



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

**Πειραματική διερεύνηση λειτουργίας μοντέλου
υδροστροβίλου Pelton και ανάπτυξη αλγορίθμου
γραφικού προγραμματισμού για συλλογή και
επεξεργασία των μετρήσεων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Γ. ΜΟΥΡΑΤΗ

Επιβλέπων : Ιωάννης Σ. Αναγνωστόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΡΕΥΣΤΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

**Πειραματική διερεύνηση λειτουργίας μοντέλου υδροστροβίλου
Pelton και ανάπτυξη αλγορίθμου γραφικού προγραμματισμού
για συλλογή και επεξεργασία των μετρήσεων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Γ. ΜΟΥΡΑΤΗ

Επιβλέπων : Ιωάννης Σ. Αναγνωστόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

(Υπογραφή)

.....
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΜΟΥΡΑΤΗΣ

Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Email: mouratisgranos@yahoo.gr

Tel: 6946470849

Copyright © Παναγιώτης Γ. Μουράτης, 2009

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

Περίληψη

Σκοπός της διπλωματικής ήταν η λεπτομερής πειραματική διερεύνηση ενός μοντέλου υδροστροβίλου Pelton του Εργαστηρίου Υδροδυναμικών Μηχανών, καθώς και η ανάπτυξη γραφικού περιβάλλοντος για συλλογή και επεξεργασία των μετρήσεων. Η πειραματική διερεύνηση περιλαμβάνει την χάραξη και σύγκριση των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας παροχής-ύψους, παροχής-βαθμού απόδοσης, και παροχής-ισχύος για διάφορους συνδυασμούς των δύο ακροφυσίων του μοντέλου χρησιμοποιώντας δύο μεθόδους: Μια με σταθερή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα και μια με σταθερό το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος, του μοντέλου. Επιπλέον, την κατασκευή του πλήρους χάρτη λειτουργίας του μοντέλου σε όλο το φάσμα μεταβολής παροχής και ύψους. Για την συλλογή και επεξεργασία των μετρήσεων δημιουργήθηκε ειδικό πρόγραμμα, με χρήση του λογισμικού *LabVIEW*[®], και έγινε συγγραφή βοηθήματος για τον προγραμματισμό με τη χρήση του παραπάνω λογισμικού. Το πρόγραμμα μπορεί να αποκτά τα δεδομένα από το μετρητικό σύστημα, να προβάλλει αποτελέσματα (με ή χωρίς κάποια στοιχειώδη στατιστική επεξεργασία) σε διαγράμματα με σκοπό την σύγκριση των καμπυλών λειτουργίας, και να αποθηκεύει όσα κριθούν απαραίτητα.

Τα αποτελέσματα του πειραματικού μέρους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση όμοιων, με αυτού που μελετήθηκε, υδροστροβίλων, καθώς και για μια συνολική εικόνα της λειτουργικής συμπεριφοράς του μοντέλου. Το δημιουργηθέν πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλα πειράματα ή δοκιμές που τυχόν χρειαστεί να πραγματοποιηθούν στο συγκεκριμένο μοντέλο ή, με κατάλληλες μετατροπές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την μελέτη άλλων παρόμοιων μηχανών.

Θερμές ευχαριστίες στους Επίκουρο Καθηγητή Ιωάννη Σ. Αναγνωστόπουλο και Καθηγητή Δημήτριο Ε. Παπαντώνη για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, τις πολύτιμες συμβουλές τους, την εκπαίδευση που μας προσέφεραν και συνεχίζουν να προσφέρουν με τα βιβλία, τα άρθρα, τις διάφορες ενδοπανεπιστημιακές δραστηριότητές τους. Επίσης στον υπογύφιο διδάκτορα Φώτη Σταματέλο για την χρήσιμη συμβολή του (καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας), για την βοήθεια κατά την εκτέλεση των πειραμάτων και για την παραχώρηση επιπλέον πειραματικών δεδομένων παλιότερων μετρήσεων. Τέλος στον υπογύφιο διδάκτορα Φοίβο Κουκουβίνη για τις όποιες συμβουλές πάνω στο λογισμικό χάραξης των πλήρων διαγραμμάτων, σε όλους τους φίλους του διαδικτύου για τις όποιες εικονικές συζητήσεις-συμβουλές σε θέματα που αφορούσαν τα διάφορα χρησιμοποιούμενα λογισμικά, στο κοντινό κοινωνικό μου περιβάλλον, και στο τεχνικό προσωπικό του εργαστηρίου.

Λέξεις Κλειδιά: Υδροστρόβιλοι Pelton, Υδροστρόβιλοι Δράσης, Πλήρη Διαγράμματα Λειτουργίας, Εργαστηριακές Μετρήσεις, Πειραματική Διερεύνηση, Γραφικού τύπου Προγραμματισμός.

Abstract

The scope of this thesis was the detailed experimental investigation of a model Pelton turbine installed at the Hydrodynamic Machines Laboratory NTUA, and the development of a graphical programming environment for collecting and processing the measurements. The investigation involves experimental design and comparison of operating characteristics curves: Flow Rate-Head, Flow Rate-Overall Efficiency and Flow Rate-Power, for various combinations of the two nozzles of the model, using two methods: One with a constant rotational speed of the rotor and one with constant available hydraulic head of the model. Moreover, the experimental study aims at the construction of a complete map of the operating model across the variation range of Flow Rate and Head. For the collection and processing of the measurements a special program is created, using the software *LabVIEW*[®], and a reference manual is prepared for programming using the above software. The program can acquire data from the measuring system, shows the results (with or without some basic statistical analysis) into graphs, stored them when desired and compare with other corresponding data.

The results of the experimental study can be used to compare with similar hydraulic turbines data, and to obtain a comprehensive picture of how the model works. The developed program can be used for further experiments or tests in the specific model or, with appropriate modifications; it can be used for the study of similar machines.


Special thanks to Assistant Professor John S. Anagnostopoulos and Professor Dimitris E. Papantonis for the award of the thesis, valuable advice, the education they have offered and continue to offer. Also thanks to the doctoral candidate Fotis Stamatelos for his useful contribution throughout the course of work. Finally the doctoral candidate Foivos Koukouvinis for any advice on the software used, all the Internet friends, my close social environment, and the technical staff of the laboratory.


Keywords: Pelton Turbine, Impulse Turbine, Experimental Investigation, *LabVIEW*[®], Graphical Programming, Datalogger.

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Εργαστηριακή Μελέτη Υδροστροβίλων.....	3
1.2	Η Δομή της Εργασίας	6
2	Βιβλιογραφική Διερεύνηση.....	9
3	Το μοντέλο του εργαστηρίου, το σύστημα μέτρησης, και η πειραματική διαδικασία	17
3.1	Λειτουργικά χαρακτηριστικά του μοντέλου	17
3.2	Περισσότερες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και διαστάσεις των σκαφιδίων.....	20
3.3	Το Μετρητικό Σύστημα	21
3.3.1	Μέτρηση της στατικής πίεσης P	25
3.3.2	Μέτρηση της ροπής (Torque)	26
3.3.3	Μέτρηση παροχής (Flow Rate).....	28
3.3.4	Μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής (RPM).....	30
3.4	Εξισώσεις μετατροπής τάσεων-ενδείξεων-σημάτων μετρητικών οργάνων σε φυσικά μεγέθη (Εξισώσεις βαθμονομήσεως, Scale-Calibration equations).....	31
3.5	Το κύκλωμα του υγρού της πειραματικής διάταξης και η χωροθέτηση των μεταλλακτών	34
3.6	Διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων	34
3.6.1	Πειράματα Σταθερών Στροφών Υδροστροβίλου (Μεταβλητές στροφές της αντλίας - μεταβλητό διαθέσιμο υδραυλικό ύψος).....	35
3.6.2	Πειράματα Σταθερού Διαθέσιμου Υδραυλικού Ύψους (Μεταβλητές οι στροφές του μοντέλου).....	37
4	Χρησιμοποιηθείσες Εξισώσεις και μερικά σχόλια.....	39
4.1	Εξισώσεις Υπολογισμού Φυσικών Μεγεθών.....	39
4.2	Λίγα λόγια για τους βαθμούς απόδοσης	42
4.3	Σχόλια και εξισώσεις σχετικά με τα τρίγωνα ταχυτήτων των υδροστροβίλων Pelton 43	
4.4	Νόμοι Ομοιότητας	47
4.5	Αδιάστατες Παράμετροι	49
4.6	Απλοί μέθοδοι αναλύσεως πειραματικών δεδομένων	50

4.6.1	Γραφικές μέθοδοι	50
4.6.2	Αριθμητικές μέθοδοι.....	53
5	Εισαγωγή στα Βασικά των Μετρήσεων	59
5.1	Απόκτηση σημάτων - Signal Acquisition	59
5.1.1	Πηγές Σημάτων (Signal Sources).....	61
5.1.2	Προσαρμογή σήματος (Signal Conditioning).....	62
5.1.3	Ενίσχυση (Amplification).....	63
5.1.4	Γραμμικοποίηση (Linearization).....	64
5.1.5	Διέγερση μεταλλακτών (Transducer Excitation)	64
5.1.6	Απομόνωση (Isolation)	64
5.1.7	Μερικά παραδείγματα σημάτων από τους μεταλλάκτες του εργαστηρίου με τη βοήθεια του προγράμματος “LV Pelton” (χρήση ως υποτυπώδης παλμογράφος).....	65
5.2	Μέτρηση αναλογικής τάσης (Measuring DC Voltage) με τη χρήση των software και hardware του LabVIEW	67
5.2.1	Γενικά για τις μετρήσεις DC.....	67
5.2.2	Χρησιμοποιώντας τα NI-DAQ VIs για την μέτρηση συνεχής τάσης	68
5.2.3	Μέθοδος NI-DAQmx.....	69
5.2.4	Εξαγωγή του μέσου όρου μιας σάρωσης (Averaging a Scan).....	69
5.3	Επιπρόσθετα Θέματα στην Απόκτηση δεδομένων (Data Acquisition) με τη χρήση H/Y 73	
5.3.1	Γενική επισκόπηση και διάταξη του συστήματος	73
5.3.2	Μέρη συστήματος απόκτησης δεδομένων.....	73
5.3.3	Αναλογική είσοδος (Analog Input).....	74
5.3.4	Η αναλογοψηφιακή μετατροπή.....	76
6	Πλήρη Διαγράμματα (Φ, Ψ, η, Nm'), απλά (Φ, η), (Φ, Ψ) και διαγράμματα ροπής και ισχύος συναρτήσει των στροφών του Pelton	83
6.1	Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται.....	84
6.2	Διαγράμματα (Φ, η), (Φ, Ψ) χωριστά για κάθε άνοιγμα των ακροφυσίων.....	87
6.3	Πολλαπλά Διαγράμματα (Φ, η) και (Φ, Ψ) για διάφορους συνδυασμούς ακροφυσίων και ανοιγμάτων (multi-nozzle, turns)	101
6.4	Πλήρεις χάρτες του μοντέλου υδροστροβίλου Pelton	107

6.5	Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των (Φ , Ψ , η) στη μορφή των χαρτών	113
6.6	Καμπύλες ροπής, ισχύος, βαθμού απόδοσης συναρτήσει των στροφών του Pelton	115
6.7	Η επίδραση της θεώρησης σταθερής θερμοκρασίας του μέσου στον πλήρη χάρτη	119
7	Επίλογος	121
7.1	Συνεισφορά της Εργασίας.....	121
7.2	Συμπεράσματα	122
7.3	Προτάσεις για συνέχιση της εργασίας και βελτιώσεις.....	125
8	Βιβλιογραφία	129
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ		133
9	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Στοιχειώδες εγχειρίδιο της γραφικής γλώσσας προγραμματισμού LabVIEW	135
9.1	Εισαγωγή στα εικονικά όργανα (VIS)	135
9.1.1	<i>Η προσέγγιση των εικονικών διατάξεων</i>	135
9.1.2	<i>Εφαρμογές Εικονικών Διατάξεων Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων (Virtual Instrumentation Applications)</i>	136
9.1.3	<i>Συνολικό Περιβάλλον LabVIEW (Software & Hardware)</i>	136
9.1.4	<i>Συμβάσεις που χρησιμοποιούνται στο παρόν κεφάλαιο</i>	137
9.2	Εκκινώντας το LabVIEW	139
	»  National Instruments LabVIEW 8.0	139
9.2.1	<i>Μέρη μιας εφαρμογής του LabVIEW</i>	140
9.2.2	<i>Δημιουργία του Front Panel</i>	142
9.2.3	<i>Εισαγωγή στην δημιουργία του κώδικα (block diagram)</i>	143
9.2.4	<i>Παλέτα Εργαλείων (Εργαλειοθήκη), Tools Palette</i>	144
9.2.5	<i>Γραμμή εργαλείων κατάστασης (Status Toolbar)</i>	145
9.2.6	<i>Η ροή των δεδομένων (Dataflow)</i>	148
9.2.7	<i>Τεχνικές εντοπισμού σφαλμάτων (Debugging Techniques)</i>	149
9.2.8	<i>Παράθυρο Συγκείμενης Βοήθειας, Context Help</i>	150
9.3	Στοιχεία Τυπικών Προγραμμάτων	150
9.3.1	<i>Βρόχοι (Loops)</i>	151

9.3.2	Τύποι Συναρτήσεων-Λειτουργιών (από την <i>Functions Palette</i>).....	154
9.3.3	Οι Αποφάσεις στο <i>LabVIEW</i>	157
9.3.4	Αρχεία I/O (<i>Input/Output</i>).....	158
9.3.5	Μοντέλο Προγραμματισμού Αρχείου I/O (<i>Programming Model</i>) και VIs Αρχείων I/O	160
9.3.6	Παρουσίαση των αποτελεσμάτων.....	163
9.3.7	Τύποι Χειριστηρίων και Ενδεικτικών	163
9.3.8	Δημιουργώντας Πίνακες-Διατάξεις χρησιμοποιώντας Βρόχους και την Αυτόματη-Δεικτοδότηση (<i>Auto-Indexing</i>).....	166
9.3.9	Δημιουργία ενός Πίνακα (Βήμα 1 από 2)	167
9.3.10	Ιδιότητες Χειριστηρίων & Ενδεικτικών	169
9.3.11	Μερικοί από τους Τύπους των Δεδομένων που Συναντώνται στο <i>LabVIEW</i>	170
9.4	Δημιουργία, Επιλογή, και Διαγραφή Καλωδιώσεων	171
9.4.1	Δημιουργία Καλωδίωσης 	171
9.4.2	Επιλογή και Διαγραφή Καλωδίων	172
9.4.3	Έκταση Καλωδίων (<i>Stretching</i>)	173
9.4.4	Σπασμένα καλώδια (<i>Broken Wires</i>)	173
9.5	Πρόσθετα Θέματα <i>LabVIEW</i>	175
9.5.1	Προεισαγωγή στις Συστάδες.....	175
9.5.2	Δημιουργία ενός Συγκροτήματος-Συστάδας.....	176
9.5.3	Συναρτήσεις Δημιουργίας Συστάδων.....	177
9.5.4	Χρησιμοποίηση Πινάκων και Συστάδων με Γραφήματα.....	178
9.5.5	Καταχωρητής Μετατόπισης (<i>Shift Register</i>)–Προσπέλαση Δεδομένων Προηγούμενης Επανάληψης Βρόχου.....	178
9.5.6	Η Δομοστοιχείωση (<i>Modularity</i>) στο <i>LabVIEW</i> – <i>SubVIs</i>	180
9.5.7	Εικονίδιο και η εικονική «Κλέμα» Διασύνδεσης (<i>Icon and Connector Pane</i>)...183	
9.5.8	Επικοινωνία μεταξύ βρόχων	184
9.5.9	Τοπικές Μεταβλητές (<i>Local Variables</i>).....	185
10	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II. Βασικά τμήματα του κώδικα του δημιουργηθέντος προγράμματος “LV Pelton”	187
10.1	Εισαγωγή.....	187
10.1.1	Τμήμα του Υπολογισμού των Αδιάστατων Παραμέτρων.....	190

10.1.2	Αποθήκευση των Φ Ψ η Nm' σε αρχείο txt.....	192
10.1.3	Απόκτηση Δεδομένων από Αρχείο txt.....	194
10.1.4	Εύρεση Δείκτη (index), Συγκεκριμένου Στοιχείου-δεδομένου από 2D Πίνακα..	195
10.1.5	Τμήμα εύρεσης εξισώσεων προσέγγισης δοσμένων σημείων.....	196
10.1.6	Τρίγωνα Ταχυτήτων, μια απλή εφαρμογή της Formula Node.....	198
10.1.7	Δημιουργία Σημείων από συγκεκριμένη Εξίσωση Συνάρτησης μιας Μεταβλητής 201	
10.1.8	Η δομή της στατιστικής ανάλυσης-επεξεργασίας των αδιάστατων παραμέτρων	206
10.1.9	Ποιοτικός υπολογισμός κέρδους από την παραγωγή ισχύος του υδροστρόβιλου, μια απλή εφαρμογή της αριθμητικής ολοκλήρωσης.....	211
10.1.10	Ποιοτική-εικονική-υβριδική προσομοίωση των τάσεων.....	212
10.1.11	Ενδεικτικά Ειδοποιήσεων – Πληροφοριών.....	219
10.1.12	Κοσμητικά του front panel.....	221
11	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. Περιβάλλον Εργασίας - Οδηγίες Χρήσεως - Ρυθμίσεως του προγράμματος “LV Pelton”	223
11.1	Βασικές Λειτουργίες	223
11.2	Περιβάλλον χρήσης – επιφάνεια εργασίας (Front Panel) του προγράμματος και λειτουργίες βασικών χειριστηρίων και ενδεικτικών αυτού	226
11.2.1	Καρτέλα 1. Basic Panel, Virtual Instruments P-Q-RPM-Torque, Logs.....	227
11.2.2	Καρτέλα 2. Graphs (Φ , Ψ), (Φ , η) & Fitted & Sort-out.....	228
11.2.3	Καρτέλα 3. Statistics Analysis result & Parameters	229
11.2.4	Καρτέλα 4. Eval.Graphs (Φ , Ψ), (Φ , η) & Predicted.....	230
11.2.5	Καρτέλα 0. Sim. or Exper.....	231
11.3	Βασικοί χειρισμοί για την επίτευξη των διαφόρων λειτουργιών	232
11.3.1	Περίπτωση I: Απόκτηση και αποθήκευση των αδιάστατων παραμέτρων Φ Ψ η και της διαστατής ισχύος Nm ή Nm' (kW), του κάθε σημείου λειτουργίας του μοντέλου.....	232
11.3.2	Περίπτωση II: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η , Nm	234
11.3.3	Περίπτωση III: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η , Nm με Παράλληλη εμφάνιση στα διαγράμματα του τρέχοντος σημείου και των καμπυλών σύγκρισης.	235

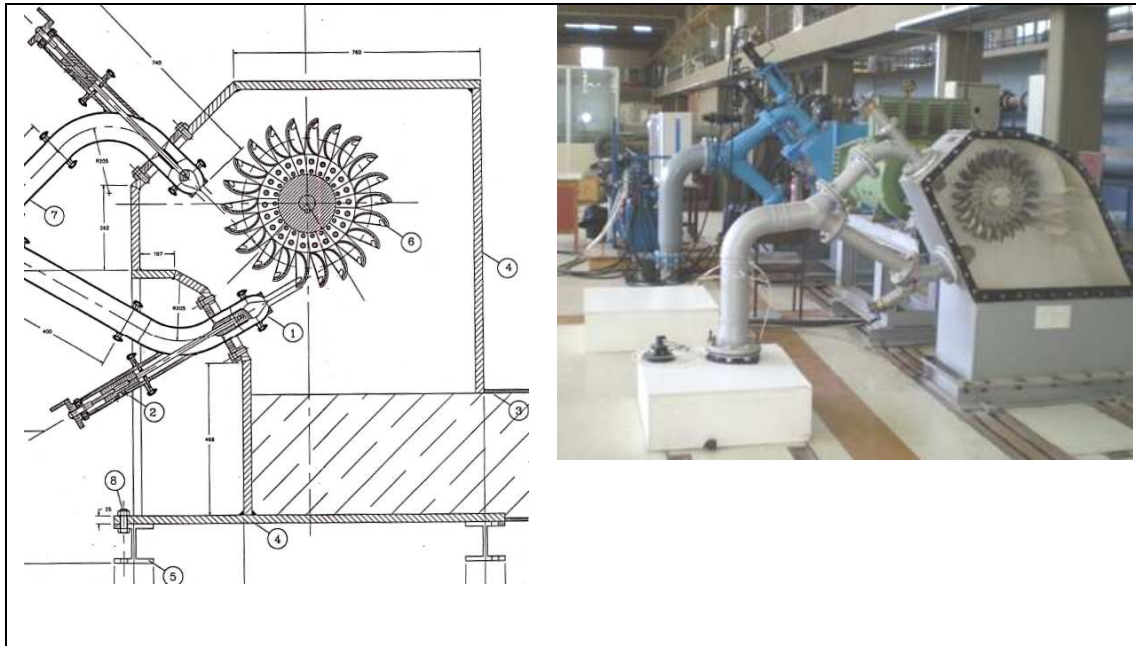
11.3.4	Περίπτωση IV: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η , Nm με Παράλληλη εμφάνιση στα διαγράμματα του τρέχοντος σημείου και των καμπυλών σύγκρισης με τη συνεργασία φύλλου εργασίας EXCEL.....	236
11.4	Διαλογή προσωρινά αποθηκευμένων σημείων	238
11.5	Ποιοτική-εικονική-υβριδική προσομοίωση των τάσεων.....	238
11.6	Βασικές ρυθμίσεις του vi	239
11.6.1	Επιλογή των συντελεστών των εξισώσεων βαθμονόμησης και ορισμός τους ως προεπιλογές.....	239
11.6.2	Επιλογή του αριθμού των δειγμάτων (<i>Sample Rate</i>), που θα αποκτώνται σε κάθε δειγματοληψία και στη συνέχεια θα επεξεργάζονται, με τη βοήθεια της λειτουργίας του “LV Pelton” ως υποτυπώδη παλμογράφου.....	240
11.6.3	Επιλογή της θερμοκρασίας του υγρού και των όρων της εξίσωσης της διαθέσιμης υδραυλικής ισχύος Ni	241
11.6.4	Επιλογή των όρων των χρησιμοποιούμενων εξισώσεων μετατροπής των φυσικών μεγεθών πίεσης στροφών παροχής και ροπής στις αδιάστατες παραμέτρους Φ , Ψ , του ολικού βαθμού απόδοσης η	242

1

Εισαγωγή

Οι υδροστρόβιλοι Pelton χρησιμοποιούνται για πάνω από 100 χρόνια και δικαίως ανήκουν στους σημαντικότερους υδροστρόβιλους. Χρησιμοποιούνται για την μετατροπή της διαθέσιμης υδραυλικής ενέργειας, των ορεινών περιοχών, σε ηλεκτρική. Σε ειδικές περιπτώσεις η υψομετρική διαφορά μπορεί να φθάνει έως τα 1800 m. Αναπτύχθηκαν από τον Αμερικανό μηχανικό Lester Pelton (1829-1908) στην Καλιφόρνια όπου υπήρχαν σημαντικές ενεργειακές ανάγκες σε περιοχές με μεγάλες υδραυλικές πτώσεις. Η συνεισφορά του Lester Pelton έγκειται στην σχεδίαση ενός διπλού σκαφιδίου μέσω του οποίου επιτυγχάνεται σταδιακή μεταβολή της διεύθυνσης της ροής κατά $\sim 180^\circ$ (στην πράξη $160-165^\circ$) και στην σχεδίαση του ακροφυσίου τροφοδοσίας με την ρυθμιστική βελόνη. Η τελευταία μεταβάλλει την διατομή του ακροφυσίου του υδροστρόβιλου, και κατά συνέπεια την διακινούμενη παροχή και το φορτίο του. Το τμήμα εισόδου του συγκεκριμένου υδροστρόβιλου αποτελείται από ένα ή περισσότερα ακροφύσια τροφοδοσίας, σκοπός των οποίων είναι η μετατροπή της δυναμικής ενέργειας σε κινητική, μέσω του σχηματισμού μιας δέσμης κυκλικής διατομής. Η δέσμη αυτή προσπίπτει στον στρεφόμενο δρομέα και συγκεκριμένα στα σκαφίδια που συναντά, αλλάζει κατεύθυνση ακολουθώντας την διπλή κοιλότητα των σκαφιδίων και εξέρχεται από αυτά με μηδενική σχεδόν περιφερειακή συνιστώσα της ταχύτητας, δηλαδή χωρίς συστροφή. Η πρόσπτωση της δέσμης στον δρομέα δίνει μια ώθηση σε αυτόν κατά την περιφερειακή διεύθυνση, δημιουργώντας την κινητήρια ροπή. Στη συνέχεια το ρευστό πέφτει στη διάωρυγα απαγωγής χάρη στην βαρύτητα. Στην Εικόνα 1.1 φαίνεται ένα μοντέλο (κατασκευαστικό σχέδιο, πηγή η Διπλωματική Εργασία του Τουλκερίδη 1994 [21]),

υδροστροβίλου Pelton του Εργαστηρίου Υδροδυναμικών Μηχανών. Οι συγκεκριμένοι υδροστρόβιλοι ήταν αρχικά οριζόντιου άξονα, ενώ η κατακόρυφη διάταξη εφαρμόστηκε σχετικά πρόσφατα μιας και είναι περισσότερο πρόσφορη σε μεγάλου μεγέθους μονάδες. Επίσης οι υδροστρόβιλοι Pelton ανήκουν στην κατηγορία των υδροστροβίλων μερικής προσβολής, δηλαδή υδροστροβίλων στους οποίους η ροή δεν είναι αξονοσυμμετρική, και σε κάθε χρονική στιγμή τροφοδοτείται και λειτουργεί ένα μόνο τμήμα του δρομέα, της τάξεως των δύο σκαφιδίων, τα οποία εναλλάσσονται διαδοχικά καθώς ο δρομέας περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ω . Παρόλη την σημαντικότητα και την μακρά ιστορία τους, η θεωρητική ανάλυση της δυναμικής της ροής σε αυτούς, και η μετέπειτα ανάπτυξη της συνήθως αμελούνταν από τις επιστημονικές έρευνες. Ο βασικός λόγος είναι ότι η δομή της δέσμης και της ροής του νερού στο σκαφίδιο είναι εξαιρετικά σύνθετες (τριδιάστατα μη μόνιμα φαινόμενα σε πολύπλοκες γεωμετρίες).



Εικόνα 1.1 Κατασκευαστικό σχέδιο πρόωσης συναρμολογημένου συνόλου του μοντέλου του εργαστηρίου, και η υλοποίηση του. Διακρίνουμε τα δύο ακροφύσια με την ρυθμιστική τους βελόνη, και τον δρομέα με τα σκαφίδια.

Η εργαστηριακή δοκιμή μοντέλων υδροδυναμικών μηχανών, και ειδικότερα των υδροστροβίλων Pelton, εξακολουθεί να αποτελεί το βασικό εργαλείο των ερευνητών και των κατασκευαστών μιας και η αριθμητική επίλυση των σχετικών προβλημάτων ροής είναι πολύπλοκη, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, και η πλήρης επίλυση δεν φαίνεται ότι θα μπορέσει να υποκαταστήσει, στο άμεσο μέλλον τουλάχιστον, την εργαστηριακή έρευνα.

Στα επόμενα θεωρείται ότι ο αναγνώστης γνωρίζει τις βασικές έννοιες των υδροδυναμικών μηχανών, και ειδικότερα των υδροστροβίλων, γι' αυτό και δεν θα επαναληφθούν εδώ. Αν χρειάζεται επιπλέον πληροφορίες παραπέμπεται στην βιβλιογραφία Παπαντώνης, 2002 [12], στην οποία τηρούνται και οι ίδιοι συμβολισμοί για τα διάφορα μεγέθη που παρουσιάζονται.

Τα βασικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής: διακινούμενη παροχή Q , διαθέσιμο υδραυλικό ύψος H , ολικός βαθμός απόδοσης η , ταχύτητα περιστροφής του δρομέα n , και μηχανική ισχύς N'_m του μοντέλου υδροστροβίλου. Επίσης έχουμε τις αδιάστατες παραμέτρους της παροχής Φ , και του ύψους Ψ . Ορισμοί και επιπλέον στοιχεία των προηγούμενων δίνονται στο Κεφάλαιο 4.

1.1 Εργαστηριακή Μελέτη Υδροστροβίλων

Ένας από τους βασικούς στόχους της εργαστηριακής μελέτης υδροστροβίλων, ή μοντέλων αυτών (ανάλογα με τις διαστάσεις της κατασκευής), είναι η δημιουργία των διαγραμμάτων των χαρακτηριστικών λειτουργίας αυτών. Τα είδη των διαγραμμάτων είναι δύο:

- τα διαστατά H - Q , η - Q , N'_m - Q και
- τα αδιάστατα μεγέθη παροχής και ύψους Φ και Ψ .

Για την δημιουργία των παραπάνω χρειάζεται να βρεθούν διάφορα σημεία λειτουργίας του μοντέλου. Για τον υπολογισμό αυτών των σημείων μετρώνται τα εξής: πίεση (P , Pressure), ταχύτητα περιστροφής του δρομέα (RPM Pelton), διακινούμενη παροχή (Q), και η αναπτυσσόμενη ροπή (Torque) στην άτρακτο του δρομέα του υδροστροβίλου. Όλα τα προηγούμενα αποκτώνται για διάφορες συνθήκες λειτουργίας εκατέρωθεν του κανονικού σημείου (λειτουργίας).

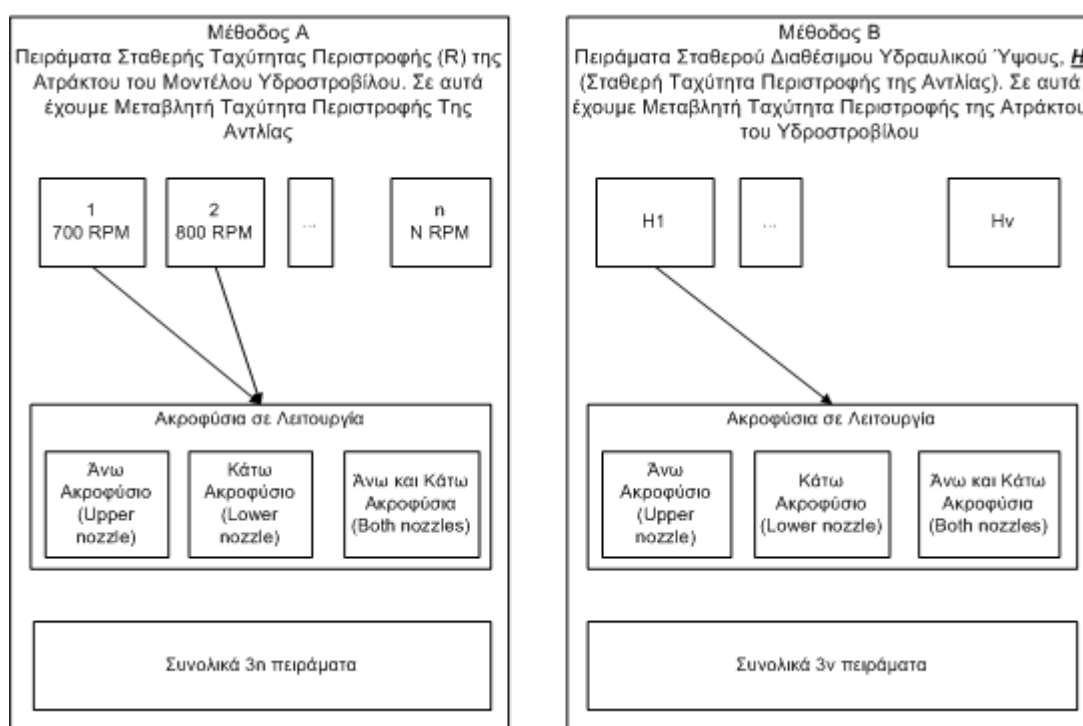
Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι απόκτησης των προηγούμενων σημείων του μοντέλου, οι εξής:

- A. Με Σταθερή Ταχύτητα Περιστροφή της Ατράκτου. Κατά αυτή τη μέθοδο μεταβάλλεται το υδραυλικό ύψος, αλλάζοντας τις στροφές της Αντλίας του κυκλώματος.
- B. Με Σταθερό Διαθέσιμο Υδραυλικό Ύψος H (Σταθερή Ταχύτητα της Αντλίας). Στη μέθοδο αυτή μεταβάλλεται η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου του μοντέλου, ρυθμίζοντας την ηλεκτρική πέδη.

Σε κάθε περίπτωση η παροχή μπορεί να μεταβάλλεται ρυθμίζοντας το άνοιγμα της βελονοειδούς βαλβίδας των ακροφυσίων.

Επιπλέον, στο μοντέλο του εργαστηρίου υπάρχει δυνατότητα λειτουργίας με ένα εκ των δύο ακροφυσίων ή και με τα δύο ταυτόχρονα.

Στην Εικόνα 1.2 φαίνονται διαγραμματικά μερικές από τις περιπτώσεις των πειραμάτων που μπορούν να γίνουν χρησιμοποιώντας τις δύο προηγούμενες μεθόδους.



Εικόνα 1.2 Περιπτώσεις Πειραμάτων Απόκτησης των Σημείων Λειτουργίας

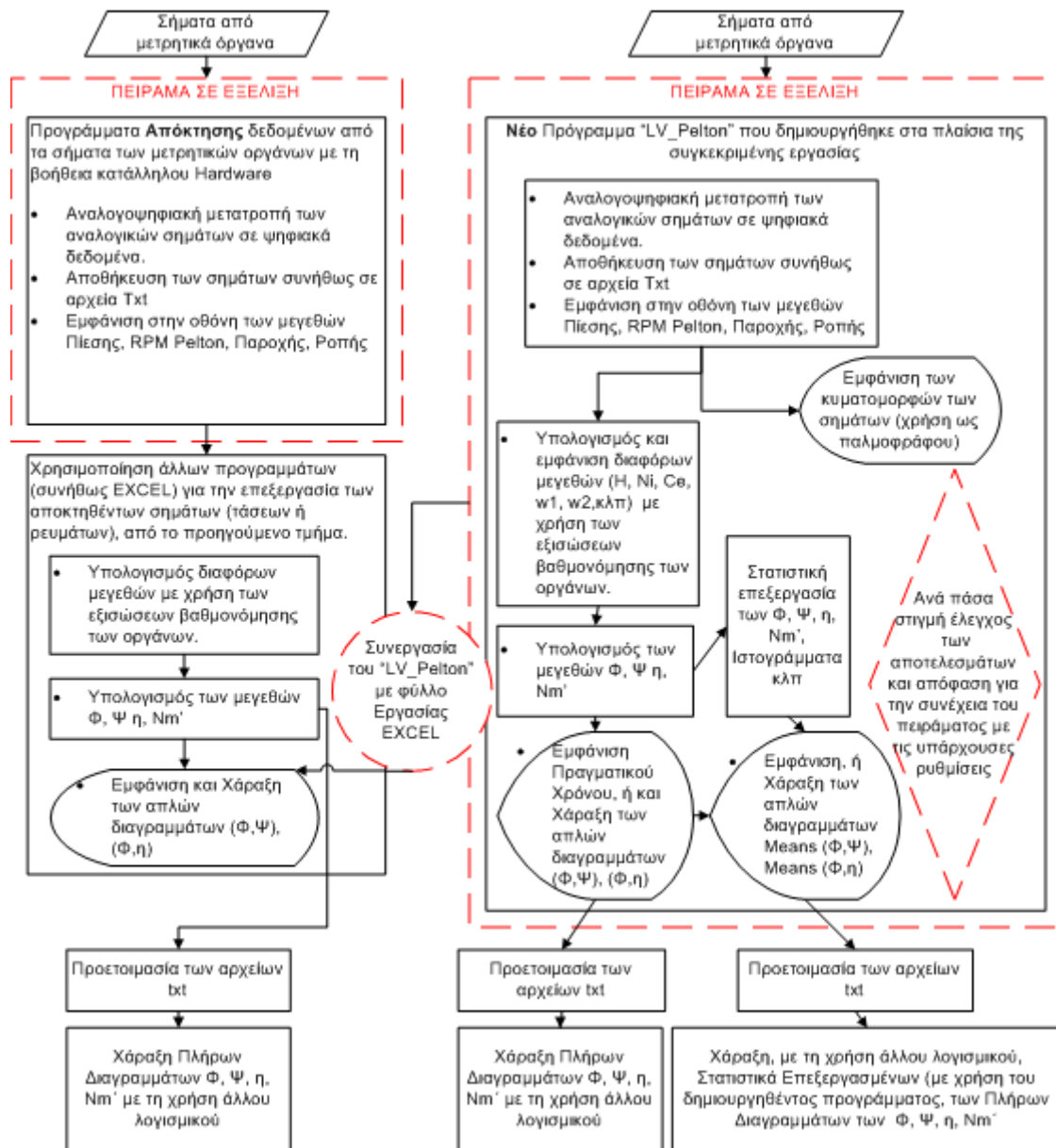
Προφανώς δεν χρειάζεται να κάνουμε τόσα πειράματα, επειδή όπως θα αποδειχθεί στο Κεφάλαιο 6, έχουμε όμοια αποτελέσματα και ισχύουν οι νόμοι ομοιότητας.

Επίσης, κατά την διάρκεια των προηγούμενων πειραμάτων λαμβάνονται δεδομένα από διάφορα όργανα μετρήσεων τα οποία συνήθως είναι συνδεδεμένα με H/Y. Ο τελευταίος έχει εγκατεστημένο κατάλληλο λογισμικό (LabVIEW) το οποίο συνεργάζεται με συμβατό φυσικό ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό (Hardware). Και τα δύο προηγούμενα βοηθούν στην απόκτηση, αναλογισμική μετατροπή, και κάποια στοιχειώδη ανάλυση (ανάλογα με το λογισμικό), των σημάτων. Όταν ολοκληρωθούν οι δοκιμές τα αποκτηθέντα δεδομένα περνάνε από πρόσθετη επεξεργασία, συνήθως σε άλλο χώρο από αυτό του δοκιμαστηρίου,

και στη συνέχεια «χαράσσονται» οι χαρακτηριστικές καμπύλες του εκάστοτε μοντέλου. Έπειτα γίνονται διάφορες συγκρίσεις με άλλες καμπύλες από άλλες δοκιμές του ίδιου ή άλλων όμοιων μοντέλων, και εξάγονται διάφορα συμπεράσματα. Κάποια από τα παραπάνω συμπεράσματα μπορεί να οδηγήσουν σε επανάληψη των δοκιμών, αφού πρώτα ελεγχθούν διάφορες ρυθμίσεις σε διάφορα μέρη του εργαστηριακού συστήματος.

Ο δεύτερος βασικός στόχος της εργασίας ήταν να δημιουργηθεί λογισμικό ευέλικτο και χρήσιμο για την πληρέστερη δυνατή εμπορεία της εξέλιξης της πειραματικής διαδικασίας. Το πρόγραμμα θα έπρεπε να μπορεί να συγκρίνει σε πραγματικό χρόνο τις τρέχουσες τιμές των μεγεθών Φ , Ψ , η , N'_m , με άλλες διαθέσιμες, ώστε να ελέγχονται τυχόν σφάλματα στις μετρήσεις.

Στην επόμενη Εικόνα 1.3 δείχνονται τα βασικά βήματα της συνήθους διαδικασίας (αριστερά) και της «εξελιγμένης» (δεξιά) με χρήση του δημιουργηθέντος προγράμματος. Σημειώνεται ότι στα πλαίσια με το διακεκομμένο περίγραμμα περιέχονται οι λειτουργίες που μπορεί να υλοποιούνται κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων. Αυτές λέγονται και Πραγματικού Χρόνου (Real Time) λειτουργίες. Επίσης όσα περιγράφονται στην Εικόνα 1.3 επαναλαμβάνονται σε κάθε πείραμα έτσι ώστε να χαραχθούν τα διάφορα διαγράμματα και οι αντίστοιχοι πλήρεις χάρτες λειτουργίας της μηχανής. Η διαδικασία αυτή δεν εξαρτάται από τη μέθοδο (A ή B) της πειραματικής απόκτησης των σημείων λειτουργίας.



Εικόνα 1.3 Η διαδικασία έως τη δημιουργία ενός πλήρους χάρτη, συνήθως (αριστερά) και νέα (δεξιά)

1.2 Η Δομή της Εργασίας

Στο Κεφάλαιο 2 γίνεται συνοπτικά μια βιβλιογραφική διερεύνηση, σχετικά με τις υπάρχουσες δημοσιευμένες πειραματικές εργασίες υδροστροβίλων Pelton.

Στο Κεφάλαιο 3 δίνονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του μοντέλου όπου γίνανε τα πειράματα, λίγα βασικά λόγια για το μετρητικό σύστημα και τις εξισώσεις βαθμονόμησης, και τέλος τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι διάφορες εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς των διάφορων μεγεθών. Παράλληλα παρουσιάζονται και τμήματα θεωρίας. Κάποιες(α) από αυτές(α) χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία τμημάτων του κώδικα του “LV_Pelton”. Η επιθυμία για στατιστική επεξεργασία και αποθήκευση των αποτελεσμάτων της (μέσων τιμών των παραμέτρων και τυπικών αποκλίσεων καθώς και ιστογραμμάτων των πρώτων) γίνεται δυνατή επίσης με το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε. Για την επίτευξη αυτού του στόχου μελετήθηκε θεωρία της στατιστικής στοιχεία της οποίας παρουσιάζονται στο τέλος αυτού του κεφαλαίου.

Στο Κεφάλαιο 5 γίνεται μια εισαγωγή σε βασικά θέματα που αφορούν τις μετρήσεις με συστήματα συνδεδεμένα με Η/Υ και γίνεται και μια πρώτη παρουσίαση της απόκτησης δεδομένων με τη χρήση του λογισμικού LabVIEW.

Η δυσκολία σύγκρισης των διαγραμμάτων των διαστατών μεγεθών με άλλα διαγράμματα ξεπερνάτε αν χαραχθούν τα διαγράμματα των αδιάστατων παραμέτρων. Τα τελευταία είναι αυτά που χαράσσονται στην παρούσα εργασία και παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 6. Για την δημιουργία αυτών γίνανε σειρές πειραμάτων στο μοντέλο του εργαστηρίου συλλέχθηκαν δεδομένα επεξεργάστηκαν, χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις των Κεφαλαίων 3 και 4, και τέλος χαράχθηκαν τα διαγράμματα. Ειδικότερα δείχνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες (Φ, Ψ), (Φ, η), και τα πλήρη διαγράμματα λειτουργίας (χάρτες) του μοντέλου υδροστροβίλου για διάφορους συνδυασμούς των σε λειτουργία ακροφυσίων. Επίσης παρουσιάζονται διαγράμματα της ροπής και ισχύος συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής του μοντέλου, και ένα διάγραμμα που δημιουργήθηκε με την ποιοτική-υβριδική-εικονική προσομοίωση των τάσεων μέσω του δημιουργηθέντος προγράμματος.

Στο Κεφάλαιο 7 βρίσκονται συμπεράσματα και μια σύνοψη των όσων επιτεύχθηκαν με την συγκεκριμένη εργασία.

Στη συνέχεια παρατίθεται η βιβλιογραφία η οποία αριθμήθηκε ως Κεφάλαιο 8.

Η πραγματικού χρόνου σύγκριση των αδιάστατων παραμέτρων με άλλα δεδομένα παλιότερα ή άλλων όμοιων υδροστροβίλων γίνεται δυνατή με τη δημιουργία του προγράμματος “LV Pelton”. Για τη δημιουργία του αλγόριθμου του προγράμματος χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό LabVIEW. Για αυτά δίνονται οδηγίες στα Παραρτήματα I και II. Διαγραμματικά,

οι περισσότερες λειτουργίες που εκτελεί το δημιουργηθέν πρόγραμμα δείχνονται στην Εικόνα 1.3.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I έχουμε την παράθεση χρήσιμου εγχειριδίου του προγραμματισμού σε περιβάλλον LabVIEW.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II παρουσιάζονται τα σημαντικότερα τμήματα του κώδικα του προγράμματος “LV Pelton ” που δημιουργήθηκε κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας. Από αυτά πολλά αποτελούν εφαρμογές της θεωρίας-οδηγιών που δίνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I.

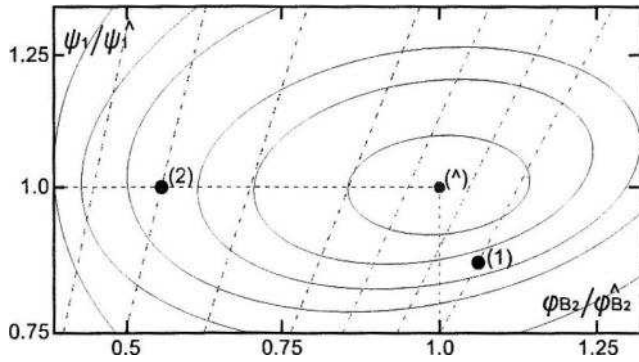
Το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III είναι το βασικό εγχειρίδιο χρήσης του δημιουργηθέντος προγράμματος. Σε αυτό περιγράφονται οι βασικές λειτουργίες, οι οδηγίες για την εκτέλεση αυτών των λειτουργιών, οι βασικές επιφάνειες εργασίας, και τέλος υπάρχουν οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο γίνονται κάποιες κύριες ρυθμίσεις.

Σημειώνεται ότι τα Παραρτήματα I, II, III έχουν αριθμηθεί σαν έξτρα Κεφάλαια 9, 10, και 11 αντίστοιχα.

2

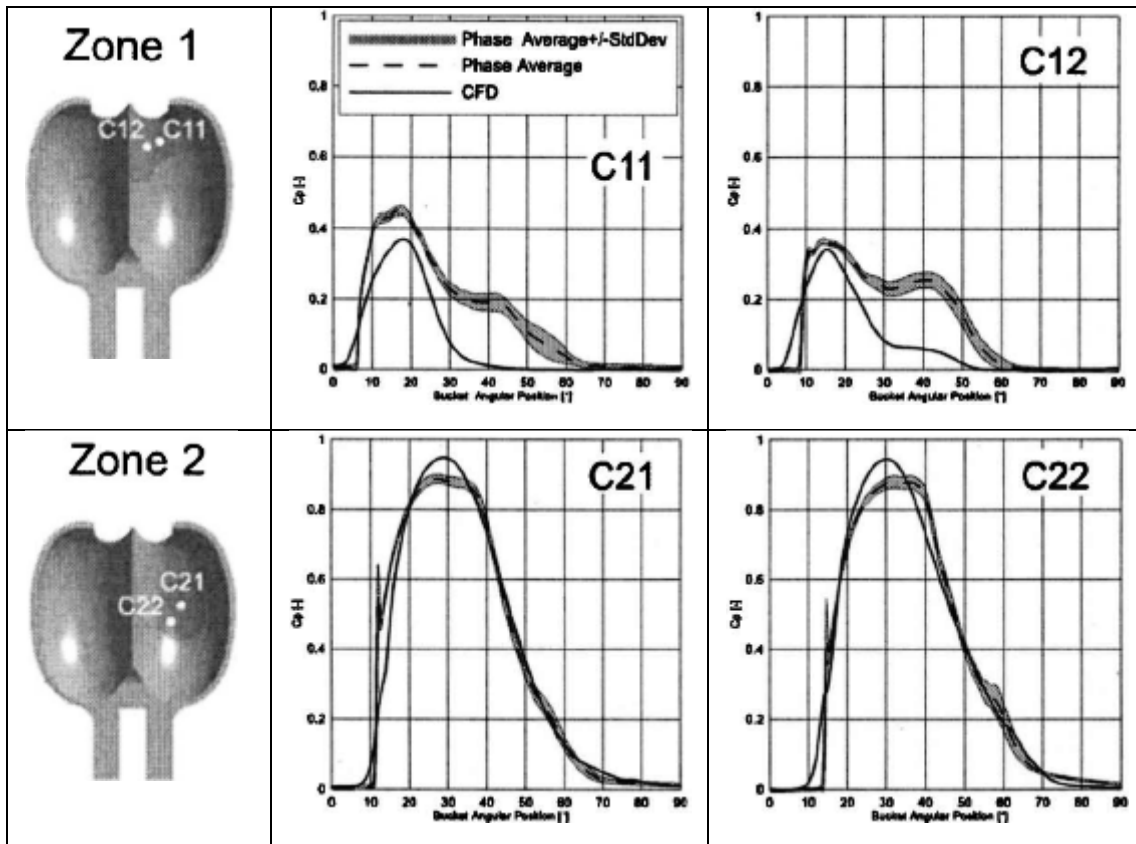
Βιβλιογραφική Διερεύνηση

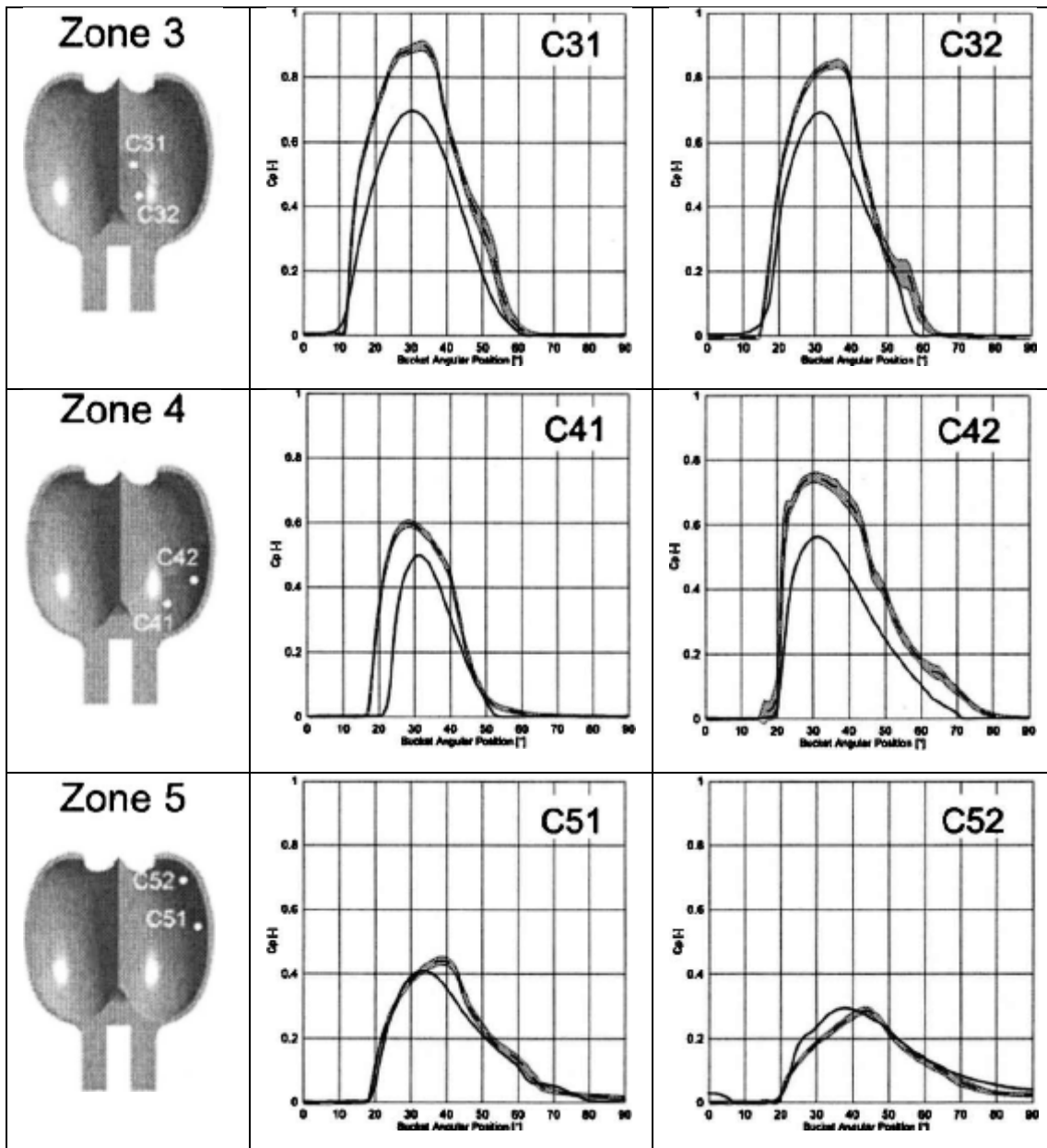
Γενικά αναφέρεται ότι δεν υπάρχουν δημοσιευμένες πολλές εργασίες πειραματικής διερεύνησης υδροστροβίλων Pelton. Όποιες από αυτές υπάρχουν, συνήθως, αναφέρονται στην οπτική αναπαράσταση (και παρακολούθηση) της ροής στο σκαφίδιο, και των πιέσεων (εύρεση του συντελεστή C_p) που αναπτύσσονται στις διάφορες επιφάνειες επαφής. Επίσης, συνήθως υπάρχουν και αποτελέσματα αριθμητικής επίλυσης των προηγούμενων με χρησιμοποίηση διάφορων μεθόδων. Για την παρακολούθηση της απόλυτης ροής χρησιμοποιούνται σταθερές διατάξεις καμερών, ενώ για την σχετική ροή οι διατάξεις είναι πολυπλοκότερες (Ιατρικά Ενδοσκόπια, τοποθετημένα στον δρομέα, σε συνεργασία με υψηλής ταχύτητας κάμερες). Η παρακολούθηση γίνεται για μερικά σημεία λειτουργίας. Για την αναγνώριση αυτών υπάρχουν συνήθως αντίστοιχοι χάρτες (Εικόνα 2.1) με αυτούς που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία στο Κεφάλαιο 6. Για την βελτίωση της ορατότητας στο χώρο που μελετάται, πρέπει να μειωθεί η πρόσκρουση της δέσμης εξόδου με τα τοιχώματα. Το τελευταίο επιτυγχάνεται με απομάκρυνση των τοιχωμάτων από τον δρομέα. Επίσης μειώνεται το διαθέσιμο ύψος του μοντέλου με αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας περιστροφής και των φυγόκεντρων δυνάμεων που ασκούνται στα ενδοσκόπια. Περισσότερες πληροφορίες σχετικές με πειραματικές τεχνικές οπτικής παρακολούθησης της δέσμης, και των συστημάτων που υλοποιούν αυτή την παρακολούθηση παρέχονται στις εργασίες των Perrig, Valle κ.α', 2006 [16] και Perrig, Farsat κ.α', 2007 [18].



Εικόνα 2.1 Χάρτης για την αναγνώριση των σημείων όπου γίνεται η οπτικοποίηση [16]

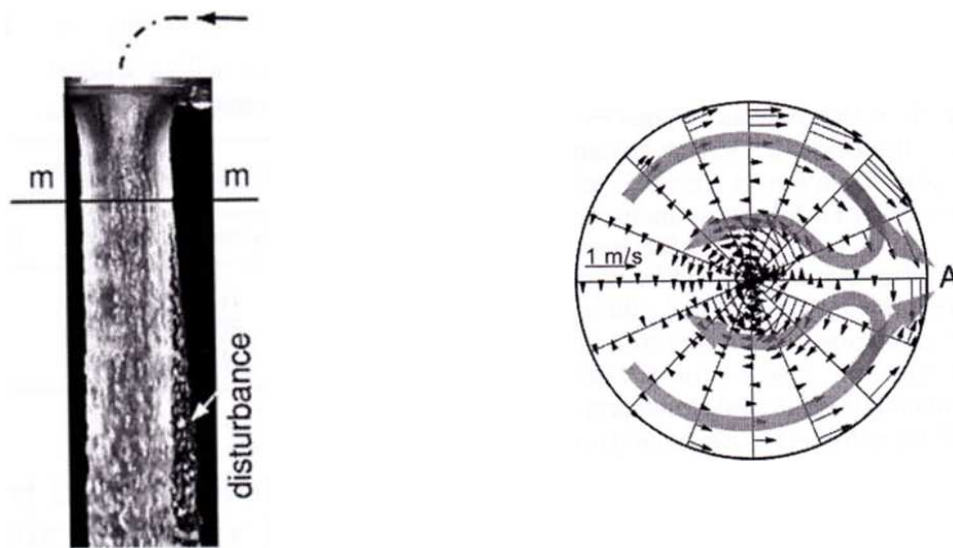
Μια πειραματική και αριθμητική μελέτη της κατανομής της πίεσης που ασκείται στο περιστρεφόμενο σκαφίδιο παρουσιάζεται στην εργασία των Perrig, Avellan κ.α', 2006 [15]. Συνοπτικά, μερικά από τα αποτελέσματα της τελευταίας δείχνονται στην Εικόνα 2.2. Σε αυτή γίνεται μια σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων του συντελεστή πίεσης C_p , ως συνάρτηση της γωνίας του σκαφιδίου σε σχέση με την διεύθυνση της δέσμης, με ικανοποιητική συμφωνία.





Εικόνα 2.2 Σύγκριση πειραματικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων του συντελεστή πίεσης [15]

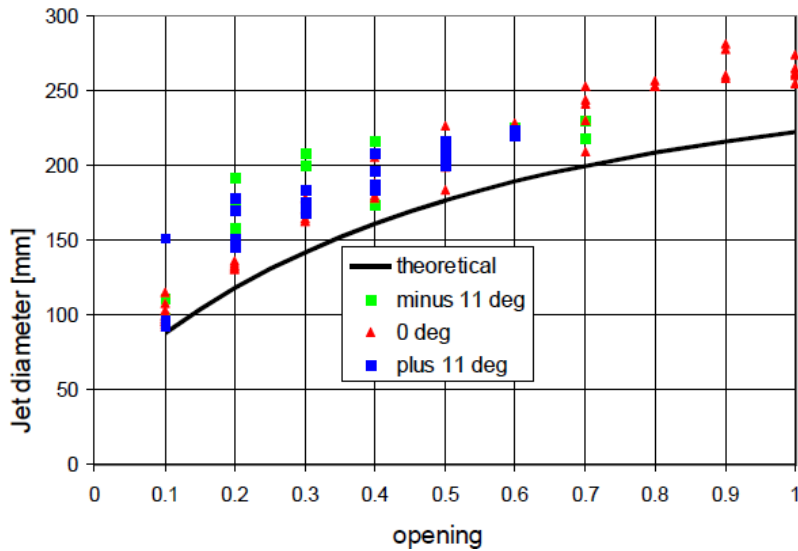
Ενδιαφέρουσες είναι και δύο εργασίες των Zhang και Parkinson, 2002 [24] και Zhang και Casey, 2007 [26], που αναφέρονται στην πειραματική διερεύνηση της δομής της δέσμης υδροστροβίλων Pelton, χρησιμοποιώντας την Ανεμομετρία Laser Doppler (LDA). Η τελευταία είναι μια από τις ακριβέστερες μεθόδους μέτρησης της ταχύτητας ροής. Στις εργασίες αυτές περιγράφονται οι δευτερεύουσες ροές και οι διαταραχές (Εικόνα 2.3), που παρουσιάζονται σε μια μη ιδανική δέσμη, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν σε απόκλιση της τελευταίας από την επιθυμητή διεύθυνση. Οι δομές αυτές παρατηρήθηκαν και σε ορισμένες περιπτώσεις των πειραμάτων της παρούσας εργασίας για πολύ μικρό άνοιγμα της βελόνης, όμως δεν αναλύσαμε περισσότερο το φαινόμενο αυτό.



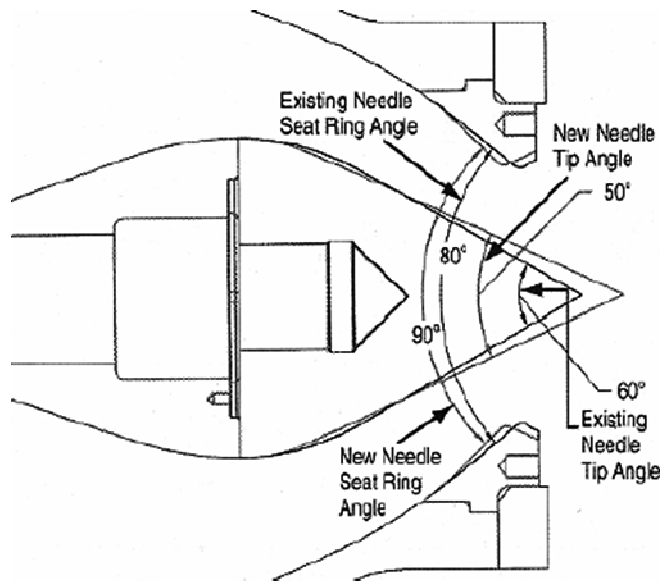
Εικόνα 2.3 Δευτερεύουσα ροή και διαταραχή στην επιφάνεια της δέσμης [24]

Ανάλυση της αλληλεπίδρασης της δέσμης με τα περιστρεφόμενα σκαφίδια περιγράφεται διεξοδικά στην εργασία του Zhan, 2006 [25]. Σε αυτή παρατίθενται χρήσιμες εξισώσεις για τα τρίγωνα ταχυτήτων, για την συναλλασσόμενη ισχύ, για την αποκοπή της δέσμης κατά την περιστροφή των σκαφιδίων, για τον υδραυλικό βαθμό απόδοσης, κ.α'. Πολλές από αυτές τις εξισώσεις (απλοποιημένες) αναφέρονται και στο παρόν κείμενο στο Κεφάλαιο 4.

Οπτική παρατήρηση της επιφάνειας της δέσμης (με τη βοήθεια κάμερας) για διάφορα ανοίγματα του ακροφυσίου και σύγκριση των θεωρητικών διαστάσεων με των πραγματικών αυτής υπάρχουν στην εργασία των Staubli, Hauser, κα', 2004 [20]. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι για όλα τα ανοίγματα οι πραγματικές διαστάσεις της δέσμης είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες θεωρητικές (Εικόνα 2.4). Στην ίδια εργασία προτείνονται και αλλαγές στην μορφή της βελόνης και του στομίου (του δακτυλίου αυτού, Εικόνα 2.5) του ακροφυσίου. Επίσης προτείνεται αύξηση του μεγέθους των σκαφιδίων και της εξωτερικής διαμέτρου του δρομέα στην περίπτωση που δεν μπορεί να επιτευχθεί ακριβής οδήγηση.

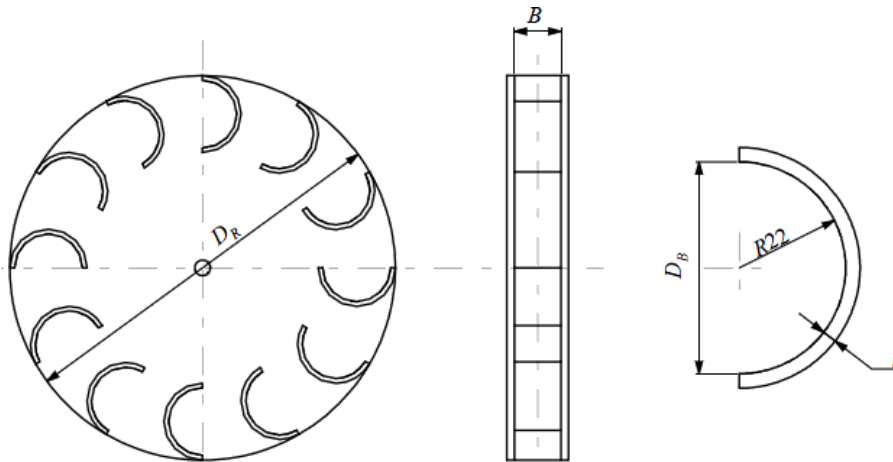


Εικόνα 2.4 Θεωρητική και μετρούμενες διαστάσεις της δέσμης για διάφορα ανοίγματα και θέσεις της κάμερας [20]

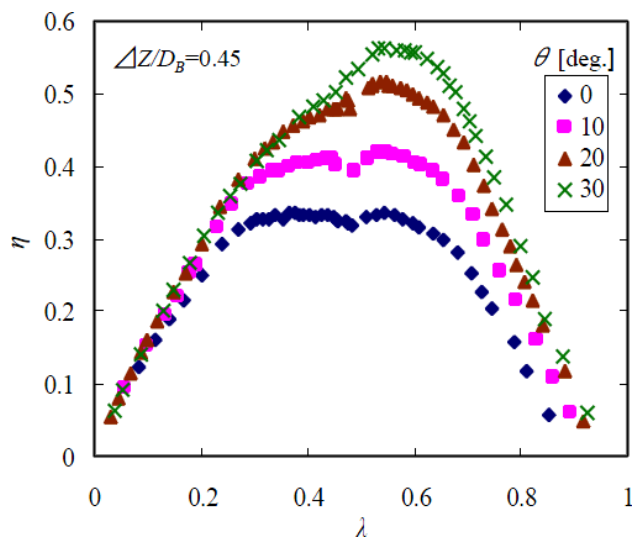


Εικόνα 2.5 Μετατροπές του άκρου της βελόνης και του δακτυλίου επαφής αυτής [20]

Μια πειραματική μελέτη, καλή για την κατανόηση της αλληλεπίδρασης της θέσης του ακροφυσίου με τον βαθμό απόδοσης ενός απλοποιημένου μοντέλου (Εικόνα 2.6) υδροστροβίλου δράσης, βρίσκεται στην εργασία των Nakanishi, ΙΙ0, κα', 2009 [9]. Κάποια από τα αποτελέσματα αυτής δείχνονται στην Εικόνα 2.7. Γενικά αναφέρεται ότι αύξηση της γωνίας θ αυξάνει τον βαθμό απόδοσης.



Εικόνα 2.6 Μοντέλο απλοποιημένου δομέα του Nakanishi [9]



Εικόνα 2.7 Βαθμός απόδοσης απλοποιημένου δομέα μοντέλου υδροστροβίλου δράσης Nakanishi [9]. Όπου $\lambda = U/V$, $V \text{ (m/s)} = Q/A = \text{Ταχύτητα δέσμης}$, $U \text{ (m/s)} = \text{Γραμμική ταχύτητα περιστροφής στην διάμετρο } D_R \text{ (m)}$

Σχετικά με την παραδοσιακή κατασκευή μοντέλων υδροστροβίλων Pelton αναφέρονται στην Διπλωματική εργασία του Τουλκερίδη 1994 [21]. Σε αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά η μελέτη και ο σχεδιασμός του μοντέλου υδροστροβίλου Pelton που κατασκευάστηκε παλαιότερα στο Εργαστήριο Υδροδυναμικών Μηχανών του Ε.Μ.Π, και στο οποίο γίνανε τα πειράματα της παρούσας εργασίας.

Τον Ιούνιο του 2006 δημοσιεύθηκε εργασία των Αναγνωστόπουλου και Παπαντώνη 2006α [2], που περιείχε τα αποτελέσματα πειραματικών μετρήσεων και αριθμητικής επίλυσης του μοντέλου υδροστροβίλου όπου έγιναν και τα πειράματα της συγκεκριμένης διπλωματικής. Τα αποτελέσματα περιέχουν, ένα περιεκτικό διάγραμμα (Φ , η) το οποίο έχει καμπύλες για

διάφορες τιμές της διαμέτρου της δέσμης. Κάποιες από αυτές (τις καμπύλες), συγκεκριμένα οι $0.47R_m$, $0.7R_m$, και $0.99R_m$, χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας (Κεφάλαιο 6).

Επίσης στο εργαστήριο υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα των σημάτων που δίνουν τα μετρητικά όργανα για πειράματα που έγιναν παλαιότερα στο ίδιο μοντέλο υδροστροβίλου για άλλες εργασίες. Κάποια από αυτά επεξεργαστήκανε και δημιουργήθηκαν τα διαγράμματα (Φ, Ψ), (Φ, η), και οι πλήρεις χάρτες. Τα διαγράμματα και οι καμπύλες που παρήχθησαν με αυτά τα δεδομένα τάσεων ονομάζονται στα επόμενα συνήθως με τον δείκτη ή το συνθετικό "old". Τα δεδομένα αυτά έχουν αποκτηθεί κυρίως από τον υποψήφιο διδάκτορα Φώτη Σταματέλο.

3

Το μοντέλο του εργαστηρίου, το σύστημα μέτρησης, και η πειραματική διαδικασία

Παρακάτω δίνονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του μοντέλου υδροστροβίλου του εργαστηρίου στο οποίο γίνανε τα πειράματα. Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες λεπτομέρειες για τα μετρητικά όργανα και τις εξισώσεις βαθμονόμησής τους. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται τα βασικά βήματα της πειραματικής διαδικασίας.

3.1 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του μοντέλου

Το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελείται από δύο ακροφύσια τα οποία τροφοδοτούνται από μια φυγοκεντρική, πολυβάθμια αντλία (Εικόνα 3.7) ισχύος 220kW με τη βοήθεια της οποίας ανακυκλώνεται το εργαζόμενο μέσο (νερό) δια μέσου της 300 m^3 δεξαμενής του εργαστηρίου. Μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος 75kW χρησιμοποιείται ως ηλεκτρική πηγή. Η παροχή η πίεση, η ροπή και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα είναι οι μετρούμενες ποσότητες. Η πρόσοψη αποτελείται από διαφανή επιφάνεια, επιτρέποντας έτσι την παρατήρηση της ροής, και στην έξοδο της από τον δρομέα.



Εικόνα 3.1 Μοντέλο υδροστροβίλου Pelton του εργαστηρίου

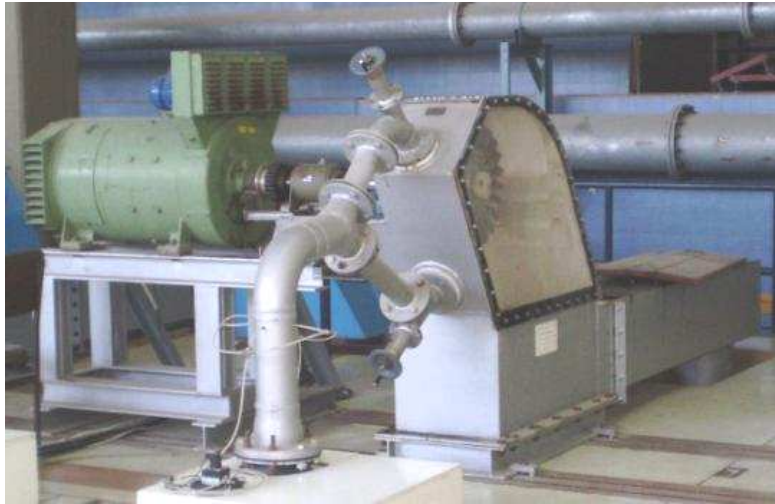
Σχετικά με την μετατόπιση της βελόνης των ακροφυσίων ισχύουν τα εξής :

- Μια περιστροφή του χειριστηρίου του μηχανισμού προώθησης της βελόνης, μετατοπίζει αυτή 2mm.
- Επάνω ακροφύσιο: μέγιστος αριθμός περιστροφών = 20. Μέγιστη διαδρομή = $20 \times 2 = 40\text{mm}$
- Κατώτερο: μέγιστος αριθμός = 18. Μέγιστη διαδρομή = 36mm

Σημείωση: Στα επόμενα η μια περιστροφή του χειριστηρίου του μηχανισμού προώθησης συνήθως συμβολίζεται με *turns1*, οι δύο με *turns2*, και ούτω καθεξής.

Επίσης θα ισχύουν τα εξής: $\text{turns1} = 5.5\%$ του συνολικού, $\text{turns2} = 11.1\%$, $\text{turns3} = 16.7\%$, κλπ.

Στην Εικόνα 3.2 φαίνεται η πλάγια όψη του μοντέλου, επιτρέποντας την παρατήρηση της σύνδεσης της ατράκτου του δρομέα του μοντέλου με αυτή της πέδης. Επίσης φαίνονται οι τρεις, της πίεσης της ροπής και της ταχύτητας περιστροφής, από τους συνολικά τέσσερις τον αριθμό μεταλλάκτες. Μια εκτενέστερη περιγραφή γίνεται στην Παράγραφο 3.3.



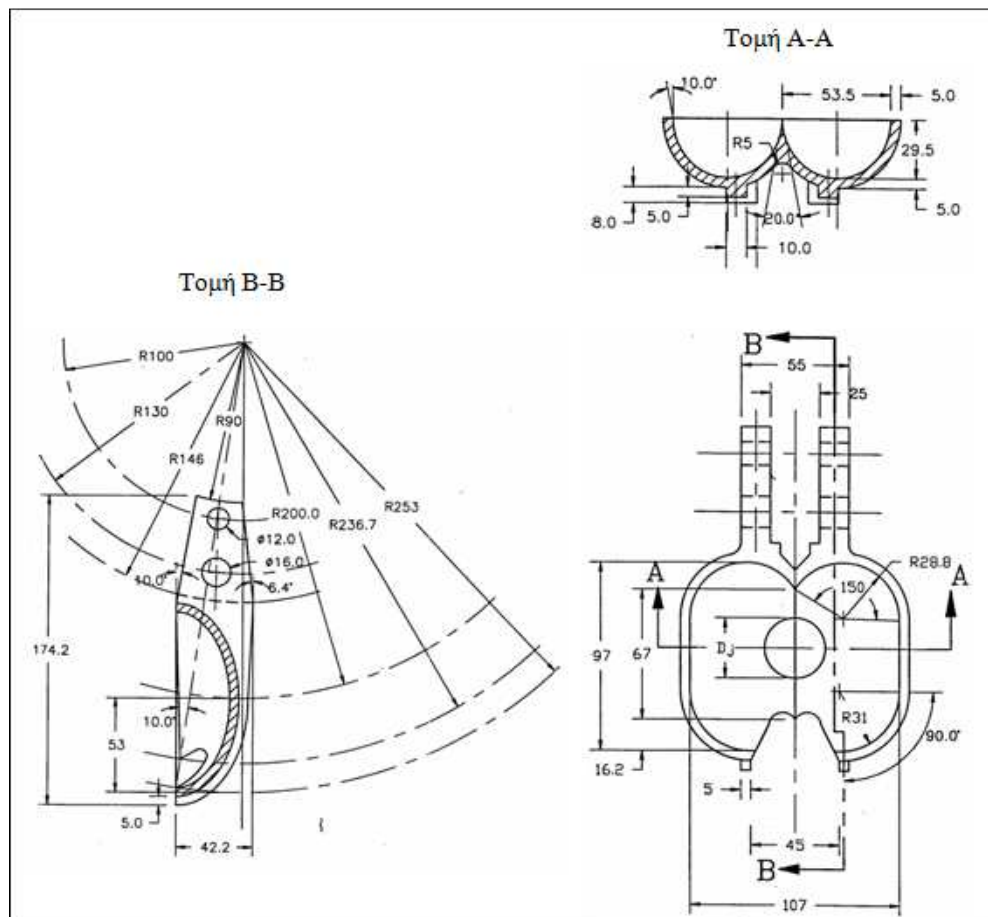
Εικόνα 3.2 Πλάγια Όψη. Πέδη και μοντέλο Pelton

Πίνακας 3.1 Λειτουργικά χαρακτηριστικά του μοντέλου του Pelton

Κανονική Παροχή (Flow Rate)	270,6 m ³ /h
Κανονικό Υδραυλικό Ύψος (Net Head)	129,6 m
Κανονική Ταχύτητα Περιστροφής (Rotation speed)	1150 rpm
Μηχανική ισχύς (Mech. Power)	~80 KW
Διάμετρος δρομέα (Rotor diameter)	400 mm
Διάμετρος δέσμης (Jet diameter)	31 mm
Αριθμός σκαφιδίων (Number of buckets)	22
Ακροφύσια (Operating nozzles)	1 / 2

3.2 Περισσότερες κατασκευαστικές λεπτομέρειες και διαστάσεις των σκαφιδίων

Τα 22 σκαφίδια είναι κατασκευασμένα από χυτοσίδηρο τα οποία είναι στερεωμένα στη βάση του δρομέα υπό γωνία 10° από την ακτινική κατεύθυνση, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Περισσότερες κατασκευαστικές λεπτομέρειες των σκαφιδίων

Τα παραπάνω δίνονται για να μπορούν να συγκριθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων με άλλους γεωμετρικά όμοιους υδροστροβίλους.

Επαναλαμβάνεται ότι το συγκεκριμένο μοντέλο δημιουργήθηκε εξολοκλήρου στο εργαστήριο στα πλαίσια παλαιότερων εργασιών. Περαιτέρω ανάπτυξη θεμάτων σχετικών με την κατασκευή του μοντέλου υπάρχουν στην Διπλωματική εργασία του Τουλκερίδη [21].

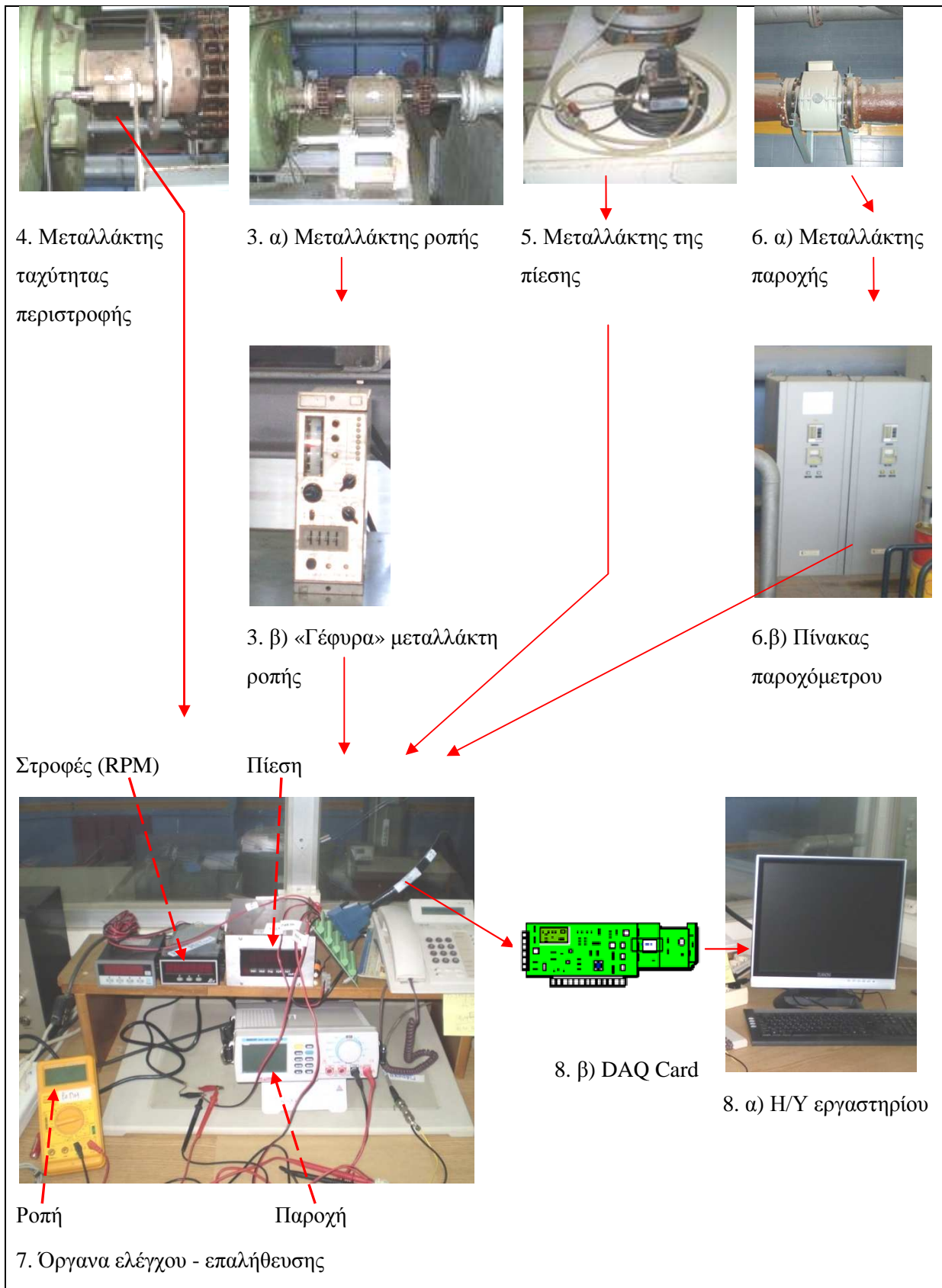
3.3 Το Μετρητικό Σύστημα

Στην συγκεκριμένη διπλωματική το μετρητικό σύστημα ήταν ήδη εγκατεστημένο, ρυθμισμένο - βαθμονομημένο, και χρησιμοποιούνταν για διάφορα πειράματα. Σε κάποιες περιπτώσεις χρειάστηκαν κάποιες ρυθμίσεις οι οποίες γίνανε σε συνεργασία με το προσωπικό του εργαστηρίου. Στη συνέχεια αναφέρονται σύντομα κάποια βασικά χαρακτηριστικά του.

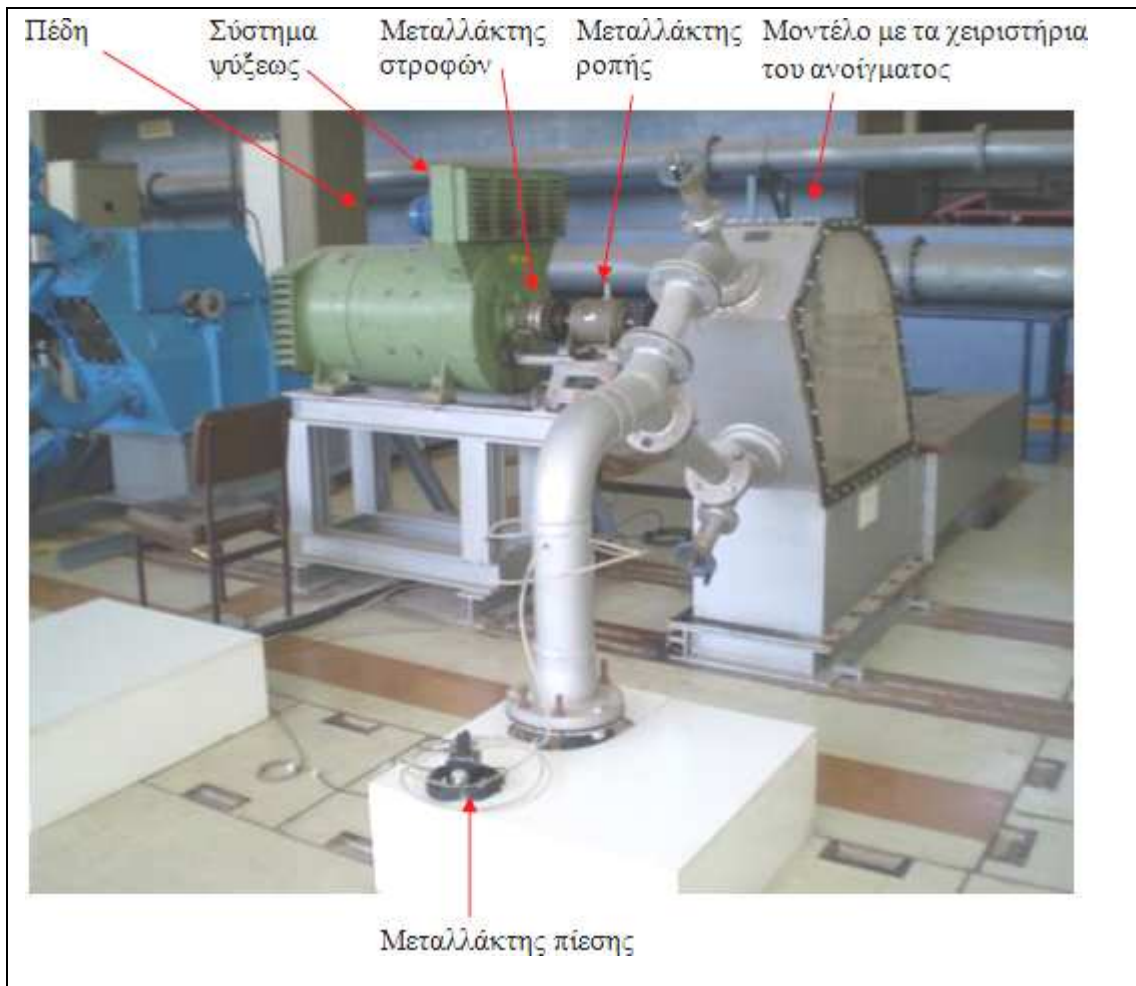
Τα βασικά μέρη (αυτά φαίνονται, κυρίως, στις δύο επόμενες Εικόνες 3.4 και 3.5) της πειραματικής εγκατάστασης και του μετρητικού συστήματος, είναι τα εξής:

1. Υδροστρόβιλος με τον ατέρμονα ρυθμίσεως του ανοίγματος των ακροφυσίων,
2. Πέδη - γεννήτρια,
3. α) Ροπόμετρο, β) «γέφυρα- μικροϋπολογιστής» του ροπόμετρου
4. Στροφόμετρο
5. Μεταλλάκτης της πίεσης
6. α) Παροχόμετρο, β) Πίνακες ελέγχου του πρώτου
7. Ενδεικτικά όργανα επαλήθευσης
8. α) Ηλεκτρονικός υπολογιστής, β) αναλογοψηφιακή κάρτα (DAQ Card)
9. Αντλία με τον ηλεκτροκινητήρα της
10. Δεξαμενή νερού
11. Αίθουσα ελέγχου.

Στην επόμενη Εικόνα 3.4 φαίνονται όλα τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση των σημάτων και την, σε πρώτο στάδιο, επεξεργασία τους. Από αυτά τα όργανα όσα χρησιμοποιούν την ένταση του ρεύματος των σημάτων (όπως το ενδεικτικό της πίεσης) είναι συνδεδεμένα σε σειρά, ενώ όσα χρησιμοποιούν την τάση σαν μετρούμενο μέγεθος είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Ακόμη τα κόκκινα συνεχή βέλη δείχνουν τη ροή των σημάτων από τους μεταλλάκτες έως τον Η/Υ.



Εικόνα 3.4 Η Βασική "Ροή" των Εξερχόμενων, από τους Μεταλλάκτες, Σημάτων



Εικόνα 3.5 Μοντέλο του υδροστροβίλου του εργαστηρίου και παρελκόμενα αυτού

Στην Εικόνα 3.5 δείχνονται τα σημεία μέτρησης των μεγεθών της πίεσης, ταχύτητας περιστροφής της αράκτου του υδροστροβίλου, και της ροπής. Το σημείο μέτρησης της παροχής δεν φαίνεται σε αυτή την εικόνα (Αυτό δείχνεται στην Παράγραφο 3.5).

Σημείο Μέτρησης της Στατικής Πίεσης P, και υψομετρική διαφορά του μεταλλάκτη αυτής και των οπών.



Εικόνα 3.6 Πρόοψη του μοντέλου και σημείο μέτρησης της πίεσης. Στο βάθος, αριστερά και πάνω φαίνεται η αίθουσα ελέγχου (11)

Στην Εικόνα 3.6 δείχνεται μια γενικότερη όψη από όπου διακρίνονται το σημείο μέτρησης της στατικής πίεσης, και στο βάθος η αίθουσα ελέγχου. Στην τελευταία βρίσκονται τα ενδεικτικά όργανα των μετρήσεων και ο Η/Υ, με τη βοήθεια του οποίου γίνεται η απόκτηση των δεδομένων.



Εικόνα 3.7 Πολυβάθμια φυγοκεντρική αντλία. Στο κέντρο φαίνεται το μηχανικό μανόμετρο ένδειξης της πίεσης της αντλίας, δεξιά οι πίνακες ελέγχου του συστήματος του μέτρησης της παροχής και οι ενδεικτικές λυχνίες αλλαγής της περιοχής λειτουργίας του.

Η χρήση της αντλίας (Εικόνα 3.7) είναι να δημιουργεί «τεχνητό» υδραυλικό ύψος που χρειάζεται ο υδροστρόβιλος για να λειτουργήσει.

3.3.1 Μέτρηση της στατικής πίεσης P

Το σύστημα μέτρησης της στατικής πίεσης P, στη θέση λίγο πριν τα ακροφύσια (Εικόνα 3.6), περιλαμβάνει τον διαφορικό μεταλλάκτη πίεσης (differential pressure transducer) της κατασκευάστριας εταιρίας Ellison μοντέλο PR3200 ο οποίος είναι συνδεδεμένος εν σειρά με ένα ψηφιακό όργανο ρύθμισης και ένδειξης (Εικόνα 3.9) και αυτό είναι συνδεδεμένο με την κάρτα αναλογοψηφιακής μετατροπής.



