



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

**ΠΟΛΥΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΦΟΡΤΙΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νάντια-Κωνσταντίνα Μ. Ζάμερ

Επιβλέπων : Παύλος Σ. Γεωργιάκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011



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

**ΠΟΛΥΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΓΙΑ
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ
ΜΟΝΑΔΑΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΦΟΡΤΙΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Νάντια-Κωνσταντίνα Μ. Ζάμερ

Επιβλέπων : Παύλος Σ. Γεωργιλάκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 23^η Δεκεμβρίου 2011.

.....
Α. Κλαδάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Γ. Κορρές
Αν. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Π. Γεωργιλάκης
Λέκτορας Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Δεκέμβριος 2011

.....
Νάντια-Κωνσταντίνα Μ. Ζάμερ

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

Copyright © Νάντια-Κωνσταντίνα, Ζάμερ, 2011
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 η εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος μιας μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής σε ένα δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με ζήτηση καταναλωτών με διαφορετικούς τύπους φορτίου (σταθερό, οικιακό, βιομηχανικό, εμπορικό, μεικτό), ώστε να επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών ενεργού και αέργου ισχύος στο δίκτυο. Η πολυαντικειμενική συνάρτηση βελτιστοποίησης περιλαμβάνει τις ενεργές απώλειες ισχύος, τις άεργες απώλειες ισχύος, τις πτώσεις τάσεις των ζυγών φορτίου και τα θερμικά όρια αντοχής των γραμμών του δικτύου διανομής. Για την εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής, χρησιμοποιείται πολυαντικειμενική βελτιστοποίηση με βάρη, η οποία επιλύεται με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων.

Στα πλαίσια της εργασίας αναπτύχθηκε λογισμικό σε MATLAB το οποίο επιλύει το πρόβλημα τόσο με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων, όσο και με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, για να ελεγχθεί η ακρίβεια του γενετικού αλγορίθμου. Στο λογισμικό αυτό, αναπτύχθηκε επιπλέον γραφικό περιβάλλον, για να είναι εύκολη η χρήση του λογισμικού αυτού κατά την εισαγωγή δεδομένων, την επίλυση του προβλήματος, και την εξαγωγή και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η μεθοδολογία δοκιμάστηκε σε τρία δίκτυα διανομής, ένα δίκτυο 17 ζυγών, ένα δίκτυο 38 ζυγών και ένα δίκτυο 75 ζυγών. Αρχικά, πριν προστεθεί στο δίκτυο η μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής, γίνεται η ανάλυση της ροής φορτίου με τη μέθοδο Newton-Raphson, και καταγράφονται τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, εκτελείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη χρήση γενετικού αλγορίθμου και εντοπίζεται η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής καθώς και η βέλτιστη ονομαστική ισχύς αυτής σε MW. Κατόπιν εγκαθίσταται η μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής με βέλτιστη ονομαστική ισχύ στο βέλτιστο ζυγό του δικτύου σύμφωνα με τη βέλτιστη λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης, και γίνεται ξανά η ανάλυση της ροής φορτίου. Τα αποτελέσματα καταγράφονται και με βάση αυτά υπολογίζεται η βέλτιστη τιμή της πολυαντικειμενικής συνάρτησης.

Επίσης, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεθόδων στα τρία δίκτυα διανομής, συγκρίνονται μεταξύ τους και προτείνονται τρόποι επέκτασης της εργασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Διεσπαρμένη παραγωγή, ροή φορτίου, γενετικοί αλγόριθμοι, αντικειμενική συνάρτηση, πολυαντικειμενική βελτιστοποίηση, μέθοδος των βαρών, εξαντλητική αναζήτηση.

ABSTRACT

The scope of the present thesis is to compute the optimal location and the optimal size of a distributed generation unit for adding it to a distribution network that serves customers with different load models (e.g., constant, residential, industrial, commercial, mixed), in order to achieve reduction of power losses in the system. For the determination of the optimal size and location of the distributed generation, a multiobjective optimization problem is formulated and solved using the genetic algorithm method.

The multiobjective function includes four indicators related with the active power losses of the network, the reactive power losses of the network, the thermal limits of the distribution lines, and the voltages of the network buses.

In the context of this thesis, software was developed in MATLAB that solves the problem using genetic algorithm method as well as exhaustive enumeration method, in order to check the accuracy of genetic algorithm method. In this software, a graphical user interface was also developed in order to make easy the use of this software. The methodology was tested in three distribution networks, a 37-bus network, a 38-bus network, and a 75-bus network. Before the installation of the distributed generation unit to the network, power flow analysis is performed with Newton-Raphson method, and the results get recorded. Then, multiobjective optimization with the genetic algorithms method is performed, and the result gives the optimal size and location solution of the distributed generation unit. Power flow analysis is again performed after adding to the network the distributed generation unit with the optimal size and at the optimal bus. With the results of the power flow analysis, the objective function is calculated.

KEY WORDS

Distributed generation, power flow, genetic algorithms, objective function, multiobjective optimization, weights method, exhaustive enumeration.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 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 και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του ΕΜΠ που ο καθένας με το δικό του τρόπο και σε μικρό ή μεγαλύτερο ποσοστό συντέλεσαν στην απόκτηση των μέχρι τώρα γνώσεων μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τους συναδέλφους μου και τους φίλους μου για τη στήριξη και βοήθεια τους όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΗΕ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

1.1	Περιγραφή ΣΗΕ	1
1.1.1	Εισαγωγή	1
1.1.2	Σκοπός και απαιτήσεις ΣΗΕ	1
1.1.3	Δομή ΣΗΕ	1
1.2	Απώλειες ισχύος	3
1.3	Πτώση τάσης σε δίκτυα διανομής	4
1.4	Θερμικό όριο γραμμών	5
1.5	Ανάλυση ροών φορτίου	5
1.5.1	Εισαγωγή	5
1.5.2	Εξισώσεις ροών φορτίου	6
1.5.3	Ψηφιακές μέθοδοι για την επίλυση ροών φορτίου	7
1.5.3.1	Μέθοδος Gauss-Seidel	7
1.5.3.2	Μέθοδος Newton-Raphson	8
1.5.3.3	Τροποποίηση της μεθόδου Newton-Raphson για μοντέλα φορτίων και για προσθήκη ΜΔΠ	13
1.5.4	Υπολογιστικά προγράμματα ανάλυσης ροής φορτίου	13
1.6	Βιβλιογραφία	14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

2.1	Εισαγωγή	15
2.2	Ορισμός	16
2.3	Οι επιδράσεις των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής στο δίκτυο διανομής	19
2.4	Τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής	20
2.5	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διεσπαρμένης παραγωγής	21
2.5.1	Πλεονεκτήματα της διεσπαρμένης παραγωγής	21
2.5.2	Μειονεκτήματα της διεσπαρμένης παραγωγής	21
2.6	Βιβλιογραφία	22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΛΥΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1	Εισαγωγή	23
3.2	Γενικό πρόβλημα πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης	24
3.3	Η έννοια των Pareto βέλτιστων λύσεων	25
3.4	Η έννοια της συνάρτησης χρησιμότητας	27

3.5	Κλασικές τεχνικές πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης	28
3.5.1	Μέθοδος των βαρών	28
3.5.2	Μέθοδος προγραμματισμού στόχων	29
3.5.3	Μέθοδος των ε-περιορισμών	30
3.6	Βιβλιογραφία	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1	Εισαγωγή	32
4.2	Το γραφικό περιβάλλον (GUI) της Matlab	32
4.3	Περιβάλλον ανάπτυξης και απαιτήσεις συστήματος	32
4.4	Λειτουργίες λογισμικού	32
4.4.1	Εισαγωγή	32
4.4.2	Γραφικό περιβάλλον	35
4.4.3	Εισαγωγή δεδομένων	36
4.4.4	Εξαγωγή αποτελεσμάτων	37
4.4.5	Μελέτη και ανάλυση αποτελεσμάτων	38
4.5	Συναρτήσεις λογισμικού	40
4.6	Βιβλιογραφία	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

5.1	Εισαγωγή	42
5.2	Δεδομένα δικτύου 5 ζυγών	42
5.3	Δεδομένα προβλήματος βελτιστοποίησης	43
5.4	Δεδομένα επίλυσης ροής φορτίου	45
5.5	Δεδομένα γενετικού αλγορίθμου	45
5.6	Ροή φορτίου χωρίς την προσθήκη ΜΔΠ	45
5.6.1	Αρχικές τιμές	52
5.6.2	Πρώτη ανακύκλωση της μεθόδου Newton-Raphson	53
5.6.3	Δεύτερη ανακύκλωση της μεθόδου Newton-Raphson	56
5.6.4	Τελική λύση	59
5.7	Επίλυση με γενετικούς αλγόριθμους	62
5.7.1	Αρχικοποίηση γενετικού αλγόριθμου	62
5.7.2	Κωδικοποίηση	62
5.7.2.1	Κωδικοποίηση θέσης ΜΔΠ	62
5.7.2.2	Κωδικοποίηση μεγέθους ΜΔΠ	63

5.7.3	Δημιουργία αρχικού πληθυσμού	63
5.7.4	Εφαρμογή γενετικού αλγόριθμου	67
5.7.4.1	Στάδιο διασταύρωσης	67
5.7.4.2	Στάδιο μετάλλαξης	70
5.7.4.3	Στάδιο αποκωδικοποίησης	71
5.8	Ανάλυση ευαισθησίας ως προς τα βάρη των δεικτών σ_1 , σ_2 , σ_3 , και σ_4 της αντικειμενικής συνάρτησης	73
5.8.1	Μεταβολή βάρους σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP	74
5.8.2	Μεταβολή βάρους σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ	77
5.8.3	Μεταβολή βάρους σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων γραμμών IC	79
5.8.4	Μεταβολή βάρους σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης ζυγών IVD	81
5.8	Βιβλιογραφία	83

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1	Εισαγωγή	84
6.2	Εφαρμογή σε σύστημα 17 ζυγών	84
6.2.1	Δεδομένα συστήματος	84
6.2.2	Αποτελέσματα	85
6.2.2.1	Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων	85
6.2.2.1.1	Σταθερό φορτίο	85
6.2.2.1.2	Οικιακό φορτίο	93
6.2.2.1.3	Βιομηχανικό φορτίο	100
6.2.2.1.4	Εμπορικό φορτίο	108
6.2.2.1.5	Μεικτό φορτίο	115
6.2.2.2	Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	119
6.2.2.2.1	Εισαγωγή	119
6.2.2.2.2	Σταθερό φορτίο	119
6.2.2.2.3	Οικιακό φορτίο	120
6.2.2.2.4	Βιομηχανικό φορτίο	121
6.2.2.2.5	Εμπορικό φορτίο	122
6.2.2.2.6	Σύνοψη αποτελεσμάτων	123
6.3	Εφαρμογή σε σύστημα 38 ζυγών	124
6.3.1	Δεδομένα συστήματος	124
6.3.2	Αποτελέσματα	127
6.3.2.1	Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων	127

6.3.2.1.1	Σταθερό φορτίο	127
6.3.2.1.2	Οικιακό φορτίο	135
6.3.2.1.3	Βιομηχανικό φορτίο	144
6.3.2.1.4	Εμπορικό φορτίο	152
6.3.2.1.5	Μεικτό φορτίο	160
6.3.2.2	Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	166
6.3.2.2.1	Εισαγωγή	166
6.3.2.2.2	Σταθερό φορτίο	166
6.3.2.2.3	Οικιακό φορτίο	167
6.3.2.2.4	Βιομηχανικό φορτίο	169
6.3.2.2.5	Εμπορικό φορτίο	171
6.3.2.2.6	Σύνοψη αποτελεσμάτων	172
6.4	Εφαρμογή σε σύστημα 75 ζυγών	173
6.4.1	Δεδομένα συστήματος	173
6.4.2	Αποτελέσματα	174
6.4.2.1	Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων	174
6.4.2.1.1	Σταθερό φορτίο	174
6.4.2.1.2	Οικιακό φορτίο	185
6.4.2.1.3	Βιομηχανικό φορτίο	196
6.4.2.1.4	Εμπορικό φορτίο	207
6.4.2.1.5	Μεικτό φορτίο	219
6.4.2.2	Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	227
6.4.2.2.1	Εισαγωγή	227
6.4.2.2.2	Σταθερό φορτίο	227
6.4.2.2.3	Οικιακό φορτίο	230
6.4.2.2.4	Βιομηχανικό φορτίο	233
6.4.2.2.5	Εμπορικό φορτίο	236
6.4.2.2.6	Σύνοψη αποτελεσμάτων	238
6.5	Βιβλιογραφία	239

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1	Σύνοψης της εργασίας και των αποτελεσμάτων της	240
7.2	Μελλοντική επέκταση εφαρμογής	241

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α:	ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	242
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΡΟΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΙΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΓΡΑΜΜΩΝ	243
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ:	ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΞΑΝΤΛΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ	271

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΗΕ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

1.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΗΕ

1.1.1 Εισαγωγή

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι από τις πιο εδραιωμένες μορφές ενέργειας, γιατί μπορεί να μεταφερθεί εύκολα με υψηλή απόδοση και χαμηλό κόστος. Ο σύγχρονος κόσμος εξαρτά την επιβίωση και την ευημερία του από αυτό το είδος ενέργειας. Η πλειονότητα των συσκευών λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κυριότεροι είναι η καύση διαφόρων ουσιών (λιγνίτης, πετρέλαιο, κάρβουνο), τα πυρηνικά εργοστάσια, τα ηλιακά πάρκα, τα υδροηλεκτρικά φράγματα και τα αιολικά πάρκα. Τα τελευταία 20 χρόνια γίνονται έντονες προσπάθειες αύξησης του ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ.).

Το μεγάλο μειονέκτημα της ηλεκτρικής ενέργειας είναι η δύσκολη, σχεδόν αδύνατη μακροχρόνια αποθήκευσή της. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να καταναλώνεται ταυτόχρονα με την παραγωγή της ή να αποθηκεύεται αφού πρώτα μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας (π.χ. χημική, δυναμική κ.λ.π.). Η ανάγκη άμεσης κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας έχει οδηγήσει στην κατασκευή ενός παγκόσμιου πλέγματος ηλεκτρικών δικτύων, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρεται εύκολα, από το σημείο παραγωγής της, στο σημείο κατανάλωσης.

1.1.2 Σκοπός και απαιτήσεις ΣΗΕ

Ο σκοπός ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε μια εξυπηρετούμενη περιοχή καταναλώσεως. Το σύστημα αυτό πρέπει να έχει μελετηθεί λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις παραμέτρους ώστε να είναι ικανό να ικανοποιεί τις ακόλουθες απαιτήσεις:

1. Πρέπει να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια οποudήποτε υπάρχει ζήτηση.
2. Η ζήτηση πραγματικής και αέργου ισχύος μεταβάλλεται με το χρόνο, και το σύστημα πρέπει να μπορεί να ικανοποιεί αυτή τη συνεχώς μεταβαλλόμενη ζήτηση.
3. Η παρεχόμενη ενέργεια πρέπει να ικανοποιεί ορισμένους όρους ποιότητας. Τρεις βασικοί παράγοντες συνιστούν την ποιότητα αυτή: 1) σταθερή συχνότητα. 2) σταθερή τάση, 3) υψηλή αξιοπιστία τροφοδοτήσεως.
4. Η ενέργεια πρέπει να παρέχεται με τα ελάχιστα οικονομικά και οικολογικά κόστη [1.1].

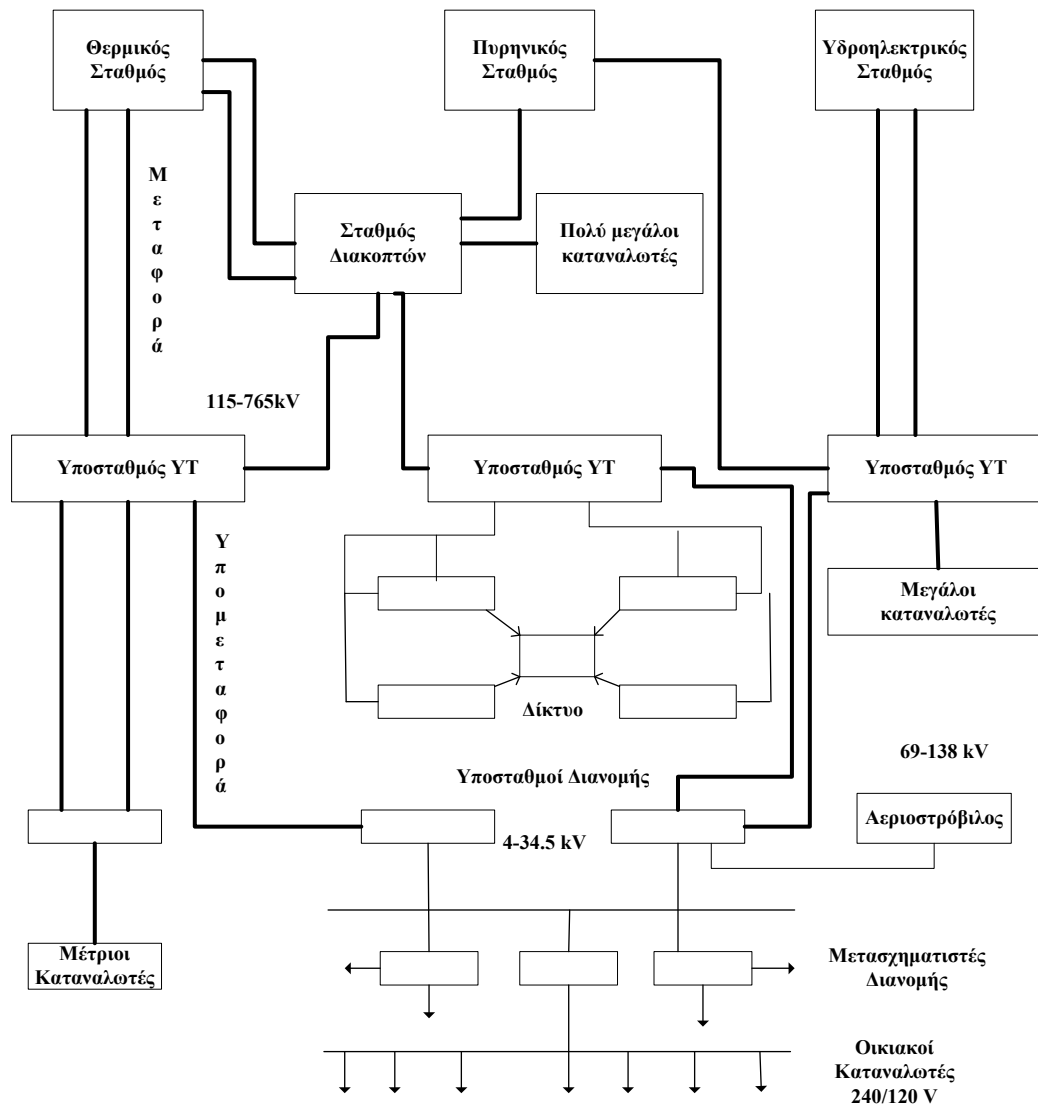
1.1.3 Δομή Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας

Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και μέσων, τα οποία χρησιμεύουν στην εξυπηρέτηση των αναγκών ενός συνόλου καταναλωτών σε ηλεκτρική ενέργεια.

Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας από απόψεως εκτάσεως μπορούν να διακριθούν σε «Εθνικά Συστήματα», «Περιφερειακά Συστήματα» και «Ιδιωτικά Συστήματα» εφ' όσον αντίστοιχα καλύπτουν το σύνολο μιας χώρας, το σύνολο μιας γεωγραφικής περιοχής, ή τις ανάγκες μεμονωμένου ιδιωτικού συγκροτήματος.

Η δομή του συστήματος έχει πρωτεύουσα σημασία για τη γεωγραφική διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η ιδιότητα, η οποία χαρακτηρίζει κυρίως τη δομή του συστήματος είναι το μέγεθος του συστήματος. Η δομή και η σύνθεση του συστήματος εξαρτώνται από το μέγεθος αυτού.

Η βασική δομή ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1.



Σχήμα 1.1: Βασικά στοιχεία συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας [1.2].

Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας διακρίνονται τα εξής ειδικότερα συστήματα:

1. Σύστημα Παραγωγής: Περιλαμβάνει τους σταθμούς παραγωγής όπου παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα, μαζί με τους σταθμούς ανυψώσεως της τάσης για τη μεταφορά του υπό υψηλή τάση.
2. Σύστημα Διασυνδέσεως και Μεταφοράς: Περιλαμβάνει τα δίκτυα των γραμμών υψηλής τάσης, τους υποσταθμούς ζεύξεως των δικτύων αυτών, τους υποσταθμούς μετασχηματισμού μεταξύ των διαφόρων τάσεων του δικτύου και τους υποσταθμούς υποβιβασμού της τάσεως σε μέση τάση προς τροφοδότηση των δικτύων διανομής.
3. Σύστημα Υπομεταφοράς: Η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τους σταθμούς παραγωγής προς τις περιοχές κατανάλωσης.
4. Σύστημα Διανομής: Περιλαμβάνει τα δίκτυα διανομής μέσης και χαμηλής τάσης στα οποία υπάγονται και οι υποσταθμοί διανομής μέσω των οποίων η τάση υποβιβάζεται σε χαμηλή τάση [1.1],[1.2].

1.2 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

Η απώλεια μεταφοράς στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένα φυσικό φαινόμενο. Η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να κινηθεί από τη θέση παραγωγής στην θέση κατανάλωσης μέσω καλωδίων. Όλα τα καλώδια έχουν κάποια αντίσταση, τα οποία καταναλώνουν κάποια ενέργεια. Η ενέργεια που καταναλώνεται κατά αυτόν τον τρόπο αναφέρεται ως «απώλεια». Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της απώλειας αποδίδεται στη θέρμανση των ηλεκτροφόρων καλωδίων από το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει σε αυτά. Η απώλεια (i^2R) χάνεται έπειτα στο περιβάλλον των ηλεκτροφόρων καλωδίων. Η απώλεια αυτή της μετάδοσης αντιπροσωπεύει περίπου το 5% - 10% της συνολικής παραγωγής, μια ποσότητα αξίας των εκατομμυρίων δολαρίων το χρόνο.

Η απώλεια ισχύος σε ένα δίκτυο μετάδοσης και διανομής επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Η θέση της σύνδεσης παραγωγικών εγκαταστάσεων και φορτίων και η ενέργεια που σχετίζεται με κάθε ένα από αυτά.
- Οι τύποι συνδεδεμένων φορτίων.
- Η διαμόρφωση των δικτύων.
- Τα επίπεδα τάσης και η ανισορροπία τάσης.
- Δυναμικοί παράγοντες που συνδέονται με τη λειτουργία των μεγάλων δικτύων εναλλασσόμενων ρευμάτων (power factor, αρμονικές και ο έλεγχος της άεργου και ενεργού ισχύος).
- Το μήκος των γραμμών - αυτό είναι μια σχεδόν γραμμική σχέση (ο διπλασιασμός του μήκους γραμμών θα διπλασίαζε την απώλεια γραμμών).
- Το ρεύμα στη γραμμή - αυτό είναι μια τετραγωνική σχέση όπου ο διπλασιασμός του ρεύματος γραμμών θα τετραπλασίαζε την απώλεια γραμμών.
- Το σχέδιο των γραμμών, ιδιαίτερα το μέγεθος, το υλικό και ο τύπος καλωδίων.
- Οι τύποι μετασχηματιστών.

Η απώλεια μεταφοράς αποτελείται από δύο συστατικά: την πραγματική και την απώλεια αντίδρασης. Το πραγματικό μέρος κοστίζει σε χρήματα και η απώλεια αντίδρασης κοστίζει σε σταθερότητα της τάσης. Και τα δύο συστατικά πρέπει να αξιολογούνται

κατάλληλα για την ασφάλεια και τη σταθερότητα των ηλεκτρικών συστημάτων αλλά και για την εξοικονόμηση χρημάτων.

Οι απώλειες μεταφοράς μπορούν να υπολογιστούν με τη βοήθεια μιας λυμένης ανάλυσης ροής φορτίων όπως για παράδειγμα είναι η Newton Raphson. Η λυμένη ανάλυση ροής φορτίων δίνει το μέγεθος της τάσης και τη γωνία φάσης όλων των ζυγών. Από τις τιμές αυτές τα ρεύματα που διαρρέουν όλες τις γραμμές μπορεί να υπολογιστούν. Το ρεύμα από το ζυγό i στο ζυγό j μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$I_{ij} = Y_{ij}(V_i - V_j) \quad (1.1)$$

όπου Y_{ij} είναι η αγωγιμότητα της γραμμής μεταξύ του ζυγού i και του ζυγού j .

Από τις γνωστές τιμές της τάσης και του ρεύματος που εγχέονται σε κάθε γραμμή, υπολογίζεται η έγχυση ισχύος. Η απώλεια γραμμών είναι το ποσό της έγχυσης ισχύος σε μια γραμμή και από τις δύο πλευρές. Η έγχυση ισχύος σε μια γραμμή μπορεί να καθοριστεί από τις ακόλουθες εξισώσεις.

$$S_{ij} = V_i Y_{ij}^* \quad (1.2)$$

$$S_{ji} = V_j Y_{ij}^* \quad (1.3)$$

$$S_{L,ji} = S_{ij} + S_{ji} \quad (1.4)$$

$$P_{L,ji} = \text{real}(S_{L,ij}) \quad (1.5)$$

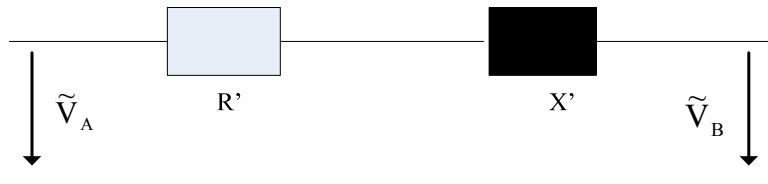
όπου S_{ij} είναι η έγχυση από το ζυγό i στη γραμμή μεταξύ του ζυγού i και ζυγού j , S_{ji} είναι η έγχυση από το ζυγό j στη γραμμή μεταξύ του ζυγού i και ζυγού j , $S_{L,ij}$ είναι η απώλεια στη γραμμή μεταξύ του ζυγού i και j και $P_{L,ij}$ είναι οι ενεργές απώλειες στη γραμμή.

Η συνολική απώλεια μεταφοράς είναι το άθροισμα των απωλειών σε όλες τις γραμμές.

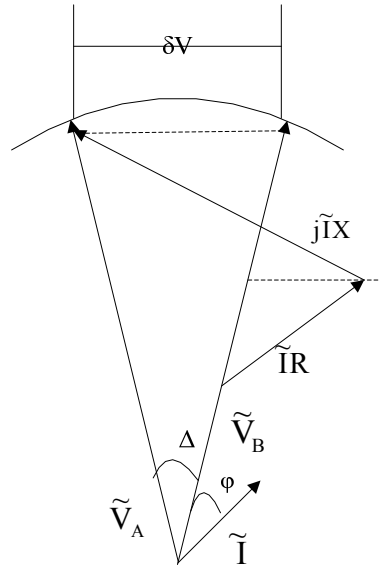
1.3 ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Για την μελέτη της πτώσης τάσης σε τριφασικά δίκτυα διανομής χρησιμοποιείται το μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα γραμμής μεταφοράς. Το μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα είναι αυτό του Σχήματος 1.2, όπου R' είναι η ωμική αντίσταση, X' η επαγωγική αντίδραση της γραμμής ανά μονάδα γραμμής και \tilde{V}_A , \tilde{V}_B οι φασικές τάσεις στην αρχή και στο τέλος της γραμμής αντίστοιχα.

Η πτώση τάσης στη γραμμή, ανηγμένη στην τάση \tilde{V}_A στην αρχή της γραμμής δίδεται από την σχέση:



Σχήμα 1.2: Μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα γραμμής μεταφοράς μικρού μήκους [1.1].



Σχήμα 1.3: Διανυσματικό διάγραμμα πτώσης τάσης [1.1].

$$\varepsilon = \frac{\Delta V}{|\tilde{V}_A|} = \frac{|\tilde{V}_A| - |\tilde{V}_B|}{\tilde{V}_A} = \frac{V_A - V_B}{V_A} \quad (1.6)$$

Η συνολική πτώση τάσης κατά μήκος όλου του δικτύου και για κάθε άκρο του δεν πρέπει να υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο ποσοστό V_{Dmax} % της ονομαστικής του τάσης. Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από τα όρια διακύμανσης της τάσης του δικτύου ανάλογα με το είδος των φορτίων που αυτό τροφοδοτεί. Για τα δίκτυα μεταφοράς το αποδεκτό ποσοστό πτώσης ορίζεται ίσο με $\pm 8\%$.

1.4 ΘΕΡΜΙΚΟ ΟΡΙΟ ΓΡΑΜΜΩΝ

Κατά την κανονική λειτουργία ενός δικτύου διανομής, το ρεύμα το οποίο ρέει σε κάθε αγωγό του δικτύου θα πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μην ανεβάζει την θερμοκρασία του αγωγού σε τιμές τις οποίες δεν μπορεί να αντέξει. Έτσι θα πρέπει το ρεύμα κάθε κλάδου του δικτύου να είναι μικρότερο από το θερμικό όριο του αγωγού που χρησιμοποιείται στον συγκεκριμένο κλάδο. Πρέπει δηλαδή να ισχύει η σχέση:

$$I_{th} > I_{κλάδου} \quad (1.7)$$

όπου I_{th} το θερμικό όριο του αγωγού που χρησιμοποιείται στον κλάδο και $I_{κλάδου}$ το ρεύμα του κλάδου.

1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΡΟΩΝ ΦΟΡΤΙΟΥ

1.5.1 Εισαγωγή

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας με ορισμένα φορτία στους ζυγούς του μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες καταστάσεις και να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Επιδίωξη της μελέτης ροών φορτίου αποτελεί η εύρεση της καταλληλότερης λύσης βάσει ορισμένων κριτηρίων και υπό ορισμένους περιορισμούς που πρέπει να τηρηθούν.

Η μελέτη των ροών φορτίου συνίσταται στον υπολογισμό των ισχύων και των τάσεων σε κάθε κόμβο ενός δικτύου, υπό δεδομένες συνθήκες. Οι γραμμές παριστάνονται με κυκλώματα-Π, με ανηγμένες παραμέτρους και τα φορτία θεωρούνται συμμετρικά.

1.5.2 Εξισώσεις ροών φορτίου

Η μαθηματική ανάλυση του δικτύου καταλήγει στη διαμόρφωση ενός συστήματος 2N μη γραμμικών εξισώσεων, όπου N ο αριθμός ζυγών του δικτύου. Κατά τη διαδικασία αυτή, η γή ως προς την οποία αναφέρονται οι τάσεις των ζυγών και οι εγκάρσιοι κλάδοι αποτελεί πρόσθετο ζυγό αναφοράς (N+1)-στό.

Θεωρείται ένας αντιπροσωπευτικός ζυγός του συστήματος, με ισχύ ζυγού και συμβολές γραμμών μεταφοράς. Οι εγκάρσιες αγωγιμότητες ως προς τη γή των γραμμών μεταφοράς συγκεντρώνονται στους ζυγούς, οπότε για το θεωρούμενο ζυγό θα είναι:

$$Y_{i0} = \sum_{j=1}^N Y_{ij0} \quad (1.8)$$

Η εξίσωση των ρευμάτων στο ζυγό γράφεται:

$$\begin{aligned} \tilde{J}_i &= \tilde{V}_i Y_{i0} + \sum_{j=1}^N (\tilde{V}_i - \tilde{V}_j) Y_{ij} = \tilde{V}_i Y_{i0} + (\tilde{V}_i - \tilde{V}_1) Y_{i1} + (\tilde{V}_i - \tilde{V}_2) Y_{i2} + \dots + (\tilde{V}_i - \tilde{V}_N) Y_{iN} = \\ &= (Y_{i0} + \sum_{j=1}^N Y_{ij}) \tilde{V}_i - Y_{i1} \tilde{V}_1 - Y_{i2} \tilde{V}_2 - \dots - Y_{iN} \tilde{V}_N \end{aligned} \quad (1.9)$$

όπου $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{iN}$ οι αγωγιμότητες σειράς των γραμμών οι οποίες συνδέονται στο ζυγό i, και $\tilde{V}_1, \tilde{V}_2, \dots, \tilde{V}_N$ οι τάσεις προς γή των ζυγών του δικτύου.

Εισάγοντας τις ακόλουθες νέες παραμέτρους:

$$y_{ii} = Y_{i0} + \sum_{j=1}^N Y_{ij} \quad (1.10)$$

και

$$y_{ij} = -Y_{ij} = -Y_{ji} \quad (1.11)$$

η σχέση (1.9) γίνεται:

$$\tilde{J}_i = y_{i1} \tilde{V}_1 + y_{i2} \tilde{V}_2 + \dots + Y_{ii} \tilde{V}_i + \dots + y_{iN} \tilde{V}_N = \sum_{j=1}^N y_{ij} \tilde{V}_j \quad (1.12)$$

Προκύπτει λοιπόν για τους N ζυγούς του δικτύου ένα σύστημα N εξισώσεων ρευμάτων-τάσεων, το οποίο σε μητρική μορφή γράφεται:

$$\begin{bmatrix} \tilde{J}_1 \\ \tilde{J}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \tilde{J}_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1N} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ y_{N1} & \dots & \dots & y_{NN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{V}_1 \\ \tilde{V}_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \tilde{V}_N \end{bmatrix} \quad (1.13)$$

και συμβολικά,

$$[\tilde{J}_Z] = [Y_Z] \cdot [\tilde{V}_Z] \quad (1.14)$$

όπου $[\tilde{J}_Z]$ και $[\tilde{V}_Z]$, τα διανύσματα ρευμάτων και τάσεων ζυγών, διαστάσεως N, και $[Y_Z]$ η μήτρα αγωγιμοτήτων ζυγών του συστήματος, διαστάσεων NxN, με μιγαδικά στοιχεία.

Δεδομένου ότι

$$\tilde{J}_i = \frac{P_i - jQ_i}{\tilde{V}_i^*} \quad (1.15)$$

η τυπική μιγαδική εξίσωση ροών φορτίου γράφεται:

$$P_i - jQ_i = y_{i1}\tilde{V}_1\tilde{V}_i^* + y_{i2}\tilde{V}_2\tilde{V}_i^* + \dots + y_{ii}\tilde{V}_i\tilde{V}_i^* + \dots + y_{iN}\tilde{V}_N\tilde{V}_i^* = \tilde{V}_i^* \sum_{j=1}^N y_{ij}\tilde{V}_j \quad (1.16)$$

Χωρίζοντας πραγματικά και φανταστικά μέρη, προκύπτουν από τη σχέση (1.16) δύο εξισώσεις. Συνεπώς για ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας N ζυγών, υπάρχουν 2N εξισώσεις ροών φορτίου της μορφής:

$$-P_i = |V_i| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{ji} \sigma \nu (\delta_i - \delta_j) - b_{ji} \eta \mu (\delta_j - \delta_i) \right] \quad (1.17)$$

και

$$-Q_i = |V_i| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{ji} \eta \mu (\delta_j - \delta_i) + b_{ji} \sigma \nu (\delta_j - \delta_i) \right] \quad (1.18)$$

όπου

$$y_{ji} = g_{ji} + jb_{ji}$$

1.5.3 Ψηφιακές μέθοδοι για την επίλυση ροών φορτίου

1.5.3.1 Μέθοδος Gauss-Seidel

Με τη μέθοδο Gauss-Seidel θεωρείται μια αρχική σειρά τιμών όλων τάσεων των ζυγών (μόνο του ζυγού ταλάντωσης η τάση είναι επιβεβλημένη) και έστω \tilde{V}_k η αρχική τιμή τάσης του ζυγού k. Θεωρώντας τη γενική μορφή των εξισώσεων ροών φορτίου, σχέση (1.16) συστήματος N ζυγών, λύνοντας ως προς \tilde{V}_k για το ζυγό k, προκύπτει:

$$\tilde{V}_k = \frac{1}{y_{kk}} \left\{ \frac{P_k - jQ_k}{\tilde{V}_k^*} - \sum_{j=1, j \neq k}^N y_{kj} \tilde{V}_j \right\}, j = 1, 2, 3, \dots, N \quad (1.19)$$

Η σχέση αυτή σύμφωνα με τη διαδικασία Gauss-Siedel χρησιμοποιείται επαναληπτικά. Με τον τρόπο αυτό κατά τη n+1 επανάληψη προκύπτει:

$$V_k^{(n+1)} = \frac{1}{y_{kk}} \left\{ \frac{P_k^{(n)} - jQ_k^{(n)}}{\tilde{V}_k^{(n)*}} - \sum_{j=1}^{k-1} y_{kj} V_j^{(n+1)} - \sum_{j=k+1}^N y_{kj} V_j^{(n)} \right\} \quad (1.20)$$

Στους ζυγούς παραγωγής φορτίου η παραπάνω σχέση υπολογίζεται κατευθείαν αφού τα P_k και Q_k είναι γνωστά. Στους ζυγούς παραγωγής επειδή το Q_k είναι άγνωστο, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q_k^{(n)} = -\text{Im} \left\{ \tilde{V}_k^{(n)*} \cdot \left[\sum_{j=1}^{k-1} y_{kj} \tilde{V}_j^{(n+1)} + \sum_{j=k+1}^N y_{kj} V_j^{(n)} \right] \right\} \quad (1.21)$$

Η τιμή αυτή αντικαθιστάται στη σχέση (1.16) και από την τιμή που προκύπτει επιλέγεται μόνο η γωνία $\delta_k^{(n+1)}$ αφού το μέτρο \widetilde{V}_k είναι καθορισμένο.

Η μέθοδος Gauss-Seidel συγκλίνει γρηγορότερα αν χρησιμοποιηθεί συντελεστής επιταχύνσεως. Η διαφορά δηλαδή μεταξύ των βημάτων πολλαπλασιάζεται με ένα συντελεστή a (περίπου 1,6) και έτσι προκύπτει:

$$\widetilde{V}_k^{(n+1)} = \widetilde{V}_k^{(n)} + a \cdot (\widetilde{V}_k^{(n+1)} - \widetilde{V}_k^{(n)}) \quad (1.22)$$

και

$$\delta_k^{(n+1)} = \delta_k^{(n)} + a \cdot (\delta_k^{(n+1)} - \delta_k^{(n)}) \quad (1.23)$$

1.5.3.2 Μέθοδος Newton-Raphson

Η μέθοδος Newton-Raphson που χρησιμοποιεί συνεχείς ανακυκλώσεις είναι πιο σύνθετη αλλά πολύ πιο ασφαλής και σχεδόν πάντα συγκλίνει πολύ πιο γρήγορα από τη μέθοδο Gauss-Siedel.

Έστω το προς επίλυση σύστημα εξισώσεων:

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \\ &\vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) &= 0 \end{aligned} \quad (1.24)$$

και έστω $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$ η αρχική λύση. Θεωρούνται ότι $\Delta x_1^{(0)}, \Delta x_2^{(0)}, \dots, \Delta x_n^{(0)}$ είναι οι διαφορές οι οποίες αν προστεθούν στην αρχική λύση θα προκύψει η τελική λύση η οποία και είναι $x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n^{(0)}$.

Αν ληφθούν τα αναπτύγματα Taylor των εξισώσεων του συστήματος, γύρω από τα σημεία, $x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}$, προκύπτει:

$$\begin{aligned} f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n^{(0)}) &= f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) + \\ &\Delta x_1^{(0)} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(0)} + \Delta x_2^{(0)} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right)^{(0)} + \dots + \Delta x_n^{(0)} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right)^{(0)} \end{aligned} \quad (1.25)$$

Γράφοντας τα αναπτύγματα για όλες τις εξισώσεις του συστήματος προκύπτει το γενικό σύστημα εξισώσεων

$$[\Delta f] = [J] \cdot [\Delta x] \quad (1.26)$$

όπου

$$[\Delta f] = \begin{bmatrix} f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n^{(0)}) - f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \\ f_2(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n^{(0)}) - f_2(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \\ \dots \\ f_n(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)} + \Delta x_n^{(0)}) - f_n(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) \end{bmatrix} \quad (1.27)$$

το διάνυσμα των διαφορών των συναρτήσεων,

$$[\Delta x] = \begin{bmatrix} \Delta x_1^{(0)} \\ \Delta x_2^{(0)} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta x_n^{(0)} \end{bmatrix} \quad (1.28)$$

και η Ιακωβιανή μήτρα του συστήματος

$$[J] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (1.29)$$

Στην περίπτωση των ροών φορτίου οι μεταβλητές x και f παριστάνουν τα ακόλουθα μεγέθη:

- διάνυσμα καταστάσεως (τελική λύση)

$$[x] = \begin{bmatrix} \delta_i \\ \delta_n \\ \dots \\ \delta_1 \\ \dots \\ \delta_n \\ \dots \\ \delta_1 \\ \dots \\ \delta_n \end{bmatrix} = \frac{\begin{bmatrix} \delta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta_n \\ \dots \\ \delta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta_n \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} |\tilde{V}_1| \\ \dots \\ |\tilde{V}_1| \\ \dots \\ |\tilde{V}_n| \end{bmatrix}} \quad (1.30)$$

- διάνυσμα αρχικών τιμών (και επόμενων προσεγγίσεων)

$$[x_0] = \begin{bmatrix} \delta_{0i} \\ \dots \\ |V_{0i}| \end{bmatrix} \quad (1.31)$$

- διάνυσμα των προσδιορισμένων τιμών των ισχύων P_s και Q_s

$$[f(x)] = \begin{bmatrix} P_{si} \\ \text{---} \\ Q_{si} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{s1} \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{sk} \\ \text{---} \\ Q_{s1} \\ \cdot \\ \cdot \\ Q_{sk} \end{bmatrix} \quad (1.32)$$

- διάνυσμα των κάθε φορά προσεγγίσεων των ισχύων P και Q

$$[f(x_0)] = \begin{bmatrix} P_i \\ \text{---} \\ Q_i \end{bmatrix} \quad (1.33)$$

Τα P και Q υπολογίζονται με βάση τις προσεγγίσεις δ_0 και $|V_0|$. Τα P_s και Q_s είναι δεδομένα του προβλήματος ροής φορτίου.

Οι διορθώσεις των μεταβλητών κατάστασης είναι

$$[\Delta f] = \begin{bmatrix} P_{si} - P_i \\ \text{---} \\ Q_{si} - Q_i \end{bmatrix} \quad (1.34)$$

και τα σφάλματα των ζυγών είναι

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial P}{\partial \delta} & \frac{\partial P}{|\partial V|} \\ \text{---} \\ \frac{\partial Q}{\partial \delta} & \frac{\partial Q}{|\partial V|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ \text{---} \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \quad (1.35)$$

δηλαδή η Ιακωβιανή μήτρα.

Οι ισχύεις των ζυγών δίνονται συναρτήσει των μεταβλητών καταστάσεως από τη σχέση

$$P_i - jQ_i = \tilde{V}_i * \sum_{j=1}^N y_{ij} \tilde{V}_j = |\tilde{V}_i|^2 y_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \tilde{V}_i * y_{ij} \tilde{V}_j \quad (1.36)$$

Θεωρώντας ότι $\tilde{V}_i = |\tilde{V}_i| \angle \delta_i$ και $\tilde{y}_{ij} = |\tilde{y}_{ij}| \angle -\vartheta_{ij}$, χωρίζοντας πραγματικά και φανταστικά μέρη προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις

$$P_i = |\tilde{V}_i|^2 \cdot y_{ii} \cdot \sigma \nu \nu \vartheta_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N |\tilde{V}_i \cdot y_{ij} \cdot \tilde{V}_j| \cdot \sigma \nu \nu (\vartheta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad (1.37)$$

και

$$Q_i = \left| \tilde{V}_i^2 y_{ii} \right| \cdot \eta \mu \theta_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \left| \tilde{V}_i \cdot y_{ij} \cdot \tilde{V}_j \right| \cdot \eta \mu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad (1.38)$$

Για τον υπολογισμό των μερικών παραγώγων που αποτελούν τα στοιχεία της Ιακωβιανής μήτρας, για κάθε υπομήτρα (J_1 - J_4), υπολογίζονται χωριστά τα διαγώνια και τα μη διαγώνια στοιχεία λόγω των άνωθε εξισώσεων.

$$J_{1ij} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = \left| \tilde{V}_i \tilde{V}_j y_{ij} \right| \cdot \eta \mu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad , j \neq i \quad (1.39)$$

$$J_{1ii} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = - \sum_{j \neq i}^N \left| \tilde{V}_i \tilde{V}_j y_{ij} \right| \cdot \eta \mu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) = -Q_i + \left| \tilde{V}_i^2 y_{ii} \right| \cdot \eta \mu \theta_{ii} \quad (1.40)$$

$$J_{2ij} = \frac{\partial P_i}{\partial V_j} = \left| \tilde{V}_i y_{ij} \right| \cdot \sigma \nu \nu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad , j \neq i$$

$$J_{2ii} = \frac{\partial P_i}{\partial V_i} = 2 \cdot \left| \tilde{V}_i y_{ii} \right| \cdot \sigma \nu \nu \delta_{ii} + \sum_{j \neq i}^N \left| y_{ij} \tilde{V}_j \right| \cdot \sigma \nu \nu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) = \left| \tilde{V}_i y_{ii} \right| \cdot \sigma \nu \nu \theta_{ii} + \frac{P_i}{\left| \tilde{V}_i \right|} \quad (1.41)$$

$$J_{3ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_j} = - \left| \tilde{V}_i y_{ij} \tilde{V}_j \right| \cdot \sigma \nu \nu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad , j \neq i \quad (1.42)$$

$$J_{3ii} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i}^N \left| \tilde{V}_i \tilde{V}_j y_{ij} \right| \cdot \sigma \nu \nu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) = P_i - \left| \tilde{V}_i^2 y_{ii} \right| \cdot \sigma \nu \nu \theta_{ii} \quad (1.43)$$

$$J_{4ij} = \frac{\partial Q_i}{\partial V_j} = \left| \tilde{V}_i y_{ij} \right| \cdot \eta \mu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) \quad , j \neq i \quad (1.44)$$

$$J_{4ii} = \frac{\partial Q_i}{\partial V_i} = \sum_{j \neq i} \left| y_{ij} \tilde{V}_j \right| \cdot \eta \mu (\theta_{ij} + \delta_i - \delta_j) + 2 \cdot \left| \tilde{V}_i y_{ii} \right| \cdot \eta \mu \theta_{ii} = \frac{Q_i}{\left| \tilde{V}_i \right|} + \left| \tilde{V}_i y_{ii} \right| \cdot \eta \mu \theta_{ii} \quad (1.45)$$

Τα Q_i , P_i υπολογίζονται με βάση τις μέχρι τώρα προσεγγίσεις των $\left| \tilde{V} \right|$ και δ και δεν είναι οι προσδιορισμένες τιμές Q_{si} , P_{si} .

Οι συνολικές διαστάσεις της Ιακωβιανής μήτρας για ένα σύστημα N ζυγών είναι $2N \times 2N$. Δεν χρειάζεται όμως να υπολογιστούν όλες οι παράγωγοι, γιατί:

- Στο ζυγό αναφοράς τα $\left| \tilde{V} \right|$ και δ είναι γνωστά.
- Στους ζυγούς παραγωγής τα $\left| \tilde{V} \right|$ είναι γνωστά και δεν υπάρχουν τα Q_s .

Έτσι αν αριθμηθούν οι ζυγοί, ώστε ο ζυγός 1 να είναι ο ζυγός ταλαντώσεως, οι ζυγοί 2 έως m να είναι οι ζυγοί παραγωγής και $m+1$ έως N να είναι οι ζυγοί φορτίου η Ιακωβιανή μήτρα που τελικά χρειάζεται είναι:

$$\begin{bmatrix} \Delta P_2 \\ \vdots \\ \Delta P_N \\ \hline \Delta Q_{m+1} \\ \vdots \\ \Delta Q_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_N} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial |V|_{m+1}} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial |V|_N} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial P_N}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_N}{\partial \delta_N} & \dots & \frac{\partial P_N}{\partial |V|_{m+1}} & \dots & \frac{\partial P_N}{\partial |V|_N} \\ \hline \frac{\partial Q_{m+1}}{\delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_{m+1}}{\delta_N} & \dots & \frac{\partial Q_{m+1}}{\partial |V|_{m+1}} & \dots & \frac{\partial Q_{m+1}}{\partial |V|_N} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial Q_N}{\delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_N}{\delta_N} & \dots & \frac{\partial Q_N}{\partial |V|_{m+1}} & \dots & \frac{\partial Q_N}{\partial |V|_N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta \delta_2 \\ \vdots \\ \Delta \delta_N \\ \hline \Delta |V|_{m+1} \\ \vdots \\ \Delta |V|_N \end{bmatrix} \quad (1.46)$$

και συνοπτικά

$$[\Delta f] = [J] \cdot [\Delta x] \quad (1.47)$$

Η Ιακωβιανή έχει τώρα διαστάσεις $(2N-m-1) \times (2N-m-1)$. Οι υπομήτρες J_1 και J_4 είναι τετραγωνικές με διαστάσεις $(N-1) \times (N-m)$ αντίστοιχα, ενώ οι J_2 και J_3 δεν είναι τετραγωνικές. Η σχέση (1.46) συνοπτικά γράφεται

$$\begin{bmatrix} [\Delta P] \\ [\Delta Q] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right] \left[\frac{\partial P}{\partial V} \right] \\ \left[\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] \left[\frac{\partial Q}{\partial V} \right] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} [\Delta \delta] \\ [\Delta V] \end{bmatrix} \quad (1.48)$$

Για τους ζυγούς παραγωγής (2 έως m) είναι γνωστά τα P, V άρα το διάνυσμα των τάσεων δεν χρειάζεται τα στοιχεία 2 έως m. Οι γωνίες όλων των ζυγών βρίσκονται από τη σχέση

$$[\Delta \delta] = ([\Delta P] - \left[\frac{\partial P}{\partial V} \right] \cdot [\Delta V]) \cdot \left[\frac{\partial P}{\partial \delta} \right]^{-1} \quad (1.49)$$

με γνωστά τα $[\Delta P]$ και $[\Delta V]$ από προηγούμενη εκτίμηση των τάσεων. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζονται οι τάσεις \tilde{V} των ζυγών φορτίου m+1 έως N.

Για τους ζυγούς φορτίου όπου είναι γνωστά τα P και Q βρίσκεται το $[\Delta V]$, από τη σχέση

$$[\Delta V] = ([\Delta Q] - \left[\frac{\partial Q}{\partial \delta} \right] \cdot [\Delta \delta]) \cdot \left[\frac{\partial Q}{\partial V} \right]^{-1} \quad (1.50)$$

Με γνωστά πλέον όλα τα $|V|$ και δ όλων των ζυγών, μπορούμε να υπολογιστούν τα Q των ζυγών παραγωγής και τα P και Q του ζυγού ταλάντωσης.

Οι γνωστές μεταβλητές π.χ. P για τους ζυγούς παραγωγής και φορτίου υπάρχουν όλες ως προς ΔP γιατί πρέπει να προσεγγίζονται βαθμιαία κατά τη σύγκλιση του προγράμματος. Οι άγνωστες μεταβλητές π.χ. Q ζυγών παραγωγής και ταλαντώσεως δεν υπάρχουν διότι δε χρειάζεται προσέγγιση κατά τη σύγκλιση του προγράμματος αλλά υπολογίζονται στο τέλος.

Η λύση της $[\Delta x] = [J]^{-1}[\Delta f]$ δίνει τις διορθώσεις για το επόμενο βήμα της Newton-Raphson: $[x] = [x_0] + [\Delta x]$. Στη συνέχεια το διάνυσμα $[x]$ χρησιμοποιείται σαν η νέα προσέγγιση $[x_\theta]$ και η μέθοδος επαναλαμβάνεται.

1.5.3.3 Τροποποίηση της μεθόδου Newton-Raphson για μοντέλα φορτίων και για προσθήκη ΜΔΠ

Έστω ότι σε ένα δίκτυο διανομής προστίθεται μία ΜΔΠ στο ζυγό r με ονομαστική ισχύ P_{DG_r} (α.μ.).

Έστω επίσης ότι στο ίδιο δίκτυο διανομής, στο ζυγό l υπάρχει φορτίο με το ακόλουθο μοντέλο:

$$P_l = P_{0l} V_l^a \quad (1.51)$$

$$Q_l = Q_{0l} V_l^b \quad (1.52)$$

Όπου P_l η ενεργός ισχύς στο ζυγό l , P_{0l} η ενεργός ισχύς του ζυγού l στο σημείο λειτουργίας, Q_l η άεργος ισχύς στο ζυγό l , Q_{0l} η άεργος ισχύς του ζυγού l στο σημείο λειτουργίας, V_l η τάση στο ζυγό l και a, b εκθέτης ενεργού ισχύος και εκθέτης αέργου ισχύος αντίστοιχα.

Λόγω της ύπαρξης ΜΔΠ στο ζυγό r , η εξίσωση ενεργού ισχύος (1.17) στο ζυγό r τροποποιείται ως ακολούθως:

$$P_{DG_r} - P_r = |V_r| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{jr} \sigma \nu (\delta_r - \delta_j) - b_{jr} \eta \mu (\delta_j - \delta_r) \right] \quad (1.53)$$

Λόγω της ύπαρξης ΜΔΠ του μοντέλου φορτίου (1.51) και (1.52) στο ζυγό l , η εξίσωση ενεργού ισχύος στο ζυγό l , τροποποιείται ως ακολούθως:

$$-P_{0l} \cdot V_l^a = |V_l| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{jl} \sigma \nu (\delta_l - \delta_j) - b_{jl} \eta \mu (\delta_j - \delta_l) \right] \quad (1.54)$$

Λόγω της ύπαρξης ΜΔΠ του μοντέλου φορτίου (1.51) και (1.52) στο ζυγό l , η εξίσωση αέργου ισχύος στο ζυγό l , τροποποιείται ως ακολούθως:

$$-Q_{0l} \cdot V_l^b = |V_l| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{jl} \eta \mu (\delta_j - \delta_l) + b_{jl} \sigma \nu (\delta_j - \delta_l) \right] \quad (1.55)$$

Αν στο ζυγό r προστεθεί ΜΔΠ με ονομαστική ισχύ P_{DG_r} (α.μ.) και επίσης στο ζυγό r υπάρχει μοντέλο φορτίου της μορφής (5.51) και (5.52), τότε οι τροποποιημένες εξισώσεις ενεργού και αέργου ισχύος στο ζυγό r , έχουν ως ακολούθως:

$$P_{DG_r} - P_{0r} \cdot V_r^a = |V_r| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{jr} \sigma \nu (\delta_r - \delta_j) - b_{jr} \eta \mu (\delta_j - \delta_r) \right] \quad (1.56)$$

$$Q_{DG_r} - Q_{0r} \cdot V_r^b = |V_r| \sum_{j=1}^N |V_j| \left[g_{jr} \eta \mu (\delta_j - \delta_r) + b_{jr} \sigma \nu (\delta_j - \delta_r) \right] \quad (1.57)$$

1.5.4 Υπολογιστικά προγράμματα ανάλυσης ροής φορτίου

Διάφορα υπολογιστικά προγράμματα έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση της ανάλυσης των ροών φορτίου σε πραγματικά ηλεκτρικά συστήματα. Το πρόγραμμα επίλυσης με τη μέθοδο Gauss-Seidel είναι το lfgauss από το οποίο προηγείται το lfbus και το οποίο ακολουθούν τα busout και lineflow. Τα προγράμματα lfbus, busout και lineflow έχουν

σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούνται και με δύο ακόμα προγράμματα ανάλυσης ροής φορτίου τα Ifnewton για την επίλυση με τη μέθοδο Newton.

Στη διπλωματική αυτή εργασία, χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των ροών του φορτίου η μέθοδος Newton-Raphson και τα προγράμματα lfbus, busout, lineflow και Ifnewton. Εκτενής ανάλυση και περιγραφή του προγράμματος που ακολουθήθηκε παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4.

1.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1.1] Β. Παπαδιά, *Ανάλυση Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας*, τόμ. Ι. Αθήνα, 1995, σελ.1-28
- [1.2] H. Saadat, *Power System Analysis*, 1st ed., Ed New York: McGraw-Hill, 1999, σελ.4-11 και σελ.208-256

ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διεσπαρμένη παραγωγή αποτελεί μια νέα ιδέα στην οικονομική βιβλιογραφία της αγοράς του ηλεκτρισμού, αλλά στην πραγματικότητα ως ιδέα είναι κάθε άλλο παρά καινούρια. Όταν η ηλεκτρική παραγωγή βρισκόταν σε εμβρυακό στάδιο, η διεσπαρμένη παραγωγή ήταν ο κανόνας και όχι η εξαίρεση. Τα πρώτα εργοστάσια παραγωγής ισχύος παρείχαν ηλεκτρισμό σε φορτία-πελάτες που βρίσκονταν σε μικρή ακτίνα από αυτούς.

Τα πρώτα ηλεκτρικά δίκτυα ισχύος (grids1) ήταν συνεχούς ρεύματος (Direct Current, DC), οπότε η τάση παροχής ήταν σχετικά περιορισμένη, όπως και η απόσταση μεταξύ σταθμού παραγωγής και καταναλωτή. Η εξισορρόπηση ζήτησης και προμήθειας υλοποιούνταν μερικώς με τη χρήση τοπικής αποθήκευσης ενέργειας, όπως για παράδειγμα με τη χρήση συσσωρευτών οι οποίοι είχαν τη δυνατότητα άμεσης ηλεκτρικής σύνδεσης με το DC δίκτυο ισχύος. Παράλληλα, με τη μικρής κλίμακας παραγωγή, επιστρέφουν στο προσκήνιο και οι μονάδες τοπικής αποθήκευσης [2.1].

Με το πέρασμα του χρόνου, τεχνολογικές εξελίξεις, όπως η εμφάνιση των δικτύων ισχύος εναλλασσόμενου ρεύματος (Alternate Current, AC), έδωσαν ώθηση στην ανάπτυξη του τομέα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας τη μεταφορά του ηλεκτρισμού σε μεγάλες πλέον αποστάσεις. Η πρώτη εγκατάσταση διανομής ηλεκτρικής ενέργειας έγινε από τον Thomas Edison με τη χρησιμοποίηση τάσεως 60V η οποία αργότερα αυξήθηκε [2.2]. Επιπλέον, οι οικονομίες κλίμακας στην παραγωγή ηλεκτρισμού οδήγησαν σε μια αύξηση της παραγόμενης ισχύος των εργοστασίων, καθώς και στη μείωση του κόστους ανά μονάδα. Κατασκευάστηκαν μαζικά ηλεκτρικά συστήματα, που συνίστατο από τεράστια δίκτυα μεταφοράς και διανομής, καθώς και μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ισορροπία προσφοράς και ζήτησης επιτεύχθηκε από τη μέση επίδραση του συνδυασμού μεγάλων ποσοτήτων ακαριαία μεταβαλλόμενων φορτίων. Η ασφάλεια της παροχής αυξήθηκε αφού, η μερική ή πλήρης ανεπάρκεια κάποιας μονάδας παραγωγής σε ένα χρονικό διάστημα αντισταθμίστηκε από τις υπόλοιπες μονάδες παραγωγής εντός του διασυνδεδεμένου συστήματος. Στην πραγματικότητα, αυτή η διασύνδεση του συστήματος υψηλής τάσης είχε ως αποτέλεσμα να γίνει εφικτή η οικονομία κλίμακας.

Την τελευταία δεκαετία, οι τεχνολογικές καινοτομίες και οι αλλαγές στο οικονομικό και στο ρυθμιστικό περιβάλλον έφεραν στο προσκήνιο την διεσπαρμένη παραγωγή.

Αυτό επιβεβαιώνεται από την IEA (International Energy Agency, 2003) όπου παραθέτει τους πέντε βασικούς λόγους που συνετέλεσαν σ' αυτό:

1. Ανάπτυξη των τεχνολογιών διεσπαρμένης παραγωγής.
2. Περιορισμοί στην κατασκευή νέων γραμμών μεταφοράς.
3. Αυξημένη ζήτηση παροχής ηλεκτρισμού υψηλής αξιοπιστίας.
4. Απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
5. Προβληματισμοί για τις κλιματικές αλλαγές.

Η ενεργειακά απελευθερωμένη κοινή αγορά προχώρησε στις διαδικασίες φιλελευθεροποίησης του ενεργειακού τομέα με πολύ αργά βήματα, με διαφορετικά χαρακτηριστικά και σε διαφορετικούς χρόνους στις περισσότερες χώρες μέλη της ΕΕ.

Όπως έγινε και σε άλλους τομείς, τα πρώτα βήματα και οι αρχικές ενέργειες για την κοινή αγορά της ενέργειας, όπως η Ντιρεκτίβες 96/92/ΕΚ και 98/30/ΕΚ αντίστοιχα, που καθορίζουν τα γενικά κριτήρια της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, προσπαθούν να συμβιβάσουν τις ρυθμιστικές δομές των αγορών των κρατών μελών.

Παρά τις προσπάθειες τόσο σε κρατικό όσο και σε κοινοτικό επίπεδο, το ενεργειακό κόστος πέφτει και οι βελτιώσεις στην παρεχόμενη αξιοπιστία και στην αποδοτική ενεργειακή συντήρηση δεν είναι οι αναμενόμενες. Έλλειψη στην εγκατεστημένη ηλεκτρική ενέργεια σε τοπικό επίπεδο σε διάφορα μέρη στην Ευρώπη, προκαλούν τη δύσκολη αντιμετώπιση από τον ενεργειακό τομέα. Η κατάσταση δυσχεραίνεται ακόμη περισσότερο από την ολοένα αυξανόμενη ζήτηση.

Ο αριθμός των διαχειριστών αγοράς (market operators) παραμένει μικρός σε πολλές χώρες, με αποτέλεσμα η διεσπαρμένη παραγωγή να μην έχει πάρει τις αναμενόμενες διαστάσεις. Είναι πολλά τα εμπόδια που τίθενται στη εξάπλωση της διεσπαρμένης παραγωγής και ειδικότερα στα συστήματα Συμπαραγωγή ή Συνδυασμένη παραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας (ΣΗΘ). Επιγραμματικά, θα λέγαμε ότι έχουν να κάνουν με κανονιστικά και οικονομικά ζητήματα.

Έπειτα από το κοινό πλαίσιο εργασίας για την ενέργεια, είναι επιβεβλημένο να εφαρμοστούν συγκεκριμένες πολιτικές που θα οδηγήσουν στην αύξηση της αξιοπιστίας του ενεργειακού συστήματος και θα προωθήσουν «καθαρές» και αποδοτικές τεχνολογίες, με σκοπό να υπερπηδήσουν τα προαναφερθέντα εμπόδια. Όσο αφορά στη ΣΗΘ, ένα μέτρο υποστήριξης σαφώς ορισμένο χρειάζεται να τεθεί αν ληφθεί υπόψη ότι [2.3]:

1. Για μικρές εφαρμογές ΣΗΘ στον τριτογενή τομέα, το κόστος κεφαλαίου εγκατάστασης σταθμού ΣΗΘ είναι σημαντικά υψηλότερο σε σχέση με το κόστος εγκατάστασης για ξεχωριστή παραγωγή. Έτσι, ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης είναι σύντομος μόνο εάν ο σταθμός επιτυγχάνει υψηλό χρόνο ετήσιας λειτουργίας (που συμβαίνει όταν ο ηλεκτρισμός και η θέρμανση απαιτούνται ταυτόχρονα και στους 12 μήνες το χρόνο και όταν η ζήτηση για θέρμανση είναι ομαλή).
2. Οι κύριοι μηχανισμοί εμπορίας εκπομπών και χορηγήσεων πράσινων πιστοποιητικών, δουλεύουν δύσκολα ιδιαίτερα στην Νότια Ευρώπη οπότε, τα συστήματα υψηλής απόδοσης ή οι πηγές εναλλακτικών μορφών ενέργειας βρίσκουν οριακή υιοθέτηση σε μικρές εφαρμογές. Συνεπώς, οι ενέργειες υποστήριξης (οικονομικές και μη) είναι αναγκαίες.

2.2 ΟΡΙΣΜΟΣ

Η διεσπαρμένη παραγωγή είναι ουσιαστικά τόσο νέα προσέγγιση στο πεδίο της ηλεκτρικής βιομηχανίας, ώστε είτε με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία είτε στις νομοθεσίες των διαφόρων κρατών να μην έχει δοθεί κάποιος γενικά αποδεκτός ορισμός αυτής. Έτσι, γίνεται προσπάθεια εξασφάλισης ενός κοινώς αποδεκτού ορισμού, εγχείρημα δύσκολο καθώς αποτελεί ένα πολυπαραμετρικό ζήτημα.

Οι Αγγλοαμερικανικές χώρες συχνά χρησιμοποιούν τον όρο «ενσωματωμένη παραγωγή» (embedded generation), με την έννοια ότι η παραγόμενη ισχύς ενός καταναμημένου σταθμού εκτείνεται- παρέχεται σε τοπικό επίπεδο. Οι Βορειοαμερικανικές

χώρες χρησιμοποιούν τον όρο «διάσπαρτη παραγωγή» (dispersed generation) ενώ στην Ευρώπη και σε κάποιες περιοχές στην Ασία χρησιμοποιείται ο όρος «αποκεντρωμένη παραγωγή» (decentralized generation).

Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται πολύ συχνά ο όρος όπου χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία, «Διεσπαρμένη Παραγωγή» (Distributed Generation).

Επιπλέον, όσο αφορά στην κατάταξη των διεσπαρμένων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι ακόλουθοι διαφορετικοί ορισμοί χρησιμοποιούνται:

1. Το Ινστιτούτο έρευνας Ηλεκτρικής Ενέργειας (Electric Power Research Institute EPRI) ορίζει τη διεσπαρμένη παραγωγή ως παραγωγή απο μερικά kilowatts μέχρι και 50MW.
2. Το Διεθνές Συμβούλιο Μεγάλων Ηλεκτρικών Συστημάτων (CIGRE International Council on Large Electric Systems), έχει δημιουργήσει μια ομάδα εργασίας στον τομέα της διεσπαρμένης παραγωγής. Σύμφωνα με αυτή, μονάδες παραγωγής που: (α) δεν υπερβαίνουν 100MW, (β) είναι συνήθως συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής και (γ) η κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής δεν γίνεται κεντρικά (not centrally dispatched²), συνιστούν διεσπαρμένη παραγωγή [2.4]. Στον Πίνακα 2.1 ταξινομείται η διεσπαρμένη παραγωγή με βάση την πηγή.

Πίνακας 2.1: Ταξινόμηση διεσπαρμένης παραγωγής με βάση την CIGRE,2003.

(1) Ανανεώσιμη	(2) Ορυκτό καύσιμο	(3) Ανεκμετάλλευτη Ενέργεια	(4) Άλλη
-Ηλιακή	-Συμπαραγωγή	-Απορρίματα	-Συσσωρευτής
-Αιολική	-Αεριοστρόβιλος		
-Μικρή υδροηλεκτρική	-Κυψέλη καυσίμου	-Βιομάζα	-Σφόνδυλος

3. Σύμφωνα με το Ινστιτούτο Έρευνας Αερίου (Gas Research Institute), διεσπαρμένη παραγωγή θεωρείται η παραγωγή ανάμεσα σε 25KW και 25MW.
4. Οι Preston και Rastler ορίζουν ότι το μέγεθος κυμαίνεται από μερικά kilowatts μέχρι και 100MW.
5. Ο Cardell ορίζει την διεσπαρμένη παραγωγή ως παραγωγή μεταξύ 500kW και 1MW.

Στην αγορά της Αγγλίας και Ουαλίας, τα εργοστάσια διεσπαρμένης παραγωγής με δυναμικότητα μικρότερη από 100MW δεν υφίστανται κεντρικό έλεγχο κατανομής φορτίου, ενώ αν η δυναμικότητα (capacity) είναι μικρότερη των 50MW, η παραγόμενη ισχύς δεν είναι υποχρεωτικό να εμπορευτεί στην χονδρική αγορά (wholesale market). Ως εκ τούτου, ο όρος διεσπαρμένη παραγωγή χρησιμοποιείται εξ' ορισμού για μονάδες με δυναμικότητα μικρότερη από 100MW.

Στη Σουηδία, ο νόμος κάνει ειδική μεταχείριση σε μικρές μονάδες με μέγιστη παραγωγική δυναμικότητα τα 1500kW. Έτσι, η διεσπαρμένη παραγωγή στη Σουηδία συχνά ορίζεται ως παραγωγή ισχύος έως 1500kW. Υπό το νομικό όμως καθεστώς της χώρας, ένα αιολικό πάρκο με 100 ανεμογεννήτριες των 1500kW ισχύος έκαστη, νοείται ως διεσπαρμένη παραγωγή, καθώς η κατάταξη κάθε μιας αιολικής ενεργειακής μονάδας, και όχι η κατάταξη του συνόλου του αιολικού πάρκου, είναι σύμφωνη με τη Σουηδική νομοθεσία. Εν αντιθέσει,

για υδροηλεκτρικές μονάδες, η συνολική βαθμίδα είναι σύμφωνη με τη Σουηδική νομοθεσία. Κάποια από τα παραθαλάσσια Αιολικά πάρκα, έχουν μέγιστη δυναμικότητα μέχρι 1000MW. Αυτά θα μπορούσαν να ενταχθούν στο νομοθετικό καθεστώς που ορίζει την διεσπαρμένη παραγωγή, εφόσον σχεδιάζουν να εγκαταστήσουν ανεμογεννήτριες 1500KW ισχύος [2.5].

Πίνακας 2.2: Ποιος είναι ο ορισμός που δίνετε για την διάσπαρτη παραγωγή [2.4].

ΧΩΡΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΗ
Αυστραλία	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 132kV), όπου παρέχεται η δυνατότητα άμεσης παροχής στο φορτίο του πελάτη.
Αυστρία	Παραγωγή συνήθως μέχρι 10MW, συνδεδεμένη στο δίκτυο μέσης τάσης.
Βέλγιο	Δεν συμπεριλαμβάνεται στην εθνική συντονισμένη παραγωγή.
Δημοκρατία Τσεχίας	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 110kV) και μέχρι την ανώτερη επιτρεπτή κατάταξη ισχύος.
Φιλανδία	Συνδεδεμένη σε επίπεδο τάσης από 20kV έως 0,4kV.
Γαλλία	Συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής (μέχρι 132kV), όπου παρέχεται η δυνατότητα άμεσης παροχής στο φορτίο του πελάτη. Παραγωγή που συνδέεται στα εξής επίπεδα τάσης (0.4, 15 και 20kV).
Γερμανία	Δεν υπάρχει αυστηρός ορισμός, κυριότερες τεχνολογίες, ήλιου, ανέμου, μικρών υδροηλεκτρικών (σύνδεση μέχρι 20kV, ενώ για αιολικά πάρκα μέχρι 110 kV).
Ελλάδα	Σύνδεση στο σύστημα διανομής, όχι κεντρικά σχεδιασμένο. Η κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής δε γίνεται κεντρικά.
Ινδία	Νέες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (σύνδεση μέχρι τα 11kV).
Ιταλία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής (από 0.4 kV έως 150 kV).
Ολλανδία	Ανήκει σε επιχείρηση δημόσιας ωφέλειας, βιομηχανία ή συνδυασμό αυτών, αλλά δε μετέχει στην βελτιστοποίηση της εθνικής παραγωγής (σύνδεση μέχρι τα 150kV).
Πολωνία	Δεν γίνεται κεντρική κατανομή φορτίου, και συνδέεται μέχρι τα 110kV.
Πορτογαλία	Όριο ισχύος τα 10MW (εκτός από CHP), Συμπαράγωγή ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Σύνδεση σε οποιοδήποτε επίπεδο τάσης.
Ισπανία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής.
Μ. Βρετανία	Συνδεδεμένη στο σύστημα διανομής (μέχρι τα 132kV), ενδεχομένως να γίνεται κεντρική κατανομή φορτίου.

Έτσι, κάποια κράτη ορίζουν τη διεσπαρμένη παραγωγή με βάση το επίπεδο τάσης, ενώ άλλα βασίζονται στην αρχή, ότι η διεσπαρμένη παραγωγή συνδέεται σε κυκλώματα από τα οποία τα φορτία εξυπηρετούνται άμεσα. Υπάρχουν και κράτη που ορίζουν την διεσπαρμένη παραγωγή στηριζόμενα σε κάποια βασικά χαρακτηριστικά αυτής (για παράδειγμα, χρήση ανανεώσιμων, συμπαράγωγής, ή μη κατανομή φορτίου στις εγκαταστάσεις παραγωγής, κλπ) [2.6]. Το Ινστιτούτο των Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and electronics Engineer Inc, IEEE), καθορίζει την διεσπαρμένη παραγωγή, ως παραγωγή ηλεκτρισμού από εγκαταστάσεις οι οποίες είναι σαφώς μικρότερες από τα κεντρικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η διασύνδεσή τους σχεδόν σε κάθε σημείο του συστήματος ισχύος. Οι Dondi P. et al., (2002), ορίζουν την διεσπαρμένη παραγωγή ως μικρή πηγή, ηλεκτρικής παραγωγής

ενέργειας, ή αποθήκευσης (όπου τυπικά εκτείνεται από μερικά kW έως δεκάδες MW) που δεν είναι μέρος της μεγάλης κεντρικής πηγής ενέργειας, και εγκαθίσταται κοντά στο φορτίο. Επιπλέον, στον ορισμό αυτό περιλαμβάνουν και εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας, στοιχείο που δεν είναι ιδιαίτερα τυπικό στην βιβλιογραφία ενώ, αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η πηγή ενέργειας που καθορίζουν, είναι σχετικά πολύ μικρής κλίμακας συγκρινόμενη με τους ορισμούς των CIRED και CIGRE.

Ίσως να ήταν σκόπιμο να εξετασθεί τι δεν είναι διεσπαρμένη παραγωγή. Με βάση αυτό το σκεπτικό, σχετικά με τον ορισμό της Ομάδας εργασίας του Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Συστημάτων (CIGRE), που παρουσιάστηκε νωρίτερα, φαίνεται ότι οι μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής δεν υφίστανται έλεγχο από το διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς. Έτσι, μονάδες παραγωγής που κατασκευάζονται από τον διαχειριστή του δικτύου μεταφοράς ως υποκατάστατο της επέκτασης του δικτύου ισχύος και υπακούουν σε μέτρα εφαρμογής για κατανομή φορτίου δεν θεωρούνται ότι κατατάσσονται στην διεσπαρμένη παραγωγή.

Είναι σαφές λοιπόν ότι υπάρχουν πολλοί ορισμοί για την διεσπαρμένη παραγωγή, επιτρέποντας την υιοθέτηση ενός ευρύτερου φάσματος πιθανών σχημάτων παραγωγής. Κάποιοι ορισμοί επιτρέπουν τη σύνδεση μονάδων συμπαραγωγής μεγαλύτερης κλίμακας, ή μεγάλων αιολικών πάρκων στο δίκτυο μεταφοράς ισχύος, ενώ άλλοι εστιάζονται σε μικρή κλίμακας μονάδες παραγωγής που συνδέονται στο δίκτυο διανομής ισχύος.

Από όλους αυτούς τους ορισμούς αφήνεται να εννοηθεί ότι τουλάχιστο οι μικρής κλίμακας μονάδες παραγωγής που συνδέονται στο δίκτυο διανομής ισχύος πρέπει να θεωρούνται μέρος της διεσπαρμένης παραγωγής (Κριτήριο 1). Επιπλέον, οι μονάδες παραγωγής που εγκαθίστανται κοντά στο φορτίο ή στην πλευρά του πελάτη-μετρητή μπορούν να αναγνωριστούν ως μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής (Κριτήριο 2). Το τελευταίο κριτήριο επικαλύπτει μερικώς το πρώτο καθώς, οι περισσότερες μονάδες παραγωγής που είναι εγκατεστημένες στον μετρητή, είναι επίσης συνδεδεμένες στο δίκτυο διανομής. Εντούτοις, το τελευταίο κριτήριο μπορεί να συμπεριλάβει και μεγαλύτερες μονάδες, εγκατεστημένες στην πλευρά του πελάτη, αλλά συνδεδεμένες στο δίκτυο μεταφοράς ισχύος [2.6]. Τα παραπάνω οδηγούν στον ορισμό που συμφωνεί με των T. Ackerman, G. Andersson, και L. Soder [2.5]. Σύμφωνα με αυτόν, η διεσπαρμένη παραγωγή καθορίζεται με βάση τη φύση σύνδεσής της στο δίκτυο, παρά με την δυναμικότητα παραγωγής. Ορίζεται πηγή διεσπαρμένης παραγωγής, η πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος που συνδέεται απ' ευθείας στο δίκτυο διανομής ή στην πλευρά του μετρητή του πελάτη.

2.3 ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Οι επιδράσεις των μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής στο δίκτυο διανομής που συνδέονται συνίστανται σε:

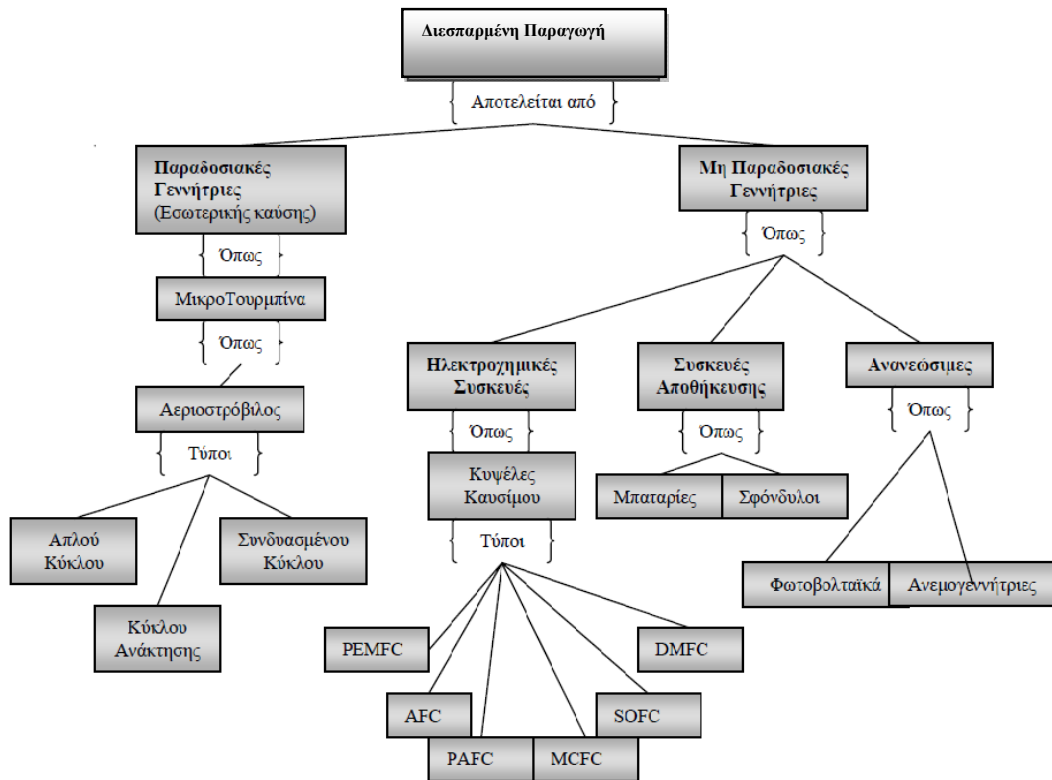
- αύξηση στην ισχύ βραχυκυκλώσεως,
- αλλαγή της εικόνας τάσης (συνήθως είναι ανύψωση τάσης οπότε δρά ευεργετική κατά τις ώρες μεγίστου φορτίου, μπορεί όμως να μην είναι αποδεκτή κατά τις ώρες ελαχίστου φορτίου),
- εισαγωγή στο δίκτυο ρευμάτων ανώτερων αρμονικών που επηρεάζουν την ποιότητα της παρεχόμενης ισχύος,

- δυσχέρεια στην προγραμματισμένη συντήρηση του δικτύου, διότι η τροφοδότηση από πολλά σημεία επηρεάζει τις διαδικασίες ασφάλειας,
- δυσχέρεια στη ρύθμιση των διατάξεων προστασίας με επιπλέον απαίτηση προστασίας έναντι της νησιδοποίησης,
- αλλαγή των απωλειών του δικτύου, (εάν μια μικρή μονάδα ΔΠ βρίσκεται κοντά σε ένα μεγάλο φορτίο, τότε οι απώλειες του δικτύου θα μειωθούν ενώ αν μια μεγάλη μονάδα ΔΠ βρίσκεται μακριά από τα φορτία του δικτύου, τότε οι απώλειες του δικτύου είναι πιθανόν να αυξηθούν),
- επίδραση στα σήματα ακουστικής συχνότητας που μεταφέρονται στο δίκτυο διανομής.

2.4 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Οι κύριες τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής είναι:

- Συμπαραγωγής.
- Κυβελών καυσίμων.
- Φωτοβολταϊκών συστημάτων.
- Αιολικής ενέργειας.



Σχήμα 2.1: Τύποι και τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής [2.7].

2.5 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ & ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

2.5.1 Πλεονεκτήματα της ΔΠ

Υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον από τους προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας στη διεσπαρμένη παραγωγή γιατί την βλέπουν ως ένα εργαλείο που μπορεί να τους βοηθήσει στο να πληρώσουν θέσεις στην απελευθερωμένη αγορά. Η διείσδυση της ΔΠ, έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη δυνατότητα επιλογής και εξυπηρέτησης για τον πελάτη. Παρά το δέλεαρ για μείωση των εκπομπών σε CO₂, οι μονάδες ΔΠ υιοθετούνται κυρίως λόγω εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας. Τέλος, η παραγωγή ρεύματος στην τοποθεσία κατανάλωσης μπορεί να επιφέρει μειώσεις κόστους στη μεταφορά και τη διανομή έως και 30% του κόστους του ρεύματος [2.8].

Η ΔΠ μπορεί να προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα συμπεριλαμβανομένης και της μείωσης της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και της μείωσης των εκπομπών σε CO₂ [2.9]. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν αναφέρεται ο όρος ΔΠ, αυτός συμπεριλαμβάνει και τη συμπαραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, ανεβάζοντας έτσι τη συνολική απόδοση των μηχανών [2.10]. Η ΔΠ παρουσιάζει επίσης θετικές επιπτώσεις, ακόμη και όταν δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο. Οι εκτός δικτύου ΔΠ με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καταφέρνουν να «αναλάβουν» κάποια από τα απομακρυσμένα φορτία ή να καθυστερήσουν την επέκταση του δικτύου από πιθανά μελλοντικά φορτία στο δίκτυο [2.11]. Αναφορικά με τις θέσεις εργασίας οι εκτιμήσεις είναι ότι οι επενδύσεις σε ΔΠ αναμένεται να δημιουργήσουν πενταπλάσιες θέσεις εργασίας αναλογικά με τους συμβατικούς κεντρικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής [2.12].

Η ΔΠ είναι κατάλληλη στο να προσφέρει ηλεκτρισμό εκεί ακριβώς όπου υπάρχει ανάγκη. Αυτό το γεγονός μπορεί να άρει περιορισμούς στην παραγωγή, μεταφορά και διανομή και να αποφευχθεί η ανάγκη για τη δημιουργία νέων κεντρικών σταθμών [2.13]. Οι μικρότερες μονάδες ΔΠ μπορούν επίσης να μειώσουν την ζήτηση αιχμής, να μειώσουν τις απώλειες μεταφοράς και να βελτιώσουν την ποιότητα των υπηρεσιών σε απομακρυσμένες περιοχές. Επίσης σε περιοχές όπου είναι δύσκολη η υποστήριξη της τάσης του δικτύου, η ΔΠ μπορεί να συνεισφέρει, καθώς η σύνδεση ενός σταθμού ΔΠ, οδηγεί γενικά σε άνοδο της τάσης του δικτύου.

2.5.2 Μειονεκτήματα ΔΠ

Για να αντιμετωπισθούν τα οικονομικά και περιβαλλοντικά μειονεκτήματα της ΔΠ, είναι αναγκαίος ένας ολοκληρωμένος σχεδιασμός των αρνητικών επιπτώσεων, οι οποίες με την εφαρμογή μιας ορθής πολιτικής μπορεί να εξομαλυνθούν ή και να εξαλειφθούν. Πιο συγκεκριμένα, οι τεχνολογίες ΔΠ παρουσιάζουν ένα μεικτό περιβαλλοντικό προφίλ. Τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θεωρούνται «καθαρές», ενώ αυτές που χρησιμοποιούν στερεά καύσιμα επιβαρύνουν άμεσα το ατμοσφαιρικό περιβάλλον [2.14]. Επιπλέον, η εγγύτητα στο φορτίο, ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της ΔΠ, μπορεί να στραφεί και εναντίον της [2.15]. Αυτό συμβαίνει διότι με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται η ρυπογόνα πηγή μέσα στις πόλεις, με αποτέλεσμα την περαιτέρω επιβάρυνση του αστικού χώρου. Η διαθεσιμότητα επομένως των ενεργειακών πόρων (ανανεώσιμων και μη) σε μία περιοχή και η οικονομικότητα των έργων θα καθορίσουν την τεχνολογία παραγωγής και την αντίστοιχη περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες, η αξιοπιστία των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλή, λόγω αυστηρών τεχνικών προδιαγραφών. Αυτό μπορεί να αλλάξει σε μια απελευθερωμένη αγορά, διότι υψηλή αξιοπιστία συνεπάγεται μεγάλο αρχικό κόστος επένδυσης και υψηλά έξοδα συντήρησης και λειτουργίας [2.16].

2.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [2.1] P. Dondi, D. Bayoumi, C. Haederli, D. Julian, and M. Suter, “Network integration of distributed power generation,” *Journal of Power Sources*, vol. 106, issues 1-2, pp.1-9, Apr. 2002.
- [2.2] Ι. Μηλιάς-Αργεΐτης, *Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας*, τόμ. ΙΙ. Αθήνα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών, 1993, σελ. 1-38.
- [2.3] E. Cardona and A. Piacentino, “Cogeneration: a regulatory framework toward growth,” *Energy Policy*, vol. 33, issue 16, pp. 2100-2111, Nov. 2005.
- [2.4] CIGRE (International Council on Large Electric Systems), “Development of Dispersed Generation and Consequences for Power Systems,” WG C6.01 (ex 37.33) final report, Jul. 2003.
- [2.5] T. Ackerman, G. Andersson, and L. Soder, “distributed generation: a definition,” *Electric Power Systems Research*, vol. 57, pp. 195-204, 2001.
- [2.6] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D’haeseleer, “Distributed generation: definition, benefits and issues,” *Energy Policy*, vol. 33, pp.787-798, 2005.
- [2.7] W. El-Khattam and M. M. A. Salama, “Distributed generation technologies, definitions and benefits,” *Electric Power Systems Research*, vol. 71, no. 2, pp. 119–128, 2004.
- [2.8] IEA (International Energy Agency), 2002.
Διαθέσιμο: <http://www.iea.org/>.
- [2.9] F.M. Shelor, “Mini-Merchants for Distributed Generation,” *Power Engineering*, vol. 102, no. 8, pp. 34-38, 1998.
- [2.10] R. A. Laurie, “Distributed Generation: Reaching the Market Just in Time,” *The Electricity Journal*, vol. 14, issue 2, pp. 87-94, Mar. 2001.
- [2.11] P. D. C. Wijayatunga, W. J. L. S. Fernando, and R. M. Shrestha, “Impact of distributed and independent power generation on greenhouse gas emissions: Sri Lanka,” *Energy Conversion and Management*, vol. 45(20), pp.3193-3206, 2004.
- [2.12] A. Lovins and C. Lotspeich, “Energy Surprises for the 21st Century,” *Journal for International Affairs*, no. 531, 1999.
- [2.13] H.R. Linden, “Distributed Power Generation – The Logical Response to Restructuring and Convergence”.
Διαθέσιμο: <http://www.dpc.org/publications/index.html>.
- [2.14] W.W. Clark and T. Bradshaw, “Agile Energy Systems in Complex Societies: the case of the Californian Energy Crisis,” Elsevier Press, London, UK (In Press), 2004.
- [2.15] N. Greene and R. Hammerschlag, “Small and Clean is Beautiful: Exploring the Emissions of Distributed Generation and Pollution Prevention Policies,” *The Electricity Journal*, vol. 13, issue 5, pp. 50-60, 2000.
- [2.16] G. Pepermans, J. Driesen, D. Haeseldonckx, R. Belmans, and W. D’haeseleer, “Distributed generation: definition, benefits and issues,” *Energy Policy*, vol. 33, pp.787-798, 2005.

ΠΟΛΥΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα περισσότερα σχεδιαστικά προβλήματα περιέχουν διάφορες εξισώσεις κριτηρίων που κατά κανόνα αντικρούει η μία την άλλη. Η βελτιστοποίηση με πολλαπλά κριτήρια επίσης γνωστή και ως βελτιστοποίηση με πολλαπλά αντικείμενα ή χαρακτηριστικά, είναι η διαδικασία της ταυτόχρονης βελτιστοποίησης δυο ή περισσότερων αντικρουόμενων ζητημάτων με διάφορους περιορισμούς.

Προβλήματα βελτιστοποίησης με πολλαπλά κριτήρια μπορούν να βρεθούν σε διάφορους τομείς: παραγωγή και σχεδιασμός διαδικασιών, οικονομικά, σχεδιασμό αεροσκαφών, πετρελαιοϊκές βιομηχανίες, σχεδιασμό αυτοκινήτων, ή οπουδήποτε χρειάζεται να παρθεί η καταλληλότερη απόφαση για την εξισορρόπηση όλων των παραγόντων μεταξύ δυο ή περισσότερων αντικρουόμενων στόχων. Μεγιστοποιώντας το κέρδος και ελαχιστοποιώντας το κόστος ενός προϊόντος, μεγιστοποιώντας την απόδοση και ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση καυσίμου σε ένα όχημα και ελαχιστοποιώντας το βάρος καθώς μεγιστοποιείται η αντοχή κάποιου εξαρτήματος είναι παραδείγματα προβλημάτων βελτιστοποίησης με πολλαπλά κριτήρια [3.1].

Εάν ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με πολλαπλά κριτήρια είναι καλώς ορισμένο, τότε δεν θα υπάρχει μοναδική λύση η οποία ταυτόχρονα να ελαχιστοποιεί τον κάθε στόχο στο ελάχιστο δυνατό. Σε κάθε περίπτωση ένα κριτήριο πρέπει να έχει φτάσει ένα σημείο τέτοιο ώστε κάθε προσπάθεια επιπλέον βελτιστοποίησής του να έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση άλλων κριτηρίων. Το να βρεθεί μια τέτοια λύση, και να πιστοποιηθεί το πόσο καλύτερη είναι συγκριτικά με άλλες (γενικά θα υπάρχουν πολλές) είναι ο σκοπός όταν συντίθεται και λύνεται ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης με πολλαπλά κριτήρια.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πάρα πολλές μελέτες που πραγματεύονται την πολυαντικειμενική βελτιστοποίηση με πρώτους τους Kuhn και Tucker (1951). Την ιδέα της πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης στα σχεδιαστικά προβλήματα των μηχανικών την εισήγαγε ο Zadeh (1963) και η ερμητική μελέτη του Stadler (1984) συνοψίζει τις εφαρμογές της πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης στη μηχανική. Στη διεθνή βιβλιογραφία επικρατεί η έννοια των Pareto βέλτιστων λύσεων [3.2].

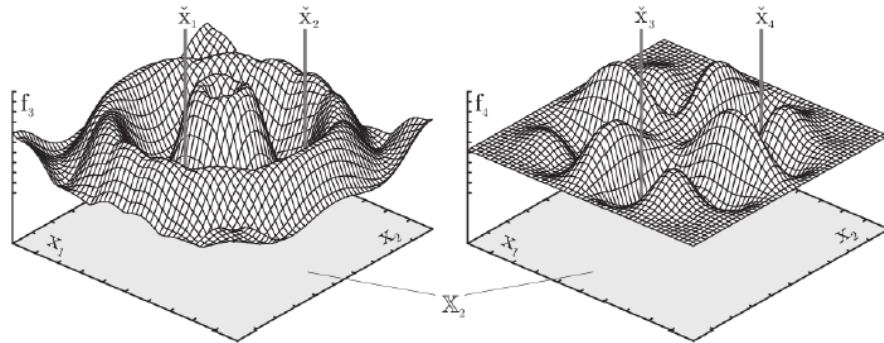
Η πιο διαισθητική προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων με πολλαπλά κριτήρια είναι να συνδυαστούν όλες οι αντικειμενικές συναρτήσεις του προβλήματος σε μια μόνο συναρτησιακή μορφή, η οποία ονομάζεται AOF (aggregate objective function) [3.3].

Ένας γνωστός συνδυασμός είναι το σταθμισμένο γραμμικό άθροισμα των κριτηρίων. Ορίζονται βαθμωτά σταθμά για το κάθε προς βελτιστοποίηση κριτήριο, και στη συνέχεια συνδυάζονται σε μια συνάρτηση που μπορεί να επιλυθεί από έναν βελτιστοποιητή μονού κριτηρίου. Ξεκάθαρα, η λύση που θα προκύψει θα βασίζεται στις τιμές (πιο συγκεκριμένα, τις σχετικές τιμές) των σταθμών που καθορίστηκαν.

Οι τεχνικές ολικής βελτιστοποίησης δεν χρησιμοποιούνται μόνο για την εύρεση ελαχίστων ή μεγίστων μίας αντικειμενικής συνάρτησης, αλλά μπορούν να βρουν εφαρμογή

και σε προβλήματα αποφάσεων και σε σύνθετα προβλήματα βελτιστοποίησης, όπου βελτιστοποιείται ένα σύνολο F από αντικειμενικές συναρτήσεις f_i , και καθεμία αντιπροσωπεύει ένα κριτήριο προς βελτιστοποίηση.

$$F = \{f_i : X \mapsto Y_i : 0 \leq i < n, Y_i \subseteq R\} \quad (3.1)$$

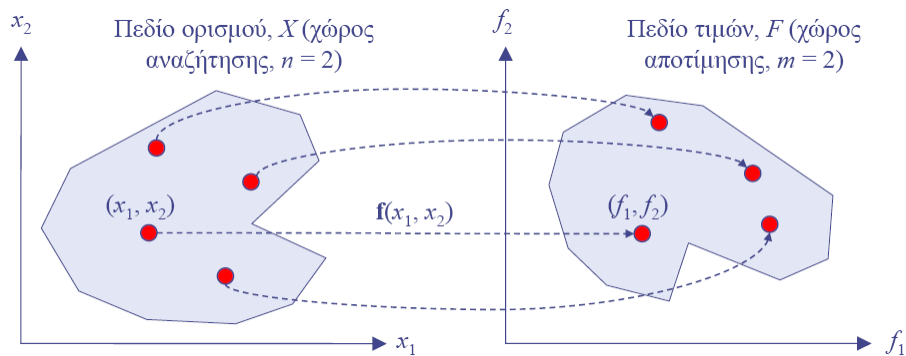


Σχήμα 3.1: Ελαχιστοποίηση δύο αντικειμενικών συναρτήσεων.

Οι αλγόριθμοι που βελτιστοποιούν συγχρόνως ανταγωνιστικές μεταξύ τους αντικειμενικές συναρτήσεις ονομάζονται πολυκριτηριακοί (multi-objective). Σε αυτή τη διαδικασία δεν έχει νόημα η εύρεση κάποιου ολικού ελαχίστου (ή μεγίστου), αλλά ορίζεται ένα σύνολο $X_- \subseteq X$ ως βέλτιστο. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 3.1, ελαχιστοποιούνται οι αντικειμενικές συναρτήσεις f_3 και f_4 σε ένα χώρο δύο διαστάσεων $X_2 \in R_2$ των πραγματικών αριθμών R . Και οι δύο συναρτήσεις έχουν δύο ολικά ελάχιστα: η f_3 τα x_1 και x_2 ενώ η f_4 τα x_3 και x_4 , όπου $x_1 \neq x_2 \neq x_3 \neq x_4$.

3.2 Γενικό πρόβλημα πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης

Το γενικό πρόβλημα της πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης διατυπώνεται ως εξής: Ζητείται το διάνυσμα $x^* = [x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*]^T$, ορισμένο στον εφικτό χώρο $X \subseteq R^n$, που βελτιστοποιεί το διανυσματικό μέτρο επίδοσης (αντικειμενική συνάρτηση): $f(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]^T$ όπου $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ το διάνυσμα των μεταβλητών ελέγχου και $f_i(x)$ τα κριτήρια λήψης αποφάσεων του προβλήματος.



Σχήμα 3.2: Γενικό πρόβλημα της πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης.

3.3 Η έννοια των Pareto βέλτιστων λύσεων

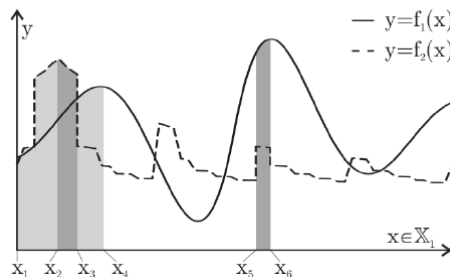
Η μαθηματική θεμελίωση της πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης υπό ανταγωνιστικά κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη με έναν ίσο τρόπο έγινε από τον Vilfredo Pareto. Η αριστεία Pareto έχει εφαρμοστεί εκτενώς στην οικονομική θεωρία, στη θεωρία παιγνίων, σε τεχνικά προβλήματα, ακόμη και σε κοινωνικές επιστήμες. Ορίζεται ένα μέτωπο (frontier) λύσεων που μπορεί να προκύψει από την «ανταπόδοση» (trade-off) πόρων μεταξύ ανταγωνιστικών αντικειμενικών συναρτήσεων με έναν βέλτιστο τρόπο. Χρησιμοποιώντας το παραγόμενο «μέτωπο» ο αποφασίζων (decision-maker, είτε άνθρωπος είτε υπολογιστής) μπορεί τελικά να επιλέξει τη ρύθμιση που θα καλύπτει βέλτιστα τον αρχικό σχεδιασμό. Η λογική της βελτιστότητας στην έννοια Pareto έγκειται στον ορισμό της κυριαρχίας των λύσεων:

Ορισμός (Κυριαρχία-Domination): Ένα στοιχείο x_1 κυριαρχεί (είναι προτιμότερο από) ένα στοιχείο x_2 ($x_1 < x_2$) εάν το x_1 είναι «καλύτερο» από το x_2 σε τουλάχιστον μία αντικειμενική συνάρτηση και όχι «χειρότερο» σε όλες τις υπόλοιπες. Με βάση το σύνολο F των αντικειμενικών συναρτήσεων f_i γράφεται:

$$x_1 \leq x_2 \Leftrightarrow \forall i : 0 \leq i \leq n \Rightarrow w_i f_i(x_1) \leq w_i f_i(x_2) \wedge \exists j : 0 < j < n : w_j f_j(x_1) < w_j f_j(x_2) \tag{3.2}$$

$$w_i = \begin{cases} +1, & \text{if } f_i \text{ min} \\ -1, & \text{if } f_i \text{ max} \end{cases} \tag{3.3}$$

Με διαφορετικό τρόπο από τη μέθοδο των βαρών, οι παράγοντες w_i περιέχουν μόνο την πληροφορία του προσήμου, που επιτρέπει τη μεγιστοποίηση μερικών μόνο συναρτήσεων και την ελαχιστοποίηση άλλων.



Σχήμα 3.4: Γεωμετρική απεικόνιση βελτιστοποίησης κατά Pareto.

