

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ:

*ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ
INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*

Επιβλέπων καθηγητής: κ. Χ. Δημουλιάς

Φοιτητής
Όνομα : Αβραμίδης Γεώργιος
Α.Ε.Μ. : 4982

Θεσσαλονίκη
2006-2007

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

...Αφιερωμένο στη μητέρα μου, Κατερίνα
στην αδερφή μου, Μαρία
και στη Λιάνα...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

	Σελίδα
1.1 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά (PV)	6
1.2 Αρχή Λειτουργίας	7
1.3 Χαρακτηριστικά των pv	8
1.4 Σχεδίαση Διάταξης	10
1.4.1 Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας	10
1.4.2 Γωνία της διεύθυνσης του ήλιου με το έδαφος	11
1.4.3 Θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων	11
1.4.4 Σκίαση	12
1.5 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα	13
1.6 Μετατροπείς DC-AC (Inverters)	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εφαρμογή

2.1 Προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας	24
2.2 Προσδιορισμός της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος	24
2.3 Υπολογισμός της Καμπύλης Διάρκειας Φορτίου (Κ.Δ.Φ.)	44
2.4 Εφαρμογή μετατροπέων DC-AC (Inverter) διαφορετικής ισχύος και διαφορετικού κατασκευαστή	51
2.5 Εφαρμογή υπολογισμού του ελληνικού βαθμού απόδοσης inverter	81
2.6 Μελέτη διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων	89
2.7 Μια ενδιάμεση λύση μεταξύ της ετησίως σταθερής και της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων	101

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

– ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β 104

– ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΩΝ

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ DC-AC 105

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 155

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εποχή μας χαρακτηρίζεται από μια σημαντική αύξηση των ενεργειακών αναγκών μας. Δεδομένου ότι οι καύσιμες ύλες του πλανήτη μας μειώνονται γρήγορα, η αναζήτηση νέων πηγών ενέργειας είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν μια ενθαρρυντική λύση. Στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά στις εγκαταστάσεις φωτοβολταϊκών διατάξεων. Οι διατάξεις αυτές μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια. Αρχικά γίνεται ένας προσδιορισμός της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε διάφορες πόλεις της Ελλάδος. Στην συνέχεια γίνεται μια μελέτη προσδιορισμού της ηλεκτρικής ισχύος που παράγεται στις διάφορες πόλεις δεδομένης της ηλιακής τους ακτινοβολίας. Η μελέτη αφορά την επίτευξη της μέγιστης ισχύος εξόδου της εγκατάστασης και εστιάζει κυρίως στην διερεύνηση της βέλτιστης ισχύος των μετατροπέων DC-AC που θα χρησιμοποιηθούν στην εγκατάσταση.

Γ. Αβραμίδης
Οκτώβριος 2007
Δράμα

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή στα φωτοβολταϊκά (PV)

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών χρησιμοποιεί ημιαγωγά υλικά σε μορφή κυψέλης (cell) διαφόρων cm^2 σε μέγεθος. Από την όψη της φυσικής στερεάς κατάστασης, μια κυψέλη είναι ουσιαστικά μια εκτεταμένη σε μέγεθος δίοδος p-n, με την ένωση (junction) των δύο στρωμάτων να βρίσκεται κοντά στην πάνω επιφάνεια. Η κυψέλη μετατρέπει άμεσα το ηλιακό φως σε ηλεκτρικό συνεχές ρεύμα. Πολυάριθμες κυψέλες συνδέονται μαζί σε ένα πλαίσιο (module) ώστε να παράγουν την απαιτούμενη ισχύ.

Κύρια πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών είναι:

- Μικρός χρόνος σχεδίασης, τοποθέτησης και εκκίνησης μιας εγκατάστασης.
- Η ισχύς εξόδου προσαρμόζεται πολύ καλά στις μέγιστες απαιτήσεις του φορτίου.
- Είναι σταθερή κατασκευή, χωρίς κινητά μέρη, επομένως χωρίς θόρυβο.
- Μεγάλη διάρκεια ζωής με μικρή συντήρηση.
- Μεγάλη δυνατότητα παραγωγής ισχύος ανά μονάδα βάρους.
- Δυνατότητα εύκολης μεταφοράς λόγω μικρού βάρους.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης είναι:

1. Τεχνολογία που βασίζεται στο μονοκρυσταλλικό πυρίτιο (Single-Crystalline Silicon).
2. Τεχνολογία που βασίζεται σε λεπτά στρώματα (μεμβράνες) ενώσεων όπως το γαλλιούχο αρσένιο (Thin Films).
3. Τεχνολογία που βασίζεται στο άμορφο πυρίτιο (Amorphous Silicon).

Κάποιες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται λιγότερο σήμερα είναι αυτή του πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Polycrystalline) καθώς και αυτή που χρησιμοποιεί οπτικά κρύσταλλα για να αυξήσει την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην κυψέλη δημιουργώντας τις κυψέλες εστίασης (Concentrated Cells).

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται κυρίως σήμερα είναι η τεχνολογία του κρυσταλλικού πυριτίου. Η διαδικασία παραγωγής κελιών έχει υψηλό κόστος αλλά οδηγεί στον μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με αυτόν των υπολοίπων τεχνολογιών που αναφέρθηκαν.

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει με ρεύμα μια περιοχή που είναι αποκομμένη από το δίκτυο παροχής ρεύματος (Stand-Alone System) ή για να παρέχει ισχύ στο δίκτυο εφόσον έχουν ικανοποιηθεί οι ηλεκτρικές ανάγκες (Grid-Connected System). Εφαρμόζεται επίσης η χρήση των φωτοβολταϊκών σε συνδυασμό με γεννήτρια δημιουργώντας έτσι ένα υβριδικό σύστημα (Hybrid System) σε περιπτώσεις όπου απαιτείται αδιάλειπτη

παροχή ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος η απλούστερη περίπτωση χρήσης είναι αυτή κατά την οποία τροφοδοτείται άμεσα κάποιο φορτίο συνεχούς ρεύματος.

1.2 Αρχή Λειτουργίας

Το φαινόμενο πάνω στο οποίο βασίζεται η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών είναι αυτό κατά το οποίο αναπτύσσεται ηλεκτρικό δυναμικό ανάμεσα σε δύο ανόμοια υλικά, όταν η κοινή τους ένωση δέχεται ακτινοβολία φωτονίων. Το φαινόμενο αυτό ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο φυσικό Becquerel το 1839 και παρέμεινε στο εργαστήριο μέχρις ότου κατασκευαστεί η πρώτη φωτοβολταϊκή κυψέλη το 1954.

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, μια κυψέλη pn μοιάζει αρκετά από άποψη λειτουργίας με την κλασσική δίοδο ένωσης p-n. Όταν το ηλιακό φως απορροφάται από την ένωση, η ενέργεια των απορροφημένων φωτονίων μεταφέρεται στο υλικό της κυψέλης και έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία φορτισμένων φορέων που βρίσκονται διασκορπισμένοι στην ένωση. Οι φορτισμένοι φορείς μπορεί να είναι ζεύγη τύπου ηλεκτρόνιο-ιόν σε υγρό ηλεκτρολύτη ή ζεύγη τύπου ηλεκτρόνιο-οπή σε ένα στερεό ημιαγωγό. Οι φορτισμένοι φορείς στην περιοχή της ένωσης δημιουργούν ένα δυναμικό, επιταχύνονται κάτω από την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου και ρέουν καθώς το ρεύμα ρέει σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Το ρεύμα στο τετράγωνο επί την αντίσταση του κυκλώματος δίνει την ισχύ που μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό. Η υπόλοιπη ενέργεια των φωτονίων ανεβάζει την θερμοκρασία της κυψέλης.

Η προέλευση του φωτοβολταϊκού δυναμικού είναι η διαφορά στο χημικό δυναμικό, που ονομάζεται στάθμη Fermi, των ηλεκτρονίων ανάμεσα στα δύο απομονωμένα υλικά. Όταν ενωθούν, η ένωσή τους προσεγγίζει μια νέα θερμοδυναμική ισορροπία. Μια τέτοια ισορροπία μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν οι στάθμες Fermi των δύο υλικών είναι ίσες. Αυτό προκύπτει από την ροή των ηλεκτρονίων από το ένα υλικό στο άλλο μέχρις ότου δημιουργηθεί μια διαφορά τάσης ανάμεσα στα δύο υλικά, η οποία έχει δυναμικό ακριβώς ίσο με την αρχική διαφορά στις στάθμες Fermi των υλικών. Αυτό το δυναμικό οδηγεί το φωτο-ρεύμα.

Για την συλλογή του φωτο-ρεύματος χρησιμοποιούνται μεταλλικές επαφές και στις δύο πλευρές της ένωσης οι οποίες θα συλλέξουν το ηλεκτρικό ρεύμα που δημιουργήθηκε εξαιτίας των φωτονίων που προσκρούουν στην πάνω επιφάνεια. Στην κάτω (σκοτεινή) μεταλλική επιφάνεια χρησιμοποιούνται αγωγικά λεπτά ελάσματα σε όλη την επιφάνεια. Στην πάνω (φωτεινή) επιφάνεια χρησιμοποιούνται τέτοια ελάσματα στην μία άκρη της επιφάνειας. Στην υπόλοιπη πάνω επιφάνεια χρησιμοποιείται ένα λεπτό αγωγικό δίκτυο για να συλλέξει το ρεύμα αλλά ταυτόχρονα να αφήσει το ηλιακό φως να περάσει. Η διάταξη στον χώρο αυτού του λεπτού δικτύου έχει να κάνει με τον συμβιβασμό της μεγιστοποίησης της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας από την μία και από την άλλη την ελαχιστοποίηση της αντίστασης στην διέλευση του ηλιακού φωτός.

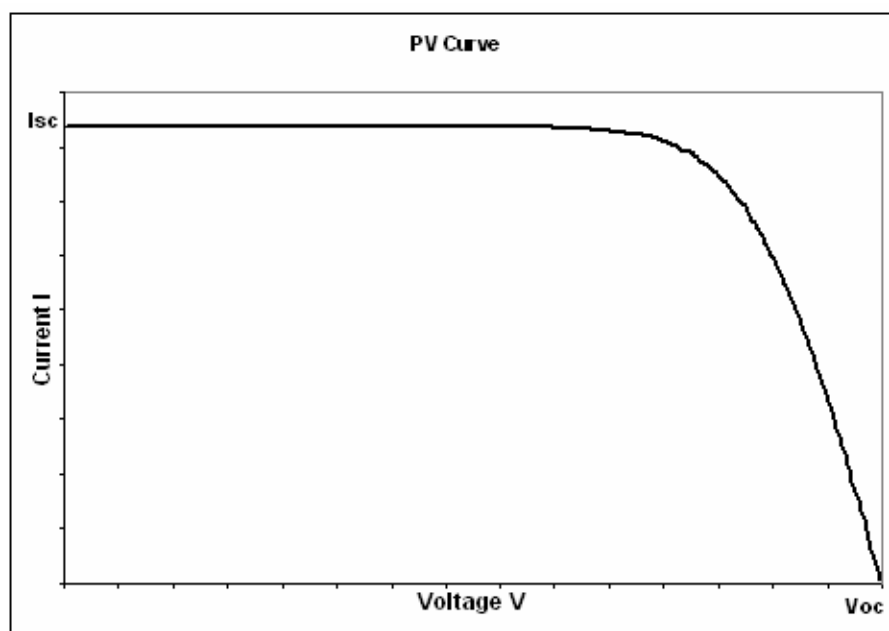
Εκτός από τα βασικά, υπάρχουν και κάποια άλλα πρόσθετα στοιχεία τα οποία περιλαμβάνονται στην κατασκευή. Έτσι για παράδειγμα, στην μπροστά επιφάνεια χρησιμοποιείται επικάλυψη που περιορίζει την αντανάκλαση του φωτός έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απορρόφηση. Η μηχανική προστασία παρέχεται με προστατευτικό γυαλί το οποίο τοποθετείται πάνω από την επιφάνεια με την χρήση διαφανούς υλικού προσκόλλησης.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η φωτοβολταϊκή κυψέλη είναι το βασικό δομικό συστατικό για την δημιουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Για την επίτευξη μεγάλης ισχύος πολλαπλές τέτοιες κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα και σε σειρά, δημιουργώντας έτσι ένα πλαίσιο (module). Πολλά τέτοια πλαίσια, που αποτελούν μια διάταξη (array), είναι συνδεδεμένα ηλεκτρικά μεταξύ τους σε σειρά και εν παραλλήλω και δημιουργούν συνδυασμούς ώστε να παραχθεί το απαιτούμενο ρεύμα και η απαιτούμενη τάση. Η στήριξη των πλαισίων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους χρησιμοποιώντας διαφόρων ειδών βάσεις. Επίσης με την χρήση κατάλληλων στηριγμάτων είναι δυνατή η παρακολούθηση της τροχιάς του ήλιου. Ακόμα σε ορισμένες περιπτώσεις διατάξεις φωτοβολταϊκών χρησιμοποιούνται αντί για στέγαστρα και οροφές κτιρίων και κατοικιών.

1.3 Χαρακτηριστικά των pv

Οι δύο κύριες παράμετροι που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της ηλεκτρικής απόδοσης μιας κυψέλης είναι η τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{oc}) και το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}). Η τάση ανοιχτού κυκλώματος μετριέται μετρώντας την τάση εξόδου των ακροδεκτών όταν αυτοί είναι ανοιχτοί. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης μετριέται βραχυκυκλώνοντας τους ακροδέκτες εξόδου και μετρώντας το ρεύμα εξόδου των ακροδεκτών κάτω από πλήρη ακτινοβολία.

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ενός φωτοβολταϊκού πλαισίου αναπαριστούνται από την καμπύλη ρεύματος-τάσης. Η καμπύλη αυτή έχει την μορφή που φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1



Διάγραμμα 1.1
Καμπύλη φωτοβολταϊκού πλαισίου

Παρατηρούμε πώς στο μεγαλύτερο μέρος της καμπύλης το ρεύμα παραμένει σταθερό και ίσο με το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Στην συνέχεια παρατηρούμε μια απότομη μεταβολή του ρεύματος ώστε τελικά να καταλήξει 0 όπου και έχουμε τελικά την τάση ανοιχτού κυκλώματος. Αξίζει να παρατηρήσουμε πως στην περιοχή πριν το «γόνατο» που παρουσιάζει η καμπύλη, το ρεύμα είναι σταθερό και το φωτοβολταϊκό πλαίσιο λειτουργεί σαν σταθερή πηγή ρεύματος και παράγει τάση ώστε να εξισορροπήσει την αντίσταση του φορτίου. Επίσης, μετά το «γόνατο» της καμπύλης το ρεύμα μειώνεται γρήγορα με μια μικρή αύξηση της τάσης. Στην περιοχή αυτή το πλαίσιο λειτουργεί σαν σταθερή πηγή τάσης με εσωτερική αντίσταση. Κάπου ανάμεσα στις δύο περιοχές που αναφέρθηκαν υπάρχει ένα σημείο βέλτιστης λειτουργίας.

Εάν η τάση εφαρμοσθεί ανάποδα, για παράδειγμα κατά την διάρκεια ενός προσωρινού λάθους, το ρεύμα παραμένει σταθερό και η ισχύς απορροφάται από το πλαίσιο. Πέρα όμως από μια αρνητική τάση η ένωση οδηγείται σε διάσπαση όπως ακριβώς συμβαίνει και στην δίοδο και το ρεύμα αυξάνεται σε μια υψηλή τιμή.

Η ισχύς εξόδου ενός πλαισίου είναι το αποτέλεσμα της τάσης και του ρεύματος εξόδου. Αξίζει να σημειώσουμε πως δεν έχουμε καθόλου παραγωγή ισχύος όταν έχουμε μηδενικό ρεύμα ή μηδενική τάση και έχουμε την μέγιστη παραγωγή ισχύος σε ένα σημείο στο «γόνατο» της καμπύλης. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να λειτουργούν κοντά σε αυτό το βέλτιστο σημείο λειτουργίας.

Οι ονομαστικές τιμές των πλαισίων δίνονται από τους κατασκευαστές κάτω συγκεκριμένες συνθήκες οι οποίες ονομάζονται «τυποποιημένες συνθήκες ελέγχου» (standard testing conditions, STC).

Αυτές είναι:

- Θερμοκρασία κυψέλης: 25°C
- Ηλιακή ακτινοβολία στο επίπεδο του πλαισίου: 1000 W/m²
- AM 1.5 (το AM αντιπροσωπεύει το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας. Το AM0 αντιπροσωπεύει την κατάσταση του διαστήματος όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι 1350W/m². Το AM1 αντιπροσωπεύει την ιδανική γήινη κατάσταση με καθαρό αέρα το μεσημέρι όπου και το φως του ήλιου συναντά την μικρότερη αντίσταση για να φτάσει στην γη. Ο αέρας που συναντάμε μια τυπική μέρα με τον μέσο όρο υγρασίας και μόλυνσης αντιπροσωπεύεται με AM1.5)

Ο βαθμός απόδοσης μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης για την μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ισχύ, ορίζεται:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1.1)$$

όπου

P_{out} : Η ηλεκτρική ισχύς εξόδου

P_{in} : Η ισχύς της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Προφανώς, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης, τόσο μεγαλύτερη είναι ισχύς εξόδου που λαμβάνουμε για δεδομένη ηλιακή ακτινοβολία.

1.4 Σχεδίαση Διάταξης

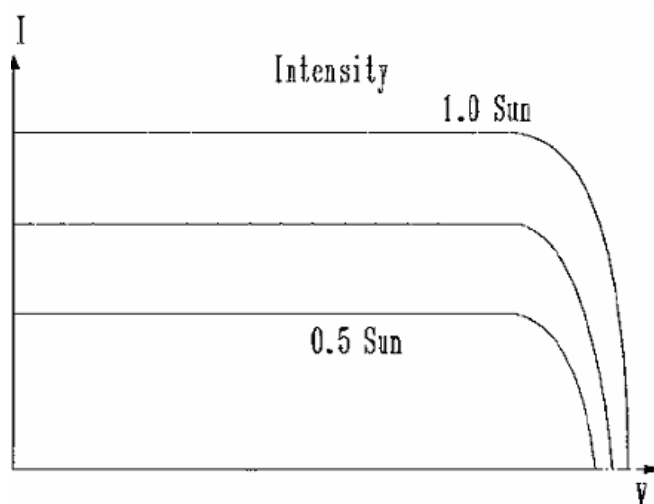
Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ηλεκτρική σχεδίαση μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι οι εξής:

- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Η γωνία της διεύθυνσης του ήλιου με το έδαφος.
- Η θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων.

Οι παράγοντες αυτοί εξετάζονται παρακάτω.

1.4.1 Ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας

Το πλάτος του φωτο-ρεύματος γίνεται μέγιστο κάτω από πλήρη φωτεινό ήλιο. Σε μια μερικώς ηλιόλουστη ημέρα το φωτο-ρεύμα μειώνεται σε αναλογία με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας μειωθεί τότε η χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος-τάσης μετατοπίζεται προς τα κάτω όπως φαίνεται παρακάτω



Διάγραμμα 1.2

Μεταβολή της χαρακτηριστικής καμπύλης ανάλογα με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Αξίζει να σημειώσουμε πως ο βαθμός απόδοσης της φωτοβολταϊκής κυψέλης είναι ανεξάρτητος από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στο πρακτικό εύρος ακτινοβολίας που μας ενδιαφέρει. Έτσι η κυψέλη μετατρέπει σε ηλεκτρική ενέργεια το ίδιο αποδοτικά μια ηλιακή ακτινοβολία έντασης 500W/m^2 και μια ηλιακή ακτινοβολία έντασης 1000W/m^2 . Το ότι παίρνουμε λιγότερη ισχύ στην έξοδο οφείλεται στο γεγονός ότι μια συννεφιασμένη ημέρα λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην κυψέλη.

1.4.2 Γωνία της διεύθυνσης του ήλιου με το έδαφος

Το ρεύμα εξόδου μιας κυψέλης δίνεται από τον τύπο $I = I_0 \cos\theta$, όπου I_0 είναι το ρεύμα που προκύπτει όταν ο ήλιος είναι κάθετος στο πλαίσιο και αποτελεί το σημείο αναφοράς, και θ είναι η γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση της ακτινοβολίας ως προς το σημείο αναφοράς. Ο νόμος του συνημίτονου ισχύει για γωνίες μεταξύ 0 και περίπου 50 μοίρες. Πάνω από τις 50 μοίρες παρατηρείται σημαντική απόκλιση από το νόμο του συνημίτονου και η κυψέλη δεν παράγει καθόλου ισχύ για γωνίες πάνω των 85 μοιρών.

Προκειμένου να επιτυγχάνεται όσον το δυνατό περισσότερη ισχύς εξόδου έχουν κατασκευαστεί στηρίγματα φωτοβολταϊκών πλαισίων με μηχανισμό κίνησης, τα οποία μπορούν να ακολουθούν τον ήλιο. Υπάρχουν δύο είδη:

- Ανιχνευτής ενός άξονα, ο οποίος ακολουθεί τον ήλιο από την ανατολή στη δύση κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Ανιχνευτής δύο αξόνων ο οποίος ακολουθεί τον ήλιο από την ανατολή στη δύση κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά και από τον Βορά στον Νότο κατά την διάρκεια των εποχών του έτους.

1.4.3 Θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, το ρεύμα βραχυκύκλωσης της κυψέλης αυξάνεται ενώ η τάση ανοιχτού κυκλώματος μειώνεται. Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ισχύ εξόδου της κυψέλης υπολογίζεται ποσοτικά με την εξέταση των επιδράσεων που προκαλεί ξεχωριστά στο ρεύμα και την τάση. Έστω I_0 και V_0 το ρεύμα βραχυκύκλωσης και η τάση ανοιχτού κυκλώματος στην θερμοκρασία αναφοράς T και α και β είναι οι αντίστοιχοι θερμοκρασιακοί συντελεστές. Εάν η θερμοκρασία λειτουργίας αυξηθεί κατά ΔT , τότε το νέο ρεύμα και η νέα τάση δίνεται από τους τύπους:

$$I_{sc} = I_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad \text{και} \quad V_{oc} = V_0(1 - \beta \cdot \Delta T) \quad (1.2)$$

Εφόσον το ρεύμα και η τάση λειτουργίας αλλάζουν περίπου με την ίδια αναλογία όπως το ρεύμα βραχυκύκλωσης και η τάση ανοιχτού κυκλώματος αντίστοιχα για την ισχύ θα ισχύει:

$$P = V \cdot I = I_0(1 + \alpha \cdot \Delta T) \cdot V_0(1 - \beta \cdot \Delta T) \quad (1.3)$$

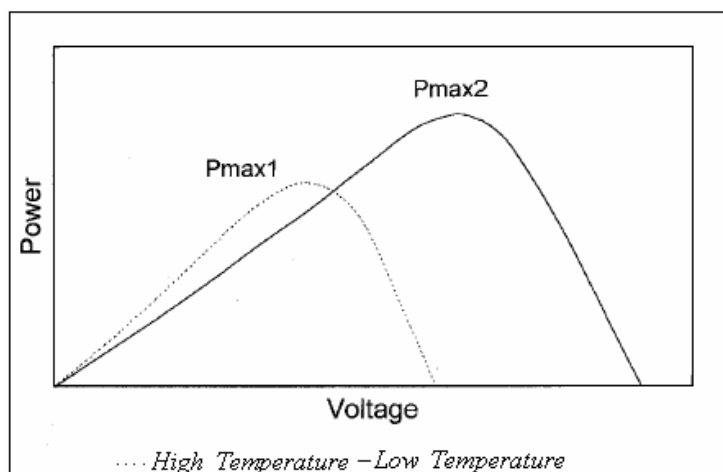
Αγνοώντας τους αμελητέους όρους η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$P = P_0 \cdot [1 + (\alpha - \beta) \cdot \Delta T] \quad (1.4)$$

Τυπικές τιμές των α και β για το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο είναι 500 μ ανά $^\circ\text{C}$ και 5 μ ανά $^\circ\text{C}$ οπότε και έχουμε

$$P = P_0 \cdot [1 - 0.0045\Delta T] \quad (1.5)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι για αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας κατά έναν βαθμό Κέλσιου πάνω από την θερμοκρασία αναφοράς, η ισχύς εξόδου της κυψέλης από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο μειώνεται κατά 0.45 %. Εφόσον η αύξηση στο ρεύμα είναι πολύ μικρότερη από την μείωση της τάσης, το τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση της ισχύς εξόδου σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας. Η επίδραση της θερμοκρασίας φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 1.3

Επίδραση της θερμοκρασίας στην ισχύ εξόδου της κυψέλης

Σύμφωνα με το διάγραμμα η μέγιστη ισχύς που μπορεί να επιτευχθεί στην χαμηλή θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από αυτήν που μπορεί να επιτευχθεί στην υψηλή θερμοκρασία. Επομένως είναι καλύτερο για μια φωτοβολταϊκή κυψέλη να λειτουργεί σε χαμηλή θερμοκρασία αφού έτσι παράγει περισσότερη ισχύ. Παρατηρούμε ότι τα δύο μέγιστα επιτυγχάνονται σε διαφορετική τάση λειτουργίας. Άρα για να επιτύχουμε την μέγιστη δυνατή απόδοση σε όλες τις θερμοκρασίες πρέπει η σχεδίαση της εγκατάστασης να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατή η αύξηση της τάσης λειτουργίας σε χαμηλές θερμοκρασίες και ομοίως δυνατή η μείωσή της σε υψηλές θερμοκρασίες.

1.4.4 Σκίαση

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας ο οποίος πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι αυτός της σκίασης. Μια διάταξη φωτοβολταϊκών μπορεί να αποτελείται από πολλές παράλληλες συστοιχίες εν σειρά συνδεδεμένων κυψέλων. Υπάρχει περίπτωση μια μεγάλη διάταξη να σκιάζεται μερικώς από την παρεμβολή κάποιου κτιρίου. Εάν μια κυψέλη σκιάζεται πλήρως, δεν θα μπορεί να παράγει ηλεκτρική ισχύ αλλά θα πρέπει να μπορεί να μεταφέρει το ρεύμα της συστοιχίας στην οποία ανήκει διότι η τελευταία θα περιέχει και πλήρως φωτισμένες κυψέλες. Χωρίς να παράγεται εσωτερικά τάση, δεν μπορεί να παραχθεί ισχύς εξόδου. Αντί για αυτό η κυψέλη λειτουργεί ως φορτίο προκαλώντας απώλεια ισχύος ίση με I^2R και θερμότητα. Οι υπόλοιπες κυψέλες τις συστοιχίας πρέπει να λειτουργήσουν σε υψηλότερη τάση ώστε να αντισταθμίσουν

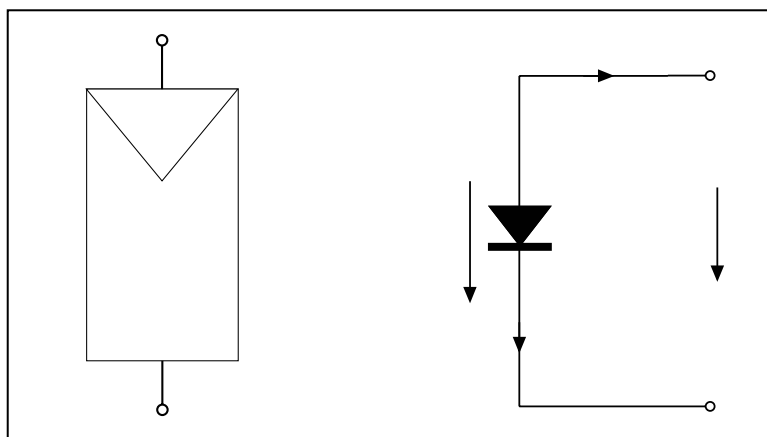
την απώλεια λόγω της σκιασμένης κυψέλης. Μεγαλύτερη τάση λειτουργίας σε πλήρως φωτισμένες κυψέλες έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο ρεύμα συστοιχίας. Η απώλεια ρεύματος δεν είναι ανάλογη με την σκιασμένη επιφάνεια. Υπάρχει περίπτωση να μην γίνει αισθητή κάποια απώλεια ρεύματος εάν συμβεί απαλή σκίαση σε μικρή επιφάνεια. Παρόλα αυτά εάν αρκετές κυψέλες σκιαστούν πάνω από το κρίσιμο όριο τότε η καμπύλη ρεύματος-τάσης πέφτει κάτω από την τάση λειτουργίας και αναγκάζει το ρεύμα της συστοιχίας να μηδενιστεί χάνοντας έτσι όλη την ισχύ εξόδου της συστοιχίας.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται περισσότερο για τον περιορισμό των απωλειών εξαιτίας του φαινομένου της σκίασης είναι η υποδιαίρεση του κυκλώματος σε αρκετούς τομείς χρησιμοποιώντας διόδους παράκαμψης. Η διάδος που αντιστοιχεί στον σκιασμένο τομέα λειτουργεί έτσι ώστε να παρακαμφθεί μόνο ο συγκεκριμένος τομέας της συστοιχίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μια ανάλογη απώλεια τόσο στην τάση όσο και στο ρεύμα της συστοιχίας, χωρίς όμως να χάνεται όλη η παραγόμενη ισχύς της συστοιχίας. Τα καινούργια φωτοβολταϊκά πλαίσια έχουν τέτοιες διόδους παράκαμψης ενσωματωμένες από τον κατασκευαστή.

1.5 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα

Όπως έχει αναφερθεί η φωτοβολταϊκή κυψέλη λειτουργεί σαν μια μεγάλη διάδος. Έτσι και εδώ συναντάμε ορθή πόλωση, όταν η άνοδος (περιοχή πρόσμιξης p) έχει θετικό δυναμικό και κάθοδος (η περιοχή πρόσμιξης n) έχει αρνητικό δυναμικό. Όταν η διάδος είναι ανάστροφα πολωμένη, τότε εμποδίζεται η ροή του ρεύματος προς αυτήν την διεύθυνση. Επίσης οι έννοιες κατώφλι τάσης (threshold voltage) και τάση διάσπασης (breakdown voltage) συναντούνται εδώ. Για μια φωτοβολταϊκή κυψέλη από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, τυπικές τιμές για την τάση ορθής πόλωσης και την τάση διάσπασης είναι 0.5V και 12-50V αντίστοιχα (καθώς εξαρτάται από την ποιότητα του υλικού κατασκευής της κυψέλης). Αν ξεπερασθεί η τιμή της τάσης διάσπασης, τότε η διάδος γίνεται αγώγιμη και μπορεί επίσης και να καταστραφεί. Η καμπύλη ρεύματος τάσης που ισχύει για την κλασσική διάοδο, ισχύει και για την φωτοβολταϊκή κυψέλη.

Όταν η κυψέλη δεν φωτίζεται, το ισοδύναμο κύκλωμα αποτελείται μόνο από μια διάοδο. Η τάση στα άκρα της κυψέλης ισούται με την τάση στα άκρα τις διόδου και το ρεύμα εξόδου είναι το ίδιο με αυτό που διαρρέει την διάοδο αλλά με αντίθετη φορά. Το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

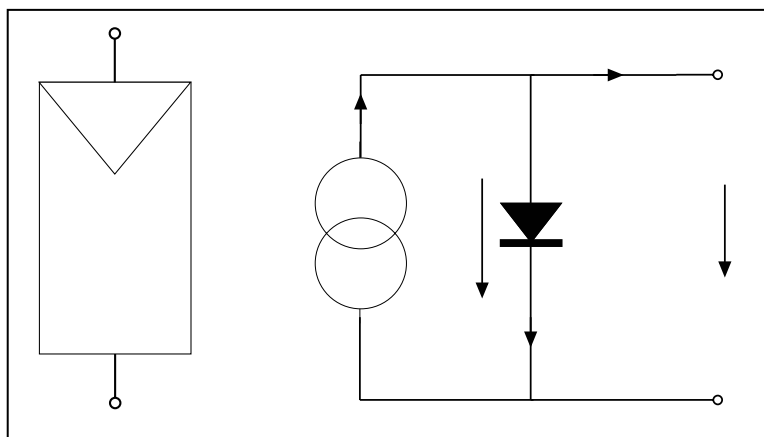


Διάγραμμα 1.4

Ισοδύναμο κύκλωμα όταν η κυψέλη δεν απορροφά φως

$$\begin{aligned} V &= V_D \\ I &= -I_D \end{aligned} \quad (1.6)$$

Όταν το ηλιακό φως προσπίπτει στην κυψέλη, τότε όπως έχει αναφερθεί, η ενέργεια των φωτονίων δημιουργεί φορτισμένους φορείς. Μια κυψέλη η οποία δέχεται ηλιακή ακτινοβολία έχει σαν ισοδύναμο κύκλωμα μια δίοδο παράλληλα τοποθετημένη σε μια πηγή ρεύματος. Αυτή η πηγή ρεύματος παράγει το φωτοηλεκτρικό ρεύμα ή αλλιώς φωτο-ρεύμα I_{ph} . Το ρεύμα εξαρτάται από την ένταση της ακτινοβολίας. Τώρα η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου μετατοπίζεται προς τα κάτω ανάλογα με το μέγεθος του φωτο-ρεύματος. Το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 1.5
Ισοδύναμο κύκλωμα όταν η κυψέλη απορροφά φως

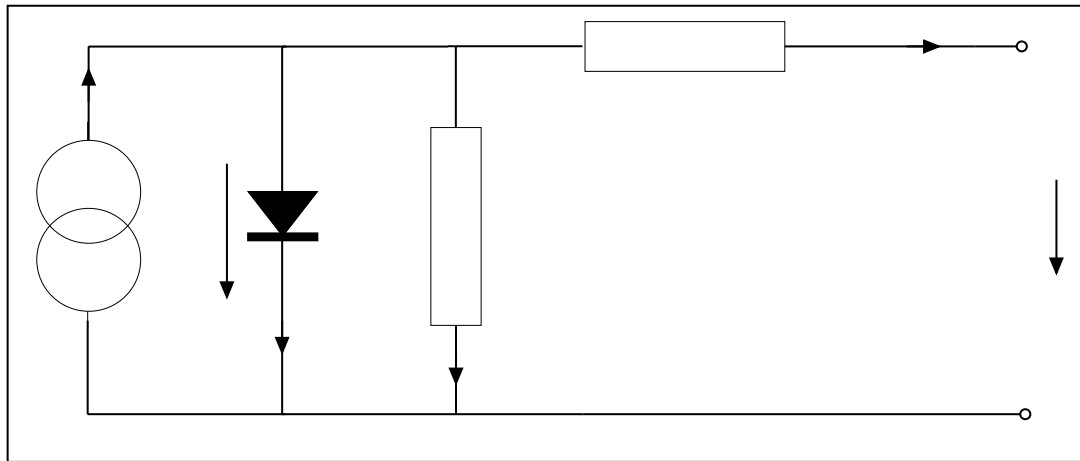
$$\begin{aligned} V &= V_D \\ I_{ph} &= c_0 \cdot G \\ I &= I_{ph} - I_D \end{aligned} \quad (1.7)$$

όπου

c_0 : συντελεστής φωτο-ρεύματος σε m^2/V
 G : ηλιακή ακτινοβολία της κυψέλης σε W/m^2

Το ισοδύναμο κυκλωματικό μοντέλο που θεωρείται ως το τυποποιημένο μοντέλο των φωτοβολταϊκών (standard model), ονομάζεται μοντέλο μιας διόδου (single-diode model) και έχει κάποιες προσθήκες σε σχέση με το μοντέλο που εξετάστηκε προηγούμενα. Έτσι, επειδή στις φωτοβολταϊκές κυψέλες παρατηρείται μια πτώση τάσης καθώς οι φορτισμένοι φορείς μετακινούνται από το υλικό του ημιαγωγού στις ηλεκτρικές επαφές, προστίθεται εν σειρά στο μοντέλο μια ωμική αντίσταση R_s της τάξης των μερικών $m\Omega$. Επίσης εμφανίζονται τα λεγόμενα ρεύματα διαρροής τα οποία συμβολίζονται με την παράλληλη αντίσταση R_p με R_p να είναι

μεγαλύτερη των 10 Ω. Η ακρίβεια του μοντέλου αυτού είναι καλύτερη από αυτήν του ιδανικού μοντέλου που εξετάστηκε προηγουμένα. Το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα



Διάγραμμα 1.6
Ισοδύναμο κύκλωμα τυποποιημένου μοντέλου

$$\begin{aligned} I &= I_{ph} - I_D - I_p \\ I_p &= V_D / R_p = (V + I \cdot R_s) / (R_p) \end{aligned} \quad (1.8)$$

Έχουν αναπτυχθεί διάφορα ισοδύναμα κυκλωματικά μοντέλα για τα φωτοβολταϊκά και όλα έχουν σκοπό να προσεγγίσουν την φυσική τους λειτουργία με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Μια τέτοια καλή προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες μετρήσεις καθώς και σε καλύτερο έλεγχο των φωτοβολταϊκών. Έτσι μπορεί να γίνει προσδιορισμός του σημείου μέγιστης ισχύος MPP (maximum power point) κάτω από μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας και τελικά να προσδιορισθεί το σημείο στο οποίο ολόκληρη η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση λειτουργεί με την μέγιστη απόδοση. Σημαντικό μέρος σε αυτήν την αναζήτηση του βέλτιστου σημείου λειτουργίας πάνω στην καμπύλη ρεύματος-τάσης του ΦΒ, είναι ο υπολογισμός της κλίσης M:

$$M = dV / dI = \tan \phi \approx \Delta V / \Delta I$$

Το σημείο μέγιστης ισχύος MPP εντοπίζεται επάνω στην καμπύλη ρεύματος-τάσης, εκεί όπου το M ισούται με την μονάδα και επομένως η γωνία φ είναι 45 μοίρες. Επειδή το τυποποιημένο ισοδύναμο μοντέλο είναι ανεπαρκές σε αρκετά πεδία εφαρμογών, όπου και απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, χρησιμοποιούνται μοντέλα όπως το μοντέλο δυο διόδων (two diode model) και το λειτουργικό μοντέλο (effective solar cell model).

Το λειτουργικό μοντέλο (The effective solar cell model)

Για την λύση των εξισώσεων τάσης και ρεύματος αυτού του μοντέλου, είναι απαραίτητες μόνο τέσσερις παράμετροι της φωτοβολταϊκής κυψέλης. Αυτό μειώνει την προσπάθεια που καταβάλλεται για τους υπολογισμούς και για την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με άλλες παραμέτρους. Το χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί αυτό το μοντέλο από το τυποποιημένο είναι πως εδώ οι αντιστάσεις R_s και R_p συνδυάζονται ώστε τελικά να προκύψει μια «φωτοβολταϊκή» αντίσταση R_{PV} . Η αντίσταση αυτή μπορεί να πάρει θετικές και αρνητικές τιμές και για τον λόγο αυτό δεν αποτελεί μια ωμική αντίσταση.

Οι τέσσερις παράμετροι που απαιτούνται είναι οι R_{PV} , V_T , I_0 και I_{ph} μπορούν να υπολογισθούν από την παράμετρο M καθώς επίσης και από την τάση ανοιχτού κυκλώματος (V_{OC}), το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{SC}), την τάση (V_{MPP}) και το ρεύμα (I_{MPP}) του βέλτιστου σημείου λειτουργίας της κυψέλης. Έτσι προκύπτουν:

$$R_{PV} = -M \frac{I_{SC}}{I_{MPP}} + \frac{V_{MPP}}{I_{MPP}} \left(1 - \frac{I_{SC}}{I_{MPP}} \right) \quad (1.9)$$

$$V_T = -(M + R_{PV}) I_{SC} \quad (1.10)$$

$$I_0 = I_{SC} e^{-(V_{OC}/V_T)} \quad (1.11)$$

$$I_{ph} = I_{SC} \quad (1.12)$$

Για τους παραπάνω υπολογισμούς είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός της παραμέτρου M , η οποία είναι συνάρτηση των V_{OC} , I_{SC} , V_{MPP} και I_{MPP}

$$M = f(V_{OC}, I_{SC}, V_{MPP}, I_{MPP}) \quad M = f(V_{OC}, I_{SC}, V_{MPP}, I_{MPP})$$

Ο επόμενος τύπος υπολογίζει την παράμετρο M με πολύ καλή προσέγγιση

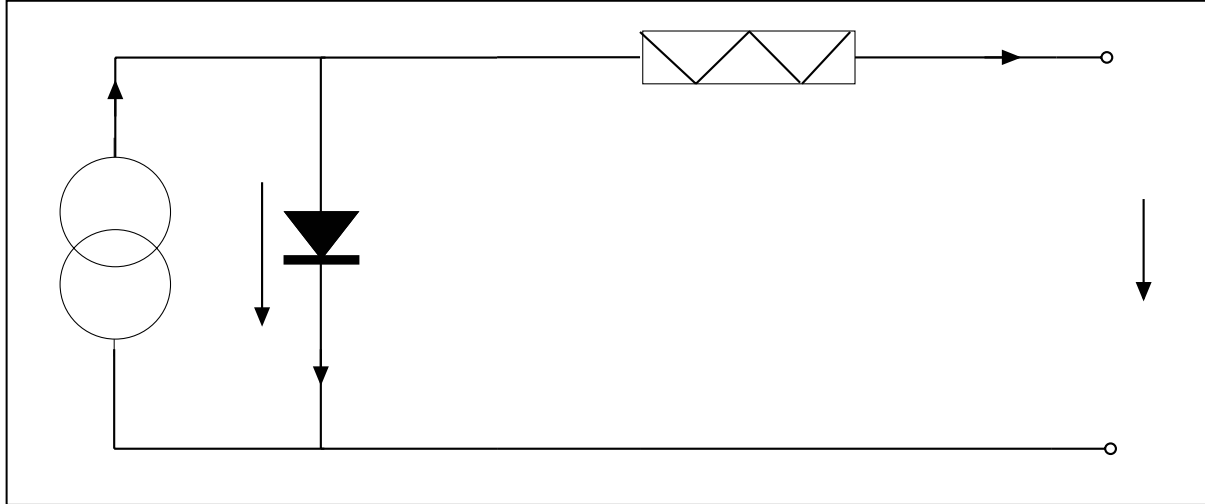
$$M = \frac{V_{OC}}{I_{SC}} \left(k_1 \frac{I_{MPP} V_{MPP}}{I_{SC} V_{OC}} + k_2 \frac{V_{MPP}}{V_{OC}} + k_3 \frac{I_{MPP}}{I_{SC}} + k_4 \right) \quad (1.13)$$

με

$$k_1 = -5.411 \quad k_2 = 6.450 \quad k_3 = 3.417 \quad k_4 = -4.422$$

Οι παραπάνω τιμές των συντελεστών έχουν υπολογισθεί με την χρήση μιας αριθμητικής μεθόδου (μέθοδος ελαχίστων τετραγώνων). Πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της κυψέλης και του πλαισίου που απαιτούνται στους υπολογισμούς

(V_{OC} , I_{SC} , V_{MPP} και I_{MPP}) μπορούν να συλλεχθούν από τα τεχνικά χαρακτηριστικά που παρέχουν οι κατασκευαστές. Αφού είναι γνωστές οι παραπάνω παράμετροι, πλέον μπορούν να λυθούν οι εξισώσεις τάσης και ρεύματος του λειτουργικού μοντέλου:



Διάγραμμα 1.7
Ισοδύναμο κύκλωμα λειτουργικού μοντέλου

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{(V+IR_{pv})/V_T} - 1 \right) \quad (1.14)$$

$$V = V_T \ln \left[\frac{(I_{ph} - I + I_0)}{I_0} \right] - IR_{pv} \quad (1.15)$$

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εξισώσεις μπορούν να υπολογιστούν με πολύ καλή ακρίβεια όλα τα σημεία της καμπύλης ρεύματος-τάσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου.

I_{ph}

1.6 Μετατροπείς DC-AC (Inverters)

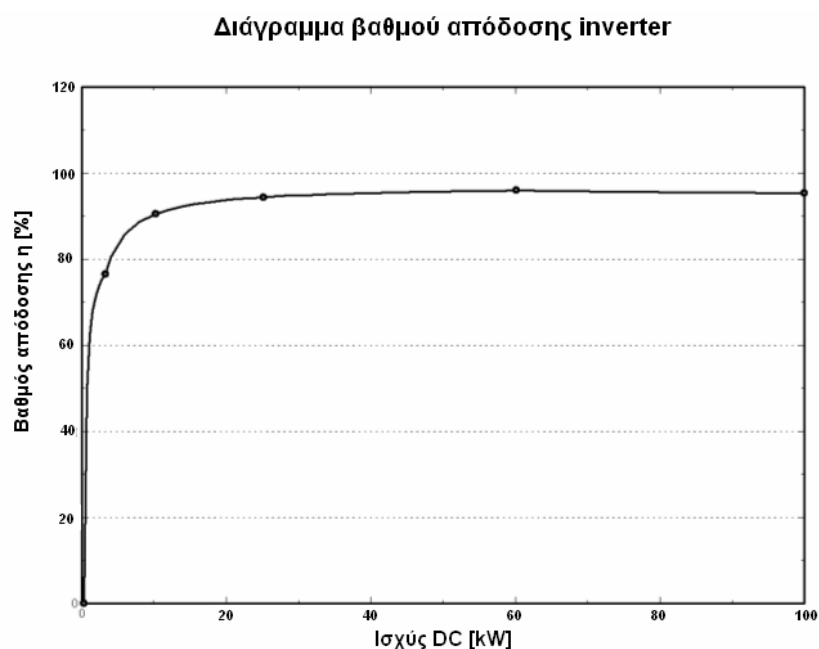
Μια φωτοβολταϊκή διάταξη, όπως έχει αναφερθεί, παράγει συνεχές ρεύμα. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει ένα συνεχές (DC) φορτίο άμεσα ή με την χρήση κάποιου συσσωρευτή (μπαταρίας). Στην περίπτωση όμως που απαιτείται να τροφοδοτηθεί φορτίο εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) ή η διασύνδεση της εγκατάστασης στο δίκτυο διανομής ρεύματος τότε είναι απαραίτητη η χρήση ενός μετατροπέα ο οποίος θα μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. Η μετατροπή αυτή πρέπει να γίνεται πάντα με τις μικρότερες δυνατές απώλειες και είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό ενός τέτοιου μετατροπέα.

Έτσι λοιπόν ορίζεται ο βαθμός απόδοσης η για τους μετατροπείς αυτούς και εκφράζει τις απώλειες που εμφανίζονται κατά την μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο. Τέτοιες είναι κυρίως οι απώλειες των διακοπτικών στοιχείων του μετατροπέα καθώς επίσης και η εσωτερική κατανάλωση του ελεγκτή, οι απώλειες που προκαλούνται από την εγγραφή δεδομένων λειτουργίας και οι απώλειες μετασχηματιστή εφόσον αυτός ενυπάρχει στον μετατροπέα.

Ο βαθμός απόδοσης υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\eta = \frac{\text{Ισχύς εξόδου AC } P_{AC}}{\text{Ισχύς εισόδου DC } P_{DC}} \quad (1.16)$$

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται μια τυπική καμπύλη του βαθμού απόδοσης ενός inverter με ισχύ εισόδου 100kW.



Διάγραμμα 1.8
Καμπύλη βαθμού απόδοσης inverter

Αξίζει να σημειώσουμε πως ένα ακόμα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό των μετατροπέων αυτών, είναι η δυνατότητα να μπορούν να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες. Οι πρώτοι μετατροπείς που είχαν κατασκευαστεί παρείχαν την δυνατότητα για τέτοια προσαρμογή σε πολύ περιορισμένο βαθμό. Ένας μετατροπέας DC-AC που χρησιμοποιείται σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση διασυνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής ρεύματος πρέπει να εξασφαλίζει την βέλτιστη προσαρμογή στην χαρακτηριστική καμπύλη ρεύματος-τάσης. Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι παράμετροι λειτουργίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων μεταβάλλονται συνεχώς. Οι συνεχώς μεταβαλλόμενες

συνθήκες θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας έχουν σαν αποτέλεσμα την μετακίνηση του σημείου μέγιστης ισχύος (MPP) πάνω στην χαρακτηριστική καμπύλη. Προκειμένου να μετατρέπεται πάντα όσο το δυνατό περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε εναλλασσόμενο ρεύμα, ο μετατροπέας πρέπει να εντοπίζει και να προσαρμόζεται στο σημείο βέλτιστης λειτουργίας. Αυτή η ικανότητα προσαρμογής στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας του μετατροπέα, περιγράφεται από τον βαθμό ανίχνευσης (η_{TR}) ο οποίος ορίζεται παρακάτω:

$$\eta_{TR} = \frac{\text{Στιγμιαία ενεργή ισχύς εισόδου } P_{DC}}{\text{Μέγιστη στιγμιαία παραγόμενη ισχύς } P_{PV}} \quad (1.17)$$

Στην περίπτωση της διασύνδεσης με το δίκτυο, αξίζει να σημειώσουμε ότι η διακύμανση του σημείου λειτουργίας οφείλεται στην ανεπιθύμητη ζεύξη της συχνότητας της τάσης δικτύου με την DC πλευρά και αυτή πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη. Αυτό συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό ειδικά στην περίπτωση των μετατροπέων που δεν εμπεριέχουν μετασχηματιστή.