Εικόνα 3.8 Διαφορικός Μεταλλάκτης Πίεσης PR3200



Εικόνα 3.9 Ενδεικτικό Ψηφιακό Όργανο της πίεσης

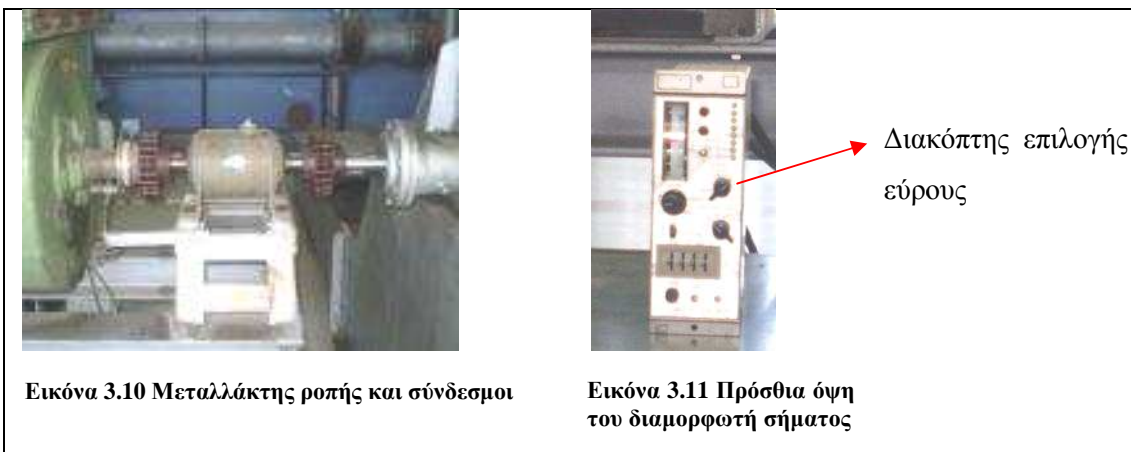
Ο Διαφορικός Μεταλλάκτης Πίεσης είναι το όργανο εκείνο (Εικόνα 3.8) το οποίο μετατρέπει την διαφορά των στατικών πιέσεων ΔP μεταξύ δύο σημείων σε ηλεκτρικό μέγεθος και συγκεκριμένα σε τάση V. Η αρχή λειτουργίας του στηρίζεται στο φαινόμενο της μεταβολής του δυναμικού στα άκρα μιας αντίστασης γέφυρας Wheatstone, κατά την παραμόρφωση της αντίστασης αυτής από κάποια εφαρμοζόμενη δύναμη (διαφορά πίεσης). Η σχέση εισόδου (ΔP) εξόδου (Volt) του οργάνου είναι γραμμική η δε σταθερά της δίνεται από τον κατασκευαστή. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μεταλλάκτη που χρησιμοποιήθηκε κατά την δοκιμή του υδροστροβίλου δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 3.2 Χαρακτηριστικά του μεταλλάκτη πίεσης

“ellison sensors international”	
model :	PR3200
output :	4-20mA
Range :	0-20bar

3.3.2 Μέτρηση της ροπής (Torque)

Η στρεπτική ροπή στην άτρακτο του υδροστροβίλου μετράται με ένα ροτόμετρο ελαστικής παραμόρφωσης (μεταλλάκτης ροπής), που προσαρμόζεται μεταξύ κινητήριας ατράκτου του υδροστροβίλου και της ατράκτου της πέδης-γεννήτριας. Η σύνδεση του ροτομέτρου με την άτρακτο της πέδης επιτυγχάνεται με την χρήση δύο ομοίων συνδέσμων (κόπλερς) όπως φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 3.10.



Εικόνα 3.10 Μεταλλάκτης ροπής και σύνδεσμοι

Εικόνα 3.11 Πρόσθια όψη του διαμορφωτή σήματος

Το όλο σύστημα μέτρησης της ροπής περιλαμβάνει και διαμορφωτή σήματος (Εικόνα 3.11), που συνδέεται με τον μεταλλάκτη της ροπής.

3.3.2.1 Μεταλλάκτης ροπής (Torque Transducer).

Αποτελείται από ένα τμήμα περιστρεφόμενης ατράκτου στην οποία έχουν επικολληθεί 4 αντιστάσεις παραμόρφωσης (μηκυνσιόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης). Οι 4 αντιστάσεις είναι τοποθετημένες στην επιφάνεια του άξονα υπό γωνία 45 ως προς τον περιστρεφόμενο άξονα και έχουν συνδεθεί έτσι ώστε να δημιουργούν ένα κύκλωμα γέφυρας Wheatstone. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η αμελητέα επίδραση, στη μέτρηση της ροπής, πιθανών καμπτικών και αξονικών φορτίων που εμφανίζονται κατά την λειτουργία του συστήματος. Η γέφυρα των αντιστάσεων παραμόρφωσης συνδέεται με τους δακτυλίους ολίσθησης κράματος αργύρου μέσω συλλέκτη από βούρτσες καρβιδίου του αργύρου για ελάχιστη αντίσταση επαφής. Οι δακτύλιοι ολίσθησης και οι μη περιστρεφόμενες βούρτσες παρέχουν τη διέγερση στη γέφυρα των αντιστάσεων παραμόρφωσης και την οδήγηση της εξόδου της γέφυρας σε εξωτερική συσκευή ανάγνωσης.

Η περιστρεφόμενη άτρακτος, κατά την λειτουργία του υδροστροβίλου, φορτίζεται σε στρέψη και το τμήμα του όπου έχουν επικολληθεί οι 4 αντιστάσεις παραμόρφωσης, υπόκειται σε στρεπτική παραμόρφωση ανάλογη του στρεπτικού φορτίου που ασκείται. Η στρεπτική παραμόρφωση προκαλεί αντίστοιχα μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης των 4 αντιστάσεων με αποτέλεσμα να δημιουργείται ανάλογη μεταβολή στην έξοδο της γέφυρας. Ο μεταλλάκτης που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται εγκατεστημένος στην Εικόνα 3.10. Τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον Πίνακα 3.3 που ακολουθεί.

Πίνακας 3.3 Χαρακτηριστικά του μεταλλάκτη ροπής

Κατασκευαστής	KYOWA
Τύπος	TP-50KMA
Αντίσταση Γέφυρας	Είσοδος 348,8Ω Έξοδος 350Ω
Ευαισθησία	1,5mV/V(Τάση εξόδου ανά Volt τάσης διέγερσης γέφυρας)
Μέγιστη Τάση Γέφυρας	15V AC ή DC
Φορτίο	52kgf*m
Υπερφόρτωση	20% του ονομαστικού φορτίου
Σταθερά αναλογίας	0,01667kgf*m/1,0*10 ⁻⁶ strain
Υστέρηση και Nonlinearity	0,03% R.O

3.3.2.2 Διαμορφωτής σήματος (Signal Conditioner).

Πρόκειται για μία συσκευή ενίσχυσης δυναμικής παραμόρφωσης (dynamic strain amplifier). Αυτή διαθέτει κυκλώματα ενίσχυσης και κυκλώματα φίλτρου και παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.11. Πριν την λειτουργία της συσκευής ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα εξής:

- Συνθήκες λειτουργίας: Η θερμοκρασιακή περιοχή λειτουργίας του διαμορφωτή είναι -10 έως 50°C. Η υγρασία περιβάλλοντος πρέπει να περιορίζεται στο 85%. Η σκόνη επιδρά αρνητικά στα κυκλώματα του διαμορφωτή. Κατά τη λειτουργία θα πρέπει ο διαμορφωτής να στηρίζεται σταθερά, χωρίς εξωτερικούς κραδασμούς οι οποίοι επιφέρουν αλλοίωση των μετρήσεων. Τέλος ο διαμορφωτής πρέπει να είναι γειωμένος.

- Κατά το άνοιγμα του διακόπτη τροφοδοσίας ο διακόπτης επιλογής εύρους (Range) πρέπει να βρίσκεται στην θέση [OFF], ώστε η συνδεδεμένη, στην έξοδο του διαμορφωτή, συσκευή να μην δεχθεί υπερβολικά μεγάλο σήμα.
- Η προθέρμανση του διαμορφωτή πρέπει να διαρκέσει τουλάχιστον 10min έτσι ώστε να εξασφαλιστεί σταθερή λειτουργία της συσκευής και κατά συνέπεια η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων.

3.3.3 Μέτρηση παροχής (Flow Rate)

Υπάρχουν δυο μεγάλες κατηγορίες μεθόδων για τη μέτρηση της παροχής, οι βασικές μέθοδοι και οι δευτερεύουσες μέθοδοι. Στις μεν πρώτες, για την εύρεση της παροχής μετριοούνται θεμελιώδη μεγέθη όπως η μάζα και χρόνος. Τέτοιες μέθοδοι είναι η ογκομετρική μέθοδος, η μέθοδος βάρους και η μέθοδος κινητής οθόνης.

Πρόκειται περί μεθόδων μεγάλης ακρίβειας που εμφανίζουν όμως άλλα μειονεκτήματα όπως μεγάλη χρονική διάρκεια της μέτρησης, δύσκολη μετακίνηση των μετρητικών οργάνων, καθιστώντας τις δευτερεύουσες μεθόδους πιο προσιτές και εύχρηστες στην περίπτωση εργαστηριακών δοκίμων.

3.3.3.1 Δευτερεύουσες Μέθοδοι

Σε αυτές αυτό που μετριέται είναι ένα μέγεθος (όχι θεμελιώδες) και με δεδομένη την σχέση του μεγέθους αυτού με την παροχή εκτιμάται η δεύτερη. Λόγω του ότι απαιτείται μεγάλη ακρίβεια είναι απαραίτητο να πραγματοποιείται βαθμονόμηση της μετρητικής συσκευής με κάποια από τις βασικές μεθόδους. Ως δευτερεύουσες μέθοδοι επιγραμματικά αναφέρονται οι εξής: μέθοδος μέτρησης της ταχύτητας του ρευστού με σωλήνα Pitot, μέθοδος μέτρησης διαφορικής πίεσης, μέθοδοι που χρησιμοποιούν διαφόρων τύπων παροχόμετρα (ηλεκτρομαγνητικά, ακουστικά, με πτερωτή).

3.3.3.2 Περιγραφή της διάταξης μέτρησης παροχής

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών του μοντέλου υδροστροβίλου Pelton η μετρητική διάταξη της παροχής που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένα ηλεκτρομαγνητικό παροχόμετρο (Εικόνα 3.12 δεξιά) ονομαστικής διαμέτρου $D=400\text{mm}$, σε συνδυασμό με τον μετατροπέα (Εικόνα 3.12 αριστερά) “Veriflux Series 2-2 Model VCC- TWO RANGE”. Η κατασκευάστρια εταιρεία του οργάνου είναι η “Kent Process Control Limited”. Πρόκειται για ένα παροχόμετρο με δύο

κλίμακες μέτρησης, μία για χαμηλή παροχή από 0-95m³/h και μία για υψηλή παροχή από 95-(δεν υπάρχουν δεδομένα)m³/h ενώ το σήμα εξόδου είναι συνεχές ρεύμα έντασης 4mA-20mA.



Εικόνα 3.12 Μετατροπέας (αριστερά) και μεταλλάκτης της παροχής (δεξιά)

Στον μετατροπέα είναι εγκατεστημένο το κύκλωμα μετατροπής σε συνεχές ρεύμα του ηλεκτρομαγνητικού σήματος, που παράγεται στον μεταλλάκτη της παροχής. Στην πρόσοψη του μετατροπέα βρίσκεται το αμπερόμετρο, οι διακόπτες λειτουργίας ON-OFF, οι ενδεικτικές λυχνίες μετάβασης από την μία κλίμακα μέτρησης στην άλλη.


3.3.3.3 Η λειτουργία της όλης διάταξης μέτρησης της παροχής

Το παροχόμετρο στέλνει ένα σήμα εναλλασσόμενης τάσης V, η οποία δημιουργείται από την ροή του νερού διαμέσου του, και ένα σήμα εναλλασσόμενης έντασης I στον μετατροπέα. Ο μετατροπέας δέχεται το σήμα τάσης V και το σήμα έντασης I και μετατρέπει το λόγο τους σε σήμα εξόδου συνεχούς ρεύματος, το οποίο είναι ακριβώς ανάλογο με τη μέση ταχύτητα της ροής στην διατομή ονομαστικής διαμέτρου D=400mm. Ένας πολλαπλασιαστής μόνιμης κατάστασης είναι συνδεδεμένος εν σειρά με το σήμα εξόδου συνεχούς ρεύματος και δίνει ένα εναλλασσόμενο σήμα ανάδρασης το οποίο είναι ακριβώς ανάλογο με το γινόμενο του σήματος εναλλασσόμενης έντασης I (που στέλνει το παροχόμετρο) επί το σήμα εξόδου του συνεχούς ρεύματος. Αυτό που επιτυγχάνεται είναι το ότι το σύστημα είναι κλειστού βρόχου και έτσι παραμένει απρόσβλητο στις μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας ή της συχνότητας. Η επιλογή της κλίμακας μέτρησης γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια ενός ρελέ. Το σύστημα ξεκινά τη μέτρηση στην χαμηλή κλίμακα και καθώς αυξάνει η παροχή (μεγαλύτερη των 95m³/hr) μεταβαίνει στην υψηλή κλίμακα. Το τελικό σήμα εξόδου του μετατροπέα λαμβάνεται από το πίσω μέρος του και, με χρήση κατάλληλου καλωδίου, μεταφέρεται στην συσκευή αναλογιοψηφιακής μετατροπής.

Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ο μετατροπέας του παροχομέτρου έπρεπε να προθερμαίνεται τουλάχιστον για 30 λεπτά.

3.3.4 Μέτρηση της ταχύτητας περιστροφής (RPM)

Η ταχύτητα περιστροφής μετράτε μέσω ηλεκτρονικού συστήματος μέτρησης παλμών. Στην άτρακτο του δρομέα του Pelton είναι στερεωμένος ένας δίσκος που φέρει πάνω του σιδηρομαγνητικό υλικό (12 μικρούς κοχλίες, Εικόνα 3.13). Ο μεταλλάκτης είναι στερεωμένος σε σταθερή βάση. Κατά την περιστροφή του δίσκου οι κοχλίες πλησιάζουν στην περιοχή εντοπισμού και ο μεταλλάκτης στέλνει τόσους παλμούς όσοι και οι προηγούμενοι κοχλίες για μια περιστροφή. Στη συνέχεια οι παλμοί εισέρχονται σε ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει αυτούς σε σταθερή (αν η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή) τάση. Τέλος η τάση αυτή εισέρχεται στην αναλογοψηφιακή κάρτα. Με κατάλληλη εξίσωση βαθμονόμησης (επόμενη παράγραφος 3.4) η τάση μετατρέπεται σε ένδειξη ταχύτητας περιστροφής.

 <p>Κεφαλές Μικρών Κοχλίων</p> <p>Σταθερή βάση</p>	Efector	-
	Μοντέλο	43005-ANKG
	Περιοχή Λειτουργίας	-
	U	10-55V DC
	Ρεύμα Τροφοδοσίας	250 mA

Εικόνα 3.13 Μεταλλάκτης της ταχύτητας περιστροφής, δίσκος μεταφοράς του σιδηρομαγνητικού υλικού, και χαρακτηριστικά του μεταλλάκτη

3.4 Εξισώσεις μετατροπής τάσεων-ενδείξεων-σημάτων μετρητικών οργάνων σε φυσικά μεγέθη (Εξισώσεις βαθμονομήσεως, *Scale-Calibration equations*)

Με χρήση των παρακάτω εξισώσεων μπορούν να μετατραπούν τα σήματα του μετρητικού συστήματος στα μεγέθη πίεσης, ταχύτητας περιστροφής του δρομέα του μοντέλου, διακινούμενης παροχής, και ροπής της ατράκτου του υδροστροβίλου.

➤ Πίεση P:

$$P \text{ [mΣΥ]} = 2 \cdot 10,1937 \cdot (V_Pressure) - 0,6$$

όπου: (V_Pressure) η ένδειξη της πίεσης.

Ο όρος 0.6 είναι η υψομετρική διαφορά του μεταλλάκτη της πίεσης από τις οπές μέτρησης της τελευταίας (Εικόνα 3.6)

➤ Στροφές Pelton:

$$RPM = 180,14 \cdot (V_{RPM}) - 0,2976$$

όπου V_{RPM} , η ένδειξη του στροφόμετρου της ατράκτου του Pelton

➤ Παροχή, Q:

Το χρησιμοποιηθέν παροχόμετρο είχε δυο περιοχές λειτουργίας (όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην Παράγραφο 3.3.3), μια χαμηλών παροχών (Low Range Flow) και μια υψηλών παροχών (High Range Flow)

Low Range:

$$Flow \left[\frac{m^3}{h} \right] = 25,054 \cdot V_{Flow}(Volts) - 23,59$$

High Range:

$$Flow \left[\frac{m^3}{h} \right] = 111,48 \cdot V_{Flow}(Volts) - 107,05$$

- Κινητήρια ροπή που αναπτύσσεται στην άτρακτο του υδροστροβίλου:

$$Torque[kpm] = 11,518 \cdot V_{Torque}(Volts) - 0,0824$$

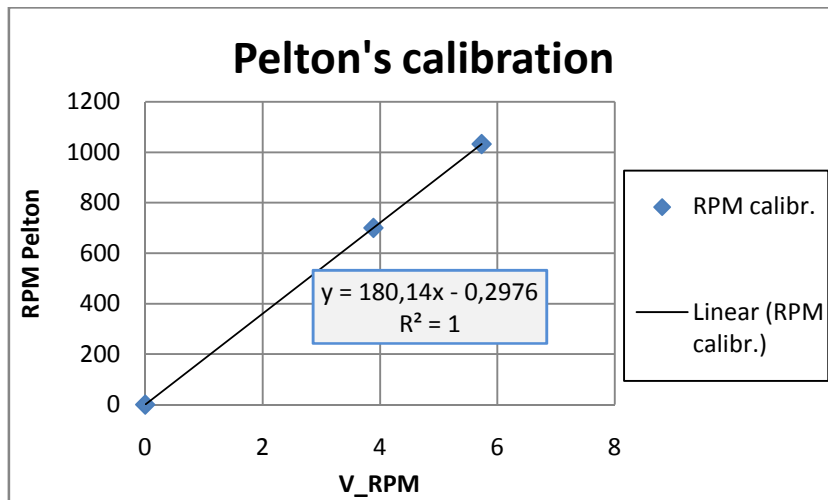
Οι εξισώσεις βαθμονόμησης δημιουργήθηκαν σε προηγούμενες εργασίες (επιπλέον στοιχεία για αυτές δεν υπάρχουν), στο συγκεκριμένο μετρητικό σύστημα, παράλληλα και με άλλα πειράματα που χρησιμοποιούσαν τα ίδια όργανα.

Η μόνη που ελέγχθηκε ήταν αυτή των στροφών της ατράκτου του υδροστροβίλου. Για τον έλεγχο αποκτήθηκαν τα παρακάτω (Πίνακας 3.4) τρία σημεία (γνωρίζοντας ότι η εξίσωση της βαθμονόμησης είναι ~ ευθεία), τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση της εξίσωσης της ευθείας της μετατροπής της τάσης [V_RPM (volts)] του συστήματος του στροφόμετρο σε στροφές ανά λεπτό (RPM).

Πίνακας 3.4 Σήματα και φυσικά μεγέθη της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα του υδροστροβίλου

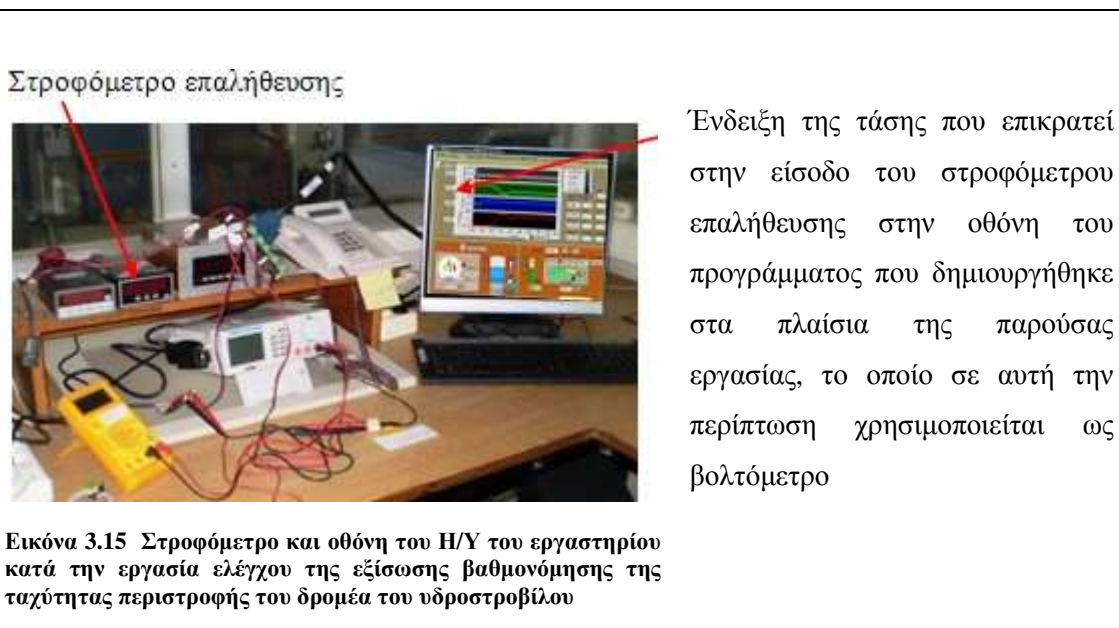
V_RPM	RPM
3,8876	700
5,7303	1032
0,0016	0

Η 1^η στήλη διαβάζοταν από την ένδειξη της τάσης που εμφανιζόταν στο αντίστοιχο ενδεικτικό του προγράμματος που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Η 2^η στήλη από το στροφόμετρο επαλήθευσης, Εικόνα 3.15, το οποίο ήταν βαθμονομημένο.



Εικόνα 3.14 Καμπύλη (γραμμική τάσης), και εξίσωση, βαθμονόμησης της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα του υδροστρόβιλου

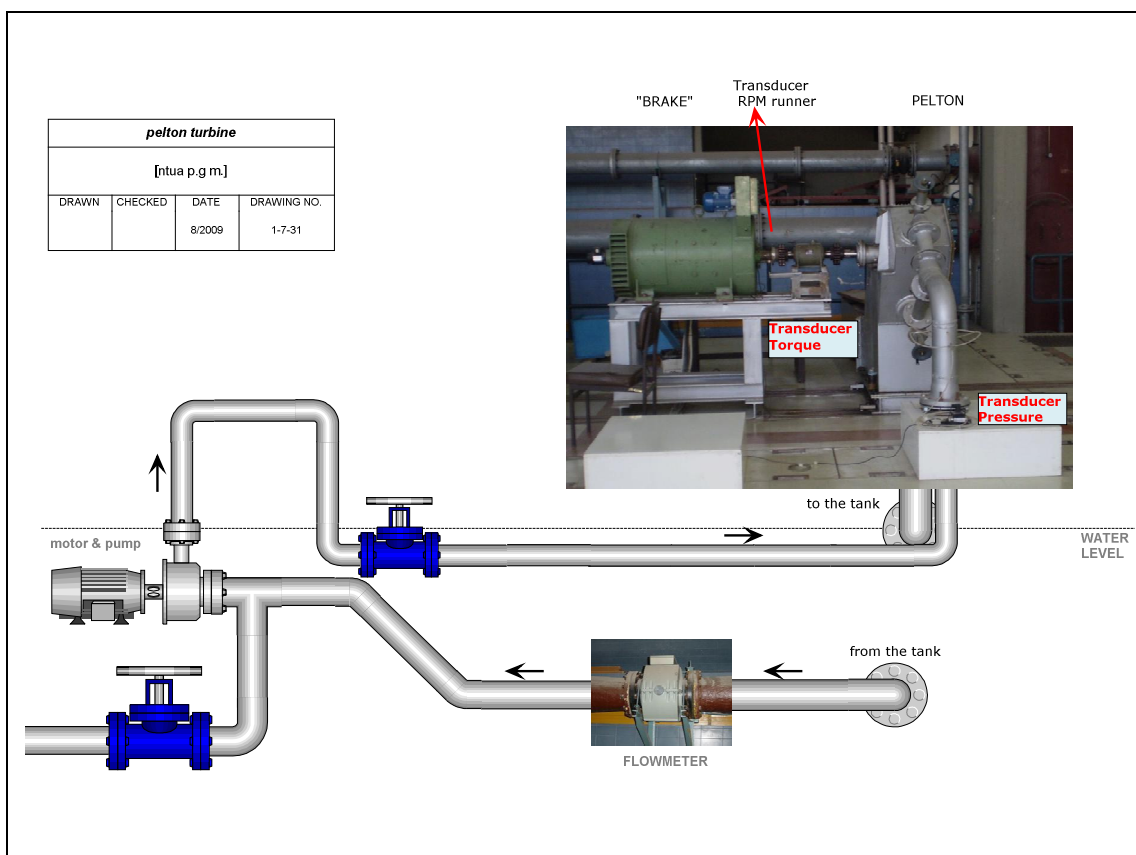
Σημείωση: Γραμμική τάσης ονομάζεται η καμπύλη προσέγγισης που υπολογίζει το πρόγραμμα EXCEL, που δημιουργήθηκε για να κάνει αυτή την εργασία.



Στον παραπάνω έλεγχο, της εξίσωσης της ταχύτητας περιστροφής του Pelton, ο Η/Υ χρησιμοποιήθηκε ως βολτόμετρο, και το στροφόμετρο επαλήθευσης ως πρότυπο όργανο μέτρησης της ταχύτητας περιστροφής της ατράκτου του δρομέα του υδροστρόβιλου. Επίσης τα δυο παραπάνω όργανα, Εικόνα 3.15, είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Αναμενόμενο αφού μετράνε τάση.

3.5 Το κύκλωμα του υγρού της πειραματικής διάταξης και η χωροθέτηση των μεταλλακτών

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται, ποιοτικά, τα σημεία όπου είναι τοποθετημένοι οι τέσσερις μεταλλάκτες των: πίεσης λίγο πριν τα ακροφύσια, ταχύτητας περιστροφής του δρομέα, διακινούμενης παροχής, και ροπής. Επίσης φαίνονται, ποιοτικά και οι συνδέσεις των σωληνώσεων κυκλοφορίας του υγρού. Έχει παραληφθεί η δεξαμενή.



Εικόνα 3.16 Το κύκλωμα των σωληνώσεων και η χωροθέτηση των μεταλλακτών της πειραματικής διάταξης

3.6 Διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων

Χρησιμοποιήθηκαν δύο βασικοί τρόποι για την εργαστηριακή μελέτη (χάραξη διαγραμμάτων αδιάστατων παραμέτρων) του μοντέλου υδροστροβίλου του εργαστηρίου. Ο ένας μεταβάλλοντας το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος του υδροστροβίλου, κρατώντας σταθερή

την ταχύτητα περιστροφής αυτού και ο άλλος κάνοντας τα αντίθετα από τον πρώτο, δηλαδή μεταβάλλοντας την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του μοντέλου υπό σταθερή την διαθέσιμη υδραυλική πτώση.

3.6.1 Πειράματα Σταθερών Στροφών Υδροστροβίλου (Μεταβλητές στροφές της αντλίας - μεταβλητό διαθέσιμο υδραυλικό ύψος)

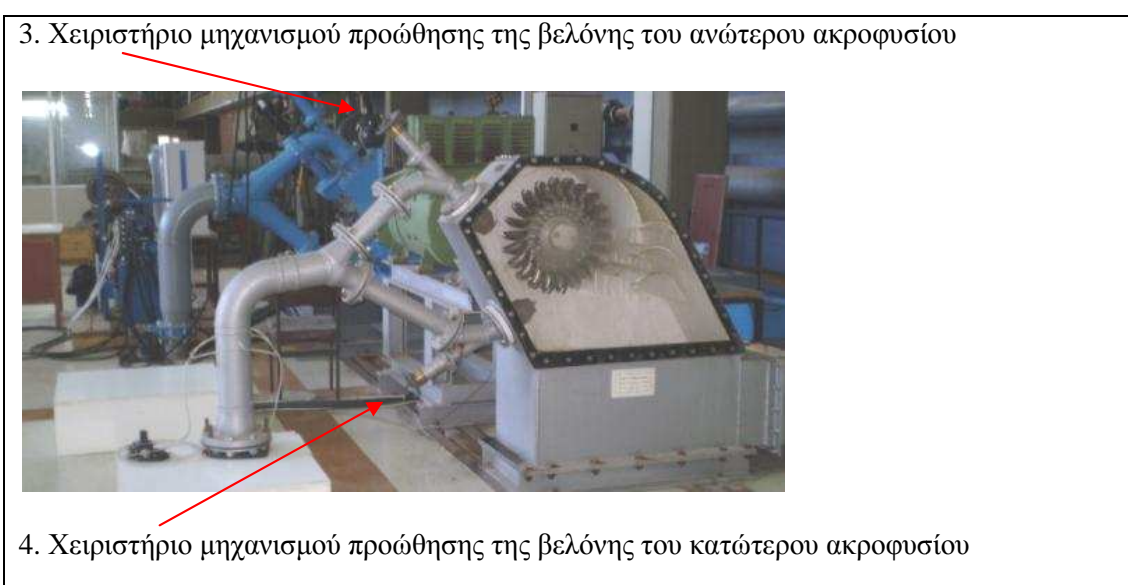
Η όλη διαδικασία χειρισμών έγινε με τη βοήθεια του υποψήφιου διδάκτορα, κυρίου Φώτη Σταματέλου, έτσι στην συνέχεια αναφέρονται μόνον μερικά βασικά βήματα. Ο «συγγραφέας» της παρούσας διπλωματικής ασχολήθηκε κυρίως με τους χειρισμούς της απόκτησης των δεδομένων μέσω του Η/Υ.



1. Χειριστήριο μεταβολής των στροφών της αντλίας

2. Χειριστήριο μεταβολής των στροφών του υδροστροβίλου

Εικόνα 3.17 Πίνακες ελέγχου της αντλίας (αριστερά) και του υδροστροβίλου (δεξιά)



3. Χειριστήριο μηχανισμού προώθησης της βελόνης του ανώτερου ακροφυσίου

4. Χειριστήριο μηχανισμού προώθησης της βελόνης του κατώτερου ακροφυσίου

Εικόνα 3.18 Χειριστήρια ρύθμισης του ανοίγματος

Αρχικά Βήματα:

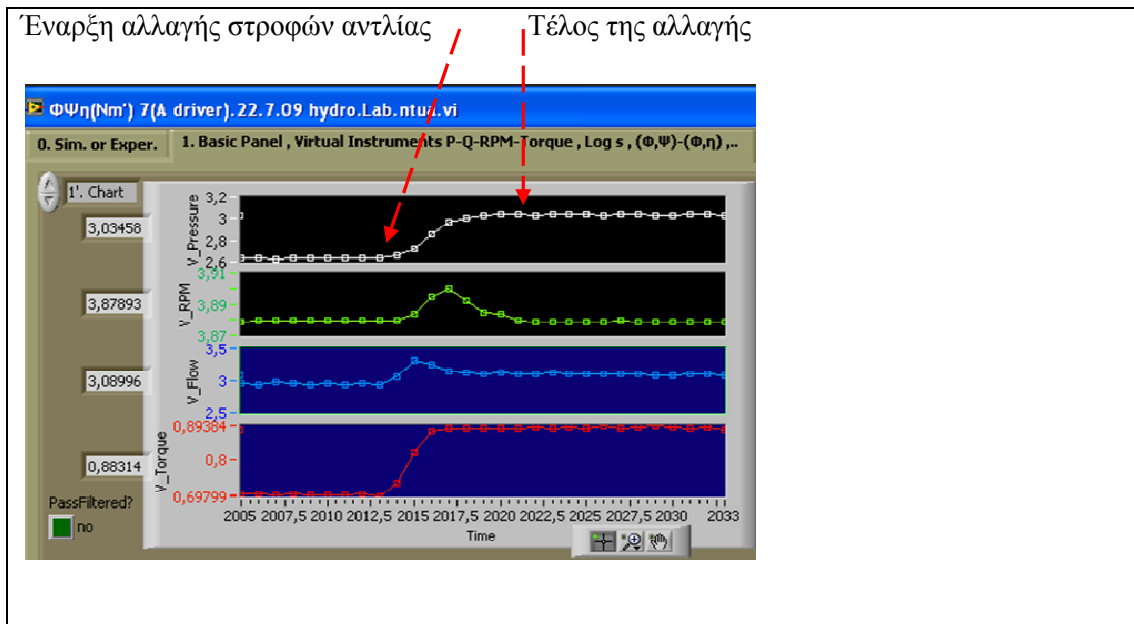
- I. Ενεργοποίηση όλων των πινάκων τροφοδοσίας και ελέγχου των, κινητήρα αντλίας, πέδη υδροστροβίλου, συστήματα ψύξεως και λίπανσης των δυο προηγούμενων, παροχόμετρου
- II. Αναμονή για την προθέρμανση των παραπάνω (έως και 30 λεπτά)
- III. Ενεργοποίηση του H/Y και των οργάνων επαλήθευσης
- IV. Έλεγχος στις διάφορες συνδέσεις των αγωγών μεταφοράς των ηλεκτρικών σημάτων
- V. Ρύθμιση της βελόνης των ακροφυσίων στην επιθυμητή (συνήθως για την αρχή 5.5% ή μια περιστροφή του χειριστηρίου, Εικόνα 3.18)
- VI. Εκκίνηση του υδροστροβίλου και ρύθμιση των στροφών του στις επιθυμητές, πχ στις 700RPM (Από τα χειριστήρια που φαίνονται στην Εικόνα 3.17)
- VII. Εκκίνηση της αντλίας και σταθεροποίηση στις αρχικές στροφές, συνήθως 700RPM για το πρώτο άνοιγμα
- VIII. Έλεγχος από την διαφανή πρόοψη του υδροστροβίλου για τυχόν παρεμπόδιση της δέσμης από διάφορα αντικείμενα. Αν διαπιστωθεί κάτι αυξάνεται το άνοιγμα έως ότου ξεμπλοκαριστεί το σύστημα, και έπειτα ρυθμίζεται στην επιθυμητή θέση.
- IX. Έλεγχος για είσοδο αέρα, ή άλλων ξένων αντικειμένων που μπορεί να δημιουργήσουν πρόβλημα, στο κύκλωμα του μεταλλάκτη της πίεσης. Αν διαπιστωθεί αέρας γίνεται εξαέρωση (αν διαπιστωθούν άλλα υλικά κρίνεται επί τόπου η επόμενη κίνηση).

Βήματα που επαναλαμβάνονται για κάθε άνοιγμα:

- I. Εφόσον σταθεροποιηθεί το σύστημα στο τρέχον σημείο λειτουργίας (~8-10 sec δείτε στην επόμενη Εικόνα 3.19), μετά από μια αλλαγή των στροφών της αντλίας, αποθηκεύονται τα σήματα που εισέρχονται στον H/Y,
- II. Έπειτα αυξάνονται οι στροφές της αντλίας, τόσο όσο το βήμα που έχει αποφασιστεί συνήθως 100RPM, και περιμένουμε πάλι άλλα 10sec για την σταθεροποίηση,
- III. Και αποθηκεύεται το επόμενο σημείο λειτουργίας

Τα παραπάνω τρία βήματα επαναλαμβάνονται έως ότου να ολοκληρωθεί το 1^ο τεστ για το 1^ο άνοιγμα. Συνήθως όταν η πίεση της αντλίας πλησιάσει τα 11-12bar.

Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία απενεργοποιούνται όλα τα συστήματα που τέθηκαν σε λειτουργία, αφού αποθηκευτούν τα αποκτηθέντα δεδομένα, και στον H/Y του δοκιμαστηρίου και σε εξωτερικές μονάδες αποθήκευσης για την μετέπειτα επεξεργασία.



Εικόνα 3.19 Χρονικό διάστημα ($\sim 2022 - 2012 = 10$ sec) που χρειάζεται το σύστημα αντλίας- υδροστροβίλου για να σταθεροποιηθεί στο εκάστοτε σημείο λειτουργίας

Επισημάνσεις:

1. Οι μονάδες του οριζόντιου άξονα του χρόνου είναι σε sec.
2. Οι μεγάλες τιμές πχ 2005, 2007, κλπ δεν πρέπει να φαίνονται παράξενες διότι η συγκεκριμένη Εικόνα 3.19 αποκτήθηκε εφόσον είχαν γίνει προηγουμένως άλλα πειράματα κατά την διάρκεια των οποίων το πρόγραμμα δεν σταμάτησε να μετρά.

3.6.2 Πειράματα Σταθερού Διαθέσιμου Υδραυλικού Ύψους (Μεταβλητές οι στροφές του μοντέλου)

Σε αυτά τα πειράματα εκτελούνται τα ίδια βήματα με τη μόνη διαφορά ότι σε αυτά μεταβάλλονται οι στροφές του υδροστροβίλου ενώ οι στροφές της αντλίας διατηρούνται σταθερές (Σταθερό Διαθέσιμο Υδραυλικό Διαθέσιμο Ύψος, H).

4

Χρησιμοποιηθείσες Εξισώσεις και μερικά σχόλια

Παρακάτω παρατίθενται οι τύποι των εξισώσεων που χρησιμοποιήθηκαν στους διάφορους υπολογισμούς. Επίσης, όπου κρίθηκε απαραίτητο, υπάρχει η σχετική θεωρία και κάποια σχόλια πάνω σε αυτή.

4.1 Εξισώσεις Υπολογισμού Φυσικών Μεγεθών

- Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του υδροστροβίλου Pelton :

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

όπου: ω η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής σε ($\frac{rad}{sec}$),

n η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε (RPM)

- Γραμμική ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του υδροστροβίλου στη μέση διάμετρο D_2 :

$$u = \frac{\omega D_2}{2} = \omega 0.2$$

όπου: u η γραμμική ταχύτητα περιστροφής σε $\left(\frac{m}{s}\right)$,

$D_2 = 0.4$ η μέση διάμετρος σε (m)

- Μέση ταχύτητα του ρευστού στην διατομή μέτρησης της παροχής: (η παρακάτω εξίσωση και ο συντελεστής $d = 0.1063$ εξαρτάται από το παροχόμετρο που χρησιμοποιήθηκε)

$$c_e = \frac{4Q}{\pi d^2 3600}$$

όπου: Q η διακινούμενη παροχή σε $\left(\frac{m^3}{h}\right)$,

c_e η μέση ταχύτητα του ρευστού σε $\left(\frac{m}{s}\right)$,

ο όρος 3600 χρησιμοποιείται για την μετατροπή των μονάδων της παροχής

- Διαθέσιμο υδραυλικό ύψος, που στην περίπτωση της εργαστηριακής μελέτης μοντέλων δημιουργείται με την λειτουργία αντλίας :

$$H = P + \frac{c_e^2}{2g}$$

όπου: H το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος σε (mΣΥ)

P η στατική πίεση σε (mΣΥ) λίγο πριν τη διακλάδωση των ακροφυσίων (το σημείο μέτρησης αυτής φαίνεται στην Εικόνα 3.6),

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ η επιτάχυνση της βαρύτητας.

- Μηχανική ισχύς στην άτρακτο σύνδεσης του δρομέα του υδροστροβίλου με την πέδη-γεννήτρια είναι:

$$N_m = Torque \frac{\omega g}{1000}$$

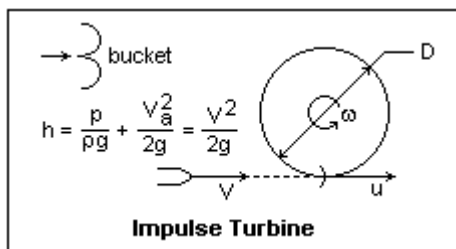
όπου: N_m η μηχανική ισχύς σε (kW),

Torque η ροπή που αναπτύσσεται στην άτρακτο του υδροστροβίλου σε (Kpm)

- Διαθέσιμη υδραυλική ισχύς, N_i σε (kW), του διακινούμενου ασυμπίεστου ρευστού :

$$N_i = \frac{\rho g H Q}{3600 \cdot 1000}$$

όπου: ρ η πυκνότητα του νερού σε $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$, η οποία εξαρτάται από την θερμοκρασία του τελευταίου. Για πειράματα που γίνανε τον 12^ο μήνα του 2008 θεωρήθηκε $\rho=999.5$ για $\theta=11^\circ C$, σε αυτά των μηνών 5^{ου} – 6^{ου} του 2009 $\rho=996.3$ ($\theta=28^\circ C$), και για τον 7^ο 2009 $\rho=995.7$ ($\theta=30^\circ C$).



Εικόνα 4.1 Μονογραμμικό διάγραμμα δρομέα Pelton

Στην Εικόνα 4.1 ισχύουν τα εξής:

$$v = C_1 \text{ η μέση ταχύτητα της δέσμης, } p=P, h=H.$$

Λεπτομέρειες για τα τρίγωνα ταχυτήτων υπάρχουν στα επόμενα (Παράγραφος 4.3).

Η ροή διά μέσου της μηχανής και η λειτουργία της μηχανής δεν είναι απαλλαγμένη απωλειών οι οποίες έχουν ως τελικό αποτέλεσμα την μειωμένη αξιοποίηση της διαθέσιμης στην μηχανή υδραυλικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό η παραγόμενη μηχανική ισχύς N_m είναι μικρότερη

από την διαθέσιμη υδραυλική ισχύ N_i . Η διαφορά $\delta N = (N_i - N_m)$ είναι ίση με το άθροισμα των διαφόρων απωλειών και οι οποίες διακρίνονται σε υδραυλικές, ογκομετρικές, και μηχανικές. Στη συνέχεια έχουμε τον ορισμό του ολικού βαθμού απόδοσης.

➤ Ολικός βαθμός απόδοσης (Overall Efficiency)

$$\eta = \frac{N_m(kw)}{N_i(kw)}$$

όπου: N_m η παραγόμενη ισχύς σε kW και

N_i η διαθέσιμη υδραυλική ισχύς επίσης σε kW

4.2 Λίγα λόγια για τους βαθμούς απόδοσης

1. Ο υδραυλικός βαθμός, η_h , απόδοσης ορίζεται ως ο λόγος της ανά μονάδα μάζας ενέργειας του υγρού που μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια από τον δρομέα, δηλαδή η H_u , προς την διαθέσιμη υδραυλική πτώση H .

$$\eta_h = \frac{H_u}{H}$$

όπου $H_u = H - \delta h_{fea} - \frac{c_a^2}{2g}$,

με δh_{fea} συμβολίζονται οι υδραυλικές απώλειες και $\frac{c_a^2}{2g}$ η κινητική ενέργεια στην διατομή εξόδου που διαφεύγει της ενεργειακής μετατροπής.

Οι υδραυλικές απώλειες δh_{fea} εξαρτώνται από το σημείο λειτουργίας και γενικά ισχύει:

$$\delta h_f = \zeta Q^2$$

στην οποία ο συντελεστής ζ είναι σταθερός για την περιοχή της πλήρως τυρβώδους ροής και αυξάνεται όσο μειώνεται η τιμή του αριθμού Reynolds της ροής στην μεταβατική και στρωτή περιοχή της ροής.

Για τον λόγο αυτό, όσο αυξάνεται το μέγεθος της μηχανής αυξάνεται και ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης (μεγαλύτερη υδραυλική διάμετρος και Re στην πλήρως τυρβώδη περιοχή).

2. Μηχανικός βαθμός απόδοσης η_m

Οι μηχανικές απώλειες εκφράζουν απώλεια υπό μορφή μηχανικής ισχύος που διακρίνεται στις απώλειες των εδράνων N_E και τις απώλειες στρεφομένου δίσκου N_S . Οι απώλειες του στρεφομένου δίσκου οφείλονται στην τριβή του υγρού στις εξωτερικές επιφάνειες της πλήμνης και της στεφάνης του δρομέα (στην περίπτωση δρομέα αξονικής ροής δεν υπάρχει στεφάνη).

3. Συντελεστής απωλειών ακροφυσίου, φ

Αν c_1 είναι η μέση ταχύτητα της δέσμης στην έξοδο του ακροφυσίου και H το διαθέσιμο, πριν το ακροφύσιο, υδραυλικό ύψος θα ισχύει:

$$c_1 = \varphi \sqrt{2gH}$$

στην οποία ο συντελεστής φ είναι της τάξεως του $\varphi \approx 0.97$.

Παρατηρήσεις:

- Στους υδροστροβίλους δράσεως (όπως οι Pelton) δεν εκδηλώνονται ογκομετρικές απώλειες λόγω της ισόθλιπτης ροής στον δρομέα. Επίσης δεν υπάρχουν απώλειες στρεφομένου δίσκου, όμως αντί αυτών αναπτύσσονται απώλειες αερισμού που οφείλονται στην κίνηση που προκαλείται στον περιβάλλοντα αέρα από την περιστροφή του δρομέα.

4.3 Σχόλια και εξισώσεις σχετικά με τα τρίγωνα ταχυτήτων των υδροστροβίλων Pelton

Η γωνία εισόδου της δέσμης είναι κοντά στην μηδενική, άρα το τρίγωνο εισόδου είναι μια ευθεία γραμμή, όπως φαίνεται παρακάτω. Άρα η απόλυτη ταχύτητα c_1 του τριγώνου εισόδου είναι ίση προς την ταχύτητα της δέσμης, και είναι συγγραμμική προς την περιφερειακή

ταχύτητα εισόδου u_1 . Όταν το σκαφίδιο κινείται με σταθερή ταχύτητα η σχετική ταχύτητα του υγρού δίνεται από:

$$w_1 = c_1 - u_1$$

Η γωνία της w_1 αλλάζει σταδιακά, ακολουθώντας την επιφάνεια του σκαφιδίου, σε $180^\circ - \beta_2 = \alpha$ και η σχετική ταχύτητα εξόδου είναι η w_2 . Η απόλυτη ταχύτητα, c_2 , μπορεί να σχεδιαστεί προσθέτοντας το διάνυσμα της περιφερειακής ταχύτητας εξόδου u_2 με την w_2 .

Χρησιμοποιώντας την εξίσωση του Euler, για τις στροβιλομηχανές, έχουμε

$$\frac{N}{\dot{m}} = u_1 c_{u1} - u_2 c_{u2}$$

Όπου: N η ισχύς (Watt) και

\dot{m} η παροχή μάζας σε (kg/s).

Οι μονάδες των ταχυτήτων σε m/s.

Για τους Pelton ισχύει $u_1 = u_2 = u$, οπότε η προηγούμενη εξίσωση παίρνει την μορφή:

$$\frac{N}{\dot{m}} \left(\frac{m^2}{s^2} \right) = u(c_{u1} - c_{u2})$$

Στο κανονικό σημείο λειτουργίας θα πρέπει να ισχύει η συνθήκη ότι η περιφερειακή συνιστώσα c_{u2} είναι μηδενική. Άρα το τρίγωνο ταχυτήτων εξόδου στο παραπάνω σημείο λειτουργίας είναι ορθογώνιο.

Αν υποθέσουμε ότι δεν έχουμε τριβές στο σκαφίδιο θα ισχύει $w_1 = w_2$. Τότε αποδεικνύεται ότι στο κανονικό σημείο λειτουργίας η περιφερειακή ταχύτητα είναι το μισό περίπου της ταχύτητας της δέσμης, δηλαδή:

$$u \approx 0.49\phi\sqrt{2gH}$$

(στην πράξη ισχύει $w_1 \neq w_2$, λόγω υδραυλικών απωλειών στην επιφάνεια του σκαφιδίου).

Από τα παρακάτω τρίγωνα ταχυτήτων έχουμε τις εξής επιπλέον εξισώσεις:

$$c_{u2} = u - w_2 \cos \beta_2$$

$$c_{r2} = w_2 \sin \beta_2$$

$$c_2 = \sqrt{c_{u2}^2 + c_{r2}^2}$$

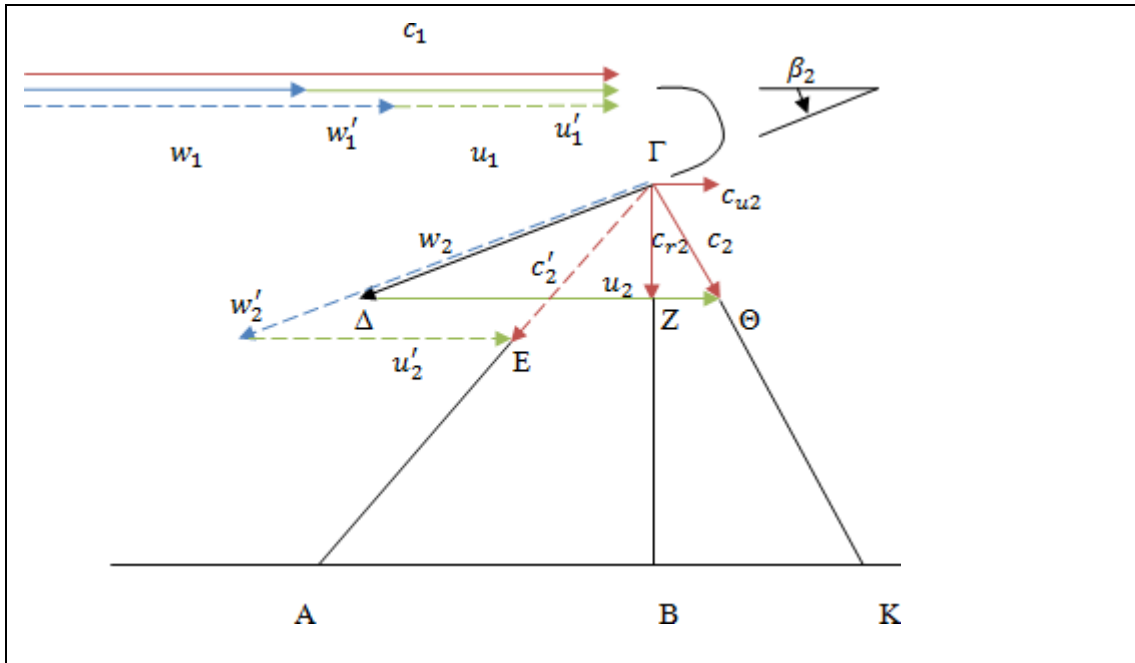
$$Z\hat{\Gamma}\theta = \tan \frac{c_{u2}}{c_{r2}}$$

Ακόμα λόγω της διατήρησης της μάζας και του ασυμπίεστου ρευστού θα πρέπει η παροχή όγκου να διατηρείται σταθερή, θα έχουμε:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi c_1}}$$

Όπου d η διάμετρος της δέσμης (για λειτουργία ενός ακροφυσίου)

Στην Εικόνα 4.2 που ακολουθεί φαίνονται τα τρίγωνα ταχυτήτων για δύο περιπτώσεις της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα του Pelton. Τα τονούμενα μεγέθη είναι της δεύτερης περίπτωσης της ταχύτητας περιστροφής. Τα διανύσματα αυτών των μεγεθών είναι χαραγμένα με διακεκομμένες.



Εικόνα 4.2 Τρίγωνα ταχυτήτων, εισόδου και εξόδου από το σκαφίδιο, για δύο σημεία λειτουργίας κατά τα πειράματα της μεθόδου Β (Σταθερού Ύψους)

Παρατηρήσεις:

Αν κρατώντας σταθερή την διαθέσιμη υδραυλική πτώση μεταβάλλουμε την ταχύτητα περιστροφής του Pelton, η απόλυτη ταχύτητα εξόδου μεταβάλλεται μεταξύ των σημείων Θ, Ε προηγούμενο σχήμα (Εικόνα 4.2). Παρόμοια πορεία ακολουθείται όταν μεταβάλλουμε το διαθέσιμο υδραυλικό ύψος, με σταθερές τις στροφές του υδροστροβίλου (Σταθερό μήκος της u μεταβλητό της c_1 , Εικόνα 4.3).

Ακόμα όταν έχουμε αύξηση του διαθέσιμου υδραυλικού ύψους έχουμε και αύξηση των στροφών του υδροστροβίλου όπου παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης.

Όταν αλλάζουμε την θέση της βελόνης αλλάζουν ελαφρώς οι απώλειες στο ακροφύσιο (συντελεστής ϕ) και κατά συνέπεια και η c_1 . Ειδικότερα έχουμε μείωση της c_1 για μικρότερα ανοίγματα, αύξηση για μεγάλα.

Επισημάνση: Λεπτομέρειες για την μορφή των τριγώνων σε όλο το μήκος του σκαφιδίου υπάρχουν στην διπλωματική εργασία του Τουλκερίδη, 1994 [21].

4.4 *Νόμοι Ομοιότητας*

Πρακτικό ενδιαφέρον

Από την εφαρμογή των νόμων ομοιότητας προκύπτει η τεχνική των προτύπων ή μοντέλων η οποία παρουσιάζει μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον σε όλων των τύπων τις υδροδυναμικές μηχανές, τόσο τις αντλίες όσο και τους υδροστροβίλους .

Σύμφωνα με την παραπάνω τεχνική είναι δυνατή η εργαστηριακή δοκιμή μοντέλου υδροδυναμικής μηχανής, γεωμετρικά όμοιου με την πραγματική, της οποίας οι διαστάσεις είναι απαγορευτικές για την εργαστηριακή δοκιμή και μελέτη. Αυτή η εφαρμογή των νόμων της ομοιότητας έχει πρακτικό ενδιαφέρον κυρίως στην περίπτωση υδροστροβίλων που είναι συνήθως μηχανές μεγάλου μεγέθους (της τάξεως των MW). Το μοντέλο, γεωμετρικά όμοιο με τον υπό μελέτη ή υπό σύγκριση υδροστρόβιλο, έχει διαστάσεις κατάλληλες για την εργαστηριακή δοκιμή. Από την πλήρη εργαστηριακή δοκιμή του μοντέλου εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα όσον αφορά την προβλεπόμενη λειτουργική συμπεριφορά του πραγματικού υδροστροβίλου και κυρίως προκύπτουν οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας, η καμπύλη του βαθμού απόδοσης, διαπιστώνεται η ομαλή ή όχι λειτουργία σε μερικά φορτία, η ανάπτυξη σπηλαιώσης κλπ. Στην συνέχεια μπορεί να γίνουν κατάλληλες τροποποιήσεις στην σχεδίαση μέχρι να επιτευχθεί η επιθυμητή λειτουργική συμπεριφορά του υδροστροβίλου. Με τον τρόπο αυτό διασφαλίζεται τόσο ο αγοραστής του υδροστροβίλου (πχ ΔΕΗ) όσο και ο κατασκευαστής ότι ο πραγματικός υδροστρόβιλος που θα κατασκευαστεί με την εφαρμογή των νόμων ομοιότητας θα ικανοποιεί τις συμβατικές υποχρεώσεις και ότι η αντίστοιχη πολύ υψηλή επένδυση για την κατασκευή και εγκατάσταση δεν θα είναι επισφαλής λόγω αστοχίας στην μελέτη και χάραξη.

Άλλη εξ ίσου σημαντική πρακτική εφαρμογή των νόμων ομοιότητας, αναφέρεται περισσότερο στις φυγόκεντρες και αξονικής ροής αντλίες που είναι τυποποιημένες μηχανές, ενώ τελευταία εφαρμόζεται και στους μικρούς τυποποιημένους υδροστροβίλους. Ένας κατασκευαστής πχ αντλιών πρέπει να παράγει πλήρεις σειρές τυποποιημένων αντλιών που να καλύπτουν ευρεία περιοχή παροχών και ολικών υψών, δηλ. το κανονικό σημείο λειτουργίας τους να καλύπτει όσο το δυνατόν καλύτερα το διάγραμμα (H,Q). Θα έπρεπε να μελετηθεί, να χαραχθεί και να δοκιμαστεί μεγάλο πλήθος πτερωτών και αντλιών. Αυτό αποφεύγεται με την εφαρμογή των νόμων ομοιότητας οπότε μια πλήρης σειρά αντλιών (ή γενικά μηχανών) καλύπτεται με 5 ή 6 σειρές γεωμετρικά όμοιων αντλιών, κάθε μια από τις οποίες κατασκευάζεται σε διαφορετικό μέγεθος.

Για γεωμετρικά όμοιους στροβίλους στα αντίστοιχα σημεία λειτουργίας και για ροή στην πλήρως τυρβώδη περιοχή ισχύουν οι σχέσεις :

$$\frac{Q'}{Q''} = \left(\frac{D'}{D''}\right)^3 \times \left(\frac{n'}{n''}\right)^1$$

$$\frac{H'}{H''} = \left(\frac{D'}{D''}\right)^2 \times \left(\frac{n'}{n''}\right)^1$$

$$\frac{N'}{N''} = \left(\frac{D'}{D''}\right)^5 \times \left(\frac{n'}{n''}\right)^3 \times \left(\frac{\eta'}{\eta''}\right)^1$$

Με D' και D'' παριστάνεται η διάμετρος του δρομέα των γεωμετρικά όμοιων μηχανών.

Στην τελευταία εξίσωση εισάγεται και ο λόγος των ολικών βαθμών απόδοσης $\frac{\eta'}{\eta''}$ στα αντίστοιχα σημεία λειτουργίας, η τιμή του οποίου θα είναι ίση με την μονάδα στην περίπτωση που ισχύουν οι συνθήκες:

- ατελής (τουλάχιστον) δυναμική ομοιότητα της ροής μεταξύ των γεωμετρικά όμοιων μηχανών (οι αριθμοί Reynolds των δύο περιπτώσεων στην πλήρως τυρβώδη περιοχή της ροής)
- η γεωμετρική ομοιότητα φθάνει μέχρι και την επιφανειακή τραχύτητα, οπότε μεταξύ μοντέλου (δείκτης M) και πρωτότυπου θα ισχύει:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{\varepsilon_M}{D_M}$$

Για περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με την ομοιότητα ο αναγνώστης παραπέμπεται στην βιβλιογραφία [12].

Στη συγκεκριμένη εργασία χρησιμοποιούνται οι αδιάστατες παράμετροι της παροχής και του ύψους για την χάραξη των διαγραμμάτων και κατά συνέπεια από τις τρεις παραπάνω χρησιμοποιήθηκε μόνο η 3^η για την μετατροπή της ισχύος, του κάθε σημείου λειτουργίας, που αντιστοιχεί στις 700 RPM του μοντέλου του Pelton. Παραδείγματος χάριν κατά την διεξαγωγή των πειραμάτων της μεθόδου Σταθερού Υδραυλικού Ύψους οι στροφές του μοντέλου μεταβαλλόταν, περίπου, από τις 400 έως τις 1200 και η υπολογιζόμενη ισχύς N_m

μετατράπηκε στις 700 RPM έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμη με την ισχύ των πειραμάτων Σταθερής Ταχύτητας Περιστροφής τα οποία γίνανε στις 700RPM του δρομέα.

4.5 Αδιάστατες Παράμετροι

Σε μια οικογένεια γεωμετρικά όμοιων υδροδυναμικών μηχανών με την εφαρμογή των νόμων ομοιότητας μεταξύ των αντίστοιχων σημείων λειτουργίας είναι δυνατή η χάραξη σημείο προς σημείο των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας για κάθε τιμή του γεωμετρικού λόγου ομοιότητας και ταχύτητας περιστροφής. Θα ήταν χρήσιμη η χάραξη των χαρακτηριστικών καμπυλών λειτουργίας μιας οικογένειας γεωμετρικά όμοιων μηχανών σε αδιάστατη μορφή έτσι ώστε να είναι ενδεικτική της γεωμετρίας τους, αλλά ανεξάρτητη του μεγέθους και της ταχύτητας περιστροφής. Για τον σκοπό αυτό ορίζονται οι αδιάστατες παράμετροι παροχής και ύψους, οι οποίες για την περίπτωση των υδροστροβίλων ορίζονται ως:

- Παράμετρος παροχής Φ (Flow Rate Parameter) :

$$\Phi = \frac{Q}{\pi R_{2e}^2 u_{2e} 3600}$$

όπου: Q η παροχή σε $\left(\frac{m^3}{h}\right)$,

R_{2e} η ακτίνα του δρομέα σε (m),

u_{2e} η γραμμική ταχύτητα σε $\left(\frac{m}{s}\right)$

- Παράμετρος ύψους Ψ (Net Head Parameter):

$$\Psi = 2 \cdot \frac{gH}{u_{2e}^2}$$

Από τις σχέσεις ομοιότητας αποδεικνύεται ότι γεωμετρικά όμοιοι υδροστροβίλοι έχουν τις ίδιες τιμές Φ και Ψ σε αντίστοιχα σημεία λειτουργίας και κατά συνέπεια και ίδια διαγράμματα Φ - Ψ , Φ -η και τα πλήρη που περιέχουν τις ισοϋψείς των βαθμών απόδοσης.

4.6 Απλοί μέθοδοι αναλύσεως πειραματικών δεδομένων

Τα αποτελέσματα μιας μετρήσεως ή ενός πειράματος, χαρακτηρίζονται ως πειραματικά δεδομένα ή απλά ως δεδομένα, όταν αυτά αποτελούν στη συνέχεια δεδομένα μιας μεθόδου επεξεργασίας - στατιστικής ή όχι - προκειμένου να παρουσιαστούν υπό επαγωγικότερη μορφή.

Τα μεγέθη και κατ' ακολουθίαν τα πειραματικά δεδομένα, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες:

- Ένα μέγεθος λέγεται *ασυνεχές*, και η αντίστοιχη μεταβλητή που το παριστάνει *ασυνεχής*, όταν μέσα σε ένα διάστημα τιμών το μέγεθος μπορεί να λάβει μόνον διακεκριμένες τιμές. Πχ το πλήθος των θραυομένων δοκιμίων σ' ένα πείραμα αντοχής υλικών αποτελεί ασυνεχές μέγεθος, δοθέντος ότι μπορεί να πάρει μόνον τις διακεκριμένες τιμές 0, 1, 2,... και όχι τη τιμή 1.7.
- Ένα μέγεθος λέγεται *συνεχές* και η αντίστοιχη μεταβλητή που το παριστάνει *συνεχής*, όταν μέσα σε ένα διάστημα τιμών το μέγεθος μπορεί να λάβει οποιαδήποτε τιμή. Πχ η πίεση ενός ρευστού που κινείται μέσα σε ένα σωλήνα μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή πχ στο διάστημα 3 – 12 bar.

Η ανάλυση και παρουσίαση πειραματικών δεδομένων, είτε αυτά προέρχονται από ασυνεχή, είτε από συνεχή μεγέθη, μπορεί να γίνει είτε με *γραφικές μεθόδους*, είτε με *αριθμητικές μεθόδους* είτε με συνδυασμό των δύο.

4.6.1 Γραφικές μέθοδοι

Πριν προχωρήσουμε στην ανάπτυξη των μεθόδων, διαφορετικών για τα ασυνεχή και τα συνεχή μεγέθη, σκόπιμο είναι να ορίσουμε τη *συχνότητα* εμφανίσεως των αντίστοιχων μεγεθών.

Προκειμένου για ασυνεχή μεγέθη, αν έχει γίνει ένας ορισμένος αριθμός N μετρήσεων του μεγέθους και οι τιμές x_1, x_2, \dots, x_n εμφανίστηκαν n_1, n_2, \dots, n_n φορές, τότε συχνότης φ_i της τιμής x_i στις $N = n_1, n_2, \dots, n_n$ μετρήσεις ονομάζεται ο λόγος:

$$\varphi_i = \frac{n_i}{N}$$

όπου $i = 1, 2, \dots, v$

είναι φανερό ότι ο λόγος αυτός μπορεί να πάρει μόνον τιμές 0-1, και επίσης ισχύει:

$$\sum_{i=1}^v \varphi_i = 1$$

Μια παραστατική εικόνα εμφάνισης των τιμών ασυνεχούς μεγέθους αποτελεί το *ιχνόγραμμα* (bar chart). Το ιχνόγραμμα κατασκευάζεται σε επίπεδο σύστημα ορθογωνίων αξόνων, αν στον άξονα των τετμημένων απεικονίσουμε τις τιμές x_i του ασυνεχούς μεγέθους και στον άξονα των τεταγμένων την συχνότητα εμφάνισης φ_i της τιμής x_i , χαράζουμε δε κατακόρυφα ίχνη γραμμών ώστε να ενώσουμε τα σημεία $(x_i, 0)$ και (x_i, φ_i) ανά δύο μεταξύ τους.

Αν το εξεταζόμενο μέγεθος είναι *συνεχές* τότε δεν έχει νόημα να ορισθεί η συχνότης εμφάνισης μιας τιμής, διότι είναι φανερό ότι αυτή θα είναι πρακτικά μηδέν, εφόσον εξ' ορισμού το μέγεθος μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή, εντός διαστήματος τιμών. Έχει όμως νόημα η έννοια *συχνότης περιοχής τιμών* ή *συχνότης κλάσεως* που ορίζεται ως η συχνότης εμφάνισης τιμής εντός μιας καθορισμένης περιοχής τιμών που ονομάζεται και *κλάση*. Αν δηλαδή χωρισθεί το διάστημα των δυνατών τιμών σε περιοχές (κλάσεις) 1, 2, 3, ... v και έχουν γίνει $N = n_1 + n_2 + \dots + n_v$ μετρήσεις, εκ των οποίων n_i εμπίπτουν στην περιοχή i , τότε η συχνότης της περιοχής i είναι:

$$\varphi_i = \frac{n_i}{N}$$

όπου $i = 1, 2, \dots, v$

Είναι και πάλι φανερό ότι ισχύει:

$$\sum_{i=1}^v \varphi_i = 1$$

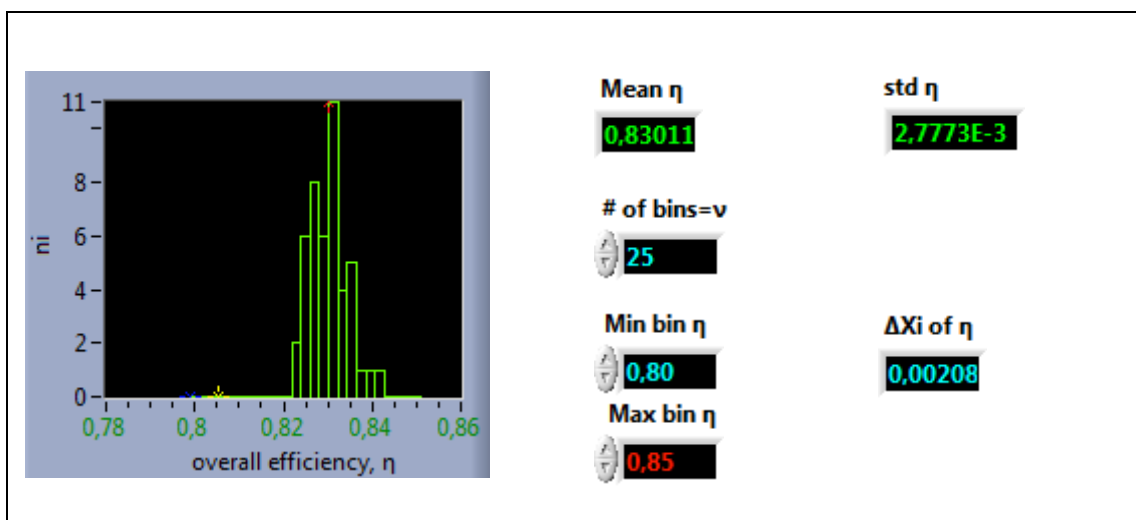
Η ανά μονάδα μετρούμενου μεγέθους συχνότης μιας κλάσεως, ονομάζεται *πυκνότης συχνότητος* για την πυκνότητα συχνότητος f_i της κλάσεως i , ισχύει:

$$f_i = \frac{\varphi_i}{\Delta x_i} = \frac{n_i}{N \Delta x_i}$$

όπου Δx_i το εύρος τιμών της κλάσεως i . Για την επιλογή των Δx_i γίνεται λόγος στην συνέχεια.

Μια παραστατική εικόνα της συχνότητας εμφάνισης τιμών συνεχούς μεγέθους αποτελεί το *ιστόγραμμα* (histogram) που από πολλούς ονομάζεται και *συχνόγραμμα*. Το ιστόγραμμα κατασκευάζεται σε επίπεδο σύστημα ορθογωνίων αξόνων, αν στον άξονα των τετμημένων απεικονίσουμε τις τιμές του συνεχούς μεγέθους και κατασκευάσουμε για κάθε κλάση ένα ορθογώνιο με βάση ίση προς το εύρος της κλάσεως (Δx_i) και ύψος ίσο προς την πυκνότητα συχνότητας της κλάσεως (f_i). Είναι φανερό ότι εκ κατασκευής, το ορθογώνιο που αντιστοιχεί σε κάθε κλάση έχει εμβαδό ίσο προς την συχνότητα της κλάσεως και ότι το συνολικό εμβαδόν της επιφάνειας όλων των ορθογωνίων έχει τιμή ίση με 1.

Στην Εικόνα 4.3 φαίνεται, ποιοτικά, το ιστόγραμμα του συνεχούς μεγέθους, του ολικού βαθμού απόδοσης του μοντέλου υδροστροβίλου του εργαστηρίου (η δημιουργία του έγινε με την εικονική-ποιοτική προσομοίωση των τάσεων, γι' αυτό και η παρουσίασή του έχει μοναδικό σκοπό την κατανόηση των διαφόρων μεγεθών που παρουσιάζονται στην παράγραφο αυτή).



Εικόνα 4.3 Παράδειγμα Ιστογράμματος, και διάφορα μεγέθη αυτού

Παρατήρηση: στον άξονα των τεταγμένων απεικονίζεται το πλήθος των μετρήσεων n_i που εμπίπτουν στην περιοχή i .

Επίσης στην προηγούμενη Εικόνα 4.3 φαίνονται η μέση τιμή (Mean), η τυπική απόκλιση (Standard Deviation, std), το πλήθος των κλάσεων (v), το διάστημα δυνατών τιμών του $\{[\text{min bin}, \text{max bin}]\}$, και το εύρος της κάθε κλάσεως (Δx_i). Για τα δύο πρώτα μεγέθη γίνεται λόγος στα επόμενα.

Το διάγραμμα και οι υπολογισμοί γίνανε με το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Όσον αφορά τον αριθμό των κλάσεων, στις οποίες θα χωρισθεί το εύρος τιμών που εμφανίζει ένα συνεχές μέγεθος σε μια μέτρηση, έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Αν οι κλάσεις είναι πολύ λίγες, δεν θα φαίνονται στο ιστόγραμμα λεπτομέρειες στη μεταβολή της πυκνότητας της συχνότητας από κλάσεως σε κλάση.
- Αν οι κλάσεις είναι πάρα πολλές, σε κάθε κλάση θα εμπίπτουν ελάχιστες τιμές, οπότε η μορφή του ιστογράμματος θα είναι πολύ ακανόνιστη και δεν θα μπορεί να απεικονίζει επαγωγικά το αποτέλεσμα της μετρήσεως.

Προκειμένου να επιλέξουμε το *πλήθος και το εύρος των κλάσεων* μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τους εξής δυο κανόνες:

- Το πλήθος των κλάσεων v μπορεί να λαμβάνεται ως ο κατά προσέγγιση ακέραιος ίσος προς την τετραγωνική ρίζα του μεγέθους N του δείγματος.
- Σε καμία κλάση δεν επιτρέπεται να εμπίπτουν λιγότερες από πέντε τιμές. Αν αυτό συμβαίνει τότε καλό θα ήταν να ενωθούν οι γειτονικές κλάσεις ώστε να ισχύει η παραπάνω συνθήκη.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω δεν υπάρχει κανείς περιορισμός ώστε το εύρος των διαφόρων κλάσεων να είναι το αυτό.

4.6.2 Αριθμητικές μέθοδοι

Οι αριθμητικές μέθοδοι αναλύσεως των πειραματικών δεδομένων, συνίστανται στον υπολογισμό παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την διασπορά ή την κατανομή των τιμών που προέρχονται από ένα πείραμα ή μια μέτρηση και αναφέρονται είτε σε συνεχές είτε σε

ασυνεχές μέγεθος. Οι παράμετροι αυτοί ονομάζονται για το λόγο αυτό *παράμετροι διασποράς* και μπορεί να υπολογίζονται:

- a) για ένα δείγμα ενός πιθανοσυνόλου
- b) για ένα πιθανοσύνολο, εφόσον είναι γνωστές οι τιμές όλων των αντικειμένων του
- c) για ένα πιθανοσύνολο, εφόσον είναι γνωστή η καμπύλη πιθανοτήτων του, δηλαδή ή συνάρτηση κατανομής του

Είναι φανερό, ότι στην περίπτωση b) πιο πάνω, είναι πάρα πολύ δύσκολος – αν όχι αδύνατος – ο υπολογισμός.

Οι παράμετροι διασποράς μπορεί να εμπίπτουν σε μια από τις εξής κατηγορίες:

- παράμετροι θέσεως
- παράμετροι μεγέθους της διασποράς

Στη συνέχεια δείχνεται πως υπολογίζονται οι παράμετροι και στις δύο αυτές περιπτώσεις.

4.6.2.1 *Παράμετροι θέσεως*

Η κυριότερη παράμετρος θέσεως είναι η *μέση τιμή* (arithmetic mean) η οποία ορίζεται ως εξής:

- a) μέση τιμή \bar{x} ενός *δείγματος* μεγέθους N καλείται ο αριθμητικός μέσος όρος των τιμών x_i του δείγματος:

$$\bar{x} = \frac{n_1x_1 + n_2x_2 + \dots + n_vx_v}{N} = \sum_1^v \frac{n_i}{N} x_i = \sum_1^v \varphi_i x_i$$

όπου n_i το πλήθος εμφανίσεως της τιμής x_i , φ_i η συχνότητα εμφάνισης της τιμής x_i στο δείγμα και $N = \sum_1^v n_i$.

Από την παραπάνω εξίσωση μπορεί να υπολογισθεί η μέση τιμή δείγματος, είτε έχουμε αυτά καθ' εαυτά τα πειραματικά δεδομένα είτε τα έχουμε ταξινομήσει σε v κλάσεις. Στην τελευταία περίπτωση η τιμή x_i αποτελεί την μεσαία τιμή κάθε κλάσεως.

b) μέση τιμή μ ενός πιθανοσυνόλου

Υπολογίζεται από εξίσωση ανάλογη προς αυτή της μέσης τιμής εφόσον είναι γνωστές οι N τιμές όλων των αντικειμένων του πιθανοσυνόλου.

c) μέση τιμή μ ενός πιθανοσυνόλου με γνωστή συνάρτηση κατανομής:

$$\mu = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

Άλλες παράμετροι θέσεως είναι:

- Η *κεντρική* ή *μεσαία τιμή* μιας σειράς N τιμών x_i . Είναι η τιμή στο μέσον του διαστήματος που ορίζεται από το μέγιστο και ελάχιστο x_i .
- Η *πιθανότερη τιμή* δηλαδή η τετμημένη της μέγιστης τεταγμένης της καμπύλης συχνοτήτων.

4.6.2.2 Παράμετροι μεγέθους της διασποράς

Οι εν λόγω παράμετροι χαρακτηρίζουν την διασπορά των τιμών γύρω από τη μέση τιμή. Η κυριότερη παράμετρος μεγέθους της διασποράς είναι η *τυπική απόκλιση* (standard deviation, std) η οποία ορίζεται ως εξής:

a) τυπική απόκλιση s ενός δείγματος (sample standard deviation) μεγέθους N :

$$s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_1^v n_i (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Μια πλέον εύχρηστη μορφή της παραπάνω είναι:

$$s = \left[\frac{\sum_{i=1}^v n_i x_i^2 - N \bar{x}^2}{N - 1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

- b) τυπική απόκλιση σ ενός πιθανοσυνόλου (population standard deviation) εφόσον είναι γνωστές οι N τιμές όλων των αντικειμένων του πιθανοσυνόλου:

$$\sigma = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^v n_i (x_i - \mu)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\sum_{i=1}^v \varphi_i (x_i - \mu)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- c) τυπική απόκλιση σ ενός πιθανοσυνόλου με γνωστή συνάρτηση κατανομής:

$$\sigma = \left[\int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f(x) dx \right]^{\frac{1}{2}}$$

Παρατηρήσεις:

1. Η διαφορά που παρατηρείται στους παρονομαστές των s και σ έχει φυσική σημασία και εξηγείται από τους νόμους της Στατιστικής (Για επιπλέον στοιχεία, αυτού του θέματος, ο αναγνώστης παραπέμπεται στην βιβλιογραφία [4], [13], [22], [23]).
2. Το τετράγωνο της τυπικής αποκλίσεως (s^2 ή σ^2) πολλές φορές στην βιβλιογραφία απαντάται με τον όρο *μεταβλητότης* (variance).
3. Από την εξίσωση της s μπορεί να υπολογισθεί η τυπική απόκλιση δείγματος και όταν έχουμε ταξινομήσει τις τιμές σε v κλάσεις. Στην περίπτωση αυτή η τιμή x_i αποτελεί την μεσαία τιμή κάθε κλάσεως.
4. Τονίζεται ότι η τυπική απόκλιση είναι μέγεθος με διαστάσεις εκείνες του αναλυομένου μεγέθους x .

Μια άλλη παράμετρος μεγέθους της διασποράς είναι ο αδιάστατος *συντελεστής μεταβολής* που ορίζεται ως το πηλίκον του λόγου της τυπικής αποκλίσεως δια της μέσης τιμής, πχ:

$$C = \frac{s}{\bar{x}} \text{ ή } \frac{\sigma}{\mu}$$

Ο συντελεστής μεταβολής πολλές φορές εκφράζεται επί τοις εκατό.

$$100\% \frac{s}{\bar{x}}$$

5

Εισαγωγή στα Βασικά των Μετρήσεων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο περιγράφονται βασικά θέματα σχετικά με την απόκτηση δεδομένων από συνήθη μετρητικά συστήματα με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή.

5.1 Απόκτηση σημάτων - Signal Acquisition

Απόκτηση των σημάτων είναι η διεργασία κατά την οποία μετατρέπεται ένα φυσικό φαινόμενο σε δεδομένα που μπορεί ο Η/Υ να χρησιμοποιήσει. Μια μέτρηση αρχίζει με την χρησιμοποίηση ενός μεταλλάκτη (transducer) που θα μετατρέψει ένα φυσικό φαινόμενο σε ένα ηλεκτρικό σήμα. Οι μεταλλάκτες μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρικά σήματα για την μέτρηση διάφορων μεγεθών όπως η θερμοκρασία, η δύναμη, ο ήχος, ή το φως. Στον Πίνακα 5.1 υπάρχουν μερικοί συνήθεις μεταλλάκτες.

Σε αυτό το σημείο ίσως θα ήταν καλό να δώσουμε έναν ορισμό, βιβλιογραφία [19], για τους μεταλλάκτες

Με τον όρο μεταλλάκτες γενικότερα θεωρούνται οι μηχανισμοί με τους οποίους:

- ενέργεια μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη, ή
- ένα ενεργειακό σύστημα συνδέεται με ένα άλλο.

Ειδικότερα, όταν αναφερόμαστε σε μεταλλάκτες μετρήσεως, εννοούμε τις διατάξεις εκείνες οι οποίες ευαισθητοποιούνται (sense) από το μετρούμενο μέγεθος, και αφού το μετατρέψουν (transduce) παρέχουν στην έξοδό τους άλλο, προσφορότερο να αξιοποιηθεί στη συνέχεια, φυσικό μέγεθος. Επειδή, σχεδόν πάντα, ως προσφορότερο να αξιοποιηθεί φυσικό μέγεθος είναι μια ηλεκτρική τάση ή ρεύμα, αντικειμενικός στόχος ενός μεταλλάκτη είναι η μετατροπή του τροφοδοτούμενου «σήματος» (από το μετρούμενο φυσικό μέγεθος), σε ηλεκτρικό σήμα.

Πίνακας 5.1 Φαινόμενα και μεταλλάκτες

Φυσικά Φαινόμενα (Phenomena)	Μεταλλάκτες (Transducer)
Θερμοκρασία (Temperature)	Θερμοστοιχεία (Thermocouples) Θερμόμετρα αντιστάσεως (RTDs) (Resistance temperature detectors) Θερμίστορες (Thermistors) Αισθητήρες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (Integrated circuit sensors)
Φως (Light)	Φωτοσένσορες κενού σωλήνα (Vacuum tube photosensors)
Ήχος (Sound)	Μικρόφωνα
Δύναμη και πίεση (Force and pressure)	Επιμηκυνσιόμετρα (Strain gages) Πιεζοηλεκτρικοί μεταλλάκτες (Piezoelectric transducers)
Θέση (Position) Μετατόπιση (displacement)	Ποτενσιόμετρα (Potentiometers) Διαφορικοί μετασχηματιστές (LVDT) (Linear voltage differential transformers)
Ροή ρευστών (Fluid flow)	Μετρητικά Ύψους (Head meters) Μαγνητικά ροόμετρα (Magnetic flow-meters) Περιστροφής ροόμετρα (Rotational) Υπέρηχων ροόμετρα (Ultrasonic)

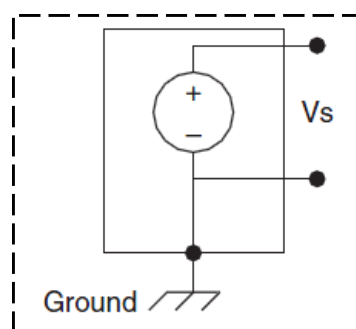
5.1.1 Πηγές Σημάτων (Signal Sources)

Η απόκτηση δεδομένων από αναλογική είσοδο (Analog input) χρησιμοποιεί γειωμένες (“grounded”) και «κινητές» (“floating”) πηγές σημάτων.

5.1.1.1 Γειωμένες Πηγές Σημάτων (Grounded)

Μια γειωμένη πηγή είναι αυτή της οποίας το σήμα τάσης αναφέρεται σε ένα σύστημα γείωσης, όπως η γη ή μια τεχνητή γείωση, όπως φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 5.1. Επειδή παρόμοιοι πόροι χρησιμοποιούν το σύστημα γείωσης, μοιράζονται την ίδια γείωση με την συσκευή των μετρήσεων. Τα περισσότερα συνήθη παραδείγματα γειωμένων πηγών είναι συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες με την γείωση του περιβλήματός τους όπως οι γεννήτριες σημάτων και τα τροφοδοτικά (power supplies).

Σημείωση: Γενικά οι ακροδέκτες της γείωσης δυο ανεξάρτητων γειωμένων πηγών σήματος δεν έχουν το ίδιο δυναμικό. Η διαφορά αυτή του δυναμικού της γείωσης μεταξύ δυο διασυνδεδεμένων οργάνων στο ίδιο σύστημα γείωσης είναι τυπικά 10 mV έως 200 mV. Η διαφορά μπορεί να γίνει μεγαλύτερη αν τα κυκλώματα διανομής της ισχύος (τροφοδοτικά κυκλώματα) δεν είναι σωστά συνδεδεμένα. Αυτό είναι η αιτία ενός φαινομένου γνωστού ως βρόχος γείωσης (ground loop, δείτε Εικόνα 5.5 για την συνδεσμολογία που δημιουργεί αυτόν τον μη επιθυμητό βρόχο).

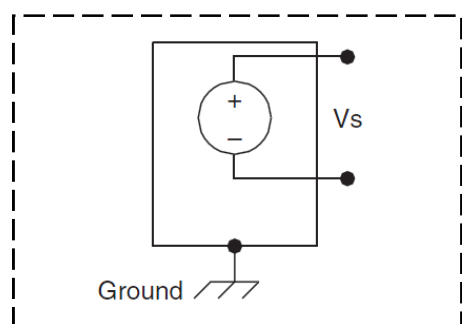


Εικόνα 5.1 Γειωμένη πηγή σήματος

5.1.1.2 Κινητές (Floating) πηγές σημάτων

Σε μια τέτοια πηγή, το σήμα της τάσης δεν συνδέεται με καμιά συνήθη γείωση, όπως η γη. Μερικά συνήθη παραδείγματα «κινητών» πηγών είναι: οι μπαταρίες, τα θερμοστοιχεία, οι μετασχηματιστές, και οι ενισχυτές απομόνωσης (isolation amplifiers). Προσέξτε στην Εικόνα 5.2 ότι κανένας αγωγός της πηγής δεν είναι συνδεδεμένος με την ηλεκτρική έξοδο της

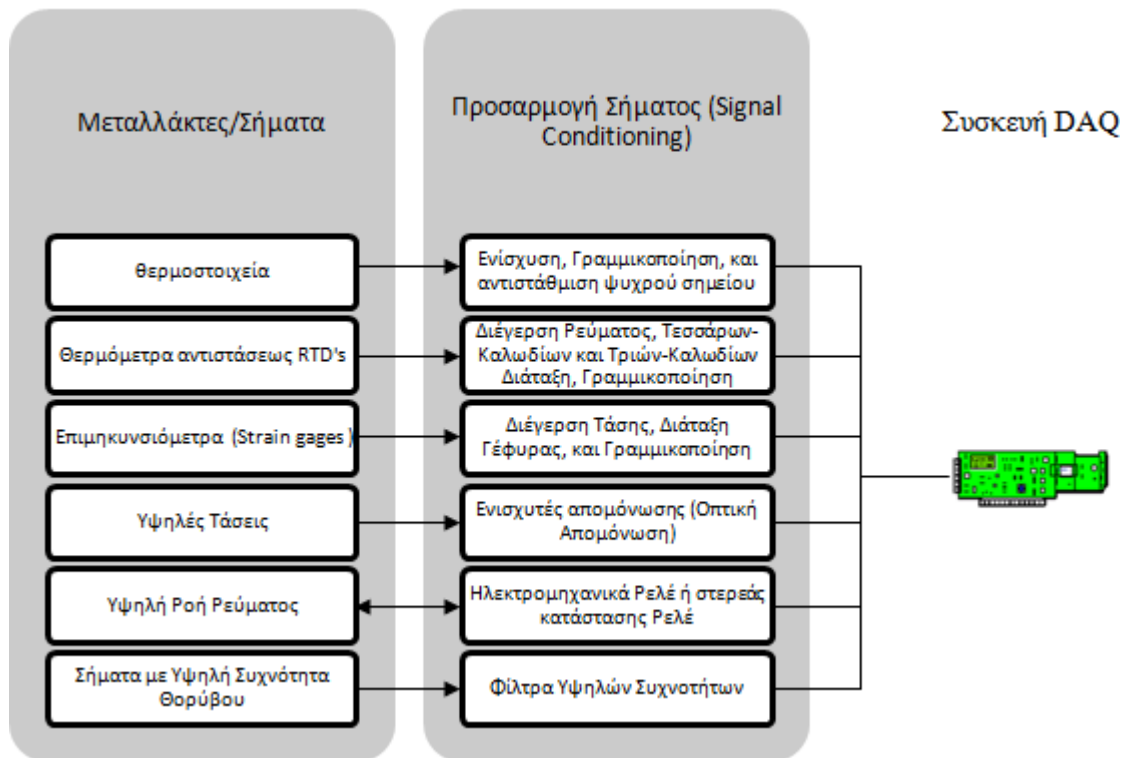
γείωσης όπως συμβαίνει στην προηγούμενη εικόνα. Κάθε ακροδέκτης είναι ανεξάρτητος από το σύστημα της.