Ο ορισμός της βέλτιστης λύσης ενός πολυκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης, αντίστοιχα με τον ορισμό που δίνεται σε μονοκριτηριακά προβλήματα, διατυπώνεται ως [3.4]:

- Ορισμός 1 (Pareto optimal): Ένα στοιχείο $x \in X$ είναι άριστο κατά Pareto (Pareto optimal) ή μη κυριαρχούμενο, εάν δεν κυριαρχείται από κανένα άλλο στοιχείο στο χώρο αναζήτησης X του προβλήματος. Με τους όρους της βελτιστοποίησης Pareto, το καλείται σύνολο Pareto ή μέτωπο Pareto (Pareto Frontier).

$$x^* \in X^* \Leftrightarrow \text{not} \exists x \in X : x \leq x^* \tag{3.4}$$

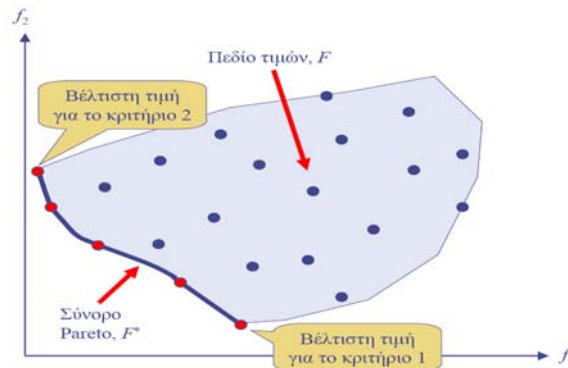
- Ορισμός 2 (Pareto optimal Set): Ένα εφικτό σημείο $x^* \in X$ είναι βέλτιστο εφόσον δεν υπάρχει εφικτό διάνυσμα x που να μπορεί να βελτιώσει κάποιο κριτήριο, χωρίς ταυτόχρονα να χειροτερέψει τουλάχιστον ένα άλλο. Βέλτιστο

σύνολο Pareto για ένα δοσμένο σύνολο αντικειμενικών συναρτήσεων πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης ορίζεται ως:

$$X^* = \{x^* \in X \mid \nexists x' \in X : f(x') \leq f(x^*)\} \quad (3.5)$$

Ο παραπάνω ορισμός οδηγεί σε ένα σύνολο εφικτών λύσεων x^* που καλούνται Pareto βέλτιστες ή μη κατώτερες (non-inferior) ή μη κυριαρχούμενες (non-dominated), και συμβολίζονται με XP ($XP \subseteq X$). Το σύνολο XP καλείται σύνολο Pareto (Pareto set), ενώ η απεικόνισή του $FP := f(XP)$ ορίζει ένα σύνολο στο R^m ($FP \subseteq F$) που καλείται σύνολο Pareto (Pareto front) ή καμπύλη αντιστάθμισης (trade-off curve).

Η γεωμετρική απεικόνιση του συνόρου Pareto παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5.



Σχήμα 3.5: Η γεωμετρική απεικόνιση του συνόρου Pareto.

Για παράδειγμα, έστω το σχήμα 3.4, όπου οι f_1 και f_2 πρέπει να μεγιστοποιηθούν και άρα θεωρείται $w_1 = w_2 = -1$. Οι περιοχές με το σκούρο γκρι χρώμα αναπαριστούν το μέτωπο Pareto, δηλαδή το βέλτιστο σύνολο $X^* = [x_2, x_3] \cup [x_5, x_6]$. Όλα τα υπόλοιπα σημεία είναι κυριαρχούμενα, άρα μη βέλτιστα. Τα σημεία στην περιοχή ανάμεσα στα x_1 και x_2 κυριαρχούνται από άλλα σημεία στην ίδια περιοχή, ή στην περιοχή $[x_2, x_3]$ καθώς και οι δύο αντικειμενικές συναρτήσεις μπορούν να βελτιωθούν καθώς το x αυξάνεται. Ξεκινώντας από το πιο αριστερό σημείο του X , το x_1 , με μία μικρή μεταβολή Δ δεξιά προκύπτει ότι το σημείο $x_1 + \Delta$ κυριαρχεί επί του x_1 αφού $f_1(x_1 + \Delta) > f_1(x_1)$ και $f_2(x_1 + \Delta) > f_2(x_1)$, έως ότου προσεγγιστεί στο σημείο x_2 , που είναι το ολικό μέγιστο της f_2 και δεν μπορεί να κυριαρχείται από κανένα άλλο σημείο στο X . Στη συνέχεια η f_2 μειώνεται ενώ η f_1 αυξάνεται. Αν υπάρχει μετακίνηση κατά Δ δεξιά θα ισχύει $f_2(x_2 + \Delta) < f_2(x_2)$ και $f_1(x_2 + \Delta) > f_1(x_2)$. Η μία αντικειμενική συνάρτηση μπορεί να μεγιστοποιείται μόνο εάν μειώνεται η τιμή της άλλης, έτσι τα σημεία αυτά είναι μη κυριαρχούμενα από το x_2 . Ωστόσο, κάποιες από τις τιμές της f_2 σε κάποια $x \in [x_1, x_2]$ ενδέχεται να είναι μεγαλύτερες από την $f_2(x_2 + \Delta)$, όπου ισχύει $f_1(x_2 + \Delta) > f_1(x)$. Αυτό σημαίνει ότι κανένα σημείο στο διάστημα $[x_1, x_2]$ δεν κυριαρχεί κάποιο σημείο στο $[x_2, x_4]$

καθώς η f_1 αυξάνεται ως το x_4 . Στο σημείο x_3 , η f_2 μειώνεται απότομα, χαμηλότερα από το σημείο $f_2(x_5)$. Καθώς οι τιμές της f_1 στα σημεία στο διάστημα $[x_5, x_6]$ είναι μεγαλύτερες από αυτές του διαστήματος $(x_3, x_4]$, όλα τα σημεία στο διάστημα $[x_5, x_6]$ κυριαρχούν αυτά του $(x_3, x_4]$. Αντίστοιχα ως συμπέρασμα προκύπτει ότι για όλα τα σημεία στη λευκή περιοχή ανάμεσα στα x_4 και x_5 και μετά το x_6 , προκύπτουν όμοιες σχέσεις. Όλα κυριαρχούνται από τις μη κυριαρχούμενες περιοχές που αναλύθηκαν παραπάνω.

Στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές, είναι αναγκαία η επιλογή μίας και μοναδικής λύσης, που θεωρείται ως ο καλύτερος συμβιβασμός (best-compromise) και επιλέγεται σύμφωνα με την υποκειμενική κρίση του αναλυτή.

Οι τρόποι προσδιορισμού της καλύτερα συμβιβαστικής λύσης ενός πολυκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης είναι [3.5]:

1. Επιλογή πριν την αναζήτηση: Τα επιμέρους κριτήρια σταθμίζονται σε μια ενιαία αριθμητική έκφραση, που συνιστά την αντικειμενική συνάρτηση ενός προβλήματος βαθμωτής βελτιστοποίησης. Συνεπώς, η βέλτιστη λύση του βαθμωτού προβλήματος ταυτίζεται με την καλύτερα συμβιβαστική του πολυκριτηριακού.
2. Επιλογή μετά την αναζήτηση: Διατυπώνεται μια διανυσματική αντικειμενική συνάρτηση, συνιστώσες της οποίας είναι τα επιμέρους κριτήρια, και επιλύεται το πολυκριτηριακό πρόβλημα για τον εντοπισμό του συνόλου των μη κατωτέρω λύσεων. Στη συνέχεια, επιλέγεται μία εξ αυτών, με βάση την υποκειμενική κρίση του αναλυτή.
3. Επιλογή κατά την αναζήτηση: Η βελτιστοποίηση γίνεται κατά τρόπο διαδραστικό, ώστε να ενημερώνεται ο αναλυτής για την εξέλιξη της διαδικασίας αναζήτησης και να παρεμβαίνει σε αυτή. Αξιολογώντας τα επίκαιρα αποτελέσματα, ο αναλυτής μπορεί να αναπροσαρμόσει τις προτιμήσεις του ή και να ενσωματώσει νέα κριτήρια, καθοδηγώντας τη διαδικασία αναζήτησης προς την επιθυμητή γι' αυτόν κατεύθυνση.

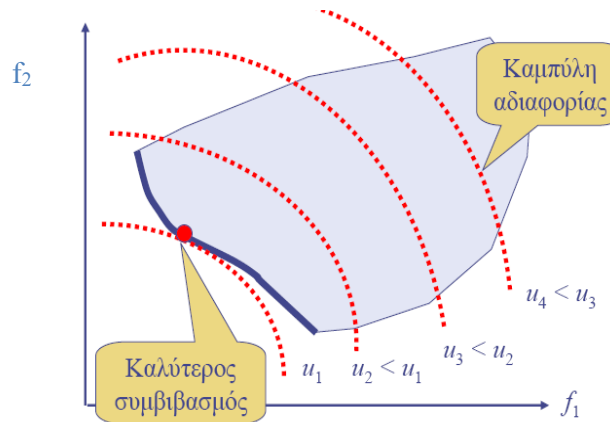
3.4 Η έννοια της συνάρτησης χρησιμότητας

Ως συνάρτηση χρησιμότητας (utility function) νοείται μια μαθηματική συνάρτηση που αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη επίδοση u σε κάθε συνδυασμό κριτηρίων, ώστε να είναι δυνατή η ταξινόμηση των εναλλακτικών λύσεων. Ως καλύτερα συμβιβαστική λύση θεωρείται αυτή που μεγιστοποιεί την συνάρτηση χρησιμότητας του προβλήματος.

Η συνάρτηση χρησιμότητας διατυπώνεται ως εξής [3.6]:

$$u = U(f_1(x), \dots, f_m(x)) \quad (3.6)$$

Η συνάρτηση χρησιμότητας απεικονίζεται στο χώρο F με τη μορφή ισοσταθμικών καμπυλών, που καλούνται καμπύλες αδιαφορίας (indifference curves). Η καλύτερα συμβιβαστική λύση βρίσκεται στο σημείο στο οποίο η καμπύλη αδιαφορίας εφάπτεται του συνόρου Pareto.



Σχήμα 3.6: Καμπύλες αδιαφορίας.

3.5 Κλασικές τεχνικές πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης

Με τις μεθόδους πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης επιδιώκεται η εύρεση της καλύτερα συμβιβαστικής λύσης, βελτιστοποιώντας την αντικειμενική συνάρτηση ενός μονοκριτηριακού προβλήματος που θεωρείται ότι ταυτίζεται με τη συνάρτηση χρησιμότητας του αρχικού.

Τα χαρακτηριστικά της καλύτερα συμβιβαστικής λύσης εκφράζονται υπό μορφή συντελεστών βάρους, επιθυμητών τιμών, σειράς προτεραιότητας των κριτηρίων, κλπ. Τα εν λόγω χαρακτηριστικά προσδιορίζονται εκ των προτέρων (πριν τη διαδικασία αναζήτησης), με τρόπο υποκειμενικό/εμπειρικό. Διαφοροποιώντας τη μαθηματική διατύπωση του μονοκριτηριακού προβλήματος βελτιστοποίησης και επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία αναζήτησης, είναι δυνατός ο εντοπισμός εναλλακτικών μη κατώτερων λύσεων από το σύνολο Pareto.

Τα κύρια μειονεκτήματα των κλασικών προσεγγίσεων είναι [3.4]:

- ο υποκειμενικός-αυθαίρετος ορισμός της συνάρτησης χρησιμότητας,
- η δημιουργία εξαιρετικά ανώμαλων επιφανειών απόκρισης, που οφείλεται στην ενσωμάτωση κριτηρίων διαφορετικής κλίμακας σε μια ενιαία έκφραση
- η αδυναμία εύρεσης άλλων επιλογών που είναι βέλτιστες κατά Pareto, εκτός και αν πραγματοποιηθεί εξονυχιστική αναζήτηση με διαδοχικές επιλύσεις εναλλακτικών διατυπώσεων του μονοκριτηριακού προβλήματος.

Οι κλασικές τεχνικές πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης είναι:

- Η μέθοδος των βαρών.
- Η μέθοδος προγραμματισμού στόχων (goal programming).
- Η μέθοδος των ε-περιορισμών.

3.5.1 Μέθοδος των βαρών

Η πιο απλή μέθοδος για να οριστεί το βέλτιστο σύνολο είναι υπολογίζοντας ένα άθροισμα $g(x)$ των αντικειμενικών συναρτήσεων $f_i \in F$. Κάθε αντικειμενική συνάρτηση πολλαπλασιάζεται με ένα βάρος w_i που αντιπροσωπεύει τη βαρύτητα του συγκεκριμένου κριτηρίου. Χρησιμοποιώντας βάρη με διαφορετικά πρόσημα μπορεί να ελαχιστοποιηθεί ένα κριτήριο μεγιστοποιώντας παράλληλα κάποιο άλλο. Έτσι με αυτή τη μέθοδο τα προβλήματα πολυαντικειμενικής βελτιστοποίησης μετατρέπονται σε μονοκριτηριακά προβλήματα.

$$g(x) = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x) = \sum_{\forall f_i \in F} w_i f_i(x) \quad (3.7)$$

$$x^* \in X^* \Leftrightarrow g(x^*) \geq g(x) \forall x \in X \quad (3.8)$$

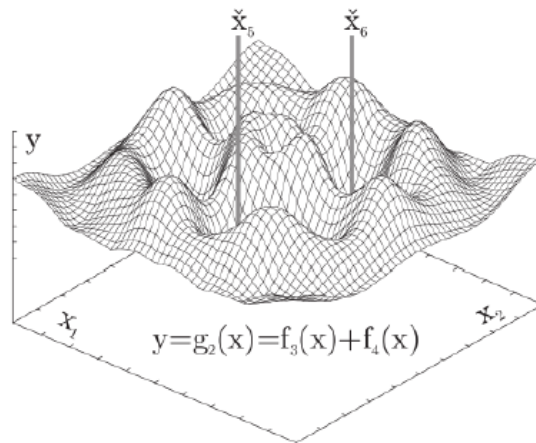
Κατά κανόνα, αποδεκτό είναι ότι:

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad (3.9)$$

για να έχουν οι συντελεστές βάρους πραγματικό νόημα και να μην προκύψουν προβλήματα κλίμακας, απαιτείται μετασχηματισμός των f_i (π.χ. αδιαστατοποίηση), ώστε το εύρος διακύμανσης των κριτηρίων να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους.

Μεταβάλλοντας τις τιμές των βαρών w_i , προκύπτουν διαφορετικές λύσεις του μονοκριτηριακού προβλήματος, που είναι Pareto βέλτιστες. Συνεπώς, ο εντοπισμός όλων των Pareto βέλτιστων λύσεων του πολυκριτηριακού προβλήματος προϋποθέτει θεωρητικά άπειρες επιλύσεις του μετασχηματισμένου βαθμωτού προβλήματος. Μειονέκτημα είναι ο αυθαίρετος ορισμός των βαρών και η αδυναμία εντοπισμού των μη κυρτών περιοχών του συνόρου Pareto.

Για παράδειγμα, από τις αντικειμενικές συναρτήσεις του Σχήματος 3.1 f_3 και f_4 θέτοντας $w_3 = 1$ και $w_4 = 1$ προκύπτει το άθροισμα g_2 του Σχήματος 3.7 με δύο ολικά ελάχιστα, τα x_5 και x_6 .



Σχήμα 3.7: Παράδειγμα βελτιστοποίησης με τη μέθοδο των βαρών.

3.5.2 Μέθοδος προγραμματισμού στόχων

Μία επέκταση της μεθόδου των βαρών είναι η μέθοδος προγραμματισμού στόχων (goal programming), που επιδιώκει να ελαχιστοποιήσει την απόκλιση της λύσης από προκαθορισμένους στόχους που θέτει ο λήπτης της απόφασης (decision maker). Στη μέθοδο αυτή ορίζονται τιμές-στόχοι T_i για κάθε κριτήριο i , που εισάγονται στο πρόβλημα υπό μορφή συναρτήσεων ποινής. Η βαθμωτή συνάρτηση που διαμορφώνεται συνίσταται στην ελαχιστοποίηση της απόκλισης των κριτηρίων από τους αντίστοιχους στόχους, που στη γενική περίπτωση διατυπώνεται ως:

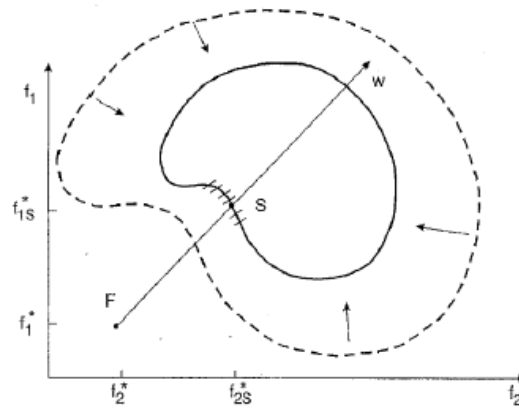
$$\min f(x) = \left(\sum_{i=1}^m w_i |f_i(x) - T_i|^p \right)^{1/p} \quad (3.10)$$

όπου p παράμετρος κλίμακας (για $p = 2$ και $w_i = 1$, η αντικειμενική συνάρτηση εκφράζει την ευκλείδεια απόσταση των κριτηρίων από τις τιμές-στόχους T_i).

Η μέθοδος χρησιμοποιεί έναν γεωμετρικό ορισμό της καλύτερα συμβιβαστικής λύσης, και αποσκοπεί στην εύρεση της κοντινότερης εφικτής λύσης ως προς κάποιο επιθυμητό σημείο, με βάση ένα μέτρο απόστασης.

Ως τιμή-στόχος κάθε κριτηρίου μπορεί να θεωρηθεί η ολικά βέλτιστη τιμή f_i^* κάθε επιμέρους κριτηρίου (= ελαχιστοποίηση απόστασης από την ουτοπική λύση). Μεταβάλλοντας τις τιμές των στόχων T_i και των βαρών w_i , προκύπτουν διαφορετικές λύσεις του προβλήματος, που είναι Pareto βέλτιστες.

Όπως και στη μέθοδο των βαρών, χρειάζεται μία εκ των προτέρων πληροφορία για τα βάρη και τους στόχους που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη βελτιστοποίηση. Η μέθοδος προγραμματισμού στόχων φαίνεται στο Σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8: Μέθοδος προγραμματισμού στόχων.

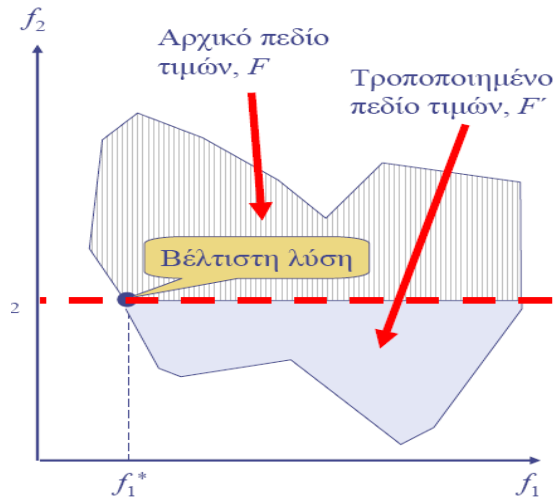
3.5.3 Μέθοδος των ϵ -περιορισμών

Στη μέθοδο αυτή βελτιστοποιείται ένα πρωτεύον κριτήριο $f_p(x)$, θεωρώντας τα υπόλοιπα ως μαθηματικούς περιορισμούς που φράσσονται από επιτρεπόμενα όρια, ϵ_i . Διαμορφώνεται έτσι ένα βαθμωτό πρόβλημα βελτιστοποίησης, με $m - 1$ επιπλέον περιορισμούς της μορφής:

$$f_i(x) \leq \epsilon_i \quad (3.11)$$

Διαφοροποιώντας το πρωτεύον κριτήριο και μεταβάλλοντας τις τιμές των περιορισμών, προκύπτουν λύσεις που είναι Pareto βέλτιστες.

Η μέθοδος αυτή δεν απαιτεί την αδιαστατοποίηση των κριτηρίων. Μειονέκτημα της είναι η προσθήκη περιορισμών, εφόσον το αρχικό πρόβλημα είναι χωρίς περιορισμούς.



Σχήμα 3.9: Μέθοδος ε-περιορισμών.

3.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [3.1] A. Osyczka, "Multicriteria optimization for engineering design," *Design Optimization*, pp.193 - 227, 1985.
- [3.2] C. A. C. Coello, "A comprehensive survey of evolutionary-based multiobjective optimization techniques," *Knowledge and Information Systems*, vol. 1, no. 3, pp. 269-308, 1999.
- [3.3] J. I. Cohon, *Multiobjective Programming and Planning*, New York: Academic Press, 1978, p. 100-250.
- [3.4] C. M. Fonseca and P. J. Fleming, "An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization," *Evolutionary Computation*, vol. 3, pp. 1-16, 1995.
- [3.5] A. P. Wierzbicki, "On the role of intuition in decision making and some ways of multicriteria aid of intuition," *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, vol. 6, pp. 65-76, 1997.
- [3.6] J. Horn, N. Nafpliotis, and D. E. Goldberg, "A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization," *Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation, IEEE World Congress on Computational Intelligence*, vol. 1, pp. 82-87, 1994

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξεύρεση της βέλτιστης λύσης αποτελεί ένα μόνο μέρος του αντικείμενου μελέτης. Η παρουσίαση όμως ενός κώδικα και μιας διαδικασίας που δεν είναι άμεση κατανοήσιμη δεν προσφέρει πρακτική αξία στην εφαρμογή. Για το λόγο αυτό κρίνεται αναγκαία η παρουσίαση του προβλήματος με χρήση γραφικών, όπως έξαλλου ισχύει σήμερα με όλες τις εφαρμογές που «τρέχουν» σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στην ενότητα αυτή γίνεται η περιγραφή του λογισμικού που αναπτύχθηκε για την πολυαντικειμενική εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης μιας μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής καθώς και του βέλτιστου μεγέθους παραγωγής ισχύος σε MW αυτής.

4.2 ΤΟ ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ (GUI) ΤΗΣ MATLAB

Η δημιουργία του γραφικού περιβάλλοντος μπορεί να γίνει από το μηδέν με σύνταξη κώδικα για τη δημιουργία των παραθύρων και των γραφικών παραστάσεων που είναι αναγκαία για την εποπτική και κατανοητή παρουσίαση των αποτελεσμάτων μιας εφαρμογής. Περισσότερες λεπτομέρειες για το γραφικό περιβάλλον της MATLAB υπάρχουν στο [4.1].

4.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε αναπτύχθηκε σε περιβάλλον Windows 7 στη γλώσσα προγραμματισμού MATLAB σε έκδοση 2009b.

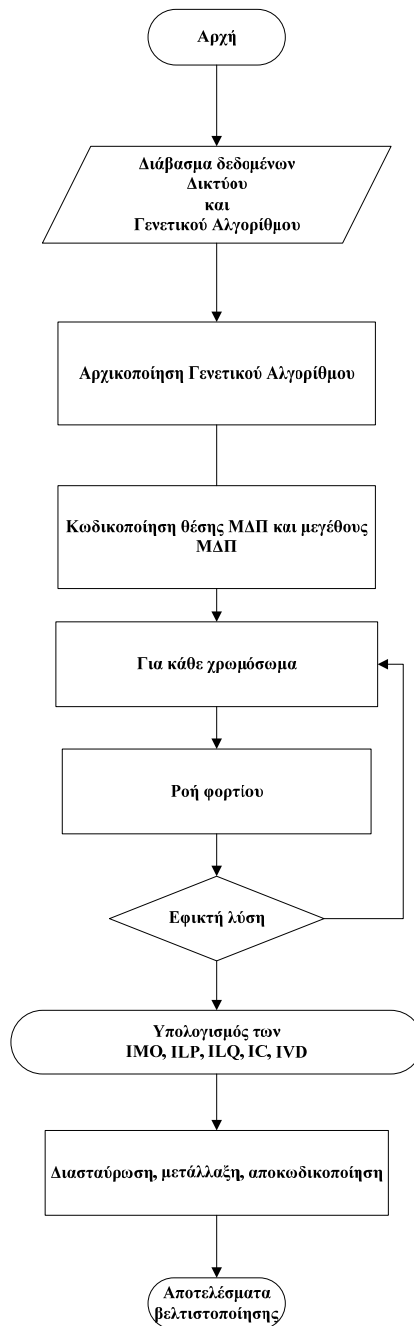
4.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

4.4.1 Εισαγωγή

Το λογισμικό δίνει τη δυνατότητα εύρεσης της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης και όλων των παραμέτρων αυτής, με δύο διαφορετικές μεθόδου:

- Μέθοδος των γενετικών αλγορίθμων.
- Μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης.

Πριν την ανάλυση των παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα, παρουσιάζεται το λογικό διάγραμμα της μεθόδου βελτιστοποίησης με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 4.1: Λογικό διάγραμμα διαδικασίας βελτιστοποίησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου.

Η τεχνική βελτιστοποίησης που χρησιμοποιήθηκε, είναι αυτή των γενετικών αλγορίθμων οπότε σαν παράμετροι μπορούν να θεωρηθούν:

- Το μέγεθος του αρχικού πληθυσμού.
- Η διαδικασία κωδικοποίησης των μεταβλητών.
- Τελεστής διασταύρωσης (crossover rate).
- Τελεστής μετάλλαξης (mutation rate).

- Επιλογή γονέων.
- Ως μεταβλητές του προβλήματος ορίζονται:
- Για το δίκτυο μελέτης:
 - V, δ για PQ
 - Q, δ για PV
 - P,Q για το ζυγό ταλάντωσης
 - Για την μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής:
 - Ζυγός τοποθέτησης
 - Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε α.μ.

Οι υποθέσεις που λαμβάνονται για την εγκατεστημένη μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής είναι :

- Θεωρείται ότι το μέγιστο όφελος μπορεί να εξαχθεί όταν οι μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής λειτουργούν με μοναδιαίο συντελεστή ισχύος επειδή το κόστος της πραγματικής ισχύος είναι μεγαλύτερο. Η χρησιμοποίηση μοναδιαίου συντελεστή ισχύος οδηγεί στη μέγιστη χρήση χωρητικότητας.
- Υπάρχει μια μονάδα παραγωγής που εγκαθίσταται στο δίκτυο μελέτης. Μάλιστα το μέγιστο μέγεθος αυτής κυμαίνεται από 0 έως 63 MW. (Τάξεις μεγέθους των δικτύων μελέτης είναι αυτή των MW).

Ορίζονται οι παράμετροι που μοντελοποιούνται στο γραφικό περιβάλλον. Η βασικότερη παράμετρος είναι το είδος του φορτίου. Οι υποθέσεις για το φορτίο είναι:

- Σταθερό Φορτίο.
- Βιομηχανικό Φορτίο.
- Εμπορικό Φορτίο.
- Οικιακό Φορτίο.
- Μεικτό Φορτίο.

Η γενική περιγραφή των φορτίων δίνεται από τη μαθηματική σχέση:

$$P_i = P_{oi} V_i^a \quad (4.1)$$

$$Q_i = Q_{oi} V_i^b \quad (4.2)$$

όπου P_i , Q_i η ενεργός και η άεργος ισχύς του ζυγού i αντίστοιχα, P_{oi} , Q_{oi} η ενεργός και η άεργος ισχύς του ζυγού i στο σημείο λειτουργίας και a , b οι εκθέτες ενεργού και αέργου ισχύος.

Για τα φορτία μελέτης οι τιμές των εκθετών a και b δίνονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Τιμές εκθετών ενεργού ισχύος a και αέργου ισχύος b .

Είδος φορτίου	a	b
Σταθερό	0	0
Βιομηχανικό	0,18	6,00
Οικιακό	0,92	4,04
Εμπορικό	1,51	3,40

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών μεγεθών του δικτύου γίνεται ανάλυση της ροής φορτίου. Στο λογισμικό που αναπτύχθηκε, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει ανάμεσα στις δυο μεθόδους ανάλυσης ροής φορτίου.

- Μεθοδος Newton – Raphson.

- Μεθοδος Gauss – Seidel.


Κατά τη διαδικασία εκτίμησης της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης δίνεται η δυνατότητα, μέσω του λογισμικού, στο χρήστη να επιλέξει ανάμεσα σε 4 τιμές για τα βάρη των δεικτών ILP, ILQ, IVD και IC της αντικειμενικής συνάρτησης IMO. Για την ορθότητα της διαδικασίας, το άθροισμα των βαρών των δεικτών ILP, ILQ, IVD και IC πρέπει να ισούται με τη μονάδα.

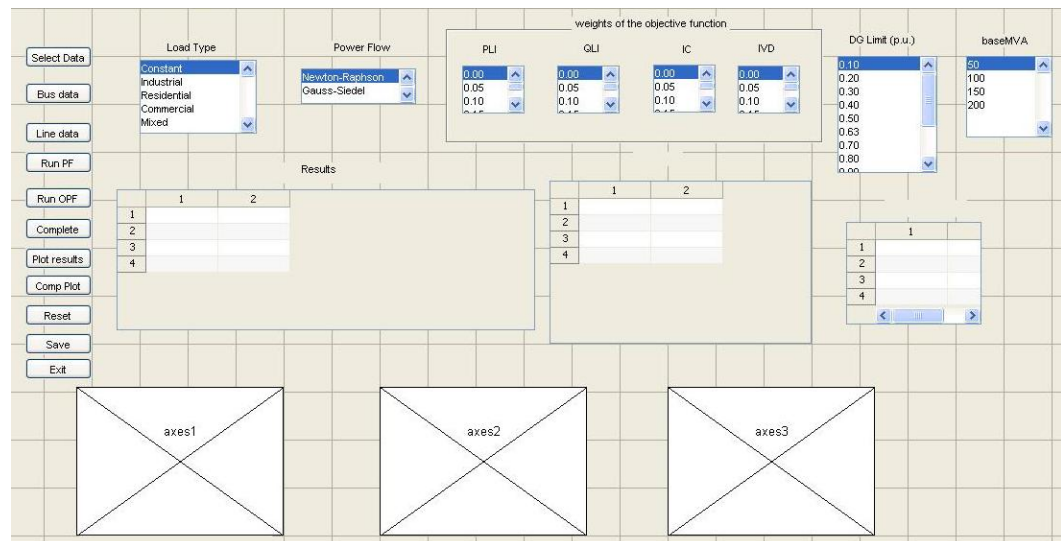
4.4.2 Γραφικό περιβάλλον

Στην ενότητα αυτή, αναλύεται βήμα προς βήμα η ανάπτυξη του GUI όπως αυτό έγινε με την χρήση του GUIDE Matlab.

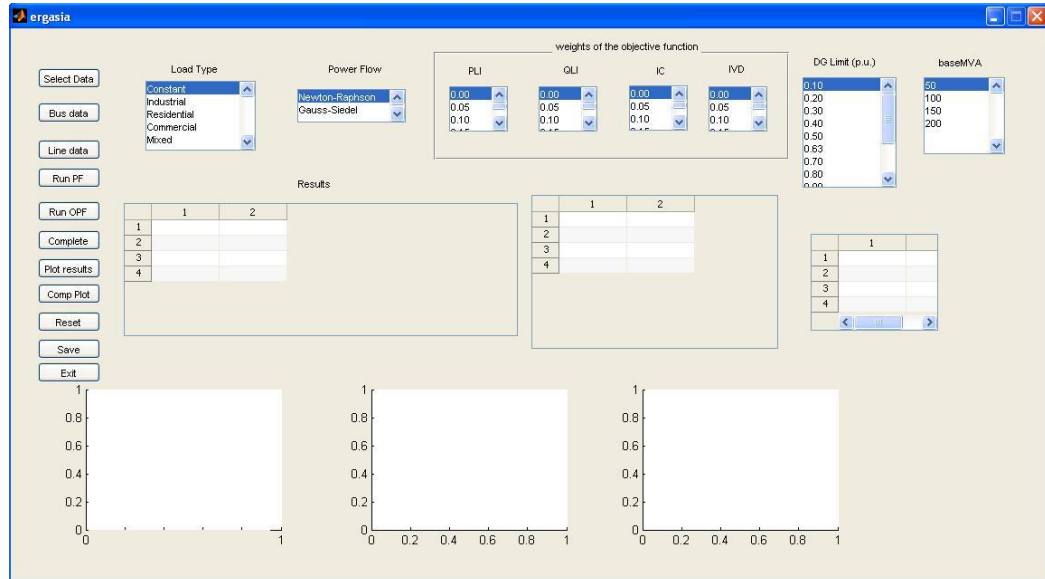
Τα αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής:

- 11 push buttons για την εισαγωγή δεδομένων, εκτέλεση υπολογισμών, καθαρισμό δεδομένων (reset), αποθήκευση (save) και έξοδο (exit) από το πρόγραμμα.
- 12 static texts για εισαγωγή τίτλων.
- 3 tables για εμφάνιση αποτελεσμάτων σε μορφή πίνακα.
- 3 panels τα οποία δεν επηρεάζουν το πρόγραμμα.
- 8 listbox, όπου ο χρήστης επιλέγει τις τιμές του.
- 3 axes για παρουσίαση των αποτελεσμάτων γραφικά.

Μετά την εκκίνηση του GUIDE, αφού ο χρήστης επιλέξει να ανοίξει το γραφικό περιβάλλον εργασία, εμφανίζεται το παράθυρο του Σχήματος 4.2. Πατώντας το κουμπί “Run” , ο χρήστης μπορεί να τρέξει την εφαρμογή (Σχήμα 4.3). Έπειτα, έχει τις επιλογές, να εισάγει δεδομένα, να καθαρίσει την οθόνη ή να εγκαταλείψει το πρόγραμμα. Οι υπόλοιπες λειτουργίες εκτελούνται αφού ο χρήστης επιλέξει κάποιο αρχείο εισόδου.



Σχήμα 4.2: Γραφικό περιβάλλον λογισμικού για τη διαδικασία βελτιστοποίησης, με γενετικούς αλγορίθμους ή με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, ΜΑΠ ως προς θέση εγκατάστασης και ονομαστική ισχύ σε α.μ.



Σχήμα 4.3: Γραφικό περιβάλλον λογισμικού για τη διαδικασία βελτιστοποίησης, με γενετικούς αλγορίθμους ή με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, ΜΔΠ ως προς θέση εγκατάστασης και ονομαστική ισχύ σε α.μ.

4.4.3 Εισαγωγή δεδομένων

Επιλέγοντας το κουμπι Select Data, ανοίγει ένα παράθυρο διαλόγου (Σχήμα 4.4), στο οποίο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει για διάβασμα κάποια δεδομένα εισόδου από ένα αρχείο Excel (*.xls) που ήδη υπάρχει. Η εισαγωγή των αρχείων Excel εκεί γίνεται από τον διαχειριστή του προγράμματος αλλά παράλληλα μπορεί να γίνει πολύ εύκολα και από τον χρήστη αφού η εντολή στο m-file που πρέπει να προστεθεί είναι αυτή της εισαγωγής filename (“όνομα αρχείου”). Στη συγκεκριμένη εφαρμογή σαν εισοδος έχουν επιλεγεί τρία δίκτυα ενδεικτικά σχετικά με το μέγεθος αυτών:

- Δίκτυο μικρού μεγέθους (17-bus).
- Δίκτυο μεσαίου μεγέθους(38-bus).
- Δίκτυο μεγάλου μεγέθους (75-bus).

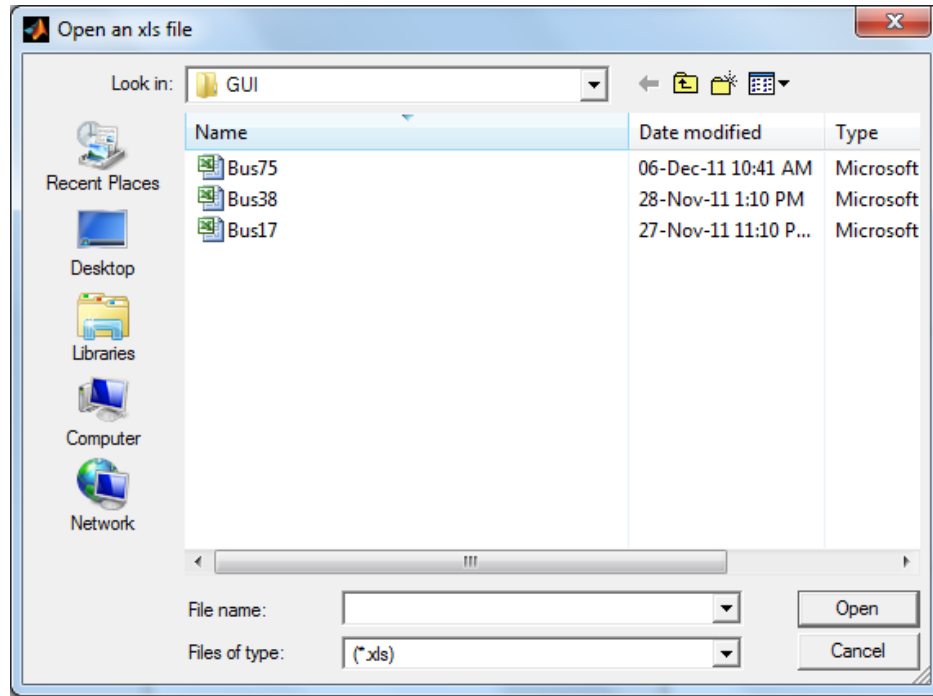
Αν ο χρήστης επιλέξει «άκυρο» τότε δε γίνεται τίποτα και επιστρέφει στο αρχικό παράθυρο. Αν ο χρήστης επιλέξει «άνοιγμα», τότε διαβάζεται το συγκεκριμένο αρχείο και στη συνέχεια, ενεργοποιούνται τα κουμπιά που ήταν ανενεργά. Αν ο χρήστης δώσει ένα δικό του όνομα, τότε εμφανίζεται ένα μήνυμα σφάλματος.

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 αντίσταση των γραμμών (r (p.u.)), η αντίδραση των γραμμών (x (p.u.)) καθώς και η εγκάρσια χωρητικότητα των γραμμών (b (p.u.)). Ομοίως ορίζεται και η μέγιστη χωρητικότητα των γραμμών μεταφοράς των δικτύων που αποτελεί βασική παράμετρο (CS(i,j) σε MVA).

Τα δεδομένα που αφορούν τους ζυγούς φορτίου, διαφοροποιούνται ανάλογα με το σενάριο που υλοποιείται, δηλαδή σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς, οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς, βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς, εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς, ή τέλος μεικτό φορτίο, δηλαδή διαφορετικός τύπος φορτίου σε κάθε ζυγό. Στην

περίπτωση του μεικτού φορτίου, έχει προκαθοριστεί στο Excel αρχείο ο τύπος φορτίου του κάθε ζυγού.

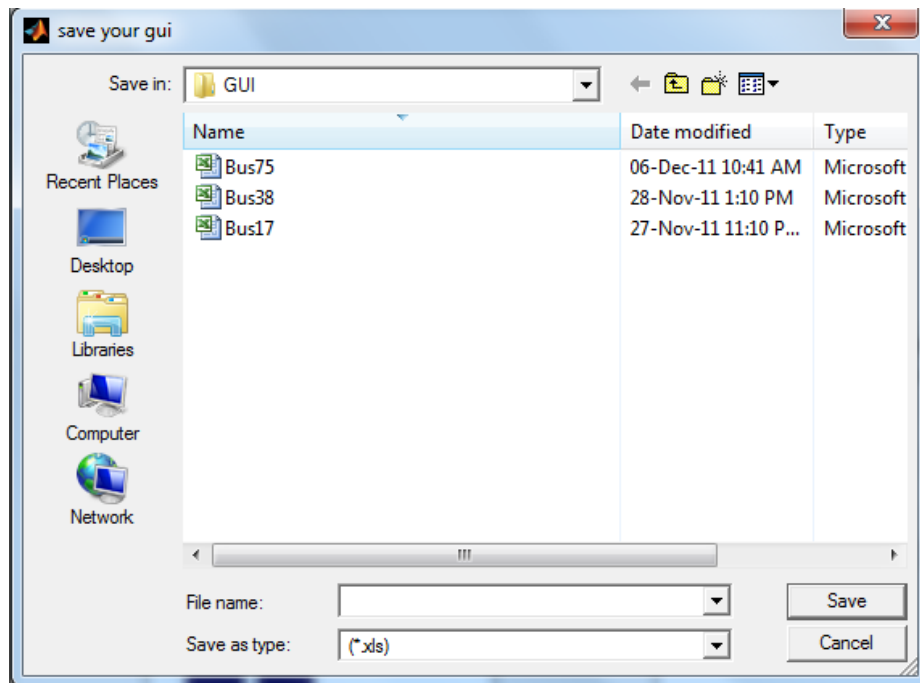
Στη συνέχεια, ο χρήστης επιλέγοντας τα κουμπιά linedata και busdata βλέπει τα δεδομένα εισόδου που έχει επιλέξει.



Σχήμα 4.4: Εισαγωγή δεδομένων από αρχείο Excel.

4.4.4 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 4.5), 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 καθώς και οι βέλτιστες τιμές για την εγκατάσταση της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής και την ονομαστική ισχύ αυτής σε α.μ.. 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 4.5: Αποθήκευση αποτελεσμάτων σε αρχείο Excel.

4.4.5 Μελέτη και ανάλυση αποτελεσμάτων

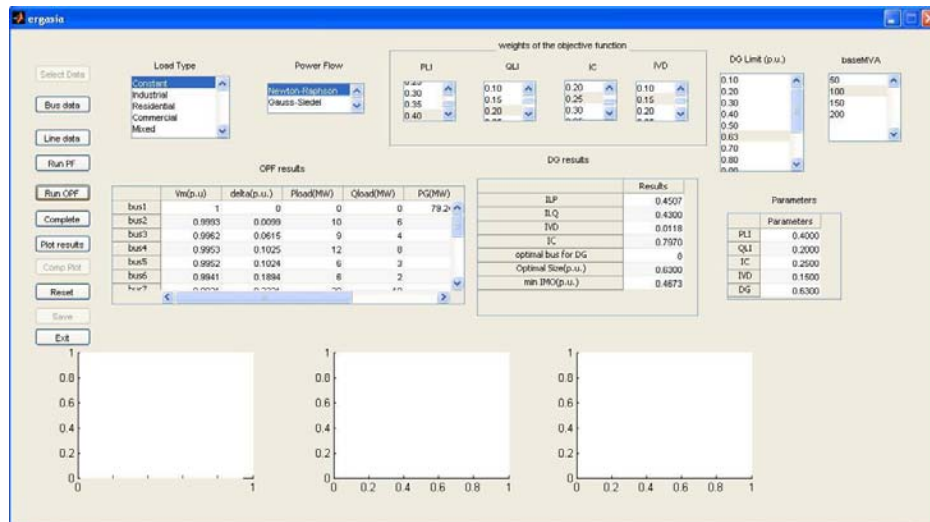
Αφού ο χρήστης επιλέξει ένα αρχείο εισόδου, μπορεί να δει και να μελετήσει τα αποτελέσματα των υπολογισμών που εκτελούν τα υπόλοιπα κουμπιά που περιλαμβάνει το γραφικό περιβάλλον. Τα αποτελέσματα αυτά εμφανίζονται στα δύο tables του περιβάλλοντος.

Αρχικά, με βάση τα δεδομένα εισόδου, γίνεται ροή φορτίου πατώντας το κουμπί PF. Η ενεργοποίηση του κουμπιού αυτού γίνεται μόλις ο χρήστης πατήσει τα κουμπιά των δεδομένων γραμμών και ζυγών. Τα αποτελέσματα που αφορούν τους ζυγούς είναι: η παραγωγή (Pg (MW)), το φορτίο που εξυπηρετείται (Pload (MW)), και τα αντίστοιχα ενεργειακά μεγέθη της τάσης (V(p.u.)) και της γωνίας (δ) του εκάστοτε ζυγού. Επίσης, σε static text εμφανίζονται και οι συνολικές απώλειες του δικτύου όπως αυτές υπολογίζονται από τη ροή φορτίου.

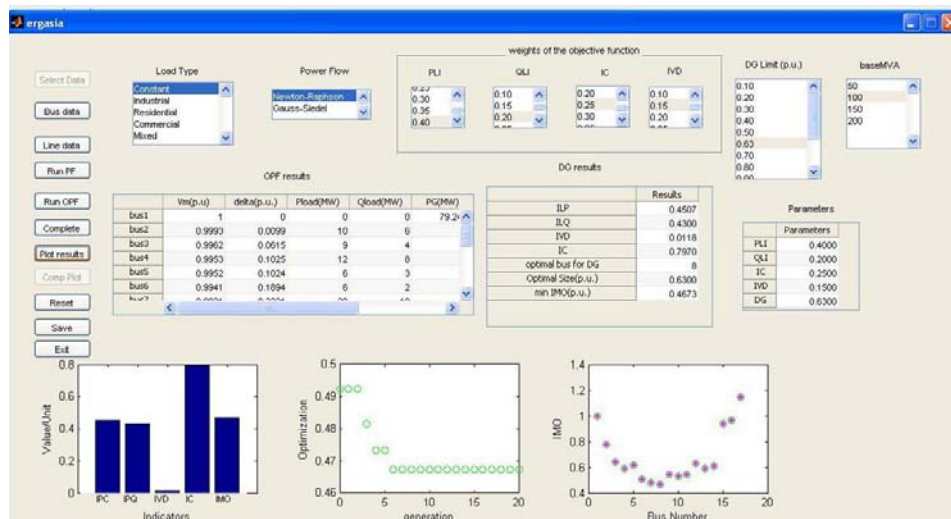
Στη συνέχεια ο χρήστης έχει να επιλέξει τα βάρη των δεικτών ILP, ILQ, IVD και IC. Επίσης δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει την ονομαστική ισχύ της μονάδας διασπαρμένης παραγωγής και τη μονάδα βάσης αυτής σε MVA. Κατόπιν και αφού έχουν καθορισθεί αυτά τα δεδομένα, ο χρήστης καλείται να πατήσει το κουμπί “Run OPF” αν επιλέξει να επιλύσει το πρόβλημα βελτιστοποίησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου, ή “Complete” αν επιλέξει τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, και αυτόματα αρχίζει η εκτέλεση της διαδικασίας βελτιστοποίησης της αντικειμενικής συνάρτησης IMO. Με τη λήξη της διαδικασίας παρουσιάζονται στον πρώτο πίνακα, τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, για την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση και με τη βέλτιστη ονομαστική ισχύ. Στο δεύτερο πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης, δηλαδή η βέλτιστη θέση και τη βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO καθώς και οι δείκτες ILP, ILQ, IVD και IC, για τη βέλτιστη αυτή θέση εγκατάστασης και ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ (Σχήμα 4.6).

Με την επιλογή του κουμπιού “Plot results”, για την επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου, ή “Comp Plot” , για την επίλυση του προβλήματος βελτιστοποίησης με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να παρατηρήσει σε διαγράμματα τα όλα τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης (Σχήμα 4.7). Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα με κέρσορα να δει κάθε σημείο του γραφήματος σε τι τιμές αντιστοιχεί.

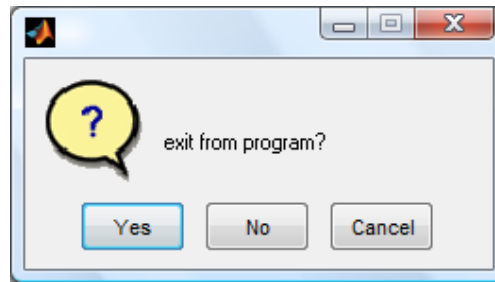
Ο καθαρισμός της θόνης του παραθύρου, ώστε να επιλέξει ο χρήστης κάποιο άλλο αρχείο εισόδου, γίνεται με το κουμπί “Reset”, ενώ η εφαρμογή τερματίζει όταν ο χρήστης επιλέξει το κουμπί “Exit”, όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου, το οποίο θα ρωτήσει τον χρήστη αν θέλει να τερματίσει την εφαρμογή (Σχήμα 4.8).



Σχήμα 4.6: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη μέθοδο γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 4.7: Γραφική αναπαράσταση αποτελεσμάτων βελτιστοποίησης με τη μέθοδο γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 4.8: Έξοδος από το πρόγραμμα.

4.5 ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Οι συναρτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό Matlab είναι:

- Ergasia.m : αρχείο με το βασικό πρόγραμμα του GUI, αποτελεί όλη την εφαρμογή περιέχει τα πάντα.
- Ergasia.fig : αρχείο που περιέχει την εικόνα του GUI.
- 3 Excell files : αποτελούν τα δεδομένα εισόδου.
- Lfnewton, Lfnewton1, Lfnewton11 : μέρος της ροής φορτίου για εισαγωγή των δεδομένων, είναι τρία για διαφορετικά είδη φορτίου, ένα χωρίς αλλαγή στο φορτίο, ένα για να παίρνει α , β και το άλλο για το mixed φορτίο.
- Buscout, Lfybust, Lineflowt : αποτελούν τον κώδικα για τη ροη φορτίου. Μαζί με το Lfnewton αποτελούν το συνολικό κώδικα.
- Mainprogram, mainprogram1, mainprogram2 : αποτελεί το βασικό τμήμα του γενετικού αλγορίθμου. Η διαφοροποίηση έχει να κάνει ως εξής: Το πρώτο είναι για δίκτυο 38 ζυγών, το δεύτερο για κάθε δίκτυο, και το τρίτο λύνει για κάθε δίκτυο το mixed φορτίο.
- Gadecode, gadecode1 : κάνει την ψηφιοποίηση από δεκαδικό σε δυαδικό ώστε να τρέξει ο ΓΑ. Ο ένας είναι για το δίκτυο 38 ζυγών και ο άλλος για κάθε δίκτυο κατά αντιστοιχία.
- Arxiko1, arxiko1gen : αποτελεί τον κώδικα για την εκτέλεση της ροής φορτίου σε δίκτυο 38 ζυγών και γενικά.
- Testfunction : αποτελεί την αντικειμενική συνάρτηση και αποτελεί την καρδιά του κώδικα. Υπολογίζει την τιμή του IMO για κάθε ζεύγος εισόδου του ΓΑ. Προφανώς καλείται από το mainprogramm που είναι και ο κώδικας του ΓΑ.
- Test1, test2 : στο τέλος του ΓΑ εκτελούνται αυτά τα αρχεία που περιέχουν κώδικα ροής φορτίου, και επαναληπτικές διαδικασίες. Λαμβάνουν τις τιμές της λύσης του ΓΑ και υπολογίζουν ενεργειακά μεγέθη όπως, απώλειες ισχύος, ροές φορτίου παρουσία της ΜΔΠ, ανάλυση ευαισθησίας γύρω από τη θέση και την ονομαστική ισχύ της

- Periptosi1 : περνά τα αποτελέσματα σε πίνακες και μεταβλητές, ώστε να είναι άμεσα προσπελάσιμα από το plotfunction, δηλαδή το τμήμα του ergasia που είναι υπεύθυνο για τη παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Είναι επικουρική συνάρτηση.

4.6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [4.1] Γ. Τζιάσου, “Επιμερισμός Κόστους Μεταφοράς στους Χρήστες του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας,” Διπλωματική Εργασία , Οκτώβ. 2010.

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο Κεφάλαιο αυτό χρησιμοποιείται ένα σύστημα 5 ζυγών, το οποίο δημιουργήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, αποτελώντας ένα τμήμα ενός δικτύου 17 ζυγών [5.1], για να παρουσιαστεί, βήμα προς βήμα, η εφαρμογή της μεθόδου του γενετικού αλγορίθμου για την εύρεση της βέλτιστης θέσης και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής σε δίκτυο 5 ζυγών, προκειμένου να γίνει περισσότερο κατανοητή η λειτουργία του αλγορίθμου.

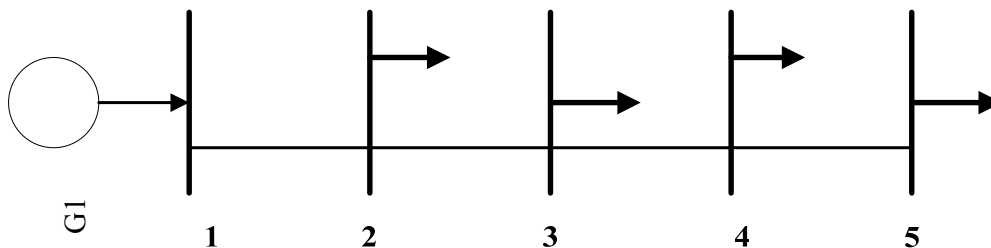
5.2 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟΥ 5 ΖΥΓΩΝ

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η τοπολογία ενός συστήματος 5 ζυγών, το οποίο δημιουργήθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής εργασίας, αποτελώντας ένα τμήμα ενός δικτύου 17 ζυγών [5.1] και στους Πίνακες 5.1, 5.2 και 5.3 παρουσιάζονται τα δεδομένα αυτού του συστήματος. Η βασική ισχύς είναι 100MVA, ενώ η ονομαστική τάση του δικτύου είναι 23 kV. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται τα δεδομένα των γραμμών του συστήματος και στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα δεδομένα των ζυγών φορτίου του συστήματος. Το σύστημα 5 ζυγών αποτελείται από διάφορα είδη φορτίου. Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζεται η κατηγοριοποίηση των φορτίων ανά ζυγό καθώς και οι τιμές που λαμβάνει ο εκθέτης ενεργού ισχύος (a) και ο εκθέτης άεργου ισχύος (b) για το κάθε είδος φορτίου. Τα διάφορα είδη φορτίου, μπορούν να περιγραφούν μαθηματικά από τις παρακάτω σχέσεις.

$$P_i = P_{0i} V_i^a \quad (5.1)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^b \quad (5.2)$$

Όπου P_i η ενεργός ισχύς στο ζυγό i , P_{0i} η ενεργός ισχύς του ζυγού i στο σημείο λειτουργίας, Q_i η άεργος ισχύς στο ζυγό i , Q_{0i} η άεργος ισχύς του ζυγού i στο σημείο λειτουργίας, V_i η τάση στο ζυγό i και a, b εκθέτης ενεργού ισχύος και εκθέτης άεργου ισχύος αντίστοιχα.



Σχήμα 5.1: Τοπολογία συστήματος 5 ζυγών.

Πίνακας 5.1: Δεδομένα γραμμών συστήματος 5 ζυγών.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (nl)	Προς ζυγό (nr)	R (α.μ.)	X (α.μ.)	Όριο γραμμής S_L (α.μ.)
1	1	2	0,0011	0,0006	4,6
2	2	3	0,0061	0,0031	4,1
3	3	4	0,0044	0,00234	2,9
4	4	5	0,0047	0,0024	2,9

Πίνακας 5.2: Δεδομένα ζυγών φορτίου συστήματος 5 ζυγών.

Αρ. ζυγού	Φορτίο		Τύπος Φορτίου	Εκθέτης ενεργού ισχύος a	Εκθέτης αέργου ισχύος b
	MW	MVA _r			
2	46	22	I (Βιομηχανικό)	0,18	6
3	102	49	R (Οικιακό)	0,92	4,04
4	12	8	C (Εμπορικό)	1,51	3,4
5	206.5	151	I (Βιομηχανικό)	0,18	6

5.3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ο βασικός στόχος της διπλωματικής αυτής εργασίας, είναι η εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάσταση μιας ΜΔΠ σε κάποιο από τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και η εύρεση της βέλτιστης ονομαστικής ενεργού ισχύος (σε MW) της ΜΔΠ από ένα προκαθορισμένο εύρος τιμών. Πιο συγκεκριμένα, ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση των απωλειών ενέργειας του δικτύου καθώς και η τήρηση των ορίων τάσεων και των θερμικών ορίων αφού πλέον η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος ορίζεται ως:

$$IMO = \sigma_1 ILP + \sigma_2 ILQ + \sigma_3 IC + \sigma_4 IVD \quad (5.3)$$

όπου $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$: τα αντίστοιχα βάρη των δεικτών ILP, ILQ, IC και IVD αντίστοιχα, οι τιμές των οποίων είναι δεδομένες και φαίνονται στον Πίνακα 5.3.

Ο δείκτης ILP είναι ο δείκτης απωλειών πραγματικής ισχύος και ορίζεται ως ακολούθως:

$$ILP = \frac{[P_{LDG}]}{[P_L]} \quad (5.4)$$

όπου P_{LDG} είναι οι συνολικές απώλειες ενεργού ισχύος, μετά την προσθήκη της ΜΔΠ στο σύστημα και P_L είναι οι συνολικές απώλειες ενεργού ισχύος, χωρίς την προσθήκη της ΜΔΠ στο σύστημα.

Ο δείκτης ILQ είναι ο δείκτης απωλειών αέργου ισχύος και ορίζεται ως ακολούθως:

$$ILQ = \frac{[Q_{LDG}]}{[Q_L]} \quad (5.5)$$

όπου Q_{LDG} είναι οι συνολικές αέργου ισχύος, μετά την προσθήκη της ΜΔΠ στο σύστημα και Q_L είναι οι συνολικές απώλειες αέργου ισχύος, χωρίς την προσθήκη της ΜΔΠ στο σύστημα.

Ο δείκτης IC είναι ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής των γραμμών διανομής του δικτύου και ορίζεται ως ακολούθως:

$$IC = \max_{i=1}^m \left(\frac{|\bar{S}_{ij}|}{|\overline{CS}_{ij}|} \right) \quad (5.6)$$

όπου \bar{S}_{ij} είναι η ροή ισχύος σε MVA της γραμμής που ενώνει το ζυγό i με το ζυγό j , και \overline{CS}_{ij} η αντοχή της γραμμής $i-j$ σε MVA.

Ο δείκτης IVD είναι ο δείκτης του προφίλ της τάσης και ορίζεται ως ακολούθως:

$$IVD = \max_{i=2}^n \left(\frac{|\bar{V}_1| - |\bar{V}_i|}{|\bar{V}_1|} \right) \quad (5.7)$$

όπου $|\bar{V}_1|$ το μέτρο της τάσης του ζυγού ταλάντωσης ($V_1 = 1 \text{ α.μ.}$) και $|\bar{V}_i|$ το μέτρο της τάσης του ζυγού i σε α.μ.

Πίνακας 5.3: Πίνακας βαρών εξίσωσης (5.3).

Δείκτες	Συντελεστής βάρους
	σ_p
ILP	0,40
ILQ	0,20
IC	0,25
IVD	0,15

Η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης, η οποία ορίστηκε στη σχέση (5.3) πρέπει να ικανοποιεί μια σειρά από περιορισμούς, οι οποίοι είναι:

1. Ισοζύγιο ισχύος: Το αλγεβρικό άθροισμα όλης της εισερχόμενης στο δίκτυο και εξερχόμενης από αυτό ενεργού ισχύος, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών ισχύος των γραμμών και της ισχύος που παράγεται από τη ΜΔΠ πρέπει να ισούται με το 0:

$$P_{SS}(i, V) = \sum_{i=2}^n (P_D(i, V) + \sum_{n=1}^{NOL} P_{loss}(V) - P_{DGi}) \quad (5.8)$$

όπου P_D είναι η ζήτηση φορτίου του ζυγού i σε MW, $\sum_{n=1}^{NOL} P_{loss}(V)$ είναι οι συνολικές απώλειες ενεργού ισχύος των γραμμών σε MW και P_{DGi} είναι η ισχύς παραγωγής της ΜΔΠ σε MW.

2. Θερμικό όριο αντοχής γραμμών: Η ροή ισχύος της γραμμής του δικτύου από το ζυγό i στο ζυγό j θα πρέπει να περιορίζεται από το θερμικό όριο αντοχής των γραμμών:

$$S_{(i,j)} \leq S_{(i,j)\max} \quad (5.9)$$

Τα θερμικά όρια αντοχής των γραμμών που τίθενται στο πρόβλημα βελτιστοποίησης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4.

Πίνακας 5.4: Θερμικά όρια αντοχής γραμμών συστήματος 5 ζυγών.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Θερμικό όριο αντοχής γραμμών $ \overline{CS}_{ij} $ (α.μ.)
1	1	2	4,6
2	2	3	4,1
3	3	4	2,9
4	4	5	2,9

3. Όριο πτώσης τάσης: Το όριο της πτώσης τάσης θα πρέπει να κυμαίνεται στο $\pm 8\%$:

$$0,92 \leq |\overline{V}_i| \leq 1,08 \quad \forall i \quad (5.10)$$

όπου $|\overline{V}_i|$ το μέτρο της τάσης (σε α.μ.) του ζυγού i.

5.4 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΡΟΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ

Η επίλυση της ροής φορτίου για το σύστημα 5 ζυγών γίνεται με τη μέθοδο Newton-Raphson, επιλέγοντας τις ακόλουθες παραμέτρους:

- Βασική ισχύς = 100 MVA.
- Ακρίβεια σύγκλισης = 0,001.
- Μέγιστος αριθμός ανακυκλώσεων μεθόδου = 100.

5.5 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ

Οι τιμές των παραμέτρων του γενετικού αλγορίθμου είναι οι ακόλουθες:

- Μέγεθος πληθυσμού = 16.
- Πιθανότητα μετάλλαξης = 0,15.
- Αριθμός των δυαδικών ψηφίων (bits) για κάθε μεταβλητή = 4. Επειδή υπάρχουν δύο μεταβλητές, το συνολικό μήκος του χρωμοσώματος είναι 8 δυαδικά ψηφία.
- Μέγιστος αριθμός γενεών = 20.
- Κλάσμα χρωμοσωμάτων που επιβιώνουν για μετάλλαξη = 50%.

5.6 ΡΟΗ ΦΟΡΤΙΟΥ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΜΔΠ

Για την επίλυση της ροής φορτίου χωρίς την προσθήκη της ΜΔΠ, αρχικά υπολογίζεται η μήτρα αγωγιμοτήτων (σε α.μ.) από τα στοιχεία των γραμμών του δικτύου (Πίνακας 5.1) του δικτύου 5 ζυγών ως εξής:

$$\underline{Y} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} & Y_{15} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} & Y_{25} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} & Y_{35} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} & Y_{45} \\ Y_{51} & Y_{52} & Y_{53} & Y_{54} & Y_{55} \end{bmatrix} \Rightarrow \underline{Y} = \begin{bmatrix} 691,025 - j352,73 & -691,025 + j352,73 & 0 & 0 & 0 \\ -691,025 + j352,73 & 820,33 - j418,610 & -129,30 + j65,87 & 0 & 0 \\ 0 & -129,30 + j65,87 & 303,4 - j145,61 & -174,1 + j88,73 & 0 \\ 0 & 0 & -174,18 + j88,73 & 341,47 - j173,96 & -167,282 + j85,22 \\ 0 & 0 & 0 & -167,282 + j85,22 & 167,282 - j85,22 \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

Τα στοιχεία της κυρίας διαγωνίου $Y_{11}, Y_{22}, Y_{33}, Y_{44}, Y_{55}$ είναι το άθροισμα των σύνθετων αγωγιμοτήτων των κλάδων που συνδέονται στο ζυγό 1, 2, 3, 4, 5 αντίστοιχα και υπολογίζονται ως εξής:

$$Y_{22} = G_{22} + jB_{22} = y_{12} + y_{23} = \frac{1}{R_{12} + jX_{12}} + \frac{1}{R_{23} + jX_{23}} = \frac{1}{0,0011 + j0,0006} + \frac{1}{0,0061 + j0,0031} = 820,33 - j418,610$$

Τα στοιχεία εκτός της κυρίας διαγωνίου Y_{ij} , είναι το αρνητικό άθροισμα των σύνθετων αγωγιμοτήτων που είναι κοινές στους ζυγούς i και j και υπολογίζονται ως εξής:

$$Y_{12} = G_{12} + jB_{12} = -y_{12} = -\frac{1}{R_{12} + jX_{12}} = -\frac{1}{0,0011 + j0,0006} = -691,02 + j352,73.$$

Οι εξισώσεις των ροών φορτίου που προκύπτουν από την ανάλυση του δικτύου, πριν την προσθήκη της ΜΔΠ είναι:

- Ζυγός 1

$$P_{G1} - P_{D1} = V_1^2 \cdot G_{11} - V_1 \cdot (V_2 \cdot \alpha_{12} + V_3 \cdot \alpha_{13} + V_4 \cdot \alpha_{14} + V_5 \cdot \alpha_{15}) \quad (5.12)$$

$$Q_{G1} - Q_{D1} = -B_{11} \cdot V_1^2 - V_1 \cdot (V_2 \cdot \beta_{12} + V_3 \cdot \beta_{13} + V_4 \cdot \beta_{14} + V_5 \cdot \beta_{15}) \quad (5.13)$$

όπου τα $\alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{14}, \alpha_{15}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{15}$ υπολογίζονται ως εξής:

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &= -G_{12} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_2) - B_{12} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_2) \\ &= 691,025 \cdot \cos \delta_2 + 352,73 \cdot \sin \delta_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{13} &= -G_{13} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_3) - B_{13} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_3) \\ &= 0 \cdot \cos \delta_3 + 0 \cdot \sin \delta_3 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{14} &= -G_{14} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_4) - B_{14} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_4) \\ &= 0 \cdot \cos \delta_4 + 0 \cdot \sin \delta_4 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{15} &= -G_{15} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_5) - B_{15} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_5) \\ &= 0 \cdot \cos \delta_5 + 0 \cdot \sin \delta_5 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{12} &= -G_{12} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_2) + B_{12} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_2) \\ &= -691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{13} &= -G_{13} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_3) + B_{13} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_3) \\ &= 0 \cdot (-\sin \delta_3) + 0 \cdot \cos \delta_3 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{14} &= -G_{14} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_4) + B_{14} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_4) \\ &= 0 \cdot (-\sin \delta_4) + 0 \cdot \cos(\delta_4) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_{15} &= -G_{15} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_5) + B_{15} \cdot \cos(\delta_1 - \delta_5) \\ &= 0 \cdot (-\sin \delta_5) + 0 \cdot \cos(\delta_5) = 0 \end{aligned}$$

Επομένως, οι δύο εξισώσεις ροής φορτίου για το ζυγό 1 είναι:

$$(5.12) \Rightarrow P_{G1} - 0 = 1^2 \cdot 691,025 - 1 \cdot [V_2 \cdot (691,025 \cdot \cos(-\delta_2) - 352,73 \cdot \sin(-\delta_2)) + 0 + 0 + 0] \Rightarrow$$

$$P_{G1} = 691,025 - V_2 \cdot (691,025 \cdot \cos \delta_2 + 352,73 \cdot \sin \delta_2) \quad (5.14)$$

$$(5.13) \Rightarrow Q_{G1} - 0 = -1^2 \cdot (-352,73) - 1 \cdot [V_2 \cdot (691,025 \cdot \sin(-\delta_2) + 352,73 \cdot \cos(-\delta_2)) + 0 + 0 + 0] \Rightarrow$$

$$Q_{G1} = 352,73 - V_2 \cdot (691,025 \cdot (-\sin \delta_2) + 352,73 \cdot \cos \delta_2) \quad (5.15)$$

• Ζυγός 2

$$P_{G2} - P_{D2} \cdot V_2^{0,18} = V_2^2 \cdot G_{22} - V_2 \cdot (V_1 \cdot \alpha_{21} + V_3 \cdot \alpha_{23} + V_4 \cdot \alpha_{24} + V_5 \cdot \alpha_{25}) \quad (5.16)$$

$$Q_{G2} - Q_{D2} \cdot V_2^6 = -B_{22} \cdot V_2^2 - V_2 \cdot (V_1 \cdot \beta_{21} + V_3 \cdot \beta_{23} + V_4 \cdot \beta_{24} + V_5 \cdot \beta_{25}) \quad (5.17)$$

όπου:

$$\alpha_{21} = 691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2$$

$$\alpha_{23} = 129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3)$$

$$\alpha_{24} = 0$$

$$\alpha_{25} = 0$$

$$\beta_{21} = 691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2$$

$$\beta_{23} = 129,30 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3)$$

$$\beta_{24} = 0$$

$$\beta_{25} = 0$$

Επομένως, οι δύο εξισώσεις ροής φορτίου για το ζυγό 2 και με βάση τα δεδομένα των ζυγών φορτίου για απαιτήσεις ισχύος (σε α.μ.) (Πίνακας 5.2) είναι:

$$(5.16) \Rightarrow 0 - P_{D2} \cdot V_2^{0,18} = 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [1 \cdot (691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3)) + 0 + 0] \Rightarrow$$

$$-0,46 \cdot V_2^{0,18} = 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))] \Rightarrow$$

$$0 = 0,46 \cdot V_2^{0,18} + 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))] \quad (5.18)$$

$$(5.17) \Rightarrow 0 - Q_{D2} \cdot V_2^6 = 418,610 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [1 \cdot (691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3)) + 0 + 0] \Rightarrow$$

$$-0,22 \cdot V_2^6 = 418,610 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3))] \Rightarrow$$

$$0 = 0,22 \cdot V_2^6 + 418,610 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2) +$$

$$+ V_3 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3))] \quad (5.19)$$

- Ζυγός 3

$$P_{G3} - P_{D3} \cdot V_3^{0,92} = V_3^2 \cdot G_{33} - V_3 \cdot (V_1 \cdot \alpha_{31} + V_2 \cdot \alpha_{32} + V_4 \cdot \alpha_{34} + V_5 \cdot \alpha_{35}) \quad (5.20)$$

$$Q_{G3} - Q_{D3} \cdot V_3^{4,04} = -B_{33} \cdot V_3^2 - V_3 \cdot (V_1 \cdot \beta_{31} + V_2 \cdot \beta_{32} + V_4 \cdot \beta_{34} + V_5 \cdot \beta_{35}) \quad (5.21)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των $\alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{34}, \alpha_{35}, \beta_{31}, \beta_{32}, \beta_{34}, \beta_{35}$ στις (5.20) και (5.21), προκύπτουν οι τελικές εξισώσεις ροής φορτίου του ζυγού 3:

$$0 = 1,02 \cdot V_3^{0,92} + 303,4 \cdot V_3^2 - V_3 \cdot [V_2 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_2) - 65,87 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_2)) + V_4 \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_4) - 88,73 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_4))] \quad (5.22)$$

$$0 = 0,49 \cdot V_3^{4,04} + 154,61 \cdot V_3^2 - V_3 \cdot [(V_2 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_2) + 65,87 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_2))) + V_4 \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_4) + 88,73 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_4))] \quad (5.23)$$

- Ζυγός 4

$$P_{G4} - P_{D4} \cdot V_4^{1,51} = V_4^2 \cdot G_{44} - V_4 \cdot (V_1 \cdot \alpha_{41} + V_2 \cdot \alpha_{42} + V_3 \cdot \alpha_{43} + V_5 \cdot \alpha_{45}) \quad (5.24)$$

$$Q_{G4} - Q_{D4} \cdot V_4^{3,4} = -B_{44} \cdot V_4^2 - V_4 \cdot (V_1 \cdot \beta_{41} + V_2 \cdot \beta_{42} + V_3 \cdot \beta_{43} + V_5 \cdot \beta_{45}) \quad (5.25)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των $\alpha_{41}, \alpha_{42}, \alpha_{43}, \alpha_{45}, \beta_{41}, \beta_{42}, \beta_{43}, \beta_{45}$ στις (5.24) και (5.25), προκύπτουν οι τελικές εξισώσεις ροής φορτίου του ζυγού 4:

$$0 = 0,12 \cdot V_4^{1,51} + 341,47 \cdot V_4^2 - V_4 \cdot [V_3 \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_3) - 88,73 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_3)) + V_5 \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_5) + 85,22 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_5))] \quad (5.26)$$

$$0 = 0,08 \cdot V_4^{3,4} + 173,96 \cdot V_4^2 - V_4 \cdot [V_3 \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_3) + 88,73 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_3)) + V_5 \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_5) + 85,22 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_5))] \quad (5.27)$$

- Ζυγός 5

$$P_{G5} - P_{D5} \cdot V_5^{0,18} = V_5^2 \cdot G_{55} - V_5 \cdot (V_1 \cdot \alpha_{51} + V_2 \cdot \alpha_{52} + V_3 \cdot \alpha_{53} + V_4 \cdot \alpha_{54}) \quad (5.28)$$

$$Q_{G5} - Q_{D5} \cdot V_5^6 = -B_{55} \cdot V_5^2 - V_5 \cdot (V_1 \cdot \beta_{51} + V_2 \cdot \beta_{52} + V_3 \cdot \beta_{53} + V_4 \cdot \beta_{54}) \quad (5.29)$$

Αντικαθιστώντας τις τιμές των $\alpha_{51}, \alpha_{52}, \alpha_{53}, \alpha_{54}, \beta_{51}, \beta_{52}, \beta_{53}, \beta_{54}$ στις (5.28) και (5.29), προκύπτουν οι τελικές εξισώσεις ροής φορτίου του ζυγού 5:

$$0 = 2,0605 \cdot V_5^{0,18} + 167,282 \cdot V_5^2 - V_5 \cdot [V_4 \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_5 - \delta_4) - 85,22 \cdot \sin(\delta_5 - \delta_4))] \quad (5.30)$$

$$0 = 1,51 \cdot V_5^6 + 85,22 \cdot V_5^2 - V_5 \cdot [V_4 \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_5 - \delta_4) + 85,22 \cdot \cos(\delta_5 - \delta_4))] \quad (5.31)$$

Αφού το σύστημα αποτελείται από 4 ζυγούς φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης \underline{x} αποτελείται από τις 8 μεταβλητές:

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} \delta \\ V \end{bmatrix}$$

όπου

$$\delta = [\delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5]^T$$

και

$$V = [V_2, V_3, V_4, V_5]^T.$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο ζυγός αναφοράς 1 έχει $\tilde{V}_1 = 1,0 \angle 0^\circ \alpha.μ.$ Για τη λύση του προβλήματος ροών φορτίου με 8 αγνώστους χρειάζονται 8 εξισώσεις που είναι οι εξισώσεις (5.18), (5.19), (5.22), (5.23), (5.26), (5.27), (5.30) και (5.31), οι οποίες μπορούν να γραφούν σε μητρική μορφή ως εξής:

$$\begin{bmatrix} \underline{f}_P(\underline{x}) \\ \underline{f}_Q(\underline{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{b}_P \\ \underline{b}_Q \end{bmatrix} \quad (5.32)$$

όπου

$$\underline{f}_P(\underline{x}) = \begin{bmatrix} f_{P2}(\underline{x}) \\ f_{P3}(\underline{x}) \\ f_{P4}(\underline{x}) \\ f_{P5}(\underline{x}) \end{bmatrix} \quad (5.33)$$

όπου

$$f_{P2}(\underline{x}) = 0,46 \cdot V_2^{0,18} + 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2) + V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))] \quad (5.34)$$

$$f_{P3}(\underline{x}) = 1,02 \cdot V_3^{0,92} + 303,4 \cdot V_3^2 - V_3 \cdot [V_2 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_2) - 65,87 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_2)) + V_4 \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_4) - 88,73 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_4))] \quad (5.35)$$

$$f_{P4}(\underline{x}) = 0,12 \cdot V_4^{1,51} + 341,47 \cdot V_4^2 - V_4 \cdot [V_3 \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_3) - 88,73 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_3)) + V_5 \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_5) + 85,22 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_5))] \quad (5.36)$$

$$f_{P5}(\underline{x}) = 2,0605 \cdot V_5^{0,18} + 167,282 \cdot V_5^2 - V_5 \cdot [V_4 \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_5 - \delta_4) - 85,22 \cdot \sin(\delta_5 - \delta_4))] \quad (5.37)$$

και

$$\underline{f}_Q(\underline{x}) = \begin{bmatrix} f_{Q2}(\underline{x}) \\ f_{Q3}(\underline{x}) \\ f_{Q4}(\underline{x}) \\ f_{Q5}(\underline{x}) \end{bmatrix}$$

όπου

$$f_{Q2}(\underline{x}) = 0,22 \cdot V_2^6 + 418,610 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [(691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2) + V_3 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3))] \quad (5.38)$$

$$f_{Q3}(\underline{x}) = 0,49 \cdot V_3^{4,04} + 154,61 \cdot V_3^2 - V_3 \cdot [V_2 \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_2) + 65,87 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_2)) + V_4 \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_4) + 88,73 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_4))] \quad (5.39)$$

$$f_{Q4}(\underline{x}) = 0,08 \cdot V_4^{3,4} + 173,96 \cdot V_4^2 - V_4 \cdot [V_3 \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_3) + 88,73 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_3)) + V_5 \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_4 - \delta_5) + 85,22 \cdot \cos(\delta_4 - \delta_5))] \quad (5.40)$$

$$f_{Q5}(\underline{x}) = 1,51 \cdot V_5^6 + 85,22 \cdot V_5^2 - V_5 \cdot [V_4 \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_5 - \delta_4) + 85,22 \cdot \cos(\delta_5 - \delta_4))] \quad (5.41)$$

όπου

$$\underline{b}_P = \begin{bmatrix} b_{p2} \\ b_{p3} \\ b_{p4} \\ b_{p5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.42)$$

και

$$\underline{b}_Q = \begin{bmatrix} b_{Q2} \\ b_{Q3} \\ b_{Q4} \\ b_{Q5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.43)$$

Με εφαρμογή της μεθόδου Newton-Raphson, η λύση της (5.32) υπολογίζεται από τη σχέση:

Τα στοιχεία της Ιακωβιανής μήτρας $\underline{J}(\underline{x}^{(i)})$ υπολογίζονται παραγωγίζοντας τις $f_{P2}(\underline{x})$, $f_{P3}(\underline{x})$, $f_{P4}(\underline{x})$, $f_{P5}(\underline{x})$, $f_{Q2}(\underline{x})$, $f_{Q3}(\underline{x})$, $f_{Q4}(\underline{x})$ και $f_{Q5}(\underline{x})$ ως προς δ_2 , δ_3 , δ_4 , δ_5 , V_2 , V_3 , V_4 και V_5 και κατόπιν θέτοντας στις παραγώγους $\underline{x} = \underline{x}^{(i)}$. Για παράδειγμα, υπολογίζεται η $\frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial \delta_2}$ και έπειτα θέτοντας $\underline{x} = \underline{x}^{(i)}$ υπολογίζεται η $\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(i)})}{\partial \delta_2}$.

Η $f_{P2}(\underline{x})$ ορίζεται στη σχέση (5.34), οπότε η $\frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial \delta_2}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial \delta_2} &= \frac{\partial}{\partial \delta_2} [0,46 \cdot V_2^{0,18} + 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2 \\ &\quad + V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))]] \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial \delta_2} &= 691,025 \cdot V_2 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot V_2 \cdot \cos \delta_2 + 129,30 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3) + \\ &\quad + 65,87 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) \end{aligned} \quad (5.47)$$

Η $\frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial V_2}$ υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial V_2} &= \frac{\partial}{\partial V_2} [0,46 \cdot V_2^{0,18} + 820,33 \cdot V_2^2 - V_2 \cdot [691,025 \cdot \cos \delta_2 - 352,73 \cdot \sin \delta_2 \\ &\quad + V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))]] \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x})}{\partial V_2} &= 0,0828 \cdot V_2^{-0,82} + 1640,66 \cdot V_2 - 691,025 \cdot \cos \delta_2 + 352,73 \cdot \sin \delta_2 \\ &\quad - V_3 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2 - \delta_3) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2 - \delta_3))] \end{aligned} \quad (5.48)$$

5.6.1 Αρχικές τιμές

Αρχικά το διάνυσμα κατάστασης $\underline{x}^{(0)}$ λαμβάνει τις εξής τιμές:

$$\underline{x}^{(0)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(0)} \\ \delta_3^{(0)} \\ \delta_4^{(0)} \\ \delta_5^{(0)} \\ V_2^{(0)} \\ V_3^{(0)} \\ V_4^{(0)} \\ V_5^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 1 \text{ α.μ.} \\ 1 \text{ α.μ.} \\ 1 \text{ α.μ.} \\ 1 \text{ α.μ.} \end{bmatrix} \quad (5.49)$$

Υπολογίζεται η $\underline{g}(\underline{x}^{(0)})$ με τη βοήθεια της (5.45):

$$\underline{g}(\underline{x}^{(0)}) = \begin{bmatrix} 0 - \{0,46 \cdot V_2^{(0)0,18} + 820,33 \cdot V_2^{(0)2} - V_2^{(0)} \cdot [691,025 \cdot \cos(\delta_2^{(0)}) - 352,73 \cdot \sin(\delta_2^{(0)}) + V_3^{(0)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)})]\} \\ 0 - \{1,02 \cdot V_3^{(0)0,92} + 303,4 \cdot V_3^{(0)2} - V_3^{(0)} \cdot [129,30 \cdot \cos(\delta_3^{(0)} - \delta_2^{(0)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_3^{(0)} - \delta_2^{(0)}) + V_4^{(0)} \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_3^{(0)} - \delta_4^{(0)}) - 88,73 \cdot \sin(\delta_3^{(0)} - \delta_4^{(0)})]\} \\ 0 - \{0,12 \cdot V_4^{(0)0,51} + 341,47 \cdot V_4^{(0)2} - V_4^{(0)} \cdot [174,18 \cdot \cos(\delta_4^{(0)} - \delta_3^{(0)}) - 88,73 \cdot \sin(\delta_4^{(0)} - \delta_3^{(0)}) + V_5^{(0)} \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_4^{(0)} - \delta_5^{(0)}) + 85,22 \cdot \sin(\delta_4^{(0)} - \delta_5^{(0)})]\} \\ 0 - \{2,0605 \cdot V_5^{(0)0,18} + 167,282 \cdot V_5^{(0)2} - V_5^{(0)} \cdot [167,282 \cdot \cos(\delta_5^{(0)} - \delta_4^{(0)}) - 85,22 \cdot \sin(\delta_5^{(0)} - \delta_4^{(0)})]\} \\ 0 - \{0,22 \cdot V_2^{(0)6} + 418,610 \cdot V_2^{(0)2} - V_2^{(0)} \cdot [(691,0257 \cdot \sin(\delta_2^{(0)})) + 352,73 \cdot \cos(\delta_2^{(0)})] + V_3^{(0)} \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)})]\} \\ 0 - \{0,49 \cdot V_3^{(0)4,04} + 154,61 \cdot V_3^{(0)2} - V_3^{(0)} \cdot [(129,30 \cdot \sin(\delta_3^{(0)} - \delta_2^{(0)}) + 65,87 \cdot \cos(\delta_3^{(0)} - \delta_2^{(0)})] + V_4^{(0)} \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_3^{(0)} - \delta_4^{(0)}) + 88,73 \cdot \cos(\delta_3^{(0)} - \delta_4^{(0)})]\} \\ 0 - \{0,08 \cdot V_4^{(0)3,4} + 173,96 \cdot V_4^{(0)2} - V_4^{(0)} \cdot [174,18 \cdot \sin(\delta_4^{(0)} - \delta_3^{(0)}) + 88,73 \cdot \cos(\delta_4^{(0)} - \delta_3^{(0)}) + V_5^{(0)} \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_4^{(0)} - \delta_5^{(0)}) + 85,22 \cdot \cos(\delta_4^{(0)} - \delta_5^{(0)})]\} \\ 0 - \{1,51 \cdot V_5^{(0)6} + 85,22 \cdot V_5^{(0)2} - V_5^{(0)} \cdot [167,282 \cdot \sin(\delta_5^{(0)} - \delta_4^{(0)}) + 85,22 \cdot \cos(\delta_5^{(0)} - \delta_4^{(0)})]\} \end{bmatrix} \quad (5.50)$$

όπου:

$$\begin{aligned} \underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(0)}) &= 0 - \{0,46 \cdot V_2^{(0)0,18} + 820,33 \cdot V_2^{(0)2} - V_2^{(0)} \cdot [691,025 \cos(\delta_2^{(0)}) - 352,73 \cdot \sin(\delta_2^{(0)}) + V_3^{(0)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)})]\} \Rightarrow \\ \underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(0)}) &= 0 - \{0,46 \cdot 1^{0,18} + 820,33 \cdot 1^2 - 1 \cdot [691,025 \cdot \cos(0) - 352,73 \cdot \sin(0) + 1 \cdot (129,30 \cdot \cos(0 - 0) - 65,87 \cdot \sin(0 - 0))]\} \Rightarrow \\ \underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(0)}) &= -0,466. \text{ Ομοίως υπολογίζονται τα υπόλοιπα στοιχεία του διανύσματος } \underline{g}(\underline{x}^{(0)}). \end{aligned}$$

$$\underline{g}(\underline{x}^{(0)}) = \begin{bmatrix} -0,466 \\ -1,02 \\ -0,12 \\ -2,0605 \\ -0,22 \\ -0,49 \\ -0,08 \\ -1,51 \end{bmatrix} \quad (5.51)$$

Με βάση την ακρίβεια σύγκλισης 0,001 που τέθηκε στα δεδομένα επίλυσης της ροής φορτίου, το μέτρο κάθε τιμής του διανύσματος $\underline{g}(\underline{x}^{(0)})$ θα πρέπει να είναι μικρότερο της τιμής 0,001. Από τη σχέση (5.51) παρατηρείται ότι δεν τηρείται η ακρίβεια σύγκλισης, αφού οι περισσότερες τιμές μέτρου του διανύσματος $\underline{g}(\underline{x}^{(0)})$ είναι μεγαλύτερες του 0,001. Άρα, το $\underline{x}^{(0)}$ δεν αποτελεί λύση του προβλήματος ροών φορτίου, οπότε θα απαιτηθούν κάποιες ανακυκλώσεις της μεθόδου Newton-Raphson.

5.6.2 Πρώτη ανακύκλωση της μεθόδου Newton-Raphson

Υπολογίζονται τα στοιχεία της Ιακωβιανής μήτρας $\underline{J}(\underline{x}^{(0)})$ με βάση τη σχέση (5.46). Έτσι για παράδειγμα το στοιχείο $\underline{J}_{(1,1)}(\underline{x}^{(0)})$ σύμφωνα με τη σχέση (5.47) υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial \delta_2} &= 691,025 \cdot V_2^{(0)} \cdot \sin(\delta_2^{(0)}) + 352,73 \cdot V_2^{(0)} \cdot \cos(\delta_2^{(0)}) + 129,30 \cdot V_2^{(0)} \cdot V_3^{(0)} \cdot \sin(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) + \\ &+ 65,87 \cdot V_2^{(0)} \cdot V_3^{(0)} \cdot \cos(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial \delta_2} = 691,025 \cdot 1 \cdot \sin(0) + 352,73 \cdot 1 \cdot \cos(0) + 129,30 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \sin(0) + 65,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \cos(0) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial \delta_2} = 418,61.$$

Και το στοιχείο $J_{(1,5)}(\underline{x}^{(0)})$ σύμφωνα με τη σχέση (5.48) υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial V_2} = 0,0828 \cdot V_2^{(0)-0,82} + 1640,66 \cdot V_2^{(0)} - 691,025 \cdot \cos \delta_2^{(0)} + 352,73 \cdot \sin \delta_2^{(0)} - V_3^{(0)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2^{(0)} - \delta_3^{(0)})) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial V_2} = 0,0828 \cdot 1^{-0,82} + 1640,66 \cdot 1 - 691,025 \cdot \cos 0 + 352,73 \cdot \sin 0 - 1 \cdot (129,30 \cdot \cos 0 - 65,87 \cdot \sin 0) \Rightarrow$$

$$\frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(0)})}{\partial V_2} = 949,7178.$$

Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζονται οι τιμές των υπόλοιπων 63 στοιχείων της Ιακωβιανής μήτρας $J(\underline{x}^{(i)})$ για $i=0$:

$$J(\underline{x}^{(0)}) = \begin{bmatrix} 418,61 & -65,87 & 0 & 0 & 820,33 & -129,31 & 0 & 0 \\ -65,87 & 154,61 & -88,74 & 0 & -129,31 & 303,50 & -174,19 & 0 \\ 0 & -88,74 & 173,96 & -85,23 & 0 & -174,19 & 341,47 & -167,28 \\ 0 & 0 & -85,23 & 85,23 & 0 & 0 & -167,28 & 167,28 \\ -820,33 & 129,31 & 0 & 0 & 418,61 & -65,87 & 0 & 0 \\ 129,31 & -303,5 & 174,19 & 0 & -65,87 & 154,61 & -88,74 & 0 \\ 0 & 174,19 & -341,47 & 167,28 & 0 & -88,74 & 173,96 & -85,23 \\ 0 & 0 & 167,28 & -167,28 & 0 & 0 & -85,23 & 85,23 \end{bmatrix} \quad (5.52)$$

Για να υπολογιστεί μια επόμενη προσέγγιση $\underline{x}^{(i+1)}$ του διανύσματος \underline{x} , με τη χρήση της σχέσης (5.44), πρέπει να αντιστραφεί η Ιακωβιανή μήτρα:

$$[J(\underline{x}^{(0)})]^{-1} = \begin{bmatrix} 418,61 & -65,87 & 0 & 0 & 820,33 & -129,31 & 0 & 0 \\ -65,87 & 154,61 & -88,74 & 0 & -129,31 & 303,50 & -174,19 & 0 \\ 0 & -88,74 & 173,96 & -85,23 & 0 & -174,19 & 341,47 & -167,28 \\ 0 & 0 & -85,23 & 85,23 & 0 & 0 & -167,28 & 167,28 \\ -820,33 & 129,31 & 0 & 0 & 418,61 & -65,87 & 0 & 0 \\ 129,31 & -303,5 & 174,19 & 0 & -65,87 & 154,61 & -88,74 & 0 \\ 0 & 174,19 & -341,47 & 167,28 & 0 & -88,74 & 173,96 & -85,23 \\ 0 & 0 & 167,28 & -167,28 & 0 & 0 & -85,23 & 85,23 \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\Rightarrow [J(\underline{x}^{(0)})]^{-1} = \begin{bmatrix} 0000586 & 0000586 & 0000586 & 0000586 & -000115 & -000115 & -000115 & -000115 \\ 0000586 & 0003714 & 0003714 & 0003714 & -000115 & -000729 & -000729 & -000729 \\ 0000586 & 0003714 & 0006036 & 0006036 & -000115 & -000729 & -001185 & -001185 \\ 0000586 & 0003714 & 0006036 & 0008454 & -000115 & -000729 & -001185 & -001659 \\ 0001148 & 0001148 & 0001148 & 0001148 & 0000586 & 0000586 & 0000586 & 0000586 \\ 0001148 & 0007288 & 0007288 & 0007288 & 0000586 & 0003714 & 0003714 & 0003714 \\ 0001148 & 0007288 & 0011846 & 0011846 & 0000586 & 0003714 & 0006036 & 0006036 \\ 0001148 & 0007288 & 0011846 & 0016592 & 0000586 & 0003714 & 0006036 & 000845 \end{bmatrix} \quad (5.53)$$

Υπολογίζεται μία επόμενη προσέγγιση $\underline{x}^{(i+1)}$ του διανύσματος \underline{x} , με τη χρήση της σχέσης (5.44) και (5.53):

$$\underline{x}^{(1)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(0)} \\ \delta_3^{(0)} \\ \delta_4^{(0)} \\ \delta_5^{(0)} \\ V_2^{(0)} \\ V_3^{(0)} \\ V_4^{(0)} \\ V_5^{(0)} \end{bmatrix} + [J(\underline{x}^{(0)})]^{-1} \cdot \underline{g}(\underline{x}^{(0)}) \quad (5.54)$$

$$\underline{x}^{(1)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 0 \text{ rad} \\ 1 \alpha.\mu. \\ 1 \alpha.\mu. \\ 1 \alpha.\mu. \\ 1 \alpha.\mu. \end{bmatrix} + [J(\underline{x}^{(0)})]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -0,466 \\ -1,02 \\ -0,12 \\ -2,0605 \\ -0,22 \\ -0,49 \\ -0,08 \\ -1,51 \end{bmatrix} \Rightarrow$$

$$\underline{x}^{(1)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00049 \text{ rad} \\ 0,00323867 \text{ rad} \\ 0,00541 \text{ rad} \\ 0,007585 \text{ rad} \\ 0,994445 \alpha.\mu. \\ 0,968259 \alpha.\mu. \\ 0,954609 \alpha.\mu. \\ 0,94115696 \alpha.\mu. \end{bmatrix} \quad (5.55)$$

Ελέγχεται αν ικανοποιείται η ακρίβεια σύγκλισης που τέθηκε στα δεδομένα επίλυσης της ροής φορτίου. Η τιμή για την ακρίβεια σύγκλισης που τέθηκε είναι 0,001:

$$\underline{x}^{(1)} - \underline{x}^{(0)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \delta_2^{(0)} \\ \delta_3^{(0)} \\ \delta_4^{(0)} \\ \delta_5^{(0)} \\ V_2^{(0)} \\ V_3^{(0)} \\ V_4^{(0)} \\ V_5^{(0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00049 \\ 0,003238 \\ 0,00541 \\ 0,007585 \\ -0,005555 \\ -0,031740 \\ -0,045391 \\ -0,05884304 \end{bmatrix} \quad (5.56)$$

Παρατηρείται από τη διαφορά των διανυσμάτων $\underline{x}^{(1)} - \underline{x}^{(0)}$, της σχέσης (5.56), ότι το κριτήριο σύγκλισης που τέθηκε δεν ικανοποιείται για αρκετές τιμές του διανύσματος διαφοράς. Επομένως θέτοντας $i=i+1$, δηλαδή $i=1$ εκτελείται η δεύτερη ανακύκλωση της μεθόδου.

5.6.3 Δεύτερη ανακύκλωση της μεθόδου Newton-Raphson

Υπολογίζεται η $\underline{g}(\underline{x}^{(1)})$ με τη βοήθεια της σχέσης (5.45):

$$\underline{g}(\underline{x}^{(1)}) = \begin{bmatrix} 0 - \{0,46 \cdot V_2^{(1)0,18} + 820,33 \cdot V_2^{(1)2} - V_2^{(1)} \cdot [691,025 \cdot \cos(\delta_2^{(1)}) - 352,73 \cdot \sin(\delta_2^{(1)}) + V_3^{(1)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}))]\} \\ 0 - \{1,02 \cdot V_3^{(1)0,92} + 303,4 \cdot V_3^{(1)2} - V_3^{(1)} \cdot [V_2^{(1)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_3^{(1)} - \delta_2^{(1)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_3^{(1)} - \delta_2^{(1)})) + V_4^{(1)} \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_3^{(1)} - \delta_4^{(1)}) - 88,73 \cdot \sin(\delta_3^{(1)} - \delta_4^{(1)}))]\} \\ 0 - \{0,12 \cdot V_4^{(1)1,51} + 341,47 \cdot V_4^{(1)2} - V_4^{(1)} \cdot [V_3^{(1)} \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_4^{(1)} - \delta_3^{(1)}) - 88,73 \cdot \sin(\delta_4^{(1)} - \delta_3^{(1)})) + V_5^{(1)} \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_4^{(1)} - \delta_5^{(1)}) + 85,22 \cdot \sin(\delta_4^{(1)} - \delta_5^{(1)}))]\} \\ 0 - \{2,0605 \cdot V_5^{(1)0,18} + 167,282 \cdot V_5^{(1)2} - V_5^{(1)} \cdot [V_4^{(1)} \cdot (167,282 \cdot \cos(\delta_5^{(1)} - \delta_4^{(1)}) - 85,22 \cdot \sin(\delta_5^{(1)} - \delta_4^{(1)}))]\} \\ 0 - \{0,22 \cdot V_2^{(1)6} + 418,610 \cdot V_2^{(1)2} - V_2^{(1)} \cdot [(691,0257 \cdot \sin(\delta_2^{(1)})) + 352,73 \cdot \cos(\delta_2^{(1)})] + V_3^{(1)} \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}) + 65,87 \cdot \cos(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}))\} \\ 0 - \{0,49 \cdot V_3^{(1)4,04} + 154,61 \cdot V_3^{(1)2} - V_3^{(1)} \cdot [V_2^{(1)} \cdot (129,30 \cdot \sin(\delta_3^{(1)} - \delta_2^{(1)}) + 65,87 \cdot \cos(\delta_3^{(1)} - \delta_2^{(1)})) + V_4^{(1)} \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_3^{(1)} - \delta_4^{(1)}) + 88,73 \cdot \cos(\delta_3^{(1)} - \delta_4^{(1)}))]\} \\ 0 - \{0,08 \cdot V_4^{(1)3,4} + 173,96 \cdot V_4^{(1)2} - V_4^{(1)} \cdot [V_3^{(1)} \cdot (174,18 \cdot \sin(\delta_4^{(1)} - \delta_3^{(1)}) + 88,73 \cdot \cos(\delta_4^{(1)} - \delta_3^{(1)})) + V_5^{(1)} \cdot (167,282 \cdot \sin(\delta_4^{(1)} - \delta_5^{(1)}) + 85,22 \cdot \cos(\delta_4^{(1)} - \delta_5^{(1)}))]\} \\ 0 - \{1,51 \cdot V_5^{(1)6} + 85,22 \cdot V_5^{(1)2} - V_5^{(1)} \cdot [V_4^{(1)} \cdot 167,282 \cdot \sin(\delta_5^{(1)} - \delta_4^{(1)}) + 85,22 \cdot \cos(\delta_5^{(1)} - \delta_4^{(1)})]\} \end{bmatrix} \Rightarrow \underline{g}(\underline{x}^{(1)}) = \begin{bmatrix} -0,0137 \\ 0,0617457 \\ -0,34343463 \\ -0,087132 \\ 0,0068871 \\ 0,051 \\ 0,006728 \\ 0,3562 \end{bmatrix} \quad (5.57)$$

όπου για παράδειγμα η τιμή $\underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(1)})$ υπολογίστηκε ως ακολούθως:

$$\begin{aligned} \underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(1)}) &= 0 - \{0,46 \cdot (0,994445)^{0,18} + 820,33 \cdot (0,994445)^2 - 0,99445 \cdot [691,025 \cdot \cos(0,00049) \\ &- 352,73 \cdot \sin(0,00049) + 0,968259 \cdot (129,30 \cdot \cos(0,00049 - 0,00323867) - 65,87 \cdot \sin(0,00049 - 0,00323867))]\} \Rightarrow \\ \underline{g}_{(1)}(\underline{x}^{(1)}) &= -0,0137. \end{aligned}$$

Με βάση την ακρίβεια σύγκλισης 0,001 που τέθηκε στα δεδομένα επίλυσης της ροής φορτίου, το μέτρο κάθε τιμής του διανύσματος $\underline{g}(\underline{x}^{(1)})$ θα πρέπει να είναι μικρότερο της

τιμής 0,001. Από τη σχέση (5.57) παρατηρείται ότι δεν τηρείται η ακρίβεια σύγκλισης, αφού οι περισσότερες τιμές μέτρου του διανύσματος $\underline{g}(\underline{x}^{(1)})$ είναι μεγαλύτερες του 0,001. Άρα, το $\underline{x}^{(1)}$ δεν αποτελεί λύση του προβλήματος ροών φορτίου, οπότε θα απαιτηθεί τουλάχιστον ακόμα μία ανακύκλωση της μεθόδου Newton-Raphson.

