών όλα τα σχέδια επέκτασης μεταφοράς προσδιορίζονται και κοστολογούνται. Αυτό το κόστος διαιρείται μεταξύ όλων των προγραμματισμένων μελλοντικών συναλλαγών για τον υπολογισμό του οριακού κόστους επέκτασης. Το μακροπρόθεσμο οριακό κόστος μπορεί να είναι αρνητικό [3.2], [3.9].

Για τον υπολογισμό του μακροπρόθεσμου οριακού κόστους χρησιμοποιούνται εναλλακτικά δύο μέθοδοι [3.10]:

- α) Η μέθοδος γραμμικού μοντέλου μεταφοράς (ICRP)
- β) Η προσέγγιση βάσει ανάλυσης dc ροής φορτίου (DCLFP).

3.4.3 Σύνθετο μοντέλο τιμολόγησης

Το σύνθετο μοντέλο τιμολόγησης περιλαμβάνει τα υπάρχοντα κόστη του συστήματος και τα αυξητικά κόστη των συναλλαγών μεταφοράς. Η τιμή μιας υπηρεσίας μεταφοράς καθορίζεται με βάση το άθροισμα του συνολικού ενσωματωμένου και αυξητικού κόστους για την παροχή αυτής της υπηρεσίας. Σε αυτό το μοντέλο τα ενσωματωμένα κόστη μιας συναλλαγής υπολογίζονται με κάποια από τις μεθόδους επιμερισμού που περιγράφηκαν στην ενότητα 3.4.1 και το αυξητικό κόστος υπολογίζεται με μια από τις μεθόδους που περιγράφηκαν στην ενότητα 3.4.2. Το Σχήμα 3.7 περιγράφει τη βασική ιδέα του μοντέλου. Αυτός ο τρόπος τιμολόγησης χρησιμοποιείται για να μειώσει τα προβλήματα του προσθετικού και του αυξητικού μοντέλου τιμολόγησης [3.2], [3.9].



Σχήμα 3.7: Σύνθετο μοντέλο τιμολόγησης [3.9].

3.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [3.1] M. Shahidehpour, H. Yamin, and Z. Li, *Market operations in electric power systems: Forecasting, Scheduling and Risk Management*. New York: Wiley, 2002.
- [3.2] T. Crause, "Evaluation of transmission pricing methods for liberalized markets, a literature survey," Technical report, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, July 2003.
- [3.3] D. S. Kirschen and G. Strbac, *Fundamentals of power system economics*. Chichester: Wiley, 2004.
- [3.4] D. Kirschen, "Effect of the transmission network on electricity prices," [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.manchester.ac.uk/aboutus/search/>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [3.5] H. Rudnick, M. Soto, and R. Palma, "Use of system approaches for transmission open access pricing," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 21, no. 2, pp. 125–135, February 1999.
- [3.6] J. Bialek, "Tracing the flow of electricity," *IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution*, vol. 143, no. 4, pp. 313–320, July 1996.
- [3.7] J. Bialek, "Topological generation and load distribution factors for supplement charge allocation in transmission open access," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 12, no. 1, pp. 52–60, August 1997.
- [3.8] P. Barcia and R. Pestana, "Tracing the flows of electricity," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 32, no. 4, pp. 329–332, May 2010.
- [3.9] D. Shirmohammadi, X. V. Filho, B. Gorenstin, and M. V. P. Pereira, "Some fundamental technical concepts about cost based transmission pricing," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 11, no. 2, pp. 1002–1008, May 1996.
- [3.10] I. Καμπούρης, Σ. Ευσταθίου, Α. Κορωνίδης και Α. Μαΐσης. (2000, Ιαν. - Δεκ.). Συγκριτική ανάλυση μεθόδων χρέωσης υπηρεσιών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας για το Ελληνικό σύστημα και ενδεικτικά αποτελέσματα. *Τεχνικά Χρονικά: Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ: ΙΙΙ*. [Online]. 20(1-2), σελ. 37-49. Διαθέσιμο: http://library.tee.gr/digital/techr/2000/techr_2000_iii_1_2_37.pdf, προσπελάστηκε τον Σεπτέμβριο 2010.
- [3.11] M. Pantos and F. Gubina, "Ex-ante transmission-service pricing via power-flow tracing," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 26, pp. 509-514, September 2004.
- [3.12] J. W. L. Marangon, "Allocation of transmission fixed charges: an overview," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 1409–1418, August 1996.
- [3.13] L. G. Manescu, D. Rusinaru, P. Dadulescu, and V. Anghelina, "Usage based allocation for transmission costs under open access," presented at IEEE Bucharest Power Tech Conference, Bucharest, Romania, June 28th - July 2nd, 2009.
- [3.14] H. Rudnick, M. Soto, and R. Palma, "Use of system approaches for transmission open access pricing," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 21, no. 2, pp. 125–135, February 1999.
- [3.15] S. B. Warkad, M. K. Khedkar, and G. M. Dhole, "Optimal electricity transmission pricing in a restructured electricity market," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 1, no. 4, pp. 512-519, October 2009.

ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βέλτιστη ροή φορτίου (optimal power flow - OPF) είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση ενεργειακών συστημάτων. Ο σκοπός των προβλημάτων αυτών είναι ο καθορισμός των μεταβλητών ελέγχου ενός δικτύου για τη βελτιστοποίηση μιας αντικειμενικής συνάρτησης, ικανοποιώντας ταυτόχρονα ένα σύνολο φυσικών και λειτουργικών περιορισμών όπως το ενεργειακό ισοζύγιο, τα όρια τάσης των ζυγών, τις εξισώσεις ροής φορτίου, τα όρια ενεργού και αέργου ισχύος για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Εκτός από τον καθορισμό των απαραίτητων μεταβλητών ελέγχου παρέχει οικονομική πληροφορία για το σύστημα όπως είναι η υπερφόρτιση των γραμμών.

Επειδή η βέλτιστη ροή φορτίου είναι ένα σύνθετο, μη γραμμικό πρόβλημα μαθηματικού προγραμματισμού, έχουν αναπτυχθεί αποδοτικοί αλγόριθμοι για τη λύση του. Τεχνικές που χρησιμοποιούνται συχνά για την επίλυση του προβλήματος είναι η μέθοδος επαναλήψεων λάμδα, η μέθοδος κλίσης, η μέθοδος Newton, ο γραμμικός προγραμματισμός, και η μέθοδος εσωτερικού σημείου [4.1].

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά το μοντέλο ροής φορτίου συνεχούς ρεύματος (dc load flow) το οποίο χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα διπλωματική. Στη συνέχεια περιγράφονται οι εξισώσεις και οι περιορισμοί για την επίλυση της βέλτιστης ροής φορτίου (BRΦ) ώστε να γίνει η κατανομή της παραγωγής για την κάλυψη της ζήτησης του φορτίου με τον πιο οικονομικό τρόπο. Γίνεται αναφορά και στις τοπικές οριακές τιμές των ζυγών και στο κόστος συμφόρησης που προκύπτουν από την λύση του προβλήματος της βέλτιστης ροής φορτίου.

4.2 DC ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

Οι ροές ισχύος σε ένα δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται με εφαρμογή των νόμων του Kirchhoff, οι οποίες οδηγούν σε μη γραμμικές αλγεβρικές εξισώσεις, που λύνονται με επαναληπτικές μεθόδους και αναφέρονται ως εξισώσεις ροής φορτίου εναλλασσομένου ρεύματος.

Η dc ροή φορτίου είναι μια απλοποιημένη μορφή των εξισώσεων ροής φορτίου. Η απλοποίηση αυτή δίνει ένα σύστημα γραμμικών εξισώσεων που συνδέει τις φασικές γωνίες των μιγαδικών τάσεων των ζυγών με τις πραγματικές ισχύεις του συστήματος. Εφαρμόζοντας dc ροή φορτίου θεωρούνται οι ακόλουθες παραδοχές:

1. Η αντίσταση των γραμμών r_{km} είναι πολύ μικρή σε σύγκριση με την επαγωγική τους αντίδραση x_{km} , έτσι μπορεί να αμεληθεί ($r_{km} = 0$).

2. Τα μέτρα των μιγαδικών τάσεων των ζυγών θεωρούνται 1 α.μ. Έτσι όλοι οι ζυγοί θεωρούνται ότι βρίσκονται υπό ονομαστική τάση V_o .
3. Η διαφορά των φασικών γωνιών $\Theta_k - \Theta_m$ (σε rad) των τάσεων στους ζυγούς k και m θεωρείται πολύ μικρή, έτσι μπορεί να θεωρηθεί:
 $\cos \Theta_{km} \approx 1$ και $\sin \Theta_{km} \approx \Theta_{km}$, όπου $\Theta_{km} = \Theta_k - \Theta_m$.

Από τις παραπάνω παραδοχές για την αγωγιμότητα της γραμμής $y_{km} = g_{km} + jb_{km}$ εξάγεται ότι:

$$g_{km} = \frac{r_{km}}{r_{km}^2 + x_{km}^2} = 0 \quad \text{και} \quad b_{km} = -\frac{x_{km}}{r_{km}^2 + x_{km}^2} = -\frac{1}{x_{km}} \quad (4.1)$$

Οι εξισώσεις ac ροής φορτίου είναι:

$$P_{km} = V_k^2 g_{km} - V_k V_m [g_{km} \cos(\Theta_k - \Theta_m) + b_{km} \sin(\Theta_k - \Theta_m)] \quad (4.2a)$$

$$Q_{km} = -V_k^2 b_{km} - V_k V_m [g_{km} \sin(\Theta_k - \Theta_m) - b_{km} \cos(\Theta_k - \Theta_m)] \quad (4.2b)$$

Με βάση τις παραπάνω υποθέσεις οι εξισώσεις ac ροής φορτίου (εξ. 4.2) απλοποιούνται στην παρακάτω μορφή [4.2]:

$$P_{km} = \frac{\Theta_k - \Theta_m}{x_{km}} \quad \text{και} \quad Q_{km} = 0 \quad (4.3)$$

Θεωρώντας ότι το σύστημα δεν έχει απώλειες, οι φασικές γωνίες υπολογίζονται από τη σχέση [4.3]:

$$\mathbf{P}_{\text{net}} = \mathbf{B}\Theta \quad (4.4)$$

όπου:

\mathbf{P}_{net} : Διάνυσμα $N \times 1$ με την καθαρή ισχύ στους ζυγούς, ίσο με τη διαφορά του φορτίου P_{Lk} από την παραγωγή P_{Gk} στο ζυγό k .

Θ : Διάνυσμα $N \times 1$ με τις φασικές γωνίες των ζυγών, με $\Theta_r = 0$, όπου r ο ζυγός αναφοράς.

\mathbf{B} : Πίνακας $N \times N$ με $B_{km} = -b_{km}$, εάν $k \neq m$ και $B_{kk} = \sum_{m=1}^N b_{km}$, όπου N το σύνολο των ζυγών του δικτύου.

Επίσης, η ροή ενεργού ισχύος των γραμμών σε συνάρτηση με τις γωνίες των τάσεων σε μορφή πινάκων παίρνει τη μορφή [4.3]:

$$\mathbf{P}_B = \mathbf{D}\mathbf{A}\Theta \quad (4.5)$$

όπου:

\mathbf{P}_B : Διάνυσμα διαστάσεων $M \times 1$, με τις ροές στις γραμμές του δικτύου, όπου M το σύνολο των γραμμών του δικτύου.

- Θ** : Διάνυσμα $N \times I$ των φάσεων των ζυγών, όπου N το σύνολο των ζυγών του δικτύου.
- D** : $M \times M$ πίνακας με όλα τα μη διαγώνια στοιχεία μηδενικά ενώ τα διαγώνια στοιχεία στη θέση (k, k) περιέχουν την αρνητική επιδεκτικότητα του k κλάδου.
- A** : Πίνακας διαστάσεων $M \times N$ που δείχνει τις συνδέσεις των ζυγών. Κάθε γραμμή i του δικτύου με κατεύθυνση από το ζυγό k προς το ζυγό j δηλώνεται στον πίνακα με 1 στη θέση (i, k) και -1 στη θέση (i, j) . Οι υπόλοιπες θέσεις του πίνακα είναι μηδενικές.

4.3 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ

Το γενικό πρόβλημα της βέλτιστης ροής φορτίου έχει να κάνει με την ελαχιστοποίηση μιας γενικής αντικειμενικής συνάρτησης, η οποία εξαρτάται από ένα σύνολο μεταβλητών με την προϋπόθεση ότι τηρούνται ταυτόχρονα κάποιοι περιορισμοί ως προς τις τιμές των μεταβλητών αυτών. Συγκεκριμένα, το πρόβλημα διατυπώνεται ως εξής:

$$\text{Minimize } F(x, u)$$

υπό τους περιορισμούς:

$$g(x, u) = 0 \quad : \lambda$$

$$h(x, u) \leq 0 \quad : \mu,$$

όπου:

$F(x, u)$: Η αντικειμενική συνάρτηση.

x : Διάνυσμα μεταβλητών ελέγχου.

u : Διάνυσμα εξαρτημένων μεταβλητών.

$g(x, u)$: Οι περιορισμοί ισότητας των διανυσμάτων x και u .

$h(x, u)$: Οι ανισωτικοί περιορισμοί των διανυσμάτων x και u .

λ : Διάνυσμα πολλαπλασιαστών Lagrange για τους περιορισμούς ισότητας.

μ : Διάνυσμα πολλαπλασιαστών Lagrange για τους περιορισμούς ανισότητας.

Η αντικειμενική συνάρτηση μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, όπως είναι για παράδειγμα η ελαχιστοποίηση των απωλειών μεταφοράς, η ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας των γεννητριών για τη βέλτιστη κατανομή του συνολικού φορτίου ανάμεσα στις μονάδες παραγωγής (ή μεγιστοποίηση του κοινωνικού οφέλους) [4.1]. Στην παρούσα εργασία, αντικειμενική συνάρτηση είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής των γεννητριών. Επίσης, χρησιμοποιείται ο όρος ποινής G έτσι ώστε η μη εξυπηρετούμενη ισχύς να είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα [4.4].

Η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους παραγωγής απαιτεί τη γνώση των καμπυλών κόστους καυσίμου για καθεμιά από τις παραγωγικές μονάδες. Η αναπαράσταση των καμπυλών κόστους μπορεί να προσεγγιστεί με αρκετούς τρόπους, από τους οποίους οι πιο κοινοί είναι:

1. Γραμμική μορφή
2. Τετραγωνική μορφή
3. Βηματική μορφή

Το μοντέλο κόστους καυσίμου τετραγωνικής μορφής περιγράφεται από τη σχέση:

$$C_{G_i}(P_{G_i}) = a_i P_{G_i}^2 + b_i P_{G_i} + c_i \quad (\text{€/h}) \quad (4.6)$$

όπου a_i (€/MW²h), b_i (€/MWh), c_i (€/h) είναι οι συντελεστές κόστους της κάθε γεννήτριας i .

Στην παρούσα εργασία το κόστος λειτουργίας των γεννητριών έχει θεωρηθεί γραμμική συνάρτηση της παραγωγής. Έτσι η αντικειμενική συνάρτηση για ολόκληρο το σύστημα παίρνει την παρακάτω μορφή [4.4]:

$$\min f = \sum_k c_k P_{G_k} + G \sum_k r_k \quad (\text{€/h}) \quad (4.7)$$

όπου: c_k : προσφορά (€/MWh) της κάθε γεννήτριας.

Οι μεταβλητές απόφασης είναι: $\mathbf{x}=[\mathbf{P}_G, \mathbf{P}_B, \mathbf{\Theta}, \mathbf{r}]^T$

όπου:

\mathbf{P}_G : Διάνυσμα $N \times 1$ με τις παραγωγές των γεννητριών σε κάθε ζυγό.

\mathbf{P}_B : Διάνυσμα $M \times 1$ με τις ροές των γραμμών.

$\mathbf{\Theta}$: Διάνυσμα $N \times 1$ με τις φασικές γωνίες των τάσεων στους ζυγούς.

\mathbf{r} : Διάνυσμα $N \times 1$ με το μη εξυπηρετούμενο φορτίο ανά ζυγό.

Χρησιμοποιώντας το μοντέλο της dc ροής φορτίου για ένα σύστημα χωρίς απώλειες, οι περιορισμοί που πρέπει να ισχύουν για να είναι αποδεκτή η λύση του προβλήματος είναι οι εξισώσεις dc ροής φορτίου και ενεργειακού ισοζυγίου σε κάθε ζυγό (περιορισμοί ισότητας) καθώς και λειτουργικοί περιορισμοί (περιορισμοί ανισότητας):

$$1. P_{km} = B_{km} \Theta_{km} \quad (4.8)$$

$$2. \sum_{m \in \Omega_k} P_{km} + P_{G_k} + r_k = P_{L_k} \Rightarrow \sum_{m \in \Omega_k} B_{km} \Theta_{km} + P_{G_k} + r_k = P_{L_k}, k=1, 2, \dots, N \quad (4.9)$$

$$3. -P_{km,max} \leq P_{km} \leq P_{km,max}, \quad k=1, 2, \dots, N, m \in \Omega_k \quad (4.10)$$

$$4. P_{Gk,min} \leq P_{Gk} \leq P_{Gk,max}, \quad k=1, 2, \dots, N \quad (4.11)$$

$$5. 0 \leq r_k \leq P_{Lk}, \quad k=1, 2, \dots, N \quad (4.12)$$

$$6. -\pi \leq \Theta_k \leq \pi, \quad k=1, 2, \dots, N \quad (4.13)$$

όπου:

$P_{km,max}$: Η μέγιστη ικανότητα μεταφοράς ισχύος στη γραμμή $k-m$.

$P_{Gk,min}$: Η ελάχιστη ικανότητα παραγωγής γεννητριών.

$P_{Gk,max}$: Η μέγιστη ικανότητα παραγωγής γεννητριών.

Ω_k : Το σύνολο των ζυγών που συνδέονται απευθείας με τον ζυγό k .

Σε μορφή πινάκων οι παραπάνω εξισώσεις γράφονται:

$$\mathbf{P}_B = \mathbf{D} \mathbf{A} \mathbf{\Theta}$$

$$\mathbf{B} \mathbf{\Theta} + \mathbf{P}_G + \mathbf{r} = \mathbf{P}_L$$

$$-\mathbf{P}_{B,max} \leq \mathbf{P}_B \leq \mathbf{P}_{B,max}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{P}_{G,\min} &\leq \mathbf{P}_G \leq \mathbf{P}_{G,\max} \\
\mathbf{0} &\leq \mathbf{r} \leq \mathbf{P}_L \\
-\pi &\leq \Theta \leq \pi
\end{aligned}
\tag{4.14}$$

Αν N είναι το σύνολο των ζυγών και M το σύνολο των γραμμών, τότε οι πίνακες \mathbf{D} , \mathbf{B} είναι πίνακες διαστάσεων $N \times N$, ο πίνακας \mathbf{A} είναι $M \times N$, ο πίνακας \mathbf{P}_B είναι $M \times 1$, ενώ οι πίνακες \mathbf{P}_G , \mathbf{r} , \mathbf{P}_L , Θ είναι $N \times 1$.

Οι περιορισμοί ισότητας (εξ. 4.8 - 4.9) είναι οι εξισώσεις του μοντέλου της dc ροής φορτίου που περιγράφηκαν στην ενότητα 4.2 (ροές ενεργού ισχύος στις γραμμές και εγχύσεις στους ζυγούς). Οι περιορισμοί ανισότητας (εξ. 4.10 - 4.13) που εξασφαλίζουν την ασφάλεια του συστήματος είναι τα όρια φόρτισης των γραμμών, τα τεχνικά όρια των γεννητριών, τα όρια μη εξυπηρετούμενου φορτίου και τα όρια των φασικών γωνιών στους ζυγούς του συστήματος, αντίστοιχα. Εφόσον η αντικειμενική συνάρτηση και όλοι οι περιορισμοί σαν γραμμική συνάρτηση των μεταβλητών απόφασης, το πρόβλημα βέλτιστης ροής φορτίου που έχει την παραπάνω μορφή λύνεται με γραμμικό προγραμματισμό χρησιμοποιώντας το ανά μονάδα σύστημα.

Επιλύοντας το OPF, οι μεταβλητές απόφασης παίρνουν τη βέλτιστη τιμή τους. Αντικαθιστώντας τις τιμές αυτές στην αντικειμενική συνάρτηση κόστους, υπολογίζεται η βέλτιστη τιμή της (€/h), χωρίς να παραβιάζονται οι λειτουργικοί περιορισμοί του συστήματος, από τους οποίους ορισμένοι θα ισχύουν με ισότητα και άλλοι περιορισμοί θα ισχύουν με ανισότητα. Οι περιορισμοί που ικανοποιούνται με ισότητα από τη βέλτιστη λύση είναι αυτοί που πραγματικά περιορίζουν την ενδεχόμενη παραπέρα βελτίωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης και για το λόγο αυτό ονομάζονται δεσμευτικοί (binding). Οι περιορισμοί που ικανοποιούνται μόνο με ανισότητα λέγονται χαλαροί ή μη-δεσμευτικοί (non binding).

4.4 ΤΟΠΙΚΗ ΟΡΙΑΚΗ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗ

Η τοπική οριακή τιμή (LMP – locational marginal price ή spot price ή nodal price) ορίζεται ως το επιπλέον κόστος (σε €/MWh) για την εξυπηρέτηση ενός επιπλέον MW φορτίου σε οποιοδήποτε ζυγό του συστήματος με την προϋπόθεση ότι τηρούνται όλοι οι περιορισμοί του δικτύου. Προκύπτει από τη δυϊκή μεταβλητή της λύσης του προβλήματος της βέλτιστης ροής φορτίου για την εξίσωση ισότητας στο συγκεκριμένο ζυγό (εξ. 4.9), γνωστή και ως πολλαπλασιαστής Lagrange λ και δείχνει τη βελτίωση στην αντικειμενική συνάρτηση αυξάνοντας κατά 1MW το τεχνικό όριο μιας γεννήτριας. Σε κάθε ζυγό η τοπική οριακή τιμή λ_i αποτελεί το άθροισμα τριών στοιχείων: του οριακού κόστους παραγωγής, του οριακού κόστους συμφόρησης στη μεταφορά και του οριακού κόστους απωλειών. Συνήθως οι απώλειες αγνοούνται.

Όταν στο πρόβλημα βελτιστοποίησης δεν λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί των γραμμών μεταφοράς του δικτύου όλοι οι ζυγοί έχουν την ίδια LMP, η οποία είναι ίση με το κόστος του τελευταίου MW παραγωγής που προκύπτει από την κατανομή (dispatch) του φορτίου στις μονάδες παραγωγής, ξεκινώντας από την ελάχιστη προσφορά των γεννητριών. Δηλαδή το συνολικό φορτίο εξυπηρετείται με το ελάχιστο κόστος παραγωγής. Τότε η τοπική οριακή τιμή είναι ίση με την τιμή εκκαθάρισης της αγοράς (market clearing price), που είναι το σημείο τομής των καμπυλών προσφοράς και ζήτησης. Σε αυτή την περίπτωση αύξηση της

ζήτησης του φορτίου σε κάποιο ζυγό δεν θα προκαλέσει συμφόρηση (congestion) σε κάποια γραμμή του δικτύου.

Όταν λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί του δικτύου, τότε είναι πιθανόν να προκληθεί συμφόρηση σε κάποιες γραμμές του δικτύου. Αν οι ροές όλων των γραμμών είναι μικρότερες από τη μέγιστη ικανότητά τους, τότε καμμία γραμμή δεν είναι συνωστισμένη και έτσι το κόστος συμφόρησης είναι μηδέν. Συμφόρηση συμβαίνει όταν η διαθέσιμη παραγωγή χαμηλότερου κόστους δεν μπορεί να μεταφερθεί σε κάποιο ζυγό φορτίου εξαιτίας των περιορισμών μεταφοράς. Έτσι, για να μην παραβιαστούν τα θερμικά όρια των γραμμών, η παραγωγή κατανέμεται σε μεγαλύτερου κόστους γεννήτριες, ενώ κάποιες γραμμές χρησιμοποιούνται 100% (ύπαρξη δεσμευτικών περιορισμών). Τότε οι τοπικές οριακές τιμές των ζυγών διαφέρουν μεταξύ τους από ζυγό σε ζυγό και μπορεί να είναι μεγαλύτερες από τις προσφορές των γεννητριών. Έτσι, προκύπτει κόστος συμφόρησης. Αυτή η διαφορά στις LMP δείχνει ότι εξαιτίας του περιορισμού μεταφοράς, μια αύξηση ζήτησης φορτίου σε κάποιο ζυγό θα οδηγήσει σε διαφορετικά κόστη από ότι η αύξηση της ζήτησης σε άλλο ζυγό [4.3], [4.5].

Για κάθε συνωστισμένη γραμμή j , προκύπτει ένα μη μηδενικό κόστος συμφόρησης CC_j που είναι ίσο με [4.6]:

$$CC_j = \mu_j P_{Bj} \quad (\text{€ / h}) \quad (4.15)$$

όπου μ_j (€/h) είναι η δυϊκή μεταβλητή που προκύπτει για τον περιορισμό μεταφοράς της ροής ενεργού ισχύος στη γραμμή j (εξ. 4.10) και P_{Bj} η ροή ενεργού ισχύος στη γραμμή j . Οι δυϊκές μεταβλητές μ_j είναι μηδενικές για όλους τους μη δεσμευτικούς περιορισμούς. Το συνολικό κόστος συμφόρησης είναι ίσο με [4.6]:

$$TCC = \sum_j CC_j = \sum_j \mu_j P_{Bj} \quad (\text{€ / h}) \quad (4.16)$$

Οι παραγωγοί πληρώνονται για την ενέργεια που παρέχουν στην αγορά με βάση την LMP του ζυγού στον οποίο είναι συνδεδεμένοι. Οι καταναλωτές αγοράζουν την ενέργεια την οποία καταναλώνουν με βάση την LMP στο σημείο σύνδεσής τους. Διμερείς συναλλαγές πληρώνουν ένα κόστος συμφόρησης βασισμένο στη διαφορά των LMP μεταξύ των σημείων σύνδεσης του παραγωγού και του καταναλωτή που συμμετέχουν στην συναλλαγή. Έτσι προκύπτει ένα πλεόνασμα (marginal based remuneration) που αποδίδεται στον ιδιοκτήτη των γραμμών. Θεωρώντας ένα σενάριο φορτίου διάρκειας T_i το πλεόνασμα δίνεται από τη σχέση [4.4]:

$$MBR_i = \sum_{k=1}^N \rho_{ik} (P_{Lik} - P_{Gik}) \quad (\text{€ / h}) \quad (4.17)$$

Το πλεόνασμα αυτό αποδεικνύεται ότι είναι ίσο με το συνολικό κόστος συμφόρησης (εξ. 4.16) [4.6].

Αν nsc είναι ο αριθμός των σεναρίων φορτίου κατά τη διάρκεια ενός έτους, τότε το ετήσιο κέρδος του ιδιοκτήτη των γραμμών είναι [4.4]:

$$MBR = \sum_{i=1}^{nsc} MBR_i = \sum_{i=1}^{nsc} T_i \sum_{k=1}^N \rho_{ik} (P_{Lik} - P_{Gik}) \quad (\text{€}) \quad (4.18)$$

όπου ρ_{ik} : Η τοπική οριακή τιμή στο ζυγό k για το σενάριο φορτίου i .

- T_i : Η διάρκεια σεναρίου i .
 P_{Lik} : Η ζήτηση στο ζυγό k για το σενάριο φορτίου i .
 P_{Gik} : Η παραγωγή στο ζυγό k για το σενάριο φορτίου i .

Αυτό το πλεόνασμα ονομάζεται βραχυπρόθεσμο οριακό κόστος (*SRMC*) και λαμβάνει υπόψη μόνο τα λειτουργικά κόστη του συστήματος. Προκύπτει από τους περιορισμούς του συστήματος και το χρεώνονται οι καταναλωτές [4.4].

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι μέθοδοι χρέωσης που βασίζονται στο οριακό κόστος εξασφαλίζουν λειτουργία του συστήματος με το ελάχιστο κόστος παραγωγής, αποφυγή της συμφόρησης και δίνουν σωστά οικονομικά σήματα στην αγορά σχετικά με το ποιες γραμμές υπερφορτίζονται με σκοπό τη δημιουργία νέων γραμμών μεταφοράς ή την εγκατάσταση νέων μονάδων παραγωγής όπου χρειάζεται. Όμως, λόγω των οικονομικών κλίμακας το οριακό κόστος είναι μικρότερο από το μέσο κόστος. Με αποτέλεσμα το εισόδημα που κερδίζει ο ιδιοκτήτης των γραμμών να αποτελεί μικρό ποσοστό του κόστους απόσβεσης που πρέπει να ανακτηθεί συνολικά. Έτσι η χρέωση δεν πρέπει να βασίζεται μόνο στο οριακό κόστος αλλά σε σύνθετους μηχανισμούς τιμολόγησης. Ο στόχος στην τιμολόγηση υπηρεσιών μεταφοράς είναι η εύρεση μεθόδων που προωθούν την αποδοτική χρήση του πραγματικού συστήματος εξασφαλίζοντας την ασφάλεια του δικτύου μακροπρόθεσμα.

4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [4.1] A. Paugnim and S. Sirisumrannukul, "Optimal power flow by a primal-dual interior point method," [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.pdfact.com/dual-support-method.pdf>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [4.2] J. Sun and L. Tesfatsion, "Dc optimal power flow formulation and solution using QuadProgJ," [Online]. Διαθέσιμο: <http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/dc-opf.jslt.pdf>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [4.3] J. D. McCalley, "Linearized optimal power flow," [Online]. Διαθέσιμο: <http://home.eng.iastate.edu/~jdm/ee458/>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [4.4] A. S. Braga and J. T. Saraiva, "From short to long term marginal prices – advantages and drawbacks," in *Proceedings of the 3rd Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion*, Athens, Greece, November 2002.
- [4.5] M. Shahidehpour, H. Yamin, and Z. Li, *Market operations in electric power systems: Forecasting, Scheduling and Risk Management*. New York: Wiley, 2002.
- [4.6] J. D. McCalley, "Settlement," [Online]. Διαθέσιμο: <http://home.eng.iastate.edu/~jdm/ee458/>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.

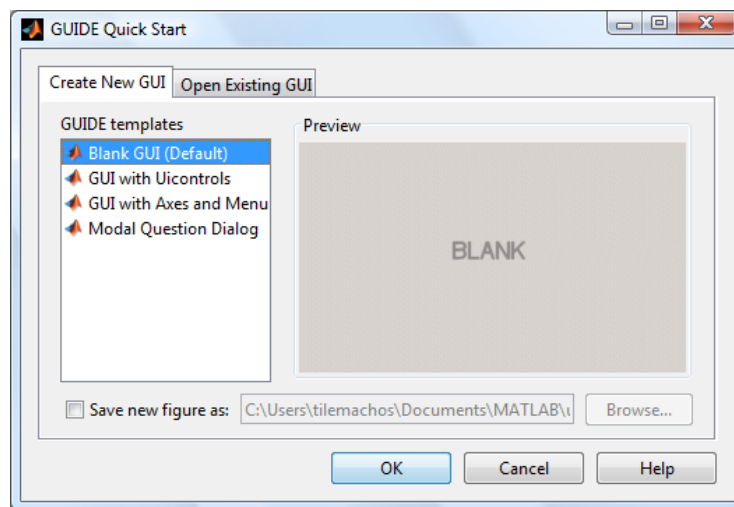
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

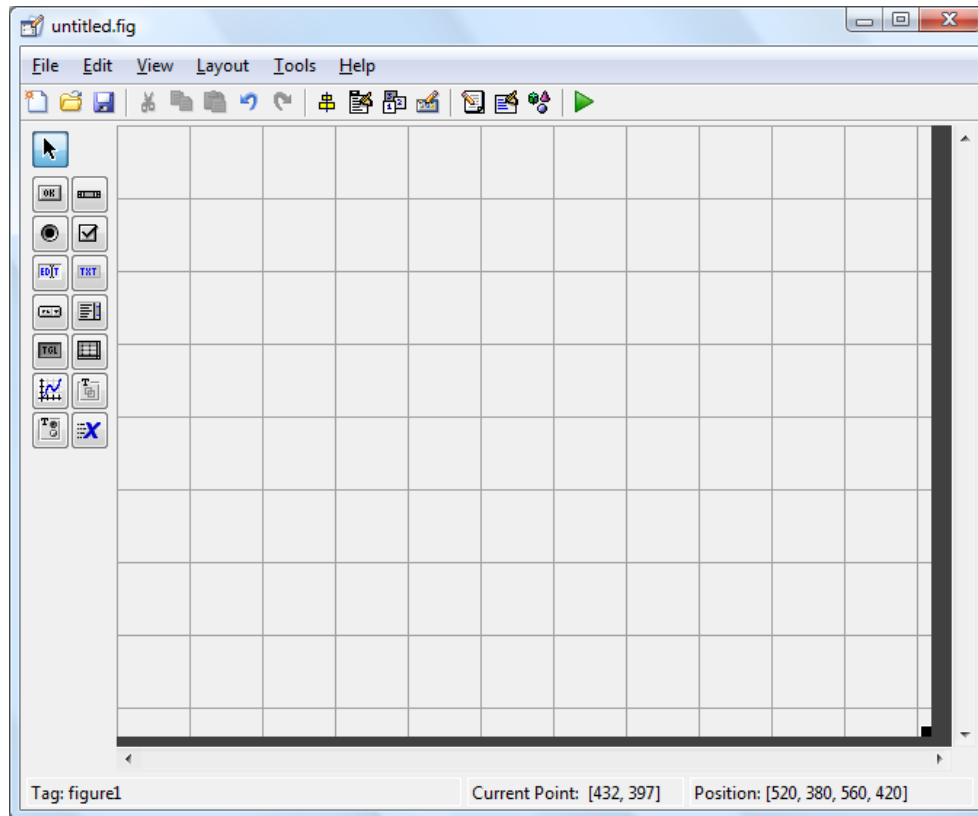
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή του λογισμικού που αναπτύχθηκε για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Αρχικά περιγράφονται χρήσιμα εργαλεία ελέγχου, που προσφέρονται από τη MATLAB για τη δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος (GUIDE - Graphical User Interface Design Environment). Στη συνέχεια παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη δημιουργία του γραφικού περιβάλλοντος για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς, ιεραρχικά διαγράμματα αρχείων και υπορουτινών του λογισμικού αυτού, καθώς και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις του λογισμικού.

5.2 ΤΟ ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (GUI) ΤΗΣ MATLAB

Η MATLAB δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει γραφικό περιβάλλον για τις εφαρμογές του. Η εκκίνηση του GUIDE γίνεται εύκολα με δύο τρόπους. Πρώτον, εκτελώντας την εντολή `guide` στο παράθυρο εντολών. Δεύτερον, επιλέγοντας από τη γραμμή μενού `File→New→GUI`. Στη συνέχεια, ο οδηγός ρωτάει το χρήστη αν θέλει να δημιουργήσει ένα κενό παράθυρο (Blank GUI), ένα παράθυρο βασισμένο σε κάποια πρότυπα ή να ανοίξει ένα έτοιμο παράθυρο (Σχήμα 5.1). Στη συνέχεια, αν ο χρήστης αφήσει την προεπιλεγμένη επιλογή “Blank GUI”, θα ανοίξει ένα άδειο παράθυρο, στο οποίο μπορεί να δημιουργήσει το δικό του GUI (Σχήμα 5.2).

















Σχήμα 5.1: Διαθέσιμες επιλογές για δημιουργία νέου γραφικού περιβάλλοντος.







Σχήμα 5.2: Περιβάλλον και εργαλεία για τη δημιουργία GUI.

Ύστερα, ο χρήστης μπορεί να δει ότι το περιβάλλον δημιουργίας του παραθύρου αποτελείται από μία κεντρική γραμμή επιλογών, μια γραμμή εργαλείων και μία κάθετη εργαλειοθήκη στα αριστερά. Η γκριζα περιοχή με το πλέγμα είναι το φόντο του παραθύρου. Η κάθετη εργαλειοθήκη περιέχει τα παρακάτω 14 αντικείμενα (objects) με τα οποία μπορεί να εμπλουτίσει το γραφικό του περιβάλλον:

1. *Push button*  : ορθογώνιο κουμπί, αφού πατηθεί εκτελεί μια επιθυμητή λειτουργία.
2. *Slider*  : δίνει τη δυνατότητα να μεταβάλλει ο χρήστης κάποια μεταβλητή με τη βοήθεια μιας μπάρας μεταξύ μιας ελάχιστης και μιας μέγιστης τιμής. Συνοδεύει κάποιο κείμενο ή γράφημα. Η μπάρα μπορεί να είναι είτε οριζόντια είτε κάθετη.
3. *Radio Button*  : στρογγυλό κουμπί με το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει μόνο μια επιλογή από ένα πλήθος επιλογών. Διαλέγοντας μια, αναιρείται κάποια άλλη.
4. *Check Box*  : δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να διαλέξει μια ή περισσότερες επιλογές.
5. *Edit Text*  : είναι ένα πεδίο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να εισάγει ή να μορφοποιήσει αλφαριθμητικά δεδομένα. Μπορεί να γίνει εισαγωγή κειμένου μονής ή πολλαπλής γραμμής.

6. *Static Text*  : προβάλει στην οθόνη μια γραμμή κειμένου. Το κείμενο αυτό δε μπορεί να το επεξεργαστεί ο χρήστης του λογισμικού.
7. *Pop-up Menu*  : παρέχει στο χρήστη μια λίστα επιλογών που ανοίγει όταν πατηθεί με το ποντίκι.
8. *List Box*  : παρέχει στο χρήστη μια λίστα ενός ή περισσότερων επιλογών που παραμένει ανοιχτή. Όταν υπάρχουν πολλές επιλογές εμφανίζεται αυτόματα μια μπάρα.
9. *Toggle Button*  : δίνει τη δυνατότητα επιλογής ή όχι μιας λειτουργίας.
10. *Table*  : παρέχει στο χρήστη επιλογές σε μορφή πίνακα.
11. *Axes*  : δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει μια γραφική παράσταση στο παράθυρο.
12. *Panel*  : χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση πολλών στοιχείων ελέγχου.
13. *Button Group*  : είναι σαν το panel αλλά επιδρά αυτόματα στην ομαδοποίηση των radio buttons και toggle buttons.
14. *ActiveX control*  : αντικείμενο ελέγχου ActiveX


Η εισαγωγή των παραπάνω αντικειμένων στο παράθυρο είναι απλή και γίνεται με απλό σύρσιμο (drag and drop). Ειδικά τα αντικείμενα push button, radio button, slider, edit text, static text, list box, pop-up menu, check box και toggle button ανήκουν στην κατηγορία των στοιχείων ελέγχου (uicontrols). Ο χρήστης μπορεί να εισάγει όσες φορές θέλει το κάθε αντικείμενο στο παράθυρο. Μέσω του object browser  βλέπει πόσα και ποια αντικείμενα υπάρχουν στο συγκεκριμένο παράθυρο της εφαρμογής του και επιλέγοντάς τα βλέπει τη θέση τους. Επίσης, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να στοιχίσει κάθετα ή οριζόντια όποια στοιχεία ελέγχου επιθυμεί μέσω του εικονιδίου align objects . Χρησιμοποιώντας τον property inspector (Σχήμα 5.3) μέσω του εικονιδίου  ή με διπλό κλικ ή δεξί κλικ πάνω στο αντικείμενο, μπορεί να καθορίσει ιδιότητες των κουμπιών, όπως το χρώμα του φόντου, τη γραμματοσειρά, το είδος των γραμμάτων, αν είναι ορατό, ενεργό ή όχι ένα στοιχείο, τη θέση του, την ετικέτα του (tag) ή το κείμενο (string) που θα είναι πάνω του κ.α. Αυτές είναι κάποιες από τις κοινές ιδιότητες σε όλα τα στοιχεία ελέγχου που χρησιμοποιούνται περισσότερο [5.1]. Επιπλέον, με το εικονίδιο  μπορεί να δημιουργήσει γραμμή μενού που μπορεί να περιέχει και υπομενού.

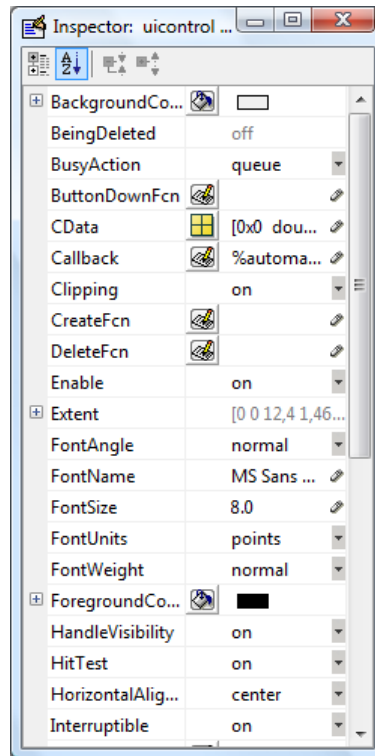
Σε κάθε αντικείμενο αντιστοιχεί ένας δείκτης (handles). Κάποιοι χρήσιμοι αυτόματοι δείκτες είναι οι παρακάτω:

- gcf : δείκτης στο τρέχον figure.
- gco : δείκτης στο τρέχον object. Τρέχον αντικείμενο είναι αυτό το οποίο έχει επιλέξει ο χρήστης με το ποντίκι.
- gca : δείκτης στο τρέχον axes.
- gcbo: δείκτης στο object του οποίου εκτελείται η συνάρτηση callback.

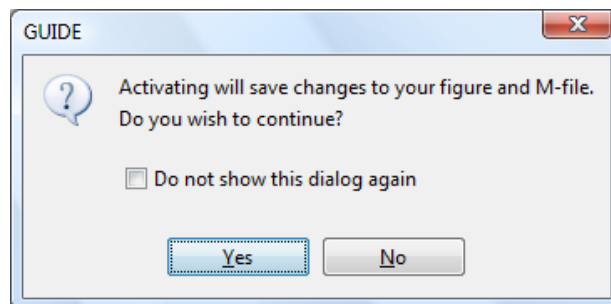
Τα περισσότερα στοιχεία ελέγχου συνοδεύονται από μία συνάρτηση callback, στην οποία ο χρήστης προσθέτει τις εντολές που θέλει να εκτελεί η ενεργοποίηση του κάθε στοιχείου ελέγχου. Όποιες μεταβλητές χρησιμοποιήσει μέσα στη συνάρτηση είναι τοπικές και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από άλλες συναρτήσεις. Αρχικά, δημιουργούνται δύο callbacks: η opening function και η output function. Η πρώτη εκτελείται πριν η εικόνα του GUI (figure) γίνει ορατή στο χρήστη, αλλά αφού δημιουργήσει όλα τα αντικείμενα που θέλει και η δεύτερη επιστρέφει δεδομένα στο παράθυρο εντολών. Και στις δύο μεθόδους μπορεί ο χρήστης να προσθέσει δικό του κώδικα, όπως πχ. στην opening function μπορεί να αρχικοποιήσει δεδομένα. Κάθε φορά που εισάγει ένα γραφικό αντικείμενο με το GUIDE, παράγεται και στο M-file το αντίστοιχο callback.

Το GUI δημιουργεί για κάθε παράθυρο δύο αρχεία: το m-αρχείο και το fig-αρχείο. Το fig-αρχείο είναι το αρχείο στο οποίο η MATLAB αποθηκεύει όλα τα αντικείμενα που έχει εισάγει ο χρήστης, την ακριβή τους θέση καθώς και όλες τις τιμές των ιδιοτήτων τους που μπορεί να υπάρχουν. Εδώ ο χρήστης σχεδιάζει την εμφάνιση του παραθύρου. Το m-αρχείο είναι το αρχείο στο οποίο ο χρήστης θα γράψει τον κώδικα που θα ενσωματωθεί στα στοιχεία ελέγχου, ώστε αυτά να εκτελέσουν τις επιθυμητές λειτουργίες. Αυτό το αρχείο αναφέρεται και σαν GUI M-file. Κάθε αρχείο *.fig πρέπει να συνοδεύεται από το αντίστοιχο αρχείο *.m με το ίδιο όνομα. Κάθε φορά που ο χρήστης δημιουργεί ένα νέο παράθυρο (figure), το GUI δημιουργεί αυτόματα και τους δύο τύπους αρχείων.

Δύο χρήσιμες ιδιότητες στον προγραμματισμό του m-file είναι οι: string, value. Με την ιδιότητα string μπορεί να εισάγει κείμενο πάνω σε κάποιο αντικείμενο με την εντολή set ή να πάρει κείμενο με την εντολή get. Η ιδιότητα value δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να ορίσει ή να πάρει κάποια τιμή από ένα αντικείμενο. Επίσης, η MATLAB προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας dialogs. Τα dialogs είναι ειδικού τύπου παράθυρα τα οποία χρησιμοποιούνται για να δώσουν πληροφορίες στο χρήστη ή να ζητήσουν εισαγωγή πληροφορίας. Τέλος, αφού κατασκευάσει ο χρήστης το παράθυρο της εφαρμογής με τα κουμπιά που επιθυμεί, μπορεί να τρέξει την εφαρμογή πατώντας το κουμπί "Run" . Το GUI θα ζητήσει να επιβεβαιώσει ο χρήστης τις αλλαγές που έκανε (Σχήμα 5.4). Επιλέγοντας "Yes", το GUI θα ζητήσει από το χρήστη να δώσει ένα όνομα στην εφαρμογή του και θα την αποθηκεύσει σε δύο αρχεία .fig και .m [5.2].



Σχήμα 5.3: Property inspector.



Σχήμα 5.4: Παράθυρο διαλόγου για αποθήκευση αλλαγών στο GUI.

5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΜΕΡΙΣΜΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

5.3.1 Περιβάλλον ανάπτυξης και απαιτήσεις συστήματος

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Windows Vista στη γλώσσα προγραμματισμού MATLAB σε έκδοση 2010a. Η γλώσσα αυτή προσφέρει μεγάλη ευκολία στη δημιουργία πινάκων, ενώ και οι πράξεις μεταξύ πινάκων είναι αρκετά γρήγορες. Επίσης, παρέχει εργαλεία για τη δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος εξασφαλίζοντας φιλικότητα προς το χρήστη. Οι τυπικές απαιτήσεις συστήματος για τη χρήση του λογισμικού MATLAB είναι: 3-4 GB χώρος στο δίσκο και 1 GB RAM. Επίσης, το λειτουργικό σύστημα θα πρέπει να είναι νεότερο των Windows XP Service Pack 3, ενώ ο επεξεργαστής (Intel ή AMD x86) θα πρέπει να υποστηρίζει το σύνολο εντολών SSE2.

5.3.2 Λειτουργίες λογισμικού

5.3.2.1 Μέθοδοι επιμερισμού κόστους μεταφοράς που μοντελοποιήθηκαν

Για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω οκτώ μέθοδοι:

1. MW-mile αρχική [5.3].
2. MW-mile με βάση την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών (unused) χρεώνοντας τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (absolute) [5.3].
3. MW-mile με βάση την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών (unused) πιστώνοντας τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (reverse) [5.4].
4. MW-mile με βάση την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών (unused), η οποία ούτε χρεώνει, ούτε πιστώνει τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (zero counter flow) [5.4].
5. MW-mile με βάση την χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών (used) χρεώνοντας τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (absolute) [5.3].
6. MW-mile με βάση την χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών (used) πιστώνοντας τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (reverse) [5.4].
7. MW-mile με βάση την χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών (used), η οποία ούτε χρεώνει, ούτε πιστώνει τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών (zero counter flow) [5.4].
8. Postage stamp (μέθοδος γραμματοσήμου) [5.3].


Αυτές οι μέθοδοι περιγράφηκαν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Από το ετήσιο κόστος των γραμμών μεταφοράς (δηλαδή το κόστος απόσβεσης, λειτουργίας και συντήρησης) αφαιρείται το κόστος συμφόρησης (εφόσον αυτό ληφθεί υπόψη), το οποίο χρεώνονται οι καταναλωτές και το υπόλοιπο επιμερίζεται στους παραγωγούς και τους καταναλωτές με τις μεθόδους που προαναφέρθηκαν. Στην αρχική MW-mile και στις έξι παραλλαγές της, η συνεισφορά των χρηστών στις ροές των γραμμών υπολογίζεται με βάση τη μέθοδο Bialek [5.3] ή Rudnick [5.3] ή με βάση τις συναλλαγές που έχουν οριστεί μεταξύ παραγωγών - καταναλωτών με μια μέθοδο ανίχνευσης που βασίζεται στην ελάχιστη ηλεκτρική απόσταση [5.5]. Παρουσιάζονται αποτελέσματα από τρεις περιπτώσεις επιμερισμού κόστους:

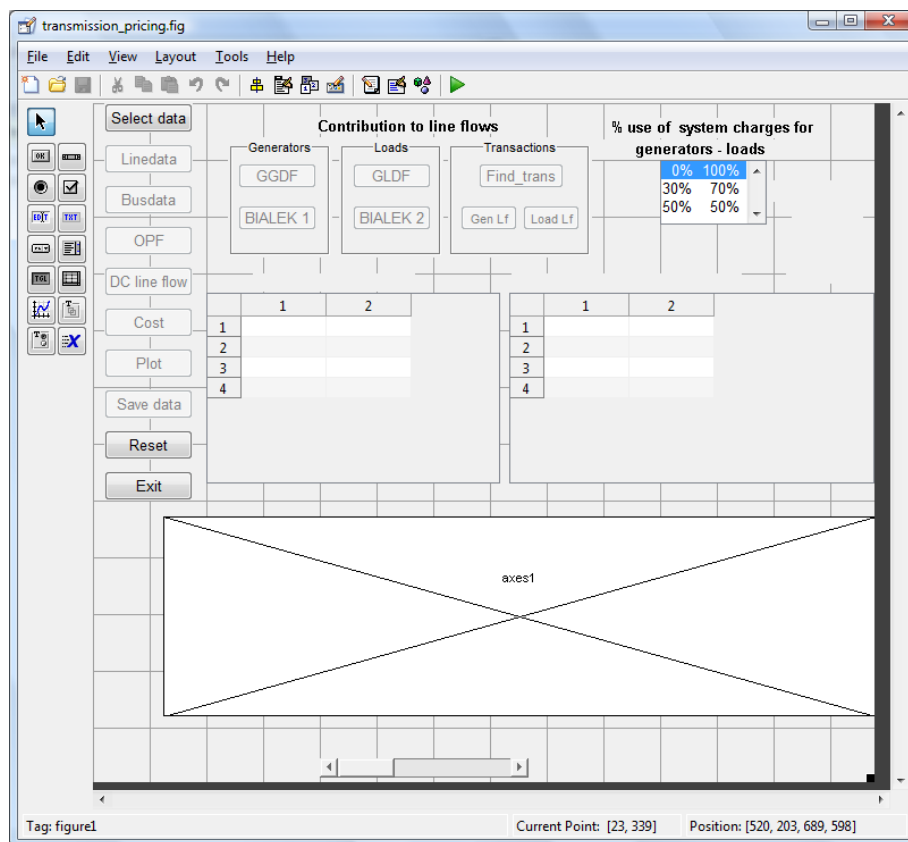
- 1) 0% χρέωση για παραγωγούς και 100% χρέωση για καταναλωτές
- 2) 30% χρέωση για παραγωγούς και 70% χρέωση για καταναλωτές
- 3) 50% χρέωση για παραγωγούς και 50% χρέωση για καταναλωτές

5.3.2.2 Γραφικό περιβάλλον

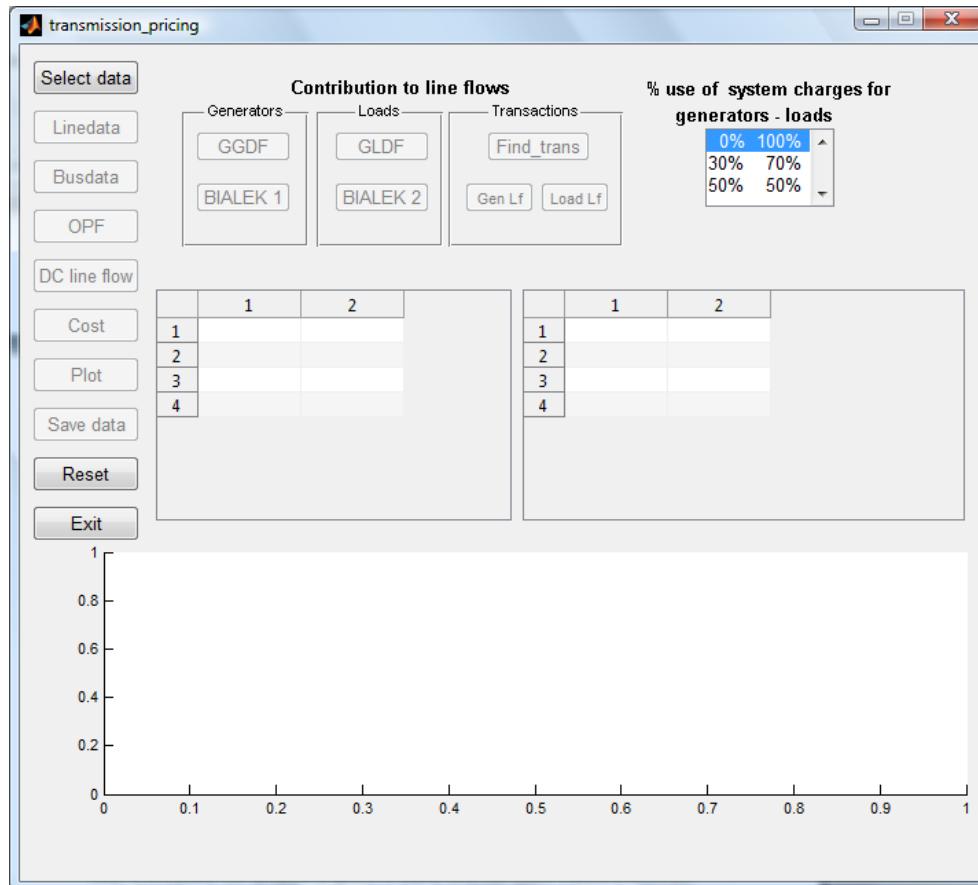
Το γραφικό περιβάλλον που δημιουργήθηκε ονομάστηκε `transmission_pricing`. Τα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- 17 push buttons για την εισαγωγή δεδομένων, εκτέλεση υπολογισμών, καθαρισμό δεδομένων, αποθήκευση και έξοδο από το πρόγραμμα.
- 11 static texts για εισαγωγή τίτλων.
- 2 tables για εμφάνιση αποτελεσμάτων σε μορφή πίνακα.
- 3 panels τα οποία δεν επηρεάζουν το πρόγραμμα, αλλά χρησιμοποιήθηκαν για αισθητικούς λόγους.
- 1 listbox, όπου ο χρήστης επιλέγει 1 από τις 3 περιπτώσεις επιμερισμού κόστους.
- 1 axes για παρουσίαση των αποτελεσμάτων γραφικά.
- 1 slider για να κάνει zoom στη γραφική παράσταση.