Εικόνα 5.2 «Κινητή» πηγή σήματος

5.1.2 Προσαρμογή σήματος (Signal Conditioning)

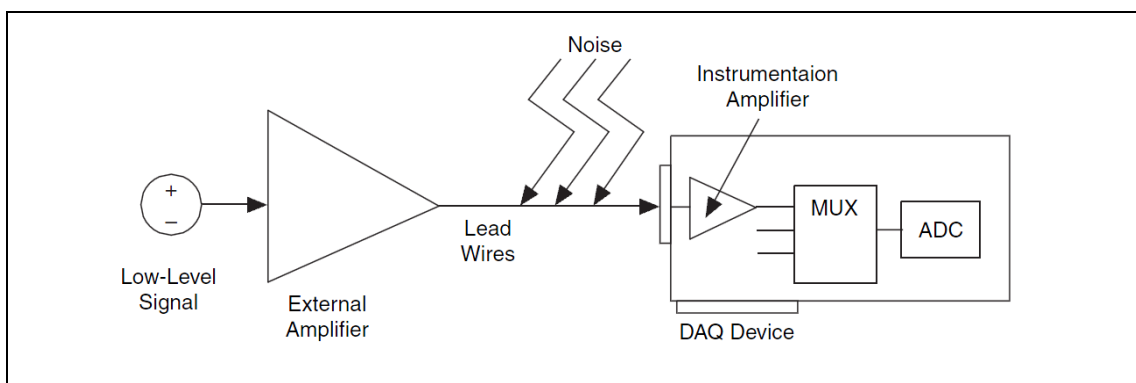
Η μονάδα προσαρμογής σήματος διαμορφώνει κατάλληλα το παρεχόμενο από τον μεταλλάκτη ηλεκτρικό σήμα, ώστε να μπορεί να αξιοποιηθεί στην επόμενη βαθμίδα της εκμεταλλεύσεως σήματος (πχ την συσκευή απόκτησης δεδομένων, data acquisition, “DAQ device”). Η συνηθέστερη λειτουργία που απαιτείται από μια μονάδα προσαρμογής είναι η ενίσχυση του σήματος. Είναι π.χ. γνωστό ότι ένα θερμοστοιχείο (thermocouple) παρέχει τάσεις τάξεως μερικών $\mu\text{V}/\text{K}$, που είναι αρκετά ασθενείς για να μετρηθούν από ένα κοινό βολτόμετρο, και ευπαθής στους διάφορους ηλεκτρομαγνητικούς θορύβους. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται ενίσχυση τάσεως της τάξεως του 10^3 προτού γίνει η ψηφιοποίηση. Άλλου είδους προσαρμογή μπορεί να είναι το φιλτράρισμα του σήματος, όπως θα δούμε παρακάτω, η απομόνωση η μετατροπή του σε σήμα παλμών, η ολοκλήρωσή του, η διαφόρισή του κλπ. Μια περίπτωση προσαρμογής εντελώς απαραίτητη στην περίπτωση που το σήμα θα οδηγηθεί σε Η/Υ αποτελεί η μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος τάσεως σε «ψηφιακή πληροφορία» που γίνεται με τη βοήθεια κατάλληλου μετατροπέα “DAQ device” στην περίπτωση μας. Συνήθως μια προσαρμογή σήματος περιλαμβάνει ενίσχυση, γραμμικοποίηση, διέγερση του μεταλλάκτη, και απομόνωση. Στην Εικόνα 5.3 δείχνονται συνήθεις τύποι μεταλλακτών και η προσαρμογή αυτών.



Εικόνα 5.3 Συνήθης τύποι μεταλλακτών/Σημάτων και προσαρμογή αυτών

5.1.3 Ενίσχυση (Amplification)

Η ενίσχυση είναι ο πιο συνήθης τύπος προσαρμογής σήματος. Η ενίσχυση ηλεκτρικών σημάτων βελτιώνει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της ψηφιακής μετατροπής του αναλογικού σήματος και μειώνει τα αποτελέσματα του θορύβου. Προτείνεται ενίσχυση των χαμηλού επιπέδου σημάτων στην συσκευή DAQ ή με έναν εξωτερικό ενισχυτή που βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή του σήματος για την μείωση του λόγου σήματος θορύβου (SNR signal-to-noise ratio).



Εικόνα 5.4 Ενισχύοντας σήματα κοντά στην πηγή για μείωση του θορύβου, Signal-to-Noise Ratio (SNR)

Η ενίσχυση στην συσκευή DAQ έχει σαν αποτέλεσμα και την ενίσχυση του θορύβου που τυχόν υπεισέρχεται κατά την διαδρομή του σήματος μέσω του καλωδίου μεταφοράς, κάτι το οποίο δεν είναι επιθυμητό. Για τον παραπάνω λόγο προτείνεται ενίσχυση του σήματος κοντά στην πηγή αυτού, έτσι ο εισερχόμενος θόρυβος θα έχει μικρότερα «καταστρεπτικά» αποτελέσματα πάνω στο μετρούμενο σήμα και στην ψηφιοποίηση αυτού.

5.1.4 Γραμμικοποίηση (Linearization)

Πολλοί μεταλλάκτες, όπως τα θερμοστοιχεία, έχουν μη γραμμική απόκριση στις αλλαγές των φυσικών φαινομένων που μετρούν. Υπάρχουν διάφορα προγράμματα Η/Υ, όπως το LabVIEW, που μπορούν να γραμμικοποιήσουν τις τάσεις από τους μεταλλάκτες έτσι ώστε να μπορούμε να τους βαθμονομήσουμε πιο εύκολα.

5.1.5 Διέγερση μεταλλακτών (Transducer Excitation)

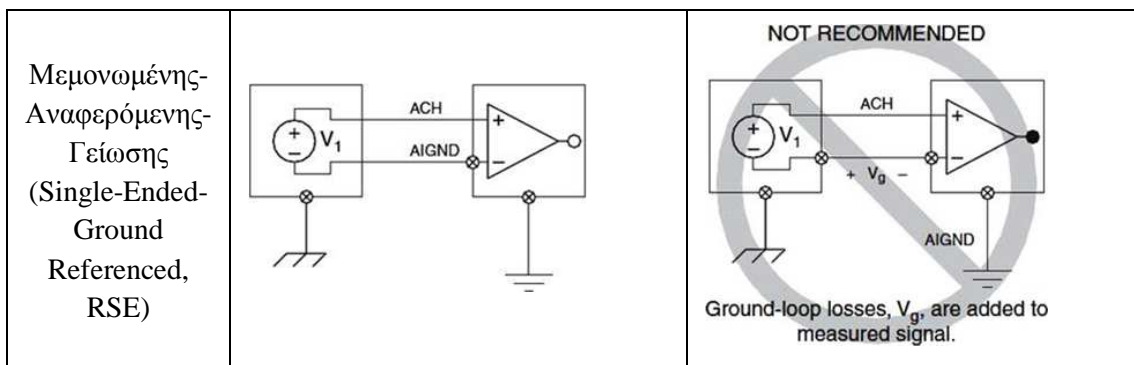
Τα συστήματα προσαρμογής σήματος μπορούν να παράγουν την απαραίτητη διέγερση που μερικοί μεταλλάκτες απαιτούν για να λειτουργήσουν. Τα Επιμηκυνσιόμετρα και τα Θερμόμετρα αντιστάσεως απαιτούν εξωτερική τάση και ρεύματα, αντίστοιχα, για να διεγείρουν τους κυκλωτικούς συνδυασμούς τους πάνω στα μετρούμενα φυσικά φαινόμενα.

5.1.6 Απομόνωση (Isolation)

Άλλος ένας συνήθης τρόπος χρήσης της προσαρμογής σήματος είναι η απομόνωση των σημάτων των μεταλλακτών από τον Η/Υ για λόγους ασφάλειας. Όταν το σήμα μεταφέρει στην οθόνη, του Η/Υ, μεγάλες αιχμές τάσης υπάρχει περίπτωση να υποστούν βλάβες διάφορα τμήματα του ή κάποιες λειτουργίες του.

Συμβουλή: δεν προτείνεται απευθείας σύνδεση σήματος με την συσκευή DAQ χωρίς κάποιου είδους απομόνωση.

Επίσης η απομόνωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλίσει ότι οι διαφορές στα δυναμικά των γειώσεων δεν θα επηρεάσουν τις μετρήσεις από την συσκευή DAQ. Οι βρόχοι γείωσης (επόμενη Εικόνα 5.5) μπορεί να είναι η αιτία ανακριβούς απεικόνισης του μετρούμενου σήματος. Αν η διαφορά δυναμικού μεταξύ της γείωσης του σήματος και της DAQ συσκευής είναι μεγάλη, βλάβες μπορεί να συμβούν στο σύστημα μέτρησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται εξωτερική απομόνωση κοντά στις πηγές.



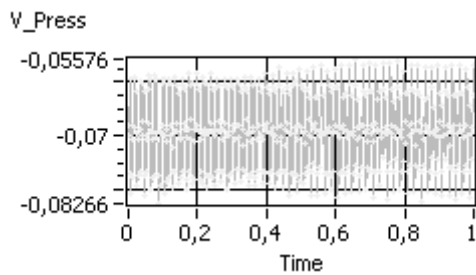
Εικόνα 5.5 Προτεινόμενη και μη προτεινόμενη συνδεσμολογία πηγής σήματος με το σύστημα μέτρησης. Δεξιά βλέπουμε την συνδεσμολογία που δημιουργεί το φαινόμενο «βρόχος γείωσης»

Υπόδειξη: Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για την μείωση του θορύβου. Μερικοί από αυτούς είναι:

- Χρήση θωρακισμένων (shielded) καλωδίων ή καλώδια συστρόφου ζεύγους (twisted pair cables).
- Ελαχιστοποίηση του μήκους των παραπάνω.
- Τα καλώδια των σημάτων μακριά από κάθε αγωγούς τροφοδοσίας εναλλασσόμενου ρεύματος και από οθόνες για να μειωθεί ο θόρυβος των 50 ή 60 Hz.

5.1.7 Μερικά παραδείγματα σημάτων από τους μεταλλάκτες του εργαστηρίου με τη βοήθεια του προγράμματος “LV Pelton” (χρήση ως υποτυπώδης παλμογράφος)

Τα επόμενα διαγράμματα των σημάτων είναι δημιουργημένα χρησιμοποιώντας τμήμα του δημιουργηθέντος προγράμματος “LV Pelton”, το οποίο λειτουργεί ως υποτυπώδης παλμογράφος. Μερικές επιπλέον πληροφορίες για αυτή την λειτουργία υπάρχουν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. Γενικά αναφέρεται ότι η μορφή των κυματομορφών αυτών εξαρτάται από τα μεγέθη της αναλογοψηφιακής μετατροπής που αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο.

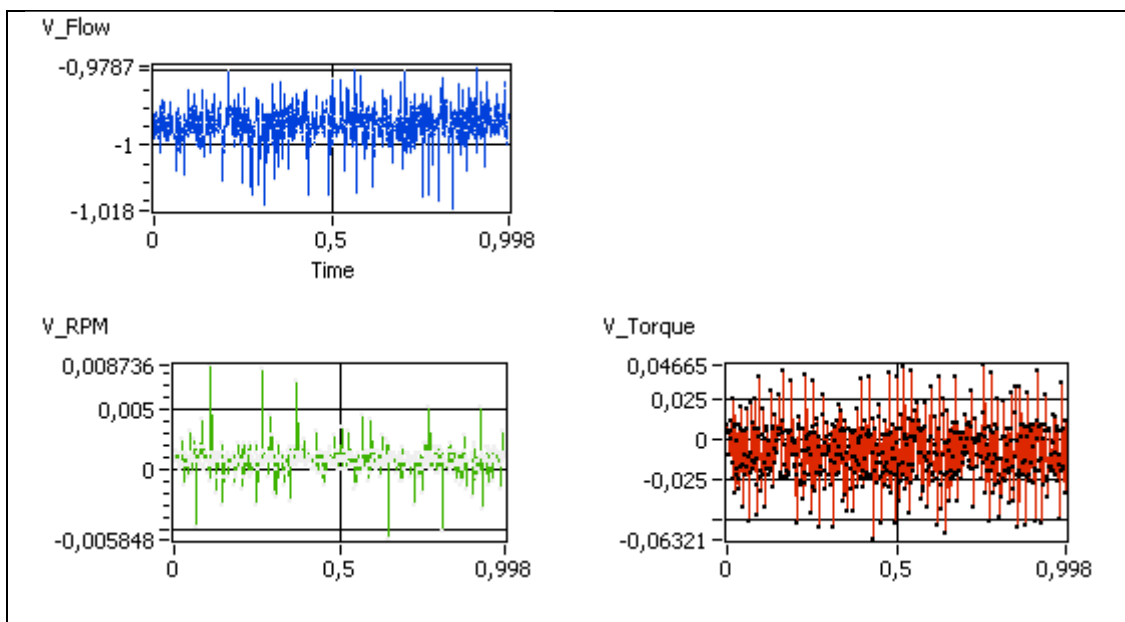


Εικόνα 5.6 Πραγματικό χρονικό σήμα της τάσης της πίεσης που λαμβάνουμε από τον χρησιμοποιούμενο πιεζοηλεκτρικό μεταλλάκτη (δίπλανή εικόνα).



Εικόνα 5.7 Πιεζοηλεκτρικός μεταλλάκτης Ellison model P3200

Από τη μορφή του σήματος της Εικόνας 5.6 συμπεραίνουμε ότι έχουμε θόρυβο. Δύο από τους, πιθανόν, σημαντικότερους λόγους της δημιουργίας αυτού του θορύβου είναι οι εξής: πρώτον η παράλληλη σύνδεση με 2^ο ενδεικτικό όργανο που χρησιμοποιεί τροφοδοσία από το δίκτυο της ΔΕΗ, δεύτερον το πέρασμα του αγωγού μεταφοράς του σήματος, της πίεσης, κοντά από άλλους αγωγούς που μεταφέρουν, σε άλλες συσκευές, ρεύμα τάσης 220-240V και συχνότητας 50Hz. Στην περίπτωση αυτή, για να μειωθεί το αποτέλεσμα του θορύβου στα αποτελέσματα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος υπολογισμού του μέσου όρου (averaging - Software Signal Conditioning - Προσαρμογή σήματος με τη χρήση λογισμικού) των δειγμάτων που αποκτιόνταν κάθε 1 sec. Περισσότερες πληροφορίες για τον υπολογισμό του μέσου όρου, στις επόμενες Παραγράφους 5.2.2 και 5.2.3.



Εικόνα 5.8 Πραγματικά σήματα, παροχής (V_Flow), ταχύτητας περιστροφής (V_RPM) του δρομέα, και ροπής (V_Torque) στην άτρακτο, από το σύστημα μέτρησης του εργαστηρίου

Τα προηγούμενα σήματα είναι για μηδενικά τα φυσικά μεγέθη, (παροχή = 0, μηδενικές οι στροφές της αντλίας, στροφές Pelton = 0, ροπή του τελευταίου = 0), και φαίνεται ότι αυτά (τα σήματα) μεταφέρουν και θόρυβο. Αυτό το συμπεραίνουμε από τα εύρη των σημάτων που δεν είναι μηδενικά αλλά πχ για το σήμα της ροπής είναι $0.04665 - (-0.06321) = 0.10976$. Κρίνεται αναγκαία η εξαγωγή του μέσου όρου των σημάτων με τη χρήση λογισμικού. Το τελευταίο γίνεται και για τα τέσσερα σήματα με το δημιουργηθέν πρόγραμμα και ένα παράδειγμα του κώδικα που κάνει αυτή την εργασία παρουσιάζεται στην Παράγραφο 5.2.4.

5.2 Μέτρηση αναλογικής τάσης (Measuring DC Voltage) με τη χρήση των software και hardware του LabVIEW

Παρακάτω περιγράφεται πως γίνεται η μέτρηση αναλογικής τάσης χρησιμοποιώντας τις DAQ συσκευές και διάφορα όργανα που συνεργάζονται με το λογισμικό του LabVIEW.

5.2.1 Γενικά για τις μετρήσεις DC

Υπάρχουν δύο τύποι τάσεων: το συνεχές ρεύμα (direct current (DC)) και το εναλλασσόμενο (alternating current (AC)). Τα συνεχή ρεύματα είναι αναλογικά σήματα τα οποία αλλάζουν βραδέως με το χρόνο. Κοινά DC σήματα δημιουργούνται από τάση, θερμοκρασία, πίεση, και τάνυση. Τα AC ρεύματα εναλλάσσουν αναλογικά σήματα τα οποία συνεχώς αυξάνουν, μειώνουν, αντιστρέφουν την πολικότητα επί επαναληπτικής βάσης.

Οι εφαρμογές DC έχουν επικρατήσει από τον ηλεκτρισμό υψηλής τάσης. Η σταθερή φύση του συνεχούς ρεύματος κάνει εύκολη την μέτρηση τάσης, ρεύματος, και ισχύος. Ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού της ισχύος είναι $P = I^2 R$ και $P = \frac{V^2}{R}$, όπου P η ισχύς (watts), I το ρεύμα (amps), R η αντίσταση (ohms), και V η τάση (volts DC). Επίσης χρήσιμος και ο νόμος του Ohm: $I = \frac{V}{R}$

Σημείωση: Οι επόμενες τέσσερις παράγραφοι καλό θα ήταν να αναγνωσθούν άλλη μια φορά έπειτα από την ανάγνωση του Παραρτήματος I.

5.2.2 Χρησιμοποιώντας τα NI-DAQ VIs για την μέτρηση συνεχούς τάσης

Τα NI-DAQ Vis (National Instruments Data Acquisition Virtual Instruments) είναι υπορουτίνες που χρησιμοποιεί το λογισμικό LabVIEW για την απόκτηση και μέτρηση συνεχούς (και όχι μόνον) τάσεως.

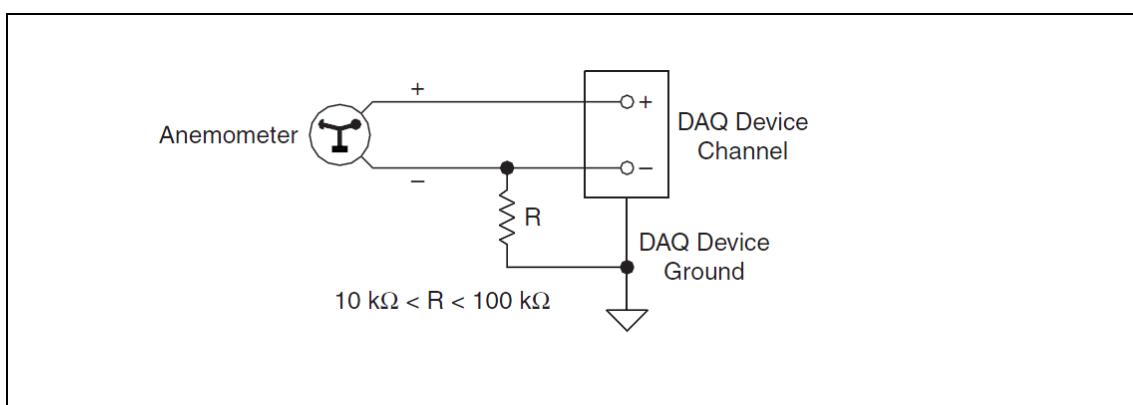
Σημειώνεται ότι: η εταιρία που δημιούργησε το συγκεκριμένο λογισμικό ονομάζεται National Instruments και συνηθίζει να χρησιμοποιεί, ως συνθετικό, το όνομά της.

Με τα συνεχή σήματα είναι ενδιαφέρον να δούμε με ποια ακρίβεια μπορούμε να μετρήσουμε το εύρος ενός σήματος σε ένα σημείο του χρόνου. Γενικά χρησιμοποιείται η προσαρμογή σήματος για να βελτιωθεί η ακρίβεια των περισσότερων μετρήσεων.

Η Εικόνα 5.9 δείχνει ένα τυπικό διάγραμμα καλωδίωσης ενός ανεμόμετρου με περιοχή της τάσης εξόδου 0 έως 10 Volts, που αντιστοιχεί σε ταχύτητες ανέμου από 0 έως 200 mph. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται για την βαθμονόμηση των δεδομένων των τάσεων είναι:

$$\text{anemometer reading}(V) \times 20 \left(\frac{\text{mph}}{V} \right) = \text{wind speed (mph)}$$

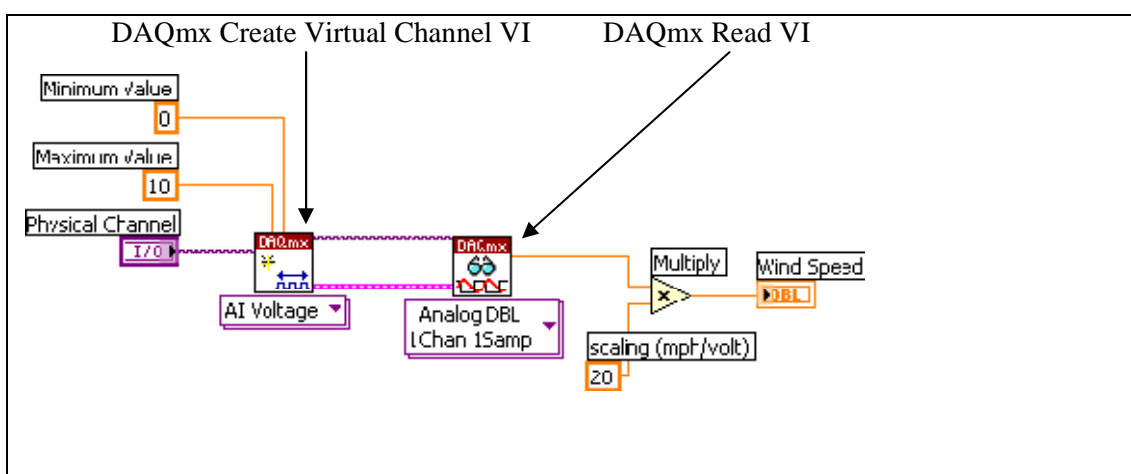
Σημειώνεται ότι στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα 5.9) χρησιμοποιείται αντίσταση, R, διότι τα ανεμόμετρα συνήθως δεν είναι γειωμένοι πόροι σήματος. Αν ο μεταλλάκτης του ανεμόμετρου είναι ήδη γειωμένος, χρησιμοποιείται η αντίσταση R για να αποφευχθεί η δημιουργία βρόχου γείωσης, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει αναληθή αποτελέσματα.



Εικόνα 5.9 Συνήθης Καλωδίωση Ανεμόμετρου.

5.2.3 Μέθοδος NI-DAQmx

Το Λογικό Διάγραμμα (block diagram) της επόμενης Εικόνας 5.10 χρησιμοποιεί NI-DAQmx Vis για να μετρήσει την ταχύτητα του ανέμου. Το “DAQmx Create Virtual Channel VI”, χρησιμοποιεί ένα φυσικό κανάλι για να δημιουργήσει ένα εικονικό κανάλι εισόδου αναλογικής τάσης (Analog Input Voltage virtual channel). Η περιοχή της τάσης είναι από 0V έως 10V. Τα “DAQmx Read” VIs (υπορουτίνες που χρησιμοποιεί το λογισμικό LabVIEW, των οποίων το εικονίδιο φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 5.10) διαβάζουν ένα δείγμα από ένα μοναδικό κανάλι. Ο συντελεστής της κλίμακας βαθμονόμησης 20 mph/volt συνδέεται με την συνάρτηση πολλαπλασιασμού (Multiply) έτσι επιτυγχάνεται η αλλαγή κλίμακας της περιοχής της τάσης εισόδου από 0V έως 10V σε ταχύτητα ανέμου περιοχής 0 έως 200 mph.



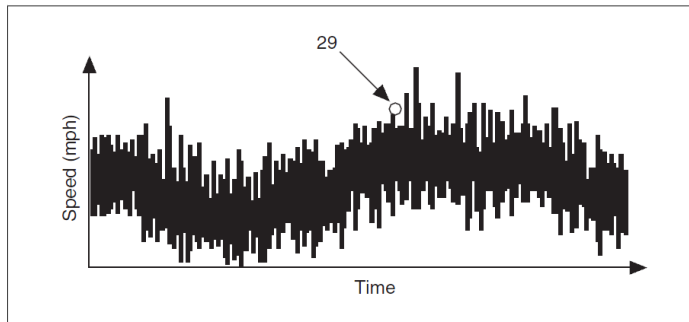
Εικόνα 5.10 Απόκτηση Μοναδικής Τάσης Χρησιμοποιώντας DAQmx Vis

5.2.4 Εξαγωγή του μέσου όρου μιας σάρωσης (Averaging a Scan)

Γενικά η εξαγωγή του μέσου όρου είναι χρήσιμη για την απόκτηση σημάτων τα οποία αλλάζουν γρήγορα ή όταν υπάρχει θόρυβος στην γραμμή μετάδοσης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο παραδείγματα όπου χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος.

Παράδειγμα 1^ο

Η Εικόνα 5.11 δείχνει την πραγματική ταχύτητα του ανέμου συναρτήσει του χρόνου. Αίτια της μορφής αυτής οι διάφορες ριπές του ανέμου. Η τιμή 29 mph είναι μια από τις αιχμές. Μια καλύτερη αναπαράσταση θα δημιουργηθεί αν εξάγουμε τον μέσο όρο μικρότερης χρονικής περιόδου.

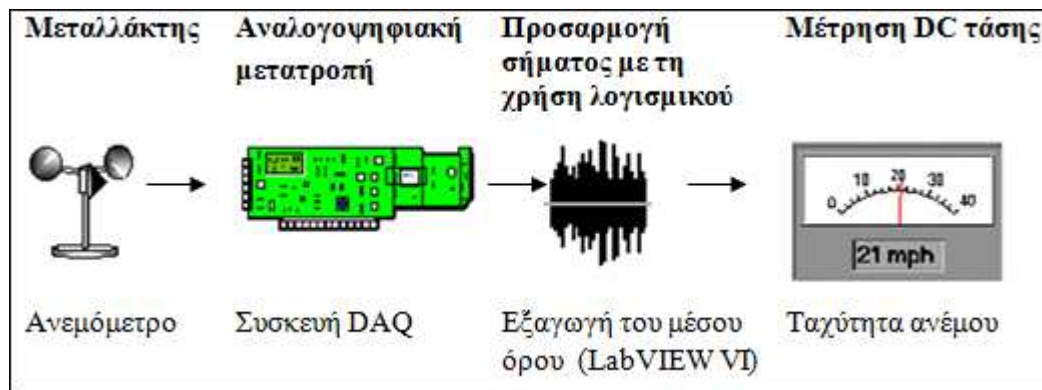


Εικόνα 5.11 Ταχύτητα του Ανέμου συναρτήσει του χρόνου

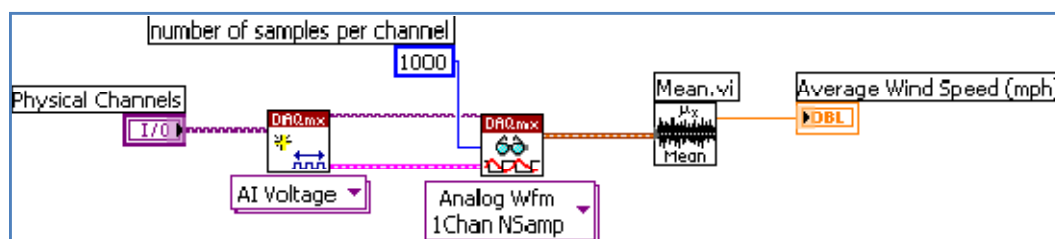
Οι είσοδοι, αριθμός των δειγμάτων (**number of samples**) και ο ρυθμός της δειγματοληψίας (**sample rate**) καθορίζουν την κυματομορφή (waveform) των αποκτηθέντων δεδομένων. Για παράδειγμα αν έχετε επιλέξει τις ρυθμίσεις **number of samples** = 1000 και **sample rate** = 500 (samples/sec), το VI (εικονικό όργανο που χρησιμοποιείτε) χρειάζεται 2 sec για να αποκτήσει τα 1000 σημεία. Το VI “Mean” δίνει την μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου για 2 sec του χρόνου.

Ένας λόγος για να χρησιμοποιήσουμε την πρακτική εξαγωγής του μέσου όρου είναι η απαλοιφή του θορύβου των 50 ή 60 Hz των γραμμών μεταφοράς της τροφοδοσίας ισχύος του δικτύου ηλεκτροδότησης. Το ταλαντευόμενο μαγνητικό πεδίο γύρω από τις γραμμές τροφοδοσίας εισάγει τάσεις θορύβου σε αθωράκιστες καλωδιώσεις μεταλλικών. Επειδή ο θόρυβος αυτός είναι ημιτονοειδής, ή διαμορφωμένος, η τιμή του μέσου όρου είναι μηδενική σε μια περίοδο. Επιλέγοντας ρυθμό σάρωσης ακέραιο πολλαπλάσιο του θορύβου και παίρνοντας τον μέσο όρο για ακέραιο πολλαπλάσιο αριθμό περιόδων μπορείτε να εξαλείψετε τον θόρυβο της γραμμής. Ένα παράδειγμα που «δουλεύει» και για τους δυο θορύβους των 50 και 60 Hz είναι να σαρώνετε με 300 σαρώσεις το δευτερόλεπτο και να παίρνετε τον μέσο όρο 30 σημείων. Σημείωση ο αριθμός 300 είναι ακέραιο πολλαπλάσιο και των δυο 50 και 60. Μια περίοδος των 50 Hz θορύβου είναι $300/50=6$ σημεία. Μια περίοδος των 60Hz είναι $300/60=5$ σημεία. Παίρνοντας τον μέσο όρο 30 σημείων σαν ακέραιο πολλαπλάσιο και των δύο περιόδων, εξασφαλίζετε τον μέσο όρο και των δυο περιόδων.

Παρακάτω φαίνεται ένα σύστημα DAQ για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου με την προσθήκη λογισμικού που εξάγει τον μέσο όρο (Εικόνες 5.12-5.14).

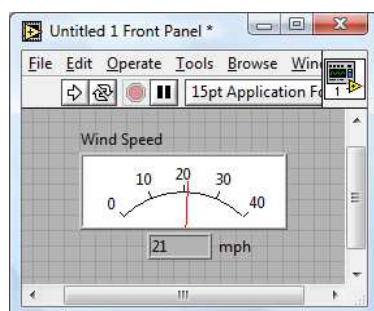


Εικόνα 5.12 Σύστημα DAQ για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου με εξαγωγή του μέσου όρου (Averaging)



Εικόνα 5.13 Block diagram ("κώδικας") του λογισμικού LabVIEW, για την εύρεση του μέσου όρου χιλίων δειγμάτων της ταχύτητας του ανέμου

Την μέτρηση "21 mph" θα την βλέπουμε στο αντίστοιχο "indicator" (ενδεικτικό όργανο της ταχύτητας), στο Front Panel του προγράμματός μας, που θα έχει "block diagram" όμοιο με αυτό της προηγούμενης Εικόνας 5.13.



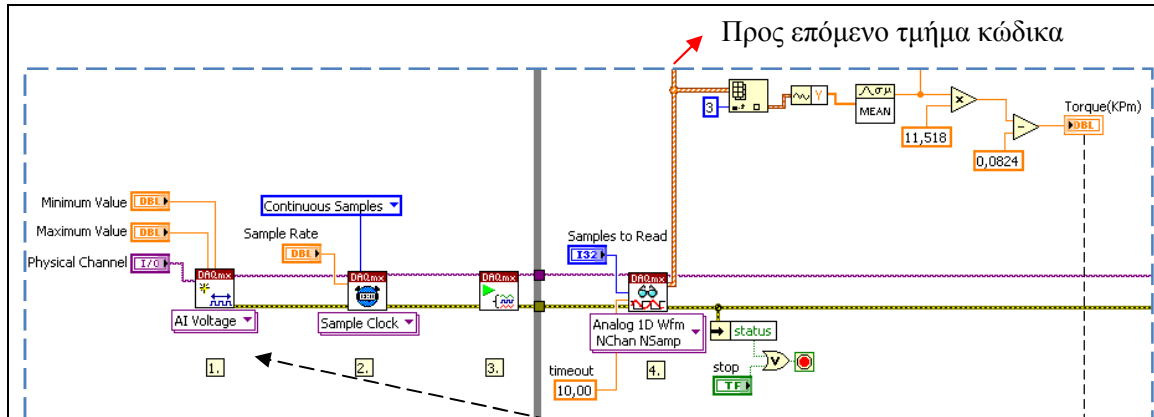
Εικόνα 5.14 "Επιφάνεια διαμεσολάβησης" (Front Panel) χρήστη και προγράμματος LabVIEW, στην οποία φαίνεται και το ενδεικτικό όργανο της ταχύτητας του ανέμου.

Παράδειγμα 2^ο Μέτρηση της ροπής, στην άτρακτο του υδροστροβίλου του εργαστηρίου.

Όπως και με το ανεμόμετρο, έχουμε τη δημιουργία του κώδικα της Εικόνας 5.15, για την προσαρμογή του σήματος της ροπής με τη χρήση του λογισμικού LabVIEW, και την

εμφάνιση, σε εικονικό ενδεικτικό όργανο στην οθόνη του υπολογιστή, της μέσης τιμής της ροπής (σε kpm) που ασκείται στην άτρακτο του υδροστρόβιλου.

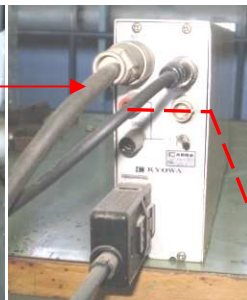
Εξίσωση βαθμονόμησης της ροπής:



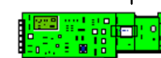
Εικόνα 5.15 Σύστημα DAQ για την Μέτρηση της Ροπής με Εξαγωγή του μέσου όρου



Εικόνα 5.16 Μεταλλάκτης της ροπής



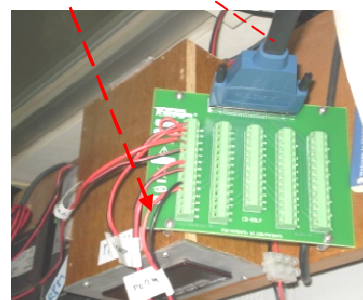
Εικόνα 5.17 Πίσω όψη της γέφυρας



Εικόνα 5.18 Ενδεικτικό της ροπής



Εικόνα 5.19 Γέφυρα-ενισχυτής - "hardware signal conditioner" του μεταλλάκτη της ροπής



Εικόνα 5.20 Τμήμα Διασύνδεσης (T1DAQ) της συσκευής DAQ του εργαστηρίου. Η κάρτα DAQ βρίσκεται στην κεντρική μονάδα του χρησιμοποιούμενου Η/Υ.

Στην παραπάνω συνδεσμολογία (Εικόνες 5.15-5.20) εννοείται η σύνδεση του Τμήματος Διασύνδεσης (T1DAQ) της DAQ device με τον Η/Υ του εργαστηρίου που παραλήφθηκε από την ενδεικτική συνδεσμολογία για λόγους χωρητικότητας .

Η προσαρμογή (εξαγωγή του μέσου όρου), που υπάρχει στο προηγούμενο τμήμα του κώδικα (Εικόνα 5.15), κρίνεται αναγκαία λόγω της μορφής των χρονικών σημάτων που έστειλε το μετρητικό σύστημα της ροπής.

5.3 Επιπρόσθετα Θέματα στην Απόκτηση δεδομένων (Data Acquisition) με τη χρήση H/Y

Στη συνέχεια περιέχονται πληροφορίες για την χρήση των καρτών απόκτησης δεδομένων (DAQ boards) και την συνεργασία αυτών με διάφορα λογισμικά, όπως του LabVIEW.

5.3.1 Γενική επισκόπηση και διάταξη του συστήματος

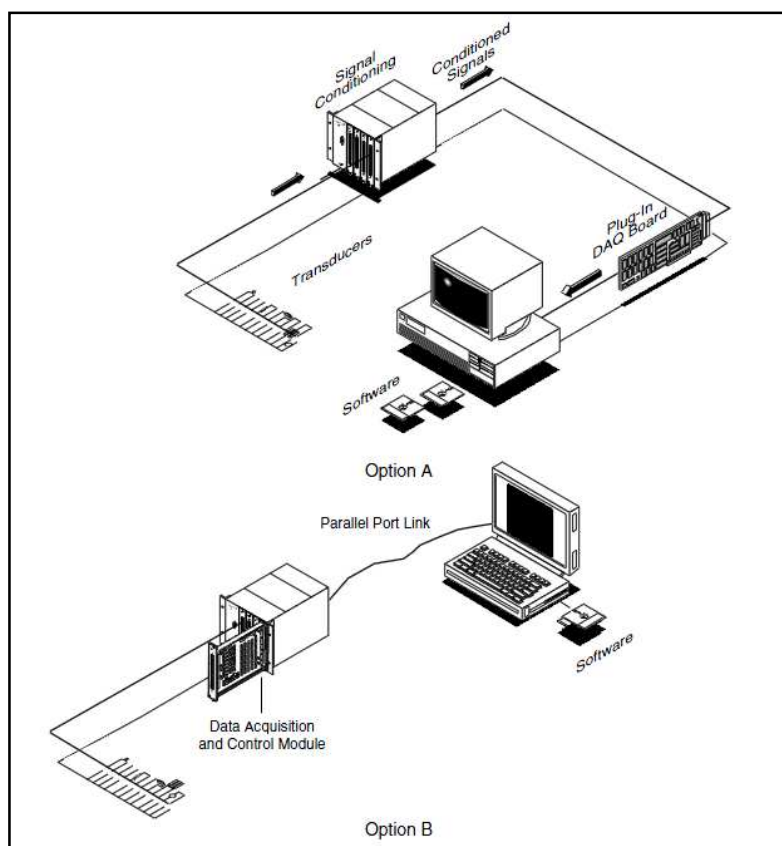
Η βιβλιοθήκη απόκτησης δεδομένων του LabVIEW περιέχει VIs για να ελέγχει τα διάφορα όργανα που είναι διασυνδεδεμένα με τις κάρτες DAQ. Συχνά, μια κάρτα μπορεί να έχει ποικιλία από λειτουργίες για την αναλογιοηφιακή (A/D) μετατροπή, την ψηφιοαναλογική μετατροπή (D/A), τις ψηφιακές εισόδους/εξόδους (I/O), και τις λειτουργίες των μετρητών/χρονιστών. Κάθε κάρτα υποστηρίζει διαφορετικές ταχύτητες απόκτησης δεδομένων και παραγωγής σήματος. Επίσης κάθε κάρτα είναι σχεδιασμένη για ειδικές πλατφόρμες hardware (ηλεκτρομηχανολογικά μέρη του H/Y) και λειτουργικά συστήματα (operating systems).

5.3.2 Μέρη συστήματος απόκτησης δεδομένων

Η βασική εργασία του συστήματος DAQ είναι να μετρά ή να παράγει φυσικά σήματα του πραγματικού κόσμου. Πριν το σύστημα του H/Y μετρήσει ένα φυσικό σήμα, ένας σένσορας ή μεταλλάκτης πρέπει να μετατρέψει το φυσικό σήμα σε ηλεκτρικό όπως τάση ή ρεύμα. Συχνά, οι κάρτες θεωρείται ότι πρέπει να περιέχουν ολόκληρο το σύστημα απόκτησης δεδομένων; ωστόσο, η κάρτα αυτή είναι μόνο ένα από τα μέρη του συστήματος. Περισσότερα ανόμοια όργανα, που μπορούν να λειτουργήσουν μόνα τους, μερικές φορές δεν μπορούν να συνδεθούν απευθείας με την υπομονάδα της DAQ κάρτας. Χρειάζεται μια ξεχωριστή εξωτερική μονάδα προσαρμογής σήματος η οποία να προσαρμόζει το σήμα προτού εισέλθει στην DAQ κάρτα και μετατραπεί σε ψηφιακή πληροφορία. Τελικά, το λογισμικό ελέγχει το σύστημα DAQ, αποκτά μια σειρά από δεδομένα, αναλύει αυτά, και παρουσιάζει τα αποτελέσματα.

Η Εικόνα 5.21 δείχνει δυο από τις πολλές επιλογές που υπάρχουν για ένα σύστημα DAQ. Στην επιλογή A, η πρόσθετη DAQ κάρτα περιέχεται μέσα στον H/Y. Αυτός ο H/Y μπορεί να

είναι ένας πύργος ενός επιτραπέζιου υπολογιστή ή ένα μοντέλο φορητού υπολογιστή με θυρίδες PCMCIA. Στην επιλογή Β, η κάρτα DAQ είναι εξωτερική του Η/Υ. Με αυτή την προσέγγιση μπορούν να «χτιστούν» συστήματα DAQ χρησιμοποιώντας υπολογιστές χωρίς πρόσθετες θυρίδες, όπως μερικοί φορητοί μικροϋπολογιστές. Ο υπολογιστής και η αυτοτελής μονάδα DAQ επικοινωνούν διαμέσου διαφόρων διαύλων (buses), όπως οι παράλληλες θύρες, USB, ή PCMCIA. Αυτοί οι τύποι συστημάτων είναι πρακτικοί για μακρινή απόκτηση δεδομένων και έλεγχο εφαρμογών.



Εικόνα 5.21 Μέρη του συστήματος απόκτησης των δεδομένων

5.3.3 Αναλογική είσοδος (Analog Input)

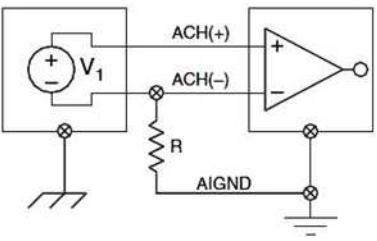
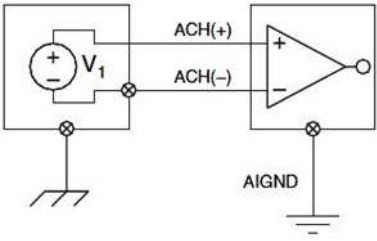
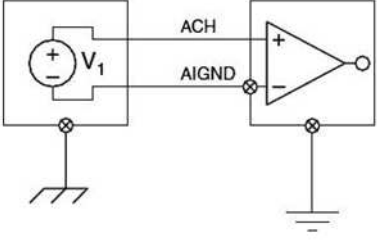
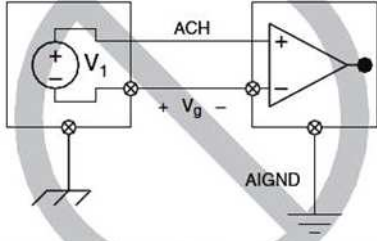
Όταν μετρούνται αναλογικά σήματα με μια κάρτα DAQ, πρέπει να εξετάζονται οι παρακάτω παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα της ψηφιοποίησης ενός σήματος: μέθοδος συνδεσμολογίας των εισόδων (single-ended and differential inputs Πίνακας 5.2), διακριτική ικανότητα (resolution), περιοχή λειτουργίας (range), ρυθμός δειγματοληψίας (sampling rate), ακρίβεια (accuracy), και ο θόρυβος (noise).

Όλες οι εισοδοί *Single-ended* αναφέρονται σε ένα κοινό σημείο (Πίνακας 5.2). Χρησιμοποιούνται όταν τα σήματα εισόδου είναι υψηλού επιπέδου (μεγαλύτερα από 1 V), οι

αγωγοί των πηγών των σημάτων έως την αναλογική είσοδο είναι περιορισμένου μήκους (μικρότερου των 15 ft), και όλες οι εισοδοί των σημάτων μοιράζονται μια γείωση αναφοράς. Αν τα σήματα δεν τηρούν αυτά τα κριτήρια, χρησιμοποιούνται διαφορικές (*differential*) εισοδοί. Με τις διαφορικές εισόδους, κάθε είσοδος μπορεί να έχει τη δικιά της αναφορά. Επίσης οι διαφορικές εισοδοί ελαττώνουν ή και εξαλείφουν σφάλματα θορύβου.

Στον Πίνακα 5.2 δίνονται συγκεντρωτικά συνήθεις τρόποι σύνδεσης μιας πηγής σήματος με το σύστημα μέτρησης.

Πίνακας 5.2 Συνδέοντας μια πηγή σήματος με το σύστημα μέτρησης.

Είσοδοι	Τύπος πηγής σήματος (Signal Source Type)	
	«Κινητή» (Floating) Πηγή Σήματος	Γειωμένη (Grounded) Πηγή Σήματος
	Παραδείγματα <ul style="list-style-type: none"> Μη γειωμένα Θερμοστοιχεία Προσαρμογή Σήματος με Απομονωμένες Εξόδους Συσκευές Μπαταριών 	Παραδείγματα <ul style="list-style-type: none"> Όργανα συνδεδεμένης υπομονάδας με μη απομονωμένες Εξόδους
Διαφορική (Differential, DIFF) 		
Μεμονωμένη-Αναφερόμενη (Single-Ended-Referenced, RSE) 	NOT RECOMMENDED  <p>Ground-loop losses, V_g, are added to measured signal.</p>	

AIGND: Αναλογικής εισόδου γειωμένη ακίδα στην συσκευή DAQ (Analog input ground)

ACH: Αναλογικό κανάλι (Analog channel)

5.3.4 Η αναλογοψηφιακή μετατροπή

Η αναλογοψηφιακή μετατροπή χρησιμοποιείται για την μετατροπή των αναλογικών σημάτων που παρέχουν οι μεταλλάκτες σε ψηφιακές πληροφορίες, καθώς και την εν συνεχεία μετάδοσή τους προς τον Η/Υ. Για την μετατροπή αυτή χρησιμοποιούνται οι αναλογοψηφιακοί μετατροπείς (Analog-to-Digital-Converter, ADC). Εξυπακούεται ότι αναλογοψηφιακοί μετατροπείς χρησιμοποιούνται και στα πάσης φύσεως όργανα ψηφιακών ενδείξεων, πχ ψηφιακά βολτόμετρα (Digital Volt-Meter, DVM), ψηφιακά θερμομέτρα κλπ. Οι αναλογοψηφιακοί μετατροπείς που χρησιμοποιούνται ως μονάδες προσαρμογής των μεταλλακτών σε Η/Υ, συνήθως συνοδεύονται από επιλογή ή πολυπλέκτη (multiplexer) ο οποίος δέχεται τα αναλογικά σήματα από περισσότερες της μιας πηγές (κανάλια), ψηφιοποιώντας, κάθε φορά, το επιλεγμένο από το πρόγραμμα Η/Υ που ελέγχει τον μετατροπέα. Η επιλογή γίνεται με τη βοήθεια ορισμένων δυαδικών ψηφίων του καταχωρητού ελέγχου του μετατροπέα.

Τα βασικά λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός αναλογοψηφιακού μετατροπέα είναι:

Διακριτική ικανότητα (Resolution) μιας οποιαδήποτε μετρητικής διατάξεως ορίζεται ως το ελάχιστο σήμα εισόδου που προκαλεί μεταβολή στο σήμα εξόδου. Ο ορισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκφραστεί και η διακριτική ικανότητα ενός ADC, αν θεωρηθεί ως σήμα εισόδου το αναλογικό σήμα εισόδου του και ως σήμα εξόδου η ψηφιακή πληροφορία που παρέχει ο ADC στην έξοδό του. Αν ο ADC διαθέτει καταχωρητή δεδομένων με n το πλήθος δυαδικά ψηφία, τότε το αναλογικό σήμα εισόδου ψηφιοποιείται το πολύ σε 2^n τιμές, άρα η διακριτική ικανότητα του ADC ισούται με

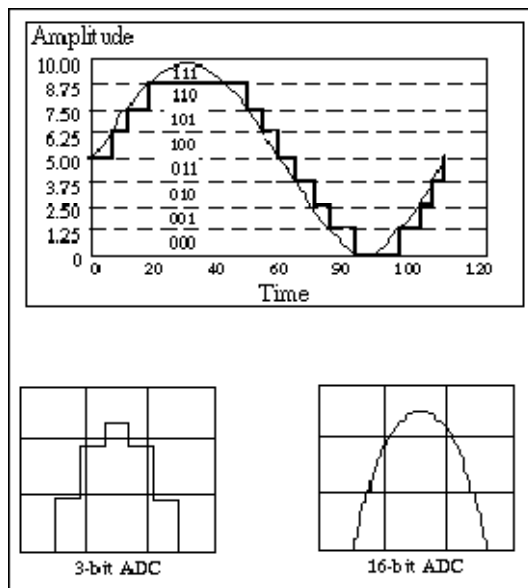
$$\frac{1}{2^n} \times (V_{max} - V_{min})$$

ή

$$\frac{1}{2^n} \times [\text{μέγιστο αναλ. σήμα εισόδου (V)} - \text{ελάχιστο αναλ. σήμα εισόδου (V)}]$$

Έχει επικρατήσει, όμως, και η διακριτική ικανότητα ενός ADC δίνεται με βάση το πλήθος “ n ” των δυαδικών ψηφίων που διαθέτει ο καταχωρητής δεδομένων του.

Η επόμενη Εικόνα 5.22 δείχνει ένα κύμα ενός ημιτόνου και την αντίστοιχη ψηφιακή εικόνα του που αποκτήθηκε από έναν ADC 3-bit. Για παράδειγμα, ένας 3-bit μετατροπέας διαιρεί την περιοχή λειτουργίας σε 2^3 ή σε 8 διαστάσεις. Ένας δυαδικός κωδικός μεταξύ 000 και 111 αναπαριστά κάθε διάσταση. Το ψηφιακό σήμα δεν είναι καλή αναπαράσταση του πρωτογενούς σήματος επειδή πληροφορία χάθηκε κατά την μετατροπή. Αυξανόμενης της διακριτικής ικανότητας σε 16 bits, ωστόσο, οι αριθμοί των κωδικών του ADC αυξάνονται από 8 σε 65.536 (2^{16}), και μπορεί κατά συνέπεια να αυξηθεί ικανοποιητικά η ακρίβεια της αναπαράστασης του αναλογικού σήματος.



Εικόνα 5.22 Η επίδραση του αριθμού των bits, του αναλογοψηφιακού μετατροπέα, στην αναπαράσταση του πρωτογενούς σήματος

Η περιοχή λειτουργίας ορίζεται από τις τιμές V_{min} της ελάχιστης και V_{max} μέγιστης τάσεως σήματος εισόδου, μεταξύ των οποίων αναλογικά λειτουργεί ο ADC:

Τάση εισόδου	Ψηφιακή ένδειξη
V_{min}	0
V_s	d
V_{max}	$2^n - 1$

Έτσι, σε κάθε τάση V_s αντιστοιχεί ψηφιακή πληροφορία d , που καθορίζεται από τη σχέση:

$$\frac{V_s - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} = \frac{d}{2^n - 1}$$

όπου V_s η τάση του αναλογικού σήματος εισόδου του ADC και “ d ” η αντίστοιχη ψηφιακή ένδειξη.

Στη μέγιστη ψηφιακή ένδειξη το πλήθος των δυαδικών ψηφίων είναι:

$$d_{max} = 2^n - 1$$

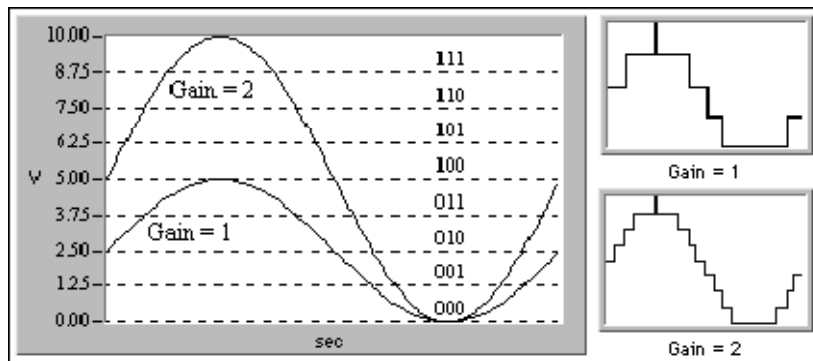
Αν οριστεί ως τάση κορεσμού εκείνη που αντιστοιχεί σε «ψηφιακή ένδειξη» 2^n , τότε θα ισχύει:

$$\frac{V_s - V_{min}}{V_{ovf1} - V_{min}} = \frac{d}{2^n}$$

οπότε:

$$V_{max} = V_{ovf1} - \frac{V_{ovf1} - V_{min}}{2^n}$$

Το *κέρδος (Gain)* αναφέρεται σε κάθε ενίσχυση ή εξασθένηση ενός σήματος που μπορεί να συμβεί πριν το σήμα ψηφιοποιηθεί. Εφαρμόζοντας κέρδος σε ένα σήμα, αυξάνεται η περιοχή λειτουργίας της εισόδου του ADC και έτσι επιτρέπεται σε αυτόν να χρησιμοποιήσει όσο το δυνατόν περισσότερες ψηφιακές περιοχές είναι διαθέσιμες για να αναπαραστήσει το σήμα. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας έναν 3-bit ADC και μια περιοχή λειτουργίας από 0 έως 10 V, η επόμενη εικόνα δείχνει το αποτέλεσμα της εφαρμογής κέρδους σε σήμα που κυμαίνεται μεταξύ 0 και 5 V. Χωρίς εφαρμογή κέρδους, ή με $gain = 1$, ο ADC χρησιμοποιεί μόνον τέσσερα από τα οκτώ διαστήματα για την μετατροπή. Με την πρόσθεση κέρδους στο σήμα πριν την ψηφιοποίηση, ο ADC τώρα χρησιμοποιεί και τις οκτώ ψηφιακές διαιρέσεις, και η ψηφιακή παράσταση είναι μεγαλύτερης ακρίβειας. Επιτρέπεται στην κάρτα τώρα να είναι αποδεκτή σε περιοχές εισόδου 0 έως 5 V, επειδή κάθε σήμα πάνω από 5 V ενισχύεται με τον συντελεστή 2 και η είσοδος του ADC γίνεται μεγαλύτερη από 10 V.



Εικόνα 5.23 Η επίδραση της ενίσχυσης στην αναλογιοψηφιακή μετατροπή

Η περιοχή λειτουργίας, η διακριτική ικανότητα, και το κέρδος που είναι διαθέσιμα σε μια κάρτα DAQ καθορίζουν το *ελάχιστο σήμα εισόδου* που προκαλεί αλλαγή στο σήμα εξόδου. Αυτή η αλλαγή παριστά 1 λιγότερο σημαντικό δυαδικό ψηφίο, **least significant bit (LSB)**, από την ψηφιακή τιμή. Η μικρότερη ανιχνεύσιμη αλλαγή υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

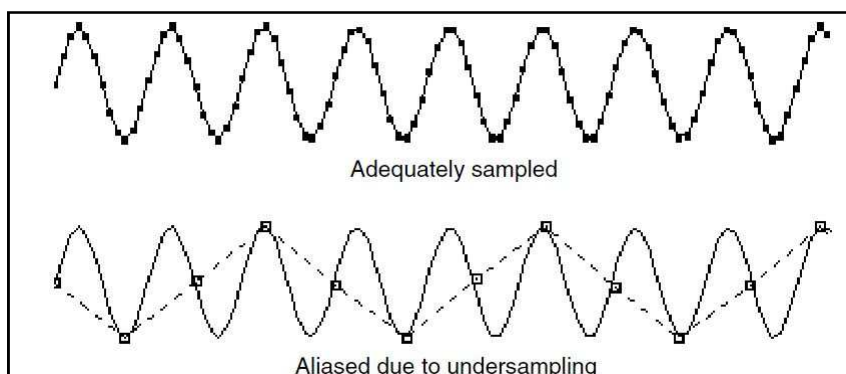
$$(\text{voltage range}) / (\text{gain} \times 2^{(\text{resolution in bits})})$$

Για παράδειγμα μια κάρτα 12-bit με περιοχή λειτουργίας εισόδου από 0 έως 10 V και κέρδος 1 εντοπίζει αλλαγή 2.4 mV, όταν η ίδια κάρτα με περιοχή εισόδου -10 έως 10 V μπορεί να εντοπίσει αλλαγή μόνον 4.8 mV.

$$(\text{voltage range}) / (\text{gain} \times 2^{\text{resolution}}) = 10 \div (1 \times 2^{12}) = 2.4 \text{ mV}$$

$$20 \div (1 \times 2^{12}) = 4.8 \text{ mV}$$

Ο ρυθμός δειγματοληψίας (Sampling rate) καθορίζει πόσο συχνά γίνεται η αναλογιοψηφιακή μετατροπή. Μια γρήγορη δειγματοληψία αποκτά παραπάνω σημεία στον δοσμένο χρόνο και μπορεί συχνά να παραστήσει καλύτερα το πρωτογενή σήμα από αυτό που θα παρασταθεί με μια πιο αργή δειγματοληψία. Μια αργή δειγματοληψία μπορεί να έχει αποτελέσματα ανεπαρκούς αναπαράστασης του αρχικού σήματος. Η Εικόνα 5.24 δείχνει ένα σήμα επαρκής και ελλιπής δειγματοληψίας. Η 2^η παραποίηση της μορφής του σήματος, λόγω μεγάλου χρόνου δειγματοληψίας, ονομάζεται «ψευδή» (alias), και το κάνει να εμφανίζεται με διαφορετική από την πραγματική συχνότητα.



Εικόνα 5.24 Εμφάνιση Ψευδοσυχνότητας (Alias), λόγω του μεγάλου χρόνου δειγματοληψίας

Σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας του Nyquist, πρέπει να δειγματολειπούμε με συχνότητα τουλάχιστον διπλάσια της μέγιστης συχνότητας των συνιστωσών του σήματος που θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε. Για παράδειγμα, όταν ηχητικά σήματα μετατρέπονται σε ηλεκτρικά συχνά περιέχουν συνιστώσες συχνότητας έως 20 kHz; έτσι, χρειάζεται κάρτα με ικανότητα ρυθμού δειγματοληψίας πάνω από 40 kHz για να αναπαρασταθεί σωστά το σήμα. Από την άλλη μεριά, οι μεταλλάκτες θερμοκρασίας συνήθως δεν απαιτούν υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας επειδή η θερμοκρασία δεν αλλάζει γρήγορα στις περισσότερες εφαρμογές.

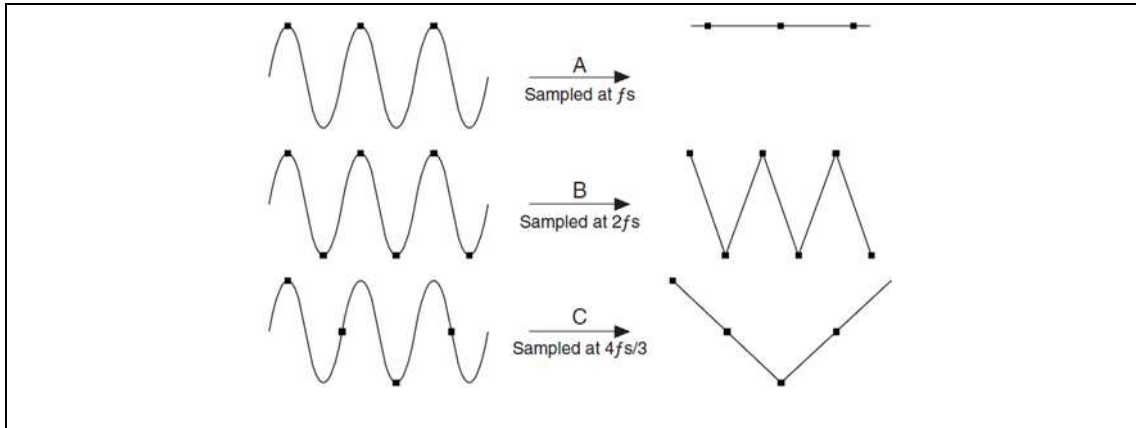
Εξαγωγή του μέσου όρου (Averaging). Ανεπιθύμητος θόρυβος παραμορφώνει το αναλογικό σήμα πριν αυτό μετατραπεί σε ψηφιακό. Η πηγή αυτού του θορύβου μπορεί να είναι εξωτερικά ή εσωτερικά του κομπιούτερ. Ο εξωτερικός θόρυβος μπορεί να μειωθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλη προσαρμογή σήματος. Επίσης μπορεί να ελαχιστοποιηθεί το αποτέλεσμα αυτού του θορύβου με υπερδειγματοληψία του σήματος και έπειτα εξαγωγή του μέσου όρου των αποκτηθέντων δειγμάτων. Η στάθμη του θορύβου περιορίζεται περίπου κοντά στον παρακάτω παράγοντα:

$$\sqrt{\text{(αριθμός των σημείων που εξάγεται ο μέσος όρος)}}$$

Παραδείγματός χάριν, αν έχουμε 100 σημεία και εξάγουμε τον μέσο όρο, το αποτέλεσμα του θορύβου στο σήμα μειώνεται κατά τον παράγοντα 10.

Προσδιορισμός της ταχύτητας δειγματοληψίας

Καλό θα ήταν να χρησιμοποιείται η μέγιστη δειγματοληψία που είναι διαθέσιμη από την μετρητική συσκευή. Ωστόσο, αν η δειγματοληψία γίνεται πολύ γρήγορα μεταξύ μεγάλων περιόδων του χρόνου χρειάζεται αρκετή μνήμη ή χώρος στον σκληρό δίσκο για να κρατούνται τα δεδομένα. Η Εικόνα 5.25 δείχνει το αποτέλεσμα του χρόνου δειγματοληψίας.



Εικόνα 5.25 Η επίδραση της ταχύτητας δειγματοληψίας στην εμφανιζόμενη μορφή και συχνότητα της αναπαράστασης του πρωτογενούς σήματος

6

Πλήρη Διαγράμματα (Φ, Ψ, η, N'_m), απλά (Φ, η), (Φ, Ψ) και διαγράμματα ροπής και ισχύος συναρτήσσει των στροφών του Pelton

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται διαγράμματα που προέρχονται από τα πειραματικά δεδομένα, που αποκτήθηκαν κατά την εργαστηριακή δοκιμή μοντέλου υδροστροβίλου τύπου Pelton. Αντιστοιχούν στις δυο μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των σημείων λειτουργίας.

Μέθοδοι:

A. «Σταθερή Ταχύτητα Περιστροφής R»

- 700 και
- 800 RPM

B. «Σταθερό Υδραυλικό Ύψος H»,.

Η μηχανική ισχύς (Nm) στον δρομέα του υδροστροβίλου έχει μετατραπεί στις 700 RPM (Nm') για κάθε περίπτωση.

Ειδικότερα στην Παράγραφο 6.2 παρουσιάζονται τα απλά διαγράμματα $\eta=f(\Phi)$ και $\Psi=f(\Phi)$ για κάθε άνοιγμα του στομίου του ακροφυσίου χωριστά. Στην επόμενη έχουμε τα «πολλαπλά» διαγράμματα τα οποία περιέχουν καμπυλες για περισσότερα του ενός ανοίγματα. Στην 6.4 παρουσιάζονται οι πλήρη χάρτες λειτουργίας του μοντέλου. Στην 6.5 γίνεται μια σύγκριση δύο διαγραμμάτων, ενός που έχει παραχθεί με τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας του “LV_Pelton” και ενός που δεν έχει υποστεί περαιτέρω ανάλυση. Στη συνέχεια έχουμε τα διαγράμματα της ροπής, και ισχύος συναρτήσει των στροφών του μοντέλου, και στην τελευταία 6.7 δείχνεται η επίδραση της θεώρησης της σταθερής θερμοκρασίας του εργαζόμενου μέσου.

6.1 Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται

Πίνακας 6.1 Συμβολισμοί και συντομεύσεις

T#	Turns	Αριθμός περιστροφών χειριστηρίου ρύθμισης ανοίγματος του στομίου του ακροφυσίου
U	Upper (Άνω)	Ακροφύσιο σε Λειτουργία
L	Lower (Κατώτερο)	
B	Both (Και τα Δύο)	
R#	RPM	Καμπύλη ή Διάγραμμα με δεδομένα της Μεθόδου Α. (R1=700RPM R2=800RPM)
H#	Head	Καμπύλη ή Διάγραμμα με δεδομένα της Μεθόδου Β.
old		Διάγραμμα με δεδομένα που αποκτήθηκαν παλιότερα (Με το ίδιο μοντέλο και από άλλους ερευνητές, Κεφάλαιο 2)
Prd	Predicted	Καμπύλη ή Διάγραμμα από την αριθμητική επίλυση του Μοντέλου (Δεδομένα από την βιβλιογραφία 6.[ΑΠ06])

Παραδείγματος χάριν αν έχουμε την αλληλουχία “T8_U_H” θα σημαίνει έχουμε καμπύλη (ή σημεία) που έχει(ουν) χαραχθεί με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Περιστροφές χειριστηρίου του μηχανισμού προώθησης της βελόνης του ακροφυσίου = 8

- Άνω ακροφύσιο σε λειτουργία
- Μέθοδος A

Σημειώνονται επίσης τα εξής:

- Όλα τα πειράματα με τη Μέθοδο A γίνανε κατά την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας (Θα συμβολίζονται με R)
 - Κάποιες καμπύλες χαράχθηκαν χρησιμοποιώντας την στατιστική ανάλυση του δημιουργηθέντος προγράμματος και θα σημειώνονται με το σύμβολο St στο τέλος
- Τα περισσότερα πειράματα της Μεθόδου B έχουν γίνει παλιότερα στο ίδιο μοντέλο και θα σημειώνονται με το συνθετικό H1
 - Οι καμπύλες για τις περιστροφές 1, 3, 5 έχουν γίνει κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας και θα σημειώνονται με H2
- Ημερομηνία διεξαγωγής του κάθε πειράματος:
 - Πειράματα Σταθερών Στροφών Pelton
 - U_R1 13/5/2009
 - L_R1 12/5/2009
 - B_R1 26/5/2009
 - U_R1_St 27/7/2009
 - U_R2 7/5/2009
 - Πειράματα Σταθερού Διαθέσιμου Υδραυλικού Ύψους:
 - L_H1_old 2/12/2008
 - B_H1_old 8/12/2008
 - U_H2 29/5/2009
 - L_H2 29/5/2009
 - B_H2 29/5/2009

Επίσης θα ισχύουν οι εξής αντιστοιχίες που παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα 6.2.

Πίνακας 6.2 Αντιστοιχίες περιστροφών ατέρμονα και αδιάστατου ανοίγματος

Περιστροφές (Turns)	Αδιάστατο Άνοιγμα (% του συνολικού)		
T1	5.6	T10	55.6

T2	11.1	T12	66.7
T3	16.7	T14	77.8
T4	22.2	T16	88.9
T5	27.8	T18	100
T6	33.3	T20	111
T8	44.4		

Υπενθυμίζεται ότι μόνον κατά τα πειράματα με λειτουργία του άνω ακροφυσίου είναι δυνατή η εικοστή περιστροφή του μηχανισμού προώθησης (111%) (επιπλέον στοιχεία έχουν δοθεί στην Παράγραφο 3.1).

6.2 Διαγράμματα (Φ, η) , (Φ, Ψ) χωριστά για κάθε άνοιγμα των ακροφυσίων

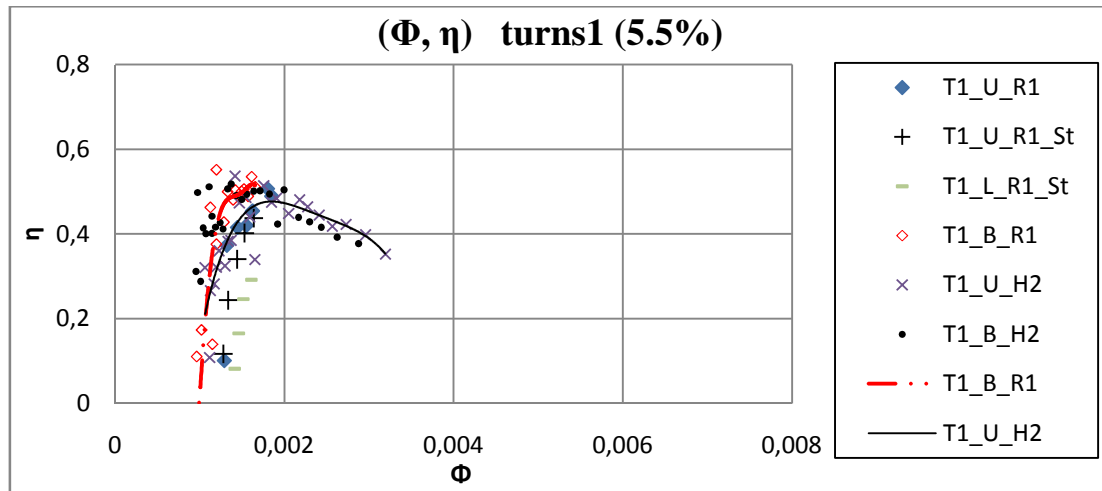
Σχετικά με την μορφή των καμπυλών των βαθμών απόδοσης, η , συναρτήσει της αδιάστατης παροχής, Φ , σημειώνονται τα εξής:

- Για μικρά ανοίγματα του ακροφυσίου έχουμε σχετικά αυξημένες απώλειες στο σύστημα βελόνη-ακροφύσιο. Επίσης η ροή ενδέχεται να βρίσκεται, για μεγάλα χρονικά διαστήματα, στη μεταβατική ή ακόμα και στη στρωτή περιοχή, παρουσιάζοντας έτσι αυξημένες απώλειες κατά τη διέλευση αυτής από το ακροφύσιο και το σκαφίδιο. Ακόμα λόγω της μικρής διατομής της δέσμης, σε σχέση με το σκαφίδιο έχουμε μη ικανοποιητική οδήγηση της ροής στο μεγάλο μεγέθους σκαφίδιο με αποτέλεσμα μείωση του βαθμού απόδοσης.
- Όσο αυξάνεται το άνοιγμα οι προηγούμενες απώλειες μειώνονται με συνέπεια ο μέγιστος βαθμός απόδοσης που θα παρουσιάζεται να είναι μεγαλύτερος. Επίσης η ροή οδηγείται καλύτερα από το σκαφίδιο σε αυτή την περίπτωση.
- Όμως μετά από ένα άνοιγμα και πέρα έχουμε αύξηση των απωλειών λόγω των «απόνερων» που αρχίζουν να καταστρέφουν την εισερχόμενη ροή, και του ότι πλέον το σκαφίδιο γεμίζει πολύ γρήγορα (λόγω της αυξημένης παροχής, μεγαλύτερης από της κανονικής) και δεν μπορεί να οδηγήσει την ροή ικανοποιητικά. Για την λειτουργία και των δύο ακροφυσίων μαζί οι απώλειες λόγω απόνερων για μεγάλα ανοίγματα είναι μεγαλύτερες από ότι με την λειτουργία του ενός.

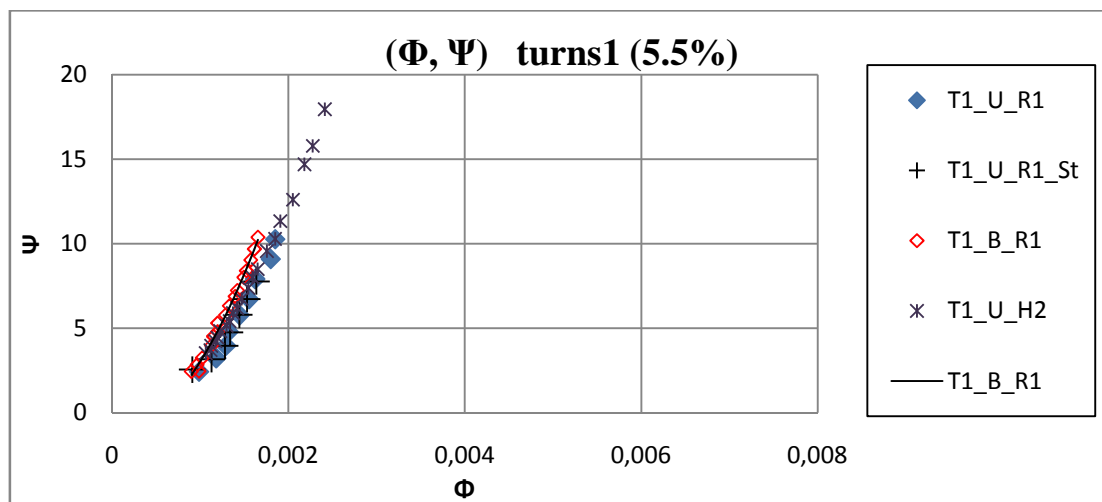
Σύμφωνα με τα προηγούμενα αναμένουμε για μικρά ανοίγματα να έχουμε σχετικά μικρούς βαθμούς απόδοσης, για μεσαία τον μέγιστο, και για μεγάλα μειωμένο σε σχέση με το μέγιστο.

Στα επόμενα διαγράμματα μπορούμε να δούμε αναλυτικά τις όποιες ομοιότητες και διαφορές που παρουσιάζονται στις καμπύλες, για κάθε περιστροφή της βελόνης των ακροφυσίων. Χάρην πληρότητας εμφανίζονται όλα τα πειραματικά δεδομένα που αποκτήθηκαν, κάτι που κάνει τα διαγράμματα σχετικά πολύπλοκα και δυσνόητα με την πρώτη παρατήρηση. Όμως αυτά είναι χρήσιμα όταν εκτελούμε ένα συγκεκριμένο πείραμα και θέλουμε κάθε στιγμή να βλέπουμε και να συγκρίνουμε το τρέχον σημείο λειτουργίας, με άλλα δεδομένα (παλαιότερες μετρήσεις του ίδιου μοντέλου, που αποκτήθηκαν με ίδια ή διαφορετική μεθοδολογία, ή με δεδομένα άλλων όμοιων υδροστροβίλων όταν αυτά είναι διαθέσιμα). Αυτή η λειτουργία

επιτυγχάνεται μιας και τα συγκεκριμένα διαγράμματα υπάρχουν σε φύλλο του EXCEL, το οποίο είναι συνδεδεμένο και «συνεργάζεται», όταν εμείς το θελήσουμε, με το πρόγραμμα (“LV Pelton”) απόκτησης και εμφάνισης των σημείων λειτουργίας του υδροστροβίλου. Λεπτομέρειες γι’ αυτή τη συνεργασία αναφέρονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.



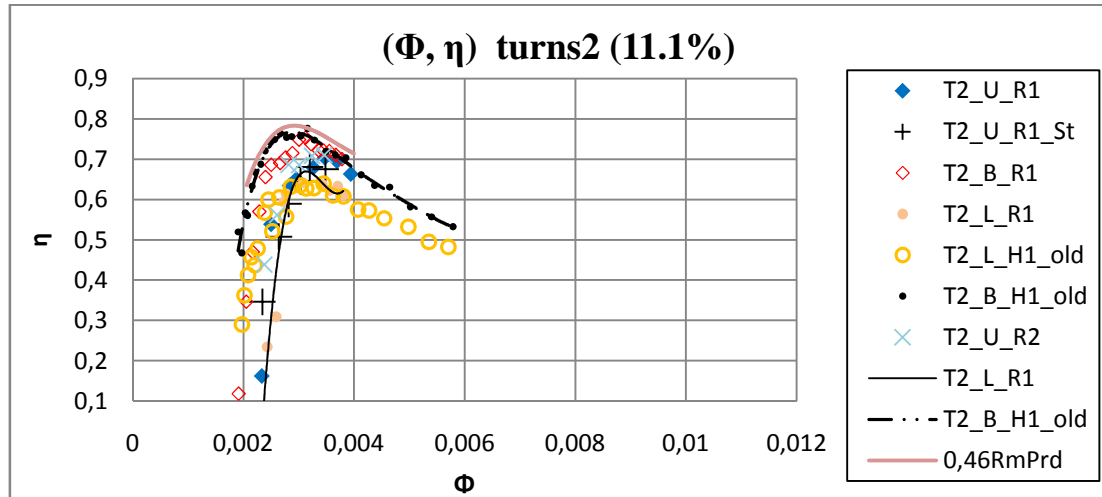
Εικόνα 6.1 Σημεία λειτουργίας, $\eta=f(\Phi)$, για μια περιστροφή (5.5%) του ατέρμονα ρύθμισης του ανοίγματος



Εικόνα 6.2 Άνοιγμα 1, $\Psi=f(\Phi)$

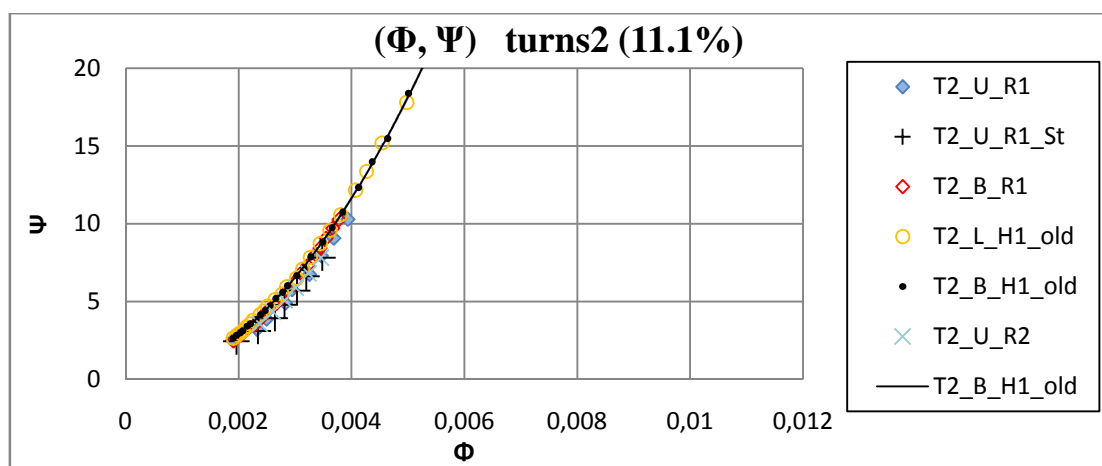
Από τα δύο προηγούμενα διαγράμματα παρατηρείται ότι σημεία χαμηλότερων βαθμών απόδοσης αλλά ίδιας αδιάστατης παραμέτρου Φ φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερη παράμετρο Ψ . Γενικά στα μικρά ανοίγματα όπου η επιφάνεια της διατομής εξόδου του ρευστού από τα ακροφύσια είναι και αυτή μικρή, φαινόμενα φραγμού μέρους αυτής παρουσιάζονται πολύ πιο συχνά, με αποτέλεσμα η διασπορά των αποκτηθέντων δεδομένων, να είναι μεγαλύτερη, απ’ ότι στα μεγαλύτερα ανοίγματα. Επίσης σε αυτά παρουσιάζονται

μεγαλύτερες απώλειες στο σύστημα βελόνης-ακροφυσίου. Ακόμα η ποιότητα της δομής της δέσμης μεταβάλλεται πολύ περισσότερο με αποτέλεσμα την απόκλιση της τελευταίας από τα όρια σχεδιασμού. Αυτά έχουν σαν συνέπεια την μείωση του βαθμού απόδοσης.

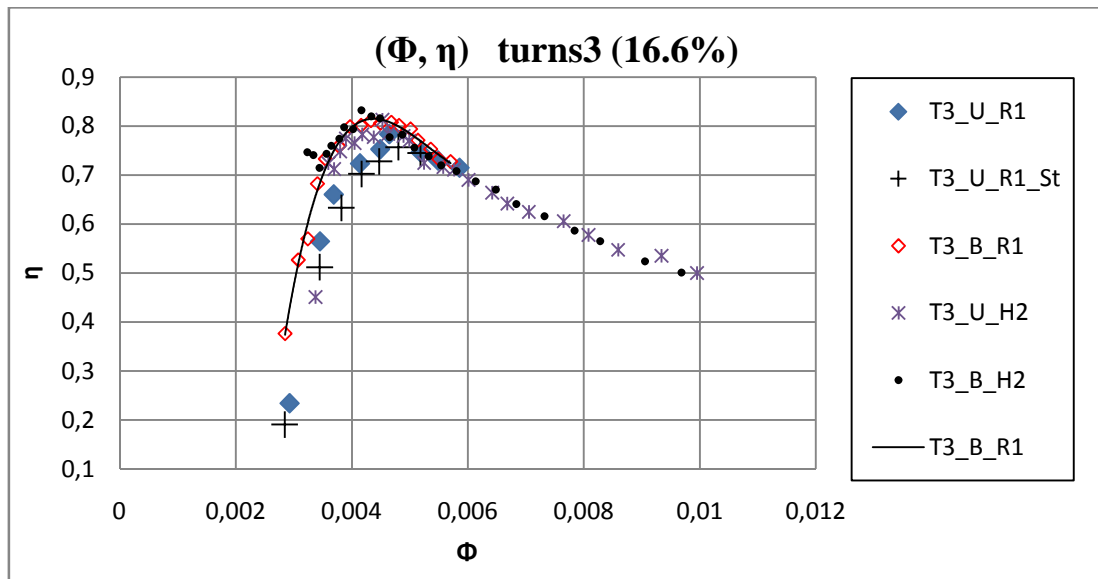


Εικόνα 6.3 Άνοιγμα 2, $\eta=f(\Phi)$

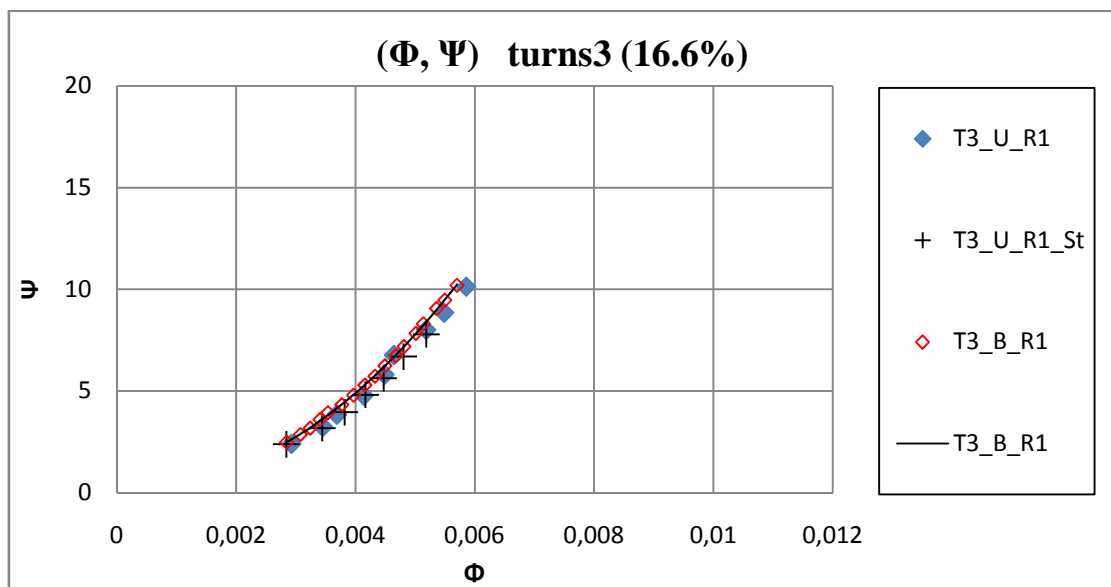
Από το διάγραμμα της Εικόνας 6.3 παρατηρείται ότι οι καμπύλες της ταυτόχρονης λειτουργίας των ακροφυσίων, για μικρά ανοίγματα (11%), πλησιάζουν περισσότερο την αναμενόμενη (Predicted) καμπύλη η οποία δημιουργήθηκε χωρίς να λάβει υπόψη της απώλειες στο σύστημα της βελόνης-ακροφύσιο, και την απόκλιση της δέσμης από την ιδανική πορεία, βιβλιογραφία 6. [ΑΠ06].



Εικόνα 6.4 Άνοιγμα 2, $\Psi=f(\Phi)$

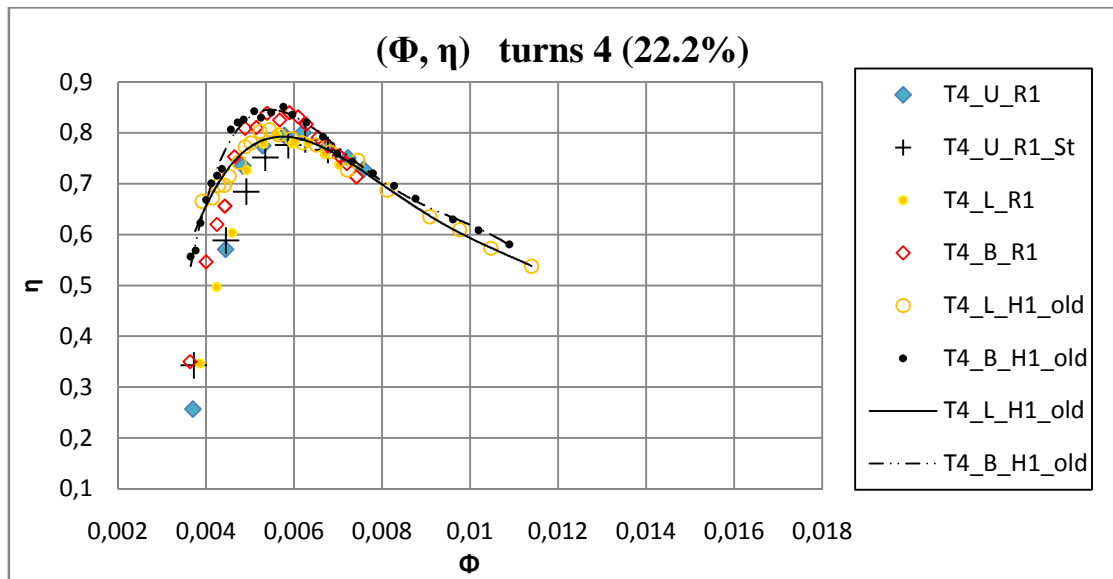


Εικόνα 6.5 Άνοιγμα 3, $\eta=f(\Phi)$



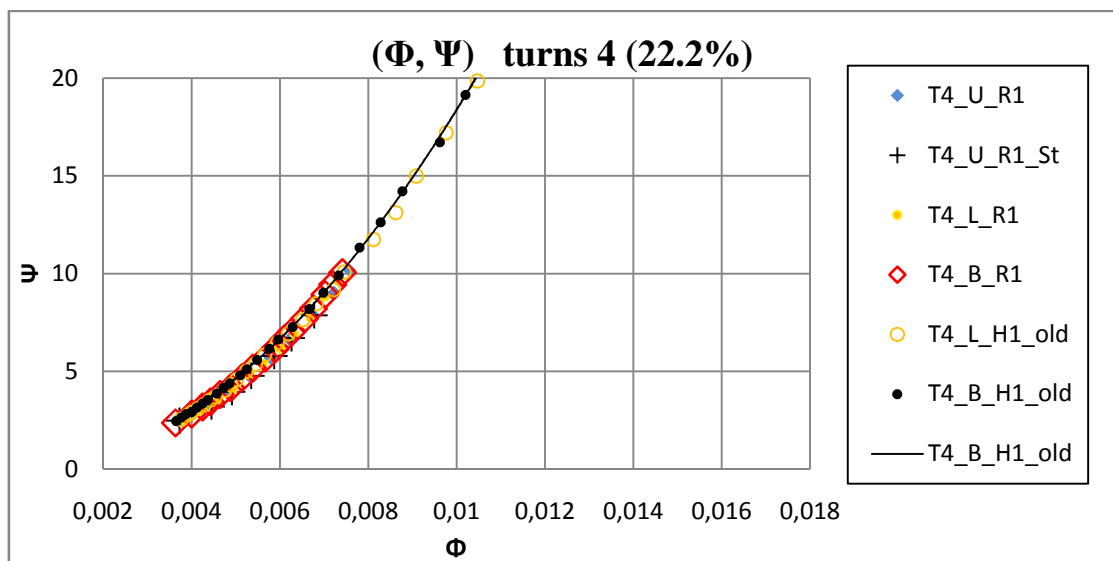
Εικόνα 6.6 Άνοιγμα 3, $\Psi=f(\Phi)$

Σημαντική επισήμανση: Τα σφάλματα των μετρητικών οργάνων τα οποία είναι της τάξης του 2% έχουν μεγαλύτερη επίδραση στα σήματα των μικρών ανοιγμάτων. Έτσι αναμένεται μεγαλύτερη διασπορά των σημείων αυτών των ανοιγμάτων σε σχέση με τα μεγαλύτερα.



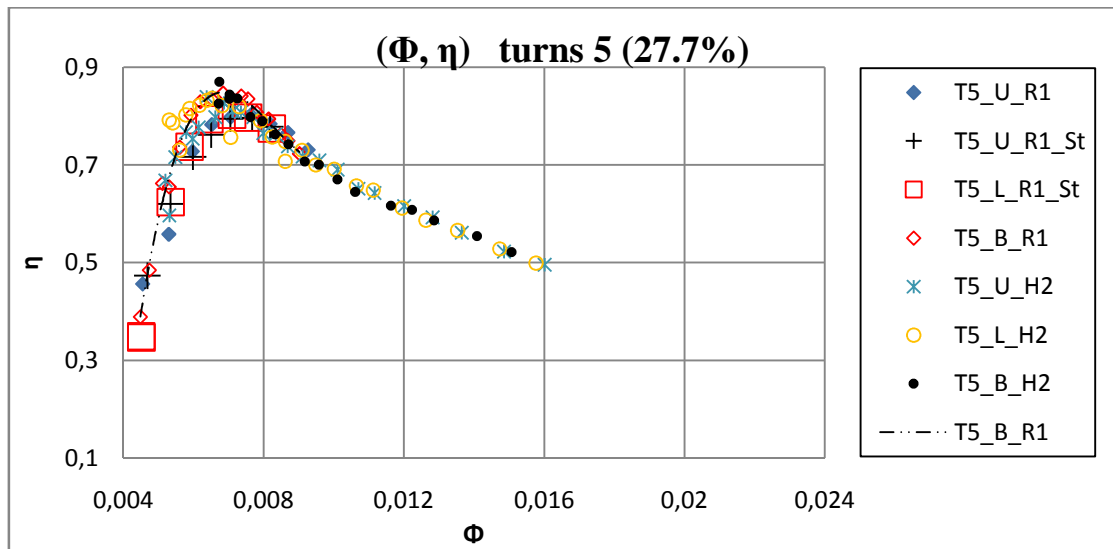
Εικόνα 6.7 Άνοιγμα 4, $\eta=f(\Phi)$

Ο συνδυασμός λειτουργίας και των δύο ακροφυσίων φαίνεται να υπερτερεί λιγότερο σε σχέση με τα προηγούμενα ανοίγματα, της λειτουργίας με ένα μόνον ακροφύσιο.