Υπολογίζονται τα στοιχεία της Ιακωβιανής μήτρας $\underline{J}(\underline{x}^{(1)})$ με βάση τη σχέση (5.46). Έτσι για παράδειγμα το στοιχείο $\underline{J}_{(1,1)}(\underline{x}^{(1)})$ σύμφωνα με τη σχέση (5.47) υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial \delta_2} &= 691,025 \cdot V_2^{(1)} \cdot \sin(\delta_2^{(1)}) + 352,73 \cdot V_2^{(1)} \cdot \cos(\delta_2^{(1)}) + 129,30 \cdot V_2^{(1)} \cdot V_3^{(1)} \cdot \sin(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}) + \\ &+ 65,87 \cdot V_2^{(1)} \cdot V_3^{(1)} \cdot \cos(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}) \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial \delta_2} &= 691,025 \cdot 0,994445 \cdot \sin(0,00049) + 352,73 \cdot 0,994445 \cdot \cos(0,00049) + 129,30 \cdot 0,994445 \\ &\cdot 0,968259 \cdot \sin(0,00049 - 0,00323867) + 65,87 \cdot 0,994445 \cdot 0,968259 \cdot \cos(0,00049 - 0,00323867) \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial \delta_2} &= 414,20. \end{aligned}$$

Και το στοιχείο $\underline{J}_{(1,5)}(\underline{x}^{(1)})$ σύμφωνα με τη σχέση (5.48) υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial V_2} &= 0,0828 \cdot V_2^{(1)-0,82} + 1640,66 \cdot V_2^{(1)} - 691,025 \cdot \cos \delta_2^{(1)} + 352,73 \cdot \sin \delta_2^{(1)} \\ &- V_3^{(1)} \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)}) - 65,87 \cdot \sin(\delta_2^{(1)} - \delta_3^{(1)})) \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial V_2} &= 0,0828 \cdot (0,994445)^{-0,82} + 1640,66 \cdot 0,994445 - 691,025 \cdot \cos(0,00049) + 352,73 \cdot \sin(0,00049) \\ &- 0,968259 \cdot (129,30 \cdot \cos(0,00049 - 0,00323867) - 65,87 \cdot \sin(0,00049 - 0,00323867)) \Rightarrow \\ \frac{\partial f_{P2}(\underline{x}^{(1)})}{\partial V_2} &= 1066,079. \end{aligned}$$

Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται τα υπόλοιπα στοιχεία της Ιακωβιανής μήτρας:

$$\underline{J}(\underline{x}^{(1)}) = \begin{bmatrix} 414,20 & -63,09 & 0 & 0 & 815,32 & -128,77 & 0 & 0 \\ -63,77 & 145,44 & -81,67 & 0 & -125,03 & 292,85 & -168,85 & 0 \\ 0 & -82,37 & 158,62 & -76,24 & 0 & -166,10 & 325,86 & -159,87 \\ 0 & 0 & -76,90 & 76,90 & 0 & 0 & -157,26 & 155,37 \\ -811,69 & 124,68 & 0 & 0 & 416,05 & -65,16 & 0 & 0 \\ 124,33 & -285,51 & 161,18 & 0 & -64,13 & 149,20 & -85,55 & 0 \\ 0 & 160,83 & -311,28 & 150,46 & 0 & -85,07 & 165,98 & -81,01 \\ 0 & 0 & 150,13 & -150,13 & 0 & 0 & -80,55 & 78,72 \end{bmatrix} \quad (5.58)$$

Για να υπολογιστεί η επόμενη προσέγγιση $\underline{x}^{(i+1)}$ του διανύσματος \underline{x} , με τη βοήθεια της σχέσης (5.44) θα πρέπει να αντιστραφεί η Ιακωβιανή μήτρα:

$$\begin{aligned}
 [J(\underline{x}^{(1)})]^{-1} &= \begin{bmatrix} 414,20 & -63,09 & 0 & 0 & 815,32 & -128,77 & 0 & 0 \\ -63,77 & 145,44 & -81,67 & 0 & -125,03 & 292,85 & -168,85 & 0 \\ 0 & -82,37 & 158,62 & -76,24 & 0 & -166,10 & 325,86 & -159,87 \\ 0 & 0 & -76,90 & 76,90 & 0 & 0 & -157,26 & 155,37 \\ -811,69 & 124,68 & 0 & 0 & 416,05 & -65,16 & 0 & 0 \\ 124,33 & -285,51 & 161,18 & 0 & -64,13 & 149,20 & -85,55 & 0 \\ 0 & 160,83 & -311,28 & 150,46 & 0 & -85,07 & 165,98 & -81,01 \\ 0 & 0 & 150,13 & -150,13 & 0 & 0 & -80,55 & 78,72 \end{bmatrix}^{-1} \Rightarrow \\
 [J(\underline{x}^{(1)})]^{-1} &= \begin{bmatrix} 0,000588 & 0,000588 & 0,000588 & 0,000588 & -0,00115 & -0,00115 & -0,00115 & -0,00115 \\ 0,000579 & 0,003795 & 0,003794 & 0,003793 & -0,00116 & -0,00753 & -0,00753 & -0,00753 \\ 0,000574 & 0,003759 & 0,006247 & 0,006245 & -0,00116 & -0,00755 & -0,01247 & -0,01247 \\ 0,000568 & 0,003723 & 0,006188 & 0,008851 & -0,00116 & -0,00757 & -0,0125 & -0,01776 \\ 0,00116 & 0,001217 & 0,00125 & 0,001284 & 0,000593 & 0,000633 & 0,000657 & 0,000681 \\ 0,001191 & 0,007735 & 0,007945 & 0,008158 & 0,000609 & 0,003984 & 0,004134 & 0,004287 \\ 0,001209 & 0,00785 & 0,012893 & 0,013238 & 0,000618 & 0,004043 & 0,006669 & 0,006917 \\ 0,001227 & 0,007964 & 0,013079 & 0,018528 & 0,000627 & 0,004102 & 0,006766 & 0,009629 \end{bmatrix} \quad (5.59)
 \end{aligned}$$

Στη συνέχεια, υπολογίζεται η επόμενη προσέγγιση $\underline{x}^{(i+1)}$ του διανύσματος \underline{x} , με τη βοήθεια της σχέσης (5.44) και (5.59):

$$\begin{aligned}
 \underline{x}^{(2)} &= \begin{bmatrix} \delta_2^{(2)} \\ \delta_3^{(2)} \\ \delta_4^{(2)} \\ \delta_5^{(2)} \\ V_2^{(2)} \\ V_3^{(2)} \\ V_4^{(2)} \\ V_5^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} + [J(\underline{x}^{(1)})]^{-1} \cdot \underline{g}(\underline{x}^{(1)}) \Rightarrow \\
 \underline{x}^{(2)} &= \begin{bmatrix} \delta_2^{(2)} \\ \delta_3^{(2)} \\ \delta_4^{(2)} \\ \delta_5^{(2)} \\ V_2^{(2)} \\ V_3^{(2)} \\ V_4^{(2)} \\ V_5^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00049 \\ 0,00323867 \\ 0,00541 \\ 0,007585 \\ 0,994445 \\ 0,968259 \\ 0,954609 \\ 0,94115696 \end{bmatrix} + [J(\underline{x}^{(1)})]^{-1} \cdot \begin{bmatrix} -0,0137 \\ 0,0617457 \\ -0,34343463 \\ -0,087132 \\ 0,0068871 \\ 0,051 \\ 0,006728 \\ 0,3562 \end{bmatrix} \Rightarrow
 \end{aligned}$$

$$\underline{x}^{(2)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(2)} \\ \delta_3^{(2)} \\ \delta_4^{(2)} \\ \delta_5^{(2)} \\ V_2^{(2)} \\ V_3^{(2)} \\ V_4^{(2)} \\ V_5^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -9.16E-05 \text{ rad} \\ -0,00044 \text{ rad} \\ -0,00034 \text{ rad} \\ -0,00030 \text{ rad} \\ 0,99460 \text{ α.μ.} \\ 0,969237 \text{ α.μ.} \\ 0,95609 \text{ α.μ.} \\ 0,9431 \text{ α.μ.} \end{bmatrix} \quad (5.60)$$

Στο σημείο αυτό, ελέγχεται αν ικανοποιείται το κριτήριο σύγκλισης που τέθηκε στα δεδομένα επίλυσης της ροής φορτίου. Η τιμή ακρίβειας σύγκλισης που τέθηκε είναι 0,001:

$$\underline{x}^{(2)} - \underline{x}^{(1)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(2)} \\ \delta_3^{(2)} \\ \delta_4^{(2)} \\ \delta_5^{(2)} \\ V_2^{(2)} \\ V_3^{(2)} \\ V_4^{(2)} \\ V_5^{(2)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \delta_2^{(1)} \\ \delta_3^{(1)} \\ \delta_4^{(1)} \\ \delta_5^{(1)} \\ V_2^{(1)} \\ V_3^{(1)} \\ V_4^{(1)} \\ V_5^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,00058 \\ -0,003678 \\ -0,005758 \\ -0,00789 \\ 0,000156 \\ 0,00097 \\ 0,001481 \\ 0,001967 \end{bmatrix} \quad (5.61)$$

Από το διάνυσμα της διαφοράς $\underline{x}^{(2)} - \underline{x}^{(1)}$ των καταστάσεων $\underline{x}^{(2)}$ και $\underline{x}^{(1)}$, της σχέσης (5.61), παρατηρείται ότι δεν ικανοποιείται το κριτήριο σύγκλισης, το οποίο τέθηκε για το πρόβλημα επίλυσης της ροής φορτίου, δηλαδή το μέτρο των τιμών του διανύσματος διαφοράς των καταστάσεων $\underline{x}^{(2)} - \underline{x}^{(1)}$ έχει τιμές μεγαλύτερες του 0,001. Το γεγονός αυτό συνεπάγει ότι απαιτείται τουλάχιστον ακόμη μία επανάληψη.

5.6.4 Τελική λύση

Η ολοκλήρωση της μεθόδου Newton-Raphson πραγματοποιείται έπειτα από πέντε επαναλήψεις της διαδικασίας, ώστε να ικανοποιείται το κριτήριο σύγκλισης που τέθηκε αρχικά στο πρόβλημα επίλυσης των ροών φορτίου και το διάνυσμα κατάστασης που τελικά προκύπτει είναι:

$$\underline{x}^{(5)} = \begin{bmatrix} \delta_2^{(5)} \\ \delta_3^{(5)} \\ \delta_4^{(5)} \\ \delta_5^{(5)} \\ V_2^{(5)} \\ V_3^{(5)} \\ V_4^{(5)} \\ V_5^{(5)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -7,62 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ -0,00033 \text{ rad} \\ -0,00018 \text{ rad} \\ -7,2 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 0,9945 \text{ α.μ.} \\ 0,9691 \text{ α.μ.} \\ 0,95595 \text{ α.μ.} \\ 0,94294 \text{ α.μ.} \end{bmatrix} \quad (5.62)$$

Μετά τον υπολογισμό του μέτρου και της γωνίας των τάσεων των ζυγών φορτίων υπολογίζεται η ενεργός και η άεργος ισχύς παραγωγής για το ζυγό ταλάντωσης (ζυγός 1) με τη βοήθεια των σχέσεων (5.12) και (5.13):

$$\begin{aligned} (5.12) \Rightarrow P_{G1} &= 691,025 - V_2 \cdot (691,025 \cdot \cos \delta_2 + 352,73 \cdot \sin \delta_2) \Rightarrow \\ P_{G1} &= 691,025 - 0,9945 \cdot (691,025 \cdot \cos(\frac{7,62 \cdot 10^{-5} \cdot 180}{\pi}) + 352,73 \cdot \sin(\frac{7,62 \cdot 10^{-5} \cdot 180}{\pi})) \Rightarrow \\ P_{G1} &= 3,76581 \text{ α.μ.} = 376,581 \text{ MW} \text{ (αφού η βάση ισχύος είναι 100 MVA)}. \end{aligned} \quad (5.63)$$

$$\begin{aligned} (5.13) \Rightarrow Q_{G1} &= 352,73 - V_2 \cdot (-691,025 \cdot \sin \delta_2 + 352,73 \cdot \cos \delta_2) \Rightarrow \\ Q_{G1} &= 352,73 - 0,9945 \cdot (-691,025 \cdot \sin(\frac{7,62 \cdot 10^{-5} \cdot 180}{\pi}) + 352,73 \cdot \cos(\frac{7,62 \cdot 10^{-5} \cdot 180}{\pi})) \Rightarrow \\ Q_{G1} &= 1,8574 \text{ α.μ.} = 185,74 \text{ MW} \text{ (αφού η βάση ισχύος είναι 100 MVA)}. \end{aligned} \quad (5.64)$$

Συνεπώς η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1, από τις σχέσεις (5.63) και (5.64), είναι:

$$\tilde{S}_{G1} = P_{G1} + jQ_{G1} = 376,581 + j185,74 \text{ MVA} \quad (5.65)$$

Οι ροές ισχύος των γραμμών μεταφοράς υπολογίζονται από τη σχέση:

$$S_{ij} = V_i \cdot I_{ij}^* = |V_i|^2 \cdot Y_{ij}^* - V_i \cdot V_j^* \cdot Y_{ij}^* \quad (5.66)$$

όπου S_{ij} η μιγαδική ισχύς που ρέει στη γραμμή που ενώνει το ζυγό i με το ζυγό j του δικτύου, V_i , V_j οι τάσεις των ζυγών i και j αντίστοιχα και Y_{ij}^* η συζυγής τιμή του στοιχείου (i,j) της μήτρας αγωγιμοτήτων.

Με τη χρήση των σχέσεων (5.66), (5.62) και (5.11), συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.5.

Πίνακας 5.5: Ροές ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Ροή ισχύος ανά γραμμή S_{ij} (MVA)
1	1	2	$376,85 + j185,76$
1	2	1	$-374,82 - j184,72$

Πίνακας 5.5: Ροές ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου (συνέχεια).

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Ροή ισχύος ανά γραμμή S_{ij} (MVA)
2	2	3	$328,8 + j163,4$
2	3	2	$-320,5 - j159,1$
3	3	4	$221,4 + j115,9$
3	4	3	$-218,36 - j114,45$
4	4	5	$207,15 + j107,5$
4	5	4	$-204,3 - j106,14$

Στον Πίνακα 5.5, για παράδειγμα τα στοιχεία S_{12} και S_{21} υπολογίστηκαν ως εξής:

$$S_{12} = |V_1|^2 \cdot Y_{12}^* - V_1 \cdot V_2^* \cdot Y_{12}^* = 1 \cdot (691,02 + j352,73) - 1 \cdot (0,994 + j7,583 \cdot 10^{-5}) \cdot (691,02 + j352,73) \Rightarrow$$

$$S_{12} = 376,85 + j185,76 \text{ MVA}$$

$$S_{21} = |V_2|^2 \cdot Y_{21}^* - V_2 \cdot V_1^* \cdot Y_{21}^* = 0,9946^2 \cdot (691,02 + j352,73) - 1 \cdot (0,994 - j7,583 \cdot 10^{-5}) \cdot (691,02 + j352,73) \Rightarrow$$

$$S_{21} = -374,82 - j184,72 \text{ MVA.}$$

Με αντίστοιχο τρόπο υπολογίζονται και τα υπόλοιπα στοιχεία του Πίνακα 5.5.

Ο υπολογισμός των απωλειών ισχύος για την κάθε γραμμή γίνεται από τη σχέση:

$$S_{l-ij} = S_{ij} + S_{ji} \quad (5.67)$$

όπου S_{l-ij} οι απώλειες ισχύος της γραμμής που ενώνει το ζυγό i με το ζυγό j του δικτύου και S_{ij} και S_{ji} η ροή ισχύος της γραμμής που ενώνει το ζυγό i με το ζυγό j του δικτύου και η ροή ισχύος της γραμμής που ενώνει το ζυγό j με το ζυγό i του δικτύου, αντίστοιχα.

Με βάση τις ροές ισχύος των γραμμών, που υπολογίστηκαν στον Πίνακα 5.5, και τη σχέση (5.67) προκύπτει ο Πίνακας 5.6.

Πίνακας 5.6: Απώλειες ισχύος γραμμών μεταφοράς του δικτύου.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Ροή ισχύος ανά γραμμή S_{l-ij} (α.μ.)
1	1	2	$2,03 + j1,03$
2	2	3	$8,37 + j4,26$
3	3	4	$3,03 + j1,54$
4	4	5	$2,83 + j1,44$
Συνολικές απώλειες δικτύου $S_l = \sum_{i=1}^j S_{l-ij}$			$16,26 + j8,29$

Άρα οι συνολικές απώλειες ισχύος στο δίκτυο πριν την τοποθέτηση της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι:

$$\bar{S}_L = P_L + jQ_L = 16,26 + j8,29 \text{ α.μ.} \quad (5.68)$$

5.7 ΕΠΙΛΥΣΗ ΜΕ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥΣ

5.7.1 Αρχικοποίηση γενετικού αλγορίθμου

Ο αρχικός πληθυσμός επιλέγεται με γνώμονα να τροφοδοτεί ένα ικανοποιητικό αριθμό λύσεων. Ο σκοπός αυτός έχει να κάνει με το γεγονός ότι πολλές καταστάσεις είναι μη εφικτές όπως θα εξηγηθεί και στη συνέχεια. Οπότε για να μην οδηγηθεί η λύση σε μη ελάχιστο από την αρχή, η επιλογή γίνεται για ένα μεγάλο σύνολο διανυσμάτων. Τα διανύσματα αυτά κωδικοποιούνται στην συγκεκριμένη εφαρμογή με 8 δυαδικά ψηφία (bits) ισόποσα, δηλαδή κάθε μια από τις 2 παραμέτρους, οι οποίες είναι η θέση του ζυγού τοποθέτησης της ΜΔΠ και η ονομαστική ισχύς αυτής σε MW, κωδικοποιείται με 4 δυαδικά ψηφία (bits). Επειδή το μέγεθος του προβλήματος είναι περιορισμένο, η κωδικοποίηση θα μπορούσε να μην είναι ισόποση, αλλά σε μεγαλύτερες εφαρμογές η ισόποση επιλογή των παραμέτρων ενδείκνυται. Όσον αφορά την κωδικοποίηση υπάρχουν δυο τύποι μεταβλητών: η μια λαμβάνει ακέραια τιμή και η άλλη συνεχή τιμή.

5.7.2 Κωδικοποίηση

5.7.2.1 Κωδικοποίηση θέσης ΜΔΠ

Η τιμή που λαμβάνει η μεταβλητή αυτή είναι ακέραια και για το λόγο αυτό εφαρμόζεται η ακέραια κωδικοποίηση. Αφού η κωδικοποίηση της μεταβλητής αυτής γίνεται με 4 δυαδικά ψηφία (bits), προκύπτουν 16 δυνατές διακριτές καταστάσεις, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7: Κωδικοποίηση θέσης ΜΔΠ.

Κωδικοποίηση	Αντιστοιχία Ζυγού
0000	Μη εφικτή
0001	2
0010	3
0011	4
0100	5
0101	Μη εφικτή
0110	Μη εφικτή
0111	Μη εφικτή
1000	Μη εφικτή
1001	Μη εφικτή
1010	Μη εφικτή
1011	Μη εφικτή
1100	Μη εφικτή
1101	Μη εφικτή
1110	Μη εφικτή
1111	Μη εφικτή

Όπως αναφέρθηκε, η κωδικοποίηση της θέσης θα μπορούσε να γίνει και με 2 δυαδικά ψηφία (bits), αλλά επειδή τα δίκτυα που εξετάζονται στη συνέχεια έχουν περισσότερους ζυγούς τότε η κωδικοποίηση απαιτεί την παρουσία περισσότερων δυαδικών ψηφίων (bits).

5.7.2.2 Κωδικοποίηση μεγέθους ΜΔΠ

Η επιλογή του πλήθους των χρωμοσωμάτων έχει να κάνει και με την όσο το δυνατόν ακριβέστερη αποτύπωση του διαστήματος των συνεχών μεταβλητών για τη μεταβλητή του μεγέθους ονομαστικής ισχύος της γεννήτριας. Αρχικά ορίζονται τα όρια του μεγέθους αυτής που είναι το διάστημα $[0, 0,63]$, όπου το άνω όριο του διαστήματος αυτού είναι η ανά μονάδα μέγιστη ισχύς της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής (63 MW σε βάση ισχύος 100 MVA). Όσον αφορά την κωδικοποίηση, η μεγαλύτερη τιμή που μπορεί να ληφθεί είναι ίση με:

$$p^{\max} = 1 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 15.$$

Η μικρότερη τιμή που μπορεί να αποτυπωθεί με τα 4 δυαδικά ψηφία (bits) είναι:

$$p^{\min} = 0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 0.$$

Ο αρχικός πληθυσμός των 16 χρωμοσωμάτων επιλέγεται τυχαία. Αυτά τα δυαδικά χρωμοσώματα παρουσιάζονται στην δεύτερη στήλη του Πίνακα 5.11. Για παράδειγμα, το πρώτο χρωμόσωμα του Πίνακα 5.11 είναι η ακολουθία δυαδικών:

$$(00011000)_{(2)}$$

που αντιστοιχεί:

$$X_1^d = 0001 = 0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 1, \text{ άρα θέση ζυγού 2.}$$

$$X_2^d = 1000 = 1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 8.$$

Η κωδικοποίηση της δεύτερης μεταβλητής η οποία είναι συνεχής γίνεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$x_1 = x^{\min} + (x_1^d - p^{\min}) \cdot \frac{x^{\max} - x^{\min}}{p^{\max} - p^{\min}} \Rightarrow x_1 = 0 + (8 - 0) \cdot \frac{0,63 + 0}{16 - 0} = 0,315$$

άρα το χρωμόσωμα $(00011000)_{(2)}$ σημαίνει εγκατάσταση μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής 31,5 MW στο ζυγό 2 του δικτύου.

5.7.3 Δημιουργία αρχικού πληθυσμού

Ο Πίνακας 5.11 παρουσιάζει τον αρχικό πληθυσμό που δημιουργείται από μία γεννήτρια τυχαίων αριθμών. Για να υπολογιστεί η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για κάθε χρωμόσωμα, επιλύεται το πρόβλημα της ροής φορτίου.

Έτσι π.χ. για το τελευταίο χρωμόσωμα του Πίνακα 5.11 με κωδικό 16, δηλαδή για εγκατάσταση μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής 54 MW στο ζυγό 3 του δικτύου, ισχύουν οι επτά εξισώσεις ροής φορτίου (5.18), (5.19), (5.23), (5.26), (5.27), (5.30) και (5.31). Η όγδοη εξίσωση ροής φορτίου, δηλαδή η εξίσωση ενεργού ισχύος του ζυγού 3 τροποποιείται ως ακολούθως:

Με τροποποίηση της σχέσης (5.22) προκύπτει η όγδοη εξίσωση ροής φορτίου, δηλαδή η εξίσωση ενεργού ισχύος του ζυγού 3, όπου προστίθεται η ΜΔΠ των 0,54 α.μ.:

$$0,54 = 1,02 \cdot V_3^{0,92} + 303,4 \cdot V_3^2 - V_3 \cdot [V_2 \cdot (129,30 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_2) - 65,87 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_2)) + V_4 \cdot (174,18 \cdot \cos(\delta_3 - \delta_4) - 88,73 \cdot \sin(\delta_3 - \delta_4))] \quad (5.69)$$

Από την επίλυση των εξισώσεων της ροής φορτίου το τελικό διάνυσμα κατάστασης που προκύπτει είναι:

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,00028 \text{ rad} \\ 0,001966 \text{ rad} \\ 0,002253 \text{ rad} \\ 0,0025 \text{ rad} \\ 0,995213 \text{ α.μ.} \\ 0,973128 \text{ α.μ.} \\ 0,959911 \text{ α.μ.} \\ 0,946883 \text{ α.μ.} \end{bmatrix} \quad (5.70)$$

Με τη χρήση των σχέσεων (5.66), (5.70) και (5.11), συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.8.

Πίνακας 5.8: Ροές ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Πρός ζυγό (j)	Ροή ισχύος ανά γραμμή S_{l-ij} (α.μ.)	Μέτρο ροής ισχύος ανά γραμμή $ \bar{S}_{ij} $ (MVA)
1	1	2	-3,19450196765504-j1,87291921021	370,2843
2	2	3	-2,67122058076704-j1,62685185246328	312,73
3	3	4	-2,18602638689449-j1,17240769676484	248,05
4	4	5	-2,04481262442397 - 1,0883260044167i	231,6

Οι απώλειες ισχύος υπολογίζονται με τη χρήση της σχέσης (5.67) και του Πίνακα 5.8:

$$\bar{S}_{LDG} = P_{LDG} + jQ_{LDG} = 13,82 + j7,04 \text{ α.μ.} \quad (5.71)$$

Για κάθε ζυγό i του δικτύου, υπολογίζεται η πτώση τάσης κάθε ζυγού $\frac{|\bar{V}_1| - |\bar{V}_i|}{|\bar{V}_1|}$ και

συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.10.

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός πτώσης τάσης κάθε ζυγού I του συστήματος.

Αριθμός ζυγού i	Πτώση τάσης $\frac{ \bar{V}_1 - \bar{V}_i }{ \bar{V}_1 }$
2	0,0048
3	0,0269
4	0,0401
5	0,0531

Για παράδειγμα η πτώση τάσης στο ζυγό 2 υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\frac{|\bar{V}_1| - |\bar{V}_2|}{|\bar{V}_1|} = \frac{1 - 0,9952}{1} = 0,0048$$

ομοίως υπολογίζεται η πτώση τάσης για τους υπόλοιπους ζυγούς φορτίου του δικτύου και συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.10.

Για κάθε γραμμή του δικτύου υπολογίζεται ο λόγος της ροής ισχύος που διαρρέει τη γραμμή προς το θερμικό όριο αντοχής της εκάστοτε γραμμής $\frac{|\bar{S}_{ij}|}{|\overline{CS}_{ij}|}$, όπου τα θερμικά όρια αντοχής της κάθε γραμμής τέθηκαν στον Πίνακα 5.4, και συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.10.

Πίνακας 5.10: Υπολογισμός λόγου της ροής ισχύος που διαρρέει τη γραμμή προς το θερμικό όριο αντοχής της εκάστοτε γραμμής.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Λόγος $\frac{ \bar{S}_{ij} }{ \overline{CS}_{ij} }$
1	1	2	0,8043
2	2	3	0,8046
3	3	4	0,8671
4	4	5	0,8546

Για παράδειγμα στη γραμμή που ενώνει το ζυγό 1 με το ζυγό 2 του δικτύου ο λόγος της ροής ισχύος που διαρρέει τη γραμμή προς το θερμικό όριο αντοχής γραμμής αυτής, υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\frac{|\bar{S}_{12}|}{|\overline{CS}_{12}|} = \frac{3,72}{4,6} = 0,8043$$

Με ανάλογο τρόπο, υπολογίζεται ο λόγος της ροής ισχύος που διαρρέει την κάθε γραμμή του δικτύου προς το θερμικό όριο αντοχής της εκάστοτε γραμμής, και συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.10.

Στη συνέχεια υπολογίζονται όλοι οι δείκτες της αντικειμενικής συνάρτησης από τις σχέσεις (5.4), (5.5), (5.6) και (5.7) και με τη βοήθεια των Πινάκων 5.9 και 5.10. Έτσι:

$$ILP = \frac{[P_{LDG}]}{[P_L]} = \frac{13,82}{16,28} \Rightarrow ILP = 0,8497 \quad (5.72)$$

$$ILQ = \frac{[Q_{LDG}]}{[Q_L]} = \frac{7,04}{8,29} \Rightarrow ILQ = 0,8497 \quad (5.73)$$

$$IC = \max_{i=1}^m \left(\frac{|\bar{S}_{ij}|}{|\overline{CS}_{ij}|} \right) \Rightarrow IC = 0,8671 \quad (5.74)$$

$$IVD = \max_{i=2}^n \left(\frac{|\bar{V}_1| - |\bar{V}_i|}{|\bar{V}_1|} \right) \Rightarrow IVD = 0,0531 \quad (5.75)$$

Παρατηρείται ότι ικανοποιούνται τα θερμικά όρια αντοχής και το όριο πτώσης τάσης της τάξης του $\pm 8\%$ που είχαν τεθεί αρχικά στα δεδομένα του προβλήματος βελτιστοποίησης.

Οι τιμές των δεικτών που υπολογίστηκαν στις σχέσεις (5.72), (5.73), (5.74) και (5.75) αντικαθίστανται στη σχέση (5.3), οπότε και προκύπτει η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για το χρωμόσωμα με κωδικό 16.

$$\begin{aligned}
 IMO &= 0,40 \cdot ILP + 0,20 \cdot ILQ + 0,25 \cdot IC + 0,15 \cdot IVD \Rightarrow \\
 IMO &= 0,40 \cdot 0,8497 + 0,20 \cdot 0,8497 + 0,25 \cdot 0,8671 + 0,15 \cdot 0,0531 \Rightarrow \\
 IMO &= 0,7346
 \end{aligned}$$

Με αντίστοιχο τρόπο εκτελείται η ροή φορτίου για κάθε χρωμόσωμα και υπολογίζονται οι δείκτες καθώς και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης και συμπληρώνεται ο Πίνακας 5.11.

Πίνακας 5.11: Δημιουργία αρχικού πληθυσμού.

Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
1	0001 1000	2	0,315	0,8231
2	1000 1000	Μη εφικτή	-	-
3	0000 0001	Μη εφικτή	-	-
4	0001 0100	2	0,168	0,8273
5	0010 0010	3	0,084	0,8174
6	0100 0001	5	0,042	0,8203
7	1111 1011	Μη εφικτή	-	-
8	0001 0001	2	0,042	0,8335
9	0000 1111	Μη εφικτή	-	-
10	0010 0010	3	0,084	0,8174
11	1110 0001	Μη εφικτή	-	-
12	1011 1001	Μη εφικτή	-	-
13	1001 1001	Μη εφικτή	-	-
14	1111 1111	Μη εφικτή	-	-
15	0011 0011	4	0,126	0,7979
16	0010 1100	3	0,540	0,7346

Ο Πίνακας 5.12, παρουσιάζει την ταξινόμηση του αρχικού πληθυσμού με βάση την τήρηση της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 5.12: Ταξινόμηση μεγεθών αρχικού πληθυσμού με βάση την τήρηση της αντικειμενικής συνάρτησης.

Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
16	0010 1100	3	0,540	0,7346
15	0011 0011	4	0,126	0,7979

Πίνακας 5.12: Ταξινόμηση μεγεθών αρχικού πληθυσμού με βάση την τήρηση της αντικειμενικής συνάρτησης (συνέχεια).

Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
10	0010 0010	3	0,084	0,8174
5	0010 0010	3	0,084	0,8174
6	0100 0001	5	0,042	0,8203
1	0001 1000	2	0,315	0,8231
4	0001 0100	2	0,168	0,8273
8	0001 0001	2	0,042	0,8335
2	1000 1000	Μη εφικτή	-	-
3	0000 0001	Μη εφικτή	-	-
7	1111 1011	Μη εφικτή	-	-
9	0000 1111	Μη εφικτή	-	-
11	1110 0001	Μη εφικτή	-	-
12	1011 1001	Μη εφικτή	-	-
13	1001 1001	Μη εφικτή	-	-
14	1111 1111	Μη εφικτή	-	-

Τα χρωμοσώματα με κωδικό 2, 3, 7, 9, 11, 12, 13, 14 του Πίνακα 5.12, διαγράφονται αφού αποτελούν μη εφικτές λύσεις του προβλήματος βελτιστοποίησης του γενετικού αλγορίθμου. Τα 8 χρωμοσώματα, τα οποία αποτελούν εφικτές λύσεις του προβλήματος του γενετικού αλγορίθμου και επιβιώνουν για διασταύρωση παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.13.

Τα χρωμοσώματα αυτά αντιγράφονται στον πληθυσμό της επόμενης γενιάς και επίσης αντιγράφονται στη δεξαμενή ζευγαρώματος (mating pool).

Πίνακας 5.13: Αρχικός Πληθυσμός.

Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
16	0010 1100	3	0,540	0,7346
15	0011 0011	4	0,126	0,7979
10	0010 0010	3	0,084	0,8174
5	0010 0010	3	0,084	0,8174
6	0100 0001	5	0,042	0,8203
1	0001 1000	2	0,336	0,8231
4	0001 0100	2	0,168	0,8273
8	0001 0001	2	0,042	0,8335

5.7.4 Εφαρμογή γενετικού αλγορίθμου

5.7.4.1 Στάδιο διασταύρωσης

Αρχικά γίνεται η ταξινόμηση του βάρους των χρωμοσωμάτων που έχουν επιλεγεί με την διαδικασία της φυσικής επιλογής (natural selection). Η ταξινόμηση και βαθμονόμηση γίνεται με την μέθοδο της ρουλέτας, ώστε κατόπιν να προχωρήσει η διαδικασία της διασταύρωσης. Ο Πίνακας 5.14 παρουσιάζει στην τρίτη στήλη τα χρωμοσώματα που έχουν

επιλεγεί για διασταύρωση και στη δεύτερη στήλη το βάρος των χρωμοσωμάτων αυτών. Η πιθανότητα P_r του χρωμοσώματος με βάρος r να επιλεγεί για διασταύρωση είναι:

$$P_r = \frac{N_k - r + 1}{\sum_{r=1}^{N_k} r} \quad (5.76)$$

όπου $N_k = 8$ είναι ο αριθμός των χρωμοσωμάτων που επιβιώνουν για διασταύρωση.

Για παράδειγμα, η πιθανότητα P_1 , του χρωμοσώματος με βάρος 1, να επιλεγεί για διασταύρωση είναι:

$$P_1 = \frac{N_k - r + 1}{\sum_{r=1}^{N_k} r} = \frac{8 - 1 + 1}{1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8} = 0,22222.$$

Αντίστοιχα στην τέταρτη στήλη του Πίνακα 5.14 υπολογίζονται οι πιθανότητες P_r για κάθε χρωμόσωμα με βάρος r , να επιλεγεί για διασταύρωση και στην πέμπτη στήλη του Πίνακα 5.14 υπολογίζεται, για κάθε χρωμόσωμα βάρους r , η αθροιστική πιθανότητα $\sum_{i=1}^r P_r$.

Πίνακας 5.14: Πιθανότητα διασταύρωσης και αθροιστική πιθανότητα διασταύρωσης.

Κωδικός	Βάρος r	Χρωμόσωμα	Πιθανότητα διασταύρωσης P_r	Αθροιστική πιθανότητα διασταύρωσης $\sum_{i=1}^r P_r$
16	1	0010 1100	0,222222	0,222222
15	2	0011 0011	0,194444	0,416667
10	3	0010 0010	0,166667	0,583333
5	4	0010 0010	0,138889	0,722222
6	5	0100 0001	0,111111	0,833333
1	6	0001 1000	0,083333	0,916667
4	7	0001 0100	0,055556	0,972222
8	8	0001 0001	0,027778	1

Οι αθροιστικές πιθανότητες, που παρουσιάζονται στην πέμπτη στήλη του Πίνακα 5.14, χρησιμοποιούνται για την επιλογή από τη δεξαμενή ζευγαρώματος των ζευγαριών των χρωμοσωμάτων, τα οποία θα παράγουν τους νέους απόγονους σύμφωνα με τη μέθοδο της ρουλέτας:

1. Παράγεται ένας τυχαίος αριθμός μεταξύ των τιμών 0 και 1.
2. Ξεκινώντας από το χρωμόσωμα με βάρος 1, το πρώτο χρωμόσωμα με αθροιστική πιθανότητα μεγαλύτερη του τυχαίου αριθμού που έχει παραχθεί στο βήμα 1, επιλέγεται για τη δεξαμενή ζευγαρώματος.

Εφαρμόζονται τα βήματα 1 και 2:

1. Παράγονται οι τυχαίοι αριθμοί [0,87131 0,60613 0,16366 0,4353] για την επιλογή των χρωμοσωμάτων της μητέρας. Το χρωμόσωμα του Πίνακα 5.14 με βάρος 6 είναι το πρώτο χρωμόσωμα που έχει τιμή αθροιστικής πιθανότητας μεγαλύτερη του τυχαίου αριθμού 0,87131, οπότε το χρωμόσωμα του Πίνακα 5.14 με βάρος 6 επιλέγεται ως το πρώτο χρωμόσωμα μητέρας για να προστεθεί στη δεξαμενή ζευγαρώματος. Με αντίστοιχο τρόπο, τα επόμενα χρωμοσώματα μητέρας είναι αυτά με βάρη 4, 1 και 3.

Διάνυσμα βαρών χρωμοσωμάτων μητέρας = $[6 \ 4 \ 1 \ 3]$.

2. Παράγονται οι τυχαίοι αριθμοί [0,15182 0,36954 0,13652 0,63268] για την επιλογή των χρωμοσωμάτων πατέρα. Τα βάρη χρωμοσωμάτων πατέρα είναι:

$$\text{Διάνυσμα βαρών χρωμοσωμάτων πατέρα} = [1 \ 2 \ 1 \ 4]$$

Η επιλογή της θέσης διασταύρωσης γίνεται τυχαία από το εύρος τιμών [1..8], όπου αντιστοιχούν στο βάρος του κάθε χρωμοσώματος του Πίνακα 5.14. έτσι επιλέγεται η θέση διασταύρωσης [3 2 3 5].

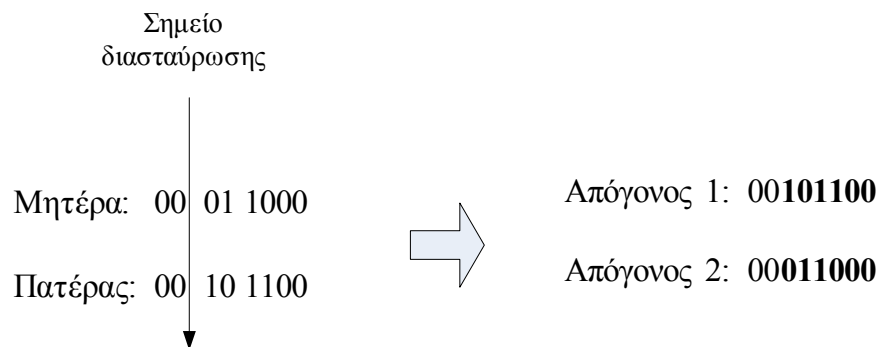
Συνοψίζοντας:

- Διάνυσμα βαρών χρωμοσωμάτων μητέρας = [6 4 1 3].
- Διάνυσμα βαρών χρωμοσωμάτων πατέρα = [1 2 1 4].
- Θέση διασταύρωσης = [3 2 3 5].

Μελετώνται οι περιπτώσεις:

1. Το χρωμόσωμα μητέρας με βάρος 6 διασταυρώνεται με το χρωμόσωμα πατέρα με βάρος 1, και η διασταύρωση γίνεται στη θέση 3 και δημιουργούνται δύο νέοι απόγονοι όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 5.2.
2. Το χρωμόσωμα μητέρας με βάρος 4 διασταυρώνεται με το χρωμόσωμα πατέρα με βάρος 2, και η διασταύρωση γίνεται στη θέση 2 και δημιουργούνται δύο νέοι απόγονοι.
3. Το χρωμόσωμα μητέρας με βάρος 1 διασταυρώνεται με το χρωμόσωμα πατέρα με βάρος 1, και η διασταύρωση γίνεται στη θέση 3 και δημιουργούνται δύο πανομοιότυποι απόγονοι.
4. Το χρωμόσωμα μητέρας με βάρος 3 διασταυρώνεται με το χρωμόσωμα πατέρα με βάρος 4, και η διασταύρωση γίνεται στη θέση 5 και δημιουργούνται δύο νέοι απόγονοι.

Ο νέος πληθυσμός μετά το στάδιο της διασταύρωσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.15.



Σχήμα 5.2: Διασταύρωση μητέρας και πατέρα για την παραγωγή 2 απογόνων με τη μέθοδο διασταύρωσης ενός σημείου.

Πίνακας 5.15: Πληθυσμός μετά τη διασταύρωση.

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	Περιγραφή
1	0010 1100	Αρχικό Διάνυσμα
2	0011 0011	Αρχικό Διάνυσμα

Πίνακας 5.15: Πληθυσμός μετά τη διασταύρωση (συνέχεια).

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	Περιγραφή
3	0010 0010	Αρχικό Διάνυσμα
4	0010 0010	Αρχικό Διάνυσμα
5	0100 0001	Αρχικό Διάνυσμα
6	0001 1000	Αρχικό Διάνυσμα
7	0001 0100	Αρχικό Διάνυσμα
8	0001 0001	Αρχικό Διάνυσμα
9	0000 1100	Απόγονος 1 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 6 και 1
10	0011 0011	Απόγονος 1 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 4 και 2
11	0010 1100	Απόγονος 1 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 1 και 1
12	0010 0010	Απόγονος 1 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 3 και 4
13	0011 1000	Απόγονος 2 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 6 και 1
14	0010 0010	Απόγονος 2 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 4 και 2
15	0010 1100	Απόγονος 2 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 1 και 1
16	0010 0010	Απόγονος 2 από διασταύρωση χρωμοσωμάτων με βάρη 3 και 4

5.7.4.2 Στάδιο μετάλλαξης

Η διαδικασία της διασταύρωσης μόλις έχει ολοκληρωθεί, οπότε ακολουθεί η διαδικασία της μετάλλαξης. Η πιθανότητα μετάλλαξης είναι 0,15, που σημαίνει ότι ο συνολικός αριθμός των μεταλλάξεων, nm , είναι:

$$nm = (N_p - 1) \cdot NT \cdot m = (16 - 1) \cdot 8 \cdot 0,15 = 18 \Rightarrow nm = 18 \quad (5.77)$$

όπου N_p το μέγεθος του πληθυσμού, NT ο συνολικός αριθμός των δυαδικών ψηφίων (bits) σε ένα χρωμόσωμα και m η πιθανότητα μετάλλαξης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το χρωμόσωμα του αρχικού πληθυσμού που έχει τη μικρότερη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO , δηλαδή η καλύτερη λύση του προβλήματος που έχει έως τώρα βρεθεί, που είναι το χρωμόσωμα με κωδικό 1 του Πίνακα 5.15, δεν συμμετέχει στη διαδικασία μετάλλαξης. Αυτό ονομάζεται ελιτισμός.

Τα δυαδικά ψηφία που θα μεταλλαχθούν επιλέγονται τυχαία και τα επιλεγμένα ζεύγη μετάλλαξης, απεικονίζονται στον Πίνακα 5.16. Για παράδειγμα, το πρώτο τυχαίο ζευγάρι είναι [6, 3], που σημαίνει ότι το δυαδικό ψηφίο στην έκτη γραμμή και στην τρίτη στήλη των χρωμοσωμάτων που απεικονίζονται στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 5.15 πρέπει να μεταλλαχθεί, που είναι το τρίτο δυαδικό ψηφίο του χρωμοσώματος με κωδικό 6. Το συγκεκριμένο δυαδικό ψηφίο είναι το ψηφίο 0, οπότε πρέπει να μεταλλαχθεί σε 1. Τα χρωμοσώματα μετά τη διαδικασία της μετάλλαξης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.16.

Πίνακας 5.16: Ζεύγη μετάλλαξης.

Ζεύγη μετάλλαξης		Ζεύγη μετάλλαξης	
Γραμμή	Στήλη	Γραμμή	Στήλη
6	3	7	6
12	2	8	6
2	5	12	6
12	6	12	7
7	5	11	4
1	8	13	8

Πίνακας 5.16: Ζεύγη μετάλλαξης (συνέχεια).

Ζεύγη μετάλλαξης		Ζεύγη μετάλλαξης	
Γραμμή	Στήλη	Γραμμή	Στήλη
15	3	9	2
16	6	13	8
5	4	2	7

Πλέον μετά τη μετάλλαξη των δυαδικών ψηφίων στις αντίστοιχες θέσεις που καθορίστηκαν στον Πίνακα 5.16, λαμβάνεται ο πληθυσμός στο τέλος της πρώτης επανάληψης:

Πίνακας 5.17: Πληθυσμός στο τέλος της πρώτης επανάληψης του γενετικού αλγόριθμου.

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	Περιγραφή
1	0010 1101	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
2	0011 1001	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
3	0010 0010	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
4	0010 0010	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
5	0101 0001	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
6	0000 1000	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
7	0001 1100	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
8	0001 0101	Αρχικό Διάνυσμα+Μετάλλαξη
9	0100 1100	Διασταύρωση 1+Μετάλλαξη
10	0011 0011	Διασταύρωση 2+Μετάλλαξη
11	0011 1100	Διασταύρωση 3+Μετάλλαξη
12	0110 0100	Διασταύρωση 4+Μετάλλαξη
13	0011 1001	Διασταύρωση 5+Μετάλλαξη
14	0011 0010	Διασταύρωση 6+Μετάλλαξη
15	0000 1100	Διασταύρωση 7+Μετάλλαξη
16	0010 0110	Διασταύρωση 8+Μετάλλαξη

5.7.4.3 Στάδιο αποκωδικοποίησης

Μετά το στάδιο της μετάλλαξης απομένει η αποκωδικοποίηση και κατόπιν ο υπολογισμός της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης. Ο Πίνακας 5.18 συνοψίζει ακριβώς αυτή τη διαδικασία.

Πίνακας 5.18: Αποκωδικοποίηση μεταβλητών και υπολογισμός αντικειμενικής συνάρτησης.

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
1	0010 1101	3	0,546	0,7337
2	0011 1001	4	0,378	0,7254
3	0010 0010	3	0,084	0,8174
4	0010 0010	3	0,084	0,8174
5	0101 0001	Μη εφικτή	-	-
6	0000 1000	Μη εφικτή	-	-
7	0001 1100	2	0,504	0,8178

Πίνακας 5.18: Αποκωδικοποίηση μεταβλητών και υπολογισμός αντικειμενικής συνάρτησης (συνέχεια).

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
8	0001 0101	2	0,21	0,8261
9	0100 1100	5	0,504	0,6566
10	0011 0011	4	0,126	0,7979
11	0011 1100	4	0,504	0,6917
12	0110 0100	Μη εφικτή	-	-
13	0011 1001	4	0,378	0,7254
14	0011 0010	4	0,084	0,8107
15	0000 1100	Μη εφικτή	-	-
16	0010 0110	3	0,252	0,7801

Για την συνοπτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων παρουσιάζονται οι τιμές του Πίνακα 5.19 κατά αύξουσα σειρά.

Πίνακας 5.19: Αποκωδικοποίηση μεταβλητών και υπολογισμός αντικειμενικής συνάρτησης- παρουσίαση τιμών κατά αύξουσα σειρά.

Νέος Κωδικός	Χρωμόσωμα	x_1 (θέση ΜΔΠ)	x_2 (α.μ. ισχύς ΜΔΠ)	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO(x_1, x_2)$
9	0100 1100	5	0,504	0,6566
11	0011 1100	4	0,504	0,6917
13	0011 1001	4	0,378	0,7254
2	0011 1001	4	0,378	0,7254
1	0010 1101	3	0,546	0,7337
16	0010 0110	3	0,252	0,7801
10	0011 0011	4	0,126	0,7979
14	0011 0010	4	0,084	0,8107
3	0010 0010	3	0,084	0,8174
4	0010 0010	3	0,084	0,8174
7	0001 1100	2	0,504	0,8178
8	0001 0101	2	0,21	0,8261
12	0110 0100	Μη εφικτή	-	-
15	0000 1100	Μη εφικτή	-	-
5	0101 0001	Μη εφικτή	-	-
6	0000 1000	Μη εφικτή	-	-

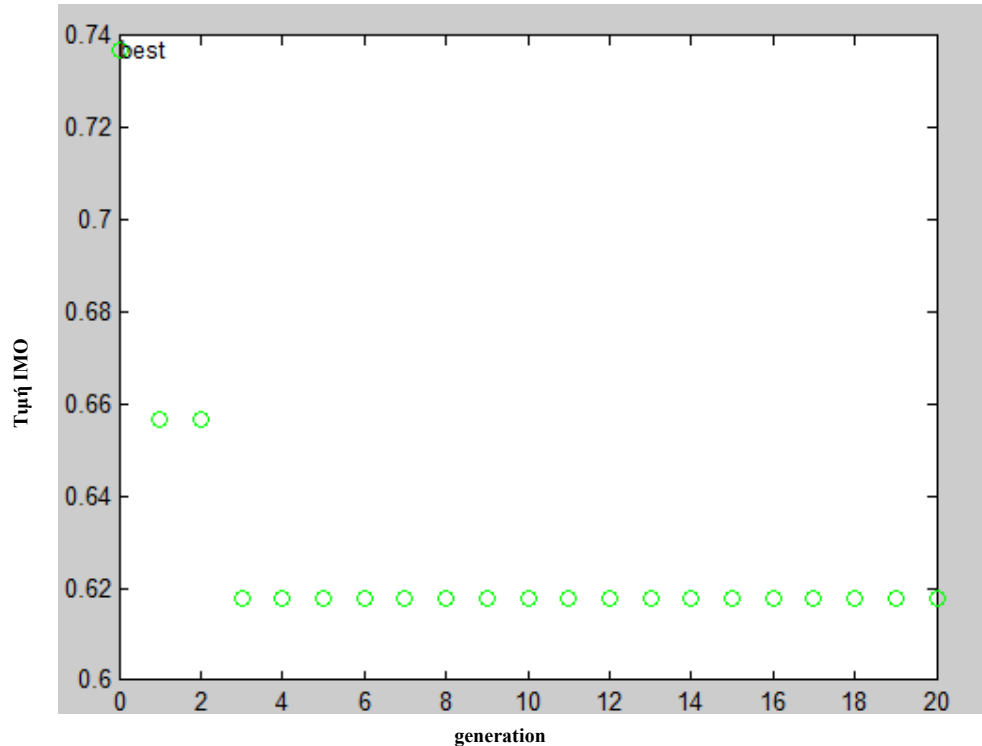
Από τη διαδικασία της βελτιστοποίησης παρατηρείται ότι κατά την πρώτη ανακύκλωση του γενετικού αλγορίθμου:

$$\text{Βελτίωση \%} = \frac{0,7346 - 0,6566}{0,7346} = 10,61\%$$

δηλαδή επιτυγχάνεται βελτίωση 10,61% στην εύρεση της βέλτιστης λύσης, καθώς ο αρχικός πληθυσμός είχε βρεί ως καλύτερη λύση το χρωμόσωμα με κωδικό 16 του Πίνακα 5.13 με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO=0,7346$, ενώ στο τέλος; Της πρώτης ανακύκλωσης η

καλύτερη λύση που βρέθηκε είναι αυτή με κωδικό 9 του Πίνακα 5.18 και τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO=0,6566$.

Η διαδικασία της βελτιστοποίησης με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων επιτυγχάνεται σε χρόνο 5 sec και ο αριθμός των επαναλήψεων που απαιτούνται είναι ίσος με 4 για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Το διάγραμμα της βελτιστοποίησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.3.



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα σύγκλισης αντικειμενικής συνάρτησης.

Η βέλτιστη λύση επιτυγχάνεται για τοποθέτηση της γεννήτριας στο ζυγό 5 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ γεννήτριας ίσο με 63 MW, με τιμή αντικειμενικής συνάρτησης $IMO = 0,6180$.

5.8 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΒΑΡΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ σ_1 , σ_2 , σ_3 , ΚΑΙ σ_4 ΤΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ

Τα βάρη σ_1 , σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών της αντικειμενικής συνάρτησης IMO (σχέση (5.3)) ILP που εκφράζει τις απώλειες ενεργού ισχύος, ILQ που εκφράζει τις απώλειες αέργου ισχύος, IC που εκφράζει τα θερμικά όρια αντοχής των γραμμών και IVD που εκφράζει την πτώση τάσης στους ζυγούς, αντίστοιχα, μπορούν να μεταβάλλονται από το μελετητή του προβλήματος, ανάλογα με το βάρος που αυτός επιθυμεί να δώσει σε κάθε ένα από αυτούς τους όρους και ανάλογα με τον τύπο του προβλήματος.

Στη μελέτη του αριθμητικού παραδείγματος που προηγήθηκε, τα βάρη σ_1 , σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILP, ILQ, IC και IVD έλαβαν τιμές 0,40, 0,20, 0,25 και 0,15 αντίστοιχα.

Για να διαφανεί η βαρύτητα των συντελεστών που συμμετέχουν στην αντικειμενική συνάρτηση IMO, εκτελείται η ανάλυση ευαισθησίας γύρω από τις τιμές αυτών, ώστε να διαφανεί η επίδραση που έχει κάθε όρος αυτός στην τιμή της IMO. Σε κάθε περίπτωση

μελέτης μεταβάλλεται ένας όρος. Όμως οι υπόλοιποι συντελεστές δεν μεταβάλλονται τυχαία. Η σχέση που πρέπει να επαληθευτεί είναι η ακόλουθη:

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 = 1 \quad (5.78)$$

5.8.1 Μεταβολή βάρους σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP

Όταν μεταβάλλεται το βάρος ενός δείκτη, τότε η μεταβολή των βαρών των υπολοίπων δεικτών της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αναλογική ώστε να επαληθευτεί η σχέση (5.78). Η διαδικασία αυτή γίνεται κατανοητή από την παρουσίαση της μελέτης για το βάρος σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP.

Ως τιμή βάσης λαμβάνεται $\sigma_1=0,40$, οπότε το άθροισμα για τα βάρη των άλλων δεικτών είναι ίσο με $\sigma_2+\sigma_3+\sigma_4=0,60$. Καθώς μεταβάλλεται η τιμή του βάρους σ_1 του δείκτη ILP κατά $\Delta\sigma$, δηλαδή $\sigma_1 = 0,40 \mp \Delta\sigma$, το άθροισμα των βαρών των υπολοίπων δεικτών είναι:

$$\sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 = 0,60 \pm \Delta\sigma \quad (5.79)$$

Το άθροισμα της σχέσης (5.79) ανάγεται σε κάθε δείκτη της αντικειμενικής συνάρτησης IMO αναλογικά με το αρχικό βάρος που είχε δοθεί σε κάθε δείκτη, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3. Έτσι:

$$\sigma_2 = \frac{0,20 * (0,60 \pm \Delta\sigma)}{0,60} \quad (5.80)$$

$$\sigma_3 = \frac{0,25 * (0,60 \pm \Delta\sigma)}{0,60} \quad (5.81)$$

$$\sigma_4 = \frac{0,15 * (0,60 \pm \Delta\sigma)}{0,60} \quad (5.82)$$

Ο Πίνακας 5.20 παρουσιάζει τις τιμές που παίρνουν τα βάρη σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILQ, IC και IVD, όταν το βάρος σ_1 του δείκτη ILP μεταβάλλεται με βήμα 0,01.

Πίνακας 5.20: Τιμές που παίρνουν τα βάρη σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILQ, IC και IVD, όταν το βάρος σ_1 του δείκτη ILP μεταβάλλεται με βήμα 0,01.

Βάρος δείκτη ILP σ_1	Βάρος δείκτη ILQ σ_2	Βάρος δείκτη IC σ_3	Βάρος δείκτη IVD σ_4	Άθροισμα βαρών $\sum_{i=1}^4 \sigma_i$
0,210	0,263	0,329	0,198	1,000
0,220	0,260	0,325	0,195	1,000
0,230	0,257	0,321	0,193	1,000
0,240	0,253	0,317	0,190	1,000
0,250	0,250	0,313	0,188	1,000
0,260	0,247	0,308	0,185	1,000
0,270	0,243	0,304	0,183	1,000
0,280	0,240	0,300	0,180	1,000
0,290	0,237	0,296	0,178	1,000
0,300	0,233	0,292	0,175	1,000
0,310	0,230	0,288	0,173	1,000
0,320	0,227	0,283	0,170	1,000

Πίνακας 5.20: Τιμές που παίρνουν τα βάρη σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILQ, IC και IVD, όταν το βάρος σ_1 του δείκτη ILP μεταβάλλεται με βήμα 0,01 (συνέχεια).

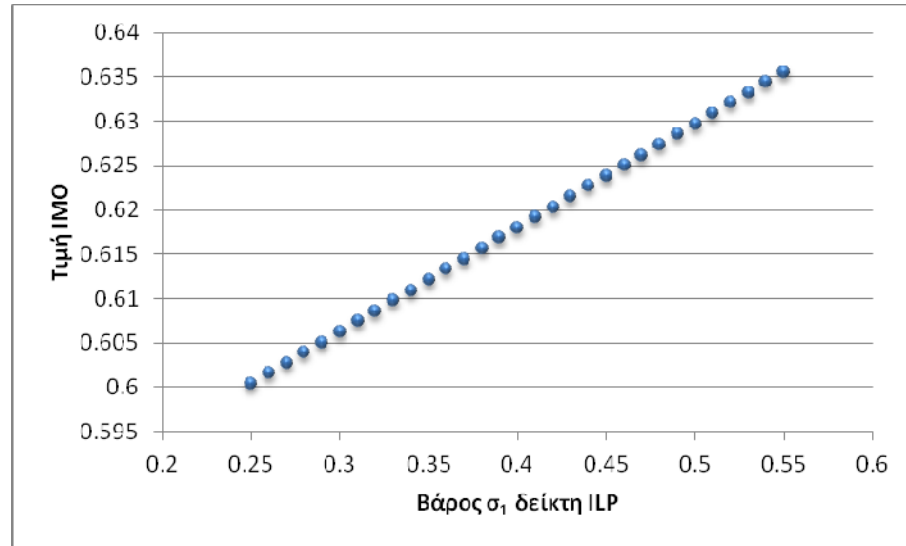
Βάρος δείκτη ILP σ_1	Βάρος δείκτη ILQ σ_2	Βάρος δείκτη IC σ_3	Βάρος δείκτη IVD σ_4	Άθροισμα βαρών $\sum_{i=1}^4 \sigma_i$
0,330	0,223	0,279	0,168	1,000
0,340	0,220	0,275	0,165	1,000
0,350	0,217	0,271	0,163	1,000
0,360	0,213	0,267	0,160	1,000
0,370	0,210	0,263	0,158	1,000
0,380	0,207	0,258	0,155	1,000
0,390	0,203	0,254	0,153	1,000
0,400	0,200	0,250	0,150	1,000
0,410	0,197	0,246	0,148	1,000
0,420	0,193	0,242	0,145	1,000
0,430	0,190	0,238	0,143	1,000
0,440	0,187	0,233	0,140	1,000
0,450	0,183	0,229	0,138	1,000
0,460	0,180	0,225	0,135	1,000
0,470	0,177	0,221	0,133	1,000
0,480	0,173	0,217	0,130	1,000
0,490	0,170	0,213	0,128	1,000
0,500	0,167	0,208	0,125	1,000
0,510	0,163	0,204	0,123	1,000
0,520	0,160	0,200	0,120	1,000
0,530	0,157	0,196	0,118	1,000
0,540	0,153	0,192	0,115	1,000
0,550	0,150	0,188	0,113	1,000
0,560	0,147	0,183	0,110	1,000
0,570	0,143	0,179	0,108	1,000
0,580	0,140	0,175	0,105	1,000
0,590	0,137	0,171	0,103	1,000
0,600	0,133	0,167	0,100	1,000

Τα αποτελέσματα της βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_1 του δείκτη ILP με βήμα 0,01 και κατά συνέπεια μεταβάλλονται αναλογικά τα βάρη σ_2 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILQ, IC και IVD, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.21.

Πίνακας 5.21: Αποτελέσματα βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_1 του δείκτη ILP με βήμα 0,01.

Βάρος δείκτη ILP σ_1	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Βέλτιστη θέση εγκατάστασης ΜΔΠ	Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ
0,25	0,600383	5	63
0,26	0,601557	5	63
0,27	0,60273	5	63
0,28	0,603903	5	63
0,29	0,605076	5	63
0,3	0,606249	5	63
0,31	0,607423	5	63
0,32	0,608596	5	63
0,33	0,609769	5	63
0,34	0,610942	5	63
0,35	0,612116	5	63
0,36	0,613289	5	63
0,37	0,614462	5	63
0,38	0,615635	5	63
0,39	0,616809	5	63
0,4	0,617982	5	63
0,41	0,619155	5	63
0,42	0,620328	5	63
0,43	0,621502	5	63
0,44	0,622675	5	63
0,45	0,623848	5	63
0,46	0,625021	5	63
0,47	0,626194	5	63
0,48	0,627368	5	63
0,49	0,628541	5	63
0,5	0,629714	5	63
0,51	0,630887	5	63
0,52	0,632061	5	63
0,53	0,633234	5	63
0,54	0,634407	5	63

Το Σχήμα 5.4 παρουσιάζει τη μεταβολή της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP.



Σχήμα 5.4: Μεταβολή τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP.

Από το Σχήμα 5.4 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το βάρος σ_1 του δείκτη απωλειών ενεργού ισχύος ILP, τόσο αυξάνεται και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό, αφού σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης IMO της σχέσης (5.3).

5.8.2 Μεταβολή βάρους σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ

Στην περίπτωση μεταβολής του βάρους σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ ως τιμή βάσης λαμβάνεται $\sigma_2=0,20$, οπότε το άθροισμα για τα βάρη των άλλων δεικτών είναι ίσο με $\sigma_1+\sigma_3+\sigma_4=0,80$. Καθώς μεταβάλλεται η τιμή του βάρους σ_2 του δείκτη ILQ κατά $\Delta\sigma$, δηλαδή $\sigma_2 = 0,20 \mp \Delta\sigma$, το άθροισμα των βαρών των υπολοίπων δεικτών είναι:

$$\sigma_1 + \sigma_3 + \sigma_4 = 0,80 \pm \Delta\sigma \quad (5.83)$$

Το άθροισμα της σχέσης (5.79) ανάγεται σε κάθε δείκτη της αντικειμενικής συνάρτησης IMO αναλογικά με το αρχικό βάρος που είχε δοθεί σε κάθε δείκτη, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3. Έτσι:

$$\sigma_1 = \frac{0,40 * (0,80 \pm \Delta\sigma)}{0,80} \quad (5.84)$$

$$\sigma_3 = \frac{0,25 * (0,80 \pm \Delta\sigma)}{0,80} \quad (5.85)$$

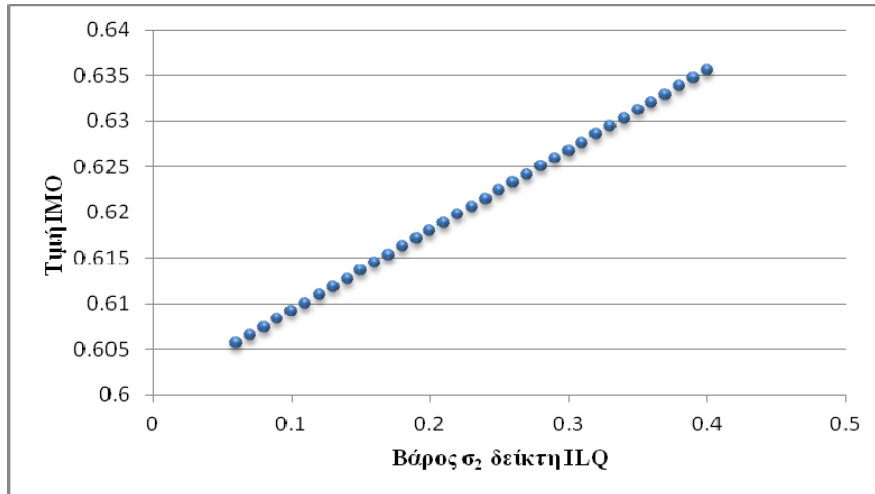
$$\sigma_4 = \frac{0,15 * (0,80 \pm \Delta\sigma)}{0,80} \quad (5.86)$$

Τα αποτελέσματα της βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_2 του δείκτη ILQ με βήμα 0,01 και κατά συνέπεια μεταβάλλονται αναλογικά τα βάρη σ_1 , σ_3 και σ_4 των δεικτών ILP, IC και IVD, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.22.

Πίνακας 5.22: Αποτελέσματα βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_2 του δείκτη ILQ με βήμα 0,01.

Βάρος δείκτη ILQ σ_2	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Βέλτιστη θέση εγκατάστασης ΜΔΠ	Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ
0,06	0,60566	5	63
0,07	0,60654	5	63
0,08	0,60742	5	63
0,09	0,608301	5	63
0,1	0,609181	5	63
0,11	0,610061	5	63
0,12	0,610941	5	63
0,13	0,611821	5	63
0,14	0,612701	5	63
0,15	0,613581	5	63
0,16	0,614461	5	63
0,17	0,615341	5	63
0,18	0,616222	5	63
0,19	0,617102	5	63
0,2	0,617982	5	63
0,21	0,618862	5	63
0,22	0,619742	5	63
0,23	0,620622	5	63
0,24	0,621502	5	63
0,25	0,622382	5	63
0,26	0,623263	5	63
0,27	0,624143	5	63
0,28	0,625023	5	63
0,29	0,625903	5	63
0,3	0,626783	5	63
0,31	0,627663	5	63
0,32	0,628543	5	63
0,33	0,629423	5	63
0,34	0,630303	5	63
0,35	0,631184	5	63

Το Σχήμα 5.5 παρουσιάζει τη μεταβολή της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ.



Σχήμα 5.5: Μεταβολή τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ.

Από το Σχήμα 5.5 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το βάρος σ_2 του δείκτη απωλειών αέργου ισχύος ILQ, τόσο αυξάνεται και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό, αφού σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης IMO της σχέσης (5.3).

5.8.3 Μεταβολή βάρους σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων γραμμών IC

Στην περίπτωση μεταβολής του βάρους σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC ως τιμή βάσης λαμβάνεται $\sigma_3=0,25$, οπότε το άθροισμα για τα βάρη των άλλων δεικτών είναι ίσο με $\sigma_1+\sigma_2+\sigma_4=0,75$. Καθώς μεταβάλλεται η τιμή του βάρους σ_3 του δείκτη IC κατά $\Delta\sigma$, δηλαδή $\sigma_3 = 0,25 \mp \Delta\sigma$, το άθροισμα των βαρών των υπολοίπων δεικτών είναι:

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_4 = 0,75 \pm \Delta\sigma \quad (5.87)$$

Το άθροισμα της σχέσης (5.79) ανάγεται σε κάθε δείκτη της αντικειμενικής συνάρτησης IMO αναλογικά με το αρχικό βάρος που είχε δοθεί σε κάθε δείκτη, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3. Έτσι:

$$\sigma_1 = \frac{0,40 * (0,75 \pm \Delta\sigma)}{0,75} \quad (5.88)$$

$$\sigma_2 = \frac{0,20 * (0,75 \pm \Delta\sigma)}{0,75} \quad (5.89)$$

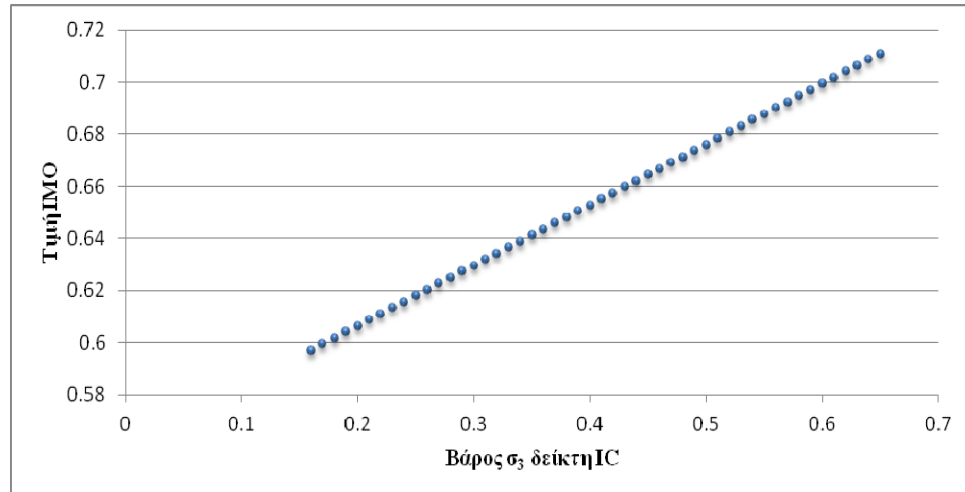
$$\sigma_4 = \frac{0,15 * (0,75 \pm \Delta\sigma)}{0,75} \quad (5.90)$$

Τα αποτελέσματα της βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_3 του δείκτη IC με βήμα 0,01 και κατά συνέπεια μεταβάλλονται αναλογικά τα βάρη σ_1 , σ_2 και σ_4 των δεικτών ILP, ILQ και IVD, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23: Αποτελέσματα βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_3 του δείκτη IC με βήμα 0,01.

Βάρος δείκτη IC σ_3	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Βέλτιστη θέση εγκατάστασης ΜΔΠ	Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ
0,16	0,597101	5	63
0,17	0,599421	5	63
0,18	0,601741	5	63
0,19	0,604061	5	63
0,2	0,606381	5	63
0,21	0,608702	5	63
0,22	0,611022	5	63
0,23	0,613342	5	63
0,24	0,615662	5	63
0,25	0,617982	5	63
0,26	0,620302	5	63
0,27	0,622622	5	63
0,28	0,624942	5	63
0,29	0,627262	5	63
0,3	0,629582	5	63
0,31	0,631902	5	63
0,32	0,634222	5	63
0,33	0,636542	5	63
0,34	0,638863	5	63
0,35	0,641183	5	63
0,36	0,643503	5	63
0,37	0,645823	5	63
0,38	0,648143	5	63
0,39	0,650463	5	63
0,4	0,652783	5	63
0,41	0,655103	5	63
0,42	0,657423	5	63
0,43	0,659743	5	63
0,44	0,662063	5	63
0,45	0,664383	5	63

Το Σχήμα 5.6 παρουσιάζει τη μεταβολή της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC.



Σχήμα 5.6: Μεταβολή τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων γραμμών IC.

Από το Σχήμα 5.6 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το βάρος σ_3 του δείκτη θερμικών ορίων γραμμών IC, τόσο αυξάνεται και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, γεγονός που δεν είναι επιθυμητό, αφού σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης IMO της σχέσης (5.3).

5.8.4 Μεταβολή βάρους σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης ζυγών IVD

Στην περίπτωση μεταβολής του βάρους σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης των ζυγών IVD ως τιμή βάσης λαμβάνεται $\sigma_4=0,15$, οπότε το άθροισμα για τα βάρη των άλλων δεικτών είναι ίσο με $\sigma_1+\sigma_2+\sigma_3=0,85$. Καθώς μεταβάλλεται η τιμή του βάρους σ_4 του δείκτη IVD κατά $\Delta\sigma$, δηλαδή $\sigma_4 = 0,15 \mp \Delta\sigma$, το άθροισμα των βαρών των υπολοίπων δεικτών είναι:

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0,85 \pm \Delta\sigma \quad (5.91)$$

Το άθροισμα της σχέσης (5.79) ανάγεται σε κάθε δείκτη της αντικειμενικής συνάρτησης IMO αναλογικά με το αρχικό βάρος που είχε δοθεί σε κάθε δείκτη, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.3. Έτσι:

$$\sigma_1 = \frac{0,40 * (0,85 \pm \Delta\sigma)}{0,85} \quad (5.92)$$

$$\sigma_2 = \frac{0,20 * (0,85 \pm \Delta\sigma)}{0,85} \quad (5.93)$$

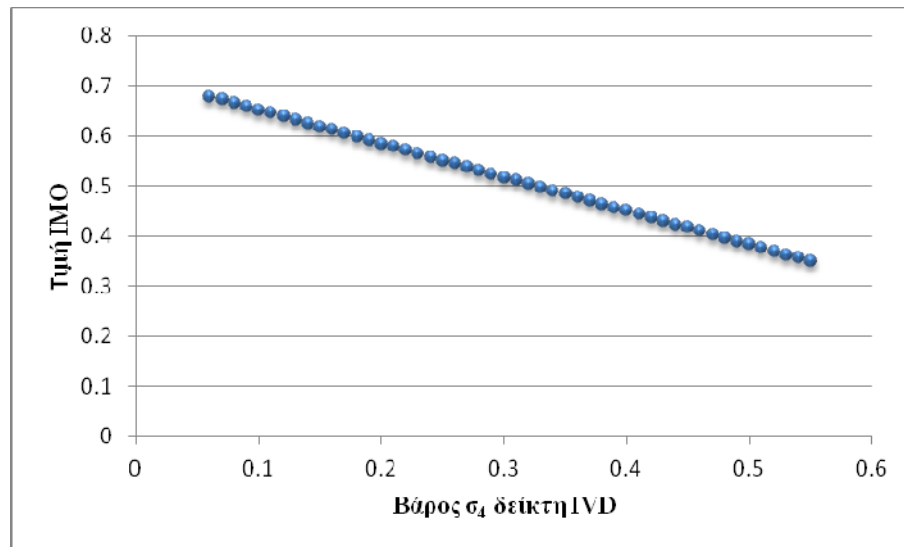
$$\sigma_3 = \frac{0,25 * (0,85 \pm \Delta\sigma)}{0,85} \quad (5.94)$$

Τα αποτελέσματα της βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_4 του δείκτη IVD με βήμα 0,01 και κατά συνέπεια μεταβάλλονται αναλογικά τα βάρη σ_1 , σ_2 και σ_3 των δεικτών ILP, ILQ και IC, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.24.

Πίνακας 5.24: Αποτελέσματα βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, βέλτιστης θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ και βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της ΜΔΠ, όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_4 του δείκτη IVD με βήμα 0,01.

Βάρος δείκτη IVD σ_4	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Βέλτιστη θέση εγκατάστασης ΜΔΠ	Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ
0,06	0,678505	5	63
0,07	0,67178	5	63
0,08	0,665055	5	63
0,09	0,65833	5	63
0,1	0,651606	5	63
0,11	0,644881	5	63
0,12	0,638156	5	63
0,13	0,631431	5	63
0,14	0,624707	5	63
0,15	0,617982	5	63
0,16	0,611257	5	63
0,17	0,604532	5	63
0,18	0,59780	5	63
0,19	0,591083	5	63
0,2	0,58435	5	63
0,21	0,577633	5	63
0,22	0,570908	5	63
0,23	0,564184	5	63
0,24	0,557459	5	63
0,25	0,550734	5	63
0,26	0,544009	5	63
0,27	0,537285	5	63
0,28	0,53056	5	63
0,29	0,523835	5	63
0,3	0,51711	5	63
0,31	0,510385	5	63
0,32	0,503661	5	63
0,33	0,496936	5	63
0,34	0,490211	5	63
0,35	0,483486	5	63

Το Σχήμα 5.7 παρουσιάζει τη μεταβολή της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης των ζυγών φορτίου IVD.



Σχήμα 5.7: Μεταβολή τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO όταν μεταβάλλεται το βάρος σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης των ζυγών φορτίου IVD.

Από το Σχήμα 5.7 φαίνεται ότι όσο αυξάνεται το βάρος σ_4 του δείκτη πτώσης τάσης των ζυγών φορτίου IVD, τόσο μειώνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, γεγονός που είναι επιθυμητό, αφού σκοπός είναι η ελαχιστοποίηση της αντικειμενικής συνάρτησης IMO της σχέσης (5.3).

5.9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [5.1] D. Singh, D.Singh, and K.S. Verma, “Multiobjective optimization for DG planning with load models,” *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 24, no.1, Feb. 2009.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

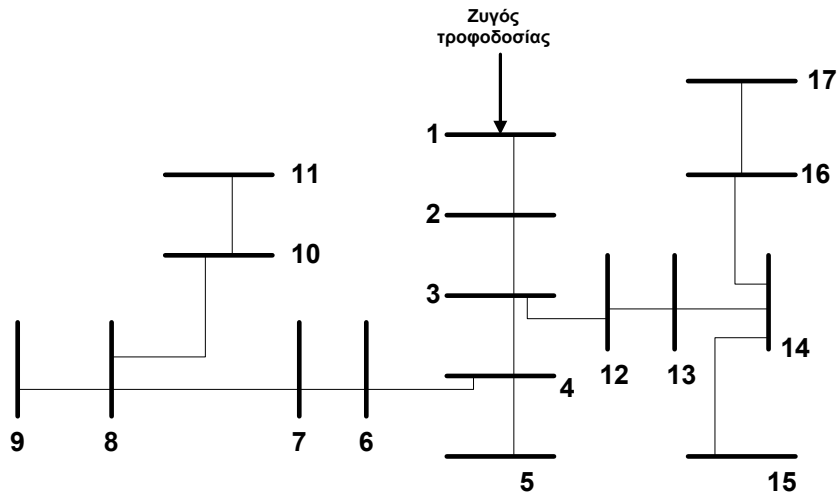
Στο Κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται εφαρμογές της μεθόδου βέλτιστης τοποθέτησης μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής σε τρία δίκτυα, ένα δίκτυο 17 ζυγών [6.1], ένα δίκτυο 38 ζυγών [6.1] και ένα δίκτυο 75 ζυγών [το δίκτυο αυτό δημιουργήθηκε στα πλαίσια της τεχνικής αυτής μελέτης, συνθέτοντας δύο όμοια δίκτυα 38 ζυγών [6.1]].

Η επίλυση γίνεται με τη βοήθεια του λογισμικού που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 4.

6.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ 17 ΖΥΓΩΝ

6.2.1 Δεδομένα Συστήματος

Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η τοπολογία του συστήματος 17 ζυγών. Επίσης, στους Πίνακες 6.1 και 6.2 παρουσιάζονται τα δεδομένα αυτού του συστήματος. Η βασική ισχύς είναι 100 MVA και η ονομαστική τάση είναι 23 kV.



Σχήμα 6.1: Τοπολογία συστήματος 17 ζυγών.

Πίνακας 6.1: Δεδομένα γραμμών συστήματος 17 ζυγών.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	R (α.μ.)	X (α.μ.)	Όριο γραμμής S_L (α.μ.)
1	1	2	0,000574	0,000293	4,6
2	2	3	0,00307	0,001564	4,1
3	3	4	0,002279	0,001161	2,9
4	4	5	0,002373	0,001209	2,9
5	4	6	0,0051	0,004402	2,9
6	6	7	0,001166	0,003853	1,5
7	7	8	0,00443	0,001464	1,05

Πίνακας 6.1: Δεδομένα γραμμών συστήματος 17 ζυγών (συνέχεια).

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	R (α.μ.)	X (α.μ.)	Όριο γραμμής S_L (α.μ.)
8	8	9	0,006413	0,004608	1,05
9	8	10	0,006501	0,004608	1,05
10	10	11	0,001224	0,000405	1,05
11	3	12	0,002331	0,000771	1,05
12	12	13	0,009141	0,007192	0,5
13	13	14	0,003372	0,004439	0,45
14	14	15	0,00368	0,003275	0,3
15	14	16	0,004647	0,003304	0,25
16	16	17	0,008026	0,010716	0,25

Πίνακας 6.2: Δεδομένα ζυγών φορτίου συστήματος 17 ζυγών.

Αριθμός ζυγού φορτίου	Φορτίο	
	MW	MVA _r
2	10	6
3	9	4
4	12	8
5	6	3
6	6	2
7	20	10
8	20	10
9	6	2
10	6	2
11	4,5	3
12	6	3,5
13	6	3,5
14	12	8
15	6	1
16	6	2
17	6	2

6.2.2 Αποτελέσματα

6.2.2.1 Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων

6.2.2.1.1 Σταθερό φορτίο

Αρχικά, θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς φορτίου του δικτύου είναι σταθερό και λαμβάνει τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 6.2.

Στον Πίνακα 6.3, φαίνονται τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, για το δίκτυο 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Πίνακας 6.3: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,999	$-6,44 \cdot 10^{-4}$	9,9907	5,9755
3	0,9939	-0,0055	8,9502	3,9037
4	0,9915	-0,0065	11,9084	7,7352
5	0,9914	-0,0066	5,9532	2,8986
6	0,987	-0,0808	5,9298	1,8993
7	0,9853	-0,1907	19,7356	9,4323
8	0,9834	-0,1777	19,7014	9,3607
9	0,9829	-0,1865	5,9078	1,8685
10	0,9824	-0,1871	5,9054	1,8652
11	0,9824	-0,186	4,4288	2,7971
12	0,9927	0,003	5,9606	3,4001
13	0,9882	-0,0601	5,9360	3,3391
14	0,9866	-0,1126	11,8548	7,5835
15	0,9863	-0,122	5,9260	0,9470
16	0,9859	-0,125	5,9236	1,8906
17	0,9852	-0,1534	5,9198	1,8852

Όπως παρατηρείται από τα αποτελέσματα της ροής φορτίου πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ του Πίνακα 6.3, η πτώση τάσης δεν είναι σημαντική αφού το δίκτυο είναι περιορισμένου εύρους και τα δεδομένα των αντιστάσεων δεν είναι μεγάλα.

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 143,143 \text{ MW} + j \cdot 71,113 \text{ MVar} \quad (6.1)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 1,64 \text{ MW} + j \cdot 1,11 \text{ MVar} \quad (6.2)$$

Κατόπιν, έπεται η εκτέλεση του αλγορίθμου βελτιστοποίησης. Πριν όμως συμβεί αυτό πρέπει να καθοριστούν οι βασικές παράμετροι αυτού, δηλαδή το μέγιστο μέγεθος της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής σε MW και τα βάρη των δεικτών ILP, ILQ, IC και IVD της αντικειμενικής συνάρτησης (σχέση 5.3). Για το δίκτυο των 17 ζυγών μελέτης, η παραγωγή ισχύος της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής κυμαίνεται από 0 έως 63 MW. Τα βάρη των δεικτών ILP, ILQ, IC και IVD, της αντικειμενικής συνάρτησης IMO είναι:

$$[w_{ILP}, w_{ILQ}, w_{IC}, w_{IVD}] = [0,40, 0,20, 0,25, 0,15] \quad (6.3)$$

Αφού έχουν καθοριστεί τα δεδομένα του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 8 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, που προκύπτουν από τη διαδικασία βελτιστοποίησης με τη χρήση γενετικού αλγορίθμου, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4.

Πίνακας 6.4: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9993	0,0099	9,9907	5,9755
3	0,9962	0,0615	8,9502	3,9037
4	0,9953	0,1025	11,9084	7,7352
5	0,9952	0,1024	5,9532	2,8986
6	0,9941	0,1894	5,9298	1,8993
7	0,9931	0,2221	19,7356	9,4323
8	0,9940	0,2883	19,7014	9,3607
9	0,9935	0,2797	5,9078	1,8685
10	0,9931	0,2791	5,9054	1,8652
11	0,9930	0,2802	4,4288	2,7971
12	0,9951	0,0699	5,9606	3,4001
13	0,9905	0,0071	5,9360	3,3391
14	0,9889	-0,0451	11,8548	7,5835
15	0,9887	-0,0545	5,9260	0,9470
16	0,9882	-0,0575	5,9236	1,8906
17	0,9875	-0,0858	5,9198	1,8852

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς

παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 79,2408 \text{ MW} + j \cdot 70,4787 \text{ MVar} \quad (6.4)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως βέλτιστη ονομαστική ισχύ σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου σε MW, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.1. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες ισχύος του δικτύου, δηλαδή οι απώλειες ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 0,739 \text{ MW} + j \cdot 0,4773 \text{ MVar} \quad (6.5)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.2), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.5), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

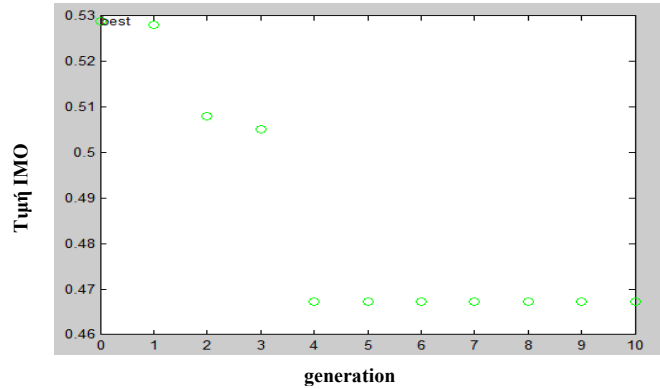
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.3).

Στον Πίνακα 6.5, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για το σταθερό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

Πίνακας 6.5: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 17 ζυγών για σταθερό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,4507
ILQ	0,43
IVD	0,0118
IC	0,797
Βέλτιστος ζυγός	8
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,4673

Στο Σχήμα 6.2 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης της βελτιστοποίησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.2: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για σταθερό φορτίο.

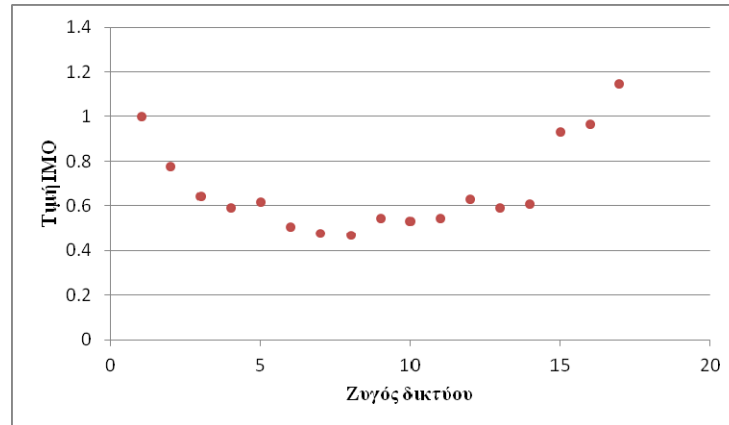
Από το Σχήμα 6.2 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 5 επαναλήψεις (γενεές).

Στον Πίνακα 6.6 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ σταθερή και ίση με 63 MW, για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.6: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 17 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1	1	1	1
2	0,774354	0,950131	0,962233	0,017263	0,797063
3	0,640082	0,707097	0,778446	0,015286	0,797043
4	0,590875	0,618302	0,711105	0,01382	0,797043
5	0,616827	0,665447	0,74657	0,013826	0,797043
6	0,508113	0,492124	0,550648	0,012485	0,797043
7	0,476232	0,468397	0,438704	0,012481	0,797043
8	0,467300	0,450716	0,429998	0,01180	0,797043
9	0,545440	0,578204	0,565122	0,012491	0,797043
10	0,532269	0,557175	0,541323	0,012489	0,797043
11	0,544940	0,582639	0,553752	0,012491	0,797043
12	0,630141	0,687265	0,768427	0,015284	0,797028
13	0,591579	0,653573	0,729191	0,015281	0,728076
14	0,609431	0,657348	0,736496	0,015282	0,787602
15	0,934462	0,729649	0,831078	0,015288	0,800000
16	0,965335	0,726972	0,809288	0,015288	0,800000
17	0,67427135	0,883342	0,985544	0,015303	0,800000

Στο Σχήμα 6.3 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.



Σχήμα 6.3: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για σταθερό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Για παράδειγμα, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης στο ζυγό φορτίου 4 του δικτύου, είναι $IMO=0,590875$, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται για δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 και μεταβαλλόμενο το μέγεθος της ονομαστικής ισχύος σε MW της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.7 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 8, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW με βήμα 1MW, και για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.7: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1,000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000
1	0,793471	0,984638504	0,983448638	0,017459604	0,797066272
2	0,785137	0,969495874	0,967144512	0,017287969	0,797065884
3	0,77691	0,954571878	0,951087359	0,017116412	0,797065495
4	0,76879	0,939866285	0,935276918	0,016944933	0,797065107
5	0,760776	0,925378862	0,919712927	0,016773531	0,79706472
6	0,75287	0,911109381	0,904395126	0,016602206	0,797064332
7	0,74507	0,897057609	0,889323254	0,016430959	0,797063945
8	0,737376	0,883223318	0,874497052	0,016259789	0,797063558

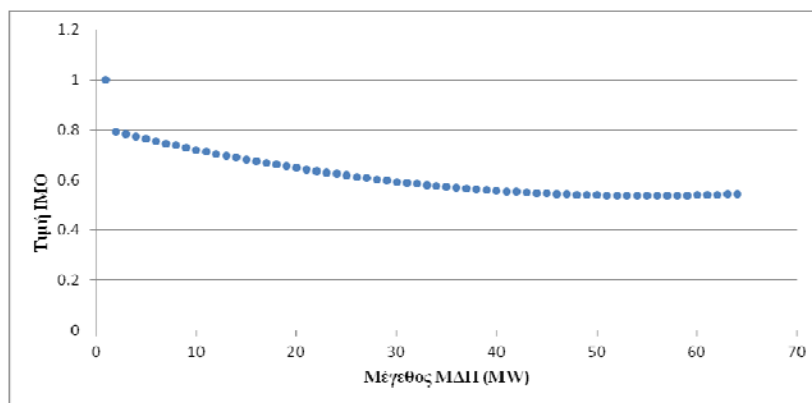
Πίνακας 6.7: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
9	0,729788	0,869606277	0,859916261	0,016088696	0,797063171
10	0,722307	0,856206258	0,845580622	0,01591768	0,797062784
11	0,714933	0,843023033	0,831489877	0,015746742	0,797062398
12	0,707664	0,830056373	0,817643768	0,01557588	0,797062012
13	0,700501	0,81730605	0,804042038	0,015405095	0,797061626
14	0,693445	0,804771838	0,79068443	0,015234387	0,79706124
15	0,686494	0,79245351	0,777570688	0,015063755	0,797060855
16	0,679649	0,780350838	0,764700556	0,0148932	0,79706047
17	0,67291	0,768463599	0,75207378	0,014722722	0,797060085
18	0,666277	0,756791565	0,739690105	0,014552319	0,7970597
19	0,659749	0,745334512	0,727549276	0,014381994	0,797059315
20	0,653326	0,734092215	0,715651039	0,014211744	0,797058931
21	0,647009	0,723064451	0,703995142	0,01404675	0,797058547
22	0,640797	0,712250996	0,692581332	0,014009091	0,797058163
23	0,634691	0,701651625	0,681409356	0,01397145	0,797057779
24	0,62869	0,691266117	0,670478964	0,013933827	0,797057396
25	0,622794	0,68109425	0,659789902	0,013896221	0,797057013
26	0,617002	0,6711358	0,649341922	0,013858633	0,797056663
27	0,611316	0,661390547	0,639134772	0,013821063	0,797056247
28	0,605735	0,651858269	0,629168202	0,01378351	0,797055864
29	0,600258	0,642538746	0,619441964	0,013745974	0,797055482
30	0,594886	0,633431757	0,609955809	0,013708457	0,7970551
31	0,589619	0,624537083	0,600709487	0,013670956	0,797054718
32	0,584458	0,615854504	0,591702752	0,013633473	0,797054336
33	0,579413	0,607383801	0,582935356	0,013596008	0,797053955
34	0,574472	0,599124756	0,574407051	0,01355856	0,797053574
35	0,569635	0,59107715	0,566117592	0,01352113	0,797053193
36	0,564903	0,583240765	0,558066732	0,013483717	0,797052812
37	0,560275	0,575615385	0,550254226	0,013446321	0,797052431
38	0,555575	0,568200792	0,542679829	0,013408943	0,797052051
39	0,55133	0,56099677	0,535343296	0,013371582	0,797051671
40	0,547014	0,554003102	0,528244383	0,013334238	0,797051291
41	0,542801	0,547219573	0,521382846	0,013296912	0,797050911
42	0,538692	0,540645969	0,514758442	0,013259603	0,797050532

Πίνακας 6.7: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
43	0,534687	0,534282072	0,508370929	0,013222311	0,797050152
44	0,530786	0,528127671	0,502220064	0,013185037	0,797049773
45	0,526987	0,522182549	0,496305605	0,01314778	0,797049395
46	0,523293	0,516446495	0,490627312	0,01311054	0,797049016
47	0,519701	0,510919293	0,485184942	0,013073317	0,797048638
48	0,516213	0,505600733	0,479978256	0,013036112	0,79704826
49	0,512829	0,5004906	0,475007013	0,012998923	0,797047882
50	0,509547	0,495588683	0,470270975	0,012961752	0,797047504
51	0,506368	0,490894771	0,465769901	0,012924598	0,797047126
52	0,503292	0,486408652	0,461503554	0,012887461	0,797046749
53	0,500319	0,482130116	0,457471695	0,012850342	0,797046372
54	0,497449	0,478058951	0,453674087	0,012813239	0,797045995
55	0,494682	0,474194948	0,450110492	0,012776153	0,797045619
56	0,492017	0,470537898	0,446780672	0,012739085	0,797045242
57	0,489455	0,46708759	0,443684393	0,012702033	0,797044866
58	0,486996	0,463843817	0,440821418	0,012664999	0,797044449
59	0,484638	0,460806369	0,438191511	0,012627981	0,797044114
60	0,482384	0,457975039	0,435794438	0,012590981	0,797043739
61	0,480231	0,455349618	0,433629963	0,012553997	0,797043363
62	0,478181	0,4529299	0,431697853	0,012517031	0,797042988
63	0,467300	0,4507160	0,42999800	0,0118000	0,79704300

Το Σχήμα 6.4 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.4: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 8 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 17 ζυγών και σταθερό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.4 φαίνεται ότι όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

Από τον Πίνακα 6.6 παρατηρείται ότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και των παραμέτρων αυτής, μειώνεται καθώς αυξάνεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ. Η μεγάλη διαφορά παρατηρείται στις απώλειες ενεργού και αέργου ισχύος και λιγότερο στο μέγιστο της θερμικής ισχύος.

6.2.2.1.2 Οικιακό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν οικιακό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,92$ και $b=4,04$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση φορτίου

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,92} \quad (6.6)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{4,04} \quad (6.7)$$

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9990	-0,0014	9,9907	5,9755
3	0,9940	-0,0105	8,9502	3,9037
4	0,9917	-0,0137	11,9084	7,7352
5	0,9915	-0,0139	5,9532	2,8986
6	0,9837	-0,0910	5,9298	1,8993
7	0,9856	-0,2001	19,7356	9,4323
8	0,9838	-0,1896	19,7014	9,3607

Πίνακας 6.8: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
9	0,9833	-0,1986	5,9078	1,8685
10	0,9829	-0,1998	5,9054	1,8652
11	0,9828	-0,1989	4,4288	2,7971
12	0,9929	-0,0032	5,9606	3,4001
13	0,9884	-0,0689	5,9360	3,3391
14	0,9869	-0,1218	11,8548	7,5835
15	0,9866	-0,1312	5,9260	0,9470
16	0,9862	-0,1345	5,9236	1,8906
17	0,9855	-0,1630	5,9198	1,8852

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 141,4944 \text{ MW} + j \cdot 67,8199 \text{ MVar} \quad (6.8)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 1,58 \text{ MW} + j \cdot 1,07 \text{ MVar} \quad (6.9)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 8 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.9.

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	0,99935	0,00016	9,99401	5,98424
2	0,99627	0,00102	8,96912	3,94008
3	0,99542	0,00172	11,94944	7,85303
4	0,99524	0,00172	5,97374	2,94276
5	0,99421	0,00322	5,96801	1,95360
6	0,99935	0,00016	9,99401	5,98424

Πίνακας 6.9: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
7	0,99326	0,00379	19,87603	9,73066
8	0,99421	0,00493	19,89342	9,76810
9	0,99373	0,00478	5,96540	1,94985
10	0,99330	0,00477	5,96301	1,94642
11	0,99323	0,00478	4,47198	2,91883
12	0,99514	0,00115	5,97318	3,43181
13	0,99070	0,00002	5,94863	3,37032
14	0,98913	-0,00090	11,87991	7,65435
15	0,98887	-0,00106	5,93856	0,95581
16	0,98844	-0,00112	5,93617	1,90823
17	0,98775	-0,00161	5,93236	1,90287

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 78,33 \text{ MW} + j \cdot 68,6508 \text{ MVar} \quad (6.10)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.1. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 0,7152 \text{ MW} + j \cdot 0,46711 \text{ MVar} \quad (6.11)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.9), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.11), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

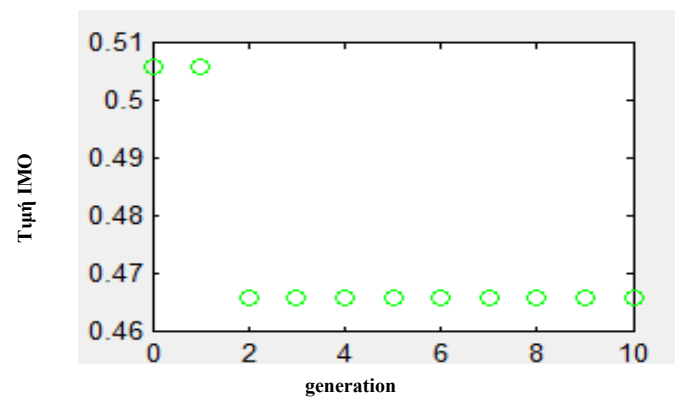
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.3).

Στον Πίνακα 6.10, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για το σταθερό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.10: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,4533
ILQ	0,4325
IVD	0,0122
IC	0,7844
Βέλτιστος ζυγός	8
Βέλτιστο ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,4658

Στο Σχήμα 6.5 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.5: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για οικιακό φορτίο.

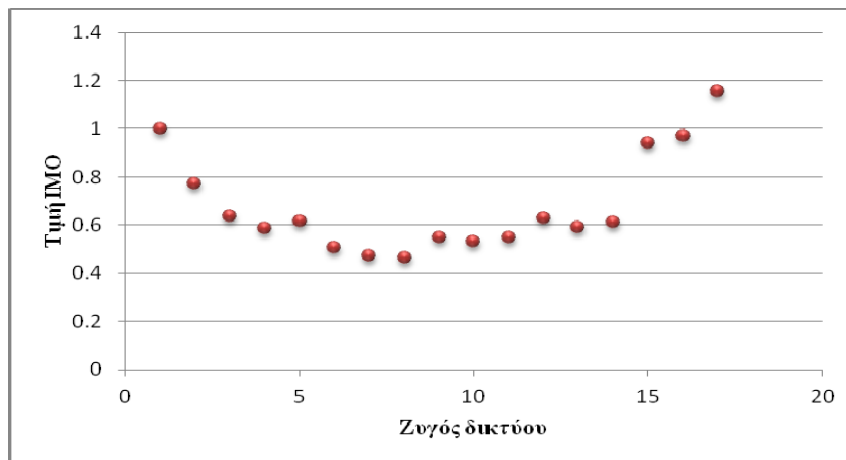
Από το Σχήμα 6.5 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 3 επαναλήψεις (γενεές).

Στον Πίνακα 6.11 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίσο με 63 MW και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.11: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 17 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,770490	0,949884	0,962270	0,016830	0,782233
3	0,636434	0,705783	0,778903	0,014911	0,784413
4	0,587547	0,617292	0,712526	0,013484	0,784411
5	0,614647	0,666512	0,749585	0,013490	0,784406
6	0,505552	0,492471	0,553126	0,012242	0,784408
7	0,473412	0,469007	0,439355	0,012241	0,784409
8	0,465751	0,453295	0,432478	0,012247	0,784402
9	0,547184	0,586319	0,573601	0,012259	0,784388
10	0,533789	0,564958	0,549352	0,012259	0,784388
11	0,547022	0,591535	0,562364	0,012261	0,784386
12	0,627522	0,686954	0,769922	0,014914	0,786076
13	0,592693	0,656655	0,734114	0,014925	0,723878
14	0,612374	0,661480	0,742774	0,014930	0,787949
15	0,939293	0,736774	0,841348	0,014937	1,896295
16	0,970065	0,734222	0,818829	0,014937	2,041479
17	1,156335	0,896979	1,138237	0,014954	2,270610

Στο Σχήμα 6.6 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.



Σχήμα 6.6: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για οικιακό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Όπως παρατηρείται από το Σχήμα 6.6 η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, είναι ο ζυγός 8 του συστήματος.

