



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΛΑΣ Κ. ΜΙΧΑΗΛ

Επιβλέπων : Παπαθανασίου Σταύρος
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2008



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΛΑΣ Κ. ΜΙΧΑΗΛ

Επιβλέπων : Παπαθανασίου Σταύρος
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή τον Φεβρουάριο του 2008

.....
Σ. ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	Ν.ΧΑΤΖΗΑΡΓΥΡΙΟΥ	Γ.ΚΟΡΡΕΣ
ΕΠ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.	ΑΝ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2008

.....

ΜΙΧΑΛΑΣ Κ. ΜΙΧΑΗΛ

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

Copyright © ΜΙΧΑΗΛ Κ. ΜΙΧΑΛΑΣ 2008

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός συστήματος καταγραφής και επεξεργασίας των δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου και για το σκοπό αυτό θα αγοράστηκαν μεταλλάκτες και μία κάρτα καταγραφής δεδομένων η οποία θα συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή ενώ με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού θα μπορεί κάθε φορά να καταγράφει όλες τις τάσεις και τα ρεύματα των διαφόρων ζυγών του εργαστηριακού μικροδικτύου .

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το εργαστηριακό μικροδίκτυο και αναλύονται η λειτουργία του καθώς και τα επιμέρους στοιχεία που το αποτελούν όπως η ανεμογεννήτρια , οι συσσωρευτές, η φωτοβολταϊκή γεννήτρια και οι αντιστροφείς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα συστήματα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων με ηλεκτρονικό υπολογιστή (Data Acquisition συστήματα) ,τα είδη τους , οι εφαρμογές τους , τα επιμέρους στοιχεία των συστημάτων αυτών και τα χαρακτηριστικά τους .

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σύστημα D.A.Q. το οποίο αγοράστηκε , τα επιμέρους στοιχεία του , και αναλύονται οι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή των συγκεκριμένων συσκευών .

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εγκατάσταση του συστήματος D.A.Q. , αναλύεται το πρόγραμμα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων του μικροδικτύου ακολούθως παρατίθενται οι μετρήσεις και τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν .

Στο παράρτημα Α παρατίθενται τα datasheets των μεταλλακτών .

Στο παράρτημα Β παρατίθενται τα datasheets της κάρτας D.A.Q.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ, ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ , ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΗΣ ,
LABVIEW, ΚΑΡΤΑ D.A.Q. , PROBE , ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

ABSTRACT

The scope of this thesis is the development of a data acquisition and processing system for the laboratory microgrid .

In the first chapter we present the laboratory microgrid , its operation , its wind generator , its photovoltaic generator , its batteries and its inverters .

In the second chapter we analyze the data acquisition systems , their devices , their kinds , their applications and their characteristics .

In the third chapter we present the data acquisition system that was bought , its devices and we explain the reasons we have chosen them .

In the fourth chapter we present the installation of the data acquisition system , the data processing program that was done using LABVIEW and finally we present and analyze the measurements of the microgrid using this system .

In appendix A we present the datasheets of the transducers .

In appendix B we present the datasheets of the D.A.Q. board .

KEY WORDS

MICROGRID , DATA ACQUISITION , TRANSDUCER , LABVIEW ,
D.A.Q. BOARD , PROBE , ELECTRICAL MEASUREMENTS

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον Επ. Καθηγητή κ. ΣΤΑΥΡΟ ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας καθώς και για την συμπαράσταση που είχα κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Ειδικότερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την υπ. διδάκτορα ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΔΑΚΗ για την αμέριστη βοήθειά της κατά τη διάρκεια των μετρήσεων .

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω την υπ. διδάκτορα ΕΡΙΕΤΤΑ ΖΟΥΝΤΟΥΡΙΔΟΥ και τον διδάκτορα ΜΙΧΑΗΛ ΘΕΟΔΩΡΙΔΗ των οποίων η συμβολή στην ολοκλήρωση της εργασίας ήταν καθοριστική.

Ευχαριστώ επίσης τον υπεύθυνο του εργαστηρίου ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΤΣΑΡΟ, τον υπ. διδάκτορα ΝΙΚΟΛΑΟ ΣΟΥΛΤΑΝΗ, τον υπ. διδάκτορα ΑΓΓΕΛΟ ΤΣΟΥΧΝΙΚΑ και τον υπ. διδάκτορα ΔΗΜΗΤΡΙΟ ΓΕΩΡΓΑΚΗ για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την βοήθεια τους .

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. ΑΝΤΩΝΗ ΧΑΤΖΙΑΠΟΣΤΟΛΟΥ για πολύτιμη συμπαράσταση που μου παρείχε .

Τέλος οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΑΘΗΝΑ , ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2008
ΜΙΧΑΛΑΣ Κ. ΜΙΧΑΗΛ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ	
1.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ - ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	11
1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	13
1.3 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ	15
1.4 ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑ	17
1.5 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ	18
1.6 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΙΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	20
1.7 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.	
2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ D.A.Q.	24
2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ D.A.Q.	27
2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ D.A.Q.	28
2.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ D.A.Q.	29
2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΩΝ	30
2.6 ΕΙΔΗ PROBES	34
2.7 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Hall Effect	39
2.8 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΡΤΩΝ D.A.Q.	41
2.9 ΚΑΡΤΕΣ D.A.Q. ΜΟΝΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ADC	44
2.10 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.	45
2.11 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	48
2.12 ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ D.A.Q.	
3.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ	52
3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΩΝ	52
3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ	55
3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΡΤΑΣ D.A.Q.	55
3.5 ΕΠΙΛΟΓΗ Η/Υ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	
4.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ	58
4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΣΩ LABVIEW	61
4.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	73

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	126
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	134
Βιβλιογραφία	138

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια όλο και συχνότερα γίνεται λόγος για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος λόγω της παραγωγής ενέργειας μέσω των συμβατικών τρόπων δηλαδή μέσω των θερμοηλεκτρικών , υδροηλεκτρικών αλλά και πυρηνικών σταθμών . Παράλληλα διαφαίνεται ο κίνδυνος εξάντλησης των συμβατικών πηγών ενέργειας ενώ το κόστος της παραγωγής ενέργειας ολοένα και αυξάνεται . Μια λύση στα παραπάνω προβλήματα προσπαθούν να δώσουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή , αιολική , γεωθερμική , μικρά υδροηλεκτρικά και άλλες) . Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι οι πηγές αυτές :

- Είναι ελεύθερες και δεν εξαντλούνται .
- Δεν παράγουν απόβλητα και παραπροϊόντα .
- Έχουν μικρές ανάγκες επίβλεψης και συντήρησης .
- Δίνουν τη δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής .
- Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας το κόστος τους ολοένα και μειώνεται.
- Μπορούν να λειτουργούν με όσο μικρή ισχύ ζητηθεί .

Κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι στις περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η τροφοδοσία τους (ηλιακή ακτινοβολία , άνεμος) δεν είναι καθόλου σταθερή αλλά αυξομειώνεται μεταξύ μιας μέγιστης και της μηδενικής τιμής , ακολουθώντας συχνά απότομες και απρόβλεπτες διακυμάνσεις. Βέβαια λύση στο πρόβλημα αυτό μπορεί να δώσει η χρήση συσσωρευτών με την κατάλληλη χρήση ηλεκτρονικών ισχύος και βοηθητικής γεννήτριας [18] .

Βασική εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι στα μικροδίκτυα δηλαδή στα συστήματα διανεμημένης παροχής ισχύος μέχρι λίγα MW . Με ένα τέτοιο εργαστηριακό μικροδίκτυο θα ασχοληθεί αυτή η διπλωματική εργασία

Οι μετρήσεις στα μικροδίκτυα είναι βασικές μιας και είναι ο μόνος τρόπος να επιβεβαιώσουμε την σωστή και ομαλή λειτουργία τους . Με την καταγραφή και την επεξεργασία των δεδομένων των μικροδικτύων λαμβάνουμε ακόμα περισσότερες πληροφορίες για την λειτουργία τους . Αυτός είναι και ο σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας η ανάπτυξη ενός συστήματος επεξεργασίας και καταγραφής δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου .

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Από την ανακάλυψη του ηλεκτρικού ρεύματος έγινε φανερή η ανάγκη των ηλεκτρικών μετρήσεων . Αρχικά οι μετρήσεις γίνονταν με τη χρήση βολτομέτρων , αμπερομέτρων και άλλων οργάνων .Στη συνέχεια έχουμε την ανακάλυψη των παλμογράφων η οποία έδωσε νέες προοπτικές στις ηλεκτρικές μετρήσεις . Η χρήση των παλμογράφων έδωσε την δυνατότητα για γραφική απεικόνιση των διαφόρων ηλεκτρικών σημάτων .Όμως γρήγορα έγινε φανερή η ανάγκη για καταγραφή των μετρήσεων και έτσι κατασκευάστηκαν τα πρώτα καταγραφικά όργανα . Τα καταγραφικά αυτά όργανα ήταν ηλεκτρομηχανικές κατασκευές που έδιναν γραφική απεικόνιση της ιστορίας του μετρούμενου ηλεκτρικού μεγέθους . Τα βασικά τους στοιχεία ήταν ένα χαρτί πάνω στο οποίο καταγράφονται οι πληροφορίες , ένα όργανο που γράφει (πένα η γραφίδα) και ένα σύστημα προσαρμογής μεταξύ της μετρούμενης παραμέτρου και του συστήματος μέτρησης . Τα καταγραφικά αυτά όργανα χωρίζονταν σε δύο κύριες κατηγορίες . Τα όργανα τα οποία καταγράφουν μία η περισσότερες παραμέτρους που μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου τα οποία ονομάζονται καταγραφικά ταινίας χάρτου και στα όργανα που καταγράφουν μία η περισσότερες εξαρτώμενες παραμέτρους που αλλάζουν ως προς κάποια ανεξάρτητη παράμετρο και ονομάζονται καταγραφικά X-Y .Ένας άλλος τρόπος καταγραφής των μετρήσεων ήταν η αποτύπωση των διαγραμμάτων του παλμογράφου μέσω ειδικού φιλμ . Τα τελευταία 30 χρόνια με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών δημιουργήθηκαν νέα συστήματα για την καταγραφή και την επεξεργασία δεδομένων ηλεκτρικών σημάτων. Τα νέα αυτά συστήματα συνδέονταν με διάφορους τρόπους στον ηλεκτρονικό υπολογιστή . Τα νέα συστήματα ήταν πολύ μικρότερα σε μέγεθος από τα ογκώδη ηλεκτρομηχανικά καταγραφικά και με πολύ περισσότερες δυνατότητες . Τα συστήματα αυτά αναφέρονται ως D.A.Q. (data acquisition) . Τα συστήματα D.A.Q. αρχικά ήταν πολύ ακριβά και οι δυνατότητες τους περιορισμένες . Όμως με τη πάροδο του χρόνου το κόστος τους μειώθηκε και τα συστήματα αυτά αποκτούσαν όλο και περισσότερες δυνατότητες για καταγραφή δεδομένων . Έτσι τα συστήματα D.A.Q. κατάφεραν σιγά σιγά να αντικαταστήσουν τα παλιά καταγραφικά όργανα . Το πρώτο τέτοιο σύστημα αναπτύχθηκε το 1981 από Scientific Solutions με την D.A.Q κάρτα LabMaster. Παράλληλα με τους υπολογιστές έγινε και ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού το οποίο καλύπτει τις ανάγκες καταγραφής και επεξεργασίας των ηλεκτρικών σημάτων και κάνει την διαδικασία των μετρήσεων ευκολότερη και ακριβέστερη με παράλληλη δημιουργία νέων δυνατοτήτων για τις μετρήσεις αυτές [6] .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ

1.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟ - ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για τη διανεμημένη παραγωγή ισχύος η οποία αντιπαρατίθεται με την συγκεντρωμένη δηλαδή τους μεγάλους θερμικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας και της άλλες μεγάλες μονάδες συμβατικών καυσίμων . Τα διανεμημένα συστήματα παράγουν ηλεκτρική ισχύ στο σημείο όπου αυτή πρόκειται να καταναλωθεί . Πλεονεκτούν ως προς την μείωση των απωλειών μεταφοράς , την εκμετάλλευση της παραγόμενης θερμότητας , και ως προς τη φιλικότητά τους για το περιβάλλον. Τα μικροδίκτυα είναι συστήματα διανεμημένης παροχής ισχύος έως λίγα MW . Ένα τυπικό μικροδίκτυο μπορεί να αποτελείται από διάφορες μονάδες παραγωγής ενέργειας . Αν το μικροδίκτυο συνδυάζει δύο η παραπάνω είδη ενέργειας τότε αναφερόμαστε σε υβριδικό σύστημα .

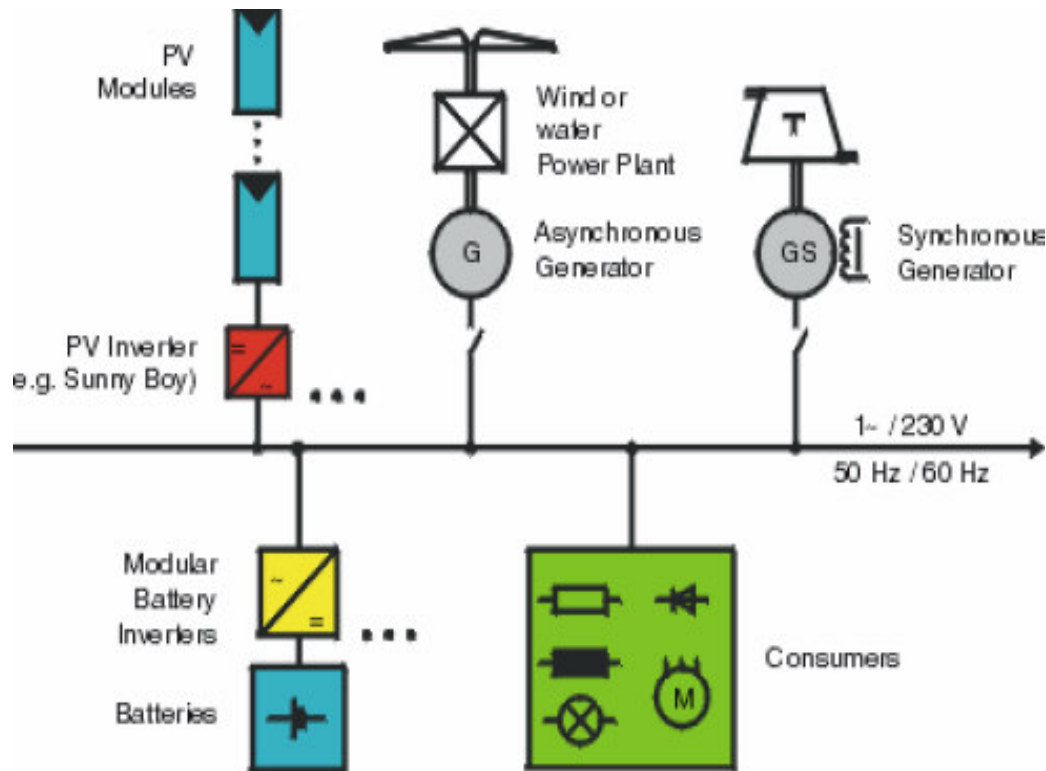
Τα υβριδικά συστήματα συνήθως εκμεταλλεύονται ταυτόχρονα την ηλιακή και την αιολική ενέργεια . Διαθέτουν φωτοβολταϊκούς συλλέκτες και ανεμογεννήτρια ώστε να παράγει ρεύμα από τον ήλιο και από τον άνεμο . Τέτοιου είδους συστήματα μπορούν να λειτουργούν είτε αυτόνομα είτε συνδεδεμένα με το κεντρικό δίκτυο διανομής ενέργειας . Στην περίπτωση που έχουμε σύνδεση με το δίκτυο έχουμε είτε παροχή της πλεονάζουσας ενέργειας σε αυτό είτε απορρόφηση ενέργειας όταν οι μονάδες του μικροδικτύου δεν επαρκούν για να καλύψουν τη ζήτηση. Πρέπει να τονιστεί ότι σε περιπτώσεις παραλληλισμένης λειτουργίας με το κεντρικό δίκτυο κάτι το οποίο επιδιώκεται είναι να μην προκαλεί το μικροδίκτυο προβλήματα γι αυτό το λόγω πρέπει η ποιότητα της ισχύος να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του δικτύου.

Εκτός όμως από το υβριδικό σύστημα φωτοβολταϊκών ανεμογεννητριάς μπορούμε να έχουμε πολλούς άλλους συνδυασμούς όπως για παράδειγμα φωτοβολταϊκών με μικρό υδροηλεκτρικό , φωτοβολταϊκό με κυψέλες καυσίμου , ανεμογεννήτρια με ντηξελογεννήτρια και άλλες .

Δεδομένης της μικρής ισχύος των περισσότερων μονάδων ενός μικροδικτύου η παραγωγή και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας είναι προτιμότερο να γίνεται στην χαμηλή τάση μιας και δεν απαιτείται η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις . Υπάρχουν όμως και μικροδίκτυα που λόγω του μεγέθους των μονάδων παραγωγής λειτουργούν σε μέση τάση .

Οι εφαρμογές των υβριδικών μικροδικτύων είναι πάρα πολλές και με την πρόοδο της τεχνολογίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ολοένα και αυξάνονται . Σε αυτό συμβάλει και η συνειδητοποίηση των πλεονεκτημάτων που έχουν τα διανεμημένα συστήματα παραγωγής ισχύος από τα συγκεντρωμένα . Μάλιστα το κόστος εγκατάστασης ενός μικροδικτύου έχει μειωθεί σημαντικά και στις περισσότερες χώρες τέτοιου είδους εγκαταστάσεις επιδοτούνται . Έτσι ένα μικροδίκτυο μπορεί να καλύπτει της ανάγκες μια απομακρυσμένης κατοικίας ή ενός ολόκληρου οικισμού , να χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ενός νοσοκομείου παράλληλα με το δίκτυο , να χρησιμοποιηθεί για κεραιές οι οποίες βρίσκονται σε βουνά και να καλύπτει μέρος της ισχύος που καταναλώνει μια βιομηχανική εφαρμογή [11] .

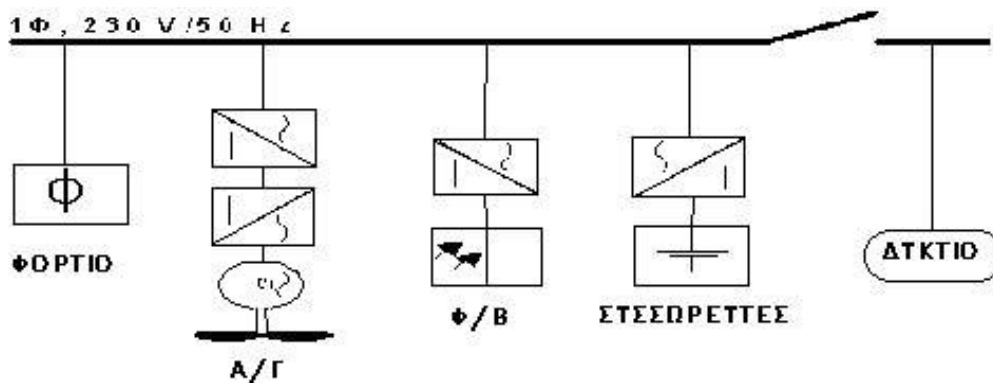
Στο σχήμα 1.1 φαίνεται ένα παράδειγμα ενός υβριδικού μικροδικτύου .



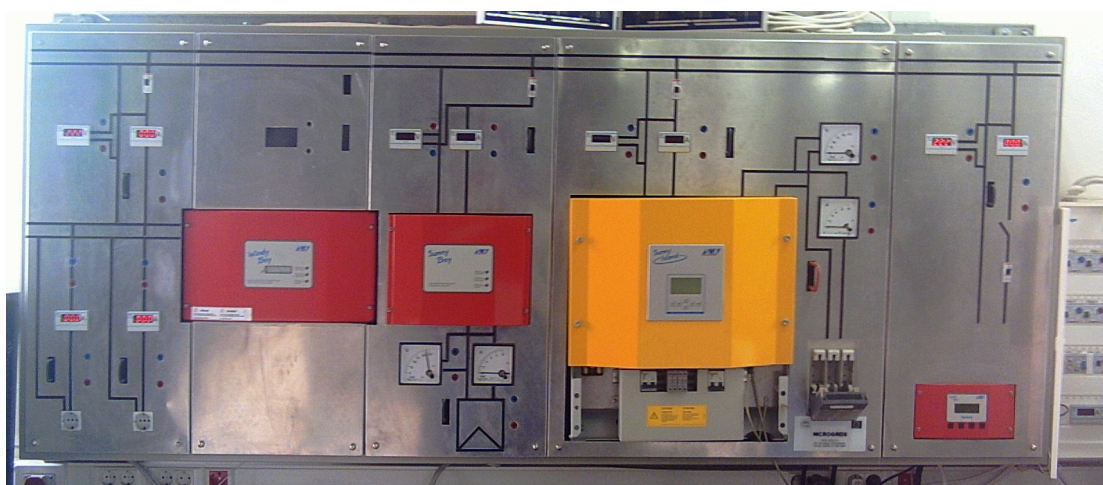
Σχήμα 1.1: Παράδειγμα υβριδικού μικροδικτύου .

Βασικό στοιχείο του παραπάνω υβριδικού μικροδικτύου αποτελεί η φωτοβολταϊκή γεννήτρια , στους ηλιακού συλλέκτες της οποίας γίνεται η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Άλλο βασικό στοιχείο είναι η ανεμογεννήτρια μέσω της οποίας μετατρέπεται η αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική . Περιλαμβάνεται ακόμα, ανάλογα με το είδος της κατανάλωσης και τον βαθμό της απαιτούμενης αξιοπιστίας, συσσωρευτές για την αποθήκευση της περίσσειας της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης εγκαθίσταται διάταξη για τη ρύθμιση, τη παρακολούθηση και τη μετατροπή της τάσης και τη ρύθμιση της ισχύος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να αυξηθεί η απόδοση του συστήματος και να ελεγχθεί και προστατευτεί ο συσσωρευτής. Υπάρχει συνήθως και βοηθητική γεννήτρια που συνήθως είναι ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που λειτουργεί με καύση ντίζελ, για την αντιμετώπιση έκτακτων περιστάσεων .

Το εργαστηριακό μικροδίκτυο αποτελείται από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια , την ανεμογεννήτρια , τους συσσωρευτές , τον αντιστροφέα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας , τον αντιστροφέα των συσσωρευτών , τον αντιστροφέα της ανεμογεννήτριας και το φορτίο . Το φορτίο αποτελείται από διάφορων ειδών λαμπτήρες καθώς και από έναν κινητήρα. Σε κάθε ζυγό του μικροδικτύου υπάρχουν αμπερόμετρα και βολτόμετρα με τις αντίστοιχες ενδείξεις για τις εντάσεις και την τάσεις . Όλες οι διατάξεις του μικροδικτύου εκτός βέβαια από τα φωτοβολταϊκή γεννήτρια τους συσσωρευτές την ανεμογεννήτρια και τα φορτία έχουν τοποθετηθεί στον τοίχο του εργαστηρίου και έχουν καλυφθεί με μεταλλικό πλαίσιο για προστασία και καλύτερη παρουσίαση της ηλεκτρικής σύνδεσης των διατάξεων . Ένα σχεδιάγραμμα του εργαστηριακού μικροδικτύου καθώς και μια φωτογραφία του φαίνονται στο σχήμα 1.2 και στην εικόνα 1.1 .



Σχήμα 1. 2 Σχεδιάγραμμα εργαστηριακού μικροδικτύου



Εικόνα 1.1 Εργαστηριακό μικροδίκτυο

1.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Όπως προείπαμε ένα από τα κυριότερα μέρη ενός υβριδικού δικτύου είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια . Τα κύρια συστατικά των φωτοβολταϊκών γεννητριών είναι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία . Τα στοιχεία αυτά μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια . Αυτά είναι δίοδοι ημιαγωγών σε μορφή δίσκου που καθώς δέχονται στην επιφάνεια τους την ηλιακή ακτινοβολία εκδηλώνουν μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στην εμπρός και στην πίσω όψη τους . Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ένταση ακτινοβολίας που δέχονται, ένα ηλιακό κύτταρο μπορεί να δώσει μέχρι 0.5-1.0 Volt και πυκνότητα ρεύματος μέχρι 20-40mA ανά cm^2 της επιφάνειάς του. Υπάρχουν διάφορα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών όπως το πυρίτιο το αρσενιούχο γάλλιο το θειούχο κάδμιο και άλλα. Το πυρίτιο αποτελεί το βασικότερο υλικό για την κατασκευή ηλιακών κυττάρων μιας και αποτελεί το κυρίαρχο υλικό στην κατασκευή ημιαγωγών. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία από πυρίτιο κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας είτε μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά wafer, είτε λεπτά films πυριτίου (άμορφο). Με τη συνεχή αύξηση στην παραγωγή ημιαγωγικών υλικών και τη βελτίωση της τεχνολογίας πυριτίου, η απόδοση των ηλιακών στοιχείων παρουσιάζει μια συνεχή

αύξηση πλησιάζοντας τη μέγιστη θεωρητική τιμή τους και με παράλληλη ραγδαία μείωση στο κόστος τους. Για την εκτίμηση του κόστους των ηλιακών στοιχείων χρησιμοποιείται ο συμβατικός όρος watt αιχμής (W_p , peak watt) που είναι η ελάχιστη απαιτούμενη επιφάνεια του στοιχείου για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος 1W όταν δέχεται ηλιακή ακτινοβολία με πυκνότητα ισχύος $1kW/m^2$.

Η τάση και η ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ειδικότερα, η τάση που εκδηλώνει ένα συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου του εμπορίου, σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία, είναι μόλις 0.5V και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι μέχρι μόλις 0.4W περίπου. Έτσι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που προορίζονται για τη συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα και τοποθετούνται σε ενιαίο πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο ώστε να τροφοδοτούν στην έξοδο τους με την επιθυμητή από τον κατασκευαστή τάση και ισχύ. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια που κυκλοφορούν στο εμπόριο, αποτελούνται από τα στοιχεία τα οποία προστατεύονται από πάνω με φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού και από κάτω με φύλλο ανθεκτικού υλικού, συνήθως μετάλλου ή ενισχυμένου πλαστικού. Το πάνω και κάτω προστατευτικό φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους στεγανά και μόνιμα. Διαμορφώνεται έτσι η βιομηχανική μονάδα η οποία χρησιμοποιείται ως συλλέκτης στη συγκρότηση των φωτοβολταϊκών γεννητριών.

Πολύ σημαντικός είναι ο προσανατολισμός των φωτοβολταϊκών πλαισίων της συστοιχίας σε σχέση με την κατεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας και περιγράφεται με την κλίση και την αζιμούθια γωνία των πλαισίων. Προφανώς η πυκνότερη ισχύς μιας δέσμης ηλιακής ακτινοβολίας πάνω σε ένα συλλέκτη θα πραγματοποιείται όταν η επιφάνεια του είναι κάθετη προς την κατεύθυνση της ακτινοβολίας.

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες βέβαια, είναι δυνατό εκτός από τη συστοιχία να περιλαμβάνουν και επιπλέον εξοπλισμό και με βάση αυτόν κατατάσσονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες.

1. Τις απλές διατάξεις, όπου τα πλαίσια τοποθετούνται σε σταθερό σημείο και η συστοιχία δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία με τη φυσική της πυκνότητα και διακύμανση στη διάρκεια της ημέρας.
2. Τις διατάξεις με κινητά πλαίσια που περιστρέφονται αυτόματα και παρακολουθούν συνεχώς την πορεία του ήλιου στον ουρανό, ώστε τα ηλιακά στοιχεία να δέχονται κάθετα την ηλιακή ακτινοβολία σε όλη τη διάρκεια της μέρας.
3. Τις διατάξεις που με τη χρησιμοποίηση φακών ή κατόπτρων συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία και την στέλνουν συμπυκνωμένη πάνω στα ηλιακά στοιχεία. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης, στις συγκεντρωτικές φωτοβολταϊκές διατάξεις απαιτείται συνήθως η τεχνική ψύξη των στοιχείων με κυκλοφορία ψυχρού αέρα ή ψυκτικών υγρών [5] .

Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο είναι εγκατεστημένοι 10 συλλέκτες οι οποίοι με τη σειρά τους περιέχουν 36 στοιχεία. Η μέγιστη ισχύς κάθε συλλέκτη είναι 110 Wp και δίνουν συνολική τάση (είναι συνδεδεμένοι σε σειρά) 180 V . Τα συγκεκριμένα στοιχεία είναι ισπανικής κατασκευής είναι κατασκευασμένα από

μονοκρυσταλικό πυρίτιο και έχουν μέγιστη απόδοση 15% .Στην εικόνα 1.2 φαίνεται η φωτοβολταϊκή γεννήτρια του εργαστηριακού μικροδικτύου .



Εικόνα 1.2 : Φωτοβολταϊκή γεννήτρια εργαστηριακού μικροδικτύου

1.3 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Όπως είπαμε και στον πρόλογο το κύριο μειονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ότι η τροφοδοσία τους δεν είναι σταθερή αλλά έχει πολύ μεγάλες αυξομειώσεις . Έτσι υπάρχει ασυμφωνία ανάμεσα στην ζήτηση και την παραγωγή ενέργειας. Λύση στο πρόβλημα αυτό δίνει η χρήση συσσωρευτών . Μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια, ο συσσωρευτής, την αποθηκεύει σε χημική μορφή, για να την αποδώσει στην αρχική της μορφή όταν υπάρξει ζήτηση . Κύρια χαρακτηριστικά των συσσωρευτών είναι η τάση η χωρητικότητα (η οποία συνήθως εκφράζεται σε αμπερόρια Ah) το επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης ο χρόνος ζωής (που εκφράζεται σε αριθμό φορτίσεων – εκφορτίσεων) και οι διαστάσεις τους .Οι συσσωρευτές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : στους πρωτεύοντες και στους δευτερεύοντες . Κύρια διαφορά μεταξύ των δύο αυτών κατηγοριών είναι πως οι πρωτεύοντες δεν μπορούν να επαναφορτιστούν πράγμα που τους κάνει ακατάλληλους για χρήση σε υβριδικά δίκτυα . Αντιθέτως οι δευτερεύοντες μπορούν να επαναφορτιστούν και γι αυτό έχουν ευρεία χρήση σε εφαρμογές όπως αυτή του εργαστηρίου . Με τη σειρά τους οι δευτερεύοντες χωρίζονται σε υποκατηγορίες ανάλογα με το υλικό των ηλεκτροδίων τους όπως Μολύβδου-Οξειδίου (lead-acid ή απλά Pb), Νικελίου-Καδμίου (Ni-Cd), Αργύρου-Ψευδαργύρου και άλλες . Οι συσσωρευτές μολύβδου χωρίζονται με τη σειρά τους σε υποκατηγορίες ανάλογα με το κράμα του πλέγματος των ηλεκτροδίων τους όπως Μολύβδου-Αντιμονίου Pb-Sb , Μολύβδου-Ασβεστίου Pb-Ca (οι οποίοι χωρίζονται σε υγρού καταλύτη με ανοικτή ή με σφραγισμένη βαλβίδα εξαέρωσης,) , οι υβριδικοί συσσωρευτές μολύβδου-αντιμονίου / μολύβδου-ασβεστίου και οι μολύβδου με δεσμευμένο καταλύτη που μπορεί να είναι gelled ή absorbed glass material (AGM).

Για εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων, όπου οι ανάγκες κατανάλωσης πολύ σπάνια συμβαδίζουν με τις ώρες παραγωγής και την παραγόμενη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας, περισσότερο κατάλληλοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν τη δυνατότητα να υποστούν βαθιά εκφόρτιση χωρίς να αλλοιώνεται η χωρητικότητα τους και να μειώνεται η διάρκεια ζωής. Ιδιαίτερα για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα, όπου δεν υπάρχει εναλλακτική λύση παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και όπου οι μεταβολές της ηλιοφάνειας μπορούν να είναι έντονες και μακρόχρονες, απαραίτητοι είναι οι συσσωρευτές που έχουν μεγάλη χωρητικότητα, μπορούν να υποστούν βαθιά εκφόρτιση και συχνά απαιτείται μία καλή σχέση κόστους και διάρκειας ζωής. Για ένα τέτοιο σύστημα, καλή επιλογή θα αποτελούσε ένας συσσωρευτής μολύβδου-αντιμονίου (Pb-Sd). Αυτοί είναι συσσωρευτές με εξαιρετικά χαρακτηριστικά, όσο αφορά τις δυνατότητες βαθιάς εκφόρτισης και υψηλού ρυθμού εκφόρτισης. Έχουν, επίσης, μεγάλη διάρκεια ζωής και υφίστανται μικρή διάχυση των ενεργών υλικών τους. Μειονέκτημα τους είναι ο μεγάλος βαθμός αυτοεκφόρτισης που υφίστανται και που οδηγεί στην ανάγκη να υπερφορτίζονται με αποτέλεσμα τη μεγάλη απώλεια υγρών που εξαρτάται και από τις θερμοκρασίες λειτουργίας. Πολύ δημοφιλής επιλογή για αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι οι συσσωρευτές μολύβδου δεσμευμένου ηλεκτρολύτη (Captive Electrolyte Lead-Acid Batteries), λόγω της στεγανότητας τους και της ευκολίας μετακίνησης που παρουσιάζουν. Έχουν βαλβίδα εξαέρωσης, που ανοίγει σε ορισμένη πίεση όταν υπερφορτιστούν, για να απελευθερωθούν τα αέρια που δημιουργήθηκαν όμως δεν υπάρχει δυνατότητα αναπλήρωσης του ηλεκτρολύτη. Το γεγονός ότι δεν έχουν απαιτήσεις συντήρησης (ούτε και δυνατότητα), σε συνδυασμό με την ευκολία στη μετακίνηση, τις καθιστά ιδανικές για συστήματα σε απομακρυσμένα ή δυσπρόσιτα μέρη [27].

Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο έχουμε εγκατεστημένους 30 συσσωρευτές Ergon OPzS σε διάταξη εν σειρά με τάση εξόδου 2 V ο κάθε ένας. Έτσι στα άκρα της διάταξης των συσσωρευτών εμφανίζεται τάση 60V. Η χωρητικότητα του κάθε συσσωρευτή είναι ίση με 375Ah. Οι συσσωρευτές είναι τεχνολογίας μολύβδου αντιμονίου και περιέχουν σαν ηλεκτρολύτη διάλυμα θεικού οξέως. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα γίνεται έλεγχος για την τάση της διάταξης των συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές του μικροδικτύου φαίνονται στην εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3 : Συσσωρευτές μικροδικτύου

1.4 ANEMOΓΕΝΝΗΤΡΙΑ

Ένα άλλο κύριο στοιχείο του υβριδικού δικτύου είναι η ανεμογεννήτρια . Η ανεμογεννήτρια μετατρέπει την αιολική ενέργεια (δηλαδή την κινητική ενέργεια του ανέμου) σε ηλεκτρική . Οι ανεμογεννήτριες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : στις ανεμογεννήτριες οριζοντίου άξονα οι οποίες είναι και οι πλέον διαδεδομένες και στις ανεμογεννήτριες κατακόρυφου άξονα . Τα κύρια μέρη των ανεμογεννητριών οριζοντίου άξονα είναι :

α) Ο πύργος ο οποίος μπορεί να είναι είτε μεταλλικός είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα και αποτελεί το στήριγμα της ανεμογεννήτριας .

β) Ο δρομέας η έλικα ο οποίος συνήθως αποτελείται από δύο η τρία πτερύγια τα οποία μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πολυορεθάνη , υαλόνημα , ξύλο (για μικρού μεγέθους Α/Γ) υαλονήματα σε πολλαπλές στρώσεις (μεσαίου μεγέθους Α/Γ) ανθρακονύματα (για μεγάλου μεγέθους Α/Γ) . Η στήριξη των πτερυγίων της έλικας στον άξονα του δρομέα μπορεί να είναι σταθερή (πτερύγιο σταθερού βήματος) ή μεταβλητή δηλαδή να είναι δυνατή η περιστροφή του στο σημείο εδράσεως (πτερύγιο μεταβλητού βήματος) ή μπορεί το πτερύγιο να αποτελείται από δύο τμήματα ένα σταθερό και ένα μεταβλητό .

γ) Και το χώρο μηχανισμών που περιλαμβάνει το σύστημα εδράσεως του δρομέα στον πύργο , τον πολλαπλασιαστή στροφών , τη γεννήτρια και το φρένο. Συνήθως μεταξύ της γεννήτριας και του δικτύου παρεμβάλλεται ένας μετατροπέας ισχύος όπως ένας μετατροπέας AC-DC-AC για τον έλεγχο της ροής ισχύος . Πολύ σημαντικό είναι και το σύστημα έλεγχου που προσαρμόζει τη λειτουργία της προς της εκάστοτε συνθήκες άνεμου (εκκίνηση , κατεύθυνση προς τον άνεμο κτλ) επιτηρεί την ασφάλεια και μεγιστοποιεί την απόδοση της . Για τις ανεμογεννήτριες με πτερύγια μεταβλητού βήματος το σύστημα αυτό ελέγχει και το βήμα των πτερυγίων . Ανάλογα με το είδος και το μέγεθος της ανεμογεννήτριας αλλάζει η διάταξη των μηχανισμών.

Η βασική λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας περιγράφεται από την χαρακτηριστικοί ισχύος-ταχύτητας ανέμου την οποία δίνουν οι κατασκευαστές των Α/Γ. Με βάση την καμπύλη αυτή και την καμπύλη διάρκειας ανέμου προκύπτει η ενέργεια που μπορεί να παράγει η ανεμογεννήτρια αν εγκατασταθεί στη θέση αυτή [7] .

Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο γίνεται χρήση μιας ανεμογεννήτριας Whisper Wind Generator H80HV . Η ανεμογεννήτρια συνδέεται με το Whisper link το οποίο είναι το σύστημα έλεγχου της . Το Whisper link μετατρέπει την τριφασική εναλλασσόμενη τάση της σε συνεχή και συνδέεται με τον αντιστροφέα Windy Boy . Επίσης το Whisper link μας δίνει την δυνατότητα να σταματήσουμε την ανεμογεννήτρια μέσω του κομβίου STOP . Στις παρακάτω εικόνες 1.4α και 1.4β φαίνεται η ανεμογεννήτρια και το Whisper link [26] .



Εικόνα 1.4α : Ανεμογεννήτρια μικροδικτύου



Εικόνα 1.4β : Whisper link

1.5 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ

Ο αντιστροφέας των συσσωρευτών αποτελεί την καρδιά του υβριδικού συστήματος μιας και είναι ο διάυλος μεταξύ των συσσωρευτών και του υπολοίπου συστήματος . Οι αντιστροφείς είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ισχύος οι οποίες μετατρέπουν μια συνεχή τάση σε μονοφασική ή τριφασική εναλλασσόμενη μεταβλητής RMS τιμής και μεταβλητής συχνότητας . Θα αναφερθούμε εκτενέστερα σε αντιστροφείς του τύπου Sunny Island μιας και τέτοιου τύπου αντιστροφέα έχει το εργαστηριακό μικροδίκτυο και πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας Sunny Island 3300 . Το Sunny Island 3300 έχει πολλές περισσότερες δυνατότητες από έναν απλό αντιστροφέα . Η λειτουργία του Sunny island στηρίζεται σε έναν διπλό επεξεργαστή και έναν ειδικό διακόπτη ηλεκτρικής ισχύος . Στην πλευρά εναλλασσόμενης τάσης, ο αντιστροφέας ελέγχει την τάση, τη συχνότητα, την ενεργό και άεργο ισχύ, ενώ χρησιμοποιεί τις μπαταρίες για αποθήκευση ενέργειας. Συνδυάζοντας τρεις συσκευές μπορούμε να εγκαταστήσουμε μια τριφασική τροφοδοσία.. Στην πλευρά συνεχούς τάσης, ο αντιστροφέας πρέπει συνεχώς να ελέγχει τις μπαταρίες, π.χ. ρυθμίζει την τάση που δέχονται ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ένταση του ρεύματος, τις φορτίζει πλήρως σε τακτά διαστήματα και προσαρμόζει τη μέθοδο φόρτισης ανάλογα με τον τύπο των μπαταριών και τις συνθήκες χρήσης τους, ενώ μας παρέχει τη δυνατότητα να υπολογίζει και να δείχνει σε κάθε στιγμή στην οθόνη το βαθμό φόρτισης τους. Ο έλεγχος της φόρτισης των συσσωρευτών είναι πάρα πολύ σημαντικός μιας και πρέπει να αποφεύγεται τόσο η υπερφόρτιση όσο και η υπερβολική εκφόρτιση των συσσωρευτών , διότι σε αντίθετη περίπτωση έχουμε μείωση του χρόνου ζωής η και καταστροφή τους . Το Sunny Island με τη χρήση

ηλεκτρονόμων αποσυνδέει τους συσσωρευτές σε περίπτωση υπερφόρτισης ενώ αποσυνδέει το φορτίο σε περίπτωση υπερβολικής εκφόρτισης .Το Sunny Island 3300 φαίνεται στην εικόνα 1.5 ενώ περισσότερα χαρακτηριστικά του φαίνονται στον Πίνακα 1 [3] [24] .



Εικόνα1.5 : Sunny Island 3300

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Χαρακτηριστικά Sunny Island 3300

Μέγιστη Ισχύς Εισόδου	4,3 KVA
Ονομαστική Ισχύς Εισόδου	3.3 KVA
Απόδοση	≥90%
Ονομαστική Τάση Συστοιχίας Συσσωρευτών	60V
Τάση λειτουργίας Συστοιχίας Συσσωρευτών	46-81 V
Ονομαστικό Ρεύμα Συσσωρευτών	60A
Μέγιστο Ρεύμα Συσσωρευτών	125A
Ονομαστική Τάση Εξόδου	250 V
Εύρος Τάσης Εξόδου	196-253 V
Ονομαστικό Ρεύμα Εξόδου	14.5A

Ονομαστική Συχνότητα Εξόδου	50Hz
Εύρος Συχνότητας Εξόδου	48-62 Hz
Αρμονική Παραμόρφωση Εξόδου	<3%
Προστασία από Υπερφόρτωση	Με αυτόματους διακόπτες
Κυμάτωση Τάσης	<5%
Προστασία από Ανάστροφη Πολικότητα	Όχι

1.6 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Η χρήση του αντιστροφέα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας είναι επιτακτική για τις περιπτώσεις που το ρεύμα που θα παρέχει το σύστημα θα είναι εναλλασσόμενο κάτι το οποίο συμβαίνει στο εργαστηριακό μικροδίκτυο . Όπως αναφέραμε και παραπάνω οι αντιστροφείς είναι ηλεκτρονικές διατάξεις ισχύος οι οποίες μετατρέπουν μια συνεχή τάση σε μονοφασική ή τριφασική εναλλασσόμενη μεταβλητής RMS τιμής και μεταβλητής συχνότητας . Θα αναφερθούμε εκτενέστερα στους αντιστροφείς Sunny Boy μιας και και τέτοιου τύπου αντιστροφές έχει το εργαστηριακό μικροδίκτυο . Οι αντιστροφείς Sunny Boy βασίζονται στην τεχνολογία string . Η τεχνολογία αυτή συνίσταται στο ότι ένας μικρός αριθμός φωτοβολταϊκών συλλεκτών συνδέονται σε μια σειρά. Στη συνέχεια, κάθε σειρά συνδέεται χωριστά σε έναν ξεχωριστό αντιστροφέα και αυτός με τη σειρά του συνδέεται με το δίκτυο. Στην περίπτωση των μεγάλων φωτοβολταϊκών γεννητριών έχω πολλές σειρές φωτοβολταϊκών πλαισίων και η παραγόμενη ενέργεια συγκεντρώνεται κατ' ευθείαν στην πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος. Παλιότερα τα πλαίσια συνδέονταν σε σειρά κατά ομάδες, στη συνέχεια όλα μαζί παράλληλα, και μετά με έναν αντιστροφέα, ο οποίος συνδεόταν με το δίκτυο. Η νέα τεχνολογία παρακάμπτει τα καλώδια της παράλληλης σύνδεσης και συνδέεται άμεσα με το δίκτυο, απλοποιώντας σε μεγάλο βαθμό το σύστημα. Επίσης, τώρα γίνεται πολύ εύκολα επέκταση της εγκατάστασης, διότι τα επιπλέον φωτοβολταϊκά στοιχεία συνδέονται άμεσα στην πλευρά του δικτύου, ενώ ο κίνδυνος βραχυκυκλώματος μειώνεται.

Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο γίνεται χρήση ενός αντιστροφέα Sunny Boy 1100E. Η τάση στην είσοδο του Sunny Boy 1100E είναι σχεδιασμένη για μέχρι 16 φωτοβολταϊκά πλαίσια, αποτελούμενα από 36 έως 40 κυψέλες το καθένα. Ο αντιστροφέας Sunny Boy λειτουργεί με μεγάλη αξιοπιστία γιατί βασίζει τη λειτουργία του σε μια IGBT γέφυρα, η οποία μετατρέπει το ρεύμα που λαμβάνεται από τα φωτοβολταϊκά κύτταρα σε εναλλασσόμενο. Η τάση μεταφέρεται στο δίκτυο αφού πρώτα περάσει από το μετασχηματιστή . Το ρεύμα που τροφοδοτούμε στο δίκτυο είναι ημιτονοειδές, με πολύ μικρή αρμονική παραμόρφωση. Το σύστημα ελέγχου φροντίζει για την πλήρως αυτοματοποιημένη λειτουργία και για το MPP tracking . Επίσης, ελαχιστοποιεί κάποιες απώλειες που παρουσιάζονται στη standby λειτουργία και στην τροφοδοσία του δικτύου. Το Sunny Boy 1100E είναι εφοδιασμένο με σύστημα βύθισης της θερμοκρασίας, ώστε να αποφεύγονται ανεπιθύμητες

καταστάσεις.. Το κουτί της συσκευής είναι φτιαγμένο από ανοξείδωτο ατσάλι, ώστε ο αντιστροφέας να προστατεύεται από σκόνη και υγρασία, ενώ μπορεί να λειτουργεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος από -25°C μέχρι +60°C .Ο αντιστροφέας Sunny Boy 1100E καθώς και ο πίνακας με τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στην εικόνα 1.6 και στον πίνακα 2.



Εικόνα1.6 : Sunny Boy 1100E

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Χαρακτηριστικά Sunny Boy 1100E

Τεχνολογία Αντιστροφέα	PWM
Ονομαστική AC Τάση Εξόδου	240 V
Ονομαστική Συχνότητα Εξόδου	50 Hz
DC Τάση Εισόδου	129-400 V
Τάση Για Μέγιστη Ισχύ Εξόδου (MPPT)	145-400 V
Μέγιστη Ισχύς Εισόδου	1440 W
Μέγιστη Ισχύς Εξόδου	1100 W
Ονομαστική Ισχύς εξόδου	1000W
Αρμονική Παραμόρφωση Ρεύματος	<4%
Συντελεστής Ισχύος	1
Μέγιστη Απόδοση Αντιστροφέα	93%

Ψύξη	Φυσική απαγωγή
Τάση Εισόδου για Έναρξη Λειτουργίας	180 V
Μέγιστο Ρεύμα Εξόδου	4,6A
Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου	9.5 A
Κυμάτωση DC Τάσης	<10%
Κατανάλωση Ισχύος	0W το βράδυ , < 4 Wσε λειτουργία < 0,1 W stand by

Ο αντιστροφέας Sunny Boy 1100 δεν προσφέρει από μόνος του κάποια ενδεικτική οθόνη για την καταγραφή της λειτουργίας του παρά μόνον ενδεικτικές λυχνίες . Η καταγραφή της λειτουργίας του αντιστροφέα γίνεται από ξεχωριστή συσκευή έλεγχου το Sunny Boy Control . Το Sunny Boy Control είναι ξεχωριστή συσκευή η οποία είναι συνδεδεμένη μόνιμα με τον αντιστροφέα και χρησιμοποιείται τόσο για τη επιθυμητή ρύθμιση της λειτουργίας του όσο και για την καταγραφή διαφόρων μεγεθών . Το Sunny Boy Control μπορεί να συνδεθεί και να ελέγξει μέχρι 50 αντιστροφείς και μπορεί να συνδεθεί με αυτούς είτε μέσω του δικτύου χαμηλής τάσης είτε μέσω καλωδίου RS-232 είτε μέσω καλωδίου RS-485 . Όποια μέθοδος σύνδεσης πάντως και αν χρησιμοποιηθεί υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθεί το Sunny Boy Control με έναν υπολογιστή για αποθήκευση των καταγεγραμμένων στοιχείων και καλύτερη προβολή τους . Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο το Sunny Boy Control συνδέεται με τον αντιστροφέα Sunny Boy με τη χρήση καλωδίου RS-232 . Επίσης έχουμε σύνδεση του Sunny Boy Control με το Sunny Island μέσω ενός καλωδίου RS-485 και σύνδεση του Sunny Island με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω καλωδίου RS-232 . Στον ηλεκτρονικό αυτό υπολογιστή μέσω κατάλληλου λογισμικού γίνεται δυνατή η ρύθμιση λειτουργίας των δύο αντιστροφών καθώς και η προβολή των μετρήσεων που καταγράφουν . Πέρα όμως από τη σύνδεση του Sunny Boy Control με τον αντιστροφέα υπάρχουν και άλλες δυνατότητες για τον έλεγχο του όπως η απευθείας σύνδεση του αντιστροφέα με ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω ενός καλωδίου RS-232 .Στην περίπτωση πολλών αντιστροφών μπορεί να γίνει χρήση ενός μόντεμ τύπου SWR-COM το οποίο συνδέεται στο δίκτυο χαμηλής τάσης και σε ηλεκτρονικό υπολογιστή . Έτσι ο έλεγχος όλων των αντιστροφών γίνεται μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή [3] [4] [25] [12] .

1.7 ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω τις περισσότερες φορές μεταξύ της γεννήτριας και του δικτύου παρεμβάλλεται ένας μετατροπέας ισχύος όπως ένας μετατροπέας AC-DC-AC για τον έλεγχο της ροής ισχύος . Στην περίπτωση αυτή το ρόλο της

μετατροπής από DC σε AC παίζει ένας αντιστροφέας ανεμογεννήτριας . Στο εργαστηριακό μικροδίκτυο χρησιμοποιείται ένας αντιστροφέας Windy Boy. Το Windy Boy μετατρέπει τη μεταβαλλόμενη, ανάλογα με τον αριθμό στροφών, ανορθωμένη τάση (DC) μιας ανεμογεννήτριας σε κατάλληλη για το δίκτυο εναλλασσόμενη τάση (AC). Το μοντέλο που είναι εγκατεστημένο στο εργαστήριο είναι το Windy Boy 1700. Στην οικογένεια Windy Boy περιλαμβάνονται διάφοροι τύποι συσκευών για την περιοχή ισχύος από 1000 έως 6000 W, οι οποίες είναι κατάλληλες για χρήση με αιολικές γεννήτριες διαφόρων κατασκευαστών και κατηγοριών ισχύος . Το Windy Boy 1700 φαίνεται στην εικόνα 1.7 ενώ τα κυριότερα χαρακτηριστικά του φαίνονται στον πίνακα 3 [3] [4] .



Εικόνα1.7 : Windy Boy 1700

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Χαρακτηριστικά Windy Boy 1700

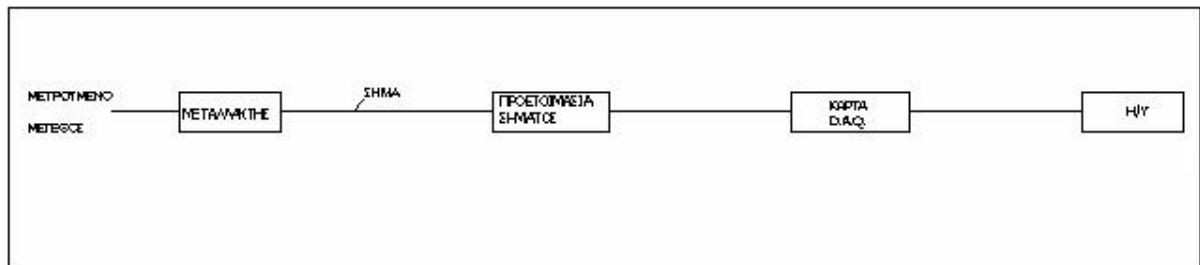
Ονομαστική Συχνότητα Εξόδου	50/60 Hz
DC Τάση Εισόδου	139-400 V
Μέγιστη Ισχύς Εισόδου	1395 W
Μέγιστη Ισχύς Εξόδου	1700 W
Ονομαστική Ισχύς εξόδου	1550W
Μέγιστη Απόδοση Αντιστροφέα	93,5%
Τάση Εισόδου για Έναρξη Λειτουργίας	180 V
Μέγιστο Ρεύμα Εισόδου	10 A
Κυμάτωση DC Τάσης	<10%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

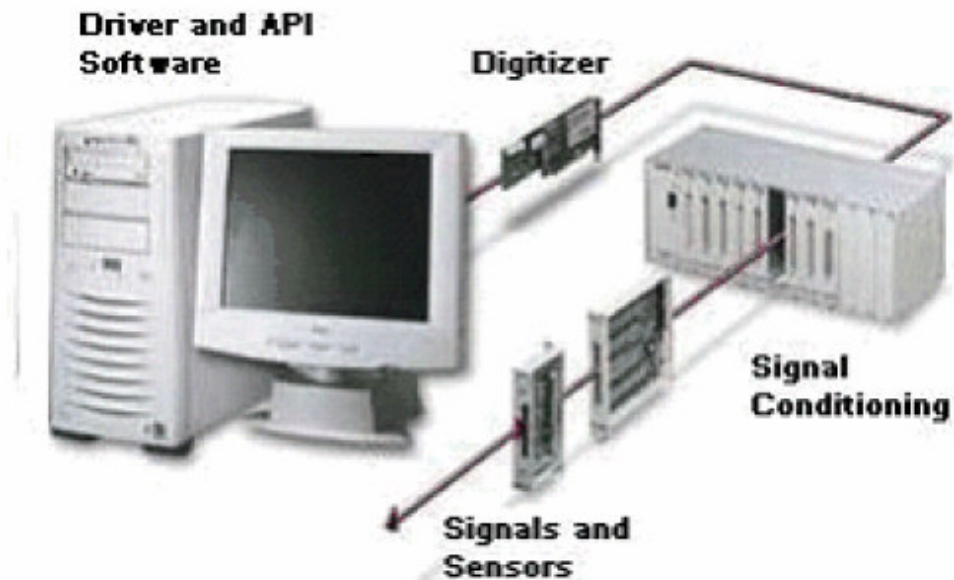
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑ D.A.Q.