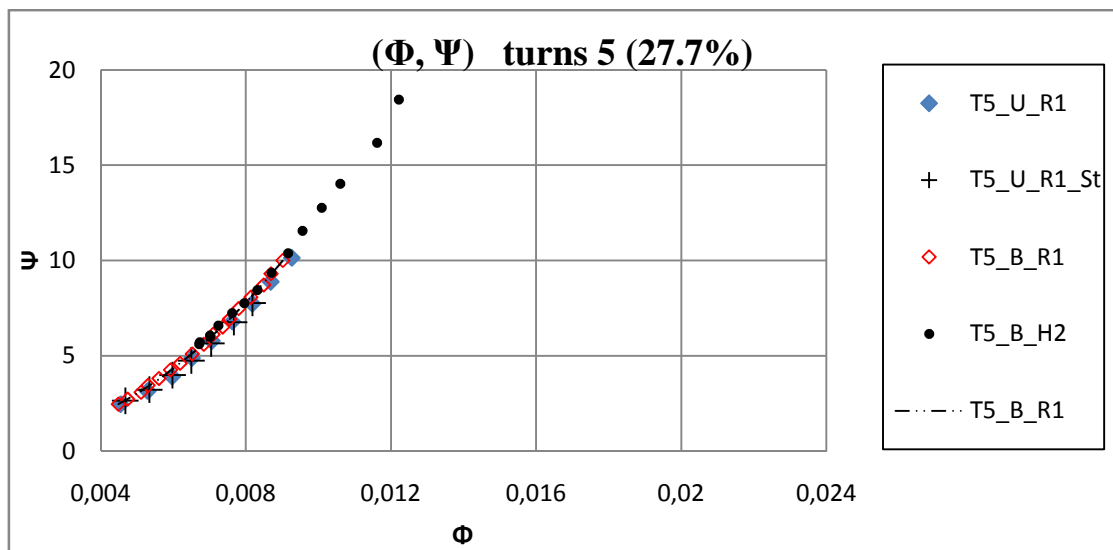
Εικόνα 6.8 Άνοιγμα 4, $\Psi=f(\Phi)$

Σημειώνεται ότι αλλάζουμε μετά από κάποια ανοίγματα τα όρια των αξόνων διότι στόχος είναι ή σύγκριση των καμπυλών που υπάρχουν σε ένα διάγραμμα και όχι η γενική σύγκριση. Η τελευταία γίνεται στην επόμενη παράγραφο όπου υπάρχουν πολλαπλά διαγράμματα



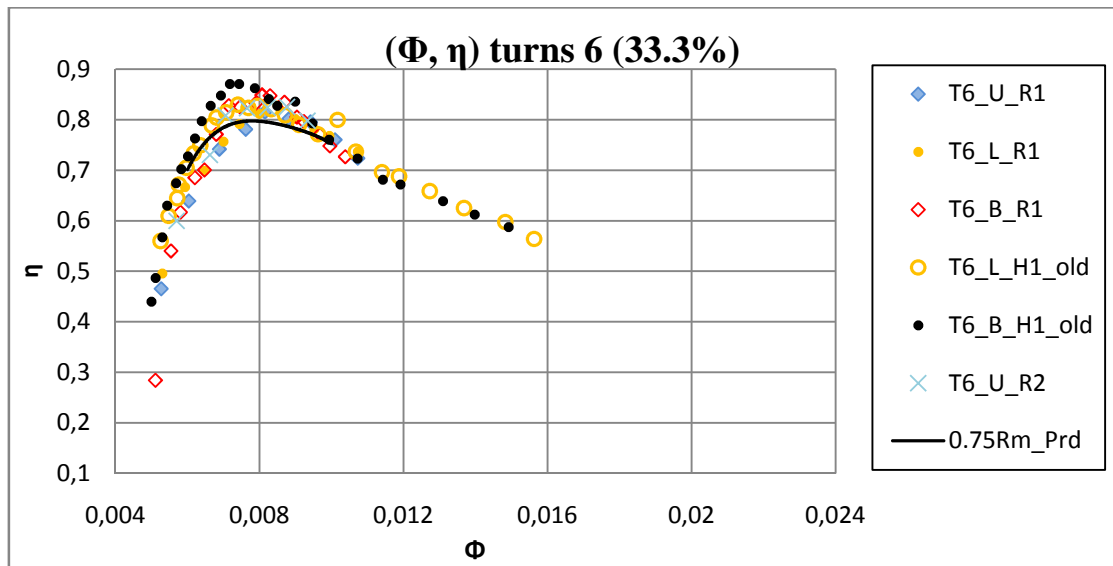
Εικόνα 6.9 Άνοιγμα 5, $\eta=f(\Phi)$

Η σχετική διαφορά στην αριστερή πλευρά από που παρατηρήθηκε στο προηγούμενο άνοιγμα 4 (Εικόνα 6.7) φαίνεται να εξαλείφεται στο άνοιγμα 5.



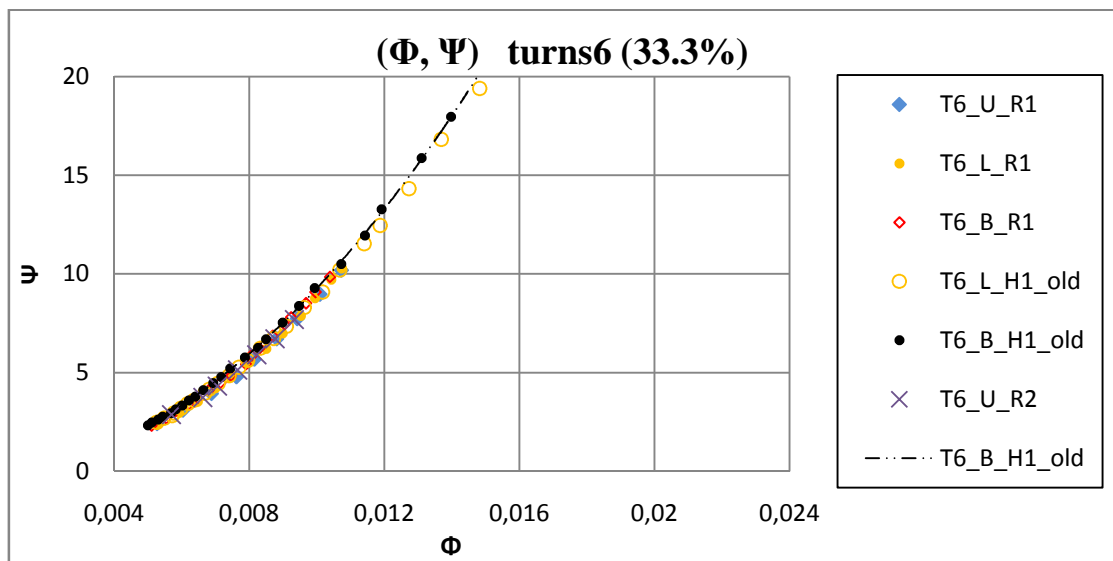
Εικόνα 6.10 Άνοιγμα 5, $\Psi=f(\Phi)$

Γενικά στις καμπύλες $\Psi=f(\Phi)$ δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές.

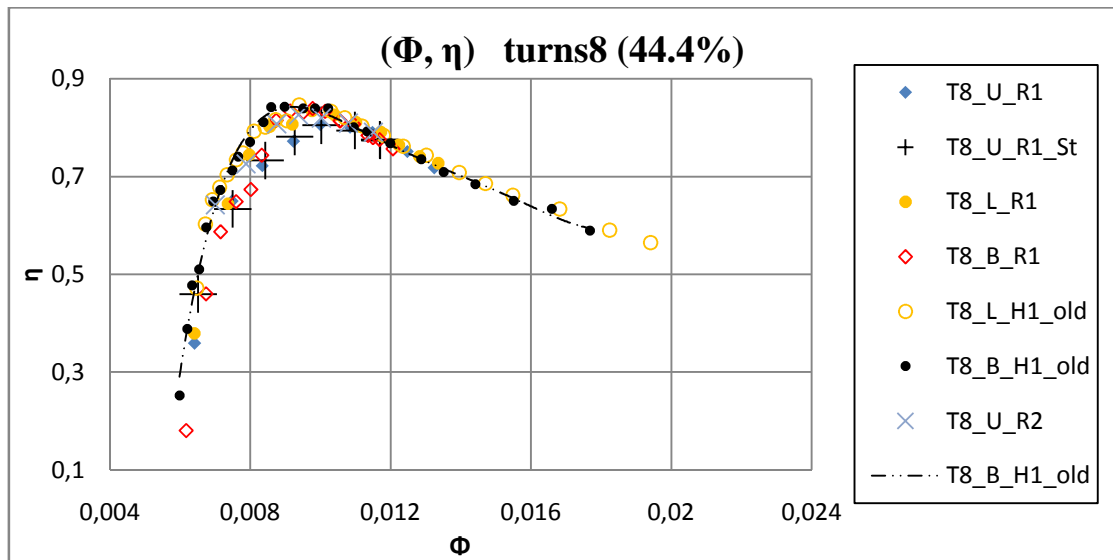


Εικόνα 6.11 Άνοιγμα 6, $\eta=f(\Phi)$

Σχετικά υψηλότεροι βαθμοί απόδοσης για την λειτουργία και των δύο ακροφυσίων μαζί. Η καμπύλη 0.75Rm_Prd έχει προκύψει από δεδομένα της βιβλιογραφίας 6.[ΑΠ06] και ο αναγνώστης αν θέλει λεπτομέρειες παραπέμπεται σε αυτή.

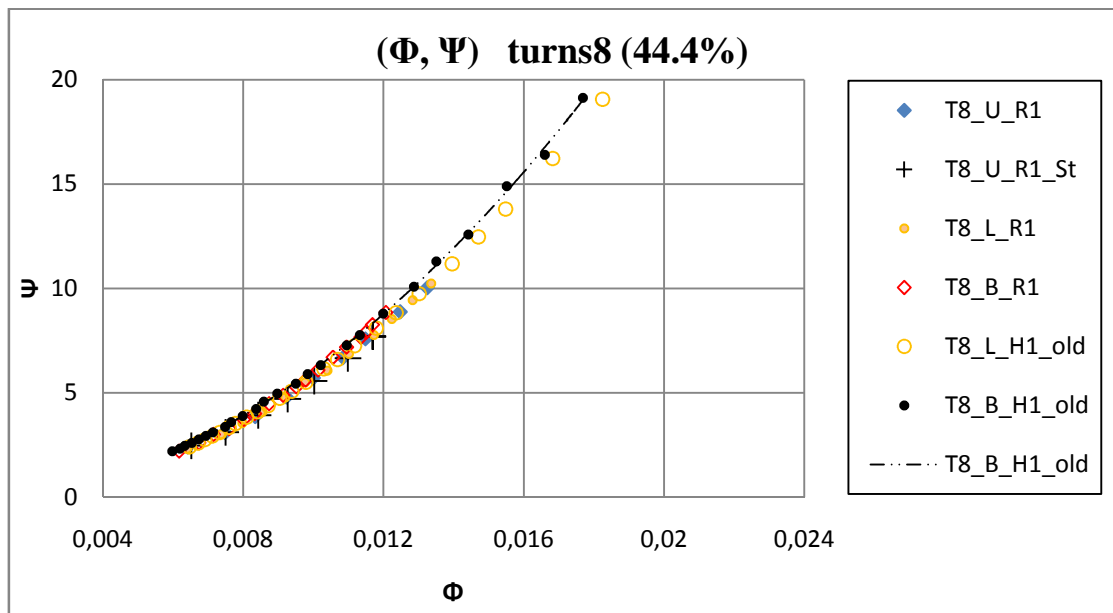


Εικόνα 6.12 Άνοιγμα 6, $\Psi=f(\Phi)$

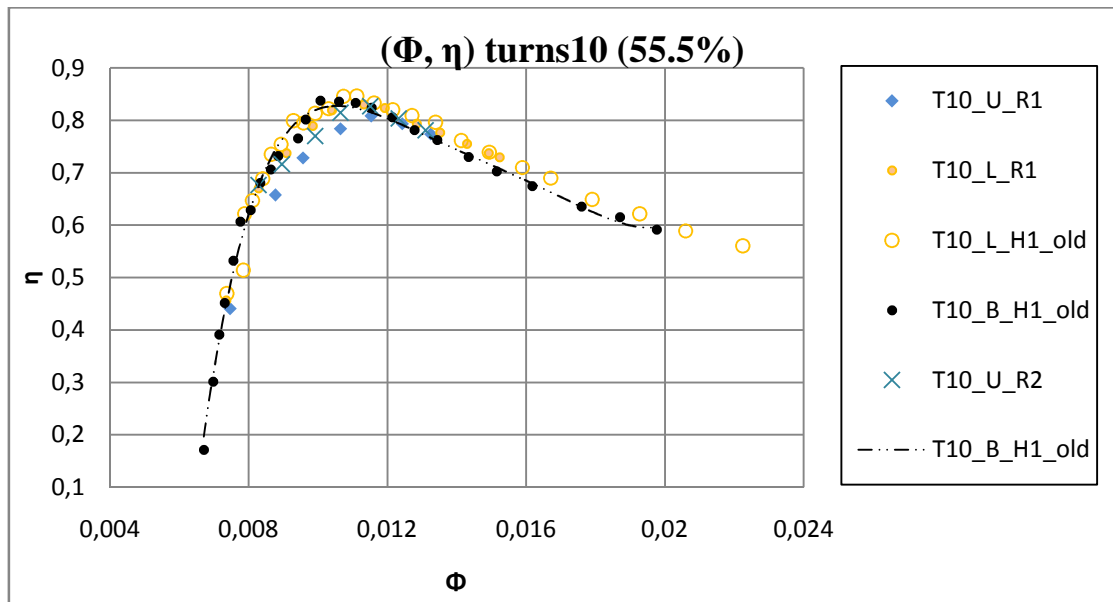


Εικόνα 6.13 Άνοιγμα 8, $\eta=f(\Phi)$

Για το όγδοο άνοιγμα όλοι οι συνδυασμοί σχεδόν ταυτίζονται, με ίσως μια μικρή διαφορά για λειτουργία με το άνω ακροφύσιο και για σχετικά μεσαίες τιμές της $\Phi \sim (0.007-0.009)$. Εδώ παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης $\eta \sim 0.845$ για την περιοχή $\Phi \sim (0.09-0.01)$ και $\Psi \sim (5-6)$. Προφανώς σε αυτή την περιοχή και για αυτό το άνοιγμα το άθροισμα των διαφόρων απωλειών είναι από τα μικρότερα δυνατά.

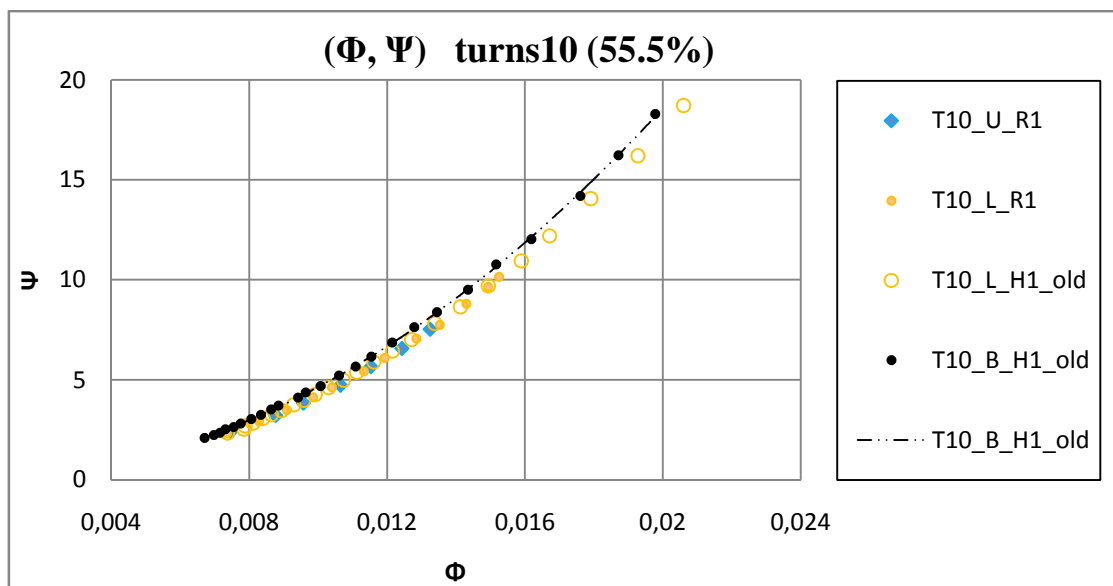


Εικόνα 6.14 Άνοιγμα 8, $\Psi=f(\Phi)$

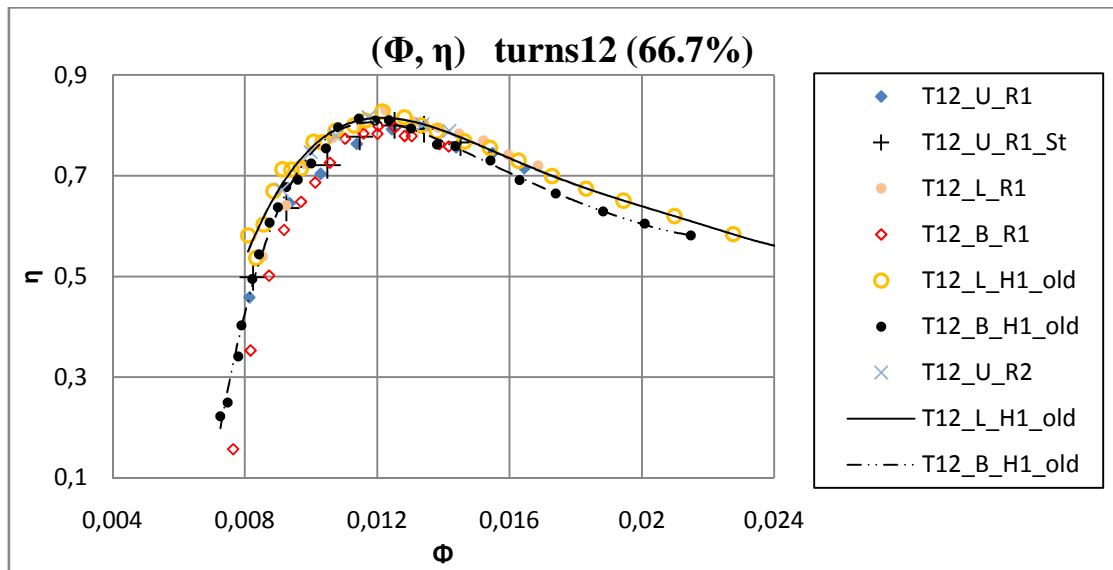


Εικόνα 6.15 Άνοιγμα 10, $\eta=f(\Phi)$

Περιοχή μεγίστου βαθμού απόδοσης: $\Phi \sim (0.01-0.012)$, $\Psi \sim (5-7)$. Μικρές διαφορές για το πάνω ακροφύσιο για Φ από 0.009 έως 0.011.

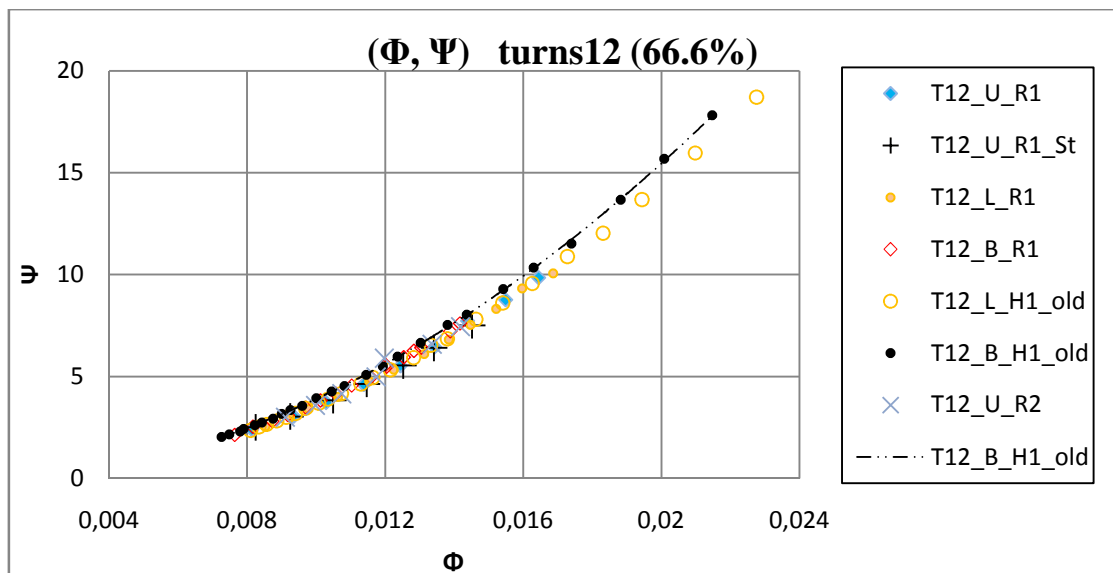


Εικόνα 6.16 Άνοιγμα 10, $\Psi=f(\Phi)$

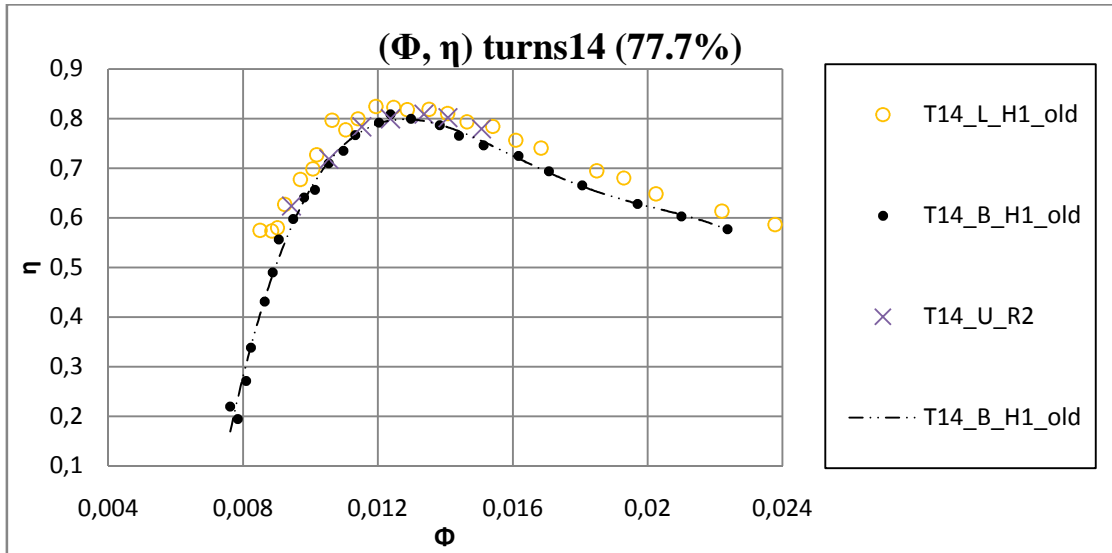


Εικόνα 6.17 Άνοιγμα 12, $\eta=f(\Phi)$, περιοχή κοντά στον $\max \eta$

Και εδώ σχετικά μικρές διαφορές, ειδικά για σημεία κοντά στον μέγιστο βαθμό απόδοσης. Όμοια και για το διάγραμμα του Ψ μηδαμινές διαφορές για $\Psi < 10$. Η περιοχή του $\max \eta$ είναι $\eta \Phi \sim 0.012$ και $\Psi \sim 5$ με $\eta \sim 0.816$. Το προτέρημα της λειτουργίας και των δύο ακροφυσίων μαζί φαίνεται ότι αρχίζει να χάνεται ιδίως στις περιοχές εκτός του μεγίστου βαθμού απόδοσης.

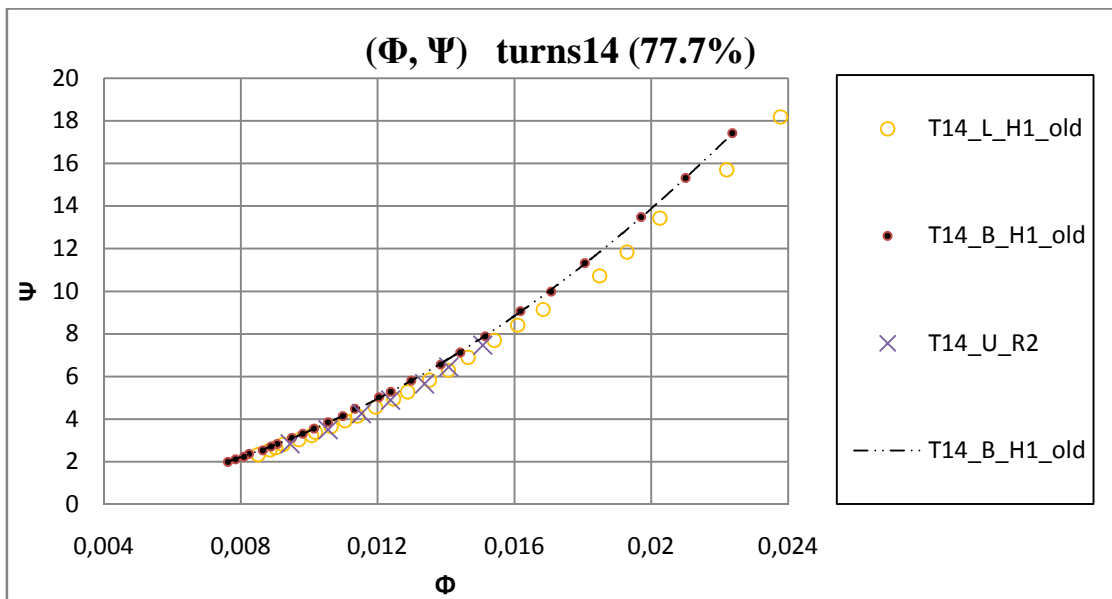


Εικόνα 6.18 Άνοιγμα 12, $\Psi=f(\Phi)$



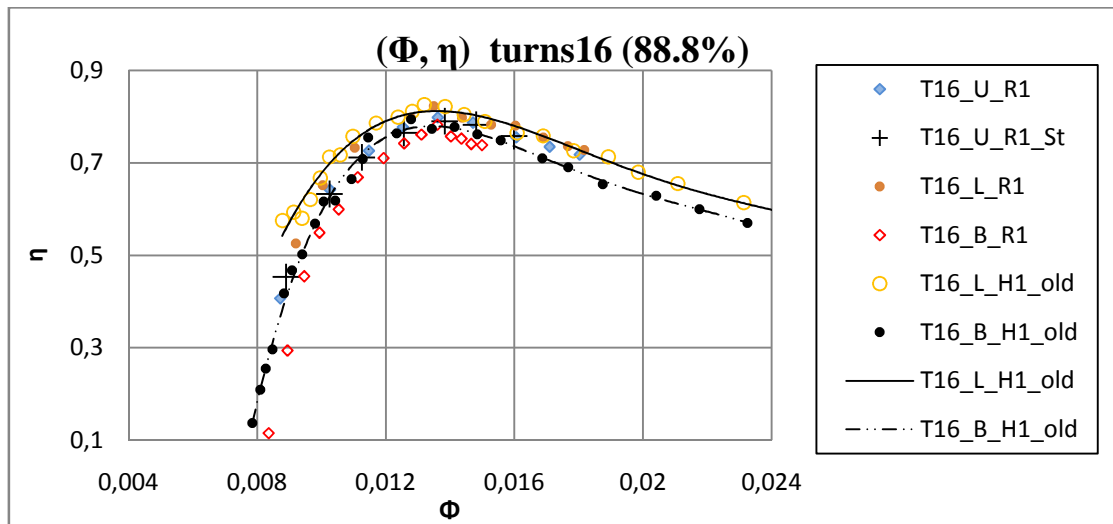
Εικόνα 6.19 Άνοιγμα 14, $\eta=f(\Phi)$

Σε αυτό το άνοιγμα φαίνεται η τάση για μείωση του $\max \eta$ της λειτουργίας με τα δύο ακροφύσια (πιθανόν από εδώ και πέρα οι απώλειες λόγω των «απόνερων», και λόγω αύξησης της διατομής της δέσμης θα γίνονται σημαντικές).



Εικόνα 6.20 Άνοιγμα 14, $\Psi=f(\Phi)$

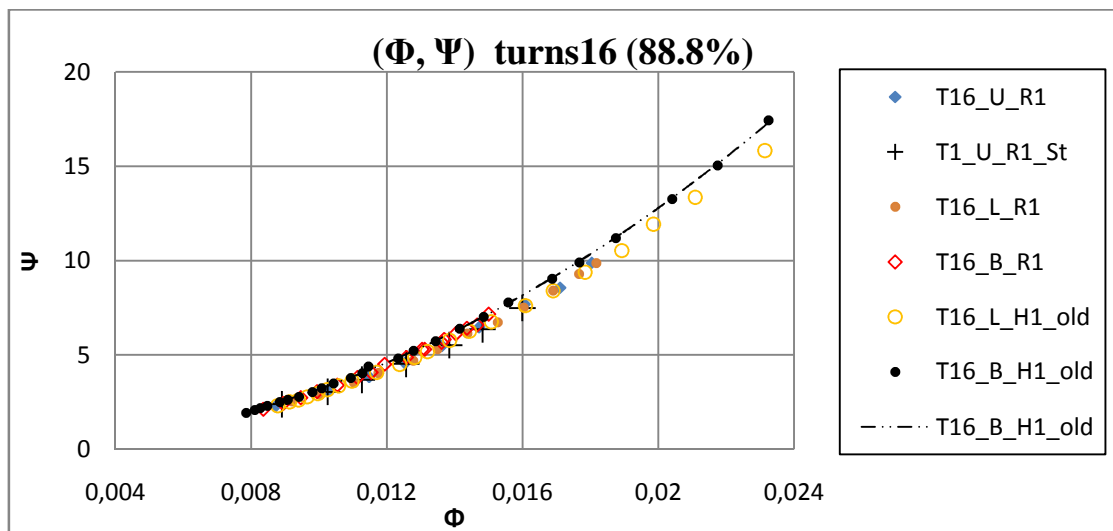
Για το Άνοιγμα 14 δεν εκτελέστηκαν πειράματα της Μεθόδου Α των 700RPM του μοντέλου (Μέθοδος R1)



Εικόνα 6.21 Άνοιγμα 16, $\eta=f(\Phi)$

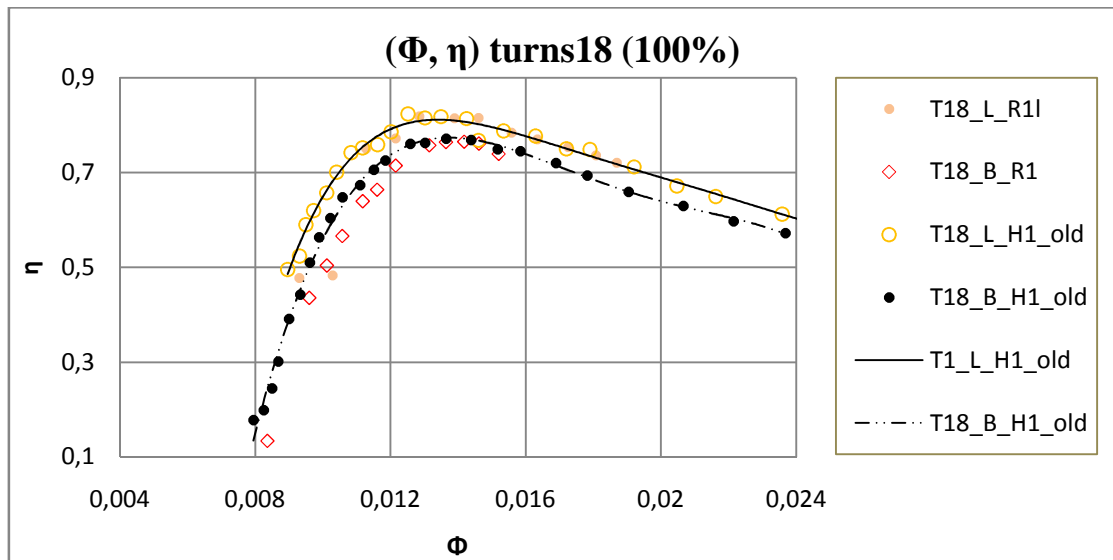
Εδώ (Εικόνα 6.21) πλέον βλέπουμε πιο καθαρά ότι ο μέγιστος βαθμός που επιτυγχάνεται με χρήση και των δύο ακροφυσίων είναι μειωμένος σε σχέση με τη χρήση μόνον ενός από τα δύο ακροφύσια.

Παρόλα ταύτα η περιοχή του μεγίστου βαθμού απόδοσης που υπολογίζεται, γι' αυτό το άνοιγμα, με οποιοδήποτε συνδυασμό είναι η ίδια και ίση περίπου με $\Phi=(0.012-0.014)$ και $\Psi=(5-6)$. Ο max η είναι ~ 0.825 .



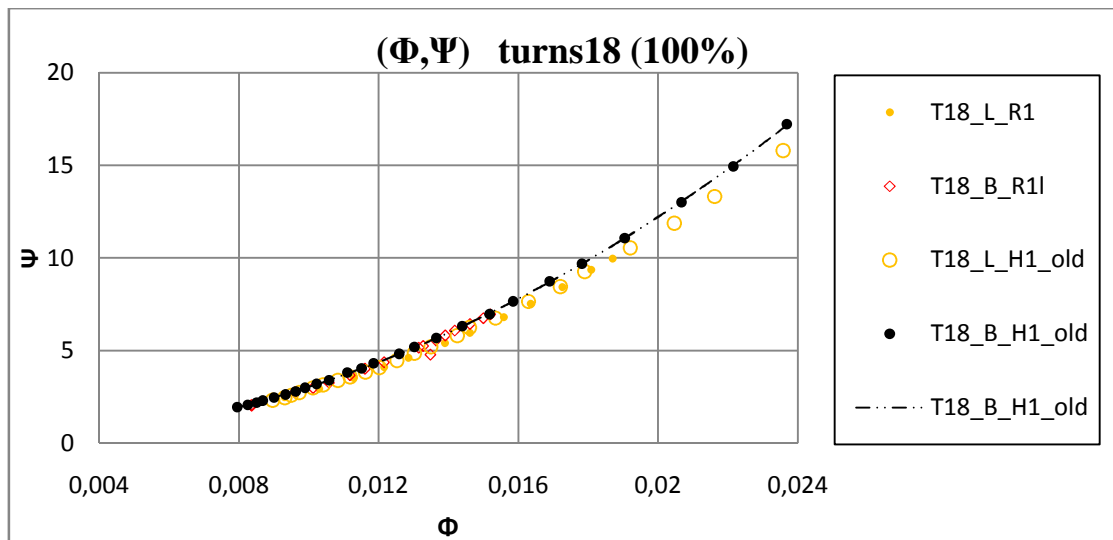
Εικόνα 6.22 Άνοιγμα 16, $\Psi=f(\Phi)$

Στις τιμές του αδιάστατου Ύψους Ψ δεν φαίνεται να παρουσιάζονται διαφορές τουλάχιστον για τιμές περίπου μικρότερες του 10.



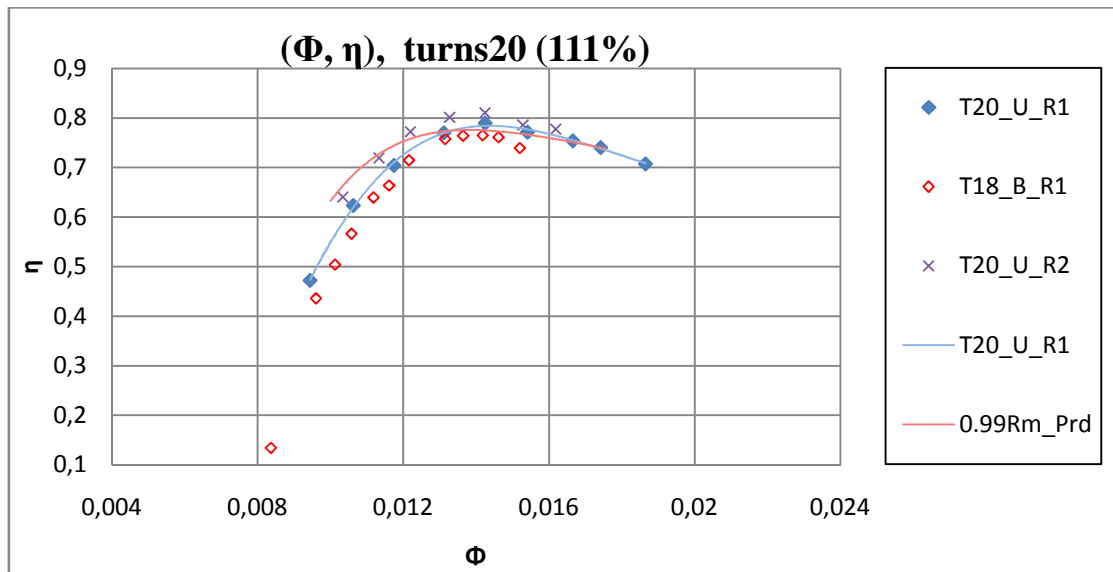
Εικόνα 6.23 Άνοιγμα T18, $\eta=f(\Phi)$

Το προτέρημα (υψηλότεροι βαθμοί απόδοσης) της λειτουργίας και των δύο ακροφυσίων όπως ήταν αναμενόμενο χάνεται όλο και περισσότερο για μεγάλα ανοίγματα. Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων δίνουν τα ίδια αποτελέσματα για τη λειτουργία του κάτω ακροφυσίου γι' αυτό το άνοιγμα.



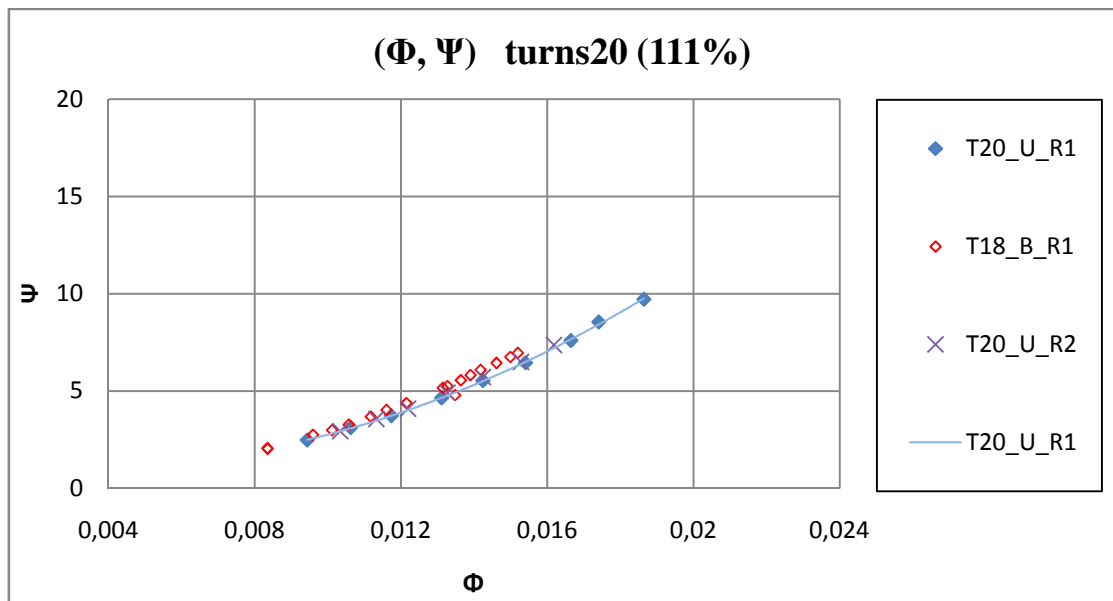
Εικόνα 6.24 Άνοιγμα T18, $\Psi=f(\Phi)$

Για μικρές τιμές της παραμέτρου Φ δεν φαίνεται να υπάρχουν διαφορές, για μεγαλύτερες φαίνεται η λειτουργία με μόνον κάτω ακροφύσιο να έχει μικρότερες τιμές της φόρτισης Ψ για ίδιες τιμές της παραμέτρου Φ .



Εικόνα 6.25 Άνοιγμα T20, $\eta=f(\Phi)$. Σε αυτό το διάγραμμα είναι επίσης χαραγμένη η καμπύλη 0.99Rm_Prd

Για το άνοιγμα 20 δεν υπάρχουν δεδομένα παλαιότερων μετρήσεων, παρά μόνον τα αριθμητικά αποτελέσματα (καμπύλη 0.99Rm_Prd) της βιβλιογραφίας 6.[ΑΠ06].



Εικόνα 6.26 Μέγιστο άνοιγμα (T20) για το άνω ακροφύσιο, $\Psi=f(\Phi)$. Στο ίδιο διάγραμμα έχουν τοποθετηθεί και σημεία του μέγιστου (T18) ανοίγματος του κάτω ακροφυσίου

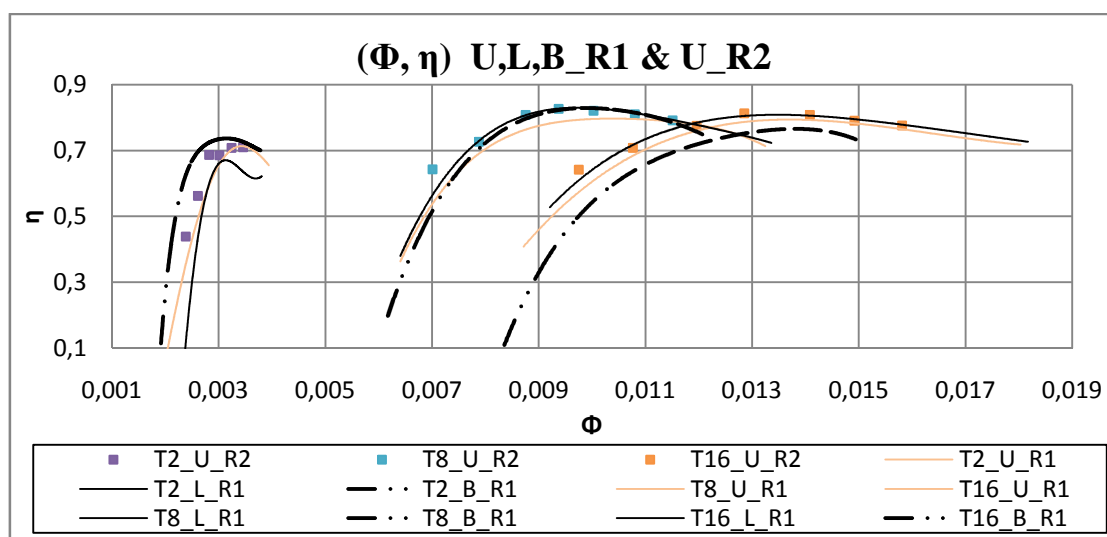
Τέλος παρατηρείται ότι οι κλίσεις των καμπυλών $\Psi=f(\Phi)$ μειώνονται όσο πηγαίνουμε σε λειτουργία με μεγαλύτερα ανοίγματα του ακροφυσίου. Η παρατήρηση αυτή γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή από τα διαγράμματα της επόμενης παραγράφου τα οποία περιέχουν καμπύλες για παραπάνω του ενός ανοίγματος.

6.3 Πολλαπλά Διαγράμματα (Φ, η) και (Φ, Ψ) για διάφορους συνδυασμούς ακροφυσίων και ανοιγμάτων (multi-nozzle, turns)

Στα επόμενα παρουσιάζονται οι **καμπύλες** (γραμμές τάσης) των βαθμών απόδοσης, η , συναρτήσει της παραμέτρου παροχής, Φ , και της παραμέτρου Ψ συναρτήσει της Φ , για λειτουργία του υδροστροβίλου με όλους τους συνδυασμούς των ακροφυσίων του. Δηλαδή σε λειτουργία 1^{ον} μόνο το πάνω (U, upper nozzle) 2^{ον} μόνο το χαμηλότερο (L, lower nozzle) και 3^{ον} και τα δυο (B, both).

Επίσης στο ίδιο διάγραμμα εμφανίζονται και οι καμπύλες λειτουργίας του πάνω ακροφυσίου με την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του υδροστροβίλου σταθερή στις 800RPM.

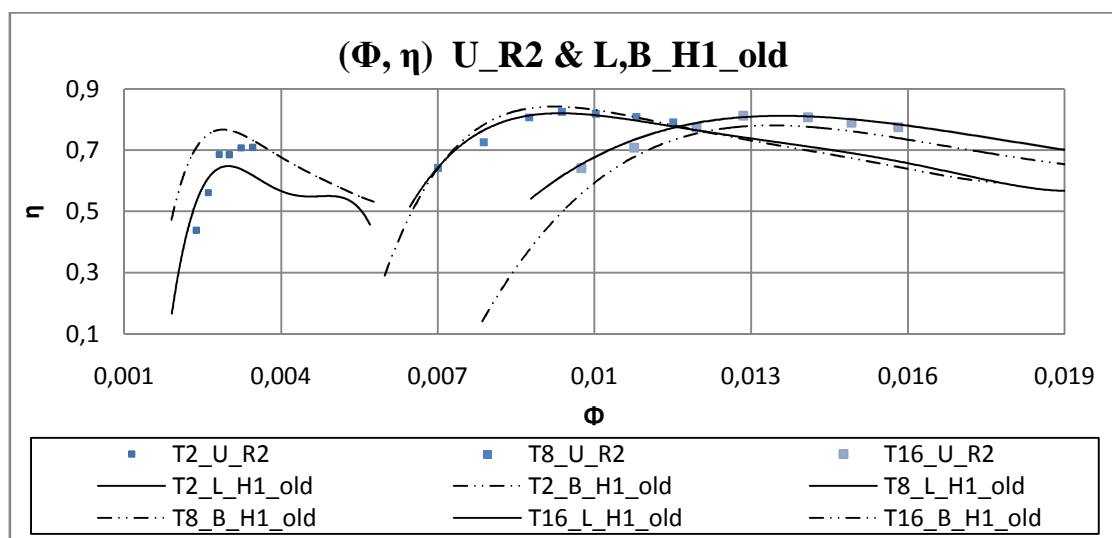
Επισημάνση: Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για να παραχθούν οι επόμενες καμπύλες δεν είναι διαφορετικά από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.



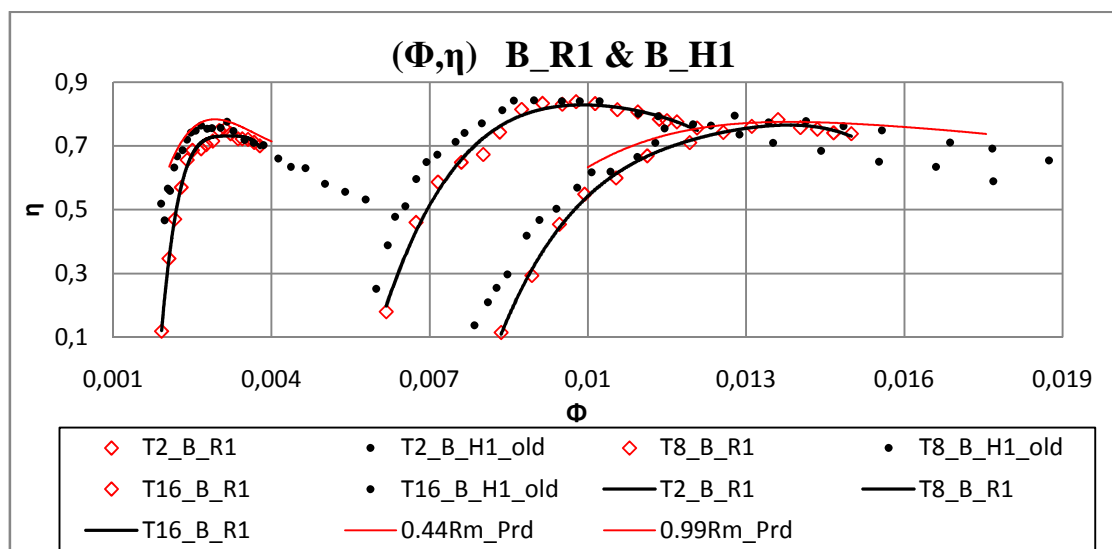
Εικόνα 6.27 Πολλαπλό διάγραμμα (Π1) για τρεις περιπτώσεις του ανοίγματος (T2, T8, T16) και για τις δύο περιπτώσεις της μεθόδου A

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι η μορφή των διαγραμμάτων (Εικόνα 6.27) δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές σε σχέση με τον αριθμό των στροφών του υδροστροβίλου που χρησιμοποιούμε κατά την εκτέλεση των πειραμάτων A. «Σταθερών Στροφών του Μοντέλου».

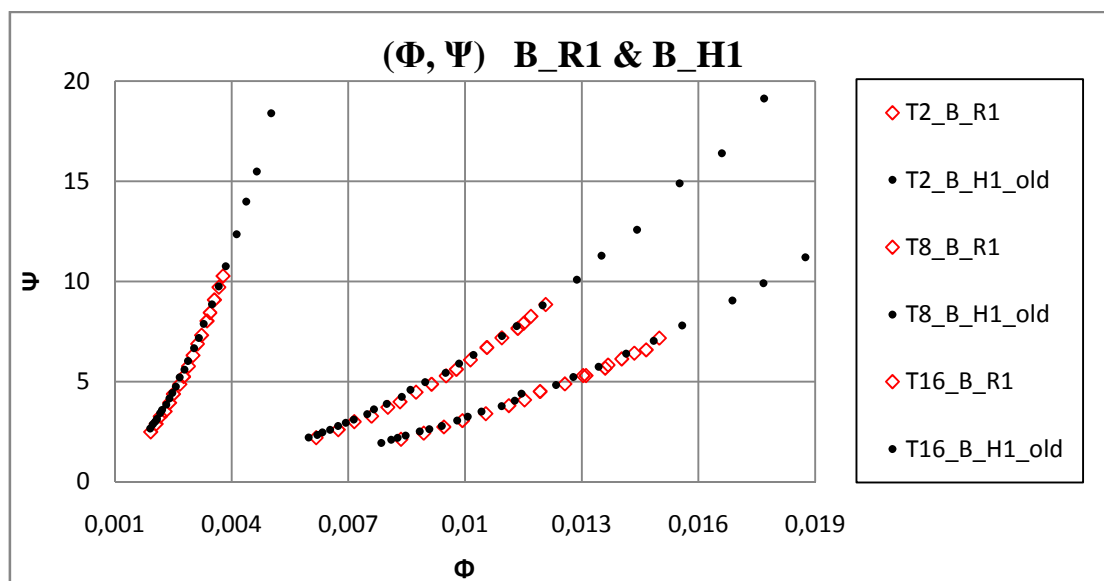
Παρατήρηση: Η προηγούμενη πρόταση ισχύει για στροφές του υδροστροβίλου «κοντά» στις κανονικές στροφές του, όπου και έχουμε μικρές τιμές στις απώλειες στα σκαφίδια και στα ακροφύσια. Για το μοντέλο του εργαστηρίου οι κανονικές στροφές λειτουργίας = 1150 RPM. Λόγω της σχετικά μειωμένης ταχύτητας περιστροφής του υδροστροβίλου, σε σχέση με την κανονική ταχύτητά του, που επιλέχθηκε, αναμενόμενες οι όποιες διαφορές παρουσιάζονται στα διαγράμματα των δυο παραπάνω πειραμάτων. Επίσης οι απώλειες στα σκαφίδια στο πείραμα των 800RPM του υδροστροβίλου είναι μειωμένες σε σχέση με αυτές των 700RPM, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται σχετικά υψηλότεροι βαθμοί απόδοσης στα πειράματα των 800.



Εικόνα 6.28 Πολλαπλό διάγραμμα (Π2) για τρεις περιπτώσεις του ανοίγματος (T2, T8, T16) για τις δύο μεθόδους A (800RPM) και B



Εικόνα 6.29 Πολλαπλό διάγραμμα (Π3) για τρεις περιπτώσεις του ανοίγματος (T2, T8, T16) με λειτουργία και των δύο ακροφυσίων για τις δύο μεθόδους A (700 RPM) και B



Εικόνα 6.30 Πολλαπλό Διάγραμμα (Π4) Καμπυλών του αδιάστατου ύψους Ψ συναρτήσει της αδιάστατης παροχής Φ για τρία ανοίγματα (T2, T8, και T16) και τις δύο μεθόδους A (700 RPM), B

Παρατηρήσεις :

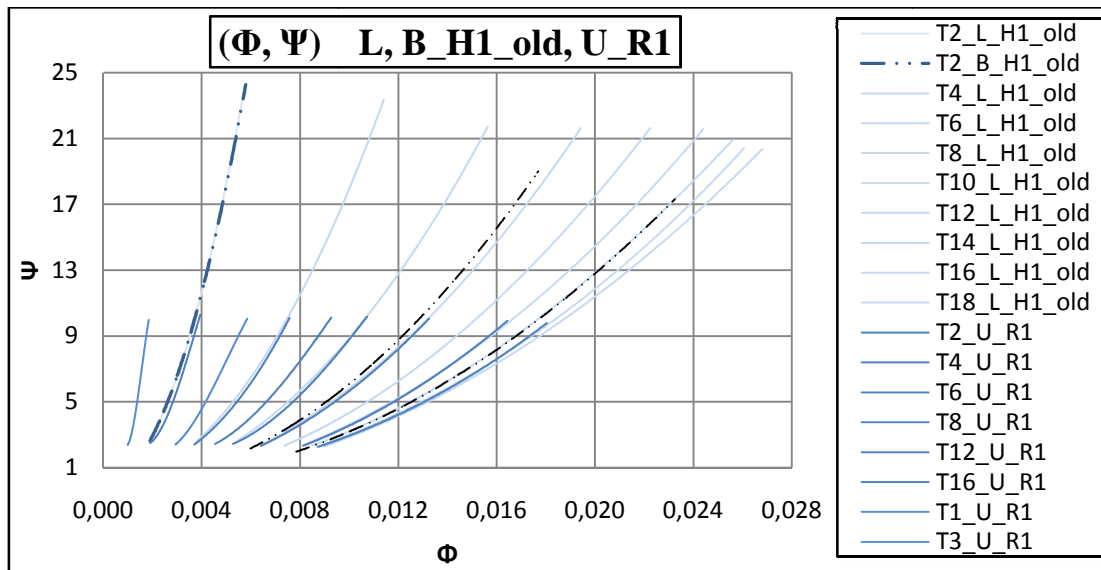
- Γενικά θα λέγαμε ότι τα διαγράμματα (Εικόνες 6.28, 6.29) που παράγονται με τη Μέθοδο A και B δεν διαφέρουν σημαντικά. Τα αποτελέσματα της Μεθόδου A R2 φαίνονται να συμφωνούν καλύτερα με αυτά της Μεθόδου B (Ο πιθανός λόγος παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παρατήρηση).
- Για μικρά ανοίγματα ο βαθμός απόδοσης μειώνεται δραστηκότατα, σε σχέση με τα μεγαλύτερα, πιθανόν λόγω της μεγάλης αύξησης των απωλειών των ακροφυσίων, και αλλοίωσης της δομής της δέσμης (Jet). Επίσης σε αυτά (μικρά ανοίγματα) το σκαφίδιο είναι μεγάλο (σε σχέση με τη διατομή της δέσμης) και δεν μπορεί να οδηγήσει ικανοποιητικά τη ροή.
 - Το προηγούμενο αντιστρέφεται για πολύ μεγάλα ανοίγματα με αποτέλεσμα να παρατηρούνται πάλι μειωμένοι βαθμοί απόδοσης σε σχέση με τον μέγιστο.
- Από τα διαγράμματα των Εικόνων 6.27 και 6.28 παρατηρούμε ότι το «προτέρημα» που έχει ο συνδυασμός των δύο ακροφυσίων φαίνεται να «χάνεται» για μεγάλα ανοίγματα της βελόνης των ακροφυσίων.
- Γενικά για μεγαλύτερα ανοίγματα οι απώλειες στο σύστημα βελόνη-ακροφύσιο είναι μειωμένες σε σχέση με τα μικρότερα.
- Επίσης στα μεγάλα ανοίγματα υπάρχει μεγαλύτερος επηρεασμός της ροής της κατώτερης δέσμης από τα απόνερα που δημιουργεί η πάνω δέσμη, κατά την

λειτουργία και των δυο ακροφυσίων. Για λειτουργία με μόνο ένα ακροφύσιο ενεργό δεν δημιουργείται το προηγούμενο φαινόμενο το οποίο έχει αρνητική επίδραση στον ολικό βαθμό απόδοσης (μείωση).

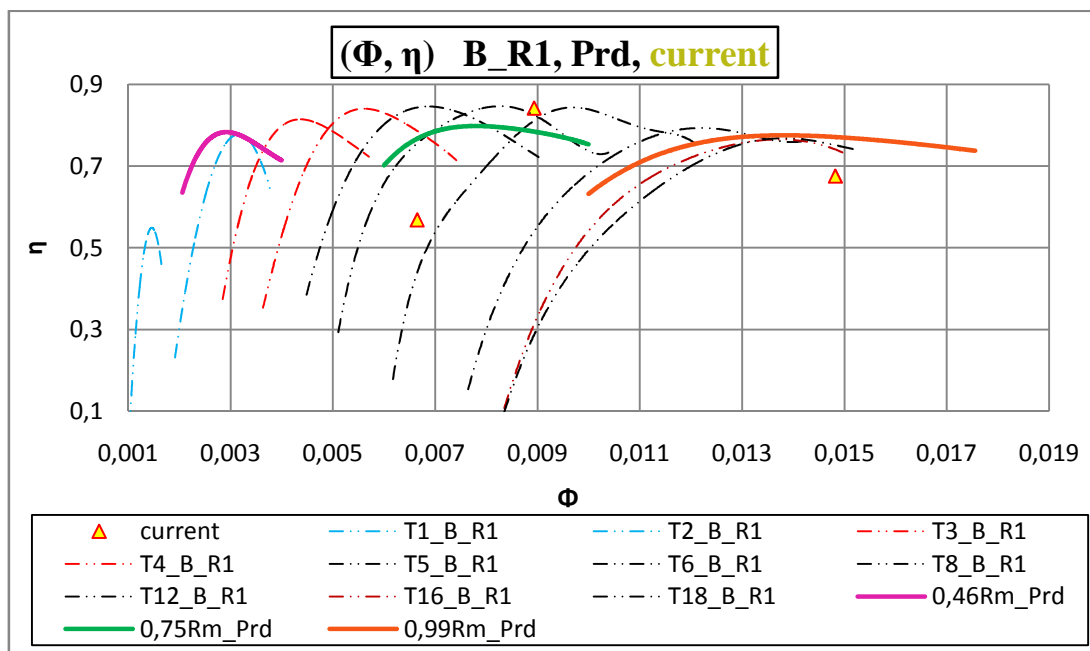
Σημείωση: Αν λάβουμε υπόψη σφάλματα κατά την πειραματική διαδικασία, και άλλες παραμέτρους, μπορούμε να πούμε ότι επαληθεύεται η πρόταση: «τα διαγράμματα (Φ, η) - (Φ, Ψ) για διάφορους συνδυασμούς των ακροφυσίων είναι όμοια».

- Για μικρά ανοίγματα, μικρές μεταβολές στην παροχή ή στο διαθέσιμο υδραυλικό ύψος επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στον βαθμό απόδοσης (μπλε-γαλάζια περιοχή στα πλήρη διαγράμματα, επόμενη παράγραφος 6.4.3), αντίθετα για μεγάλα ανοίγματα σχετικά μεγάλες μεταβολές στα δυο παραπάνω μεγέθη έχουν σαν αποτέλεσμα μικρές αλλαγές στην τιμή του βαθμού απόδοσης (πορτοκαλί-κόκκινες περιοχές στα πλήρη διαγράμματα, επόμενη παράγραφος 6.4.3).
- Ακόμα οι μετρήσεις παρουσιάζουν ικανοποιητική επαναληψιμότητα (ίδια αποτελέσματα, που αποκτήθηκαν διαφορετικές εποχές για ίδιες περιπτώσεις λειτουργίας του μοντέλου) κάτι που σημαίνει καλό σχεδιασμό και λειτουργία του συγκεκριμένου υδροστροβίλου και του συστήματος απόκτησης των δεδομένων (μετρητικό σύστημα).

Χάριν πληρότητας και παράθεσης κάποιων επιπλέον παρατηρήσεων στα δύο επόμενα διαγράμματα δείχνονται καμπύλες περισσοτέρων των τριών (T2, T8, T16) ανοιγμάτων (Οι καμπύλες T2, T8, T16 είναι οι ίδιες με τα προηγούμενα).



Εικόνα 6.31 Πολλαπλό διάγραμμα (Π5) $\Psi = f(\Phi)$ με περισσότερα των τριών ανοιγμάτων. Και οι δύο Μέθοδοι Α (700RPM) και Β



Εικόνα 6.32 Πολλαπλό διάγραμμα (Π6). Λειτουργία και των δύο ακροφυσίων μαζί, Μέθοδος Α και αναμενόμενες καμπύλες

Παρατηρήσεις:

- Αν η μεταβολή των συνθηκών λειτουργίας φέρει τον υδροστρόβιλο να λειτουργεί $\pi\chi$ στο σημείο $\Phi \sim 0.005$ και $\eta \sim 0.6$, για άνοιγμα T5 τότε καλό θα ήταν να επιλέξουμε (ή να προγραμματίσουμε, αν μπορούμε το σύστημα ελέγχου του υδροστροβίλου) ένα διαφορετικό άνοιγμα, το T4 ή T3 έτσι ώστε να αυξήσουμε τον η στην τιμή ~ 0.8

- Μια επιπλέον παρατήρηση που μπορεί να γίνει από τα προηγούμενα διαγράμματα, είναι ότι γενικά η εφαπτομένη της περιβάλλουσας των μέγιστων βαθμών απόδοσης έχει την τάση θετικής κλίσης για μικρά ανοίγματα, για μεσαία μηδενική και για μεγάλα μικρή αρνητική (η μικρή αρνητική γίνεται μεγαλύτερη για το συνδυασμό και των δύο ακροφυσίων).
- Όσον αφορά τις δύο μεθόδους απόκτησης των σημείων λειτουργίας έχουμε να παρατηρήσουμε ότι με τη μέθοδο Β είναι δυνατή η απόκτηση ευρύτερης περιοχής λειτουργίας (Εικόνα 6.31) χωρίς να χρειάζεται η πειραματική εγκατάσταση να έχει υψηλές πιέσεις λειτουργίας (πίεση αντλίας τροφοδοσίας του διαθέσιμου υδραυλικού ύψους).

Σημειώνεται ότι: Το διάγραμμα της Εικόνας 6.32 έχει «δανειστεί» από το φύλλο Excel που είναι συνδεδεμένο με το πρόγραμμα “LV_Pelton” γι’ αυτό και εμφανίζονται και τα σημεία “Current”. Τα σημεία αυτά είναι αυτά που φαίνονται κατά την ανανέωση δεδομένων του φύλλου στη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων (Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η χρήση αυτών των σημείων ο αναγνώστης παραπέμπεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).

6.4 Πλήρεις χάρτες του μοντέλου υδροστροβίλου Pelton

Για την δημιουργία των επόμενων χαρτών χρησιμοποιήθηκαν τα υπολογιζόμενα μεγέθη Φ , Ψ , η , N_m , και N'_m για τα οποία έχει γίνει λόγος στο Κεφάλαιο 4. Για την χάραξη αυτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Tecplot 360[®]. Αναφέρεται ότι για να δημιουργηθεί ένας πλήρης χάρτης χρειάζεται τα δεδομένα από όλα τα ανοίγματα του ακροφυσίου (T1, T2, T3, ..., T18), για τον λόγο αυτό αυτά θα έχουν μόνο τρία συνθετικά στις συντομεύσεις των υπότιτλων. Πχ αν έχουμε “U_R1_St” θα εννοούμε πλήρη που έχει δημιουργηθεί με τα εξής:

- λειτουργία μόνο του Άνω ακροφυσίου (U)
- απόκτηση σημείων λειτουργίας με τη Μέθοδο A (R1)
- την στατιστική επεξεργασία του “LV_Pelton”

Γενικά θα τηρούνται οι συντομεύσεις που έχουν δοθεί στην αρχή του κεφαλαίου.

Οι Αγγλικοί όροι.

- Lower nozzle = Διάγραμμα που σχεδιάστηκε με σημεία που αποκτήθηκαν με Λειτουργία μόνον του Κατώτερου ακροφυσίου
- Upper nozzle = Ότι και προηγουμένως αλλά εδώ λειτουργία μόνον του Άνω ακροφυσίου
- Both nozzles = όμοια αλλά με λειτουργία και των δυο ακροφυσίων ταυτόχρονα
- #RPM ή R# = ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου του υδροστροβίλου κατά τα πειράματα Σταθερών Στροφών του Μοντέλου

Πχ ένα διάγραμμα που συμβολίζεται με Lower nozzle 700RPM Pelton, έχει χαραχθεί με τα δεδομένα του πειράματος σταθερών στροφών του μοντέλου υδροστροβίλου και με λειτουργία μόνον του κατώτερου ακροφυσίου.

- Net Head Parameter = Αδιάστατη Παράμετρος Ύψους, H
- Flow Rate Parameter = Αδιάστατη Παράμετρος Παροχής, Φ
- Overall Efficiency = Ολικός Βαθμός Απόδοσης του Υδροστροβίλου
- Turns ή T= Αριθμός περιστροφών του ατέρμονα ρυθμίσεως ανοίγματος του ακροφυσίου.
- Statistics ή St = Διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας δεδομένα που έχουν υποστεί στατιστική επεξεργασία μέσω του προγράμματος “LV_Pelton”

Σημείωση: Οι προηγούμενοι όροι δεν αναιρούν, απλά συμπληρώνουν, τους συμβολισμούς που παρουσιάστηκαν στην αρχή του κεφαλαίου.

Γενικές παρατηρήσεις.

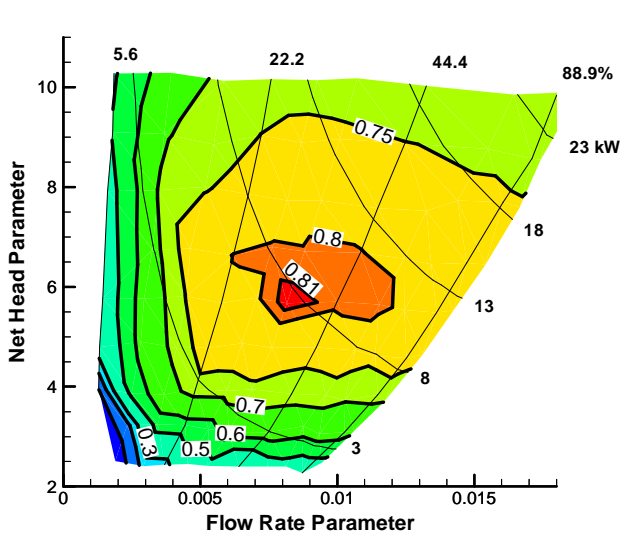
Ο σημαντικότερος λόγος που επιλέχθηκε η «χάραξη» των διαγραμμάτων των αδιάστατων παραμέτρων Φ , Ψ , η , και όχι των διαστατών H , Q , (ύψους, $m\Sigma Y$ και παροχής $\frac{m^3}{h}$ ή $\frac{m^3}{s}$), είναι η εύκολη σύγκριση (ένας από τους βασικούς στόχους της παρούσας εργασίας) με αντίστοιχα διαγράμματα άλλων γεωμετρικά όμοιων, μοντέλων ή κανονικών υδροστροβίλων.

Επίσης από τα επόμενα διαγράμματα είναι δυνατός, με κάποιες απλές μετατροπές (δεν θα χρειαζόταν αν είχε επιλεγεί η άλλη χάραξη που αναφέρθηκε παραπάνω), ο προσδιορισμός του σημείου λειτουργίας και του ανοίγματος των ακροφυσίων που αντιστοιχεί στην επιθυμητή κάθε φορά ισχύ εξόδου N_m με δεδομένη παράμετρο Ψ . Σημειώνεται ότι το επιθυμητό μέγεθος εξόδου σε ένα υδροηλεκτρικό έργο είναι η ηλεκτρική ισχύς N_e που αυτό προσδίδει στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η N_e είναι ίση προς την μηχανική ισχύ N_m του υδροστροβίλου επί τον βαθμό απόδοσης η_e του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού (γεννήτριας και μετασχηματιστή), δηλαδή $N_e = N_m \eta_e$.

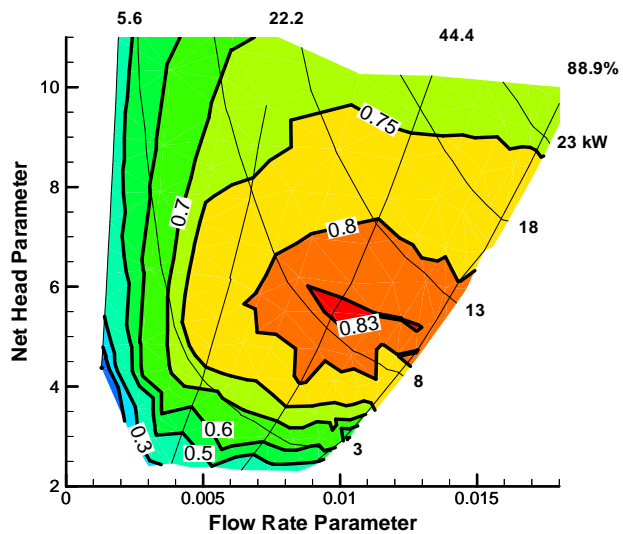
Στα διαγράμματα που ακολουθούν έχουν χαραχθεί οι εξής καμπύλες:

- σταθερού ανοίγματος (%) των ακροφυσίων (καμπύλες μεταβολής της παραμέτρου του ύψους συναρτήσει της παραμέτρου της παροχής)
- σταθερού βαθμού απόδοσης (ενώνοντας τα σημεία λειτουργίας, της κάθε παραπάνω καμπύλης, που έχουν τον ίδιο βαθμό απόδοσης).

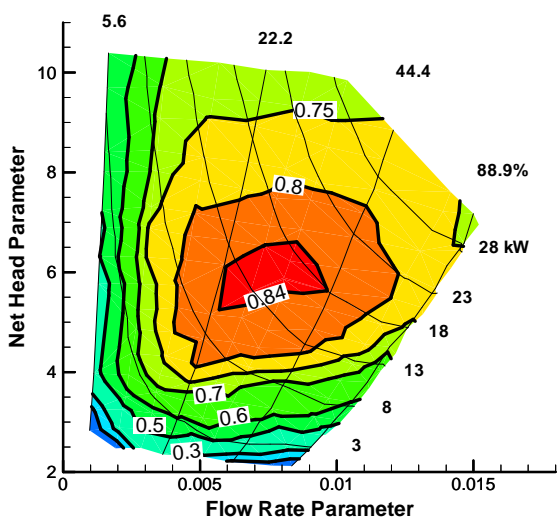
Αυτές (του σταθερού βαθμού απόδοσης) έχουν τη μορφή ισοϋψών καμπυλών. Στην κορυφή τους αντιστοιχεί το **κανονικό σημείο λειτουργίας** δηλαδή το σημείο του μεγίστου ολικού βαθμού απόδοσης. Αυτό το σημείο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη τιμή του ανοίγματος των ακροφυσίων και σε μια τιμή των αδιάστατων παραμέτρων της παροχής (Φ), του ύψους (Ψ) και σταθερής ισχύος N_m (kW), η οποία αντιστοιχεί στις 700RPM του δρομέα του υδροστροβίλου.



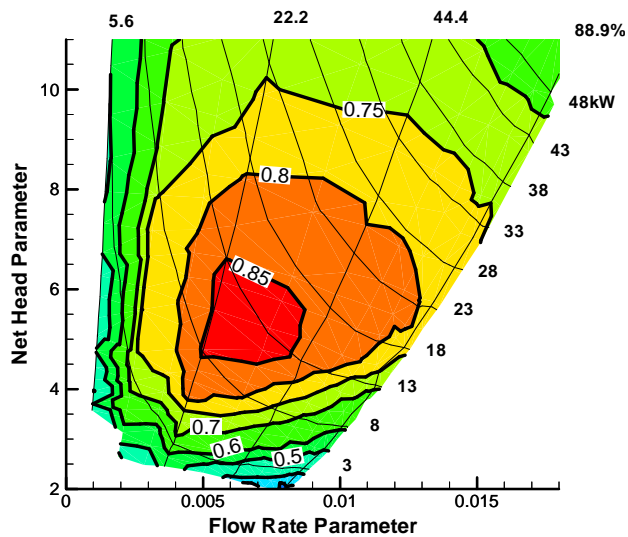
Εικόνα 6.33 Άνω ακροφύσιο, Μέθοδος A 700RPM Pelton, 13/5/2009 (U_R1)



Εικόνα 6.34 Κάτω ακροφύσιο, Μέθοδος A 700RPM Pelton, 12/5/2009 (L_R1)

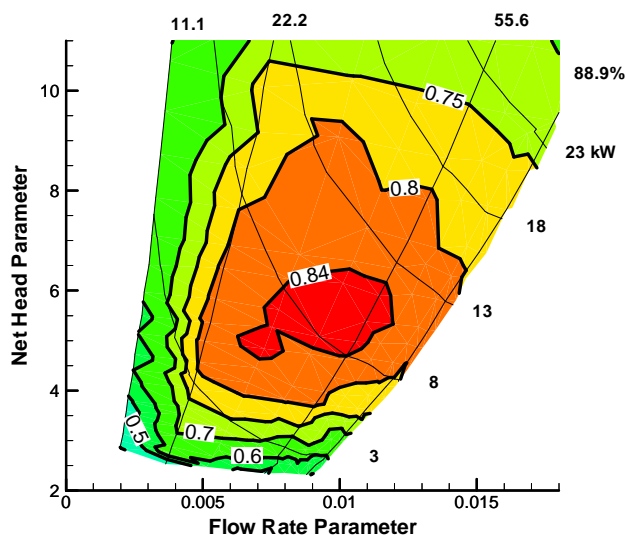


Εικόνα 6.35 Και τα δύο ακροφύσια, Μέθοδος A 700RPM Pelton, 26/5/2009 (B_R1)

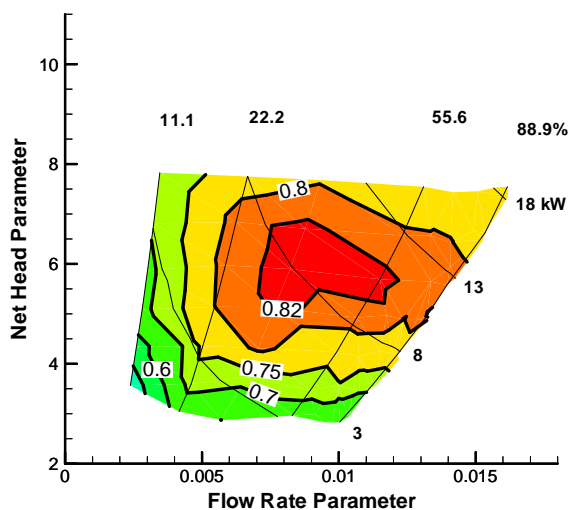


Εικόνα 6.36 Και τα δύο ακροφύσια, Μέθοδος B, 8/12/2008 (B_H)

Άνω ακροφύσιο, Μέθοδος Β, (Δεν είναι διαθέσιμα δεδομένα για αυτή την περίπτωση) (U_H1)



Εικόνα 6.37 Κάτω ακροφύσιο, Μέθοδος Β, 2/12/2008 (L_H1)



Εικόνα 6.38 Άνω ακροφύσιο, Μέθοδος Α 800RPM Pelton, 7/5/2009 (U_R2)

Παρατηρήσεις:

- I. Παρατηρείται ότι όταν χρησιμοποιούνται και τα δύο ακροφύσια μεγάλοι βαθμοί απόδοσης > 0.81 επιτυγχάνονται για μικρότερα ανοίγματα της βελόνης των ακροφυσίων. Η διαφορά αυτή φαίνεται να εξαλείφεται για μεγαλύτερα ανοίγματα της βελόνης όπου και οι απώλειες στο παραπάνω σύστημα μειώνονται.
- Παρόλα ταύτα οι διαφορές είναι σχετικά μικρές και **όλα** τα διαγράμματα δείχνουν την **ίδια** περιοχή όπου παρουσιάζεται ο **μέγιστος** βαθμός απόδοσης. Θα λέγαμε γενικά ότι **συμφωνούν** τα αποτελέσματα όλων των πειραμάτων, και άρα οι νόμοι

ομοιότητας ισχύουν. Οι περιοχές μεγίστου που υπολογίζονται για κάθε περίπτωση δείχνονται στον επόμενο Πίνακα 6.3.

II. Μέγιστοι βαθμοί απόδοσης για κάθε περίπτωση :

Πίνακας 6.3 Περιοχές Μεγίστων Βαθμών Απόδοσης για διάφορους συνδυασμούς των ακροφυσίων και των περιπτώσεων των πειραμάτων

Μέθοδοι	Ακροφύσια (nozzles)	Μέγιστος γενικός βαθμός απόδοσης η (Overall efficiency)	Γειτονική περιοχή (Φ, Ψ)	Γειτονική περιοχή ισχύος στην άτρακτο N'_m (kW)	Άνοιγμα στομίου των ακροφυσίων (%)
R1 (700 RPM)	Upper	0.817	$[(\Phi=0.0075-0.009)-(\Psi=5.5-6)]$	6.8-9.61	27.8-44.4
	Lower	0.831	$[(\Phi=0.008-0.013)-(\Psi=5-6.5)]$	8-11	27.8-77.8
	Both	0.847	$[(\Phi=0.0055-0.01)-(\Psi=5-7)]$	10-18	22.2-44.4
R2 (800 RPM)	Upper	0.82	$[(\Phi=0.007-0.012)-(\Psi=5-7)]$	6.3-11	27.8-56
	Lower	-	-	-	-
	Both	-	-	-	-
H1_old (Variable)	Upper	-	-	-	-
	Lower	0.846	$[(\Phi=0.0065-0.012)-(\Psi=4.5-6.5)]$	6-12	27.8-56
	Both	0.85	$[(\Phi=0.0045-0.01)-(\Psi=4.5-7)]$	8-18	22.2-44.4

Παρατήρηση: Για βαθμούς απόδοσης οι οποίοι τηρούν απλά την ανισότητα ≥ 0.80 οι περιοχές του παραπάνω πίνακα αυξάνονται σημαντικά.

- Οι παύλες, στον προηγούμενο Πίνακα 6.3, σημαίνουν ότι δεν υπάρχουν στοιχεία για αυτές τις περιπτώσεις.

III. Μπορούμε να πούμε ότι επαληθεύεται ότι οι υδροστρόβιλοι τύπου Pelton, όπως και το μελετώμενο μοντέλο, έχουν ισοϋψείς καμπύλες βαθμού απόδοσης ($\eta =$ σταθερό) της μορφής έλλειψης με τον μεγάλο άξονα παράλληλο προς τον άξονα της

αδιάστατης παραμέτρου Φ (Ιδίως για λειτουργία με μόνον το ένα από τα δύο ακροφύσια). Το παραπάνω συνεπάγεται και ότι ο συγκεκριμένος υδροστρόβιλος θα λειτουργεί με ικανοποιητικό βαθμό απόδοσης για σημαντικές μεταβολές της διερχόμενης παροχής (φορτίου), υπό σταθερό (μικρές μεταβολές) διαθέσιμο υδραυλικό ύψος H .

- IV. Η παραγόμενη ισχύς για την περιοχή του μεγίστου βαθμού απόδοσης είναι μεγαλύτερη χρησιμοποιώντας και τα δυο ακροφύσια.

Πίνακας 6.4 Ισχύς (στις 700RPM) για την περιοχή του μεγίστου βαθμού απόδοσης

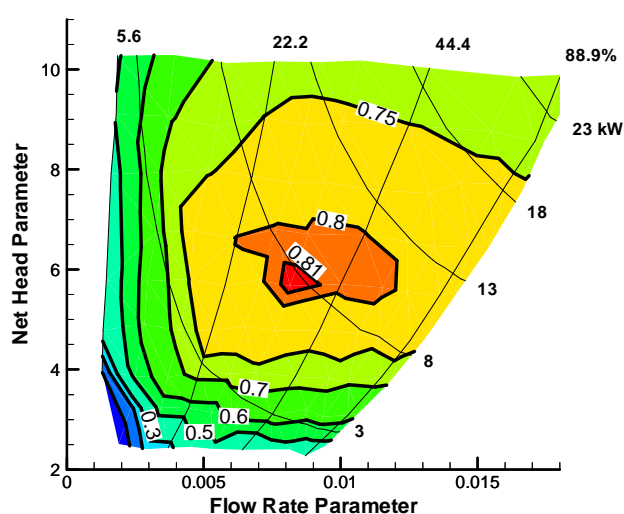
Nozzle(s)	Φ	Ψ	η	Nm'(kW)	Ανοιγμα(%)
both	[0.005-0.01]	[4.5-6]	0.84	[8-18]	[22.2-55.6]
single	[0.006-0.012]	[4.5-6]	0.84	[6-12]	[27.8-66.7]

Έτσι αν θέλουμε να μειώσουμε την παραγωγή ισχύος κλείνουμε ένα από τα δυο ακροφύσια.

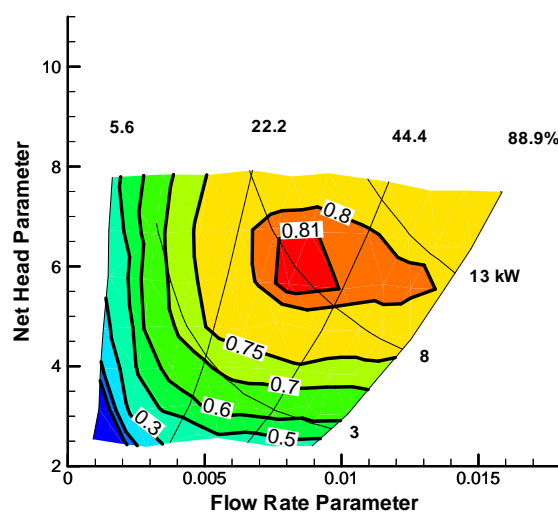
- V. Τα όρια λειτουργίας της πειραματικής διάταξης (12 bar πίεση αντλίας) δεν μας επέτρεψαν να πάρουμε δεδομένα, με τη Μέθοδο Α «Σταθερής Ταχύτητας Περιστροφής του Μοντέλου», για φορτίσεις $\Psi > 10$.
- VI. Επίσης στην Εικόνα 6.35, πλήρες διάγραμμα του πειράματος “B_R1”, φαίνεται το αποτέλεσμα του «παρασυρμού» της πέδης του Pelton. Κατά τη διάρκεια αυτού τα σημεία μετατοπίζονται προς τα «πίσω» με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να πάρουμε δεδομένα πάνω από την περιοχή η οποία έχει κάτω σύνορο την ευθεία που ορίζεται από τα επόμενα σημεία ($\Phi=0.009$, $\Psi=10.5$) - ($\Phi=0.015$, $\Psi=7$). Για να **αποφευχθεί** το φαινόμενο αυτό, ίσως θα έπρεπε να **«φορτίσουμε»** και άλλο την πέδη **μειώνοντας** τις στροφές της, από το χειριστήριο ελέγχου της, κάθε φορά που αυτές παρουσίαζαν τάση αύξησης.

6.5 Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των (Φ , Ψ , η) στη μορφή των χαρτών

Μετά τη δημιουργία του προγράμματος “LV_Pelton” κρίθηκε σκόπιμο να επαναληφθεί ένα πείραμα για να δούμε τα αποτελέσματα της πραγματικού χρόνου στατιστικής επεξεργασίας των μεγεθών Φ , Ψ , η , Nm'. Η περίπτωση που επιλέχθηκε ήταν η U_R1 (Λειτουργία Άνω ακροφυσίου, Μέθοδος A (700RPM Pelton). Λεπτομέρειες για την στατιστική ανάλυση-επεξεργασία υπάρχουν στο Κεφάλαιο 4, και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II παρουσιάζονται πληροφορίες για το πώς το δημιουργηθέν πρόγραμμα επιτυγχάνει αυτή την λειτουργία.



Εικόνα 6.39 Άνω ακροφύσιο Μέθοδος A 700RPM Pelton, 13/5/2009 (U_R1)



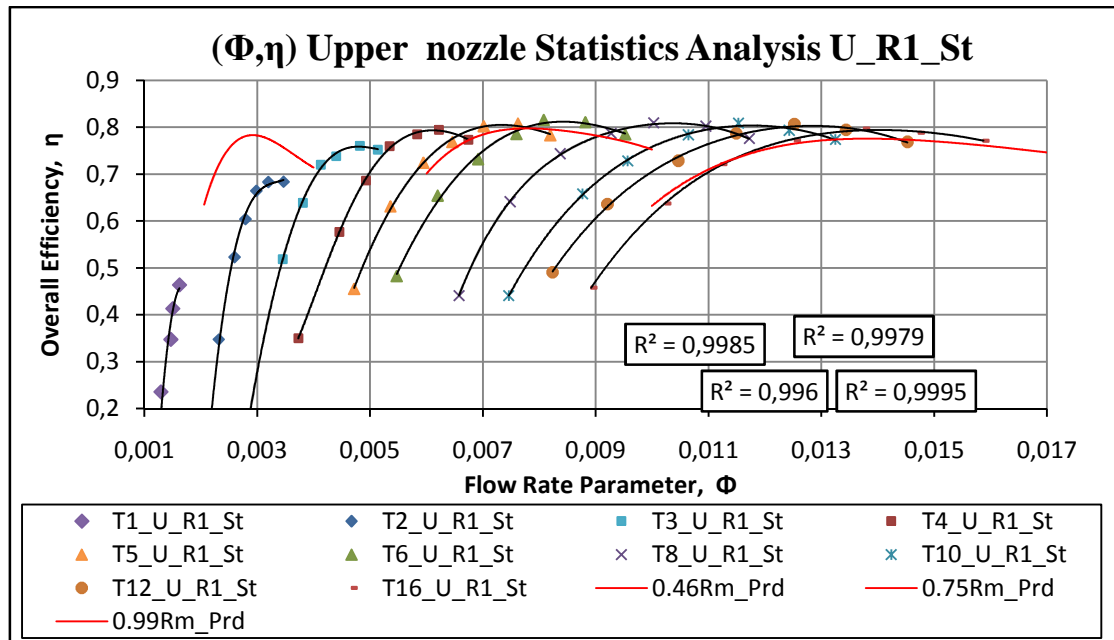
Εικόνα 6.40 Άνω ακροφύσιο Μέθοδος A 700RPM Pelton, 28-7-2009, Στατιστική Ανάλυση του “LV_Pelton” (U_R1_St)

Στον χάρτη της δεξιάς Εικόνας 6.40 έχει χρησιμοποιηθεί η στατιστική ανάλυση, με αποτέλεσμα οι καμπύλες των ίσων βαθμών απόδοσης, ιδίως για χαμηλά Ψ και η (όπως οι $\eta = 0.3, 0.4, 0.5, 0.6$), να είναι πιο ομαλές (λιγότερες γωνίες).

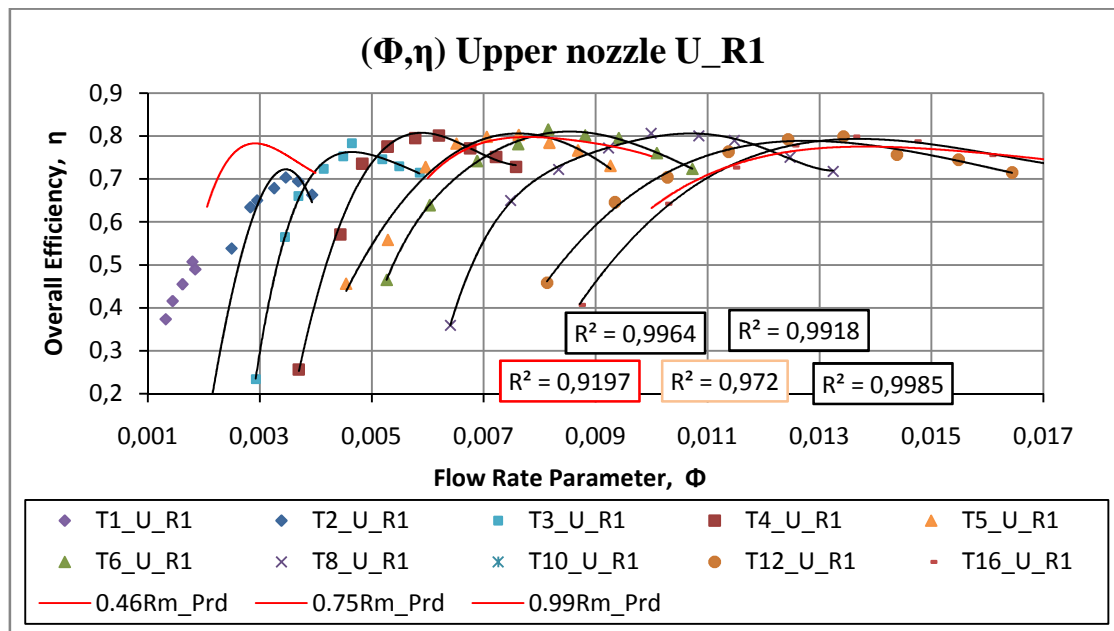
Σημείωση: Η παραπάνω παρατήρηση γίνεται πιο εύκολα αντιληπτή αν μελετήσουμε τα διαγράμματα (Φ , η) και (Φ , Ψ) που παρουσιάζονται αμέσως μετά, στα οποία φαίνονται και τα αποκτηθέντα σημεία.

