



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΤΡΩΣΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Ν. Ζακούλας

Καθηγητής : Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου

Αθήνα, Ιούλιος 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΤΡΩΣΙΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κωνσταντίνος Ν. Ζακούλας

Καθηγητής : Ιωάννη Αθ. Σταθόπουλος

Επιβλέποντες: Ιωάννης Φ. Γκόνος

Χρήστος Αθ. Χριστοδούλου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Ιουλίου 2010.

.....
Ιωάννης Αθ. Σταθόπουλος,
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Φραγκίσκος Β. Τοπαλής,
Καθηγητής ΕΜΠ

.....
Κ. Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2010

Κωνσταντίνος Ν. Ζακούλας
Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

Στον αδερφό μου

« αἰὲν ἀριστεύειν καὶ ὑπείροχον ἔμμεναι ἄλλων»

ομηρική φράση-Ιλ.Λ784

*Με αυτή την προτροπή ο Πηλέας ξεπροβόδησε το γιο του Αχιλλέα
που ἔφευγε για τον Τρωικό πόλεμο, όπου ἔμελλε να δοξαστεῖ
ἀλλά και να πεθάνει*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρείται η οργάνωση και η πραγματοποίηση με τρόπο αυτοματοποιημένο, εργαστηριακών διακριβώσεων που αφορούν στον τομέα της ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας. Σε αυτό το πλαίσιο, γίνεται μελέτη και αξιοποίηση του προγράμματος LabView της εταιρίας National Instruments, προκειμένου να καταστεί η τέλεση δοκιμών, μια διαδικασία εύχρηστη, απόλυτα αυτοματοποιημένη και ελεγχόμενη μέσω Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, αφού περιγραφεί η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας παρουσιάζεται η έννοια και η χρησιμότητα της διαδικασίας διακρίβωσης. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το περιβάλλον υλοποίησης LabView με τα βασικά του χαρακτηριστικά. Ακολούθως παρουσιάζονται εκτενώς όλα τα προγράμματα που υλοποιήθηκαν με σκοπό την αυτοματοποίηση των δοκιμών, με κυρίαρχο βεβαίως το πρόγραμμα ελέγχου του παλμογράφου. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι έχει γίνει λεπτομερής ανάλυση της διαδικασίας δημιουργίας των απαραίτητων προγραμμάτων, ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να κατανοήσει και να αξιοποιήσει πλήρως τη σχεδίαση που υλοποιήθηκε.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές, ΕΛΟΤ, πρότυπο EN 61000-4-4, πρότυπο EN 61000-4-5, δοκιμές ατρωσίας, γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα, απότομες εκφορτίσεις, LabView.

ABSTRACT

In the present diploma thesis they are attempted, in an automated way, the organisation and the implementation of calibration tests that concern the field of electromagnetic immunity. According to this, we use the program LabView, developed by National Instruments company, so that the testing procedure becomes a process functional, absolutely automated and controlled via Computer. At first we describe the significance of electromagnetic compatibility, and we present the usefulness of the calibrating process. Then the LabView programming environment is presented along with its basic characteristics. Afterwards all the programs that were developed aiming at the automation of the tests, are presented extensively, with most important of course, the program that controls the oscilloscope. Finally we should mention that there is a circumstantial analysis of the essential programs, so that the reader can completely comprehend and turn to account the design that was carried out.

KEYWORDS

Electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, EAOT, standard EN 61000-4-4, standard EN 61000-4-5, immunity testing, electrical fast transients, surge, burst, LabView.

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Πρόλογος	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	14
1.1 Εισαγωγή	14
1.2 Ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και πηγές	16
1.3 Τρόποι σύζευξης EMC	20
1.4 Δέκτες και αποφυγή διαταραχών	27
1.5 Εγκαταστάσεις - Δοκιμές EMC	30
1.6 Ηλεκτροστατική εκφόρτιση (E.S.D.)	32
1.7 EMC και τηλεπικοινωνίες	35
1.8 Πρότυπα, εγκαταστάσεις δοκιμής και δοκιμές	37
1.8.1 Πρότυπα	37
1.8.2 Εγκαταστάσεις δοκιμής	39
1.8.3 Δοκιμές	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	48
2.1 Εισαγωγή	48
2.2 Γενικά στοιχεία - Ορισμοί	49
2.2.1 Μέτρηση	49
2.2.2 Διακρίβωση Οργάνου	49
2.2.3 Επαλήθευση οργάνου	49
2.2.4 Ιχνηλασιμότητα	49
2.2.5 Αβεβαιότητα μέτρησης	50
2.3 Η Διαδικασία της Διακρίβωσης	51
2.4 Καταγραφή Μετρήσεων	52
2.5 Προγραμματισμός Διακρίβωσης	53
2.6 Αρίθμηση και Καταμέτρηση των Συσκευών	53
2.7 Απαραίτητα Στοιχεία Πιστοποιητικού Διακρίβωσης	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	55
3.1 Γενικά Στοιχεία	55
3.2 Εισαγωγή στα VI	56
3.3 Τα κυριότερα στοιχεία του LabVIEW	61
3.3.1 Τα κυριότερα στοιχεία του Block Diagram	61
3.3.1.1 While Loop	61
3.3.1.2 For Loop	61
3.3.1.3 Shift Registers	62
3.3.1.4 Case Structure	62
3.3.1.5 Sequence Structure	63
3.3.1.6 Formula Node	64
3.3.2 Τα κυριότερα στοιχεία του Front Panel	65
3.3.2.1 Charts and Graphs	65
3.3.2.2 Arrays	65
3.3.2.3 Clusters	66
3.4 Έλεγχος οργάνων με τη χρήση του LabVIEW	67
3.5 Δικτύωση με τη χρήση του LabVIEW	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	69
4.1 Γενικά	69
4.2 Front Panel	70
4.3 Block Diagram	82

4.3.1 Τμήμα 1 ^ο	83
4.3.2 Τμήμα 2 ^ο	87
4.3.3 Τμήμα 3 ^ο	94
4.3.4 Τμήμα 4 ^ο	98
4.3.5 Τμήμα 5 ^ο	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	103
5.1 Προγράμματα Καθοδήγησης του Χρήστη για τη Διεξαγωγή των Διακρίβωσεων.....	103
5.1.1 OD 072-105-Morfi Tasis.vi.....	107
5.2 Προγράμματα Υπολογισμού Μεγεθών Απαραίτητων για τη Διακρίβωση των Οργάνων.....	113
5.2.1 Υπολογισμός Th σε κυματομορφή Τάσης	115
5.3 Προγράμματα Επεξεργασίας των Μετρήσεων και Διακρίβωσης των Οργάνων.....	119
5.3.1 Πρόγραμμα για τη Διακρίβωση της Μορφής της Τάσης.....	120
5.3.1.1 Έλεγχος Τάσης Ανοιχτού κύκλωσης (Up Check).....	122
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Παράδειγμα Πιστοποιητικού Διακρίβωσης.....	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Τεχνικές Οδηγίες Διακρίβωσης Εξοπλισμού	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: Φωτογραφίες του εξοπλισμού ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας του εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του ΕΜΠ.....	150
Βιβλιογραφία.....	155

Το θέμα αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη λογισμικού αυτοματοποίησης διαδικασιών διακρίβωσης εξοπλισμού ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας.

Στο **Κεφάλαιο 1** αναφέρεται η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας και των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών. Περιγράφεται αναλυτικά από πού προκύπτουν αυτές, ποια μέρη του εξοπλισμού επηρεάζουν και με ποιους τρόπους. Εξετάζονται τα προβλήματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας που αντιμετωπίζονται στις τηλεπικοινωνίες και στην ενέργεια. Ακόμα περιγράφονται τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν ώστε να εξαλειφθούν τα προβλήματα που προκαλούνται λόγω των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών.

Στο **Κεφάλαιο 2** παρουσιάζεται η έννοια της διακρίβωσης, μιας διαδικασίας απαραίτητης για την εξασφάλιση της ποιότητας των οργάνων και των μετρήσεων. Γίνεται σύντομη αναφορά στις έννοιες της ιχνηλασίας και της αβεβαιότητας ενώ περιγράφονται λεπτομερώς τα είδη και οι ιδιαιτερότητες των διαδικασιών διακρίβωσης.

Στο **Κεφάλαιο 3** γίνεται μια εισαγωγή και παρουσίαση του προγραμματιστικού περιβάλλοντος LabView της National Instruments. Περιγράφονται τα βασικά του χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα που το καθιστούν ένα πανίσχυρο λογισμικό σχεδίασης καθώς και όλες οι σημαντικές δομές προγραμματισμού που αξιοποιεί.

Στο **Κεφάλαιο 4** αναλύεται το πρόγραμμα ελέγχου του παλμογράφου TDS 3052. Παρουσιάζεται η οθόνη ελέγχου του προγράμματος (Front Panel) με όλες τις δυνατότητες που περιλαμβάνει, αλλά και το αντίστοιχο Block Diagram με βάση το οποίο εξηγείται αναλυτικά όλη η διαδικασία προγραμματισμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάλυση της εν λόγω υλοποίησης γίνεται σε πέντε στάδια ώστε να εξεταστεί κάθε πτυχή της σε βάθος.

Στο **Κεφάλαιο 5** περιγράφονται αναλυτικά τα υπόλοιπα προγράμματα που αυτοματοποιούν τη συνολική διαδικασία διακρίβωσης και εξετάζουν την καταλληλότητα του εκάστοτε οργάνου που μελετάται. Πρόκειται δηλαδή για τα προγράμματα που καθοδηγούν το διεξάγοντα τη διακρίβωση, ελέγχουν την εγκυρότητα των μετρήσεων και τελικά αποφαινόνται για την ορθότητα τους.

Στο τέλος παρατίθεται μια σειρά παραρτημάτων που διευκολύνουν την κατανόηση των θεμάτων που πραγματεύεται η διπλωματική καθώς παρουσιάζουν τις τεχνικές οδηγίες που ακολουθούνται για την τέλεση των δοκιμών, τις διατάξεις και τα όργανα του εργαστηρίου κτλ.

Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά:

Τον κ. Ιωάννη Αθ. Σταθόπουλο, Καθηγητή του Τομέα Ηλεκτρικής Ισχύος του Ε.Μ.Π. για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τον κ. Ιωάννη Φ. Γκόνο, Διδάκτορα Ηλεκτρολόγο Μηχανικό Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη καθοδήγηση του, την ουσιαστική βοήθεια του, το χρόνο που διέθεσε και την άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Τον κ. Χριστοδούλου Αθ. Χρήστο, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό και Μηχανικό Υπολογιστών Ε.Μ.Π. και Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π., για τη πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές που μου προσέφερε.

Εισαγωγή στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα

1.1 Εισαγωγή

Ο εξοπλισμός και τα συστήματα είτε υπόκεινται είτε προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές με διάφορους τρόπους. Είτε μέσω της σύνδεσης κατά μήκος των συρμάτων ή των καλωδίων, είτε μέσω της ακτινοβολίας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Έτσι κάθε ηλεκτροτεχνικός εξοπλισμός μπορεί να είναι δέκτης και γεννήτρια ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί σωστά ο ίδιος ή ακόμα και να προκαλεί δυσλειτουργίες σε άλλους εξοπλισμούς.

Λόγω των παραπάνω ανεπιθύμητων φαινομένων έχει εισαχθεί η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electromagnetic Compatibility, EMC). Σύμφωνα με το διεθνή ηλεκτροτεχνικό λεξιλόγιο IEC 61000-1, EMC είναι η ικανότητα μιας συσκευής ή ενός συστήματος να λειτουργεί ικανοποιητικά στο ηλεκτρομαγνητικό του περιβάλλον χωρίς την εισαγωγή μη ανεχτικών ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών σε οτιδήποτε βρίσκεται σε εκείνο το περιβάλλον. Έτσι το EMC θέτει περιορισμούς που στοχεύουν στη βελτίωση και συνύπαρξη των εξοπλισμών και των συστημάτων που μπορούν να εκπέμψουν ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και να είναι παράλληλα ευαίσθητοι σε αυτές.

Τα τελευταία χρόνια η έννοια της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας είναι πιο σημαντική από ποτέ. Αυτό γιατί οι διαταραχές γίνονται όλο και μεγαλύτερες με την αύξηση των τιμών της τάσης και του ρεύματος, τα ηλεκτρονικά κυκλώματα γίνονται όλο και πιο ευαίσθητα και οι αποστάσεις μεταξύ των ευαίσθητων κυκλωμάτων (συχνά ηλεκτρονικών) και των κυκλωμάτων που προκαλούν διαταραχές (συχνά κυκλώματα ισχύος) γίνονται όλο και μικρότερες. Λόγω της αυξημένης σημασίας των EMC, πολλά κράτη έχουν νομοθετήσει για την εκπομπή και την ανοχή των συσκευών και των εξοπλισμών όσον αφορά τις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές, όπως επίσης για τη συνύπαρξη αυτών.

Για όλους τους ηλεκτροτεχνικούς εξοπλισμούς, το EMC πρέπει να λαμβάνεται υπόψη από το αρχικό στάδιο σχεδίασης μέχρι την κατασκευή και εγκατάσταση. Αυτό σημαίνει ότι όλοι όσοι εμπλέκονται, από τους μηχανικούς και αρχιτέκτονες που σχεδιάζουν ένα κτήριο μέχρι τους τεχνικούς που καλωδιώνουν ηλεκτρικούς θαλάμους, συμπεριλαμβανομένων τους ειδικούς που σχεδιάζουν τα δίκτυα των κτηρίων και το προσωπικό που τα εγκαθιστά, πρέπει να συμμορφώνονται

με το EMC, που στοχεύει στην «ειρηνική» συνύπαρξη των ευαίσθητων συσκευών στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές με τον εξοπλισμό που εκπέμπει τέτοιες διαταραχές.

Οποιαδήποτε εξέταση του EMC εμπεριέχει την ανάλυση ενός συστήματος τριών συνιστωσών:

- τη γεννήτρια (ή πηγή διαταραχής),
- τη διάδοση (ή σύζευξη),
- τη συσκευή (ή το σύστημα) που επηρεάζεται (αλλιώς δέκτης).

Ακριβολογώντας, αυτές οι τρεις συνιστώσες δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους αλλά για πρακτικούς λόγους θεωρούνται ότι είναι.

Η θεωρητική ανάλυση είναι δύσκολη επειδή έχει να κάνει με τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που περιγράφονται από τις εξισώσεις Maxwell. Κατά γενική ομολογία, δεν μπορούν να λυθούν για να αποδώσουν μια αναλυτική λύση για πραγματικές συσκευές και διαστάσεις. Ακόμη και με ισχυρά υπολογιστικά συστήματα, μια αριθμητική λύση είναι συχνά εξαιρετικά δύσκολη. Επομένως στην πράξη, τα προβλήματα EMC πρέπει να λύνονται μέσω απλουστευμένων υποθέσεων, με τη χρήση προτύπων και σε ειδικά πειράματα παίρνοντας μετρήσεις.

Ακολουθεί η εξήγηση σχετικών εννοιών, σύμφωνα με το διεθνές ηλεκτροτεχνικό λεξιλόγιο.

- (Ηλεκτρομαγνητικό) επίπεδο συμβατότητας: Το διευκρινισμένο μέγιστο επίπεδο διαταραχής στο οποίο μια συσκευή, ένας εξοπλισμός ή ένα σύστημα που λειτουργεί σε συγκεκριμένες συνθήκες είναι πιθανό να υποβληθεί. Στην πράξη το ηλεκτρομαγνητικό επίπεδο συμβατότητας δεν είναι ένα απόλυτο μέγιστο επίπεδο αλλά μπορεί να ξεπεραστεί από μια μικρή πιθανότητα.

- (Ηλεκτρομαγνητική) διαταραχή: Οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο που μπορεί να μειώσει την απόδοση μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ενός συστήματος, ή να έχει επιπτώσεις στη ζωή ή στην αδράνεια του υλικού. Μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή μπορεί να είναι ένας ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος, ένα ανεπιθύμητο σήμα ή μια αλλαγή στο μέσο διάδοσης.

- (Ηλεκτρομαγνητική) ευαισθησία: Η ανικανότητα μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ενός συστήματος να αποδώσει κανονικά με την παρουσία μιας ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής.

- Επίπεδο διαταραχής: Το επίπεδο ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής μιας δοσμένης μορφής, μετρημένο σε συγκεκριμένες συνθήκες.

- Όριο διαταραχής: Το μέγιστο επιτρεπτό ηλεκτρομαγνητικό επίπεδο διαταραχής, μετρημένο σε συγκεκριμένες συνθήκες.

- Επίπεδο ανοσίας: Το ανώτατο επίπεδο μιας δοσμένης ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής σε μια συγκεκριμένη συσκευή, εξοπλισμό ή σύστημα το οποίο συνεχίζει να λειτουργεί με έναν απαιτούμενο βαθμό απόδοσης.

- Decibel: Το decibel είναι μια μονάδα της ηχοπίεσης που χρησιμοποιείται για να εκφράσει το λόγο πλατών σύμφωνα με:

$$X/X_0 \text{ (dB@)} = 20 \log_{10} X/X_0$$

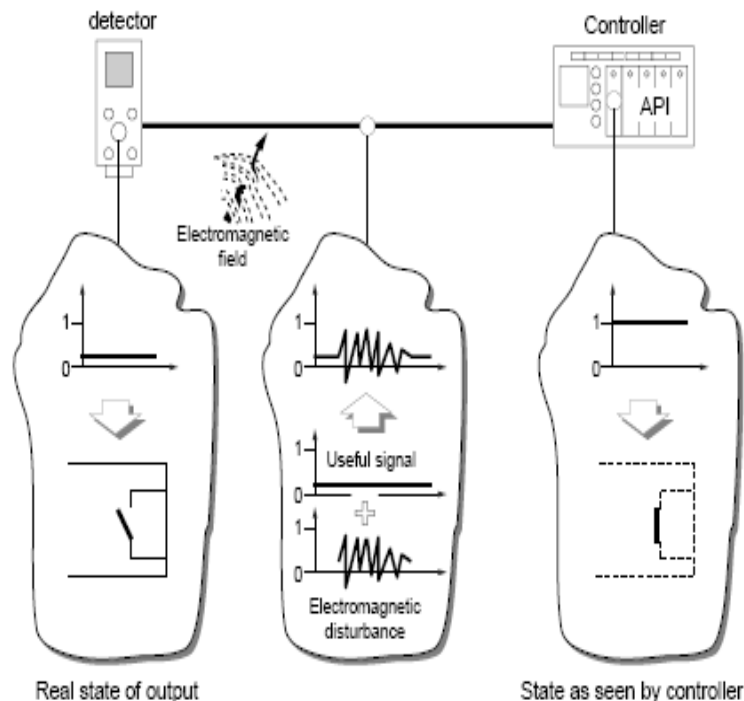
όπου X: μετρημένο πλάτος

X₀: πλάτος αναφοράς

@: μονάδα μέτρησης για το X και X₀.

1.2 Ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές και πηγές

Λέγοντας ηλεκτρομαγνητική διαταραχή (electromagnetic disturbance) εννοούμε κάθε ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο που βλάπτει τη λειτουργία μιας συσκευής, ενός εξοπλισμού ή ενός συστήματος κλπ. Αυτή μπορεί να είναι ένας ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος, ένα ανεπιθύμητο σήμα ή μια αλλαγή στο μέσο διάδοσης. Στο σχήμα 1-1 βλέπουμε το ρόλο που παίζει η ηλεκτρομαγνητική διαταραχή στον έλεγχο ενός συστήματος. Ενώ η πραγματική κατάσταση της εξόδου σύμφωνα με τον ανιχνευτή (detector) είναι ανοιχτή, ο ελεγκτής (controller) την αντιλαμβάνεται κλειστή.



Σχήμα 1-1: Παράδειγμα απόκλισης της κατάστασης που βρίσκεται ένας ελεγκτής από έναν ανιχνευτή σε σύστημα ελέγχου, λόγω της ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής

Κύριο αίτιο των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών είναι η διανομή ηλεκτρικής ισχύος, τα ράδιο κύματα, η ηλεκτροστατική εκφόρτιση και οι κεραυνοί.

Στη διανομή ηλεκτρικής ισχύος, ένας μεγάλος αριθμός διαταραχών δημιουργείται από τις λειτουργίες κυκλωμάτων μεταγωγής. Σε περιοχές χαμηλών τάσεων, το άνοιγμα επαγωγικών κυκλωμάτων, όπως είναι τα πηνία επαφών, οι κινητήρες, οι σωληνοειδείς βαλβίδες κλπ, παράγουν πολύ υψηλές τάσεις (μέχρι αρκετά kV) που περιέχουν υψηλής συχνότητας αρμονικές (από δέκα ως εκατοντάδες MHz). Σε περιοχές μέσης και υψηλής τάσης, το άνοιγμα και το κλείσιμο των διακοπών παράγουν κύματα με ένα πολύ γρήγορο ρυθμό ανόδου (μερικά nsec). Αυτά τα κύματα είναι ιδιαίτερα επιβλαβή σε μικροεπεξεργαστικά συστήματα.

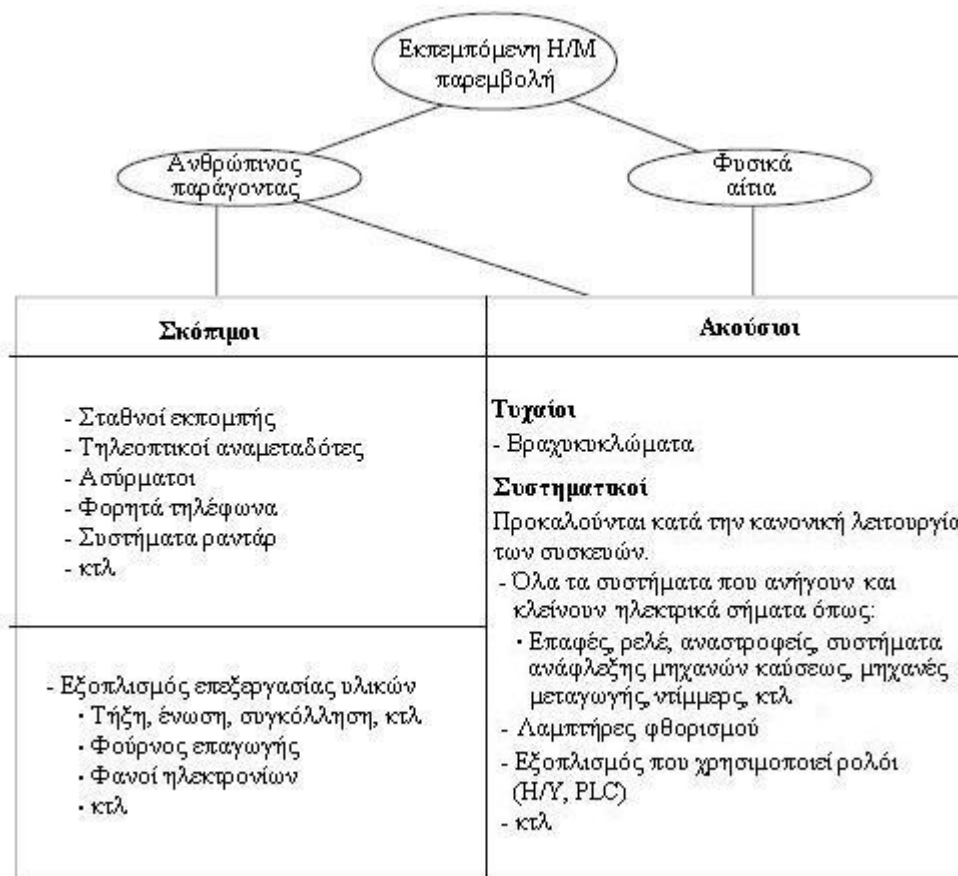
Τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από συστήματα μακρινού ελέγχου, τηλεχειριστήρια, ραδιοεπικοινωνίες, τηλεοπτικές συσκευές, τα walkie-talkies κλπ, αποτελούν πηγές διαταραχών της τάξης αρκετών V/m. Όλοι αυτοί οι εκπομποί διαταραχής χρησιμοποιούνται σήμερα όλο και περισσότερο και επομένως είναι απαραίτητο να παρέχεται στον ευαίσθητο εξοπλισμό αποτελεσματική προστασία.

Πολλές φορές μεταξύ ενός φορτισμένου σώματος και ενός ηλεκτρονικού εξοπλισμού αναπτύσσεται εκφόρτιση με έναν πολύ γρήγορο χρόνο ανόδου (αρκετά nsec), η οποία εισέρχεται στη συσκευή μέσω επαφής ή ακτινοβολίας, παράγοντας μια σημαντική διαταραχή. Σε επόμενη παράγραφο θα περιγραφεί εκτενέστερα η ηλεκτροστατική εκφόρτιση στα EMC.

Οποιαδήποτε συσκευή ή φυσικό-ηλεκτρικό φαινόμενο εκπέμπει μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή, είτε μέσω αγωγού είτε μέσω ακτινοβολίας, καλείται πηγή (source). Στο σχήμα 1-2 βλέπουμε τις πηγές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, που οφείλονται σε ανθρώπινο παράγοντα και σε φυσικά αίτια.

Ο προσδιορισμός της πηγής είναι βασικός αφού ο τύπος της θα καθορίσει ποιες από τις λύσεις που ακολουθούν πρέπει να ληφθούν για την αντιμετώπισή της:

- Οριοθέτηση των διαταραχών που παράγονται (π.χ. σε έναν αγωγό, εγκαθιστώντας μια βαθμίδα RC, που καταστέλλει παρεμβολές, παράλληλα στο AC πηνίο, ή μια δίοδο στο DC πηνίο).
- Αποφυγή ενδοσυζεύξεων (δηλαδή φυσικών διαχωρισμών μεταξύ δύο ασυμβάτων στοιχείων).
- Απευαισθητοποίηση πιθανών δεκτών (π.χ. χρησιμοποιώντας θωράκιση).



Σχήμα 1-2: Πηγές ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών χωρισμένα σε ανθρώπινο παράγοντα και φυσικά αίτια.

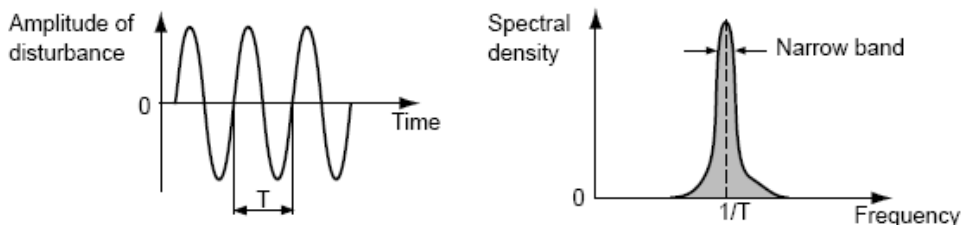
Οι πηγές μπορεί να είναι χρήσιμες, δηλαδή να εξυπηρετούν κάποιο σκοπό όπως οι ραδιοπομποί, ή όχι. Όμως γενικά διακρίνονται με βάση τα χαρακτηριστικά των διαταραχών που παράγουν. Αυτά είναι το φάσμα, η κυματομορφή (χρόνος ανόδου ή περιβάλλουσα του φάσματος), το πλάτος και η ενέργεια.

Το φάσμα, δηλαδή η περιοχή συχνότητας που καλύπτεται από τη διαταραχή μπορεί να είναι πολύ μικρό, όπως στην περίπτωση των κινητών τηλεφώνων, ή πολύ μεγάλο, όπως στα ηλεκτρικά τόξα κλιβάνων. Στο σχήμα 1-3 υπάρχουν δυο τέτοια παραδείγματα. Στο πρώτο φαίνεται το φάσμα διαταραχής από ραδιοκύματα που είναι μικρό, ενώ στο δεύτερο από κεραυνό που είναι μεγάλο. Μάλιστα στην τελευταία περίπτωση, που η διαταραχή έχει μορφή παλμού, καλύπτει ένα ιδιαίτερα μεγάλο φάσμα, μέχρι 100 MHz ή και παραπάνω. Τέτοιου είδους διαταραχές προέρχονται σχεδόν αποκλειστικά από πηγές όπως:

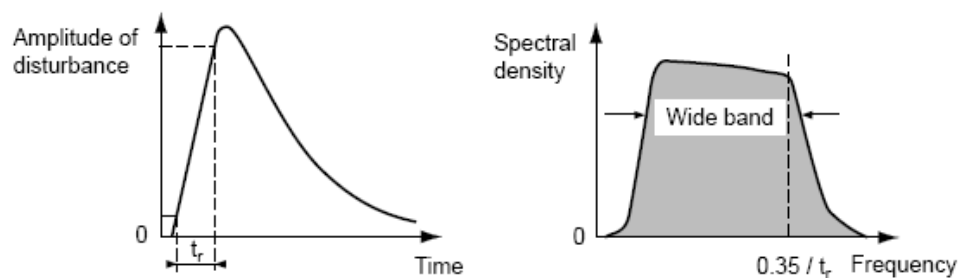
- ηλεκτροστατική εκφόρτιση,
- διακοπτόμενοι ηλεκτρονόμοι, διακόπτες, επαφές, διακόπτες και κυκλώματα διακοπών για περιοχές χαμηλής, μέσης και υψηλής

- τάσης,
- κεραυνοί,
- πυρηνικοί ηλεκτρομαγνητικοί παλμοί (μια ειδική περιοχή).

Radio wave



Indirect lightning effect



Σχήμα 1-3: Παράδειγμα φάσματος διαταραχής από ραδιοκύματα και κεραυνό.

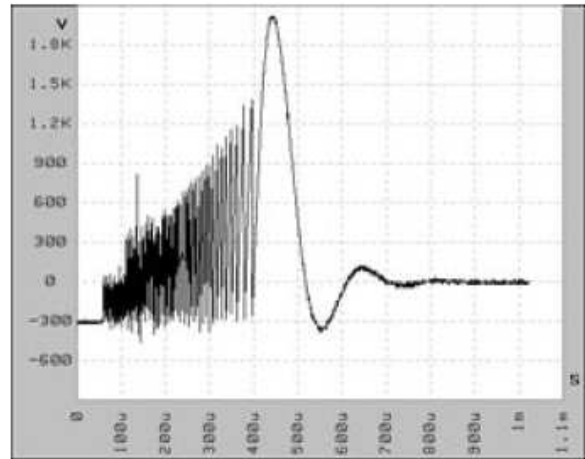
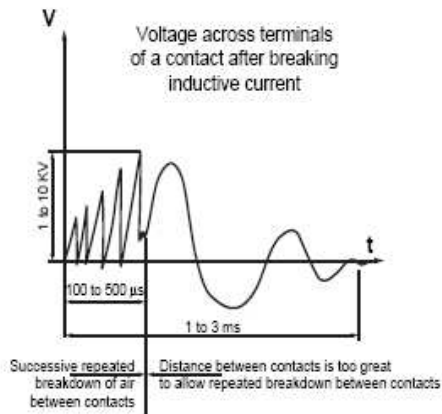
Η κυματομορφή περιγράφει τα χαρακτηριστικά της διαταραχής σε συνάρτηση με τον χρόνο. Αυτή μπορεί, παραδείγματος χάριν, να είναι ένα αποσβαινών ημιτονικό κύμα ή μια διπλή εκθετική συνάρτηση. Περιγράφεται από τον χρόνο ανόδου t_r και την ισοδύναμη συχνότητα $0,35/t_r$ ή απλά, για τα σήματα περιορισμένης ζώνης, από τη συχνότητα διαταραχής ή από το μήκος κύματος λ που συνδέεται με την συχνότητα από την σχέση $\lambda = c/f$, όπου το c είναι η ταχύτητα του φωτός που ισούται με 3×10^8 m/s.

Το πλάτος είναι η μέγιστη τιμή που φθάνει το σήμα από άποψη τάσης (V), ηλεκτρικού πεδίου (V/m), κλπ.

Η συνολική ενέργεια δίνεται από το ολοκλήρωμα της στιγμιαίας ενέργειας της διαταραχής κατά τη διάρκεια του χρόνου (Joules). Σε υψηλές συχνότητες η ακτινοβολούμενη ενέργεια είναι γενικά μικρή και έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία των κοντινών εξοπλισμών, ενώ σε χαμηλές συχνότητες μπορεί να είναι μεγάλη με αποτέλεσμα πέρα από τη δυσλειτουργία να υπάρξει και καταστροφή των συνδεδεμένων συσκευών.

Οι διαταραχές, που προκαλούν συσκευές που είναι σχεδιασμένες να πραγματοποιούν διακοπές σε ένα ή περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα μέσω χωριστών επαφών, εξαρτώνται από τη φύση του φορτίων. Αν το φορτίο είναι ωμικό η διαταραχή είναι από πολύ μικρή μέχρι μηδενική. Στην περίπτωση που είναι επαγωγικό, όπως τα φρένα, η σωληνοειδής

λυχνία κλπ, δεν παράγεται διαταραχή μόνο στην περίπτωση που οι συνθήκες κατάστασης είναι σταθερές. Στην περίπτωση επαγωγικού κυκλώματος (σχήμα 1-4), όταν ανοίγει ο διακόπτης, κατά μήκος του ακροδέκτη επαφής δημιουργείται υπέρταση που προκαλεί μια σειρά διασπάσεων του διηλεκτρικού. Επίσης έχουμε αποσβενόμενη ταλάντωση στην ιδιοσυχνότητα.



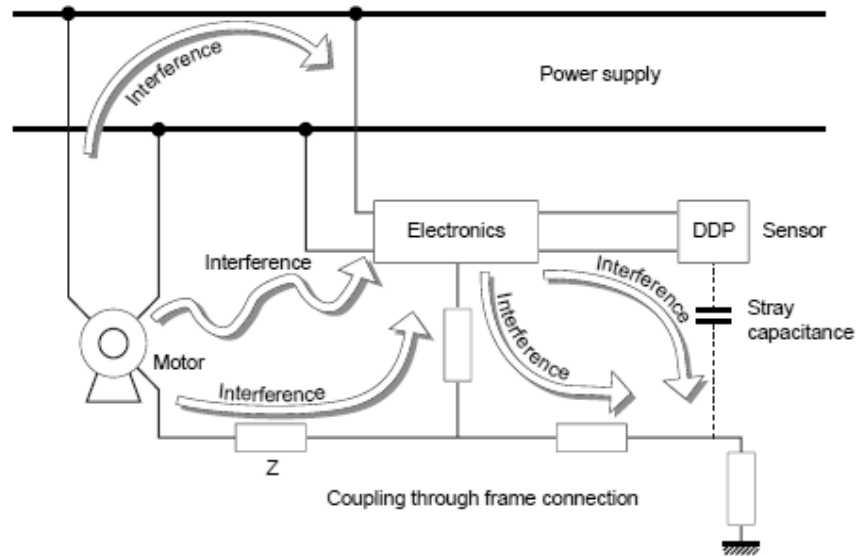
Contactor cutoff, 9A_{rms} without peak limiting

Σχήμα 1-4: Απόκριση της τάσης με τον χρόνο με το άνοιγμα του διακόπτη σε επαγωγικό κύκλωμα.

1.3 Τρόποι σύζευξης EMC

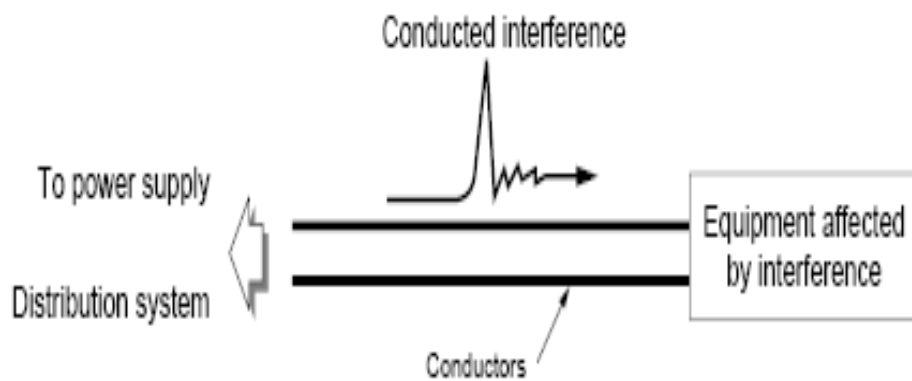
Ο όρος σύζευξη αναφέρεται στη σύνδεση, τη μεταφορά ή τη μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών από τον πομπό σε ευαίσθητες συσκευές. Στο σχήμα 1-5 βλέπουμε διάφορους τρόπους μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, από έναν κινητήρα στην παροχή ισχύος και στα ηλεκτρονικά συστήματα και από τα ηλεκτρονικά συστήματα σε επιμέρους τμήματα του κυκλώματος και στο φορτίο. Η σύζευξη εκφράζεται από τις τιμές του συντελεστή σύζευξης K , που έχει μονάδες dB. Ο συντελεστής αυτός δείχνει πόσο μπορεί να επηρεάσει η διαταραχή, που μεταδίδει μια πηγή, τον πιθανό δέκτη. Δίνεται από την σχέση: $K = 20 \log A(\text{λαμβανόμενο})/A(\text{μεταδιδόμενο})$, όπου A το πλάτος της διαταραχής που παράγει η πηγή. Ο συντελεστής K είναι σημαντικός όταν η μεταφορά των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών είναι ανάλογη προς τη συχνότητα, πράγμα που συμβαίνει συχνά στην πράξη. Γενικά διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τρόποι σύζευξης:

- Κοινός και διαφορικός τρόπος σύζευξης μέσω αγωγού.
- Κοινή σύζευξη εμπέδησης.
- Διαφορικός τρόπος σύζευξης μέσω ακτινοβολίας ή crosstalk.



Σχήμα 1-5: Τρόποι μετάδοσης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών.

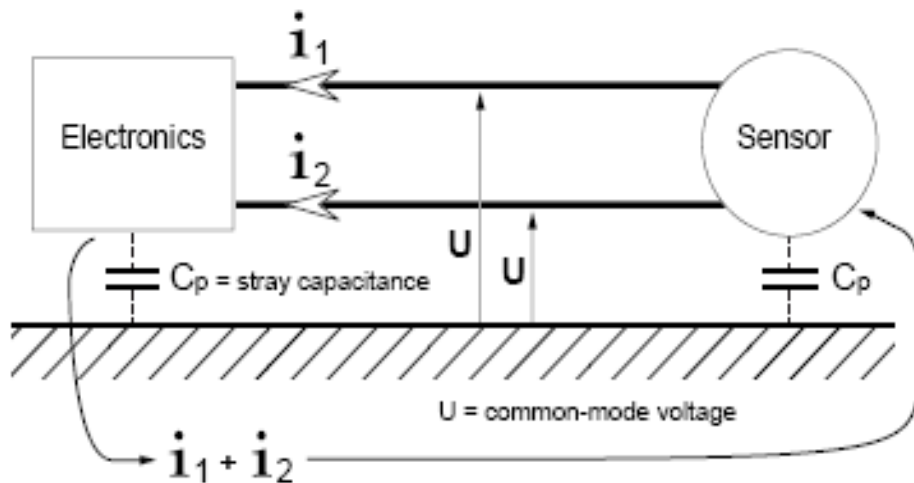
Μια διαταραχή μπορεί να διαδοθεί κατά μήκος ενός κυκλώματος δυο καλωδίων. Αυτός ο τύπος σύζευξης καλείται αγωγήμη σύζευξη. Επομένως η διαταραχή σε αυτού του είδους τις περιπτώσεις μπορεί να μεταδοθεί μέσω εσωτερικών γραμμών παροχής ισχύος ή συστημάτων διανομής, συρμάτων ελέγχου, γραμμών μεταφοράς δεδομένων, διαύλων, καλωδίων γείωσης, κατανεμημένων χωρητικοτήτων κλπ. Ένα παράδειγμα σύζευξης σε αγωγό βλέπουμε στο σχήμα 1-6, όπου ένα σύστημα διανομής ισχύος επιδρά αρνητικά σε έναν ευαίσθητο εξοπλισμό. Υπάρχουν δύο τρόποι αγωγήμης σύζευξης. Ο κοινός και ο διαφορικός.



Σχήμα 1-6: Γενικό παράδειγμα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής μέσω αγωγών.

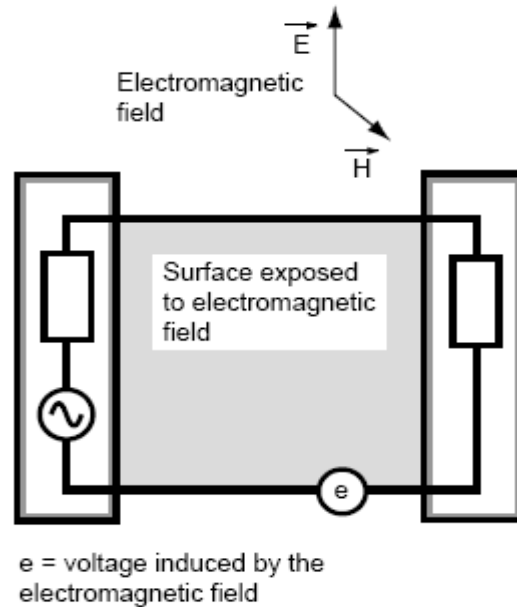
Ο κοινός τρόπος σύζευξης μέσω αγωγού παράγει τάση ή ρεύμα διαταραχής κοινού τρόπου. Η τάση διαταραχής κοινού τρόπου, όπως βλέπουμε στο σχήμα 1-7, είναι η τάση των αγωγών με σημείο αναφοράς το σασί ή την γείωση και έχει επιπτώσεις σε όλους τους ενεργούς αγωγούς.

Έτσι στα ηλεκτρικά συστήματα οι δοκιμές σε διακόπτες κυκλωμάτων χαμηλής τάσης γίνονται μεταξύ της γείωσης και όλων των φάσεων. Το ρεύμα κοινού τρόπου είναι το ρεύμα που διαρρέει όλους τους ενεργούς αγωγούς κατά την ίδια κατεύθυνση. Στο σχήμα 1-7 παρατηρούμε ότι το ρεύμα επιστρέφει μέσω της κατανεμημένης χωρητικότητας. Παράδειγμα ρεύματος κοινού τρόπου είναι το ρεύμα που δημιουργείται σε γραμμή χαμηλής τάσης από κεραυνικό ρεύμα (lightning impulse). Οι διαταραχές κοινού τρόπου αποτελούν το κύριο πρόβλημα σε θέματα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, γιατί η διαδρομή διάδοσης τους είναι δύσκολο να διαπιστωθεί.



Σχήμα 1-7: Παράδειγμα κοινού τρόπου σύζευξης μέσω αγωγού.

Στο διαφορικό τρόπο σύζευξης μέσω αγωγού το ρεύμα διαδίδεται σε έναν από τους αγωγούς, περνάει μέσα από τον εξοπλισμό και επιστρέφει μέσω ενός άλλου αγωγού, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 1-8. Έτσι το ρεύμα και η τάση σε αυτόν τον τρόπο σύζευξης λαμβάνουν μέρος μεταξύ δυο φάσεων σε ηλεκτρικά συστήματα (όπως σε διακόπτες κυκλωμάτων) ή μεταξύ δύο καλωδίων που μεταφέρουν ευαίσθητα δεδομένα σε ηλεκτρονικά συστήματα.

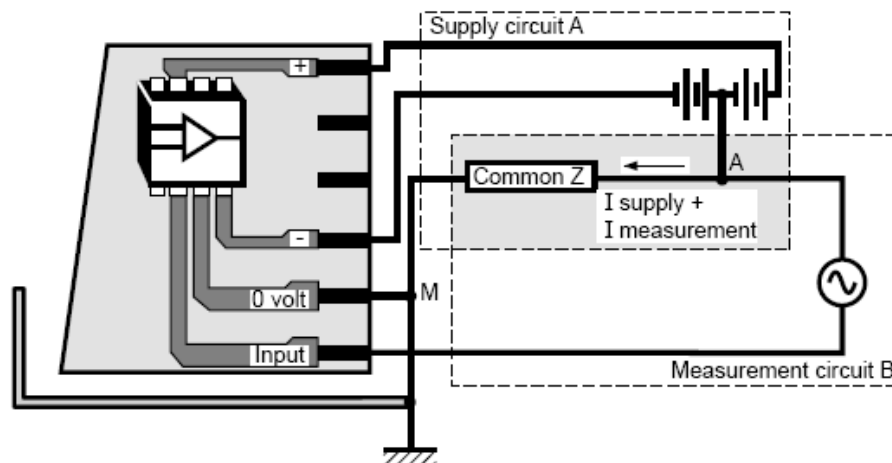


Σχήμα 1-8: Παράδειγμα διαφορικού τρόπου σύζευξης μέσω αγωγού.

Ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μπορεί να συζευχθεί με οποιαδήποτε μορφή αγωγού και να παράγει τάσεις κοινού τρόπου ή διαφορικού τρόπου ή, όπως γενικά παρατηρείται, και τα δύο. Στην περίπτωση του διαφορικού τρόπου οι εξισώσεις που περιγράφουν τη σύζευξη μεταξύ του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του αγωγού είναι πολύ σύνθετες. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορούν ούτε να λυθούν αναλυτικά ούτε αριθμητικά. Εν τούτοις, ένας από τους πιο συνηθισμένους τύπους σύζευξης μπορεί να εκφραστεί αναλυτικά ως εξής: η σύζευξη μεταξύ του μαγνητικού μέρους του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του βρόγχου της περιοχής A ισοδυναμεί με το κύκλωμα του σχήματος 1-9. Το μαγνητικό μέρος του πεδίου H προκαλεί στον βρόγχο A μια τάση (V), όπως φαίνεται, ίση με:

$$V = \mu_0 \langle A \rangle dH/dt \quad (1.1)$$

όπου $\mu_0 = 10^{-7}$ H/m είναι η διαπερατότητα στο κενό.



Σχήμα 1-9: Κοινή σύζευξη εμπέδησης.

Η σχέση 1.1 ισχύει μόνο στις περιπτώσεις που το μήκος της μεγαλύτερης πλευράς του βρόγχου δεν ξεπερνά το 1/10 του μήκους κύματος της ηλεκτρομαγνητικής διαταραχής.

Κοινή σύζευξη εμπέδησης έχουμε όταν μια εμπέδηση είναι κοινή για δύο ή περισσότερα κυκλώματα. Η κοινή εμπέδηση μπορεί να είναι η σύνδεση της γείωσης, το δίκτυο της γείωσης στη γη, το δίκτυο διανομής ισχύος, ο αγωγός επιστροφής που διέρχονται πολλά σήματα χαμηλής ισχύος κ.α.

Ακολουθεί το παράδειγμα του σχήματος 1-9, όπου δύο κυκλώματα έχουν κοινή εμπέδηση, για να γίνει κατανοητή η επιρροή αυτής της σύζευξης. Ένα ρεύμα διαταραχής στο κύκλωμα Α, λίγων δεκάδων mA, είναι αρκετό για να προκαλέσει τάση διαταραχής (της τάξης των V) στο κύκλωμα Β. Αν το σημείο αναφοράς του κυκλώματος Β (πιθανό σημείο γείωσης) είναι το σημείο Μ, τότε η τάση αναφοράς μπορεί να ποικίλει για αρκετές τιμές των Volt. Αυτό επιδρά σε ηλεκτρονικά κυκλώματα που λειτουργούν με τάσεις ίδιας τάξης μεγέθους.

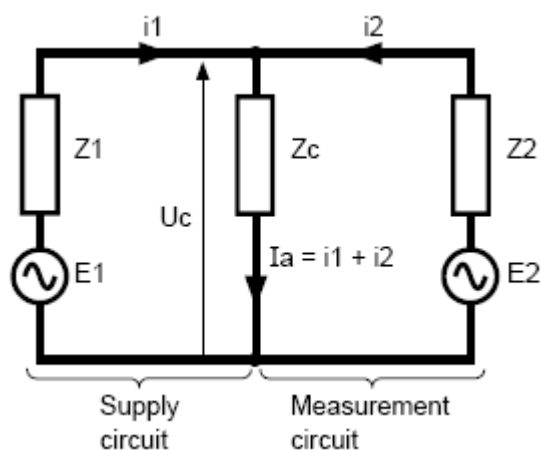
Το ισοδύναμο κύκλωμα του σχήματος 1-9 δίνεται στο σχήμα 1-10. Η διαταραχή είναι της τάξεως:

$$U_c = I_a \times Z_c \quad (1.2)$$

όπου I_a : το ρεύμα διαταραχής

Z_c : η κοινή εμπέδηση.

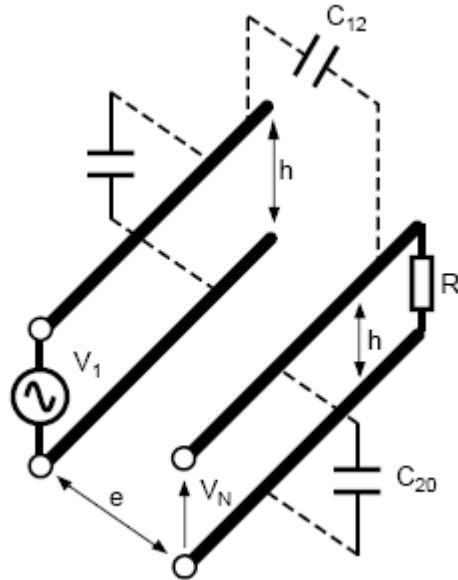
Σε χαμηλές συχνότητες η κοινή εμπέδηση είναι πολύ μικρή.



Σχήμα 1-10: Ισοδύναμο κύκλωμα του σχήματος 1-9.

Στη σύζευξη μέσω ακτινοβολίας οι διαταραχές διαδίδονται μέσω του περιβάλλοντος (π.χ. τον αέρα κλπ). Ανάλογα με τη φύση της διαταραχής, δηλαδή αν προκλήθηκε από αλλαγή του ρεύματος ή της τάσης, χωρίζεται σε δυο είδη. Στη χωρητική και στην επαγωγική σύζευξη.

Υπάρχει πάντα μια μη μηδενική χωρητικότητα μεταξύ ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (καλώδιο, εξαρτήματα κλπ) και ενός άλλου κυκλώματος που βρίσκεται κοντά στο πρώτο, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 1-11. Μια απότομη μεταβολή της τάσης στο ένα κύκλωμα δημιουργεί ένα πεδίο που για κοντινές αποστάσεις μπορεί να θεωρηθεί μόνο ηλεκτρικό. Αυτό το πεδίο επιδρά στο άλλο με αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσης.



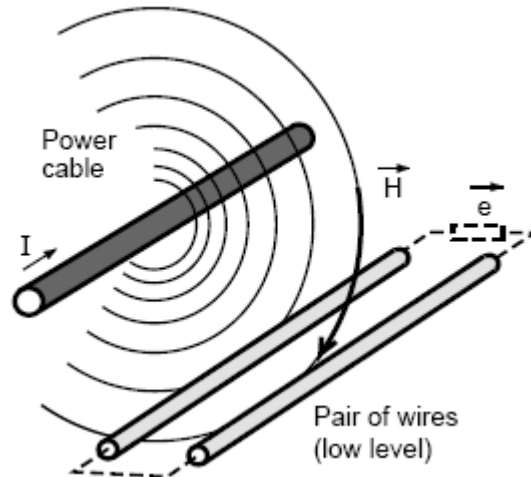
Σχήμα 1-11: Χωρητικότητες που δημιουργούνται μεταξύ κυκλωμάτων.

Αντίστοιχα μια ραγδαία αλλαγή ρεύματος σε έναν αγωγό παράγει ένα πεδίο γύρω από τον αγωγό που μπορεί να θεωρηθεί μόνο μαγνητικό. Αυτό το πεδίο μπορεί να επιδράσει σε οποιοδήποτε ζεύγος αγωγών (σχήμα 1-12) ή σε οποιοδήποτε βρόγχο (σχήμα 1-13) που βρίσκεται κοντά, προκαλώντας τάση διαταραχής στα άκρα τους. Αυτή η σύζευξη ονομάζεται επαγωγική. Για τη δημιουργία του φαινομένου το ρεύμα θα πρέπει να είναι μεγάλο, πράγμα που συναντάμε συνήθως σε κυκλώματα ισχύος. Στην περίπτωση του σχήματος 1-13, το ρεύμα δίνεται από τις εξής σχέσεις:

$I = U/Z$, όπου με αντικατάσταση του $Z = 1/C\omega$ προκύπτει:

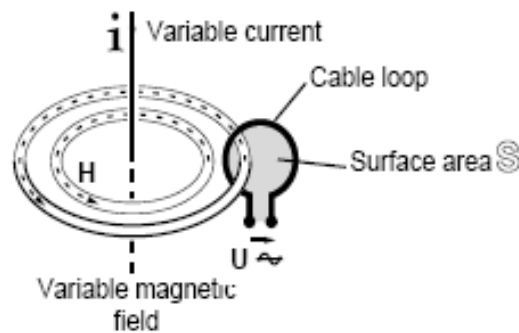
$$I = UC 2\pi f \quad (1.3)$$

Παρατηρούμε ότι το ρεύμα αυξάνει με την αύξηση της τάσης στα άκρα του βρόγχου.