Ευρωπαϊκός Βαθμός Απόδοσης

Προκειμένου να γίνει δυνατή η σύγκριση των διαφόρων μετατροπέων με βάση τον βαθμό απόδοσής τους, εισήχθηκε ο ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης η_{EURO} . Αυτός ο βαθμός είναι βασισμένος στο κλίμα που συναντάται στην κεντρική Ευρώπη. Είναι αξιοσημείωτο, ότι ηλιακή ακτινοβολία με ένταση πάνω από 800W/m² λαμβάνει χώρα σχετικά σπάνια. Επομένως είναι πολύ σύνηθες φαινόμενο, οι μετατροπείς DC-AC να λειτουργούν όχι στην ονομαστική τους ισχύ, αλλά σε ισχύ που αντιστοιχεί σε μερικό φορτίο. Προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι διάφορες συνθήκες φορτίου υπολογίσθηκαν έξι συντελεστές που αντιστοιχούν σε έξι διαφορετικές καταστάσεις φορτίου (ισχύς εισόδου) οπότε και προκύπτει ο παρακάτω τύπος υπολογισμού του ευρωπαϊκού βαθμού απόδοσης:

$$\eta_{Euro} = 0.03 \times \eta_{5\%} + 0.06 \times \eta_{10\%} + 0.13 \times \eta_{20\%} + 0.1 \times \eta_{30\%} + 0.48 \times \eta_{50\%} + 0.2 \times \eta_{100\%} \quad (1.14)$$

Έτσι, η τιμή $\eta_{100\%}$ αντιστοιχεί στην περίπτωση που ο μετατροπέας λειτουργεί στην ονομαστική του τιμή, δηλαδή στην μέγιστη ισχύ εξόδου. Αυτό σημαίνει, δεδομένου πως έχει χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας ίδιας ισχύος με αυτήν της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης, ότι δέχεται σαν ισχύ εισόδου την ονομαστική ισχύ της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Επομένως για μια εγκατάσταση π.χ. 100kW, εάν χρησιμοποιήσουμε έναν μετατροπέα που δέχεται μέγιστη ισχύ εισόδου 100kW, το $\eta_{100\%}$ είναι ο βαθμός απόδοσης όταν η ισχύς εισόδου από τα φωτοβολταϊκά είναι 100kW. Ο συντελεστής 0.2 προκύπτει από την ανάλυση ότι ένας μετατροπέας θα λειτουργεί στην ονομαστική ισχύ (μέγιστο φορτίο) για το 20% της λειτουργίας του ετησίως, λόγω των κλιματικών συνθηκών. Ομοίως η τιμή $\eta_{50\%}$ αντιστοιχεί στην περίπτωση κατά την οποία ο μετατροπέας λειτουργεί στο μισό της ονομαστικής του τιμής (στο παράδειγμά μας στα 50kW). Υπολογίσθηκε πως σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας ένας μετατροπέας βρίσκεται το 48% της ετήσιας λειτουργίας του. Με τον ίδιο τρόπο

υπολογίζονται και οι υπόλοιποι συντελεστές που αντιστοιχούν σε διαφορετική ισχύ εισόδου. Ο βαθμός απόδοσης ενός μετατροπέα στις διάφορες καταστάσεις δίνεται από τους κατασκευαστές και έτσι σχηματίζεται όπως έχουμε αναφέρει προηγούμενα η καμπύλη του βαθμού απόδοσης inverter (βλ. Διάγραμμα 1.8).

Συνεπώς, ο ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης μας δίνει την δυνατότητα να συγκρίνουμε διαφορετικούς inverters. Ο ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης είναι περίπου ίσος με τον πραγματικό βαθμό απόδοσης και κυμαίνεται στο 86-95% και εξαρτάται από κλάση, την στάθμη της DC τάσης και την κυκλωματική αρχή σχεδίασης του μετατροπέα.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως ο ευρωπαϊκός βαθμός απόδοσης ισχύει για την περιοχή της κεντρικής Ευρώπης και έχει καθορισθεί από το κλίμα της. Έτσι, δεν αποτελεί μέτρο σύγκρισης σε περιπτώσεις όπου συναντάται έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Ελληνικός Βαθμός Απόδοσης (η_{GR})

Προκειμένου να εκτιμηθεί η απόδοση των μετατροπέων DC-AC κατά την χρήση τους στον ελλαδικό χώρο, έγινε μια προσπάθεια υπολογισμού ενός ελληνικού βαθμού απόδοσης η_{GR} . Ο προσδιορισμός του βαθμού αυτού έγινε έχοντας σαν βάση τον τρόπο υπολογισμού του αντίστοιχου ευρωπαϊκού βαθμού απόδοσης η_{EURO} που αναλύθηκε παραπάνω. Το σκεπτικό είναι ακριβώς το ίδιο με την διαφορά ότι ο παραπάνω αλγόριθμος υπολογισμού του ευρωπαϊκού βαθμού (σχ. 1.14) πρέπει να μετατραπεί έτσι ώστε να αντιστοιχεί και να συμβαδίζει με την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στον ελλαδικό χώρο.

Για να έχει καλύτερη εφαρμογή ο αλγόριθμος, κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοσθεί για διάφορες τιμές ισχύος των μετατροπέων. Αυτό ισχύει, διότι όπως θα εξηγηθεί παρακάτω, δεν λειτουργούν με την ίδια απόδοση μετατροπείς που έχουν διαφορετική ισχύ, δεδομένης πάντα της εγκατεστημένης ισχύς εισόδου (P_{DC}) των φωτοβολταϊκών.

Για να εκτιμηθούν λοιπόν τα αντίστοιχα ποσοστά ετήσιας λειτουργίας (συντελεστές) κάτω από συγκεκριμένη ισχύ εισόδου, αντίστοιχα με αυτά του ευρωπαϊκού βαθμού απόδοσης, έγινε χρήση της καμπύλης διάρκειας φορτίου που παράγει η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Μια τέτοια καμπύλη εκφράζει την ηλεκτρική ισχύ που παράγεται σε σχέση με την χρονική διάρκεια που αυτή έχει. Προφανώς αυτή η καμπύλη εξαρτάται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην φωτοβολταϊκή εγκατάσταση. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται μια τέτοια καμπύλη διάρκειας φορτίου:

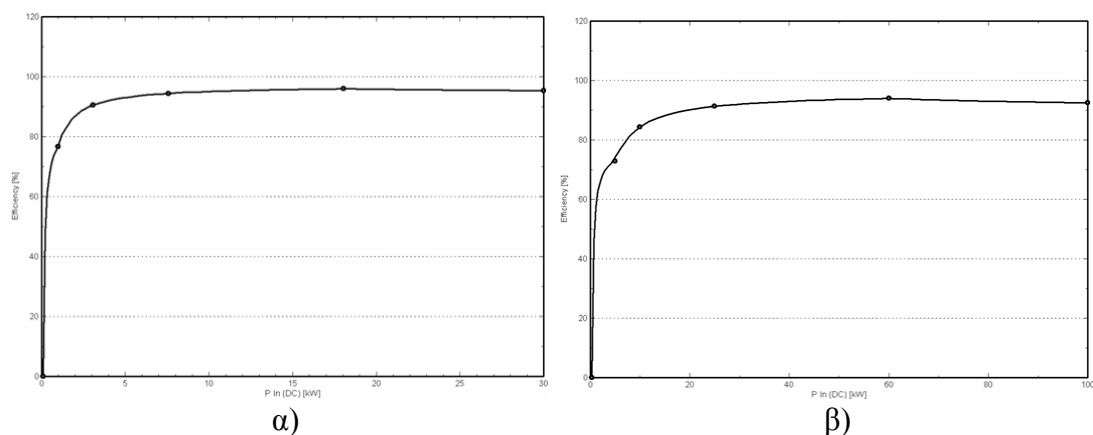


Διάγραμμα 1.9
Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου

Η καμπύλη αυτή μας πληροφορεί για το πόσες ώρες η ηλεκτρική ισχύς των φωτοβολταϊκών είναι πάνω από μια συγκεκριμένη τιμή με ακρίβεια 1 kW. Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε τα ετήσια ποσοστά λειτουργίας ενός inverter κάτω από συγκεκριμένες τιμές της ισχύς εισόδου.

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, υπάρχει διαφορά στην απόδοση μεταξύ δύο inverter διαφορετικής ισχύος, δεδομένης πάντα της εγκατεστημένης ισχύς των φωτοβολταϊκών. Έτσι, στον ελλαδικό χώρο, σε μια εγκατεστημένη ισχύ 100kW, όπως θα δειχθεί και στην συνέχεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας inverter ίσης ισχύος 100kW, ένας inverter ισχύος περίπου στο 70% της εγκατεστημένης ισχύος ή ακόμα και συνδυασμός δύο, τριών ή και περισσότερων μικρότερων inverter που αθροιστικά έχουν ισχύ κοντά στο 70%. Στην ανάλυση που θα ακολουθήσει θα αποδειχθεί ότι λόγω της ποιότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν παράγει ποτέ την ονομαστική της τιμή. Επίσης, υπάρχει σημαντική διαφορά στην μετατροπή της συνεχούς ισχύος σε εναλλασσόμενη εξαιτίας διαφορετικής κατασκευής των μετατροπέων. Για τους δύο προηγούμενους λόγους, όπως θα δειχθεί στην συνέχεια, ο συνδυασμός μικρότερων inverter των οποίων οι τιμές της ισχύος τους προσεγγίζουν αθροιστικά το 70% της εγκατεστημένης ισχύος είναι πολλές φορές αποδοτικότερος από την χρήση ενός μόνο inverter με ισχύ εισόδου ίση με αυτήν της εγκατάστασης. Αυτό οφείλεται στην διακύμανση του βαθμού απόδοσης του μετατροπέα, κάτι που φαίνεται στην καμπύλη του βαθμού (βλ. Διάγραμμα 1.8). Παρατηρούμε πως ο βαθμός απόδοσης ενός τυπικού μετατροπέα αποκτά ένα εύρος μέγιστων τιμών σε μια περιοχή περίπου στο 50-60% της ισχύς εισόδου του, όπου και εμφανίζεται κάποιο μέγιστο και στην συνέχεια παρουσιάζεται μια μικρή μείωση.

Όσο μικρότερη είναι η ονομαστική ισχύς του μετατροπέα, τόσο μικρότερη είναι συνήθως η διακύμανση του βαθμού απόδοσης. Τυπικά ένας μικρός μετατροπέας έχει βαθμό απόδοσης με εύρος μέγιστων τιμών του σε μεγαλύτερη περιοχή της ισχύος εισόδου του σε σχέση με έναν μεγαλύτερο μετατροπέα. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται οι καμπύλες ενός inverter 30kW και ενός 100kW αντίστοιχα:



Διάγραμμα 1.10
Καμπύλη βαθμού απόδοσης inverter α) 30kW β) 100kW

Είναι σημαντικό λοιπόν, ο inverter της εγκατάστασης να λειτουργεί σε μεγάλο βαθμό απόδοσης. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, είναι λογική η χρήση μικρών inverter διότι αυτοί θα λειτουργούν πολύ περισσότερο στην κατάσταση ονομαστικής λειτουργίας τους όπου παρατηρείται ένας γενικά υψηλός βαθμός απόδοσης σε σχέση με έναν inverter που έχει ισχύ ίση με αυτή της εγκατάστασης, διότι η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν παράγει ποτέ την ονομαστική της ισχύ ώστε να τροφοδοτήσει με αυτήν τον μετατροπέα.

Αξίζει να σημειώσουμε ότι η παράλληλη χρήση inverter δίνει την δυνατότητα της διατήρησης της λειτουργίας της εγκατάστασης σε περίπτωση που κάποιος από τους inverter υποστεί βλάβη. Αυτό είναι ένα ακόμα πλεονέκτημα της χρήσης πολλών και μικρής ισχύος μετατροπέων σε μια εγκατάσταση.

Για τους λόγους που αναφέρθηκαν, ο αλγόριθμος υπολογισμού του ελληνικού βαθμού απόδοσης, δεν μπορεί να εφαρμοσθεί αυτούσιος για inverter διαφορετικής ισχύος. Αυτό που αλλάζει με την ισχύ της ονομαστικής λειτουργίας των inverter είναι τα ποσοστά ετήσιας λειτουργίας (συντελεστές) στα διάφορα ποσοστά της ονομαστικής ισχύος. Ο ελληνικός βαθμός απόδοσης (η_{GR}) υπολογίζεται από τον αλγόριθμο:

$$\eta_{GR} = k_5 \times \eta_{5\%} + k_{10} \times \eta_{10\%} + k_{20} \times \eta_{20\%} + k_{30} \times \eta_{30\%} + k_{50} \times \eta_{50\%} + k_{100} \times \eta_{100\%} \quad (1.15)$$

Χρησιμοποιώντας λοιπόν την καμπύλη διάρκειας φορτίου που αναφέραμε πριν, μπορούμε να υπολογίσουμε τους συντελεστές k_i για διάφορες τιμές της ονομαστικής ισχύς εισόδου των inverter. Παρακάτω φαίνονται οι συντελεστές που προέκυψαν από την καμπύλη διάρκειας φορτίου του διαγράμματος 1.9, για inverter με ονομαστική ισχύ εισόδου ίση με 100,70,50,30,20,15 και 5kW:

Πίνακας 1.1
Συντελεστές ετήσιας λειτουργίας

Inverter	100kW	70kW	50kW	30kW	20kW	15kW	5kW	Euro
K5%	0,103007	0,092796	0,078995	0,037814	0,006957	0,005218	0,001739	0,03
K10%	0,075628	0,03759	0,024013	0,051504	0,061715	0,032596	0,001739	0,06
K20%	0,10211	0,096275	0,075628	0,034111	0,027603	0,051504	0,003478	0,13
K30%	0,137118	0,074955	0,054758	0,04825	0,027154	0,010323	0,030857	0,1
K50%	0,307675	0,198609	0,130162	0,061715	0,055206	0,027267	0,04118	0,48
K100%	0,274461	0,499776	0,636445	0,766607	0,821364	0,873092	0,921005	0,2

Παρατηρούμε ότι στους μικρότερους μετατροπείς τα ποσοστά ονομαστικής λειτουργίας είναι πολύ μεγαλύτερα σε σχέση με αυτά των μεγάλων. Επίσης παρατηρούμε πως υπάρχει σημαντική διαφορά ανάμεσα στους συντελεστές του ελληνικού και του ευρωπαϊκού βαθμού απόδοσης.

Κεφάλαιο 2

Εφαρμογή

2.1 Προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας

Το πρώτο βήμα για να εξετάσουμε την εφαρμογή όλων των παραπάνω είναι να γίνει ο προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Για τον λόγο αυτό έγινε η χρήση της βάσης δεδομένων ενός web-site της Ευρωπαϊκής Ένωσης (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>). Η βάση αυτή περιέχει δεδομένα σχετικά με την ετήσια ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, για διάφορες πόλεις του ελλαδικού χώρου και για οποιαδήποτε γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Ακόμα περιέχει την κατανομή της θερμοκρασίας που εμφανίζεται στην περιοχή. Όπως έχει αναφερθεί προηγούμενα, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την λειτουργία των φωτοβολταϊκών και θα εξηγηθεί παρακάτω η εφαρμογή αυτού του δεδομένου.

Στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, ο υπολογισμός για τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας έγινε για δύο περιπτώσεις:

1. Με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι τοποθετημένα σε μία σταθερή γωνία κλίσης για όλους τους μήνες. Αυτή η τιμή της γωνίας προκύπτει έτσι ώστε το άθροισμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και των 12 μηνών του έτους να είναι η μέγιστη δυνατή.
2. Με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να είναι τοποθετημένα για κάθε μήνα σε διαφορετική γωνία κλίσης. Η τιμή αυτής της γωνίας προκύπτει έτσι ώστε η μηνιαία προσπίπτουσα ακτινοβολία να είναι η μέγιστη δυνατή.

2.2 Προσδιορισμός της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος

Αφού έχει βρεθεί η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η κατανομή της κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να γίνει σε αυτό το σημείο ένας υπολογισμός για τον προσδιορισμό της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος. Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι η μέγιστη ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών, η θερμοκρασία κάτω από την οποία την παράγουν και η επίδραση της θερμοκρασίας στην ισχύ ανά βαθμό μεταβολής. Επίσης κάποιες ακόμα παραδοχές που πρέπει να γίνουν είναι να προσδιορισθεί ο βαθμός απόδοσης του inverter καθώς και οι απώλειες των καλωδίων και του μετασχηματιστή εφόσον ο τελευταίος χρησιμοποιηθεί.

Άρα λοιπόν οι μαθηματικές σχέσεις που πρέπει να λυθούν είναι:

- Τύπος υπολογισμού της διακύμανσης της ημερήσιας θερμοκρασίας

$$t_{\alpha} = t_{\alpha\max} - p \cdot DR \quad (2.1)$$

όπου

- t_{\max} : η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- p : ποσοστό κατανομής με βάση την ώρα της ημέρας
- DR : συντελεστής κατανομής με βάση τον μήνα

- Τύπος υπολογισμού της ηλεκτρικής ισχύς εξόδου ενός πλαισίου

$$P = P_{\max} \left[1 - \Delta P (t_{\alpha} + 30 - t^{\max}) \right] \cdot IR \quad (2.2)$$

όπου

- P_{\max} : η μέγιστη ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών
- ΔP : η επίδραση της θερμοκρασίας στην ισχύ ανά βαθμό °C
- t_{α} : η διακύμανση της ημερήσιας θερμοκρασίας
- t^{\max} : η θερμοκρασία κάτω από την οποία γίνεται η επίτευξη της P_{\max}
- IR : ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας [kW/m²]

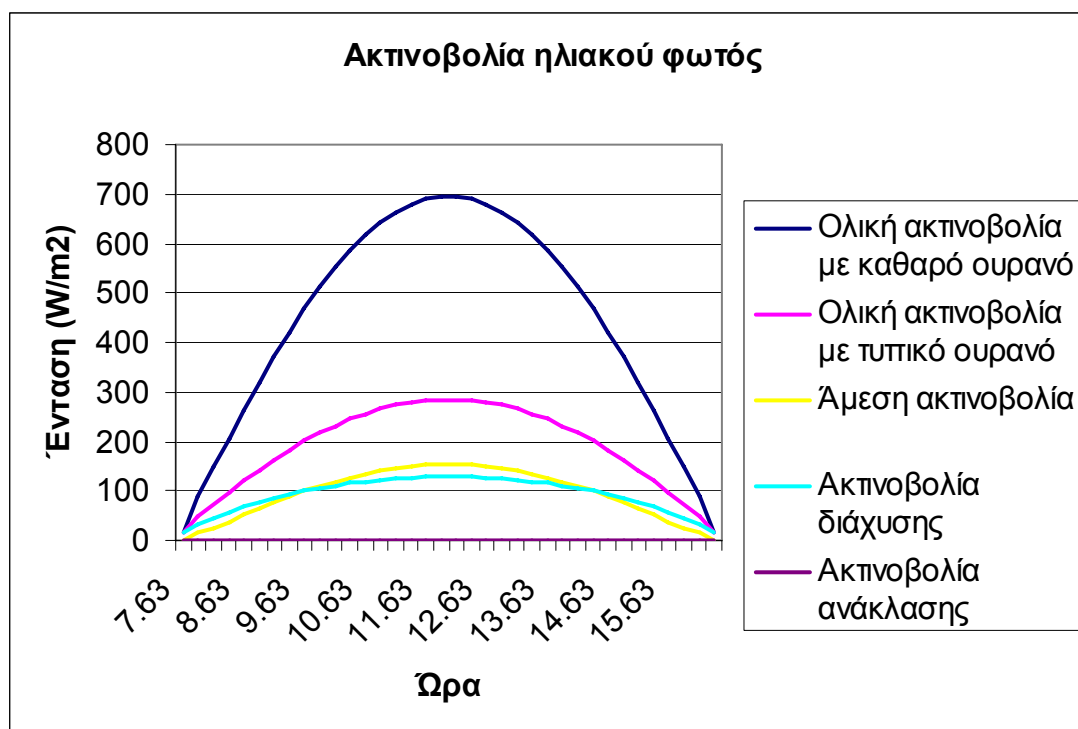
Οι τύποι αυτοί εφαρμόστηκαν για κάθε μία ώρα, κατά την διάρκεια της ημέρας. Έτσι τις ώρες που η ηλιακή ένταση δεν ήταν μηδέν υπήρχε μια υπολογιζόμενη ηλεκτρική ισχύς. Το άθροισμα αυτών των τιμών κατά την διάρκεια μιας ημέρας δίνει την ηλεκτρική ισχύ εξόδου ενός πλαισίου με συγκεκριμένες τιμές (P_{\max} , ΔP , t^{\max}) για ένα τυπικό 24ωρο ενός συγκεκριμένου μήνα. Αν αθροίσουμε την ημερήσια ηλεκτρική ισχύ εξόδου για έναν ολόκληρο μήνα προκύπτει η μηνιαία ηλεκτρική ισχύς εξόδου του συγκεκριμένου φωτοβολταϊκού πλαισίου. Αν το εφαρμόσουμε αυτό για κάθε μήνα του έτους προκύπτει τελικά η ετήσια παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς ενός συγκεκριμένου πλαισίου. Αν αυτή η τιμή είναι $P_{\text{πλαίσιο}}$ τότε μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ισχύ εξόδου ολόκληρης της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης με τον παρακάτω τύπο:

$$P_{\text{εγκατάστασης}} = N \cdot P_{\text{πλαίσιο}} \cdot \eta_{\text{inv}} \cdot (1 - \text{wir}_{\text{loss}}) \cdot (1 - \text{trans}_{\text{loss}}) \quad (2.3)$$

όπου

- N : ο αριθμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων της εγκατάστασης
- η_{inv} : ο βαθμός απόδοσης με τον οποίο λειτουργεί ο inverter
- wir_{loss} : το ποσοστό των απωλειών των καλωδίων
- $\text{trans}_{\text{loss}}$: το ποσοστό των απωλειών του μετασχηματιστή (αν υπάρχει)

Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα στα οποία φαίνεται η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας που προέκυψε από τα δεδομένα από το web-site. Με βάση τα διαγράμματα έγινε ο προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας και του Ηρακλείου Κρήτης, δύο πόλεις με μεγάλη διαφορά στην ηλιακή τους ακτινοβολία, για τους μήνες Δεκέμβριο και Ιούλιο. Τους μήνες αυτούς συναντάται αντίστοιχα η ελάχιστη και η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία. Στην συνέχεια, κατά τους υπολογισμούς, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της ακτινοβολίας με καθαρό ουρανό. Οι γωνίες που εφαρμόστηκαν είναι η ετησίως σταθερή γωνία κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων αλλά και η βέλτιστη γωνία κάθε μήνα. Στις γωνίες αυτές έχει γίνει αναφορά στα προηγούμενα.



Διάγραμμα 2.1

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, τον μήνα Δεκέμβριο, με γωνία κλίσης 31° (ετησίως σταθερή γωνία)

Στον άξονα x του διαγράμματος, οι ώρες δίνονται στην μορφή ώρας και ποσοστού λεπτών της ώρας.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στην ένταση της ολικής ακτινοβολίας με καθαρό ουρανό και με τυπικό ουρανό. Επίσης, το άθροισμα της άμεσης ακτινοβολίας, της ακτινοβολίας διάχυσης και της ακτινοβολίας ανάκλασης ισούται με την ολική ακτινοβολία με τυπικό ουρανό.

Από τα παραπάνω μπορεί να γίνει εκτίμηση της διακύμανσης της ακτινοβολίας για κάθε ώρα.. Έτσι λοιπόν προκύπτουν:

Πίνακας 2.1

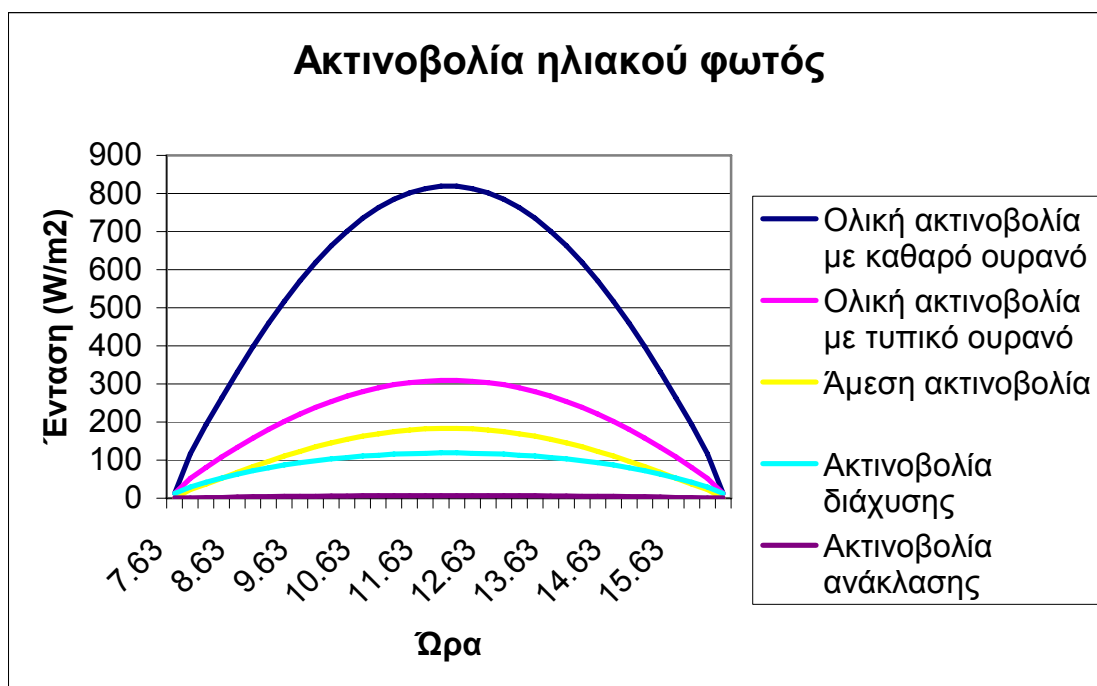
Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρα και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
7:38	17
8:00	60
9:00	152,5
10:00	224,5
11:00	269
12:00	284
13:00	269
14:00	224,5
15:00	152,5
16:00	22,8

T _{max} (°C)	6,9
-----------------------	-----

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση. Για τον υπολογισμό της ακτινοβολίας για κάθε ώρα υπολογίσθηκε η μέση τιμή των δύο τιμών πριν και μετά την συγκεκριμένη ώρα. Τέλος, κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της.

Αξίζει να παρατηρήσουμε το γεγονός ότι οι ώρες κατά τις οποίες υπάρχει ηλιακό φως είναι λίγες καθώς επίσης και ότι η ένταση της ακτινοβολίας αυτής είναι χαμηλή. Ιδιαίτερα χαμηλή είναι επίσης και η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή και μήνα αλλά με γωνία κλίσης φωτοβολταϊκών ίση με την βέλτιστη μηνιαία.



Διάγραμμα 2.2

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, τον μήνα Δεκέμβριο, με γωνία κλίσης 59° (βέλτιστη μηνιαία γωνία)

Αντίστοιχα προκύπτουν:

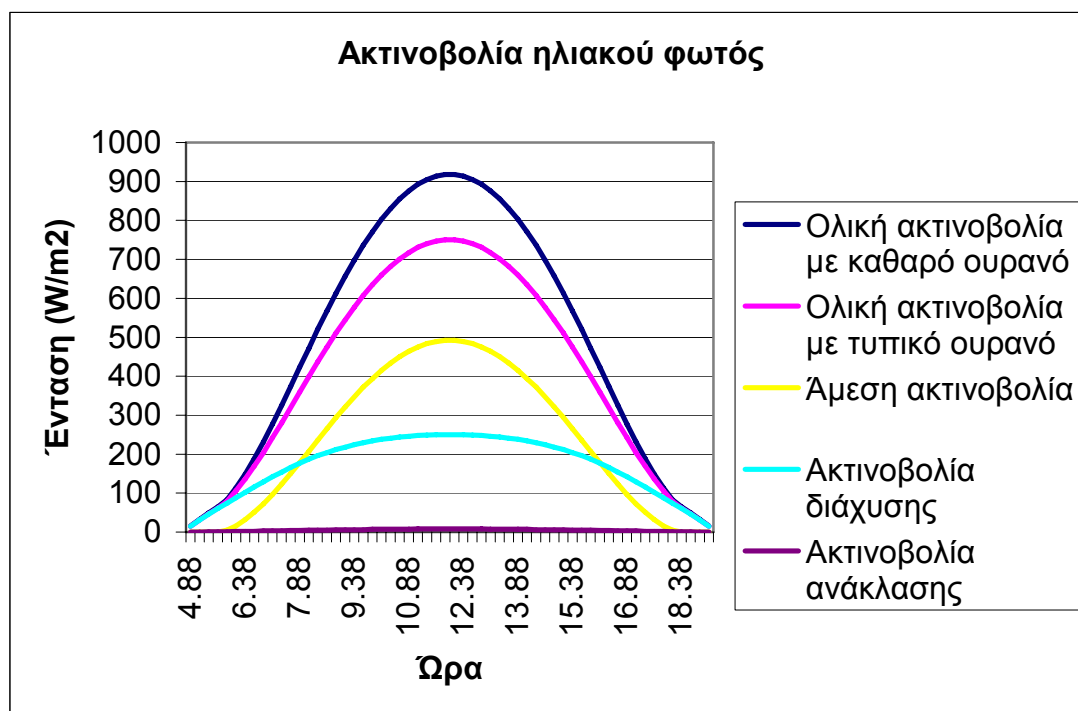
Πίνακας 2.2

Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
7:38	13
8:00	66,5
9:00	169,5
10:00	246,5
11:00	294
12:00	309
13:00	294
14:00	246,5
15:00	169,5
16:00	25,27

Tmax (°C)	6,9
-----------	-----

Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή αλλά για τον μήνα Ιούλιο και γωνία κλίσης ίση με την ετησίως σταθερή γωνία.



Διάγραμμα 2.3

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, τον μήνα Ιούλιο, με γωνία κλίσης 31° (ετησίως σταθερή γωνία)

Αντίστοιχα προκύπτουν:

Πίνακας 2.3

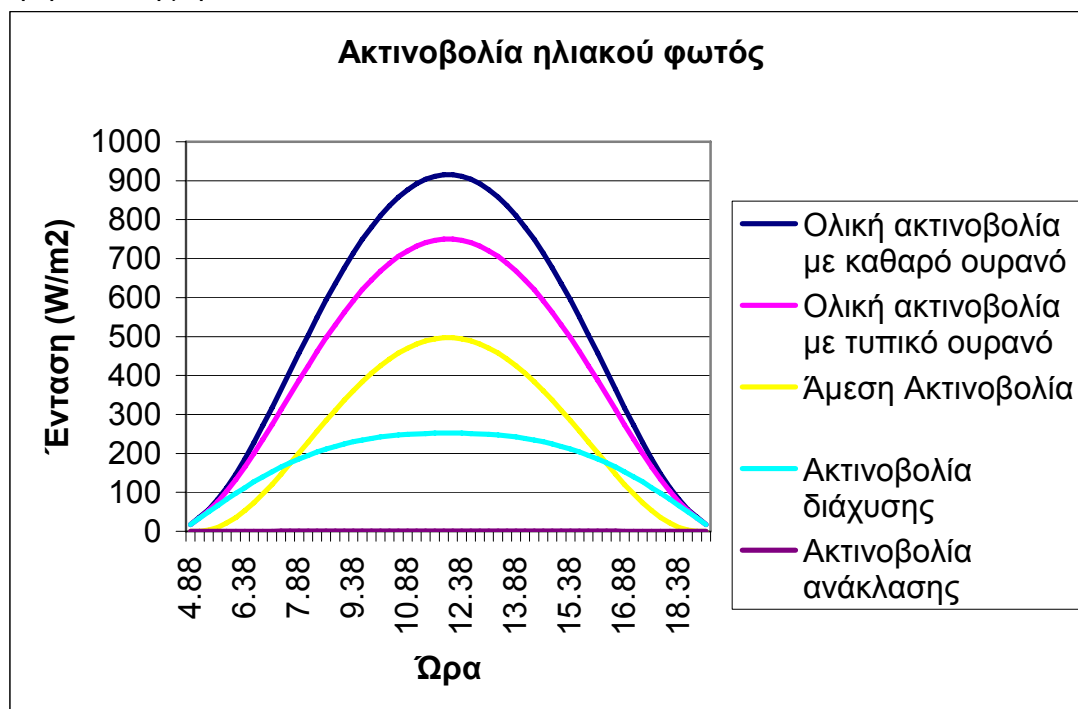
Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
5:00	23
6:00	92,5
7:00	223
8:00	379
9:00	528
10:00	647,5
11:00	724
12:00	750
13:00	724
14:00	647,5
15:00	528
16:00	379
17:00	223
18:00	92,5
19:00	0

Tmax (°C)	30,8
-----------	------

Παρατηρείται ότι οι ώρες της ημέρας κατά τις οποίες υπάρχει ηλιακό φως είναι περισσότερες αλλά και η ένταση της ακτινοβολίας αυτής είναι υψηλή σε σχέση με αυτήν του Δεκεμβρίου.

Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή, τον ίδιο μήνα και γωνία κλίσης ίση με την βέλτιστη μηνιαία.



Διάγραμμα 2.4

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, τον μήνα Ιούλιο, με γωνία κλίσης 12° (βέλτιστη μηνιαία γωνία)

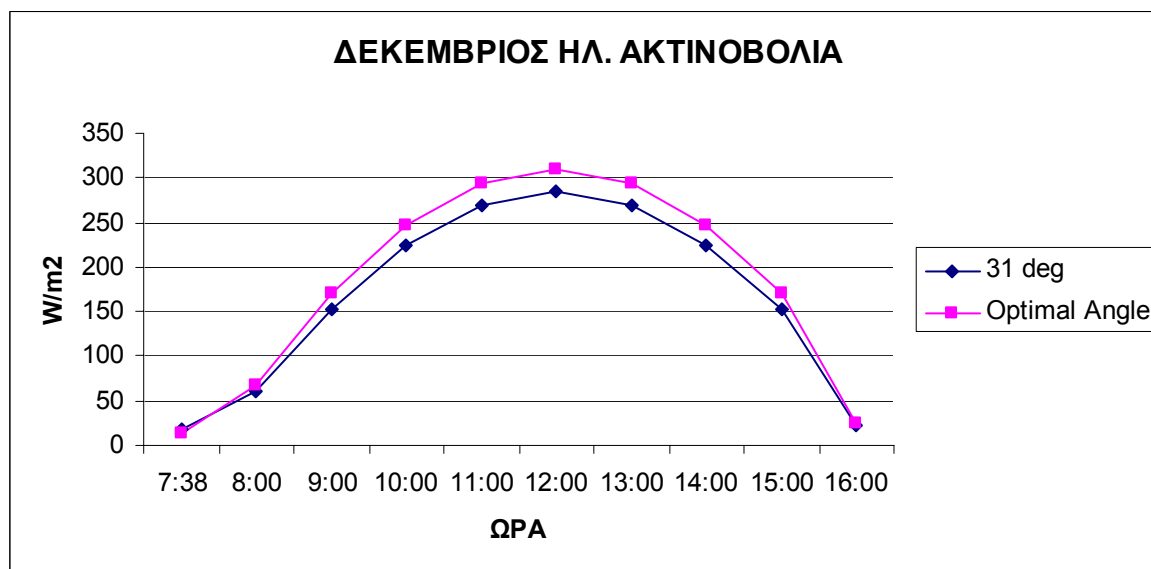
Αντίστοιχα προκύπτουν:

Πίνακας 2.4
Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

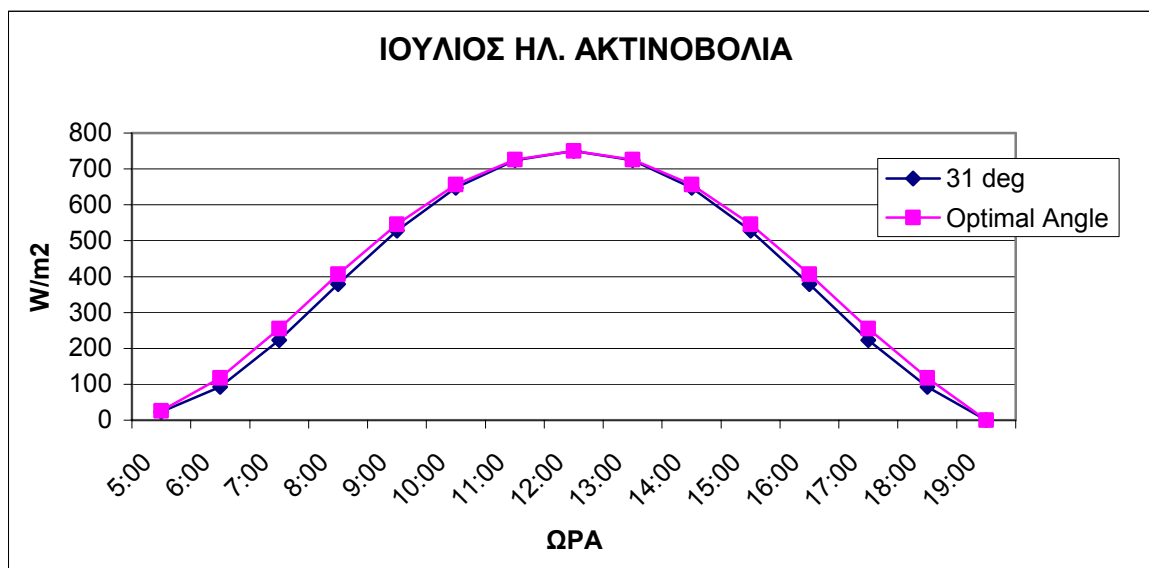
ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
5:00	25,5
6:00	118
7:00	255
8:00	406,5
9:00	546
10:00	656,5
11:00	726
12:00	750
13:00	726
14:00	656,5
15:00	546
16:00	406,5
17:00	255
18:00	118
19:00	0

Tmax (°C)	30,8
-----------	------

Προκειμένου να γίνει δυνατή μια σύγκριση σχεδιάστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα



Διάγραμμα 2.5
Καμπύλη ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, για μια ημέρα του
Δεκεμβρίου
α)ετησίως σταθερή γωνία (31°) β)βέλτιστη μηνιαία (59°)

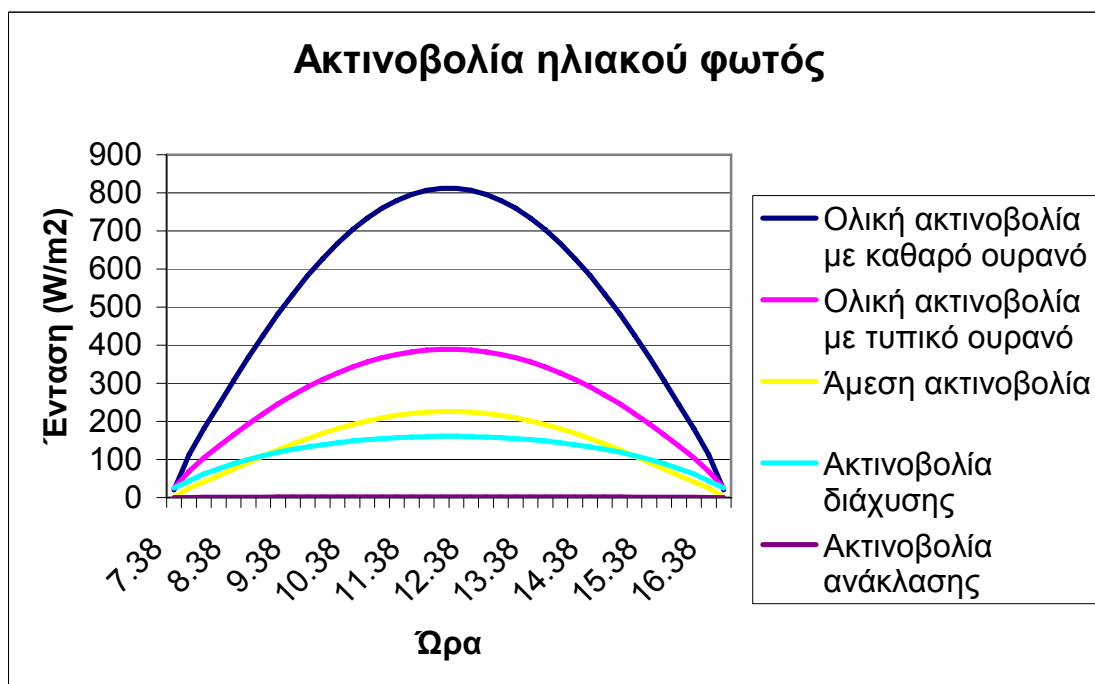


Διάγραμμα 2.6

Καμπύλη ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη της Δράμας, για μια ημέρα του Ιουλίου
 α)ετησίως σταθερή γωνία (31°) β)βέλτιστη μηνιαία (12°)

Παρατηρούμε ότι η ηλιακή ακτινοβολία κατά τον μήνα Ιούλιο είναι υπερδιπλάσια της αντίστοιχης του Δεκεμβρίου. Ακόμα αξίζει να σημειώσουμε ότι διαφορά ανάμεσα στις δυο γωνίες κλίσης εμφανίζεται κυρίως στην κορυφή της καμπύλης κατά τον Δεκέμβριο ενώ στην αρχή και το τέλος της κατά τον Ιούλιο.

Ακολουθούν τα αντίστοιχα διαγράμματα για την πόλη του Ηρακλείου της Κρήτης



Διάγραμμα 2.7

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, τον μήνα Δεκέμβριο, με γωνία κλίσης 28° (ετησίως σταθερή γωνία)

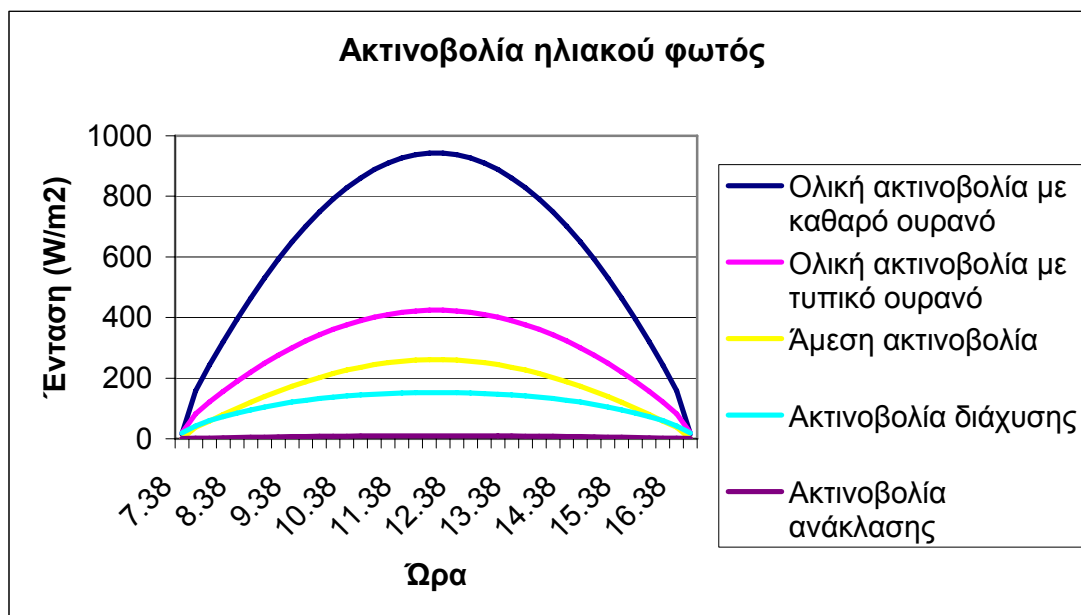
Οπότε και προκύπτουν

Πίνακας 2.5
Προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
7:23	25
8:00	119,5
9:00	233
10:00	318,5
11:00	371,5
12:00	389
13:00	371,5
14:00	318,5
15:00	233
16:00	75,285

T _{max} (°C)	15,2
-----------------------	------

Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή και μήνα αλλά με γωνία κλίσης φωτοβολταϊκών ίση με την βέλτιστη μηνιαία



Διάγραμμα 2.8
Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, τον μήνα Δεκέμβριο, με γωνία κλίσης 57° (βέλτιστη μηνιαία γωνία)

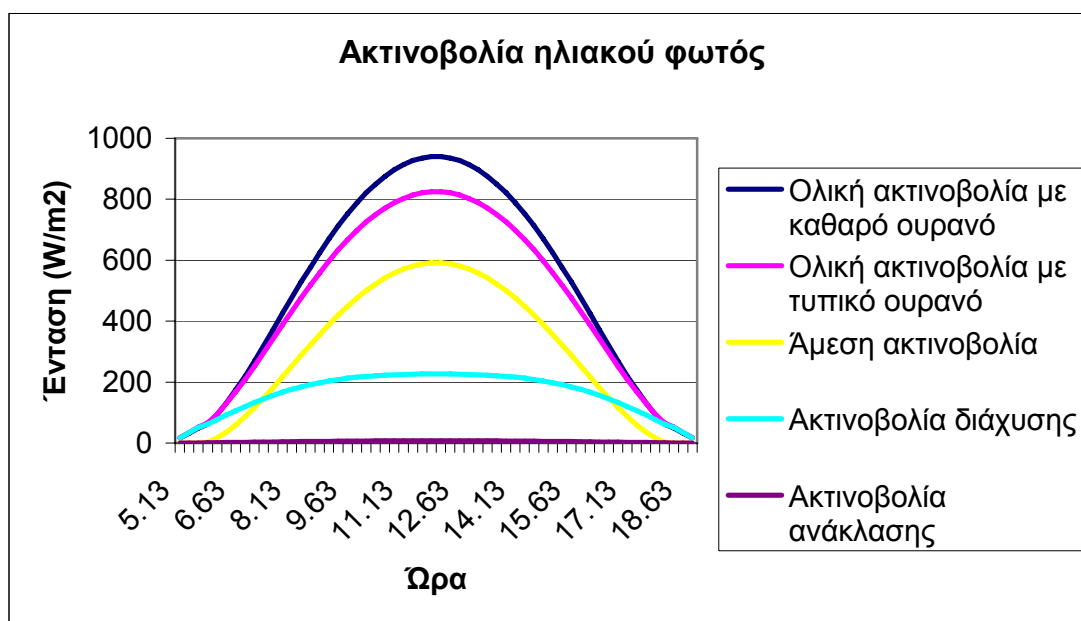
Οπότε

Πίνακας 2.6
Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
7:23	19
8:00	138,5
9:00	262,5
10:00	352
11:00	405,5
12:00	424
13:00	405,5
14:00	352
15:00	262,5
16:00	87,255

T _{max} (°C)	15,2
-----------------------	------

Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή αλλά για τον μήνα Ιούλιο και γωνία κλίσης ίση με την ετησίως σταθερή γωνία.



Διάγραμμα 2.9
Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, τον μήνα Ιούλιο, με γωνία κλίσης 28° (ετησίως σταθερή γωνία)

Οπότε και προκύπτουν

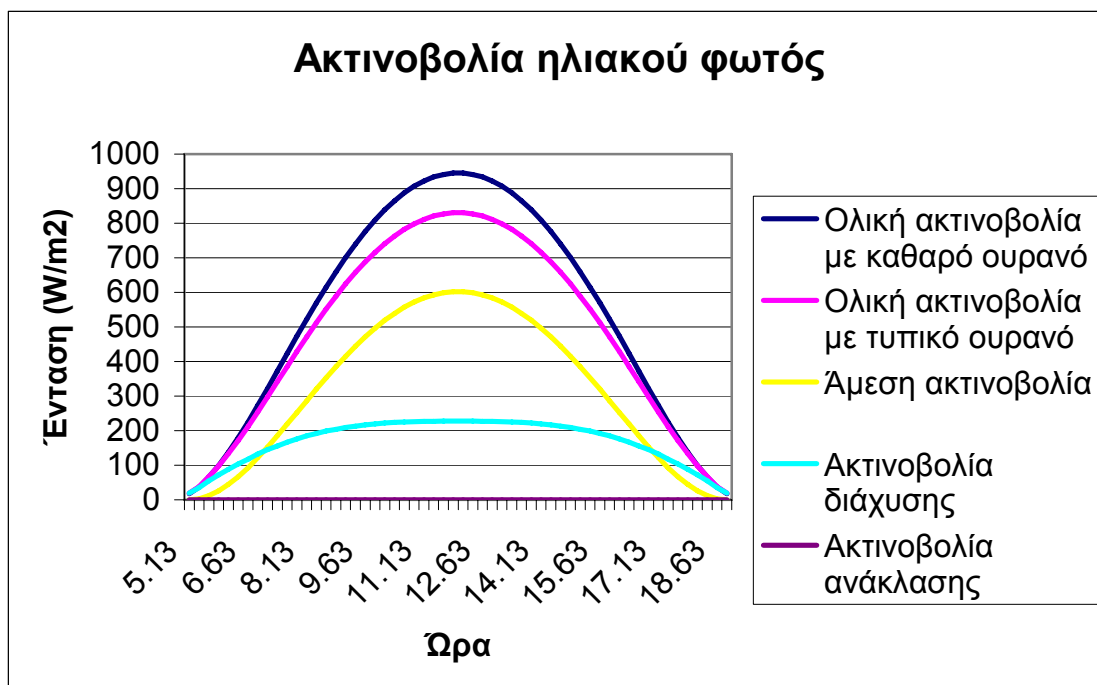
Πίνακας 2.7

Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
5:08	18
6:00	80,5
7:00	230,5
8:00	410
9:00	578,5
10:00	712
11:00	796
12:00	825
13:00	796
14:00	712
15:00	578,5
16:00	410
17:00	230,5
18:00	70,84

Tmax (°C)	29,2
-----------	------

Ακολουθεί το διάγραμμα για την ίδια περιοχή, για τον ίδιο μήνα και γωνία κλίσης ίση με την βέλτιστη μηνιαία γωνία



Διάγραμμα 2.10

Δεδομένα ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, τον μήνα Δεκέμβριο, με γωνία κλίσης 6° (βέλτιστη μηνιαία γωνία)

Οπότε προκύπτει

Πίνακας 2.8

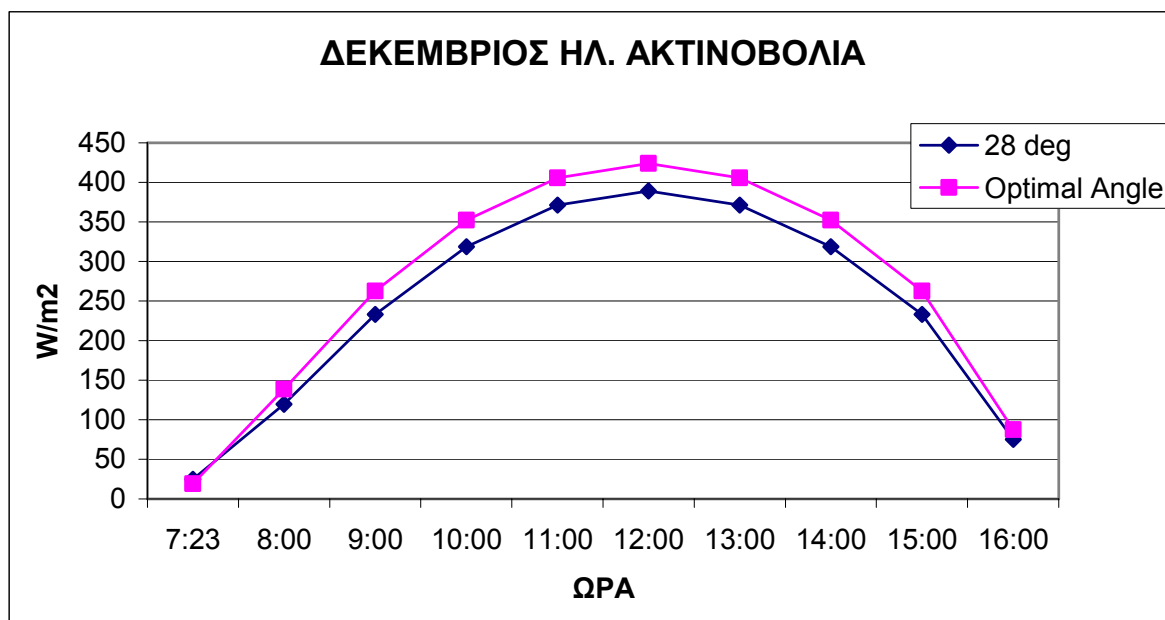
Ηλιακή ακτινοβολία κάθε ώρας και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος

ΩΡΑ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ(W/m ²)
5:08	19
6:00	115,5
7:00	276
8:00	450
9:00	607
10:00	728,5
11:00	804,5
12:00	831
13:00	804,5
14:00	728,5
15:00	607
16:00	450
17:00	276
18:00	101,64

Tmax (°C)	29,2
-----------	------

Παρατηρούμε γενικά ότι οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας του Ηρακλείου Κρήτης είναι αισθητά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της Δράμας. Ακόμα παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι αρκετά μεγαλύτερη από αυτήν της Δράμας.

