

Πτυχιακή Εργασία

Θέμα: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με
χρήση Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για
αυτόνομη μικρή κατοικία

Όνοματεπώνυμο σπουδαστή : Μυριοσύνης Πολυχρόνης

Αριθμός μητρώου τμήματος : 5144

Επιβλέπων καθηγητής : Κατσαπρακάκης Δημήτρης

*Στους γονείς μου,
Κώστα και Μαρία
Στους παππούδες μου,
Λεωνίδα και Κατερίνα
Και
Στον αδερφό μου, Λεωνίδα*

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες

Περίληψη

Abstract

Κατάλογος εικόνων – σχημάτων

Πρόλογος

Εισαγωγή 1

1.1 Ενεργειακό πρόβλημα	9
1.2 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	10
1.3 Κτιριακό περιβάλλον και ενεργειακή κατανάλωση	11
1.4 Ενσωμάτωση ΑΠΕ στα κτίρια.....	12
1.5 Σκοπός έργου	12

Υβριδικά συστήματα 2

2.1 Γενικά	13
2.2 Είδη υβριδικών συστημάτων	15
2.3 Ανεμογεννήτριες	18
2.3.1 Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας	20
2.3.2 μειονεκτήματα αιολικής ενέργεια	20
2.4 Φωτοβολταϊκά συστήματα	21
2.5 Συσσωρευτές – Μπαταρίες	23
2.6 Μετατροπέας Τάσεως - Inverter	23
2.7 Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας	25

Περιγραφή συστήματος και υπολογισμοί 3

3.1 Περιγραφή συστήματος	27
3.2 Ανάλυση ενεργειακού συστήματος	28
3.2.1 Α/Γ MAN 1 –ST 1000WATT	29
3.2.2 Φ/Β σύστημα	32
3.2.3 Ρυθμιστής φόρτισης	34
3.2.4 Inverter	35
3.2.5 Συσσωρευτές	36
3.2.6 Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη.....	37
3.3 Ημερήσια κατανάλωση – μέση ισχύς ζήτησης	38
3.3.1 Διαγράμματα	41
3.3.2 Υπολογισμοί ανά μήνα	42
3.3.3 Υπολογισμοί μπαταρίας	44

Οικονομική ανάλυση συστήματος 4

4.1 Ηλεκτροδότηση από δίκτυο ΔΕΗ	45
4.2 Ηλεκτροδότηση από το σύστημά μας	46

Εκτιμήσεις – Συμπεράσματα 5

5.1 Εκτιμήσεις – Συμπεράσματα	47
5.2 Περιβαλλοντολογικά συμπεράσματα	49
5.3 Αξιολόγηση του έργου	50

Βιβλιογραφία

Παράρτημα

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών στην μηχανολογία της σχολής τεχνολογικών εφαρμογών του Τ.Ε.Ι ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ την περίοδο 2014-2015

Ευχαριστώ ιδιαίτερος τον κ. Δημήτρη Κατσαπρακάκη, Αναπληρωτή καθηγητή του τμήματος μηχανολογίας, για την επίβλεψη, τη βοήθεια και τις χρήσιμες υποδείξεις που μου παρείχε για την επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο των καθηγητών για τις γνώσεις που απλόχερα μας πρόσφεραν και θα τις έχουμε για εφόδιο στην αγορά εργασίας. Ιδιαίτερα όμως τους κυρίους Κωνσταντίνο Κονταξάκη και Μύρωνα Μονιάκη όπου μέσω των μαθημάτων τους μας δείξαν ακριβώς τι θα μας ζητηθεί στην αγορά εργασίας κ πώς να το πετύχουμε.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου παρείχαν όλα τα χρόνια των σπουδών μου.

Περίληψη

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), όπως η ηλιακή και αιολική ενέργεια μπορούν να προσφέρουν εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας. Κάθε μορφή ΑΠΕ έχει τις δικές της ιδιομορφίες και μπορούν να εφαρμοστούν είτε σε μεγάλες εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας είτε σε μικρότερες μονάδες όπως στα κτίρια. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συνδυασμένη αξιοποίηση των παραπάνω ενεργειακών πηγών, ιδίως για την κάλυψη των ηλεκτρικών και θερμικών αναγκών των κτιρίων.

Αντικείμενο της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η μελέτη ενός συστήματος αποτελούμενο από μικρή ανεμογεννήτρια, φωτοβολταϊκά πλαίσια και Ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη. Αρχικά γίνεται αναφορά στα επιμέρους συστήματα ΑΠΕ από τα οποία αποτελείται η εγκατάσταση.

Το κύριο θέμα που εξετάζεται είναι η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας για αυτόνομη λειτουργία μικρής οικιακής κατοικίας. Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα και οι εκτιμήσεις σχετικά με την εξοικονόμηση χρημάτων καθώς και την μείωση διοξειδίου του άνθρακα.

Λέξεις Κλειδιά

Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια, θερμική ενέργεια, ανεμογεννήτριες, φωτοβολταϊκά, μετεωρολογικά δεδομένα, κτίρια

Abstract

The renewable energy sources (RES) like solar and wind energy can offer an alternative solution to produce power. Each form of RES, has its own specifications and they can applied in big installations of production electric and thermal energy or in smaller units as the buildings.

This thesis investigates the performance of a system consist of a small wind turbine, solar photovoltaic modules and generating sets. In the beginning, the design and components of installation is presented.

The main concept addressed is the power supply for standalone Service of a small household residence.

Finally, we quote the conclusions and estimates on saving money and reducing carbon dioxide.

Key words

Renewable energy, solar energy, wind energy, thermal energy, wind turbines, photovoltaics, meteorological data, buildings

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ - ΕΙΚΟΝΩΝ – ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

1 Σχεδιασμός βασικού κυκλώματος των υβριδικών συστημάτων	15
2.1 Οι ανεμόμυλοι στην περιοχή του οροπεδίου Λασιθίου	19
2.2 Εφαρμογές Φ/Β σε διασύνδεση με το δίκτυο	22
2.3 Σύστημα διαχείρισης ενέργειας	26
3.1 Διάγραμμα ενεργειακού συστήματος	28
3.3 Καμπύλη ισχύος Α/Γ	31
3.4 Φυλλάδιο Inverter	35
3.5 Πίνακας συσσωρευτών	36

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συλλογή και μετατροπή της ηλιακής και αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρισμό και θερμότητα αποτελούν εναλλακτικές λύσεις στο πρόβλημα της εξοικονόμησης ενέργειας από συμβατικές πηγές, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στον περιορισμό της κατανάλωσης ορυκτών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος. Για την εκμετάλλευση του ηλιακού και αιολικού δυναμικού έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες, οι κυριότερες εκ των οποίων είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι ηλιακοί θερμικοί συλλέκτες και οι ανεμογεννήτριες.

Στη παρούσα εργασία μελετάται η συνδυασμένη χρήση της ηλιακής και αιολικής ενέργειας με στόχο την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών μιας κατοικίας.

Η εργασία χωρίζεται σε τρία μέρη, με το πρώτο να περιλαμβάνει την βιβλιογραφική έρευνα που αφορά τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, τις ανεμογεννήτριες, τα Η/Ζ καθώς και όλα τα μέρη από τα οποία αποτελείτε το σύστημα. Το δεύτερο να περιγράφει τις τεχνικές προδιαγραφές της εγκατάστασης και το τρίτο μέρος να παρουσιάζει τα συμπεράσματά μας.

Στο **1^ο Κεφάλαιο** γίνεται μια αναφορά στην ανάπτυξη των ανανεώσεων πηγών ενέργειας γίνεται μία αναφορά στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και παρουσιάζεται και ο στόχος της εργασίας.

Στο **2^ο Κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα βασικά είδη υβριδικών συστημάτων ΑΠΕ και γίνεται μία σύντομη αναφορά στις εργασίες που αφορούν τα συστήματα αυτά. Επίσης γίνεται αναφορά στα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελούνται τα υβριδικά συστήματα όπως οι ανεμογεννήτριες, τα φωτοβολταϊκά, οι μετατροπείς τάσης – inverter, οι συσσωρευτές – μπαταρίες καθώς και των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας.

Στο **3^ο Κεφάλαιο** έγινε αναφορά στο σύστημα που θα χρησιμοποιήσουμε, καθώς και εκτενή αναφορά στα αντικείμενα όπως η ανεμογεννήτρια κλπ. Επίσης έγινε η διαστασιολόγηση του συστήματός μας.

Στο **4^ο Κεφάλαιο** γίνεται η οικονομική μελέτη του συστήματός μας .

Στο **5^ο Κεφάλαιο** έχουμε την παρουσίαση των συμπερασμάτων μας ως προς την μελέτη, το αν κρίνεται συμφέρουσα καθώς και στα περιβαλλοντολογικά συμπεράσματα .

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ενεργειακό πρόβλημα

Οι συμβατικές πηγές ενέργειας που είναι βασισμένες στο πετρέλαιο, τον άνθρακα και το φυσικό αέριο έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικοί οδηγοί της οικονομικής προόδου αλλά συγχρόνως και της καταστροφής του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

Καταρακτώδες βροχές, παρατεταμένοι καύσωνες και πυρκαγιές είναι μερικά από τα φαινόμενα που προκύπτουν από τη μεγάλη συγκέντρωση των φυσικών αερίων που συμβάλουν στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Η αλλαγή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη ως συνέπεια της αλόγιστης χρήσης των ενεργειακών πόρων αναμένεται να είναι σημαντική, αφού εκτιμήσεις της επιστημονικής κοινότητας προβλέπουν αύξηση της μέσης

θεοκρασίας του πλανήτη έως και 3.5 °C μέχρι το 2100.

Η Ευρώπη συμβάλει κατά 14% στο σύνολο των ετήσιων εκπομπών CO₂ ενώ η Ασία κατά 25% και η Βόρεια Αμερική 29%. Οι εκπομπές του CO₂, του κατ' εξοχήν υπεύθυνου αερίου για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (80%) προέρχονται από τον ευρύτερο ενεργειακό τομέα (πρωτογενή παραγωγή). Η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων και ιδιαίτερα του πετρελαίου συμβάλει κατά 50% στις ετήσιες συνολικές εκπομπές του CO₂ στην Ε.Ε. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ατμού ευθύνεται για το 30% των εκπομπών του CO₂ ενώ

ο οικιακός τομέας συμμετέχει με ποσοστό που αγγίζει το 14%. Παράλληλα η συμμετοχή του ενεργειακού τομέα στις εκπομπές άλλων αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου όπως CH₄ και N₂O είναι σχετικά μικρή με 17% και 7% αντίστοιχα.

Η διάσκεψη στο Ρίο, το καλοκαίρι του 1992, προσδιόρισε το πρόβλημα προγραμματίζοντας άμεσες ενέργειες και επεμβάσεις. Ο σημαντικότερος στόχος ήταν η προσπάθεια διατήρησης των επιπέδων ρύπανσης μέχρι το 2000 σε αυτά του 1990. Παρόλο αυτά οι τρόποι αντιμετώπισης και ο έλεγχος εφαρμογής τους δε βρήκαν σύμφωνες όλες τις κυβερνήσεις. Στην επόμενη διάσκεψη στο Κιάτο της Ιαπωνίας το 1997 έγινε προσπάθεια για μια νέα συμφωνία, βασισμένη σε πιο δραστικά μέτρα, χωρίς τελικά να υπάρξει ομοφωνία.

1.2 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών πόρων αλλά συγχρόνως και η αύξηση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας οδήγησαν την επιστημονική κοινότητα στην εύρεση άλλων ενεργειακών λύσεων με ιδιαίτερη κατεύθυνση προς τον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Οι δυνατότητες των ΑΠΕ είναι σημαντικές δεδομένου ότι μπορούν να εξυπηρετήσουν μέρος της παγκόσμιας ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια και περιορισμό των συμβατικών ενεργειακών πηγών για παροχή θερμότητας, μηχανικού έργου ή άλλων ενεργειακών μορφών. Οι ανανεώσιμες πηγές όπως η βιομάζα, η αιολική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική και γεωθερμική ενέργεια μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια αξιοποιώντας τους διαθέσιμους φυσικούς πόρους.