Στον Πίνακα 6.12 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 8 και μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.12: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	0,788634317	0,984756496	0,983556049	0,017022271	0,781868675
2	0,779094	0,969283	0,966876	0,016852	0,781911
3	0,769833	0,954260	0,950693	0,016685	0,781952
4	0,760712	0,939460	0,934762	0,016517	0,781993
5	0,751731	0,924883	0,919084	0,016350	0,782035
6	0,742889	0,910528	0,903657	0,016183	0,782076
7	0,734186	0,896396	0,888482	0,016015	0,782117
8	0,725623	0,882487	0,873558	0,015848	0,782158
9	0,717199	0,868799	0,858885	0,015681	0,782200
10	0,708913	0,855333	0,844463	0,015514	0,782241
11	0,700767	0,842089	0,830292	0,015347	0,782282
12	0,692759	0,829067	0,816371	0,015180	0,782323
13	0,684889	0,816265	0,802699	0,015013	0,782364
14	0,677158	0,803684	0,789278	0,014847	0,782405
15	0,669565	0,791324	0,776106	0,014680	0,782447
16	0,662110	0,779185	0,763184	0,014514	0,782488
17	0,654792	0,767265	0,750511	0,014347	0,782529
18	0,647613	0,755566	0,738086	0,014181	0,782570
19	0,640571	0,744086	0,725910	0,014014	0,782611
20	0,633667	0,732827	0,713982	0,013848	0,782652
21	0,626911	0,721786	0,702302	0,013755	0,782693
22	0,620301	0,710965	0,690870	0,013719	0,782734
23	0,613828	0,700362	0,679686	0,013683	0,782775
24	0,607492	0,689978	0,668749	0,013646	0,782816
25	0,601293	0,679813	0,658059	0,013610	0,782857
26	0,595230	0,669866	0,647615	0,013574	0,782898
27	0,589304	0,660137	0,637418	0,013538	0,782939

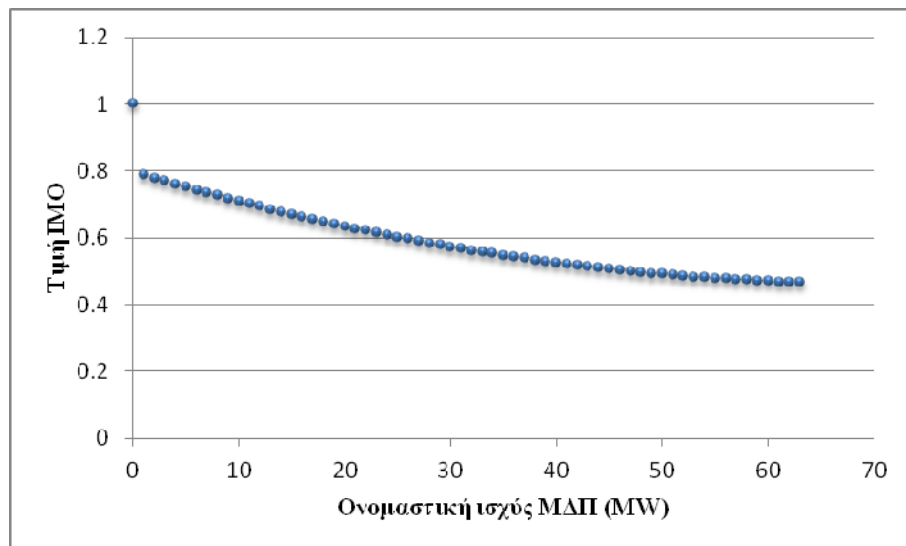
Πίνακας 6.12: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
28	0,583514	0,650626	0,627468	0,013502	0,782980
29	0,577861	0,641332	0,617763	0,013466	0,783021
30	0,572343	0,632256	0,608305	0,013429	0,783062
31	0,566962	0,623397	0,599092	0,013393	0,783102
32	0,561716	0,614755	0,590124	0,013357	0,783143
33	0,556606	0,606330	0,581401	0,013321	0,783184
34	0,551632	0,598121	0,572923	0,013285	0,783225
35	0,546793	0,590128	0,564690	0,013249	0,783266
36	0,542090	0,582352	0,556701	0,013213	0,783307
37	0,537521	0,574791	0,548956	0,013177	0,783347
38	0,533088	0,567447	0,541455	0,013141	0,783388
39	0,528789	0,560317	0,534197	0,013105	0,783429
40	0,524626	0,553403	0,527183	0,013069	0,783470
41	0,520597	0,546704	0,520412	0,013033	0,783510
42	0,516702	0,540219	0,513884	0,012997	0,783551
43	0,512942	0,533950	0,507599	0,012962	0,783592
44	0,509316	0,527894	0,501556	0,012926	0,783632
45	0,505824	0,522053	0,495755	0,012890	0,783673
46	0,502466	0,516426	0,490196	0,012854	0,783714
47	0,499242	0,511012	0,484878	0,012818	0,783754
48	0,496151	0,505812	0,479803	0,012782	0,783795
49	0,493195	0,500826	0,474968	0,012747	0,783835
50	0,490371	0,496052	0,470374	0,012711	0,783876
51	0,487681	0,491491	0,466021	0,012675	0,783916
52	0,485124	0,487144	0,461909	0,012639	0,783957
53	0,482701	0,483008	0,458037	0,012604	0,783998
54	0,480410	0,479085	0,454405	0,012568	0,784038
55	0,478251	0,475374	0,451012	0,012532	0,784078
56	0,476226	0,471875	0,447860	0,012496	0,784119
57	0,474333	0,468587	0,444946	0,012461	0,784159
58	0,472573	0,465511	0,442272	0,012425	0,784200
59	0,470944	0,462646	0,439836	0,012390	0,784240
60	0,469448	0,459992	0,437639	0,012354	0,784281
61	0,468084	0,457549	0,435681	0,012318	0,784321

Πίνακας 6.12: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
62	0,466852	0,455317	0,433961	0,012283	0,784361
63	0,465751	0,453295	0,432478	0,012247	0,784402

Το Σχήμα 6.7 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.7: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 8 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 17 ζυγών και οικιακό φορτίο.

6.2.2.1.3 Βιομηχανικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν βιομηχανικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,18$ και $b=6$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,18} \quad (6.12)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^6 \quad (6.13)$$

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.13.

Πίνακας 6.13: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,999	-0,0021	9,9982	5,9636
3	0,9940	-0,0150	8,9902	3,8573
4	0,9917	-0,0201	11,9820	7,6087
5	0,9915	-0,0204	5,9908	2,8502
6	0,9873	-0,1017	5,9862	1,8519
7	0,9856	-0,2128	19,9480	9,1684
8	0,9838	-0,2040	19,9412	9,0646
9	0,9833	-0,2135	5,9818	1,8077
10	0,9829	-0,2152	5,9814	1,8029
11	0,9828	-0,2143	4,4860	2,7033
12	0,9928	-0,0085	5,9922	3,3521
13	0,9884	-0,0778	5,9874	3,2632
14	0,9868	-0,1416	11,9714	7,3882
15	0,9866	-0,1416	5,9854	0,9221
16	0,9861	-0,1453	5,9849	1,8393
17	0,9855	-0,1745	5,9842	1,8317

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 142,7775 \text{ MW} + j \cdot 66,3167 \text{ MVar} \quad (6.14)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 1,59 \text{ MW} + j \cdot 1,08 \text{ MVar} \quad (6.15)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 8 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.14.

Πίνακας 6.14: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9993	0,0090	9,9988	5,9766
3	0,9963	0,0562	8,9939	3,9111
4	0,9954	0,0954	11,9901	7,7821
5	0,9952	0,0952	5,9948	2,9152
6	0,9942	0,1792	5,9937	1,9313
7	0,9933	0,2114	19,9757	9,6025
8	0,9942	0,2761	19,9791	9,6572
9	0,9937	0,2672	5,9932	1,9259
10	0,9933	0,2661	5,9927	1,9209
11	0,9932	0,2671	4,4945	2,8801
12	0,9951	0,0630	5,9947	3,3989
13	0,9907	-0,0049	5,9899	3,3088
14	0,9891	-0,0587	11,9764	7,4915
15	0,9889	-0,0682	5,9879	0,9350
16	0,9884	-0,0717	5,9874	1,8651
17	0,9877	-0,1006	5,9867	1,8573

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 79,04 \text{ MW} + j \cdot 67,7918 \text{ MVar} \quad (6.16)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.1. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 0,7141 MW + j \cdot 0,4607 MVar \quad (6.17)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.15), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.17), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

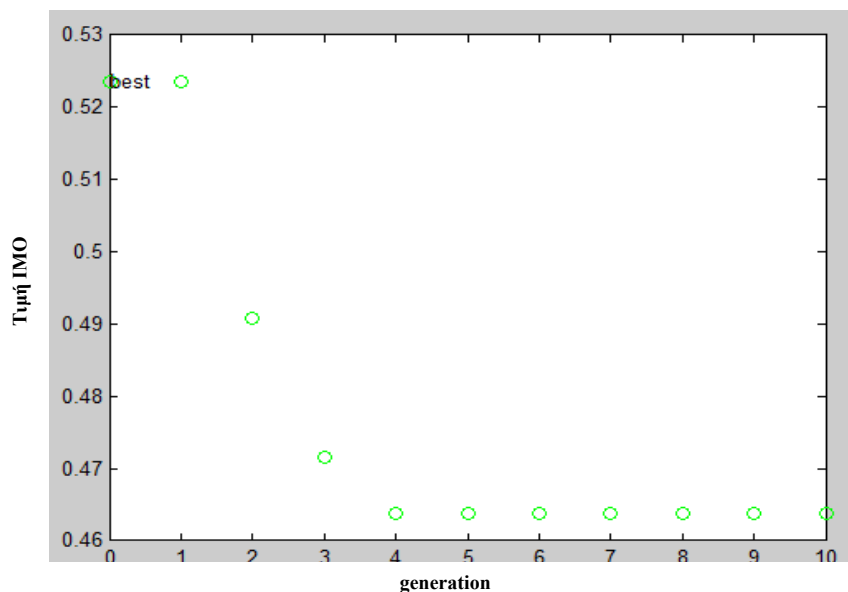
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.3).

Στον Πίνακα 6.15, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για βιομηχανικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.15: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 17 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμές
ILP	0,4490
ILQ	0,4280
IVD	0,0123
IC	0,7871
Βέλτιστος ζυγός	8
Βέλτιστο ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,4638

Στο Σχήμα 6.8 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.8: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

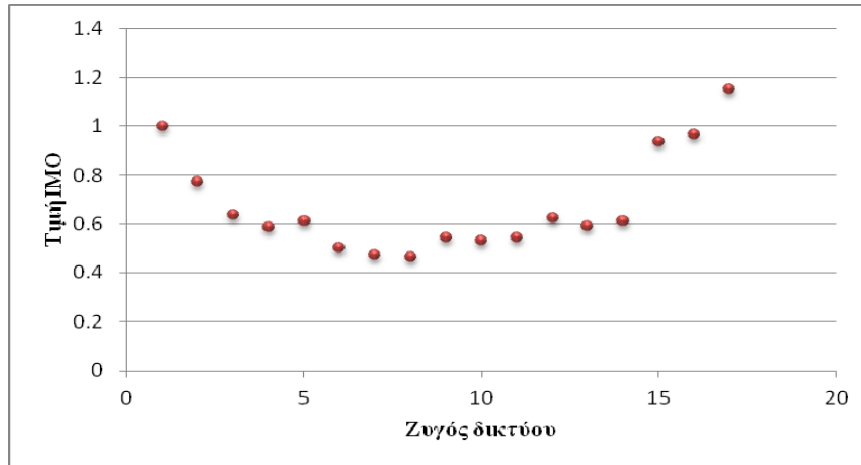
Από το Σχήμα 6.8 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 5 επαναλήψεις (γενεές).

Στον Πίνακα 6.16 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.16: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 17 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,771071	0,949487	0,961920	0,016848	0,785459
3	0,635869	0,703644	0,776970	0,014925	0,787116
4	0,586548	0,614419	0,709884	0,013496	0,787115
5	0,613420	0,663230	0,746623	0,013503	0,787112
6	0,503844	0,488545	0,549041	0,012259	0,787115
7	0,471556	0,465000	0,434692	0,012258	0,787116
8	0,463804	0,448984	0,427966	0,012262	0,787112
9	0,544579	0,580947	0,567920	0,012273	0,787102
10	0,531340	0,559828	0,543963	0,012273	0,787102
11	0,544487	0,586224	0,556905	0,012275	0,787100
12	0,626585	0,684305	0,767633	0,014928	0,788391
13	0,590899	0,653229	0,730738	0,014936	0,724875
14	0,610016	0,658146	0,739315	0,014940	0,786613
15	0,936911	0,732881	0,837131	0,014947	1,896362
16	0,967816	0,730474	0,814950	0,014947	2,041579
17	1,153456	0,892258	1,132184	0,014964	2,271486

Στο Σχήμα 6.9 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.



Σχήμα 6.9: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για βιομηχανικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Όπως παρατηρείται από το Σχήμα 6.9, η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ είναι ο ζυγός 8 του συστήματος.

Στον Πίνακα 6.17 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 8 και για μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.17: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	0,789285	0,984463	0,9832424	0,0170384	0,785184
2	0,779788	0,969062	0,966642	0,016870	0,785216
3	0,770458	0,953930	0,950345	0,016702	0,785247
4	0,761269	0,939023	0,934301	0,016535	0,785279
5	0,752221	0,924341	0,918511	0,016367	0,785310
6	0,743313	0,909882	0,902975	0,016200	0,785341
7	0,734545	0,895648	0,887691	0,016032	0,785372
8	0,725918	0,881637	0,872661	0,015865	0,785404
9	0,717430	0,867850	0,857883	0,015697	0,785435
10	0,709082	0,854286	0,843357	0,015530	0,785466
11	0,700873	0,840944	0,829084	0,015363	0,785497
12	0,692804	0,827826	0,815062	0,015196	0,785528

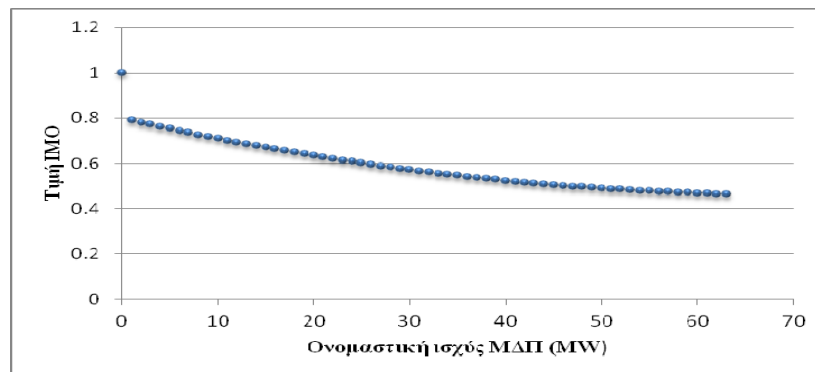
Πίνακας 6.17: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
13	0,684875	0,814930	0,801292	0,015029	0,785560
14	0,677084	0,802257	0,787773	0,014862	0,785591
15	0,669433	0,789806	0,774505	0,014695	0,785622
16	0,661921	0,777576	0,761488	0,014528	0,785653
17	0,654547	0,765568	0,748721	0,014362	0,785684
18	0,647312	0,753782	0,736205	0,014195	0,785715
19	0,640215	0,742217	0,723939	0,014028	0,785747
20	0,633257	0,730873	0,711923	0,013862	0,785778
21	0,626450	0,719749	0,700156	0,013777	0,785809
22	0,619787	0,708846	0,688638	0,013740	0,785840
23	0,613263	0,698163	0,677369	0,013704	0,785871
24	0,606876	0,687701	0,666350	0,013668	0,785902
25	0,600627	0,677458	0,655578	0,013631	0,785933
26	0,594515	0,667435	0,645055	0,013595	0,785965
27	0,588541	0,657631	0,634780	0,013559	0,785996
28	0,582704	0,648047	0,624753	0,013522	0,786027
29	0,577004	0,638681	0,614973	0,013486	0,786058
30	0,571442	0,629535	0,605440	0,013450	0,786089
31	0,566015	0,620606	0,596154	0,013413	0,786120
32	0,560726	0,611896	0,587116	0,013377	0,786151
33	0,555573	0,603404	0,578323	0,013341	0,786182
34	0,550557	0,595130	0,569777	0,013305	0,786213
35	0,545676	0,587074	0,561477	0,013269	0,786244
36	0,540932	0,579235	0,553423	0,013232	0,786275
37	0,536324	0,571613	0,545614	0,013196	0,786306
38	0,531852	0,564209	0,538050	0,013160	0,786338
39	0,527515	0,557021	0,530732	0,013124	0,786369
40	0,523314	0,550049	0,523658	0,013088	0,786400
41	0,519249	0,543294	0,516829	0,013052	0,786431
42	0,515319	0,536755	0,510244	0,013016	0,786462
43	0,511524	0,530432	0,503903	0,012980	0,786493
44	0,507864	0,524325	0,497806	0,012944	0,786524
45	0,504339	0,518433	0,491953	0,012908	0,786555
46	0,500948	0,512756	0,486343	0,012872	0,786586

Πίνακας 6.17: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
47	0,497693	0,507295	0,480976	0,012836	0,786617
48	0,494571	0,502048	0,475851	0,012800	0,786648
49	0,491585	0,497016	0,470970	0,012764	0,786679
50	0,488732	0,492198	0,466330	0,012728	0,786710
51	0,486014	0,487595	0,461933	0,012692	0,786741
52	0,483429	0,483205	0,457778	0,012656	0,786772
53	0,480978	0,479030	0,453864	0,012620	0,786803
54	0,478661	0,475068	0,450192	0,012584	0,786834
55	0,476478	0,471319	0,446761	0,012548	0,786864
56	0,474428	0,467783	0,443571	0,012513	0,786895
57	0,472512	0,464461	0,440621	0,012477	0,786926
58	0,470728	0,461351	0,437912	0,012441	0,786957
59	0,469078	0,458453	0,435443	0,012405	0,786988
60	0,467560	0,455768	0,433215	0,012369	0,787019
61	0,466176	0,453295	0,431225	0,012334	0,787050
62	0,464924	0,451034	0,429476	0,012298	0,787081
63	0,463804	0,448984	0,427966	0,012262	0,787112

Το Σχήμα 6.10 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.10: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 8 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 17 ζυγών και βιομηχανικό φορτίο.

6.2.2.1.4 Εμπορικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν εμπορικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=1,51$ και $b=3,4$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{1,51} \quad (6.18)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{3,4} \quad (6.19)$$

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.18: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9990	-0,0011	9,9848	5,9795
3	0,9940	-0,0084	8,9187	3,9191
4	0,9917	-0,0108	11,8506	7,7775
5	0,9916	-0,0109	5,9237	2,9148
6	0,9873	-0,0857	5,8857	1,9152
7	0,9857	-0,1935	19,5694	9,5217
8	0,9838	-0,1822	19,5142	9,4613
9	0,9834	-0,1910	5,8500	1,8892
10	0,9829	-0,1920	5,8462	1,8864
11	0,9829	-0,1910	4,3842	2,8290
12	0,9929	$-7,5151 \cdot 10^{-4}$	5,9357	3,4161
13	0,9885	-0,0646	5,8958	3,3647
14	0,9869	-0,1166	11,7635	7,6494
15	0,9867	-0,1259	5,8795	0,9553
16	0,9862	-0,1290	5,8756	1,9079
17	0,9855	-0,1571	5,8695	1,9034

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 140,4739 \text{ MW} + j \cdot 68,3108 \text{ MVar} \quad (6.20)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 1,56 \text{ MW} + j \cdot 1,06 \text{ MVar} \quad (6.21)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 8 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.19.

Πίνακας 6.19: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9994	0,0096	9,9902	5,9868
3	0,9963	0,0598	8,9496	3,9497
4	0,9954	0,1003	11,9175	7,8767
5	0,9953	0,1001	5,9571	2,9519
6	0,9942	0,1868	5,9478	1,9611
7	0,9933	0,2203	19,7977	9,7736
8	0,9942	0,2859	19,8262	9,8054
9	0,9938	0,2773	5,9436	1,9579
10	0,9933	0,2766	5,9397	1,9550
11	0,9933	0,2776	4,4543	2,9318
12	0,9952	0,0676	5,9562	3,4428
13	0,9907	0,0042	5,9162	3,3909
14	0,9892	-0,0476	11,8042	7,7090
15	0,9889	-0,0569	5,8998	0,9628
16	0,9885	-0,0600	5,8959	1,9227
17	0,9878	-0,0880	5,8898	1,9182

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 77,775 \text{ MW} + j \cdot 68,9321 \text{ MVar} \quad (6.22)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.1. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDGL} = 0,7125MW + j \cdot 0,4601MVar \quad (6.23)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.21), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.23), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

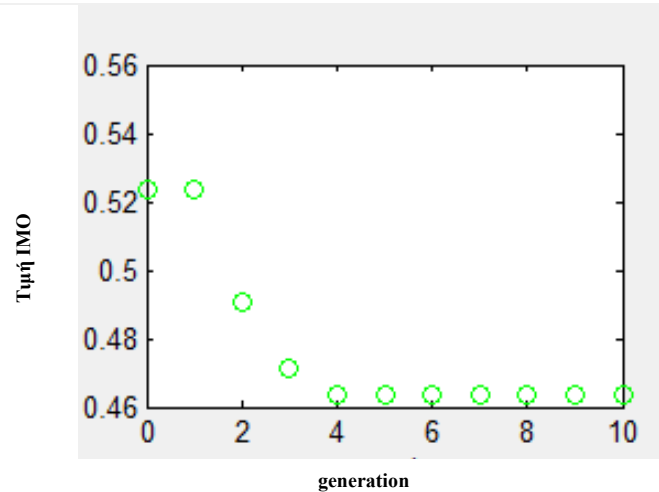
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.3).

Στον Πίνακα 6.20, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για εμπορικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.20: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 17 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,4563
ILQ	0,4356
IVD	0,0122
IC	0,7811
Βέλτιστος ζυγός	8
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,4667

Στο Σχήμα 6.11 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.11: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.11 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 5 επαναλήψεις (γενεές).

Στον Πίνακα 6.21 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

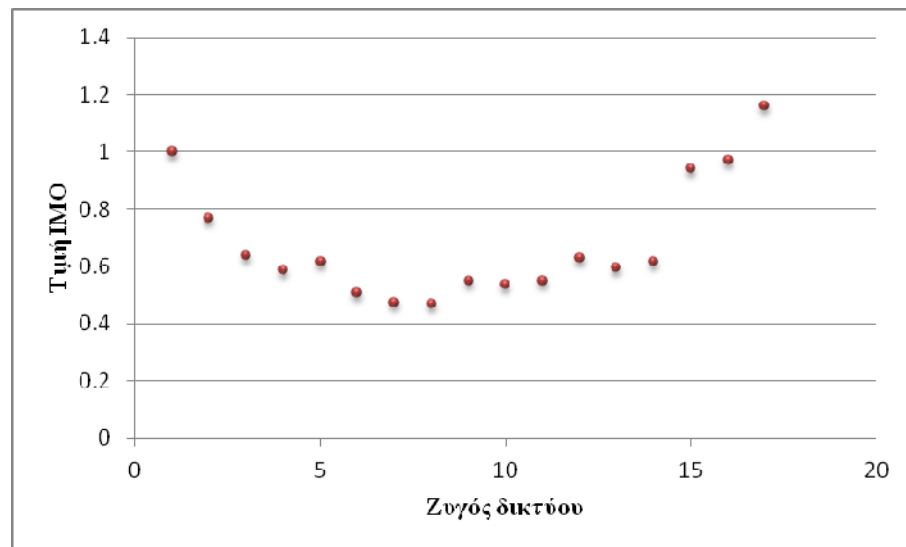
Πίνακας 6.21: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 17 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,769635	0,950092	0,962484	0,016763	0,778349
3	0,636296	0,706913	0,780125	0,014853	0,781112
4	0,587715	0,618909	0,714301	0,013432	0,781107
5	0,615108	0,668658	0,751770	0,013439	0,781101
6	0,506256	0,494911	0,555935	0,012200	0,781098
7	0,474178	0,471530	0,442305	0,012200	0,781098
8	0,466721	0,456264	0,435564	0,012207	0,781087
9	0,549010	0,590675	0,578201	0,012219	0,781069
10	0,535490	0,569119	0,553710	0,012219	0,781069
11	0,548850	0,595955	0,566842	0,012221	0,781066
12	0,627747	0,688534	0,771498	0,014857	0,783220
13	0,593938	0,659164	0,736826	0,014872	0,722705
14	0,614205	0,664069	0,745716	0,014877	0,788812

Πίνακας 6.21: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 17 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
15	0,941390	0,740102	0,845286	0,014884	1,896237
16	0,972063	0,737476	0,822458	0,014885	2,041391
17	1,159363	0,901673	1,144890	0,014902	2,269920

Στο Σχήμα 6.12 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.



Σχήμα 6.12: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για εμπορικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Όπως παρατηρείται από το Σχήμα 6.12 η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, είναι ο ζυγός 8 του συστήματος.

Στον Πίνακα 6.22 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 8 και για μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

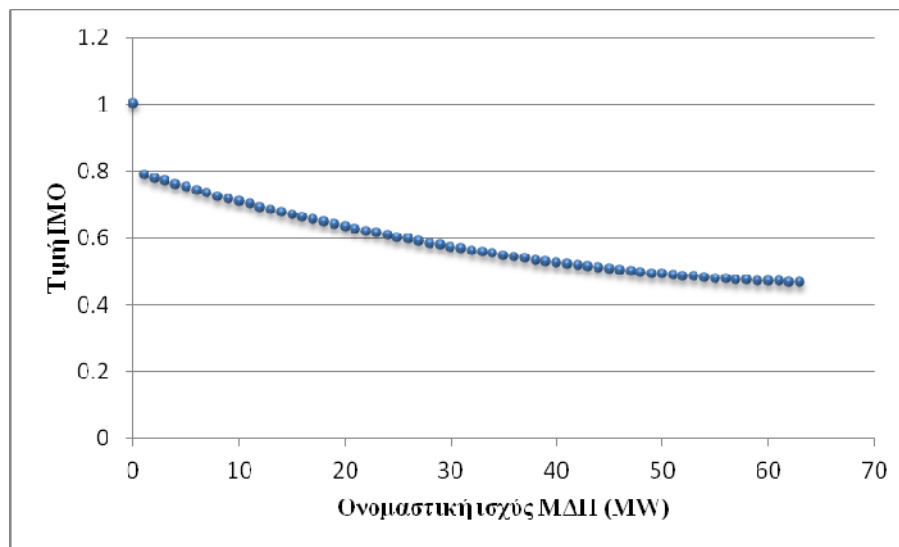
Πίνακας 6.22: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	0,787746	0,98495	0,983760	0,01695	0,7778857
2	0,778154	0,969388	0,966982	0,016784	0,777939
3	0,768928	0,954417	0,950851	0,016618	0,777992
4	0,759841	0,939669	0,934973	0,016451	0,778044
5	0,750894	0,925144	0,919347	0,016284	0,778096
6	0,742086	0,910841	0,903972	0,016117	0,778148
7	0,733417	0,896761	0,888849	0,015951	0,778200
8	0,724887	0,882903	0,873977	0,015784	0,778253
9	0,716496	0,869266	0,859356	0,015618	0,778305
10	0,708245	0,855851	0,844986	0,015451	0,778357
11	0,700131	0,842658	0,830865	0,015285	0,778409
12	0,692156	0,829685	0,816996	0,015119	0,778461
13	0,684320	0,816934	0,803376	0,014953	0,778513
14	0,676622	0,804403	0,790005	0,014787	0,778565
15	0,669062	0,792093	0,776884	0,014621	0,778617
16	0,661639	0,780003	0,764013	0,014455	0,778669
17	0,654355	0,768134	0,751390	0,014289	0,778721
18	0,647208	0,756484	0,739016	0,014123	0,778773
19	0,640199	0,745053	0,726890	0,013957	0,778825
20	0,633327	0,733842	0,715012	0,013792	0,778877
21	0,626604	0,722850	0,703382	0,013703	0,778929
22	0,620026	0,712078	0,692000	0,013667	0,778980
23	0,613585	0,701524	0,680866	0,013631	0,779032
24	0,607281	0,691188	0,669978	0,013595	0,779084
25	0,601114	0,681071	0,659337	0,013559	0,779136
26	0,595083	0,671172	0,648943	0,013523	0,779188
27	0,589188	0,661490	0,638796	0,013488	0,779239
28	0,583430	0,652027	0,628895	0,013452	0,779291
29	0,577808	0,642780	0,619239	0,013416	0,779343
30	0,572322	0,633751	0,609829	0,013380	0,779394
31	0,566972	0,624939	0,600665	0,013344	0,779446
32	0,561758	0,616344	0,591746	0,013308	0,779498
33	0,556679	0,607966	0,583072	0,013273	0,779549

Πίνακας 6.22: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 8					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
34	0,551736	0,599803	0,574642	0,013237	0,779601
35	0,546928	0,591857	0,566457	0,013201	0,779652
36	0,542255	0,584127	0,558517	0,013165	0,779704
37	0,537717	0,576613	0,550820	0,013130	0,779755
38	0,533315	0,569314	0,543367	0,013094	0,779807
39	0,529047	0,562230	0,536157	0,013058	0,779858
40	0,524914	0,555361	0,529191	0,013023	0,779910
41	0,520915	0,548708	0,522468	0,012987	0,779961
42	0,517051	0,542269	0,515987	0,012951	0,780013
43	0,513321	0,536044	0,509750	0,012916	0,780064
44	0,509725	0,530034	0,503754	0,012880	0,780115
45	0,506263	0,524237	0,498000	0,012845	0,780167
46	0,502935	0,518655	0,492489	0,012809	0,780218
47	0,499741	0,513286	0,487219	0,012773	0,780269
48	0,496681	0,508130	0,482190	0,012738	0,780320
49	0,493754	0,503188	0,477402	0,012702	0,780372
50	0,490960	0,498458	0,472856	0,012667	0,780423
51	0,488300	0,493942	0,468550	0,012631	0,780474
52	0,485773	0,489638	0,464484	0,012596	0,780525
53	0,483378	0,485546	0,460659	0,012561	0,780576
54	0,481117	0,481667	0,457073	0,012525	0,780628
55	0,478988	0,477999	0,453727	0,012490	0,780679
56	0,476992	0,474543	0,450621	0,012454	0,780730
57	0,475128	0,471299	0,447754	0,012419	0,780781
58	0,473397	0,468266	0,445126	0,012383	0,780832
59	0,471798	0,465444	0,442737	0,012348	0,780883
60	0,470331	0,462833	0,440586	0,012313	0,780934
61	0,468996	0,460433	0,438674	0,012277	0,780985
62	0,467793	0,458243	0,437000	0,012242	0,781036
63	0,466721	0,456264	0,435564	0,012207	0,781087

Το Σχήμα 6.13 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 8 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.13: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 8 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 17 ζυγών και εμπορικό φορτίο.

6.2.2.1.5 Μεικτό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς του συστήματος δεν είναι τι ίδιο, αλλά ακολουθεί την κατανομή του Πίνακα 6.23.

Πίνακας 6.23: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 17 ζυγών.

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
2	R (Οικιακό)
3	I (Βιομηχανικό)
4	C (Εμπορικό)
5	R (Οικιακό)
6	I (Βιομηχανικό)
7	C (Εμπορικό)
8	I (Βιομηχανικό)
9	C (Εμπορικό)
10	C (Εμπορικό)
11	C (Εμπορικό)
12	R (Οικιακό)
13	C (Εμπορικό)
14	R (Οικιακό)
15	I (Βιομηχανικό)
16	I (Βιομηχανικό)
17	C (Εμπορικό)

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.24.

Πίνακας 6.24: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9990	-0,0015	9,9907	5,9755
3	0,9940	-0,0110	8,9902	3,8579
4	0,9917	-0,0143	11,8501	7,7768
5	0,9915	-0,0145	5,9532	2,8987
6	0,9873	-0,0920	5,9862	1,8525
7	0,9857	-0,2010	19,5686	9,5208
8	0,9838	-0,1911	19,9413	9,0669
9	0,9833	-0,1999	5,8497	1,8889
10	0,9829	-0,2009	5,8458	1,8861
11	0,9828	-0,1999	4,3839	2,8286
12	0,9929	-0,0037	5,9606	3,4001
13	0,9884	-0,0697	5,8954	3,3641
14	0,9869	-0,1229	11,8548	7,5836
15	0,9866	-0,1324	5,9855	0,9223
16	0,9862	-0,1357	5,9850	1,8397
17	0,9855	-0,1638	5,8690	1,9030

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 141,4672 \text{ MW} + j \cdot 67,5959 \text{ MVar} \quad (6.24)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 1,56 \text{ MW} + j \cdot 1,06 \text{ MVar} \quad (6.25)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 8 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.25.

Πίνακας 6.25: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9993	0,0094	9,9940	5,9842
3	0,9963	0,0585	8,9940	3,9114
4	0,9954	0,0985	11,9172	7,8762
5	0,9952	0,0984	5,9738	2,9428
6	0,9942	0,1841	5,9937	1,9316
7	0,9933	0,2171	19,7973	9,7732
8	0,9942	0,2822	19,9791	9,6582
9	0,9937	0,2736	5,9434	1,9578
10	0,9933	0,2729	5,9395	1,9549
11	0,9932	0,2739	4,4542	2,9317
12	0,9951	0,0659	5,9732	3,4318
13	0,9907	$7,3563 \cdot 10^{-4}$	5,9159	3,3906
14	0,9891	-0,0521	11,8799	7,6544
15	0,9889	-0,0616	5,9879	0,9351
16	0,9884	-0,0648	5,9875	1,8653
17	0,9878	-0,0928	5,8894	1,9180

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 17 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 78,32MW + j \cdot 68,542 MVar \quad (6.26)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66). Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDGL} = 0,7032MW + j \cdot 0,4564MVar \quad (6.27)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.25), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.27), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

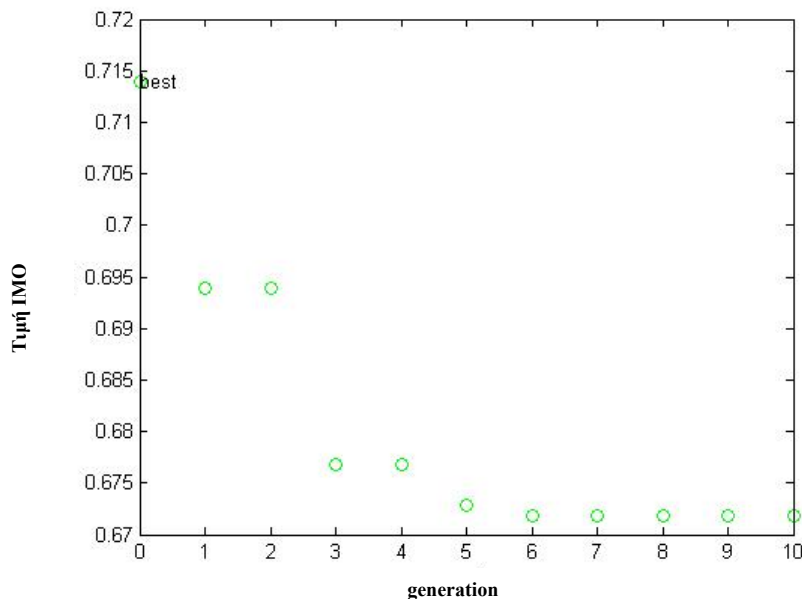
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.3).

Στον Πίνακα 6.26, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για μεικτό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.26: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,4535
ILQ	0,4329
IVD	0,0122
IC	0,7846
Βέλτιστος ζυγός	8
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,4660

Στο Σχήμα 6.14 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.14: Εξέλιξη της σύγκλισης της αντικειμενικής συνάρτησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.14 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 7 επαναλήψεις (γενεές).

6.2.2.2 Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης

6.2.2.2.1 Εισαγωγή

Η μεθοδολογία των γενετικών αλγορίθμων δεν εγγυάται την εύρεση της βέλτιστης λύσης. Αντίθετα, η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης (exhaustive search) εγγυάται την εύρεση της βέλτιστης λύσης, όμως είναι πολύ χρονοβόρα, ειδικά για μεγάλα συστήματα.

Για το δίκτυο των 17 ζυγών, οι πιθανοί ζυγοί εγκατάστασης της ΜΔΠ είναι 16, δηλαδή οι ζυγοί 2 έως 17. Η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ μεταβάλλεται από 0 έως 63 α.μ., με βήμα 0,01 α.μ., άρα προκύπτουν 64 τιμές. Οι συνολικοί συνδυασμοί είναι $16 \cdot 24 = 1024$, δηλαδή όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί είναι λίγοι, άρα η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης δεν απαιτεί πολύ χρόνο για το δίκτυο 17 ζυγών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, για το δίκτυο 17 ζυγών, φαίνονται στο Παράρτημα Γ.1.

6.2.2.2.2 Σταθερό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1024 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 8, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Για κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.27.

Πίνακας 6.27: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,774354	0,63	0,950131	0,962233	0,017263	0,797063
3	0,640082	0,63	0,707097	0,778446	0,015286	0,797043
4	0,590875	0,63	0,618302	0,711105	0,01382	0,797043
5	0,616827	0,63	0,665447	0,74657	0,013826	0,797043
6	0,508113	0,63	0,492124	0,550648	0,012485	0,797043
7	0,476232	0,63	0,468397	0,438704	0,012481	0,797043
8	0,467419	0,63	0,450716	0,429998	0,01248	0,797043
9	0,538614	0,54	0,568694	0,549757	0,012821	0,797046

Πίνακας 6.27: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτη πτώσης τάσης IVD και δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
10	0,527	0,55	0,549905	0,529298	0,012782	0,797046
11	0,536211	0,53	0,568524	0,538058	0,012857	0,797046
12	0,630141	0,63	0,687265	0,768427	0,015284	0,797028
13	0,590744	0,59	0,653425	0,7252	0,015429	0,728078
14	0,532471	0,48	0,656041	0,705278	0,015834	0,506495
15	0,604521	0,21	0,787606	0,801638	0,01684	0,506501
16	0,57834	0,22	0,774171	0,787745	0,016802	0,434411
17	0,467419	0,18	0,810104	0,825175	0,016953	0,490623

6.2.2.2.3 Οικιακό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1024 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 8, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει οικιακό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.28.

Πίνακας 6.28: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτη πτώσης τάσης IVD και δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,770490	0,63	0,949884	0,962270	0,016830	0,782233
3	0,636434	0,63	0,705783	0,778903	0,014911	0,784413
4	0,587547	0,63	0,617292	0,712526	0,013484	0,784411

Πίνακας 6.28: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
5	0,614647	0,63	0,666512	0,749585	0,013490	0,784406
6	0,505552	0,63	0,492471	0,553126	0,012242	0,784408
7	0,473412	0,63	0,469007	0,439355	0,012241	0,784409
8	0,465751	0,63	0,453295	0,432478	0,012247	0,784402
9	0,538381	0,54	0,573777	0,554882	0,012576	0,784028
10	0,526739	0,55	0,555113	0,534003	0,012576	0,784028
11	0,536294	0,52	0,574279	0,543443	0,012578	0,784027
12	0,627522	0,63	0,686954	0,769922	0,014914	0,786076
13	0,591084	0,58	0,655901	0,728387	0,015103	0,723121
14	0,532337	0,48	0,656908	0,707300	0,015461	0,503177
15	0,602783	0,21	0,786467	0,800697	0,016427	0,502370
16	0,581777	0,22	0,780169	0,792883	0,016427	0,434675
17	0,632704	0,18	0,790426	0,812711	0,016429	0,606107

6.2.2.2.4 Βιομηχανικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1024 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 8, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει βιομηχανικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.29.

Πίνακας 6.29: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,771071	0,63	0,949487	0,961920	0,016848	0,785459
3	0,635869	0,63	0,703644	0,776970	0,014925	0,787116
4	0,586548	0,63	0,614419	0,709884	0,013496	0,787115
5	0,613420	0,63	0,663230	0,746623	0,013503	0,787112
6	0,503844	0,63	0,488545	0,549041	0,012259	0,787115
7	0,471556	0,63	0,465000	0,434692	0,012258	0,787116
8	0,463804	0,63	0,448984	0,427966	0,012262	0,787112
9	0,536083	0,53	0,569048	0,549356	0,012628	0,786796
10	0,524581	0,54	0,550426	0,529077	0,012592	0,786827
11	0,533816	0,52	0,569078	0,537973	0,012665	0,786764
12	0,626585	0,63	0,684305	0,767633	0,014928	0,788391
13	0,589469	0,58	0,652694	0,725245	0,015114	0,724301
14	0,530983	0,48	0,654121	0,704482	0,015473	0,504469
15	0,601951	0,21	0,784948	0,799191	0,016443	0,502670
16	0,575124	0,22	0,771419	0,785169	0,016407	0,428248
17	0,611750	0,18	0,807842	0,823206	0,016552	0,485956

6.2.2.2.5 Εμπορικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1024 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 8, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει εμπορικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.30.

Πίνακας 6.30: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,769635	0,63	0,950092	0,962484	0,016763	0,778349
3	0,636296	0,63	0,706913	0,780125	0,014853	0,781112
4	0,587715	0,63	0,618909	0,714301	0,013432	0,781107
5	0,615108	0,63	0,668658	0,751770	0,013439	0,781101
6	0,506256	0,63	0,494911	0,555935	0,012200	0,781098
7	0,474178	0,63	0,471530	0,442305	0,012200	0,781098
8	0,466721	0,63	0,456264	0,435564	0,012207	0,781087
9	0,539599	0,53	0,577370	0,558124	0,012569	0,780564
10	0,528008	0,54	0,558612	0,537648	0,012534	0,780614
11	0,537228	0,52	0,577319	0,546412	0,012605	0,780511
12	0,627747	0,63	0,688534	0,771498	0,014857	0,783220
13	0,592107	0,58	0,658140	0,730799	0,015048	0,721735
14	0,533147	0,48	0,658731	0,709293	0,015404	0,501939
15	0,603500	0,21	0,787247	0,801496	0,016364	0,503389
16	0,578246	0,22	0,773877	0,787586	0,016328	0,434914
17	0,613927	0,18	0,810156	0,825702	0,016472	0,489013

6.2.2.2.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Ο Πίνακας 6.31 συνοψίζει τα αποτελέσματα για την εκτέλεση της βελτιστοποίησης με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης. Τα αποτελέσματα όπως είναι εμφανές ταυτίζονται με αυτά του γενετικού αλγορίθμου. Για λόγους σύγκρισης των 2 μεθόδων παρουσιάζονται οι χρόνοι που απαιτούνται για την εκτέλεση του αλγορίθμου τόσο με την χρήση των γενετικών αλγορίθμων όσο και με την μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης.

Από τους Πίνακες 6.23, 6.24, 6.25 και 6.26, για τους διάφορους τύπους φορτίου, είναι εμφανής η θετική επίδραση της προσθήκης ΜΔΠ στο δίκτυο. Όπως παρατηρείται από όλους τους Πίνακες, η παράμετρος IVD έχει πολύ μικρή τιμή που πλησιάζει σχεδόν το μηδέν, γεγονός που δείχνει ότι το προφίλ της τάσης έχει βελτιωθεί πολύ μετά την προσθήκη της ΜΔΠ. Παρατηρείται επίσης, ότι οι παράμετροι ILP, ILQ, IC καθώς και η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO που σχετίζονται με τις απώλειες ενεργού ισχύος, απώλειες αέργου ισχύος και τα όρια αντοχής της γραμμής, έχουν τιμές μεγαλύτερες του μηδενός, γεγονός που υποδηλώνει την θετική επίδραση της ΜΔΠ στο δίκτυο.

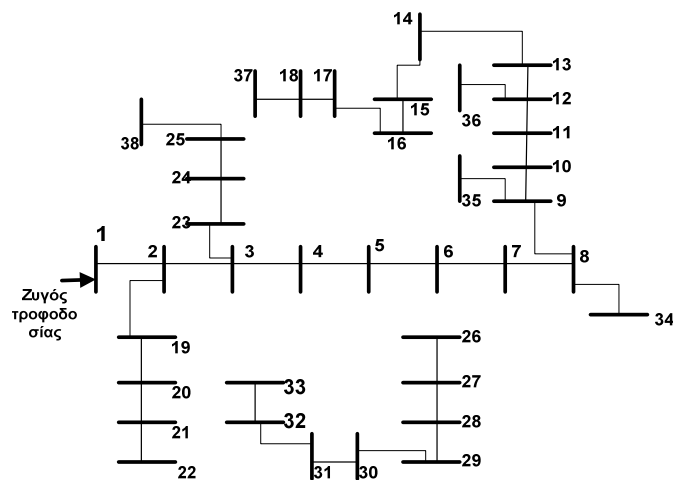
Πίνακας 6.31: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη χρήση της μεθόδου γενετικών αλγορίθμων και της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης για το δίκτυο 17 ζυγών.

Τύπος φορτίου	Βιομηχανικό	Οικιακό	Σταθερό	Εμπορικό
Παράμετροι	Τιμή	Τιμή	Τιμή	Τιμή
ILP	0,448984	0,453295	0,450716	0,456264
ILQ	0,427966	0,432478	0,429998	0,435564
IVD	0,012262	0,012247	0,01248	0,012207
IC	0,7871112	0,784402	0,797043	0,781087
Βέλτιστος ζυγός εγκατάστασης ΜΔΠ	8	8	8	8
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63	0,63	0,63	0,63
IMO	0,463804	0,465751	0,467419	0,466721
Χρόνος μεθόδου γενετικών αλγορίθμων	7 sec	7 sec	8 sec	8 sec
Χρόνος μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	30 sec	30 sec	30 sec	30 sec

6.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ 38 ΖΥΓΩΝ

6.3.1 Δεδομένα Συστήματος

Στο Σχήμα 6.15 παρουσιάζεται η τοπολογία του συστήματος 38 ζυγών. Επίσης, στους Πίνακες 6.32 και 6.33 παρουσιάζονται τα δεδομένα αυτού του συστήματος. Η βασική ισχύς είναι 100 MVA και η ονομαστική τάση είναι 23 kV.



Σχήμα 6.15: Τοπολογία συστήματος 38 ζυγών.

Πίνακας 6.32: Δεδομένα γραμμών συστήματος 38 ζυγών.

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	R (α.μ.)	X (α.μ.)	Όριο γραμμής S_L (α.μ.)
1	1	2	0,000574	0,000293	4,6
2	2	3	0,00307	0,001564	4,1
3	3	4	0,002279	0,001161	2,9
4	4	5	0,002373	0,001209	2,9
5	5	6	0,0051	0,004402	2,9
6	6	7	0,001166	0,003853	1,5
7	7	8	0,00443	0,001464	1,05
8	8	9	0,006413	0,004608	1,05
9	9	10	0,006501	0,004608	1,05
10	10	11	0,001224	0,000405	1,05
11	11	12	0,002331	0,000771	1,05
12	12	13	0,009141	0,007192	0,5
13	13	14	0,003372	0,004439	0,45
14	14	15	0,00368	0,003275	0,3
15	15	16	0,004647	0,003304	0,25
16	16	17	0,008026	0,010716	0,25
17	17	18	0,004558	0,003574	0,1
18	2	19	0,001021	0,000974	0,5
19	19	20	0,009366	0,00844	0,5
20	20	21	0,00255	0,002979	0,21
21	21	22	0,004414	0,005836	0,11
22	3	23	0,002809	0,00192	1,05
23	23	24	0,005592	0,004415	1,05
24	24	25	0,005579	0,004366	0,5
25	6	26	0,001264	0,000644	1,5
26	26	27	0,00177	0,000901	1,5
27	27	28	0,006594	0,005814	1,5
28	28	29	0,005007	0,004362	1,5
29	29	30	0,00316	0,00161	1,5
30	30	31	0,006067	0,005996	0,5
31	31	32	0,001933	0,002253	0,5
32	32	33	0,002123	0,003301	0,1
33	8	34	0,012453	0,012453	0,5
34	9	35	0,012453	0,012453	0,5
35	12	36	0,012453	0,012453	0,5
36	18	37	0,003113	0,003113	0,5
37	25	38	0,003113	0,003113	0,1

Πίνακας 6.33: Δεδομένα ζυγών φορτίου συστήματος 38 ζυγών.

Αριθμός ζυγού	Φορτίο	
	MW	MVAr
1	0	0
2	10	6
3	9	4
4	12	8
5	6	3
6	6	2
7	20	10
8	20	10
9	6	2
10	6	2
11	4,5	3
12	6	3,5
13	6	3,5
14	12	8
15	6	1
16	6	2
17	6	2
18	9	4
19	9	4
20	9	4
21	9	4
22	9	4
23	9	5
24	42	20
25	42	20
26	6	2,5
27	6	2,5
28	6	2
29	12	7
30	20	60
31	10	7
32	21	10
33	6	4
34	0	0
35	0	0
36	0	0
37	0	0
38	0	0

6.3.2 Αποτελέσματα

6.3.2.1 Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων

6.3.2.1.1 Σταθερό φορτίο

Αρχικά, θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς φορτίου είναι σταθερό και λαμβάνει τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 6.33.

Στον Πίνακα 6.34, φαίνονται τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, για το δίκτυο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Πίνακας 6.34: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVA _r)
1	1	0	0	0
2	0,9971	0,0152	10	6
3	0,9832	0,1008	9	4
4	0,9759	0,1696	12	8
5	0,9686	0,2394	6	3
6	0,9505	0,1592	6	2
7	0,9471	-0,0702	20	10
8	0,9422	-0,0343	20	10
9	0,9360	-0,1071	6	2
10	0,9302	-0,1694	6	2
11	0,9293	-0,1622	4,5	3
12	0,9278	-0,1508	6	3,5
13	0,9217	-0,2417	6	3,5
14	0,9195	-0,3201	12	8
15	0,9181	-0,3576	6	1
16	0,9167	-0,3795	6	2
17	0,9147	-0,4564	6	2
18	0,9141	-0,4660	9	4
19	0,9965	0,0044	9	4
20	0,9930	-0,0625	9	4
21	0,9923	-0,0818	9	4
22	0,9916	-0,1021	9	4
23	0,9796	0,0699	9	5
24	0,9730	-0,0185	42	20
25	0,9696	-0,0621	42	20
26	0,9487	0,2004	6	2,5
27	0,9462	0,2592	6	2,5
28	0,9352	0,3606	6	2
29	0,9273	0,4525	12	7
30	0,9239	0,5625	20	60

Πίνακας 6.34: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
31	0,9201	0,4988	10	7
32	0,9192	0,4759	21	10
33	0,9189	0,4683	6	4
34	0,9422	-0,0343	0	0
35	0,9360	-0,1071	0	0
36	0,9278	-0,1508	0	0
37	0,9141	-0,4660	0	0
38	0,9696	-0,0621	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 386,0057 \text{ MW} + j \cdot 242,9953 \text{ MVar} \quad (6.28)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 19,61 \text{ MW} + j \cdot 13,07 \text{ MVar} \quad (6.29)$$

Για το δίκτυο των 38 ζυγών μελέτης, η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW. Τα βάρη του διανύσματος της αντικειμενικής συνάρτησης IMO είναι:

$$[w_{ILP}, w_{ILQ}, w_{IC}, w_{IND}] = [0,40, 0,20, 0,25, 0,15] \quad (6.30)$$

Αφού έχουν καθοριστεί τα δεδομένα του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 14 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.35.

Πίνακας 6.35: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9975	0,0254	10	6
3	0,9858	0,1665	9	4
4	0,9800	0,2768	12	8
5	0,9745	0,3902	6	3

Πίνακας 6.35: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
6	0,9601	0,4812	6	2
7	0,9575	0,4105	20	10
8	0,9557	0,5022	20	10
9	0,9539	0,6143	6	2
10	0,9525	0,7377	6	2
11	0,9525	0,7606	4,5000	3
12	0,9526	0,8019	6	3,5000
13	0,9527	1,0021	6	3,5000
14	0,9528	1,1055	12	8
15	0,9514	1,0705	6	1
16	0,9501	1,0501	6	2
17	0,9482	0,9785	6	2
18	0,9476	0,9696	9	4
19	0,9970	0,0146	9	4
20	0,9934	-0,0521	9	4
21	0,9927	-0,0714	9	4
22	0,9920	-0,0917	9	4
23	0,9822	0,1358	9	5
24	0,9756	0,0477	42	20
25	0,9723	0,0044	42	20
26	0,9583	0,5216	6	2,5000
27	0,9558	0,5792	6	2,5000
28	0,9449	0,6786	6	2
29	0,9371	0,7686	12	7
30	0,9337	0,8762	20	60
31	0,9300	0,8139	10	7
32	0,9291	0,7916	21	10
33	0,9288	0,7840	6	4
34	0,9557	0,5022	0	0
35	0,9539	0,6143	0	0
36	0,9526	0,8019	0	0
37	0,9476	0,9696	0	0
38	0,9723	0,0044	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 317,246 \text{ MW} + j \cdot 239,0855 \text{ MVar} \quad (6.31)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.2.1. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 8 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 13,7936 \text{ MW} + j \cdot 9,118939 \text{ MVar} \quad (6.32)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.30), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.32), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

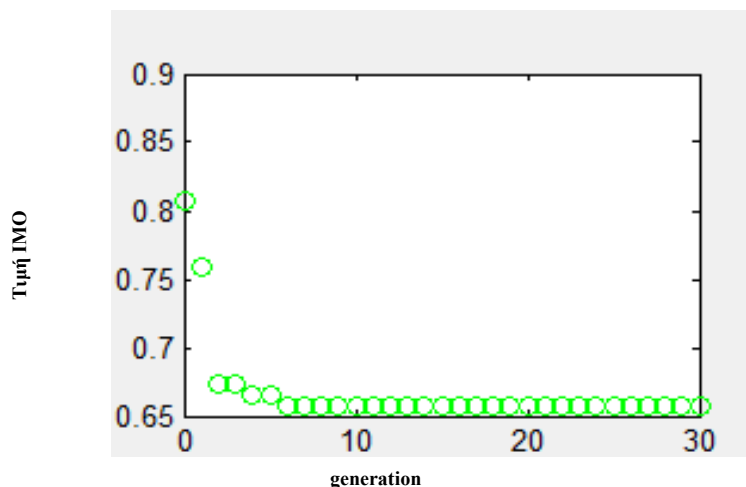
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.30).

Στον Πίνακα 6.36, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για σταθερό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.36: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,7034
ILQ	0,6977
IVD	0,0712
IC	0,9046
Βέλτιστος ζυγός	14
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,6578

Στο Σχήμα 6.16 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.16: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 38 ζυγών για σταθερό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.16 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 12 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 100 sec.

Στον Πίνακα 6.37 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

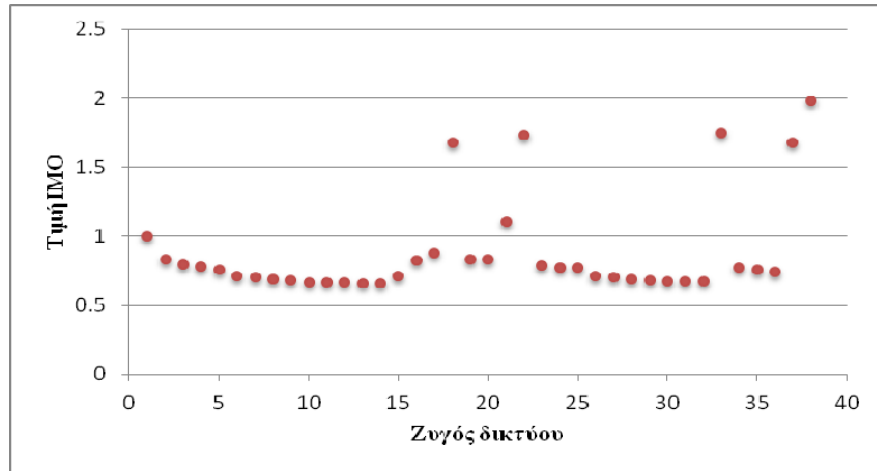
Πίνακας 6.37: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1	1	1	1
2	0,832376	0,986066	0,989131	0,085502	0,909194
3	0,795387	0,920151	0,937691	0,083342	0,909147
4	0,776638	0,886957	0,91159	0,081729	0,909111
5	0,758146	0,854263	0,885836	0,080037	0,909075
6	0,712237	0,784739	0,798229	0,076314	0,908995
7	0,702264	0,776724	0,765068	0,075449	0,908976
8	0,691669	0,756863	0,754219	0,072347	0,908911
9	0,679757	0,737755	0,733745	0,071347	0,908817
10	0,66992	0,721729	0,716776	0,071284	0,908724
11	0,668715	0,719374	0,715484	0,071276	0,908707

Πίνακας 6.37: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
12	0,66684	0,715721	0,713468	0,071264	0,908674
13	0,659399	0,705572	0,701627	0,071223	0,904647
14	0,657761	0,703442	0,697705	0,071212	0,904647
15	0,712943	0,704711	0,699351	0,071218	1,122022
16	0,822516	0,708473	0,703327	0,071233	1,551105
17	0,881167	0,719095	0,723214	0,071284	1,752773
18	1,67547	0,726934	0,732249	0,071316	4,910194
19	0,832162	0,985753	0,988685	0,085502	0,909194
20	0,833941	0,988411	0,992264	0,085502	0,909194
21	1,102466	0,990623	0,996129	0,085503	1,976664
22	1,729731	0,99698	1,008698	0,085504	4,465495
23	0,788037	0,907982	0,925291	0,083329	0,909146
24	0,774918	0,887294	0,901088	0,083307	0,909146
25	0,772301	0,883155	0,896286	0,083302	0,909146
26	0,708966	0,778893	0,79358	0,076293	0,908994
27	0,704857	0,771555	0,787734	0,076266	0,908994
28	0,688796	0,747097	0,756423	0,076163	0,908992
29	0,678447	0,731271	0,736383	0,076096	0,90899
30	0,674787	0,724717	0,731212	0,076072	0,90899
31	0,672844	0,721878	0,727182	0,07606	0,908989
32	0,673371	0,722602	0,72837	0,076063	0,908989
33	1,747039	0,72726	0,738189	0,076087	5,188337
34	0,76938	0,787262	0,798204	0,072543	1,135812
35	0,757646	0,768421	0,77806	0,071481	1,135775
36	0,744897	0,746609	0,75803	0,071399	1,13575
37	1,677903	0,734489	0,743144	0,071349	4,899103
38	1,978686	0,890008	0,906353	0,08331	5,715663

Στο Σχήμα 6.17 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστο.



Σχήμα 6.17: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για σταθερό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Για παράδειγμα, η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης στο ζυγό φορτίου 6 του δικτύου, είναι $IMO=0,712237$, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, και πλέον μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.38 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 14 και για μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

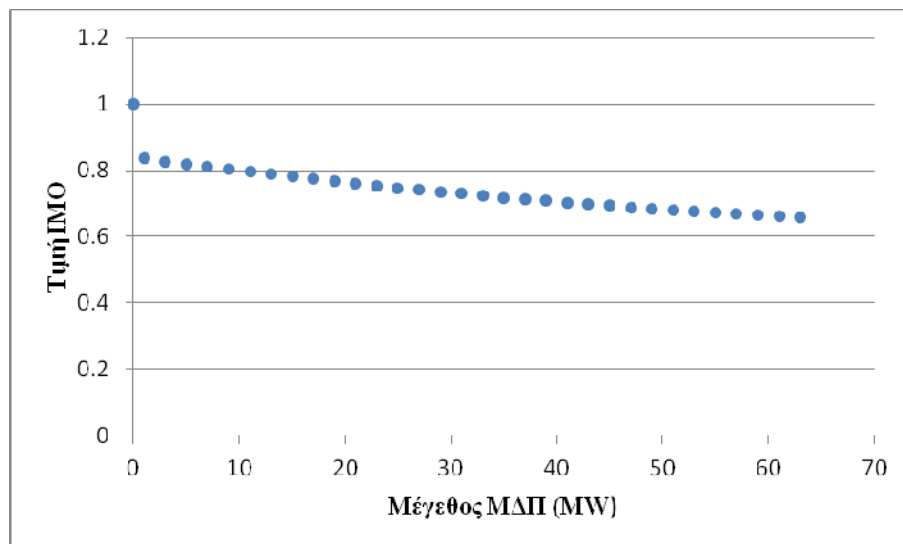
Πίνακας 6.38: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 14					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1,000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000	1,000000000
1	0,834827625	0,99319227	0,992869901	0,085343696	0,904700731
3	0,826498134	0,979795226	0,978852145	0,084232589	0,904698905
5	0,818349157	0,966687556	0,965155596	0,083124963	0,904697085
7	0,810379329	0,953867068	0,951777824	0,08202079	0,904695272
9	0,8025873	0,941331602	0,938716435	0,080920042	0,904693466
11	0,794971742	0,929079024	0,925969065	0,079822691	0,904691665
13	0,787566505	0,91710723	0,913533382	0,078963122	0,904689871
15	0,780415219	0,905414145	0,901407087	0,078640815	0,904688084
17	0,773436185	0,893997721	0,88958791	0,078319591	0,904686302

Πίνακας 6.38: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 14					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
19	0,766628144	0,882855937	0,87807361	0,07799944	0,904684527
21	0,759989857	0,871986797	0,866861977	0,077680355	0,904682758
23	0,753520097	0,861388333	0,855950829	0,077362327	0,904680994
25	0,747217656	0,851058604	0,845338014	0,077045349	0,904679237
27	0,741081341	0,840995689	0,835021406	0,076729413	0,904677486
29	0,735109973	0,831197698	0,824998907	0,076414511	0,904675741
31	0,729302389	0,82166276	0,815268446	0,076100636	0,904674002
33	0,723657442	0,812389031	0,805827977	0,075787781	0,904672269
35	0,718173998	0,803374689	0,796675483	0,075475937	0,904670541
37	0,712850937	0,794617935	0,787808969	0,075165098	0,904668819
39	0,707687155	0,786116993	0,779226467	0,074855256	0,904667103
41	0,702681559	0,777870109	0,770926032	0,074546405	0,904665393
43	0,697833072	0,769875551	0,762905747	0,074238537	0,904663688
45	0,69314063	0,762131608	0,755163713	0,073931645	0,904661989
47	0,68860318	0,754636591	0,747698058	0,073625723	0,904660295
49	0,684219685	0,74738883	0,740506933	0,073320765	0,904658608
51	0,679989118	0,740386676	0,73358851	0,073016762	0,904656925
53	0,675910465	0,7336285	0,726940984	0,072713709	0,904655248
55	0,671982726	0,727112695	0,720562571	0,072411599	0,904653576
57	0,668204911	0,720837668	0,714451509	0,072110426	0,90465191
59	0,664576041	0,71480185	0,708606057	0,071810184	0,904650249
61	0,661095153	0,709003689	0,703024495	0,071510865	0,904648594
63	0,65776129	0,70344165	0,697705122	0,071212465	0,904646944

Το Σχήμα 6.18 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.18: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 8 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 38 ζυγών και σταθερό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.18 προκύπτει ότι όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

Από τον Πίνακα 6.38 παρατηρείται ότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και των παραμέτρων αυτής, μειώνεται καθώς αυξάνεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ. Η μεγάλη διαφορά παρατηρείται στις απώλειες ενεργού και αέργου ισχύος και λιγότερο στο μέγιστο της θερμικής ισχύος.

6.3.2.1.2 Οικιακό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν οικιακό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,92$ και $b=4,04$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,92} \quad (6.33)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{4,04} \quad (6.34)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.39.

Πίνακας 6.39: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0039	9,9752	5,9350
3	0,9847	0,0290	8,8729	3,7578

Πίνακας 6.39: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
4	0,9781	0,0565	11,7583	7,3161
5	0,9717	0,0836	5,8436	2,6714
6	0,9561	-0,0732	5,7570	1,6680
7	0,9532	-0,2927	19,1365	8,2381
8	0,9488	-0,2798	19,0554	8,0860
9	0,9433	-0,3708	5,6861	1,5796
10	0,9382	-0,4511	5,6578	1,5454
11	0,9374	-0,4486	4,2401	2,3103
12	0,9360	-0,4451	5,6460	2,6798
13	0,9307	-0,5524	5,6165	2,6189
14	0,9288	-0,6315	11,2117	5,9361
15	0,9276	-0,6702	5,5990	0,7380
16	0,9264	-0,6951	5,5924	1,4684
17	0,9247	-0,7717	5,5828	1,4575
18	0,9241	-0,7829	8,3699	2,9082
19	0,9968	-0,0070	8,9734	3,9483
20	0,9933	-0,0748	8,9442	3,8923
21	0,9926	-0,0943	8,9385	3,8813
22	0,9919	-0,1147	8,9333	3,8714
23	0,9812	-0,0068	8,8445	4,6317
24	0,9749	-0,1034	41,0293	18,0482
25	0,9718	-0,1513	40,9073	17,8139
26	0,9545	-0,0486	5,7481	2,0709
27	0,9523	-0,0130	5,7364	2,0524
28	0,9431	0,0121	5,6853	1,5786
29	0,9365	0,0448	11,2975	5,3709
30	0,9337	0,1152	18,7761	45,4698
31	0,9304	0,0410	9,3578	5,2302
32	0,9296	0,0167	19,6363	7,4465
33	0,9294	0,0086	5,6091	2,9756
34	0,9488	-0,2798	0	0
35	0,9433	-0,3708	0	0
36	0,9360	-0,4451	0	0
37	0,9241	-0,7829	0	0
38	0,9718	-0,1513	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 367,4494 \text{ MW} + j \cdot 199,4165 \text{ MVar} \quad (6.35)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 15,45 \text{ MW} + j \cdot 10,26 \text{ MVar} \quad (6.36)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 25 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.40.

Πίνακας 6.40: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9977	0,0152	9,9785	5,9437
3	0,9870	0,1009	8,8919	3,7933
4	0,9804	0,1296	11,7835	7,3854
5	0,9740	0,1579	5,8562	2,6968
6	0,9583	0,0041	5,7694	1,6838
7	0,9554	-0,2147	19,1776	8,3162
8	0,9510	-0,2012	19,0965	8,1629
9	0,9455	-0,2912	5,6984	1,5946
10	0,9404	-0,3706	5,6700	1,5601
11	0,9396	-0,3680	4,2493	2,3324
12	0,9383	-0,3644	5,6583	2,7055
13	0,9329	-0,4708	5,6288	2,6440
14	0,9310	-0,5494	11,2361	5,9931
15	0,9298	-0,5879	5,6112	0,7451
16	0,9286	-0,6126	5,6046	1,4825
17	0,9269	-0,6888	5,5950	1,4715
18	0,9263	-0,6999	8,3881	2,9362
19	0,9971	0,0043	8,9764	3,9541
20	0,9936	-0,0635	8,9472	3,8980
21	0,9929	-0,0829	8,9415	3,8870
22	0,9923	-0,1033	8,9363	3,8771
23	0,9853	0,1382	8,8783	4,7099
24	0,9825	0,2102	41,3239	18,6243
25	0,9829	0,3280	41,3393	18,6548

Πίνακας 6.40: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
26	0,9567	0,0290	5,7605	2,0905
27	0,9546	0,0651	5,7487	2,0719
28	0,9453	0,0922	5,6975	1,5936
29	0,9387	0,1264	11,3217	5,4217
30	0,9358	0,1975	18,8163	45,8990
31	0,9326	0,1240	9,3779	5,2796
32	0,9318	0,0998	19,6784	7,5168
33	0,9315	0,0918	5,6211	3,0037
34	0,9510	-0,2012	0	0
35	0,9455	-0,2912	0	0
36	0,9383	-0,3644	0	0
37	0,9263	-0,6999	0	0
38	0,9829	0,3280	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 303,7130MW + j \cdot 200,988MVar \quad (6.37)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.2. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 13,4682MW + j \cdot 9,0964MVar \quad (6.38)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.36), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με

ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.38), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

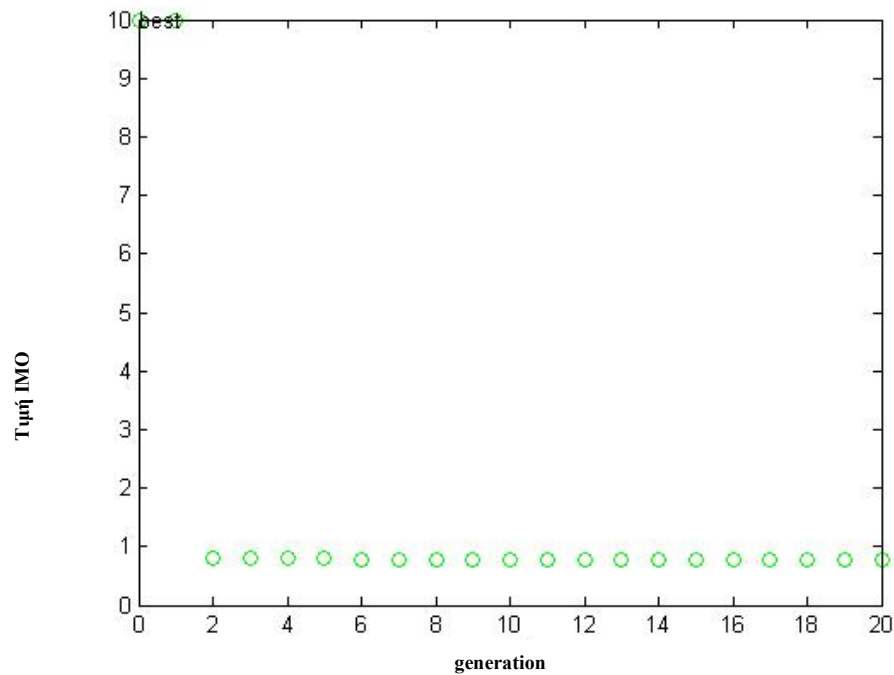
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.30).

Στον Πίνακα 6.41, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για οικιακό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.41: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8718
ILQ	0,8868
IVD	0,0737
IC	0,8446
Βέλτιστος ζυγός	25
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7694

Στο Σχήμα 6.19 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.19: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 38 ζυγών για οικιακό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.19 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 3 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 68 sec.

Από τη σύγκριση των Πινάκων 6.36 και 6.41, προκύπτει ότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για την περίπτωση του οικιακού φορτίου, είναι μεγαλύτερη από την τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για την περίπτωση σταθερού φορτίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο περιορισμένο όριο θερμικής αντοχής των γραμμών, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 6.32. Δηλαδή η βέλτιστη λύση που προκύπτει από τη διαδικασία βελτιστοποίησης είναι η θέση 14 των ζυγών, όμως η θερμική ισχύς των γραμμών καθιστά μη ανεκτή αυτή τη λύση. Για το λόγο αυτό η θέση 25 των ζυγών είναι η επόμενη βέλτιστη δυνατή.

Όσον αφορά τη βέλτιστη λύση, που προκύπτει από τη διαδικασία βελτιστοποίησης με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, για τη μέγιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ σε MW, αυτή παραμένει η μέγιστη δυνατή ισχύς εγκατάστασης της ΜΔΠ, δηλαδή 63 MW.

Στον Πίνακα 6.42 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

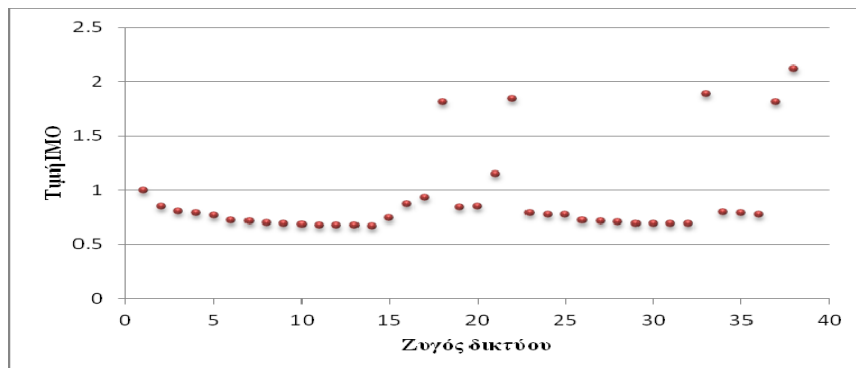
Πίνακας 6.42: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	1	0,984771	0,988416	0,075522	0,957457
3	1	0,914070	0,934841	0,073666	0,960185
4	1	0,880244	0,909370	0,072271	0,960184
5	1	0,847157	0,884492	0,070806	0,960183
6	1	0,776963	0,793022	0,067584	0,960191
7	1	0,768884	0,755493	0,066806	0,960199
8	1	0,748892	0,745904	0,063976	0,960196
9	1	0,730606	0,726081	0,062440	0,960191
10	1	0,715519	0,709942	0,062460	0,960185
11	1	0,713371	0,708990	0,062466	0,960183
12	1	0,710165	0,707613	0,062477	0,960179
13	1	0,702014	0,697727	0,062516	0,960166
14	1	0,700693	0,694643	0,062530	0,960161
15	1	0,703063	0,697620	0,062549	1,257307
16	1	0,708461	0,703334	0,062576	1,727883
17	1	0,722231	0,729150	0,062637	1,943369
18	1	0,732087	0,740547	0,062669	5,424575

Πίνακας 6.42: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
19	1	0,984414	0,987898	0,075523	0,957457
20	1	0,987972	0,992674	0,075525	0,957454
21	1	0,990786	0,997602	0,075525	2,173976
22	1	0,998841	1,013588	0,075527	4,910080
23	0,787390	0,899999	0,920355	0,073667	0,929079
24	0,772126	0,876079	0,891869	0,073668	0,929079
25	0,769409	0,871842	0,886760	0,073674	0,929078
26	1	0,771875	0,789320	0,067600	0,960186
27	1	0,765683	0,784861	0,067622	0,960179
28	1	0,745759	0,757216	0,067699	0,960156
29	1	0,733437	0,740126	0,067762	0,960136
30	1	0,729198	0,737466	0,067809	0,960121
31	1	0,728501	0,735746	0,067844	0,960109
32	1	0,729953	0,737935	0,067856	0,960105
33	1	0,735653	0,750185	0,067878	5,727524
34	1	0,786044	0,800296	0,064147	1,249511
35	1	0,767980	0,780757	0,062551	1,249480
36	1	0,747705	0,762480	0,062587	1,249462
37	1	0,741245	0,753933	0,062695	5,412522
38	1	0,880430	0,899468	0,073680	6,287275

Στο Σχήμα 6.20 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστο.



Σχήμα 6.20: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για οικιακό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς εγκατάστασης της ΜΔΠ.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, και για μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Στον Πίνακα 6.43 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 25 και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

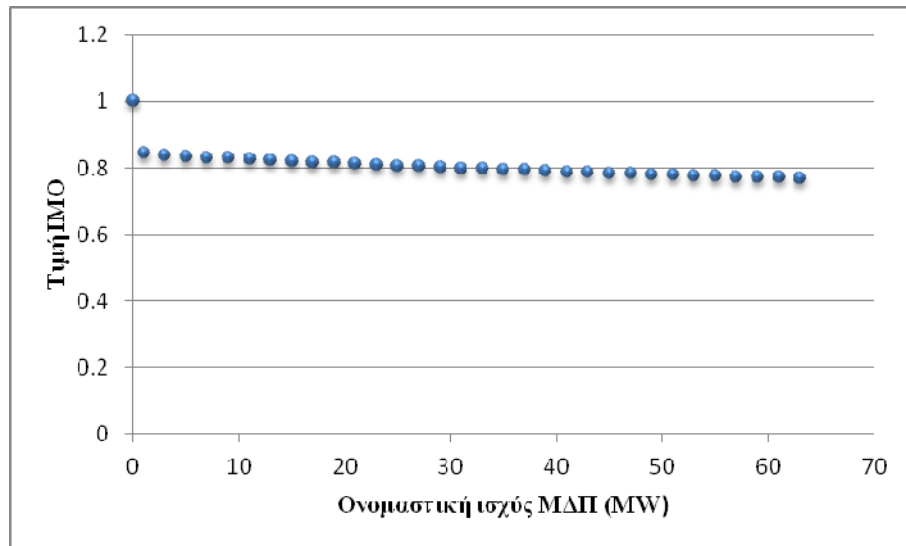
Πίνακας 6.43: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	0,839195	0,991660	0,992224	0,075759	0,930889
5	0,835439	0,986227	0,987176	0,075689	0,928640
7	0,832312	0,980895	0,982235	0,075618	0,928655
9	0,829246	0,975664	0,977402	0,075548	0,928670
11	0,826242	0,970535	0,972677	0,075478	0,928686
13	0,823300	0,965505	0,968059	0,075407	0,928701
15	0,820420	0,960576	0,963547	0,075337	0,928716
17	0,817601	0,955748	0,959143	0,075267	0,928731
19	0,814843	0,951019	0,954844	0,075197	0,928747
21	0,812146	0,946390	0,950652	0,075127	0,928762
23	0,809510	0,941860	0,946566	0,075057	0,928777
25	0,806936	0,937430	0,942586	0,074987	0,928792
27	0,804421	0,933099	0,938712	0,074918	0,928807
29	0,801968	0,928867	0,934942	0,074848	0,928822
31	0,799575	0,924733	0,931278	0,074778	0,928838
33	0,797243	0,920698	0,927719	0,074709	0,928853
35	0,794970	0,916761	0,924264	0,074639	0,928868
37	0,792758	0,912922	0,920914	0,074570	0,928883
39	0,790606	0,909181	0,917667	0,074501	0,928898
41	0,788513	0,905538	0,914525	0,074431	0,928913
43	0,786480	0,901992	0,911487	0,074362	0,928928
45	0,784507	0,898543	0,908552	0,074293	0,928943
47	0,782594	0,895191	0,905720	0,074224	0,928958
49	0,780739	0,891936	0,902992	0,074155	0,928973
51	0,778944	0,888777	0,900366	0,074086	0,928988

Πίνακας 6.43: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
53	0,777208	0,885715	0,897843	0,074017	0,929003
55	0,775531	0,882749	0,895423	0,073948	0,929018
57	0,773912	0,879879	0,893104	0,073880	0,929033
59	0,772353	0,877104	0,890888	0,073811	0,929048
61	0,770852	0,874425	0,888773	0,073742	0,929063
63	0,769409	0,871842	0,886760	0,073674	0,929078

Το Σχήμα 6.21 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.21: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 25 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 38 ζυγών και οικιακό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.21 προκύπτει ότι όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

Από τον Πίνακα 6.43 παρατηρείται ότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και των παραμέτρων αυτής, μειώνεται καθώς αυξάνεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

6.3.2.1.3 Βιομηχανικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν βιομηχανικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,18$ και $b=6$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,18} \quad (6.39)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^6 \quad (6.40)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.39.

Πίνακας 6.44: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	-0,0034	9,9951	5,9030
3	0,9845	-0,0178	8,9748	3,6429
4	0,9779	-0,0159	11,9519	6,9980
5	0,9715	-0,0152	5,9688	2,5215
6	0,9559	-0,2397	5,9515	1,5263
7	0,9532	-0,4747	19,8281	7,4992
8	0,9486	-0,4765	19,8111	7,2880
9	0,9430	-0,5902	5,9370	1,4067
10	0,9379	-0,6923	5,9311	1,3610
11	0,9371	-0,6927	4,4476	2,0310
12	0,9357	-0,6943	5,9286	2,3485
13	0,9303	-0,8259	5,9224	2,2684
14	0,9283	-0,9152	11,8405	5,1211
15	0,9271	-0,9594	5,9188	0,6349
16	0,9259	-0,9896	5,9174	1,2599
17	0,9242	-1,0757	5,9154	1,2459
18	0,9236	-1,0893	8,8722	2,4832
19	0,9968	-0,0146	8,9948	3,9230
20	0,9932	-0,0841	8,9890	3,8406
21	0,9926	-0,1039	8,9879	3,8246
22	0,9919	-0,1246	8,9869	3,8102
23	0,9811	-0,0591	8,9692	4,4593
24	0,9748	-0,1663	41,8072	17,1558
25	0,9716	-0,2199	41,7828	16,8252
26	0,9544	-0,2238	5,9497	1,8888
27	0,9522	-0,2001	5,9474	1,8639
28	0,9433	-0,2244	5,9373	1,4090

Πίνακας 6.44: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
29	0,9369	-0,2284	11,8601	4,7347
30	0,9341	-0,1769	19,7560	39,8527
31	0,9308	-0,2668	9,8718	4,5529
32	0,9300	-0,2950	20,7277	6,4718
33	0,9298	-0,3043	5,9219	2,5849
34	0,9486	-0,4765	0	0
35	0,9430	-0,5902	0	0
36	0,9357	-0,6943	0	0
37	0,9236	-1,0893	0	0
38	0,9716	-0,2199	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 379,2186 \text{ MW} + j \cdot 183,0677 \text{ MVar} \quad (6.41)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 15,62 \text{ MW} + j \cdot 10,38 \text{ MVar} \quad (6.42)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 25 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.45.

Πίνακας 6.45: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9977	0,0083	9,9958	5,9159
3	0,9868	0,0575	8,9786	3,6946
4	0,9803	0,0615	11,9570	7,0977
5	0,9738	0,0642	5,9714	2,5576

Πίνακας 6.45: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i ($^\circ$)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
6	0,9582	-0,1550	5,9541	1,5482
7	0,9554	-0,3886	19,8365	7,6064
8	0,9509	-0,3893	19,8196	7,3928
9	0,9453	-0,5014	5,9395	1,4270
10	0,9401	-0,6019	5,9337	1,3807
11	0,9393	-0,6021	4,4496	2,0605
12	0,9379	-0,6034	5,9312	2,3827
13	0,9325	-0,7333	5,9250	2,3015
14	0,9306	-0,8219	11,8456	5,1959
15	0,9293	-0,8657	5,9214	0,6442
16	0,9281	-0,8955	5,9200	1,2783
17	0,9264	-0,9809	5,9180	1,2642
18	0,9259	-0,9945	8,8761	2,5196
19	0,9971	-0,0028	8,9953	3,9316
20	0,9936	-0,0721	8,9896	3,8490
21	0,9929	-0,0919	8,9885	3,8330
22	0,9923	-0,1126	8,9875	3,8185
23	0,9852	0,0911	8,9759	4,5723
24	0,9824	0,1561	41,8660	17,9790
25	0,9828	0,2705	41,8690	18,0227
26	0,9566	-0,1385	5,9523	1,9159
27	0,9545	-0,1140	5,9499	1,8906
28	0,9455	-0,1347	5,9398	1,4291
29	0,9391	-0,1361	11,8651	4,8019
30	0,9363	-0,0833	19,7644	40,4184
31	0,9330	-0,1721	9,8760	4,6176
32	0,9322	-0,2000	20,7364	6,5638
33	0,9320	-0,2092	5,9244	2,6217
34	0,9509	-0,3893	0	0
35	0,9453	-0,5014	0	0
36	0,9379	-0,6034	0	0
37	0,9259	-0,9945	0	0
38	0,9828	0,2705	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 314,3867 \text{ MW} + j \cdot 185,64 \text{ MVar} \quad (6.43)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.2. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 13,5396 \text{ MW} + j \cdot 9,1556 \text{ MVar} \quad (6.44)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.42), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.44), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

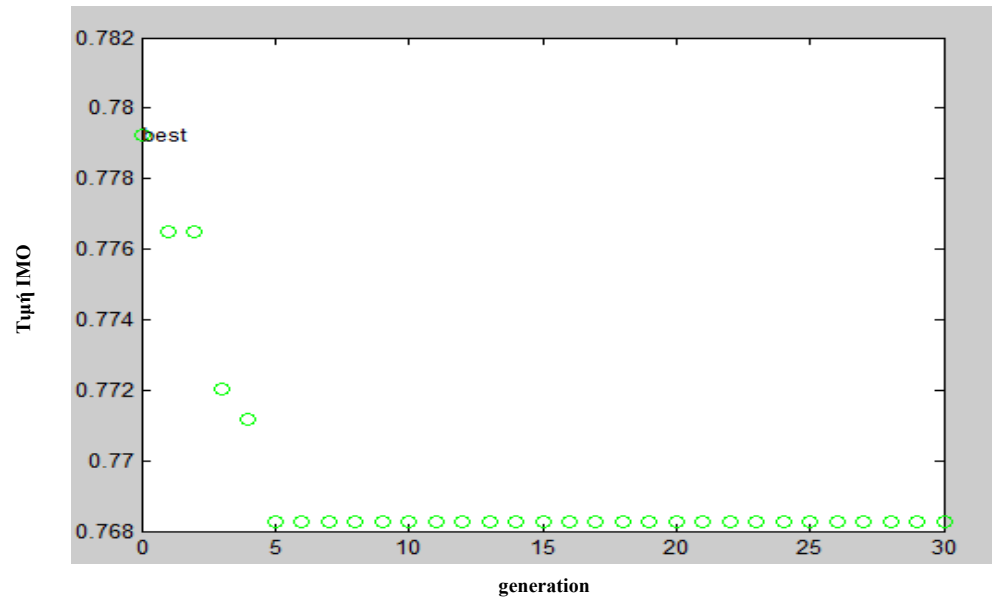
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.30).

Στον Πίνακα 6.46, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για βιομηχανικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.46: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8667
ILQ	0,8821
IVD	0,0741
IC	0,8506
Βέλτιστος ζυγός	25
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7681

Στο Σχήμα 6.22 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.22: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 38 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.22 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 6 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 83 sec.

Στον Πίνακα 6.47 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

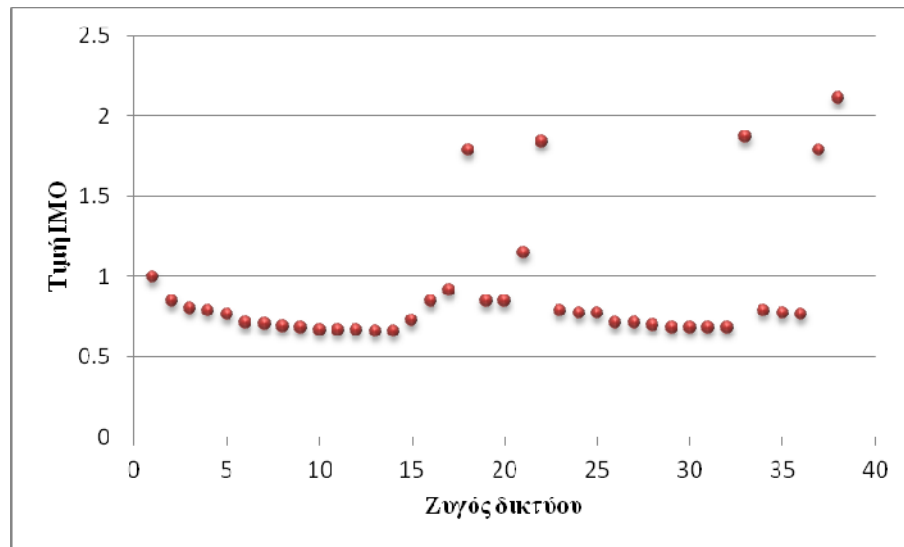
Πίνακας 6.47: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	1	0,984136	0,987868	0,076032	0,965257
3	1	0,910059	0,931389	0,074138	0,967263
4	1	0,874087	0,904060	0,072717	0,967268
5	1	0,838859	0,877322	0,071224	0,967273
6	1	0,764434	0,780731	0,067942	0,967290
7	1	0,755796	0,741263	0,067148	0,967299
8	1	0,733871	0,730319	0,064274	0,967302
9	1	0,713396	0,708178	0,061912	0,967305
10	1	0,696488	0,690126	0,061915	0,967306

Πίνακας 6.47: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
11	1	0,694048	0,688979	0,061918	0,967305
12	1	0,690333	0,687256	0,061925	0,967304
13	1	0,680568	0,675502	0,061947	0,967300
14	1	0,678784	0,671606	0,061956	0,967298
15	1	0,680772	0,674106	0,061971	1,226145
16	1	0,685809	0,679444	0,061994	1,700631
17	1	0,699083	0,704353	0,062051	1,926508
18	1	0,708755	0,715544	0,062082	5,401721
19	1	0,983766	0,987333	0,076032	0,965257
20	1	0,987251	0,992013	0,076034	0,965255
21	1	0,990047	0,996903	0,076035	2,174506
22	1	0,998032	1,012738	0,076036	4,912124
23	0,786593	0,895626	0,91655	0,074136	0,93565
24	0,771003	0,871172	0,887505	0,074133	0,935652
25	0,76812	0,866664	0,882109	0,074137	0,935649
26	1	0,758982	0,776743	0,067957	0,967288
27	1	0,752325	0,771922	0,067979	0,967283
28	1	0,730994	0,742432	0,068057	0,967268
29	1	0,717903	0,724313	0,068125	0,967254
30	1	0,713351	0,721482	0,068176	0,967243
31	1	0,711846	0,718643	0,068204	0,967237
32	1	0,713099	0,720513	0,068215	0,967234
33	1	0,718659	0,732487	0,068236	5,706075
34	1	0,770611	0,784082	0,064446	1,249511
35	1	0,750359	0,762225	0,062023	1,249479
36	1	0,727454	0,74149	0,062035	1,249459
37	1	0,717801	0,728762	0,062108	5,389504
38	1	0,875159	0,894673	0,074144	6,287272

Στο Σχήμα 6.23 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστη.



Σχήμα 6.23: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για βιομηχανικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίσο με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.22, έχουν αποκλεισθεί πολλές δυνατές λύσεις και σαν βέλτιστες αναγνωρίζονται εκείνες όπου βρίσκονται εντός θερμικών ορίων αντοχής των γραμμών. Φυσικά αυτό ισχύει για την δεδομένη ισχύ των 63 MW. Με βάση τα δεδομένα των γραμμών του συστήματος των 38 ζυγών, που φαίνονται στον Πίνακα 6.28, τα όρια θερμικής αντοχής των γραμμών είναι περιορισμένα με συνέπεια η υπερφόρτωση των γραμμών να είναι σύνηθες φαινόμενο.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, και πλέον μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.48 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 25 και για μεταβαλλόμενη ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW της ΜΔΠ, με βήμα 2 MW, για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

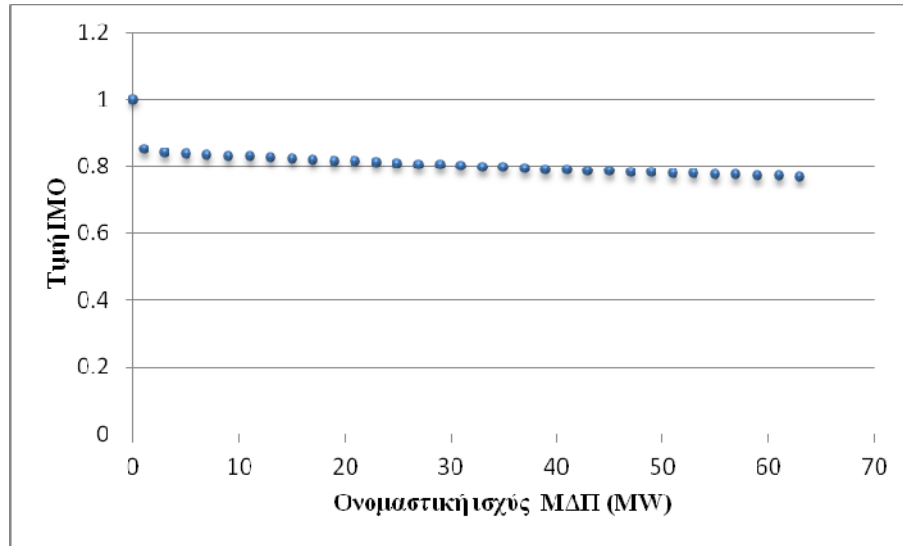
Πίνακας 6.48: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	0,840981	0,991388	0,991980	0,076273	0,938353

Πίνακας 6.48: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
5	0,836673	0,985775	0,986770	0,076201	0,934315
7	0,833450	0,980265	0,981669	0,076129	0,934362
9	0,830289	0,974857	0,976677	0,076057	0,934408
11	0,827190	0,969551	0,971793	0,075985	0,934454
13	0,824154	0,964346	0,967018	0,075913	0,934501
15	0,821180	0,959243	0,962350	0,075841	0,934547
17	0,818268	0,954242	0,957790	0,075769	0,934593
19	0,815418	0,949342	0,953337	0,075697	0,934639
21	0,812630	0,944542	0,948992	0,075626	0,934685
23	0,809904	0,939843	0,944754	0,075554	0,934731
25	0,807239	0,935244	0,940623	0,075482	0,934777
27	0,804636	0,930746	0,936598	0,075411	0,934823
29	0,802093	0,926348	0,932679	0,075340	0,934869
31	0,799612	0,922049	0,928867	0,075268	0,934916
33	0,797192	0,917850	0,925160	0,075197	0,934962
35	0,794833	0,913750	0,921559	0,075126	0,935008
37	0,792534	0,909750	0,918064	0,075055	0,935053
39	0,790296	0,905848	0,914673	0,074984	0,935099
41	0,788119	0,902045	0,911388	0,074913	0,935145
43	0,786002	0,898340	0,908207	0,074842	0,935191
45	0,783945	0,894734	0,905131	0,074771	0,935237
47	0,781948	0,891226	0,902159	0,074700	0,935283
49	0,780011	0,887815	0,899291	0,074630	0,935329
51	0,778134	0,884503	0,896527	0,074559	0,935375
53	0,776316	0,881287	0,893866	0,074489	0,935420
55	0,774559	0,878169	0,891309	0,074418	0,935466
57	0,772860	0,875148	0,888855	0,074348	0,935512
59	0,771221	0,872223	0,886503	0,074278	0,935558
61	0,769641	0,869395	0,884255	0,074207	0,935603
63	0,768120	0,866664	0,882109	0,074137	0,935649

Το Σχήμα 6.24 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.24: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 25 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 38 ζυγών και βιομηχανικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.24, φαίνεται ότι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ είναι 63 MW.

6.3.2.1.4 Εμπορικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν εμπορικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=1,51$ και $b=3,4$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{1,51} \quad (6.45)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{3,4} \quad (6.46)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.49.

Πίνακας 6.49: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0074	9,9599	5,9459
3	0,9849	0,0510	8,7952	3,7980
4	0,9784	0,0905	11,6116	7,4288
5	0,9721	0,1300	5,7493	2,7251
6	0,9566	0,0081	5,6115	1,7202
7	0,9537	-0,2010	18,6188	8,5118

Πίνακας 6.49: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
8	0,9495	-0,1813	18,4933	8,3832
9	0,9441	-0,2599	5,5005	1,6445
10	0,9391	-0,3285	5,4567	1,6152
11	0,9383	-0,3246	4,0876	2,4162
12	0,9370	-0,3187	5,4388	2,8056
13	0,9318	-0,4127	5,3933	2,7531
14	0,9299	-0,4855	10,7533	6,2492
15	0,9287	-0,5209	5,3662	0,7777
16	0,9276	-0,5429	5,3561	1,5489
17	0,9259	-0,6136	5,3413	1,5393
18	0,9254	-0,6234	8,0053	3,0728
19	0,9968	-0,0034	8,9568	3,9569
20	0,9933	-0,0704	8,9092	3,9097
21	0,9926	-0,0896	8,8998	3,9004
22	0,9920	-0,1098	8,8914	3,8921
23	0,9815	0,0180	8,7495	4,6921
24	0,9752	-0,0730	40,4365	18,3625
25	0,9721	-0,1179	40,2409	18,1631
26	0,9551	0,0366	5,5975	2,1381
27	0,9530	0,0775	5,5789	2,1222
28	0,9437	0,1263	5,4976	1,6426
29	0,9371	0,1766	10,8795	5,6135
30	0,9343	0,2552	18,0494	47,6214
31	0,9311	0,1898	8,9777	5,4909
32	0,9303	0,1678	18,8297	7,8222
33	0,9301	0,1604	5,3779	3,1262
34	0,9495	-0,1813	0	0
35	0,9441	-0,2599	0	0
36	0,9370	-0,3187	0	0
37	0,9254	-0,6234	0	0
38	0,9721	-0,1179	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 358,4271 \text{ MW} + j \cdot 205,3307 \text{ MVar} \quad (6.47)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 15,05 \text{ MW} + j \cdot 9,99 \text{ MVar} \quad (6.48)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 25 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.50.

Πίνακας 6.50: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9977	0,0184	9,9653	5,9532
3	0,9871	0,1213	8,8259	3,8278
4	0,9807	0,1615	11,6521	7,4872
5	0,9744	0,2017	5,7694	2,7466
6	0,9588	0,0815	5,6310	1,7337
7	0,9559	-0,1272	18,6834	8,5785
8	0,9516	-0,1071	18,5576	8,4490
9	0,9462	-0,1852	5,5196	1,6574
10	0,9412	-0,2533	5,4757	1,6278
11	0,9405	-0,2493	4,1018	2,4352
12	0,9392	-0,2434	5,4577	2,8277
13	0,9340	-0,3368	5,4120	2,7747
14	0,9321	-0,4094	10,7908	6,2983
15	0,9309	-0,4446	5,3849	0,7838
16	0,9297	-0,4666	5,3747	1,5610
17	0,9280	-0,5371	5,3599	1,5514
18	0,9275	-0,5468	8,0331	3,0969
19	0,9972	0,0076	8,9617	3,9618
20	0,9937	-0,0593	8,9140	3,9144
21	0,9930	-0,0786	8,9046	3,9052
22	0,9923	-0,0987	8,8962	3,8968
23	0,9855	0,1603	8,8040	4,7581
24	0,9827	0,2359	40,9108	18,8510
25	0,9832	0,3555	40,9366	18,8779
26	0,9572	0,1103	5,6169	2,1549

Πίνακας 6.50: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
27	0,9551	0,1515	5,5983	2,1388
28	0,9459	0,2015	5,5166	1,6554
29	0,9393	0,2527	10,9170	5,6572
30	0,9364	0,3318	18,1117	47,9920
31	0,9332	0,2668	9,0087	5,5336
32	0,9324	0,2448	18,8946	7,8830
33	0,9322	0,2375	5,3964	3,1505
34	0,9516	-0,1071	0	0
35	0,9462	-0,1852	0	0
36	0,9392	-0,2434	0	0
37	0,9275	-0,5468	0	0
38	0,9551	0,1515	5,5983	2,1388

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 295,50 \text{ MW} + j \cdot 206,55 \text{ MVar} \quad (6.49)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.2. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 13,1554 \text{ MW} + j \cdot 8,8784 \text{ MVar} \quad (6.50)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.48), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.50), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

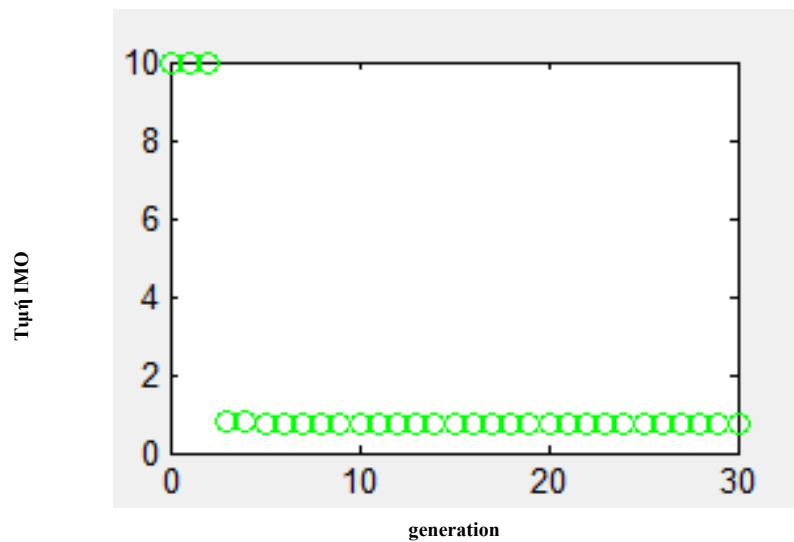
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.30).

Στον Πίνακα 6.51, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για εμπορικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.51: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8739
ILQ	0,8887
IVD	0,0725
IC	0,8422
Βέλτιστος ζυγός	25
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7698

Στο Σχήμα 6.25 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.25: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 38 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.25 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 6 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 79 sec.