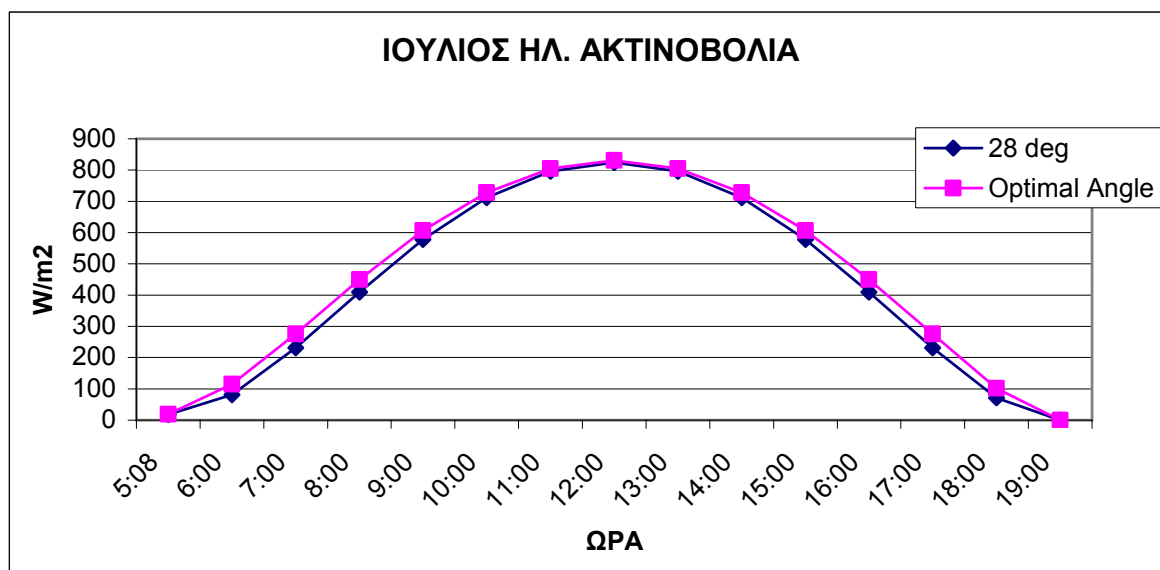
Προκειμένου να γίνει δυνατή μια σύγκριση σχεδιάστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα



Διάγραμμα 2.11

Καμπύλη ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, για μια ημέρα του Δεκεμβρίου

α)ετησίως σταθερή γωνία (28°) β)βέλτιστη μηνιαία (57°)



Διάγραμμα 2.12

Καμπύλη ηλιακής ακτινοβολίας για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης, για μια ημέρα του Ιουλίου

α)ετησίως σταθερή γωνία (28°) β)βέλτιστη μηνιαία (6°)

Παρατηρούμε και εδώ ότι προκύπτουν τα ίδια συμπεράσματα με αυτά της ανάλυσης της πόλης της Δράμας.

Αφού έχει γίνει ο προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας με τον ίδιο τρόπο για όλους τους μήνες μπορεί στην συνέχεια να γίνει ο προσδιορισμός της ηλεκτρικής ισχύος. Αρκεί να εφαρμοστούν οι τύποι της παραγράφου 2.2. Θα γίνει εφαρμογή για τις ίδιες πόλεις για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Τα επιπρόσθετα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό είναι το P_{max} , το t^{max} , το ΔP , τα ποσοστά απωλειών των καλωδίων και του μετασχηματιστή εάν υπάρχει και τέλος ο βαθμός απόδοσης του μετατροπέα DC-AC. Ο συντελεστής DR όπως και το ποσοστό p παίρνουν σταθερές τιμές εξαρτώμενες από τον μήνα και την ώρα της ημέρας αντίστοιχα, όπως θα φανεί στην συνέχεια.. Όλες οι παραπάνω παράμετροι αναλύθηκαν στην παράγραφο 2.2.

Οι τιμές που θα εφαρμοσθούν είναι:

Πίνακας 2.9

Παράμετροι φωτοβολταϊκών πλαισίων και στοιχείων της εγκατάστασης

P_{max}	200W
t^{max}	25,0 °C
ΔP	-0,45%
$w_{i_{loss}}$	2%
$trans_{loss}$	2%
η_{inv}	95%

Η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση θα πρέπει να έχει ονομαστική ισχύ $100kW_p$ οπότε απαιτούνται 500 τέτοια φωτοβολταϊκά πλαίσια

Στην συνέχεια θα εφαρμόσουμε αυτήν την μέθοδο προσδιορισμού της ηλεκτρικής ισχύος για την πόλη της Δράμας και του Ηρακλείου Κρήτης για την ετησίως σταθερή γωνία κλίσης αλλά και για βέλτιστη μηνιαία γωνία για κάθε περιοχή.

Έτσι λοιπόν για την περιοχή της Δράμας, όταν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι τοποθετημένα με την ετησίως σταθερή κλίση, τότε η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται σε ένα έτος μπορεί να υπολογισθεί ως εξής:

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δεδομένα	t _{e, max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα		
			1	2	3	4	5	6	7:23	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Ιανουάριος	6,5	8,0	Ποσοστό ρ %	87	92	96	99	100	98	93	84	71	56	39	23	11	3	0	3	10	21	34	47	58	68	76	82	13,00 kWh	
			Κατανομή θερμοκρασίας [°C]	-0,5	-0,9	-1,2	-1,4	-1,5	-1,3	-0,9	-0,2	0,8	2,0	3,4	4,7	5,6	6,3	6,5	6,3	5,7	4,8	3,8	2,7	1,9	1,1	0,4	-0,1		
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,21	0,29	0,33	0,35	0,35	0,29	0,21	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
			Ισχύς [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,73	19,67	40,22	55,39	64,28	66,96	63,61	54,30	39,16	12,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{e, max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Φεβρουάριος	9,5	8,4	Ποσοστό ρ %	87	92	96	99	100	98	93	84	71	56	39	23	11	3	0	3	10	21	34	47	58	68	76	82	15,58 kWh	
			Κατανομή θερμοκρασίας [°C]	2,2	1,8	1,4	1,2	1,1	1,3	1,7	2,4	3,5	4,8	6,2	7,6	8,6	9,2	9,5	9,2	8,7	7,7	6,6	5,6	4,6	3,8	3,1	2,6		
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,15	0,27	0,36	0,41	0,43	0,41	0,36	0,27	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
			Ισχύς [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,82	29,09	51,25	68,25	78,52	81,70	77,85	66,82	49,82	28,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Σημείωση

Η ακτινοβολία αρχίζει και τελειώνει πάνω στην αλλαγή της ώρας(χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο ακτινοβολίας)

Δεδομένα	t _{e, max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα		
			1	2	3	4	5	6:08	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Μάρτιος	12,1	9,2	Ποσοστό ρ %	87	92	96	99	100	98	93	84	71	56	39	23	11	3	0	3	10	21	34	47	58	68	76	82	21,65 kWh	
			Κατανομή θερμοκρασίας [°C]	4,1	3,6	3,3	3,0	2,9	3,1	3,5	4,4	5,6	6,9	8,5	10,0	11,1	11,8	12,1	11,8	11,2	10,2	9,0	7,8	6,8	5,8	5,1	4,6		
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,23	0,35	0,44	0,50	0,52	0,50	0,44	0,35	0,23	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
			Ισχύς [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54	16,85	43,29	66,00	83,17	93,54	96,61	92,39	81,25	63,97	41,76	15,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{e, max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα		
			1	2	3	4	5:38	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
Απρίλιος	17,0	9,8	Ποσοστό ρ %	87	92	96	99	100	98	93	84	71	56	39	23	11	3	0	3	10	21	34	47	58	68	76	82	27,00 kWh	
			Κατανομή θερμοκρασίας [°C]	8,5	8,0	7,6	7,3	7,2	7,4	7,9	8,8	10,0	11,5	13,2	14,7	15,9	16,7	17,0	16,7	16,0	14,9	13,7	12,4	11,3	10,3	9,6	9,0		
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05	0,17	0,31	0,45	0,55	0,62	0,64	0,62	0,55	0,45	0,31	0,17	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
			Ισχύς [W]	0,00	0,00	0,00	0,00	3,59	9,06	31,56	58,35	83,16	102,20	113,58	116,81	112,05	99,62	80,37	56,12	30,35	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δεδομένα	t _{e max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Καταναμή θερμοκρασίας [°C]																									
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]																									
Μάιος	23,4	10,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48	15,76	37,48	62,43	85,53	103,29	113,98	117,03	112,36	100,55	82,51	59,93	35,94	15,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,28 kWh

Σημείωση

Η ακτινοβολία αρχίζει και τελειώνει πάνω στην αλλαγή της ώρας(χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο ακτινοβολίας)

Δεδομένα	t _{e max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4:38	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Καταναμή θερμοκρασίας [°C]																									
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]																									
Ιούλιος	28,6	10,8	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,11	0,24	0,38	0,51	0,61	0,67	0,69	0,67	0,61	0,51	0,38	0,24	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,07 kWh

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{e max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Καταναμή θερμοκρασίας [°C]																									
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]																									
Ιούλιος	30,8	11,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,22	0,38	0,53	0,65	0,72	0,75	0,72	0,65	0,53	0,38	0,22	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,62 kWh

Σημείωση

Η ακτινοβολία αρχίζει και τελειώνει πάνω στην αλλαγή της ώρας(χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο ακτινοβολίας)

Δεδομένα	t _{e max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5:23	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Καταναμή θερμοκρασίας [°C]																									
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]																									
Αύγουστος	30,3	13,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07	0,20	0,36	0,50	0,62	0,69	0,71	0,69	0,62	0,50	0,36	0,20	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,76 kWh

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{e max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Καταναμή θερμοκρασίας [°C]																									
			Ένταση Ακτινοβολίας [kW/m ²]																									
Σεπτέμβριος	24,5	11,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	25,86	53,89	79,86	99,61	111,35	114,57	109,61	96,69	76,75	51,52	24,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,43 kWh

Σημείωση

Η ακτινοβολία αρχίζει και τελειώνει πάνω στην αλλαγή της ώρας(χρησιμοποιώντας τον μέσο όρο ακτινοβολίας)

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Δεδομένα	t _{a,max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6:38	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Κατανομή θερμοκρασίας (°C)																									
			Ένταση Ακτινοβολίας (kW/m ²)																									
Οκτώβριος	19,0	10,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,21	0,36	0,47	0,55	0,57	0,55	0,47	0,36	0,21	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,62 kWh

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{a,max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6	7:38	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Κατανομή θερμοκρασίας (°C)																									
			Ένταση Ακτινοβολίας (kW/m ²)																									
Νοέμβριος	12,9	9,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11	0,23	0,38	0,40	0,38	0,33	0,23	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,02 kWh

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Δεδομένα	t _{a,max}	DR	Όρα ημέρας																								Συλλεγόμενη ενέργεια ανά μήνα	
			1	2	3	4	5	6	7:38	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			Ποσοστό ρ %																									
			Κατανομή θερμοκρασίας (°C)																									
			Ένταση Ακτινοβολίας (kW/m ²)																									
Δεκέμβριος	6,9	7,8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,06	0,15	0,22	0,27	0,28	0,27	0,22	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,94 kWh

Σημείωση

Κατά το ξημέρωμα λαμβάνεται υπόψη η ακριβής στιγμή της πρώτης ακτινοβολίας με την αντίστοιχη ένταση

Κατά την δύση λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος της ακτινοβολίας της τελευταίας ώρας επί την διάρκειά της

Παρατήρηση

Η ακριβής τιμή του συντελεστή ρ δεν επηρεάζει αισθητά τα αποτελέσματα

Έγινε χρήση του συντελεστή ρ που αντιστοιχεί σε ώρες.

Με δοκιμή της τιμής ρ που αντιστοιχεί στον μέσο όρο(των δύο "γειτονικών" ωρών) παρατηρήθηκε στην τελική ισχύ αμελητέα διαφορά κατά 0,01-0,02W

Ετήσια συλλεγόμενη ισχύς ανά φωτοβολταϊκό panel : 268,98 kWh
 Ετήσια συλλεγόμενη ισχύς από 500 φωτοβολταϊκά panels : 134491,33 kWh
 Ετήσια συλλεγόμενη ηλεκτρική ισχύς AC : 122707,20 kWh

2.3 Υπολογισμός της Καμπύλης Διάρκειας Φορτίου (Κ.Δ.Φ.)

Εφόσον έχει γίνει ο προσδιορισμός της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας καθώς επίσης και ο προσδιορισμός της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος των φωτοβολταϊκών πλαισίων μπορεί στην συνέχεια να γίνει ο υπολογισμός της καμπύλης διάρκειας φορτίου της εγκατάστασης.

Έχοντας υπολογίσει την ηλεκτρική ισχύ που παράγει ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο κατά την διάρκεια μιας ημέρας για κάθε μήνα του έτους, το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε το βήμα ακρίβειας της καμπύλης που θέλουμε να υπολογίσουμε. Στην περίπτωση μας, δηλαδή για μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ονομαστικής ισχύος 100kW, το βήμα ακρίβειας έχει ορισθεί να είναι 1 kW. Στην συνέχεια γίνεται ένας έλεγχος της ωριαία παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος για μία ημέρα κάθε μήνα. Κατά τον έλεγχο, εξετάζεται αν η ηλεκτρική ισχύς που παράγεται ανά ώρα είναι μεγαλύτερη από μια τιμή ισχύος. Αυτή η τιμή είναι αρχικά 0 και στην συνέχεια αυξάνεται κατά 1 kW μέχρι την ονομαστική τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος της εγκατάστασης που εδώ είναι 100kW. Έτσι υπολογίζεται πόσες ώρες ανά ημέρα η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς είναι μεγαλύτερη από συγκεκριμένες στάθμες ισχύος που απέχουν μεταξύ τους 1 kW. Αν το αποτέλεσμα πολλαπλασιασθεί με τον αριθμό των ημερών του μήνα υπολογίζεται ο αντίστοιχος αριθμός ωρών του μήνα. Τέλος, αν γίνει ο ίδιος υπολογισμός και για τους 12 μήνες και αθροισθούν τα αποτελέσματα των ελέγχων τότε προκύπτει η καμπύλη διάρκειας φορτίου για ένα έτος.

Παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα των ελέγχων της παραγόμενης ισχύος για την πόλη της Δράμας και του Ηρακλείου Κρήτης, για ένα έτος, για την περίπτωση της ετησίως σταθερής γωνίας κλίσης αλλά και της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας των φωτοβολταϊκών πλαισίων.

Για την πόλη της Δράμας

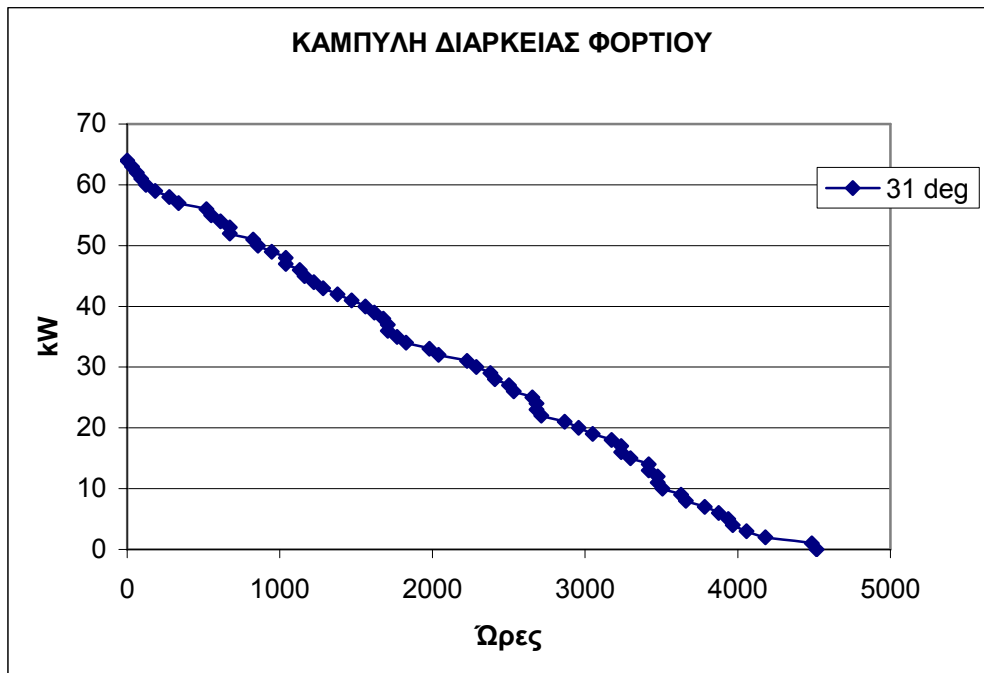
Πίνακας 2.10
Αποτελέσματα ελέγχου ισχύος της πόλης της Δράμας

	Ετησίως σταθερή γωνία κλίσης	Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης
kW	ώρες	ώρες
100	0	0
...
64	0	0
63	31	31
62	62	62
61	93	93
60	124	124
59	185	185
58	277	276
57	337	398
56	520	520
55	550	611
54	611	641
53	672	703
52	672	764
51	825	887

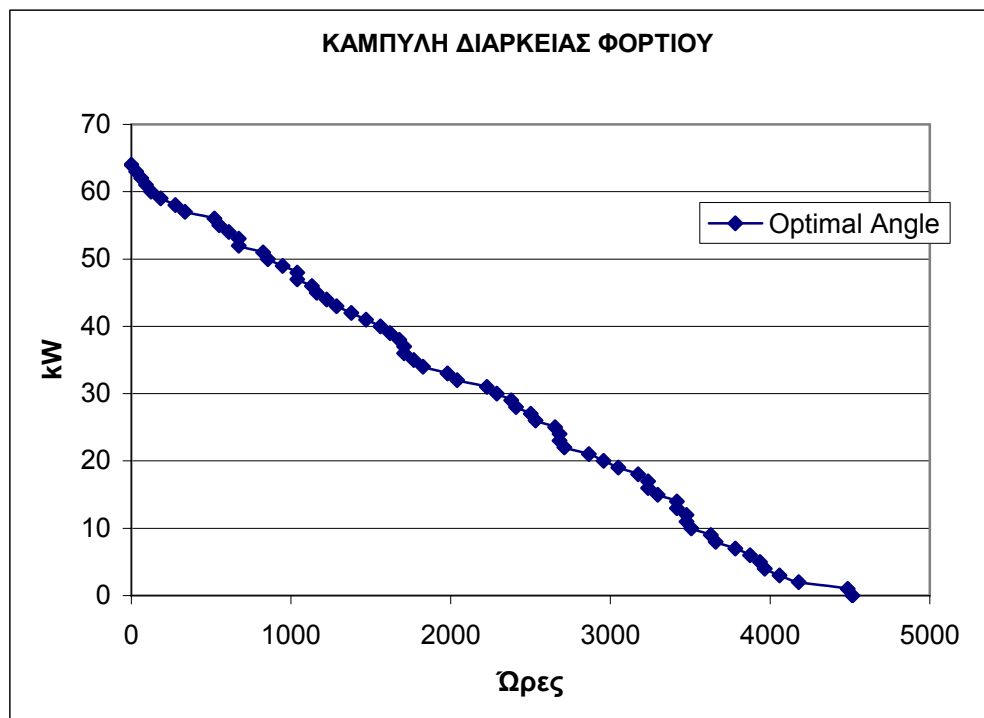
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

50	856	948
49	947	978
48	1039	1039
47	1039	1131
46	1132	1162
45	1162	1254
44	1224	1316
43	1285	1347
42	1378	1469
41	1470	1559
40	1560	1678
39	1619	1678
38	1678	1768
37	1708	1798
36	1708	1829
35	1768	1979
34	1827	2072
33	1980	2164
32	2041	2287
31	2227	2318
30	2288	2380
29	2379	2472
28	2409	2533
27	2502	2564
26	2532	2652
25	2653	2712
24	2682	2772
23	2682	2864
22	2712	2957
21	2865	3019
20	2957	3112
19	3050	3205
18	3174	3205
17	3236	3236
16	3236	3328
15	3296	3387
14	3416	3416
13	3416	3446
12	3476	3566
11	3476	3597
10	3506	3659
9	3628	3721
8	3659	3752
7	3783	3844
6	3875	3937
5	3937	3937
4	3967	3998
3	4058	4058
2	4180	4180
1	4485	4485
0	4516	4516

Από τα δεδομένα αυτά προκύπτουν οι παρακάτω καμπύλες

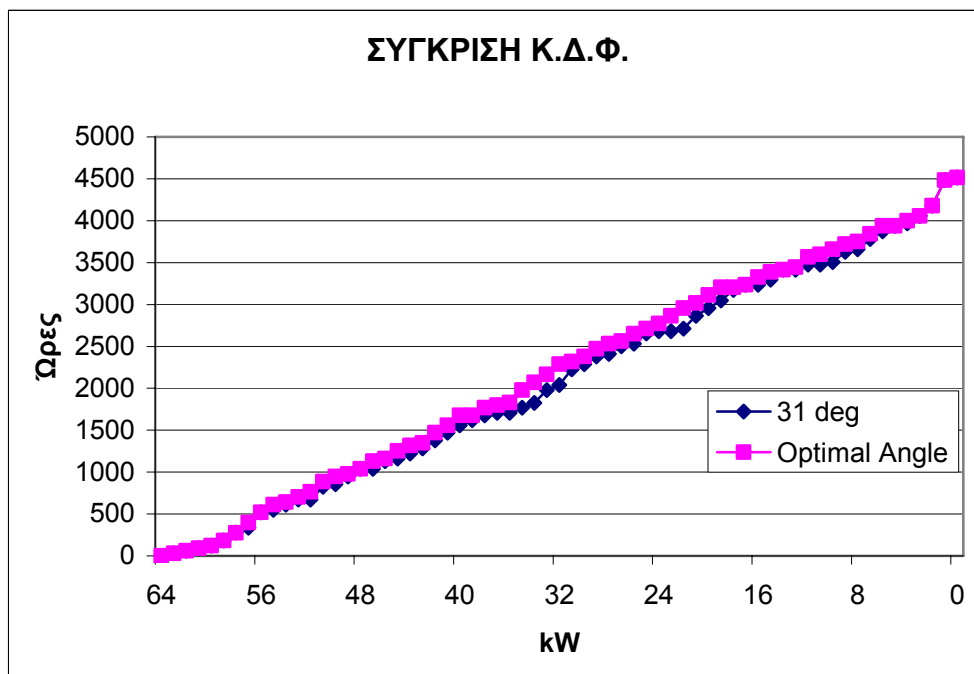


Διάγραμμα 2.13
Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου
Δράμα-Ετησίως σταθερή γωνία κλίσης



Διάγραμμα 2.14
Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου
Δράμα-Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης

Μια σύγκριση των παραπάνω περιπτώσεων μπορεί να γίνει με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί:



Διάγραμμα 2.15
Σύγκριση Κ.Δ.Φ. για τις δύο γωνίες

Για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης

Πίνακας 2.11
Αποτελέσματα ελέγχου ισχύος της πόλης του Ηρακλείου Κρήτης

	Ετησίως σταθερή γωνία κλίσης	Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης
kW	Ωρες	Ωρες
100	0	0
...
73	0	0
72	31	61
71	91	152
70	183	213
69	213	274
68	305	397
67	427	397
66	458	458
65	519	549
64	549	579
63	610	671
62	641	671
61	701	794

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

60	794	825
59	824	886
58	916	947
57	977	1039
56	1008	1070
55	1070	1131
54	1101	1131
53	1101	1221
52	1131	1221
51	1193	1374
50	1252	1465
49	1374	1558
48	1618	1618
47	1618	1618
46	1678	1678
45	1678	1737
44	1678	1827
43	1707	1857
42	1766	1949
41	1827	1949
40	1857	2041
39	1950	2072
38	2012	2257
37	2073	2380
36	2135	2502
35	2287	2502
34	2411	2592
33	2563	2592
32	2622	2684
31	2652	2714
30	2682	2744
29	2713	2774
28	2744	2835
27	2774	2866
26	2835	2927
25	2897	3019
24	2928	3081
23	2959	3205
22	2990	3265
21	3111	3294
20	3232	3294
19	3294	3325
18	3325	3386
17	3416	3446
16	3416	3477
15	3446	3477
14	3446	3507
13	3567	3598
12	3598	3690
11	3660	3720
10	3691	3782
9	3691	3813
8	3722	3906
7	3844	3966

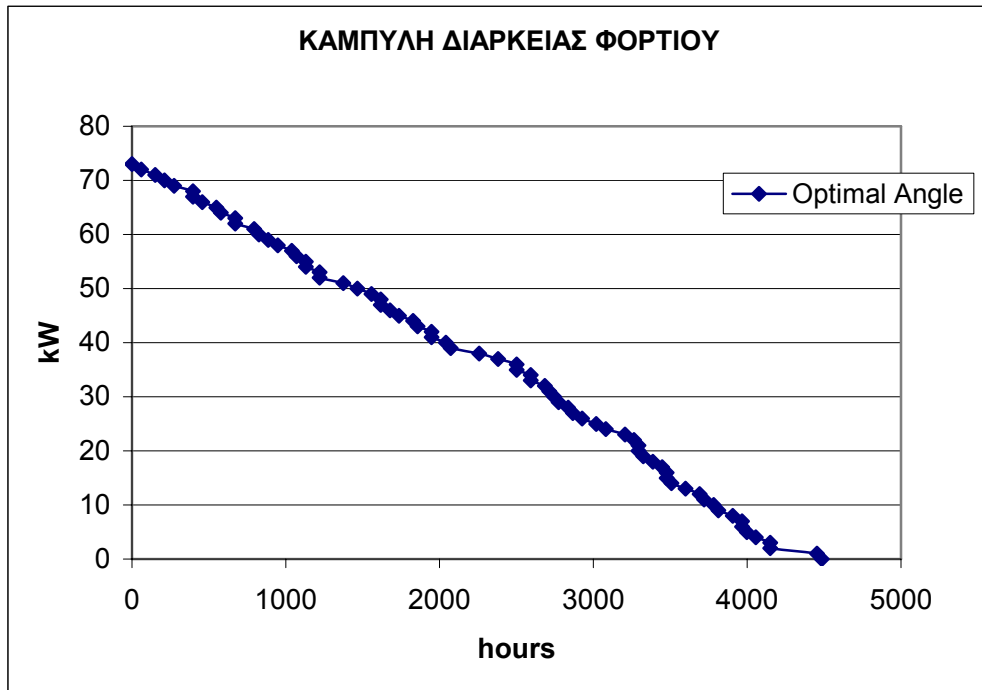
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6	3966	3966
5	3997	3997
4	4027	4057
3	4119	4150
2	4181	4150
1	4454	4454
0	4485	4485

Από τα δεδομένα αυτά προκύπτουν οι παρακάτω καμπύλες

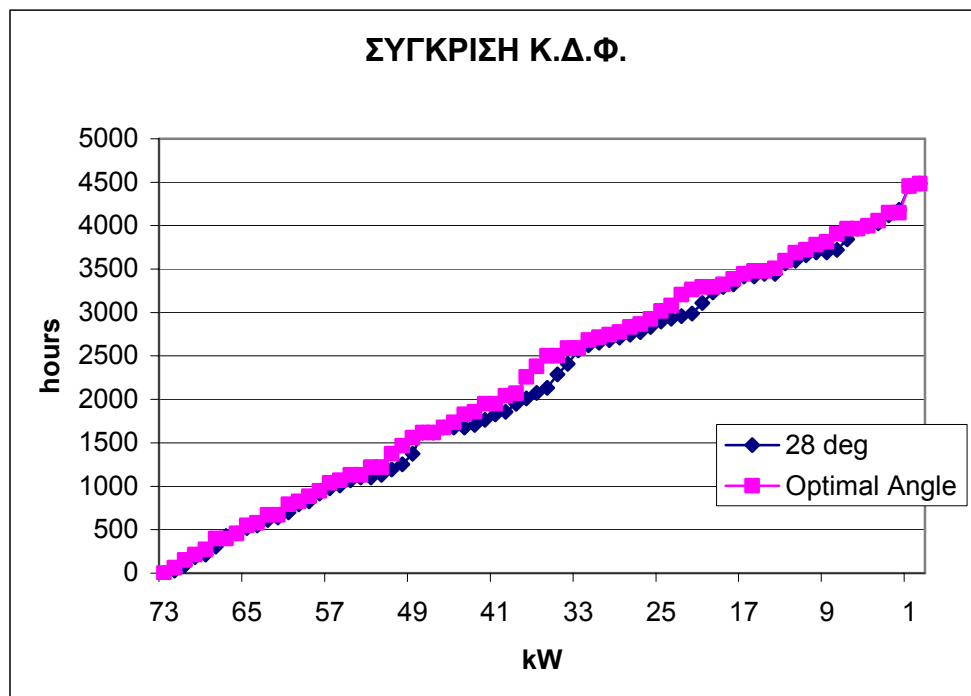


Διάγραμμα 2.16
Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου
Ηράκλειο Κρήτης-Ετησίως σταθερή γωνία κλίσης



Διάγραμμα 2.17
Καμπύλη Διάρκειας Φορτίου
Ηράκλειο Κρήτης- Βέλτιστη μηνιαία γωνία κλίσης

Μια σύγκριση των παραπάνω περιπτώσεων μπορεί να γίνει με βάση το διάγραμμα που ακολουθεί:



Διάγραμμα 2.18
Σύγκριση Κ.Δ.Φ. για τις δύο γωνίες

Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω μπορούν να προκύψουν κάποια συμπεράσματα. Αρχικά να αναφερθεί, όπως άλλωστε αναμενόταν, ότι μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν λειτουργεί όλες τις ώρες του έτους αλλά μόνο της ώρες κατά τις οποίες προσπίπτει στην γη ηλιακό φως. Αυτές είναι περίπου 4500 ώρες ετησίως. Ακόμα, και στις δύο περιπτώσεις γωνιών κλίσης η ηλεκτρική ισχύς εξόδου απέχει κατά πολύ από την ονομαστική ισχύ εξόδου της φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Για την πόλη του Ηρακλείου Κρήτης η μέγιστη ισχύς είναι 72kW ενώ για την πόλη της Δράμας είναι μόλις 63 kW. Τέλος να σημειωθεί ότι υπάρχει διαφορά ανάμεσα στις δύο περιπτώσεις γωνιών, η οποία όμως γίνεται περισσότερο αισθητή στις περιοχές με έντονη ηλιακή ακτινοβολία όπως στην πόλη του Ηρακλείου.

2.4 Εφαρμογή μετατροπέων DC-AC (Inverter) διαφορετικής ισχύος και διαφορετικού κατασκευαστή

Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, ο μετατροπέας DC-AC αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης. Για αυτό η βέλτιστη επιλογή του, από άποψη κόστους-απόδοσης, σε μια μελέτη εγκατάστασης είναι πολύ σημαντική.

Για να εξετασθεί η λειτουργία μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης σε σχέση με τον inverter που έχει χρησιμοποιηθεί, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις της χρήσης διαφορετικών inverter σε διάφορες πόλεις ανά τον ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από τον προσδιορισμό της ηλιακής ακτινοβολίας της εκάστοτε πόλης. Οι προσομοιώσεις έγιναν με χρήση προγράμματος σε ηλ. υπολογιστή.

Έτσι λοιπόν τα δεδομένα της ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκαν, αντιστοιχούν στην ακτινοβολία που προσπίπτει στην συγκεκριμένη πόλη όταν ο ουρανός έχει την τυπική πυκνότητα αέρα (όχι τελείως καθαρός ουρανός). Επίσης ορίζεται η γωνία κλίσης (ετησίως σταθερή γωνία κλίσης) και το αζιμουθιο δηλαδή η γωνία ευθυγράμμισης τους (για την Ελλάδα, που βρίσκεται στο βόρειο ημισφαίριο τα φωτοβολταϊκά πλαίσια μιας εγκατάστασης πρέπει να «κοιτούν» προς τον νότο δηλαδή να έχουν αζιμουθιο 0°). Η ονομαστική ισχύς είναι 100kW_p. Θεωρήθηκε ότι δεν υπήρχε σκίαση της φωτοβολταϊκής επιφάνειας. Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν το ίδιο για όλες τις πόλεις (βλ. τεχνικά χαρακτηριστικά στο Παράρτημα Α).

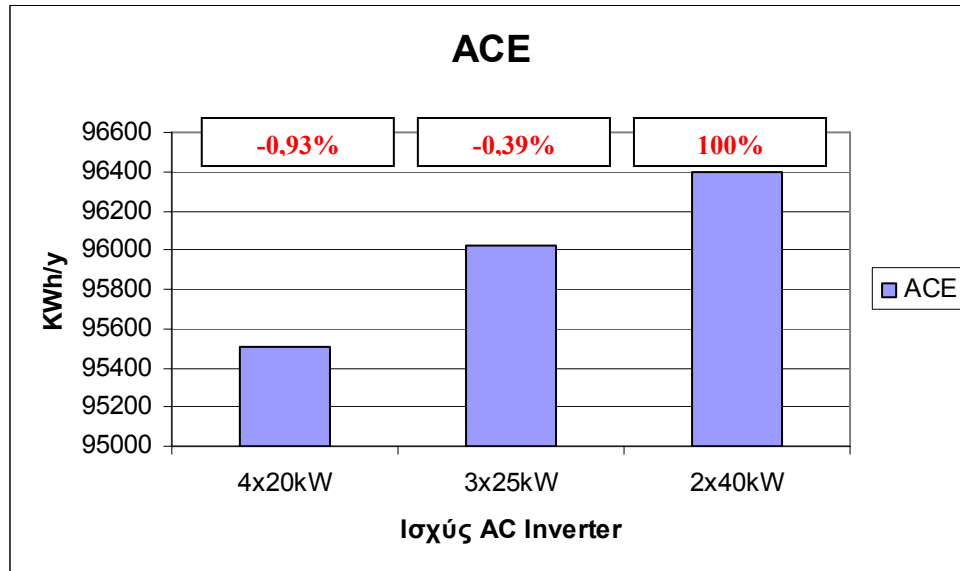
Όσον αφορά τους μετατροπέες DC-AC, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικής ισχύος γιατί όπως αποδείχθηκε στο προηγούμενο κεφαλαίο, η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση δεν παράγει ποτέ την ονομαστική ισχύ εξόδου της. Άρα λοιπόν η εφαρμογή μετατροπέων, διαφορετικής ισχύος και διαφορετικού κατασκευαστή παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Η εξομοίωση εκτός από την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ, μας πληροφορεί και για τον βαθμό απόδοσης ολόκληρης της εγκατάστασης (Performance Ratio). Αυτός ορίζεται ως ο λόγος της ωφέλιμης τελικά ενέργειας προς αυτήν που είναι διαθέσιμη. Η διαφορά αυτών των δύο οφείλεται στις απώλειες που υπάρχουν. Τέτοιες απώλειες είναι απώλειες λόγω ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας, απώλειες λόγω θερμικής συμπεριφοράς των φωτοβολταϊκών πλαισίων, απώλειες καλωδίωσης και οι απώλειες του μετατροπέα DC-AC.

Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος για την πόλη της Δράμας και του Ηρακλείου, με την χρήση κάθε φορά διαφορετικού inverter. Παρουσιάζεται επίσης και η ποσοστιαία διαφορά σε κάθε περίπτωση ανάλογα με τον inverter. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 52 διαφορετικοί inverters (βλ. τεχνικά χαρακτηριστικά στο Παράρτημα Β).

• ΔΡΑΜΑ

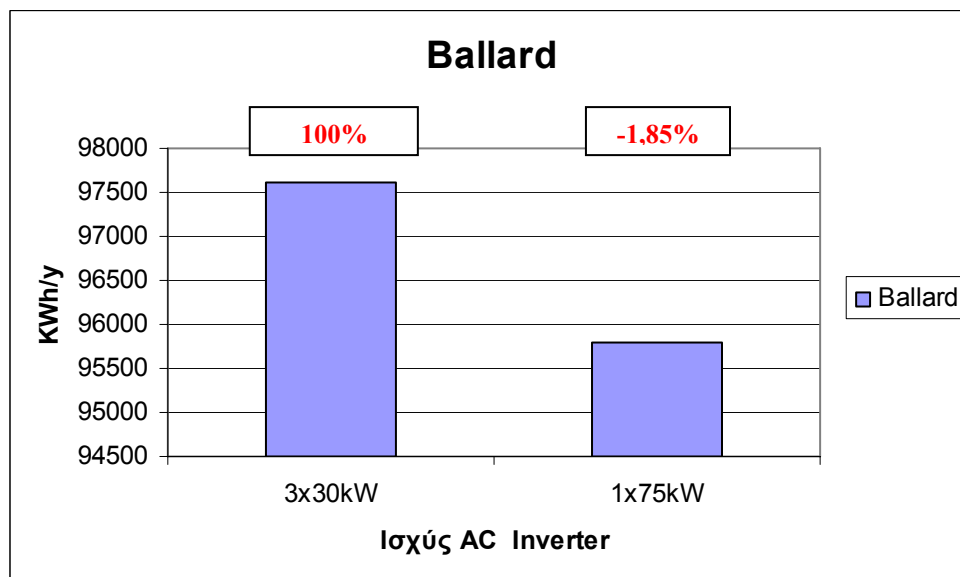
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
4x20kW	95502	0,733	ACE
3x25kW	96021	0,737	ACE
2x40kW	96398	0,74	ACE



Διάγραμμα 2.19

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας ACE στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	97609	0,75	Ballard
1x75kW	95803	0,736	Ballard

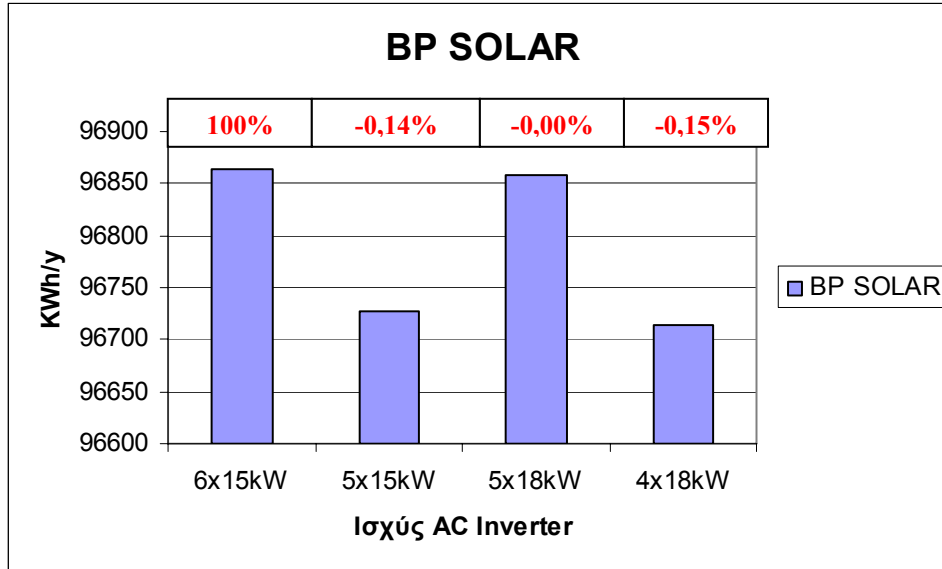


Διάγραμμα 2.20

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Ballard στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

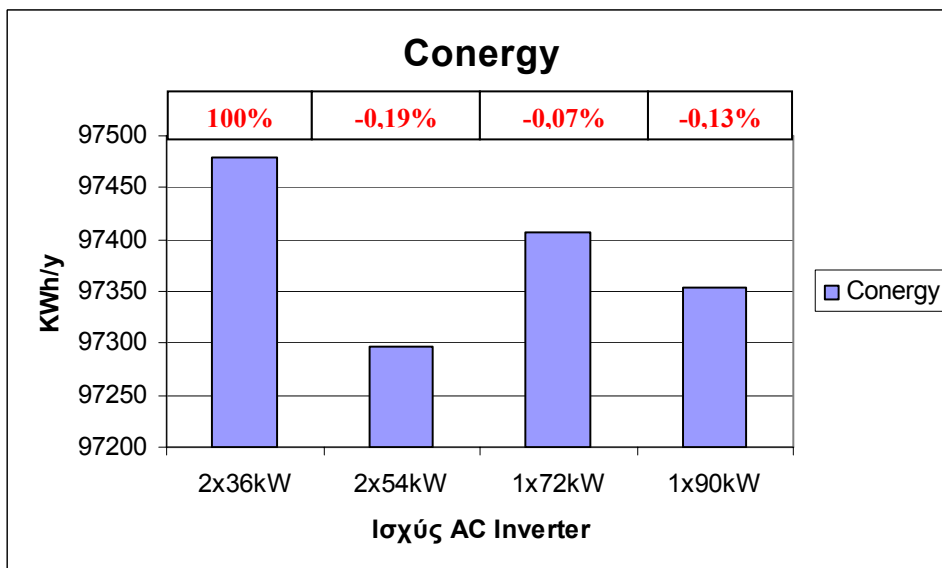
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
6x15kW	96863	0,744	BP SOLAR
5x15kW	96727	0,743	BP SOLAR
5x18kW	96859	0,744	BP SOLAR
4x18kW	96714	0,743	BP SOLAR



Διάγραμμα 2.21

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας BP SOLAR στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x36kW	97480	0,746	Conergy
2x54kW	97296	0,744	Conergy
1x72kW	97407	0,745	Conergy
1x90kW	97354	0,745	Conergy

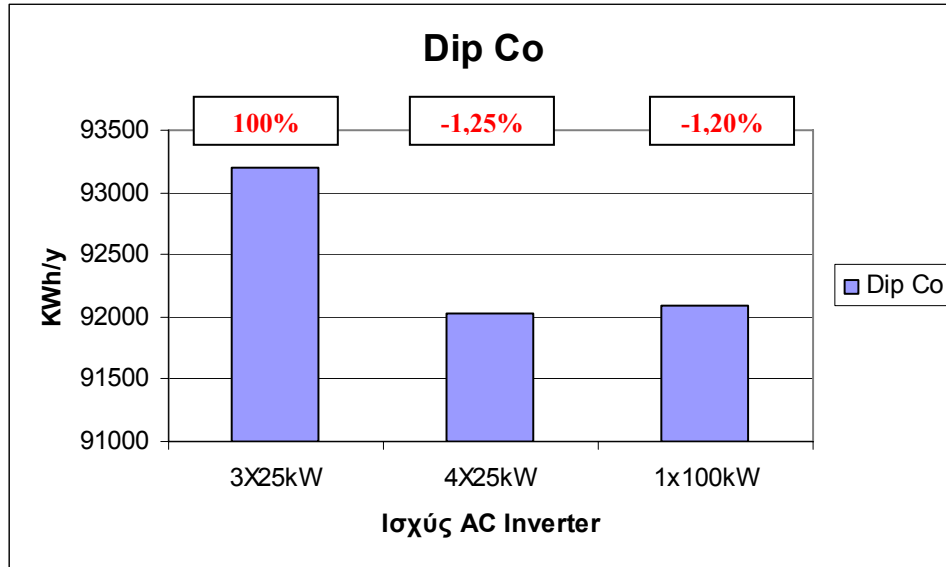


Διάγραμμα 2.22

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Conergy στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

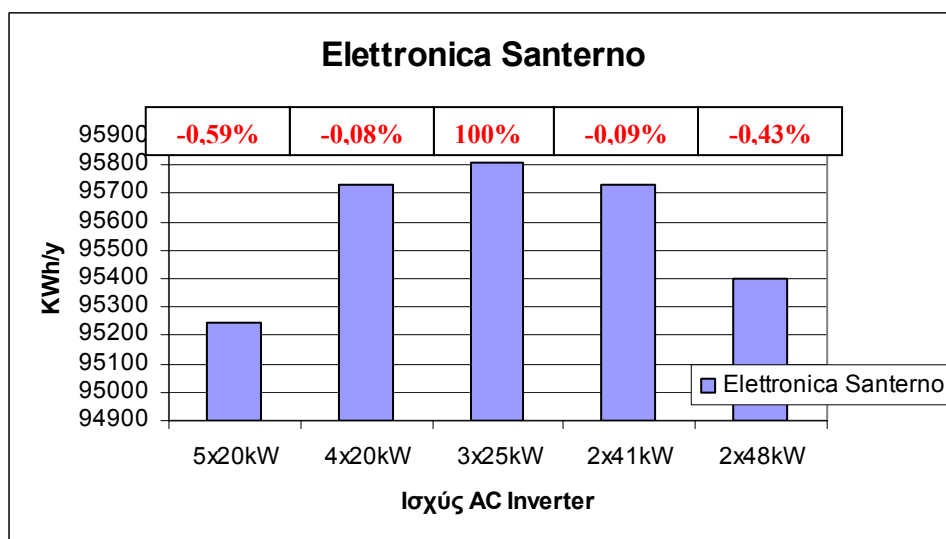
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3X25kW	93201	0,732	Dip Co
4X25kW	92036	0,723	Dip Co
1x100kW	92085	0,723	Dip Co



Διάγραμμα 2.23

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Dip Co στην πόλη της Δράμας

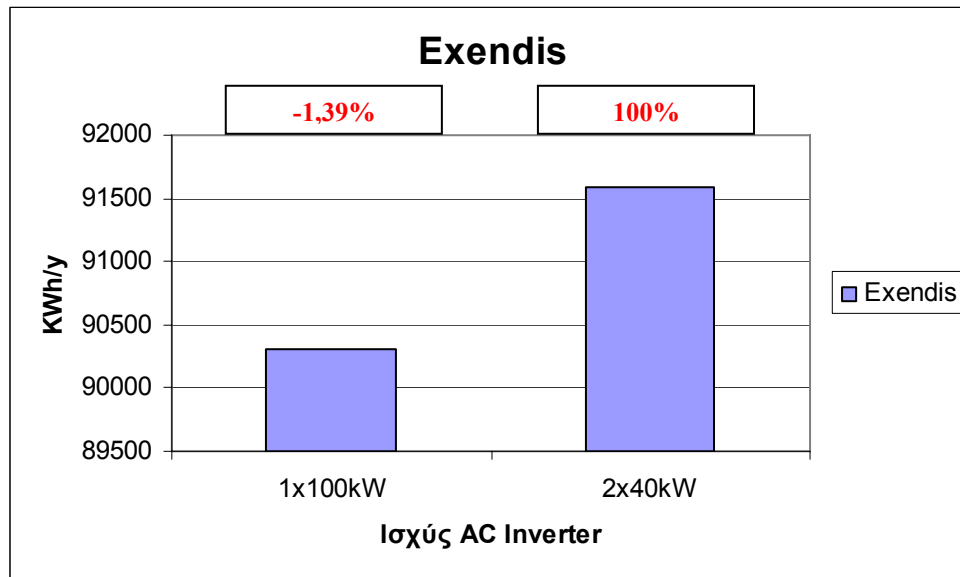
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
5x20kW	95246	0,731	Elettronica Santerno
4x20kW	95734	0,735	Elettronica Santerno
3x25kW	95811	0,736	Elettronica Santerno
2x41kW	95729	0,735	Elettronica Santerno
2x48kW	95399	0,733	Elettronica Santerno



Διάγραμμα 2.24

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας El. Santerno στην πόλη της Δράμας

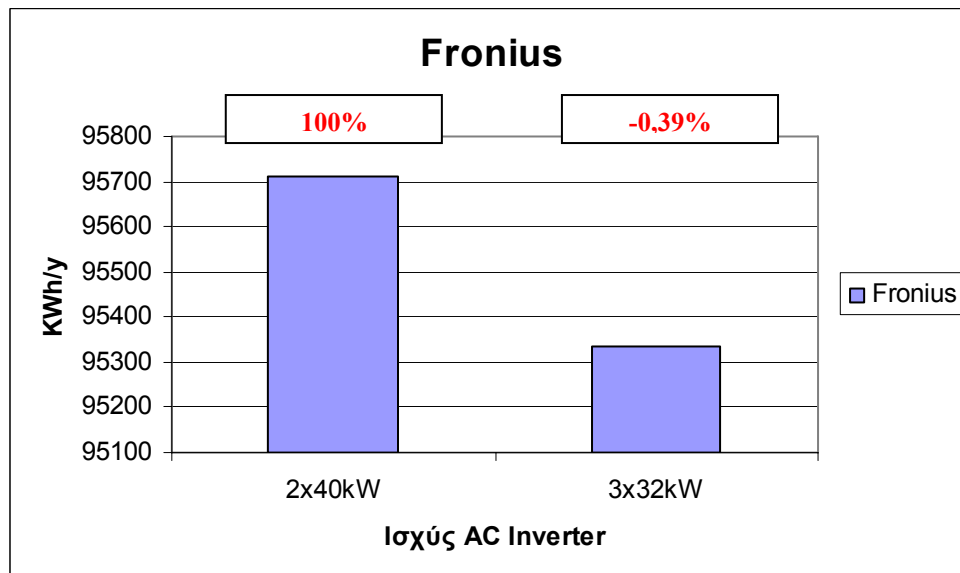
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x100kW	90311	0,708	Exendis
2x40kW	91585	0,718	Exendis



Διάγραμμα 2.25

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Exendis στην πόλη της Δράμας