Σχήμα 1-12: Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί ένας αγωγός, σε ένα ζεύγος αγωγών.

Schematic diagram



Σχήμα 1-13: Η επίδραση του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί ένας αγωγός, σε ένα βρόγχο.

Χωρητική και επαγωγική σύζευξη έχουμε όταν οι αγωγοί βρίσκονται σε παράλληλη θέση ή όταν συνυπάρχουν σε κοντινή απόσταση. Η ηλεκτρομαγνητική διαταραχή αυξάνει με την αύξηση του μήκους των παράλληλων αγωγών, με τη μείωση της απόστασης δυο αγωγών και με την αύξηση της συχνότητας της διαταραχής. Για παράδειγμα στο σχήμα 1-11 η τάση διαταραχής που παράγεται μέσω της σύζευξης δίνεται από την σχέση:

$$\frac{V_N}{V_1} = \frac{j2\pi \cdot f \left[\frac{C_{12}}{C_{12} + C_{20}} \right]}{j2\pi \cdot f + \left[\frac{1}{R \cdot (C_{12} + C_{20})} \right]} \quad (1.4)$$

- V_N : η τάση διαταραχής
- V_1 : η τάση της πηγής
- C_{12} : η χωρητικότητα της σύζευξης μεταξύ δύο καλωδίων, η οποία είναι ανάλογη με το μήκος και την απόσταση των καλωδίων

- C_{20} : η χωρητικότητα διαρροής μεταξύ των καλωδίων που διαταράσσονται
- R : η εμπέδηση του φορτίου του ζεύγους που διαταράσσεται

Από την σχέση 1.4 προκύπτει κατά προσέγγιση:

$$\left| \frac{V_N}{V_1} \right| \approx 2\pi f \cdot \frac{\frac{C_{12}}{C_{12} + C_{20}}}{\frac{1}{R \cdot (C_{12} + C_{20})}} = 2\pi f R C_{12} = \omega R C_{12} \quad (1.5)$$

Στην πράξη, αυτού του είδους η χωρητική και επαγωγική σύζευξη εξαλείφεται με τη χρήση συνεστραμμένων ζευγών και θωρακισμένων καλωδίων.

1.4 Δέκτες και αποφυγή διαταραχών

Δέκτης ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών ονομάζεται κάθε εξοπλισμός που μπορεί να επηρεαστεί από μια διαταραχή. Πρόκειται για εξοπλισμούς που περιέχουν ηλεκτρονικά συστήματα τα οποία δυσλειτουργούν, εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών διαταραχών, σε ένα απροσδόκητο εύρος συχνοτήτων.

Οι δυσλειτουργίες του εξοπλισμού μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- στις μόνιμες και μετρήσιμες
- στις τυχαίες και μη επαναλαμβανόμενες, που λαμβάνουν μέρος όταν η διαταραχή εμφανίζεται
- στις τυχαίες και μη επαναλαμβανόμενες, που παραμένουν μετά την έκλειψη της διαταραχής
- στη μόνιμη βλάβη του εξοπλισμού (όπου τα εξαρτήματα έχουν καταστραφεί)

Οι παραπάνω διακρίσεις χαρακτηρίζουν την διάρκεια του σφάλματος και όχι την κρισιμότητά του. Αρκετές δυσλειτουργίες μπορούν να είναι αποδεκτές για έναν περιορισμένο χρόνο, όπως η προσωρινή απώλεια μιας απεικόνισης, και άλλες όχι, όπως οι δυσλειτουργίες εξοπλισμών ασφαλείας.

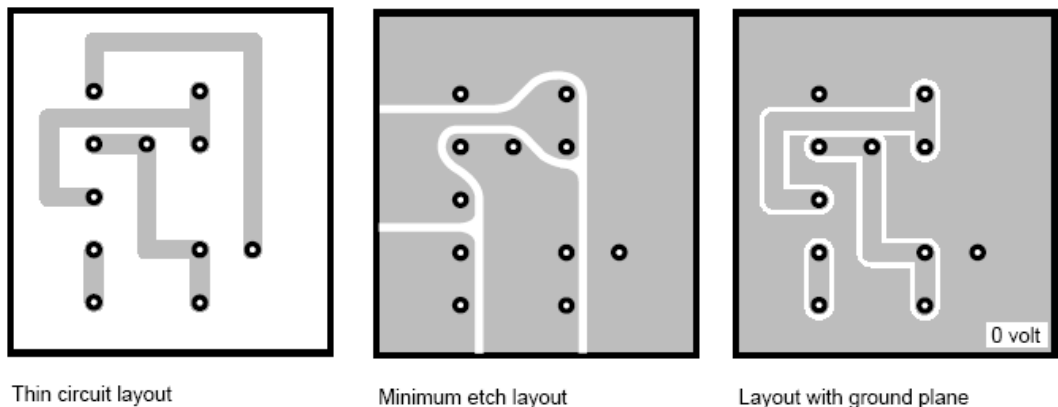
Υπάρχουν πολλές λύσεις όσον αφορά το πως ένας εξοπλισμός πρέπει να κατασκευαστεί προκειμένου να παρέχει αποτελεσματική και υψηλή ατρωσία σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Προληπτικές δοκιμές πρέπει να γίνονται:

- στον σχεδιασμό πλακετών τυπωμένου κυκλώματος (λειτουργική διαχώριση, ενδοσυνδέσεις)
- στην επιλογή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων
- στην επιλογή και σχεδίαση προστατευτικού καλύμματος
- στις ενδοσυνδέσεις της γείωσης

- στην ενσυρμάτωση

Οι επιλογές συνεπάγονται πολλές διαφορετικές επιπτώσεις στον εξοπλισμό και θα πρέπει να γίνονται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού για να αποφευχθούν επιπρόσθετα κόστη, που είναι πάντα υψηλά, για τροποποιήσεις αφού ο σχεδιασμός έχει ολοκληρωθεί ή ενώ το προϊόν είναι ήδη στην αγορά.

Ο σχεδιαστής του τυπωμένου κυκλώματος πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες όσον αφορά τους λειτουργικούς διαχωρισμούς και τη διάταξη. Η θέση των εξαρτημάτων μπορεί να μειώσει τις επιδράσεις της σύζευξης που προκαλείται λόγω των κοντινών αποστάσεων. Για παράδειγμα, η ομαδοποίηση εξαρτημάτων που ανήκουν στην ίδια κατηγορία κυκλωμάτων (ψηφιακά, αναλογικά, κυκλώματα ισχύος) όσον αφορά την επιδεκτικότητά τους, μειώνει τις παρεμβολές. Επιπλέον η διάταξη των ιχνών του τυπωμένου κυκλώματος επιδρά δραματικά στην επιδεκτικότητα. Το ίδιο ηλεκτρικό σχέδιο όταν εφαρμόζεται με διαφορετικούς τρόπους μπορεί να δώσει τάξεις μεγεθών με διαφορετικά επίπεδα ανοσίας. Για παράδειγμα μικρότερη χάραξη της κυκλωματικής πλακέτας (όπως στο σχήμα 1-14) μειώνει τις επιδράσεις ακτινοβολιών και ευαισθησίας.



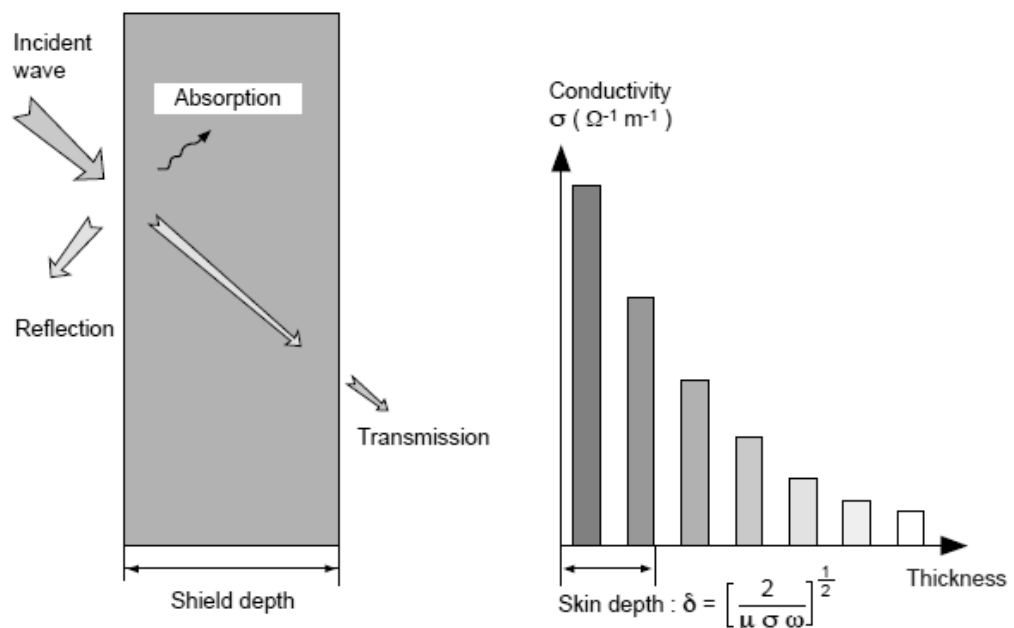
Σχήμα 1-14: Η κυκλωματική πλακέτα μπορεί να μειώσει την ευαισθησία είτε ελαττώνοντας την εμπέδηση (μικρότερη χάραξη της κυκλωματικής πλακέτας) είτε μειώνοντας τη σύζευξη του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (επίπεδη γείωση).

Υπάρχουν πολλές συνιστώσες που παρέχουν αποτελεσματική προστασία ενάντια στις διαταραχές που μεταφέρονται μέσω αγωγών. Η επιλογή καθορίζεται από το επίπεδο ισχύος του υπό προστασία κυκλώματος (παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, έλεγχος και παρακολούθηση, κλπ) και από το τύπο διαταραχής. Συνεπώς, όταν έχουμε συνήθεις διαταραχές σε ένα κύκλωμα ισχύος, χρησιμοποιείται ένας μετασχηματιστής, αν οι διαταραχές είναι σε χαμηλές (<1 kHz) συχνότητες, ενώ αν είναι σε υψηλές συχνότητες ένα φίλτρο. Στο σχήμα υπάρχει μια γενική λίστα συσκευών προστασίας.

Τύπος	Παράδειγμα συσκευής	Εφαρμογές
Απαγωγός εξάρσεων	σπινθηριστής αλεξικέραυνο περιοριστής	τροφοδοτικό ισχύος, έλεγχος και παρακολούθηση ▪ σε εγκαταστάσεις
	δίοδος βαρίστορ δίοδος zener	▪ ηλεκτρονικά κυκλώματα
Φιλτράρισμα	μετασχηματιστής επαγωγός πυκνωτής φίλτρο	τροφοδοτικό ισχύος, έλεγχος και παρακολούθηση (εγκαταστάσεις και ηλεκτρονικά κυκλώματα)
Θωράκιση	πλέγμα αγωγών θωρακισμένος αγωγός ρεύμα δακτυλίου	μεταφορά δεδομένων (καμπίνα σε περιοχή διαταραχών)

Σχήμα 1-15: Γενική λίστα συσκευών προστασίας.

Κρατώντας τον ευαίσθητο εξοπλισμό μέσα σε προστατευτικό κάλυμμα με αγώγιμη ασπίδα παρέχεται προστασία ενάντια στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Για να έχουμε αποτελεσματικότητα πρέπει το πάχος της αγώγιμης ασπίδας, όπως φαίνεται στο σχήμα 1-15, να είναι μεγαλύτερο από το βάθος που μπορούν να διαπεράσουν οι συχνότητες της διαταραχής. Σε διαταραχές υψηλής συχνότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί αγώγιμο βερνίκι, ενώ σε μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας παρέχεται προστασία μόνο με υλικό υψηλής διαπερατότητας.



Σχήμα 1-16: Πάχος προστατευτικού καλύμματος για την προστασία του εξοπλισμού από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Όσο αφορά τις γειώσεις η καλή ηλεκτρική συνοχή μεταξύ διαφορετικών μερών των προστατευτικών καλυμμάτων είναι εξαιρετικά σημαντική. Πρέπει να υπάρχει προσεκτική και σωστή διασύνδεση, για παράδειγμα να προστατεύονται οι περιοχές επαφής από οποιαδήποτε βαφή και επίσης να

χρησιμοποιούνται κοντές, φαρδιές πλεξούδες καλωδίων (έτσι μειώνεται η σύνθετη αντίσταση στο ελάχιστο).

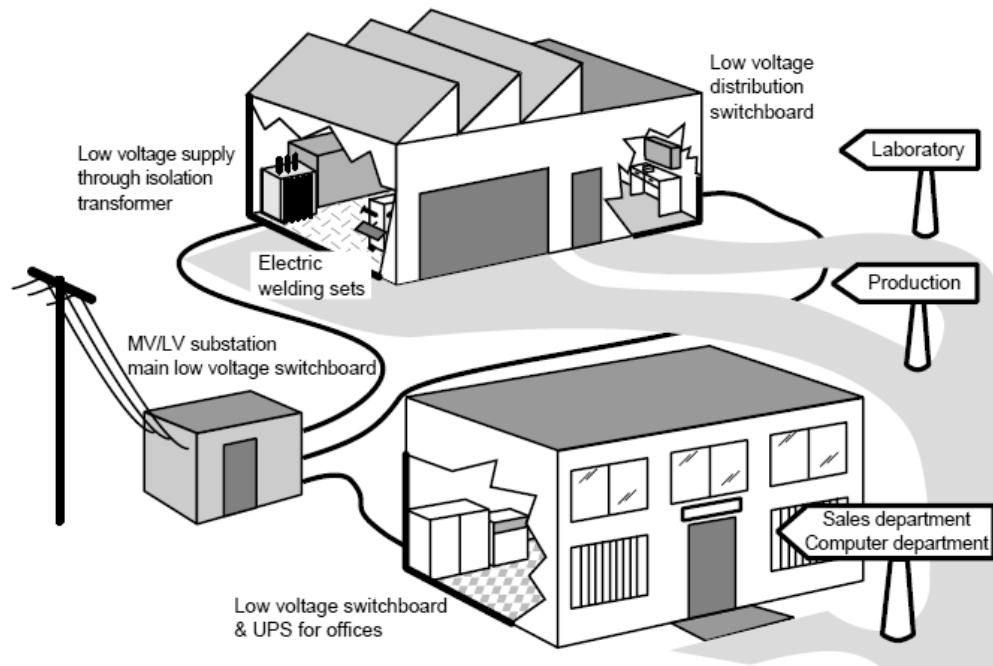
Η προστασία καλωδίων είναι μια προέκταση του αγωγίμου τυλίγματος που τοποθετείται γύρω από τα ευαίσθητα συστήματα. Γι' αυτό πρέπει να είναι όσο το δυνατόν κοντότερο και αν είναι δυνατό η περιμέτρός να προστατεύει από διαταραχές υψηλής συχνότητας.

Όταν όλοι οι σχεδιαστικοί και κατασκευαστικοί κανόνες ακολουθούνται, το σύστημα θα έχει παρουσιάσει ατρωσία στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές του περιβάλλοντος για το οποίο κατασκευάστηκε. Όμως αυτή η ατρωσία μπορεί να διαπιστωθεί μόνο από ακριβείς μετρήσεις που εκτιμούν την αποτελεσματικότητα των διαφόρων τεχνικών προστασίας. Στην Schneider Electric, για παράδειγμα, διαφορετικά πρότυπα μοντέλα μονάδων ηλεκτρονικών σφαλμάτων για διακόπτες κυκλωμάτων υπόκεινται σε δοκιμές με μεγάλες διαταραχές, που είναι πιθανόν να εκτεθούν. Αντικειμενικός σκοπός αυτών των δοκιμών είναι να ελεγχθεί ότι η μονάδα σφάλματος δεν λειτουργεί ακούσια και ότι ο διακόπτης κυκλωμάτων ανοίγει σωστά και στον απαιτούμενο χρόνο.

1.5 Εγκαταστάσεις - Δοκιμές EMC

Η εγκατάσταση παίζει σημαντικό ρόλο στο EMC. Αυτό ισχύει τόσο για την σχεδίαση και τη μελέτη της κατασκευής όσο και για την εγκατάσταση.

Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης και της μελέτης κατασκευής δυο βασικοί παράγοντες διέπουν τα EMC. Η επιλογή του εξοπλισμού και η τοποθεσία τους. Στο σχήμα 1-17 βλέπουμε ένα παράδειγμα μελέτης κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού. Η πρώτη αρχή αφορά την επιλογή των κομματιών του εξοπλισμού που μπορούν να παράγουν ή να είναι ευαίσθητες σε διαταραχές. Έτσι πρέπει αρχικά να γίνεται ανάλυση σχετική με τον καθορισμό των χαρακτηριστικών των υλικών και των στοιχείων που είναι ικανά να εκπληρώσουν την απαιτούμενη λειτουργία. Επίσης πρέπει να καθοριστούν οι κατάλληλοι ηλεκτρικοί και μηχανικοί σχεδιαστικοί κανόνες ώστε να υπάρξει λειτουργία χωρίς προβλήματα. Αν για παράδειγμα δυο μονάδες λειτουργούν η μία κοντά στην άλλη και η μία παράγει διαταραχές (δηλαδή παίζει το ρόλο του εκπομπού) ενώ η άλλη επηρεάζεται (δηλαδή παίζει το ρόλο του δέκτη) πρέπει ο εκπομπός να παράγει χαμηλά επίπεδα διαταραχής και ο δέκτης να μην είναι υπερβολικά ευαίσθητος, να είναι συνηθισμένος και να παράγει μετρίου μεγέθους διαταραχές και ο δέκτης χαμηλής ευαισθησίας, ή να βρεθεί κάποιος συνδυασμός συμβιβαστικής λύσης μεταξύ των παραπάνω ακραίων περιπτώσεων.



Σχήμα 1-17: Μελέτη κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού.

Τα έργα των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εγκαταστάσεων θα πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες που ήδη αναφέρθηκαν. Πρακτικά η συνύπαρξη διαφορετικών τρόπων σύζευξης πρέπει να μελετηθεί και να μειωθεί ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των EMC. Έτσι διαφορετικές τεχνικές θα πρέπει να εφαρμόζονται όπως:

- Το κύκλωμα και οι γειώσεις πρέπει να τοποθετούνται σε πλέγμα.
- Τα κυκλώματα πρέπει να είναι φυσικά χωρισμένα.
- Η καλωδίωση πρέπει να είναι προσεχτικά σχεδιασμένη.

Στις μέρες μας ο εξοπλισμός μπορεί να είναι ευπαθής σε πολύ χαμηλά επίπεδα ενέργειας και να περιέχει αλληλοσυνδεμένα ηλεκτρονικά, ευαίσθητα σε υψηλές συχνότητες. Στην κοινή σύζευξη εμπέδησης παρουσιάζονται τέτοιες περιπτώσεις και για αποφευχθεί αυτό, είναι απαραίτητο να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό ισοδυναμικό σύστημα γείωσης (τοποθέτηση πλέγματος γείωσης).

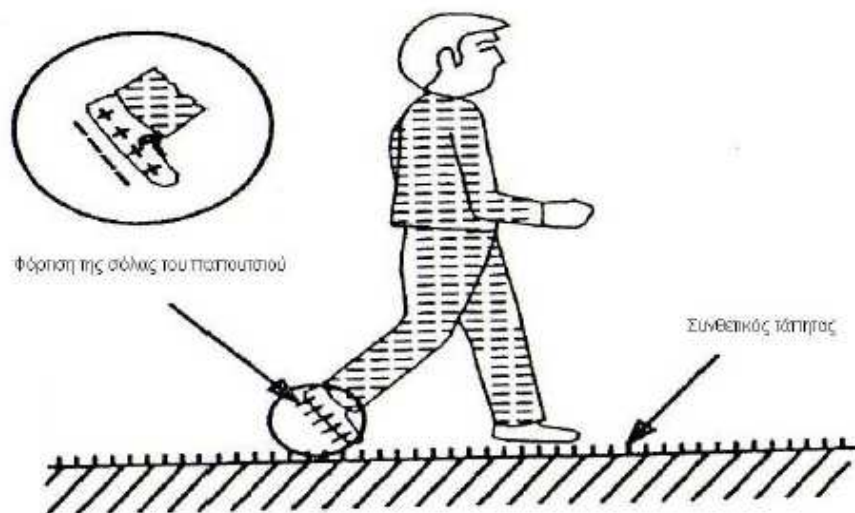
Αυτό είναι το πρώτο βήμα παροχής προστασίας σε ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Σε ένα εργοστασιακό δίκτυο διανομής ισχύος όλα τα καλώδια προστασίας πρέπει να είναι μαζί και να συνδέονται στις υπάρχουσες μεταλλικές κατασκευές όπως καθορίζεται στην NF C 15-100 .

Ομοίως, σε έναν εξοπλισμό, όλες οι γειώσεις και τα πλαίσια πρέπει να είναι συνδεδεμένα σ' ένα κοινό σύστημα γείωσης χρησιμοποιώντας χαμηλή εμπέδηση (σε χαμηλές συχνότητες). Επίσης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κοντές και φαρδιές συνδέσεις (καλώδια ή πλεξούδες). Η

καλωδίωση μιας ηλεκτρικής καμπίνας είναι ένα τυπικό παράδειγμα για το ότι όλες οι γειώσεις πρέπει να είναι συνδεδεμένες μαζί.

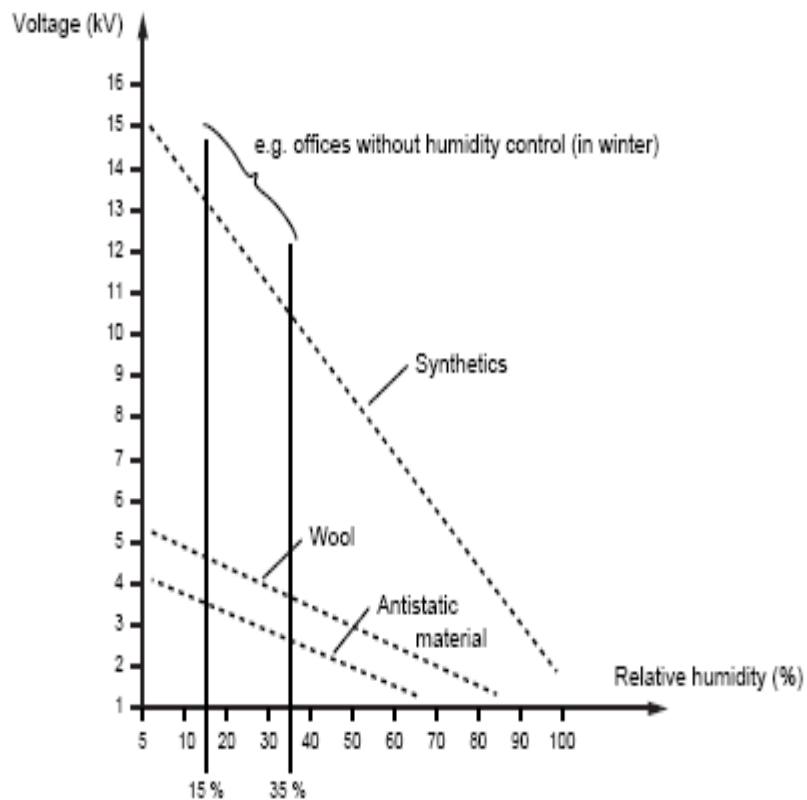
1.6 Ηλεκτροστατική εκφόρτιση (E.S.D.)

Κάτω από ορισμένες ατμοσφαιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες, όταν δυο μονωτικά υλικά με διαφορετικά διηλεκτρικά τρίβονται μεταξύ τους μεταφέρονται ηλεκτρόνια από το ένα υλικό στο άλλο. Έτσι δημιουργούνται στατικά φορτία και αυτό που δίνει ηλεκτρόνια φορτίζεται θετικά ενώ αυτό που δέχεται αρνητικά [1]. Τα στατικά φορτία μπορούν να αναπτυχθούν τόσο σε αντικείμενα όσο και σε ανθρώπους. Για παράδειγμα όταν ένα άτομο περπατά σε ένα χαλί, όπως στο σχήμα 1-18, με καλές μονωτικές ιδιότητες, τότε υπό συνθήκες ιδιαίτερα χαμηλής σχετικής υγρασίας, το άτομο είναι δυνατόν να φορτιστεί με στατικό ηλεκτρισμό μερικών kV. Οι μέγιστες τιμές με τις οποίες ένα άτομο μπορεί να φορτιστεί δίνεται στο σχήμα 1-19.



Σχήμα 1-18: Φόρτιση ανθρώπου εξαιτίας της τριβής του με το δάπεδο [1].

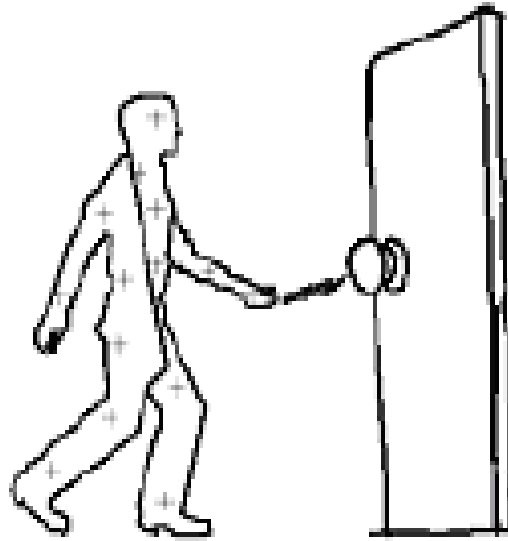
Ηλεκτροστατική φόρτιση μπορούμε να έχουμε και όταν δυο υλικά βρίσκονται σε απόσταση. Συγκεκριμένα όταν ένα αντικείμενο εκτίθεται σε ηλεκτρικό πεδίο (όπως για παράδειγμα όταν βρίσκεται δίπλα σε ένα φορτισμένο σώμα), τα αντίθετα φορτία μέσα στο υλικό θα τείνουν να χωριστούν, κατευθυνόμενα είτε προς, είτε μακριά από το φορτισμένο σώμα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα το υλικό να έχει φορτίο αντίθετο από αυτό του φορτισμένου σώματος.



Maximum values of electrostatic voltages that may be accumulated by an operator

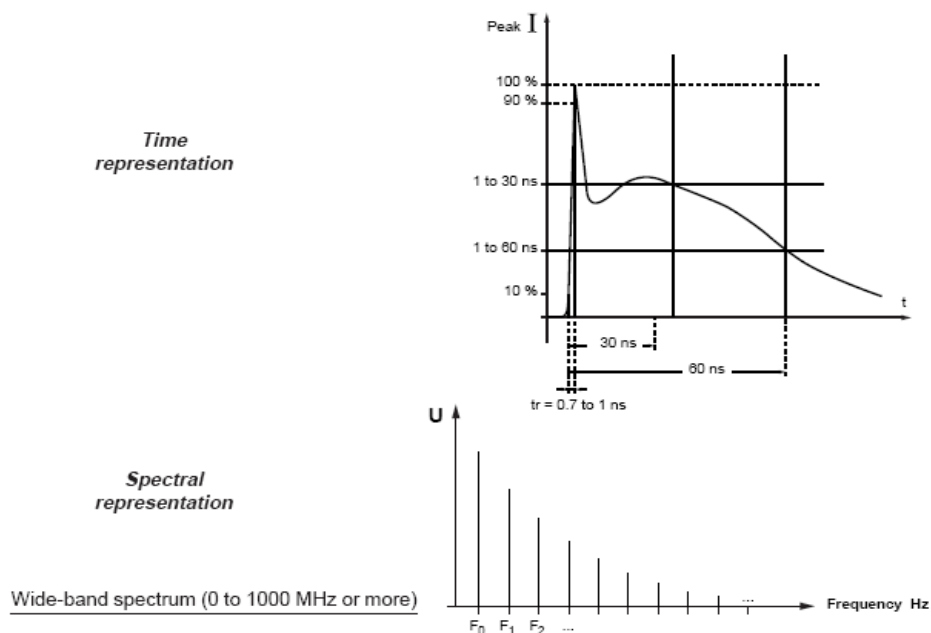
Σχήμα 1-19: Οι τιμές του ηλεκτροστατικού πεδίου που αναπτύσσονται σε έναν άνθρωπο εξαιτίας της τριβής του με το δάπεδο.

Ηλεκτροστατική εκφόρτιση λέγεται η απότομη μεταφορά του ηλεκτροστατικού φορτίου, που δημιουργήθηκε κατά την ηλεκτροστατική φόρτιση, που αναπτύσσεται όταν δυο υλικά βρεθούν σε κοντινή απόσταση ή έρθουν σε επαφή. Η εκφόρτιση μπορεί επίσης να συμβεί είτε μεταξύ δυο αντικειμένων, είτε μεταξύ ενός ατόμου και ενός αντικειμένου [2]. Καθώς το άτομο πλησιάζει σε ένα αγωγίμο αντικείμενο, εκφορτίζεται (συνήθως με τόξο). Μια τέτοια περίπτωση βλέπουμε στο σχήμα 1-20, όπου ένας άνθρωπος που είναι θετικά φορτισμένος όταν αγγίζει το μεταλλικό πόμολο της πόρτας εκφορτίζεται ηλεκτροστατικά. Οι ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις, όπως και οι φορτίσεις, εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και ιδιαίτερα από την σχετική υγρασία. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό υγρασίας τόσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των εκφορτίσεων, αλλά σε ήπια μορφή. Αντίθετα, όταν υπάρχει αυξημένη ξηρασία μικραίνει η συχνότητα των εκφορτίσεων, αλλά οι εκφορτίσεις είναι πιο έντονες.



Σχήμα 1-20: Εποπτική παρουσίαση της φόρτισης εξ' επαγωγής [2].

Το πρότυπο IEC 1000-4-2 [3] περιγράφει τα σημαντικά χαρακτηριστικά των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων που προκαλούν διαταραχές. Σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, αυτές είναι παλμοί με πολύ μικρό χρόνο ανόδου, που προσδιορίζεται περίπου στο 1 ns, διάρκειας περίπου 60ns και με πολύ υψηλή τάση στην αρχή της εκφόρτισης που κυμαίνεται από 2 kV σε 15 kV ή και περισσότερο. Για να γίνει πιο κατανοητό ακολουθεί το σχήμα 1-21 όπου παρουσιάζονται τα διαγράμματα της χρονικής και φασματικής αναπαράστασης ενός παραδείγματος ηλεκτροστατικής εκφόρτισης.



Σχήμα 1-21: Περιγραφή των χαρακτηριστικών των ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων σύμφωνα με το πρότυπο IEC 1000-4-2 [3].

Το ρεύμα εκφόρτισης και το αντίστοιχο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι δυνατόν να προκαλέσουν δυσλειτουργικότητα ή ακόμα και να καταστρέψει ηλεκτρονικά συστήματα, όπως υπολογιστές ή τερματικά. Έτσι η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή IEC θέσπισε πρότυπα για τη διεξαγωγή δοκιμών. Το αρχικό πρότυπο που δημιουργήθηκε για τις ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις ήταν το IEC 801-2 [4], το οποίο αναθεωρήθηκε και έφτασε στην τελική του μορφή ως IEC 61000-4-2 [5]. Αντικειμενικός σκοπός αυτού του προτύπου είναι να ορίσει ένα κοινό σημείο αναφοράς στην εκτίμηση της λειτουργίας των οργάνων όταν υπόκεινται σε ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις. Περιγράφει τη μέθοδο και τις διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν για τη διενέργεια της δοκιμής ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά προϊόντα με έμφαση στον οικιακό εξοπλισμό, σε εξοπλισμό πληροφορικής, φωτιστικά και σε όργανα μέτρησης. Το πρότυπο ορίζει τις τυπικές κυματομορφές του εκφορτιζόμενου ρεύματος, τα επίπεδα δοκιμών, τον εξοπλισμό δοκιμών και τη διαδικασία με την οποία θα πρέπει να γίνεται κάθε φορά η διακρίβωση των γεννητριών ηλεκτροστατικών εκφορτίσεων.

1.7 EMC και τηλεπικοινωνίες

Η απαρχή της επανάστασης των τηλεπικοινωνιών, όπως όλοι τη βιώνουμε καθημερινά, συντελέστηκε στις αρχές του προηγούμενου αιώνα και βρήκε εφαρμογές αναρίθμητες. Αυτή η πληθώρα τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών απαιτούσε ολοένα και μεγαλύτερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, με αποτέλεσμα στις ημέρες μας οι συχνότητες λειτουργίας τους να εκτείνονται μέχρι αυτές του φωτός.

Σχεδόν όμως παράλληλα με την ανάπτυξη και εξέλιξη των τηλεπικοινωνιών, οι επιστήμονες παγκοσμίως άρχισαν να παρατηρούν φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής παρενόχλησης μεταξύ των συσκευών και των συστημάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόδοσης των συσκευών ή των συστημάτων. Αρχικά, τέτοια φαινόμενα παρατηρήθηκαν σε συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς επίσης και σε ραδιοφωνικές εκπομπές και λήψεις σημάτων. Στις ημέρες μας, όπου η χρήση ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών είναι εκτεταμένη, η μελέτη των προβλημάτων ηλεκτρομαγνητικής παρενόχλησης είναι κρίσιμη για τη σχεδίαση και την απρόσκοπτη λειτουργία τους σε όλο το ρεπερτόριο των εφαρμογών τους όπως: στα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στα συστήματα αυτόματου ελέγχου, στα κινητά τηλέφωνα, στις οικιακές συσκευές και στα ιατρικά μηχανήματα.

Μπορεί να ειπωθεί ότι το πρόβλημα των παρεμβολών άρχισε να

υφίσταται από τον πρώτο σπινθηρισμό στο πείραμα του Marconi στο τέλος του 19ου αιώνα. Το 1901, ο Marconi δημιούργησε την πρώτη υπερατλαντική ζεύξη χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο από σύρματα χαλκού. Οι μόνοι δέκτες ουσιαστικής σημασίας τότε ήταν οι ραδιοφωνικοί δέκτες. Ήταν λίγοι και ευρέως διασκορπισμένοι, οπότε το πρόβλημα των παρεμβολών ήταν εύκολο να λυθεί. Τα πρώτα τεχνικά έγγραφα σχετικά με τις ραδιοπαρεμβολές εμφανίστηκαν το 1920. Οι κεραίες και οι δέκτες εκείνης της εποχής ήταν ευαίσθητες σε παρεμβολές. Η βελτίωση στη σχεδίαση των συστημάτων πομπών/δεκτών έλυσε το πρόβλημα.

Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, η χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, κυρίως ραδιοπομπών, συσκευών πλοήγησης και radar, αυξήθηκε με αποτέλεσμα την αύξηση των εμφανιζόμενων παρεμβολών. Η χρήση της τεχνικής επανατοποθέτησης συχνότητας σε ένα όχι ευρέως χρησιμοποιούμενο φάσμα συχνοτήτων διόρθωσε σημαντικά τα προβλήματα που προκλήθηκαν. Η μεγάλη αύξηση των προβλημάτων παρεμβολών εμφανίστηκε στη δεκαετία του '50 με την εφεύρεση των υψηλής πυκνότητας ηλεκτρονικών παραγόντων όπως το διπολικό τρανζίστορ και στη δεκαετία του '70 με τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και τα chip μικροεπεξεργαστών. Επίσης οι αυξανόμενες ανάγκες για υπηρεσίες φωνής και δεδομένων κατέστησε περισσότερο «συνωστισμένο» το φάσμα συχνοτήτων. Οι προσπάθειες για εξεύρεση λύσης εναπόκεινται στον προσεκτικό σχεδιασμό, που λαμβάνει υπόψη του τη χρησιμοποίηση του φάσματος, και συνεχίζονται μέχρι σήμερα.

Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, από τα πιο συνηθισμένα ως τα πιο καταστροφικά, που τονίζουν τη σημασία που πρέπει να δίνεται στην ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα των συστημάτων που χρησιμοποιούνται.

Πιθανόν το πιο συνηθισμένο παράδειγμα είναι η εμφάνιση οριζόντιων γραμμών στον τηλεοπτικό δέκτη όταν μια ηλεκτρική σκούπα ή κάποια άλλη συσκευή με dc κινητήρα βρίσκεται σε λειτουργία στο κοντινό περιβάλλον της τηλεόρασης. Η αιτία που το προκαλεί είναι οι σπινθηρισμοί που προκαλούνται στο μοτέρ κατά τη λειτουργία του κινητήρα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που δημιουργούνται είναι πλούσια σε φασματικό περιεχόμενο και λαμβάνονται από τον δέκτη της τηλεόρασης μέσω του καλωδίου τροφοδοσίας της συσκευής που λειτουργεί σαν μια πολύ ικανή κεραία.

Κάποια τρέιλερ φορτηγών είχαν εγκατεστημένα ηλεκτρικά φρένα. Χρησιμοποιώντας ένα CB πομπό σε ένα αυτοκινητόδρομο, κάποιος προκαλούσε το κλείδωμα των ηλεκτρικών φρένων. Το πρόβλημα λύθηκε καλύπτοντας με μεταλλικό περίβλημα το κύκλωμα των φρένων.

Το 1982, το Ηνωμένο Βασίλειο έχασε ένα καταδρομικό, το HMS Sheffield, από ένα πύραυλο Exocet σε μια αναμέτρηση με τις δυνάμεις της Αργεντινής στον πόλεμο των Falklands. Το σύστημα επικοινωνιών του

πλοίου δε λειτουργούσε σωστά όταν ήταν ενεργοποιημένο το σύστημα έγκαιρης ειδοποίησης πυραύλων. Προκειμένου να επικοινωνήσουν με τους επιτελείς του στόλου, το πλήρωμα του καταδρομικού έκλεισε το εν λόγω σύστημα και δέχτηκε τον αντίπαλο πύραυλο.

Το ελικόπτερο του Αμερικάνικου Στρατού UH-60 Black Hawk ήταν ευαίσθητο εκ σχεδιασμού σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από radar sites ή ακόμη και από CB πομπούς. 22 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους σε ατυχήματα σχετιζόμενα με παρεμβολές.

Τέλος, το 1967 το Αμερικανικό αεροπλανοφόρο Forrestal είχε αναπτυχθεί στη θάλασσα του Βόρειου Βιετνάμ. Η παραγωγή σημάτων RF (Radio Frequency, 3 Hz - 300 GHz) συχνοτήτων στις ενώσεις του radar υψηλής ισχύος του πλοίου προκάλεσε την ενεργοποίηση των βομβών των βομβαρδιστικών που ήταν πάνω στο πλοίο οδηγώντας στο θάνατο 134 ναύτες.

Έχουν ακουστεί πολλά παραδείγματα βενζινάδικων που ανατινάχθηκαν εξαιτίας των παρεμβολών που δημιούργησαν κινητά τηλέφωνα στην αντλία καυσίμων, που σε συνδυασμό με τα παραπάνω παραδείγματα υπογραμμίζουν τη σπουδαιότητα που παρουσιάζει η μελέτη της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας σε όλα τα συστήματα που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος.

Τέσσερις είναι οι θεμελιώδεις τεχνολογικές-σχεδιαστικές τάσεις, στις οποίες οφείλεται, εν πολλοίς, η ραγδαία αύξηση των περιστατικών παρατήρησης του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής παρενόχλησης στις τηλεπικοινωνίες στις ημέρες μας. Πρώτον η σύγχρονη ψηφιακή επεξεργασία των σημάτων που είναι, κατά κύριο λόγο, βασισμένη σε σχετικά χαμηλές τιμές κατωφλίου τάσεως, συγκρινόμενη με τις παλαιότερες τεχνολογίες (όπως αυτή των λυχνιών που απαιτούσαν τάσεις της τάξεως εκατοντάδων Volts). Με άλλα λόγια, η ατρωσία των συσκευών, που χρησιμοποιούν αυτή τη σύγχρονη τεχνολογία είναι σαφώς μειωμένη. Δεύτερον, στην ατέρμονη διαδικασία αναζήτησης υψηλότερων ταχυτήτων επεξεργασίας, οι παλμοί εμφανίζονται διαρκώς στενότεροι, με αποτέλεσμα να συνεισφέρουν σημαντικές ποσότητες ενέργειας σε υψηλότερες φασματικές συνιστώσες, οι οποίες είναι ικανές να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις του χώρου από μηχανισμούς ακτινοβολήσης. Τρίτον, ακολουθώντας τις προσταγές της αγοράς, η σχεδιαστική λογική είναι βασισμένη σε παραγωγή διατάξεων μικρότερων διαστάσεων, που επιφέρουν προβλήματα σύζευξης μεταξύ των εσωτερικών στοιχείων του ίδιου του κυκλώματος. Τέταρτον, η εκτεταμένη χρησιμοποίηση του φθηνού και ελαφριού πλαστικού έναντι του μετάλλου ως προστατευτικού περιβλήματος των συσκευών μειώνει αισθητά τη θωράκιση των τελευταίων.

1.8 Πρότυπα, εγκαταστάσεις δοκιμής και δοκιμές

1.8.1 Πρότυπα

Διεθνή πρότυπα που ρυθμίζουν την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα των συστημάτων υπάρχουν εδώ και πολύ καιρό. Οι πρώτοι κανονισμοί εκδόθηκαν από το CISPR και καλύπτουν μόνο το μέγιστο αποδεκτό επίπεδο ισχύος που θα μπορούσε να εκπέμπεται από τους διαφορετικούς τύπους εξοπλισμών, κυρίως για να προστατευτεί η ραδιομετάδοση και λήψη.

Εθνικές επιτροπές και η International Electrotechnical Commission (IEC) έχουν πρότυπα που καλύπτουν όλες τις πτυχές της εκπομπής και της ευαισθησίας του EMC που συναντιόνται.

Τα στρατιωτικά πρότυπα στο EMC έχουν συνταχθεί στη σειρά GAM EG 13 [8] στη Γαλλία και στη σειρά MIL-STD [6] στις Η.Π.Α. Η αυξανόμενη σημασία του EMC και η ενοποίηση της Ευρώπης προκαλούν αλλαγή του τοπίου των πολιτικών προτύπων.

Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο δημοσίευσε μια οδηγία (αναφορά 89/336/EK) το Μάιο του 1989 γι' αυτό το θέμα. Αφορά την ενοποίηση της νομοθεσίας EMC των χωρών μελών. Κάθε χώρα μέλος είναι δεσμευμένη να το περιλάβει στην εθνική νομοθεσία της και να καταστήσει τη χρήση και την εφαρμογή της υποχρεωτικές.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία όχι μόνο επιβάλλει τα όρια στις εκπεμπόμενες διαταραχές αλλά και θέτει την ελάχιστη ατρωσία στις ηλεκτρομαγνητικές διαταραχές. Η οδηγία αναφέρεται στα πρότυπα που καθορίζουν τα μέγιστα επίπεδα διαταραχής.

Τεχνικές Επιτροπές ήταν καθιερωμένες από την CENELEC, European Committee for Electrotechnical Standardization. Συγκέντρωσαν τα υπάρχοντα πρότυπα που αντιστοιχούν στην εφαρμογή της Οδηγίας, και πρόσθεσαν τα πρότυπα που έλειπαν. Η Τεχνική Επιτροπή TC 210 βάσισε την εργασία της στην πραγματική βιομηχανική πρακτική.

Για δοκιμές εκπομπών, τα Γερμανικά πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για κάποιο χρόνο ως αναφορά ήταν τα VDE 0871 και VDE 0875. Αυτά αντικαθίστανται τώρα από τα πρόσφατα Ευρωπαϊκά πρότυπα EN 55011 και EN 55022. Τα πρότυπα αναφοράς για το EMC είναι τώρα η σειρά IEC 61000 (πρώην IEC 1000), η οποία περιέχει διάφορα μέρη, για παράδειγμα:

- 61000-1: Εφαρμογή, ορισμοί
- 61000-2: Περιβάλλον, επίπεδα συμβατότητας
- 61000-3: Όρια διαταραχής
- 61000-4: Τεχνικές δοκιμής και μέτρησης
- 61000-5: Οδηγίες εγκατάστασης και μετριάσμού
- 61000-6: Γενικά πρότυπα

Οι δοκιμές ατρωσίας περιλαμβάνουν:

1. Επισκόπηση των δοκιμών ανοσίας
2. Ηλεκτροστατική εκφόρτιση
3. Ακτινοβλούμενα, ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας
4. Ραγδαία ηλεκτρικά ξεσπάσματα
5. Κύματα
6. Διαταραχές αγωγής > 9 kHz
7. Αρμονικές
8. Συχνότητα ισχύος μαγνητικού πεδίου
9. Παλμός μαγνητικών πεδίων
10. Μετριάσμενες ταλαντώσεις μαγνητικών πεδίων
11. Βυθίσεις τάσης, σύντομες διακοπές και μεταβολή
12. Κύματα ταλάντωσης
13. Αρμονικές και ενδοαρμονικές

Αυτά τα πρότυπα είναι ευρέως αποδεκτά στη διεθνή κοινότητα.

1.8.2 Εγκαταστάσεις δοκιμής

Για να υπάρχει συμφωνία με τους κανονισμούς, πρέπει να γίνουν τυποποιημένες μετρήσεις και δοκιμές οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των εφαρμογών EMC.

- Ηλεκτροστατικές δοκιμές εκφόρτισης.
- Κατευθυνόμενες και ακτινοβλούσες δοκιμές ανοσίας.
- Κατευθυνόμενες και ακτινοβλούσες δοκιμές εκπομπής.

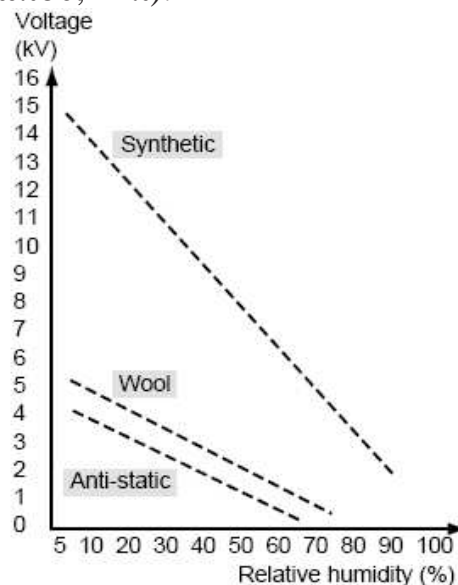
Όπως όλες οι μετρήσεις, έτσι και της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας πρέπει να αναπαράγονται σε χρόνο και διάστημα, το οποίο σημαίνει ότι δύο μετρήσεις διενεργηθείσες σε δύο διαφορετικά εργαστήρια πρέπει να δίνουν τα ίδια αποτελέσματα. Αυτό προϋποθέτει για τις δοκιμές EMC μεγάλες εγκαταστάσεις που απαιτούν ιδιαίτερη επένδυση και ποιότητα στην ακρίβεια.

1.8.3 Δοκιμές

1.8.3.1 Ηλεκτροστατική εκφόρτιση

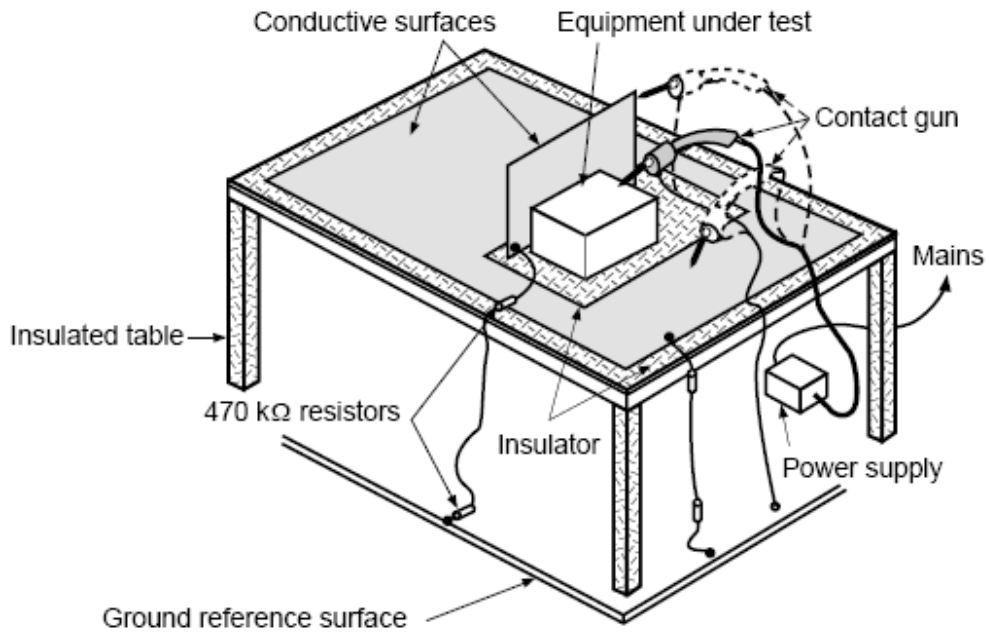
Αυτές οι δοκιμές έχουν ως σκοπό να ελέγξουν την ατρωσία των κυκλωμάτων, του εξοπλισμού και των συστημάτων στην ηλεκτροστατική εκφόρτιση.

Οι ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις είναι το αποτέλεσμα των φορτίων που συσσωρεύονται από ένα άνθρωπο, παραδείγματος χάριν, που περπατάει σε ένα πάτωμα που καλύπτεται με ένα ηλεκτρικά μονωμένο υλικό. Όταν ο άνθρωπος αγγίζει ηλεκτρικά αγωγικό υλικό που είναι συνδεδεμένο μέσω μιας σύνθετης αντίστασης με το έδαφος, αυτός εκφορτίζεται ξαφνικά μέσω της σύνθετης αντίστασης. Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η κυματομορφή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εκπομπού (την πηγή της εκφόρτισης) και των εμπλεκόμενων κυκλωμάτων, αλλά και άλλων παραμέτρων όπως η σχετική υγρασία όπως βλέπουμε στο σχήμα 1-22 ή η ταχύτητα με την οποία το φορτισμένο σώμα προσεγγίζει (στο παράδειγμα αυτό, το χέρι του ανθρώπου, κλπ).



Σχήμα 1-22: Η επίδραση της σχετικής υγρασίας στην ηλεκτροστατική εκφόρτιση τάσης για τρία είδη δαπέδου.

Αυτή η έρευνα έχει οδηγήσει σε τυποποιημένες δοκιμές εκφόρτισης. Εκτελούνται με ένα πιστόλι ηλεκτροστατικής εκκένωσης που εξομοιώνει έναν άνθρωπο στις προκαθορισμένες διαμορφώσεις. Μια τυπική διάταξη δοκιμών φαίνεται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61000-4-2 [5] φαίνεται στο σχήμα 1-23.



Σχήμα 1-23: Χώρος ηλεκτροστατικής εκκένωσης όπως καθορίζεται από το πρότυπο IEC 61000-4-2 [5].

Οι εκφορτίσεις εφαρμόζονται σε όλα τα προσιτά μέρη του δοκιμίου, στο άμεσο περιβάλλον της και επαναλαμβάνονται για ικανοποιητικό αριθμό ώστε να είναι βέβαιο ότι η συσκευή αντιστέκεται στην ηλεκτροστατική εκφόρτιση.

Αυτές οι μετρήσεις απαιτούν κατάλληλο πεδίο δοκιμών. Όλες οι δοκιμές καθορίζονται πλήρως από το πρότυπο IEC 61000-4-2 [5] με τα επίπεδα που παρουσιάζονται στον πίνακα.

Severity level	Tests voltage (kV), $\pm 10\%$	
	Air discharge	Contact discharge
1	2	2
2	4	4
3	8	6
4	15	8

Σχήμα 1-24: Οι τάσεις ηλεκτροστατικής εκφόρτισης που οι συσκευές πρέπει να αντέχουν για να υπακούουν στο IEC 61000-4-2 [5].