Μετά την εκκίνηση του GUIDE, αφού ο χρήστης επιλέξει να ανοίξει το γραφικό περιβάλλον `transmission_pricing`, εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 5.5. Πατώντας το κουμπί “Run” , ο χρήστης μπορεί να τρέξει την εφαρμογή (Σχήμα 5.6). Έπειτα, έχει τις ακόλουθες επιλογές: να εισάγει δεδομένα, να καθαρίσει την οθόνη ή να φύγει από το πρόγραμμα. Οι υπόλοιπες λειτουργίες εκτελούνται αφού ο χρήστης επιλέξει κάποιο αρχείο εισόδου και περιγράφονται στις επόμενες ενότητες.



Σχήμα 5.5: Εισαγωγή όλων των αντικειμένων του GUI για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς.



Σχήμα 5.6: Το γραφικό περιβάλλον λογισμικού για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς.

5.3.2.3 Εισαγωγή δεδομένων

Επιλέγοντας το κουμπί Select data, ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου (Σχήμα 5.7), στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει για διάβασμα κάποια δεδομένα εισόδου από ένα αρχείο Excel (*.xls) που ήδη υπάρχει: στη συγκεκριμένη εφαρμογή σαν είσοδος έχει επιλεγεί είτε το σύστημα των 24 ζυγών RTS [5.6] είτε το σύστημα των 6 ζυγών του Garver [5.7]. Αν ο χρήστης επιλέξει “άκυρο” τότε δε γίνεται τίποτα και επιστρέφει στο αρχικό παράθυρο. Αν ο χρήστης επιλέξει “άνοιγμα”, τότε διαβάζεται το συγκεκριμένο αρχείο και στη συνέχεια, ενεργοποιούνται τα κουμπιά που ήταν ανενεργά (Σχήμα 5.6), ώστε να εκτελέσουν τις λειτουργίες τους όταν πατηθούν. Αν ο χρήστης δώσει ένα δικό του όνομα, τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα σφάλματος.

Τα δεδομένα εισόδου είναι στοιχεία που αφορούν τις γραμμές και τους ζυγούς του συστήματος. Τα δεδομένα που αφορούν τις γραμμές είναι οι συνδέσεις των ζυγών μεταξύ τους, η αντίδραση των γραμμών (x (p.u.)), το μήκος τους (line (km)), η μέγιστη ικανότητα (rating (MW)) και το ετήσιο κόστος των γραμμών (Cost (k€)).

Τα δεδομένα που αφορούν τους ζυγούς διαφοροποιούνται ανάλογα με το σενάριο που υλοποιείται:

1. Είναι στοιχεία για παραγωγή (P_g (MW)) και φορτίο (P_{load} (MW)) σε κάθε ζυγό του συστήματος μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

- Είναι στοιχεία για την εύρεση της βέλτιστης ροής φορτίου: φορτίο ανά ζυγό (Pload (MW)) και για μία ή δύο διαφορετικές γεννήτριες ανά ζυγό: ελάχιστη παραγωγή (P_{gmin} (MW)), μέγιστη παραγωγή (P_{gmax} (MW)) και προσφορά γεννητριών (bid (€/MWh)).

Στη συνέχεια, ο χρήστης επιλέγοντας τα κουμπιά linedata και busdata (Σχήμα 5.6) βλέπει τα δεδομένα εισόδου που έχει επιλέξει.



Σχήμα 5.7: Εισαγωγή δεδομένων από αρχείο Excel.

5.3.2.4 Εξαγωγή αποτελεσμάτων

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εξαγωγής αποτελεσμάτων από το λογισμικό μέσω της αποθήκευσης των αποτελεσμάτων σε κάποιο εξωτερικό αρχείο Excel. Πατώντας το κουμπί Save data, ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου (Σχήμα 5.8), το οποίο ζητά από το χρήστη να δώσει ένα δικό του όνομα σε κάποιο αρχείο Excel στο οποίο θα αποθηκευτούν τα αποτελέσματα των υπολογισμών σχετικά με τις ροές ισχύος που προκαλούν οι γεννήτριες και τα φορτία στις γραμμές και το κόστος που χρεώνονται με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν. Αν ο χρήστης επιλέξει κάποιο αρχείο από όσα ήδη υπάρχουν, τότε θα ρωτηθεί αν θέλει να αντικαταστήσει το υπάρχον αρχείο ή όχι. Αν επιλέξει άκυρο, δεν γίνεται αποθήκευση, αλλά επιστροφή στο παράθυρο της εφαρμογής. Οι γραφικές παραστάσεις που εμφανίζονται στο GUI δεν αποθηκεύονται στο αρχείο Excel.



Σχήμα 5.8: Αποθήκευση αποτελεσμάτων σε αρχείο Excel.

5.3.2.5 Μελέτη και ανάλυση αποτελεσμάτων

Αφού ο χρήστης επιλέξει ένα αρχείο εισόδου, μπορεί να δει και να μελετήσει τα αποτελέσματα των υπολογισμών που εκτελούν τα υπόλοιπα κουμπιά που περιλαμβάνει το γραφικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζονται στα δύο tables του περιβάλλοντος.

Αρχικά, με βάση τα δεδομένα εισόδου, γίνεται βέλτιστη ροή φορτίου με το κουμπί OPF, εφόσον δεν είναι ανενεργό (έχει ρυθμιστεί ανάλογα με τα δεδομένα εισόδου) και τα αποτελέσματα που αφορούν τους ζυγούς είναι: η παραγωγή (P_g (MW)), το φορτίο που εξυπηρετείται (P_{load} (MW)), το μη εξυπηρετούμενο φορτίο (P_{NS} (MW)) και η τοπική οριακή τιμή (Imp (€/MWh)), ενώ για την κάθε γραμμή εμφανίζεται η συνολική ροή φορτίου (P_{line} (MW)) και το κόστος συμφόρησης (cc (k€)). Στο παράθυρο εντολών, πληροφορείται ότι η βελτιστοποίηση έχει ολοκληρωθεί. Επίσης, σε static text εμφανίζεται και το συνολικό κόστος συμφόρησης όλων των γραμμών ($SRMC$ (k€)), το οποίο παρουσιάζεται και ως ποσοστό του ετήσιου κόστους, σε κάποιο άλλο static text (Σχήμα 5.9). Στην εφαρμογή, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει τα αποτελέσματα στα δύο tables με τη χρήση της μπάρας που διαθέτουν αυτά.

Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι dc ροές φορτίου των γραμμών του δικτύου με βάση τους συντελεστές GSDF (ή συντελεστές A) με το κουμπί “DC line flow”.

Υστερα, ο χρήστης μπορεί να δει τη ροή που προκαλούν οι χρήστες του δικτύου στις γραμμές είτε με τους συντελεστές GGDF ή τη μέθοδο Bialek upstream για τις γεννήτριες, είτε με τους συντελεστές GLDF ή τη μέθοδο Bialek downstream για τα φορτία, πατώντας τα κουμπιά στο αντίστοιχο πλαίσιο. Ο χρήστης επιβεβαιώνει, παρατηρώντας την τελευταία στήλη, ότι το άθροισμα των ροών που προκαλούν οι χρήστες στις γραμμές ισούται με τη συνολική ροή των γραμμών για όποια μέθοδο επιλέξει. Επίσης, στο πλαίσιο “Transactions” πατώντας το κουμπί “Find_trans”, εμφανίζονται οι συναλλαγές μεταξύ των παραγωγών και των φορτίων, που προκύπτουν από τη μέθοδο της ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης, όπως και οι ροές που προκαλεί η κάθε συναλλαγή σε όλες τις γραμμές. Με τα κουμπιά “Gen Lf” και “Load Lf” παρουσιάζονται οι ροές ισχύος που προκαλούν οι γεννήτριες ή τα φορτία αντίστοιχα, με βάση τις συναλλαγές στις οποίες συμμετέχουν. Κάθε φορά που ο χρήστης επιλέξει κάποιο κουμπί που θα εμφανίσει τη συνεισφορά των γεννητριών ή των φορτίων στη ροή των γραμμών, ενεργοποιείται το κουμπί “Cost”, με το πάτημα του οποίου εμφανίζονται

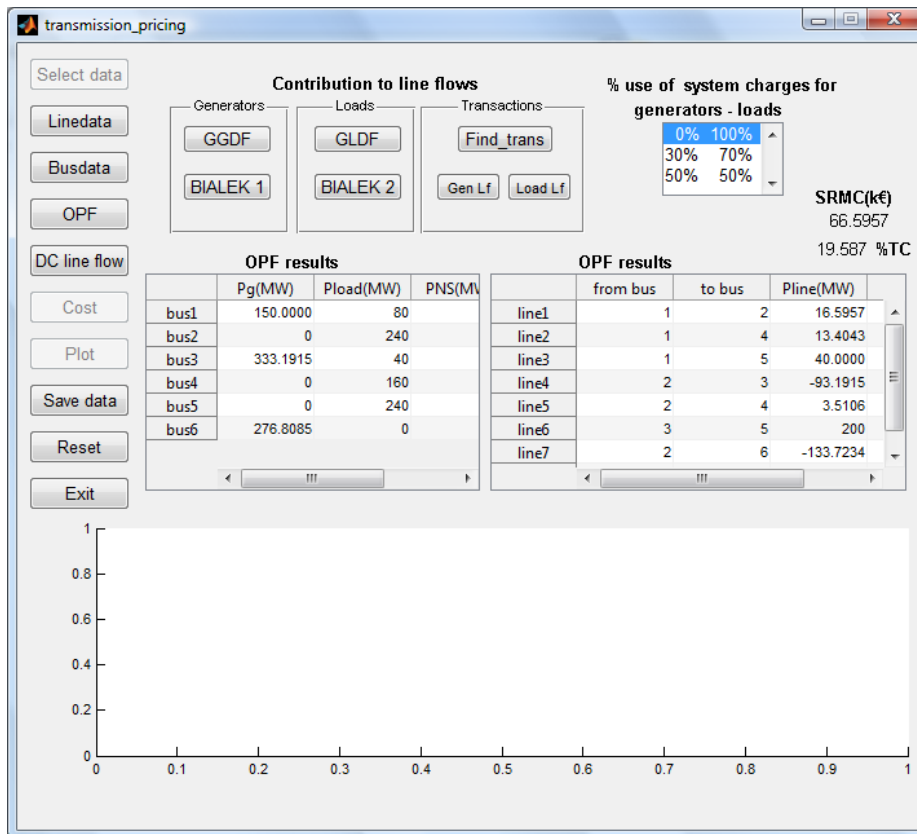
τα αποτελέσματα (σε κ€) σχετικά με τις μεθόδους επιμερισμού του κόστους μεταφοράς (MW-mile και postage stamp), που είναι και ο στόχος της εργασίας. Τα αποτελέσματα αυτά διαφοροποιούνται ανάλογα με την επιλογή από το list box, με την οποία επιλέγεται το ποσοστό που θα χρεωθούν οι παραγωγοί και οι καταναλωτές. Αν ο χρήστης δεν επιλέξει κάτι, προεπιλέγεται από το GUI η πρώτη επιλογή. Στην τελευταία στήλη του table που περιέχει τα αποτελέσματα χρέωσης των χρηστών, εμφανίζεται το άθροισμα του κόστους χρήσης των γραμμών που χρεώνονται οι χρήστες του δικτύου με την κάθε μέθοδο χρέωσης. Έτσι, μπορεί να παρατηρηθεί αν ανακτάται πλήρως το ετήσιο κόστος, ή γίνεται υπερανάκτηση ή υποανάκτηση.

Αμέσως μετά, ενεργοποιείται το κουμπί “Plot”, με την επιλογή του οποίου στο αντικείμενο axes απεικονίζεται γραφικά σε μορφή ραβδογράμματος η χρέωση των καταναλωτών ή των παραγωγών (που παρουσιάζεται στο table), σαν ποσοστό του ετήσιου κόστους που πρέπει να ανακτηθεί από τον ιδιοκτήτη των γραμμών. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα με κέρσορα να δει κάθε σημείο του γραφήματος σε τι τιμές αντιστοιχεί (Σχήμα 5.10), καθώς και όταν ο άξονας χ έχει πολλά στοιχεία, μπορεί να κάνει zoom με τη χρήση slider.

Επιπλέον, ο καθαρισμός της οθόνης του παραθύρου, ώστε να επιλέξει κάποιο άλλο αρχείο εισόδου, γίνεται με το κουμπί “Reset”, ενώ η εφαρμογή τερματίζει όταν ο χρήστης επιλέξει το κουμπί “Exit”, όπου θα εμφανιστεί ένα παράθυρο διαλόγου, το οποίο θα ρωτήσει τον χρήστη αν θέλει να τερματίσει την εφαρμογή (Σχήμα 5.11).

Τα κουμπιά που είναι ενεργά μπορεί ο χρήστης να τα επιλέξει όποια στιγμή θέλει. Τέλος, όταν το GUI εκτελεί κάποια λειτουργία που διαρκεί κάποιο μικρό χρονικό διάστημα, εμφανίζεται ένα μήνυμα που λέει στο χρήστη να περιμένει, ώστε να μην προχωρήσει σε κάποια άλλη ενέργεια (πχ. πάτημα κάποιου κουμπιού) και όταν τελειώσει τη λειτουργία που εκτελεί τον ενημερώνει να συνεχίσει με ένα δεύτερο μήνυμα.

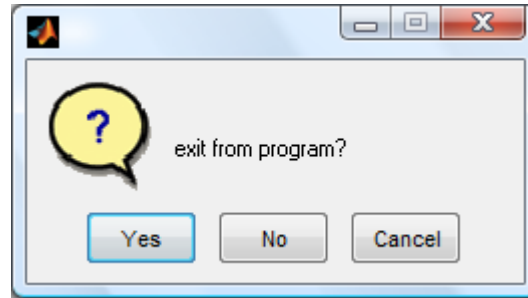
Στον Πίνακα 5.1 περιγράφονται οι λειτουργίες του λογισμικού για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς στους χρήστες του συστήματος.



Σχήμα 5.9: Παράδειγμα εμφάνισης αποτελεσμάτων.



Σχήμα 5.10: Παράδειγμα εμφάνισης αποτελεσμάτων σε γράφημα.



Σχήμα 5.11: Έξοδος από το πρόγραμμα.

Πίνακας 5.1: Περιγραφή λογισμικού επιμερισμού κόστους μεταφοράς στους παραγωγούς (λειτουργίες με A/A 1 έως 3) και στους καταναλωτές (λειτουργίες 4 έως 6).

A/A	Περιγραφή λειτουργίας	Υλοποίηση μέσω του λογισμικού
1	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ GGDF
		1) Εισαγωγή δεδομένων μέσω του κουμπιού Select data 2) Πάτημα κουμπιού GGDF 3) Επιλογή μιας από τις 3 επιλογές χρέωσης από το list box 4) Πάτημα κουμπιού Cost 5) Πάτημα κουμπιού Plot
2	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ Bialek upstream
		1) Κουμπί Select data 2) Κουμπί Bialek 1 3) Επιλογή από list box 4) Κουμπί Cost 5) Κουμπί Plot
3	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ Transactions
		1) Κουμπί Select data 2) Κουμπί Gen Lf 3) Επιλογή από list box 4) Κουμπί Cost 5) Κουμπί Plot

4	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ GLDF	1) Κουμπί Select data 2) Κουμπί GLDF 3) Επιλογή από list box 4) Κουμπί Cost 5) Κουμπί Plot
5	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ Bialek downstream	1) Κουμπί Select data 2) Κουμπί Bialek 2 3) Επιλογή από list box 4) Κουμπί Cost 5) Κουμπί Plot
6	1) MW - mile αρχική 2) MW - mile unused absolute 3) MW - mile unused reverse 4) MW - mile unused zero counter flow 5) MW - mile used absolute 6) MW - mile used reverse 7) MW - mile used zero counter flow 8) Postage stamp	+ Transactions	1) Κουμπί Select data 2) Κουμπί Load Lf 3) Επιλογή από list box 4) Κουμπί Cost 5) Κουμπί Plot

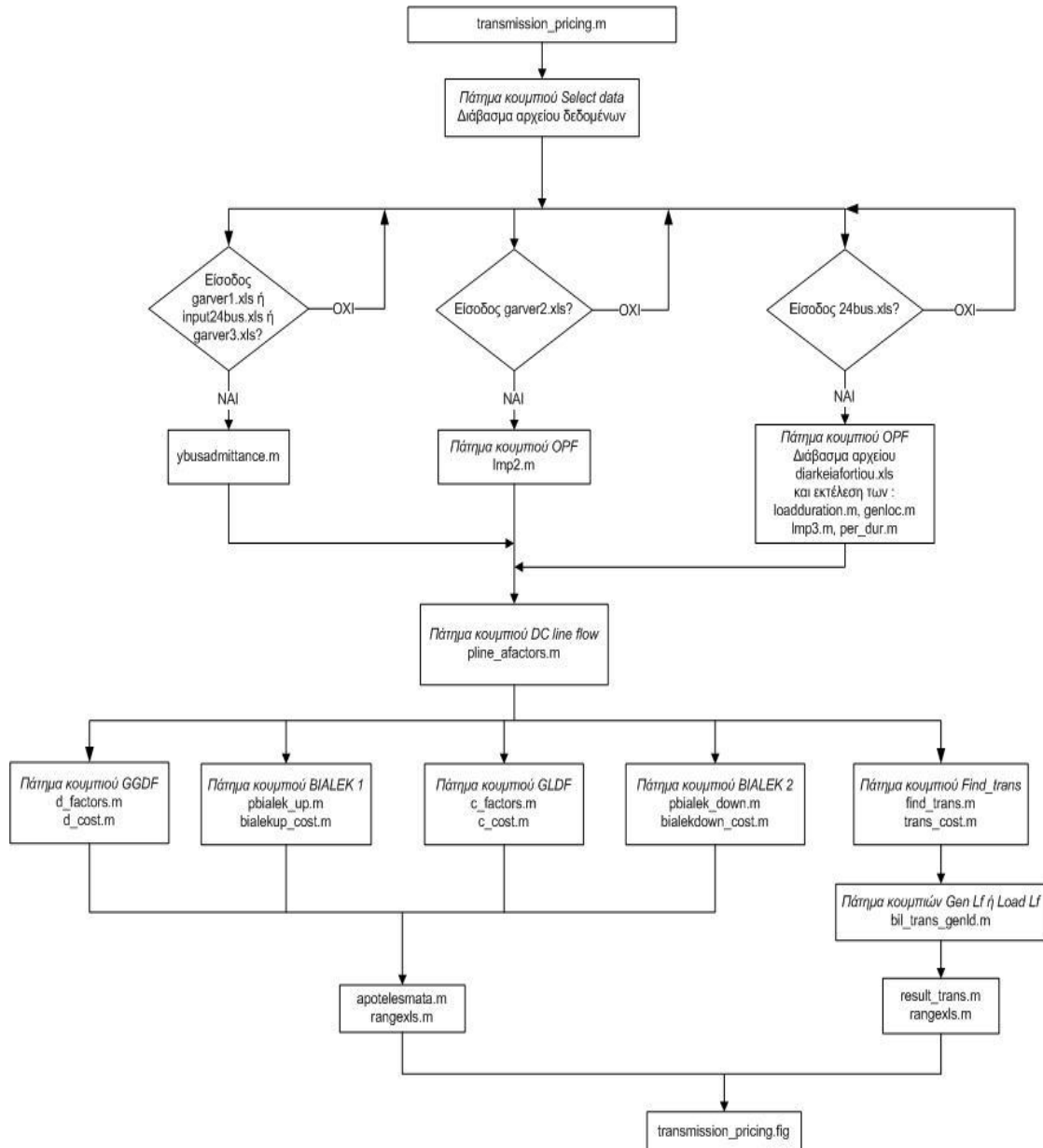
5.3.2.6 Επιπλέον πληροφορίες για το λογισμικό

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από 32 αρχεία: 1 fig-αρχείο, 6 αρχεία Excel, 25 m-αρχεία. Ο συνολικός κώδικας που αναπτύχθηκε για τα 25 m-αρχεία [5.8], [5.9] είναι 1549 γραμμές. Τα m-αρχεία που χρησιμοποιήθηκαν περιγράφονται στον Πίνακα 5.2. Ένα ιεραρχικό διάγραμμα των αρχείων του λογισμικού για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.12.

Πίνακας 5.2: Περιγραφή αρχείων m files για επιμερισμό κόστους μεταφοράς.

A/A	Όνομα αρχείου	Γραμμές κώδικα	Περιγραφή λειτουργίας
1	transmission_pricing.m	667	Συνολικός κώδικας για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς ώστε να είναι λειτουργικό το γραφικό περιβάλλον.
2	ybusadmittance.m	19	Υπολογισμός πίνακα αγωγιμοτήτων για dc ροή φορτίου.
3	pline_afactors.m	19	Υπολογισμός dc ροής φορτίου με βάση τους συντελεστές GSDF (ή a factors).
4	d_factors.m	32	Συνεισφορά των παραγωγών στη ροή των γραμμών με χρήση των συντελεστών GGDF (ή d factors).

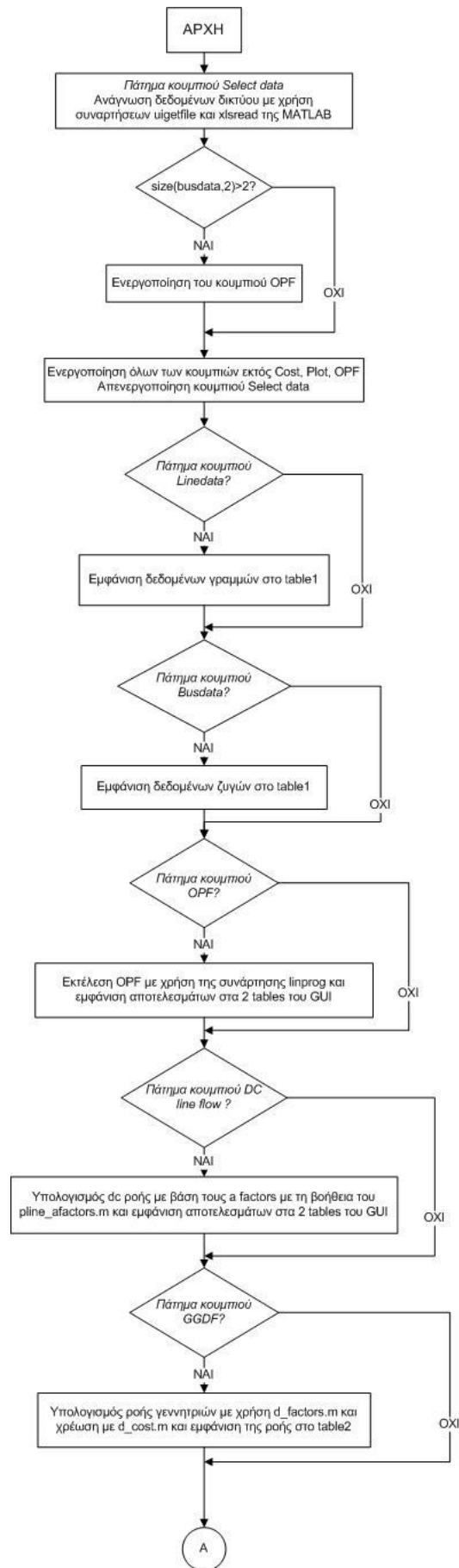
5	c_factors.m	32	Συνεισφορά των καταναλωτών στη ροή των γραμμών με χρήση των συντελεστών GLDF (ή c factors).
6	pbialek_up.m	43	Συνεισφορά των παραγωγών στη ροή των γραμμών με χρήση της μεθόδου Bialek upstream.
7	pbialek_down.m	43	Συνεισφορά των καταναλωτών στη ροή των γραμμών με χρήση της μεθόδου Bialek downstream.
8	cost.m	67	Συνάρτηση για υπολογισμό κόστους με χρήση των μεθόδων postage stamp και mw-mile με βάση την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών μεταφοράς.
9	costused.m	34	Συνάρτηση για υπολογισμό κόστους με χρήση της μεθόδου mw-mile με βάση την χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών μεταφοράς.
10	d_cost.m	10	Χρέωση παραγωγών για τη ροή που προκαλούν με βάση τους d factors με χρήση των συναρτήσεων cost.m και costused.m.
11	c_cost.m	10	Χρέωση καταναλωτών για τη ροή που προκαλούν με βάση τους c factors με χρήση των συναρτήσεων cost.m και costused.m.
12	bialekup_cost.m	10	Χρέωση παραγωγών για τη ροή που προκαλούν με βάση τη μέθοδο Bialek upstream με χρήση των συναρτήσεων cost.m και costused.m.
13	bialekdown_cost.m	10	Χρέωση καταναλωτών για τη ροή που προκαλούν με βάση τη μέθοδο Bialek downstream με χρήση των συναρτήσεων cost.m και costused.m.
14	apotelesmata.m	124	Μεταφορά αποτελεσμάτων των παραπάνω μεθόδων σε αρχείο Excel.
15	find_trans.m	58	Εύρεση συναλλαγών μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών με τη μέθοδο της ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης.
16	bil_trans_genld.m	24	Συνεισφορά των παραγωγών και των καταναλωτών στη ροή των γραμμών και χρέωση τους με βάση τις συναλλαγές στις οποίες συμμετέχουν.
17	trans_cost.m	8	Χρέωση συναλλαγών με χρήση των συναρτήσεων cost.m και costused.m.
18	result_trans.m	74	Μεταφορά αποτελεσμάτων για συναλλαγές σε αρχείο Excel.
19	rangexls.m	8	Συνάρτηση για τη μετατροπή αριθμού σε συμβολοσειρά που αντιστοιχεί σε στήλη του Excel.
20	table.m	12	Εμφάνιση αποτελεσμάτων και τίτλων στηλών και γραμμών σε table του γραφικού περιβάλλοντος.
21	lmp2.m	56	Βέλτιστη ροή φορτίου για το μοντέλο του Garver.
22	genloc.m	28	Πίνακας που δείχνει πόσες γεννήτριες είναι συνδεδεμένες σε κάθε ζυγό.
23	lmp3.m	52	Βέλτιστη ροή φορτίου για το σύστημα των 24 ζυγών
24	loadduration.m	80	Καμπύλη διάρκειας φορτίου.
25	per_dur.m	29	Διάρκεια κάθε ποσοστού φορτίου και βέλτιστη ροή φορτίου για κάθε ποσοστό.

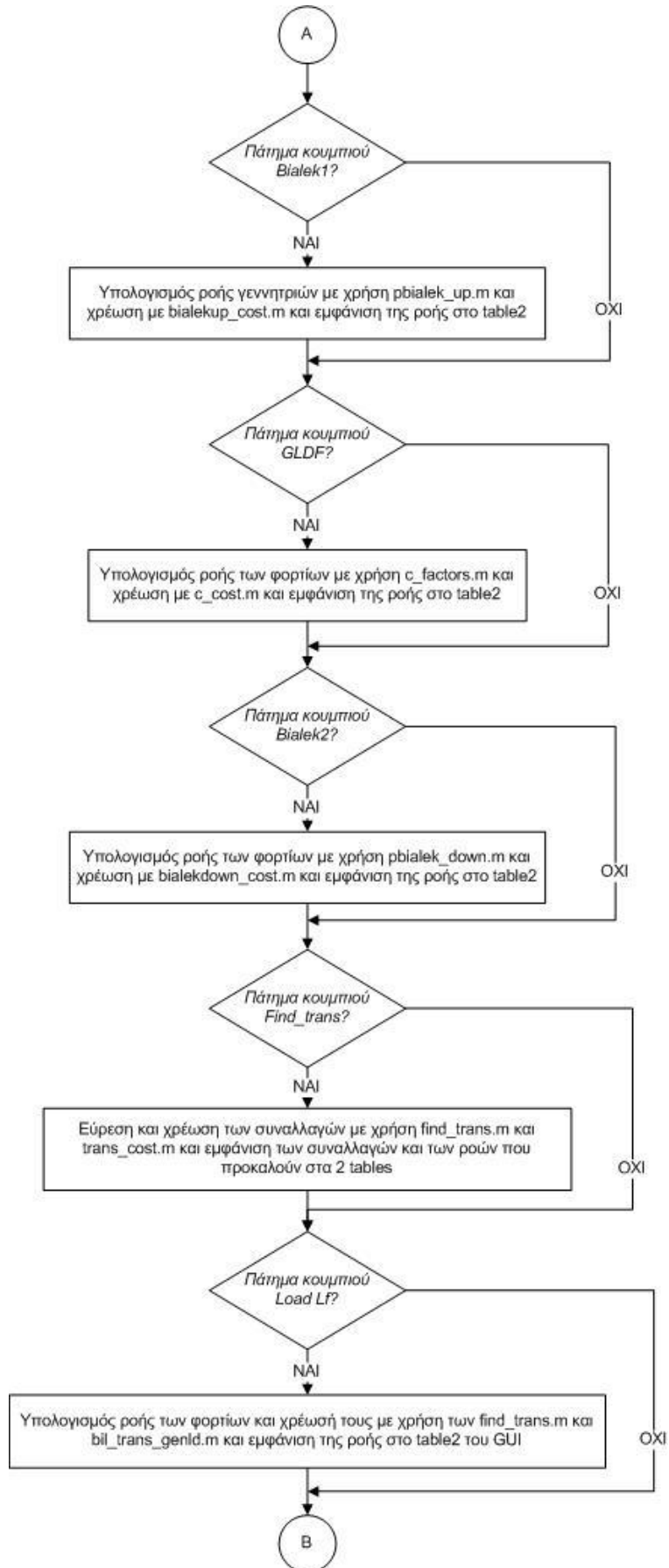


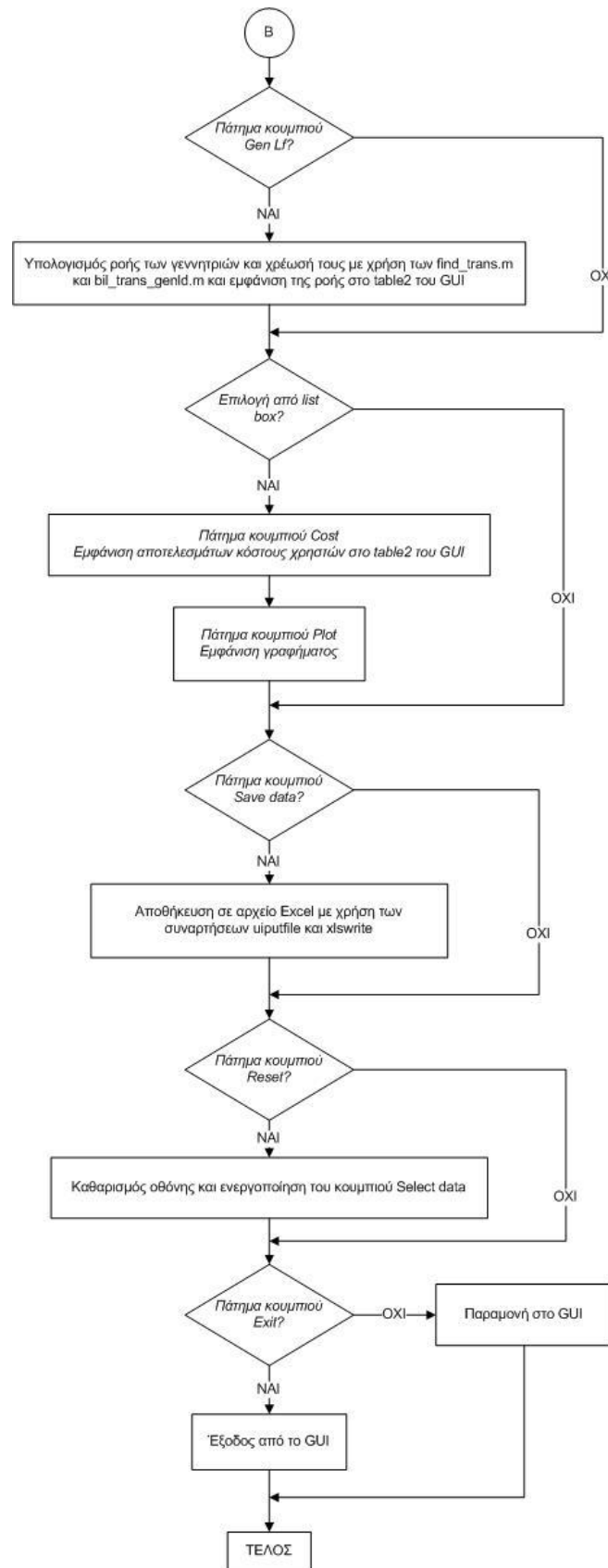
Σχήμα 5.12: Ιεραρχικό διάγραμμα αρχείων λογισμικού για επιμερισμό κόστους μεταφοράς.

5.3.2.7 Ιεραρχικό διάγραμμα υπορουτινών λογισμικού

Το ιεραρχικό διάγραμμα υπορουτινών του λογισμικού για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς φαίνεται στο Σχήμα 5.13.







Σχήμα 5.13: Ιεραρχικό διάγραμμα υπορουτινών λογισμικού για επιμερισμό κόστους μεταφοράς.

5.3.2.8 Μελλοντικές επεκτάσεις του λογισμικού

Το πρόγραμμα μπορεί να δεχτεί σαν εισόδους και άλλα συστήματα δικτύων, αρκεί τα δεδομένα εισόδου να έχουν το ίδιο format με το σύστημα του Garver [5.7] (πχ. garver1.xls, garver2.xls) ή το σύστημα των 24 ζυγών (πχ. 24bus.xls, input24bus.xls) για δεδομένη καμπύλη διάρκειας φορτίου [5.6].

Το πρόγραμμα μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικά δίκτυα και να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή πολύτιμων αποτελεσμάτων όσον αφορά τη δίκαιη (ορθή) κατανομή του κόστους χρήσης του συστήματος και την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επιμερισμού κόστους μεταφοράς για κάθε σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Το λογισμικό που κατασκευάστηκε μπορεί να τροποποιηθεί κατάλληλα, ώστε να εκτελεί κάποια από τις παρακάτω λειτουργίες:

1. Να συνυπολογίζει τις απώλειες.
2. Να εφαρμόζει ac ροές φορτίου ή ac βέλτιστες ροές φορτίου (OPF).
3. Να περιέχει και άλλες μεθόδους ανίχνευσης ροής φορτίου όπως πχ. τη μέθοδο Kirschen [5.3].
4. Να περιέχει και άλλες μεθόδους επιμερισμού κόστους όπως πχ. contract path, MVA-mile [5.3].
5. Να δέχεται βηματικές ή γραμμικές προσφορές γεννητριών για οποιοδήποτε αριθμό γεννητριών είναι συνδεδεμένες σε κάθε ζυγό.
6. Να γίνεται μελέτη σύνδεσης αιολικών και πως αυτά επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μεθόδων επιμερισμού του κόστους χρήσης των γραμμών μεταφοράς για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές με ανάλυση ευαισθησίας.
7. Να γίνεται ανάλυση κόστους – οφέλους (cost - benefit) για νέες επενδύσεις στο σύστημα μεταφοράς.

5.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [5.1] Δ. Βαρσάμης, "MATLAB - Graphical User Interfaces," [Online]. Διαθέσιμο: http://teiserron.gr/index.php?topic=1531.0;prev_next=prev, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [5.2] Κ. Διαμαντάρας, "Εργαστηριακές ασκήσεις νευρωνικών δικτύων και σύντομο εγχειρίδιο MATLAB," [Online]. Διαθέσιμο: http://aetos.it.teithe.gr/~kdiamant/Neural/Matlab_Ref@26_3_2008.pdf, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [5.3] M. Shahidehpour, H. Yamin, and Z. Li, *Market operations in electric power systems: Forecasting, Scheduling and Risk Management*. New York: Wiley, 2002.
- [5.4] L. G. Manescu, D. Rusinaru, P. Dadulescu, and V. Anghelina, "Usage based allocation for transmission costs under open access," presented at IEEE Bucharest Power Tech Conference, Bucharest, Romania, June 28th - July 2nd, 2009.
- [5.5] P. Barcia and R. Pestana, "Tracing the flows of electricity," *Electrical Power and Energy Systems*, vol. 32, no. 4, pp. 329–332, May 2010.

- [5.6] Reliability Test System Task Force, "IEEE Reliability Test System," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. 98, no. 6, pp. 2047-2054, Nov./Dec. 1979.
- [5.7] N. Alguacil, A. L. Motto, and A. J. Conejo, "Transmission expansion planning: A mixed-integer LP Approach," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 1070-1077, August 2003.
- [5.8] "MathWorks – MATLAB and Simulink for Technical Computing," [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.mathworks.com>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.
- [5.9] "Blinkdagger – a MATLAB blog and Engineering resource filled with guides and tutorials," [Online]. Διαθέσιμο: <http://blinkdagger.com>, προσπελάστηκε τον Ιούλιο 2010.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

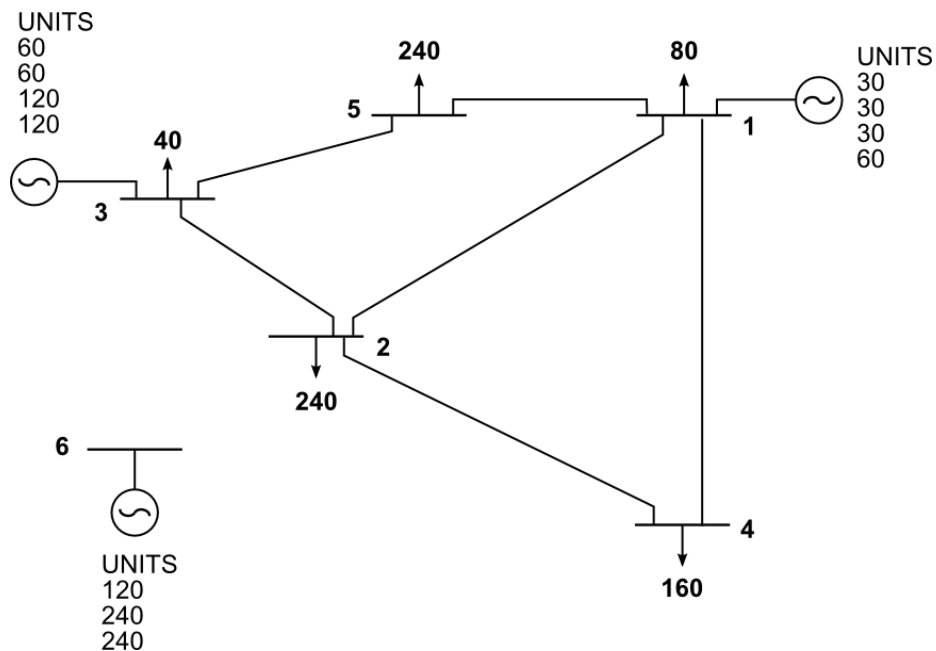
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το πρόγραμμα που παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 5 εφαρμόστηκε αρχικά στο σύστημα των 6 ζυγών του Garver και στη συνέχεια στο μεγαλύτερο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα των δύο δικτύων που μελετήθηκαν, τα αποτελέσματα του προγράμματος για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς καθώς και σχολιασμός των αποτελεσμάτων. Και στα δύο συστήματα χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο αγοράς της κοινοπραξίας (pool).

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ 6 ΖΥΓΩΝ ΤΟΥ GARVER

6.2.1 Δεδομένα του συστήματος

Το μοντέλο του Garver [6.1] αποτελεί ένα σύστημα 6 ζυγών το οποίο στην αρχική του κατάσταση αποτελείται από 5 ζυγούς και 6 γραμμές που τους συνδέουν μεταξύ τους. Επιπλέον, θεωρείται ένας έκτος ζυγός, ο οποίος είναι ζυγός παραγωγής και μπορεί να συνδεθεί με τους υπόλοιπους με προσθήκη επιπλέον γραμμών (Σχήμα 6.1).



Σχήμα 6.1: Σύστημα 6 ζυγών του Garver.

Στην παρούσα εργασία έχουν μελετηθεί δύο σενάρια:

Στο πρώτο σενάριο έχει θεωρηθεί μια επιπλέον γραμμή μεταξύ των ζυγών 3-5 και δύο επιπλέον γραμμές μεταξύ των ζυγών 2-6 και 4-6. Τα δεδομένα των γραμμών (Πίνακας

6.1) είναι: οι συνδέσεις των ζυγών μεταξύ τους, η επαγωγική τους αντίδραση (x (pu)), το μήκος τους (line (km)), η μέγιστη ικανότητα τους σε ενεργό ισχύ (capacity (MW)) και το ετήσιο κόστος (cost (k€)). Τα δεδομένα των ζυγών (Πίνακας 6.2) είναι για κάθε ζυγό: ελάχιστη παραγωγή (P_{gmin} (MW)), μέγιστη παραγωγή (P_{gmax} (MW)), ζήτηση φορτίου (P_{load} (MW)) και προσφορά των γεννητριών (a (€/MWh)). Η συνάρτηση του λειτουργικού κόστους των γεννητριών έχει θεωρηθεί γραμμική. Η συνολική ικανότητα παραγωγής του συστήματος είναι 1110MW, ενώ η αιχμή του φορτίου 760MW. Το συνολικό κόστος που πρέπει να ανακτηθεί είναι 340 k€.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα γραμμών του συστήματος Garver (σενάριο 1).

from bus	to bus	x (pu)	line (km)	capacity (MW)	cost (k€)
1	2	0,4	40	100	40
1	4	0,6	60	80	60
1	5	0,2	20	100	20
2	3	0,2	20	100	20
2	4	0,4	40	100	40
3	5	0,1	40	200	40
2	6	0,15	60	200	60
4	6	0,15	60	200	60

Πίνακας 6.2: Δεδομένα ζυγών του συστήματος Garver (σενάριο 1).

Bus	P_{gmin} (MW)	P_{gmax} (MW)	P_{load} (MW)	a (€/MWh)
1	0	150	80	10
2	0	0	240	0
3	0	360	40	20
4	0	0	160	0
5	0	0	240	0
6	0	600	0	30

Στο δεύτερο σενάριο έχει θεωρηθεί μια επιπλέον γραμμή μεταξύ των ζυγών 3–5, δύο επιπλέον γραμμές μεταξύ των ζυγών 4–6 και τέσσερις επιπλέον γραμμές μεταξύ των ζυγών 2–6. Τα δεδομένα των γραμμών (Πίνακας 6.3) είναι ίδια όπως και στο πρώτο σενάριο: οι συνδέσεις των ζυγών μεταξύ τους, η επαγωγική τους αντίδραση (x (pu)), το μήκος τους (line (km)), η μέγιστη ικανότητα τους σε ενεργό ισχύ (capacity (MW)) και το ετήσιο κόστος (cost (k€)). Τα δεδομένα των ζυγών (Πίνακας 6.4) είναι για κάθε ζυγό για μία συγκεκριμένη χρονική στιγμή: παραγωγή (P_g (MW)) και ζήτηση φορτίου (P_{load} (MW)). Το συνολικό κόστος που πρέπει να ανακτηθεί είναι 400 k€.

Πίνακας 6.3: Δεδομένα γραμμών του συστήματος Garver (σενάριο 2).

from bus	to bus	x (pu)	line (km)	capacity (MW)	cost (k€)
1	2	0,4	40	100	40
1	4	0,6	60	80	60
1	5	0,2	20	100	20
2	3	0,2	20	100	20
2	4	0,4	40	100	40
3	5	0,1	40	200	40
4	6	0,15	60	200	60
2	6	0,075	120	400	120

Πίνακας 6.4: Δεδομένα ζυγών του συστήματος Garver (σενάριο 2).

Bus	P _g (MW)	P _{load} (MW)
1	50	80
2	0	240
3	165	40
4	0	160
5	0	240
6	545	0

Όπως παρατηρείται και για τα δύο σενάρια έχει θεωρηθεί αντίδραση γραμμών $X=1\Omega/\text{km}$ και ετήσιο κόστος της κάθε γραμμής $C_k=1\text{k}\text{€}/\text{km}$. Επίσης η συνολική ζήτηση του φορτίου και για τα δύο σενάρια είναι 760MW.

6.2.2 Αποτελέσματα

Για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς και για τα δύο σενάρια του μοντέλου του Garver έχουν γίνει οι ακόλουθες παραδοχές:

1. Έχει θεωρηθεί βάση ισχύος $S_B=100\text{MW}$.
2. Έχει χρησιμοποιηθεί το μοντέλο dc ροής φορτίου.
3. Έχουν αγνοηθεί οι απώλειες.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος διαφοροποιούνται ανάλογα με το σενάριο που υλοποιείται, αφού αλλάζουν τα δεδομένα εισόδου στην κάθε περίπτωση.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Με βάση τα δεδομένα εισόδου του σεναρίου 1, πραγματοποιήθηκε βέλτιστη ροή φορτίου (OPF), τα αποτελέσματα της οποίας είναι: η παραγωγή στους ζυγούς για την κάλυψη της ζήτησης του φορτίου (Πίνακας 6.5), η τοπική οριακή τιμή (Πίνακας 6.5) και η συνολική ροή φορτίου των γραμμών (Πίνακας 6.6). Παρατηρείται ότι η λύση της βέλτιστης ροής φορτίου είναι ίδια με τη συνολική ροή των γραμμών που προκύπτει με βάση τους συντελεστές A (Πίνακας 6.7). Επίσης, μόνο η ροή στη γραμμή 3-5 είναι ίση με την μέγιστη ικανότητα της, άρα μόνο η γραμμή αυτή είναι συνωστισμένη. Αν δεν υπήρχε καθόλου συμφόρηση τότε όλοι οι ζυγοί θα είχαν την ίδια τοπική οριακή τιμή.

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα βέλτιστης ροής φορτίου για ζυγούς.

Bus	P _g (MW)	P _{load} (MW)	LMP (€/MWh)
1	150	80	40,2128
2	0	240	28,7234
3	333,1915	40	20
4	0	160	31,2766
5	0	240	48,9362
6	276,8085	0	30

Πίνακας 6.6: Αποτελέσματα βέλτιστης ροής φορτίου για γραμμές.

line		line flow (MW)
from bus	to bus	
1	2	16,5957
1	4	13,4043
1	5	40
2	3	-93,1915
2	4	3,5106
3	5	200
2	6	-133,7234
4	6	-143,0851

Το συνολικό κόστος συμφόρησης από τη λύση της βέλτιστης ροής φορτίου υπολογίστηκε θεωρώντας ότι η αιχμή του φορτίου διαρκεί 10 ώρες και βρέθηκε ίσο με:

$$SRMC = 66,5957 \text{ k€} = 19,587 \% \text{ TC}$$

όπου TC: total cost = 340k€.

Σημειώνεται ότι η μη εξυπηρετούμενη ισχύς είναι μηδενική. Το κόστος συμφόρησης το χρεώνονται οι καταναλωτές.

Πίνακας 6.7: DC ροή φορτίου με βάση τους συντελεστές A.

line		Συντελεστές A						Line flow (MW)
from bus	to bus	bus1	bus2	bus3	bus4	bus5	bus6	
1	2	0	-0,4313	-0,2588	-0,3355	-0,1725	-0,3834	16,5957
1	4	0	-0,2236	-0,1342	-0,3962	-0,0895	-0,3099	13,4043
1	5	0	-0,3450	-0,6070	-0,2684	-0,7380	-0,3067	40,0000
2	3	0	0,3450	-0,3930	0,2684	-0,2620	0,3067	-93,1915
2	4	0	0,0958	0,0575	-0,2588	0,0383	-0,0815	3,5106
3	5	0	0,3450	0,6070	0,2684	-0,2620	0,3067	200,0000
2	6	0	0,1278	0,0767	-0,3450	0,0511	-0,6086	-133,7234
4	6	0	-0,1278	-0,0767	0,3450	-0,0511	-0,3914	-143,0851

Ακολουθεί η συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με τους συντελεστές GGDF (Πίνακας 6.8) και με τη μέθοδο Bialek upstream (Πίνακας 6.9). Στη συνέχεια παρουσιάζεται η συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με τους συντελεστές GLDF (Πίνακας 6.10) και με τη μέθοδο Bialek downstream (Πίνακας 6.11).

Στον Πίνακα 6.12 φαίνονται οι συναλλαγές μεταξύ παραγωγών και καταναλωτών με βάση τη μέθοδο ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης που παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 3 και στον Πίνακα 6.13 η συνεισφορά τους στη ροή των γραμμών. Με βάση τις συναλλαγές που ορίστηκαν υπολογίστηκε η συνεισφορά των γεννητριών και των φορτίων στη ροή των γραμμών (Πίνακες 6.14 & 6.15).

Σε κάθε περίπτωση το άθροισμα των ροών που προκαλούν οι χρήστες σε κάθε γραμμή είναι ίσο με τη συνολική ροή των γραμμών όπως επιβεβαιώνεται από την τελευταία στήλη των αντίστοιχων πινάκων.

Πίνακας 6.8: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τους GGDF.

line		Pg (MW)			SUM (MW)
from bus	to bus	Gen1	Gen3	Gen6	
1	2	41,2393	5,3786	-30,0221	16,5957
1	4	28,4009	18,3768	-33,3734	13,4043
1	5	64,5704	-58,8282	34,2578	40,0000
2	3	9,3072	151,6086	-67,7243	93,1915
2	4	1,3620	22,1866	-20,0380	3,5106
3	5	-17,2020	164,0465	53,1554	200,0000
2	6	-1,8160	-29,5822	165,1216	133,7234
4	6	1,8160	29,5822	111,6869	143,0851

Πίνακας 6.9: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με τη μέθοδο Bialek upstream.

line		Pbialek_upstream (MW)			SUM (MW)
from bus	to bus	Gen1	Gen3	Gen6	
1	2	16,5957	0	0	16,5957
1	4	13,4043	0	0	13,4043
1	5	40	0	0	40,0000
2	3	0	93,1915	0	93,1915
2	4	0,2393	1,3435	1,9279	3,5106
3	5	0	200	0	200,0000
2	6	0	0	133,7234	133,7234
4	6	0	0	143,0851	143,0851

Πίνακας 6.10: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με βάση τους GLDF.

line		Pload (MW)					SUM (MW)
from bus	to bus	Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	
1	2	-20,2474	42,7723	0,2278	13,1794	-19,3363	16,5957
1	4	-13,7362	12,4656	-1,5007	35,9143	-19,7388	13,4043
1	5	-30,2270	-7,8695	9,1676	-17,5147	86,4436	40,0000
2	3	4,8458	97,3489	-13,2960	52,6309	-48,3380	93,1915
2	4	-0,3569	-24,0738	-2,4788	40,6920	-10,2719	3,5106
3	5	30,2270	7,8695	-9,1676	17,5147	153,5564	200,0000
2	6	15,0447	75,8050	10,5894	-25,1183	57,4025	133,7234
4	6	14,0930	11,6082	3,9794	83,3937	30,0107	143,0851

Πίνακας 6.11: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με τη μέθοδο Bialek downstream.

line		Pbialek_downstream (MW)					SUM (MW)
from bus	to bus	Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	
1	2	0	16,3565	0	0,23926	0	16,5957
1	4	0	0	0	13,40426	0	13,4043
1	5	0	0	0	0	40	40,0000
2	3	0	91,8480	0	1,3435	0	93,1915
2	4	0	0	0	3,5106	0	3,5106
3	5	0	0	0	0	200	200,0000
2	6	0	131,7955	0	1,9279	0	133,7234
4	6	0	0	0	143,0851	0	143,0851

Πίνακας 6.12: Συναλλαγές μεταξύ παραγωγών – καταναλωτών.

transactions		Ptrans (MW)
from gen	to load	
1	1	80
1	5	70
3	2	123,1915
3	3	40
3	5	170
6	2	116,8085
6	4	160

Πίνακας 6.13: Συνεισφορά των συναλλαγών στη ροή των γραμμών.

line		transactions							SUM (MW)
from bus	to bus	1	2	3	4	5	6	7	
1	2	0	12,0767	21,2535	0	-14,6645	5,5979	-7,6677	16,5957
1	4	0	6,2620	11,0203	0	-7,6038	-10,0761	13,8019	13,4043
1	5	0	51,6613	-32,2738	0	22,2684	4,4783	-6,1342	40,0000
2	3	0	-18,3387	90,9177	0	22,2684	4,4783	-6,1342	93,1915
2	4	0	-2,6837	-4,7230	0	3,2588	-20,7121	28,3706	3,5106
3	5	0	18,3387	32,2738	0	147,7316	-4,4783	6,1342	200,0000
2	6	0	3,5783	6,2973	0	-4,3450	86,0203	42,1725	133,7234
4	6	0	-3,5783	-6,2973	0	4,3450	30,7882	117,8275	143,0851

Πίνακας 6.14: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

line		generators (MW)			SUM (MW)
from bus	to bus	1	3	6	
1	2	12,0767	6,5889	-2,0699	16,5957
1	4	6,2620	3,4165	3,7258	13,4043
1	5	51,6613	-10,0054	-1,6559	40,0000
2	3	-18,3387	113,1861	-1,6559	93,1915
2	4	-2,6837	-1,4642	7,6586	3,5106
3	5	18,3387	180,0054	1,6559	200,0000
2	6	3,5783	1,9523	128,1928	133,7234
4	6	-3,5783	-1,9523	148,6157	143,0851

Πίνακας 6.15: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

line		loads (MW)					SUM (MW)
from bus	to bus	1	2	3	4	5	
1	2	0	26,8513	0	-7,6677	-2,5879	16,5957
1	4	0	0,9442	0	13,8019	-1,3419	13,4043
1	5	0	-27,7955	0	-6,1342	73,9297	40,0000
2	3	0	95,3960	0	-6,1342	3,9297	93,1915
2	4	0	-25,4350	0	28,3706	0,5751	3,5106
3	5	0	27,7955	0	6,1342	166,0703	200,0000
2	6	0	92,3177	0	42,1725	-0,7668	133,7234
4	6	0	24,4909	0	117,8275	0,7668	143,0851

Στη συνέχεια ακολουθούν αποτελέσματα χρεώσεων για δύο περιπτώσεις:

- 1η περίπτωση: το κόστος που θα επιμεριστεί στους παραγωγούς και στους καταναλωτές είναι ίσο με το ετήσιο κόστος μείον το κόστος συμφόρησης.

$$TC_1 = TC - SRMC = 340 - 66,5957 = 273,4043 \text{ k€}$$

- 2η περίπτωση: το κόστος που θα επιμεριστεί στους παραγωγούς και στους καταναλωτές είναι ίσο με το ετήσιο κόστος (αγνοείται το κόστος συμφόρησης).

$$TC_2 = TC = 340 \text{ k€}$$

Σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται αποτελέσματα από τρεις περιπτώσεις επιμερισμού κόστους:

- 1) 0% χρέωση για παραγωγούς και 100% χρέωση για καταναλωτές
- 2) 30% χρέωση για παραγωγούς και 70% χρέωση για καταναλωτές
- 3) 50% χρέωση για παραγωγούς και 50% χρέωση για καταναλωτές

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τη χρέωση των χρηστών ως ποσοστό του ετήσιου κόστους (340k€). Οι μέθοδοι χρέωσης αναγράφονται στη 1η στήλη κάθε πίνακα και είναι: αρχική MW-mile (MW-mile), unused absolute MW-mile (unused abs), unused zero counter flow MW-mile (unused zcf), unused reverse MW-mile (unused reverse), used absolute MW-mile (used abs), used zero counter flow MW-mile (used zcf), used reverse MW-mile (used reverse) και postage stamp. Στην τελευταία στήλη των πινάκων μπορεί να παρατηρηθεί αν ανακτάται πλήρως το κόστος, ή γίνεται υποανάκτηση ή υπερανάκτηση.