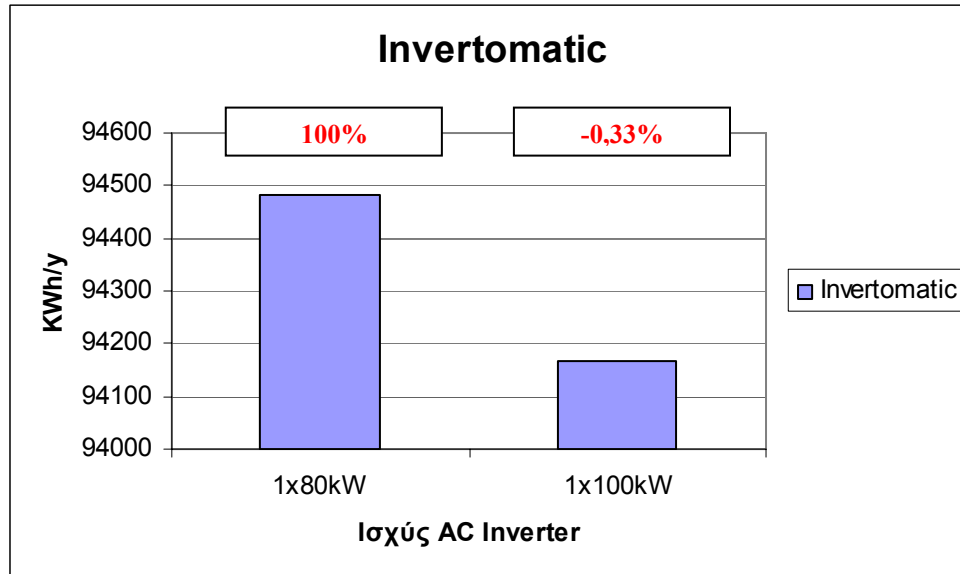
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x40kW	95710	0,735	Fronius
3x32kW	95337	0,732	Fronius



Διάγραμμα 2.26

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Fronius στην πόλη της Δράμας

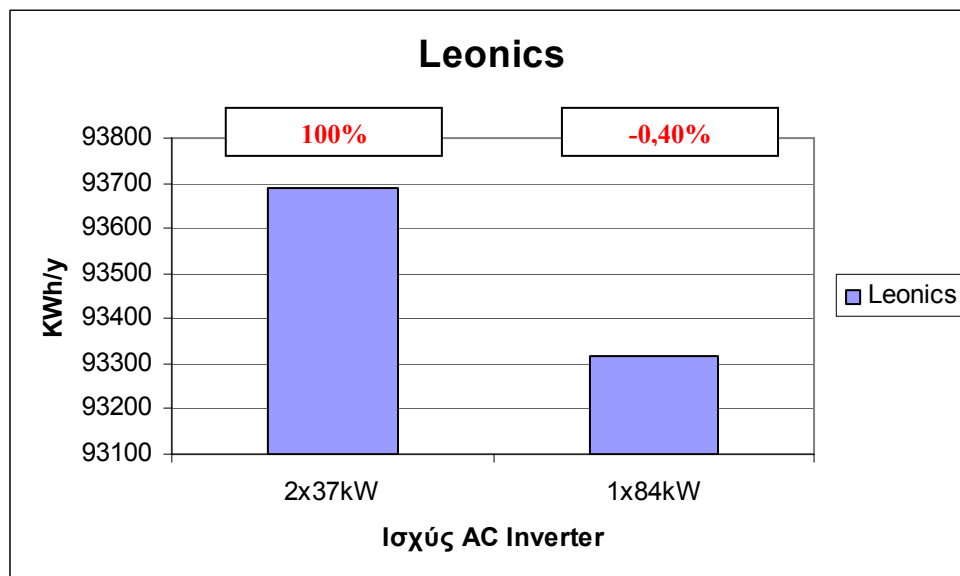
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x80kW	94484	0,742	Invertomatic
1x100kW	94168	0,739	Invertomatic



Διάγραμμα 2.27

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Invertomatic στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x37kW	93689	0,719	Leonics
1x84kW	93317	0,717	Leonics

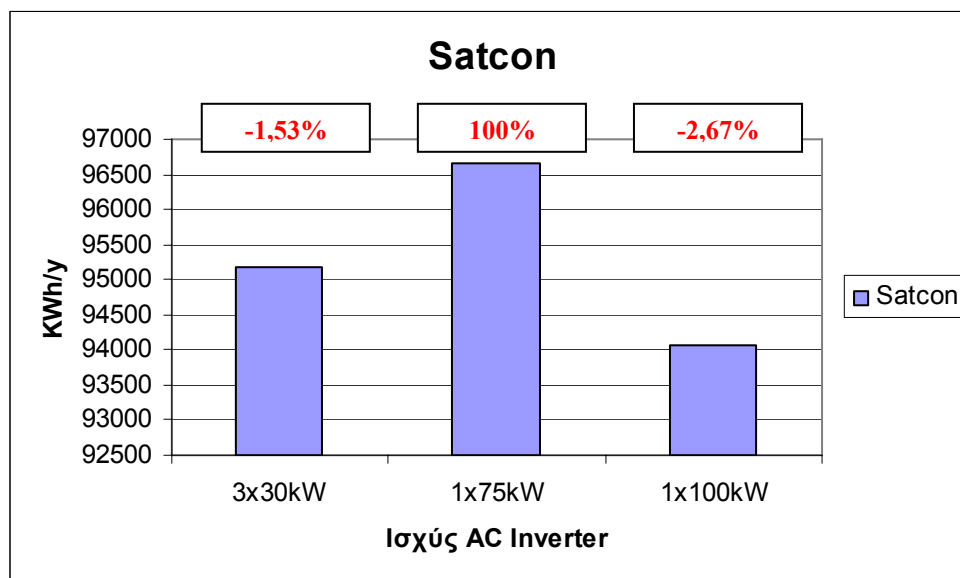


Διάγραμμα 2.28

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Leonics στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

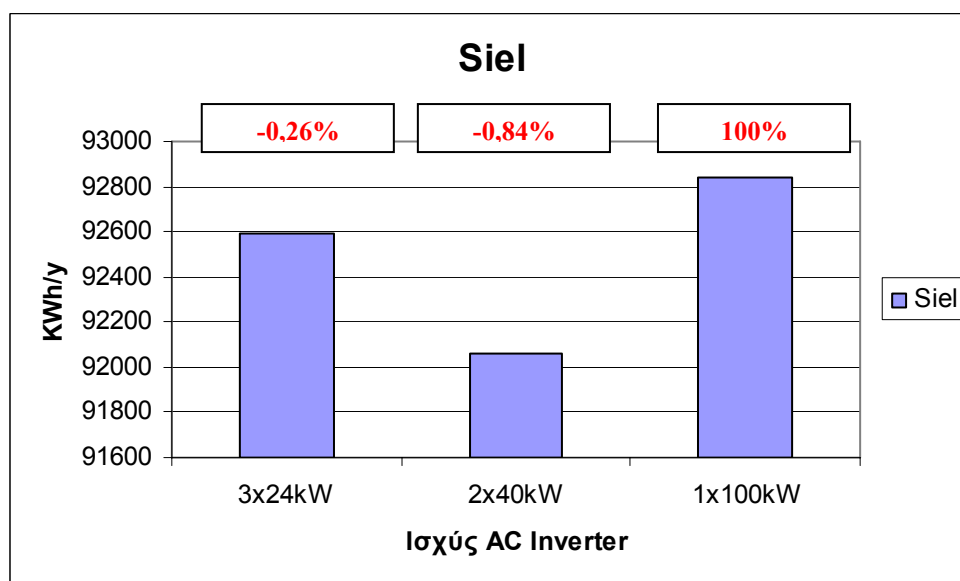
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	95182	0,743	Satcon
1x75kW	96657	0,754	Satcon
1x100kW	94074	0,734	Satcon



Διάγραμμα 2.29

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Satcon στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x24kW	92596	0,727	Siel
2x40kW	92064	0,723	Siel
1x100kW	92841	0,729	Siel

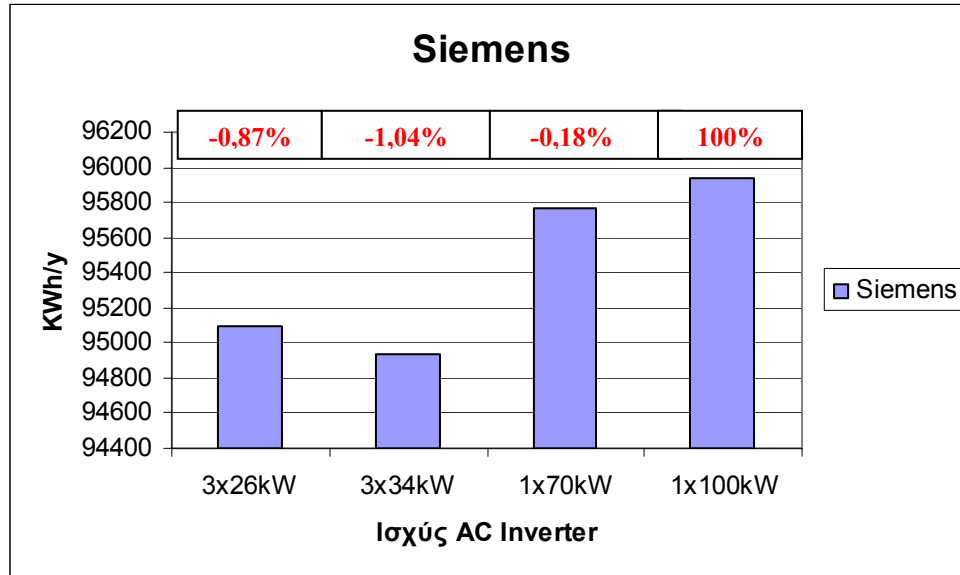


Διάγραμμα 2.30

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Siel στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

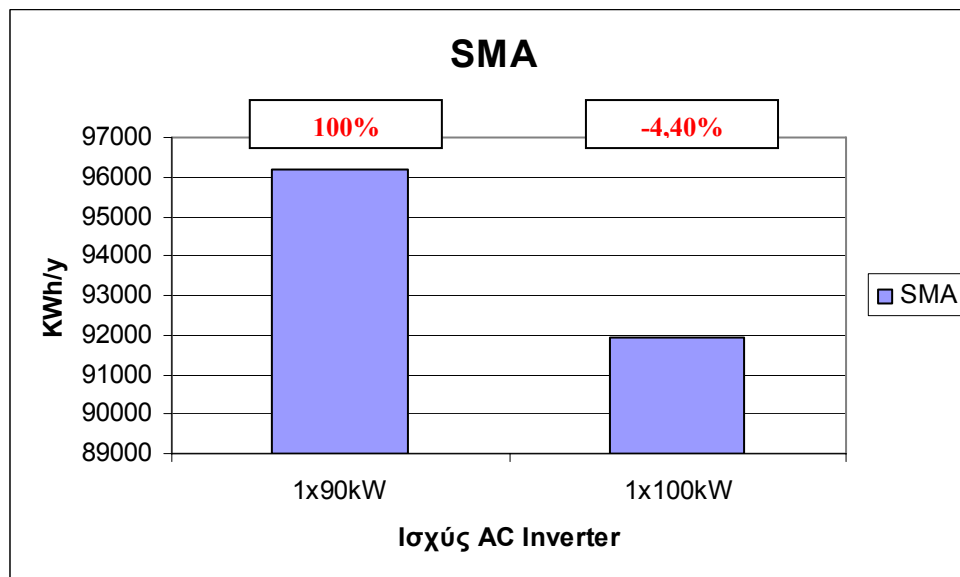
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x26kW	95097	0,727	Siemens
3x34kW	94936	0,726	Siemens
1x70kW	95766	0,732	Siemens
1x100kW	95936	0,734	Siemens



Διάγραμμα 2.31

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Siemens στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x90kW	96186	0,736	SMA
1x100kW	91957	0,719	SMA

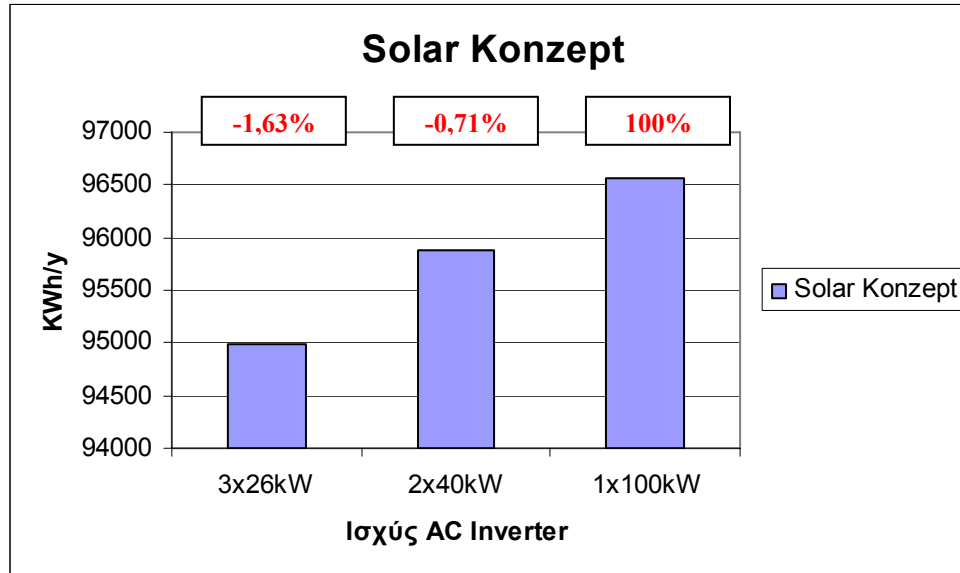


Διάγραμμα 2.32

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας SMA στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

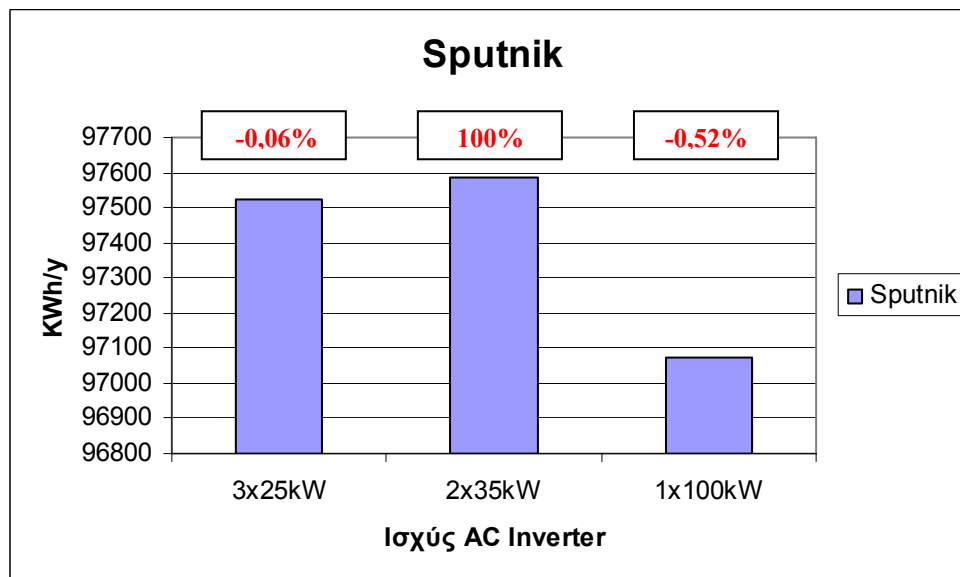
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x26kW	94994	0,744	Solar Konzept
2x40kW	95888	0,751	Solar Konzept
1x100kW	96571	0,757	Solar Konzept



Διάγραμμα 2.33

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Solar Konzept στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x25kW	97524	0,746	Sputnik
2x35kW	97584	0,746	Sputnik
1x100kW	97072	0,742	Sputnik

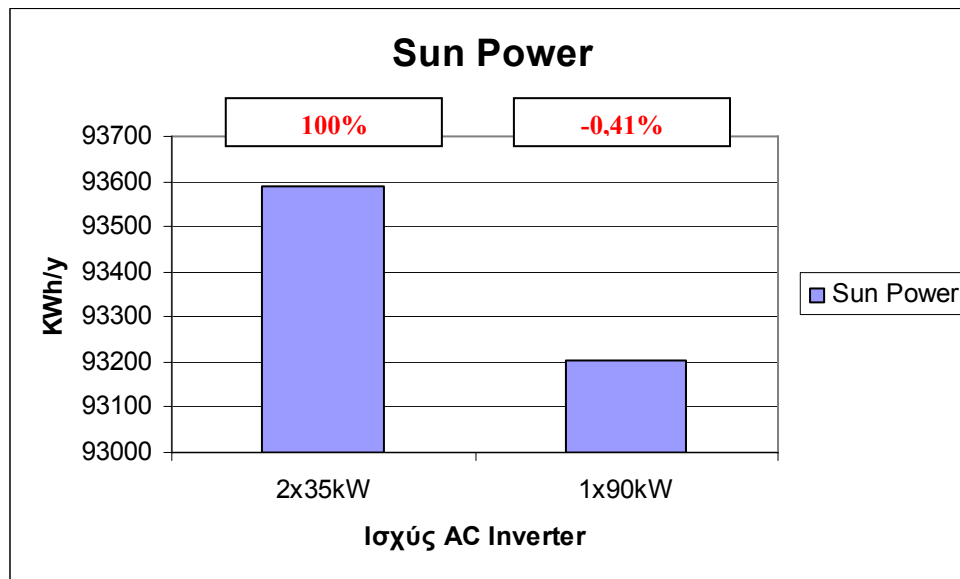


Διάγραμμα 2.34

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Sputnik στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

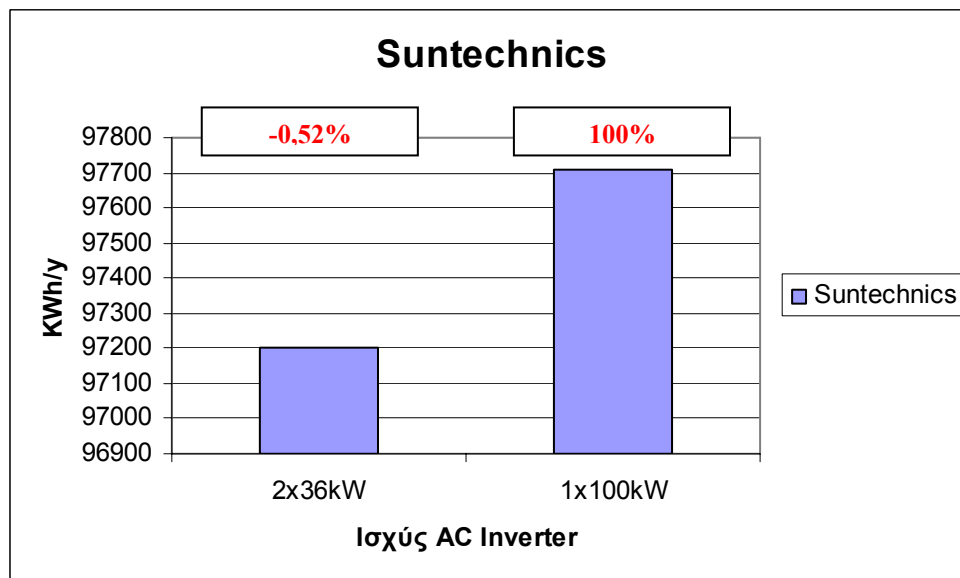
Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x35kW	93588	0,733	Sun Power
1x90kW	93206	0,73	Sun Power



Διάγραμμα 2.35

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Sun Power στην πόλη της Δράμας

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x36kW	97201	0,743	Suntechnics
1x100kW	97711	0,747	Suntechnics

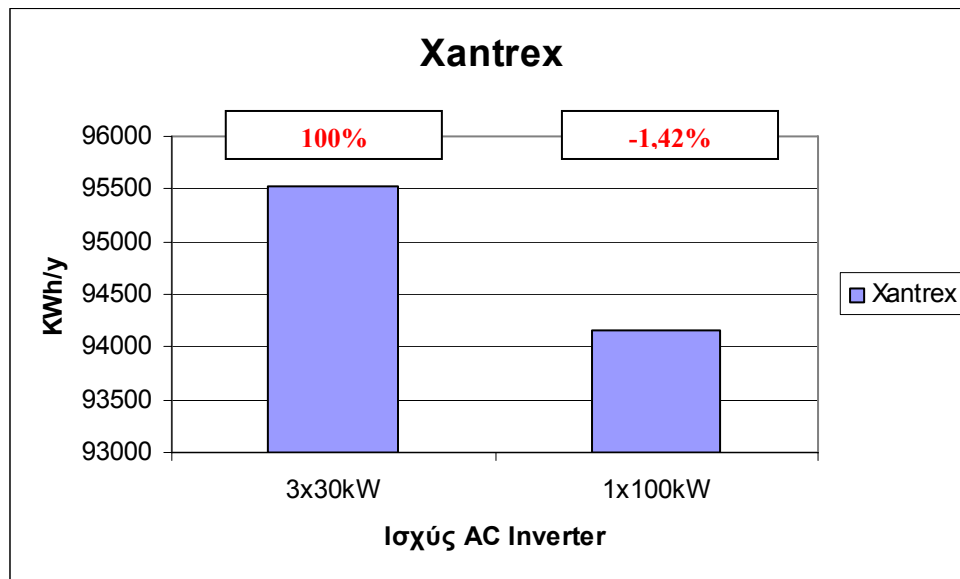


Διάγραμμα 2.36

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Suntechnics στην πόλη της Δράμας

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ισχύς AC Inverter	KWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	95523	0,734	Xantrex
1x100kW	94165	0,723	Xantrex

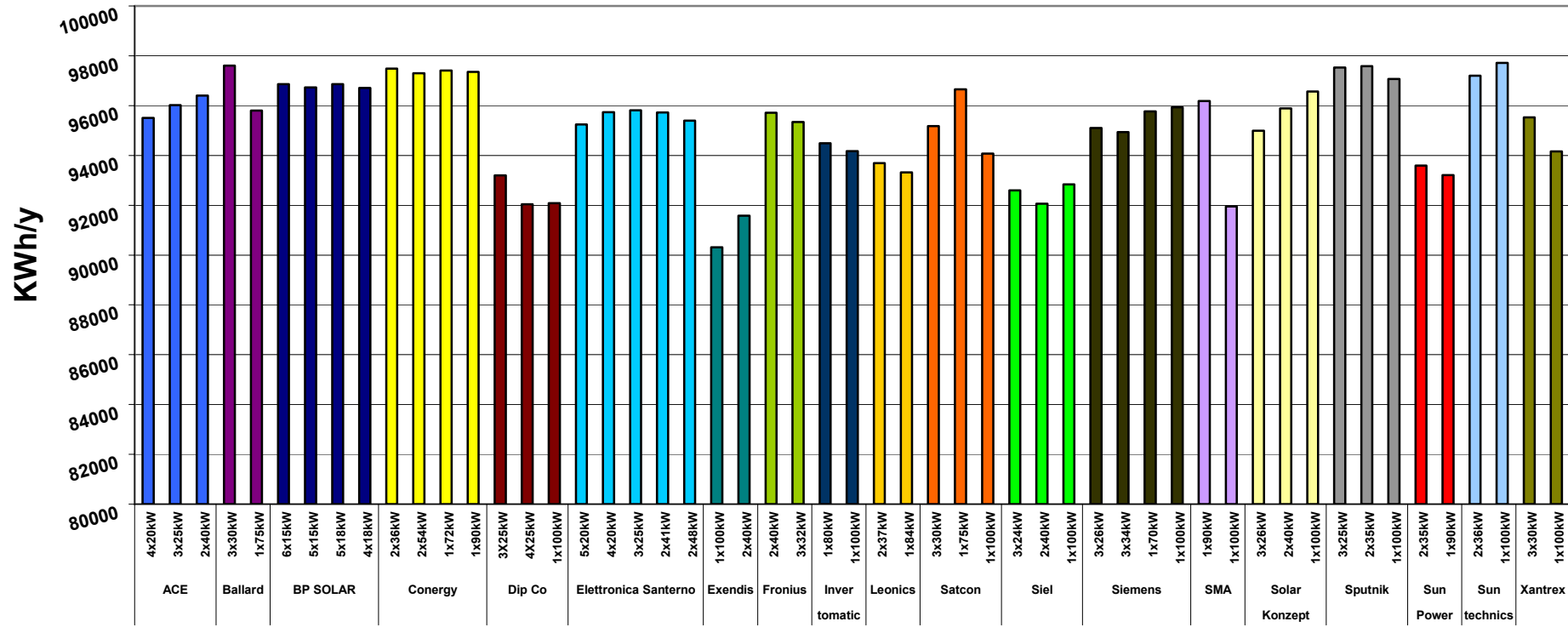


Διάγραμμα 2.37

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Xantrex στην πόλη της Δράμας

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα.

Inverters

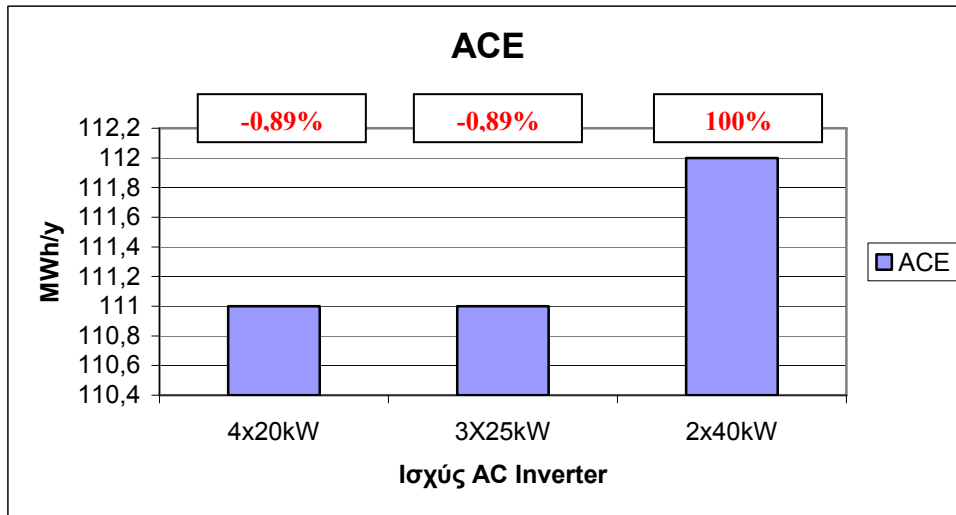


Ισχύς AC Inverter

Διάγραμμα 2.38
Συγκεντρωτικό διάγραμμα για την πόλη της Δράμας

• ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

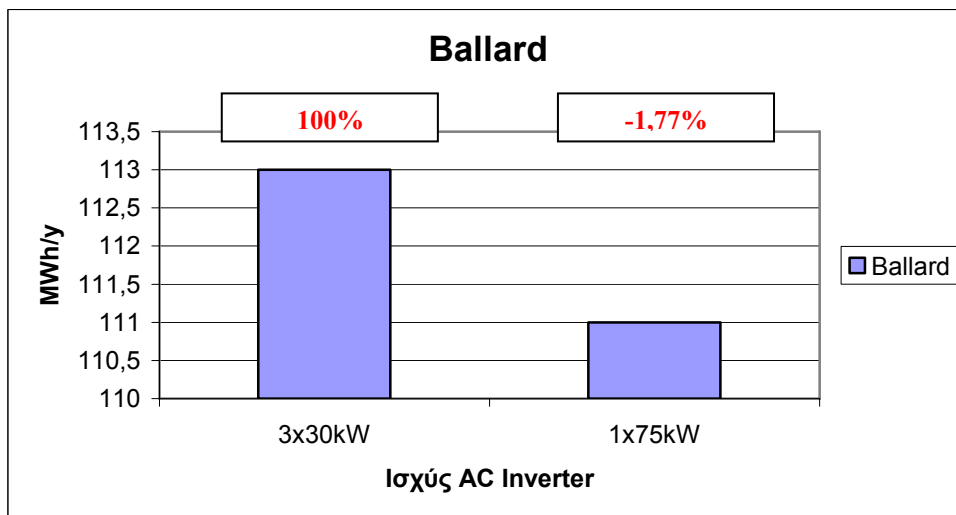
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
4x20kW	111	0,734	ACE
3X25kW	111	0,738	ACE
2x40kW	112	0,742	ACE



Διάγραμμα 2.39

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας ACE στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	113	0,75	Ballard
1x75kW	111	0,735	Ballard

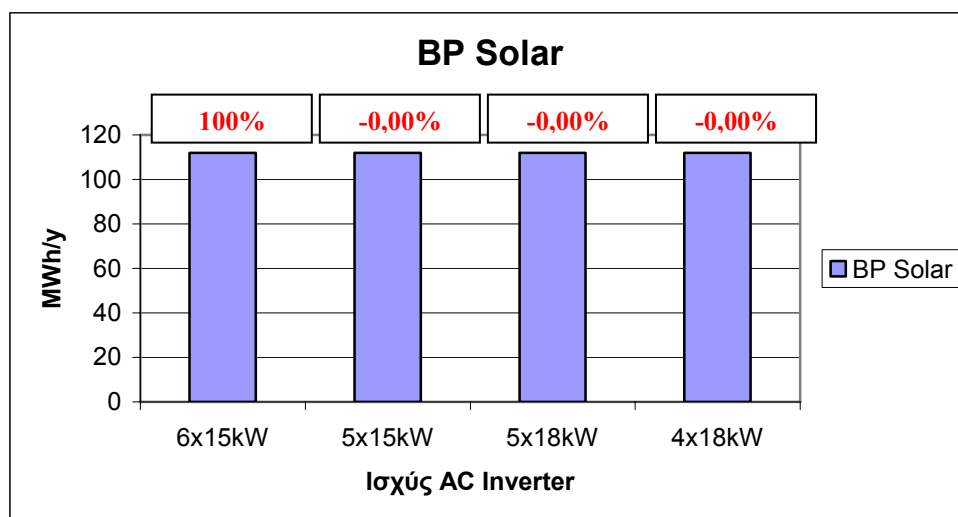


Διάγραμμα 2.40

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Ballard στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

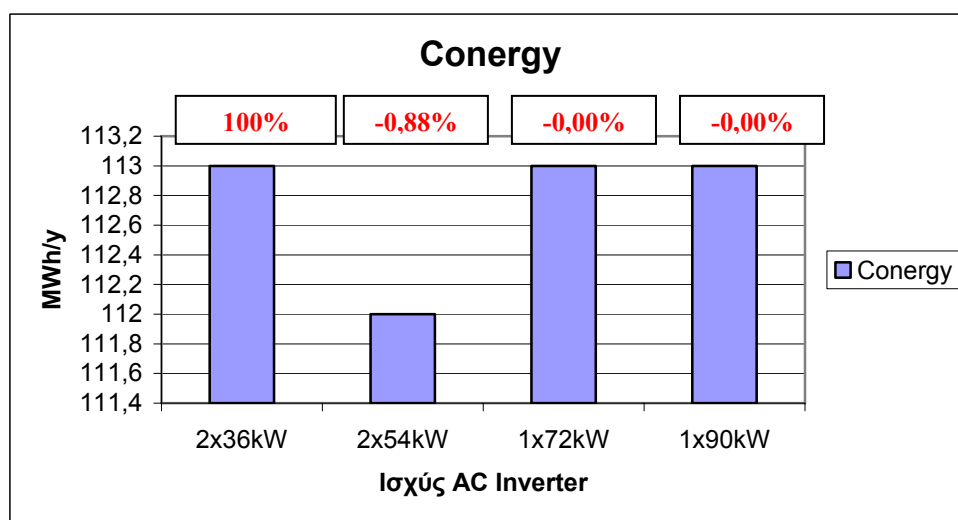
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
6x15kW	112	0,742	BP Solar
5x15kW	112	0,741	BP Solar
5x18kW	112	0,742	BP Solar
4x18kW	112	0,741	BP Solar



Διάγραμμα 2.41

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας BP Solar στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x36kW	113	0,744	Conergy
2x54kW	112	0,743	Conergy
1x72kW	113	0,744	Conergy
1x90kW	113	0,744	Conergy

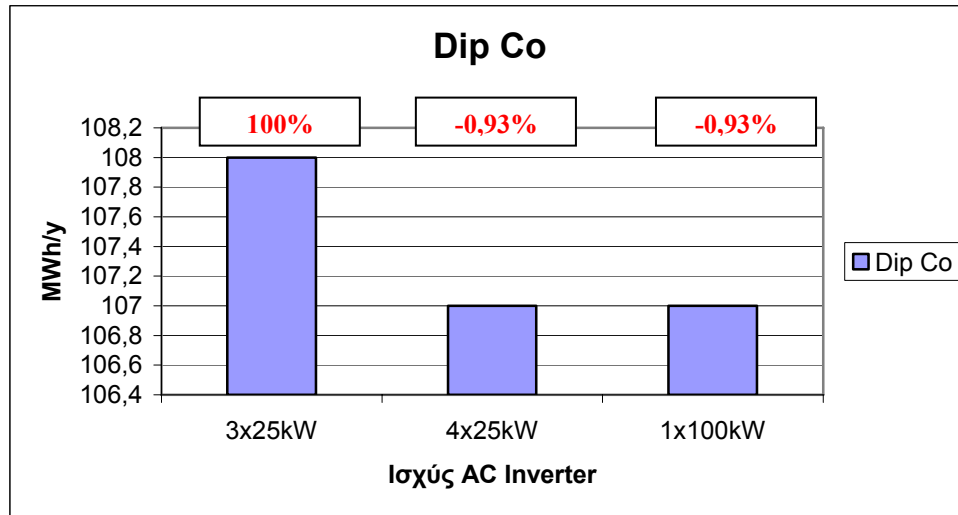


Διάγραμμα 2.42

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Conergy στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

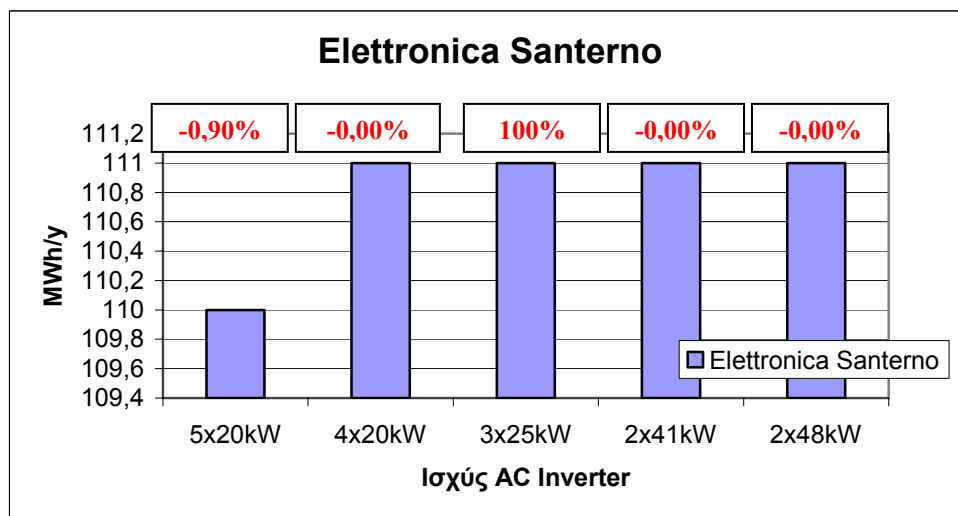
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x25kW	108	0,734	Dip Co
4x25kW	107	0,727	Dip Co
1x100kW	107	0,728	Dip Co



Διάγραμμα 2.43

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Dip Co στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
5x20kW	110	0,733	Elettronica Santerno
4x20kW	111	0,735	Elettronica Santerno
3x25kW	111	0,736	Elettronica Santerno
2x41kW	111	0,735	Elettronica Santerno
2x48kW	111	0,734	Elettronica Santerno

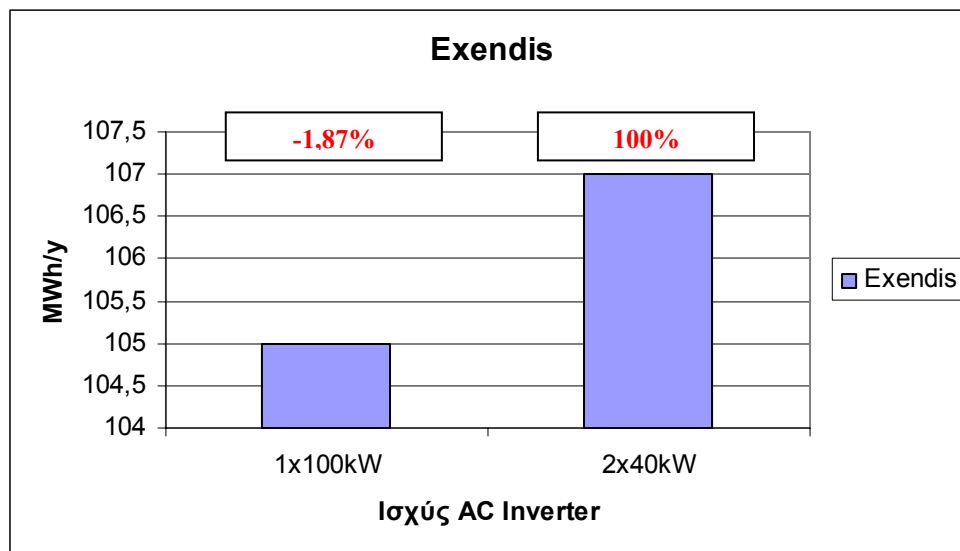


Διάγραμμα 2.44

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας El. Santerno στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

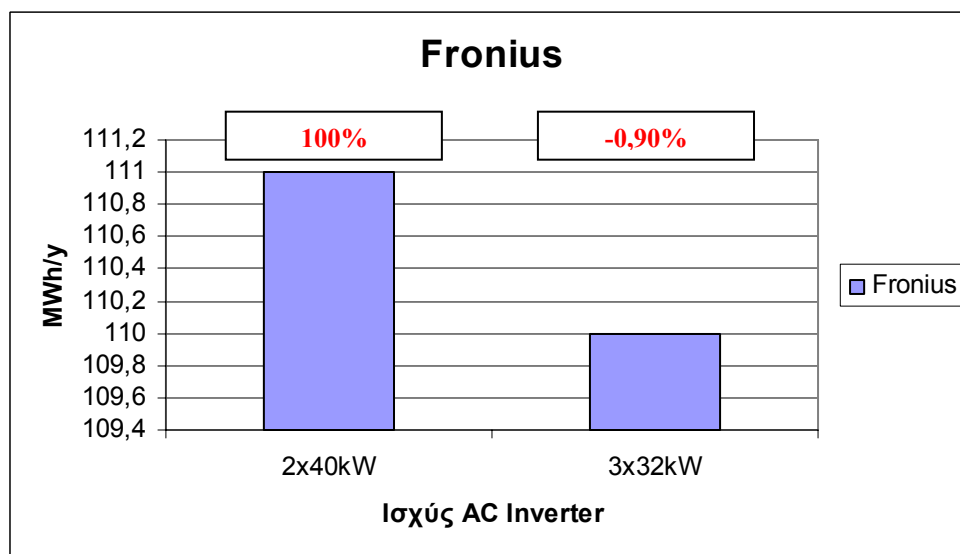
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x100kW	105	0,713	Exendis
2x40kW	107	0,721	Exendis



Διάγραμμα 2.45

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας El. Exendis στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x40kW	111	0,734	Fronius
3x32kW	110	0,732	Fronius

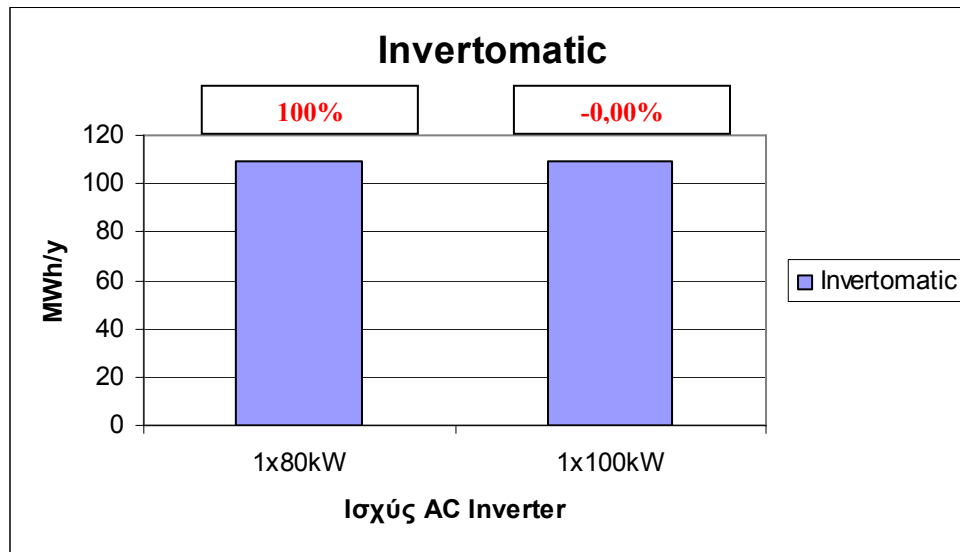


Διάγραμμα 2.46

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Fronius στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

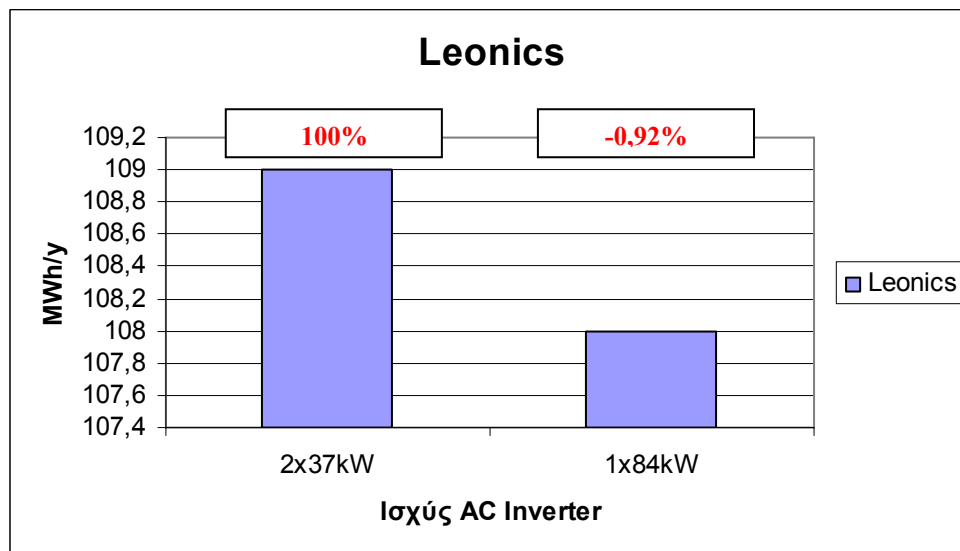
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x80kW	109	0,741	Invertomatic
1x100kW	109	0,74	Invertomatic



Διάγραμμα 2.47

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Invertomatic στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x37kW	109	0,72	Leonics
1x84kW	108	0,717	Leonics

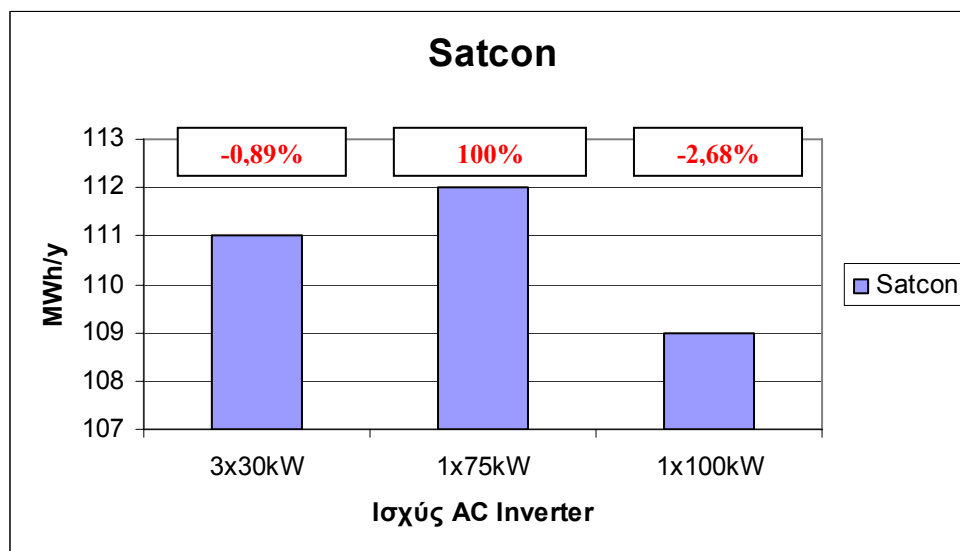


Διάγραμμα 2.48

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Leonics στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

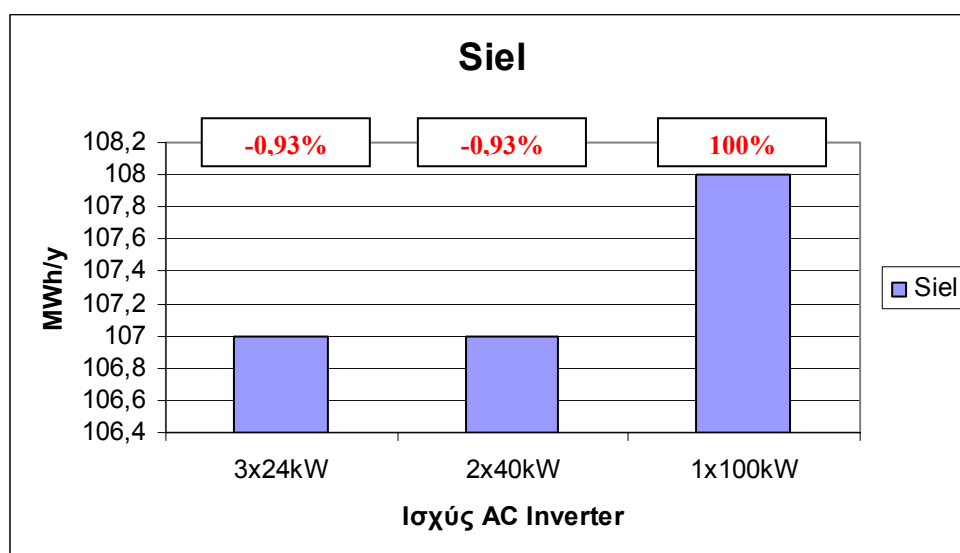
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	111	0,745	Satcon
1x75kW	112	0,754	Satcon
1x100kW	109	0,738	Satcon



Διάγραμμα 2.49

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Satcon στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x24kW	107	0,727	Siel
2x40kW	107	0,725	Siel
1x100kW	108	0,731	Siel

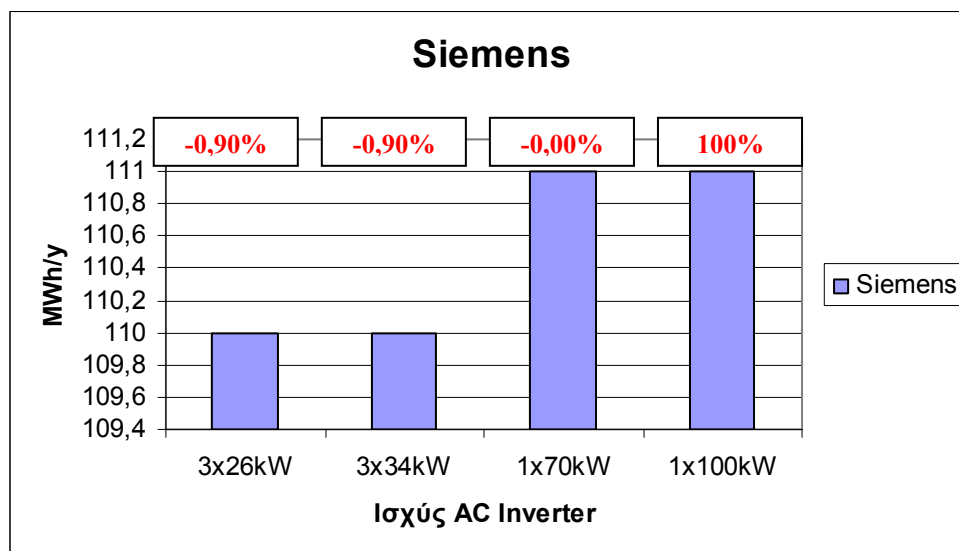


Διάγραμμα 2.50

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Siel στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

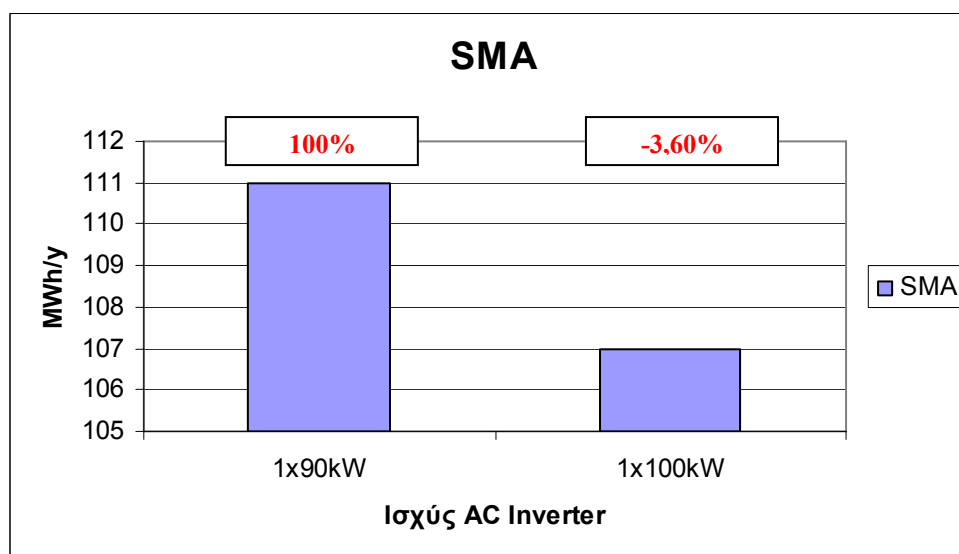
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x26kW	110	0,729	Siemens
3x34kW	110	0,728	Siemens
1x70kW	111	0,734	Siemens
1x100kW	111	0,735	Siemens



Διάγραμμα 2.51

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Siemens στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
1x90kW	111	0,736	SMA
1x100kW	107	0,721	SMA