Λέγοντας Data acquisition εννοούμε την καταγραφή την επεξεργασία και την παρουσίαση σημάτων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή .Αυτό επιτυγχάνεται μέσω ενός D.A.Q συστήματος . Ένα D.A.Q. (Data acquisition) σύστημα αποτελείται συνήθως από πέντε στοιχεία τον μεταλλάκτη , το ηλεκτρικό σήμα , την προετοιμασία του σήματος , την κάρτα D.A.Q.και τον Η/Υ εφοδιασμένο με το λογισμικό . Ο τρόπος σύνδεσης τους φαίνεται στα σχήματα 2.1α και 2.1β .



Σχήμα 2.1α Διάγραμμα διάταξης συστήματος D.A.Q.



Σχήμα 2.1β Διάταξη συστήματος D.A.Q.

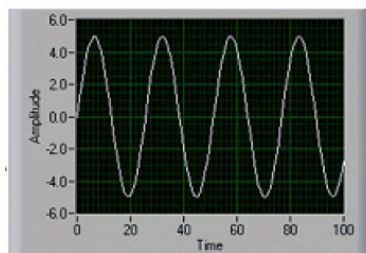
Μεταλλάκτης : Βασικό στοιχείο για την Data acquisition είναι το φυσικό φαινόμενο το οποίο πρέπει να μετρηθεί . Αυτό μπορεί να είναι η θερμοκρασία ενός δωματίου , η πίεση ενός κυλίνδρου , η ηλεκτρική τάση ενός δικτύου και άλλα Ο μεταλλάκτης (η

σένσορας) μετατρέπει το μετρούμενο μέγεθος σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα (τάση η ένταση) . Αναλόγως του μετρούμενου γίνεται χρήση του κατάλληλου μεταλλάκτη . Στο παρακάτω σχήμα γίνεται η αντιστοίχιση των μεταλλακτών με τα υπό μέτρηση φαινόμενα .

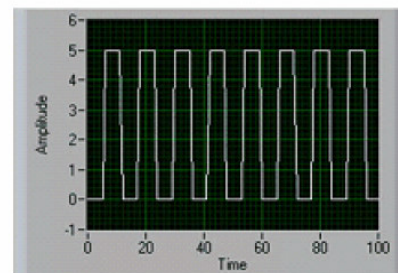
Phenomena	Transducer
Temperature	Thermocouples Resistive Temperature Devices (RTDs) Thermistors
Light	Vacuum Tube Photo Sensors
Sound	Microphone
Force and Pressure	Strain Gauges Piezoelectric Transducers
Position and Displacement	Potentiometers Linear Voltage Differential Transformer Optical Encoder
Fluid	Head Meters Rotational Flowmeters
pH	pH Electrodes

Σχήμα 2.2 Αντιστοίχιση των μεταλλακτών με τα υπό μέτρηση φαινόμενα .

Ηλεκτρικό σήμα : Τα σήματα αυτά μπορούν να είναι αναλογικά η ψηφιακά ανάλογα με τον μεταλλάκτη που χρησιμοποιείται . Τα αναλογικά σήματα μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή και έχουν τρία κύρια χαρακτηριστικά το πλάτος , τη μορφή και την συχνότητα . Αντιθέτως τα ψηφιακά σήματα δεν μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή , ανάλογα με το πλάτος τους παίρνουν τιμές HIGH-LOW ή ON-OFF ή 1-0 . Παρακάτω στα σχήματα 2.3α και 2.3β φαίνονται ένα αναλογικό και ένα ψηφιακό ηλεκτρικό σήμα :



Σχήμα 2.3α Αναλογικό σήμα



Σχήμα 2.3β Ψηφιακό σήμα

Προετοιμασία σήματος : Το σήμα τις περισσότερες πρέπει να προετοιμαστεί πριν αυτό πάει στην κάρτα D.A.Q. Αυτό συμβαίνει διότι το ηλεκτρικό σήμα που εξέρχεται από τον μεταλλάκτη είναι δύσκολο η επικίνδυνο να μετρηθεί από την κάρτα D.A.Q. Όταν έχουμε να κάνουμε για παράδειγμα με σήματα πολλών βολτ είτε με σήματα στα οποία υπάρχει θόρυβος , είτε με πολύ χαμηλά σήματα τότε η προετοιμασία του σήματος είναι αναγκαία. Το σήμα ίσως χρειαστεί είτε να ενισχυθεί είτε να υποβιβαστεί είτε να γίνει χρήση φίλτρου . Η προετοιμασία του σήματος αυξάνει την ακρίβεια του συστήματος επιτρέπει τη σωστή λειτουργία των μεταλλακτών και

εγγυάται την ασφάλεια του D.A.Q συστήματος. Στην εικόνα 2.1 φαίνονται παραδείγματα συσκευών που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία του σήματος .



Εικόνα 2.1 Παραδείγματα συσκευών για την προετοιμασία του σήματος

Κάρτα D.A.Q. : Η κάρτα D.A.Q. είναι η καρδιά ενός συστήματος D.A.Q. και παρεμβάλλεται μεταξύ του Η/Υ και του σήματος . Συνδέεται με τον υπολογιστή είτε εξωτερικά (μέσω parallel, serial, USB) είτε εσωτερικά (στην μητρική μέσω PCI, ISA) . Οι κάρτες D.A.Q δύνανται να έχουν :

- Αναλογικές εισόδους / εξόδους .
- Ψηφιακές εισόδους / εξόδους .
- Counters .
- Timers .



Εικόνα 2.2 Κάρτα D.A.Q.

Η/Υ : Ο Η/Υ αποτελεί το τελευταία στοιχείο του συστήματος D.A.Q. και ουσιαστικά κάνει δυνατή την επικοινωνία μεταξύ του συστήματος και του ανθρώπου . Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού δίνεται η δυνατότητα να γίνει η καταγραφή των δεδομένων στη μνήμη του αλλά και η περαιτέρω επεξεργασία τους . Υπάρχουν δύο είδη λογισμικών : τα drivers και τα λογισμικά εφαρμογών . Τα πρώτα δίνουν την δυνατότητα να επικοινωνεί ο υπολογιστής με την κάρτα D.A.Q και χωρίς αυτό δεν είναι δυνατή η λειτουργία του όλου συστήματος . Τα λογισμικά εφαρμογών δίνουν την δυνατότητα να δημιουργηθούν διάφορες εφαρμογές για την αποδοτικότερη χρήση του όλου συστήματος αλλά και για την επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων . Τέτοιου είδους λογισμικά είναι το MATLAB το LABVIEW το DASYLAB και άλλα. .

2.2 ΕΙΔΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ D.A.Q .

Τα συστήματα D.A.Q. χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες : στα σταθερά και στα φορητά .Τα σταθερά είναι μόνιμα τοποθετημένα συστήματα που αποτελούνται από σχετικά μεγάλο ή ογκώδες υλικό και συνδέονται με σταθερούς υπολογιστές με κάποιο τρόπο. Αυτά τα συστήματα έχουν πρόσβαση μέσω υπολογιστή , επεξεργάζονται , αναλύουν τα δεδομένα εισόδου και τα προετοιμάζουν για την παρουσίαση. Τα φορητά συστήματα, αντίθετα, είναι μικρά, ελαφριά μεταφέρονται εύκολα και λειτουργούν είτε με σταθερό υπολογιστή είτε με φορητό . Τα σταθερά συστήματα D.A.Q. δίνουν την δυνατότητα της παράλληλης λειτουργίας πολλών καρτών D.A.Q. και είναι επεκτάσιμα . Αυτό δεν είναι δυνατό βέβαια με τη χρήση φορητών συστημάτων . Επίσης τα σταθερά συστήματα μπορεί να είναι διανεμημένα κάτι πολύ σημαντικό για την βιομηχανική χρήση των συστημάτων D.A.Q.Ακόμα τα χαρακτηριστικά των σταθερών συστημάτων D.A.Q. (αριθμός καναλιών , resolution , sampling rate , και άλλα) είναι ανώτερα από τα φορητά χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν υπάρχουν φορητά συστήματα με αρκετά καλά χαρακτηριστικά . Τέλος το κόστος των σταθερών συστημάτων είναι μικρότερο σε σχέση με τα φορητά συστήματα με τα ίδια χαρακτηριστικά . Και στις δύο περιπτώσεις πάντως χρειαζόμαστε μεταλλάκτες , σύστημα προετοιμασίας του σήματος και υπολογιστή δηλαδή τα βασικά μέρη του συστήματος δεν αλλάζουν . Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλη προσπάθεια ώστε τα φορητά συστήματα να φτάσουν τις δυνατότητες των σταθερών . Αν και υπάρχει πολύ μεγάλη πρόοδος κάτι τέτοιο είναι δύσκολο να επιτευχθεί λόγω της φύσης των φορητών συστημάτων . Παρακάτω παρατίθενται δύο φωτογραφίες καρτών D.A.Q. . μία που προορίζεται για φορητό σύστημα και μία που προορίζεται για σταθερό σύστημα . Σαν τελικό συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι στις περιπτώσεις που μας ενδιαφέρει να υπάρχει φορητότητα επιλέγουμε φορητά συστήματα D.A.Q. ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις προτιμούμε τα σταθερά συστήματα μιας και πλεονεκτούν στους περισσότερους τομείς [9]. Στις εικόνες 2.3α και 2.3β παρατίθενται δύο φωτογραφίες καρτών D.A.Q. . μία που προορίζεται για φορητό σύστημα και μία που προορίζεται για σταθερό σύστημα .



Εικόνα 2.3α : Κάρτα D.A.Q. για φορητό σύστημα



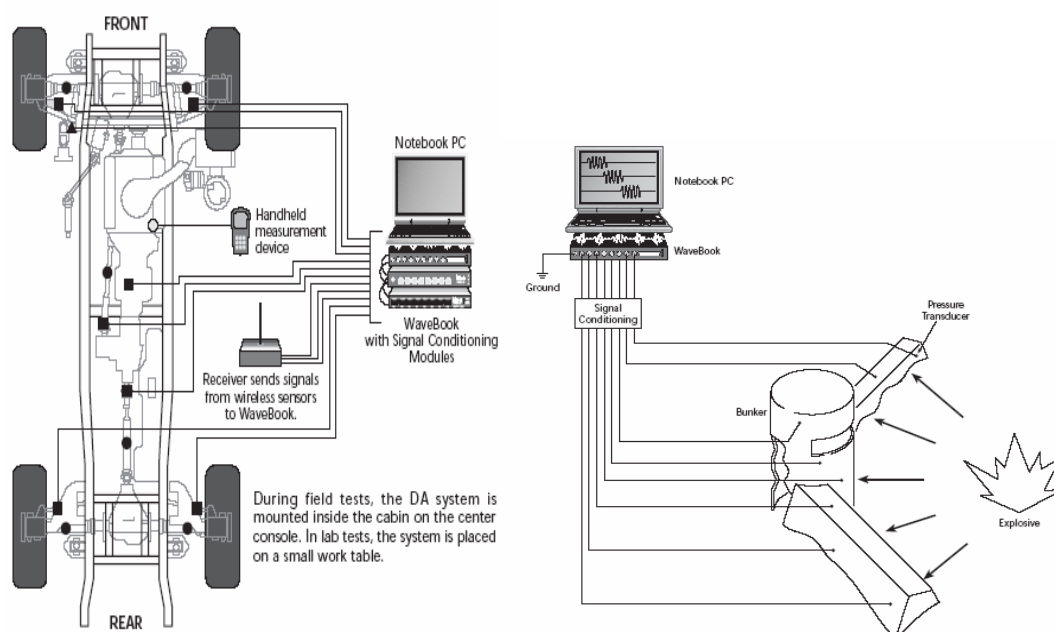
Εικόνα 2.3β : Κάρτα D.A.Q. για σταθερό σύστημα

2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ D.A.Q.

Η χρήση των συστημάτων D.A.Q. δεν περιορίζεται στις ηλεκτρικές μετρήσεις και τα ενεργειακά συστήματα αλλά χρησιμοποιείται σε πάρα πολλές άλλες εφαρμογές. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές φαίνονται παρακάτω .

- Αεροδιαστημική
- Αυτοκινητοβιομηχανία
- Βιομηχανία συσσωρευτών
- Βιοϊατρική
- Τηλεπικοινωνίες
- Στρατιωτική βιομηχανία
- Πετροχημική βιομηχανία
- Ποιοτικός έλεγχος
- Ασφάλεια
- Τεχνολογία υλικών
- Ηλεκτρονικά
- Μεταφορές
- Ραδιοφωνική και τηλεοπτική μετάδοση
- Εξόρυξη πετρελαίου

Στο σχήμα 2.4 φαίνονται δύο εφαρμογές .Στα αριστερά φαίνεται ένα σύστημα D.A.Q το οποίο χρησιμοποιείται στην αυτοκινητοβιομηχανία για τον έλεγχο των διαφόρων συστημάτων του αυτοκινήτου ενώ στα δεξιά ένα σύστημα D.A.Q για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας εκρηκτικών .



Σχήμα 2.4 Παραδείγματα χρήσης συστημάτων D.A.Q.

2.4 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ D.A.Q.

Μιας και οι μετρήσεις με την κάρτα D.A.Q. που θα γίνουν στο εργαστήριο αναφέρονται στις τάσεις και στις εντάσεις των ζυγών του εργαστηριακού μικροδικτύου θα γίνει αναφορά στις ηλεκτρικές μετρήσεις με κάρτες D.A.Q. και στις ιδιαιτερότητες που αυτές έχουν . Κάτι το οποίο θα πρέπει να μας απασχολήσει είναι η ασφάλεια . Σύμφωνα με το NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) κάθε τάση άνω των 48 V θεωρείται επικίνδυνη για την ανθρώπινη ζωή . Αν και άνθρωποι έχουν επιζήσει ύστερα από χτυπήματα χιλιάδων Volt ο ηλεκτρισμός πρέπει πάντα να αντιμετωπίζεται με προσοχή και σεβασμό . Όμως η τάση δεν πρέπει να είναι το μόνο που μας απασχολεί . Ρεύματα της τάξης των mA είναι αρκετά για να σταματήσουν την καρδιά ενός ανθρώπου . Έτσι ο εξοπλισμός και οι διάφορες πηγές τάσης και ρεύματος πρέπει να τίθενται σε λειτουργία αφού γίνει η σύνδεση του όλου συστήματος . Αυτό πρέπει να προσέχεται ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε υψηλές τάσεις . Εκτός από την ασφάλεια η ακρίβεια των μετρήσεων είναι κάτι το οποίο θα πρέπει να μας απασχολήσει . Ακριβείς μετρήσεις έχουμε όταν αφενός η κάρτα D.A.Q. είναι ακριβής και όταν οι συνδέσεις είναι σωστές . Κακές συνδέσεις και θόρυβος ο οποίος προέρχεται από unshielded καλώδια και ελλιπείς η λανθασμένες γειώσεις είναι σίγουρο πως θα δώσουν ανακριβείς μετρήσεις .

Οι περισσότερες κάρτες D.A.Q. δεν μπορούν να δεχτούν στις εισόδους τους περισσότερα από 10 V ενώ σε ορισμένες το όριο γίνεται 25 V . Η τροφοδοσία ενός Data Acquisition συστήματος πρέπει να γίνεται ως εξής : αφού έχουμε συνδέσει τον μεταλλάκτη με το σημείο που πρέπει να γίνει η μέτρηση και την κάρτα D.A.Q. τροφοδοτούμε με τάση πρώτα την κάρτα D.A.Q. και μετά τα υπόλοιπα . Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ορισμένες κάρτες D.A.Q. μπορούν να καταστραφούν εάν δεχτούν τάση στις εισόδους τους ενώ είναι κλειστές . Ας δούμε όμως τις διάφορες ηλεκτρικές μετρήσεις αναλυτικότερα και πιο συγκεκριμένα τις μετρήσεις υψηλών τάσεων και υψηλών ρευμάτων (για συστήματα D.A.Q.) μιας και τέτοιου είδους μετρήσεις θα γίνουν στο εργαστηριακό μικροδίκτυο [8].

Τάσεις

Τάσεις άνω των 24 V θεωρούνται υψηλές για τα συστήματα Data Acquisition . Διαιρέτες τάσης (εξωτερικοί και εσωτερικοί) , μεταλλάκτες τάσης καθώς και συστήματα προετοιμασίας του σήματος χρησιμοποιούνται ώστε να μειώσουν την τάση σε 10 η λιγότερα V . Έτσι προστατεύεται και το σύστημα αλλά και ο χειριστής του συστήματος . Απαραίτητη είναι και η σωστή μόνωση των καλωδίων των τερματικών και των μεταλλακτών .

Ρεύματα

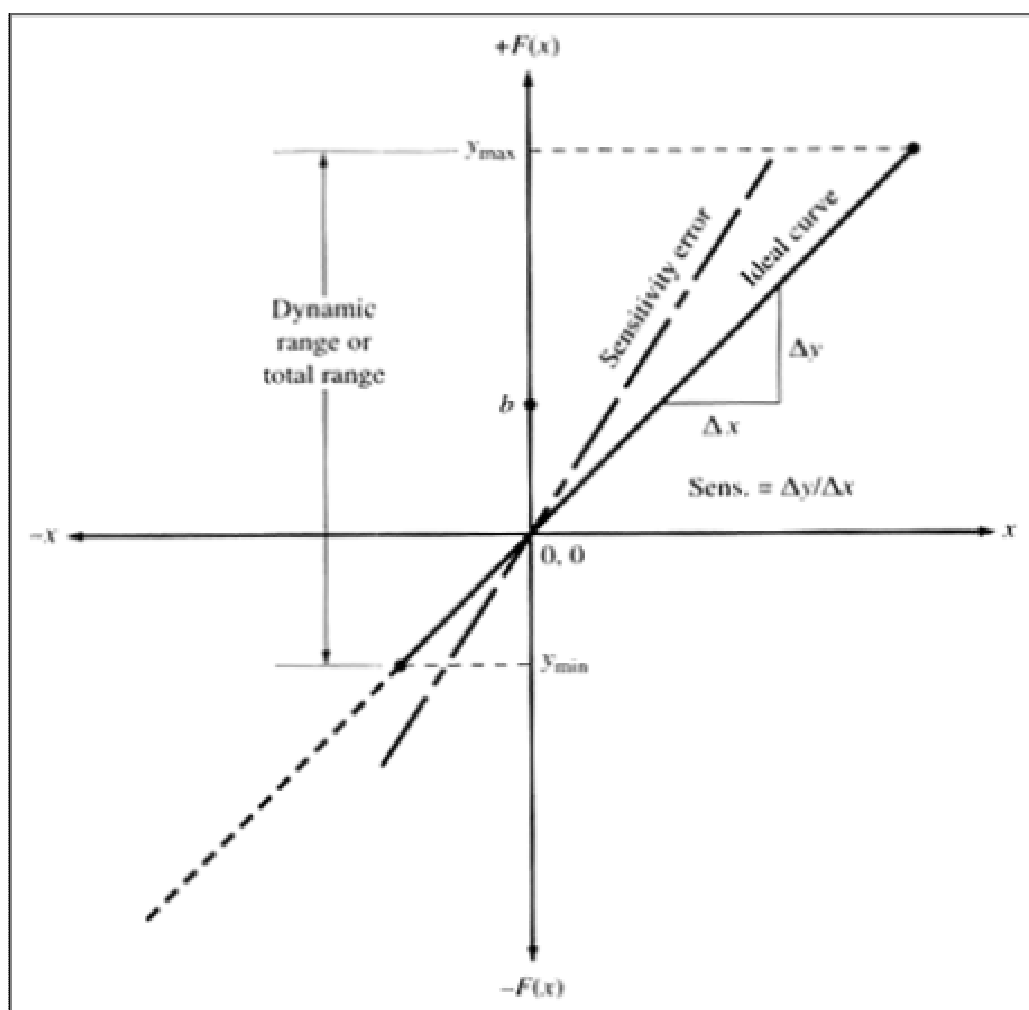
Η μέτρηση της τάσης είναι σχετικά εύκολη να μετρηθεί με ένα σύστημα D.A.Q. μιας και οι είσοδοι των καρτών δέχονται μόνο τάση . Στην περίπτωση όμως που πρέπει να μετρήσουμε εντάσεις η μέτρηση γίνεται πιο περίπλοκη . Λύση στο παραπάνω πρόβλημα δίνουν οι αμπεροτσιμπίδες και οι μεταλλάκτες ρεύματος καθώς και τα συστήματα προετοιμασίας του σήματος τα οποία μετατρέπουν την ένταση στην επιθυμητή κάθε φορά τάση .

2.5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΩΝ

Όπως αναφέραμε οι μεταλλάκτες παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο σε ένα D.A.Q. σύστημα μιας και αποτελούν τη θύρα των φυσικών φαινομένων στο σύστημα . Κάθε μεταλλάκτης έχει κάποια χαρακτηριστικά τα οποία θα αναλύσουμε παρακάτω .

Sensitivity

Το sensitivity ενός μεταλλάκτη ορίζεται ως η μικρότερη τιμή ενός σήματος στην είσοδο η οποία δίνει ανιχνεύσιμο σήμα στη έξοδο του μεταλλάκτη . Προκύπτει από την κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης του μεταλλάκτη , δηλαδή DY/DX όπως φαίνεται στον σχήμα 2.5 :



Σχήμα 2.5 : Χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλάκτη

Sensitivity Error

Το Sensitivity Error είναι η απομάκρυνση από την ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλάκτη . Στο σχήμα 2.5 φαίνεται καθαρά το Sensitivity Error .

Range

Το range ενός μεταλλάκτη είναι η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή μιας παραμέτρου η οποία μπορεί να μετρηθεί από αυτόν . Για παράδειγμα ένας μεταλλάκτης πίεσης μπορεί να μετρά από -400 έως +400 mm Hg . Συνήθως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμές είναι ίσες ως προς την απόλυτη τιμή χωρίς όμως αυτό να συμβαίνει πάντοτε όπως για το μεταλλάκτη του σχήματος .

Dynamic Range

Το Dynamic Range είναι το συνολικό Range του μεταλλάκτη από την μεγαλύτερη έως την ελάχιστη τιμή . Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται και το Dynamic Range του συγκεκριμένου μεταλλάκτη .

Precision

Το Precision είναι ένα μέτρο της ικανότητας του μεταλλάκτη να δίνει το ίδιο σήμα εξόδου για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της ίδιας τιμής ενός φυσικού μεγέθους . Ένας ιδανικός μεταλλάκτης δίνει ίδιες τιμές εξόδου για όσες φορές και αν μετρηθεί μία συγκεκριμένη τιμή ενός φυσικού μεγέθους όμως για τους πραγματικούς μεταλλάκτες κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει . Έστω ότι στην είσοδο ενός μεταλλάκτη πίεσης δίνουμε 150 mm Hg οι τιμές του σήματος εξόδου θα ποικίλουν , το πόσο ,μας το δίνει το Precision του μεταλλάκτη .

Resolution

Το Resolution είναι η ελάχιστη αλλαγή στην τιμή του μεγέθους που μετράμε η οποία μπορεί να ανιχνευθεί από τον μεταλλάκτη . Εκφράζεται είτε ως απόλυτη τιμή η ως επί τις εκατό της μετρούμενης τιμής .

Accuracy

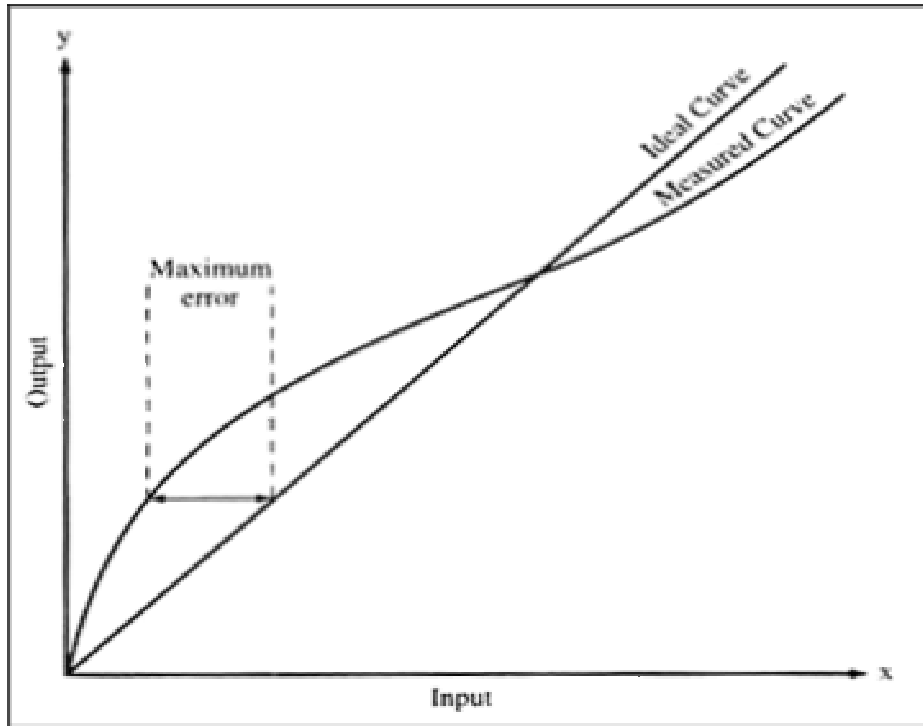
Το Accuracy ενός μεταλλάκτη ορίζεται ως η μέγιστη διαφοροποίηση ανάμεσα στην πραγματική τιμή του σήματος και στην τιμή που μας δίνει ο μεταλλάκτης στην έξοδό του . Και αυτό εκφράζεται είτε ως απόλυτη τιμή η ως επί τις εκατό της μετρούμενης τιμής .

Offset

Το offset error ενός μεταλλάκτη ορίζεται ως το σήμα στην έξοδο που υπάρχει όταν θα έπρεπε να είναι μηδέν . Στο σχήμα 2.5 θα είχαμε offset error αν η χαρακτηριστική καμπύλη του μεταλλάκτη είχε την ίδια μορφή αλλά στον άξονα των Y περνούσε από το b αντί για το μηδέν .

Linearity

Το Linearity ενός μεταλλάκτη είναι έκφραση του πόσο αποκλίνει η πραγματική καμπύλη (η οποία προκύπτει από μετρήσεις) από την ιδανική χαρακτηριστική του μεταλλάκτη . Στο σχήμα 2.6 βλέπουμε τις δύο αυτές καμπύλες .



Σχήμα 2.6 : Πραγματική και Ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη μεταλλάκτη

το Linearity συνήθως καθορίζεται από το percentage of nonlinearity το οποίο ορίζεται ως

$$\text{Nonlinearity (\%)} = \frac{D_{in(max)}}{IN_{f.s.}} \times 100$$

όπου

Nonlinearity (%) : το ποσοστό επί τις εκατό nonlinearity.

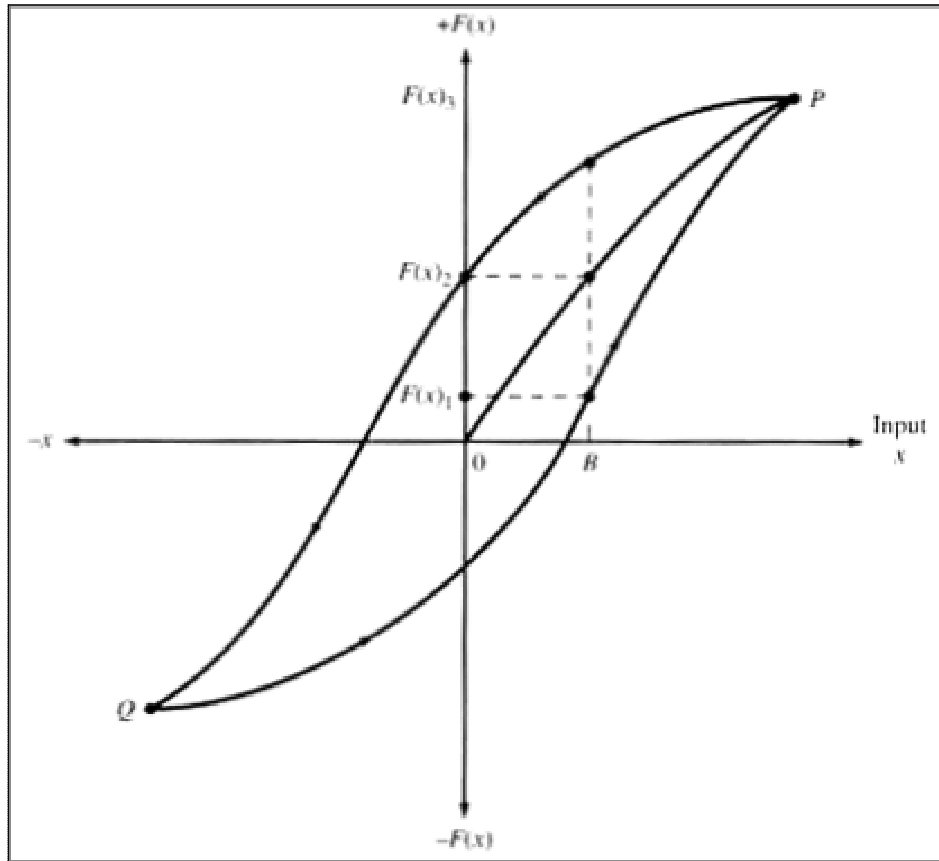
$D_{in(max)}$: η μέγιστη απόκλιση της σήματος εισόδου .

$IN_{f.s.}$: το μέγιστο σήμα εισόδου .

Το nonlinearity που προσδιορίζεται από τον παραπάνω τύπο ονομάζεται static nonlinearity και εξαρτάται από εξωτερικούς παράγοντες όπως την θερμοκρασία την υγρασία τον θόρυβο και άλλους .

Hysteresis

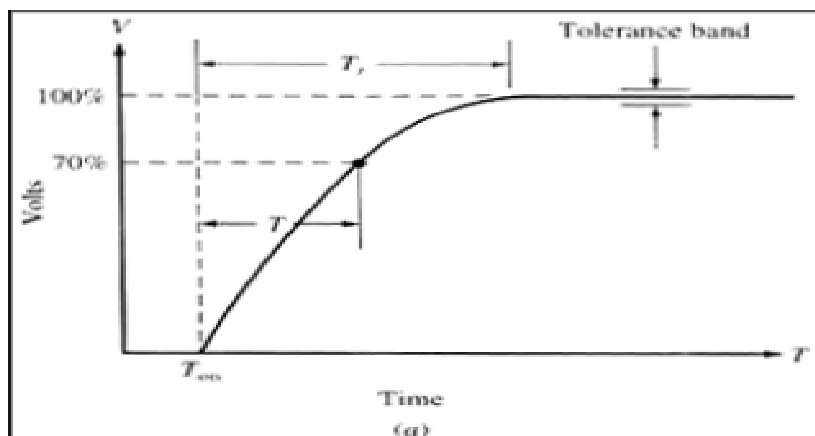
Ένας μεταλλάκτης θα πρέπει να ακολουθεί τις αλλαγές του μετρούμενου μεγέθους ασχέτως την κατεύθυνση προς την οποία γίνονται , το Hysteresis είναι μέτρο τις παραπάνω ικανότητας. Στο σχήμα 2.7 φαίνεται μια καμπύλη υστέρησης . Πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι έχει σημασία η κατεύθυνση . Με το να ακολουθήσει την τιμή B του μετρούμενου μεγέθους θα δώσει διαφορετική ένδειξη $F(X)_1$ αν προηγούμενος βρίσκεται σε ανώτερο σημείο όπως το P και διαφορετική $F(X)_2$, και $F(X)_3$ αν προηγουμένως βρίσκεται σε κατώτερο όπως 0 η το Q . Έτσι προκύπτουν σφάλματα λόγω του Hysteresis .



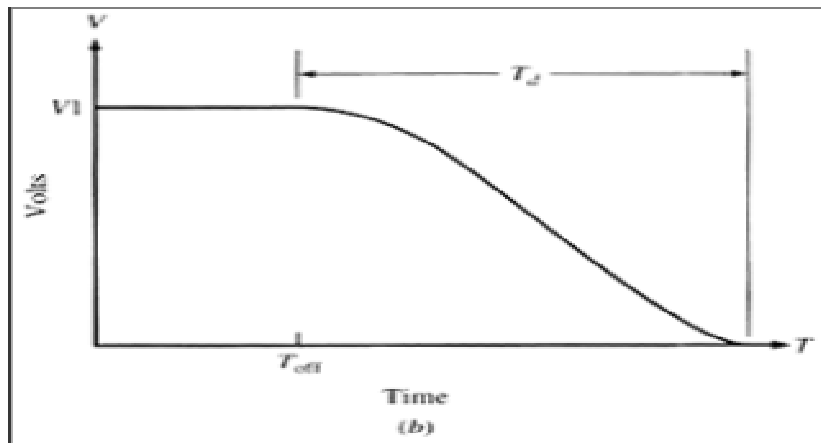
Σχήμα 2.7 : Καμπύλη υστέρησης Μεταλλάκτη

Response Time

Οι μεταλλάκτες δεν αλλάζουν το σήμα εξόδου τους αμέσως μόλις γίνει μια αλλαγή στο μετρούμενο μέγεθος. Το σήμα εξόδου αλλάζει ύστερα από κάποιο χρονικό διάστημα το οποίο ονομάζεται response time η χρόνος απόκρισης. Στα σχήματα 2.8α και 2.8β φαίνονται δυο είδη χρόνων απόκρισης. Στο σχήμα 4α φαίνεται ο χρόνος απόκρισης όταν το μετρούμενο μέγεθος αυξάνεται ακαριαία από 0% σε 100% της τιμής του ενώ στο σχήμα 4β φαίνεται ο χρόνος απόκρισης όταν το μετρούμενο μέγεθος μειώνεται ακαριαία από το 100% στο 0% της τιμής του. Στην πρώτη περίπτωση το response time συμβολίζεται με T_r ενώ στη δεύτερη T_d .



Σχήμα 2.8α : Καμπύλη χρόνου απόκρισης



Σχήμα 2.8β :Καμπύλη χρόνου απόκρισης

Dynamic Linearity

Το Dynamic Linearity είναι ένα μέτρο της ικανότητας του μεταλλάκτη να ακολουθεί απότομες αλλαγές του μετρούμενου μεγέθους . Η παραμόρφωση της τάσης , και η παραμόρφωση της φάσης καθώς και το response time καθορίζουν το dynamic linearity[15].

2.6 ΕΙΔΗ PROBES

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με τα είδη των probes μιας και τέτοιου είδους μεταλλάκτες θα χρησιμοποιηθούν στο σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου . Τα probes χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα παθητικά και στα ενεργά ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν ενεργά στοιχεία ή όχι . Τα κυριότερα είδη παθητικών probes είναι τα 1X probes και 10X probes ενώ κυριότερα είδη ενεργών probes είναι τα differential probes .Ιδιαίτερη κατηγορία αποτελούν τα current probes δηλαδή τα probes που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση ρεύματος σε αντίθεση με όλα τα άλλα probes που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση τάσης .Όλα τα είδη probes αναλύονται παρακάτω .

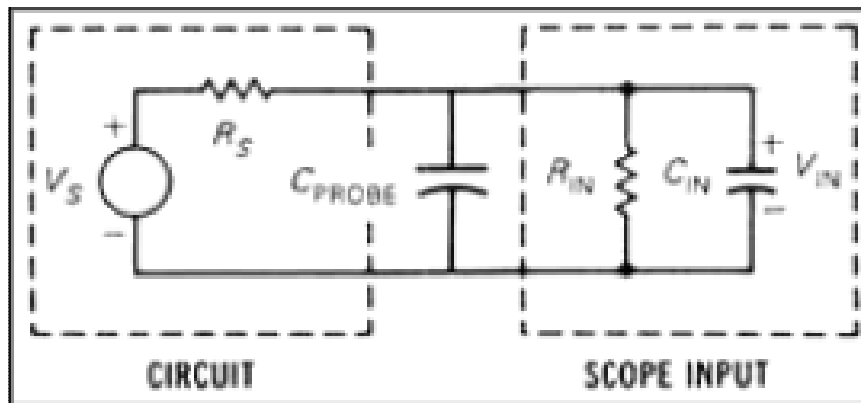
ΠΑΘΗΤΙΚΑ PROBES

Τα παθητικά είδη probes αποτελούνται από παθητικά στοιχεία δηλαδή δεν περιέχουν ενεργά στοιχεία όπως τρανζίστορ . Λόγω του γεγονότος αυτού δεν απαιτούν εξωτερική τροφοδοσία .

1X probes

Τα απλούστερα είδη probes είναι τα 1X probes γνωστά και ως 1-1 (ένα προς ένα) probes τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ του μετρούμενου συστήματος και της μετρητικής συσκευής . Στο σχήμα 2.9 φαίνεται η χρήση ενός τέτοιου probe το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ ενός κυκλώματος (το οποίο παρουσιάζεται σαν μια πηγή τάσης και μια εν σειρά αντίσταση) και ενός παλμογράφου . Το probe εισάγει μια

χωρητικότητα παράλληλα με την είσοδο του παλμογράφου η οποία συνήθως είναι αρκετά μεγαλύτερα από την χωρητικότητα του παλμογράφου .

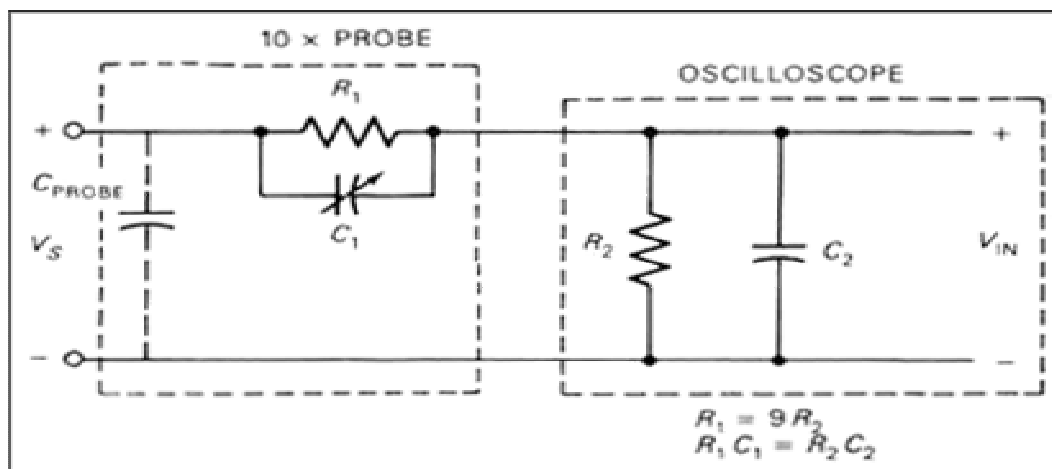


Σχήμα 2.9 : Διάγραμμα χρήσης probe 1X

Για της πολύ χαμηλές συχνότητες η χωρητικότητα αυτή δρα ως ανοιχτοκύκλωμα και έτσι δεν επηρεάζει το κύκλωμα . Αντιθέτως για μεγάλες συχνότητες η χωρητικότητα του probe επηρεάζει αρνητικά το μετρητικό κύκλωμα μιας και μειώνει την τάση την οποία βλέπει ο παλμογράφος . Η χωρητικότητα επηρεάζει και την απόκριση του παλμογράφου σε απότομες αυξήσεις η μειώσεις της τάσης του υπό μέτρηση κυκλώματος. Γενικότερα τέτοιου είδους probes αν και πλεονεκτούν ως προς την απλότητά τους και το χαμηλό κόστος τους , εξαιτίας των σφαλμάτων που δημιουργούν αποφεύγονται σε περιπτώσεις που θέλουμε μετρήσεις ακριβείας . Επίσης αποφεύγονται σε περιπτώσεις όπου έχουμε να μετρήσουμε υψηλής συχνότητας σήματα μιας και το bandwidth τους είναι αρκετά χαμηλό .

10X probes

Τα 10X probes ή probes 10:1 (δέκα προς ένα) είναι πολύ δημοφιλή είδη probes . Τα probes αυτά ονομάζονται και probes υποβιβασμού εξαιτίας της ιδιότητάς τους να υποβιβάζουν την τάση κατά δέκα φορές . Τα 10X probes έχουν μια εσωτερική αντίσταση και έναν εσωτερικό πυκνωτή όπως φαίνεται στο σχήμα 2.10:



Σχήμα 2.10 : Διάγραμμα χρήσης probe 10X

Στην περίπτωση όπου $R_1C_1 = R_2C_2$ οι πυκνωτές αλληλοεξουδετερώνονται . Αυτό βέβαια στην πράξη επιτυγχάνεται κατά προσέγγιση . Στην περίπτωση αυτό η τάση που βλέπει ο παλμογράφος προκύπτει από τον τύπο :

$$V_{IN} = V_S \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

Ενώ για $R_1 = 9R_2$

$$V_{IN} = \left(\frac{1}{10} \right) V_S$$

Εξαιτίας της αλληλεξουδετέρωσης των δύο πυκνωτών τα probes αυτά πλεονεκτούν ως προς το bandwidth σε σχέση με τα 1 X probe . Βέβαια αυτός ο υποβιβασμός που γίνεται μπορεί να είναι πρόβλημα σε ορισμένες περιπτώσεις όπου η τάση είναι αρκετά μικρή και περαιτέρω υποβιβασμός πέρα από το sensitivity του μετρητικού οργάνου θα οδηγούσε στο να μη μπορεί να διαβαστεί . Βέβαια υπάρχουν και τα 10X probes τα οποία με ένα διακόπτη μετατρέπονται σε 1X probe τα οποία είναι τα πιο διαδεδομένα και τα πιο εύχρηστα .

50X και 100X probes

Τα probes αυτά λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο που λειτουργούν τα 10X probes με τη διαφορά ότι αντί να υποβιβάζουν την τάση δια 10 την υποβιβάζουν δια 50 και για 100 αντίστοιχα .

ΕΝΕΡΓΑ PROBES

Μέχρι τώρα όλα τα probes στα οποία αναφερθήκαμε αποτελούνται μόνο από παθητικά στοιχεία για αυτό και ονομάζονται και παθητικά probes . Στις περιπτώσεις όμως που απαιτείται πολύ μικρή χωρητικότητα εκ μέρους του probe στρεφόμεστε στη χρήση ενεργών probes . Τα probes έχουν έναν μικρό εσωτερικό ενισχυτή ο οποίος έχει ελάχιστη χωρητικότητα . Παρακάτω φαίνεται ο Πίνακας 4 με τα χαρακτηριστικά των διαφόρων ειδών probes όπου φαίνονται καθαρά τα πλεονεκτήματα των ενεργών probes :

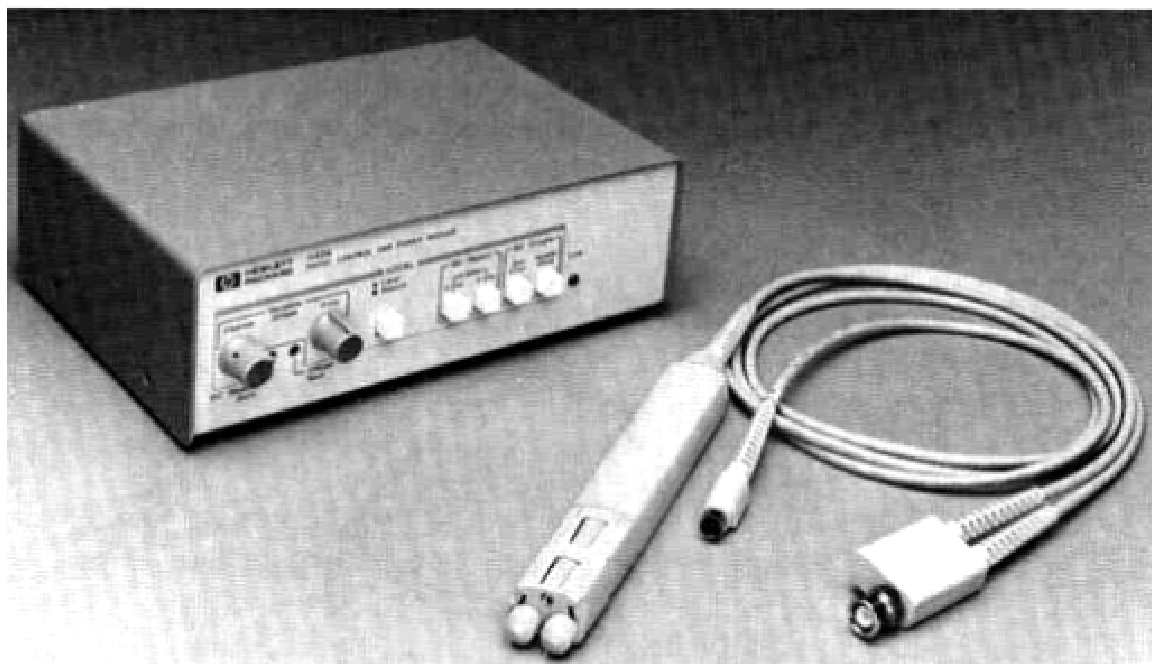
ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Χαρακτηριστικά των διαφόρων ειδών probes

Probe Type	Frequency Range	Resistive Load	Capacitive Load
1×	DC to 5 MHz	1 MΩ	30 pF
10×	DC to 50 MHz	10 MΩ	10 pF
Active Probe	DC to 500 MHz	10 MΩ	2 pF
High Voltage	DC to 1 MHz	500 MΩ	3 pF

Βέβαια εκτός των πλεονεκτημάτων τους έχουν αρκετά μειονεκτήματα με κυριότερα το αυξημένο κόστος τους σε σχέση με τα παθητικά , την ανάγκη εξωτερικής τροφοδοσίας και το γεγονός ότι μπορούν να καταστραφούν από υπερτάσεις .

Differential Probes

Τα Differential Probes είναι ενεργά probes τα οποία δίνουν την δυνατότητα να μετρηθεί μίας τάση ως προς μία άλλη και όχι ως προς τον γείωση . Αυτό έχει τα πλεονεκτήματα μιας differential μέτρησης αφού έχουμε απομάκρυνση του κοινού θορύβου. Τα όργανα αυτά λόγω του ότι είναι ενεργά μπορούν με μετρήσου σήματα υψηλής συχνότητας . Ένα τέτοιου είδους probe φαίνεται στην εικόνα 2.4 .



Εικόνα 2.4 : Παράδειγμα Differential Probe

Current Probes

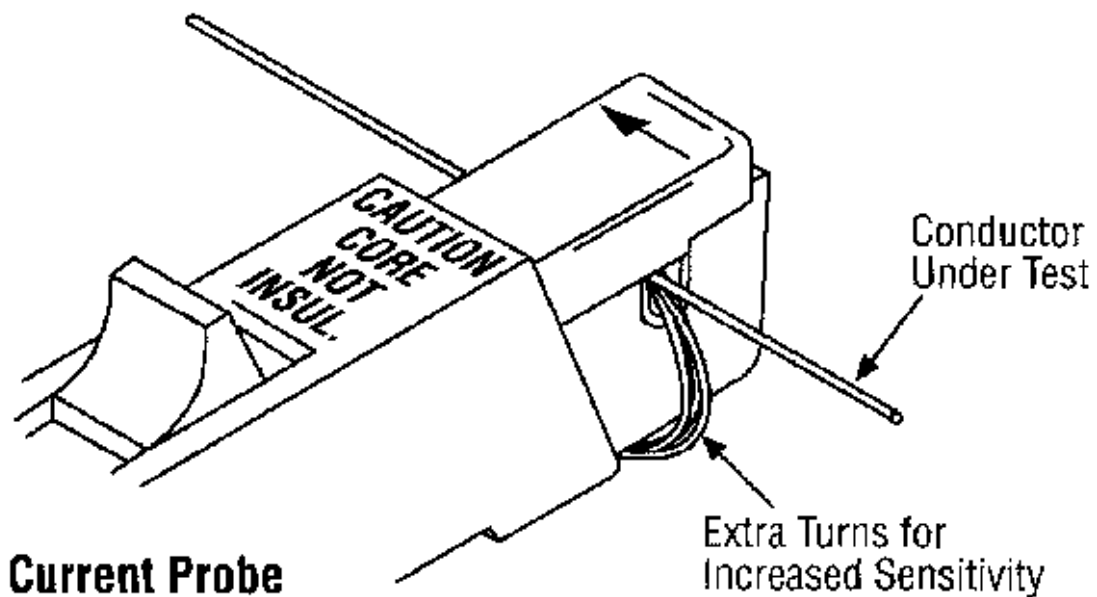
Τα current probes (αμπεροτσιμπίδες) χρησιμοποιούν δύο κύριες τεχνολογίες . Η απλούστερη τεχνολογία που χρησιμοποιείται βασίζεται σε ένα μετασχηματιστή , το ένα τυλίγμα του οποίου είναι το μετρούμενο μέρος . Εφόσον όμως οι μετασχηματιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε εναλλασσόμενο ρεύμα και τάση , τέτοιου είδους probes αποκλείονται για τη μέτρηση συνεχούς ρεύματος . Η άλλη τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται στις αμπεροτσιμπίδες είναι η τεχνολογία HALL EFFECT την οποία θα αναλύσουμε στο επόμενο κεφάλαιο . Οι αμπεροτσιμπίδες οι οποίες χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή πλεονεκτούν στο γεγονός ότι μπορούν να μετρήσουν και συνεχή ρεύματα ενώ μειονεκτούν ως προς την ανάγκη εξωτερικής τροφοδοσίας αλλά και ως προς το κόστος . Ένα current probe τεχνολογίας HALL EFFECT φαίνεται στην εικόνα 2.5 .

Τα current probes μετρούν το ρεύμα που περικλείεται από την τα «σαγόνια »τους . Σε περίπτωση που το sensitivity του current probe είναι μικρό για να μετρήσει το υπό μέτρηση ρεύμα μια τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι να τοποθετήσουμε πολλά τυλίγματα του ίδιου καλωδίου στα σαγόνια της αμπεροτσιμπίδας και το αποτέλεσμα να διαιρεθεί δια τον αριθμό των τυλιγμάτων . Παράδειγμα τέτοιας χρήσης ενός current probe φαίνεται στο σχήμα 2.11 . Η διαφορά μεταξύ δύο ρευμάτων μπορεί να μετρηθεί αν τοποθετήσουμε τα δύο καλώδια με διαφορετική

κατεύθυνση μέσα στα σαγόνια της αμπεροτσιμπίδας . Τέλος συμπαντικό πριν γίνει η οποιαδήποτε επιλογή ενός current probe είναι να γίνει σύγκριση της διαμέτρου του υπό μέτρηση καλωδίου με τις δυνατότητες του probe [16] .



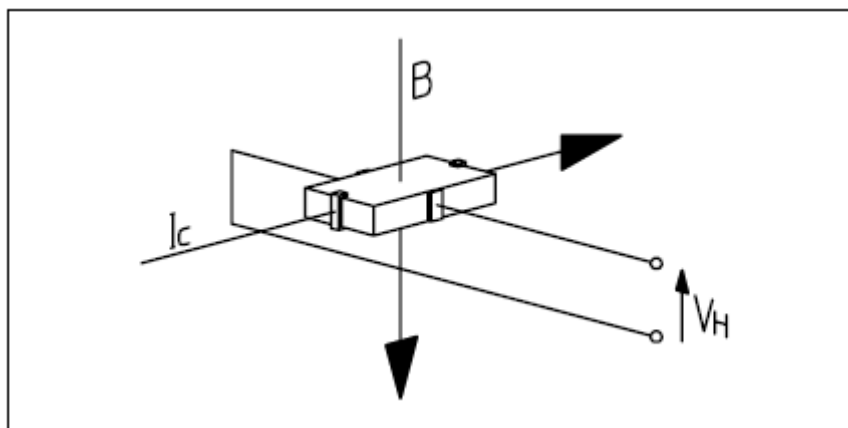
Εικόνα 2.5 : Παράδειγμα current probe τεχνολογίας HALL EFFECT



Σχήμα 2.11 : Χρήση current probe για αύξηση του sensivity

2.7 Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Hall Effect

Η τεχνολογία Hall Effect η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε μεταλλάκτες ανακαλύφθηκε το 1879 από τον Αμερικανό Φυσικό Edwin Herbert Hall στο πανεπιστήμιο John Hopkins της Βαλτιμόρης . Το Hall Effect δημιουργείται από την δύναμη Lorentz η οποία δρα στα κινούμενα φορτία σε έναν αγωγό τα οποία εκτίθενται σε ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο είναι κάθετο με την κατεύθυνση του ρεύματος . Στο παρακάτω σχήμα έχουμε ένα λεπτό στρώμα ημιαγωγού στο οποίο περνά ηλεκτρικό ρεύμα εγκάρσια . Η μαγνητική ροή B γεννά δύναμη Lorentz η οποία δρα κάθετα στην κίνηση των φορτίων που αποτελούν το ρεύμα . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στο να μην έχουμε ίδιο αριθμό κινουμένων φορτίων στις δύο άκρες του ημιαγωγού . Έτσι δημιουργείται διαφορά δυναμικού η οποία ονομάζεται Hall Voltage και συμβολίζεται με V_H όπως φαίνεται στο σχήμα 2.12 .



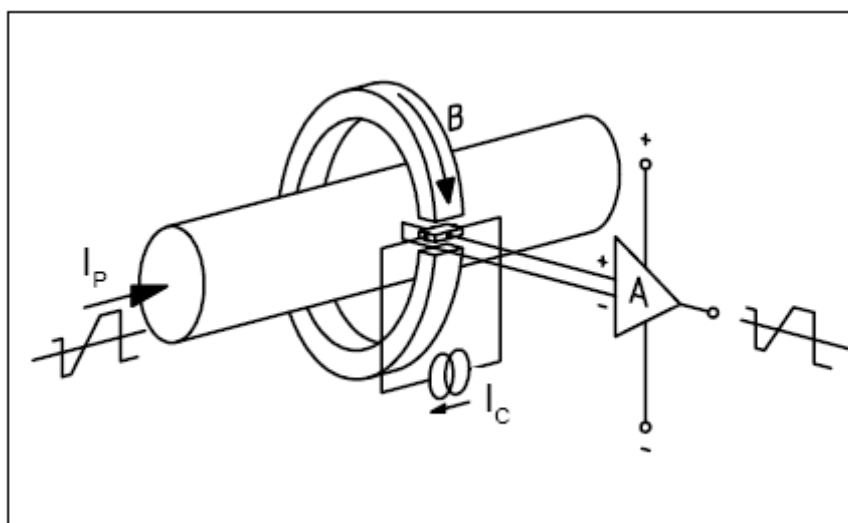
Σχήμα 2.12 : Η αρχή λειτουργίας της τεχνολογίας Hall Effect

Για το παραπάνω σύστημα και για μαγνητικό πεδίο κάθετο στο ρεύμα I_C έχουμε :

$$V_H = (K/d) \cdot I_C \cdot B$$

όπου K η σταθερά Hall η οποία εξαρτάται από το είδος του ημιαγωγού και d το πάχος του . Το παραπάνω σύστημα αναφέρεται και ως Hall Generator.