1.8.3.2 Ατρωσία αγωγής

Οι δοκιμές ατρωσίας χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν την αντίσταση του εξοπλισμού σε διαταραχές που φτάνουν σε αυτόν μέσω των εξωτερικών καλωδίων (είσοδοι, έξοδοι και τροφοδοσία ρεύματος). Αυτές οι διαταραχές διαφέρουν ανάλογα με το είδος και τα χαρακτηριστικά εγκατάστασης του καλωδίου. Τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα ή οι παλμοί που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις δοκιμές έχουν χαρακτηριστικά πλάτη, κυματομορφές, συχνότητες κλπ.

Μετρήσεις των διαταραχών που έγιναν σε διάφορα μέρη έχουν οδηγήσει στην επιλογή πέντε δοκιμών.

- Η πρώτη δοκιμή, που καλύπτεται από το IEC 61000-4-4 [7], εξομοιώνει χαρακτηριστικές διαταραχές που παράγονται από τη λειτουργία του εξοπλισμού ελέγχου.



Σχήμα 1-24: Η ευαισθησία σε ταχέα μεταβατικά φαινόμενα (fast transients), μετριέται με μια κύρια μονάδα ελέγχου Isis (δοκιμή 61000-4-4 [7]) σε ένα κλωβό Faraday. Στη φωτογραφία φαίνεται γεννήτρια διαταραχής που ρυθμίζεται από έναν χειριστή, η ξύλινη θήκη περιέχει την αρπάγη σύζευξης και τη κύρια μονάδα ελέγχου συνδεδεμένη με το δίκτυο Batibus.

- Η δεύτερη δοκιμή είναι αντιπροσωπευτική των δευτερευόντων αποτελεσμάτων που δημιουργούνται από φαινόμενα όπως ο κεραυνός. Αυτή εξομοιώνει τις διαταραχές αγωγής που εμφανίζονται στις γραμμές μεταφοράς χαμηλής τάσης μετά από χτύπημα κεραυνού (πρότυπο IEC 61000-4-5 [8]).

- Η τρίτη δοκιμή εκτελείται σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61000-4-6 [9]. Εξετάζει τις απαιτήσεις όσον αφορά την ατρωσία του εξοπλισμού σε διαταραχές υψηλών συχνοτήτων στα καλώδια, με πεδίο από 150 kHz έως 80 MHz (ακόμα και 230 MHz).
- Η τέταρτη δοκιμή αποτελείται από τη δημιουργία σύντομων διακοπών και βυθίσεων τάσης στα καλώδια παροχής ηλεκτρικού ρεύματος του δοκιμίου. Το πρότυπο IEC 61000-4-11 [10] είναι η βασική αναφορά. Αυτές οι διαταραχές προκαλούνται από σφάλματα στην κεντρική παροχή, την εγκατάσταση ή από ξαφνική σημαντική αλλαγή του φορτίου.
- Η πέμπτη δοκιμή βασίζεται στο πρότυπο IEC 61000-4-12 [11], το οποίο καθορίζει δύο τύπους κυματομορφών:
 - Αποσβαινόμενα ημιτονικά κύματα που εμφανίζονται σε καλώδια χαμηλής τάσης δημοσίων ή ιδιωτικών δικτύων ακολουθούμενα από λειτουργία μεταγωγής.
 - Αποσβαινόμενα ταλαντούμενα κύματα τα οποία εμφανίζονται με τη μορφή εκρήξεων. Αυτά βρίσκονται κυρίως στους υποσταθμούς, στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, ή ακόμα και στις μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

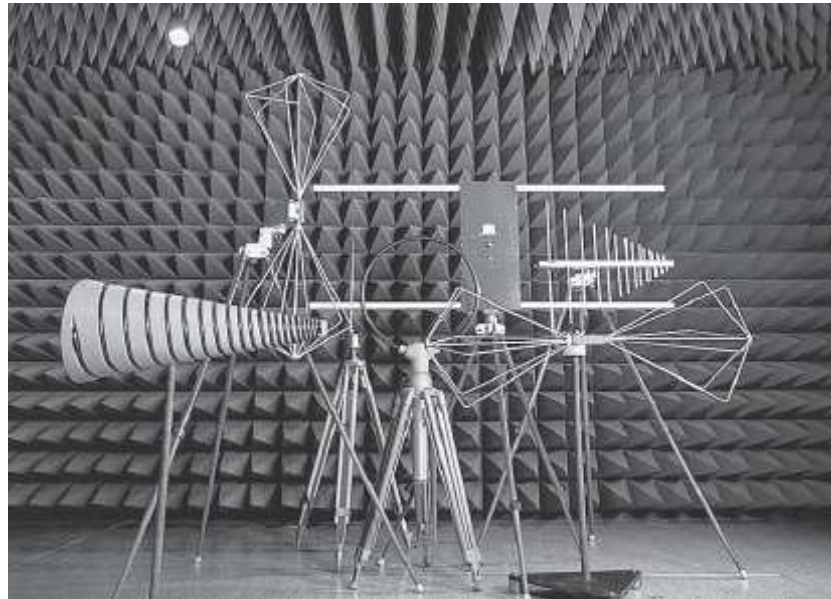
1.8.3.3 Ατρωσία ενάντια στις ακτινοβολούμενες εκπομπές

Οι δοκιμές ατρωσίας ενάντια στις ακτινοβολούμενες εκπομπές επινοήθηκαν για να εξασφαλίσουν την ικανοποιητική λειτουργία του εξοπλισμού όταν είναι εκτεθειμένος σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Δεδομένου ότι αυτές οι δοκιμές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στο περιβάλλον, τα μέσα και τα επίπεδα αποδοτικότητας που απαιτούνται για να παράγουν αξιόπιστες και αναπαραγωγίμες μετρήσεις ατρωσίας, πρέπει να είναι πολύ υψηλά.

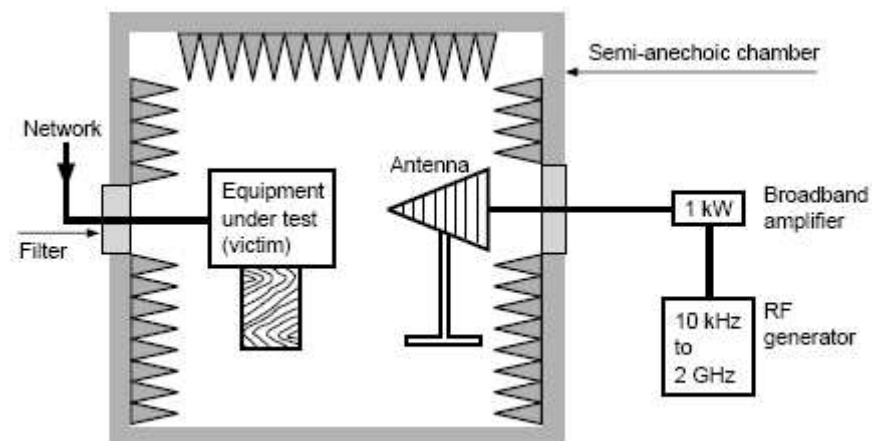
Το περιβάλλον πρέπει να είναι ελεύθερο από κύματα που λογικά υπάρχουν, αφού ηλεκτρομαγνητικά πεδία με ένταση μερικών V/m συναντώνται συχνά (όπως για παράδειγμα στο διπλής κατεύθυνσης φορητό ραδιόφωνο) και παλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία με ακόμα πιο υψηλά επίπεδα είναι συνηθισμένα σε βιομηχανικό περιβάλλον. Αυτές οι δοκιμές πρέπει επομένως να γίνονται σε κλωβούς Faraday με τοίχους καλυμμένους από υλικά για την απορρόφηση της υψηλής συχνότητας. Αυτοί οι κλωβοί καλούνται ανηχοϊκοί θάλαμοι όταν καλύπτονται όλοι οι τοίχοι συμπεριλαμβανομένου του πατώματος και ημι-ανηχοϊκοί, όπως στην περίπτωση του σχήματος 1-25, όταν το πάτωμα δεν καλύπτεται. Στους θαλάμους, τα πεδία παράγονται από διαφορετικού τύπου κεραιές ανάλογα με τον τύπο πεδίου, το φάσμα συχνότητας και τη πόλωση όπως για παράδειγμα βλέπουμε στο σχήμα 1-25. Οι κεραιές οδηγούνται από έναν

ενισχυτή ισχύος ευρείας ζώνης ελεγχόμενο από μια γεννήτρια ραδιοσυχνότητων (RF generator).



Σχήμα 1-25: Κλωβός Faraday (Faraday Cage), ημι-ανοιχοϊδής θάλαμος μέσα στον οποίο υπάρχουν κεραίες σε ένα EMC εργαστήριο της Schneider Electric.

Τα παραγόμενα πεδία βαθμονομούνται χρησιμοποιώντας ευρυζωνικούς ισοτροπικούς αισθητήρες. Το σχήμα 1-26 παρουσιάζει μια χαρακτηριστική εγκατάσταση δοκιμής.



Σχήμα 1-26: Τυπική εγκατάσταση δοκιμής σε κλωβό Faraday. Οι μετρήσεις εκτελούνται σε δυο στάδια.
α) Βαθμονόμηση του πεδίου για δοσμένο εύρος συχνότητων, χωρίς δοκίμιο.
β) Επαλήθευση της απρωσίας του δοκιμίου.

Τα πρότυπα καθορίζουν τα αποδεκτά όρια διαταραχής. Ως εκ τούτου, το πρότυπο IEC 61000-4-3 [12] προβλέπει δοκιμές σε συχνότητες 80 MHz - 2000 MHz με τρία επίπεδα δριμύτητας (1, 3, 10 V/m), και σε συχνότητες 800 MHz - 960 MHz και 1,4 GHz - 2 GHz με τέσσερα επίπεδα δριμύτητας: 1, 3, 10 και 30 V/m.

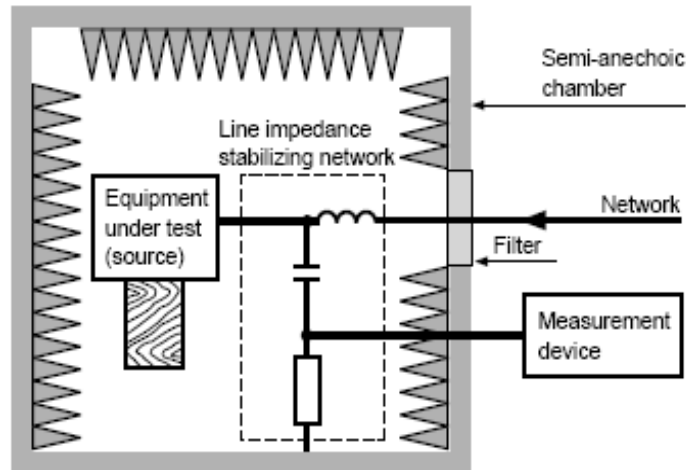
Οι δοκιμές ατρωσίας στα μαγνητικά πεδία σε βασικές συχνότητες γίνονται επίσης σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61000-4-8 []. Τέτοια μαγνητικά πεδία παράγονται από τη κυκλοφορία ρεύματος στα καλώδια, ή, πιο σπάνια, από άλλες συσκευές τοποθετημένες κοντά, όπως διασπορά ροής από μετασχηματιστές.

Τα μόνιμα πεδία σε επίπεδα δοκιμών έχουν ρεύματα μεταξύ 1 και 100 A/m, ενώ αυτά που είναι μικρής διάρκειας - περίπου 1 έως 3 s - έχουν ρεύματα 300 ή 1000 A/m. Το μαγνητικό πεδίο λαμβάνεται από την κυκλοφορία ρεύματος σε μια σπείρα επαγωγής. Εφαρμόζεται στο δοκίμιο σύμφωνα με τη μέθοδο βύθισης (immersion method), δηλαδή τοποθετείται στο κέντρο της σπείρας. Αυτή η δοκιμή θα πρέπει να διεξάγεται μόνο σε εξοπλισμό με εξαρτήματα που είναι ευαίσθητα σε μαγνητικά πεδία (οθόνες CRT, αισθητήρες για επιδράσεις αίθουσας (hall effect sensors), κλπ).

1.8.3.4 Εκπομπή αγωγής

Οι μετρήσεις για την εκπομπή αγωγής προσδιορίζουν την ποσότητα διαταραχής που το δοκίμιο επανεισάγει σε όλα τα καλώδια που συνδέονται με αυτόν. Η διαταραχή κυρίως εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά υψηλής συχνότητας του φορτίου που συνδέεται με το δοκίμιο.

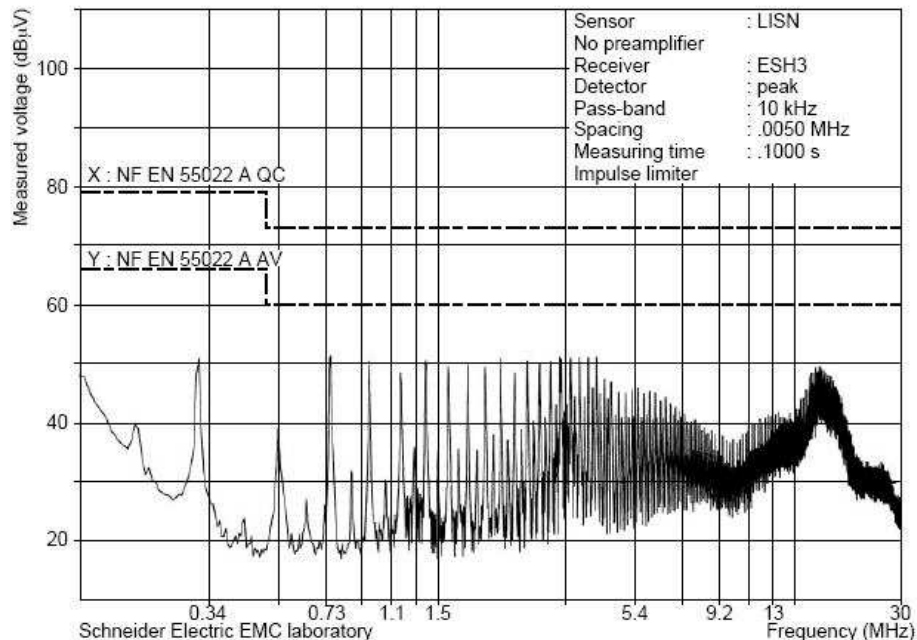
Για να ληφθούν αναπαραγώγιμα αποτελέσματα μέτρησης και ειδικά για να αποφευχθούν προβλήματα με τη χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση του δικτύου, οι μετρήσεις εκπομπής αγωγής εκτελούνται με τη βοήθεια δικτύωματος τεχνητού ηλεκτρικού δικτύου (Line Impedance Stabilizing Network, LISN). Ένας δέκτης υψηλής συχνότητας συνδέεται με το δίκτυο για την μέτρηση των επιπέδων εκπομπής για κάθε συχνότητα. Αυτά που περιγράφονται παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα 1-27.



Σχήμα 1-27: Μορφή μετρήσεων. Το δοκίμιο είναι η γεννήτρια και το LISN το φορτίο.

Το επίπεδο των διαταραχών που επανεισάγονται δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που καθορίζονται από τα πρότυπα.

Αυτά τα όρια εξαρτώνται από τον τύπο του καλωδίου και το περιβάλλον. Το γράφημα στο σχήμα 1-28 παρουσιάζει τα αποτελέσματα μιας μέτρησης που έγινε σε μια κονσόλα χαμηλής τάσης (main LV switchboard) και τα επίπεδα που ορίζονται στο πρότυπο EN 55022 για σύγκριση.



Σχήμα 1-28: Μετρήσεις εκπομπών ραδιοσυχνοτήτων από μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας δεδομένων της κυρίας κονσόλας (main switchboard).

1.8.3.5 Εκπομπές ακτινοβολίας

Οι μετρήσεις εκπομπών ακτινοβολίας προσδιορίζουν το επίπεδο διαταραχής που εκπέμπεται από μια συσκευή με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Οι δοκιμές εκπομπών ακτινοβολίας πρέπει να γίνονται με την απουσία κυμάτων που κανονικά υπάρχουν, όπως τα CB, ραδιοκύματα κλπ και δεν πρέπει να επηρεάζονται από τις ανακλάσεις στα περιβάλλοντα αντικείμενα. Αυτοί δύο όροι είναι αντιφατικοί και αυτός είναι ο λόγος για την ύπαρξη δύο μεθόδων δοκιμής.

Η πρώτη μέθοδος συνιστά την τοποθέτηση του δοκιμίου σε έναν χώρο χωρίς εμπόδια μέσα σε μια δεδομένη περίμετρο. Το περιβάλλον δεν ελέγχεται.

Η δεύτερη μέθοδος εφαρμόζεται σε ένα κλωβό Faraday. Οι ανακλάσεις από τους τοίχους μειώνονται σκόπιμα από υλικά που απορροφούν τις υψηλές συχνότητες, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 1-25. Το περιβάλλον μπορεί να ελεγχθεί τέλεια. Αυτή η μέθοδος προσφέρει δυο βασικά πλεονεκτήματα. Οι μετρήσεις μπορούν να είναι αυτοματοποιημένες και ο χειρισμός του εξοπλισμού ελαχιστοποιείται, δεδομένου ότι οι μετρήσεις του επιπέδου εκπομπής και ατρωσίας μπορούν να γίνουν στο ίδιο χώρο με λίγες αλλαγές στην εγκατάσταση.

Η έννοια της Διακρίβωσης

2.1 Εισαγωγή

Η ανάγκη μιας διαδικασίας προκειμένου να ελέγχεται η μέτρηση για την αξιοπιστία της είναι προφανής. Και απαντάται στην πράξη σε όλες τις πτυχές της καθημερινότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, μια μηχανή μέτρησης που έχουμε όλοι σε χρήση, το ρολόι μας, και η σχεδόν ασυνείδητη κίνηση που κάνουμε να συγκρίνουμε την ένδειξη του ρολογιού που φοράμε με τα ρολόγια που υπάρχουν σε κοινή θέα ή την επαλήθευση, που σχεδόν πάντοτε κάνουμε όταν καθορίζουμε την ώρα μιας συνάντησης ή ενός γεγονότος.

Στα πλαίσια της πιστοποίησης και της διασφάλισης της ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας θα πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα η διαδικασία της διακρίβωσης εξοπλισμού που χρησιμοποιείται για μετρήσεις και ελέγχους, καθώς και η μεγάλη σημασία της ως διαδικασία εξασφάλισης της ποιότητας. Αλληλένδετες έννοιες με αυτήν της διακρίβωσης είναι η επαλήθευση, η ιχνηλασιμότητα και η αβεβαιότητα μέτρησης. Η κατανόηση αυτών των εννοιών βοηθάει πολύ την κατανόηση της έννοιας Ποιότητα.

Διεθνή και εθνικά πρότυπα και κανονισμοί προσδιορίζουν τις απαιτήσεις για τις δειγματοληψίες και τις δοκιμές καθώς και τα όρια αποδοχής των μετρήσεων διάφορων χαρακτηριστικών προϊόντων. Τα εργαστήρια που διενεργούν αυτούς τους ελέγχους εξοπλίζονται ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις και να εξασφαλίζουν ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα εντός των ορίων ανοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση διακριβωμένου εξοπλισμού ιχνηλατούμενης ακρίβειας και ορθότητας. Όλος ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για μετρήσεις των δοκιμών πρέπει να εξασφαλίζεται ότι εκτελεί μετρήσεις εντός των προκαθορισμένων ορίων ανοχής. Κάθε όργανο του εξοπλισμού (Μηχανήματα, Συσκευές Μέτρησης και Δοκιμών, Μήτρες, Θερμόμετρα κ.λ.π.) οφείλει να διακριβώνεται με τρόπο που να ιχνηλατείται η μέθοδος διακρίβωσης και το αποτέλεσμα της.

2.2 Γενικά Στοιχεία - Ορισμοί

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστούν εν συντομία οι έννοιες της μέτρησης, της επαλήθευσης οργάνου, της ιχνηλασιμότητας και της αβεβαιότητας της μέτρησης ενώ στη συνέχεια θα περιγραφεί αναλυτικά η διαδικασία της διακρίβωσης δεδομένου ότι αυτό είναι το πεδίο εφαρμογής της παρούσας διπλωματικής.

2.2.1 Μέτρηση

Μέτρηση είναι η διαδικασία με την οποία μια άγνωστη ποσότητα συγκρίνεται με μια εκ των προτέρων γνωστή ποσότητα. Η μέτρηση της άγνωστης ποσότητας μπορεί να γίνει είτε με απευθείας σύγκρισή της με το χρησιμοποιούμενο πρότυπο, είτε εμμέσως με χρήση ενδιάμεσου ή βαθμολογημένου συστήματος. Σε κάθε περίπτωση η μέτρηση πρέπει να είναι ακριβής και ορθή, **ειδάλλως είναι επικίνδυνη**. Προκειμένου να διαπιστωθεί η ακρίβεια και η ορθότητα των οργάνων Μέτρησης και Δοκιμών εφαρμόζεται η διαδικασία διακρίβωσης / ρύθμισης. Η μέθοδος διακρίβωσης / ελέγχου και η συχνότητα ποικίλουν ανάλογα με τη συσκευή.

2.2.2 Διακρίβωση οργάνου

Ως διακρίβωση ενός οργάνου μέτρησης θεωρείται το σύνολο των δραστηριοτήτων, οι οποίες, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, προσδιορίζουν τις τιμές σφάλματός του.

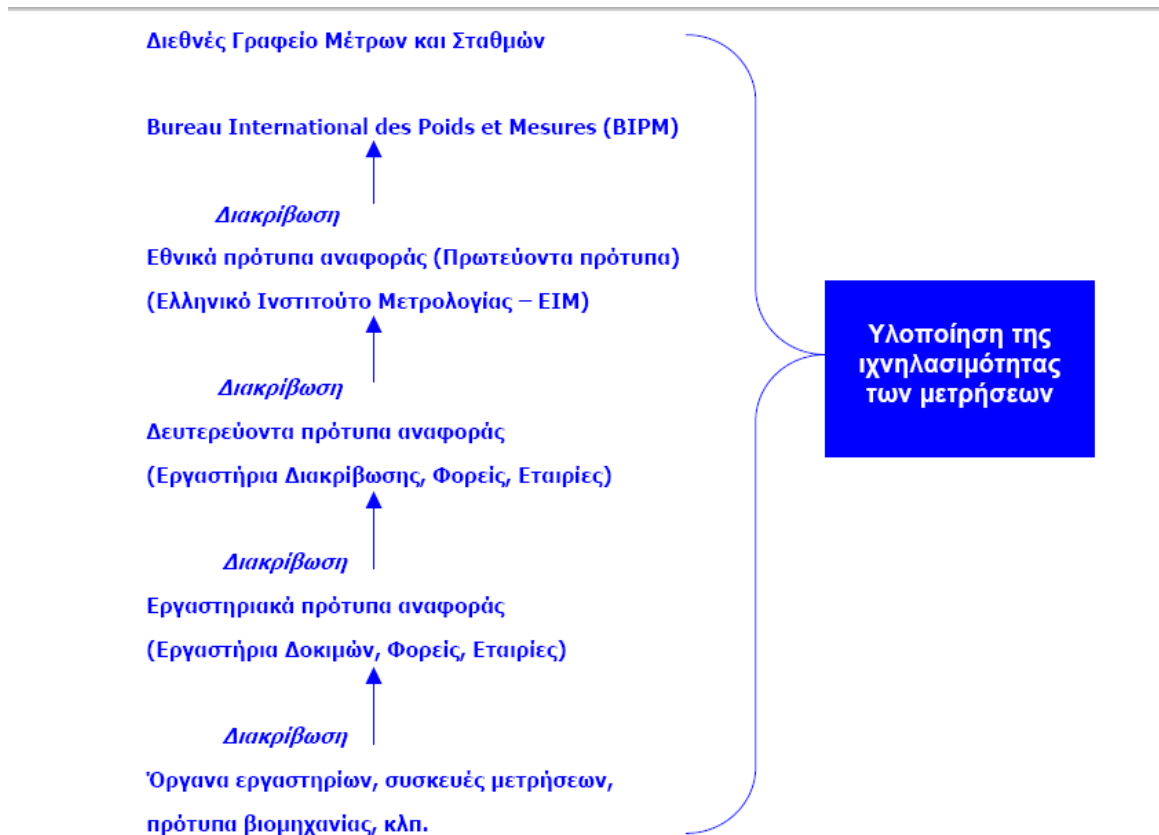
2.2.3 Επαλήθευση οργάνου

Η επαλήθευση ενός οργάνου είναι η επιβεβαίωση μετά από εξέταση και η απόδειξη ότι υπάρχει συμμόρφωση του οργάνου με συγκεκριμένες απαιτήσεις.

2.2.4 Ιχνηλασιμότητα

Ιχνηλασιμότητα (traceability) είναι ο συσχετισμός των αποτελεσμάτων μετρήσεων με εθνικά ή διεθνή πρότυπα, μέσω μιας αδιάσπαστης αλυσίδας συσχέτισης, δηλαδή συγκρίσεων και επομένως διακριβώσεων. Ετσι, δημιουργείται μια πυραμίδα ιχνηλασιμότητας η οποία περιλαμβάνει ιεραρχικά: τα διεθνή πρότυπα, τα εθνικά πρότυπα, τα πρότυπα του

εργαστηρίου διακρίβωσης και τα όργανα εργασίας της βιομηχανίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Αυτή η πυραμίδα δείχνει τη μεταφορά ακρίβειας, μέσω της γνωστής αβεβαιότητας μέτρησης για κάθε στάδιο. Η ιχνηλασιμότητα, εκπεφρασμένη σαν ιεραρχία διακρίβωσης, σημαίνει πως η ένδειξη τελικά ενός οργάνου μέτρησης μπορεί να συσχετιστεί με το εθνικό πρότυπο του μετρούμενου μεγέθους, σε ένα ή περισσότερα στάδια. Η ιχνηλασιμότητα συμπεριλαμβάνει και τον υπολογισμό αβεβαιότητας μέτρησης για κάθε στάδιο, έτσι ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η συνολική αβεβαιότητα για όλη την αλυσίδα.

2.2.5 Αβεβαιότητα μέτρησης

Η αβεβαιότητα μέτρησης είναι μια παράμετρος του αποτελέσματος μέτρησης, που χαρακτηρίζει το διάστημα τιμών, μέσα στο οποίο εκτιμάται ότι βρίσκεται το μετρούμενο μέγεθος. Αποτελεί μια ποσοτική μέτρηση της ισχύος της αλυσίδας της ιχνηλασιμότητας που αναφέρθηκε πιο πάνω. Ο υπολογισμός της γίνεται με επιστημονικές μεθόδους και, συνήθως σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

2.3 Η Διαδικασία της Διακρίβωσης

Διακρίβωση / Έλεγχος

Σύμφωνα με το πρότυπο MIL-STD-45662 ‘Calibration system requirements’, διακρίβωση είναι η σύγκριση μεταξύ δύο οργάνων ή συσκευών μέτρησης, από τα οποία το ένα είναι πρότυπο γνωστής ακρίβειας, ανιχνευόμενης σε εθνικά ή διεθνή πρότυπα και το άλλο άγνωστης ακρίβειας. Με τη σύγκριση αυτή βαθμολογείται το υπό έλεγχο όργανο ή συσκευή ή διαπιστώνεται ή επαληθεύεται ή επαναφέρεται με ρύθμιση η ακρίβειά του.

Διακρίνονται βασικά δύο είδη διακριβώσεων:

• Εξωτερική Διακρίβωση (Επίπεδο 1)

Πρόκειται για τη Διακρίβωση που γίνεται από αναγνωρισμένο Διαπιστευμένο Εργαστήριο.

Διαπιστευμένο Εργαστήριο: Εργαστήριο δοκιμών στο οποίο έχει παρασχεθεί η τυπική αναγνώριση, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025, ύστερα από αρχική επιθεώρηση, αξιολόγηση και στη συνέχεια επιτήρηση της καταλληλότητάς του, για τη διενέργεια συγκεκριμένων ή συγκεκριμένης κατηγορίας δοκιμών, σύμφωνα με καθορισμένα εθνικά ή διεθνή πρότυπα ή κοινές προδιαγραφές συμμόρφωσης ή τεχνικούς κανονισμούς.

• Εσωτερική Διακρίβωση (Επίπεδο 2 και 3)

Η Εσωτερική Διακρίβωση γίνεται από προσωπικό που διαθέτει την αντίστοιχη εμπειρία (Εργαστηριακός Μηχανικός) με χρήση διακριβωμένων οργάνων μέτρησης και δόκιμης μεθόδου. Η Μεθοδολογία για την Εσωτερική Διακρίβωση ορίζεται από τον Επικεφαλής Ποιοτικού Ελέγχου. Τα όργανα μέτρησης μπορεί να είναι εξωτερικά διακριβωμένα (Επίπεδο 2) ή εσωτερικά διακριβωμένα (Επίπεδο 3). Η διακρίβωση και σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να διενεργηθεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025.

Η εσωτερική διακρίβωση απαιτεί κυρίως:

1. Την ύπαρξη προτύπων οργάνων αναφοράς (διακριβωτές), τα οποία θα πρέπει με τη σειρά τους να διακριβώνονται σε εργαστήριο διακρίβωσης σε συγκεκριμένα διαστήματα, για την εξασφάλιση της ιχνηλασιμότητας.

2. Έλεγχο, ρύθμιση και καταγραφή των περιβαλλοντικών συνθηκών της διακρίβωσης, αναλόγως με τις απαιτήσεις της κάθε περίπτωσης.
3. Εκπόνηση, τεκμηρίωση και εφαρμογή διαδικασιών εσωτερικής διακρίβωσης.
4. Υπολογισμό της αβεβαιότητας μέτρησης, με επιστημονικές μεθόδους.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Είναι προφανές ότι στην περίπτωση εσωτερικής διακρίβωσης το προσωπικό θα πρέπει να είναι επαρκώς και τεκμηριωμένα εκπαιδευμένο κατάλληλα.

• Επιθεώρηση / Οπτικός Έλεγχος (Επίπεδο 4)

Στοιχεία που χρησιμοποιούνται συνεχώς όπως κόσκινα, μήτρες, κώνοι κάθισης κ.λ.π. επιθεωρούνται οπτικά για τον έλεγχο της καλής κατάστασης. Επίσης οπτική επιθεώρηση γίνεται σε όλες τις συσκευές που περιλαμβάνουν κινούμενα τμήματα προκειμένου να ελεγχθεί η ορθή θέση των επιμέρους στοιχείων. Η οπτική επιθεώρηση προηγείται κάθε χρήσης οργάνου ή συσκευής.

2.4 Καταγραφή Μετρήσεων

Όλες οι Μετρήσεις και Διακρίβώσεις που γίνονται εσωτερικά καταγράφονται και τηρούνται σε αρχείο. Όλα τα πιστοποιητικά Εξωτερικής Διακρίβωσης ομοίως τηρούνται σε αρχείο. Στην Αναφορά σημειώνεται το Όνομα της Συσκευής ή του Οργάνου, ο κωδικός αριθμός, η επιτρεπόμενη ανοχή, ο τρόπος μέτρησης, η ανοχή που μετρήθηκε (στην περίπτωση εσωτερικής διακρίβωσης) η ημερομηνία ισχύουσας διακρίβωσης, η ημερομηνία επόμενης διακρίβωσης και το επίπεδο Διακρίβωσης.

Στα αρχεία αυτά ή σε σχετικό φάκελο κάθε συσκευής θα περιλαμβάνονται όλα τα χαρακτηριστικά και τα στοιχεία του κάθε οργάνου, η σχετική μέθοδος, οι οδηγίες χρήσης και διακρίβωσης.

2.5 Προγραμματισμός Διακρίβωσης

Ο Εργαστηριακός Μηχανικός είναι υπεύθυνος για τον προγραμματισμό και την παρακολούθηση του προγράμματος διακρίβωσης του εργαστηριακού εξοπλισμού. Ο Εργαστηριακός Μηχανικός είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για την τήρηση του προγράμματος Εσωτερικής Διακρίβωσης.

Για τα όργανα στα οποία γίνεται εσωτερική διακρίβωση (επίπεδο 2 ή επίπεδο 3), απαιτείται η συμπλήρωση ενός εντύπου με τη μορφή “Καρτέλα διακρίβωσης Οργάνου”, στο οποίο αναφέρεται η πραγματοποιηθείσα Μέτρηση, η Μέτρηση Αναφοράς και η ευρεθείσα απόκλιση.

Ο απαραίτητος προγραμματισμός καθώς και οι αρμοδιότητες θα πρέπει να έχουν προσδιοριστεί με σαφήνεια, προκειμένου να εξασφαλίζεται η συνεχής συμμόρφωση. Είναι αυτονόητο ότι η ημερομηνία λήξεως του πιστοποιητικού δεν πρέπει σε καμιά περίπτωση να ξεπεραστεί.

2.6 Αρίθμηση και Καταμέτρηση των Συσκευών

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός και τα όργανα θα πρέπει να αριθμούνται και να ταξινομούνται σε σχετικό «Πίνακα Οργάνων και Συσκευών Εργαστηρίου». Οι κωδικοί των οργάνων σημειώνονται με Τυποποίηση και ποιότητα στη σύγχρονη κοινωνία ΜΕ-ΤΠΔΠ ΤΕΕ, 2008 αυτοκόλλητα σε κάθε όργανο και συσκευή έτσι ώστε η ανιχνευσιμότητά τους να είναι εφικτή.

2.7 Απαραίτητα Στοιχεία Πιστοποιητικού Διακρίβωσης

Τα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνει ένα πιστοποιητικό διακρίβωσης κατ' ελάχιστο είναι τα εξής:

- τον τίτλο «πιστοποιητικό διακρίβωσης».
- το όνομα και την διεύθυνση του εργαστηρίου και τον τόπο όπου εκτελέστηκαν οι διακριβώσεις, εάν αυτός διαφέρει από τη διεύθυνση του εργαστηρίου.
- μοναδική απόδοση ταυτότητας στο πιστοποιητικό διακρίβωσης (π.χ. ο αριθμός σειράς της έκδοσης) σε κάθε σελίδα ένα στοιχείο αναγνώρισης, προκειμένου να διασφαλίζεται ότι η σελίδα αναγνωρίζεται ως μέρος του πιστοποιητικού διακρίβωσης, καθώς και σαφή προσδιορισμό του τέλους του πιστοποιητικού.
- το όνομα, και τη διεύθυνση του πελάτη.

- τον προσδιορισμό της ταυτότητας της μεθόδου και του εξοπλισμού (τύπος οργάνου και σειριακός αριθμός) που χρησιμοποιήθηκε.
- την περιγραφή, την κατάσταση και σαφή προσδιορισμό της ταυτότητας του αντικειμένου που διακριβώθηκε.
- την ημερομηνία παραλαβής του αντικειμένου της διακρίβωσης όπου αυτό είναι κρίσιμο για την εγκυρότητα και την εφαρμογή των αποτελεσμάτων, καθώς και την ημερομηνία εκτέλεσης της διακρίβωσης.
- αναφορά στο σχέδιο και στις διαδικασίες δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκαν από το εργαστήριο ή από άλλους φορείς, όπου αυτά είναι σχετικά με την εγκυρότητα ή την εφαρμογή των αποτελεσμάτων.
- τα αποτελέσματα των διακριβώσεων και όπου ενδείκνυται τις μονάδες μέτρησης.
- το όνομα, την ιδιότητα και την υπογραφή ή ισοδύναμη αναγνώριση της ταυτότητας του(-ων) προσώπου(-ων) που εξουσιοδοτούν τη χορήγηση του πιστοποιητικού διακρίβωσης.
- όπου είναι σχετικό, μια δήλωση ότι τα αποτελέσματα σχετίζονται μόνο με τα αντικείμενα που διακριβώθηκαν.
- τις συνθήκες (π.χ. περιβαλλοντικές), κάτω από τις οποίες έγιναν οι διακριβώσεις, οι οποίες επηρεάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- την αβεβαιότητα της μέτρησης ή και δήλωση συμμόρφωσης με καθορισμένη μετρολογική προδιαγραφή ή με προτάσεις /κεφάλαια αυτής. Μαζί με την αναγραφή της αβεβαιότητας στα πιστοποιητικά διακρίβωσης ενδείκνυται και μια δήλωση για το επίπεδο εμπιστοσύνης στο οποίο αντιστοιχεί η έκφρασή της.
- απόδειξη ότι οι μετρήσεις είναι ιχνηλάσιμες.
- για τα πιστοποιητικά διακρίβωσης εντός του πεδίου διαπίστευσης του εργαστηρίου, τον αριθμό διαπίστευσης και τα διακριτικά στοιχεία (λογότυπο) του φορέα που παρέχει τη διαπίστευση.
- μια πρόταση ότι το πιστοποιητικό απαγορεύεται να αναπαράγεται παρά μόνο ολοκληρωμένο και μετά από έγγραφη εξουσιοδότηση του εργαστηρίου που το εκδίδει.
- τη σφραγίδα του εργαστηρίου.

Στο χώρο των παραρτημάτων περιλαμβάνεται ένα παράδειγμα πιστοποιητικού διακρίβωσης σύμφωνα με το Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης (ΕΣΥΔ) ώστε να υπάρχει μια πιο εποπτική εικόνα της διαδικασίας της διακρίβωσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Το πρόγραμμα LabVIEW (LABoratory Virtual Instrument Engineering Workbench)

Η εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας θα γίνει με τη χρήση του πακέτου LabVIEW της National Instruments. Ο κύριος λόγος επιλογής αυτού του προγράμματος από τις άλλες δημοφιλείς εναλλακτικές γλώσσες προγραμματισμού (C/C++, Matlab κτλ.) είναι η μεγαλύτερη απλότητα και ευκολία που παρουσιάζει στον έλεγχο οργάνων σε σχέση με τα προηγούμενα, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την κατασκευή των προγραμμάτων οδήγησης. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημά του, είναι ότι επιτρέπει την ανάπτυξη ενός πολύ φιλικού προς τον χρήστη προγράμματος διεπαφής (User Interface) χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερη ενασχόληση με το σχεδιασμό των γραφικών που θα απαιτηθούν.

3.1 Γενικά Στοιχεία

Το LabVIEW είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης προγραμμάτων που διαφέρει από τα άλλα. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ο τρόπος με τον οποίο σχεδιάζεις την κάθε εφαρμογή. Το LabVIEW χρησιμοποιεί μία γραφική γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται G. Με το πρόγραμμα αυτό αντί να γράφουμε σειριακά με τη μορφή εντολών το σώμα του προγράμματος, χρησιμοποιούμε Block Diagrams για την απεικόνιση απλών εντολών και υποπρογραμμάτων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές, βασιζόμενες σε κείμενο γλώσσες προγραμματισμού, όπου οι εντολές καθορίζουν την εκτέλεση του προγράμματος το LabVIEW χρησιμοποιεί προγραμματισμό ροής δεδομένων (dataflow programming) όπου η ροή των δεδομένων καθορίζει την εκτέλεση. Ένα πρόγραμμα σε LabVIEW ονομάζεται VI (Virtual Instrument) επειδή μιμείται την εμφάνιση και λειτουργία ενός πραγματικού οργάνου.

Το LabVIEW είναι ένα εργαλείο γενικού προγραμματισμού αλλά περιλαμβάνει πολλές βιβλιοθήκες συναρτήσεων και εργαλεία ειδικά για ανάκτηση δεδομένων και για έλεγχο οργάνων.

Στο LabVIEW το User Interface κατασκευάζεται με τη χρήση ενός συνόλου εργαλείων και αντικειμένων (objects). Αυτό είναι γνωστό ως **Front Panel**. Στη συνέχεια, προστίθεται ο κώδικας με τη χρήση γραφικών αναπαραστάσεων των συναρτήσεων ώστε να ελεγχθούν τα αντικείμενα του Front Panel. Το **Block Diagram** περιέχει αυτόν τον κώδικα. Γενικά, το Block Diagram θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα είδος διαγράμματος ροής. Το LabVIEW συνεργάζεται πλήρως με υλικό (Hardware) όπως GPIB, RS232 κτλ. με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ οργάνου και υπολογιστή και για τις τελευταίες εκδόσεις του έχει και την κατάλληλη

υποδομή για υποστήριξη δικτυακών εφαρμογών μέσω του LabVIEW Web Server. Διαθέτει επίσης πρόσθετα στοιχεία (add-ins) τα οποία υποστηρίζουν εφαρμογές πάνω σε πρωτόκολλα TCP/IP και ActiveX. Τέλος, διαθέτει διάφορους μηχανισμούς για σύνδεση με εξωτερικό κώδικα μέσω DLLs ή κοινών βιβλιοθηκών.

3.2 Εισαγωγή στα VI

Όπως αναφέρεται παραπάνω τα προγράμματα του LabVIEW ονομάζονται VI's-Virtual Instruments-ακριβώς γιατί η εμφάνισή τους και η λειτουργία τους μιμείται το πραγματικό όργανο όπως παλμογράφος, πολύμετρο κ.τ.λ. Σε αυτή την παράγραφο θα γίνει μία μικρή αναφορά στα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα VI και στον τρόπο με τον οποίο μπορεί να συνταχθεί ένα πρόγραμμα με το πακέτο LabVIEW.

Ένα VI αποτελείται:

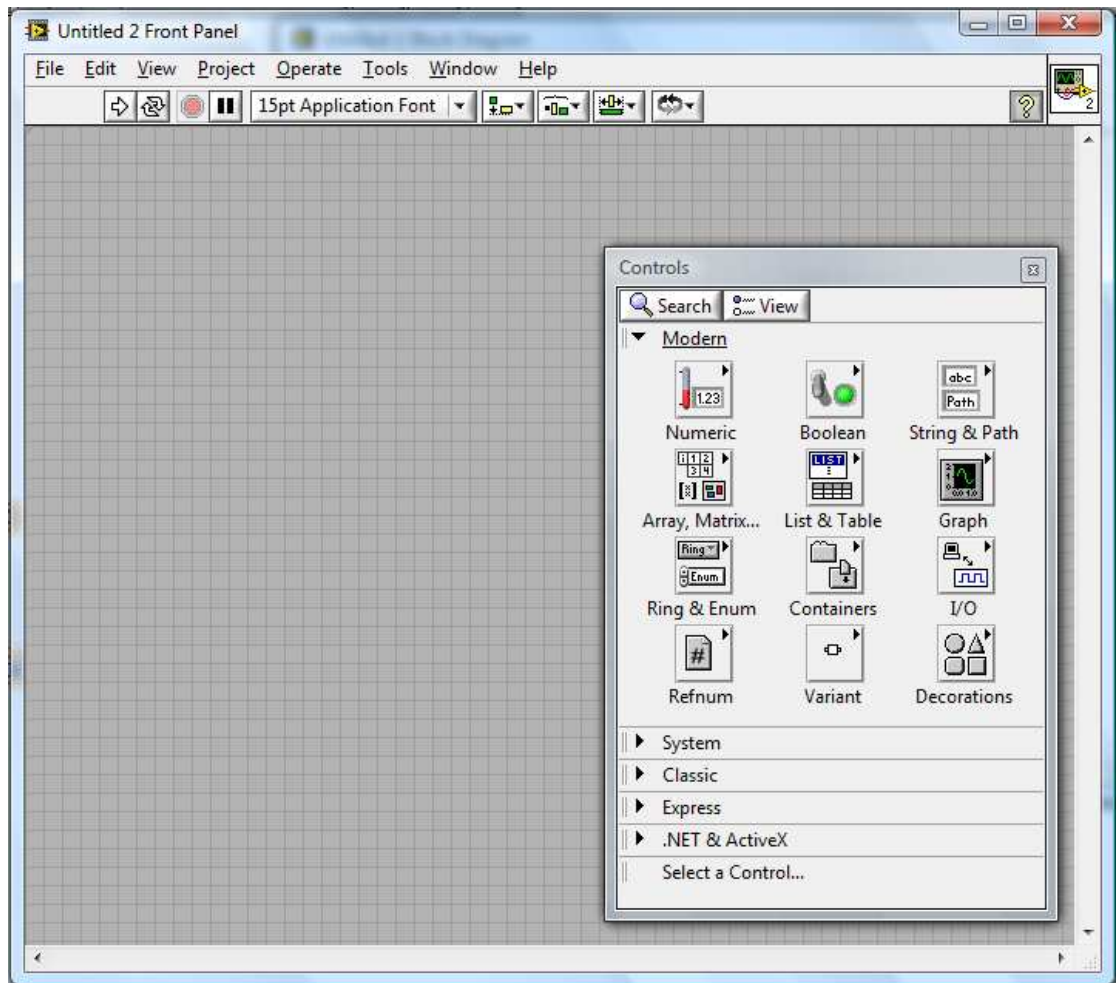
1. **Front panel:** Το οποίο αποτελεί και το μέσο επικοινωνίας με το χρήστη (user interface). Το Front Panel έχει τα δικά του εργαλεία. Κάνοντας κλικ στην επιλογή window της γραμμής εργαλείων και επιλέγοντας “Show Controls Palette” εμφανίζεται το παράθυρο των εργαλείων που μπορούν να τοποθετηθούν στο Front Panel. Όπως φαίνεται, η παλέτα των controls αποτελείται από αριθμητικά (Numeric) controls, boolean controls, πίνακες και γενικότερα ό,τι μπορεί να έχει μια συνηθισμένη γλώσσα προγραμματισμού.

2. **Block Diagram:** Το οποίο περιέχει τον γραφικό, πηγαίο κώδικα που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το VI. Κάνοντας κλικ στην επιλογή windows της γραμμής εργαλείων και επιλέγοντας “Show Functions Palette” εμφανίζεται αυτή τη φορά το παράθυρο των συναρτήσεων από το οποίο μπορεί να επιλεγεί οποιαδήποτε συνάρτηση για την επεξεργασία των controls του Front Panel. Έτσι για την επεξεργασία των αριθμητικών δεδομένων υπάρχουν οι συναρτήσεις numeric οι οποίες δεν είναι τίποτε άλλο παρά ένα πακέτο αριθμητικών πράξεων όπως πρόσθεση, πολλαπλασιασμός και πολλά άλλα. Αντίστοιχα για την επεξεργασία των Boolean controls υπάρχουν οι Boolean functions οι οποίες έχουν σαν εισόδους Boolean μεταβλητές και δίνουν έξοδο Boolean. Υπάρχουν και συναρτήσεις σύγκρισης (comparison function) οι οποίες μπορούν να πάρουν σαν είσοδο αριθμητικά δεδομένα και να δώσουν στην έξοδο δεδομένα τύπου Boolean.

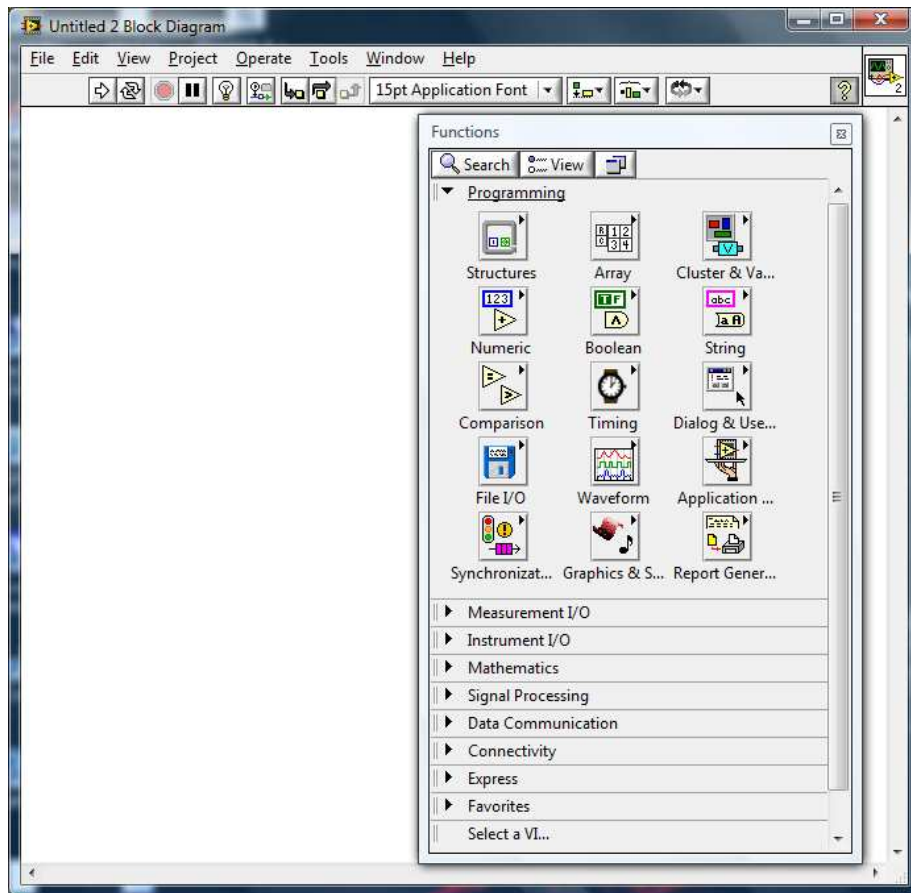
3. **Τετράγωνο Συνδέσεων και Εικονιδίων:** σε κάθε VI αντιστοιχίζεται ένα εικονίδιο που ενσωματώνει ένα πίνακα συνδέσεων (connector pane). Όταν το εικονίδιο τοποθετείται σε ένα Block Diagram το VI λειτουργεί όπως οι υπο-

ρουτίνες άλλων γλωσσών. Η πρόσβαση στις παραμέτρους εισόδου και εξόδου γίνεται από τις συνδέσεις του connector panel. Δημιουργείται έτσι μία ιεραρχική δομή των VI's. Κάθε VI αποτελείται από άλλα VI's που σ' αυτή την περίπτωση αναφέρονται ως subvi's. Τα subvi's χρησιμοποιούνται όπως και οι υπόλοιπες συναρτήσεις στο block diagram συνδέοντας τις εισόδους και εξόδους αναλόγως. Αυτό διευκολύνει το σχεδιασμό της εφαρμογής σε πολλά επίπεδα από το πιο βασικό ως το ανώτατο επίπεδο της εφαρμογής. Από την Functions Palette επιλέγοντας "Select a VI" εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου μέσω του οποίου επιτρέπεται να επιλεγεί ένα VI και να τοποθετηθεί στο Front Panel του VI το οποίο χρησιμοποιείται τη συγκεκριμένη στιγμή και να τεθεί ως sub-VI. Το γεγονός αυτό μάλιστα μπορεί να φανεί και καλύτερα αν από τη γραμμή εργαλείων του Front Panel επιλεγεί Browse και στη συνέχεια "Show VI Hierarchy" . Τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο που παρουσιάζει την ιεραρχική δομή του προγράμματος μας δείχνοντας μας τα sub-VI's που έχουμε ορίσει αλλά και το VI κορυφής.

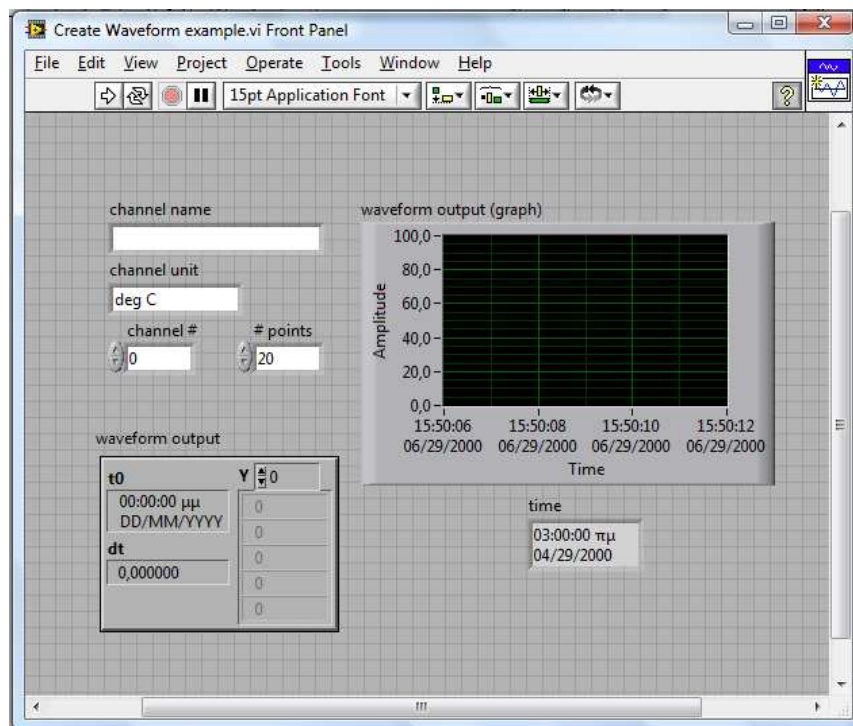
Παρακάτω φαίνονται σχηματικά τα όσα προαναφέρθηκαν και ένα παράδειγμα το οποίο φανερώνει τη χρήση και τη λειτουργία των Front Panel – Block Diagram καθώς επίσης και την αντιστοιχία των controls palette-functions palette. Στο Block Diagram του παραδείγματος φαίνεται επίσης και η ροή των δεδομένων μέσω των συναρτήσεων από τα control του Front Panel. Στο σχήμα 3.1 φαίνεται το Front Panel και η controls palette και στο σχήμα 3.2 φαίνεται το Block Diagram και η functions palette. Στο σχήμα 3.3 φαίνεται το Front Panel του παραδείγματος με τα διάφορα controls και το σχήμα 3.4 δείχνει το Block Diagram του παραδείγματος στο οποίο φαίνονται τα τερματικά που αντιστοιχούν στα controls του Front Panel.