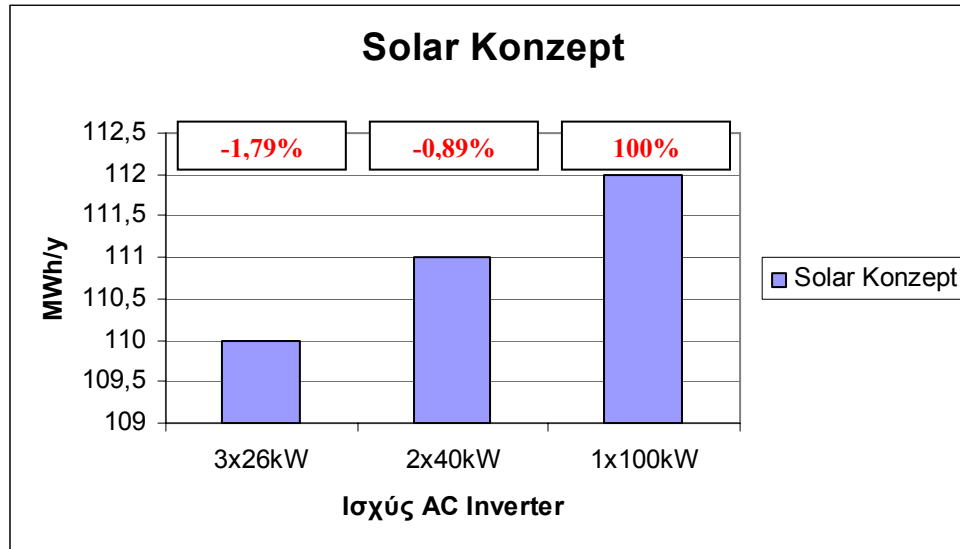


Διάγραμμα 2.52

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας SMA στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

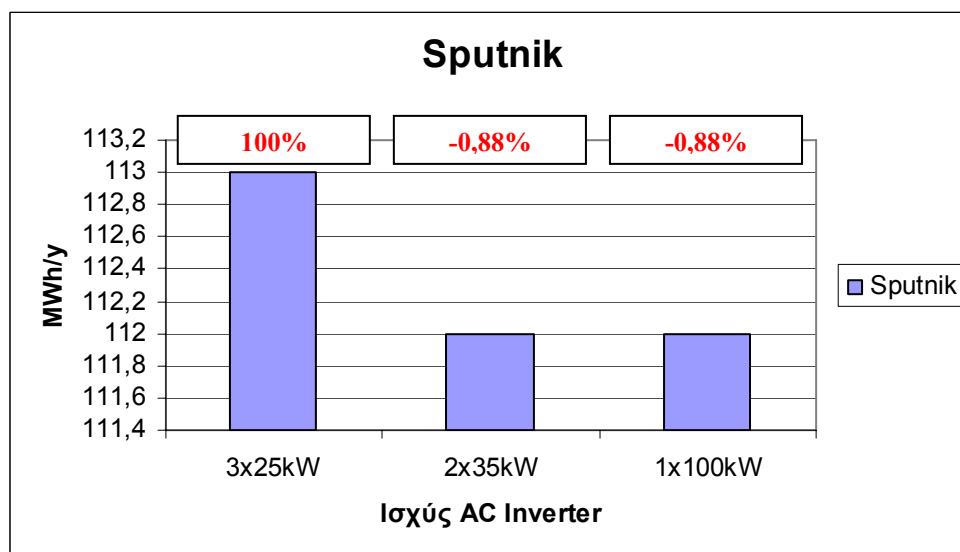
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x26kW	110	0,745	Solar Konzept
2x40kW	111	0,751	Solar Konzept
1x100kW	112	0,756	Solar Konzept



Διάγραμμα 2.53

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Solar Konzept στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x25kW	113	0,746	Sputnik
2x35kW	112	0,742	Sputnik
1x100kW	112	0,743	Sputnik

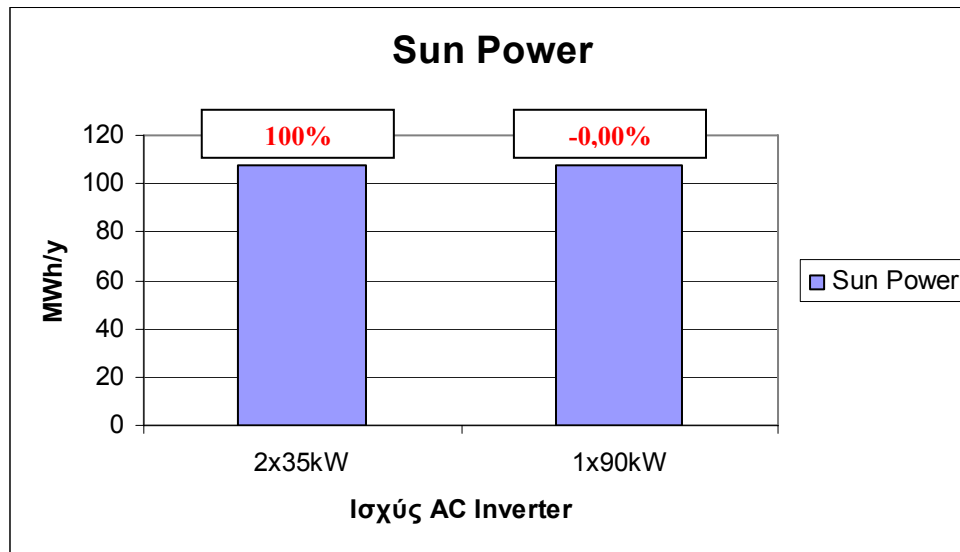


Διάγραμμα 2.54

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Sputnik στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

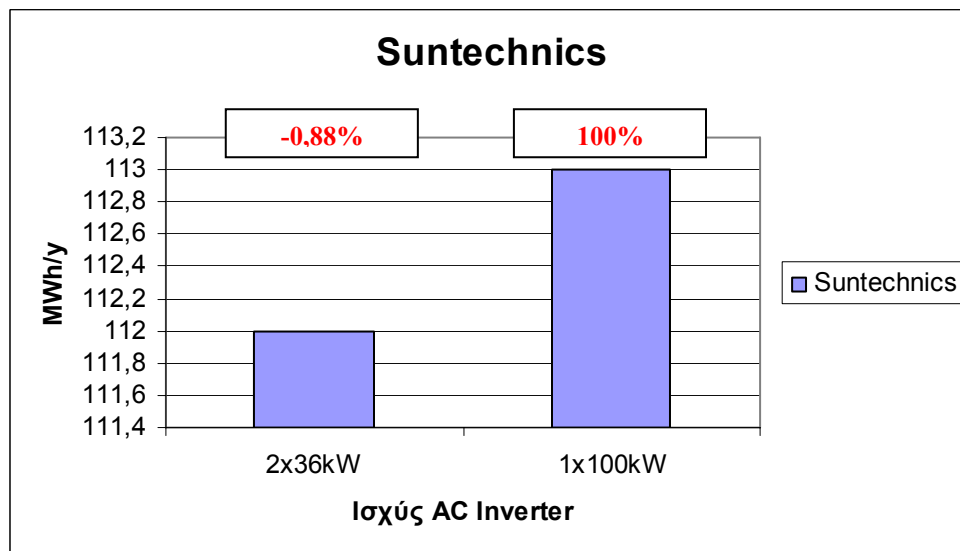
Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x35kW	108	0,733	Sun Power
1x90kW	108	0,732	Sun Power



Διάγραμμα 2.55

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Sun Power στην πόλη του Ηρακλείου

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
2x36kW	112	0,742	Suntechnics
1x100kW	113	0,747	Suntechnics

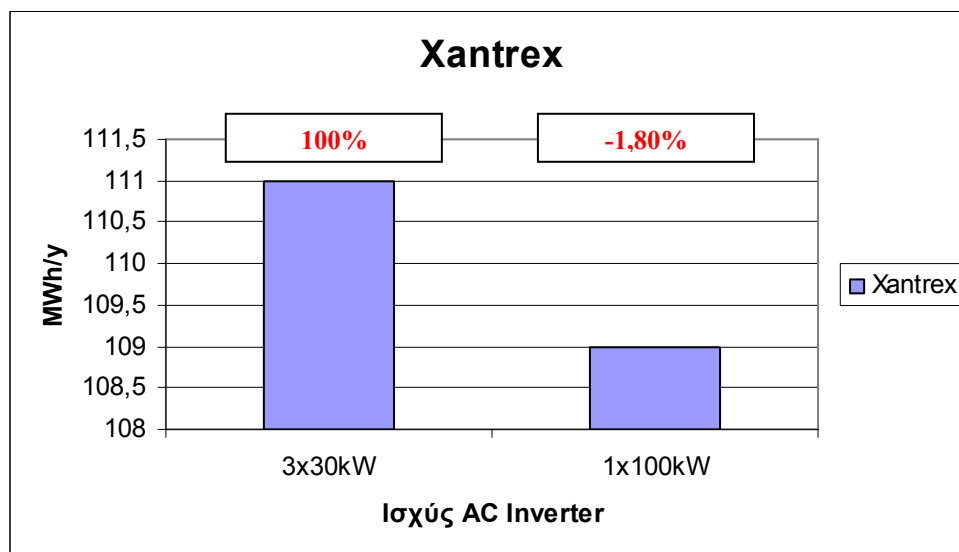


Διάγραμμα 2.56

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Suntechnics στην πόλη του Ηρακλείου

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ισχύς AC Inverter	MWh/y	Performance Ratio	COMPANY
3x30kW	111	0,734	Xantrex
1x100kW	109	0,724	Xantrex

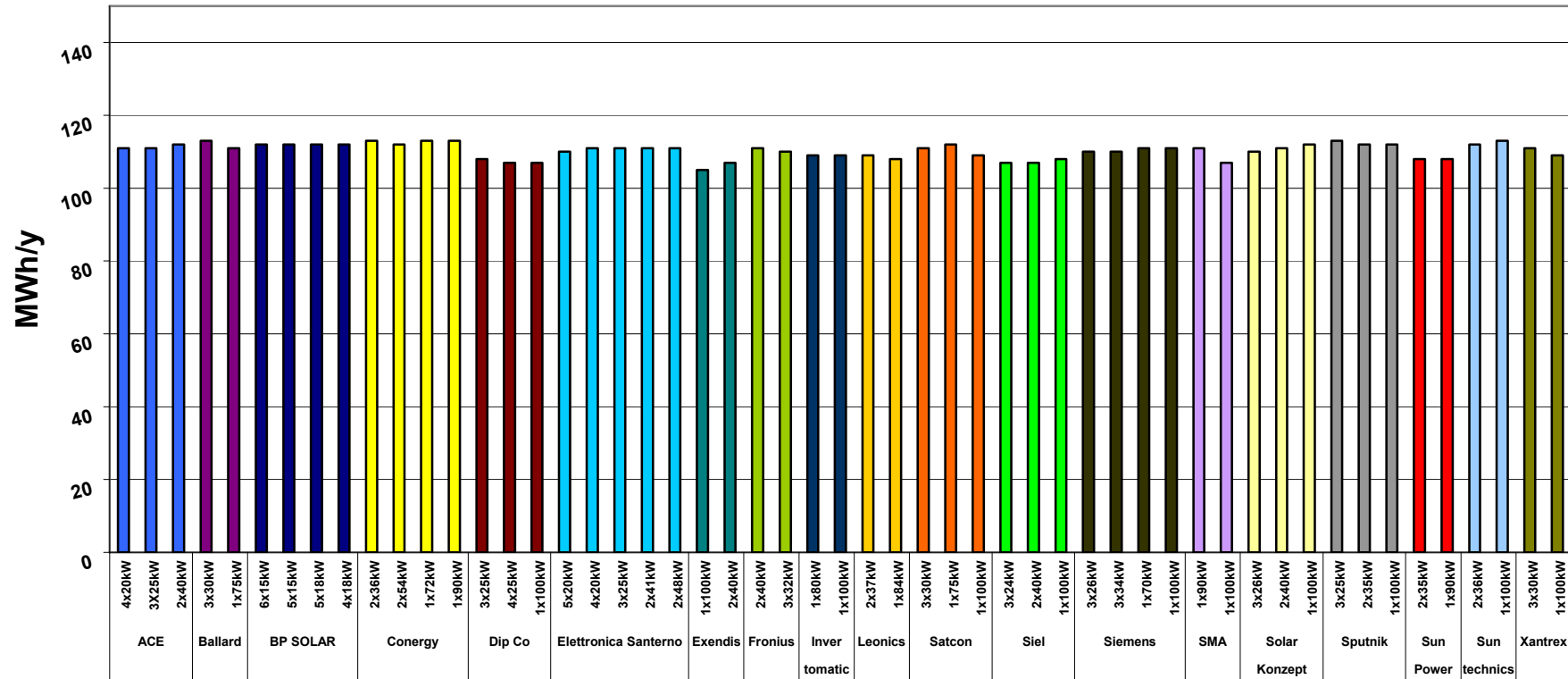


Διάγραμμα 2.57

Ισχύς εξόδου της εγκατάστασης με την χρήση μετατροπέων της εταιρίας Xantrex στην πόλη του Ηρακλείου

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα.

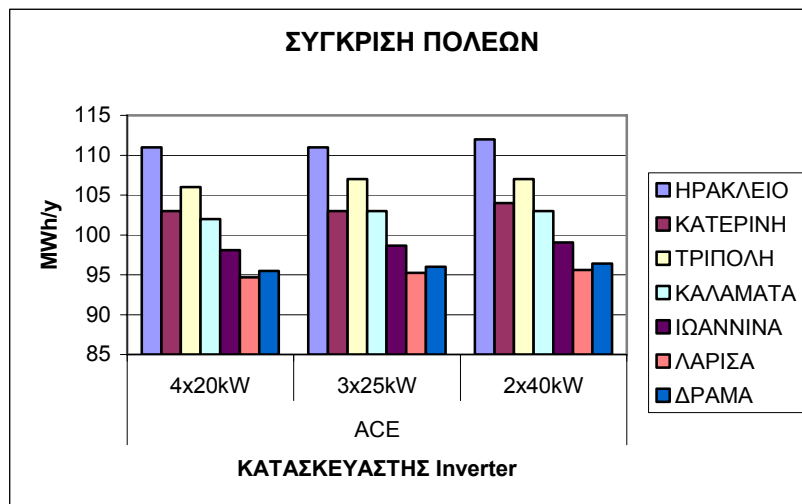
Inverters



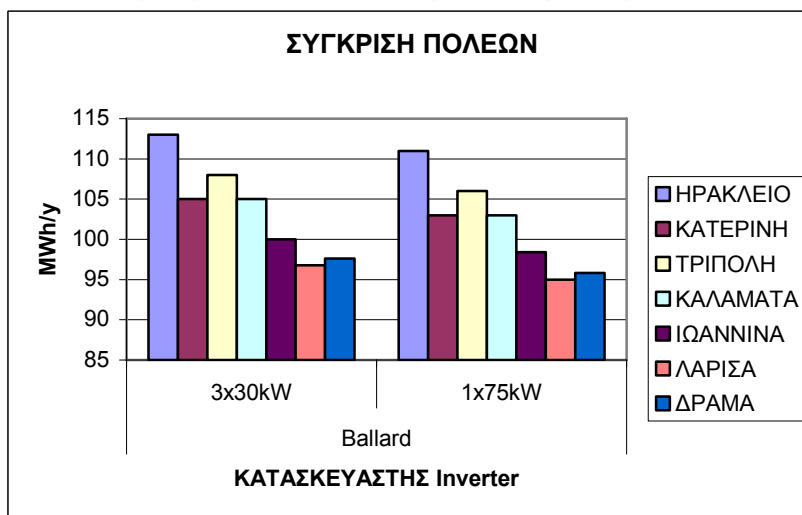
Ισχύς AC Inverter

Διάγραμμα 2.58
Συγκεντρωτικό διάγραμμα για την πόλη του Ηρακλείου

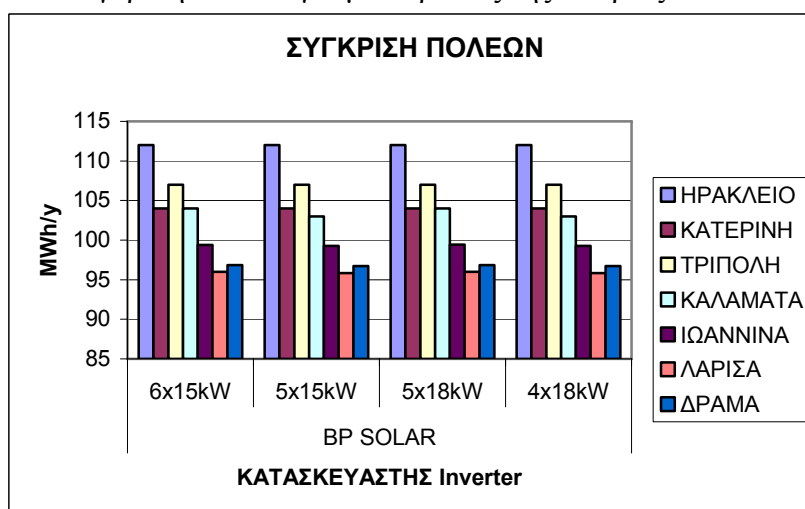
Παρακάτω φαίνεται σε διαγράμματα η ισχύς εξόδου του κάθε inverter για 7 πόλεις



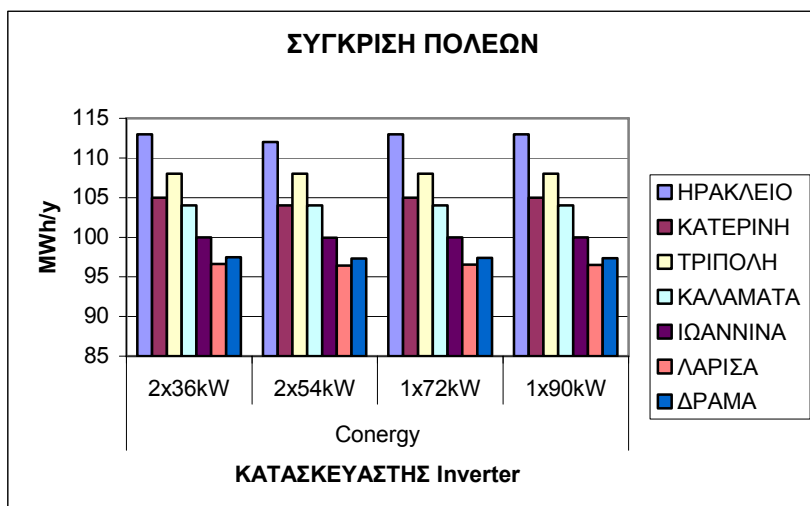
Διάγραμμα 2.59
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας ACE



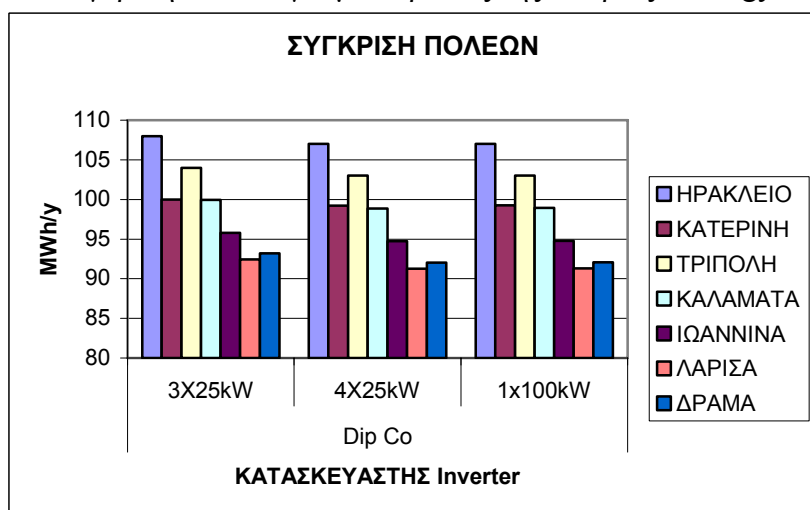
Διάγραμμα 2.60
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Ballard



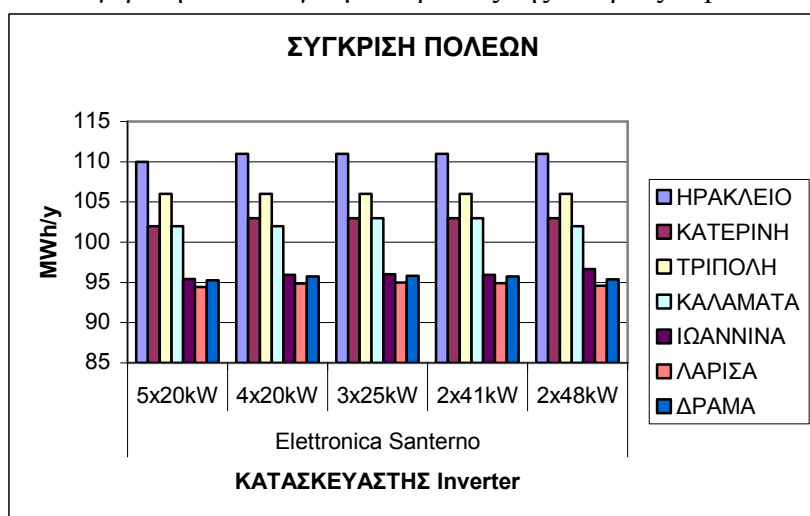
Διάγραμμα 2.61
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας BP SOLAR



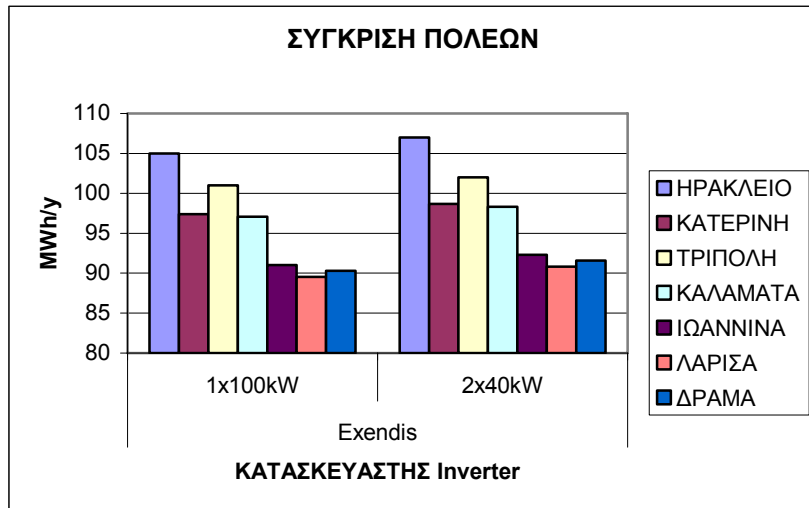
Διάγραμμα 2.62
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Conergy



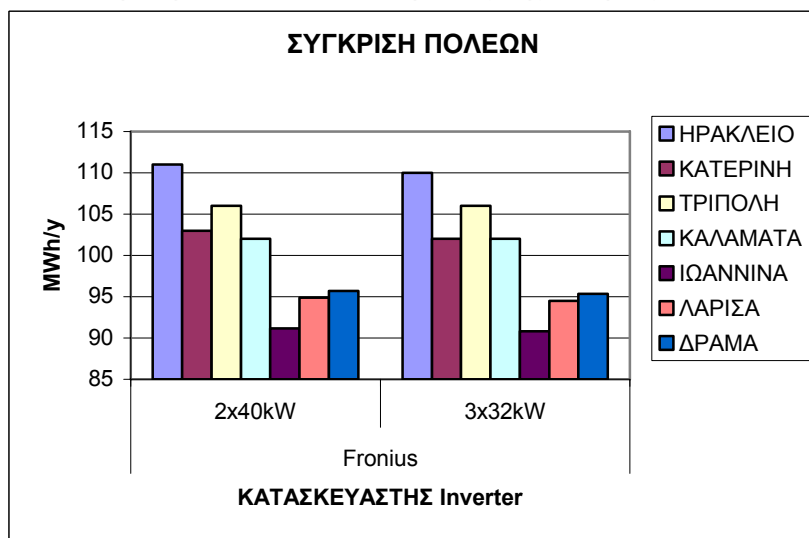
Διάγραμμα 2.63
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Dip Co



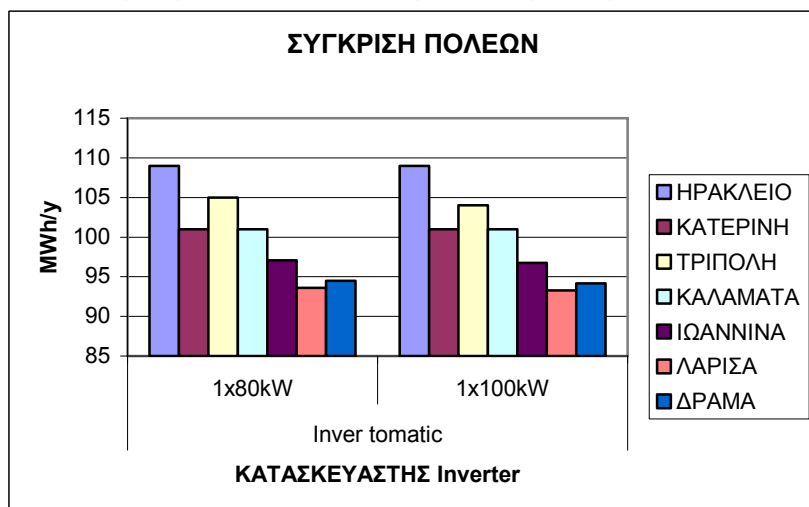
Διάγραμμα 2.64
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας El. Santerno



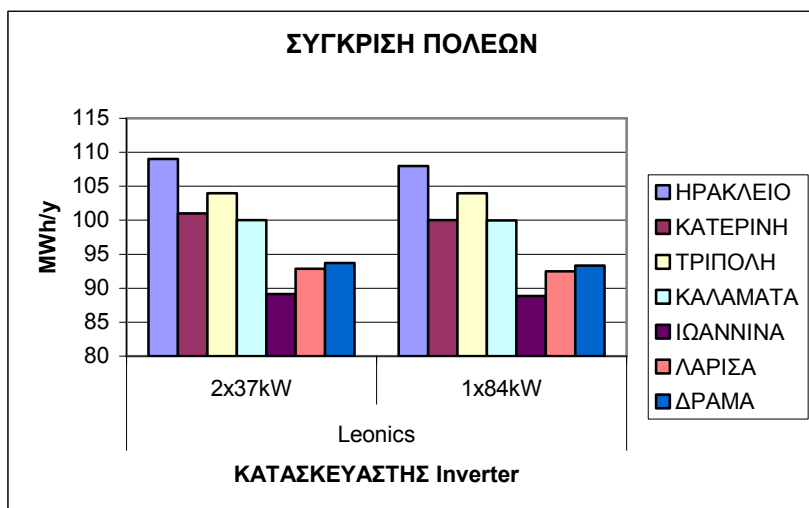
Διάγραμμα 2.65
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Exendis



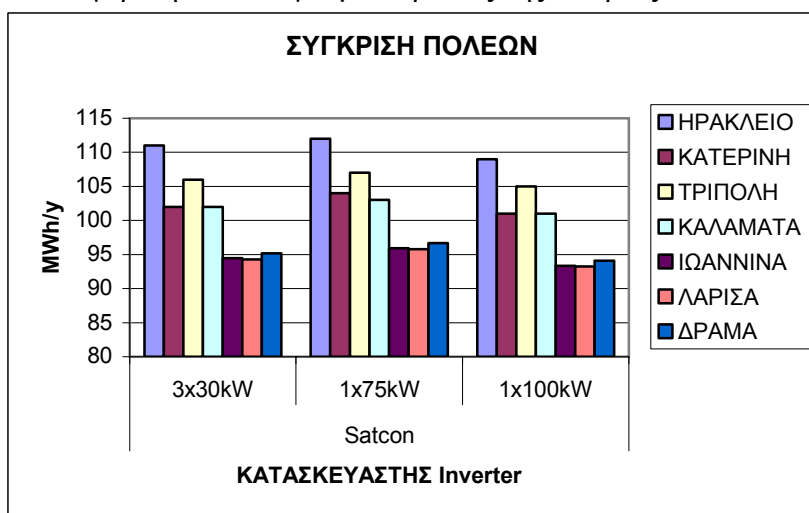
Διάγραμμα 2.66
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Fronius



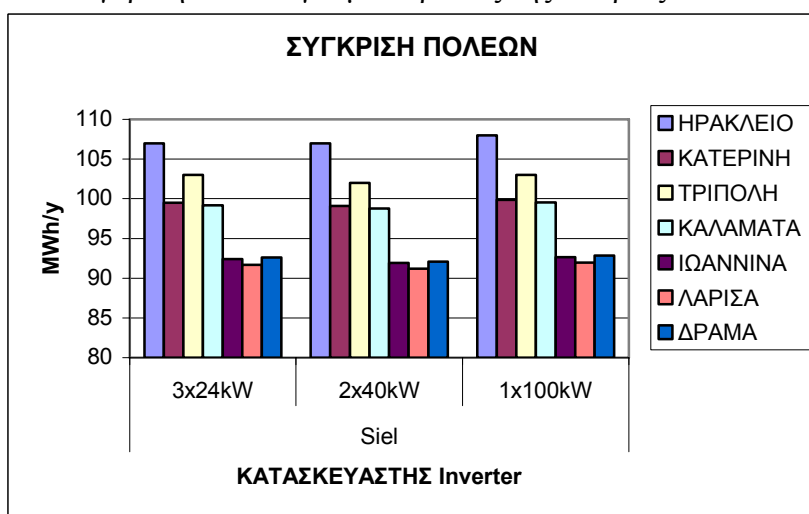
Διάγραμμα 2.67
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Invertomatic



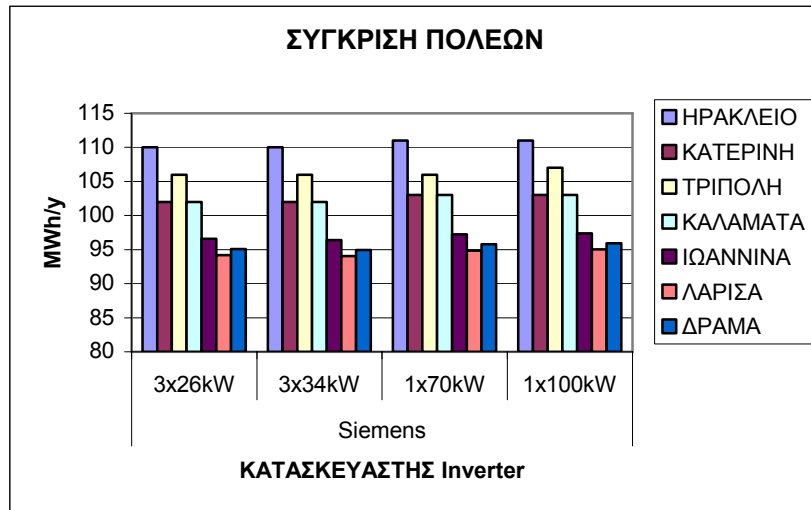
Διάγραμμα 2.68
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Leonics



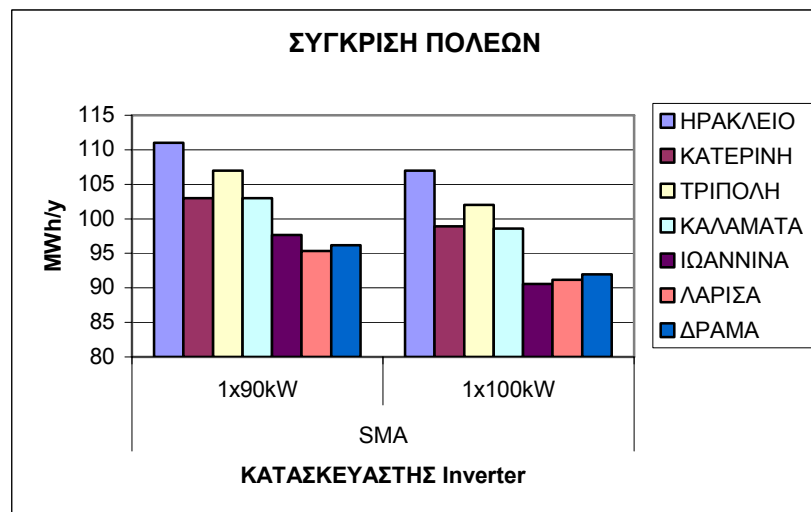
Διάγραμμα 2.69
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Satcon



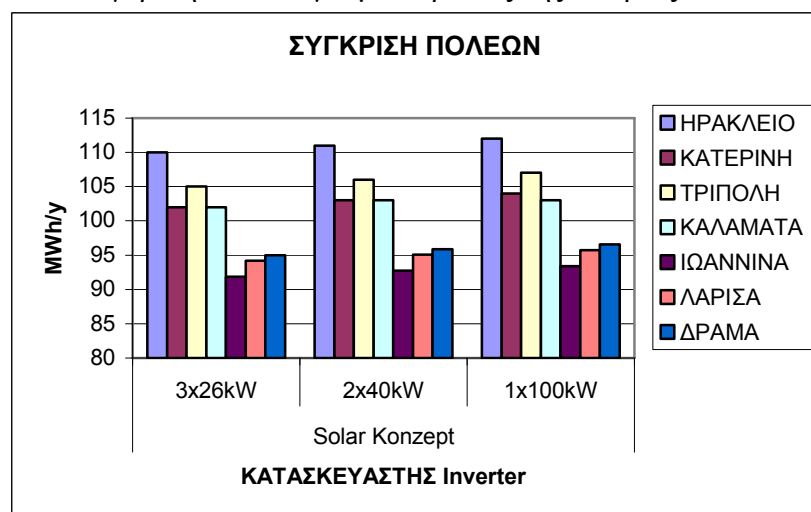
Διάγραμμα 2.70
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Siel



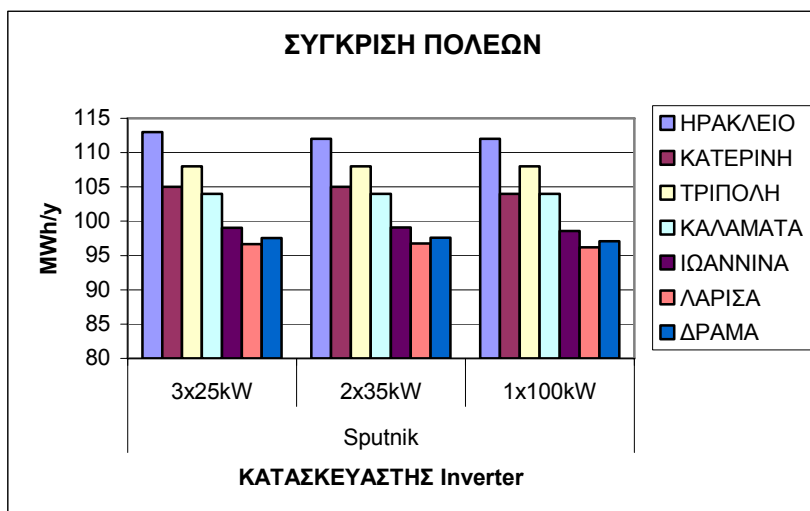
Διάγραμμα 2.71
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Siemens



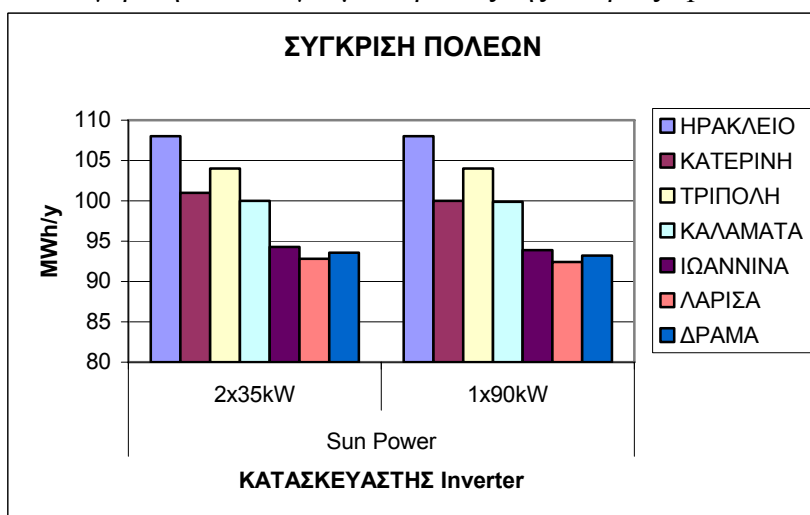
Διάγραμμα 2.72
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας SMA



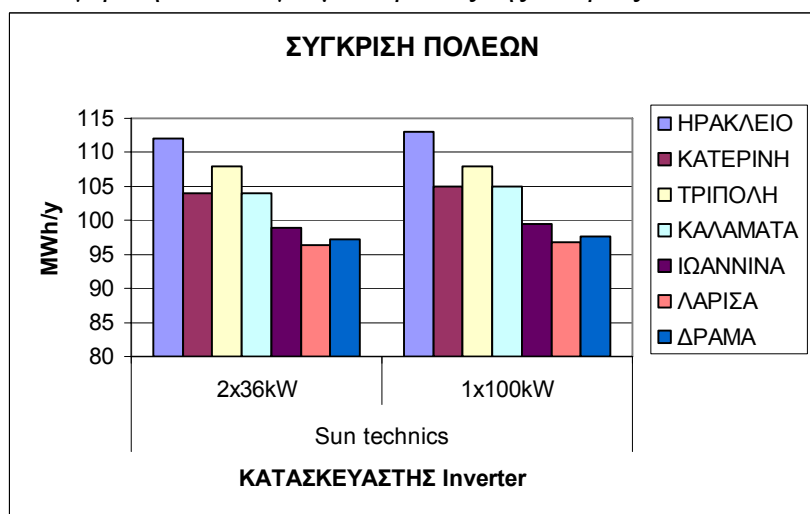
Διάγραμμα 2.73
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Solar Konzept



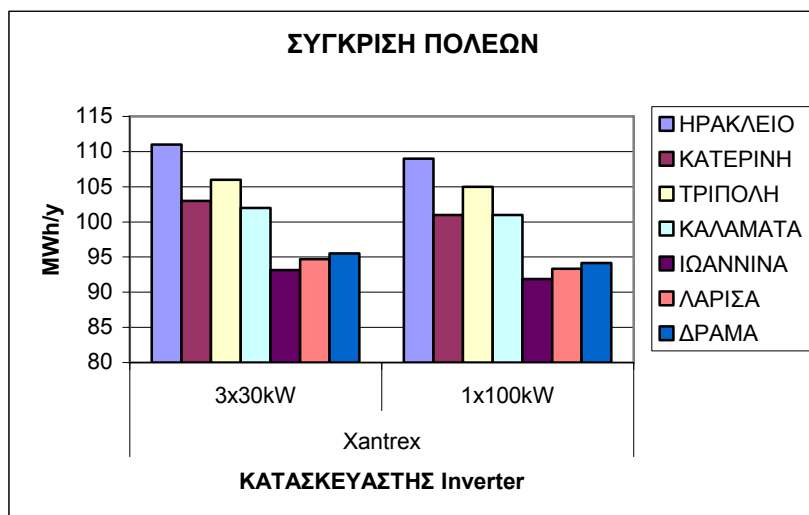
Διάγραμμα 2.74
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Sputnik



Διάγραμμα 2.75
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Sun Power



Διάγραμμα 2.76
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Suntechnics



Διάγραμμα 2.77
Σύγκριση πόλεων για μετατροπείς της εταιρίας Xantrex

Οι πόλεις έχουν τοποθετηθεί σε φθίνουσα σειρά ξεκινώντας από το Ηράκλειο. Ωστόσο παρατηρούμε η ισχύς εξόδου δεν ακολουθεί την ίδια φθίνουσα σειρά. Η διακύμανση ισχύος μπορεί να αλλάξει, όπως φάνηκε, με την εφαρμογή διαφορετικού inverter.

2.5 Εφαρμογή υπολογισμού του ελληνικού βαθμού απόδοσης inverter

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, για να υπολογίσουμε τον ελληνικό βαθμό απόδοσης inverter πρέπει να γνωρίζουμε την καμπύλη του βαθμού απόδοσης του inverter που δίνουν οι κατασκευαστές και, σύμφωνα με την ανάλυση που προηγήθηκε, την καμπύλη διάρκειας φορτίου η οποία προέρχεται από τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή που μας ενδιαφέρει. Θα αποδειχθεί στην συνέχεια ότι η κοινή ονομασία «ελληνικός βαθμός απόδοσης» είναι δικαιολογημένη διότι δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά ανά τον ελλαδικό χώρο. Όπως είχε αναφερθεί στο κεφάλαιο 1.6, ο υπολογισμός του ελληνικού βαθμού απόδοσης των μετατροπέων DC-AC δίνεται από τον τύπο:

$$\eta_{GR} = k_5 \times \eta_{5\%} + k_{10} \times \eta_{10\%} + k_{20} \times \eta_{20\%} + k_{30} \times \eta_{30\%} + k_{50} \times \eta_{50\%} + k_{100} \times \eta_{100\%} \quad (2.4)$$

Θυμίζουμε εδώ ότι οι συντελεστές k_i προκύπτουν από την καμπύλη διάρκειας φορτίου ως τα ετήσια ποσοστά για τα οποία η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση παράγει το i ποσοστό της ονομαστικής ισχύος εισόδου του εκάστοτε inverter. Όπως έχει ήδη

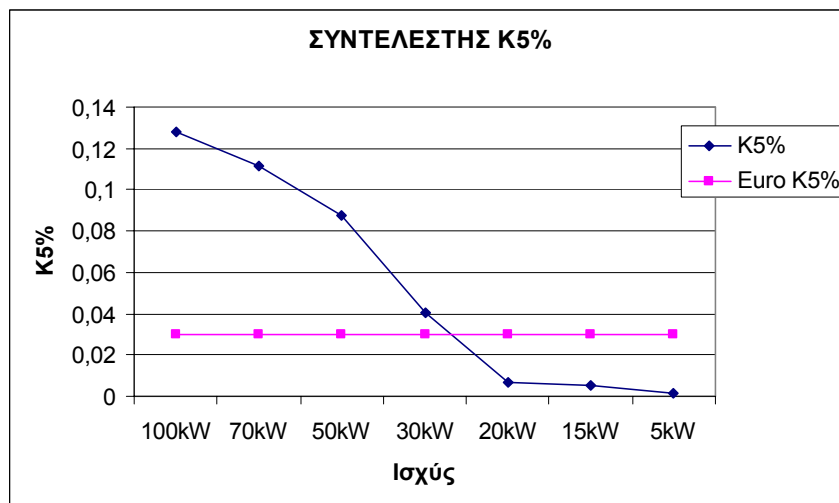
αναφερθεί περισσότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τιμές των συντελεστών k_i και όχι ο βαθμός απόδοσης η_{GR} .