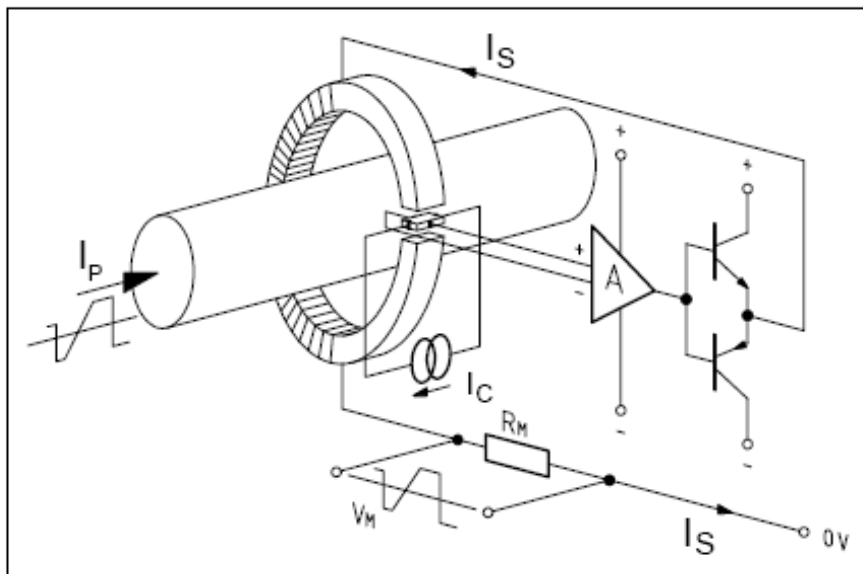
Στη πράξη το σύστημα Hall Effect είναι κάπως πιο σύνθετο και φαίνεται στο σχήμα 2.13 .



Σχήμα 2.13 : Το σύστημα Open Loop Hall Effect

Η μαγνητική επαγωγή B παράγεται από το ρεύμα I_P το οποίο είναι το ρεύμα το οποίο πρόκειται να μετρήσουμε .Το ρεύμα I_C είναι σταθερό και παράγεται από μία βοηθητική πηγή ρεύματος . Το B είναι ανάλογο του ρεύματος I_P . ($B = \text{constant (a)} \cdot I_P$). Έτσι το Hall Voltage προκύπτει από τη σχέση $V_H = (K/d) \cdot I_C \cdot \text{constant (a)} \cdot I_P$. Στο παραπάνω τύπο όλοι οι όροι είναι σταθεροί εκτός από το I_P έτσι μπορεί να γραφτεί και ως $V_H = \text{constant (b)} \cdot I_P$. Το V_H ενισχύεται καταλλήλως ώστε στην έξοδο να δώσει το V_{out} . Έτσι μπορούμε κάθε φορά να μετρούμε την I_P μετρώντας το V_{out} .

Το παραπάνω σύστημα Hall effect ονομάζεται Open Loop Hall Effect και είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα για μεταλλάκτες . Όμως υπάρχει και το Closed Loop Hall Effect σύστημα το οποίο φαίνεται στο σχήμα 2.14 .



Σχήμα 2.14 : Το σύστημα Closed Loop Hall Effect

Ενώ στο σύστημα open loop είχαμε τάση στην έξοδο ανάλογη του V_H , στο Closed Loop σύστημα έχουμε ένα δευτερεύον ρεύμα I_S ανάλογο του V_H το οποίο δρα για να εξουδετερώσει την μαγνητική επαγωγή B_P μέσω της επαγωγής που δημιουργείται από αυτό B_S . Το I_S είναι πολύ μικρότερο του I_P μιας και για να εξουδετερώσει το B_P πρέπει να ισχύει $N_P \cdot I_P = N_S \cdot I_S$. Τελικά το σύστημα λειτουργεί με μηδενική μαγνητική ροή .

Οι μεταλλάκτες οι οποίοι χρησιμοποιούν την τεχνολογία Hall effect βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην μέτρηση DC και AC ρευμάτων . Κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι παρέχουν απομόνωση . Εκτός αυτού έχουν χαμηλή κατανάλωση , χαμηλό βάρος και είναι ιδιαίτερα ανθεκτικοί σε υπερφορτίσεις ενώ το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό. Οι μεταλλάκτες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Closed Loop Hall Effect πλεονεκτούν σε σχέση με εκείνους που χρησιμοποιούν την τεχνολογία Open Loop Hall Effect ως προς το accuracy ενώ μειονεκτούν ως προς το κόστος και τον όγκο [14].

2.8 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΡΤΩΝ D.A.Q.

Οι κάρτες D.A.Q. έχουν κάποια χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα στην περίπτωση που θέλουμε να επιλέξουμε κάποια από αυτές . Τα χαρακτηριστικά αυτά αναφέρονται αναλυτικά παρακάτω .

Αριθμός καναλιών : Αναφέρει τον αριθμό των καναλιών της κάρτας . Τα κανάλια μπορεί να είναι είτε αναλογικά είτε ψηφιακά. Τα αναλογικά κανάλια μετρούν αναλογικά σήματα . Τα αναλογικά κανάλια μπορεί να είναι είτε S.E. (Single-ended) δηλαδή όλες οι εισοδοί να αναφέρονται σε μία κοινή γείωση η οποία είναι συνδεδεμένη με τη γείωση του υπολογιστή είτε DI (Differential) όπου κάθε εισόδος έχει διαφορετική αναφορά . Τα ψηφιακά κανάλια μπορούν να διαβάσουν δυαδικές τιμές 1 και 0 οι οποίες προκύπτουν από επίπεδα τάσης η ρεύματος . Τα αναλογικά κανάλια μπορεί να είναι είτε κανάλια εισόδων είτε εξόδων ενώ τα ψηφιακά εισόδων DI, εξόδων DO ή εισόδων εξόδων DIO. Επίσης αναφέρεται η ύπαρξη counters / timers . Στην εικόνα 2.6 παρουσιάζεται μία κάρτα D.A.Q. με 32 αναλογικές εισόδους 2 αναλογικές εξόδους και 16 DIO .



Εικόνα 2.6 : Κάρτα D.A.Q. με αναλογικές και ψηφιακές εισόδους και εξόδους

Input Range : Είναι οι τιμές των βολτ που μπορεί να δεχτεί στις αναλογικές εισόδους της η κάρτα και να έχουμε μετρήσεις με την αναμενόμενη ακρίβεια . Πολύ μεγαλύτερες τιμές βολτ μπορούν να δημιουργήσουν μόνιμες βλάβες στην κάρτα . Το Input Range στις περισσότερες κάρτες δεν υπερβαίνει τα ± 20 V .

Sampling Rate : Είναι ο μέγιστος αριθμός των δειγμάτων (samples) ανά δευτερόλεπτο που μπορεί να πάρει η κάρτα από ένα η περισσότερα κανάλια . Στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε κάρτα με πολυπλέκτη και έναν μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό το Sampling Rate ανά κανάλι προκύπτει από το Sampling Rate της κάρτας δια τον αριθμό των καναλιών . Το Sampling Rate θεωρητικά (από τον κανόνα του Nyquist) αρκεί να είναι λίγο μεγαλύτερο του διπλασίου της συχνότητας του εισερχόμενου σήματος . Όμως στην πράξη χρειάζεται να είναι αρκετά μεγαλύτερο . Μια καλή προσέγγιση είναι το δεκαπλάσιο της συχνότητας του σήματος .

Bandwidth :Είναι η συχνότητα για την οποία το εισερχόμενο αναλογικό σήμα χάνει 3db δηλαδή γίνεται το 0,7 του αρχικού κατά πλάτος . Για να έχουμε σωστή μέτρηση το Bandwidth πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 φορές μεγαλύτερο από τη συχνότητα του μετρούμενου μεγέθους .

Resolution: Είναι η ελάχιστη τιμή της εισόδου που μπορεί να μετρήσει η κάρτα λόγω της ψηφιοποίησης και εκφράζεται σε bit η σε % επί της Input Range Για παράδειγμα μία κάρτα που έχει Input Range 0-10 V και έχει Resolution 8 bit χωρίζει τα 10βολτ σε 256 επίπεδα και έτσι μπορεί να ξεχωρίσει το πολύ 39mV. Στον πίνακα 5 φαίνεται η αντιστοιχία bit και % :

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: Αντιστοιχία bit και τιμής % ως προς το Resolution

Bits	Resolution	% FS
8	1/256	.390
10	1/1024	.0976
12	1/4096	.0244
14	1/16384	.0061
16	1/65536	.0015

On-Board Memory : Οι περισσότερες κάρτες έχουν μνήμη για την αποθήκευση κυματομορφών των εξόδων αλλά και να αποθηκεύουν δεδομένα τα οποία δεν είναι δυνατόν να στείλουν τι στιγμή εκείνη λόγω της περιορισμένης ταχύτητας μεταφοράς προς τον ηλεκτρονικό υπολογιστή . Η On-Board Memory μετριέται σε samples .

Τρόπος σύνδεσης με Η/Υ : Ο τρόπος σύνδεσης με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή είναι πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό μιας και καθορίζει πόσα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν στο χρόνο . Ο τρόπος με τον οποίο συνδέεται η κάρτα με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να είναι είτε εξωτερικός (μέσω parallel, serial, USB) είτε εσωτερικός (στην μητρική μέσω PCI, ISA) . Στον Πίνακα 6 φαίνονται οι ταχύτητες μεταφοράς για τους διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή .

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Ταχύτητες μεταφοράς και τρόποι σύνδεσης

Bus	Throughput
PCI/PXI Express	0.2 - 3.2 GB/s
PCI/PXI	132 MB/s
ISA	8 MB/s
USB	60 MB/s
IEEE 1394 (FireWire)	50 MB/s
PCMCIA	20 MB/s

Number of Analog Input Ranges : Το Input Range σε ορισμένες κάρτες μπορεί να τροποποιηθεί. Μέσω ενός εσωτερικού υποβιβαστή μπορεί να μειωθεί για παράδειγμα από $\pm 10\text{ V}$ σε $\pm 5\text{ V}$. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε το Input Range της κάρτας να είναι πιο κοντά στο πλάτος του εισερχόμενου σήματος . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουμε ακριβέστερες μετρήσεις . Το Number of Analog Input Ranges μας δίνει τον αριθμό των διαφορετικών Input Ranges της κάρτας .

Triggering : Μας αναφέρει την ύπαρξη Triggering εξωτερικού ή εσωτερικού αναλογικού ή ψηφιακού . Το Trigger ξεκινά ή σταματά την καταγραφή των δεδομένων .

Simultaneous Sampling : Είναι η δυνατότητα της κάρτας να κάνει ταυτόχρονη δειγματοληψία . Αυτό γίνεται από κάρτες οι οποίες έχουν πολλαπλούς μετατροπείς από αναλογικό σε ψηφιακό .

Isolation : Είναι η ύπαρξη ή μη απομόνωσης στη κάρτα . Με την απομόνωση χωρίζουμε ηλεκτρικά την κάρτα D.A.Q. σε δύο μέρη . Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι απομόνωσης . Η απομόνωση Channel-to-Channel όπου κάθε κανάλι απομονώνεται από το άλλο και η Bank isolation όπου τα κανάλια απομονώνονται κατά ομάδες . Με την απομόνωση πετυχαίνουμε πιο ακριβείς μετρήσεις και κάνουμε το σύστημα ασφαλές ως προς τον άνθρωπο .

Connectivity : Το Connectivity μας δίνει τις δυνατότητες που έχει η κάρτα για σύνδεση με terminal block , με άλλη κάρτα και με άλλες συσκευές και μας αναφέρει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει αυτό .

Analog Input Signal Conditioning: Ορισμένες κάρτες διαθέτουν εσωτερικό σύστημα προετοιμασίας σήματος και έτσι μπορούν να δεχτούν στην είσοδο τους υψηλές τάσεις. Για αυτό μας πληροφορεί το Analog Input Signal Conditioning .

OS Support : Το OS Support αναφέρεται στο λειτουργικό του υπολογιστή με το οποίο δύναται να επικοινωνήσει ο χειριστής με την κάρτα D.A.Q. . Αυτό πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα μιας και όλα τα λειτουργικά συστήματα δεν μπορούν να επικοινωνούν με όλες τις κάρτες . Για παράδειγμα μια κάρτα μπορεί να παρέχει driver που λειτουργεί με Windows χωρίς να υπάρχει driver για Linux .

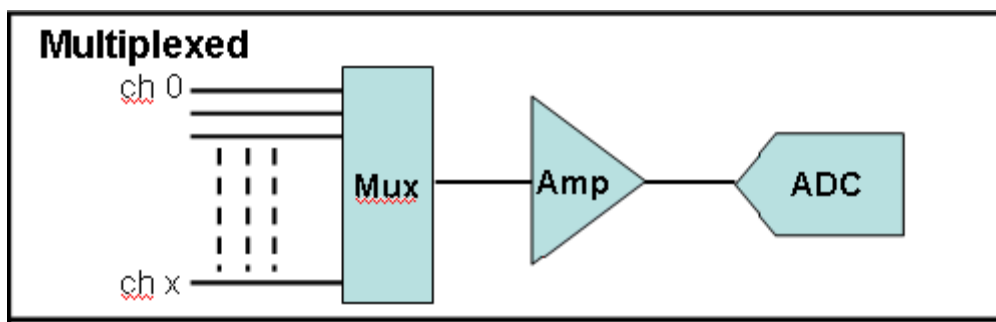
Product Family : Οι κάρτες μιας εταιρίας χωρίζονται σε ομάδες ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν και τα χαρακτηριστικά τους . Το Product Family μας ενημερώνει σε ποια ομάδα ανήκει η συγκεκριμένη κάρτα D.A.Q .

Διαστάσεις : Αναφέρεται το μήκος και το πλάτος της κάρτας [1] .

2.9 ΚΑΡΤΕΣ D.A.Q. ΜΟΝΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑΠΛΟΥ ADC

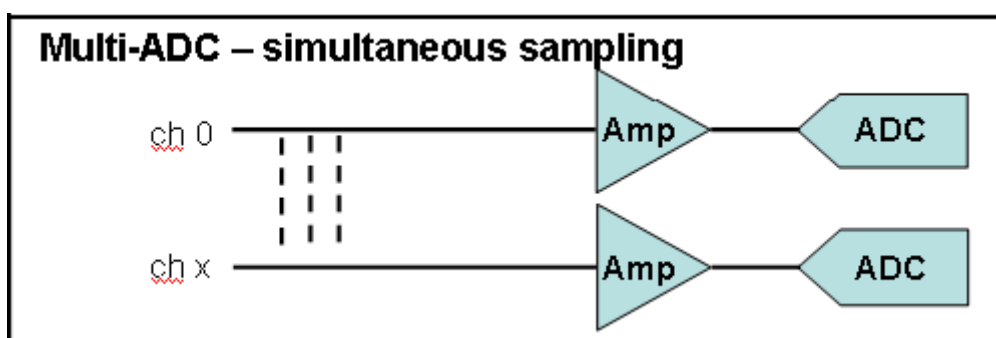
Οι κάρτες D.A.Q. ανάλογα με την αρχιτεκτονική τους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : στις κάρτες μονού ADC (analog-to-digital converter η μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό) και στις κάρτες πολλαπλού ADC .

Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται σε κάρτες οι οποίες έχουν μονάχα έναν ADC και ενισχυτή .Η ψηφιοποίηση των σημάτων που έρχονται από τα διαφορετικά κανάλια γίνεται με τη βοήθεια ενός πολυπλέκτη. Αυτό βέβαια δημιουργεί μια μικρή καθυστέρηση στην ψηφιοποίηση των καναλιών κάτι το οποίο μας απαγορεύει να κάνουμε ταυτόχρονη δειγματοληψία (simultaneous sampling) από πολλά κανάλια . Επίσης το sampling rate μειώνεται ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούμε . Για παράδειγμα μια κάρτα με 100 kSample/s η στην οποία χρησιμοποιούμε 8 κανάλια το sampling rate ανά κανάλι πέφτει στο 1/8 δηλαδή 12.5 kSample/s per channel . Ένα διάγραμμα της αρχιτεκτονικής της κατηγορίας αυτή φαίνεται στο σχήμα 2.15 .



Σχήμα 2.15 : Αρχιτεκτονική μονού ADC

Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται σε κάρτες οι οποίες έχουν έναν ADC και ενισχυτή για κάθε κανάλι . Η ψηφιοποίηση γίνεται έτσι για κάθε κανάλι ξεχωριστά ενώ πολυπλέκτης δεν υπάρχει .Η συγκεκριμένη κατηγορία καρτών επιτρέπει την ταυτόχρονη δειγματοληψία ενώ το sampling rate αναφέρεται σε κάθε κανάλι και δεν μειώνεται ανάλογα με τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται . Ένα διάγραμμα της αρχιτεκτονικής της κατηγορίας αυτής φαίνεται παρακάτω .



Σχήμα 2.16 : Αρχιτεκτονική πολλών ADC

Σαν συμπέρασμα μπορούμε να πούμε ότι κάθε κατηγορία χρησιμοποιείται σε διαφορετικές εφαρμογές . Για παράδειγμα όπου μας είναι αναγκαία η ταυτόχρονη δειγματοληψία όπως για παράδειγμα μέτρηση διαφοράς φάσης ρεύματος και τάσης είναι επιτακτική η χρήση καρτών D.A.Q πολλαπλού ADC ενώ σε άλλες εφαρμογές που κάτι τέτοιο δεν χρειάζεται λόγω του αρκετά χαμηλότερου κόστους προτιμούμε κάρτες D.A.Q μονού ADC [1] .

2.10 ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.

Στην περίπτωση που έχουμε να μετρήσουμε υψηλές τάσεις το πρώτο πράγμα για το οποίο θα πρέπει να αναρωτηθούμε είναι η ασφάλεια του συστήματος. Η μέτρηση υψηλών τάσεων είναι επικίνδυνη για το σύστημα D.A.Q. αλλά και για τον χειριστή. Για να σιγουρευτούμε ότι το σύστημα είναι ασφαλές θα πρέπει να υπάρχει απομόνωση μεταξύ του μετρούμενου συστήματος του συστήματος D.A.Q και του χειριστή.

Η απομόνωση μιας συσκευής σημαίνει τον διαχωρισμό της σε δύο ηλεκτρικά μέρη. Με τη σειρά της η απομόνωση μπορεί να διαιρεθεί σε ηλεκτρική απομόνωση και απομόνωση ασφαλείας. Η ηλεκτρική απομόνωση στοχεύει στην ομαλότερη λειτουργία της συσκευής και απαγορεύει την ύπαρξη ground paths μεταξύ δύο ηλεκτρικών συστημάτων. Η απομόνωση ασφαλείας απομονώνει τον ανθρώπου από τις επικίνδυνες τάσεις. Στις μετρήσεις με συστήματα D.A.Q. η απομόνωση χωρίζει το μέρος εκείνο του συστήματος το οποίο είναι ευαίσθητο στις υψηλές τάσεις από το υπόλοιπο. Η απομόνωση σε ένα σύστημα D.A.Q. μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους

A) Απομόνωση μέσω μεταλλάκτη : στην περίπτωση αυτή η είσοδος του μεταλλάκτη είναι απομονωμένη από την έξοδο του μεταλλάκτη.

B) Απομόνωση μέσω συστήματος προετοιμασίας του σήματος : με κατάλληλες κάρτες απομόνωσης μπορούν να απομονωθούν τα σήματα πριν αυτά σταλούν στην κάρτα D.A.Q. .

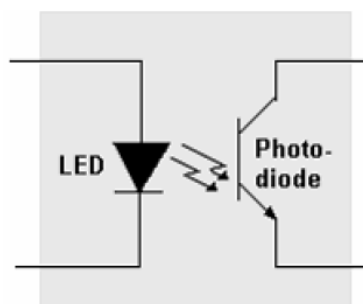
Γ) Απομόνωση μέσω της κάρτας D.A.Q. : η ίδια η κάρτα D.A.Q. παρέχει απομόνωση στις εισόδους της .

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα ενός απομονωμένου D.A.Q συστήματος είναι

- Προστασία του εξοπλισμού και του χειριστή από μεταβατικά φαινόμενα
- Βελτίωση του συστήματος ως προς το θόρυβο
- Αποφυγή Ground loop

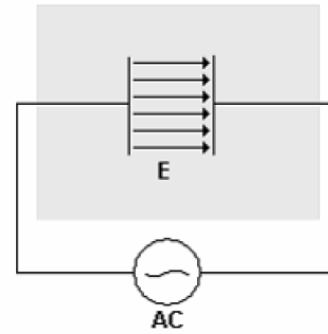
Η απομόνωση επιτάσσει την μετάδοση σημάτων χωρίς την παραμικρή ηλεκτρική επαφή. Έτσι χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες απομόνωσης στα συστήματα D.A.Q. οι οποίες είναι οι εξής :

A) Οπτική απομόνωση : Στην περίπτωση αυτή γίνεται χρήση ενός LED και ενός ανιχνευτή φωτεινής δέσμης όπως φαίνεται στο σχήμα. Το LED παράγει φως όταν βρίσκεται υπό τάση ενώ ο ανιχνευτής φωτεινής δέσμης μετατρέπει το φως στο αρχικό σήμα όπως φαίνεται στο σχήμα 2.17. Η οπτική απομόνωση πλεονεκτεί ως προς την ανθεκτικότητα της στον ηλεκτρικό και μαγνητικό θόρυβο όμως μειονεκτεί ως προς την ταχύτητα μετάδοσης του σήματος.



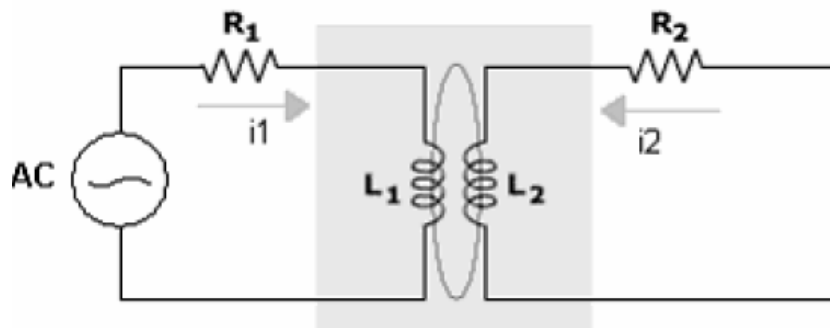
Σχήμα 2.17: Οπτική απομόνωση

Β) Χωρητική απομόνωση : Κατά τη μέθοδο αυτή έχουμε ένα πυκνωτή του οποίου το φορτίο αλλάζει ανάλογα με το μετρούμενο σήμα . Μετρώντας έτσι την αλλαγή του φορτίου έχουμε και τον προσδιορισμό του σήματος όπως φαίνεται στο σχήμα 2.18 . Η χωρητική απομόνωση έχει μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης από την οπτική και είναι ανθεκτική στον μαγνητικό θόρυβο .



Σχήμα 2.18 : Χωρητική απομόνωση

Γ) Επαγωγική απομόνωση : Κατά τη μέθοδο αυτή έχουμε τη χρήση μετασχηματιστή 1-1 . Έτσι στο δεύτερο τύλιγμα του μετασχηματιστή παράγεται ένα ίδιο σήμα χωρίς να υπάρχει ηλεκτρική επαφή όπως φαίνεται στο σχήμα 2.19 . Κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης ενώ κύριο μειονέκτημα του είναι πως είναι επιρρεπής στον μαγνητικό θόρυβο .

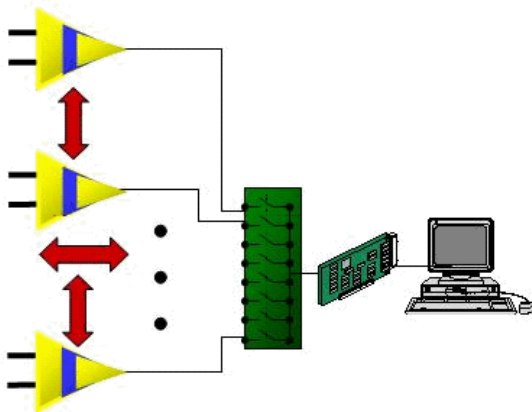


Σχήμα 2.19 : Επαγωγική απομόνωση

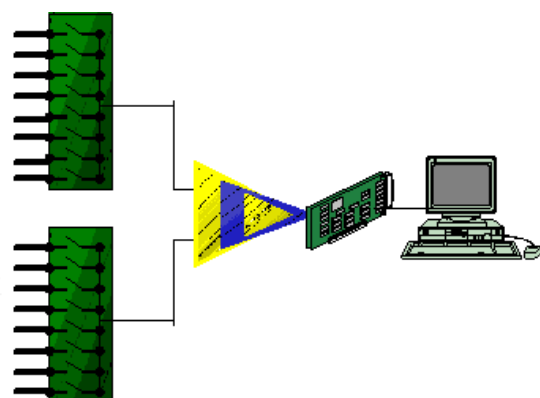
Η απομόνωση στις κάρτες D.A.Q. χωρίζεται σε απομόνωση ανά κανάλι ή Bank isolation καθώς και σε αναλογική ή ψηφιακή απομόνωση .

Στην ανά κανάλι απομόνωση κάθε κανάλι είναι χωριστά απομονωμένο . Στην περίπτωση του bank isolation δεν έχουμε την ανά κανάλι απομόνωση αλλά τα κανάλια χωρίζονται σε ομάδες και κάθε ομάδα απομονώνεται ως προς την άλλη . Το bank isolation πλεονεκτεί ως προς την απομόνωση ανά κανάλι μονάχα ως προς το κόστος μιας και οι απομονωμένες κάρτες με την τοπολογία αυτή είναι φθηνότερες .

Η τοπολογία «απομόνωση ανά κανάλι» φαίνεται στο σχήμα 2.20α ενώ η Bank isolation στο σχήμα 2.20β .



Σχήμα 2.20α : Απομόνωση ανά κανάλι



Σχήμα 2.20β : Bank isolation

Αναλόγως του αν έχουμε την απομόνωση πριν η μετά τον ADC μιλούμε για αναλογική ή ψηφιακή απομόνωση αντίστοιχα .Κύριο πλεονέκτημα την αναλογικής απομόνωσης είναι πως η απομόνωση μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και αν η κάρτα μας δεν είναι απομονωμένη δηλαδή πριν από την κάρτα D.A.Q. είτε με σύστημα προετοιμασίας σήματος είτε με τον μεταλλάκτη όπως είδαμε παραπάνω . Επίσης με την ψηφιακή απομόνωση έχουμε προστασία του ADC από υπερτάσεις όμως η αρχιτεκτονική αυτή μειονεκτεί στο ότι η παρεμβολή της απομόνωσης μεταξύ του ADC και του σήματος προσθέτει σφάλματα στην μέτρηση . Στον τομέα αυτό πλεονεκτεί η αρχιτεκτονική της ψηφιακής απομόνωσης μια και το σήμα εισέρχεται απ 'ευθείας στον ADC. Στο σχήμα 2.21 φαίνεται ένα διάγραμμα των δύο αρχιτεκτονικών [1].

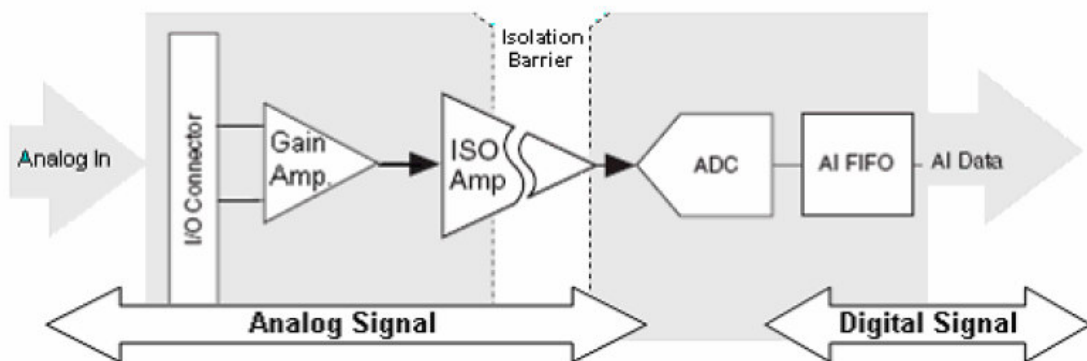


Figure 6a. Analog Isolation

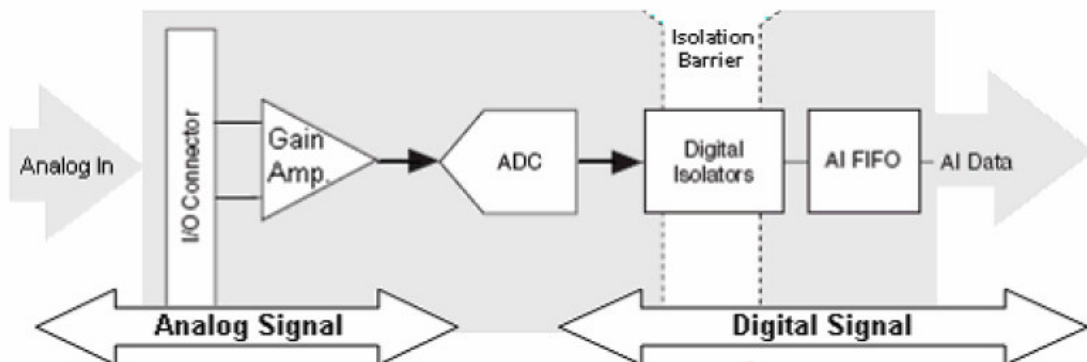


Figure 6b. Digital Isolation

Σχήμα 2.21 : Αναλογική και ψηφιακή απομόνωση

2.11 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η ποιότητα της δειγματοληψίας είναι κάτι το οποίο πρέπει να λαμβάνουμε πολύ σοβαρά υπόψη, στην περίπτωση που χειριζόμαστε ένα σύστημα D.A.Q μιας και αποτελεί ένδειξη για το αν οι μετρήσεις μας είναι αξιόπιστες. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα δειγματοληψίας.

Resolution

Το Resolution ή ανάλυση είναι η μικρότερη ποσότητα σήματος που μπορεί να προσδιορίσει με αξιοπιστία μια κάρτα D.A.Q. Το Resolution όπως έχουμε προαναφέρει εκφράζεται συνήθως σε bit που προκύπτουν από τα bit που χρησιμοποιεί ο ADC για να ψηφιοποιήσει το σήμα. Μεγάλος αριθμός bit σημαίνει ότι το σήμα χωρίζεται σε πολλά επίπεδα άρα μεγαλύτερη αξιοπιστία.

Sensitivity

Το Sensitivity ή ευαισθησία ορίζεται ως η μικρότερη τιμή που μπορεί να μετρήσει μια συσκευή και εν προκειμένω μια κάρτα D.A.Q. Όταν έχουμε Maximum Voltage Range τότε αναφερόμαστε σε Maximum Range Sensitivity ενώ όταν έχουμε Minimum Voltage Range αναφερόμαστε σε Minimum Range Sensitivity. Η ευαισθησία δεν εξαρτάται από το Resolution, έτσι μία κάρτα 8 bit μπορεί να είναι πιο ευαίσθητη από μια 16 bit.

Accuracy

Το Accuracy η ακρίβεια μιας συσκευής και συγκεκριμένα μιας κάρτας D.A.Q είναι μέτρο της ικανότητας της να δίνει πιστά τα μετρούμενα σήμα. Η ακρίβεια δεν έχει σχέση με την ανάλυση της συσκευής και όπως και με την ευαισθησία κάρτες με μικρότερο Resolution μπορούν να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Όταν για παράδειγμα λέμε ότι η ακρίβεια μιας κάρτας είναι 980 μ V αυτό σημαίνει πως η απόκλιση του σήματος που μετράμε από το πραγματικό θα είναι εντός των 980 μ V.

Είναι πάντως σημαντικό να αναφέρουμε ότι η ακρίβεια δεν εξαρτάται μόνο από την συσκευή αλλά και από το ίδιο το σήμα μιας και η παρουσία θορύβου έχει αντίκτυπο στην ευαισθησία.

Precision

Το Precision είναι ένα μέτρο της σταθερότητας του οργάνου και είναι μέτρο της δυνατότητας του οργάνου να δίνει την ίδια μέτρηση για επαναλαμβανόμενα σήματα εισόδου της ίδιας τιμής. Προκύπτει απ τον παρακάτω τύπο :

$$\text{Precision} = 1 - \frac{|X_n - Av(X_n)|}{|Av(X_n)|}$$

όπου :

X_n = η τιμή της n-οστής μέτρησης .

$Av(X_n)$ = η μέση τιμή για n μετρήσεις [1] .

2.12 ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ D.A.Q.

Ο θόρυβος είναι ένα μη επιθυμητό σήμα που αναμειγνύεται με το επιθυμητό. Έτσι ο θόρυβος προκαλεί μείωση της ακρίβειας και αβεβαιότητα ως προς τη μέτρηση. Ο θόρυβος μπορεί να είναι περιοδικός ή τυχαίος.

Ο έλεγχος του θορύβου είναι βασικός γιατί όπως προαναφέρθηκε μπορεί να είναι πρόβλημα για την μέτρηση. Τα περισσότερα εργαστήρια έχουν πολλές πηγές θορύβου όπως γραμμές ηλεκτρικού δικτύου, κινητήρες κ.α.. Το να λειτουργούμε σε ένα περιβάλλον χωρίς θόρυβο είναι μια λύση που σπανίως χρησιμοποιείται. Ευτυχώς υπάρχουν διάφορες τεχνικές για τη μείωση του θορύβου τις οποίες θα δούμε παρακάτω. Κάποιες τεχνικές επεμβαίνουν στη πηγή του θορύβου ενώ άλλες προσπαθούν να αφαιρέσουν τον εξωτερικό θόρυβο από το σήμα.

Πηγές θορύβου

Ο θόρυβος μπορεί να είναι εσωτερικός ή εξωτερικός, δηλαδή να προέρχεται είτε από το ίδιο το σύστημα είτε από το εξωτερικό περιβάλλον. Στην περίπτωση του εξωτερικού θορύβου ο θόρυβος μπορεί να προέρχεται από γραμμές μεταφοράς ρεύματος από τα φώτα από κινητήρες από ραδιόφωνα και από κινητά τηλέφωνα. Στην περίπτωση του εσωτερικού θορύβου, ο θόρυβος μπορεί να είναι θερμικός, θόρυβος 1/F και θόρυβος από ground loops.

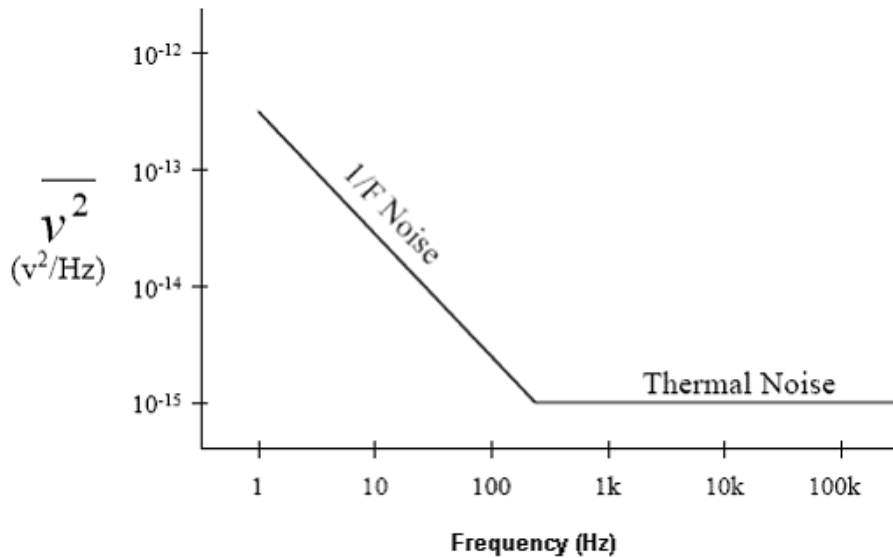
Θερμικός θόρυβος

Ένα ιδανικό ηλεκτρονικό κύκλωμα δεν παράγει θόρυβο από μόνο του και το σήμα που εισέρχεται μεταφέρει μονάχα τον θόρυβο που είχε κατά την είσοδό του στο κύκλωμα. Όμως στην πράξη τα ηλεκτρονικά κυκλώματα παράγουν θόρυβο. Ακόμα και μία απλή αντίσταση παράγει θόρυβο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε κάθε θερμοκρασία άνω των 0 K τα ηλεκτρόνια κάθε υλικού βρίσκονται σε κίνηση. Έτσι δημιουργούνται παλμοί ρεύματος που αποτελούν θόρυβο. Ο θερμικός θόρυβος αυξάνεται με τη θερμοκρασία και την τιμή της αντίστασης. Ένας τύπος που δίνει την τάση του θορύβου είναι ο παρακάτω:

$$V_n = 4 \sqrt{\frac{R}{1 \text{ k}\Omega} \frac{nV}{\sqrt{\text{Hz}}}}$$

1/F θόρυβος

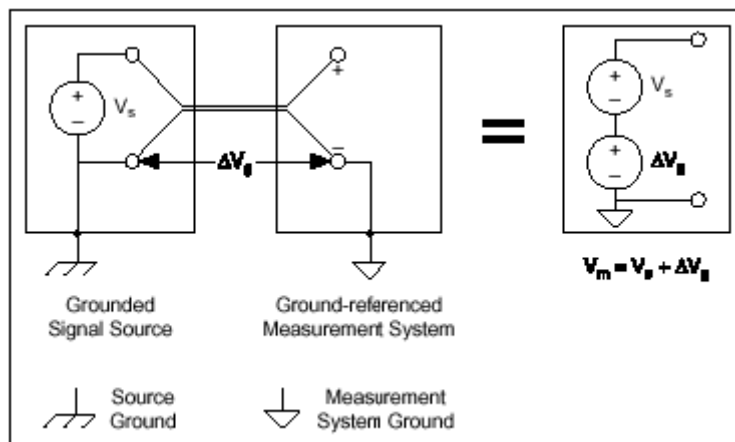
Οι συσκευές που χρησιμοποιούν ημιαγωγούς τείνουν να έχουν θόρυβο ο οποίος δεν είναι σταθερός για κάθε συχνότητα αντίθετα είναι υψηλός στις χαμηλές συχνότητες. Ο θόρυβος αυτός ονομάζεται 1/F θόρυβος ή Flicker θόρυβος. Στο σχήμα 2.22 διάγραμμα φαίνεται που επιδρά το είδος αυτό του εσωτερικού θορύβου [8].



Σχήμα 2.22 : Επίδραση 1/F θορύβου

Ground Loops

Τα ground loops είναι η κυριότερη πηγή θορύβου στα συστήματα D.A.Q. και εμφανίζονται όταν δυο τερματικά ενός συστήματος έχουν γειωθεί σε διαφορετικό δυναμικό το ένα από το άλλο , αυτό έχει ως αποτέλεσμα να κυκλοφορήσει ρεύμα μεταξύ των δύο αυτών σημείων .Το σημείο στο οποίο έχει γειωθεί το ένα τερματικό μπορεί να βρίσκεται σε δυναμικό αρκετά Volt μεγαλύτερο από το σημείο που έχει γειωθεί το άλλο τερματικό ακόμα και αν η απόσταση μεταξύ τους δεν είναι τόσο μεγάλη . Αυτή η διαφορά των βολτ θα μας δώσει σημαντικότερο σφάλμα στις μετρήσεις μας. Το σφάλμα αυτό μπορεί να είναι περιοδικό αν για παράδειγμα έχουμε ground loops σε γραμμές μεταφοράς ρεύματος με διαφορετικές γειώσεις ενώ μπορεί να είναι και τυχαίο αν για παράδειγμα η περιοχή γύρω από το σημείο στο οποίο γειώνεται το ένα τερματικό χτυπηθεί από κεραυνό. Στο σχήμα 2.23 φαίνεται μία περίπτωση ground loop . [1]



Σχήμα 2.22 : Περίπτωση ground loop

Όπως φαίνεται από το σχήμα αντί να μετρήσουμε το V_s (όπου V_s το επιθυμητό σήμα) λόγω του ground loop τελικά θα μετρήσουμε $V_s + V_g$ δηλαδή το άθροισμα της V_s με την διάφορα δυναμικού των δυο γειώσεων .

Όπως φάνηκε παραπάνω ο θόρυβος από όπου και αν προέρχεται είναι ανεπιθύμητος Δυστυχώς όμως είναι κάτι το οποίο δεν μπορούμε να αποφύγουμε . Ευτυχώς υπάρχουν διάφορες τεχνικές για την μείωση του θορύβου . Οι κυριότεροι τρόποι μείωσης του θορύβου αναπτύσσονται παρακάτω .

Shielded Wiring : Η χρήση shielded καλωδίων και εξοπλισμού αποτρέπει την είσοδο εξωτερικού θορύβου στο σύστημα .Αντιθέτως εκτεθειμένα καλώδια λειτουργούν σαν κεραίες και έλκουν τον θόρυβο. Τα καλώδια εκτός από shielded πρέπει να είναι και περιελιγμένα . Τα μεν shielded ελαττώνουν την χωρητική σύζευξη και τα περιελιγμένα την επαγωγική .

Χρήση isolation : Για την αποφυγή των ground loops πρέπει το σύστημα μας να είναι απομονωμένο . Αυτό μπορεί να γίνει είτε στους μεταλλάκτες είτε στο σύστημα προετοιμασίας του σήματος είτε στην κάρτα D.A.Q. Περισσότερες πληροφορίες για το isolation είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο .Ένας άλλος τρόπος βέβαια για να μην έχουμε ground loops είναι να έχουμε την ίδια γείωση σε όλο το σύστημα .

Χρήση φίλτρων : Εάν ο θόρυβος βρίσκεται σε διαφορετική συχνότητα από αυτή του επιθυμητού σήματος μπορούμε να τον «κόψουμε » με τη χρήση φίλτρων . Τα φίλτρα μπορεί να είναι υπερηχητικά η βαθυπερατά , παθητικά η ενεργητικά .

Χρήση DI στις εισόδους : Με τη χρήση differential input και όχι single ended στην κάρτα D.A.Q. πετυχαίνουμε την αποκοπή του θορύβου ο οποίος είναι κοινός μεταξύ των δύο εισόδων του DI . Έτσι έχουμε συνολική μείωση του θορύβου μιας και τις περισσότερες φορές μιας και ο θόρυβος που μεταφέρεται από τις δύο εισόδους δεν διαφέρει παρά πολύ .

Μείωση του θερμικού θορύβου : Γνωρίζοντας ότι ο θερμικός θόρυβος εξαρτάται από τις αντιστάσεις και από την θερμότητα μπορούμε να τον περιορίσουμε κρατώντας την θερμοκρασία του συστήματος χαμηλή και χρησιμοποιώντας όπου γίνεται αυτό δυνατό μικρές αντιστάσεις .

Χρήση του μέσου όρου των μετρήσεων : Με τη χρήση όχι μιας μόνο μέτρησης αλλά πολλών και την εύρεση του μέσου όρου αυτών πετυχαίνουμε την μείωση θορύβου . Μάλιστα έχει αποδειχθεί ότι ανάλογα με τη φύση του θορύβου , ο θόρυβος μειώνεται ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα του αριθμού των μετρήσεων .Βέβαια η μέθοδος αυτή έχει δυο μειονεκτήματα , απαιτεί περισσότερο χρόνο από την περίπτωση που έχουμε μια μόνο μέτρηση και δεν έχει αποτέλεσμα στον περιοδικό θόρυβο .

Χρήση λογισμικού : Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού μπορούμε να επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας ώστε να αφαιρέσουμε το θόρυβο . Η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει πολύ καλά αποτελέσματα .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ D.A.Q.

3.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ

Η επιλογή ενός συστήματος D.A.Q. είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία μιας και πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όλα τα χαρακτηριστικά των επιμέρους συστημάτων που το αποτελούν , να υποθέσουμε τις ασυμβατότητες που ενδέχεται να υπάρξουν και τελικά να επιλέξουμε τα στοιχεία του συστήματος από μία πληθώρα συσκευών . Το σύστημα το οποίο θα επιλέξουμε θα πρέπει να μετράει τις τάσεις και τα ρεύματα των διαφόρων ζυγών του μικροδικτύου . Έτσι προτού επιλέξουμε το σύστημα D.A.Q αρχικός μελετήσαμε τα manuals της ανεμογεννήτριας , της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και των αντιστροφών ώστε να λάβουμε πληροφορίες για τα ονομαστικά τους ρεύματα και τις ονομαστικές τους τάσεις . Στη συνέχεια θέσαμε το μικροδίκτυο σε λειτουργία και μέσω των αμπερομέτρων και τον βολτομέτρων που υπάρχουν στους ζυγούς είδαμε πόσο περίπου κυμαίνονται τα διάφορα ρεύματα και οι τάσεις . Για σωστότερα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκε πολύμετρο το οποίο συνδέθηκε στα τερματικά των ζυγών του μικροδικτύου μιας και από τα τερματικά αυτά θα εισέλθουν στο σύστημα D.A.Q τα διάφορα σήματα. Στις περιπτώσεις που η μέτρηση των τάσεων και των ρευμάτων δεν είναι αρκετή αλλά ήταν αναγκαία η απεικόνιση του ρεύματος η της τάσης έγινε χρήση παλμογράφου . Η χρήση του παλμογράφου και η απεικόνιση σε αυτόν των ρευμάτων και των τάσεων είναι πολύ σημαντική κατά τη καταγραφή δεδομένων από συστήματα D.A.Q. μιας και μπορούν να επιβεβαιώσουν τη σωστή λειτουργία τους .

3.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΩΝ

Η επιλογή των μεταλλακτών είναι η πρώτη επιλογή η οποία πρέπει να γίνει μιας και η επιλογή αυτή θα καθορίσει και το υπόλοιπο σύστημα . Οι μεταλλάκτες των τάσεων θα πρέπει να υποβιβάζουν την τάση σε τέτοια επίπεδα ώστε να μπορεί να μπορεί να εισέλθει στην είσοδο της κάρτας (όπως έχουμε αναφέρει οι κάρτες δέχονται συνήθως $\pm 10\text{ V}$) ενώ αυτοί των ρευμάτων θα πρέπει να μετατρέπουν το ρεύμα σε τάση σε επιτρεπτό επίπεδο. Σημαντικό είναι οι μεταλλάκτες να επιτρέπουν την διέλευση των υψηλής συχνων αρμονικών που δημιουργούνται από τους inverters και πιο συγκεκριμένα ακόμη και της αρμονικής της τάξης των 64,35 KHz (το πώς υπολογίστηκε αυτό το νούμερο φαίνεται παρακάτω) . Επίσης επιλέξαμε το isolation στον σύστημα να γίνεται στους μεταλλάκτες οπότε πρέπει να επιλέξουμε μεταλλάκτες οι οποίοι να παρέχουν απομόνωση . Τέλος μιας και το μικροδίκτυο παρέχει τερματικά σε κάθε ζυγό στα οποία μπορούν να συνδεθούν καλώδια τύπου banana επιλέγουμε μεταλλάκτες τάσης οι οποίοι και αυτοί να έχουν είσοδο banana για την ευκολότερη είσοδο τους στο σύστημα . Για τους μεταλλάκτες ρεύματος θα προτιμήσουμε εκείνους οι οποίοι θα συνδέονται εξωτερικά στο μικροδίκτυο ώστε να μην το επηρεάζουν .

Ως προς τους μεταλλάκτες τάσης καταλήξαμε στην χρήση differential voltage probes. Στο εργαστήριο προϋπήρχαν 2 differential probes DP-25 της Chauvin Arnoux τα οποία καλύπτουν της προϋποθέσεις που αναφέραμε παραπάνω και έτσι επιλέχτηκαν ως οι δύο από τους τέσσερις συνολικά μεταλλάκτες τάσεως που θα χρησιμοποιήσουμε. Στην εικόνα 3.1 φαίνεται ένα τέτοιο differential probe.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του differential probe DP-25 της Chauvin Arnoux είναι τα παρακάτω :

- Μέτρηση έως και 1300 V peak .
- 3 δυνατότητες υποβιβασμού : 1/20, 1/50 και 1/200.
- Bandwidth: 0 έως 25MHz .
- Accuracy : $\pm 2\%$.
- Το όργανο παρέχει ασφάλεια μέτρησης σύμφωνα με τις IEC 1010-1-Cat.III - 600V, class 2 .
- Τροφοδοσία είτε μέσω μπαταρίας 9 V είτε μέσω μετασχηματιστή .
- Είσοδος μέσω καλωδίων banana .
- Έξοδος σε BNC .
- Διαστάσεις 195 x 55 x 30mm.
- Βάρος: 250g .



Εικόνα 3.1 : Differential Probe DP-25

Ως προς τους άλλους 2 μεταλλάκτες τάσης καταλήξαμε και πάλι στην χρήση differential voltage probes. Η αγορά άλλων δύο DP-25 της Chauvin Arnoux θα ήταν ιδανική όμως το προϊόν αυτό έχει καταργηθεί από την αγορά οπότε καταλήξαμε στην αγορά κάποιου με παρόμοια χαρακτηριστικά το οποίο είναι το MX9030-Z της METRIX [21] . Στην εικόνα 3.2 φαίνεται ένα τέτοιο differential probe .

Τα κύρια χαρακτηριστικά του MX9030-Z φαίνονται παρακάτω .

- Μέτρηση έως και 600 V RMS .
- 2 δυνατότητες υποβιβασμού : 1/20 και 1/200 .
- Bandwidth: 0 έως 30MHz .
- Accuracy : $\pm 3\%$.
- Το όργανο παρέχει ασφάλεια μέτρησης σύμφωνα με τις IEC 61010-1-CatIV - 600V .
- Τροφοδοσία είτε μέσω μπαταρίας 9 V είτε μέσω μετασχηματιστή .
- Είσοδος μέσω καλωδίων banana .
- Έξοδος σε BNC .
- Διαστάσεις 163 x 62 x 40mm.
- Βάρος: 195g .



Εικόνα 3.2 : Differential Probe MX9030-Z

Ως προς τους μεταλλάκτες ρεύματος καταλήξαμε στη χρήση current clamps .Στο εργαστήριο επίσης προϋπήρχε μια αμπεροτσιμπίδα (current clamp) E3N της Chauvin Arnoux τα χαρακτηριστικά της οποίας μας καλύπτουν . Η παραπάνω αμπεροτσιμπίδα έχει το πλεονέκτημα να μετρά dc ρεύμα και έτσι θα αποτελέσει την μία από τις 4 αμπεροτσιμπίδες που θα επιλεγθούν για το σύστημα D.A.Q. . Μία τέτοια αμπεροτσιμπίδα φαίνεται στην εικόνα 3.3 .

Τα κύρια χαρακτηριστικά του current clamp E3N της Chauvin Arnoux είναι τα παρακάτω :

- Μέτρηση και AC and DC χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Hall-effect .
- Bandwidth: DC έως 100KHz .
- Μέγιστο ρεύμα μέτρησης 10A /100A .
- Accuracy : 3% .
- Αντιστοιχία V-A στην έξοδο 1A/100mV, 1A/10mV .
- Έξοδος σε BNC .
- Μέγιστη διάμετρος υπό μέτρηση αγωγού 11,8mm .
- Τροφοδοσία είτε μέσω μπαταρίας 9 V .
- Διαστάσεις 231 x 36 x 67 mm .
- Βάρος: 330g .



Εικόνα 3.3 : Current Clamp E3N

Για τις υπόλοιπες τρία αμπεροτσιμπίδες επιλέχθηκαν άλλες δύο E3N της Chauvin Arnoux καθώς και μία PAC-12 της Chauvin Arnoux . Η αμπεροτσιμπίδα PAC-12 προτιμήθηκε λόγω της δυνατότητάς της να μετρά υψηλότερες τάσεις από τις E3N . Μία αμπεροτσιμπίδα PAC-12 φαίνεται στην εικόνα 3.4 .

Τα κύρια χαρακτηριστικά του current clamp PAC-12 της Chauvin Arnoux είναι τα παρακάτω :

- Μέτρηση και AC and DC χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Hall-effect .
- Bandwidth: DC έως 10KHz .
- Μέγιστο ρεύμα μέτρησης 60A /600A .
- Accuracy : 1,5/2% .
- Αντιστοιχία V-A στην έξοδο 1A/10mV, 1A/1mV .
- Έξοδος σε BNC .
- Μέγιστη διάμετρος υπό μέτρηση αγωγού 30mm .
- Τροφοδοσία είτε μέσω μπαταρίας 9 V .
- Διαστάσεις 224 x 97 x 44 mm .
- Βάρος: 440g .



Εικόνα 3.4 : Current Clamp PAC-12

Περισσότερες πληροφορίες για τους μεταλλάκτες φαίνονται στο τέλος της διπλωματικής εργασίας στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α όπου παρατίθενται τα datasheets των μεταλλακτών [13] .

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΟΣ

Στο σύστημα D.A.Q δεν επιλέξαμε σύστημα προετοιμασίας του σήματος μιας και η προετοιμασία αυτού γίνεται από τους μεταλλάκτες .

3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΡΤΑΣ D.A.Q.

Η σωστή επιλογή κάρτας D.A.Q. είναι πολύ σημαντική μιας και όπως έχουμε αναφέρει η κάρτα αποτελεί την καρδιά ενός συστήματος D.A.Q.. Πρώτα απ όλα επιλέξαμε μια κάρτα PCI μιας και τέτοιου είδους κάρτες έχουν καλύτερα χαρακτηριστικά και είναι φθηνότερες από εκείνες οι οποίες συνδέονται μέσω USB . Ο αριθμός των καναλιών εισόδων θα πρέπει να είναι μεγάλος και έτσι επιλέξαμε μια που να έχει 8 κανάλια ενώ δεν μας ενδιέφερε να έχει κανάλια εξόδων . Θεωρήσαμε βασικό η κάρτα να δίνει την δυνατότητα του Simultaneous Sampling μιας και θα χρειαστεί να μετρήσουμε διαφορές φάσεων οπότε καταλήξαμε στην επιλογή κάρτας με πολλαπλούς ADC . Το Sampling Rate της κάρτας μας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να μετρηθούν ακόμα και οι πιο υψηλής συχνότητας αρμονικές δηλαδή η 1287 αρμονική η οποία έχει συχνότητα 64,35 KHz και επειδή το Sampling Rate πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερο από την μεγαλύτερη συχνότητα που φέρει το σήμα πρέπει να έχουμε Sampling Rate της τάξης του 643,5 KHz ή μεγαλύτερο ανά κανάλι . Ο παραπάνω αριθμός προέκυψε από υπολογισμούς μιας και ο Sunny Island λειτουργεί με διακοπτική συχνότητα 16 KHz και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται στην έξοδο του αρμονικές της τάξης $320\text{ης} \pm 2 \pm 4$, $640\text{ης} \pm 1 \pm 3 \pm 5$, $960\text{ης} \pm 2 \pm 4 \pm 6$, $1280\text{ης} \pm 1 \pm 3 \pm 5 \pm 7$. Ο Sunny Boy λειτουργεί επίσης με διακοπτική συχνότητα 16 KHz και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εμφανίζονται στην έξοδο του αρμονικές της τάξης $320\text{ης} \pm 2 \pm 4$, $640\text{ης} \pm 1 \pm 3 \pm 5$, $960\text{ης} \pm 2 \pm 4 \pm 6$, $1280\text{ης} \pm 1 \pm 3 \pm 5 \pm 7$. Άρα η μέγιστη αρμονική που εμφανίζεται είναι η 1287^η [10]. Το Resolution της κάρτας πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να μπορούν να μετρούνται με ακρίβεια η τάσεις και τα ρεύματα αλλά και οι αρμονικές τους . Μετά από αρκετή σκέψη καταλήξαμε στην αγορά μιας κάρτας PCI -6133 της National Instruments μιας και καλύπτει όλα όσα είπαμε παραπάνω . Παρακάτω φαίνονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά της PCI-6133 ενώ στην εικόνα 3.5 φαίνεται η κάρτα D.A.Q. .