Επίσης κάποιες διαφορές που παρουσιάζονται στα πάνω και κάτω όρια των διαγραμμάτων υπάρχουν λόγω του ότι κατά την εκτέλεση των πειραμάτων δεν ξεκινάγαμε ούτε τερματίζαμε, τη διαδικασία της απόκτησης δεδομένων, ακριβώς στα ίδια σημεία λειτουργίας. Τα άνω όρια του πειράματος της 28/7/2009 (Εικόνα 6.40) είναι μειωμένα λόγω του ότι ή

θερμοκρασία του περιβάλλοντος ήταν αυξημένη και δεν θέλαμε να επιβαρύνουμε τον ηλεκτροκινητήρα και την πέδη, της αντλίας και του υδροστροβίλου αντίστοιχα.



Εικόνα 6.41 Άνω ακροφύσιο Μέθοδος Α 700RPM Pelton, με στατιστική ανάλυση των Φ , η , 27/7/2009 (U_R1_St)



Εικόνα 6.42 Άνω ακροφύσιο Μέθοδος Α 700RPM Pelton, χωρίς στατιστική ανάλυση των Φ , η , 13/5/2009 (U_R1)

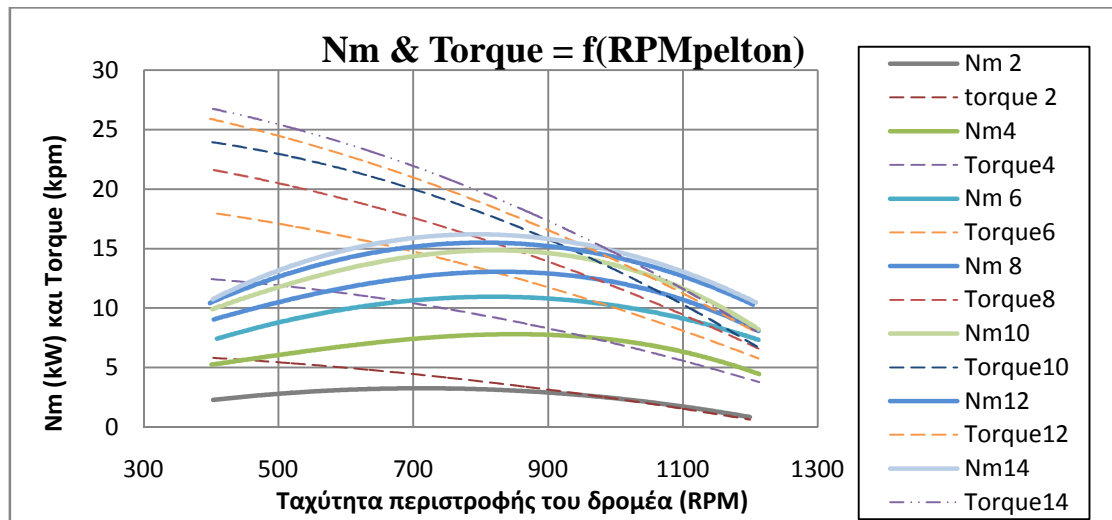
Από τα δύο προηγούμενα διαγράμματα φαίνεται ότι η χρησιμοποίηση της στατιστικής επεξεργασίας κατά την απόκτηση των δεδομένων, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των σημείων που απέχουν από την «γραμμή τάσης» (συντελεστής πολλαπλού προσδιορισμού πολύ κοντά στη μονάδα, $R^2 \approx 1$). Επίσης ένα δεύτερο αποτέλεσμα είναι η μορφές των καμπυλών οι οποίες στην περίπτωση της στατιστικής επεξεργασίας, είναι πιο ομαλές και όμοιες η μια σε σχέση με την άλλη, κάτι το οποίο συμφωνεί και με τα αποτελέσματα (κόκκινες καμπύλες στα διαγράμματα της Εικόνας 6.41) της αριθμητικής επίλυσης-προσομοίωσης του μοντέλου [2]. Οι σχετικά μεγάλες διαφορές, στα μικρά ανοίγματα, μεταξύ των πειραματικών δεδομένων και των αποτελεσμάτων της αριθμητικής επίλυσης οφείλονται πιθανότατα στις απώλειες του συστήματος των ακροφυσίων οι οποίες δεν ελήφθησαν υπόψη στην αριθμητική επίλυση [2].

Τελικά θα λέγαμε ότι γενικά συμφωνούν τα αποτελέσματα (ίδιες περιοχές όπου παρουσιάζεται ο μέγιστος βαθμός απόδοσης, $\Phi[0.008, 0.009]$, $\Psi[5.5, 6.5]$, και $\eta \sim 0.81$) της στατιστικής επεξεργασίας με τα αυτά της μη στατιστικής.

6.6 Καμπύλες ροπής, ισχύος, βαθμού απόδοσης συναρτήσει των στροφών του Pelton

Γενικά οι υδροστροβίλοι λειτουργούν πάντοτε με σταθερή ταχύτητα περιστροφής. Όμως η λειτουργία για διάφορες τιμές της ταχύτητας περιστροφής και σταθερή υδραυλική πτώση έχει ενδιαφέρον τόσο κατά τα μεταβατικά φαινόμενα εκκίνησης ή κράτησης της μονάδας όσο και κατά την εργαστηριακή μελέτη μοντέλου υδροστροβίλου.

Τα επόμενα δύο διαγράμματα (Εικόνες 6.43, 6.44) δημιουργήθηκαν με υδραυλική πτώση από 75mΣΥ για τα μεγάλα ανοίγματα του ακροφυσίου έως 85mΣΥ για τα μικρά ανοίγματα. Οι στροφές του υδροστροβίλου μεταβαλλόταν από 400 έως 1200RPM.



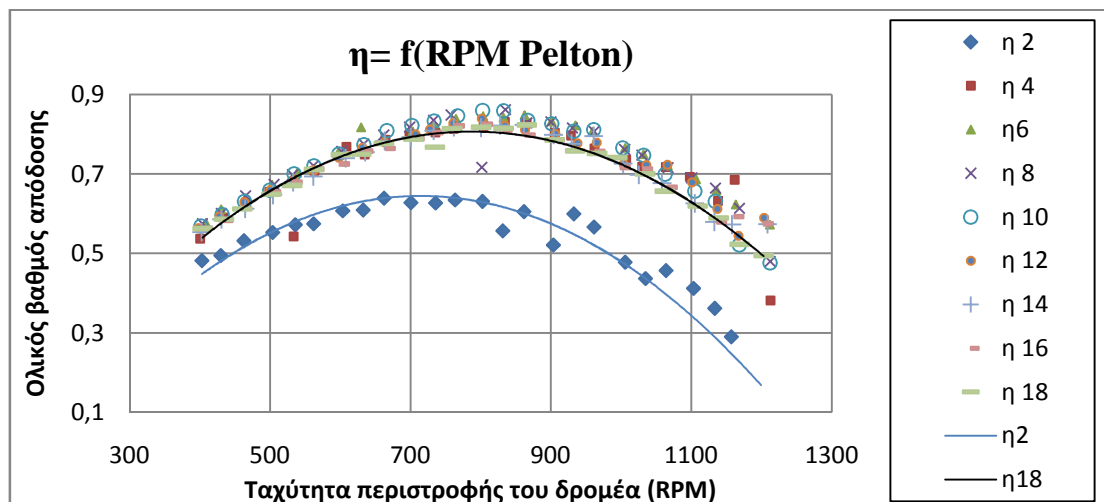
Εικόνα 6.43 Κατώτερο ακροφύσιο πείραμα Σταθερού Διαθέσιμου Υδραυλικού Ύψους, 2/12/2008 (L_H1_old)

Σημειώσεις:

1. Στο παραπάνω διάγραμμα οι μονάδες είναι οι εξής: ροπή kpm, ισχύς kW, ταχύτητα περιστροφής RPM.
2. Nm 2 = καμπύλη της παραγόμενης μηχανικής ισχύος για δύο περιστροφές του ατέρμονα ρυθμίσεως του ανοίγματος του ακροφυσίου.
3. Nm 4 όμοια
4. Torque 2 = καμπύλη της ροπής για δύο περιστροφές του ατέρμονα
5. Torque 4 όμοια

Αποδεικνύεται ότι η ροπή Nm που αναπτύσσεται στον δρομέα μειώνεται με την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής και ότι η μείωση είναι γραμμική στην περίπτωση όπου η διερχόμενη παροχή θεωρηθεί σταθερή, δηλαδή ανεξάρτητη της ταχύτητας περιστροφής n (για σταθερό H και άνοιγμα των ακροφυσίων). Συγκεκριμένα η κινητήρια ροπή στην άτρακτο του υδροστροβίλου είναι μέγιστη για μηδενική ταχύτητα περιστροφής, $n=0$ RPM, και χαρακτηρίζεται ως ροπή εκκίνησης $Torque = M_a$, ενώ μηδενίζεται για μια τιμή της ταχύτητας περιστροφής η οποία χαρακτηρίζεται ως ταχύτητα φυγής: $n = n_e$. Η ροπή εκκίνησης είναι σχεδόν διπλάσια της ροπής του κανονικού σημείου λειτουργίας για το οποίο η διαθέσιμη υδραυλική πτώση H καταναλώνεται εξ ολοκλήρου στις απώλειες της ίδιας της μηχανής. Στην πράξη ο υδροστροβίλος είναι δυνατόν να περιστραφεί με $n = n_e$ στροφές, λόγω βλάβης του ηλεκτρικού συστήματος, γίνει απόρριψη φορτίου, δηλαδή μηδενιστεί η ανθιστάμενη ροπή M_a της ηλεκτρικής γεννήτριας οπότε ολόκληρη η διαθέσιμη υδραυλική ενέργεια μετατρέπεται αρχικά σε μηχανική που επιταχύνει τις στρεφόμενες μάζες, οποίες εκφράζονται από την ροπή αδρανείας τους I .

Όσο αυξάνεται η διαθέσιμη υδραυλική πτώση H και το άνοιγμα της βελόνης των ακροφυσίων οι καμπύλες $Nm=f(n)$, $Torque=f(n)$ του παραπάνω σχήματος (Εικόνα 6.43) μετατοπίζονται προς τα πάνω.

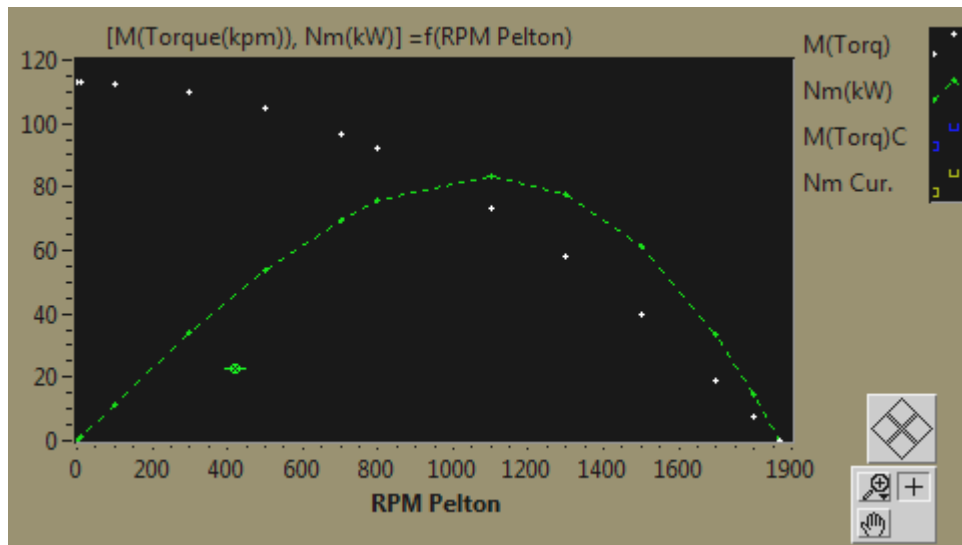


Εικόνα 6.44 Ολικός βαθμός απόδοσης συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα. Κατώτερο ακροφύσιο πείραμα Σταθερού Διαθέσιμου Υδραυλικού Ύψους, 2/12/2008 (L_H1_old)

Οι μέγιστοι βαθμοί απόδοσης για κάθε περίπτωση, (άνοιγμα των ακροφυσίων, μεταβολή της διαθέσιμης υδραυλικής πτώσης), παρουσιάζονται κοντά στην περιοχές των μεγίστων της μηχανικής ισχύος Nm , και συγκεκριμένες τιμές της ταχύτητας περιστροφής, στα παραπάνω διαγράμματα $\sim 750-800$ RPM. Το μοντέλο όπου γίνανε τα πειράματα έχει κανονικό σημείο λειτουργίας 1150 RPM.

Επισημάνση: Τα προηγούμενα διαγράμματα έχουν γίνει με μικρότερη υδραυλική πτώση ($\sim 85m\Sigma Y$), λόγω περιορισμών στο σύστημα της αντλίας τροφοδοσίας, από την ονομαστική ($129,6m\Sigma Y$) με συνέπεια οι κανονικές στροφές να υπολογίζονται μειωμένες (Η εξήγηση βρίσκεται στο κεφάλαιο 4 στα σχόλια των τριγώνων ταχυτήτων και δεν θα επαναληφθεί).

Συμβολισμοί: η_2 = καμπύλη βαθμού απόδοσης συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής του μοντέλου για άνοιγμα 2 του ακροφυσίου, η_4 = ότι και προηγουμένως αλλά για το τέταρτο άνοιγμα, και ούτω καθεξής.



Εικόνα 6.45 Διάγραμμα Ροπής (Torque) και παραγόμενης ισχύος (Nm) συναρτήσει της ταχύτητας περιστροφής

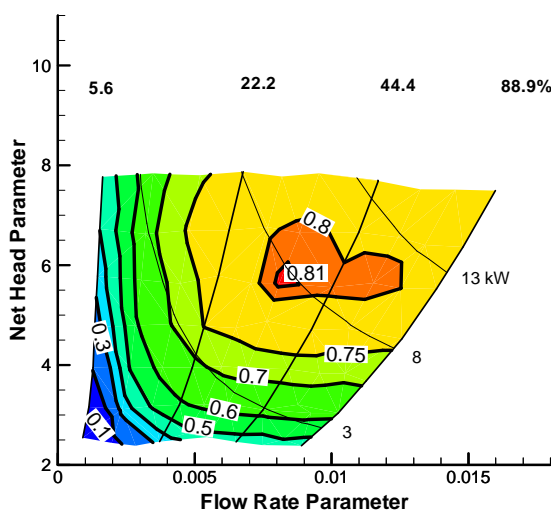
Στην Εικόνα 6.45 βλέπουμε **ποιοτικά**, και μόνον ποιοτικά, τα διαγράμματα της ροπής και της μηχανικής ισχύος για περίπου τα ονομαστικά μεγέθη $H \sim 140\text{m}\Sigma\Upsilon$ και $Q \sim 270\text{m}^3/\text{h}$. Η **ροπή εκκίνησης** είναι περίπου , ενώ η **ταχύτητα φυγής** είναι , επίσης οι **κανονικές στροφές** του μοντέλου είναι $\sim 1150\text{RPM}$ (σημείο μέγιστης μηχανικής ισχύος $Nm \sim 85\text{kW}$). Μέγιστος βαθμός απόδοσης ~ 0.76 για άνοιγμα και των δυο ακροφυσίων 88.9% και παροχή $\sim 270\text{m}^3/\text{h}$.

Το προηγούμενο διάγραμμα έχει παραχθεί με την «**ποιοτική – υβριδική** προσομοίωση των σημάτων», του προγράμματος που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, και ο μοναδικός σκοπός είναι η ποιοτική και μόνον επίδειξη της πλήρους μορφής των παραπάνω διαγραμμάτων.

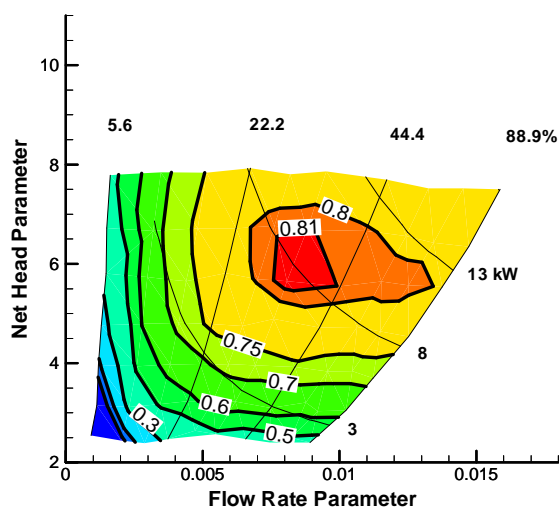
Σημείωση: Με τον όρο ποιοτικά εννοούμε ότι απλά τα όσα δείχνονται στο συγκεκριμένο διάγραμμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μια ένδειξη-πρώτη προσέγγιση και τίποτα παραπάνω. Ο όρος «Υβριδική» χρησιμοποιείται διότι χρησιμοποιούνται και δεδομένα από τα πειράματα για την εκτέλεση αυτής της «προσομοίωσης». Για την καλύτερη κατανόηση αυτής της έννοιας ο αναγνώστης παραπέμπεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II.

6.7 Η επίδραση της θεώρησης σταθερής θερμοκρασίας του μέσου στον πλήρη χάρτη

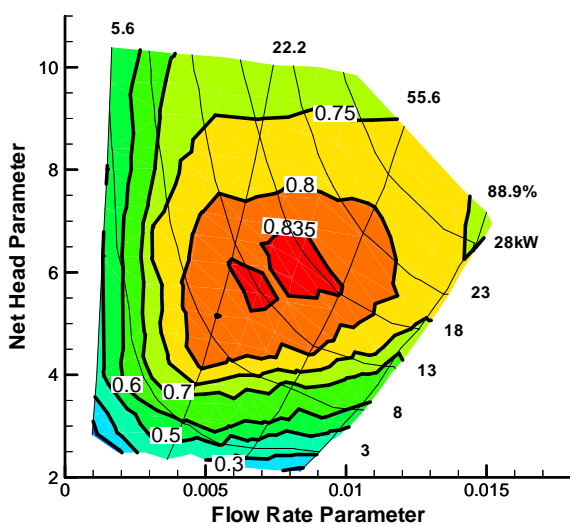
Η εκτέλεση κάποιων πειραμάτων μεταβλητών στροφών του μοντέλου γίνανε διαφορετική εποχή (12^{ος} μήνας 2008) από ότι τα άλλα (5^{ος} - 7^{ος} 2009) με αποτέλεσμα το νερό της δεξαμενής να έχει διαφορετική θερμοκρασία και κατά συνέπεια διαφορετική πυκνότητα. Στα επόμενα διαγράμματα φαίνονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν αν δεν ληφθεί υπόψη η προηγούμενη διαφορά, και θεωρηθεί σταθερή η πυκνότητα.



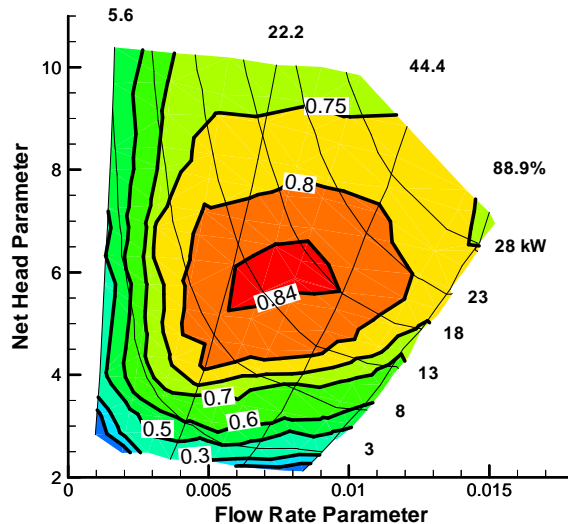
Εικόνα 6.46 Κατώτερο ακροφύσιο Μέθοδος Α, 28/7/2009 με χρήση της στατιστικής ανάλυσης, $\rho=999.5$, $\theta=11^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 6.47 Άνω ακροφύσιο Μέθοδος Α, 28/7/2009 στατιστική ανάλυση, $\rho=995.7$, $\theta=30^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 6.48 Και τα δύο ακροφύσια Μέθοδος Α, 26/5/2009, $\rho=999.5$, $\theta=11^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 6.49 Και τα δύο ακροφύσια Μέθοδος Α, 26/5/2009, $\rho=996.308$, $\theta=28^{\circ}\text{C}$

Παρατηρούνται σχετικά μικρές διαφορές (Μείωση του μεγίστου βαθμού απόδοσης αν θεωρηθεί χαμηλότερη θερμοκρασία από την πραγματική), αλλά όχι αμελητέες. Αυτές δεν γίνονται εύκολα αντιληπτές μόνον από τα διαγράμματα (Φ, η) και (Φ, Ψ), για αυτό και δεν σχεδιαστήκανε. Γενικά και εδώ θα λέγαμε ότι έχουμε να υπολογίζεται η ίδια περιοχή του μεγίστου βαθμού απόδοσης όμως έχουμε κάποιες διαφορές ως προς τα όρια των περιοχών αυτών.

Επισημάνσεις:

- Στα έως τώρα διαγράμματα οι θερμοκρασίες που έχουν επιλεχθεί είναι οι μέσες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος που επικρατούσαν την ημέρα που γινότανε το κάθε πείραμα. Ειδικότερα για πειράματα που γίνανε τον 12^ο μήνα του 2008 θεωρήθηκε $\rho=999.5$ ($\theta=11^{\circ}\text{C}$), σε αυτά των μηνών 5^{ου} – 6^{ου} 2009 $\rho=996.3$ ($\theta=28^{\circ}\text{C}$), για τον 7^ο 2009 $\rho=995.7$ ($\theta=30^{\circ}\text{C}$).
- Τα διαγράμματα των Εικόνων 6.47, 6.49 είναι τα ίδια με αυτά των Εικόνων 6.40 και 6.35 αντίστοιχα. Στην συγκεκριμένη παράγραφο ξαναπαρουσιάζονται για να γίνει πιο εύκολη η σύγκρισή τους με αυτά των Εικόνων 6.46, 6.48.

7

Επίλογος

7.1 Συνεισφορά της Εργασίας

Τα όσα έγιναν κατά την διάρκεια της Διπλωματικής Εργασίας συνοψίζονται ως εξής:

1. Διεξήχθησαν σειρές μετρήσεων στο μοντέλο υδροστροβίλου τύπου Pelton του εργαστηρίου, ανάλογα την μέθοδο απόκτησης των σημείων λειτουργίας και ανάλογα με το πόσα ακροφύσια ήταν σε λειτουργία κατά την εκτέλεσή τους.

Πιο συγκεκριμένα έγιναν τα εξής:

- Πειράματα με σταθερές στροφές του μοντέλου (Μέθοδος Α):
 - I. 700RPM άνω, κάτω, και τα δυο μαζί ακροφύσια
 - II. 800RPM άνω ακροφύσιο
- Πειράματα μεταβλητών στροφών (Μέθοδος Β) του μοντέλου:
 - I. Κατώτερο ακροφύσιο
 - II. Και τα δύο ακροφύσια
- Πειράματα με τη χρήση του νέου προγράμματος και της στατιστικής επεξεργασίας αυτού στα υπολογιζόμενα μεγέθη Φ , Ψ , η , N'_m :
 - I. 700RPM Pelton πάνω, ακροφύσιο.

2. Σε κάθε σειρά μετρήσεων έγινε ανάκτηση και αποθήκευση των δεδομένων όλων των μετρητικών οργάνων.
3. Έγινε επεξεργασία των προηγούμενων με σκοπό την εύρεση των: παραμέτρων Φ , Ψ , τον βαθμό απόδοσης η , και την ισχύ N_m κάθε σημείου λειτουργίας του υδροστροβίλου.
4. Έπειτα χαράχθηκαν οι χαρακτηριστικές καμπύλες (Φ, Ψ), (Φ, η) και τα πλήρη διαγράμματα λειτουργίας (χάρτες) για διάφορες περιπτώσεις ελέγχου.
5. Μελετήθηκαν τα εγχειρίδια των διαφόρων λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν
6. Υλοποιήθηκε το πρόγραμμα “LV Pelton”, οι λειτουργίες του οποίου περιγράφονται αναλυτικά στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.
7. Δημιουργήθηκε φύλλο EXCEL που περιλαμβάνει όλα τα αποκτηθέντα διαγράμματα, και να έχει δυνατότητα «Εισαγωγής Δεδομένων από Εξωτερική Πηγή».
8. Υλοποιήθηκε η συνεργασία του προηγούμενου προγράμματος με το ίδιο φύλλο εργασίας EXCEL για πραγματικού χρόνου προβολή του τρέχον σημείου λειτουργίας
9. Ελέγχθηκαν – δοκιμάστηκαν οι λειτουργίες των προηγούμενων προγραμμάτων
10. Χαράχθηκαν τα επιπλέον διαγράμματα, των αποκτηθέντων με το νέο πρόγραμμα, μέσω των τιμών Φ , Ψ , η , N'_m .
11. Δημιουργήθηκε εγχειρίδιο του λογισμικού LabVIEW.

7.2 Συμπεράσματα

Σημείωση: Το Κεφάλαιο 6 με τα πλήρη διαγράμματα και τα συμπεράσματα-αποτελέσματα του πειραματικού μέρους και δεν θα επαναληφθούν όλα τα τμήματά του στο παρόν κεφάλαιο. Ο αναγνώστης μπορεί να ανατρέξει σε αυτό, για λεπτομερέστερα επιμέρους συμπεράσματα.

Για το μέρος Α (πειραματικό) θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής:

- Οι δυο διαφορετικές τεχνικές (Μέθοδοι) πειραματικής μελέτης θα λέγαμε ότι δίνουν όμοια αποτελέσματα, μιας και υπολογίζουν ίδιες περιοχές μεγίστου βαθμού απόδοσης. Όχι όμως ακριβώς ίδια ιδίως όταν οι στροφές του μοντέλου, κατά τα πειράματα της Μεθόδου Α Σταθερής Ταχύτητας Περιστροφής, ρυθμίζονται σχετικά πολύ χαμηλότερα από τις κανονικές στροφές. Γενικά ισχύουν οι νόμοι ομοιότητας.
- Σχετικά με τις αποκλίσεις των τιμών του υπολογιζόμενου βαθμού απόδοσης για τις διάφορες περιπτώσεις έχουμε τον Πίνακα 7.1. Στις ακριανές στήλες δίνονται οι αποκλίσεις των σημείων από τη γραμμική τάση για λειτουργία με μόνον το ένα

ακροφύσιο (είτε το άνω είτε το κάτω), και στην μεσαία η διαφορά μεταξύ των σημείων που λαμβάνονται με τη λειτουργία του ενός ακροφυσίου σε σχέση με τα σημεία που λαμβάνονται με τη λειτουργία και των δύο ακροφυσίων μαζί.

Πίνακας 7.1 Αποκλίσεις (%) του υπολογιζόμενου βαθμού απόδοσης

Ακροφύσια σε λειτουργία		Μέγιστες Αποκλίσεις (%)		
		Μόνον Άνω ή κάτω	Διαφορά single – both	Μόνον και τα δύο
Άνοιγμα	Μικρό	3	6-15	1.88
	Μεσαίο	2.58	2-6	1.2
	Μεγάλο	2.41	2-8	1.5

- Τα λειτουργικά όρια που τηρήθηκαν ήταν τα εξής:
 - Πίεση της κατάθλιψης της αντλίας ~ 12 bar.
 - Στροφές δρομέα μοντέλου 400 έως 1200 για τα πειράματα της μεθόδου B.
- Σχετικά με τη λειτουργία για διάφορους συνδυασμούς των ακροφυσίων θα λέγαμε ότι η λειτουργία είτε με το άνω είτε με το κάτω ακροφύσιο δεν παρουσιάζει μεγάλες διαφορές. Η λειτουργία και με τα δύο ακροφύσια παρέχει υψηλούς βαθμούς απόδοσης ακόμα και για μικρά ανοίγματα σε σχέση με τη λειτουργία με μόνον ένα ακροφύσιο σε λειτουργία. Το προτέρημα αυτό φαίνεται να μειώνεται για μεγάλα ανοίγματα. Επίσης με τη λειτουργία και των δύο ακροφυσίων παράγεται μεγαλύτερη ισχύς N_m για ίδιες τιμές της φόρτισης Ψ .
- Η περιοχή του μεγίστου βαθμού απόδοσης για μεγάλα ανοίγματα αυξάνεται (πιο πεπλατυσμένες καμπύλες $\eta=f(\Phi)$). Επίσης για αυτά τα ανοίγματα η κλίση των καμπυλών $\Psi=f(\Phi)$ μειώνεται.
- Ακόμα, για μικρά ανοίγματα, μικρές μεταβολές στην παράμετρο παροχής είναι ικανές να επιφέρουν μεγάλες μεταβολές στον βαθμό απόδοσης και κατά συνέπεια

στην παραγόμενη ισχύς. Αντίθετα για μεγάλα ανοίγματα οι μεταβολές του βαθμού απόδοσης είναι, σχετικά, πολύ μικρότερες για ίδιες μεταβολές της Φ .

- Τα διαγράμματα που έχουν χαραχθεί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σύγκριση της λειτουργίας με άλλους όμοιους υδροστροβίλους, χωρίς κάποια επιπλέον μετατροπή (Ένα από τα βασικά προτερήματα των αδιάστατων παραμέτρων).
- Αναφέρεται ότι ο μέγιστος βαθμός απόδοσης που επιτυγχάνεται είναι ο 0.85 με λειτουργία και των δύο ακροφυσίων στην περιοχή [$(\Phi \sim 0.045-0.01) - (\Psi \sim 4.5-7)$], με παραγόμενη ισχύς στην περιοχή [8-18(kW)] στις 700RPM, και άνοιγμα του στομίου των ακροφυσίων από 22.2% έως 44.4%.
- Οι μετρήσεις παρουσιάζουν ικανοποιητική επαναληψιμότητα (όμοια αποτελέσματα για μετρήσεις διαφορετικών χρονικών περιόδων) επιβεβαιώνοντας τον καλό σχεδιασμό και λειτουργία του μοντέλου και του μετρητικού συστήματος.
- Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια του νερού του κυκλώματος επιδρά στα αποτελέσματα των μετρήσεων, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 6. Γενικά αν θεωρείται σταθερή, κατά τους υπολογισμούς, θα υπολογίζονται χαμηλότεροι βαθμοί απόδοσης για πειράματα που γίνονται θερμότερες εποχές, και υψηλότεροι για ψυχρότερες.
- Γενικά δεν υπήρχαν ιδιαίτερα προβλήματα κατά την διάρκεια των πειραμάτων.

Για το μέρος Β έχουμε:

- Το δημιουργηθέν πρόγραμμα (“LV_Pelton”) μπορεί να προσφέρει καλύτερη εποπτεία των πειραμάτων και άμεση διαπίστωση τυχόν σφαλμάτων, χάρις την πραγματικού χρόνου χάραξη των διάφορων διαγραμμάτων και σύγκριση με άλλα διαγράμματα, παραδείγματος χάριν παλαιότερων μετρήσεων.
- Πολύ χρήσιμη είναι και η δυνατότητα απόκτησης των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των μεγεθών Φ , Ψ , η , N_m . Επίσης είναι δυνατή η δημιουργία των ιστογραμμάτων των προηγούμενων μεγεθών για ένα συγκεκριμένο σημείο λειτουργίας.
- Η λειτουργία της «διαλογής» (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εύρεση, και διαλογή σημείων- δεδομένων από μεγάλα αρχεία κάτι το οποίο μπορεί να είναι χρονοβόρο ή και αδύνατο για την χειροκίνητη εύρεση.

- Η λειτουργία ως υποτυπώδη παλμογράφου βοηθά στην ευκολότερη επιλογή των παραμέτρων της αναλογισμιακής μετατροπής, ρυθμός δειγματοληψίας, αριθμός των στοιχείων που αποτελούν το κάθε δείγμα που θα λαμβάνεται, κλπ (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).
- Επίσης σημαντική μπορεί να αποδειχθεί και η συνεργασία του συγκεκριμένου προγράμματος με φύλλα EXCEL για χρήστες που δεν γνωρίζουν προγραμματισμό σε LabVIEW. Οι προηγούμενοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν και το εγχειρίδιο που δημιουργήθηκε για μια πρώτη επαφή με το συγκεκριμένο λογισμικό.
- Η λειτουργία ποιοτική-εικονική-υβριδική προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρώτη γνωριμία μαθητών ή χειριστών για την μεταβολή των σημείων λειτουργίας, των υδροστροβίλων Pelton για διάφορες συνθήκες, χωρίς την λειτουργία της πειραματικής διάταξης. Ακόμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ποιοτική εύρεση σημείων λειτουργίας που δεν μπορούν να αποκτηθούν με το πραγματικό πείραμα λόγω των διαφόρων περιορισμών (πχ περιορισμοί πίεσης στο σύστημα της αντλίας) της πειραματικής διάταξης.

7.3 Προτάσεις για συνέχιση της εργασίας και βελτιώσεις

Γενικά προτείνονται τα εξής:

- Σχετικά με την διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων καλό θα ήταν τα πειράματα να αρχίζουν με ένα σχετικά μεγάλο άνοιγμα της βαλβίδας και στη συνέχεια να κλείνει.
- Προτού γίνει το κάθε πείραμα να μετράται η θερμοκρασία του νερού της τροφοδοτικής δεξαμενής (ίσως με τοποθέτηση αισθητήρα-μεταλλάκτη μέτρησης της θερμοκρασίας και σύνδεσης αυτού με το υπάρχον μετρητικό σύστημα).
- Να χαράσσονται τα διαγράμματα των αδιάστατων παραμέτρων και με τις δύο μεθόδους για όλους τους συνδυασμούς των ακροφυσίων και να συγκρίνονται τα αποτελέσματα.
- Αν συμβολίσουμε με Φ_d , Ψ_d , και s_d την αδιάστατη παροχή, το αδιάστατο ύψος, και το αδιάστατο άνοιγμα, αντίστοιχα, του σημείου λειτουργίας με τον μέγιστο βαθμό απόδοσης, τότε προτείνεται να σχεδιάζεται και ένας πλήρης χάρτης με

άξονα των τετμημένων τις τιμές $\frac{\Phi}{\Phi_d}$, και των τεταγμένων τις $\frac{\Psi}{\Psi_d}$. Για ευκολότερη σύγκριση με τους αντίστοιχους χάρτες μερικών ερευνητών, βιβλιογραφία [14], όπου χρησιμοποιούν τους τελευταίους άξονες.

- Μαζί με τα διαγράμματα που θα δημιουργούνται χρησιμοποιώντας την στατιστική ανάλυση να τοποθετείται και ένας πίνακας που θα περιέχει τις μέσες τιμές Φ , Ψ , η , N'_m και τις τυπικές αποκλίσεις αυτών. Τα δεδομένα αυτά θα αποκτώνται χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στην παρούσα εργασία. Ίσως και κάποια ιστογράμματα των μέσων τιμών των προηγούμενων μεγεθών.
- Σύνδεση των παραδοσιακών χειριστηρίων επιλογής των στροφών της αντλίας και του μοντέλου, με το Hardware και Software (Πρόγραμμα “LV_Pelton”) του LabVIEW με σκοπό τον έλεγχο αυτών των μηχανών μέσω του υπολογιστή. Επίσης, έλεγχος του ανοίγματος του στομίου των ακροφυσίων. Αν επιτευχθούν αυτές οι εργασίες, το όλο σύστημα μπορεί να φανεί χρήσιμο για τον έλεγχο της λειτουργίας των συγκεκριμένων μηχανών και στα πραγματικά περιβάλλοντα λειτουργίας.
- Τροποποιήσεις-Βελτιώσεις της επιφάνειας εργασίας (Front Panel) του δημιουργηθέντος προγράμματος, όπως αναθεώρηση χρωματισμών, μεγέθους, ονοματολογίας, κλπ των εικονικών ενδεικτικών και χειριστηρίων οργάνων.
- Αυτοματοποίηση διαφόρων τμημάτων ή και ολόκληρης της διαδικασίας των μετρήσεων.
- Χρησιμοποίηση κάμερας υψηλής ταχύτητας με σκοπό την παράλληλη παρακολούθηση της απόλυτης ροής και των υπολογιζόμενων τιμών των Φ , Ψ , η , N_m . Για βελτίωση της ορατότητας προτείνεται τοποθέτηση αγωγών απαγωγής της εξερχόμενης από το σκαφίδιο δέσμης νερού, και των διαφόρων σταγονιδίων. Επιπλέον πληροφορίες για τις διατάξεις οπτικής αναπαράστασης αναφέρονται στην βιβλιογραφία [14].
- Αυτόματη απόρριψη των εκτός ορίων μετρήσεων με παράλληλες προειδοποιήσεις για την κατάσταση των διαφόρων μηχανισμών.

Η τάση για κατάργηση της επαναληπτικής χειρωνακτικής εργασίας και της «Βιομηχανοποίησης» δεν θεωρείται από πολλούς ότι είναι από τα καλά του καιρού μας. Το αν η τάση αυτή θα ήταν καλό να ανακοπεί ή να ενθαρρυνθεί – ώστε ενδεχομένως να έρθουμε πιο γρήγορα σε μια καλύτερη εποχή - είναι ίσως θέμα πολιτικό και φιλοσοφικό (Βιβλιογραφία [8], [15]). Η παρούσα εργασία δεν θέλει να αμφισβητήσει αυτές τις απόψεις. Γενικά θα λέγαμε ότι ένας επιθυμητός σκοπός θα ήταν η δημιουργία συστημάτων για την υποβοήθηση των εκτελούμενων πολύπλοκων νοητικών καθηκόντων και όχι η αυτοματοποίησή τους. Η πλήρης αυτοματοποίηση κρίνεται απαραίτητη σε εργασίες που εκτελούνται σε επικίνδυνα για τους χειριστές περιβάλλοντα.

8

Βιβλιογραφία

- 1 N. Αθανασιάδης, Υδροδυναμικές Μηχανές, Γενικές Αρχές, Αντλίες, Ε.Μ.Π., Έκδοση 2^η, Αθήνα 1985.
- 2 John S. Anagnostopoulos and Dimitris E. Papantonis, Experimental and Numerical Studies on Runner Design of Pelton Turbine, HIDROENERGIA 2006 Crieff, Scotland, UK, 7-9 June 2006.
- 3 John S. Anagnostopoulos and Dimitris E. Papantonis, A Numerical Methodology for Design Optimization of Pelton Turbine Runners, HYDRO 2006: Maximizing the Benefits of Hydropower 25-27 September 2006.
- 4 C. Chatfield, Statistics for Technology, Chapman and Hall, London, 1978.
- 5 Rama S. R. Gorla, Aijaz A. Khan, Turbomachinery Design And Theory, Marcel Dekker Inc., 2003.
- 6 R. Krishna, Hydraulic Design of Hydraulic Machinery, Hydraulic Machinery Books Series, Avebury, Aldershot, 1997.
- 7 Κώστας Κωνσταντίνος, Χάραξη Χαρακτηριστικών Καμπυλών Μοντέλου Υδροστροβίλου Francis, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα, 2003.
- 8 Νικόλαος Μαρμαράς, Εισαγωγή Στην Εργονομία, Αθήνα 2002.
- 9 Yuji Nakanishi, Shouichiro Ito, Yoji Takahashi, Akito Kato, Toshihiko Ikeda, Development of a Simple Impulse Turbine for Nano Hydropower, Journal of Fluid

- Science and Technology, 2009.
- 10 National Instruments, LabVIEW Getting Started Manual, August 2007.
- 11 National Instruments, LabVIEW Fundamental Manual, August 2007.
- 12 Δημήτριος Ε. Παπαντώνης, Υδροδυναμικές Μηχανές Αντλίες-Υδροστρόβιλοι, Εκδόσεις Συμεών, Έκδοση 2^η, Αθήνα 2002.
- 13 Αλ. Ι. Παππά, Εφαρμοσμένη Στατιστική, Τόμος Α, 1963.
- 14 Ι. Παππάς, Η. Τατσιόπουλος, Ν. Μαρμαράς, Οργάνωση Παραγωγής και Διοίκηση Επιχειρήσεων Ι, Αθήνα 2004.
- 15 Alexandre Perrig, Francois Avellan, Jean-Louis Kueny, Mohamed Farhat, Flow in a Pelton Turbine Bucket: Numerical and Experimental Investigations, Switzerland, 2006.
- 16 Alexandre Perrig, Mario Valle, Mohamed Farhat, Etienne Parkinson, Jean Favre, Francois Avellan, Onboard flow visualization in Pelton turbine bucket, 23rd IAHR Symposium, Yokohama, 2006.
- 17 Alexandre Perrig, Hydrodynamics of the Free Surface Flow in Pelton Turbine Buckets, Lausanne, EPFL, 2007.
- 18 Alexandre Perrig, Mohamed Farhat, Francois Avellan, High Speed Flow Visualization of an Impinging Jet on a Pelton Turbine Bucket, San Diego, California, 2007.
- 19 Σ.Ε. Σιμόπουλου, Μετρήσεις Τεχνικών Μεγεθών, Έκδοση 2^η, Αθήνα 1989.
- 20 T. Staubli, H.P. Hauser, Flow Visualization - A Diagnosis Tool For Pelton Turbines, Switzerland, 2004.
- 21 Τουλκερίδης Αλέξανδρος, Μελέτη και Σχεδίαση Μοντέλου Υδροστροβίλου Pelton, Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 1994.
- 22 R.E. Walpole and R.H. Myers, Probability and Statistics for Engineers and Scientists, Collier Macmillan Publishers, London 1972.
- 23 Taro Yamane, Statistics, Happer International Edition, 1973.
- 24 Zh. Zhang, E. Parkinson, LDA application and the dual-measurement-method in experimental investigations of the free surface jet at model nozzle of a Pelton turbine, Switzerland, 2002.
- 25 Zh Zhang, Flow interactions in Pelton turbine and the hydraulic efficiency of the turbine system, Switzerland, 2006.

- 26 Zh. Zhang, M. Casey, Experimental studies of the jet of a Pelton turbine,
Germany, 2007.
- 27 www.ni.com
- 28 forums.nvidia.com
- 29 www.tecplottalk.com
- 30 pythagoras.ntua.gr
- 31 Journals.pepublishing.com

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

9

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι. Στοιχειώδης εγχειρίδιο της γραφικής γλώσσας προγραμματισμού LabVIEW

Στη συνέχεια γίνεται μια εισαγωγή στον γραφικό προγραμματισμό μέσω του λογισμικού LabVIEW. Σε κάποιες περιπτώσεις αναφέρονται και θέματα επιπέδου βασικών γνώσεων.

9.1 Εισαγωγή στα εικονικά όργανα (VIS)

Το LabVIEW είναι ένα γραφικού (Graphical) τύπου λογισμικό με το οποίο μπορούν να δημιουργηθούν εφαρμογές που θα λειτουργούν όπως και τα διάφορα συμβατικά όργανα μετρήσεων.

Οι εφαρμογές του LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) ονομάζονται και «εικονικά όργανα», ή VIS (virtual instruments), διότι η εμφάνιση και η λειτουργία τους μιμείται φυσικά όργανα μετρήσεων, όπως παλμογράφους και πολύμετρα. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιέχει ένα πλήρες σύνολο εργαλείων (subvis, knobs, indicators, functions κ.α.) για την απόκτηση, την ανάλυση, την οπτική παρουσίαση, την φόρτωση, και την αποθήκευση δεδομένων, καθώς και τα εργαλεία (πχ το “probe tool”) τα οποία βοηθούν την αντιμετώπιση διάφορων προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στον κώδικα που γράφεται.

9.1.1 Η προσέγγιση των εικονικών διατάξεων

Σημείωση: Εικονικές διατάξεις είναι συνολικά το τμήμα του λογισμικού (software) και του φυσικού εξοπλισμού (Hardware) μιας εφαρμογής του LabVIEW.

Από την πλευρά του λογισμικού έχουμε τις εξής λειτουργίες: απόκτηση δεδομένων, ανάλυση, εμφάνιση αποτελεσμάτων. Ο φυσικός εξοπλισμός του συστήματος επεξεργασίας δεδομένων εξαρτάται από την ακρίβεια των αποτελεσμάτων που θέλουμε και από την συχνότητα μεταβολής των μετρούμενων σημάτων. Τα δύο τελευταία μεγέθη δεν είναι ανεξάρτητα. Όσο μεγαλύτερη η συχνότητα τόσο πιο δύσκολη γίνεται η επίτευξη μεγάλης ακρίβειας του μετρούμενου μεγέθους.

9.1.2 Εφαρμογές Εικονικών Διατάξεων Ηλεκτρομηχανολογικών Συστημάτων (Virtual Instrumentation Applications)

- **Σχεδιασμός**
 - Επεξεργασία Σημάτων και Εικόνων (Signal and Image Processing)
 - Προγραμματισμός Ενσωματωμένων Συστημάτων (Embedded System Programming)
 - (PC, FPGA (Field-Programmable Gate Array), Microcontroller)
 - Προσομοίωση και Κατασκευή Πρωτοτύπων (Simulation and Prototyping)
- **Έλεγχος**
 - Αυτόματοι Έλεγχοι και Δυναμικά Συστήματα (Automatic Controls and Dynamic Systems)
 - Μηχανοτρονική και Ρομποτική (Mechatronics and Robotics)
- **Μετρήσεις (Measurements)**
 - Κυκλώματα και Ηλεκτρονικά (Circuits and Electronics)
 - Μετρήσεις και Διατάξεις Ελέγχου

9.1.3 Συνολικό Περιβάλλον LabVIEW (Software & Hardware)

A. Εφοδιασμός δεδομένων στον Η/Υ

- Συσκευές Απόκτησης Δεδομένων (Data Acquisition Devices)

- Ειδική Συσκευή Απόκτησης Δεδομένων Της National Instruments (NI-DAQ)
- Προσομοιωμένη Απόκτηση Δεδομένων (Simulated Data Acquisition)
- Κάρτα ήχου (Sound Card)

B. Περιβάλλον του Λογισμικού του LabVIEW

- Διεπιφάνεια Χρήστη-Τεχνολογικής Διάταξης (Front Panel)/Επιφάνεια Κώδικα (Block Diagram)
- Γραμμή Εργαλείων (Toolbar)/Παλέτα Εργαλείων (Tools Palette)

C. Μέρη μιας εφαρμογής LabVIEW

- Δημιουργία ενός VI
- Εκτέλεση Ροής Δεδομένων

D. Πρόσθετη Βοήθεια (Context Help)

- Βρίσκοντας Συναρτήσεις-Λειτουργίες
- Υποδείξεις για την εργασία στο LabVIEW

9.1.4 Συμβάσεις που χρησιμοποιούνται στο παρόν κεφάλαιο

Το σύμβολο » καθοδηγεί δια μέσου των ένθετων στοιχείων των μενού και των λειτουργιών-επιλογών των πλαισίων διαλόγων στην τελική δράση. Η ακολουθία **File» Page Setup» Options** κατευθύνει στο **File**, έπειτα επιλογή του στοιχείου **Page Setup**, και επιλογή **Options** από το τελευταίο πλαίσιο διαλόγου.

Η έντονη γραφή (**Bold**) υποδηλώνει στοιχεία που πρέπει να επιλεγθούν στο λογισμικό, όπως στοιχεία μενού ή επιλογές πλαισίων διαλόγου. Επίσης υποδηλώνει ονόματα παραμέτρων, χειριστηρίων και κομβίων στο front panel, στα πλαίσια διαλόγου, σε τομείς των προηγούμενων, ονόματα μενού, και ονόματα παλετών.

Η πλάγια γραφή (*Italic*) σημαίνει μεταβλητές, έμφαση, μια παραπομπή, ή μια οδηγία για κάποια έννοια ενός πλήκτρου. Αυτή η γραμματοσειρά επίσης σημαίνει κείμενο που είναι αντικαταστάτης για μια λέξη ή μια τιμή που πρέπει να τροφοδοτηθεί.


Οι πίνακες περιέχουν μια κάποια περίληψη των κειμένων έτσι ώστε ο αναγνώστης, αν το θέλει να κάνει μια γρήγορη ανάγνωση. Σε μερικές περιπτώσεις αυτοί μπορεί να επαναλαμβάνουν στοιχεία που αναφέρονται στο κυρίως κείμενο ή και να το συμπληρώνουν με διάφορα σχήματα. Ακόμη χρησιμοποιούνται αγγλικοί όροι δίπλα από τους ελληνικούς (κάτι το οποίο μπορεί να μην ενδείκνυται για παρόμοια εγχειρίδια) λόγω του ότι οι «εντολές», οι διάφορες ονομασίες των εργαλείων κλπ, του συγκεκριμένου λογισμικού ακολουθούν την αγγλική ορολογία.

Σημείωση: Οι παράγραφοι που ακολουθούν είναι επιλογή και συνδυασμός τμημάτων υλικού από την βιβλιογραφία [13], [14], [27]. Επίσης σε διάφορα σημεία παρουσιάζονται παραδείγματα (μερικά από αυτά είναι τμήματα του δημιουργηθέντος προγράμματος “LV Pelton”) που δημιουργήθηκαν από τον συγγραφέα του παρόντος εγγράφου.

9.2 Εκκινώντας το LabVIEW

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται το παράθυρο εκκίνησης του συγκεκριμένου προγράμματος, ο τρόπος εμφάνισής του, και συμβουλές για την επόμενη κίνηση.

Start» All Programs» National Instruments LabVIEW



Οθόνη εκκίνησης:

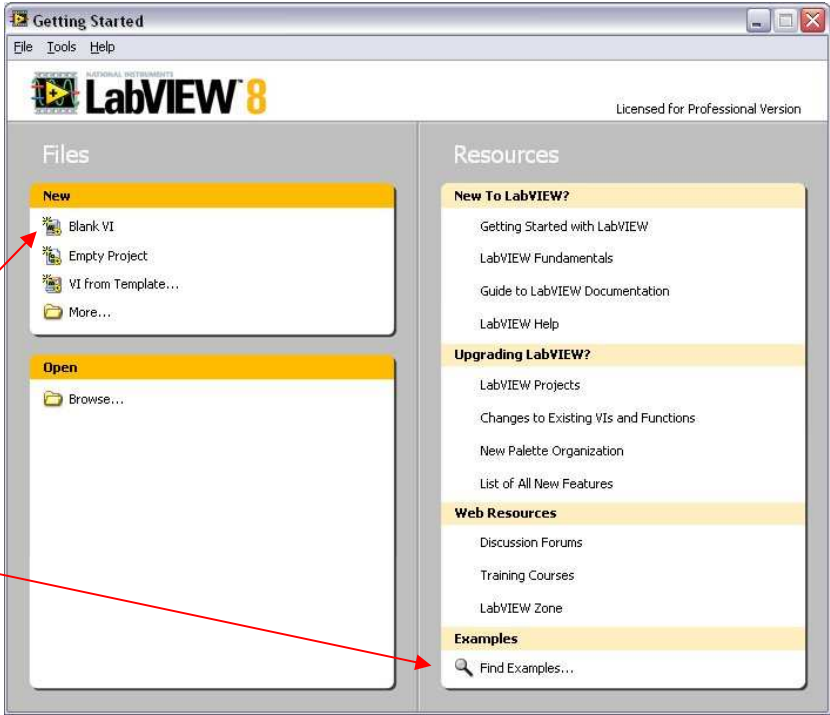
Αρχή από κενό (Blank) VI:

New»Blank VI

ή

Αρχή από ένα παράδειγμα:

Examples» Find Examples...

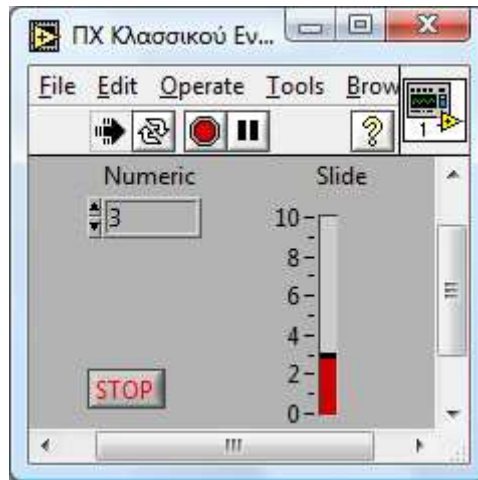


9.2.1 Μέρη μιας εφαρμογής του LabVIEW

Κάθε VI έχει 2 παράθυρα

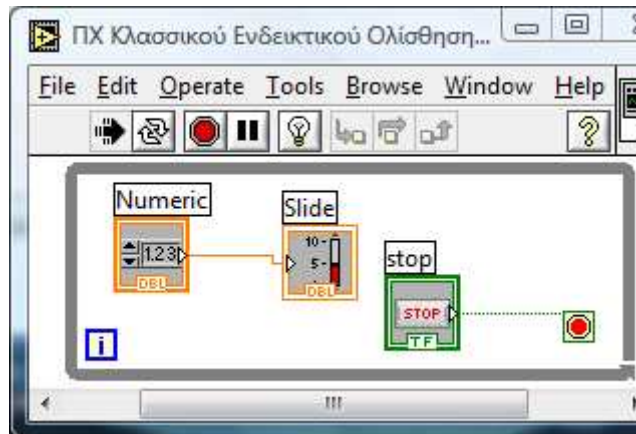
Front Panel

- Διεπιφάνεια χρήστη (User Interface, UI)
 - Controls = Inputs
 - Indicators = Outputs



Block Diagram

- Γραφικός κώδικας
 - Δεδομένα κυκλοφορούν στα καλώδια από τα χειριστήρια διαμέσου των συναρτήσεων στα ενδεικτικά
 - Η ροή δεδομένων (Dataflow) εκτελείται κατά ομάδες



Τα εικονικά χειριστήρια (Controls) είναι οι είσοδοι και τα εικονικά ενδεικτικά (indicators) είναι οι έξοδοι του εικονικού οργάνου.

Κάθε VI περιέχει τρία κύρια μέρη:

- Front Panel – Μέσο με το οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με ένα VI. Θα μπορούσαμε να το ονομάσουμε και «διαμεσολαβητή ανθρώπου-τεχνολογικών διατάξεων».
- Block Diagram – Ο κώδικας που ελέγχει το Front Panel.
- Icon/Connector – Μέσο με το οποίο καθορίζεται η διασύνδεση ενός VI με ένα άλλο.

Με το συγκεκριμένο λογισμικό, μπορεί να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον εργασίας χρησιμοποιώντας ένα υπάρχον σύνολο εργαλείων και αντικειμένων. Το περιβάλλον αυτό είναι γνωστό ως front panel. Έπειτα δημιουργείται ο κώδικας χρησιμοποιώντας γραφικές

αναπαραστάσεις συναρτήσεων για να ελεγχθούν τα αντικείμενα του front panel. Το block diagram περιλαμβάνει αυτόν τον κώδικα και παρομοιάζεται με διάγραμμα ροής.

Οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το Front Panel όταν το πρόγραμμα είναι σε λειτουργία. Οι προηγούμενοι μπορούν να ελέγχουν το πρόγραμμα, μεταβάλλοντας τις εισόδους (από τα Χειριστήρια), και να βλέπουν τα αποτελέσματα να ενημερώνονται σε πραγματικό χρόνο στα διάφορα ενδεικτικά. Τα χειριστήρια χρησιμοποιούνται ως εισοδοί όπως, πχ οι πραγματικοί μοχλοί ολίσθησης (slide control) οι οποίοι ρυθμίζουν μια τιμή ενός συναγερμού, ανοίγουν ή κλείνουν μια λειτουργία, ή σταματούν ένα πρόγραμμα. Τα ενδεικτικά όργανα χρησιμοποιούνται ως εξοδοί. Πχ Θερμόμετρα, δίοδοι εκπομπής φωτός, και άλλα ενδεικτικά εμφανίζουν τις τιμές των εξόδων από το πρόγραμμα. Αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν δεδομένα, καταστάσεις του προγράμματος, ή άλλες πληροφορίες.

Κάθε χειριστήριο ή ενδεικτικό έχει έναν αντίστοιχο τερματικό σταθμό (terminal) στην επιφάνεια του διαγράμματος του κώδικα. Όταν ένα εικονικό όργανο είναι σε λειτουργία, τιμές από τα χειριστήρια ρέουν διαμέσου του διαγράμματος του κώδικα, όπου χρησιμοποιούνται από τις διάφορες συναρτήσεις (functions & Nodes) του διαγράμματος, και τα αποτελέσματα περνάνε στις άλλες συναρτήσεις - λειτουργίες ή στα ενδεικτικά διαμέσου των καλωδίων.

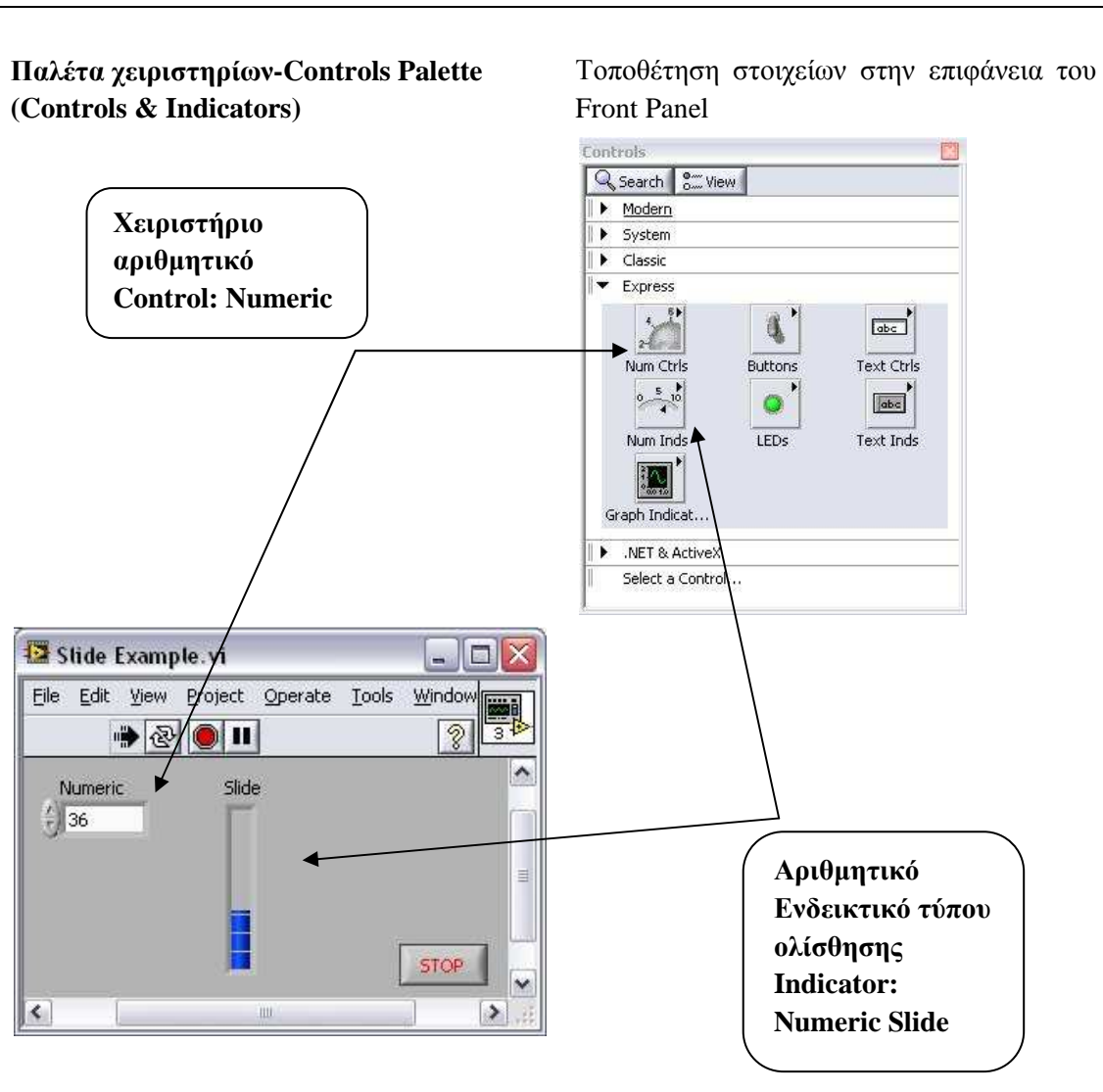
9.2.2 Δημιουργία του Front Panel

Παρακάτω φαίνεται η παλέτα των χειριστηρίων η οποία χρησιμοποιείται για να τοποθετηθούν τα εικονικά χειριστήρια και ενδεικτικά στην διεπιφάνεια χρήστη-προγράμματος (front panel). Αυτή είναι διαθέσιμη μόνον στο παράθυρο του front panel. Για να εμφανιστεί, επιλέγετε **Window»Show Controls Palette**. Επίσης εμφανίζεται με δεξί κλικ σε μια κενή-ανοικτή περιοχή.

Παλέτα χειριστηρίων-Controls Palette (Controls & Indicators)

Χειριστήριο αριθμητικό Control: Numeric

Τοποθέτηση στοιχείων στην επιφάνεια του Front Panel



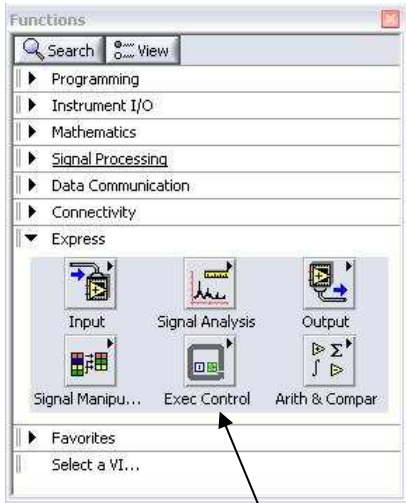
The image shows two screenshots. The top right screenshot is the 'Controls' palette, which is a window with a search bar and a 'View' button. It contains several categories of controls: Modern, System, Classic, and Express. Under the Express category, there are sub-categories: Num Ctrls, Buttons, Text Ctrls, Num Inds, LEDs, and Text Inds. A callout box points to the 'Num Ctrls' category. The bottom left screenshot is the 'Slide Example.vi' window, which has a menu bar (File, Edit, View, Project, Operate, Tools, Window) and a toolbar with icons for play, stop, and help. The main area shows a 'Numeric' control with the value '36' and a 'Slide' control. A callout box points to the 'Slide' control.

Αριθμητικό Ενδεικτικό τύπου ολίσθησης Indicator: Numeric Slide

9.2.3 Εισαγωγή στην δημιουργία του κώδικα (block diagram)

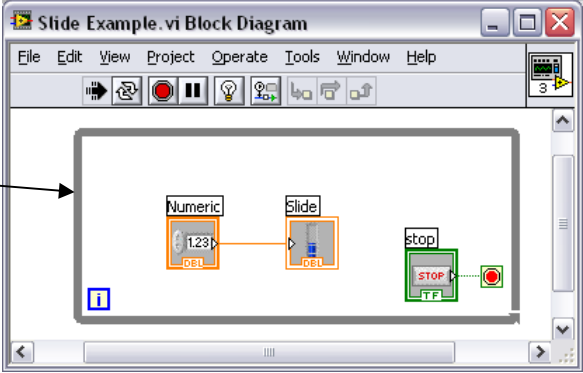
Το Block Diagram δημιουργείται χρησιμοποιώντας την παλέτα των **συναρτήσεων-λειτουργιών**. Αυτή είναι διαθέσιμη μόνον στο παράθυρο του κώδικα. Για να εμφανιστεί επιλέγετε **Window» Show Functions Palette**. Επίσης εμφανίζεται με δεξί κλικ σε μια ανοικτή περιοχή του διαγράμματος του κώδικα. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται η μορφή αυτής και των στοιχείων που περιέχει.

Παλέτα συναρτήσεων, και Δομών



Τοποθέτηση στοιχείων στο παράθυρο του Block Diagram

Δομή: Βρόχου While Loop



9.2.4 Παλέτα Εργαλείων (Εργαλειοθήκη), Tools Palette

Με τα εργαλεία αυτής μπορούμε να κάνουμε διάφορες λειτουργίες, όπως να μετακινήσουμε ένα αντικείμενο ή να του αλλάξουμε το μέγεθος το χρώμα. Επίσης να αλλάζουμε τις τιμές των εισόδων (θέσεις των χειριστηρίων).

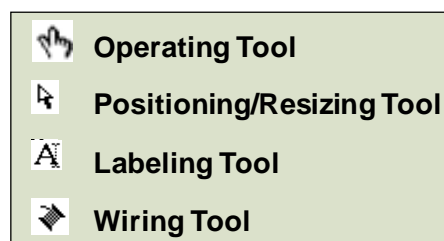
Η εμφάνισή της γίνεται από το front panel ή από το block diagram.

Συνιστάται η χρήση του εργαλείου αυτόματης επιλογής. Η επιλογή αυτή γίνεται πιέζοντας το πλήκτρο της μορφής της επόμενης Εικόνας 9.1. Όταν είναι ενεργοποιημένο ανάβει το πράσινο ενδεικτικό.





Εικόνα 9.1 Αυτόματης Επιλογής Εργαλείο



Αν είναι ενεργοποιημένη η **αυτόματη επιλογή εργαλείων** και μετακινείται ο κέρσορας γύρω και πάνω από αντικείμενα στο front panel ή στο block diagram το LabVIEW αυτόματα θα επιλέγεται το αντίστοιχο εργαλείο από την παλέτα εργαλείων.




Εικόνα 9.2 Σημαντικά Εργαλεία


 **Εργαλείο Λειτουργίας (Operating tool):** αλλαγή των τιμών, ή επιλογή κειμένου ενός χειριστηρίου.


 **Εργαλείο θέσης (Positioning tool):** επιλογή, κίνηση, και αλλαγή του μέγεθος των αντικειμένων.

 **Εργαλείο κειμένου-ετικετών (Labeling tool):** πρόσθεση κειμένου στα διάφορα αντικείμενα και να δημιουργία ελεύθερων ετικετών (free labels). Αυτό εργαλείο, όταν δημιουργείται μια free label παίρνει την μορφή .

 **Εργαλείο καλωδίωσης (Wiring tool):** καλωδίωση των αντικειμένων του block diagram.

Άλλα σημαντικά εργαλεία:

 **Εργαλείο διερεύνησης (Probe tool):** χρησιμοποιείται για τη δημιουργία σημείων διερεύνησης (probes) των δεδομένων που ρέουν στα καλώδια του κώδικα. Αν εμφανίζονται αμφισβητήσιμα ή απροσδόκητα αποτελέσματα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελεγχθούν οι ενδιάμεσες τιμές, κάνοντας έτσι πιο εύκολη την εύρεση των αιτιών των συγκεκριμένων αποτελεσμάτων.










 **Εργαλείο αντιγραφής χρωμάτων:** αντιγραφή υπαρχόντων χρωμάτων, τα οποία στη συνέχεια μπορεί να τα χρησιμοποιήσει το εργαλείο χρωματίσματος.

 **Εργαλείο χρωματίσματος (Coloring tool):** χρωματισμός ενός αντικειμένου.

Προσοχή οι τερματικοί του κώδικα των αντικειμένων του front panel και τα καλώδιά τους χρησιμοποιούν ειδικά χρώματα ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων που μεταφέρουν, έτσι δεν γίνεται η αλλαγή αυτών.

9.2.5 Γραμμή εργαλείων κατάστασης (Status Toolbar)

Με αυτή την γραμμή εργαλείων γίνεται η έναρξη λειτουργίας του προγράμματος, η παύση του και μια σειρά άλλων λειτουργιών και δυνατοτήτων που περιγράφονται στη συνέχεια χωριστά για την καθεμιά.

 Run Button	Additional Button on the Diagram Toolbar
 Continuous Run Button	
 Abort Execution	
 Pause/Continue Button	 Execution Highlighting Button
 Text Settings	
 Align Object	
 Distribute Object	
 Reorder	



Resize front panel objects

Εικόνα 9.3 Κομβία των παραθύρων του front panel και του block diagram

- Με το κομβίον **Run** το VI τίθεται σε λειτουργία. Ενώ το VI λειτουργεί, το κομβίον Run εμφανίζεται με ένα μαύρο βέλος, εάν το VI είναι ένα ανωτάτου επιπέδου (top-level) VI σημαίνοντας ότι δεν έχει καλούντες (callers) και επομένως δεν είναι ένα subVI.
- Με το κομβίον **Continuous Run** το VI λειτουργεί συνεχώς. Πιέζοντας ξανά το ίδιο τίθεται εκτός λειτουργίας.
- Ενώ τα VI τρέχουν, το κουμπί **Abort Execution (ματαίωσης εκτέλεσης)** εμφανίζεται. Κλικ σε αυτό το κουμπί για να σταματήσει το VI αμέσως.

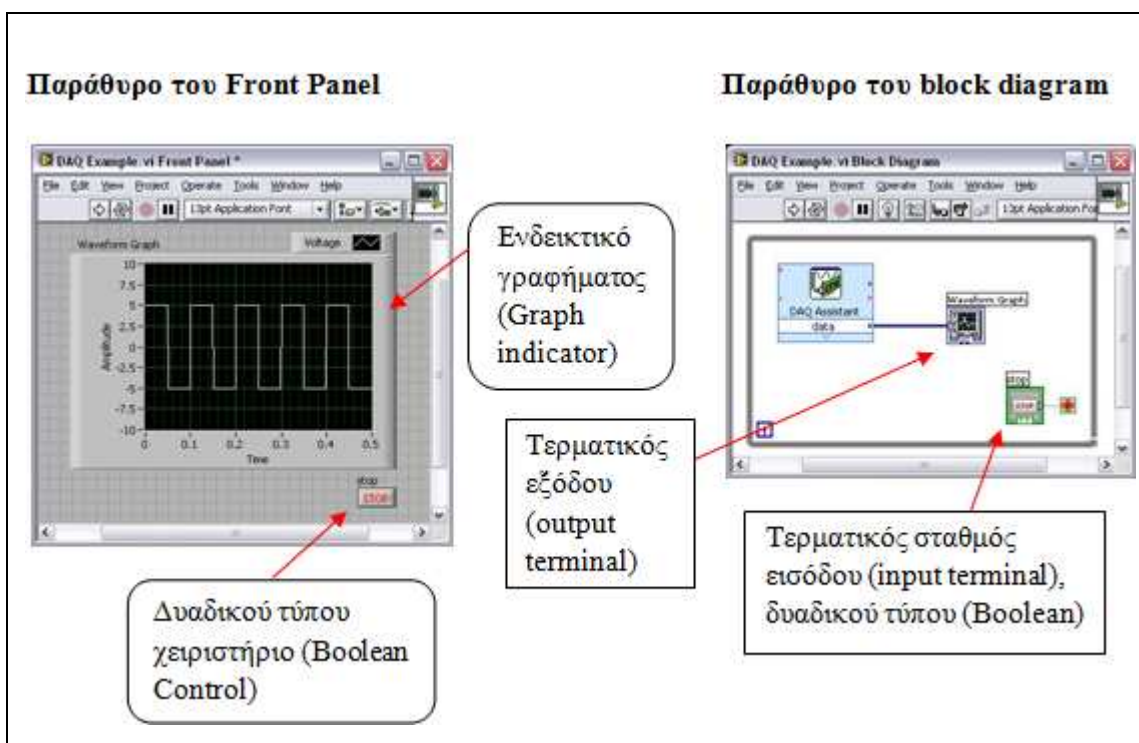
Επισημάνση: Να αποφεύγεται το κουμπί **Abort Execution** για να σταματήσει ένα VI. Είτε να αφήνεται το VI να ολοκληρώσει τη ροή των δεδομένων είτε να σχεδιάζεται μια μέθοδος για να σταματήσει το VI μέσω του προγράμματος. Με αυτόν τον τρόπο, το VI είναι σε μια γνωστή κατάσταση. Παραδείγματος χάριν, καλό είναι να τοποθετείτε ένας εικονικός διακόπτης στο **front panel** που να σταματά το VI όταν τον πιέζεται.

- Πιέζοντας το κουμπί μικρής διακοπής (**Pause**) σταματά προσωρινά ένα VI που τρέχει. Κλικ στο **Pause** ξανά για να συνεχιστεί η εκτέλεση.
- Με το κομβίο **Text Settings** υπάρχει δυνατότητα αλλαγής των επιλογών των γραμματοσειρών για το VI, συμπεριλαμβανομένου του μεγέθους, του ύφους, και του χρώματος.
- Η **ευθυγράμμιση** αντικειμένων γίνεται επιλέγοντας τον ακριβή τύπο της λειτουργίας που θέλουμε να κάνουμε από το μενού που εμφανίζεται πιέζοντας το κομβίον **Align Objects**.
- Με το πλήκτρο **Distribute Objects** διανέμονται κατά ομοιόμορφα διαστήματα τα αντικείμενα.
- Με το πλήκτρο **Resize Objects** γίνεται δυνατή η αλλαγή στο πλάτος και το ύψος των αντικείμενων του front panel.
- Η **αναδιάταξη-αναδιοργάνωση (Reorder)** επιλέγεται όταν υπάρχουν αντικείμενα που επικαλύπτουν το ένα το άλλο και χρειάζεται να καθοριστεί ποιο θα είναι στο εμπρός και ποιο στο πίσω μέρος.

Σημείωση: Τα ακόλουθο πλήκτρο εμφανίζεται μόνο στην γραμμή εργαλείων του παραθύρου του κώδικα.

- Με το μπουτόν **Highlight Execution** επιδεικνύεται η ροή των δεδομένων διαμέσου του Block Diagram.

Παράδειγμα δημιουργίας ενός απλού vi.



Όταν δημιουργείται ένα αντικείμενο στο Front Panel, ένας τερματικός σταθμός θα δημιουργηθεί στην επιφάνεια του κώδικα. Αυτός ο τερματικός δίνει προσπέλαση στα αντικείμενα του Front Panel από τον κώδικα, και αντίστροφα.

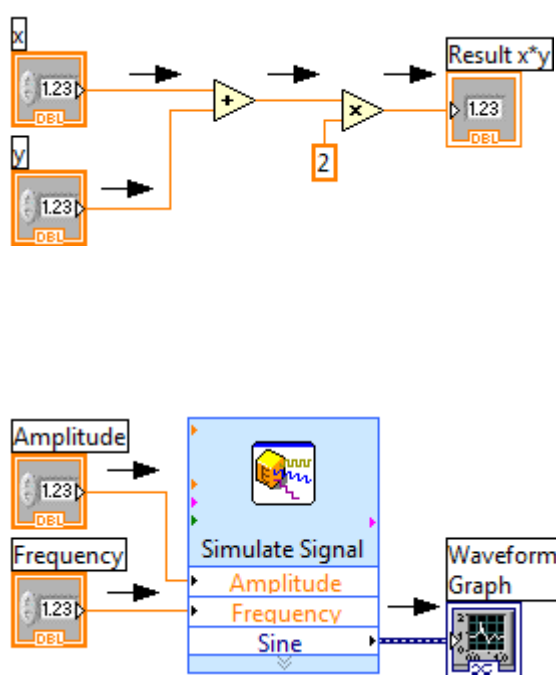
Κάθε τερματικός μεταφέρει χρήσιμες πληροφορίες για το αντίστοιχο αντικείμενο του Front Panel. Για παράδειγμα, το χρώμα και τα σύμβολα παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των δεδομένων. Πχ: Ο τύπος δυναμικών δεδομένων είναι ένας πολυμορφικός τύπος δεδομένων που απεικονίζεται με σκοτεινούς μπλε τερματικούς. Οι δυαδικοί είναι πράσινοι με την επιγραφή TF (True-False).

Γενικά, μπλε τερματικοί θα ήταν καλό να καλωδιώνονται με μπλε τερματικούς, πράσινοι με πράσινους, και ούτω καθεξής. Αυτό δεν είναι απαραβίαστος κανόνας. Το LabVIEW αφήνει έναν χρήστη να συνδέσει έναν μπλε τερματικό (δυναμικά δεδομένα) με έναν πορτοκαλί (κλασματική τιμή), για παράδειγμα.

Τα χειριστήρια έχουν έναν δείκτη, σχήματος βέλους, στη δεξιά πλευρά και έχουν όριο σχετικά μεγάλου πάχους. Τα ενδεικτικά έχουν τον δείκτη στα αριστερά και μικρού πάχους όριο. Λογικοί κανόνες που εφαρμόζονται κατά την καλωδίωση στο συγκεκριμένο λογισμικό είναι οι εξής: ένα καλώδιο πρέπει να έχει μόνον έναν πόρο (ή χειριστήριο), ενώ το ίδιο μπορεί να έχει πολλαπλούς προορισμούς (ή ενδεικτικά).

9.2.6 Η ροή των δεδομένων (Dataflow)

- Εκτέλεση του Block Diagram
 - Εξαρτάται από τη ροή των δεδομένων
 - Το Block Diagram ΔΕΝ εκτελεί από δεξιά στα αριστερά
- Οι λειτουργικές μονάδες (πχ η συνάρτηση του x) εκτελεί όταν τα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε ΟΛΕΣ τις εισόδους των τερματικών τους
- Επίσης οι παραπάνω τροφοδοτούν τους τερματικούς των εξόδων τους όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση



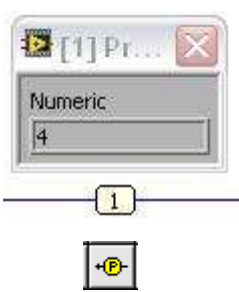


Το LabVIEW ακολουθά ένα μοντέλο για την εκτέλεση των VIs. Μια λειτουργική μονάδα της επιφάνειας του κώδικα εκτελεί μόνο όταν όλες οι εισοδοί της είναι διαθέσιμες. Όταν η μονάδα ολοκληρώσει την εκτέλεση, τροφοδοτεί με τα αποτελέσματα την έξοδο των τερματικών και περνάει τα δεδομένα εξόδου στην επόμενη μονάδα μέσω της διαδρομής της ροής των δεδομένων. Στον έλεγχο της ροής, η σειριακή διάταξη των στοιχείων του προγράμματος προσδιορίζουν την διάταξη της εκτέλεσης του προγράμματος.

Εξετάζοντας το παραπάνω διάγραμμα. Αυτό προσθέτει δυο αριθμούς και έπειτα πολλαπλασιάζει με το 2 το αποτέλεσμα της πρόσθεσης. Σε αυτή την περίπτωση, το διάγραμμα εκτελεί από αριστερά προς τα δεξιά, όχι επειδή τα αντικείμενα είναι τοποθετημένα με αυτή διάταξη, αλλά γιατί μια από τις εισόδους της συνάρτησης του πολλαπλασιασμού δεν είναι διαθέσιμη έως ότου η συνάρτηση της πρόσθεσης τερματίσει την εκτέλεση και περάσει τα δεδομένα στην συνάρτηση του πολλαπλασιασμού. Θυμόμαστε ότι μια λειτουργική μονάδα εκτελεί μόνον όταν είναι διαθέσιμα τα δεδομένα σε όλες τις εισόδους της και τροφοδοτεί τις εξόδους των τερματικών μόνον όταν ολοκληρωθεί η εκτέλεση. Στο δεύτερο κομμάτι του κώδικα, το VI Simulate Signal Express λαμβάνει δεδομένα στις εισόδους του από τα

χειριστήρια επιλογής του εύρους και της συχνότητας του σήματος (ημιτονοειδές) που θα προσομοιώσει, και μεταφέρει τα αποτελέσματα στο γράφημα.

9.2.7 Τεχνικές εντοπισμού σφαλμάτων (Debugging Techniques)

<ul style="list-style-type: none">• Βρίσκοντας Λάθη (Finding Errors)		<ul style="list-style-type: none">• Κλικ στο σπασμένο μπουτόν Run. Εμφάνιση παραθύρου που δείχνει το ή τα λάθη.
<ul style="list-style-type: none">• Εκτέλεση Επισήμανσης (Execution Highlighting)		<ul style="list-style-type: none">• Επιλογή του κομβίου Execution Highlighting, και τα δεδομένα ρέουν χρησιμοποιώντας κινούμενες φουσαλίδες. Οι τιμές εμφανίζονται πάνω στα καλώδια.
<ul style="list-style-type: none">• Εργαλείο Διερεύνησης (Probe)		<ul style="list-style-type: none">• Δεξί-κλικ σε ένα καλώδιο για να τεθεί σε λειτουργία το εργαλείο probe και να εμφανίσει τα δεδομένα που ρέουν διαμέσου του τμήματος του καλωδίου.

Όταν το VI δεν είναι εκτελέσιμο, ένα σπασμένο τόξο εμφανίζεται στο μπουτόν τρεξίματος στην πάνω γραμμή των εργαλείων κατάστασης.

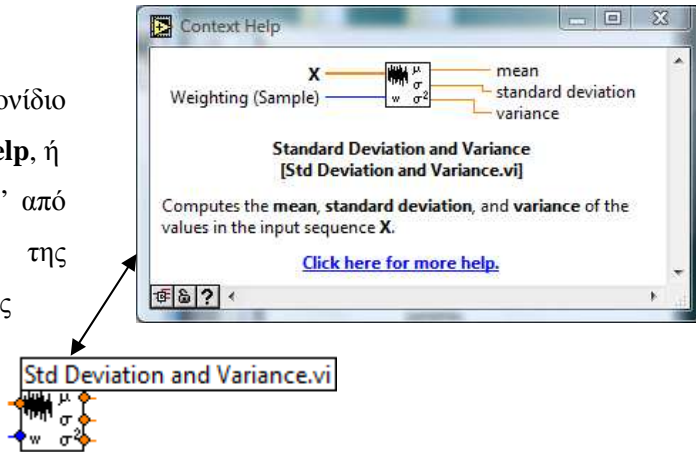
- **Βρίσκοντας Λάθη:** Για να εμφανιστεί λίστα λαθών, κλικ στο σπασμένο βέλος.
- **Εκτέλεση Επισήμανσης:** Απεικόνιση στο διάγραμμα των ιχνών της ροής των δεδομένων, επιτρέποντας έτσι την εμφάνιση απρόσμενων τιμών. Πιέζοντας την ηλεκτρική λυχνία της γραμμής εργαλείων αρχίζει η απεικόνιση των επισημάνσεων.
- **Εργαλείο Διερεύνησης:** Χρησιμοποιείται για την εμφάνιση των τιμών που ρέουν σε μορφή πίνακα.

9.2.8 Παράθυρο Συγκείμενης Βοήθειας, Context Help

- **Help» Show Context Help**, πιέζοντας τα πλήκτρα <Ctrl+H>
- Αιώρηση του κέρσορα πάνω από το αντικείμενο για την ανανέωση του παραθύρου

Επιπρόσθετη Βοήθεια

- Δεξί-Κλικ στο εικονίδιο του VI και επιλογή **Help**, ή
- Επιλογή “**more help**” από το παράθυρο της επιπρόσθετης βοήθειας



Το παράθυρο της Συγκείμενης Βοήθειας, εμφανίζει βασικές πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα του LabVIEW όταν γίνεται μετακίνηση του δρομέα πάνω από κάθε αντικείμενο. Τα αντικείμενα με συγκείμενη βοήθεια περιέχουν context VIs, συναρτήσεις, σταθερές, δομές, παλέτες, ιδιότητες, και μέρη πλαισίων διαλόγου.

Συσχετίσεις που εμφανίζονται στην Συγκείμενη Βοήθεια:

Απαραίτητα –έντονη γραφή

Συνιστώμενα – κανονικά

Προαιρετικά – αμυδρά, γκριζα

9.3 Στοιχεία Τυπικών Προγραμμάτων

A. Βρόχοι (Loops)

- While Loop
- For Loop

B. Συναρτήσεις (Functions) και Υπό-εικονικά Όργανα (SubVIs)



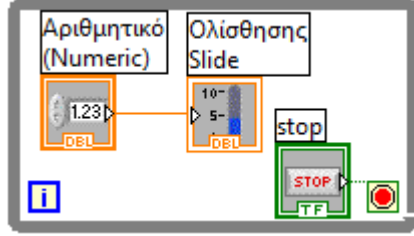


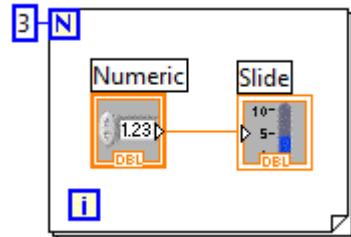
- Τύποι συναρτήσεων

- Δημιουργία Προσαρμοσμένων Συναρτήσεων
- Παλέτα Συναρτήσεων & Αναζήτηση

C. Δημιουργία Αποφάσεων και Αρχεία IO

- Δομή Περίπτωσης (Case Structure)
- Επιλογή Select (απλή If εντολή)
- Αρχεία I/O

9.3.1 Βρόχοι (Loops)

<ul style="list-style-type: none"> • Διαρκείς Βρόχοι (While Loops) <ul style="list-style-type: none"> –  Τερματικός μετρήσεων επαναλήψεων – Πάντα τρέχει τουλάχιστον μια φορά – Εκτέλεση ώσπου η συνθήκη σταματήματος, Stop, συναντήσει τον τερματικό  	<p style="text-align: center;">While Loop</p> 
<ul style="list-style-type: none"> • «Συγκεκριμένων επαναλήψεων» Βρόχοι (For Loops) <ul style="list-style-type: none"> –  τερματικός καταμέτρησης επαναλήψεων – Τρέχει σύμφωνα με την είσοδο του τερματικού καταμέτρησης  	<p style="text-align: center;">For Loop</p> 

Και οι δυο Βρόχοι εντοπίζονται στην παλέτα **Functions»Structures**. Ο For διαφέρει από τον While στο ότι ο πρώτος εκτελεί ένα σύνολο επαναλήψεων κάθε φορά. Ο While σταματά την εκτέλεση του υπό-διαγράμματος μόνο αν η τιμή του υπό συνθήκη τερματικού (Stop) γίνει αληθής.

Βρόχοι While

Παρεμφερής με τον βρόχο Do ή τον βρόχο Repeat-Until στις γλώσσες προγραμματισμού που βασίζονται σε εντολές κειμένου. Αυτός εκτελεί το υπό διάγραμμα μέχρι ο τερματικός υπό συνθήκη, ένας τερματικός εισόδου, δεχθεί μια ειδική Δυαδική τιμή. Η προεπιλεγμένη

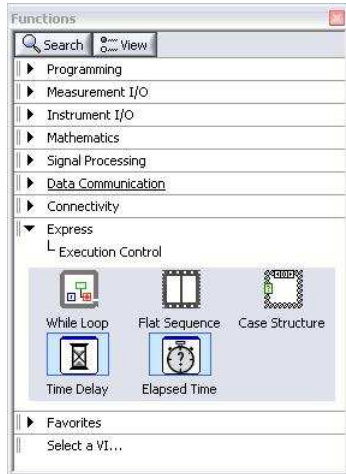
συμπεριφορά και εμφάνιση του τερματικού υπό συνθήκη είναι **Σταματά Εάν** η συνθήκη είναι **Αληθής**. Όταν ένας τερματικός συνθήκης είναι στην κατάσταση **Σταμάτα Εάν Αληθής**, ο While Βρόχος εκτελεί το υπό διάγραμμα του έως ο προηγούμενος τερματικός δεχθεί την τιμή ΑΛΗΘΗΣ. Ο τερματικός των επαναλήψεων (ένας τερματικός εξόδου), φαίνεται αριστερά κάτω, συγκρατεί τον αριθμό των ολοκληρωμένων επαναλήψεων. Η επανάληψη αρχίζει να μετρά από το μηδέν. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης, ο τερματικός των επαναλήψεων επιστρέφει 0.