Η μετάβαση στα ενεργειακά συστήματα βασισμένα σε ανανεώσιμες πηγές, φαίνεται όλο και περισσότερο πιθανή, καθώς το κόστος των συστημάτων αυτών μειώνεται σημαντικά με τη πάροδο του χρόνου σε αντίθεση με την τιμή του πετρελαίου που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει μία άνοδο. Γίνεται έτσι σαφές ότι η μελλοντική ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα θα βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στις ανανεώσιμες πηγές και σε μικρότερο βαθμό στο φυσικό αέριο, στο πετρέλαιο και στον άνθρακα.

1.3 Κτιριακό περιβάλλον και ενεργειακή κατανάλωση

Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς κατανάλωσης ενέργειας και σε ημερήσια βάση η παγκόσμια πρωτογενής κατανάλωσή του ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ.

Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο τομέας των κτιρίων απορροφά κατά μέση τιμή, το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Η ανά χώρα κύμανση ποικίλει από 20% για την Πορτογαλία έως 45% για την Ιρλανδία, ενώ η Ελλάδα κυμαίνεται στο 30%. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η επίδραση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος τόσο σε επίπεδο άνεσης όσο και σε επίπεδο παραγωγικότητας. Ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και η εκτεταμένη χρήση ηλεκτρικών συσκευών στα μεγάλα αστικά κέντρα έχουν συντελέσει στην κατακόρυφη αύξηση της απαιτούμενης ενέργειας, που σε πολλές περιπτώσεις είναι σχεδόν διπλάσια από την απαιτούμενη σε εκτός πόλεως περιοχές.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο κτιριακός τομέας (τα νοικοκυριά και ο τριτογενής τομέας) αντιπροσωπεύει το σημαντικότερο τομέα κατανάλωσης της ενέργειας με ποσοστό 40%. Η τελική κατανάλωση των κτιρίων είναι της τάξης των 350 Mtoe (1 Mtoe: μετρικός τόνος ισοδύναμου πετρελαίου) ανά έτος. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο με ποσότητα 116 Mtoe, από το πετρέλαιο με 99 Mtoe και ακολουθούν ο ηλεκτρισμός και τα στερεά καύσιμα με 91 και 11 Mtoe αντίστοιχα. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου 1 Mtoe ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe και αντιστοιχούν περίπου 0.55 Mtoe ανά κάτοικο το έτος, ποσότητα που είναι το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην Ευρώπη. Οι ανάγκες για θέρμανση των κατοικιών ανέρχονται σε 70% της συνολικής κατανάλωσης ενώ η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου.

1.4 Ενσωμάτωση ΑΠΕ στα κτίρια

Η εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού και η ενσωμάτωση των ενεργειακά αποδοτικότερων τεχνολογιών στα κτίρια είναι προϋπόθεση για την πλήρη αξιοποίηση του ενεργειακού δυναμικού για κάθε κτίριο και σε κάθε τόπο. Η μέγιστη αξιοποίηση αυτή του δυναμικού, έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση στις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιριακού συνόλου. Προς την κατεύθυνση αυτή, η αξιοποίηση ενός συνδυασμού τεχνολογιών και συστημάτων βασισμένο στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας αποτελεί προϋπόθεση για τη βελτίωση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών συνθηκών ενός τόπου.

Σήμερα, υπάρχουν πολλά και διαφορετικά ενεργειακά συστήματα τα οποία είναι δυνατόν να ενσωματωθούν στα κτίρια με σκοπό την μερική ή ολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Φωτοβολταϊκά συστήματα (Photovoltaic energy systems)
- Ηλιακά θερμικά συστήματα (Solar thermal systems)
- Αιολικά συστήματα (Wind energy systems)
- Γεωθερμικά συστήματα (Geothermal energy systems)
- Συστήματα συμπαραγωγής (CHP systems)
- Συστήματα αξιοποίησης βιομάζας (Biomass systems)

1.5 Σκοπός έργου

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και διαστασιολόγηση ενός αυτόνομου συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή, αιολική) , για την επαρκή τροφοδότηση μικρής κατοικίας.

Στόχος μας είναι η ανεξαρτητοποίηση από την ΔΕΗ για την παροχή ενέργειας η εξοικονόμηση χρημάτων και η μείωση του διοξειδίου του άνθρακα. Το υβριδικό σύστημα που μελετάμε θα χρησιμοποιεί μια μικρή ανεμογεννήτρια και φ/β συστήματα για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και μπαταρίες για την αποθήκευσή της ώστε να έχουμε αυτονομία τουλάχιστον 2 ημερών σε περίπτωση άπνοιας, μη ηλιοφάνειας ή κάποιας βλάβης του συστήματός μας

Τέλος θα υπάρχει και ένα Η/Ζ σαν εφεδρική μονάδα ώστε να καλυφτεί η ζήτησή μας σε περίπτωση που αδυνατούν οι άλλες μονάδες

2. ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

2.1 Γενικά

Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές μορφές ενέργειας βάσει των οποίων είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας χωρίς σημαντικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν τα συστήματα αυτά είναι η διακύμανση στην παραγωγή ενέργειας. Συστήματα όπως τα ηλιακά ή αιολικά συστήματα εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, γεγονός που επηρεάζει την παραγωγή ενέργειας καθώς αυτές μεταβάλλονται κατά την διάρκεια του χρόνου. Για αυτό το λόγο κρίνεται απαραίτητο η αναζήτηση λύσεων με σκοπό τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της ποιότητας της παρεχόμενης ενέργειας. Προς την κατεύθυνση αυτή, τα υβριδικά ενεργειακά συστήματα (hybrid energy systems) αποτελούν έναν τομέα ο οποίος είναι δυνατόν να προσφέρει μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση.

Τα συστήματα αυτά, προκύπτουν από τον συνδυασμό δύο ή περισσότερων διαφορετικών αλλά συμπληρωματικών πηγών παραγωγής ενέργειας. Το μέγεθος των υβριδικών ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή ενώ μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με το είδος της τάσης στις γραμμές μεταφοράς. Ειδικότερα τα υβριδικά συστήματα ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

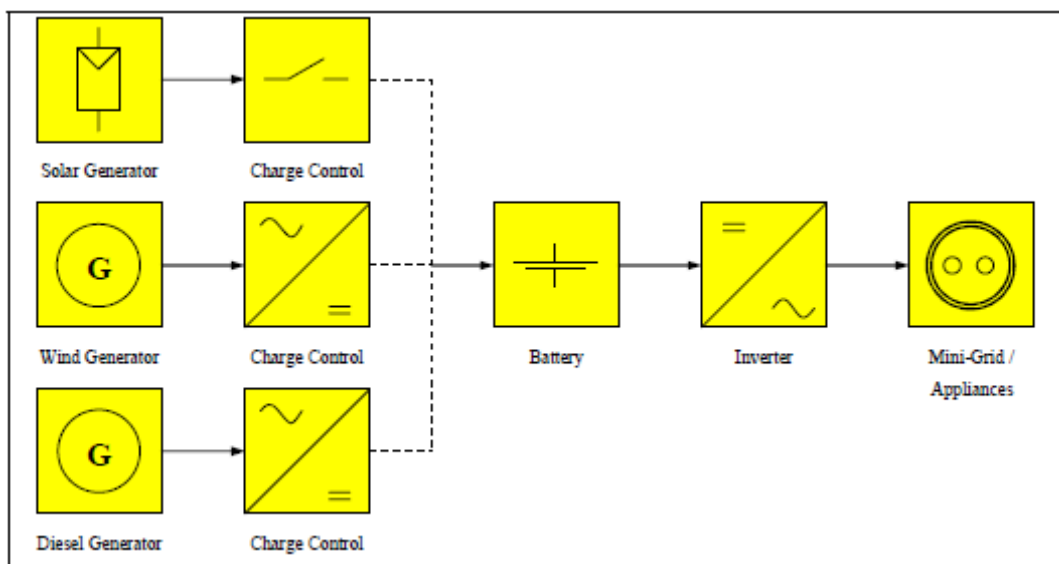
1. **Συστήματα με γραμμές μεταφοράς συνεχούς τάσης (DC bus lines):** Στα συστήματα αυτά, τα επιμέρους τμήματα συνδέονται με γραμμές μεταφοράς συνεχούς τάσης, ενώ η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια αποθηκεύεται σε μπαταρίες. Επίσης απαιτείται η χρήση ενός ελεγκτή φόρτισης για τον έλεγχο και την προστασία της μπαταρίας καθώς επίσης και ένας μετατροπέας τάσης DC/AC για την παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος προς τις συσκευές κατανάλωσης.
2. **Συστήματα με γραμμές μεταφοράς εναλλασσόμενης τάσης (AC bus lines):** Στην περίπτωση αυτή η παραγόμενη ενέργεια τροφοδοτείται απευθείας στο υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο. Και σε αυτή την περίπτωση είναι δυνατή η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες με τη χρήση ενός κεντρικού μετατροπέα.
3. **Συστήματα σε σύζευξη με γραμμές μεταφοράς συνεχούς και εναλλασσόμενης τάσης (AC/DC bus lines):** Σε αυτήν την περίπτωση τα επιμέρους συστήματα παραγωγής ενέργειας συνδέονται στις αντίστοιχες γραμμές μεταφοράς ενώ ένας κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχει την παροχή ενέργειας τόσο προς τα φορτία κατανάλωσης όσο και προς την μπαταρία.

Τα υβριδικά συστήματα μπορούν να σχεδιαστούν κατάλληλα για πολλές εφαρμογές και σε διαφορετικά μεγέθη. Η κυριότερη εφαρμογή των συστημάτων αυτών σήμερα είναι παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε αγροτικές εφαρμογές. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια τα υβριδικά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή και σε άλλους τομείς όπως ο κτιριακός τομέας (αστικά κτίρια, νοσοκομεία, σχολεία, ξενοδοχεία), σε απομακρυσμένα χωριά, σε συστήματα αφαλάτωσης και σε φάρμες.

2.2 Είδη υβριδικών συστημάτων και χαρακτηριστικά τους

Ένα κοινό υβριδικό σύστημα αποτελείται συνήθως από τα ακόλουθα επιμέρους συστήματα:

1. Μία πρωτογενής πηγή ενέργειας (π.χ. ανανεώσιμη πηγή ενέργειας)
2. Μία δευτερογενής πηγή, η οποία προσφέρει πρόσθετη ενέργεια στο σύστημα υπό κανονικές συνθήκες και κάλυψη της απαιτούμενης ενέργειας σε περιπτώσεις όπου η πρωτογενής πηγή είναι εκτός λειτουργίας.
3. Ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (για μη διασυνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα) για τη διασφάλιση της σταθερότητας της παροχής ενέργειας.
4. Ένας ελεγκτής φόρτισης.
5. Το υλικό εγκατάστασης (καλώδια, κουτιά ασφαλείας κτλ)
6. Οι συσκευές κατανάλωσης ενέργειας



Σχήμα 1 Σχεδιασμός βασικού κυκλώματος των υβριδικών συστημάτων

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί μια πληθώρα υβριδικών συστημάτων αποτελούμενα από διαφορετικά ενεργειακά συστήματα. Οι σημαντικότεροι συνδυασμοί υβριδικών συστημάτων είναι:

Φωτοβολταϊκά/Γεννήτρια πετρελαίου(PV/Diesel)

Ο συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών και μιας γεννήτριας πετρελαίου προσφέρει μια απλή λύση και είναι κατάλληλο για περιοχές με υψηλό ηλιακό δυναμικό. Σε σύγκριση με τις κοινούς τρόπους παραγωγής ενέργειας εκτός δικτύου, η χρήση αυτού του είδους το υβριδικό σύστημα μπορεί να προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με αυτά τα συστήματα έχουν δείξει ότι η εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να αγγίξει το 80% σε σχέση με τα μικρά αυτόνομα συστήματα με γεννήτριες πετρελαίου λαμβάνοντας υπόψη και τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες αλλά και τον σχεδιασμό του συστήματος.

Ανεμογεννήτρια/Γεννήτρια πετρελαίου(WT/Diesel)

Το υβριδικό σύστημα που περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια (Α/Γ) και γεννήτρια πετρελαίου μπορεί να εφαρμοστεί κυρίως σε περιοχές όπου η μέση ταχύτητα ανέμου είναι μεγαλύτερη από 3.5 m/s. Στην περίπτωση που η ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική, η ανεμογεννήτρια παρέχει την απαραίτητη ενέργεια ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιείται αποθήκευση αυτής σε μπαταρίες. Σε χρονικές περιόδους με χαμηλές ταχύτητες ανέμου, η γεννήτρια πετρελαίου αντικαθιστά την Α/Γ προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο συνεχή παροχή ενέργειας προς κατανάλωση.

Φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια(PV/WT) και Φωτοβολταϊκά/Ανεμογεννήτρια /Γεννήτρια πετρελαίου(PV/WT/Diesel)

Σε κάποιες περιοχές η αξιοποίηση του αιολικού και ηλιακού δυναμικού μπορεί να προσφέρει μία ικανοποιητική λύση στον τομέα της παραγωγής ενέργειας. Στην περίπτωση αυτή η μια πηγή ενέργειας συμπληρώνει την άλλη, γεγονός που οδηγεί στην παραγωγή ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Ενώ στα άλλα υβριδικά συστήματα τα οποία περιέχουν γεννήτρια πετρελαίου το αντικείμενο σχεδιασμού είναι η μέγιστη εκμετάλλευση της ανανεώσιμης πηγής ενέργειας,

στην περίπτωση αυτού του είδους υβριδικού η κατάσταση είναι διαφορετική. Προτεραιότητα στα συστήματα αυτά είναι η διασφάλιση της ποιότητας και αξιοπιστίας αφού μπορεί να υπάρξουν χρονικές περιόδους (χαμηλές ταχύτητες και ανέμου και νεφώσεις) στις οποίες δεν είναι δυνατή η παραγωγή ενέργειας. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμός και η επιλογή τέτοιων συστημάτων απαιτεί προσεκτική μελέτη. Έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε υβριδικά συστήματα τα οποία περιλαμβάνουν και γεννήτρια πετρελαίου τα οποία λειτουργούν πιο αποδοτικά σε σχέση με υψηλότερο ωστόσο κόστος κατασκευής.

Άλλαιδίθυβριδικώνσυστημάτων

Εκτός από τα παραπάνω συστήματα, υπάρχει μια ποικιλία άλλων υβριδικών συστημάτων τα οποία προφέρουν ενεργειακές λύσεις. Όπως προαναφέρθηκε, τα υβρίδια συστήματα αποτελούνται από δύο ή περισσότερα ενεργειακά συστήματα. Σήμερα έχουν κατασκευαστεί υβριδικά συστήματα τα οποία είναι ένας συνδυασμός φωτοβολταϊκών γεννητριών, αιολικών μηχανών και βιοαερίου (PV/Biogas ή WT/Biogas). Τα υβριδικά συστήματα αυτά είναι παρόμοια σε κάποιο βαθμό με εκείνα που χρησιμοποιούν γεννήτριες πετρελαίου. Σημαντικό ρόλο στην απόδοση των συστημάτων αυτών έχει η χωρητικότητα της δεξαμενής αποθήκευσης του βιοαερίου καθώς και η ενεργειακή διαχείριση του συστήματος.

Ένα άλλο είδος υβριδικών συστημάτων είναι εκείνο το οποίο περιλαμβάνει ανεμογεννήτρια και ηλιακό Θερμικό σύστημα. Το Θερμικό σύστημα φροντίζει για τη θέρμανση του νερού χρήσης που απαιτείται ενώ η ανεμογεννήτρια παρέχει ηλεκτρική ενέργεια. Στην ίδια κατηγορία ανήκουν και τα συστήματα που περιλαμβάνουν γεωθερμικά συστήματα με ταυτόχρονη ύπαρξη φωτοβολταϊκών γεννητριών ή ανεμογεννήτριας.

Τέλος υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού φωτοβολταϊκών γεννητριών ή αιολικών

μηχανών με μικρά υδροηλεκτρικά συστήματα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι

μικρές υδροηλεκτρικές γεννήτριες είναι κινητήρες που έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλής ροής του νερού, γεγονός που τα καθιστά ιδανική επιλογή για εφαρμογές σε οικίες κοντά σε ποτάμια ενώ με τον συνδυασμό τους με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη ενεργειακή πρόταση.

2.3 Ανεμογεννήτριες

Ο άνεμος έχει χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας από τα πανάρχαια χρόνια. Χώρες χρωστούσαν τον πλούτο και την ναυτιλιακή ικανότητά τους στον άνεμο που κινούσε τα ιστιοφόρα πλοία τους. Στην ξηρά εξάλλου χρησιμοποιήθηκε στους ανεμόμυλους άντλησης νερού ή άλεσης σιτηρών.

Η κινητική ενέργεια του ανέμου οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία και περίπου το 2% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον πλανήτη μας μετατρέπεται σε αιολική ενέργεια. Η ισχύς των ανέμων σ' όλη τη γη υπολογίζεται σε 3.610 MW^9 . Ενδεικτικά οι ενεργειακές ανάγκες των Η.Π.Α. είναι μόλις το 10% της ενέργειας των ανέμων που πνέουν εκεί, γεγονός που αποδεικνύει πόσο πλούσια πηγή ενέργειας είναι ο άνεμος. Η ισχύς ρεύματος γενικά είναι ανάλογη της πυκνότητας του και του κύβου της ταχύτητας του. Έτσι για την ίδια ταχύτητα και διατομή ένα ρεύμα αέρα θα έχει περίπου 800 φορές μικρότερη από αντίστοιχη δέσμη νερού. Η αιολική ενέργεια συνεπώς είναι μια «αραιή» μορφή ενέργειας, δηλαδή είναι μικρή η ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα χρόνου που μπορεί να δεσμευτεί σε κάθε τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας που προσβάλλεται από τον άνεμο. Για παράδειγμα άνεμος εντάσεως 5 μποφόρ, περίπου $9,5 \text{ m/s}$, έχει ισχύ 500 W ανά m^2 προσβαλλόμενης επιφάνειας, ενώ ένας ατμοκινητήρας (Α/Κ) μπορεί στην καλύτερη περίπτωση να δεσμεύσει το 48% αυτής της ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάγκη κατασκευής μονάδων, μεγάλων διαστάσεων. Σ' αυτό το μειονέκτημα ανταπεξέρχεται με επιτυχία η σημερινή τεχνολογία με την κατασκευή ανεμογεννητριών μεγάλων διαστάσεων που ανταγωνίζονται οικονομικά τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Παράλληλα η αιολική ενέργεια χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα ότι δίνει απ' ευθείας μηχανική ενέργεια, μία «αναβαθμισμένη» κατά την τεχνική ορολογία, μορφή ενέργειας με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης και που με απλά μέσα μετατρέπεται σε οποιαδήποτε άλλη μορφή ενέργειας.

Η αιολική ενέργεια αποτελεί συνεπώς μια αστείρευτη πηγή ενέργειας με αξιοσημείωτο δυναμικό και με δωρεάν πρώτη ύλη στη διάθεση της ανθρωπότητας και προβάλλει σήμερα ως μία από τις πιο κατάλληλες εναλλακτικές πηγές για την παραγωγή ηλεκτρισμού αλλά και για άλλες χρήσεις.



Σχήμα 2.1: Οι ανεμόμυλοι στην περιοχή του Οροπεδίου Λασιθίου

Οι ανεμόμυλοι αναπτύχθηκαν από αρχαιοτάτων χρόνων και για πολλούς αιώνες χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα ιδιαίτερα σε αγροτικές εφαρμογές. Η εποχή άλλωστε, που έγινε πολύ εκτεταμένη χρήση ανεμόμυλων, είναι σχετικά πρόσφατη. Για παράδειγμα στις Η.Π.Α. κατασκευάστηκαν περίπου έξι εκατομμύρια ανεμόμυλοι ανάμεσα στα 1880 και στον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο. Μετά τον πόλεμο η χρήση τους αρχίζει να υποχωρεί και οι βασικοί λόγοι που οδήγησαν στο γεγονός αυτό είναι δύο. Ο πρώτος είναι η ανάπτυξη άλλων μορφών ενέργειας που παρουσιάζουν μεγαλύτερη πυκνότητα και ταυτόχρονα είναι απαλλαγμένες από τον στατιστικό χαρακτήρα του ανέμου, δηλαδή παρουσιάζουν μεγαλύτερη αξιοπιστία διαθεσιμότητας. Ο δεύτερος βρίσκεται στη δημιουργία εκτεταμένων ηλεκτρικών δικτύων, που φθάνουν ακόμα και στα πιο βασικά απομακρυσμένα και απομονωμένα μέρη. Με αυτά τα δεδομένα έπαψε κάθε ενδιαφέρον γύρω από ανεμόμυλους για περίπου τριάντα χρόνια, μετά τον 2^ο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Όμως την τελευταία δεκαετία το ενδιαφέρον σχετικά με την αιολική ενέργεια γνωρίζει νέα άνθιση. Έναυσμα έδωσε η πετρελαϊκή κρίση του 1973. Το κίνητρο ήταν καθαρά οικονομικό γιατί έπρεπε να βρεθούν και να αξιοποιηθούν νέες πηγές ενέργειας. Στη συνέχεια εμφανίστηκε και ένας νέος παράγοντας, που τη φορά αυτή ήταν οικολογικός. Η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος άρχισε να απασχολεί έντονα τόσο τους επιστήμονες όσο και την κοινή γνώμη. Έτσι δημιουργήθηκε νέο ενδιαφέρον για ήπιες μορφές ενέργειας, οι οποίες έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό που τις κάνει ιδιαίτερα ελκυστικές, είναι ανανεώσιμες. Κάτω από αυτές τις συνθήκες οι ανεμόμυλοι ξεπέρασαν το προηγούμενο στάδιο τους (που τους ήθελε σχεδόν αποκλειστικά σε αγροτικές εφαρμογές), και μπήκαν στη (συμ)παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας.

2.3.1 Πλεονεκτήματα αιολικής ενέργειας

Η αιολική ενέργεια είναι μία τεχνολογικά ώριμη και φιλική προς το περιβάλλον ενεργειακή επιλογή. Τα πλεονεκτήματά της είναι σημαντικά και ειδικά στην χώρα μας που οι συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για την αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας.

- Η αιολική ενέργεια αποτελεί μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η αιολική ενέργεια δεν εξαντλείται σε αντίθεση με το σύνολο των συμβατικών καυσίμων, των οποίων τα αποθέματα αναμένεται να εξαντληθούν σύντομα.
- Η αιολική ενέργεια προστατεύει τον πλανήτη αφού δεν επιβαρύνει τα οικοσυστήματα των περιοχών εγκατάστασης, ενώ αποφεύγονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
- Η χώρα μας διαθέτει πολύ υψηλό δυναμικό και μάλιστα αρίστης ποιότητας.
- Το κόστος της παραγωγής αιολικής ενέργειας δεν είναι απαγορευτικό για μικρές εφαρμογές, σε αντίθεση με τους συμβατικούς τρόπους ηλεκτροπαραγωγής.
- Το αιολικό δυναμικό της χώρας μας είναι γεωγραφικά διεσπαρμένο, οδηγώντας στην αποκέντρωση του ενεργειακού συστήματος.
- Για κάθε MW εγκατεστημένης ισχύος αιολικής ενέργειας δημιουργούνται 15 με 20 θέσεις εργασίας.
- Η αιολική ενέργεια συμβάλλει στην τοπική ανάπτυξη.



2.3.2 Μειονεκτήματα αιολικής ενέργειας

Τα κυριότερα μειονεκτήματα που αποδίδονται στην αιολική ενέργεια είναι τα παρακάτω:

- Η χαμηλή ροή αξιοποιήσιμης κινητικής ενέργειας του ανέμου κατατάσσει την αιολική ενέργεια στις «αραιές» μορφές ενέργειας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη χρήση είτε μεγάλου αριθμού ανεμογεννητριών είτε την χρήση μηχανών μεγάλων διαστάσεων, για την παραγωγή της επιθυμητής ποσότητας ενέργειας.
- Η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της ταχύτητας και της διεύθυνσης των ανέμων δεν μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε την απαραίτητη αιολική ενέργεια τη στιγμή που την χρειαζόμαστε. Το γεγονός αυτό μας υποχρεώνει

να χρησιμοποιούμε τις αιολικές μηχανές κυρίως σαν εφεδρικές πηγές ενέργειας σε συνδυασμό πάντοτε με κάποια άλλη πηγή ενέργειας.