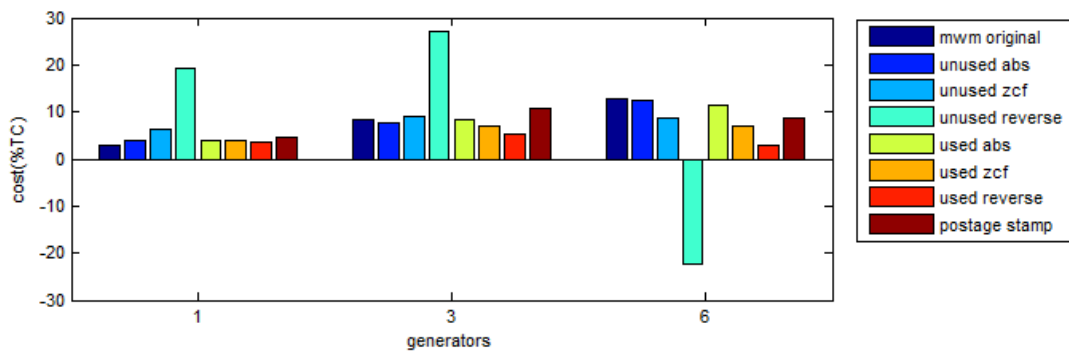
Αποτελέσματα επιμερισμού κόστους για την 1η περίπτωση του σεναρίου 1, $TC_1=273,4043\text{k€}$:

- Χρέωση παραγωγών:

1. Με τους συντελεστές GGDF

Πίνακας 6.16: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (0 & 30% TC_1).

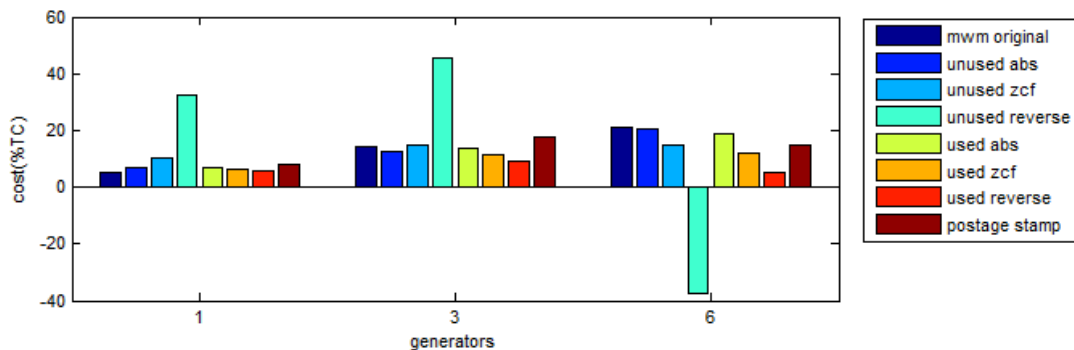
GGDF		0% TC_1			30% $TC_1 = 82,0213 \text{ k€}$			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	10,0865	28,7804	43,1544	82,0213
unused abs	tc(k€)	0	0	0	13,8208	25,8318	42,3687	82,0213
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	21,4975	30,7173	29,8065	82,0213
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	65,8179	92,4135	-76,2102	82,0213
used abs	tc(k€)	0	0	0	13,9066	28,3346	38,3870	80,6282
used zcf	tc(k€)	0	0	0	12,9453	23,3554	24,2506	60,5513
used reverse	tc(k€)	0	0	0	11,9839	18,3762	10,1142	40,4743
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	16,1884	35,9589	29,8739	82,0213



Σχήμα 6.2: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (30% TC_1).

Πίνακας 6.17: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC_1).

GGDF		50% $TC_1 = 136,7021$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	16,8108	47,9673	71,9239	136,7021
unused abs	tc(k€)	23,0347	43,0530	70,6144	136,7021
unused zcf	tc(k€)	35,8291	51,1956	49,6774	136,7021
unused reverse	tc(k€)	109,6965	154,0225	-127,0169	136,7021
used abs	tc(k€)	23,1777	47,2244	63,9783	134,3804
used zcf	tc(k€)	21,5754	38,9257	40,4177	100,9188
used reverse	tc(k€)	19,9731	30,6269	16,8571	67,4571
postage stamp	tc(k€)	26,9807	59,9316	49,7899	136,7021

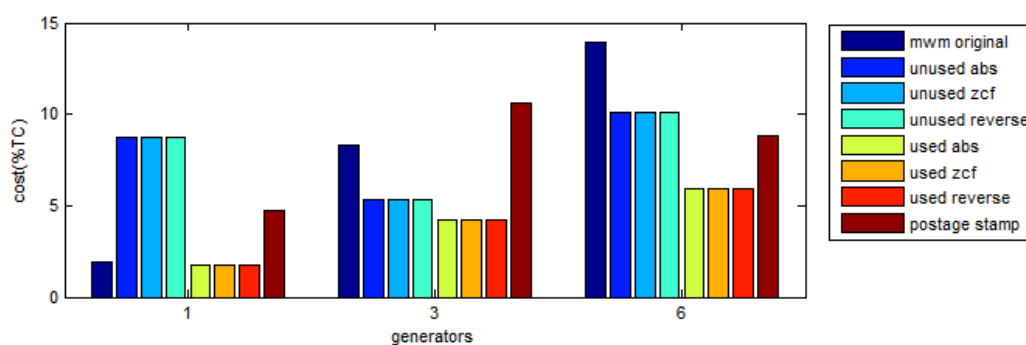


Σχήμα 6.3: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC_1).

2) Με τη μέθοδο Bialek upstream

Πίνακας 6.18: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (0 & 30% TC_1).

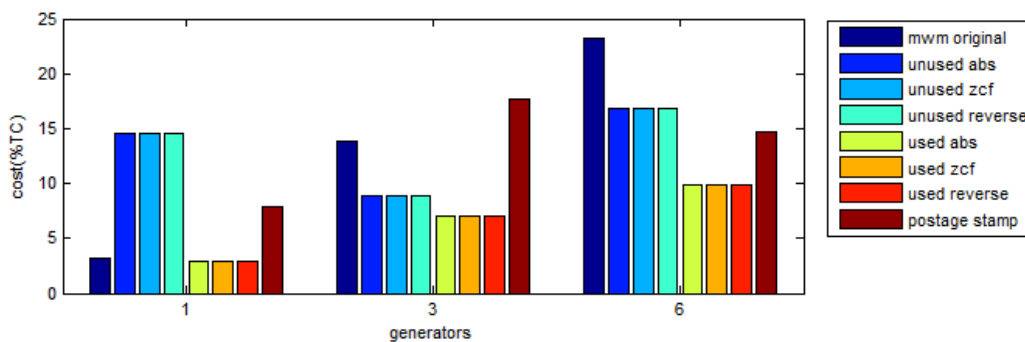
Bialek upstream		0% TC_1			30% $TC_1 = 82,0213$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	0	0	0	6,4685	28,1658	47,3870	82,0213
unused abs	tc(κ€)	0	0	0	29,6063	18,1672	34,2477	82,0213
unused zcf	tc(κ€)	0	0	0	29,6063	18,1672	34,2477	82,0213
unused reverse	tc(κ€)	0	0	0	29,6063	18,1672	34,2477	82,0213
used abs	tc(κ€)	0	0	0	5,9796	14,2755	20,2191	40,4743
used zcf	tc(κ€)	0	0	0	5,9796	14,2755	20,2191	40,4743
used reverse	tc(κ€)	0	0	0	5,9796	14,2755	20,2191	40,4743
postage stamp	tc(κ€)	0	0	0	16,1884	35,9589	29,8739	82,0213



Σχήμα 6.4: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC_1).

Πίνακας 6.19: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC_1).

Bialek upstream		50% $TC_1 = 136,7021$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	10,7809	46,9430	78,9783	136,7021
unused abs	tc(κ€)	49,3439	30,2787	57,0795	136,7021
unused zcf	tc(κ€)	49,3439	30,2787	57,0795	136,7021
unused reverse	tc(κ€)	49,3439	30,2787	57,0795	136,7021
used abs	tc(κ€)	9,9661	23,7925	33,6986	67,4571
used zcf	tc(κ€)	9,9661	23,7925	33,6986	67,4571
used reverse	tc(κ€)	9,9661	23,7925	33,6986	67,4571
postage stamp	tc(κ€)	26,9807	59,9316	49,7899	136,7021

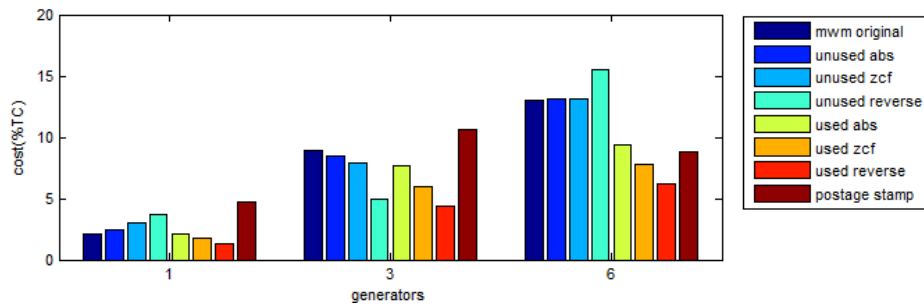


Σχήμα 6.5: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC_1).

3) Με βάση τις συναλλαγές

Πίνακας 6.20: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (0 & 30% TC_1).

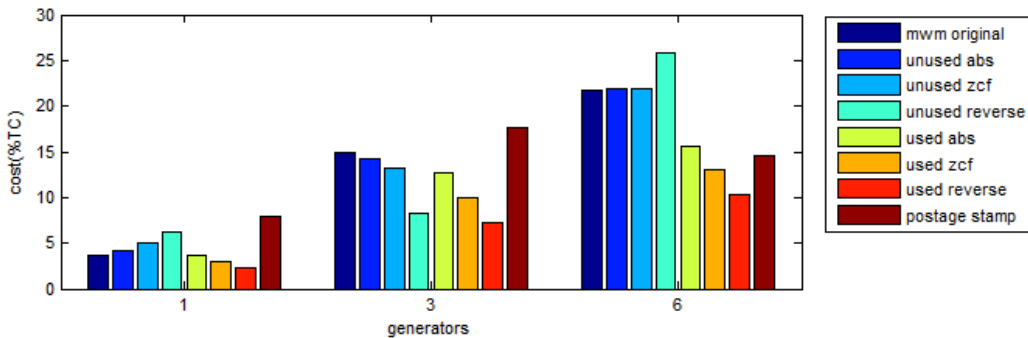
Transactions		0% TC_1			30% $TC_1 = 82,0213$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	7,3062	30,4441	44,2711	82,0213
unused abs	tc(k€)	0	0	0	8,4793	28,9099	44,6321	82,0213
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	10,3290	26,9716	44,7207	82,0213
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	12,5993	16,8475	52,5744	82,0213
used abs	tc(k€)	0	0	0	7,3374	25,9236	31,9058	65,1667
used zcf	tc(k€)	0	0	0	5,9346	20,3497	26,5362	52,8205
used reverse	tc(k€)	0	0	0	4,5319	14,7758	21,1666	40,4743
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	16,1884	35,9589	29,8739	82,0213



Σχήμα 6.6: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC_1).

Πίνακας 6.21: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC_1).

Transactions		50% $TC_1 = 136,7021$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	12,1769	50,7401	73,7851	136,7021
unused abs	tc(k€)	14,1321	48,1832	74,3868	136,7021
unused zcf	tc(k€)	17,2150	44,9526	74,5345	136,7021
unused reverse	tc(k€)	20,9988	28,0792	87,6240	136,7021
used abs	tc(k€)	12,2289	43,2060	53,1763	108,6112
used zcf	tc(k€)	9,8911	33,9161	44,2270	88,0342
used reverse	tc(k€)	7,5532	24,6263	35,2777	67,4571
postage stamp	tc(k€)	26,9807	59,9316	49,7899	136,7021



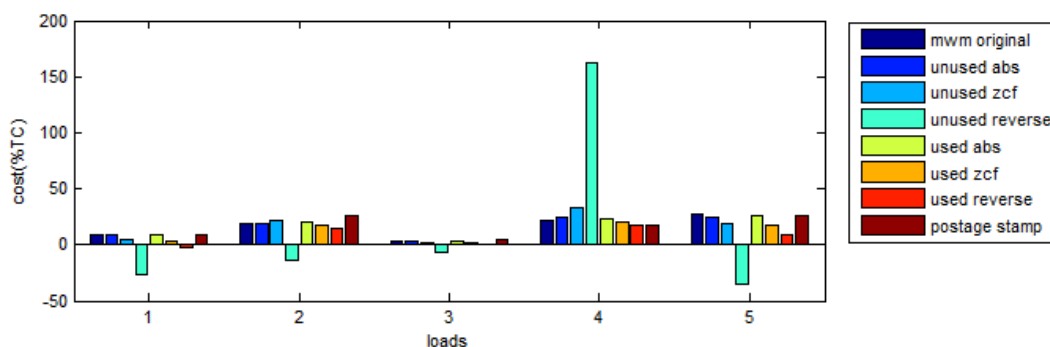
Σχήμα 6.7: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC_1).

- Χρέωση καταναλωτών:

1) Με τους συντελεστές GLDF:

Πίνακας 6.22: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₁).

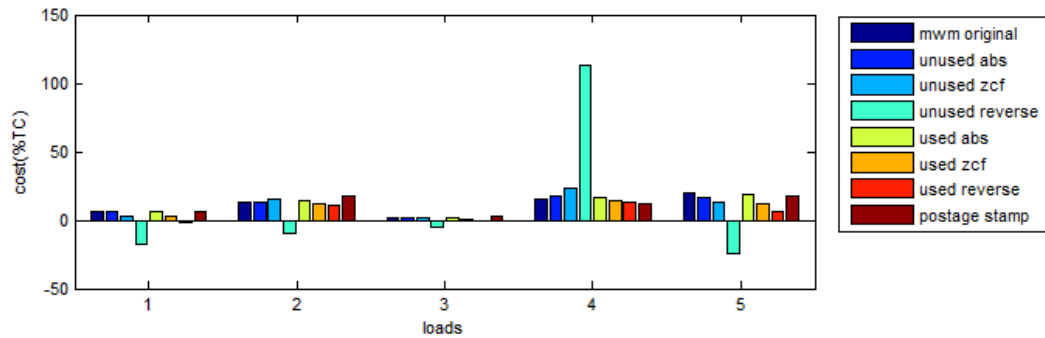
GLDF		100%TC ₁ = 273,4043 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	30,4469	63,5985	10,8338	74,1442	94,3809	273,4043
unused abs	tc(κ€)	31,6246	64,5504	9,4016	85,0835	82,7441	273,4043
unused zcf	tc(κ€)	14,4735	75,1828	6,2308	111,8077	65,7094	273,4043
unused reverse	tc(κ€)	-88,2302	-46,6340	-22,5914	551,5586	-120,6986	273,4043
used abs	tc(κ€)	32,4427	68,2941	10,3773	79,2630	88,8877	279,2649
used zcf	tc(κ€)	12,6698	59,2851	5,0622	70,3867	59,6857	207,0896
used reverse	tc(κ€)	-7,1032	50,2761	-0,2528	61,5104	30,4837	134,9142
postage stamp	tc(κ€)	28,7794	86,3382	14,3897	57,5588	86,3382	273,4043



Σχήμα 6.8: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₁).

Πίνακας 6.23: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC₁).

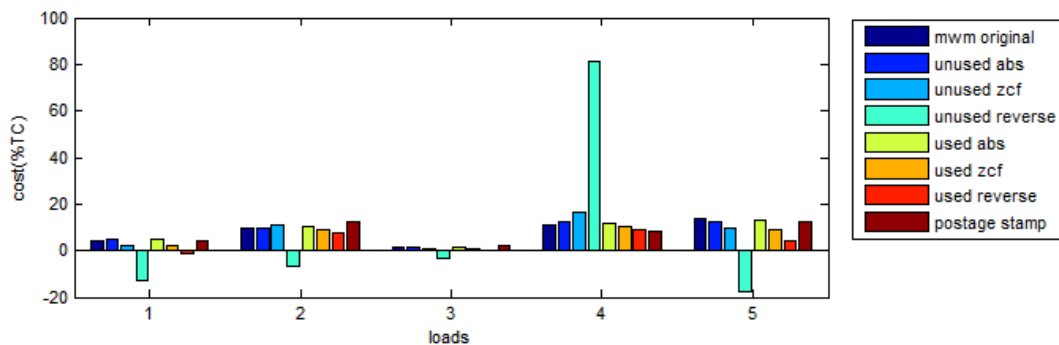
GLDF		70%TC ₁ = 191,383 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	21,3128	44,5189	7,5836	51,9010	66,0666	191,3830
unused abs	tc(κ€)	22,1372	45,1853	6,5811	59,5585	57,9209	191,3830
unused zcf	tc(κ€)	10,1315	52,6280	4,3616	78,2654	45,9966	191,3830
unused reverse	tc(κ€)	-61,7612	-32,6438	-15,8140	386,0910	-84,4891	191,3830
used abs	tc(κ€)	22,7099	47,8059	7,2641	55,4841	62,2214	195,4855
used zcf	tc(κ€)	8,8688	41,4996	3,5436	49,2707	41,7800	144,9627
used reverse	tc(κ€)	-4,9722	35,1933	-0,1770	43,0573	21,3386	94,4400
postage stamp	tc(κ€)	20,1456	60,4367	10,0728	40,2912	60,4367	191,3830



Σχήμα 6.9: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC_1).

Πίνακας 6.24: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC_1).

GLDF		50% $TC_1 = 136,7021$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	15,2235	31,7992	5,4169	37,0721	47,1904	136,7021
unused abs	tc(k€)	15,8123	32,2752	4,7008	42,5418	41,3721	136,7021
unused zcf	tc(k€)	7,2368	37,5914	3,1154	55,9039	32,8547	136,7021
unused reverse	tc(k€)	-44,1151	-23,3170	-11,2957	275,7793	-60,3493	136,7021
used abs	tc(k€)	16,2214	34,1471	5,1887	39,6315	44,4439	139,6325
used zcf	tc(k€)	6,3349	29,6426	2,5311	35,1934	29,8429	103,5448
used reverse	tc(k€)	-3,5516	25,1381	-0,1264	30,7552	15,2419	67,4571
postage stamp	tc(k€)	14,3897	43,1691	7,1948	28,7794	43,1691	136,7021

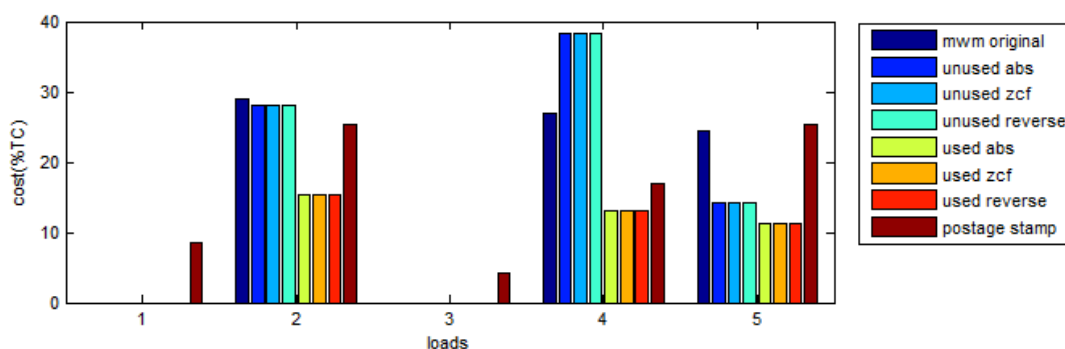


Σχήμα 6.10: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC_1).

2) Με τη μέθοδο Bialek downstream

Πίνακας 6.25: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC_1).

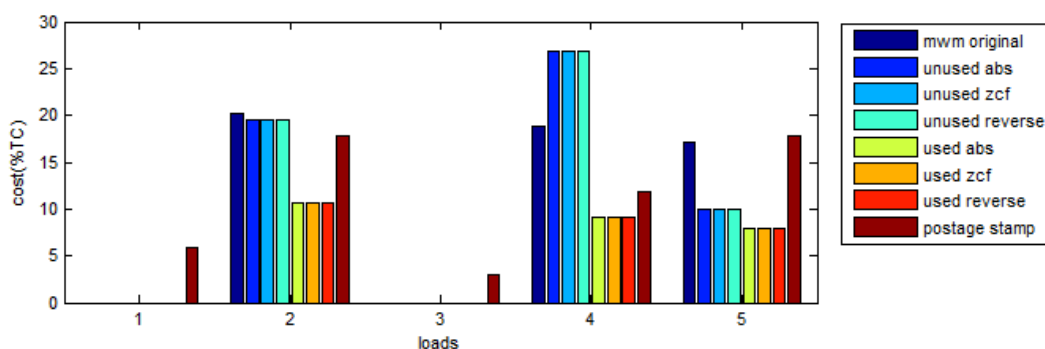
Bialek downstream		100% $TC_1 = 273,4043$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	98,4430	0	91,6549	83,3063	273,4043
unused abs	tc(k€)	0	95,1045	0	130,0520	48,2478	273,4043
unused zcf	tc(k€)	0	95,1045	0	130,0520	48,2478	273,4043
unused reverse	tc(k€)	0	95,1045	0	130,0520	48,2478	273,4043
used abs	tc(k€)	0	51,8269	0	44,4891	38,5982	134,9142
used zcf	tc(k€)	0	51,8269	0	44,4891	38,5982	134,9142
used reverse	tc(k€)	0	51,8269	0	44,4891	38,5982	134,9142
postage stamp	tc(k€)	28,7794	86,3382	14,3897	57,5588	86,3382	273,4043



Σχήμα 6.11: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC_1).

Πίνακας 6.26: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC_1).

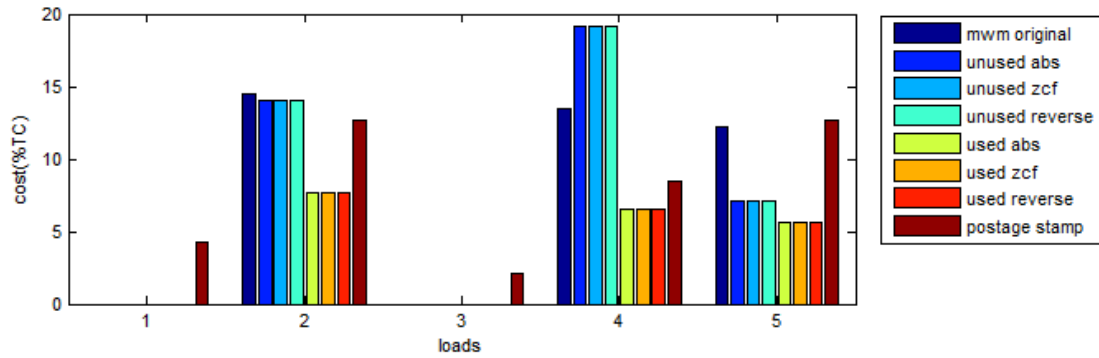
Bialek downstream		70% $TC_1 = 191,383$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	68,9101	0	64,1585	58,3144	191,3830
unused abs	tc(k€)	0	66,5731	0	91,0364	33,7735	191,3830
unused zcf	tc(k€)	0	66,5731	0	91,0364	33,7735	191,3830
unused reverse	tc(k€)	0	66,5731	0	91,0364	33,7735	191,3830
used abs	tc(k€)	0	36,2788	0	31,1424	27,0188	94,4400
used zcf	tc(k€)	0	36,2788	0	31,1424	27,0188	94,4400
used reverse	tc(k€)	0	36,2788	0	31,1424	27,0188	94,4400
postage stamp	tc(k€)	20,1456	60,4367	10,0728	40,2912	60,4367	191,3830



Σχήμα 6.12: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC_1).

Πίνακας 6.27: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC_1).

Bialek downstream		50% $TC_1 = 136,7021$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	49,2215	0	45,8275	41,6532	136,7021
unused abs	tc(k€)	0	47,5522	0	65,0260	24,1239	136,7021
unused zcf	tc(k€)	0	47,5522	0	65,0260	24,1239	136,7021
unused reverse	tc(k€)	0	47,5522	0	65,0260	24,1239	136,7021
used abs	tc(k€)	0	25,9134	0	22,2445	19,2991	67,4571
used zcf	tc(k€)	0	25,9134	0	22,2445	19,2991	67,4571
used reverse	tc(k€)	0	25,9134	0	22,2445	19,2991	67,4571
postage stamp	tc(k€)	14,3897	43,1691	7,1948	28,7794	43,1691	136,7021

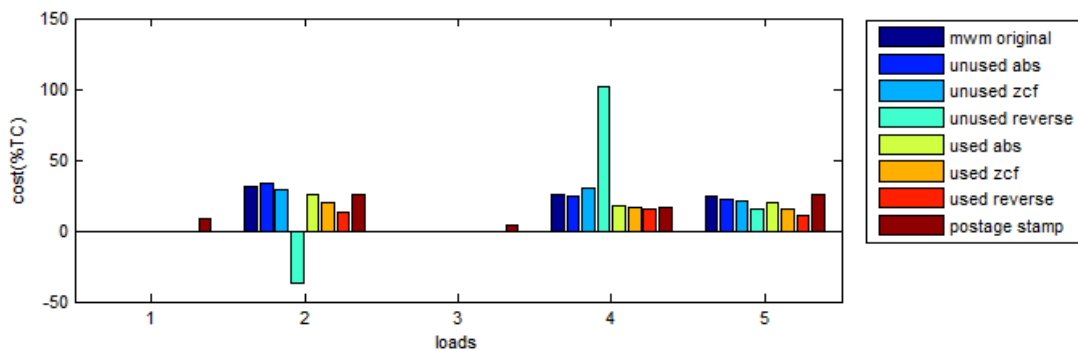


Σχήμα 6.13: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC_1).

3) Με βάση τις συναλλαγές

Πίνακας 6.28: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC_1).

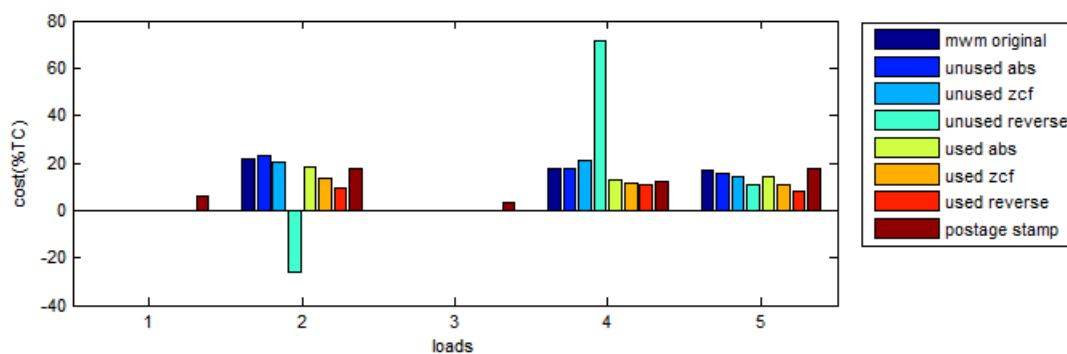
Transactions		100% $TC_1 = 273,4043$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	105,1320	0	85,2981	82,9742	273,4043
unused abs	tc(k€)	0	112,4398	0	84,6372	76,3273	273,4043
unused zcf	tc(k€)	0	100,2978	0	103,1420	69,9644	273,4043
unused reverse	tc(k€)	0	-126,2761	0	347,1639	52,5165	273,4043
used abs	tc(k€)	0	87,9219	0	61,4736	67,8270	217,2224
used zcf	tc(k€)	0	66,2339	0	57,0342	52,8003	176,0683
used reverse	tc(k€)	0	44,5459	0	52,5947	37,7736	134,9142
postage stamp	tc(k€)	28,7794	86,3382	14,3897	57,5588	86,3382	273,4043



Σχήμα 6.14: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC_1).

Πίνακας 6.29: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC_1).

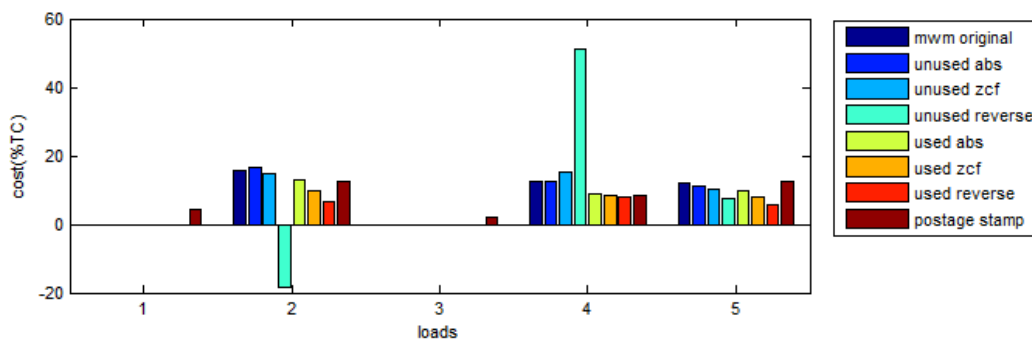
Transactions		70% $TC_1 = 191,383$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	73,5924	0	59,7086	58,0820	191,3830
unused abs	tc(k€)	0	78,7079	0	59,2460	53,4291	191,3830
unused zcf	tc(k€)	0	70,2085	0	72,1994	48,9751	191,3830
unused reverse	tc(k€)	0	-88,3933	0	243,0148	36,7615	191,3830
used abs	tc(k€)	0	61,5453	0	43,0315	47,4789	152,0557
used zcf	tc(k€)	0	46,3637	0	39,9239	36,9602	123,2478
used reverse	tc(k€)	0	31,1821	0	36,8163	26,4415	94,4400
postage stamp	tc(k€)	20,1456	60,4367	10,0728	40,2912	60,4367	191,3830



Σχήμα 6.15: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₁).

Πίνακας 6.30: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₁).

Transactions		50%TC ₁ = 136,7021 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	0	52,5660	0	42,6490	41,4871	136,7021
unused abs	tc(κ€)	0	56,2199	0	42,3186	38,1636	136,7021
unused zcf	tc(κ€)	0	50,1489	0	51,5710	34,9822	136,7021
unused reverse	tc(κ€)	0	-63,1381	0	173,5820	26,2582	136,7021
used abs	tc(κ€)	0	43,9609	0	30,7368	33,9135	108,6112
used zcf	tc(κ€)	0	33,1170	0	28,5171	26,4001	88,0342
used reverse	tc(κ€)	0	22,2730	0	26,2974	18,8868	67,4571
postage stamp	tc(κ€)	14,3897	43,1691	7,1948	28,7794	43,1691	136,7021



Σχήμα 6.16: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₁).

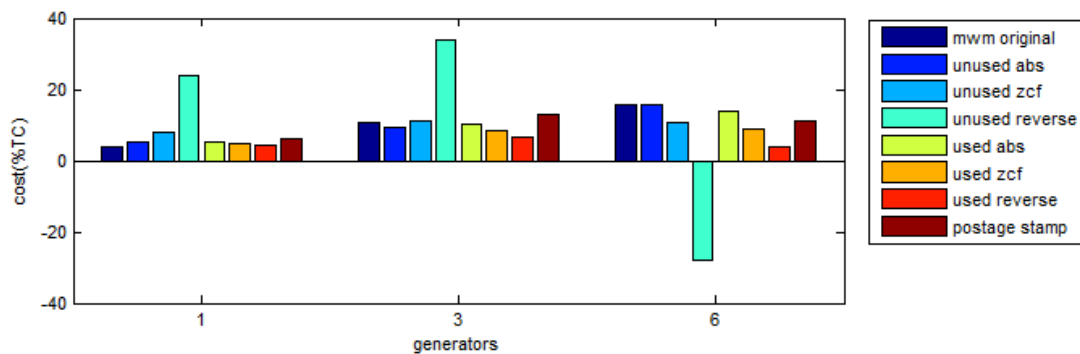
Αποτελέσματα επιμερισμού κόστους για την 2η περίπτωση του σεναρίου 1 ($TC_2 = 340$ κ€):

- Χρέωση παραγωγών:

1. Με τους συντελεστές GGDF

Πίνακας 6.31: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (0 & 30% TC_2).

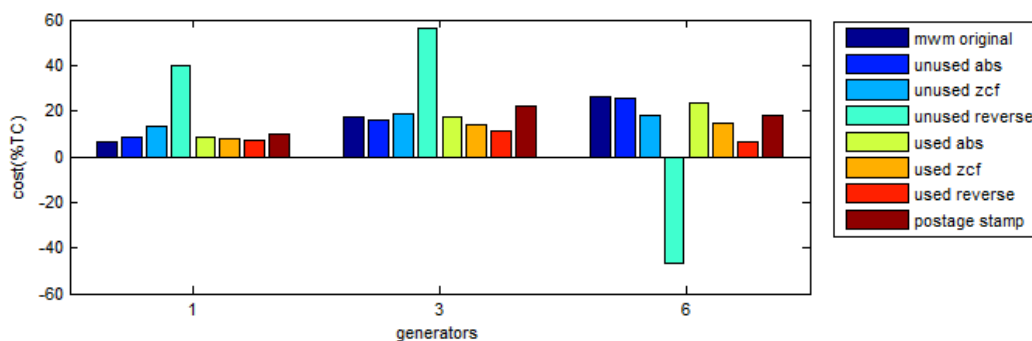
GGDF		0% TC_2			30% $TC_2 = 102$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	0	0	0	12,5434	35,7907	53,6659	102,0000
unused abs	tc(κ€)	0	0	0	17,1873	32,1239	52,6888	102,0000
unused zcf	tc(κ€)	0	0	0	26,7338	38,1995	37,0667	102,0000
unused reverse	tc(κ€)	0	0	0	81,8498	114,9236	-94,7734	102,0000
used abs	tc(κ€)	0	0	0	17,2940	35,2364	47,7372	100,2677
used zcf	tc(κ€)	0	0	0	16,0985	29,0443	30,1576	75,3003
used reverse	tc(κ€)	0	0	0	14,9029	22,8522	12,5779	50,3330
postage stamp	tc(κ€)	0	0	0	20,1316	44,7178	37,1506	102,0000



Σχήμα 6.17: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (30% TC_2).

Πίνακας 6.32: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC_2).

GGDF		50% $TC_2 = 170$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	20,9056	59,6512	89,4432	170,0000
unused abs	tc(κ€)	28,6455	53,5398	87,8147	170,0000
unused zcf	tc(κ€)	44,5564	63,6658	61,7778	170,0000
unused reverse	tc(κ€)	136,4164	191,5393	-157,9557	170,0000
used abs	tc(κ€)	28,8234	58,7273	79,5621	167,1128
used zcf	tc(κ€)	26,8308	48,4072	50,2626	125,5005
used reverse	tc(κ€)	24,8382	38,0870	20,9631	83,8883
postage stamp	tc(κ€)	33,5526	74,5297	61,9177	170,0000

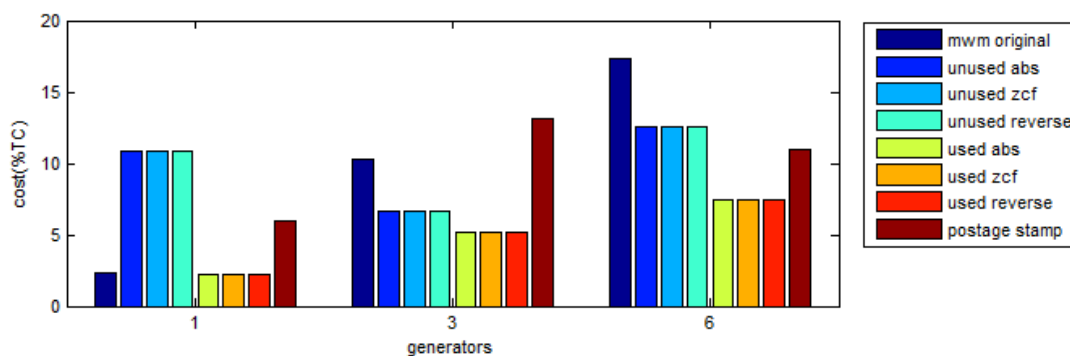


Σχήμα 6.18: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC₂).

2) Με τη μέθοδο Bialek upstream

Πίνακας 6.33: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (0 & 30% TC₂).

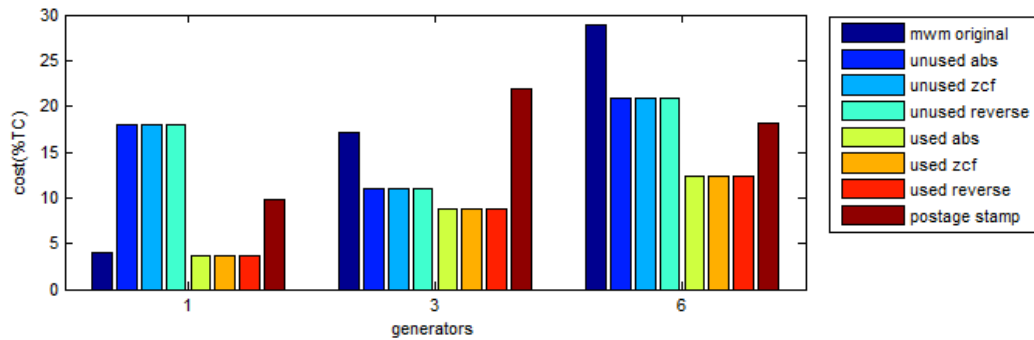
Bialek upstream		0%TC ₂			30%TC ₂ =102 k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	8,0441	35,0264	58,9295	102,0000
unused abs	tc(k€)	0	0	0	36,8178	22,5924	42,5898	102,0000
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	36,8178	22,5924	42,5898	102,0000
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	36,8178	22,5924	42,5898	102,0000
used abs	tc(k€)	0	0	0	7,4362	17,7527	25,1441	50,3330
used zcf	tc(k€)	0	0	0	7,4362	17,7527	25,1441	50,3330
used reverse	tc(k€)	0	0	0	7,4362	17,7527	25,1441	50,3330
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	20,1316	44,7178	37,1506	102,0000



Σχήμα 6.19: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC₂).

Πίνακας 6.34: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₂).

Bialek upstream		50%TC ₂ = 170 k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	13,4069	58,3773	98,2158	170,0000
unused abs	tc(k€)	61,3630	37,6540	70,9830	170,0000
unused zcf	tc(k€)	61,3630	37,6540	70,9830	170,0000
unused reverse	tc(k€)	61,3630	37,6540	70,9830	170,0000
used abs	tc(k€)	12,3936	29,5879	41,9068	83,8883
used zcf	tc(k€)	12,3936	29,5879	41,9068	83,8883
used reverse	tc(k€)	12,3936	29,5879	41,9068	83,8883
postage stamp	tc(k€)	33,5526	74,5297	61,9177	170,0000

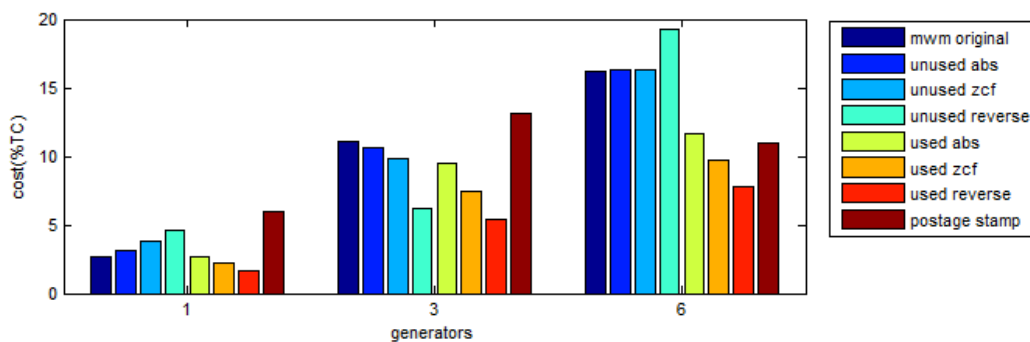


Σχήμα 6.20: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC_2).

3) Με βάση τις συναλλαγές

Πίνακας 6.35: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (0 & 30% TC_2).

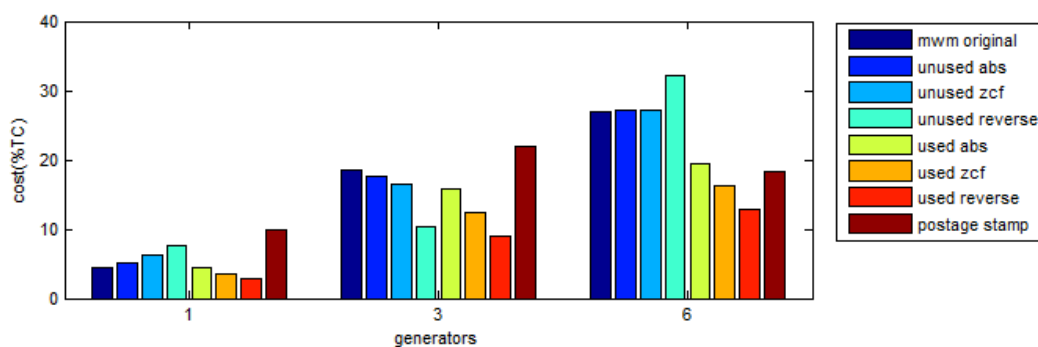
Transactions		0% TC_2			30% $TC_2 = 102 \text{ k€}$			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	9,0858	37,8596	55,0546	102,0000
unused abs	tc(k€)	0	0	0	10,5447	35,9518	55,5036	102,0000
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	12,8449	33,5413	55,6138	102,0000
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	15,6682	20,9513	65,3805	102,0000
used abs	tc(k€)	0	0	0	9,1246	32,2381	39,6774	81,0400
used zcf	tc(k€)	0	0	0	7,3802	25,3065	32,9999	65,6865
used reverse	tc(k€)	0	0	0	5,6358	18,3748	26,3224	50,3330
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	20,1316	44,7178	37,1506	102,0000



Σχήμα 6.21: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC_2).

Πίνακας 6.36: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC_2).

Transactions		50% $TC_2 = 170 \text{ k€}$			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	15,1430	63,0994	91,7576	170,0000
unused abs	tc(k€)	17,5744	59,9196	92,5060	170,0000
unused zcf	tc(k€)	21,4082	55,9022	92,6896	170,0000
unused reverse	tc(k€)	26,1137	34,9188	108,9675	170,0000
used abs	tc(k€)	15,2077	53,7301	66,1289	135,0667
used zcf	tc(k€)	12,3003	42,1774	54,9998	109,4775
used reverse	tc(k€)	9,3930	30,6247	43,8706	83,8883
postage stamp	tc(k€)	33,5526	74,5297	61,9177	170,0000



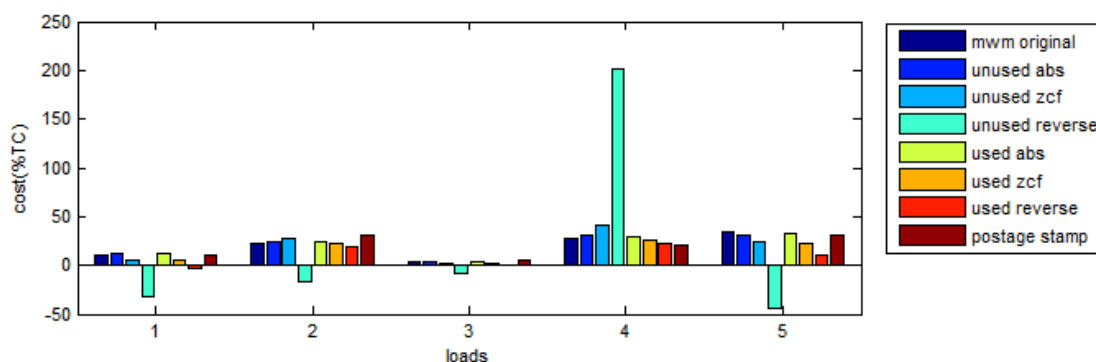
Σχήμα 6.22: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₂).

- Χρέωση καταναλωτών:

1) Με τους συντελεστές GLDF:

Πίνακας 6.37: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₂).

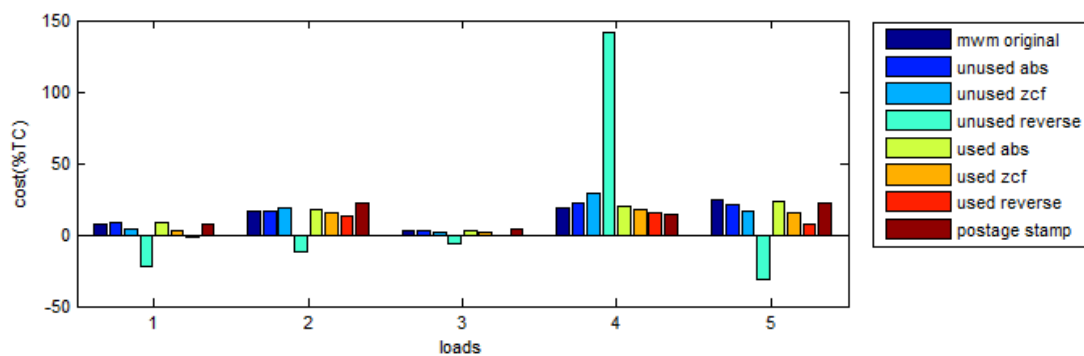
GLDF		100%TC ₂ = 340 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	37,8632	79,0898	13,4726	92,2043	117,3702	340,0000
unused abs	tc(κ€)	39,3277	80,2736	11,6916	105,8082	102,8989	340,0000
unused zcf	tc(κ€)	17,9990	93,4958	7,7486	139,0418	81,7149	340,0000
unused reverse	tc(κ€)	-109,7213	-57,9931	-28,0943	685,9071	-150,0984	340,0000
used abs	tc(κ€)	40,3451	84,9292	12,9050	98,5699	110,5390	347,2882
used zcf	tc(κ€)	15,7559	73,7258	6,2953	87,5315	74,2240	257,5324
used reverse	tc(κ€)	-8,8333	62,5224	-0,3144	76,4931	37,9089	167,7766
postage stamp	tc(κ€)	35,7895	107,3684	17,8947	71,5789	107,3684	340,0000



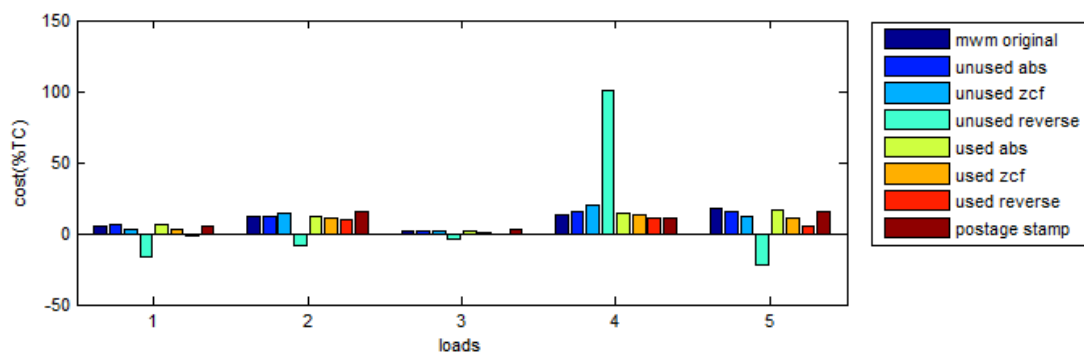
Σχήμα 6.23: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₂).

Πίνακας 6.38: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC₂).

GLDF		70%TC ₂ = 238 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	26,5042	55,3629	9,4309	64,5430	82,1591	238,0000
unused abs	tc(κ€)	27,5294	56,1915	8,1841	74,0657	72,0292	238,0000
unused zcf	tc(κ€)	12,5993	65,4471	5,4240	97,3293	57,2004	238,0000
unused reverse	tc(κ€)	-76,8049	-40,5952	-19,6660	480,1350	-105,0689	238,0000
used abs	tc(κ€)	28,2416	59,4505	9,0335	68,9989	77,3773	243,1018
used zcf	tc(κ€)	11,0291	51,6081	4,4067	61,2720	51,9568	180,2727
used reverse	tc(κ€)	-6,1833	43,7656	-0,2201	53,5452	26,5363	117,4436
postage stamp	tc(κ€)	25,0526	75,1579	12,5263	50,1053	75,1579	238,0000

Σχήμα 6.24: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC₂).Πίνακας 6.39: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC₂).

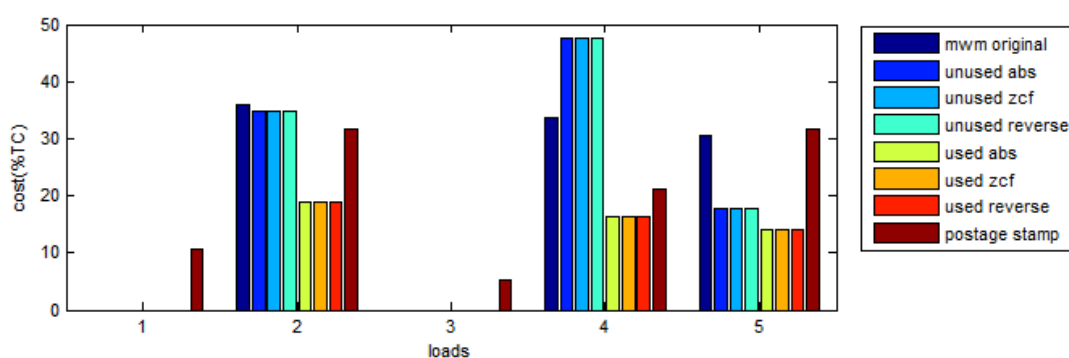
GLDF		50%TC ₂ = 170 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	18,9316	39,5449	6,7363	46,1021	58,6851	170,0000
unused abs	tc(κ€)	19,6639	40,1368	5,8458	52,9041	51,4495	170,0000
unused zcf	tc(κ€)	8,9995	46,7479	3,8743	69,5209	40,8574	170,0000
unused reverse	tc(κ€)	-54,8607	-28,9965	-14,0471	342,9535	-75,0492	170,0000
used abs	tc(κ€)	20,1725	42,4646	6,4525	49,2850	55,2695	173,6441
used zcf	tc(κ€)	7,8779	36,8629	3,1476	43,7657	37,1120	128,7662
used reverse	tc(κ€)	-4,4167	31,2612	-0,1572	38,2465	18,9545	83,8883
postage stamp	tc(κ€)	17,8947	53,6842	8,9474	35,7895	53,6842	170,0000

Σχήμα 6.25: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC₂).

2) Με τη μέθοδο Bialek downstream

Πίνακας 6.40: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC_2).

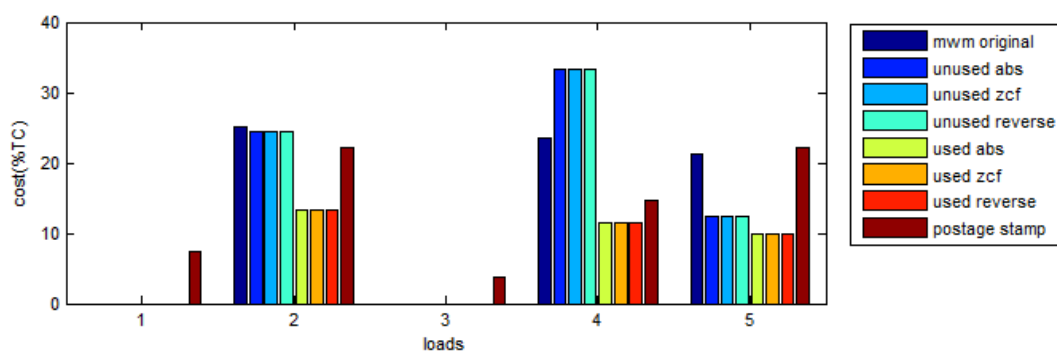
Bialek downstream		100% $TC_2 = 340$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	122,4217	0	113,9802	103,5981	340,0000
unused abs	tc(k€)	0	118,2700	0	161,7300	60	340,0000
unused zcf	tc(k€)	0	118,2700	0	161,7300	60	340,0000
unused reverse	tc(k€)	0	118,2700	0	161,7300	60	340,0000
used abs	tc(k€)	0	64,4509	0	55,3257	48	167,7766
used zcf	tc(k€)	0	64,4509	0	55,3257	48	167,7766
used reverse	tc(k€)	0	64,4509	0	55,3257	48	167,7766
postage stamp	tc(k€)	35,7895	107,3684	17,8947	71,5789	107,3684	340,0000



Σχήμα 6.26: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC_2).