- Αριθμός καναλιών : 8 SE/8 DI
- Input Range : -10..10 V
- Sampling Rate : 3 MS/s ανά κανάλι
- Resolution: 14 bits
- On-Board Memory : 64 MB
- Τρόπος σύνδεσης με H/Y : PCI
- Number of Analog Input Ranges : 4
- Triggering : Αναλογικό , Ψηφιακό



Εικόνα 3.5 : PCI -6133

- Simultaneous Sampling : NAI
- Isolation : OXI
- Connectivity : 68-pin male SCSI-II type
- Analog Input Signal Conditioning: OXI
- OS Support : Windows, Linux, Real-Time
- Product Family : S Series
- Διαστάσεις : 31,2 cm X 10,6 cm

Εκτός από την κάρτα D.A.Q. αναγκαία ήταν η αγορά ενός Connector Block (κουτί σύνδεσης) μιας και οι έξοδοι των μεταλλακτών δεν μπορούν να συνδεθούν απ' ευθείας με την κάρτα . Λόγω του ότι οι μεταλλάκτες έχουν έξοδο σε BNC επιλέχθηκε το Connector Block BNC_2110 του οποίου οι εισοδοι καταλήγουν σε τερματικά BNC ενώ για την σύνδεση του BNC_2110 με την κάρτα επιλέχθηκε ένα καλώδιο SH68-68-EP Cable . Και το Connector Block αλλά και το καλώδιο είναι shielded [2] . Ένα Connector Block BNC_2110 φαίνεται στην εικόνα 3.6 .



Εικόνα 3.6 : PCI -6133

Περισσότερες πληροφορίες για την κάρτα D.A.Q. φαίνονται στο τέλος της διπλωματικής εργασίας στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β όπου παρατίθενται τα datasheets της κάρτας [1] .

3.5 ΕΠΙΛΟΓΗ Η/Υ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Η επιλογή του υπολογιστή πρέπει να συμβαδίζει με τις ελάχιστες απαιτήσεις τις κάρτας αλλά και του λογισμικού . Μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στις διαστάσεις τις κάρτας . Η κάρτα PCI -6133 συνδέεται εσωτερικά στα PCI slots του υπολογιστή , έτσι πρέπει να μην πέφτει πάνω στο τροφοδοτικό η στα καλώδια του μικροφώνου . Τελικά επιλέχθηκε ένας υπολογιστής BS-BASIC 790 της MULTIRAMA με tower Akasa Mirage 62 aluminium black και τροφοδοτικό PSU TRUST 420W DUAL FAN λόγω του μεγάλου μεγέθους της κάρτας D.A.Q. .

Τα κύρια χαρακτηριστικά του υπολογιστή είναι τα παρακάτω
Επεξεργαστής : CPU INTEL PENTIUM DUAL CORE E2180

Μητρική : MB GIGABYTE GA-946GMX-S2

RAM : DDR2 KINGSTON 1024MB

Σκληρός δίσκος : WESTERN DIGITAL 80GB

Οθόνη : VIEWSONIC VA1703WB 17''

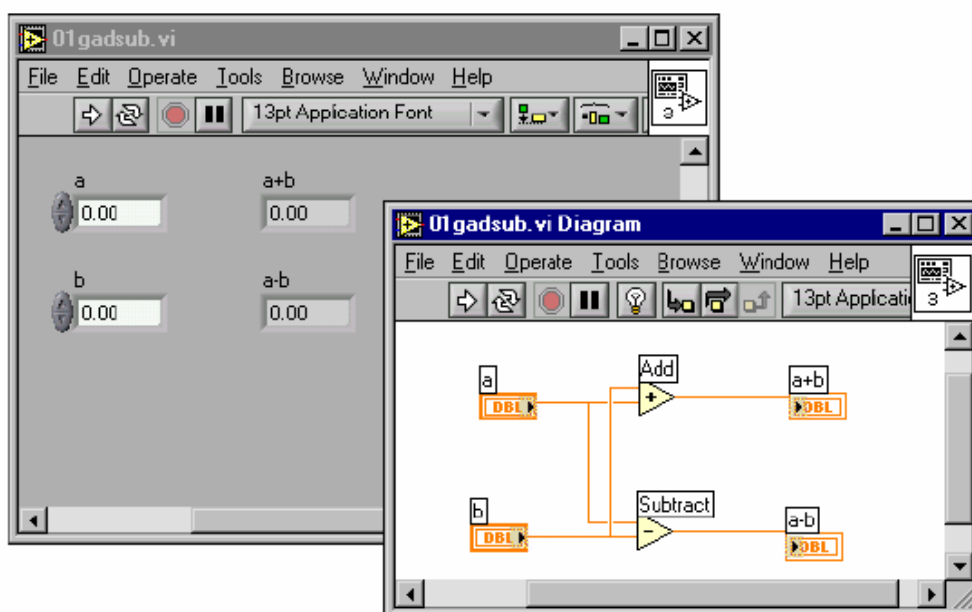
Λειτουργικό σύστημα : WINDOWS XP PROFESSIONAL

Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο των συστημάτων D.A.Q. τα λογισμικά σε αυτού του είδους τα συστήματα χωρίζονται σε δυο κατηγορίες τα drivers και τα λογισμικά εφαρμογών . Το λογισμικό Driver δεν μπορούμε να το επιλέξουμε μιας και δίνεται μαζί με την κάρτα και για την συγκεκριμένη κάρτα μας δόθηκε το DAQMX 8.5 .

Ως προς την επιλογή του λογισμικού εφαρμογών πρέπει πρώτιστος να ελέγξουμε την συμβατότητα του συγκεκριμένου λογισμικού με την κάρτα .

Στη συνέχεια πρέπει να καθορίσουμε τις εφαρμογές τις οποίες πρόκειται να αναπτυχθούν και αν αυτές καλύπτονται από το συγκεκριμένο λογισμικό . Για το σύστημα D.A.Q. επιλέχθηκε το λογισμικό LABVIEW 8.2 .

Οι κύριοι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή του λογισμικού αυτού είναι οι πολλές δυνατότητες που δίνει , η φιλικότητά του στον χρήστη αλλά και το γεγονός ότι η National Instruments η οποία παράγει την κάρτα η οποία επιλέχθηκε , είναι η εταιρία που δημιούργησε το LABVIEW και έτσι είναι ότι πιο συμβατό υπάρχει για την κάρτα PCI -6133 . Το LABVIEW δίνει δυνατότητες καταγραφής , επεξεργασίας αλλά και παρουσίασης κάτι το οποίο είναι το επιθυμητό για την διπλωματική εργασία. Το LABVIEW βασίζεται στον γραφικό προγραμματισμό δηλαδή τον προγραμματισμό μέσω εικόνων και όχι μέσω κειμένων για τη δημιουργία των διαφόρων εφαρμογών . Η ροή των δεδομένων καθορίζει την εκτέλεση του προγράμματος. Στο LABVIEW δημιουργείται ένα interface μεταξύ υπολογιστή με ανθρώπου μέσα από τη χρήση ενός συνόλου tools (εργαλεία) και objects (αντικείμενα) . Αυτό το interface ονομάζεται front panel . Στη συνέχεια προστίθεται ο κώδικας μέσω γραφικής αναπαράστασης συναρτήσεων για να ελέγχονται τα αντικείμενα του Front Panel . Αυτός ο κώδικας περιέχεται στο Block Diagram . Το Block Diagram μπορούμε να πούμε πως είναι ένα διάγραμμα ροής δεδομένων . Στην εικόνα 3.6 φαίνεται ένα ενδεικτικό Front Panel και ένα Block Diagram .



Εικόνα 3.7 :Ενδεικτικό Front Panel και Block Diagram στο LABVIEW

Στο LABVIEW δεν χρειάζεται κάθε φορά να ξεκινάμε από το μηδέν μιας και περιέχει πολλά παραδείγματα εφαρμογών μέρη των οποίων μπορούν να ενσωματωθούν στις δικές μας εφαρμογές . Ακόμα περισσότερα παραδείγματα υπάρχουν στο διαδίκτυο και ιδιαίτερα στο στην ιστοσελίδα της National Instruments [17] .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

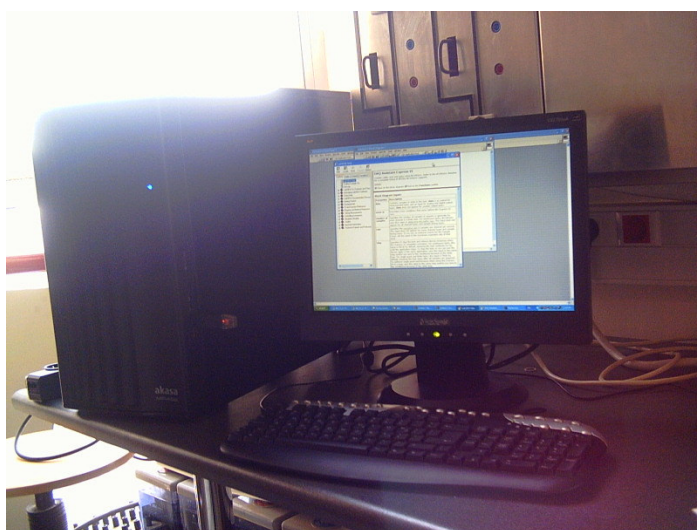
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

4.1 ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ

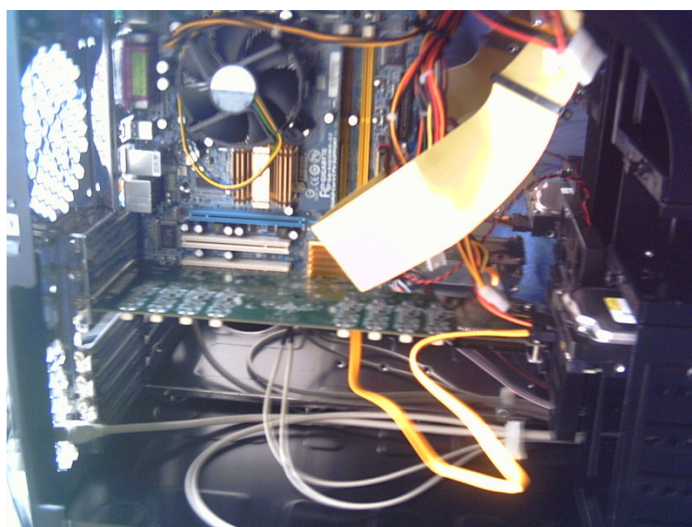
Η εργαστηριακή εφαρμογή ξεκινά με την εγκατάσταση του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αρχικώς συνδέονται τα διάφορα μέρη μεταξύ τους και στη συνέχεια τροφοδοτούνται μέσω ενός πολύπριζου ασφαλείας έτσι ώστε να προστατευθεί ο ακριβός εξοπλισμός. Ακολούθως γίνεται εγκατάσταση των WINDOWS XP PROFESSIONAL καθώς και ορισμένων βοηθητικών προγραμμάτων για την ορθότερη χρήση του υπολογιστή. Στη συνέχεια γίνεται εγκατάσταση των λογισμικού LABVIEW 8.2 και αμέσως μετά εγκαθίσταται το DAQMX 8.5. Αφού ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του λογισμικού ακολουθεί η εγκατάσταση της κάρτας D.A.Q. Αφού κλείσει ο υπολογιστής αποσυνδέεται από το καλώδιο τροφοδοσίας.

Ακολούθως αφαιρείται το κάλυμμα του κουτιού. Στην συνέχεια η κάρτα D.A.Q τοποθετείται στην PCI slot και το πίσω μέρος της κάρτας βιδώνεται στο πίσω μέρος του υπολογιστή. Ύστερα το κουτί κλείνεται και στη συνέχεια ο υπολογιστής επανατροφοδοτείται. Μετά την εγκατάσταση της κάρτας γίνεται έλεγχος εάν αναγνωρίζεται η κάρτα από τον υπολογιστή. Από το πρόγραμμα Measurement & Automation κάνουμε κλικ στο Devices and Interfaces και στη λίστα φαίνεται η κάρτα PCI-6133 άρα αναγνωρίζεται. Με δεξί κλικ πάνω στην κάρτα κάνουμε ένα Self-Test ενώ με ανάλογο τρόπο δηλαδή με δεξί κλικ μπορεί να γίνει και Self-Calibration της κάρτας. Το Self-Test και το Self-Calibration ολοκληρώθηκαν με επιτυχία.

Στην συνέχεια με δεξί κλικ πάνω στο όνομα της κάρτας επιλέγουμε τα properties και μέσω του νέο παραθύρου το οποίο ανοίγει επιλέγουμε τον εξοπλισμό της κάρτας όπως για παράδειγμα το terminal block. Στην περίπτωση μας επιλέγουμε το Connector block BNC_2110 μιας και αυτό πρόκειται να συνδεθεί με την κάρτα. Στην εικόνα 4.1 φαίνεται ο υπολογιστής του συστήματος D.A.Q. ενώ στην εικόνα 4.2 φαίνεται η σύνδεση της κάρτας D.A.Q. στην θύρα PCI του υπολογιστή.



Εικόνα 4.1 : Υπολογιστής εργαστηριακού συστήματος D.A.Q



Εικόνα 4.2 : Εγκατάσταση κάρτας D.A.Q.

Το επόμενο βήμα είναι να συνδεθεί το Connector block BNC_2110 με την κάρτα D.A.Q. μέσω του καλωδίου SH68-68-EP Cable . Αυτό γίνεται αφού κλείσουμε τον υπολογιστή . Το BNC_2110 διαθέτει 15 τερματικά τύπου BNC (συμπεριλαμβανόμενων αναλογικών εισόδων , αναλογικών εξόδων , trigger και counter) ένα terminal block με 30 pins και ένα 68-pin I/O connector . Το BNC_2110 τοποθετείται κοντά στον υπολογιστή και ενώ ο υπολογιστής είναι κλειστός συνδέεται μέσω του καλωδίου SH68-68-EP Cable με την κάρτα D.A.Q. Στην συνέχεια ρυθμίζονται οι διακόπτες FS/GS (floating source / ground-reference source) ανάλογα με τη μέτρηση που θέλουμε να γίνει . Για το μικροδίκτυο οι διακόπτες ρυθμίστηκαν στη θέση FS . Το BNC_2110 καθώς και το SH68-68-EP Cable φαίνονται στην εικόνα 4.3 .



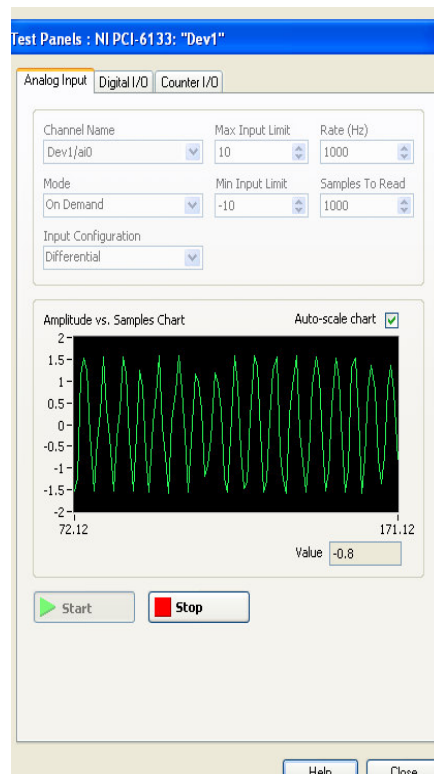
Εικόνα 4.3 : BNC_2110 και SH68-68-EP Cable

Στη συνέχεια τοποθετούμε τις μπαταρίες στους μεταλλάκτες και συνδέουμε τα τερματικά των differential voltage probes με τα κατάλληλα καλώδια ώστε να μπορέσουν να συνδεθούν στα τερματικά του μικροδικτύου . Στην περίπτωση μας τα differential voltage probes συνδέονται με καλώδια τύπου banana . Αφού ρυθμίσουμε την κατάλληλη κλίμακα υποβιβασμού για τους differential voltage probes και την κατάλληλη αντιστοιχία V-A των current clamp συνδέουμε τις εξόδους τους (που είναι σε μορφή BNC) με τις εισόδους του BNC_2110 (δηλαδή τις 8 A.I.) . Πιο συγκεκριμένα συνδέουμε τα MX9030-Z στα κανάλια A.I 0 και A.I 1 , τα DP-25 στα

κανάλια A.I. 2 και A.I. 3 , τα E3N στα A.I 4 , A.I. 5 και A.I. 6 ενώ το PAC-12 συνδέεται στο A.I.7 . Μάλιστα στα όργανα το οποία είναι όμοια τοποθετήθηκαν ετικέτες με αριθμούς ώστε να αποφευχθούν συγχύσεις στο μέλλον .

Ως προς τις ρυθμίσεις για τα DP-25 επιλέγουμε τάση υποβιβασμού 1-200 και για τα MX9030-Z επιλέγουμε επίσης 1-200 . Για τα E3N επιλέγουμε αντιστοιχία V-A 100mV-1A και τέλος για το PAC-12 επιλέγουμε αντιστοιχία V-A 10mV-1A Όπως έχουμε αναφέρει πρέπει να είμαστε προσεκτικοί με την τάση που δίνεται στα κανάλια του BNC_2110 μιας και σύμφωνα με το βιβλίο του κατασκευαστή τάσεις μεγαλύτερες των 42 είναι ικανές να καταστρέψουν την κάρτα [23] .

Αφού ολοκληρωθεί η σύνδεση των μεταλλακτών με το BNC_2110 και την κάρτα μπορεί να γίνει έλεγχος της ικανότητας της κάρτας να καταγράφει σωστά τα υπό μελέτη σήματα .Αυτό γίνεται με δεξί κλικ στο όνομα της κάρτας και ύστερα Test Panels .Ένα νέο παράθυρο ανοίγει το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να γίνει έλεγχος για κάθε κανάλι ξεχωριστά και μάλιστα το συγκεκριμένο παράθυρο δίνει διάφορες παραμέτρους οι οποίες μπορούν να ρυθμιστούν αναλόγως με το υπό μέτρηση σήμα όπως τα άνω και κάτω όρια του πλάτους , την μέθοδο καταγραφής και τον αριθμό των δειγμάτων (samples) .Έτσι στο εργαστήριο καταγράφηκε ένα σήμα ενδεικτικά για να δούμε ότι η κάρτα μας δουλεύει το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4.4 [22] .



Εικόνα 4.4 Test Panel

4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΣΩ LABVIEW

Το λογισμικό LABVIEW επικοινωνεί με τα διάφορα κανάλια της συσκευής μέσω των tasks τα οποία δημιουργούνται με διάφορους τρόπους που θα δούμε παρακάτω . Σημαντικό είναι να αναφέρουμε την διαφορά μεταξύ φυσικών και εικονικών καναλιών .

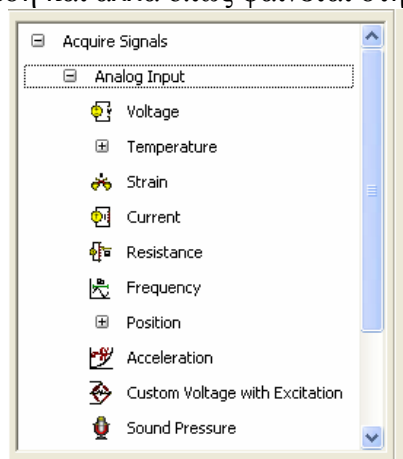
Το φυσικό κανάλι (physical channel) είναι ένα τερματικό ή ένα Pin μέσω του οποίου μπορούμε να μετρήσουμε η να παράγουμε ένα σήμα .

Ένα εικονικό κανάλι αντικαθιστά το φυσικό στο λογισμικό μπορεί να του δώσει νέο όνομα και μπορεί να ρυθμίσει ορισμένες ιδιότητες του .

Ένα task αποτελείται από ένα ή περισσότερα κανάλια καθώς και από timing , trigger και άλλα στοιχεία . Το task ουσιαστικά απεικονίζει μία μέτρηση . Τα tasks μπορούν να αποθηκευτούν και έτσι να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές .

Τα εικονικά κανάλια τα οποία έχουν δημιουργηθεί μέσα σε ένα task ονομάζονται τοπικά εικονικά κανάλια (local virtual channels) ενώ τα εικονικά κανάλια τα οποία έχουν δημιουργηθεί εκτός task ονομάζονται (global virtual channels) γενικά εικονικά κανάλια .

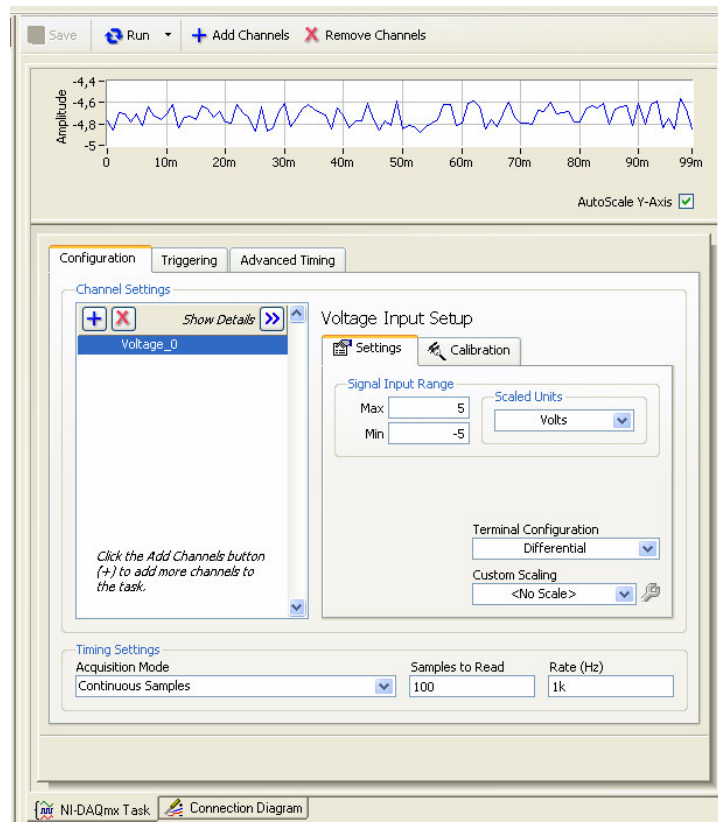
Η δημιουργία των tasks Μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Ο ένας είναι μέσω του Measurement & Automation όπου κάνουμε κλικ στο Data Neighborhood δεξί κλικ και ακολούθως Create New . Από το νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Create New Task και στη συνέχεια Next . Από το νέο παράθυρο που ανοίγει μπορούμε να επιλέξουμε καταγραφή ή παραγωγή σήματος (Acquire Signals / Generate Signals) και στη συνέχεια επιλέγουμε αν θα έχουμε αναλογική η ψηφιακή είσοδο ή counter και στη συνέχεια το είδος της εισόδου η της εξόδου το οποίο μπορεί να είναι τάση , θερμοκρασία , ένταση , πίεση και άλλα όπως φαίνεται στην εικόνα 4.5 .



Εικόνα 4.5 : Επιλογή καταγραφομένου σήματος

Ακολούθως επιλέγουμε τα φυσικά κανάλια τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν Στη συνέχεια δίνουμε ένα όνομα και Finish . Στο νέο παράθυρο μπορούμε να κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις όπως να προσθέσουμε η να αφαιρέσουμε κανάλια , να κάνουμε run δηλαδή να λάβουμε μία ένδειξη του τι καταγράφει το κανάλι , να ρυθμίσουμε το Input Range του σήματος , να επιλέξουμε αν το σήμα θα καταγράφεται με Differential ή με άλλο τρόπο καθώς και το Scale (κλίμακα της μέτρησης) . Η επιλογή αυτή είναι πολύ σημαντική μιας και οι μεταλλάκτες μιας δεν δίνουν τις μετρήσεις με κλίμακα 1 προς 1 αλλά όπως έχουμε προαναφέρει τα μεν differential voltage probes υποβιβάζουν την τάση ενώ τα current clamp μετατρέπουν την ένταση

σε τάση .Επίσης από το Calibration μπορεί να γίνει και βαθμονόμηση της κάρτας αν αυτό κρίνεται απαραίτητο Από το ίδιο παράθυρο επιλέγουμε και τις παραμέτρους της καταγραφής δηλαδή αν η καταγραφή θα είναι συνεχής η θα ορίσουμε εμείς συγκεκριμένο αριθμό δειγμάτων . Κάνοντας κλικ στο triggering μεταφερόμαστε σε άλλο παράθυρο στο οποίο ρυθμίζουμε την ύπαρξη η όχι Trigger καθώς και τα είδος του . Επιπλέον κάνοντας κλικ στο Advanced Timing μπορούμε να ρυθμίσουμε το Sample Clock της συσκευής . Κάνοντας κλικ στο Connection Diagram μας δίνεται το διάγραμμα σύνδεσης της κάρτας με τις υπόλοιπες συσκευές αρκεί να υποστηρίζονται από το πρόγραμμα . Το παράθυρο των ρυθμίσεων για την δημιουργία tasks φαίνεται στην εικόνα 4.6 .



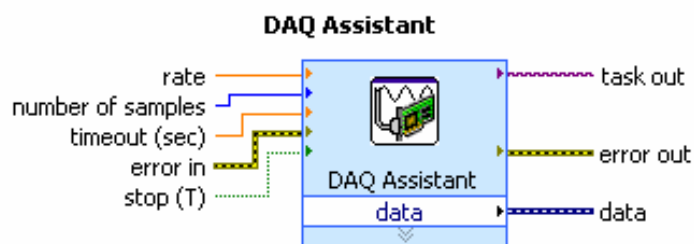
Εικόνα 4.6 : Παράθυρο ρυθμίσεων για τη δημιουργία tasks

Ο δεύτερος τρόπος είναι να γίνει δημιουργία των tasks μέσω του LABVIEW και αυτό γίνεται μέσω του DAQ Assistant το οποίο βρίσκεται στα functions του Block Diagram στο Measurement I/O → DAQ-mx ή στο Express → Input και προχωρούμε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως με τη δημιουργία tasks μέσω του Measurement & Automation . Με το που θα τοποθετηθεί ο DAQ Assistant στο block diagram ένα παράθυρο θα ανοίξει αυτόματα το οποίο είναι ακριβώς το ίδιο το οποίο άνοιξε στο Measurement & Automation . Ο DAQ Assistant είναι ένα εύχρηστο εργαλείο για εύκολη και γρήγορη επικοινωνία του LABVIEW με διάφορες κάρτες DAQ και τον εξοπλισμό τους επιτρέποντας τις περισσότερες φορές στο χρήστη να αποφύγει την δημιουργία μακροσκελούς κώδικα , ο οποίος αντικαθίσταται από τις ρυθμίσεις που παρέχει ο DAQ Assistant .

Για την εργαστηριακή εφαρμογή εμείς θα χρησιμοποιήσουμε τον δεύτερο τρόπο δηλαδή θα δουλέψουμε κατευθείαν μέσω του LABVIEW κάνοντας χρήση του DAQ Assistant . Από το παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε Acquire Signals → Analog Input → Voltage ενώ από το νέο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε και τα 8 κανάλια δηλαδή από το a0 έως το a7 . Στο νέο παράθυρο ρυθμίζουμε το input range του σήματος στα 650.000 samples / sec . Το terminal configuration παραμένει Differential ενώ όπως προαναφέρθηκε θα ρυθμιστεί το scale του κάθε καναλιού ξεχωριστά . Για τα κανάλια a2 και a3 στα οποία είναι συνδεδεμένα τα DP-25 επιλέγουμε Scale → Linear και από το νέο παράθυρο Slope 200, Interception 0, Prescaled Volts, Scaled Volts και μετά O.K. Για τα κανάλια a0 και a1 στα οποία είναι συνδεδεμένα τα MX9030-Z επιλέγουμε επίσης Scale → Linear και από το νέο παράθυρο Slope 200, Interception 0, Prescaled Volts, scaled Volts και μετά O.K.. Για τα κανάλια a4 , a5 και a6 στα οποία είναι συνδεδεμένα τα E3N επιλέγουμε Scale → Linear και από το νέο παράθυρο Slope 10, Interception 0, Prescaled Volts, Scaled Amperes και μετά O.K και τέλος για το κανάλι a7 στο οποίο είναι συνδεδεμένο το PAC-12 επιλέγουμε Scale → Linear και από το νέο παράθυρο Slope 100, Interception 0, Prescaled Volts, Scaled Amperes και μετά O.K . Το Timing Settings το αφήνουμε ως έχει . Το Triggering και το Advanced Timing τα αφήνουμε επίσης ως έχουν.

Το block του DAQ Assistant έχει τις παρακάτω εισόδους και εξόδους . Ως προς τις εισόδους έχουμε τα : rate (όπου ρυθμίζουμε το sampling rate της μέτρησης) , number of samples (όπου ρυθμίζουμε τον αριθμό των δειγμάτων) , timeout (όπου ρυθμίζεται ο χρόνος μετά τον οποίο γίνεται η καταγραφή των δειγμάτων) , stop (όπου μπορούμε να σταματήσουμε την λειτουργία του DAQ Assistant) και error in (περισσότερες πληροφορίες γι αυτό θα δούμε παρακάτω) .

Στις εξόδους έχουμε τα data (το οποίο είναι η έξοδος των δεδομένων) error out (περισσότερες πληροφορίες γι αυτό θα δούμε παρακάτω) και task out (με το οποίο μας δίνεται η δυνατότητα για παραπομπή σε άλλα tasks) . Το block του DAQ Assistant φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 4.7 .

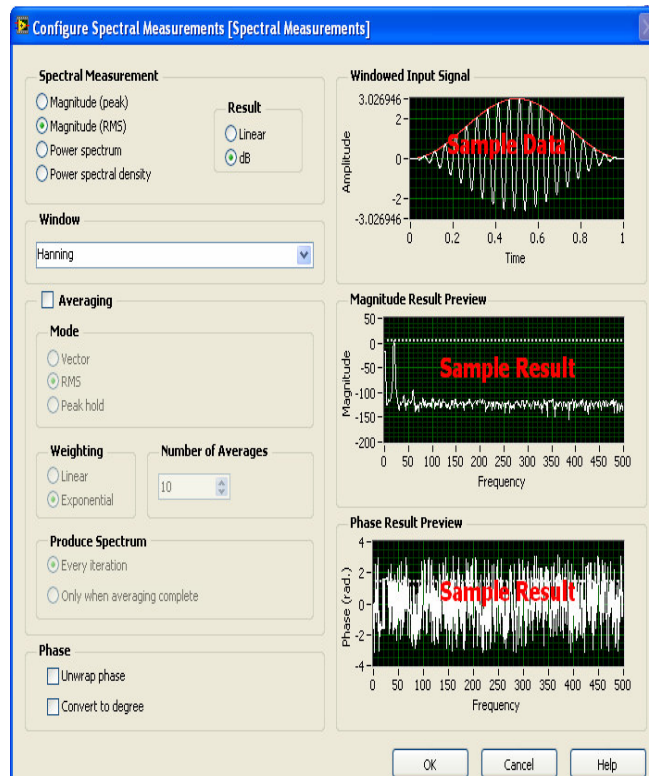


Σχήμα 4.7 : Block του DAQ Assistant

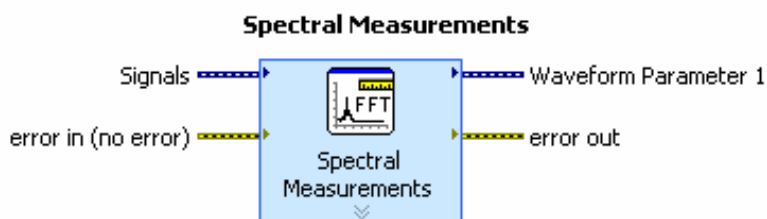
Πέρα όμως από το DAQ Assistant πρέπει να γίνει χρήση και άλλων functions για την καταγραφή και ανάλυση των δειγμάτων μιας και το DAQ Assistant από μόνο του δεν παρέχει ούτε καταγραφή ούτε ανάλυση οποιουδήποτε σήματος παρά μόνο μερικές ενδείξεις μέσω του run όπως αναφέραμε παραπάνω . Έτσι στο Block Diagram και μέσω του Functions Palette θα επιλέξουμε διάφορα blocks όπως τα functions Spectral Measurements και το Write To Measurement File . Η Functions Palette ανοίγει είτε με αριστερό κλικ είτε μέσω του view στην πάνω μπάρα του LABVIEW .

Spectral Measurements

Το function Spectral Measurements δίνει τη δυνατότητα να γίνει FFT (Fast Fourier Transform) σε οποιοδήποτε σήμα και βρίσκεται στο Express → Signal Analysis . Με το που θα τοποθετηθεί στο block diagram ανοίγει ένα νέο παράθυρο από το οποίο κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις σχετικά με την ανάλυση FFT . Το παράθυρο αυτό φαίνεται στην εικόνα 4.8 . Έτσι από το Spectral Measurement ρυθμίζουμε το είδος του αποτελέσματος που θα δώσει το function αν δηλαδή θα μας δώσει το peak η το RMS του σήματος καθώς και αν το αποτέλεσμα θα είναι σε μονάδες του σήματος η σε db. Από το window ρυθμίζεται ο τρόπος προβολής του υπό ανάλυση σήματος ενώ από το averaging επιλέγεται η όχι η χρήση μέσου όρου . Το function Spectral Measurements έχει τις εισόδους signals στην οποία εισέρχεται το προς μέτρηση σήμα και error in ενώ ως εξόδους έχουμε το waveform parameter που δεν είναι τίποτε άλλο από το σήμα στο οποίο έχει γίνει FFT και ένα error out . Στην έξοδο μπορούμε να μετρήσουμε και τις φάσεις κάτι που είναι πολύ χρήσιμο . Στο πρόγραμμα του εργαστηρίου ρυθμίστηκε στα Spectral Measurements Magnitude RMS και Result Linear ως προς το Window επιλέγεται το None ως προς το Phase επιλέγεται Convert to degree ενώ τις υπόλοιπες ρυθμίσεις τις αφήνουμε ως έχουν μιας και δεν μας ενδιαφέρει η χρήση μέσου όρου . Το block του function Spectral Measurements φαίνεται στην εικόνα 4.9 .



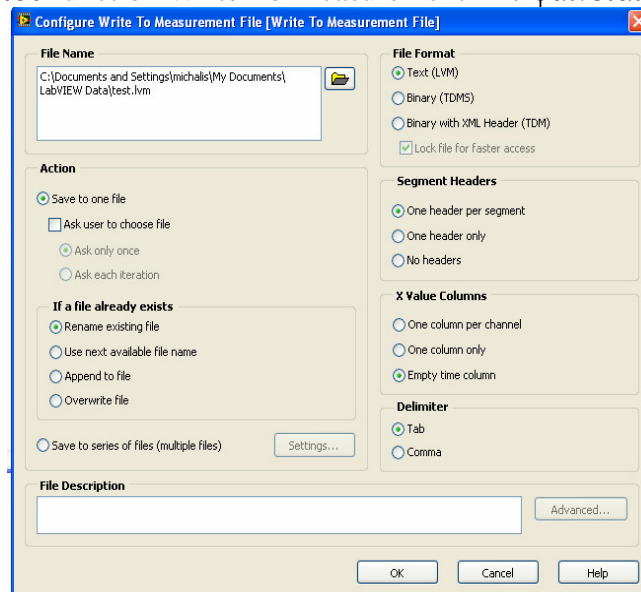
Εικόνα 4.8 : Παράθυρο ρυθμίσεων του function Spectral Measurements



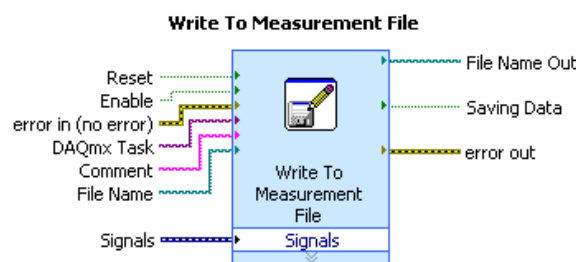
Εικόνα 4.9 : Block του function Spectral Measurement

Write To Measurement File

Το function Write To Measurement File δίνει τη δυνατότητα να γίνει καταγράφουν οι μετρήσεις με τη μορφή spreadsheet και βρίσκεται στο Programming → File I/O. Με το που θα τοποθετηθεί στο Block Diagram ανοίγει ένα νέο παράθυρο το οποίο από το οποίο κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις σχετικά με το πως θα γίνει η καταγραφή σε spreadsheet και το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4.10. Στο File Name ορίζουμε το που θα αποθηκεύεται στο αρχείο αυτό ενώ από το Action ορίζεται αν το αρχείο θα αποθηκεύεται αυτόματα το αρχείο η θα ερωτάται κάθε φορά ο χρήστης . Στο If a File Already Exists επιλέγουμε τι γίνεται στην περίπτωση που το όνομα ενός αρχείου υπάρχει είδη , στο File Format επιλέγεται το είδος του αρχείου , στο Segment Headers ρυθμίζει το είδος της επικεφαλίδας , το X Value Columns ρυθμίζει την ύπαρξη η όχι την ύπαρξη στήλης για της μετρήσεις του άξονα X . Το function Spectral Measurements έχει τις εισόδους : signals στην οποία εισέρχεται το προς καταγραφή σήμα, το File Name μέσω του οποίου δίνεται όνομα στο υπό καταγραφή σήμα το Comment μέσω του οποίου προστίθενται σχόλια στο datasheet το enable το οποίο επιτρέπει η όχι την καταγραφή , το reset μηδενίζει ότι έχει καταγραφεί και ξεκινά την καταγραφή από το μηδέν , το DAQ-mx task το οποίο δίνει δυνατότητα για άμεση επικοινωνία του function Write To Measurement File με τα tasks και error in ενώ ως εξόδους έχουμε το File Name out το οποίο επιστρέφει το όνομα του αρχείου, το saving data το οποίο είναι ένδειξη ότι τα αρχεία σώζονται και ένα error out . Στο εργαστηριακό πρόγραμμα επιλέξαμε ως προς το action save to one file ενώ στο If a File Already Exists, Use next available name. Το file format παρέμεινε text ενώ το X value column ρυθμίστηκε one column only . Οι λοιπές ρυθμίσεις δε, αφέθησαν ως έχουν . Το block του function Write To Measurement File φαίνεται στην εικόνα 4.11 .



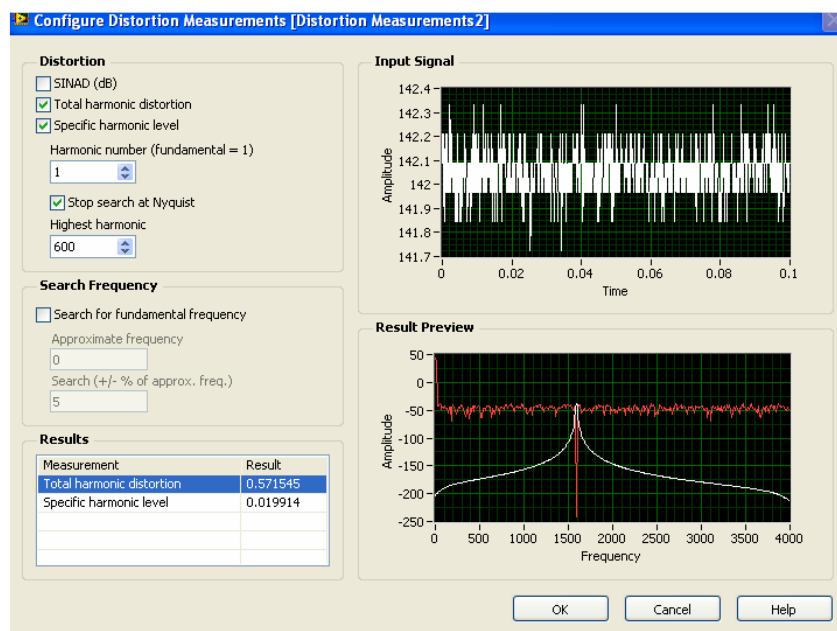
Εικόνα 4.10 : Παράθυρο ρυθμίσεων του function Write To Measurement File



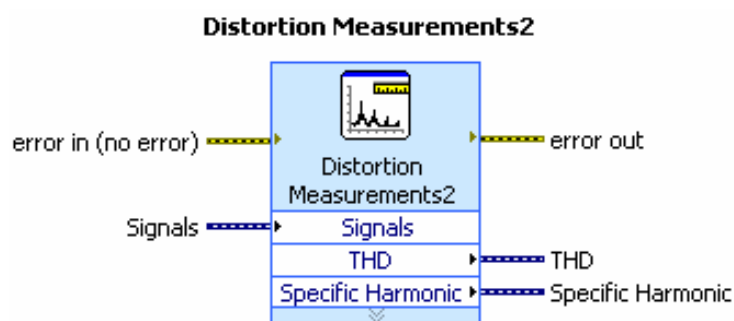
Εικόνα 4.11: Block του function Write To Measurement File

Distortion Measurements

To function Distortion Measurements δίνει τη δυνατότητα να βρούμε το T.H.D. ενός σήματος καθώς και το πλάτος μιας συγκεκριμένης αρμονικής (π.χ. της πρώτης) και βρίσκεται στο Express → Signal Analysis. Με το που θα τοποθετηθεί στο Block Diagram ανοίγει ένα νέο παράθυρο από το οποίο κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις σχετικά με το ποια αρμονική θα δοθεί στην έξοδο και τον αριθμό της μέγιστης αρμονικής που θα συμπεριληφθεί στον υπολογισμό του T.H.D. το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4.12 . Στο Distortion επιλέγουμε αν θέλουμε να έχουμε στην έξοδο SINAD , Total Harmonic Distortion ή πλάτος συγκεκριμένης αρμονικής ενώ από το Harmonic Number επιλέγουμε την αρμονική της οποίας το πλάτος θα δοθεί στην έξοδο . Από το Highest harmonic επιλέγουμε την μέγιστη αρμονική για τον υπολογισμό του T.H.D. Μέσω του Search for fundamental frequency το πρόγραμμα βρίσκει την θεμελιώδη συχνότητα και υπολογίζει τα υπόλοιπα ως προς αυτήν . Στο εργαστηριακό πρόγραμμα επιλέξαμε Total Harmonic Distortion και Specific harmonic level , στο Harmonic number επιλέχθηκε 1 ενώ για να δούμε πως επηρεάζουν το THD οι υψηλές αρμονικές κάναμε χρήση δυο functions ένα με Higher harmonic 50 και ένα με Higher harmonic 1287 . Το Search for fundamental frequency το αφήσαμε ως έχει . Το block του function Distortion Measurements φαίνεται στην εικόνα 4.13 .



Εικόνα 4.12 : : Παράθυρο ρυθμίσεων του function Distortion Measurements

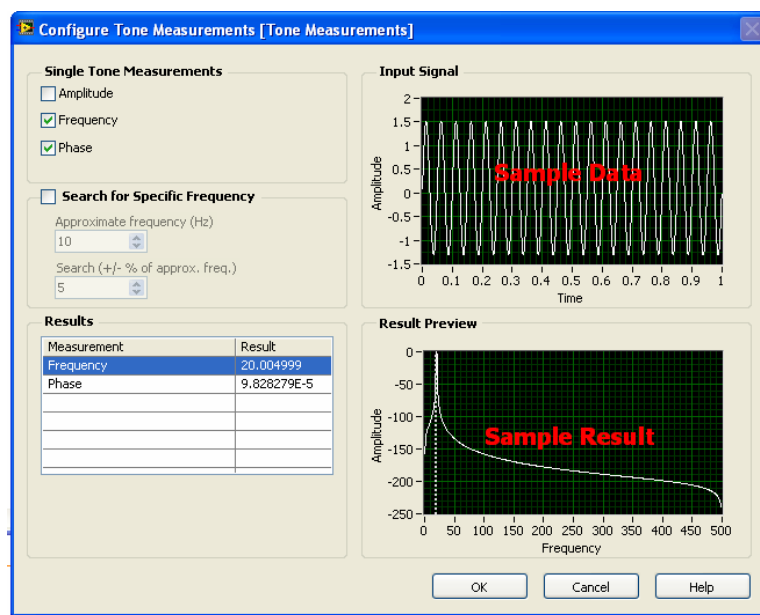


Εικόνα 4.13 : Block του function Distortion Measurements

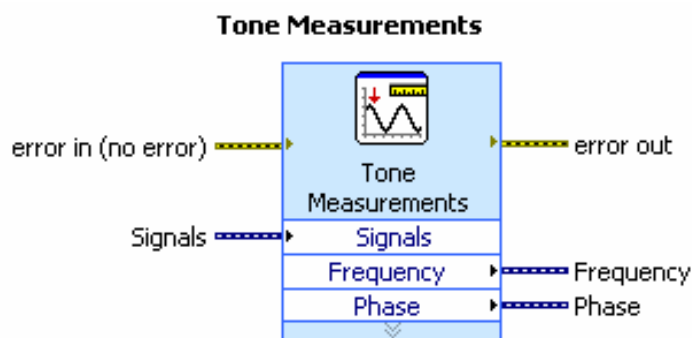
Tone Measurements

Το function Tone Measurements δίνει τη δυνατότητα να βρούμε την συχνότητα και τη φάση ενός σήματος και βρίσκεται στο Express → Signal Analysis. Με το που θα τοποθετηθεί στο Block Diagram ανοίγει ένα νέο παράθυρο από το οποίο κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις και το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4.14 . Από το Single Tone Measurements επιλέγουμε το είδος της εξόδου που μας ενδιαφέρει . Μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα στο πλάτος του σήματος , την συχνότητα του και την φάση του . Μέσω του Search for Specific Frequency επιλέγεται από τον χρήστη η θεμελιώδης συχνότητα και το πρόγραμμα υπολογίζει τα υπόλοιπα ως προς αυτήν .

Στο εργαστηριακό πρόγραμμα επιλέξαμε Frequency και Phase ενώ το To Search for Specific frequency το αφήσαμε ως έχει . Το block του function Tone Measurements φαίνεται στην εικόνα 4.15 .



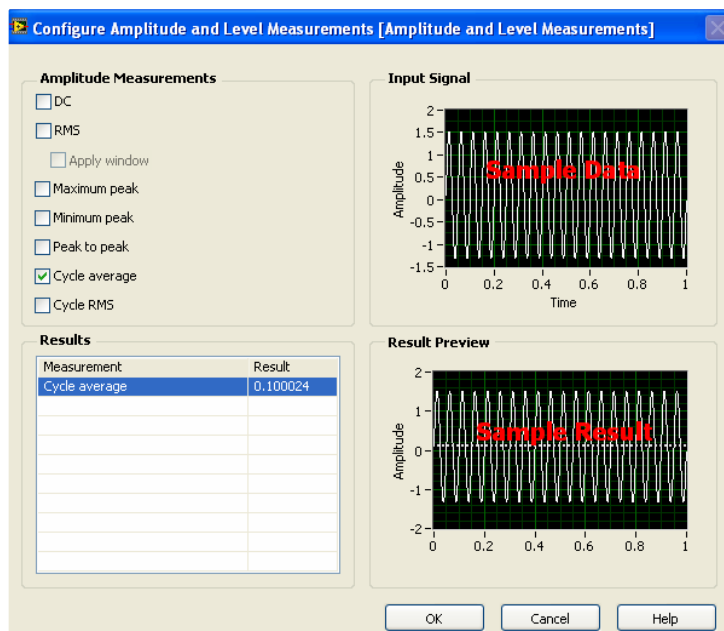
Εικόνα 4.14 : Παράθυρο ρυθμίσεων του function Tone Measurements



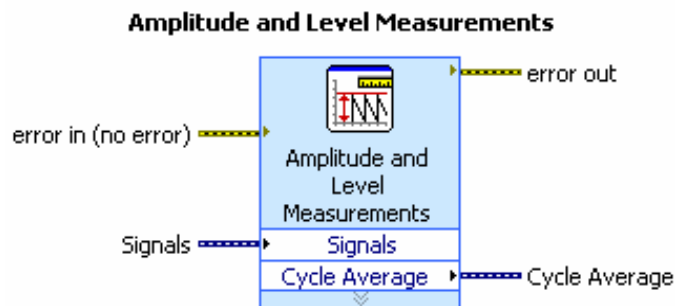
Εικόνα 4.15 : Block του function Tone Measurements

Amplitude and Level Measurements

Το function Amplitude and Level Measurements δίνει διάφορες πληροφορίες για το επίπεδο ενός σήματος όπως R.M.S. , μέση τιμή, peak τιμή και άλλα και βρίσκεται στο Express → Signal Analysis. Με το που θα τοποθετηθεί στο block diagram ανοίγει ένα νέο παράθυρο το οποίο από το οποίο κάνουμε διάφορες ρυθμίσεις και το οποίο φαίνεται στην εικόνα 4.16. Από το Amplitude Measurements επιλέγουμε το είδος της εξόδου που μας ενδιαφέρει . Μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα στη DC συνιστώσα στην R.M.S τιμή , στην μέγιστη και την ελάχιστη τιμή (maximum / minimum peak) , τιμή peak to peak , μέση τιμή ενός κύκλου και μέση τιμή R.M.S. Στο εργαστηριακό πρόγραμμα έγινε χρήση του παραπάνω function σε δυο περιπτώσεις για τον υπολογισμό του R.M.S και της DC συνιστώσας των σημάτων και στον υπολογισμό της μέση τιμής ενός κύκλου v_i για τον τελικό υπολογισμό της P . Έτσι στην πρώτη περίπτωση επιλέχθηκε DC και R.M.S ενώ στη δεύτερη Cycle average . Το block του function Tone Measurements φαίνεται στην εικόνα 4.17 .



Εικόνα 4.16 : Παράθυρο ρυθμίσεων του function Amplitude and Level Measurements



Εικόνα 4.17 : Block του function Amplitude and Level Measurements

Ως προς το Block Diagram στον DAQ Assistant κάνοντας δεξί κλικ επιλέγουμε create control στις εισόδους rate, number of samples, timeout και stop έτσι ώστε να μπορούμε να κάνουμε τις αντίστοιχες ρυθμίσεις από το Front Panel. Μάλιστα στο stop μέσω μιας Boolean NOT τοποθετήσαμε ένα LED έτσι ώστε όταν ο DAQ assistant είναι σε λειτουργία να ανάβει . Τα data του DAQ Assistant συνδέθηκαν , με τα signals του Spectral Measurements ενώ επιπλέον τα data του DAQ Assistant αφού χωριστούν μέσω ενός split signals (τα συνολικά data χωρίζονται σε 8 διαφορετικά data δηλαδή σε ένα για κάθε κανάλι) συνδέονται με 8 waveform graphs έτσι ώστε κάθε κανάλι να απεικονίζεται ξεχωριστά . Αυτό γίνεται με αριστερό κλικ create graph indicator . Αντιστοίχως τα data του Spectral Measurements αφού χωριστούν μέσω ενός split signals συνδέονται με 8 waveform graphs έτσι ώστε κάθε κανάλι να απεικονίζεται ξεχωριστά .

Στην περίπτωση που ένα σύνολο από functions επαναλαμβάνεται τότε μπορούμε να γλιτώσουμε χρόνο και κόπο μέσω των subVIs. Τα subVIs είναι blocks αποτελούνται από πολλά functions τα οποία έχουν εισόδους και εξόδους και δημιουργούνται από τον χρήστη . Η δημιουργία τους γίνεται αφού έχουν επιλεγεί κάποια functions από το edit → create SubVI. Μιας και για κάθε κανάλι θέλουμε να υπολογίζουμε τα THD , DC , RMS κ.τ.λ. δημιουργήσαμε ένα subVI που υπολογίζει όλα τα παραπάνω του δώσαμε ένα όνομα , το ενώσαμε καταλλήλως με τις εισόδους και τις εξόδους και τέλος κάναμε copy paste για τα υπόλοιπα κανάλια χωρίς να χρειάζεται να το δημιουργούμε από την αρχή . Έτσι γλιτώσαμε αρκετή επιπλέον δουλειά , κώδικα και χρόνο . Μάλιστα όταν γίνει μια αλλαγή στο ένα subVI γίνεται και στα υπόλοιπα με το αντίστοιχο όνομα .

Στο block diagram δημιουργήθηκε ένα subVI το οποίο περιέχει δύο functions Distortion measurements ένα function Tone Measurements κι ένα function Amplitude and Level .

Ως προς το πρώτο function Distortion measurements επιλέξαμε Total Harmonic Distortion και Specific harmonic level , στο Harmonic number επιλέχθηκε 1 ενώ στο Higher harmonic 50 . Ως προς το δεύτερο function Distortion measurements επιλέξαμε Total Harmonic Distortion Higher harmonic 1287 , ως προς το function Tone Measurements επιλέξαμε Frequency και Phase ενώ ως προς function Amplitude and Level Measurements R.M.S και της DC . Σε όλες τις εξόδους έγινε δεξί κλικ create numeric indicator . Επειδή οι εξοδοι είναι μορφής dynamic data και το numeric indicator θέλει είσοδο scalar (βαθμωτό) έγινε χρήση της function From DDT το οποίο βρίσκεται στη Express → Signal Manipulation . Έτσι έχουμε τις εξόδους THD , THD + , first harmonic , DC , RMS , frequency , και phase .

Ως προς τις ισχύς η φαινόμενη ισχύς προκύπτει από το γινόμενο της RMS της τάσης επί την RMS της έντασης .Ως προς την ενεργό ισχύ πρόκυψε από το μέσο όρο του γινόμενου της στιγμιαίας τάσης επί την ένταση . Ο συντελεστής ισχύος προκύπτει από της διαίρεση της ενεργού ισχύος από την φαινόμενη .