- Σε περιπτώσεις διασύνδεσης της αιολικής εγκατάστασης με το ηλεκτρικό δίκτυο η παραγόμενη ενέργεια δεν πλήρη πάντοτε τις τεχνικές απαιτήσεις του δικτύου, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αυτοματισμών ελέγχου, μηχανημάτων ρύθμισης τάσεως και συχνότητας, καθώς και ελέγχου της άεργης ισχύος .
- Σε περιπτώσεις αυτόνομων μονάδων είναι απαραίτητη η ύπαρξη συστημάτων αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, σε μία προσπάθεια να έχουμε συγχρονισμό της ζήτησης και της διαθέσιμης ενέργειας.
- Από το σύνολο της απορροφημένης αιολικής ενέργειας από μια ανεμογεννήτρια, μόνο ένα περιορισμένο μέρος της μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια λόγω των αεροδυναμικών και των μηχανικών απωλειών και περιορισμών.

2.4 Φωτοβολταϊκά

Η ηλιακή ενέργεια είναι καθαρή ανεξάντλητη, ήπια και ανανεώσιμη. Η ηλιακή ακτινοβολία δεν ελέγχεται από κανέναν και αποτελεί ένα ανεξάντλητο εγχώριο ενεργειακό πόρο, που παρέχει ανεξαρτησία, προβλεψιμότητα και ασφάλεια στην ενεργειακή τροφοδοσία.

Τα φωτοβολταϊκά, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρικό ρεύμα, θεωρούνται τα ιδανικά συστήματα ενεργειακής μετατροπής καθώς χρησιμοποιούν την πλέον διαθέσιμη πηγή ενέργειας στον πλανήτη, και παράγουν ηλεκτρισμό, που αποτελεί την πιο χρήσιμη μορφή ενέργειας.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα φωτοβολταϊκών είναι αδιαμφισβήτητα. Κάθε κιλοβάτώρα που παράγεται από φωτοβολταϊκά, και άρα όχι από συμβατικά καύσιμα, συνεπάγεται την αποφυγή έκλυσης ενός περίπου κιλού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (με βάση το σημερινό ενεργειακό μείγμα στην Ελλάδα και τις μέσες απώλειες του δικτύου)(4). Ένα τυπικό φωτοβολταϊκό σύστημα του ενός κιλοβάτ, αποτρέπει κάθε χρόνο την έκλυση 1,3-1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, όσο δηλαδή θα απορροφούσαν δύο στρέμματα δάσους. Επιπλέον, συνεπάγεται λιγότερες εκπομπές άλλων επικίνδυνων ρύπων (όπως τα αιωρούμενα μικροσωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, οι ενώσεις του θείου, κ.λπ.) Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα πυροδοτούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και αλλάζουν το κλίμα της Γης, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον.

Η βαθμιαία αύξηση των μικρών ηλεκτροπαραγωγών μπορεί να καλύψει αποτελεσματικά τη διαρκή αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να καλυφθεί με μεγάλες επενδύσεις για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η παραγωγή ηλεκτρισμού από μικρούς παραγωγούς μπορεί να περιορίσει επίσης την ανάγκη επενδύσεων σε νέες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής

ενέργειας. Το κόστος μιας νέας γραμμής μεταφοράς είναι υψηλό, αν λάβουμε υπόψη μας πέρα από τον τεχνολογικό εξοπλισμό και θέματα που σχετίζονται με την εξάντληση των φυσικών πόρων και τις αλλαγές στις χρήσεις γης.

Οι διάφοροι παραγωγοί "πράσινης" ηλεκτρικής ενέργειας αποτελούν ιδανική λύση για τη μελλοντική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στις περιπτώσεις όπου αμφισβητείται η ασφάλεια της παροχής. Η τοπική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεν δοκιμάζεται από δαπανηρές ενεργειακές απώλειες που αντιμετωπίζει το ηλεκτρικό δίκτυο, απώλειες, οι οποίες στην Ελλάδα ανέρχονται σε 10,6% κατά μέσο όρο (3,8% υψηλή-υπερυψηλή τάση, 6,8% μέση-χαμηλή τάση). Από την άλλη, η μέγιστη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού συμπίπτει χρονικά με τις ημερήσιες αιχμές της ζήτησης (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), βοηθώντας έτσι στην εξομάλυνση των αιχμών φορτίου, στην αποφυγή black-out και στη μείωση του συνολικού κόστους της ηλεκτροπαραγωγής, δεδομένου ότι η κάλυψη αυτών των αιχμών είναι ιδιαίτερα δαπανηρή. Σημειωτέον ότι, κάθε ώρα black-out κοστίζει στην εθνική οικονομία 25-40 εκατ. Ευρώ(5).

Η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας με τη χρήση φωτοβολταϊκών παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα :

- μηδενική ρύπανση
- αθόρυβη λειτουργία
- αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (που φθάνει τα 30 χρόνια)
- ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα
- δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες
- ελάχιστη συντήρηση



Σχήμα 2.2: Εφαρμογές φωτοβολταϊκών για διασύνδεση με το δίκτυο

2.5 Συσσωρευτές - Μπαταρίες

Το κρισιμότερο ίσως υποσύστημα ενός αυτόνομου συστήματος ηλεκτροδότησης είναι η συστοιχία συσσωρευτών και αυτό γιατί αποτελεί το ακριβότερο αλλά και πιο φθαρτό μέρος του. Όλοι συσσωρευτές χαρακτηρίζονται πέρα από την τάση και την χωρητικότητά τους από τους κύκλους φόρτισης-εκφόρτισης που μπορούν να προσφέρουν σε συγκεκριμένο ποσοστό εκφόρτισης. Σημειώνεται ότι το γινόμενο κύκλων ζωής με το βάθος εκφόρτισης παραμένει σταθερό συνεπώς όσο βαθύτερα εκφορτίζουμε μία μπαταρία τόσο λιγότερο θα "ζήσει" .

Στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά χρησιμοποιούνται μπαταρίες βαθιάς εκφόρτισης με πολλούς κύκλους λειτουργίας. Συνήθεις τιμές είναι 1.500 κύκλοι λειτουργίας για εκφόρτιση ακόμη και 80% της ονομαστικής χωρητικότητας.

Διακρίνονται κυρίως σε ανοιχτού και κλειστού τύπου. Οι μπαταρίες ανοιχτού τύπου (flooded - συνήθης τύπος OpZs) έχουν το μειονέκτημα της απαίτησης καλού αερισμού και τακτικής συμπλήρωση υγρών ενώ ως βασικό πλεονέκτημα είναι οι μεγάλες χωρητικότητες συνδυαζόμενες με πολλούς κύκλους ζωής και χαμηλό σχετικά κόστος. Αντίθετα οι μπαταρίες κλειστού τύπου (συνήθως VRLA-AGM) δεν απαιτούν συντήρηση αλλά είναι ακριβότερες για λιγότερους κύκλους ζωής (χρησιμοποιούνται κυρίως όταν απαιτούνται μεταβλητές κλίσεις πχ υποβρύχια).

2.6 Μετατροπέας τάσεως - Inverter

Ο μετατροπέας inverter (για φωτοβολταϊκά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) είναι η ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει τη συνεχή τάση της μπαταρίας σε εναλλασσόμενη τάση 220-230 Volt 50Hz.

Ένας inverter (για φωτοβολταϊκά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) χαρακτηρίζεται από:

Τάση εισόδου: 12Volt 24Volt 48Volt.

Τάση εξόδου για Ελλάδα 220-230Volt 50Hz.

Peak εξόδου: Είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δώσει στιγμιαία στην εκκίνηση των κινητήρων και άλλων επαγωγικών φορτίων.

Κυματομορφή εξόδου : Υπάρχουν 2 μορφές , το καθαρό ημίτονο και το τροποποιημένο.

Προστασία inverter (για φωτοβολταϊκά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) σε ακραίες μεταβολές.

Κατά την εκκίνηση επαγωγικών φορτίων π.χ.: κινητήρες, πηνία κτλ μια μεγάλη ποσότητα ρεύματος απαιτείται στιγμιαία για την εκκίνησή τους.

Η στιγμιαία αυτή ισχύς μπορεί να φθάσει στο τριπλάσιο της ονομαστικής ισχύς της συσκευής.

Εάν η ισχύς που απαιτείται είναι μεγαλύτερη από Peak του inverter (για φωτοβολταικά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) τότε υπάρχει κίνδυνος άμεσης καταστροφής.

Τα ακριβά inverter (για φωτοβολταικά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) έχουν την δυνατότητα να προστατεύονται σε τέτοιες καταστάσεις χωρίς να καταστρέφονται.

Όλα τα inverter (για φωτοβολταικά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) ακόμα και εάν δεν υπάρχει φορτίο έχουν σημαντικές αυτοκαταναλώσεις.

Για τον λόγο αυτό τα ακριβά inverter (για φωτοβολταικά, αυτόνομα, υβριδικά συστήματα) έχουν σύστημα μείωσης κατανάλωσης σχεδόν στο μηδέν όταν δεν υπάρχουν συνδεδεμένα φορτία.

2.7 Σύστημα διαχείρισης ενέργειας

Το ΣΔΕ περιλαμβάνει:

Ελεγκτή φόρτισης των συσσωρευτών:

Η συσκευή αυτή ρυθμίζει τη ροή του ρεύματος από τα Φ/Β πλαίσια προς τις μπαταρίες αποθήκευσης και διατηρεί την κανονική κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών. Για παράδειγμα όσο η μπαταρία πλησιάζει στην πλήρη φόρτισή της ο ρυθμιστής ελαττώνει το ρεύμα που δίνουν τα πλαίσια και εμποδίζει την υπερφόρτισή της. Είναι γνωστό ότι η υπερφόρτιση μιας μπαταρίας ελαττώνει το χρόνο ζωής της. Για την εκλογή του κατάλληλου ρυθμιστή τάσης που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε ένα Φ/Β σύστημα, λαμβάνονται υπόψη τα πιο κάτω χαρακτηριστικά του:

Η ισχύς: Αυτή καθορίζεται από την τάση που δίνουν τα Φ/Β πλαίσια και την ένταση του ρεύματος στον καταναλωτή. Η ισχύς του ρυθμιστή πρέπει να ξεπερνά την ισχύ που δίνουν τα πλαίσια και την ισχύ που καταναλώνει το φορτίο. Γενικά ο ρυθμιστής πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορεί να δεχτεί ρεύμα τουλάχιστον 1,25 φορές μεγαλύτερο του ρεύματος βραχυκυκλώσεως των πλαισίων και η τάση λειτουργίας του να είναι περίπου ίση με την τάση που δίνουν τα πλαίσια.

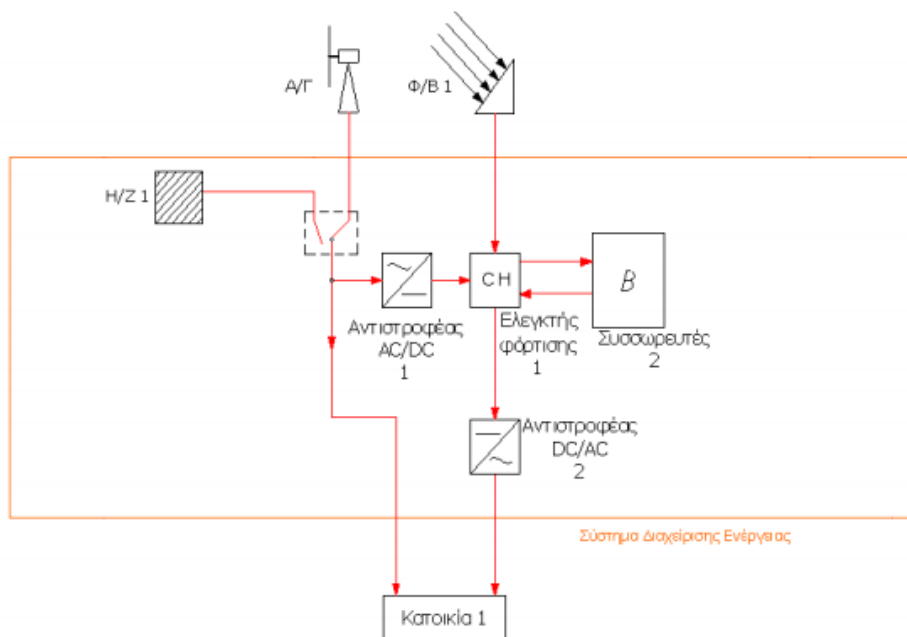
Χαμηλή τάση αποκοπής: Όταν η τάση της μπαταρίας πέσει χαμηλά κάτω από την κανονική της τιμή, τότε ο ρυθμιστής αποσυνδέει τη μπαταρία από το φορτίο ώστε να διατηρηθεί η καλή κατάσταση της μπαταρίας και να προληφθεί οποιαδήποτε βλάβη στον καταναλωτή (φορτίο) όταν στα άκρα του εφαρμοστεί τάση μικρότερη από την κανονική τάση λειτουργίας του. Σε μια μπαταρία των 12 V η χαμηλή τάση αποκοπής του συνδεδεμένου ρυθμιστή είναι μεταξύ 11 και 12 V.