Στον Πίνακα 6.52 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

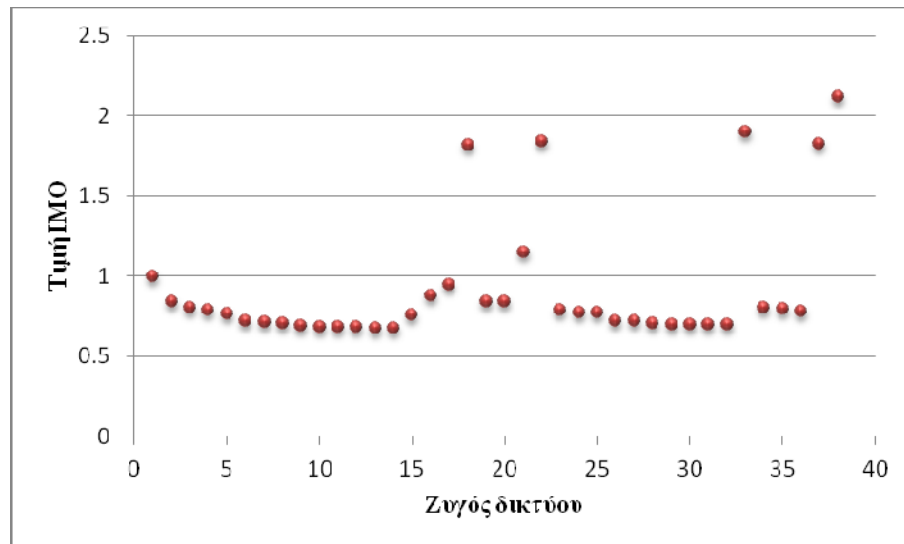
Πίνακας 6.52: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1	1	1	1
2	1	0,985016	0,988652	0,074298	0,948513
3	1	0,915807	0,936475	0,072484	0,951946
4	1	0,883112	0,912042	0,071119	0,951936
5	1	0,851176	0,888226	0,069685	0,951925
6	1	0,783278	0,799373	0,066535	0,951914
7	1	0,775532	0,762745	0,065772	0,951922
8	1	0,756683	0,754024	0,062989	0,951909
9	1	0,739777	0,735650	0,061913	0,951894
10	1	0,725861	0,720731	0,061950	0,951878
11	1	0,723905	0,719918	0,061958	0,951874
12	1	0,721042	0,718787	0,061973	0,951867
13	1	0,714032	0,710208	0,062027	0,951842
14	1	0,713061	0,707714	0,062046	0,951833
15	1	0,715761	0,711105	0,062069	1,278961
16	1	0,721522	0,717199	0,062099	1,746945
17	1	0,735870	0,744108	0,062163	1,955313
18	1	0,746016	0,755838	0,062196	5,440973
19	1	0,984665	0,98814	0,074298	0,948512
20	1	0,988359	0,993096	0,0743	0,948508
21	1	0,991239	0,998142	0,074301	2,173559
22	1	0,999489	1,01453	0,074303	4,908494
23	0,787624	0,901823	0,922054	0,072487	0,926443
24	0,772402	0,877997	0,893596	0,072493	0,926441
25	0,769794	0,873942	0,888665	0,072501	0,926439
26	1	0,778437	0,795878	0,066553	0,951907
27	1	0,77257	0,791691	0,066579	0,951896
28	1	0,753704	0,765329	0,066665	0,95186
29	1	0,742023	0,749012	0,066735	0,951831
30	1	0,738101	0,746585	0,066783	0,95181
31	1	0,738070	0,745761	0,066826	0,951791
32	1	0,739706	0,748241	0,066840	0,951784
33	1	0,745586	0,760879	0,066862	5,743064
34	1	0,7947	0,809739	0,063156	1,249522

Πίνακας 6.52: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίσο με 63 MW και για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
35	1	0,778011	0,791643	0,062022	1,249493
36	1	0,759438	0,774965	0,062081	1,249476
37	1	0,755386	0,769548	0,062221	5,429036
38	1	0,882744	0,9017	0,072508	6,287281

Στο Σχήμα 6.26 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστη.



Σχήμα 6.26: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για εμπορικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς εγκατάστασης της ΜΔΠ.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.26, έχουν αποκλεισθεί πολλές δυνατές λύσεις και σαν βέλτιστες αναγνωρίζονται εκείνες όπου βρίσκονται εντός θερμικών ορίων αντοχής των γραμμών. Φυσικά αυτό ισχύει για την δεδομένη ισχύ των 63 MW. Με βάση τα δεδομένα των γραμμών του συστήματος των 38 ζυγών, που φαίνονται στον Πίνακα 6.32, τα όρια θερμικής αντοχής των γραμμών είναι περιορισμένα με συνέπεια η υπερφόρτωση των γραμμών να είναι σύνηθες φαινόμενο.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 25, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, και για μεταβαλλόμενη πλέον ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ από 0 έως 63MW.

Στον Πίνακα 6.53 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων

αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 25 και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

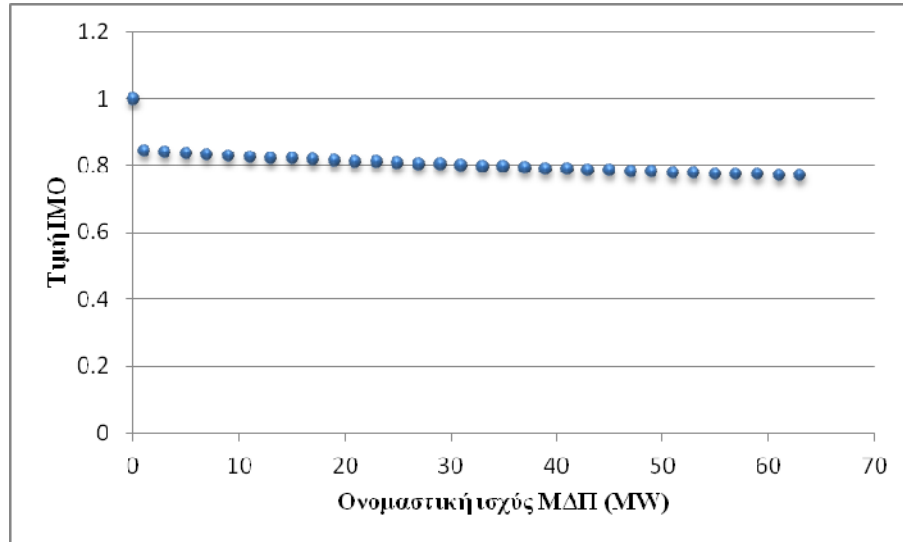
Πίνακας 6.53: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	0,837800	0,991740	0,992290	0,074530	0,925865
5	0,834642	0,986361	0,987287	0,074461	0,925885
7	0,831547	0,981084	0,982393	0,074393	0,925904
9	0,828515	0,975910	0,977607	0,074324	0,925924
11	0,825545	0,970837	0,972930	0,074256	0,925943
13	0,822637	0,965865	0,968361	0,074188	0,925962
15	0,819792	0,960995	0,963901	0,074119	0,925981
17	0,817008	0,956226	0,959548	0,074051	0,926001
19	0,814286	0,951558	0,955303	0,073983	0,926020
21	0,811626	0,946990	0,951165	0,073915	0,926039
23	0,809028	0,942523	0,947134	0,073847	0,926058
25	0,806491	0,938156	0,943210	0,073779	0,926078
27	0,804015	0,933889	0,939393	0,073711	0,926097
29	0,801601	0,929722	0,935682	0,073644	0,926116
31	0,799248	0,925655	0,932078	0,073576	0,926135
33	0,796955	0,921686	0,928579	0,073508	0,926154
35	0,794724	0,917817	0,925186	0,073441	0,926173
37	0,792553	0,914047	0,921899	0,073373	0,926192
39	0,790442	0,910376	0,918717	0,073306	0,926211
41	0,788392	0,906803	0,915640	0,073238	0,926230
43	0,786403	0,903328	0,912668	0,073171	0,926249
45	0,784473	0,899951	0,909800	0,073104	0,926268
47	0,782604	0,896673	0,907037	0,073037	0,926287
49	0,780794	0,893491	0,904378	0,072969	0,926306
51	0,779044	0,890408	0,901823	0,072902	0,926325
53	0,777354	0,887422	0,899372	0,072835	0,926344
55	0,775724	0,884532	0,897024	0,072768	0,926363
57	0,774153	0,881740	0,894780	0,072702	0,926382
59	0,772641	0,879044	0,892639	0,072635	0,926401
61	0,771188	0,876445	0,890600	0,072568	0,926420

Πίνακας 6.53: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 25					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
63	0,769794	0,873942	0,888665	0,072501	0,926439

Το Σχήμα 6.27 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.27: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 25 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 38 ζυγών και εμπορικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.27, φαίνεται ότι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ είναι 63 MW.

6.3.2.1.5 Μεικτό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς του συστήματος δεν είναι τι ίδιο, αλλά ακολουθεί την κατανομή του Πίνακα 6.54.

Πίνακας 6.54: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 38 ζυγών.

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
2	R (Οικιακό)
3	I (Βιομηχανικό)

Πίνακας 6.54: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 38 ζυγών (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
4	C (Εμπορικό)
5	R (Οικιακό)
6	I (Βιομηχανικό)
7	C (Εμπορικό)
8	I (Βιομηχανικό)
9	C (Εμπορικό)
10	C (Εμπορικό)
11	C (Εμπορικό)
12	R (Οικιακό)
13	I (Βιομηχανικό)
14	R (Οικιακό)
15	C (Εμπορικό)
16	I (Βιομηχανικό)
17	C (Εμπορικό)
18	I (Βιομηχανικό)
19	R (Οικιακό)
20	C (Εμπορικό)
21	I (Βιομηχανικό)
22	R (Οικιακό)
23	C (Εμπορικό)
24	C (Εμπορικό)
25	C (Εμπορικό)
26	C (Εμπορικό)
27	I (Βιομηχανικό)
28	C (Εμπορικό)
29	C (Εμπορικό)
30	C (Εμπορικό)
31	R (Οικιακό)
32	R (Οικιακό)
33	C (Εμπορικό)
34	R (Οικιακό)
35	R (Οικιακό)
36	R (Οικιακό)
37	R (Οικιακό)
38	R (Οικιακό)

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.55.

Πίνακας 6.55: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0046	9,9952	5,9042
3	0,9848	0,0336	8,7937	3,7965

Πίνακας 6.55: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 38 ζυγών για μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
4	0,9783	0,0621	11,7598	7,3203
5	0,9719	0,0903	5,9693	2,5280
6	0,9563	-0,0617	5,6087	1,7182
7	0,9534	-0,2814	19,8291	7,5121
8	0,9491	-0,2673	18,4826	8,3722
9	0,9436	-0,3582	5,4964	1,6417
10	0,9385	-0,4392	5,4517	1,6118
11	0,9377	-0,4370	4,2415	2,3138
12	0,9364	-0,4340	5,9294	2,3593
13	0,9311	-0,5406	5,6184	2,6227
14	0,9291	-0,6192	10,7395	6,2312
15	0,9279	-0,6593	5,9197	0,6383
16	0,9267	-0,6849	5,3486	1,5440
17	0,9250	-0,7649	5,9164	1,2527
18	0,9245	-0,7760	8,3726	2,9124
19	0,9968	-0,0063	8,9566	3,9567
20	0,9933	-0,0743	8,9891	3,8415
21	0,9926	-0,0936	8,9386	3,8816
22	0,9920	-0,1138	8,8910	3,8918
23	0,9814	$5,7796 \cdot 10^{-4}$	8,7480	4,6902
24	0,9751	-0,0904	40,4293	18,3552
25	0,9719	-0,1354	40,2338	18,1559
26	0,9547	-0,0360	5,9502	1,8933
27	0,9526	0,0013	5,5761	2,1197
28	0,9435	0,0348	5,4953	1,6410
29	0,9369	0,0733	10,8756	5,6090
30	0,9341	0,1454	18,7837	45,5501
31	0,9308	0,0760	9,3619	5,2401
32	0,9301	0,0534	18,8223	7,8153
33	0,9298	0,0453	5,6115	2,9813
34	0,9491	-0,2673	0	0
35	0,9436	-0,3582	0	0
36	0,9364	-0,4340	0	0
37	0,9245	-0,7760	0	0
38	0,9719	-0,1354	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 364,3824 \text{ MW} + j \cdot 200 \text{ MVar} \quad (6.51)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 15,42 \text{ MW} + j \cdot 9,76 \text{ MVar} \quad (6.52)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 13 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.56.

Πίνακας 6.56: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 63 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,99770	0,01660	9,99580	5,91700
3	0,98700	0,11040	8,82440	3,82640
4	0,98200	0,18740	11,80080	7,43300
5	0,97710	0,26630	5,97500	2,61020
6	0,96470	0,29620	5,68270	1,76970
7	0,96240	0,23010	19,86270	7,94810
8	0,96100	0,30690	18,83270	8,73360
9	0,95960	0,40530	5,63750	1,73820
10	0,95870	0,51450	5,62940	1,73250
11	0,95870	0,53410	4,32860	2,52980
12	0,95890	0,56980	5,95480	2,72010
13	0,95940	0,75660	5,77570	2,96080
14	0,95750	0,68300	11,23750	6,90070
15	0,95620	0,64620	5,95180	0,76430
16	0,95500	0,62340	5,59690	1,71010
17	0,95320	0,54940	5,94850	1,50040
18	0,95270	0,53950	8,60750	3,28870
19	0,99720	0,00570	8,96140	3,96150
20	0,99360	-0,06220	8,98970	3,84980
21	0,99290	-0,08150	8,94160	3,88720
22	0,99230	-0,10170	8,89590	3,89650
23	0,98360	0,07770	8,77850	4,72720
24	0,97730	-0,01270	40,57050	18,49980

Πίνακας 6.56: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 63 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
25	0,97420	-0,05730	40,37430	18,29900
26	0,96310	0,32310	5,95950	1,99450
27	0,96090	0,36200	5,64960	2,18320
28	0,95170	0,40200	5,56740	1,68990
29	0,94500	0,44530	11,01790	5,77560
30	0,94210	0,52000	18,93290	47,16120
31	0,93890	0,45240	9,43630	5,42540
32	0,93810	0,43010	19,06840	8,04720
33	0,93790	0,42230	5,65610	3,08670
34	0,96100	0,30690	0	0
35	0,95960	0,40530	0	0
36	0,95890	0,56980	0	0
37	0,95270	0,53950	0	0
38	0,97420	-0,05730	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 300,15 \text{ MW} + j \cdot 203,62 \text{ MVar} \quad (6.53)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66). Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDGL} = 10,9250 \text{ MW} + j \cdot 6,8765 \text{ MVar} \quad (6.54)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.52), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.54), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

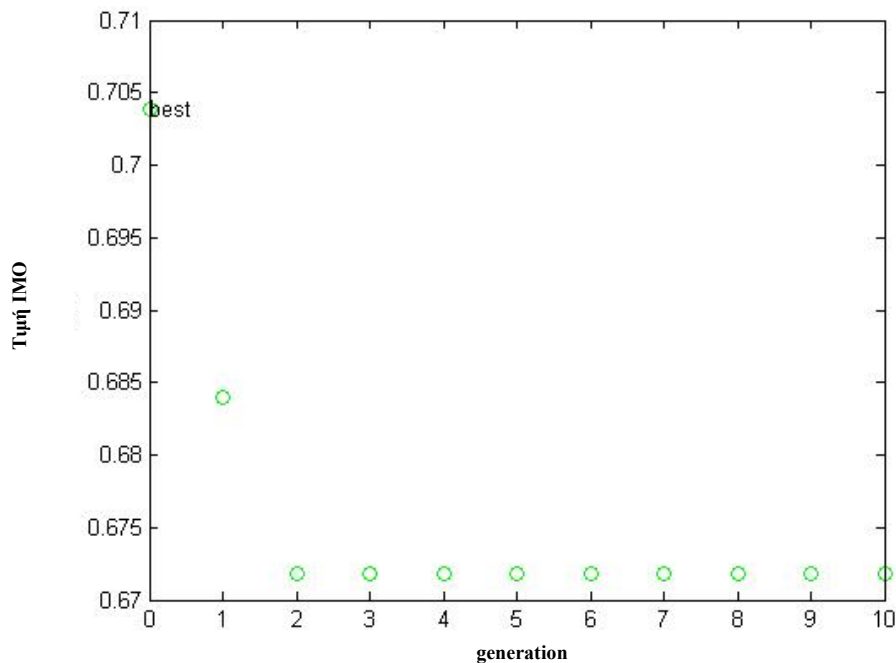
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.30).

Στον Πίνακα 6.57, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για μεικτό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.57: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 38 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,7026
ILQ	0,6982
IVD	0,0621
IC	0,8652
Βέλτιστος ζυγός	13
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,6679

Στο Σχήμα 6.28 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.28: Εξέλιξη της σύγκλισης της αντικειμενικής συνάρτησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.28 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 3 επαναλήψεις (γενεές).

6.3.2.2 Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης

6.3.2.2.1 Εισαγωγή

Για το δίκτυο των 38 ζυγών, οι πιθανοί ζυγοί εγκατάστασης της ΜΔΠ είναι 37, δηλαδή οι ζυγοί 2 έως 38. Η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ μεταβάλλεται από 0 έως 63 α.μ., με βήμα 0,02 α.μ., άρα προκύπτουν 33 τιμές. Οι συνολικοί συνδυασμοί είναι $37 \cdot 33 = 1221$ και η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης απαιτεί περισσότερο χρόνο για το δίκτυο 38 ζυγών, σε σύγκριση με το χρόνο που απαιτεί για το δίκτυο 17 ζυγών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, για το δίκτυο 38 ζυγών, φαίνονται στο Παράρτημα Γ.2.

6.3.2.2.2 Σταθερό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1221 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 14, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Για κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.58.

Πίνακας 6.58: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,832376	0,63	0,986066	0,989131	0,085502	0,909194
3	0,795387	0,63	0,920151	0,937691	0,083342	0,909147
4	0,776638	0,63	0,886957	0,91159	0,081729	0,909111
5	0,758146	0,63	0,854263	0,885836	0,080037	0,909075
6	0,712237	0,63	0,784739	0,798229	0,076314	0,908995
7	0,702264	0,63	0,776724	0,765068	0,075449	0,908976
8	0,691669	0,63	0,756863	0,754219	0,072347	0,908911
9	0,679757	0,63	0,737755	0,733745	0,071347	0,908817
10	0,66992	0,63	0,721729	0,716776	0,071284	0,908724
11	0,668715	0,63	0,719374	0,715484	0,071276	0,908707
12	0,66684	0,63	0,715721	0,713468	0,071264	0,908674

Πίνακας 6.58: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
13	0,659399	0,63	0,705572	0,701627	0,071223	0,904647
14	0,657761	0,63	0,703442	0,697705	0,071212	0,904647
15	0,672043	0,55	0,727205	0,72068	0,072412	0,904654
16	0,696165	0,45	0,761507	0,754258	0,073929	0,918485
17	0,707961	0,39	0,786186	0,780456	0,074857	0,904667
18	0,770494	0,17	0,889644	0,883598	0,078301	0,904686
19	0,832162	0,63	0,985753	0,988685	0,085502	0,909194
20	0,832686	0,45	0,987152	0,988419	0,085615	0,909196
21	0,832937	0,37	0,987803	0,988334	0,085666	0,909198
22	0,83486	0,19	0,991374	0,990716	0,085779	0,9092
23	0,788037	0,63	0,907982	0,925291	0,083329	0,909146
24	0,774918	0,63	0,887294	0,901088	0,083307	0,909146
25	0,772301	0,63	0,883155	0,896286	0,083302	0,909146
26	0,708966	0,63	0,778893	0,79358	0,076293	0,908994
27	0,704857	0,63	0,771555	0,787734	0,076266	0,908994
28	0,688796	0,63	0,747097	0,756423	0,076163	0,908992
29	0,678447	0,63	0,731271	0,736383	0,076096	0,90899
30	0,674787	0,63	0,724717	0,731212	0,076072	0,90899
31	0,672844	0,63	0,721878	0,727182	0,07606	0,908989
32	0,673371	0,63	0,722602	0,72837	0,076063	0,908989
33	0,78829	0,15	0,914519	0,913362	0,083482	0,90915
34	0,732204	0,51	0,815824	0,821986	0,075021	0,920897
35	0,720958	0,51	0,797949	0,802875	0,073253	0,920862
36	0,708276	0,51	0,776201	0,783063	0,073171	0,920829
37	0,77093	0,17	0,89028	0,884504	0,078304	0,904686
38	0,827575	0,09	0,978528	0,980182	0,085524	0,909194

6.3.2.2.3 Οικιακό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1221 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 25, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει οικιακό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO,

η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.59.

Πίνακας 6.59: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	1	0,63	0,984771	0,988416	0,075522	0,957457
3	1	0,63	0,914070	0,934841	0,073666	0,960185
4	1	0,63	0,880244	0,909370	0,072271	0,960184
5	1	0,63	0,847157	0,884492	0,070806	0,960183
6	1	0,63	0,776963	0,793022	0,067584	0,960191
7	1	0,63	0,768884	0,755493	0,066806	0,960199
8	1	0,63	0,748892	0,745904	0,063976	0,960196
9	1	0,63	0,730606	0,726081	0,062440	0,960191
10	1	0,63	0,715519	0,709942	0,062460	0,960185
11	1	0,63	0,713371	0,708990	0,062466	0,960183
12	1	0,63	0,710165	0,707613	0,062477	0,960179
13	1	0,63	0,702014	0,697727	0,062516	0,960166
14	1	0,63	0,700693	0,694643	0,062530	0,960161
15	1	0,63	0,703063	0,697620	0,062549	1,257307
16	1	0,63	0,708461	0,703334	0,062576	1,727883
17	1	0,63	0,722231	0,729150	0,062637	1,943369
18	1	0,63	0,732087	0,740547	0,062669	5,424575
19	1	0,63	0,984414	0,987898	0,075523	0,957457
20	1	0,63	0,987972	0,992674	0,075525	0,957454
21	1	0,63	0,990786	0,997602	0,075525	2,173976
22	1	0,63	0,998841	1,013588	0,075527	4,91008
23	0,78739	0,63	0,899999	0,920355	0,073667	0,929079
24	0,772126	0,63	0,876079	0,891869	0,073668	0,929079
25	0,769409	0,63	0,871842	0,88676	0,073674	0,929078
26	1	0,63	0,771875	0,78932	0,0676	0,960186
27	1	0,63	0,765683	0,784861	0,067622	0,960179
28	1	0,63	0,745759	0,757216	0,067699	0,960156
29	1	0,63	0,733437	0,740126	0,067762	0,960136
30	1	0,63	0,729198	0,737466	0,067809	0,960121

Πίνακας 6.59: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
31	1	0,63	0,771875	0,78932	0,0676	0,960186
32	1	0,63	0,765683	0,784861	0,067622	0,960179
33	1	0,63	0,745759	0,757216	0,067699	0,960156
34	1	0,63	0,733437	0,740126	0,067762	0,960136
35	1	0,63	0,729198	0,737466	0,067809	0,960121
36	1	0,63	0,728501	0,735746	0,067844	0,960109
37	1	0,63	0,729953	0,737935	0,067856	0,960105
38	0,829373	0,09	0,735653	0,750185	0,067878	5,727524

6.3.2.2.4 Βιομηχανικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1221 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 25, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει βιομηχανικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.60.

Πίνακας 6.60: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	1	0,63	0,984136	0,987868	0,076032	0,965257
3	1	0,63	0,910059	0,931389	0,074138	0,967263
4	1	0,63	0,874087	0,904060	0,072717	0,967268

Πίνακας 6.60: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
5	1	0,63	0,838859	0,877322	0,071224	0,967273
6	1	0,63	0,764434	0,780731	0,067942	0,967290
7	1	0,63	0,755796	0,741263	0,067148	0,967299
8	1	0,63	0,733871	0,730319	0,064274	0,967302
9	1	0,63	0,713396	0,708178	0,061912	0,967305
10	1	0,63	0,696488	0,690126	0,061915	0,967306
11	1	0,63	0,694048	0,688979	0,061918	0,967305
12	1	0,63	0,690333	0,687256	0,061925	0,967304
13	1	0,63	0,680568	0,675502	0,061947	0,967300
14	1	0,63	0,678784	0,671606	0,061956	0,967298
15	1	0,63	0,680772	0,674106	0,061971	1,226145
16	1	0,63	0,685809	0,679444	0,061994	1,700631
17	1	0,63	0,699083	0,704353	0,062051	1,926508
18	1	0,63	0,708755	0,715544	0,062082	5,401721
19	1	0,63	0,983766	0,987333	0,076032	0,965257
20	1	0,63	0,987251	0,992013	0,076034	0,965255
21	1	0,63	0,990047	0,996903	0,076035	2,174506
22	1	0,63	0,998032	1,012738	0,076036	4,912124
23	0,786593	0,63	0,895626	0,916550	0,074136	0,935650
24	0,771003	0,63	0,871172	0,887505	0,074133	0,935652
25	0,768120	0,63	0,866664	0,882109	0,074137	0,935649
26	1	0,63	0,758982	0,776743	0,067957	0,967288
27	1	0,63	0,752325	0,771922	0,067979	0,967283
28	1	0,63	0,730994	0,742432	0,068057	0,967268
29	1	0,63	0,717903	0,724313	0,068125	0,967254
30	1	0,63	0,713351	0,721482	0,068176	0,967243
31	1	0,63	0,711846	0,718643	0,068204	0,967237
32	1	0,63	0,713099	0,720513	0,068215	0,967234
33	1	0,63	0,718659	0,732487	0,068236	5,706075
34	1	0,63	0,770611	0,784082	0,064446	1,249511
35	1	0,63	0,750359	0,762225	0,062023	1,249479
36	1	0,63	0,727454	0,741490	0,062035	1,249459
37	1	0,63	0,717801	0,728762	0,062108	5,389504
38	0,8304	0,09	0,975038	0,976943	0,076057	0,934408

6.3.2.2.5 Εμπορικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 1221 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 25, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει εμπορικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.61.

Πίνακας 6.61: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	1	0,63	0,985016	0,988652	0,074298	0,948513
3	1	0,63	0,915807	0,936475	0,072484	0,951946
4	1	0,63	0,883112	0,912042	0,071119	0,951936
5	1	0,63	0,851176	0,888226	0,069685	0,951925
6	1	0,63	0,783278	0,799373	0,066535	0,951914
7	1	0,63	0,775532	0,762745	0,065772	0,951922
8	1	0,63	0,756683	0,754024	0,062989	0,951909
9	1	0,63	0,739777	0,735650	0,061913	0,951894
10	1	0,63	0,725861	0,720731	0,061950	0,951878
11	1	0,63	0,723905	0,719918	0,061958	0,951874
12	1	0,63	0,721042	0,718787	0,061973	0,951867
13	1	0,63	0,714032	0,710208	0,062027	0,951842
14	1	0,63	0,713061	0,707714	0,062046	0,951833
15	1	0,63	0,715761	0,711105	0,062069	1,278961
16	1	0,63	0,721522	0,717199	0,062099	1,746945
17	1	0,63	0,735870	0,744108	0,062163	1,955313
18	1	0,63	0,746016	0,755838	0,062196	5,440973
19	1	0,63	0,984665	0,988140	0,074298	0,948512
20	1	0,63	0,988359	0,993096	0,074300	0,948508
21	1	0,63	0,991239	0,998142	0,074301	2,173559
22	1	0,63	0,999489	1,014530	0,074303	4,908494
23	0,787624	0,63	0,901823	0,922054	0,072487	0,926443
24	0,772402	0,63	0,877997	0,893596	0,072493	0,926441

Πίνακας 6.61: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτη πτώσης τάσης IVD και δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
25	0,7697	0,63	0,873942	0,888665	0,072501	0,926439
26	1	0,63	0,778437	0,795878	0,066553	0,951907
27	1	0,63	0,772570	0,791691	0,066579	0,951896
28	1	0,63	0,753704	0,765329	0,066665	0,951860
29	1	0,63	0,742023	0,749012	0,066735	0,951831
30	1	0,63	0,738101	0,746585	0,066783	0,951810
31	1	0,63	0,738070	0,745761	0,066826	0,951791
32	1	0,63	0,739706	0,748241	0,066840	0,951784
33	1	0,63	0,745586	0,760879	0,066862	5,743064
34	1	0,63	0,794700	0,809739	0,063156	1,249522
35	1	0,63	0,778011	0,791643	0,062022	1,249493
36	1	0,63	0,759438	0,774965	0,062081	1,249476
37	1	0,63	0,755386	0,769548	0,062221	5,429036
38	0,8286	0,09	0,976097	0,977883	0,074325	0,925923

6.3.2.2.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Η διαδικασία της μεθόδου της εξαντλητικής αναζήτησης, απέδειξε την ορθότητα των λύσεων του γενετικού αλγορίθμου. Ο Πίνακας 6.62 συνοψίζει τις βέλτιστες λύσεις, οι οποίες είναι κοινές και με τις δυο μεθόδους, ενώ παράλληλα αναφέρονται οι χρόνοι εκτέλεσης του κάθε αλγορίθμου.

Πίνακας 6.62: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη χρήση της μεθόδου γενετικών αλγορίθμων και της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης για το δίκτυο 38 ζυγών.

Τύπος φορτίου Παράμετροι	Βιομηχανικό	Οικιακό	Εμπορικό	Σταθερό
	Τιμή	Τιμή	Τιμή	Τιμή
ILP	0,8666644	0,871842	0,873942	0,703442
ILQ	0,882109	0,88676	0,888665	0,697705
IVD	0,074137	0,073674	0,072501	0,071212
IC	0,935649	0,929078	0,926439	0,904647
Βέλτιστος ζυγός	25	25	25	14
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300	0,6300	0,6300	0,63
IMO	0,768120	0,769409	0,7697	0,657761

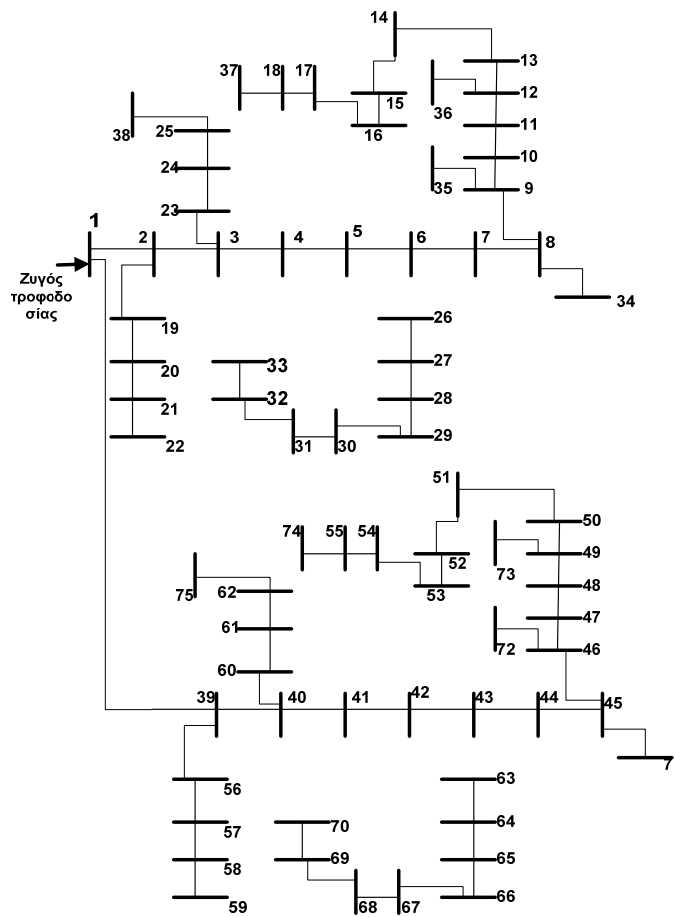
Πίνακας 6.62: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη χρήση της μεθόδου γενετικών αλγορίθμων και της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης για το δίκτυο 75 ζυγών (συνέχεια).

Παράμετροι	Τύπος φορτίου			
	Βιομηχανικό	Οικιακό	Εμπορικό	Σταθερό
	Τιμή	Τιμή	Τιμή	Τιμή
Χρόνος μεθόδου γενετικών αλγορίθμων	64 sec	86 sec	75 sec	75 sec
Χρόνος μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	9 min	10 min	11 min	10 min

6.4 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ 75 ΖΥΓΩΝ

6.4.1 Δεδομένα Συστήματος

Στο Σχήμα 6.29 παρουσιάζεται η τοπολογία του συστήματος 75 ζυγών. Τα δεδομένα των γραμμών και των ζυγών του συστήματος 75 ζυγών είναι όμοια με αυτά του συστήματος των 38 ζυγών, που φαίνονται στους Πίνακες 6.32 και 6.33, καθώς το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε από τη σύνθεση 2 ομοίων συστημάτων 38 ζυγών. Η βασική ισχύς είναι 100 MVA και η ονομαστική τάση είναι 23 kV.



Σχήμα 6.29: Τοπολογία συστήματος 75 ζυγών.

6.4.2 Αποτελέσματα

6.4.2.1 Αποτελέσματα με χρήση γενετικών αλγορίθμων

6.4.2.1.1 Σταθερό φορτίο

Αρχικά, θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς φορτίου είναι σταθερό και λαμβάνει τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 6.63.

Στον Πίνακα 6.63, φαίνονται τα αποτελέσματα της ροής φορτίου, για το δίκτυο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Πίνακας 6.63: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9971	0,0152	10	6
3	0,9832	0,1008	9	4
4	0,9759	0,1696	12	8
5	0,9686	0,2394	6	3
6	0,9505	0,1592	6	2
7	0,9471	-0,0702	20	10
8	0,9422	-0,0343	20	10
9	0,9360	-0,1071	6	2
10	0,9302	-0,1694	6	2
11	0,9293	-0,1622	4,5000	3
12	0,9278	-0,1508	6	3,5000
13	0,9217	-0,2417	6	3,5000
14	0,9195	-0,3201	12	8
15	0,9181	-0,3576	6	1
16	0,9167	-0,3795	6	2
17	0,9147	-0,4564	6	2
18	0,9141	-0,4660	9	4
19	0,9965	0,0044	9	4
20	0,9930	-0,0625	9	4
21	0,9923	-0,0818	9	4
22	0,9916	-0,1021	9	4
23	0,9796	0,0699	9	5
24	0,9730	-0,0185	42	20
25	0,9696	-0,0621	42	20
26	0,9487	0,2004	6	2,5000
27	0,9462	0,2592	6	2,5000
28	0,9352	0,3606	6	2
29	0,9273	0,4525	12	7,0000
30	0,9239	0,5625	20	60

Πίνακας 6.63: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
31	0,9201	0,4988	10	7,0000
32	0,9192	0,4759	21	10
33	0,9189	0,4683	6	4
34	0,9422	-0,0343	0	0
35	0,9360	-0,1071	0	0
36	0,9278	-0,1508	0	0
37	0,9141	-0,4660	0	0
38	0,9696	-0,0621	0	0
39	0,9971	0,0152	10	6
40	0,9832	0,1008	9	4
41	0,9759	0,1696	12	8
42	0,9686	0,2394	6	3
43	0,9505	0,1592	6	2
44	0,9471	-0,0702	20	10
45	0,9422	-0,0343	20	10
46	0,9360	-0,1071	6	2
47	0,9302	-0,1694	6	2
48	0,9293	-0,1622	4,5000	3
49	0,9278	-0,1508	6	3,5000
50	0,9217	-0,2417	6	3,5000
51	0,9195	-0,3201	12	8
52	0,9181	-0,3576	6	1
53	0,9167	-0,3795	6	2
54	0,9147	-0,4564	6	2
55	0,9141	-0,4660	9	4
56	0,9965	0,0044	9	4
57	0,9930	-0,0625	9	4
58	0,9923	-0,0818	9	4
59	0,9916	-0,1021	9	4
60	0,9796	0,0699	9	5
61	0,9730	-0,0185	42	20
62	0,9696	-0,0621	42	20
63	0,9487	0,2004	6	2,5000
64	0,9462	0,2592	6	2,5000
65	0,9352	0,3606	6	2
66	0,9273	0,4525	12	7
67	0,9239	0,5625	20	60
68	0,9201	0,4988	10	7
69	0,9192	0,4759	21	10

Πίνακας 6.63: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
70	0,9189	0,4683	6	4
71	0,9422	-0,0343	0	0
72	0,9360	-0,1071	0	0
73	0,9278	-0,1508	0	0
74	0,9141	-0,4660	0	0
75	0,9696	-0,0621	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 772,014 \text{ MW} + j \cdot 485,9907 \text{ MVar} \quad (6.55)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 39,23 \text{ MW} + j \cdot 26,14 \text{ MVar} \quad (6.56)$$

Για το δίκτυο των 75 ζυγών, η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW. Η τάξη μεγέθους επιλέγεται με βάση τα δεδομένα των φορτίων που υπάρχουν στους ζυγούς του δικτύου. Τα βάρη του διανύσματος της αντικειμενικής συνάρτησης IMO είναι:

$$[w_{ILP}, w_{ILQ}, w_{IC}, w_{IND}] = [0,40, 0,20, 0,25, 0,15] \quad (6.57)$$

Αφού έχουν καθοριστεί τα δεδομένα του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 14 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.64.

Πίνακας 6.64: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9975	0,0253	10	6
3	0,9857	0,1655	9	4
4	0,9800	0,2751	12	8
5	0,9744	0,3878	6	3

Πίνακας 6.64: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
6	0,9599	0,4761	6	2
7	0,9573	0,4030	20	10
8	0,9555	0,4939	20	10
9	0,9536	0,6031	6	2
10	0,9522	0,7237	6	2
11	0,9522	0,7463	4,5000	3
12	0,9522	0,7872	6	3,5000
13	0,9523	0,9831	6	3,5000
14	0,9523	1,0838	12	8
15	0,9509	1,0488	6	1
16	0,9496	1,0284	6	2
17	0,9477	0,9567	6	2
18	0,9471	0,9478	9	4
19	0,9969	0,0145	9	4
20	0,9934	-0,0523	9	4
21	0,9927	-0,0716	9	4
22	0,9920	-0,0919	9	4
23	0,9822	0,1347	9	5
24	0,9755	0,0467	42	20
25	0,9722	0,0033	42	20
26	0,9581	0,5166	6	2,5000
27	0,9557	0,5742	6	2,5000
28	0,9448	0,6736	6	2
29	0,9369	0,7636	12	7,0000
30	0,9336	0,8713	20	60
31	0,9298	0,8090	10	7,0000
32	0,9289	0,7866	21	10
33	0,9286	0,7791	6	4
34	0,9555	0,4939	0	0
35	0,9536	0,6031	0	0
36	0,9522	0,7872	0	0
37	0,9471	0,9478	0	0
38	0,9722	0,0033	0	0
39	0,9971	0,0152	10	6
40	0,9832	0,1008	9	4
41	0,9759	0,1696	12	8
42	0,9686	0,2394	6	3
43	0,9505	0,1592	6	2

Πίνακας 6.64: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
44	0,9471	-0,0702	20	10
45	0,9422	-0,0343	20	10
46	0,9360	-0,1071	6	2
47	0,9302	-0,1694	6	2
48	0,9293	-0,1622	4,5000	3
49	0,9278	-0,1508	6	3,5000
50	0,9217	-0,2417	6	3,5000
51	0,9195	-0,3201	12	8
52	0,9181	-0,3576	6	1
53	0,9167	-0,3795	6	2
54	0,9147	-0,4564	6	2
55	0,9141	-0,4660	9	4
56	0,9965	0,0044	9	4
57	0,9930	-0,0625	9	4
58	0,9923	-0,0818	9	4
59	0,9916	-0,1021	9	4
60	0,9796	0,0699	9	5
61	0,9730	-0,0185	42	20
62	0,9696	-0,0621	42	20
63	0,9487	0,2004	6	2,5000
64	0,9462	0,2592	6	2,5000
65	0,9352	0,3606	6	2
66	0,9273	0,4525	12	7
67	0,9239	0,5625	20	60
68	0,9201	0,4988	10	7
69	0,9192	0,4759	21	10
70	0,9189	0,4683	6	4
71	0,9422	-0,0343	0	0
72	0,9360	-0,1071	0	0
73	0,9278	-0,1508	0	0
74	0,9141	-0,4660	0	0
75	0,9696	-0,0621	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 704,2971 \text{ MW} + j \cdot 482,1147 \text{ MVar} \quad (6.58)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.3. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 33,4828 \text{ MW} + j \cdot 22,25821 \text{ MVar} \quad (6.59)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.57), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.59), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

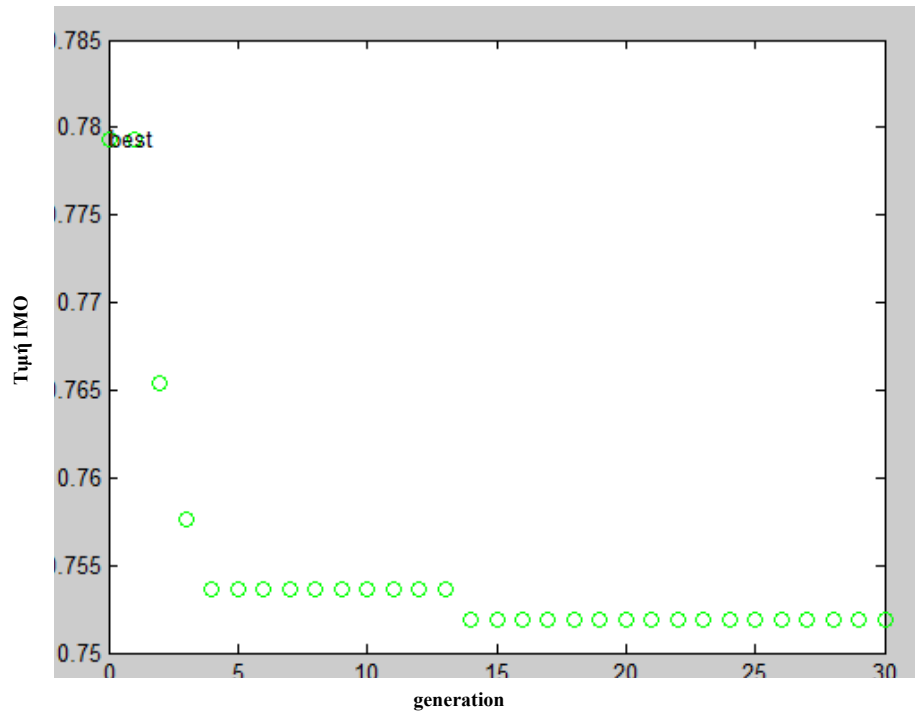
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.57).

Στον Πίνακα 6.65, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για το σταθερό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.65: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8538
ILQ	0,8508
IVD	0,0859
IC	0,9092
Βέλτιστος ζυγός	14
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,7519

Στο Σχήμα 6.30 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.30: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 75 ζυγών για σταθερό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.30 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 15 επαναλήψεις (γενεές).

Στον Πίνακα 6.66 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.66: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1	1	1	1
2	0,836312	0,993033	0,994565	0,085901	0,909203
3	0,817985	0,960076	0,968846	0,085901	0,909203
4	0,808736	0,943479	0,955795	0,085901	0,909203
5	0,799622	0,927131	0,942918	0,085901	0,909203
6	0,776956	0,89237	0,899114	0,085901	0,909203
7	0,772037	0,888362	0,882534	0,085901	0,909203
8	0,76698	0,878431	0,877109	0,085901	0,909203

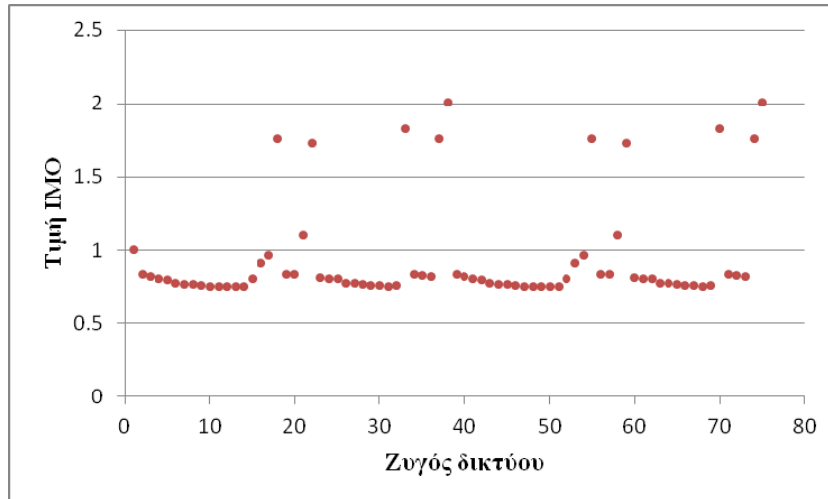
Πίνακας 6.66: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
9	0,761111	0,868877	0,866873	0,085901	0,909203
10	0,756209	0,860864	0,858388	0,085901	0,909203
11	0,755609	0,859687	0,857742	0,085901	0,909203
12	0,754677	0,857861	0,856734	0,085901	0,909203
13	0,751463	0,852786	0,850813	0,085901	0,909203
14	0,750645	0,851721	0,848853	0,085901	0,909203
15	0,804268	0,852355	0,849675	0,085901	1,122022
16	0,912689	0,854237	0,851664	0,085901	1,551105
17	0,967219	0,859547	0,861607	0,085901	1,752773
18	1,759045	0,863467	0,866125	0,085901	4,910194
19	0,836205	0,992877	0,994342	0,085901	0,909203
20	0,837094	0,994205	0,996132	0,085901	0,909203
21	1,104789	0,995311	0,998064	0,085901	1,976664
22	1,729525	0,99849	1,004349	0,085901	4,465495
23	0,814311	0,953991	0,962645	0,085901	0,909203
24	0,807753	0,943647	0,950544	0,085901	0,909203
25	0,806445	0,941577	0,948143	0,085901	0,909203
26	0,775322	0,889447	0,89679	0,085901	0,909203
27	0,77327	0,885778	0,893867	0,085901	0,909203
28	0,765247	0,873548	0,878211	0,085901	0,909203
29	0,760078	0,865636	0,868191	0,085901	0,909203
30	0,75825	0,862358	0,865606	0,085901	0,909203
31	0,757279	0,860939	0,863591	0,085901	0,909203
32	0,757543	0,861301	0,864185	0,085901	0,909203
33	1,82924	0,86363	0,869094	0,085901	5,188337
34	0,834111	0,893631	0,899102	0,085901	1,135812
35	0,828319	0,88421	0,88903	0,085901	1,135775
36	0,821947	0,873304	0,879015	0,085901	1,13575
37	1,758873	0,867244	0,871572	0,085901	4,899103
38	2,010438	0,945004	0,953176	0,085901	5,715663
39	0,836312	0,993033	0,994565	0,085901	0,909203
40	0,817985	0,960076	0,968846	0,085901	0,909203
41	0,808736	0,943479	0,955795	0,085901	0,909203
42	0,799622	0,927131	0,942918	0,085901	0,909203
43	0,776956	0,89237	0,899114	0,085901	0,909203
44	0,772037	0,888362	0,882534	0,085901	0,909203

Πίνακας 6.66: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
45	0,76698	0,878431	0,877109	0,085901	0,909203
46	0,761111	0,868877	0,866873	0,085901	0,909203
47	0,756209	0,860864	0,858388	0,085901	0,909203
48	0,755609	0,859687	0,857742	0,085901	0,909203
49	0,754677	0,857861	0,856734	0,085901	0,909203
50	0,751463	0,852786	0,850813	0,085901	0,909203
51	0,750645	0,851721	0,848853	0,085901	0,909203
52	0,804268	0,852355	0,849675	0,085901	1,122022
53	0,912689	0,854237	0,851664	0,085901	1,551105
54	0,967219	0,859547	0,861607	0,085901	1,752773
55	1,759045	0,863467	0,866125	0,085901	4,910194
56	0,836205	0,992877	0,994342	0,085901	0,909203
57	0,837094	0,994205	0,996132	0,085901	0,909203
58	1,104789	0,995311	0,998064	0,085901	1,976664
59	1,729525	0,99849	1,004349	0,085901	4,465495
60	0,814311	0,953991	0,962645	0,085901	0,909203
61	0,807753	0,943647	0,950544	0,085901	0,909203
62	0,806445	0,941577	0,948143	0,085901	0,909203
63	0,775322	0,889447	0,89679	0,085901	0,909203
64	0,77327	0,885778	0,893867	0,085901	0,909203
65	0,765247	0,873548	0,878211	0,085901	0,909203
66	0,760078	0,865636	0,868191	0,085901	0,909203
67	0,75825	0,862358	0,865606	0,085901	0,909203
68	0,757279	0,860939	0,863591	0,085901	0,909203
69	0,757543	0,861301	0,864185	0,085901	0,909203
70	1,82924	0,86363	0,869094	0,085901	5,188337
71	0,834111	0,893631	0,899102	0,085901	1,135812
72	0,828319	0,88421	0,88903	0,085901	1,135775
73	0,821947	0,873304	0,879015	0,085901	1,13575
74	1,758873	0,867244	0,871572	0,085901	4,899103
75	2,010438	0,945004	0,953176	0,085901	5,715663

Στο Σχήμα 6.31 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.



Σχήμα 6.31: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για σταθερό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 και για μεταβαλλόμενο πλέον το μέγεθος ονομαστικής ισχύος από 0 έως 63 MW, με βήμα 2 MW, της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.67 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 14 και για σταθερό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

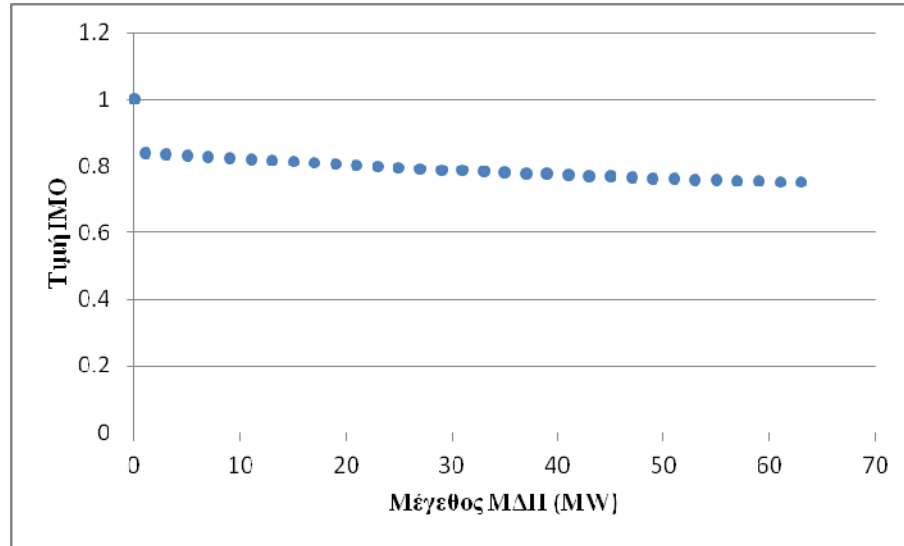
Πίνακας 6.67: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 14					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης ΙΜΟ	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	0,838111209	0,996596135	0,996434951	0,085900564	0,909202721
3	0,834030025	0,989897613	0,989426073	0,085900564	0,909202721
5	0,830038836	0,983343778	0,982577798	0,085900564	0,909202721
7	0,826136961	0,976933534	0,975888912	0,085900564	0,909202721
9	0,822323729	0,970665801	0,969358217	0,085900564	0,909202721
11	0,818598476	0,964539512	0,962984532	0,085900564	0,909202721
13	0,814960549	0,958553615	0,956766691	0,085900564	0,909202721
15	0,811409303	0,952707073	0,950703544	0,085900564	0,909202721
17	0,8079441	0,946998861	0,944793955	0,085900564	0,909202721
19	0,804564313	0,941427968	0,939036805	0,085900564	0,909202721

Πίνακας 6.67: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 14					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
21	0,801269322	0,935993398	0,933430988	0,085900564	0,909202721
23	0,798058514	0,930694167	0,927975415	0,085900564	0,909202721
25	0,794931287	0,925529302	0,922669007	0,085900564	0,909202721
27	0,791887043	0,920497845	0,917510703	0,085900564	0,909202721
29	0,788925195	0,915598849	0,912499454	0,085900564	0,909202721
31	0,786045161	0,91083138	0,907634223	0,085900564	0,909202721
33	0,783246369	0,906194515	0,902913989	0,085900564	0,909202721
35	0,780528251	0,901687344	0,898337741	0,085900564	0,909202721
37	0,777890249	0,897308967	0,893904484	0,085900564	0,909202721
39	0,77533181	0,893058496	0,889613233	0,085900564	0,909202721
41	0,77285239	0,888935055	0,885463016	0,085900564	0,909202721
43	0,77045145	0,884937776	0,881452873	0,085900564	0,909202721
45	0,768128458	0,881065804	0,877581856	0,085900564	0,909202721
47	0,765882889	0,877318295	0,873849029	0,085900564	0,909202721
49	0,763714224	0,873694415	0,870253467	0,085900564	0,909202721
51	0,761621951	0,870193338	0,866794255	0,085900564	0,909202721
53	0,759605563	0,86681425	0,863470492	0,085900564	0,909202721
55	0,757664561	0,863556347	0,860281285	0,085900564	0,909202721
57	0,755798449	0,860418834	0,857225754	0,085900564	0,909202721
59	0,754006741	0,857400925	0,854303029	0,085900564	0,909202721
61	0,752288952	0,854501844	0,851512247	0,085900564	0,909202721
63	0,750644607	0,851720825	0,848852561	0,085900564	0,909202721

Το Σχήμα 6.32 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.32: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 14 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 75 ζυγών και σταθερό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.32 προκύπτει ότι όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

6.4.2.1.2 Οικιακό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν οικιακό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,92$ και $b=4,04$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,92} \quad (6.60)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{4,04} \quad (6.61)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.68.

Πίνακας 6.68: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0039	9,9752	5,9350
3	0,9847	0,0290	8,8729	3,7578
4	0,9781	0,0565	11,7583	7,3161
5	0,9717	0,0836	5,8436	2,6714
6	0,9561	-0,0732	5,7570	1,6680

Πίνακας 6.68: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
7	0,9532	-0,2927	19,1365	8,2381
8	0,9488	-0,2798	19,0554	8,0860
9	0,9433	-0,3708	5,6861	1,5796
10	0,9382	-0,4511	5,6578	1,5454
11	0,9374	-0,4486	4,2401	2,3103
12	0,9360	-0,4451	5,6460	2,6798
13	0,9307	-0,5524	5,6165	2,6189
14	0,9288	-0,6315	11,2117	5,9361
15	0,9276	-0,6702	5,5990	0,7380
16	0,9264	-0,6951	5,5924	1,4684
17	0,9247	-0,7717	5,5828	1,4575
18	0,9241	-0,7829	8,3699	2,9082
19	0,9968	-0,0070	8,9734	3,9483
20	0,9933	-0,0748	8,9442	3,8923
21	0,9926	-0,0943	8,9385	3,8813
22	0,9919	-0,1147	8,9333	3,8714
23	0,9812	-0,0068	8,8445	4,6317
24	0,9749	-0,1034	41,0293	18,0482
25	0,9718	-0,1513	40,9073	17,8139
26	0,9545	-0,0486	5,7481	2,0709
27	0,9523	-0,0130	5,7364	2,0524
28	0,9431	0,0121	5,6853	1,5786
29	0,9365	0,0448	11,2975	5,3709
30	0,9337	0,1152	18,7761	45,4698
31	0,9304	0,0410	9,3578	5,2302
32	0,9296	0,0167	19,6363	7,4465
33	0,9294	0,0086	5,6091	2,9756
34	0,9488	-0,2798	0	0
35	0,9433	-0,3708	0	0
36	0,9360	-0,4451	0	0
37	0,9241	-0,7829	0	0
38	0,9718	-0,1513	0	0
39	0,9973	0,0039	9,9752	5,9350
40	0,9847	0,0290	8,8729	3,7578
41	0,9781	0,0565	11,7583	7,3161
42	0,9717	0,0836	5,8436	2,6714
43	0,9561	-0,0732	5,7570	1,6680
44	0,9532	-0,2927	19,1365	8,2381
45	0,9488	-0,2798	19,0554	8,0860

Πίνακας 6.68: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
46	0,9433	-0,3708	5,6861	1,5796
47	0,9382	-0,4511	5,6578	1,5454
48	0,9374	-0,4486	4,2401	2,3103
49	0,9360	-0,4451	5,6460	2,6798
50	0,9307	-0,5524	5,6165	2,6189
51	0,9288	-0,6315	11,2117	5,9361
52	0,9276	-0,6702	5,5990	0,7380
53	0,9264	-0,6951	5,5924	1,4684
54	0,9247	-0,7717	5,5828	1,4575
55	0,9241	-0,7829	8,3699	2,9082
56	0,9968	-0,0070	8,9734	3,9483
57	0,9933	-0,0748	8,9442	3,8923
58	0,9926	-0,0943	8,9385	3,8813
59	0,9919	-0,1147	8,9333	3,8714
60	0,9812	-0,0068	8,8445	4,6317
61	0,9749	-0,1034	41,0293	18,0482
62	0,9718	-0,1513	40,9073	17,8139
63	0,9545	-0,0486	5,7481	2,0709
64	0,9523	-0,0130	5,7364	2,0524
65	0,9431	0,0121	5,6853	1,5786
66	0,9365	0,0448	11,2975	5,3709
67	0,9337	0,1152	18,7761	45,4698
68	0,9304	0,0410	9,3578	5,2302
69	0,9296	0,0167	19,6363	7,4465
70	0,9294	0,0086	5,6091	2,9756
71	0,9488	-0,2798	0	0
72	0,9433	-0,3708	0	0
73	0,9360	-0,4451	0	0
74	0,9241	-0,7829	0	0
75	0,9718	-0,1513	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 734,8988 MW + j \cdot 398,8329 MVar \quad (6.62)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 30,90 \text{ MW} + j \cdot 20,52 \text{ MVar} \quad (6.63)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 14 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.40.

Πίνακας 6.69: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,997666	0,015995	9,978527	5,943629
3	0,986943	0,106281	8,891835	3,793157
4	0,981845	0,182460	11,799424	7,429230
5	0,976915	0,260576	5,872452	2,729874
6	0,964427	0,286483	5,803356	1,727742
7	0,962194	0,220607	19,303309	8,558185
8	0,960674	0,296736	19,275254	8,503699
9	0,959270	0,395422	5,774796	1,690715
10	0,958339	0,505524	5,769640	1,684096
11	0,958363	0,525377	4,327331	2,526403
12	0,958535	0,561583	5,770730	2,949614
13	0,959105	0,748429	5,773885	2,956701
14	0,959336	0,848916	11,550326	6,764744
15	0,958081	0,813226	5,768213	0,841134
16	0,956871	0,790997	5,761512	1,673702
17	0,955103	0,719451	5,751718	1,661245
18	0,954568	0,709579	8,623124	3,314964
19	0,997145	0,005094	8,976360	3,954066
20	0,993623	-0,062643	8,947182	3,897936
21	0,992930	-0,082073	8,941445	3,886974
22	0,992305	-0,102449	8,936262	3,877089
23	0,983521	0,071055	8,863464	4,675369
24	0,977174	-0,024388	41,117197	18,218673
25	0,974020	-0,071740	40,995066	17,982230
26	0,962810	0,312421	5,794402	2,145083
27	0,960673	0,349809	5,782568	2,125911
28	0,951345	0,382391	5,730894	1,634994
29	0,944679	0,420681	11,387877	5,562198

Πίνακας 6.69: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
30	0,941785	0,493837	18,926288	47,088581
31	0,938491	0,422028	9,432691	5,416456
32	0,937707	0,398285	19,793425	7,711711
33	0,937470	0,390384	5,653952	3,081542
34	0,960674	0,296736	0,000000	0,000000
35	0,959270	0,395422	0,000000	0,000000
36	0,958535	0,561583	0,000000	0,000000
37	0,954568	0,709579	0,000000	0,000000
38	0,974020	-0,071740	0,000000	0,000000
39	0,997306	0,003919	9,975215	5,934972
40	0,984657	0,028980	8,872882	3,757780
41	0,978124	0,056495	11,758273	7,316121
42	0,971697	0,083617	5,843587	2,671440
43	0,956060	-0,073176	5,757018	1,667977
44	0,953158	-0,292690	19,136461	8,238078
45	0,948771	-0,279825	19,055417	8,085966
46	0,943260	-0,370771	5,686067	1,579575
47	0,938160	-0,451074	5,657778	1,545356
48	0,937389	-0,448555	4,240126	2,310347
49	0,936045	-0,445118	5,646045	2,679829
50	0,930728	-0,552443	5,616530	2,618855
51	0,928803	-0,631513	11,211685	5,936098
52	0,927570	-0,670182	5,598994	0,738040
53	0,926379	-0,695123	5,592380	1,468438
54	0,924660	-0,771709	5,582834	1,457463
55	0,924135	-0,782878	8,369874	2,908241
56	0,996785	-0,006996	8,973380	3,948307
57	0,993264	-0,074831	8,944210	3,892254
58	0,992572	-0,094282	8,938476	3,881308
59	0,991946	-0,114676	8,933294	3,871438
60	0,981240	-0,006825	8,844548	4,631712
61	0,974903	-0,103383	41,029289	18,048245
62	0,971754	-0,151293	40,907337	17,813859
63	0,954455	-0,048567	5,748129	2,070871
64	0,952336	-0,012975	5,736382	2,052352
65	0,943118	0,012082	5,685282	1,578617
66	0,936532	0,044825	11,297497	5,370939
67	0,933665	0,115202	18,776116	45,469802

Πίνακας 6.69: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
68	0,930396	0,041003	9,357818	5,230183
69	0,929619	0,016671	19,636305	7,446491
70	0,929385	0,008581	5,609075	2,975571
71	0,948771	-0,279825	0,000000	0,000000
72	0,943260	-0,370771	0,000000	0,000000
73	0,936045	-0,445118	0,000000	0,000000
74	0,924135	-0,782878	0,000000	0,000000
75	0,971754	-0,151293	0,000000	0,000000

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 38 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 670,33 \text{ MW} + j \cdot 402,51 \text{ MVar} \quad (6.64)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.3. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 26,2724 \text{ MW} + j \cdot 17,3837 \text{ MVar} \quad (6.65)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.63), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.65), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

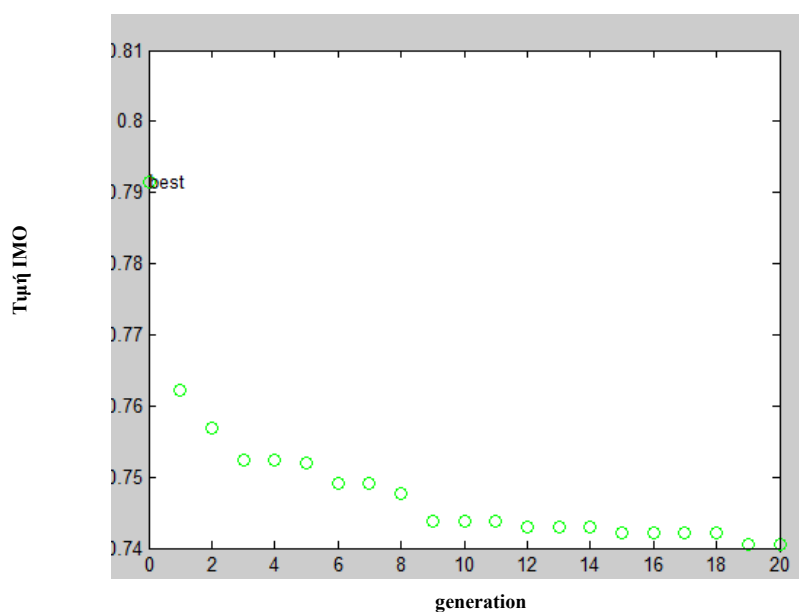
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.57).

Στον Πίνακα 6.70, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για οικιακό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.70: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8503
ILQ	0,8473
IVD	0,0759
IC	0,8729
Βέλτιστος ζυγός	14
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7392

Στο Σχήμα 6.33 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.33: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 75 ζυγών για οικιακό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.33 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 10 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 100 sec.

Στον Πίνακα 6.42 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.71: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
2	0,82478	0,99239	0,99421	0,07587	0,87042
3	0,80590	0,95703	0,96742	0,07587	0,87290
4	0,79659	0,94012	0,95469	0,07587	0,87289
5	0,78748	0,92358	0,94225	0,07587	0,87289
6	0,76430	0,88848	0,89651	0,07587	0,87290
7	0,75893	0,88444	0,87775	0,07587	0,87291
8	0,75397	0,87445	0,87295	0,07587	0,87291
9	0,74833	0,86530	0,86304	0,07587	0,87290
10	0,74370	0,85776	0,85497	0,07587	0,87290
11	0,74318	0,85669	0,85450	0,07587	0,87289
12	0,74240	0,85508	0,85381	0,07587	0,87289
13	0,73977	0,85101	0,84886	0,07587	0,87288
14	0,73920	0,85035	0,84732	0,07587	0,87287
15	0,80751	0,85153	0,84881	0,07587	1,14301
16	0,91611	0,85423	0,85167	0,07587	1,57080
17	0,97042	0,86112	0,86458	0,07587	1,76670
18	1,76471	0,86604	0,87027	0,07587	4,93143
19	0,82466	0,99221	0,99395	0,07587	0,87042
20	0,82584	0,99399	0,99634	0,07587	0,87041
21	1,10338	0,99539	0,99880	0,07587	1,97634
22	1,72843	0,99942	1,00679	0,07587	4,46371
23	0,80090	0,95000	0,96018	0,07587	0,86996
24	0,79327	0,93804	0,94593	0,07587	0,86996
25	0,79191	0,93592	0,94338	0,07587	0,86996
26	0,76291	0,88594	0,89466	0,07587	0,87290
27	0,76123	0,88284	0,89243	0,07587	0,87289
28	0,75447	0,87288	0,87861	0,07587	0,87287
29	0,75029	0,86672	0,87006	0,07587	0,87285
30	0,74918	0,86460	0,86873	0,07587	0,87284
31	0,74886	0,86425	0,86787	0,07587	0,87283
32	0,74937	0,86498	0,86897	0,07587	0,87282
33	1,83524	0,86783	0,87509	0,07587	5,20684
34	0,83260	0,89302	0,90015	0,07587	1,13592
35	0,82702	0,88399	0,89038	0,07587	1,13589
36	0,82114	0,87385	0,88124	0,07587	1,13587

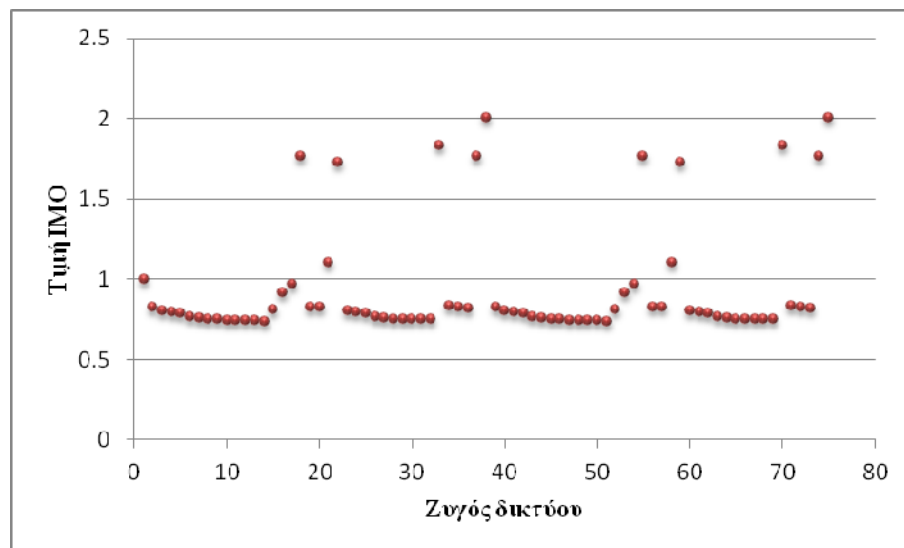
Πίνακας 6.71: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
37	1,888153	0,870622	0,876966	0,075865	5,412522
38	2,149231	0,940215	0,949734	0,075865	6,287275
39	0,846540	0,992386	0,994208	0,075865	0,957457
40	0,827724	0,957035	0,967421	0,075865	0,960185
41	0,818412	0,940122	0,954685	0,075865	0,960184
42	0,809306	0,923578	0,942246	0,075865	0,960183
43	0,786122	0,888481	0,896511	0,075865	0,960191
44	0,780756	0,884442	0,877746	0,075865	0,960199
45	0,775797	0,874446	0,872952	0,075865	0,960196
46	0,770157	0,865303	0,863040	0,075865	0,960191
47	0,765524	0,857759	0,854971	0,075865	0,960185
48	0,764999	0,856686	0,854495	0,075865	0,960183
49	0,764219	0,855083	0,853807	0,075865	0,960179
50	0,761597	0,851007	0,848863	0,075865	0,960166
51	0,761023	0,850346	0,847322	0,075865	0,960161
52	0,836081	0,851532	0,848810	0,075865	1,257307
53	0,955376	0,854231	0,851667	0,075865	1,727883
54	1,014583	0,861116	0,864575	0,075865	1,943369
55	1,887996	0,866044	0,870274	0,075865	5,424575
56	0,846417	0,992207	0,993949	0,075865	0,957457
57	0,847605	0,993986	0,996337	0,075865	0,957454
58	1,152791	0,995393	0,998801	0,075865	2,173976
59	1,840027	0,999421	1,006794	0,075865	4,910080
60	0,822654	0,950000	0,960177	0,075865	0,956955
61	0,815021	0,938040	0,945935	0,075865	0,956955
62	0,813663	0,935921	0,943380	0,075865	0,956955
63	0,784733	0,885938	0,894660	0,075865	0,960186
64	0,783047	0,882841	0,892430	0,075865	0,960179
65	0,776292	0,872880	0,878608	0,075865	0,960156
66	0,772114	0,866719	0,870063	0,075865	0,960136
67	0,770996	0,864599	0,868733	0,075865	0,960121
68	0,770682	0,864250	0,867873	0,075865	0,960109
69	0,771190	0,864976	0,868968	0,075865	0,960105
70	1,965410	0,867827	0,875093	0,075865	5,727524
71	0,860996	0,893022	0,900148	0,075865	1,249511
72	0,855422	0,883990	0,890378	0,075865	1,249480

Πίνακας 6.71: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 38 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
73	0,849534	0,873853	0,881240	0,075865	1,249462
74	1,888153	0,870622	0,876966	0,075865	5,412522
75	2,149231	0,940215	0,949734	0,075865	6,287275

Στο Σχήμα 6.34 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστο.



Σχήμα 6.34: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για οικιακό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς εγκατάστασης της ΜΔΠ.

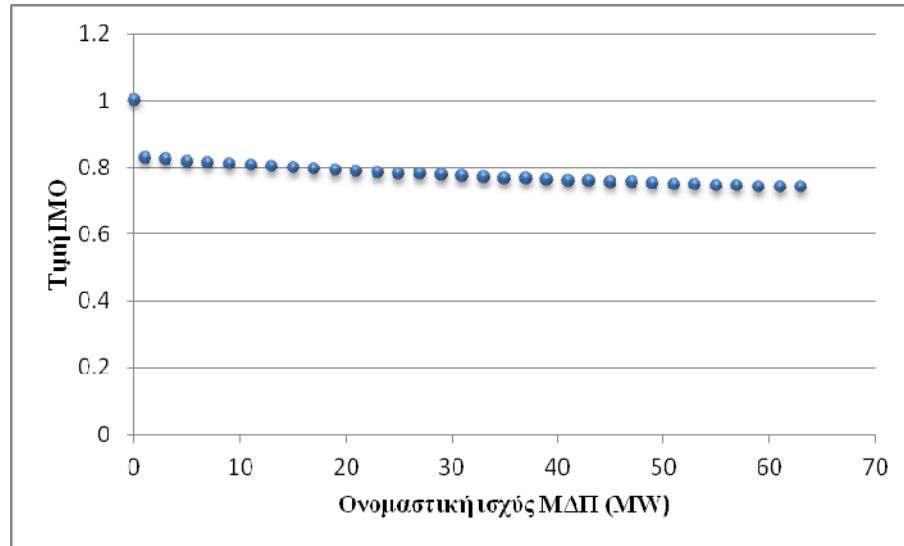
Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 14, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, για μεταβαλλόμενη πλέον την ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW, με βήμα 2 MW, της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.72 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 14 και για οικιακό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.72: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 14					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	0,82245	0,98943	0,98888	0,07587	0,87010
5	0,81830	0,98258	0,98169	0,07587	0,87020
7	0,81425	0,97590	0,97468	0,07587	0,87030
9	0,81030	0,96938	0,96785	0,07587	0,87039
11	0,80645	0,96301	0,96120	0,07587	0,87049
13	0,80269	0,95681	0,95472	0,07587	0,87058
15	0,79904	0,95076	0,94842	0,07587	0,87068
17	0,79548	0,94486	0,94230	0,07587	0,87077
19	0,79202	0,93913	0,93635	0,07587	0,87087
21	0,78865	0,93355	0,93057	0,07587	0,87096
23	0,78538	0,92812	0,92497	0,07587	0,87105
25	0,78221	0,92284	0,91953	0,07587	0,87115
27	0,77913	0,91771	0,91427	0,07587	0,87124
29	0,77614	0,91274	0,90917	0,07587	0,87133
31	0,77325	0,90791	0,90424	0,07587	0,87142
33	0,77045	0,90324	0,89947	0,07587	0,87152
35	0,76774	0,89871	0,89487	0,07587	0,87161
37	0,76512	0,89432	0,89044	0,07587	0,87170
39	0,76260	0,89009	0,88617	0,07587	0,87179
41	0,76016	0,88600	0,88206	0,07587	0,87188
43	0,75782	0,88205	0,87811	0,07587	0,87198
45	0,75556	0,87825	0,87433	0,07587	0,87207
47	0,75339	0,87459	0,87070	0,07587	0,87216
49	0,75132	0,87107	0,86723	0,07587	0,87225
51	0,74933	0,86769	0,86392	0,07587	0,87234
53	0,74742	0,86446	0,86077	0,07587	0,87243
55	0,74561	0,86136	0,85777	0,07587	0,87252
57	0,74388	0,85840	0,85493	0,07587	0,87261
59	0,74223	0,85558	0,85224	0,07587	0,87270
61	0,74067	0,85289	0,84970	0,07587	0,87278
63	0,73920	0,85035	0,84732	0,07587	0,87287

Το Σχήμα 6.35 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 14 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.35: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 14 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 75 ζυγών και οικιακό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.35 προκύπτει ότι όσο μεγαλώνει η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ τόσο καλύτερο είναι το αποτέλεσμα στην τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO.

Από τον Πίνακα 6.72 παρατηρείται ότι η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και των παραμέτρων αυτής, μειώνεται καθώς αυξάνεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

6.4.2.1.3 Βιομηχανικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν βιομηχανικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=0,18$ και $b=6$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{0,18} \quad (6.66)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^6 \quad (6.67)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.73.

Πίνακας 6.73: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0

Πίνακας 6.73: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
2	0,9973	-0,0034	9,9951	5,9030
3	0,9845	-0,0178	8,9748	3,6429
4	0,9779	-0,0159	11,9519	6,9980
5	0,9715	-0,0152	5,9688	2,5215
6	0,9559	-0,2397	5,9515	1,5263
7	0,9532	-0,4747	19,8281	7,4992
8	0,9486	-0,4765	19,8111	7,2880
9	0,9430	-0,5902	5,9370	1,4067
10	0,9379	-0,6923	5,9311	1,3610
11	0,9371	-0,6927	4,4476	2,0310
12	0,9357	-0,6943	5,9286	2,3485
13	0,9303	-0,8259	5,9224	2,2684
14	0,9283	-0,9152	11,8405	5,1211
15	0,9271	-0,9594	5,9188	0,6349
16	0,9259	-0,9896	5,9174	1,2599
17	0,9242	-1,0757	5,9154	1,2459
18	0,9236	-1,0893	8,8722	2,4832
19	0,9968	-0,0146	8,9948	3,9230
20	0,9932	-0,0841	8,9890	3,8406
21	0,9926	-0,1039	8,9879	3,8246
22	0,9919	-0,1246	8,9869	3,8102
23	0,9811	-0,0591	8,9692	4,4593
24	0,9748	-0,1663	41,8072	17,1558
25	0,9716	-0,2199	41,7828	16,8252
26	0,9544	-0,2238	5,9497	1,8888
27	0,9522	-0,2001	5,9474	1,8639
28	0,9433	-0,2244	5,9373	1,4090
29	0,9369	-0,2284	11,8601	4,7347
30	0,9341	-0,1769	19,7560	39,8527
31	0,9308	-0,2668	9,8718	4,5529
32	0,9300	-0,2950	20,7277	6,4718
33	0,9298	-0,3043	5,9219	2,5849
34	0,9486	-0,4765	0	0
35	0,9430	-0,5902	0	0
36	0,9357	-0,6943	0	0
37	0,9236	-1,0893	0	0
38	0,9716	-0,2199	0	0
39	0,9973	-0,0034	9,9951	5,9030
40	0,9845	-0,0178	8,9748	3,6429

Πίνακας 6.73: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
41	0,9779	-0,0159	11,9519	6,9980
42	0,9715	-0,0152	5,9688	2,5215
43	0,9559	-0,2397	5,9515	1,5263
44	0,9532	-0,4747	19,8281	7,4992
45	0,9486	-0,4765	19,8111	7,2880
46	0,9430	-0,5902	5,9370	1,4067
47	0,9379	-0,6923	5,9311	1,3610
48	0,9371	-0,6927	4,4476	2,0310
49	0,9357	-0,6943	5,9286	2,3485
50	0,9303	-0,8259	5,9224	2,2684
51	0,9283	-0,9152	11,8405	5,1211
52	0,9271	-0,9594	5,9188	0,6349
53	0,9259	-0,9896	5,9174	1,2599
54	0,9242	-1,0757	5,9154	1,2459
55	0,9236	-1,0893	8,8722	2,4832
56	0,9968	-0,0146	8,9948	3,9230
57	0,9932	-0,0841	8,9890	3,8406
58	0,9926	-0,1039	8,9879	3,8246
59	0,9919	-0,1246	8,9869	3,8102
60	0,9811	-0,0591	8,9692	4,4593
61	0,9748	-0,1663	41,8072	17,1558
62	0,9716	-0,2199	41,7828	16,8252
63	0,9544	-0,2238	5,9497	1,8888
64	0,9522	-0,2001	5,9474	1,8639
65	0,9433	-0,2244	5,9373	1,4090
66	0,9369	-0,2284	11,8601	4,7347
67	0,9341	-0,1769	19,7560	39,8527
68	0,9308	-0,2668	9,8718	4,5529
69	0,9300	-0,2950	20,7277	6,4718
70	0,9298	-0,3043	5,9219	2,5849
71	0,9486	-0,4765	0	0
72	0,9430	-0,5902	0	0
73	0,9357	-0,6943	0	0
74	0,9236	-1,0893	0	0
75	0,9716	-0,2199	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 758,4373 \text{ MW} + j \cdot 366,1354 \text{ MVar} \quad (6.68)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 31,25 \text{ MW} + j \cdot 20,76 \text{ MVar} \quad (6.69)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 51 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.74.

Πίνακας 6.74: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,997287	-0,003447	9,995111	5,902981
3	0,984534	-0,017802	8,974785	3,642882
4	0,977943	-0,015885	11,951920	6,997956
5	0,971456	-0,015178	5,968806	2,521510
6	0,955948	-0,239734	5,951541	1,526289
7	0,953168	-0,474671	19,828073	7,499244
8	0,948641	-0,476484	19,811087	7,288035
9	0,943039	-0,590229	5,936994	1,406721
10	0,937856	-0,692300	5,931107	1,360963
11	0,937058	-0,692707	4,447649	2,031046
12	0,935666	-0,694325	5,928611	2,348509
13	0,930269	-0,825872	5,922441	2,268395
14	0,928350	-0,915179	11,840481	5,121065
15	0,927090	-0,959435	5,918794	0,634940
16	0,925870	-0,989578	5,917391	1,259887
17	0,924152	-1,075660	5,915413	1,245920
18	0,923618	-1,089347	8,872196	2,483215
19	0,996766	-0,014573	8,994754	3,923009
20	0,993245	-0,084052	8,989026	3,840588
21	0,992553	-0,103857	8,987900	3,824578
22	0,991929	-0,124591	8,986882	3,810171
23	0,981105	-0,059061	8,969151	4,459268
24	0,974758	-0,166321	41,807164	17,155781
25	0,971602	-0,219894	41,782769	16,825225

Πίνακας 6.74: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
26	0,954351	-0,223821	5,949749	1,888807
27	0,952242	-0,200134	5,947381	1,863905
28	0,943294	-0,224410	5,937282	1,409001
29	0,936913	-0,228370	11,860066	4,734713
30	0,934081	-0,176946	19,756008	39,852711
31	0,930820	-0,266820	9,871788	4,552938
32	0,930046	-0,294970	20,727653	6,471836
33	0,929819	-0,304286	5,921926	2,584946
34	0,948641	-0,476484	0,000000	0,000000
35	0,943039	-0,590229	0,000000	0,000000
36	0,935666	-0,694325	0,000000	0,000000
37	0,923618	-1,089347	0,000000	0,000000
38	0,971602	-0,219894	0,000000	0,000000
39	0,997656	0,009816	9,995777	5,916124
40	0,986882	0,067173	8,978634	3,695321
41	0,981762	0,122353	11,960307	7,163521
42	0,976808	0,178874	5,974711	2,606014
43	0,964485	0,150565	5,961073	1,609915
44	0,962349	0,074623	19,862314	7,943192
45	0,960749	0,140720	19,856366	7,864282
46	0,959307	0,224953	5,955300	1,558749
47	0,958343	0,321509	5,954222	1,549369
48	0,958353	0,339510	4,465675	2,324202
49	0,958500	0,372553	5,954397	2,714066
50	0,959041	0,545048	5,955002	2,723264
51	0,959282	0,639664	11,910543	6,234007
52	0,958015	0,600708	5,953855	0,773097
53	0,956791	0,575384	5,952485	1,534380
54	0,955030	0,498281	5,950511	1,517510
55	0,954490	0,486898	8,924859	3,024747
56	0,997136	-0,001283	8,995354	3,931744
57	0,993613	-0,070580	8,989626	3,849146
58	0,992922	-0,090347	8,988500	3,833099
59	0,992297	-0,111047	8,987482	3,818659
60	0,983449	0,026987	8,973004	4,523579
61	0,977093	-0,078217	41,825174	17,403854
62	0,973933	-0,130764	41,800793	17,068852
63	0,962876	0,168835	5,959281	1,992330

Πίνακας 6.74: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
64	0,960751	0,195703	5,956912	1,966098
65	0,951673	0,184773	5,946742	1,485791
66	0,945197	0,190640	11,878873	4,991504
67	0,942337	0,246968	19,787325	42,013416
68	0,939054	0,161339	9,887449	4,799988
69	0,938274	0,134237	20,760540	6,823050
70	0,938044	0,125258	5,931321	2,725206
71	0,960749	0,140720	0,000000	0,000000
72	0,959307	0,224953	0,000000	0,000000
73	0,958500	0,372553	0,000000	0,000000
74	0,954490	0,486898	0,000000	0,000000
75	0,973933	-0,130764	0,000000	0,000000

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 691,0561 \text{ MW} + j \cdot 371,96 \text{ MVar} \quad (6.70)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.3. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 26,2270 \text{ MW} + j \cdot 17,35 \text{ MVar} \quad (6.71)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.69), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.71), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

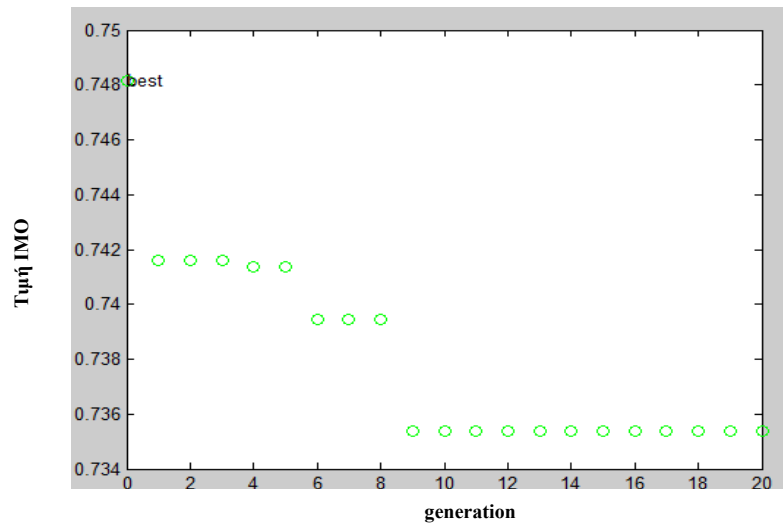
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.57).

Στον Πίνακα 6.75, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για βιομηχανικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.75: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8393
ILQ	0,8358
IVD	0,0764
IC	0,8793
Βέλτιστος ζυγός	51
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7342

Στο Σχήμα 6.36 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.36: Εξέλιξη της σύγκλισης της αντικειμενικής συνάρτησης με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 75 ζυγών για βιομηχανικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.36 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 9 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 86 sec.

Στον Πίνακα 6.76 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.76: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
2	0,826448	0,992068	0,993934	0,076382	0,877506
3	0,806441	0,955030	0,965695	0,076382	0,879330
4	0,796514	0,937044	0,952030	0,076382	0,879335
5	0,786796	0,919429	0,938661	0,076382	0,879339
6	0,762256	0,882217	0,890366	0,076382	0,879355
7	0,756583	0,877898	0,870631	0,076382	0,879363
8	0,751105	0,866936	0,865160	0,076382	0,879365
9	0,744796	0,856698	0,854089	0,076382	0,879368
10	0,739610	0,848244	0,845063	0,076382	0,879369
11	0,739007	0,847024	0,844489	0,076382	0,879369
12	0,738091	0,845167	0,843628	0,076382	0,879368
13	0,734962	0,840284	0,837751	0,076382	0,879364
14	0,734215	0,839392	0,835803	0,076382	0,879362
15	0,793691	0,840386	0,837053	0,076382	1,114677
16	0,903071	0,842905	0,839722	0,076382	1,546028
17	0,959552	0,849542	0,852176	0,076382	1,751371
18	1,752427	0,854377	0,857772	0,076382	4,910656
19	0,826320	0,991883	0,993667	0,076382	0,877506
20	0,827485	0,993625	0,996006	0,076382	0,877504
21	1,103363	0,995023	0,998452	0,076382	1,976823
22	1,728730	0,999016	1,006369	0,076382	4,465568
23	0,801531	0,947813	0,958275	0,076382	0,877173
24	0,793735	0,935586	0,943753	0,076382	0,877173
25	0,792294	0,933332	0,941054	0,076382	0,877173
26	0,760766	0,879491	0,888372	0,076382	0,879352
27	0,758952	0,876163	0,885961	0,076382	0,879348
28	0,751733	0,865497	0,871216	0,076382	0,879335
29	0,747300	0,858952	0,862157	0,076382	0,879322
30	0,746103	0,856675	0,860741	0,076382	0,879312
31	0,745517	0,855923	0,859321	0,076382	0,879306
32	0,745954	0,856549	0,860256	0,076382	0,879304
33	1,825273	0,859330	0,866244	0,076382	5,187341
34	0,827967	0,885305	0,892041	0,076382	1,135919

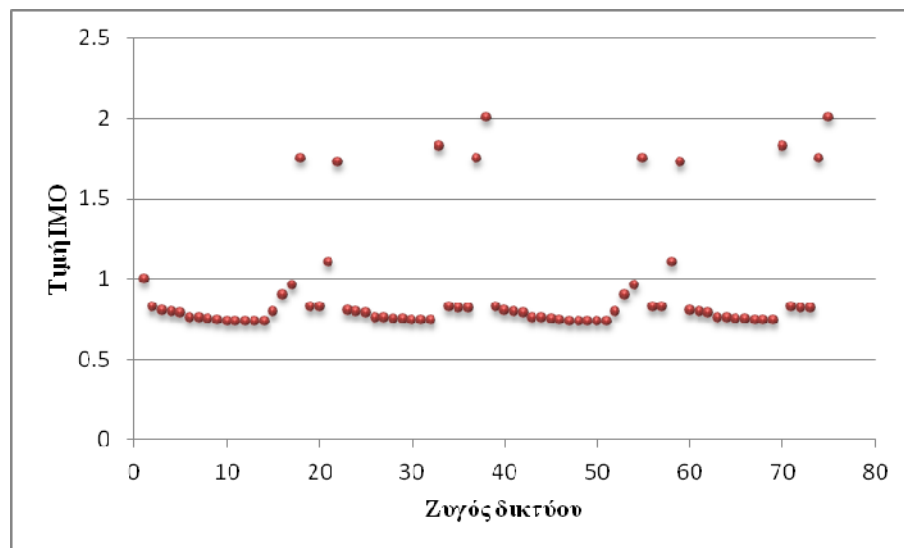
Πίνακας 6.76: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
35	0,821724	0,875179	0,881113	0,076382	1,135890
36	0,815065	0,863727	0,870745	0,076382	1,135872
37	1,752781	0,858901	0,864381	0,076382	4,899549
38	2,004882	0,937579	0,947336	0,076382	5,715702
39	0,826448	0,992068	0,993934	0,076382	0,877506
40	0,806441	0,955030	0,965695	0,076382	0,879330
41	0,796514	0,937044	0,952030	0,076382	0,879335
42	0,786796	0,919429	0,938661	0,076382	0,879339
43	0,762256	0,882217	0,890366	0,076382	0,879355
44	0,756583	0,877898	0,870631	0,076382	0,879363
45	0,751105	0,866936	0,865160	0,076382	0,879365
46	0,744796	0,856698	0,854089	0,076382	0,879368
47	0,739610	0,848244	0,845063	0,076382	0,879369
48	0,739007	0,847024	0,844489	0,076382	0,879369
49	0,738091	0,845167	0,843628	0,076382	0,879368
50	0,734962	0,840284	0,837751	0,076382	0,879364
51	0,734215	0,839392	0,835803	0,076382	0,879362
52	0,793691	0,840386	0,837053	0,076382	1,114677
53	0,903071	0,842905	0,839722	0,076382	1,546028
54	0,959552	0,849542	0,852176	0,076382	1,751371
55	1,752427	0,854377	0,857772	0,076382	4,910656
56	0,826320	0,991883	0,993667	0,076382	0,877506
57	0,827485	0,993625	0,996006	0,076382	0,877504
58	1,103363	0,995023	0,998452	0,076382	1,976823
59	1,728730	0,999016	1,006369	0,076382	4,465568
60	0,801531	0,947813	0,958275	0,076382	0,877173
61	0,793735	0,935586	0,943753	0,076382	0,877173
62	0,792294	0,933332	0,941054	0,076382	0,877173
63	0,760766	0,879491	0,888372	0,076382	0,879352
64	0,758952	0,876163	0,885961	0,076382	0,879348
65	0,751733	0,865497	0,871216	0,076382	0,879335
66	0,747300	0,858952	0,862157	0,076382	0,879322
67	0,746103	0,856675	0,860741	0,076382	0,879312
68	0,745517	0,855923	0,859321	0,076382	0,879306
69	0,745954	0,856549	0,860256	0,076382	0,879304
70	1,825273	0,859330	0,866244	0,076382	5,187341

Πίνακας 6.76: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
71	0,827967	0,885305	0,892041	0,076382	1,135919
72	0,821724	0,875179	0,881113	0,076382	1,135890
73	0,815065	0,863727	0,870745	0,076382	1,135872
74	1,752781	0,858901	0,864381	0,076382	4,899549
75	2,004882	0,937579	0,947336	0,076382	5,715702

Στο Σχήμα 6.37 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστη.



Σχήμα 6.37: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για βιομηχανικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.37, έχουν αποκλεισθεί πολλές δυνατές λύσεις και σαν βέλτιστες αναγνωρίζονται εκείνες όπου βρίσκονται εντός θερμικών ορίων αντοχής των γραμμών. Φυσικά αυτό ισχύει για την δεδομένη ισχύ των 63 MW. Με βάση τα δεδομένα των γραμμών του συστήματος των 75 ζυγών, που φαίνονται στον Πίνακα 6.32, τα όρια θερμικής αντοχής των γραμμών είναι περιορισμένα με συνέπεια η υπερφόρτωση των γραμμών να είναι σύνηθες φαινόμενο.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 51, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, για μεταβαλλόμενη πλέον την ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW, με βήμα 2 MW, της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.77 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 51 και για βιομηχανικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

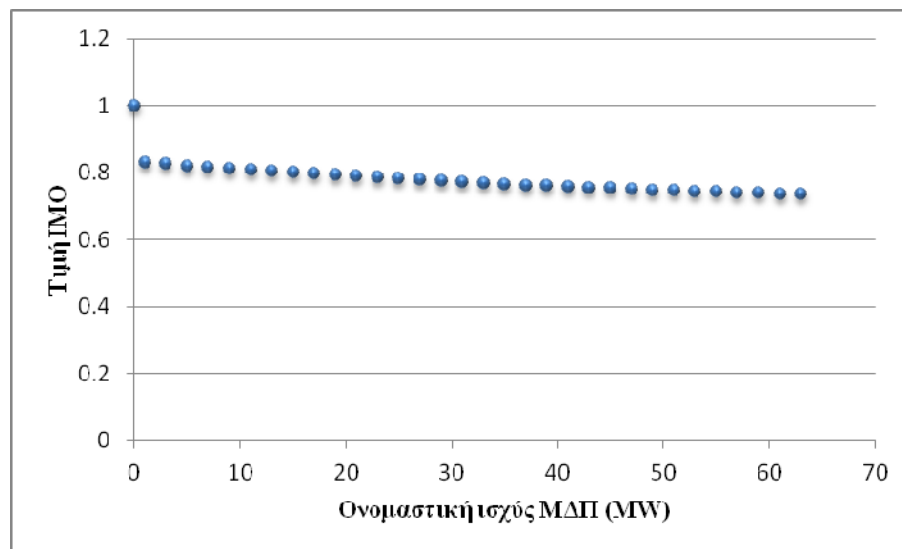
Πίνακας 6.77: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 51					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
3	0,823895	0,988727	0,988136	0,076382	0,877281
5	0,819459	0,981426	0,980465	0,076382	0,877353
7	0,815128	0,974295	0,972985	0,076382	0,877425
9	0,810903	0,967332	0,965693	0,076382	0,877497
11	0,806782	0,960538	0,958588	0,076382	0,877568
13	0,802765	0,953910	0,951669	0,076382	0,877639
15	0,798851	0,947448	0,944935	0,076382	0,877710
17	0,795040	0,941151	0,938384	0,076382	0,877781
19	0,791330	0,935017	0,932016	0,076382	0,877852
21	0,787722	0,929045	0,925829	0,076382	0,877922
23	0,784214	0,923234	0,919823	0,076382	0,877993
25	0,780805	0,917584	0,913994	0,076382	0,878063
27	0,777496	0,912093	0,908344	0,076382	0,878133
29	0,774286	0,906760	0,902870	0,076382	0,878202
31	0,771174	0,901585	0,897572	0,076382	0,878272
33	0,768158	0,896566	0,892448	0,076382	0,878341
35	0,765240	0,891702	0,887497	0,076382	0,878411
37	0,762418	0,886992	0,882719	0,076382	0,878480
39	0,759691	0,882436	0,878112	0,076382	0,878549
41	0,757059	0,878032	0,873674	0,076382	0,878617
43	0,754522	0,873780	0,869406	0,076382	0,878686
45	0,752078	0,869678	0,865306	0,076382	0,878754
47	0,749728	0,865726	0,861373	0,076382	0,878822
49	0,747470	0,861922	0,857606	0,076382	0,878890
51	0,745304	0,858267	0,854004	0,076382	0,878958
53	0,743230	0,854759	0,850566	0,076382	0,879026
55	0,741247	0,851396	0,847291	0,076382	0,879093
57	0,739355	0,848179	0,844178	0,076382	0,879161

Πίνακας 6.77: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 25 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 51					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
59	0,737552	0,845107	0,841227	0,076382	0,879228
61	0,735839	0,842178	0,838435	0,076382	0,879295
63	0,734215	0,839392	0,835803	0,076382	0,879362

Το Σχήμα 6.38 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 51 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.38: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 25 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 75 ζυγών και βιομηχανικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.38, φαίνεται ότι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ είναι 63 MW.

6.4.2.1.4 Εμπορικό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή, θεωρείται ότι όλοι οι ζυγοί φορτίου του συστήματος, έχουν εμπορικό φορτίο, οπότε οι εκθέτες πραγματικής ισχύος a και αέργου ισχύος b των σχέσεων (5.1) και (5.2) λαμβάνουν τις τιμές $a=1,51$ και $b=3,4$, οπότε στην περίπτωση αυτή το φορτίο δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται με ζήτηση σε φορτίο

$$P_i = P_{0i} V_i^{1,51} \quad (6.72)$$

$$Q_i = Q_{0i} V_i^{3,4} \quad (6.73)$$

Εκτελείται η ανάλυση της ροής φορτίου για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς φορτίου του δικτύου και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.78.

Πίνακας 6.78: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0074	9,9599	5,9459
3	0,9849	0,0510	8,7952	3,7980
4	0,9784	0,0905	11,6116	7,4288
5	0,9721	0,1300	5,7493	2,7251
6	0,9566	0,0081	5,6115	1,7202
7	0,9537	-0,2010	18,6188	8,5118
8	0,9495	-0,1813	18,4933	8,3832
9	0,9441	-0,2599	5,5005	1,6445
10	0,9391	-0,3285	5,4567	1,6152
11	0,9383	-0,3246	4,0876	2,4162
12	0,9370	-0,3187	5,4388	2,8056
13	0,9318	-0,4127	5,3933	2,7531
14	0,9299	-0,4855	10,7533	6,2492
15	0,9287	-0,5209	5,3662	0,7777
16	0,9276	-0,5429	5,3561	1,5489
17	0,9259	-0,6136	5,3413	1,5393
18	0,9254	-0,6234	8,0053	3,0728
19	0,9968	-0,0034	8,9568	3,9569
20	0,9933	-0,0704	8,9092	3,9097
21	0,9926	-0,0896	8,8998	3,9004
22	0,9920	-0,1098	8,8914	3,8921
23	0,9815	0,0180	8,7495	4,6921
24	0,9752	-0,0730	40,4365	18,3625
25	0,9721	-0,1179	40,2409	18,1631
26	0,9551	0,0366	5,5975	2,1381
27	0,9530	0,0775	5,5789	2,1222
28	0,9437	0,1263	5,4976	1,6426
29	0,9371	0,1766	10,8795	5,6135
30	0,9343	0,2552	18,0494	47,6214
31	0,9311	0,1898	8,9777	5,4909
32	0,9303	0,1678	18,8297	7,8222

Πίνακας 6.78: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
33	0,9301	0,1604	5,3779	3,1262
34	0,9495	-0,1813	0	0
35	0,9441	-0,2599	0	0
36	0,9370	-0,3187	0	0
37	0,9254	-0,6234	0	0
38	0,9721	-0,1179	0	0
39	0,9973	0,0074	9,9599	5,9459
40	0,9849	0,0510	8,7952	3,7980
41	0,9784	0,0905	11,6116	7,4288
42	0,9721	0,1300	5,7493	2,7251
43	0,9566	0,0081	5,6115	1,7202
44	0,9537	-0,2010	18,6188	8,5118
45	0,9495	-0,1813	18,4933	8,3832
46	0,9441	-0,2599	5,5005	1,6445
47	0,9391	-0,3285	5,4567	1,6152
48	0,9383	-0,3246	4,0876	2,4162
49	0,9370	-0,3187	5,4388	2,8056
50	0,9318	-0,4127	5,3933	2,7531
51	0,9299	-0,4855	10,7533	6,2492
52	0,9287	-0,5209	5,3662	0,7777
53	0,9276	-0,5429	5,3561	1,5489
54	0,9259	-0,6136	5,3413	1,5393
55	0,9254	-0,6234	8,0053	3,0728
56	0,9968	-0,0034	8,9568	3,9569
57	0,9933	-0,0704	8,9092	3,9097
58	0,9926	-0,0896	8,8998	3,9004
59	0,9920	-0,1098	8,8914	3,8921
60	0,9815	0,0180	8,7495	4,6921
61	0,9752	-0,0730	40,4365	18,3625
62	0,9721	-0,1179	40,2409	18,1631
63	0,9551	0,0366	5,5975	2,1381
64	0,9530	0,0775	5,5789	2,1222
65	0,9437	0,1263	5,4976	1,6426
66	0,9371	0,1766	10,8795	5,6135
67	0,9343	0,2552	18,0494	47,6214
68	0,9311	0,1898	8,9777	5,4909
69	0,9303	0,1678	18,8297	7,8222
70	0,9301	0,1604	5,3779	3,1262
71	0,9495	-0,1813	0	0

Πίνακας 6.78: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
72	0,9441	-0,2599	0	0
73	0,9370	-0,3187	0	0
74	0,9254	-0,6234	0	0
75	0,9721	-0,1179	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 716,8542 \text{ MW} + j \cdot 410,6615 \text{ MVar} \quad (6.74)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 30,11 \text{ MW} + j \cdot 19,98 \text{ MVar} \quad (6.75)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 13 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.79.