Πίνακας 6.41: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC_2).

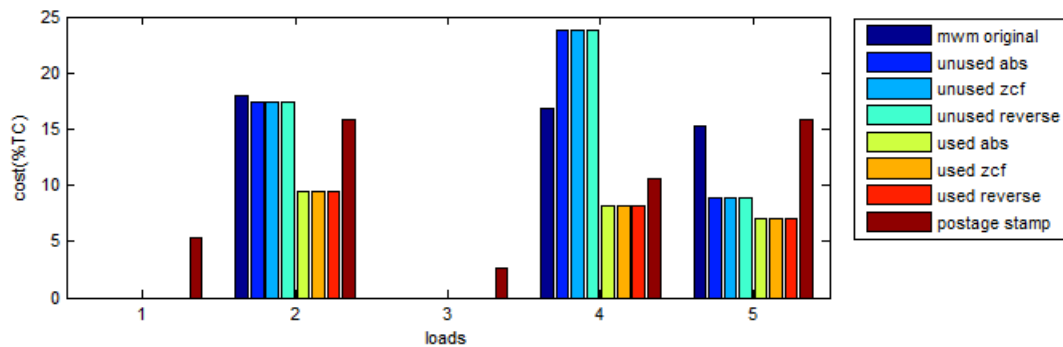
Bialek downstream		70% $TC_2 = 238$ k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	85,6952	0	79,7862	72,5186	238,0000
unused abs	tc(k€)	0	82,7890	0	113,2110	42	238,0000
unused zcf	tc(k€)	0	82,7890	0	113,2110	42	238,0000
unused reverse	tc(k€)	0	82,7890	0	113,2110	42	238,0000
used abs	tc(k€)	0	45,1156	0	38,7280	33,6000	117,4436
used zcf	tc(k€)	0	45,1156	0	38,7280	33,6000	117,4436
used reverse	tc(k€)	0	45,1156	0	38,7280	33,6000	117,4436
postage stamp	tc(k€)	25,0526	75,1579	12,5263	50,1053	75,1579	238,0000



Σχήμα 6.27: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC_2).

Πίνακας 6.42: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₂).

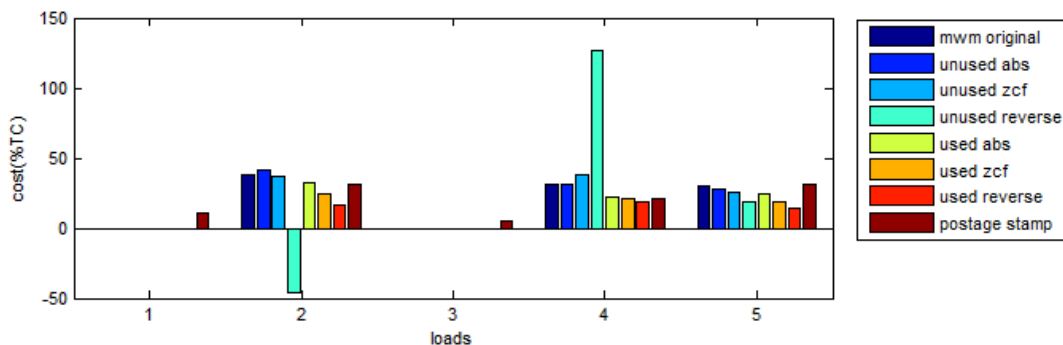
Bialek downstream		50%TC ₂ = 170 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	61,2109	0	56,9901	51,7990	170,0000
unused abs	tc(k€)	0	59,1350	0	80,8650	30	170,0000
unused zcf	tc(k€)	0	59,1350	0	80,8650	30	170,0000
unused reverse	tc(k€)	0	59,1350	0	80,8650	30	170,0000
used abs	tc(k€)	0	32,2254	0	27,6629	24	83,8883
used zcf	tc(k€)	0	32,2254	0	27,6629	24	83,8883
used reverse	tc(k€)	0	32,2254	0	27,6629	24	83,8883
postage stamp	tc(k€)	17,8947	53,6842	8,9474	35,7895	53,6842	170,0000

Σχήμα 6.28: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₂).

3) Με βάση τις συναλλαγές

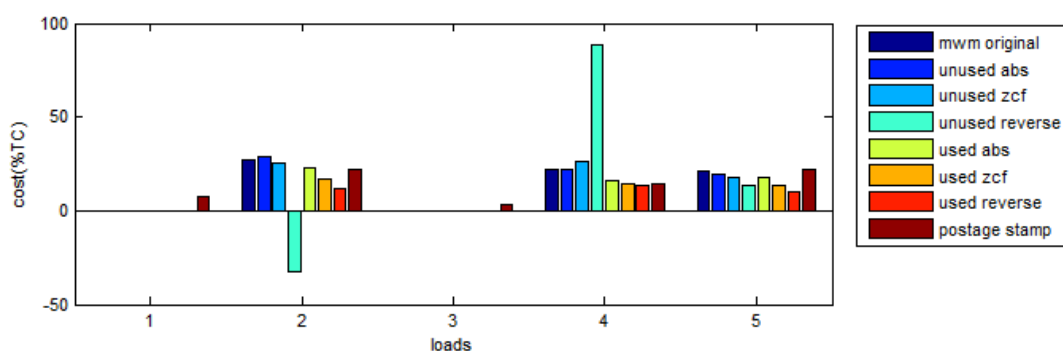
Πίνακας 6.43: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₂).

Transactions		100%TC ₂ = 340 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	130,7400	0	106,0749	103,1851	340,0000
unused abs	tc(k€)	0	139,8279	0	105,2531	94,9190	340,0000
unused zcf	tc(k€)	0	124,7284	0	128,2653	87,0064	340,0000
unused reverse	tc(k€)	0	-157,0344	0	431,7260	65,3084	340,0000
used abs	tc(k€)	0	109,3379	0	76,4473	84,3482	270,1334
used zcf	tc(k€)	0	82,3671	0	70,9265	65,6613	218,9550
used reverse	tc(k€)	0	55,3964	0	65,4058	46,9744	167,7766
postage stamp	tc(k€)	35,7895	107,3684	17,8947	71,5789	107,3684	340,0000

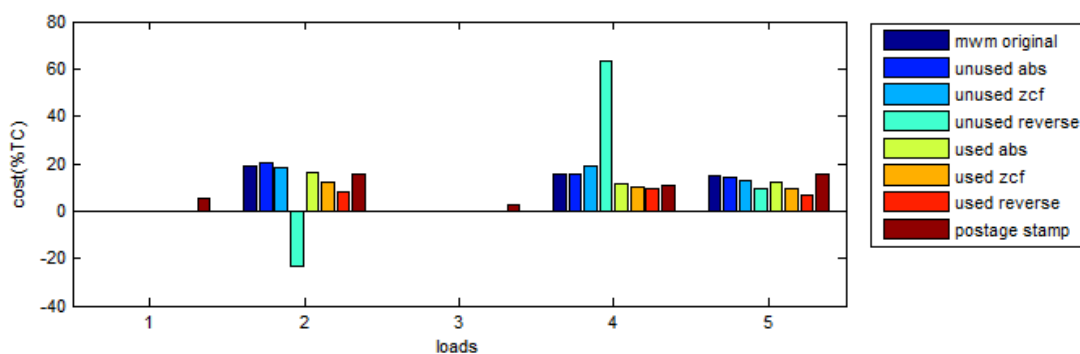
Σχήμα 6.29: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₂).

Πίνακας 6.44: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₂).

Transactions		70%TC ₂ = 238 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	91,5180	0	74,2525	72,2296	238,0000
unused abs	tc(k€)	0	97,8795	0	73,6772	66,4433	238,0000
unused zcf	tc(k€)	0	87,3099	0	89,7857	60,9044	238,0000
unused reverse	tc(k€)	0	-109,9241	0	302,2082	45,7159	238,0000
used abs	tc(k€)	0	76,5365	0	53,5131	59,0438	189,0934
used zcf	tc(k€)	0	57,6570	0	49,6486	45,9629	153,2685
used reverse	tc(k€)	0	38,7775	0	45,7840	32,8821	117,4436
postage stamp	tc(k€)	25,0526	75,1579	12,5263	50,1053	75,1579	238,0000

Σχήμα 6.30: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₂).Πίνακας 6.45: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₂).

Transactions		50%TC ₂ = 170 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	65,3700	0	53,0375	51,5925	170,0000
unused abs	tc(k€)	0	69,9139	0	52,6265	47,4595	170,0000
unused zcf	tc(k€)	0	62,3642	0	64,1326	43,5032	170,0000
unused reverse	tc(k€)	0	-78,5172	0	215,8630	32,6542	170,0000
used abs	tc(k€)	0	54,6689	0	38,2236	42,1741	135,0667
used zcf	tc(k€)	0	41,1836	0	35,4633	32,8307	109,4775
used reverse	tc(k€)	0	27,6982	0	32,7029	23,4872	83,8883
postage stamp	tc(k€)	17,8947	53,6842	8,9474	35,7895	53,6842	170,0000

Σχήμα 6.31: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₂).

ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Με βάση τα δεδομένα του σεναρίου 2 (Πίνακες 6.3 & 6.4) για το σύστημα του Garver υπολογίστηκε αρχικά η dc ροή φορτίου με βάση τους συντελεστές A. Ακολουθούν πίνακες με τις συνεισφορές των χρηστών στη ροή των γραμμών καθώς και ο επιμερισμός τους κόστους μεταφοράς με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και στο σενάριο 1. Το κόστος συμφόρησης σε αυτό το σενάριο είναι μηδέν.

Πίνακας 6.46: DC ροή φορτίου με βάση τους συντελεστές A.

line		Συντελεστές A						Line flow
from bus	to bus	bus1	bus2	bus3	bus4	bus5	bus6	(MW)
1	2	0	-0,4278	-0,2567	-0,3450	-0,1711	-0,4002	-51,2511
1	4	0	-0,2300	-0,1380	-0,3790	-0,0920	-0,2797	-31,7479
1	5	0	-0,3422	-0,6053	-0,2760	-0,7369	-0,3201	52,9991
2	3	0	0,3422	-0,3947	0,2760	-0,2631	0,3201	62,0009
2	4	0	0,0828	0,0497	-0,2236	0,0331	-0,0193	3,6293
3	5	0	0,3422	0,6053	0,2760	-0,2631	0,3201	187,0009
2	6	0	-0,1472	-0,0883	0,3974	-0,0589	-0,2990	-188,1187
4	6	0	0,1472	0,0883	-0,3974	0,0589	-0,7010	-356,8813

Πίνακας 6.47: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τους GGDF.

line		Pg (MW)			SUM
from bus	to bus	Gen1	Gen3	Gen6	(MW)
1	2	-13,7631	-3,0678	68,0821	51,2511
1	4	-9,4369	-8,3726	49,5574	31,7479
1	5	21,5368	-28,8089	60,2711	52,9991
2	3	-3,1158	-75,4016	140,5183	62,0009
2	4	0,3922	9,4911	-6,2541	3,6293
3	5	-5,7473	80,9142	111,8341	187,0009
2	6	0,6972	16,8731	170,5483	188,1187
4	6	-0,6972	-16,8731	374,4517	356,8813

Πίνακας 6.48: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με τη μέθοδο Bialek upstream.

line		Pbialek_upstream (MW)			SUM
from bus	to bus	Gen1	Gen3	Gen6	(MW)
1	2	0	0	51,2511	51,2511
1	4	0	0	31,7479	31,7479
1	5	19,9246	0	33,0745	52,9991
2	3	0	0	62,0009	62,0009
2	4	0	0	3,6293	3,6293
3	5	0	135,9252	51,0757	187,0009
2	6	0	0	188,1187	188,1187
4	6	0	0	356,8813	356,8813

Πίνακας 6.49: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με βάση τους GLDF.

line		Pload (MW)					SUM (MW)
from bus	to bus	Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	
1	2	27,4159	-20,4203	3,4411	-0,3660	41,1805	51,2511
1	4	18,4409	0,1249	3,7007	-23,7622	33,2436	31,7479
1	5	-28,8801	-4,5059	9,7734	-13,6019	90,2135	52,9991
2	3	11,5116	-47,5994	21,5424	-21,1349	97,6812	62,0009
2	4	-0,2455	-20,6077	-2,1099	35,2772	-8,6849	3,6293
3	5	28,8801	4,5059	-9,7734	13,6019	149,7865	187,0009
2	6	18,6864	20,7326	5,8105	100,9606	41,9285	188,1187
4	6	38,6820	151,3727	22,8737	13,7762	130,1767	356,8813

Πίνακας 6.50: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με τη μέθοδο Bialek downstream.

line		Pbialek_downstream (MW)					SUM (MW)
from bus	to bus	Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	
1	2	30,8280	0	0	0	20,4232	51,2511
1	4	19,0966	0	0	0	12,6513	31,7479
1	5	0	0	0	0	52,9991	52,9991
2	3	0	0	10,9252	0	51,0757	62,0009
2	4	0,3614	0	0	3,0284	0,23945	3,6293
3	5	0	0	0	0	187,001	187,0009
2	6	18,7352	0	0	156,9716	12,4118	188,1187
4	6	31,1894	240	10,9252	3,0284	71,7383	356,8813

Πίνακας 6.51.: Συναλλαγές μεταξύ παραγωγών – καταναλωτών.

transactions		Ptrans (MW)
from gen	to load	
1	1	50
3	3	40
3	5	125
6	1	30
6	2	240
6	4	160
6	5	115

Πίνακας 6.52: Συνεισφορά των συναλλαγών στη ροή των γραμμών.

line		transactions							SUM (MW)
from bus	to bus	1	2	3	4	5	6	7	
1	2	0	0	10,6946	12,0055	-6,6237	8,8316	26,3431	51,2511
1	4	0	0	5,7498	8,3901	11,9227	-15,8970	21,5823	31,7479
1	5	0	0	16,4443	-9,6044	5,2990	-7,0653	47,9255	52,9991
2	3	0	0	-16,4443	9,6044	-5,2990	7,0653	67,0745	62,0009
2	4	0	0	2,0699	-0,5796	-24,5078	32,6771	-6,0304	3,6293
3	5	0	0	108,5557	9,6044	-5,2990	7,0653	67,0745	187,0009
2	6	0	0	3,6799	8,9696	36,4305	111,4259	27,6127	188,1187
4	6	0	0	-3,6799	21,0304	203,5695	48,5741	87,3873	356,8813

Πίνακας 6.53: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

line		generators (MW)			SUM (MW)
frombus	tobus	1	3	6	
1	2	0	10,6946	40,5566	51,2511
1	4	0	5,7498	25,9982	31,7479
1	5	0	16,4443	36,5547	52,9991
2	3	0	-16,4443	78,4453	62,0009
2	4	0	2,0699	1,5593	3,6293
3	5	0	108,5557	78,4453	187,0009
2	6	0	3,6799	184,4388	188,1187
4	6	0	-3,6799	360,5612	356,8813

Πίνακας 6.54: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

line		loads (MW)					SUM (MW)
frombus	tobus	1	2	3	4	5	
1	2	12,0055	-6,6237	0	8,8316	37,0377	51,2511
1	4	8,3901	11,9227	0	-15,8970	27,3321	31,7479
1	5	-9,6044	5,2990	0	-7,0653	64,3698	52,9991
2	3	9,6044	-5,2990	0	7,0653	50,6302	62,0009
2	4	-0,5796	-24,5078	0	32,6771	-3,9604	3,6293
3	5	9,6044	-5,2990	0	7,0653	175,6302	187,0009
2	6	8,9696	36,4305	0	111,4259	31,2925	188,1187
4	6	21,0304	203,5695	0	48,5741	83,7075	356,8813

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αποτελέσματα από τις τρεις περιπτώσεις επιμερισμού κόστους:

- 1) 0% χρέωση για παραγωγούς και 100% χρέωση για καταναλωτές
- 2) 30% χρέωση για παραγωγούς και 70% χρέωση για καταναλωτές
- 3) 50% χρέωση για παραγωγούς και 50% χρέωση για καταναλωτές

Το συνολικό κόστος που θα επιμεριστεί στους χρήστες είναι ίσο με το ετήσιο κόστος απόσβεσης όπως προκύπτει από τον Πίνακα 4.3:

$$TC_3 = TC = 400k\text{€}.$$

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τη χρέωση των χρηστών ως ποσοστό του ετήσιου κόστους (400k€).

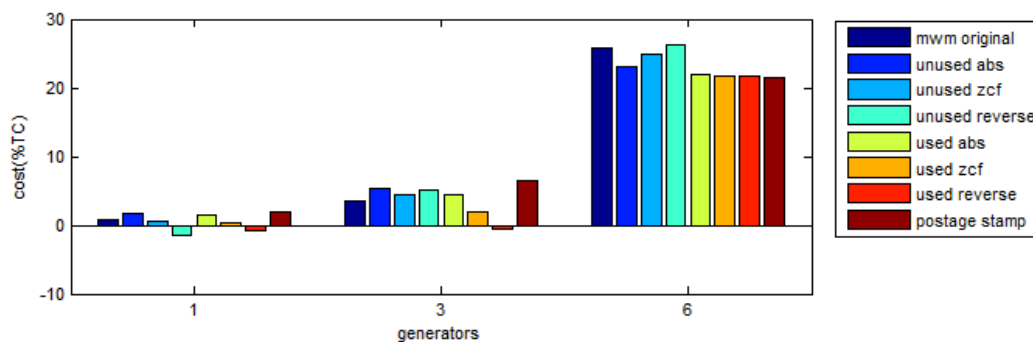
Αποτελέσματα επιμερισμού κόστους για το σενάριο 2 ($TC_3 = 400$ κ€):

- Χρέωση παραγωγών:

1. Με τους συντελεστές GGDF

Πίνακας 6.55: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (0 & 30% TC_3).

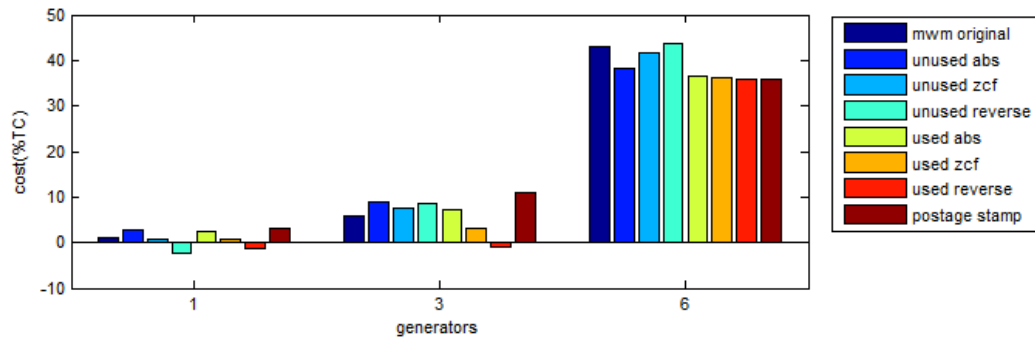
GGDF		0% TC_3			30% $TC_3 = 120$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	0	0	0	2,9366	13,8797	103,1837	120,0000
unused abs	tc(κ€)	0	0	0	6,4899	21,4121	92,0980	120,0000
unused zcf	tc(κ€)	0	0	0	2,1225	18,1758	99,7017	120,0000
unused reverse	tc(κ€)	0	0	0	-5,5119	20,4632	105,0487	120,0000
used abs	tc(κ€)	0	0	0	5,7714	17,5356	87,8782	111,1852
used zcf	tc(κ€)	0	0	0	1,4020	7,5124	87,1277	96,0421
used reverse	tc(κ€)	0	0	0	-2,9674	-2,5108	86,3772	80,8990
postage stamp	tc(κ€)	0	0	0	7,8947	26,0526	86,0526	120,0000



Σχήμα 6.32: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (30% TC_3).

Πίνακας 6.56: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC_3).

GGDF		50% $TC_3 = 200$ κ€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(κ€)	4,8943	23,1329	171,9728	200,0000
unused abs	tc(κ€)	10,8164	35,6869	153,4967	200,0000
unused zcf	tc(κ€)	3,5374	30,2930	166,1695	200,0000
unused reverse	tc(κ€)	-9,1865	34,1054	175,0811	200,0000
used abs	tc(κ€)	9,6191	29,2259	146,4636	185,3086
used zcf	tc(κ€)	2,3367	12,5206	145,2128	160,0701
used reverse	tc(κ€)	-4,9456	-4,1847	143,9620	134,8316
postage stamp	tc(κ€)	13,1579	43,4211	143,4211	200,0000

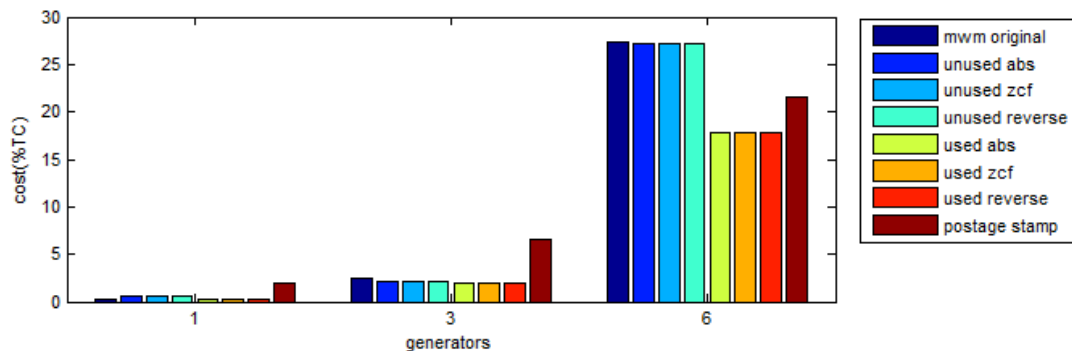


Σχήμα 6.33: Χρέωση παραγωγών με βάση τους συντελεστές GGDF (50% TC_3).

2) Με τη μέθοδο Bialek upstream

Πίνακας 6.57: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (0 & 30% TC_3).

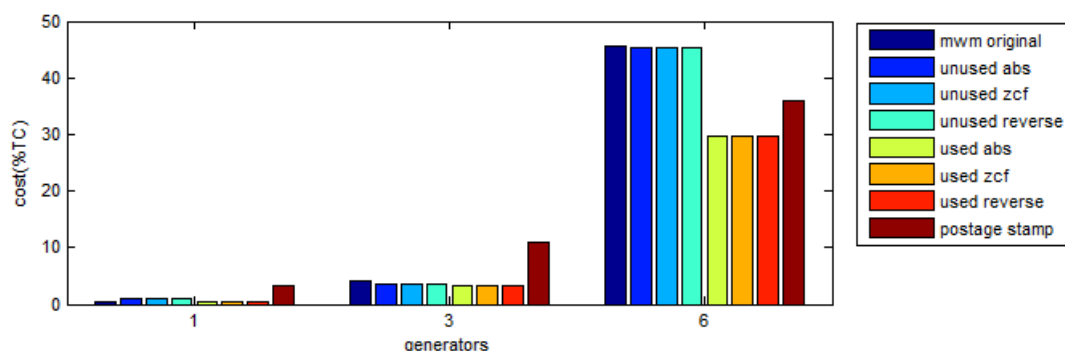
Bialek upstream		0% TC_3			30% $TC_3 = 120$ k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	0,7033	9,5957	109,7010	120,0000
unused abs	tc(k€)	0	0	0	2,2557	8,7224	109,0219	120,0000
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	2,2557	8,7224	109,0219	120,0000
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	2,2557	8,7224	109,0219	120,0000
used abs	tc(k€)	0	0	0	1,1955	8,1555	71,5480	80,8990
used zcf	tc(k€)	0	0	0	1,1955	8,1555	71,5480	80,8990
used reverse	tc(k€)	0	0	0	1,1955	8,1555	71,5480	80,8990
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	7,8947	26,0526	86,0526	120,0000



Σχήμα 6.34: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC_3).

Πίνακας 6.58: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC_3).

Bialek upstream		50% $TC_3 = 200$ k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	1,1722	15,9928	182,8350	200,0000
unused abs	tc(k€)	3,7594	14,5374	181,7032	200,0000
unused zcf	tc(k€)	3,7594	14,5374	181,7032	200,0000
unused reverse	tc(k€)	3,7594	14,5374	181,7032	200,0000
used abs	tc(k€)	1,9925	13,5925	119,2467	134,8316
used zcf	tc(k€)	1,9925	13,5925	119,2467	134,8316
used reverse	tc(k€)	1,9925	13,5925	119,2467	134,8316
postage stamp	tc(k€)	13,1579	43,4211	143,4211	200,0000

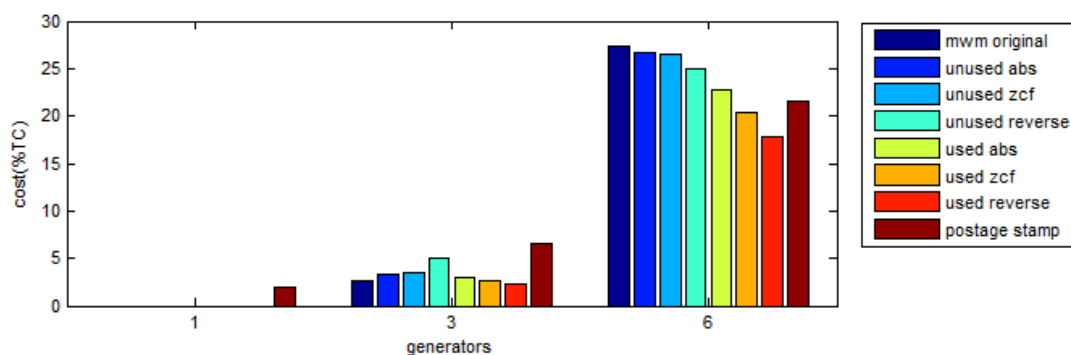


Σχήμα 6.35: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₃).

3) Με βάση τις συναλλαγές

Πίνακας 6.59: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (0 & 30% TC₃).

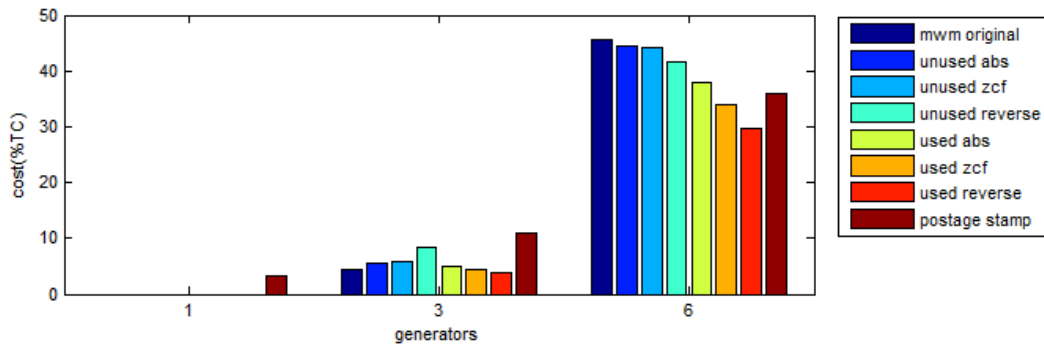
Transactions		0%TC ₃			30%TC ₃ = 120 k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	0	0	0	0	10,3236	109,6764	120,0000
unused abs	tc(k€)	0	0	0	0	13,3820	106,6180	120,0000
unused zcf	tc(k€)	0	0	0	0	13,6470	106,3530	120,0000
unused reverse	tc(k€)	0	0	0	0	19,8254	100,1746	120,0000
used abs	tc(k€)	0	0	0	0	11,9745	91,0439	103,0184
used zcf	tc(k€)	0	0	0	0	10,6566	81,3021	91,9587
used reverse	tc(k€)	0	0	0	0	9,3388	71,5602	80,8990
postage stamp	tc(k€)	0	0	0	7,8947	26,0526	86,0526	120,0000



Σχήμα 6.36: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC₃).

Πίνακας 6.60: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₃).

Transactions		50%TC ₃ = 170 k€			
		Gen1	Gen3	Gen6	SUM
mw-mile	tc(k€)	15,1430	63,0994	91,7576	170,0000
unused abs	tc(k€)	17,5744	59,9196	92,5060	170,0000
unused zcf	tc(k€)	21,4082	55,9022	92,6896	170,0000
unused reverse	tc(k€)	26,1137	34,9188	108,9675	170,0000
used abs	tc(k€)	15,2077	53,7301	66,1289	135,0667
used zcf	tc(k€)	12,3003	42,1774	54,9998	109,4775
used reverse	tc(k€)	9,3930	30,6247	43,8706	83,8883
postage stamp	tc(k€)	33,5526	74,5297	61,9177	170,0000



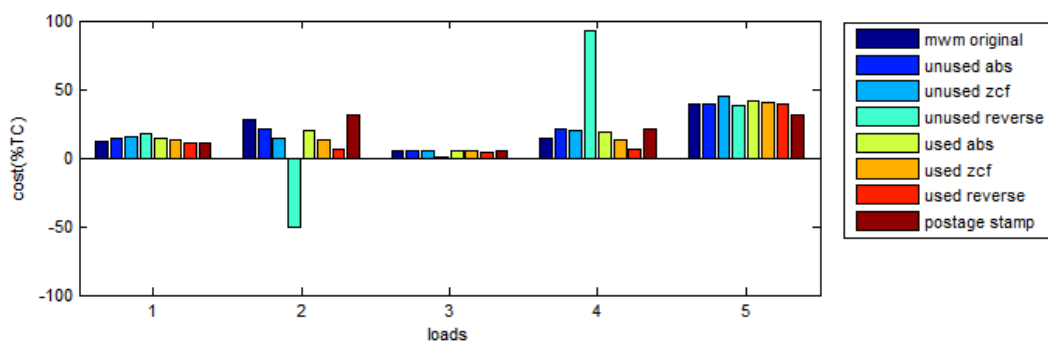
Σχήμα 6.37: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₃).

- Χρέωση καταναλωτών:

1) Με τους συντελεστές GLDF:

Πίνακας 6.61: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₃).

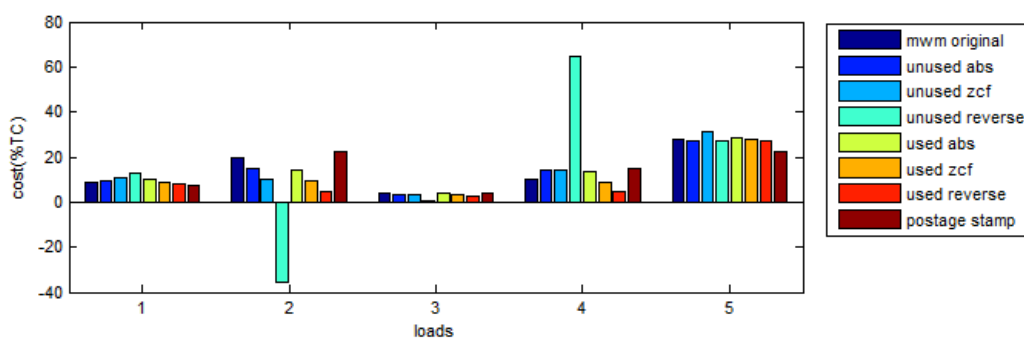
GLDF		100%TC ₃ = 400 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	49,4169	110,7751	22,6466	58,6753	158,4861	400,0000
unused abs	tc(k€)	55,5623	84,9804	20,4720	82,6651	156,3203	400,0000
unused zcf	tc(k€)	61,7540	58,5621	20,7057	79,5983	179,3799	400,0000
unused reverse	tc(k€)	71,5021	-201,4095	4,5167	371,4081	153,9825	400,0000
used abs	tc(k€)	55,9601	79,4587	21,8190	76,1677	164,0467	397,4522
used zcf	tc(k€)	50,0859	52,6264	19,0204	51,2523	160,5727	333,5577
used reverse	tc(k€)	44,2117	25,7942	16,2218	26,3369	157,0987	269,6633
postage stamp	tc(k€)	42,1053	126,3158	21,0526	84,2105	126,3158	400,0000



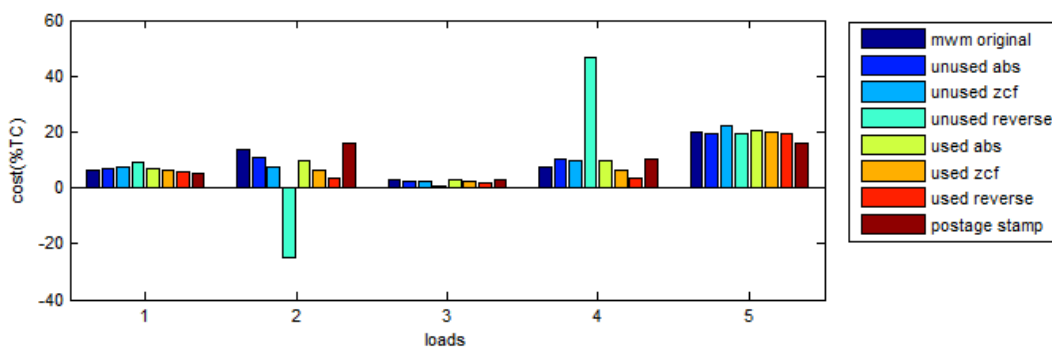
Σχήμα 6.38: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (100% TC₃).

Πίνακας 6.62: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC₃).

GLDF		70%TC ₃ = 280 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	34,5918	77,5426	15,8527	41,0727	110,9403	280,0000
unused abs	tc(κ€)	38,8936	59,4863	14,3304	57,8655	109,4242	280,0000
unused zcf	tc(κ€)	43,2278	40,9935	14,4940	55,7188	125,5659	280,0000
unused reverse	tc(κ€)	50,0515	-140,9866	3,1617	259,9857	107,7878	280,0000
used abs	tc(κ€)	39,1721	55,6211	15,2733	53,3174	114,8327	278,2165
used zcf	tc(κ€)	35,0601	36,8385	13,3143	35,8766	112,4009	233,4904
used reverse	tc(κ€)	30,9482	18,0560	11,3552	18,4358	109,9691	188,7643
postage stamp	tc(κ€)	29,4737	88,4211	14,7368	58,9474	88,4211	280,0000

Σχήμα 6.39: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (70% TC₃).Πίνακας 6.63: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC₃).

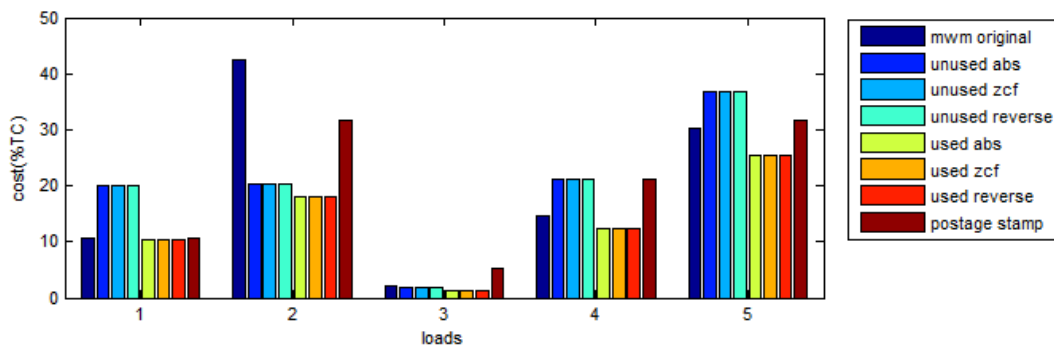
GLDF		50%TC ₃ = 200 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	24,7085	55,3875	11,3233	29,3376	79,2431	200,0000
unused abs	tc(κ€)	27,7811	42,4902	10,2360	41,3325	78,1601	200,0000
unused zcf	tc(κ€)	30,8770	29,2810	10,3529	39,7992	89,6899	200,0000
unused reverse	tc(κ€)	35,7511	-100,7047	2,2583	185,7041	76,9913	200,0000
used abs	tc(κ€)	27,9801	39,7293	10,9095	38,0839	82,0233	198,7261
used zcf	tc(κ€)	25,0429	26,3132	9,5102	25,6262	80,2864	166,7789
used reverse	tc(κ€)	22,1058	12,8971	8,1109	13,1685	78,5494	134,8316
postage stamp	tc(κ€)	21,0526	63,1579	10,5263	42,1053	63,1579	200,0000

Σχήμα 6.40: Χρέωση καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF (50% TC₃).

2) Με τη μέθοδο Bialek downstream

Πίνακας 6.64: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC₃).

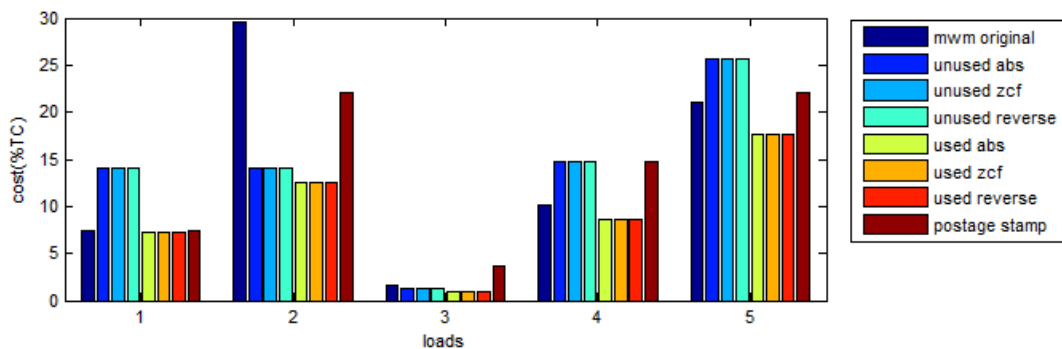
Bialek downstream		100%TC ₃ = 400 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	42,7115	169,4292	8,9982	58,2580	120,6031	400,0000
unused abs	tc(k€)	80,5974	80,6991	7,1978	84,4612	147,0446	400,0000
unused zcf	tc(k€)	80,5974	80,6991	7,1978	84,4612	147,0446	400,0000
unused reverse	tc(k€)	80,5974	80,6991	7,1978	84,4612	147,0446	400,0000
used abs	tc(k€)	41,7756	72,0000	5,4626	49,2113	101,2137	269,6633
used zcf	tc(k€)	41,7756	72,0000	5,4626	49,2113	101,2137	269,6633
used reverse	tc(k€)	41,7756	72,0000	5,4626	49,2113	101,2137	269,6633
postage stamp	tc(k€)	42,1053	126,3158	21,0526	84,2105	126,3158	400,0000



Σχήμα 6.41: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC₃).

Πίνακας 6.65: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC₃).

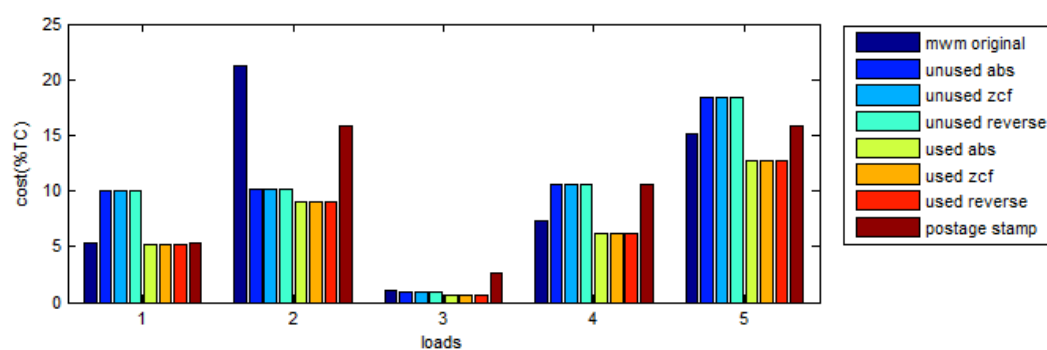
Bialek downstream		70%TC ₃ = 280 k€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(k€)	29,8981	118,6004	6,2987	40,7806	84,4222	280,0000
unused abs	tc(k€)	56,4181	56,4894	5,0384	59,1228	102,9312	280,0000
unused zcf	tc(k€)	56,4181	56,4894	5,0384	59,1228	102,9312	280,0000
unused reverse	tc(k€)	56,4181	56,4894	5,0384	59,1228	102,9312	280,0000
used abs	tc(k€)	29,2429	50,4000	3,8238	34,4479	70,8496	188,7643
used zcf	tc(k€)	29,2429	50,4000	3,8238	34,4479	70,8496	188,7643
used reverse	tc(k€)	29,2429	50,4000	3,8238	34,4479	70,8496	188,7643
postage stamp	tc(k€)	29,4737	88,4211	14,7368	58,9474	88,4211	280,0000



Σχήμα 6.42: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC₃).

Πίνακας 6.66: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₃).

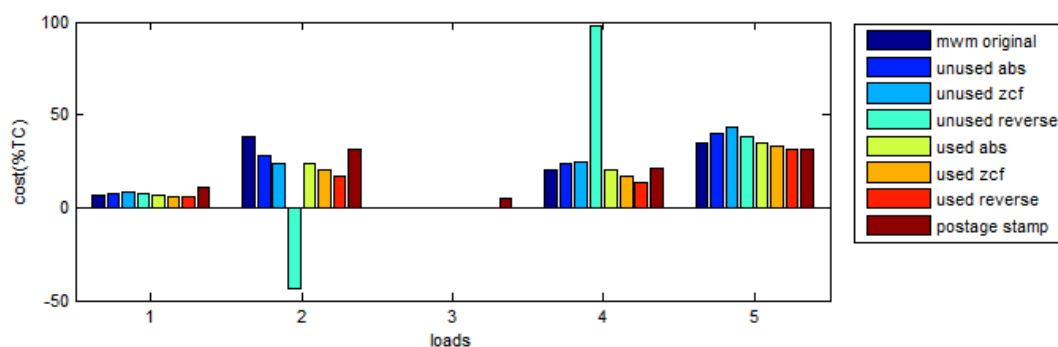
Bialek downstream		50%TC ₃ = 200 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	21,3558	84,7146	4,4991	29,1290	60,3016	200,0000
unused abs	tc(κ€)	40,2987	40,3495	3,5989	42,2306	73,5223	200,0000
unused zcf	tc(κ€)	40,2987	40,3495	3,5989	42,2306	73,5223	200,0000
unused reverse	tc(κ€)	40,2987	40,3495	3,5989	42,2306	73,5223	200,0000
used abs	tc(κ€)	20,8878	36,0000	2,7313	24,6057	50,6069	134,8316
used zcf	tc(κ€)	20,8878	36,0000	2,7313	24,6057	50,6069	134,8316
used reverse	tc(κ€)	20,8878	36,0000	2,7313	24,6057	50,6069	134,8316
postage stamp	tc(κ€)	21,0526	63,1579	10,5263	42,1053	63,1579	200,0000

Σχήμα 6.43: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₃).

3) Με βάση τις συναλλαγές

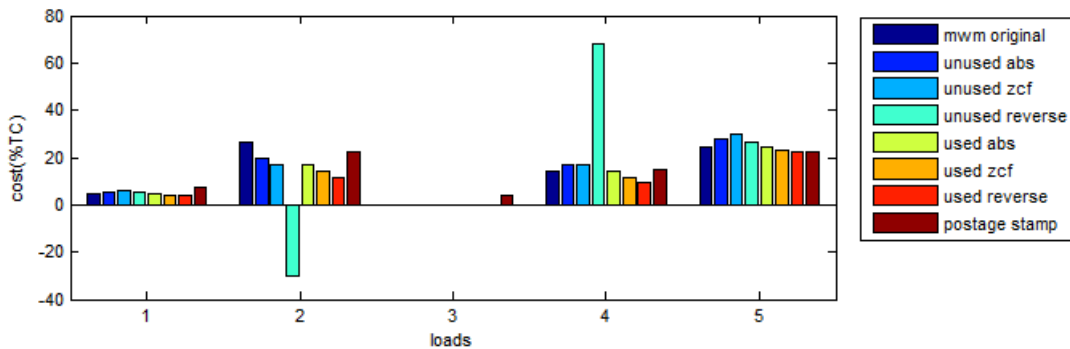
Πίνακας 6.67: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₃).

Transactions		100%TC ₃ = 400 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	25,5372	153,1011	0	82,8569	138,5048	400,0000
unused abs	tc(κ€)	31,4992	112,2404	0	96,2812	159,9792	400,0000
unused zcf	tc(κ€)	33,0149	95,9060	0	98,5833	172,4958	400,0000
unused reverse	tc(κ€)	30,2988	-173,5253	0	389,9975	153,2290	400,0000
used abs	tc(κ€)	26,0892	96,5741	0	80,7654	139,9660	343,3947
used zcf	tc(κ€)	23,9365	82,0018	0	67,4296	133,1610	306,5290
used reverse	tc(κ€)	21,7838	67,4296	0	54,0938	126,3560	269,6633
postage stamp	tc(κ€)	42,1053	126,3158	21,0526	84,2105	126,3158	400,0000

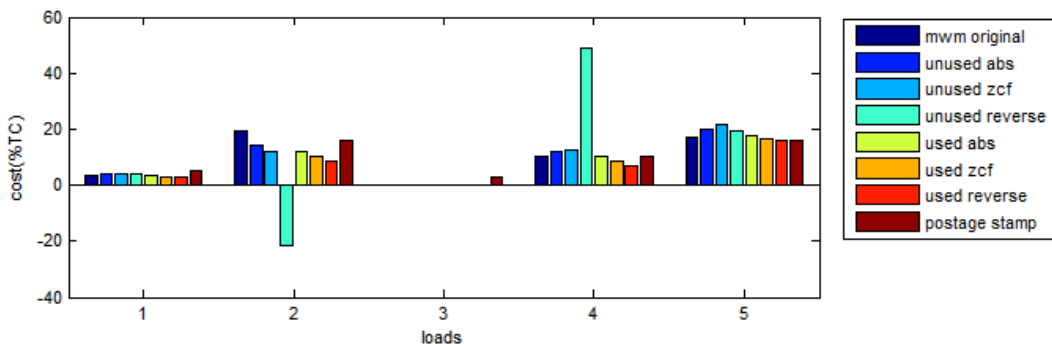
Σχήμα 6.44: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₃).

Πίνακας 6.68: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₃).

Transactions		70%TC ₃ = 280 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	17,8761	107,1708	0	57,9998	96,9533	280,0000
unused abs	tc(κ€)	22,0494	78,5683	0	67,3969	111,9855	280,0000
unused zcf	tc(κ€)	23,1104	67,1342	0	69,0083	120,7471	280,0000
unused reverse	tc(κ€)	21,2092	-121,4677	0	272,9983	107,2603	280,0000
used abs	tc(κ€)	18,2625	67,6018	0	56,5358	97,9762	240,3763
used zcf	tc(κ€)	16,7556	57,4013	0	47,2007	93,2127	214,5703
used reverse	tc(κ€)	15,2487	47,2007	0	37,8657	88,4492	188,7643
postage stamp	tc(κ€)	29,4737	88,4211	14,7368	58,9474	88,4211	280,0000

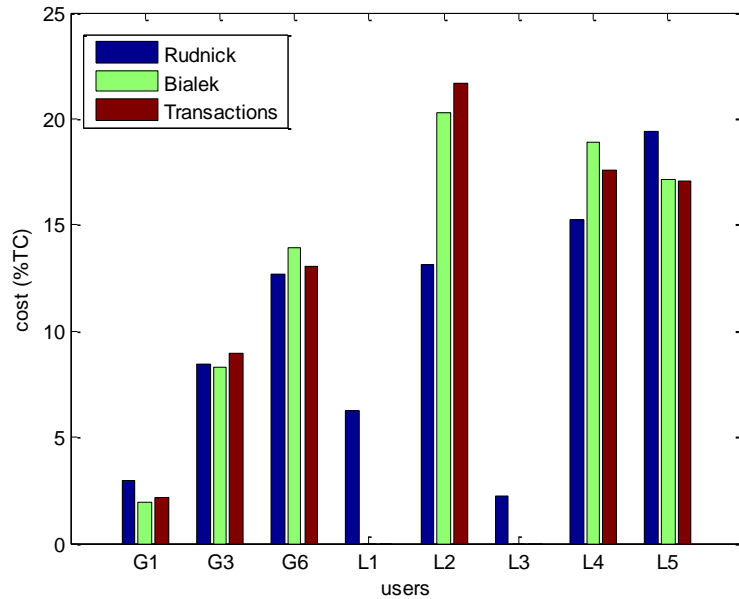
Σχήμα 6.45: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₃).Πίνακας 6.69: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₃).

Transactions		50%TC ₃ = 200 κ€					
		Load1	Load2	Load3	Load4	Load5	SUM
mw-mile	tc(κ€)	12,7686	76,5505	0	41,4285	69,2524	200,0000
unused abs	tc(κ€)	15,7496	56,1202	0	48,1406	79,9896	200,0000
unused zcf	tc(κ€)	16,5075	47,9530	0	49,2917	86,2479	200,0000
unused reverse	tc(κ€)	15,1494	-86,7627	0	194,9988	76,6145	200,0000
used abs	tc(κ€)	13,0446	48,2870	0	40,3827	69,9830	171,6973
used zcf	tc(κ€)	11,9683	41,0009	0	33,7148	66,5805	153,2645
used reverse	tc(κ€)	10,8919	33,7148	0	27,0469	63,1780	134,8316
postage stamp	tc(κ€)	21,0526	63,1579	10,5263	42,1053	63,1579	200,0000

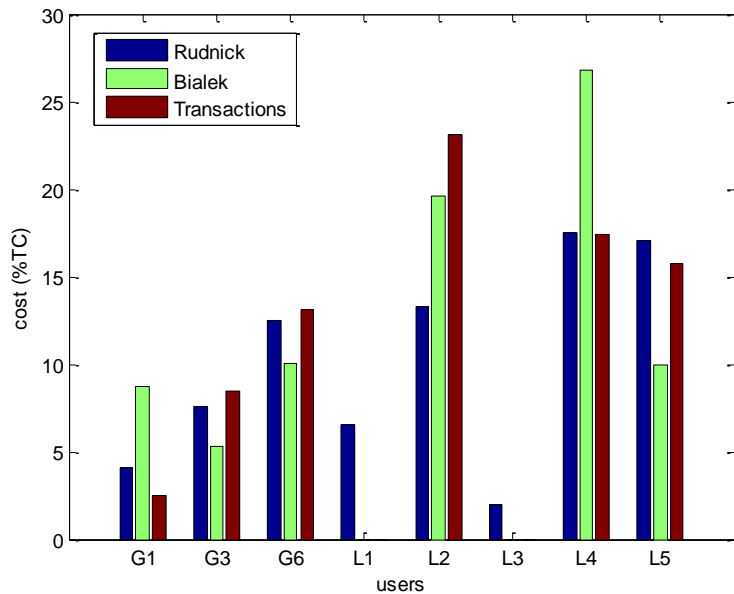
Σχήμα 6.46: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₃).

Στη συνέχεια ακολουθούν γραφικές παραστάσεις, στις οποίες παρουσιάζονται οι τρεις διαφορετικές μέθοδοι ανίχνευσης (μέθοδοι Rudnick, Bialek και μέθοδος των συναλλαγών με βάση την ελάχιστη ηλεκτρική απόσταση), για κάθε μία μέθοδο κατανομής MW-mile. Τα παρακάτω διαγράμματα έγιναν για ποσοστό επιμερισμού 70% - 30% για τους καταναλωτές και τους παραγωγούς αντίστοιχα και για τα δύο σενάρια του συστήματος Garver. Στο σενάριο 1 τα διαγράμματα αντιστοιχούν στην 1η περίπτωση όπου το κόστος που επιμερίζεται προκύπτει από τη διαφορά του κόστους συμμόρφωσης από το ετήσιο κόστος.

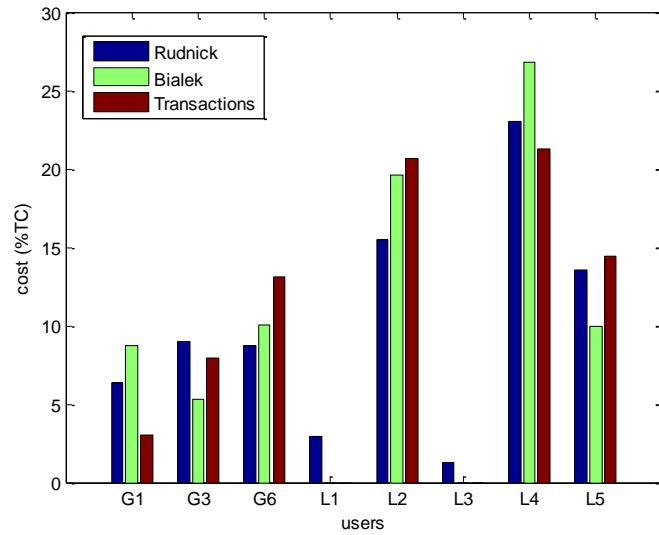
Σενάριο 1



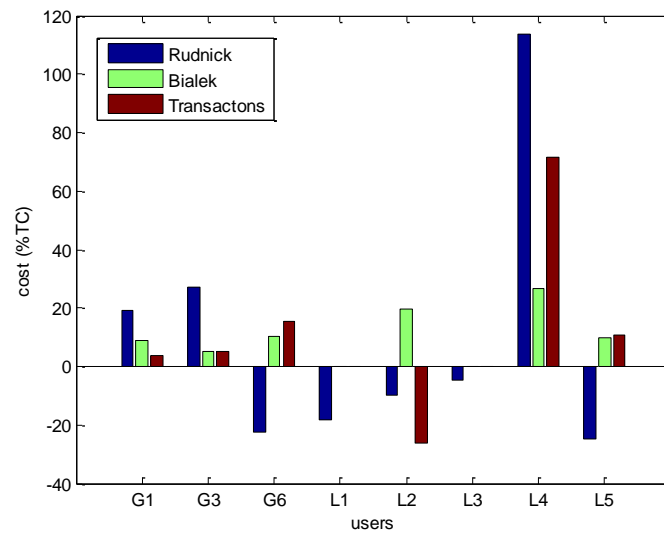
Σχήμα 6.47: Χρέωση χρηστών με βάση την αρχική MW-mile.