Υψηλή τάση αποκοπής: Όταν η τάση της μπαταρίας μεγαλώσει αρκετά, τότε ο ρυθμιστής την αποσυνδέει από τα πλαίσια και έτσι εμποδίζει την υπερφόρτισή της. Σε μια μπαταρία των 12 V η υψηλή τάση αποκοπής είναι μεταξύ 14,5 και 15 V.

Ρύθμιση της φόρτισης της μπαταρίας: ανάλογα με τη θερμοκρασία της: Ο ρυθμιστής προσαρμόζει αυτόματα το σημείο τερματισμού της φόρτισης της μπαταρίας ώστε το φορτίο που θα διοχετευτεί στη μπαταρία να είναι μέγιστο σε σχέση με τη θερμοκρασία της.

Προστασία πλαισίων από αντίθετο ρεύμα: Ο ρυθμιστής περιέχει μηχανισμό που εμποδίζει κάποιο ρεύμα να κινηθεί από τη μπαταρία προς τα πλαίσια όταν δεν φωτίζονται.

Σύστημα ελέγχου: Το σύστημα ελέγχου έχει ως σκοπό την βελτίωση του βαθμού απόδοσης του ενεργειακού συστήματος με την μεγιστοποίηση της παραγωγής ενέργειας (σύστημα προσανεμισμού Α/Γ, σύστημα tracker Φ/Β, σύστημα βελτίωσης συνφ Η/Ζ κ.α.).



Σχήμα 2.3: Σύστημα διαχείρισης ενέργειας

3. Περιγραφή συστήματος και υπολογισμοί

3.1 Περιγραφή συστήματος

Στο συγκεκριμένο σύστημα κύριες μονάδες ενέργειας είναι η ανεμογεννήτρια και τα φωτοβολταϊκά που αναλαμβάνουν να υποστηρίξουν τις καθημερινές καταναλώσεις. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος θεωρείται εφεδρικό σύστημα αλλά πολύ σημαντικό για την αξιόπιστη λειτουργία του συστήματος κατά τις ημέρες μηδενικής παραγωγής από τα φωτοβολταϊκά και την ανεμογεννήτρια. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η συνεχόμενη λειτουργία του για 5-6 ώρες ημερησίως αποθηκεύει στους συσσωρευτές αρκετή ενέργεια ώστε να καλύψει τις καταναλώσεις (~ 2 μέρες).

3.2 Ανάλυση ενεργειακού συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από:

Την Α/Γ ονομαστικής ισχύος 1 kW

Φ/Β γεννήτρια συνολικής ισχύος 1 kW

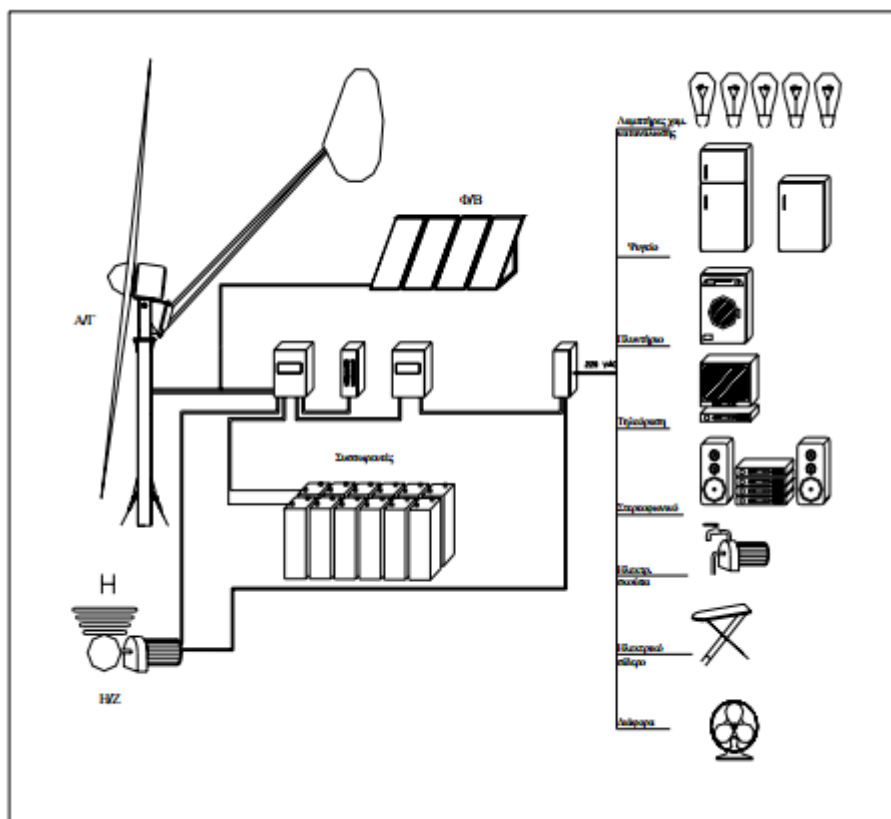
Τους συσσωρευτές

Έναν μετατροπέα συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη 220V – 50 Hz

Τον πίνακα αυτοματισμών - φόρτισης και παρακολούθησης του συστήματος .

Ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος πετρελαίου (H/Z).

Και τις απαραίτητες καλωδιώσεις.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ενεργειακού συστήματος

3.2.1 A/Γ MAN 1-ST 1.000 Watt (1 kW)

Αυτή η ανεμογεννήτρια 1.000W (1 kW) @ 12,00 m/sec (MAX 1.100 Watt / 1,1 kW στα 14,00 m/sec) έχει περάσει από εξαντλητικούς ελέγχους ασφαλείας και δοκιμές απόδοσης. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι το σχετικά μικρό της βάρος και η συμπαγής κατασκευή που την κάνουν κατάλληλη και για οικιακή χρήση, παράλληλα με τον εξωτερικό εξελιγμένο ρυθμιστή φόρτισης τύπου MPPT που εξασφαλίζει μεγαλύτερη παραγωγή σε κάθε ταχύτητα ανέμου, συγκριτικά με ρυθμιστές PWM

Διαθέτει τριπλό μηχανισμό προστασίας:

1. Υποχώρηση των πτερυγίων σε πολύ ισχυρούς ανέμους.
2. Μείωση ταχύτητας στις μεγάλες ταχύτητες ανέμου.
3. Ηλεκτρονικό αυτόματο και χειροκίνητο φρένο.

Περιλαμβάνει και εξελιγμένο ρυθμιστή φόρτισης ανεμογεννήτριας, με εξελιγμένη τεχνολογία φόρτισης τεχνολογίας MPPT, πολύ υψηλής ποιότητας κατασκευής(industrial grade). Είναι υβριδικής τεχνολογίας και υποστηρίζει ταυτόχρονη σύνδεση φωτοβολταϊκών έως 300 Wp.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Ισχύς: 1.00 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ Watt στα 10,00 m/sec (MAX 1.300 Watt στα 12,00 m/sec)
- Για τάση συστήματος: 24 Volt
- Εξωτερικός υβριδικός ρυθμιστής φόρτισης MPPT(Wind 1.000 W, Solar 300W)
- Υλικό πτερυγίων: Nylon Reinforced Fiberglass – Με πρόσθετη ενίσχυση από υαλονήματα για ακόμα μεγαλύτερη αντοχή και ασφάλεια
- Διάμετρος: 212 cm
- Ρότορας με μόνιμους μαγνήτες και απ' ευθείας μετάδοση της κίνησης χωρίς τριβές- 3 φάσεις AC
- ΤΡΙΠΛΟΣ μηχανισμός φρεναρίσματος
- Έναρξη φόρτισης: ~2,30 m/sec (δεν έχει ιδιαίτερη σημασία αφού σε τόσο χαμηλές ταχύτητες η ισχύς του ανέμου είναι αμελητέα)
- Κατασκευάζεται στην Κίνα και την GreenEnergyParts.com
- Βάρος: ~25,00 Kg
- Δεν περιλαμβάνεται ιστός στήριξης
- Εγγύηση 2 χρόνια



Σχήμα 3.2: Α/Γ MAN 1-ST 1.000 Watt (1 kW)

V(m/s)	P(kW)
3	0
4	0,1472
5	0,2102
6	0,3005
7	0,4292
8	0,6132
9	0,876
10	0,9986
11	1,1388
12	1,2982
13	0,8304
14	0,6649
15	0,5317
16	0,4249
17	0,3241
18	0,1621
19	0,0815
20	0,0403



Σχήμα 3.3 Καμπύλη ισχύος Α/Γ

3.2.2 Φ/β σύστημα

Με χρήση της ιστοσελίδας <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> και πάντα για τους χειμερινούς μήνες όπου τα ποσοστά ηλιοφάνειας είναι τα χαμηλότερα βλέπουμε ότι χρειαζόμαστε panel συνολικής απόδοσης 1 kW για να καλύψουμε τις ανάγκες του συστήματος.

Θα χρησιμοποιήσουμε 4 πάνελα των 250 W. Αυτά συνδέονται σε σειρά, το ένα με το άλλο, δηλαδή το + του ενός με το – του άλλου, και το ένα + με το ένα – που μένει ελεύθερο, μπαίνουν στην είσοδο του inverter.

Οπότε, θα βάλουμε 4 τεμάχια, τα οποία θα είναι αυτά τα γερμανικά Luxor, με τάση 24 V ιδανικά για αυτόνομα συστήματα.

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΑΝΕΛ 240W 24V LUXOR poly 60 cells

Φωτοβολταϊκό πάνελ πολυκρυσταλλικό ισχύος 240Watt της LUXOR.

Ιδανική επιλογή για αυτόνομα συστήματα σε εξοχικές κατοικίες, σπίτια που δεν μπορούν να συνδεθούν με το δημόσιο ρεύμα της ΔΕΗ, τροχόσπιτα, τροχοβίλες, απομακρυσμένες επιχειρήσεις (καντίνες, ενοικιαζόμενα, μικρά ξενοδοχεία κá), σκάφοι, για χρήση σε περίπτωση διακοπής ρεύματος (απεργίες ΔΕΗ κλπ), αυτονομία σε βασικά φορτία όπως ψυγείο, φωτισμό, τηλεόραση, internet, συναγερμός, κλπ

Διαστάσεις πάνελ :1650*1000*50mm

Βάρος πανελ:21kg

Made in P.R.C.

Certificated in GERMANY.

Εγγυήσεις:

προϊόν -> 10 χρόνια

παραγωγή -> 10 χρόνια εγγύηση για την απόδοση του 90%

25 χρόνια εγγύηση για την απόδοση του 80%

Μήνες	Ημέρες	Ημερήσια παραγωγή ενέργειας (kWh)	Μηνιαία παραγωγή ενέργειας (kWh)
Ιανουάριος	31	1,8	56,03
Φεβρουάριος	28	2,42	67,94
Μάρτιος	31	3,25	101,02
Απρίλιος	30	4,26	128,08
Μάιος	31	5,30	164,56
Ιούνιος	30	5,6	173,66
Ιούλιος	31	5,99	185,78
Αύγουστος	31	5,33	165,46
Σεπτέμβριος	30	4,42	132,71
Οκτώβριος	31	2,9	89,98
Νοέμβριος	30	2,2	65,82
Δεκέμβριος	31	1,72	53,34

Ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh)= 1384,5

3.2.3 Ρυθμιστής Φόρτισης

Θα χρησιμοποιήσουμε τον BlueSolar MPPT 75/15 της Victron Energy για 12/24V
Ο ρυθμιστής φορτιστής των συσσωρευτών παρέχει σταθερή φόρτιση και προστασία από υπερφόρτιση αυξάνοντας την μακροζωία των συσσωρευτών



Feature highlights

- Ultra-fast Maximum Power Point Tracking (MPPT)
- Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions
- Load output on the small models
- BatteryLife: intelligent battery management by load shedding
- Automatic battery voltage recognition
- Flexible charge algorithm
- Over-temperature protection and power de-rating when temperature is high.