Πίνακας 6.79: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,997692	0,018861	9,965170	5,953047
3	0,987105	0,124394	8,825331	3,827322
4	0,982085	0,210225	11,676859	7,523088
5	0,977234	0,298261	5,794943	2,774065
6	0,964839	0,351531	5,684312	1,770827
7	0,962590	0,292525	18,881058	8,784162
8	0,961152	0,373100	18,838491	8,739634
9	0,959824	0,479270	5,639757	1,739727
10	0,958964	0,596298	5,632131	1,734435
11	0,959004	0,616944	4,224361	2,602016

Πίνακας 6.79: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
12	0,959203	0,654501	5,634247	3,037829
13	0,959847	0,848773	5,639967	3,044778
14	0,957883	0,778631	11,245095	6,911184
15	0,956649	0,744757	5,611610	0,860119
16	0,955460	0,724134	5,601081	1,712978
17	0,953710	0,655821	5,585605	1,702340
18	0,953183	0,646726	8,371407	3,398278
19	0,997172	0,008067	8,961591	3,961666
20	0,993655	-0,058834	8,913912	3,914363
21	0,992963	-0,078074	8,904546	3,905109
22	0,992339	-0,098261	8,896085	3,896759
23	0,983706	0,091680	8,779487	4,728377
24	0,977400	0,001348	40,574986	18,504426
25	0,974267	-0,043284	40,378768	18,303543
26	0,963237	0,380872	5,670070	2,201066
27	0,961120	0,422909	5,651265	2,184663
28	0,951788	0,476340	5,568614	1,690702
29	0,945114	0,530008	11,019517	5,777563
30	0,942240	0,610423	18,281601	49,011860
31	0,938985	0,546397	9,093158	5,651163
32	0,938209	0,524635	19,071810	8,050431
33	0,937973	0,517376	5,447014	3,217413
34	0,961152	0,373100	0	0
35	0,959824	0,479270	0	0
36	0,959203	0,654501	0	0
37	0,953183	0,646726	0	0
38	0,974267	-0,043284	0	0
39	0,997341	0,007388	9,959870	5,945921
40	0,984872	0,050997	8,795202	3,797965
41	0,978447	0,090518	11,611619	7,428776
42	0,972132	0,130032	5,749315	2,725125
43	0,956637	0,008094	5,611505	1,720165
44	0,953713	-0,201043	18,618766	8,511783
45	0,949453	-0,181288	18,493334	8,383212
46	0,944064	-0,259888	5,500518	1,644505
47	0,939078	-0,328466	5,456712	1,615163
48	0,938332	-0,324572	4,087622	2,416201
49	0,937031	-0,318747	5,438761	2,805640

Πίνακας 6.79: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
50	0,931832	-0,412678	5,393253	2,753057
51	0,929933	-0,485540	10,753333	6,249213
52	0,928731	-0,520884	5,366177	0,777724
53	0,927572	-0,542904	5,356072	1,548861
54	0,925880	-0,613638	5,341324	1,539275
55	0,925367	-0,623405	8,005283	3,072753
56	0,996821	-0,003413	8,956826	3,956924
57	0,993305	-0,070368	8,909172	3,909679
58	0,992614	-0,089619	8,899812	3,900436
59	0,991989	-0,109816	8,891356	3,892097
60	0,981480	0,017952	8,749511	4,692103
61	0,975189	-0,073004	40,436455	18,362476
62	0,972063	-0,117949	40,240909	18,163136
63	0,955051	0,036590	5,597462	2,138109
64	0,952955	0,077481	5,578922	2,122196
65	0,943735	0,126315	5,497617	1,642553
66	0,937142	0,176569	10,879460	5,613533
67	0,934298	0,255183	18,049418	47,621403
68	0,931074	0,189832	8,977724	5,490913
69	0,930306	0,167754	18,829734	7,822176
70	0,930072	0,160394	5,377883	3,126198
71	0,949453	-0,181288	0	0
72	0,944064	-0,259888	0	0
73	0,937031	-0,318747	0	0
74	0,925367	-0,623405	0	0
75	0,972063	-0,117949	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 654,2070 \text{ MW} + j \cdot 413,4963 \text{ MVar} \quad (6.76)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης,

υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66), και τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Β.3. Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDG} = 25,8017 \text{ MW} + j \cdot 17,0862 \text{ MVar} \quad (6.77)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.75), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.77), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

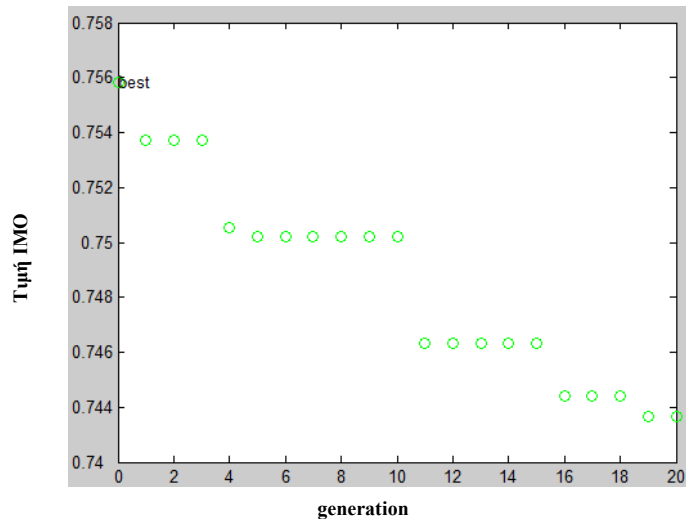
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.57).

Στον Πίνακα 6.80, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για εμπορικό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.80: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8570
ILQ	0,8551
IVD	0,0746
IC	0,8653
Βέλτιστος ζυγός	13
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,6300
IMO	0,7413

Στο Σχήμα 6.39 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.39: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 75 ζυγών για εμπορικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.39 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 20 επαναλήψεις (γενεές). Ο χρόνος εκτέλεσης της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, είναι 153 sec.

Στον Πίνακα 6.81 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

Πίνακας 6.81: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο.

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
1	1	1	1	1	1
2	0,822634	0,992508	0,994326	0,074633	0,862284
3	0,804355	0,957904	0,968237	0,074633	0,865405
4	0,795371	0,941556	0,956021	0,074633	0,865396
5	0,786599	0,925588	0,944113	0,074633	0,865387
6	0,764132	0,891639	0,899686	0,074633	0,865377
7	0,758922	0,887766	0,881373	0,074633	0,865383
8	0,754277	0,878342	0,877012	0,074633	0,865372
9	0,749055	0,869889	0,867825	0,074633	0,865358
10	0,744776	0,862930	0,860366	0,074633	0,865343
11	0,744303	0,861953	0,859959	0,074633	0,865340
12	0,743615	0,860521	0,859394	0,074633	0,865334
13	0,741350	0,857016	0,855104	0,074633	0,865311

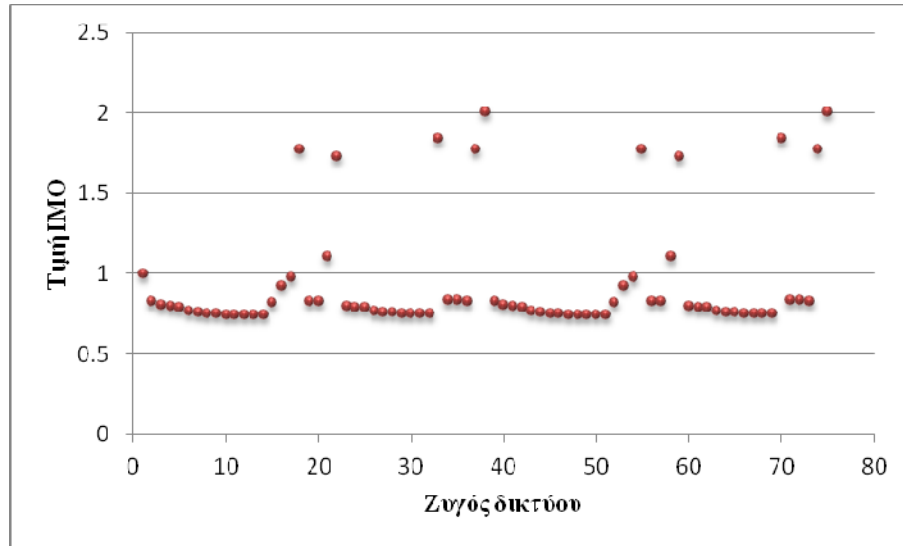
Πίνακας 6.81: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
14	0,742904	0,856530	0,853857	0,074633	0,865303
15	0,816131	0,857881	0,855552	0,074633	1,162692
16	0,924252	0,860761	0,858599	0,074633	1,588132
17	0,977169	0,867935	0,872054	0,074633	1,777557
18	1,772567	0,873008	0,877919	0,074633	4,946339
19	0,822513	0,992332	0,994070	0,074633	0,862284
20	0,823746	0,994179	0,996548	0,074633	0,862280
21	1,103248	0,995619	0,999071	0,074633	1,975963
22	1,728113	0,999745	1,007265	0,074633	4,462267
23	0,799192	0,950912	0,961027	0,074633	0,861709
24	0,791581	0,938998	0,946798	0,074633	0,861709
25	0,790277	0,936971	0,944332	0,074633	0,861709
26	0,762813	0,889218	0,897939	0,074633	0,865370
27	0,761218	0,886285	0,895846	0,074633	0,865360
28	0,754800	0,876852	0,882664	0,074633	0,865327
29	0,750826	0,871011	0,874506	0,074633	0,865301
30	0,749794	0,869050	0,873292	0,074633	0,865282
31	0,749701	0,869035	0,872881	0,074633	0,865264
32	0,750275	0,869853	0,874120	0,074633	0,865259
33	1,841642	0,872793	0,880440	0,074633	5,220967
34	0,835091	0,897350	0,904869	0,074633	1,135929
35	0,829937	0,889006	0,895822	0,074633	1,135903
36	0,824551	0,879719	0,887483	0,074633	1,135887
37	1,773099	0,877693	0,884774	0,074633	4,935487
38	2,006841	0,941372	0,950850	0,074633	5,715710
39	0,822634	0,992508	0,994326	0,074633	0,862284
40	0,804355	0,957904	0,968237	0,074633	0,865405
41	0,795371	0,941556	0,956021	0,074633	0,865396
42	0,786599	0,925588	0,944113	0,074633	0,865387
43	0,764132	0,891639	0,899686	0,074633	0,865377
44	0,758922	0,887766	0,881373	0,074633	0,865383
45	0,754277	0,878342	0,877012	0,074633	0,865372
46	0,749055	0,869889	0,867825	0,074633	0,865358
47	0,744776	0,862930	0,860366	0,074633	0,865343
48	0,744303	0,861953	0,859959	0,074633	0,865340

Πίνακας 6.81: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου 75 ζυγών, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW και για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ 63 MW					
Αριθμός ζυγού	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
49	0,743615	0,860521	0,859394	0,074633	0,865334
50	0,741350	0,857016	0,855104	0,074633	0,865311
51	0,742904	0,856530	0,853857	0,074633	0,865303
52	0,816131	0,857881	0,855552	0,074633	1,162692
53	0,924252	0,860761	0,858599	0,074633	1,588132
54	0,977169	0,867935	0,872054	0,074633	1,777557
55	1,772567	0,873008	0,877919	0,074633	4,946339
56	0,822513	0,992332	0,994070	0,074633	0,862284
57	0,823746	0,994179	0,996548	0,074633	0,862280
58	1,103248	0,995619	0,999071	0,074633	1,975963
59	1,728113	0,999745	1,007265	0,074633	4,462267
60	0,799192	0,950912	0,961027	0,074633	0,861709
61	0,791581	0,938998	0,946798	0,074633	0,861709
62	0,790277	0,936971	0,944332	0,074633	0,861709
63	0,762813	0,889218	0,897939	0,074633	0,865370
64	0,761218	0,886285	0,895846	0,074633	0,865360
65	0,754800	0,876852	0,882664	0,074633	0,865327
66	0,750826	0,871011	0,874506	0,074633	0,865301
67	0,749794	0,869050	0,873292	0,074633	0,865282
68	0,749701	0,869035	0,872881	0,074633	0,865264
69	0,750275	0,869853	0,874120	0,074633	0,865259
70	1,841642	0,872793	0,880440	0,074633	5,220967
71	0,835091	0,897350	0,904869	0,074633	1,135929
72	0,829937	0,889006	0,895822	0,074633	1,135903
73	0,824551	0,879719	0,887483	0,074633	1,135887
74	1,773099	0,877693	0,884774	0,074633	4,935487
75	2,006841	0,941372	0,950850	0,074633	5,715710

Στο Σχήμα 6.40 φαίνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW, που βρέθηκε ότι είναι βέλτιστη.



Σχήμα 6.40: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης για όλους τους ζυγούς του δικτύου για εμπορικό φορτίο με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ ίση με 63 MW που είναι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.40, έχουν αποκλεισθεί πολλές δυνατές λύσεις και σαν βέλτιστες αναγνωρίζονται εκείνες όπου βρίσκονται εντός θερμικών ορίων αντοχής των γραμμών. Φυσικά αυτό ισχύει για την δεδομένη ισχύ των 63 MW. Με βάση τα δεδομένα των γραμμών του συστήματος των 38 ζυγών, που φαίνονται στον Πίνακα 6.32, τα όριο θερμικής αντοχής των γραμμών είναι περιορισμένα με συνέπεια η υπερφόρτωση των γραμμών να είναι σύνηθες φαινόμενο.

Η ίδια διαδικασία εκτελείται και δεδομένη εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13, που βρέθηκε ότι είναι η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ, για μεταβαλλόμενη πλέον την ονομαστική ισχύ από 0 έως 63 MW, με βήμα 2 MW, της ΜΔΠ.

Στον Πίνακα 6.82 φαίνονται οι τιμές που παίρνει η αντικειμενική συνάρτηση και οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, για σταθερή θέση του ζυγού φορτίου, το ζυγό φορτίου 13 και για εμπορικό φορτίο σε όλους τους ζυγούς.

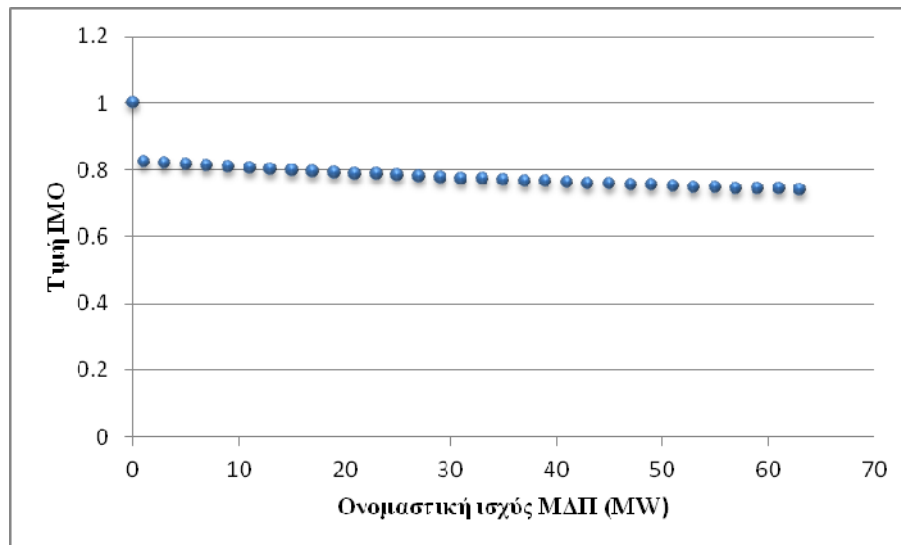
Πίνακας 6.82: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 13 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου 13					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
0	1	1	1	1	1
1	0,824808423	0,996983649	0,996897541	0,074632938	0,861762059

Πίνακας 6.82: Τιμές αντικειμενικής συνάρτησης και δεικτών ενεργού ισχύος ILP, αέργου ισχύος ILQ, πτώσης τάσης IVD και θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, σε όλους του ζυγούς του δικτύου, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 13 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW και εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου 13					
Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ σε MW	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
3	0,820645	0,990057	0,989777	0,074633	0,861887
5	0,816773	0,983613	0,983157	0,074633	0,862005
7	0,812990	0,977314	0,976691	0,074633	0,862123
9	0,809295	0,971161	0,970380	0,074633	0,862241
11	0,805689	0,965152	0,964221	0,074633	0,862358
13	0,802171	0,959286	0,958215	0,074633	0,862476
15	0,798740	0,953563	0,952360	0,074633	0,862592
17	0,795396	0,947982	0,946655	0,074633	0,862709
19	0,792138	0,942542	0,941100	0,074633	0,862825
21	0,788966	0,937242	0,935694	0,074633	0,862941
23	0,785879	0,932082	0,930435	0,074633	0,863057
25	0,782877	0,927060	0,925324	0,074633	0,863172
27	0,779959	0,922177	0,920359	0,074633	0,863287
29	0,777125	0,917430	0,915539	0,074633	0,863402
31	0,774375	0,912820	0,910864	0,074633	0,863517
33	0,771707	0,908345	0,906333	0,074633	0,863631
35	0,769122	0,904006	0,901944	0,074633	0,863745
37	0,766619	0,899800	0,897698	0,074633	0,863858
39	0,764198	0,895728	0,893594	0,074633	0,863972
41	0,761858	0,891789	0,889630	0,074633	0,864085
43	0,759598	0,887981	0,885806	0,074633	0,864198
45	0,757419	0,884305	0,882121	0,074633	0,864310
47	0,755320	0,880760	0,878575	0,074633	0,864423
49	0,753300	0,877344	0,875167	0,074633	0,864535
51	0,751359	0,874058	0,871895	0,074633	0,864646
53	0,749496	0,870900	0,868760	0,074633	0,864758
55	0,747712	0,867870	0,865760	0,074633	0,864869
57	0,746006	0,864968	0,862896	0,074633	0,864980
59	0,744377	0,862191	0,860165	0,074633	0,865090
61	0,742825	0,859541	0,857568	0,074633	0,865201
63	0,741350	0,857016	0,855104	0,074633	0,865311

Το Σχήμα 6.41 δείχνει πως μεταβάλλεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με δεδομένη την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό φορτίου 13 του συστήματος, όταν μεταβάλλεται η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ από 0 έως 63 MW.



Σχήμα 6.41: Τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO για εγκατάσταση ΜΔΠ στο ζυγό 13 με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ που κυμαίνεται από 0 έως 63 MW για δίκτυο 75 ζυγών και εμπορικό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.41, φαίνεται ότι η βέλτιστη ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ είναι 63 MW.

6.4.2.1.5 Μεικτό φορτίο

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι το φορτίο στους ζυγούς του συστήματος δεν είναι τι ίδιο, αλλά ακολουθεί την κατανομή του Πίνακα 6.83.

Πίνακας 6.83: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 75 ζυγών.

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
2	R (Οικιακό)
3	I (Βιομηχανικό)
4	C (Εμπορικό)
5	R (Οικιακό)
6	I (Βιομηχανικό)
7	C (Εμπορικό)
8	I (Βιομηχανικό)
9	C (Εμπορικό)
10	C (Εμπορικό)
11	C (Εμπορικό)
12	R (Οικιακό)
13	I (Βιομηχανικό)
14	C (Εμπορικό)
15	I (Βιομηχανικό)
16	C (Εμπορικό)
17	I (Βιομηχανικό)
18	R (Οικιακό)
19	C (Εμπορικό)
20	I (Βιομηχανικό)
21	R (Οικιακό)
22	C (Εμπορικό)

Πίνακας 6.83: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 75 ζυγών (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
23	C (Εμπορικό)
24	C (Εμπορικό)
25	C (Εμπορικό)
26	I (Βιομηχανικό)
27	C (Εμπορικό)
28	C (Εμπορικό)
29	C (Εμπορικό)
30	R (Οικιακό)
31	R (Οικιακό)
32	C (Εμπορικό)
33	R (Οικιακό)
34	R (Οικιακό)
35	R (Οικιακό)
36	R (Οικιακό)
37	R (Οικιακό)
38	R (Οικιακό)
39	I (Βιομηχανικό)
40	C (Εμπορικό)
41	R (Οικιακό)
42	I (Βιομηχανικό)
43	C (Εμπορικό)
44	I (Βιομηχανικό)
45	C (Εμπορικό)
46	C (Εμπορικό)
47	C (Εμπορικό)
48	R (Οικιακό)
49	I (Βιομηχανικό)
50	R (Οικιακό)
51	C (Εμπορικό)
52	I (Βιομηχανικό)
53	C (Εμπορικό)
54	I (Βιομηχανικό)
55	R (Οικιακό)
56	C (Εμπορικό)
57	I (Βιομηχανικό)
58	R (Οικιακό)
59	C (Εμπορικό)
60	C (Εμπορικό)
61	C (Εμπορικό)
62	C (Εμπορικό)
63	I (Βιομηχανικό)
64	C (Εμπορικό)
65	C (Εμπορικό)
66	C (Εμπορικό)
67	R (Οικιακό)
68	R (Οικιακό)
69	C (Εμπορικό)
70	R (Οικιακό)
71	R (Οικιακό)
72	R (Οικιακό)

Πίνακας 6.83: Κατανομή διαφόρων τύπων φορτίου στους ζυγούς του συστήματος 75 ζυγών (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τύπος φορτίου
73	R (Οικιακό)
74	R (Οικιακό)
75	R (Οικιακό)

Εκτελείται η ροή φορτίου, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο δίκτυο, και τα αποτελέσματα της ροής φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 6.84.

Πίνακας 6.84: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1	0	0	0
2	0,9973	0,0046	9,9952	5,9042
3	0,9848	0,0336	8,7937	3,7965
4	0,9783	0,0621	11,7598	7,3203
5	0,9719	0,0903	5,9693	2,5280
6	0,9563	-0,0617	5,6087	1,7182
7	0,9534	-0,2814	19,8291	7,5121
8	0,9491	-0,2673	18,4826	8,3722
9	0,9436	-0,3582	5,4964	1,6417
10	0,9385	-0,4392	5,4517	1,6118
11	0,9377	-0,4370	4,2415	2,3138
12	0,9364	-0,4340	5,9294	2,3593
13	0,9311	-0,5406	5,6184	2,6227
14	0,9291	-0,6192	10,7395	6,2312
15	0,9279	-0,6593	5,9197	0,6383
16	0,9267	-0,6849	5,3486	1,5440
17	0,9250	-0,7649	5,9164	1,2527
18	0,9245	-0,7760	8,3726	2,9124
19	0,9968	-0,0063	8,9566	3,9567
20	0,9933	-0,0743	8,9891	3,8415
21	0,9926	-0,0936	8,9386	3,8816
22	0,9920	-0,1138	8,8910	3,8918
23	0,9814	$5,7796 \cdot 10^{-4}$	8,7480	4,6902
24	0,9751	-0,0904	40,4293	18,3552
25	0,9719	-0,1354	40,2338	18,1559
26	0,9547	-0,0360	5,9502	1,8933
27	0,9526	0,0013	5,5761	2,1197
28	0,9435	0,0348	5,4953	1,6410
29	0,9369	0,0733	10,8756	5,6090
30	0,9341	0,1454	18,7837	45,5501

Πίνακας 6.84: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για
μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
31	0,9308	0,0760	9,3619	5,2401
32	0,9301	0,0534	18,8223	7,8153
33	0,9298	0,0453	5,6115	2,9813
34	0,9491	-0,2673	0	0
35	0,9436	-0,3582	0	0
36	0,9364	-0,4340	0	0
37	0,9245	-0,7760	0	0
38	0,9719	-0,1354	0	0
39	0,9973	0,0046	9,9952	5,9042
40	0,9848	0,0336	8,7937	3,7965
41	0,9783	0,0621	11,7598	7,3203
42	0,9719	0,0903	5,9693	2,5280
43	0,9563	-0,0617	5,6087	1,7182
44	0,9534	-0,2814	19,8291	7,5121
45	0,9491	-0,2673	18,4826	8,3722
46	0,9436	-0,3582	5,4964	1,6417
47	0,9385	-0,4392	5,4517	1,6118
48	0,9377	-0,4370	4,2415	2,3138
49	0,9364	-0,4340	5,9294	2,3593
50	0,9311	-0,5406	5,6184	2,6227
51	0,9291	-0,6192	10,7395	6,2312
52	0,9279	-0,6593	5,9197	0,6383
53	0,9267	-0,6849	5,3486	1,5440
54	0,9250	-0,7649	5,9164	1,2527
55	0,9245	-0,7760	8,3726	2,9124
56	0,9968	-0,0063	8,9566	3,9567
57	0,9933	-0,0743	8,9891	3,8415
58	0,9926	-0,0936	8,9386	3,8816
59	0,9920	-0,1138	8,8910	3,8918
60	0,9814	$5,7796 \cdot 10^{-4}$	8,7480	4,6902
61	0,9751	-0,0904	40,4293	18,3552
62	0,9719	-0,1354	40,2338	18,1559
63	0,9547	-0,0360	5,9502	1,8933
64	0,9526	0,0013	5,5761	2,1197
65	0,9435	0,0348	5,4953	1,6410
66	0,9369	0,0733	10,8756	5,6090
67	0,9341	0,1454	18,7837	45,5501
68	0,9308	0,0760	9,3619	5,2401
69	0,9301	0,0534	18,8223	7,8153

Πίνακας 6.84: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 75 ζυγών για μεικτό φορτίο πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
70	0,9298	0,0453	5,6115	2,9813
71	0,9491	-0,2673	0	0
72	0,9436	-0,3582	0	0
73	0,9364	-0,4340	0	0
74	0,9245	-0,7760	0	0
75	0,9719	-0,1354	0	0

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, το διάγραμμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 728,7648 \text{ MW} + j \cdot 400 \text{ MVar} \quad (6.78)$$

Επιπλέον, οι αρχικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή πριν την εγκατάσταση της ΜΔΠ, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον μετέπειτα υπολογισμό της αντικειμενικής συνάρτησης, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_L = P_L + j \cdot Q_L = 32,17 \text{ MW} + j \cdot 20,1 \text{ MVar} \quad (6.79)$$

Τα δεδομένα του συστήματος παραμένουν ίδια, δηλαδή η μέγιστη παραγωγή της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής είναι 63 MW και τα βάρη της αντικειμενικής συνάρτησης είναι αυτά της σχέσης (6.3). Υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη βοήθεια του λογισμικού.

Τα αποτελέσματα της ροής φορτίου μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στη βέλτιστη θέση ζυγού, δηλαδή στο ζυγό 13 του δικτύου και με βέλτιστη ονομαστική ισχύ της ΜΔΠ 63 MW, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.85.

Πίνακας 6.85: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW.

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
1	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	0,997300	0,004600	9,995200	5,904200
3	0,984800	0,033600	8,793700	3,796500
4	0,978300	0,062100	11,759800	7,320300
5	0,971900	0,090300	5,969300	2,528000
6	0,956300	-0,061700	5,608700	1,718200
7	0,953400	-0,281400	19,829100	7,512100
8	0,949100	-0,267300	18,482600	8,372200
9	0,943600	-0,358200	5,496400	1,641700

Πίνακας 6.85: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
10	0,938500	-0,439200	5,451700	1,611800
11	0,937700	-0,437000	4,241500	2,313800
12	0,936400	-0,434000	5,929400	2,359300
13	0,931100	-0,540600	5,618400	2,622700
14	0,929100	-0,619200	10,739500	6,231200
15	0,927900	-0,659300	5,919700	0,638300
16	0,926700	-0,684900	5,348600	1,544000
17	0,925000	-0,764900	5,916400	1,252700
18	0,924500	-0,776000	8,372600	2,912400
19	0,996800	-0,006300	8,956600	3,956700
20	0,993300	-0,074300	8,989100	3,841500
21	0,992600	-0,093600	8,938600	3,881600
22	0,992000	-0,113800	8,891000	3,891800
23	0,981400	0,000578	8,748000	4,690200
24	0,975100	-0,090400	40,429300	18,355200
25	0,971900	-0,135400	40,233800	18,155900
26	0,954700	-0,036000	5,950200	1,893300
27	0,952600	0,001300	5,576100	2,119700
28	0,943500	0,034800	5,495300	1,641000
29	0,936900	0,073300	10,875600	5,609000
30	0,934100	0,145400	18,783700	45,550100
31	0,930800	0,076000	9,361900	5,240100
32	0,930100	0,053400	18,822300	7,815300
33	0,929800	0,045300	5,611500	2,981300
34	0,949100	-0,267300	0,000000	0,000000
35	0,943600	-0,358200	0,000000	0,000000
36	0,936400	-0,434000	0,000000	0,000000
37	0,924500	-0,776000	0,000000	0,000000
38	0,971900	-0,135400	0,000000	0,000000
39	0,997700	0,016500	9,995800	5,916900
40	0,987000	0,109900	8,824100	3,826100
41	0,981900	0,186600	11,800400	7,431900
42	0,977000	0,265200	5,974900	2,609500
43	0,964600	0,293800	5,682000	1,769200
44	0,962400	0,226500	19,862400	7,943900
45	0,960800	0,302900	18,829400	8,730200
46	0,959400	0,400100	5,636200	1,737300
47	0,958500	0,508100	5,627700	1,731400

Πίνακας 6.85: Αποτελέσματα εκτέλεσης ροής φορτίου στο δίκτυο 17 ζυγών για μεικτό φορτίο μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW (συνέχεια).

Αριθμός ζυγού i	Μέτρο τάσης ζυγού V_i (α.μ.)	Γωνία τάσης ζυγού δ_i (°)	Ζήτηση ζυγού σε ενεργό ισχύ P_{di} (MW)	Ζήτηση ζυγού σε άεργο ισχύ Q_{di} (MVar)
48	0,958500	0,527600	4,327800	2,527700
49	0,958600	0,563200	5,954600	2,716500
50	0,959200	0,748100	5,774200	2,957500
51	0,959400	0,847400	11,271600	6,948000
52	0,958100	0,810800	5,954000	0,773600
53	0,956900	0,788200	5,614000	1,721900
54	0,955100	0,714600	5,950600	1,518600
55	0,954600	0,704800	8,623500	3,315500
56	0,997200	0,005600	8,961400	3,961500
57	0,993600	-0,062300	8,989700	3,849700
58	0,992900	-0,081600	8,941600	3,887200
59	0,992300	-0,101800	8,895800	3,896500
60	0,983600	0,077200	8,778200	4,726900
61	0,977300	-0,013200	40,569200	18,498500
62	0,974200	-0,057800	40,373000	18,297700
63	0,963000	0,320700	5,959400	1,993600
64	0,960900	0,359600	5,648900	2,182600
65	0,951600	0,399500	5,566800	1,689400
66	0,944900	0,442700	11,016500	5,774100
67	0,942100	0,517400	18,931500	47,146100
68	0,938800	0,449800	9,435600	5,423700
69	0,938000	0,427600	19,066100	8,045000
70	0,937800	0,419700	5,655700	3,085800
71	0,960800	0,302900	0,000000	0,000000
72	0,959400	0,400100	0,000000	0,000000
73	0,958600	0,563200	0,000000	0,000000
74	0,954600	0,704800	0,000000	0,000000
75	0,974200	-0,057800	0,000000	0,000000

Αφού έχει υπολογιστεί, από την ανάλυση της ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, το διάνυσμα κατάστασης, στη συνέχεια από την επίλυση των σχέσεων (5.14) και (5.15), προκύπτει η ισχύς παραγωγής στο ζυγό 1 στο δίκτυο των 75 ζυγών, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ, η οποία είναι:

$$S_{g1} = P_{g1} + j \cdot Q_{g1} = 667,4987 \text{ MW} + j \cdot 403,1487 \text{ MVar} \quad (6.80)$$

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης ροής φορτίου, μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος, που προέκυψε ως η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, και με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, που προέκυψε ως η

βέλτιστη ονομαστική ισχύς σε MW της ΜΔΠ από τη διαδικασία βελτιστοποίησης, υπολογίζεται ο δείκτης πτώσης τάσης IVD για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.7).

Στη συνέχεια υπολογίζονται οι ροές ισχύος από τις γραμμές διανομής του δικτύου, με βάση τη σχέση (5.66). Αφού έχουν υπολογιστεί τα μέτρα των ροών ισχύος για κάθε γραμμή διανομής του δικτύου, υπολογίζεται ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια της σχέσης (5.6).

Επιπλέον, οι τελικές απώλειες του δικτύου, δηλαδή μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του συστήματος με ονομαστική ισχύ ΜΔΠ 63 MW, υπολογίζονται από τις σχέσεις (5.66) και (5.67), και είναι:

$$S_{LDG} = P_{LDG} + j \cdot Q_{LDGL} = 27,531MW + j \cdot 17,1523MVar \quad (6.81)$$

Μετά τον υπολογισμό των αρχικών απωλειών ισχύος, σχέση (6.79), και των απωλειών ισχύος μετά την εγκατάσταση της ΜΔΠ στο ζυγό 13 του δικτύου και με ονομαστική ισχύ 63 MW, σχέση (6.81), υπολογίζονται οι δείκτες ενεργού ισχύος ILP και αέργου ισχύος ILQ για τη βέλτιστη αυτή λύση, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.4) και (5.5).

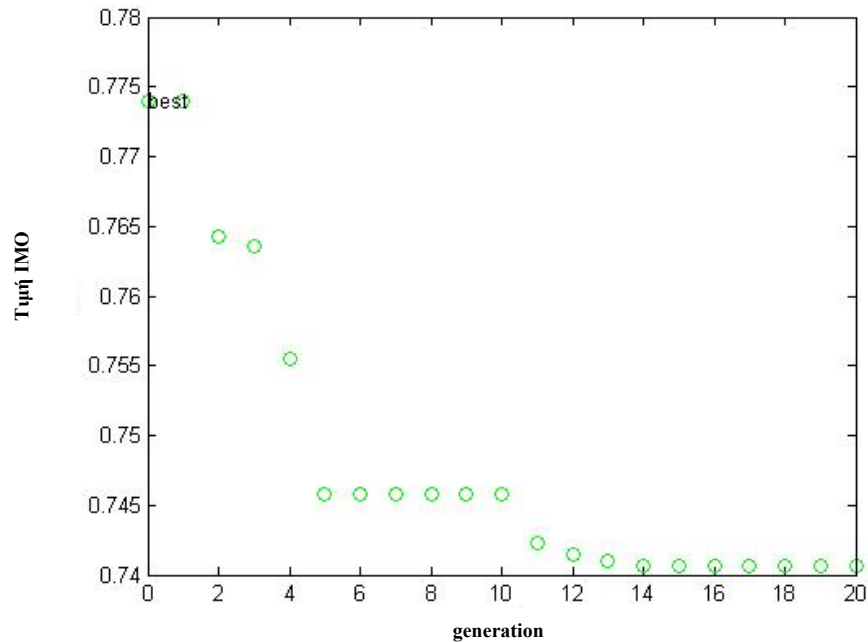
Αφού έχουν υπολογιστεί οι δείκτες ILP, ILQ, IC και IVD, στη συνέχεια υπολογίζεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, με τη βοήθεια των σχέσεων (5.3) και (6.57).

Στον Πίνακα 6.86, απεικονίζονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης για μεικτό φορτίο καθώς επίσης και οι τιμές όλων των παραμέτρων της αντικειμενικής συνάρτησης.

Πίνακας 6.86: Αποτελέσματα βελτιστοποίησης στο δίκτυο 75 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Παράμετροι	Τιμή
ILP	0,8523
ILQ	0,8525
IVD	0,0742
IC	0,8650
Βέλτιστος ζυγός	13
Βέλτιστη ονομαστική ισχύς ΜΔΠ (α.μ.)	0,63
IMO	0,7389

Στο Σχήμα 6.42 φαίνεται η εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου.



Σχήμα 6.42: Εξέλιξη της σύγκλισης του γενετικού αλγορίθμου στο δίκτυο 75 ζυγών για μεικτό φορτίο.

Από το Σχήμα 6.42 προκύπτει ότι ο αλγόριθμος συγκλίνει έπειτα από 15 επαναλήψεις (γενεές).

6.4.2.2 Αποτελέσματα με χρήση της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης

6.4.2.2.1 Εισαγωγή

Για το δίκτυο των 75 ζυγών, οι πιθανοί ζυγοί εγκατάστασης της ΜΔΠ είναι 74, δηλαδή οι ζυγοί 2 έως 75. Η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ μεταβάλλεται από 0 έως 63 α.μ., με βήμα 0,02 α.μ., άρα προκύπτουν 33 τιμές. Οι συνολικοί συνδυασμοί είναι $75 \cdot 33 = 2475$ και η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης απαιτεί περισσότερο χρόνο για το δίκτυο 75 ζυγών, σε σύγκριση με το χρόνο που απαιτείται για το δίκτυο 38 ζυγών, και ακόμα περισσότερο σε σύγκριση με το χρόνο που απαιτείται για το δίκτυο 17 ζυγών. Τα αποτελέσματα της διαδικασίας βελτιστοποίησης, με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, για το δίκτυο 75 ζυγών, φαίνονται στο Παράρτημα Γ.3.

6.4.2.2.2 Σταθερό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 2475 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 14, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Για κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη

βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.87.

Πίνακας 6.87: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,836312	0,63	0,993033	0,994565	0,085901	0,909203
3	0,817985	0,63	0,960076	0,968846	0,085901	0,909203
4	0,808736	0,63	0,943479	0,955795	0,085901	0,909203
5	0,799622	0,63	0,927131	0,942918	0,085901	0,909203
6	0,776956	0,63	0,89237	0,899114	0,085901	0,909203
7	0,772037	0,63	0,888362	0,882534	0,085901	0,909203
8	0,76698	0,63	0,878431	0,877109	0,085901	0,909203
9	0,761111	0,63	0,868877	0,866873	0,085901	0,909203
10	0,756209	0,63	0,860864	0,858388	0,085901	0,909203
11	0,755609	0,63	0,859687	0,857742	0,085901	0,909203
12	0,754677	0,63	0,857861	0,856734	0,085901	0,909203
13	0,751463	0,63	0,852786	0,850813	0,085901	0,909203
14	0,750645	0,63	0,851721	0,848853	0,085901	0,909203
15	0,757695	0,55	0,863602	0,86034	0,085901	0,909203
16	0,770097	0,43	0,884404	0,880747	0,085901	0,909203
17	0,775469	0,39	0,893093	0,890228	0,085901	0,909203
18	0,806474	0,17	0,944822	0,941799	0,085901	0,909203
19	0,836205	0,63	0,992877	0,994342	0,085901	0,909203
20	0,836458	0,45	0,993576	0,99421	0,085901	0,909203
21	0,83658	0,45	0,993841	0,994672	0,085901	0,909203
22	0,837532	0,19	0,995687	0,995358	0,085901	0,909203
23	0,814311	0,63	0,953991	0,962645	0,085901	0,909203
24	0,807753	0,63	0,943647	0,950544	0,085901	0,909203
25	0,806445	0,63	0,941577	0,948143	0,085901	0,909203
26	0,775322	0,63	0,889447	0,89679	0,085901	0,909203
27	0,77327	0,63	0,885778	0,893867	0,085901	0,909203
28	0,765247	0,63	0,873548	0,878211	0,085901	0,909203
29	0,760078	0,63	0,865636	0,868191	0,085901	0,909203
30	0,75825	0,63	0,862358	0,865606	0,085901	0,909203
31	0,757279	0,63	0,860939	0,863591	0,085901	0,909203
32	0,757543	0,63	0,861301	0,864185	0,085901	0,909203

Πίνακας 6.87: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
33	0,814426	0,15	0,957259	0,956681	0,085901	0,909203
34	0,787068	0,49	0,910556	0,913299	0,085901	0,909203
35	0,781665	0,49	0,901755	0,903888	0,085901	0,909203
36	0,775389	0,49	0,890971	0,894074	0,085901	0,909203
37	0,806692	0,17	0,94514	0,948086	0,085901	0,909203
38	0,83391	0,09	0,945004	0,990091	0,085901	0,909203
39	0,836312	0,63	0,993033	0,994565	0,085901	0,909203
40	0,817985	0,63	0,960076	0,968846	0,085901	0,909203
41	0,808736	0,63	0,943479	0,955795	0,085901	0,909203
42	0,799622	0,63	0,927131	0,942918	0,085901	0,909203
43	0,776956	0,63	0,89237	0,899114	0,085901	0,909203
44	0,772037	0,63	0,888362	0,882534	0,085901	0,909203
45	0,76698	0,63	0,878431	0,877109	0,085901	0,909203
46	0,761111	0,63	0,868877	0,866873	0,085901	0,909203
47	0,756209	0,63	0,860864	0,858388	0,085901	0,909203
48	0,755609	0,63	0,859687	0,857742	0,085901	0,909203
49	0,754677	0,63	0,857861	0,856734	0,085901	0,909203
50	0,751463	0,63	0,852786	0,850813	0,085901	0,909203
51	0,750645	0,63	0,851721	0,848853	0,085901	0,909203
52	0,757695	0,55	0,863602	0,86034	0,085901	0,909203
53	0,770097	0,43	0,884404	0,880747	0,085901	0,909203
54	0,775469	0,39	0,893093	0,890228	0,085901	0,909203
55	0,806474	0,17	0,944822	0,941799	0,085901	0,909203
56	0,836205	0,63	0,992877	0,994342	0,085901	0,909203
57	0,836458	0,45	0,993576	0,99421	0,085901	0,909203
58	0,83658	0,45	0,993841	0,994672	0,085901	0,909203
59	0,837532	0,19	0,995687	0,995358	0,085901	0,909203
60	0,814311	0,63	0,953991	0,962645	0,085901	0,909203
61	0,807753	0,63	0,943647	0,950544	0,085901	0,909203
62	0,806445	0,63	0,941577	0,948143	0,085901	0,909203
63	0,775322	0,63	0,889447	0,89679	0,085901	0,909203
64	0,77327	0,63	0,885778	0,893867	0,085901	0,909203
65	0,765247	0,63	0,873548	0,878211	0,085901	0,909203
66	0,760078	0,63	0,865636	0,868191	0,085901	0,909203

Πίνακας 6.87: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για σταθερό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
67	0,75825	0,63	0,862358	0,865606	0,085901	0,909203
68	0,757279	0,63	0,860939	0,863591	0,085901	0,909203
69	0,757543	0,63	0,861301	0,864185	0,085901	0,909203
70	0,814426	0,15	0,957259	0,956681	0,085901	0,909203
71	0,787068	0,49	0,910556	0,913299	0,085901	0,909203
72	0,781665	0,49	0,901755	0,903888	0,085901	0,909203
73	0,775389	0,49	0,890971	0,894074	0,085901	0,909203
74	0,806692	0,17	0,94514	0,948086	0,085901	0,909203
75	0,83391	0,09	0,945004	0,990091	0,085901	0,909203

6.4.2.2.3 Οικιακό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 2475 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 14, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει οικιακό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.88.

Πίνακας 6.88: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,829485	0,63	0,992361	0,994132	0,079270	0,887296

Πίνακας 6.88: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
3	0,809968	0,63	0,956557	0,966688	0,079270	0,888466
4	0,800260	0,63	0,939005	0,953246	0,079270	0,888474
5	0,790738	0,63	0,921788	0,940062	0,079270	0,888481
6	0,766774	0,63	0,885345	0,893102	0,079270	0,888500
7	0,761295	0,63	0,881095	0,874200	0,079270	0,888506
8	0,755904	0,63	0,870364	0,868704	0,079270	0,888510
9	0,749672	0,63	0,860240	0,857784	0,079270	0,888515
10	0,744525	0,63	0,851844	0,848840	0,079270	0,888518
11	0,743918	0,63	0,850625	0,848240	0,079270	0,888518
12	0,742987	0,63	0,848756	0,847325	0,079270	0,888519
13	0,739788	0,63	0,843746	0,841348	0,079270	0,888519
14	0,739202	0,63	0,842781	0,839350	0,079270	0,888519
15	0,746157	0,55	0,854931	0,851044	0,079270	0,888342
16	0,760395	0,45	0,872696	0,868391	0,079270	0,902991
17	0,764954	0,39	0,885728	0,882321	0,079270	0,889233
18	0,797335	0,17	0,940478	0,936914	0,079270	0,887483
19	0,829363	0,63	0,992184	0,993877	0,079270	0,887296
20	0,829573	0,41	0,992969	0,993449	0,079270	0,887221
21	0,829729	0,33	0,993387	0,993426	0,079270	0,887194
22	0,830852	0,17	0,995447	0,994987	0,079270	0,887140
23	0,805446	0,63	0,949657	0,959612	0,079270	0,887082
24	0,798000	0,63	0,937958	0,945779	0,079270	0,887082
25	0,796584	0,63	0,935734	0,943145	0,079270	0,887082
26	0,765260	0,63	0,882590	0,891045	0,079270	0,888499
27	0,763402	0,63	0,879202	0,888533	0,079270	0,888499
28	0,756032	0,63	0,868221	0,873646	0,079270	0,888496
29	0,751444	0,63	0,861378	0,864397	0,079270	0,888493
30	0,750102	0,63	0,858869	0,862710	0,079270	0,888489
31	0,749388	0,63	0,857902	0,861077	0,079270	0,888487
32	0,749768	0,63	0,858444	0,861895	0,079270	0,888485
33	0,806777	0,15	0,955272	0,954606	0,079270	0,887425
34	0,777556	0,49	0,904991	0,908116	0,079270	0,888185
35	0,771738	0,49	0,895531	0,897941	0,079270	0,888190
36	0,771565	0,51	0,881115	0,885033	0,079270	0,920888

Πίνακας 6.88: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
37	0,797582	0,17	0,940836	0,937430	0,079270	0,887482
38	0,826665	0,09	0,988033	0,988954	0,079270	0,887082
39	0,829485	0,63	0,992361	0,994132	0,079270	0,887296
40	0,809968	0,63	0,956557	0,966688	0,079270	0,888466
41	0,800260	0,63	0,939005	0,953246	0,079270	0,888474
42	0,790738	0,63	0,921788	0,940062	0,079270	0,888481
43	0,766774	0,63	0,885345	0,893102	0,079270	0,888500
44	0,761295	0,63	0,881095	0,874200	0,079270	0,888506
45	0,755904	0,63	0,870364	0,868704	0,079270	0,888510
46	0,749672	0,63	0,860240	0,857784	0,079270	0,888515
47	0,744525	0,63	0,851844	0,848840	0,079270	0,888518
48	0,743918	0,63	0,850625	0,848240	0,079270	0,888518
49	0,742987	0,63	0,848756	0,847325	0,079270	0,888519
50	0,739788	0,63	0,843746	0,841348	0,079270	0,888519
51	0,739002	0,63	0,842781	0,839350	0,079270	0,888519
52	0,746157	0,55	0,854931	0,851044	0,079270	0,888342
53	0,760395	0,45	0,872696	0,868391	0,079270	0,902991
54	0,764954	0,39	0,885728	0,882321	0,079270	0,889233
55	0,797335	0,17	0,940478	0,936914	0,079270	0,887483
56	0,829363	0,63	0,992184	0,993877	0,079270	0,887296
57	0,829573	0,41	0,992969	0,993449	0,079270	0,887221
58	0,829729	0,33	0,993387	0,993426	0,079270	0,887194
59	0,830852	0,17	0,995447	0,994987	0,079270	0,887140
60	0,805446	0,63	0,949657	0,959612	0,079270	0,887082
61	0,798000	0,63	0,937958	0,945779	0,079270	0,887082
62	0,796584	0,63	0,935734	0,943145	0,079270	0,887082
63	0,765260	0,63	0,882590	0,891045	0,079270	0,888499
64	0,763402	0,63	0,879202	0,888533	0,079270	0,888499
65	0,756032	0,63	0,868221	0,873646	0,079270	0,888496
66	0,751444	0,63	0,861378	0,864397	0,079270	0,888493
67	0,750102	0,63	0,858869	0,862710	0,079270	0,888489
68	0,749388	0,63	0,857902	0,861077	0,079270	0,888487
69	0,749768	0,63	0,858444	0,861895	0,079270	0,888485
70	0,806777	0,15	0,955272	0,954606	0,079270	0,887425

Πίνακας 6.88: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για οικιακό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
71	0,777556	0,49	0,904991	0,908116	0,079270	0,888185
72	0,771738	0,49	0,895531	0,897941	0,079270	0,888190
73	0,771565	0,51	0,881115	0,885033	0,079270	0,920888
74	0,797582	0,17	0,940836	0,937430	0,079270	0,887482
75	0,826665	0,09	0,988033	0,988954	0,079270	0,887082

6.4.2.2.4 Βιομηχανικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 2475 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 51, λύση που είναι ίδια με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει βιομηχανικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.89.

Πίνακας 6.89: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,826448	0,63	0,992068	0,993934	0,076382	0,877506
3	0,806441	0,63	0,955030	0,965695	0,076382	0,879330
4	0,796514	0,63	0,937044	0,952030	0,076382	0,879335
5	0,786796	0,63	0,919429	0,938661	0,076382	0,879339
6	0,762256	0,63	0,882217	0,890366	0,076382	0,879355

Πίνακας 6.89: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
7	0,756583	0,63	0,877898	0,870631	0,076382	0,879363
8	0,751105	0,63	0,866936	0,865160	0,076382	0,879365
9	0,744796	0,63	0,856698	0,854089	0,076382	0,879368
10	0,739610	0,63	0,848244	0,845063	0,076382	0,879369
11	0,739007	0,63	0,847024	0,844489	0,076382	0,879369
12	0,738091	0,63	0,845167	0,843628	0,076382	0,879368
13	0,734962	0,63	0,840284	0,837751	0,076382	0,879364
14	0,734215	0,63	0,839392	0,835803	0,076382	0,879362
15	0,741410	0,55	0,851657	0,847586	0,076382	0,879091
16	0,754306	0,43	0,873484	0,868920	0,076382	0,878683
17	0,763209	0,39	0,882984	0,879442	0,076382	0,890677
18	0,793458	0,17	0,938841	0,935094	0,076382	0,877782
19	0,826320	0,63	0,991883	0,993667	0,076382	0,877506
20	0,826546	0,47	0,992589	0,993490	0,076382	0,877421
21	0,826609	0,35	0,992967	0,993125	0,076382	0,877358
22	0,827802	0,17	0,995214	0,994715	0,076382	0,877263
23	0,801531	0,63	0,947813	0,958275	0,076382	0,877173
24	0,793735	0,63	0,935586	0,943753	0,076382	0,877173
25	0,792294	0,63	0,933332	0,941054	0,076382	0,877173
26	0,760766	0,63	0,879491	0,888372	0,076382	0,879352
27	0,758952	0,63	0,876163	0,885961	0,076382	0,879348
28	0,751733	0,63	0,865497	0,871216	0,076382	0,879335
29	0,747300	0,63	0,858952	0,862157	0,076382	0,879322
30	0,746103	0,63	0,856675	0,860741	0,076382	0,879312
31	0,745517	0,63	0,855923	0,859321	0,076382	0,879306
32	0,745954	0,63	0,856549	0,860256	0,076382	0,879304
33	0,803276	0,15	0,954226	0,953526	0,076382	0,877693
34	0,774995	0,49	0,902668	0,906000	0,076382	0,885083
35	0,769057	0,49	0,893034	0,895613	0,076382	0,885055
36	0,769580	0,51	0,878435	0,882600	0,076382	0,920914
37	0,793718	0,17	0,939218	0,935639	0,076382	0,877782
38	0,823452	0,09	0,987519	0,988472	0,076382	0,877173
39	0,826448	0,63	0,992068	0,993934	0,076382	0,877506
40	0,806441	0,63	0,955030	0,965695	0,076382	0,879330

Πίνακας 6.89: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
41	0,796514	0,63	0,937044	0,952030	0,076382	0,879335
42	0,786796	0,63	0,919429	0,938661	0,076382	0,879339
43	0,762256	0,63	0,882217	0,890366	0,076382	0,879355
44	0,756583	0,63	0,877898	0,870631	0,076382	0,879363
45	0,751105	0,63	0,866936	0,865160	0,076382	0,879365
46	0,744796	0,63	0,856698	0,854089	0,076382	0,879368
47	0,739610	0,63	0,848244	0,845063	0,076382	0,879369
48	0,739007	0,63	0,847024	0,844489	0,076382	0,879369
49	0,738091	0,63	0,845167	0,843628	0,076382	0,879368
50	0,734962	0,63	0,840284	0,837751	0,076382	0,879364
51	0,734215	0,63	0,839392	0,835803	0,076382	0,879362
52	0,741410	0,55	0,851657	0,847586	0,076382	0,879091
53	0,754306	0,43	0,873484	0,868920	0,076382	0,878683
54	0,763209	0,39	0,882984	0,879442	0,076382	0,890677
55	0,793458	0,17	0,938841	0,935094	0,076382	0,877782
56	0,826320	0,63	0,991883	0,993667	0,076382	0,877506
57	0,826546	0,47	0,992589	0,993490	0,076382	0,877421
58	0,826609	0,35	0,992967	0,993125	0,076382	0,877358
59	0,827802	0,17	0,995214	0,994715	0,076382	0,877263
60	0,801531	0,63	0,947813	0,958275	0,076382	0,877173
61	0,793735	0,63	0,935586	0,943753	0,076382	0,877173
62	0,792294	0,63	0,933332	0,941054	0,076382	0,877173
63	0,760766	0,63	0,879491	0,888372	0,076382	0,879352
64	0,758952	0,63	0,876163	0,885961	0,076382	0,879348
65	0,751733	0,63	0,865497	0,871216	0,076382	0,879335
66	0,747300	0,63	0,858952	0,862157	0,076382	0,879322
67	0,746103	0,63	0,856675	0,860741	0,076382	0,879312
68	0,745517	0,63	0,855923	0,859321	0,076382	0,879306
69	0,745954	0,63	0,856549	0,860256	0,076382	0,879304
70	0,803276	0,15	0,954226	0,953526	0,076382	0,877693
71	0,774995	0,49	0,902668	0,906000	0,076382	0,885083
72	0,769057	0,49	0,893034	0,895613	0,076382	0,885055
73	0,769580	0,51	0,878435	0,882600	0,076382	0,920914
74	0,793718	0,17	0,939218	0,935639	0,076382	0,877782

Πίνακας 6.89: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για βιομηχανικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
75	0,823452	0,09	0,987519	0,988472	0,076382	0,877173

6.4.2.2.5 Εμπορικό φορτίο

Η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης, έπειτα από 2475 επαναλήψεις, δίνει τη βέλτιστη λύση, η οποία είναι εγκατάσταση ΜΔΠ 63 MW στο ζυγό 14, λύση που διαφέρει με αυτή που βρήκε ο γενετικός αλγόριθμος, καθώς ως βέλτιστη θέση εγκατάστασης της ΜΔΠ με βάση τη μέθοδο βελτιστοποίησης με γενετικούς αλγόριθμους, είναι ο ζυγός 13.

Σε κάθε ζυγό φορτίου του συστήματος, υπάρχει εμπορικό φορτίο και υλοποιείται η διαδικασία βελτιστοποίησης, βρίσκεται η βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, η ονομαστική ισχύς της ΜΔΠ α.μ., ο δείκτης ενεργού ισχύος ILP, ο δείκτης αέργου ισχύος ILQ, ο δείκτης πτώσης τάσης IVD και ο δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 6.90.

Πίνακας 6.90: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο.

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
2	0,822634	0,63	0,992508	0,994326	0,074633	0,862284
3	0,804355	0,63	0,957904	0,968237	0,074633	0,865405
4	0,795371	0,63	0,941556	0,956021	0,074633	0,865396
5	0,786599	0,63	0,925588	0,944113	0,074633	0,865387
6	0,764132	0,63	0,891639	0,899686	0,074633	0,865377
7	0,758922	0,63	0,887766	0,881373	0,074633	0,865383
8	0,754277	0,63	0,878342	0,877012	0,074633	0,865372
9	0,749055	0,63	0,869889	0,867825	0,074633	0,865358
10	0,744776	0,63	0,862930	0,860366	0,074633	0,865343

Πίνακας 6.90: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτη ενεργού ισχύος ILP, δείκτη αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
11	0,744303	0,63	0,861953	0,859959	0,074633	0,865340
12	0,743615	0,63	0,860521	0,859394	0,074633	0,865334
13	0,741350	0,63	0,857016	0,855104	0,074633	0,865311
14	0,742904	0,63	0,856530	0,853857	0,074633	0,865303
15	0,763816	0,55	0,867490	0,864325	0,074633	0,931038
16	0,780113	0,45	0,883515	0,879781	0,074633	0,958225
17	0,780437	0,39	0,895700	0,893126	0,074633	0,929347
18	0,830761	0,19	0,939654	0,936216	0,074633	1,025844
19	0,822513	0,63	0,992332	0,994070	0,074633	0,862284
20	0,822576	0,43	0,992900	0,993481	0,074633	0,862100
21	0,822631	0,35	0,993177	0,993291	0,074633	0,862027
22	0,823722	0,17	0,995281	0,994745	0,074633	0,861864
23	0,799192	0,63	0,950912	0,961027	0,074633	0,861709
24	0,791581	0,63	0,938998	0,946798	0,074633	0,861709
25	0,790277	0,63	0,936971	0,944332	0,074633	0,861709
26	0,762813	0,63	0,889218	0,897939	0,074633	0,865370
27	0,761218	0,63	0,886285	0,895846	0,074633	0,865360
28	0,754800	0,63	0,876852	0,882664	0,074633	0,865327
29	0,750826	0,63	0,871011	0,874506	0,074633	0,865301
30	0,749794	0,63	0,869050	0,873292	0,074633	0,865282
31	0,749701	0,63	0,869035	0,872881	0,074633	0,865264
32	0,750275	0,63	0,869853	0,874120	0,074633	0,865259
33	0,815176	0,15	0,958081	0,957532	0,074633	0,916970
34	0,788196	0,51	0,909814	0,914154	0,074633	0,920978
35	0,790758	0,53	0,899220	0,903351	0,074633	0,956820
36	0,777455	0,51	0,891803	0,896535	0,074633	0,920926
37	0,793511	0,17	0,945438	0,942323	0,074633	0,862706
38	0,819630	0,09	0,988048	0,988942	0,074633	0,861709
39	0,822634	0,63	0,992508	0,994326	0,074633	0,862284
40	0,804355	0,63	0,957904	0,968237	0,074633	0,865405
41	0,795371	0,63	0,941556	0,956021	0,074633	0,865396
42	0,786599	0,63	0,925588	0,944113	0,074633	0,865387
43	0,764132	0,63	0,891639	0,899686	0,074633	0,865377
44	0,758922	0,63	0,887766	0,881373	0,074633	0,865383

Πίνακας 6.90: Διαδικασία βελτιστοποίησης για κάθε ζυγό φορτίου του δικτύου, εύρεση βέλτιστης τιμής αντικειμενικής συνάρτησης IMO, ονομαστικής ισχύος ΜΔΠ α.μ., δείκτης ενεργού ισχύος ILP, δείκτης αέργου ισχύος ILQ, δείκτης πτώσης τάσης IVD και δείκτης θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC, που αντιστοιχούν στη βέλτιστη τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, για εμπορικό φορτίο (συνέχεια).

Ζυγός φορτίου	Τιμή αντικειμενικής συνάρτησης IMO	Ονομαστική ισχύς ΜΔΠ α.μ.	Τιμή δείκτη ενεργού ισχύος ILP	Τιμή δείκτη αέργου ισχύος ILQ	Τιμή δείκτη πτώσης τάσης IVD	Τιμή δείκτη θερμικών ορίων αντοχής γραμμών IC
45	0,754277	0,63	0,878342	0,877012	0,074633	0,865372
46	0,749055	0,63	0,869889	0,867825	0,074633	0,865358
47	0,744776	0,63	0,862930	0,860366	0,074633	0,865343
48	0,744303	0,63	0,861953	0,859959	0,074633	0,865340
49	0,743615	0,63	0,860521	0,859394	0,074633	0,865334
50	0,741350	0,63	0,857016	0,855104	0,074633	0,865311
51	0,742904	0,63	0,856530	0,853857	0,074633	0,865303
52	0,763816	0,55	0,867490	0,864325	0,074633	0,931038
53	0,780113	0,45	0,883515	0,879781	0,074633	0,958225
54	0,780437	0,39	0,895700	0,893126	0,074633	0,929347
55	0,830761	0,19	0,939654	0,936216	0,074633	1,025844
56	0,822513	0,63	0,992332	0,994070	0,074633	0,862284
57	0,822576	0,43	0,992900	0,993481	0,074633	0,862100
69	0,822631	0,63	0,993177	0,993291	0,074633	0,862027
70	0,823722	0,15	0,995281	0,994745	0,074633	0,861864
71	0,799192	0,51	0,950912	0,961027	0,074633	0,861709
72	0,791581	0,53	0,938998	0,946798	0,074633	0,861709
73	0,790277	0,51	0,936971	0,944332	0,074633	0,861709
74	0,762813	0,17	0,889218	0,897939	0,074633	0,865370
75	0,761218	0,09	0,886285	0,895846	0,074633	0,865360

6.4.2.2.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων

Η διαδικασία της μεθόδου της εξαντλητικής αναζήτησης, απέδειξε την ορθότητα των λύσεων του γενετικού αλγορίθμου. Ο Πίνακας 6.91 συνοψίζει τις βέλτιστες λύσεις, οι οποίες είναι κοινές και με τις δυο μεθόδους, ενώ παράλληλα αναφέρονται οι χρόνοι εκτέλεσης του κάθε αλγορίθμου.

Πίνακας 6.91: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη χρήση της μεθόδου γενετικών αλγορίθμων και της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης για το δίκτυο 75 ζυγών.

Παράμετροι	Τύπος φορτίου	Βιομηχανικό	Οικιακό	Εμπορικό	Σταθερό
		Τιμή	Τιμή	Τιμή	Τιμή
ILP		0,839392	0,842781	0,857016	0,851721

Πίνακας 6.91: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα βελτιστοποίησης με τη χρήση της μεθόδου γενετικών αλγορίθμων και της μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης για το δίκτυο 75 ζυγών (συνέχεια).

Παράμετροι \ Τύπος φορτίου	Βιομηχανικό	Οικιακό	Εμπορικό	Σταθερό
	Τιμή	Τιμή	Τιμή	Τιμή
ILQ	0,835803	0,839350	0,8555104	0,848853
IVD	0,076382	0,079270	0,074633	0,085901
IC	0,879362	0,888519	0,865311	0,909203
IMO	0,734215	0,739202	0,741350	0,750645
Χρόνος μεθόδου γενετικών αλγορίθμων	75 sec	75 sec	75 sec	75 sec
Χρόνος μεθόδου εξαντλητικής αναζήτησης	15 min	15 min	15 min	15 min

6.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [6.1] D. Singh, D.Singh, and K.S. Verma, "Multiobjective optimization for DG planning with load models," *IEEE Trans. on Power Systems*, vol. 24, no.1, Feb. 2009.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 ΣΥΝΟΨΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος μιας μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής σε ένα δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με ζήτηση καταναλωτών με διαφορετικούς τύπους φορτίου (σταθερό, οικιακό, βιομηχανικό, εμπορικό, μεικτό), ώστε να επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών ενεργού και αέργου ισχύος στο δίκτυο. Η πολυαντικειμενική συνάρτηση βελτιστοποίησης περιλαμβάνει τις ενεργές απώλειες ισχύος, τις άεργες απώλειες ισχύος, τις πτώσεις τάσεις των ζυγών φορτίου και τα θερμικά όρια αντοχής των γραμμών του δικτύου διανομής. Για την εύρεση της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης και της βέλτιστης ονομαστικής ισχύος της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής, χρησιμοποιείται πολυαντικειμενική βελτιστοποίηση με βάρη, η οποία επιλύεται με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων.

Στα πλαίσια της εργασίας αναπτύχθηκε λογισμικό σε MATLAB το οποίο επιλύει το πρόβλημα τόσο με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων, όσο και με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης, για να ελεγχθεί η ακρίβεια του γενετικού αλγορίθμου. Στο λογισμικό αυτό, αναπτύχθηκε επιπλέον γραφικό περιβάλλον, για να είναι εύκολη η χρήση του λογισμικού αυτού κατά την εισαγωγή δεδομένων, την επίλυση του προβλήματος, και την εξαγωγή και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η μεθοδολογία δοκιμάστηκε σε τρία δίκτυα διανομής, ένα δίκτυο 17 ζυγών, ένα δίκτυο 38 ζυγών και ένα δίκτυο 75 ζυγών. Αρχικά, πριν προστεθεί στο δίκτυο η μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής, γίνεται η ανάλυση της ροής φορτίου με τη μέθοδο Newton-Raphson, και καταγράφονται τα αποτελέσματα. Στη συνέχεια, εκτελείται η διαδικασία βελτιστοποίησης με τη χρήση γενετικού αλγορίθμου και εντοπίζεται η βέλτιστη θέση εγκατάστασης της μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής καθώς και η βέλτιστη ονομαστική ισχύς αυτής σε MW. Κατόπιν εγκαθίσταται η μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής με βέλτιστη ονομαστική ισχύ στο βέλτιστο ζυγό του δικτύου σύμφωνα με τη βέλτιστη λύση του προβλήματος βελτιστοποίησης, και γίνεται ξανά η ανάλυση της ροής φορτίου. Τα αποτελέσματα καταγράφονται και με βάση αυτά υπολογίζεται η βέλτιστη τιμή της πολυαντικειμενικής συνάρτησης.

Επίσης, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μεθόδων στα τρία δίκτυα διανομής, συγκρίνονται μεταξύ τους και προτείνονται τρόποι επέκτασης της εργασίας.

Από τις εφαρμογές που έγιναν στα 3 δίκτυα και αναλύθηκαν εκτενώς στο Κεφάλαιο 6, παρατηρείται, κυρίως στο δίκτυο 38 ζυγών και στο δίκτυο 75 ζυγών, η σημαντική επίδραση των διαφορετικών τύπων φορτίου κυρίως στην επιλογή της θέσης εγκατάστασης της ΜΔΠ στο δίκτυο και λιγότερο στο μέγεθος παραγωγής ισχύος σε MW της ΜΔΠ. Από τα αποτελέσματα και στα 3 δίκτυα, και για όλους τους τύπους φορτίου, είναι εμφανές, ότι όσο αυξάνεται το μέγεθος παραγωγής ισχύος σε MW της ΜΔΠ τόσο βελτιώνεται η τιμή της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, μειώνονται οι απώλειες ενεργού ισχύος που εκφράζονται με το δείκτη ILP, μειώνονται οι απώλειες αέργου ισχύος που εκφράζονται με το δείκτη ILQ

και μειώνεται η πτώση τάσης στους ζυγούς φορτίου που εκφράζεται με το δείκτη IVD. Το πρόβλημα όμως που παρουσιάζεται με την αύξηση παραγωγή ισχύος σε MW της ΜΔΠ, είναι η παραβίαση των θερμικών ορίων των γραμμών διανομής, με αποτέλεσμα να περιορίζονται σημαντικά οι πιθανές λύσεις του προβλήματος βελτιστοποίησης.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου βελτιστοποίησης με τη χρήση του γενετικού αλγορίθμου, ελέγχθηκαν για την ορθότητα τους, συγκρίνοντας τα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη διαδικασία βελτιστοποίησης με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης. Παρατηρήθηκε ότι όταν ο γενετικός αλγόριθμος εκτελούσε πολλές επαναλήψεις, σε μερικές περιπτώσεις προέκυπταν λύσεις οι οποίες δεν ήταν οι βέλτιστες.

Τα αποτελέσματα της βελτιστοποίησης με τη μέθοδο της εξαντλητικής αναζήτησης έχουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο του γενετικού αλγορίθμου, για το λόγο αυτό σε μικρής τάξεως δίκτυα είναι προτιμότερη η μέθοδος της εξαντλητικής αναζήτησης. Σε μεγάλα δίκτυα όμως, η μέθοδος αυτή μπορεί να γίνει απαγορευτική λόγω του χρόνου που απαιτεί. Συνεπώς σε μεγάλα δίκτυα, προτιμάται η βελτιστοποίηση με τη μέθοδο των γενετικών αλγορίθμων, ακόμα και αν οι λύσεις που προκύπτουν δεν είναι οι βέλτιστες.

7.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η μελέτη της διπλωματικής αυτής εργασίας, εστίασε στην παρουσία μόνο μίας μονάδας διεσπαρμένης παραγωγής. Όμως το πραγματικό σενάριο για το μέλλον υποθέτει ότι η παρουσία πολλών τέτοιων μονάδων θα είναι δεδομένη. Όποτε τίθεται το πρόβλημα για την βελτιστοποίηση παρουσία πολλών μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής.

Επίσης στη μελέτη που έγινε, ο συντελεστής φορτίου ήταν σταθερός και είχε την τιμή $\cos\phi=1$. Σε μια ευρύτερη προσέγγιση, το φορτίο θα μπορούσε να μην μένει σταθερό κατά τη διάρκεια του χρόνου αλλά να μεταβάλλεται σύμφωνα με μια καμπύλη διάρκειας φορτίου.

Ακόμη η βελτιστοποίηση στη διπλωματική αυτή εργασία, έγινε με βάση μια συγκεκριμένη αντικειμενική συνάρτηση IMO (σχέση 5.3), για στενά θερμικά όρια αντοχής γραμμών και για ορισμένες παραμέτρους της αντικειμενικής συνάρτησης IMO, δηλαδή για προκαθορισμένα βάρη δεικτών ILP, ILQ, IC και IVD (Πίνακας 5.3). Η εξέταση διαφορετικού τύπου αντικειμενικής συνάρτησης θα ήταν χρήσιμη για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η δυνατότητα επίσης αλλαγής στοιχείων του δικτύου, όπως η προσθήκη πυκνωτών ή η ενσωμάτωση νέων γραμμών θα προσέφερε μεγάλη ευελιξία.

Από την μεριά της μεθόδου βελτιστοποίησης, οι γενετικοί αλγόριθμοι αποτελούν βασική και ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδο αλλά δεν είναι η μοναδική. Η ανάπτυξη άλλων μεθόδων για το ίδιο πρόβλημα βελτιστοποίησης, θα έχει σαν συνέπεια τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των μεθόδων και την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων. Μέθοδοι όπως η *particle swarm optimization*, *ant colony optimization*, *simulated annealing* είναι ορισμένες από τις μεθόδους βελτιστοποίησης, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν.

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

A.1 ΕΛΛΗΝΙΚΑ

ΣΗΕ	: Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας
ΑΠΕ	: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΧΤ	: Χαμηλή Τάση
ΜΤ	: Μεσαία Τάση
ΥΤ	: Υψηλή Τάση
ΥΥΤ	: Υπερυψηλή Τάση
ΕΥΤ	: Εξαιρετικά Υψηλή Τάση
ΔΠ	: Διεσπαρμένη Παραγωγή
ΣΗΘ	: Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
Μ/Σ	: Μετασχηματιστής
ΓΑ	: Γενετικός Αλγόριθμος
α.μ.	: ανά μονάδα
ΕΕ	: Ευρωπαϊκή Ένωση

A.2 ΑΓΓΛΙΚΑ

DC	: Direct current
AC	: Alternating current
IEA	: International Energy Agency
DG	: Distributed Generation
IEEE	: Institute of electrical and electronics engineers
CHP	: Combined Heat and Power
MT	: MicroTurbines
PEMFC	: Polymer Electrolyte Membrane
PAFC	: Phosphoric Acid Fuel Cell
MCFC	: Molten Carbonate Fuel Cell
SOFC	: Solid Oxide Fuel Cell
DMFC	: Direct Methanol Fuel Cell
AFC	: Alkaline Fuel Cell
AOF	: Aggregate Objective Function
GA	: Genetic Algorithm
IMO	: Multiobjective Index
ILP	: Real Power Losses Index
ILQ	: Reactive Power Losses Index
IVD	: Voltage Profile Index
IC	: Current Capacity Index
GUIDE	: Graphical user interface design environment
p.u.	: per unit

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ B

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΡΟΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΣΤΙΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΓΡΑΜΜΩΝ

B.1. Δίκτυο 17 ζυγών

- Σταθερό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	106,0489	460
1	2	1	105,9787	460
2	2	3	94,54425	410
2	3	2	94,24782	410
3	3	4	43,82676	290
3	4	3	43,78844	290
4	4	5	6,709414	290
4	5	4	6,708204	290
5	4	6	29,09338	290
5	6	4	29,05639	290
6	6	7	27,80784	150
6	7	6	27,78063	150
7	7	8	31,44918	105
7	8	7	31,47861	105
8	8	9	6,327611	105
8	9	8	6,324555	105
9	8	10	11,64085	105
9	10	8	11,63008	105
10	10	11	5,408696	105
10	11	10	5,408327	105
11	3	12	46,82471	105
11	12	3	46,7709	105
12	12	13	39,85213	50
12	13	12	39,67072	50
13	13	14	32,76443	45
13	14	13	32,71125	45
14	14	15	6,08434	30
14	15	14	6,082763	30
15	14	16	12,66257	25

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
15	16	14	12,65362	25
16	16	17	6,329069	25
16	17	16	6,324555	25

- Οικιακό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	104,4329	460
1	2	1	104,3647	460
2	2	3	92,92336	410
2	3	2	92,63619	410
3	3	4	42,91631	290
3	4	3	42,87937	290
4	4	5	6,660225	290
4	5	4	6,659033	290
5	4	6	28,35201	290
5	6	4	28,31695	290
6	6	7	27,13278	150
6	7	6	27,10696	150
7	7	8	31,1136	105
7	8	7	31,14272	105
8	8	9	6,278565	105
8	9	8	6,275562	105
9	8	10	11,52343	105
9	10	8	11,5129	105
10	10	11	5,340061	105
10	11	10	5,339701	105
11	3	12	46,12969	105
11	12	3	46,0774	105
12	12	13	39,21937	50
12	13	12	39,04424	50
13	13	14	32,24664	45
13	14	13	32,19552	45
14	14	15	6,016458	30
14	15	14	6,014921	30
15	14	16	12,47824	25
15	16	14	12,46959	25
16	16	17	6,234338	25
16	17	16	6,229995	25

- Βιομηχανικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	104,2004	460
1	2	1	104,1324	460
2	2	3	92,67265	410
2	3	2	92,38627	410
3	3	4	42,54401	290
3	4	3	42,50753	290
4	4	5	6,667221	290
4	5	4	6,666026	290
5	4	6	28,00493	290
5	6	4	27,9707	290
6	6	7	26,81945	150
6	7	6	26,79427	150
7	7	8	31,09877	105
7	8	7	31,12811	105
8	8	9	6,298021	105
8	9	8	6,295006	105
9	8	10	11,54474	105
9	10	8	11,53418	105
10	10	11	5,338405	105
10	11	10	5,338044	105
11	3	12	46,26556	105
11	12	3	46,21291	105
12	12	13	39,35549	50
12	13	12	39,17963	50
13	13	14	32,37597	45
13	14	13	32,32476	45
14	14	15	6,062025	30
14	15	14	6,06047	30
15	14	16	12,55246	25
15	16	14	12,54373	25
16	16	17	6,272536	25
16	17	16	6,268169	25

- Εμπορικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	104,3638	460
1	2	1	104,2958	460

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i- j σε MVA $ \bar{CS}_{ij} $
2	2	3	92,86537	410
2	3	2	92,57893	410
3	3	4	43,02529	290
3	4	3	42,98825	290
4	4	5	6,649205	290
4	5	4	6,648016	290
5	4	6	28,46796	290
5	6	4	28,43263	290
6	6	7	27,23681	150
6	7	6	27,21077	150
7	7	8	31,07791	105
7	8	7	31,10685	105
8	8	9	6,259799	105
8	9	8	6,256813	105
9	8	10	11,49443	105
9	10	8	11,48394	105
10	10	11	5,331959	105
10	11	10	5,3316	105
11	3	12	45,95485	105
11	12	3	45,90299	105
12	12	13	39,05285	50
12	13	12	38,87899	50
13	13	14	32,09933	45
13	14	13	32,04853	45
14	14	15	5,979219	30
14	15	14	5,977699	30
15	14	16	12,40828	25
15	16	14	12,39971	25
16	16	17	6,198369	25
16	17	16	6,194062	25

B.2. Δίκτυο 38 ζυγών

- Σταθερό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	397,3109	460
1	2	1	396,3089	460
2	2	3	346,3292	410
2	3	2	342,2631	410
3	3	4	232,3354	290
3	4	3	230,9864	290
4	4	5	216,8809	290
4	5	4	215,649	290
5	5	6	209,3439	290
5	6	5	206,2523	290
6	6	7	68,42404	150
6	7	6	68,23777	150
7	7	8	48,28218	105
7	8	7	48,19212	105
8	8	9	31,66239	105
8	9	8	31,60167	105
9	9	10	29,26254	105
9	10	9	29,22182	105
10	10	11	28,15055	105
10	11	10	28,14989	105
11	11	12	26,90922	105
11	12	11	26,91184	105
12	12	13	27,29236	50
12	13	12	27,29674	50
13	13	14	29,38625	0,45
13	14	13	29,38776	45
14	14	15	28,56971	30
14	15	14	28,52899	30
15	15	16	22,54205	25
15	16	15	22,51106	25
16	16	17	16,19473	25
16	17	16	16,1615	25
17	17	18	9,854925	10
17	18	17	9,848858	10
18	2	19	39,54279	50
18	19	2	39,5219	50
19	19	20	29,67305	50

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
19	20	19	29,56683	50
20	20	21	19,71798	21
20	21	20	19,70403	21
21	21	22	9,85517	11
21	22	21	9,848858	11
22	3	23	104,4867	105
22	23	3	104,1086	105
23	23	24	93,83007	105
23	24	23	93,19592	105
24	24	25	46,67711	50
24	25	24	46,51881	50
25	6	26	132,3102	150
25	26	6	132,0575	150
26	26	27	126,1799	150
26	27	26	125,8597	150
27	27	28	120,0492	150
27	28	27	118,678	150
28	28	29	113,3397	150
28	29	28	112,4009	150
29	29	30	99,60995	150
29	30	29	99,25545	150
30	30	31	42,7488	50
30	31	30	42,57613	50
31	31	32	30,44537	50
31	32	31	30,41586	50
32	32	33	30,41586	10
32	33	32	7,213271	10
33	8	34	7,211102	50
33	34	8	$2,37 \cdot 10^{-12}$	50
34	9	35	$6,02 \cdot 10^{-13}$	50
34	35	9	$6,02 \cdot 10^{-13}$	50
35	12	36	$5,63 \cdot 10^{-14}$	50
35	36	12	$5,63 \cdot 10^{-14}$	50
36	18	37	$2,24 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$2,24 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$7,72 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$7,72 \cdot 10^{-12}$	10

- Οικιακό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	365,0484	460
1	2	1	364,1949	460
2	2	3	314,0425	410
2	3	2	310,66	410
3	3	4	253,1883	290
3	4	3	251,5097	290
4	4	5	237,6052	290
4	5	4	236,0452	290
5	5	6	229,6417	290
5	6	5	225,9465	290
6	6	7	111,2279	150
6	7	6	110,8897	150
7	7	8	90,00044	105
7	8	7	89,58691	105
8	8	9	68,83504	105
8	9	8	68,43558	105
9	9	10	62,54228	105
9	10	9	62,20448	105
10	10	11	56,3543	105
10	11	10	56,30807	105
11	11	12	51,5033	105
11	12	11	51,4296	105
12	12	13	45,18222	50
12	13	12	44,92578	50
13	13	14	38,73563	0,45
13	14	13	38,65555	45
14	14	15	26,14893	30
14	15	14	26,11425	30
15	15	16	20,51179	25
15	16	15	20,48549	25
16	16	17	14,69315	25
16	17	16	14,6659	25
17	17	18	8,891937	10
17	18	17	8,886891	10
18	2	19	39,20262	50
18	19	2	39,18215	50
19	19	20	29,37359	50
19	20	19	29,26982	50
20	20	21	19,51047	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
20	21	20	19,49688	21
21	21	22	9,747164	11
21	22	21	9,741023	11
22	3	23	51,58466	105
22	23	3	51,49755	105
23	23	24	42,77456	105
23	24	23	42,65062	105
24	24	25	27,82196	50
24	25	24	27,83168	50
25	6	26	112,2089	150
25	26	6	112,0207	150
26	26	27	106,3474	150
26	27	26	106,1112	150
27	27	28	100,5143	150
27	28	27	99,54064	150
28	28	29	94,38731	150
28	29	28	93,72762	150
29	29	30	82,07546	150
29	30	29	81,82412	150
30	30	31	38,26461	50
30	31	30	38,13069	50
31	31	32	27,42321	50
31	32	31	27,40029	50
32	32	33	6,374635	10
32	33	32	6,37303	10
33	8	34	$6,25 \cdot 10^{-13}$	50
33	34	8	$6,25 \cdot 10^{-13}$	50
34	9	35	$1,60 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,60 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$1,44 \cdot 10^{-12}$	50
35	36	12	$1,44 \cdot 10^{-12}$	50
36	18	37	$1,06 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$1,06 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$7,59 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$7,59 \cdot 10^{-12}$	10

- Βιομηχανικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	365,3053	460
1	2	1	364,4469	460
2	2	3	313,9085	410
2	3	2	310,5079	410
3	3	4	254,5473	290
3	4	3	252,8456	290
4	4	5	238,9624	290
4	5	4	237,3798	290
5	5	6	230,9019	290
5	6	5	227,2166	290
6	6	7	114,2111	150
6	7	6	113,878	150
7	7	8	92,65448	105
7	8	7	92,21569	105
8	8	9	71,0848	105
8	9	8	70,66584	105
9	9	10	64,57212	105
9	10	9	64,21788	105
10	10	11	58,14636	105
10	11	10	58,09704	105
11	11	12	53,23104	105
11	12	11	53,1522	105
12	12	13	46,78222	50
12	13	12	46,51286	50
13	13	14	40,17952	0,45
13	14	13	40,09669	45
14	14	15	27,33723	30
14	15	14	27,30022	30
15	15	16	21,3851	25
15	16	15	21,35702	25
16	16	17	15,30396	25
16	17	16	15,27558	25
17	17	18	9,232105	10
17	18	17	9,22678	10
18	2	19	39,27666	50
18	19	2	39,25616	50
19	19	20	29,43934	50
19	20	19	29,33535	50
20	20	21	19,5564	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
20	21	20	19,54279	21
21	21	22	9,771172	11
21	22	21	9,765027	11
22	3	23	50,66254	105
22	23	3	50,57784	105
23	23	24	41,81043	105
23	24	23	41,69102	105
24	24	25	27,61041	50
24	25	24	27,62126	50
25	6	26	109,7298	150
25	26	6	109,5465	150
26	26	27	103,6525	150
26	27	26	103,4236	150
27	27	28	97,59306	150
27	28	27	96,6747	150
28	28	29	91,20681	150
28	29	28	90,5889	150
29	29	30	78,58233	150
29	30	29	78,34473	150
30	30	31	39,21958	50
30	31	30	39,08274	50
31	31	32	28,22388	50
31	32	31	28,20044	50
32	32	33	6,480206	10
32	33	32	6,478622	10
33	8	34	$7,31 \cdot 10^{-13}$	50
33	34	8	$7,31 \cdot 10^{-13}$	50
34	9	35	$1,70 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,70 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$8,30 \cdot 10^{-13}$	50
35	36	12	$8,30 \cdot 10^{-13}$	50
36	18	37	$5,18 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$5,18 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$8 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$8 \cdot 10^{-12}$	10

- Εμπορικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	361,8879	460
1	2	1	361,0517	460
2	2	3	311,1916	410
2	3	2	307,8846	410
3	3	4	249,9085	290
3	4	3	248,2784	290
4	4	5	234,4301	290
4	5	4	232,9169	290
5	5	6	226,5878	290
5	6	5	222,9747	290
6	6	7	108,5641	150
6	7	6	108,2318	150
7	7	8	87,68408	105
7	8	7	87,29266	105
8	8	9	66,91557	105
8	9	8	66,53581	105
9	9	10	60,80197	105
9	10	9	60,48091	105
10	10	11	54,80436	105
10	11	10	54,76081	105
11	11	12	50,03466	105
11	12	11	49,96535	105
12	12	13	43,84378	50
12	13	12	43,60051	50
13	13	14	37,54966	0,45
13	14	13	37,47312	45
14	14	15	25,22956	30
14	15	14	25,19697	30
15	15	16	19,82199	25
15	16	15	19,79727	25
16	16	17	14,20641	25
16	17	16	14,18049	25
17	17	18	8,613585	10
17	18	17	8,608812	10
18	2	19	39,11222	50
18	19	2	39,09182	50
19	19	20	29,29366	50
19	20	19	29,19035	50
20	20	21	19,45489	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
20	21	20	19,44135	21
21	21	22	9,718183	11
21	22	21	9,712067	11
22	3	23	51,82273	105
22	23	3	51,73518	105
23	23	24	43,0599	105
23	24	23	42,93484	105
24	24	25	27,81677	50
24	25	24	27,82588	50
25	6	26	112,2658	150
25	26	6	112,0796	150
26	26	27	106,5608	150
26	27	26	106,3268	150
27	27	28	100,891	150
27	28	27	99,91395	150
28	28	29	94,96229	150
28	29	28	94,29827	150
29	29	30	82,93249	150
29	30	29	82,68071	150
30	30	31	37,34333	50
30	31	30	37,21443	50
31	31	32	26,70105	50
31	32	31	26,67901	50
32	32	33	6,249843	10
32	33	32	6,248271	10
33	8	34	$2,62 \cdot 10^{-13}$	50
33	34	8	$2,62 \cdot 10^{-13}$	50
34	9	35	$1,06 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,06 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$8,31 \cdot 10^{-13}$	50
35	36	12	$8,31 \cdot 10^{-13}$	50
36	18	37	$3,33 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$3,33 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$2,42 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$2,42 \cdot 10^{-12}$	10

Β.3. Δίκτυο 75 ζυγών

- Σταθερό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	397,3751	460
38	1	39	456,2539	460
1	2	1	396,3728	460
2	2	3	346,3936	410
18	2	19	39,54279	50
2	3	2	342,326	410
3	3	4	232,3994	290
22	3	23	104,4867	105
3	4	3	231,0497	290
4	4	5	216,9443	290
4	5	4	215,7116	290
5	5	6	209,4067	290
5	6	5	206,3131	290
6	6	7	68,48499	150
25	6	26	132,3103	150
6	7	6	68,29837	150
7	7	8	48,3425	105
7	8	7	48,25221	105
8	8	9	31,71545	105
8	9	8	31,65447	105
9	9	10	29,3088	105
9	10	9	29,26786	105
10	10	11	28,18721	105
10	11	10	28,18654	105
11	11	12	26,93617	105
11	12	11	26,93876	105
12	12	13	27,30482	50
12	13	12	27,309	50
13	13	14	42,75602	45
13	14	13	42,65795	45
14	14	15	28,57024	30
14	15	14	28,52932	30
15	15	16	22,54239	25
15	16	15	22,51125	25

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
16	16	17	16,19492	25
16	17	16	16,16153	25
17	17	18	9,854955	10
17	18	17	9,848858	10
18	19	2	39,5219	50
19	19	20	29,67305	50
19	20	19	29,56683	50
20	20	21	19,71798	21
20	21	20	19,70403	21
21	21	22	9,85517	11
21	22	21	9,848858	11
22	23	3	104,1086	105
23	23	24	93,83007	105
23	24	23	93,19592	105
24	24	25	46,67711	50
24	25	24	46,51881	50
25	26	6	132,0576	150
26	26	27	126,18	150
26	27	26	125,8597	150
27	27	28	120,0493	150
27	28	27	118,678	150
28	28	29	113,3398	150
28	29	28	112,4009	150
29	29	30	99,60996	150
29	30	29	99,25545	150
30	30	31	42,7488	50
30	31	30	42,57613	50
31	31	32	30,44538	50
31	32	31	30,41586	50
32	32	33	7,213271	10
32	33	32	7,211102	10
33	8	34	$6,47 \cdot 10^{-13}$	50
33	34	8	$6,47 \cdot 10^{-13}$	50
34	9	35	$1,29 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,29 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$6,71 \cdot 10^{-13}$	50
35	36	12	$6,71 \cdot 10^{-13}$	50
36	18	37	$2,43 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$2,43 \cdot 10^{-12}$	50

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
37	25	38	$1,02 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$1,02 \cdot 10^{-12}$	10
38	39	1	454,9178	460
39	39	40	404,1596	410
40	39	56	39,54291	50
39	40	39	398,5304	410
41	40	41	285,5075	290
42	40	60	104,493	105
41	41	40	283,3778	290
43	41	42	268,9694	290
43	42	41	266,9727	290
44	42	43	260,3642	290
44	43	42	255,5098	290
45	43	44	121,5735	150
46	43	63	132,3851	150
45	44	43	121,129	150
47	44	45	98,77304	105
47	45	44	98,26933	105
48	45	46	75,91574	105
48	46	45	75,41222	105
49	46	47	69,13089	105
49	47	46	68,70271	105
50	47	48	62,42915	105
50	48	47	62,37161	105
51	48	49	57,01539	105
51	49	48	56,92368	105
52	49	50	50,00615	50
52	50	49	49,6777	50
53	50	51	42,77069	45
53	51	50	42,66585	45
54	51	52	28,57785	30
54	52	51	28,53409	30
55	52	53	22,54726	25
55	53	52	22,51396	25
56	53	54	16,19765	25
56	54	53	16,16195	25
57	54	55	9,855378	10
57	55	54	9,848857	10

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
40	56	39	39,52201	50
58	56	57	29,67316	50
58	57	56	29,56685	50
59	57	58	19,71799	21
59	58	57	19,70403	21
60	58	59	9,855175	11
60	59	58	9,848858	11
42	60	40	104,1129	105
61	60	61	93,83434	105
61	61	60	93,19677	105
62	61	62	46,67797	50
62	62	61	46,51881	50
46	63	43	132,127	150
63	63	64	126,2491	150
63	64	63	125,922	150
64	64	65	120,1113	150
64	65	64	118,7107	150
65	65	66	113,3722	150
65	66	65	112,4133	150
66	66	67	99,62209	150
66	67	66	99,25998	150
67	67	68	42,75321	50
67	68	67	42,57682	50
68	68	69	30,44606	50
68	69	68	30,41591	50
69	69	70	7,213318	10
69	70	69	7,211102	10
70	45	71	$2,07 \cdot 10^{-12}$	50
70	71	45	$2,07 \cdot 10^{-12}$	50
71	46	72	$2,09 \cdot 10^{-12}$	50
71	72	46	$2,09 \cdot 10^{-12}$	50
72	49	73	$1,33 \cdot 10^{-12}$	50
72	73	49	$1,33 \cdot 10^{-12}$	50
73	55	74	$1,04 \cdot 10^{-11}$	50
73	74	55	$1,04 \cdot 10^{-11}$	50
74	62	75	$2,73 \cdot 10^{-12}$	10
74	75	62	$2,73 \cdot 10^{-12}$	10

- Οικιακό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	418,1113	460
38	1	39	366,6037	460
1	2	1	416,9851	460
2	2	3	366,3572	410
18	2	19	39,1828	50
2	3	2	361,7105	410
3	3	4	252,1738	290
22	3	23	100,4802	105
3	4	3	250,5006	290
4	4	5	236,6533	290
4	5	4	235,0983	290
5	5	6	228,7161	290
5	6	5	225,0356	290
6	6	7	110,8862	150
25	6	26	111,6194	150
6	7	6	110,5496	150
7	7	8	89,72777	105
7	8	7	89,3148	105
8	8	9	68,62957	105
8	9	8	68,23091	105
9	9	10	62,35294	105
9	10	9	62,01583	105
10	10	11	56,18073	105
10	11	10	56,13456	105
11	11	12	51,3476	105
11	12	11	51,27399	105
12	12	13	45,04802	50
12	13	12	44,79211	50
13	13	14	38,62294	45
13	14	13	38,54306	45
14	14	15	26,0808	30
14	15	14	26,04617	30
15	15	16	20,45565	25
15	16	15	20,42938	25
16	16	17	14,65212	25
16	17	16	14,62494	25
17	17	18	8,865897	10

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
17	18	17	8,860861	10
18	19	2	39,16233	50
19	19	20	29,35877	50
19	20	19	29,25504	50
20	20	21	19,50063	21
20	21	20	19,48704	21
21	21	22	9,742248	11
21	22	21	9,736111	11
22	23	3	100,1315	105
23	23	24	90,16819	105
23	24	23	89,58594	105
24	24	25	44,76247	50
24	25	24	44,61787	50
25	26	6	111,4321	150
26	26	27	105,7728	150
26	27	26	105,5379	150
27	27	28	99,95446	150
27	28	27	98,98701	150
28	28	29	93,84237	150
28	29	28	93,18708	150
29	29	30	81,57129	150
29	30	29	81,32153	150
30	30	31	38,13755	50
30	31	30	38,00404	50
31	31	32	27,33688	50
31	32	31	27,31403	50
32	32	33	6,351192	10
32	33	32	6,349594	10
33	8	34	$2,20 \cdot 10^{-12}$	50
33	34	8	$2,20 \cdot 10^{-12}$	50
34	9	35	$1,14 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,14 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$2,14 \cdot 10^{-12}$	50
35	36	12	$2,14 \cdot 10^{-12}$	50
36	18	37	$1,02 \cdot 10^{-11}$	50
36	37	18	$1,02 \cdot 10^{-11}$	50
37	25	38	$7,69 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$7,69 \cdot 10^{-12}$	10
38	39	1	365,7433	460

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
39	39	40	315,6213	410
40	39	56	39,20211	50
39	40	39	312,2066	410
41	40	41	204,7624	290
42	40	60	100,8044	105
41	41	40	203,6936	290
43	41	42	189,9282	290
43	42	41	188,9637	290
44	42	43	182,7737	290
44	43	42	180,4154	290
45	43	44	61,24237	150
46	43	63	113,7961	150
45	44	43	61,09905	150
47	44	45	42,11326	105
47	45	44	42,04205	105
48	45	46	26,56864	105
48	46	45	26,52557	105
49	46	47	24,49582	105
49	47	46	24,46808	105
50	47	48	23,8389	105
50	48	47	23,83877	105
51	48	49	23,24566	105
51	49	48	23,24848	105
52	49	50	24,40606	50
52	50	49	24,41499	50
53	50	51	27,12853	45
53	51	50	27,13278	45
54	51	52	27,02326	30
54	52	51	26,98789	30
55	52	53	21,23528	25
55	53	52	21,20845	25
56	53	54	15,2227	25
56	54	53	15,19457	25
57	54	55	9,229231	10
57	55	54	9,22405	10
40	56	39	39,18164	50
58	56	57	29,37321	50
58	57	56	29,26944	50
59	57	58	19,51022	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
59	58	57	19,49663	21
60	58	59	9,747039	11
60	59	58	9,740898	11
42	60	40	100,4548	105
61	60	61	90,45607	105
61	61	60	89,87233	105
62	61	62	44,90515	50
62	62	61	44,76019	50
46	63	43	113,6053	150
63	63	64	107,8945	150
63	64	63	107,655	150
64	64	65	102,0218	150
64	65	64	101,0314	150
65	65	66	95,8548	150
65	66	65	95,18322	150
66	66	67	83,43319	150
66	67	66	83,17756	150
67	67	68	38,60522	50
67	68	67	38,47019	50
68	68	69	27,65444	50
68	69	68	27,63133	50
69	69	70	6,437563	10
69	70	69	6,43594	10
70	45	71	$1,63 \cdot 10^{-12}$	50
70	71	45	$1,63 \cdot 10^{-12}$	50
71	46	72	$1,35 \cdot 10^{-12}$	50
71	72	46	$1,35 \cdot 10^{-12}$	50
72	49	73	$8,87 \cdot 10^{-13}$	50
72	73	49	$8,87 \cdot 10^{-13}$	50
73	55	74	$2,98 \cdot 10^{-12}$	50
73	74	55	$2,98 \cdot 10^{-12}$	50
74	62	75	$9,71 \cdot 10^{-12}$	10
74	75	62	$9,71 \cdot 10^{-12}$	10

- Βιομηχανικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	364,9566	460
38	1	39	421,1239	460
1	2	1	364,1004	460
2	2	3	313,625	410
18	2	19	39,27683	50
2	3	2	310,2341	410
3	3	4	201,2177	290
22	3	23	101,5646	105
3	4	3	200,1717	290
4	4	5	186,3261	290
4	5	4	185,3841	290
5	5	6	179,077	290
5	6	5	176,8145	290
6	6	7	59,87982	150
25	6	26	111,3814	150
6	7	6	59,74722	150
7	7	8	40,32197	105
7	8	7	40,25409	105
8	8	9	24,47515	105
8	9	8	24,43779	105
9	9	10	22,46235	105
9	10	9	22,43916	105
10	10	11	22,08027	105
10	11	10	22,08038	105
11	11	12	21,92984	105
11	12	11	21,93296	105
12	12	13	23,73263	50
12	13	12	23,74515	50
13	13	14	40,95139	45
13	14	13	40,86733	45
14	14	15	27,7042	30
14	15	14	27,66755	30
15	15	16	21,72369	25
15	16	15	21,69588	25
16	16	17	15,56148	25
16	17	16	15,53282	25
17	17	18	9,410762	10

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
17	18	17	9,405438	10
18	19	2	39,25632	50
19	19	20	29,43947	50
19	20	19	29,33547	50
20	20	21	19,55648	21
20	21	20	19,54287	21
21	21	22	9,771213	11
21	22	21	9,765068	11
22	23	3	101,2113	105
23	23	24	91,18732	105
23	24	23	90,59794	105
24	24	25	45,29731	50
24	25	24	45,15081	50
25	26	6	111,1955	150
26	26	27	105,2869	150
26	27	26	105,0546	150
27	27	28	99,21182	150
27	28	27	98,27446	150
28	28	29	92,81491	150
28	29	28	92,18328	150
29	29	30	80,12153	150
29	30	29	79,8791	150
30	30	31	39,45413	50
30	31	30	39,31666	50
31	31	32	28,37235	50
31	32	31	28,3488	50
32	32	33	6,52871	10
32	33	32	6,527108	10
33	8	34	$1,82 \cdot 10^{-12}$	50
33	34	8	$1,82 \cdot 10^{-12}$	50
34	9	35	$1,97 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$1,97 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$1,22 \cdot 10^{-12}$	50
35	36	12	$1,22 \cdot 10^{-12}$	50
36	18	37	$6,57 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$6,57 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$7,87 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$7,87 \cdot 10^{-12}$	10
38	39	1	419,9813	460

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
39	39	40	369,1912	410
40	39	56	39,26116	50
39	40	39	364,4703	410
41	40	41	253,7226	290
42	40	60	101,3135	105
41	41	40	252,024	290
43	41	42	238,195	290
43	42	41	236,6151	290
44	42	43	230,1534	290
44	43	42	226,4794	290
45	43	44	114,0086	150
46	43	63	109,1497	150
45	44	43	113,677	150
47	44	45	92,49879	105
47	45	44	92,05942	105
48	45	46	70,9721	105
48	46	45	70,55302	105
49	46	47	64,46615	105
49	47	46	64,11183	105
50	47	48	58,04675	105
50	48	47	57,99736	105
51	48	49	53,14448	105
51	49	48	53,06552	105
52	49	50	46,70998	50
52	50	49	46,44056	50
53	50	51	40,12092	45
53	51	50	40,03817	45
54	51	52	27,30886	30
54	52	51	27,27181	30
55	52	53	21,35915	25
55	53	52	21,33105	25
56	53	54	15,28428	25
56	54	53	15,25591	25
57	54	55	9,218532	10
57	55	54	9,213206	10
40	56	39	39,24066	50
58	56	57	29,42782	50
58	57	56	29,32386	50
59	57	58	19,54876	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
59	58	57	19,53516	21
60	58	59	9,767366	11
60	59	58	9,761224	11
42	60	40	100,9606	105
61	60	61	90,96804	105
61	61	60	90,37952	105
62	61	62	45,18955	50
62	62	61	45,04325	50
46	63	43	108,9673	150
63	63	64	103,0783	150
63	64	63	102,8505	150
64	64	65	97,0241	150
64	65	64	96,11236	150
65	65	66	90,64124	150
65	66	65	90,02812	150
66	66	67	78,04042	150
66	67	66	77,80451	150
67	67	68	39,13716	50
67	68	67	39,00053	50
68	68	69	28,17166	50
68	69	68	28,14825	50
69	69	70	6,463178	10
69	70	69	6,461601	10
70	45	71	$2,02 \cdot 10^{-12}$	50
70	71	45	$2,02 \cdot 10^{-12}$	50
71	46	72	$5,48 \cdot 10^{-13}$	50
71	72	46	$5,48 \cdot 10^{-13}$	50
72	49	73	$1,66 \cdot 10^{-12}$	50
72	73	49	$1,66 \cdot 10^{-12}$	50
73	55	74	$6,48 \cdot 10^{-12}$	50
73	74	55	$6,48 \cdot 10^{-12}$	50
74	62	75	$7,16 \cdot 10^{-12}$	10
74	75	62	$7,16 \cdot 10^{-12}$	10