Παρακάτω φαίνονται οι συντελεστές που προέκυψαν από την καμπύλη διάρκειας φορτίου της Δράμας για αντίστοιχη ισχύ εισόδου των μετατροπέων ίση με 100, 70, 50, 30, 20, 15 και 5 kW, καθώς επίσης και η σύγκρισή τους με τους αντίστοιχους συντελεστές του ευρωπαϊκού βαθμού η_{EURO} :

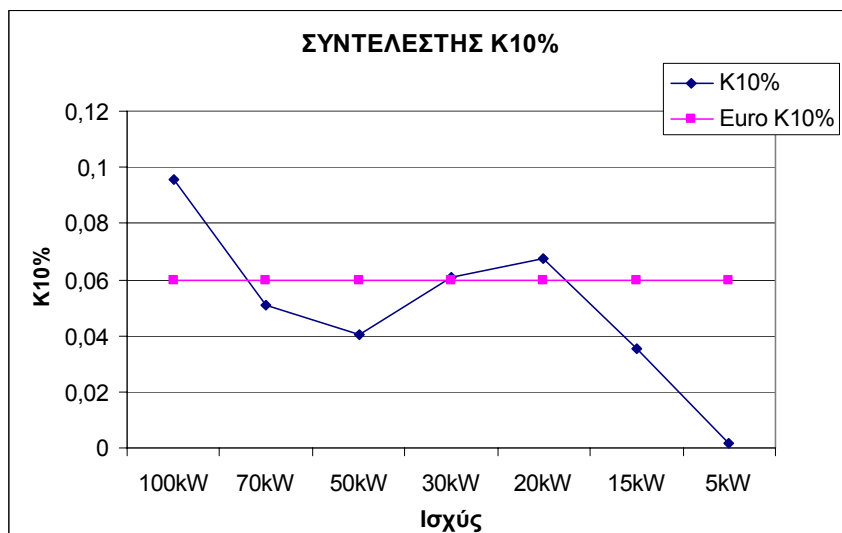
Πίνακας 2.12
Συντελεστές για τον υπολογισμό του η_{GR} για την Δράμα

Ισχύς εισόδου Inverter	100kW	70kW	50kW	30kW	20kW	15kW	5kW	Euro
$K_{5\%}$	0,128211	0,111492	0,08791	0,040633	0,006864	0,005148	0,001716	0,03
$K_{10\%}$	0,095438	0,050819	0,040301	0,060784	0,067538	0,035485	0,001716	0,06
$K_{20\%}$	0,121568	0,081267	0,095438	0,040523	0,047166	0,060784	0,003432	0,13
$K_{30\%}$	0,14814	0,122011	0,046501	0,054694	0,020372	0,023472	0,033769	0,1
$K_{50\%}$	0,317095	0,242914	0,142383	0,073516	0,081709	0,027236	0,047276	0,48
$K_{100\%}$	0,189548	0,391497	0,587467	0,729849	0,776351	0,847874	0,91209	0,2

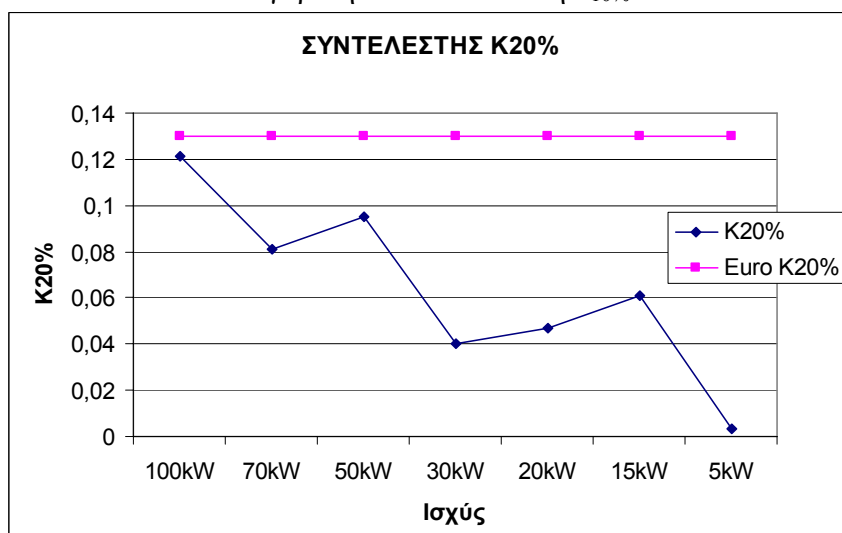
Ακολουθεί η σύγκριση των συντελεστών του η_{EURO} και η_{GR} με μεταβαλλόμενη ισχύ εισόδου



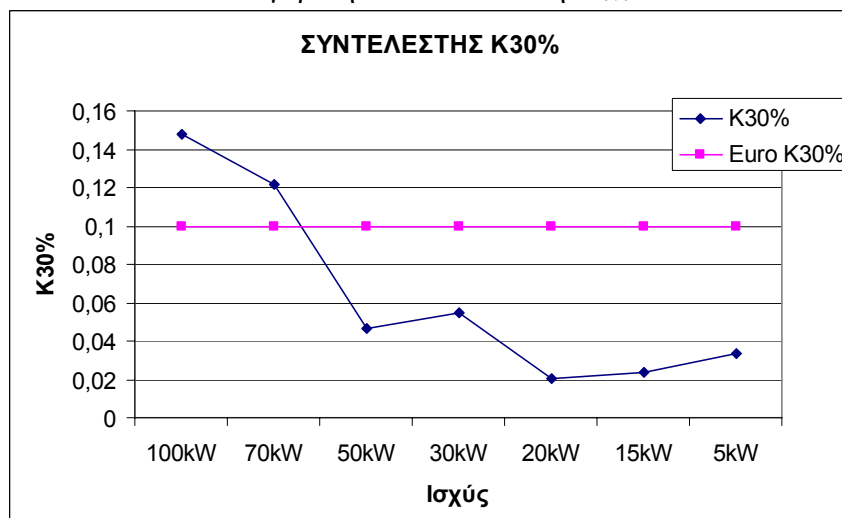
Διάγραμμα 2.78
Σύγκριση του συντελεστή $k_{5\%}$



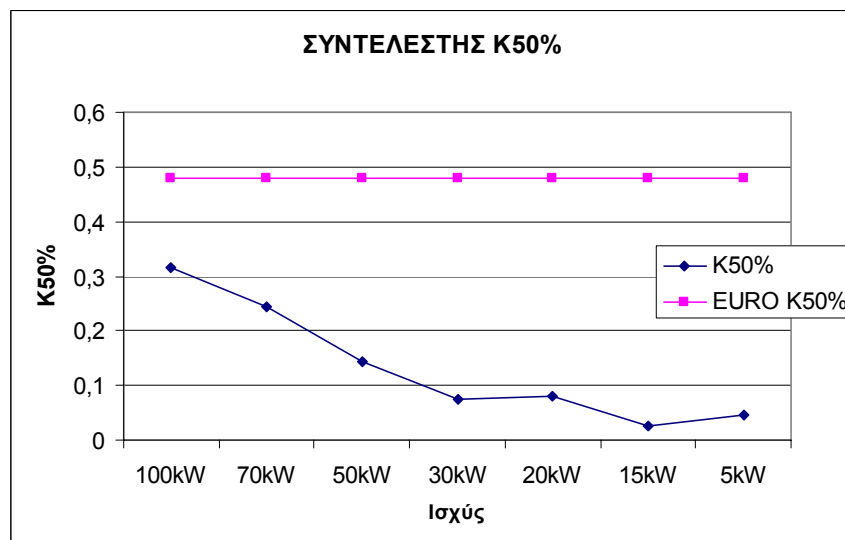
Διάγραμμα 2.79
Σύγκριση του συντελεστή $k_{10\%}$



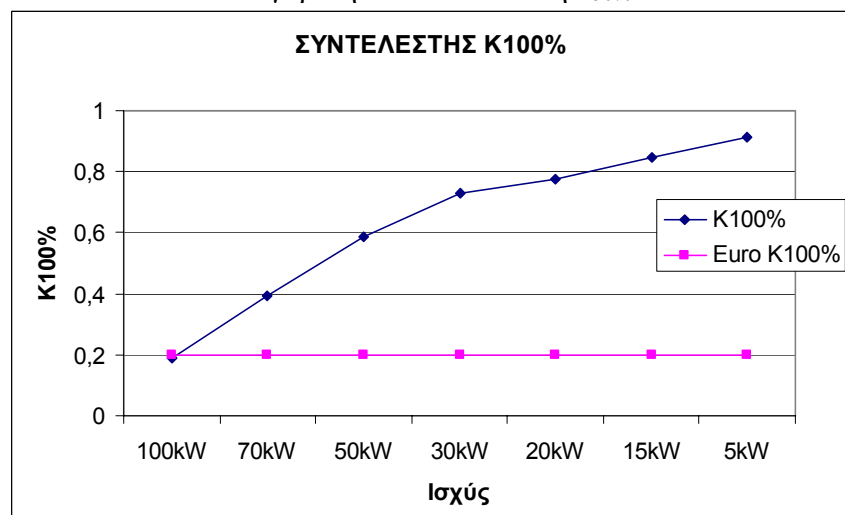
Διάγραμμα 2.80
Σύγκριση του συντελεστή $k_{20\%}$



Διάγραμμα 2.81
Σύγκριση του συντελεστή $k_{30\%}$



Διάγραμμα 2.82
Σύγκριση του συντελεστή $k_{50\%}$



Διάγραμμα 2.83
Σύγκριση του συντελεστή $k_{100\%}$

Παρακάτω υπολογίζεται ο ελληνικός βαθμός απόδοσης με βάση τους παραπάνω συντελεστές και τα δεδομένα για την μεταβολή του βαθμού απόδοσης των inverters που ακολουθούν:

Πίνακας 2.13
Δεδομένα μετατροπών DC-AC

1)Sputnik 100C(PDC=105kW)		2)Satcon 75(PDC=78kW)		3)El. Santerno 41(PDC=53kW)		4)Ballard 30(PDC=32kW)		5)ACE 20(PDC=20kW)		6)BP SOLAR 15(PDC=15kW)		7)Sputnik 5(PDC=6kW)	
η_5	0.85	$\eta_{3,5}$	0.84	$\eta_{2,5}$	0.85	$\eta_{1,5}$	0.8	η_1	0.7	$\eta_{0,75}$	0.89	$\eta_{0,25}$	0.64
η_{10}	0.9	η_7	0.92	η_5	0.9	η_3	0.9	η_2	0.84	$\eta_{1,5}$	0.93	$\eta_{0,5}$	0.82
η_{20}	0.93	η_{14}	0.95	η_{10}	0.92	η_6	0.92	η_4	0.9	η_3	0.94	η_1	0.9
η_{30}	0.95	η_{21}	0.96	η_{15}	0.93	η_9	0.96	η_6	0.92	$\eta_{4,5}$	0.95	$\eta_{1,5}$	0.93
η_{50}	0.96	η_{35}	0.97	η_{25}	0.95	η_{15}	0.97	η_{10}	0.94	$\eta_{7,5}$	0.94	$\eta_{2,5}$	0.96
η_{100}	0.95	η_{70}	0.96	η_{50}	0.82	η_{30}	0.96	η_{20}	0.93	η_{15}	0.935	η_5	0.95

Τελικά προκύπτει

Πίνακας 2.14
Ελληνικός βαθμός απόδοσης / Σύγκριση

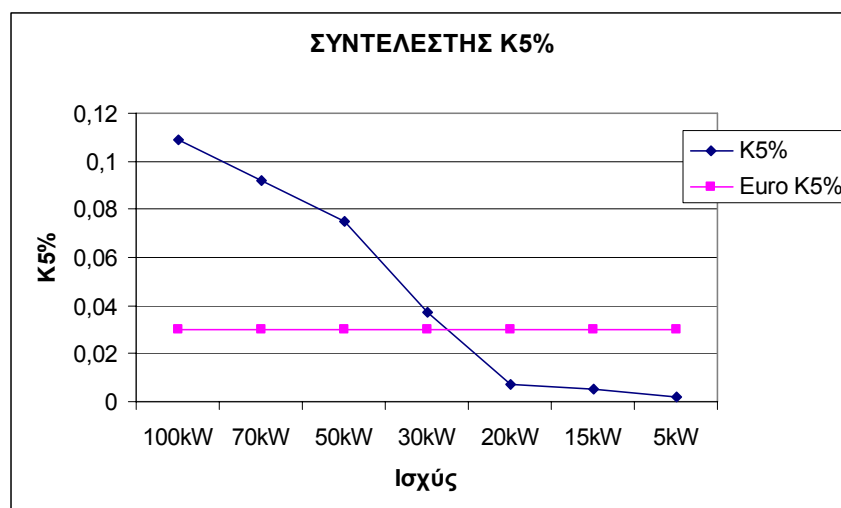
	Sputnik100C	Satcon 75	El. Santerno 41	Ballard 30	ACE 20	BP SOLAR 15	Sputnik 5
η_{max}	0,96	0,97	0,95	0,97	0,955	0,956	0,97
η_{EURO}	0,948	0,96	0,935	0,955	0,932	0,947	0,94
η_{GR}	0,933	0,946	0,859	0,949	0,922	0,935	0,949

Ομοίως για την περίπτωση του Ηρακλείου

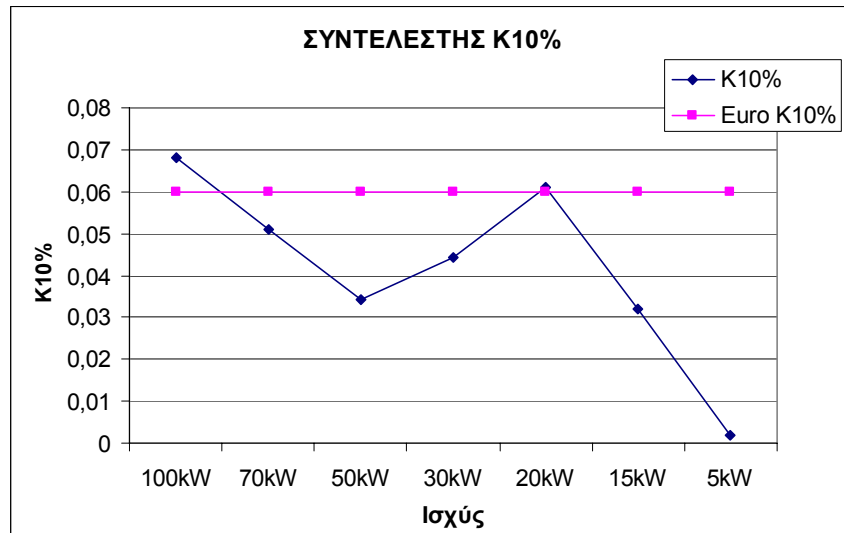
Πίνακας 2.15
Συντελεστές για τον υπολογισμό του η_{GR} για το Ηράκλειο

Ισχύς εισόδου Inverter	100kW	70kW	50kW	30kW	20kW	15kW	5kW	Euro
$K_{5\%}$	0,108807	0,091862	0,074693	0,037347	0,006912	0,00518395	0,001728	0,03
$K_{10\%}$	0,068227	0,051059	0,034114	0,044259	0,06087	0,03216276	0,001728	0,06
$K_{20\%}$	0,102341	0,08874	0,068227	0,034114	0,034337	0,04425864	0,003456	0,13
$K_{30\%}$	0,122631	0,074693	0,054627	0,061315	0,013601	0,0238573	0,030435	0,1
$K_{50\%}$	0,318841	0,183724	0,122408	0,054627	0,061315	0,0238573	0,037347	0,48
$K_{100\%}$	0,279153	0,509922	0,645931	0,768339	0,822965	0,87068004	0,925307	0,2

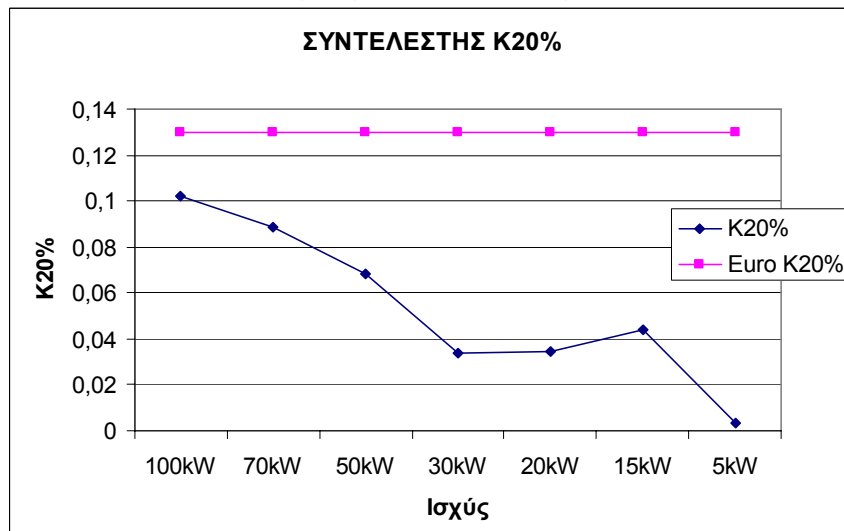
Ακολουθεί η σύγκριση των συντελεστών του η_{EURO} και η_{GR} με μεταβαλλόμενη ισχύ εισόδου



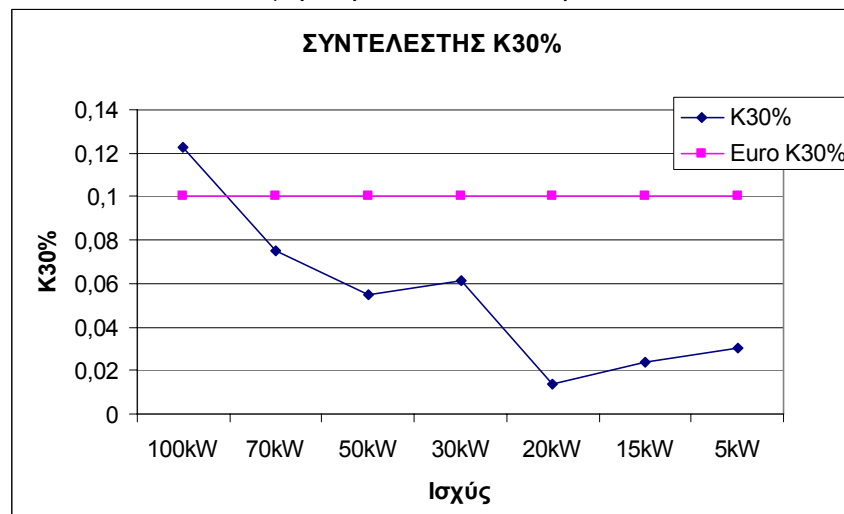
Διάγραμμα 2.84
Σύγκριση του συντελεστή $k_{5\%}$



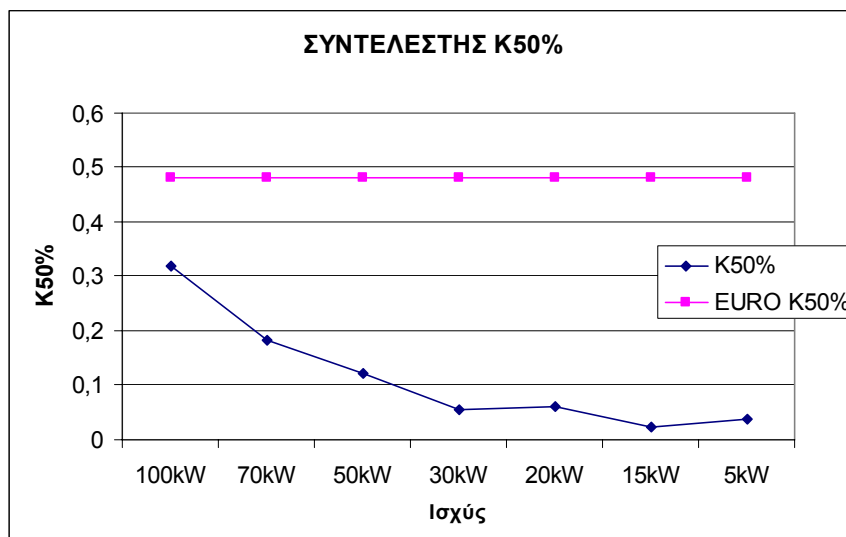
Διάγραμμα 2.85
Σύγκριση του συντελεστή $k_{10\%}$



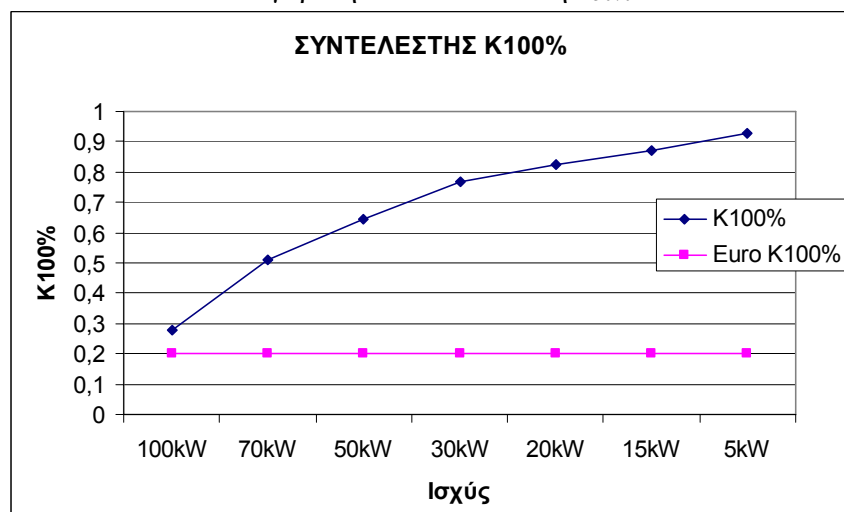
Διάγραμμα 2.86
Σύγκριση του συντελεστή $k_{20\%}$



Διάγραμμα 2.87
Σύγκριση του συντελεστή $k_{30\%}$



Διάγραμμα 2.88
Σύγκριση του συντελεστή $k_{50\%}$



Διάγραμμα 2.89
Σύγκριση του συντελεστή $k_{100\%}$

Εφαρμόζοντας τους ίδιους μετατροπείς, τελικά προκύπτει

Πίνακας 2.16
Ελληνικός βαθμός απόδοσης / Σύγκριση

	Sputnik100C	Satcon 75	Ei. Santerno 41	Ballard 30	ACE 20	BP SOLAR 15	Sputnik 5
η_{\max}	0,96	0,97	0,95	0,97	0,955	0,956	0,97
η_{EURO}	0,948	0,96	0,935	0,955	0,932	0,947	0,94
η_{GR}	0,937	0,948	0,854	0,951	0,922	0,935	0,949

Δεδομένου ότι η Δράμα και το Ηράκλειο αποτελούν δύο πόλεις με ακραία διαφορετικές ηλιακές ακτινοβολίες θεωρήθηκε χρήσιμο να υπολογισθεί ο μέσος όρος των συντελεστών ώστε να αποτελεί την γενική χρήση για τον ελλαδικό χώρο. Έτσι προέκυψαν:

Πίνακας 2.17
Μέσος όρος συντελεστών για τον υπολογισμό του η_{GR}

Ισχύς εισόδου Inverter	100kW	70kW	50kW	30kW	20kW	15kW	5kW
$K_{5\%}$	0,118509	0,101677	0,081302	0,03899	0,006888	0,00516615	0,001722
$K_{10\%}$	0,081833	0,050939	0,037207	0,052521	0,064204	0,03382385	0,001722
$K_{20\%}$	0,111954	0,085003	0,081833	0,037318	0,040751	0,05252126	0,003444
$K_{30\%}$	0,135385	0,098352	0,050564	0,058005	0,016986	0,0236647	0,032102
$K_{50\%}$	0,317968	0,213319	0,132395	0,064071	0,071512	0,0255469	0,042312
$K_{100\%}$	0,234351	0,450709	0,616699	0,749094	0,799658	0,85927713	0,918698

Χρησιμοποιώντας αυτούς τους συντελεστές για τον υπολογισμό του βαθμού απόδοσης προκύπτει:

Πίνακας 2.18
Ελληνικός βαθμός απόδοσης με χρήση του μέσου όρου των συντελεστών / Σύγκριση

	Sputnik100C	Satcon 75	El. Santerno 41	Ballard 30	ACE 20	BP SOLAR 15	Sputnik 5
η_{max}	0,96	0,97	0,95	0,97	0,955	0,956	0,97
η_{EURO}	0,948	0,96	0,935	0,955	0,932	0,947	0,94
η_{GR}	0,935	0,947	0,856	0,950	0,922	0,935	0,949

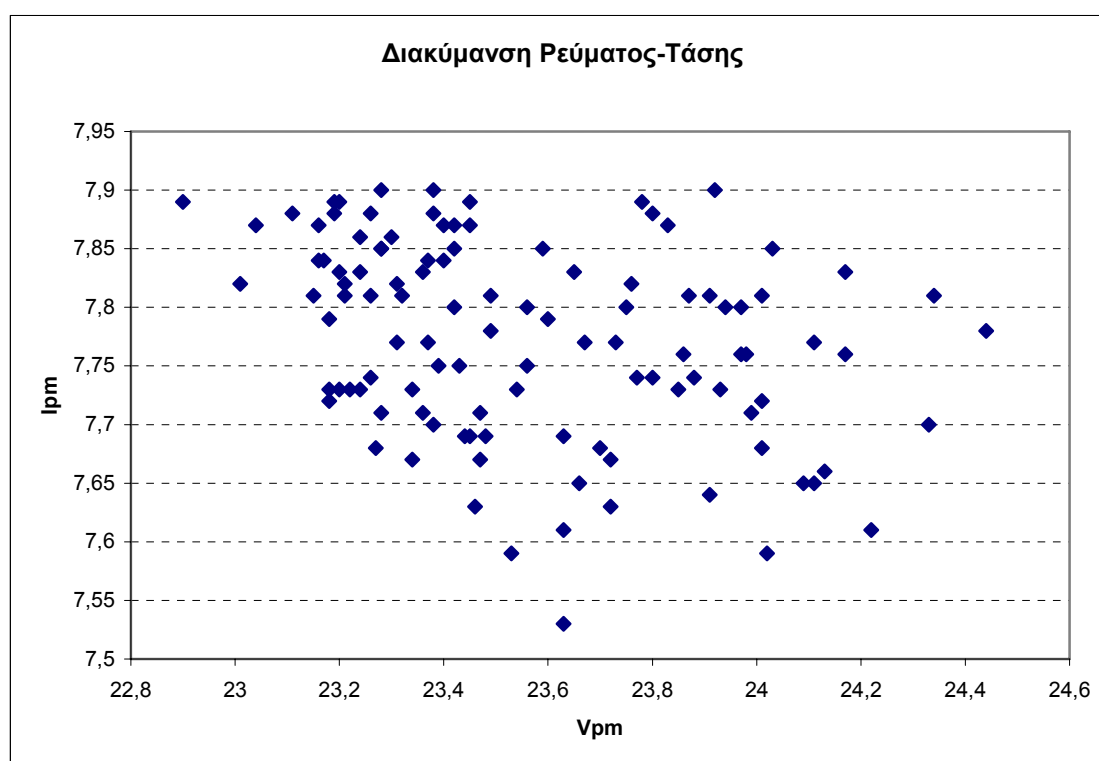
Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις περιπτώσεις που αναφέρθηκαν. Αξίζει να σημειώσουμε ότι ένας μετατροπέας του οποίου η καμπύλη του βαθμού απόδοσης μειώνεται αρκετά στο τέλος, είναι περισσότερο αποδοτικός σε μια περιοχή με λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία όπως είναι η πόλη της Δράμας. Τέλος, ας αναφερθεί για ακόμη μια φορά ότι περισσότερο σημαντικοί είναι οι συντελεστές παρά ο τελικός βαθμός η_{GR} .

2.6 Μελέτη διασύνδεσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Όπως είναι γνωστό, όταν κατασκευάζονται πανομοιότυπα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακόμα και από την ίδια κατασκευαστική εταιρία είναι λογικό να υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους. Κύριος λόγος είναι η ποιότητα του πυριτίου που χρησιμοποιείται κάθε φορά καθώς επίσης και η ποιότητα του αγωγίμου δικτύου που βρίσκεται ενσωματωμένο στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο και είναι υπεύθυνο για την συλλογή του φωτο-ρεύματος. Είναι επομένως λογικό να περιμένουμε μια διακύμανση στα χαρακτηριστικά των πλαισίων που άλλοτε μπορεί να είναι μικρή και άλλοτε μεγάλη.

Σκοπός της μελέτης της διασύνδεσης των πλαισίων είναι να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις πιθανές ομαδοποιήσεις που μπορούν συμβούν κατά την συνδεσμολογία των πλαισίων και το αντίκτυπο το οποίο θα έχουν στην συνολική λειτουργία της εγκατάστασης. Όπως είναι γνωστό τα πλαίσια τοποθετούνται σε σειρά και δημιουργούν τις συστάδες (strings). Οι συστάδες στην συνέχεια συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα ώστε η ηλεκτρική ισχύς εξόδου να είναι η απαιτούμενη.

Σε συγκεκριμένο μοντέλο κατασκευαστή (ονομαστικής ισχύος 180 Wp) παρατηρήθηκε η παρακάτω διακύμανση ρεύματος-τάσης του ονομαστικού σημείου λειτουργίας (MPP) κάθε πλαισίου:



Διάγραμμα 2.90
Διακύμανση ρεύματος-τάσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Για τους υπολογισμούς, εφαρμόστηκε η προσέγγιση του λειτουργικού μοντέλου (The effective solar cell model) που αναλύθηκε στο κεφάλαιο 1.5.

Σύμφωνα λοιπόν με το λειτουργικό μοντέλο, όπως έχει αναφερθεί, απαιτούνται τέσσερις παράμετροι για την επίλυση των εξισώσεων ρεύματος-τάσης και αυτές είναι η τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{OC}), το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{SC}) και η τάση και το ρεύμα του σημείου βέλτιστης λειτουργίας (V_{MPP} , I_{MPP}).

Σε πρώτη φάση θα εξετασθεί η συνδεσμολογία σε σειρά ενός πλαισίου που έχει υψηλό ρεύμα και χαμηλή τάση βέλτιστης λειτουργίας με ένα πλαίσιο με υψηλή τάση και χαμηλό ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας.

Έτσι, από τα δεδομένα ισχύουν

Πίνακας 2.19
Δεδομένα φωτοβολταϊκών πλαισίων

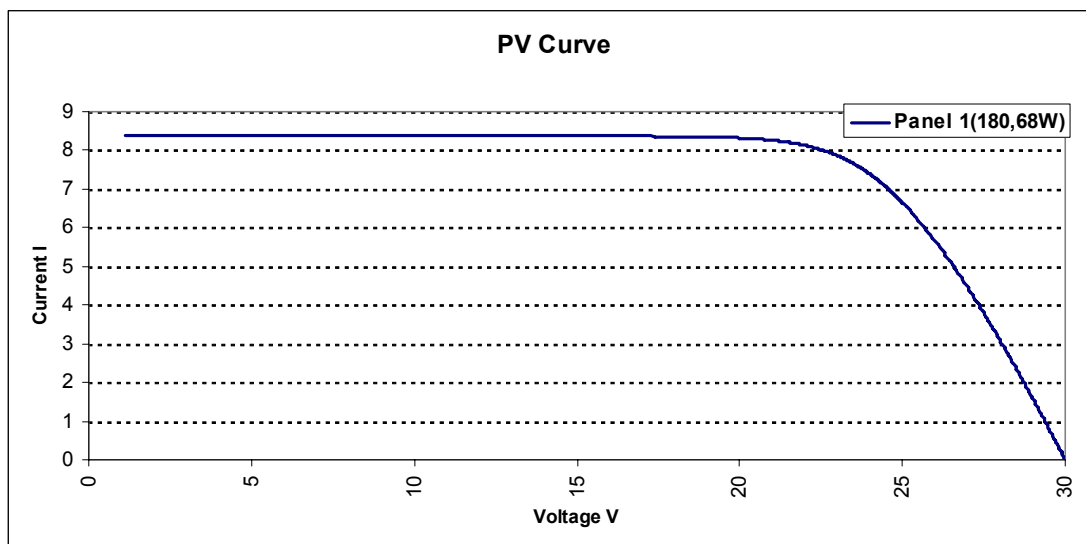
Πλαίσιο 1	Πλαίσιο 2
$I_{SC}=8,37A$	$I_{SC}=8,37A$
$I_{MPP}=7,89A$	$I_{MPP}=7,61A$
$V_{MPP}=22,9V$	$V_{MPP}=24,22V$
$V_{OC}=30V$	$V_{OC}=30V$
$P_{maxnom}=180,681W$	$P_{maxnom}=184,314W$

Εφαρμόζοντας τους μαθηματικούς τύπους για το λειτουργικό μοντέλο προκύπτουν οι παρακάτω παράμετροι για τα δύο πλαίσια

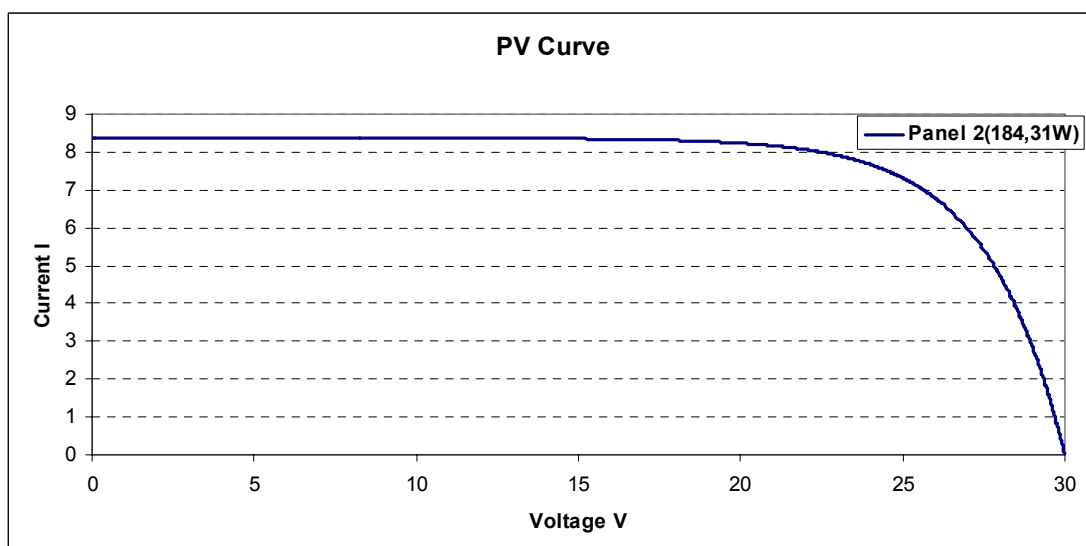
Πίνακας 2.20
Υπολογισμένες παράμετροι πλαισίων

$M=-0,61285$	$M=-0,28597$
$R_{PV}=0,473561$	$R_{PV}=-0,00332$
$V_T=1,165847$	$V_T=2,421338$
$I_0=5,59E-11$	$I_0=3,48E-05$
$I_{Ph}=8,37$	$I_{Ph}=8,37$

Έχοντας πλέον υπολογίσει τις παραπάνω παραμέτρους των πλαισίων, μπορούν στην συνέχεια να εφαρμοσθούν οι σχέσεις ρεύματος και τάσης (Κεφ. 1.5, σχ. 1.14 1.15) για να σχεδιαστούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες ρεύματος-τάσης. Πιο συγκεκριμένα, εδώ θα εφαρμοσθεί η σχέση 1.15 η οποία δίνει την τάση συναρτήσει του ρεύματος. Το ρεύμα θα έχει αρχική τιμή ίση με την τιμή του ρεύματος βραχυκύκλωσης και στην συνέχεια θα μειώνεται κατά μια πολύ μικρή ποσότητα της τάξης του 0,0000001. Με αυτόν τον τρόπο σχεδιάζονται οι παρακάτω καμπύλες.



Διάγραμμα 2.91
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 1



Διάγραμμα 2.92
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 2

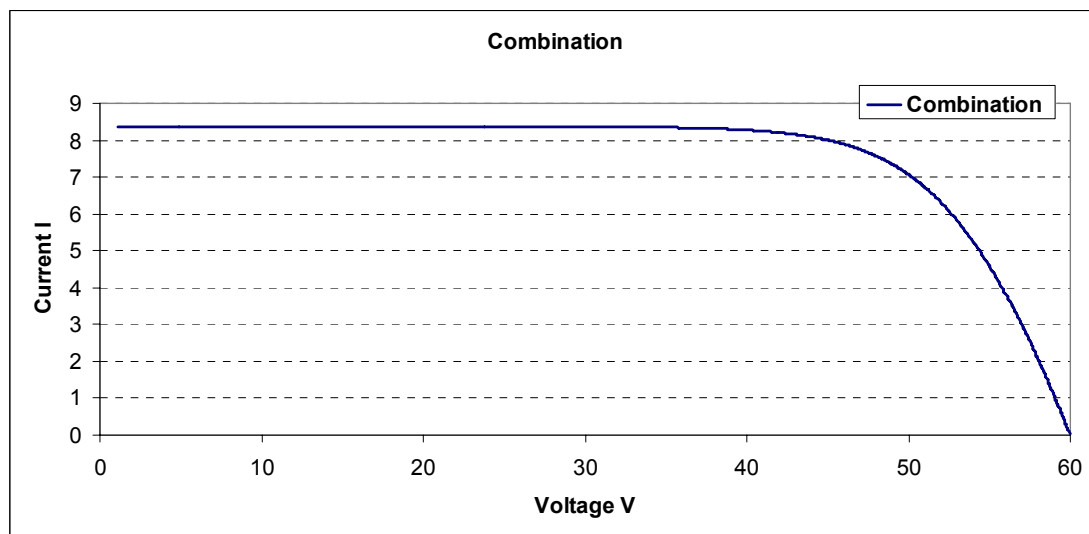
Ο πολλαπλασιασμός του ρεύματος και της τάσης έχει ως αποτέλεσμα τον υπολογισμό της ισχύος σε κάθε περίπτωση. Έτσι βρίσκονται για τα δύο πλαίσια η τιμή της μέγιστης ισχύος τους και το ρεύμα κάτω από το οποίο την αποκτούν.

Πίνακας 2.21

Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς των δύο πλαισίων

$P_{max} =$	180,9247W	$P_{max} =$	184,2863W
$I_{MPP} =$	7,891996A	$I_{MPP} =$	7,611996A

Αν αθροίσουμε τις τάσεις που παράγονται σε κάθε τιμή ρεύματος και τις πολλαπλασιάσουμε με το ρεύμα αυτό τότε θα προκύψει η ισχύς του συνδυασμού των δύο πλαισίων. Η καμπύλη του συνδυασμού φαίνεται παρακάτω:



Διάγραμμα 2.93
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του συνδυασμού

Η μέγιστη ισχύς εξόδου του συνδυασμού και το αντίστοιχο ρεύμα είναι

Πίνακας 2.22
Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς του συνδυασμού

P_{max} =	364,4133W
I_{MPP} =	7,731996A

Τελικά παρατηρούμε ότι

Πίνακας 2.23
Σύγκριση παραγόμενης ισχύος

	P_{max} (W)	$P_{max,nom}$ (W)	I_{MPP}
Πλαίσιο 1	180,9247	180,68	7,891996
Πλαίσιο 2	184,2863	184,31	7,611996
Συνδυασμός	364,4133	364,99	7,731996

Βλέπουμε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην ισχύ εξόδου του συνδυασμού όταν αυτή υπολογίζεται με τους μαθηματικούς τύπους του λειτουργικού μοντέλου και όταν υπολογίζεται ως το άθροισμα της μέγιστης ισχύος κάθε πλαισίου. Τέλος, σημειώνουμε ότι το ρεύμα του συνδυασμού των πλαισίων είναι κοντά στον μέσο όρο των ρευμάτων του κάθε πλαισίου.

Στην συνέχεια θα επαναληφθούν οι παραπάνω υπολογισμοί για δύο ζεύγη που έχουν περίπου την ίδια τάση βέλτιστης λειτουργίας και διαφορετικό ρεύμα:

Πίνακας 2.24
Δεδομένα φωτοβολταϊκών πλαισίων

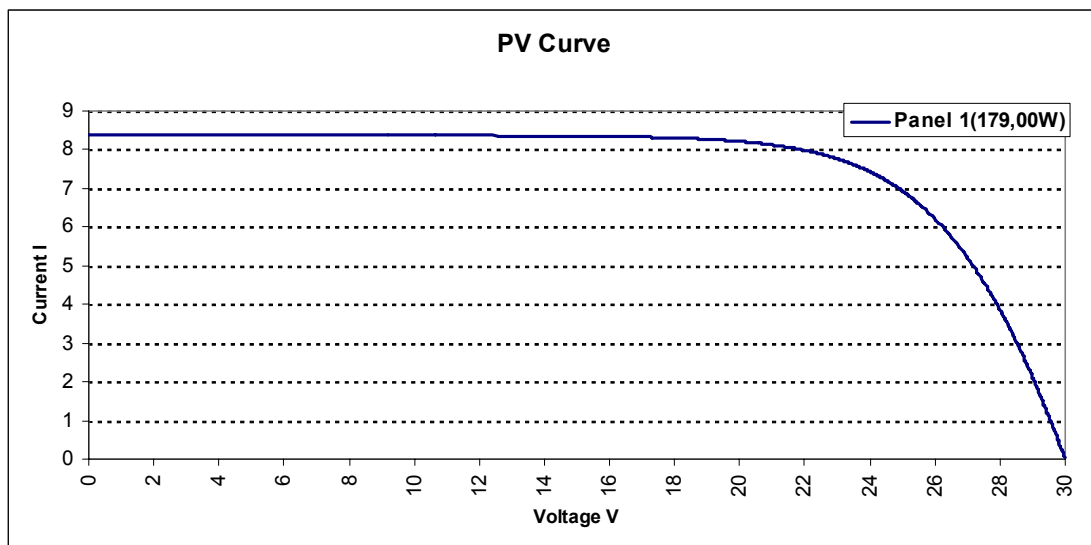
Πλαίσιο 1	Πλαίσιο 2
$I_{SC}=8,37A$	$I_{SC}=8,37A$
$I_{MPP}=7,63A$	$I_{MPP}=7,89A$
$V_{MPP}=23,46V$	$V_{MPP}=23,45V$
$V_{OC}=30V$	$V_{OC}=30V$
$P_{maxnom}=179,00W$	$P_{maxnom}=185,02W$

Εφαρμόζοντας τους μαθηματικούς τύπους για το λειτουργικό μοντέλο προκύπτουν οι παρακάτω παράμετροι για τα δύο πλαίσια

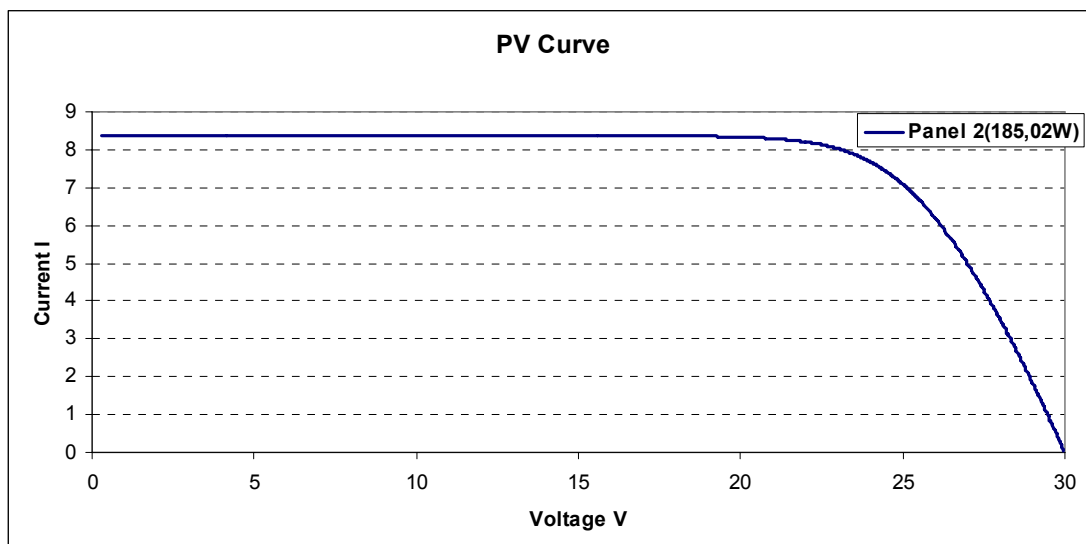
Πίνακας 2.25
Υπολογισμένες παράμετροι πλαισίων

$M=-0,4319$	$M=-0,52419$
$R_{PV}=0,175585$	$R_{PV}=0,375262$
$V_T=2,145349$	$V_T=1,24649$
$I_0=7,07E-06$	$I_0=2,95E-10$
$I_{Ph}=8,37$	$I_{Ph}=8,37$

Ακολουθούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες



Διάγραμμα 2.94
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 1

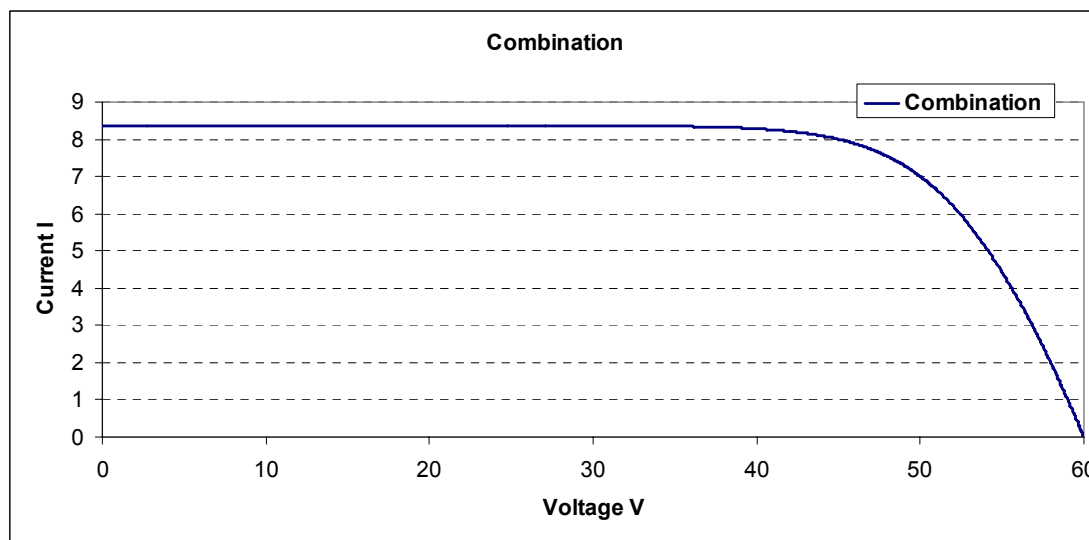


Διάγραμμα 2.95
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 2

Πίνακας 2.26
Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς των δύο πλαισίων

P_{max} =	178,9708W	P_{max} =	185,2251W
I_{MPP} =	7,631996A	I_{MPP} =	7,891996A

Η καμπύλη του συνδυασμού φαίνεται παρακάτω:



Διάγραμμα 2.96
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του συνδυασμού

Η μέγιστη ισχύς εξόδου του συνδυασμού και το αντίστοιχο ρεύμα είναι

Πίνακας 2.27
Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς του συνδυασμού

P_{max} =	363,499W
I_{MPP} =	7,751996A

Τελικά

Πίνακας 2.28
Σύγκριση παραγόμενης ισχύος

	P_{max} (W)	$P_{max,nom}$ (W)	I_{MPP}
Πλαίσιο 1	178,9708	179,00	7,631996
Πλαίσιο 2	185,2251	185,02	7,891996
Συνδυασμός	363,499	364,02	7,751996

Παρατηρούμε ότι ούτε σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει σημαντική διαφορά στην ισχύ εξόδου του συνδυασμού όταν αυτή υπολογίζεται με τους μαθηματικούς τύπους του λειτουργικού μοντέλου και όταν υπολογίζεται ως το άθροισμα της μέγιστης ισχύος κάθε πλαισίου. Το ρεύμα του συνδυασμού των πλαισίων είναι κοντά στον μέσο όρο των ρευμάτων του κάθε πλαισίου και σε αυτήν την περίπτωση.

Στην συνέχεια θα επαναληφθούν οι παραπάνω υπολογισμοί για δύο ζεύγη που έχουν περίπου το ίδιο ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας και διαφορετική τάση:

Πίνακας 2.29
Δεδομένα φωτοβολταϊκών πλαισίων

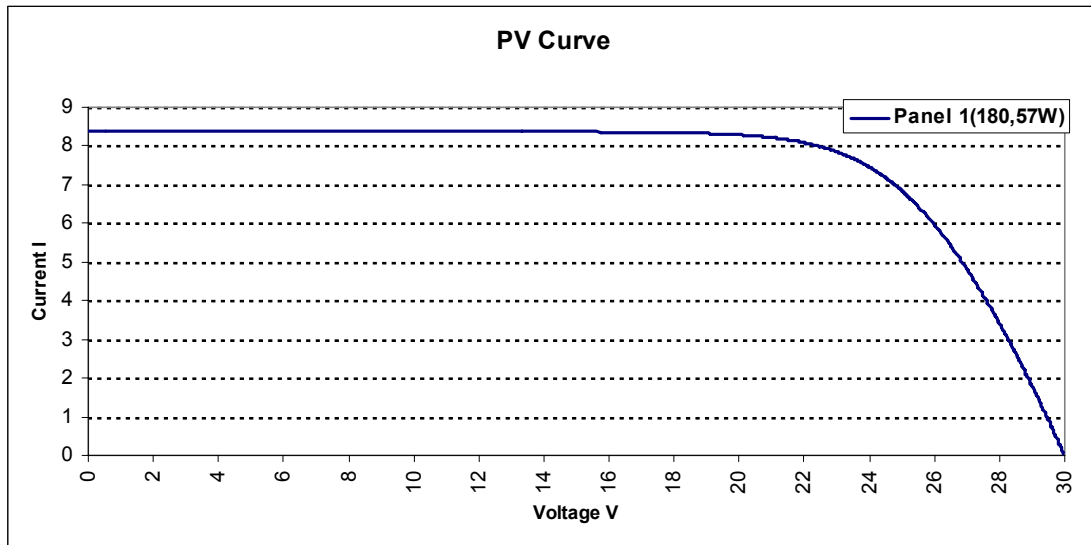
Πλαίσιο 1	Πλαίσιο 2
$I_{sc}=8,37A$	$I_{sc}=8,37A$
$I_{MPP}=7,79A$	$I_{MPP}=7,78A$
$V_{MPP}=23,18V$	$V_{MPP}=24,44V$
$V_{OC}=30V$	$V_{OC}=30V$
$P_{max,nom}=180,5722W$	$P_{max,nom}=190,1432W$

Εφαρμόζοντας τους μαθηματικούς τύπους για το λειτουργικό μοντέλο προκύπτουν οι παρακάτω παράμετροι για τα δύο πλαίσια

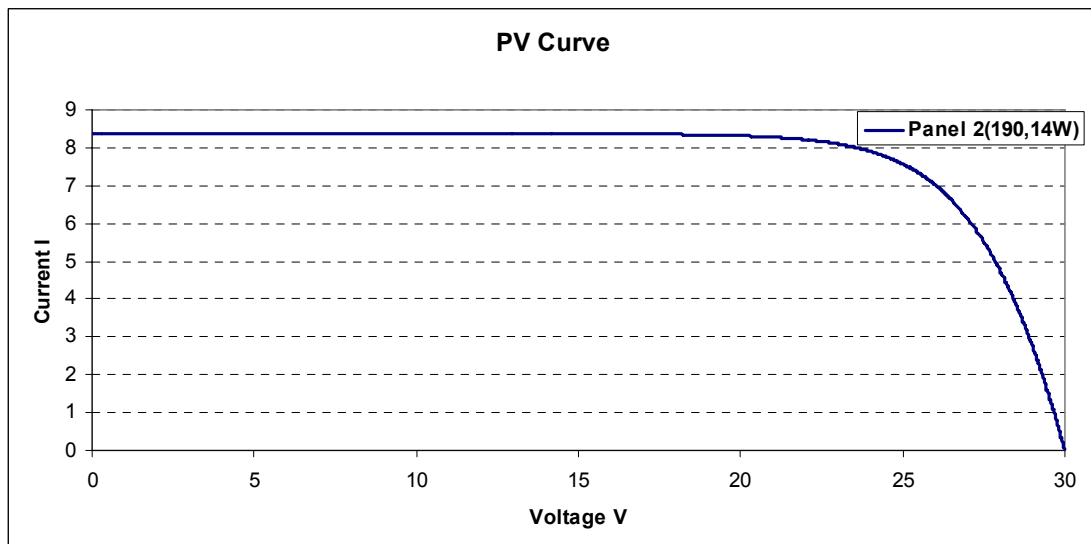
Πίνακας 2.30
Υπολογισμένες παράμετροι πλαισίων

$M=-0,535$	$M=-0,3179$
$R_{PV}=0,353285$	$R_{PV}=0,103781$
$V_T=1,520948$	$V_T=1,792188$
$I_0=2,27E-08$	$I_0=4,5E-07$
$I_{Ph}=8,37$	$I_{Ph}=8,37$

Ακολουθούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες



Διάγραμμα 2.97
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 1



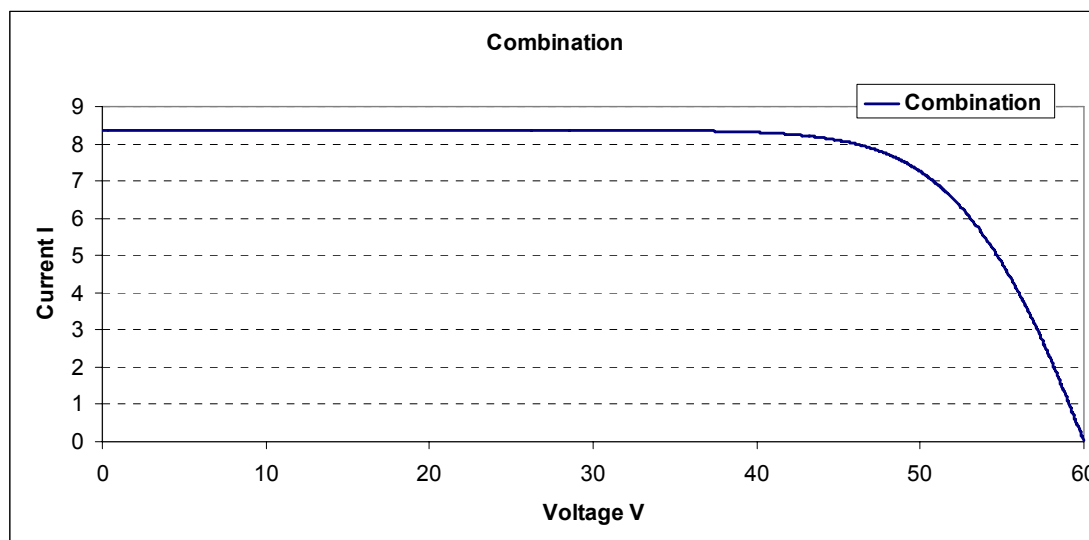
Διάγραμμα 2.98
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του Πλαισίου 2

Πίνακας 2.31

Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς των δύο πλαισίων

P_{\max} =	180,6338W	P_{\max} =	190,1368W
I_{MPP} =	7,791996A	I_{MPP} =	7,781996A

Η καμπύλη του συνδυασμού φαίνεται παρακάτω:



Διάγραμμα 2.99
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του συνδυασμού

Η μέγιστη ισχύς εξόδου του συνδυασμού και το αντίστοιχο ρεύμα είναι

Πίνακας 2.32
Υπολογισμένη μέγιστη ισχύς του συνδυασμού

P_{max} =	370,7694W
I_{MPP} =	7,786996A

Τελικά

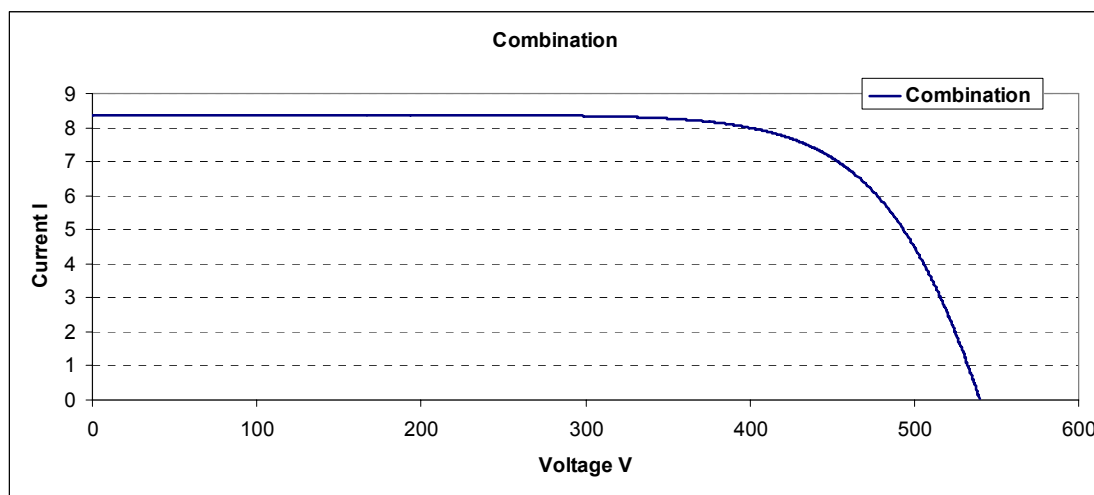
Πίνακας 2.33
Σύγκριση παραγόμενης ισχύος

	P_{max} (W)	$P_{max,nom}$ (W)	I_{MPP}
Πλαίσιο 1	180,6338	180,57	7,791996
Πλαίσιο 2	190,1368	190,14	7,781996
Συνδυασμός	370,7694	370,71	7,786996

Παρατηρούμε ότι ούτε σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει σημαντική διαφορά στην ισχύ εξόδου του συνδυασμού όταν αυτή υπολογίζεται με τους μαθηματικούς τύπους του λειτουργικού μοντέλου και όταν υπολογίζεται ως το άθροισμα της μέγιστης ισχύος κάθε πλαισίου. Το ρεύμα του συνδυασμού των πλαισίων είναι κοντά στον μέσο όρο των ρευμάτων του κάθε πλαισίου και σε αυτήν την περίπτωση.