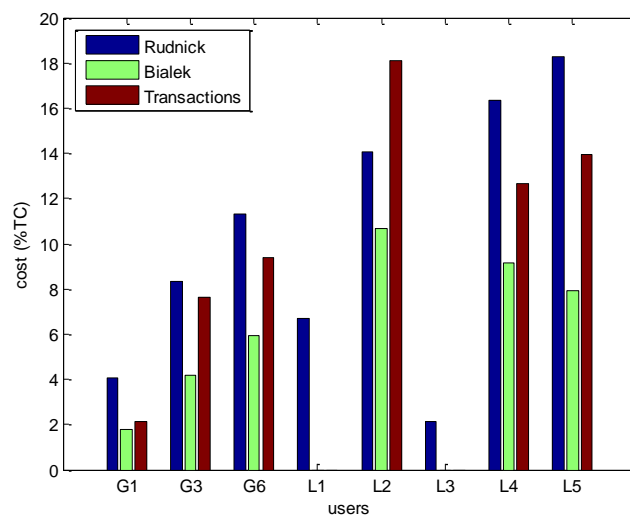
Σχήμα 6.48: Χρέωση χρηστών με βάση την unused absolute MW-mile.



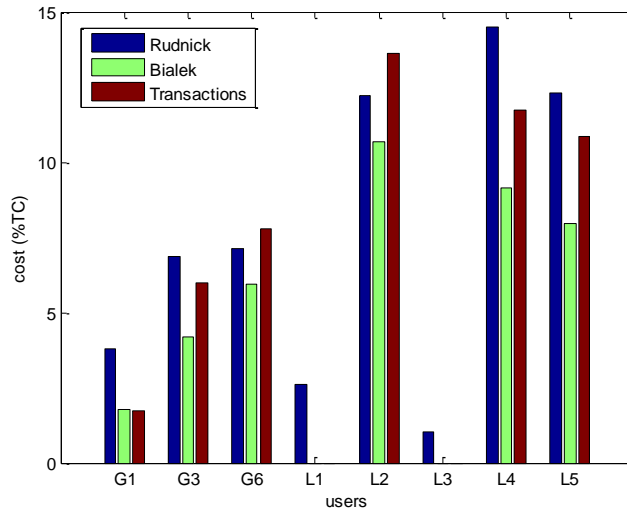
Σχήμα 6.49: Χρέωση χρηστών με βάση την unused zero counter flow MW-mile.



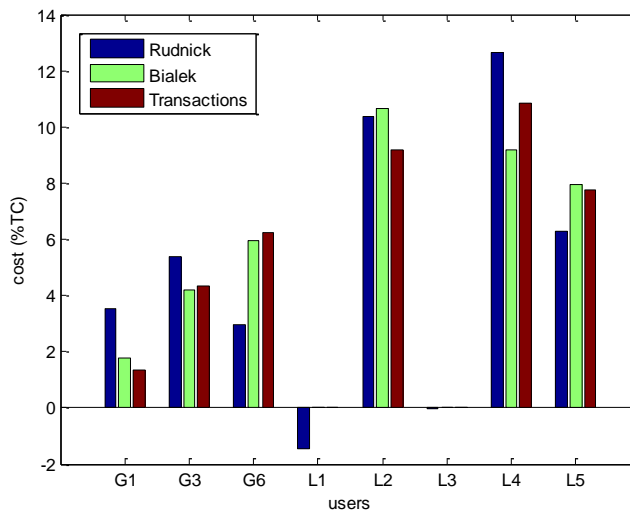
Σχήμα 6.50: Χρέωση χρηστών με βάση την unused reverse MW-mile.



Σχήμα 6.51: Χρέωση χρηστών με βάση την used absolute MW-mile.

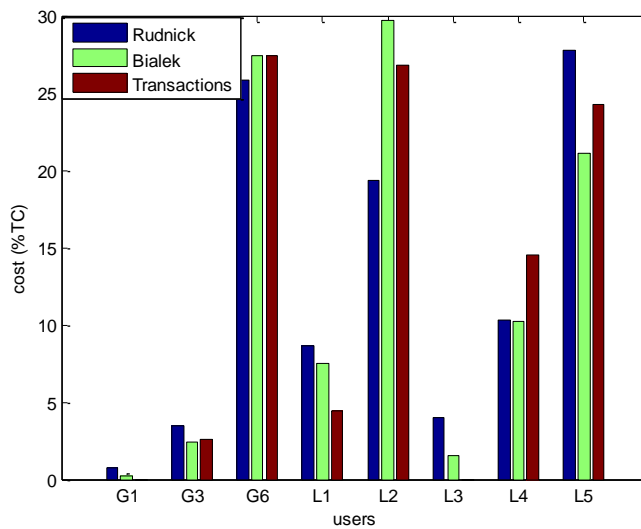


Σχήμα 6.52: Χρέωση χρηστών με βάση την used zero counter flow MW-mile.

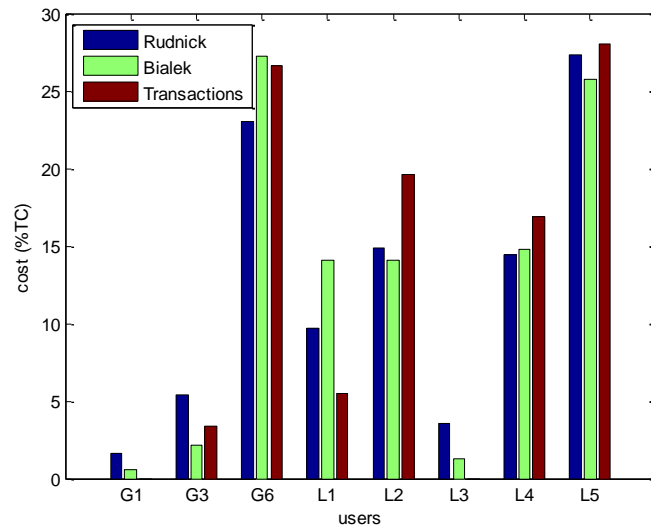


Σχήμα 6.53: Χρέωση χρηστών με βάση την used reverse MW-mile.

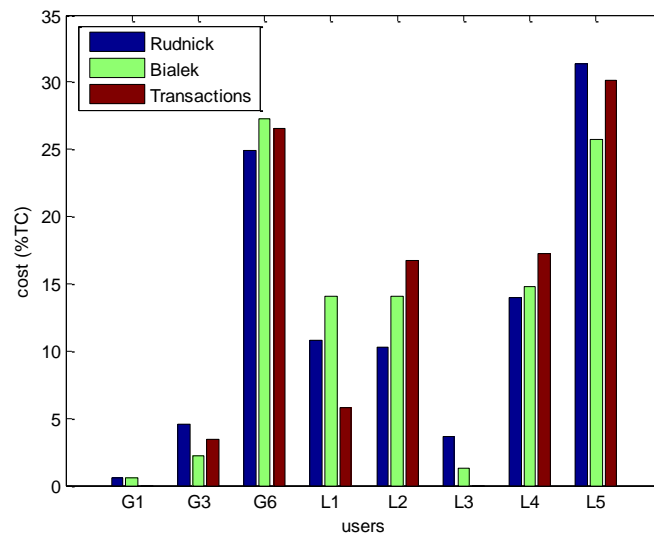
Σενάριο 2



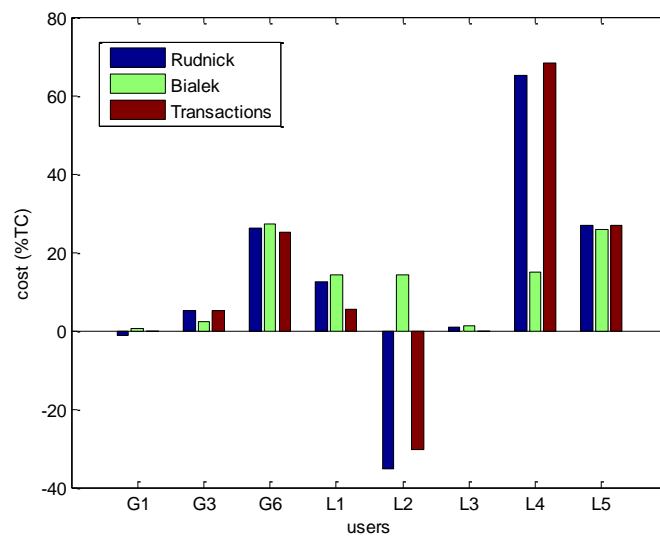
Σχήμα 6.54: Χρέωση χρηστών με βάση την αρχική MW-mile.



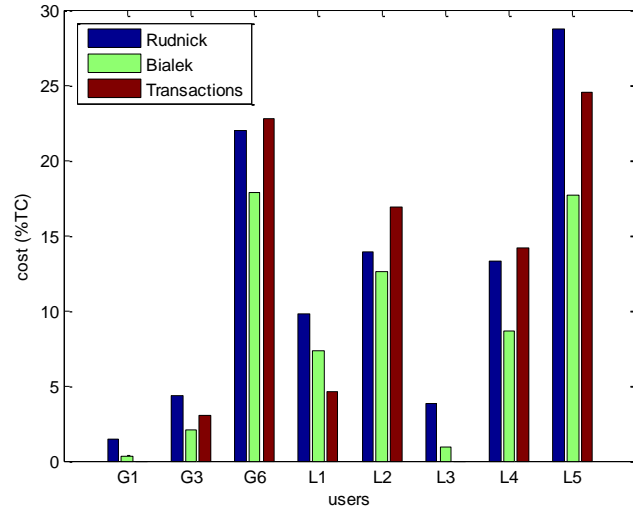
Σχήμα 6.55: Χρέωση χρηστών με βάση την unused absolute MW-mile.



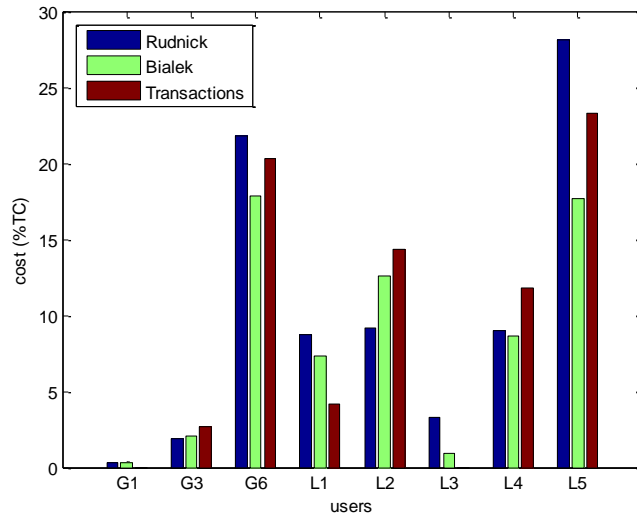
Σχήμα 6.56: Χρέωση χρηστών με βάση την unused zero counter flow MW-mile.



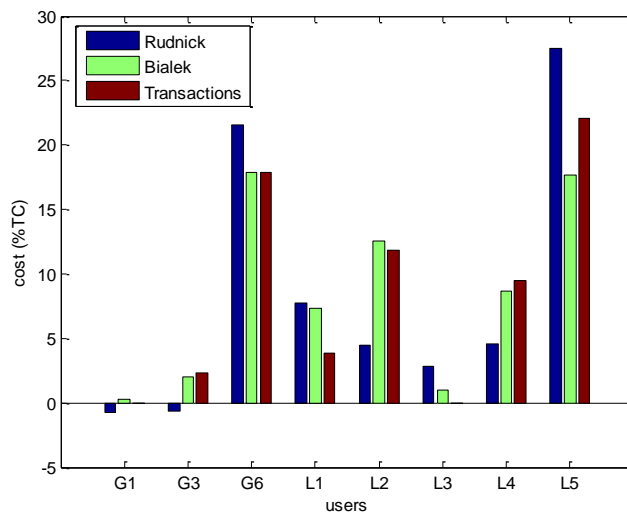
Σχήμα 6.57: Χρέωση χρηστών με βάση την unused reverse MW-mile.



Σχήμα 6.58: Χρέωση χρηστών με βάση την used absolute MW-mile.



Σχήμα 6.59: Χρέωση χρηστών με βάση την used zero counter flow MW-mile.



Σχήμα 6.60: Χρέωση χρηστών με βάση την used reverse MW-mile.

6.2.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Οι μέθοδοι χρέωσης (7 είδη MW-mile και μέθοδος γραμματοσήμου) που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μέθοδο χρήσης (μέθοδοι Rudnick, Bialek και μέθοδος βάσει των συναλλαγών) του συστήματος του Garver συγκρίνονται και για τα δύο σενάρια, με βάση τους Πίνακες και τα διαγράμματα που προηγήθηκαν.

Η μέθοδος γραμματοσήμου κατανέμει τα κόστη μεταφοράς στους παραγωγούς και τους καταναλωτές ανάλογα με την παραγωγή και την κατανάλωση τους, άσχετα με τη θέση τους μέσα στο δίκτυο, ενώ η MW-mile και οι παραλλαγές της λαμβάνουν υπόψη και την απόσταση και τις ροές φορτίου. Έτσι, στο σενάριο 1 και στις 3 μεθόδους ανίχνευσης πιο πολύ χρεώνεται ο παραγωγός G3 με τη μέθοδο γραμματοσήμου, ενώ στην αρχική MW-mile ο G6 (για παράδειγμα στον Πίνακα 6.16).

Στην αρχική MW-mile και στις τρεις παραλλαγές της που βασίζονται στην αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών (unused absolute, unused zero counter flow και unused reverse) καθώς και στη μέθοδο γραμματοσήμου ανακτάται πλήρως το κόστος σε όλες τις μεθόδους ανίχνευσης ροής και για τα δύο σενάρια του συστήματος του Garver. Ενώ στη μέθοδο used absolute MW-mile μόνο στο σενάριο 1 στη χρέωση των καταναλωτών με βάση τους συντελεστές GLDF υπερανακτάται το κόστος (Πίνακες 6.22-6.24 & 6.37-6.39). Στις υπόλοιπες μεθόδους χρέωσης που βασίζονται στη χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών, συμβαίνει υποανάκτηση του κόστους και στα δύο σενάρια.

Επιπλέον, για κάθε μια από τις μεθόδους που βασίζονται στη χρησιμοποιούμενη ικανότητα (used absolute, used zero counter flow και used reverse), η μέθοδος Rudnick οδηγεί σε μεγαλύτερη ανάκτηση του ετήσιου κόστους από τη μέθοδο των συναλλαγών και τη μέθοδο Bialek, ενώ η μέθοδος Bialek οδηγεί στη μικρότερη ανάκτηση από τις άλλες δύο είτε χρεώνονται οι παραγωγοί είτε οι καταναλωτές και στα δύο σενάρια.

Στο σενάριο 2, όπου ο ζυγός 6 έχει αυξημένη παραγωγή (διπλάσια από ότι στο σενάριο 1), ο G6 χρεώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού κόστους απόσβεσης (Πίνακες 6.55-6.60) σε αντίθεση με το σενάριο 1, όπου ο G6 με τους συντελεστές GGDF πιστώνεται με τη μέθοδο unused reverse MW-mile (Σχήμα 6.2). Έτσι, στο σενάριο 2, για τους παραγωγούς G1, G3 προκύπτει μικρή χρέωση. Επίσης, καμμία μέθοδος ανίχνευσης δεν οδηγεί σε μηδενική χρέωση κάποιον παραγωγό σε κανένα από τα δύο σενάρια, με εξαίρεση τη μέθοδο των συναλλαγών η οποία στο σενάριο 2 δε χρεώνει καθόλου τον G1 (Πίνακες 6.59-6.60), ενώ με τη μέθοδο των συντελεστών GGDF ο G1 πιστώνεται (Πίνακες 6.55-6.56).

Με τη μέθοδο unused reverse MW-mile κάποιοι χρήστες πιστώνονται για την αντίθετη ροή που προκαλούν (counter flows), ενώ για να ανακτηθεί το κόστος κάποιοι άλλοι χρεώνονται περισσότερο. Για παράδειγμα, με τους συντελεστές GLDF στην unused reverse όλοι οι καταναλωτές πιστώνονται εκτός από τον L4 ο οποίος χρεώνεται 162% του ετήσιου κόστους στην 1η περίπτωση του σεναρίου 1 (Σχήμα 6.8), ενώ με βάση τις συναλλαγές πιστώνεται μόνο ο καταναλωτής L2 (στο σενάριο 1) με την ίδια μέθοδο (Σχήμα 6.14). Στο σενάριο 2, η unused reverse πιστώνει μόνο τον L2 και με τους συντελεστές GLDF και με τη μέθοδο των συναλλαγών (Σχήματα 6.62 & 6.67).

Επιπλέον, η μέθοδος used reverse MW-mile με βάση τη μέθοδο Rudnick πιστώνει (αλλά σε πολύ μικρό βαθμό) τους παραγωγούς G1, G3 στο σενάριο 2 (Πίνακας 6.55) και τα φορτία L1, L3 στο σενάριο 1 (Πίνακας 6.22).

Επίσης, με τη μέθοδο Bialek, η οποία βασίζεται στην αρχή της ποσοστιαίας κατανομής, αγνοείται η συμβολή των χρηστών στις αρνητικές ροές, έτσι δεν παρατηρείται

διαφορά στις χρεώσεις μεταξύ absolute, zero counter flow ή reverse MW-mile. Για τη χρήση των γραμμών δεν ευθύνονται όλοι οι χρήστες όπως στη μέθοδο Rudnick, στην οποία όλοι οι χρήστες χρεώνονται για τη χρήση όλων των γραμμών, έστω και σε πολύ μικρό βαθμό. Με τη μέθοδο Bialek όπως και με τη μέθοδο που βασίζεται στις συναλλαγές κάποιοι χρήστες μπορεί να μην χρεωθούν καθόλου με κανένα από τα 7 είδη της MW-mile, όπως στο σενάριο 1 τα φορτία L1 και L3, τα οποία τροφοδοτούνται από γεννήτριες που είναι συνδεδεμένες στον ίδιο ζυγό με αυτά (Πίνακες 6.25 & 6.28), ενώ στο σενάριο 2 προκύπτει μηδενική χρέωση μόνο για τον L3 με τη μέθοδο των συναλλαγών (Πίνακας 6.67). Σε αυτή την περίπτωση (όπου προκύπτει μηδενική χρέωση για τα 7 είδη της MW-mile), κάποιοι από τους υπόλοιπους καταναλωτές χρεώνονται περισσότερο με τις δύο παραπάνω μεθόδους ανίχνευσης από ότι με τους συντελεστές GLDF.

Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας τις τρεις μεθόδους ανίχνευσης στο σενάριο 1, με την αρχική MW-mile παρατηρείται ομοιόμορφη χρέωση μεταξύ των παραγωγών αλλά και των φορτίων L4 και L5. Στο φορτίο L2 παρουσιάζεται η μεγαλύτερη ανομοιομορφία ανάμεσα στις τρεις μεθόδους ανίχνευσης. Επίσης, οι μέθοδοι Rudnick και Bialek χρεώνουν το φορτίο L4 περισσότερο από όλους τους χρήστες ενώ η μέθοδος των συναλλαγών χρεώνει περισσότερο το φορτίο L2 (Σχήμα 6.47).

Στη μέθοδο unused absolute MW-mile παρατηρείται μεγαλύτερη ανομοιομορφία μεταξύ των χρεώσεων των καταναλωτών, όπου η χρέωση με τη μέθοδο Bialek διαφέρει αρκετά σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους ανίχνευσης. Πιο πολύ χρεώνεται το φορτίο L4 με τη μέθοδο Bialek (Σχήμα 6.48). Με βάση τη μέθοδο unused zero counter flow (Σχήμα 6.49), δεν παρατηρείται διαφορά στις χρεώσεις μεταξύ των παραγωγών (κυρίως με τη μέθοδο Rudnick). Με βάση τη μέθοδο unused reverse MW-mile, η μέθοδος Bialek οδηγεί σε ομοιόμορφη χρέωση μεταξύ των χρηστών επειδή οι άλλες μέθοδοι ανίχνευσης πιστώνουν κάποιους χρήστες για τις αρνητικές ροές που προκαλούν. Χρεώνεται περισσότερο ο L4 και με τις τρεις μεθόδους χρήσης (Σχήμα 6.50).

Στη μέθοδο used absolute MW-mile (Σχήμα 6.51), όλοι οι χρήστες χρεώνονται περισσότερο με τη μέθοδο Rudnick, στη συνέχεια με τη μέθοδο των συναλλαγών και λιγότερο με τη μέθοδο Bialek (εκτός από το φορτίο L2 που χρεώνεται περισσότερο με τη μέθοδο των συναλλαγών από τη μέθοδο Rudnick). Αυτό δεν ισχύει στον ίδιο βαθμό για τους χρήστες των μεθόδων used zero counter flow και used reverse, όπου στην τελευταία τα φορτία L2 και L5 χρεώνονται περισσότερο με τη μέθοδο Bialek (Σχήμα 6.53).

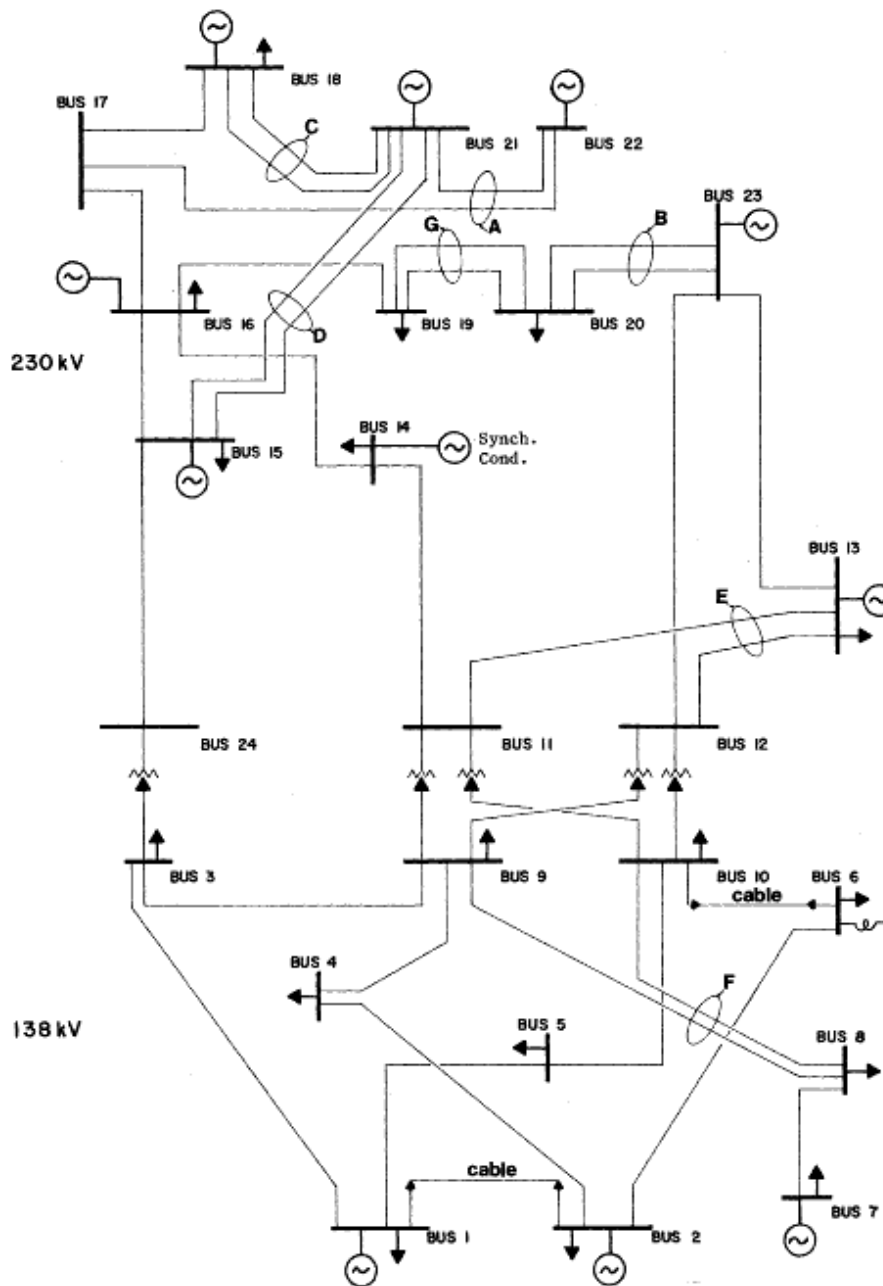
Στο σενάριο 2, με την αρχική MW-mile πιο πολύ χρεώνεται ο L2 με τη μέθοδο Bialek, ενώ με τη μέθοδο Rudnick ο L5 και με τη μέθοδο των συναλλαγών ο G6. Πολύ μικρότερη χρέωση προκύπτει για τους χρήστες G1, G3, L3 (Σχήμα 6.54). Οι μέθοδοι χρέωσης unused absolute και unused zero counter flow διαφέρουν από την αρχική στο ότι χρεώνουν λιγότερο τον χρήστη L2 και μάλιστα περίπου ίσα με τα φορτία L1 και L4. Επίσης, με αυτές τις μεθόδους πιο πολύ χρεώνονται οι χρήστες G6 και L5 (Σχήματα 6.55-6.56). Στη μέθοδο unused reverse ο χρήστης L4 χρεώνεται πολύ περισσότερο με τη μέθοδο Rudnick και με τη μέθοδο των συναλλαγών από ότι με τη μέθοδο Bialek, η οποία δεν πιστώνει κανένα χρήστη. Επιπλέον στις μεθόδους used absolute, zero counter flow και reverse ευνοούνται οι περισσότεροι χρήστες με τη μέθοδο Bialek, διότι προκύπτει για αυτούς μικρότερη χρέωση από ότι με τις άλλες μεθόδους (Σχήματα 6.58-6.60).

Επιπλέον, στην 1η περίπτωση του σεναρίου 1, οι καταναλωτές επωμίζονται το κόστος συμφόρησης που προκύπτει από τη βέλτιστη ροή φορτίου. Έτσι, όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό επιμερισμού, τόσο περισσότερο χρεώνονται οι καταναλωτές.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ 24 ΖΥΓΩΝ RTS ΤΟΥ ΙΕΕΕ

6.3.1 Δεδομένα του συστήματος

Το δίκτυο μεταφοράς RTS (Σχήμα 6.61) αποτελείται από 24 ζυγούς, 38 γραμμές και μετασχηματιστές που τους συνδέουν, 32 μονάδες παραγωγής εγκατεστημένες σε 10 ζυγούς και 17 ζυγούς φορτίου. Η ετήσια αιχμή του φορτίου είναι 2850 MW και συμβαίνει την 51η εβδομάδα του έτους. Τα δεδομένα για την εβδομαδιαία, ημερήσια και ωριαία αιχμή του φορτίου παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.70 - 6.72. Ακολουθεί η καμπύλη διάρκειας φορτίου για $364 \cdot 24 = 8736$ ώρες του έτους και τα δεδομένα των γραμμών και των ζυγών που χρησιμοποιήθηκαν σαν είσοδο στο πρόγραμμα [6.2], [6.3].



Σχήμα 6.61: Σύστημα 24 ζυγών RTS [6.3].

Πίνακας 6.70: Εβδομαδιαία αιχμή φορτίου ως ποσοστό της ετήσιας αιχμής.

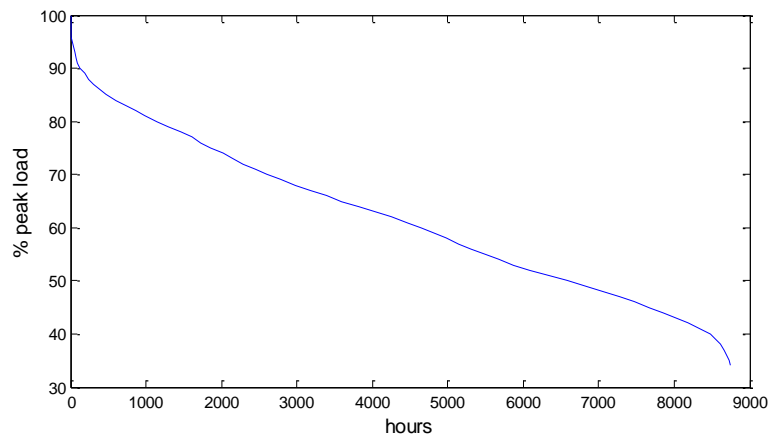
Week	Peak load	Week	Peak Load	Week	Peak Load	Week	Peak Load
1	86,2	14	75	27	75,5	40	72,4
2	90	15	72,1	28	81,6	41	74,3
3	87,8	16	80	29	80,1	42	74,4
4	83,4	17	75,4	30	88	43	80
5	88	18	83,7	31	72,2	44	88,1
6	84,1	19	87	32	77,6	45	88,5
7	83,2	20	88	33	80	46	90,9
8	80,6	21	85,6	34	72,9	47	94
9	74	22	81,1	35	72,6	48	89
10	73,7	23	90	36	70,5	49	94,2
11	71,5	24	88,7	37	78	50	97
12	72,7	25	89,6	38	69,5	51	100
13	70,4	26	86,1	39	72,4	52	95,2

Πίνακας 6.71: Ημερήσια αιχμή φορτίου ως ποσοστό της εβδομαδιαίας αιχμής.

Day	Peak Load
Monday	93
Tuesday	100
Wednesday	98
Thursday	96
Friday	94
Saturday	77
Sunday	75

Πίνακας 6.72: Ωριαία αιχμή φορτίου ως ποσοστό της ημερήσιας αιχμής.

Hour	Winter Weeks 1 - 8 & 44 - 52		Summer Weeks 18 - 30		Spring / Fall Weeks 9 - 17 & 31 - 43	
	Wkdy	Wknd	Wkdy	Wknd	Wkdy	Wknd
12-1 am	67	78	64	74	63	75
1-2	63	72	60	70	62	73
2-3	60	68	58	66	60	69
3-4	59	66	56	65	58	66
4-5	59	64	56	64	59	65
5-6	60	65	58	62	65	65
6-7	74	66	64	62	72	68
7-8	86	70	76	66	85	74
8-9	95	80	87	81	95	83
9-10	96	88	95	86	99	89
10-11	96	90	99	91	100	92
11-12	95	91	100	93	99	94
12-1 pm	95	90	99	93	93	91
1-2	95	88	100	92	92	90
2-3	93	87	100	91	90	90
3-4	94	87	97	91	88	86
4-5	99	91	96	92	90	85
5-6	100	100	96	94	92	88
6-7	100	99	93	95	96	92
7-8	96	97	92	95	98	100
8-9	91	94	92	100	96	97
9-10	83	92	93	93	90	95
10-11	73	87	87	88	80	90
11-12	63	81	72	80	70	85



Σχήμα 6.62: Ετήσια καμπύλη διάρκειας φορτίου.

Πίνακας 6.73: Διάρκεια κάθε ποσοστού φορτίου.

% Peak Load	Duration (hr)
100 (91-100)	88
90 (81-90)	901
80 (71-80)	1463
70 (61-70)	2009
60 (51-60)	1864
50 (41-50)	2025
40 (31-40)	386

Πίνακας 6.74: Δεδομένα ζυγών του συστήματος των 24 ζυγών.

Bus	$P_{g_{max1}}$ (MW)	$P_{g_{max2}}$ (MW)	Pload (MW)	a_1 (€/MWh)	a_2 (€/MWh)
1	40	152	108	71	24
2	40	152	97	71	24
3	0	0	180	0	0
4	0	0	74	0	0
5	0	0	71	0	0
6	0	0	136	0	0
7	300	0	125	34	0
8	0	0	171	0	0
9	0	0	175	0	0
10	0	0	195	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
13	591	0	265	33	0
14	0	0	194	0	0
15	60	155	317	41	20
16	155	0	100	20	0
17	0	0	0	0	0
18	400	0	333	10	0
19	0	0	181	0	0
20	0	0	128	0	0
21	400	0	0	10	0
22	300	0	0	24	0
23	310	350	0	20	19
24	0	0	0	0	0

Πίνακας 6.75: Δεδομένα γραμμών του συστήματος των 24 ζυγών.

from bus	to bus	x (pu)	line (km)	Rating (MW)	Annual Cost (k€)
1	2	0,0139	3	87,5	704
1	3	0,2112	55	87,5	10692
1	5	0,0845	22	87,5	4278
2	4	0,1267	33	87,5	6414
2	6	0,192	50	87,5	9720
3	9	0,119	31	87,5	6024
3	24	0,0839	22	200	4247
4	9	0,1037	27	87,5	5250
5	10	0,0883	23	87,5	4470
6	10	0,0605	16	87,5	3063
7	8	0,0614	16	87,5	3108
8	9	0,1651	43	87,5	8358
8	10	0,1651	43	87,5	8358
9	11	0,0839	22	200	4247
9	12	0,0839	22	200	4247
10	11	0,0839	22	200	4247
10	12	0,0839	22	200	4247
11	13	0,0476	33	250	2410
11	14	0,0418	29	250	2116
12	13	0,0476	33	250	2410
12	23	0,0966	67	250	4890
13	23	0,0865	60	250	4379
14	16	0,0389	27	250	1970
15	16	0,0173	12	250	876
15	21	0,0245	68	500	4962
15	24	0,0519	36	250	2627
16	17	0,0259	18	250	1311
16	19	0,0231	16	250	1170
17	18	0,0144	10	250	729
17	22	0,1053	73	250	5331
18	21	0,01295	36	500	2622
19	20	0,0198	55	500	4010
20	23	0,0108	30	500	2186
21	22	0,0678	47	250	3432

Από τα δεδομένα των ζυγών παρατηρείται ότι στους ζυγούς 1, 2, 15 και 23 συνδέονται δύο είδη γεννητριών με διαφορετικές προσφορές η κάθε μία (a_1 και a_2). Η ελάχιστη παραγωγή των γεννητριών θεωρείται μηδέν. Επίσης στους ζυγούς 11, 12, 17, 24 δεν συνδέεται κάποια γεννήτρια ή φορτίο. Από τα δεδομένα των γραμμών φαίνεται ότι οι γραμμές 15 - 21, 18 - 21, 19 - 20 και 20 - 23 είναι διπλές. Το ετήσιο κόστος των γραμμών είναι $TC = 139105$ k€.

6.3.2 Αποτελέσματα

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα έγινε βέλτιστη ροή φορτίου για κάθε επίπεδο φορτίου του Πίνακα 6.73. Για κάθε επίπεδο φορτίου υπολογίστηκε το κόστος συμφόρησης (MBR) όλων των γραμμών λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια του κάθε επιπέδου φορτίου (Πίνακας 6.76).

Πίνακας 6.76: Κόστος συμφόρησης για κάθε επίπεδο φορτίου.

% Peak Load	Duration (hr)	MBR (€/h)	MBR (€)	MBR (%TC)
100 (91-100)	88	26155,95	2301,72	1,65
90 (81-90)	901	8113,61	7310,37	5,26
80 (71-80)	1463	8113,61	11870,22	8,53
70 (61-70)	2009	8629,99	17337,65	12,46
60 (51-60)	1864	6873,04	12811,35	9,21
50 (41-50)	2025	8447,52	17106,23	12,30
40 (31-40)	386	4342,48	1676,20	1,20
SUM			70413,73	50,62

Με βάση τον παραπάνω Πίνακα, το ετήσιο κόστος συμφόρησης είναι:

$$SRMC = 70413.73 \text{ k€} = 50.62 \% \text{ TC},$$

όπου TC: ετήσιο κόστος = 139105 k€.

Για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς χρησιμοποιήθηκαν τιμές για παραγωγή των γεννητριών και ροές των γραμμών για ζήτηση 100% της αιχμής του φορτίου (Πίνακες 6.77 & 6.78). Δεν υπάρχει μη εξυπηρετούμενο φορτίο. Επίσης, στον Πίνακα 6.77 παρουσιάζονται και οι τοπικές οριακές τιμές των ζυγών (LMP) για επίπεδο φορτίου 100% της αιχμής (ενώ για τον υπολογισμό του ετήσιου κόστους συμφόρησης λήφθηκαν υπόψη οι LMP για όλα τα επίπεδα φορτίου). Στη συνέχεια, ακολουθεί πίνακας με τις συναλλαγές μεταξύ των χρηστών. Οι επόμενοι πίνακες (Πίνακες 6.80 – 6.85) παρουσιάζουν τη συνεισφορά των χρηστών (παραγωγών και καταναλωτών) στη ροή των γραμμών με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν και στο σύστημα του Garver (μέθοδοι Rudnick, Bialek και η μέθοδος των συναλλαγών που βασίζεται στην ελάχιστη ηλεκτρική απόσταση). Ακολουθούν αποτελέσματα χρεώσεων με μεθόδους κατανομής κόστους χρήσης (7 είδη MW-mile και postage stamp). Μελετήθηκαν δύο περιπτώσεις επιμερισμού τους κόστους:

- 1η περίπτωση: το κόστος που θα επιμεριστεί στους παραγωγούς και στους καταναλωτές είναι ίσο με το ετήσιο κόστος μείον το κόστος συμφόρησης:

$$TC_4 = TC - SRMC = 139105 \text{ k€} - 70413,73 \text{ k€} = 68,691 \text{ M€}$$

- 2η περίπτωση: το κόστος που θα επιμεριστεί στους παραγωγούς και στους καταναλωτές είναι ίσο με το ετήσιο κόστος (αγνοείται το κόστος συμφόρησης):

$$TC_5 = TC = 139105 \text{ k€}.$$

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τη χρέωση των χρηστών ως ποσοστό του ετήσιου κόστους (TC). Η περίπτωση μηδενικής χρέωσης των παραγωγών παραλείπεται.

Πίνακας 6.77: Παραγωγή γεννητριών και LMP στους ζυγούς.

Bus	Pg (MW)	Pload (MW)	LMP (€/MWh)	Bus	Pg (MW)	Pload (MW)	LMP (€/MWh)
1	166,3614	108	71	13	566,2987	265	33
2	192	97	76,3915	14	0	194	47,2046
3	0	180	41,7311	15	155	317	24,7973
4	0	74	56,4225	16	155	100	23,0487
5	0	71	49,9344	17	0	0	23,6606
6	0	136	181,1255	18	400	333	23,9544
7	140,0943	125	34	19	0	181	25,0958
8	0	171	34	20	0	128	26,8505
9	0	175	40,0785	21	400	0	24,2185
10	0	195	27,9215	22	15,2456	0	24
11	0	0	38,2881	23	660	0	27,8085
12	0	0	30,5693	24	0	0	31,2691

Πίνακας 6.78: Βέλτιστη ροή φορτίου στις γραμμές.

line		Line flow (MW)	line		Line flow (MW)
from bus	to bus		from bus	to bus	
1	2	-7,6280	11	13	-239,8830
1	3	7,0686	11	14	-56
1	5	58,9208	12	13	-176,8633
2	4	38,8720	12	23	-190,5271
2	6	48,5	13	23	-115,4477
3	9	-2,6606	14	16	-250
3	24	-170,2708	15	16	-17,5698
4	9	-35,1280	15	21	-314,7010
5	10	-12,0792	15	24	170,2708
6	10	-87,5	16	17	-167,5445
7	8	15,0943	16	19	-45,0252
8	9	-86,2386	17	18	-143,8561
8	10	-69,6671	17	22	-23,6884
9	11	-131,6367	18	21	-76,8561
9	12	-167,3904	19	20	-226,0252
10	11	-164,2463	20	23	-354,0252
10	12	-200	21	22	8,4428

Πίνακας 6.79: Συναλλαγές μεταξύ παραγωγών – καταναλωτών.

transactions					
from gen	to load	P _t (MW)	from gen	to load	P _t (MW)
1	1	108	16	16	100
1	5	58,3614	16	19	1,2456
2	2	97	18	14	67
2	4	74	18	18	333
2	5	12,6386	21	3	180
2	6	8,3614	21	14	58
7	7	125	21	15	162
7	8	15,0943	22	14	15,2456
13	8	106,2987	23	6	127,6386
13	10	195	23	8	49,6070
13	13	265	23	9	175
15	15	155	23	19	179,7544
16	14	53,7544	23	20	128

Πίνακας 6.80: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τους GGDF.

GGDF		Pg (MW)													SUM (MW)
from bus	to bus	Gen1	Gen2	Gen7	Gen13	Gen15	Gen16	Gen18	Gen21	Gen22	Gen23	Gen23	Gen23	Gen23	SUM (MW)
1	2	-71,8170	98,2119	2,5646	3,0424	-3,5298	-2,4371	-7,7497	-8,1757	-0,2982	-2,1835	-2,1835	-2,1835	-2,1835	7,6280
1	3	39,7482	41,5694	3,3496	-1,6848	-9,5294	-7,2580	-21,7662	-22,6518	-0,8354	-13,8729	-13,8729	-13,8729	-13,8729	7,0686
1	5	48,4920	49,3668	-6,0939	-16,7326	0,1260	-1,0527	-1,1413	-0,6818	-0,0405	-13,3211	-13,3211	-13,3211	-13,3211	58,9208
2	4	36,4698	47,5397	-3,6848	-12,5742	-2,0594	-2,4057	-5,7454	-5,6104	-0,2181	-12,8395	-12,8395	-12,8395	-12,8395	38,8720
2	6	29,6851	39,7136	-3,6479	-9,7422	0,3138	-0,4327	-0,1190	0,1721	-0,0026	-7,4402	-7,4402	-7,4402	-7,4402	48,5000
3	9	-4,6903	-2,4503	16,5485	34,5241	-9,8305	-5,0013	-19,3612	-21,2441	-0,7503	14,9160	14,9160	14,9160	14,9160	2,6606
3	24	-24,5509	-26,9928	-11,0501	2,9269	29,1494	22,0488	66,3905	69,1590	2,5486	40,6411	40,6411	40,6411	40,6411	170,2708
4	9	-32,1502	-42,5545	7,3223	27,2781	6,0840	6,4302	16,1314	15,9964	0,6139	29,9764	29,9764	29,9764	29,9764	35,1280
5	10	-44,3476	-44,5836	9,5840	30,8404	3,7354	4,9141	11,1063	10,6467	0,4203	29,7632	29,7632	29,7632	29,7632	12,0792
6	10	-21,7465	-30,5515	10,3331	36,7656	7,0827	7,8292	19,2067	18,9156	0,7301	38,9349	38,9349	38,9349	38,9349	87,5000
7	8	-7,2966	-8,4211	133,9498	-24,8377	-6,7982	-6,7982	-17,5439	-17,5439	-0,6687	-28,9474	-28,9474	-28,9474	-28,9474	15,0943
8	9	5,7939	7,0547	-63,0730	30,3983	9,6348	9,3055	24,4543	24,5827	0,9329	37,1545	37,1545	37,1545	37,1545	86,2386
8	10	11,4844	12,8864	-62,4712	28,4173	6,4635	6,7927	17,0896	16,9612	0,6505	31,3929	31,3929	31,3929	31,3929	69,6671
9	11	-12,0691	-15,0384	-17,0503	53,1677	9,9929	12,6801	29,1313	28,0836	1,1034	41,6355	41,6355	41,6355	41,6355	131,6367
9	12	-8,7623	-11,1222	-13,5496	73,8055	5,4129	7,5718	16,6546	15,8128	0,6292	80,9377	80,9377	80,9377	80,9377	167,3904
10	11	-23,2669	-26,5141	-18,2347	57,0661	16,2335	17,6248	43,6238	43,0813	1,6591	52,9733	52,9733	52,9733	52,9733	164,2463
10	12	-19,9601	-22,5979	-14,7340	77,7039	11,6534	12,5165	31,1471	30,8106	1,1849	92,2755	92,2755	92,2755	92,2755	200,0000
11	13	-8,7263	-10,1171	-7,6781	212,6668	-4,6042	-4,3611	-11,5794	-11,6742	-0,4420	86,3986	86,3986	86,3986	86,3986	239,8830
11	14	-26,6097	-31,4353	-27,6069	-102,4329	30,8306	34,6660	84,3345	82,8391	3,2045	8,2102	8,2102	8,2102	8,2102	56,0000
12	13	-14,5549	-17,0198	-13,8484	176,2906	3,4686	4,6429	10,4121	9,9543	0,3938	17,1242	17,1242	17,1242	17,1242	176,8633
12	23	-14,1676	-16,7002	-14,4352	-24,7812	13,5977	15,4455	37,3896	36,6692	1,4203	156,0890	156,0890	156,0890	156,0890	190,5271
13	23	-7,8125	-9,2843	-8,5001	-124,6855	13,2767	14,6941	36,0257	35,4731	1,3694	164,8912	164,8912	164,8912	164,8912	115,4477
14	16	-15,2854	-18,3659	-18,0707	-63,8849	41,3815	45,2169	111,5626	110,0671	4,2422	53,1365	53,1365	53,1365	53,1365	250,0000
15	16	3,2588	4,8486	10,5453	81,2048	-80,4315	39,4487	-58,4236	-105,1646	-2,5346	124,8179	124,8179	124,8179	124,8179	17,5698
15	21	-9,3056	-10,4855	-6,0130	-15,2895	-28,1787	-0,1595	169,3084	218,8148	6,7789	-10,7663	-10,7663	-10,7663	-10,7663	314,7010
15	24	-24,5509	-26,9928	-11,0501	2,9269	29,1494	22,0488	66,3905	69,1590	2,5486	40,6411	40,6411	40,6411	40,6411	170,2708
16	17	-10,1324	-11,9482	-10,3559	-50,8780	10,0681	-17,9510	183,9578	134,4483	6,6853	-66,3495	-66,3495	-66,3495	-66,3495	167,5445
16	19	3,9430	5,1677	7,7462	88,0680	-43,6796	-46,9448	-116,7838	-115,5107	-4,4427	267,4619	267,4619	267,4619	267,4619	45,0252
17	18	-10,0057	-11,7672	-10,0004	-48,2108	7,5244	-16,6717	181,6805	113,0844	0,5014	-62,2786	-62,2786	-62,2786	-62,2786	143,8561
17	22	-0,1267	-0,1809	-0,3555	-2,6672	2,5438	-1,2793	2,2773	21,3639	6,1839	4,0709	4,0709	4,0709	4,0709	23,6884
18	21	9,4323	10,6664	6,3685	17,9567	25,6349	1,4388	-171,5827	159,8212	2,2827	14,8372	14,8372	14,8372	14,8372	76,8561
19	20	14,5084	17,3614	16,6434	124,0329	-33,8357	-37,1010	-91,3803	-90,1072	-3,4745	309,3777	309,3777	309,3777	309,3777	226,0252
20	23	21,9801	25,9845	22,9354	149,4667	-26,8743	-30,1396	-73,4153	-72,1422	-2,7898	339,0198	339,0198	339,0198	339,0198	354,0252
21	22	-0,1267	-0,1809	-0,3555	-2,6672	2,5438	-1,2793	2,2773	21,3639	6,1839	4,0709	4,0709	4,0709	4,0709	23,6884

Πίνακας 6.81: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με τη μέθοδο Bialek upstream.

Bialek upstream from bus	to bus	Pg (MW)											SUM (MW)			
		Gen1	Gen2	Gen7	Gen13	Gen15	Gen16	Gen18	Gen21	Gen22	Gen23	Gen23				
1	2	0	7.6280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.6280
1	3	6.7587	0.3099	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.0686
1	5	56.3376	2.5832	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58.9208
2	4	0	38.8720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38.8720
2	6	0	48.5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48.5000
3	9	0	0	0	1.3843	0	0.0935	0.0728	0.0191	0.0092	1.0817	0.0092	1.0817	0.0092	1.0817	2.6606
3	24	0	0	0	0	0	2.5890	2.0156	110.4967	0.2546	0.7521	0.2546	0.7521	0.2546	0.7521	170.2708
4	9	0	0	0	18.2774	0	1.2342	0.9608	0.2518	0.1214	14.2823	0.1214	14.2823	0.1214	14.2823	35.1280
5	10	0	0	0	6.3203	0	0.4347	0.3384	0.0887	0.0428	4.8543	0.0428	4.8543	0.0428	4.8543	12.0792
6	10	0	0	0	45.7833	0	3.1490	2.4515	0.6426	0.3097	35.1639	0.3097	35.1639	0.3097	35.1639	87.5000
7	8	0	0	15.0943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.0943
8	9	0	0	0	44.8707	0	3.0299	2.3588	0.6183	0.2980	35.0628	0.2980	35.0628	0.2980	35.0628	86.2386
8	10	0	0	0	36.4525	0	2.5072	1.9519	0.5116	0.2466	27.9974	0.2466	27.9974	0.2466	27.9974	69.6671
9	11	0	0	0	88.6501	0	10.5060	8.1791	2.1438	1.0334	21.1244	1.0334	21.1244	1.0334	21.1244	131.6367
9	12	0	0	0	66.9365	0	0	0	0	0	100.4539	0	100.4539	0	100.4539	167.3904
10	11	0	0	0	110.6109	0	13.1086	10.2053	2.6749	1.2893	26.3574	1.2893	26.3574	1.2893	26.3574	164.2463
10	12	0	0	0	79.9766	0	0	0	0	0	120.0234	0	120.0234	0	120.0234	200.0000
11	13	0	0	0	199.2610	0	0	0	0	0	40.6221	0	40.6221	0	40.6221	239.8830
11	14	0	0	0	0	0	23.6146	18.3844	4.8187	2.3227	6.8597	2.3227	6.8597	2.3227	6.8597	56.0000
12	13	0	0	0	146.9131	0	0	0	0	0	29.9502	0	29.9502	0	29.9502	176.8633
12	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190.5271	0	190.5271	0	190.5271	190.5271
13	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115.4477	0	115.4477	0	115.4477	115.4477
14	16	0	0	0	0	0	105.4222	82.0732	21.5119	10.3692	30.6236	10.3692	30.6236	10.3692	30.6236	250.0000
15	16	0	0	0	0	0	7.4090	5.7680	1.5118	0.7287	2.1522	0.7287	2.1522	0.7287	2.1522	17.5698
15	21	0	0	0	0	0	0	0	314.7010	0	0	0	0	0	0	314.7010
15	24	0	0	0	0	0	54.1628	2.5890	110.4967	0.2546	0.7521	0.2546	0.7521	0.2546	0.7521	170.2708
16	17	0	0	0	0	0	0	120.6705	31.6285	15.2456	0	15.2456	0	15.2456	0	167.5445
16	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45.0252	0	45.0252	0	45.0252	45.0252
17	18	0	0	0	0	0	0	120.6705	23.1857	0	0	23.1857	0	23.1857	0	143.8561
17	22	0	0	0	0	0	0	0	8.4428	15.2456	0	15.2456	0	15.2456	0	23.6884
18	21	0	0	0	0	0	0	0	76.8561	0	0	76.8561	0	76.8561	0	76.8561
19	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226.0252	0	226.0252	0	226.0252	226.0252
20	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	354.0252	0	354.0252	0	354.0252	354.0252
21	22	0	0	0	0	0	0	0	8.4428	0	0	8.4428	0	8.4428	0	8.4428

Πίνακας 6.82: Συνεισφορά των γεννητριών στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

Transactions		Pg (MW)														SUM (MW)
from bus	to bus	Gen1	Gen2	Gen7	Gen13	Gen15	Gen16	Gen18	Gen21	Gen22	Gen23	SUM				
1	2	-12,1930	31,7055	0	0,5411	0	-0,5745	-0,9524	12,2009	-0,2195	-22,8800	7,6280				
1	3	5,0676	11,1619	0	-1,54028	0	-1,1942	-1,9797	25,3619	-0,4563	-15,4898	7,0686				
1	5	41,1008	20,5436	0	15,9439	0	0,6197	1,0273	-13,1610	0,2368	-7,3903	58,9208				
2	4	5,1458	49,9063	0	-11,4822	0	0,1820	0,3018	-3,8657	0,0696	-1,3855	38,8720				
2	6	7,0472	13,3882	0	10,9411	0	0,3925	0,6506	-8,3352	0,1500	24,2656	48,5000				
3	9	-2,3932	-8,6262	0	-5,0425	0	-2,5390	-4,2091	53,9218	-0,9702	-27,4810	2,6606				
3	24	-2,6744	-2,5357	0	20,4453	0	3,7332	6,1888	100,7163	1,4265	42,9708	170,2708				
4	9	-5,1458	24,0937	0	11,4822	0	-0,1820	-0,3018	3,8657	-0,0696	1,3855	35,1280				
5	10	17,2606	-7,9050	0	-15,9439	0	-0,6197	-1,0273	13,1610	-0,2368	7,3903	12,0792				
6	10	-7,0472	-5,0268	0	-10,9411	0	-0,3925	-0,6506	8,3352	-0,1500	103,3730	87,5000				
7	8	0	0	15,0943	0	0	0	0	0	0	0	15,0943				
8	9	1,7984	-2,8770	0	69,5277	0	0,1731	0,2870	-3,6765	0,0661	20,9396	86,2386				
8	10	-1,7984	2,8770	0	36,7710	0	-0,1731	-0,2870	3,6765	-0,0661	28,6674	69,6671				
9	11	-2,7708	6,3896	0	36,4394	0	-3,3043	-4,7326	27,9353	-1,0838	72,7640	131,6367				
9	12	-2,9698	6,2009	0	39,5280	0	0,7564	0,5088	26,1757	0,1102	97,0801	167,3904				
10	11	4,3070	-4,9331	0	100,8987	0	-2,6230	-3,6032	13,4661	-0,8235	57,5573	164,2463				
10	12	4,1080	-5,1217	0	103,9873	0	1,4377	1,6382	11,7065	0,3706	81,8734	200,0000				
11	13	0,0916	0,0868	0	129,8293	0	5,8739	7,3731	9,2810	1,6771	85,6703	239,8830				
11	14	1,4446	1,3697	0	7,5088	0	-11,8013	-15,7089	32,1205	-3,5843	44,6510	56,0000				
12	13	0,4423	0,4193	0	124,3853	0	-1,2836	-1,8655	12,3824	-0,4275	42,8107	176,8633				
12	23	0,6960	0,6599	0	19,1300	0	3,4778	4,0125	25,4998	0,9083	136,1428	190,5271				
13	23	0,5339	0,5062	0	-47,0841	0	4,5903	5,076	21,6634	1,2496	128,4810	115,4477				
14	16	1,4446	1,3697	0	7,5088	0	41,9532	51,2911	90,1205	11,6612	44,6510	250,0000				
15	16	-2,1677	-2,0553	0	16,5720	0	3,0259	-23,1101	-3,9587	-5,5664	34,8301	17,5698				
15	21	-0,5067	-0,4804	0	3,8733	0	0,7072	29,2989	266,6750	6,9929	8,1407	314,7010				
15	24	-2,6744	-2,5357	0	20,4453	0	3,7332	6,1888	100,7163	1,4265	42,9708	170,2708				
16	17	0,5067	0,4804	0	-3,8733	0	-0,7072	37,7011	133,3250	8,2527	-8,1407	167,5445				
16	19	-1,2298	-1,1660	0	27,9541	0	-9,3137	-9,5201	-47,1632	-2,1579	87,6218	45,0252				
17	18	0,4375	0,4148	0	-3,3448	0	-0,6107	36,8855	115,1337	1,9700	-7,0300	143,8561				
17	22	0,0691	0,0655	0	-0,5285	0	-0,0965	0,8155	18,1913	6,2827	-1,1107	23,6884				
18	21	0,4375	0,4148	0	-3,3448	0	-0,6107	-30,1145	115,1337	1,9700	-7,0300	76,8561				
19	20	-1,2298	-1,1660	0	27,9541	0	-8,0681	-9,5201	-47,1632	-2,1579	267,3762	226,0252				
20	23	-1,2298	-1,1660	0	27,9541	0	-8,0681	-9,5201	-47,1632	-2,1579	395,3762	354,0252				
21	22	0,0691	0,0655	0	-0,5285	0	-0,0965	0,8155	18,1913	-8,9629	-1,1107	8,4428				

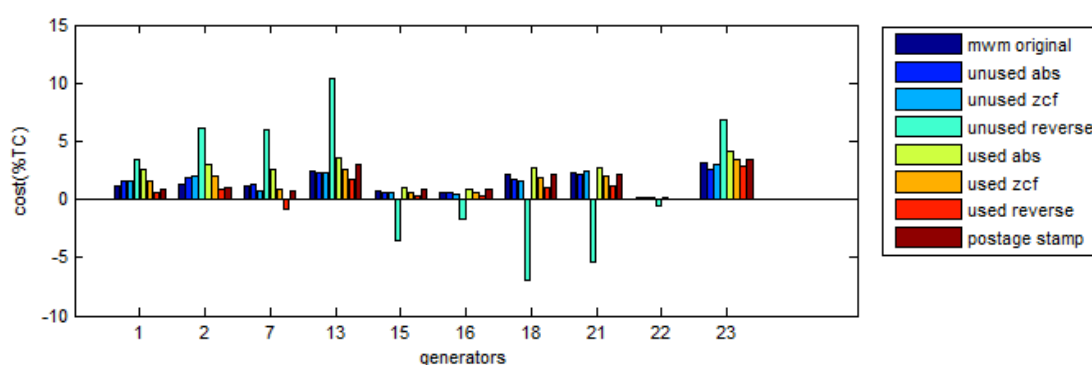
Πίνακας 6.85: Συνεισφορά των φορτίων στη ροή των γραμμών με βάση τις συναλλαγές.