- Εμπορικό φορτίο

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
1	1	2	364,8248	460
38	1	39	413,1391	460
1	2	1	363,9748	460
2	2	3	314,1087	410
18	2	19	39,11085	50
2	3	2	310,7387	410
3	3	4	204,6089	290
22	3	23	99,91736	105
3	4	3	203,5501	290
4	4	5	189,8856	290
4	5	4	188,93	290
5	5	6	182,8293	290
5	6	5	180,4735	290
6	6	7	61,38333	150
25	6	26	113,8396	150
6	7	6	61,23749	150
7	7	8	42,59096	105
7	8	7	42,51954	105
8	8	9	27,28086	105
8	9	8	27,23593	105
9	9	10	25,19415	105
9	10	9	25,16478	105
10	10	11	24,42222	105
10	11	10	24,42197	105
11	11	12	23,6369	105
11	12	11	23,63951	105
12	12	13	24,49566	50
12	13	12	24,50276	50
13	13	14	26,90853	45
13	14	13	26,9117	45
14	14	15	26,41959	30
14	15	14	26,38555	30
15	15	16	20,78118	25
15	16	15	20,75535	25
16	16	17	14,90109	25
16	17	16	14,87381	25
17	17	18	9,045503	10

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
17	18	17	9,040497	10
18	19	2	39,09046	50
19	19	20	29,29264	50
19	20	19	29,18934	50
20	20	21	19,45421	21
20	21	20	19,44067	21
21	21	22	9,717844	11
21	22	21	9,711728	11
22	23	3	99,57334	105
23	23	24	89,62333	105
23	24	23	89,04879	105
24	24	25	44,46483	50
24	25	24	44,32231	50
25	26	6	113,6506	150
26	26	27	108,0796	150
26	27	26	107,8421	150
27	27	28	102,3553	150
27	28	27	101,3617	150
28	28	29	96,3693	150
28	29	28	95,69373	150
29	29	30	84,20698	150
29	30	29	83,95097	150
30	30	31	37,7482	50
30	31	30	37,6178	50
31	31	32	26,98244	50
31	32	31	26,96015	50
32	32	33	6,321403	10
32	33	32	6,31981	10
33	8	34	$1,30 \cdot 10^{-12}$	50
33	34	8	$1,30 \cdot 10^{-12}$	50
34	9	35	$2,08 \cdot 10^{-12}$	50
34	35	9	$2,08 \cdot 10^{-12}$	50
35	12	36	$2,49 \cdot 10^{-12}$	50
35	36	12	$2,49 \cdot 10^{-12}$	50
36	18	37	$9,51 \cdot 10^{-12}$	50
36	37	18	$9,51 \cdot 10^{-12}$	50
37	25	38	$3,32 \cdot 10^{-12}$	10
37	38	25	$3,32 \cdot 10^{-12}$	10
38	39	1	412,0404	460

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
39	39	40	361,5927	410
40	39	56	39,08741	50
39	40	39	357,072	410
41	40	41	248,753	290
42	40	60	99,52735	105
41	41	40	247,1303	290
43	41	42	233,3459	290
43	42	41	231,8397	290
44	42	43	225,5367	290
44	43	42	221,9419	290
45	43	44	108,128	150
46	43	63	111,6617	150
45	44	43	107,7976	150
47	44	45	87,33401	105
47	45	44	86,94393	105
48	45	46	66,65021	105
48	46	45	66,2719	105
49	46	47	60,55923	105
49	47	46	60,23941	105
50	47	48	54,58375	105
50	48	47	54,54035	105
51	48	49	49,8351	105
51	49	48	49,76604	105
52	49	50	43,67045	50
52	50	49	43,42811	50
53	50	51	37,40283	45
53	51	50	37,32661	45
54	51	52	25,13611	30
54	52	51	25,10363	30
55	52	53	19,74679	25
55	53	52	19,72216	25
56	53	54	14,15199	25
56	54	53	14,12617	25
57	54	55	8,579795	10
57	55	54	8,575041	10
40	56	39	39,06703	50
58	56	57	29,27509	50
58	57	56	29,17185	50
59	57	58	19,44256	21

Αριθμός γραμμής	Από ζυγό (i)	Προς ζυγό (j)	Μέτρο ροής ισχύος γραμμής i-j σε MVA $ \bar{S}_{ij} $	Αντοχή γραμμής i-j σε MVA $ \overline{CS}_{ij} $
59	58	57	19,42903	21
60	58	59	9,712027	11
60	59	58	9,705915	11
42	60	40	99,18463	105
61	60	61	89,27529	105
61	61	60	88,70299	105
62	61	62	44,29232	50
62	62	61	44,15035	50
46	63	43	111,4766	150
63	63	64	105,9778	150
63	64	63	105,7452	150
64	64	65	100,329	150
64	65	64	99,35831	150
65	65	66	94,42235	150
65	66	65	93,76275	150
66	66	67	82,44349	150
66	67	66	82,19333	150
67	67	68	37,18749	50
67	68	67	37,05916	50
68	68	69	26,59269	50
68	69	68	26,57075	50
69	69	70	6,222316	10
69	70	69	6,220753	10
70	45	71	$9,21 \cdot 10^{-13}$	50
70	71	45	$9,21 \cdot 10^{-13}$	50
71	46	72	$1,56 \cdot 10^{-12}$	50
71	72	46	$1,56 \cdot 10^{-12}$	50
72	49	73	$8,86 \cdot 10^{-13}$	50
72	73	49	$8,86 \cdot 10^{-13}$	50
73	55	74	$2,52 \cdot 10^{-12}$	50
73	74	55	$2,52 \cdot 10^{-12}$	50
74	62	75	$7,14 \cdot 10^{-12}$	10
74	75	62	$7,14 \cdot 10^{-12}$	10

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΙΜΟ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΞΑΝΤΛΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ 17 ΖΥΓΩΝ

- Σταθερό φορτίο

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,801354147	0,800800798	0,800251316	0,799705701	0,799163953	0,798626072	0,798092058	0,79756191	0,797035628	0,796513213	0,795994664	0,79547998	0,794969163
2	0,798564779	0,795243402	0,791947225	0,788676244	0,785430452	0,782209844	0,779014414	0,775844156	0,772699065	0,769579136	0,766484362	0,763414738	0,760370258
3	0,79728693	0,792703922	0,788162322	0,783662116	0,779203288	0,774785824	0,770409708	0,766074924	0,761781459	0,757529296	0,753318421	0,749148818	0,745020473
4	0,79719645	0,792539456	0,787940353	0,783399111	0,778915699	0,774490089	0,770122251	0,765812155	0,761559772	0,757365072	0,753228026	0,749148605	0,745126778
5	0,794627032	0,787428282	0,780315054	0,773287288	0,766344925	0,759487905	0,752716169	0,746029659	0,739428315	0,732912079	0,726480891	0,720134693	0,713873426
6	0,79347061	0,785136826	0,776909926	0,76878983	0,760776452	0,752869711	0,745069525	0,73737581	0,729788485	0,722307468	0,714932675	0,707664026	0,700501438
7	0,792430638	0,783086918	0,773880059	0,764809914	0,75587634	0,747079191	0,738418325	0,729893595	0,72150486	0,713251976	0,705134799	0,697153188	0,689306998
8	0,79214939	0,782575965	0,773190812	0,763993657	0,754984225	0,746162243	0,737527438	0,729079539	0,720818273	0,712743372	0,704854564	0,697151581	0,689634154
9	0,791904017	0,782086132	0,77245743	0,763017632	0,753766462	0,744703642	0,735828899	0,727144512	0,718655002	0,710352739	0,702237452	0,694308867	0,686566715
10	0,791870269	0,782026668	0,772380255	0,762930726	0,753677777	0,74462205	0,735766113	0,727112861	0,718654976	0,710392158	0,702324108	0,694450529	0,686771124
11	0,791955295	0,794039187	0,790163022	0,786326787	0,782530467	0,778774047	0,775057513	0,771380849	0,767744042	0,764147077	0,760589938	0,757072612	0,753595083
12	0,790772624	0,779773545	0,768915739	0,759092768	0,752985458	0,746992844	0,741114821	0,735351279	0,729702111	0,72416721	0,718746468	0,713439778	0,708247033
13	0,789753181	0,777770223	0,76596404	0,754336343	0,742889026	0,731624179	0,720544119	0,709651406	0,698948878	0,688439679	0,678127291	0,668015579	0,658108826
14	0,789578266	0,777452436	0,765535346	0,753828636	0,742334122	0,731053825	0,719989985	0,709145091	0,698521906	0,688123501	0,677953287	0,668015052	0,658313006
15	0,789326964	0,776955493	0,764798405	0,752857319	0,741134033	0,729630544	0,718349076	0,707292096	0,69646235	0,685862889	0,675497105	0,665368769	0,655482074
16	0,788868887	0,776123364	0,763676008	0,751528196	0,739681492	0,728137659	0,716898688	0,705966817	0,695344564	0,685034755	0,675040557	0,665365518	0,656013608

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,794462211	0,793959124	0,793459904	0,792964548	0,792473057	0,791985432	0,791501671	0,791021776	0,790545744	0,790073578	0,789605275	0,789140837	0,788680263
2	0,757350918	0,75435671	0,751387629	0,748443671	0,745524829	0,742631097	0,739762471	0,736918943	0,73410051	0,731307165	0,728538902	0,725795717	0,723077603
3	0,740933369	0,736887493	0,73288283	0,728919363	0,724997078	0,72111596	0,717275994	0,713477165	0,709719458	0,706002857	0,702327349	0,698692917	0,695099548
4	0,741162518	0,737255794	0,733406577	0,729614838	0,725880548	0,722203677	0,718584196	0,715022077	0,711517289	0,708069804	0,704679593	0,701346626	0,698070874
5	0,707697032	0,701605451	0,695598626	0,689676497	0,683839008	0,678086099	0,672417711	0,666833788	0,661334271	0,655919102	0,650588224	0,645341577	0,640179105

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25		26	
Αριθμός Συγού																										
7	0,69344483	0,686494121	0,679649228	0,67291007	0,666276567	0,659748637	0,653326199	0,647009173	0,640797477	0,634691031	0,628689755	0,622793568	0,617002389													
8	0,681596089	0,674020318	0,666579544	0,659273625	0,65210242	0,645065788	0,638163588	0,631396458	0,624782569	0,618302684	0,611956663	0,605744367	0,599665657													
9	0,682302016	0,6751549	0,66819254	0,66141467	0,654821025	0,648411342	0,642185357	0,636143189	0,630303613	0,624646937	0,619172899	0,61388124	0,6087717													
10	0,679010723	0,671640623	0,664456145	0,657457022	0,650660868	0,644051496	0,637626663	0,631386106	0,625329558	0,619456757	0,613767438	0,608261339	0,602938197													
11	0,679285596	0,67199365	0,664894992	0,657989327	0,651294196	0,644793478	0,638484864	0,632368064	0,626442787	0,620708747	0,615165653	0,60981322	0,60465116													
12	0,750157338	0,746759361	0,743401139	0,740082656	0,736803897	0,73356485	0,730365498	0,727205827	0,724085824	0,721005472	0,717964759	0,714963669	0,712002187													
13	0,703168127	0,698202954	0,693351405	0,688613376	0,683988761	0,679477453	0,675079347	0,670794338	0,666622319	0,662563187	0,658616835	0,65478316	0,651062057													
14	0,648411784	0,638929721	0,629668479	0,620885062	0,615845869	0,610954091	0,606209559	0,601612106	0,597161562	0,592857761	0,588700536	0,584689719	0,580825144													
15	0,648851825	0,639636701	0,630673393	0,622197312	0,617511994	0,613004358	0,608674162	0,604521163	0,607437866	0,611946668	0,616633026	0,621496434	0,62653644													
16	0,645841677	0,636452754	0,62732105	0,618452937	0,60985547	0,60153645	0,593504475	0,585768998	0,578340362	0,582795318	0,588481716	0,594428269	0,600619082													
17	0,646989263	0,638297434	0,62994364	0,621934021	0,614275398	0,619382455	0,625859878	0,632610504	0,639631223	0,646919531	0,654473366	0,662290995	0,670370934													

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	27		28		29		30		31		32		33		34		35		36		37		38		39	
Αριθμός Συγού																										
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	0,788223553	0,787770707	0,787321724	0,786876605	0,786435349	0,785997957	0,785564427	0,785134761	0,784708958	0,784287017	0,783868939	0,783454724	0,78304437													
3	0,720384554	0,717716566	0,715073633	0,712455748	0,709862907	0,707295104	0,704752333	0,702234589	0,699741865	0,697274158	0,69483146	0,692413767	0,690021072													
4	0,691547225	0,688035935	0,684565661	0,681136389	0,677748105	0,674400793	0,671094438	0,667829026	0,664604541	0,661420969	0,658278295	0,655176504	0,652115581													
5	0,69485231	0,691690903	0,688586624	0,685539445	0,682549337	0,679616227	0,676740216	0,673921147	0,671159033	0,668453845	0,665805555	0,663214134	0,660679554													
6	0,63510075	0,630106454	0,62519616	0,62036981	0,615627346	0,610968712	0,606393851	0,601902704	0,597495215	0,593171328	0,588931117	0,584785515	0,580723339													
7	0,61131614	0,605734739	0,600258107	0,594886164	0,589618831	0,584458144	0,579412855	0,574471933	0,569635298	0,564902871	0,560274573	0,555750326	0,551330051													
8	0,593720394	0,587908441	0,582229658	0,576683908	0,5712171054	0,565990957	0,560843482	0,55582849	0,550945846	0,546195413	0,541577055	0,537090637	0,532736022													
9	0,603844021	0,599097945	0,594533215	0,590149574	0,585946766	0,581924537	0,578082631	0,574420795	0,570938776	0,567636321	0,564513178	0,561569095	0,558803824													
10	0,597797753	0,592839744	0,588063911	0,583469996	0,579057738	0,574826881	0,570777166	0,566908339	0,563220142	0,55971232	0,55638462	0,553236787	0,550268567													
11	0,599679188	0,594897019	0,59030437	0,585900956	0,581686496	0,577660707	0,573823309	0,570174021	0,566712564	0,56343866	0,56035203	0,557452397	0,554739485													
12	0,7090803	0,706197993	0,703355252	0,700552062	0,697788408	0,695064276	0,692379652	0,689734522	0,687128871	0,684562684	0,682035947	0,679548646	0,677100767													
13	0,647453421	0,643957147	0,640573133	0,637301274	0,634141465	0,631093605	0,628157589	0,625333314	0,622620677	0,620019575	0,617529906	0,615151567	0,612884455													
14	0,577106645	0,573534056	0,570107211	0,566825946	0,563690096	0,560699496	0,557853982	0,555153391	0,552597559	0,550186323	0,547919521	0,545796999	0,543818568													
15	0,631752635	0,631744641	0,642712103	0,64845469	0,654372084	0,660463982	0,666730091	0,673170126	0,679783812	0,686570879	0,693531063	0,700664103	0,707969744													
16	0,607042029	0,613687702	0,620548689	0,627619061	0,634894016	0,642369613	0,650042581	0,657910174	0,665970063	0,674220255	0,682659026	0,691284872	0,700096471													
17	0,678711886	0,687312704	0,696172359	0,705289913	0,714664504	0,724295329	0,734181638	0,744322721	0,754717903	0,765366537	0,776268003	0,7874217	0,798827047													

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52	
Αριθμός Συγού																										
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	0,782637879	0,782235251	0,781836484	0,781441578	0,781050535	0,780663353	0,780280033	0,779900573	0,779524975	0,779153238	0,778785362	0,778421346	0,778061192													
3	0,687653371	0,685310658	0,682992926	0,680700172	0,678432388	0,67618957	0,673971111	0,671778807	0,669610852	0,66746784	0,665349765	0,663256623	0,661188407													
4	0,649095511	0,646116279	0,643177871	0,640280272	0,637423467	0,634607441	0,631832179	0,629097667	0,62640389	0,623750833	0,621138481	0,618566682	0,616035835													
5	0,658201785	0,655780799	0,653416567	0,651109061	0,648858252	0,646664111	0,644526611	0,642445722	0,640421416	0,638453665	0,63654244	0,634687712	0,632889454													
6	0,576744534	0,572849043	0,569036808	0,565307774	0,561661884	0,558099081	0,554619309	0,551222513	0,547908635	0,544677619	0,54152941	0,538463952	0,535481188													
7	0,547013668	0,5428011	0,538692269	0,534687095	0,530785501	0,526987409	0,523292741	0,519701419	0,516213365	0,512828502	0,509546752	0,506368039	0,503292284													
8	0,528513076	0,524421663	0,520461649	0,5166329	0,51293528	0,509368656	0,505932895	0,502627863	0,499453426	0,496409452	0,493495807	0,49071236	0,488058978													
9	0,556217113	0,553808712	0,551578375	0,549525852	0,547650896	0,545953261	0,5444327	0,543088968	0,54192182	0,540931012	0,5401163	0,539477442	0,539014195													

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
10	0,547479709	0,544869961	0,54243907	0,540186788	0,538112863	0,536217046	0,53449909	0,532958745	0,531595765	0,530409902	0,529400911	0,528568546	0,527912562
11	0,552213019	0,549872722	0,547718322	0,545749545	0,543966118	0,542367769	0,540954228	0,539725222	0,538680484	0,537819743	0,537142732	0,536649183	0,536338829
12	0,674692295	0,672323215	0,669993515	0,667703178	0,665452191	0,66324054	0,661068209	0,658935186	0,656841456	0,654787003	0,652771815	0,650795877	0,648859175
13	0,610728469	0,608683506	0,606749464	0,604926243	0,60321374	0,601611854	0,600120484	0,598739528	0,597468887	0,596308458	0,595258143	0,59431784	0,593487449
14	0,541984093	0,540293404	0,538746341	0,537342742	0,536082447	0,534965296	0,53399113	0,533159788	0,532471113	0,533170223	0,533781779	0,541804612	0,546431681
15	0,715447734	0,723097825	0,730919769	0,738913324	0,747078247	0,7554143	0,763921245	0,772598846	0,781446868	0,790465078	0,799653245	0,809011139	0,818538529
16	0,709092653	0,71827237	0,727634681	0,737178732	0,746903746	0,756809008	0,766893861	0,777157692	0,787599931	0,798220044	0,809017527	0,819991904	0,831142723
17	0,810483477	0,82239044	0,834547394	0,846953811	0,85960917	0,872512961	0,885664679	0,899063828	0,912709917	0,926602462	0,940740982	0,955125003	0,969754054

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,777704897	0,777352463	0,777003889	0,776659176	0,776318322	0,775981328	0,775648194	0,775319	0,774994	0,774672	0,774354
3	0,659145113	0,657126734	0,655133265	0,6531647	0,651221035	0,649302263	0,647408378	0,645539	0,643695	0,641876	0,640082
4	0,613545511	0,611095833	0,608686787	0,606318359	0,603990532	0,601703293	0,599456627	0,597251	0,595085	0,59296	0,590875
5	0,631147637	0,629462232	0,627833212	0,626260548	0,624744212	0,623284175	0,621880409	0,620533	0,619242	0,618006	0,616827
6	0,532581063	0,52976352	0,527028505	0,524375961	0,521805833	0,519318066	0,516912603	0,514589	0,512348	0,510189	0,508113
7	0,50031941	0,497449342	0,494682001	0,492017311	0,489455195	0,486995577	0,48463838	0,482384	0,480231	0,478181	0,476232
8	0,48553553	0,483141882	0,480877905	0,478743467	0,476738436	0,474862683	0,473116076	0,471498	0,47001	0,46865	0,467419
9	0,538726317	0,538613568	0,538675706	0,538912493	0,539323688	0,539909053	0,54066835	0,541601	0,542708	0,543987	0,54544
10	0,527432716	0,527128763	0,527000461	0,527047567	0,52726984	0,527667038	0,528238922	0,528985	0,529906	0,531	0,532269
11	0,536211405	0,536266643	0,536504281	0,536924053	0,537525697	0,53830895	0,539273551	0,540419	0,541746	0,543253	0,54494
12	0,646961694	0,64510342	0,643284339	0,641504437	0,639763699	0,638062112	0,636399661	0,634776	0,633192	0,631647	0,630141
13	0,592766871	0,592156005	0,591654751	0,591263011	0,590980685	0,590807673	0,590743876	0,590789	0,590944	0,591207	0,591579
14	0,551256749	0,556274284	0,561479367	0,566867616	0,57243512	0,578178373	0,584094232	0,59018	0,596433	0,602851	0,609431
15	0,828235189	0,83810089	0,848135407	0,858338514	0,868709987	0,879249603	0,889957139	0,900832	0,911875	0,923085	0,934462
16	0,842469551	0,853971978	0,865649608	0,87750206	0,889528966	0,901729971	0,91410473	0,926653	0,939374	0,952268	0,965335
17	0,984627669	0,999745386	1,015106745	1,030711292	1,046558574	1,062648142	1,07897955	1,095552	1,112366	1,12942	1,146715

- Οικιακό φορτίο

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,797473	0,796915	0,796362	0,795812	0,795266	0,794724	0,794187	0,793653	0,793123	0,792598	0,792076	0,791558	0,791045
3	0,794667	0,791325	0,788009	0,78472	0,781456	0,778218	0,775006	0,77182	0,76866	0,765526	0,762418	0,759336	0,75628
4	0,793382	0,788771	0,784202	0,779677	0,775194	0,770753	0,766355	0,762	0,757687	0,753417	0,749189	0,745004	0,740861
5	0,793289	0,788604	0,783977	0,779411	0,774904	0,770457	0,76607	0,761742	0,757474	0,753265	0,749116	0,745027	0,740996
6	0,790705	0,783464	0,776309	0,769243	0,762263	0,755372	0,748567	0,74185	0,735221	0,728678	0,722223	0,715855	0,709574
7	0,789531	0,781137	0,772852	0,764676	0,75661	0,748653	0,740805	0,733066	0,725436	0,717914	0,710502	0,703199	0,696004
8	0,788494	0,779094	0,769833	0,760712	0,751731	0,742889	0,734186	0,725623	0,717199	0,708913	0,700767	0,692759	0,684889
9	0,788213	0,778584	0,769148	0,759905	0,750854	0,741996	0,733329	0,724855	0,716571	0,70848	0,700578	0,692868	0,685348
10	0,787969	0,778096	0,768417	0,758932	0,749641	0,740542	0,731636	0,722927	0,714415	0,706096	0,697968	0,690031	0,682285

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	0,787935	0,778038	0,768343	0,758849	0,749557	0,740468	0,731584	0,722907	0,71443	0,706153	0,698075	0,690197	0,682518
12	0,794059	0,790125	0,786231	0,782379	0,778568	0,774798	0,771069	0,767382	0,763736	0,76013	0,756566	0,753043	0,749561
13	0,786843	0,775794	0,764888	0,75549	0,749369	0,743365	0,737478	0,73171	0,726059	0,720526	0,71511	0,709812	0,704631
14	0,785818	0,77378	0,761922	0,750247	0,738756	0,727452	0,716336	0,705412	0,694682	0,684149	0,673818	0,663691	0,653774
15	0,785642	0,773461	0,761493	0,749741	0,738207	0,726891	0,715797	0,704927	0,694284	0,683871	0,673692	0,663675	0,65405
16	0,785392	0,772966	0,76076	0,748775	0,737013	0,725476	0,714165	0,703085	0,692237	0,681624	0,671251	0,66112	0,651237
17	0,784932	0,772133	0,759641	0,747456	0,73558	0,724015	0,712763	0,701826	0,691206	0,680907	0,670932	0,661284	0,651968

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,790535	0,79003	0,789528	0,789031	0,788537	0,788048	0,787562	0,787081	0,786603	0,78613	0,785661	0,785195	0,784734
3	0,75325	0,750245	0,747267	0,744315	0,741388	0,738488	0,735613	0,732764	0,729942	0,727145	0,724374	0,721628	0,718909
4	0,736761	0,732703	0,728687	0,724714	0,720784	0,716896	0,71305	0,709246	0,705485	0,701766	0,69809	0,694455	0,690863
5	0,737026	0,733114	0,729262	0,72547	0,721736	0,718062	0,714448	0,710892	0,707396	0,703958	0,70058	0,697261	0,694002
6	0,70338	0,697273	0,691253	0,68532	0,679473	0,673713	0,66804	0,662453	0,656953	0,65154	0,646213	0,640972	0,635817
7	0,688917	0,681939	0,675069	0,668308	0,661655	0,65511	0,648673	0,642345	0,636124	0,630011	0,624005	0,618108	0,612318
8	0,677158	0,669565	0,66211	0,654792	0,647613	0,640571	0,633667	0,626911	0,620301	0,613828	0,607492	0,601293	0,59523
9	0,678018	0,670878	0,663928	0,657167	0,650594	0,644211	0,638016	0,63202	0,626221	0,62061	0,615186	0,609949	0,604899
10	0,674731	0,667367	0,660193	0,653216	0,646442	0,639856	0,633461	0,627254	0,621235	0,615406	0,609764	0,60431	0,599044
11	0,675038	0,667756	0,660673	0,653794	0,647126	0,640655	0,634381	0,628304	0,622423	0,616739	0,61125	0,605957	0,60086
12	0,74612	0,742721	0,739362	0,736044	0,732767	0,729532	0,726337	0,723183	0,72007	0,716998	0,713967	0,710977	0,708028
13	0,699567	0,694619	0,689789	0,685076	0,680479	0,675999	0,671635	0,667388	0,663257	0,659242	0,655343	0,65156	0,647893
14	0,644071	0,634588	0,62533	0,618309	0,613288	0,608418	0,603699	0,599132	0,594715	0,590449	0,586334	0,58237	0,578556
15	0,644596	0,635394	0,62645	0,619731	0,61508	0,610611	0,606326	0,602283	0,607132	0,611663	0,616378	0,621274	0,626353
16	0,641606	0,632232	0,623122	0,614281	0,605718	0,59744	0,589456	0,581777	0,577081	0,582557	0,588309	0,594318	0,60057
17	0,642989	0,63435	0,626058	0,61812	0,613104	0,619355	0,62589	0,632704	0,639795	0,64716	0,654798	0,662708	0,670886

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,784277	0,783823	0,783374	0,782929	0,782488	0,78205	0,781617	0,781188	0,780763	0,780342	0,779925	0,779512	0,779103
3	0,716216	0,713548	0,710906	0,708291	0,705701	0,703136	0,700598	0,698086	0,695599	0,693138	0,690703	0,688294	0,68591
4	0,687314	0,683806	0,680341	0,676918	0,673537	0,670199	0,666902	0,663648	0,660436	0,657266	0,654138	0,651052	0,648009
5	0,690801	0,687659	0,684576	0,681552	0,678587	0,675681	0,672834	0,670046	0,667316	0,664645	0,662033	0,65948	0,656985
6	0,630749	0,625767	0,620871	0,616061	0,611338	0,6067	0,602148	0,597682	0,593302	0,589007	0,584807	0,580695	0,576668
7	0,606635	0,60106	0,595592	0,590232	0,584978	0,579843	0,574817	0,569897	0,565085	0,560379	0,55578	0,551288	0,546902
8	0,589304	0,583514	0,577861	0,572343	0,566962	0,561716	0,556606	0,551632	0,546793	0,54209	0,537521	0,533088	0,528789
9	0,600036	0,59536	0,590869	0,586565	0,582446	0,578513	0,574764	0,571201	0,567822	0,564628	0,561618	0,558792	0,556149
10	0,593965	0,589074	0,584369	0,579851	0,575519	0,571374	0,567414	0,563639	0,560051	0,556647	0,553428	0,550393	0,547543
11	0,595957	0,591249	0,586736	0,582417	0,578291	0,57436	0,570621	0,567076	0,563724	0,560564	0,557596	0,55482	0,552236
12	0,70512	0,702252	0,699426	0,69664	0,693895	0,691191	0,688528	0,685905	0,683323	0,680782	0,678282	0,675822	0,673403

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
13	0,644341	0,640906	0,637585	0,634381	0,631291	0,628317	0,625457	0,622713	0,620084	0,617569	0,615169	0,612884	0,610713
14	0,574891	0,571377	0,568013	0,564798	0,561733	0,558817	0,55605	0,553433	0,550964	0,548643	0,546472	0,544448	0,542573
15	0,631612	0,637053	0,642673	0,648475	0,654456	0,660616	0,666956	0,673475	0,680173	0,68705	0,694104	0,701337	0,708747
16	0,607054	0,613762	0,620686	0,627822	0,635165	0,642712	0,65046	0,658405	0,666547	0,674883	0,683411	0,692131	0,701041
17	0,679334	0,688049	0,69703	0,706277	0,715788	0,725563	0,735602	0,745903	0,756466	0,76729	0,778375	0,78972	0,801324

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,778698	0,778297	0,7779	0,777507	0,777118	0,776733	0,776352	0,775975	0,775602	0,775233	0,774868	0,774507	0,77415
3	0,683553	0,681221	0,678915	0,676634	0,67438	0,672151	0,669948	0,667771	0,66562	0,663494	0,661394	0,65932	0,657271
4	0,645007	0,642048	0,63913	0,636255	0,633421	0,63063	0,62788	0,625173	0,622507	0,619883	0,617302	0,614762	0,612264
5	0,654549	0,652172	0,649853	0,647593	0,645392	0,643249	0,641164	0,639138	0,63717	0,635261	0,63341	0,631618	0,629883
6	0,572727	0,568871	0,565101	0,561416	0,557816	0,554302	0,550873	0,547529	0,544269	0,541095	0,538006	0,535002	0,532082
7	0,542623	0,53845	0,534383	0,530423	0,526569	0,522821	0,519179	0,515643	0,512212	0,508888	0,505669	0,502556	0,499549
8	0,524626	0,520597	0,516702	0,512942	0,509316	0,505824	0,502466	0,499242	0,496151	0,493195	0,490371	0,487681	0,485124
9	0,55369	0,551414	0,549321	0,547411	0,545682	0,544137	0,542773	0,54159	0,54059	0,53977	0,539131	0,538673	0,538395
10	0,544877	0,542395	0,540096	0,537981	0,536048	0,534299	0,532732	0,531347	0,530145	0,529124	0,528285	0,527627	0,52715
11	0,549844	0,547642	0,545632	0,543812	0,542182	0,540743	0,539493	0,538432	0,537561	0,536879	0,536386	0,536081	0,535964
12	0,671025	0,668688	0,666391	0,664135	0,661919	0,659744	0,657609	0,655516	0,653462	0,65145	0,649478	0,647546	0,645655
13	0,608657	0,606715	0,604887	0,603173	0,601573	0,600087	0,598715	0,597456	0,596311	0,595279	0,594361	0,593556	0,592864
14	0,540846	0,539266	0,537835	0,53655	0,535414	0,534424	0,533581	0,532886	0,532337	0,531838	0,531382	0,53097	0,530573
15	0,716335	0,7241	0,732042	0,740161	0,748456	0,756928	0,765576	0,774399	0,783398	0,792572	0,801922	0,811446	0,821145
16	0,71014	0,719427	0,728901	0,738562	0,748408	0,758439	0,768654	0,779053	0,789636	0,800401	0,811348	0,822477	0,833788
17	0,813187	0,825309	0,837688	0,850325	0,863218	0,876368	0,889773	0,903434	0,917349	0,931519	0,945943	0,96062	0,975549

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,773798	0,773449	0,773104	0,772763	0,772426	0,772094	0,771765	0,77144	0,77112	0,770803	0,77049
3	0,655248	0,653251	0,65128	0,649334	0,647414	0,64552	0,643651	0,641808	0,639991	0,6382	0,636434
4	0,609808	0,607394	0,605021	0,602691	0,600402	0,598155	0,59595	0,593787	0,591665	0,589585	0,587547
5	0,628207	0,62659	0,62503	0,623529	0,622086	0,620701	0,619374	0,618105	0,616895	0,615742	0,614647
6	0,529248	0,526498	0,523833	0,521252	0,518756	0,516344	0,514017	0,511774	0,509616	0,507542	0,505552
7	0,496647	0,49385	0,491159	0,488573	0,486092	0,483717	0,481446	0,47928	0,477219	0,475263	0,473412
8	0,482701	0,48041	0,478251	0,476226	0,474333	0,472573	0,470944	0,469448	0,468084	0,466852	0,465751
9	0,538298	0,538381	0,538643	0,539085	0,539706	0,540506	0,541485	0,542642	0,543978	0,545492	0,547184
10	0,526854	0,526739	0,526804	0,527049	0,527475	0,528079	0,528864	0,529827	0,530969	0,53229	0,533789
11	0,536035	0,536294	0,53674	0,537373	0,538193	0,5392	0,540392	0,541772	0,543336	0,545087	0,547022
12	0,643804	0,641994	0,640224	0,638495	0,636806	0,635158	0,63355	0,631983	0,630455	0,628969	0,627522
13	0,592285	0,591819	0,591466	0,591226	0,591099	0,591084	0,591181	0,591391	0,591713	0,592147	0,592693
14	0,552526	0,557732	0,563096	0,568644	0,574372	0,580278	0,586358	0,59261	0,599032	0,60562	0,612374
15	0,831018	0,841066	0,851287	0,861682	0,872251	0,882993	0,893908	0,904995	0,916256	0,927688	0,939293
16	0,845279	0,856951	0,868804	0,880836	0,893047	0,905438	0,918007	0,930755	0,94368	0,956784	0,970065

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Αριθμός Ζυγού											
17	0,990731	1,006166	1,021851	1,037788	1,053975	1,070412	1,087099	1,104035	1,12122	1,138654	1,156335

- Βιομηχανικό φορτίο

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Αριθμός Ζυγού													
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,798304	0,797743	0,797186	0,796633	0,796084	0,795539	0,794998	0,794461	0,793928	0,793399	0,792874	0,792353	0,791835
3	0,79548	0,792116	0,788778	0,785466	0,78218	0,77892	0,775687	0,772479	0,769297	0,766141	0,763011	0,759907	0,756829
4	0,794185	0,789543	0,784944	0,780388	0,775874	0,771403	0,766974	0,762588	0,758245	0,753945	0,749686	0,745471	0,741298
5	0,794093	0,789376	0,784718	0,780121	0,775583	0,771104	0,766686	0,762326	0,758027	0,753787	0,749606	0,745485	0,741423
6	0,791487	0,784193	0,776987	0,769869	0,762839	0,755896	0,749042	0,742275	0,735596	0,729005	0,722501	0,716085	0,709756
7	0,790306	0,781853	0,77351	0,765277	0,757154	0,74914	0,741237	0,733442	0,725758	0,718182	0,710716	0,70336	0,696112
8	0,789258	0,779788	0,770458	0,761269	0,752221	0,743313	0,734545	0,725918	0,71743	0,709082	0,700873	0,692804	0,684875
9	0,788973	0,77927	0,769762	0,760446	0,751324	0,742395	0,733659	0,725115	0,716763	0,708603	0,700634	0,692857	0,685271
10	0,788726	0,778779	0,769025	0,759467	0,750102	0,740931	0,731954	0,723174	0,714593	0,706205	0,698009	0,690005	0,682193
11	0,788693	0,77872	0,768949	0,759382	0,750016	0,740854	0,731899	0,723151	0,714603	0,706257	0,69811	0,690164	0,682418
12	0,794866	0,790904	0,786983	0,783104	0,779265	0,775468	0,771712	0,767997	0,764323	0,76069	0,757099	0,753548	0,750039
13	0,787601	0,776475	0,765493	0,756168	0,749998	0,743945	0,738011	0,732195	0,726496	0,720916	0,715453	0,710107	0,70488
14	0,786568	0,774446	0,762505	0,750745	0,739169	0,72778	0,716578	0,705568	0,694751	0,684131	0,673711	0,663496	0,653489
15	0,78639	0,774123	0,762069	0,75023	0,738608	0,727204	0,716021	0,705062	0,694329	0,683826	0,673555	0,66352	0,653727
16	0,786137	0,773623	0,761328	0,749253	0,737402	0,725775	0,714374	0,703203	0,692264	0,68156	0,671094	0,660871	0,650894
17	0,785673	0,77278	0,760194	0,747914	0,735942	0,724281	0,712933	0,701898	0,691181	0,680783	0,670709	0,660961	0,651544

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Αριθμός Ζυγού													
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,791322	0,790813	0,790308	0,789807	0,78931	0,788817	0,788328	0,787842	0,787361	0,786884	0,786411	0,785942	0,785477
3	0,753776	0,75075	0,74775	0,744775	0,741827	0,738904	0,736008	0,733137	0,730292	0,727473	0,72468	0,721912	0,719171
4	0,737167	0,733079	0,729034	0,725031	0,72107	0,717152	0,713277	0,709443	0,705653	0,701904	0,698198	0,694534	0,690913
5	0,73742	0,733477	0,729593	0,725769	0,722004	0,718298	0,714651	0,711063	0,707534	0,704065	0,700655	0,697303	0,694011
6	0,703515	0,697361	0,691294	0,685315	0,679422	0,673617	0,667899	0,662268	0,656724	0,651266	0,645896	0,640612	0,635415
7	0,688974	0,681944	0,675024	0,668212	0,661509	0,654915	0,648429	0,642052	0,635783	0,629623	0,623571	0,617627	0,611791
8	0,677084	0,669433	0,661921	0,654547	0,647312	0,640215	0,633257	0,62645	0,619787	0,613263	0,606876	0,600627	0,594515
9	0,677876	0,670671	0,663656	0,656831	0,650196	0,643751	0,637494	0,631438	0,625579	0,619908	0,614425	0,60913	0,604022

10	0,674573	0,667144	0,659906	0,652867	0,646603	0,639383	0,632926	0,626659	0,620582	0,614693	0,608994	0,603483	0,598161
11	0,674872	0,667524	0,660376	0,653435	0,646703	0,64017	0,633834	0,627695	0,621754	0,61601	0,610463	0,605112	0,599957
12	0,74657	0,743143	0,739756	0,736411	0,733107	0,729843	0,726621	0,723439	0,720298	0,717199	0,71414	0,711122	0,708145
13	0,699769	0,694776	0,6899	0,68514	0,680498	0,675973	0,671564	0,667272	0,663096	0,659037	0,655094	0,651267	0,647557
14	0,643695	0,634121	0,624771	0,618295	0,613224	0,608305	0,603538	0,598922	0,594458	0,590145	0,585983	0,581972	0,578112
15	0,644179	0,634881	0,625841	0,619671	0,614966	0,610445	0,606107	0,601951	0,605863	0,610364	0,615047	0,619912	0,62496
16	0,641168	0,631699	0,622493	0,613555	0,604894	0,596518	0,588435	0,580655	0,575124	0,580597	0,586345	0,592349	0,598595
17	0,642462	0,63372	0,625325	0,617282	0,61175	0,61797	0,624472	0,631254	0,638312	0,645645	0,65325	0,661126	0,669271

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,785015	0,784558	0,784105	0,783656	0,783211	0,782769	0,782332	0,781899	0,78147	0,781044	0,780623	0,780206	0,779793
3	0,716455	0,713766	0,711102	0,708464	0,705852	0,703265	0,700705	0,69817	0,695661	0,693178	0,690721	0,688289	0,685883
4	0,687334	0,683797	0,680303	0,67685	0,673441	0,670073	0,666747	0,663464	0,660223	0,657024	0,653868	0,650753	0,647681
5	0,690778	0,687604	0,684488	0,681432	0,678434	0,675495	0,672615	0,669794	0,667032	0,664328	0,661683	0,659097	0,656569
6	0,630305	0,625281	0,620343	0,615493	0,610728	0,60605	0,601458	0,596953	0,592533	0,5882	0,583963	0,579813	0,575749
7	0,606063	0,600444	0,594932	0,589528	0,584231	0,579055	0,573986	0,569025	0,564172	0,559426	0,554787	0,550255	0,54583
8	0,588541	0,582704	0,577004	0,571442	0,566015	0,560726	0,555573	0,550557	0,545676	0,540932	0,536324	0,531852	0,527515
9	0,599102	0,594368	0,589822	0,585462	0,581288	0,577301	0,573499	0,569882	0,566451	0,563205	0,560144	0,557267	0,554574
10	0,593027	0,58808	0,583322	0,57875	0,574366	0,570169	0,566158	0,562333	0,558695	0,555242	0,551795	0,548894	0,545997
11	0,594997	0,590233	0,585665	0,581291	0,577112	0,573127	0,569337	0,56574	0,562336	0,559126	0,556109	0,553285	0,550652
12	0,705208	0,702313	0,699458	0,696644	0,693871	0,691139	0,688448	0,685797	0,683187	0,680618	0,678089	0,675601	0,673154
13	0,643962	0,640483	0,63712	0,633872	0,63074	0,627724	0,624822	0,622036	0,619365	0,61681	0,614369	0,612042	0,609831
14	0,574402	0,570843	0,567434	0,564175	0,561066	0,558106	0,555296	0,552636	0,550125	0,547762	0,545549	0,543485	0,541569
15	0,630189	0,635599	0,64119	0,646961	0,652912	0,659043	0,665354	0,671844	0,678513	0,685361	0,692387	0,699592	0,706974
16	0,605072	0,611772	0,618689	0,625816	0,633151	0,640689	0,648427	0,656364	0,664497	0,672823	0,681343	0,690053	0,698954
17	0,677685	0,686366	0,695314	0,704526	0,714004	0,723745	0,73375	0,744017	0,754546	0,765336	0,776386	0,787697	0,799267

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,779383	0,778978	0,778577	0,778179	0,777786	0,777397	0,777011	0,77663	0,776253	0,775879	0,77551	0,775144	0,774783
3	0,683503	0,681149	0,678821	0,676518	0,674242	0,67199	0,669765	0,667566	0,665392	0,663244	0,661121	0,659025	0,656954
4	0,644651	0,641662	0,638716	0,635812	0,632951	0,630131	0,627353	0,624617	0,621923	0,619272	0,616662	0,614094	0,611568
5	0,6541	0,651689	0,649338	0,647044	0,644809	0,642633	0,640515	0,638455	0,636454	0,634511	0,632626	0,6308	0,629032
6	0,57177	0,567878	0,564071	0,56035	0,556715	0,553165	0,549701	0,546322	0,543029	0,539821	0,536699	0,533661	0,530709
7	0,541512	0,537302	0,533198	0,5292	0,52531	0,521526	0,517848	0,514277	0,510813	0,507455	0,504203	0,501057	0,498017
8	0,523314	0,519249	0,515319	0,511524	0,507864	0,504339	0,500948	0,497693	0,494571	0,491585	0,488732	0,486014	0,483429
9	0,552066	0,549741	0,547599	0,545641	0,543866	0,542274	0,540864	0,539636	0,53859	0,537726	0,537044	0,536543	0,536223
10	0,543285	0,540758	0,538415	0,536256	0,53428	0,532489	0,53088	0,529455	0,528212	0,527152	0,526274	0,525579	0,525065
11	0,548212	0,545964	0,543907	0,542042	0,540368	0,538884	0,537591	0,536488	0,535575	0,534852	0,534318	0,533973	0,533816
12	0,670748	0,668382	0,666056	0,663772	0,661528	0,659324	0,657161	0,655039	0,652957	0,650916	0,648915	0,646955	0,645035
13	0,607734	0,605752	0,603884	0,60213	0,60049	0,598965	0,597554	0,596256	0,595072	0,594002	0,593045	0,592202	0,591473
14	0,539801	0,538182	0,53671	0,535387	0,534211	0,533183	0,532303	0,531569	0,530983	0,531319	0,535701	0,540294	0,54509
15	0,714534	0,722271	0,730186	0,738278	0,746546	0,754991	0,763612	0,772409	0,781382	0,790531	0,799855	0,809353	0,819027
16	0,708044	0,717322	0,726788	0,73644	0,746278	0,7563	0,766508	0,776899	0,787474	0,798232	0,809172	0,820294	0,831598
17	0,811096	0,823183	0,835529	0,848131	0,86099	0,874106	0,887477	0,901103	0,914985	0,92912	0,94351	0,958152	0,973048

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Αριθμός Κυψού	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,774426	0,774072	0,773723	0,773377	0,773036	0,772698	0,772365	0,772035	0,77171	0,771388	0,771071
2	0,654908	0,652889	0,650895	0,648927	0,646985	0,645068	0,643177	0,641311	0,639472	0,637658	0,635869
3	0,609084	0,606642	0,604242	0,601884	0,599567	0,597293	0,59506	0,592869	0,59072	0,588613	0,586548
4	0,627322	0,62567	0,624077	0,622542	0,621064	0,619645	0,618284	0,616981	0,615736	0,614549	0,61342
5	0,527842	0,52506	0,522364	0,519752	0,517225	0,514783	0,512426	0,510153	0,507966	0,505862	0,503844
6	0,495083	0,492255	0,489533	0,486916	0,484406	0,482	0,479701	0,477507	0,475418	0,473434	0,471556
7	0,480978	0,478661	0,476478	0,474428	0,472512	0,470728	0,469078	0,46756	0,466176	0,464924	0,463804
8	0,536083	0,536124	0,536346	0,536747	0,537329	0,53809	0,53903	0,540149	0,541447	0,542924	0,544579
9	0,524732	0,524581	0,524611	0,524822	0,525213	0,525785	0,526537	0,527469	0,52858	0,52987	0,53134
10	0,533849	0,53407	0,534479	0,535075	0,535859	0,536831	0,537989	0,539334	0,540865	0,542583	0,544487
11	0,643156	0,641317	0,639518	0,63776	0,636043	0,634366	0,632729	0,631132	0,629576	0,628061	0,626585
12	0,590856	0,590353	0,589963	0,589685	0,589521	0,589469	0,58953	0,589704	0,58999	0,590388	0,590899
13	0,550085	0,552722	0,560648	0,566207	0,571947	0,577865	0,583956	0,590219	0,596652	0,603251	0,610016
14	0,828875	0,838898	0,849095	0,859465	0,87001	0,880727	0,891618	0,902683	0,913919	0,925329	0,936911
15	0,843083	0,854748	0,866594	0,878621	0,890826	0,903212	0,915776	0,928519	0,94144	0,954539	0,967816
16	0,988196	1,003596	1,019247	1,035149	1,051302	1,067705	1,084358	1,10126	1,11841	1,135809	1,153456

- Εμπορικό φορτίο

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Αριθμός Κυψού	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0,796466	0,795909	0,795357	0,794808	0,794264	0,793724	0,793188	0,792655	0,792127	0,791603	0,791083	0,790567	0,790056
2	0,793669	0,790337	0,787032	0,783753	0,780499	0,777272	0,774071	0,770897	0,767748	0,764625	0,761528	0,758458	0,755413
3	0,792388	0,787791	0,783238	0,778727	0,774259	0,769834	0,765452	0,761112	0,756815	0,75256	0,748348	0,744179	0,740053
4	0,792295	0,787624	0,783013	0,778462	0,773971	0,76954	0,765169	0,760857	0,756606	0,752414	0,748283	0,744211	0,740198
5	0,789722	0,782506	0,775377	0,768336	0,761383	0,754517	0,747739	0,741048	0,734444	0,727928	0,721498	0,715156	0,708902
6	0,78855	0,780183	0,771925	0,763777	0,755738	0,747808	0,739987	0,732276	0,724673	0,717179	0,709794	0,702518	0,695351
7	0,78752	0,778154	0,768928	0,759841	0,750894	0,742086	0,733417	0,724887	0,716496	0,708245	0,700131	0,692156	0,68432
8	0,787241	0,777648	0,76825	0,759044	0,750031	0,74121	0,732582	0,724146	0,715901	0,707848	0,699986	0,692315	0,684835
9	0,786998	0,777164	0,767523	0,758076	0,748823	0,739763	0,730896	0,722226	0,713754	0,705473	0,697385	0,689488	0,681782
10	0,786965	0,777106	0,767449	0,757995	0,748742	0,739692	0,730848	0,72221	0,713773	0,705536	0,697498	0,689661	0,682023
11	0,793064	0,789143	0,785264	0,781426	0,777629	0,773874	0,77016	0,766488	0,762856	0,759267	0,755718	0,752211	0,748745
12	0,785874	0,774864	0,764	0,75461	0,745615	0,73694	0,728538	0,720368	0,712394	0,704518	0,719813	0,714426	0,709157
13	0,784853	0,772858	0,761045	0,749416	0,737971	0,726713	0,715645	0,70477	0,694089	0,683607	0,673327	0,663252	0,653389
14	0,784678	0,772542	0,760621	0,748916	0,73743	0,726163	0,71512	0,704301	0,69371	0,683351	0,673226	0,66334	0,653697
15	0,784429	0,772051	0,759893	0,747956	0,736244	0,724757	0,713498	0,70247	0,691675	0,681117	0,670799	0,660725	0,6509
16	0,783972	0,771224	0,758783	0,746652	0,73483	0,723321	0,712126	0,701247	0,690688	0,680451	0,670539	0,660957	0,651707

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Ζυγού												
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,789548	0,789044	0,788544	0,788049	0,787557	0,78707	0,786586	0,786107	0,785631	0,78516	0,784693	0,78423	0,783771
3	0,752395	0,749403	0,746436	0,743496	0,740582	0,737693	0,734831	0,731995	0,729185	0,726401	0,723643	0,72091	0,718204
4	0,735969	0,731927	0,727928	0,723972	0,720058	0,716187	0,712358	0,708572	0,704828	0,701127	0,697468	0,693851	0,690277
5	0,736246	0,732353	0,72852	0,724746	0,721032	0,717378	0,713783	0,710247	0,706772	0,703355	0,699998	0,696701	0,693462
6	0,702734	0,696653	0,690659	0,684752	0,678932	0,673198	0,667552	0,661992	0,656518	0,651131	0,645831	0,640617	0,635489
7	0,688292	0,681342	0,6745	0,667766	0,66114	0,654623	0,648214	0,641913	0,63572	0,629635	0,623657	0,617787	0,612025
8	0,676622	0,669062	0,661639	0,654355	0,647208	0,640199	0,633327	0,626604	0,620026	0,613585	0,607281	0,601114	0,595083
9	0,677545	0,670445	0,663535	0,656815	0,650284	0,643942	0,637789	0,631835	0,626078	0,620509	0,615127	0,609934	0,604927
10	0,674267	0,666943	0,659809	0,652873	0,646139	0,639595	0,63324	0,627074	0,621097	0,615308	0,609708	0,604296	0,599071
11	0,674583	0,667343	0,660301	0,653464	0,646838	0,640408	0,634177	0,628142	0,622304	0,616662	0,611216	0,605967	0,600912
12	0,74532	0,741937	0,738594	0,735293	0,732034	0,728815	0,725637	0,722501	0,719406	0,716352	0,713339	0,710367	0,707436
13	0,698971	0,694055	0,689255	0,684572	0,680007	0,675558	0,671226	0,667011	0,662912	0,65893	0,655064	0,651314	0,647681
14	0,643741	0,634313	0,625113	0,617977	0,612988	0,608151	0,603466	0,598931	0,594548	0,590317	0,586236	0,582306	0,578526
15	0,644302	0,635161	0,626278	0,619442	0,614828	0,610397	0,606149	0,6035	0,60787	0,612425	0,617162	0,622082	0,627184
16	0,641327	0,632014	0,622965	0,614187	0,605688	0,597476	0,58956	0,581949	0,578246	0,583733	0,589496	0,595516	0,60178
17	0,642796	0,634227	0,626007	0,618143	0,613927	0,620204	0,626766	0,633608	0,640728	0,648124	0,655793	0,663735	0,671948

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Ζυγού												
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,783316	0,782865	0,782418	0,781975	0,781536	0,781101	0,780671	0,780244	0,779821	0,779403	0,778988	0,778578	0,778172
3	0,715524	0,71287	0,710242	0,707639	0,705063	0,702513	0,699988	0,69749	0,695018	0,692571	0,69015	0,687756	0,685387
4	0,686746	0,683256	0,679809	0,676405	0,673043	0,669723	0,666445	0,66321	0,660017	0,656866	0,653757	0,650691	0,647667
5	0,690283	0,687164	0,684103	0,681102	0,67816	0,675278	0,672454	0,66969	0,666984	0,664338	0,661751	0,659222	0,656753
6	0,630448	0,625493	0,620624	0,615841	0,611144	0,606534	0,602009	0,59757	0,593217	0,58895	0,584778	0,580693	0,576694
7	0,606371	0,600823	0,595384	0,590051	0,584826	0,579719	0,574721	0,56983	0,565045	0,560368	0,555797	0,551333	0,546975
8	0,589188	0,58343	0,577808	0,572322	0,566972	0,561758	0,556679	0,551736	0,546928	0,542255	0,537717	0,533315	0,529047
9	0,600107	0,595475	0,591028	0,586768	0,582694	0,578805	0,575102	0,571584	0,568251	0,565103	0,562139	0,559359	0,556764
10	0,594034	0,589185	0,584523	0,580047	0,575758	0,571655	0,567738	0,564007	0,560461	0,557101	0,553926	0,550935	0,548129
11	0,596053	0,591389	0,58692	0,582645	0,578565	0,574678	0,570985	0,567485	0,564178	0,561064	0,558142	0,555412	0,552875
12	0,704547	0,701698	0,698891	0,696124	0,693398	0,690714	0,68807	0,685468	0,682906	0,680385	0,677906	0,675467	0,673069
13	0,644163	0,640761	0,637476	0,634306	0,631251	0,628312	0,625489	0,62278	0,620187	0,61771	0,615347	0,613099	0,610965
14	0,574897	0,571418	0,568089	0,564911	0,561882	0,559002	0,556272	0,553692	0,55126	0,548978	0,546844	0,544859	0,543022
15	0,632468	0,637933	0,64358	0,649407	0,655415	0,661602	0,66797	0,674518	0,681244	0,68815	0,695234	0,702497	0,709939
16	0,608276	0,614996	0,621934	0,629083	0,63644	0,644002	0,651764	0,659726	0,667883	0,676236	0,684782	0,69352	0,702448
17	0,68043	0,68918	0,698198	0,707482	0,717033	0,726848	0,736927	0,74727	0,757876	0,768744	0,779874	0,791265	0,802916

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)													
Αριθμός Συγού	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,777769	0,777371	0,776977	0,776587	0,776201	0,775819	0,775441	0,775067	0,774697	0,774331	0,773969	0,773612	0,773258
3	0,683044	0,680727	0,678436	0,676171	0,673931	0,671718	0,669531	0,667369	0,665233	0,663123	0,661039	0,658981	0,656948
4	0,644685	0,641745	0,638848	0,635993	0,633179	0,630408	0,627679	0,624992	0,622348	0,619745	0,617184	0,614666	0,612189
5	0,654343	0,651991	0,649699	0,647465	0,64529	0,643174	0,641117	0,639119	0,637179	0,635298	0,633475	0,631711	0,630006
6	0,57278	0,568952	0,56521	0,561552	0,557981	0,554494	0,551093	0,547776	0,544545	0,541399	0,538338	0,535362	0,532471
7	0,542724	0,53858	0,534542	0,53061	0,526784	0,523065	0,519451	0,515944	0,512543	0,509247	0,506057	0,502973	0,499994
8	0,524914	0,520915	0,517051	0,513321	0,509725	0,506263	0,502935	0,499741	0,496681	0,493754	0,49096	0,4883	0,485773
9	0,554352	0,552123	0,550078	0,548215	0,546535	0,545038	0,543723	0,54259	0,541639	0,540869	0,54028	0,539872	0,539645
10	0,545507	0,543069	0,540815	0,538744	0,536857	0,535153	0,533631	0,532292	0,531135	0,53016	0,529367	0,528756	0,528326
11	0,550529	0,548374	0,546411	0,544638	0,543056	0,541665	0,540463	0,539451	0,538629	0,537995	0,537551	0,537296	0,537228
12	0,607012	0,6068395	0,606612	0,6063885	0,6061692	0,6059539	0,6057427	0,6055355	0,6053325	0,6051335	0,6049386	0,6047477	0,6045609
13	0,608947	0,607043	0,605253	0,603578	0,602017	0,60057	0,599238	0,598019	0,596914	0,595923	0,595046	0,594282	0,593632
14	0,541334	0,539793	0,538401	0,537157	0,53606	0,535111	0,534309	0,533654	0,533147	0,532742	0,532438	0,532134	0,531830
15	0,717558	0,725355	0,73333	0,741482	0,749811	0,758316	0,766999	0,775857	0,784892	0,794103	0,803489	0,813051	0,822788
16	0,711566	0,720872	0,730366	0,740047	0,749914	0,759966	0,770203	0,780625	0,79123	0,802019	0,81299	0,824144	0,835479
17	0,814828	0,826998	0,839428	0,852115	0,865061	0,878264	0,891724	0,90544	0,919411	0,933638	0,94812	0,962856	0,977847

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)											
Αριθμός Συγού	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,772908	0,772563	0,772221	0,771884	0,771551	0,771221	0,770896	0,770575	0,770258	0,769944	0,769635
3	0,654942	0,652961	0,651006	0,649077	0,647174	0,645297	0,643445	0,641619	0,639819	0,638045	0,636296
4	0,609754	0,607362	0,605011	0,602702	0,600436	0,598211	0,596028	0,593887	0,591788	0,589731	0,587715
5	0,62836	0,626771	0,625242	0,623771	0,622358	0,621004	0,619708	0,618471	0,617291	0,616171	0,615108
6	0,529665	0,526943	0,524306	0,521754	0,519287	0,516904	0,514605	0,512391	0,510262	0,508217	0,506256
7	0,497121	0,494353	0,491691	0,489134	0,486682	0,484336	0,482094	0,479958	0,477926	0,476	0,474178
8	0,483378	0,481117	0,478988	0,476992	0,475128	0,473397	0,471798	0,470331	0,468996	0,467793	0,466721
9	0,539599	0,539733	0,540047	0,54054	0,541214	0,542066	0,543098	0,544308	0,545697	0,547265	0,54901
10	0,528076	0,528008	0,52812	0,528413	0,528885	0,529538	0,53037	0,531381	0,532572	0,533941	0,53549
11	0,537349	0,537658	0,538155	0,538838	0,539709	0,540767	0,542012	0,543442	0,545059	0,546862	0,54885
12	0,643782	0,641996	0,64025	0,638545	0,636881	0,635257	0,633674	0,632131	0,630629	0,629168	0,627747
13	0,593095	0,592671	0,59236	0,592163	0,592078	0,592107	0,592248	0,592501	0,592868	0,593347	0,593938
14	0,554243	0,559432	0,56481	0,570371	0,576114	0,582034	0,588129	0,594396	0,600832	0,607436	0,614205
15	0,8327	0,842786	0,853047	0,863482	0,874092	0,884875	0,895832	0,906962	0,918265	0,929741	0,94139
16	0,846996	0,858694	0,870572	0,882631	0,89487	0,907288	0,919886	0,932663	0,945618	0,958751	0,972063
17	0,99309	1,008587	1,024336	1,040337	1,056589	1,073093	1,089847	1,106852	1,124106	1,14161	1,159363

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΙΜΟ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΞΑΝΤΛΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ 38 ΖΥΓΩΝ

- Σταθερό φορτίο

Μέγεθος ΜΑΠ (MW)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,840051611	0,839784289	0,839518284	0,839253595	0,838990222	0,838728164	0,838467422	0,838207995	0,837949884	0,837693089	0,837437608	0,837183443	0,836930593
3	0,839405185	0,837850781	0,836305381	0,834768982	0,833241577	0,831723164	0,830213739	0,828713296	0,827221832	0,825739343	0,824265824	0,822801271	0,821345681
4	0,839060184	0,836820421	0,834595849	0,832386455	0,830192227	0,828013154	0,825849224	0,823700425	0,821566744	0,819448171	0,817344693	0,815256298	0,813182975
5	0,838714094	0,835787335	0,832882669	0,830000068	0,82713951	0,824300968	0,821484418	0,818689835	0,815917194	0,813166472	0,810437642	0,807730681	0,805045564
6	0,83837356	0,833171863	0,828548067	0,823965888	0,819425242	0,81492605	0,81046823	0,8060517	0,801676382	0,797342194	0,793049057	0,78879689	0,784585615
7	0,837610473	0,832498063	0,827436457	0,822425545	0,817465216	0,812555361	0,807695868	0,802886629	0,798127535	0,793418477	0,788759348	0,78415004	0,779590445
8	0,837344353	0,831709694	0,826139103	0,820632397	0,815189394	0,809809914	0,804493777	0,799240803	0,794050814	0,788923634	0,783859085	0,778856993	0,773917182
9	0,836972323	0,830611622	0,824338881	0,81815376	0,812055922	0,806045033	0,800120759	0,794282771	0,78853074	0,782864342	0,777283251	0,771787147	0,766375711
10	0,836623913	0,829585485	0,822660293	0,81584778	0,809147394	0,802555859	0,796080823	0,789713559	0,783456264	0,777308409	0,771269473	0,765338935	0,75956589
11	0,836574431	0,829440078	0,822422974	0,815525222	0,808738126	0,802069201	0,795515162	0,789075432	0,78274944	0,776536618	0,770436404	0,764483679	0,75867212
12	0,836487234	0,829184266	0,822006181	0,814952294	0,808021931	0,801214419	0,794529096	0,787965303	0,781522389	0,77519971	0,769048451	0,763037197	0,757144133
13	0,834980969	0,826944835	0,819071637	0,811360238	0,803809514	0,796418354	0,789185664	0,782174404	0,775359086	0,768698756	0,762192374	0,755838909	0,749637345
14	0,834827625	0,826498134	0,818349157	0,810379329	0,8025873	0,794971742	0,787566505	0,780415219	0,773436185	0,766628144	0,759989857	0,753520097	0,747217656
15	0,834727432	0,826209536	0,817887933	0,809761019	0,801827217	0,794084971	0,786648167	0,779411797	0,772362049	0,765497458	0,75881658	0,752317992	0,74600029
16	0,834634662	0,825945027	0,817469828	0,809207161	0,801155151	0,793384863	0,785891615	0,778603085	0,771517519	0,76463319	0,757948395	0,75146146	0,745170735
17	0,834485748	0,825528527	0,816825485	0,808374045	0,80022183	0,792435736	0,784893088	0,777591497	0,770528617	0,763702146	0,757109819	0,750749415	0,744618748
18	0,834442088	0,82541101	0,816651756	0,808161386	0,800054636	0,792277815	0,784760588	0,777500249	0,770494138	0,763626047	0,7570409243	0,7505530639	0,744366471
19	0,840025762	0,83970892	0,839396298	0,839087894	0,838783707	0,838483738	0,838187983	0,837896444	0,83760912	0,837326008	0,837047109	0,836772422	0,836501946
20	0,839851732	0,839206704	0,838592358	0,838008653	0,837455548	0,836933002	0,836440974	0,835979423	0,835548309	0,83514759	0,834777226	0,834437177	0,834127403
21	0,839816531	0,839107224	0,838436743	0,837805024	0,837212003	0,836657615	0,836141797	0,835664485	0,835225615	0,834825125	0,834462951	0,83413903	0,8338533
22	0,839785057	0,839024006	0,838316674	0,837662942	0,837062694	0,83651581	0,836022176	0,835581674	0,835194189	0,834859604	0,834545093	0,834266289	0,834000697
23	0,839228972	0,837327977	0,835443758	0,833576302	0,831725594	0,829891622	0,828074366	0,826273819	0,824489965	0,822722789	0,820972278	0,819238418	0,817521196
24	0,838891611	0,836328679	0,833799539	0,831304137	0,828842419	0,826414333	0,824019824	0,821658841	0,819331329	0,817037237	0,814776512	0,812549102	0,810354953
25	0,8387225	0,835834165	0,832996657	0,830209857	0,827473648	0,824787912	0,822152531	0,81956739	0,817032372	0,814547361	0,812112242	0,809726902	0,807391224
26	0,837755785	0,832930138	0,828150157	0,823415746	0,818726807	0,814083241	0,809484951	0,804931841	0,800423815	0,795960775	0,791542627	0,787169276	0,782840625
27	0,837648737	0,832613229	0,827629012	0,822695963	0,817813958	0,812982874	0,808202589	0,80347298	0,798793927	0,794165309	0,789587004	0,785058894	0,780580859
28	0,837200856	0,831289294	0,825455183	0,819698252	0,814018234	0,808414863	0,802887873	0,797437003	0,792061991	0,786762577	0,781538503	0,776389513	0,771315352
29	0,83688383	0,8303541	0,823922869	0,81758971	0,8113542	0,80521592	0,799174453	0,793229387	0,787380311	0,781626818	0,775968506	0,770404973	0,764935822
30	0,836744557	0,829944876	0,823255062	0,816674581	0,810202908	0,803839519	0,797583897	0,791435526	0,785393899	0,779458551	0,773628858	0,767904446	0,762284783
31	0,8365245	0,829304843	0,822221679	0,815274209	0,808461645	0,801783206	0,795238119	0,78882562	0,782544952	0,776395365	0,770376119	0,76448648	0,758725721
32	0,836469327	0,829146144	0,821968464	0,814935393	0,808046043	0,801299539	0,794695013	0,788231609	0,781908479	0,775724785	0,769679696	0,763772393	0,758002064
33	0,836454742	0,829110474	0,821922391	0,814889948	0,80801074	0,801285183	0,794711831	0,788289719	0,7820716709	0,7759684128	0,7699385062	0,7640623961	0,7582821596
34	0,837350018	0,831760568	0,826280092	0,820908099	0,815644099	0,810485767	0,805438142	0,800495227	0,795658389	0,790927159	0,786301071	0,781779665	0,777362481
35	0,836978141	0,830663833	0,824483486	0,818436357	0,812521709	0,806738815	0,801086953	0,795565409	0,790173478	0,784910459	0,779775659	0,774768393	0,7698987982
36	0,836493257	0,829238258	0,822155572	0,815243961	0,808502202	0,801929091	0,795253435	0,789284006	0,783209806	0,777299526	0,771600026	0,766086425	0,760733237
37	0,834443687	0,825425305	0,816691189	0,808238143	0,800180142	0,792464027	0,78501892	0,777841886	0,770930047	0,764263695	0,757839006	0,751608711	0,7455897811
38	0,838723757	0,83584546	0,833027982	0,830271158	0,827574822	0,8247550067	0,821933398	0,8193290815	0,816724217	0,81424732	0,8118230612	0,809458427	0,80714858097

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,836679058	0,836428837	0,836179932	0,835932341	0,835686065	0,835441104	0,835197457	0,834955124	0,834714106	0,834474401	0,834236011	0,833998935	0,833763173
3	0,819899048	0,818461368	0,817032638	0,815612853	0,814202009	0,812800102	0,811407127	0,810023081	0,808647959	0,807281758	0,805924472	0,804576098	0,803236632
4	0,811124713	0,809081498	0,80705332	0,805040167	0,803042027	0,801058889	0,79909074	0,797137569	0,795199365	0,793276116	0,79136781	0,789474436	0,787595983
5	0,802382267	0,799740765	0,797121033	0,794523048	0,791946786	0,789392221	0,78685933	0,784348088	0,781858472	0,779390457	0,77694402	0,774519136	0,772115782
6	0,780415152	0,776285424	0,77219635	0,768147853	0,764139855	0,760172227	0,756245044	0,752358076	0,748511298	0,744704633	0,740938004	0,737211335	0,733525455
7	0,775080458	0,770619971	0,76620888	0,761847078	0,75753446	0,753270923	0,749056361	0,744890671	0,740777375	0,736705494	0,732685802	0,72871457	0,724791698
8	0,76903948	0,764223714	0,759469711	0,7547773	0,750146312	0,745576577	0,741067926	0,736620193	0,732233209	0,72790681	0,723640829	0,719435103	0,715289468
9	0,761048626	0,755805576	0,75064625	0,745570336	0,740577527	0,735682298	0,730894065	0,726187966	0,721563703	0,717020976	0,71255949	0,70817895	0,703879063
10	0,753911595	0,748364057	0,742922775	0,737587253	0,732356998	0,727231522	0,722210341	0,717292974	0,712478946	0,707767784	0,703159019	0,698652187	0,694246828
11	0,75297139	0,747380947	0,741900254	0,736528779	0,731265995	0,726111377	0,721064408	0,716124574	0,711291364	0,706564274	0,701942802	0,697426452	0,693014731
12	0,751368639	0,745710099	0,740167906	0,734741456	0,729430153	0,724233403	0,719150621	0,714181225	0,709332464	0,704580295	0,699947625	0,695426069	0,691015072
13	0,743586676	0,73768591	0,731934064	0,72633017	0,720873269	0,715562412	0,710396664	0,705375098	0,700496801	0,695760866	0,6911664	0,686712517	0,682398345
14	0,741081341	0,735109973	0,729302389	0,723657442	0,718173998	0,712850937	0,707687155	0,702681559	0,697833072	0,69314063	0,68860318	0,684219685	0,679989118
15	0,739862089	0,733902025	0,728118752	0,722510942	0,717077285	0,711816488	0,706727278	0,701808397	0,697058604	0,692476674	0,6880614	0,683811589	0,679726064
16	0,739074594	0,733171438	0,727459688	0,721937792	0,716604218	0,711457459	0,706496026	0,701718457	0,697123305	0,6926165011	0,709196421	0,722519986	0,736112593
17	0,738715671	0,733038075	0,727583886	0,722351065	0,717337607	0,712541542	0,707960932	0,703576023	0,730904836	0,746873584	0,760900371	0,775165609	0,789661421
18	0,931763692	0,970625881	1,009889184	1,049509477	1,089455126	1,129702707	1,170234369	1,211036147	1,252096863	1,293407371	1,334960044	1,376748409	1,418766881
19	0,83623568	0,835973623	0,835715775	0,835462134	0,8352127	0,834967473	0,83472645	0,834489632	0,834257018	0,834028606	0,833804397	0,833584389	0,833368581
20	0,833847863	0,833598517	0,833379325	0,833190248	0,833031245	0,832902277	0,832803304	0,832734286	0,832695185	0,832685961	0,832706575	0,832756987	0,832837159
21	0,833605699	0,833396163	0,833224632	0,833091042	0,832995334	0,832937444	0,848729596	0,869065257	0,889629734	0,910383888	0,931298251	0,952350267	0,973522398
22	0,987506201	1,027808124	1,06831236	1,108980707	1,149786281	1,190709629	1,231736327	1,272855458	1,314058599	1,355339149	1,396691856	1,438112486	1,479597584
23	0,815820597	0,814136608	0,812469214	0,810818403	0,809184161	0,807566474	0,805965328	0,804380709	0,802812605	0,801261001	0,799725883	0,798207239	0,796705055
24	0,808194015	0,806066236	0,803971562	0,801909944	0,799881329	0,797885665	0,795922903	0,793992299	0,792095876	0,79023151	0,788399841	0,786600818	0,784834393
25	0,805105097	0,802868406	0,800681039	0,798542884	0,796453828	0,794413761	0,792422571	0,790480148	0,788586382	0,786741164	0,784944385	0,783195935	0,781495707
26	0,778556581	0,774317049	0,770121936	0,765971147	0,76186459	0,757802172	0,7537838	0,749809382	0,745878826	0,741992041	0,738148936	0,73434949	0,7305934
27	0,77615278	0,771774538	0,767446017	0,763167097	0,758937663	0,754757599	0,750626787	0,746545114	0,742512463	0,73852872	0,734593772	0,730707504	0,726869805
28	0,766315766	0,761390504	0,756539315	0,751761951	0,747058163	0,742427707	0,737870338	0,733385814	0,728973891	0,724634332	0,720366897	0,716171348	0,712047451
29	0,759560659	0,754279091	0,74909073	0,743995191	0,73899209	0,734081048	0,729261688	0,724533634	0,719896515	0,715349964	0,710893612	0,706527097	0,702250057
30	0,75676938	0,751357752	0,746049421	0,740843908	0,735740743	0,730739457	0,725839585	0,721040667	0,716342246	0,711743868	0,707245084	0,702845449	0,698544519
31	0,753093124	0,747587977	0,742209575	0,73695722	0,731830224	0,7268279	0,721949574	0,717194574	0,712562237	0,708051905	0,703662928	0,699394662	0,695246467
32	0,752367905	0,746869122	0,74150493	0,73627455	0,731177213	0,726212158	0,72137863	0,716675884	0,712103182	0,707659979	0,703344995	0,699158072	0,695098315
33	1,011281344	1,050571749	1,090116944	1,129891114	1,169875153	1,210054567	1,250418117	1,290956909	1,331663779	1,372532857	1,413559261	1,454738868	1,496068155
34	0,773049066	0,768838969	0,764731744	0,760726948	0,756824141	0,753022886	0,749322751	0,745723307	0,742244128	0,738824791	0,735524878	0,732323972	0,729204014
35	0,765133754	0,760505042	0,756001187	0,751621536	0,747365443	0,743240281	0,739267944	0,73541717	0,731687338	0,728077832	0,724588043	0,721217365	0,720957862
36	0,755539373	0,750503759	0,745625333	0,740903046	0,736335863	0,731922761	0,727662728	0,723554765	0,719597887	0,715791116	0,71213349	0,708624056	0,708257612
37	0,932382899	0,971317275	1,010656861	1,050357344	1,090386925	1,130722032	1,17134468	1,21224078	1,253399038	1,294810199	1,336466532	1,378631465	1,42048932
38	1,191802989	1,235074962	1,278399875	1,321777588	1,365207961	1,408690856	1,452226135	1,495813661	1,539453297	1,583144907	1,626888356	1,67068351	1,714530233

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	53	55	57	59	61	63
	1	1	1	1	1	1
2	0,833528724	0,83329559	0,833063769	0,832833261	0,832604067	0,832376186
3	0,801906069	0,800584406	0,799271637	0,79796776	0,79667277	0,795386662
4	0,785732437	0,783883789	0,782050026	0,780231138	0,778427112	0,776637937
5	0,769733933	0,767373567	0,765034658	0,762717184	0,76042112	0,758146444
6	0,729877574	0,726270331	0,722702746	0,719174744	0,71568625	0,71223719
7	0,720917084	0,717090626	0,713312225	0,70958178	0,705899192	0,702264361

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	0,816988	0,81517	0,813373	0,811597	0,809841	0,808105	0,80639	0,804695	0,803021	0,801366	0,799732	0,798119	0,796526
24	0,808	0,805664	0,803369	0,801115	0,798901	0,796728	0,794595	0,792503	0,79045	0,788438	0,786466	0,784534	0,782641
25	0,804421	0,801968	0,799575	0,797243	0,79497	0,792758	0,790606	0,788513	0,78648	0,784507	0,782594	0,780739	0,778944
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	0,794952	0,7934	0,791867	0,790355	0,788862	0,78739

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Ζυγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	0,794504	0,792881	0,791279	0,789697	0,788135	0,786593
24	0,780049	0,77816	0,77631	0,774501	0,772732	0,771003
25	0,776316	0,774559	0,77286	0,771221	0,769641	0,76812
26	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1
23	0,794993	0,793479	0,791984	0,79051	0,789057	0,787624
24	0,780858	0,779086	0,777355	0,775664	0,774013	0,772402
25	0,777354	0,775724	0,774153	0,772641	0,771188	0,769794
26	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ.3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ ΙΜΟ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΞΑΝΤΛΗΤΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ 75 ΖΥΓΩΝ

- Σταθερό φορτίο

Μέγεθος ΜΑΠ (MW)	Αριθμός Ζυγού													
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	0,826552491	0,826413908	0,826276165	0,82613926	0,826003195	0,82586797	0,825733583	0,825600037	0,825467329	0,825335461	0,825204433	0,825074244	0,824944895	
3	0,82623453	0,825463272	0,824697183	0,823936263	0,823180514	0,8224249937	0,821684534	0,820944304	0,820209251	0,819479373	0,818754674	0,818035154	0,817320814	
4	0,826073071	0,824981233	0,823897681	0,822822419	0,82175545	0,820696776	0,819646402	0,818604329	0,817570561	0,816545101	0,815527952	0,814519117	0,813518599	
5	0,825916076	0,824512615	0,823120598	0,821740032	0,820370923	0,819013275	0,817667096	0,816332391	0,815009166	0,813697427	0,812397179	0,81110843	0,809831184	
6	0,825523694	0,823341271	0,821178041	0,819034019	0,816909221	0,814803664	0,812717363	0,810650335	0,808602595	0,806574159	0,804565045	0,802575267	0,800604843	
7	0,825414938	0,823018003	0,82064426	0,818293731	0,815966438	0,813662403	0,811381646	0,80912419	0,806890055	0,804679264	0,802491837	0,800327796	0,798187164	
8	0,825304448	0,822690334	0,820104492	0,817546957	0,815017762	0,812516942	0,810044532	0,807600565	0,805185076	0,802798099	0,800439669	0,79810982	0,795808587	
9	0,825150045	0,822234014	0,819355464	0,816514457	0,813711055	0,810945318	0,808217308	0,805527086	0,802874716	0,800260257	0,797683772	0,795145322	0,79264497	
10	0,825009369	0,821818789	0,818674789	0,815577467	0,812526919	0,809523243	0,806566533	0,803656889	0,800794406	0,797979182	0,795211314	0,792490899	0,789818035	
11	0,82490561	0,821763374	0,81858412	0,815452904	0,812369828	0,809334996	0,80634851	0,803410476	0,800520996	0,797680174	0,794888115	0,792144922	0,789450699	
12	0,824957689	0,821666686	0,818426198	0,815236341	0,812097233	0,80900899	0,805971728	0,802985565	0,800050618	0,797167004	0,794334841	0,791554246	0,788825337	
13	0,824808423	0,821228759	0,817712827	0,814260815	0,810872909	0,807549297	0,804290166	0,801095703	0,797966097	0,794901536	0,791902208	0,788968302	0,786100006	
14	0,824747454	0,821050489	0,81742347	0,813866619	0,810380157	0,806964308	0,803619293	0,800345336	0,797142659	0,794011486	0,790952041	0,787964547	0,785049229	
15	0,824709324	0,82094036	0,817247055	0,813629667	0,810088458	0,806623686	0,803235612	0,799924497	0,796690602	0,793534187	0,790455516	0,787454849	0,784532449	
16	0,824675731	0,820844515	0,817095577	0,813429226	0,809845769	0,806345516	0,802928776	0,79959586	0,796347078	0,793182741	0,790103161	0,787108648	0,784199516	
17	0,824620749	0,820691149	0,81685936	0,813125805	0,809490908	0,805955093	0,802518785	0,799182409	0,795946391	0,792811157	0,789777134	0,786844751	0,784014435	
18	0,824606735	0,820654255	0,816806504	0,813063968	0,809427133	0,805896487	0,802472516	0,799155711	0,79594656	0,792851997	0,789826968	0,7868702508	0,7840384298	
19	0,826536104	0,82636614	0,826198872	0,8260343	0,825872424	0,825713245	0,825556762	0,825402977	0,825251889	0,825103499	0,824957806	0,824814812	0,824674516	
20	0,826426818	0,826050645	0,825693665	0,825355889	0,82503733	0,824738002	0,824457918	0,82419709	0,823955531	0,823733255	0,823530275	0,823346603	0,823182252	
21	0,826404831	0,82598844	0,825596255	0,825228296	0,824884583	0,824565135	0,824269975	0,82399912	0,823752593	0,823530412	0,823332599	0,823159173	0,823010154	
22	0,826385212	0,825936515	0,825521281	0,825139545	0,824791345	0,824476719	0,824195702	0,823948333	0,823734649	0,823546582	0,823380822	0,8232287933	0,8230860543	
23	0,826120557	0,825124602	0,824138152	0,823161208	0,822193776	0,821235859	0,820287461	0,819348585	0,818419236	0,817499417	0,816589133	0,815688386	0,814797181	
24	0,825932628	0,824567497	0,823220784	0,821892504	0,820582671	0,819291298	0,8180184	0,81676399	0,815528082	0,814310691	0,81311183	0,811931513	0,810769755	
25	0,825840326	0,82429724	0,822781457	0,821293006	0,819831917	0,818398221	0,816991948	0,815613129	0,814261794	0,812937973	0,811641698	0,810372998	0,809131903	
26	0,825491031	0,823244522	0,82101886	0,818814064	0,816630152	0,814467144	0,812325059	0,810203916	0,808103735	0,806024534	0,803966333	0,80192915	0,799913006	
27	0,825448997	0,823120149	0,820814455	0,81853194	0,816272628	0,814036541	0,811823706	0,809634144	0,80746788	0,805324938	0,803205341	0,801109114	0,799036281	
28	0,825272878	0,822599477	0,819959496	0,817352984	0,814779989	0,812240540	0,809734746	0,807262595	0,804824155	0,802419474	0,800048602	0,797711586	0,795408476	
29	0,825153374	0,822246635	0,819380899	0,816556237	0,813772724	0,811030429	0,80829427	0,805669789	0,803051588	0,800474896	0,797939786	0,79544633	0,792994602	
30	0,825104884	0,822104127	0,819148337	0,816237603	0,813372012	0,810551653	0,807776613	0,805046982	0,802362848	0,799724298	0,797131423	0,794584309	0,792083047	
31	0,825015091	0,8218423	0,818724578	0,815662058	0,812654869	0,809703143	0,806807011	0,803966606	0,801182059	0,798453501	0,795781065	0,793164882	0,790605084	
32	0,824992397	0,821776853	0,818619907	0,815521706	0,812482397	0,809502129	0,80658105	0,803719307	0,800917048	0,798174422	0,795491577	0,792868662	0,790305825	
33	0,824986486	0,821762644	0,818602119	0,815505079	0,812471693	0,80950213	0,806596561	0,803755155	0,8009113034	0,798174422	0,795491577	0,792868662	0,790305825	
34	0,825307214	0,822715253	0,820173784	0,817682911	0,815242715	0,812853363	0,810514896	0,808227438	0,805991094	0,803805967	0,801672161	0,799589779	0,797558926	
35	0,825152793	0,822258774	0,819424332	0,816649615	0,81393477	0,811279945	0,80868529	0,806150952	0,80367708	0,801263822	0,798911327	0,796619744	0,794389221	
36	0,824960413	0,821691246	0,818494538	0,815370518	0,812319415	0,809341459	0,806436879	0,803605907	0,800848772	0,798165705	0,795556937	0,793022699	0,790636322	
37	0,824607406	0,820660307	0,816823366	0,813097117	0,809482095	0,805978838	0,802587883	0,799309768	0,796154032	0,792944477	0,7898159051	0,786826475	0,7839113629	
38	0,825841031	0,82430359	0,822799109	0,82132763	0,819899196	0,843330955	0,885804989	0,928361499	0,971000555	1,013722224	1,056256576	1,09941368	1,142383604	
39	0,826552491	0,826413908	0,826276165	0,82613926	0,826003195	0,82586797	0,825733583	0,825600037	0,825467329	0,825335461	0,825204433	0,825074244	0,824944895	
40	0,82623453	0,825463272	0,824697183	0,823936263	0,823180514	0,8224249937	0,821684534	0,820944304	0,820209251	0,819479373	0,818754674	0,818035154	0,817320814	
41	0,826073071	0,824981233	0,823897681	0,822822419	0,82175545	0,820696776	0,819646402	0,818604329	0,817570561	0,816545101	0,815527952	0,814519117	0,813518599	
42	0,825916076	0,824512615	0,823120598	0,821740032	0,820370923	0,819013275	0,817667096	0,816332391	0,815009166	0,813697427	0,812397179	0,81110843	0,809831184	

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) / Αριθμός Συγού	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
43	0,825523694	0,823341271	0,821178041	0,819034019	0,816909221	0,814803664	0,812717363	0,810650335	0,808602595	0,806574159	0,804565045	0,802575267	0,800604843
44	0,825514938	0,823018003	0,82064426	0,818293731	0,815966438	0,813662403	0,811381646	0,80912419	0,806890055	0,804679264	0,802491837	0,800327796	0,798187164
45	0,825304448	0,822690334	0,820104492	0,817546957	0,815017762	0,812516942	0,810044532	0,807600565	0,805185076	0,802798099	0,800439669	0,79810982	0,795808587
46	0,825150045	0,822234014	0,819355464	0,816514457	0,813711055	0,810945318	0,808217308	0,805527086	0,802874716	0,800260257	0,797683772	0,795145322	0,79264497
47	0,825009369	0,821818789	0,818674789	0,815577467	0,812526919	0,809523243	0,806566533	0,803656889	0,800794406	0,797979182	0,795211314	0,792490899	0,789818035
48	0,82490561	0,821763374	0,81858412	0,815452904	0,812369828	0,809334996	0,80634851	0,803410476	0,800520996	0,797680174	0,794888115	0,792144922	0,789450699
49	0,824957689	0,821666686	0,818426198	0,815236341	0,812097233	0,80900899	0,805971728	0,802985565	0,800050618	0,797167004	0,794334841	0,791554246	0,788825337
50	0,824808423	0,821228759	0,817712827	0,814260815	0,810872909	0,807549297	0,804290166	0,801095703	0,797966097	0,794901536	0,791902208	0,788968302	0,786100006
51	0,824747454	0,821050489	0,81742347	0,813866619	0,810380157	0,806964308	0,803619293	0,800345336	0,797142659	0,794011486	0,790952041	0,787964547	0,785049229
52	0,824709324	0,82094036	0,817247055	0,813629667	0,810088458	0,806623686	0,803235612	0,799924497	0,796690602	0,793534187	0,790455516	0,787454849	0,784532449
53	0,824675731	0,820844515	0,817095577	0,813429226	0,809845769	0,806345516	0,802928776	0,79959586	0,796347078	0,793182741	0,790103161	0,787108648	0,784199516
54	0,824620749	0,820691149	0,81685936	0,813125805	0,809490908	0,805955093	0,802518785	0,799182409	0,795946391	0,792811157	0,789777134	0,786844751	0,784014435
55	0,824606735	0,820654255	0,816806504	0,813063968	0,809427133	0,805896487	0,802472516	0,799155711	0,79594656	0,792851997	0,832629686	0,807201508	0,908384298
56	0,826536104	0,82636614	0,826198872	0,8260343	0,825872424	0,825713245	0,82556762	0,825402977	0,825251889	0,825103499	0,824957806	0,824814812	0,824674516
57	0,826426818	0,826050645	0,825693665	0,825355889	0,82503733	0,824738002	0,824457918	0,82419709	0,823955531	0,823733255	0,823530275	0,823346603	0,823182252
58	0,826404831	0,82598844	0,825596255	0,825228296	0,824884583	0,824565135	0,824269975	0,82399912	0,823752593	0,823530412	0,823332599	0,823159173	0,823010154
59	0,826385212	0,825936515	0,825521281	0,825139545	0,824791345	0,824476719	0,824195702	0,823948333	0,823734469	0,823530822	0,823330822	0,823159173	0,823010154
60	0,826120557	0,825124602	0,824138152	0,823161208	0,822193776	0,821235859	0,820287461	0,819348585	0,818419236	0,817499417	0,816589133	0,815688386	0,814797181
61	0,825932628	0,824567497	0,823220784	0,821892504	0,820582671	0,819291298	0,8180184	0,81676399	0,815528082	0,814310691	0,81311183	0,811931513	0,810769755
62	0,825840326	0,82429724	0,822781457	0,821293006	0,819831917	0,818398221	0,816991948	0,815613129	0,814261794	0,812937973	0,811641698	0,810372998	0,809131903
63	0,825491031	0,823244522	0,82101886	0,818814064	0,816630152	0,814467144	0,812325059	0,810203916	0,808103735	0,806024534	0,803966333	0,80192915	0,799913006
64	0,825448997	0,823120149	0,820814455	0,81853194	0,816272628	0,814036541	0,811823706	0,809634144	0,80746788	0,805324938	0,803205341	0,801109114	0,799036281
65	0,825272878	0,822599477	0,819959496	0,817352984	0,814779989	0,812240561	0,809734746	0,807262595	0,804824155	0,802419474	0,800048602	0,797711586	0,795408476
66	0,825153374	0,82246635	0,819380899	0,81656237	0,813772724	0,811030429	0,808329427	0,805669789	0,803051588	0,800474896	0,797939786	0,79544633	0,792994602
67	0,825104884	0,822104127	0,819148337	0,816237603	0,813372012	0,810551653	0,807776613	0,805046982	0,802362848	0,799724298	0,797131423	0,794584309	0,792083047
68	0,825015091	0,8218423	0,818724578	0,815662058	0,812654869	0,809703143	0,806807011	0,803966606	0,801182059	0,798453501	0,795781065	0,793164882	0,790605084
69	0,824992397	0,821776853	0,818619907	0,815521706	0,812482397	0,809502129	0,80658105	0,803719307	0,800917048	0,798174422	0,795491577	0,792868662	0,790305825
70	0,824986486	0,821762644	0,818602119	0,815505079	0,812471693	0,80950213	0,806596561	0,803755155	0,80113034	0,800204094	0,798787541	0,795987022	0,79445462
71	0,825307214	0,822715253	0,820173784	0,817682911	0,815242735	0,812853363	0,810514896	0,808227438	0,805991094	0,803805967	0,801672161	0,799589779	0,797558926
72	0,825152793	0,822258774	0,819424332	0,816649615	0,81393477	0,811279945	0,80868529	0,806150952	0,80367708	0,801263822	0,798911327	0,796619744	0,794389221
73	0,824960413	0,821691246	0,818494538	0,815370518	0,812319415	0,809341459	0,806436879	0,803605907	0,800848772	0,798165705	0,795556937	0,793022699	0,790563222
74	0,824607406	0,820660307	0,816823366	0,813097117	0,809482095	0,805978838	0,802587883	0,799309768	0,796145032	0,796294477	0,833159051	0,807826475	0,909113629
75	0,825841031	0,82430359	0,822799109	0,82132763	0,819889196	0,843330955	0,885804989	0,928361499	0,971000555	1,013722224	1,056526576	1,09941368	1,142383604

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) / Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,824816385	0,824688715	0,824561884	0,824435893	0,824310742	0,824186431	0,824062959	0,823940327	0,823818535	0,823697583	0,82357747	0,823458198	0,823339765
3	0,816611655	0,815907679	0,815208887	0,814515279	0,813826857	0,813143623	0,812465576	0,81179272	0,811125053	0,810462579	0,809805298	0,80915321	0,808506318
4	0,812526401	0,811542527	0,810566978	0,809599759	0,808640872	0,807690322	0,806748107	0,805814235	0,804888708	0,803971528	0,803062699	0,802162223	0,801271014
5	0,808565447	0,807311226	0,806068526	0,804837354	0,803617714	0,802409614	0,801213059	0,800028054	0,798854607	0,797692722	0,796542406	0,795403664	0,794276503
6	0,798653787	0,796722117	0,794809848	0,792916997	0,791043579	0,789189611	0,787355109	0,785540089	0,783744567	0,781968559	0,780212082	0,778475152	0,776757785
7	0,79606996	0,793976208	0,791905927	0,789859141	0,78783587	0,785836135	0,783859959	0,781907363	0,779978369	0,778072998	0,776191271	0,774333211	0,772498838
8	0,793536003	0,791292103	0,789076923	0,786890495	0,784732855	0,782604037	0,780500476	0,778433005	0,7763990861	0,774377676	0,772393486	0,770438326	0,768512229
9	0,790182776	0,787758804	0,785373114	0,783025769	0,780716831	0,778446361	0,776214422	0,774021075	0,771866384	0,769750409	0,767673214	0,76563486	0,76363541
10	0,787192818	0,784615347	0,782085719	0,77964032	0,777170382	0,774784869	0,77244759	0,770158642	0,767918125	0,765726135	0,763582771	0,761488132	0,759442316
11	0,786805551	0,784209581	0,781662894	0,779165595	0,776717788	0,774319578	0,771971069	0,769672366	0,767423574	0,765224799	0,763076144	0,760977715	0,758929617
12	0,786148231	0,783523046	0,780949901	0,778428913	0,77596602	0,773543881	0,771180074	0,768868898	0,766610471	0,764404913	0,762252341	0,760152874	0,758106633
13	0,783297509	0,780561001	0,777890672	0,775286711	0,772749307	0,770278652	0,767874935	0,765538347	0,763269078	0,761067321	0,758933265	0,756867102	0,754869024

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Συγού																			
	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51							
14	0,782206311	0,779436018	0,776738575	0,774114207	0,77156314	0,769085599	0,766681811	0,764352001	0,762096396	0,759915222	0,757808707	0,755777077	0,75382056							
15	0,781688579	0,778923502	0,776237481	0,773630779	0,771103662	0,768656392	0,766289234	0,764002453	0,761796315	0,759671084	0,757627026	0,755664407	0,75383493							
16	0,781376078	0,778638645	0,775987532	0,773423052	0,77094552	0,768555525	0,766252558	0,764037758	0,761911167	0,7598731	0,769858597	0,784682354	0,799718103							
17	0,781286615	0,778661719	0,776140178	0,773722422	0,77140888	0,769199985	0,767096167	0,772512557	0,787520261	0,802733485	0,818145532	0,833751342	0,849547055							
18	0,947071626	0,986197859	1,025720554	1,065611191	1,105850008	1,14642296	1,187319866	1,228533219	1,270057424	1,311888268	1,354022567	1,396457906	1,439192463							
19	0,824536919	0,82440202	0,824269821	0,824140322	0,824013522	0,823889422	0,823768022	0,823649323	0,823533325	0,823420028	0,823309432	0,823201537	0,823096345							
20	0,823037236	0,822911567	0,822805259	0,822718324	0,822650776	0,822602626	0,82257389	0,822564578	0,822547075	0,822604283	0,822653326	0,822721846	0,822809857							
21	0,822885564	0,822785421	0,822709747	0,822658561	0,822631884	0,822923835	0,849387504	0,869816017	0,890472416	0,911318701	0,93232629	0,953473333	0,974742863							
22	0,986493307	1,026903396	1,067536644	1,108356221	1,149336257	1,190458071	1,231707849	1,273075165	1,314552008	1,356132128	1,397810576	1,439583389	1,481447359							
23	0,813915522	0,813043413	0,812180856	0,811327857	0,810484418	0,809650544	0,808826239	0,808011506	0,807206349	0,806410772	0,805624779	0,804848374	0,80408156							
24	0,809626568	0,808501967	0,807395967	0,80630858	0,805239822	0,804189705	0,803158245	0,802145454	0,801151347	0,800175938	0,79921924	0,798281269	0,797362037							
25	0,807918446	0,806732654	0,805574561	0,804441195	0,803341587	0,802266769	0,801219769	0,80020062	0,799209352	0,798245994	0,797310578	0,796403135	0,795523695							
26	0,797917918	0,795943907	0,793990992	0,792059191	0,790148525	0,788259011	0,78639067	0,784543521	0,782717583	0,780912875	0,779129416	0,777367226	0,775626324							
27	0,796986865	0,794960891	0,792958382	0,790979362	0,789023855	0,787091886	0,785183478	0,783298655	0,781437442	0,779599862	0,777785939	0,775995698	0,774229162							
28	0,79313932	0,790904167	0,788703065	0,786536063	0,78440321	0,782304555	0,780240146	0,778210032	0,776214262	0,774252885	0,772325949	0,770433505	0,768575599							
29	0,790584673	0,788216617	0,785890506	0,783606414	0,781364413	0,779164575	0,777006975	0,774891685	0,772818778	0,770788327	0,768800406	0,766855087	0,764952444							
30	0,789627725	0,787218432	0,784855256	0,782538287	0,780267614	0,778043326	0,775865513	0,773734262	0,771649664	0,769611809	0,767620785	0,765676682	0,763779589							
31	0,788101805	0,785655176	0,783265329	0,780932398	0,778656515	0,776437813	0,774276424	0,772172483	0,77012612	0,768137471	0,766206669	0,764333846	0,762519136							
32	0,787803215	0,785360982	0,782979274	0,78065824	0,77839803	0,776198793	0,774060678	0,771983836	0,769968416	0,768014568	0,766122442	0,764292188	0,762523955							
33	1,013224835	1,052262261	1,091542568	1,131048525	1,170776222	1,21069058	1,250810393	1,29112169	1,331620299	1,372302947	1,413167037	1,454210501	1,495431675							
34	0,795579706	0,793652222	0,79177658	0,789952882	0,788181233	0,786461738	0,784794501	0,783179625	0,781671216	0,780107378	0,778650215	0,777245833	0,775947809							
35	0,792219909	0,790111955	0,78806551	0,786080722	0,784157741	0,782296716	0,780497796	0,778761133	0,777086875	0,775475172	0,773926175	0,772440032	0,772278755							
36	0,788178739	0,785869481	0,78363568	0,781477569	0,77939538	0,777389346	0,7754597	0,773606676	0,771830506	0,770131425	0,768509667	0,766965466	0,765994989							
37	0,947914113	0,987162322	1,026815845	1,066846199	1,107233656	1,147964214	1,189027727	1,230416733	1,272125677	1,314150389	1,356487727	1,399135319	1,442091388							
38	1,185436418	1,22857219	1,27179099	1,315092885	1,358477946	1,40194624	1,445497836	1,489132804	1,532851212	1,576653128	1,620538622	1,664507762	1,708560618							
39	0,824816385	0,824688715	0,824561884	0,824435893	0,824317042	0,824186431	0,824062959	0,823943207	0,823818535	0,823697583	0,823577427	0,823458198	0,823339765							
40	0,816611655	0,815907679	0,815208887	0,814515279	0,813826857	0,813143623	0,812465576	0,81179272	0,811125053	0,810462579	0,809805298	0,80915321	0,808506318							
41	0,812526401	0,811542527	0,810566978	0,809599759	0,808640872	0,80769032	0,806748107	0,805814235	0,804888708	0,803971528	0,803062699	0,802162223	0,801270104							
42	0,808565447	0,807311226	0,806068526	0,804837354	0,803617714	0,802409614	0,801213059	0,800028054	0,798854607	0,797697272	0,796542406	0,795403664	0,794276503							
43	0,798653787	0,796722117	0,794809848	0,792916997	0,791043579	0,789189611	0,7873355109	0,785540089	0,783744567	0,781968559	0,780212082	0,778475152	0,776757785							
44	0,79606996	0,793976208	0,791905927	0,789859141	0,78783587	0,785836135	0,783859959	0,781907363	0,779978369	0,778072998	0,776191271	0,774333211	0,772498838							
45	0,793536003	0,791292103	0,789076923	0,786890495	0,784732855	0,782604037	0,780504076	0,778433005	0,776390861	0,774377676	0,772393486	0,770438326	0,768512229							
46	0,790182776	0,787758804	0,785373114	0,783025769	0,780716831	0,778446361	0,776214422	0,774021075	0,771866384	0,769750409	0,767673214	0,76563486	0,76363541							
47	0,787192818	0,784615347	0,782085719	0,77964032	0,777170382	0,774784869	0,77244759	0,770158642	0,767918125	0,765726135	0,763582771	0,761488132	0,759442316							
48	0,786805551	0,784209581	0,781662894	0,779165595	0,776717788	0,774319578	0,771971069	0,769672366	0,767423574	0,765224799	0,763076144	0,760977715	0,758929617							
49	0,786148231	0,783523046	0,780949901	0,778428913	0,77596602	0,773543881	0,771180074	0,768868898	0,766610471	0,764404913	0,762252341	0,760152874	0,758106633							
50	0,783297509	0,780561001	0,777890672	0,775286711	0,772749307	0,770278652	0,767874935	0,765538347	0,763269078	0,761067321	0,758933265	0,756867102	0,754869024							
51	0,782206311	0,779436018	0,776738575	0,774114207	0,77156314	0,769085599	0,766681811	0,764352001	0,762096396	0,759915222	0,757808707	0,755777077	0,75382056							
52	0,781688579	0,778923502	0,776237481	0,773630779	0,771103662	0,768656392	0,766289234	0,764002453	0,761796315	0,759671084	0,757627026	0,755664407	0,75383493							
53	0,781376078	0,778638645	0,775987532	0,773423052	0,77094552	0,768555525	0,766252558	0,764037758	0,761911167	0,7598731	0,769858597	0,784682354	0,799718103							
54	0,781286615	0,778661719	0,776140178	0,773722422	0,77140888	0,769199985	0,767096167	0,772512557	0,787520261	0,802733485	0,818145532	0,833751342	0,849547055							
55	0,947071626	0,986197859	1,025720554	1,065611191	1,105850008	1,14642296	1,187319866	1,228533219	1,270057424	1,311888268	1,354022567	1,396457906	1,439192463							
56	0,824536919	0,82440202	0,824269821	0,824140322	0,824013522	0,823889422	0,823768022	0,823649323	0,823533325	0,823420028	0,823309432	0,823201537	0,823096345							
57	0,823037236	0,822911567	0,822805259	0,822718324	0,822650776	0,822602626	0,82257389	0,822564578	0,822547075	0,822604283	0,822653326	0,822721846	0,822809857							
58	0,822885564	0,822785421	0,822709747	0,822658561	0,822631884	0,822923835	0,849387504	0,869816017	0,890472416	0,911318701	0,93232629	0,953473333	0,974742863							
59	0,986493307	1,026903396	1,067536644	1,108356221	1,149336257	1,190458071	1,231707849	1,273075165	1,314552008	1,356132128	1,397810576	1,439583389	1,481447359							
60	0,813915522	0,813043413	0,812180856	0,811327857	0,810484418	0,809650544	0,808826239	0,808011506	0,807206349	0,806410772	0,805624779	0,804848374	0,80408156							
61	0,809626568	0,808501967	0,807395967	0,80630858	0,805239822	0,804189705	0,803158245	0,802145454	0,801151347	0,800175938	0,79921924	0,798281269	0,797362037							
62	0,807918446	0,806732654	0,805574561	0,804441195	0,803341587	0,802266769	0,801219769	0,80020062	0,799209352	0,798245994	0,797310578	0,796403135	0,795523695							
63	0,797917918	0,795943907	0,793990992	0,792059191	0,790148525	0,788259011	0,78639067	0,784543521	0,782717583	0,780912875	0,779129416	0,777367226	0,775626324							
64	0,796986865	0,794960891	0,792958382	0,790979362	0,789023855	0,787091886	0,785183478	0,783298655	0,781437442	0,779599862	0,777785939	0,775995698	0,774229162							
65	0,79313932	0,790904167	0,788703065	0,786536063	0,78440321	0,782304555	0,780240146	0,778210032	0,776214262	0,774252885	0,772325949	0,770433505	0,768575599							
66	0,790584673	0,788216617	0,785890506	0,783606414	0,781364413	0,779164575	0,777006975	0,774891685	0,772818778	0,770788327	0,768800406	0,766855087	0,764952444							
67	0,789627725	0,787218432	0,784855256	0,782538287	0,780267614	0,778043326	0,775865513	0,773734262	0,771649664	0,7696118										