Color Control GX

All Victron Energy MPPT Charge Controllers are compatible with the Color Control GX: The Color Control GX provides intuitive control and monitoring for all products connected to it. The list of Victron products that can be connected is endless: Inverters, Multi's, Quattro's, MPPT 150/70, BMV-600 series, BMV-700 series, Skylla-i, Lynx Ion and even more.

VRM Online Portal

Besides monitoring and controlling products on the Color Control GX, the information is also forwarded to our free remote monitoring website: the VRM Online Portal. To get an impression of the VRM Online Portal, visit <https://vrm.victronenergy.com>, and use the 'Take a look inside' button. The portal is free of charge.

3.2.4 Inverter

Inverter θα χρησιμοποιήσουμε πάλι της Victron Energy στα 2000VA

Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ±2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero-load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero-load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero-load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery-connection	battery cables of 1.5 meter included		M8 bolts	2+2 M8 bolts	
230 V AC-connection	G-ST18i plug		Spring-clamp	Screw terminals	
Weight (kg)	10		12	18	30
Dimensions (hxxwxd in mm)	375x214x110		520x255x125	362x258x218	444x328x240
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				
1) Can be adjusted to 60Hz and to 240V 2) Non linear load, crest factor 3:1 3) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC undervoltage or qenset start/stop function. AC rating: 230V/4A DC rating: 4a up to 35VDC, 1A up to 60VDC 4) Protection key: a) output short circuit b) overload c) battery voltage too high d) battery voltage too low e) temperature too high f) 230 V AC on inverter output g) input voltage ripple too high					

Σχήμα 3.4 φυλλάδιο inverter

Επίσης μας δίνετε η δυνατότητα για online παρακολούθηση του συστήματος (online monitoring system) μπαίνοντας στην σελίδα <https://vrm.victronenergy.com/>

Αυτό γίνεται δωρεάν, με μία διαδικασία όπου θα δηλώσουμε τα serial number των προϊόντων μας στη Phoenix, αρκεί βέβαια να έχουμε σύνδεση internet στην περιοχή που θα εγκατασταθεί το σύστημα. Τοποθετώντας καλώδιο στον inverter από το router (έχει και ασύρματη υποστήριξη ο Inverter) και μετά βάζουμε τα στοιχεία μας στο online σύστημα από πάνω και βλέπουμε τα πάντα, από οποιοδήποτε μέρος του κόσμου βρισκόμαστε για το σύστημά μας

3.2.5 Συσσωρευτές

Οι μπαταρίες, που θα χρησιμοποιήσουμε είναι οι Ajax OPzS, που είναι μπαταρίες ανοικτού τύπου, τάσης 2V η καθεμία, και χωρητικότητας 600 Ah. Άρα, συνδέοντας 12 από αυτές σε σειρά, επιτυγχάνουμε την επιθυμητή τάση 24V και συνολική χωρητικότητα $600 \times 12 = 7200$ Ah, που είναι η επιθυμητή για το σύστημά μας.

Batteries Ajax - OPzS 600



Code:	6OPzS600
Voltage:	2V
Capacity C10:	600 Ah
Discharge current in C10:	60 A
Capacity C5:	516 Ah
Discharge current in C5:	103 A
Capacity C3:	450 Ah
Discharge current in C3:	150 A
Capacity C1:	312 Ah
Discharge current in C1:	312 A
Length :	145 mm
Width:	206 mm
Height:	645 mm
Total Height :	700 mm

Σχήμα 3.5 πίνακας συσσωρευτών

3.2.6 Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Θα χρησιμοποιήσουμε μια γεννήτρια που εκτος από τον συμπληρωματικό ρόλο του να καλύπτει την ζήτηση μας να μπορεί να καλύψει όλη την ενεργειακή ζήτησή ώστε σε περίπτωση black out η βλάβης του συστηματος να μην μείνουμε από ρεύμα.

Χαρακτηριστικά γεννήτριας: Moto Yard

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	4ΧΡΟΝΟΣ
ΣΥΝΕΧΟΜΕΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ	5.000W
ΜΕΓ. ΙΣΧΥΣ	5.500W
ΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ	230V / 12V
ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΗΣ ΤΑΣΗΣ	ΝΑΙ
ΜΠΑΤΑΡΙΑ	ΝΑΙ



3.3 Ημερήσια κατανάλωση – Μέση ισχύς ζήτηση

Ημερήσια κατανάλωση, μέση ισχύς ζήτησης της κατοικίας ανάλογα με την κάθε περίοδο και σύμφωνα με τις συσκευές που χρησιμοποιούμε.

1^η Περίοδος: 15 Μαΐου - 15 Σεπτεμβρίου

Ωρες	Πλυντήριο	Ψυγείο	Λάμπες	Τηλεόραση	Φουρνάκι	Η/Υ	Ηλεκτρική σκούπα	Απορροφητήρας	Αθροισμα
1	0	25	50	200	0	0	0	0	275
2	0	25	0	0	0	0	0	0	25
3	0	25	0	0	0	0	0	0	25
4	0	20	0	0	0	0	0	0	20
5	0	20	0	0	0	0	0	0	20
6	0	25	20	0	0	0	0	0	45
7	0	50	0	0	0	0	0	0	50
8	0	80	0	0	0	0	0	0	80
9	0	80	0	0	0	0	800	0	880
10	600	100	0	0	0	0	0	0	700
11	300	100	0	200	0	250	0	0	850
12	0	50	0	0	0	250	0	0	300
13	0	50	0	0	1500	0	0	130	1680
14	0	100	0	0		0	0	0	100
15	0	100	0	200	0	0	0	0	300
16	0	100	0	200	0	0	0	0	300
17	0	80	0	0	0	0	0	0	80
18	0	80	0	0	0	0	0	0	80
19	0	80	0	0	0	250	0	0	330
20	0	100	0	200	0	250	0	0	550
21	0	100	50	200	1500	0	0	130	1980
22	0	80	100	200	0	0	0	0	380
23	0	80	100	200	0	0	0	0	380
24	0	80	50	200	0	0	0	0	330
							Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)		9760
							Μέση ισχύς ζήτησης (KW)		0,4066667

2^η Περίοδος: 1 Νοεμβρίου - 31 Μαρτίου

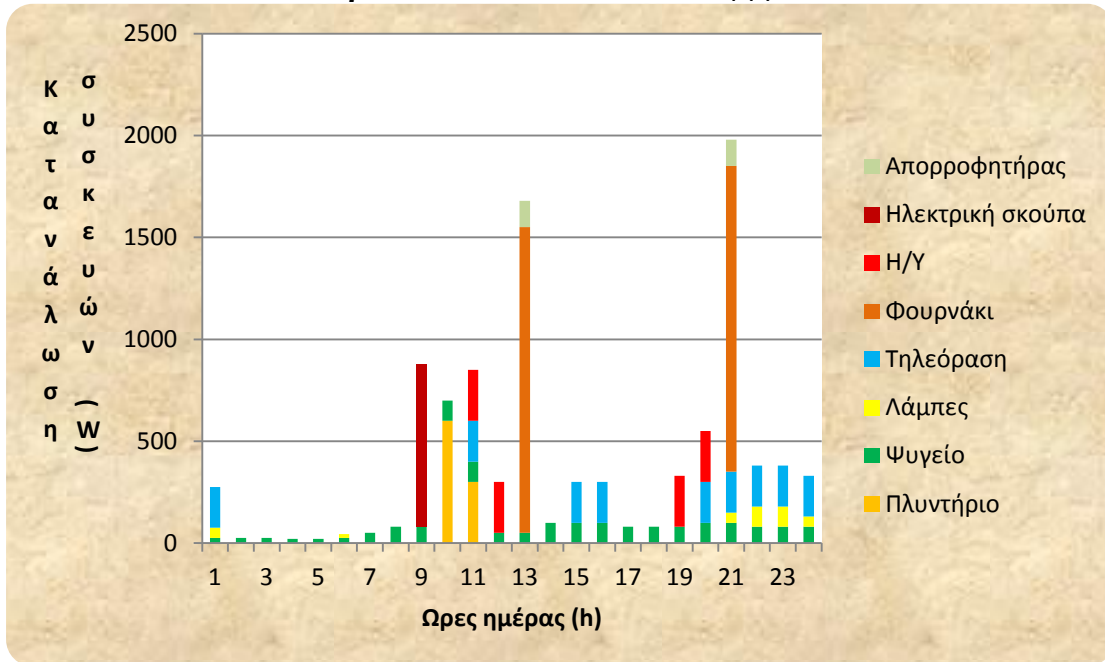
Ωρες	Πλυντήριο	Ψυγείο	Λάμπες	Τηλεόραση	Φουρνάκι	Η/Υ	Ηλεκτρική σκούπα	Απορροφητήρας	Αθροισμα
1	0	25	0	0	0	0	0	0	25
2	0	25	0	0	0	0	0	0	25
3	0	25	0	0	0	0	0	0	25
4	0	20	0	0	0	0	0	0	20
5	0	20	0	0	0	0	0	0	20
6	0	25	0	0	0	0	0	0	25
7	0	50	0	0	0	0	0	0	50
8	0	80	50	0	0	0	0	0	130
9	0	80	0	0	0	0	800	0	880
10	600	100	0	0	0	0	0	0	700
11	300	100	0	0	0	0	0	0	400
12	0	50	0	0	1500	0	0	130	1680
13	0	50	0	0	0	0	0	0	50
14	0	100	0	200	0	0	0	0	300
15	0	100	0	200	0	0	0	0	300
16	0	100	0	0	0	250	0	0	350
17	0	80	0	0	0	250	0	0	330
18	0	80	0	0	0	250	0	0	330
19	0	80	50	0	0	0	0	0	130
20	0	100	100	200	0	0	0	0	400
21	0	100	100	200	1500	0	0	130	2030
22	0	80	100	200	0	0	0	0	380
23	0	80	100	200	0	0	0	0	380
24	0	80	50	200	0	0	0	0	330
							Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)		9290
							Μέση ισχύς ζήτησης (KW)		0,387

3^η Περίοδος: 1 Απριλίου - 14 Μαΐου και 16 Σεπτεμβρίου - 31 Οκτωβρίου

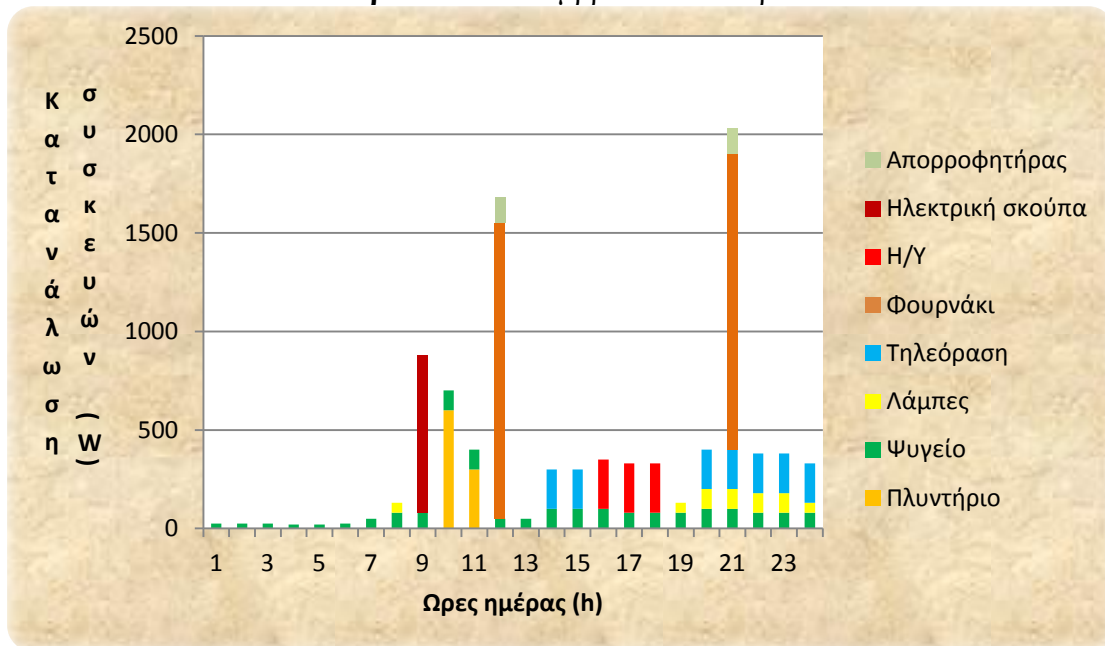
Ωρες	Πλυντήριο	Ψυγείο	Λάμπες	Τηλεόραση	Φουρνάκι	Η/Υ	Ηλεκτρική σκούπα	Απορροφητήρας	Αθροισμα
1	0	25	0	0	0	0	0	0	25
2	0	25	0	0	0	0	0	0	25
3	0	25	0	0	0	0	0	0	25
4	0	20	0	0	0	0	0	0	20
5	0	20	0	0	0	0	0	0	20
6	0	25	0	0	0	0	0	0	25
7	0	50	0	0	0	0	0	0	50
8	0	80	30	0	0	0	0	0	110
9	0	80	0	0	0	0	800	0	880
10	600	100	0	0	0	0	0	0	700
11	300	100	0	200	0	0	0	0	600
12	0	50	0	200	0	0	0	0	250
13	0	50	0	0	1500	0	0	130	1680
14	0	100	0	0	0	0	0	0	100
15	0	100	0	0	0	250	0	0	350
16	0	100	0	0	0	250	0	0	350
17	0	80	0	0	0	250	0	0	330
18	0	80	0	0	0	0	0	0	80
19	0	80	0	0	0	0	0	0	80
20	0	100	30	200	1500	0	0	130	1960
21	0	100	100	200	0	0	0	0	400
22	0	80	100	200	0	0	0	0	380
23	0	80	100	200	0	0	0	0	380
24	0	80	50	200	0	0	0	0	330
							Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (Wh)		9150
							Μέση ισχύς ζήτησης (KW)		0,38125