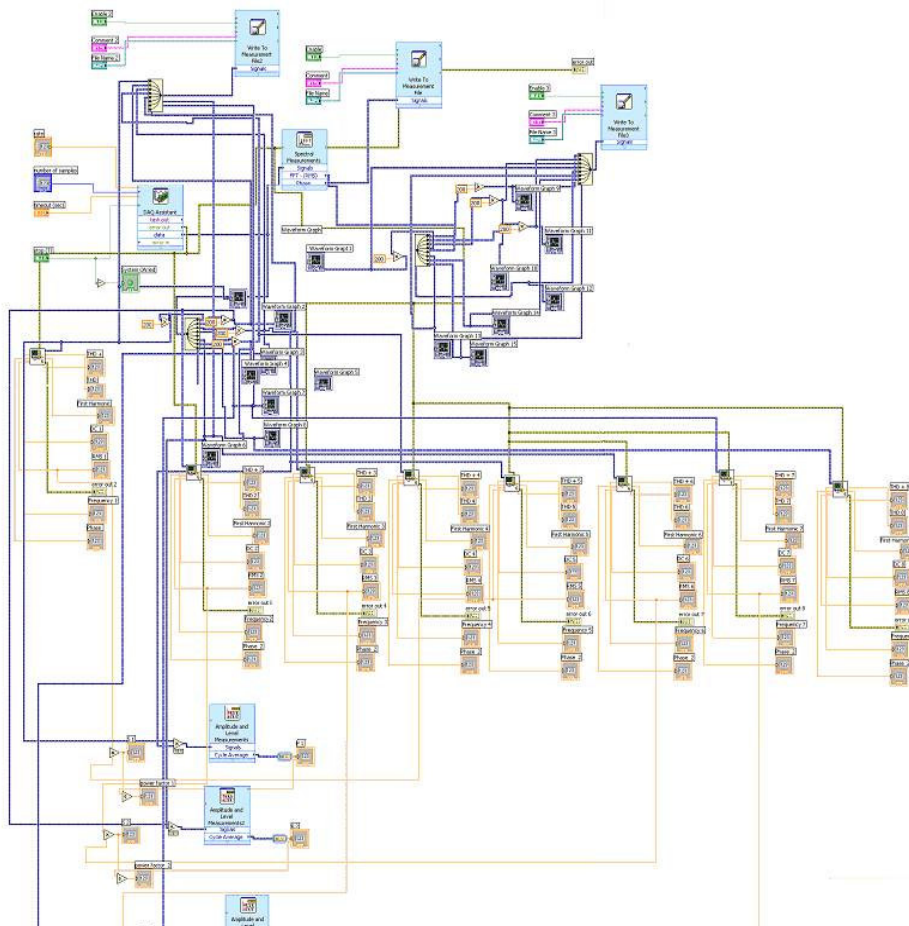
Στο block diagram για να υπολογίσουμε την φαινόμενη ισχύ κάνουμε χρήση του function Multiply το οποίο βρίσκεται στη Express → Arith & Compar → Numeric και ενώνουμε στις εισόδους του το RMS μιας τάσης και το RMS μιας έντασης. Στην έξοδο του multiply επιλέγεται Create Numeric Indicator και ονομάζεται S . Για να υπολογίσουμε την ενεργό ισχύ κάνουμε χρήση του function Multiply και ενώνουμε στις εισόδους του μια τάση και μια ένταση ενώ η έξοδος του ενώνεται με το function Amplitude and Level στο οποίο έχει επιλεγεί Cycle average και στην έξοδο του function επιλέγεται create numeric indicator και ονομάζεται P . Για τον υπολογισμό του συντελεστή ισχύος κάνουμε χρήση του function Divide το οποίο βρίσκεται στη Express → Arith & Compar → Numeric . Στην μια είσοδο ενώνεται το P και στην

άλλη το S . Στην έξοδο του function επιλέγεται create numeric indicator και ονομάζεται Power Factor .

Τα data που βγαίνουν από το DAQ assistant και από το Spectral Measurements εισέρχονται σε τρία Write To Measurement File (ένα για τις κυματομορφές των σημάτων , ένα για το FFT τους και ένα για τις γωνίες των αρμονικών) .Στο Write To Measurement File επιλέγουμε create control στις εισόδους Comment enable και File Name .

Σχεδόν όλα τα blocks έχουν συνδεθεί μεταξύ τους με τη γραμμή error δηλαδή το error out του ενός με το error in του επομένου ενώ στο error out του Write To Measurement File καθώς και στα subVIs επιλέγεται με δεξί κλικ create indicator . Αυτό έγινε διότι στην περίπτωση που υπάρχει κάποιο σφάλμα στο όλο πρόγραμμα αυτό να εμφανίζεται στη Front Panel .Έτσι θα εμφανίζεται το είδος του σφάλματος , ο λόγος ο οποίος δημιουργείται αλλά και ποιο block το προκαλεί κάνοντας έτσι ευκολότερη την λειτουργία του όλου προγράμματος .

Το Block Diagram του προγράμματος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και την ανάλυση δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου φαίνεται αναλυτικά στην εικόνα 4.18 .



Εικόνα 4.18 : Block Diagram προγράμματος D.A.Q. εργαστηριακού μικροδικτύου

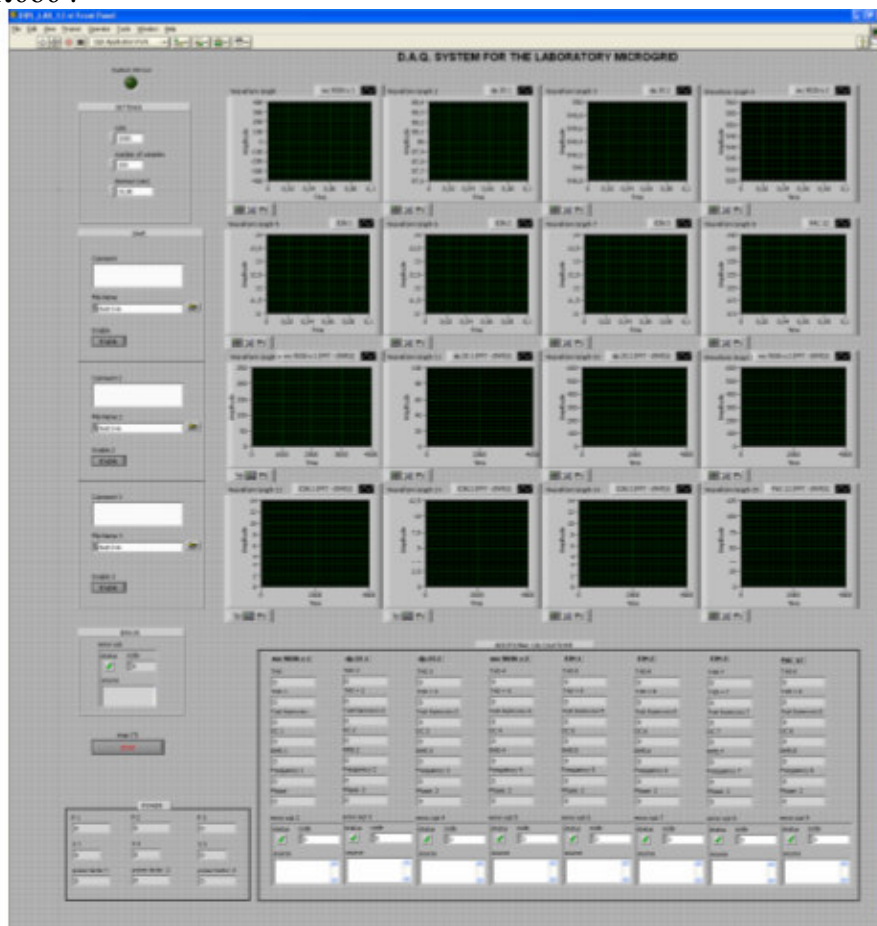
Ως προς το Front Panel χρειάστηκε να γίνουν κάποιες αλλαγές για την καλύτερη επικοινωνία μεταξύ χρηστή και υπολογιστή και αυτό γίνεται διότι τα διάφορα blocks που χρησιμοποιήσαμε στο Block Diagram ,αν και εμφανίζονται αυτόματα ως αντικείμενα στο Front Panel , η διάταξη τους δεν είναι η καλύτερη δυνατή . Καλύτερη διάταξη γίνεται με τη χρήση των εντολών Align Objects , Distribute Objects και Resize Objects τα οποία βρίσκονται στην άνω μπάρα του LABVIEW αλλά και με τη χρήση του ποντικιού . Έτσι τα Waveform Graphs διατάχθηκαν όσο το δυνατόν καλύτερα και στο κάθε ένα μέσω δεξιού κλικ Visible Items και τικ στην Graph Palette .Η Graph Palette δίνει τη δυνατότητα να γίνει zoom σε οποιοδήποτε σημείο μιας κυματομορφής . Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική μιας και με τον τρόπο αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διάφορες λεπτομέρειες των διαγραμμάτων .

Επιπλέον από το Modern Decorations προσθέσαμε πλαίσια όπου κρινόταν αναγκαίο ενώ μέσω του Modern Decorations → Label δημιουργήσαμε επιγραφές στα διάφορα πλαίσια . Τελικά δημιουργήθηκαν πέντε πλαίσια με τίτλους SETTINGS , SAVE , ADDITIONAL CALCULATIONS , POWER και ERROR .

Στο πάνω μέρος του Front Panel γράψαμε τον τίτλο του προγράμματος “D.A.Q. SYSTEM FOR LABORATORY MICROGRID” .

Τέλος κάνοντας δεξί κλικ σε οποιοδήποτε αντικείμενο και επιλέγοντας Descriptions and Tips μπορούμε να δώσουμε περιγραφή του αντικειμένου ώστε ο επόμενος χρήστης του προγράμματος να διευκολυνθεί .

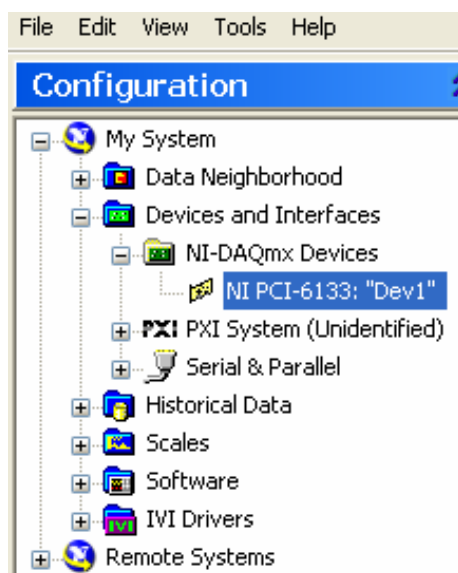
Παρακάτω στην εικόνα 4.19 φαίνεται το Front Panel του προγράμματος το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου .



Εικόνα 4.19 : Front Panel προγράμματος D.A.Q. εργαστηριακού μικροδικτύου

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

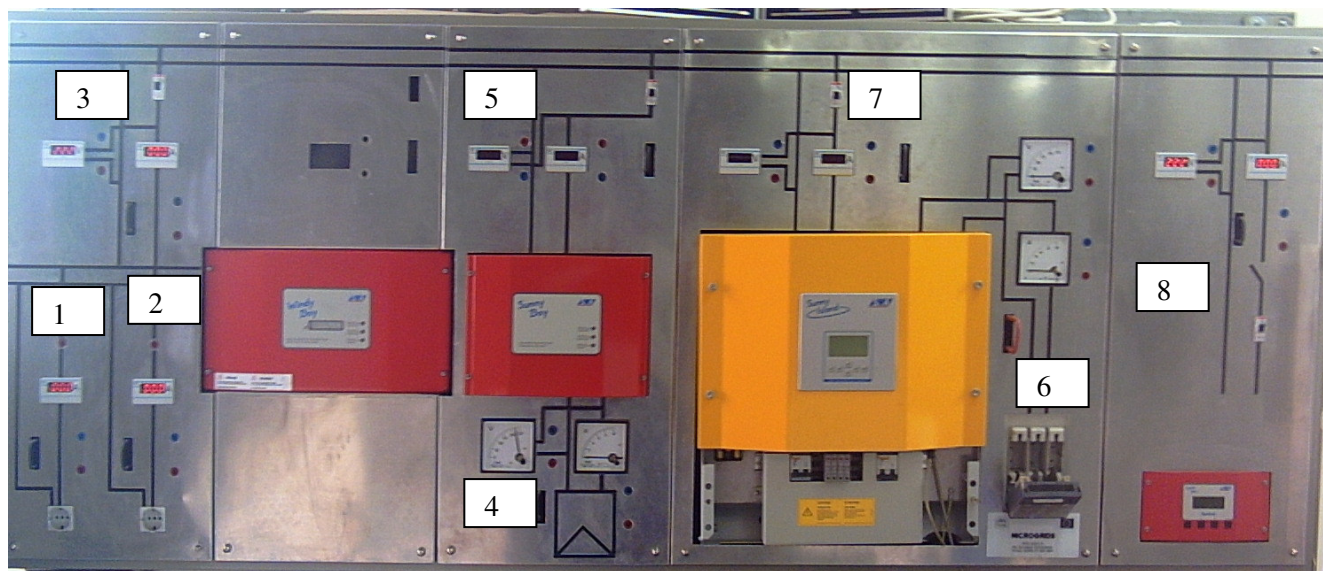
Το LABVIEW δίνει τη δυνατότητα να γίνει προσομοίωση της συσκευής και έτσι να μπορέσουμε να δημιουργήσουμε DAQ-mx tasks χωρίς της ύπαρξη της ίδιας της συσκευής . Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ σημαντική μιας και ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει εκτός εργαστηρίου και τελικά το task που δημιουργήθηκε να μεταφερθεί στον υπολογιστή του εργαστηρίου στον οποίο είναι εγκατεστημένη η κάρτα . Στο Measurement & Automation Explorer κάνουμε δεξί κλικ στο Devices and Interfaces και με νέο κλικ Create New . Ένα νέο παράθυρο εμφανίζεται στο οποίο επιλέγουμε DAQ-mx simulated device . Επιλέγοντας Finish ανοίγει ένα νέο παράθυρο από το οποίο επιλέγουμε την συσκευή D.A.Q. την οποία θέλουμε να προσομοιώσουμε που στην περίπτωσή μας είναι η PCI-6133 . Η συσκευή αυτή εμφανίζεται κάθε φορά που κάνουμε κλικ στο Devices and Interfaces με κίτρινο χρώμα (σε αντίθεση με τις πραγματικές συσκευές όπου εμφανίζονται με πράσινο χρώμα) όπως φαίνεται στην εικόνα 4.20 και έχει σχεδόν της ίδιες ιδιότητες που θα είχε μία πραγματική συσκευή εγκατεστημένη στον υπολογιστή . Έτσι το πρόγραμμα δουλεύτηκε πρωτίστως με τη χρήση προσομοιωμένης κάρτας και ακολούθως μεταφέρθηκε στον υπολογιστή του εργαστηρίου με την κάρτα D.A.Q. .



Εικόνα 4.20 : Δημιουργία simulated device

4.3 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθεται οι μετρήσεις οι οποίες έγιναν με τη χρήση του συστήματος D.A.Q στο εργαστηριακό μικροδίκτυο . Για την καλύτερη και ευκρινέστερη παρουσίαση των αποτελεσμάτων έχουμε αριθμήσει τους ζυγούς έτσι ώστε να ξέρουμε κάθε φορά σε ποιον ζυγό έχει συνδεθεί ο κάθε μεταλλάκτης . Παρακάτω στην εικόνα 4.21 φαίνονται οι ζυγοί του δικτύου αριθμημένοι .



Εικόνα 4.21 : Το εργαστηριακό μικροδίκτυο με τους ζυγούς αριθμημένους

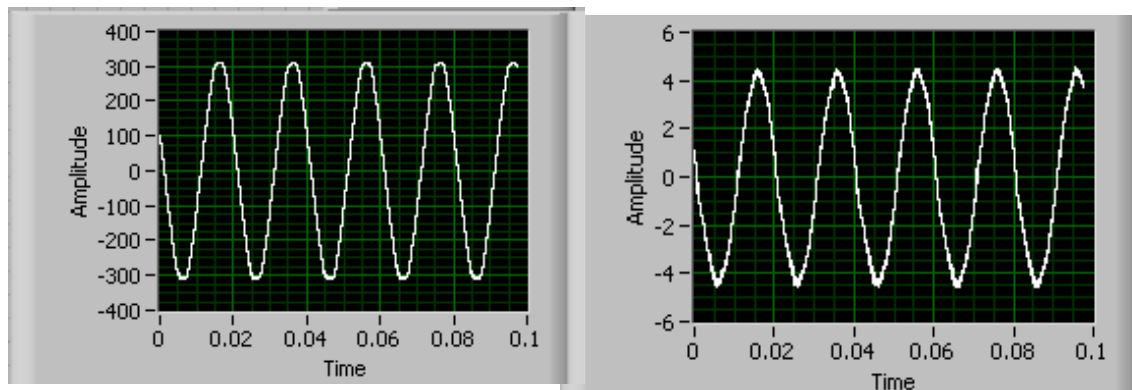
Αναλυτικότερα οι ζυγοί 1 , 2, και 3 , αναφέρονται στα φορτία , ο ζυγός 4 βρίσκεται μεταξύ της φωτοβολταϊκής γεννήτριας και του Sunny Boy ο ζυγός 5 βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy ο ζυγός 6 βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Island ο ζυγός 7 βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island ενώ ο ζυγός 8 βρίσκεται στο σημείο όπου το μικροδίκτυο συνδέεται δίκτυο της Δ.Ε.Η. .

Οι μετρήσεις παρατίθενται παρακάτω για τις διάφορες λειτουργίες του μικροδικτύου :

Α) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. ΚΑΙ ΤΟ SUNNY ISLAND ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

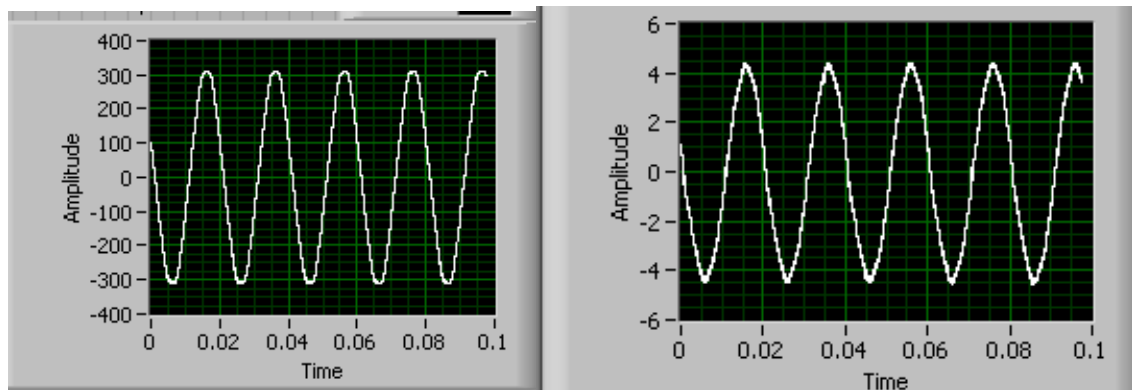
Κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 , ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.21 .



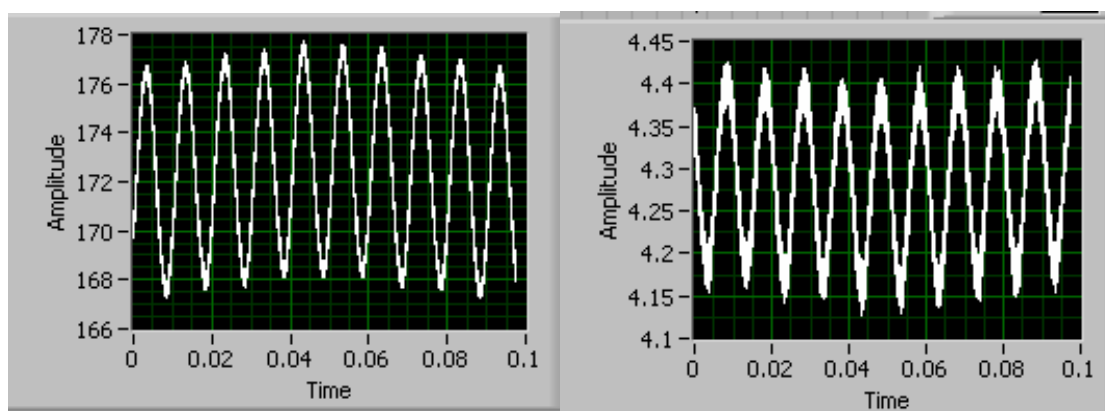
Εικόνα 4.21 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.22 .



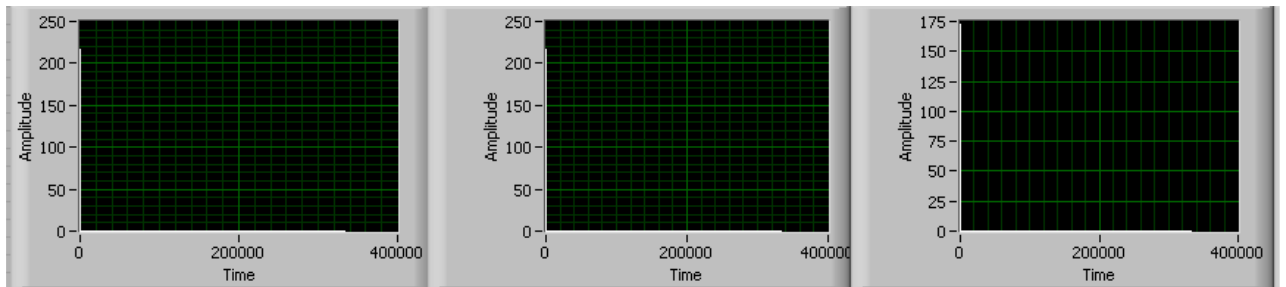
Εικόνα 4.22 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.23.



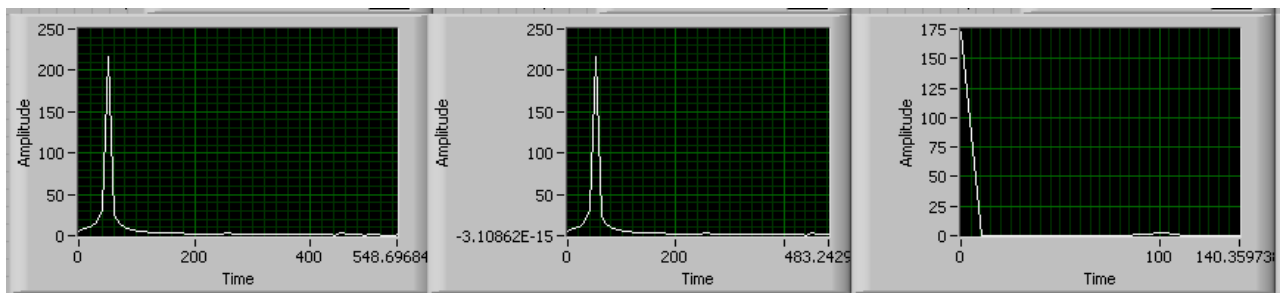
Εικόνα 4.23 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.24.



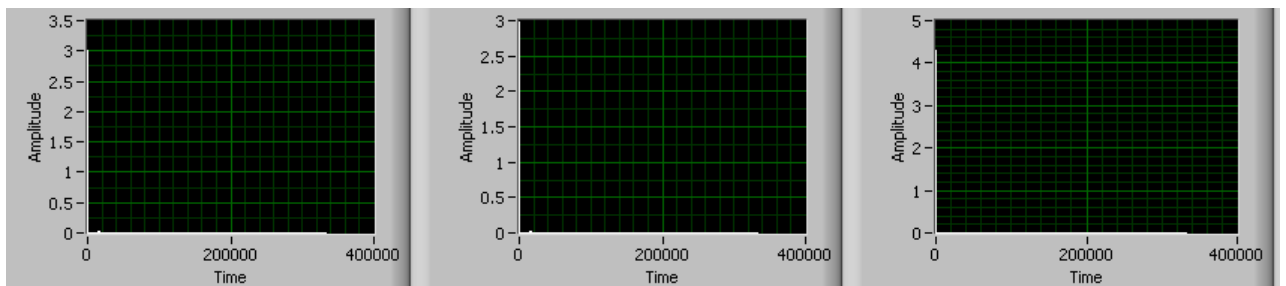
Εικόνα 4.24 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.25 .



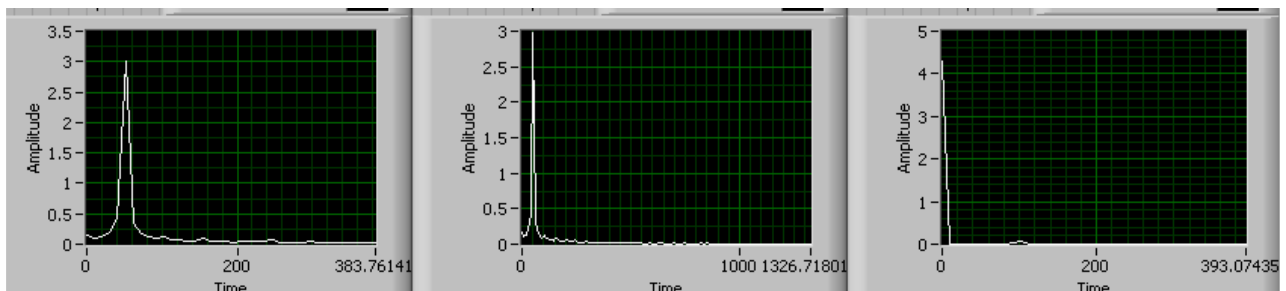
Εικόνα 4.25 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.26.



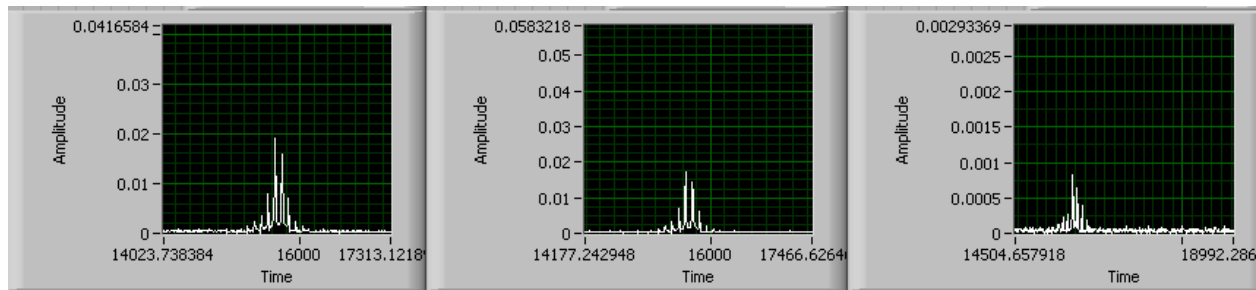
Εικόνα 4.26 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.27 .



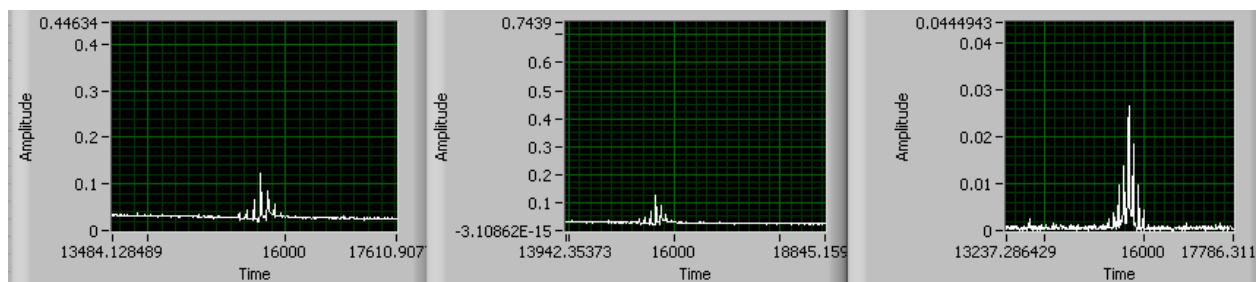
Εικόνα 4.27 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.28 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.28 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.29 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.29: Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 7.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 και 5 , στο Πίνακα 7.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 και 5 ενώ στον Πίνακα 7.3 φαίνονται οι υπολογισμοί της τάσης της έντασης και της ισχύος στον ζυγό 4 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1

	Τάση 8	Τάση 5	Ένταση 8	Ένταση 5
THD (%)	2,24478	2,24319	4,24945	3,87317
THD+ (%)	2,24838	2,24695	4,53746	4,14983
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	314,524	314,857	4,36189	4,3129
DC (V / A)	-5,44539	-5,52882	-0,140413	-0,168383

RMS (V / A)	222,555	227,786	3,09713	3,06232
Συχνότητα (Hz)	49,9771	49,9771	49,9787	49,9818

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 5
P (W)	680,87	679,966
S (VA)	689,266	682,243
Σ.Ι.	0,98782	0,996664

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3

	Ζυγός 4
V (V)	172,616
I (A)	4,28627
P (W)	723,839

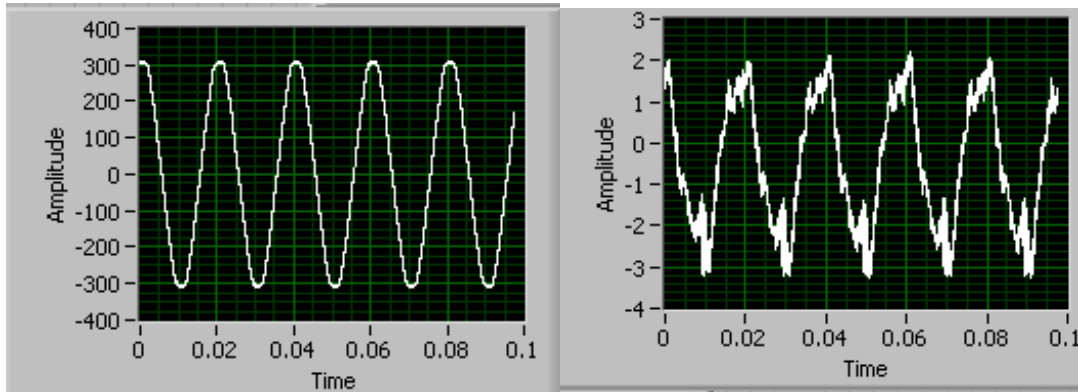
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές που καταγράφηκαν είναι αναμενόμενες . Στους ζυγούς 5 και 8 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής , οι μεν τάσεις με ένα πολύ μικρό THD της τάξης του 2,2 % και οι εντάσεις της τάξης του 4 % . Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 4 είναι επίσης αναμενόμενες . Όπως φαίνεται στον πίνακα 7.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα 15.750 Hz . Η παραπάνω συχνότητα συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τις τάσεις στο AC μεγαλύτερη είναι η 5^η ενώ για τις εντάσεις είναι η DC .Αξίζει να αναφέρουμε ότι στον ζυγό 4 στο DC δηλαδή , για την τάση και την ένταση οι μεγαλύτερη αρμονική είναι η 2^η. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών που έχουμε αναφέρει στο πρώτο κεφάλαιο για το Sunny Boy και τα οποία προέκυψαν από το βιβλίο του κατασκευαστή . Η απόδοση του Sunny Boy είναι 93,9 % ενώ ο συντελεστής ισχύος στη έξοδό του , 0,996664, βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 κάτι το οποίο επιδιώκεται από τον συγκεκριμένο αντιστροφέα . Κάτι το οποίο πρέπει να σημειωθεί είναι πως η P στον 8 φαίνεται να είναι κατά ελάχιστα μεγαλύτερη από την P στο ζυγό 5 κάτι το οποίο δεν είναι λογικό μιας και η ισχύ ξεκινά από τον ζυγό 5. Πρόκειται για ένα μικρό σφάλμα μέτρησης .

B1) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. ΚΑΙ ΤΟ SUNNY ISLAND ΕΝΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 ,ο DP-25 2 έχει

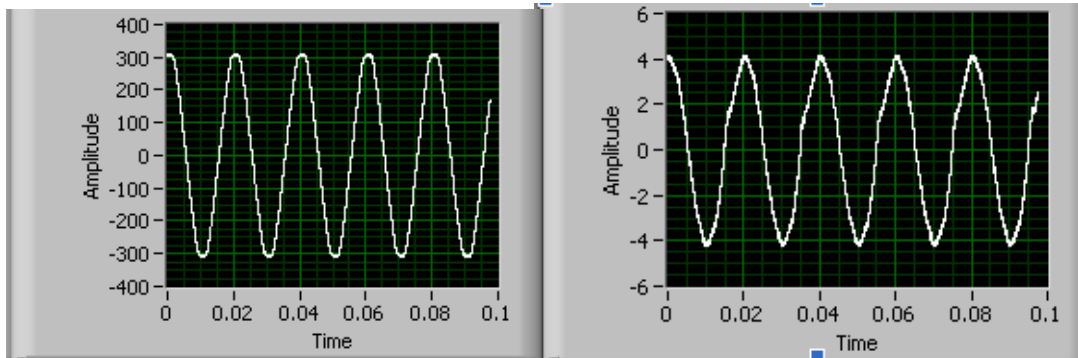
συνδεθεί στο ζυγό 4 ,ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.30 .



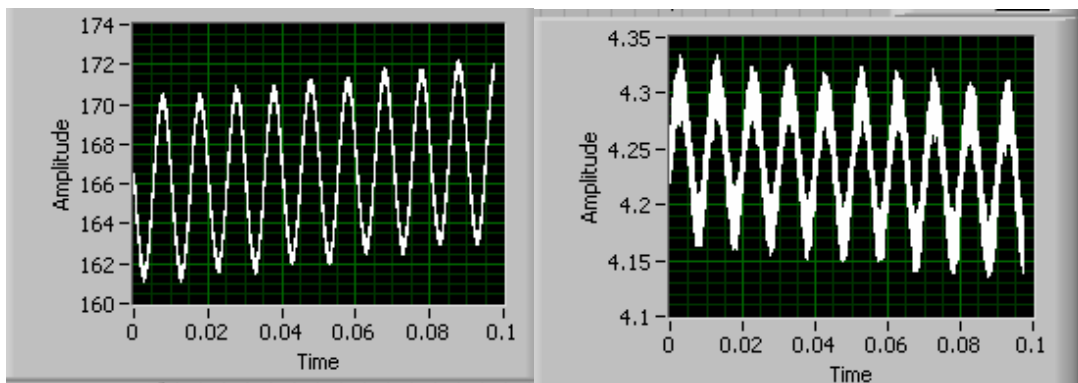
Εικόνα 4.30 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.31 .



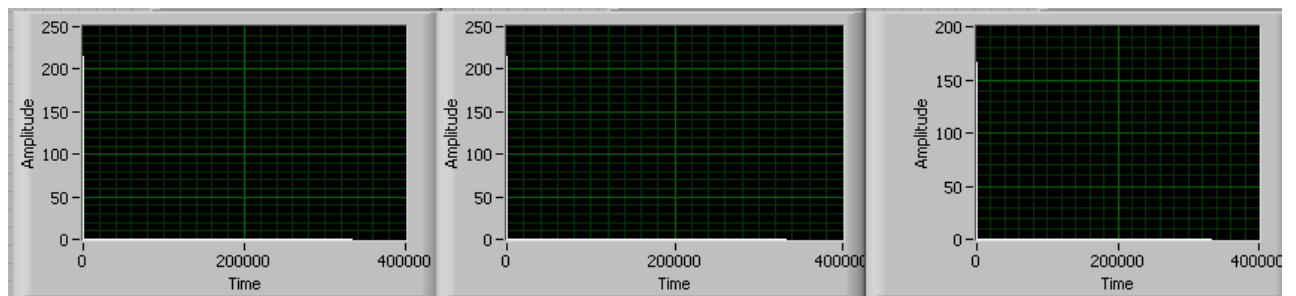
Εικόνα 4.31 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.32 .



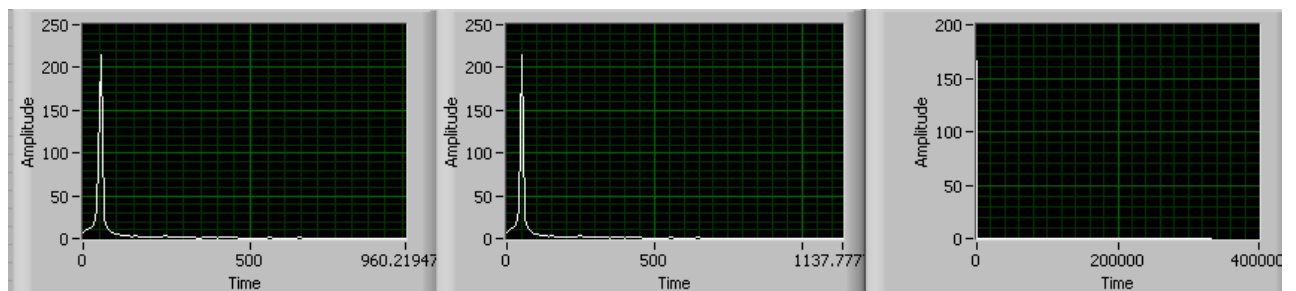
Εικόνα 4.32 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.33.



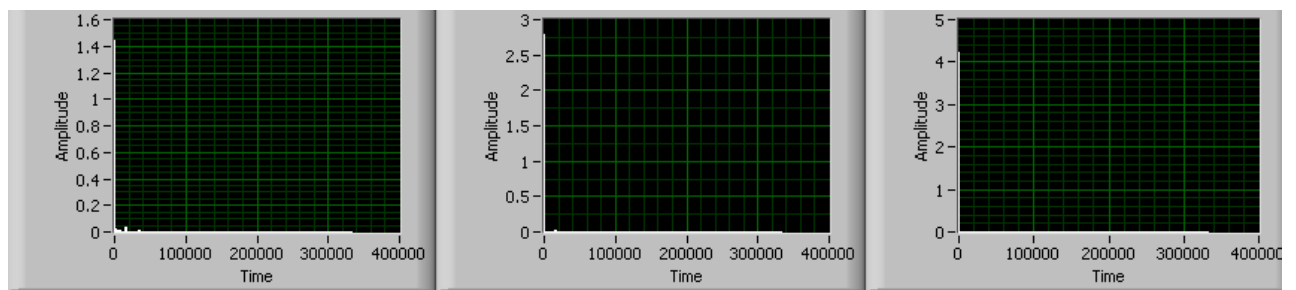
Εικόνα 4.33 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.34 .



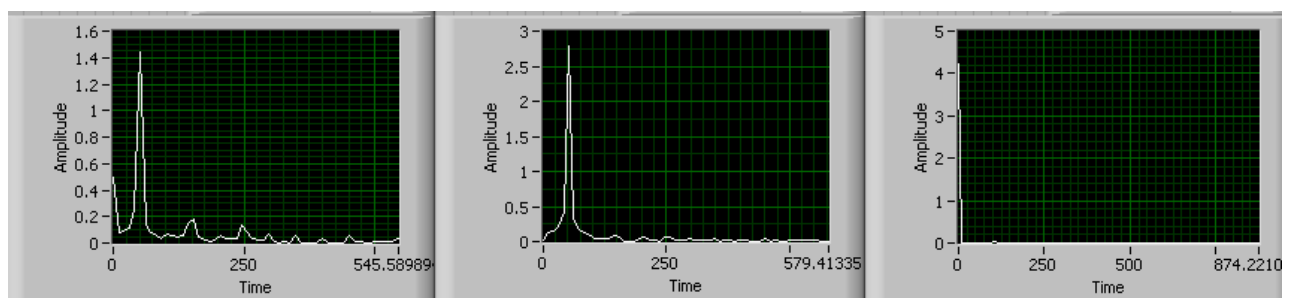
Εικόνα 4.34 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.35.



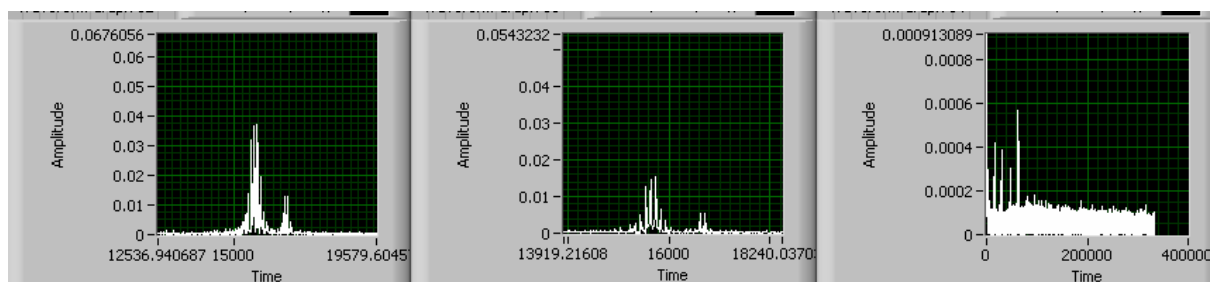
Εικόνα 4.35 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.36 .



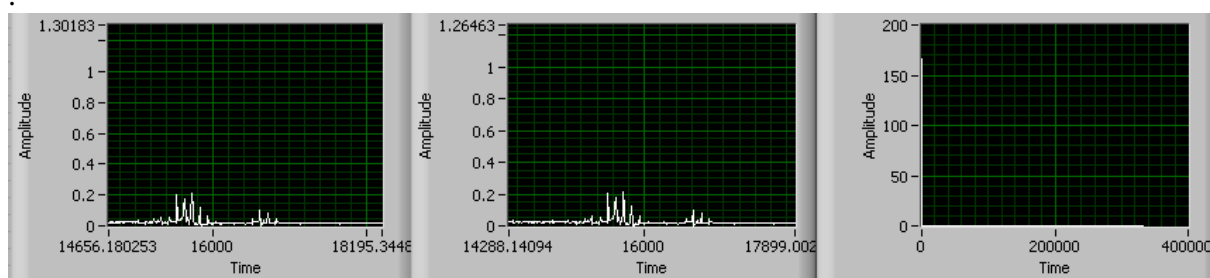
Εικόνα 4.36 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.37 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.37: Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.38 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.38: Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 8.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 και 5 , στον Πίνακα 8.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 και 5 ενώ στον Πίνακα 8.3 φαίνονται οι υπολογισμοί της τάσης της έντασης και της ισχύος στον ζυγό 4 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1

	Τάση 8	Τάση 5	Ένταση 8	Ένταση 5
THD (%)	2,37598	2,237477	22,8933	7,68316
THD+ (%)	2,38683	2,3857	23,6619	7,8248
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	313,668	313,993	2,13996	4,07107
DC (V / A)	-6,69002	-6,82959	-0,498793	-0,0284188
RMS (V / A)	220,769	221,001	1,61162	2,87381

Συχνότητα (Hz)	49,9664	49,9663	49,8322	49,9659
---------------------	---------	---------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 5
P (W)	270,469	635,115
S (VA)	355,795	641,634
Σ.Ι.	0,760183	0,989840

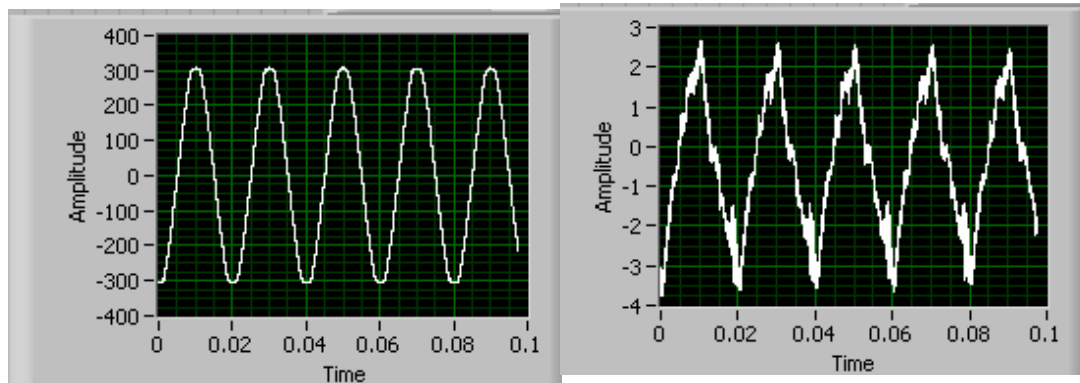
ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3

	Ζυγός 4
V (V)	166,617
I (A)	4,23828
P (W)	706,291

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 5 και 8 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,4 % .Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy σαν μορφή παραμένει ως έχει όμως το THD έχει αυξηθεί στο 7,6 % .Η ένταση στο δίκτυο έχει μορφή που αν και ημιτονοειδής φαίνεται πως περιέχει πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό αυτό έχει φτάσει το 23 % Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 4 είναι οι ίδιες με την προηγούμενη λειτουργία . Όπως φαίνεται στον πίνακα 8.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η παραπάνω συχνότητα συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τις τάσεις και το ρεύμα στον ζυγό 5 μεγαλύτερη είναι η 5^η ενώ για το ρεύμα στον ζυγό 8 είναι η DC . Και σε αυτή τη λειτουργία στον ζυγό 4, για την τάση και την ένταση οι μεγαλύτερη αρμονική μετά την DC είναι η 2^η. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy. Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 αν και κατά τη λειτουργία αυτή από 0,996664 έπεσε σε 0,989840 . Η απόδοση του αντιστροφέα βρίσκεται κοντά στο 90% . Η είσοδος του Sunny Island φαίνεται ότι είχε αρνητική επίδραση στο ρεύμα του μικροδικτύου .

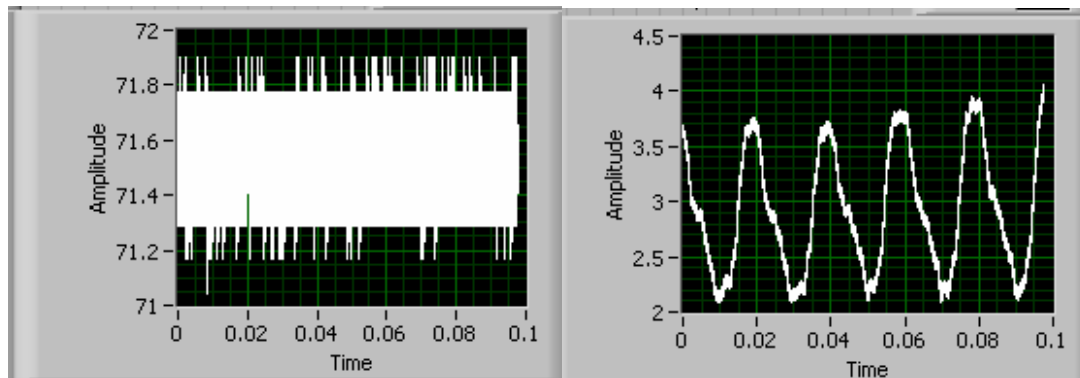
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6, ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7, ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.39 .



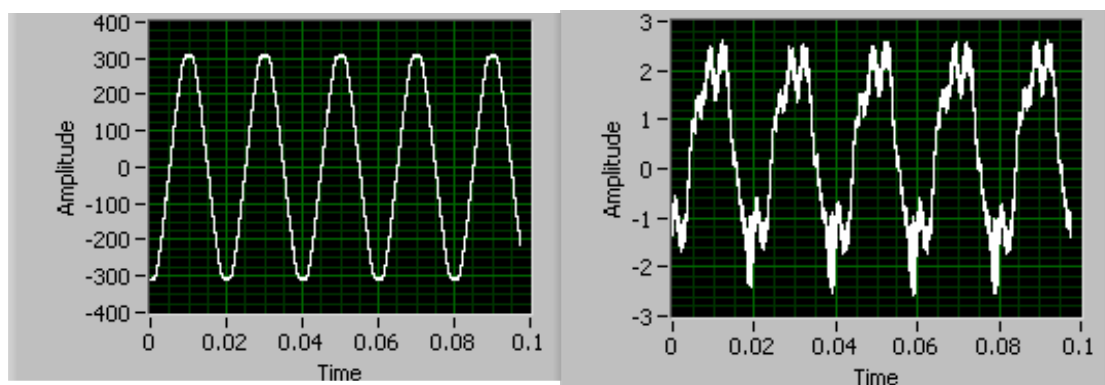
Εικόνα 4.39 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.40 .



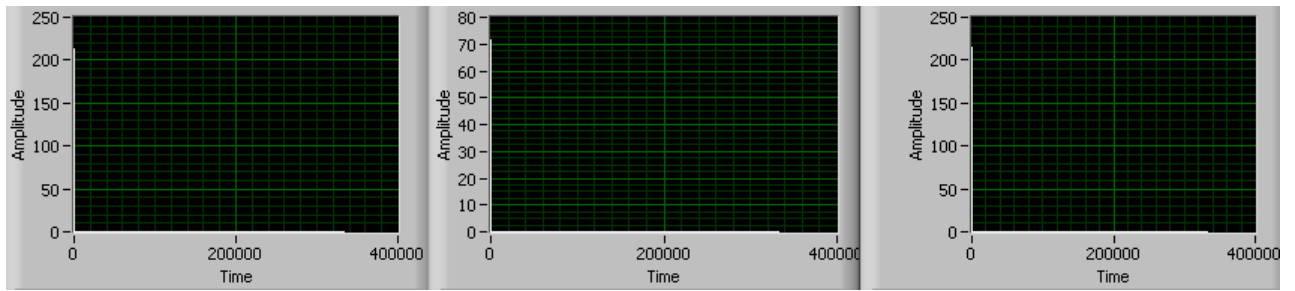
Εικόνα 4.40 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.41 .



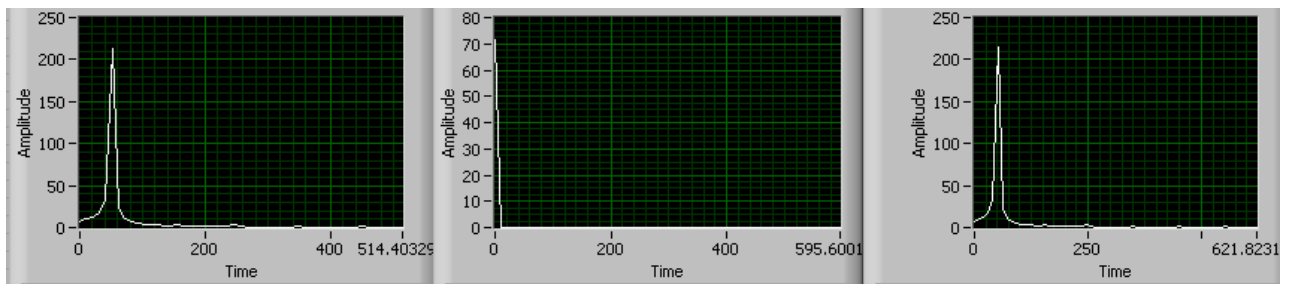
Εικόνα 4.41 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.42.



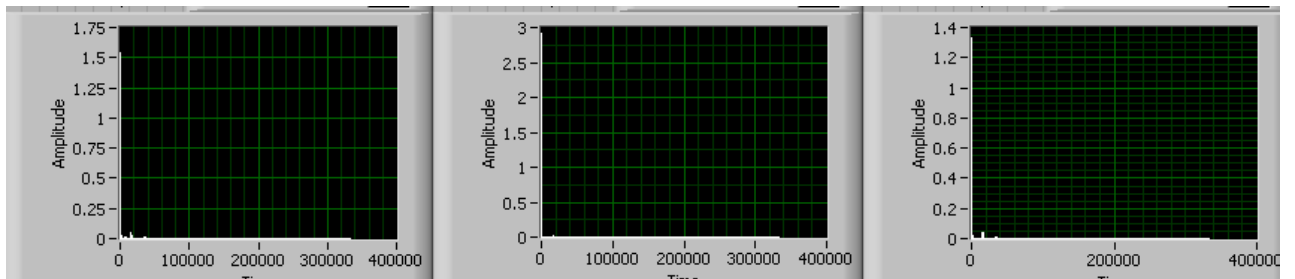
Εικόνα 4.42: Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.43.



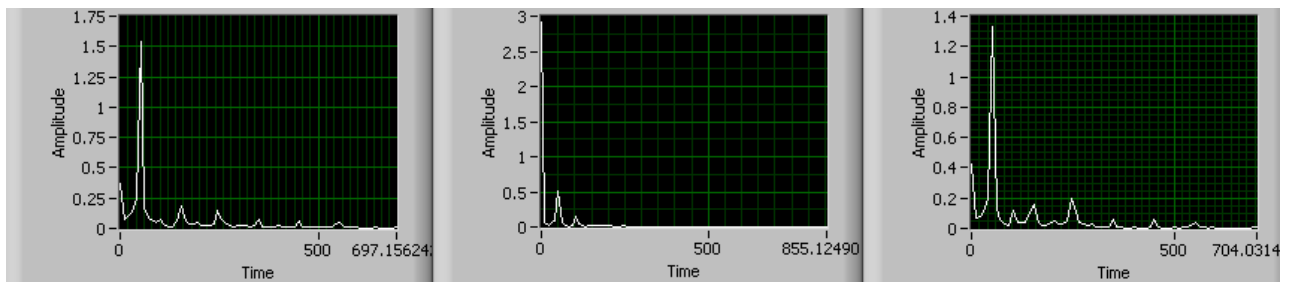
Εικόνα 4.43 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.44



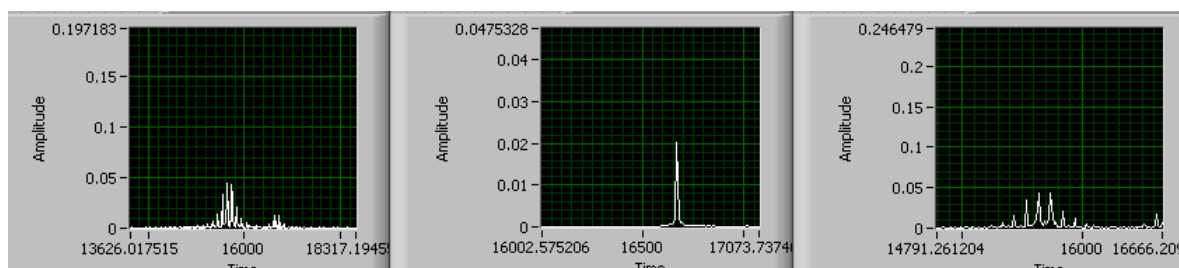
Εικόνα 4.44 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.45.