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
69	0,787803215	0,785360982	0,782979274	0,78065824	0,77839803	0,776198793	0,774060678	0,771983836	0,769968416	0,768014568	0,766122442	0,764292188	0,762523955
70	1,013224835	1,052262261	1,091542568	1,131048525	1,170767622	1,21069058	1,250810393	1,29112169	1,331620299	1,372302947	1,413167037	1,454210501	1,495431675
71	0,795579706	0,793652222	0,79177658	0,789952882	0,788181233	0,786461738	0,784794501	0,783179625	0,781617216	0,780107378	0,778650215	0,777245833	0,775947809
72	0,792219909	0,790111955	0,78806551	0,786080722	0,784157741	0,782296716	0,780497796	0,778761133	0,777086875	0,775475172	0,773926175	0,772440032	0,7712278755
73	0,788178739	0,785869481	0,78363568	0,781477569	0,77939538	0,777389346	0,7754597	0,773606676	0,771830506	0,770131425	0,768509667	0,766965466	0,76599489
74	0,947914113	0,987162322	1,026815845	1,066846199	1,107233656	1,147964214	1,189027727	1,230416733	1,272125677	1,314150389	1,356487727	1,399135319	1,442091388
75	1,185436418	1,22857219	1,27179099	1,315092885	1,358477946	1,40194624	1,445497836	1,489132804	1,532851212	1,576653128	1,620538622	1,664507762	1,708560618

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	0,823222173	0,82310542	0,822989508	0,822874435	0,822760203	0,82264681
3	0,807864623	0,807228125	0,806596825	0,805970726	0,805349828	0,804734132
4	0,800386344	0,799510947	0,798643916	0,797785254	0,796934964	0,796093049
5	0,793160928	0,792056946	0,790964562	0,789883782	0,788814612	0,787757058
6	0,775059997	0,773381804	0,771723223	0,770084269	0,76846496	0,76686531
7	0,770688175	0,768901242	0,767138062	0,765398656	0,763683046	0,761991253
8	0,766615231	0,764747366	0,762908669	0,761099174	0,759318916	0,75756793
9	0,761674926	0,75975347	0,757871104	0,756027892	0,754223895	0,752459176
10	0,75744542	0,755497544	0,753598786	0,751749244	0,749949017	0,748198205
11	0,756931957	0,754984838	0,753088366	0,751242648	0,749447787	0,747703892
12	0,756113736	0,754174301	0,75228845	0,7504563	0,748677972	0,746953585
13	0,752939222	0,751077889	0,749285216	0,747561396	0,745906622	0,744321085
14	0,751939384	0,750133775	0,748403963	0,746750175	0,74517264	0,743671586
15	0,75198455	0,750267846	0,752849394	0,765316816	0,777958096	0,790765801
16	0,814954062	0,830381134	0,845992218	0,861781709	0,87774515	0,89387897
17	0,865529701	0,88166699	0,898047152	0,914578821	0,931290949	0,948182744
18	1,482224873	1,525554131	1,569179514	1,613100528	1,657316864	1,70182836
19	0,822993855	0,822894067	0,822796981	0,822702599	0,82261092	0,822521944
20	0,82291737	0,823044401	0,82319096	0,823357062	0,823542719	0,823747945
21	0,996121528	1,017598688	1,039165769	1,060815788	1,082543007	1,104342669
22	1,523399857	1,565438719	1,607562142	1,649768615	1,692056865	1,734425812
23	0,803324342	0,802576723	0,801838706	0,801110297	0,800391498	0,799682313
24	0,796461559	0,795579849	0,794716921	0,793872789	0,793047467	0,792240969
25	0,794672288	0,793848945	0,793053698	0,792286575	0,791547609	0,79083683
26	0,773906729	0,772208461	0,770531539	0,768875982	0,76724181	0,765629041
27	0,772486356	0,770767303	0,769072028	0,767400555	0,765752908	0,764129111
28	0,766752283	0,764963604	0,763209612	0,761490355	0,759805883	0,758156245
29	0,763092551	0,761275479	0,759501304	0,757770098	0,756081934	0,754436887
30	0,761929597	0,760126795	0,758371273	0,75666312	0,755002426	0,753389282
31	0,760762673	0,75906459	0,757425022	0,755844102	0,754321963	0,752858741
32	0,760817896	0,759174159	0,757592896	0,756074256	0,754618391	0,753225451
33	1,536829222	1,578402059	1,620149311	1,662070273	1,704164374	1,746431161
34	0,78533418	0,792785483	0,800301826	0,80788332	0,815530074	0,823242197
35	0,779615422	0,787030503	0,794524155	0,802096539	0,809747813	0,817478137
36	0,77334011	0,78078385	0,788326363	0,795967902	0,803708724	0,811549081
37	1,485354609	1,528924021	1,572798944	1,616978927	1,661463701	1,70625315
38	1,752697256	1,796917747	1,841222159	1,88561056	1,93008302	1,974639606
39	0,823222173	0,82310542	0,822989508	0,822874435	0,822760203	0,82264681

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγού	53	55	57	59	61	63
40	0,807864623	0,807228125	0,806596825	0,805970726	0,805349828	0,804734132
41	0,800386344	0,799510947	0,798643916	0,797785254	0,796934964	0,796093049
42	0,793160928	0,792056946	0,790964562	0,789883782	0,788814612	0,787757058
43	0,775059997	0,773381804	0,771723223	0,770084269	0,76846496	0,76686531
44	0,770688175	0,768901242	0,767138062	0,765398656	0,763683046	0,761991253
45	0,766615231	0,764747366	0,762908669	0,761099174	0,759318916	0,75756793
46	0,761674926	0,75975347	0,757871104	0,756027892	0,754223895	0,752459176
47	0,75744542	0,755497544	0,753598786	0,751749244	0,749949017	0,748198205
48	0,756931957	0,754984838	0,753088366	0,751242648	0,749447787	0,747703892
49	0,756113736	0,754174301	0,75228845	0,7504563	0,748677972	0,746953585
50	0,752939222	0,751077889	0,749285216	0,747561396	0,745906622	0,744321085
51	0,751939384	0,750133775	0,748403963	0,746750175	0,74517264	0,743671586
52	0,75198455	0,750267846	0,752849394	0,765316816	0,777958096	0,790765801
53	0,814954062	0,830381134	0,845992218	0,861781709	0,87774515	0,89387897
54	0,865529701	0,88169699	0,898047152	0,914578821	0,931290949	0,948182744
55	1,482224873	1,525554131	1,569179514	1,613100528	1,657316864	1,70182836
56	0,822993855	0,822894067	0,822796981	0,822702599	0,82261092	0,822521944
57	0,82291737	0,823044401	0,82319096	0,823357062	0,823542719	0,823747945
58	0,996121528	1,017598688	1,039165769	1,060815788	1,082543007	1,104342669
59	1,523399857	1,565438719	1,607562142	1,649768615	1,692056865	1,734425812
60	0,803324342	0,802576723	0,801838706	0,801110297	0,800391498	0,799682313
61	0,796461559	0,795579849	0,794716921	0,793872789	0,793047467	0,792240969
62	0,794672288	0,793848945	0,793053698	0,792286575	0,791547609	0,79083683
63	0,773906729	0,772208461	0,770531539	0,768875982	0,76724181	0,765629041
64	0,772486356	0,770767303	0,769072028	0,767400555	0,765752908	0,764129111
65	0,766752283	0,764963604	0,763209612	0,761490355	0,759805883	0,758156245
66	0,763092551	0,761275479	0,759501304	0,757770098	0,756081934	0,754436887
67	0,761929597	0,760126795	0,758371273	0,75666312	0,755002426	0,753389282
68	0,760762673	0,75906459	0,757425022	0,755844102	0,754321963	0,752858741
69	0,760817896	0,759174159	0,757592896	0,756074256	0,754618391	0,753225451
70	1,536829222	1,578402059	1,620149311	1,662070273	1,704164374	1,746431161
71	0,78533418	0,792785483	0,800301826	0,80788332	0,815530074	0,823242197
72	0,779615422	0,787030503	0,794524155	0,802096539	0,809747813	0,817478137
73	0,77334011	0,78078385	0,788326363	0,795967902	0,803708724	0,811549081
74	1,485354609	1,528924021	1,572798944	1,616978927	1,661463701	1,70625315
75	1,752697256	1,796917747	1,841222159	1,88561056	1,93008302	1,974639606

- Οικιακό φορτίο

Μέγεθος ΜΑΠ (MW)	Αριθμός Συγού													
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	0.828798	0.828656	0.828515	0.828374	0.828235	0.828096	0.827958	0.827821	0.827685	0.827549	0.827415	0.827281	0.827148	
3	0.828462	0.827652	0.826847	0.826048	0.825254	0.824466	0.823683	0.822906	0.822134	0.821368	0.820608	0.819852	0.819103	
4	0.828286	0.827127	0.825976	0.824835	0.823703	0.822558	0.821467	0.820362	0.819267	0.818181	0.817104	0.816036	0.814977	
5	0.828111	0.826605	0.825111	0.823631	0.822164	0.82071	0.819269	0.817842	0.816427	0.815026	0.813637	0.812262	0.8109	
6	0.82766	0.82526	0.822884	0.820532	0.818204	0.8159	0.813621	0.811365	0.809133	0.806924	0.80474	0.802579	0.800443	
7	0.827536	0.82489	0.822274	0.819687	0.817129	0.8146	0.812101	0.809631	0.807189	0.804777	0.802394	0.800039	0.797714	
8	0.827402	0.824493	0.821622	0.818787	0.815989	0.813227	0.810502	0.807814	0.805161	0.802545	0.799965	0.797421	0.794913	
9	0.827213	0.823938	0.820713	0.817538	0.814413	0.811338	0.808313	0.805337	0.80241	0.799532	0.796704	0.793924	0.791193	
10	0.827038	0.823423	0.819873	0.816387	0.812964	0.809605	0.806309	0.803076	0.799905	0.796797	0.793751	0.790767	0.787845	
11	0.827014	0.823353	0.819759	0.81623	0.812768	0.809371	0.806039	0.802772	0.799571	0.796433	0.79336	0.79035	0.787405	
12	0.826972	0.82323	0.819558	0.815957	0.812426	0.808964	0.805572	0.802249	0.798994	0.795808	0.79269	0.789639	0.786656	
13	0.826782	0.822676	0.818662	0.814738	0.810905	0.807162	0.803509	0.799944	0.796468	0.793079	0.789778	0.786563	0.783435	
14	0.826705	0.822452	0.8183	0.814249	0.810297	0.806445	0.802692	0.799037	0.795478	0.792017	0.788652	0.785383	0.782208	
15	0.826656	0.822312	0.818078	0.813953	0.809937	0.806029	0.802227	0.798532	0.794942	0.791457	0.788077	0.784799	0.781625	
16	0.826612	0.822189	0.817886	0.813702	0.809636	0.805688	0.801857	0.798141	0.79454	0.791054	0.787678	0.784419	0.781269	
17	0.826542	0.821995	0.817591	0.813329	0.809207	0.805224	0.801379	0.79767	0.794097	0.790659	0.787354	0.784182	0.78114	
18	0.826524	0.821948	0.817525	0.813254	0.809133	0.805161	0.801336	0.797657	0.794123	0.821996	0.862415	0.903351	0.944669	
19	0.828782	0.828609	0.828438	0.828271	0.828106	0.827943	0.827784	0.827626	0.827472	0.82732	0.827171	0.827025	0.826881	
20	0.828673	0.828295	0.827937	0.827597	0.827278	0.826977	0.826695	0.826433	0.82619	0.825966	0.825762	0.825576	0.82541	
21	0.828651	0.828233	0.827874	0.82747	0.827126	0.826805	0.826509	0.826238	0.82599	0.825767	0.825568	0.825393	0.825242	
22	0.828632	0.828181	0.827765	0.827382	0.827033	0.826718	0.826437	0.826189	0.825974	0.825791	0.825634	0.825493	0.825358	
23	0.828346	0.827307	0.826279	0.82526	0.824252	0.823255	0.822267	0.82129	0.820324	0.819367	0.818421	0.817485	0.816559	
24	0.828146	0.826715	0.825305	0.823916	0.822547	0.821198	0.819871	0.818563	0.817277	0.81601	0.814765	0.813539	0.812334	
25	0.828047	0.826424	0.824833	0.823272	0.821743	0.820244	0.818776	0.81734	0.815933	0.814558	0.813213	0.811898	0.810614	
26	0.827621	0.825144	0.822694	0.82027	0.817872	0.815501	0.813156	0.810837	0.808544	0.806277	0.804036	0.801822	0.799633	
27	0.82757	0.824994	0.822448	0.819931	0.817444	0.814986	0.812557	0.810158	0.807788	0.805448	0.803136	0.800854	0.7986	
28	0.827353	0.824354	0.821399	0.818488	0.815622	0.8128	0.810021	0.807287	0.804596	0.801948	0.799344	0.796784	0.794266	
29	0.827201	0.823907	0.820668	0.817485	0.814359	0.811287	0.808271	0.80531	0.802405	0.799553	0.796757	0.794014	0.791326	
30	0.827138	0.823721	0.820367	0.817075	0.813845	0.810676	0.807569	0.804524	0.801539	0.798615	0.795751	0.792947	0.790204	
31	0.827025	0.823395	0.819842	0.816365	0.812966	0.809643	0.806395	0.803223	0.800127	0.797105	0.794157	0.791284	0.788484	
32	0.826997	0.823313	0.819712	0.816193	0.812756	0.8094	0.806125	0.80293	0.799815	0.796779	0.793823	0.790945	0.788146	
33	0.826989	0.823296	0.819691	0.816174	0.812746	0.809404	0.80615	0.802996	0.849415	0.890432	0.931856	0.973577	1.015529	
34	0.827405	0.824524	0.821708	0.818955	0.816266	0.813641	0.811078	0.808579	0.806142	0.803768	0.801455	0.799205	0.797016	
35	0.827217	0.82397	0.820801	0.81771	0.814696	0.811759	0.808899	0.806116	0.803408	0.800775	0.798218	0.795736	0.793328	
36	0.826975	0.823262	0.819648	0.816133	0.812715	0.809395	0.806172	0.803045	0.800013	0.797076	0.794234	0.791486	0.78883	
37	0.826525	0.821957	0.817549	0.8133	0.809208	0.805272	0.801491	0.797862	0.794384	0.822126	0.862555	0.903502	0.944832	
38	0.828047	0.826431	0.824852	0.823311	0.821806	0.820306	0.818817	0.81734	0.815933	0.814558	0.813213	0.811898	0.810614	
39	0.828798	0.828656	0.828515	0.828374	0.828235	0.828096	0.827958	0.827821	0.827685	0.827549	0.827415	0.827281	0.827148	
40	0.828462	0.827652	0.826847	0.826048	0.825254	0.824466	0.823683	0.822906	0.822134	0.821368	0.820608	0.819852	0.819103	
41	0.828286	0.827127	0.825976	0.824835	0.823703	0.822558	0.821467	0.820362	0.819267	0.818181	0.817104	0.816036	0.814977	
42	0.828111	0.826605	0.825111	0.823631	0.822164	0.82071	0.819269	0.817842	0.816427	0.815026	0.813637	0.812262	0.8109	
43	0.82766	0.82526	0.822884	0.820532	0.818204	0.8159	0.813621	0.811365	0.809133	0.806924	0.80474	0.802579	0.800443	
44	0.827536	0.82489	0.822274	0.819687	0.817129	0.8146	0.812101	0.809631	0.807189	0.804777	0.802394	0.800039	0.797714	
45	0.827402	0.824493	0.821622	0.818787	0.815989	0.813227	0.810502	0.807814	0.805161	0.802545	0.799965	0.797421	0.794913	
46	0.827213	0.823938	0.820713	0.817538	0.814413	0.811338	0.808313	0.805337	0.80241	0.799532	0.796704	0.793924	0.791193	
47	0.827038	0.823423	0.819873	0.816387	0.812964	0.809605	0.806309	0.803076	0.799905	0.796797	0.793751	0.790767	0.787845	
48	0.827014	0.823353	0.819759	0.81623	0.812768	0.809371	0.806039	0.802772	0.799571	0.796433	0.79336	0.79035	0.787405	
49	0.826972	0.82323	0.819558	0.815957	0.812426	0.808964	0.805572	0.802249	0.798994	0.795808	0.79269	0.789639	0.786656	
50	0.826782	0.822676	0.818662	0.814738	0.810905	0.807162	0.803509	0.799944	0.796468	0.793079	0.789778	0.786563	0.783435	
51	0.826705	0.822452	0.8183	0.814249	0.810297	0.806445	0.802692	0.799037	0.795478	0.792017	0.788652	0.785383	0.782208	

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγού	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
52	0,826656	0,822312	0,818078	0,813953	0,809937	0,806029	0,802227	0,798532	0,794942	0,791457	0,788077	0,784799	0,781625
53	0,826612	0,822189	0,817886	0,813702	0,809636	0,805688	0,801857	0,798141	0,79454	0,791054	0,78768	0,784419	0,781269
54	0,826542	0,821995	0,817591	0,813329	0,809207	0,805224	0,801379	0,79767	0,794097	0,790659	0,787354	0,784182	0,78114
55	0,826524	0,821948	0,817525	0,813254	0,809133	0,805161	0,801336	0,797657	0,794123	0,821996	0,862415	0,903351	0,944669
56	0,828782	0,828609	0,828438	0,828271	0,828106	0,827943	0,827784	0,827626	0,827472	0,82732	0,827171	0,827025	0,826881
57	0,828673	0,828295	0,827937	0,827597	0,827278	0,826977	0,826695	0,826433	0,82619	0,825966	0,825762	0,825576	0,82541
58	0,828651	0,828233	0,82784	0,82747	0,827126	0,826805	0,826509	0,826238	0,82599	0,825767	0,825568	0,825393	0,825242
59	0,828632	0,828181	0,827765	0,827382	0,827033	0,826718	0,826437	0,826189	0,825974	0,830921	0,869634	0,909003	0,94881
60	0,828346	0,827307	0,826279	0,82526	0,824252	0,823255	0,822267	0,82129	0,820324	0,819367	0,818421	0,817485	0,816559
61	0,828146	0,826715	0,825305	0,823916	0,822547	0,821198	0,819871	0,818563	0,817277	0,81601	0,814765	0,813539	0,812334
62	0,828047	0,826424	0,824833	0,823272	0,821743	0,820244	0,818776	0,81734	0,815933	0,814558	0,813213	0,811898	0,810614
63	0,827621	0,825144	0,822694	0,82027	0,817872	0,815501	0,813156	0,810837	0,808544	0,806277	0,804036	0,801822	0,799633
64	0,82757	0,824994	0,822448	0,819931	0,817444	0,814986	0,812557	0,810158	0,807788	0,805448	0,803136	0,800854	0,7986
65	0,827353	0,824354	0,821399	0,818488	0,815622	0,8128	0,810021	0,807287	0,804596	0,801948	0,799344	0,796784	0,794266
66	0,827201	0,823907	0,820668	0,817485	0,814359	0,811287	0,808271	0,80531	0,802405	0,799553	0,796757	0,794014	0,791326
67	0,827138	0,823721	0,820367	0,817075	0,813845	0,810676	0,807569	0,804524	0,801539	0,798615	0,795751	0,792947	0,790204
68	0,827025	0,823395	0,819842	0,816365	0,812966	0,809643	0,806395	0,803223	0,800127	0,797105	0,794157	0,791284	0,788484
69	0,826997	0,823313	0,819712	0,816193	0,812756	0,8094	0,806125	0,80293	0,799815	0,796779	0,793823	0,790945	0,788146
70	0,826989	0,823296	0,819691	0,816174	0,812746	0,809404	0,80615	0,802896	0,849415	0,890432	0,931856	0,973577	1,015529
71	0,827405	0,824524	0,821708	0,818955	0,816266	0,813641	0,811078	0,808579	0,806142	0,803768	0,801455	0,799205	0,797016
72	0,827217	0,82397	0,820801	0,81771	0,814696	0,811759	0,808899	0,806116	0,803408	0,800775	0,798218	0,795736	0,793328
73	0,826975	0,823262	0,819648	0,816133	0,812715	0,809395	0,806172	0,803045	0,800013	0,797076	0,794234	0,791486	0,78883
74	0,826525	0,821957	0,817549	0,8133	0,809208	0,805272	0,801491	0,797862	0,794384	0,822126	0,862555	0,903502	0,944832
75	0,828047	0,826431	0,824852	0,823311	0,821806	0,820259	0,818747	0,817267	0,815817	0,814387	1,028899	1,073011	1,117154
													1,161327

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,827016	0,826884	0,826754	0,826624	0,826496	0,826368	0,82624	0,826114	0,825989	0,825864	0,82574	0,825617	0,825495
3	0,818359	0,81762	0,816887	0,816159	0,815437	0,81472	0,814009	0,813303	0,812603	0,811908	0,811219	0,810535	0,809857
4	0,813928	0,812887	0,811856	0,810834	0,809821	0,808817	0,807822	0,806836	0,805859	0,804891	0,803933	0,802983	0,802043
5	0,809551	0,808215	0,806892	0,805582	0,804285	0,803001	0,80173	0,800471	0,799226	0,797994	0,796775	0,795568	0,794375
6	0,798329	0,79624	0,794174	0,792132	0,790113	0,788118	0,786146	0,784198	0,782272	0,780371	0,778492	0,776637	0,774805
7	0,795417	0,793148	0,790909	0,788698	0,786516	0,784362	0,782237	0,78014	0,778071	0,776031	0,774019	0,772035	0,770079
8	0,792441	0,790004	0,787604	0,785238	0,782909	0,780614	0,778356	0,776132	0,773943	0,77179	0,769672	0,767588	0,765539
9	0,78851	0,785875	0,783289	0,780751	0,77826	0,775817	0,773422	0,771074	0,768774	0,76652	0,764314	0,762154	0,760041
10	0,784984	0,782184	0,779445	0,776766	0,774148	0,77159	0,769092	0,766654	0,764275	0,761955	0,759694	0,757492	0,755348
11	0,784522	0,781703	0,778946	0,776252	0,773621	0,771051	0,768543	0,766097	0,763712	0,761388	0,759125	0,756922	0,754779
12	0,78374	0,780891	0,778109	0,775392	0,772742	0,770157	0,767638	0,765183	0,762793	0,760468	0,758207	0,75601	0,753877
13	0,780393	0,777436	0,774564	0,771776	0,769072	0,766452	0,763914	0,76146	0,759087	0,756795	0,754585	0,752456	0,750407
14	0,779128	0,776142	0,773248	0,770448	0,76774	0,765123	0,762598	0,760163	0,757817	0,755562	0,753395	0,751316	0,749326
15	0,778552	0,775581	0,77271	0,76994	0,767269	0,764697	0,762223	0,759846	0,757567	0,755383	0,753296	0,751303	0,749405
16	0,77823	0,775301	0,772482	0,76977	0,767167	0,76467	0,76228	0,759995	0,757814	0,755719	0,753726	0,751831	0,749945
17	0,778229	0,775446	0,772792	0,770265	0,767863	0,765587	0,763388	0,761251	0,805296	0,821223	0,837291	0,853493	0,869827
18	0,98629	1,028165	1,070259	1,11255	1,155021	1,197661	1,240459	1,28341	1,326505	1,369742	1,413116	1,456624	1,500262
19	0,82674	0,826602	0,826466	0,826333	0,826202	0,826075	0,82595	0,825827	0,825707	0,82559	0,825476	0,825364	0,825255
20	0,825263	0,825134	0,825025	0,824935	0,824864	0,824811	0,824778	0,824763	0,824768	0,824791	0,824833	0,824894	0,824974
21	0,825115	0,825012	0,824933	0,824878	0,824847	0,830405	0,850517	0,870885	0,891459	0,912201	0,933083	0,954085	0,975189

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
22	0.988926	1.029268	1.069785	1.11044	1.151208	1.192071	1.233015	1.27403	1.315108	1.356243	1.39743	1.438664	1.479943
23	0.815643	0.814738	0.813843	0.812958	0.812083	0.811219	0.810365	0.809521	0.808687	0.807863	0.807049	0.806246	0.805452
24	0.81115	0.809985	0.808841	0.807717	0.806614	0.805531	0.804467	0.803424	0.802401	0.801399	0.800416	0.799453	0.79851
25	0.809361	0.808137	0.806944	0.805781	0.804648	0.803545	0.802473	0.80143	0.800417	0.799433	0.79848	0.797556	0.796662
26	0.79747	0.795333	0.793222	0.791136	0.789076	0.787042	0.785033	0.78305	0.781093	0.779161	0.777254	0.775373	0.773517
27	0.796376	0.794181	0.792014	0.789876	0.787767	0.785687	0.783635	0.781612	0.779617	0.777651	0.775713	0.773803	0.771922
28	0.791791	0.78936	0.786971	0.784625	0.782321	0.78006	0.777841	0.775664	0.77353	0.771437	0.769386	0.767377	0.765409
29	0.788692	0.786111	0.783584	0.781111	0.778691	0.776323	0.774009	0.771747	0.769538	0.767381	0.765276	0.763223	0.761222
30	0.78752	0.784896	0.782331	0.779825	0.777378	0.77499	0.77266	0.770388	0.768175	0.766018	0.76392	0.761878	0.759894
31	0.785758	0.783105	0.780524	0.778016	0.77558	0.773216	0.770923	0.768701	0.76655	0.764469	0.762458	0.760518	0.758646
32	0.785425	0.782782	0.780216	0.777726	0.775314	0.772977	0.770716	0.768531	0.766421	0.764385	0.762424	0.760536	0.758723
33	1.057672	1.099977	1.142423	1.184998	1.227691	1.270494	1.3134	1.356405	1.399506	1.442698	1.48598	1.529349	1.572803
34	0.794889	0.792823	0.790818	0.788874	0.78699	0.785166	0.783402	0.781698	0.780054	0.778469	0.776943	0.77688	0.786228
35	0.790994	0.788734	0.786547	0.784434	0.782393	0.780424	0.778527	0.776702	0.774949	0.773266	0.771654	0.77318	0.780796
36	0.786268	0.783797	0.781419	0.779131	0.776933	0.774826	0.772808	0.770879	0.769038	0.767285	0.76562	0.76424	0.774697
37	0.986465	1.028353	1.07046	1.112765	1.15525	1.197904	1.240718	1.283682	1.326793	1.370045	1.413433	1.456955	1.500608
38	1.205531	1.249765	1.29403	1.338325	1.382651	1.427006	1.471392	1.515807	1.560253	1.604728	1.649234	1.693769	1.738333
39	0.827016	0.826884	0.826754	0.826624	0.826496	0.826368	0.82624	0.826114	0.825989	0.825864	0.82574	0.825617	0.825495
40	0.818359	0.81762	0.816887	0.816159	0.815437	0.81472	0.814009	0.813303	0.812603	0.811908	0.811219	0.810535	0.809857
41	0.813928	0.812887	0.811856	0.810834	0.809821	0.808817	0.807822	0.806836	0.805859	0.804891	0.803933	0.802983	0.802043
42	0.809551	0.808215	0.806892	0.805582	0.804285	0.803001	0.80173	0.800471	0.799226	0.797994	0.796775	0.795568	0.794375
43	0.798329	0.79624	0.794174	0.792132	0.790113	0.788118	0.786146	0.784198	0.782272	0.780371	0.778492	0.776637	0.774805
44	0.795417	0.793148	0.790909	0.788698	0.786516	0.784362	0.782237	0.78014	0.778071	0.776031	0.774019	0.772035	0.770079
45	0.792441	0.790004	0.787604	0.785238	0.782909	0.780614	0.778356	0.776132	0.773943	0.77179	0.769672	0.767588	0.765539
46	0.78851	0.785875	0.783289	0.780751	0.77826	0.775817	0.773422	0.771074	0.768774	0.76652	0.764314	0.762154	0.760041
47	0.784984	0.782184	0.779445	0.776766	0.774148	0.77159	0.769092	0.766654	0.764275	0.761955	0.759694	0.757492	0.755348
48	0.784522	0.781703	0.778946	0.776252	0.773621	0.771051	0.768543	0.766097	0.763712	0.761388	0.759125	0.756922	0.754779
49	0.78374	0.780891	0.778109	0.775392	0.772742	0.770157	0.767638	0.765183	0.762793	0.760468	0.758207	0.75601	0.753877
50	0.780393	0.777436	0.774564	0.771776	0.769072	0.766452	0.763914	0.76146	0.759087	0.756795	0.754585	0.752456	0.750407
51	0.779128	0.776142	0.773248	0.770448	0.76774	0.765123	0.762598	0.760163	0.757817	0.755562	0.753395	0.751316	0.749326
52	0.778552	0.775581	0.77271	0.76994	0.767269	0.764697	0.762223	0.759846	0.757567	0.755383	0.753296	0.751303	0.749405
53	0.77823	0.775301	0.772482	0.76977	0.767167	0.76467	0.76228	0.759995	0.757814	0.755719	0.753726	0.751831	0.749943
54	0.778229	0.775446	0.772792	0.770265	0.767863	0.765587	0.763388	0.761251	0.805296	0.821223	0.837291	0.853493	0.869827
55	0.98629	1.028165	1.070259	1.11255	1.155021	1.197661	1.240459	1.28341	1.326505	1.369742	1.413116	1.456624	1.500262
56	0.82674	0.826602	0.826466	0.826333	0.826202	0.826075	0.82595	0.825827	0.825707	0.82559	0.825476	0.825364	0.825255
57	0.825263	0.825134	0.825025	0.824935	0.824864	0.824811	0.824778	0.824763	0.824768	0.824791	0.824833	0.824894	0.824974
58	0.825115	0.825012	0.824933	0.824878	0.824847	0.830405	0.850517	0.870885	0.891459	0.912201	0.933083	0.954085	0.975189
59	0.988926	1.029268	1.069785	1.11044	1.151208	1.192071	1.233015	1.27403	1.315108	1.356243	1.39743	1.438664	1.479943
60	0.815643	0.814738	0.813843	0.812958	0.812083	0.811219	0.810365	0.809521	0.808687	0.807863	0.807049	0.806246	0.805452
61	0.81115	0.809985	0.808841	0.807717	0.806614	0.805531	0.804467	0.803424	0.802401	0.801399	0.800416	0.799453	0.79851
62	0.809361	0.808137	0.806944	0.805781	0.804648	0.803545	0.802473	0.80143	0.800417	0.799433	0.79848	0.797556	0.796662
63	0.79747	0.795333	0.793222	0.791136	0.789076	0.787042	0.785033	0.78305	0.781093	0.779161	0.777254	0.775373	0.773517
64	0.796376	0.794181	0.792014	0.789876	0.787767	0.785687	0.783635	0.781612	0.779617	0.777651	0.775713	0.773803	0.771922
65	0.791791	0.78936	0.786971	0.784625	0.782321	0.78006	0.777841	0.775664	0.77353	0.771437	0.769386	0.767377	0.765409
66	0.788692	0.786111	0.783584	0.781111	0.778691	0.776323	0.774009	0.771747	0.769538	0.767381	0.765276	0.763223	0.761222
67	0.78752	0.784896	0.782331	0.779825	0.777378	0.77499	0.77266	0.770388	0.768175	0.766018	0.76392	0.761878	0.759894
68	0.785758	0.783105	0.780524	0.778016	0.77558	0.773216	0.770923	0.768701	0.76655	0.764469	0.762458	0.760518	0.758646
69	0.785425	0.782782	0.780216	0.777726	0.775314	0.772977	0.770716	0.768531	0.766421	0.764385	0.762424	0.760536	0.758723
70	1.057672	1.099977	1.142423	1.184998	1.227691	1.270494	1.3134	1.356405	1.399506	1.442698	1.48598	1.529349	1.572803
71	0.794889	0.792823	0.790818	0.788874	0.78699	0.785166	0.783402	0.781698	0.780054	0.778469	0.776943	0.77688	0.786228
72	0.790994	0.788734	0.786547	0.784434	0.782393	0.780424	0.778527	0.776702	0.774949	0.773266	0.771654	0.77318	0.780796
73	0.786268	0.783797	0.781419	0.779131	0.776933	0.774826	0.772808	0.770879	0.769038	0.767285	0.76562	0.76424	0.774697
74	0.986465	1.028353	1.07046	1.112765	1.15525	1.197904	1.240718	1.283682	1.326793	1.370045	1.413433	1.456955	1.500608
75	1.205531	1.249765	1.29403	1.338325	1.382651	1.427006	1.471392	1.515807	1.560253	1.604728	1.649234	1.693769	1.738333

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Ζυγού					
	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	0,825374	0,825253	0,825134	0,825015	0,824897	0,82478
3	0,809184	0,808517	0,807855	0,807198	0,806547	0,805902
4	0,801111	0,800189	0,799275	0,798371	0,797476	0,796589
5	0,793194	0,792026	0,790872	0,789729	0,7886	0,787484
6	0,772997	0,771211	0,769449	0,767709	0,765993	0,7643
7	0,768151	0,766252	0,76438	0,762537	0,760721	0,758933
8	0,763526	0,761546	0,759602	0,757692	0,755816	0,753975
9	0,757975	0,755954	0,75398	0,752052	0,75017	0,748334
10	0,753263	0,751235	0,749266	0,747354	0,745499	0,743702
11	0,752697	0,750674	0,748711	0,746807	0,744962	0,743176
12	0,751807	0,749799	0,747855	0,745974	0,744154	0,742397
13	0,748438	0,746548	0,744737	0,743005	0,741351	0,739775
14	0,747423	0,745607	0,743877	0,742233	0,740675	0,739201
15	0,747601	0,755111	0,768014	0,781052	0,794219	0,807506
16	0,834594	0,85065	0,866834	0,883141	0,899566	0,916106
17	0,886288	0,902874	0,919582	0,936409	0,953355	0,970416
18	1,544028	1,58792	1,631936	1,676074	1,720333	1,76471
19	0,825149	0,825045	0,824944	0,824845	0,824749	0,824656
20	0,825072	0,825189	0,825325	0,82548	0,825653	0,825845
21	0,996382	1,017655	1,038997	1,060403	1,081866	1,103383
22	1,521265	1,562626	1,604024	1,64546	1,68693	1,728434
23	0,804669	0,803896	0,803133	0,80238	0,801638	0,800905
24	0,797588	0,796685	0,795802	0,794939	0,794096	0,793272
25	0,795797	0,794962	0,794156	0,793379	0,792632	0,791914
26	0,771686	0,769881	0,768101	0,766346	0,764616	0,762911
27	0,770069	0,768244	0,766447	0,764679	0,762938	0,761225
28	0,763483	0,761598	0,759755	0,757952	0,756191	0,75447
29	0,759273	0,757374	0,755528	0,753732	0,751987	0,750293
30	0,757967	0,756096	0,754282	0,752524	0,750822	0,749176
31	0,756844	0,755111	0,753446	0,75185	0,750322	0,748861
32	0,756983	0,755315	0,753721	0,752198	0,750748	0,74937
33	1,616341	1,659961	1,703662	1,747442	1,791302	1,835239
34	0,793823	0,801471	0,809173	0,816928	0,824737	0,832598
35	0,788339	0,795947	0,80362	0,811357	0,819159	0,827024
36	0,782236	0,789856	0,797556	0,805337	0,813198	0,821137
37	1,544389	1,588296	1,632326	1,676478	1,72075	1,765141
38	1,782927	1,827551	1,872204	1,916886	1,961598	2,006339
39	0,825374	0,825253	0,825134	0,825015	0,824897	0,82478
40	0,809184	0,808517	0,807855	0,807198	0,806547	0,805902
41	0,801111	0,800189	0,799275	0,798371	0,797476	0,796589
42	0,793194	0,792026	0,790872	0,789729	0,7886	0,787484
43	0,772997	0,771211	0,769449	0,767709	0,765993	0,7643
44	0,768151	0,766252	0,76438	0,762537	0,760721	0,758933
45	0,763526	0,761546	0,759602	0,757692	0,755816	0,753975
46	0,757975	0,755954	0,75398	0,752052	0,75017	0,748334
47	0,753263	0,751235	0,749266	0,747354	0,745499	0,743702
48	0,752697	0,750674	0,748711	0,746807	0,744962	0,743176
49	0,751807	0,749799	0,747855	0,745974	0,744154	0,742397
50	0,748438	0,746548	0,744737	0,743005	0,741351	0,739775
51	0,747423	0,745607	0,743877	0,742233	0,740675	0,739201

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός ζυγού	53	55	57	59	61	63
52	0,747601	0,755111	0,768014	0,781052	0,794219	0,807506
53	0,834594	0,85065	0,866834	0,883141	0,899566	0,916106
54	0,886288	0,902874	0,919582	0,936409	0,953355	0,970416
55	1,544028	1,58792	1,631936	1,676074	1,720333	1,76471
56	0,825149	0,825045	0,824944	0,824845	0,824749	0,824656
57	0,825072	0,825189	0,825325	0,82548	0,825653	0,825845
58	0,996382	1,017655	1,038997	1,060403	1,081866	1,103383
59	1,521265	1,562626	1,604024	1,64546	1,68693	1,728434
60	0,804669	0,803896	0,803133	0,80238	0,801638	0,800905
61	0,797588	0,796685	0,795802	0,794939	0,794096	0,793272
62	0,795797	0,794962	0,794156	0,793379	0,792632	0,791914
63	0,771686	0,769881	0,768101	0,766346	0,764616	0,762911
64	0,770069	0,768244	0,766447	0,764679	0,762938	0,761225
65	0,763483	0,761598	0,759755	0,757952	0,756191	0,75447
66	0,759273	0,757374	0,755528	0,753732	0,751987	0,750293
67	0,757967	0,756096	0,754282	0,752524	0,750822	0,749176
68	0,756844	0,755111	0,753446	0,75185	0,750322	0,748861
69	0,756983	0,755315	0,753721	0,752198	0,750748	0,74937
70	1,616341	1,659961	1,703662	1,747442	1,791302	1,835239
71	0,793823	0,801471	0,809173	0,816928	0,824737	0,832598
72	0,788339	0,795947	0,80362	0,811357	0,819159	0,827024
73	0,782236	0,789856	0,797556	0,805337	0,813198	0,821137
74	1,544389	1,588296	1,632326	1,676478	1,72075	1,765141
75	1,782927	1,827551	1,872204	1,916886	1,961598	2,006339

- Βιομηχανικό φορτίο

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός ζυγού	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,830676	0,830527	0,830379	0,830232	0,830086	0,82994	0,829796	0,829652	0,829509	0,829367	0,829225	0,829085	0,828945
3	0,830321	0,829467	0,828619	0,827776	0,826939	0,826107	0,825281	0,824461	0,823646	0,822837	0,822033	0,821235	0,820442
4	0,830135	0,82891	0,827695	0,826489	0,825293	0,824106	0,822929	0,82176	0,820602	0,819452	0,818312	0,817181	0,81606
5	0,829948	0,828355	0,826774	0,825208	0,823654	0,822115	0,820589	0,819076	0,817577	0,816092	0,81462	0,813161	0,811716
6	0,82947	0,826929	0,824413	0,821923	0,819457	0,817017	0,814602	0,812212	0,809847	0,807507	0,805192	0,802901	0,800636
7	0,82934	0,826542	0,823774	0,821037	0,818331	0,815655	0,813009	0,810394	0,807809	0,805254	0,80273	0,800235	0,797771
8	0,829194	0,826111	0,823067	0,82006	0,817093	0,814163	0,811271	0,808418	0,805602	0,802825	0,800085	0,797383	0,794718
9	0,828991	0,82551	0,822083	0,818708	0,815385	0,812114	0,808895	0,805728	0,802613	0,799548	0,796536	0,793574	0,790663
10	0,828801	0,824953	0,821172	0,817458	0,813811	0,810231	0,806717	0,803269	0,799887	0,79657	0,793318	0,790132	0,78701
11	0,828775	0,824875	0,821046	0,817286	0,813595	0,809973	0,80642	0,802935	0,799518	0,796168	0,792886	0,789671	0,786522
12	0,828728	0,82474	0,820825	0,816985	0,813218	0,809525	0,805904	0,802356	0,79888	0,795476	0,792143	0,788882	0,785691
13	0,828522	0,824137	0,819849	0,815657	0,81156	0,807558	0,80365	0,799836	0,796115	0,792486	0,788948	0,785503	0,782147
14	0,828439	0,823895	0,819459	0,815128	0,810903	0,806782	0,802765	0,798851	0,79504	0,79133	0,787722	0,784214	0,780805
15	0,828386	0,823743	0,819216	0,814805	0,810507	0,806323	0,802251	0,798291	0,794442	0,790704	0,787074	0,783553	0,78014
16	0,828338	0,823608	0,819004	0,814526	0,810173	0,805943	0,801835	0,797849	0,793983	0,790238	0,786611	0,783101	0,779709
17	0,828262	0,823397	0,818682	0,814115	0,809695	0,80542	0,80129	0,797303	0,793458	0,789753	0,786187	0,782759	0,779469
18	0,828242	0,823345	0,818608	0,814029	0,809607	0,80534	0,801228	0,797267	0,793458	0,808021	0,848659	0,889763	0,931213

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
19	0,83066	0,83048	0,830303	0,830129	0,829957	0,829788	0,829622	0,829458	0,829297	0,829138	0,828983	0,82883	0,828679
20	0,830551	0,830168	0,829803	0,829458	0,829132	0,828825	0,828537	0,828268	0,828019	0,827788	0,827576	0,827384	0,82721
21	0,83053	0,830106	0,829706	0,829331	0,82898	0,828654	0,828351	0,828073	0,827819	0,827589	0,827382	0,8272	0,827042
22	0,83051	0,830054	0,829632	0,829243	0,828888	0,828566	0,828278	0,828023	0,827802	0,830081	0,868879	0,908325	0,948201
23	0,830207	0,829127	0,828057	0,826998	0,825949	0,82491	0,823882	0,822865	0,821857	0,82086	0,819874	0,818897	0,817931
24	0,830003	0,828524	0,827065	0,825628	0,824211	0,822815	0,82144	0,820086	0,818753	0,81744	0,816148	0,814876	0,813625
25	0,829901	0,828226	0,826583	0,82497	0,82339	0,82184	0,820322	0,818834	0,817378	0,815953	0,814558	0,813195	0,811862
26	0,829429	0,826807	0,824212	0,821645	0,819105	0,816593	0,814108	0,811651	0,809221	0,806819	0,804444	0,802096	0,799775
27	0,829375	0,826647	0,82395	0,821284	0,818649	0,816045	0,813472	0,810929	0,808417	0,805936	0,803485	0,801065	0,798675
28	0,829145	0,825969	0,82284	0,819758	0,816721	0,813731	0,810787	0,807888	0,805035	0,802228	0,799466	0,79675	0,794079
29	0,828984	0,825496	0,822066	0,818695	0,815383	0,812129	0,808933	0,805795	0,802714	0,799691	0,796725	0,793816	0,790964
30	0,828916	0,825298	0,821745	0,818257	0,814834	0,811477	0,808183	0,804954	0,80179	0,798689	0,795651	0,792677	0,789765
31	0,828796	0,824949	0,821182	0,817497	0,813891	0,810366	0,806919	0,803552	0,800264	0,797054	0,793922	0,790867	0,78789
32	0,828766	0,824862	0,821044	0,817312	0,813665	0,810104	0,806626	0,803233	0,799924	0,796697	0,793553	0,790492	0,787513
33	0,828758	0,824843	0,82102	0,817289	0,81365	0,810102	0,806644	0,803276	0,800015	0,796788	0,793596	0,790448	0,787469
34	0,829198	0,826142	0,823152	0,820227	0,817367	0,814572	0,811842	0,809175	0,806573	0,804035	0,80156	0,799148	0,796758
35	0,828994	0,825542	0,82217	0,818877	0,815565	0,812531	0,809476	0,806499	0,803601	0,800779	0,798035	0,795368	0,792777
36	0,828732	0,824772	0,820915	0,817159	0,813505	0,809952	0,806499	0,803145	0,79989	0,796733	0,793674	0,790711	0,787845
37	0,828242	0,823353	0,818631	0,814074	0,809681	0,805451	0,801381	0,797471	0,793718	0,80138	0,848784	0,889896	0,931356
38	0,829902	0,828233	0,826602	0,825008	0,823452	0,821855	0,820308	0,818788	0,817304	0,815866	0,814504	0,813204	0,811964
39	0,830676	0,830527	0,830379	0,830232	0,830086	0,82994	0,829796	0,829652	0,829509	0,829367	0,829225	0,829085	0,828945
40	0,830321	0,829467	0,828619	0,827776	0,826939	0,826107	0,825281	0,824461	0,823646	0,822837	0,822033	0,821235	0,820442
41	0,830135	0,82891	0,827695	0,826489	0,825293	0,824106	0,822929	0,82176	0,820602	0,819452	0,818312	0,817181	0,81606
42	0,829948	0,828355	0,826774	0,825208	0,823654	0,822115	0,820589	0,819076	0,817577	0,816092	0,81462	0,813161	0,811716
43	0,82947	0,826929	0,824413	0,821923	0,819457	0,817017	0,814602	0,812212	0,809847	0,807507	0,805192	0,802901	0,800636
44	0,82934	0,826542	0,823774	0,821037	0,818331	0,815655	0,813009	0,810394	0,807809	0,805254	0,80273	0,800235	0,797771
45	0,829194	0,826111	0,823067	0,82006	0,817093	0,814163	0,811271	0,808418	0,805602	0,802825	0,800085	0,797383	0,794718
46	0,828991	0,82551	0,822083	0,818708	0,815385	0,812114	0,808895	0,805728	0,802613	0,799548	0,796536	0,793574	0,790661
47	0,828801	0,824953	0,821172	0,817458	0,813811	0,810231	0,806717	0,803269	0,799887	0,79657	0,793318	0,790132	0,787101
48	0,828775	0,824875	0,821046	0,817286	0,813595	0,809973	0,80642	0,802935	0,799518	0,796168	0,792886	0,789671	0,786522
49	0,828728	0,82474	0,820825	0,816985	0,813218	0,809525	0,805904	0,802356	0,79888	0,795476	0,792143	0,788882	0,785691
50	0,828522	0,824137	0,819849	0,815657	0,81156	0,807558	0,80365	0,799836	0,796115	0,792486	0,788948	0,785503	0,782147
51	0,828439	0,823895	0,819459	0,815128	0,810903	0,806782	0,802765	0,798851	0,79504	0,79133	0,787722	0,784214	0,780805
52	0,828386	0,823743	0,819216	0,814805	0,810507	0,806323	0,802251	0,798291	0,794442	0,790704	0,787074	0,783553	0,78014
53	0,828338	0,823608	0,819004	0,814526	0,810173	0,805943	0,801835	0,797849	0,793983	0,790238	0,786611	0,783101	0,779709
54	0,828262	0,823397	0,818682	0,814115	0,809695	0,80542	0,80129	0,797303	0,793458	0,789753	0,786187	0,782759	0,779469
55	0,828242	0,823345	0,818608	0,814029	0,809607	0,80534	0,801228	0,797267	0,793458	0,80021	0,848659	0,889763	0,931213
56	0,83066	0,83048	0,830303	0,830129	0,829957	0,829788	0,829622	0,829458	0,829297	0,829138	0,828983	0,82883	0,828679
57	0,830551	0,830168	0,829803	0,829458	0,829132	0,828825	0,828537	0,828268	0,828019	0,827788	0,827576	0,827384	0,82721
58	0,83053	0,830106	0,829706	0,829331	0,82898	0,828654	0,828351	0,828073	0,827819	0,827589	0,827382	0,8272	0,827042
59	0,83051	0,830054	0,829632	0,829243	0,828888	0,828566	0,828278	0,828023	0,827802	0,830081	0,868879	0,908325	0,948201
60	0,830207	0,829127	0,828057	0,826998	0,825949	0,82491	0,823882	0,822865	0,821857	0,82086	0,819874	0,818897	0,817931
61	0,830003	0,828524	0,827065	0,825628	0,824211	0,822815	0,82144	0,820086	0,818753	0,81744	0,816148	0,814876	0,813625
62	0,829901	0,828226	0,826583	0,82497	0,82339	0,82184	0,820322	0,818834	0,817378	0,815953	0,814558	0,813195	0,811862
63	0,829429	0,826807	0,824212	0,821645	0,819105	0,816593	0,814108	0,811651	0,809221	0,806819	0,804444	0,802096	0,799775
64	0,829375	0,826647	0,82395	0,821284	0,818649	0,816045	0,813472	0,810929	0,808417	0,805936	0,803485	0,801065	0,798675
65	0,829145	0,825969	0,82284	0,819758	0,816721	0,813731	0,810787	0,807888	0,805035	0,802228	0,799466	0,79675	0,794079
66	0,828984	0,825496	0,822066	0,818695	0,815383	0,812129	0,808933	0,805795	0,802714	0,799691	0,796725	0,793816	0,790964
67	0,828916	0,825298	0,821745	0,818257	0,814834	0,811477	0,808183	0,804954	0,80179	0,798689	0,795651	0,792677	0,789765
68	0,828796	0,824949	0,821182	0,817497	0,813891	0,810366	0,806919	0,803552	0,800264	0,797054	0,793922	0,790867	0,78789
69	0,828766	0,824862	0,821044	0,817312	0,813665	0,810104	0,806626	0,803233	0,799924	0,796697	0,793553	0,790492	0,787513
70	0,828758	0,824843	0,82102	0,817289	0,81365	0,810102	0,806644	0,803276	0,800015	0,796788	0,793596	0,790448	0,787469
71	0,829198	0,826142	0,823152	0,820227	0,817367	0,814572	0,811842	0,809175	0,806573	0,804035	0,80156	0,799148	0,796758
72	0,828994	0,825542	0,82217	0,818877	0,815565	0,812531	0,809476	0,806499	0,803601	0,800779	0,798035	0,795368	0,792777
73	0,828732	0,824772	0,820915	0,817159	0,813505	0,809952	0,806499	0,803145	0,79989	0,796733	0,793674	0,790711	0,787845

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Συγού												
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
74	0,828242	0,823353	0,818631	0,814074	0,809681	0,805451	0,801381	0,797471	0,793378	0,808138	0,848784	0,889896	0,931356
75	0,829902	0,828233	0,826602	0,825008	0,823452	0,82255	0,896488	0,940456	0,984456	1,028487	1,072549	1,116642	1,160766

Μέγεθος ΜΔΠ (MW)	Αριθμός Συγού												
	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,828806	0,828668	0,828531	0,828395	0,828259	0,828124	0,82799	0,827857	0,827725	0,827594	0,827463	0,827333	0,827204
3	0,819655	0,818874	0,818098	0,817328	0,816563	0,815804	0,815051	0,814303	0,81356	0,812823	0,812092	0,811366	0,810646
4	0,814947	0,813845	0,812751	0,811667	0,810592	0,809526	0,80847	0,807423	0,806385	0,805356	0,804337	0,803327	0,802326
5	0,810284	0,808866	0,807461	0,80607	0,804692	0,803327	0,801976	0,800638	0,799313	0,798002	0,796704	0,795419	0,794147
6	0,798395	0,796179	0,793988	0,791822	0,78968	0,787562	0,78547	0,783401	0,781358	0,779338	0,777343	0,775373	0,773426
7	0,795336	0,792932	0,790557	0,788213	0,785898	0,783612	0,781357	0,779131	0,776934	0,774768	0,77263	0,770522	0,768443
8	0,792091	0,789501	0,786948	0,784433	0,781955	0,779514	0,777109	0,774742	0,772411	0,770117	0,76786	0,765638	0,763454
9	0,787802	0,784992	0,782233	0,779524	0,776864	0,774255	0,771695	0,769185	0,766724	0,764313	0,76195	0,759637	0,757372
10	0,783952	0,780958	0,778028	0,775161	0,772358	0,769618	0,76694	0,764325	0,761772	0,759281	0,756852	0,754484	0,752178
11	0,783441	0,780425	0,777475	0,77459	0,771771	0,769017	0,766328	0,763703	0,761143	0,758646	0,756213	0,753843	0,751536
12	0,782571	0,779521	0,77654	0,773629	0,770788	0,768015	0,765311	0,762674	0,760106	0,757606	0,755172	0,752806	0,750506
13	0,778883	0,775707	0,772621	0,769624	0,766715	0,763893	0,761158	0,75851	0,755949	0,753472	0,751081	0,748775	0,746553
14	0,777496	0,774286	0,771174	0,768158	0,76524	0,762418	0,759691	0,757059	0,754522	0,752078	0,749728	0,74747	0,745304
15	0,776835	0,773635	0,770541	0,767553	0,764668	0,761887	0,759209	0,756634	0,754159	0,751786	0,749513	0,747339	0,745265
16	0,776433	0,773273	0,770226	0,767294	0,764474	0,761766	0,759169	0,756683	0,754306	0,752032	0,749844	0,747827	0,745857
17	0,776314	0,773294	0,770407	0,767653	0,765031	0,762538	0,760209	0,758117	0,756259	0,754597	0,753046	0,751597	0,750252
18	0,97294	1,014902	1,057072	1,099429	1,14196	1,184655	1,227506	1,270507	1,313654	1,356941	1,400366	1,443925	1,487616
19	0,828531	0,828386	0,828243	0,828103	0,827966	0,827831	0,827699	0,82757	0,827443	0,827319	0,827197	0,827079	0,826962
20	0,827056	0,82692	0,826803	0,826705	0,826626	0,826566	0,826524	0,826502	0,826498	0,826513	0,826546	0,826598	0,826669
21	0,826908	0,826797	0,826711	0,826648	0,826609	0,826587	0,826572	0,826562	0,826556	0,826552	0,826551	0,826551	0,826551
22	0,98838	1,028782	1,069356	1,110065	1,150886	1,191799	1,232792	1,273855	1,314979	1,35616	1,397391	1,43867	1,479992
23	0,816976	0,816031	0,815096	0,814171	0,813256	0,812352	0,811458	0,810575	0,809702	0,808839	0,807986	0,807143	0,806311
24	0,812395	0,811186	0,809996	0,808828	0,807679	0,806552	0,805444	0,804357	0,80329	0,802244	0,801218	0,800212	0,799226
25	0,81056	0,809288	0,808047	0,806837	0,805657	0,804507	0,803387	0,802298	0,801239	0,80021	0,799212	0,798243	0,797304
26	0,797481	0,795214	0,792974	0,790761	0,788575	0,786416	0,784284	0,782178	0,780099	0,778047	0,776021	0,774022	0,772049
27	0,796315	0,793985	0,791686	0,789417	0,787178	0,784969	0,782789	0,78064	0,778521	0,776431	0,774371	0,77234	0,77034
28	0,791452	0,788871	0,786335	0,783843	0,781395	0,778992	0,776633	0,774319	0,772048	0,769821	0,767638	0,765499	0,763403
29	0,788168	0,785429	0,782746	0,780119	0,777548	0,775032	0,772572	0,770167	0,767817	0,765521	0,763281	0,761094	0,758963
30	0,786917	0,784131	0,781407	0,778746	0,776146	0,773607	0,77113	0,768714	0,766359	0,764065	0,761831	0,759657	0,757543
31	0,784989	0,782165	0,779417	0,776745	0,774148	0,771626	0,769179	0,766806	0,764507	0,762282	0,76013	0,758051	0,756045
32	0,784615	0,781798	0,779062	0,776407	0,773831	0,771335	0,768918	0,76658	0,76432	0,762138	0,760034	0,758008	0,756058
33	1,048116	1,090422	1,13286	1,175419	1,218091	1,260869	1,303749	1,346726	1,389797	1,43296	1,476212	1,519552	1,562978
34	0,794514	0,792291	0,790129	0,78803	0,785993	0,784017	0,782103	0,780249	0,778456	0,776724	0,775052	0,773455	0,771938
35	0,790262	0,787823	0,785458	0,783169	0,780955	0,778814	0,776748	0,774755	0,772835	0,770988	0,769213	0,767507	0,765881
36	0,785075	0,782399	0,779818	0,777331	0,774938	0,772637	0,770429	0,768312	0,766287	0,764352	0,762507	0,760729	0,76958
37	0,973093	1,015066	1,057247	1,099616	1,142158	1,184865	1,227728	1,270742	1,3139	1,357199	1,400635	1,444206	1,487909
38	1,20492	1,249106	1,293322	1,337568	1,381845	1,426153	1,47049	1,514858	1,559257	1,603685	1,648143	1,692631	1,73715
39	0,828806	0,828668	0,828531	0,828395	0,828259	0,828124	0,82799	0,827857	0,827725	0,827594	0,827463	0,827333	0,827204
40	0,819655	0,818874	0,818098	0,817328	0,816563	0,815804	0,815051	0,814303	0,81356	0,812823	0,812092	0,811366	0,810646
41	0,814947	0,813845	0,812751	0,811667	0,810592	0,809526	0,80847	0,807423	0,806385	0,805356	0,804337	0,803327	0,802326
42	0,810284	0,808866	0,807461	0,80607	0,804692	0,803327	0,801976	0,800638	0,799313	0,798002	0,796704	0,795419	0,794147
43	0,798395	0,796179	0,793988	0,791822	0,78968	0,787562	0,78547	0,783401	0,781358	0,779338	0,777343	0,775373	0,773426
44	0,795336	0,792932	0,790557	0,788213	0,785898	0,783612	0,781357	0,779131	0,776934	0,774768	0,77263	0,770522	0,768443

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
45	0,792091	0,789501	0,786948	0,784433	0,781955	0,779514	0,777109	0,774742	0,772411	0,770117	0,76786	0,765638	0,763454
46	0,787802	0,784992	0,782233	0,779524	0,776864	0,774255	0,771695	0,769185	0,766724	0,764313	0,76195	0,759637	0,757372
47	0,783952	0,780958	0,778028	0,775161	0,772358	0,769618	0,76694	0,764325	0,761772	0,759281	0,756852	0,754484	0,752178
48	0,783441	0,780425	0,777475	0,77459	0,771771	0,769017	0,766328	0,763703	0,761143	0,758646	0,756213	0,753843	0,751536
49	0,782571	0,779521	0,77654	0,773629	0,770788	0,768015	0,765311	0,762674	0,760106	0,757606	0,755172	0,752806	0,750506
50	0,778883	0,775707	0,772621	0,769624	0,766715	0,763893	0,761158	0,75851	0,755949	0,753472	0,751081	0,748775	0,746553
51	0,777496	0,774286	0,771174	0,768158	0,76524	0,762418	0,759691	0,757059	0,754522	0,752078	0,749728	0,74747	0,745304
52	0,776835	0,773635	0,770541	0,767553	0,764668	0,761887	0,759209	0,756634	0,754159	0,751786	0,749513	0,747339	0,745265
53	0,776433	0,773273	0,770226	0,767294	0,764474	0,761766	0,759169	0,756683	0,754306	0,752032	0,749844	0,747727	0,745657
54	0,776314	0,773294	0,770407	0,767653	0,765031	0,762538	0,760209	0,758117	0,756279	0,754579	0,753006	0,751554	0,750211
55	0,97294	1,014902	1,057072	1,099429	1,14196	1,184655	1,227506	1,270507	1,313654	1,356941	1,400366	1,443925	1,487616
56	0,828531	0,828386	0,828243	0,828103	0,827966	0,827831	0,827699	0,82757	0,827443	0,827319	0,827197	0,827079	0,826962
57	0,827056	0,82692	0,826803	0,826705	0,826626	0,826566	0,826524	0,826502	0,826498	0,826513	0,826546	0,826598	0,826669
58	0,826908	0,826797	0,826711	0,826648	0,826609	0,829827	0,849992	0,870412	0,891034	0,911823	0,93275	0,953795	0,974941
59	0,98838	1,028782	1,069356	1,110065	1,150886	1,191799	1,232792	1,273855	1,314979	1,35616	1,397391	1,43867	1,479992
60	0,816976	0,816031	0,815096	0,814171	0,813256	0,812352	0,811458	0,810575	0,809702	0,808839	0,807986	0,807143	0,806311
61	0,812395	0,811186	0,809996	0,808828	0,807679	0,806552	0,805444	0,804357	0,80329	0,802244	0,801218	0,800212	0,799226
62	0,81056	0,809288	0,808047	0,806837	0,805657	0,804507	0,803387	0,802298	0,801239	0,80021	0,799212	0,798243	0,797304
63	0,797481	0,795214	0,792974	0,790761	0,788575	0,786416	0,784284	0,782178	0,780099	0,778047	0,776021	0,774022	0,772049
64	0,796315	0,793985	0,791686	0,789417	0,787178	0,784969	0,782789	0,78064	0,778521	0,776431	0,774371	0,77234	0,77034
65	0,791452	0,788871	0,786335	0,783843	0,781395	0,778992	0,776633	0,774319	0,772048	0,769821	0,767638	0,765499	0,763403
66	0,788168	0,785429	0,782746	0,780119	0,777548	0,775032	0,772572	0,770167	0,767817	0,765521	0,763281	0,761094	0,758963
67	0,786917	0,784131	0,781407	0,778746	0,776146	0,773607	0,77113	0,768714	0,766359	0,764065	0,761831	0,759657	0,757543
68	0,784989	0,782165	0,779417	0,776745	0,774148	0,771626	0,769179	0,766806	0,764507	0,762282	0,76013	0,758051	0,756045
69	0,784615	0,781798	0,779062	0,776407	0,773831	0,771335	0,768918	0,76658	0,76432	0,762138	0,760034	0,758008	0,756058
70	1,048116	1,090422	1,13286	1,175419	1,218091	1,260869	1,303749	1,346726	1,389797	1,43296	1,476212	1,519552	1,562978
71	0,794514	0,792291	0,790129	0,78803	0,785993	0,784017	0,782103	0,780249	0,778456	0,776724	0,775052	0,773495	0,771958
72	0,790262	0,787823	0,785458	0,783169	0,780955	0,778814	0,776748	0,774755	0,772835	0,770988	0,769213	0,767507	0,765851
73	0,785075	0,782399	0,779818	0,777331	0,774938	0,772637	0,770429	0,768312	0,766287	0,764352	0,762507	0,760729	0,759007
74	0,973093	1,015066	1,057247	1,099616	1,142158	1,184865	1,227728	1,270742	1,3139	1,357199	1,400635	1,444206	1,487909
75	1,20492	1,249106	1,293322	1,337568	1,381845	1,426153	1,47049	1,514858	1,559257	1,603685	1,648143	1,692631	1,73715

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	0,827076	0,826949	0,826822	0,826697	0,826572	0,826448
3	0,809931	0,809222	0,808518	0,80782	0,807128	0,806441
4	0,801334	0,800352	0,799379	0,798415	0,79746	0,796514
5	0,792889	0,791644	0,790412	0,789194	0,787988	0,786796
6	0,771504	0,769606	0,767733	0,765883	0,764057	0,762256
7	0,766394	0,764373	0,762382	0,76042	0,758487	0,756583
8	0,761305	0,759193	0,757117	0,755077	0,753073	0,751105
9	0,755155	0,752987	0,750868	0,748796	0,746772	0,744796
10	0,749932	0,747747	0,745623	0,743559	0,741554	0,73961
11	0,749293	0,747111	0,744992	0,742935	0,74094	0,739007
12	0,748273	0,746105	0,744004	0,741968	0,739997	0,738091
13	0,744414	0,742359	0,740387	0,738497	0,736689	0,734962
14	0,74323	0,741247	0,739355	0,737552	0,735839	0,734215
15	0,743289	0,74141	0,74039	0,739131	0,7380351	0,73691

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγίου	53	55	57	59	61	63
16	0,821328	0,837431	0,853661	0,870013	0,886484	0,903071
17	0,875477	0,892048	0,908742	0,925559	0,942496	0,959552
18	1,531438	1,575387	1,619462	1,663661	1,707983	1,752427
19	0,826849	0,826738	0,82663	0,826524	0,826421	0,82632
20	0,826759	0,826867	0,826993	0,827139	0,827303	0,827485
21	0,996175	1,017486	1,038867	1,06031	1,08181	1,103363
22	1,521356	1,562759	1,604199	1,645675	1,687186	1,72873
23	0,805489	0,804677	0,803875	0,803083	0,802302	0,801531
24	0,798261	0,797316	0,79639	0,795485	0,7946	0,793735
25	0,796395	0,795515	0,794665	0,793845	0,793055	0,792294
26	0,770103	0,768183	0,766289	0,764422	0,762581	0,760766
27	0,768368	0,766426	0,764514	0,762631	0,760777	0,758952
28	0,76135	0,759341	0,757374	0,755451	0,753571	0,751733
29	0,756885	0,754861	0,75289	0,750974	0,74911	0,7473
30	0,755488	0,753493	0,751557	0,749681	0,747863	0,746103
31	0,754112	0,75225	0,75046	0,748741	0,747094	0,745517
32	0,754184	0,752387	0,750666	0,749021	0,74745	0,745954
33	1,606489	1,650083	1,693759	1,737517	1,781355	1,825273
34	0,789856	0,797369	0,804937	0,81256	0,820236	0,827967
35	0,783773	0,791231	0,798755	0,806346	0,814002	0,821724
36	0,776953	0,78441	0,79195	0,799573	0,807278	0,815065
37	1,531741	1,575701	1,619787	1,663996	1,708328	1,752781
38	1,781697	1,826275	1,870882	1,915519	1,960186	2,004882
39	0,827076	0,826949	0,826822	0,826697	0,826572	0,826448
40	0,809931	0,809222	0,808518	0,80782	0,807128	0,806441
41	0,801334	0,800352	0,799379	0,798415	0,79746	0,796514
42	0,792889	0,791644	0,790412	0,789194	0,787988	0,786796
43	0,771504	0,769606	0,767733	0,765883	0,764057	0,762256
44	0,766394	0,764373	0,762382	0,76042	0,758487	0,756583
45	0,761305	0,759193	0,757117	0,755077	0,753073	0,751105
46	0,755155	0,752987	0,750868	0,748796	0,746772	0,744796
47	0,749932	0,747747	0,745623	0,743559	0,741554	0,73961
48	0,749293	0,747111	0,744992	0,742935	0,74094	0,739007
49	0,748273	0,746105	0,744004	0,741968	0,739997	0,738091
50	0,744414	0,742359	0,740387	0,738497	0,736689	0,734962
51	0,74323	0,741247	0,739355	0,737552	0,735839	0,734215
52	0,743289	0,74141	0,740439	0,767131	0,780351	0,793691
53	0,821328	0,837431	0,853661	0,870013	0,886484	0,903071
54	0,875477	0,892048	0,908742	0,925559	0,942496	0,959552
55	1,531438	1,575387	1,619462	1,663661	1,707983	1,752427
56	0,826849	0,826738	0,82663	0,826524	0,826421	0,82632
57	0,826759	0,826867	0,826993	0,827139	0,827303	0,827485
58	0,996175	1,017486	1,038867	1,06031	1,08181	1,103363
59	1,521356	1,562759	1,604199	1,645675	1,687186	1,72873
60	0,805489	0,804677	0,803875	0,803083	0,802302	0,801531
61	0,798261	0,797316	0,79639	0,795485	0,7946	0,793735
62	0,796395	0,795515	0,794665	0,793845	0,793055	0,792294
63	0,770103	0,768183	0,766289	0,764422	0,762581	0,760766
64	0,768368	0,766426	0,764514	0,762631	0,760777	0,758952
65	0,76135	0,759341	0,757374	0,755451	0,753571	0,751733
66	0,756885	0,754861	0,75289	0,750974	0,74911	0,7473
67	0,755488	0,753493	0,751557	0,749681	0,747863	0,746103
68	0,754112	0,75225	0,75046	0,748741	0,747094	0,745517
69	0,754184	0,752387	0,750666	0,749021	0,74745	0,745954
70	1,606489	1,650083	1,693759	1,737517	1,781355	1,825273

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός ζυγού	53	55	57	59	61	63
71	0,789856	0,797369	0,804937	0,81256	0,820236	0,827967
72	0,783773	0,791231	0,798755	0,806346	0,814002	0,821724
73	0,776953	0,78441	0,79195	0,799573	0,807278	0,815065
74	1,531741	1,575701	1,619787	1,663996	1,708328	1,752781
75	1,781697	1,826275	1,870882	1,915519	1,960186	2,004882

- Εμπορικό φορτίο

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός ζυγού	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,826552	0,826413	0,826275	0,826137	0,826001	0,825865	0,82573	0,825596	0,825463	0,825331	0,825199	0,825069	0,824939
3	0,826226	0,825437	0,824653	0,823876	0,823103	0,822337	0,821576	0,82082	0,820071	0,819326	0,818588	0,817854	0,817127
4	0,826055	0,824927	0,823809	0,8227	0,8216	0,820509	0,819428	0,818356	0,817293	0,816239	0,815194	0,814159	0,813133
5	0,825885	0,824422	0,822972	0,821535	0,820111	0,818701	0,817303	0,815919	0,814548	0,81319	0,811845	0,810513	0,809194
6	0,825448	0,823118	0,820812	0,81853	0,816271	0,814037	0,811826	0,809638	0,807474	0,805334	0,803217	0,801124	0,799054
7	0,825326	0,822756	0,820215	0,817702	0,815219	0,812765	0,810339	0,807942	0,805574	0,803235	0,800924	0,798642	0,796388
8	0,825198	0,822377	0,819593	0,816844	0,814132	0,811456	0,808816	0,806212	0,803644	0,801112	0,798615	0,796154	0,793728
9	0,825018	0,821846	0,818724	0,815652	0,812628	0,809654	0,806729	0,803852	0,801025	0,798245	0,795514	0,792831	0,790196
10	0,824851	0,821355	0,817923	0,814554	0,811247	0,808003	0,804821	0,801701	0,798643	0,795646	0,792711	0,789836	0,787022
11	0,824828	0,821289	0,817815	0,814406	0,811062	0,807782	0,804567	0,801415	0,798328	0,795304	0,792343	0,789444	0,786609
12	0,824788	0,821172	0,817625	0,814148	0,810739	0,807399	0,804127	0,800923	0,797786	0,794717	0,791714	0,788779	0,785909
13	0,824607	0,820645	0,816773	0,81299	0,809295	0,805689	0,802171	0,79874	0,795396	0,792138	0,788966	0,785879	0,782877
14	0,824533	0,82043	0,816427	0,812522	0,808715	0,805006	0,801393	0,797877	0,794456	0,79113	0,787899	0,784761	0,781717
15	0,824487	0,820298	0,816217	0,812243	0,808375	0,804613	0,800957	0,797405	0,793956	0,79061	0,787367	0,784226	0,781185
16	0,824446	0,820181	0,816035	0,812007	0,808094	0,804297	0,800614	0,797045	0,79359	0,790246	0,787013	0,783892	0,780879
17	0,824378	0,819997	0,815757	0,811656	0,807693	0,803867	0,800177	0,796622	0,793201	0,789912	0,786755	0,783728	0,78083
18	0,824361	0,819953	0,815696	0,811588	0,807629	0,803816	0,800148	0,796625	0,793244	0,830761	0,871111	0,911983	0,953244
19	0,826536	0,826365	0,826197	0,826032	0,825869	0,825709	0,825552	0,825398	0,825246	0,825097	0,824951	0,824808	0,824667
20	0,826425	0,826045	0,825686	0,825346	0,825025	0,824725	0,824444	0,824183	0,823941	0,823719	0,823517	0,823334	0,823171
21	0,826402	0,825982	0,825587	0,825216	0,824871	0,82455	0,824254	0,823983	0,823737	0,823516	0,823319	0,823147	0,823
22	0,826382	0,825929	0,825511	0,825126	0,824777	0,824462	0,824181	0,823934	0,823722	0,83128	0,86995	0,909277	0,949043
23	0,826106	0,825083	0,824069	0,823066	0,822074	0,821092	0,82012	0,819159	0,818208	0,817268	0,816338	0,815418	0,814509
24	0,825906	0,82449	0,823095	0,821721	0,820367	0,819034	0,817722	0,816431	0,815161	0,813911	0,812681	0,811473	0,810285
25	0,825807	0,824199	0,822623	0,821078	0,819565	0,818082	0,816631	0,815211	0,813822	0,812464	0,811137	0,80984	0,808574
26	0,82541	0,823006	0,820628	0,818277	0,815951	0,813651	0,811377	0,809129	0,806906	0,80471	0,802539	0,800394	0,798274
27	0,825361	0,822861	0,820391	0,817949	0,815537	0,813154	0,8108	0,808475	0,806179	0,803911	0,801673	0,799463	0,797282
28	0,825151	0,822441	0,819375	0,816553	0,813775	0,81104	0,808348	0,8057	0,803095	0,800532	0,798013	0,795537	0,793103
29	0,825004	0,821808	0,818669	0,815584	0,812554	0,809579	0,806658	0,803792	0,80098	0,798222	0,795517	0,792866	0,790269
30	0,824943	0,82163	0,818379	0,81519	0,812061	0,808993	0,805985	0,803038	0,800151	0,797323	0,794555	0,791847	0,789197
31	0,824834	0,821316	0,817875	0,814509	0,811219	0,808004	0,804864	0,801798	0,798806	0,795888	0,793044	0,790273	0,787574
32	0,824807	0,821238	0,817751	0,814344	0,811018	0,807772	0,804606	0,801519	0,798511	0,795582	0,792731	0,789958	0,787262
33	0,8248	0,821222	0,817731	0,814328	0,811011	0,807781	0,804637	0,801576	0,7985547	0,795531	0,792593	0,790643	0,787792
34	0,825202	0,822409	0,81968	0,817016	0,814416	0,811879	0,809405	0,806995	0,804647	0,802362	0,800139	0,797978	0,79588
35	0,825021	0,821878	0,818814	0,815827	0,812917	0,810084	0,807328	0,804648	0,802044	0,799516	0,797062	0,794663	0,792379
36	0,824792	0,821205	0,817717	0,814327	0,811035	0,807839	0,80474	0,801736	0,798827	0,796013	0,793292	0,790665	0,788131
37	0,824362	0,819962	0,81572	0,811635	0,807705	0,803929	0,800306	0,796834	0,793511	0,830902	0,871264	0,912149	0,953424

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού													
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
38	0,825807	0,824206	0,822643	0,821118	0,81963	0,852662	0,896668	0,940706	0,984775	1,028875	1,073006	1,117169	1,161362
39	0,826552	0,826413	0,826275	0,826137	0,826001	0,825865	0,82573	0,825596	0,825463	0,825331	0,825199	0,825069	0,824939
40	0,826226	0,825437	0,824653	0,823876	0,823103	0,822337	0,821576	0,82082	0,820071	0,819326	0,818588	0,817854	0,817127
41	0,826055	0,824927	0,823809	0,8227	0,8216	0,820509	0,819428	0,818356	0,817293	0,816239	0,815194	0,814159	0,813133
42	0,825885	0,824422	0,822972	0,821535	0,820111	0,818701	0,817303	0,815919	0,814548	0,81319	0,811845	0,810513	0,809194
43	0,825448	0,823118	0,820812	0,81853	0,816271	0,814037	0,811826	0,809638	0,807474	0,805334	0,803217	0,801124	0,799054
44	0,825326	0,822756	0,820215	0,817702	0,815219	0,812765	0,810339	0,807942	0,805574	0,803235	0,800924	0,798642	0,796388
45	0,825198	0,822377	0,819593	0,816844	0,814132	0,811456	0,808816	0,806212	0,803644	0,801112	0,798615	0,796154	0,793728
46	0,825018	0,821846	0,818724	0,815652	0,812628	0,809654	0,806729	0,803852	0,801025	0,798245	0,795514	0,792831	0,790196
47	0,824851	0,821355	0,817923	0,814554	0,811247	0,808003	0,804821	0,801701	0,798643	0,795646	0,792711	0,789836	0,787022
48	0,824828	0,821289	0,817815	0,814406	0,811062	0,807782	0,804567	0,801415	0,798328	0,795304	0,792343	0,789444	0,786609
49	0,824788	0,821172	0,817625	0,814148	0,810739	0,807399	0,804127	0,800923	0,797786	0,794717	0,791714	0,788779	0,785909
50	0,824607	0,820645	0,816773	0,81299	0,809295	0,805689	0,802171	0,79874	0,795396	0,792138	0,788966	0,785879	0,782877
51	0,824533	0,82043	0,816427	0,812522	0,808715	0,805006	0,801393	0,797877	0,794456	0,79113	0,787899	0,784761	0,781717
52	0,824487	0,820298	0,816217	0,812243	0,808375	0,804613	0,800957	0,797405	0,793956	0,79061	0,787367	0,784226	0,781185
53	0,824446	0,820181	0,816035	0,812007	0,808094	0,804297	0,800614	0,797045	0,79359	0,790246	0,787013	0,783892	0,780879
54	0,824378	0,819997	0,815757	0,811656	0,807693	0,803867	0,800177	0,796622	0,793201	0,789912	0,786755	0,783728	0,78083
55	0,824361	0,819953	0,815696	0,811588	0,807629	0,803816	0,800148	0,796625	0,793244	0,80761	0,811111	0,911983	0,953244
56	0,826536	0,826365	0,826197	0,826032	0,825869	0,825709	0,825552	0,825398	0,825246	0,825097	0,824951	0,824808	0,824667
57	0,826425	0,826045	0,825686	0,825346	0,825025	0,824725	0,824444	0,824183	0,823941	0,823719	0,823517	0,823334	0,823171
58	0,826402	0,825982	0,825587	0,825216	0,824871	0,82455	0,824254	0,823983	0,823737	0,823516	0,823319	0,823147	0,823
59	0,826382	0,825929	0,825511	0,825126	0,824777	0,824462	0,824181	0,823934	0,823722	0,83128	0,86995	0,909277	0,949043
60	0,826106	0,825083	0,824069	0,823066	0,822074	0,821092	0,82012	0,819159	0,818208	0,817268	0,816338	0,815418	0,814509
61	0,825906	0,82449	0,823095	0,821721	0,820367	0,819034	0,817722	0,816431	0,815161	0,813911	0,812681	0,811473	0,810285
62	0,825807	0,824199	0,822623	0,821078	0,819565	0,818082	0,816631	0,815211	0,813822	0,812464	0,811137	0,80984	0,808574
63	0,82541	0,823006	0,820628	0,818277	0,815951	0,813651	0,811377	0,809129	0,806906	0,80471	0,802539	0,800394	0,798274
64	0,825361	0,822861	0,820391	0,817949	0,815537	0,813154	0,8108	0,808475	0,806179	0,803911	0,801673	0,799463	0,797282
65	0,825151	0,822241	0,819375	0,816553	0,813775	0,81104	0,808348	0,8057	0,803095	0,800532	0,798013	0,795537	0,793103
66	0,825004	0,821808	0,818669	0,815584	0,812554	0,809579	0,806658	0,803792	0,80098	0,798222	0,795517	0,792866	0,790269
67	0,824943	0,82163	0,818379	0,81519	0,812061	0,808993	0,805985	0,803038	0,800151	0,797323	0,794555	0,791847	0,789197
68	0,824834	0,821316	0,817875	0,814509	0,811219	0,808004	0,804864	0,801798	0,798806	0,795888	0,793044	0,790273	0,787574
69	0,824807	0,821238	0,817751	0,814344	0,811018	0,807772	0,804606	0,801519	0,798511	0,795582	0,792731	0,789958	0,787262
70	0,8248	0,821222	0,817731	0,814328	0,811011	0,807781	0,804637	0,815176	0,855547	0,896531	0,937933	0,979643	1,021592
71	0,825202	0,822409	0,81968	0,817016	0,814416	0,811879	0,809405	0,806995	0,804647	0,802362	0,800139	0,797978	0,79588
72	0,825021	0,821878	0,818814	0,815827	0,812917	0,810084	0,807328	0,804648	0,802044	0,799516	0,797062	0,794683	0,792379
73	0,824792	0,821205	0,817717	0,814327	0,811035	0,807839	0,80474	0,801736	0,798827	0,796013	0,793292	0,790665	0,788131
74	0,824362	0,819962	0,81572	0,811635	0,807705	0,803929	0,800306	0,796834	0,793511	0,830902	0,871264	0,912149	0,953424
75	0,825807	0,824206	0,822643	0,821118	0,81963	0,852662	0,896668	0,940706	0,984775	1,028875	1,073006	1,117169	1,161362

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού													
	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0,82481	0,824682	0,824555	0,824428	0,824303	0,824178	0,824054	0,823931	0,823809	0,823688	0,823567	0,823448	0,823329
3	0,816405	0,815688	0,814977	0,814272	0,813572	0,812878	0,812189	0,811506	0,810828	0,810156	0,809489	0,808828	0,808173
4	0,812115	0,811108	0,810109	0,809119	0,808139	0,807168	0,806206	0,805253	0,804309	0,803374	0,802448	0,801532	0,800624
5	0,807888	0,806595	0,805315	0,804049	0,802795	0,801554	0,800326	0,799111	0,79791	0,796721	0,795545	0,794381	0,793231
6	0,797008	0,794985	0,792985	0,791009	0,789055	0,787125	0,785219	0,783335	0,781475	0,779631	0,777823	0,776031	0,774263
7	0,794163	0,791966	0,789798	0,787658	0,785546	0,783463	0,781407	0,77938	0,777381	0,77541	0,773466	0,771551	0,769664
8	0,791338	0,788983	0,786664	0,784379	0,78213	0,779915	0,777736	0,775591	0,773481	0,771406	0,769366	0,76736	0,765388

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
9	0,787609	0,78507	0,782578	0,780133	0,777736	0,775386	0,773083	0,770827	0,768617	0,766454	0,764337	0,762266	0,760242
10	0,784268	0,781575	0,778942	0,776368	0,773854	0,771399	0,769003	0,766666	0,764388	0,762168	0,760006	0,757902	0,755855
11	0,783836	0,781125	0,778476	0,775888	0,773362	0,770897	0,768493	0,766149	0,763866	0,761643	0,75948	0,757377	0,755333
12	0,783106	0,780368	0,777696	0,775089	0,772547	0,770069	0,767656	0,765307	0,763021	0,760799	0,758641	0,756545	0,754512
13	0,779959	0,777125	0,774375	0,771707	0,769122	0,766619	0,764198	0,761858	0,759598	0,757419	0,75532	0,7533	0,751359
14	0,778766	0,775907	0,773139	0,770463	0,767877	0,765382	0,762976	0,760659	0,75843	0,75629	0,754236	0,75227	0,750391
15	0,778245	0,775404	0,772662	0,770019	0,767474	0,765026	0,762674	0,760419	0,758259	0,756194	0,754223	0,752345	0,750561
16	0,777976	0,775181	0,772494	0,769913	0,767439	0,765069	0,762805	0,760644	0,764845	0,760113	0,758561	0,811172	0,826934
17	0,778061	0,77542	0,772905	0,770515	0,768249	0,766108	0,780437	0,796081	0,81188	0,827826	0,843911	0,860132	0,876483
18	0,994813	1,036639	1,078689	1,120938	1,16337	1,205972	1,248734	1,291648	1,334709	1,377911	1,421251	1,464724	1,508328
19	0,824529	0,824394	0,824262	0,824132	0,824005	0,823881	0,823759	0,82364	0,823524	0,823411	0,8233	0,823192	0,823087
20	0,823027	0,822903	0,822798	0,822712	0,822646	0,8226	0,822573	0,822565	0,822576	0,822607	0,822657	0,822726	0,822814
21	0,822877	0,822779	0,822705	0,822656	0,822631	0,830585	0,850668	0,871008	0,891554	0,91227	0,933127	0,954104	0,975184
22	0,989119	1,029423	1,069903	1,110523	1,151258	1,192088	1,233	1,273985	1,315033	1,356139	1,397298	1,438506	1,479759
23	0,81361	0,812722	0,811843	0,810976	0,810118	0,809271	0,808434	0,807607	0,806791	0,805985	0,805189	0,804404	0,803628
24	0,809117	0,80797	0,806844	0,805738	0,804652	0,803587	0,802542	0,801517	0,800513	0,799529	0,798565	0,797622	0,796699
25	0,807339	0,806135	0,804961	0,803817	0,802704	0,801621	0,800569	0,799547	0,798554	0,797592	0,79666	0,795758	0,794886
26	0,796181	0,794112	0,792069	0,790052	0,78806	0,786093	0,784152	0,782236	0,780345	0,778479	0,776638	0,774823	0,773032
27	0,79513	0,793006	0,790911	0,788844	0,786806	0,784795	0,782814	0,78086	0,778935	0,777037	0,775168	0,773327	0,771514
28	0,790711	0,788362	0,786055	0,783791	0,781568	0,779388	0,777249	0,775151	0,773096	0,771082	0,769109	0,767177	0,765287
29	0,787725	0,785234	0,782795	0,78041	0,778077	0,775796	0,773567	0,77139	0,769265	0,767192	0,76517	0,763199	0,76128
30	0,786606	0,784074	0,781601	0,779186	0,776828	0,774529	0,772287	0,770102	0,767974	0,765904	0,76389	0,761932	0,760031
31	0,784948	0,782394	0,779912	0,777501	0,775162	0,772893	0,770695	0,768566	0,766508	0,764519	0,7626	0,760749	0,758968
32	0,784643	0,782101	0,779635	0,777245	0,774931	0,772692	0,770528	0,768438	0,766423	0,764481	0,762613	0,760818	0,759096
33	1,063738	1,106049	1,148506	1,191995	1,233803	1,276623	1,319548	1,362573	1,405693	1,448907	1,49221	1,5356	1,579076
34	0,793842	0,791866	0,789952	0,788098	0,786305	0,784572	0,782899	0,781286	0,779733	0,77824	0,776806	0,775488	0,774196
35	0,790149	0,787992	0,785909	0,783899	0,781962	0,780097	0,778304	0,776582	0,774932	0,773354	0,771846	0,770454	0,769117
36	0,785688	0,783338	0,781078	0,778909	0,77683	0,774841	0,772941	0,771129	0,769405	0,767769	0,76622	0,764887	0,77455
37	0,995009	1,036851	1,078917	1,121184	1,163634	1,206253	1,249034	1,291967	1,335047	1,378268	1,421627	1,465119	1,508743
38	1,205587	1,249842	1,294129	1,338446	1,382793	1,427172	1,471581	1,51602	1,56049	1,60499	1,64952	1,69408	1,738671
39	0,82481	0,824682	0,824555	0,824428	0,824303	0,824178	0,824054	0,823931	0,823809	0,823688	0,823567	0,823448	0,823329
40	0,816405	0,815688	0,814977	0,814272	0,813572	0,812878	0,812189	0,811506	0,810828	0,810156	0,809489	0,808828	0,808173
41	0,812115	0,811108	0,810109	0,809119	0,808139	0,807168	0,806206	0,805253	0,804309	0,803374	0,802448	0,801532	0,800624
42	0,807888	0,806595	0,805315	0,804049	0,802795	0,801554	0,800326	0,799111	0,79791	0,796721	0,795545	0,794381	0,793231
43	0,797008	0,794985	0,792985	0,791009	0,789055	0,787125	0,785219	0,783335	0,781475	0,779637	0,777823	0,776031	0,774263
44	0,794163	0,791966	0,789798	0,787658	0,785546	0,783463	0,781407	0,77938	0,777381	0,77541	0,773466	0,771551	0,769664
45	0,791338	0,788983	0,786664	0,784379	0,78213	0,779915	0,777736	0,775591	0,773481	0,771406	0,769366	0,76736	0,765388
46	0,787609	0,78507	0,782578	0,780133	0,777736	0,775386	0,773083	0,770827	0,768617	0,766454	0,764337	0,762266	0,760242
47	0,784268	0,781575	0,778942	0,776368	0,773854	0,771399	0,769003	0,766666	0,764388	0,762168	0,760006	0,757902	0,755855
48	0,783836	0,781125	0,778476	0,775888	0,773362	0,770897	0,768493	0,766149	0,763866	0,761643	0,75948	0,757377	0,755333
49	0,783106	0,780368	0,777696	0,775089	0,772547	0,770069	0,767656	0,765307	0,763021	0,760799	0,758641	0,756545	0,754512
50	0,779959	0,777125	0,774375	0,771707	0,769122	0,766619	0,764198	0,761858	0,759598	0,757419	0,75532	0,7533	0,751359
51	0,778766	0,775907	0,773139	0,770463	0,767877	0,765382	0,762976	0,760659	0,75843	0,75629	0,754236	0,75227	0,750391
52	0,778245	0,775404	0,772662	0,770019	0,767474	0,765026	0,762674	0,760419	0,758259	0,756194	0,754223	0,752345	0,750561
53	0,777976	0,775181	0,772494	0,769913	0,767439	0,765069	0,762805	0,760644	0,764845	0,760113	0,758561	0,811172	0,826934
54	0,778061	0,77542	0,772905	0,770515	0,768249	0,766108	0,780437	0,796081	0,81188	0,827826	0,843911	0,860132	0,876483
55	0,994813	1,036639	1,078689	1,120938	1,16337	1,205972	1,248734	1,291648	1,334709	1,377911	1,421251	1,464724	1,508328
56	0,824529	0,824394	0,824262	0,824132	0,824005	0,823881	0,823759	0,82364	0,823524	0,823411	0,8233	0,823192	0,823087
57	0,823027	0,822903	0,822798	0,822712	0,822646	0,8226	0,822573	0,822565	0,822576	0,822607	0,822657	0,822726	0,822814
58	0,822877	0,822779	0,822705	0,822656	0,822631	0,830585	0,850668	0,871008	0,891554	0,91227	0,933127	0,954104	0,975184
59	0,989119	1,029423	1,069903	1,110523	1,151258	1,192088	1,233	1,273985	1,315033	1,356139	1,397298	1,438506	1,479759
60	0,81361	0,812722	0,811843	0,810976	0,810118	0,809271	0,808434	0,807607	0,806791	0,805985	0,805189	0,804404	0,803628
61	0,809117	0,80797	0,806844	0,805738	0,804652	0,803587	0,802542	0,801517	0,800513	0,799529	0,798565	0,797622	0,796699
62	0,807339	0,806135	0,804961	0,803817	0,802704	0,801621	0,800569	0,799547	0,798554	0,797592	0,79666	0,795758	0,794886
63	0,796181	0,794112	0,792069	0,790052	0,78806	0,786093	0,784152	0,782236	0,780345	0,778479	0,776638	0,774823	0,773032

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51
64	0,79513	0,793006	0,790911	0,788844	0,786806	0,784795	0,782814	0,78086	0,778935	0,777037	0,775168	0,773327	0,771514
65	0,790711	0,788362	0,786055	0,783791	0,781568	0,779388	0,777249	0,775151	0,773096	0,771082	0,769109	0,767177	0,765287
66	0,787725	0,785234	0,782795	0,78041	0,778077	0,775796	0,773567	0,77139	0,769265	0,767192	0,76517	0,763199	0,76128
67	0,786606	0,784074	0,781601	0,779186	0,776828	0,774529	0,772287	0,770102	0,767974	0,765904	0,76389	0,761932	0,760031
68	0,784948	0,782394	0,779912	0,777501	0,775162	0,772893	0,770695	0,768566	0,766508	0,764519	0,7626	0,760749	0,758968
69	0,784643	0,782101	0,779635	0,777245	0,774931	0,772692	0,770528	0,768438	0,766423	0,764481	0,762613	0,760818	0,759096
70	1,063738	1,106049	1,148506	1,191095	1,233803	1,276623	1,319548	1,362573	1,405693	1,448907	1,49221	1,5356	1,579076
71	0,793842	0,791866	0,789952	0,788098	0,786305	0,784572	0,782899	0,781286	0,779733	0,77824	0,776806	0,780568	0,788196
72	0,790149	0,787992	0,785909	0,783899	0,781962	0,780097	0,778304	0,776582	0,774932	0,773354	0,771846	0,77554	0,783117
73	0,785688	0,783338	0,781078	0,778909	0,77683	0,774841	0,772941	0,771129	0,769405	0,767769	0,76622	0,769887	0,777455
74	0,995009	1,036851	1,078917	1,121184	1,163634	1,206253	1,249034	1,291967	1,335047	1,378268	1,421627	1,465119	1,508743
75	1,205587	1,249842	1,294129	1,338446	1,382793	1,427172	1,471581	1,51602	1,56049	1,60499	1,64952	1,69408	1,738671

Μέγεθος ΜΑΠ (MW) Αριθμός Συγού	53	55	57	59	61	63
1	1	1	1	1	1	1
2	0,823211	0,823094	0,822978	0,822863	0,822748	0,822634
3	0,807523	0,806878	0,806239	0,805606	0,804978	0,804355
4	0,799726	0,798837	0,797957	0,797086	0,796224	0,795371
5	0,792094	0,790969	0,789857	0,788759	0,787673	0,786599
6	0,772517	0,770795	0,769095	0,767418	0,765764	0,764132
7	0,767804	0,765972	0,764168	0,762392	0,760643	0,758922
8	0,763451	0,761548	0,759679	0,757844	0,756044	0,754277
9	0,758263	0,756331	0,754444	0,752602	0,750806	0,749055
10	0,753866	0,751935	0,75006	0,748242	0,746481	0,744776
11	0,753348	0,751422	0,749554	0,747746	0,745995	0,744303
12	0,752541	0,750633	0,748786	0,747001	0,745278	0,743615
13	0,749496	0,747712	0,746006	0,744377	0,742825	0,74135
14	0,748597	0,74689	0,745267	0,743729	0,742275	0,740904
15	0,751075	0,763816	0,7767	0,789719	0,802864	0,816131
16	0,842838	0,858875	0,87504	0,891328	0,907733	0,924252
17	0,892961	0,909564	0,926288	0,943132	0,960093	0,977169
18	1,55206	1,595918	1,639899	1,684002	1,728225	1,772567
19	0,822984	0,822885	0,822788	0,822693	0,822602	0,822513
20	0,822922	0,823048	0,823194	0,823359	0,823543	0,823746
21	0,996353	1,017603	1,038923	1,060308	1,081751	1,103248
22	1,521056	1,562392	1,603768	1,645181	1,686629	1,728113
23	0,802863	0,802109	0,801364	0,80063	0,799906	0,799192
24	0,795795	0,794912	0,794049	0,793207	0,792384	0,791581
25	0,794044	0,793231	0,792448	0,791695	0,790971	0,790277
26	0,771267	0,769526	0,76781	0,76612	0,764454	0,762813
27	0,769728	0,767971	0,766241	0,764539	0,762865	0,761218
28	0,763437	0,761628	0,759861	0,758133	0,756447	0,7548
29	0,759411	0,757593	0,755826	0,754109	0,752442	0,750826
30	0,758186	0,756397	0,754663	0,752985	0,751362	0,749794
31	0,757254	0,755608	0,754031	0,75252	0,751077	0,749701
32	0,757447	0,755869	0,754364	0,75293	0,751567	0,750275
33	1,622636	1,666277	1,71	1,753802	1,797683	1,841642
34	0,795877	0,803613	0,811402	0,819245	0,827142	0,835091

Μέγεθος ΜΔΠ (MW) Αριθμός ζυγίου	53	55	57	59	61	63
35	0,790758	0,798465	0,806236	0,814073	0,821973	0,829937
36	0,785103	0,792833	0,800643	0,808533	0,816502	0,824551
37	1,552494	1,596372	1,640372	1,684495	1,728738	1,773099
38	1,783291	1,827942	1,872622	1,917332	1,962072	2,006841
39	0,823211	0,823094	0,822978	0,822863	0,822748	0,822634
40	0,807523	0,806878	0,806239	0,805606	0,804978	0,804355
41	0,799726	0,798837	0,797957	0,797086	0,796224	0,795371
42	0,792094	0,790969	0,789857	0,788759	0,787673	0,786599
43	0,772517	0,770795	0,769095	0,767418	0,765764	0,764132
44	0,767804	0,765972	0,764168	0,762392	0,760643	0,758922
45	0,763451	0,761548	0,759679	0,757844	0,756044	0,754277
46	0,758263	0,756331	0,754444	0,752602	0,750806	0,749055
47	0,753866	0,751935	0,75006	0,748242	0,746481	0,744776
48	0,753348	0,751422	0,749554	0,747746	0,745995	0,744303
49	0,752541	0,750633	0,748786	0,747001	0,745278	0,743615
50	0,749496	0,747712	0,746006	0,744377	0,742825	0,74135
51	0,748597	0,74689	0,745267	0,743729	0,742275	0,742904
52	0,751075	0,763816	0,7767	0,789719	0,802864	0,816131
53	0,842838	0,858875	0,87504	0,891328	0,907733	0,924252
54	0,892961	0,909564	0,926288	0,943132	0,960093	0,977169
55	1,55206	1,595918	1,639899	1,684002	1,728225	1,772567
56	0,822984	0,822885	0,822788	0,822693	0,822602	0,822513
57	0,822922	0,823048	0,823194	0,823359	0,823543	0,823746
58	0,996353	1,017603	1,038923	1,060308	1,081751	1,103248
59	1,521056	1,562392	1,603768	1,645181	1,686629	1,728113
60	0,802863	0,802109	0,801364	0,80063	0,799906	0,799192
61	0,795795	0,794912	0,794049	0,793207	0,792384	0,791581
62	0,794044	0,793231	0,792448	0,791695	0,790971	0,790277
63	0,771267	0,769526	0,76781	0,76612	0,764454	0,762813
64	0,769728	0,767971	0,766241	0,764539	0,762865	0,761218
65	0,763437	0,761628	0,759861	0,758133	0,756447	0,7548
66	0,759411	0,757593	0,755826	0,754109	0,752442	0,750826
67	0,758186	0,756397	0,754663	0,752985	0,751362	0,749794
68	0,757254	0,755608	0,754031	0,75252	0,751077	0,749701
69	0,757447	0,755869	0,754364	0,75293	0,751567	0,750275
70	1,622636	1,666277	1,71	1,753802	1,797683	1,841642
71	0,795877	0,803613	0,811402	0,819245	0,827142	0,835091
72	0,790758	0,798465	0,806236	0,814073	0,821973	0,829937
73	0,785103	0,792833	0,800643	0,808533	0,816502	0,824551
74	1,552494	1,596372	1,640372	1,684495	1,728738	1,773099
75	1,783291	1,827942	1,872622	1,917332	1,962072	2,006841