3.3.1 Διαγράμματα

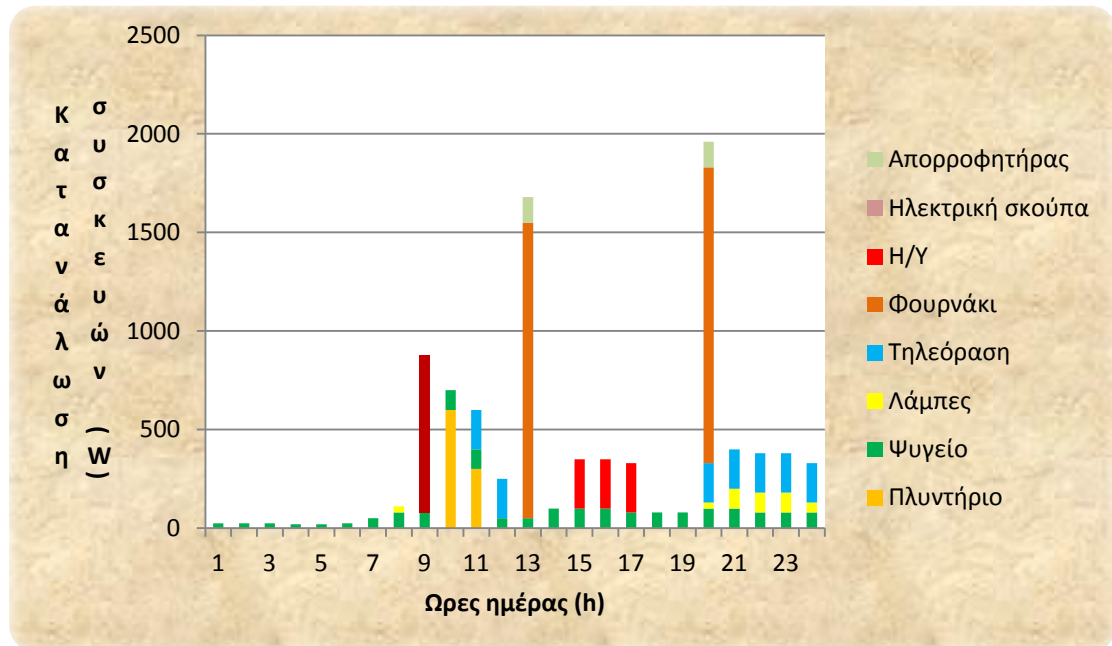
1^η Περίοδος: 15 Μαΐου - 15 Σεπτεμβρίου



2^η Περίοδος: 1 Νοεμβρίου - 31 Μαρτίου



3^{ης} Περίοδος: 1 Απριλίου - 14 Μαΐου και 16 Σεπτεμβρίου - 31 Οκτωβρίου



3.3.2 Υπολογισμοί ανα μήνα

Μήνες	Ημέρες ανα μήνα	Ποσοστό ωρών ημέρας	H_t (kWh/m ²)	$\Theta_{\alpha,D}$ (°C)	G_t (kW/m ²)	$G_{t,D}$ (W/m ²)	F
Ιανουάριος	31	0,44	67,27	12,20	0,09	205,49	1,9707
Φεβρουάριος	28	0,45	82,60	12,50	0,12	273,15	1,8556
Μάρτιος	31	0,48	124,93	13,80	0,17	349,83	1,7253
Απρίλιος	30	0,53	162,00	16,80	0,23	424,53	1,5983
Μάιος	31	0,55	213,90	20,80	0,29	522,73	1,4314
Ιούνιος	30	0,58	230,10	24,40	0,32	551,01	1,3833
Ιούλιος	31	0,58	248,93	26,40	0,33	576,87	1,3393
Αύγουστος	31	0,56	221,03	26,30	0,30	530,51	1,4181
Σεπτέμβριος	30	0,53	174,00	23,70	0,24	455,97	1,5448
Οκτώβριος	31	0,49	114,08	20,30	0,15	312,93	1,7880
Νοέμβριος	30	0,43	81,60	17,10	0,11	263,57	1,8719
Δεκέμβριος	31	0,43	64,48	13,90	0,09	201,55	1,9774

Μήνες	Ημέρες ανα μήνα	$\Theta_{c,wa}$ (°C)	PRT	PRS	$C_{A/\Gamma}$	$C_{\Phi/B}$	P_{VZ} (KW)
Ιανουάριος	31	22,323907	1,0120424	0,876834	0,2189402	0,079280	0,2833095
Φεβρουάριος	28	25,171671	0,9992275	0,865731	0,2037563	0,106413	0,2946606
Μάρτιος	31	28,888844	0,9825002	0,851238	0,1724987	0,142937	0,299664
Απρίλιος	30	33,76311	0,960566	0,832234	0,2189478	0,187253	0,3858906
Μάιος	31	39,50532	0,9347261	0,809847	0,1951168	0,232831	0,4065503
Ιούνιος	30	43,455022	0,9169524	0,794448	0,1842424	0,253892	0,4162278
Ιούλιος	31	45,715333	0,906781	0,785635	0,2246639	0,262860	0,463148
Αύγουστος	31	45,108291	0,9095127	0,788002	0,2220313	0,234102	0,4333268
Σεπτέμβριος	30	41,310236	0,9266039	0,802810	0,1781358	0,194012	0,3535407
Οκτώβριος	31	34,287968	0,9582041	0,830188	0,1695892	0,127296	0,2820404
Νοέμβριος	30	29,434475	0,9800449	0,849111	0,2276263	0,096233	0,3076659
Δεκέμβριος	31	23,863464	1,0051144	0,870831	0,2364993	0,075472	0,2963728

Μήνες	Ημέρες ανα μήνα	PL(KW)	P_{HZ} (KW)	$E_{A/\Gamma}$ (KWh)	$E_{\Phi/B}$ (KWh)	E_{HZ} (KWh)	V_{diesel}
Ιανουάριος	31	0,3870833	0,1037738	154,74692	56,035363	77,207713	18,50616319
Φεβρουάριος	28	0,3870833	0,0924227	130,07803	67,933887	62,108084	14,88688483
Μάρτιος	31	0,3870833	0,0874193	121,92209	101,02793	65,039988	15,5896424
Απρίλιος	30	0,38125	0	149,76033	128,08087	0	0
Μάιος	31	0,3939584	0	137,90854	164,56489	0	0
Ιούνιος	30	0,4066667	0	126,02179	173,66226	0	0
Ιούλιος	31	0,4066667	0	158,79242	185,78973	0	0
Αύγουστος	31	0,4066667	0	156,93172	165,46343	0	0
Σεπτέμβριος	30	0,3939584	0,0404177	121,84487	132,70444	29,100708	6,975241624
Οκτώβριος	31	0,38125	0,0992096	119,86561	89,972462	73,811923	17,69221546
Νοέμβριος	30	0,3870833	0,0794174	155,6964	65,823075	57,180529	13,70578345
Δεκέμβριος	31	0,3870833	0,0907106	167,1577	53,343632	67,488673	16,1765755
				1700,7264	1384,402		103,5325065

Η ενέργεια που θα παράγει η Α/Γ/έτος: 1700,7264 kwh

Η ενέργεια που θα παράγουν τα Φ/Β/έτος: 1384,402 kwh

Τα Η/Ζ θα καταναλώνουν: 103,532 lt

$K(Wsd)=$	0,025	$^{\circ}C/(W/m^2)$	$n_{aa}=$	0,95	$P_{\alpha/\gamma}$ (KW)	1
GSTC=	1	KW/m^2	PRopt	0,96	$P_{\Phi/B}$ (KW)	1
$\Theta_{STC}=$	25	$^{\circ}C$	PRnit	0,95	$\eta_{μετ}$	0,95
$\gamma_{pm}=$	-0,0045	K^{-1}				

3.3.3 Υπολογισμός μπαταρίας

Τύπος υπολογισμού μπαταρίας:

$$C(n) = \frac{(n+b)*m*E_d}{n\gamma*b_{εκφ}*n_{μετ}*V}$$

(E _d)	9412,644
(n)	2
(b)	0,5
(n _{γηρ.})	0,9
(b _{εκφ.})	0,4
(m)	1,2
(n _{μετ.})	0,9
(V _β)	12
C(n)	7200

4 Οικονομική ανάλυση συστήματος

Το κόστος του συστήματός μας είναι :

Φωτοβολταϊκά πλαίσια	800 €
Ανεμογεννήτρια	1400 €
Ρυθμιστής φόρτισης	70 €
Inverter	1400 €
Ανεμογεννήτρια	900 €
Καλώδια – Αλουμίνια	240 €
Μπαταρίες	1680 €
Κόστος Εγκατάστασης + Ηλεκτρολογικά	700 €
Ντιζελογεννήτρια	679 €
ΣΥΝΟΛΟ	7869€

4.1 Ηλεκτροδότηση από δίκτυο ΔΕΗ

Οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες (ΕΛΔ) είναι τα ποσά που εξοφλούνται ετησίως ως λογαριασμοί προς την ΔΕΗ. Η ετήσια ενεργειακή ζήτηση είναι $E = 3435,615 \text{ KWh}$. Η κατανάλωση αυτή αντιστοιχεί σε $9,235 \text{ KWh}$ ημερησίως. Αν υποθεθεί ότι οι λογαριασμοί είναι διμηνιαίοι σε κάθε λογαριασμό η χρέωση θα είναι:

$$\Omega\text{XB}: (60 * 9,235) * 0,18\text{€} = 99,73 \text{ €}$$

$$\text{Σύνολο με ΦΠΑ: } 122,67 \text{ €}$$

$$\text{Για την ΕΡΤ, Δήμο κλπ: } 20 \text{ €}$$

$$\text{Τελικό Σύνολο: } 142,67 \text{ €}$$

Ετησίως για την εξόφληση των χρεώσεων στην ΔΕΗ καταβάλλονται:

$$\text{ΕΛΔ} = 6 * 142,67 = 856,02 \text{ €}$$

4.2 Ηλεκτροδότηση από το σύστημά μας

Το ΑΚΕ της επένδυσης είναι το κόστος του υβριδικού συστήματος. Όπως έχει υπολογιστεί είναι 7.869 €

Για να γίνει εξέταση της βιωσιμότητας της επένδυσης θα πρέπει να υπολογισθούν τα έξοδα συντήρησης του συστήματος (Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες).

♦ Τα έξοδα συντήρησης για την Α/Γ υπολογίζονται ως το 1% της αξίας της. Έτσι $0,01 * 1.400 \text{ €} = 14 \text{ €}$

♦ Για τα Φ/Β τα έξοδα θεωρούνται μηδενικά.