Transactions	Pload (MW)																						SUM (MW)
	Load 1	Load 2	Load 3	Load 4	Load 5	Load 6	Load 7	Load 8	Load 9	Load 10	Load 13	Load 14	Load 15	Load 16	Load 18	Load 19	Load 20						
1	0	0	12,7091	19,1445	-2,9126	-12,3532	0	-2,4470	-7,7653	1,9159	0	-2,6260	0,3780	0	0	1,2650	0,3196	7,6280					
1	0	0	26,4183	9,36139	5,8817	-14,273	0	-5,0866	-1,3091	-12,5450	0	-5,4586	0,7858	0	0	2,6295	0,6643	7,0686					
1	0	0	-13,7092	9,78314	49,5671	1,91981	0	2,6396	-6,4561	14,4609	0	2,8326	-0,4078	0	0	-1,3645	-0,3447	58,9208					
2	0	0	-4,02675	47,1064	6,61887	-12,5053	0	0,7753	12,6110	-11,9178	0	0,8320	-0,1198	0	0	-0,4008	-0,1013	38,8720					
2	0	0	-8,68236	7,74905	8,93232	33,2199	0	1,6717	-4,8458	10,0019	0	1,7940	-0,2582	0	0	-0,8642	-0,2183	48,5000					
3	0	0	56,1678	-7,8679	-2,7165	-2,56268	0	-10,8147	-27,6471	1,0335	0	-11,6056	1,6707	0	0	5,906	1,4124	2,6606					
3	0	0	97,4138	-1,4935	-3,1652	16,8357	0	15,9013	28,9563	11,5115	0	17,0642	-2,4565	0	0	-8,2201	-2,0768	170,2708					
4	0	0	4,02675	26,8936	-6,6189	12,5053	0	-0,7753	-12,6110	11,9178	0	-0,8320	0,1198	0	0	0,4008	0,1013	35,1280					
5	0	0	13,7092	-9,7831	21,4329	-1,91981	0	-2,6396	6,4561	-14,4609	0	-2,8326	0,4078	0	0	1,3645	0,3447	12,0792					
6	0	0	8,68236	-7,7491	-8,9323	102,78	0	-1,6717	4,8458	-10,0019	0	-1,7940	0,2582	0	0	0,8642	0,2183	87,5000					
7	0	0	0	0	0	0	0	15,0943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,0943					
8	0	0	-3,8296	-3,7035	2,2106	9,21033	0	78,6902	-12,5050	15,9641	0	0,7913	-0,1139	0	0	-0,3812	-0,0963	86,2386					
8	0	0	3,8296	3,70346	-2,2121	-9,21033	0	77,2155	12,5050	-15,9641	0	-0,7913	0,1139	0	0	0,3812	0,0963	69,6671					
9	0	0	31,2545	7,11666	-3,4439	7,41141	0	32,0840	57,9315	13,5222	0	-13,3796	0,9296	0	0	-1,9078	-0,4820	131,6367					
9	0	0	25,1105	7,60555	-3,6794	11,7415	0	35,0162	64,3053	15,3932	0	1,7334	0,7469	0	0	7,5180	1,8994	167,3904					
10	0	0	16,1826	-6,8588	5,26199	43,6599	0	34,9860	8,7165	76,3511	0	-10,2654	0,4813	0	0	-3,4080	-0,8610	164,2463					
10	0	0	10,0386	-6,9699	5,02651	47,99	0	37,9182	15,0903	78,2220	0	4,8476	0,2986	0	0	6,0178	1,5204	200,0000					
11	0	0	2,82794	0,05114	0,10839	23,7416	0	54,9577	32,3500	84,0842	0	21,3782	0,0841	0	0	16,2055	4,0942	239,8830					
11	0	0	44,6092	0,8067	1,70972	27,3298	0	12,1123	34,2981	5,7891	0	-45,0233	1,3269	0	0	-21,5213	-5,4372	56,0000					
12	0	0	13,6575	0,24698	0,52344	16,1093	0	49,7895	21,1155	80,7865	0	-5,2601	0,4062	0	0	-0,4084	-0,1032	176,8633					
12	0	0	21,4916	0,38865	0,8237	43,6222	0	23,1448	58,2801	12,8287	0	11,8410	0,6392	0	0	13,9442	3,5229	190,5271					
13	0	0	16,4854	0,29812	0,63183	39,8509	0	-1,5514	53,4655	-30,1293	0	16,1181	0,4903	0	0	15,7971	3,9911	115,4477					
14	0	0	44,6092	0,8067	1,70972	27,3298	0	12,1123	34,2981	5,7891	0	148,9767	1,3269	0	0	-21,5213	-5,4372	250,0000					
15	0	0	-18,6478	-1,2105	-2,5656	13,6462	0	12,8888	23,4706	9,3307	0	-52,4688	41,4723	0	0	-6,6628	-1,6833	17,5698					
15	0	0	116,062	-0,2829	-0,5996	3,18948	0	3,0125	5,4857	2,1808	0	69,5330	118,0713	0	0	-1,5573	-0,3934	314,7010					
15	0	0	97,4138	-1,4935	-3,1652	16,8357	0	15,9013	28,9563	11,5115	0	17,0642	-2,4565	0	0	-8,2201	-2,0768	170,2708					
16	0	0	63,9384	0,28293	0,59965	-3,18948	0	-3,0125	-5,4857	-2,1808	0	70,7126	43,9287	0	0	1,5573	0,3934	167,5445					
16	0	0	-37,977	-0,6868	-1,4555	44,1655	0	28,0136	63,2544	17,3006	0	-27,9591	-1,1296	0	0	-30,9869	-7,5140	45,0252					
17	0	0	55,2144	0,24433	0,51783	-2,7543	0	-2,6014	-4,7372	-1,8833	0	60,2362	37,9350	0	0	1,3448	0,3398	143,8561					
17	0	0	8,72394	0,0386	0,08182	-0,43518	0	-0,4110	-0,7485	-0,2976	0	10,4764	5,9938	0	0	0,2125	0,0537	23,6884					
18	0	0	55,2144	0,24433	0,51783	-2,7543	0	-2,6014	-4,7372	-1,8833	0	-6,7638	37,9350	0	0	1,3448	0,3398	76,8561					
19	0	0	-37,977	-0,6868	-1,4555	44,1655	0	28,0136	63,2544	17,3006	0	-27,9591	-1,1296	0	0	150,0131	-7,5140	226,0252					
20	0	0	-37,977	-0,6868	-1,4555	44,1655	0	28,0136	63,2544	17,3006	0	-27,9591	-1,1296	0	0	150,0131	120,4860	354,0252					
21	0	0	8,72394	0,0386	0,08182	-0,43518	0	-0,4110	-0,7485	-0,2976	0	-4,7692	5,9938	0	0	0,2125	0,0537	8,4428					

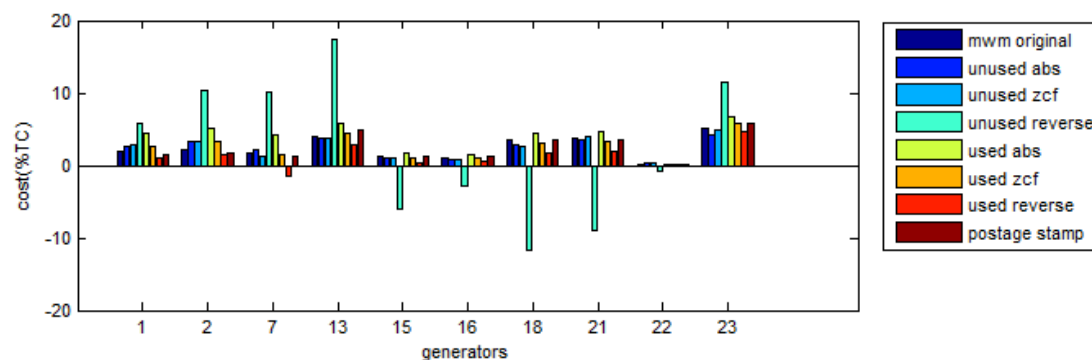
1η περίπτωση

Πίνακας 6.86: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (30% TC₄).

GGDF	30%TC ₄ = 20607,38 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	1576,57	1836,82	1506,51	3331,04	951,12	817,41	2977,42	3155,58	141,75	4313,15	20607,38
unused abs	2267,64	2674,89	1711,99	3095,62	877,75	739,14	2390,58	3033,44	307,36	3508,98	20607,38
unused zcf	2285,84	2788,77	950,22	3167,31	799,43	676,36	2245,70	3365,59	234,30	4093,87	20607,38
unused reverse	4851,04	8541,31	8389,00	14490,17	-4966,65	-2362,58	-9731,13	-7460,43	-686,27	9542,93	20607,38
used abs	3638,30	4240,86	3524,97	4882,79	1348,94	1224,66	3724,05	3862,05	173,84	5678,40	32298,87
used zcf	2243,02	2730,93	1178,94	3608,49	836,19	832,32	2541,16	2762,28	115,10	4798,58	21647,01
used reverse	847,75	1221,00	-1167,09	2334,19	323,43	439,98	1358,26	1662,51	56,35	3918,76	10995,14
postage stamp	1202,90	1388,29	1012,97	4094,71	1120,75	1120,75	2892,26	2892,26	110,24	4772,24	20607,38

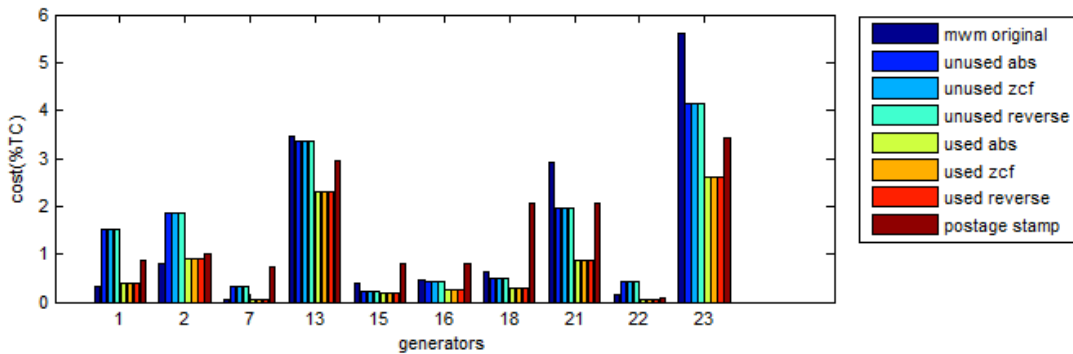
Σχήμα 6.63: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (30% TC₄).Πίνακας 6.87: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (50% TC₄).

GGDF	50%TC ₄ = 34345,63 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	2627,62	3061,37	2510,86	5551,73	1585,20	1362,35	4962,37	5259,30	236,24	7188,59	34345,63
unused abs	3779,41	4458,15	2853,32	5159,37	1462,91	1231,89	3984,30	5055,73	512,26	5848,29	34345,63
unused zcf	3809,73	4647,95	1583,70	5278,84	1332,38	1127,27	3742,84	5609,31	390,51	6823,11	34345,63
unused reverse	8085,07	14235,51	13981,66	24150,28	-8277,75	-3937,63	-16218,56	-12434,05	-1143,78	15904,88	34345,63
used abs	6063,83	7068,10	5874,96	8137,99	2248,23	2041,10	6206,75	6436,74	289,74	9464,00	53831,45
used zcf	3738,37	4551,55	1964,90	6014,15	1393,64	1387,20	4235,26	4603,80	191,83	7997,63	36078,34
used reverse	1412,92	2035,00	-1945,15	3890,32	539,06	733,30	2263,77	2770,85	93,92	6531,26	18325,24
postage stamp	2004,84	2313,81	1688,29	6824,52	1867,92	1867,92	4820,44	4820,44	183,73	7953,73	34345,63

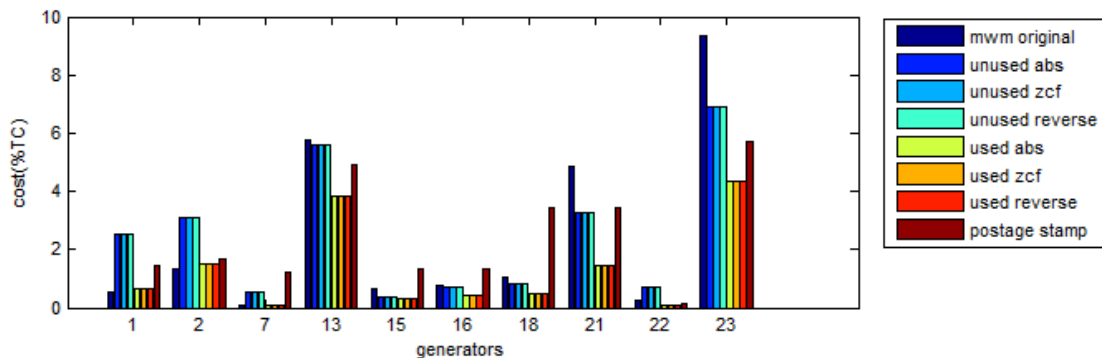
Σχήμα 6.64: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (50% TC₄).

Πίνακας 6.88: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC₄).

Bialek	30%TC ₄ = 20607,37 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	462,54	1093,29	69,27	4808,77	549,71	660,18	877,42	4049,30	214,44	7822,46	20607,38
unused abs	2120,47	2591,65	460,43	4688,73	323,93	612,79	707,54	2750,21	586,22	5765,41	20607,38
unused zcf	2120,47	2591,65	460,43	4688,73	323,93	612,79	707,54	2750,21	586,22	5765,41	20607,38
unused reverse	2120,47	2591,65	460,43	4688,73	323,93	612,79	707,54	2750,21	586,22	5765,41	20607,38
used abs	530,40	1253,68	79,43	3195,97	254,70	352,88	420,60	1189,93	94,71	3622,86	10995,14
used zcf	530,40	1253,68	79,43	3195,97	254,70	352,88	420,60	1189,93	94,71	3622,86	10995,14
used reverse	530,40	1253,68	79,43	3195,97	254,70	352,88	420,60	1189,93	94,71	3622,86	10995,14
postage stamp	1202,90	1388,29	1012,97	4094,71	1120,75	1120,75	2892,26	2892,26	110,24	4772,24	20607,38

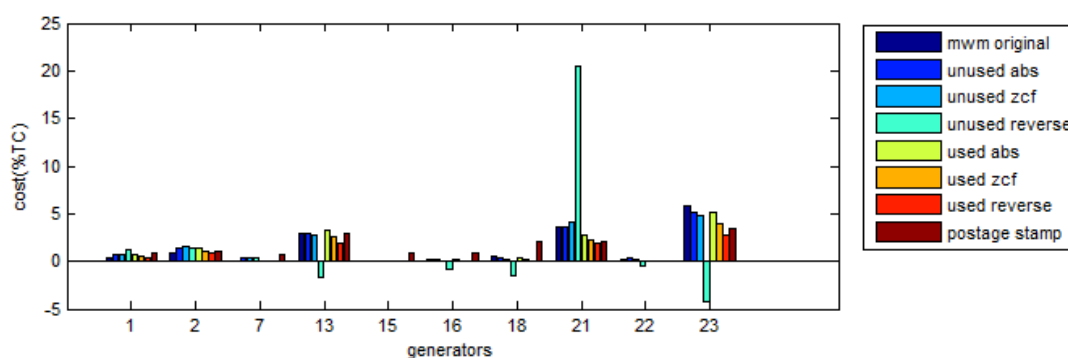
Σχήμα 6.65: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC₄).Πίνακας 6.89: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₄).

Bialek	50%TC ₄ = 34345,63 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	770,90	1822,15	115,44	8014,62	916,18	1100,30	1462,37	6748,84	357,40	13037,44	34345,63
unused abs	3534,11	4319,42	767,38	7814,55	539,88	1021,32	1179,23	4583,69	977,03	9609,02	34345,63
unused zcf	3534,11	4319,42	767,38	7814,55	539,88	1021,32	1179,23	4583,69	977,03	9609,02	34345,63
unused reverse	3534,11	4319,42	767,38	7814,55	539,88	1021,32	1179,23	4583,69	977,03	9609,02	34345,63
used abs	883,99	2089,46	132,38	5326,62	424,50	588,13	700,99	1983,22	157,86	6038,09	18325,24
used zcf	883,99	2089,46	132,38	5326,62	424,50	588,13	700,99	1983,22	157,86	6038,09	18325,24
used reverse	883,99	2089,46	132,38	5326,62	424,50	588,13	700,99	1983,22	157,86	6038,09	18325,24
postage stamp	2004,84	2313,81	1688,29	6824,52	1867,92	1867,92	4820,44	4820,44	183,73	7953,73	34345,63

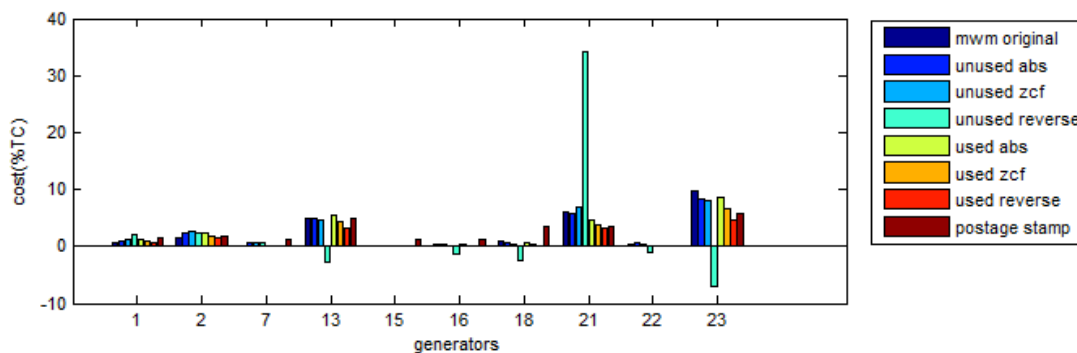
Σχήμα 6.66: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₄).

Πίνακας 6.90: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC₄).

Transactions	30%TC ₄ = 20607,37 κ€										SUM (κ€)	
	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23		
genbus												
mw - mile	597,90	1234,65	45,39	4184,98	0	330,93	733,70	5074,60	212,29	8192,95	20607,38	
unused abs	888,82	1862,13	460,43	4187,50	0	245,08	573,16	4912,11	436,44	7041,71	20607,38	
unused zcf	1045,86	2185,16	460,43	3768,58	0	137,21	352,63	5725,45	265,29	6666,78	20607,38	
unused reverse	1721,63	1966,92	460,43	-2217,92	0	-1166,83	-2042,19	28550,61	-780,07	-5885,21	20607,38	
used abs	935,06	1965,15	79,43	4661,41	0	241,70	456,04	3841,35	135,12	7239,79	19555,06	
used zcf	752,77	1578,08	79,43	3650,41	0	123,09	250,20	3202,57	74,90	5563,66	15275,10	
used reverse	570,48	1191,01	79,43	2639,41	0	4,47	44,35	2563,80	14,68	3887,52	10995,14	
postage stamp	1202,90	1388,29	1012,97	4094,71	1120,75	1120,75	2892,26	2892,26	110,24	4772,24	20607,38	

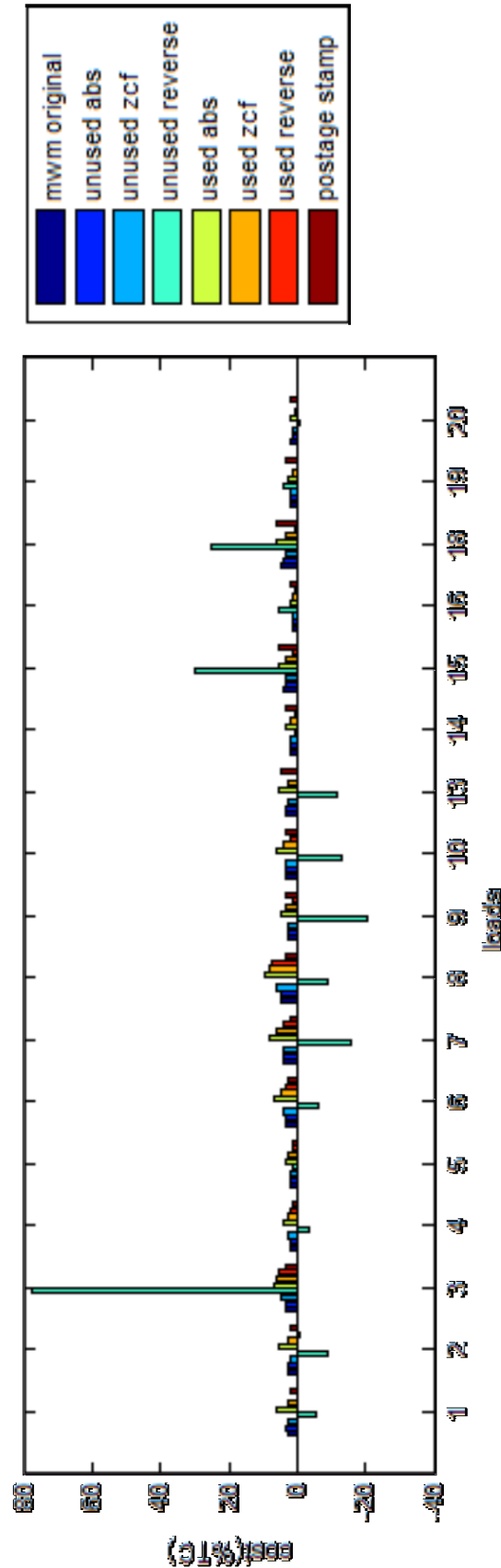
Σχήμα 6.67: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC₄).Πίνακας 6.91: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₄).

Transactions	50%TC ₄ = 34345,63 κ€										SUM (κ€)
	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	
genbus											
mw - mile	996,50	2057,74	75,65	6974,96	0	551,55	1222,83	8457,67	353,81	13654,91	34345,63
unused abs	1481,36	3103,55	767,38	6979,17	0	408,47	955,27	8186,84	727,40	11736,18	34345,63
unused zcf	1743,10	3641,94	767,38	6280,96	0	228,69	587,71	9542,42	442,15	11111,29	34345,63
unused reverse	2869,39	3278,20	767,38	-3696,53	0	-1944,71	-3403,65	47584,36	-1300,12	-9808,68	34345,63
used abs	1558,43	3275,25	132,38	7769,02	0	402,84	760,07	6402,25	225,20	12066,32	32591,76
used zcf	1254,61	2630,13	132,38	6084,02	0	205,15	417,00	5337,62	124,83	9272,76	25458,50
used reverse	950,80	1985,01	132,38	4399,02	0	7,45	73,92	4273,00	24,46	6479,20	18325,24
postage stamp	2004,84	2313,81	1688,29	6824,52	1867,92	1867,92	4820,44	4820,44	183,73	7953,73	34345,63

Σχήμα 6.68: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₄).

Πίνακας 6.92: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (100% TC₄).

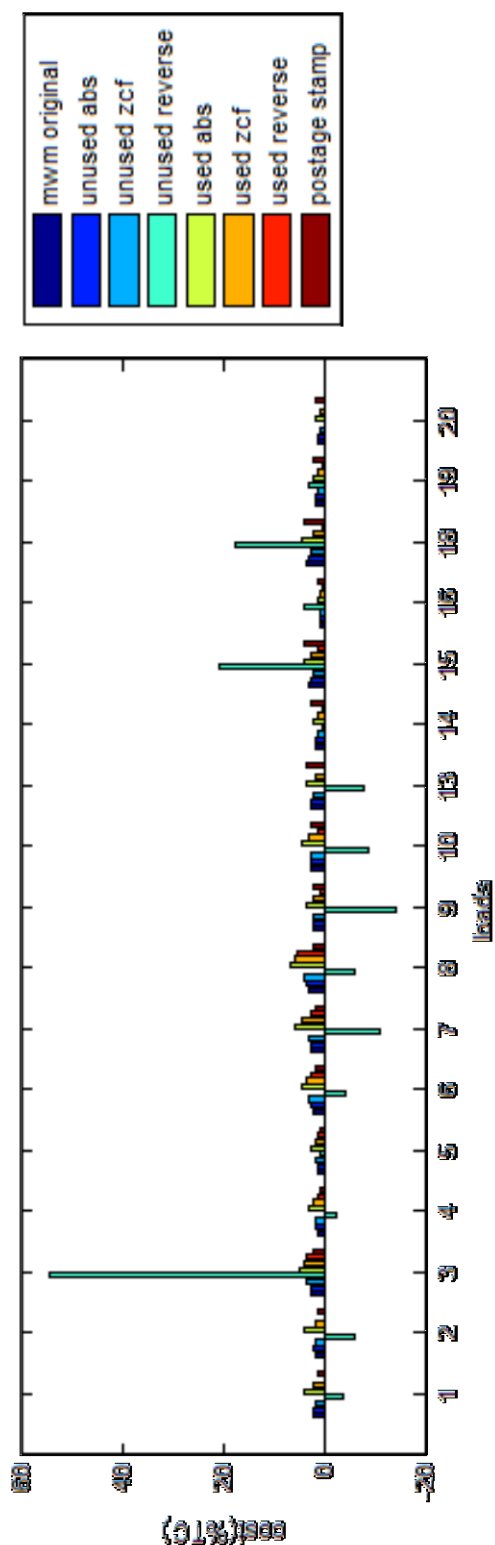
GLDF	100% TC ₄ = 68691 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus	3723,38	3371,94	4876,76	2526,37	2308,27	4334,21	5111,89	6088,99	3972,87	4918,57	4833,39	3106,45	5729,79	1583,92	6838,24	3123,96	2242,26	68691			
mwm abs	4316,17	3943,70	4818,02	2944,59	2533,04	4886,89	5348,85	6381,17	4043,78	5072,16	4643,85	2820,35	5045,20	1479,40	5572,49	2829,45	2062,16	68691			
unused abs	3301,19	2816,70	6902,47	3410,35	2829,27	5486,63	5816,78	8053,66	4060,86	4941,01	3639,03	2688,60	4454,52	1464,90	5036,57	2446,30	1342,42	68691			
unused zcf	-7894,44	-12045,88	108261,51	-5033,13	1791,68	-8570,52	-21937,67	-12623,83	-28443,23	-17982,01	-16215,21	697,14	41499,07	7491,04	35029,93	5446,29	-779,47	68691			
used reverse	8105,20	7348,09	9080,53	5435,55	4840,35	8930,43	11594,65	13157,00	6803,72	8839,88	7026,81	4467,62	7714,51	2229,02	8509,17	4055,76	2869,76	121008			
used zcf	3829,78	3269,65	8027,45	3987,05	3430,39	6739,99	8336,64	11551,96	4272,59	5594,80	3396,86	2597,32	4793,08	1284,41	4511,16	2052,30	1153,86	78829			
used reverse	-445,64	-808,79	6974,37	2538,54	2020,43	4549,56	5078,63	9946,92	1741,46	2349,72	-233,10	727,02	1871,65	339,79	513,14	48,83	-562,04	36650			
postage stamp	2603,04	2337,91	4338,40	1783,56	1711,26	3277,90	3012,77	4121,48	4217,88	4699,93	6387,08	4675,83	7640,40	2410,22	8026,03	4362,50	3085,08	68691			



Σχήμα 6.69: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (100% TC₄).

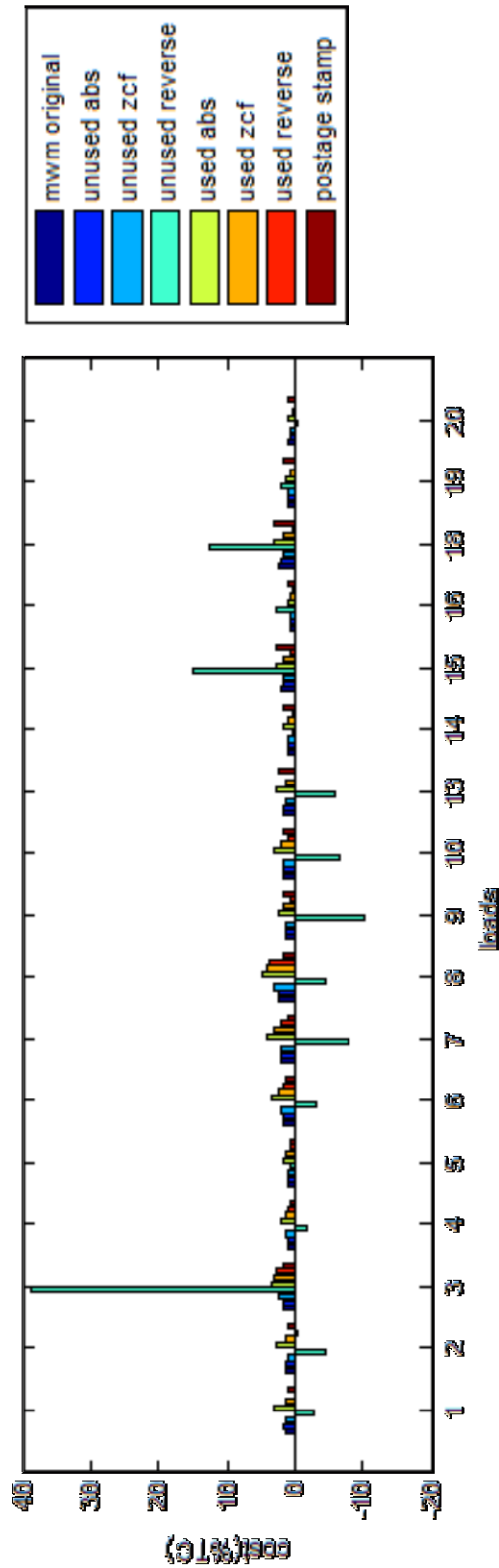
Πίνακας 6.93: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (70% TC₄).

GLDF	70% TC ₄ = 48084 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
localms	2606,36	2360,36	3413,73	1768,46	1615,79	3033,95	3578,33	4262,29	2781,01	3443,00	3383,38	2174,52	4010,85	1108,74	4786,76	2186,77	1569,58	48084			
mwm_nlte	3021,32	2760,59	3372,62	2061,21	1773,13	3420,82	3744,20	4466,82	2830,64	3515,51	3250,70	1974,25	3531,64	1035,58	3900,75	1980,61	1443,51	48084			
unused_abs	2310,83	1971,69	4831,73	2387,24	1980,49	3840,64	4071,75	5637,56	2842,60	3458,71	2547,32	1882,02	3118,17	1025,43	3525,60	1712,41	939,69	48084			
unused_zcf	-5526,11	-8432,12	75783,06	-3523,19	1254,18	-5999,36	-15356,37	-8836,68	-19910,26	-12387,41	-11350,65	488,00	29049,35	5243,73	24520,95	3812,40	-545,63	48084			
used_abs	5673,64	5143,66	6356,37	3804,89	3388,24	6251,30	8116,26	9209,90	4762,60	6187,92	4918,77	3127,34	5400,16	1560,32	5956,42	2839,03	2008,83	84706			
used_zcf	2680,85	2288,75	5619,21	2790,93	2401,27	4717,99	5835,65	8086,37	2990,81	3916,36	2377,80	1818,13	3355,16	899,08	3157,81	1436,61	807,70	55180			
used_reverse	-311,95	-566,15	4882,06	1776,98	1414,30	3184,69	3555,04	6962,84	1219,02	1644,80	-163,17	508,91	1310,16	237,85	359,20	34,18	-393,43	25655			
postage_stamp	1822,13	1636,54	3036,88	1248,49	1197,88	2294,53	2108,94	2885,03	2952,52	3289,95	4470,96	3273,08	5348,28	1687,15	5618,22	3053,75	2159,56	48084			

Σχήμα 6.70: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (70% TC₄).

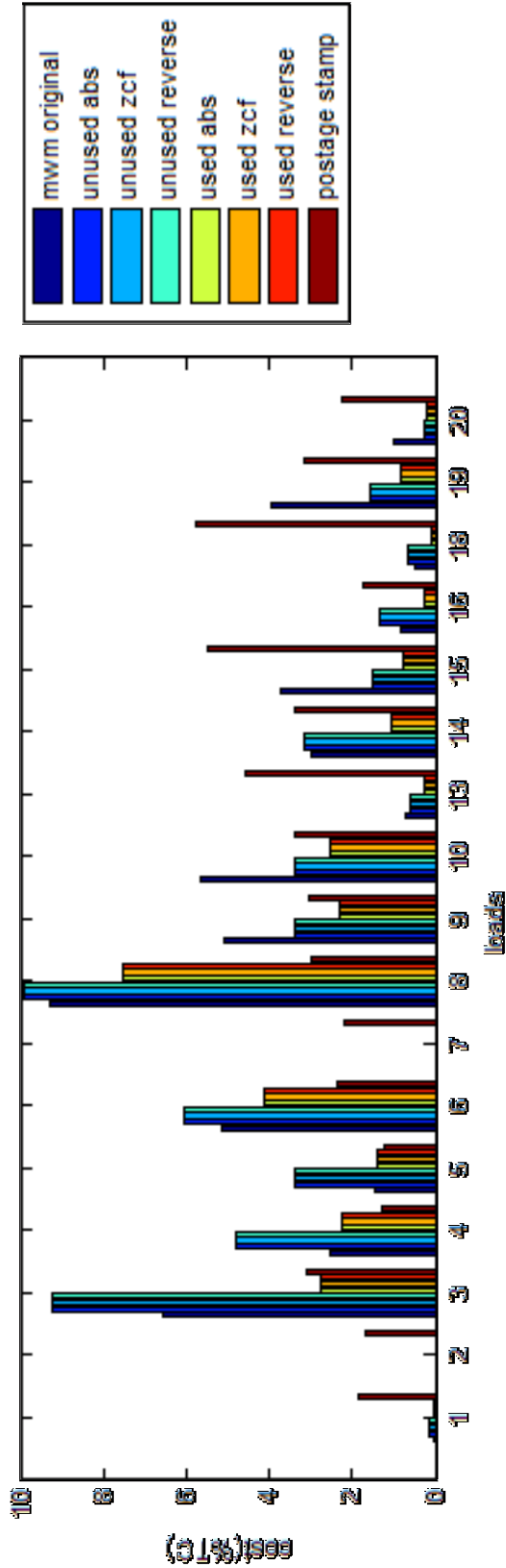
Πίνακας 6.94: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (50% TC₄).

GLDF	50% TC ₄ = 34346 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadins	1861,69	1685,97	2438,38	1263,19	1154,14	2167,11	2555,95	3044,49	1986,44	2459,28	2416,70	1553,23	2864,89	791,96	3419,12	1561,98	1121,13				
mwm file	2158,08	1971,85	2409,01	1472,29	1266,52	2443,44	2674,43	3190,58	2021,89	2511,08	2321,93	1410,18	2522,60	739,70	2786,25	1414,72	1031,08				
unused abs	1650,60	1408,35	3451,24	1705,17	1414,64	2743,31	2908,39	4026,83	2030,43	2470,51	1819,51	1344,30	2227,26	732,45	2518,29	1223,15	671,21				
unused zcf	-3947,22	-6022,94	54130,75	-2516,56	895,84	-4285,26	-10968,83	-6311,91	-14221,61	-8991,00	-8107,60	348,57	20749,54	3745,52	17514,96	2723,14	-389,73				
used abs	4052,60	3674,04	4540,26	2717,78	2420,17	4465,21	5797,33	6578,50	3401,86	4419,94	3513,41	2233,81	3857,26	1114,51	4254,59	2027,88	1434,88				
used zcf	1914,89	1634,82	4013,72	1993,52	1715,19	3370,00	4168,32	5775,98	2136,29	2797,40	1698,43	1298,66	2396,54	642,20	2255,58	1026,15	576,93				
used reverse	-222,82	-404,40	3487,19	1269,27	1010,22	2274,78	2539,31	4973,46	870,73	1174,86	-116,55	363,51	935,83	169,90	256,57	24,41	-281,02				
postage stamp	1301,52	1168,96	2169,20	891,78	855,63	1638,95	1506,39	2060,74	2108,94	2349,96	3193,54	2337,91	3820,20	1205,11	4013,02	2181,25	1542,54				

Σχήμα 6.71: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (50% TC₄).

Πίνακας 6.95: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC₄).

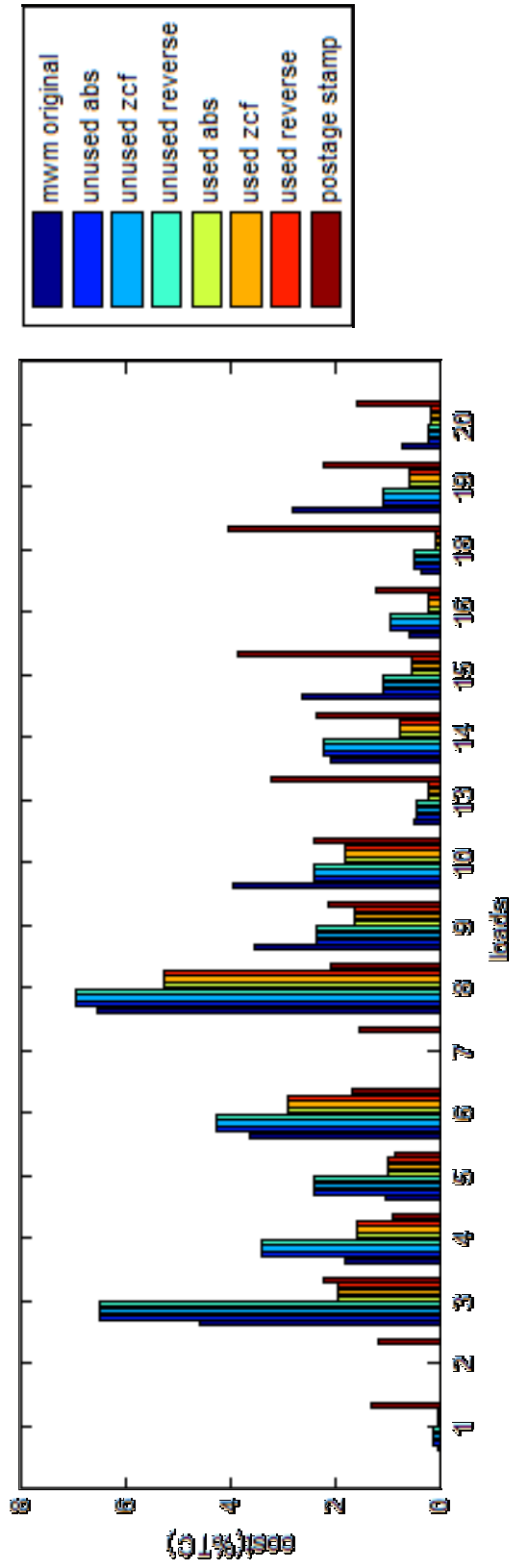
Bialek	100% TC ₄ = 68691 k€																				SUMI (k€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus	16,41	0	9103,04	3548,68	2001,26	7159,93	0	12918,45	7044,12	7846,33	967,13	4146,56	5182,47	1167,86	692,58	5519,38	1377,08	68691			
mw-mile	215,79	0	12855,66	6697,87	4730,19	8432,12	0	13780,00	4673,35	4724,04	840,54	4862,20	2088,01	1859,43	904,17	2137,60	390,29	68691			
unused abs	215,79	0	12855,66	6697,87	4730,19	8432,12	0	13780,00	4673,35	4724,04	840,54	4862,20	2088,01	1859,43	904,17	2137,60	390,29	68691			
unused zcf	215,79	0	12855,66	6697,87	4730,19	8432,12	0	13780,00	4673,35	4724,04	840,54	4862,20	2088,01	1859,43	904,17	2137,60	390,29	68691			
unused reverse	18,81	0	3808,26	3086,36	1956,97	5762,75	0	10451,84	3180,83	3542,86	388,15	1487,10	1066,22	377,42	138,98	1107,59	276,34	36650			
used abs	18,81	0	3808,26	3086,36	1956,97	5762,75	0	10451,84	3180,83	3542,86	388,15	1487,10	1066,22	377,42	138,98	1107,59	276,34	36650			
used zcf	18,81	0	3808,26	3086,36	1956,97	5762,75	0	10451,84	3180,83	3542,86	388,15	1487,10	1066,22	377,42	138,98	1107,59	276,34	36650			
used reverse	18,81	0	3808,26	3086,36	1956,97	5762,75	0	10451,84	3180,83	3542,86	388,15	1487,10	1066,22	377,42	138,98	1107,59	276,34	36650			
postage stamp	2603,04	2337,91	4338,40	1783,56	1711,26	3277,90	3012,77	4121,48	4217,88	4699,93	6387,08	4675,83	7640,40	2410,22	8026,03	4362,50	3085,08	68691			



Σχήμα 6.72: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (100% TC₄).

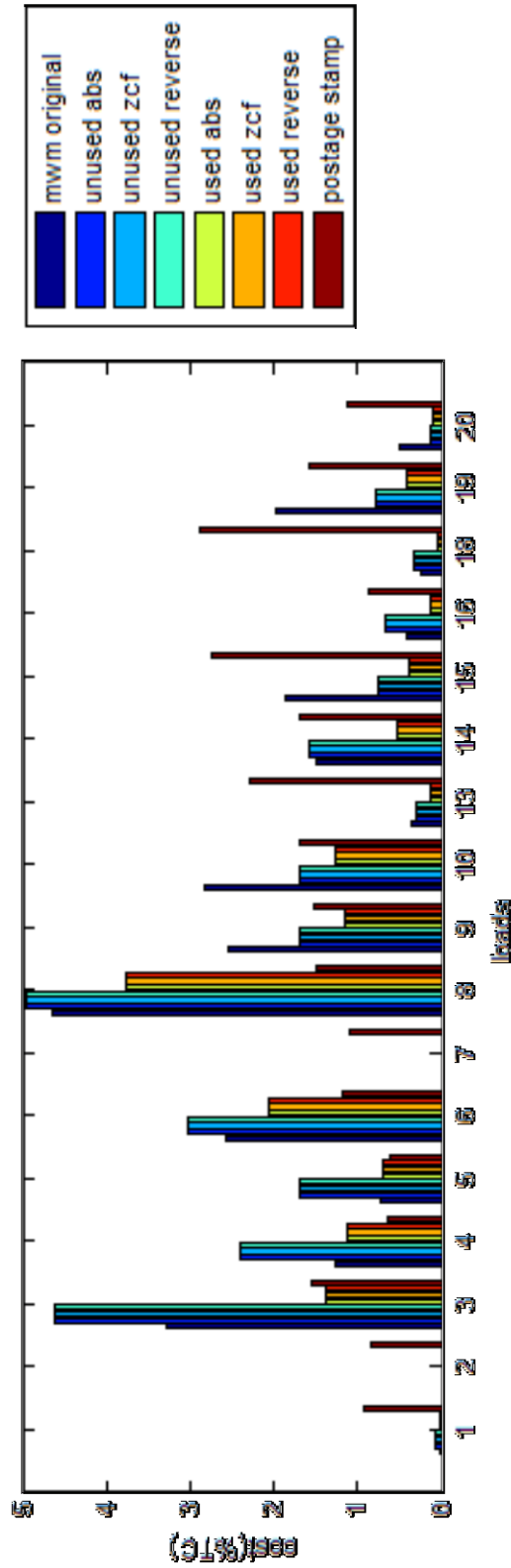
Πίνακας 6.96: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Βialek downstream (70% TC₄).

Bialek loadings	70% TC ₄ = 48084 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
nmw-mile	11,48	0	6372,12	2484,07	1400,88	5011,95	0	9042,92	4930,89	5492,43	676,99	2902,59	3627,73	817,50	484,80	3863,56	963,96	48084			
unused abs	151,05	0	8998,96	4688,51	3311,14	5902,48	0	9646,00	3271,34	3306,83	588,38	3053,54	1461,61	1301,60	632,92	1496,32	273,20	48084			
unused zcf	151,05	0	8998,96	4688,51	3311,14	5902,48	0	9646,00	3271,34	3306,83	588,38	3053,54	1461,61	1301,60	632,92	1496,32	273,20	48084			
unused reverse	151,05	0	8998,96	4688,51	3311,14	5902,48	0	9646,00	3271,34	3306,83	588,38	3053,54	1461,61	1301,60	632,92	1496,32	273,20	48084			
used abs	13,17	0	2665,78	2160,45	1369,88	4033,93	0	7316,29	2226,58	2480,00	271,71	1040,97	746,36	264,20	97,29	775,31	193,44	25655			
used zcf	13,17	0	2665,78	2160,45	1369,88	4033,93	0	7316,29	2226,58	2480,00	271,71	1040,97	746,36	264,20	97,29	775,31	193,44	25655			
used reverse	13,17	0	2665,78	2160,45	1369,88	4033,93	0	7316,29	2226,58	2480,00	271,71	1040,97	746,36	264,20	97,29	775,31	193,44	25655			
postage stamp	1822,13	1636,54	3036,88	1248,49	1197,88	2294,53	2108,94	2885,03	2952,52	3289,95	4470,96	3273,08	5348,28	1687,15	5618,22	3053,75	2159,56	48084			

Σχήμα 6.73: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Βialek downstream (70% TC₄).

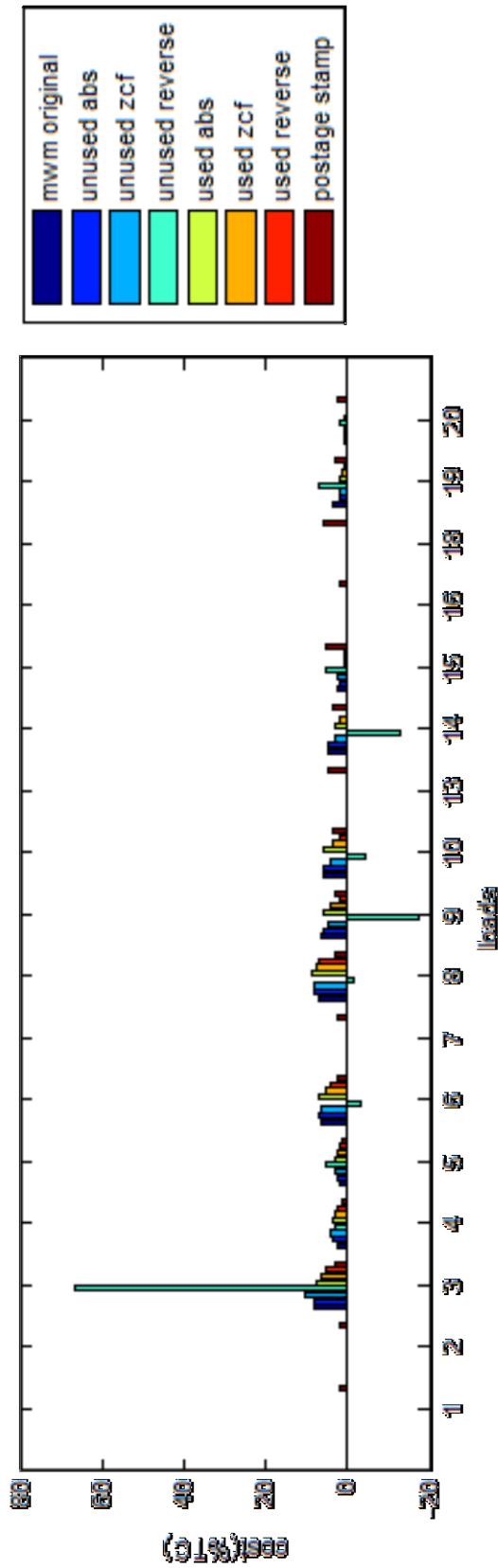
Πίνακας 6.97: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₄).

Bialek location	50% TC ₄ = 34346 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
mwm original	8,20	0	4551,52	1774,34	1000,63	3579,96	0	6459,23	3522,06	3923,17	483,56	2073,28	2591,23	583,93	346,29	2759,69	688,54	34346			
unused abs	107,90	0	6427,83	3348,94	2365,10	4216,06	0	6890,00	2336,67	2362,02	420,27	2181,10	1044,01	929,72	452,08	1068,80	195,14	34346			
unused zcf	107,90	0	6427,83	3348,94	2365,10	4216,06	0	6890,00	2336,67	2362,02	420,27	2181,10	1044,01	929,72	452,08	1068,80	195,14	34346			
unused reverse	107,90	0	6427,83	3348,94	2365,10	4216,06	0	6890,00	2336,67	2362,02	420,27	2181,10	1044,01	929,72	452,08	1068,80	195,14	34346			
used abs	9,41	0	1904,13	1543,18	978,48	2881,38	0	5225,92	1590,41	1771,43	194,08	743,55	533,11	188,71	69,49	553,79	138,17	18325			
used zcf	9,41	0	1904,13	1543,18	978,48	2881,38	0	5225,92	1590,41	1771,43	194,08	743,55	533,11	188,71	69,49	553,79	138,17	18325			
used reverse	9,41	0	1904,13	1543,18	978,48	2881,38	0	5225,92	1590,41	1771,43	194,08	743,55	533,11	188,71	69,49	553,79	138,17	18325			
postage stamp	1301,52	1168,96	2169,20	891,78	855,63	1638,95	1506,39	2060,74	2108,94	2349,96	3193,54	2337,91	3820,20	1205,11	4013,02	2181,25	1542,54	34346			

Σχήμα 6.74: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₄).

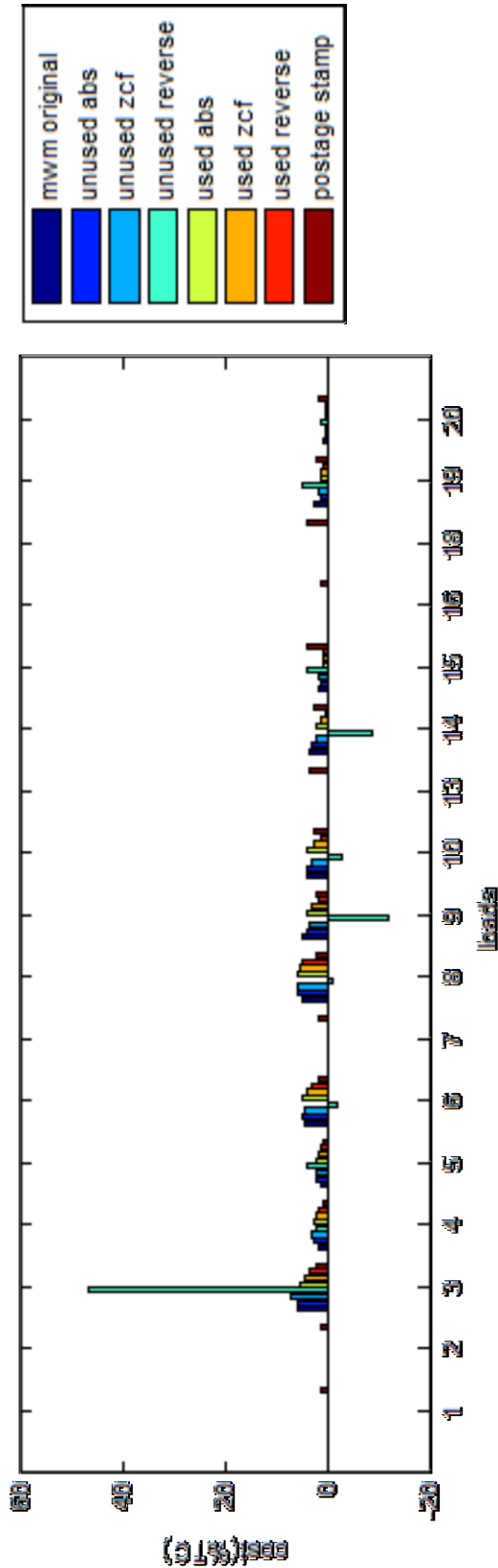
Πίνακας 6.98: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₄).