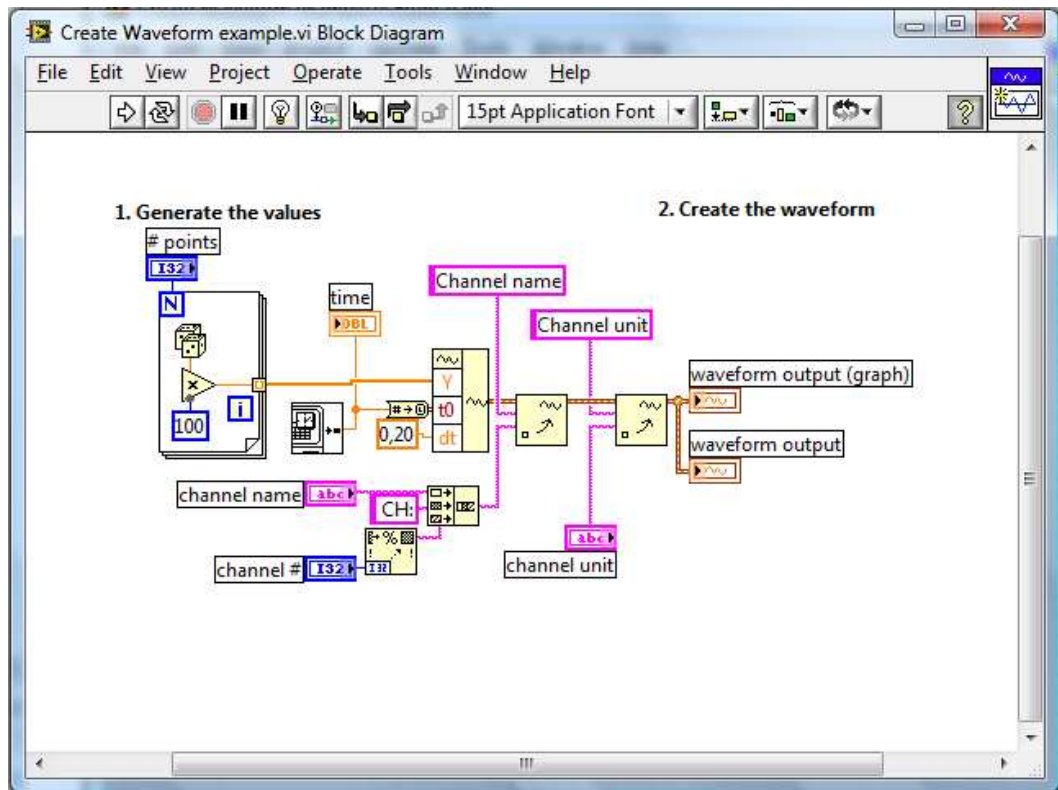
Σχήμα 3.1: Το Front Panel και η Controls Palette



Σχήμα 3.2: Το Block Diagram και η Functions Palette



Σχήμα 3.3: Παράδειγμα Front Panel που φανερώνει τη χρήση των Controls και των Indicators



Σχήμα 3.4: Block Diagram με τα τερματικά που αντιστοιχούν στο Front Panel

Τέλος ένα εργαλείο κοινό και για το Block diagram αλλά και το Front panel είναι η παλέτα των εργαλείων, Tools Palette, η οποία έχει διάφορα χρήσιμα εργαλεία όπως cursor, προσθήκη κειμένου, προσθήκη καλωδίωσης και χρώματος.



Σχήμα 3.5: Tools Palette

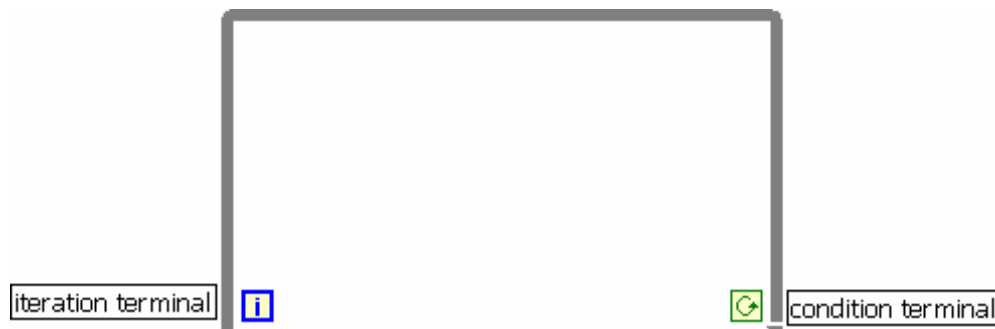
3.3 Τα κυριότερα στοιχεία του LabVIEW

3.3.1 Τα κυριότερα στοιχεία του Block Diagram

3.3.1.1 While Loop

Το while loop είναι μια δομή που επαναλαμβάνει ένα μέρος του κώδικα του προγράμματος μέχρι να εκπληρωθεί μια συνθήκη. Στο LabVIEW ένα while loop παριστάνεται με ένα ορθογώνιο σχήμα του οποίου τις διαστάσεις μπορεί να αλλάξει ο χρήστης. Εντός του loop υπάρχει το iteration terminal που περιέχει ανά πάσα στιγμή τον αριθμό των επαναλήψεων του βρόγχου. Πρέπει να ληφθεί υπ'όψιν ότι επειδή η αρχική του τιμή είναι πάντα μηδενική αν ο βρόγχος εκτελεστεί μια φορά το iteration terminal περιέχει την τιμή 0. Εντός του βρόγχου επίσης υπάρχει και το conditional terminal το οποίο λειτουργεί σαν είσοδος και αποτελεί ουσιαστικά τη συνθήκη ελέγχου του βρόγχου. Πρόκειται για μια Boolean μεταβλητή εισόδου η οποία όταν πάρει την τιμή FALSE τερματίζεται η λειτουργία του while loop.

Επιλέγεται από το functions palette<structures<while loop

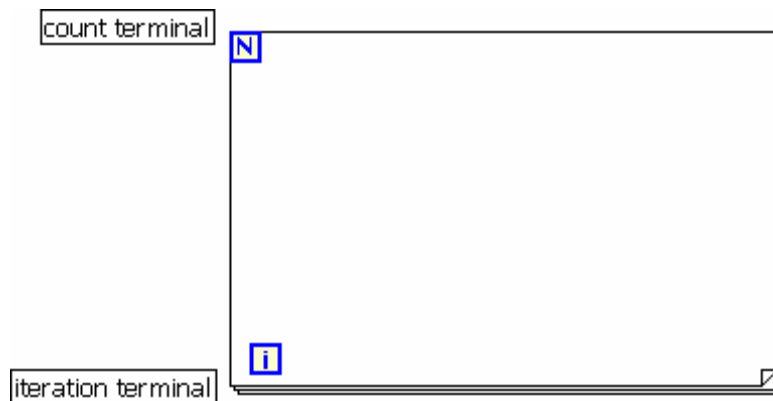


Σχήμα 3.6.: While Loop

3.3.1.2 For Loop

Το for loop είναι μια δομή η οποία εκτελεί ένα μέρος του προγράμματος για έναν καθορισμένο αριθμό επαναλήψεων. Όπως το while loop, παριστάνεται με ένα ορθογώνιο σχήμα του οποίου οι διαστάσεις μπορούν να αλλαχθούν. Περιλαμβάνει δύο terminals, το count terminal το οποίο λειτουργεί σαν είσοδος και καθορίζει τον αριθμό των επαναλήψεων και το iteration terminal που περιέχει τον αριθμό των επαναλήψεων που έχουν εκτελεστεί.

Επιλέγεται από το functions palette<structures<for loop



Σχήμα 3.7: For Loop

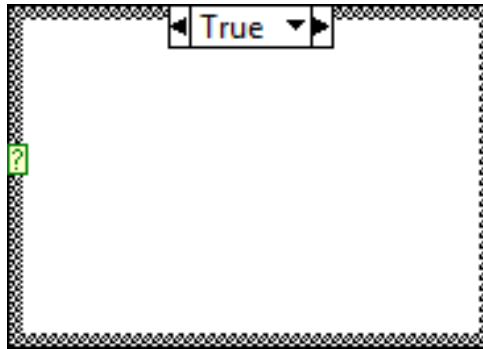
3.3.1.3 Shift Registers

Οι shift registers χρησιμοποιούνται στο while και στο for loop και μεταφέρουν τιμές από μία επανάληψη του βρόγχου στην επόμενη. Για να δημιουργηθεί ένα νέο shift register γίνεται left click στην δεξιά ή αριστερή πλευρά των loops και από το μενού που εμφανίζεται επιλέγεται **Add Shift Register**. Ένας shift register αποτελείται από δύο terminals τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα στη δεξιά και το άλλο στην αριστερή πλευρά του βρόγχου. Το δεξί terminal αποθηκεύει την τιμή μιας μεταβλητής κατά την ολοκλήρωση μιας επανάληψης του βρόγχου. Η τιμή αυτή εμφανίζεται στη συνέχεια στο αριστερό terminal κατά την έναρξη της επόμενης επανάληψης του βρόγχου. Μπορεί να αποθηκεύσει όλων των ειδών τα δεδομένα – αριθμητικά, Boolean, string, array κ.α.

3.3.1.4 Case Structure

Η δομή Case περιέχει δύο ή περισσότερα subdiagrams ή αλλιώς cases από τα οποία εκτελείται μόνο το ένα κάθε φορά που εκτελείται η δομή. Στην αριστερή πλευρά του συμβόλου της δομής case υπάρχει ένας επιλογέας που ανάλογα με την τιμή που παίρνει σαν είσοδο διαλέγει και εκτελεί το ανάλογο subdiagram. Η τιμή της εισόδου μπορεί να είναι ακέραια, Boolean ή string. Για να προστεθούν cases γίνεται δεξί click στις πλευρές της case structure και επιλέγεται **Add Case**.

Επιλέγεται από το functions palette<structures<case

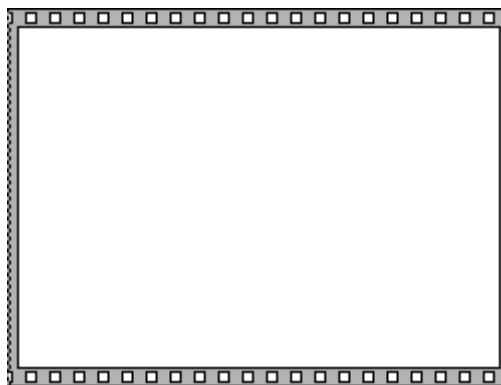


Σχήμα 3.8: Case Structure

3.3.1.5 Sequence Structure

Η sequence structure εκτελεί ακολουθιακά έναν αριθμό block diagrams. Μοιάζει με τη δομή case διότι περιέχει πολλά στιγμιότυπα. Σε αυτή την περίπτωση όμως δεν εκτελείται μόνο το diagram που περιέχεται στο στιγμιότυπο που επιλέχθηκε αλλά όλα τα diagrams με την σειρά που έχουν τοποθετηθεί. Έτσι πρώτα θα εκτελεστεί το diagram που περιέχεται στο στιγμιότυπο 0, ακολούθως αυτό που περιέχεται στο στιγμιότυπο 1 κ.ο.κ. Η δομή αυτή είναι χρήσιμη στον έλεγχο της ροής των δεδομένων αποφεύγοντας έτσι πιθανά λάθη από την εκτέλεση κάποιου κόμβου πριν την επιθυμητή σειρά εκτέλεσης του. Για να προστεθεί ένα frame γίνεται δεξί click στις πλευρές του sequence structure και στη συνέχεια επιλέγεται **Add Frame Before** ή **Add Frame After** ανάλογα με την επιθυμητή θέση τοποθέτησης.

Επιλέγεται από το functions palette<structures<sequence

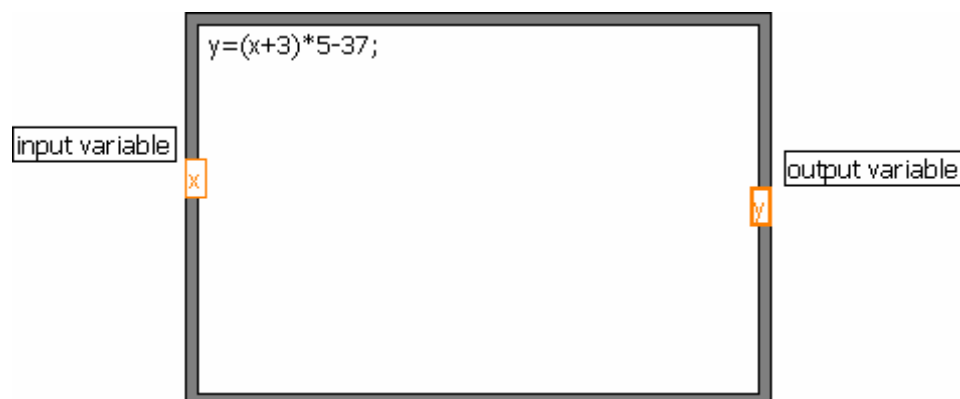


Σχήμα 3.9: Sequence Structure

3.3.1.6 Formula Node

Πρόκειται για μια δομή μέσα στην οποία μπορούν να εισαχθούν απ' ευθείας αλγεβρικές φόρμουλες. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί όταν απαιτείται μια πολύπλοκη έκφραση, η υλοποίηση της με τα αριθμητικά functions που περιέχει το LabVIEW καταλαμβάνει μεγάλη έκταση στο χώρο και γενικά κάνει το block diagram περίπλοκο. Επίσης υποστηρίζει και εκφράσεις παρόμοιες με αυτές της C. Οι built-in συναρτήσεις που υποστηρίζει είναι οι παρακάτω: abs, acos, acosh, asin, asinh, atan, atanh, ceil, cos, cosh, cot, csc, exp, expm1, floor, getexp, getman, int, intrz, In, Inp1, log, log2, max, min, mod, rand, rem, sec, sign, sin, sinc, sinh, sqrt, tan, tanh. Για να δημιουργηθούν τα input και output terminals αρχικά γίνεται δεξί click στις πλευρές του Formula Node και στη συνέχεια επιλέγεται **Add Input** ή **Add Output**. Κατόπιν εισάγονται τα ονόματα των μεταβλητών στα input και output boxes. Ακολούθως συνδέεται το επιθυμητό control στο input box καθώς και ένα indicator στο output box για να λαμβάνονται τα αποτελέσματα.

Επιλέγεται από το functions palette<structures<formula node

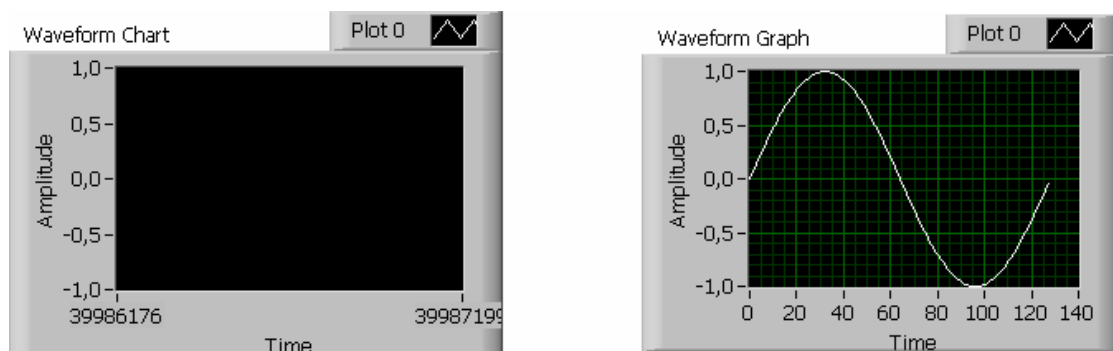


Σχήμα 3.10: Formula Node

3.3.2 Τα κυριότερα στοιχεία του Front Panel

3.3.2.1 Charts and Graphs

Το LabVIEW παρέχει τη δυνατότητα να παρασταθεί γραφικά μια σειρά από δεδομένα με εργαλεία που ονομάζονται charts και graphs. Η βασική διαφορά ανάμεσα σε charts και graphs έγκειται στον τρόπο με τον οποίο συλλέγουν και αποτυπώνουν τα δεδομένα. Έτσι VIs που διαθέτουν graphs συνήθως συλλέγουν τα δεδομένα σε ένα πίνακα και στη συνέχεια τα αποτυπώνουν στην οθόνη του graph μονομιάς. Αντίθετα τα charts προσθέτουν στην ήδη υπάρχουσα απεικόνιση τα νέα δεδομένα που έρχονται. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι υπάρχουν δύο τύποι graphs, το waveform graph και το XY graph. Η διαφορά ανάμεσα στα δύο είναι ότι το μεν πρώτο αποτυπώνει μονοσήμαντες συναρτήσεις, ενώ το δεύτερο είναι ένα γενικότερης χρήσης εργαλείο το οποίο μπορεί να απεικονίσει ακόμα και πολυσήμαντες συναρτήσεις.



Σχήμα 3.11: Chart and Graph

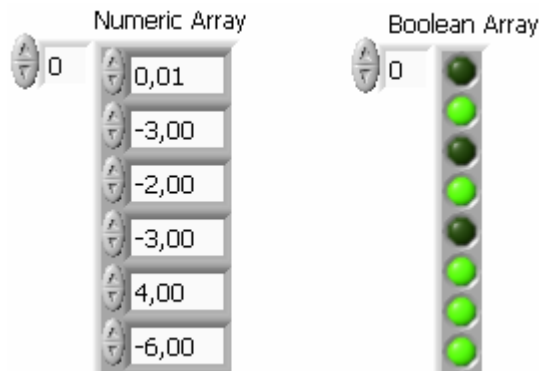
3.3.2.2 Arrays

Οι πίνακες (arrays) είναι ένα σύνολο στοιχείων του ίδιου τύπου. Μπορεί να έχουν μια ή περισσότερες διαστάσεις. Τα στοιχεία του πίνακα μπορούν να είναι οποιουδήποτε τύπου εκτός από array, chart και graph.

Για να δημιουργηθεί ένα array επιλέγεται το Array & Graph Menu από το Control Palette. Στη συνέχεια εμφανίζεται στο front panel το array shell ενώ για να καθοριστεί ο τύπος των στοιχείων του πίνακα, επιλέγεται αρχικά από το Control Menu ένα data object και στη συνέχεια τοποθετείται μέσα στο array shell. Ένας εναλλακτικός τρόπος επιλογής του τύπου των δεδομένων είναι μέσω του pop-up menu του πίνακα. Αν απαιτείται η προσθήκη μιας νέας διάστασης στον πίνακα τότε επιλέγεται από το pop-up menu **Add**

Dimension και έτσι εμφανίζεται ένα επιπλέον index display που αναφέρεται στην καινούρια διάσταση.

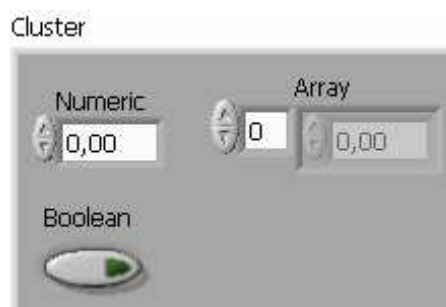
Το LabVIEW περιλαμβάνει πολλές λειτουργίες που σχετίζονται με τους πίνακες και ονομάζονται array functions. Οι λειτουργίες αυτές διευκολύνουν την και αξιοποιούν τη χρήση των πινάκων και βρίσκονται στη **Functions Palette** και συγκεκριμένα στο μενού **Array**.



Σχήμα 3.12: Δύο μονοδιάστατα arrays, ένα με αριθμητικές και ένα με Boolean τιμές

3.3.2.3 Clusters

Το cluster είναι ένας τύπος δεδομένου ο οποίος περιέχει πολλαπλά στοιχεία δεδομένων τα οποία μπορούν να είναι διαφορετικού τύπου. Αυτό είναι και το στοιχείο που διαφοροποιεί ένα cluster από ένα array μιας και το δεύτερο ενώ περιλαμβάνει πολλαπλά στοιχεία αυτά θα πρέπει να είναι του ίδιου τύπου. Ο μόνος περιορισμός που υπάρχει ως προς τα στοιχεία του cluster είναι ότι θα πρέπει να είναι όλα ή controls ή indicators.



Σχήμα 3.13: Cluster αποτελούμενο από ένα numeric control, ένα Boolean control και ένα array

Συνοψίζοντας λοιπόν, στην παλέτα συναρτήσεων υπάρχουν έτοιμες κατασκευασμένες λειτουργίες όπως συνθήκες (while και if), βρόχοι επανάληψης, άθροιση αριθμών οποιουδήποτε είδους, λογικές μεταβλητές και πράξεις, πίνακες, μεταβλητές string, συγκρίσεις, έτοιμα προγράμματα

για άνοιγμα και γράψιμο αρχείων, πρότυπες κυματομορφές και προγράμματα δημιουργίας και τέλεσης πράξεων μεταξύ κυματομορφών, στοιχεία ανώτερων μαθηματικών όπως ολοκληρώματα και αθροίσματα σειρών, ειδικός κατάλογος για την επικοινωνία με όργανα και άλλος για τη διασύνδεση οργάνων καθώς και μία σειρά εργαλεία για τον έλεγχο της εφαρμογής. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει κάποιες δικές του βιβλιοθήκες και να επιλέξει κάποιες δικές του συναρτήσεις. Στην παλέτα ελεγκτών (Controls Palette) υπάρχει μία σειρά από controls για τον έλεγχο λογικών και αριθμητικών μεταβλητών, πινάκων, γραφικών παραστάσεων, strings, διευθύνσεων οργάνων, είσοδο αρχείων, δημιουργία ActiveX αντικειμένων καθώς και οριζόμενων από το χρήστη αρχείων. Εκτός από τα Controls για όλα τα παραπάνω υπάρχουν μαζί και οι αντίστοιχοι Indicators. Τέλος στην παλέτα εργαλείων υπάρχουν εργαλεία για χρήση του κέρσορα στην εισαγωγή κειμένου, στην επιλογή και αλλαγή των τιμών των αντικειμένων του Front Panel, για καλωδίωση των αντικειμένων του Block Diagram, για επιλογή και εισαγωγή χρώματος καθώς και για ειδικές λειτουργίες όπως η εισαγωγή breakpoint.

3.4 Έλεγχος οργάνων με τη χρήση του LabVIEW

Το LabVIEW μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία με όργανα ελεγχόμενα από GPIB, VXI, RS-232 και διάφορα άλλα πρότυπα. Η επικοινωνία με τα όργανα γίνεται με τη βοήθεια προγραμμάτων οδήγησης οργάνων (drivers), δηλαδή βιβλιοθηκών από VI που ελέγχουν προγραμματιζόμενα όργανα. Με τον τρόπο αυτό απλοποιείται η απαιτούμενη για τον έλεγχο του οργάνου διαδικασία, αφού δεν χρειάζεται να μάθει κανείς το πρωτόκολλο του κάθε οργάνου. Όταν κάποιος εκτελεί το VI ενός οργάνου ουσιαστικά τρέχει ένα αυτόματα εγκατεστημένο driver, ο οποίος στέλνει αυτόματα τις κατάλληλες για το όργανο εντολές.

Τέτοια προγράμματα υπάρχουν για τα περισσότερα καινούρια όργανα όχι όμως και για τα παλαιότερα. Στα πλαίσια της διπλωματικής αυτής και για την κάλυψη των αναγκών της αναπτύχθηκαν και νέοι drivers των οποίων η δομή, η κατασκευή και λειτουργία θα εξηγηθεί αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Επιπλέον πρέπει να αναφερθεί ότι στην παρούσα διπλωματική, ο έλεγχος του παλμογράφου TDS 3052 Tektronix επιτεύχθηκε μέσω της συνδέσης του με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την κάρτα GPIB- USB-HS της National Instruments. Η εν λόγω κάρτα φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 3.13: Κάρτα NI GPIB-USB-HS

3.5 Δικτύωση με τη χρήση του LabVIEW

Το LabVIEW μπορεί να δικτυωθεί με άλλες διαδικασίες, που περιλαμβάνουν ακόμα και εκτέλεση μέσα από άλλες εφαρμογές ή από φυσικά απομακρυσμένους υπολογιστές. Ανάμεσα στους σκοπούς που μπορούν να εξυπηρετηθούν μέσα από το πρόγραμμα αυτό, είναι:

1. Ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε VI's που εκτελούνται σε ένα δίκτυο με τη χρήση της τεχνολογίας NI Data Socket.
2. Δυνατότητα μεταφοράς των εικόνων του Front Panel καθώς και της διάθεσης του προγράμματος στο Internet με χρήση HTML
3. Επικοινωνία των προγραμμάτων με χρήση χαμηλού επιπέδου πρωτοκόλλων όπως TCP, UDP κ.τ.λ.

Από όλα τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το LabVIEW είναι ένα πανίσχυρο προγραμματιστικό πακέτο το οποίο είναι κατάλληλα εφοδιασμένο για να ανταποκριθεί στις σύγχρονες και συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις. Ιδιαίτερα στον τομέα των εργαστηριακών μετρήσεων, ο έλεγχος των οργάνων γίνεται με περισσότερη ευκολία και άνεση από τη μεριά του προγραμματιστή, ενώ από τη μεριά του χρήστη το περιβάλλον της εκάστοτε εφαρμογής είναι πολύ πιο φιλικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Το Πρόγραμμα Ελέγχου του Παλμογράφου

4.1 Γενικά

Στο σημείο αυτό θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα ελέγχου του παλμογράφου TDS 3052 της εταιρίας TEKTRONIX, όπως αυτό υλοποιήθηκε στο περιβάλλον Labview. Η συγκεκριμένη υλοποίηση αποσκοπεί στον έλεγχο των περισσότερων στοιχείων του εν λόγω παλμογράφου, σε ένα φάσμα από τον καθορισμό της κλίμακας των αξόνων του (Horizontal and Vertical Scale) έως και τον καθορισμό του τρόπου μέτρησης και της τοποθέτησης κερσόρων.

Όλες αυτές οι δυνατότητες του προγράμματος θα αναλυθούν στη συνέχεια με την εξής διαδικασία:

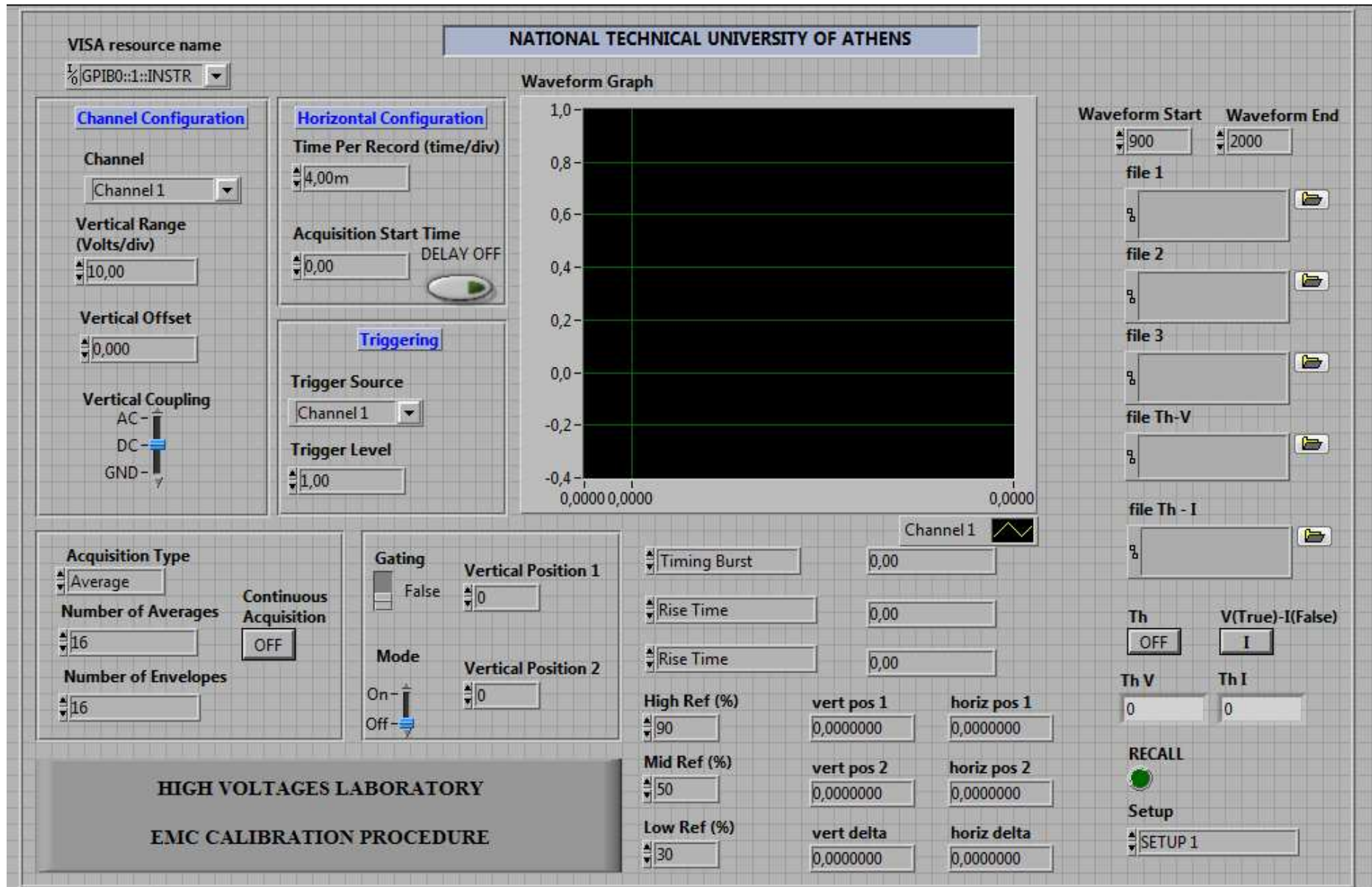
- Αρχικά θα παρουσιαστεί το Front Panel του VI ελέγχου του παλμογράφου και θα περιγράψουν οι δυνατότητες που προσφέρει.
- Στη συνέχεια θα γίνει εκτενής ανάλυση της διαδικασίας δημιουργίας του προγράμματος σχολιάζοντας και επεξηγώντας το Block Diagram του VI ελέγχου του παλμογράφου, αρχικά τμηματικά και στο τέλος με μία συνολική περιγραφή λειτουργίας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η υλοποίηση του VI για την οδήγηση του παλμογράφου έγινε με χρήση των subVIs που περιέχονται στους drivers του παλμογράφου. Πέραν αυτού κρίθηκε απαραίτητο να κατασκευαστούν και κάποιοι drivers επιπλέον, που δεν περιέχονταν στο αρχικό αρχείο που υπάρχει διαθέσιμο και στην ιστοσελίδα της εταιρίας National Instruments. Αυτό συνέβη προκειμένου να καταστεί δυνατός ο έλεγχος του παλμογράφου σε πληρέστερο και βαθύτερο βαθμό. Φυσικά στο συνολικό πρόγραμμα υπάρχουν στοιχεία και δομές του βασικού περιβάλλοντος προγραμματισμού του LabView (δομές επιλογής-case structures, αριθμητικές πράξεις κτλ.).

4.2 Front Panel

Παρακάτω παρουσιάζεται η επιφάνεια χειρισμού του παλμογράφου TDS 3052 της TEKTRONIX. Μέσω αυτής είναι δυνατός ο καθορισμός όλων των παραμέτρων του παλμογράφου που είναι απαραίτητες για την διεξαγωγή των δοκιμών διακρίβωσης που μας απασχολούν.

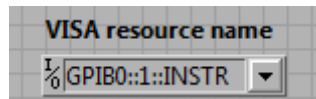
Η επιφάνεια έχει σχεδιαστεί και με γνώμονα τη φιλικότητα προς τον χρήστη. Για το λόγο αυτό έχει γίνει μια ομαδοποίηση των μέσων ελέγχου (πλήκτρα επιλογής, πεδία εισαγωγή παραμέτρων κτλ.) ανάλογα με το ευρύτερο αντικείμενο που αυτά καθορίζουν δηλ. τις οριζόντιες και κάθετες παραμέτρους, την εικόνα του γραφήματος, τους κέρσορες κτλ. Επιπλέον έχουν τοποθετηθεί πεδία επιλογής αρχείων, προκειμένου να μπορεί ο χρήστης να καθορίσει την τοποθεσία που θα αποθηκεύει τα δεδομένα του, ώστε να τα αξιοποιήσει αργότερα με άλλα VIs, με στόχο να ολοκληρωθεί η διαδικασία διακρίβωσης.



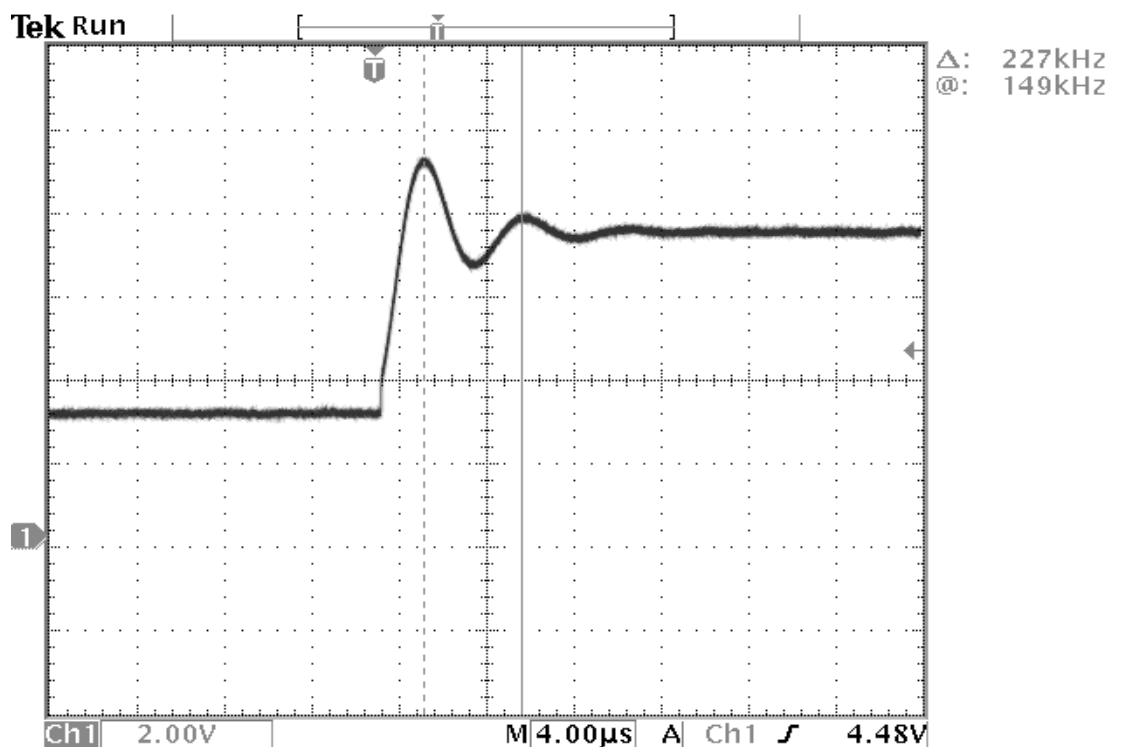
Εικόνα 4.1: Front Panel του TDS 3052 Control.vi

Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξήγηση των λειτουργιών της επιφάνειας ελέγχου ανά τμήμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο το Front Panel περιέχει:

- Τη διεύθυνση που αντιστοιχεί στην προγραμματική «οντότητα» του οργάνου (δηλ. αυτό που αποκαλείται resource) με την οποία επικοινωνεί το πρόγραμμα μέσω του πρωτοκόλλου VISA προκειμένου να στέλνει και να λαμβάνει πληροφορίες από και προς τον παλμογράφο.



- Τον καθορισμό των παραμέτρων του καναλιού του παλμογράφου (Channel Configuration). Στα πλαίσια αυτά περιλαμβάνεται η επιλογή του καναλιού, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το κανάλι 1, καθώς και τον προσδιορισμό της κάθετης κλίμακας του παλμογράφου που περιγράφεται με την επιγραφή Vertical Range (Volts/div). Η τιμή που επιλέγεται σε αυτό το πεδίο αντιστοιχεί στην τιμή της κάθε μιας από τις 10 υποδιαιρέσεις του κάθετου άξονα του παλμογράφου. Οι συγκεκριμένες υποδιαιρέσεις γίνονται φανερές στην παρακάτω εικόνα της οθόνης του παλμογράφου ενώ η εκάστοτε τιμή που επιλέγεται αναγράφεται κάτω αριστερά – Ch 1 2.00V (στο εν λόγω παράδειγμα).

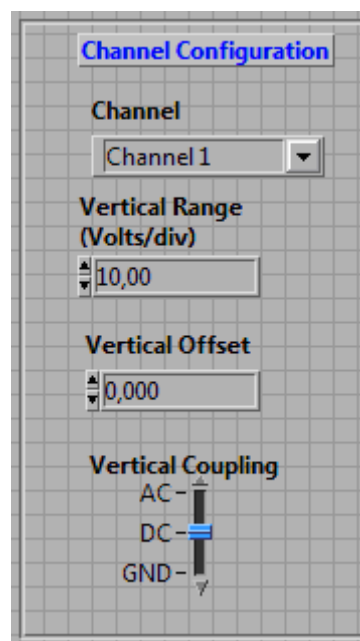


37.20%

Εικόνα 4.2

Επιπλέον ελέγχεται η κάθετη μετατόπιση (Vertical Offset). Σημειώνεται ότι μετατόπιση προς τα κάτω, της κυματομορφής που εμφανίζεται στην οθόνη του παλμογράφου, αντιστοιχεί σε θετικές τιμές στο συγκεκριμένο πεδίο. Τέλος έχει τοποθετηθεί και μια μπάρα καθορισμού του τρόπου που ο παλμογράφος θα διαβάζει και θα συνδυάζει το σήμα εισόδου (Vertical Coupling).

Το αντίστοιχο τμήμα της επιφάνειας ελέγχου (Front Panel) που καθορίζει το σύνολο αυτών των λειτουργιών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.

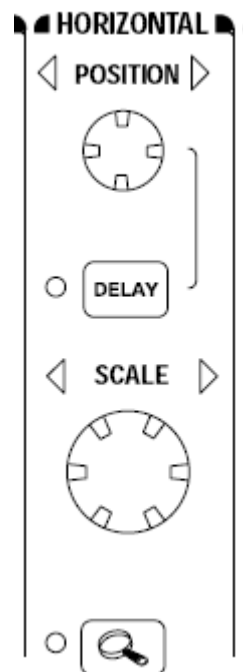
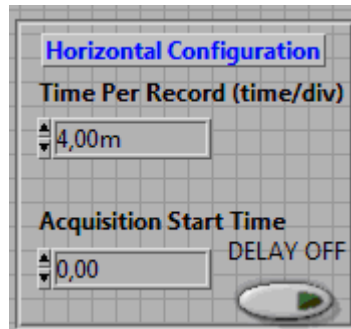


Εικόνα 4.3

- Τον καθορισμό των οριζόντιων παραμέτρων (Horizontal Configuration).

Στο τμήμα αυτό περιλαμβάνεται ο έλεγχος της τιμής των οριζόντιων υποδιαϊρέσεων του παλμογράφου που θα αντιστοιχούν στη κλίμακα του χρόνου στις δοκιμές που θα γίνουν (Time Per Record – time/div). Οι υποδιαϊρέσεις αυτές φαίνονται στην Εικόνα 4.2, όπου επίσης φαίνεται και η αντίστοιχη τιμή στο κάτω μέρος και στο κέντρο της οθόνης (Μ 4.00μs στο παράδειγμα μας). Επιπλέον είναι δυνατός ο καθορισμός του χρόνου από τη στιγμή που θα ενεργοποιηθεί το trigger (trigger event) έως την στιγμή που θα αρχίσει η καταγραφή της κυματομορφής στον παλμογράφο (Acquisition Start Time). Επιτρέπεται δηλαδή να εισαχθεί μια καθυστέρηση όπως αυτή υφίσταται στον παλμογράφο και ενεργοποιείται σε αυτόν με το πλήκτρο DELAY. Αξίζει να αναφερθεί πως για θετικές τιμές αυτού του πεδίου το πρώτο σημείο καταγραφής της κυματομορφής τοποθετείται μετά το «trigger event», ενώ το αντίστροφο ισχύει για αρνητικές. Πέραν αυτού υπάρχει και η δυνατότητα να απενεργοποιηθεί η καθυστέρηση. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιλογή του πλήκτρου DELAY OFF.

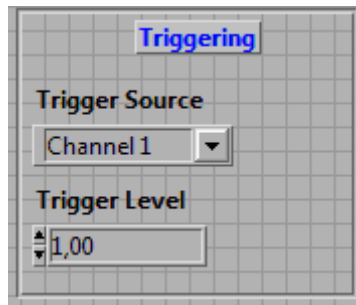
Το αντίστοιχο τμήμα της επιφάνειας ελέγχου (Front Panel) που καθορίζει το σύνολο αυτών των λειτουργιών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα. Επίσης παρατίθεται και μια εικόνα του τμήματος του οργάνου που αντιστοιχεί στις αντίστοιχες λειτουργίες, για καλύτερη εποπτεία.



Εικόνα 4.4

- Triggering

Στο τμήμα αυτό επιλέγουμε το κανάλι – πηγή του trigger καθώς και το επίπεδο αυτού. Η αντίστοιχη ένδειξη φαίνεται στην εικόνα 2 κάτω δεξιά (με τιμή 4.48V).



Εικόνα 4.5

- Τον έλεγχο του τρόπου «λήψης» των δεδομένων από τον παλμογράφο για τη δημιουργία της κυματομορφής. Έτσι από το πεδίο Acquisition Type επιλέγεται η επιθυμητή κάθε φορά διαδικασία λήψης δεδομένων. Οι δυνατές επιλογές είναι:

1. Normal
2. Average
3. Envelope
4. Peak Detect

Για τις επιλογές Average και Envelope προβλέπεται συγκεκριμενοποίηση της μεθόδου με τον ακριβή αριθμό στοιχείων καταγραφής, μέσω των πεδίων Number of Averages και Number of Envelopes.

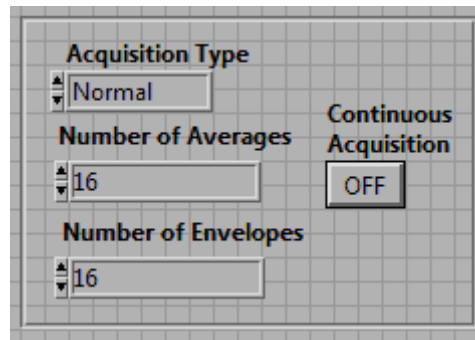
Το πλήκτρο Continuous Acquisition ελέγχει το κατά πόσο ο παλμογράφος θα κάνει συνεχή καταγραφή η θα περιμένει μια τιμή του trigger για να αρχίσει την καταγραφή.

Σημείωση

Η επιλογή αυτή είναι απαραίτητη στο πρόγραμμα καθώς στις δοκιμές που αυτό θα χρησιμοποιηθεί θα χρειαστεί να παραχθούν και να καταγραφούν κυματομορφές πολύ μεγάλου επιπέδου τάσης (έως και 4 kV). Για το λόγο αυτό και για λόγους ασφαλείας αποφεύγεται η συνεχή παραγωγή τέτοιας τάσης από τις γεννήτριες μας. Θα εφαρμόστεί συνεπώς μια μέθοδος όπου η γεννήτρια θα παράγει στιγμιαία την ζητούμενη κυματομορφή. Σε αυτή όμως την περίπτωση δεν θα ήταν δυνατό να καταγραφεί κανένα δεδομένο, καθώς είναι αδύνατος ο συγχρονισμός της στιγμής που η γεννήτρια θα παράξει τη ζητούμενη τάση, με τη στιγμή που ο χρήστης θα ξεκινήσει την εκτέλεση του προγράμματος. Για να καταγραφεί συνεπώς αυτή η κυματομορφή από την υλοποίηση μας, ο προγραμματισμός γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε μόλις αρχίσει η εκτέλεση, το πρόγραμμα να περιμένει μέχρι να εμφανιστεί μια ενεργή τιμή για το trigger. Μετά την εμφάνιση της συνεχίζει η εκτέλεση του προγράμματος ώστε να παραχθούν

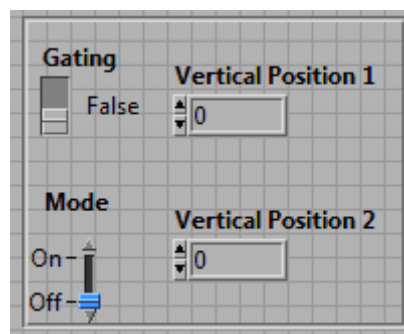
τα επιθυμητά αποτελέσματα (εμφάνιση κυματομορφής, καταγραφή μετρήσεων κτλ.). Προκειμένου να επιτευχθεί η ανωτέρω διαδικασία πρέπει να επιλέχθει OFF στην επιλογή Continuous Acquisition. Αντίθετα στις περιπτώσεις που είναι δυνατή η συνεχής παραγωγή κυματομορφών τάσης μπορεί να γίνει η επιλογή ON.

Το αντίστοιχο τμήμα της επιφάνειας ελέγχου (Front Panel) που καθορίζει το σύνολο αυτών των λειτουργιών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



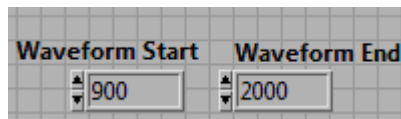
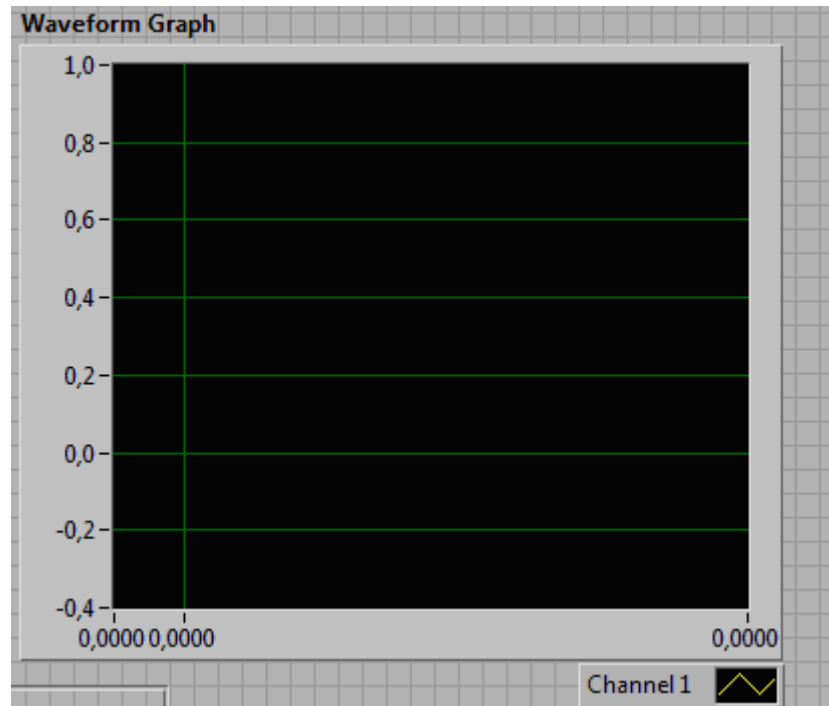
Εικόνα 4.6

- Τον καθορισμό της διαδικασίας και του τρόπου μέτρησης. Δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος Gating (δηλαδή η λήψη πληροφοριών από συγκεκριμένο τμήμα της κυματομορφής και όχι από το σύνολο της) από τον παλμογράφο για τη διεξαγωγή των μετρήσεων. Η μέθοδος αυτή συνδυάζεται με τη χρήση κερσόρων (V – Bar Cursors) από τον επιλογέα Mode καθώς και με την τοποθέτηση αυτών των κερσόρων στις εκάστοτε επιθυμητές χρονικές στιγμές (Vertical Position 1 και 2).



Εικόνα 4.7












- Το γράφημα της κυματομορφής και τις παραμέτρους του δείγματος αυτής δηλ. το σημείο έναρξης της καταγραφής στο γράφημα και το αντίστοιχο σημείο λήξης (Waveform Start και End). Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι τα όρια του γραφήματος όπως αυτό λαμβάνεται στο πρόγραμμα παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς επιτρέπουν την εστίαση σε ορισμένα σημεία της συνολικής κυματομορφής που παράγεται, τα οποία κρίνονται πιο ενδιαφέροντα.













Εικόνα 4.8

- Το τμήμα των μετρήσεων

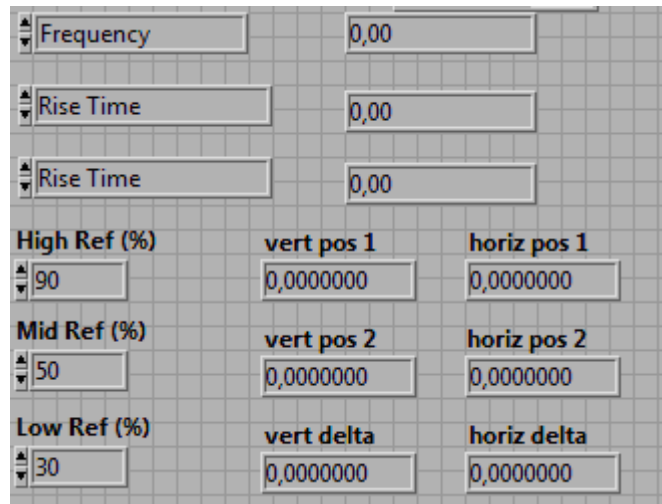
Στο τμήμα αυτό υπάρχουν τα πεδία που επιλέγονται και εμφανίζονται οι επιθυμητές μετρήσεις που κάνει ο παλμογράφος. Οι επιλογές είναι οι ίδιες με αυτές του κανονικού οργάνου και κυμαίνονται από το Χρόνο Ανόδου και τη Συχνότητα έως και τα μέγιστα και ελάχιστα της κυματομορφής. Παρακάτω παρουσιάζεται το σύνολο των δυνατών μετρήσεων του παλμογράφου.

Measurement name	Definition
 Amplitude	Measured over the entire waveform. <i>Amplitude = High (100%) – Low (0%)</i>
 Burst Width	The duration of a burst. Measured over the entire waveform.
 Cycle Mean	The arithmetic mean over the first cycle in the waveform.
 Cycle RMS	The true Root Mean Square voltage over the first cycle in the waveform.
 Fall Time	Time that the falling edge of the first pulse in the waveform takes to fall from 90% to 10% of its amplitude.
 Frequency	Reciprocal of the period of the first cycle in the waveform. Measured in Hertz (Hz).
 High	The value used as 100%. Calculated using either the min/max or the histogram method. Measured over the entire waveform.
 Low	The value used as 0%. Calculated using either the min/max or the histogram method. Measured over the entire waveform.
 Max	The maximum amplitude. The most positive peak voltage measured over the entire waveform.
 Mean	The arithmetic mean over the entire waveform.
 Min	The minimum amplitude. The most negative peak voltage measured over the entire waveform.