♦ Για το Η/Ζ: Ο όγκος του πετρελαίου είναι: 103,53 lt

Άρα το ετήσιο κόστος του πετρελαίου με τιμή 1,15 €/lt θα είναι :

$$103,53 * 1,15 = 119,05 \text{ €}$$

Το κόστος συντήρησης του Η/Ζ είναι:

$$0,05 * 119,05 = 5,95 \text{ €}$$

Έτσι οι Ετήσιες Λειτουργικές Δαπάνες για το υβριδικό σύστημα είναι:

$$14 + 119,05 + 5,95 = 139,00 \text{ €}$$

Διαφορά επένδυσης: $\text{ΑΚΕ}(\Delta\text{ΕΗ}) - \text{ΑΚΕ}(\text{Υ}/\Sigma) = |856,02 - 7.869| = 7.012,98 \text{ €}$

Το ποσό που θα αποκτηθεί μετά από 20 έτη θα είναι:

Με N συμβολίζεται η διάρκεια ζωής της επένδυσης, όπου για τέτοια συστήματα θεωρούνται τα 20 χρόνια. Άρα N=20

r, το αποπληθωρισμένο (μικτό) επιτόκιο.

$$\text{Ισχύει: } r = \frac{d-i}{1+i} = \frac{0,12-0,042}{1+0,042} = 0,075$$

καθώς d είναι το επιτόκιο αναγωγής και i ο πληθωρισμός

Άρα το ετήσιο οικονομικό όφελος θα είναι για τα 20 χρόνια

$$X = 7.012,98 * (1+0,075)^{20} \Rightarrow X = 29.790 \text{ €}$$

$$\alpha = \frac{29.790}{20} = 1489,5 \text{ €}$$

Το ΚΕΟΟ είναι:

$$\text{ΚΕΟΟ} = \text{ΕΟΟ} - \text{ΕΛΔ} = 1489,5 + 856,02 - 139 = 2.206,52 \text{ €}$$

Έτσι για την ΚΠΑ ισχύει:

$$\text{ΚΠΑ} = - 7012,98 + \frac{(1+0,075)^{20}-1}{0,075*(1+0,075)^{20}} * 2.206,52 = 15.486,90 \text{ €}$$

5. Εκτιμήσεις - Συμπεράσματα

5.1 Εκτιμήσεις και συμπεράσματα

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία το κύριο κομμάτι της ενασχόλησής μας ήταν η διαστασιολόγηση και μελέτη ενός αυτόνομου υβριδικού συστήματος για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση Α.Π.Ε σε μια κατοικία.

Στην αρχή έγινε αναφορά στο περιβαλλοντολογικό πρόβλημα και της προσπάθειας αντιμετώπισής του.

Κατόπιν έγινε περιγραφή στα αυτόνομα ενεργειακά συστήματα. Τα αυτόνομα συστήματα αποτελούνται από συνδυασμό φωτοβολταϊκού, ανεμογεννήτριας ή / και σύστημα συμπαραγωγής. Ο συνδυασμός των παραπάνω προσφέρει στην κατοικία ενεργειακή αυτονομία ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατοικίας. Σε ένα αυτόνομο σύστημα, εκτός από τα παραπάνω χρησιμοποιούνται και άλλες διατάξεις οι οποίες ρυθμίζουν, αποθηκεύουν και εν γένει διαχειρίζονται την παραγόμενη ενέργεια. Τα μεγέθη των ενεργειακών πηγών που χρησιμοποιούνται αλλά και των συσκευών που ρυθμίζουν την παραγόμενη ενέργεια υπολογίζονται με βάση τις ενεργειακές ανάγκες της κατοικίας.

Επιπροσθέτως έγινε αναφορά στις ανεμογεννήτριες Όπως τα φωτοβολταϊκά έτσι και οι ανεμογεννήτριες έχουν πλέον μεγάλη διείσδυση στην ελληνική αγορά. Το πολύ υψηλό αιολικό δυναμικό της χώρας μας και το χαμηλό κόστος παραγωγής καθιστά τις ανεμογεννήτριες από τις πρώτες επιλογές σε αντίθεση με άλλες πηγές ενέργειας. Ένα όμως σημαντικό μειονέκτημα είναι η αδυναμία ακριβούς πρόβλεψης της

αιολικής ενέργειας. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ανεμογεννητριών είναι η καμπύλη απόδοσης από την οποία μπορεί να υπολογιστεί η ισχύς που μπορεί να αποδώσει στις διάφορες τιμές της ταχύτητας του ανέμου. Η μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου γίνεται με διάφορα όργανα όπως τα ανεμόμετρα τα οποία τοποθετούνται στην περιοχή που θέλουμε να τοποθετηθεί η ανεμογεννήτρια. Με τα ανεμόμετρα μπορούμε να μετρήσουμε την μέση ταχύτητα του ανέμου αλλά και να δούμε την κατεύθυνσή του οποιαδήποτε ώρα της ημέρας.

Στη συνέχεια έγινε αναφορά στην τεχνολογία των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Τα πλεονεκτήματα από την αξιοποίηση της είναι: η μηδενική ρύπανση, η αθόρυβη λειτουργία, η αξιοπιστία, η μεγάλη διάρκεια ζωής, η ανεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, η δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες και η ελάχιστη συντήρηση. Η αγορά φωτοβολταϊκών στην χώρα μας τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει αλματώδη ανάπτυξη. Οι εφαρμογές τους είναι σε καταναλωτικά προϊόντα, σε αυτόνομα συστήματα και διασυνδεδεμένα. Για κάθε εφαρμογή χρησιμοποιείται και διαφορετικός τύπος φωτοβολταϊκού πλαισίου. Ο υπολογισμός της ισχύος και της απόδοσης του φωτοβολταϊκού γίνεται έτσι ώστε να βρεθεί ο κατάλληλος αριθμός πλαισίων που θα χρησιμοποιηθεί έτσι ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες της εφαρμογής στην οποία θα τοποθετηθεί. Η επιλογή του κατάλληλου φωτοβολταϊκού δεν εξαρτάται μόνο από την εφαρμογή αλλά και από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της εφαρμογής.

Επίσης αναφερθήκαμε στους ενναλάκτες- inverter καθώς και στους συσσωρευτές – μπαταρίες

Όπως επίσης και στο σύστημα διαχείρισης έλεγχου το οποίο είναι απαραίτητο για τον έλεγχο και την ομαλή λειτουργία του συστήματός μας

Κλείνοντας παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα της μελέτης που πραγματοποιήθηκε για τον σχεδιασμό μιας αυτόνομης ενεργειακά κατοικίας . Στα πλαίσια της μελέτης έγινε καταγραφή των αναγκών της κατοικίας και με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν έγινε η επιλογή των πηγών τροφοδοσίας και των συστημάτων που θα χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να καλύψουν ενεργειακά την εκάστοτε κατοικία.

Καθώς επίσης έγινε και η οικονομική μελέτη για το σύστημά μας.

5.2 Περιβαλλοντολογικά συμπεράσματα

Μέσο του site της Greenpeace μπορούμε να δούμε ότι οι 3435,615 kWh αντιστοιχούν σε 3.78 τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετήσιος

Η ηλεκτρική κατανάλωση στη χώρα μας σε εθνικό επίπεδο εκτιμάται ότι είναι περίπου 70000 GWh για το τρέχον έτος. Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή της εργασίας, ο κτιριακός τομέας καταναλώνει το 40% της ετήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης μιας χώρας. Το ποσοστό αυτό για τα επίπεδα της Ελλάδας σημαίνει ότι ο κτιριακός τομέας καταναλώνει 28000 GWh.

Είναι φανερό ότι με την εγκατάσταση μιας μονάδας παρόμοιας με αυτή που μελετήθηκε (Α/Γ και φ/β πλαίσια) στο 75% των κατοικιών στην Ελλάδα θα μπορούσε να εξοικονομηθεί ενέργεια της τάξης των 2100 GWh ετησίως, ενέργεια που σε ποσοστό 3% της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας. Μια τέτοια αντικατάσταση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση των μικρών αυτών μονάδων ΑΠΕ μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση 231 τόνων διοξειδίου του άνθρακα ετησίως προς το περιβάλλον.

5.3 Αξιολόγηση έργου

Κοιτάζοντας τις καρτέλες της οικονομικής αναφοράς βλέπουμε ότι το έργο αυτό είναι μια βιώσιμη επένδυση. Σε αναγωγή 20 ετών βλέπουμε πόσο σύντομα γίνεται η απόσβεση των χρημάτων που δαπανήθηκαν στην αρχή για την εγκατάστασή του.

Οπότε λοιπόν συμπεραίνουμε ότι μια τέτοια επένδυση αξίζει και για το οικονομικό όφελός μας όπως και για το περιβαλλοντολογικό.

Βιβλιογραφία

Elhadidy MA, Shaahid SM. *Role of hybrid (wind + diesel) power systems in meeting commercial loads*. Renewable Energy 2004; 29(12):109–18

Elhadidy MA, Shaahid SM. *Optimal sizing of battery storage for hybrid (wind + diesel) power systems*. International Journal of Renewable Energy 1999; 18(1):77–86..

Φωτοβολταϊκά Συστήματα Ι.Ε.Φραγκαδάκης

Σημειώσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων Δ.Κατσαπρακάκης

Σημειώσεις μαθήματος Σύνθεσης ενεργειακών συστημάτων
Δ,Κατσαπρακάκης

Σύνδεσμοι που χρησιμοποίησα:

http://www.smart-cover.gr/product_info.php?products_id=916

<http://www.greenpeace.org/greece/el/getinvolved/137368/137462/>

http://www.cocoon.gr/batteries-winner-ajax_eng.html

<http://www.greenenergyparts.com/windturbine1000w.html>

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

<http://www.wel.teicrete.gr/>

Παράρτημα

H_t (kwh/m²) = η ημερήσια τιμή της πυκνότητας ενέργειας ηλιακής ακτινοβολίας στο επίπεδο της Φ/Β συστοιχίας

Θ_{AD} (°C) = μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα

G_t (kw/m²) = πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας

G_{TD} = μέση μηνιαία ένταση ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας

F = εμπειρική παράμετρος που δίνεται από τη σχέση $F = 2,32 - 0,0017G_{TD}$

$\Theta_{c,wa}$ = μέση μηνιαία ενεργός θερμοκρασία κυψελίδας

PR_t = ο λόγος επίδοσης που οφείλεται στη διαφοροποίηση της θερμοκρασίας κυψελίδας από τη θερμοκρασία αναφοράς 25 °C

Θ_{stc} = θερμοκρασία αναφοράς 25 °C

PR_s = Λόγος επίδοσης (συνολική αποδοτικότητα) Φ/Β σταθμού

$C_{A/\Gamma}$ = Συντελεστής ισχύος A/Γ

$C_{\Phi/B}$ = Συντελεστής ισχύος Φ/B

P_L = Μέση μηνιαία τιμή της ηλεκτρικής ισχύος κατανάλωσης

$P_{Y\Sigma}$ (kw) = Μηνιαία τιμή της ηλεκτρικής ισχύος στην έξοδο από το σύστημα

P_{HZ} (kw) = Μηνιαία τιμή της ηλεκτρικής ισχύος από το H/Z

$E_{A/\Gamma}$ = Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την A/Γ

$E_{\Phi/B}$ = Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την Φ/B

$E_{H/Z}$ = Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από την H/Z

$K(wsd)$ = Συντελεστής μεταφοράς θερμότητας μέσω ηλιακής ακτινοβολίας προς το Φ/Β στοιχείο

G_{stc} = η ένταση ηλιακής ακτινοβολίας σε πρότυπες συνθήκες λειτουργίας ίση με 1 kw/m²

Χαρακτηριστικές τιμές για τους υπόλοιπους λόγους επίδοσης, εκτός από PR_t , για τις συνθήκες ηλιακής ακτινοβολίας στη νότια Ελλάδα είναι :

$PR_{opt} = 0,96$ (λόγος επίδοσης οπτικών απωλειών)

$\eta_{μετ} = 0,95$

$PR_{NIT} = 0,95$ (ο λόγος επίδοσης απόκλισης από το ΣΜΙ)

$P(v)$ = συντελεστής ισχύος A/Γ

P_N = ηλεκτρική ισχύς που αποδίδει η ανεμογεννήτρια όταν λειτουργεί με την ονομαστική ταχύτητα ανέμου