Αυτή η διαδικασία ακολουθήθηκε και για την ανάλυση μεγαλύτερων ομάδων φωτοβολταϊκών πλαισίων. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε σε μια ομάδα του συγκεκριμένου συνόλου φωτοβολταϊκών, τα οποία έχουν σαν χαρακτηριστικό τους ένα χαμηλό ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας και μια τάση η οποία μεταβάλλεται.

Παρακάτω φαίνεται η καμπύλη ρεύματος-τάσης της ομάδας αυτής



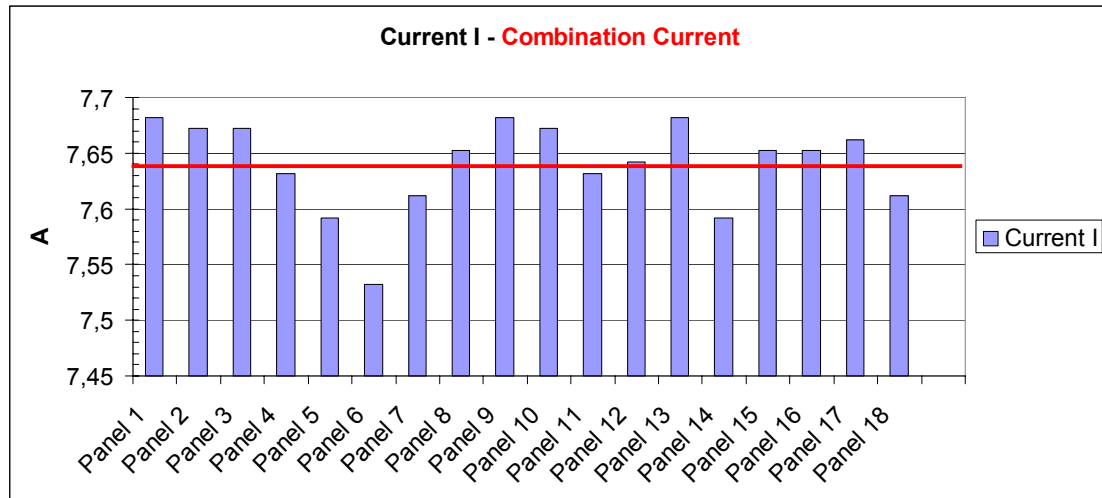
Διάγραμμα 2.100
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του συνδυασμού

Για την ισχύ των πλαισίων της ομάδας ισχύει

Πίνακας 2.34
Σύγκριση παραγόμενης ισχύος

	P_{max} (W)	$P_{max,nom}$ (W)	I_{MPP}
Πλαίσιο 1	178,6954	178,7136	7,681996
Πλαίσιο 2	178,9954	179,0178	7,671996
Πλαίσιο 3	179,9905	180,0149	7,671996
Πλαίσιο 4	178,9708	178,9998	7,631996
Πλαίσιο 5	178,5668	178,5927	7,591996
Πλαίσιο 6	177,9272	177,9339	7,531996
Πλαίσιο 7	179,7958	179,8243	7,611996
Πλαίσιο 8	180,9693	180,999	7,651996
Πλαίσιο 9	181,9897	182,016	7,681996
Πλαίσιο 10	181,904	181,9324	7,671996
Πλαίσιο 11	180,9533	180,9836	7,631996
Πλαίσιο 12	182,6404	182,6724	7,641996
Πλαίσιο 13	184,3647	184,3968	7,681996
Πλαίσιο 14	182,289	182,3118	7,591996
Πλαίσιο 15	184,2543	184,2885	7,651996
Πλαίσιο 16	184,4071	184,4415	7,651996
Πλαίσιο 17	184,8008	184,8358	7,661996
Πλαίσιο 18	184,2863	184,3142	7,611996
Συνδυασμός	3265,297	3266,289	7,636996

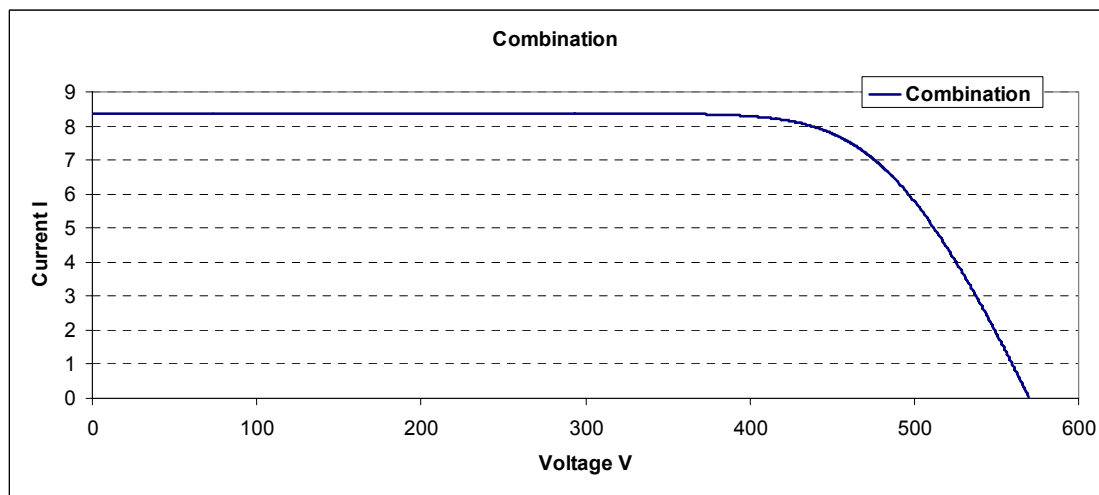
Παρακάτω φαίνεται το ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας κάθε πλαισίου και η τιμή ρεύματος πάνω στην οποία «κάθεται» το ρεύμα του συνδυασμού



Διάγραμμα 2.101
Διακύμανση ρεύματος

Στην συνέχεια η διαδικασία εφαρμόστηκε σε μια ομάδα πλαισίων που χαρακτηρίζονται από ένα υψηλό ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας και μια τάση που μεταβάλλεται.

Παρακάτω φαίνεται η καμπύλη ρεύματος-τάσης της ομάδας αυτής



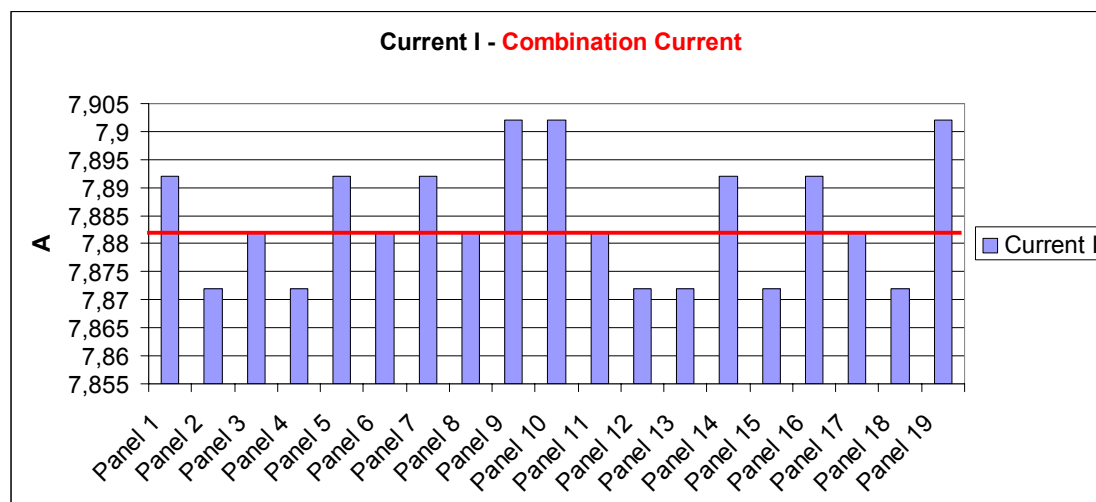
Διάγραμμα 2.102
Καμπύλη ρεύματος-τάσης του συνδυασμού

Για την ισχύ των πλαισίων της ομάδας ισχύει

Πίνακας 2.35
Σύγκριση παραγόμενης ισχύος

	P_{\max} (W)	$P_{\max, \text{nom}}$ (W)	I_{MPP}
Πλαίσιο 1	180,9247	182,11	7,891996
Πλαίσιο 2	181,5167	181,32	7,871996
Πλαίσιο 3	182,3141	182,11	7,881996
Πλαίσιο 4	182,453	182,27	7,871996
Πλαίσιο 5	183,1922	182,97	7,891996
Πλαίσιο 6	182,939	182,74	7,881996
Πλαίσιο 7	183,2704	183,05	7,891996
Πλαίσιο 8	183,4858	183,29	7,881996
Πλαίσιο 9	184,1511	183,91	7,901996
Πλαίσιο 10	184,9338	184,7	7,901996
Πλαίσιο 11	184,4231	184,23	7,881996
Πλαίσιο 12	184,3258	184,16	7,871996
Πλαίσιο 13	184,4818	184,32	7,871996
Πλαίσιο 14	185,2251	185,02	7,891996
Πλαίσιο 15	184,7159	184,55	7,871996
Πλαίσιο 16	187,8054	187,62	7,891996
Πλαίσιο 17	187,7037	187,54	7,881996
Πλαίσιο 18	187,6811	187,54	7,871996
Πλαίσιο 19	189,1603	188,97	7,901996
Συνδυασμός	3506,042	3502,42	7,881996

Παρακάτω φαίνεται το ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας κάθε πλαισίου και η τιμή ρεύματος πάνω στην οποία «κάθεται» το ρεύμα του συνδυασμού



Διάγραμμα 2.103
Διακύμανση ρεύματος

Παρατηρούμε ότι ακόμα και στην περίπτωση των ομάδων, δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στην τιμή της ισχύος όταν αυτή υπολογίζεται με την χρήση του λειτουργικού μοντέλου και όταν υπολογίζεται ως το άθροισμα της ισχύος του κάθε πλαισίου η οποία υπολογίζεται μόνο από την τάση και το ρεύμα βέλτιστης λειτουργίας.

2.7 Μια ενδιάμεση λύση μεταξύ της ετησίως σταθερής και της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας κλίσης των φωτοβολταϊκών πλαισίων

Όπως έχει ήδη αποδειχθεί, η παραγόμενη ηλεκτρική ισχύς στην περίπτωση της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας είναι περισσότερη από την αντίστοιχη που παράγεται όταν χρησιμοποιείται η ετησίως σταθερή γωνία. Για την επίτευξη της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας απαιτούνται ειδικά στηρίγματα για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία αλλάζουν την κλίση τους με την χρήση υδραυλικών συστημάτων. Τα υδραυλικά αυτά συστήματα έχουν υψηλό κόστος και απαιτείται συστηματική συντήρηση διότι περιέχουν πολλά κινητά μέρη στα οποία προκαλούνται έντονες φθορές λόγω συχνής κίνησης. Επίσης σε περίπτωση βλάβης υπάρχει περίπτωση να τεθεί όλη η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση σε κατάσταση περιορισμένης λειτουργίας ή ακόμα να μην λειτουργεί και καθόλου. Από την άλλη πλευρά, μια εγκατάσταση με σταθερή κλίση φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν έχει τα παραπάνω μειονεκτήματα αλλά ούτε και την ίδια απόδοση.

Θα ακολουθήσει μια μελέτη για το πόσο πιο αποδοτική θα είναι η περίπτωση κατά την οποία θα υπάρχουν υδραυλικά συστήματα κίνησης τα οποία θα λειτουργούν πολύ λιγότερο, καθώς δεν θα παρέχουν την δυνατότητα τοποθέτησης σε βέλτιστη γωνία κάθε μήνα, αλλά μια ενδιάμεση κατάσταση κατά την οποία θα υπάρχουν 4 διαφορετικές γωνίες κλίσεις, οι οποίες θα αλλάζουν κάθε 3 μήνες. Οι γωνίες αυτές θα αποτελούν τις βέλτιστες γωνίες για το κάθε τρίμηνο. Με αυτόν εδώ τον τρόπο μειώνονται κατά πολύ οι φθορές και ταυτόχρονα αυξάνεται η συλλεγόμενη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με αυτήν της ετησίως σταθερής γωνίας. Τα στηρίγματα και γενικά το σύστημα κίνησης αυτής της περίπτωσης, υπολογίζεται ότι κοστίζουν λιγότερο από το σύστημα κίνησης της περίπτωσης της βέλτιστης μηνιαίας γωνίας.

Παρακάτω ακολουθεί η εύρεση των βέλτιστων αυτών γωνιών ανά τρίμηνο καθώς και η σύγκριση της ετήσιας λειτουργίας αυτού του τρόπου με την λειτουργία με σταθερή κλίση. Εξετάστηκαν οι πόλεις της Δράμας και του Ηρακλείου. Τα δεδομένα λήφθηκαν από το web-site <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.

Για την Δράμα

Πίνακας 2.36

Αναζήτηση βέλτιστης γωνίας ανά τρίμηνο για την Δράμα

Γωνία	60	51	39	50	48	49
Jan	6698	6637	6356	6623	6589	6606
Feb	7320	7383	7251	7382	7373	7378
Mar	9622	9945	10095	9970	10013	9993
KWh	23640	23965	23702	23975	23975	23977
Γωνία	27	15	8	13	16	17
Apr	12494	12320	12050	12255	12349	12375
May	13789	14021	13977	14022	14018	14011
Jun	14217	14703	14805	14744	14678	14649
KWh	40500	41044	40832	41021	41045	41035
Γωνία	12	22	37	21	23	24
Jul	15458	15276	14422	15309	15241	15202
Aug	13857	13998	13651	13997	13996	13990
Sep	11088	11620	11925	11579	11659	11696
KWh	40403	40894	39998	40885	40896	40888

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γωνία	50	58	59	57	56	55	54	54.5
Oct	10570	10490	10469	10509	10526	10540	10551	10546
Nov	7129	7187	7186	7186	7183	7178	7172	7175
Dec	5038	5085	5085	5083	5080	5076	5071	5074
KWh	22737	22762	22740	22778	22789	22794	22794	22795

Πίνακας 2.37
Σύγκριση λειτουργιών για την πόλη της Δράμας

	Γωνία	KWh/month	Γωνία	KWh/month
Jan	49	6606	31	6043
Feb	49	7378	31	7028
Mar	49	9993	31	10018
Apr	16	12349	31	12469
May	16	14018	31	13623
Jun	16	14678	31	13971
Jul	23	15241	31	14848
Aug	23	13996	31	13870
Sep	23	11659	31	11876
Oct	54,5	10546	31	10102
Nov	54,5	7175	31	6550
Dec	54,5	5074	31	4623
ΣΥΝΟΛΟ		128713		125021
%	2,87%			

Για το Ηράκλειο

Πίνακας 2.38
Αναζήτηση βέλτιστης γωνίας ανά τρίμηνο για το Ηράκλειο

Γωνία	56	49	36	48	45	43	44	46	47
Jan	8484	8435	8083	8420	8363	8315	8340	8384	8403
Feb	9587	9639	9441	9638	9619	9595	9608	9628	9634
Mar	11584	11894	12110	11927	12010	12051	12032	11985	11957
KWh	29655	29968	29634	29985	29992	29961	29980	29997	29994

Γωνία	22	10	3	9	11
Apr	14321	14104	13780	14067	14139
May	15848	16148	16106	16149	16140
Jun	16352	16947	17063	16974	16916
KWh	46521	47199	46949	47190	47195

Γωνία	6	18	33	19	17
Jul	16954	16661	15593	16614	16705
Aug	15768	15979	15536	15974	15981
Sep	13192	14023	14401	14071	13971
KWh	45914	46663	45530	46659	46657

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γωνία	46	54	57	58	56	53	52	51	50
Oct	12185	12090	12006	11972	12037	12113	12132	12148	12161
Nov	8495	8559	8550	8542	8555	8558	8555	8550	8544
Dec	7148	7239	7246	7244	7245	7234	7227	7218	7207
KWh	27828	27888	27802	27758	27837	27905	27914	27916	27912

Πίνακας 2.39
Σύγκριση λειτουργιών για την πόλη του Ηρακλείου

	Γωνία	KWh/month	Γωνία	KWh/month
Jan	46	8384	28	7701
Feb	46	9628	28	9131
Mar	46	11985	28	12015
Apr	10	14104	28	14267
May	10	16148	28	15520
Jun	10	16947	28	15872
Jul	18	16661	28	16034
Aug	18	15979	28	15773
Sep	18	14023	28	14359
Oct	51	12148	28	11711
Nov	51	8550	28	7882
Dec	51	7218	28	6548
ΣΥΝΟΛΟ		151775		146813
%	3,27%			

Παρατηρούμε η διαφορά ανάμεσα στις δύο λειτουργίες είναι μεγαλύτερη σε περιοχές με έντονη ηλικιακή ακτινοβολία όπως είναι το Ηράκλειο Κρήτης και είναι της τάξης του 3,5% ενώ σε περιοχές με φτωχή ακτινοβολία όπως η πόλη της Δράμας η διαφορά μειώνεται σε ποσοστό γύρω στο 2,7-3%. Το αν θα εφαρμοσθεί ο τρόπος με τις βέλτιστες ανά τρίμηνο γωνίες εξαρτάται κυρίως από οικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι έχουν να κάνουν με το αν τελικά το επιπλέον κόστος για τα στηρίγματα των πλαισίων, μπορεί να ισορροπηθεί με την αύξηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ισχύος.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Το φωτοβολταϊκό πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε κατά τις προσομοιώσεις, έχει τα παρακάτω τεχνικά χαρακτηριστικά:

PVSYST V4.1		13/09/07 13h53	
Characteristics of a PV module			
Manufacturer, Model :		Solon AG, P200 / 6	
Availability :		from 2002 to 2005	
Data source :		Manufacturer	
File :		Solon_P200_Q6.PAN of 01/07/06 12h00	
STC power (manufacturer)	PNom 200 Wc	Technology	Si-poly
Module size (W x L)	0.950 x 1.600 m ²	Rough module area	Amodule 1.52 m ²
Number of cells	1 x 60	Sensitive (cells) area	Acells N/A m ²
Specifications for the model (manufacturer or measurement data)			
Temperature reference cond.	Tref 25 °C	Irradiation reference	Gref 1000 W/m ²
Open circuit voltage	Voc 36.6 V	Short circuit current	Isc 7.45 A
Maximum power point voltage	Vmpp 29.0 V	Max. power point current	Impp 6.90 A
=> maximum power	Pmpp 200.1 W	Isc temperature coefficient	mu ISC 2.2 mA/°C
One-diode model parameters			
Shunt resistance	Rsh 250 ohm	Saturation current at 20°C	Io 167 nA
Series resistance	Rs 0.25 ohm	Voc temp. coefficient	muVoc -123 mV/°C
		Diode quality factor	Gamma 1.35
Reverse bias parameters, for use in behaviour of PV arrays under partial shadings or mismatch			
Reverse characteristics (darkness)	Brev 3.20 mA/V ²	(quadratic factor, per cell)	
Number of by-pass diodes per module	3	By-pass diode reverse voltage	Vrev -0.7 V
Model results for standard conditions (STC: T=25°C, G=1000 W/m², AM=1.5)			
Maximum power point voltage	Vmpp 29.3 V	Maximum power point current	Impp 6.84 A
Maximum power	Pmpp 200.3 Wc	Power temper. coefficient	muPmpp -0.45 %/°C
Efficiency (/ module area)	Eff_mod 13.2 %	Fill factor	FF 0.734
Efficiency (/ cells area)	Eff_cells N/A %		
PV module : Solon AG P200 / 6 Manufacturer			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Οι μετατροπείς DC-AC που χρησιμοποιήθηκαν στις προσομοιώσεις, φαίνονται παρακάτω:

COMPANY	Ισχύς AC Inverter
ACE	4x20kW
	3x25kW
	2x40kW
Ballard	3x30kW
	1x75kW
BP SOLAR	6x15kW
	5x15kW
	5x18kW
	4x18kW
Conergy	2x36kW
	2x54kW
	1x72kW
	1x90kW
Dip Co	3X25kW
	4X25kW
	1x100kW
Elettronica Santerno	5x20kW
	4x20kW
	3x25kW
	2x41kW
	2x48kW
Exendis	1x100kW
	2x40kW
Fronius	2x40kW
	3x32kW
Inver tomatic	1x80kW
	1x100kW
Leonics	2x37kW
	1x84kW
Satcon	3x30kW
	1x75kW
	1x100kW
Siel	3x24kW
	2x40kW
	1x100kW
Siemens	3x26kW
	3x34kW
	1x70kW
	1x100kW
SMA	1x90kW
	1x100kW

COMPANY	Ισχύς AC Inverter
Solar Konzept	3x26kW
	2x40kW
	1x100kW
Sputnik	3x25kW
	2x35kW
	1x100kW
Sun Power	2x35kW
	1x90kW
Sun technics	2x36kW
	1x100kW
Xantrex	3x30kW
	1x100kW

Ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους

PVSYST V4.1			13/09/07 10h37														
Characteristics of a grid inverter																	
Manufacturer, Model : ACE, ACE 2001 Availability : Produced from 1996 Data source : Photon Mag. 2002 File : ACE_2001.OND of 01/07/06 12h00																	
Input characteristics (PV array side)																	
Operating mode		MPPT															
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power														
Maximum operation voltage	Vmax	420 V	Maximum PV power														
Maximum PV array voltage	Vmax array	580 V	Maximum PV current														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold														
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation		Behaviour at PNom														
			Limitation														
Output characteristics (AC voltage side)																	
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power														
Grid frequency	Freq	50 Hz	Pnom AC														
	Triphased		20 kWac														
Efficiency	Max Eff.	95.5 %	Maximum AC output power														
European average efficiency	Euro Eff.	93.2 %	Pmax AC														
			20 kWac														
			Nominal AC output current														
			Inom AC														
			17 A														
			Maximum AC output current														
			Imax AC														
			33 A														
Remarks and Technical Features																	
Technology: Without transfo, Thyristors		Sizes: Width 600 mm															
Protection: IP 55		Height 1800 mm															
Control:		Depth 500 mm															
		Weight 200.00 kg															
Efficiency profile vs Input power																	
<table border="1"> <caption>Data points for Efficiency profile vs Input power</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>12</td><td>95.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>95.5</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	85	2	88	5	92	12	95.5	20	95.5
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																
0	0																
1	85																
2	88																
5	92																
12	95.5																
20	95.5																

PVSYST V4.1			13/09/07 10h36																					
Characteristics of a grid inverter																								
Manufacturer, Model : ACE, ACE 2501 Availability : Produced from 1996 Data source : Photon Mag. 2002 File : ACE_2501.OND of 01/07/06 12h00																								
Input characteristics (PV array side)																								
Operating mode		MPPT																						
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 25 kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	420 V	Maximum PV power	Pmax DC 28 kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	580 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 50 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																				
		Limitation																						
Output characteristics (AC voltage side)																								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 25 kWac																				
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 25 kWac																				
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 23 A																				
Efficiency	Max Eff.	95.8 %	Maximum AC output current	Imax AC 45 A																				
European average efficiency	Euro Eff.	93.6 %																						
Remarks and Technical Features																								
Technology: Without transfo, Thyristors			Sizes: Width 800 mm																					
Protection: IP 55			Height 1800 mm																					
Control:			Depth 500 mm																					
			Weight 270.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																								
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>3</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>93</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>15</td><td>95.8</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	70	2	85	3	90	5	93	10	95	15	95.8	20	95	25	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																							
0	0																							
1	70																							
2	85																							
3	90																							
5	93																							
10	95																							
15	95.8																							
20	95																							
25	95																							

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1				13/09/07 10h34																								
Characteristics of a grid inverter																												
Manufacturer, Model : ACE, ACE 4001																												
Availability : Produced from 1996																												
Data source : Photon Mag. 2002																												
File : ACE_4001.OND of 01/07/06 12h00																												
Input characteristics (PV array side)																												
Operating mode		MPPT																										
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 40 kW																								
Maximum operation voltage	Vmax	420 V	Maximum PV power	Pmax DC 45 kW																								
Maximum PV array voltage	Vmax array	580 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																								
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 50 W																								
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																									
			Limitation																									
Output characteristics (AC voltage side)																												
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 40 kWac																								
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 40 kWac																								
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 35 A																								
Efficiency	Max Eff.	96.5 %	Maximum AC output current	Imax AC 65 A																								
European average efficiency	Euro Eff.	94.0 %																										
Remarks and Technical Features																												
Technology: Without transfo, Thyristors			Sizes: Width 600 mm																									
Protection: IP 55			Height 2000 mm																									
Control:			Depth 600 mm																									
			Weight 300.00 kg																									
Efficiency profile vs Input power																												
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>3</td><td>88</td></tr> <tr><td>4</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>96</td></tr> <tr><td>25</td><td>96.5</td></tr> <tr><td>30</td><td>96.5</td></tr> <tr><td>40</td><td>96.5</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	70	2	85	3	88	4	90	5	92	10	95	20	96	25	96.5	30	96.5	40	96.5
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																											
0	0																											
1	70																											
2	85																											
3	88																											
4	90																											
5	92																											
10	95																											
20	96																											
25	96.5																											
30	96.5																											
40	96.5																											

PVSYST V4.1			13/09/07 10h40																			
Characteristics of a grid inverter																						
Manufacturer, Model : Ballard, EPC-PV 480-30kW Availability : Produced from 2005 Data source : Photon Mag 2006 File : Ballard_EPC_PV480_30.OND of 01/07/06 12h00																						
Input characteristics (PV array side)																						
Operating mode		MPPT																				
Minimum operation voltage	Vmin	240 V	Nominal PV power	Pnom DC 32 kW																		
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 25 W																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																		
		Limitation																				
Output characteristics (AC voltage side)																						
Grid voltage	Unom	480 V	Nominal AC output power	Pnom AC 30 kWac																		
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 30 kWac																		
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 24 A																		
Efficiency	Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC N/A A																		
European average efficiency	Euro Eff.	95.5 %																				
Remarks and Technical Features																						
Technology: Protection: NEMA 3R Control:			Sizes: Width 1067 mm Height 1041 mm Depth 406 mm Weight 365.00 kg																			
Efficiency profile vs Input power																						
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>70</td></tr> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>3</td><td>92</td></tr> <tr><td>5</td><td>94</td></tr> <tr><td>10</td><td>96</td></tr> <tr><td>18</td><td>97</td></tr> <tr><td>30</td><td>97</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	70	1	85	2	90	3	92	5	94	10	96	18	97	30	97
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																					
0	70																					
1	85																					
2	90																					
3	92																					
5	94																					
10	96																					
18	97																					
30	97																					

PVSYST V4.1			13/09/07 10h45																	
Characteristics of a grid inverter																				
Manufacturer, Model : Ballard, EPC-PV 480-75kW Availability : Produced from 2005 Data source : Photon Mag 2006 File : Ballard_EPC_PV480_75.OND of 01/07/06 12h00																				
Input characteristics (PV array side)																				
Operating mode		MPPT																		
Minimum operation voltage	Vmin	250 V	Nominal PV power	Pnom DC 80 kW																
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 25 W																
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																
		Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																				
Grid voltage	Unom	480 V	Nominal AC output power	Pnom AC 75 kWac																
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 75 kWac																
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 54 A																
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC N/A A																
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %																		
Remarks and Technical Features																				
Technology:			Sizes: Width 1980 mm																	
Protection: NEMA 3R			Height 1905 mm																	
Control:			Depth 635 mm																	
			Weight 953.00 kg																	
Efficiency profile vs Input power																				
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>65</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>93</td></tr> <tr><td>45</td><td>95</td></tr> <tr><td>75</td><td>94</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	65	5	85	10	90	20	93	45	95	75	94
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																			
0	0																			
2	65																			
5	85																			
10	90																			
20	93																			
45	95																			
75	94																			

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 10h54																								
Characteristics of a grid inverter																											
Manufacturer, Model : BP Solar / Trace, BP-15																											
Data source : Manufacturer																											
File : Trace_BP15.OND of 01/07/06 12h00																											
Input characteristics (PV array side)																											
Operating mode MPPT																											
Minimum operation voltage	Vmin	216 V	Nominal PV power Pnom DC N/A kW																								
Maximum operation voltage	Vmax	300 V	Maximum PV power Pmax DC N/A kW																								
Maximum PV array voltage	Vmax array	300 V	Maximum PV current Imax DC N/A A																								
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold Pthresh. 50 W																								
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation		Behaviour at PNom Limitation																								
Output characteristics (AC voltage side)																											
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power Pnom AC 15 kWac																								
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power Pmax AC 15 kWac																								
		Triphased	Nominal AC output current Inom AC N/A A																								
Efficiency	Max Eff.	95.6 %	Maximum AC output current Imax AC N/A A																								
European average efficiency	Euro Eff.	94.7 %																									
Remarks and Technical Features																											
Technology:			Sizes: Width 610 mm																								
Protection:			Height 250 mm																								
Control:			Depth 610 mm																								
			Weight 75.00 kg																								
Efficiency profile vs Input power																											
<p>The graph plots Efficiency (%) on the y-axis (0 to 120) against P In (DC) [kW] on the x-axis (0 to 16). The curve shows a rapid increase in efficiency from 0% at 0 kW to about 90% at 1 kW, followed by a gradual rise to a peak of 95.6% at approximately 4 kW, and then remains constant at that level up to 16 kW.</p> <table border="1"> <caption>Estimated data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>75</td></tr> <tr><td>1</td><td>90</td></tr> <tr><td>2</td><td>94</td></tr> <tr><td>4</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>6</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>8</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>10</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>12</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>14</td><td>95.6</td></tr> <tr><td>16</td><td>95.6</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	75	1	90	2	94	4	95.6	6	95.6	8	95.6	10	95.6	12	95.6	14	95.6	16	95.6
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																										
0	0																										
0.5	75																										
1	90																										
2	94																										
4	95.6																										
6	95.6																										
8	95.6																										
10	95.6																										
12	95.6																										
14	95.6																										
16	95.6																										

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1 13/09/07 10h58

Characteristics of a grid inverter

Manufacturer, Model : **BP Solar / Trace, BP-18**
 Data source : Manufacturer
 File : Trace_BP18.OND of 01/07/06 12h00

Input characteristics (PV array side)

Operating mode	MPPT		Nominal PV power	P _{nom DC}	N/A kW
Minimum operation voltage	V_{min}	216 V	Maximum PV power	P _{max DC}	N/A kW
Maximum operation voltage	V_{max}	300 V	Maximum PV current	I _{max DC}	N/A A
Maximum PV array voltage	V _{max array}	300 V	Input Power Threshold	P _{thresh.}	50 W
Minimum voltage for P _{nom}	V _{min PNom}	N/A V	Behaviour at V _{min} and V _{max}	Limitation	
Behaviour at P _{Nom}	Limitation		Behaviour at P _{Nom}	Limitation	

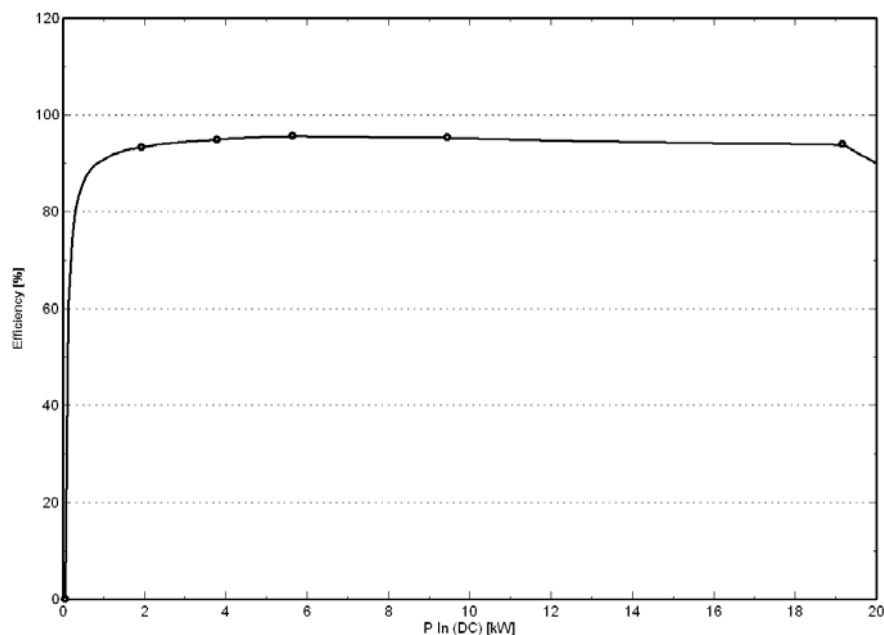
Output characteristics (AC voltage side)

Grid voltage	U _{nom}	400 V	Nominal AC output power	P_{nom AC}	18 kWac
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	P _{max AC}	18 kWac
	Triphased		Nominal AC output current	I _{nom AC}	N/A A
Efficiency	Max Eff.	95.6 %	Maximum AC output current	I _{max AC}	N/A A
European average efficiency	Euro Eff.	94.7 %			

Remarks and Technical Features

Technology:	Sizes: Width	610 mm
Protection:	Height	250 mm
Control:	Depth	610 mm
	Weight	90.00 kg

Efficiency profile vs Input power



PVSYST V4.1			13/09/07 11h07		
Characteristics of a grid inverter					
Manufacturer, Model : Conergy, IPG 40K					
Availability : Produced from 2004					
Data source : Photon Mag 2005					
File : Conergy_IPG40K.OND of 01/07/06 12h00					
Input characteristics (PV array side)					
Operating mode MPPT					
Minimum operation voltage		Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 40 kW
Maximum operation voltage		Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 40 kW
Maximum PV array voltage		Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A
Minimum voltage for Pnom		Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 43 W
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom Limitation	
Output characteristics (AC voltage side)					
Grid voltage		Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 36 kWac
Grid frequency		Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 36 kWac
		Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 30 A
Efficiency		Max Eff.	95.4 %	Maximum AC output current	Imax AC 52 A
European average efficiency		Euro Eff.	94.8 %		
Remarks and Technical Features					
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 610 mm		
Protection: IP20			Height 1800 mm		
Control: LED			Depth 800 mm		
			Weight 480.00 kg		
Efficiency profile vs Input power					

PVSYST V4.1			13/09/07 11h11																			
Characteristics of a grid inverter																						
Manufacturer, Model : Conergy, IPG 60K																						
Availability : Produced from 2004																						
Data source : Photon Mag 2005																						
File : Conergy_IPG60K.OND of 01/07/06 12h00																						
Input characteristics (PV array side)																						
Operating mode		MPPT																				
Minimum operation voltage	Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 60 kW																		
Maximum operation voltage	Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 60 kW																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 43 W																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																		
Limitation																						
Output characteristics (AC voltage side)																						
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 54 kWac																		
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 54 kWac																		
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 45 A																		
Efficiency	Max Eff.	95.4 %	Maximum AC output current	Imax AC 78 A																		
European average efficiency	Euro Eff.	94.8 %																				
Remarks and Technical Features																						
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 610 mm																			
Protection: IP20			Height 1800 mm																			
Control: LED			Depth 800 mm																			
Weight 520.00 kg																						
Efficiency profile vs Input power																						
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95.4</td></tr> <tr><td>15</td><td>95.4</td></tr> <tr><td>30</td><td>95.4</td></tr> <tr><td>50</td><td>95.4</td></tr> <tr><td>60</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	85	5	92	10	95.4	15	95.4	30	95.4	50	95.4	60	90
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																					
0	0																					
2	85																					
5	92																					
10	95.4																					
15	95.4																					
30	95.4																					
50	95.4																					
60	90																					

PVSYST V4.1			13/09/07 11h16																													
Characteristics of a grid inverter																																
Manufacturer, Model : Conergy, IPG 80K																																
Availability : Produced from 2004																																
Data source : Photon Mag 2005																																
File : Conergy_IPG80K.OND of 01/07/06 12h00																																
Input characteristics (PV array side)																																
Operating mode		MPPT																														
Minimum operation voltage	Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 80 kW																												
Maximum operation voltage	Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 80 kW																												
Maximum PV array voltage	Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																												
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 49 W																												
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																												
Limitation																																
Output characteristics (AC voltage side)																																
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 72 kWac																												
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 72 kWac																												
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 60 A																												
Efficiency	Max Eff.	95.3 %	Maximum AC output current	Imax AC 104 A																												
European average efficiency	Euro Eff.	94.7 %																														
Remarks and Technical Features																																
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 1210 mm																													
Protection: IP20			Height 1800 mm																													
Control: LED			Depth 800 mm																													
Weight 900.00 kg																																
Efficiency profile vs Input power																																
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>94</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> <tr><td>40</td><td>95</td></tr> <tr><td>50</td><td>95</td></tr> <tr><td>60</td><td>95</td></tr> <tr><td>70</td><td>95</td></tr> <tr><td>75</td><td>95</td></tr> <tr><td>80</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	85	5	90	10	94	15	95	20	95	30	95	40	95	50	95	60	95	70	95	75	95	80	90
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																															
0	0																															
2	85																															
5	90																															
10	94																															
15	95																															
20	95																															
30	95																															
40	95																															
50	95																															
60	95																															
70	95																															
75	95																															
80	90																															

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1				13/09/07 11h17
Characteristics of a grid inverter				
Manufacturer, Model : Conergy, IPG 100K Availability : Produced from 2004 Data source : Photon Mag 2005 File : Conergy_IPG100K.OND of 01/07/06 12h00				
Input characteristics (PV array side)				
Operating mode		MPPT		
Minimum operation voltage	Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 100 kW
Maximum operation voltage	Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 100 kW
Maximum PV array voltage	Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 49 W
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom
		Limitation		
Output characteristics (AC voltage side)				
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 90 kWac
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 90 kWac
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 75 A
Efficiency	Max Eff.	95.3 %	Maximum AC output current	Imax AC 130 A
European average efficiency	Euro Eff.	94.7 %		
Remarks and Technical Features				
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 1210 mm	
Protection: IP20			Height 1800 mm	
Control: LED			Depth 800 mm	
			Weight 990.00 kg	
Efficiency profile vs Input power				

PVSYST V4.1			13/09/07 11h25																					
Characteristics of a grid inverter																								
Manufacturer, Model : DipCo, Dip Con Solar 25 Availability : Produced from 2006 Data source : Photon Mag 2006 File : DipConSolar25.OND of 01/07/06 12h00																								
Input characteristics (PV array side)																								
Operating mode		MPPT																						
Minimum operation voltage	Vmin	680 V	Nominal PV power	Pnom DC 26 kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	820 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	1400 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 50 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																				
Limitation																								
Output characteristics (AC voltage side)																								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 25 kWac																				
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 25 kWac																				
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 21 A																				
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC N/A A																				
European average efficiency	Euro Eff.	93.0 %																						
Remarks and Technical Features																								
Technology:			Sizes: Width 1800 mm																					
Protection: IP 54			Height 800 mm																					
Control:			Depth 500 mm																					
Weight 280.00 kg																								
Efficiency profile vs Input power																								
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>45</td></tr> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>15</td><td>96</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>94</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	45	1	75	2	85	5	92	10	95	15	96	20	95	25	94
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																							
0	0																							
0.5	45																							
1	75																							
2	85																							
5	92																							
10	95																							
15	96																							
20	95																							
25	94																							

PVSYST V4.1					13/09/07 11h29																
Characteristics of a grid inverter																					
Manufacturer, Model :		DipCo, Dip Con Solar 100																			
Availability :		Produced from 2006																			
Data source :		Photon Mag 2006																			
File :		DipConSolar100.OND of 01/07/06 12h00																			
Input characteristics (PV array side)																					
Operating mode		MPPT																			
Minimum operation voltage	Vmin	680 V	Nominal PV power	Pnom DC	104 kW																
Maximum operation voltage	Vmax	820 V	Maximum PV power	Pmax DC	N/A kW																
Maximum PV array voltage	Vmax array	1400 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	50 W																
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																	
				Limitation																	
Output characteristics (AC voltage side)																					
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac																
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac																
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC	84 A																
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A																
European average efficiency	Euro Eff.	93.0 %																			
Remarks and Technical Features																					
Technology:			Sizes: Width 1800 mm																		
Protection: IP 54			Height 800 mm																		
Control:			Depth 500 mm																		
			Weight 400.00 kg																		
Efficiency profile vs Input power																					
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>40</td></tr> <tr><td>5</td><td>75</td></tr> <tr><td>10</td><td>80</td></tr> <tr><td>25</td><td>90</td></tr> <tr><td>60</td><td>96</td></tr> <tr><td>100</td><td>93</td></tr> </tbody> </table>						P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	40	5	75	10	80	25	90	60	96	100	93
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																				
0	0																				
2	40																				
5	75																				
10	80																				
25	90																				
60	96																				
100	93																				

PVSYST V4.1			13/09/07 11h36																
Characteristics of a grid inverter																			
Manufacturer, Model : Eletronica Santerno, Sunway 600V TG 26																			
Availability : Produced from 2005																			
Data source : Manufacturer																			
File : Santerno_Sunway600V_TG_26.OND of 01/07/06 12h00																			
Input characteristics (PV array side)																			
Operating mode		MPPT																	
Minimum operation voltage	Vmin	325 V	Nominal PV power																
Maximum operation voltage	Vmax	630 V	Maximum PV power																
Maximum PV array voltage	Vmax array	880 V	Maximum PV current																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																
			Pthresh.																
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation	Behaviour at PNom	Limitation																
Output characteristics (AC voltage side)																			
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																
			20 kWac																
			Maximum AC output power																
			Pmax AC																
			22 kWac																
			Nominal AC output current																
			Inom AC																
			17 A																
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current																
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %	Imax AC																
			N/A A																
Remarks and Technical Features																			
Technology: Transfo BF, IGBT		Sizes: Width 800 mm																	
Protection: IP 43, IP 54		Height 1800 mm																	
Control: LCD 4x16 char, illum.		Depth 600 mm																	
Also available with Stand-alone for Grid-failure protection		Weight 240.00 kg																	
Efficiency profile vs Input power																			
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>65</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>93</td></tr> <tr><td>12</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	65	1	80	2	88	5	93	12	95	20	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																		
0	0																		
0.5	65																		
1	80																		
2	88																		
5	93																		
12	95																		
20	95																		

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1		13/09/07 11h40																					
Characteristics of a grid inverter																							
Manufacturer, Model :		Eletronica Santerno, Sunway 600V TG 33																					
Availability :		Produced from 2005																					
Data source :		Manufacturer																					
File :		Santerno_Sunway600V_TG_33.OND of 01/07/06 12h00																					
Input characteristics (PV array side)																							
Operating mode		MPPT																					
Minimum operation voltage	Vmin	325 V	Nominal PV power																				
Maximum operation voltage	Vmax	630 V	Maximum PV power																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	880 V	Maximum PV current																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																				
			Limitation																				
Output characteristics (AC voltage side)																							
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																				
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																				
		Triphased	25 kWac																				
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																				
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %	Pmax AC																				
			28 kWac																				
			Nominal AC output current																				
			Inom AC																				
			21 A																				
			Maximum AC output current																				
			Imax AC																				
			N/A A																				
Remarks and Technical Features																							
Technology: Transfo BF, IGBT		Sizes: Width 800 mm																					
Protection: IP 43, IP 54		Height 1800 mm																					
Control: LCD 4x16 char, illum.		Depth 600 mm																					
Also available with Stand-alone for Grid-failure protection		Weight 250.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																							
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>70</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>93</td></tr> <tr><td>10</td><td>94</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	70	1	80	2	88	5	93	10	94	15	95	20	95	25	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																						
0	0																						
0.5	70																						
1	80																						
2	88																						
5	93																						
10	94																						
15	95																						
20	95																						
25	95																						

PVSYST V4.1		13/09/07 11h43																			
Characteristics of a grid inverter																					
Manufacturer, Model :		Eletronica Santerno, Sunway 600V TG 53																			
Availability :		Produced from 2005																			
Data source :		Manufacturer																			
File :		Santerno_Sunway600V_TG_53.OND of 01/07/06 12h00																			
Input characteristics (PV array side)																					
Operating mode		MPPT																			
Minimum operation voltage	Vmin	325 V	Nominal PV power																		
Maximum operation voltage	Vmax	630 V	Maximum PV power																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	880 V	Maximum PV current																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																		
			Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																					
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																		
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																		
		Triphased	41 kWac																		
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																		
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %	Pmax AC																		
			45 kWac																		
			Nominal AC output current																		
			Imax AC																		
			34 A																		
			Maximum AC output current																		
			Imax AC																		
			N/A A																		
Remarks and Technical Features																					
Technology: Transfo BF, IGBT		Sizes: Width 1000 mm																			
Protection: IP 43, IP 54		Height 2000 mm																			
Control: LCD 4x16 char, illum.		Depth 600 mm																			
Also available with Stand-alone for Grid-failure protection		Weight 350.00 kg																			
Efficiency profile vs Input power																					
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P in (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>93</td></tr> <tr><td>20</td><td>94</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> <tr><td>40</td><td>94</td></tr> <tr><td>50</td><td>80</td></tr> </tbody> </table>				P in (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	85	5	90	10	93	20	94	30	95	40	94	50	80
P in (DC) [kW]	Efficiency (%)																				
0	0																				
2	85																				
5	90																				
10	93																				
20	94																				
30	95																				
40	94																				
50	80																				

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 11h47																																				
Characteristics of a grid inverter																																							
Manufacturer, Model : Eletronica Santerno, Sunway 800V TG 63 Availability : Produced from 2005 Data source : Manufacturer File : Santerno_Sunway800V_TG_63.OND of 01/07/06 12h00																																							
Input characteristics (PV array side)																																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Operating mode</td> <td colspan="3" style="text-align: right;">MPPT</td> </tr> <tr> <td>Minimum operation voltage</td> <td>Vmin</td> <td>430 V</td> <td>Nominal PV power</td> <td>Pnom DC 63 kW</td> </tr> <tr> <td>Maximum operation voltage</td> <td>Vmax</td> <td>800 V</td> <td>Maximum PV power</td> <td>Pmax DC N/A kW</td> </tr> <tr> <td>Maximum PV array voltage</td> <td>Vmax array</td> <td>880 V</td> <td>Maximum PV current</td> <td>Imax DC N/A A</td> </tr> <tr> <td>Minimum voltage for Pnom</td> <td>Vmin PNom</td> <td>N/A V</td> <td>Input Power Threshold</td> <td>Pthresh. 40 W</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Behaviour at Vmin and Vmax</td> <td>Limitation</td> <td colspan="2">Behaviour at PNom</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="2">Limitation</td> </tr> </table>					Operating mode		MPPT			Minimum operation voltage	Vmin	430 V	Nominal PV power	Pnom DC 63 kW	Maximum operation voltage	Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW	Maximum PV array voltage	Vmax array	880 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A	Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 40 W	Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom					Limitation	
Operating mode		MPPT																																					
Minimum operation voltage	Vmin	430 V	Nominal PV power	Pnom DC 63 kW																																			
Maximum operation voltage	Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																																			
Maximum PV array voltage	Vmax array	880 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																																			
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 40 W																																			
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																																				
			Limitation																																				
Output characteristics (AC voltage side)																																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Grid voltage</td> <td>Unom</td> <td>400 V</td> <td>Nominal AC output power</td> <td>Pnom AC</td> <td>48 kWac</td> </tr> <tr> <td>Grid frequency</td> <td>Freq</td> <td>50/60 Hz</td> <td>Maximum AC output power</td> <td>Pmax AC</td> <td>53 kWac</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Triphased</td> <td>Nominal AC output current</td> <td>Inom AC</td> <td>40 A</td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> <td>Max Eff.</td> <td>95.0 %</td> <td>Maximum AC output current</td> <td>Imax AC</td> <td>N/A A</td> </tr> <tr> <td>European average efficiency</td> <td>Euro Eff.</td> <td>93.5 %</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>					Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	48 kWac	Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	53 kWac			Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	40 A	Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A	European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	48 kWac																																		
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	53 kWac																																		
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	40 A																																		
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A																																		
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %																																					
Remarks and Technical Features																																							
Technology: Transfo BF, IGBT Protection: IP 43, IP 54 Control: LCD 4x16 char, illum. Also available with Stand-alone for Grid-failure protection			Sizes: Width 1000 mm Height 2000 mm Depth 600 mm Weight 360.00 kg																																				
Efficiency profile vs Input power																																							
<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>65</td></tr> <tr><td>2</td><td>75</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>93</td></tr> <tr><td>30</td><td>94</td></tr> <tr><td>40</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>50</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	65	2	75	5	85	10	90	20	93	30	94	40	94.5	50	95																	
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																																						
0	65																																						
2	75																																						
5	85																																						
10	90																																						
20	93																																						
30	94																																						
40	94.5																																						
50	95																																						

PVSYST V4.1		13/09/07 11h53																	
Characteristics of a grid inverter																			
Manufacturer, Model : Exendis, Gridfit 100 kW Availability : from 2002 to 2004 Data source : Photon Mag.2002 File : Exendis_GridFit100K.OND of 01/07/06 12h00																			
Input characteristics (PV array side)																			
Operating mode		MPPT																	
Minimum operation voltage	Vmin	460 V	Nominal PV power																
Maximum operation voltage	Vmax	720 V	Maximum PV power																
Maximum PV array voltage	Vmax array	800 V	Maximum PV current																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation																	
		Behaviour at PNom																	
		Limitation																	
Output characteristics (AC voltage side)																			
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																
Grid frequency	Freq	50 Hz	Pnom AC																
		Triphased	100 kWac																
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																
European average efficiency	Euro Eff.	91.5 %	Pmax AC																
			100 kWac																
			Nominal AC output current																
			Inom AC																
			N/A A																
			Maximum AC output current																
			Imax AC																
			N/A A																
Remarks and Technical Features																			
Technology: LF Transfo, IGBT		Sizes: Width 800 mm																	
Protection: IP 31, opt. higher		Height 1600 mm																	
Control:		Depth 2000 mm																	
		Weight 0.00 kg																	
Efficiency profile vs Input power																			
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>40</td></tr> <tr><td>5</td><td>55</td></tr> <tr><td>10</td><td>78</td></tr> <tr><td>25</td><td>90</td></tr> <tr><td>60</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>93</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	40	5	55	10	78	25	90	60	95	100	93
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																		
0	0																		
2	40																		
5	55																		
10	78																		
25	90																		
60	95																		
100	93																		