Measurement name	Definition
 Negative Duty Cycle	Measurement of the first cycle in the waveform. $Negative\ Duty\ Cycle = \frac{Negative\ Width}{Period} \times 100\%$
 Negative Overshoot	Measured over the entire waveform. $Negative\ Overshoot = \frac{Low-Min}{Amplitude} \times 100\%$
 Negative Width	Measurement of the first negative pulse in the waveform. The time between the 50% amplitude points.
 Pk-Pk	Measured over the entire waveform. $Peak-to-peak = Max - Min$
 Period	Time it takes for the first complete signal cycle to complete in the waveform. Measured in seconds.
 Positive Duty Cycle	Measurement of the first cycle in the waveform. $Positive\ Duty\ Cycle = \frac{Positive\ Width}{Period} \times 100\%$
 Positive Overshoot	Measured over the entire waveform. $Positive\ Overshoot = \frac{Max-High}{Amplitude} \times 100\%$
 Positive Width	Measurement of the first positive pulse in the waveform. The time between the 50% amplitude points.
 Rise Time	Time that the leading edge of the first pulse in the waveform takes to rise from 10% to 90% of its amplitude.
 RMS	The true Root Mean Square voltage over the entire waveform.

Εικόνα 4.9

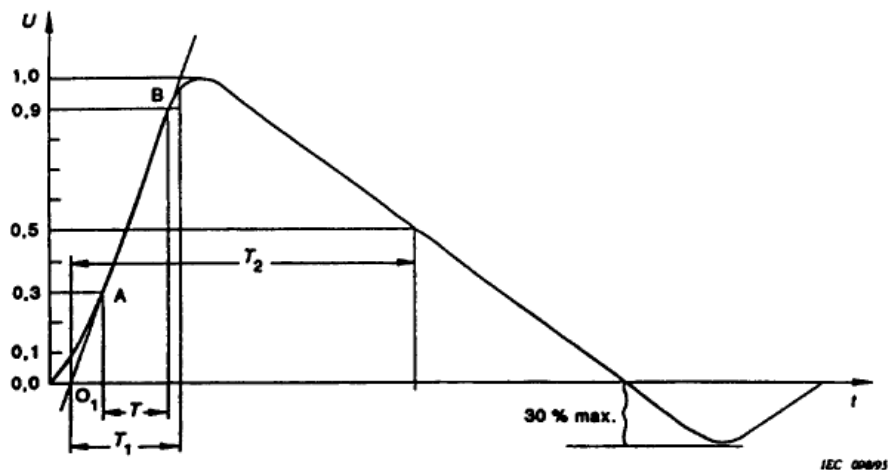
Επιπλέον υπάρχουν τα πεδία τα οποία καθιστούν δυνατό τον έλεγχο των επιπέδων αναφοράς των μετρήσεων (Reference Levels). Τα επίπεδα αυτά καθορίζουν το αποτέλεσμα σε μετρήσεις όπως το Rise Time και Fall Time αλλά και σε όσες ποσότητες του παραπάνω πίνακα υπολογίζονται με χρήση ποσοτών επί του μεγίστου. Τέλος περιέχονται τα πεδία που εμφανίζουν τις θέσεις οριζόντιων και κάθετων κερσόρων καθώς και τη μεταξύ τους απόσταση (Hor Pos, Vert Pos, delta).



Εικόνα 4.10

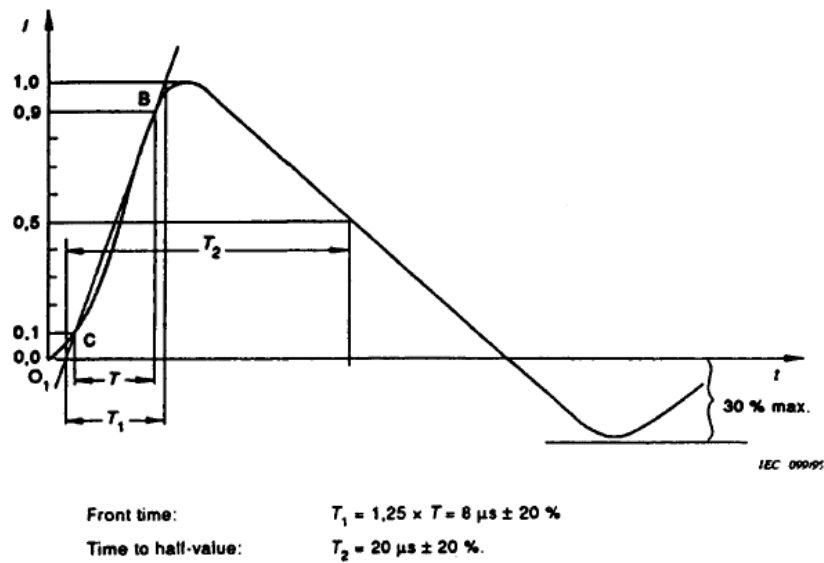
- Τον υπολογισμό του χρόνου T_h

Ο χρόνος αυτός είναι απαραίτητος για τη διακρίβωση του οργάνου και ορίζεται ως ο χρόνος μεταξύ του σημείου που η κυματομορφή λαμβάνει το 50% για δεύτερη φορά και του σημείου t_{01} όπως αυτό καθορίζεται στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις για την τάση και το ρεύμα αντίστοιχα. (Στα παρακάτω διαγράμματα ο χρόνος T_h συμβολίζεται ως T_2)



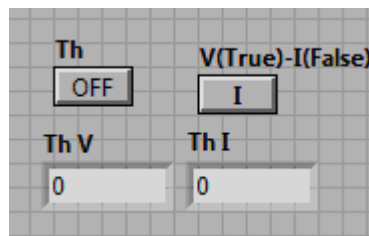
Front time: $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu s \pm 30 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$.

Εικόνα 4.11: Τάση



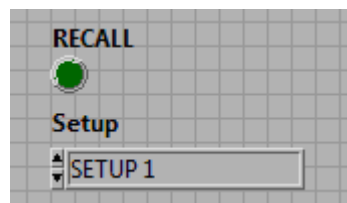
Εικόνα 4.12: Ρεύμα

Έτσι με το πλήκτρο Th (ON - OFF) επιλέγεται ο υπολογισμός ή μη αυτής της παραμέτρου και με το πλήκτρο V (True) – I (False) επιλέγεται αν η μέτρηση θα αφορά την κυματομορφή του ρεύματος ή της τάσης. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών εμφανίζονται στα αντίστοιχα πεδία.



Εικόνα 4.13

- Την επιλογή ενός SETUP (1-10) που είναι αποθηκευμένο στο παλμογράφο.



Εικόνα 4.14

- Την επιλογή των αρχείων καταγραφής των δεδομένων.



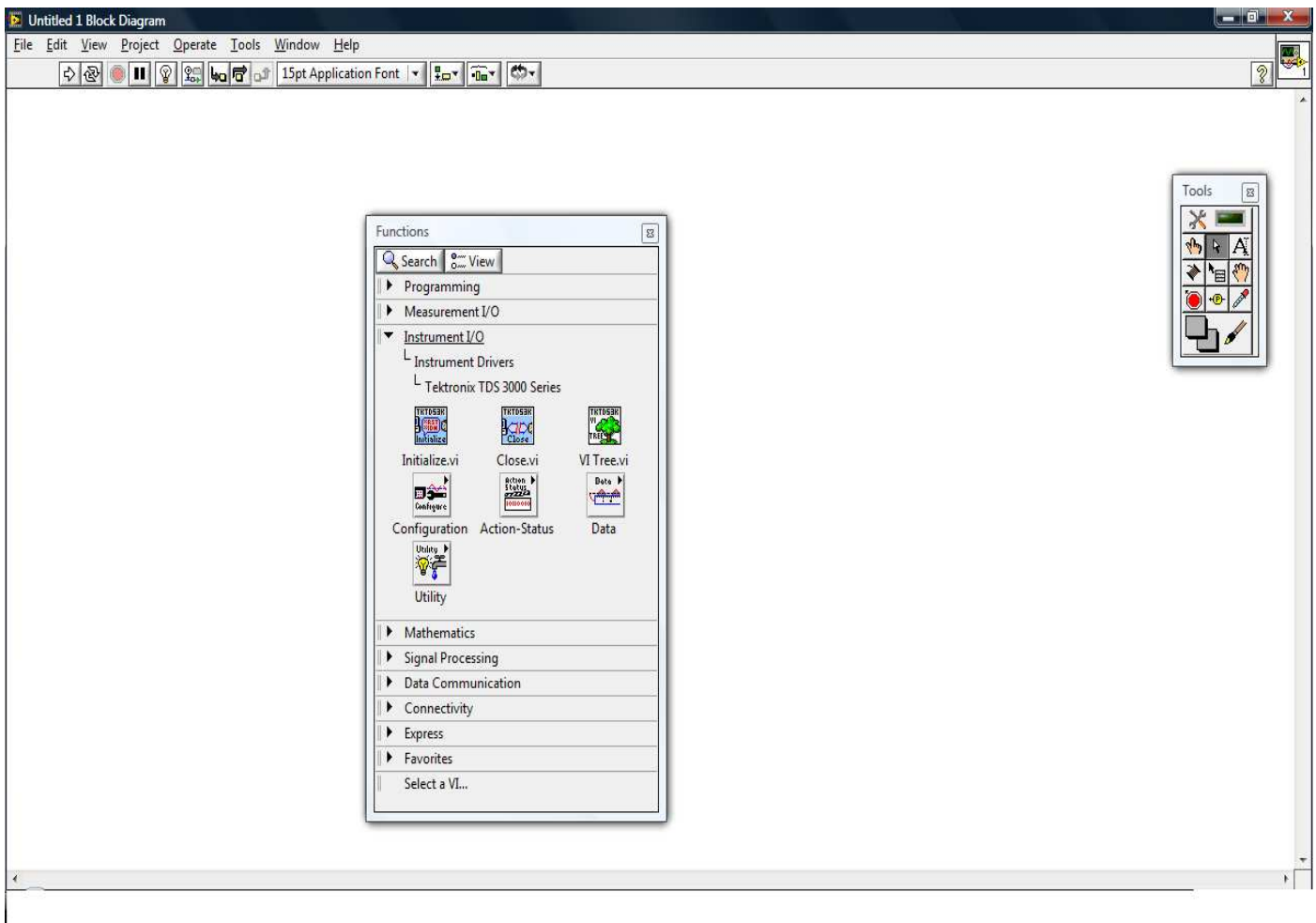
Εικόνα 4.15

4.3 Block Diagram

Στο σημείο αυτό θα αναλυθεί η διαδικασία κατασκευής του προγράμματος στο περιβάλλον LabView όπως αυτή παρουσιάζεται στο αντίστοιχο Block Diagram. Η ανάλυση θα γίνει σε πέντε στάδια (από δεξιά προς τα αριστερά) κάθε ένα εκ των οποίων θα εξεταστεί περεταίρω. Στο τέλος θα γίνει μια παρουσίαση του συνολικού προγράμματος.

Συνολικός στόχος της υλοποίησης είναι ο έλεγχος όλων των παραμέτρων του παλμογράφου TDS 3052 της TEKTRONIX που παρουσιάζονται στην επιφάνεια ελέγχου (Front Panel) που αναλύθηκε. Επιπλέον υπάρχουν οι απαραίτητες προγραμματιστικές δομές για τους υπολογισμούς των ζητούμενων μετρήσεων και παραμέτρων.

Όπως έχει αναφερθεί ήδη, ως δομικά στοιχεία του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν subVIs που εμπεριέχονται στους drivers του παλμογράφου που παρέχονται από την εταιρία National Instruments. Οι drivers αυτοί βρίσκονται στην επιλογή View->Functions Palette και η ακριβής θέση τους βρίσκεται στην παρακάτω εικόνα.



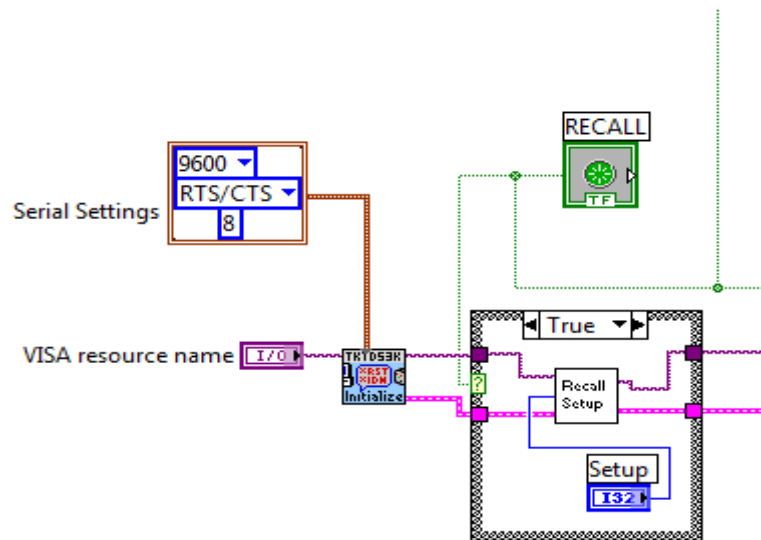
Εικόνα 4.16: Tektronix TDS 3000 Series Drivers

Ακόμη, χρειάστηκαν και κάποια driver VIs που δημιουργήθηκαν επιπλέον καθώς και άλλα Vis που προγραμματίστηκαν ξεχωριστά ώστε να έχουν ρόλο subVI στο τελικό πρόγραμμα ελέγχου.

Η ανάλυση του προγράμματος ανά τμήμα ακολουθεί.

4.3.1 Τμήμα 1^ο

Το πρώτο αυτό τμήμα περιλαμβάνει το αρχικό subVI έναρξης Initialize.vi καθώς και δομή επιλογής (Case Structure) για τον καθορισμό και την ανάκληση (RECALL) ενός αποθηκευμένου Setup του παλμογράφου αν αυτό είναι επιθυμητό.

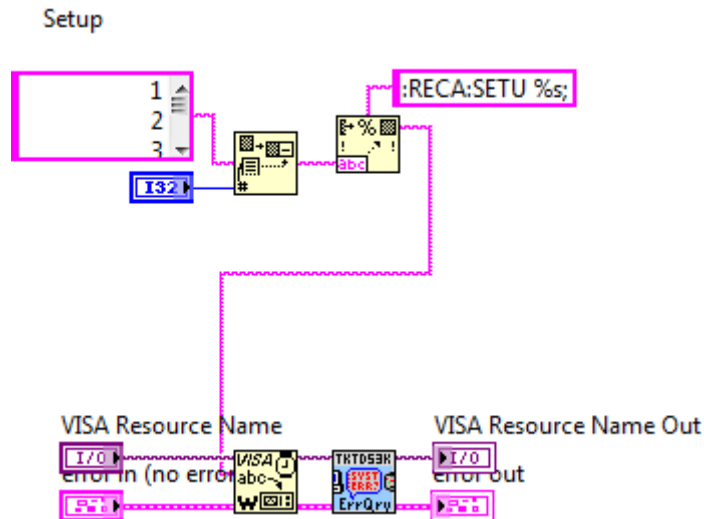


Εικόνα 4.17: Τμήμα 1^ο

Πιο αναλυτικά, το Initialize.vi δέχεται τα δεδομένα της σειριακής επικοινωνίας με το όργανο (Serial Settings). Η επιλογή ελέγχου της ροής των δεδομένων είναι RTS/CTS που αντιστοιχεί στην επιλογή Hard Flagging ώστε να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου ροής μεταξύ συσκευών. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων (Baud Rate) επιλέγεται στα 9600 ενώ ο αριθμός 8 δηλώνει τον αριθμό των data bits που μεταφέρονται. Επιπλέον το εν λόγω Vi δέχεται τη διεύθυνση επικοινωνίας της προγραμματικής οντότητας του οργάνου (Visa Resource Name) όπως αυτή καθορίζεται από το Front Panel.

Στη συνέχεια υπάρχει η δομή επιλογής Setup η οποία αληθεύει όταν η τιμή της μεταβλητής ελέγχου (Control) με το όνομα RECALL είναι TRUE. Σε αυτή την περίπτωση εκτελείται το SubVi Recall Setup που αντιστοιχεί στο αρχείο DRIVERRECALL.vi και επιλέγει ένα από τα 10 setup.

Το DRIVERRECALL.vi είναι ένας driver που κατασκευάστηκε για να ελέγχεται ακριβώς αυτή η δυνατότητα ανάκλησης κάποιου επιθυμητού SETUP. Το SubVi Recall Setup φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

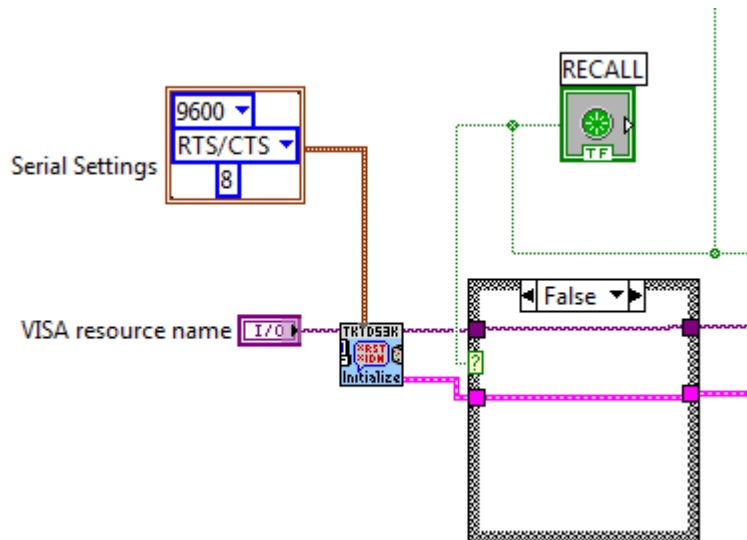


Εικόνα 4.18: Το SubVi Recall Setup

Στο παραπάνω driver subvi υπάρχουν δύο τμήματα. Το πάνω τμήμα που καθορίζει την προγραμματιστική εντολή που θα σταλεί στον παλμογράφο και το κάτω τμήμα όπου μεταδίδεται αυτή η εντολή στο κατάλληλο VI για την επικοινωνία με το όργανο (VISA Write VI). Στο ίδιο VI δίνεται η διεύθυνση αναφοράς που προαναφέρθηκε (Visa Resource Name) και που καθορίζει το όργανο με το οποίο θα επικοινωνήσει το πρόγραμμα, καθώς και το απαραίτητο σήμα από το «κανάλι σφαλμάτων» που είναι αναγκαίο ώστε να μεταφέρονται τα μηνύματα σφάλματος του οργάνου στο χρήστη. Αυτό φυσικά συμβαίνει μέσω των κατάλληλων VIs που χειρίζονται τα σφάλματα, ένα εκ των οποίων φαίνεται παραπάνω και είναι το Error Query (Multiple).vi. Το Vi αυτό διαβάζει το κανάλι σφαλμάτων από το όργανο μέχρι να δει την τιμή 0 (No Error).

Το πάνω τμήμα αποτελείται από δύο συναρτήσεις, τη συνάρτηση Pick Line και τη συνάρτηση Format into String. Η πρώτη επίλεγει ένα string από τα 10 που εμφανίζονται στο ροζ πλαίσιο μέσω της μεταβλητής ελέγχου (I 32 με το μπλε χρώμα). Η μεταβλητή αυτή ελέγχου έχει 10 επιλογές της μορφής SETUP 1, SETUP 2,...,SETUP 10 κάθε μια εκ των οποίων αντιστοιχεί στο string 1,2,...,10 του πλαισίου. Στη συνέχεια η τιμή αυτή περνά στη συνάρτηση Format into String και ολοκληρώνει το string που βρίσκεται στο ροζ ορθογώνιο (:RECA:SETU %s;) καλύπτοντας τη θέση του %s. Το εκάστοτε συνολικό string (:RECA:SETU 1; , :RECA:SETU 2; κτλ.) είναι πλέον μια ορθή συντακτικά εντολή για τον παλμογράφο και μεταφέρεται στο VISA Write VI στο κάτω μέρος.

Πριν ολοκληρωθεί το πρώτο τμήμα αξίζει να φανεί η μορφή του προγράμματος στη επιλογή FALSE του πλήκτρου RECALL.

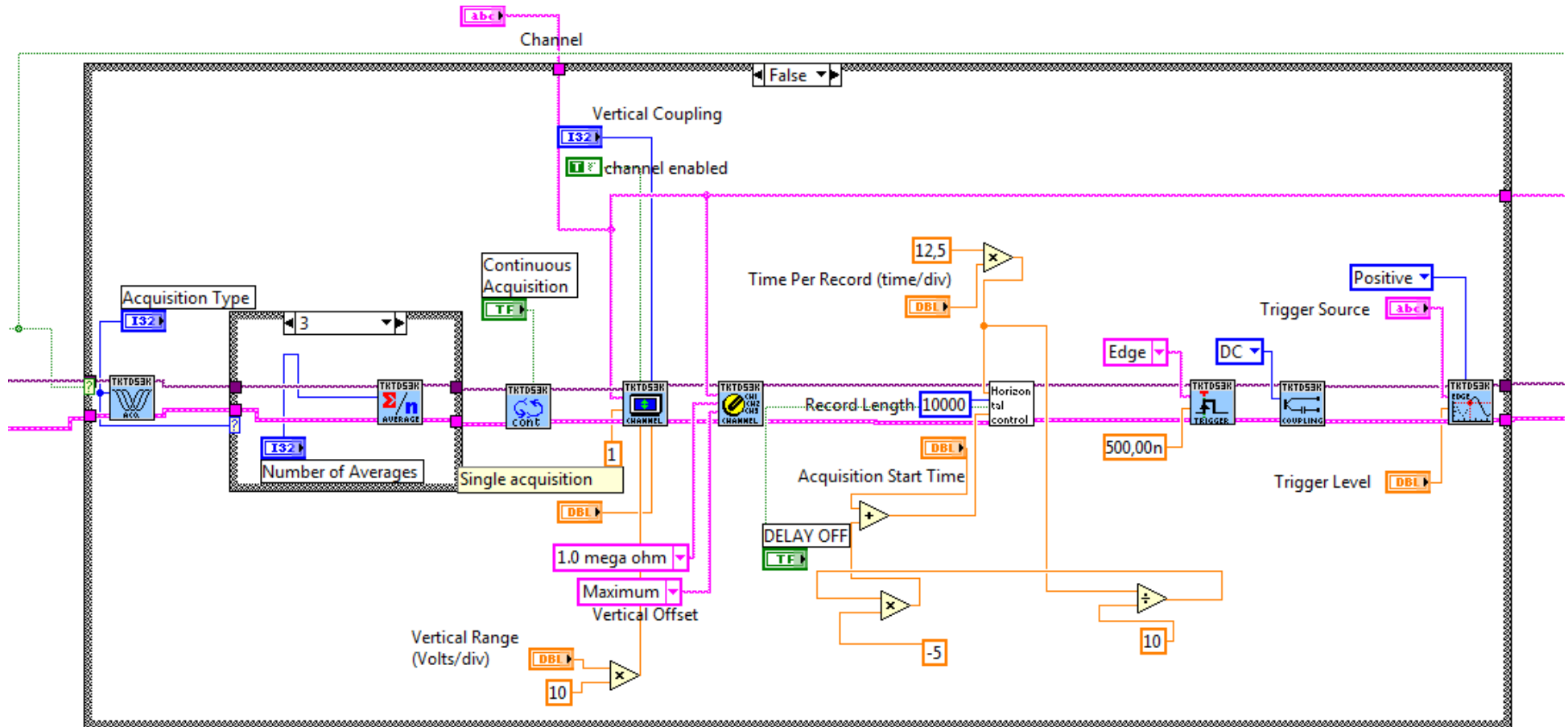


Εικόνα 4.18

Σημείωση

Όπως ήδη έχει φανεί αλλά θα γίνει πλήρως κατανοητό και στη συνέχεια, στο πρόγραμμα ελέγχου, όπως και σε κάθε πρόγραμμα που επικοινωνεί με κάποιο όργανο, υπάρχουν δυο βασικά «κανάλια» που διατρέχουν το σύνολο της υλοποίησης. Το πρώτο με μωβ χρώμα εισέρχεται και εξέρχεται από τις πάνω πύλες των VIs και μεταφέρει την πληροφορία με τη διεύθυνση αναφοράς (Visa Resource Name) για την επικοινωνία με το όργανο. Το δεύτερο, με ροζ χρώμα εισέρχεται και εξέρχεται από τις κάτω πύλες των VIs και είναι το κανάλι σφαλμάτων που προαναφέρθηκε.

4.3.2 Τμήμα 2°



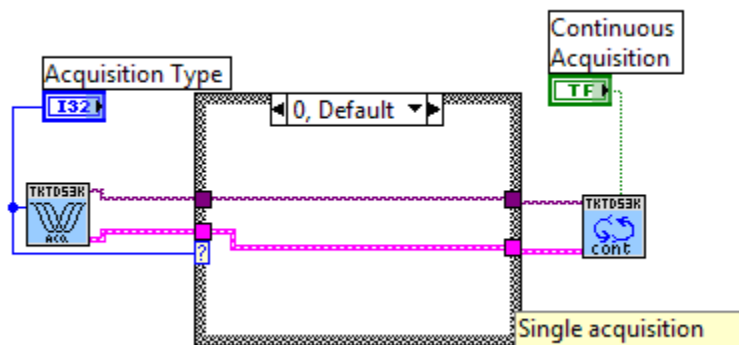
Εικόνα 4.19: Τμήμα 2°

Το τμήμα αυτό έχει ως γενικό στόχο τον καθορισμό των κυρίων παραμέτρων με βάση τις οποίες ο παλμογράφος λαμβάνει τα δεδομένα της κυματομορφής και στη συνέχεια τα παρουσιάζει στην οθόνη του. Περιλαμβάνει δηλαδή στοιχεία όπως οι κάθετες και οριζόντιες κλίμακες, η αντίσταση εισόδου του καναλιού, το trigger κτλ.

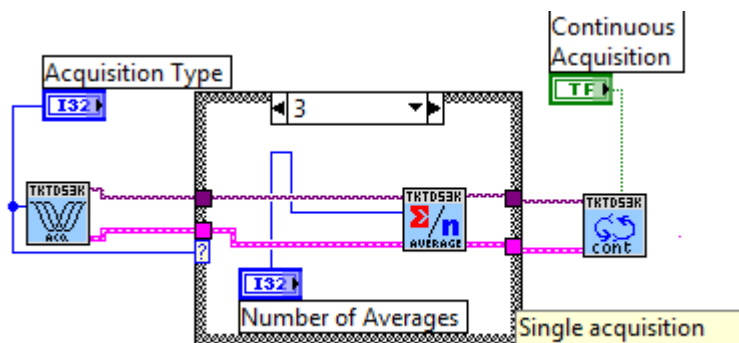
Αξίζει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι ολόκληρο το ανωτέρω τμήμα βρίσκεται εντός μιας δομής επιλογή (Case Structure) η οποία εξαρτάται από το πλήκτρο RECALL. Πιο συγκεκριμένα το τμήμα που αναλύεται εκτελείται όταν η επιλογή RECALL είναι απενεργοποιημένη (αυτό καταδεικνύεται από την ετικέτα False στο πάνω μέρος του πλαισίου επιλογής). Η διάταξη αυτή έχει επιλεγεί για τον εξής λόγο. Στην περίπτωση που επιλέχθει η ανάκτηση ενός ήδη υπάρχοντος SETUP, όλες οι παραπάνω παράμετροι καθορίζονται αυτόματα αφού είναι αποθηκευμένες και ενσωματωμένες στο εκάστοτε SETUP. Συνεπώς το τμήμα αυτό πρέπει να παραλειφθεί, το οποίο και συμβαίνει, ακριβώς διότι η επιλογή RECALL είναι ενεργοποιημένη.

Ας δούμε το τμήμα αυτό σε επιμέρους κομμάτια:

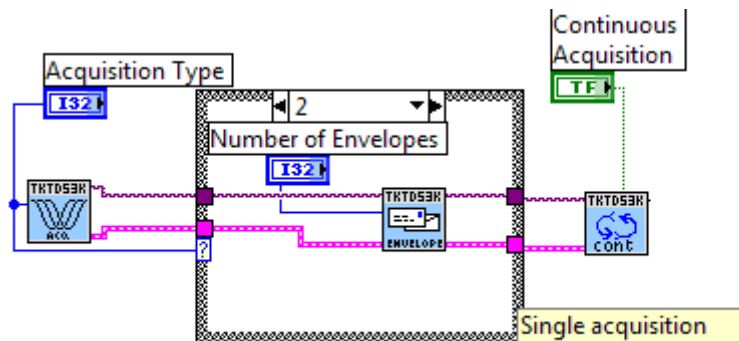
- Αρχικά έχει τοποθετηθεί το subVI Configure Acquisition Type.vi που καθορίζει τον τρόπο που ο παλμογράφος λαμβάνει δεδομένα και σχηματίζει την κυματομορφή. Όπως έχει αναφερθεί και στην περιγραφή της επιφάνειας ελέγχου (Front Panel), υπάρχουν τέσσερις επιλογές (Normal, Average, Envelope, Peak Detect) οι οποίες και ελέγχονται από το Front Panel μέσω της μεταβλητής Acquisition Type (I32 μπλε) που φαίνεται στο σχήμα. Στη συνέχεια υπάρχει μια δομή επιλογής για τον καθορισμό του αριθμού των πολλαπλών κυματομορφών που θα λάβει ο παλμογράφος, προκρινόμενου να υπολογίσει τη κυματομορφή, στις περιπτώσεις Average και Envelope του Acquisition Type. Όπως θα φανεί και στις εικόνες που θα παρατεθούν η δομή επιλογής εκτελεί διαφορετικό subVi ανάλογα με την επιλογή που έχουμε κάνει στο Configure Acquisition Type.vi. Έτσι εκτελεί τα Configure Number of Averages.vi και Configure Number of Envelopes.vi για Average και Envelope Acquisition Type αντίστοιχα, ενώ στις περιπτώσεις Normal και Peak Detect απλά μεταφέρει τα δύο κύρια κανάλια. Τέλος περιλαμβάνεται το Configure Initiate Continuous.vi για επιλογή συνεχούς ή μη λήψης δεδομένων για τους λόγους που αναλύθηκαν εκτενώς στην παρουσίαση του Front Panel.



Εικόνα 4.20: Επιλογή Normal Acquisition Type



Εικόνα 4.21: Επιλογή Average Acquisition Type



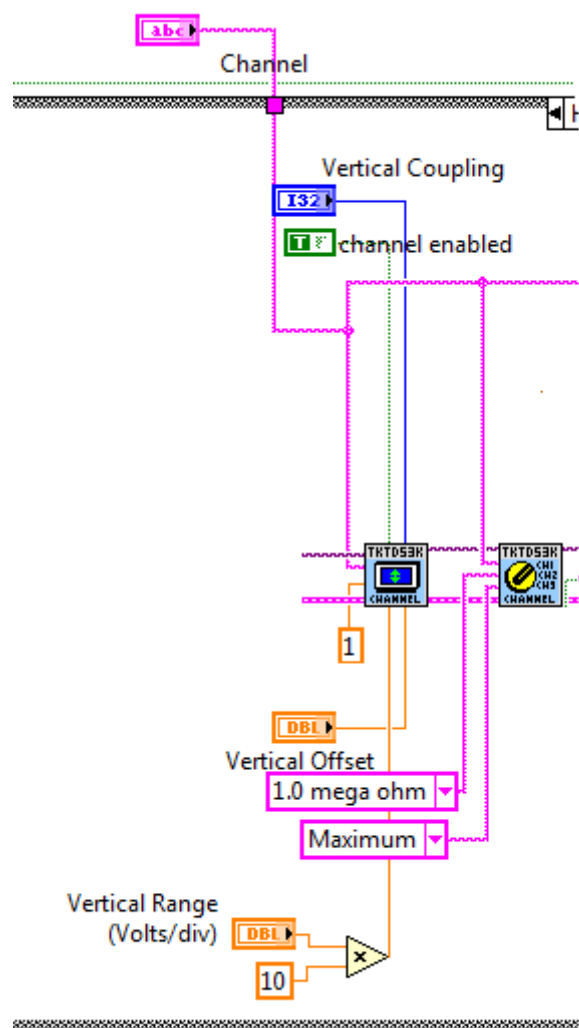
Εικόνα 4.23: Επιλογή Envelope Acquisition Type

- Στη συνέχεια ακολουθεί το κομμάτι διαμόρφωσης του καναλιού του παλμογράφου. Σε αυτό έχει τοποθετηθεί πρώτα το Configure Channel.vi το οποίο ρυθμίζει όλες τις λειτουργίες του τμήματος Channel Configuration του Front Panel. Ρυθμίζει δηλαδή την επιλογή του καναλιού, την κάθετη κλίμακα, την κάθετη μετατόπιση, την επιλογή σύζευξης (coupling) καθώς και τη βαθμονόμηση του Probe (Probe Attenuation) η οποία για τις δοκιμές της παρούσης διπλωματικής έχει επιλεγθεί σταθερή και ίση με 1 (η άλλη επιλογή είναι 10).

Για την ορθή αντιστοίχιση μεταξύ της τιμής του Vertical Range (Volts/div) που επιλέγεται στο Front Panel και της αντίστοιχης τιμής που λαμβάνει στην οθόνη του ο παλμογράφος, έχει γίνει η διόρθωση που φαίνεται στο κάτω μέρος (πολ/σμος με το 10). Η διόρθωση αυτή απαιτήθηκε λόγω του εύρους αποδεκτών τιμών του Vertical Range που είναι περιορισμένο και εξαρτάται από τη βαθμονόμηση του Probe.

Έπειτα τοποθετείται το Configure Chan Characteristics.vi που ελέγχει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του καναλιού δηλαδή την αντίσταση εισόδου (1 Mohm) και τη μέγιστη συχνότητα εισόδου (Maximum).

Να τονιστεί εδώ, ότι η μεταβλητή ελέγχου του καναλιού έχει τεθεί εκτός του Case Structure γιατί είναι απαραίτητη σε επόμενα subVIs και πρέπει να παρέχει την πληροφορία επιλογής καναλιού ακόμη και αν δεν εκτελεστεί το συγκεκριμένο Case Structure.

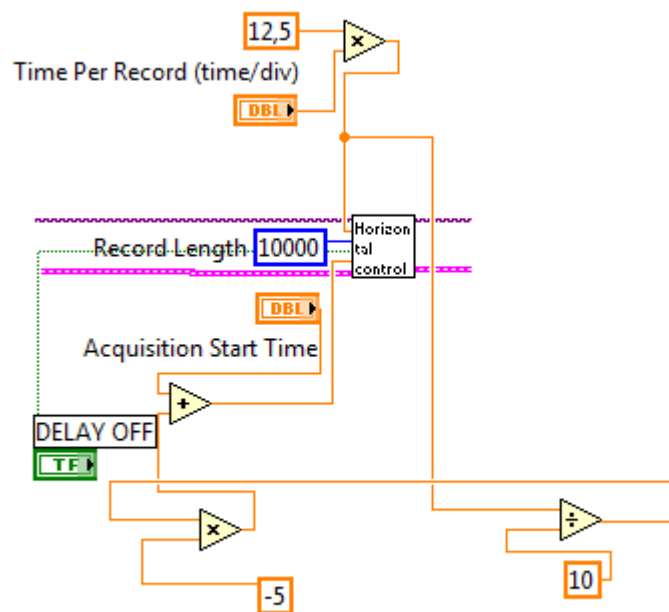


Εικόνα 4.24: Τμήμα 3^ο – Κομμάτι 2^ο

- Επακολούθως, έχει τοποθετηθεί το Horizontal Control subVI το οποίο βρίσκεται στο αρχείο HORCONTROL.vi και αποτελεί το επόμενο driver subVI που κατασκευάστηκε από την αρχή στη βάση του αντίστοιχου της βιβλιοθήκης Configure Acquisition Record.vi. Αυτό ήταν αναγκαίο

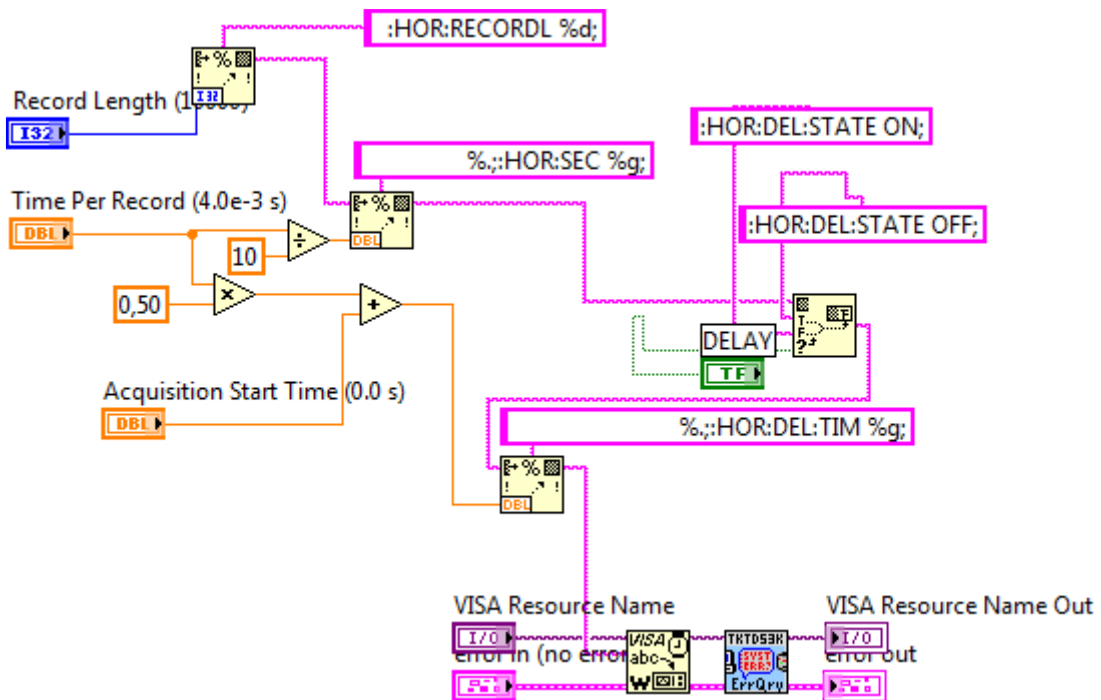
προκειμένου να ελεγχθεί καλύτερα η επιλογή της καθυστέρησης (DELAY) του παλμογράφου καθώς και να τοποθετηθεί η δυνατότητα του DELAY OFF. Πέραν αυτού στο συγκεκριμένο subVI προγραμματίζονται όλες γενικά οι παράμετροι που ελέγχονται από το τμήμα Horizontal Configuration του Front Panel όπως τα Time Record (time/div) και Acquisition Start Time καθώς και το διάστημα της καταγραφής (σε σημεία) δηλ. αυτό που αποκαλείται Record Length και στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει οριστεί σταθερό στα 10.000 σημεία.

Όπως και πριν έχουν γίνει η απαραίτητες διορθώσεις λόγω του εύρους των αποδεκτών τιμών του Time Record. Οι διορθώσεις αυτές εξασφαλίζουν την αντιστοιχία των τιμών που επιλέγονται από το χρήστη στο Front Panel και της αντίστοιχης τιμής που παρουσιάζει στην οθόνη του ο παλμογράφος. Πέραν αυτού γίνεται ρύθμιση ώστε να εξασφαλίζεται πως για θετικές τιμές του πεδίου Acquisition Start Time το πρώτο σημείο καταγραφής της κυματομορφής τοποθετείται μετά το «trigger event», ενώ το αντίστροφο ισχύει για αρνητικές.



Εικόνα 4.25: Τμήμα 3^ο – Κομμάτι 3^ο

Παρακάτω παρατίθεται και αναλύεται το driver SubVi Horizontal Control που κατασκευάστηκε και χρησιμοποιείται.



Εικόνα 4.26: HORCONTROL.vi

Όπως και στο προηγούμενο driver subVI υπάρχει το πάνω και το κάτω τμήμα του προγράμματος. Το κάτω τμήμα επιτελεί ακριβώς την ίδια εργασία με πριν, μεταφέρει δηλαδή τα δύο βασικά κανάλια ενώ παράλληλα καταγράφει και μεταδίδει τις προγραμματιστικές εντολές στον παλμογράφο μέσω του VISA Write VI.

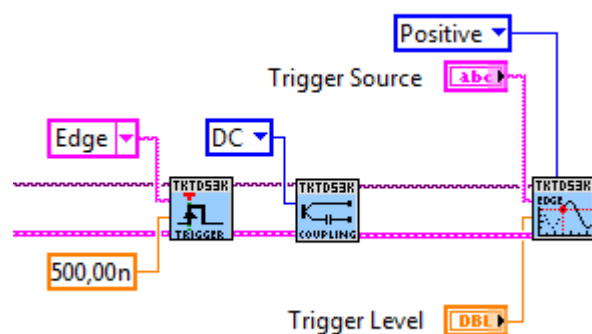
Το πάνω τμήμα δημιουργεί το string εντολών που θα αποσταλούν στον παλμογράφο. Αρχικά λοιπόν υπάρχουν δύο functions Format into String. Η πρώτη λαμβάνει από μια μεταβλητή εισόδου την τιμή του Record Length που επιθυμεί να δώσει ο χρήστης και με την τιμή αυτή συμπληρώνει το String της προγραμματιστικής εντολής που βρίσκεται στο ροζ ορθογώνιο πλαίσιο (:HOR:RECORDL %d;). Το string αυτό με την εντολή εισέρχεται ως initial string στη δεύτερη Format into String function, η οποία με το ίδιο σκεπτικό όπως η πρώτη προσθέτει άλλη μια εντολή για τον παλμογράφο, αυτή τη φορά για τον καθορισμό της χρονικής κλίμακας (Time Per Record). Το resulting string της δεύτερης Format into String function, που περιέχει πλέον τις δύο προγραμματιστικές εντολές που περιγράψαμε, εισέρχεται στη συνέχεια ως initial string στη συνάρτηση Append True/False String. Η συνάρτηση αυτή ανάλογα με την τιμή της λογικής μεταβλητής ελέγχου DELAY επιλέγει μια από τις δύο εντολές που βρίσκονται στα αντίστοιχα ροζ πλαίσια (:HOR:DEL:STATE ON; και :HOR:DEL:STATE OFF). Με αυτό τον τρόπο καθορίζεται αν η καθυστέρηση του παλμογράφου θα είναι ενεργή ή όχι. Το output string της Append True/False String function εισέρχεται ως initial string στην τρίτη Format into String function η οποία, με τρόπο αντίστοιχο των δύο πρώτων, καθορίζει το χρόνο της καθυστέρησης (με τις αντίστοιχες

διορθώσεις) για την περίπτωση που αυτή είναι ενεργή (:HOR:DEL:STATE ON;). Η μεταβλητή που ελέγχει το χρόνο της καθυστέρησης είναι η Acquisition Start Time. Το resulting string της τελευταίας Format into String function περιέχει και τις τέσσερις εντολές που επιδιώκεται να σταλούν στον παλμογράφο και συνεπώς εισέρχεται στο VISA Write VI για να μεταδοθούν οι εντολές αυτές στον TDS 3052 της TEKTRONIX.

- Τέλος παρουσιάζεται το κομμάτι καθορισμού των παραμέτρων του trigger. Το σύνολο αυτών των subVIs προγραμματίζει το τμήμα του Front Panel που αναφέρεται στο Triggering. Πιο συγκεκριμένα τοποθετείται πρώτα το Configure Trigger.vi το οποίο καθορίζει τον τύπο του trigger (Trigger Type). Αυτό έχει τεθεί σε σταθερή τιμή «Edge» για τις δοκιμές που αφορούν την παρούσα διπλωματική. Επιπλέον ρυθμίζει και το χρόνο που θα περιμένει ο παλμογράφος για να λάβει το κάθε επόμενο δείγμα κυματομορφής, στην περίπτωση που χρειάζεται πολλαπλές δειγματοληψίες για να σχηματίσει την τελική κυματομορφή στην οθόνη του. Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση που επιλεγθεί Acquisition Type Average ή Envelope. Η χρονική αυτή διάρκεια που ελέγχεται από τη μεταβλητή Trigger Holdoff έχει τεθεί σταθερή στα 500ns.

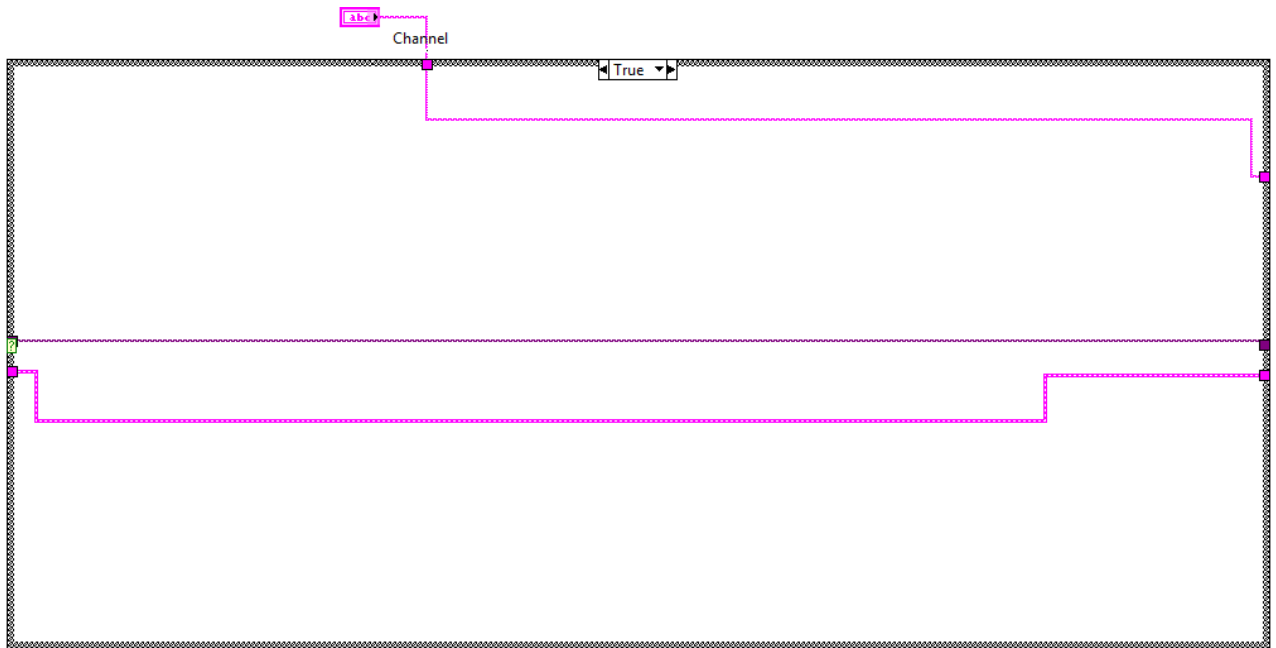
Στη συνέχεια τοποθετείται το Configure Trigger Coupling.vi που καθορίζει τον τρόπο σύζευξης του triggering και έχει τεθεί στην επιλογή DC. Τέλος τίθεται το Configure Edge Trigger Source. Το εν λόγω subVI επηρεάζει το σύστημα στην περίπτωση που έχει επιλεγθεί Edge Trigger στο προηγούμενο Configure Trigger.vi και καθορίζει το κανάλι που θα αποτελεί την πηγή του Trigger καθώς επίσης την κλίση και το επίπεδο του Trigger.

Το Edge Trigger γενικά, έχει την εξής λειτουργία. Ενεργοποιείται όταν το σήμα του trigger περάσει το όριο τάσης (Voltage Threshold), που καθορίζεται από τη μεταβλητή που ελέγχει το επίπεδο του trigger (Trigger Level) και συγχρόνως έχει την κλίση που καθορίζεται από τη μεταβλητή Trigger Slope. Στην υλοποίηση μας η κλίση έχει τεθεί θετική.



Εικόνα 4.27: Τμήμα 3^ο – Κομμάτι 4^ο

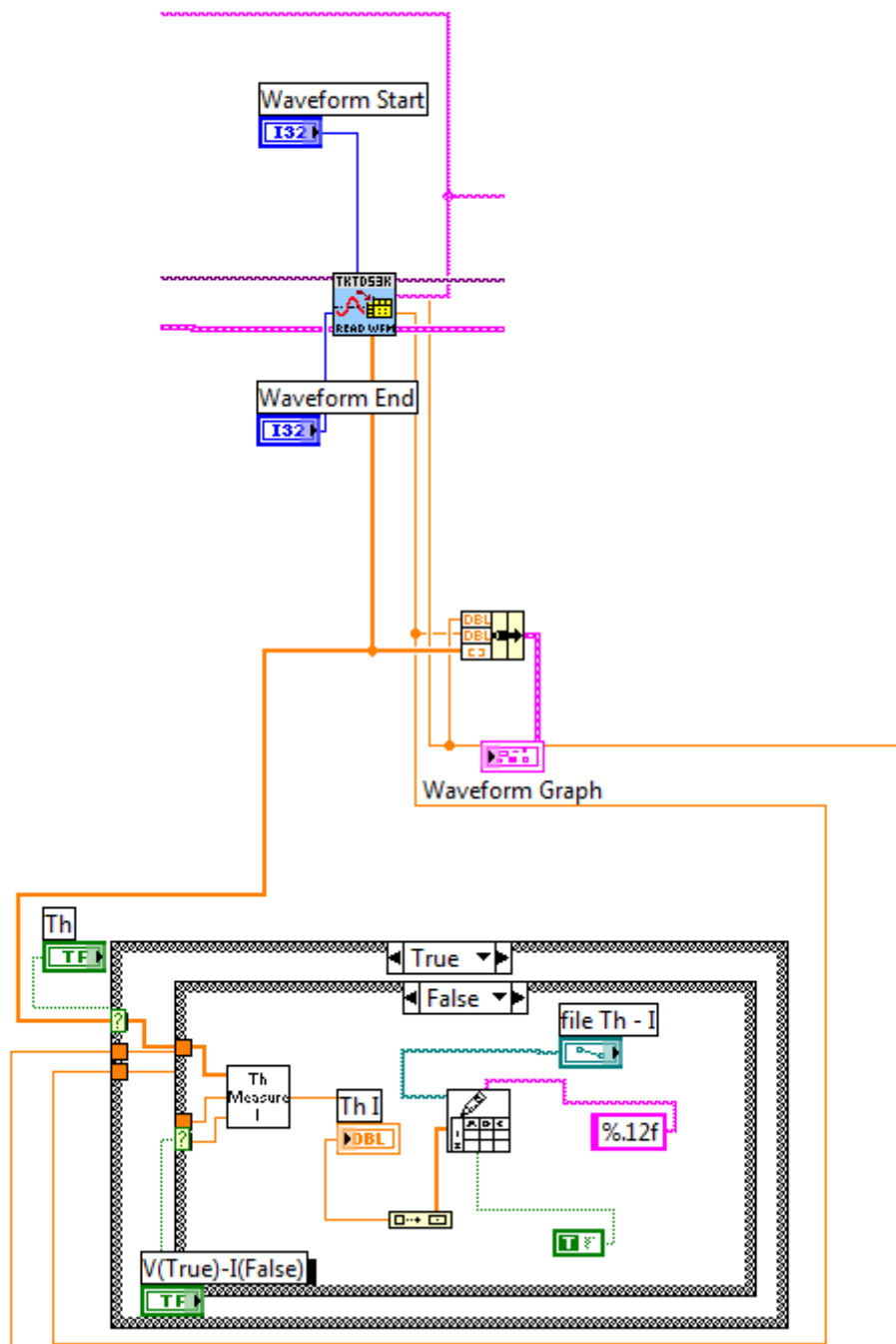
Πριν ολοκληρωθεί το δεύτερο αυτό τμήμα παρουσιάζεται μια εικόνα που δείχνει τη μορφή του προγράμματος στην περίπτωση που η δομή επιλογής έχει την τιμή True, δηλ. στη περίπτωση που η μεταβλητή RECALL είναι ενεργή. Σε αυτό το ενδεχόμενο ανακτάται ήδη υπάρχων SETUP και συνεπώς πρέπει να παραλειφθούν όλες οι ανωτέρω ρυθμίσεις. Χρειάζεται όμως να μεταφερθούν τα δύο βασικά κανάλια καθώς και η πληροφορία επιλογής καναλιού που είναι απαραίτητα για τα επόμενα τμήματα του προγράμματος, ανεξαρτήτως της κατάστασης της μεταβλητής RECALL.