Βρόχοι For

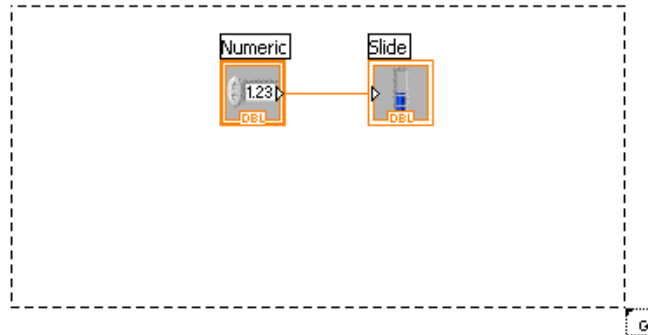
Ένας For Βρόχος εκτελεί ένα υπό-διάγραμμα συγκεκριμένες φορές. Η τιμή στον τερματικό καταμέτρησης (έναν τερματικό εισόδου) αναπαριστάται με το N, δείχνοντας πόσες φορές θα επαναληφθεί το υπό-διάγραμμα. Ο τερματικός επαναλήψεων (τερματικός εξόδου), δείχνεται αριστερά κάτω, μεταφέρει τον αριθμό των ολοκληρωμένων επαναλήψεων. Η μέτρηση επαναλήψεων πάντα ξεκινά από το μηδέν. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης, ο τερματικός των επαναλήψεων επιστρέφει 0.

9.3.1.1 Σχεδιασμός ενός Βρόχου

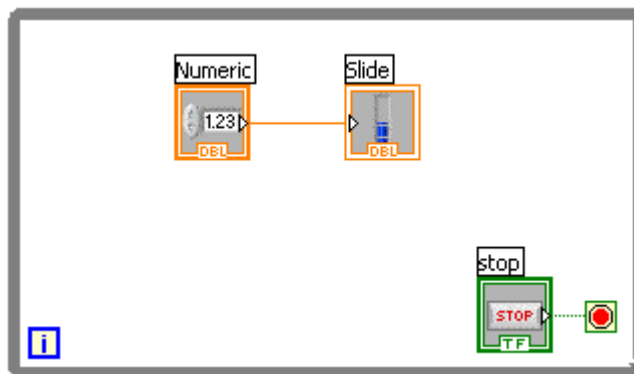
1. Επιλογή της επιθυμητής δομής



2. Εγκλεισμός του κώδικα που θα επαναλαμβάνεται



3. Μεταφορά ή απόθεση επιπρόσθετων λειτουργικών μονάδων και έπειτα καλωδίωση αυτών



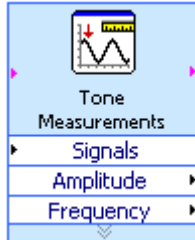
Η τοποθέτηση βρόχων στο διάγραμμα, γίνεται με επιλογή των πρώτων από την παλέτα των δομών η οποία με τη σειρά της βρίσκεται στην παλέτα των συναρτήσεων.

- Όταν γίνεται η επιλογή, ο κέρσορας του ποντικιού καθίσταται ένας ειδικός δείκτης που χρησιμοποιείται για να περικλύσει το τμήμα του κώδικα που χρειάζεται να επαναλαμβάνεται.

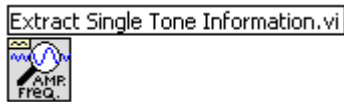
Τέλος, αν χρειάζεται, μεταφορά και απόθεση επιπρόσθετων λειτουργικών μονάδων στον βρόχο.

9.3.2 Τύποι Συναρτήσεων-Λειτουργιών (από την *Functions Palette*)

Επείγουσας Διεκπεραίωσης (Express) VIs: Διαδραστικά με παράθυρο διαλόγου για τη διαμόρφωση των παραμέτρων (**μπλε όριο**)



Τυπικά-Πρότυπα (Standard) VIs: Αρθρωτά τυποποιημένα προσαρμοσμένα με καλωδιώσεις (**εξατομικεύσιμα-επιδεικτικά προσαρμογής**)

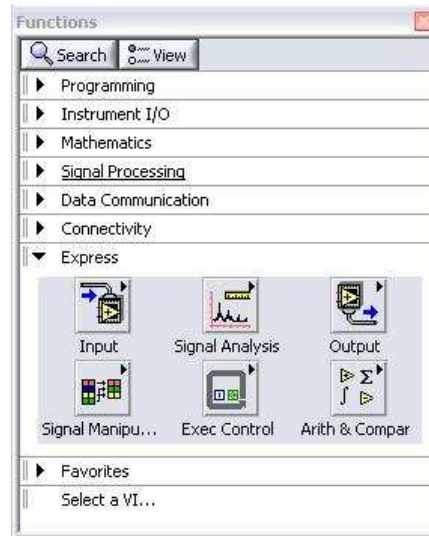


Συναρτήσεις (Functions): Στοιχειώδης λειτουργικά μέρη του LabVIEW, δεν έχουν front panel ούτε block diagram (**κίτρινα**)



9.3.2.1 Τύποι συναρτήσεων που είναι διαθέσιμες

- **Είσοδοι (I) και Έξοδοι (O)**
 - Προσομοίωση σημάτων και Δεδομένων
 - Απόκτηση και Δημιουργία Πραγματικών Σημάτων με την DAQ
 - Βοηθός Οργάνων I/O (Σειριακών-Serial & GPIB)
 - ActiveX για επικοινωνία με άλλα προγράμματα



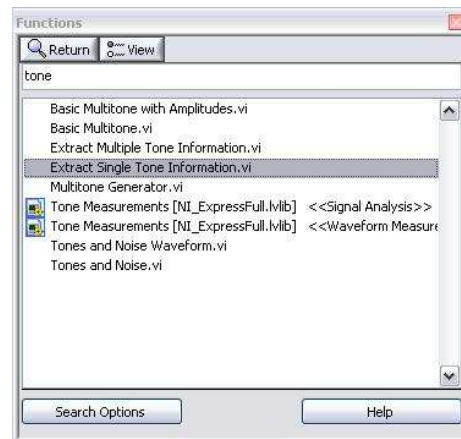
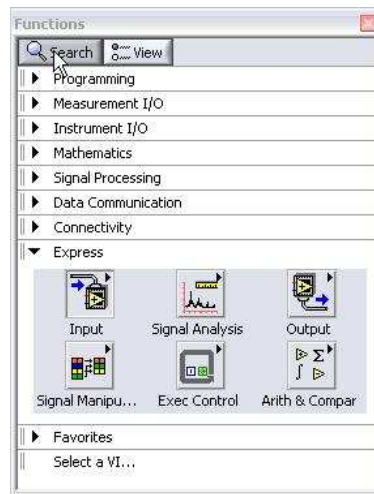
- **Ανάλυση (Analysis)**
 - Επεξεργασία Σήματος (Signal Processing)
 - Στατιστική (Statistics)
 - Προχωρημένα (Advanced) Μαθηματικά και Φόρμουλες
 - Συνεχούς Χρόνου Επίλυση
- **Αποθήκευση (Storage)**
 - Αρχεία I/O

Το LabVIEW συμπεριλαμβάνει μερικές εκατοντάδες από προκατασκευασμένες συναρτήσεις οι οποίες βοηθούν στην απόκτηση, ανάλυση, και παρουσίαση δεδομένων.

GPIB General Purpose Interface Bus (serial port), Γενικού Σκοπού Διάλογος Διασύνδεσης (σειριακή θύρα)

9.3.2.2 Αναζήτηση χειριστηρίων, VIs, και συναρτήσεων

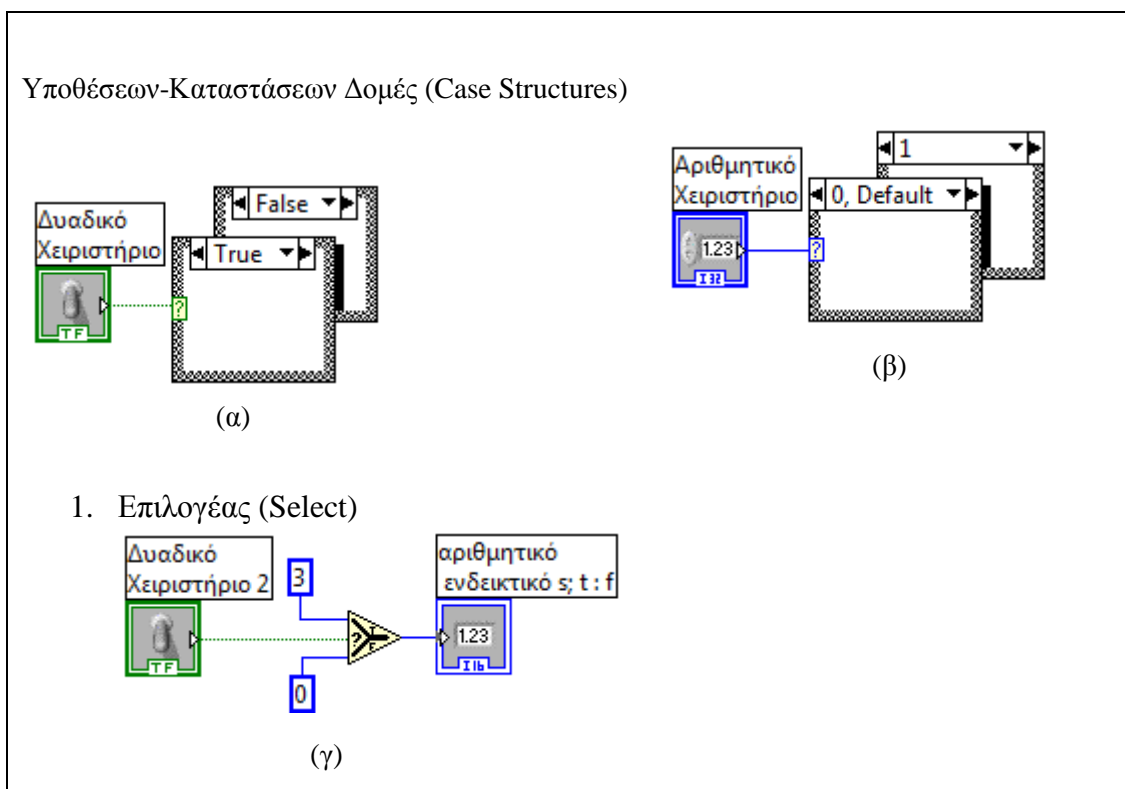
- Παλέτες πλήρεις με εκατοντάδες από VIs
- Πιέζοντας το κομβίον αναζήτησης (search) γίνεται δυνατή η εύρεση όλων των VIs δίνοντας απλά το όνομά τους σε μορφή κειμένου
- Κλικ και απόθεση (drag) ενός στοιχείου από το παράθυρο εύρεσης στην επιφάνεια του κώδικα
- Διπλό-κλικ σε ένα στοιχείο για να ανοίξει η δικιά του παλέτα



Χρησιμοποιώντας τα μπουτόν του πάνω μέρους του παραθύρου των παλετών γίνεται δυνατή η καθοδήγηση, η έρευνα, και η επεξεργασία των παλετών.

Η εύρεση-αναζήτηση των χειριστηρίων, Vis, και συναρτήσεων γίνεται επιλέγοντας κάποιο τμήμα των λέξεων που αποτελούν τον τίτλο τους. Διπλό κλικ στο αποτέλεσμα της αναζήτησης για να ανοίξει η παλέτα που μεταφέρει το αποτέλεσμα της αναζήτησης. Επίσης είναι δυνατή η απευθείας απόθεση, των παραπάνω στοιχείων, στο front panel ή στο block diagram με κλικ και μεταφορά του ονόματος τους.

9.3.3 Οι Αποφάσεις στο LabVIEW



Δομή Υποθέσεων-Καταστάσεων

Αυτή έχει ένα ή περισσότερα υπό διαγράμματα, ή καταστάσεις-υποθέσεις. Για την ακρίβεια μια από αυτές εκτελείται όταν η δομή είναι ενεργοποιημένη-εκτελείται. Η τιμή που είναι καλωδιωμένη στον επιλογέα καθορίζει πια από τις υποθέσεις εκτελείται και μπορεί να είναι δυαδική, στοιχειοσειρά, ακέραια, ή τύπου απαριθμητού. Δεξί-κλικ στο όριο της δομής για την δημιουργία ή κατάργηση υποθέσεων. Χρησιμοποιώντας το Εργαλείο Ετικετών μπορεί να εισαχθεί τιμή(ες) στην ετικέτα επιλογής των υποθέσεων και να προσαρμοστεί η τιμή(ες) χειρισμού για κάθε υπόθεση. Βρίσκεται στην παλέτα **Functions» Programming» Structures» Case Structure**.

Επιλογέας

Επιστρέφει στην τιμή που είναι καλωδιωμένη στην είσοδο **t** ή στην είσοδο **f**, εξαρτώμενος από την τιμή του **s** (**select**). Αν η **s** είναι ΑΛΗΘΗΣ (TRUE), αυτή η συνάρτηση επιστρέφει την τιμή που είναι καλωδιωμένη στην **t**. Αν η **s** είναι ΨΕΥΔΗΣ (FALSE), η συνάρτηση αυτή επιστρέφει την τιμή που είναι συνδεδεμένη στην **f**. Βρίσκεται στην παλέτα **Functions» Programming» Comparison» Select**.

- **Παράδειγμα α:** Δυαδική είσοδος: Απλή αν-τότε (if-then) υπόθεση. Αν η Δυαδική τιμή είναι η ΑΛΗΘΗΣ, η αληθής υπόθεση θα εκτελείται; διαφορετικά η ΨΕΥΔΗΣ υπόθεση θα εκτελείται.
- **Παράδειγμα β:** Αριθμητική είσοδος. Η τιμή εισόδου καθορίζει πιο πλαίσιο-κουτί εκτελείται. Αν η τιμή είναι εκτός περιοχής των τιμών των «κουτιών», το πρόγραμμα θα επιλέξει το κουτί-υπόθεση της προεπιλογής.
- **Παράδειγμα γ:** Όταν η Δυαδική τιμή που περνά είναι ΑΛΗΘΗΣ το VI επιλογής, περνά την τιμή 3 στο ενδεικτικό. Όταν η Δυαδική τιμή που περνά είναι η ΨΕΥΔΗΣ 0 περνά στο ενδεικτικό.

9.3.4 Αρχεία I/O (Input/Output)

- Αρχεία I/O – Επιτρέπουν την εγγραφή ή την ανάγνωση δεδομένων ενός αρχείου.
- Το LabVIEW δημιουργεί ή χρησιμοποιεί τα ακόλουθα μορφότυπα:
 - Binary: υποκείμενο μορφότυπο αρχείου για όλα τα μορφότυπα των άλλων αρχείων
 - ASCII: Κανονικά αρχεία κειμένου
 - LVM: LabVIEW αρχείο μετρήσεων
 - TDM: Δημιουργημένο για τα προϊόντα της National Instruments

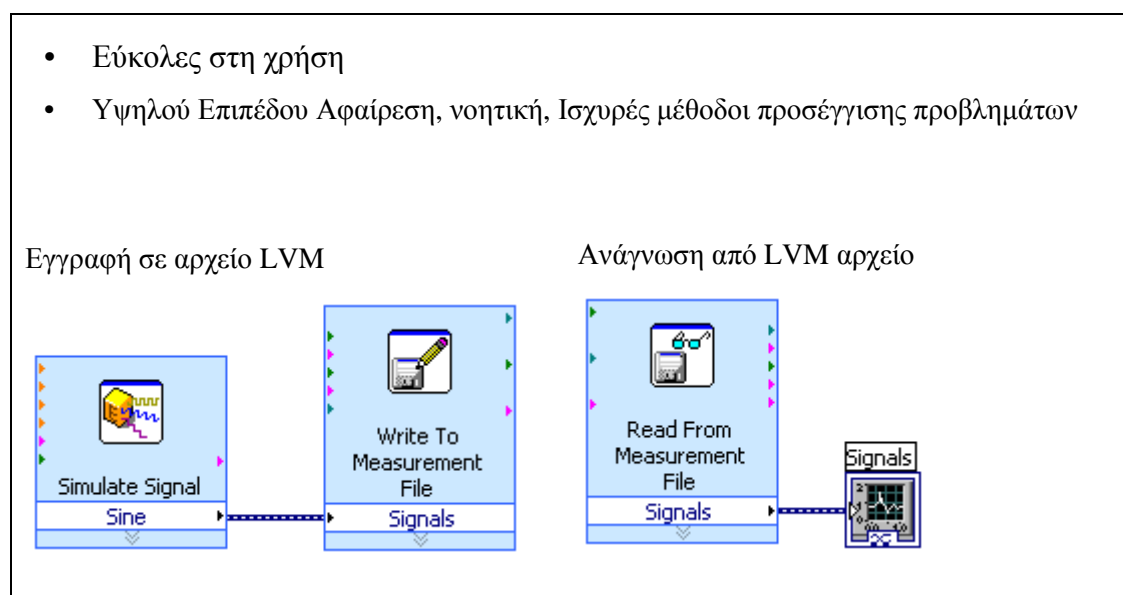
Η λειτουργία των αρχείων I/O είναι να περνούν δεδομένα από την μνήμη σε αυτά (τα αρχεία). Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, χρησιμοποιούνται οι συναρτήσεις των αρχείων I/O για:

- Άνοιγμα και κλείσιμο αρχείων δεδομένων
- Ανάγνωση από και εγγραφή δεδομένων σε αρχεία
- Ανάγνωση από και εγγραφή σε υπολογιστικά φύλλα αρχείων
- Μετακίνηση και μετονομασία αρχείων και καταλόγων
- Αλλαγή των χαρακτηριστικών των αρχείων
- Δημιουργία, τροποποίηση, και ανάγνωση διαμορφωμένου αρχείου

Διαφορετικού τύπου μορφότυπα που το LabVIEW μπορεί να χρησιμοποιήσει ή να δημιουργήσει είναι τα ακόλουθα:

- Binary – Υποκείμενο μορφότυπο αρχείου για όλα τα μορφότυπα των άλλων αρχείων
- ASCII – Ένα αρχείο ASCII είναι ειδικού τύπου από binary αρχείο το οποίο χρησιμοποιείται σαν πρότυπο από τα περισσότερα προγράμματα.
- LVM – Είναι ένα αρχείο κειμένου οριοθετημένο με στηλοθέτες (tab-delimited text file) που μπορεί να ανοιχθεί με μια εφαρμογή υπολογιστικού φύλλου ή μια εφαρμογή σύνταξης κειμένου. Η μορφοποίηση είναι ειδικού τύπου από ASCII αρχεία δημιουργημένα για το LabVIEW. Τα .lvm αρχεία μεταφέρουν πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα, όπως η ημερομηνία και ο χρόνος που τα δεδομένα δημιουργήθηκαν.
- TDM – Στην πραγματικότητα είναι σύνθεση από δύο χωριστά αρχεία: ένα τμήμα XML που μεταφέρει τα ιδιοχαρακτηριστικά των δεδομένων, και ένα δυαδικό αρχείο από κυματομορφή.

9.3.4.1 Υψηλού Επιπέδου Συναρτήσεις Αρχείων I/O



Υψηλού Επιπέδου Αρχεία I/O. Αυτές οι συναρτήσεις παρέχουν υψηλού επιπέδου μεθόδους στον χρήστη έτσι ώστε να μπορεί να ανοίγει και να κλείνει αρχεία αυτόματα πριν και μετά την ανάγνωση και εγγραφή. Μερικές από αυτές τις συναρτήσεις είναι:

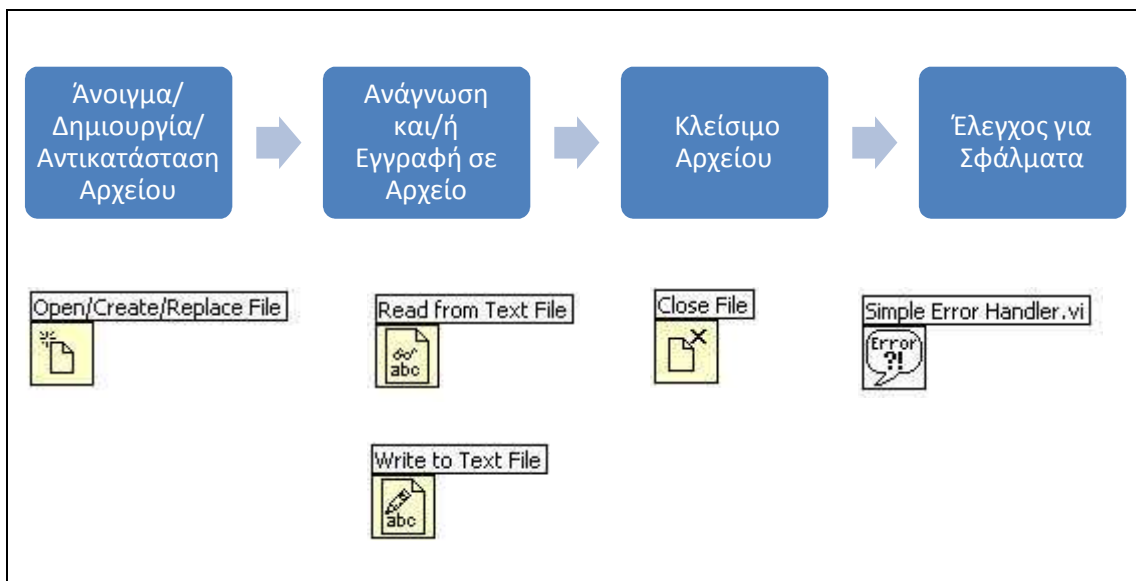
- ο **Εγγραφή σε Αρχείο Υπολογιστικού Φύλλου (Write to Spreadsheet File)**– Μετατρέπει έναν μονοδιάστατο ή διδιάστατο πίνακα από απλής ακρίβειας αριθμούς

σε γραμμές κειμένου και εγγράφει αυτές σε ένα νέο αρχείο ASCII ή προσαρτά αυτή την σειρά στοιχείων σε ένα υπάρχον αρχείο.

- ο **Ανάγνωση από Αρχείο Υπολογιστικού Φύλλου (Read From Spreadsheet File)**– Ανάγνωση συγκεκριμένου αριθμού γραμμών ή σειρών από ένα αριθμητικό αρχείο κειμένου αρχίζοντας από συγκεκριμένο χαρακτήρα αρχής (offset) και μετατρέπει τα δεδομένα σε δισδιάστατο απλής-ακρίβειας (single-precision) πίνακα από αριθμούς. Το VI ανοίγει το αρχείο πριν την ανάγνωση και μετέπειτα το κλείνει.
- ο **Εγγραφή σε Αρχείο Μέτρησης (Write to Measurement File)**– Εγγραφή δεδομένων σε αρχείο μετρήσεων βασισμένου σε μορφότυπο κειμένου (.lvm) ή σε δυαδικού μορφότυπου μετρήσεων αρχείο (.tdm).
- ο **Ανάγνωση από Αρχείο Μέτρησης (Read from Measurement File)**– Ανάγνωση δεδομένων από αρχεία βασισμένα σε μορφοτύπηση κειμένου (.lvm) ή από δυαδικού τύπου αρχείο μετρήσεων (.tdm). Είναι δυνατός ο καθορισμός του ονόματος του αρχείου, του μορφότυπου.

Αυτές οι συναρτήσεις είναι εύκολες στη χρήση και χρήσιμες για απλές εφαρμογές. Στην περίπτωση που χρειάζεται συνεχής ανάγνωση ή εγγραφή από αρχεία μπορεί να υπάρξει κάποια επιβάρυνση, κυρίως στην μνήμη του Η/Υ, χρησιμοποιώντας αυτές τις συναρτήσεις.

9.3.5 Μοντέλο Προγραμματισμού Αρχείου I/O (Programming Model) και VIs Αρχείων I/O



Πανομοιότυπα προγραμματιστικά μοντέλα ισχύουν στην απόκτηση δεδομένων, έλεγχο οργάνων, αρχεία I/O, και των περισσότερων άλλων σχημάτων επικοινωνίας. Στις περισσότερες λειτουργίες χρειάζεται να ανοιχθεί ένα αρχείο ή να υπάρξει επικοινωνία με ένα κανάλι, να αναγνωσθεί και να εγγραφεί σε πολλαπλές στιγμές, και έπειτα η επικοινωνία να κλείσει ή να τερματιστεί. Είναι επίσης καλή προγραμματιστική πράξη ο έλεγχος για σφάλματα στο τέλος.

VIs Αρχείων I/O:

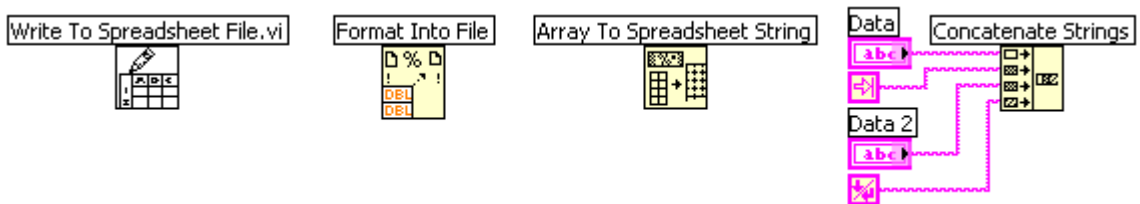
Τα VIs Αρχείων I/O και συναρτήσεων χρησιμοποιούνται για να ανοίξουν και να κλείσουν, να διαβάσουν και να εγγράψουν αρχεία, να δημιουργήσουν καταλόγους και αρχεία που καθορίζουν τα χειριστήρια, να παραλάβουν εκ νέου πληροφορίες για τις διαδρομές, και να εγγράψουν συμβολοσειρές, αριθμούς, πίνακες, και συστάδες σε αρχεία.

Τα VIs υψηλού-επιπέδου Αρχείων I/O, που βρίσκονται στην **πάνω** γραμμή της παλέτας χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των συνήθων λειτουργιών I/O, όπως εγγραφή ή ανάγνωση ποικίλων τύπων δεδομένων. Οι αποδεκτοί τύποι μπορεί να περιέχουν χαρακτήρες ή γραμμές σε αρχεία κειμένου, μονοδιάστατους ή διδιάστατους πίνακες απλής ακρίβειας αριθμητικών τιμών σε υπολογιστικά φύλλα αρχείων κειμένου types, ή 16-bit προσημασμένων ακεραίων σε δυαδικά αρχεία.

Το VIs χαμηλού-επιπέδου Αρχείου I/O, που βρίσκονται στην **μεσαία** γραμμή της παλέτας, και οι Προχωρημένες Συναρτήσεις Αρχείου χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ατομικής λειτουργίας κάθε Αρχείου I/O.

9.3.5.1 Μορφοτύπηση Υπολογιστικών Φύλλων (Spreadsheet Formatting)

- Τα αρχεία Υπολογιστικών Φύλλων είναι αρχεία ASCII με ειδικού τύπου μορφοτυπηση
 - Συνήθως στηλοθέτες (tabs) μεταξύ στηλών και τέλος γραμμής (EOL end of line) μεταξύ των σειρών
 - Το LabVIEW περιλαμβάνει VIs τα οποία εκτελούν αυτές τις μορφοτυπώσεις ή συνενώσεις συμβολοσειρών



Τα υπολογιστικά φύλλα είναι συνήθως ASCII αρχεία διαφόρων τύπων μορφοτύπων. Δύο οι μέθοδοι μορφοτύπησης, ο διαχωρισμός με κόμμα των τιμών (CSV comma separated values), και η οριοθέτηση με στηλοθέτες (tab delimited). Τα αρχεία που είναι οριοθετημένα με στηλοθέτες, τα οποία είναι τα δημοφιλέστερα, έχουν σταθερούς στηλοθέτες ανάμεσα στις στήλες των δεδομένων και σταθερές τέλους γραμμής μεταξύ των σειρών. Το LabVIEW περιέχει VIs τα οποία εκτελούν αυτές τις μορφοποιήσεις:

Η συνάρτηση **“Write to Spreadsheet File”** λαμβάνει είτε μονοδιάστατους ή διδιάστατους πίνακες από αριθμητικά δεδομένα, μορφοτυπεί αυτά, και εγγράφει αυτές τις πληροφορίες σε αρχείο.

Η συνάρτηση **“Format Into File”** παραλαμβάνει πολλών διαφορετικών τύπων δεδομένων (string, numeric, Boolean) και εγγράφει αυτές τις πληροφορίες, χρησιμοποιώντας είτε ένα μονοπάτι είτε μια αναφορά, σε ένα αρχείο. Αυτή η συνάρτηση, αν είναι αναγκαίο, μπορεί να αλλάξει μέγεθος ώστε να περικλύσει πολλούς τερματικούς δεδομένων.

Η συνάρτηση **“Array to Spreadsheet String”** είναι μια συνάρτηση συμβολοσειράς η οποία αλλάζει την μορφοτυπότητα των δεδομένων ενός πίνακα σε συμβολοσειρά η οποία θα είναι εγγράψιμη σε αρχείο κειμένου.

Η συνάρτηση **“Concatenate String”** χρησιμοποιείται για τη δημιουργία μεγάλου μήκους συμβολοσειρών από μικρότερου μήκους και είναι πιο ευέλικτη στην μετατροπή δεδομένων σε συμβολοσειρά η οποία μπορεί να εγγραφεί σε αρχείο κειμένου.

9.3.6 Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

A. Εμφάνιση Δεδομένων στο Front Panel

- Ενδεικτικά
- Γράφοι (Graphs) και Διαγράμματα (Charts)

B. Επεξεργασία Σήματος (Signal Processing)

- Πίνακες (Arrays)
- Συστάδες (Clusters)
- Κυματομορφές (Waveforms)

9.3.7 Τύποι Χειριστηρίων και Ενδεικτικών

- **Αριθμητικά Δεδομένα (Numeric Data)**

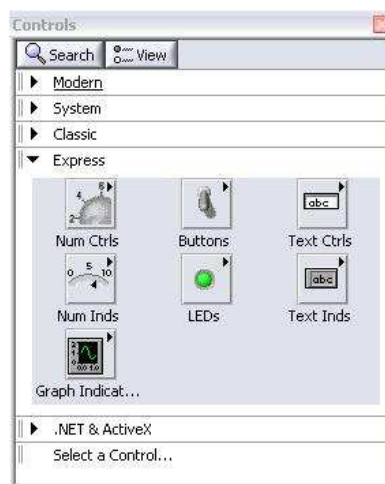
- Αριθμών Είσοδοι και Οθόνες
- Αναλογικοί Ολισθητήρες, Διαβαθμισμένης πλάκας Ενδεικτικά, και Πρότυπα Μετρητικά

- **Δυαδικά Δεδομένα (Boolean Data)**

- Μπουτόνς και Δίοδοι Εκπομπής Φωτός

- **Δεδομένα Πίνακα & Μήτρας**

- Αριθμητικά απεικονιστικά
- Διαγράμματα εξαρτώμενα από το χρόνο (Chart)
- Γραφήματα (Graph)
- ΧΥ Γραφήματα
- Γραφήματα Ισοσταθμικών καμπυλών
- 3D γραφήματα



- **Υποβοηθητικά Εμφάνισης**

- Χειριστήρια ή ενδεικτικά τύπου Καρτελών
- Βέλη

- **Άλλα**

- Συμβολοσειρών (Strings) και πλαίσια κειμένου
- Απεικονιστές Εικόνας

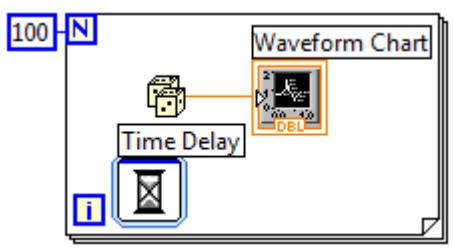
Τα χειριστήρια και τα ενδεικτικά είναι στοιχεία του front panel τα οποία επιτρέπουν τον χρήστη να αλληλεπιδρά με το πρόγραμμα για τον εφοδιασμό των εισόδων και την εμφάνιση των αποτελεσμάτων. Η πρόσβαση σε αυτά γίνεται με δεξί κλικ σε ελεύθερη επιφάνεια.

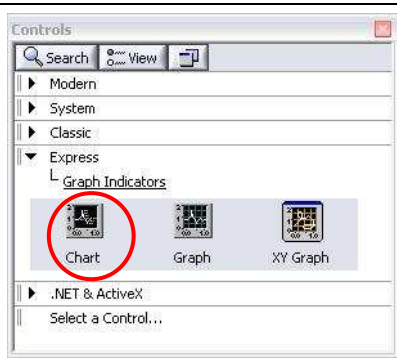
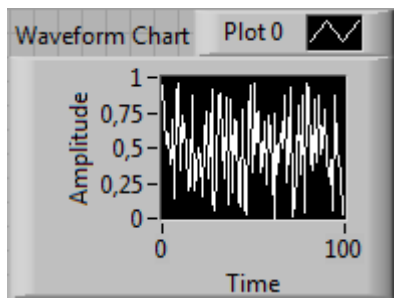
9.3.7.1 Charts – Πρόσθεση ενός δεδομένου σημείου τη φορά στο ιστορικό

Waveform chart – ειδικού τύπου αριθμητικό ενδεικτικό το οποίο μπορεί να εμφανίζει ιστορία από τιμές

- Το διάγραμμα ανανεώνεται με κάθε ξεχωριστό σημείο που δέχεται

Functions» Express» Graph Indicators» Chart



Τα διαγράμματα κυματομορφών είναι ειδικά αριθμητικά ενδεικτικά όργανα τα οποία εμφανίζουν μια ή περισσότερες καμπύλες - γραμμές. Βρίσκονται στην παλέτα **Controls» Modern» Chart**.

Υπάρχει δυνατότητα αλλαγής των μέγιστων και ελάχιστων τιμών των αξόνων με διπλό κλικ στην τιμή με το εργαλείο και έπειτα πληκτρολόγηση της νέας τιμής. Παρόμοια, γίνεται και η αλλαγή των ετικετών των αξόνων. Επίσης με δεξί κλικ στο υπόμνημα ενός διαγράμματος γίνεται η αλλαγή του τύπου, σχήματος, και του χρώματος των σημείων που εμφανίζονται πάνω στο διάγραμμα.

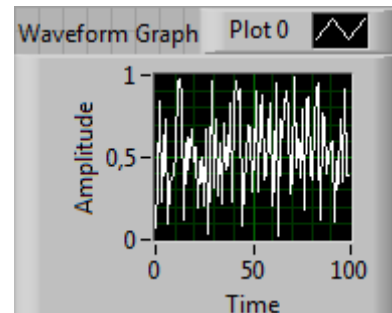
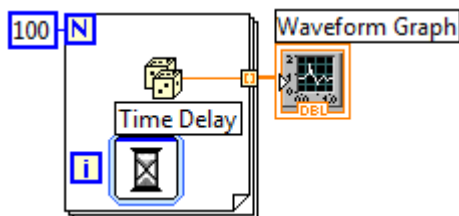
9.3.7.2 Γραφήματα (Graphs) – Εμφανίζουν πολλά σημεία δεδομένων ταυτόχρονα

Waveform graph – ειδικό αριθμητικό ενδεικτικό που εμφανίζει ένα πίνακα από δεδομένα

- Το Γράφημα ανανεώνεται αφού συλλεχθούν όλα τα σημεία
- Μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ένα βρόχο αν το VI συναθροίζει και αποθηκεύει τα δεδομένα



Functions» Express» Graph Indicators» Graph



Τα γραφήματα είναι «ασχυρά» ενδεικτικά. Έχουν υψηλού βαθμού προσαρμοστικότητα, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβάλλουν συνοπτικά μεγάλη ποσότητα από πληροφορίες.

Η σελίδα των ιδιοτήτων του γραφήματος επιτρέπει την εμφάνιση ρυθμίσεων για τους τύπους των διαγραμμάτων - καμπυλών, κλίμακας και επιλογές των κερσόρων, και πολλών άλλων δυνατοτήτων. Για να ανοιχθεί αυτή η σελίδα, δεξί-κλικ στο γράφημα του front panel και επιλογή **Properties**.

Αυτά επίσης επιτρέπουν την δημιουργία τεχνικών εργασιών με υψηλής ποιότητας γραφικά με την συνάρτηση “export simplified image”. Δεξί-κλικ στο γράφημα, και επιλογή **Data Operations» Export Simplified Image...**

9.3.8 Δημιουργώντας Πίνακες-Διατάξεις χρησιμοποιώντας Βρόχους και την Αυτόματη-Δεικτοδότηση (Auto-Indexing)

- Οι βρόχοι μπορούν να συναθροίσουν διατάξεις με τα όριά τους ρυθμισμένα στην αυτόματη-ταξινόμηση
- Στους For Loops η auto-index προεπιλεγμένη
- Στις εξόδους των While Loops μόνον η τελική τιμή σαν προεπιλογή
- Δεξί-κλικ στο τούνελ και ενεργοποίηση/απενεργοποίηση της αυτόματης-ταξινόμησης

Ενεργή η Auto-Indexing

Καλώδιο γίνεται πιο παχύ

Απενεργοποιημένη η Auto-Indexing

Οι For και While Βρόχοι μπορούν να δεικτοδοτήσουν και να συναθροίσουν πίνακες με τα όριά τους. Αυτή η λειτουργία είναι γνωστή σαν αυτόματη-δεικτοδότηση.

- Το σημείο δεικτοδότησης που βρίσκεται στο όριο ονομάζεται τούνελ.
- Ο Βρόχος For έχει σαν προεπιλογή την αυτόματη-δεικτοδότηση ενεργοποιημένη.
- Στην προεπιλογή του Βρόχου While είναι απενεργοποιημένη αυτή η λειτουργία.

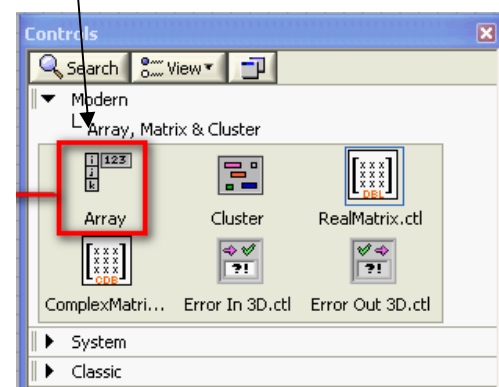
Παραδείγματα:

- Με ενεργοποίηση αυτής γίνεται δυνατή η συλλογή των εντός τιμών του βρόχου και η δημιουργία πινάκων, μονοδιάστατων ή δισδιάστατων. Όλες οι τιμές τοποθετούνται πάνω στον υπάρχον βρόχο.

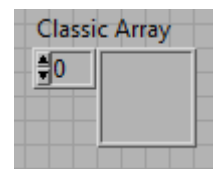
- Απενεργοποίηση της παραπάνω αν υπάρχει ενδιαφέρον μόνο για την τελική τιμή.

9.3.9 Δημιουργία ενός Πίνακα (Βήμα 1 από 2)

Από την υπό-παλέτα **Controls»Modern»Array, Matrix, and Cluster**, επιλέγεται το εικονίδιο **Πίνακας**.



Απόθεση στο Front Panel.

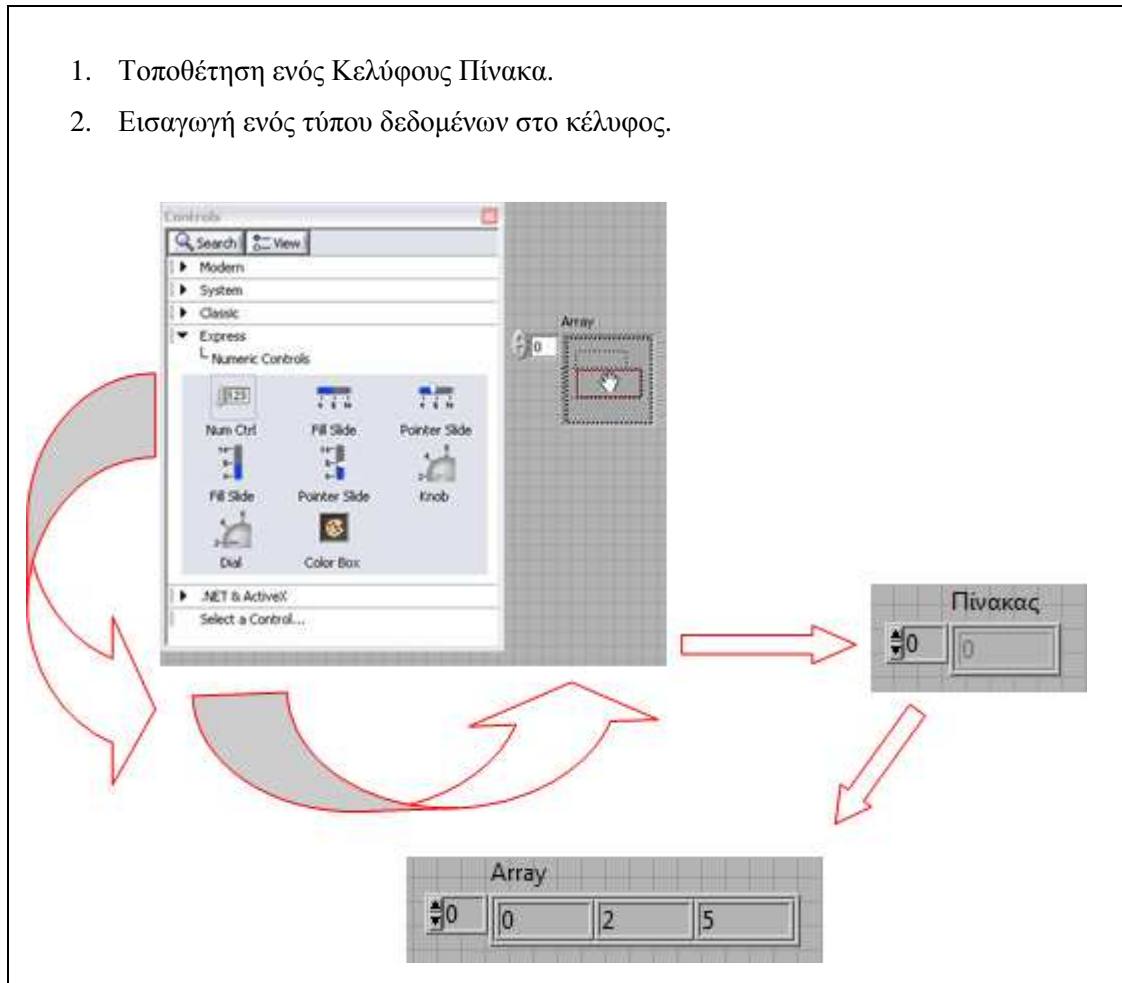


Για την δημιουργία ενός χειριστήριου ή ενδεικτικού τύπου πίνακα όπως φαίνεται παραπάνω, επιλέγεται ένας πίνακας από την παλέτα που βρίσκεται στο **Controls» Modern» Array, Matrix, and Cluster**, και τοποθετείται αυτός στο front panel, έπειτα αποθέεται-μεταφέρεται (drag) ένα χειριστήριο ή ένα ενδεικτικό μέσα στο κελί του πίνακα. Αν γίνει προσπάθεια να αποτεθεί ένα μη έγκυρο χειριστήριο ή ενδεικτικό όπως ένα XY graph σε ένα κελί πίνακα, θα ενεργοποιηθεί ή στέρηση της απόθεσης στο κελί.

Για να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας στον κώδικα πρέπει να τοποθετηθεί πρώτα ένα αντικείμενο σε αυτόν στο front panel. διαφορετικά, ο τερματικός του πίνακα εμφανίζεται μαύρος άδεια τετραγωνικά άγκιστρα.

9.3.9.1 Δημιουργία ενός Πίνακα (Βήμα 2 από 2)

1. Τοποθέτηση ενός Κελύφους Πίνακα.
2. Εισαγωγή ενός τύπου δεδομένων στο κέλυφος.



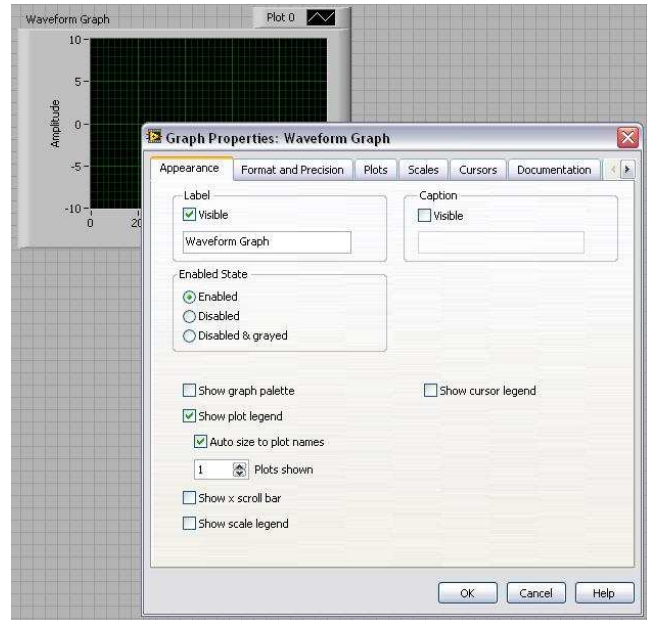
Σημείωση: Δεν είναι δυνατόν, ένας πίνακας να μεταφέρει μίξη από χειριστήρια και ενδεικτικά.

Για την πρόσθεση διαστάσεων σε έναν πίνακα μια την φορά, δεξί κλικ στον απεικονιστή του ευρετηρίου-δείκτη και επιλογή **Add Dimension** από το μενού συντόμευσης. Επίσης με το εργαλείο θέσης είναι δυνατή η αλλαγή μεγέθους έως ότου δημιουργηθούν όσες διαστάσεις είναι επιθυμητές. Η τελευταία μέθοδος δείχνεται στα αμέσως επόμενα δύο σχήματα.

9.3.10 Ιδιότητες Χειριστηρίων & Ενδεικτικών

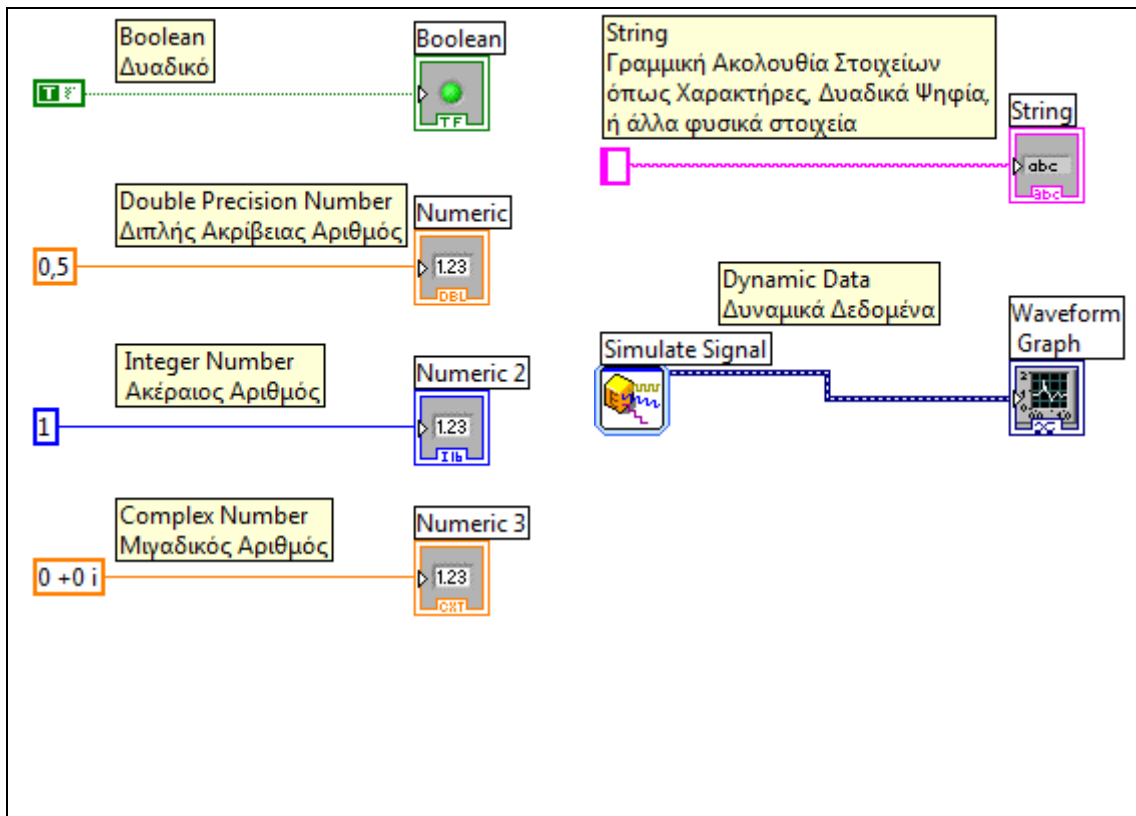
- Ιδιότητες (Properties) είναι χαρακτηριστικά σχετικά με το αντικείμενο
- Αυτές βρίσκονται με δεξί κλικ πάνω στο χειριστήριο ή στο ενδεικτικό

- Οι Ιδιότητες Συμπεριλαμβάνουν:
 - Μέγεθος
 - Χρώμα
 - Στυλ Σχεδίασης
 - Χρώμα Σχεδίασης
- Δυνατότητες που περιέχονται:
 - Κέρσορες
 - Αλλαγή Κλίμακας



Με τις ιδιότητες, γίνεται δυνατή η ρύθμιση ή η ανάγνωση των χαρακτηριστικών όπως το χρώμα του εμπρός ή πίσω φόντου, η ακρίβεια (precision) και το μορφότυπο (formatting) των δεδομένων, η εμφάνιση, το κείμενο περιγραφής, το μέγεθος και η θέση στο front panel, κλπ.

9.3.11 Μερικοί από τους Τύπους των Δεδομένων που Συναντώνται στο LabVIEW



Το LabVIEW χρησιμοποιεί πολλών ειδών τύπους. Αυτοί περιέχουν:

Διαδικούς (Boolean), Αριθμητικούς (Numeric), Πινάκων, Στοιχειοσειρών (Strings), Συστάδων (Clusters), και άλλων.

Το χρώμα και το σύμβολο του κάθε τερματικού δείχνει τον τύπο των δεδομένων του χειριστηρίου ή ενδεικτικού. Οι τερματικοί των χειριστηρίων έχουν μεγαλύτερου πάχους όρια από αυτά των τερματικών των ενδεικτικών. Ένα βέλος εμφανίζεται δεξιά αν ο τερματικός είναι χειριστήριο, και ένα βέλος εμφανίζεται στα αριστερά αν ο τερματικός είναι ενδεικτικού. Επίσης, τα βέλη (επόμενη εικόνα) εμφανίζονται στους τερματικούς του front panel για να δείξουν πιο είναι χειριστήριο και πιο ενδεικτικό.



Αποσαφηνίσεις:

Στους Πίνακες δημιουργούνται γκρουπ στοιχείων δεδομένων ίδιου τύπου. Ένας πίνακας αποτελείται από στοιχεία και διαστάσεις. Τα στοιχεία είναι τα δεδομένα που συγκροτούν τον πίνακα. Η διάσταση είναι το μήκος, ύψος, ή το βάθος από ένα πίνακα. Ένας πίνακας μπορεί να έχει μια ή περισσότερες διαστάσεις και $(2^{31}) - 1$ στοιχεία ανά διάσταση, όσο επιτρέπει η μνήμη.

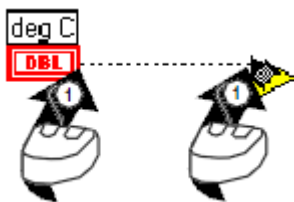
Με τις Συστάδες μπορούν γίνουν ομάδες, στοιχεία διαφόρων τύπων, όπως μια δέσμη από τηλεφωνικά καλώδια, που το κάθε σύρμα στο καλώδιο απεικονίζει διαφορετικά στοιχεία από την συστάδα.

9.4 Δημιουργία, Επιλογή, και Διαγραφή Καλωδιώσεων

Στα σχήματα η αιχμή του άκρου του βέλους δείχνει το σημείο όπου πρέπει να γίνει το κλικ και ο αριθμός, στο κέντρο του άκρου του, τον αριθμό των κλικ. Πχ στο επόμενο σχήμα ένα αριστερό κλικ.

9.4.1 Δημιουργία Καλωδίωσης

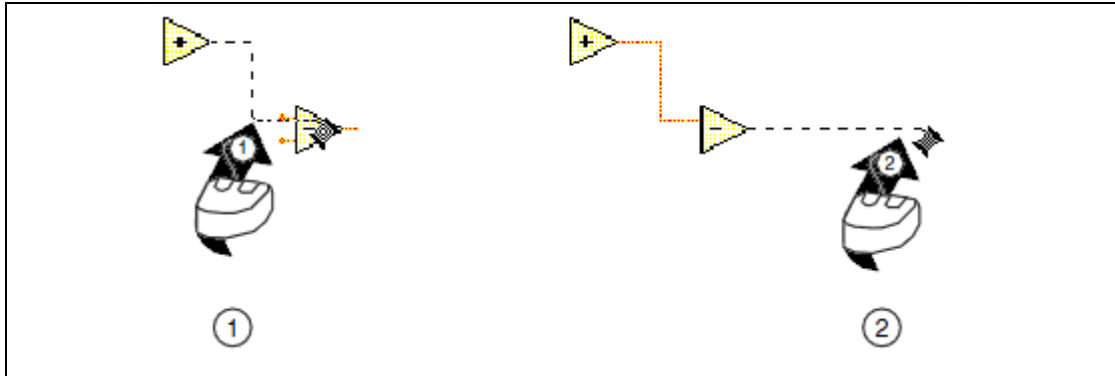
Για την καλωδίωση ενός τερματικού με έναν άλλο, χρησιμοποιείται το εργαλείο καλωδίωσης για το κλικ στον πρώτο τερματικό, έπειτα μετακίνηση του εργαλείου στον δεύτερο τερματικό, και κλικ σε αυτόν, όπως δείχνεται στην εικονογράφηση που ακολουθεί. Η καλωδίωση είναι δυνατόν να ξεκινήσει εκάτερον τερματικών.



Όταν μετακινείται το εργαλείο πάνω από ένα τερματικό, η περιοχή του τερματικού αναβοσβήνει, κάτι το οποίο φανερώνει ότι με κλικάρισμα θα επιτευχθεί η σύνδεση με αυτόν τον τερματικό επίσης εμφανίζεται και μια λεπτή αιχμή πάνω στο βέλος του τερματικού.

- Επιλογή **Help» Show Context Help** για την εμφάνιση του παραθύρου της εξαρτώμενης βοήθειας, **Context Help**. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων τερματικών. Οι απαιτούμενοι τερματικοί είναι έντονης γραφής, οι συνιστώμενοι απλής γραφής, και οι προαιρετικοί γκρι.
- Πιέζοντας την μπάρα διαστήματος επιτυγχάνεται η εναλλαγή κατεύθυνσης του καλωδίου.

- Η κάμψη του καλωδίου επιτυγχάνεται με προσωρινό αριστερό κλικ του ποντικιού και έπειτα μετακίνηση του κέρσορα προς την κατακόρυφη κατεύθυνση. Για να αφηθεί σε κάποιο σημείο, ως σπασμένο, διπλό-κλικ.



1 Κάμψη καλωδίου με μονό κλικ

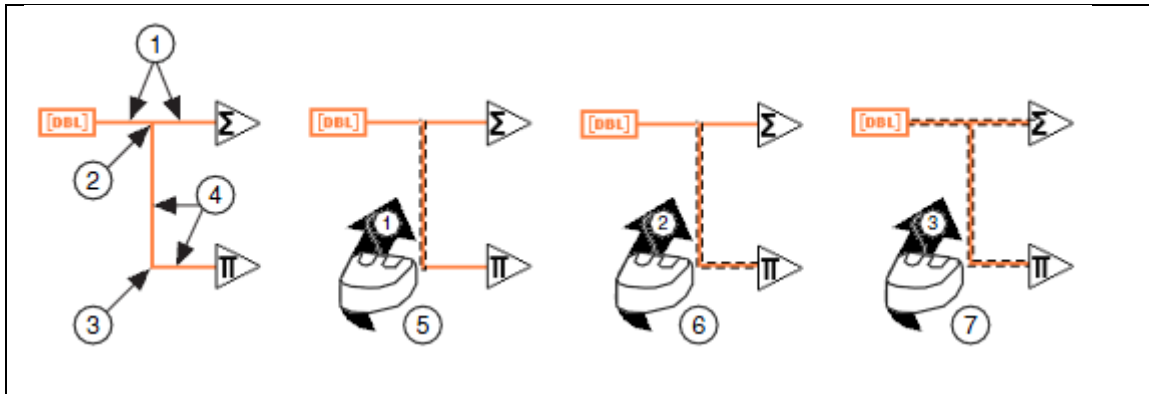
2 Δημιουργία ελεύθερου, σπασμένου καλωδίου με διπλό-κλικ

- Για την εμφάνιση των κουκίδων των διασταυρώσεων-κόμβων, επιλέγεται **Tools»Options** και έπειτα **Block Diagram** από την κορυφή του πτυσσόμενου μενού.
- Για την μεταφορά των αντικειμένων κατά ένα pixel, πίεση των πλήκτρων βέλους. Για την μετακίνηση μερικών εικονοψηφίδων, πίεση του πλήκτρου <Shift> ενώ πιέζεται και τα πλήκτρα βέλους.

Για την ακύρωση μιας καλωδίωσης που βρίσκεται σε εξέλιξη, πίεση του πλήκτρου <Esc>, δεξί-κλικ.

9.4.2 Επιλογή και Διαγραφή Καλωδίων

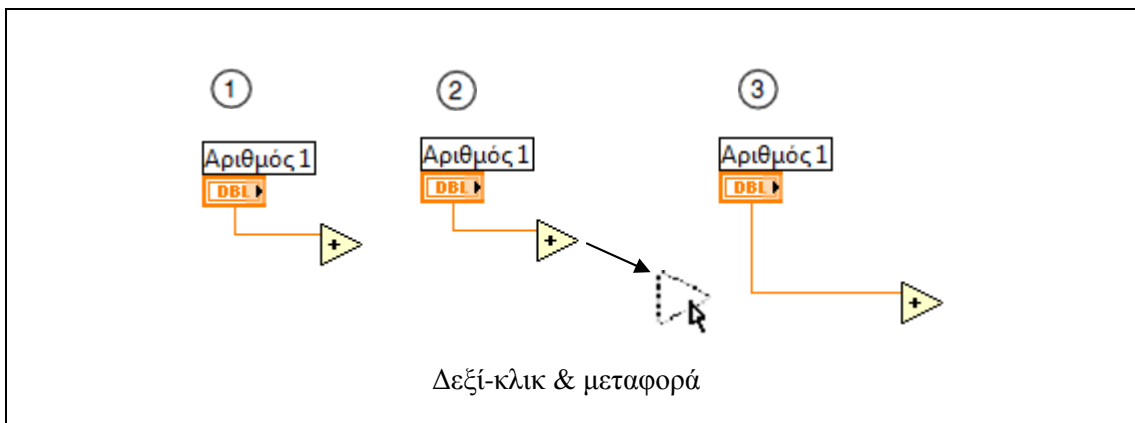
Ένα τμήμα καλωδίου είναι ένα χωριστό οριζόντιο ή κατακόρυφο κομμάτι ενός καλωδίου. Μια καμπύλη σε μια καλωδίωση συναντάται εκεί που δύο τμήματα συνδέονται. Το σημείο που συνδέει τρία ή τέσσερα τμήματα ονομάζεται διακλάδωση. Ένας κλάδος καλωδίου μεταφέρει όλα των καλωδίων τα τμήματα από διακλάδωση σε διακλάδωση, τερματικού σε διακλάδωση, ή τερματικού σε τερματικού αν δεν υπάρχει διακλάδωση μεταξύ των τερματικών. Για την επιλογή ενός τμήματος καλωδίωσης, χρησιμοποιείται το εργαλείο καλωδίωσης και κλικ, απλά στο τμήμα. Διπλό-κλικ για να επιλεγθεί ένας κλάδος και τριπλό για επιλογή ολόκληρου του καλωδίου.



1 Τμήμα	3 Καμπή	5 Επιλογή ενός τμήματος	7 Επιλογή ολόκληρου του καλωδίου
2 Διακλάδωση	4 Κλάδος	6 Επιλογή ενός κλάδου	

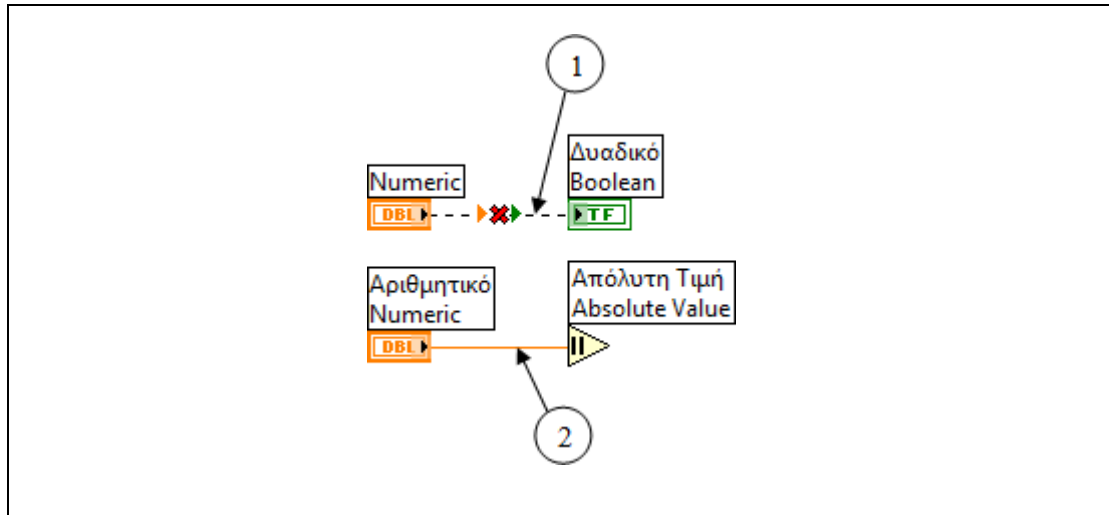
9.4.3 Έκταση Καλωδίων (Stretching)

Μπορεί να γίνει μετακίνηση ενός ή περισσότερων καλωδιωμένων αντικειμένων χρησιμοποιώντας το εργαλείο Θέσης για την μεταφορά των επιλεγμένων αντικειμένων στη νέα θέση.



9.4.4 Σπασμένα καλώδια (Broken Wires)

Ένα σπασμένο καλώδιο εμφανίζεται σαν διακεκομμένη μαύρη γραμμή, όπως φαίνεται στο επόμενο παράδειγμα. Σπασμένα καλώδια συμβαίνουν για ποικίλους λόγους, όπως όταν γίνεται προσπάθεια καλωδίωσης δύο αντικειμένων διαφορετικών τύπων δεδομένων.



1 Διακεκομμένο σύρμα-αγωγός (σπασμένο) 2 Στερεό σύρμα (λειτουργικό)

Μετακινώντας το εργαλείο καλωδίωσης πάνω από το σπασμένο καλώδιο εμφανίζεται μια υπόδειξη που περιγράφει γιατί αυτό είναι σπασμένο. Τριπλό-κλικ στο καλώδιο με το εργαλείο θέσης και έπειτα πίεση του πλήκτρου <Delete> για να απομακρυνθεί το σπασμένο καλώδιο. Επίσης μπορούν να απομακρυνθούν όλα τα σπασμένα καλώδια με την επιλέγοντας **Edit>Remove Broken Wires**.

Ειδοποίηση: Χρειάζεται προσοχή όταν απομακρύνονται αυτόματα όλα τα σπασμένα καλώδια. Μερικές φορές ένα καλώδιο εμφανίζεται σπασμένο επειδή απλά δεν έχει ολοκληρωθεί η καλωδίωση του κώδικα.

9.5 Πρόσθετα Θέματα LabVIEW

- A. Επιπρόσθετοι τύποι Δεδομένων
 - Συστάδες (Cluster)
- B. Ροής Δεδομένων Συνθέσεις
 - Καταχωρητής Μετατόπισης (Shift Register)
- C. Υπό-Εικονικά Όργανα (SubVIs)
- D. Τοπικές Μεταβλητές (Local Variables)

9.5.1 Προεισαγωγή στις Συστάδες

- Δομή δεδομένων η οποία ομαδοποιεί μεταξύ τους δεδομένα
- Τα δεδομένα μπορεί να είναι διαφορετικών τύπων
- Παρεμφερής με την *struct* στην C
- Τα στοιχεία πρέπει να είναι όλα χειριστήρια ή ενδεικτικά
- Όπως τα σύρματα συσσωρεύονται μέσα σε ένα καλώδιο
- **Η διάταξη είναι σημαντική**



Οι Συστάδες ομαδοποιούν όμοια ή ανόμοια στοιχεία μαζί. Είναι παρεμφερής *record* στην Pascal ή την *struct* στην C. Οι συνιστώσες αυτών μπορεί να είναι διαφορετικών τύπων δεδομένων.

Παραδείγματα:

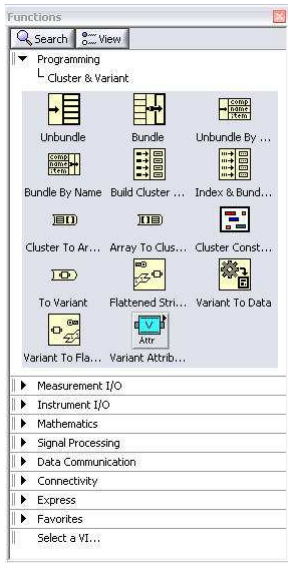
- Πληροφορίες σφάλματος— Ομαδοποίηση Δυαδικών ενδεικτών σφάλματος (Boolean error flag), αριθμητικών κωδικών σφαλμάτων (numeric error code), και πόρων τύπου συμβολοσειράς (error source string) που καθορίζουν το ακριβές σφάλμα.
- Πληροφορίες χρήστη— ομαδοποίηση μιας συμβολοσειράς που δείχνει το όνομα του χρήστη και την τιμή της ταυτότητας (ID) προσδιορίζοντας έτσι τον κωδικό ασφαλείας (security code).

Όλα τα στοιχεία της συστάδας πρέπει να είναι ή χειριστήρια ή ενδεικτικά. Δεν είναι δυνατή η δημιουργία συστάδας με ένα χειριστήριο τύπου συμβολοσειράς (string) και ένα δυαδικό ενδεικτικό (Boolean). Οι συστάδες μπορούν να παρομοιωθούν με την ομαδοποίηση των πραγματικών συρμάτων-αγωγών (αντικείμενα δεδομένων) μεταξύ τους σε ένα καλώδιο (cluster).

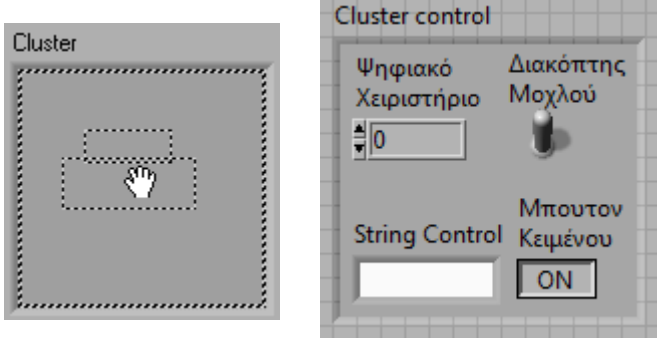
9.5.2 Δημιουργία ενός Συγκροτήματος-Συστάδας

1. Επιλογή ενός κελιού **Συστάδας**.

Controls» Modern» Array, Matrix & Cluster



2. Τοποθέτηση αντικειμένων μέσα στο κελί.



Το αντικείμενο του, front panel, της Συστάδας μπορεί να δημιουργηθεί με την επιλογή **Cluster** από την παλέτα **Controls» Modern» Array, Matrix & Cluster**.

- Αυτή η επιλογή δίνει ένα κελί (όμοιο με το κελί της δημιουργίας των πινάκων).
- Είναι δυνατή η αλλαγή του μεγέθους όταν αφήνεται.
- Δεξί-κλικ μέσα στο κελί και πρόσθεση αντικειμένων οποιουδήποτε τύπου.

Σημείωση: Δεν είναι δυνατή η τοποθέτηση μιας συστάδας μέσα σε άλλη.

Η συστάδα γίνεται χειριστηρίων ή ενδεικτικών συστάδα ανάλογα με το πρώτο αντικείμενο που τοποθετείται μέσα σε αυτή.

Επίσης είναι δυνατή η δημιουργία συστάδας **σταθερών** στον κώδικα επιλέγοντας **Cluster Constant** από την παλέτα **Cluster**.

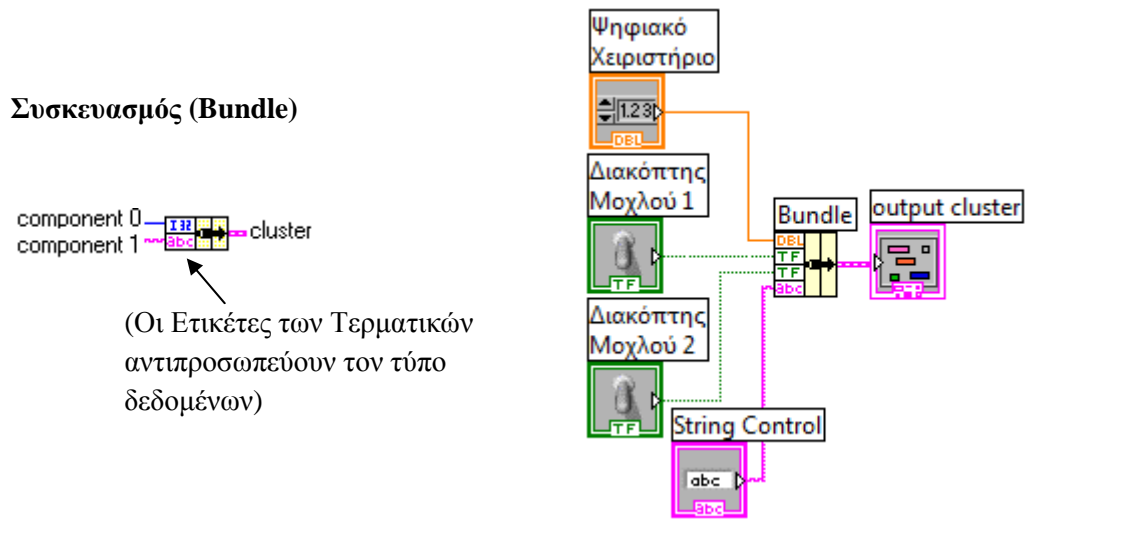
- Αυτό δίνει ένα άδειο κελί συστάδας.
- Είναι δυνατή η ταξινόμηση- αλλαγή μεγέθους της συστάδας όταν αφήνεται.

- Τοποθέτηση των άλλων σταθερών μέσα στο κελί.

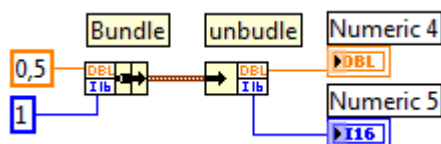
Επισήμανση: Δεν γίνεται δυνατή η τοποθέτηση των τερματικών των αντικειμένων από το front panel σε μια σταθερά συστάδα του block diagram, ούτε η τοποθέτηση ειδικών σταθερών όπως τα Tab ή μια άδεια σταθερά String στο εσωτερικό ενός κελιού σταθεράς συστάδας.

9.5.3 Συναρτήσεις Δημιουργίας Συστάδων

- Βρίσκονται στην υπό-παλέτα **Cluster & Variant** της **Programming** παλέτας
- Επίσης είναι δυνατή η πρόσβασή τους με δεξί-κλικ στον τερματικό ενός υπάρχοντος cluster



Οι όροι Bundle (πακετάρισμα-συσκευαστής) και Cluster είναι άμεσα συνδεδεμένοι στο LabVIEW. Παραδείγματος χάριν χρησιμοποιώντας μια συνάρτηση Bundle μπορεί να δημιουργηθεί μια συστάδα. Η χρήση της συνάρτησης Διαχωρισμού (Unbundle function) είναι η απόσπαση-αποσυμπίεση των μερών, καλωδίων, μιας συστάδας.



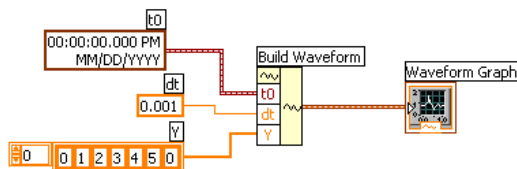
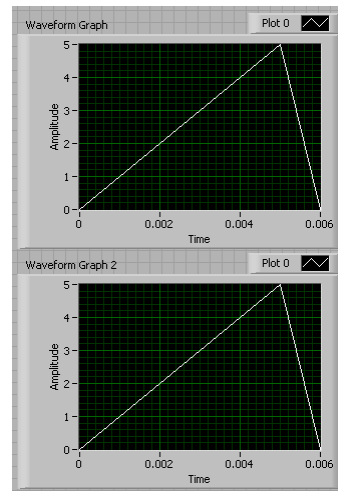
Εικόνα 9.4 Συναρτήσεις Bundle και Unbundle

9.5.4 Χρησιμοποίηση Πινάκων και Συστάδων με Γραφήματα

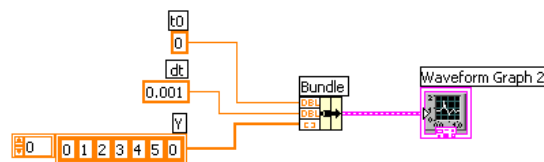
Ο τύπος δεδομένων Κυματομορφής (Waveform) μεταφέρει 3 τμήματα από δεδομένα:

- t_0 = Αρχή Χρόνου, Start Time
- dt = Χρόνος μεταξύ Δειγμάτων (Samples)
- Y = Πίνακας από τα Y μεγέθη

Δυο τρόποι για την δημιουργία Συστάδας Κυματομορφής:



Κατασκευή Κυματομορφής (απόλυτο χρόνο)

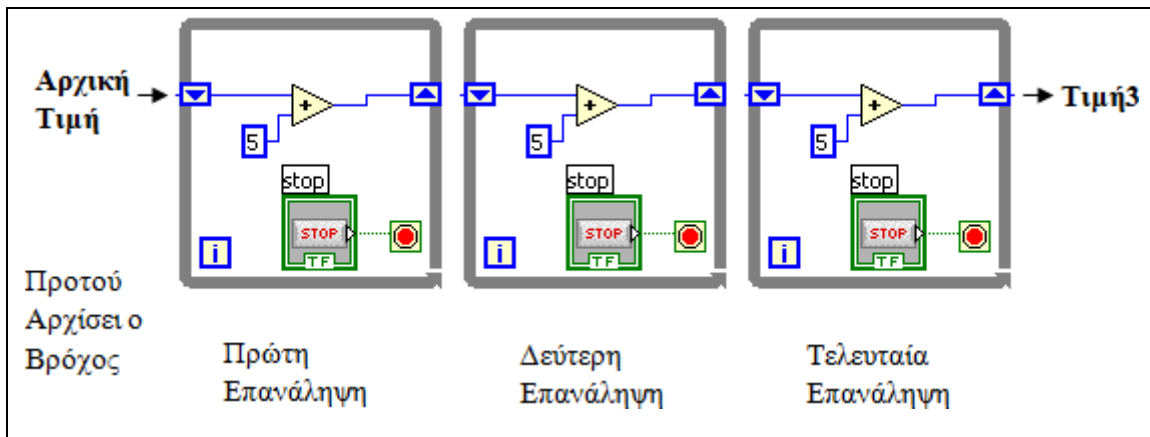


Συστάδα (σχετικό χρόνο)

Αυτός ο τύπος μεταφέρει δεδομένα, αρχή χρόνου, και Δt της κυματομορφής. Είναι δυνατή η δημιουργία της με την συνάρτηση Build Waveform. Όταν καλωδιώνονται δεδομένα τύπου κυματομορφής σε ένα γράφημα ή διάγραμμα, τα τελευταία αυτόματα σχεδιάζουν μια κυματομορφή βασισμένη στα δεδομένα, αρχή χρόνου, και του Δx .

9.5.5 Καταχωρητής Μετατόπισης (Shift Register)–Προσπέλαση Δεδομένων Προηγούμενης Επανάληψης Βρόχου

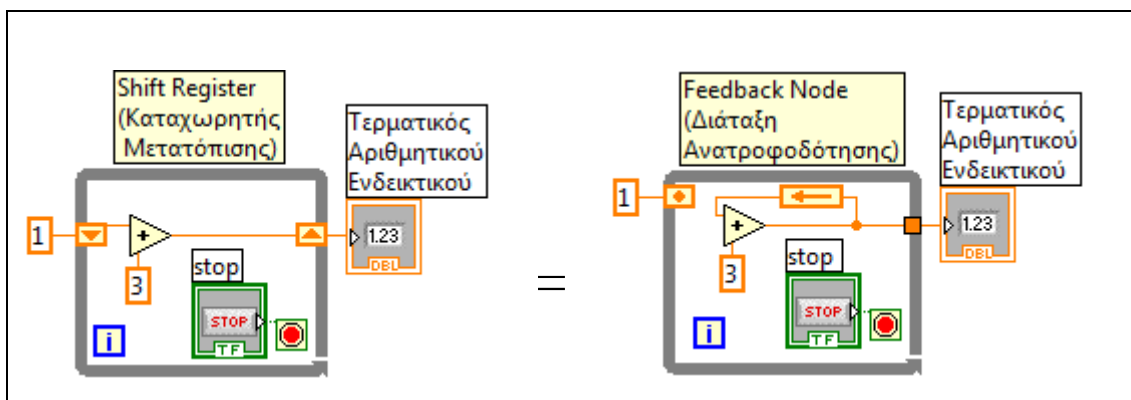
- Διαθέσιμος στο αριστερό ή δεξί όριο (border) της δομής του βρόχου
- Δεξί-κλικ στο όριο και επιλογή **Πρόσθεση Καταχωρητή Μετατόπισης**
- Ο αριστερός τερματικός παρέχει τα αποθηκευμένα δεδομένα στην έναρξη της επόμενης επανάληψης



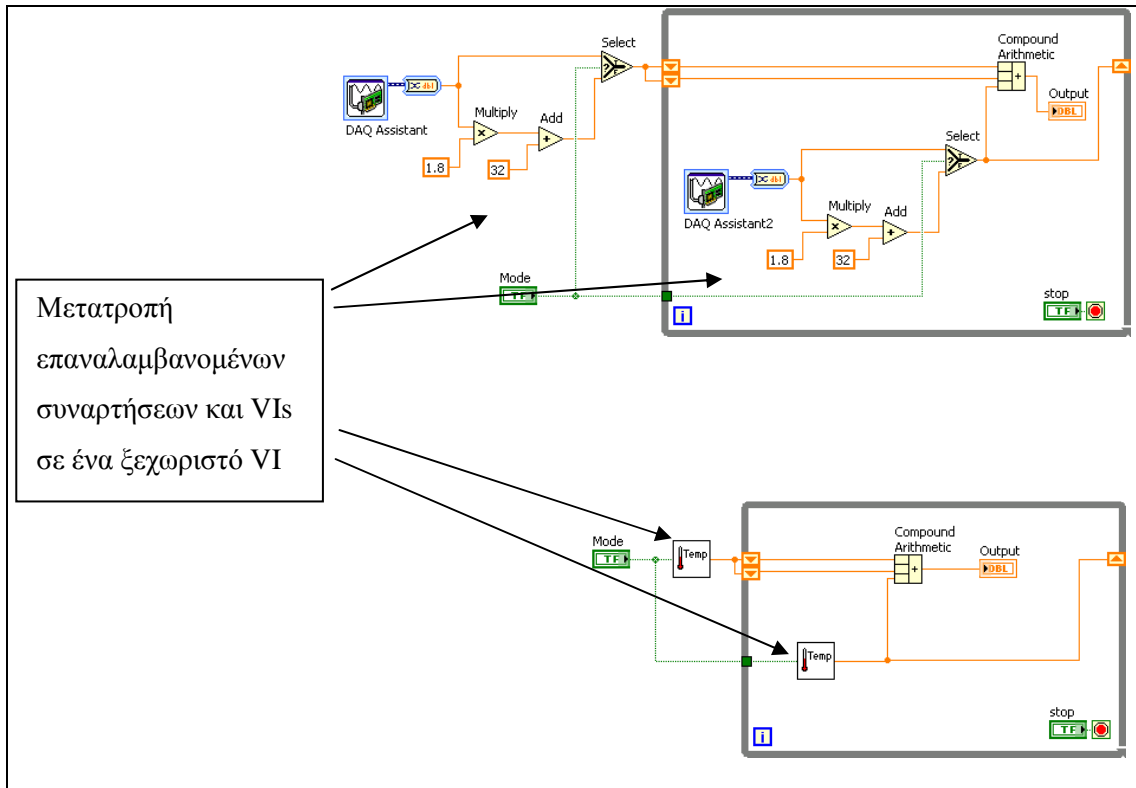
Οι **Καταχωρητές Μετατόπισης** μεταφέρουν δεδομένα από τη μια επανάληψη στην επόμενη.

- Δεξί-κλικ πάνω στην αριστερή ή στη δεξιά πλευρά του Βρόχου For ή While και επιλογή, από το εμφανιζόμενο μενού “Add Shift Register”.
- Ο δεξής τερματικός αποθηκεύει δεδομένα από το τέλος μιας επανάληψης. Δεδομένα εμφανίζονται στον αριστερό τερματικό στην αρχή της επόμενης επανάληψης.
- Ένας καταχωρητής, αυτού του είδους προσαρμόζεται σε κάθε τύπο δεδομένων που έχει καλωδιωθεί σε αυτόν. Πχ στον παραπάνω πίνακα είναι ακέραιου (μπλε) τύπου και στο επόμενο διπλής ακρίβειας (πορτοκαλί χρώμα).

Μια είσοδος από 1 θα δώσει αποτέλεσμα στην έξοδο 4 μετ την πρώτη επανάληψη, 7 με την δεύτερη και 10 με την 3^η (επόμενη εικόνα). Με άλλα λόγια οι καταχωρητές μετατόπισης χρησιμοποιούνται για να διατηρούν τιμές από μια επανάληψη στην άλλη. Είναι πολύτιμοι για πολλές εφαρμογές που χρειάζονται μνήμη ή ανάδραση μεταξύ καταστάσεων. Η λειτουργία της ανάδρασης (feedback) είναι μια άλλη αναπαράσταση του ίδιου σεναρίου. Στην επόμενη εικόνα φαίνονται δύο προγράμματα που έχουν την ίδια συμπεριφορά.



9.5.6 Η Δομοστοιχείωση (Modularity) στο LabVIEW– SubVIs



Η δομοστοιχείωση καθορίζει τον βαθμό που το VI απαρτίζεται από διαφορετικά συστατικά στοιχεία. Στο LabVIEW αυτά τα χωριστά μέρη ονομάζονται υπό-εικονικά όργανα, subVIs. Δημιουργώντας αυτά αυξάνεται η αναγνωσιμότητα και η επαναχρηστικότητα των βασικών εικονικών οργάνων, VIs.

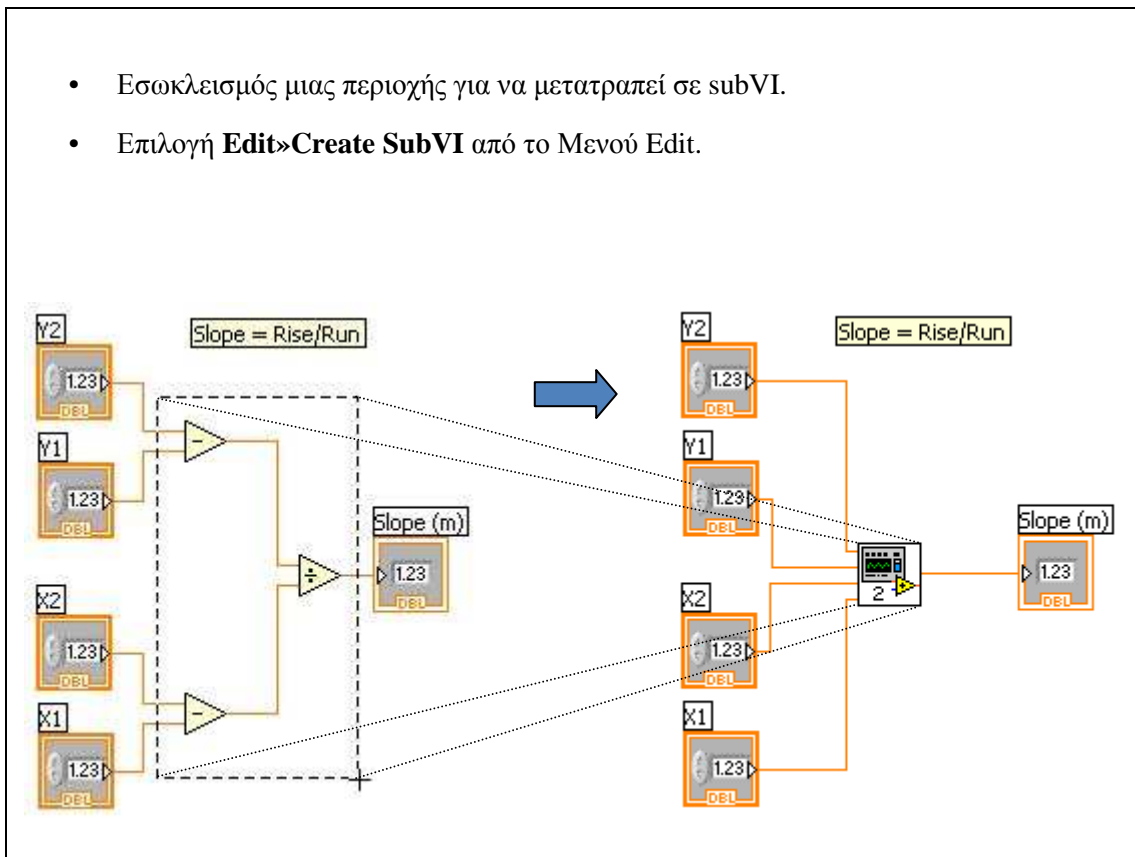
Στην παραπάνω εικόνα, φαίνεται ένας επαναλαμβανόμενος κώδικας που επιτρέπει το χρήστη να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών κλιμάκων θερμοκρασίας. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις ο κώδικας είναι πανομοιότυπος έτσι γίνεται δυνατή η δημιουργία subVI για αυτό.

Κάθε τμήμα κώδικα μπορεί να μετατραπεί σε τέτοια όργανα και το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άλλο κώδικα του LabVIEW.

Επίσης με την δημιουργία αυτών μειώνεται η επιφάνεια που καταλαμβάνει το διάγραμμα.

9.5.6.1 Δημιουργία ενός SubVI από τμήματα ενός VI

- Εσωκλεισμός μιας περιοχής για να μετατραπεί σε subVI.
- Επιλογή **Edit»Create SubVI** από το Μενού Edit.



Ένας κόμβος subVI αντιστοιχεί σε μια υπό-ρουτίνα (subroutine) των γλωσσών προγραμματισμού που βασίζονται σε κώδικα κειμένου.

Τα χειριστήρια και ενδεικτικά του subVI λαμβάνουν και επιστρέφουν δεδομένα στο Block Diagram του VI που τα καλεί. Οι είσοδοι και οι έξοδοι των τερματικών ενός subVI και το εικονίδιο μπορούν εύκολα να προσαρμοστούν.

Η μετατροπή τμήματος του κώδικα ενός VI σε ένα υπό-VI γίνεται χρησιμοποιώντας το εργαλείο θέσης για την επιλογή του τμήματος του block diagram που είναι επιθυμητή η επαναχρησιμοποίηση και έπειτα επιλέγεται **Edit» Create SubVI**. Μια εικόνα αντικαθιστά το τμήμα που επιλέχθηκε στο block diagram. Το LabVIEW δημιουργεί χειριστήρια και ενδεικτικά για το νέο subVI, αυτόματα διαμορφώνει το τμήμα της επιφάνειας διασύνδεσης (connector pane) βασιζόμενο στον αριθμό των τερματικών των χειριστηρίων και ενδεικτικών που επιλέχθηκαν, και καλωδιώνει το subVI με τους υπάρχοντες αγωγούς-wires.



Help» Search the LabVIEW Help...»SubVIs για περισσότερες πληροφορίες.