PVSYST V4.1			13/09/07 11h55																									
Characteristics of a grid inverter																												
Manufacturer, Model : Exendis, Gridfit 40 kW Availability : from 2002 to 2004 Data source : Photon Mag.2002 File : Exendis_GridFit40K.OND of 01/07/06 12h00																												
Input characteristics (PV array side)																												
Operating mode		MPPT																										
Minimum operation voltage	Vmin	460 V	Nominal PV power	Pnom DC 40 kW																								
Maximum operation voltage	Vmax	720 V	Maximum PV power	Pmax DC 50 kW																								
Maximum PV array voltage	Vmax array	800 V	Maximum PV current	I _{max} DC N/A A																								
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 300 W																								
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																								
Limitation																												
Output characteristics (AC voltage side)																												
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 40 kWac																								
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 40 kWac																								
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC N/A A																								
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	I _{max} AC N/A A																								
European average efficiency	Euro Eff.	91.5 %																										
Remarks and Technical Features																												
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 800 mm																									
Protection: IP 31, opt. higher			Height 1200 mm																									
Control:			Depth 2000 mm																									
			Weight 0.00 kg																									
Efficiency profile vs Input power																												
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>40</td></tr> <tr><td>2</td><td>55</td></tr> <tr><td>3</td><td>70</td></tr> <tr><td>4</td><td>78</td></tr> <tr><td>5</td><td>82</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>94</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>94</td></tr> <tr><td>40</td><td>93</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	40	2	55	3	70	4	78	5	82	10	90	20	94	25	95	30	94	40	93
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																											
0	0																											
1	40																											
2	55																											
3	70																											
4	78																											
5	82																											
10	90																											
20	94																											
25	95																											
30	94																											
40	93																											

PVSYST V4.1			13/09/07 12h00														
Characteristics of a grid inverter																	
Manufacturer, Model : Fronius, IG 500 Availability : Produced from 2005 Data source : Photon Mag. 2006 File : Fronius_IG500.OND of 01/07/06 12h00																	
Input characteristics (PV array side)																	
Operating mode		MPPT															
Minimum operation voltage	Vmin	210 V	Nominal PV power														
Maximum operation voltage	Vmax	420 V	Maximum PV power														
Maximum PV array voltage	Vmax array	530 V	Maximum PV current														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold														
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation															
		Behaviour at PNom															
		Limitation															
Output characteristics (AC voltage side)																	
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power														
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC														
		Triphased	40 kWac														
Efficiency	Max Eff.	94.3 %	Maximum AC output power														
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %	Pmax AC														
			Maximum AC output current														
			Inom AC														
			Maximum AC output current														
			Imax AC														
			58 A														
Remarks and Technical Features																	
Technology: HF Transfo, IGBT/FET		Sizes: Width 606 mm															
Protection: IP20		Height 2556 mm															
Control: Graphic display, Illum.		Depth 605 mm															
		Weight 265.00 kg															
Efficiency profile vs Input power																	
<table border="1"> <caption>Data points for Efficiency profile vs Input power</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>93.5</td></tr> <tr><td>25</td><td>94.3</td></tr> <tr><td>40</td><td>94.3</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	80	5	90	10	93.5	25	94.3	40	94.3
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																
0	0																
1	80																
5	90																
10	93.5																
25	94.3																
40	94.3																

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 12h03
Characteristics of a grid inverter			
Manufacturer, Model : Fronius, IG 400			
Availability : Produced from 2005			
Data source : Photon Mag. 2006			
File : Fronius_IG400.OND of 01/07/06 12h00			
Input characteristics (PV array side)			
Operating mode		MPPT	
Minimum operation voltage	Vmin	210 V	Nominal PV power Pnom DC 34 kW
Maximum operation voltage	Vmax	420 V	Maximum PV power Pmax DC 43 kW
Maximum PV array voltage	Vmax array	530 V	Maximum PV current Imax DC N/A A
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold Pthresh. 73 W
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom
Output characteristics (AC voltage side)			
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power Pnom AC 32 kWac
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power Pmax AC 32 kWac
		Triphased	Nominal AC output current Inom AC 27 A
Efficiency	Max Eff.	94.3 %	Maximum AC output current Imax AC 46 A
European average efficiency	Euro Eff.	93.4 %	
Remarks and Technical Features			
Technology: HF Transfo, IGBT/FET		Sizes: Width 606 mm	
Protection: IP20		Height 2556 mm	
Control: Graphic display, Illum.		Depth 605 mm	
		Weight 245.00 kg	
Efficiency profile vs Input power			
<p>The graph plots Efficiency (%) on the y-axis (ranging from 0 to 120) against P In (DC) [kW] on the x-axis (ranging from 0 to 35). The efficiency curve starts at approximately 70% at 0 kW, rises steeply to about 90% at 1 kW, and then continues to rise more gradually, reaching a peak efficiency of approximately 94.3% between 10 kW and 30 kW. The efficiency remains relatively constant in this range before slightly declining towards 35 kW.</p>			

PVSYST V4.1						13/09/07 12h12																
Characteristics of a grid inverter																						
<p>Manufacturer, Model : Invertomatic, ECOPOWER 80</p> <p>Availability : from 1991 to 2000</p> <p>Data source : Manufacturer</p> <p>File : Invertomatic_ECOPOWER80.OND of 01/07/06 12h00</p>																						
Input characteristics (PV array side)																						
Operating mode		MPPT																				
Minimum operation voltage	Vmin	600 V	Nominal PV power	Pnom DC	N/A kW																	
Maximum operation voltage	Vmax	1200 V	Maximum PV power	Pmax DC	N/A kW																	
Maximum PV array voltage	Vmax array	1200 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A																	
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	700 W																	
Behaviour at Vmin and Vmax			Cut		Behaviour at PNom																	
					Limitation																	
Output characteristics (AC voltage side)																						
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	80 kWac																	
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	80 kWac																	
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC	N/A A																	
Efficiency	Max Eff.	95.5 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A																	
European average efficiency	Euro Eff.	94.5 %																				
Remarks and Technical Features																						
Technology:																						
Protection:																						
Control:																						
Efficiency profile vs Input power																						
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>60</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>94</td></tr> <tr><td>45</td><td>95</td></tr> <tr><td>80</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>							P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	60	5	85	10	90	20	94	45	95	80	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																					
0	0																					
2	60																					
5	85																					
10	90																					
20	94																					
45	95																					
80	95																					

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1					13/09/07 12h14																		
Characteristics of a grid inverter																							
Manufacturer, Model :		Invertomatic, ECOPOWER 100																					
Availability :		from 1991 to 2000																					
Data source :		Manufacturer																					
File :		Invertomatic_ECOPOWER100.OND of 01/07/06 12h00																					
Input characteristics (PV array side)																							
Operating mode		MPPT																					
Minimum operation voltage	Vmin	600 V	Nominal PV power	Pnom DC	N/A kW																		
Maximum operation voltage	Vmax	1200 V	Maximum PV power	Pmax DC	N/A kW																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	1200 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	700 W																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Cut		Behaviour at PNom																			
				Limitation																			
Output characteristics (AC voltage side)																							
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac																		
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac																		
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	0 A																		
Efficiency	Max Eff.	95.5 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A																		
European average efficiency	Euro Eff.	94.5 %																					
Remarks and Technical Features																							
Technology:			Sizes: Width 2000 mm																				
Protection:			Height 1950 mm																				
Control:			Depth 600 mm																				
			Weight 781.00 kg																				
Efficiency profile vs Input power																							
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>94</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> <tr><td>40</td><td>95</td></tr> <tr><td>60</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>						P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	85	10	90	20	94	30	95	40	95	60	95	100	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																						
0	0																						
5	85																						
10	90																						
20	94																						
30	95																						
40	95																						
60	95																						
100	95																						

PVSYST V4.1		13/09/07 12h19																			
Characteristics of a grid inverter																					
Manufacturer, Model :		Leonics, G-537																			
Availability :		Produced from 2005																			
Data source :		Photon Mag. 2006																			
File :		Leonics_G_537.OND of 01/07/06 12h00																			
Input characteristics (PV array side)																					
Operating mode		MPPT																			
Minimum operation voltage	Vmin	125 V	Nominal PV power																		
Maximum operation voltage	Vmax	480 V	Maximum PV power																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																		
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation	Behaviour at PNom	Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																					
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																		
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																		
		Triphased	37 kWac																		
Efficiency	Max Eff.	93.0 %	Maximum AC output power																		
European average efficiency	Euro Eff.	91.5 %	Pmax AC																		
			Nominal AC output current																		
			Inom AC																		
			Maximum AC output current																		
			Imax AC																		
			N/A A																		
			N/A A																		
Remarks and Technical Features																					
Technology: HF Transfo, IGBT																					
Protection:																					
Control: No display																					
Efficiency profile vs Input power																					
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2</td><td>80</td></tr> <tr><td>3</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>88</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>22</td><td>93</td></tr> <tr><td>37</td><td>92</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	70	2	80	3	85	5	88	10	90	22	93	37	92
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																				
0	0																				
1	70																				
2	80																				
3	85																				
5	88																				
10	90																				
22	93																				
37	92																				

PVSYST V4.1		13/09/07 12h21																			
Characteristics of a grid inverter																					
Manufacturer, Model : Leonics, GTP-535 Availability : Produced from 2005 Data source : Photon Mag. 2006 File : Leonics_GTP_535.OND of 01/07/06 12h00																					
Input characteristics (PV array side)																					
Operating mode		MPPT																			
Minimum operation voltage	Vmin	125 V	Nominal PV power																		
Maximum operation voltage	Vmax	480 V	Maximum PV power																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																		
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation	Behaviour at PNom	Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																					
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																		
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																		
		Triphased	84 kWac																		
Efficiency	Max Eff.	93.0 %	Maximum AC output power																		
European average efficiency	Euro Eff.	91.5 %	Pmax AC																		
			Nominal AC output current																		
			Inom AC																		
			Maximum AC output current																		
			Imax AC																		
			N/A A																		
			N/A A																		
Remarks and Technical Features																					
Technology: HF Transfo, IGBT																					
Protection:																					
Control: No display																					
Efficiency profile vs Input power																					
<table border="1"> <caption>Data points estimated from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>70</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>88</td></tr> <tr><td>20</td><td>91</td></tr> <tr><td>50</td><td>93</td></tr> <tr><td>80</td><td>92</td></tr> <tr><td>100</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	70	5	85	10	88	20	91	50	93	80	92	100	85
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																				
0	0																				
2	70																				
5	85																				
10	88																				
20	91																				
50	93																				
80	92																				
100	85																				

PVSYST V4.1			13/09/07 12h27																									
Characteristics of a grid inverter																												
Manufacturer, Model : Satcon, PowerGate AE-30-60-PV-E-S																												
Availability : Produced from 2005																												
Data source : Photon Mag. 2006																												
File : Satcom_AE30_60_PV_E_S.OND of 01/07/06 12h00																												
Input characteristics (PV array side)																												
Operating mode		MPPT																										
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 31 kW																								
Maximum operation voltage	Vmax	660 V	Maximum PV power	Pmax DC 34 kW																								
Maximum PV array voltage	Vmax array	660 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																								
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	330 V	Input Power Threshold	Pthresh. 750 W																								
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																									
			Limitation																									
Output characteristics (AC voltage side)																												
Grid voltage	Unom	140 V	Nominal AC output power	Pnom AC 30 kWac																								
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 33 kWac																								
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 72 A																								
Efficiency	Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 138 A																								
European average efficiency	Euro Eff.	95.5 %																										
Remarks and Technical Features																												
Technology: LF transfo, IGBT			Sizes: Width 147 mm																									
Protection: IP24, IP54			Height 965 mm																									
Control: LCD 4x20 char.			Depth 711 mm																									
			Weight 770.00 kg																									
Efficiency profile vs Input power																												
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>3</td><td>92</td></tr> <tr><td>4</td><td>93</td></tr> <tr><td>5</td><td>94</td></tr> <tr><td>10</td><td>96</td></tr> <tr><td>15</td><td>96.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>97</td></tr> <tr><td>25</td><td>97</td></tr> <tr><td>30</td><td>97</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	85	2	90	3	92	4	93	5	94	10	96	15	96.5	20	97	25	97	30	97
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																											
0	0																											
1	85																											
2	90																											
3	92																											
4	93																											
5	94																											
10	96																											
15	96.5																											
20	97																											
25	97																											
30	97																											

PVSYST V4.1			13/09/07 12h31																			
Characteristics of a grid inverter																						
Manufacturer, Model : Satcon, PowerGate AE-75-60-PV-D-S Availability : Produced from 2005 Data source : Photon Mag. 2006 File : Satcom_AE75_60_PV_D_S.OND of 01/07/06 12h00																						
Input characteristics (PV array side)																						
Operating mode		MPPT																				
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 78 kW																		
Maximum operation voltage	Vmax	660 V	Maximum PV power	Pmax DC 86 kW																		
Maximum PV array voltage	Vmax array	660 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	330 V	Input Power Threshold	Pthresh. 750 W																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																		
Limitation																						
Output characteristics (AC voltage side)																						
Grid voltage	Unom	208 V	Nominal AC output power	Pnom AC 75 kWac																		
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 83 kWac																		
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 120 A																		
Efficiency	Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 228 A																		
European average efficiency	Euro Eff.	96.0 %																				
Remarks and Technical Features																						
Technology: LF transfo, IGBT Protection: IP24, IP68 Control: LCD 4x20 char.			Sizes: Width 1880 mm Height 1270 mm Depth 762 mm Weight 1300.00 kg																			
Efficiency profile vs Input power																						
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>96</td></tr> <tr><td>45</td><td>97</td></tr> <tr><td>75</td><td>96</td></tr> <tr><td>80</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	85	5	92	10	95	20	96	45	97	75	96	80	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																					
0	0																					
2	85																					
5	92																					
10	95																					
20	96																					
45	97																					
75	96																					
80	95																					

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1					13/09/07 12h33
Characteristics of a grid inverter					
Manufacturer, Model : Satcon, PowerGate AE-100-60-PV-D-S					
Availability : Produced from 2005					
Data source : Photon Mag. 2006					
File : Satcom_AE100_60_PV_D_S.OND of 01/07/06 12h00					
Input characteristics (PV array side)					
Operating mode		MPPT			
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC	104 kW
Maximum operation voltage	Vmax	660 V	Maximum PV power	Pmax DC	114 kW
Maximum PV array voltage	Vmax array	660 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	330 V	Input Power Threshold	Pthresh.	850 W
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom Limitation	
Output characteristics (AC voltage side)					
Grid voltage	Unom	208 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	110 kWac
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC	159 A
Efficiency	Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	304 A
European average efficiency	Euro Eff.	94.5 %			
Remarks and Technical Features					
Technology: LF transfo, IGBT			Sizes: Width 1270 mm		
Protection: IP24, IP54			Height 1880 mm		
Control: LCD 4x20 char.			Depth 762 mm		
			Weigh1550.00 kg		
Efficiency profile vs Input power					

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 12h39																				
Characteristics of a grid inverter																							
Manufacturer, Model : Siel, Soleil 30 Data source : Photon Mag. 2006 File : Siel_Soleil30.OND of 01/07/06 12h00																							
Input characteristics (PV array side)																							
Operating mode		MPPT																					
Minimum operation voltage	Vmin	330 V	Nominal PV power Pnom DC 30 kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power Pmax DC 30 kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	700 V	Maximum PV current Imax DC N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	400 V	Input Power Threshold Pthresh. 600 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																				
			Limitation																				
Output characteristics (AC voltage side)																							
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power Pnom AC 24 kWac																				
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power Pmax AC 24 kWac																				
		Triphased	Nominal AC output current Inom AC 20 A																				
Efficiency	Max Eff.	94.3 %	Maximum AC output current Imax AC 43 A																				
European average efficiency	Euro Eff.	92.8 %																					
Remarks and Technical Features																							
Technology: LF Transfo, IGBT		Sizes: Width 550 mm																					
Protection: IP21		Height 1055 mm																					
Control: LCD display, 2x40 char		Depth 850 mm																					
		Weight 210.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																							
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>88</td></tr> <tr><td>3</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>93.5</td></tr> <tr><td>15</td><td>94.3</td></tr> <tr><td>20</td><td>94.3</td></tr> <tr><td>25</td><td>94.3</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency [%]	0	0	1	80	2	88	3	90	5	92	10	93.5	15	94.3	20	94.3	25	94.3
P In (DC) [kW]	Efficiency [%]																						
0	0																						
1	80																						
2	88																						
3	90																						
5	92																						
10	93.5																						
15	94.3																						
20	94.3																						
25	94.3																						

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 12h42														
Characteristics of a grid inverter																	
Manufacturer, Model :		Siel, Soleil 50															
Data source :		Photon Mag. 2006															
File :		Siel_Soleil50.OND of 01/07/06 12h00															
Input characteristics (PV array side)																	
Operating mode		MPPT															
Minimum operation voltage	Vmin	330 V	Nominal PV power														
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Pnom DC 50 kW														
Maximum PV array voltage	Vmax array	700 V	Maximum PV power														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	400 V	Pmax DC 50 kW														
			Maximum PV current														
			Imax DC N/A A														
			Input Power Threshold														
			Pthresh. 1200 W														
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation															
		Behaviour at PNom															
		Limitation															
Output characteristics (AC voltage side)																	
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power														
Grid frequency	Freq	50 Hz	Pnom AC 40 kWac														
		Triphased	Maximum AC output power														
			Pmax AC 40 kWac														
			Nominal AC output current														
			Inom AC 33 A														
Efficiency	Max Eff.	94.2 %	Maximum AC output current														
European average efficiency	Euro Eff.	92.8 %	Imax AC 72 A														
Remarks and Technical Features																	
Technology: LF Transfo, IGBT		Sizes: Width 550 mm															
Protection: IP21		Height 1055 mm															
Control: LCD display, 2x40 char		Depth 850 mm															
		Weight 240.00 kg															
Efficiency profile vs Input power																	
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>94.2</td> </tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	80	5	88	10	92	25	94	40	94.2
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																
0	0																
2	80																
5	88																
10	92																
25	94																
40	94.2																

PVSYST V4.1			13/09/07 12h44															
Characteristics of a grid inverter																		
Manufacturer, Model :		Siel, Soleil 125																
Data source :		Photon Mag. 2006																
File :		Siel_Soleil125.OND of 01/07/06 12h00																
Input characteristics (PV array side)																		
Operating mode		MPPT																
Minimum operation voltage	Vmin	330 V	Nominal PV power	Pnom DC 125 kW														
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC 125 kW														
Maximum PV array voltage	Vmax array	700 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	400 V	Input Power Threshold	Pthresh. 1500 W														
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom														
				Limitation														
Output characteristics (AC voltage side)																		
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 100 kWac														
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 100 kWac														
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 83 A														
Efficiency	Max Eff.	95.2 %	Maximum AC output current	Imax AC 180 A														
European average efficiency	Euro Eff.	93.7 %																
Remarks and Technical Features																		
Technology: LF Transfo, IGBT		Sizes: Width 1100 mm																
Protection: IP21		Height 1400 mm																
Control: LCD display, 2x40 char		Depth 800 mm																
		Weight 700.00 kg																
Efficiency profile vs Input power																		
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>80</td></tr> <tr><td>10</td><td>88</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> <tr><td>60</td><td>96</td></tr> <tr><td>100</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency [%]	0	0	5	80	10	88	25	95	60	96	100	95
P In (DC) [kW]	Efficiency [%]																	
0	0																	
5	80																	
10	88																	
25	95																	
60	96																	
100	95																	

PVSYST V4.1		13/09/07 12h50																					
Characteristics of a grid inverter																							
Manufacturer, Model :		Siemens, Sinvert Solar 30																					
Availability :		Produced from 1997																					
Data source :		Photon Mag. 2006																					
File :		Sinvert_30.OND of 01/07/06 12h00																					
Input characteristics (PV array side)																							
Operating mode		MPPT																					
Minimum operation voltage	Vmin	450 V	Nominal PV power																				
Maximum operation voltage	Vmax	750 V	Maximum PV power																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																				
Behaviour at Vmin and Vmax	Limitation	Behaviour at PNom	Limitation																				
		Pnom DC	27 kW																				
		Pmax DC	30 kW																				
		Imax DC	N/A A																				
		Pthresh.	300 W																				
Output characteristics (AC voltage side)																							
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																				
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																				
	Triphased		26 kWac																				
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																				
European average efficiency	Euro Eff.	92.7 %	Pmax AC																				
			Imom AC																				
			Imax AC																				
			21 A																				
			42 A																				
Remarks and Technical Features																							
Technology: Master/Slave capability		Sizes: Width 850 mm																					
Protection:		Height 1325 mm																					
Control: 2 x LED 7 segments		Depth 650 mm																					
		Weight 435.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																							
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>94</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>90</td></tr> <tr><td>35</td><td>75</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	80	5	92	10	94	15	95	20	95	25	95	30	90	35	75
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																						
0	0																						
1	80																						
5	92																						
10	94																						
15	95																						
20	95																						
25	95																						
30	90																						
35	75																						

PVSYST V4.1			13/09/07 12h52																						
Characteristics of a grid inverter																									
Manufacturer, Model : Siemens, Sinvert Solar 40 Availability : Produced from 1997 Data source : Photon Mag. 2006 File : Sinvert_40.OND of 01/07/06 12h00																									
Input characteristics (PV array side)																									
Operating mode		MPPT																							
Minimum operation voltage	Vmin	450 V	Nominal PV power																						
Maximum operation voltage	Vmax	750 V	Maximum PV power																						
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current																						
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																						
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation																							
		Behaviour at PNom																							
		Limitation																							
Output characteristics (AC voltage side)																									
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																						
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																						
		Triphased	34 kWac																						
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																						
European average efficiency	Euro Eff.	93.3 %	Pmax AC																						
			37 kWac																						
			Nominal AC output current																						
			Inom AC																						
			28 A																						
			Maximum AC output current																						
			Imax AC																						
			54 A																						
Remarks and Technical Features																									
Technology: Master/Slave capability		Sizes: Width 850 mm																							
Protection:		Height 1325 mm																							
Control: 2 x LED 7 segments		Depth 650 mm																							
		Weight 435.00 kg																							
Efficiency profile vs Input power																									
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>80</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>92</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> <tr><td>35</td><td>95</td></tr> <tr><td>40</td><td>85</td></tr> <tr><td>45</td><td>75</td></tr> <tr><td>50</td><td>70</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	2	80	5	85	10	92	20	95	30	95	35	95	40	85	45	75	50	70
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																								
0	0																								
2	80																								
5	85																								
10	92																								
20	95																								
30	95																								
35	95																								
40	85																								
45	75																								
50	70																								

PVSYST V4.1			13/09/07 12h54																	
Characteristics of a grid inverter																				
Manufacturer, Model : Siemens, Sinvert Solar 80																				
Availability : Produced from 1998																				
Data source : Photon Mag. 2006																				
File : Sinvert_80.OND of 01/07/06 12h00																				
Input characteristics (PV array side)																				
Operating mode		MPPT																		
Minimum operation voltage	Vmin	450 V	Nominal PV power	Pnom DC 73 kW																
Maximum operation voltage	Vmax	750 V	Maximum PV power	Pmax DC 80 kW																
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 800 W																
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																
		Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																				
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 70 kWac																
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 77 kWac																
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 58 A																
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 111 A																
European average efficiency	Euro Eff.	92.9 %																		
Remarks and Technical Features																				
Technology: Master/Slave capability			Sizes: Width 950 mm																	
Protection:			Height 1725 mm																	
Control: 2 x LED 7 segments			Depth 850 mm																	
			Weight 750.00 kg																	
Efficiency profile vs Input power																				
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>80</td></tr> <tr><td>20</td><td>92</td></tr> <tr><td>40</td><td>94</td></tr> <tr><td>60</td><td>95</td></tr> <tr><td>80</td><td>90</td></tr> <tr><td>100</td><td>70</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	80	20	92	40	94	60	95	80	90	100	70
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																			
0	0																			
5	80																			
20	92																			
40	94																			
60	95																			
80	90																			
100	70																			

PVSYST V4.1				13/09/07 12h57																				
Characteristics of a grid inverter																								
Manufacturer, Model :		Siemens, Sinvert Solar 100																						
Availability :		Produced from 1998																						
Data source :		Photon Mag. 2006																						
File :		Sinvert_100.OND of 01/07/06 12h00																						
Input characteristics (PV array side)																								
Operating mode		MPPT																						
Minimum operation voltage	Vmin	450 V	Nominal PV power	Pnom DC 105 kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	750 V	Maximum PV power	Pmax DC 111 kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 1000 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																					
			Limitation																					
Output characteristics (AC voltage side)																								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 100 kWac																				
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 105 kWac																				
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 84 A																				
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 153 A																				
European average efficiency	Euro Eff.	93.9 %																						
Remarks and Technical Features																								
Technology: Master/Slave capability			Sizes: Width 950 mm																					
Protection:			Height 1725 mm																					
Control: 2 x LED 7 segments			Depth 850 mm																					
			Weight 750.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																								
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>20</td><td>93</td></tr> <tr><td>40</td><td>95</td></tr> <tr><td>60</td><td>96</td></tr> <tr><td>80</td><td>96</td></tr> <tr><td>100</td><td>95</td></tr> <tr><td>120</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	85	10	90	20	93	40	95	60	96	80	96	100	95	120	85
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																							
0	0																							
5	85																							
10	90																							
20	93																							
40	95																							
60	96																							
80	96																							
100	95																							
120	85																							

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 13h02																										
Characteristics of a grid inverter																													
<p>Manufacturer, Model : SMA, Sunny Central 90 KVA</p> <p>Availability : Produced from 2002</p> <p>Data source : Photon Mag. 2006</p> <p>File : SMA_Central90.OND of 01/07/06 12h00</p>																													
Input characteristics (PV array side)																													
Operating mode		MPPT																											
Minimum operation voltage	Vmin	450 V	Nominal PV power																										
Maximum operation voltage	Vmax	820 V	Maximum PV power																										
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current																										
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold																										
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																										
			Limitation																										
Output characteristics (AC voltage side)																													
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power																										
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Pnom AC																										
		Triphased	90 kWac																										
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output power																										
European average efficiency	Euro Eff.	93.6 %	Pmax AC																										
			90 kWac																										
			Nominal AC output current																										
			Inom AC																										
			75 A																										
			Maximum AC output current																										
			Imax AC																										
			144 A																										
Remarks and Technical Features																													
Technology: LF Transfo, IGBT		Sizes: Width 1200 mm																											
Protection: IP 21		Height 2100 mm																											
Control: LCD 4-lines		Depth 800 mm																											
		Weigh1000.00 kg																											
Efficiency profile vs Input power																													
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>80</td></tr> <tr><td>10</td><td>88</td></tr> <tr><td>20</td><td>93</td></tr> <tr><td>30</td><td>94</td></tr> <tr><td>40</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>50</td><td>95</td></tr> <tr><td>60</td><td>95</td></tr> <tr><td>70</td><td>95</td></tr> <tr><td>80</td><td>95</td></tr> <tr><td>90</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	80	10	88	20	93	30	94	40	94.5	50	95	60	95	70	95	80	95	90	95	100	90
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																												
0	0																												
5	80																												
10	88																												
20	93																												
30	94																												
40	94.5																												
50	95																												
60	95																												
70	95																												
80	95																												
90	95																												
100	90																												

PVSYST V4.1				13/09/07 13h04																																			
Characteristics of a grid inverter																																							
Manufacturer, Model : SMA, Sunny Central 100KVA LV Availability : Produced from 2002 Data source : Photon Mag. 2006 File : SMA_Central100LV.OND of 01/07/06 12h00																																							
Input characteristics (PV array side)																																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="2">Operating mode</td> <td style="text-align: center;">MPPT</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Minimum operation voltage</td> <td>Vmin</td> <td>300 V</td> <td>Nominal PV power</td> <td>Pnom DC 106 kW</td> </tr> <tr> <td>Maximum operation voltage</td> <td>Vmax</td> <td>600 V</td> <td>Maximum PV power</td> <td>Pmax DC 110 kW</td> </tr> <tr> <td>Maximum PV array voltage</td> <td>Vmax array</td> <td>650 V</td> <td>Maximum PV current</td> <td>Imax DC N/A A</td> </tr> <tr> <td>Minimum voltage for Pnom</td> <td>Vmin PNom</td> <td>N/A V</td> <td>Input Power Threshold</td> <td>Pthresh. 300 W</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Behaviour at Vmin and Vmax</td> <td style="text-align: center;">Limitation</td> <td colspan="2">Behaviour at PNom</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Limitation</td> </tr> </table>					Operating mode		MPPT			Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 106 kW	Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC 110 kW	Maximum PV array voltage	Vmax array	650 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A	Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 300 W	Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom					Limitation	
Operating mode		MPPT																																					
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 106 kW																																			
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC 110 kW																																			
Maximum PV array voltage	Vmax array	650 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																																			
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 300 W																																			
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																																				
			Limitation																																				
Output characteristics (AC voltage side)																																							
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>Grid voltage</td> <td>Unom</td> <td>400 V</td> <td>Nominal AC output power</td> <td>Pnom AC</td> <td>100 kWac</td> </tr> <tr> <td>Grid frequency</td> <td>Freq</td> <td>50/60 Hz</td> <td>Maximum AC output power</td> <td>Pmax AC</td> <td>100 kWac</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Triphased</td> <td>Nominal AC output current</td> <td>Inom AC</td> <td>84 A</td> </tr> <tr> <td>Efficiency</td> <td>Max Eff.</td> <td>94.0 %</td> <td>Maximum AC output current</td> <td>Imax AC</td> <td>145 A</td> </tr> <tr> <td>European average efficiency</td> <td>Euro Eff.</td> <td>92.0 %</td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>					Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac	Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac			Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	84 A	Efficiency	Max Eff.	94.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	145 A	European average efficiency	Euro Eff.	92.0 %								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac																																		
Grid frequency	Freq	50/60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac																																		
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	84 A																																		
Efficiency	Max Eff.	94.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	145 A																																		
European average efficiency	Euro Eff.	92.0 %																																					
Remarks and Technical Features																																							
Technology: LF Transfo, IGBT Protection: IP 21 Control: LCD 4-lines			Sizes: Width 1600 mm Height 2100 mm Depth 800 mm Weight 1200.00 kg																																				
Efficiency profile vs Input power																																							
<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>75</td></tr> <tr><td>10</td><td>85</td></tr> <tr><td>25</td><td>90</td></tr> <tr><td>60</td><td>94</td></tr> <tr><td>100</td><td>92</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	75	10	85	25	90	60	94	100	92																					
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																																						
0	0																																						
5	75																																						
10	85																																						
25	90																																						
60	94																																						
100	92																																						

PVSYST V4.1			13/09/07 13h13																							
Characteristics of a grid inverter																										
Manufacturer, Model : Solar Konzept, SKN 405																										
Availability : Produced from 1992																										
Data source : Photon Mag.																										
File : SolarKonzept_SKN 405.OND of 01/07/06 12h00																										
Input characteristics (PV array side)																										
Operating mode		MPPT																								
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 26 kW																						
Maximum operation voltage	Vmax	450 V	Maximum PV power	Pmax DC 27 kW																						
Maximum PV array voltage	Vmax array	560 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																						
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 35 W																						
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																						
		Limitation																								
Output characteristics (AC voltage side)																										
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 26 kWac																						
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 26 kWac																						
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 24 A																						
Efficiency	Max Eff.	96.5 %	Maximum AC output current	Imax AC 46 A																						
European average efficiency	Euro Eff.	94.5 %																								
Remarks and Technical Features																										
Technology: Without transfo, Thyristor			Sizes: Width 800 mm																							
Protection: IP 54, LCD 2x4 car.			Height 1600 mm																							
Control:			Depth 400 mm																							
			Weight 195.00 kg																							
Efficiency profile vs Input power																										
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>75</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>3</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>15</td><td>96.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>94</td></tr> <tr><td>30</td><td>85</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	75	2	85	3	88	5	92	10	95	15	96.5	20	95	25	94	30	85
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																									
0	0																									
1	75																									
2	85																									
3	88																									
5	92																									
10	95																									
15	96.5																									
20	95																									
25	94																									
30	85																									

PVSYST V4.1			13/09/07 13h17																							
Characteristics of a grid inverter																										
Manufacturer, Model : Solar Konzept, SKN 407																										
Availability : Produced from 1992																										
Data source : Photon Mag.																										
File : SolarKonzept_SKN 407.OND of 01/07/06 12h00																										
Input characteristics (PV array side)																										
Operating mode MPPT																										
Minimum operation voltage		Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC 40 kW																					
Maximum operation voltage		Vmax	450 V	Maximum PV power	Pmax DC 45 kW																					
Maximum PV array voltage		Vmax array	560 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																					
Minimum voltage for Pnom		Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 50 W																					
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom Limitation																						
Output characteristics (AC voltage side)																										
Grid voltage		Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 40 kWac																					
Grid frequency		Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 40 kWac																					
		Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 38 A																					
Efficiency		Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 70 A																					
European average efficiency		Euro Eff.	95.5 %																							
Remarks and Technical Features																										
Technology: Without transfo, Thyristor			Sizes: Width 1000 mm																							
Protection: IP 54, LCD 2x4 car.			Height 1800 mm																							
Control:			Depth 400 mm																							
			Weight 350.00 kg																							
Efficiency profile vs Input power																										
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>3</td><td>88</td></tr> <tr><td>4</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>92</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>96</td></tr> <tr><td>30</td><td>96.5</td></tr> <tr><td>40</td><td>97</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	80	2	85	3	88	4	90	5	92	10	95	20	96	30	96.5	40	97
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																									
0	0																									
1	80																									
2	85																									
3	88																									
4	90																									
5	92																									
10	95																									
20	96																									
30	96.5																									
40	97																									

PVSYST V4.1					13/09/07 13h19																				
Characteristics of a grid inverter																									
Manufacturer, Model :		Solar Konzept, SKN 411																							
Availability :		Produced from 1996																							
Data source :		Photon Mag.																							
File :		SolarKonzept_SKN 411.OND of 01/07/06 12h00																							
Input characteristics (PV array side)																									
Operating mode		MPPT																							
Minimum operation voltage	Vmin	300 V	Nominal PV power	Pnom DC	100 kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	450 V	Maximum PV power	Pmax DC	105 kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	560 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	110 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																					
				Limitation																					
Output characteristics (AC voltage side)																									
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac																				
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac																				
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC	98 A																				
Efficiency	Max Eff.	97.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	185 A																				
European average efficiency	Euro Eff.	96.4 %																							
Remarks and Technical Features																									
Technology: Without transfo, Thyristor			Sizes: Width 1600 mm																						
Protection: IP 54, LCD 2x4 car.			Height 2000 mm																						
Control:			Depth 600 mm																						
			Weight 550.00 kg																						
Efficiency profile vs Input power																									
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>97</td></tr> <tr><td>30</td><td>97</td></tr> <tr><td>40</td><td>97</td></tr> <tr><td>60</td><td>97</td></tr> <tr><td>80</td><td>97</td></tr> <tr><td>100</td><td>97</td></tr> </tbody> </table>						P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	90	10	95	20	97	30	97	40	97	60	97	80	97	100	97
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																								
0	0																								
5	90																								
10	95																								
20	97																								
30	97																								
40	97																								
60	97																								
80	97																								
100	97																								

PVSYST V4.1			13/09/07 13h25																					
Characteristics of a grid inverter																								
Manufacturer, Model : Sputnik, SOLARMAX 25C																								
Availability : Produced from 2006																								
Data source : Photon Mag. 2006																								
File : Sputnik_SOLMAX25C.OND of 01/07/06 12h00																								
Input characteristics (PV array side)																								
Operating mode MPPT																								
Minimum operation voltage		Vmin	430 V	Nominal PV power	Pnom DC 27 kW																			
Maximum operation voltage		Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC 33 kW																			
Maximum PV array voltage		Vmax array	900 V	Maximum PV current	I _{max} DC N/A A																			
Minimum voltage for Pnom		Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 100 W																			
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																				
				Limitation																				
Output characteristics (AC voltage side)																								
Grid voltage		Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 25 kWac																			
Grid frequency		Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 28 kWac																			
		Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 20 A																			
Efficiency		Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	I _{max} AC 38 A																			
European average efficiency		Euro Eff.	94.8 %																					
Remarks and Technical Features																								
Technology: LF Transfo, 6kHz, IGBT			Sizes: Width 570 mm																					
Protection: IP20 or IP54			Height 1170 mm																					
Control: LCD, 2x16 char, illum.			Depth 570 mm																					
			Weight 275.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																								
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>75</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>94</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>15</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	75	1	80	2	90	5	94	10	95	15	95	20	95	25	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																							
0	0																							
0.5	75																							
1	80																							
2	90																							
5	94																							
10	95																							
15	95																							
20	95																							
25	95																							

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1		13/09/07 13h28																			
<h3>Characteristics of a grid inverter</h3>																					
Manufacturer, Model : Sputnik, SOLARMAX 35C																					
Availability : Produced from 2006																					
Data source : Photon Mag. 2006																					
File : Sputnik_SOLMAX35C.OND of 01/07/06 12h00																					
Input characteristics (PV array side)																					
Operating mode MPPT																					
Minimum operation voltage	Vmin 430 V	Nominal PV power	Pnom DC 42 kW																		
Maximum operation voltage	Vmax 800 V	Maximum PV power	Pmax DC 45 kW																		
Maximum PV array voltage	Vmax array 900 V	Maximum PV current	I _{max} DC N/A A																		
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 100 W																		
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																		
		Limitation	Limitation																		
Output characteristics (AC voltage side)																					
Grid voltage	Unom 400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 35 kWac																		
Grid frequency	Freq 50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 39 kWac																		
	Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 29 A																		
Efficiency	Max Eff. 96.0 %	Maximum AC output current	I _{max} AC 54 A																		
European average efficiency	Euro Eff. 94.8 %																				
Remarks and Technical Features																					
Technology: LF Transfo, 6kHz, IGBT Protection: IP20 or IP54 Control: LCD, 2x16 char, illum.		Sizes: Width 570 mm Height 1170 mm Depth 570 mm Weight 370.00 kg																			
Efficiency profile vs Input power																					
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>75</td></tr> <tr><td>1</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>95</td></tr> <tr><td>10</td><td>96</td></tr> <tr><td>20</td><td>96</td></tr> <tr><td>35</td><td>96</td></tr> </tbody> </table>				P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	75	1	80	2	90	5	95	10	96	20	96	35	96
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																				
0	0																				
0.5	75																				
1	80																				
2	90																				
5	95																				
10	96																				
20	96																				
35	96																				

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1				13/09/07 13h30														
Characteristics of a grid inverter																		
Manufacturer, Model : Sputnik, SOLARMAX 100C																		
Availability : Produced from 2006																		
Data source : Photon Mag. 2006																		
File : Sputnik_SOLMAX100C.OND of 01/07/06 12h00																		
Input characteristics (PV array side)																		
Operating mode		MPPT																
Minimum operation voltage	Vmin	430 V	Nominal PV power	Pnom DC 105 kW														
Maximum operation voltage	Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC 130 kW														
Maximum PV array voltage	Vmax array	900 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 300 W														
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom															
			Limitation															
Output characteristics (AC voltage side)																		
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 100 kWac														
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 110 kWac														
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC 84 A														
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 153 A														
European average efficiency	Euro Eff.	94.8 %																
Remarks and Technical Features																		
Technology: LF Transfo, 6kHz, IGBT			Sizes: Width 1200 mm															
Protection: IP 20			Height 1300 mm															
Control: LCD, 2x16 char, illum.			Depth 800 mm															
			Weight 935.00 kg															
Efficiency profile vs Input power																		
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>80</td></tr> <tr><td>10</td><td>90</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> <tr><td>50</td><td>96</td></tr> <tr><td>100</td><td>96</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	80	10	90	25	95	50	96	100	96
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																	
0	0																	
5	80																	
10	90																	
25	95																	
50	96																	
100	96																	

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1			13/09/07 13h34																					
Characteristics of a grid inverter																								
Manufacturer, Model : Sun Power, SP 40 000 Data source : Photon Mag. 2003 File : SunPower_SP40000.OND of 01/07/06 12h00																								
Input characteristics (PV array side)																								
Operating mode MPPT																								
Minimum operation voltage	Vmin	420 V	Nominal PV power	Pnom DC N/A kW																				
Maximum operation voltage	Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																				
Maximum PV array voltage	Vmax array	800 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																				
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 40 W																				
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																					
			Limitation																					
Output characteristics (AC voltage side)																								
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 35 kWac																				
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 35 kWac																				
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC N/A A																				
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC N/A A																				
European average efficiency	Euro Eff.	93.0 %																						
Remarks and Technical Features																								
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 600 mm																					
Protection: IP 20			Height 1600 mm																					
Control: LCD 2x16 car.			Depth 800 mm																					
			Weight 350.00 kg																					
Efficiency profile vs Input power																								
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2</td><td>75</td></tr> <tr><td>3</td><td>85</td></tr> <tr><td>4</td><td>88</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>93</td></tr> <tr><td>20</td><td>94</td></tr> <tr><td>35</td><td>94</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency [%]	0	0	1	70	2	75	3	85	4	88	5	90	10	93	20	94	35	94
P In (DC) [kW]	Efficiency [%]																							
0	0																							
1	70																							
2	75																							
3	85																							
4	88																							
5	90																							
10	93																							
20	94																							
35	94																							

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1					13/09/07 13h36														
Characteristics of a grid inverter																			
Manufacturer, Model :		Sun Power, SP 100 000																	
Data source :		Photon Mag. 2003																	
File :		SunPower_SP100000.OND of 01/07/06 12h00																	
Input characteristics (PV array side)																			
Operating mode		MPPT																	
Minimum operation voltage	Vmin	420 V	Nominal PV power	Pnom DC	N/A kW														
Maximum operation voltage	Vmax	800 V	Maximum PV power	Pmax DC	N/A kW														
Maximum PV array voltage	Vmax array	800 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A														
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	100 W														
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom															
				Limitation															
Output characteristics (AC voltage side)																			
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC	90 kWac														
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	90 kWac														
		Triphased	Nominal AC output current	Inom AC	N/A A														
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	N/A A														
European average efficiency	Euro Eff.	93.0 %																	
Remarks and Technical Features																			
Technology: LF Transfo, IGBT			Sizes: Width 1200 mm																
Protection: IP 20			Height 1800 mm																
Control: LCD 2x16 car.			Depth 800 mm																
			Weight 700.00 kg																
Efficiency profile vs Input power																			
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>75</td></tr> <tr><td>10</td><td>85</td></tr> <tr><td>20</td><td>92</td></tr> <tr><td>50</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>						P In (DC) [kW]	Efficiency [%]	0	0	5	75	10	85	20	92	50	95	100	90
P In (DC) [kW]	Efficiency [%]																		
0	0																		
5	75																		
10	85																		
20	92																		
50	95																		
100	90																		

PVSYST V4.1			13/09/07 13h40																									
Characteristics of a grid inverter																												
Manufacturer, Model : Suntechnics, STZ 40																												
Availability : Produced from 2004																												
Data source : Photon Mag. 2006																												
File : Suntechnics_STZ40.OND of 01/07/06 12h00																												
Input characteristics (PV array side)																												
Operating mode		MPPT																										
Minimum operation voltage	Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 40 kW																								
Maximum operation voltage	Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 40 kW																								
Maximum PV array voltage	Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																								
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 43 W																								
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																								
Limitation																												
Output characteristics (AC voltage side)																												
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 36 kWac																								
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 36 kWac																								
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 30 A																								
Efficiency	Max Eff.	95.2 %	Maximum AC output current	Imax AC 52 A																								
European average efficiency	Euro Eff.	94.5 %																										
Remarks and Technical Features																												
Technology: LF transfo			Sizes: Width 610 mm																									
Protection: IP 20			Height 1800 mm																									
Control: LED Display			Depth 800 mm																									
Weight 540.00 kg																												
Efficiency profile vs Input power																												
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>3</td><td>92</td></tr> <tr><td>4</td><td>93</td></tr> <tr><td>5</td><td>94</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>20</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> <tr><td>35</td><td>95</td></tr> <tr><td>40</td><td>90</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	1	85	2	90	3	92	4	93	5	94	10	95	20	95	30	95	35	95	40	90
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																											
0	0																											
1	85																											
2	90																											
3	92																											
4	93																											
5	94																											
10	95																											
20	95																											
30	95																											
35	95																											
40	90																											

PVSYST V4.1				13/09/07 13h43																
Characteristics of a grid inverter																				
Manufacturer, Model : Suntechnics, STZ 110																				
Availability : Produced from 2006																				
Data source : Photon Mag. 2006																				
File : Suntechnics_STZ110.OND of 01/07/06 12h00																				
Input characteristics (PV array side)																				
Operating mode		MPPT																		
Minimum operation voltage	Vmin	493 V	Nominal PV power	Pnom DC 110 kW																
Maximum operation voltage	Vmax	780 V	Maximum PV power	Pmax DC 110 kW																
Maximum PV array voltage	Vmax array	965 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 49 W																
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation	Behaviour at PNom																	
			Limitation																	
Output characteristics (AC voltage side)																				
Grid voltage	Unom	400 V	Nominal AC output power	Pnom AC 100 kWac																
Grid frequency	Freq	50 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 100 kWac																
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 83 A																
Efficiency	Max Eff.	96.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 144 A																
European average efficiency	Euro Eff.	95.2 %																		
Remarks and Technical Features																				
Technology: LF transfo			Sizes: Width 1210 mm																	
Protection: IP 20			Height 1800 mm																	
Control: LED Display			Depth 800 mm																	
			Weight 990.00 kg																	
Efficiency profile vs Input power																				
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>80</td></tr> <tr><td>2</td><td>85</td></tr> <tr><td>5</td><td>90</td></tr> <tr><td>10</td><td>95</td></tr> <tr><td>25</td><td>96</td></tr> <tr><td>50</td><td>96</td></tr> <tr><td>100</td><td>96</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	80	2	85	5	90	10	95	25	96	50	96	100	96
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																			
0	80																			
2	85																			
5	90																			
10	95																			
25	96																			
50	96																			
100	96																			

PVSYST V4.1			13/09/07 13h47																							
Characteristics of a grid inverter																										
Manufacturer, Model : Xantrex, PV 30 Availability : Produced from 2004 Data source : Manufacturer File : Xantrex_PV30.OND of 01/07/06 12h00																										
Input characteristics (PV array side)																										
Operating mode		MPPT																								
Minimum operation voltage	Vmin	330 V	Nominal PV power	Pnom DC N/A kW																						
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC N/A kW																						
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current	Imax DC N/A A																						
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh. 30 W																						
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom																						
		Limitation																								
Output characteristics (AC voltage side)																										
Grid voltage	Unom	208 V	Nominal AC output power	Pnom AC 30 kWac																						
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC 30 kWac																						
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC 48 A																						
Efficiency	Max Eff.	95.0 %	Maximum AC output current	Imax AC 94 A																						
European average efficiency	Euro Eff.	93.5 %																								
Remarks and Technical Features																										
Technology: Without transfo (optional isol. transformer)			Sizes: Width 910 mm																							
Protection: NEMA3R			Height 1370 mm																							
Control: LCD 4x20 char, illum.			Depth 480 mm																							
			Weight 118.00 kg																							
Efficiency profile vs Input power																										
<table border="1"> <caption>Approximate data points from the Efficiency profile vs Input power graph</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>65</td></tr> <tr><td>1</td><td>85</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td></tr> <tr><td>5</td><td>93</td></tr> <tr><td>10</td><td>94</td></tr> <tr><td>15</td><td>94.5</td></tr> <tr><td>20</td><td>94.8</td></tr> <tr><td>25</td><td>95</td></tr> <tr><td>30</td><td>95</td></tr> </tbody> </table>					P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	0.5	65	1	85	2	90	5	93	10	94	15	94.5	20	94.8	25	95	30	95
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																									
0	0																									
0.5	65																									
1	85																									
2	90																									
5	93																									
10	94																									
15	94.5																									
20	94.8																									
25	95																									
30	95																									

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΩΝ INVERTER ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

PVSYST V4.1						13/09/07 13h51														
Characteristics of a grid inverter																				
Manufacturer, Model : Xantrex, PV 100S-480																				
Availability : Produced from 2004																				
Data source : Manufacturer																				
File : Xantrex_PV100S_480.OND of 01/07/06 12h00																				
Input characteristics (PV array side)																				
Operating mode		MPPT																		
Minimum operation voltage	Vmin	330 V	Nominal PV power	Pnom DC	N/A kW															
Maximum operation voltage	Vmax	600 V	Maximum PV power	Pmax DC	N/A kW															
Maximum PV array voltage	Vmax array	600 V	Maximum PV current	Imax DC	N/A A															
Minimum voltage for Pnom	Vmin PNom	N/A V	Input Power Threshold	Pthresh.	100 W															
Behaviour at Vmin and Vmax		Limitation		Behaviour at PNom		Limitation														
Output characteristics (AC voltage side)																				
Grid voltage	Unom	480 V	Nominal AC output power	Pnom AC	100 kWac															
Grid frequency	Freq	60 Hz	Maximum AC output power	Pmax AC	100 kWac															
	Triphased		Nominal AC output current	Inom AC	69 A															
Efficiency	Max Eff.	94.0 %	Maximum AC output current	Imax AC	121 A															
European average efficiency	Euro Eff.	92.5 %																		
Remarks and Technical Features																				
Technology: LF Transfo				Sizes: Width 1930 mm																
Protection: NEMA3R				Height 2110 mm																
Control: LCD 4x20 char, illum.				Depth 510 mm																
Add Transformer: 1120 x 1240 x 680 mm, 680 kg				Weight 499.00 kg																
Efficiency profile vs Input power																				
<table border="1"> <caption>Efficiency profile vs Input power data points (approximate)</caption> <thead> <tr> <th>P In (DC) [kW]</th> <th>Efficiency (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>85</td></tr> <tr><td>10</td><td>88</td></tr> <tr><td>25</td><td>92</td></tr> <tr><td>50</td><td>93.5</td></tr> <tr><td>100</td><td>94</td></tr> </tbody> </table>							P In (DC) [kW]	Efficiency (%)	0	0	5	85	10	88	25	92	50	93.5	100	94
P In (DC) [kW]	Efficiency (%)																			
0	0																			
5	85																			
10	88																			
25	92																			
50	93.5																			
100	94																			

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία:

- Planning And Installing Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers
- Wind And Solar Power Systems (Mukund R. Patel)
- Third Generation Photovoltaics : Advanced Solar Energy Conversion (M. A. Green)
- Photovoltaic Systems Engineering (Roger A. Messenger, Jerry Ventre)

Web-Sites:

- www.sandia.gov/pv
- www.pv-uk.org.uk
- www.bpsolar.com
- www.shell.com
- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>