Εικόνα 4.28

4.3.3 Τμήμα 3^ο

Το τμήμα αυτό αποσκοπεί στην ανάγνωση από το πρόγραμμα της κυματομορφής που έχει επεξεργαστεί ο παλμογράφος καθώς και την παρουσίαση του αντίστοιχου γραφήματος στην οθόνη του Front Panel. Επιπλέον περιλαμβάνεται ο υπολογισμός του χρόνου Th (που έχει οριστεί παραπάνω) που είναι απαραίτητος για τη διαδικασία διακρίβωσης.

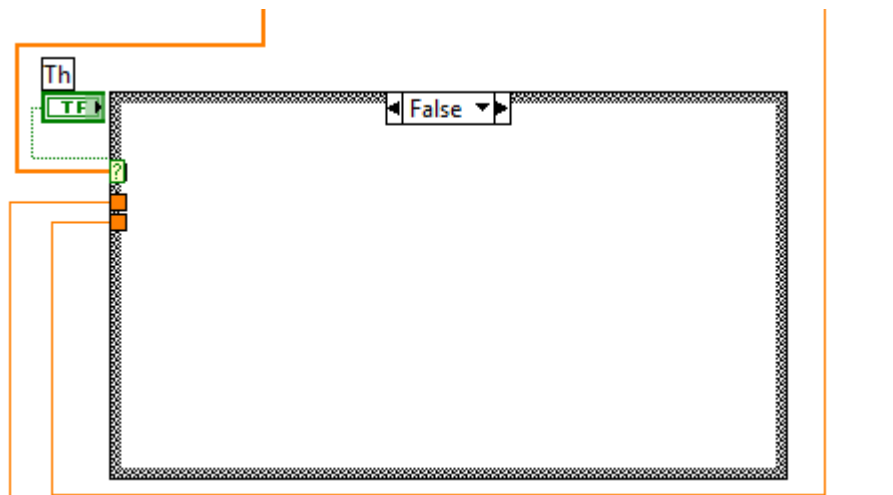


Εικόνα 4.29: Τμήμα 3^ο - Περίπτωση με υπολογισμό $Th I$

Αρχικά τοποθετείται το Read Waveform.vi το οποίο έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει τη κυματομορφή του παλμογράφου, να οργανώνει τα δεδομένα και να επιστρέφει ένα πίνακα τιμών της κυματομορφής. Πιο συγκεκριμένα, το VI αυτό δέχεται ως εισόδους το κανάλι που μας ενδιαφέρει και τις μεταβλητές Waveform Start και End που ελέγχονται από το χρήστη μέσω του Front Panel. Οι μεταβλητές αυτές ορίζουν το πρώτο και το τελευταίο σημείο καταγραφής και συνεπώς τη μορφή του γραφήματος που βλέπουμε στην οθόνη του Front

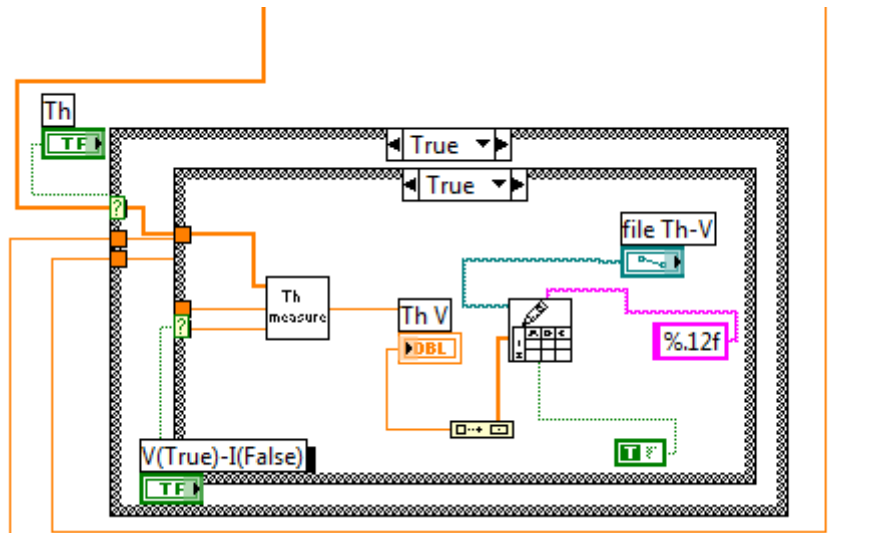
Panel. Μετά την επεξεργασία που πραγματοποιεί επιστρέφει τρία μεγέθη. Την αρχική τιμή του X άξονα (Initial X), το βήμα στον X άξονα (X increment) καθώς και έναν πίνακα με τις τιμές της κυματομορφής (Y άξονα). Τα τρία αυτά μεγέθη εισέρχονται σε μια function Bundle (που βρίσκεται στην κατηγορία Programming->Cluster & Variant) συνδυάζονται και εξέρχονται ως μια δομή cluster, η οποία αξιοποιείται από το control Waveform Graph που βρίσκεται στο Controls Panel του Front Panel. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται η κυματομορφή που μελετάται στην επιφάνεια ελέγχου.

Το υπόλοιπο κομμάτι αφορά στον υπολογισμό του χρόνου Th. Όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο παραπάνω σχήμα υπάρχουν δύο δομές επιλογής (Case structures) η μία εντός της άλλης. Το εξωτερικό Case structure ελέγχει το αν θα υπολογιστεί αυτός ο χρόνος ή όχι. Έτσι όταν λογική μεταβλητή ελέγχου είναι OFF (δηλ. False) δεν εκτελείται τίποτα όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.30

Στην περίπτωση που ο χρήστης θέλει να υπολογίσει την τιμή Th η μεταβλητή είναι True και συνεπώς το πρόγραμμα μεταφερέεται στο δεύτερο Case Structure. Σε αυτή τη περίπτωση καλείται ο χρήστης να επιλέξει αν ο χρόνος που θα υπολογιστεί θα αφορά σε κυματομορφή τάσης ή ρεύματος. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της λογικής μεταβλητής V(True)-I(False), η οποία και περιγράφει πως στο πεδίο True του δεύτερου Case Structure γίνεται ο υπολογισμός που αφορά στην τάση, ενώ στο πεδίο False γίνεται ο υπολογισμός που αφορά στο ρεύμα. Στην εικόνα 4.29 φαίνεται η μορφή του προγράμματος στη περίπτωση κυματομορφής ρεύματος. Παρατίθεται και η αντίστοιχη της τάσης.



Εικόνα 4.31

Θα περιγραφεί τώρα το εσωτερικό του δεύτερου Case Structure. Τα τρία μεγέθη που αφορούν την κυματομορφή όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, εισέρχονται ως μεταβλητές εισόδου στο subVI Th measure το οποίο και υπολογίζει τη ζητούμενη τιμή Th και την επιστρέφει στη έξοδο του. Από εκεί και αφού το αποτέλεσμα εμφανιστεί στο αντίστοιχο πεδίο του Front Panel, η τιμή του Th εισέρχεται στη συνάρτηση Build Array η έξοδος της οποίας καταγράφεται σε ένα αρχείο της επιλογής μας μέσω του Write to Spreadsheet File.vi.

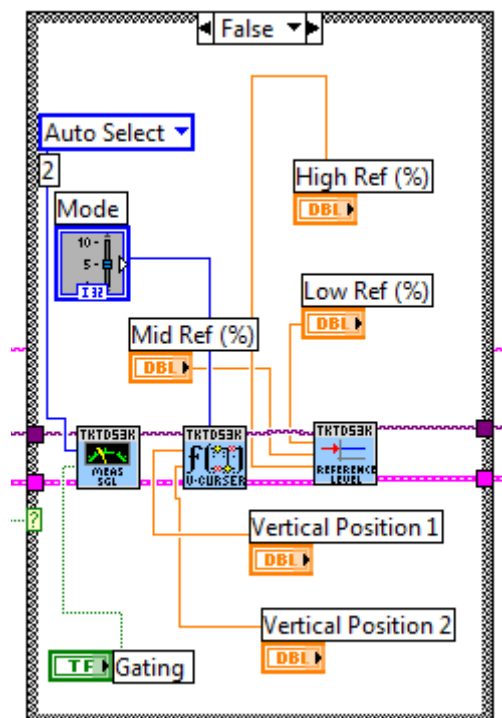
Το συγκεκριμένο subVI δέχεται ως παραμέτρους :

- 1.Την επιλογή του αρχείου μέσω πεδίου αναζήτησης στο Front Panel (file Th-V).
- 2.Τη μορφή των δεδομένων που θα καταγράφονται στο αρχείο (%.12f).
- 3.Μια λογική σταθερά True που αντιστοιχεί στο πεδίο append to file του subVI και που φροντίζει ώστε κάθε νέο δεδομένο που καταγράφεται στο συγκεκριμένο αρχείο να προστίθεται μετά τα προϋπάρχοντα.
- 4.Και τέλος φυσικά τα δεδομένα που προέρχονται από τη συνάρτηση Build Array, όπως αναφέρθηκε.

Σημείωση

Τα subVI Th measure και Th Measure I που κάνουν τον υπολογισμό του ζητούμενου χρόνου Th είναι πλήρη, ξεχωριστά προγράμματα που δημιουργήθηκαν στο περιβάλλον Labview. Θα αναλυθούν εκτενώς σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσης διπλωματικής εργασίας, μαζί και με το σύνολο των υπόλοιπων προγραμμάτων που υλοποιήθηκαν ώστε να αυτοματοποιηθούν πλήρως οι διαδικασίες των διακριβώσεων που μελετώνται.

4.3.4 Τμήμα 4^ο



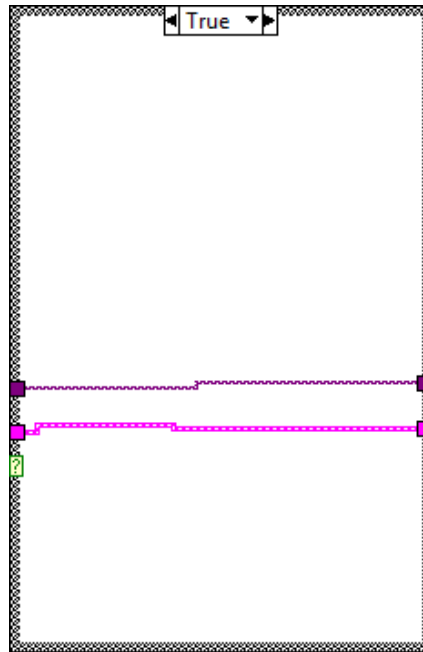
Εικόνα 4.32: Τμήμα 4^ο

Το τμήμα αυτό είναι απαραίτητο καθώς ρυθμίζει τις παραμέτρους σύμφωνα με τις οποίες θα γίνουν οι μετρήσεις. Ακριβώς όπως και το 2^ο τμήμα που σχολιάστηκε, έτσι και το παρόν βρίσκεται εντός μιας δομής επιλογής η οποία ελέγχεται από τη λογική μεταβλητή RECALL. Όπως φαίνεται και παραπάνω ο συγκεκριμένος κώδικας εκτελείται στην περίπτωση False, δηλ. όταν η είναι μεταβλητή RECALL ανενεργή. Σε αυτή την περίπτωση, όπου και πρέπει να καθορίσει ο χρήστης τη διαδικασία και τον τρόπο μετρήσεων του οργάνου, τοποθετείται πρώτα το subVI Configure Measurement.vi. Το VI αυτό ελέγχει το αν ο παλμογράφος θα χρησιμοποιήσει τη μέθοδο Gating για τις μετρήσεις του, καθώς και τη μέθοδο που θα ακολουθηθεί για τον υπολογισμό των επιπέδων αναφοράς (Reference Levels). Στην συγκεκριμένη περίπτωση έχει επιλεγθεί το Auto Select όπου γίνεται αυτόματη επιλογή από τον παλμογράφο για το ποια μέθοδος (Histogram ή Min/Max) θα εφαρμοστεί.

Επειτα τοποθετείται το Configure Vertical Cursors.vi με το οποίο ενεργοποιούνται και απενεργοποιούνται κατά βούλησιν του χρήστη οι κέρσορες μέσω της μεταβλητής Mode, αλλά συγχρόνως καθορίζονται και οι θέσεις των κερσόρων μέσω των πεδίων Vertical Position 1 και 2 που βρίσκονται στο Front Panel.

Τέλος τοποθετείται το Configure Reference Levels.vi το οποίο επιτρέπει να ρυθμιστούν τα επίπεδα αναφοράς.

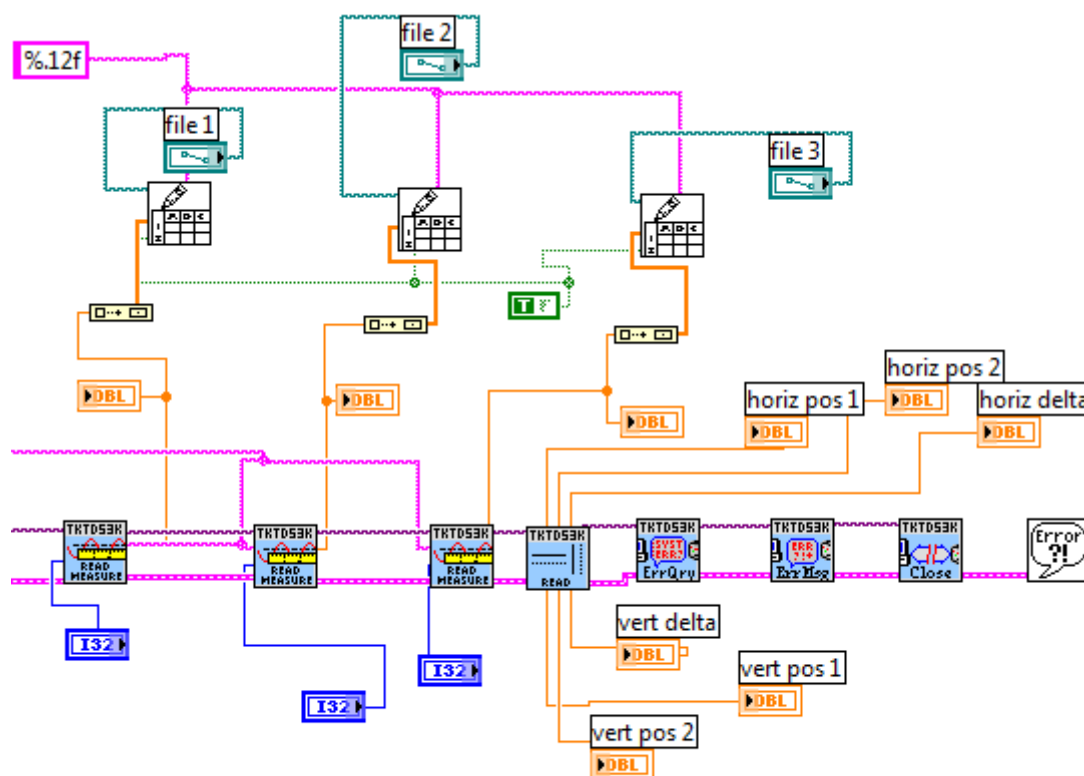
Πριν ολοκληρωθεί το 4^ο τμήμα θα παρουσιαστεί η μορφή του προγράμματος όταν η επιλογή RECALL είναι ενεργή (ετικέτα True στο Case Structure). Σε αυτό το ενδεχόμενο ανακτάται ήδη υπάρχων SETUP και συνεπώς πρέπει να παραλειφθούν όλες οι ανωτέρω ρυθμίσεις. Χρειάζεται όμως να μεταφερθούν τα δύο βασικά κανάλια. Συνεπώς:



Εικόνα 4.33

4.3.5 Τμήμα 5^ο

Το τελευταίο αυτό τμήμα περιλαμβάνει τη διεξαγωγή των μετρήσεων, τη μελέτη των πιθανών σφαλμάτων που ανέκυψαν καθώς και την ολοκλήρωση της επικοινωνίας με το όργανο.



Εικόνα 4.34 : Τμήμα 5^ο

Τοποθετούνται λοιπόν τρία subVIs Read Waveform Measurement.vi ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή τριών διαφορετικών μεγεθών στις μετρήσεις που τελούνται. Τα αποτελέσματα των εκάστοτε μετρήσεων εμφανίζονται στα αντίστοιχα πεδία της επιφάνειας ελέγχου (Front Panel) ενώ παράλληλα αποθηκεύονται σε αρχεία της επιλογής του χρήστη.

Στη συνέχεια υπάρχει το Read Cursors.vi με το οποίο καταγράφονται οι θέσεις των κερσόρων και οι μεταξύ τους αποστάσεις ενώ ακολουθούν τα subVIs ελέγχου των σφαλμάτων. Πιο συγκεκριμένα το Error Query (Multiple).vi, που έχει ήδη αναφερθεί, διαβάζει το κανάλι σφαλμάτων από το όργανο μέχρι να δει την τιμή 0 (No Error), ενώ το Error Message.vi περιλαμβάνει όλες τις περιγραφές και τους κωδικούς σφαλμάτων του οργάνου. Έτσι αν κάποιο σφάλμα έχει προκύψει κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος το κανάλι σφαλμάτων θα μεταβιβάσει όλες τις

απαραίτητες πληροφορίες στο Simple Error Handler.vi (το τελευταίο) το οποίο θα επιστρέψει το κατάλληλο μήνυμα μέσω παραθύρου διαλόγου.

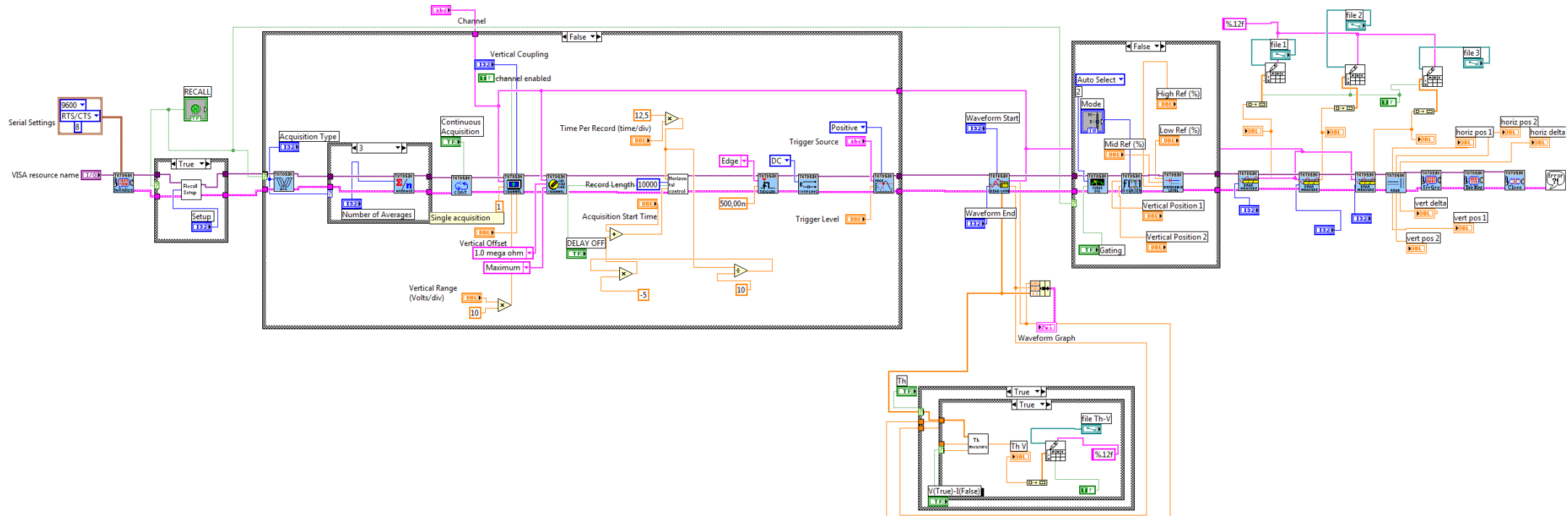
Τέλος το Close.vi διακόπτει την επικοινωνία (I/O interface close) με τον παλμογράφο.

Συνολικά το πρόγραμμα μπορεί να ελέγξει σχεδόν πλήρως τον παλμογράφο TDS 3052 της TEKTRONIX ενώ οδηγεί καθ' ολοκληρίαν όλες τις λειτουργίες που είναι απαραίτητες για τη διεξαγωγή των διακριβώσεων που μελετώνται.

Εν συντομία αναφέρουμε κάποιες από τις λειτουργίες που επιτελεί:

- Ανάκτηση ενός αποθηκευμένου στον παλμογράφο SETUP.
- Επιλογή καναλιού και ρύθμιση των χαρακτηριστικών του.
- Ρύθμιση του τρόπου δειγματοληψίας και καταγραφής δεδομένων και κυματομορφών.
- Καθορισμό της κλίμακας κάθετων και οριζόντιων αξόνων (Volts/div, time/div).
- Προσαρμογή των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών του καναλιού.
- Επιλογή της λειτουργίας καθυστέρησης (DELAY) και ρύθμιση των παραμέτρων της.
- Ρυθμίσεις που αφορούν στη λειτουργία του triggering.
- Λήψη της κυματομορφής του παλμογράφου και προβολή του αντίστοιχου γραφήματος.
- Υπολογισμό του χρονικού διαστήματος Th.
- Καθορισμό των μεθόδων μέτρησης, των επιπέδων αναφοράς και των θέσεων των κερσόρων.
- Μέτρηση και καταγραφή μεγεθών (συχνότητα, χρόνο ανόδου/καθόδου κτλ.)
- Καταγραφή και αποθήκευση δεδομένων σε αρχεία της επιλογής του χρήστη.
- Έλεγχο σφαλμάτων κ.α.

Στη συνέχεια παραθέτουμε το συνολικό πρόγραμμα.



Εικόνα 4.35: Block Diagram του TDS 3052 Control.vi

Προγράμματα Αυτοματοποίησης της Διαδικασίας Διακρίβωσης

Ο απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας, όπως έχει προαναφερθεί, είναι η αυτοματοποίηση των διαδικασιών διακρίβωσης που μελετώνται. Αυτό σημαίνει πως ο χρήστης θα πρέπει εκτελώντας τα κατάλληλα προγράμματα να είναι σε θέση να ολοκληρώσει με επιτυχία τη δοκιμή διακρίβωσης οργάνου που τον ενδιαφέρει.

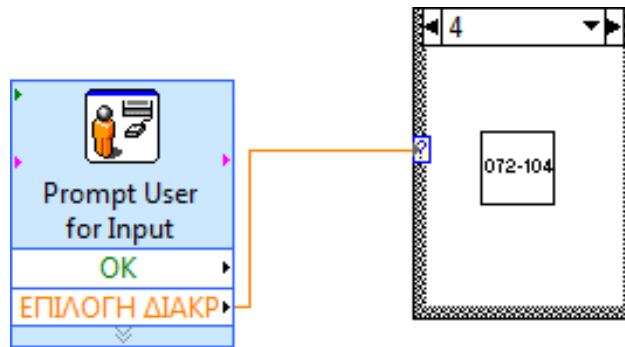
Για το λόγο αυτό εκτός από το πρόγραμμα ελέγχου του παλμογράφου, που αναλύθηκε εκτενώς, έχει δημιουργηθεί ένα σύνολο προγραμμάτων σε περιβάλλον Labview ώστε αυτά να καλύπτουν όλες τις πτυχές της διαδικασίας. Σε γενικές γραμμές τα προγράμματα αυτά εντάσσονται στις εξής κατηγορίες.

- Προγράμματα καθοδήγησης του χρήστη για τη διεξαγωγή των διακριβώσεων.
- Προγράμματα υπολογισμού μεγεθών απαραίτητων για τη διακρίβωση των οργάνων.
- Προγράμματα επεξεργασίας των μετρήσεων και διακρίβωσης των οργάνων.

5.1 Προγράμματα Καθοδήγησης του Χρήστη για τη Διεξαγωγή των Διακριβώσεων

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται υλοποιήσεις που καθοδηγούν μέσω μηνυμάτων διαλόγου το χρήστη ώστε να εκτελέσει με επιτυχία τη δοκιμή διακρίβωσης. Πιο συγκεκριμένα, ο χρήστης παίρνει λεπτομερείς οδηγίες για το πώς θα οργανώσει τη διάταξη που απαιτείται, ποια όργανα θα χρησιμοποιήσει και πως αυτά θα συνδεθούν μεταξύ τους αλλά και με ποιο τρόπο θα παράξει και θα μετρήσει τις απαιτούμενες κυματομορφές για την εκάστοτε δοκιμή διακρίβωσης.

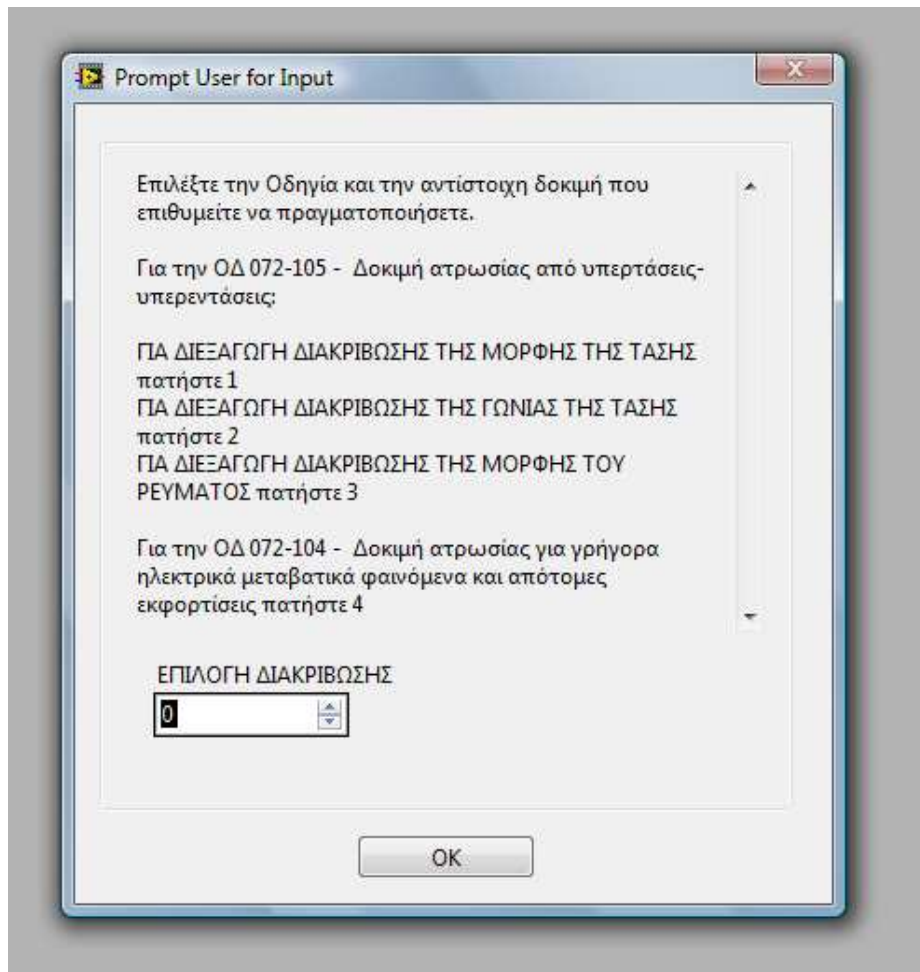
Το κύριο πρόγραμμα που επιτελεί αυτή την εργασία είναι το `allmessages.vi` και το Block Diagram του παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 5.1.1: Block Diagram του allmessages.vi

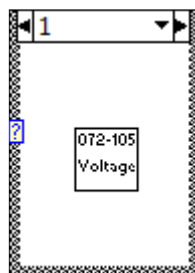
Το Front Panel του συγκεκριμένου VI είναι κενό καθώς το πρόγραμμα επιστρέφει ως έξοδο μόνο μηνύματα διαλόγου ενώ και η είσοδος του δίνεται μέσω μηνύματος διαλόγου.

Το `allmessages.vi` αποτελείται από μια συνάρτηση `Prompt User for Input` και από μια δομή επιλογής. Η συνάρτηση `Prompt User for Input` βρίσκεται στη `Functions Palette` στη θέση `Programming->Dialog and User Interface`. Η συνάρτηση αυτή παρουσιάζει στο χρήστη ένα παράθυρο διαλόγου και μέσω μηνυμάτων του ζητά να εισάγει κάποια δεδομένα. Η πληροφορία που θα δώσει ο χρήστης ελέγχει στη συνέχεια τη δομή ελέγχου που εκτελεί το αντίστοιχο subVI, ανάλογα με την τιμή της πληροφορίας που έδωσε ο χρήστης. Συγκεκριμένα στη περίπτωση μας, ο χρήστης επιλέγει ποια διακρίβωση επιθυμεί να διεξάγει. Το γεγονός αυτό γίνεται πιο κατανοητό στην παρακάτω εικόνα, που δείχνει το παράθυρο διαλόγου αμέσως μετά την έναρξη εκτέλεσης του προγράμματος.

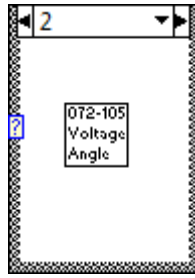


Εικόνα 5.1.2: Αρχικό παράθυρο διαλόγου του *allmessages.vi*

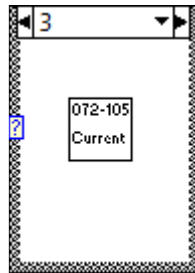
Ανάλογα με την επιλογή του χρήστη θα εκτελεστεί το αντίστοιχο κομμάτι της δομής επιλογής. Ο αριθμός που αντιστοιχεί σε κάθε επιλογή διακρίβωσης φαίνεται στην παραπάνω εικόνα και ταυτίζεται με τον ανάλογο αριθμό στην ετικέτα του Case Structure. Παρατίθενται και οι τέσσερις δυνατές καταστάσεις του Case Structure. Η επιλογή 0 δεν εκτελεί τίποτα και τερματίζει το πρόγραμμα.



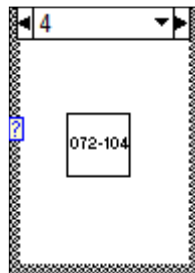
ΟΔ 072-105 Διακρίβωση Μορφής Τάσης



ΟΔ 072-105 Διακρίβωση Γωνίας Τάσης



ΟΔ 072-105 Διακρίβωση Μορφής Ρεύματος



Διακρίβωση οδηγίας ΟΔ 072-104

Εικόνα 5.1.3

Στη συνέχεια λοιπόν αρχίζει να εκτελείται κάποιο από τα ανωτέρω subVIs και καθοδηγεί το χρήστη στην τέλεση της επιλεχθείσας διακρίβωσης. Και τα τέσσερα αυτά subVIs έχουν υλοποιηθεί ακριβώς με την ίδια διαδικασία. Το μόνο που αλλάζει είναι τα εκάστοτε μηνύματα διαλόγου που εμφανίζονται στο χρήστη και που αντιστοιχούν σε διαφορετική δοκιμή διακρίβωσης.

Με αυτό το σκεπτικό θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί ένα εκ των τεσσάρων subVIs αφού τονιστεί ότι και τα τέσσερα βρίσκονται στα εξής αρχεία:

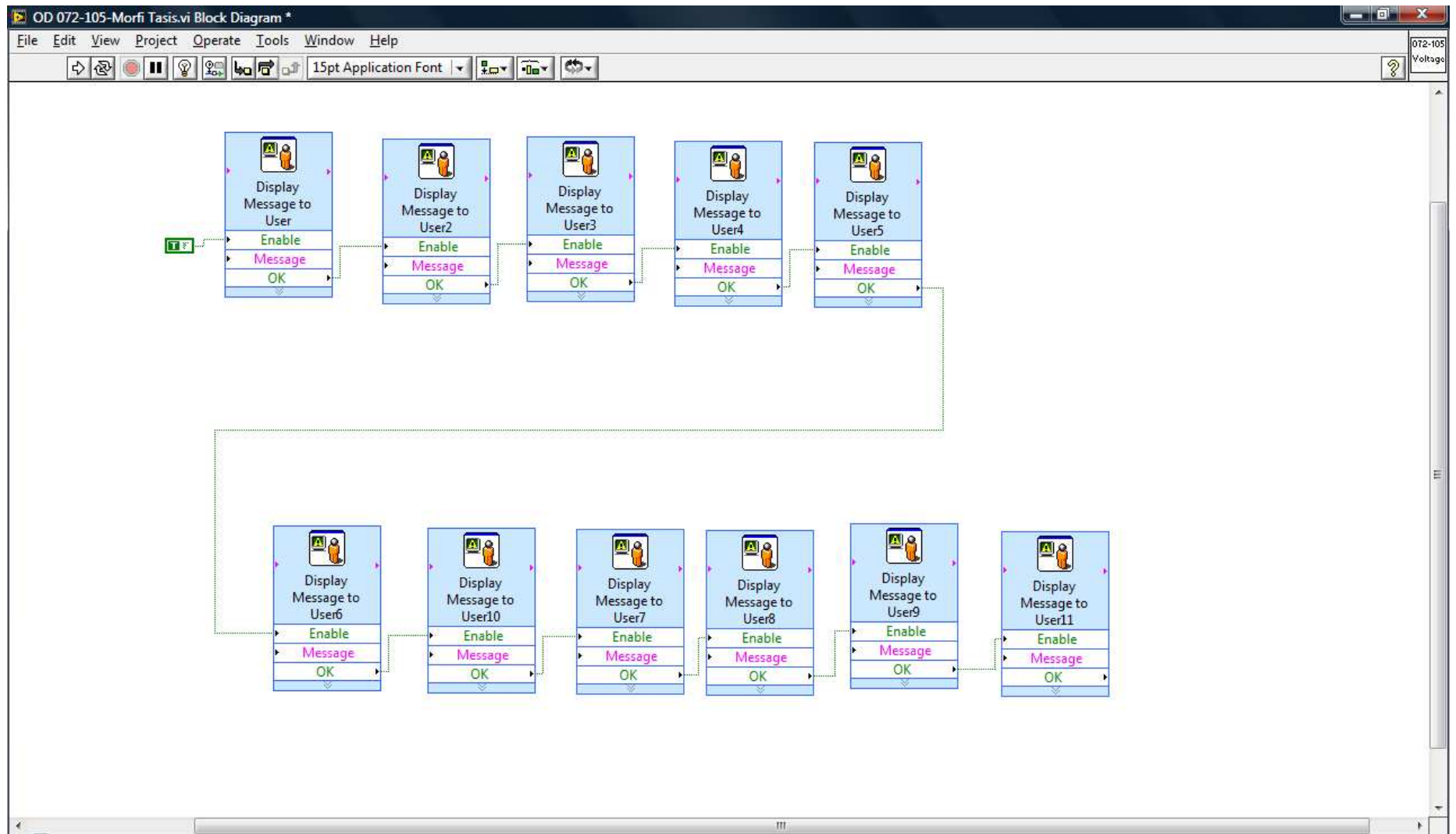
- OD 072-104.vi
- OD 072-105-Current.vi
- OD 072-105-Morfi Tasis.vi
- OD 072-105-Voltage Angle.vi

5.1.1 OD 072-105-Morfi Tasis.vi

Το VI αυτό περιλαμβάνει έντεκα μηνύματα προς τον χρήστη, τα οποία εμφανίζονται μέσω παραθύρων διαλόγου. Κατ' αυτόν τον τρόπο για να δει ο χρήστης το επόμενο μήνυμα ώστε να προχωρήσει τη διαδικασία θα πρέπει να πατήσει το OK στο προηγούμενο μήνυμα. Έτσι του δίνεται η αίσθηση της αναγκαιότητας ολοκλήρωσης του κάθε βήματος πριν την μετάβαση στο επόμενο.

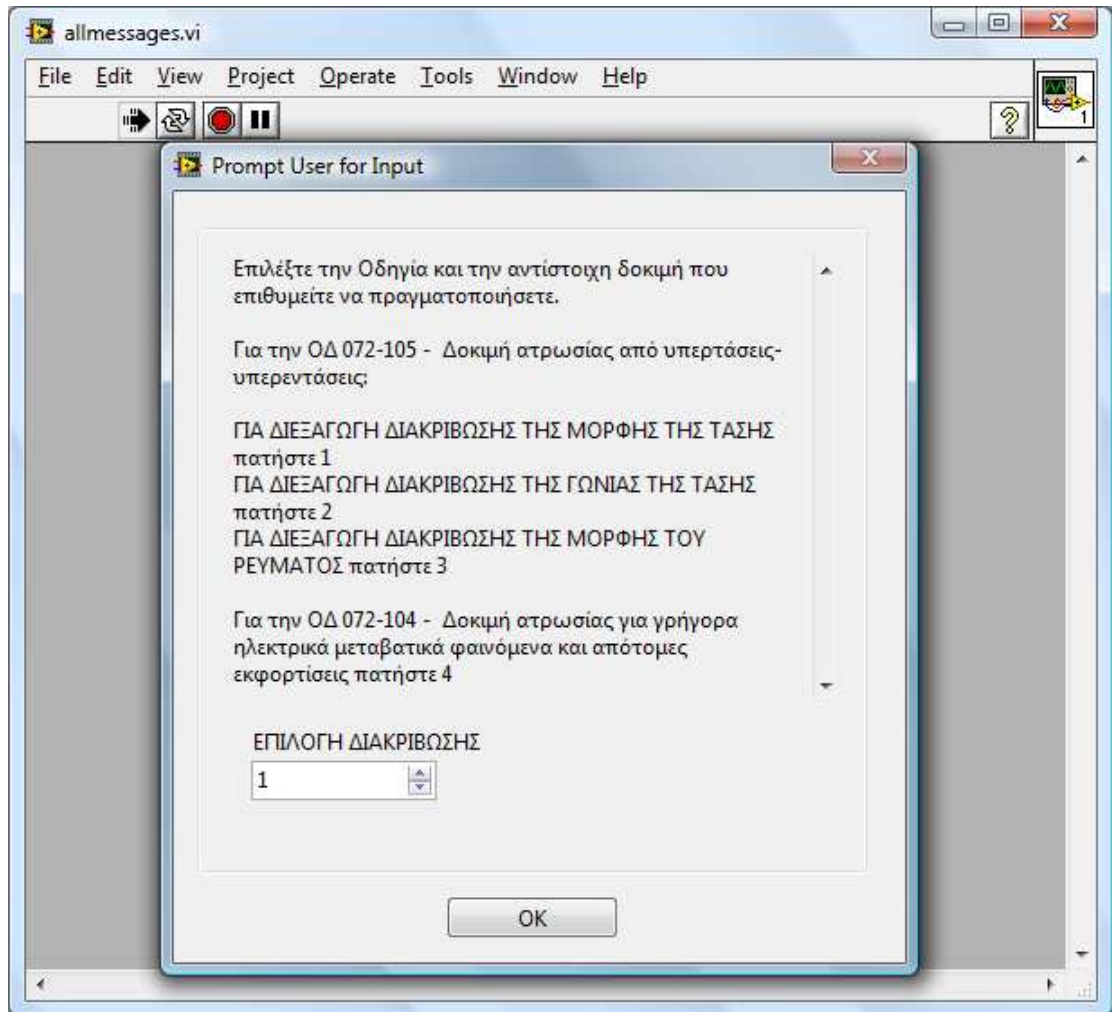
Σύμφωνα και με τα παραπάνω για τη συγκεκριμένη υλοποίηση τοποθετήθηκε έντεκα φορές στη σειρά η συνάρτηση Display Message to User που βρίσκεται στη Functions Palette στη θέση Programming-> Dialog and User Interface. Η συνάρτηση αυτή εμφανίζει μήνυμα στο χρήστη μόλις ενεργοποιηθεί. Προκείμενου να γίνει η διαδικασία ελέγχου του κάθε βήματος όπως περιγράφηκε παραπάνω συνδέθηκε το πεδίο ενεργοποίησης Enable της κάθε συνάρτησης με το πεδίο OK της προηγούμενης.

Το Block Diagram του OD 072-105-Morfi Tasis.vi παρουσιάζεται παρακάτω.

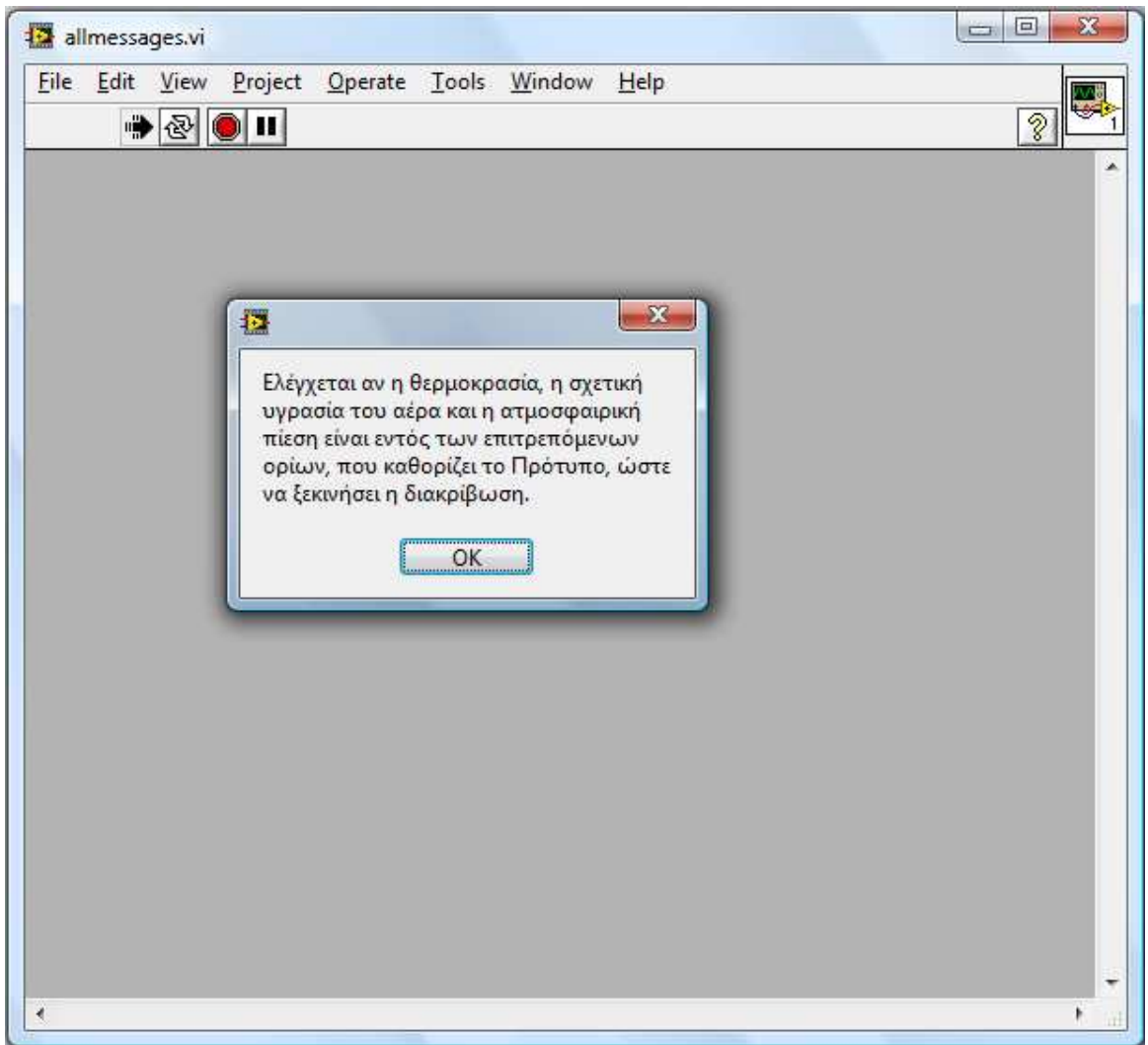


Εικόνα 5.1.4: Block Diagram του OD 072-105-Morfi Tasis.vi

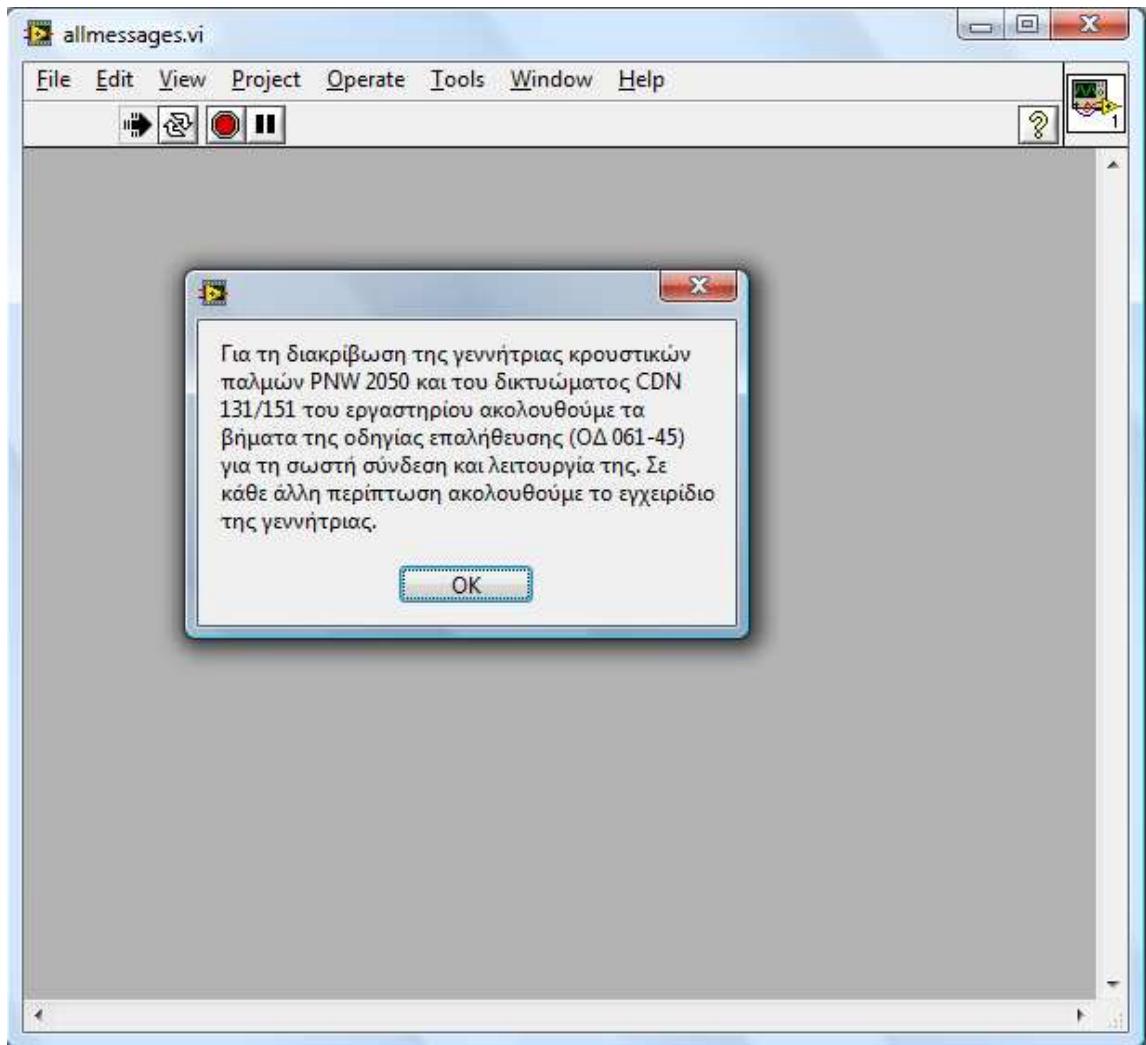
Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικές εικόνες από τη συνολική διαδικασία εκτέλεσης του allmessages.vi, όπου έχει επιλεγθεί η διακρίβωση που μελετήθηκε παραπάνω και φαίνονται και κάποια από τα αντίστοιχα μηνύματα (τα τρία πρώτα).



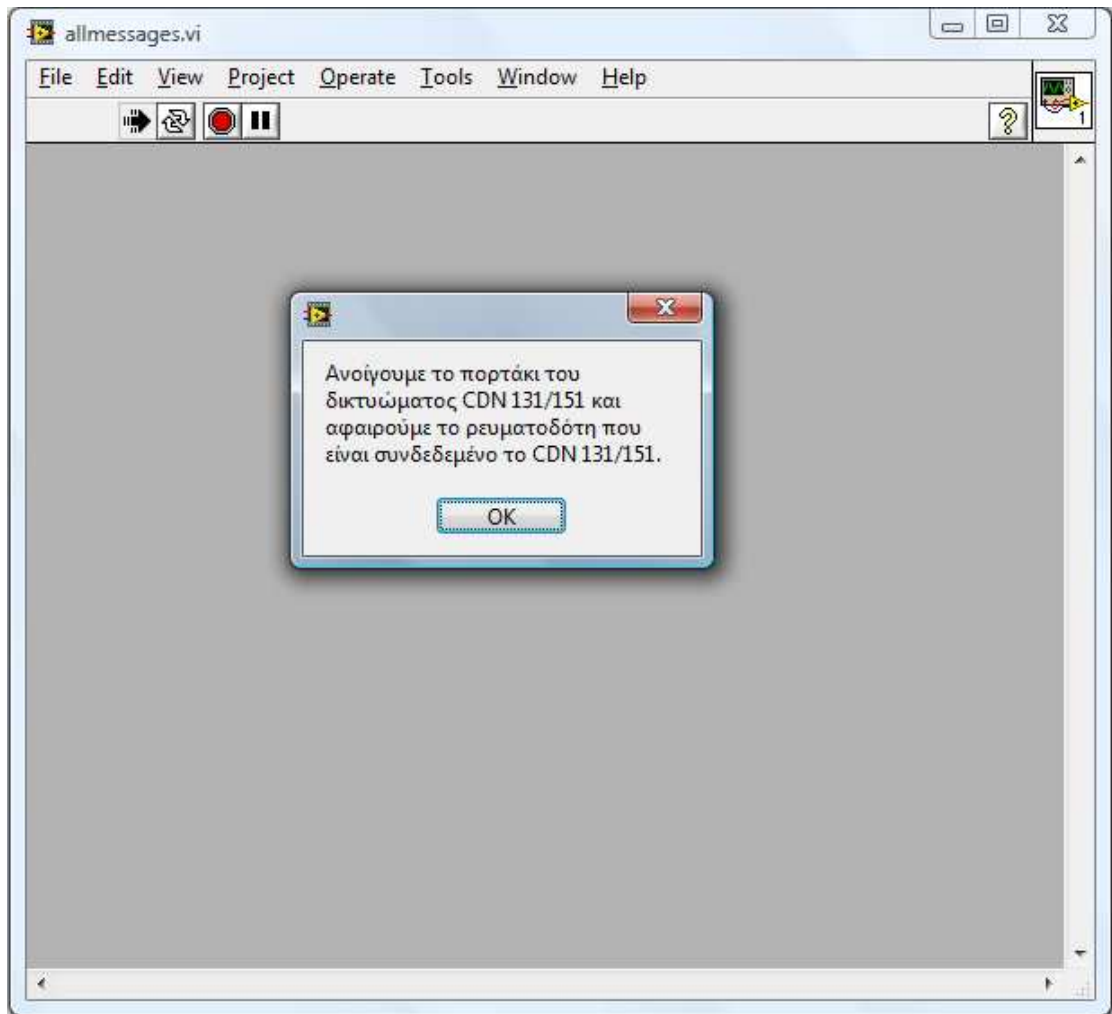
Εικόνα 5.1.5: Επιλογή Διακρίβωσης 1 – ΟΔ 072-105 Μορφή Τάσης



Εικόνα 5.1.6: Πρώτο Μήνυμα



Εικόνα 5.1.7: Δεύτερο Μήνυμα



Εικόνα 5.1.8: Τρίτο Μήνυμα

Σημείωση

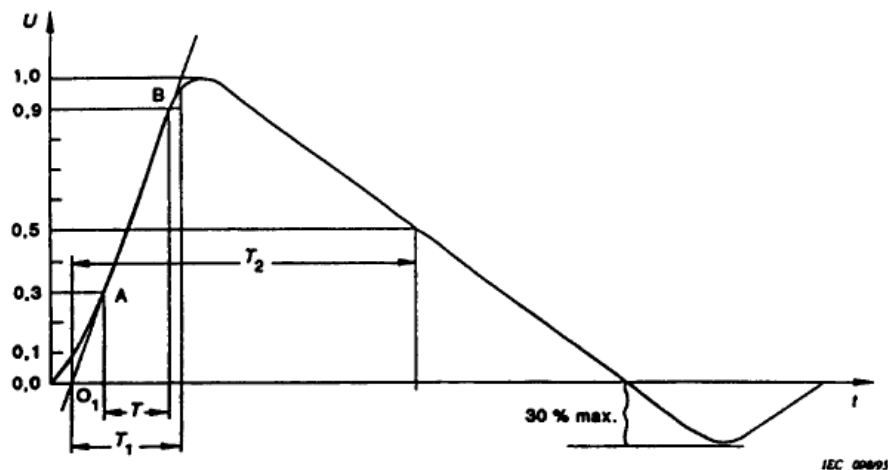
Το σύνολο των μηνυμάτων που περιγράφουν τη διαδικασία της κάθε δοκιμής διακρίβωσης και γενικά η λεπτομερής ανάλυση των δοκιμών έχει γίνει στο παράρτημα που αφορά στις οδηγίες που μελετάμε στην παρούσα διπλωματική εργασία δηλ. στις ΟΔ 072-104 και ΟΔ 072-105.