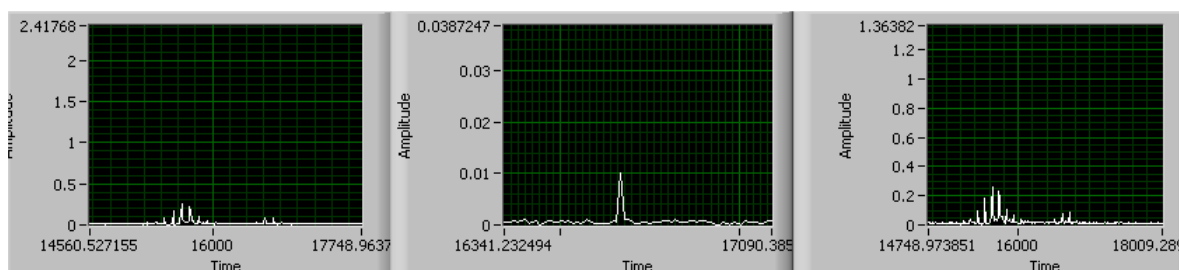
Εικόνα 4.45 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.46 για τους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.46: Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.47 για τους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα



Εικόνα 4.47 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 9.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 και 7 , στο Πίνακα 9.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 και 7 ενώ στον Πίνακα 9.3 φαίνονται οι υπολογισμοί της τάσης της έντασης και της ισχύος στον ζυγό 6 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1

	Τάση 8	Τάση 7	Ένταση 8	Ένταση 7
THD (%)	2,40412	2,401937	19,5158	25,8129
THD+ (%)	2,4173	2,41623	20,5816	26,786
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	312,38	314,84	2,26214	1,95532
DC (V / A)	7,35616	7,07616	-0,366013	0,425735
RMS (V / A)	219,135	220,853	1,66964	1,48008

Συχνότητα (Hz)	49,9911	49,9912	49,9609	50,0694
---------------------	---------	---------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 7
P (W)	358,826	352,33
S (VA)	365,878	357,601
Σ.Ι.	0,980726	0,98526

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3

	Ζυγός 6
V (V)	71,5405
I (A)	2,97022
P (W)	212,419

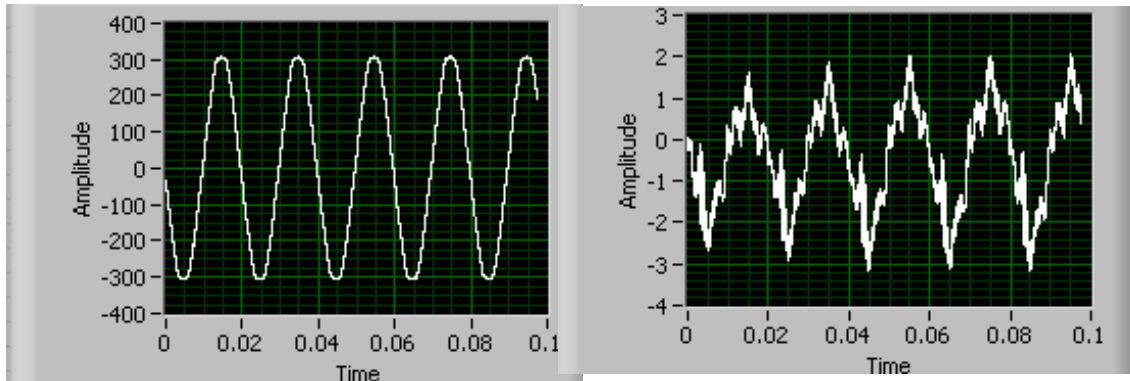
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 7 και 8 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,4 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island μοιάζει με ημιτονοειδή ενώ το THD είναι κοντά στο 26 % , άλλωστε από την κυματομορφή και μόνο φαίνεται πως έχει πολλές αρμονικές .Η ένταση στο δίκτυο περιέχει επίσης πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό αυτό φτάνει το 20 % . Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 6 έχει αρκετή κυμάτωση . Όπως φαίνεται στον πίνακα 9.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για το ρεύμα στους ζυγούς 8 και 7 μεγαλύτερη είναι η D.C. ενώ ως προς τις τάσεις η 5^η . Ως προς τον ζυγό 6 η μέγιστη αρμονική και για το ρεύμα και την τάση βρίσκεται στα 50 Hz .Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island.Ο Sunny Island στην λειτουργία αυτή απορροφά ρεύμα για την φόρτιση των συσσωρευτών του . Η απόδοση του κατά του λειτουργία του αυτή είναι κοντά στο 60% όπως δεν πρέπει να αποσιωπηθεί ότι λειτουργεί για ισχύ πολύ μικρότερη από την ονομαστική του (3,3 KVA) . Το Sunny Island σε όλες τις περιπτώσεις που έχουμε λειτουργία του μικροδικτύου συνδεδεμένο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η δουλεύει σε mode RUN_UEXT .

B2) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. ΤΟ SUNNY ISLAND ΕΝΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΩΣ ΦΟΡΤΙΟ

Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 , ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο

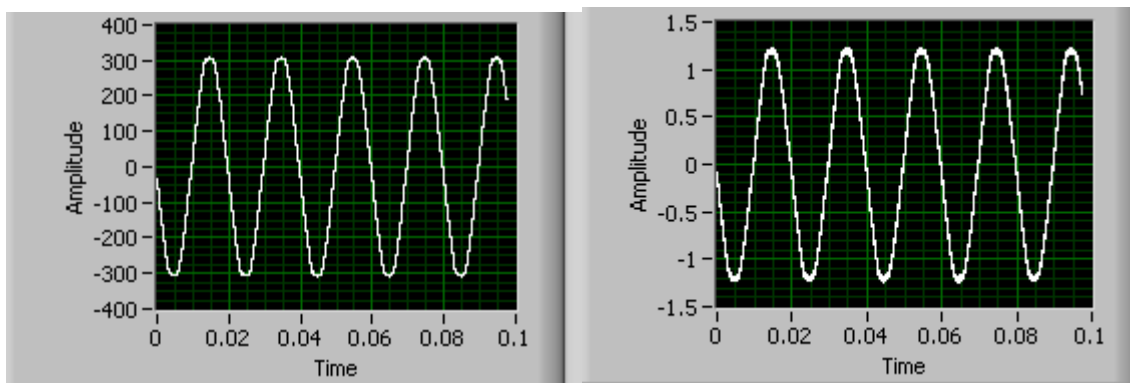
ζυγό 1 ενώ ο Ε3Ν 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.48 .



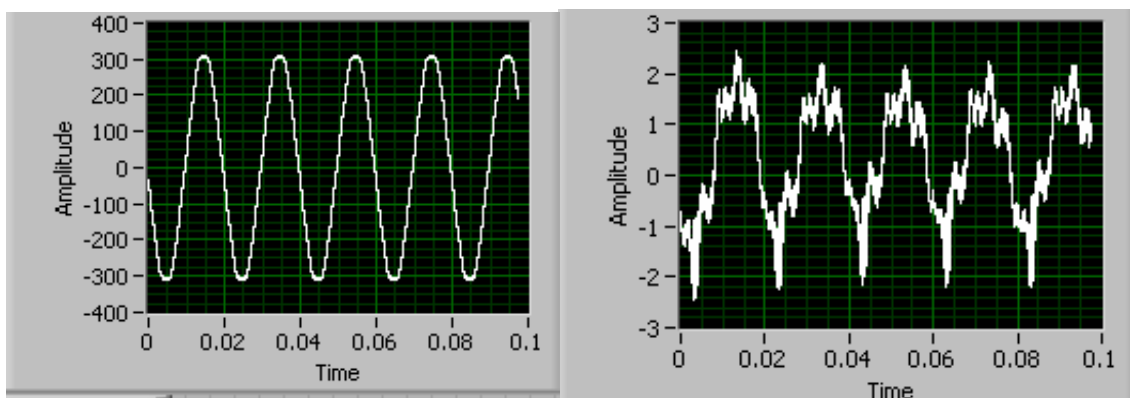
Εικόνα 4.48 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.49 .



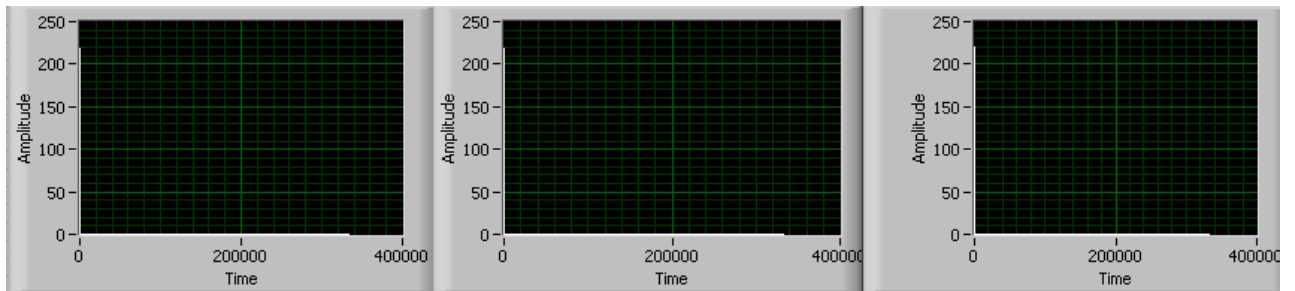
Εικόνα 4.49 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.50 .



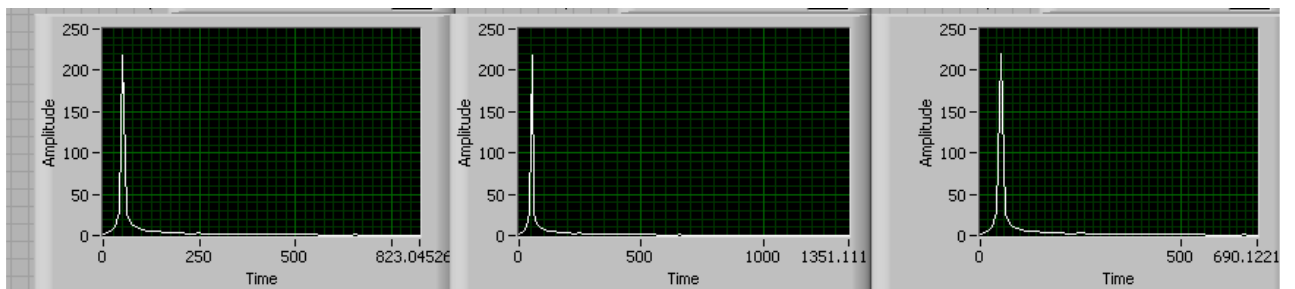
Εικόνα 4.50 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.51.



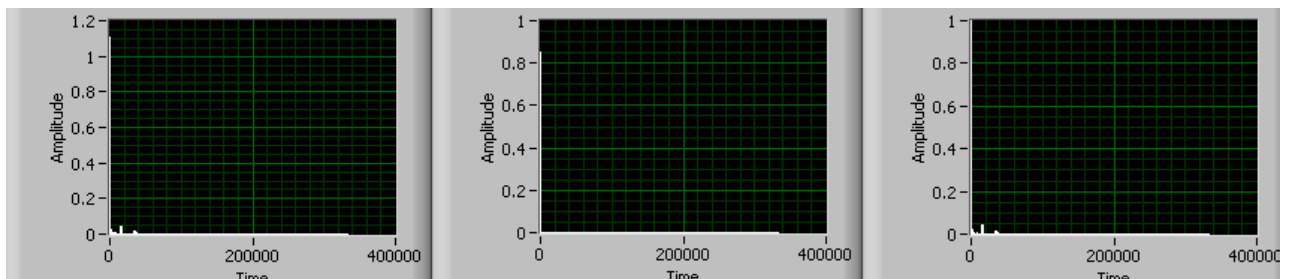
Εικόνα 4.51: Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.52



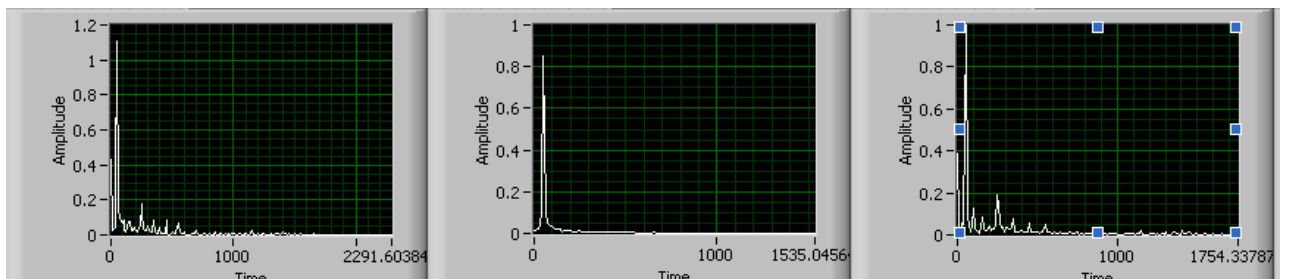
Εικόνα 4.52 :Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.53



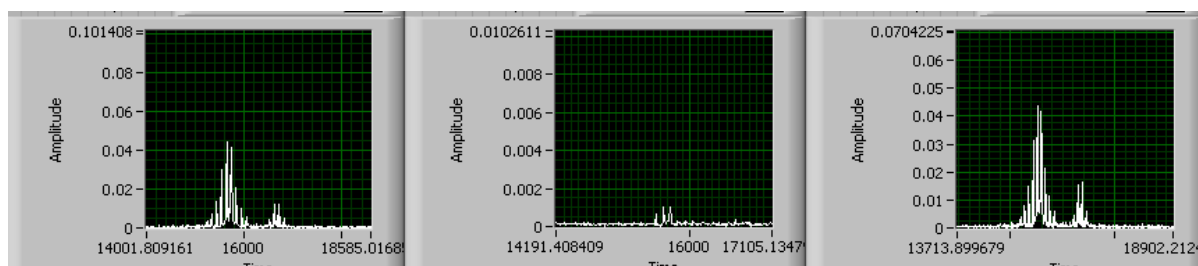
Εικόνα 4.53 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.54



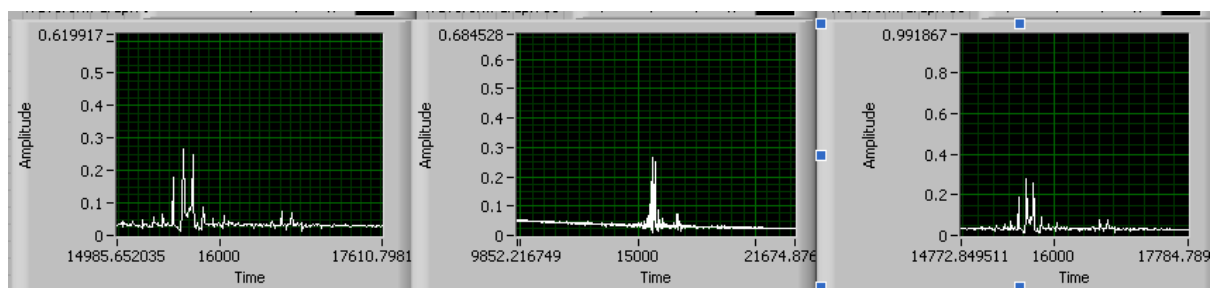
Εικόνα 4.54 : Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.55 για τους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.55 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.56 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.56 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 10.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 ,1και 7 ενώ στο Πίνακα 10.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 ,1 και 7 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.1

	Τάση 8	Τάση 1	Τάση 7	Ένταση 8	Ένταση 1	Ένταση 7
THD (%)	2,48464	2,48335	2,48119	28,9579	2,70513	34,952
THD+ (%)	2,49572	2,49458	2,49338	30,1425	2,72407	36,2857
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	312,427	312,657	314,866	1,64431	1,2218	1,34423
DC (V / A)	-1,80435	-1,93791	-2,09482	-0,432582	-0,013035	-0,3893
RMS (V / A)	223,213	223,379	224,957	1,28729	0,872935	1,14661

Συχνότητα (Hz)	50,009	50,009	50,0089	49,3337	50,0065	51,2909
---------------------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

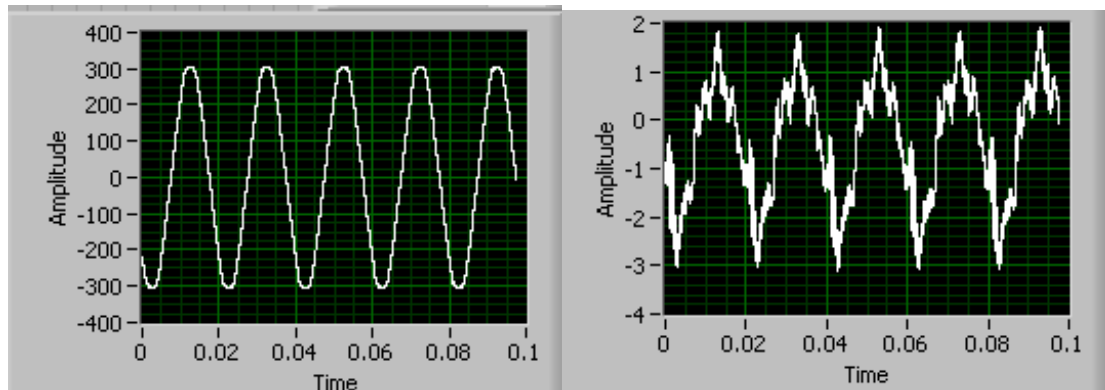
ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 1	Ισχύς 7
P (W)	233,129	192,058	257,938
S (VA)	287,339	194,995	268,817
Σ.Ι.	0,811337	0,984936	0,959527

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 1, 7 και 8 δηλαδή στο φορτίο στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,5 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island μοιάζει με ημιτονοειδή ενώ το THD είναι κοντά στο 35 % , άλλωστε από την κυματομορφή και μόνο φαίνεται πως έχει πολλές αρμονικές . Η ένταση στο δίκτυο περιέχει επίσης πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό αυτό φτάνει το 30 % . Η ένταση στην μεριά του φορτίου είναι ημιτονοειδής έχοντας THD γύρω στο 2,7 % κάτι το αναμενόμενο μιας και το φορτίο είναι ωμικό . Όπως φαίνεται στον πίνακα 10.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για το ρεύμα στους ζυγούς 8 και 7 μεγαλύτερη είναι η D.C. και μετά η 5^η ενώ ως προς τις τάσεις η 5^η . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island.

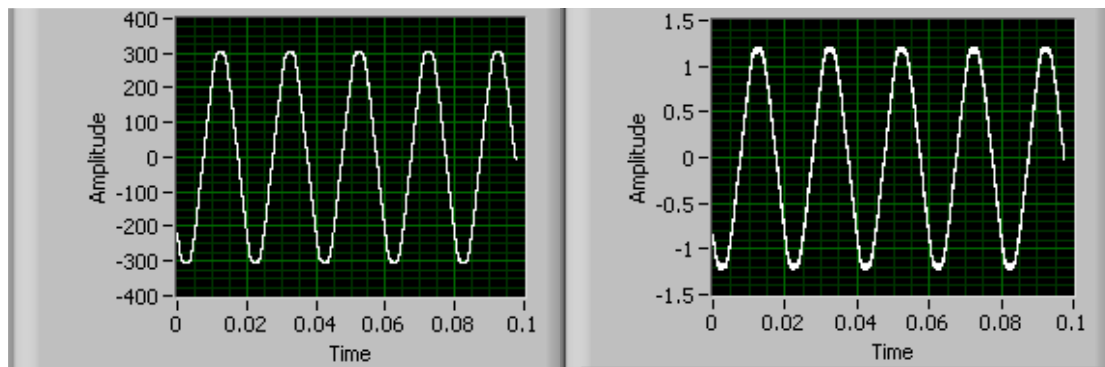
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5, ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5.

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.57 .



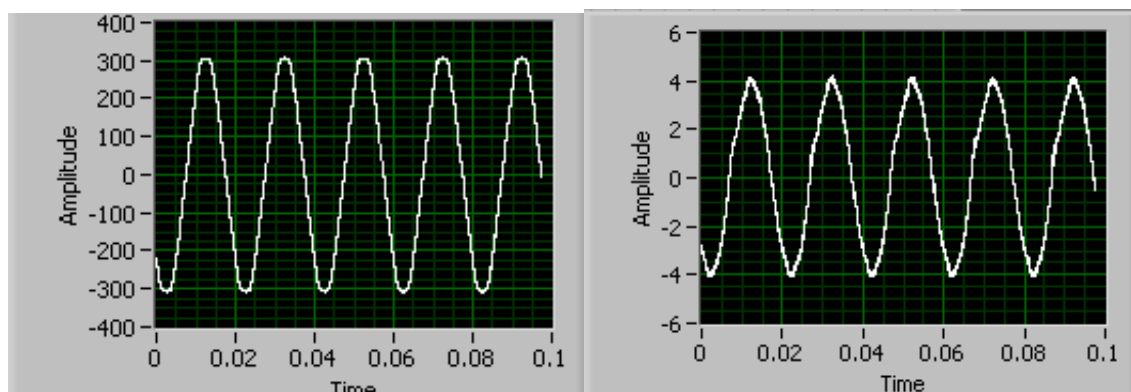
Εικόνα 4.57 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.58 .



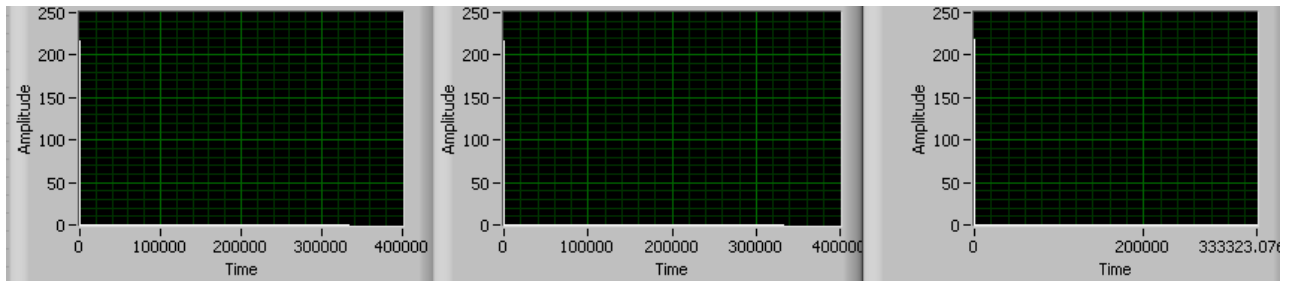
Εικόνα 4.58 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.59 .



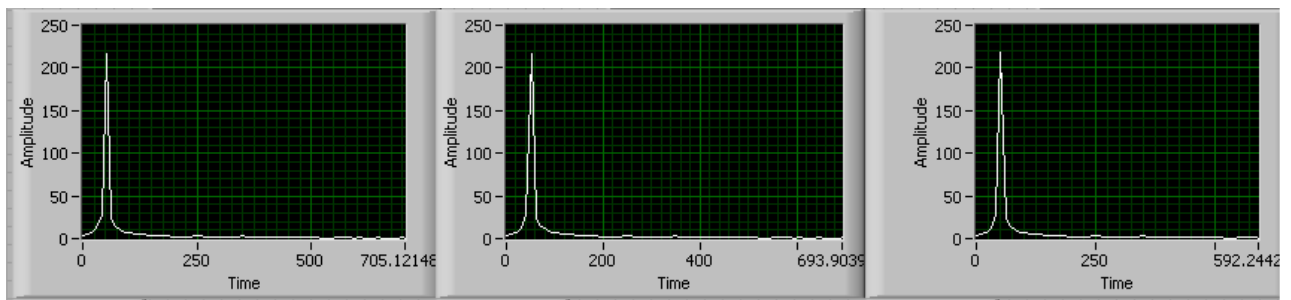
Εικόνα 4.59 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στην εικόνα 4.60.



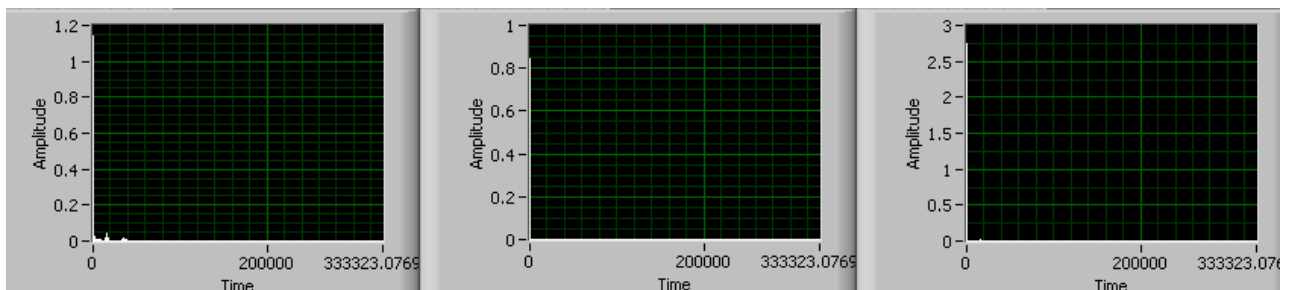
Εικόνα 4.60 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.61.



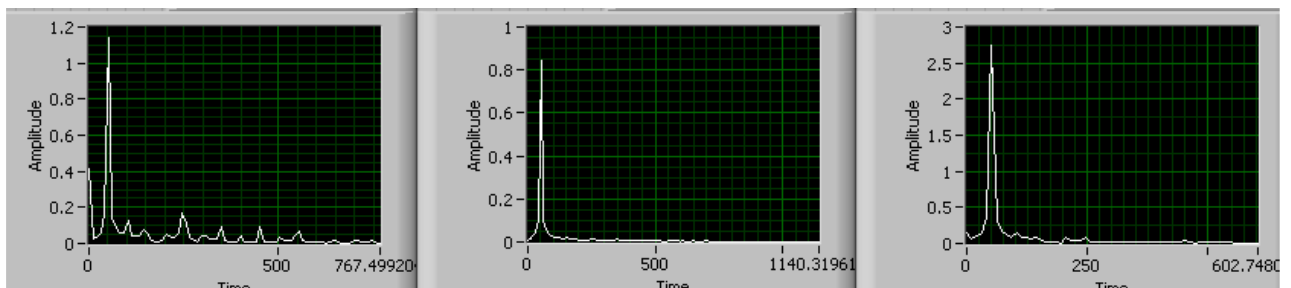
Εικόνα 4.61 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στην εικόνα 4.62.



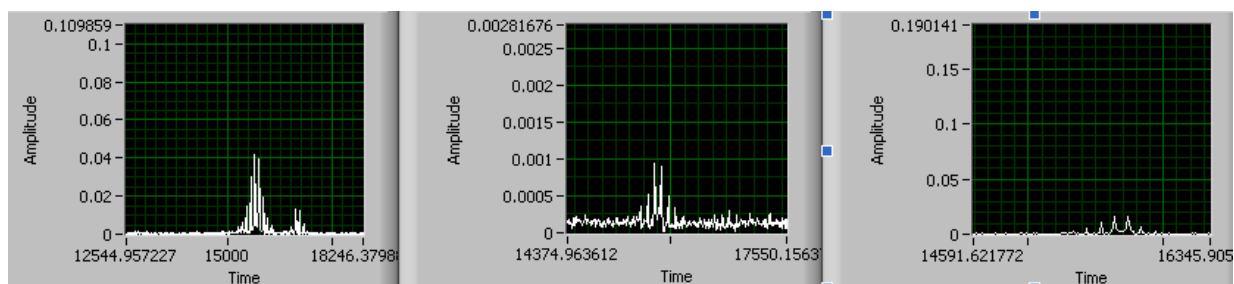
Εικόνα 4.62 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.63.



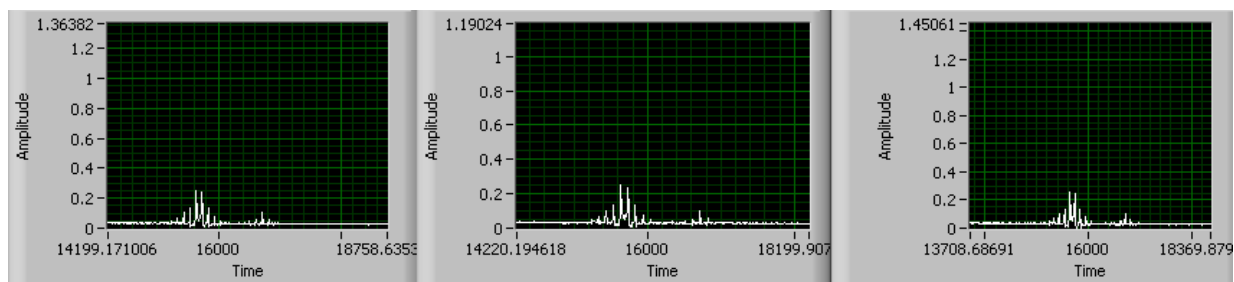
Εικόνα 4.63 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.64 για τους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.64 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.65 για τους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.65 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 11.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 ,1και 5 ενώ στο Πίνακα 11.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 ,1 και 5 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1

	Τάση 8	Τάση 1	Τάση 5	Ένταση 8	Ένταση 1	Ένταση 5
THD (%)	2,43974	2,43919	2,43754	29,1196	2,67588	6,48068
THD+ (%)	2,44416	2,44358	2,4422	29,8799	2,68943	6,60979
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	309,978	310,207	312,48	1,6401	1,21215	3,96618
DC (V / A)	2,96162	2,82805	2,69453	-0,41547	0,003868	0,145707

RMS (V / A)	220,992	221,154	222,77	1,29568	0,864458	2,82732
Συχνότητα (Hz)	50,0395	50,0395	50,0387	49,8958	50,0366	50,0347

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2

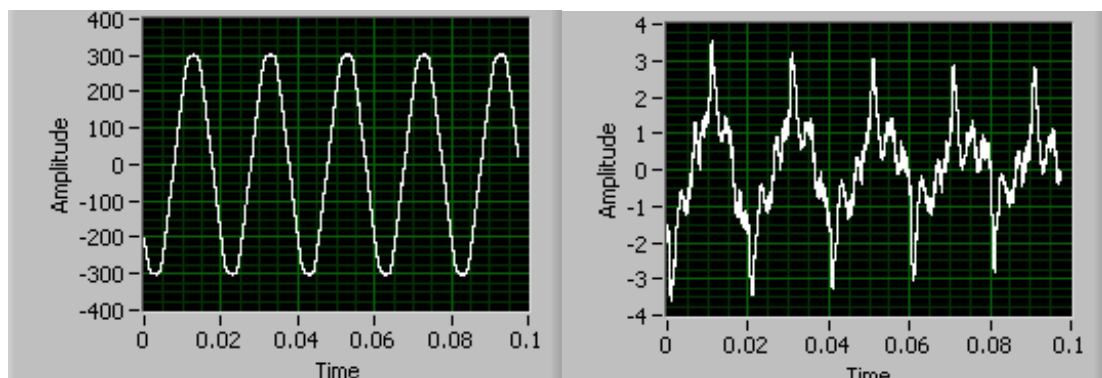
	Ισχύς 8	Ισχύς 1	Ισχύς 5
P (W)	238,382	187,04	619,429
S (VA)	286,336	191,178	629,842
Σ.Ι.	0,832525	0,978357	0,983467

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 1 ,5 και 8 δηλαδή στο φορτίο, στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,4 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy είναι ημιτονοειδής με THD 6,5 % . Η ένταση στο δίκτυο έχει μορφή που αν και ημιτονοειδής φαίνεται πως περιέχει πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό είναι 29 % . Η ένταση στην μεριά του φορτίου είναι ημιτονοειδής έχοντας THD γύρω στο 2,7 % κάτι το αναμενόμενο μιας και το φορτίο είναι ωμικό. Όπως φαίνεται στον πίνακα 11.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη ως προς τις τάσεις στους ζυγούς 8 και 5 η μεγαλύτερη είναι η 5^η ενώ για το ρεύμα μεγαλύτερη είναι η D.C. και μετά η 5^η .Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy. Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 και παίρνει την τιμή 0,983467 .

B3) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. ΤΟ SUNNY ISLAND ΕΝΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΛΑΜΠΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΩΣ ΦΟΡΤΙΟ

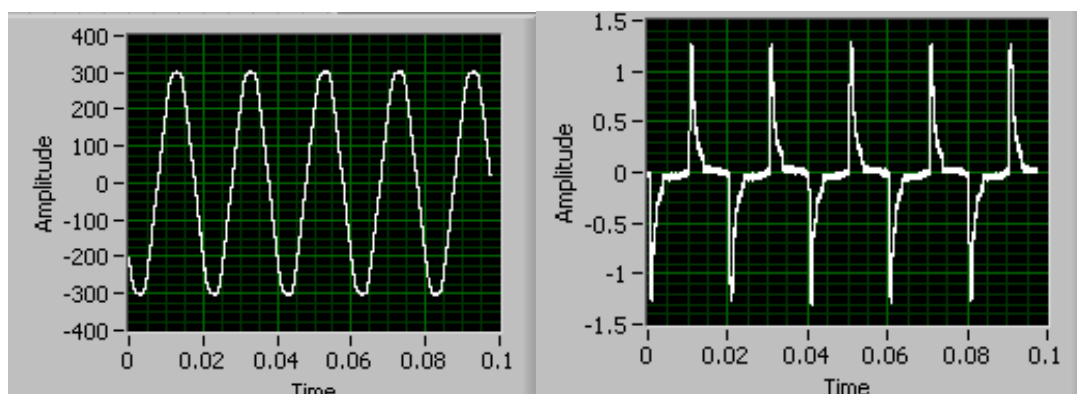
Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 , ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.66



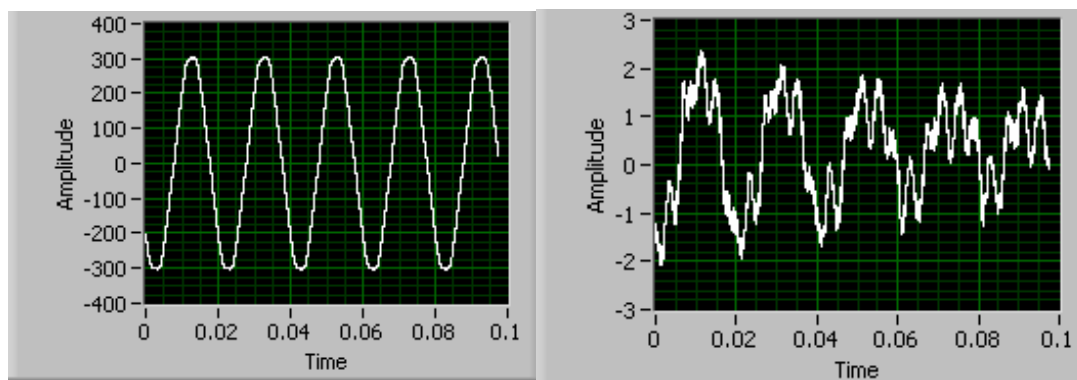
Εικόνα 4.66 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.67 .



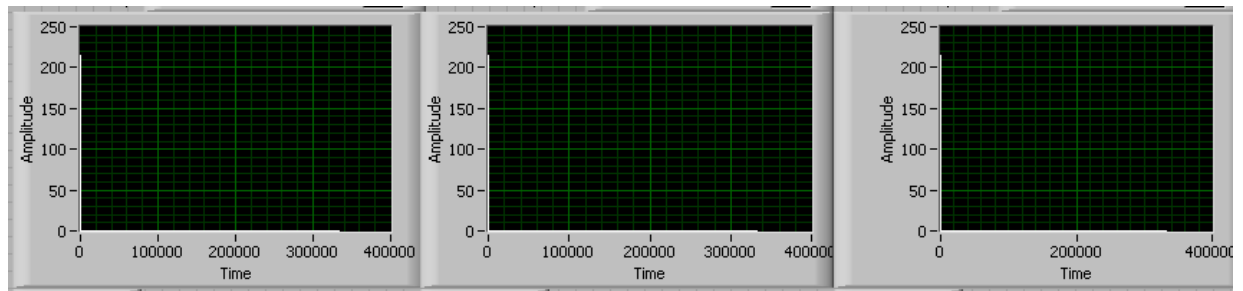
Εικόνα 4.67 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.68 .



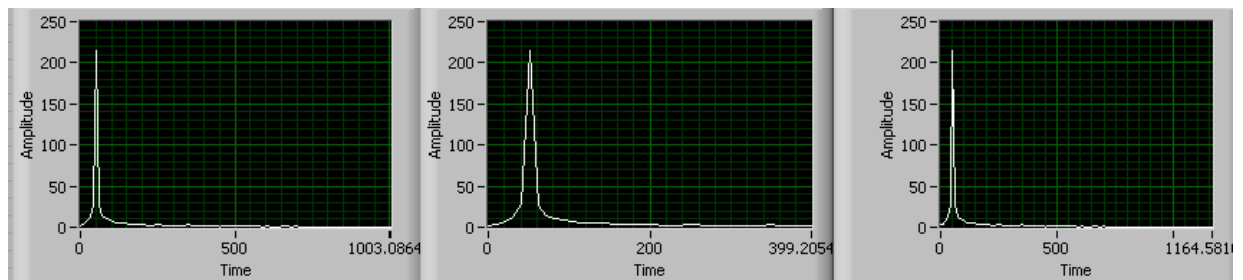
Εικόνα 4.68: Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.69.



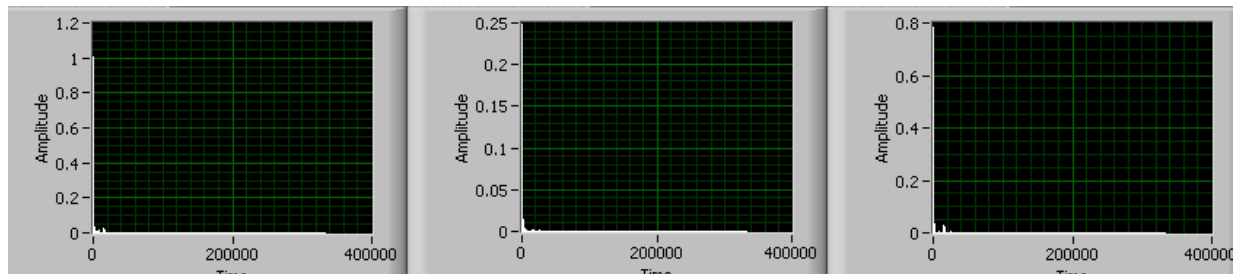
Εικόνα 4.69 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.70 .



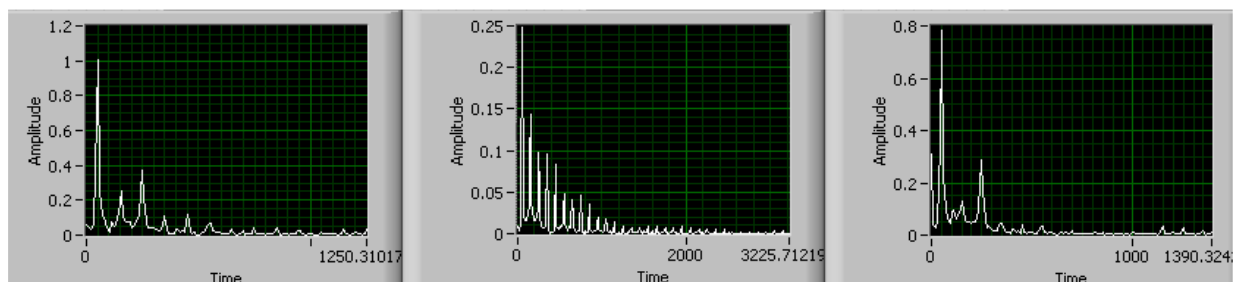
Εικόνα 4.70 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.71.



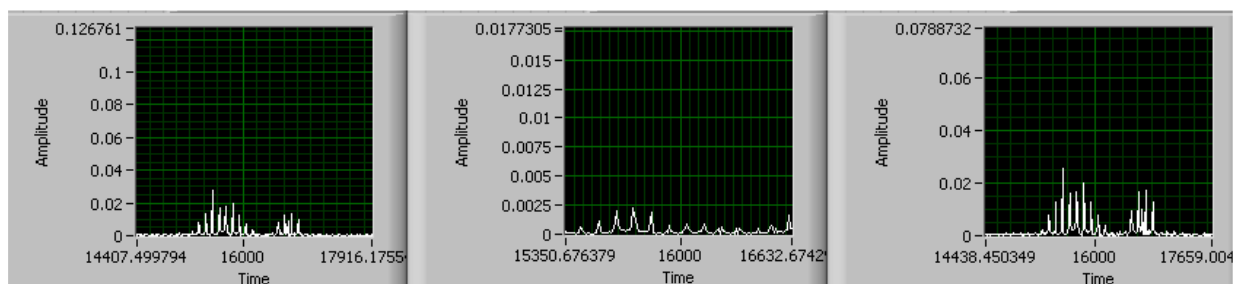
Εικόνα 4.71 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.72 .



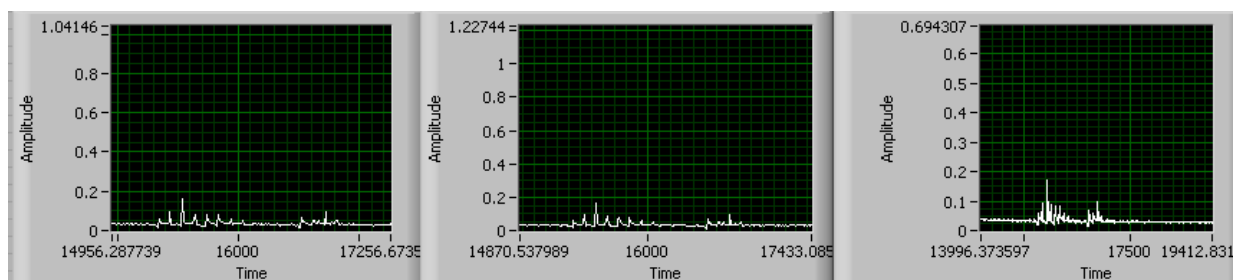
Εικόνα 4.72 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.73 για τους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.73 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.74 για τους ζυγούς 8 , 1 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.74 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 12.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 7 ενώ στο Πίνακα 12.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 , 1 και 7 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.1

	Τάση 8	Τάση 1	Τάση 7	Ένταση 8	Ένταση 1	Ένταση 7
THD (%)	2,803	2,80054	2,79949	56,8097	110,593	51,297
THD+ (%)	2,80769	2,8053	2,80461	57,1686	110,785	51,7656
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	309,318	309,556	309,721	1,50895	0,353629	1,20406
DC (V / A)	2,325772	2,19716	2,72409	0,062263	-0,009727	0,31069

RMS (V / A)	220,897	221,067	221,19	1,28178	0,378051	1,05597
Συχνότητα (Hz)	49,997	49,9971	49,9973	48,2943	50,0011	447,8183

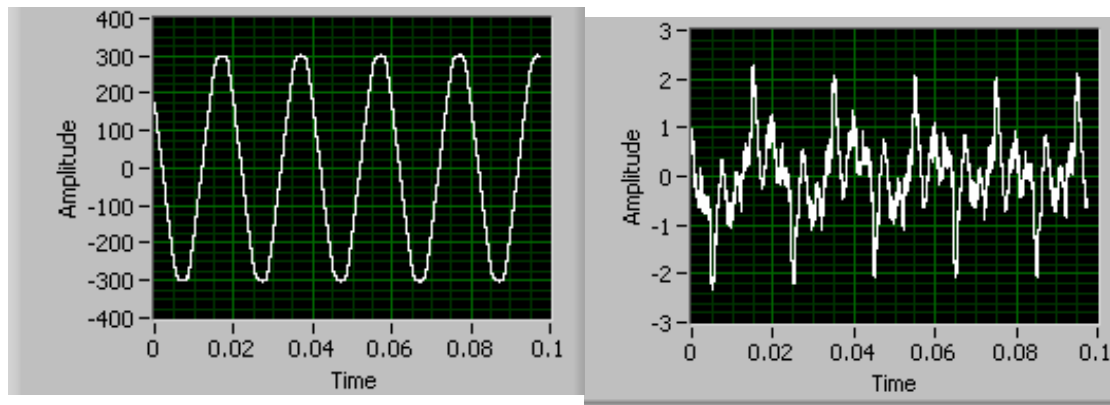
ΠΙΝΑΚΑΣ 12.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 1	Ισχύς 7
P (W)	266,818	53,9693	229,268
S (VA)	283,142	83,5746	233,571
Σ.Ι.	0,942348	0,635763	0,981576

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 1, 7 και 8 δηλαδή στο φορτίο, στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,8 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island έχει THD της τάξης του 51 % , άλλωστε από την κυματομορφή και μόνο φαίνεται πως έχει πολλές αρμονικές . Η ένταση στο δίκτυο περιέχει επίσης πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό αυτό φτάνει το 56 % . Η ένταση στην μεριά του φορτίου έχει κυματομορφή η οποία δεν είναι ημιτονοειδής με THD γύρω στο 110 % κάτι το οποίο δεν πρέπει να μας εκπλήσσει μιας και η καταγραφή έγινε σε λαμπτήρες φθορισμού . Όπως φαίνεται στον πίνακα 12.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για το ρεύμα στον ζυγό 8 η μεγαλύτερη είναι η 5^η , στο ζυγό 7 μεγαλύτερη είναι η DC και μετά η 5^η ενώ ως προς το ζυγό του φορτίου η 3^η . Για τις τάσεις στους ζυγούς μεγαλύτερη αρμονική κοντά στη θεμελιώδη εξακολουθεί να είναι η 5^η . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island. Φαίνεται πως η χρήση λαμπτήρων φθορισμού ως φορτίο επηρέασε αρνητικά τα ρεύματα των ζυγών του μικροδικτύου .

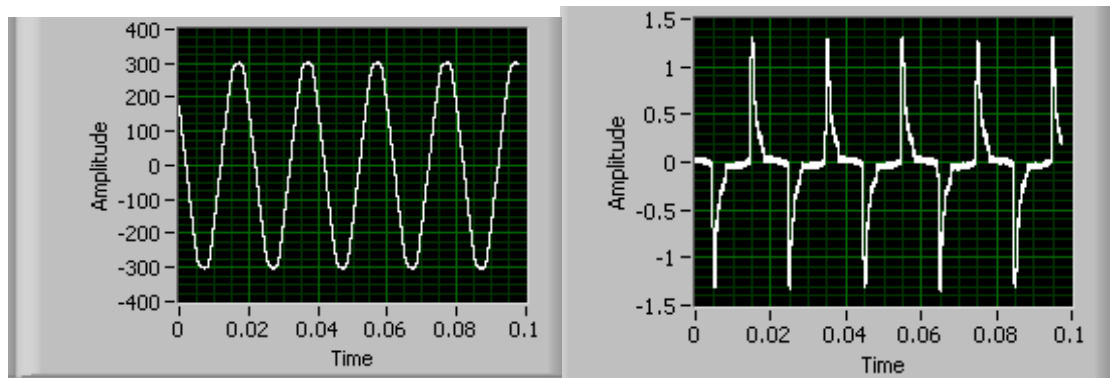
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5, ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.75 .



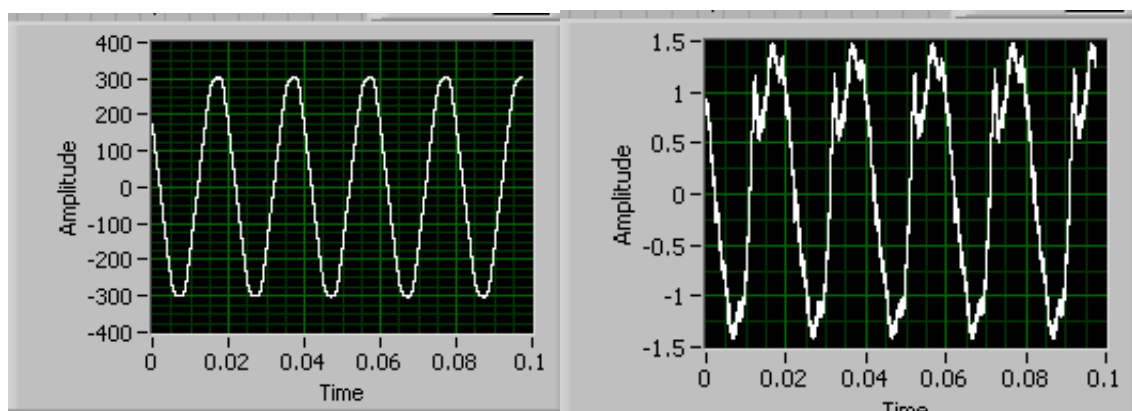
Εικόνα 4.75 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.76 .



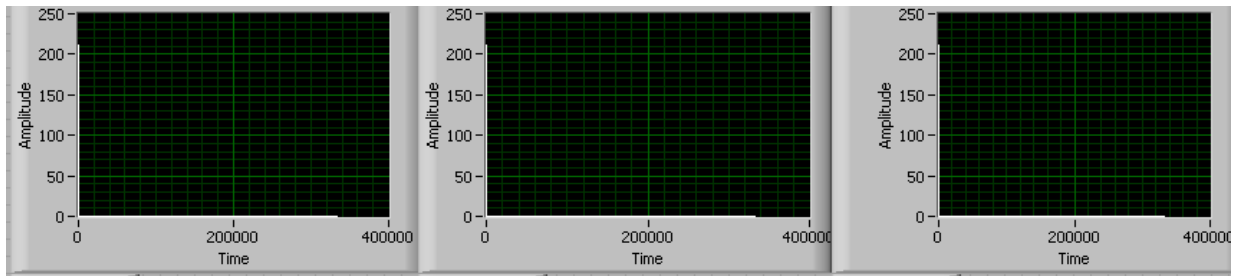
Εικόνα 4.76 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.77 .



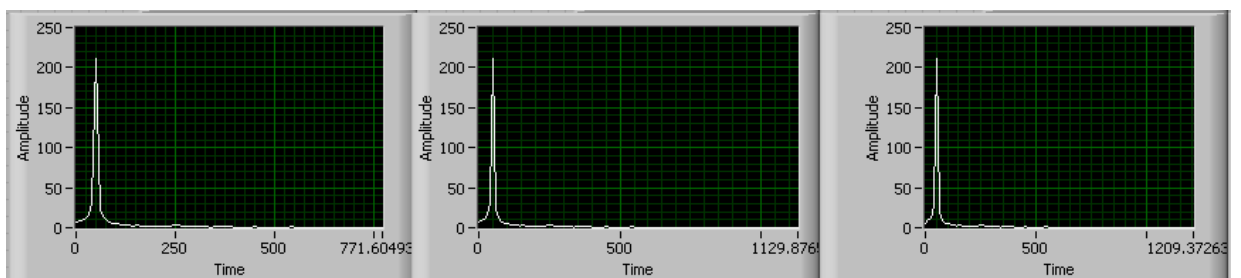
Εικόνα 4.77 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στην εικόνα 4.78.



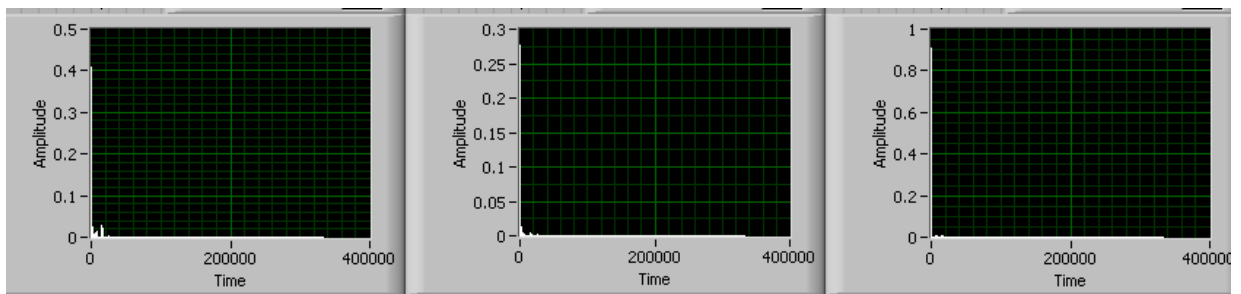
Εικόνα 4.78 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.79.



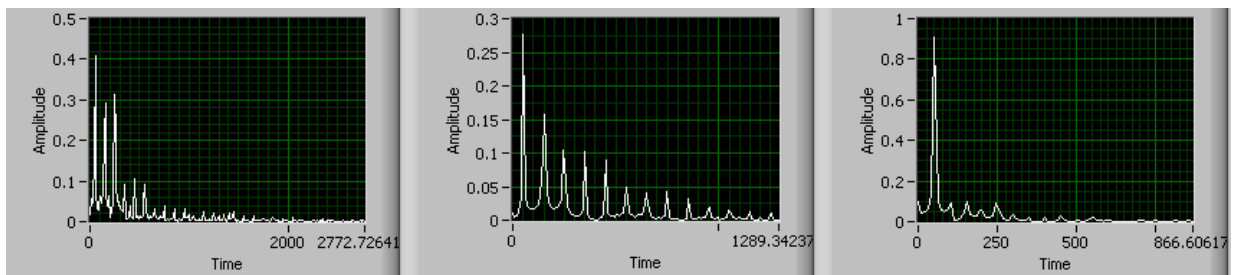
Εικόνα 4.79 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στην εικόνα 4.78.



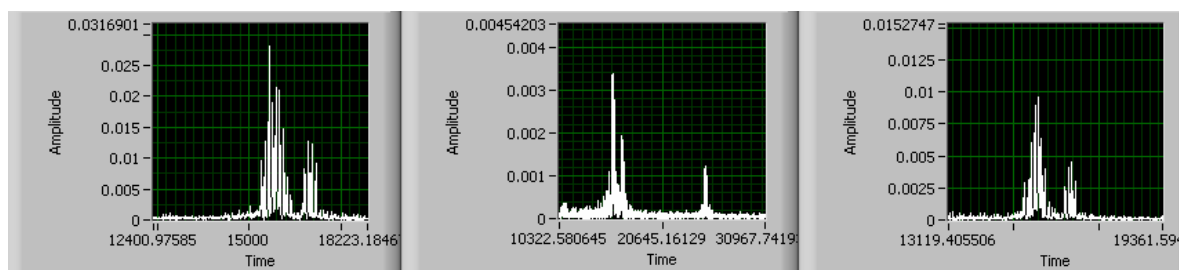
Εικόνα 4.80 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.81.



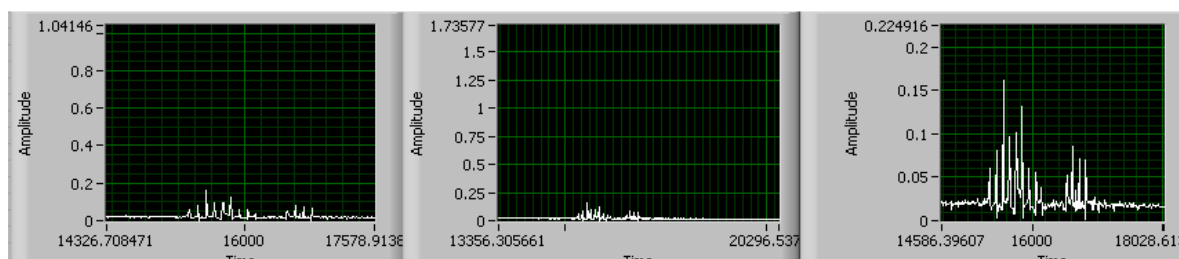
Εικόνα 4.81 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.82 για τους ζυγούς 8 , 1 και 5 αντίστοιχα..