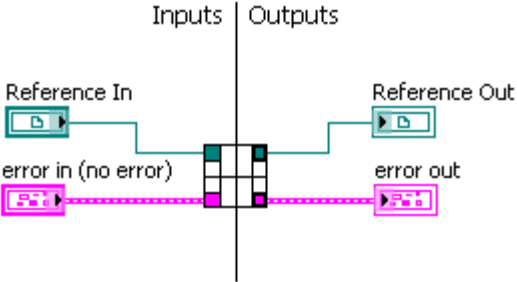
9.5.6.2 *Οι Συναρτήσεις (Functions) του LabVIEW και τα SubVIs λειτουργούν όμοια με τις Συναρτήσεις των άλλων γλωσσών*

Συναρτήσεις Ψευδό-Κώδικα (Pseudo Code)	Ψευδό-κώδικας Καλών Προγράμματος
<pre>function average (in1, in2, out) { out = (in1 + in2)/2.0; }</pre>	<pre>main { average (in1, in2, pointavg) }</pre>
SubVI Block Diagram	Καλών VI Block Diagram

Ένα Block Diagram το οποίο μεταφέρει μερικά πανομοιότυπα subVI καλεί το ίδιο subVI μερικές φορές. Η τμηματική αυτή προσέγγιση κάνει τις εφαρμογές πιο εύκολες στην αίρεση και εντοπισμό σφαλμάτων. Η λειτουργικότητα αυτών δεν έχει σημασία για το προηγούμενο παράδειγμα. Το σημαντικό σημείο είναι το πέρασμα από δύο αριθμητικές εισόδους σε μια αριθμητική έξοδο.

9.5.7 Εικονίδιο και η εικονική «Κλέμα» Διασύνδεσης (Icon and Connector Pane)

- Εικονίδιο 
- Η διπλανή διάταξη της κλέμας διασύνδεσης χρησιμοποιείται σαν πρότυπη 
- Οι πάνω τερματικοί συνήθως δεσμεύονται για τις αναφορές-πηγές στοιχείων (references), όπως μια αναφορά ενός αρχείου
- Οι κάτω τερματικοί συνήθως δεσμεύονται για τις συστάδες των σφαλμάτων



Το Εικονίδιο και το τμήμα της Επιφάνειας Διασύνδεσης επιτρέπει τον καθορισμό των δεδομένων που μεταφέρονται προς και εκτός του υποεικονικού οργάνου όπως αυτά εμφανίζονται στον κύριο κώδικα. Κάθε VI εμφανίζει ένα εικονίδιο στην πάνω-δεξιά γωνία των παραθύρων του front panel και block diagram. Αφού δημιουργηθεί ένα VI, μπορεί έπειτα να δημιουργηθούν τα δύο παραπάνω έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν subVI.

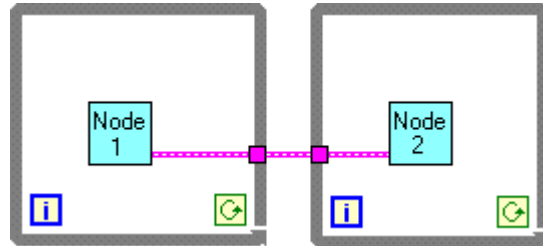
Το εικονίδιο και η επιφάνεια διασύνδεσης αντιστοιχούν στην πρωτότυπη συνάρτηση (function prototype), μοντέλο ή υλοποίηση που επιτρέπει την αποτίμηση του σχεδιασμού ενός συστήματος, στις βασισμένες σε κείμενο γλώσσες προγραμματισμού. Υπάρχουν πολλές επιλογές για την επιφάνεια διασύνδεσης, μερικές προσδιορίστηκαν παραπάνω. Συγκεκριμένα, πάντα οι πάνω τερματικές θέσεις δεσμεύονται για τις αναφορές (Reference) και οι κατώτεροι για τις συστάδες των σφαλμάτων (error in-out).

Για τον καθορισμό του Connector Pane κάνουμε δεξί-κλικ στο εικονίδιο και επιλογή **Show Connector** από το μενού συντόμευσης που θα εμφανιστεί. Κάθε ορθογώνιο στην επιφάνεια διασύνδεσης αναπαριστά έναν τερματικό. Με αυτά γίνεται η αντιστοίχιση εισόδων και εξόδων. Η επιλογή διαφορετικής σχηματομορφής (pattern) γίνεται με δεξί-κλικ στο connector pane και έπειτα **Patterns** από το εμφανιζόμενο μενού.

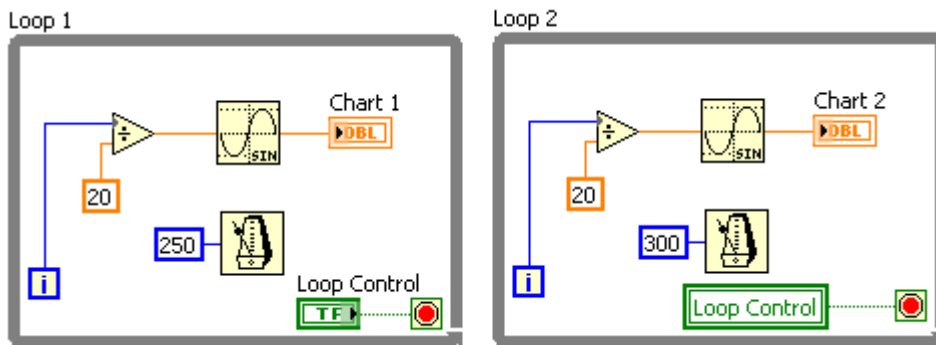
9.5.8 Επικοινωνία μεταξύ βρόχων

- Η επικοινωνία μεταξύ βρόχων χρησιμοποιώντας τη ροή δεδομένων (data flow) δεν είναι δυνατή.

– Ο αριστερός βρόχος θα εκτελεί εντελώς πριν τον δεξί.



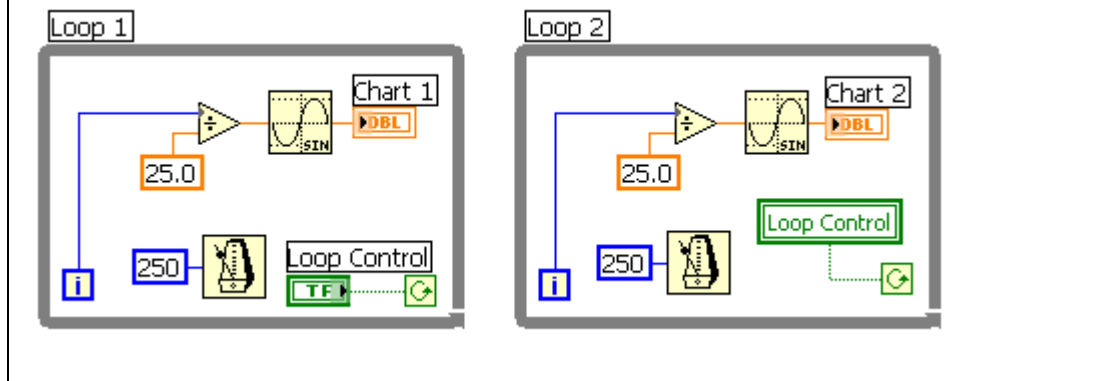
- Οι μεταβλητές χρειάζονται όταν η επικοινωνία με καλώδια δεν δίνει την επιθυμητή συμπεριφορά.



Δεν υπάρχει τρόπος να υλοποιηθεί επικοινωνία μεταξύ παράλληλων βρόχων χρησιμοποιώντας τη ροή δεδομένων μέσω καλωδίων. Τα δεδομένα δεν μπορούν να εισαχθούν ή να φύγουν από τη δομή για όσο αυτή εκτελείται μέσω της ροής δεδομένων. Οι *Μεταβλητές* είναι στοιχεία του Block Diagram που επιτρέπουν την προσπέλαση ή την προώθηση- αποθήκευση δεδομένων σε μια άλλη θέση. Αυτές προωθούν δεδομένα στα χειριστήρια και στα ενδεικτικά της τρέχουσας διεπαφής. Επίσης επιτρέπουν την παράκαμψη της κανονικής ροής δεδομένων περνώντας δεδομένα από ένα μέρος σε ένα άλλο χωρίς σύνδεση αυτών με καλώδια.

9.5.9 Τοπικές Μεταβλητές (Local Variables)

- Οι Τοπικές Μεταβλητές επιτρέπουν το πέρασμα δεδομένων μεταξύ παράλληλων βρόχων.
- Ένα μοναδικό χειριστήριο ή ενδεικτικό μπορεί να αναγνωστεί ή να γραφεί από περισσότερες των μια θέσεις του προγράμματος
 - Αυτές διακόπτουν το υπόδειγμα της ροής δεδομένων και θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με μέτρο



Οι Τοπικές Μεταβλητές εντοπίζονται στην υποπαλέτα των **Δομών (Structures)** η οποία με τη σειρά της βρίσκεται στην παλέτα των **Συναρτήσεων (Functions)**.

Όταν τοποθετείται μια τέτοια μεταβλητή στο διάγραμμα, το όνομα (ιδιόκτητη ετικέτα) που μεταφέρεται σαν προεπιλογή είναι το πρώτο από του αντίστοιχου αντικειμένου του front panel.

Γίνεται δυνατή η αλλαγή του αντικειμένου που θα αντιπροσωπεύει η τοπική μεταβλητή με κλικ πάνω σε αυτή με το Εργαλείο Λειτουργίας και επιλογή του αντικειμένου (από την δικιά του ετικέτα), ή με ανάδυση πάνω στην τοπική μεταβλητή και επιλογή του αντικειμένου από το **Select Item** μενού.

Στη συνέχεια, πρέπει να αποφασιστεί αν θα διαβάσει ή θα εγγράφει στο αντικείμενο. Δεξί κλικ πάνω στην τοπική μεταβλητή και επιλογή **Change to Read** ή **Change to Write**.

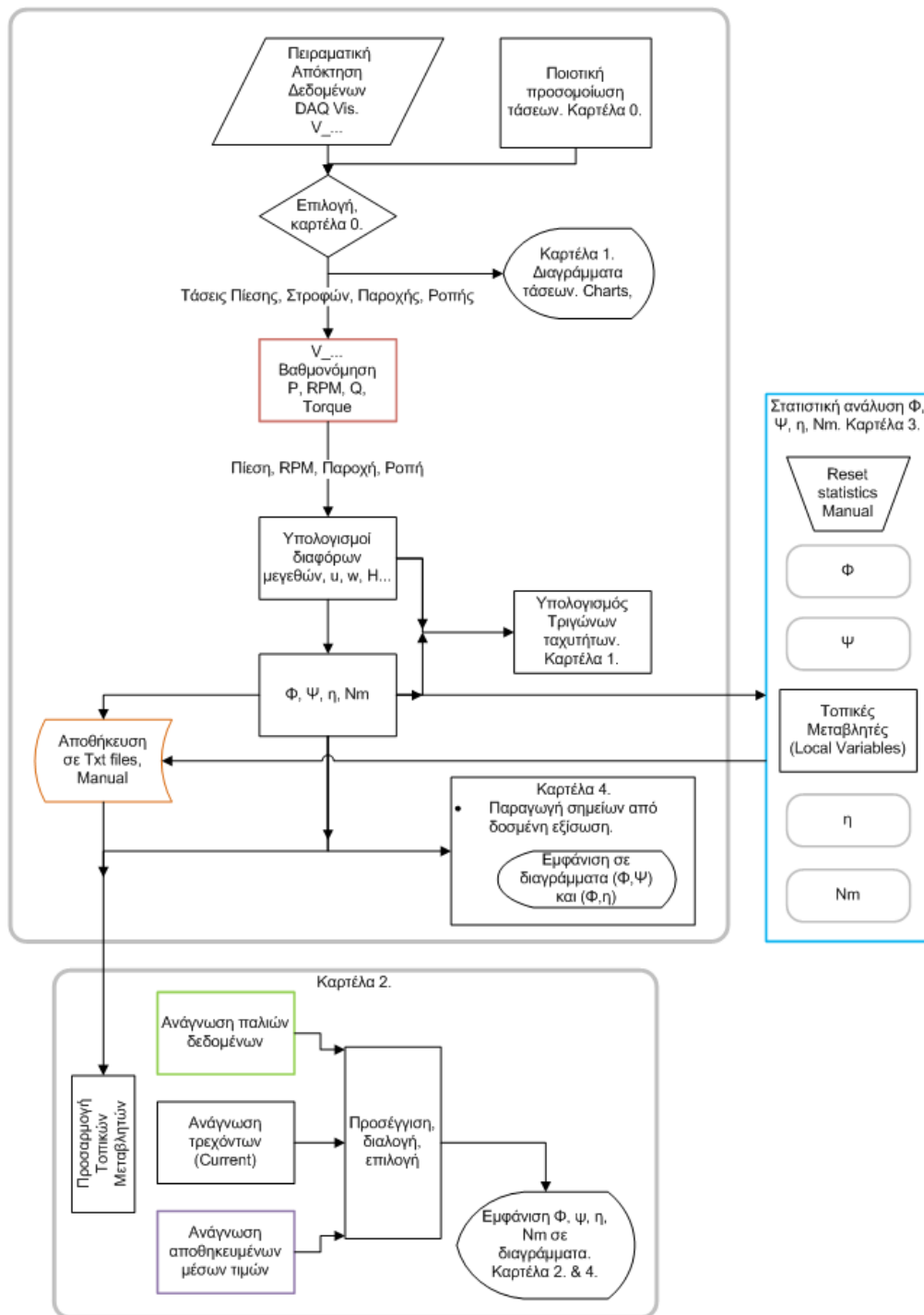
10

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Βασικά τμήματα του κώδικα του δημιουργηθέντος προγράμματος “LV Pelton”

Στη συνέχεια περιγράφεται ο κώδικας (Block Diagram), και κάποια τμήματα του Front Panel, του προγράμματος που δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού LabVIEW στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

10.1 Εισαγωγή

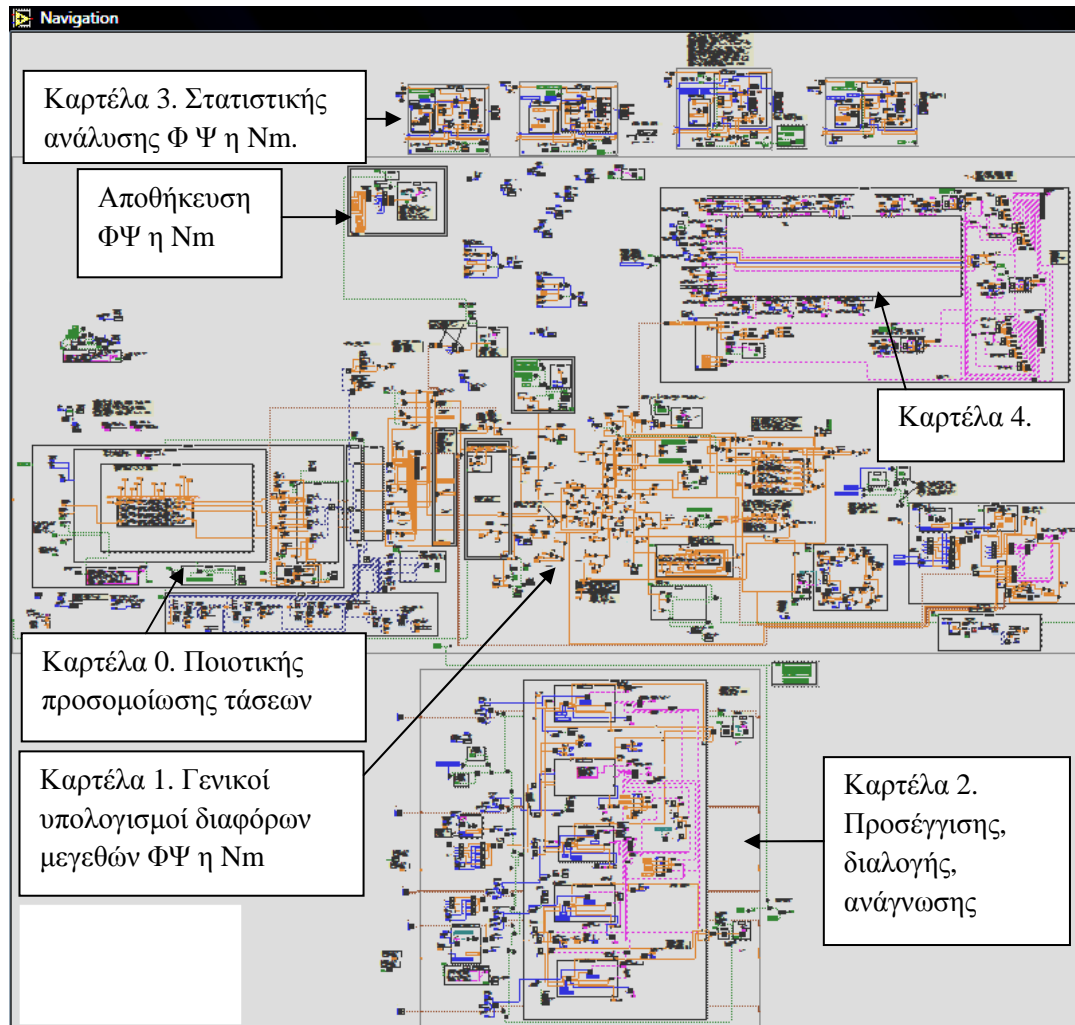
Στο επόμενο μονογραμμικό διάγραμμα δείχνονται συμβολικά τα διάφορα τμήματα που αποτελούν τον κώδικα του προγράμματος που δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια της παρούσας εργασίας και ονομάστηκε “**LV Pelton**”. Για λόγους χωροταξίας θα περιγραφεί τμηματικά ο κώδικας του.



Εικόνα 10.1 Διαγραμματικά οι λειτουργίες του “LV Pelton”

Η Εικόνα 10.2 είναι το παράθυρο πλοήγησης (Navigation Window) του συνολικού κώδικα που εδείχθη στο παραπάνω μονογραμμικό διάγραμμα. Με τη λειτουργία αυτή βλέπουμε σε σμίκρυνση το συνολικό block diagram. Σε σχέση με το μονογραμμικό είναι περιστρεφόμενο κατά 90° ανθρολογιακά για λόγους χωρητικότητας. Επίσης η καρτέλα 2. είναι στο κάτω μέρος και όχι δεξιά.

Παρατήρηση: στο κάτω αριστερό τμήμα το κενό λευκό τετράγωνο δείχνει το μέγεθος (στην ίδια κλίμακα σμίκρυνσης) μιας 15 ιντσών οθόνης. Με απλούς υπολογισμούς ο βασικός κώδικας είναι ~ 23 οθόνες, αν λάβουμε υπόψη και τις άλλες υποθέσεις των case structure πλησιάζει τις 40-45. Βέβαια πολλά τμήματα απλά επαναλαμβάνονται και επίσης υπάρχουν πολλές ετικέτες για την αναγνώριση των τερματικών.



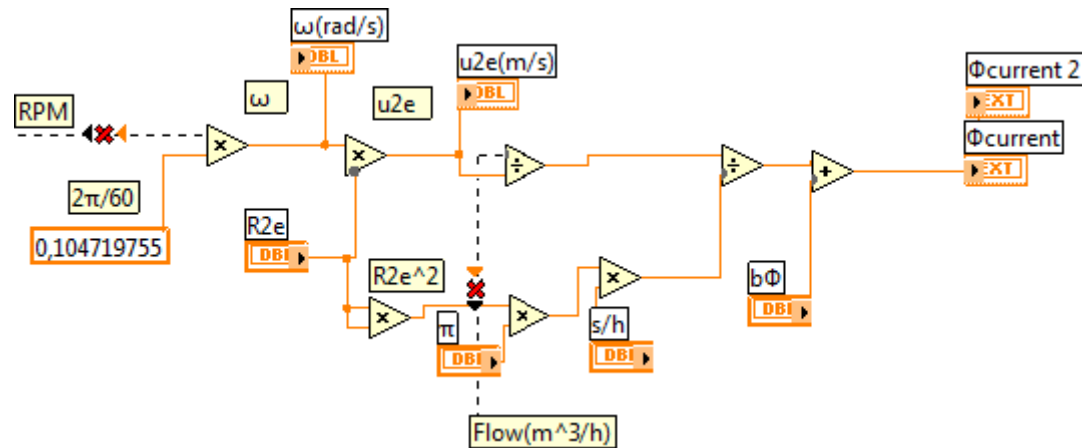
Εικόνα 10.2 Παράθυρο Navigation

Από τα δυο προηγούμενα σχήματα φαίνεται ότι το πρόγραμμα αποτελείται από τρεις βασικούς βρόχους while.

Στη συνέχεια ακολουθούν τμήματα του Block Diagram, των οποίων η λειτουργία και ο τρόπος κατασκευής μπορούν να γίνουν κατανοητά σύμφωνα με τις οδηγίες που έχουν δοθεί στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

10.1.1 Τμήμα του Υπολογισμού των Αδιάστατων Παραμέτρων

Το τμήμα αυτό είναι σχετικά απλό, αρκεί να έχει γίνει κατανοητός ο τρόπος που το LabVIEW κάνει τις πράξεις μεταξύ διαφόρων εξισώσεων.

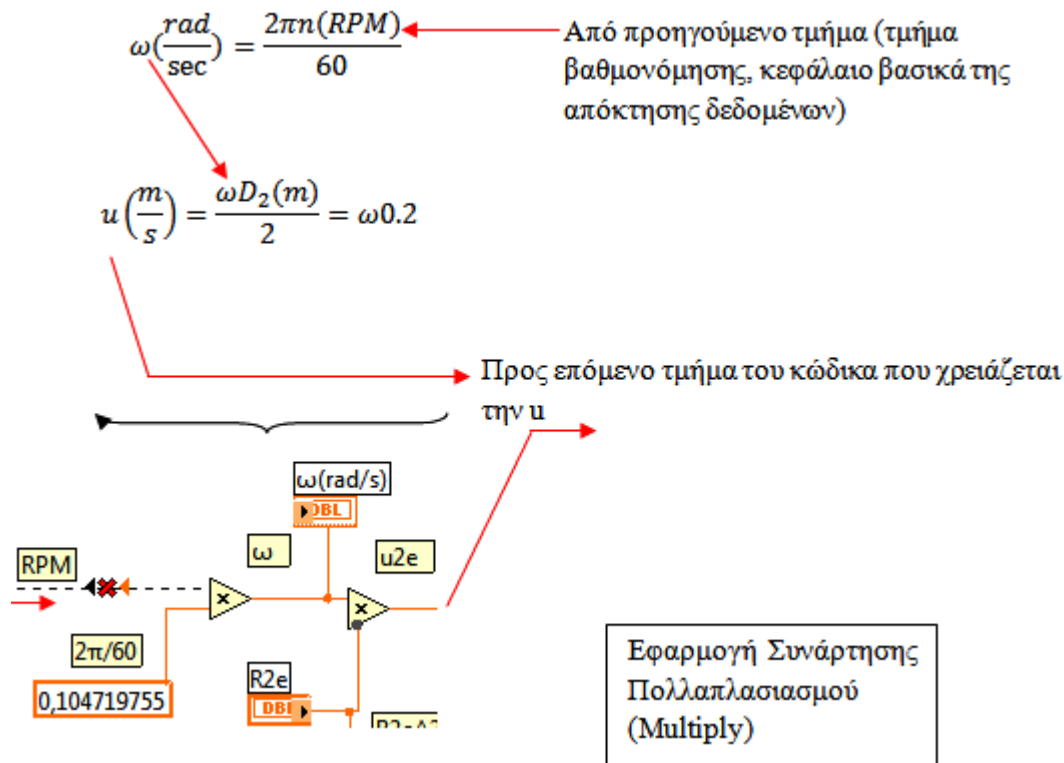


Εικόνα 10.3 Υλοποίηση υπολογισμού της Φ σε κώδικα LabVIEW

Στην Εικόνα 10.3 έχουμε τον κώδικα που μπορεί να υπολογίζει την «αδιάστατη παράμετρο Φ » αν του δοθούν οι είσοδοι “RPM” και “Flow Rate (m³/h)”. Οι τελευταίες προέρχονται από άλλο τμήμα του κώδικα το οποίο 1^ο διαβάζει τα σήματα των τάσεων των μετρητικών οργάνων και 2^ο χρησιμοποιεί τις εξισώσεις βαθμονόμησης 3^ο μας δίνει στην «έξοδο» του τα φυσικά μεγέθη, πίεση σε bar, στροφές του δρομέα του μοντέλου σε RPM, παροχή του συστήματος σε m³/h και ροπή στην άτρακτο του Pelton σε kpm.

Για να γίνει καλύτερα κατανοητός ο τρόπος που δημιουργούνται οι διάφοροι υπολογισμοί παρατίθεται ένα πιο απλό παράδειγμα, μέρος του παραπάνω.

Έστω ότι έχουμε τις παρακάτω εξισώσεις, Εικόνα 10.4, με είσοδο-γνωστή (ή υπολογιζόμενη από άλλο τμήμα του κώδικα) το μέγεθος $n=RPM$, και ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την γραμμική ταχύτητα περιστροφής, u , του δρομέα του υδροστροβίλου στη μέση διάμετρο $D_2 = 0.2 \text{ m}$. Η μόνη «σύνδεση» που υπάρχει μεταξύ των δύο εξισώσεων είναι η γωνιακή ταχύτητα ω , άρα χρειαζόμαστε ένα καλώδιο για να συνδέσουμε τις δύο «συναρτήσεις» του LabVIEW. Όμοια δημιουργούμε και της άλλες συνδέσεις έτσι ώστε να έχουμε τον κώδικα της προηγούμενης εικόνας.



Εικόνα 10.4 Τμήμα υπολογισμού της γραμμικής ταχύτητας περιστροφής του δρομέα

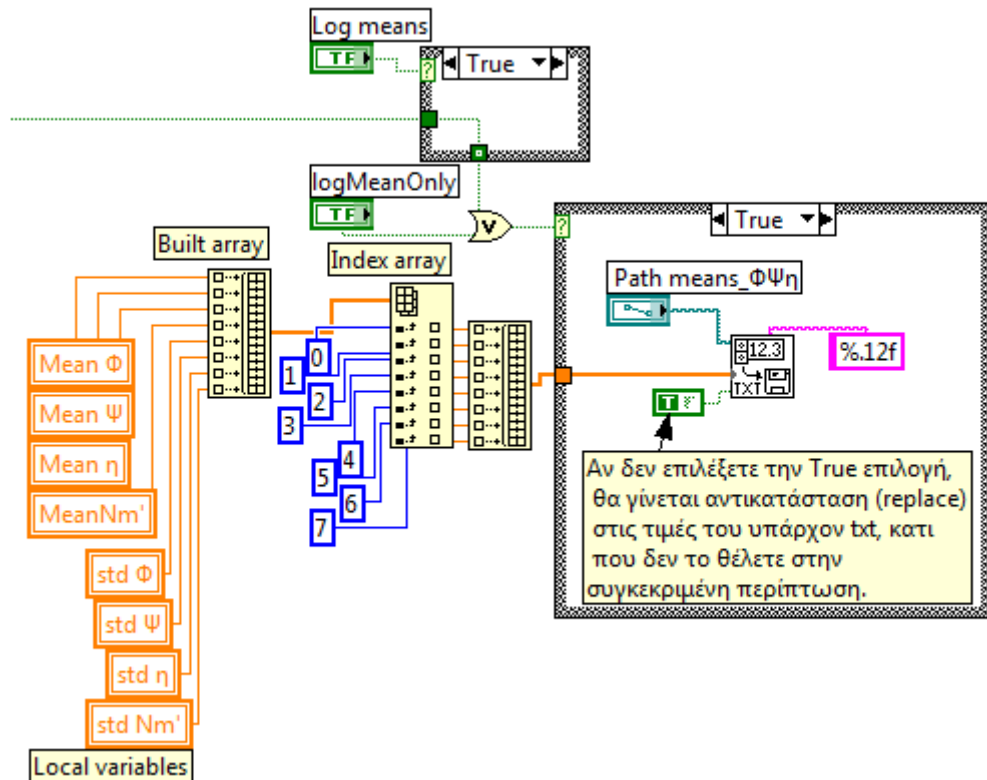
Τα κόκκινα βέλη δείχνουν τις συνδέσεις που πρέπει να δημιουργηθούν μεταξύ των εξισώσεων. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι η πορεία που θα ακολουθούσαμε αν κάναμε τις πράξεις με το «χέρι». Αντί να κάνουμε εμείς αυτή τη δουλειά συνδέουμε με καλώδια τις διάφορες εξισώσεις και επιτυγχάνουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ο τρόπος εύρεσης της συνάρτησης πολλαπλασιασμού (multiply function) ο οποίος είναι **δεξί κλικ** (σε ανοικτή περιοχή του block diagram)» **Functions» Arithmetic & Comparison» Numeric» Multiply**.

Το front panel των παραπάνω κωδικών δεν είναι τίποτα άλλο από απλά αριθμητικά χειριστήρια και ενδεικτικά τα οποία τοποθετούνται όπως έχει αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους. Πχ για τον υπολογισμό της u2e έχουμε μόνον δύο στοιχεία το χειριστήριο R2e, και το ενδεικτικό ω , οι τερματικοί των οποίων φαίνονται στο προηγούμενο σχήμα.

10.1.2 Αποθήκευση των Φ , Ψ ή N'_m σε αρχείο txt

Η παρακάτω δομή αποθηκεύει μια σειρά με έξι τιμές, κάθε φορά που ενεργοποιείται, σε μια σειρά ενός αρχείου txt. Την επόμενη φορά που θα ενεργοποιηθεί θα αποθηκεύσει στην επόμενη σειρά άλλες έξι τιμές, που ρέουν εκείνη τη στιγμή που έγινε η ενεργοποίηση.



Εικόνα 10.5 Τμήμα που αποθηκεύει τις παραμέτρους Φ , Ψ , τις τιμές των η , N'_m , και τις τυπικές αποκλίσεις

Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν το διάγραμμα είναι τα εξής:

- νι “built array” το οποίο δημιουργεί μια σειρά ή στήλη από βαθμωτά (scalar, λεπτό πορτοκαλί συνεχές καλώδιο) δεδομένα. Ο αγωγός μεταφοράς της δημιουργούμενης διάταξης έχει μεγαλύτερο πάχος, και ίδιο χρώμα. Το νι αυτό βρίσκεται με **δεξί κλικ**(σε ανοικτή περιοχή του block diagram)»**All Functions»Array»Index Array**.
- νι “index array” το οποίο δίνει σε κάθε στοιχείο της παραπάνω διάταξης ένα δείκτη-ευρετήριο.
- νι “write to spreadsheet file” το οποίο αποθηκεύει τα δεδομένα όταν εμείς επιλέξουμε. Η εύρεση αυτού γίνεται με **δεξί κλικ »All Functions» File I/O» Write to Spreadsheet file.vi**.
- η “case structure” της οποίας όταν επιλεγθεί η αληθής (True) υπόθεση, παίρνει την παραπάνω μορφή και έτσι ενεργοποιείται και το προηγούμενο νι και αποθηκεύονται

τα δεδομένα που ρέουν στα καλώδια εκείνη τη στιγμή που επιλέχθηκε η αληθής υπόθεση. Η τελευταία επιλέγεται ενεργοποιώντας το χειριστήριο “logMeanOnly”, από το front panel.

- Οι τοπικές μεταβλητές (local variables) οι οποίες μεταφέρουν τα δεδομένα προς αποθήκευση από άλλο τμήμα του προγράμματος (εκτός του while loop, διαφορετικά δεν θα χρειάζονταν αυτές διότι τη δουλειά τους θα την κάνανε απλά καλώδια).

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την μορφοποίηση επιλέγεται η λειτουργία της **context help** του vi **write to spreadsheet file**.

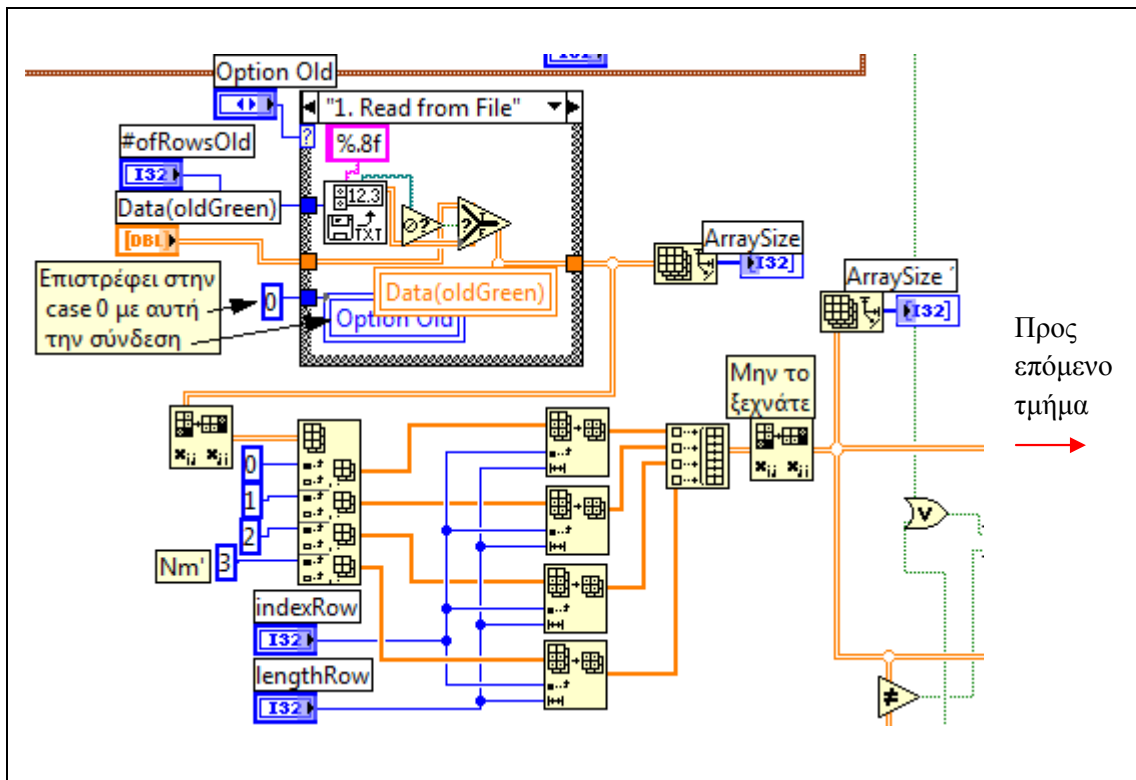
Οι μπλε αριθμοί του vi index array δίνουν τον αριθμό της στήλης όπου θα αποθηκεύεται η κάθε τιμή. Για το παράδειγμα του κώδικα της προηγούμενης εικόνας θα έχουμε την εξής μορφή του αρχείου κειμένου:

Mean Φ	Mean Ψ	Mean η	Mean Nm'		
0,000600000445					
..					

10.1.3 Απόκτηση Δεδομένων από Αρχείο txt

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται ο κώδικας με τις εξής λειτουργίες:

- Διαβάζει τις τιμές που υπάρχουν αποθηκευμένες στο txt αρχείο που έχουμε επιλέξει
- Μας δείχνει στην επιφάνεια εργασίας το μέγεθος του δισδιάστατου πίνακα όπου θα τοποθετηθούν οι παραπάνω τιμές
- Επιλέγει όσες γραμμές ή στήλες θέλουμε να περάσουν σε επόμενα τμήματα του κώδικα για επεξεργασία. Πχ αν θέλουμε να περάσουν μόνον οι 12 πρώτες γραμμές θα επιλέξουμε “index row=0 και length row=11”.
- Υπάρχει δυνατότητα να αποθηκευτούν σε άλλο αρχείο (ή στο ίδιο) τα δεδομένα που έχουν διαβαστεί προηγουμένως και μπορεί να έχουν υποστεί και ορισμένη επεξεργασία.



Εικόνα 10.6 Απόκτηση, Αποθήκευση Δεδομένων από Αρχείο txt

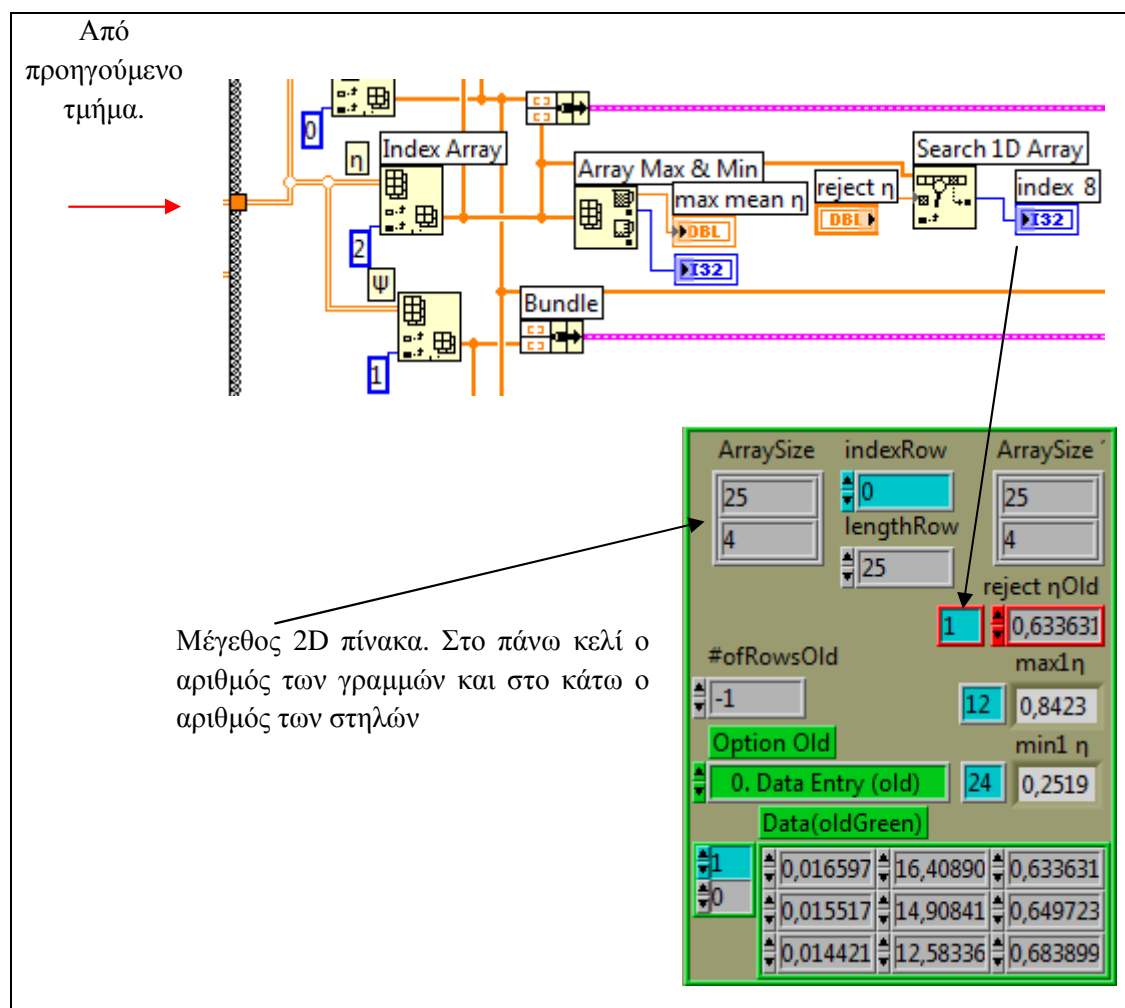
Ορισμένα από τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται από την παλέτα των συναρτήσεων, η οποία επαναλαμβάνουμε ότι εμφανίζεται με δεξί κλικ σε κενό χώρο του Block Diagram. Τα υπόλοιπα είναι οι τερματικοί σταθμοί (terminals) των αντικειμένων που έχουν τοποθετηθεί στο front panel.

Το προηγούμενο διάγραμμα έχει τα αντίστοιχα χειριστήρια και ενδεικτικά στο front panel, τα οποία βρίσκονται στην καρτέλα 2 του προγράμματος και φαίνονται στην Εικόνα 10.7 που ακολουθεί, «Τμήμα front panel καρτέλα 2».

Η δημιουργία των αντικειμένων αυτού του τμήματος εικονικού οργάνου γίνεται από την «Παλέτα των Χειριστηρίων». Πχ η τοποθέτηση του χειριστηρίου “option old” γίνεται επιλέγοντας **δεξί κλικ»All controls»Ring&Enum»text Ring**. Όμοια ευρίσκονται και τοποθετούνται και τα υπόλοιπα αντικείμενα.

Σημείωση: ο πίνακας με τις τιμές δεν υπάρχει στις παλέτες έτσι πρέπει να δημιουργηθεί με τον τρόπο που έχει παρουσιαστεί στα προηγούμενα.

10.1.4 Εύρεση Δείκτη (index), Συγκεκριμένου Στοιχείου-δεδομένου από 2D Πίνακα



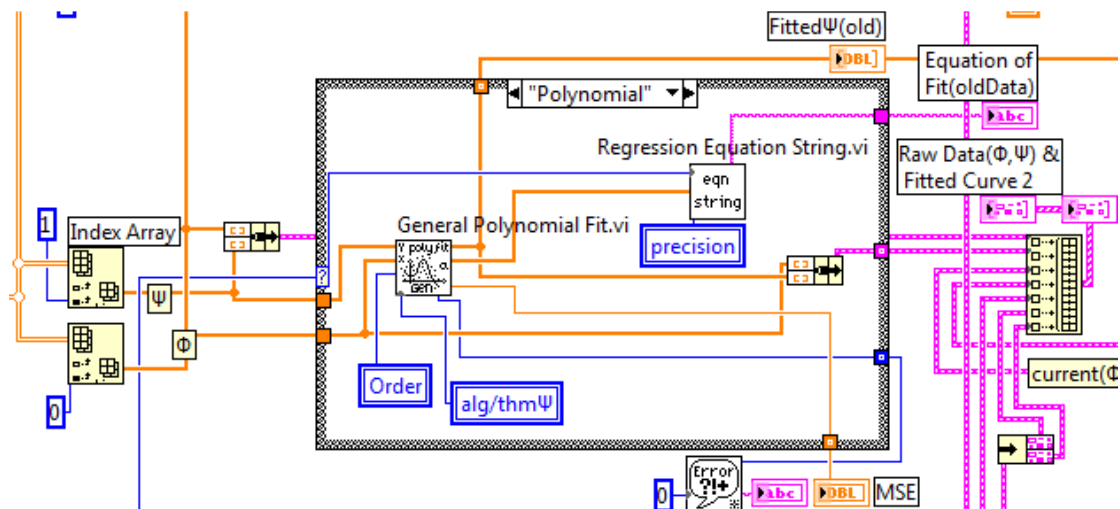
Εικόνα 10.7 Τμήμα1 front panel, καρτέλα 2

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνονται όλα τα ονόματα των στοιχείων που το αποτελούν και μπορούν, έτσι εύκολα να βρεθούν λεπτομέρειες για τη λειτουργία τους με τη βοήθεια της context help.

Μια από τις χρησιμότητες της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι η εύρεση δεδομένων σε αρχεία.

10.1.5 Τμήμα εύρεσης εξισώσεων προσέγγισης δοσμένων σημείων

Στο διάγραμμα αυτό (Εικόνα 10.8) φαίνεται το τμήμα του κώδικα που βρίσκει την εξίσωση προσέγγισης των σημείων-δεδομένων που έχουν αποκτηθεί-υπολογιστεί από άλλα τμήματα του προγράμματος, πχ από το τμήμα «Απόκτηση Σημείων από txt αρχείο».



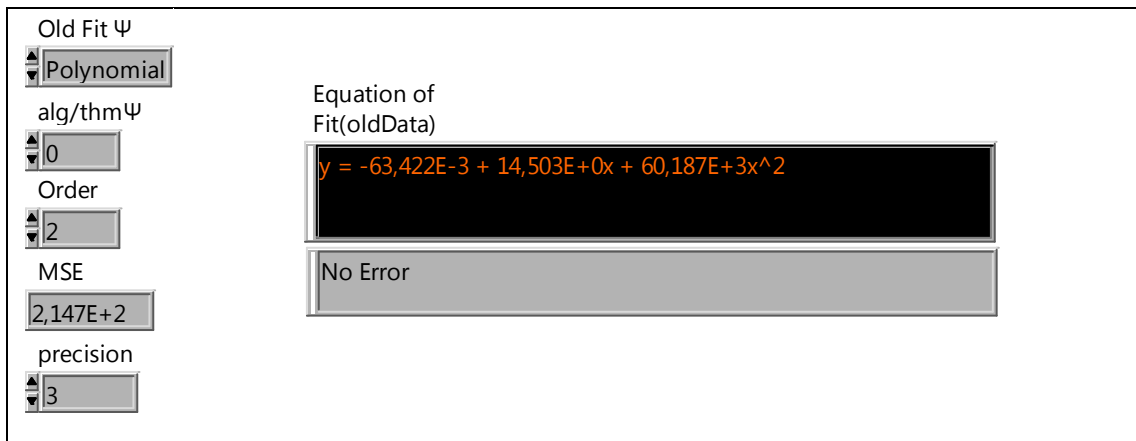
Εικόνα 10.8 Εύρεση εξισώσεων προσέγγισης

Αριστερά είναι η είσοδος του δισδιάστατου πίνακα δεδομένων από τον οποίο διαχωρίζονται, με τις συναρτήσεις index Array, οι στήλες των Ψ και Φ .

Δεξιά φαίνεται η συνάρτηση Built Array η οποία τοποθετεί όλες τις καμπύλες (Φ, Ψ) στο ίδιο διάγραμμα Raw Data(Φ, Ψ)&Fitted Curve.

Οι Order, alg/thmΨ, και precision είναι τοπικές μεταβλητές. Οι τερματικοί αυτών είναι σε άλλο τμήμα του κώδικα.

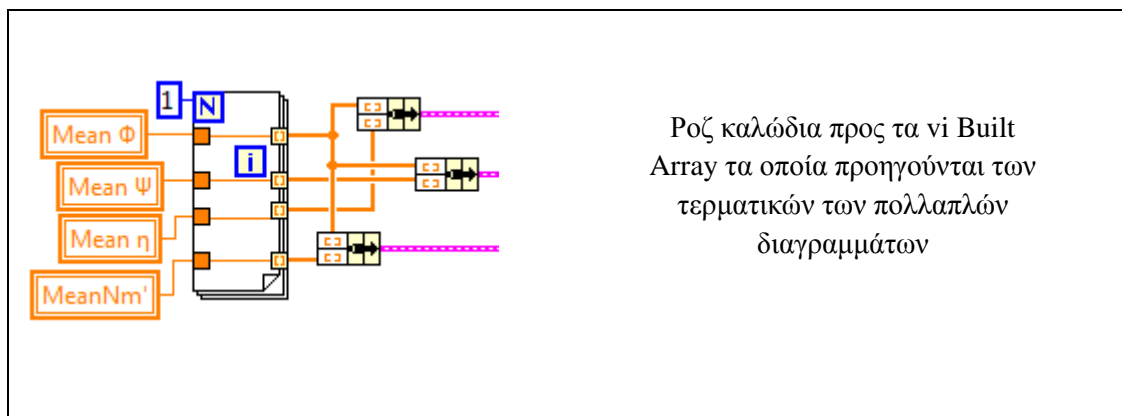
Παρακάτω έχουμε τα αντίστοιχα τμήματα της διεπαφής (front panel).



Εικόνα 10.9 Front panel προσέγγισης σημείων με καμπύλες

Έχουμε τέσσερα χειριστήρια και τρία ενδεικτικά, τα οποία τοποθετούνται στην επιφάνεια με τις μεθόδους που έχουν ειπωθεί στα προηγούμενα.

Σημείωση: Αν θέλουμε να προβάλλουμε στα διαγράμματα και το τρέχον σημείο λειτουργίας του υδροστρόβιλου, πρέπει να το μετατρέψουμε από ένα σημείο σε πίνακα. Η μετατροπή αυτή επιτυγχάνεται με το διάγραμμα της Εικόνας 10.10.



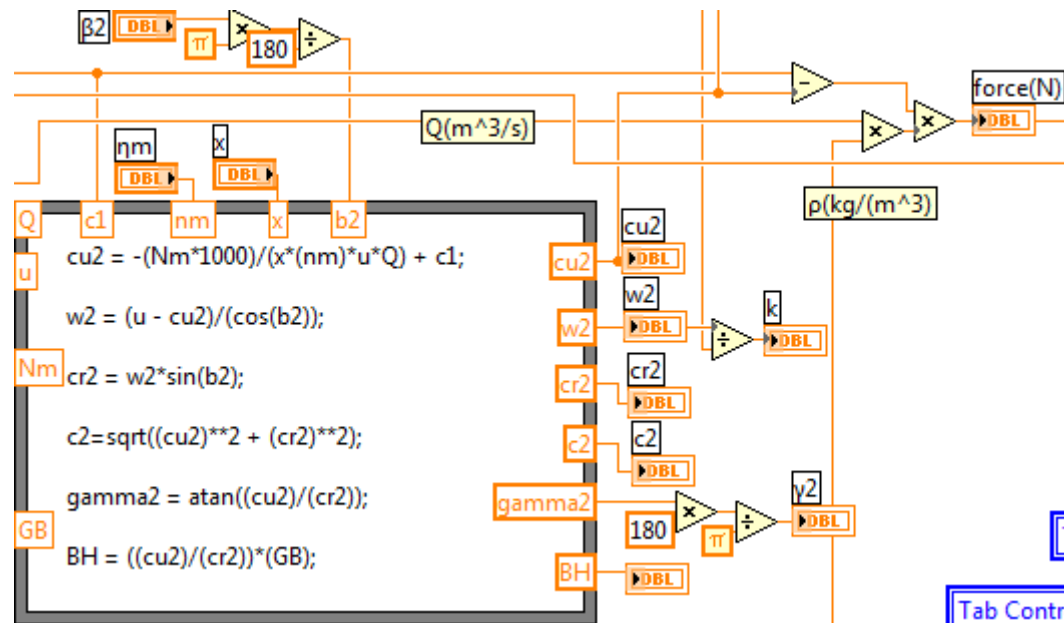
Ροζ καλώδια προς τα vi Built Array τα οποία προηγούνται των τερματικών των πολλαπλών διαγραμμάτων

Εικόνα 10.10 Μετατροπή μια τιμής σε πίνακα

Αριστερά φαίνονται οι τοπικές μεταβλητές που μεταφέρουν τα δεδομένα από άλλα σημεία του προγράμματος, στο κέντρο ο βρόχος for με ενεργοποιημένη την αυτόματη δεικτοδότηση (auto-indexing enable), και αριστερά οι συσκευαστές (Bundle).

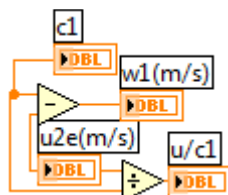
10.1.6 Τρίγωνα Ταχυτήτων, μια απλή εφαρμογή της Formula Node

Η επόμενη δομή απλά υπολογίζει ενδεικτικά τις τιμές των ταχυτήτων και τις προβάλλει στα αντίστοιχα ενδεικτικά. Δεν εμπλέκεται στους υπολογισμούς των παραμέτρων Φ , Ψ , και των η και Nm' .



Εικόνα 10.11 Τμήμα υπολογισμού τριγώνων ταχυτήτων

Χρησιμοποιούμε τις εξισώσεις που έχουμε από τη «θεωρία», για τα τρίγωνα ταχυτήτων, και «χτίζουμε» την παραπάνω φόρμουλα (formula node από την function palette). Οι είσοδοι (λεπτό πορτοκαλί περίγραμμα, στο αριστερό και στο πάνω σύνορο της περιφέρειας της φόρμουλας) είναι συνδεδεμένες με τα τμήματα του κώδικα όπου υπολογίζουν αυτές. Πχ η είσοδος w_1 είναι συνδεδεμένη με το παρακάτω τμήμα το οποίο υπολογίζει αυτή αφαιρώντας την u από την c_1 . Επίσης φαίνεται και ο υπολογισμός του λόγου $\frac{u}{c_1}$.



Εικόνα 10.12 Υπολογισμός της w_1 και του λόγου u/c_1

- Ο αστερίσκος, *, συμβολίζει-εκτελεί τον πολλαπλασιασμό

- οι δυο, **, την ύψωση σε δύναμη
- ο χαρακτήρας /, πλαγία, την διαίρεση
- η sqrt την ρίζα
- η atan το arctan (τόξο εφαπτομένης)
- sin το ημίτονο.
- Περισσότερα στην context help της formula node

Σημαντικές επισημάνσεις:

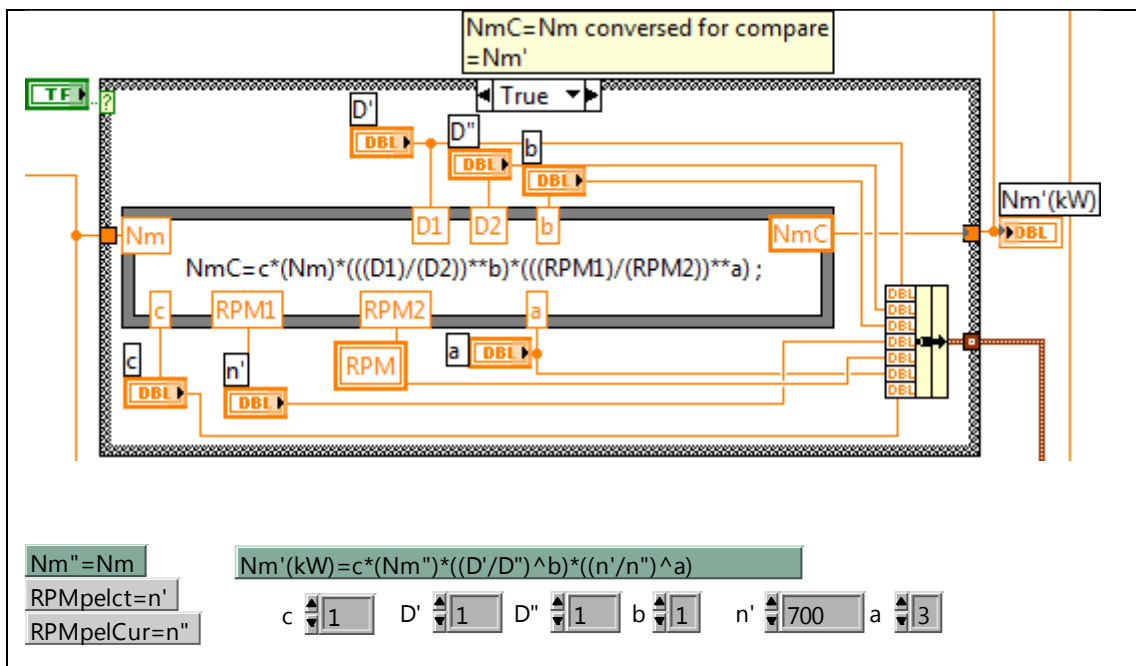
Οι χαρακτήρες πρέπει να είναι αγγλικοί, για τον λόγο αυτό συμβολίσαμε με GB το μήκος GB και την γωνία γ_2 με gamma2.

Βασικά αν τοποθετηθούν μη αποδεκτές εντολές το βέλος της λειτουργίας θα παρουσιάζεται «σπασμένο» το πιέζουμε και θα εμφανιστεί λίστα με τα σφάλματα.

Στο τέλος κάθε γραμμής πρέπει να τοποθετείται ο χαρακτήρας ;

10.1.6.1 Μετατροπή της ισχύος Nm σε ισχύ σύγκρισης Nm'

Μια δεύτερη εφαρμογή της formula node είναι η μετατροπή της παραγόμενης από τον υδροστρόβιλο ισχύος. Ο αντίστοιχος κώδικας και το αντίστοιχο block diagram φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 10.13 Τμήμα υπολογισμού της ισχύος σύγκρισης. Block Diagram και το αντίστοιχο Front Panel

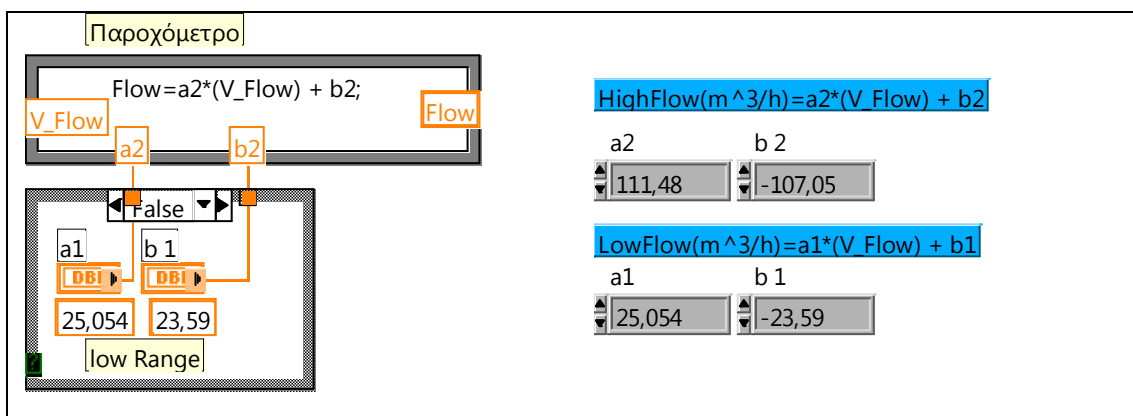
Η εξίσωση-φόρμουλα που υλοποιείται είναι η εξής: (λεπτομέρειες για αυτή έχουν δοθεί στο κεφάλαιο 4)

$$\frac{N'}{N''} = \left(\frac{D'}{D''}\right)^5 \times \left(\frac{n'}{n''}\right)^3 \times \left(\frac{\eta'}{\eta''}\right)^1$$

Στον προηγούμενο κώδικα αφήνεται η επιλογή στον χρήστη για την επιλογή των τιμών των εκθετών. Επίσης έχει προστεθεί και ένας σταθερός συντελεστής, για αύξηση της ευελιξίας της μετατροπής.

10.1.6.2 Υλοποίηση της αλλαγής περιοχής λειτουργίας του ροόμετρου

Στην Εικόνα 10.14 φαίνονται το block diagram και front panel που επιτυγχάνει την αλλαγή περιοχής λειτουργίας του ροόμετρου. Έχουμε μια εφαρμογή συνδυασμού των formula node και case structure.



Εικόνα 10.14 Block Diagram και αντίστοιχο Front Panel της αλλαγής της περιοχής λειτουργίας του ροόμετρου

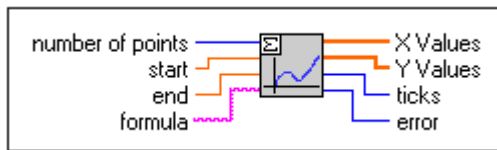
Απλά υλοποιούμε τις εξισώσεις βαθμονόμησης του ροόμετρου σε κώδικα LabVIEW. Με την δομή case structure επιλέγουμε την περιοχή λειτουργίας όπου βρισκόμαστε. Όταν έχουμε ενεργοποιημένη την Ψευδή υπόθεση θα έχουμε την χαμηλή περιοχή λειτουργίας, όμοια για την υψηλή περιοχή.

Όλα τα στοιχεία μπορούν να βρεθούν και να τοποθετηθούν από τις παλέτες των συναρτήσεων και χειριστηρίων του block diagram και front panel αντίστοιχα.

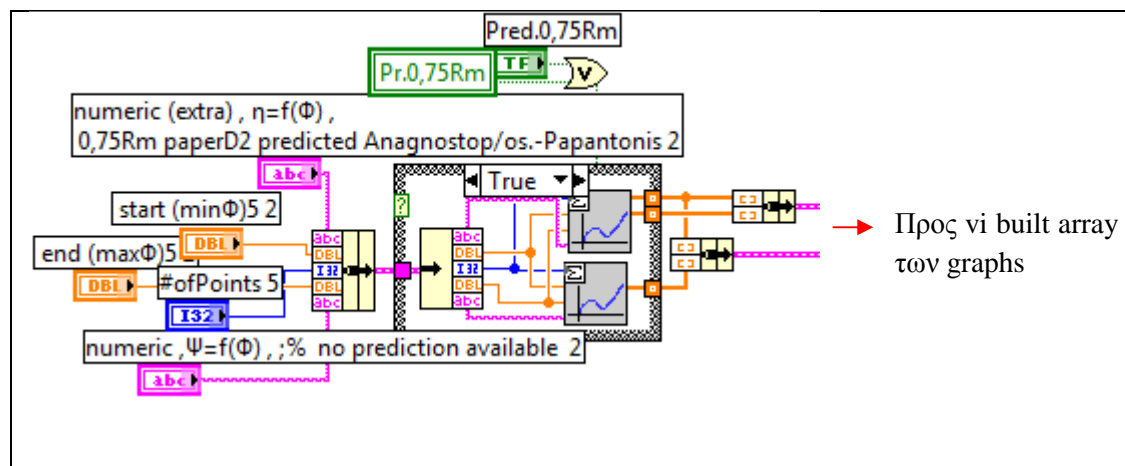
10.1.7 Δημιουργία Σημείων από συγκεκριμένη Εξίσωση Συνάρτησης μιας Μεταβλητής

Ο επόμενος κώδικας δημιουργεί τόσα σημεία, όσα επιθυμεί ο χρήστης, της συνάρτησης μιας μεταβλητής που επίσης ο προηγούμενος θα δώσει στο χειριστήριο **numeric (extra), η=f(Φ)**.

Όλα τα στοιχεία που αποτελούν την παρακάτω δομή βρίσκονται εύκολα από τις αντίστοιχες παλέτες. Το μόνο που αξίζει να σημειωθεί είναι το νί «εκτίμησης συναρτήσεων μιας μεταβλητής», και το οποίο βρίσκεται από την παλέτα των συναρτήσεων.



Εικόνα 10.15 Εικονίδιο του νί “Eval”



Εικόνα 10.16 Δημιουργία σημείων από συγκεκριμένη εξίσωση χρησιμοποιώντας το νί “Eval”

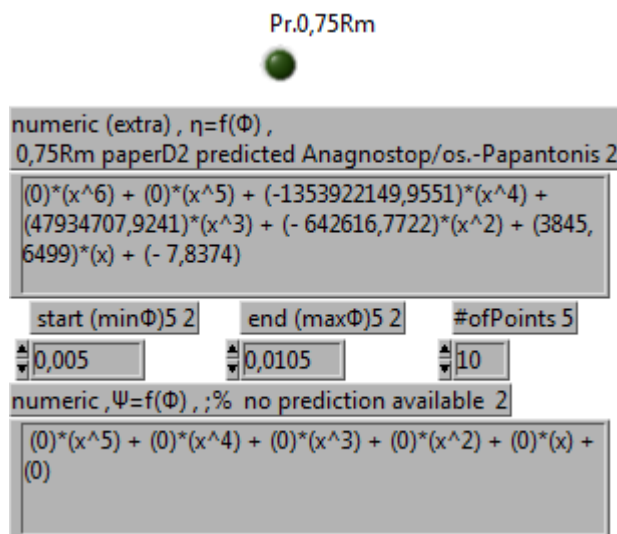
Τα ροζ καλώδια (στα αριστερά της Εικόνας 10.16) είναι τα σημεία (Φ, η) και (Φ, Ψ) τα οποία οδηγούνται στο τμήμα (δείχεται παρακάτω) του κώδικα που τα εμφανίζει στα αντίστοιχα διαγράμματα.

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία του αναφέρουμε ακριβώς την συνάρτηση και τα άλλα δεδομένα.

Η μορφή-φόρμουλα, $(0)*(x^6) + (0)*(x^5) + (-1353922149,9551)*(x^4) + (47934707,9241)*(x^3) + (-642616,7722)*(x^2) + (3845,6499)*(x) + (-7,8374)$, συμβολίζει μια εξίσωση πολυωνύμου 6^{ου} βαθμού. Αν την τοποθετήσουμε στο αντίστοιχο χειριστήριο,

που φαίνεται στην επόμενη εικόνα, θα έχουμε την εύρεση των y για τις τιμές των x . Οι τιμές του x θα υπολογιστούν από το νι “Eval” αν του δώσουμε το αρχικό σημείο της x μεταβλητής (**start (min Φ)5**), το τελικό (**end(max Φ)5**), και τον αριθμό των ενδιάμεσων σημείων (**#ofPoints5**).

Σημείωση: Υπάρχει διαφορά, σε σχέση με την formula node, στην εντολή της ύψωσης σε δύναμη. Στην **eval** η ύψωση συμβολίζεται με τον χαρακτήρα $^$, όπως φαίνεται και στην αμέσως προηγούμενη φόρμουλα.

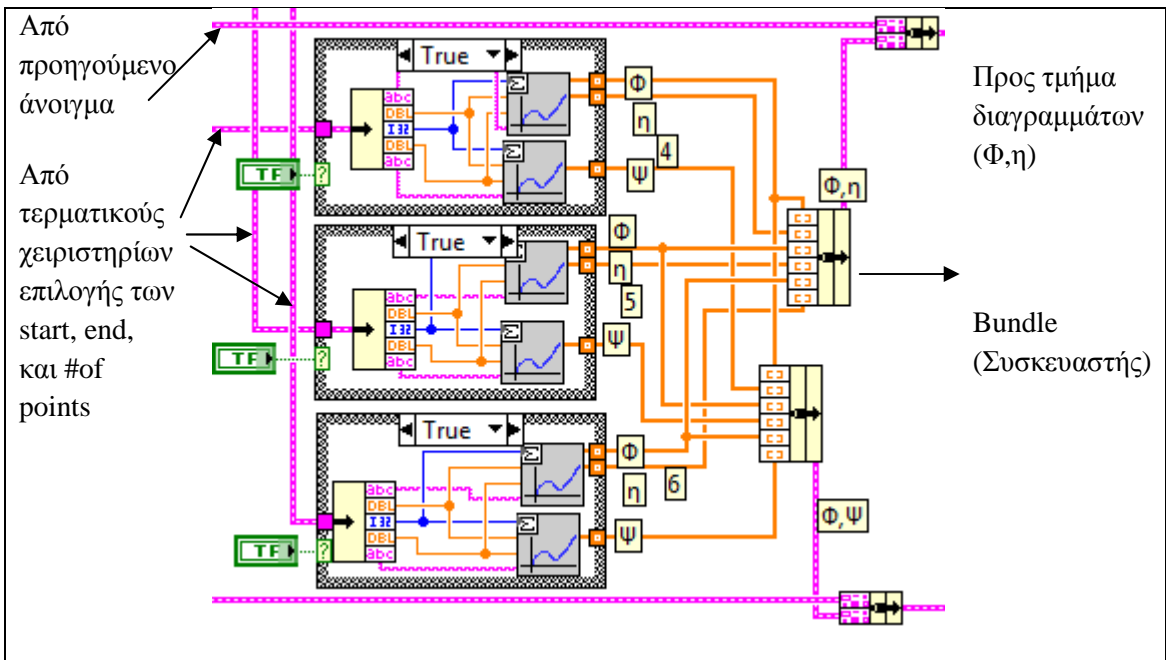


Εικόνα 10.17 Χειριστήρια τοποθέτησης των εξισώσεων μιας μεταβλητής

Η Εικόνα 10.17 δείχνει το τμήμα της διεπαφής του προγράμματος “LV Pelton” που αντιστοιχεί στον προηγούμενο κώδικα. Όλα τα στοιχεία που το αποτελούν είναι χειριστήρια (Controls).

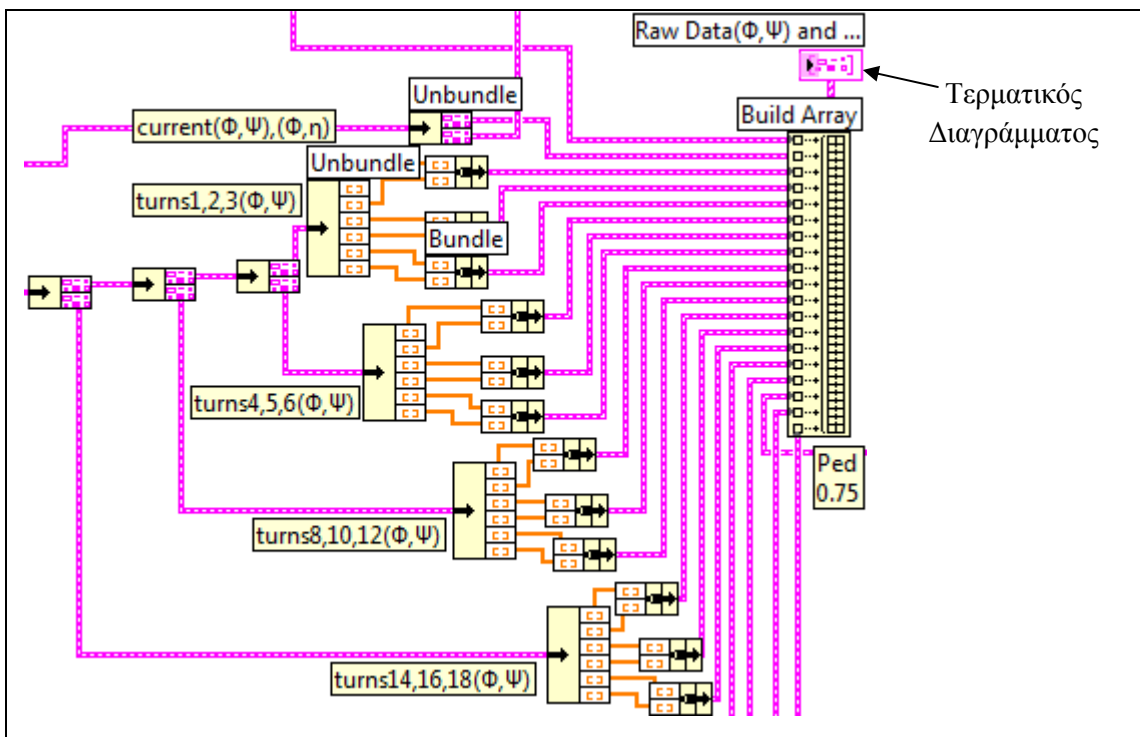
Τα παραπάνω αν επαναληφθούν και άλλες φορές, όσες επιθυμούμε, μπορούμε να παράγουμε και άλλων συναρτήσεων σημεία. Στην περίπτωση μας τα χρησιμοποιήσαμε περίπου τόσες όσες και οι καμπύλες $\eta=f(\Phi)$ που θέλαμε να εμφανίσουμε ταυτόχρονα στο ίδιο διάγραμμα.

Ένα παράδειγμα για τρεις καμπύλες φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 10.18, στην οποία δείχνεται επίσης οι «συσκευαστές» οι οποίοι μειώνουν τον αριθμό των καλωδίων.



Εικόνα 10.18 Πολλαπλή δημιουργία σημείων

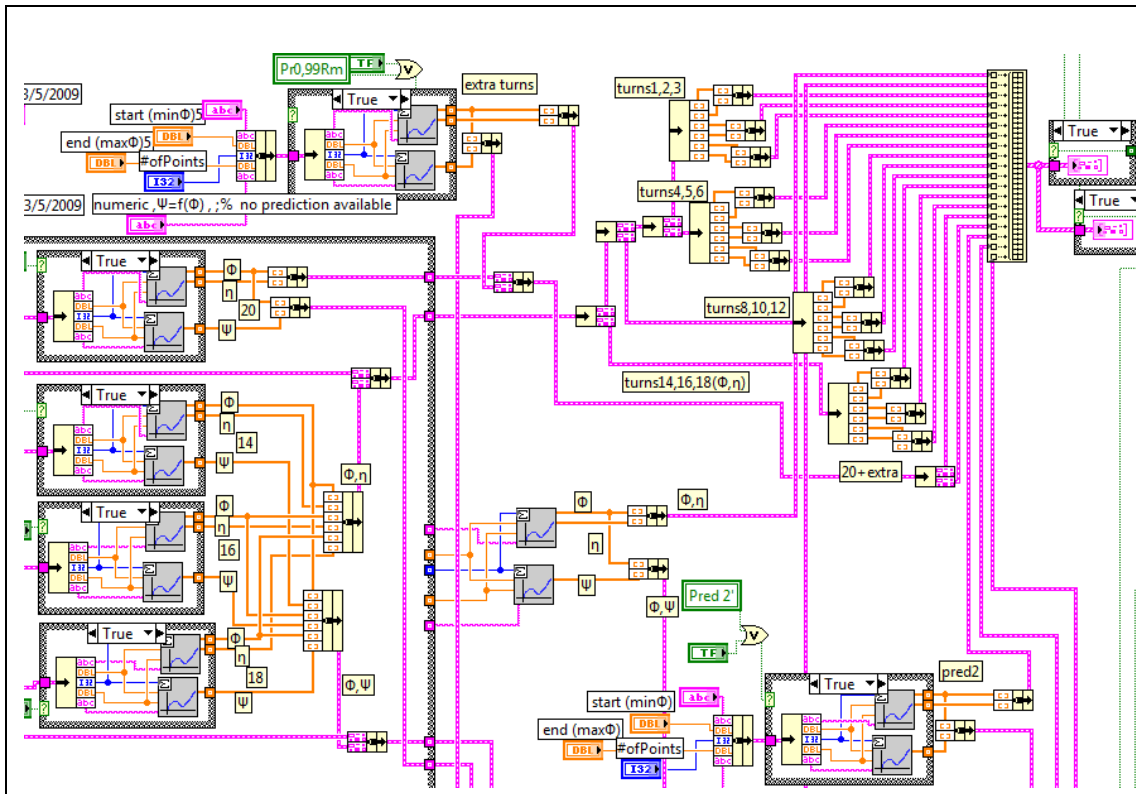
Στη συνέχεια φαίνεται το τμήμα που ξεχωρίζει - Unbundle τους πίνακες δεδομένων των αδιάστατων παραμέτρων Φ , η που έρχονται από τα διάφορα ανοίγματα (turns) και στη συνέχεια συνδέει τις καμπύλες (Φ , η) ώστε να τις προβάλει στο διάγραμμα **Raw Data(Φ , η) and ...** and



Εικόνα 10.19 Πολλαπλή εμφάνιση καμπυλών

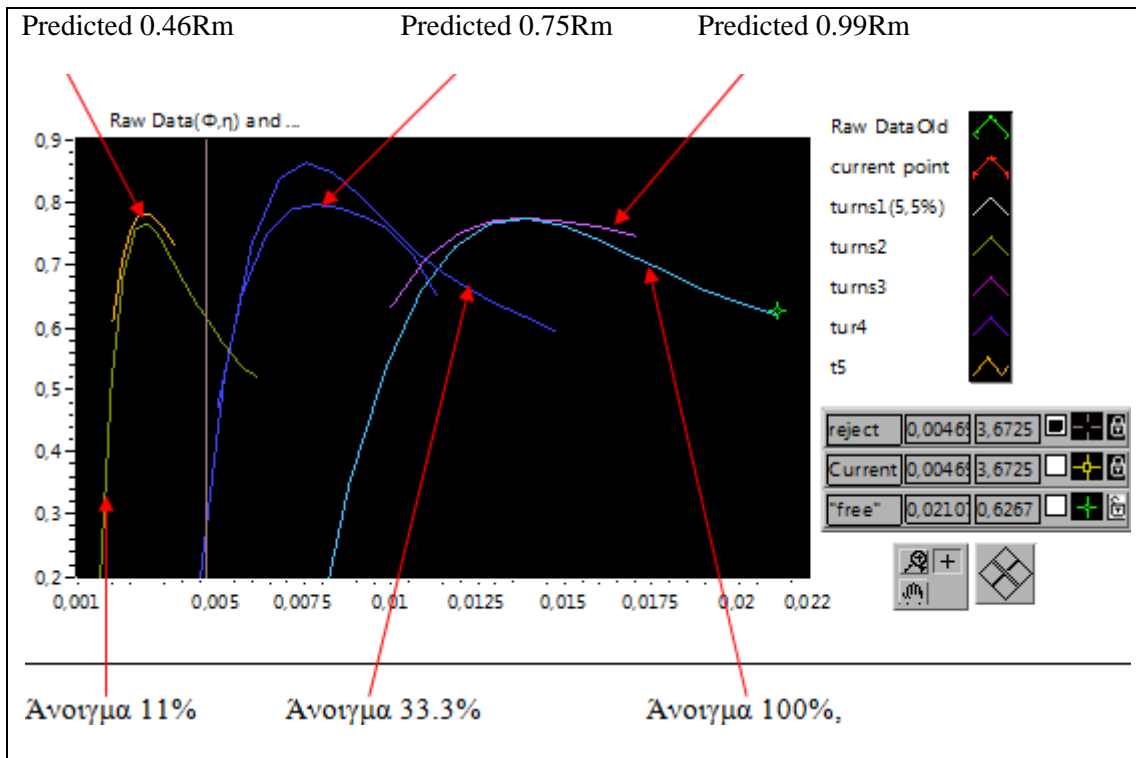
Παρατηρούμε ότι με το διάγραμμα αυτό υπάρχει δυνατότητα να προβληθούν ταυτόχρονα 19 καμπύλες. Σε άλλο τμήμα του κώδικα γίνεται η επιλογή ποιών καμπυλών τα σημεία θα εμφανίζονται.

Η συνένωση των δύο παραπάνω τμημάτων του κώδικα θα μπορεί να προβάλλει στο ίδιο διάγραμμα παραπάνω από μια καμπύλες. Ένα συνδεδεμένο τμήμα και το αποτέλεσμα του (πολλαπλό διάγραμμα) στο διάγραμμα φαίνονται στις δύο επόμενες εικόνες.



Εικόνα 10.20 Παραγωγή και εμφάνιση πολλαπλών διαγραμμάτων

Σε αυτή την εικόνα βλέπουμε τον κώδικα που παράγει τις καμπύλες των ανοιγμάτων 14, 16, 18, 20, Predicted 0.46Rm και Predicted 0.99Rm στην συνέχεια για λόγους μείωσης των καλωδίων «πακετάρονται» με τις συναρτήσεις bundle οδηγούνται κοντά στα διαγράμματα, οι δέσμες καλωδίων, έπειτα άλλα ξεπακετάρονται και άλλα γίνονται ξανά δέσμες έτσι ώστε να προβληθούν σαν χωριστές καμπύλες στα διαγράμματα.

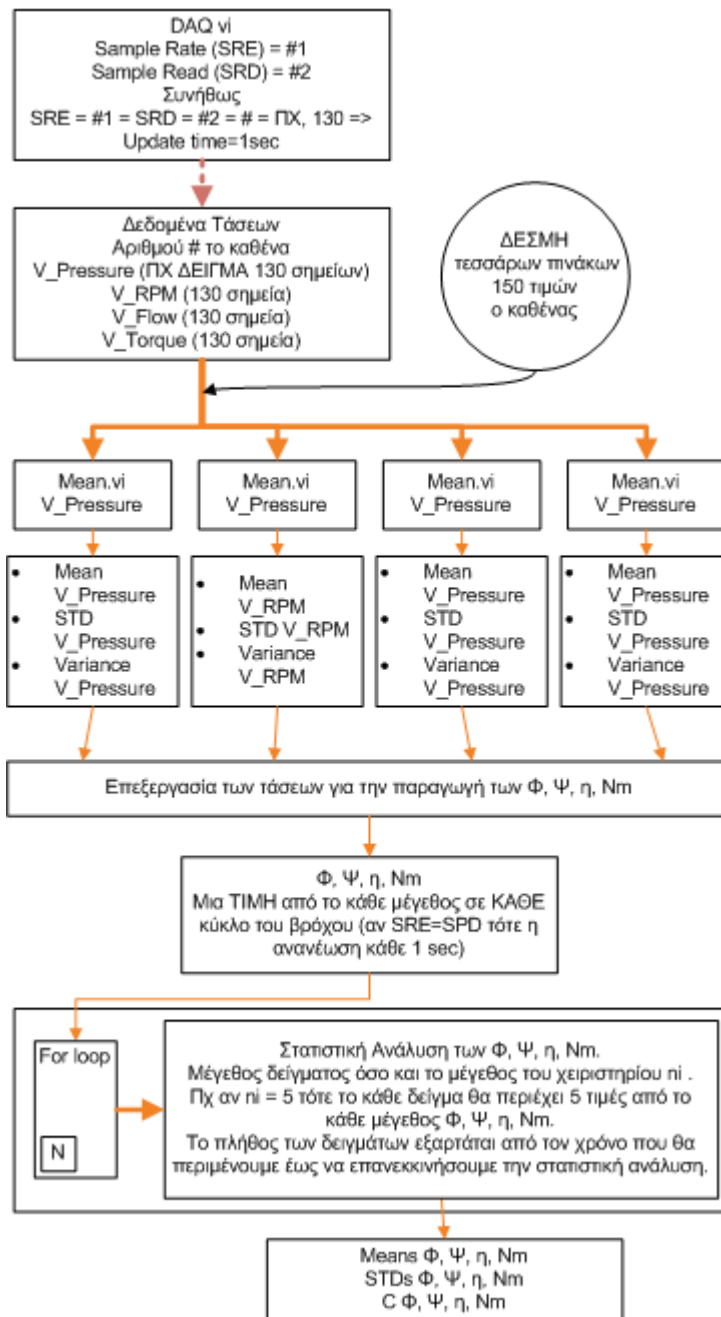


Εικόνα 10.21 Επιλεγμένες Καμπύλες ανοιγμάτων για Λειτουργία και των δυο ακροφυσίων, πείραμα Σταθερού Διαθέσιμου Ύψους του Υδροστροβίλου και Επιλεγμένες Αναμενόμενες Καμπύλες (Predicted)

Το προηγούμενο ενδεικτικό όργανο (Graph Εικόνα 10.21) βρίσκεται στην παλέτα των controls και τοποθετείται στο front panel κατά τα γνωστά. Από εκεί και έπειτα είναι θέμα του σχεδιαστή (ή ακόμα και του χρήστη) να επιλέξει το στυλ τα χρώματα και λοιπά των καμπυλών. Οι επιλογές αυτές υπενθυμίζεται ότι γίνονται από τις ιδιότητες του graph (δεξιά κλικ πάνω σε αυτό), επίσης κάποιες αλλαγές γίνονται και από τα υπομνήματα (πάνω δεξιά) με δεξιά ή απλό κλικ και επιλογή από το εμφανιζόμενο μενού των αλλαγών που επιθυμούμε.

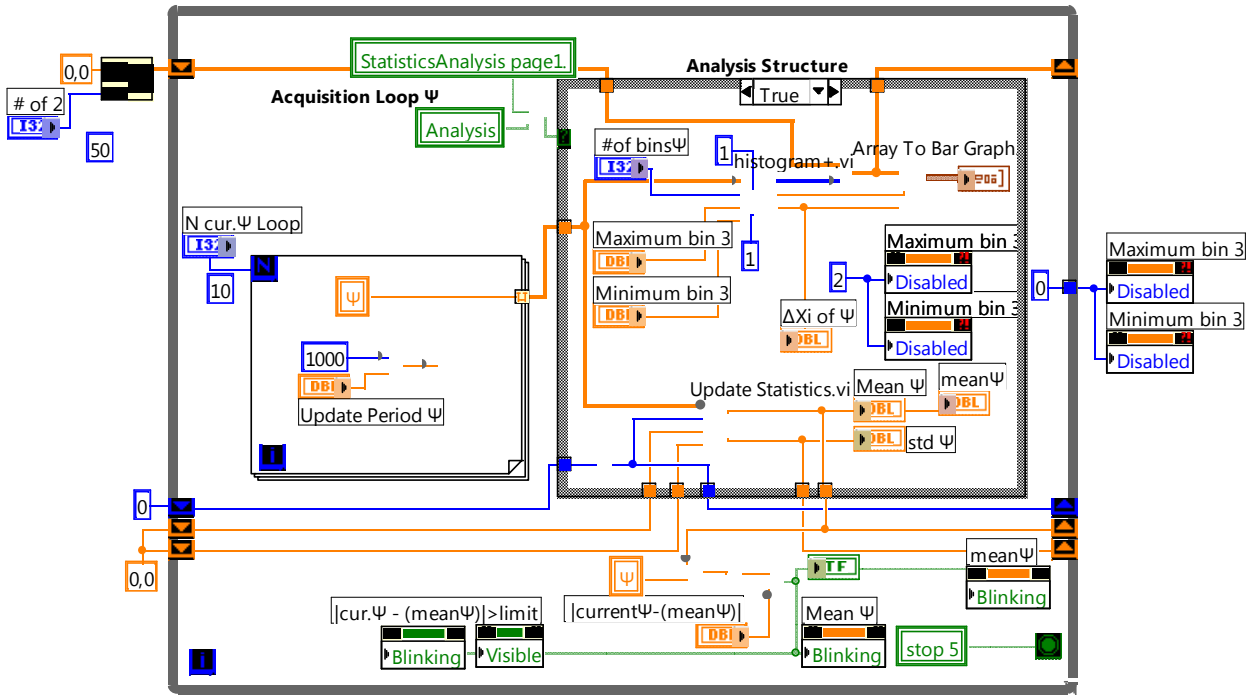
10.1.8 Η δομή της στατιστικής ανάλυσης-επεξεργασίας των αδιάστατων παραμέτρων

Προτού δοθούν τα τμήματα του κώδικα που υλοποιούν την στατιστική επεξεργασία-ανάλυση, δίνεται ένα μονογραμμικό διάγραμμα της σύνδεσης των δεδομένων αυτής με τις πηγές και διάφορες δομές επεξεργασίας αυτών.



Εικόνα 10.22 Σχηματικά η λειτουργία της στατιστικής ανάλυσης

Η επόμενη δομή (της στατιστικής ανάλυσης) επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές στον συνολικό κώδικα, όσα και τα μεγέθη προς επεξεργασία (Φ , Ψ , η , Nm). Λόγω του ότι είναι ακριβώς ίδια παρακάτω δείχνεται μόνον η μια αυτή της Ψ .



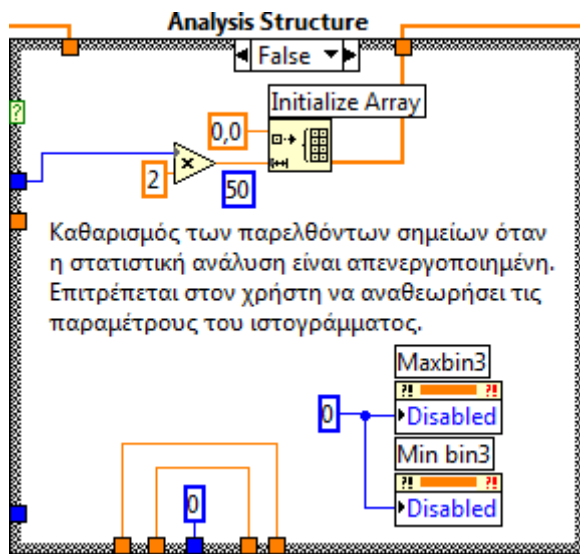
Εικόνα 10.23 Η δομή της στατιστικής ανάλυσης

Αυτό το διάγραμμα δέχεται τις τιμές της Ψ , τόσες όσες καθορίζει το χειριστήριο “Ncur. Ψ Loop”, βρίσκει τη μέση τιμή, και τυπική απόκλιση αυτών και τις προβάλλει στα ενδεικτικά. Όταν γίνει ανανέωση των παραπάνω υπολογίζει τις νέες τιμές και τις εμφανίζει και αυτές στα προηγούμενα ενδεικτικά.

Παρατηρήσεις:

- οι τιμές προς επεξεργασία σε αυτόν τον βρόχο (και στους άλλους των Φ , η , Nm) εισέρχονται με τη βοήθεια της τοπικής μεταβλητής Ψ , από τον κεντρικό βρόχο while που υπολογίζει αυτές τις τιμές.
- Το τμήμα του κώδικα που βρίσκεται στο κάτω μέρος της παραπάνω δομής απλά ειδοποιεί αν η διαφορά ($|Current \Psi - mean \Psi|$) της τρέχουσας τιμής του Ψ (current Ψ) με την τιμή της μέσης τιμής του Ψ (mean Ψ) βγει εκτός κάποιων προκαθορισμένων ορίων.