5.2 Προγράμματα Υπολογισμού Μεγεθών Απαραίτητων για τη Διακρίβωση των Οργάνων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα προγράμματα υπολογισμού του χρόνου T_h για τις περιπτώσεις τάσης και ρεύματος που χρησιμοποιούνται στο πρόγραμμα ελέγχου το παλμογράφου.

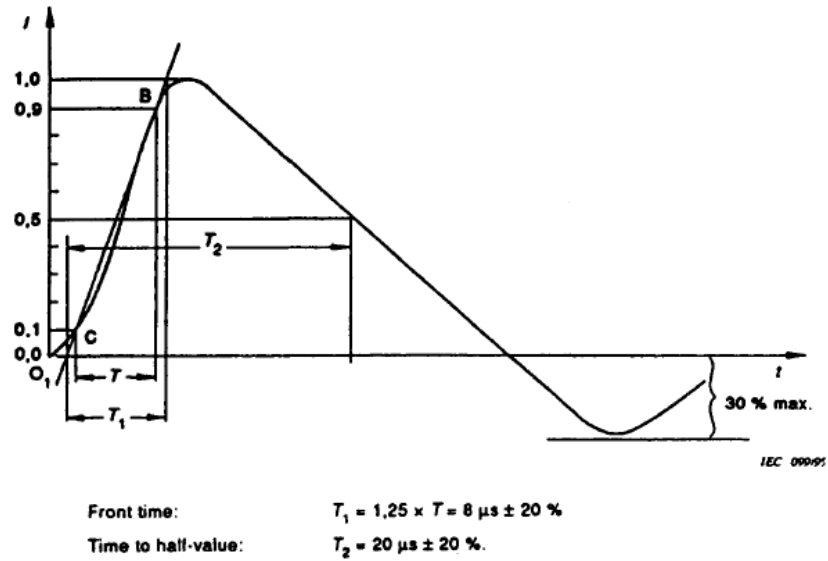
Για να υπενθυμίσουμε εν συντομία τι είναι ο χρόνος T_h αναφέρουμε τα εξής:

Ο χρόνος T_h ορίζεται ως ο χρόνος μεταξύ του σημείου που η κυματομορφή λαμβάνει το 50% για δεύτερη φορά και του σημείου t_{O1} όπως αυτό ορίζεται στις παρακάτω γραφικές παραστάσεις για την τάση και το ρεύμα αντίστοιχα. (Στα παρακάτω διαγράμματα ο χρόνος T_h συμβολίζεται ως T_2)



Front time: $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu s \pm 30 \%$
Time to half-value: $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$.

Εικόνα 5.2.1: Τάση



Εικόνα 5.2.2: Ρεύμα

Όπως φαίνεται και από τον ορισμό του χρόνου T_h , η μόνη διαφορά στη μέθοδο υπολογισμού του στις περιπτώσεις τάσης και ρεύματος, αφορά στον καθορισμό του t_{01} . Στην περίπτωση της τάσης λαμβάνεται υπ' όψιν το σημείο που αντιστοιχεί στο 30% του μεγίστου, ενώ στην περίπτωση του ρεύματος το σημείο που αντιστοιχεί στο 10% του μεγίστου.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρόνος t_{01} δίνεται από την εξής τύπο :

$$t_{01} = t_{30\%} - (t_{90\%} - t_{30\%})/2 \quad (\text{I})$$

και συνεπώς

$$T_h = t_{50\%} - t_{01} \quad (\text{II})$$

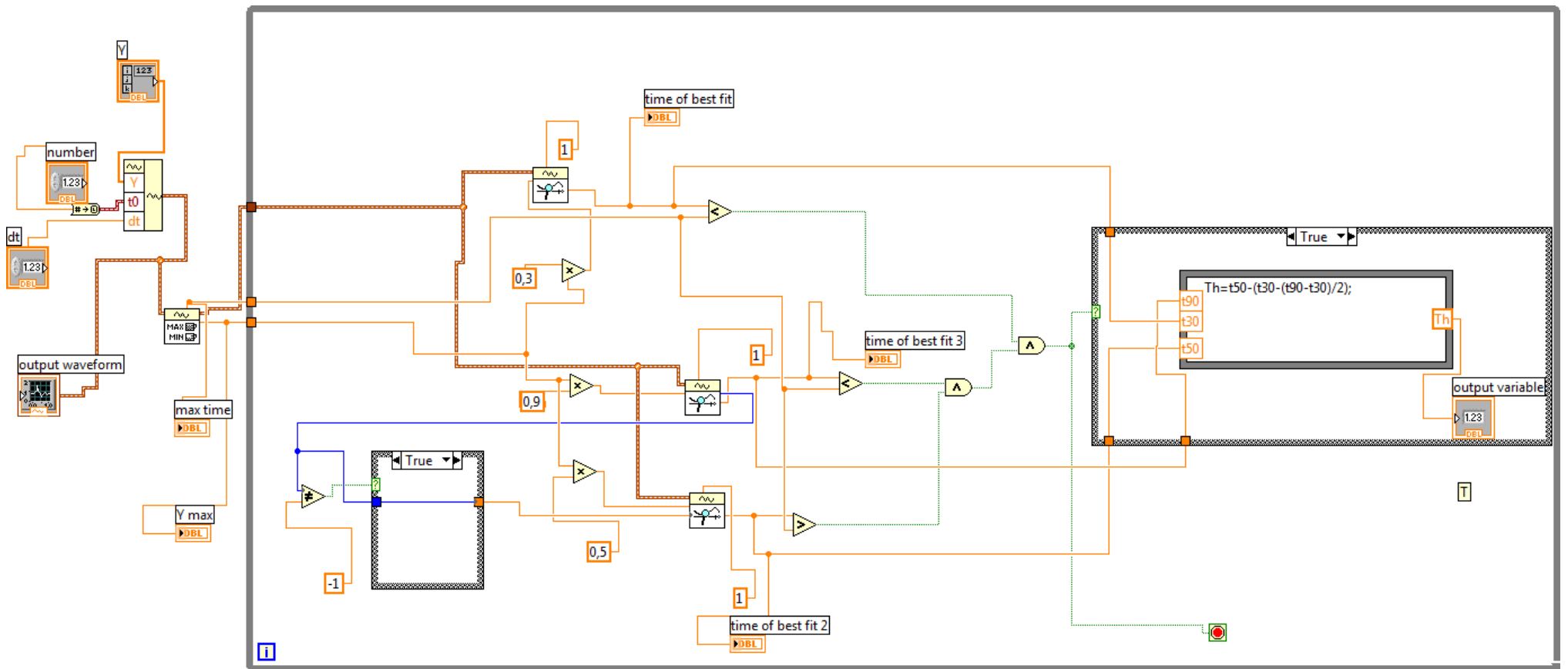
Με τα παραπάνω δεδομένα ακολουθεί η παρουσίαση των προγραμμάτων.

5.2.1 Υπολογισμός Th σε κυματομορφή Τάσης

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βρίσκεται στο αρχείο Th-measure.vi που όπως αναλύθηκε και στο πρόγραμμα οδήγησης του παλμογράφου, δέχεται ως εισόδους τρία μεγέθη. Ένα πίνακα με τις τιμές της κυματομορφής (τιμές Y), το αρχικό σημείο X initial του άξονα των X και το αντίστοιχο βήμα X increment. Ως έξοδο επιστρέφει την υπολογισμένη πλέον τιμή Th.

Στη συνέχεια θα περιγραφεί το Block Diagram του Th-measure.vi. Επειδή το εν λόγω πρόγραμμα χρησιμοποιείται ως subVI από το πρόγραμμα οδήγησης του παλμογράφου, το Front Panel του δεν θα χρησιμοποιηθεί από το χρήστη.

Το Block Diagram του Th-measure.vi φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5.2.3: Block Diagram του Th-measure.vi

Στο αρχικό τμήμα του προγράμματος, τα τρία μεγέθη που προαναφέρθηκαν και είναι οι εισοδοί του προγράμματος, μετά την μετατροπή της μεταβλητής X initial σε στοιχείο χρόνου μέσω της συνάρτησης «To Time Stamp», εισέρχονται σε μια συνάρτηση Build Waveform που βρίσκεται στη θέση Programming->Waveform. Η συνάρτηση αυτή λαμβάνει αυτά τα μεγέθη που προέρχονται από την κυματομορφή του παλμογράφου και δημιουργεί μια κυματομορφή ίδια ακριβώς σε μορφή, που όμως μπορεί να την επεξεργαστεί το περιβάλλον και οι συναρτήσεις του Labview.

Η κυματομορφή αυτή, αφού μέσω του γραφήματος output waveform εμφανιστεί στο Front Panel, εισέρχεται ως εισόδος στη συνάρτηση Waveform Min Max.vi που βρίσκεται στη θέση Programming->Waveform->Analog Waveform. Το VI αυτό υπολογίζει τη μέγιστη τιμή της κυματομορφής και το χρόνο στον οποίο αυτή πραγματοποιείται και τα επιστρέφει ως έξοδο. Τα δύο αυτά δεδομένα μαζί με το κανάλι της κυματομορφής εισέρχονται στη μεγάλη δομή επανάληψης (While Loop).

Σκοπός από εδώ και στο εξής είναι ο προσδιορισμός των χρόνων που είναι απαραίτητοι για τον υπολογισμό του Th σύμφωνα με τις σχέσεις (I) και (II). Οι χρόνοι αυτοί αντιστοιχούν στο 30% και στο 90% της μέγιστης τιμής της τάσης όταν αυτά συμβαίνουν για πρώτη φορά, και στο 50% της μέγιστης τιμής της τάσης όταν αυτό συμβαίνει για δεύτερη φορά. Συνεπώς για να γίνει χρήση της σχέσης (II) πρέπει να εξασφαλιστεί τόσο ότι θα βρεθούν τα ζητούμενα σημεία στη κυματομορφή (30%,50% και 90% του μεγίστου), όσο και ότι τα σημεία αυτά θα βρίσκονται πριν ή μετά το χρόνο μεγίστου, όπως προβλέπεται ανά περίπτωση.

Για την εύρεση των ζητούμενων χρόνων χρησιμοποιείται η συνάρτηση Search Waveform.vi. Η συνάρτηση αυτή δέχεται ως εισόδους μια κυματομορφή, ένα σημείο έναρξης της αναζήτησης (start index), μια τιμή και ένα ποσοστό ανοχής (tolerance). Αυτό που κάνει είναι να ψάχνει στην κυματομορφή το σημείο εκείνο που αντιστοιχεί στην τιμή εισόδου εντός των ορίων της δοσμένης απόκλισης. Σε περίπτωση επιτυχίας της αναζήτησης η συνάρτηση επιστρέφει το χρόνο που αντιστοιχεί στη ζητούμενη τιμή καθώς και τον αντίστοιχο δείκτη – index (η έννοια αυτού του δείκτη γίνεται κατανοητή αν φανταστεί κανείς ένα πίνακα που περιέχει όλες τις τιμές της κυματομορφής με τη σειρά και κάθε δείκτη αυτού του πίνακα να αντιστοιχεί σε ένα σημείο).

Αφού λοιπόν υπολογιστούν, όπως φαίνεται στο πρόγραμμα οι τιμές που αντιστοιχούν στο 30%,50% και 90% του μεγίστου, στέλνονται ως εισόδοι σε τρεις συναρτήσεις Search Waveform.vi και λαμβάνονται έτσι οι αντίστοιχοι χρόνοι. Η ανοχή έχει οριστεί στο 1%.

Πρέπει να τονιστεί ότι ενώ για το 30% και το 90% δεν έχει οριστεί δείκτης έναρξης αναζήτησης και συνεπώς τίθεται αυτομάτως 0, στην περίπτωση του 50% τοποθετείται ως δείκτης έναρξης αναζήτησης, ο δείκτης

που αντιστοιχεί στην ευρεθείσα τιμή του 90%. Αυτό συμβαίνει ακριβώς γιατί απαιτείται ο χρόνος που θα βρεθεί να αντιστοιχεί στη δεύτερη φορά που η κυματομορφή παίρνει την τιμή 50% του μεγίστου, και συνεπώς πρέπει να είναι μετά το δείκτη του 90% που έχει εντοπιστεί. Η δομή επιλογής κάτω αριστερά έχει τοποθετηθεί για την αποφυγή μηνύματος σφάλματος καθώς λαμβάνει υπ' όψιν την περίπτωση να μην έχει βρεθεί η τιμή του 90%. Σε αυτό το ενδεχόμενο η τιμή του δείκτη θα ήταν -1 γεγονός μη αποδεκτό για δείκτη έναρξης αναζήτησης.

Οι τρεις αυτές διαδικασίες αναζήτησης επαναλαμβάνονται εντός του while loop μέχρι να ικανοποιηθούν ταυτόχρονα τρεις συνθήκες. Οι χρόνοι που αντιστοιχούν στο 30% και 90% να είναι μικρότεροι του χρόνου μεγίστου και ο χρόνος που αντιστοιχεί στο 50% να είναι μεγαλύτερος. Ο έλεγχος αυτός γίνεται στο πρόγραμμα με τις πράξεις σύγκρισης αλλά και τις λογικές πράξεις. Όταν οι τρεις αυτές συνθήκες αληθεύουν, εκτελείται το τμήμα True του βασικού Case Structure, γίνεται ο υπολογισμός του Th μέσω των σχέσεων (I) και (II) και με τη χρήση ενός Formula Node Structure και ολοκληρώνεται η επανάληψη του while loop.

Η τιμή του Th εμφανίζεται στο Front Panel, περνά ως έξοδος στο Th-measure.vi και αξιοποιείται από το πρόγραμμα ελέγχου του παλμογράφου.

Σημείωση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η μόνη διαφορά στη μέθοδο υπολογισμού του Th στις περιπτώσεις τάσης και ρεύματος, αφορά στον καθορισμό του t_{01} . Στην περίπτωση της τάσης λαμβάνεται υπ' όψιν το σημείο που αντιστοιχεί στο 30% του μεγίστου, ενώ στην περίπτωση του ρεύματος το σημείο που αντιστοιχεί στο 10% του μεγίστου. Συνεπώς το VI που αφορά το ρεύμα θα είναι ακριβώς το ίδιο μόνο που τη θέση του υπολογισμού το 30% θα την πάρει το 10%.

5.3 Προγράμματα Επεξεργασίας των Μετρήσεων και Διακρίβωσης των Οργάνων

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα προγράμματα που ως κύριο στόχο έχουν να ελέγξουν τα δεδομένα που προέκυψαν από τη δοκιμή διακρίβωσης των οργάνων και να αποφανθούν για την καταλληλότητα αυτών.

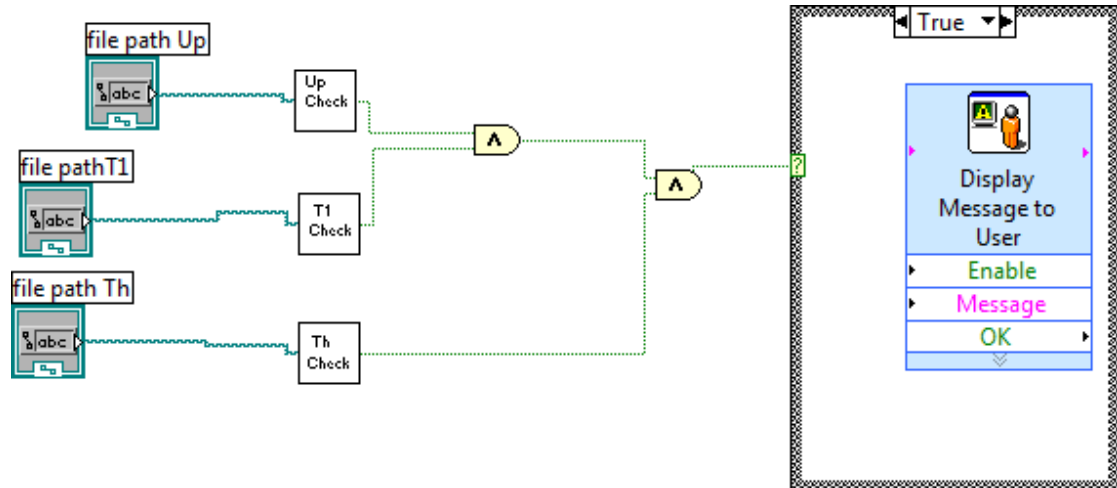
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο που μελετώνται οι οδηγίες δοκιμών διακρίβωσης, τα όργανα που υπόκεινται σε διακρίβωση υποβάλλονται σε συγκεκριμένες μετρήσεις (χρόνου ανόδου, μέγιστης τάσης κτλ.), τα αποτελέσματα των οποίων καταγράφονται. Προκειμένου να αποφανθεί ο τελών τη δοκιμή διακρίβωσης για το αν τα όργανα λειτουργούν ορθά ή πρέπει να σταλούν για ρύθμιση, πρέπει να ελέγξει αν τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι εντός συγκεκριμένων ορίων που καθορίζονται από διεθνή πρότυπα.

Με δεδομένα τα ανωτέρω, η λειτουργία των προγραμμάτων αυτών έγκειται στον έλεγχο των δεδομένων που λάμβάνονται μέσω του προγράμματος ελέγχου του παλμογράφου. Σε αυτό το πλαίσιο ανασύρονται τα δεδομένα των μετρήσεων από τα αρχεία που είχαν αποθηκευτεί και υποβάλλονται στις κατάλληλες συγκρίσεις. Αν ο έλεγχός δεν εμφανίσει αποκλίσεις εμφανίζεται στο χρήστη μήνυμα επιβεβαίωσης, διαφορετικά το πρόγραμμα προτρέπει το χρήστη στις απαραίτητες ενέργειες για τη ρύθμιση του οργάνου.

Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση των προγραμμάτων.

5.3.1 Πρόγραμμα για τη Διακρίβωση της Μορφής της Τάσης

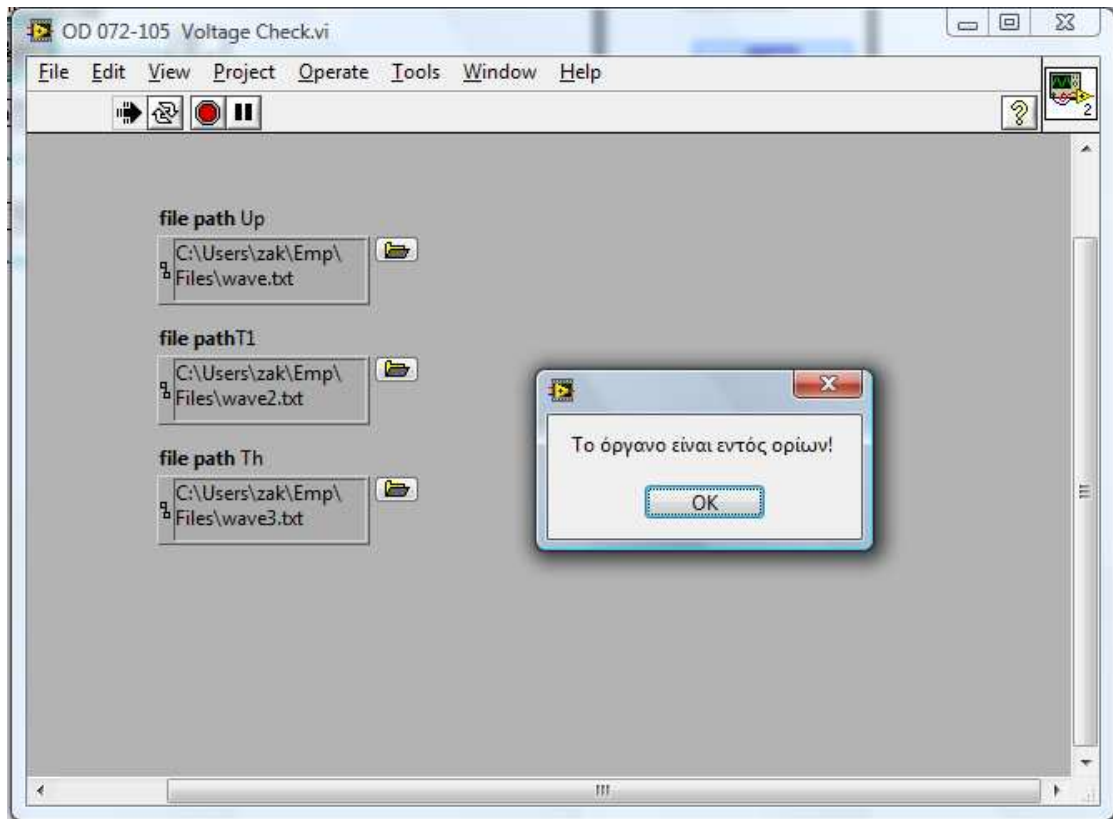
Το συγκεκριμένο πρόγραμμα υπάρχει στο αρχείο OD 072-105 Voltage Check.vi και το αντίστοιχο Block Diagram φαίνεται παρακάτω.



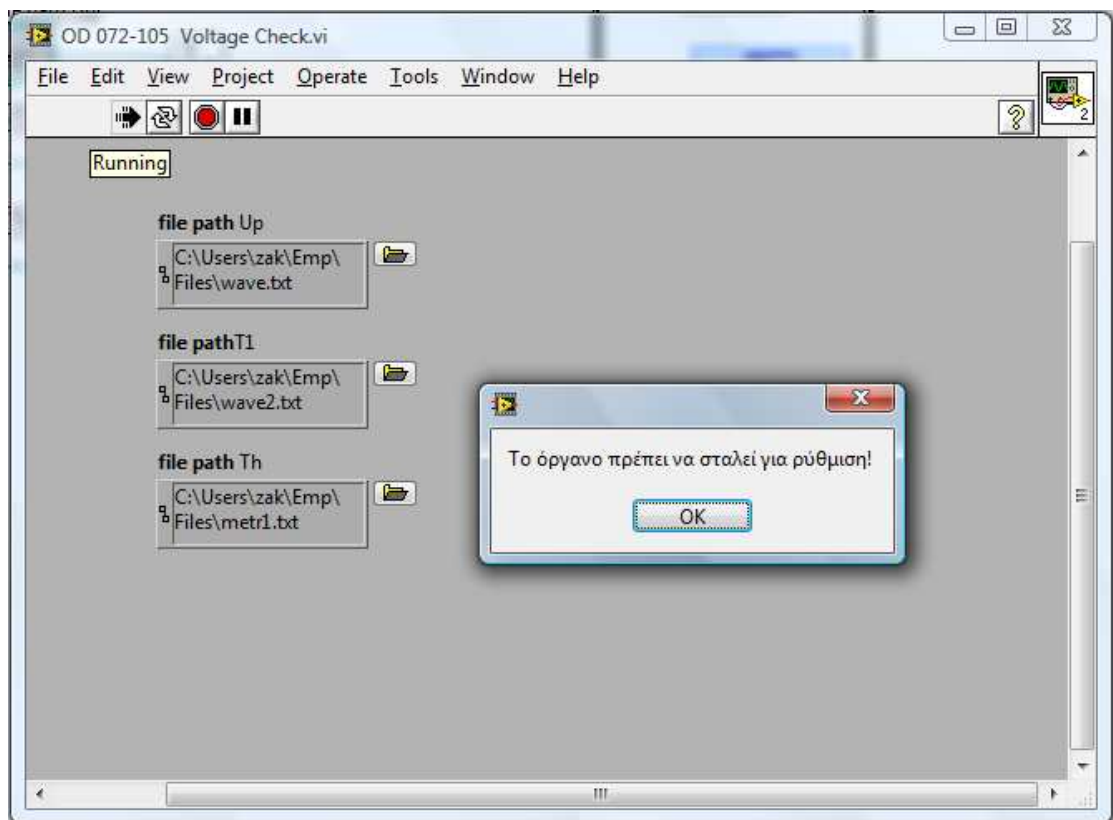
Εικόνα 5.3.1: Block Diagram του OD 072-105 Voltage Check.vi

Στο πρόγραμμα αυτό ανασύρονται τα δεδομένα από τρία αρχεία και στη συνέχεια εισάγονται ως μεταβλητές εισόδου σε τρία subVIs που ελέγχουν αν τα δεδομένα αυτά είναι εντός ορίων. Το πρώτο subVI ελέγχει το μέγεθος Up (Τάση ανοιχτοκύκλωσης), το δεύτερο το μέγεθος T_1 (Χρόνος μετώπου) και το τρίτο το μέγεθος Th (Χρόνος ημίσεως εύρους). Αν και τα τρία μεγέθη είναι εντός ορίων σε όλες τις δοκιμές που έγιναν, η συνθήκη ελέγχου του Case Diagram γίνεται True και εμφανίζεται μήνυμα αποδοχής του οργάνου στο χρήστη. Το αντίστροφο συμβαίνει αν εντοπιστεί τιμή εκτός ορίων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο εκτελέσεις του προγράμματος που πιστοποιούν την παραπάνω περιγραφή. Η πρώτη έχει μήνυμα αποδοχής ενώ η δεύτερη απόρριψης.



Εικόνα 5.3.2: Αποδοχή του οργάνου



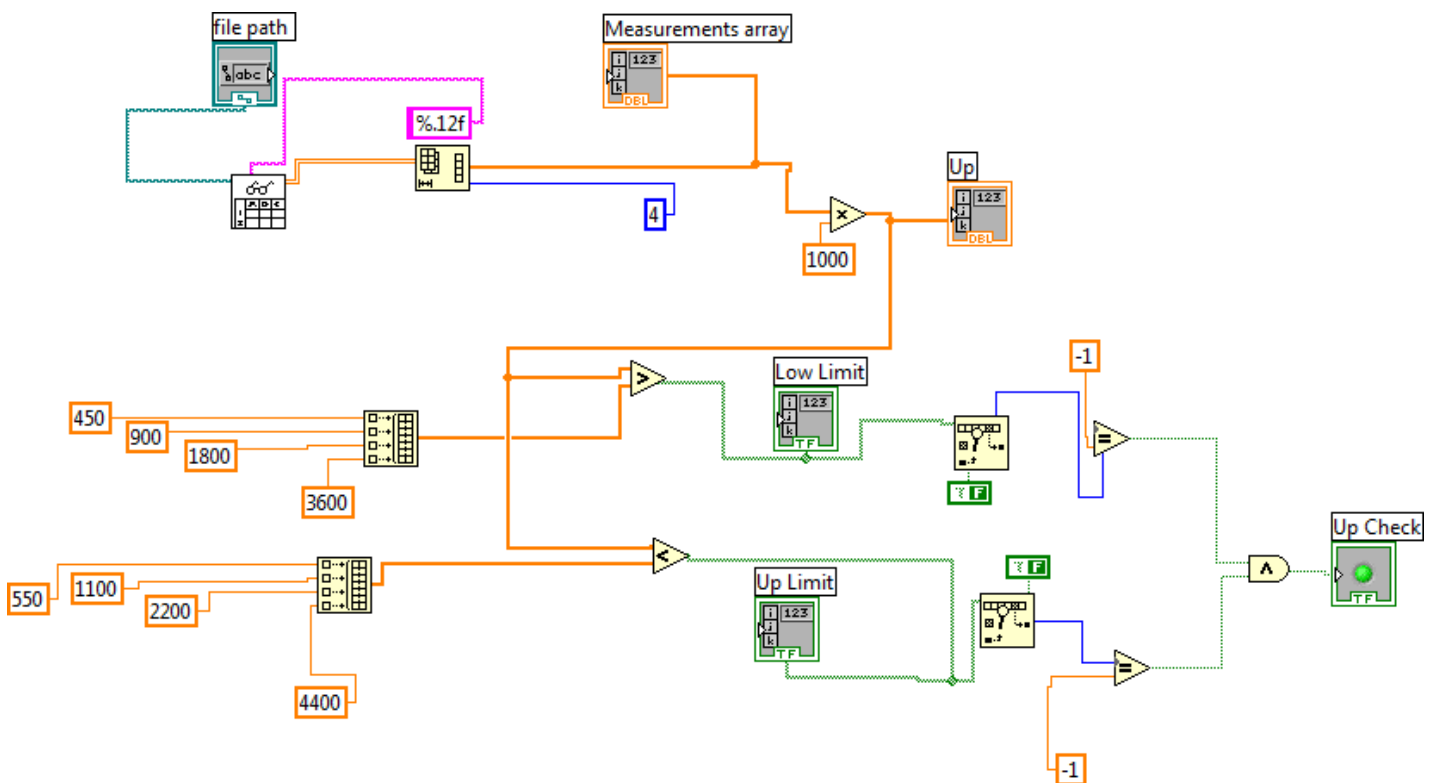
Εικόνα 5.3.3: Απόρριψη του οργάνου

Όπως γίνεται αντιληπτό τη διαδικασία ελέγχου των δεδομένων την επιτελούν τα subVIs. Έπεται συνεπώς η ανάλυση αυτών.

5.3.1.1 Έλεγχος Τάσης Ανοιχτοκύκλωσης (Up Check)

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αντιστοιχεί στο αρχείο OD 072-105 Voltage Check(Up).vi και ελέγχει αν οι τιμές της τάσης που καταγράφονται βρίσκονται εντός των καθορισμένων ορίων.

Το αντίστοιχο Block Diagram φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 5.3.4: Block Diagram του OD 072-105 Voltage Check(Up).vi

Η πρώτη συνάρτηση που χρησιμοποιείται είναι η Read From Spreadsheet File.vi στην οποία δίνεται ως είσοδος το αρχείο που ενδιαφέρει το χρήστη (file path) καθώς και η μορφή με την οποία θα διαβάσει τα δεδομένα (%12f). Η συνάρτηση επιστρέφει ως έξοδο ένα διδιάστατο πίνακα με τα δεδομένα όπως τα έχει διαβάσει από το αρχείο. Στη συνέχεια στέλνεται αυτός ο πίνακας στη συνάρτηση Reshape Array η οποία μετατρέπει το

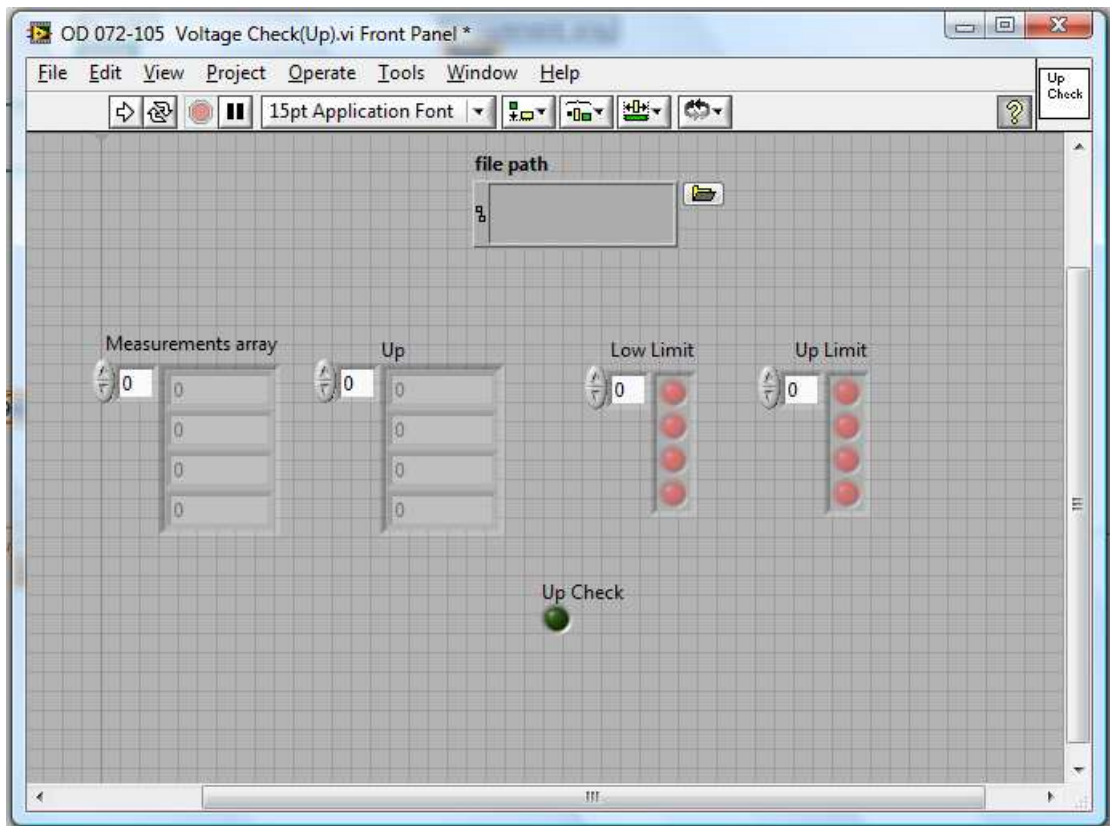
διδιάστατο πίνακα σε μονοδιάστατο, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση του με τους πίνακες στους οποίους περιέχονται οι τιμές των ορίων. Ως είσοδος στην εν λόγω συνάρτηση απαιτείται να δοθεί και ο αριθμός των στοιχείων του επιθυμητού πίνακα (τέσσερα στην συγκεκριμένη περίπτωση).

Ο καθορισμός των πινάκων των ορίων έγινε με τη χρήση της συνάρτησης Build Array και φαίνεται στο κάτω αριστερό μέρος του Block Diagram. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι τα όρια είναι καθορισμένα με τη μορφή «Τιμή \pm Ποσοστό%». Για παράδειγμα όσον αφορά στην τάση μια τιμή ελέγχου είναι «0,5 \pm 10% (kV)». Με αυτό τον τρόπο καθορίζεται ένα πάνω ανεκτό όριο και ένα κάτω ανεκτό όριο. Με το εν λόγω σκεπτικό δημιουργούνται δύο πίνακες, ο ένας με τα κάτω όρια (Low Limit) και ο άλλος με τα πάνω (Up Limit).

Επιστρέφουμε τώρα στο μονοδιάστατο πίνακα που δημιουργήσαμε με τη συνάρτηση Reshape Array. Αφού εμφανιστούν τα στοιχεία του στο Front Panel (Measurements array), πολλαπλασιάζονται με τον αριθμό 1000, που είναι ο λόγος του διαφορικού καταμεριστή που χρησιμοποιήθηκε κατά τη μέτρηση της τάσης. Στη συνέχεια εμφανίζεται ο τελικός αυτός πίνακας στο Front Panel (Up) και αποστέλλεται ως είσοδος στις πράξεις σύγκρισης με τους πίνακες ορίων.

Τα αποτελέσματα της σύγκρισης εμφανίζονται στο χρήστη μέσω των λογικών πινάκων Low Limit και Up Limit και στη συνέχεια εισέρχονται σε δύο συναρτήσεις Search 1D Array. Οι συναρτήσεις αυτές αναζητούν στους πίνακες στοιχείο με τη τιμή False και επιστρέφουν το δείκτη του πίνακα (index) στον οποίο αντιστοιχεί αυτή η τιμή. Αν δεν βρουν τιμή False, που σημαίνει ότι όλες οι συγκρίσεις έδωσαν αποτελέσματα εντός ορίων, θα επιστρέψουν στην έξοδο την τιμή -1. Στη περίπτωση αυτή η λογική μεταβλητή Up Check θα πάρει την τιμή True. Αν κάποια μέτρηση είναι εκτός ορίων, θα υπάρχει εντός των πινάκων η τιμή False, και η συνάρτηση Search 1D Array θα επιστρέψει το δείκτη στον οποίο περιέχεται αυτή η τιμή. Στη περίπτωση αυτή η λογική μεταβλητή Up Check θα πάρει την τιμή False.

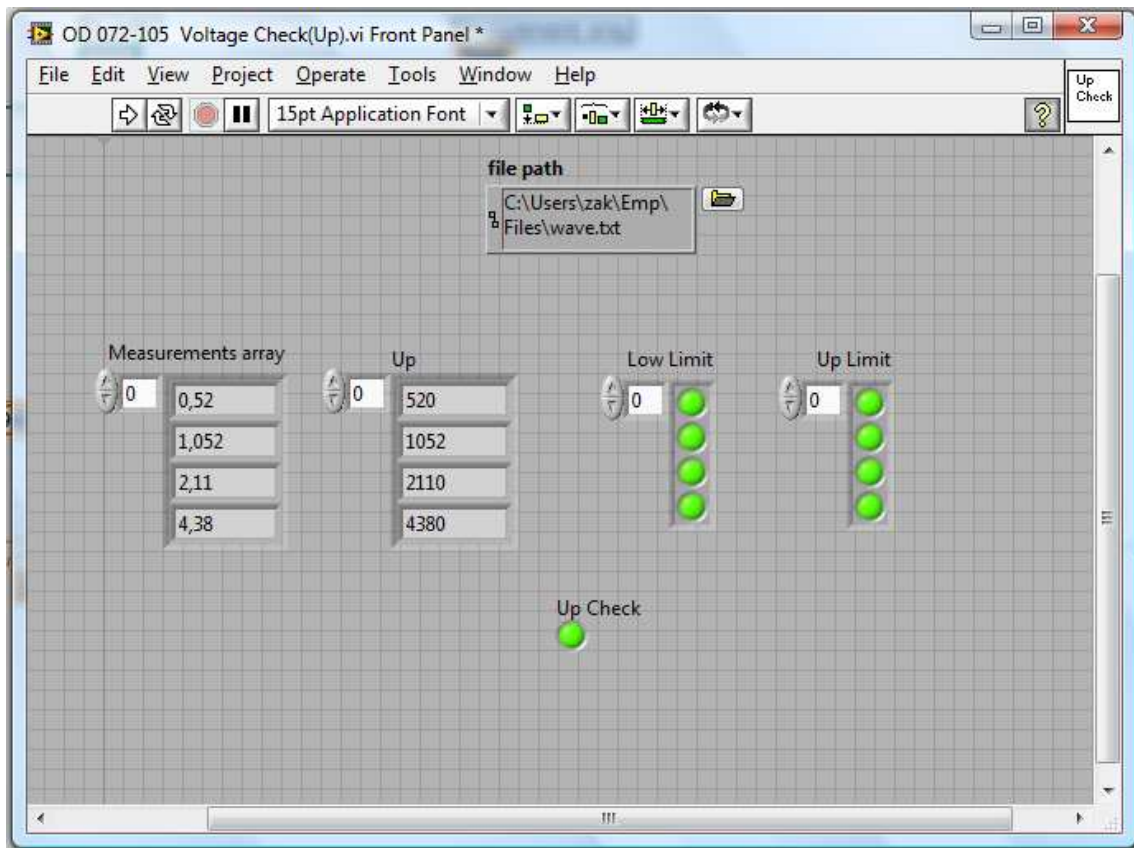
Παρακάτω παρουσιάζεται το Front Panel του προγράμματος.



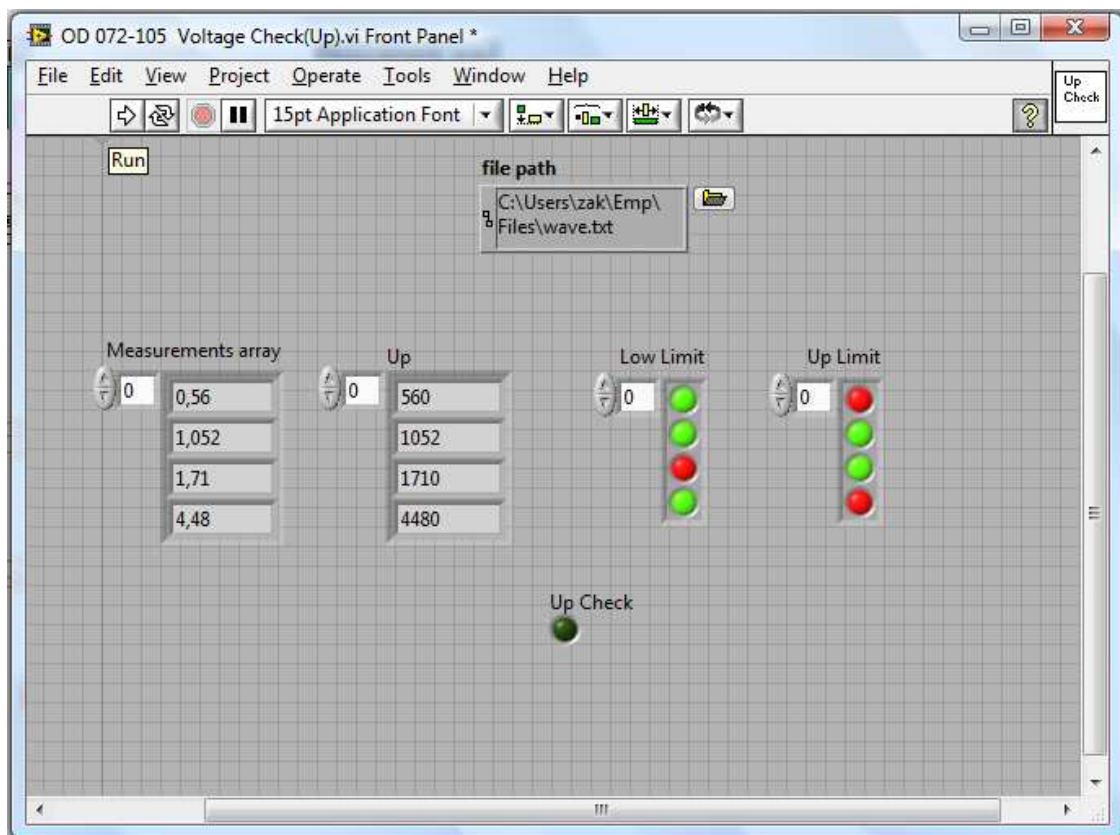
Εικόνα 5.3.5: Front Panel του OD 072-105 Voltage Check(Up).vi

Όπως φαίνεται περιλαμβάνει το πεδίο επιλογής αρχείου και δύο πίνακες που παρουσιάζουν τις τιμές των μετρήσεων άνευ επεξεργασίας (Measurements array) και τις τιμές των μεγεθών προς σύγκριση μετά τις απαραίτητες τροποποιήσεις (Up). Επιπλέον υπάρχουν δύο λογικοί πίνακες, ο Low Limit και ο Up Limit που εμφανίζουν τα αποτελέσματα των συγκρίσεων των τιμών της τάσης με τα κάτω και τα πάνω όρια αντίστοιχα. Αν κάποια τιμή της τάσης είναι εκτός ενός ορίου η αντίστοιχη θέση του πίνακα φωτίζεται κόκκινη. Διαφορετικά φωτίζεται πράσινη. Τέλος έχει τοποθετηθεί και η τελική λογική μεταβλητή Up Check, που είναι και η έξοδος του προγράμματος, η οποία φωτίζεται αν όλες οι τιμές είναι εντός ορίων.

Για να έχουμε μια πιο πλήρη εικόνα παρατίθενται δυο στιγμιότυπα εκτέλεσης του προγράμματος. Στην πρώτη όλες οι τιμές της τάσης είναι εντός ορίων, ενώ στη δεύτερη υπάρχουν κάποιες που αποκλίνουν.



Εικόνα 5.3.7: Τιμές εντός ορίων



Εικόνα 5.3.8: Τιμές εκτός ορίων

Σημείωση

Σε όλες τις διακριβώσεις που μελετώνται ο τρόπος ελέγχου των μετρήσεων γίνεται με τον ίδιο τρόπο. Τα μόνα στοιχεία που αλλάζουν είναι οι τιμές των ορίων εντός των οποίων θα πρέπει να βρίσκονται τα διάφορα μεγέθη που καταγράφονται και κάποιες αριθμητικές πράξεις για τον ακριβή προσδιορισμό των μεγεθών (π.χ. πολλαπλασιασμός της καταγεγραμμένης τάσης με το λόγο του διαφορικού καταμεριστή κτλ.). Οι εν λόγω εξειδικεύσεις περιγράφονται στις οδηγίες που έχουν παρατεθεί. Σε κάθε περίπτωση δεν επηρεάζουν τη δομή του γενικού προγράμματος ούτε το σχεδιασμό του. Αυτό σημαίνει πως για όλους τους ελέγχους χρησιμοποιήθηκε το ίδιο πρόγραμμα με αλλαγές αριθμητικές ανά περίπτωση. Συνεπώς αρκούμαστε στην παρουσίαση ενός VI.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Παράδειγμα Πιστοποιητικού Διακρίβωσης

Το παρόν πιστοποιητικό δεν αφορά στις διακρίβώσεις που μελετάμε αλλά σε διακρίβωση θερμομέτρου. Παρατίθεται για να υπάρχει μια εικόνα της μορφής και της διάταξης των πιστοποιητικών.

Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης Α.Ε.



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Διακρίβώσεις *
Αρ. Πιστ. XXX

(* εφόσον το Πιστοποιητικό περιέχει διαπιστευμένες μετρήσεις)

Certificate of Calibration

Αριθμός πιστοποιητικού / *Certificate number* : D9-06-XXX
Αριθμός σειράς οργάνου / *Instrument serial No* : XXXX

Θέση Λογότυπου Εργαστηρίου

Εκδόθηκε από / *Issued by* :

Τίτλος Εργαστηρίου
Laboratory Name
Εργαστήριο Θερμοκρασίας
Laboratory of Temperature

Διεύθυνση Εργαστηρίου,
.....

Laboratory Address

Τηλ./Tel +030 Fax +030

e-mail:

Πελάτης / *Customer*:

Κωδικός αντικειμένου / *Item Code*: 18/03-06/6

Περιγραφή: Θερμόμετρο Υδραργύρου, εύρος κλίμακας: 50 έως 100 °C,
διαγράμμιση κλίμακας: 0,5°C, μερικής βύθισης: 3 inch

Description: **Mercury in glass thermometer, scale range: 50 to 100 °C**
scale division: 0,5°C, partial immersion: 3 inch

Κατασκευαστής / *Manufacturer*: BAIRD & TATLOCK British make N/F

Τύπος / *Type*: ZECOL

Αριθμός Σειράς / *Serial Number*: XXXXX

Ημερομηνία Παραλαβής / *Date of receipt*: 29/03/06

Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή του πιστοποιητικού αυτού παρά μόνο καθ' ολοκληρία, εκτός αν δοθεί γραπτή έγκριση από "Τίτλος Εταιρείας" και "Τίτλος Εργαστηρίου" που το εκδίδει. Πιστοποιητικά Διακρίβωσης μη φέροντα σφραγίδα και υπογραφή δεν έχουν ισχύ. Αντίγραφο του παρόντος πιστοποιητικού θα διατηρηθεί στο εργαστήριο που το εκδίδει για μια περίοδο τουλάχιστον δέκα ετών. Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τα αντικείμενα που έχουν διακριβωθεί.
This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of both the Laboratory Name and the issuing laboratory. Calibration Certificates without seal and signature are not valid. A copy of this certificate will be kept at the issuing laboratory for a period of at least ten years. The results concern only the calibrated items

Έκδοση / *Issue* 1-1-00

Σελίδα / *Page* 10 από 13 of 3

ΕΣΥΔ ΚΟ1-ΚΡΙΤΕ/01/06/20-06-2007

10/25

Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης Α.Ε.



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Διακρίβωσης *
Αρ. Πιστ. XXX

(* εφόσον το Πιστοποιητικό περιέχει διαπιστευμένες μετρήσεις)

Certificate of Calibration

Αριθμός πιστοποιητικού / Certificate number : D9-06-XXX
Αριθμός σειράς οργάνου / Instrument serial No: XXXX

Ημερομηνία Διακρίβωσης / Date of Calibration:	14/04/06	
Σφραγίδα / Seal :	Ημερομηνία έκδοσης / Date of issue: 02/05/06	Υπογραφή / Signature:

Υπεύθυνος Εργαστηρίου / Person in charge of the Laboratory

Διακρίβωση θερμομέτρου Υδραργύρου με τη μέθοδο της σύγκρισης / Comparison calibration of Mercury in glass thermometer

1. Κατάσταση αντικειμένου προς διακρίβωση / Condition of object to be calibrated

Το θερμοόμετρο κατά την παραλαβή ήταν σε καλή κατάσταση / the thermometer is in good condition

2. Συνθήκες εργαστηρίου διακρίβωσης / Laboratory ambient conditions

Θερμοκρασία / Temperature: $23 \pm 2^\circ\text{C}$
Σχετική Υγρασία / Relative Humidity: $45 \pm 10\% \text{ R.H.}$

3. Διαδικασία Διακρίβωσης / Calibration Procedure

Το θερμοόμετρο διακρίβώθηκε μέσω σύγκρισης των ενδείξεών του με τις θερμοκρασιακές ενδείξεις από δύο θερμοόμετρα αναφοράς. Η σύγκριση έγινε μέσα σε συνεχώς αναδευόμενο λουτρό νερού. Το θερμοόμετρο διακρίβώθηκε σε συνθήκες μερικής βύθισης της στήλης του υδραργύρου στο υγρό του λουτρού βαθμονόμησης (3 inches, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του). Ως θερμοόμετρα αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν δύο θερμοόμετρα αντιστάσεως Λευκόχρυσου, ονομαστικής αντιστάσεως 100Ω, στους $0,01^\circ\text{C}$.

Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή του πιστοποιητικού αυτού παρά μόνο καθ' ολοκληρία, εκτός αν δοθεί γραπτή έγκριση από "Τίτλος Εταιρείας" και "Τίτλος Εργαστηρίου" που το εκδίδει. Πιστοποιητικά Διακρίβωσης μη φέροντα σφραγίδα και υπογραφή δεν έχουν ισχύ. Αντίγραφο του παρόντος πιστοποιητικού θα διατηρηθεί στο εργαστήριο που το εκδίδει για μία περίοδο τουλάχιστο δέκα ετών. Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τα αντικείμενα που έχουν διακριβωθεί.

This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of both the Laboratory Name and the issuing laboratory. Calibration Certificates without seal and signature are not valid. A copy of this certificate will be kept at the issuing laboratory for a period of at least ten years. The results concern only the calibrated items

Έκδοση / Issue 1-1-00

Σελίδα / Page 11 από /3 of 3

ΕΣΥΔ ΚΟΙ-ΚΡΙΤΕ/01/06/20-06-2007

11/25

Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης Α.Ε.



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Διακρίβωσης *
Αρ. Πιστ. XXX

(* εφόσον το Πιστοποιητικό περιέχει διαπιστευμένες μετρήσεις)

Certificate of Calibration

Αριθμός πιστοποιητικού / Certificate number : D9-06-XXX
Αριθμός σειράς οργάνου / Instrument serial No: XXXX

The thermometer was calibrated by comparison using two standard Platinum resistance thermometers as a reference. The comparison was performed in a continuously stirred water bath. The thermometer was calibrated under conditions of partial immersion in the liquid bath (3inches, according to its specifications). The reference thermometers used have a nominal resistance value of 100 Ohms at 0,01 °C.

4. Ιχνηλασιμότητα / Traceability

Τα πρότυπα θερμόμετρα αντιστάσεως Λευκόχρυσου που χρησιμοποιήθηκαν σαν αναφορά (Αρ. Σειράς: 24000/1 & 24000/2), έχουν πιστοποιητικά διακρίβωσης με ιχνηλασιμότητα στα Εθνικά πρότυπα της Ελλάδας.

The reference standard Platinum resistance thermometers used (Serial No: 24000/1 & 24000/2) bear calibration certificates traceable to the national standards of Greece.