Εικόνα 4.82 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.83 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.83 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 13.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 1 και 5 ενώ στο Πίνακα 13.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 ,1 και 5 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.1

	Τάση 8	Τάση 1	Τάση 5	Ένταση 8	Ένταση 1	Ένταση 5
THD (%)	2,72922	2,727527	2,72682	12,1567	105,497	23,8738
THD+ (%)	2,7347	2,73305	2,73253	14,6472	105,709	24,0721
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	308,607	308,85	309,045	0,59879	0,393463	1,31961
DC (V / A)	-6,48467	-6,61643	-6,09129	0,016662	-0,00958	0,100719

RMS (V / A)	217,154	217,328	217,45	0,768445	0,41017	0,962783
Συχνότητα (Hz)	50,0067	50,0066	50,0066	50,0216	49,9966	50,0309

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.2

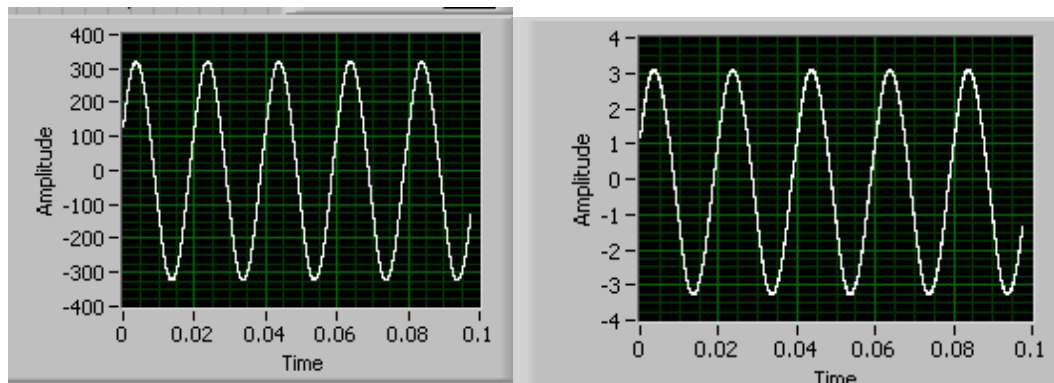
	Ισχύς 8	Ισχύς 1	Ισχύς 5
P (W)	99,1166	58,7193	197,355
S (VA)	166,871	89,1412	209,357
Σ.Ι.	0,593971	0,658722	0,94267

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 1 ,5 και 8 δηλαδή στο φορτίο, στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,8 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy είναι ημιτονοειδής με THD 23% αριθμό αρκετά μεγάλο .Η ένταση στο δίκτυο έχει μορφή που αν και ημιτονοειδής φαίνεται πως περιέχει πολλές αρμονικές . Το THD της έντασης στο ζυγό είναι 13 % Η ένταση στην μεριά του φορτίου έχει κυματομορφή η οποία δεν είναι ημιτονοειδής με THD γύρω στο 110 % κάτι το οποίο δεν πρέπει να μας εκπλήσσει μιας και η καταγραφή έγινε σε λαμπτήρες φθορισμού . Όπως φαίνεται στον πίνακα 13.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για το ρεύμα στο ζυγό 8 μεγαλύτερη είναι η 5^η , ως προς την έξοδο του Sunny Boy η DC ενώ ως προς το φορτίο είναι η 3^η . Για τις τάσεις στους ζυγούς μεγαλύτερη αρμονική κοντά στη θεμελιώδη εξακολουθεί να είναι η 5^η .Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy. Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy έχει μειωθεί και βρίσκεται κοντά στο 0,94 . Και στην περίπτωση αυτή φαίνεται πως το φορτίο των λαμπτήρων φθορισμού επηρεάζει αρνητικά το ρεύμα αυξάνοντας τις αρμονικές και ιδιαίτερα αυτές της 3^{ης} τάξης .

Γ1) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ ΩΣ ΦΟΡΤΙΟ

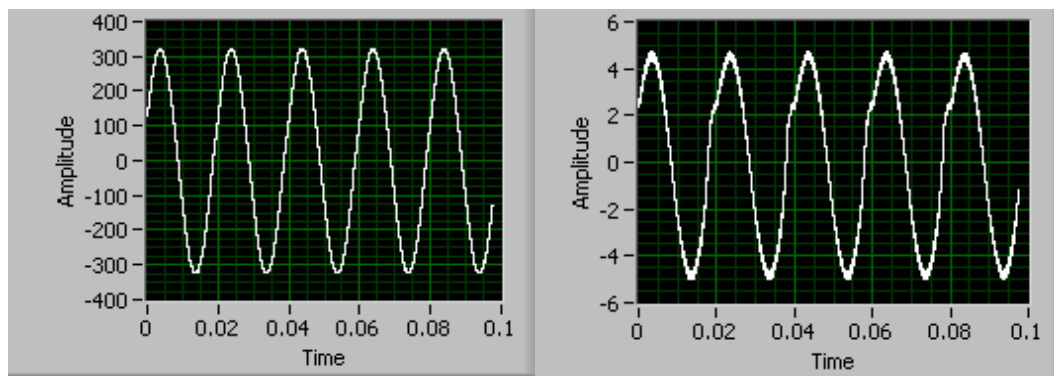
Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4, ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.84 .



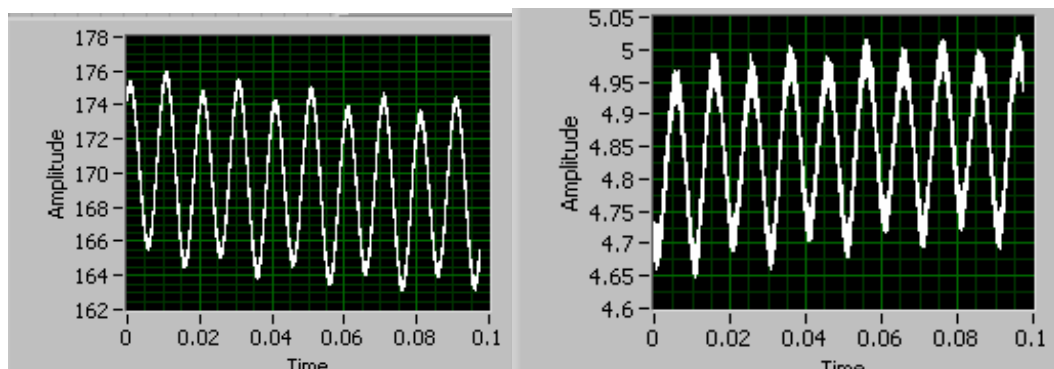
Εικόνα 4.84 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.85 .



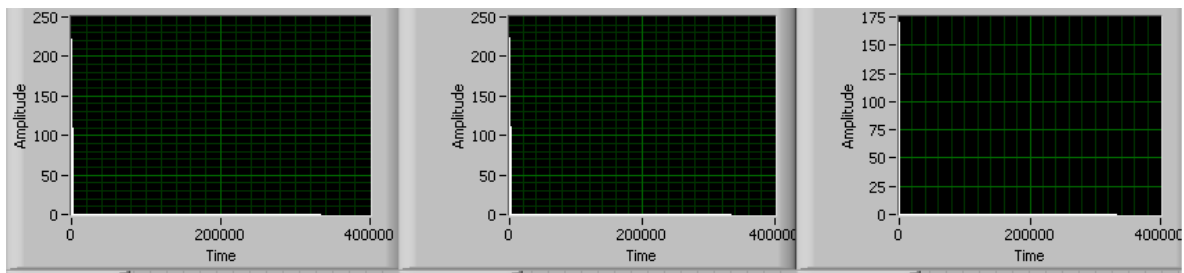
Εικόνα 4.85 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.86 .



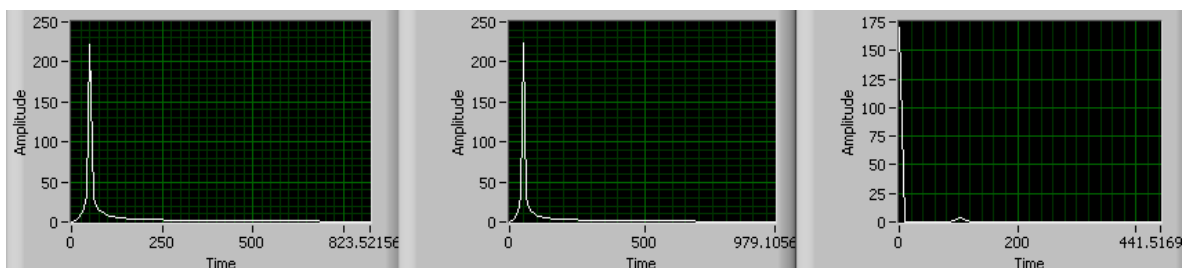
Εικόνα 4.86 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.87.



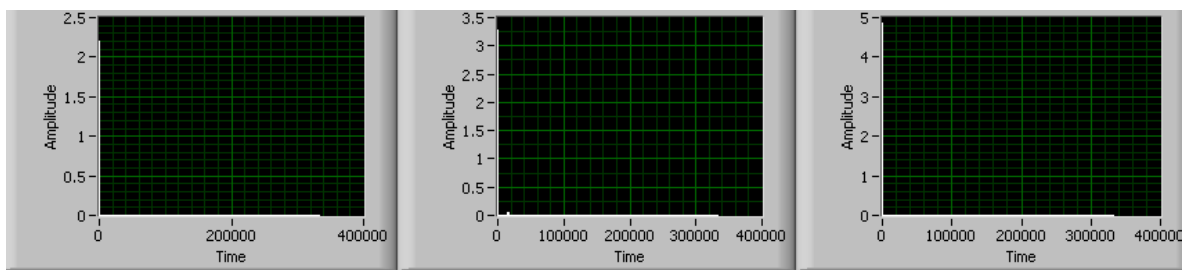
Εικόνα 4.87 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.88 .



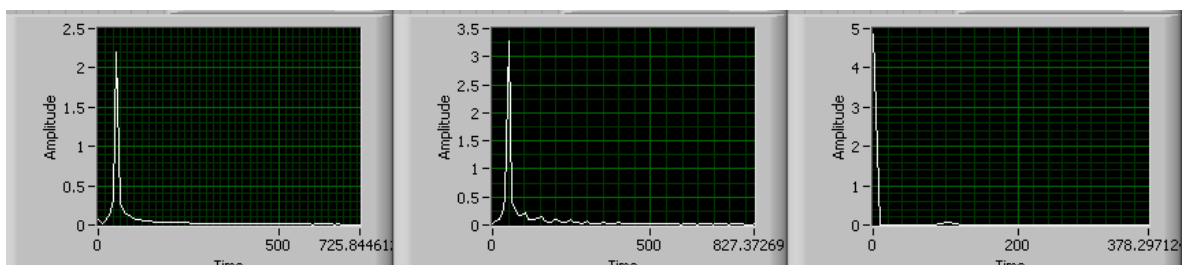
Εικόνα 4.88 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 1, 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.89.



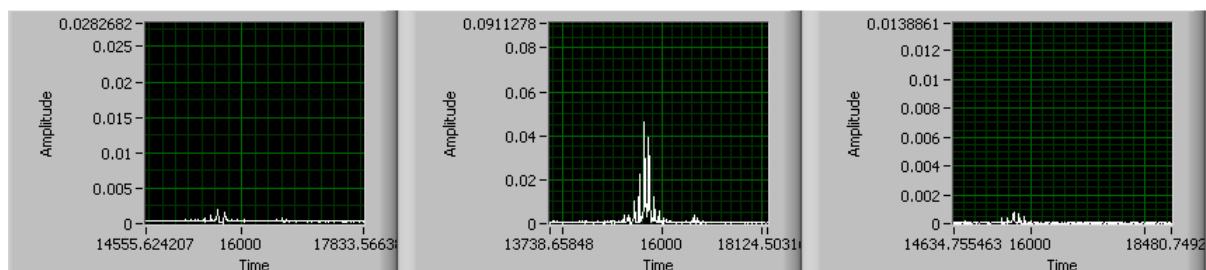
Εικόνα 4.89 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.90 .



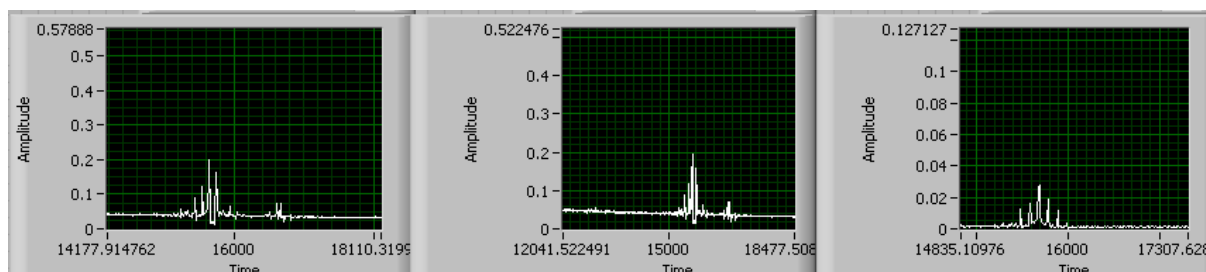
Εικόνα 4.90 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 1, 5 και 4 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.91 για τους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.91 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις εντάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.92 για τους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.92 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 14.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 και 5 , στο Πίνακα 14.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 1 και 5 ενώ στον Πίνακα 14.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 4 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.1

	Τάση 1	Τάση 5	Ένταση 1	Ένταση 5
THD (%)	1,78221	1,78855	1,89105	11,0186
THD+ (%)	1,79418	1,80037	1,90614	11,0997
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	319,987	320,371	3,15612	4,7223
DC (V / A)	-0,152764	-0,318804	-0,0769355	0,0221298
RMS (V / A)	229,114	229,389	2,26106	3,38977

Συχνότητα (Hz)	49,8811	49,8811	49,8799	49,8822
---------------------	---------	---------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.2

	Ισχύς 1	Ισχύς 5
P (W)	518,04	773,996
S (VA)	521,636	777,577
Σ.Ι.	0,99311	0,98526

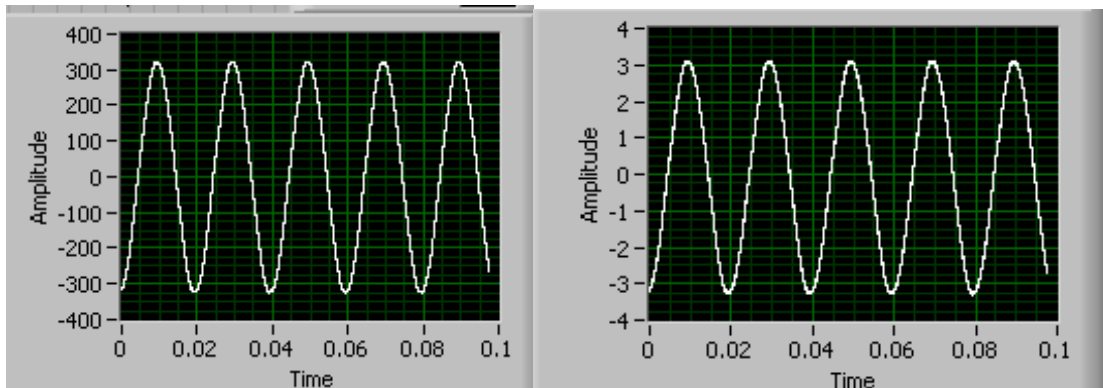
ΠΙΝΑΚΑΣ 14.3

	Ζυγός 4
V (V)	169,502
I (A)	4,85215
P (W)	822,448

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 5 και 1 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο έχοντας μικρό THD της τάξης του 1,7 %. Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy είναι ημιτονοειδής και το THD έχει αυξηθεί στο 11 % . Η ένταση στην μεριά του φορτίου είναι ημιτονοειδής έχοντας THD γύρω στο 1,9 % κάτι που δεν εκπλήσσει μιας και το φορτίο είναι ωμικό. Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 4 είναι η αναμενόμενη . Όπως φαίνεται στον πίνακα 14.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τα ρεύματα και τις τάσεις στους ζυγούς η μεγαλύτερη αρμονική είναι η 2^η αν και το πλάτος της είναι πολύ μικρό σε σχέση με τη θεμελιώδη ως προς τις τάσεις . Εξαίρεση αποτελεί ο ζυγός του φορτίου οι αρμονικές εκτός της θεμελιώδους είναι αμελητέες . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy. Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 δηλαδή στο 0,989840 . Η απόδοση του αντιστροφέα βρίσκεται κοντά στο 94% .

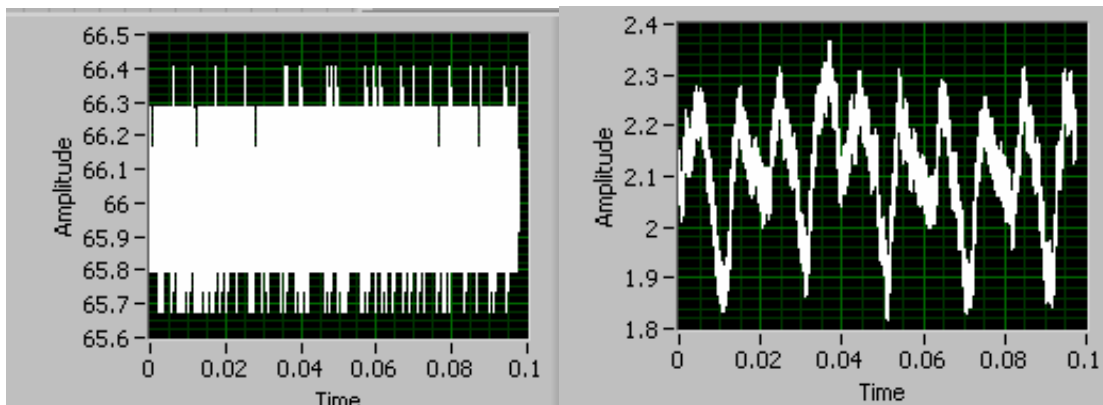
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 ,ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7.

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.93 .



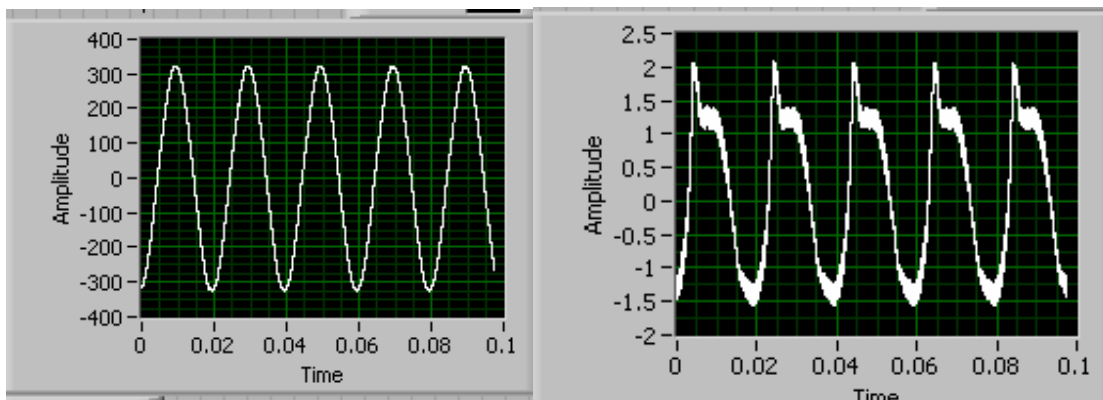
Εικόνα 4.93 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.94 .



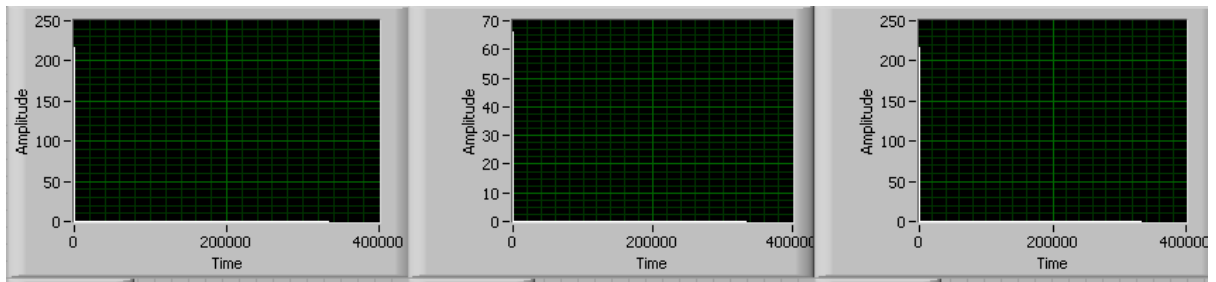
Εικόνα 4.94 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.95 .



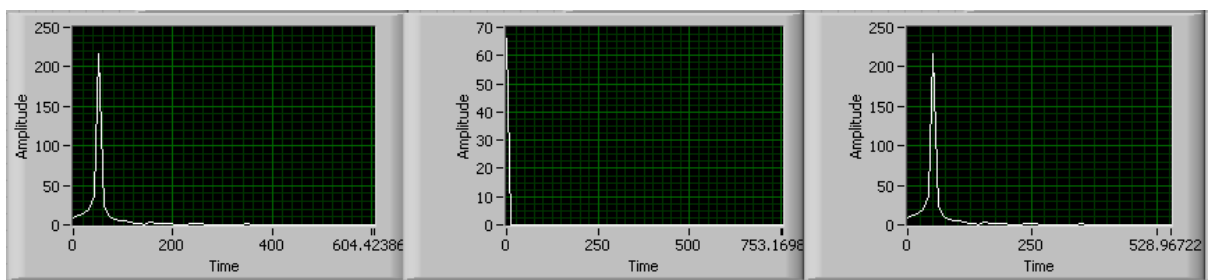
Εικόνα 4.95 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 1, 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.96.



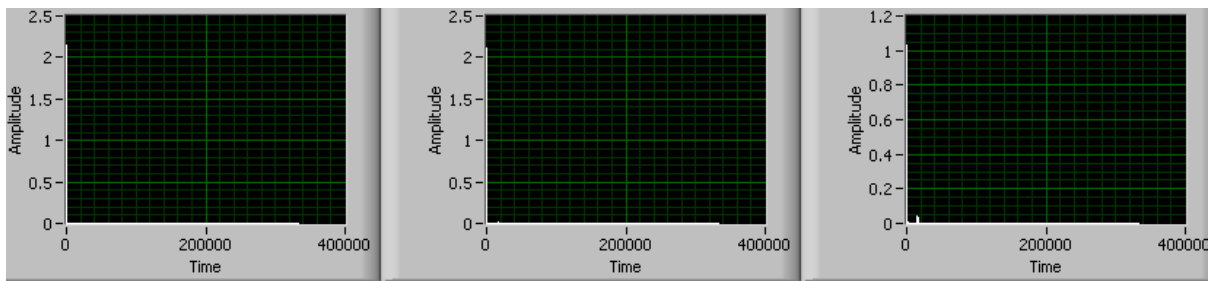
Εικόνα 4.96 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.97 .



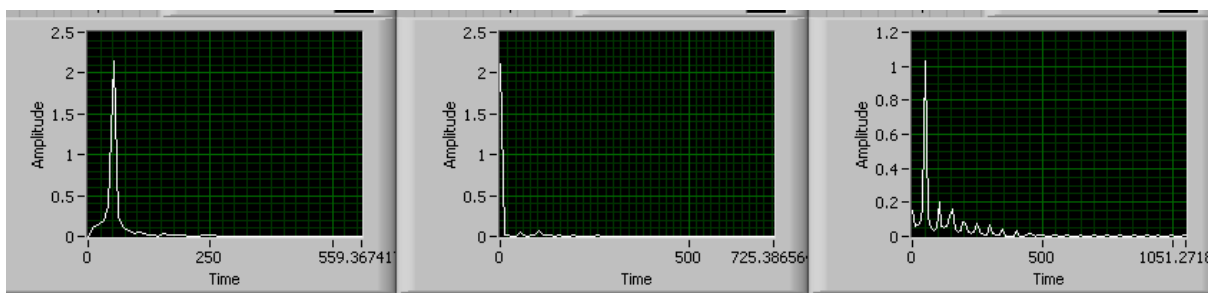
Εικόνα 4.97 : Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 1, 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.98.



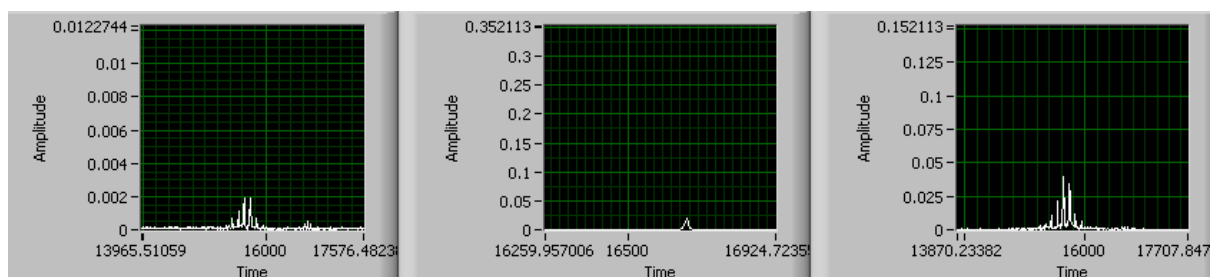
Εικόνα 4.98 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.99 .



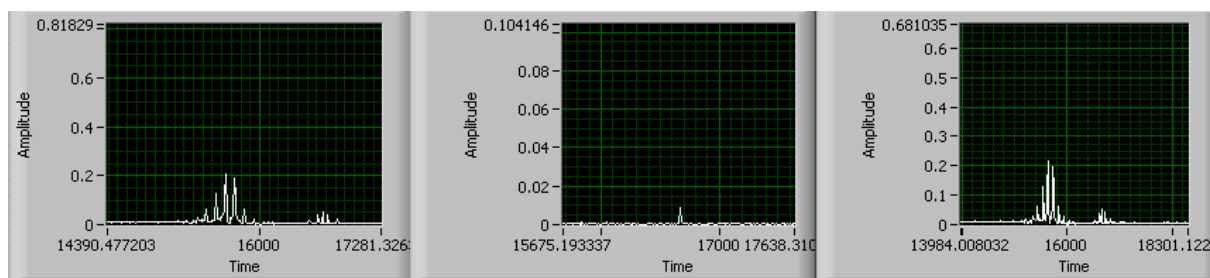
Εικόνα 4.99 : Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.100 για τους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα..



Εικόνα 4.100 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.101 για τους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.101 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 15.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 και 7 , στο Πίνακα 15.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 1 και 7 ενώ στον Πίνακα 15.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 6 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.1

	Τάση 1	Τάση 7	Ένταση 1	Ένταση 7
THD (%)	1,84355	1,83534	1,89716	32,5303
THD+ (%)	1,85944	1,85209	1,9182	37,6356
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	320,222	320,629	3,15848	1,52445
DC (V / A)	8,38936	8,52106	0,00824235	0,14582
RMS (V / A)	223,813	224,15	2,20578	1,13575

Συχνότητα (Hz)	49,9279	49,9279	49,9282	49,9415
---------------------	---------	---------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.2

	Ισχύς 1	Ισχύς 7
P (W)	490,133	204,622
S (VA)	493,682	254,577
Σ.Ι.	0,992812	0,803772

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.3

	Ζυγός 6
V (V)	66,0179
I (A)	2,11389
P (W)	139,735

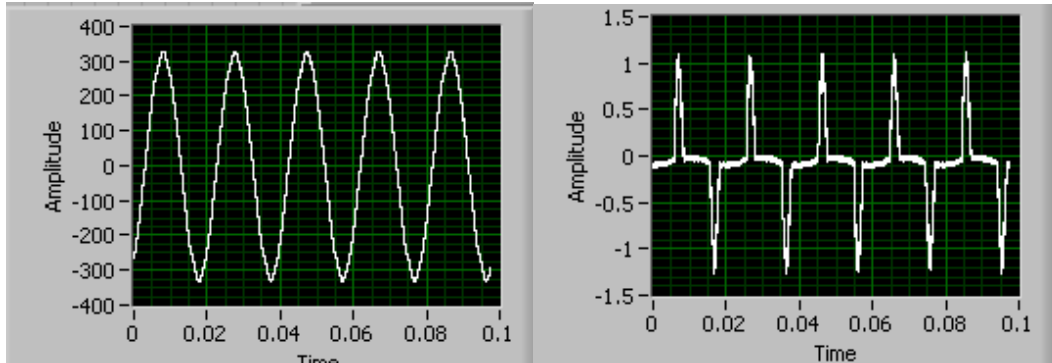
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 7 και 8 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 1,8 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island μοιάζει με ημιτονοειδή ενώ το THD είναι κοντά στο 37 % , άλλωστε από την κυματομορφή και μόνο φαίνεται πως έχει πολλές αρμονικές . Η ένταση στην μεριά του φορτίου είναι ημιτονοειδής έχοντας THD γύρω στο 1,9 % κάτι που δεν εκπλήσσει αφού το φορτίο είναι ωμικό. Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 6 έχει αρκετή κυμάτωση . Όπως φαίνεται στον πίνακα 15.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τα ρεύματα και τις τάσεις στους ζυγούς η μεγαλύτερη αρμονική είναι η 2^η αν και το πλάτος της είναι πολύ μικρό σε σχέση με τη θεμελιώδη ως προς τις τάσεις . Εξαιρέση αποτελεί ο ζυγός του φορτίου οι αρμονικές εκτός της θεμελιώδους είναι αμελητέες . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island. Ο Sunny Island στην λειτουργία αυτή απορροφά ρεύμα για την φόρτιση των συσσωρευτών του . Η απόδοση του κατά του λειτουργία του παραμένει χαμηλή και ίση με 68% για τους λόγους που εξηγήθηκαν παραπάνω . Ο Sunny Island στην αυτόνομη λειτουργία του μικροδुकτίου λειτουργεί σε mode RUN_U .

Γ2) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΑΥΤΟΝΟΜΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ ΩΣ ΦΟΡΤΙΟ

Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 , ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο

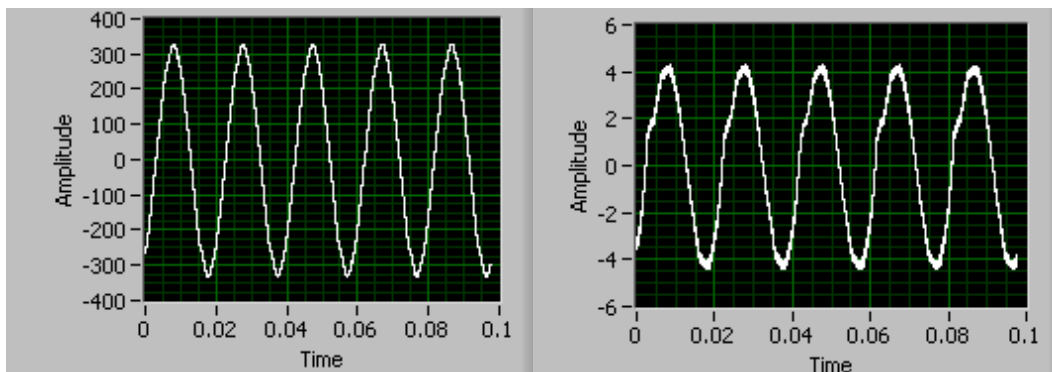
ζυγό 5 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.102 .



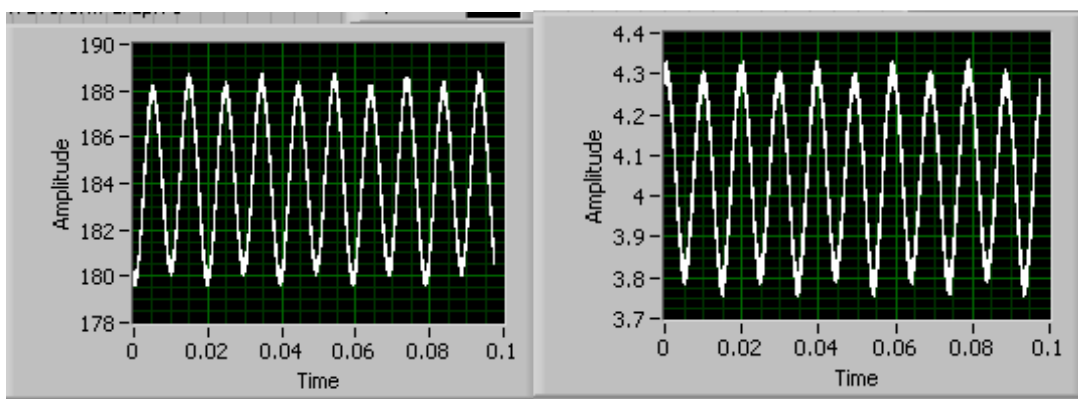
Εικόνα 4.102 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.103 .



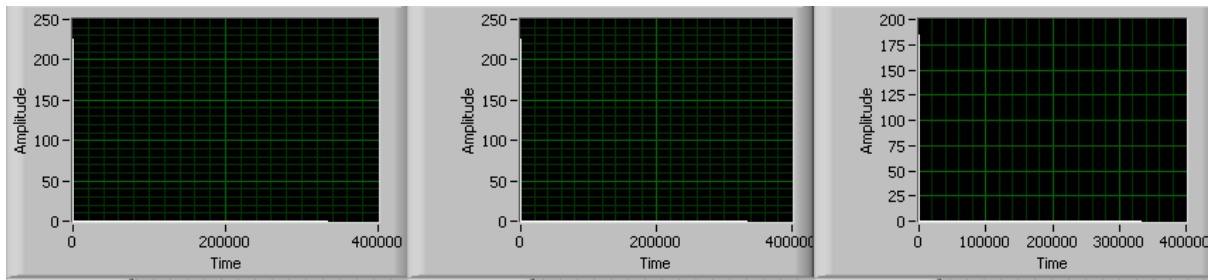
Εικόνα 4.103 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Boy στην εικόνα 4.104 .



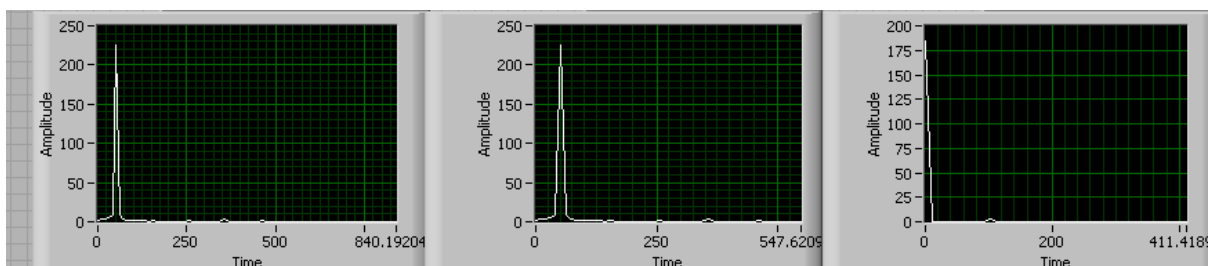
Εικόνα 4.104 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.105.



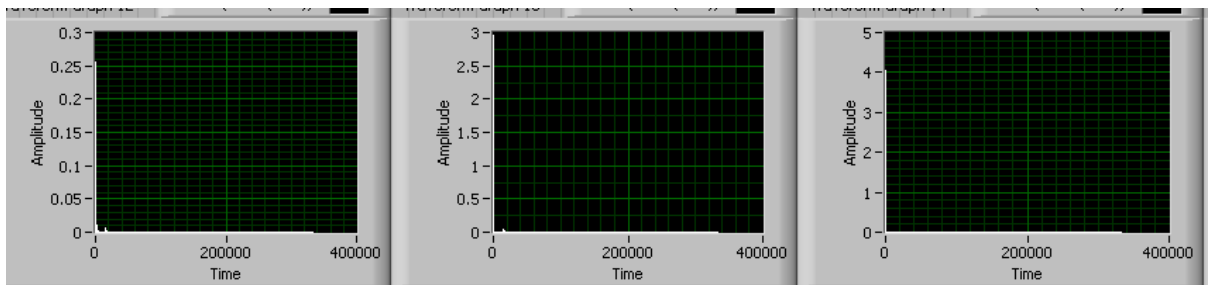
Εικόνα 4.105 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.106 .



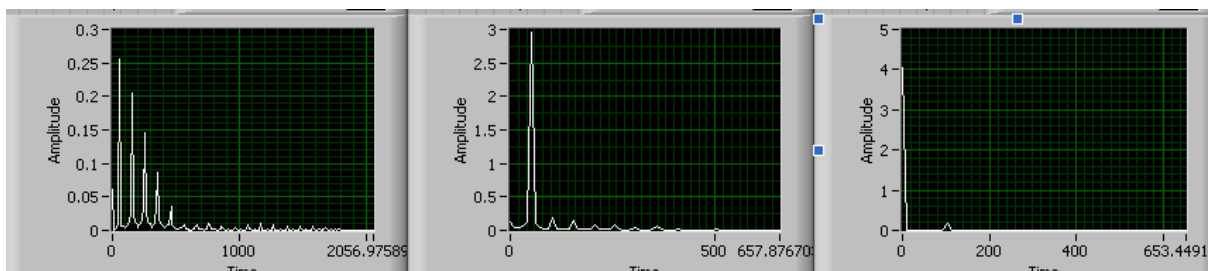
Εικόνα 4.106 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.107.



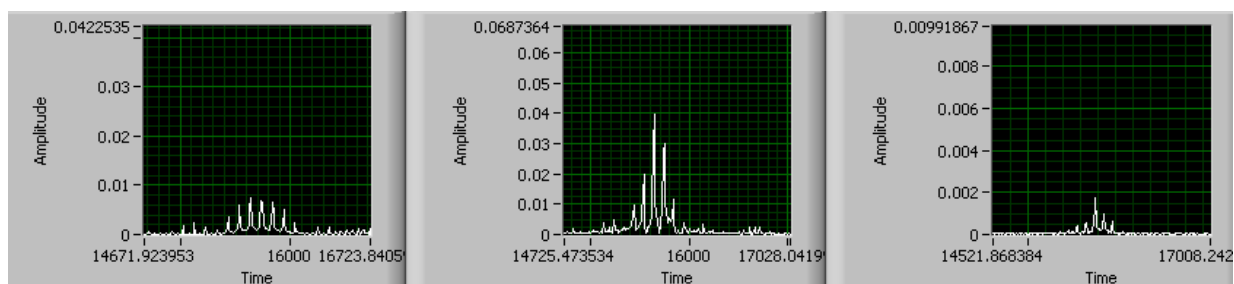
Εικόνα 4.107 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.108 .



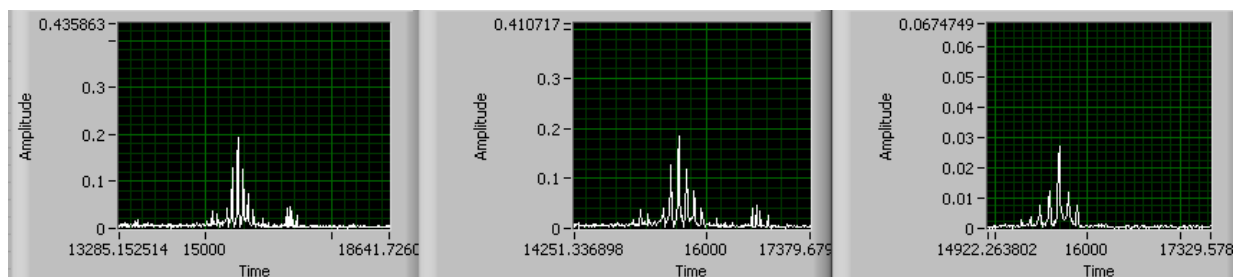
Εικόνα 4.108 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.109 για τους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.109 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.110 για τους ζυγούς 1 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.110 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 5 και 4 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 16.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 και 5 , στο Πίνακα 16.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 1 και 5 ενώ στον Πίνακα 16.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 4 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.1

	Τάση 1	Τάση 5	Ένταση 1	Ένταση 5
THD (%)	2,08024	2,08271	110,835	9,38101
THD+ (%)	2,09584	2,09773	111,174	9,76239
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	320,874	321,211	0,360872	4,21622
DC (V / A)	2,22558	2,06279	-0,0613547	0,12144
RMS (V / A)	226,469	226,705	0,388042	2,9901

Συχνότητα (Hz)	50,8867	50,8857	50,8868	50,8874
---------------------	---------	---------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 16.2

	Ισχύς 1	Ισχύς 5
P (W)	55,8692	667,736
S (VA)	87,8795	677.872
Σ.Ι.	0,635748	0,985047

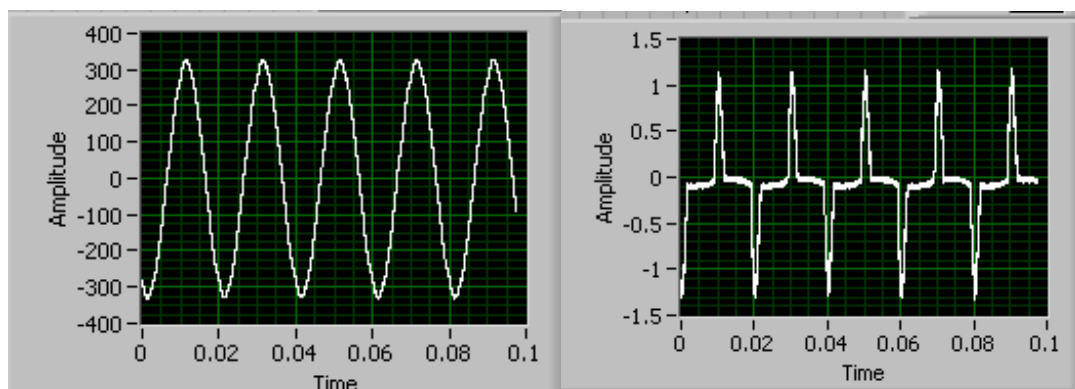
ΠΙΝΑΚΑΣ 16.3

	Ζυγός 4
V (V)	184,224
I (A)	4,05771
P (W)	747,617

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 5 και 1 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,1 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy είναι ημιτονοειδής και το THD έχει είναι 9 % . Η ένταση στην μεριά του φορτίου έχει κυματομορφή η οποία δεν είναι ημιτονοειδής με THD γύρω στο 110 % κάτι το οποίο δεν πρέπει να μας εκπλήσσει μιας και η καταγραφή έγινε σε λαμπτήρες φθορισμού . Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 4 είναι η αναμενόμενη . Όπως φαίνεται στον πίνακα 16.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τα ρεύματα και τις τάσεις στους ζυγούς η μεγαλύτερη αρμονική είναι η 2^η αν και το πλάτος της είναι πολύ μικρό σε σχέση με τη θεμελιώδη ως προς τις τάσεις . Εξαιρέση αποτελεί ο ζυγός του φορτίου όπου η μεγαλύτερη εκτός της θεμελιώδους είναι η 3^η . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy. Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 δηλαδή στο 0,985047 . Η απόδοση του αντιστροφέα βρίσκεται κοντά στο 90% .

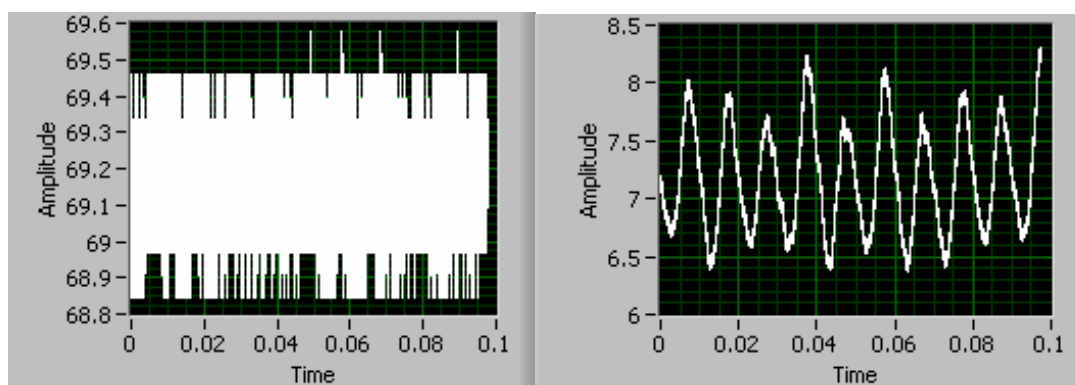
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6, ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 1 ,ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο φαίνονται στην εικόνα 4.111 .



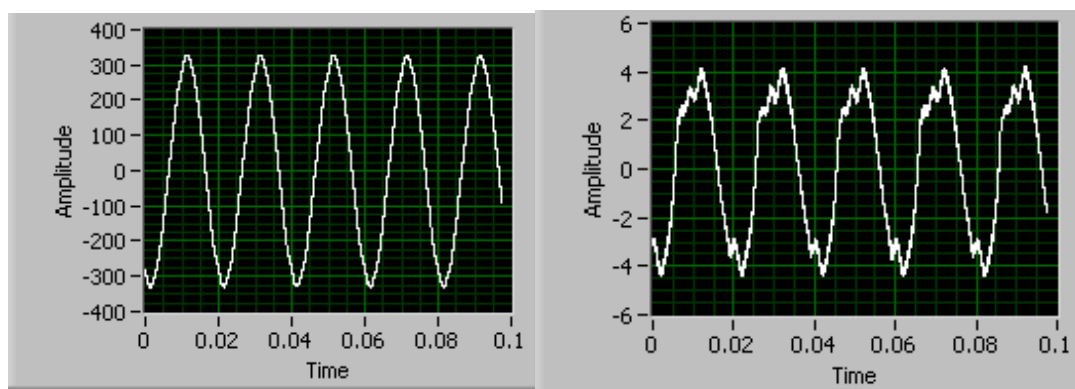
Εικόνα 4.111 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 1

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.112 .



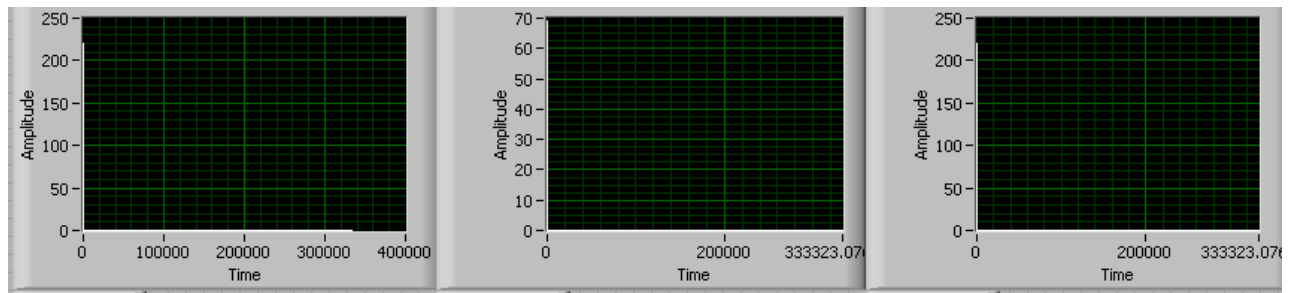
Εικόνα 4.112 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.113 .



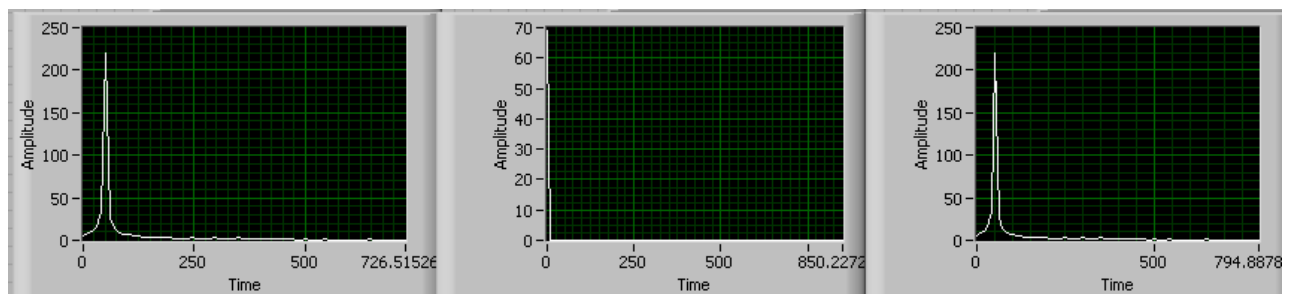
Εικόνα 4.113 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 1 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.114.



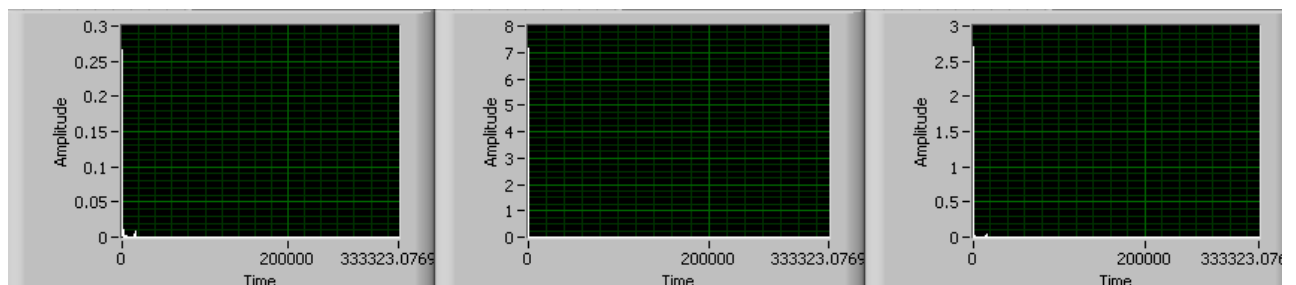
Εικόνα 4.114 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.115 .



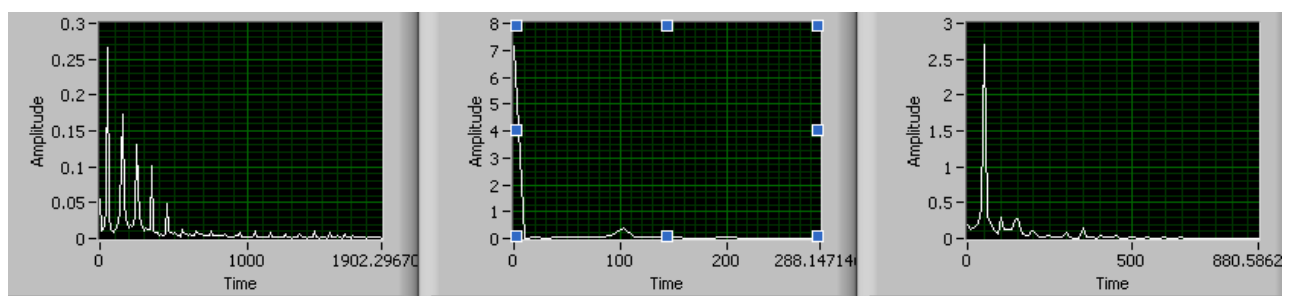
Εικόνα 4.115 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 1 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.116.



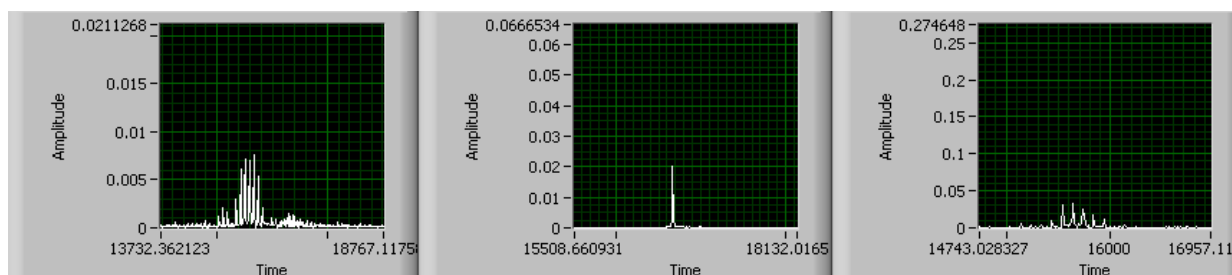
Εικόνα 4.116 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.117 .



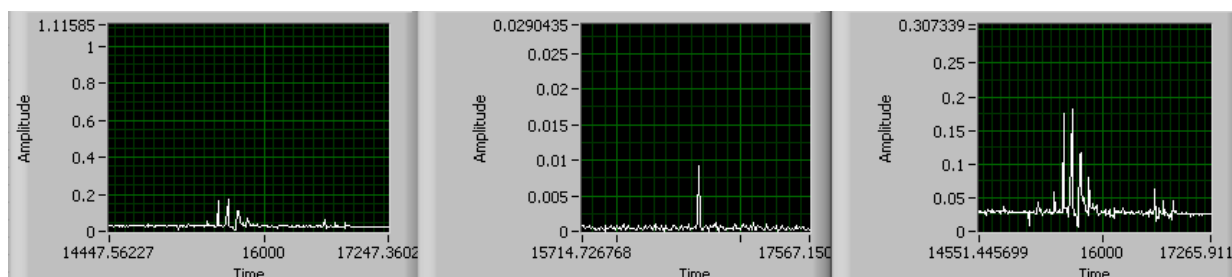
Εικόνα 4.117 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.118 για τους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.118 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.29 για τους ζυγούς 1 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.119 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 , 7 και 6 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 17.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 1 και 7 , στο Πίνακα 17.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 1 και 7 ενώ στον Πίνακα 17.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 6 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.1

	Τάση 1	Τάση 7	Ένταση 1	Ένταση 7
THD (%)	2,29203	2,28796	109,372	19,3069
THD+ (%)	2,30397	2,30041	109,608	19,4629
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	320,467	320,867	0,390657	3,93382
DC (V / A)	5,56148	5,75116	-0,0551638	0,185134
RMS (V / A)	227,048	227,336	0,412931	2,8386

Συχνότητα (Hz)	49,9279	49,928	49,9227	50,9298
---------------------	---------	--------	---------	---------

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.2

	Ισχύς 1	Ισχύς 7
P (W)	59,8814	604,467
S (VA)	93,7551	645,316
Σ.Ι.	0,638701	0,936698

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.3

	Ζυγός 6
V (V)	69,1777
I (A)	7,19707
P (W)	497,877

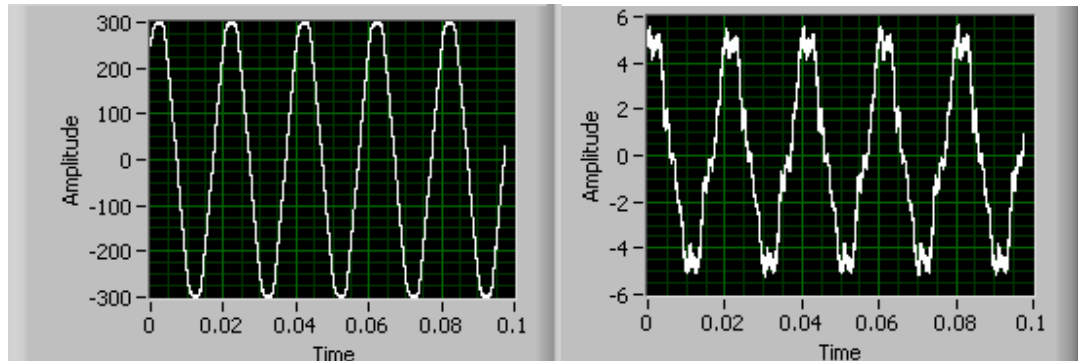
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 7 και 1 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το φορτίο είναι ημιτονοειδής έχοντας μικρό THD της τάξης του 1,8 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island μοιάζει με ημιτονοειδή ενώ το THD είναι κοντά στο 17 % , άλλωστε από την κυματομορφή και μόνο φαίνεται πως έχει πολλές αρμονικές . Η ένταση στην μεριά του φορτίου έχει κυματομορφή η οποία δεν είναι ημιτονοειδής με THD γύρω στο 109 % κάτι το αναμενόμενο μιας και η καταγραφή έγινε σε λαμπτήρες φθορισμού . Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 6 έχει αρκετή κυμάτωση . Όπως φαίνεται στον πίνακα 17.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τα ρεύματα και τις τάσεις στους ζυγούς , η μεγαλύτερη αρμονική είναι η 2^η αν και το πλάτος της είναι πολύ μικρό σε σχέση με τη θεμελιώδη ως προς τις τάσεις . Εξάιρεση αποτελεί ο ζυγός του φορτίου όπου η μεγαλύτερη εκτός της θεμελιώδους είναι η 3^η . Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island.Ο Sunny Island στην λειτουργία αυτή απορροφά ρεύμα για την φόρτιση των συσσωρευτών του . Η απόδοση του κατά του λειτουργία του αυξήθηκε και έγινε ίση με 82 % μιας και η ισχύς που εισέρχεται αυξήθηκε .