Transactions	100% TC ₄ =68691 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus	0	0	11637,80	3228,86	2453,52	8940,35	0	9785,71	9066,53	7850,39	0	6499,73	3018,15	0	0	4811,11	1399,12	68691			
mvm-mile	0	0	11605,72	4864,70	3661,17	9405,17	0	11012,01	7979,08	7835,24	0	6262,50	2676,33	0	0	2691,52	697,82	68691			
unused abs	0	0	14149,98	5793,74	4329,63	8932,66	0	11672,07	6950,49	6037,30	0	4308,54	3138,62	0	0	2728,67	649,56	68691			
unused zcf	0	0	92732,50	4156,51	7627,22	-4456,79	0	-2275,15	-24226,72	-6050,06	0	-18036,5	7231,60	0	0	9684,06	2304,61	68691			
used abs	0	0	10125,52	5156,77	3845,84	9834,72	0	11720,67	7916,90	8037,36	0	4163,13	1281,08	0	0	2433,33	668,20	65184			
used zcf	0	0	8639,44	4156,16	3106,23	7669,39	0	10745,85	5435,72	5279,30	0	2326,86	1199,34	0	0	1861,99	496,72	50917			
used reverse	0	0	7153,37	3155,56	2366,63	5504,05	0	9771,03	2954,54	2521,25	0	490,59	1117,59	0	0	1290,64	325,24	36650			
postage stamp	2603,04	2337,91	4338,40	1783,56	1711,26	3277,90	3012,77	4121,48	4217,88	4699,93	6387,08	4675,83	7640,40	2410,22	8026,03	4362,50	3085,08	68691			

Σχήμα 6.75: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₄).

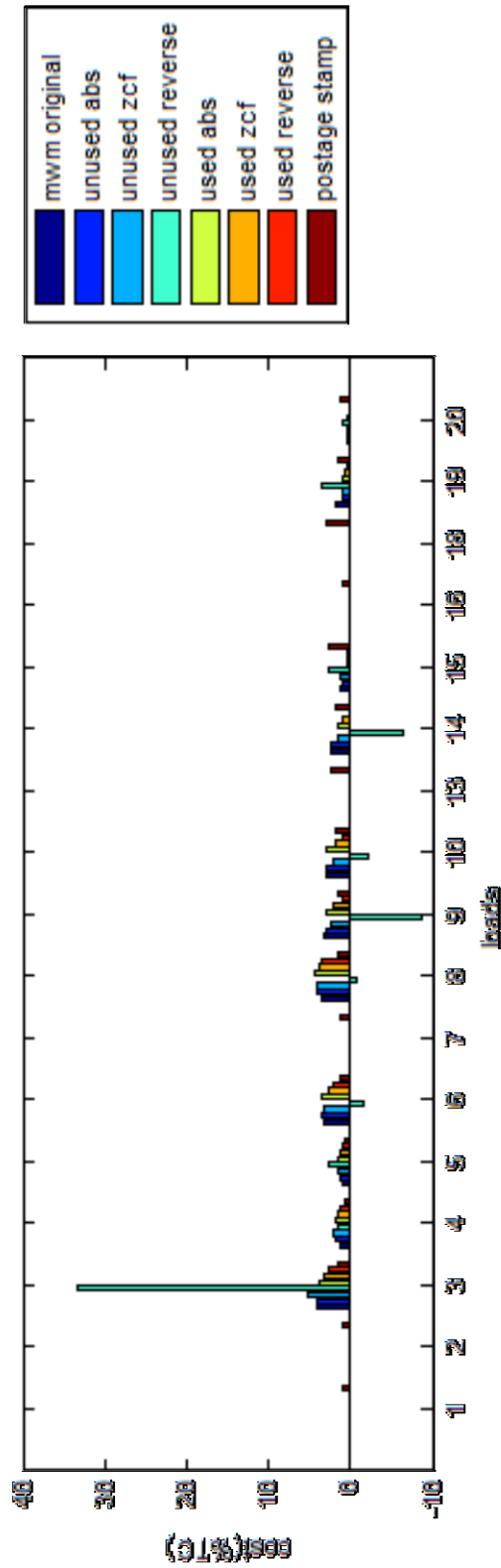
Πίνακας 6.99: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₄).

Transactions	70% TC ₄ = 48084 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
load/mile	0	0	8146,46	2260,20	1717,47	6258,24	0	6850,00	6346,57	5495,27	0	4549,81	2112,70	0	0	3367,78	979,38	48084			
unused abs	0	0	8124,00	3405,29	2562,82	6583,62	0	7708,41	5585,35	5484,67	0	4383,75	1873,43	0	0	1884,07	488,48	48084			
unused zcf	0	0	9904,98	4055,62	3030,74	6252,87	0	8170,45	4865,34	4226,11	0	3015,98	2197,03	0	0	1910,07	454,69	48084			
unused reverse	0	0	64912,75	2909,56	5339,05	-3119,75	0	-1592,60	-16958,71	-4235,04	0	-12625,56	5062,12	0	0	6778,84	1613,23	48084			
used abs	0	0	7087,86	3609,74	2692,09	6884,31	0	8204,47	5541,83	5626,15	0	2914,19	896,76	0	0	1703,33	467,74	45628			
used zcf	0	0	6047,61	2909,31	2174,36	5368,57	0	7522,09	3805,00	3695,51	0	1628,80	839,54	0	0	1303,39	347,71	35642			
used reverse	0	0	5007,36	2208,89	1656,64	3852,84	0	6839,72	2068,18	1764,87	0	343,41	782,31	0	0	903,45	227,67	25655			
postage stamp	1822,13	1636,54	3036,88	1248,49	1197,88	2294,53	2108,94	2885,03	2952,52	3289,95	4470,96	3273,08	5348,28	1687,15	5618,22	3053,75	2159,56	48084			

Σχήμα 6.76: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₄).

Πίνακας 6.100: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₄).

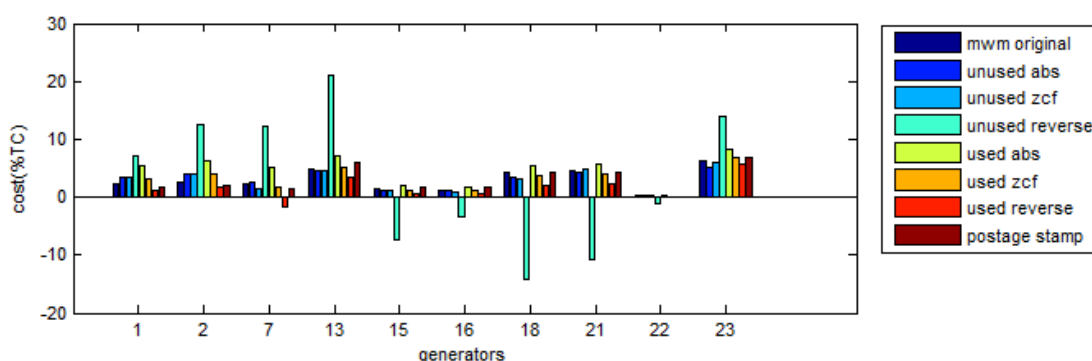
Transactions	50% TC ₄ = 34346 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
leadins	0	0	5818,90	1614,43	1226,76	4470,17	0	4892,86	4533,27	3925,19	0	3249,86	1509,07	0	0	2405,56	699,56	34346			
nov-mile	0	0	5802,86	2432,35	1830,58	4702,58	0	5506,01	3989,54	3917,62	0	3131,25	1338,17	0	0	1345,76	348,91	34346			
unused abs	0	0	7074,99	2896,87	2164,82	4466,33	0	5836,04	3475,24	3018,65	0	2154,27	1569,31	0	0	1364,34	324,78	34346			
unused zcf	0	0	46366,25	2078,26	3813,61	-2228,39	0	-1137,57	-12113,36	-3025,03	0	-9018,26	3615,80	0	0	4842,03	1152,31	34346			
unused reverse	0	0	5062,76	2578,38	1922,92	4917,36	0	5860,33	3958,45	4018,68	0	2081,56	640,54	0	0	1216,67	334,10	32592			
used abs	0	0	4319,72	2078,08	1533,12	3834,69	0	5372,92	2717,86	2639,65	0	1163,43	599,67	0	0	930,99	248,36	25458			
used zcf	0	0	3576,68	1577,78	1183,31	2752,03	0	4885,51	1477,27	1260,62	0	245,30	558,80	0	0	645,32	162,62	18325			
used reverse	0	0	2169,20	891,78	855,63	1638,95	1506,39	2060,74	2108,94	2349,96	3193,54	2337,91	3820,20	1205,11	4013,02	2181,25	1542,54	34346			
postage stamp	1301,52	1168,96	2169,20	891,78	855,63	1638,95	1506,39	2060,74	2108,94	2349,96	3193,54	2337,91	3820,20	1205,11	4013,02	2181,25	1542,54	34346			

Σχήμα 6.77: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₄).

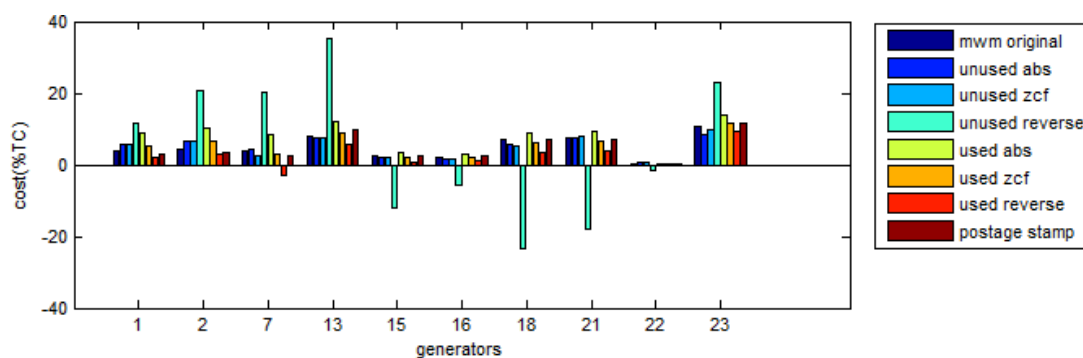
2η περίπτωση

Πίνακας 6.101: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (30% TC₅).

GGDF	30%TC ₅ = 41731,5 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	3192,68	3719,70	3050,81	6745,60	1926,09	1655,32	6029,51	6390,29	287,05	8734,46	41731,50
unused abs	4592,15	5416,85	3466,91	6268,87	1777,50	1496,81	4841,11	6142,94	622,42	7105,94	41731,50
unused zcf	4628,99	5647,47	1924,27	6414,03	1618,90	1369,68	4547,72	6815,56	474,48	8290,39	41731,50
unused reverse	9823,73	17296,79	16988,35	29343,68	-10057,84	-4784,40	-19706,28	-15107,93	-1389,75	19325,14	41731,50
used abs	7367,83	8588,07	7138,34	9888,02	2731,70	2480,03	7541,48	7820,93	352,05	11499,19	65407,65
used zcf	4542,29	5530,34	2387,44	7307,47	1693,34	1685,51	5146,04	5593,82	233,08	9717,48	43836,82
used reverse	1716,76	2472,61	-2363,45	4726,91	654,98	890,99	2750,59	3366,71	114,12	7935,78	22266,00
postage stamp	2435,97	2811,39	2051,35	8292,10	2269,61	2269,61	5857,05	5857,05	223,24	9664,14	41731,50

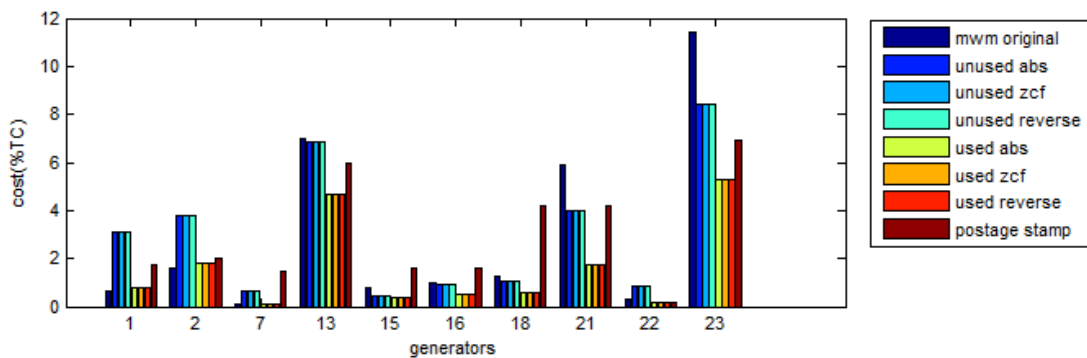
Σχήμα 6.78: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (30% TC₅).Πίνακας 6.102: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (50% TC₅).

GGDF	50%TC ₅ = 69552,5 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	5321,13	6199,50	5084,68	11242,67	3210,15	2758,86	10049,18	10650,49	478,41	14557,43	69552,50
unused abs	7653,59	9028,09	5778,19	10448,11	2962,50	2494,68	8068,51	10238,24	1037,37	11843,24	69552,50
unused zcf	7714,98	9412,45	3207,12	10690,05	2698,16	2282,81	7579,53	11359,27	790,81	13817,31	69552,50
unused reverse	16372,89	28827,99	28313,92	48906,14	-16763,07	-7974,00	-32843,80	-25179,88	-2316,25	32208,57	69552,50
used abs	12279,72	14313,45	11897,23	16480,04	4552,84	4133,39	12569,14	13034,89	586,74	19165,31	109012,74
used zcf	7570,49	9217,23	3979,07	12179,11	2822,23	2809,19	8576,73	9323,04	388,47	16195,81	73061,37
used reverse	2861,26	4121,02	-3939,09	7878,18	1091,63	1484,98	4584,31	5611,18	190,20	13226,30	37109,99
postage stamp	4059,95	4685,64	3418,92	13820,17	3782,68	3782,68	9761,75	9761,75	372,06	16106,89	69552,50

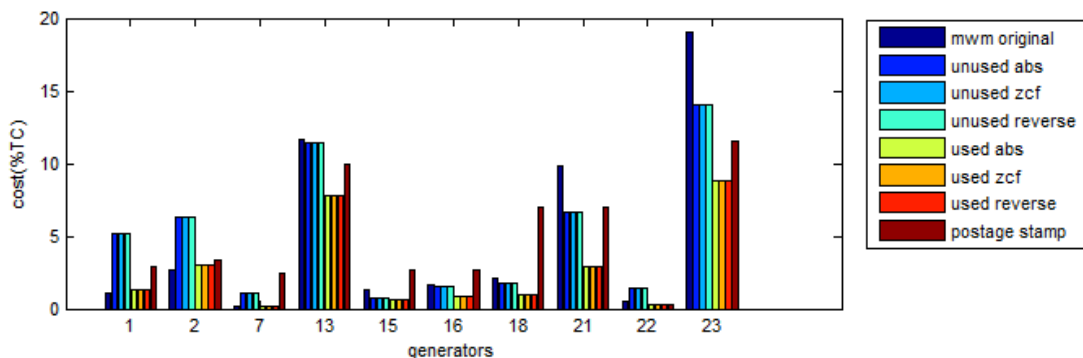
Σχήμα 6.79: Χρέωση παραγωγών με βάση τους GGDF (50% TC₅).

Πίνακας 6.103: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC₅).

Bialek	30%TC ₅ = 41731,5 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	936,68	2213,99	140,27	9738,12	1113,20	1336,92	1776,84	8200,15	434,26	15841,08	41731,50
unused abs	4294,11	5248,29	932,40	9495,03	655,98	1240,95	1432,82	5569,39	1187,14	11675,40	41731,50
unused zcf	4294,11	5248,29	932,40	9495,03	655,98	1240,95	1432,82	5569,39	1187,14	11675,40	41731,50
unused reverse	4294,11	5248,29	932,40	9495,03	655,98	1240,95	1432,82	5569,39	1187,14	11675,40	41731,50
used abs	1074,09	2538,79	160,85	6472,09	515,79	714,61	851,74	2409,70	191,80	7336,56	22266,00
used zcf	1074,09	2538,79	160,85	6472,09	515,79	714,61	851,74	2409,70	191,80	7336,56	22266,00
used reverse	1074,09	2538,79	160,85	6472,09	515,79	714,61	851,74	2409,70	191,80	7336,56	22266,00
postage stamp	2435,97	2811,39	2051,35	8292,10	2269,61	2269,61	5857,05	5857,05	223,24	9664,14	41731,50

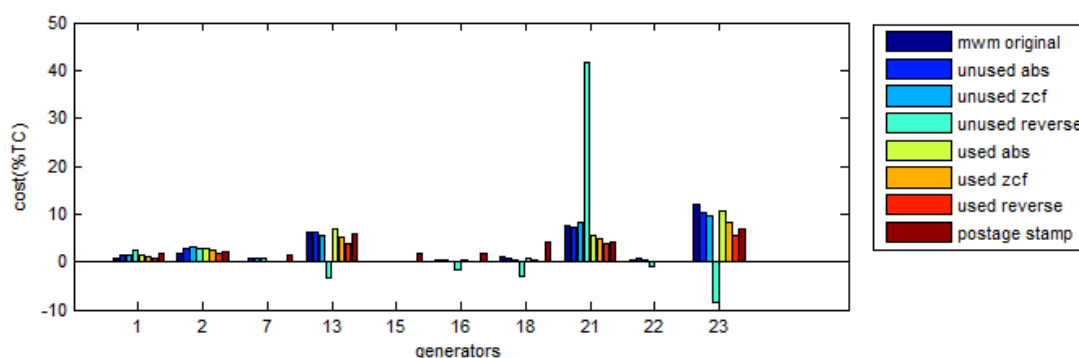
Σχήμα 6.80: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (30% TC₅).Πίνακας 6.104: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₅).

Bialek	50%TC ₅ = 34345,63 κ€										SUM
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	(κ€)
mw - mile	1561,13	3689,98	233,78	16230,20	1855,33	2228,19	2961,40	13666,91	723,77	26401,79	69552,50
unused abs	7156,84	8747,16	1554,00	15825,05	1093,30	2068,24	2388,03	9282,31	1978,56	19459,00	69552,50
unused zcf	7156,84	8747,16	1554,00	15825,05	1093,30	2068,24	2388,03	9282,31	1978,56	19459,00	69552,50
unused reverse	7156,84	8747,16	1554,00	15825,05	1093,30	2068,24	2388,03	9282,31	1978,56	19459,00	69552,50
used abs	1790,15	4231,31	268,08	10786,81	859,65	1191,01	1419,56	4016,16	319,67	12227,59	37109,99
used zcf	1790,15	4231,31	268,08	10786,81	859,65	1191,01	1419,56	4016,16	319,67	12227,59	37109,99
used reverse	1790,15	4231,31	268,08	10786,81	859,65	1191,01	1419,56	4016,16	319,67	12227,59	37109,99
postage stamp	4059,95	4685,64	3418,92	13820,17	3782,68	3782,68	9761,75	9761,75	372,06	16106,89	69552,50

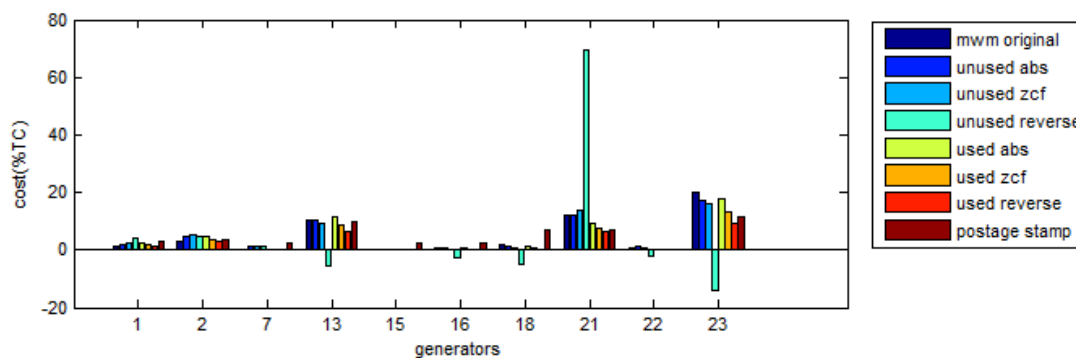
Σχήμα 6.81: Χρέωση παραγωγών με τη μέθοδο Bialek upstream (50% TC₅).

Πίνακας 6.105: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC₅).

Transactions	30%TC ₅ = 20607,37 κ€										SUM (κ€)
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	
mw - mile	1210,79	2500,25	91,92	8474,89	0	670,16	1485,80	10276,46	429,90	16591,34	41731,50
unused abs	1799,92	3770,96	932,40	8480,00	0	496,32	1160,70	9947,39	883,83	14259,99	41731,50
unused zcf	2117,94	4425,12	932,40	7631,65	0	277,87	714,09	11594,47	537,23	13500,73	41731,50
unused reverse	3486,44	3983,16	932,40	-4491,45	0	-2362,91	-4135,59	57817,15	-1579,70	-11917,99	41731,50
used abs	1893,56	3979,58	160,85	9439,72	0	489,47	923,52	7779,02	273,62	14661,13	39600,46
used zcf	1524,41	3195,73	160,85	7392,37	0	249,26	506,67	6485,45	151,67	11266,82	30933,23
used reverse	1155,26	2411,88	160,85	5345,01	0	9,05	89,82	5191,88	29,72	7872,52	22266,00
postage stamp	2435,97	2811,39	2051,35	8292,10	2269,61	2269,61	5857,05	5857,05	223,24	9664,14	41731,50

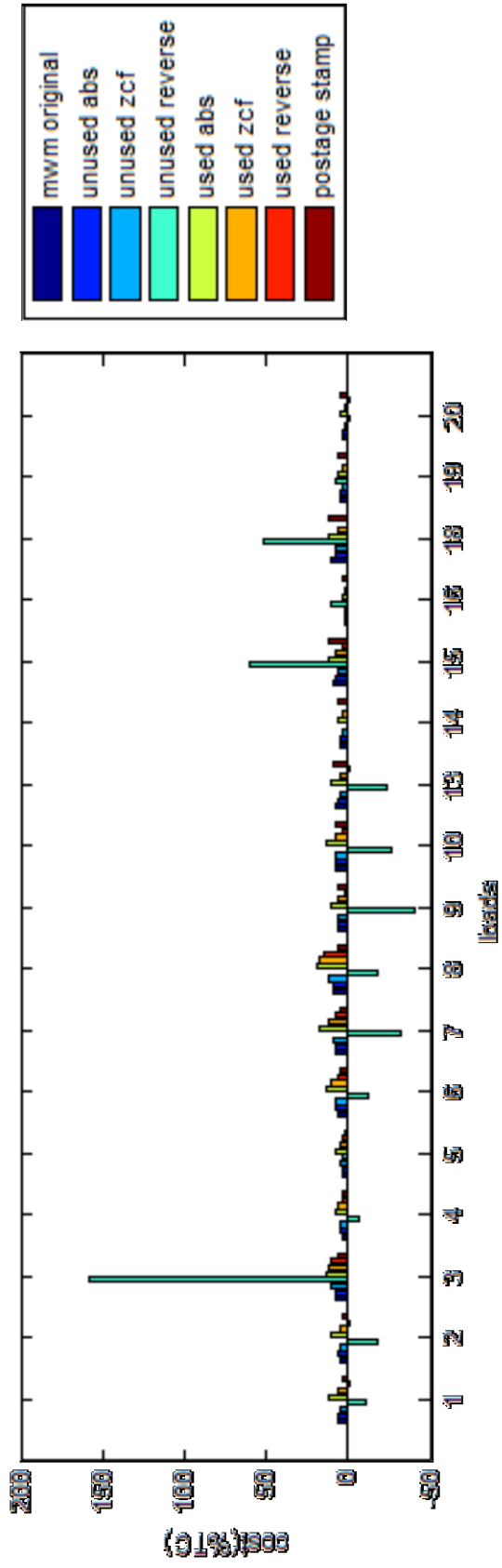
Σχήμα 6.82: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (30% TC₅).Πίνακας 6.106: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₅).

Transactions	50%TC ₅ = 34345,63 κ€										SUM (κ€)
genbus	1	2	7	13	15	16	18	21	22	23	
mw - mile	2017,98	4167,09	153,19	14124,82	0	1116,93	2476,33	17127,43	716,50	27652,23	69552,50
unused abs	2999,87	6284,93	1554,00	14133,34	0	827,19	1934,50	16578,98	1473,05	23766,64	69552,50
unused zcf	3529,90	7375,19	1554,00	12719,42	0	463,11	1190,16	19324,12	895,38	22501,21	69552,50
unused reverse	5810,73	6638,60	1554,00	-7485,74	0	-3938,19	-6892,65	96361,92	-2632,83	-19863,32	69552,50
used abs	3155,94	6632,63	268,08	15732,86	0	815,78	1539,20	12965,04	456,04	24435,21	66000,77
used zcf	2540,69	5326,21	268,08	12320,61	0	415,43	844,45	10809,09	252,79	18778,04	51555,38
used reverse	1925,44	4019,80	268,08	8908,36	0	15,08	149,69	8653,14	49,54	13120,87	37109,99
postage stamp	4059,95	4685,64	3418,92	13820,17	3782,68	3782,68	9761,75	9761,75	372,06	16106,89	69552,50

Σχήμα 6.83: Χρέωση παραγωγών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₅).

Πίνακας 6.107: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (100% TC₅).

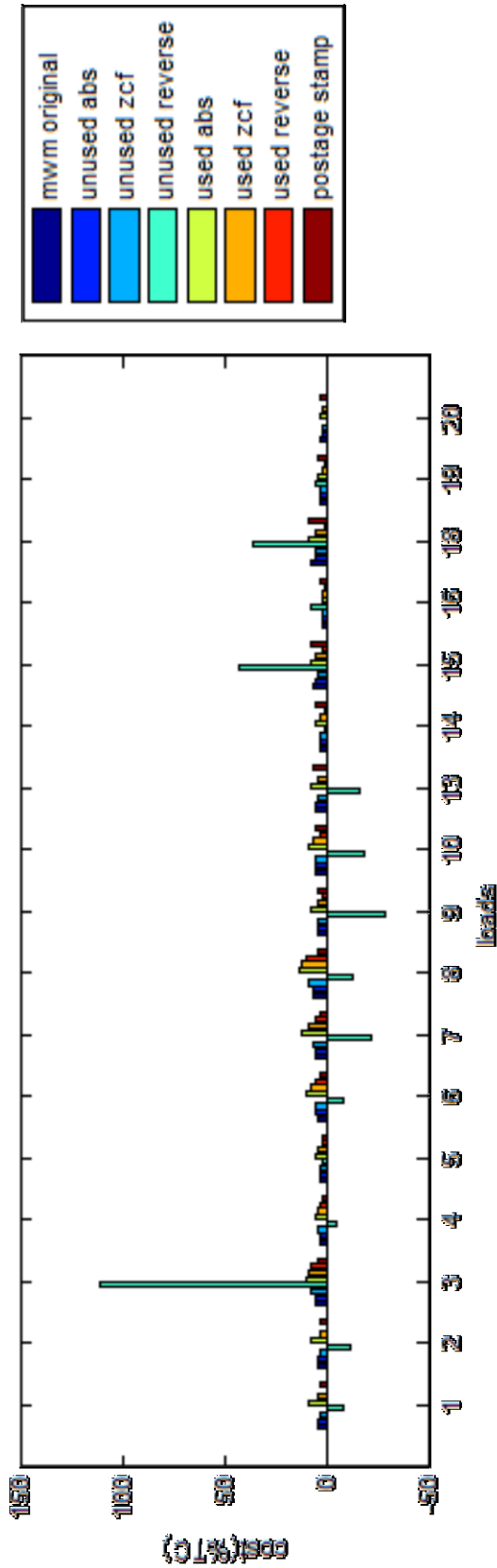
GLDF	100% TC ₅ = 139105 κ€																				SUM (κ€)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
loadbus	7540,12	6828,44	9875,81	5116,09	4674,42	8777,11	10351,97	12330,66	8045,36	9960,47	9787,99	6290,80	11603,25	3207,55	13847,94	6326,25	4540,75	139105				
unused abs	8740,56	7986,28	9756,86	5963,01	5129,60	9896,32	10831,83	12922,34	8188,96	10170,25	9404,16	5711,43	10216,91	2995,89	11284,72	5729,85	4176,04	139105				
unused zcf	6685,16	5704,04	13978,03	6906,21	5729,49	11110,84	11779,42	16309,28	8223,55	10005,92	7369,31	5444,61	9020,74	2966,53	10199,43	4953,94	2718,49	139105				
unused reverse	-15986,85	-24393,83	219237,73	-10192,46	3628,29	-17355,95	-44425,44	-25564,21	-57599,69	-36414,93	-32837,02	1411,76	84038,76	15169,91	70938,25	11029,15	-1578,48	139105				
used abs	16413,65	14880,44	18388,76	11007,41	9802,07	18084,79	23480,04	26643,92	13778,04	17901,43	14229,83	9047,27	15622,47	4513,94	17231,72	8213,22	5811,47	245050				
used zcf	7755,60	6621,28	16256,19	8074,07	6946,80	13648,99	16882,33	23393,59	8652,31	11329,89	6878,89	5259,77	9706,35	2601,02	9135,43	4156,05	2336,65	159635				
used reverse	-902,45	-1637,87	14123,63	5140,74	4091,53	9213,19	10284,61	20143,26	3526,58	4758,35	-472,05	1472,27	3790,24	688,10	1039,14	98,88	-1138,17	74220				
postage stamp	5271,35	4734,45	8785,58	3611,85	3465,42	6637,99	6101,10	8346,30	8541,54	9517,71	12934,32	9468,90	15472,38	4880,88	16253,32	8834,39	6247,52	139105				



Σχήμα 6.84: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (100% TC₅).

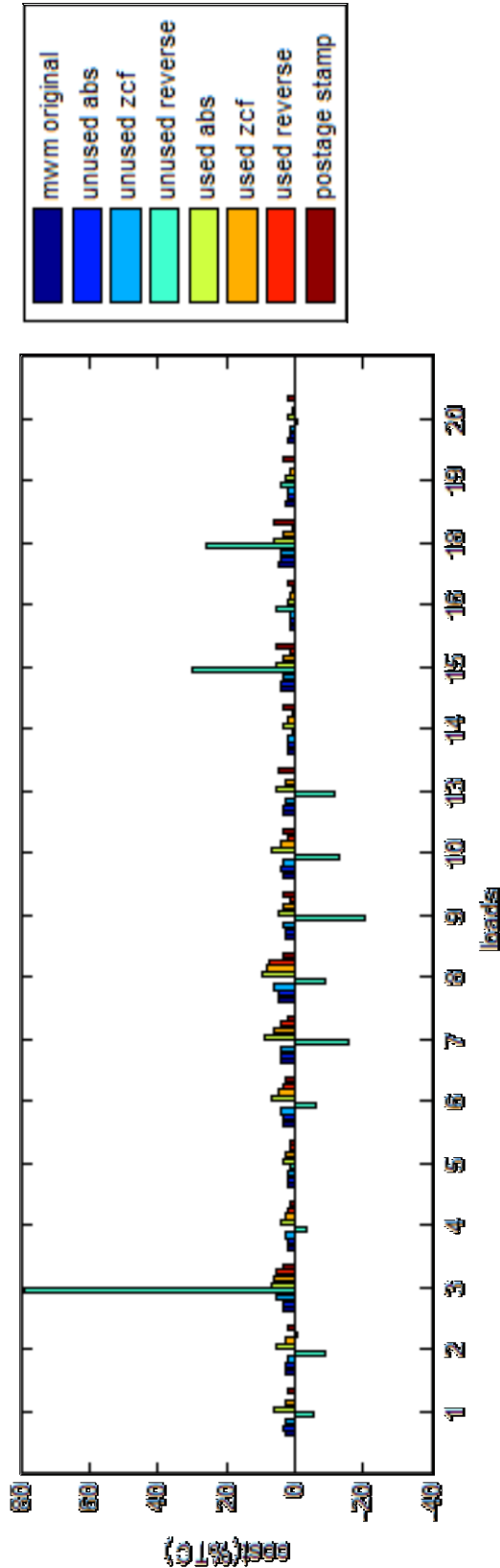
Πίνακας 6.108: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (70% TC₅).

GLDF	70% TC ₅ =97374 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus																					
mwm	5278,09	4779,91	6913,07	3581,26	3272,10	6143,98	7246,38	8631,46	5631,75	6972,33	6851,59	4403,56	8122,28	2245,28	9693,56	4428,37	3178,53	97374			
unused abs	6118,39	5590,40	6829,80	4174,11	3590,72	6921,42	7582,28	9045,64	5732,27	7119,18	6582,91	3998,00	7151,84	2097,13	7893,30	4010,89	2923,23	97374			
unused zcf	4679,61	3992,82	9784,62	4834,35	4010,65	7771,59	8245,59	11416,49	5756,48	7004,15	5158,52	3811,23	6314,52	2076,57	7139,60	3467,76	1902,94	97374			
unused reverse	-1190,79	-17075,68	153466,41	-7134,72	2539,80	-12149,16	-31097,80	-17894,94	-40319,78	-25490,45	-22985,92	988,23	58827,13	10618,94	49656,77	7720,40	-1104,94	97374			
used abs	11489,55	10416,30	12872,13	7705,18	6861,45	12659,36	16436,03	18650,74	9644,63	12531,00	9960,88	6333,09	10935,73	3159,76	12062,20	5749,26	4068,03	171535			
used zcf	5428,92	4634,90	11379,33	5651,85	4862,76	9554,30	11817,63	16375,51	6056,62	7930,92	4815,22	3681,84	6794,45	1820,71	6394,80	2909,24	1635,65	111745			
used reverse	-631,72	-1146,51	9886,54	3598,52	2864,07	6449,24	7199,23	14100,28	2468,61	3330,85	-330,44	1030,59	2653,17	481,67	721,40	69,22	-796,72	51954			
postage stamp	3689,94	3314,12	6149,91	2528,29	2425,80	4646,60	4270,77	5842,41	5979,07	6662,40	9054,03	6628,23	10830,67	3416,61	11377,32	6184,07	4373,27	97374			

Σχήμα 6.85: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (70% TC₅).

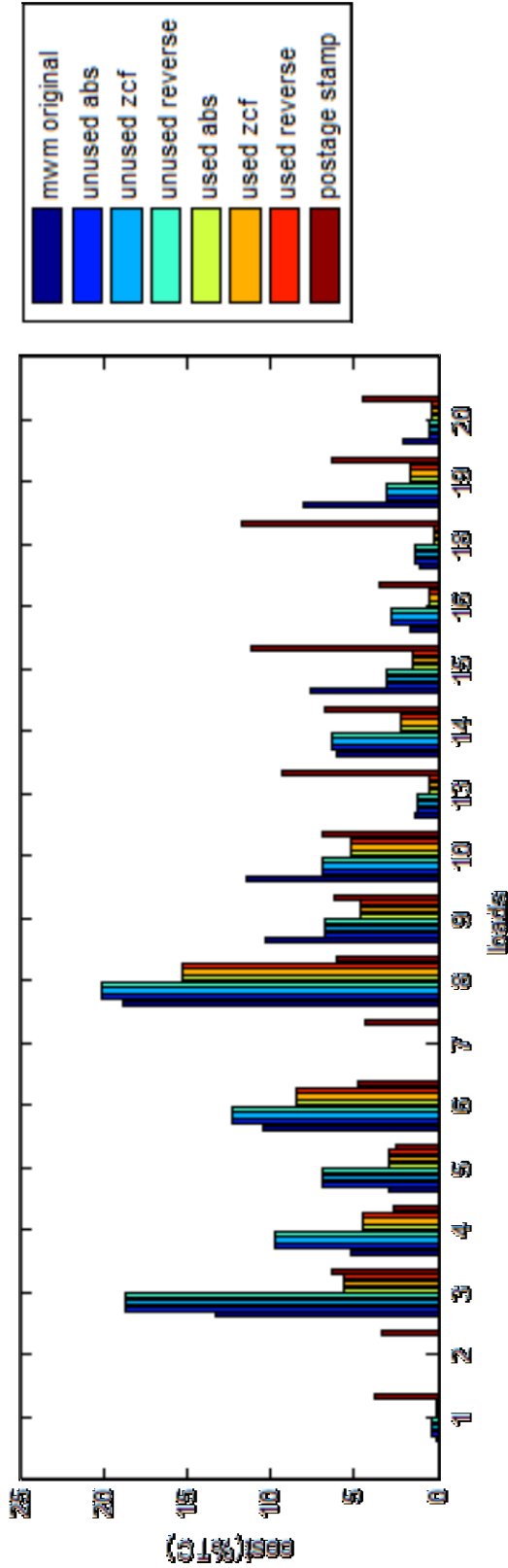
Πίνακας 6.109: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (50% TC₅).

GLDF	50% TC ₅ = 69553 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadins	3770,06	3414,22	4937,91	2558,05	2337,21	4388,55	5175,99	6165,33	4022,68	4980,23	4893,99	3145,40	5801,63	1603,77	6923,97	3163,12	2270,38	69553			
mwm nrlc	4370,28	3993,14	4878,43	2981,50	2564,80	4948,16	5415,92	6461,17	4094,48	5085,13	4702,08	2855,72	5108,45	1497,95	5642,36	2864,92	2088,02	69553			
unused abs	3342,58	2852,02	6989,02	3453,11	2864,75	5555,42	5889,71	8154,64	4111,77	5002,96	3684,65	2722,30	4510,37	1483,27	5099,72	2476,97	1359,25	69553			
unused zcf	-7993,42	-12196,91	109618,86	-5096,23	1814,14	-8677,97	-22212,72	-12782,10	-28799,84	-18207,46	-16418,51	705,88	42019,38	7584,96	35469,12	5514,57	-789,24	69553			
used reverse	8206,82	7440,22	9194,38	5503,70	4901,03	9042,40	11740,02	13321,96	6889,02	8950,72	7114,91	4523,64	7811,23	2256,97	8615,86	4106,61	2905,74	122525			
used abs	3877,80	3310,64	8128,10	4037,04	3473,40	6824,50	8441,16	11696,80	4326,16	5664,95	3439,44	2629,89	4853,18	1300,51	4567,72	2078,03	1168,32	79818			
used zcf	-451,23	-818,93	7061,81	2570,37	2045,76	4606,60	5142,30	10071,63	1763,29	2379,18	-236,03	736,14	1895,12	344,05	519,57	49,44	-569,09	37110			
postage stamp	2633,67	2367,23	4392,79	1805,92	1732,71	3319,00	3050,55	4173,15	4270,77	4758,86	6467,16	4734,45	7736,19	2440,44	8126,66	4417,19	3123,76	69553			

Σχήμα 6.86: Χρέωση καταναλωτών με τους συντελεστές GLDF (50% TC₅).

Πίνακας 6.110: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Βαλεκ downstream (100% TC₅).

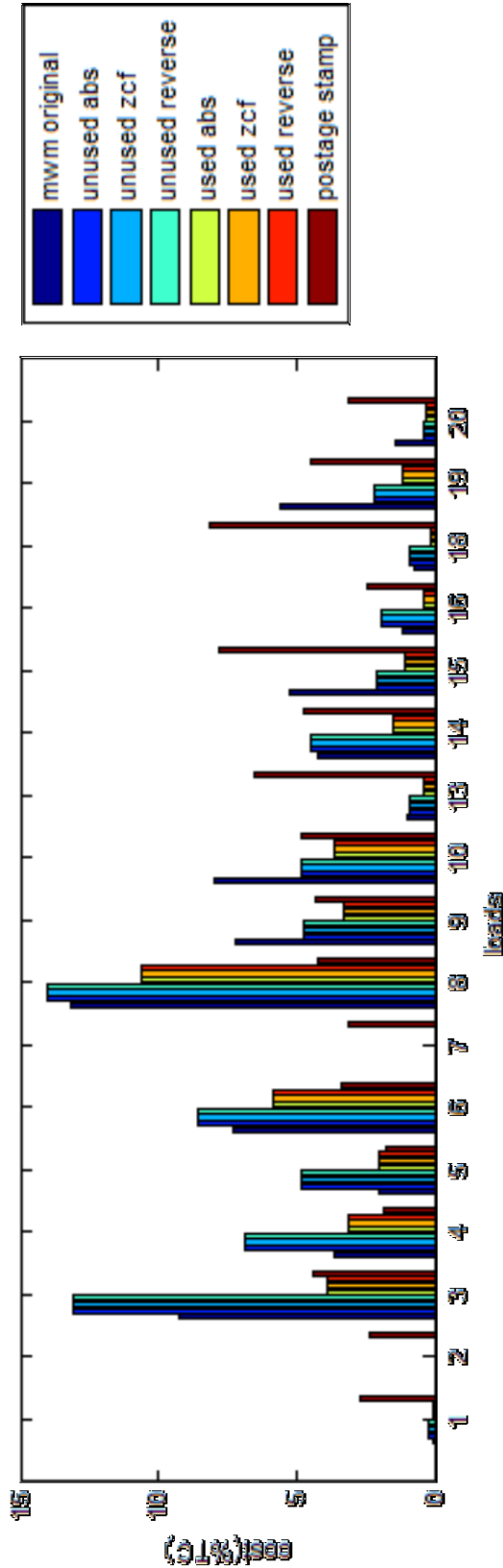
Βαλεκ	100% TC ₅ = 139105 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadius	33,22	0	18434,33	7186,34	4052,70	14499,40	0	26160,85	14264,88	15889,42	1958,50	8397,10	10494,89	2365,01	1402,52	11177,16	2788,70	139105			
mw-nile	436,99	0	26033,69	13563,70	9579,00	17075,68	0	27905,53	9463,88	9566,54	1702,15	8833,78	4228,39	3765,50	1831,01	4328,81	790,36	139105			
unused abs	436,99	0	26033,69	13563,70	9579,00	17075,68	0	27905,53	9463,88	9566,54	1702,15	8833,78	4228,39	3765,50	1831,01	4328,81	790,36	139105			
unused zcf	436,99	0	26033,69	13563,70	9579,00	17075,68	0	27905,53	9463,88	9566,54	1702,15	8833,78	4228,39	3765,50	1831,01	4328,81	790,36	139105			
unused reverse	436,99	0	26033,69	13563,70	9579,00	17075,68	0	27905,53	9463,88	9566,54	1702,15	8833,78	4228,39	3765,50	1831,01	4328,81	790,36	139105			
used abs	38,10	0	7712,01	6250,10	3963,00	11670,01	0	21165,77	6441,42	7174,55	786,04	3011,49	2159,18	764,31	281,45	2242,95	599,62	74220			
used zcf	38,10	0	7712,01	6250,10	3963,00	11670,01	0	21165,77	6441,42	7174,55	786,04	3011,49	2159,18	764,31	281,45	2242,95	599,62	74220			
used reverse	38,10	0	7712,01	6250,10	3963,00	11670,01	0	21165,77	6441,42	7174,55	786,04	3011,49	2159,18	764,31	281,45	2242,95	599,62	74220			
postage stamp	5271,35	4734,45	8785,58	3611,85	3465,42	6637,99	6101,10	8346,30	8541,54	9517,71	12934,32	9468,90	15472,38	4880,88	16253,32	8834,39	6247,52	139105			



Σχήμα 6.87: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Βαλεκ downstream (100% TC₅).

Πίνακας 6.111: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC₅).

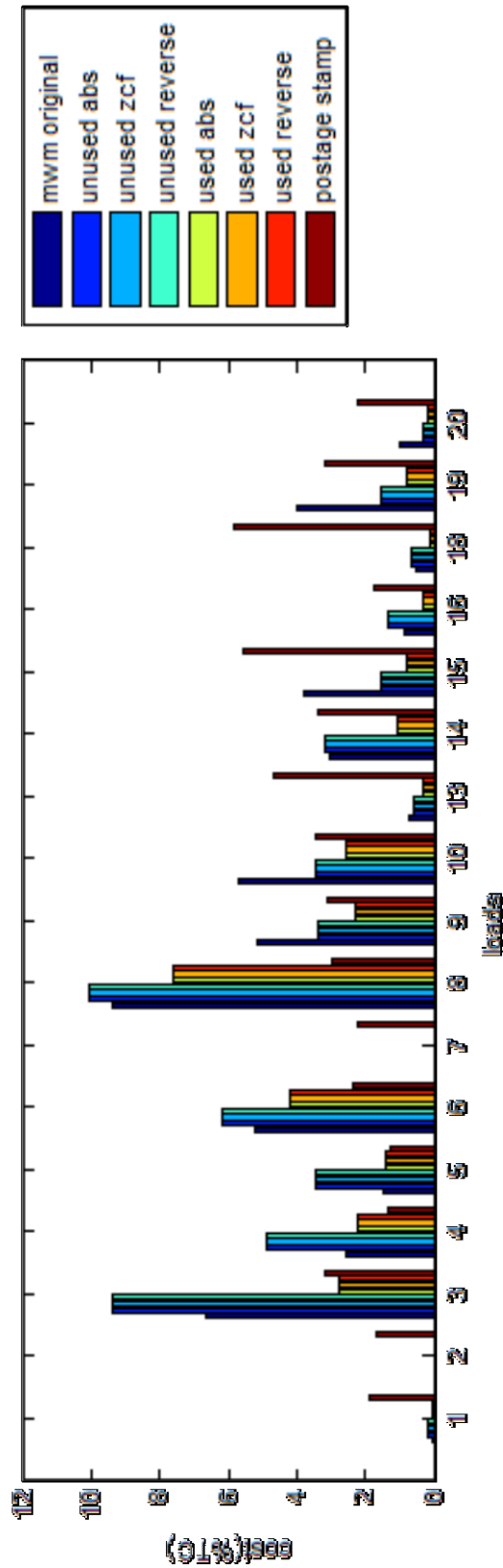
Bialek loadings	70% TC ₅ = 97374 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
mwm	23,2554	0	12904,03	5080,44	2836,89	10149,58	0	18312,59	9985,42	11122,59	1370,95	5877,97	7946,42	1655,50	981,76	7824,01	1952,09	97374			
unused abs	305,894	0	18223,58	9494,59	6705,30	11952,98	0	19533,87	6624,71	6696,58	1191,51	6183,65	2959,87	2635,85	1281,70	3030,17	553,25	97374			
unused zcf	305,894	0	18223,58	9494,59	6705,30	11952,98	0	19533,87	6624,71	6696,58	1191,51	6183,65	2959,87	2635,85	1281,70	3030,17	553,25	97374			
unused reverse	305,894	0	18223,58	9494,59	6705,30	11952,98	0	19533,87	6624,71	6696,58	1191,51	6183,65	2959,87	2635,85	1281,70	3030,17	553,25	97374			
used abs	26,67	0	5398,41	4375,07	2774,10	8169,00	0	14816,04	4508,99	5022,19	550,23	2108,04	1511,43	535,02	197,01	1570,07	391,73	51954			
used zcf	26,67	0	5398,41	4375,07	2774,10	8169,00	0	14816,04	4508,99	5022,19	550,23	2108,04	1511,43	535,02	197,01	1570,07	391,73	51954			
used reverse	26,67	0	5398,41	4375,07	2774,10	8169,00	0	14816,04	4508,99	5022,19	550,23	2108,04	1511,43	535,02	197,01	1570,07	391,73	51954			
postage stamp	3689,94	3314,12	6149,91	2528,29	2425,80	4646,60	4270,71	5842,41	9979,07	6662,40	9054,03	6628,23	10830,67	3416,61	11377,32	6184,07	4373,27	97374			



Σχήμα 6.88: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (70% TC₅).

Πίνακας 6.112: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₅).

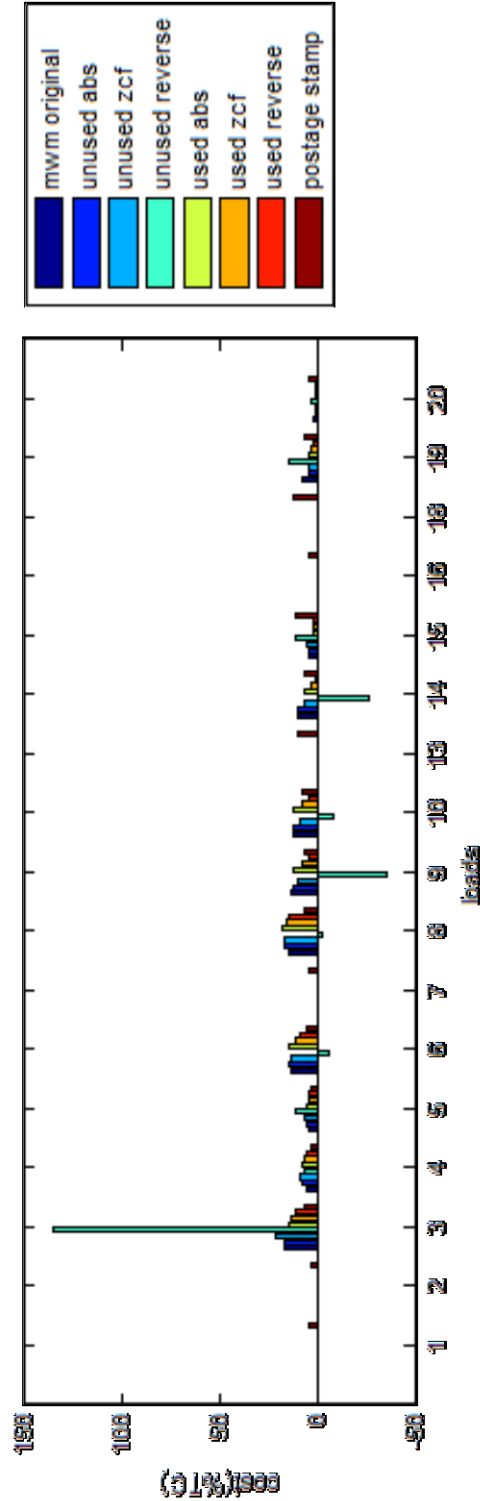
Bialek	50% TC ₅ = 69553 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus	16,61	0	9217,17	3593,17	2026,35	7249,70	0	13080,42	7152,44	7944,71	979,25	4198,55	5247,44	1182,50	701,26	5588,58	1394,35				
mwm-mlt c	218,50	0	13016,84	6781,85	4789,50	8537,84	0	13952,77	4731,94	4783,27	851,08	4416,89	2114,19	1882,75	915,50	2164,41	395,18				
unused abs	218,50	0	13016,84	6781,85	4789,50	8537,84	0	13952,77	4731,94	4783,27	851,08	4416,89	2114,19	1882,75	915,50	2164,41	395,18				
unused reverse	218,50	0	13016,84	6781,85	4789,50	8537,84	0	13952,77	4731,94	4783,27	851,08	4416,89	2114,19	1882,75	915,50	2164,41	395,18				
used abs	19,05	0	3856,00	3125,05	1981,50	5835,00	0	10582,89	3220,71	3587,28	393,02	1505,74	1079,59	382,16	140,72	1121,48	279,81				
used zcf	19,05	0	3856,00	3125,05	1981,50	5835,00	0	10582,89	3220,71	3587,28	393,02	1505,74	1079,59	382,16	140,72	1121,48	279,81				
used reverse	19,05	0	3856,00	3125,05	1981,50	5835,00	0	10582,89	3220,71	3587,28	393,02	1505,74	1079,59	382,16	140,72	1121,48	279,81				
postage stamp	2635,67	2367,23	4392,79	1805,92	1732,71	3319,00	3050,55	4173,15	4270,77	4758,86	6467,16	4734,45	7736,19	2440,44	8126,66	4417,19	3123,76				



Σχήμα 6.89: Χρέωση καταναλωτών με τη μέθοδο Bialek downstream (50% TC₅).

Πίνακας 6.113: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₅).