5. Αβεβαιότητα / Uncertainty

Η διευρυμένη αβεβαιότητα που αναφέρεται είναι το γινόμενο της τυπικής αβεβαιότητας (u) με τον συντελεστή κάλυψης $k = 2$ και παρέχει επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Προσδιορίζεται σύμφωνα με το έντυπο «Guide to the expression of uncertainty in measurement» (ISO, Geneva, 1995).

Περιλαμβάνει την αβεβαιότητα της θερμοκρασίας αναφοράς και την αβεβαιότητα του οργάνου υπό διακρίβωση. Αφορά τις μετρήσεις κατά την διάρκεια της διακρίβωσης και δεν περιέχει ενδεχόμενες μακροπρόθεσμες μεταβολές του οργάνου. Είναι ευθύνη του χρήστη να προσδιορίσει τις μεταβολές αυτές καθώς και την αβεβαιότητα μέτρησης του οργάνου στις εκάστοτε συνθήκες χρήσης του.

The reported expanded uncertainty is based on a standard uncertainty (u) multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a confidence level of 95%. It has been evaluated in accordance to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» (ISO, Geneva, 1995).

It includes the reference temperature uncertainty and the instrument under test uncertainty.

It applies at the time of the calibration only. It is the user's responsibility to determine the long term drift and the uncertainty under the actual conditions of use.

6. Αποτελέσματα Διακρίβωσης / Calibration Results

Ένδειξη του προς διακρίβωση	Διόρθωση	Θερμοκρασία εξέχουσας	Αβεβαιότητα
Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή του πιστοποιητικού αυτού παρά μόνο καθ' ολοκληρία, εκτός αν δοθεί γραπτή έγκριση από "Τίτλος Εταιρείας" και "Τίτλος Εργαστηρίου" που το εκδίδει. Πιστοποιητικά Διακρίβωσης μη φέροντα σφραγίδα και υπογραφή δεν έχουν ισχύ. Αντίγραφο του παρόντος πιστοποιητικού θα διατηρηθεί στο εργαστήριο που το εκδίδει για μια περίοδο τουλάχιστο δέκα ετών. Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τα αντικείμενα που έχουν διακριβωθεί. This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of both the Laboratory Name and the issuing laboratory. Calibration Certificates without seal and signature are not valid. A copy of this certificate will be kept at the issuing laboratory for a period of at least ten years. The results concern only the calibrated items			
Έκδοση / Issue 1-1-00		Σελίδα / Page 12 από /3 of 3	

ΕΣΥΔ ΚΟ1-ΚΡΙΤΕ/01/06/20-06-2007

12/25

Εθνικό Σύστημα Διαπίστευσης Α.Ε.



ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ

Διακρίβωση: *
Αρ. Πιστ. XXX

(* εφόσον το Πιστοποιητικό περιέχει διαπιστευμένες μετρήσεις)

Certificate of Calibration

Αριθμός πιστοποιητικού / Certificate number : D9-06-XXX
Αριθμός σειράς οργάνου / Instrument serial No: XXXX

θερμομέτρου(°C) <i>Temperature reading of the thermometer under calibration (°C)</i>	ένδειξης (°C) <i>Indication correction(°C)</i>	στήλης υδραργύρου* (°C) <i>Emergent liquid column temperature *(°C)</i>	μέτρησης (2σ) <i>Measurement uncertainty (2σ)</i>
60,00	-0,15	42	±0,10°C
99,00	-0,25	65	±0,10°C

*Σε περίπτωση που το όργανο χρησιμοποιηθεί σε διαφορετική θερμοκρασία εξέχουσας στήλης, από αυτή που αναφέρεται στο πιστοποιητικό διακρίβωσης, πρέπει να γίνει μία πρόσθετη διόρθωση στην ένδειξη του θερμομέτρου, με βάση την εξίσωση

$$C = nk(T_{\text{out}} - T_{\text{user}}) \text{ όπου :}$$

n = ο αριθμός των βαθμών της εξέχουσας στήλης

k = ο συντελεστής διαστολής του υδραργύρου σε γυαλί (=0,00016 °C⁻¹)

T_{out} = η τιμή (θερμοκρασία εξέχουσας στήλης) από το πιστοποιητικό διακρίβωσης

T_{user} = η θερμοκρασία εξέχουσας στήλης κατά τη χρήση

Τέλος Πιστοποιητικού Διακρίβωσης / End of Calibration Certificate

Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή του πιστοποιητικού αυτού παρά μόνο καθ' ολοκληρία, εκτός αν δοθεί γραπτή έγκριση από "Τίτλος Εταιρείας" και "Τίτλος Εργαστηρίου" που το εκδίδει. Πιστοποιητικά Διακρίβωσης μη φέροντα σφραγίδα και υπογραφή δεν έχουν ισχύ. Αντίγραφο του παρόντος πιστοποιητικού θα διατηρηθεί στο εργαστήριο που το εκδίδει για μία περίοδο τουλάχιστο δέκα ετών. Τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τα αντικείμενα που έχουν διακριβωθεί.

This certificate may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of both the Laboratory Name and the issuing laboratory. Calibration Certificates without seal and signature are not valid. A copy of this certificate will be kept at the issuing laboratory for a period of at least ten years. The results concern only the calibrated items

Έκδοση / Issue 1-1-00

Σελίδα / Page 13 από /3 of 3

ΕΣΥΔ ΚΟ1-ΚΡΙΤΕ/01/06/20-06-2007

13/25

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Τεχνικές Οδηγίες Διακρίβωσης Εξοπλισμού

2.1 Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας, όπως έχει προαναφερθεί, είναι η αυτοματοποίηση εργαστηριακών δοκιμών μέσω ειδικά σχεδιασμένου προγράμματος στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πιο συγκεκριμένα, αυτοματοποιούνται δοκιμές διακρίβωσης οργάνων απαραίτητων για δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας. Οι εν λόγω δοκιμές τελούνται σε ειδικό θάλαμο του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Το παρών κεφάλαιο έχει ως στόχο την παρουσίαση των τεχνικών οδηγιών που περιγράφουν τις δοκιμές που μελετώνται και αυτοματοποιούνται.

Σε κάθε τεχνική οδηγία που παρουσιάζεται περιλαμβάνονται:

- Ο στόχος της Οδηγίας.
- Τα απαραίτητα έγγραφα που σχετίζονται με το περιεχόμενο της οδηγίας.
- Ο απαραίτητος εξοπλισμός για την τέλεση της.
- Περιγραφή του αντικειμένου της Οδηγίας.
- Λεπτομερής περιγραφή της διεξαγωγής της διακρίβωσης που περιλαμβάνει η οδηγία.
- Απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τους υπευθύνους της διεξαγωγής διακρίβωσης και τα αναγκαία αρχεία καταγραφής.

Αξίζει να αναφερθεί επιπλέον ότι οι τεχνικές οδηγίες που παρουσιάζονται παρακάτω έχουν δημιουργηθεί από τους υπευθύνους του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του ΕΜΠ προκειμένου να καταστεί σαφής και εύκολα εφαρμόσιμη η εκάστοτε διαδικασία δοκιμής διακρίβωσης.

2.2 Τεχνικές Οδηγίες Διακρίβωσης Εξοπλισμού

2.2.1 Η Οδηγία ΟΔ 072-104

2.2.1.1 Σκοπός

Σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι να περιγράψει τη διαδικασία διακρίβωσης της γεννήτριας για γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα και απότομες εκφορτίσεις, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 61000-4-4.

2.2.1.2 Σχετικά Έγγραφα

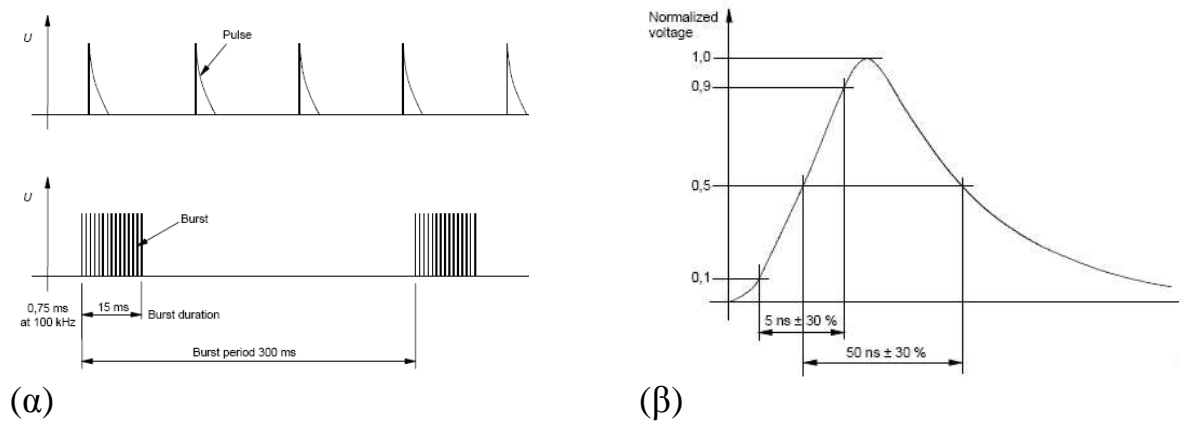
- ΕΛΟΤ EN 61000-4-4 E2:2004, Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 4-4: Τεχνικές δοκιμών και μετρήσεων - Δοκιμή ατρωσίας για γρήγορα ηλεκτρικά μεταβατικά φαινόμενα και απότομες εκφορτίσεις.
- Εγχειρίδια λειτουργίας:
 - της βασικής μονάδας NSG 2050 “Generator System NSG 2050 Operation Instructions”, 601-166D,
 - της γεννήτριας PNW 2225 “Plug-in for Generator System NSG 2050 PNW 2225 Operation Instructions” 601-221A,
 - του δικτύωματος CDN 131/151 “User manual Coupling network CDN 131/133” 601-175C,της SCHAFFNER.
- Εγχειρίδιο λειτουργίας του παλμογράφου TDS 3052, “User manual Tektronix TDS3000 Series Digital Phosphor Oscilloscopes”, 071-0274-01 της TEKTRONIX.
- Εγχειρίδιο λειτουργίας του σετ βαθμονόμησης CAS 3025 “Calibration Set CAS3025”, της SCHAFFNER.

2.2.1.3 Εξοπλισμός

- Βασική μονάδα NSG 2050 της SCHAFFNER.
- Γεννήτρια PNW 2225 της SCHAFFNER.
- Δικτύωμα CDN 131/151 της SCHAFFNER.
- Παλμογράφος TDS 3052 της TEKTRONIX.
- Σετ βαθμονόμησης CAS 3025 (INA 265A και INA266) της SCHAFFNER.

2.2.1.4 Περιγραφή της Οδηγίας

Σύμφωνα με το Πρότυπο οι παλμοί των παρασίτων (burst) θα πρέπει να έχουν την κυματομορφή που φαίνεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1

Τα πέντε βασικά μεγέθη που ορίζει το Πρότυπο είναι:

- Η τάση κορυφής (U_p).
- Η διάρκεια της διαταραχής (Burst duration), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1α.
- Η περίοδος της διαταραχής (Burst period), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1α.
- Ο χρόνος ανόδου (t_r) απλού παλμού, ο οποίος ισούται με: ($t_r = t_{90\%} - t_{10\%}$) όπου $t_{10\%}$ και $t_{90\%}$ είναι οι χρόνοι, κατά τους οποίους η τάση λαμβάνει για πρώτη φορά το 10% και το 90%, αντίστοιχα, της μέγιστης τιμής (U_p) (Σχήμα 2.1β).
- Η διάρκεια (t_d) απλού παλμού, ο οποίος ισούται με: ($t_d = t_{50a\%} - t_{50b\%}$), όπου $t_{50a\%}$ και $t_{50b\%}$ είναι ο χρόνος, στον οποίο η τάση λαμβάνει για πρώτη και δεύτερη φορά, αντίστοιχα, το 50% της μέγιστης τιμής (U_p) (Σχήμα 2.1β).

Κατά την τέλεση της διακρίβωσης ελέγχεται αν οι παράμετροι της τάσεως, που παράγει η γεννήτρια, βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζει το Πρότυπο. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η γεννήτρια παράγει κρούσεις σύμφωνα με την § 6.1.2 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 61000-4-4. Στους Πίνακες 1 και 2, φαίνονται τα όρια, στα οποία πρέπει να βρίσκονται οι τιμές των τριών παραμέτρων.

Επίπεδο τάσης [kV]	Ρυθμός επανάληψης f [kHz]	Τάση κορυφής U_p [V]	Χρόνος ανόδου t_r [ns]	Διάρκεια παλμού t_d [ns]
0,25	5 ή 100	192 – 288	3,5 - 6,5	35 - 150
0,5	5 ή 100	384 – 576	3,5 - 6,5	35 - 150
1,0	5 ή 100	760 - 1140	3,5 - 6,5	35 - 150
2,0	5 ή 100	1520 - 2280	3,5 - 6,5	35 - 150
4,0	5 ή 100	3040 - 4560	3,5 - 6,5	35 - 150

Πίνακας 1: Επίπεδα τάσεων διακρίβωσης για φορτίο 50Ω.

Επίπεδο τάσης [kV]	Ρυθμός επανάληψης f [kHz]	Τάση κορυφής U_p [V]	Χρόνος ανόδου t_r [ns]	Διάρκεια παλμού t_d [ns]
0,25	5 ή 100	113 – 138	3,5 - 6,5	35 - 65
0,5	5 ή 100	225 – 275	3,5 - 6,5	35 - 65
1,0	5 ή 100	450 - 550	3,5 - 6,5	35 - 65
2,0	5 ή 100	900 - 1100	3,5 - 6,5	35 - 65
4,0	5 ή 100	1800 - 2200	3,5 - 6,5	35 - 65

Πίνακας 2: Επίπεδα τάσεων διακρίβωσης για φορτίο 1000Ω.

Η τάση των παραγόμενων παρασίτων υποβιβάζεται από τον INA 265A (-60db ή 1000:1) και οδηγείται μέσω ομοαξονικού καλωδίου, αφού πρώτα διέλθει από αντίσταση τερματισμού 50Ω, σε ένα από τα δύο κανάλια του παλμογράφου, όπου και καταγράφεται η κυματομορφή της τάσης.

2.2.1.5 Διεξαγωγή της Διακρίβωσης

- Καταγράφουμε στο έντυπο ΕΔ 072-104:
 - την ημερομηνία της διακρίβωσης.
 - τα όργανα που χρησιμοποιούμε.
 - το λόγο των εξασθενητών (από τα πιστοποιητικά διακρίβωσής τους).
- Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η επαλήθευση.

3. Συνδέουμε τον προς διακρίβωση εξοπλισμό σύμφωνα με τα επόμενα βήματα:
 - i. Τοποθετούμε τη γεννήτρια παρασίτων PNW 2225 στη βασική μονάδα NSG 2050. Βεβαιωνόμαστε για το «κούμπωμα» των δύο μονάδων.
 - ii. Συνδέουμε το NSG 2050 με το CDN 131/151.
 - iii. Συνδέουμε τη γεννήτρια PNW 2225 με το CDN 131/151 (PULSE OUTPUT και BURST INPUT OPTION αντίστοιχα).
 - iv. Συνδέουμε στην τροφοδοσία το CDN 131/151. Πρέπει ο αντίστοιχος ρευματοδότης να μην συνδέεται με το ρελέ διαφυγής του πίνακα, γιατί το ρεύμα διαρροής θα προκαλεί το κλείσιμό του (μέσω του ρελέ διαφυγής).
 - v. Ανοίγουμε το πορτάκι του δικτύματος CDN 131/151.
 - vi. Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες A, B, C, D, E του CDN 131/151.

4. Συνδέουμε τον παλμογράφο (TDS 3052) στην τροφοδοσία του και τον ανοίγουμε.

5. Επιλέγουμε στον παλμογράφο την κατάλληλη διαμόρφωση:
 - i. “SAVE/RECALL”
 - ii. “Recall Saved Setup”
 - iii. “Setup 1” για θετικούς παλμούς ή “Setup 4” για αρνητικούς Παλμούς.

6. Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 10ns/div, το trigger level στα 192mV για θετικό παλμό ή στα -192mV για αρνητικό παλμό, στο “Acquisition mode” (από μενού ACQUIRE) επιλέγεται “Average 32” και MEASURE → Gating Cursors → Between V Bar Cursors. Οι ρυθμίσεις αυτές είναι ιδανικές για το 1kV. Οι ρυθμίσεις του παλμογράφου για κάθε άλλο επίπεδο τάσης παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα:

Μετρούμενη τάση	Τάση παλμογράφου	Trigger level
250V	20mV/div	~20mV
500V	50mV/div	~50mV
1000V	100mV/div	~100mV
2000V	200mV/div	~200mV
4000V	500mV/div	~500mV

7. Για τη λειτουργία του υπό διακρίβωση εξοπλισμού ακολουθούμε τα επόμενα βήματα:
- i. Συνδέουμε την προς διακρίβωση έξοδο (L1 ή N ή PE) το CDN 131/151, μέσω κατάλληλου προσαρμογέα (το εξόγκωμα στη γη) και είτε του INA 265A (για φορτίο 50Ω) είτε του INA 266 (για φορτίο 1kΩ) και καλωδίου 50Ω τερματισμένου με αντίσταση 50Ω, με το 1^ο κανάλι του παλμογράφου (Βλέπε επόμενη φωτογραφία).



- ii. Συνδέουμε στη τροφοδοσία το NSG 2050.
- iii. Ανοίγουμε τους διακόπτες που βρίσκονται στο πίσω μέρος των CDN 131/151 και NSG 2050.
- iv. Πατάμε το POWER στο NSG 2050.
- v. Πατάμε το Interlock reset στο NSG 2050. Με το πάτημα του Interlock reset σβήνει το αντίστοιχο λαμπάκι. Εάν αυτό δε συμβεί, ελέγχουμε εάν έχουμε πατήσει το EMERGENCY OFF στο CDN 131/151 ή το OFF HV AND EUT στο NSG 2050.
- vi. Στην οθόνη εμφανίζεται το κύριο μενού:

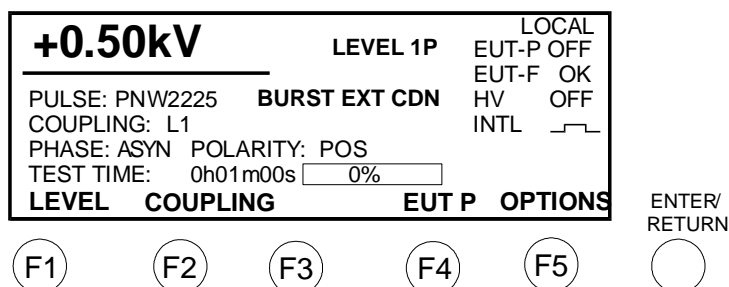
+0.50kV	LEVEL 1P	LOCAL
PULSE: PNW2225	BURST INT CDN	EUT-P OFF
PHASE: ASYN POLARITY: POS		EUT-F OK
REPETITION: 300ms <input type="text" value="0%"/>		HV OFF
PULSE OPTIONS		INTL

ENTER/
RETURN

F1
 F2
 F3
 F4
 F5
 ENTER/RETURN

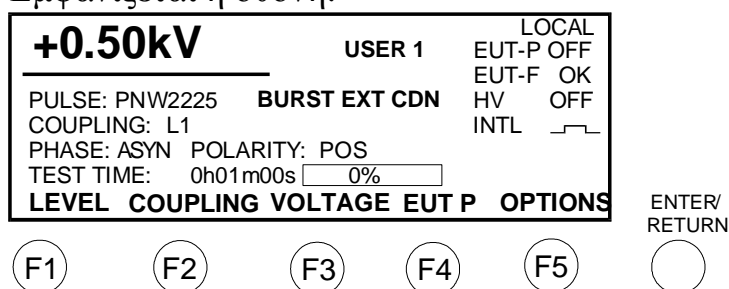
- vii. Πατάμε το F1, και επιλέγουμε το είδος της σύνδεσης με εσωτερικό ή εξωτερικό δίκτυο σύζευξης. Επιλέγουμε: PNW2225 BURST EXT CDN. Πατάμε ENTER.

- viii. Πατάμε ENTER και στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη LEVEL πάνω από το μπουτόν F1.




Πατάμε το F1, και επιλέγουμε το επίπεδο (Συνήθως USER1. Για τις τιμές των παραμέτρων βλέπε τους πίνακες του ΕΔ 072-104) στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη στην κατάλληλη τιμή και πατάμε ENTER.

Εμφανίζεται η οθόνη:



- ix. Πατάμε το μπουτόν F2 για να ρυθμίσουμε τη γραμμή σύζευξης (COUPLING) και στρέφουμε τον περιστροφικό διακόπτη μέχρι να εμφανισθεί στην οθόνη η επιθυμητή ένδειξη (L1 ή N ή PE, βλέπε τους πίνακες του ΕΔ 072-104). Πατάμε ENTER.
- x. Πατάμε το μπουτόν F3 για να ρυθμίσουμε την τάση (VOLTAGE) και στρέφουμε τον περιστροφικό διακόπτη μέχρι να εμφανισθεί στην οθόνη η επιθυμητή ένδειξη (0,20kV – 4,80kV). Πατάμε ENTER.
- xi. Η σύνδεση του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη (ρυθμίσεις με το μπουτόν F4). Δηλαδή στην οθόνη πρέπει να έχει εμφανισθεί η τιμή OFF.
- xii. Πατάμε το μπουτόν F5 (OPTIONS) και στην οθόνη εμφανίζεται πατάμε το μπουτόν F2 (OPTIONS).

Εμφανίζεται η οθόνη :

+0.50kV		USER 1	LOCAL
PULSE: PNW2225		BURST EXT CDN	EUT-P OFF
NUMBER OF SPIKES: 75			EUT-F OK
BURST FREQUENCY: 5.0kHz			HV OFF
TEST TIME: 0h01m00s <input type="text" value="0%"/>			INTL 
TIME	SPIKES	FREQ	

F1 F2 F3 F4 F5 ENTER/RETURN

Πατάμε το F1, και επιλέγουμε το χρόνο διάρκειας της δοκιμής στρέφοντας τον περιστροφικό διακόπτη (Συνήθως: 0h01m00s). Επιβεβαιώνουμε με το ENTER. Στο ίδιο μενού μπορούμε να επιλέξουμε και την συχνότητα (μπουτόν F3) που προβλέπεται στον αντίστοιχο πίνακα του ΕΔ 072-104.

xiii. Πατάμε το RUN. Το μπουτόν RUN αρχίζει τότε να αναβοσβήνει, και η διακρίβωση ξεκινά.

xiv. Εάν για οποιοδήποτε λόγο πρέπει να σταματήσει η δοκιμή, πατάμε το STOP. Επίσης, για άμεση διακοπή της παροχής τάσης στο δοκίμιο και της λειτουργίας της γεννήτριας, πατάμε το EMERGENCY OFF στο CDN 131/151 ή το OFF HV AND EUT στο NSG 2050.

8. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στον αντίστοιχο πίνακα του ΕΔ 072-104.
 - Το Ch1 Max για θετικό παλμό ή Ch1 Min για αρνητικό παλμό.
 - Το t_r ισούται με το Ch1 Rise για θετικό παλμό ή Ch1 Fall για αρνητικό παλμό.
 - Το Ch1 +Width ισούται με το t_d για θετικό παλμό ή Ch1 -Width για αρνητικό παλμό.

Προσοχή:

Κατά την καταγραφή των αποτελεσμάτων, ειδικά του χρόνου ανόδου, ο αριστερός δρομέας (cursor) πρέπει να βρίσκεται στο 0 της τάσης (@ 0.00V). Αν απαιτηθεί, γίνονται ρυθμίσεις στις θέσεις των δύο δρομέων (cursors) (μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το zoom).

9. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 5.5 - 5.8 όσες φορές χρειάζεται για να συμπληρωθούν οι πίνακες του ΕΔ 072-104.

10. Για την συμπλήρωση του προτελευταίου πίνακα, μέτρηση συχνότητας απαιτούνται οι εξής ρυθμίσεις του παλμογράφου:
 - i. MEASURE → Select measure for Ch1 → Frequency → MENU OFF
 - ii. ACQUIRE → MENU → Peak detector
 - iii. 500mV/div
 - iv. 100msec/div - 4msec/div - 2msec/div - 1msec/div - 100μsec/div - 10μsec/div (για τη μέτρηση συχνότητας f=100Hz, 2.5kHz 5kHz 10kHz 100kHz 1000kHz)
 - v. Οι μετρήσεις της συχνότητας γίνονται με την αντίστοιχη ένδειξη (μέτρηση) του παλμογράφου.

11. Για την συμπλήρωση του τελευταίου πίνακα απαιτείται η εξής ρύθμιση του παλμογράφου
 - i. ACQUIRE → MENU → Mode Peak detect → Envelope 64 (Το 64 αλλάζει από το κομβίο δίπλα από τα SELECT / COARSE)
 - ii. 500mV/div ή κατάλληλη μεταβολή του.
 - iii. 2msec/div (για την μέτρηση του burst duration για συχνότητα f=5kHz) ή 100μsec/div (για την μέτρηση του burst duration για συχνότητα f=100kHz).
 - iv. 40msec/div (για την μέτρηση του burst period).
 - v. Οι μετρήσεις των χρόνων γίνονται με την χρήση των κερσόρων (CURSOR - SELECT) του παλμογράφου και καταγράφονται στο Πρωτόκολλο. Το σύμβολο Δ δείχνει την διαφορά μεταξύ των κερσόρων.

12. Η διακρίβωση τερματίζεται μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος που ορίσαμε αρχικά. Πατάμε το POWER.

13. Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή σε διαπιστευμένο εργαστήριο για ρύθμιση.

14. Κλείνουμε το διακόπτη στο πίσω μέρος του NSG 2050, καθώς και τον αντίστοιχο διακόπτη στο πίσω μέρος του CDN 131/151.

15. Τέλος, αποσυνδέουμε από την τροφοδοσία τους και φυλάσσουμε τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε.

2.2.1.6 Υπευθυνότητες

Ο χειριστής, που πραγματοποιεί την επαλήθευση, είναι υπεύθυνος για τη σωστή διεξαγωγή της και τη μεταφορά των αποτελεσμάτων στο ΕΔ 072-104.

Ο Τεχνικός Υπεύθυνος είναι υπεύθυνος για τη σύνταξη και αναθεώρηση της παρούσας Οδηγίας Εργασίας.

2.2.1.7 Αρχεία

Με την ευθύνη του Τεχνικού Υπευθύνου, τηρούνται, για τουλάχιστον δέκα έτη, τα αρχεία της διακρίβωσης.

2.2.2 Η Οδηγία ΟΔ 072-105

2.2.2.1 Σκοπός

Σκοπός της Οδηγίας αυτής είναι να περιγράψει τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη διεξαγωγή της διακρίβωσης γεννητριών, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 61000.04.05.

2.2.2.2 Σχετικά Έγγραφα

- ΕΛΟΤ EN 61000.04.05 E2:2006, Ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (EMC) - Μέρος 4-5: Τεχνικές δοκιμών και μετρήσεων - Δοκιμή ατρωσίας από υπερτάσεις-υπερεντάσεις.
- Εγχειρίδια λειτουργίας:
 - της βασικής μονάδας NSG 2050 “Generator System NSG 2050 Operation Instructions”, 601-166D,
 - της γεννήτριας PNW 2250 “Plug-in for Generator System NSG 2050 PNW 2050 Operation Instructions” 601-212A,
 - του δικτύματος CDN 131/151 “User manual Coupling network CDN 131/133” 601-175C, της SCHAFFNER.

- Εγχειρίδιο λειτουργίας του παλμογράφου TDS 3052, “User manual Tektronix TDS3000 Series Digital Phosphor Oscilloscopes”, 071-0274-01 της TEKTRONIX.
- Εγχειρίδιο λειτουργίας του διαφορικού καταμεριστή MD 200 “High voltage differential probe MD 200 User manual” version 1.01 April 2003, της SCHAFFNER.
- Εγχειρίδιο λειτουργίας της αμπεροτσιμπίδας Pearson/8260 (2mV/A).

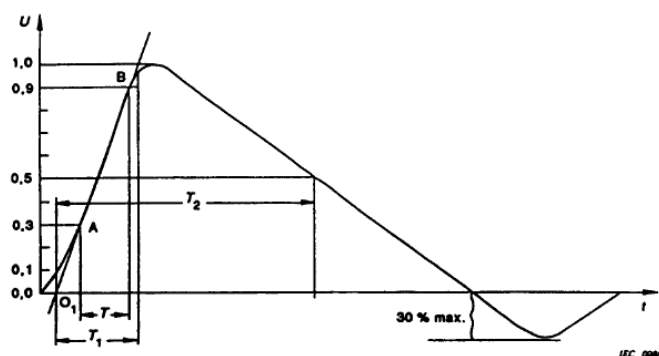
2.2.2.3 Εξοπλισμός

- Βασική μονάδα NSG 2050 της SCHAFFNER.
- Γεννήτρια PNW 2250 της SCHAFFNER.
- Δικτύωμα CDN 131/151 της SCHAFFNER.
- Παλμογράφος TDS 3052 της TEKTRONIX.
- Διαφορικός καταμεριστής MD 200 της SCHAFFNER.
- Current monitor (Αμπεροτσιμπίδα) Pearson/8260.

2.2.2.4 Περιγραφή της Οδηγίας

Κυματομορφή τάσης

Σύμφωνα με το Πρότυπο οι παλμοί της υψηλής τάσης θα πρέπει να έχουν την κυματομορφή που φαίνεται στο Σχήμα 2.2.



Front time: $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \mu s \pm 30 \%$
 Time to half-value: $T_2 = 50 \mu s \pm 20 \%$

Σχήμα 2.2

Τα τρία βασικά μεγέθη που ορίζει το Πρότυπο είναι:

- Η τάση ανοικτοκύκλωσης (U_p).

- Ο χρόνος μετώπου (T_1), ο οποίος ισούται με: $(t_{90\%} - t_{30\%}) \cdot 1.67$, όπου $t_{30\%}$ και $t_{90\%}$ είναι οι χρόνοι, κατά τους οποίους η τάση λαμβάνει για πρώτη φορά το 30% και το 90%, αντίστοιχα, της μέγιστης τιμής (U_p).
- Ο χρόνος ημίσεως εύρους (T_2), ο οποίος ισούται με: $(t_{50\%} - t_{01})$, όπου $t_{50\%}$ είναι ο χρόνος, στον οποίο η τάση λαμβάνει για δεύτερη φορά το 50% της μέγιστης τιμής (U_p), και t_{01} είναι ο χρόνος έναρξης της κυματομορφής, όπως αυτή προσδιορίζεται στο Σχήμα 2.2.

Κατά την τέλεση της διακρίβωσης ελέγχεται αν οι παράμετροι της τάσεως, που παράγει η γεννήτρια, βρίσκονται εντός των ορίων που ορίζει το Πρότυπο. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, η γεννήτρια παράγει κρούσεις πάνω στο διαφορικό καταμεριστή σύμφωνα με την § 6.1.2 του Προτύπου ΕΛΟΤ EN 61000-4-5. Στον κατωτέρω Πίνακα 1, φαίνονται τα όρια, στα οποία πρέπει να βρίσκονται οι τιμές των τριών παραμέτρων.

Επίπεδο	Τάση ανοικτοκύκλωσης U_p [kV] $\pm 10\%$	Χρόνος μετώπου T_1 [μ s] $\pm 30\%$	Χρόνος ημίσεως εύρους T_2 [μ s] $\pm 20\%$
1	0,5	1,2	50
2	1,0	1,2	50
3	2,0	1,2	50
4	4,0	1,2	50

Πίνακας 1: Επίπεδα τάσεων δοκιμών.

Η τάση των παραγόμενων παρασίτων υποβιβάζεται από το διαφορικό καταμεριστή MD 200 (Attenuation Ratio 1/1000) και οδηγείται μέσω ομοαξονικού καλωδίου στο πρώτο κανάλι του παλμογράφου TDS 3052, όπου και καταγράφεται η κυματομορφή της τάσης.

Κυματομορφή ρεύματος

Σύμφωνα με το Πρότυπο οι παλμοί του ρεύματος θα πρέπει να έχουν την κυματομορφή που φαίνεται στο Σχήμα 2.3.

Το κεραυνικό ρεύμα μετράται με τη χρήση της αμπεροτσιμπίδας Pearson/8260 (2mV/A) και οδηγείται μέσω ομοαξονικού καλωδίου στο πρώτο κανάλι του παλμογράφου TDS 3052, στο οποίο τερματίζεται με αντίσταση 50Ω και καταγράφεται η κυματομορφή του ρεύματος.

2.2.2.5 Διεξαγωγή Διακρίβωσης της Μορφής της Τάσης

1. Καταγράφουμε στο αρχείο ΕΔ 072-105:
 - το προς διακρίβωση όργανο,
 - την ημερομηνία της διακρίβωσης,
 - τα όργανα που χρησιμοποιούμε.
2. Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η διακρίβωση.
3. Για τη διακρίβωση της γεννήτριας κρουστικών παλμών PNW 2050 και του δικτύματος CDN 131/151 του εργαστηρίου ακολουθούμε τα βήματα της οδηγίας επαλήθευσης (ΟΔ 061-45) για τη σωστή σύνδεση και λειτουργία της. Σε κάθε άλλη περίπτωση ακολουθούμε το εγχειρίδιο της γεννήτριας.
4. Ανοίγουμε το πορτάκι του δικτύματος CDN 131/151 και αφαιρούμε το ρευματοδότη που είναι συνδεδεμένος το CDN 131/151.
5. Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες A, B, C, D, E του CDN 131/151.
6. Συνδέουμε τους επιθυμητούς ακροδέκτες (L1, N ή L1, PE) του δικτύματος μέσω του διαφορικού καταμεριστή MD 200 (Επιλέγουμε Attenuation Ratio 1/1000) με το 1^ο κανάλι του παλμογράφου. Στην περίπτωση θετικού παλμού ο ακροδέκτης με το κόκκινο καλώδιο συνδέεται στο L1 και ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στο N ή PE. Αντίστοιχα, στην περίπτωση αρνητικού παλμού ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στο L1 και ο ακροδέκτης με το κόκκινο καλώδιο συνδέεται στο N ή PE.
7. Συνδέουμε στην τροφοδοσία το διαφορικό καταμεριστή MD 200 και στη συνέχεια τον ανοίγουμε.

8. Συνδέουμε τον παλμογράφο (TDS 3052) στην τροφοδοσία, τον ανοίγουμε και επιλέγουμε:
- “SAVE/RECALL”
 - “Recall Saved Setup”
 - “Setup 5”
- Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 10μs/div, το trigger level στα 240mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.
9. Ανοίγουμε την τροφοδοσία του εξοπλισμού.
10. Πατάμε το POWER στο NSG 2050 (ανοίγουμε τη γεννήτρια) και επιλέγουμε το LEVEL, (Συνήθως στον USER4) και ρυθμίζουμε τη γραμμή σύζευξης (COUPLING) σύμφωνα με το πρωτόκολλο ΕΔ 072-105. Επιλέγουμε Phase και θέτουμε ASYN.
11. Προσοχή, κατά τη διάρκεια της διακρίβωσης η τροφοδοσία του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη. (Δηλαδή, για την γεννήτρια του Εργαστηρίου μας πρέπει στην οθόνη της να έχει εμφανισθεί η τιμή OFF).
12. Η διακρίβωση κάθε επιπέδου τερματίζεται μετά από πέντε κρούσεις. Ανάλογα με το επίπεδο της προς μέτρηση τάσης πραγματοποιούμε τις εξής ρυθμίσεις στον παλμογράφο:

Μετρούμενη τάση	Τάση παλμογράφου	Trigger level
500V	100mV/div	~100mV
1000V	200mV/div	~200mV
2000V	500mV/div	~500mV
4000V	1V/div	~1V

13. Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο αντίστοιχο έντυπο.
- Το Ch1 Max πολλαπλασιασμένο με το λόγο του διαφορικού καταμεριστή ισούται με το U_p
 - Το Ch1 Rise πολλαπλασιασμένο με 1,67 ισούται με το T_1
 - Το Ch1 +Width ισούται με το T_2
14. Συνεχίζουμε την διακρίβωση σε επόμενο επίπεδο σύμφωνα με το έντυπο ΕΔ 072-105

15. Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή στον κατασκευαστή του για ρύθμιση.
16. Μετά την ολοκλήρωση της διακρίβωσης όλων των παραμέτρων της τάσης κλείνουμε τη γεννήτρια.

2.2.2.6 Διεξαγωγή Διακρίβωσης της Γωνίας της Τάσης

1. Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η διακρίβωση.
2. Ανοίγουμε το πορτάκι του δικτύματος CDN 131/151.
3. Αφαιρούμε το ρευματοδότη από το CDN 131/151.
4. Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες A, B, C, D, E του CDN 131/151.
5. Συνδέουμε τους επιθυμητούς ακροδέκτες (L1, N) του δικτύματος μέσω του διαφορικού καταμεριστή MD 200 (Επιλέγουμε Attenuation Ratio 1/1000) με το 1^ο κανάλι του παλμογράφου. Στην περίπτωση θετικού παλμού ο ακροδέκτης με το κόκκινο καλώδιο συνδέεται στο L1 και ο ακροδέκτης με το μαύρο καλώδιο συνδέεται στο N ή PE.
6. Συνδέουμε στην τροφοδοσία το διαφορικό καταμεριστή MD 200 και στην συνέχεια τον ανοίγουμε.
7. Συνδέουμε τον παλμογράφο (TDS 3052) στην τροφοδοσία, τον ανοίγουμε και επιλέγουμε:
 - a. “SAVE/RECALL”
 - b. “Recall Saved Setup”
 - c. “Setup 7”Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 4ms/div, το trigger level στα 420mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.
8. Ανοίγουμε την τροφοδοσία του εξοπλισμού.
9. Πατάμε το POWER στο NSG 2050.

10. Ανοίγουμε τη γεννήτρια και επιλέγουμε το LEVEL, (Συνήθως στον USER4) και ρυθμίζουμε τη γραμμή σύζευξης (COUPLING) και τη γωνία (Phase), σύμφωνα με το πρωτόκολλο ΕΔ 072-105. Επιλέγουμε Repetition και θέτουμε 60s.
11. Η σύνδεση του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι ενεργοποιημένη. Δηλαδή, στην οθόνη πρέπει να έχει εμφανισθεί η τιμή ON.
12. Η διακρίβωση κάθε επιπέδου τερματίζεται μετά από πέντε κρούσεις.
13. Καταγράφουμε στον τελευταίο πίνακα του εντύπου ΕΔ 072-105.
 - είτε το χρόνο που μεσολαβεί από την έναρξη του παλμού έως τη λήξη του ημιτόνου της τάσης.
 - είτε τη διαφορά ανάμεσα στην περίοδο του ημιτόνου (20ms) και του χρόνου που μεσολαβεί από την έναρξη του ημιτόνου της τάσης τροφοδοσίας έως την έναρξη του παλμούΓια τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιούμε τους κέρσορες και την εστίαση (zoom) του παλμογράφου.
14. Συνεχίζουμε την διακρίβωση για επόμενη τιμή της γωνίας σύμφωνα με το έντυπο ΕΔ 072-105.
15. Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή στον κατασκευαστή του για ρύθμιση.
16. Κλείνουμε τους διακόπτες του εξοπλισμού που χρησιμοποιήσαμε.
17. Τέλος, αποσυνδέουμε από την τροφοδοσία τους και φυλάσσουμε τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε.

2.2.2.7 Διεξαγωγή Διακρίβωσης της Μορφής του Ρεύματος

1. Ελέγχεται αν η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία του αέρα και η ατμοσφαιρική πίεση είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων, που καθορίζει το Πρότυπο, ώστε να ξεκινήσει η διακρίβωση.
2. Ανοίγουμε το πορτάκι του δικτύματος CDN 131/151.
3. Αφαιρούμε το ρευματοδότη από το CDN 131/151.
4. Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες A, B, C, D, E του CDN 131/151.

5. Βραχυκυκλώνονται οι επιθυμητοί ακροδέκτες L1, N του CDN 131/151 και συνδέεται το current monitor στο 1^ο κανάλι του παλμογράφου αφού τερματιστεί με την αντίσταση των 50Ω. Προσοχή, εφόσον η διακρίβωση γίνεται για θετικό ρεύμα η φορά του βέλους του current monitor πρέπει να δείχνει από το N στο L1.
6. Συνδέεται ο παλμογράφος (TDS 3052) στην τροφοδοσία, ενεργοποιείται και γίνεται η επιλογή:
 - “SAVE/RECALL”
 - “Recall Saved Setup”
 - “Setup 5”
7. Δηλαδή, η τάση ρυθμίζεται στα 200mV/div, ο χρόνος 10μs/div, το trigger level στα 200mV και στο “Acquisition mode” επιλέγεται “Sample”.
8. Ανοίγουμε την τροφοδοσία του εξοπλισμού.
9. Πατάμε το POWER στο NSG 2050.
10. Ανοίγουμε την γεννήτρια και επιλέγουμε το LEVEL, (Συνήθως στον USER4) και ρυθμίζουμε τη γραμμή σύζευξης (COUPLING) σύμφωνα με το πρωτόκολλο ΕΔ 072-105. Επιλέγουμε Phase και θέτουμε ASYN.
11. Η σύνδεση του δοκιμίου (EUT P) πρέπει να είναι απενεργοποιημένη. Δηλαδή στην οθόνη πρέπει να έχει εμφανισθεί η τιμή OFF.
12. Η διακρίβωση κάθε επιπέδου τερματίζεται μετά από πέντε κρούσεις. Ανάλογα με το επίπεδο του προς μέτρηση ρεύματος πραγματοποιούμε τις εξής ρυθμίσεις στον παλμογράφο:

Επιβαλλόμενη τάση	Μετρούμενο ρεύμα	Τάση παλμογράφου	Trigger level
500V	250 A	50mV/div	~50mV
1000V	500 A	100mV/div	~100mV
2000V	1000 A	200mV/div	~200mV
4000V	2000 A	500mV/div	~500mV

13.Καταγράφουμε τα αποτελέσματα στο αντίστοιχο έντυπο.

- Το Ch1 Max διαιρεμένο με το ratio current monitor ($=0,002V/A$) και πολλαπλασιασμένο επί 2 (λόγω της προσαρμογής των 50Ω στον παλμογράφο) ισούται με το I_p
- Το Ch1 Rise πολλαπλασιασμένο με 1,25 ισούται με το T_1
- Το Ch1 +Width ισούται με το T_2

14.Συνεχίζουμε την διακρίβωση σε επόμενο επίπεδο σύμφωνα με το έντυπο ΕΔ 072-105.

15.Αν οι προς διακρίβωση παράμετροι δεν είναι εντός ορίων το όργανο χρειάζεται αποστολή στον κατασκευαστή του για ρύθμιση.

16.Κλείνουμε τους διακόπτες του εξοπλισμού που χρησιμοποιήσαμε.

17.Τέλος, αποσυνδέουμε τον εξοπλισμό από την τροφοδοσία του και τον φυλάσσουμε.

2.2.2.8 Υπευθυνότητες

Ο χειριστής, που πραγματοποιεί την διακρίβωση, είναι υπεύθυνος για την σωστή διεξαγωγή της και την μεταφορά των αποτελεσμάτων στο έντυπο ΕΔ 072-105.

Ο Τεχνικός Υπεύθυνος είναι υπεύθυνος για τη σύνταξη και αναθεώρηση της παρούσας Οδηγίας Εργασίας.

2.2.2.9 Αρχεία

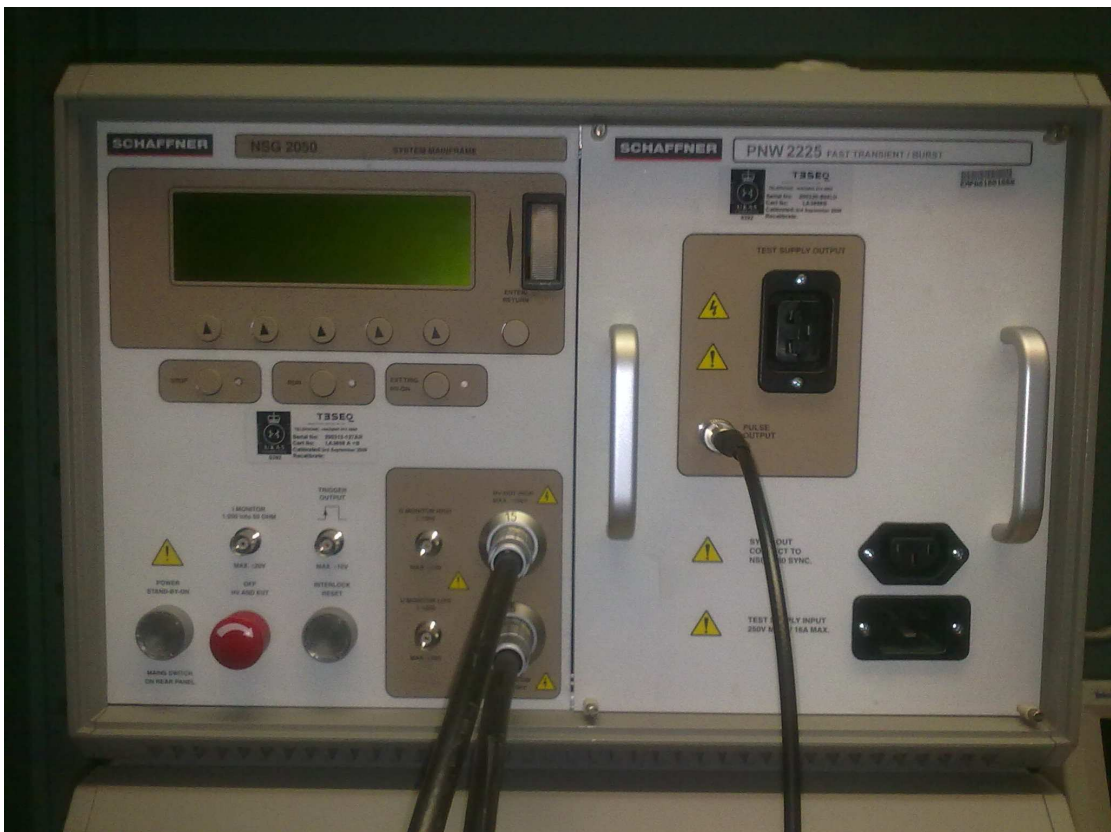
Με την ευθύνη του Τεχνικού Υπευθύνου, τηρούνται, για τουλάχιστον δέκα έτη, τα αρχεία της διακρίβωσης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

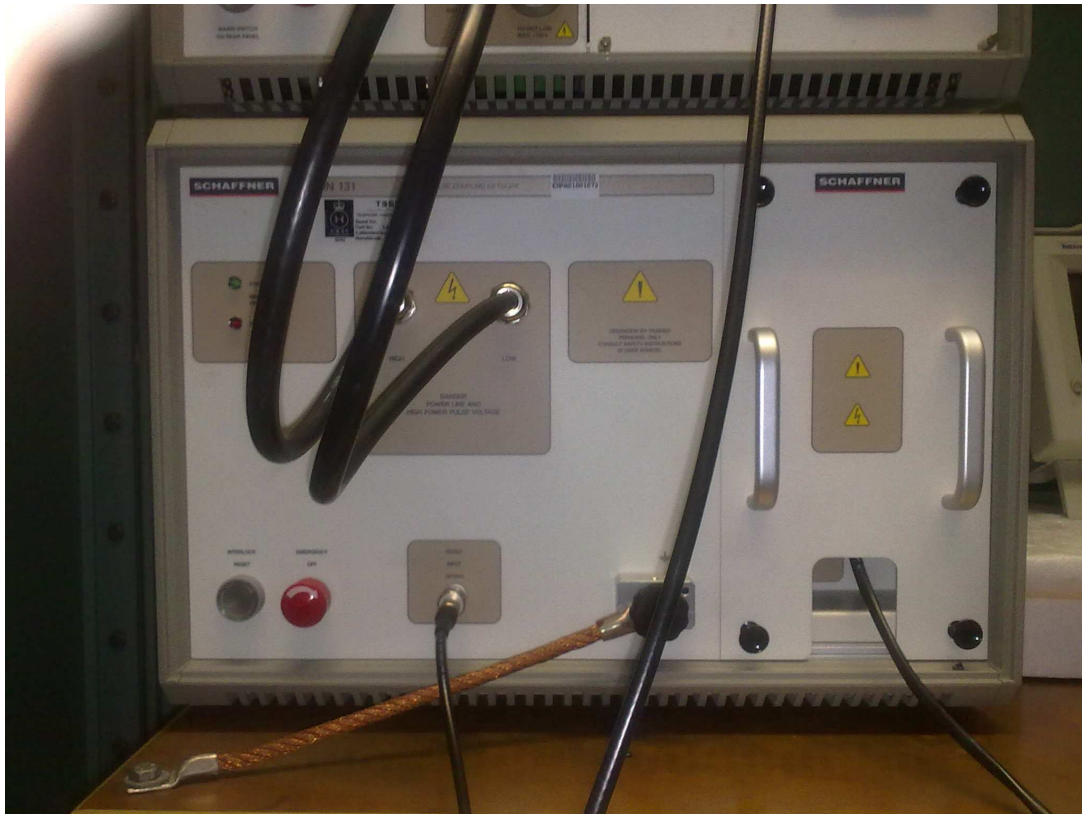
Φωτογραφίες του εξοπλισμού ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας του εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του ΕΜΠ

Γενικά

Στο συγκεκριμένο Παράρτημα παρουσιάζονται τα όργανα που περιλαμβάνει ο εξοπλισμός ηλεκτρομαγνητικής ατρωσίας που περιλαμβάνει το εργαστήριο Υψηλών Τάσεων του ΕΜΠ. Τα συγκεκριμένα όργανα αναφέρονται στις τεχνικές οδηγίες που παρουσιάστηκαν και είναι απαραίτητα για τη διεξαγωγή των δοκιμών διακρίβωσης που μελετάμε. Επιπλέον παρατίθεται και μια εικόνα με τη συνολική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη τέλεση των δοκιμών με τρόπο αυτοματοποιημένο, δηλαδή με έλεγχο μέσω Η/Υ.



Φωτογραφία 1: Βασική μονάδα NSG 2050 της SCHAFFNER και Γεννήτρια PNW 2225 της SCHAFFNER.



Φωτογραφία 2: Δικτύωμα CDN 131/151 της SCHAFFNER.



Φωτογραφία 3: Γεννήτρια PNW 2250 της SCHAFFNER.



Φωτογραφία 4: Παλμογράφος TDS 3052 της TEKTRONIX.



Φωτογραφία 5: Σετ βαθμονόμησης CAS 3025 (INA 265A και INA266) της SCHAFFNER.



Φωτογραφία 6: Διαφορικός καταμεριστής MD 200 της SCHAFFNER.



Φωτογραφία 7: Current monitor (Αμπεροτσιμπίδα) Pearson/8260.



Φωτογραφία 1: Συνολική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη τέλεση των δοκιμών με τρόπο αυτοματοποιημένο, δηλαδή με έλεγχο μέσω Η/Υ.

Βιβλιογραφία

- [1] ANSI C63.14-1998, 1998, «Dictionary for Technologies of Electromagnetic Compatibility (EMC), Electromagnetic Pulse (EMP), and Electrostatic Discharge (ESD)»
- [2] Dangelmayer T., «ESD Program Management- A Realistic Approach to Continuous Measurable Improvement in Static Control», Van Noshand Ranhold, New York, 1990.
- [3] Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4: Testing and measurement techniques - Section 2: Electrostatic discharge immunity test - Basic EMC Publication
- [4] Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment - Part 2: Electrostatic discharge requirements
- [5] Δημήτριος Κ. Συκαράς «Υπολογισμός αβεβαιοτήτων σε εξοπλισμό δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας»
- [6] Μανώλης Ε. Μαθιουλάκης, «Μέτρηση, ποιότητα μέτρησης και αβεβαιότητα», Ελληνική Έκδοση Εργαστηρίων
- [7] www.tee.gr
- [8] www.esyd.gr
- [9] National Instruments, LabVIEW Student Edition User's Manual
- [10] National Instruments, LabVIEW Function and Reference Manual
- [11] National Instruments, LabVIEW Data Acquisition Manual
- [12] www.ni.com
- [13] National Instruments, "GPIB Hardware Guide
- [14] National Instruments, "LabView Instrument Driver Standards"
- [15] TDS 3052 User's Manual
- [16] TDS 3052 Programmres's Manual
- [17] Terry Stratoudakis "DEVELOPING INSTRUMENT DRIVERS with LabVIEW" presentation