Δ) ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΜΕ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ Δ.Ε.Η. ΚΑΙ ΤΟ SUNNY ISLAND ΣΕ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ RUN_I

Αρχικά κατά τη λειτουργία αυτή οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 , ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 5 , ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 , ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο

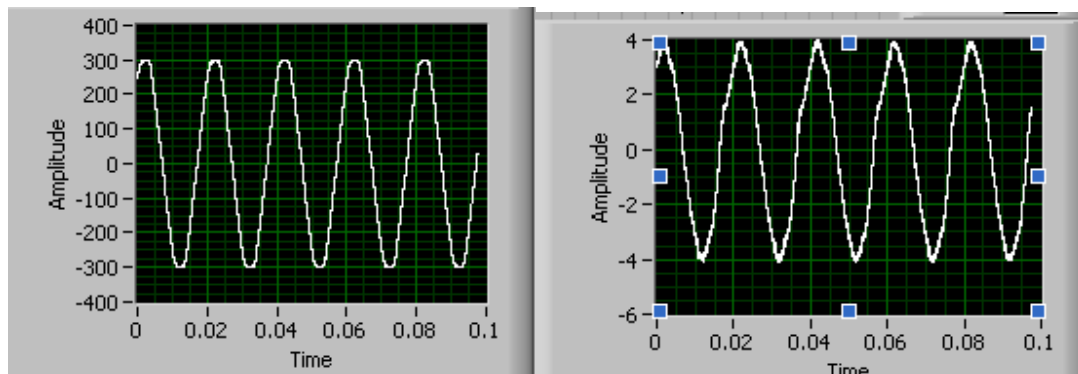
ζυγό 5 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 4 . Το Sampling rate είναι 650000 ο αριθμός των samples είναι 65000 ενώ το timeout είναι ρυθμισμένο στα 10 sec .

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.120 .



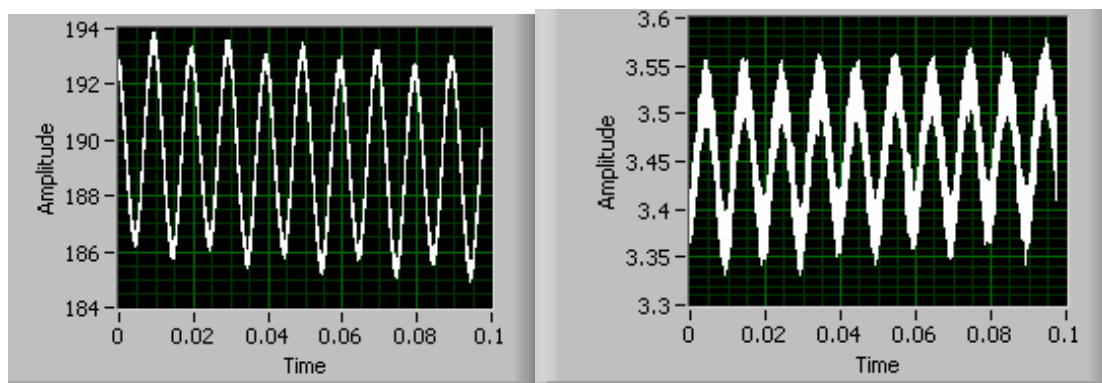
Εικόνα 4.120 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.121 .



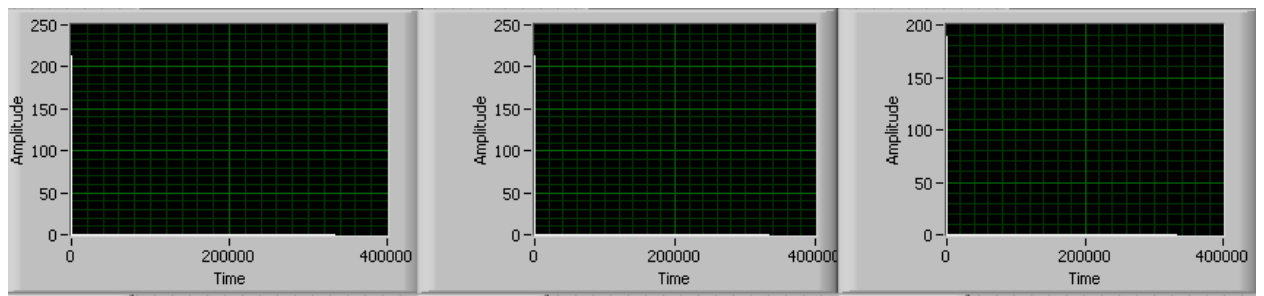
Εικόνα 4.121 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 5

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Boy φαίνονται στην εικόνα 4.122 .



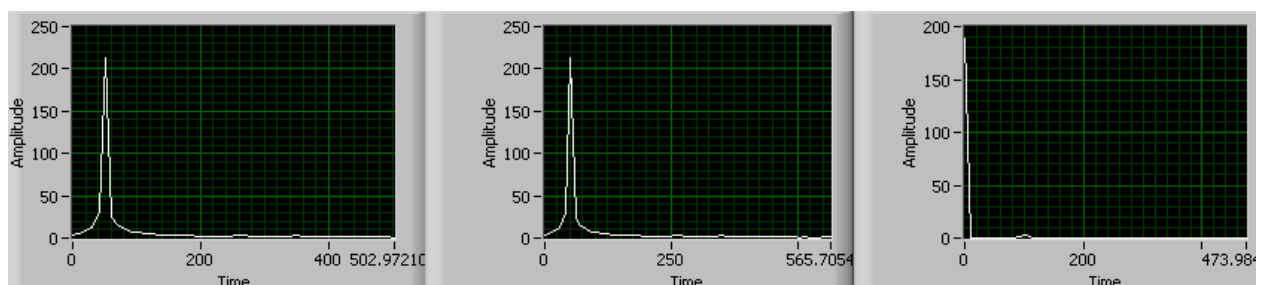
Εικόνα 4.122 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 4

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.123.



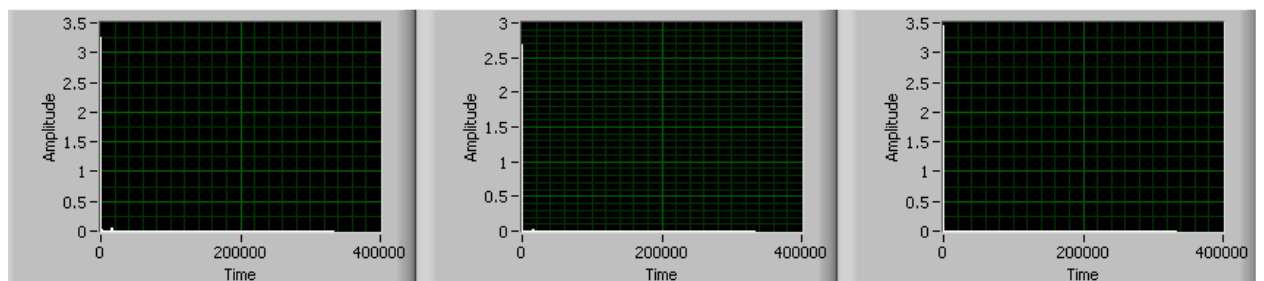
Εικόνα 4.123 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.124 .



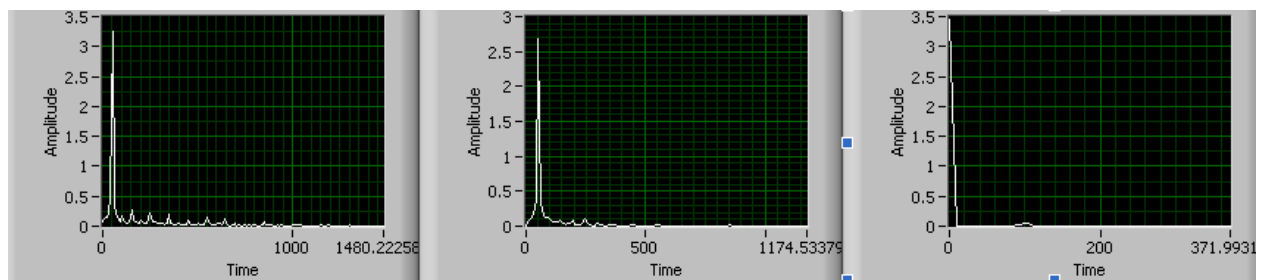
Εικόνα 4.124 : Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στην εικόνα 4.125.



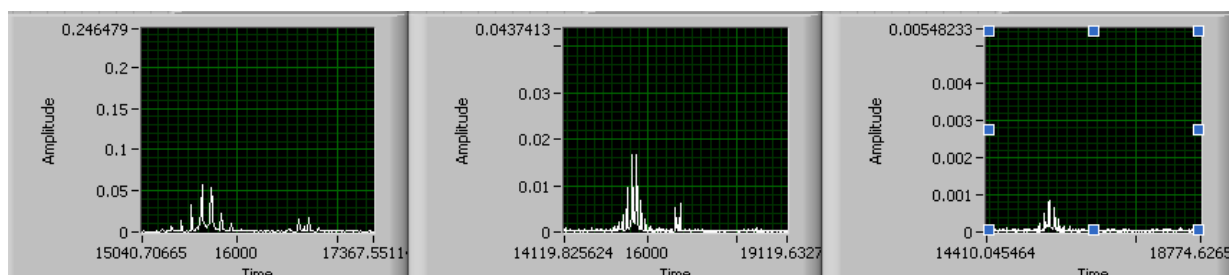
Εικόνα 4.125 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.126 .



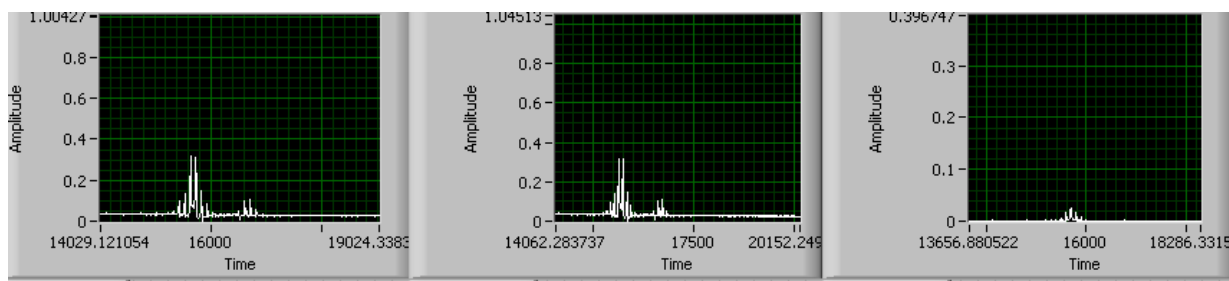
Εικόνα 4.126 : Αρμόνικες κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.127 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.127 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.29 για τους ζυγούς 8 , 5 και 4 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.128 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 5 και 4 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 18.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 και 5 , στο Πίνακα 18.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 και 5 ενώ στον Πίνακα 18.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 4 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.1

	Τάση 8	Τάση 5	Ένταση 8	Ένταση 5
THD (%)	2,96503	2,96253	17,1571	7,93262
THD+ (%)	2,97864	2,97627	17,5237	8,11659
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	307,492	307,788	4,71775	3,86195
DC (V / A)	-3,73015	-3,837	-0,0719656	-0,00828177

RMS (V / A)	218,861	219,075	3,38753	2,74851
Συχνότητα (Hz)	49,9818	49,9819	49,9949	49,9819

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 5
P (W)	691,085	595,618
S (VA)	741,399	602,13
Σ.Ι.	0,932136	0,989184

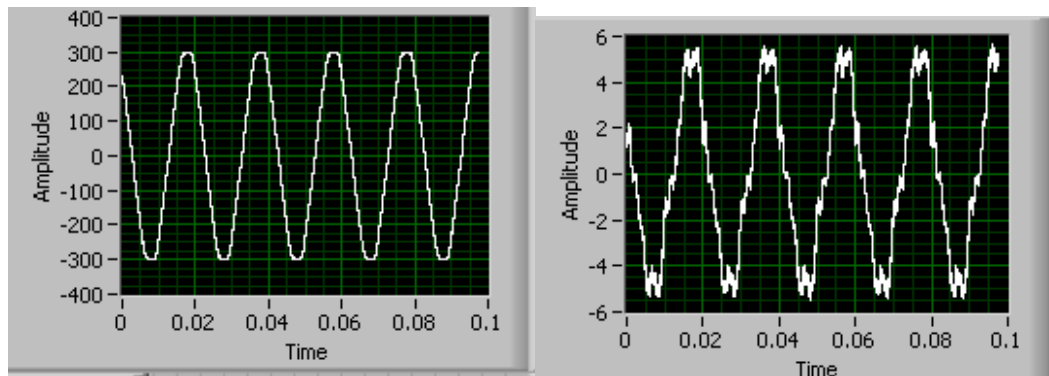
ΠΙΝΑΚΑΣ 18.3

	Ζυγός 4
V (V)	189,393
I (A)	2,74851
P (W)	655,439

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης ζυγούς 5 και 8 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Boy και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδείς έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,9 % . Η ένταση στην έξοδο του Sunny Boy είναι ημιτονοειδής και το THD έχει είναι 8 % . Η ένταση στην μεριά του δικτύου έχει κυματομορφή είναι ημιτονοειδής με THD 17 % . Η τάση και η ένταση στην μεριά του DC δηλαδή στον ζυγό 4 είναι η αναμενόμενη . Όπως φαίνεται στον πίνακα 18.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν έστω και λίγο το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τις τάσεις και για τα ρεύματα στο AC μεγαλύτερη είναι η 5^η. Και σε αυτή τη λειτουργία στον ζυγό 4 , για την τάση και την ένταση οι μεγαλύτερη αρμονική μετά την DC είναι η 2^η. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Boy.Ο συντελεστής ισχύος στην έξοδο του Sunny Boy βρίσκεται πολύ κοντά στο 1 δηλαδή στο 0,989184 . Η απόδοση του αντιστροφέα βρίσκεται κοντά στο 92% .

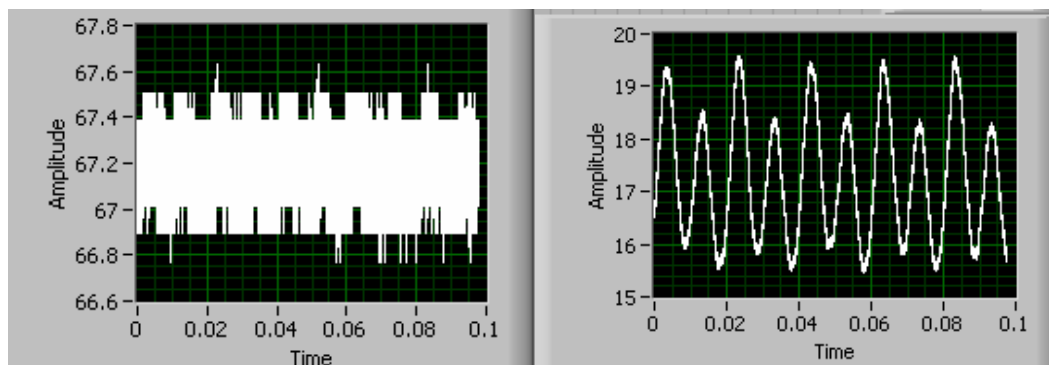
Στη συνέχεια οι μεταλλάκτες έχουν συνδεθεί ως εξής: ο MX9030-Z 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8, ο DP-25 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6, ο DP-25 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7 ο E3N 1 έχει συνδεθεί στο ζυγό 8 ,ο E3N 2 έχει συνδεθεί στο ζυγό 6 ενώ ο E3N 3 έχει συνδεθεί στο ζυγό 7.

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8 δηλαδή στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. φαίνονται στην εικόνα 4.129 .



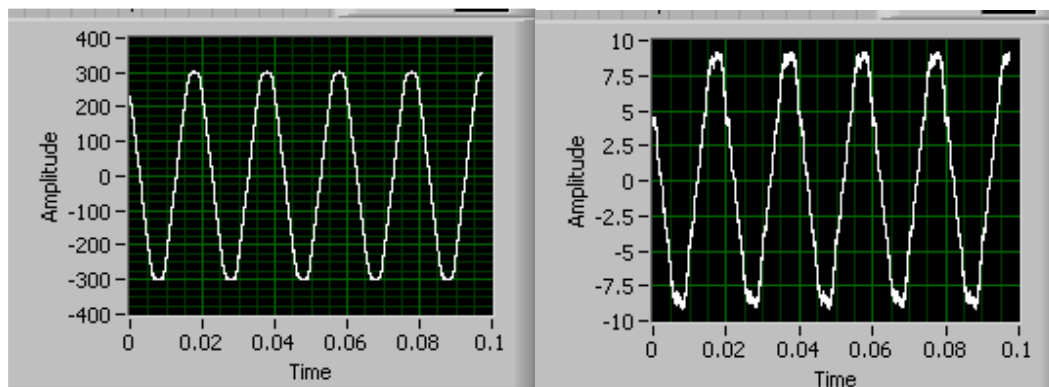
Εικόνα 4.129 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 8

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται μεταξύ συσσωρευτών και Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.130 .



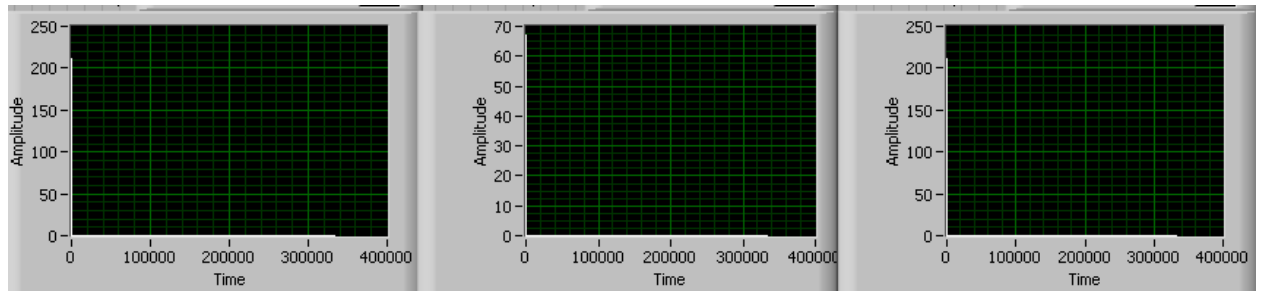
Εικόνα 4.130 : Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 6

Οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7 δηλαδή στον ζυγό που βρίσκεται στην έξοδο του Sunny Island φαίνονται στην εικόνα 4.131 .



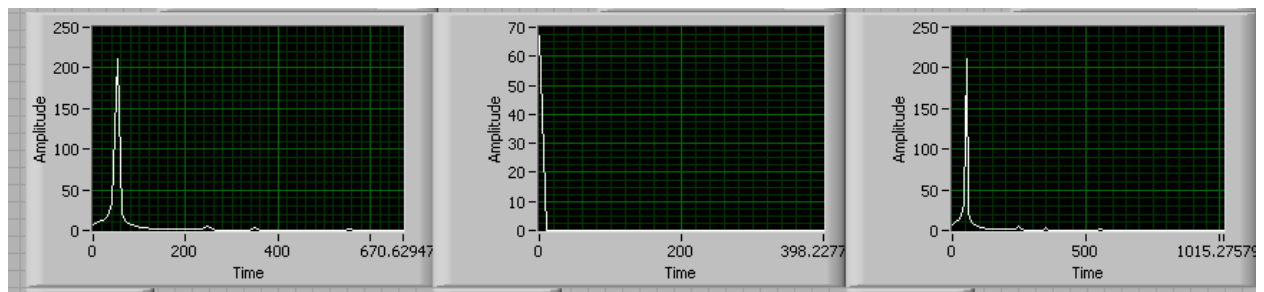
Εικόνα 4.131: Κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στον ζυγό 7

Οι αναλύσεις FFT των τάσεων στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.132.



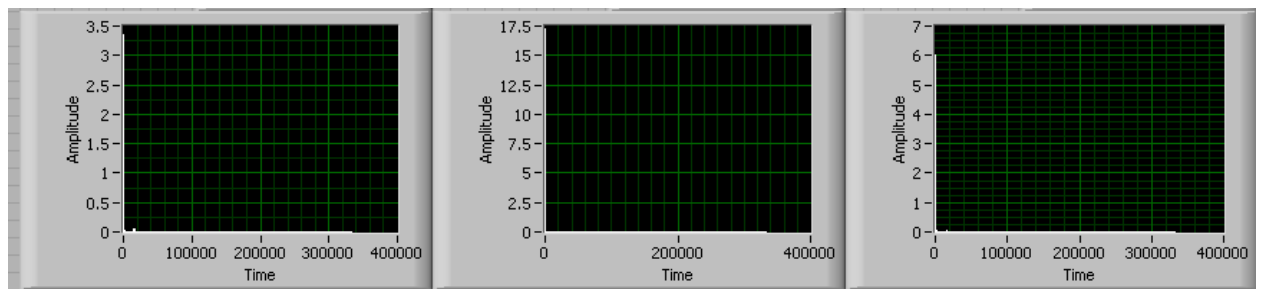
Εικόνα 4.132 : Ανάλυση FFT για τις τάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.133 .



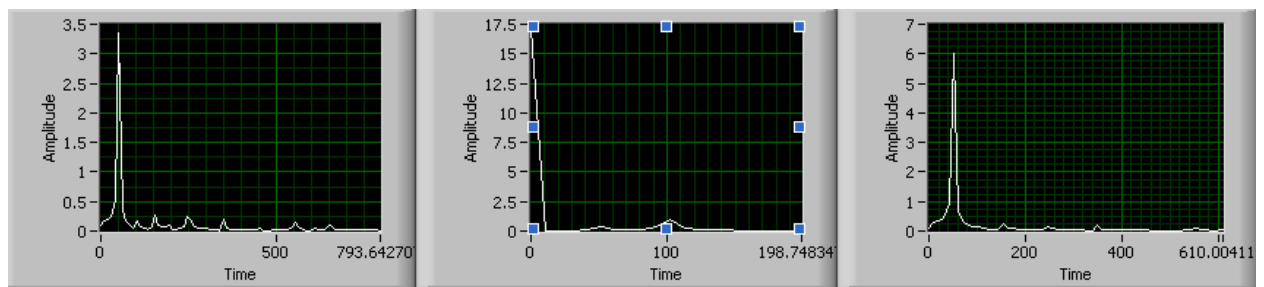
Εικόνα 4.133 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αναλύσεις FFT των εντάσεων στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στην εικόνα 4.134.



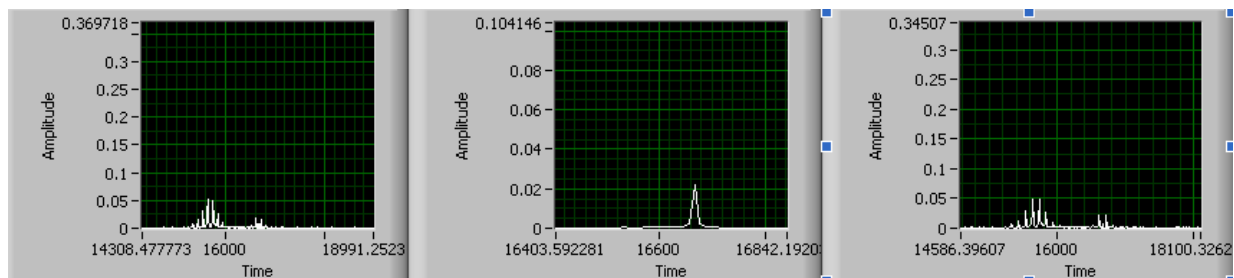
Εικόνα 4.134 : Ανάλυση FFT για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Οι αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη αρμονική φαίνονται στην εικόνα 4.135 .



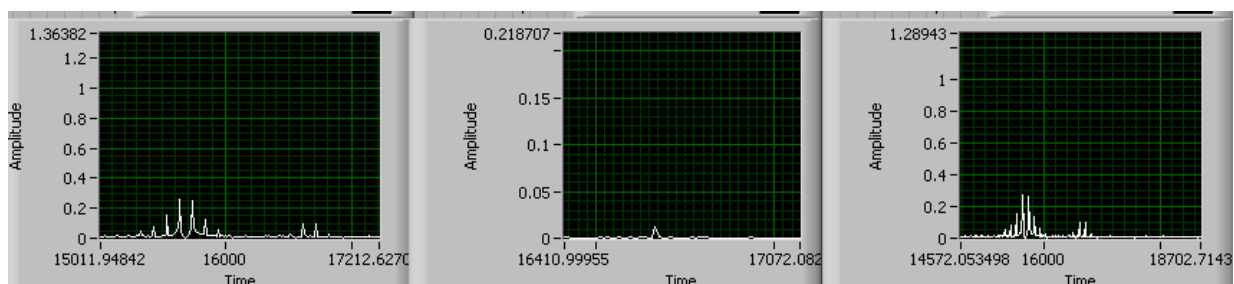
Εικόνα 4.135 : Αρμονικές κοντά στη θεμελιώδη για τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα

Στις παραπάνω αναλύσεις των εντάσεων φαίνεται μια μικρή κουκίδα μεταξύ 0 και 100000Hz , κάνοντας ζουμ βρίσκουμε αρμονικές κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island . Οι αρμονικές αυτές φαίνονται στην εικόνα 4.136 για τους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.136 : Αρμονικές της έντασης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις τάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα 4.137 για τους ζυγούς 8 , 6 και 7 αντίστοιχα .



Εικόνα 4.137 : Αρμονικές της τάσης κοντά στη διακοπτική συχνότητα του S.B. και του S.I.

Οι πίνακες με τους υπολογισμούς που προέκυψαν για τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 , 6 και 7 φαίνονται στους παρακάτω πίνακες . Αναλυτικότερα στον Πίνακα 19.1 φαίνονται οι υπολογισμοί ως προς τις τάσεις και τις εντάσεις στους ζυγούς 8 και 7 , στο Πίνακα 19.2 οι υπολογισμοί ως προς τις ισχύς στους ζυγούς 8 και 7 ενώ στον Πίνακα 19.3 φαίνονται οι υπολογισμοί των τάσεων και της ισχύος στον ζυγό 6 .

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.1

	Τάση 8	Τάση 7	Ένταση 8	Ένταση 7
THD (%)	2,98396	2,98302	16,2125	6,92128
THD+ (%)	2,99642	2,99654	16,5464	7,12273
Πλάτος Πρώτης Αρμονικής	308,928	309,241	4,91561	8,80392
DC (V / A)	-7,25651	-7,11265	-0,10335	-0,117587

RMS (V / A)	216,504	216,717	3,50181	6,19966
Συχνότητα (Hz)	50,011	50,011	49,9849	49,9982

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.2

	Ισχύς 8	Ισχύς 7
P (W)	726,395	1328,33
S (VA)	758,156	1343,57
Σ.Ι.	0,958107	0,988656

ΠΙΝΑΚΑΣ 19.3

	Ζυγός 6
V (V)	67,1855
I (A)	17,3392
P (W)	1164,94

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ : Οι κυματομορφές της τάσης στους ζυγούς 7 και 1 δηλαδή στην έξοδο του Sunny Island και στον ζυγό που συνδέεται το μικροδίκτυο με το δίκτυο της Δ.Ε.Η. είναι ημιτονοειδείς έχοντας μικρό THD της τάξης του 2,9 %. Η ένταση στην έξοδο του Sunny Island είναι ημιτονοειδής ενώ το THD είναι κοντά στο 7 % . Η ένταση στην μεριά του δικτύου έχει κυματομορφή είναι ημιτονοειδής με THD 17 % . Η τάση και η ένταση στην μεριά του D.C. δηλαδή στον ζυγό 6 έχει αρκετή κυμάτωση. Όπως φαίνεται στον πίνακα 19.1 οι αρμονικές μετά την 50^η επηρεάζουν το THD . Η μέγιστη αρμονική μετά τις 50 πρώτες βρίσκεται κοντά στην διακοπτική συχνότητα του Sunny Boy και του Sunny Island τα 16.000 Hz και πιο συγκεκριμένα στα 15.750Hz . Η συχνότητα αυτή συμπίπτει για τις διάφορες τάσεις και εντάσεις . Ως προς τις αρμονικές που βρίσκονται κοντά στην θεμελιώδη για τις τάσεις και για τα ρεύματα στο AC μεγαλύτερη είναι η 5^η. Οι υπόλοιποι υπολογισμοί όπως οι εντάσεις των ρευμάτων εισόδου και εξόδου στον αντιστροφέα οι ισχύς και οι τάσεις βρίσκονται εντός των ορίων των ονομαστικών μεγεθών για το Sunny Island.Ο Sunny Island στην λειτουργία αυτή απορροφά ρεύμα για την φόρτιση των συσσωρευτών του. Η απόδοση του κατά του λειτουργία του αυξήθηκε και έγινε ίση με 87 % μιας και ισχύς που εισέρχεται σε αυτόν αυξήθηκε . Πρέπει να αναφερθεί πως η απόδοση αυτή και οι προηγούμενες αποδόσεις του Sunny Island διαφέρουν από τη απόδοση του αντιστροφέα που αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο μιας και έχουμε φόρτιση των συσσωρευτών και το Sunny Island δρα ως ανορθωτής. Οι κυματομορφές και οι υπολογισμοί στον ζυγό 7 επιβεβαιώνουν την θεωρία για τη λειτουργία του Sunny Island σε RUN_I mode . Η ποιότητα του ρεύματος που απορροφά το Sunny Island έχει βελτιωθεί αισθητά .Το THD του ρεύματος έχει μειωθεί πάρα πολύ σε σχέση με τις προηγούμενες λειτουργίες ενώ ακόμα και από την κυματομορφή φαίνεται πως οι αρμονικές έχουν μειωθεί .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην διπλωματική εργασία έγιναν ακριβώς τα βήματα τα οποία είχαμε προαναγγείλει και μπορούμε να πούμε πως στέφθηκαν με επιτυχία. Έτσι παρουσιάστηκε το εργαστηριακό μικροδίκτυο, οι συσκευές που είναι εγκατεστημένες και αναφέρθηκαν τα όργανα τα οποία μας παρέχουν βοηθητικές ενδείξεις για τη λειτουργία του μικροδικτύου. Ακολούθησε η περιγραφή και ανάλυση των συστημάτων D.A.Q. ως προς τα είδη τους, τις εφαρμογές τους, τα επιμέρους στοιχεία τους και τα χαρακτηριστικά τους. Ακολούθως παρουσιάστηκε το σύστημα D.A.Q. που επιλέγει, αναφέρθηκαν τα επιμέρους στοιχεία του και επεξηγήθηκαν οι λόγοι οι οποίοι μας οδήγησαν στη επιλογή και στη αγορά του συγκεκριμένου συστήματος. Στη συνέχεια εγκαταστάθηκε το σύστημα D.A.Q. στο εργαστήριο και με τη βοήθεια του LABVIEW δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα το οποίο επιτυγχάνει καταγραφή και τη επεξεργασία των δεδομένων του εργαστηριακού μικροδικτύου και τελικά παρουσιάστηκαν τα παραπάνω δεδομένα.

Με το πέρας της διπλωματικής εργασίας καταλήξαμε σε πολύ σημαντικά συμπεράσματα σε σχέση πάντοτε με την εργαστηριακό μικροδίκτυο. Ένα σημαντικό συμπέρασμα είναι πως οι αντιστροφείς παράγουν αρμονικές κοντά στη διακοπτική τους συχνότητα οι οποίες εισέρχονται στο μικροδίκτυο. Επίσης το Sunny Island με εξαίρεση το mode RUN_I δρα αρνητικά ως προς το ρεύμα του μικροδικτύου μιας και παράγει αρμονικές, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα υπόλοιπα modes έχουμε έλεγχο της τάσης και της συχνότητας του δικτύου όχι όμως του ρεύματος. Η ποιότητα των ρευμάτων του μικροδικτύου είχε σχετικά μεγάλη διακύμανση ανάλογα με τη λειτουργία κάτι που δε συνέβη με τις τάσεις. Ακόμη σύνδεση με το δίκτυο έχει ως αποτέλεσμα την είσοδο αρμονικών στο μικροδίκτυο με μεγαλύτερη την πέμπτη. Η σύνδεση επίσης ενός μη γραμμικού φορτίου όπως οι λαμπτήρες φθορισμού παράγει επίσης αρμονικές κάτι το αναμενόμενο. Οι αντιστροφείς αυξάνουν την απόδοσή τους όσο η ισχύς τους είναι πιο κοντά στην ονομαστική αυτό φάνηκε ιδιαίτερα στο Sunny Island. Τέλος ο Sunny Boy κατάφερε σε όλες τις λειτουργίες να κρατήσει τον Σ.Ι. στην έξοδο του πολύ κοντά στο 1.

Στο μέλλον θα μπορούσε να γίνει επέκταση της εργασίας. Πρωτίστως θα μπορούσε να προστεθούν τερματικά στο Windy Boy έτσι ώστε να λαμβάνονται δεδομένα και στα σημεία μετά από αυτό. Επίσης μιας και τα κανάλια τις κάρτας είναι λιγότερα από τον αριθμό των τερματικών του μικροδικτύου και δεν μπορούν να λαμβάνονται τα δεδομένα όλων των ζυγών ταυτόχρονα, θα μπορούσε να αγοραστεί μία δεύτερη κάρτα μαζί με τον εξοπλισμό της καθώς και με νέους μεταλλάκτες. Η νέα κάρτα θα δουλεύει παράλληλα με την άλλη και με τροποποίηση του προγράμματος του LABVIEW θα μπορούν να μετρούνται όλα τα κανάλια ταυτόχρονα. Μάλιστα η δεύτερη κάρτα θα μπορούσε να είναι, κάποια φθηνότερη από την πρώτη με μικρότερο sampling rate (αρκεί να ανήκει στην ίδια ομάδα καρτών ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία) και σε αυτή να συνδεθούν οι ζυγοί για τους οποίους δεν έχουμε μεγάλες απαιτήσεις ως προς την ανάλυσή τους.

Τελικώς μπορούμε να πούμε πως τα αποτελέσματα της καταγραφής και επεξεργασίας των δεδομένων είναι ικανοποιητικά και με μία ενδεχόμενη μελλοντική επέκταση της εργασίας θα μπορούσαμε να έχουμε ακόμα περισσότερα δεδομένα για καταγραφή ανάλυση και παρουσίαση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A

DATASHEETS ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΩΝ

PRESENTATION

La sonde de tension différentielle DP 25 rend accessible les mesures flottantes pour tout oscilloscope et ceci en toute sécurité.

Elle convertit la haute tension différentielle d'entrée ($\leq 1300V$ crête) en basse tension ($\leq 6,5 V$) référencée à la terre pour visualisation sur l'oscilloscope.


La sortie BNC de la sonde est prévue pour fonctionner sur une entrée d'impédance $1 M\Omega$.

CARACTERISTIQUES

- **Bande passante :**
 - DC ... 25 MHz (- 3 dB)
 - DC ... 15 MHz (pour atténuation x 20)
- **Atténuation :** x 20, x 50 ou x 200
- **Précision :** $\pm 2 \%$
- **Gammes de tension d'entrée (DC + AC crête/crête)**
 - $\leq \pm 140 V$ pour x 20 (soit environ 50 V rms, ou DC)
 - $\leq \pm 350 V$ pour x 50 (soit environ 125 V rms, ou DC)
 - $\leq \pm 1300 V$ pour x 200 (soit environ 460 V rms, ou DC)
- **Tensions d'entrée maxi admissibles :**
 - tension maxi différentielle : 1000 V RMS
 - tension maxi entre chaque borne d'entrée et masse : 600 V RMS
- **Impédance d'entrée (INPUT) :**
 - différentielle : $4 M\Omega / 1,2 pF$
 - entre bornes et masse : $2 M\Omega / 2,3 pF$
- **Tension de sortie (OUTPUT) :** $\leq \pm 6,5 V$
- **Impédance de sortie :** $1 M\Omega$
- **Temps de montée :** 14 ns pour x 50 et x 200
23,4 ns pour x 20
- **Bruit :** $\leq 2 mV$ RMS
 $\leq 4 mV$ RMS pour x 20
- **Taux de réjection en mode commun :**
 - 60 Hz : $> 80 dB$
 - 100 Hz : $> 60 dB$
 - 1 MHz : $> 50 dB$
- **Alimentation :** 1 pile 9 V alcaline (type 6 LF 22)
ou alimentation extérieure 9 V ... (borne standard)
- **Consommation :** 35 mA maxi

■ Conditions climatiques d'utilisation :

	Référence	Utilisation	Stockage
Température	+20 ... +30°C	0 ... + 50 °C	-30 ... + 70 °C
Humidité relative	≤ 70 % HR	10 ... 85 % HR	10 ... 90% HR

- Dimensions et masse : 195 x 55 x 30 mm-250 g
- Sécurité électrique selon IEC 1010-1
 - double isolation. 
 - catégorie d'installation III
 - degré de pollution 2
 - tension assignée : 600 V RMS
- Marquage CE : conforme aux normes EN 50081-1 et EN 50082-1

PROCEDURE D UTILISATION

- Connecter les cordons sur l'entrée (INPUT) et placer les grip-fils sur le circuit à contrôler.
- Connecter la sonde à l'oscilloscope avec le cordon BNC/BNC isolé.
- Ajuster le réglage de zéro vertical de l'oscilloscope si nécessaire.
- Sélectionner le rapport d'atténuation * et la déviation verticale de l'oscilloscope selon le tableau de conversion ci-après.
 - *NB : le témoin « POWER » doit s'allumer.

Le tableau de conversion donne la déviation verticale réelle.

Atténuation	x 200	x 50	x 20
Gamme de tension d'entrée (DC +AC crête)	± 1300 V	± 350 V	± 140 V

Déviation verticale sur l'oscilloscope en V/div	Déviation réelle en V / div		
1	200	50	20
0,5	100	25	10
0,2	40	10	4
0,1	20	5	2
50 m	10	2,5	1
20 m	4	1	0,4
10 m	2	0,5	0,2
5 m	1	0,25	0,1
2 m	0,4	0,1	40 m

NB : La déviation verticale réelle en V/div est égale au facteur d'atténuation multiplié par le calibre de l'oscilloscope. Il sera doublé en cas d'utilisation d'une charge 50 Ω.

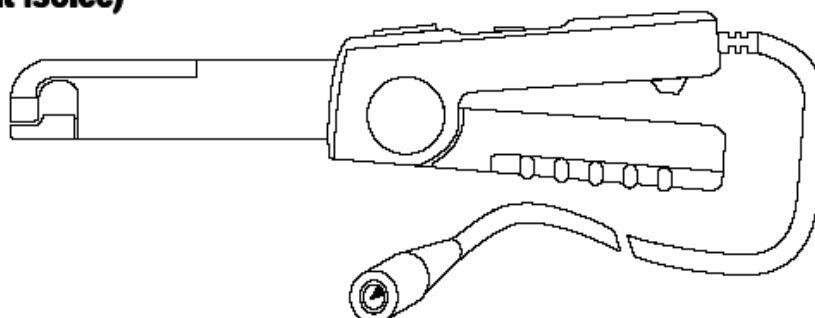
Exemple : Avec la sonde sur le facteur x 200, l'oscilloscope sur 0,5 V/div, la déviation verticale réelle est $200 \times 0,5 = 100$ V /div. Avec une charge 50 Ω sur l'entrée de l'oscilloscope la déviation devient 200 V/div.

Pince oscilloscope pour courant AC/DC

Modèle E3N (Sonde de courant isolée)

Série E

Courant	10 A crête	100 A crête
Sortie	100 mV/A	10 mV/A



■ Caractéristiques électriques

Signal de sortie :

en mV (1000 mV crête max)

Précision et déphasage (1) :

Calibre	100 mV/A	10 mV/A
Gamme de courant	50 mA...10 A crête	1 A...100 A crête
Précision en % du signal de sortie	3% ±5 mV	<ul style="list-style-type: none"> ■ 500 mA...40 A crête : 4% ±500 µV ■ 40...100 A crête : 15% max à 100 A
Gamme de fréquence	DC...100 kHz (-3 dB)	
Déphasage	DC...65 Hz : < 1,5°	DC...65 Hz : < 1°
Impédance de charge	≥ 1 MΩ et ≤ 100 pF	
Impédance d'insertion	0,01 Ω	
Bruit	6 mV	600 µV
Réponse sur transitoires	0,3 V/µs	20 mV/µs
Temps de montée ou de descente	3 µs	4 µs

Tension de service :

600 Vrms max

Tension de mode commun :

600 Vrms max

Influence des conducteurs adjacents :

< 0,2 mA/A AC

Influence de la position du conducteur dans les mâchoires :

0,5% de lecture à 1 kHz

Piles :

9 V alcaline (NEDA 1604A, IEC 6LR61)

Durée de vie :

55 heures typique

Consommation normale :

8,6 mA

Indication de niveau de pile :

LED verte quand > 6,5 V

Indication de surcharge :

La LED rouge indique un courant mesuré trop important par rapport au calibre utilisé

■ Caractéristiques mécaniques

Température de fonctionnement :

0° à +50°C

Température de stockage :

-30° à +80°C

Influence de la température :

< 0,2% par °C

Humidité relative de fonctionnement :

■ +10° à +30°C : 85 ±5% HR (sans condensation)

■ +40° à +50°C : 45 ±5% HR (sans condensation)

Altitude de fonctionnement :

0 à 2000 m

Capacité d'enserrage :

Ø 11,8 mm

Ajustement du zéro :

20 tours sur le potentiomètre

Hauteur de chute :

1 m sur réceptacle de 38 mm de chêne sur béton, test suivant IEC 1010

Protection contre les chocs :

100 g, suivant IEC 68-2-27

Tenue aux vibrations :

10/55/10 Hz, 0,15 mm test suivant IEC 68-2-6

Degré de protection de l'enveloppe :

IP20 suivant IEC 529

Auto-extinguibilité :

Boîtier : UL94 V2

Dimensions :

231 x 36 x 67 mm

Masse :

330 g avec les piles

Couleur :

Gris foncé

Sortie :

Câble coaxial de longueur 2 m terminé par 1 fiche BNC isolée

■ Caractéristiques de sécurité

Electrique :

600 V catégorie III, pollution : 2
300 V catégorie IV, pollution : 2

Compatibilité Electromagnétique (marquage CE) :

EN 50081-1 : classe B
EN 50082-2 :

- Décharge électrique IEC 1000-4-2
- Champ radial IEC 100-4-3
- Transitoires rapides IEC 1000-4-4
- Champ magnétique à 50/60 Hz IEC 1000-4-8

(1) Conditions de référence : 23°C ±5°K, 20 à 75% HR, 48 à 65 Hz, champ magnétique extérieur < 40 A/m, pas de conducteur proche parcouru par un courant, conducteur centré, impédance de charge 1 MΩ

Pour commander

Référence

Pince AC/DC modèle E3N pour oscilloscope, avec pile et notice de fonctionnement

P01.1200.43A

Caractéristiques techniques	MTX1032-C	MTX1032-B	MX9030-Z
PRESENTATION			
Boîtier	Type « Laboratoire » Utilisation indépendante ou associé mécaniquement aux oscilloscopes MTX		Type « Poing » avec dragonne Utilisation indépendante
Commandes face avant	Sélecteur(s) de rapport de tension Commutateur de mise hors tension des piles (MX9030-Z uniquement)		
Affichage	LED d'indication de mise sous tension		
ENTRÉES			
Nombre de voies	2 voies différentielles		1 voie différentielle
Types d'entrées	Connecteurs coaxiaux		Douilles bananes
Bande passante	50 MHz	30 MHz	30 MHz
Temps de montée	7 ns	11,7 ns	11,7 ns
Impédance par entrée	1 M Ω // 13 pF	1 M Ω // 6 pF	2 M Ω // 6pF
Tension d'entrée maximum	600 V / CAT II	600 V / CAT III	600 V / CAT IV
Rapports de tension	1/10 & 1/100		1/20 & 1/200
Plages de tension différentielle	1/10 = $\pm 0,1$ V à ± 40 V 1/100 = ± 1 V à ± 400 V		1/20 = $\pm 0,1$ V à ± 60 V 1/200 = ± 1 V à ± 600 V
Précision des atténuations (1kHz)	± 3 %		
Tension maximum de mode commun	1/10 = ± 50 V 1/100 = ± 600 V		1/20 = ± 100 V 1/200 = ± 600 V
Réjection de mode commun	80 dB à 50 Hz, 50 dB à 1 MHz		
Cordons de mesure fournis	2 BNC/Banane blindés amovibles 2,00 m environ	Jeu(x) de Cordons banane amovibles 1,10 m environ	
SORTIES COAXIALES			
Niveau maximum	± 4 V chargée par 1 M Ω		± 3 V chargée par 1 M Ω
Impédance de sortie	50 Ω		
Niveau de bruit	10 mVcc		
Offset résiduel	< 10 mV		
Câbles de sortie coaxiale	Câbles courts amovibles 20 cm environ		Câble fixe long 1,10 m env.
MODES D'UTILISATION			
Type d'Oscilloscope	Oscilloscope de Classe 1 exclusivement, relié à une terre de protection		
Utilisation avec câbles coaxiaux/banane	OUI	NON	NON
Utilisation avec jeu de cordons banane	NON	OUI	OUI clipsage à l'arrière du boîtier
Utilisation avec sondes d'Oscilloscopes	OUI	NON	NON
Spécifications générales			
Alimentation Secteur	230 VAC ± 10 % 50/60 Hz 300 V - CAT II		N/A
Alimentation par piles	N/A		1 pile 9 V (6LF22, 6LR61)
Consommation / Autonomie	Consommation < 5 W		Autonomie 18 h environ
Température de fonctionnement	de 0 à 50 °C		
Humidité relative	< 80 % jusqu'à 31 °C		
Indice de protection	IP 40		
Sécurité DBT	CEI 61010-1 (2001), Environnement : altitude < 2000 m - degré de pollution 2, Utilisation en intérieur		
CEM	NF EN 61326-1 (07/97) + A1 (10/98) + A2 (2001)		
Dimensions	270 x 250 x 63 mm	163 x 62 x 40 mm	
Poids	1,2 kg	195 g (avec pile)	
Garantie	2 ans		

Accessoires fournis :

MX9030-Z = 1 sonde mono-voie avec sortie sur câble BNC, 1 pile standard 9 V montée, 1 jeu de cordons banane PVC de 1,10 m (P01295237Z), 1 jeu de 2 pinces crocodile industrielles (P01101848), 1 jeu d'accessoires de fixation de la sonde différentielle à l'oscilloscope MTX (à l'intérieur du boîtier de sonde), 1 notice de fonctionnement 5 langues, conditionné sous blister.

MTX1032-C = 1 sonde 2 voies en boîtier « MTX Pack », 2 câbles BNC courts de 20 cm, 1 jeu de 2 câbles blindés BNC-banane de 2 m (AG0484), 2 grappe-fils crocodile pour sonde (HX0008), 1 cordon secteur européen, 1 jeu d'accessoires de fixation de la sonde différentielle à l'oscilloscope MTX (à l'intérieur du boîtier de sonde), 1 notice de fonctionnement 5 langues, conditionné sous carton imprimé avec cales.

MTX1032-B = 1 sonde 2 voies en boîtier « MTX Pack », 2 câbles BNC courts de 20cm, 2 Jeux de cordons banane PVC de 1,10 m (P01295237Z), 1 cordon secteur européen, 1 notice de fonctionnement 5 langues, conditionné sous carton imprimé avec cales.

Accessoires optionnels (pour MTX1032-C) :

HX0004 = Sonde de tension de sécurité, rapport 1/10, 250MHz, 1000V-CATIII / 600V-CATIII

HX0007 = Grappe-fil crochet pour sonde HX0003 ou HX0004

P01101848 = Jeu de 2 Pinces crocodile industrielles pour câbles BNC/banane

Marca : Chauvin-Arnoux

Ref. fabricante : PAC12

Disponibilidad : Entrega 1 semana

La corriente sonda la anchura de banda (los hertzios) :	10 kHz
Jaw opening :	1x diam.30 mm or 2x diam.24 mm
Tipo actual de la medida (AC/DC) :	AC DC
Corriente máxima de la medida (a) :	600 A DC, 400 A AC
Corriente máxima del pulso (a) :	2000A DC, 1000A AC
Subida Tiempo (s) :	70us(600A), 100us(60A)
Tipo de la salida (V/C) :	Voltage
Señal de salida :	600mV AC/DC
Cociente de la transformación (entrada-salida) :	1A / 10mV, 1A / 1mV
Exactitud de la punta de prueba (%) :	1.5%(1A/10mV), 2%(1A/1mV)
Longitud de cable (m) :	2 m
Nivel de seguridad :	CAT III CAT IV
Sobretensión de seguridad :	CAT_III 600V / CAT_IV 300V
Características adicionales :	-
El paquete incluye :	nc
Dimensionar (HxWxD) (milímetros) :	224x97x44 mm
Peso neto (kilogramo) :	440 g
Garantía estándar del fabricante (año) :	3 años

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

B

DATASHEETS ΚΑΡΤΑΣ D.A.Q.

PCI-6133

Multifunction DAQ

Specifications Summary

General	
Bus Type	PCI
OS Support	Windows, Linux, Real-Time
Product Family	S Series
Real-Time Compatible	Deterministic single-point control, Robust critical test
Triggering	Analog, Digital
Analog Input	
Number of Channels	8 SE/8 DI
Sample Rate	3 MS/s/ch
Resolution	14 bits
Simultaneous Sampling	Yes
Maximum Voltage Range	-10..10 V
Range Accuracy	4660 μ V
Range Sensitivity	432 μ V
Minimum Voltage Range	-1.25..1.25 V
Range Accuracy	740 μ V
Range Sensitivity	68.8 μ V
Number of Ranges	4

General	
On-Board Memory	64 MB
Analog Output	
Number of Channels	0
Digital I/O	
Number of Channels	8 DIO
Timing	Hardware timed (< 10 MHz)
Logic Levels	TTL
Maximum Input Range	0..5 V
Maximum Output Range	0..5 V
Input Current Flow	Sinking, Sourcing
Programmable Input Filters	No
Output Current Flow	Sinking, Sourcing
Current Drive (Channel/Total)	24 mA/192 mA
Watchdog Timer	No
Programmable Power-Up States	No
Handshaking I/O	No
Pattern I/O	Yes
Counter/Timers	
Number of Counter/Timers	2
Resolution	24 bits
Maximum Source Frequency	20 MHz

General	
Minimum Input Pulse Width	10 ns
Logic Levels	TTL
Maximum Range	0..5 V
Timebase Stability	100 ppm
GPS Synchronization	No
Pulse Generation	Yes
Buffered Operations	Yes
Debouncing/Glitch Removal	No
Number of DMA Channels	1
Physical Specifications	
Length	31.2 cm
Width	10.6 cm
I/O Connector	68-pin male SCSI-II type

Βιβλιογραφία

- 1) www.ni.com
- 2) MEASUREMENT and AUTOMATION 07 CATALOG NATIONAL INSTRUMENTS .
- 3) www.sma.de
- 4) Sunny Family 2006/2007 Catalog by SMA.
- 5) Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία Κ.ΚΑΓΚΑΡΑΚΗ .
- 6) Ηλεκτρικές Μετρήσεις Σ.Α.Πακίτη Δ.Νίνου ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΩΝ .
- 7) Εγκαταστάσεις Ανεμογεννητριών και Αιολικών Πάρκων Κ.Ε.Κ. Αγ Αναργύρων Σ.Μανιάς 2001 .
- 8) Signal Conditioning & PC-Based Data Acquisition Handbook by IOTECH.
- 9) Design World, October 2006.
- 10) POWER ELECTRONICS Converters , Applications and Design MOHAN / UNDERLAND / ROBINS .
- 11) SMA DVD Energy supply in remote regions .
- 12) Sunny Boy and Sunny Mini Central String Inverters for Photovoltaic Plants Preliminary Version SMA.
- 13) www.chauvin-arnoux.com
- 14) Isolated Current and Voltage Transducers Characteristics – Applications – Calculations published by LEM .
- 15) Sensors & Circuits: Sensors, Transducers, & Supporting Circuits For Electronic Instrumentation Measurement and Control Prentice Hall Professional Technical Reference Joseph J. Carr.
- 16) Electronic Test Instruments: Analog and Digital Measurements, 2nd Edition Prentice Hall Professional Technical Reference Robert A. Witte.
- 17) N.I. LABVIEW USERS MANUAL .
- 18) www.ecotec.gr
- 19) Introduction to Data Acquisition by National Instruments .
- 20) www.iotech.com
- 21) www.metrix.fr
- 22) DAQ Getting Started Guide .
- 23) BNC-2110 INSTALLATION GUIDE .
- 24) ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ Στέφανος Ν. Μανιάς , Αθανάσιος Καλετσάνος .
- 25) Sunny Boy Control and Control Plus User's Manual SMA .
- 26) WHISPER WIND GENERATORS MODEL H80HV Owner's Manual .
- 27) Διπλωματική εργασία «Εργαστηριακό μικροδίκτυο με φωτοβολταϊκή γεννήτρια και συσσωρευτές.» Κολοβού Πολυτίμη , Χάλαρης Χρήστος .