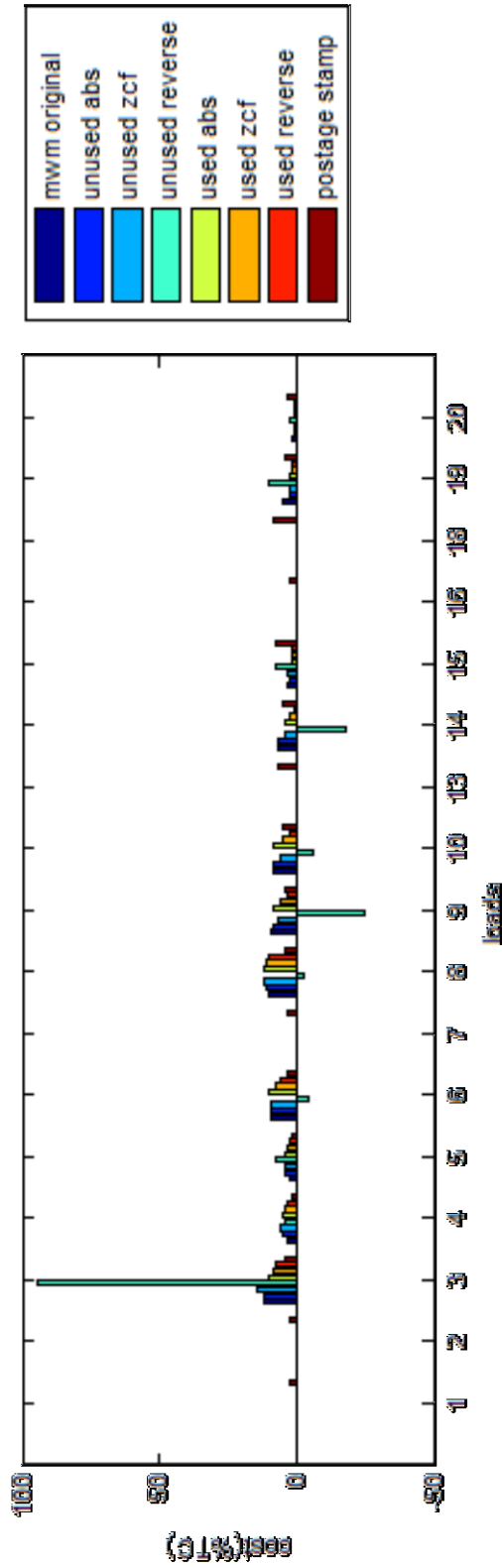
Transactions	100% TC ₅ = 139105 k€																				SUM (k€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadbus	0	0	23567,43	6538,68	4968,57	18104,88	0	19816,81	18360,41	15897,63	0	13162,44	6111,97	0	0	0	9742,87	2833,31	139105		
non-mile	0	0	23502,45	9851,39	7414,14	19046,17	0	22300,16	16158,23	15866,96	0	12682,03	5419,77	0	0	0	5450,54	1413,14	139105		
unused abs	0	0	28654,77	11732,75	8767,83	18089,32	0	23636,83	14075,26	12225,98	0	8725,13	6355,94	0	0	0	5525,77	1315,41	139105		
unused zcf	0	0	187790,3	8417,25	15445,70	-9025,33	0	-4607,35	-49060,95	-12251,85	0	-36525,30	14644,53	0	0	0	19610,95	4667,02	139105		
used reverse	0	0	20504,93	10442,85	7788,11	19916,05	0	23735,24	16032,31	16276,26	0	8430,65	2594,29	0	0	0	4927,69	1353,16	132002		
used abs	0	0	17495,52	8416,54	6290,36	15531,09	0	21761,15	11007,74	10690,99	0	4712,07	2428,75	0	0	0	3770,66	1005,90	103111		
used zcf	0	0	14486,11	6390,24	4792,60	11146,12	0	19787,07	5983,16	5105,71	0	993,49	2263,20	0	0	0	2613,64	658,64	74220		
used reverse postage stamp	5271,35	4734,45	8785,58	3611,85	3465,42	6637,99	6101,10	8346,30	8541,54	9517,71	12934,32	9468,90	15472,38	4880,88	16253,32	8834,39	6247,52	139105			



Σχήμα 6.90: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (100% TC₅).

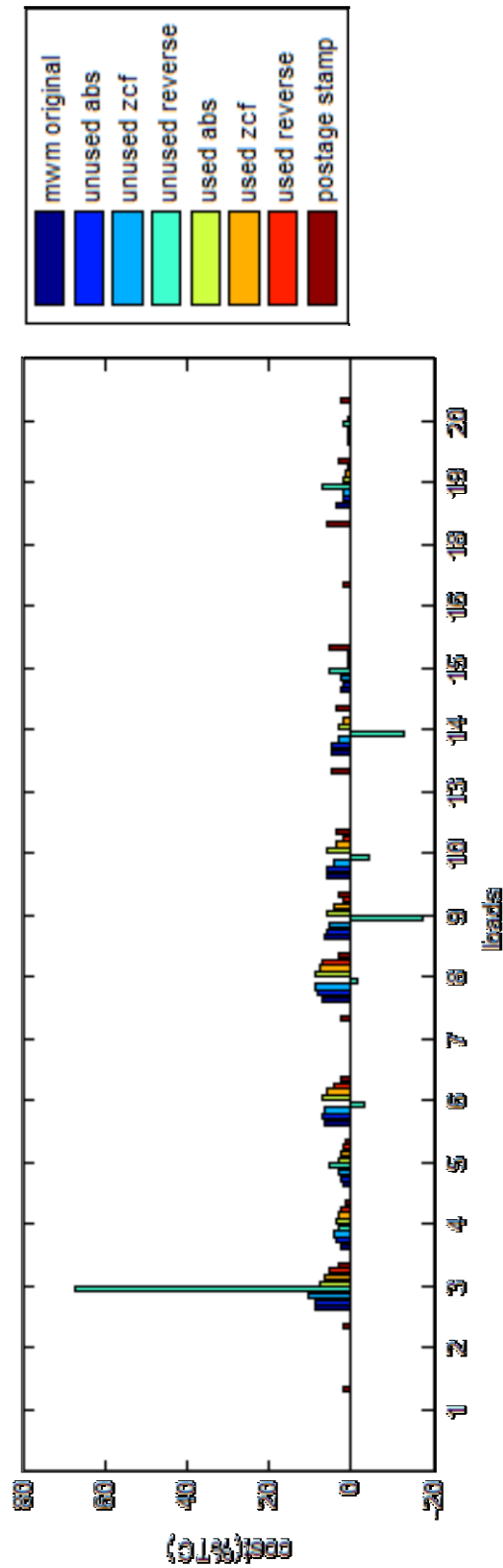
Πίνακας 6.114: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₅).

Transactions	70% TC ₅ = 97374 κ€																				SUM (κ€)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadins	0	0	16497,20	4577,07	3478,00	12673,42	0	13871,77	12852,29	11128,34	0	9213,71	4278,38	0	0	6820,01	1983,32	97374			
mwm nrite	0	0	16451,72	6895,97	5189,90	13332,32	0	15610,11	11310,76	11106,87	0	8877,42	3793,84	0	0	3815,38	989,20	97374			
unused abs	0	0	20058,34	8212,93	6137,48	12662,32	0	16545,78	9852,68	8538,18	0	6107,59	4449,16	0	0	3868,04	920,79	97374			
unused zcf	0	0	131453,22	5892,08	10811,99	-6317,73	0	-3225,15	-34342,66	-8576,28	0	-25367,71	10251,17	0	0	13727,67	3266,91	97374			
unused reverse	0	0	14533,45	7309,99	5451,68	13941,24	0	16614,67	11222,62	11393,38	0	5901,45	1816,01	0	0	3449,38	947,21	92401			
used abs	0	0	12246,87	5891,58	4403,25	10871,76	0	15232,81	7705,42	7483,69	0	3298,45	1700,12	0	0	2639,46	704,13	72178			
used zcf	0	0	10140,28	4473,17	3354,82	7802,28	0	13830,95	4188,22	3574,00	0	695,44	1584,24	0	0	1829,55	461,05	51954			
used reverse	0	0	10140,28	4473,17	3354,82	7802,28	0	13830,95	4188,22	3574,00	0	695,44	1584,24	0	0	1829,55	461,05	51954			
postage stamp	3689,94	3314,12	6149,91	2528,29	2425,80	4646,60	4270,77	5842,41	5979,07	6662,40	9064,03	6628,23	10830,67	3416,61	11377,32	6184,07	4373,27	97373			

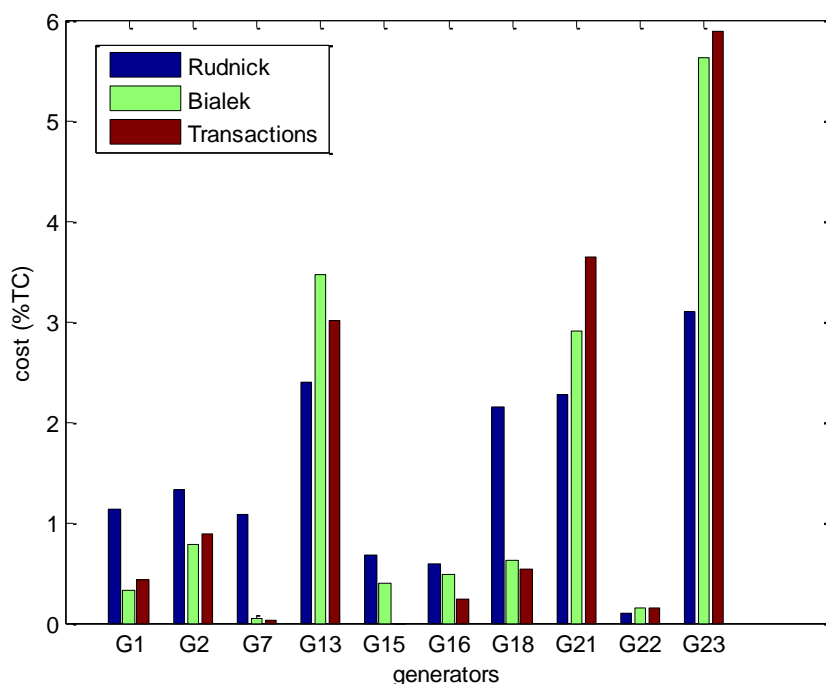
Σχήμα 6.91: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (70% TC₅).

Πίνακας 6.115: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₅).

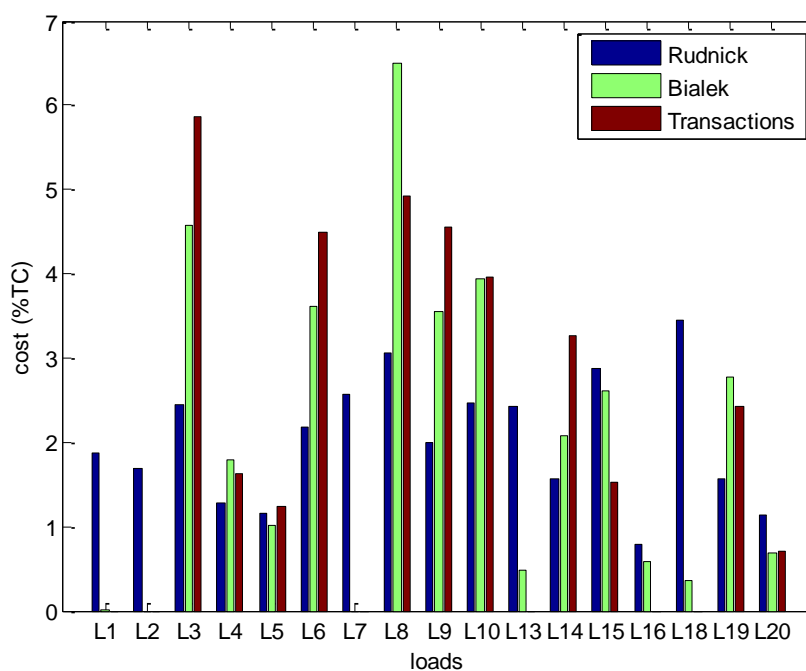
Transactions	50% TC ₅ = 69553 κ€																				SUM
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	14	15	16	18	19	20				
loadins	0	0	11783,71	3269,34	2484,28	9052,44	0	9908,40	9180,21	7948,81	0	6581,22	3055,99	0	0	4871,43	1416,66				
mwm mil c	0	0	11751,23	4925,70	3707,07	9523,09	0	11150,08	8079,12	7933,48	0	6341,02	2709,89	0	0	2725,27	706,57				
unused abs	0	0	14327,38	5866,38	4383,92	9044,66	0	11818,42	7037,63	6112,99	0	4362,56	3177,97	0	0	2762,89	657,70				
unused zcf	0	0	93895,16	4208,63	7722,85	4512,66	0	-2303,68	-24530,47	-6125,92	0	-18262,65	7322,26	0	0	9805,48	2333,51				
unused reverse	0	0	10252,47	5221,42	3894,06	9558,03	0	11867,62	8016,16	8138,13	0	4215,32	1297,15	0	0	2463,84	676,58				
used abs	0	0	8747,76	4208,27	3145,18	7765,54	0	10880,58	5503,87	5345,49	0	2356,03	1214,37	0	0	1885,33	502,95				
used zcf	0	0	7243,06	3195,12	2396,30	5573,06	0	9893,53	2991,58	2552,86	0	496,74	1131,60	0	0	1306,82	329,32				
used reverse	2635,67	2367,23	4392,79	1805,92	1732,71	3319,00	3050,55	4173,15	4270,77	4758,86	6467,16	4734,45	7736,19	2440,44	8126,66	4417,19	3123,76				
postage stamp																	69553				

Πίνακας 6.92: Χρέωση καταναλωτών με βάση τις συναλλαγές (50% TC₅).

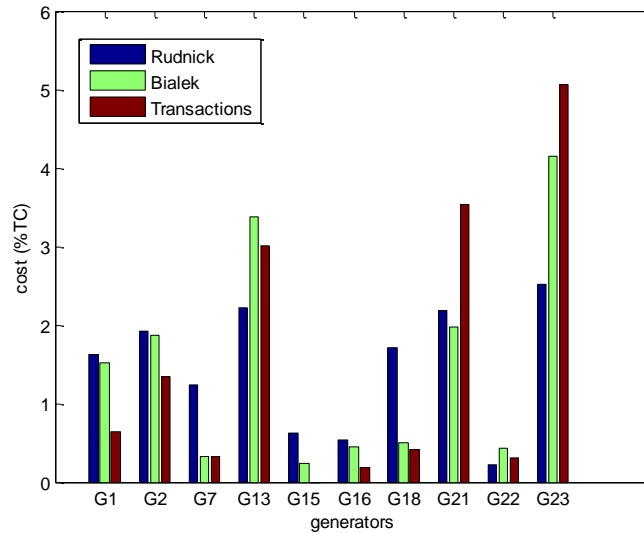
Στη συνέχεια ακολουθούν γραφικές παραστάσεις, στις οποίες παρουσιάζονται οι τρεις διαφορετικές μέθοδοι ανίχνευσης (μέθοδοι Rudnick, Bialek και μέθοδος των συναλλαγών με βάση την ελάχιστη ηλεκτρική απόσταση), για κάθε μία μέθοδο κατανομής MW-mile. Τα παρακάτω διαγράμματα έγιναν για ποσοστό επιμερισμού 70% - 30% για τους καταναλωτές και τους παραγωγούς αντίστοιχα του συστήματος των 24 ζυγών και αντιστοιχούν στην 1η περίπτωση όπου το κόστος που επιμερίζεται προκύπτει από τη διαφορά του κόστους συμφόρησης από το ετήσιο κόστος.



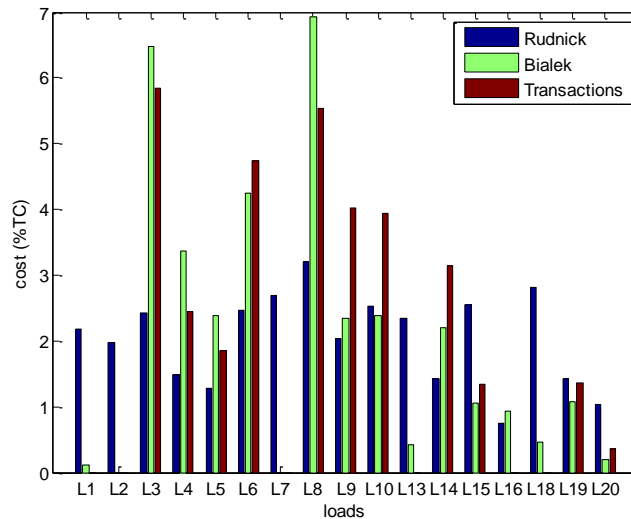
Σχήμα 6.93: Χρέωση παραγωγών με βάση την αρχική MW-mile.



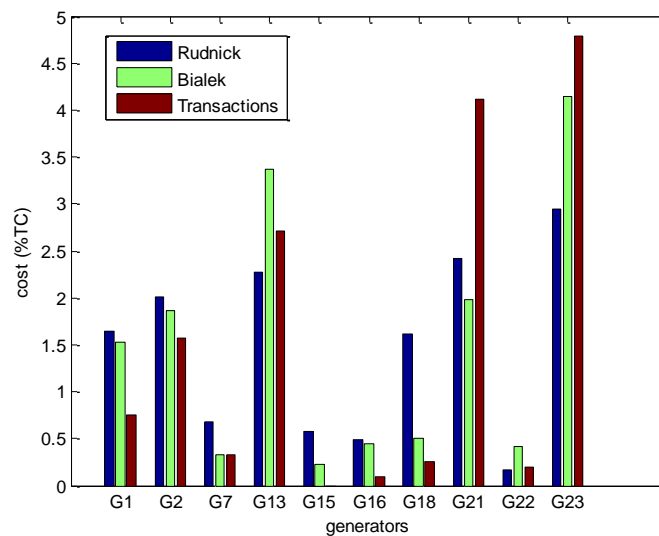
Σχήμα 6.94: Χρέωση καταναλωτών με βάση την αρχική MW-mile.



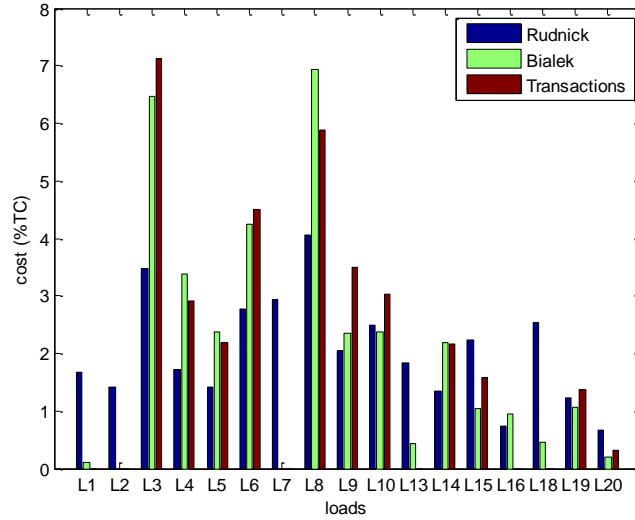
Σχήμα 6.95: Χρέωση παραγωγών με βάση την unused absolute MW-mile.



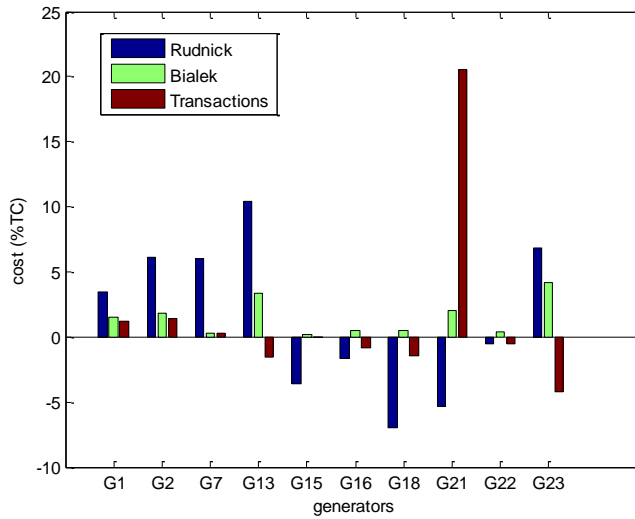
Σχήμα 6.96: Χρέωση καταναλωτών με βάση την unused absolute MW-mile.



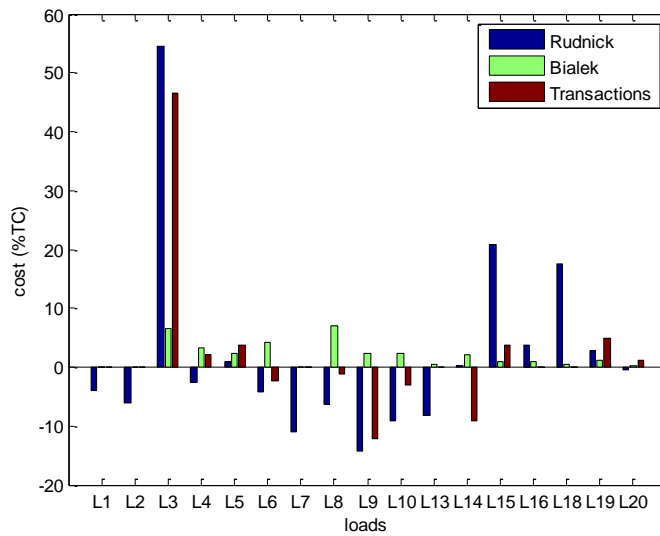
Σχήμα 6.97: Χρέωση παραγωγών με βάση την unused zero counter flow MW-mile.



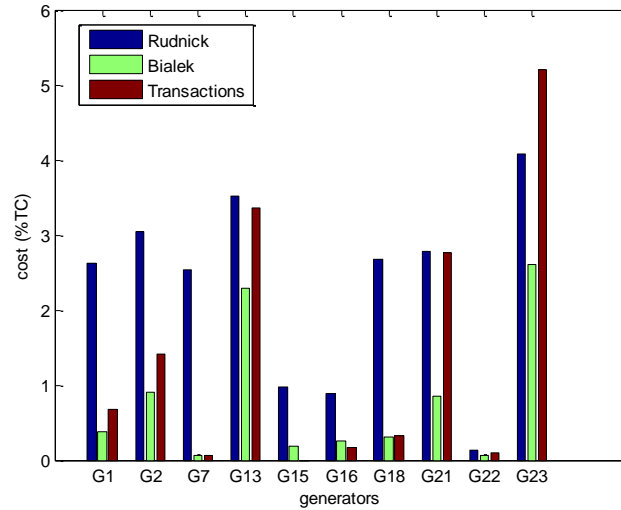
Σχήμα 6.98: Χρέωση καταναλωτών με βάση την unused zero counter flow MW-mile.



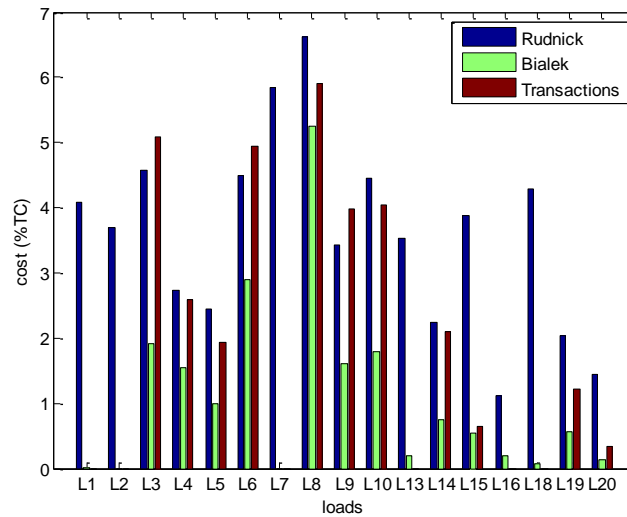
Σχήμα 6.99: Χρέωση παραγωγών με βάση την unused reverse MW-mile.



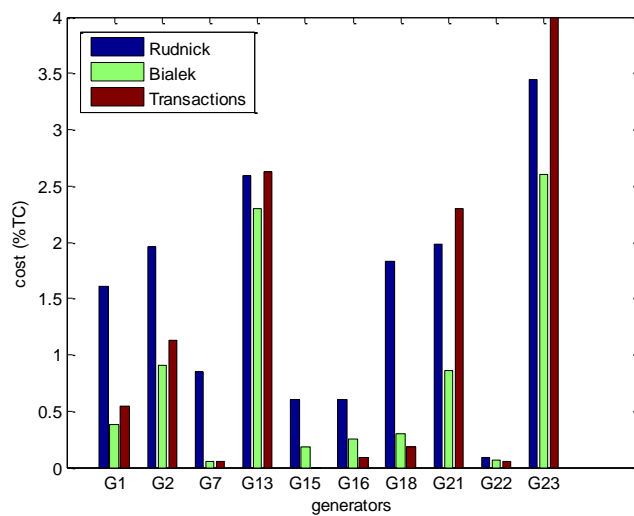
Σχήμα 6.100: Χρέωση καταναλωτών με βάση την unused reverse MW-mile.



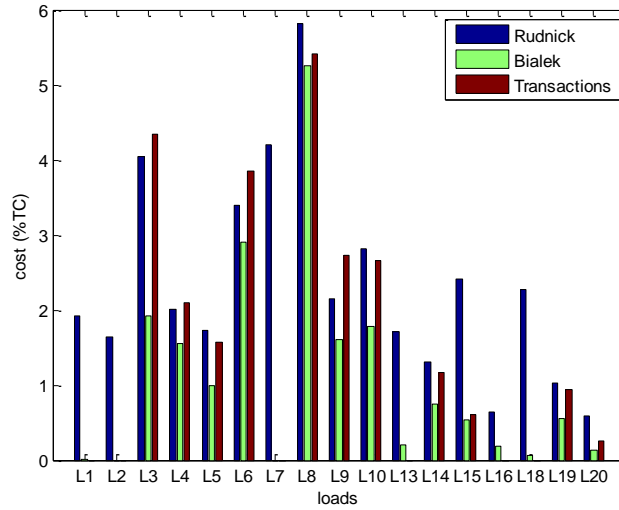
Σχήμα 6.101: Χρέωση παραγωγών με βάση την used absolute MW-mile.



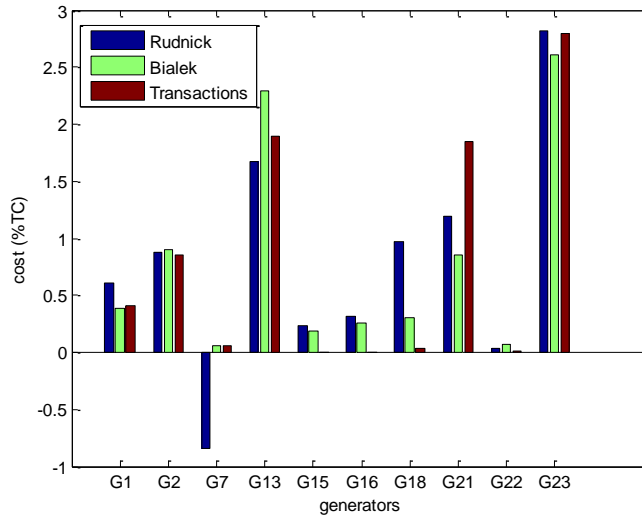
Σχήμα 6.102: Χρέωση καταναλωτών με βάση την used absolute MW-mile.



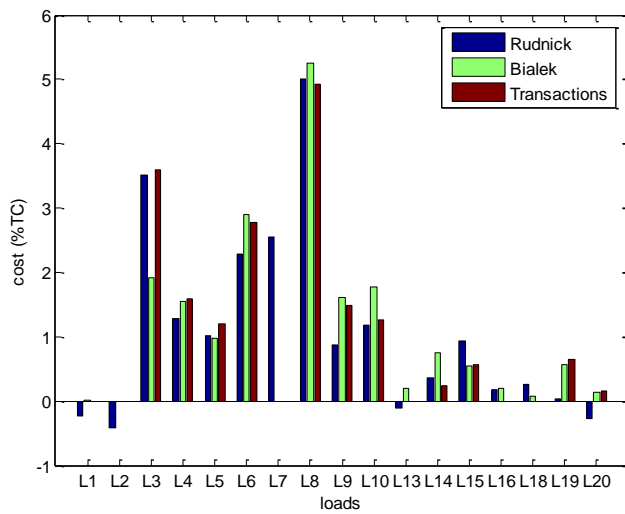
Σχήμα 6.103: Χρέωση παραγωγών με βάση την used zero counter flow MW-mile.



Σχήμα 6.104: Χρέωση καταναλωτών με βάση την used zero counter flow MW-mile.



Σχήμα 6.105: Χρέωση παραγωγών με βάση την used reverse MW-mile.



Σχήμα 6.106: Χρέωση καταναλωτών με βάση την used reverse MW-mile.

6.3.3 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Στο σύστημα των 24 ζυγών RTS, ανάμεσα στις τοπικές οριακές τιμές που υπολογίστηκαν για ποσοστό ζήτησης ίσο με 100% της αιχμής, η μεγαλύτερη είναι στο ζυγό 6, LMP=181 €/MWh, ενώ στους υπόλοιπους ζυγούς είναι πολύ μικρότερες. Συμφόρηση προέκυψε στις γραμμές 6-10, 10-12, 14-16, ενώ όλο το έτος οι συνωστισμένες γραμμές είναι οι εξής: 6-10, 8-9, 10-12, 14-16, 16-19. Το ετήσιο κόστος συμφόρησης υπολογίστηκε ίσο με 50% του ετήσιου κόστους και το χρεώνονται οι καταναλωτές.

Στη μέθοδο Bialek και στη μέθοδο που βασίζεται στις συναλλαγές, η γραμμή 7-8 χρησιμοποιείται 100% από το παραγωγό G7 (ή από το φορτίο L8, όταν η χρέωση αποδίδεται στα φορτία). Αυτό συμβαίνει, διότι ο G7 δεν συνδέεται με άλλους ζυγούς, έτσι τροφοδοτεί το φορτίο L7 και καλύπτει ένα μέρος από τη ζήτηση του L8. Αντίθετα, με τους συντελεστές GGDF (και GLDF) η γραμμή 7-8 (όπως και όλες οι γραμμές του δικτύου), χρησιμοποιείται από όλους τους χρήστες, έτσι χρεώνονται όλοι για τη χρήση αυτής της γραμμής.

Το ετήσιο κόστος απόσβεσης ανακτάται πλήρως με τη μέθοδο γραμματοσήμου, την αρχική MW-mile και τις τρεις παραλλαγές της που βασίζονται στην αχρησιμοποίητη ικανότητα μεταφοράς των γραμμών για όλες τις μεθόδους ανίχνευσης ροής φορτίου είτε χρεώνονται οι καταναλωτές, είτε οι παραγωγοί. Με βάση τους συντελεστές GGDF και GLDF, οι μέθοδοι used absolute και used zero counter flow οδηγούν σε υπερανάκτηση του ετήσιου κόστους, σε αντίθεση με τη μέθοδο Bialek και τη μέθοδο που βασίζεται στις συναλλαγές στις οποίες παρατηρείται υποανάκτηση τους κόστους με τις ίδιες δύο αυτές μεθόδους χρέωσης. Η used reverse MW-mile που βασίζεται στη μέγιστη ικανότητα των γραμμών, οδηγεί πάντα σε υποανάκτηση του κόστους, (επειδή η συνολική ροή σε κάθε γραμμή είναι μικρότερη ή ίση από τη μέγιστη ικανότητα της). Το αποτέλεσμα αυτό (της συνολικής χρέωσης με τη μέθοδο used reverse) είναι ίδιο σε όλες τις μεθόδους χρήσης.

Όσον αφορά τη χρέωση των παραγωγών, παρατηρείται ότι με τους συντελεστές GGDF με τη μέθοδο unused reverse MW-mile οι παραγωγοί στους ζυγούς 15, 16, 18, 21, 22 πιστώνονται, αλλά και με την used reverse πιστώνεται ο G7. Έτσι, οι υπόλοιποι παραγωγοί χρεώνονται περισσότερο με την unused reverse (όπως ο G13), προκειμένου να καλυφθεί το κόστος απόσβεσης (Πίνακες 6.86-6.87). Επίσης, η μέθοδος Bialek upstream χρεώνει περισσότερο τον παραγωγό στο ζυγό 23, ο οποίος έχει τη μεγαλύτερη παραγωγή, ενώ για κανέναν παραγωγό δε προκύπτει μηδενική χρέωση (Πίνακες 6.88-6.89). Με βάση τις συναλλαγές η unused reverse χρεώνει πολύ τον παραγωγό G21, ενώ ο παραγωγός G23 πιστώνεται με την ίδια μέθοδο (πιστώνονται επίσης σε μικρό ποσοστό οι παραγωγοί G13, G16, G18, G22). Ο παραγωγός G15 δε χρεώνεται καθόλου, εκτός από τη μέθοδο postage stamp, επειδή συμμετέχει σε συναλλαγή μόνο με το φορτίο L15, ενώ κυρίως χρεώνονται οι παραγωγοί G13, G21 και G23, οι οποίοι καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης (Πίνακες 6.90-6.91).

Όσον αφορά τη χρέωση των καταναλωτών, με τους συντελεστές GLDF χρεώνεται πολύ το φορτίο στο ζυγό 3 και σε μικρότερο ποσοστό τα φορτία L15 και L18 με τη μέθοδο unused reverse MW-mile, ενώ πιστώνονται οι καταναλωτές στους ζυγούς 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 20. Για τους υπόλοιπους καταναλωτές προκύπτει πολύ μικρή χρέωση με την ίδια μέθοδο. Επίσης, με τη μέθοδο used reverse πιστώνονται τα φορτία L1, L2, L13, L20 (Πίνακες 6.92-6.94). Με τη μέθοδο Bialek downstream, πιο πολύ χρεώνεται το φορτίο L8, ενώ τα φορτία L2 και L7 δε χρεώνονται καθόλου με κανένα από τα 7 είδη της MW-mile (Πίνακες 6.95-6.97). Με βάση τις συναλλαγές τα φορτία L1, L2, L7, L13, L16 και L18 δεν χρεώνονται

με κανένα από τα 7 είδη της MW-mile γιατί συμμετέχουν σε συναλλαγές με παραγωγούς που βρίσκονται στον ίδιο ζυγό με αυτά. Χρησιμοποιώντας την unused reverse, πιο πολύ χρεώνεται το φορτίο L3 όπως και με τους συντελεστές GLDF αλλά σε μικρότερο ποσοστό, ενώ τα φορτία L9 και L14 πιστώνονται με την ίδια μέθοδο χρέωσης (Πίνακες 6.98-6.100).

Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί είναι στους ζυγούς 13, 18, 21, 23. Όλες οι μέθοδοι χρέωσης (εκτός από την μέθοδο unused reverse) με βάση τη μέθοδο Rudnick, κατανέμουν ομοιόμορφα τα κόστη μεταξύ αυτών των παραγωγών, ενώ οι άλλες μέθοδοι ανίχνευσης χρεώνουν περισσότερο τον παραγωγό G23 επειδή είναι απομακρυσμένος από τα φορτία (Σχήμα 6.93). Επίσης, σε όλες τις μεθόδους χρέωσης οι G21 και G23 χρεώνονται περισσότερο με τη μέθοδο των συναλλαγών από τη μέθοδο Bialek, με εξαίρεση τη μέθοδο unused reverse, όπου ο G23 πιστώνεται με τη μέθοδο των συναλλαγών (Σχήμα 6.99). Επιπλέον ο G18 με τη μέθοδο Rudnick χρεώνεται περισσότερο (εκτός από την μέθοδο unused reverse όπου πιστώνεται) από ότι με τις άλλες μεθόδους ανίχνευσης, με τις οποίες τροφοδοτεί τοπικό φορτίο και έτσι χρησιμοποιεί λιγότερο το δίκτυο. Επίσης, παρατηρείται μεγάλη χρέωση για τα φορτία L3, L8 (ενώ δεν έχουν τη μεγαλύτερη κατανάλωση), επειδή είναι απομακρυσμένα από μεγάλους παραγωγούς (Σχήμα 6.98).

Γενικά, με τη μέθοδο Bialek οι παραγωγοί και οι καταναλωτές, χρησιμοποιούν λιγότερες γραμμές από τη μέθοδο των συναλλαγών και από τη μέθοδο Rudnick, αλλά με μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης. Επιπλέον, με τη μέθοδο Bialek η οποία αγνοεί τους χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές (counter flows), δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των χρεώσεων ανάμεσα στις μεθόδους absolute, reverse και zero counter flow. Επιπρόσθετα, με τη μέθοδο των συναλλαγών προκύπτει μηδενική χρέωση για περισσότερους χρήστες από ότι με τη μέθοδο Bialek. Επίσης, η χρέωση για τη χρήση του δικτύου (εκτός από τη μέθοδο unused reverse MW-mile) είναι πιο ομοιόμορφη με τη μέθοδο Rudnick, γιατί η χρήση κάθε στοιχείου του δικτύου μοιράζεται μεταξύ όλων των χρηστών, ενώ η unused reverse προκαλεί μεγαλύτερη ομοιομορφία στις χρεώσεις μεταξύ των χρηστών, με χρήση της μεθόδου Bialek, η οποία δεν πιστώνει κανένα χρήστη, όπως οι άλλες δύο μέθοδοι ανίχνευσης.

6.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [6.1] N. Alguacil, A. L. Motto, and A. J. Conejo, "Transmission expansion planning: A mixed-integer LP approach," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 1070-1077, August 2003.
- [6.2] Reliability Test System Task Force, "IEEE Reliability Test System," *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol. 98, no. 6, pp. 2047-2054, Nov./Dec. 1979.
- [6.3] J. Contreras, G. Gross, J. M. Arroyo, and J. I. Munoz, "An incentive-based mechanism for transmission asset investment," *Decision Support Systems*, vol. 47, no. 1, pp. 22-31, April 2009.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το πρόβλημα του επιμερισμού του κόστους μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και αναπτύχθηκε λογισμικό σε περιβάλλον MATLAB για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς σε συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε διαθέτει ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον αλληλεπίδρασης με το χρήστη. Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιήθηκε για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς στο σύστημα των 6 ζυγών του Garver και στο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE.

Για να είναι η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας κερδοφόρα αυτόνομη δραστηριότητα πρέπει το κόστος μεταφοράς να μετατραπεί σε χρεώσεις που να επιβαρύνουν τις μονάδες παραγωγής και τους καταναλωτές. Έτσι, η χρέωση χρήσης του δικτύου μεταφοράς αφορά κόστος με το οποίο επιβαρύνονται οι πελάτες (παραγωγοί και καταναλωτές) για τη χρήση των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την παροχή υπηρεσιών μεταφοράς.

Σε μια ανταγωνιστική αγορά ενέργειας οι υπηρεσίες μεταφοράς χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. υπηρεσίες μεταφοράς για χρήστες που συμμετέχουν σε **αγορά κοινοπραξίας** όπου το συνολικό κόστος επιμερίζεται μεταξύ όλων των χρηστών, και
2. υπηρεσίες για συγκεκριμένες **διμερείς συναλλαγές** όπου η τιμολόγηση ασχολείται με τον προσδιορισμό του κόστους που προκαλεί η κάθε μια συναλλαγή.

Για την κατανομή του συνολικού κόστους μεταφοράς στους χρήστες αρχικά πρέπει να προσδιοριστεί η κατάλληλη μέθοδος κατανομής χρήσης για την εκτίμηση της συνεισφοράς του κάθε χρήστη στη ροή των γραμμών. Στη συνέχεια, καθορίζεται η κατάλληλη μέθοδος τιμολόγησης η οποία πρέπει να παράγει ικανοποιητικό εισόδημα, να βασίζεται στην πραγματική χρήση του δικτύου και να παρέχει σωστά οικονομικά σήματα στο χρήστη. Τέλος, επιλέγεται το ποσοστό χρέωσης που θα επιβαρύνει την κάθε κατηγορία πελατών (παραγωγούς και καταναλωτές). Διαφορετικές επιλογές οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα.

Για τη συμβολή των χρηστών στη ροή των γραμμών, χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, όπως οι μέθοδοι Bialek και Kirschen, που βασίζονται στην αρχή της ποσοστιαίας κατανομής, η μέθοδος Rudnick που χρησιμοποιεί συντελεστές κατανομής και η μέθοδος που βασίζεται στην ελάχιστη ηλεκτρική απόσταση.

Οι μέθοδοι χρέωσης που έχουν αναπτυχθεί για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς, ταξινομούνται σε 3 κατηγορίες:

1. **Αθροιστικές** (embedded), οι οποίες περιλαμβάνουν το ενσωματωμένο κόστος (κόστος επένδυσης του υπάρχοντος συστήματος μεταφοράς), και αν και είναι απλές στη χρήση τους, δεν δίνουν σωστά σήματα στους χρήστες του δικτύου για την

αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος (αφού δεν περιλαμβάνουν το λειτουργικό κόστος της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας),

2. **Αυξητικές** (incremental), οι οποίες συμπεριλαμβάνουν μόνο το λειτουργικό κόστος μεταφοράς, και
3. **Σύνθετες** (composite embedded/incremental), οι οποίες αποτελούν συνδυασμό των δύο προηγούμενων και περιλαμβάνουν όχι μόνο το ενσωματωμένο κόστος αλλά και το λειτουργικό κόστος.

Για τον προσδιορισμό της χρήσης των γραμμών, λύνεται το πρόβλημα της βέλτιστης ροής φορτίου (BPΦ). Το γενικό πρόβλημα της BPΦ σχετίζεται με τον υπολογισμό των βέλτιστων τιμών των μεταβλητών σχεδίασης, οι οποίες θα ελαχιστοποιούν την αντικειμενική συνάρτηση (στην εργασία αυτή είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής των γεννητριών), ικανοποιώντας ταυτόχρονα κάποιους εξισωτικούς και ανισωτικούς περιορισμούς για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος. Επειδή αποτελεί μεταβλητή σχεδίασης, η ενεργός παραγωγή των γεννητριών του συστήματος καθορίζεται έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το ελάχιστο συνολικό κόστος λειτουργίας λαμβάνοντας υπόψη τους τεχνικούς περιορισμούς του συστήματος. Οι περιορισμοί αυτοί περιλαμβάνουν τα τεχνικά όρια των γεννητριών, τα θερμικά όρια των γραμμών, καθώς επίσης και όρια για το μη εξυπηρετούμενο φορτίο και για τις φασικές γωνίες των τάσεων των ζυγών. Γενικά, οι περιορισμοί μεταφοράς αυξάνουν το κόστος εξυπηρέτησης της ζήτησης εξαιτίας της ένταξης πιο ακριβών μονάδων στις περιοχές όπου εμφανίζεται συνωστισμός. Όταν προκύπτει συνωστισμός, το κόστος συμφόρησης το χρεώνονται οι καταναλωτές. Στο λογισμικό που αναπτύχθηκε, για την επίλυση του προβλήματος της βέλτιστης ροής φορτίου, θεωρήθηκαν γραμμικά κόστη γεννητριών και χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο της dc ροής φορτίου.

Στο λογισμικό που αναπτύχθηκε, μοντελοποιήθηκαν οκτώ μέθοδοι χρέωσης:

1. **Μέθοδος γραμματοσήμου** (ενότητα 3.4.1.1): χρεώνει τους παραγωγούς με βάση την εγκατεστημένη τους ισχύ και τους καταναλωτές με βάση τη ζήτησή τους, ανεξάρτητα από τη θέση τους στο δίκτυο και από το ποσοστό που χρησιμοποιούν τις γραμμές. Έτσι, αγνοείται η πραγματική κατάσταση του συστήματος.
2. **Μέθοδος MW-mile αρχική** (ενότητα 3.4.1.4): λαμβάνει υπόψη την απόσταση, τη ροή φορτίου, αλλά όχι την κατεύθυνσή της. Έτσι όμως αγνοεί τους χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές (ροές αντίθετες στην κύρια ροή των γραμμών).
3. **Μέθοδος unused absolute MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): λαμβάνει υπόψη τις απόλυτες τιμές των συνεισφορών των χρηστών σε όλες τις γραμμές του δικτύου αγνοώντας την κατεύθυνσή τους και τους χρεώνει και για την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών.
4. **Μέθοδος unused reverse MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): λαμβάνει υπόψη ροές φορτίου και προς τις δύο κατευθύνσεις και χρεώνει τους χρήστες με βάση τη συνολική ροή της κάθε γραμμής.
5. **Μέθοδος unused zero counter flow MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): δεν υπάρχει χρέωση για τους χρήστες που προκαλούν ροή αντίθετη από την κύρια ροή των γραμμών.
6. **Μέθοδος used absolute MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): επιμερίζει τα κόστη ανάλογα με το μέγεθος της ροής που προκαλεί ο κάθε χρήστης σε κάθε γραμμή και την μέγιστη ικανότητα της γραμμής.

7. **Μέθοδος used reverse MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): χρεώνει τους χρήστες ανάλογα με τη ροή φορτίου που προκαλεί ο καθένας τους σε κάθε γραμμή και με την μέγιστη ικανότητα της γραμμής.
8. **Μέθοδος used zero counter flow MW-mile** (ενότητα 3.4.1.4): Οι χρήστες του δικτύου χρεώνονται μόνο για τη θετική ροή που προκαλούν σε κάθε γραμμή, αλλά όχι για την αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών.

Στο λογισμικό που αναπτύχθηκε, για τον καθορισμό της συνεισφοράς των χρηστών στη ροή των γραμμών μοντελοποιήθηκαν τρεις μέθοδοι:

1. **Μέθοδος Rudnick** (ενότητα 3.3.1): χρησιμοποιεί τους συντελεστές GSDF, GGDF, και GLDF, με βάση τους οποίους η κατανομή του κόστους μπορεί να αποδοθεί στις εγχύσεις ισχύος στο δίκτυο, στους παραγωγούς ή στα φορτία, αντίστοιχα.
2. **Μέθοδος Bialek** (ενότητα 3.3.2): βασίζεται στην αρχή της ποσοστιαίας κατανομής για να καθορίσει τη συνεισφορά του κάθε παραγωγού ή του κάθε καταναλωτή στη ροή της κάθε γραμμής.
3. **Μέθοδος ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης** (ενότητα 3.3.4): βασίζεται σε συναλλαγές μεταξύ χρηστών, με βάση τις οποίες ελαχιστοποιούνται τα συνολικά MW-km σε όλο το σύστημα.

Το λογισμικό που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας χρησιμοποιήθηκε για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς στο σύστημα των 6 ζυγών του Garver και στο σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE. Από τις προσομοιώσεις που έγιναν, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Με τη μέθοδο postage stamp ανακτάται πλήρως το ετήσιο κόστος των γραμμών, όμως η μέθοδος είναι άδικη για κάποιους χρήστες οι οποίοι χρεώνονται ενώ μπορεί να μην χρησιμοποιούν καθόλου το δίκτυο.

Με την αρχική MW-mile ανακτάται πλήρως το ετήσιο κόστος, όμως η μέθοδος δεν είναι δίκαιη για τους χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές, οι οποίοι χρεώνονται ανεξάρτητα από την κατεύθυνση των ροών που προκαλούν.

Από τις μεθόδους που βασίζονται στη χρησιμοποιούμενη ικανότητα των γραμμών, η μέθοδος used absolute MW-mile παράγει μεγαλύτερο εισόδημα προς τον ιδιοκτήτη μεταφοράς, ύστερα ακολουθεί η used zero counter flow και τελευταία η used reverse MW-mile. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι με καμία από τις τρεις μεθόδους δεν ανακτάται πλήρως το κόστος μεταφοράς, με εξαίρεση το μοντέλο του Garver στο 1ο σενάριο (ενότητα 6.2.3.1) με βάση τους συντελεστές GLDF (χρέωση καταναλωτών), όπου προκύπτει υπερανάκτηση του κόστους με την used absolute MW-mile, αλλά και στο σύστημα των 24 ζυγών με βάση τους συντελεστές GGDF και GLDF, οι μέθοδοι used absolute και used zero counter flow οδηγούν σε υπερανάκτηση του ετήσιου κόστους. Συμπερασματικά, σε αυτές τις δύο μεθόδους χρέωσης, όσο μεγαλύτερο είναι το δίκτυο και όσο περισσότεροι είναι οι χρήστες τόσο μεγαλύτερη πιθανότητα υπάρχει (με τη μέθοδο Rudnick) να συμβεί υπερανάκτηση του κόστους εφόσον οι χρήστες προκαλούν αξιόλογες αρνητικές ροές στις γραμμές.

Στις τρεις μεθόδους που βασίζονται στην αχρησιμοποίητη ικανότητα των γραμμών (unused absolute, unused reverse και unused zero counter flow), το ετήσιο κόστος ανακτάται πλήρως. Η unused reverse MW-mile πιστώνει κάποιους χρήστες για τη χρήση των γραμμών σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από την used reverse. Και σε αυτή την περίπτωση για κάποιους

χρήστες προκύπτει πολύ μεγάλη χρέωση (ενώ με τις υπόλοιπες μεθόδους χρέωσης χρεώνονται λιγότερο). Γενικά, τα αποτελέσματα της μεθόδου unused reverse δε γίνονται εύκολα αποδεκτά από τον ιδιοκτήτη των γραμμών και από κάποιους συμμετέχοντες.

Με βάση τα παραπάνω, η πιο δίκαιη μέθοδος χρέωσης είναι η unused zero counter flow, γιατί δίνει ικανοποιητικό εισόδημα στον ιδιοκτήτη των γραμμών (ανακτάται πλήρως το ετήσιο κόστος) και παρέχει κίνητρα σε χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές, για τις οποίες δε χρεώνονται καθόλου. Αυτό το κίνητρο είναι σημαντικό γιατί προωθεί νέους παραγωγούς να κατασκευάσουν μονάδες σε περιοχές που υπάρχει υψηλή ζήτηση, οδηγώντας σε αποδοτική επέκταση του δικτύου μεταφοράς.

Με τις μεθόδους ανίχνευσης υπολογίζεται η χρήση του δικτύου, καθορίζοντας τις ροές φορτίου που προκαλούν οι παραγωγοί και οι καταναλωτές και προσδιορίζοντας ποιος είναι υπεύθυνος για αυτές. Έτσι, με τη μέθοδο Rudnick όλες οι γραμμές χρησιμοποιούνται από όλους τους χρήστες, με αποτέλεσμα όλοι οι χρήστες να χρεώνονται για τη χρήση όλων των γραμμών. Αντίθετα, με τη μέθοδο της ελάχιστης ηλεκτρικής απόστασης προκύπτει μηδενική χρέωση μόνο για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές που συμμετέχουν σε συναλλαγές και που είναι συνδεδεμένοι στον ίδιο ζυγό (επειδή υπάρχει μηδενική ηλεκτρική απόσταση ανάμεσα σε αυτούς τους παραγωγούς και τους καταναλωτές). Με τη μέθοδο Bialek που βασίζεται στην αρχή της ποσοστιαίας κατανομής, δε χρεώνονται όλοι οι χρήστες για τη χρήση της κάθε γραμμής. Η χρέωση των παραγωγών βασίζεται σε μονοπάτια που ορίζονται από τις εκροές των ζυγών ενώ η χρέωση των καταναλωτών εξαρτάται από τις εισροές. Έτσι αγνοούνται οι χρήστες που προκαλούν αρνητικές ροές, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις μεθόδους χρέωσης: absolute, reverse και zero counter flow και όλες οι πληρωμές να είναι θετικές. Οι χρήστες χρεώνονται για χρήση λιγότερων γραμμών, αλλά σε μεγαλύτερο ποσοστό από τις άλλες μεθόδους ανίχνευσης. Από τις τρεις μεθόδους, η μέθοδος Rudnick είναι πιο απλή από όλες και χρησιμοποιείται πιο συχνά.

Μελετήθηκαν 3 ποσοστά επιμερισμού:

1. 0% χρέωση για παραγωγούς και 100% για καταναλωτές
2. 30% χρέωση για παραγωγούς και 70% για καταναλωτές
3. 50% χρέωση για παραγωγούς και 50% για καταναλωτές

Ανάμεσα σε αυτά τα ποσοστά επιμερισμού για την κάθε κατηγορία πελατών, το ποσοστό 50% - 50% ευνοεί περισσότερο τους καταναλωτές, οι οποίοι στα δύο συστήματα που μελετήθηκαν, αλλά και σε κάθε σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, είναι περισσότεροι σε αριθμό από τους παραγωγούς.

7.2 ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι μεθοδολογίες που παρουσιάστηκαν στην εργασία για τον επιμερισμό του κόστους μεταφοράς μπορούν να εφαρμοστούν και σε άλλα συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων (εκτός από το σύστημα των 6 ζυγών του Garver και το σύστημα των 24 ζυγών RTS του IEEE, όπου ήδη εφαρμόστηκαν οι μεθοδολογίες αυτές).

Επίσης, εκτός από τις μεθόδους επιμερισμού που παρουσιάστηκαν, μπορεί να γίνει μελέτη για τον υπολογισμό μακροπρόθεσμου οριακού κόστους, ώστε να δίνονται κατάλληλα σήματα για τη μελλοντική επέκταση του συστήματος.

Επιπλέον, στον υπολογισμό της βέλτιστης ροής φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το μοντέλο της ac ροής φορτίου, να συνυπολογιστούν οι απώλειες και να προστεθούν και άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά στις μονάδες.

Μια άλλη πιθανή επέκταση της εργασίας είναι η μελέτη σύνδεσης αιολικών πάρκων και πως αυτά επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μεθόδων επιμερισμού κόστους χρήσης των γραμμών μεταφοράς για τους παραγωγούς και τους καταναλωτές με ανάλυση ευαισθησίας.

Τέλος, η χρέωση υπηρεσιών μεταφοράς χωρίζεται στις χρεώσεις χρήσης συστήματος μεταφοράς (που μελετήθηκαν στην εργασία αυτή), στις χρεώσεις σύνδεσης και στις χρεώσεις βοηθητικών υπηρεσιών. Έτσι, απαιτείται περισσότερη μελέτη στον καθορισμό των δύο τελευταίων χρεώσεων, ώστε να καλυφθεί όλο το κόστος των υπηρεσιών μεταφοράς.

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

A.1 ΕΛΛΗΝΙΚΑ

ΣΗΕ	: Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας
ΣΜ	: Σύστημα μεταφοράς
ΧΧΣ	: Εγχειρίδιο χρεώσεων χρήσης συστήματος πελατών δικτύου διανομής
ΔΕΗ	: Δημόσια επιχείρηση ηλεκτρισμού
ΔΕΣΜΗΕ	: Διαχειριστής ελληνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
ΚΔΣ	: Κώδικας διαχείρισης συναλλαγών
Μ/Σ	: Μετασχηματιστής
ΥΤ	: Υψηλή τάση
ΡΑΕ	: Ρυθμιστική αρχή ενέργειας
ΗΕΠ	: Ημερήσιος ενεργειακός προγραμματισμός
ΒΡΦ	: Βέλτιστη ροή φορτίου
α.μ.	: ανά μονάδα

A.2 ΑΓΓΛΙΚΑ

DC	: Direct current
AC	: Alternating current
RTS	: Reliability test system
IEEE	: Institute of electrical and electronics engineers
GSDF	: Generation shift distribution factors
GGDF	: Generalized generation distribution factors
GLDF	: Generalized load distribution factors
PTDF	: Power transfer distribution factors
SRMC	: Short run marginal cost
SRIC	: Short run incremental cost
LRMC	: Long run marginal cost
LRIC	: Long run incremental cost
ICRP	: Investment cost related pricing
DCLFP	: Dc load flow pricing
OPF	: Optimal power flow
LMP	: Locational marginal price
MBR	: Marginal based remuneration
TCC	: Total congestion cost
GUIDE	: Graphical user interface design environment
pu	: per unit