Όταν απενεργοποιείται η στατιστική επεξεργασία, έχουμε την False περίπτωση ενεργοποιημένη της δομής “Analysis Structure”. Αυτό το τμήμα επιτρέπει στον χρήστη να αναθεωρήσει τις παραμέτρους του ιστογράμματος. Επίσης γίνεται αυτόματα καθαρισμός, των παρελθόντων τιμών, έτσι ώστε να παραχθούν οι νέες τιμές των παραμέτρων θέσεως και μεγέθους της διασποράς των Φ Ψ η και Nm. Η False περίπτωση φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



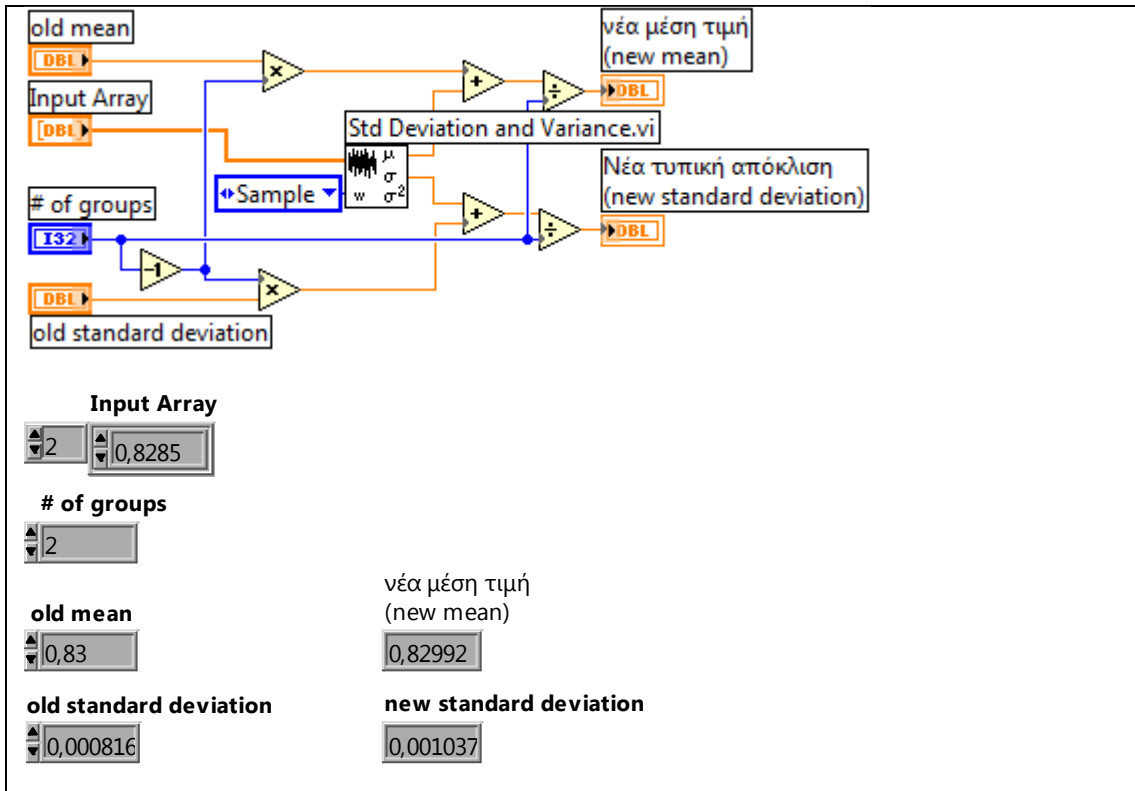
Εικόνα 10.24 Ψευδής υπόθεση της στατιστικής ανάλυσης

Η συνάρτηση initialize Array τοποθετεί τόσα μηδενικά όσα έχει επιλέξει ο χρήστης στο χειριστήριο #ofbins. "bin"= "κλάση"= "καθορισμένη περιοχή τιμών, εντός τις οποίας εμφανίζονται οι μέσες τιμές των διαφόρων μεγεθών". Επιπλέον λεπτομέρειες στο κεφάλαιο 4.

Ο κώδικας του subvi “Update statistics” δείχνεται στην συνέχεια.

10.1.8.1 Υπό εικονικό όργανο Ανανέωσης των Στατιστικών μεγεθών (Subvi update statistics)

Για να γίνει κατανοητή η λειτουργία του παρακάτω κώδικα καλό θα ήταν να μελετάται παράλληλα και το προηγούμενο τμήμα του.



Εικόνα 10.25 Block Diagram και Front Panel του subvi ανανέωσης των στατιστικών μεγεθών

Η λειτουργία που επιτυγχάνει είναι κάθε φορά που γίνεται ανανέωση (είναι διαθέσιμο το επόμενο δείγμα) της στατιστικής ανάλυσης να υπολογίζει την νέα μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Στον παραπάνω κώδικα τα μεγέθη του προηγούμενου κύκλου ήταν 0.83, 0.000816 και με την εισαγωγή του νέου πίνακα τιμών (input array) μετατράπηκαν σε 0.82992, 0.001037.

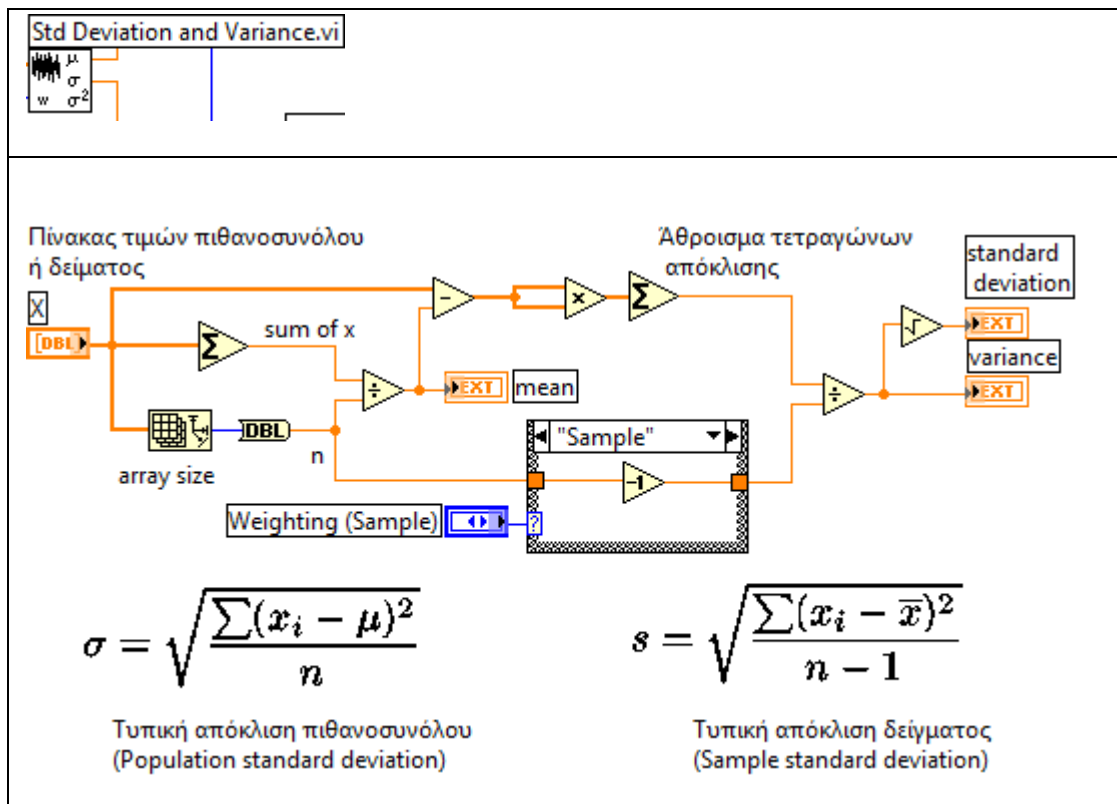
Οι “old” τιμές είναι αποθηκευμένες στους καταχωρητές (shift register)

Το sub vi “Std Deviation and Variance” (τυπικής απόκλισης και μεταβλητότητας) περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

10.1.8.2 Υπό-εικονικό όργανο τυπικής απόκλισης και μεταβλητότητας (Subvi standard deviation and variance)

Αυτό το subvi υπολογίζει τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, και τη μεταβλητότητα των τιμών (x) της εισόδου. Οι εισοδοί εναλλάσσονται μεταξύ της παραμέτρου της παροχής Φ, της

παραμέτρου του ύψους Ψ , του ολικού βαθμού απόδοσης η , και της μηχανικής ισχύος N_m , του υδροστρόβιλου.



Εικόνα 10.26 Εικονίδιο και αντίστοιχος κώδικας υπό-εικονικού οργάνου υπολογισμού των μέσης τιμής, τυπικής απόκλισης, και μεταβλητότητας

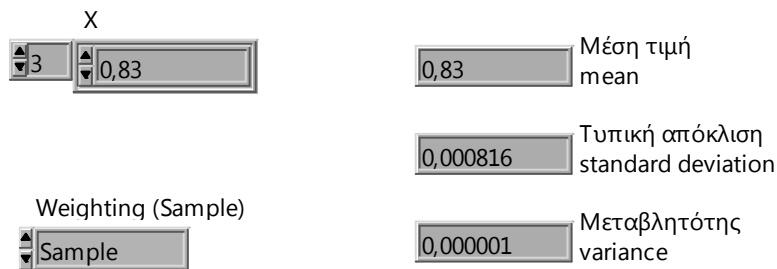
Όλα τα στοιχεία που αποτελούν το συγκεκριμένο κώδικα μπορούν να τοποθετηθούν και να συνδεθούν με τους τρόπους που αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα, χρησιμοποιώντας τους τύπους που υπολογίζουν τη μέση τιμή και τα άλλα δυο μεγέθη.

Γνωρίζουμε ότι μέση τιμή \bar{x} ενός δείγματος μεγέθους N καλείται ο αριθμητικός μέσος όρος των τιμών x_i του δείγματος και δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\bar{x} = \sum_{1}^{n} \frac{x_i}{N}$$

Σημείωση: Περισσότερες λεπτομέρειες για τα στατιστικά μεγέθη υπάρχουν στο Κεφάλαιο 4.

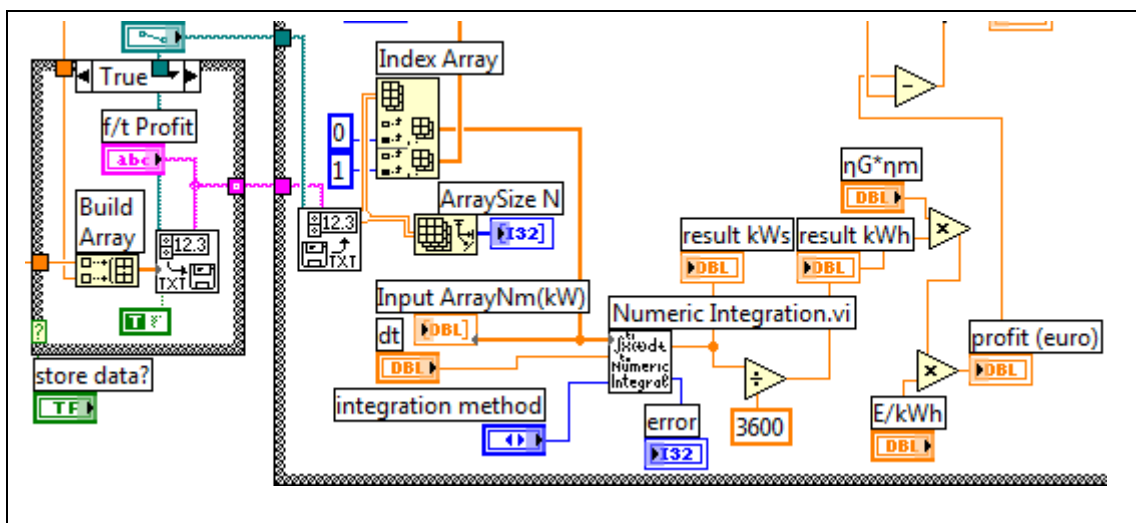
Ο προηγούμενος κώδικας εφαρμόζει τις παραπάνω εξισώσεις για να προβάλλει τα αποτελέσματα στα ενδεικτικά του επόμενου front panel.



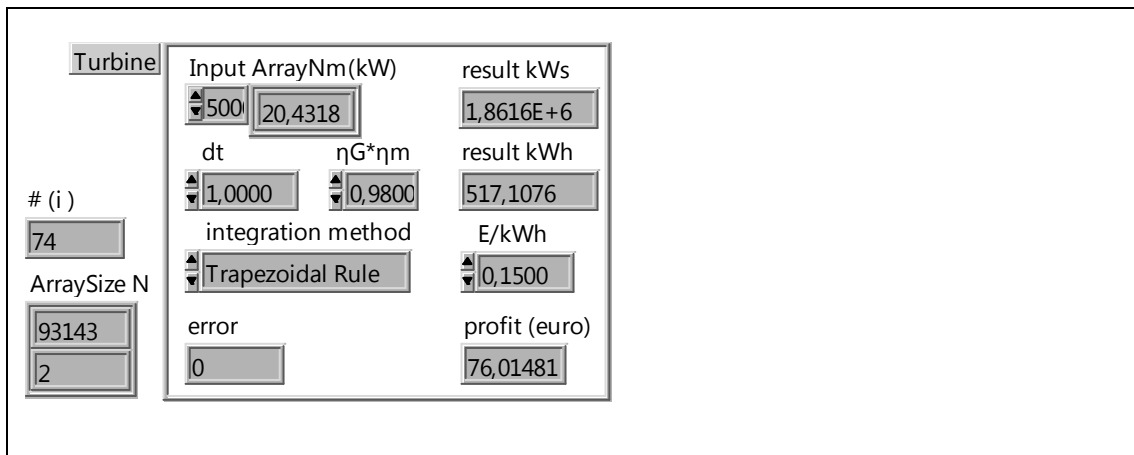
Εικόνα 10.27 Front Panel του subνί υπολογισμού της τυπικής απόκλισης και της μεταβλητότης

10.1.9 Ποιοτικός υπολογισμός κέρδους από την παραγωγή ισχύος του υδροστρόβιλου, μια απλή εφαρμογή της αριθμητικής ολοκλήρωσης

Το παρακάτω τμήμα αποθηκεύει τις τρέχουσες τιμές των μεγεθών Nm σε ένα αρχείο txt και έπειτα διαβάζει αυτές και υπολογίζει τα εμβαδά, kW, των υποτιθέμενων διαγραμμάτων των Nm συναρτήσει του χρόνου. Έπειτα χρησιμοποιούνται απλές εξισώσεις για την μετατροπή σε kWh και τέλος σε κόστος ή κέρδος σε ευρώ θεωρώντας σταθερά την τιμή της κιλοβατώρας, συντελεστές απόδοσης γεννήτριας- μετασχηματιστών-καλωδιώσεων.



Εικόνα 10.28 Κώδικας υπολογισμού του «κέρδους»



Εικόνα 10.29 Front Panel του προηγούμενου κώδικα

Στο παραπάνω τμήμα του front panel έχουμε δύο πίνακες, “Array Size N”, και “Input Array Nm (kW)”. Ο πρώτος αποτελείται μόνον από δύο στοιχεία ο δεύτερος περιέχει τόσα όσα και η πρώτη στήλη του αρχείου όπου αποθηκεύονται οι τιμές της Nm.

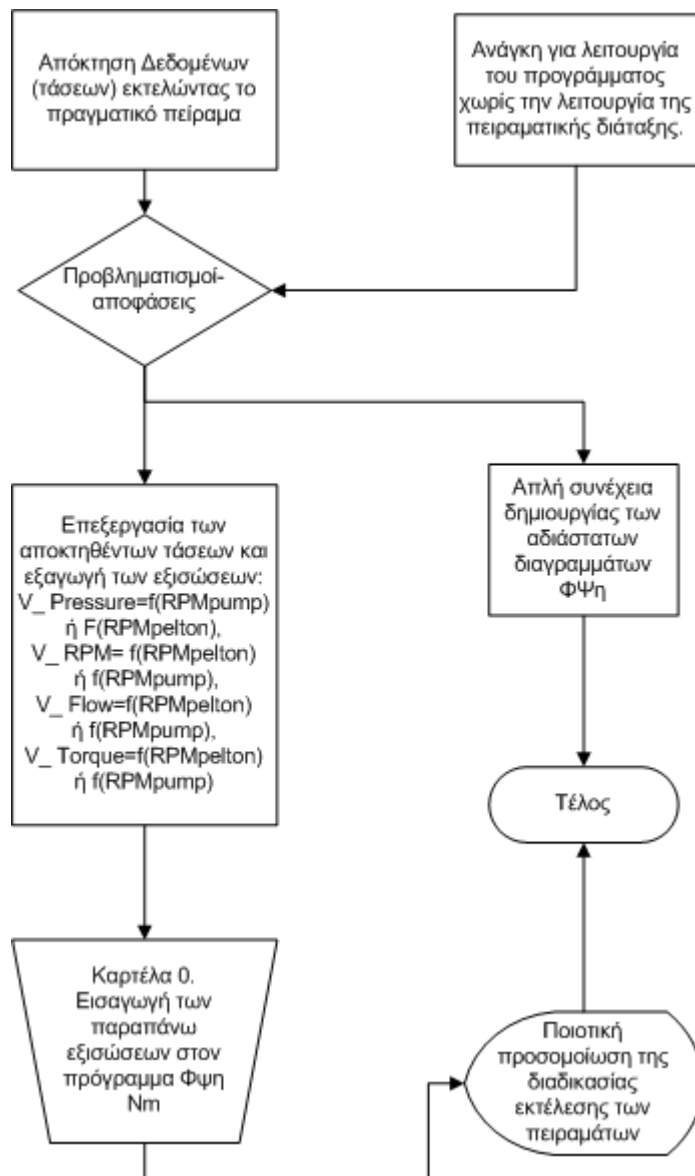
Λεπτομέρειες για το τι δείχνει το κάθε όργανο δίνονται από τις context help που εμφανίζονται όταν περνά ο κέρσορας πάνω από αυτό. Γενικά αν κάποιος κοιτάξει προσεκτικά τον προηγούμενο κώδικα που αντιστοιχεί σε αυτό το front panel μπορεί εύκολα να καταλάβει τη λειτουργία του.

10.1.10 Ποιοτική-εικονική-υβριδική προσομοίωση των τάσεων

Αυτό το τμήμα είναι αποτέλεσμα των διάφορων παρατηρήσεων κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων, της απόκτησης σχετικής ευχέρειας προγραμματισμού με το LabVIEW, και της επεξεργασίας των αποκτηθέντων δεδομένων από τις μετρήσεις.

Στη συνέχεια δείχνεται η βασική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την υλοποίηση της ποιοτικής προσομοίωσης.

Σκοπός ήταν 1^ο ο έλεγχος λειτουργίας του προγράμματος κατά τα στάδια της δημιουργίας και εξέλιξης του χωρίς την λειτουργία της πειραματικής διάταξης, και 2^ο η ποιοτική επίδειξη της εξέλιξης της πειραματικής διαδικασίας απόκτησης των δεδομένων. Επίσης μπορεί απλά να θεωρηθεί ένα επιπλέον παράδειγμα χρήσιμο κατά την εκμάθηση των δυνατοτήτων - λειτουργιών του LabVIEW.

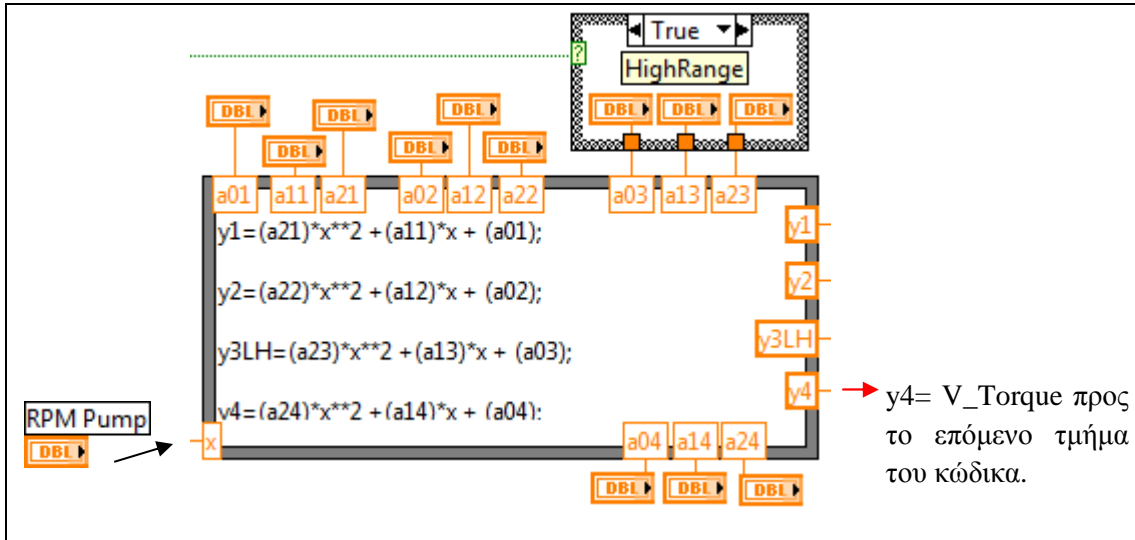


Εικόνα 10.30 Ποιοτική-Υβριδική προσομοίωση των τάσεων

Στη συνέχεια ακολουθούν τμήματα του κώδικα (Block Diagram) και του Front Panel που δημιουργήθηκαν για να επιτύχουν αυτή την ποιοτική-εικονική και ίσως υβριδική (διότι χρησιμοποιεί και δεδομένα από το πραγματικό πείραμα) προσομοίωση.

10.1.10.1 Μεταβλητές στροφές αντλίας ή υδροστροβίλου

Τα κύρια μέρη που εκτελούν την εργασία αυτή είναι τα παρακάτω.

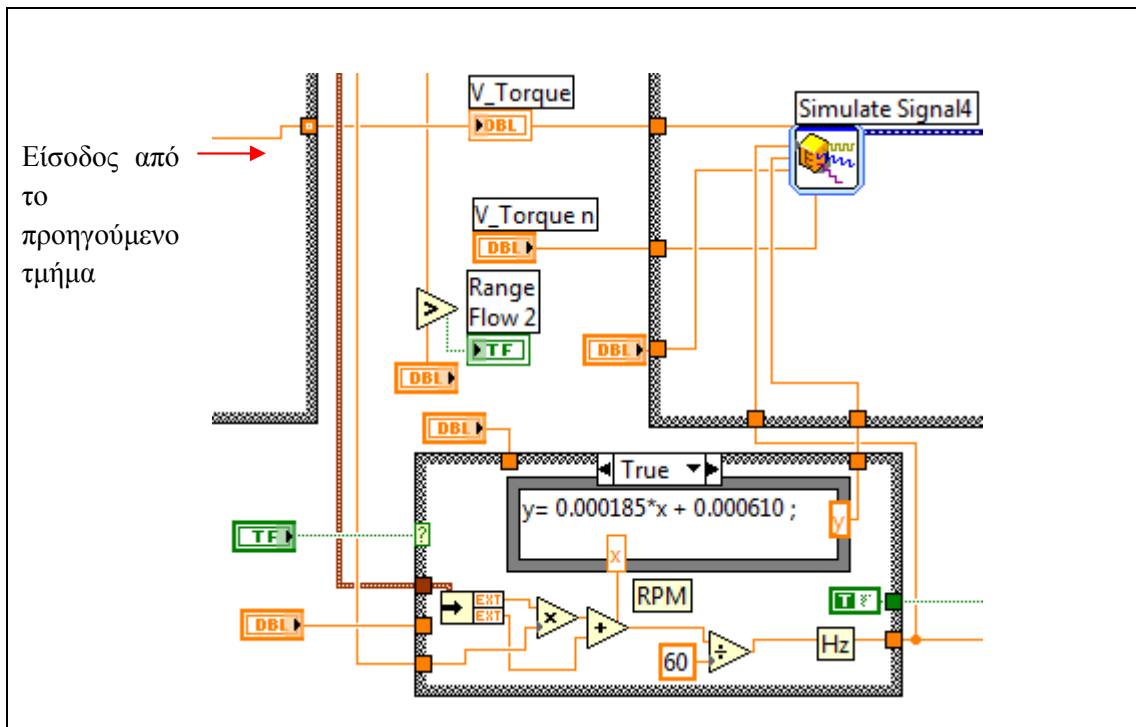


Εικόνα 10.31 Τμήμα κώδικα υβριδικής προσομοίωσης των πειραμάτων

Σε αυτόν τον κώδικα έχουμε με $x = \text{RPM}$ αντλίας την μοναδική είσοδο, κατά τα πειράματα μεταβλητών στροφών τις αντλίας και σταθερών του μοντέλου. Έξοδοι $y1 =$ τάση της πίεσης στο σημείο μέτρησης του πραγματικού πειράματος, $y2 =$ τάση των στροφών του υδροστροβίλου, $y3 =$ τάση του ροόμετρου, $y4 =$ τάση της ροπής στην άτρακτο του μοντέλου.

Στην συνέχεια οι τάσεις τροφοδοτούνται στις συναρτήσεις `simulate signal` οι οποίες προσθέτουν π θόρυβο στο σήμα, κάτι που ίσχυε και στο πραγματικό πείραμα.

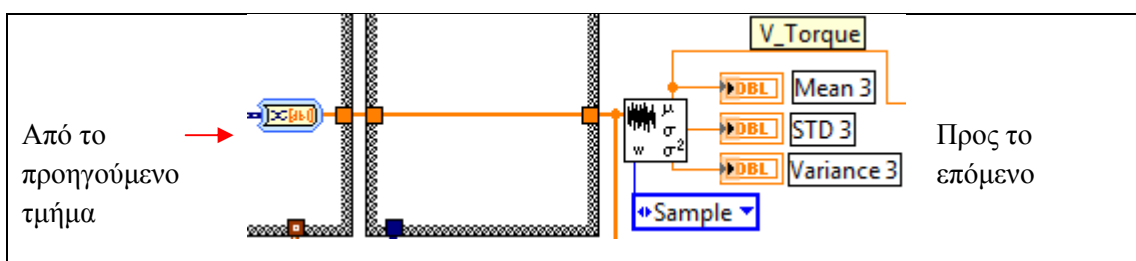
Η case structure απλά χρησιμεύει στην αλλαγή της περιοχής λειτουργίας του ροόμετρου. Η Αληθής υπόθεση, που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, περιέχει τους τερματικούς των χειριστηρίων επιλογής των συντελεστών της εξίσωσης βαθμονόμησης της Υψηλής Περιοχής (High Range) του ροόμετρου.



Εικόνα 10.32 Κώδικας εισαγωγής της συχνότητας περιστροφής του δρομέα στο σήμα της ροπής κατά την προσομοίωση

Κατά την εκτέλεση των πειραμάτων βρέθηκε ότι στο σήμα (εικόνες αυτού υπάρχουν στο κεφάλαιο 5) της ροπής εισέρχεται και η συχνότητα περιστροφής της ατράκτου του υδροστροβίλου έτσι τοποθετήθηκε και το τμήμα που φαίνεται στο κάτω μέρος του παραπάνω κώδικα. Το τελευταίο απλά μεταβάλλει τη συχνότητα και το εύρος του “simulate signal vi” της τάσης της ροπής.

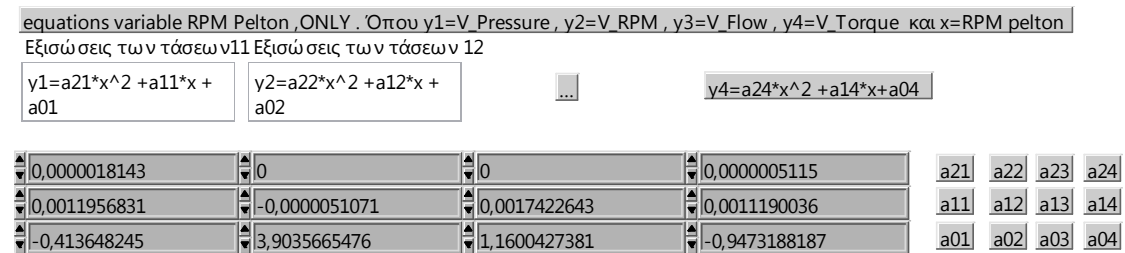
Το επόμενο τμήμα είναι και το τελευταίο που αποτελεί το μέρος της ποιοτικής προσομοίωσης. Αυτό συνδέεται με τα ίδια τμήματα που συνδέεται και ο κώδικας του πραγματικού πειράματος.



Εικόνα 10.33 Τελευταίο τμήμα της ποιοτικής- υβριδικής προσομοίωσης

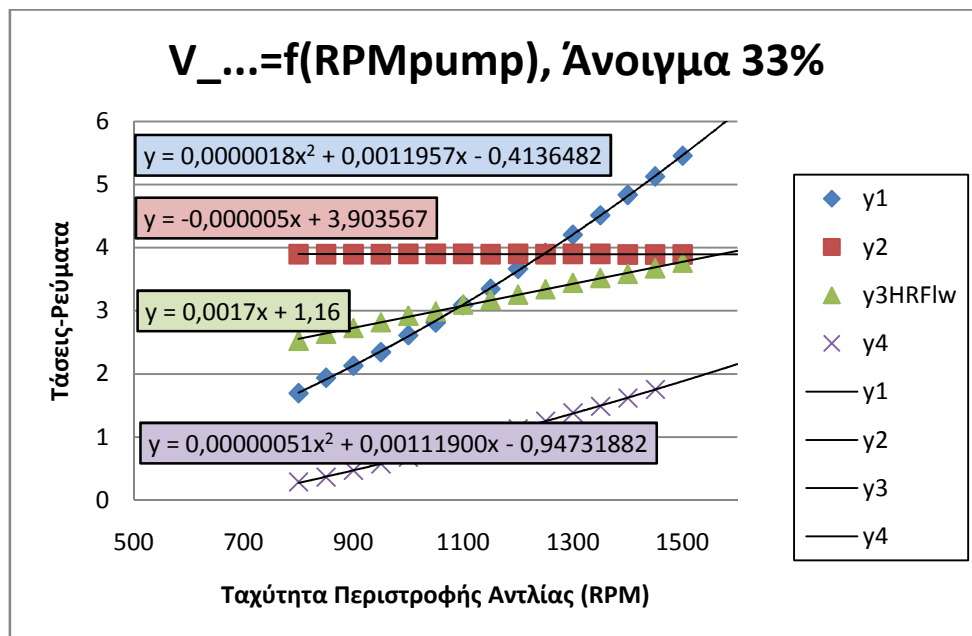
Το νί που μετατρέπει τα μπλε, δυναμικά δεδομένα, σε πίνακα απλών αριθμών ονομάζεται “convert from dynamic data” και βρίσκεται κατά τα γνωστά από την παλέτα των συναρτήσεων.

Το μόνο τμήμα του front panel που ίσως έχει ενδιαφέρον είναι το επόμενο και το οποίο είναι τα χειριστήρια που ελέγχουν τους συντελεστές των πολυωνύμων των εξισώσεων των τάσεων.



Εικόνα 10.34 Χειριστήρια εισαγωγής των συντελεστών των εξισώσεων της προσομοίωσης

Οι συντελεστές αυτοί ευρίσκονται προσεγγίζοντας τα αποκτηθέντα σημεία των τάσεων με κάποιο πολυώνυμο. Παρακάτω φαίνεται ένα από τα διαγράμματα του EXCEL που δημιουργήθηκε για να κάνει αυτή την προσέγγιση.



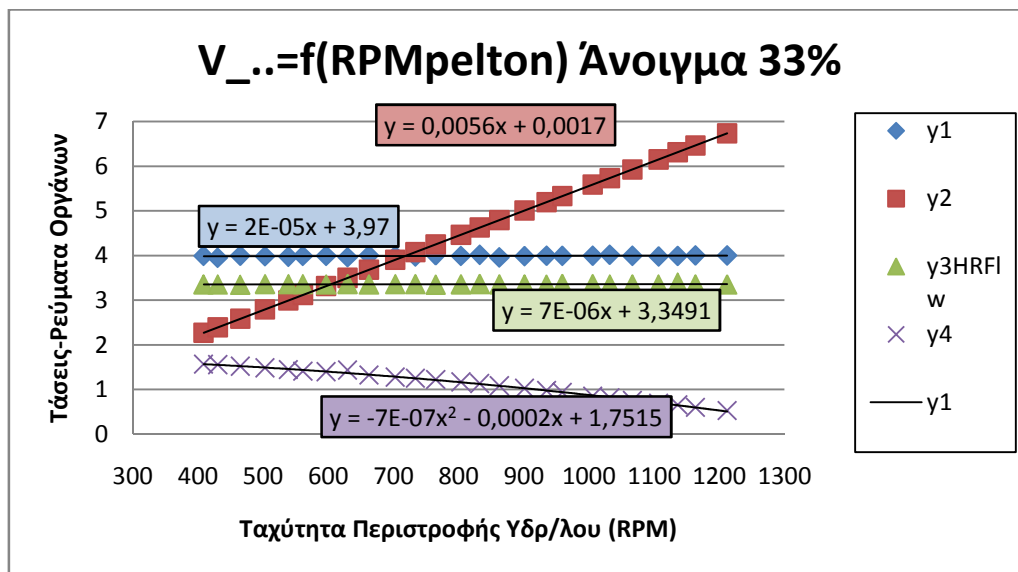
Εικόνα 10.35 Διαγράμματα των τάσεων για τα πειράματα Σταθερών Στροφών του Pelton (y_1 = σήμα πίεσης, y_2 = σήμα στροφών, y_3 = σήμα της παροχής, y_4 = σήμα της ροπής)

test6	γ1	γ2	γ3	γ4
RPM Pump				
800	1,6952	3,896	2,5247	0,2879
850	1,9391	3,8961	2,6351	0,3626
900	2,1295	3,8963	2,7257	0,4704
950	2,3452	3,8965	2,8176	0,5739
1000	2,6129	3,9016	2,9195	0,6812
1050	2,816	3,9017	2,9887	0,7914
1100	3,09	3,9017	3,0995	0,9071
1150	3,3472	3,8972	3,1715	1,0197
1200	3,6636	3,9019	3,2553	1,13
1250	3,9154	3,8982	3,3404	1,2515
1300	4,2035	3,9026	3,4407	1,3843
1350	4,5106	3,9027	3,5204	1,4854
1400	4,8345	3,8908	3,5837	1,6176
1450	5,1265	3,8911	3,6721	1,7531

Εικόνα 10.36 Τιμές των τάσεων από το πραγματικό πείραμα

Ο προηγούμενος πίνακας (Εικόνα 10.36) περιέχει τις πραγματικές αποκτηθείσες τάσεις από το μετρητικό σύστημα.

Όμοια έχουμε για την εικονική-ποιοτική προσομοίωση των πειραμάτων μεταβλητών στροφών του υδροστροβίλου και σταθερών στροφών της αντλίας. Η μόνη διαφορά είναι ότι τότε ο άξονας των x στο παραπάνω διάγραμμα είναι οι στροφές του υδροστροβίλου. Το επόμενο διάγραμμα είναι αυτού του πειράματος.



Εικόνα 10.37 Διαγράμματα των τάσεων για τα πειράματα Σταθερού Υδραυλικού Ύψους (γ1= σήμα πίεσης, γ2= σήμα στροφών, γ3= σήμα της παροχής, γ4= σήμα της ροπής)

Όμοια τοποθετούμε τους συντελεστές των εξισώσεων, που φαίνονται στο διάγραμμα, στα αντίστοιχα χειριστήρια της καρτέλας 0. του προγράμματος και έτσι θα έχουμε την εικονική προσομοίωση και αυτού του ανοίγματος.

Επίσης η ίδια διαδικασία ακολουθείται για την δημιουργία των αντίστοιχων διαγραμμάτων για την λειτουργία και των δύο ακροφυσίων.

10.1.10.2 Μεταβλητές στροφές αντλίας και υδροστροβίλου

Προσοχή χρειάζεται όταν θέλουμε να προσομοιώσουμε, ποιοτικά, την λειτουργία μεταβλητών στροφών και των δύο μηχανών, αντλίας και υδροστροβίλου. Σε αυτή την περίπτωση χρειάζεται συνδυασμός των εξισώσεων των δύο τεχνικών (i. Σταθερές στροφές υδροστροβίλου, ii. Σταθερό Διαθέσιμο Υδραυλικό Ύψος υδροστροβίλου).

Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παραδοχές:

1^{ov} Η πίεση και η παροχή στα σημεία μέτρησης εξαρτάται μόνον από τις στροφές της αντλίας και το άνοιγμα των ακροφυσίων,

2^{ov} οι στροφές του Pelton εξαρτώνται μόνον από το δικό του χειριστήριο,

3^{ov} η ροπή στην άτρακτο του υδροστροβίλου μπορεί να θεωρηθεί γραμμικός συνδυασμός των εξισώσεων της ροπής που έχουν αποκτηθεί από τις δύο διαφορετικές τεχνικές.

Σύμφωνα με τις παραπάνω παραδοχές οι εξισώσεις της ροπής θα είναι δύο μεταβλητών, οι εξισώσεις της πίεσης και της παροχής θα λαμβάνονται από τα πειράματα i, και τέλος αυτές της ταχύτητας περιστροφής του υδροστροβίλου από τα πειράματα ii..

Η υπόλοιπη διαδικασία είναι ίδια, τοποθέτηση των συντελεστών των εξισώσεων στα χειριστήρια κλπ.

10.1.11 Ενδεικτικά Ειδοποιήσεων – Πληροφοριών

10.1.11.1 Ενδεικτικά Ειδοποιήσεων

Έστω ότι θέλουμε να εμφανίσουμε ένα μήνυμα όταν επαληθεύεται μια συνθήκη, παραδείγματος χάριν όταν η τιμή της ταχύτητας c_{u2} πλησιάζει την τιμή μηδέν. Μια μορφή τμήματος κώδικα που θα επιτυγχάνει αυτή τη λειτουργία είναι ο επόμενος. Δίπλα φαίνεται το μήνυμα που θα εμφανίζεται, στην επιφάνεια του front panel, όταν έχουμε αληθής την συνθήκη.



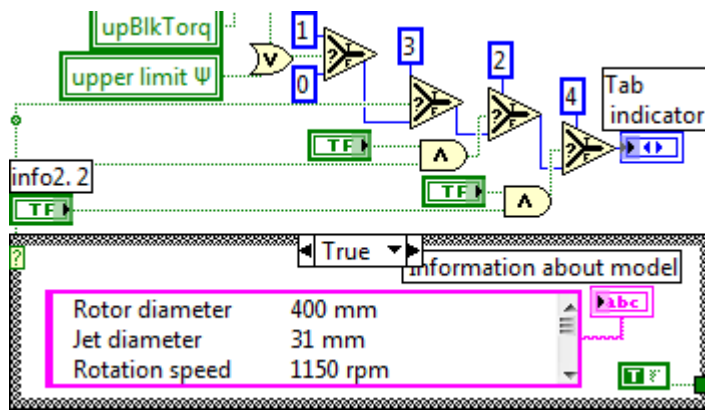
Εικόνα 10.38 Ένα παράδειγμα ενδεικτικού ειδοποίησης

Παρατήρηση: η συνάρτηση της απόλυτης τιμής (absolute value) χρησιμοποιείται διότι η ταχύτητα αλλάζει πρόσημο εκατέρωθεν του σημείου μεγίστου βαθμού απόδοσης, και δεν θα είχαμε το επιθυμητό αποτέλεσμα αν δεν την τοποθετούσαμε.

Ρυθμίσεις των χρωμάτων και άλλων χαρακτηριστικών του ενδεικτικού από το μενού Properties.

10.1.11.2 Ενδεικτικά Πληροφοριών

Παρακάτω δείχνεται το διάγραμμα του κώδικα που προβάλλει στην διεπιφάνεια χρήστη-προγράμματος μερικές πληροφορίες για το μοντέλο του υδροστροβίλου. Επίσης το συγκεκριμένο διάγραμμα κώδικα υλοποιεί την λειτουργία εναλλαγής διαφόρων σελίδων ενός tab control οι οποίες περιέχουν διάφορες πληροφορίες για την ποιοτική συνδεσμολογία του μετρητικού συστήματος, τρίγωνα ταχυτήτων στις διατομές εισόδου και εξόδου του σκαφιδίου.



Εικόνα 10.39 Κώδικας ενός ενδεικτικού πληροφοριών

Όλα τα στοιχεία που αποτελούν τον κώδικα είναι όλα γνωστά και βρίσκονται από τις συνήθεις παλέτες των συναρτήσεων για τον κώδικα και των χειριστηρίων για την επιφάνεια διαμεσολάβησης (ή front panel). Η τοπική μεταβλητή “upper limit Ψ” απλά όταν ικανοποιηθεί μια συνθήκη, όπως αυτή της προηγούμενης παραγράφου, ενεργοποιεί μια σελίδα-καρτέλα (συγκεκριμένου δείκτη πχ 1, σταθερά μπλε ορίων) του “tab indicator” ώστε ο χρήστης να πληροφορηθεί για την ικανοποίηση της συνθήκης.

Το ενδεικτικό που εμφανίζεται όταν ενεργοποιείται (γίνεται Αληθής) η “case structure” φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Επίσης εμφανίζονται και οι πληροφορίες που επιθυμούμε. Είναι ακριβώς αυτές που έχουμε τοποθετήσει στην αντίστοιχη σταθερά συμβολοσειράς (string constant) του παραπάνω κώδικα, όταν τον δημιουργούσαμε.

info2.2

SOME INFO...

Όταν ενεργοποιηθεί εμφανίζονται οι πληροφορίες που φαίνονται στο διπλανό ενδεικτικό όργανο.

Rotor diameter	400 mm
Jet diameter	31 mm
Rotation speed	1150 rpm
Flow rate	270,6 m3/h
Net Head	129,6 m
Mech. Power	(83 KW)
Buckets	22
Nozzles	2

Εικόνα 10.40 Front Panel ενός ενδεικτικού πληροφοριών

10.1.12 Κοσμητικά του front panel

Η μορφή το χρώμα και τα λοιπά χαρακτηριστικά του front panel δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες (properties) του κάθε αντικειμένου με δεξί κλικ πάνω σε αυτά. Κάποια παραδείγματα έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα. Περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των θεμάτων κρίνεται ότι δεν έχει ενδιαφέρον και θα ήταν περιττή.

Ο σχεδιασμός των διαφόρων αντικειμένων είναι θέμα κρίσης του κάθε σχεδιαστή, βέβαια καλό θα ήταν να ακολουθεί τους γενικούς κανόνες του κλασικού εργονομικού σχεδιασμού διαμεσολαβητών χρηστών-τεχνολογικών διατάξεων (μερικοί από τους κανόνες αυτούς μπορεί να έρχονται σε αντίθεση με τους κανόνες σχεδιασμού του LabVIEW και έτσι είναι θέμα σχεδιαστή να αποφασίσει, ανάλογα με την εξειδικευμένη χρήση του προγράμματός του, ποιους κανόνες θα τηρήσει).

Περισσότερες πληροφορίες για τον σχεδιασμό κλασσικών-παραδοσιακών διαμεσολαβητών παρέχονται στην βιβλιογραφία [8].

11

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ. Περιβάλλον Εργασίας -

Οδηγίες Χρήσεως - Ρυθμίσεως του προγράμματος

“LV Pelton”

Στο κεφάλαιο αυτό δίνονται κάποιες βασικές πληροφορίες για τις λειτουργίες-δυνατότητες του προγράμματος απόκτησης, αποθήκευσης, και σύγκρισης των παραμέτρων Φ, Ψ , του βαθμού απόδοσης, και της μηχανικής ισχύος. Επίσης δίνονται οδηγίες του τρόπου που επιτυγχάνονται οι προηγούμενες λειτουργίες και τέλος μερικές από τις βασικές ρυθμίσεις που χρειάζονται όταν αλλάζουν οι διάφορες συνθήκες.

11.1 Βασικές Λειτουργίες

Παρακάτω δείχνονται αριθμημένες οι λειτουργίες-εργασίες που μπορούν να επιτευχθούν χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο πρόγραμμα.

- I. Με τη «βοήθεια» ειδικού hardware και του αντίστοιχου software, απόκτηση και αποθήκευση των αδιάστατων παραμέτρων Φ, Ψ η και της διαστατής ισχύος N_m ή N'_m (kW), του κάθε σημείου λειτουργίας του μοντέλου. Επίσης υπάρχει δυνατότητα

απόκτησης και αποθήκευσης και των σημάτων (τάσεις για τα μεγέθη της πίεσης, των στροφών, της παροχής, και της ροπής “V_Pressure”, “V_RPM”, “V_Flow”, “V_Torque”) που λαμβάνονται από τα μετρητικά όργανα, έτσι ώστε αν χρειαστεί να μπορεί να γίνει επαλήθευση των τιμών Φ Ψ η .

- II. Εμφάνιση, σε πραγματικό χρόνο, κατά την εξέλιξη της πειραματικής διαδικασίας, των παραπάνω μεγεθών σε διαγράμματα (1) (Φ , Ψ), (Φ , η), (Φ , N_m ή N'_m). Στα ίδια διαγράμματα υπάρχει δυνατότητα να εμφανιστούν ταυτόχρονα και δεδομένα που έχουν αποκτηθεί με άλλες μεθόδους. Οι μέθοδοι αυτοί μπορεί να είναι πχ1 κρατώντας σταθερό το «υδραυλικό διαθέσιμο ύψος» - «στροφές αντλίας» και μεταβάλλοντας τις στροφές του μοντέλου, πχ2 από αριθμητική επίλυση της συγκεκριμένης ή όμοιας μηχανής. Επίσης μπορούν να εμφανιστούν και δεδομένα που αντιστοιχούν σε πειράματα που έχουν γίνει παλιότερα για το ίδιο μοντέλο.

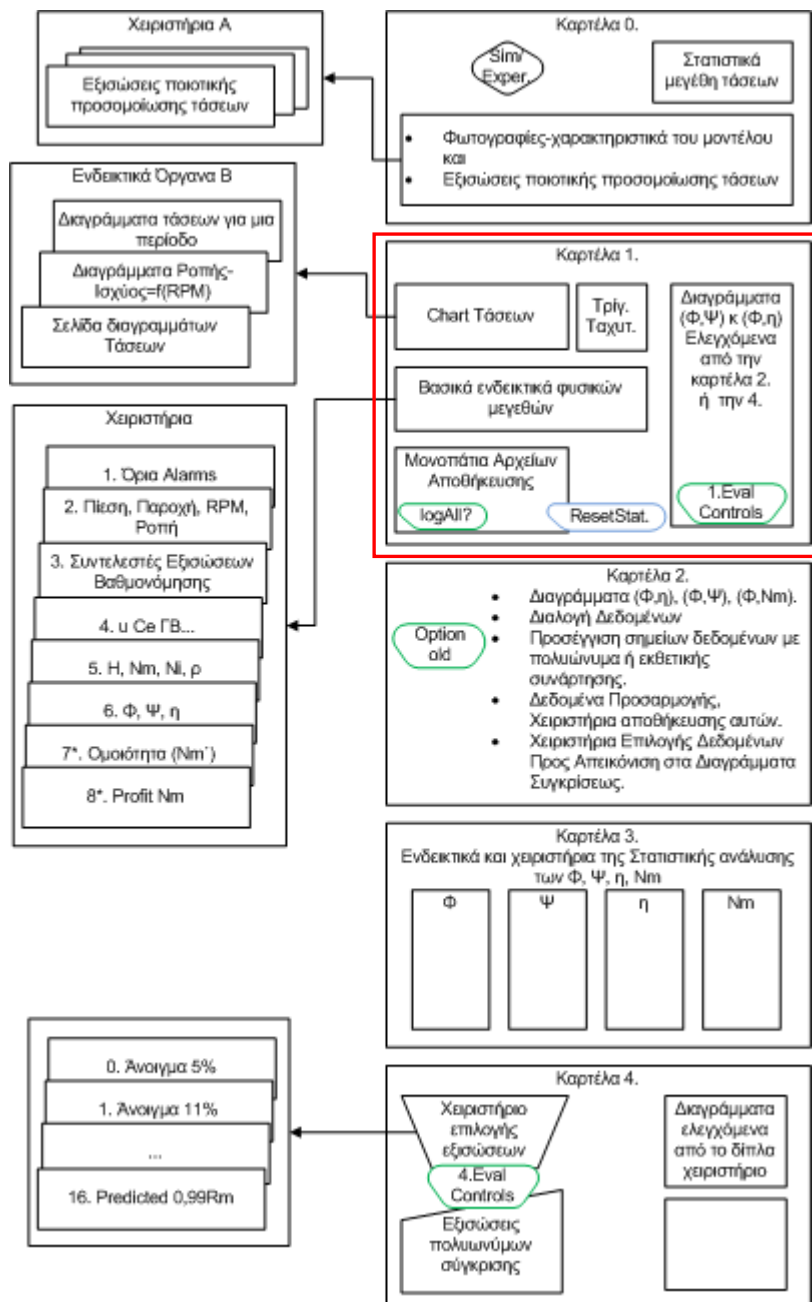
Σημείωση: Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν και με συνεργασία του συγκριμένου προγράμματος με φύλλο εργασίας EXCEL. Η διαδικασία περιγράφεται στα επόμενα.

- III. Στατιστική επεξεργασία των Φ , Ψ , η , N_m ή N'_m και ταυτόχρονα εμφάνιση, αποθήκευση των αποτελεσμάτων των μέσων τιμών (arithmetic means), και των τυπικών αποκλίσεων (Standard Deviations STD) των παραπάνω μεγεθών, στα διαγράμματα (1). Επίσης δυνατότητα δημιουργίας των ιστογραμμάτων των μέσων τιμών.
- IV. Δυνατότητα «διαλογής» (“sort-out”) των «προσωρινά» αποθηκευμένων σημείων (καρτέλα 2.).
- V. Ενδεικτική «προσομοίωση» της πειραματικής διαδικασίας, και της εξέλιξης των χειρισμών της. Δυνατότητα απόκτησης ενδεικτικών σημείων λειτουργίας τα οποία δεν μπορούν να αποκτηθούν κατά το πραγματικό πείραμα λόγω περιορισμών πχ στο σύστημα δημιουργίας του διαθέσιμου υδραυλικού ύψους (μέγιστη πίεση λειτουργίας ~ 10-12 bar).
- VI. Ποιοτικός υπολογισμός των τριγώνων ταχυτήτων εισόδου και εξόδου του σκαφιδίου και της διαμέτρου της δέσμης. Τα προηγούμενα για να υπολογιστούν χρειάζεται υπόθεση του συντελεστή απωλειών του ακροφυσίου (φ), η υπόθεση του βαθμού μηχανικών απωλειών (n_m) του συστήματος του δρομέα, και η γωνία εξόδου (β_2) της μέσης ταχύτητας από το ακροφύσιο (Λεπτομέρειες στο κεφάλαιο 4).

VII. Λειτουργία ως υποτυπώδη παλμογράφου. Με τη λειτουργία αυτή γίνεται πιο εύκολη η επιλογή μερικών παραμέτρων της αναλογισιακής μετατροπής, πχ της Sample Rate. Περαιτέρω στοιχεία στην παράγραφο «επιλογή του αριθμού των δειγμάτων».

11.2 Περιβάλλον χρήσης – επιφάνεια εργασίας (Front Panel) του προγράμματος και λειτουργίες βασικών χειριστηρίων και ενδεικτικών αυτού

Η συγκεκριμένη επιφάνεια εργασίας αποτελείται από πέντε βασικές σελίδες-καρτέλες, κάθε μια από τις οποίες αναφέρεται-αντιστοιχεί σε μια από τις λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω.



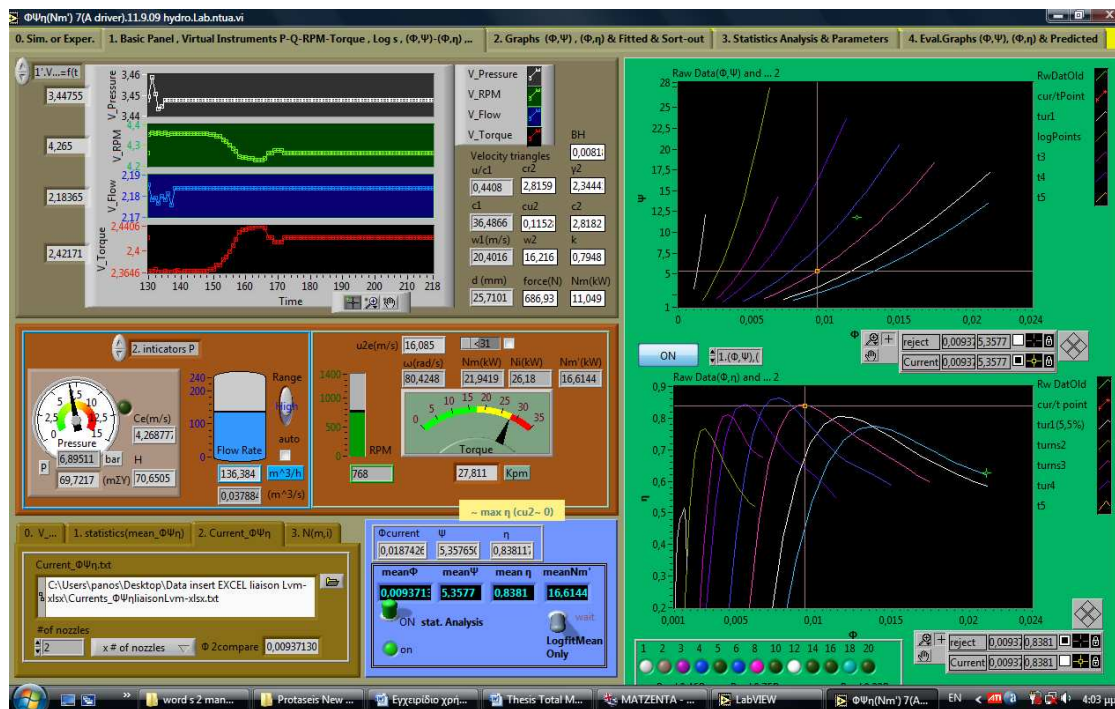
Εικόνα 11.1 Διαγραμματικά οι καρτέλες και τα διάφορα χειριστήρια και ενδεικτικά που περιέχονται στο “LV Pelton”

Στην προηγούμενη εικόνα δείχνεται ένα τυπικό μονογραμμικό διάγραμμα των σελίδων-επιφανειών εργασίας που αποτελούν το συγκεκριμένο πρόγραμμα, με τα βασικά χειριστήρια στα οβάλ σχήματα τα οποία εννοούν χειροκίνητη λειτουργία. Στο κόκκινο πλαίσιο βρίσκεται η βασική Καρτέλα 1 και η οποία είναι η χρησιμότερη για κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

Σημείωση: Το συγκεκριμένο πρόγραμμα δημιουργήθηκε με στόχο την **υποβοήθηση** του χειριστή και όχι την πλήρη αυτοματοποίηση των διαφόρων λειτουργιών.

Στις εικόνες που ακολουθούν βλέπουμε αυτές τις επιφάνειες, αρχίζοντας από την βασική επιφάνεια «1. Basic Panel, Virtual Instruments P-Q-RPM-Torque, Logs. », η οποία είναι και η πιο σημαντική για την εκτέλεση των πειραμάτων.

11.2.1 Καρτέλα 1. Basic Panel, Virtual Instruments P-Q-RPM-Torque, Logs



Εικόνα 11.2 «Βασική» επιφάνεια (καρτέλα 1.)

Η συγκεκριμένη επιφάνεια είναι αυτή στην οποία εμφανίζονται τα βασικά χειριστήρια και ενδεικτικά όργανα που χρειάζονται για την εμφάνιση, αποθήκευση, και σύγκριση των αποκτούμενων δεδομένων.

Στη μέση και αριστερά φαίνονται τα βασικά εικονικά ενδεικτικά των πίεσης (bar), παροχής ($\frac{m^3}{h}$), ταχύτητας περιστροφής του δρομέα του υδροστροβίλου (RPM), και ροπής στην άτρακτο του προηγούμενου (kpm). Αριστερά τα διαγράμματα (Φ, Ψ) και (Φ, η) , και τα

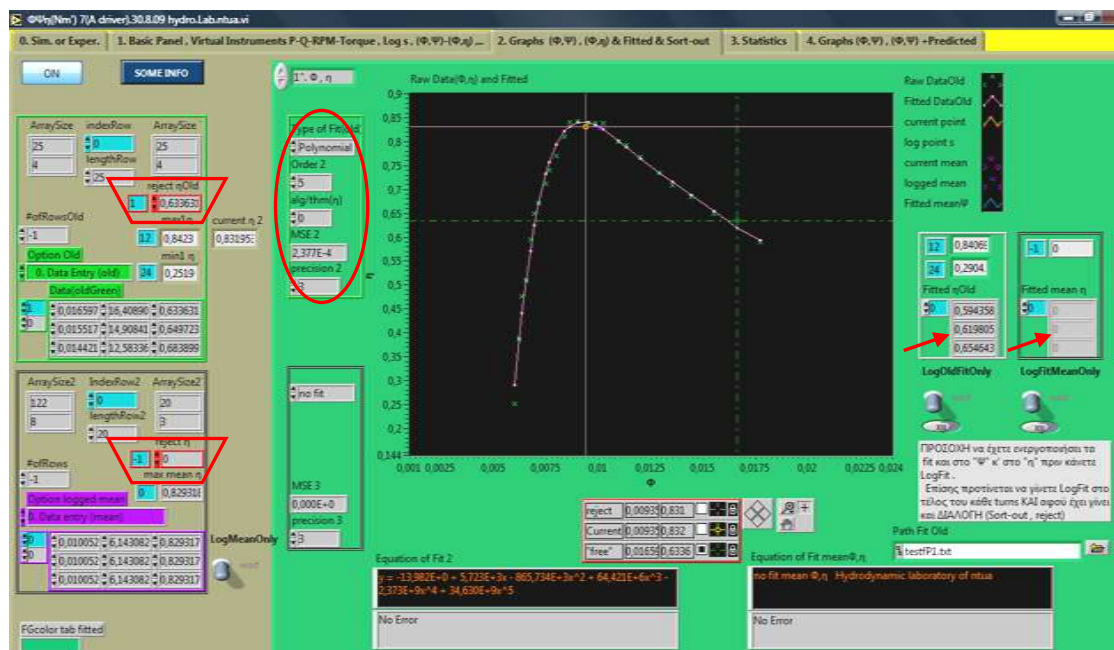
χειριστήρια Eval από τα οποία γίνεται η επιλογή των διαγραμμάτων σύγκρισης που θα προβληθούν (λεπτομέρειες σε επόμενη παράγραφο). Στον γαλάζιο φόντο, τα χειριστήρια και εικονικά όργανα της στατιστικής επεξεργασίας.

Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται σε αυτή την καρτέλα:

- RawDataOld: τα σημεία των παλιών δεδομένων όπου διαβάζονται (“read from txt file”) από την καρτέλα 2.
- Fitted DataOld: τα σημεία προσέγγισης των παραπάνω με χρήση κατάλληλης συνάρτησης. Η τελευταία ορίζεται από την καρτέλα 2.
- Current Point: τρέχον σημείο λειτουργίας (Φ , Ψ , η) όπου βρίσκεται ο υδροστρόβιλος
- logCur.points: τα αποθηκευμένα παραπάνω σημεία
- current mean: η τρέχουσα μέση τιμή
- logged mean: η αποθηκευμένες μέσες τιμές
- Fittedmeans: τα σημεία προσέγγισης των αμέσως προηγούμενων.

Οι παραπάνω συμβολισμοί ισχύουν και για τα διαγράμματα των άλλων σελίδων.

11.2.2 Καρτέλα 2. Graphs (Φ , Ψ), (Φ , η) & Fitted & Sort-out



Εικόνα 11.3 Καρτέλα 2. Επιφάνεια-σελίδα «διαλόγης» (“sort-out”)

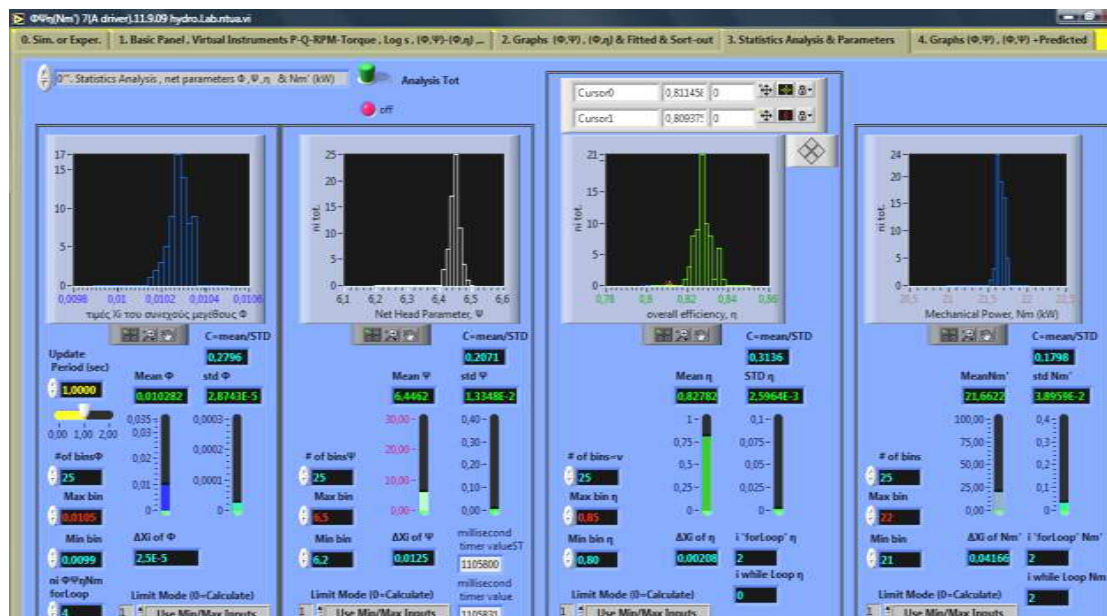
Η επιφάνεια της «Καρτέλας 2» περιέχει τρεις σελίδες, μια για το διάγραμμα (Φ , η), μια για το (Φ , Ψ) και μια για το (Φ , Nm'). Αναλυτική λειτουργία θα περιγραφεί στα επόμενα.

Αναφέρονται μερικά από τα βασικά χειριστήρια όργανα:

Αριστερά πάνω, μέσα στο πράσινο πλαίσιο, βλέπουμε τα εικονικά όργανα, ελέγχου, επιλογών (option) - λειτουργιών και ενδείξεων που αφορούν τα δεδομένα σύγκρισης με τα τρέχοντα. Ακριβώς από κάτω βλέπουμε τα αντίστοιχα των τρεχόντων. Τα σημαντικά χειριστήρια για την εύρεση του δείκτη του απορριπτόμενου σημείου κατά την λειτουργία της διαλογής έχουν περίγραμμα κόκκινο και σημειώνονται με κόκκινα τραπέζια, στην προηγούμενη εικόνα. Σημειώνεται ότι το τραπέζιο συμβολίζει χειροκίνητη διαδικασία (αυτή εξηγείται στην επόμενη παράγραφο «διαλογή προσωρινά αποθηκευμένων σημείων»).

Σημειωμένα με το σχήμα κόκκινης έλλειψης βλέπουμε τα χειριστήρια επιλογής των παραμέτρων της εξίσωσης προσέγγισης των σημείων σύγκρισης. Από κάτω είναι τα αντίστοιχα για την προσέγγιση των τρεχόντων αποθηκευμένων σημείων. Τα αποτελέσματα της προσέγγισης προβάλλονται δεξιά σημειωμένα με τα κόκκινα βέλη. Κάτω από τα διαγράμματα είναι τύποι των εξισώσεων προσέγγισης.

11.2.3 Καρτέλα 3. Statistics Analysis result & Parameters



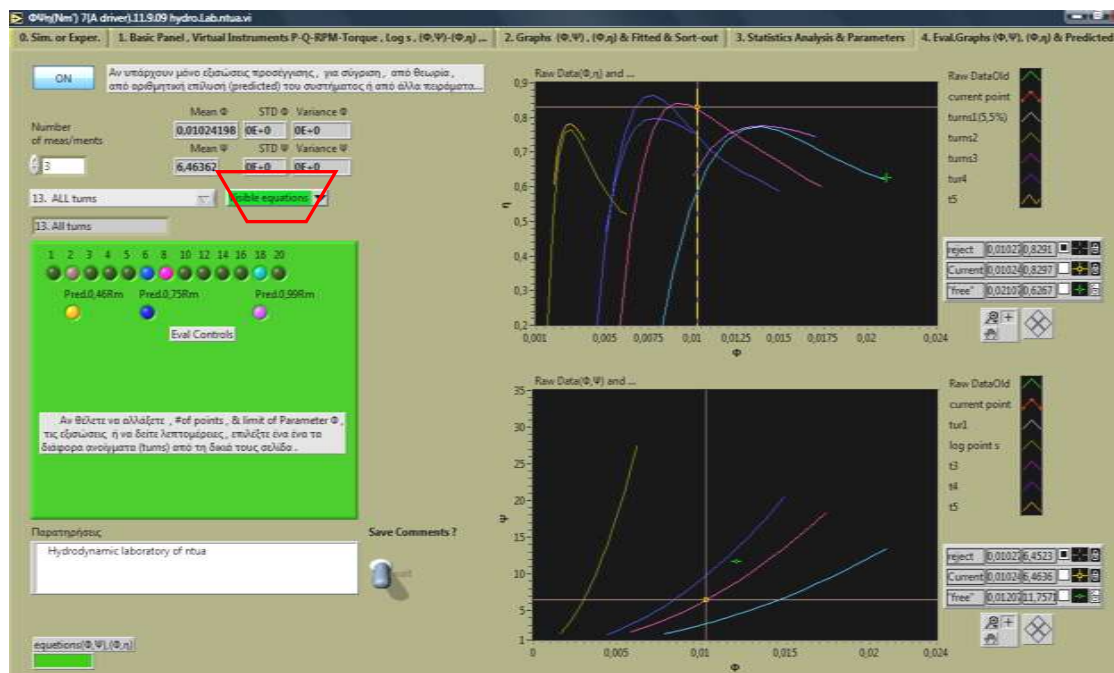
Εικόνα 11.4 Σελίδα επιλογής των παραμέτρων της στατιστικής ανάλυσης των Φ Ψ η Nm (καρτέλα 3.)

Στην προηγούμενη επιφάνεια φαίνονται τα εξής βασικά:

- ιστογράμματα των Φ , Ψ , η , Nm' ,
- μέσες τιμές(mean)
- τυπικές αποκλίσεις (standard Deviation-STD) των παραπάνω παραμέτρων και των η και Nm' ,
- οι αδιάστατοι συντελεστές μεταβολής C των παραπάνω μεγεθών.
- το χειριστήριο περίοδος ανανέωσης (update period, sec) των στατιστικών μεγεθών
- το χειριστήριο επιλογής αριθμού των κλάσεων (bins) που θα χωριστεί το διάστημα τιμών και τέλος
- το χειριστήριο επιλογής του αριθμού των στοιχείων του κάθε δείγματος ()

Οι ορισμοί των παραπάνω έχουν δοθεί στο Κεφάλαιο 4.

11.2.4 Καρτέλα 4. Eval.Graphs (Φ, Ψ), (Φ, η) & Predicted



Εικόνα 11.5 Δυνατότητα προβολής στο ίδιο διάγραμμα παραπάνω από μιας καμπύλης. Η κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε διαφορετικό άνοιγμα (turns), της βελόνης του(ων) ακροφυσίου (ων) (καρτέλα 4.).

Σε αυτή την επιφάνεια υπάρχει δυνατότητα προβολής στο ίδιο διάγραμμα παραπάνω από μιας καμπύλης. Η κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε διαφορετικό άνοιγμα (turns), της βελόνης του(ων) ακροφυσίου(ων) (καρτέλα 4.).

Για να σχεδιαστούν οι καμπύλες σύγκρισης στα διαγράμματα της παραπάνω σελίδας, χρειάζονται:

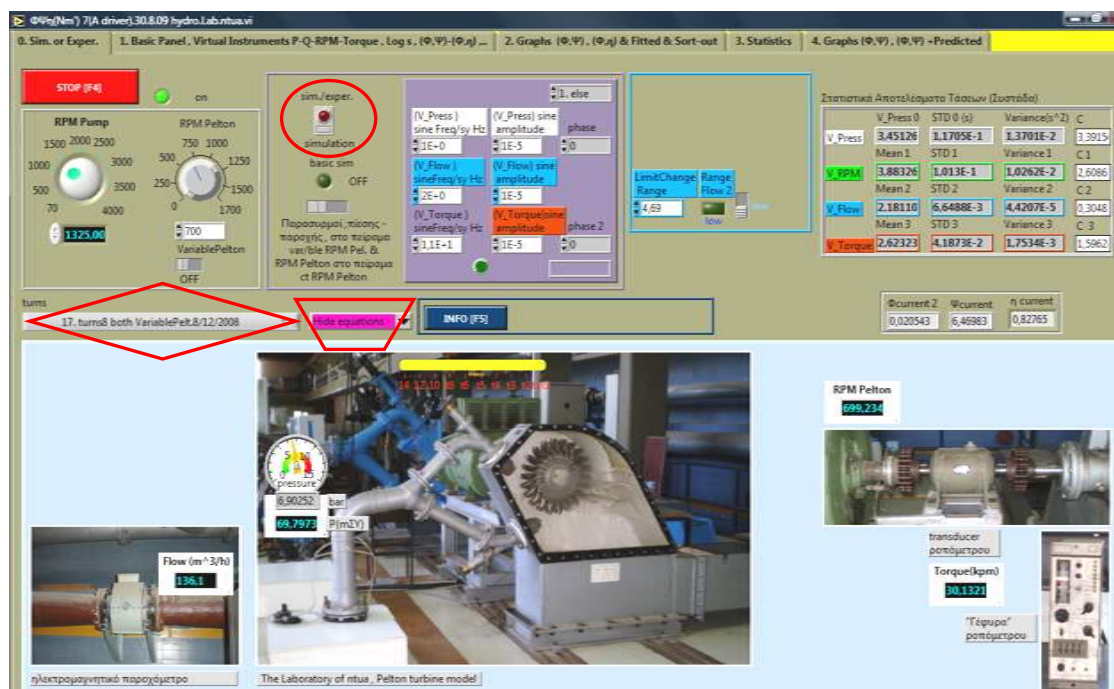
1. οι εξισώσεις μιας μεταβλητής [$\Phi=f(\eta)$, $\Phi=f(\Psi)$], πχ

2. τα όρια της Φ για την κάθε καμπύλη, πχ για το άνοιγμα 5.5% έχουμε

Οι παραπάνω «είσοδοι - τιμές» τοποθετούνται στα χειριστήρια συμβολοσειρών που εμφανίζονται αν επιλέξουμε εμφάνιση των εξισώσεων (*Visible equations*) από το αντίστοιχο χειριστήριο. Το τελευταίο φαίνεται στην προηγούμενη Εικόνα 10.5 μέσα στο κόκκινο σχήμα τραπεζίου (σύμβολο χειρισμού από τον χρήστη, χειροκίνητα).

Σημείωση: Η μορφή των χειριστηρίων τοποθέτησης των παραπάνω και ο τρόπος εισαγωγής δείχνονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

11.2.5 Καρτέλα 0. Sim. or Exper.



Εικόνα 11.6 Καρτέλα 0 Sim. or Exper..

Κατά την εκτέλεση του πραγματικού πειράματος η μόνη χρήση αυτής της καρτέλας είναι η επιλογή *experiment* από το αντίστοιχο χειριστήριο (χειριστήριο μέσα στην κόκκινο κύκλο).

Στις εικόνες απλά δείχνονται τα πραγματικά σημεία μετρήσεων και οι τιμές που λαμβάνονται από αυτά, με τη βοήθεια των εικονικών ενδεικτικών, κατά την εκτέλεση του πειράματος.

Από την ίδια σελίδα και από τα χειριστήρια **INFO** (βαθύ μπλε χρώματος ορθογωνίου σχήματος) είναι δυνατή η προβολή διαφόρων πληροφοριών για τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου μοντέλου υδροστροβίλου, και επιπλέον κατασκευαστικές λεπτομέρειες των σκαφιδίων.

Επίσης γίνεται δυνατή η επιλογή της εμφάνισης των εξισώσεων που χρησιμοποιεί η ποιοτική προσομοίωση των τάσεων, αν επιλεγεί από το εμφανιζόμενο μενού **visible equations** από το χειριστήριο που στην παραπάνω εικόνα είναι μέσα σε κόκκινο πλαίσιο σχήματος τραπεζίου.

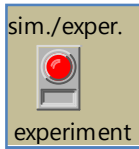
Το χειριστήριο στον κόκκινο ρόμβο ονομάζεται χειριστήριο **επιλογής ανοιγμάτων (turns)** και χρησιμοποιείται μόνον κατά την εικονική ποιοτική προσομοίωση των τάσεων (επιπλέον λεπτομέρειες αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο).

11.3 Βασικοί χειρισμοί για την επίτευξη των διαφόρων λειτουργιών

Οι παράγραφοι που ακολουθούν αναφέρονται στην χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου προγράμματος κατά την *εργαστηριακή* μελέτη μοντέλου υδροστροβίλου Pelton .

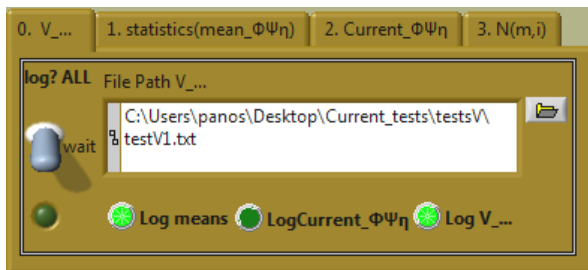
11.3.1 Περίπτωση I: Απόκτηση και αποθήκευση των αδιάστατων παραμέτρων Φ Ψ η και της διαστατής ισχύος N_m ή N'_m (kW) , του κάθε σημείου λειτουργίας του μοντέλου.

- Ανοίγουμε και τρέχουμε το vi “create txt files2.0” για να δημιουργηθούν τα txt που χρειάζονται για την αποθήκευση των τάσεων και των μέσων τιμών των παραμέτρων. Το txt που «συνεργάζεται» με το φύλλο του EXCEL δημιουργείται χειροκίνητα. Το μονοπάτι και το όνομα του τελευταίου που υπάρχει σαν προεπιλογή είναι το εξής: C:\Users\panos\Desktop\Data insert EXCEL liaison Lvm-xlsx\ Currents_ΦΨη liaisonLvm-xlsx.txt.
- Ανοίγουμε το συγκεκριμένο πρόγραμμα, με διπλό κλικ στη συντόμευση που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή μας , και θα εμφανιστεί η σελίδα “0. Sim. Or Exper.”. Τότε επιλέγουμε “experiment” από το control-χειριστήριο που φαίνεται στην επόμενη εικόνα .



Εικόνα 11.7 Κομβίον επιλογής μεταξύ των Δύο Βασικών Λειτουργιών του συγκεκριμένου νί, απόκτηση δεδομένων από το πραγματικό πείραμα (exper.) και της εικονικής-υβριδικής προσομοίωσης (sim.)

- Έπειτα επιλέγουμε την σελίδα «1. Basic Panel, Virtual Instruments P-Q-RPM-Torque, Log s, (Φ , Ψ) - (Φ , η)».
- Και από αυτή επιλέγουμε τα path των txt φακέλων, που θέλουμε να αποθηκεύονται τα μεγέθη που θα υπολογίζονται από το νί μας, από τις σελίδες του tab η μορφή του οποίου φαίνεται στην επόμενη Εικόνα 11.8.



Εικόνα 11.8 Καρτέλα επιλογής των "μονοπατιών" των αρχείων όπου θα αποθηκεύονται οι τάσεις και οι αδιάστατες παράμετροι. Από την σελίδα 0. επιλέγουμε το αρχείο των τάσεων.

- Όμοια επιλέγονται τα path των μέσων τιμών $\Phi\Psi\eta$ και των απλών (χωρίς «2^η» στατιστική επεξεργασία) «Current_ $\Phi\Psi\eta$ », από τις άλλες καρτέλες.

Από το παραπάνω tab υπάρχει η δυνατότητα να απενεργοποιηθεί η αποθήκευση τιμών που μπορεί σε κάποιο πείραμα να μην χρειάζονται.

- Αφού επιλεχθούν τα μονοπάτια των αρχείων έπειτα μπορούμε να θέσουμε σε λειτουργία το πρόγραμμα από το κομβίον Run.

Σημείωση: όλα τα παραπάνω μπορούν να γίνουν και όταν το πρόγραμμα τρέχει.

Τώρα με το πρόγραμμα σε λειτουργία θα βλέπουμε να ανανεώνονται όλα τα όργανά του και για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος εργασίας της απόκτησης ενός σημείου λειτουργίας κάνουμε τα εξής βήματα:

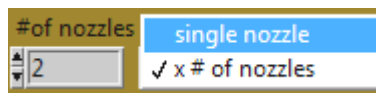
- Περιμένουμε να σταθεροποιηθεί το σύστημα αντλίας-υδροστροβίλου, ~ 10-14 sec, και ενεργοποιούμε το χειριστήριο **log All?**. Και έχουμε το πρώτο σημείο.

- Αλλάζουμε το σημείο λειτουργίας του συστήματος, πχ αυξάνοντας τις στροφές της αντλίας αν εκτελούμε το πείραμα μεταβλητού διαθέσιμου υδραυλικού ύψους, περιμένουμε άλλα 10-14 sec για τη σταθεροποίηση και ενεργοποίηση του **log All?**.

Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω τόσες φορές όσα και τα σημεία που θέλουμε να αποκτήσουμε.

Σημείωση: αν παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές της παραμέτρου Φ , από τις αναμενόμενες το πιθανότερο είναι να έχουμε επιλέξει «λειτουργία με ένα ακροφύσιο» ενώ πραγματοποιείται το πείραμα με λειτουργία και των δύο ακροφυσίων.

Η επιλογή του αν θέλουμε τα αποτελέσματα να είναι συγκρίσιμα με λειτουργία ενός ή περισσότερων ακροφυσίων γίνεται από την σελίδα 2. Του tab των μονοπατιών. (καφέ χρώμα). Τα χειριστήρια φαίνονται στην επόμενη Εικόνα 11.9.



Εικόνα 11.9 Χειριστήριο επιλογής του αριθμού των ακροφυσίων

11.3.2 Περίπτωση II: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η ,

Αν θέλουμε να αποθηκεύσουμε τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης κάνουμε τα ίδια με τα παραπάνω με την πρόσθεση δύο βημάτων. Συνολικά τα βήματα είναι:

- Προτού ενεργοποιήσουμε το **log All?** ενεργοποιούμε-επαναφέρουμε-καθαρίζουμε (την «μνήμη») την στατιστική επεξεργασία με κλικ στο χειριστήριο **Stat. Analysis**, περιμένουμε τουλάχιστον 6-9 sec (ανάλογα με τις ρυθμίσεις που έχουμε επιλέξει στην καρτέλα 3. θα τις αναφέρουμε στη συνέχεια) και
- ενεργοποιούμε το **log All?** όπως ακριβώς και πριν.
- κάνουμε καθαρισμό της στατιστικής ανάλυσης κάνοντας κλικ ξανά στον μοχλό **Stat. Analysis**
- αλλάζουμε το σημείο λειτουργίας του συστήματος
- περιμένουμε 10-14 sec
- ενεργοποιούμε το χειριστήριο **Stat. Analysis**

- περιμένουμε τουλάχιστον 6-9 sec
- έπειτα ενεργοποιούμε το **log All?** και έχουμε το επόμενο σημείο.

Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω τόσες φορές όσα και τα σημεία που θέλουμε να αποκτήσουμε.

11.3.3 Περίπτωση III: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η , με Παράλληλη εμφάνιση στα διαγράμματα του τρέχοντος σημείου και των καμπυλών σύγκρισης.

Υπάρχουν δύο επιλογές για την προβολή καμπυλών σύγκρισης:

1. Πρώτη και απλή στη χρήση η επιλογή απλά από τα αντίστοιχα χειριστήρια (eval controls) που βρίσκονται στην καρτέλα 1. και κάτω από τα διαγράμματα. Η μορφή τους φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Υπάρχει δυνατότητα να προβληθούν όσες καμπύλες ανοιγμάτων επιθυμούμε, από άνοιγμα 5.5% (άνοιγμα T1) μέχρι και 100%.



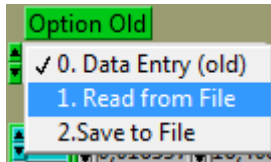
Εικόνα 11.10 Χειριστήρια Eval

Επίσης γίνεται και η προβολή των εκτιμώμενων καμπυλών (Predicted), αρκεί να πιεσθεί και το δικό τους δυαδικού τύπου χειριστήριο.

2. Δεύτερη επιλογή είναι η εξής:

Από την καρτέλα 2. επιλέγουμε από το χειριστήριο **option old**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τότε εμφανίζεται ένα παράθυρο διαλόγου που μας ρωτά από ποιο αρχείο θέλουμε να προβάσουμε τα δεδομένα. Επιλέγουμε το αρχείο που θέλουμε και τότε εμφανίζεται η καμπύλη σύγκρισης. Αυτή τη διαδικασία επιλογής θα την ξανακάνουμε όταν περάσουμε στην εκτέλεση της απόκτησης δεδομένων επόμενου ανοίγματος των ακροφυσίων.

Σημείωση: υπάρχει και η δυνατότητα να προβληθούν τα σημεία λειτουργίας όλων των ανοιγμάτων με αυτή την δεύτερη επιλογή, όμως τότε δεν θα μπορούμε να κάνουμε σε αυτά προσέγγιση με κάποια καμπύλη.



Εικόνα 11.11 Χειριστήριο Option Old

Τέλος αφού έχουμε επιλέξει μια από τις παραπάνω μεθόδους κάνουμε ότι και στην περίπτωση II, απλά εδώ επιλέγουμε από την καρτέλα 2. το αρχείο όπου έχουμε τα δεδομένα σύγκρισης.

11.3.4 Περίπτωση IV: Απόκτηση και αποθήκευση των μέσων τιμών και των τυπικών αποκλίσεων των Φ , Ψ , η , N_m με Παράλληλη εμφάνιση στα διαγράμματα του τρέχοντος σημείου και των καμπυλών σύγκρισης με τη συνεργασία φύλλου εργασίας EXCEL

Τα βήματα για την αποθήκευση των παραμέτρων και των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης είναι ακριβώς όπως και προηγουμένως. Τα επιπλέον που χρειάζεται να κάνουμε είναι τα εξής:

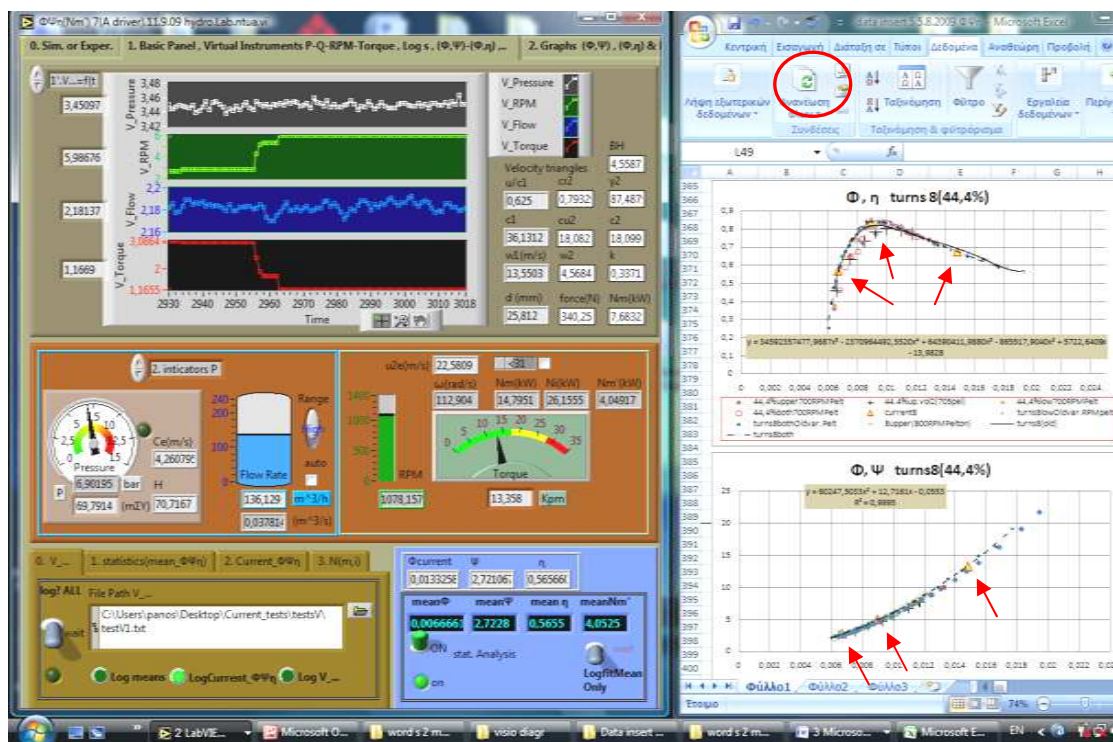
1. Μειώνουμε το μέγεθος του παραθύρου του front panel του εικονικού οργάνου “LV Pelton” ώστε δίπλα να τοποθετήσουμε το παράθυρο του EXCEL.
2. Ανοίγουμε το φύλλο EXCEL που έχουμε ρυθμίσει για **Σύνδεση σε (Εισαγωγή) εξωτερικά δεδομένα**, και ρυθμίζουμε το μέγεθος του παραθύρου, και το ζουμ ίσως, στα επιθυμητά.

Σημείωση: ανοίγοντας το φύλλο Excel πιθανόν να έχει απενεργοποιηθεί αυτόματα η Σύνδεση, θα εμφανιστεί προειδοποίηση κάτω από την κορδέλα «*Προειδοποίηση ασφαλείας Οι συνδέσεις δεδομένων έχουν απενεργοποιηθεί*». Από τις επιλογές διαλέγουμε «*Ενεργοποίηση αυτού του περιεχομένου*».

3. Από το πρώτο κελί που έχουμε ρυθμίσει για την εισαγωγή των δεδομένων επιλέγουμε «*ιδιότητες περιοχής δεδομένων*» (από το μενού που εμφανίζεται κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο κελί) και από το παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται επιλέγουμε τα εξής:
 - «*Ανανέωση κάθε 1 λεπτό*» (ή όσα επιθυμούμε ≥ 1 min)
 - *Αντικατάσταση κελιών με τα νέα δεδομένα, απαλοιφή κελιών που δεν χρησιμοποιούνται*

4. Ελέγχουμε αν υπάρχουν παλαιά δεδομένα αποθηκευμένα στο αρχείο που έχουμε κάνει τη σύνδεση, αν υπάρχουν τα σβήνουμε όλα εκτός από μια σειρά (αν δεν την αφήσουμε δεν θα ενεργοποιηθεί η σύνδεση).
5. Πιέζουμε το πλήκτρο **ανανέωση** από την καρτέλα Δεδομένα και θα δούμε το σημείο (που αφήσαμε) να προβάλλεται στα διαγράμματα.
6. Αποκτάμε και αποθηκεύουμε τα δεδομένα όπως στην προηγούμενη παράγραφο, πιέζοντας το **log All?** και θα βλέπουμε τα σημεία να εμφανίζονται στα διαγράμματα του φύλλου Excel, όταν γίνεται η ανανέωση. Αν θέλουμε ανανέωση πιο σύντομα από ένα λεπτό χρειάζεται να πιέζουμε το πλήκτρο ανανέωση.

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται αριστερά η επιφάνεια του δημιουργηθέντος προγράμματος και δεξιά το δημιουργηθέν φύλλο του EXCEL.



Εικόνα 11.12 Συνεργασία LabVIEW με φύλλο εργασίας EXCEL

Τα σημεία που δείχνονται (με τα βέλη) είναι αυτά που εμφανίστηκαν κατά τις τρεις ανανεώσεις και αποθηκεύσεις των δεδομένων που κάναμε, κατά την διεξαγωγή του πειράματος.

Αν θέλουμε να συγκρίνουμε το τρέχον σημείο και με τις καμπύλες των υπόλοιπων ανοιγμάτων απλά ρυθμίζουμε το φύλλο του Excel στην περιοχή όπου βρίσκεται το διάγραμμα όλες τις καμπύλες.

11.4 Διαλογή προσωρινά αποθηκευμένων σημείων

Η λειτουργία αυτή είναι δυνατή από την καρτέλα 2. η μορφή της οποίας εδείχθη στα προηγούμενα. Παρακάτω ακολουθούν τα βασικά βήματα.

Σημείωση: Τα περισσότερα από αυτά τα βήματα υπάρχουν σε παράθυρο βοήθειας που εμφανίζεται στην συγκεκριμένη καρτέλα αν ενεργοποιηθεί το κομβίον βοήθειας που βρίσκεται στο πάνω μέρος αυτής.

- Τοποθετούμε τον κέρσορα (προτείνεται ο ονόματος reject πράσινου χρώματος) στο σημείο προς διαλογή
- Διαβάζουμε από το υπόμνημα του κέρσορα την τιμή του σημείου και την τοποθετούμε στο χειριστήριο **reject η Old**, ή εναλλακτικά αντιγραφή και επικόλληση της τιμής με δεξί κλικ στο υπόμνημα και στη συνέχεια στο χειριστήριο **reject η Old**.
- Αυτόματα δίπλα και αριστερά από το παραπάνω χειριστήριο, στο ενδεικτικό **index reject**, θα εμφανιστεί ο δείκτης του σημείου προς απόρριψη
- Τοποθετούμε τον παραπάνω δείκτη στο χειριστήριο δεικτών του πίνακα **Data (oldGreen)** και θα έχουμε τη γραμμή όπου βρίσκεται το συγκεκριμένο σημείο.
- Αφού έχουμε τη γραμμή μπορούμε με δεξί κλικ πάνω σε αυτή και από το μενού που θα εμφανιστεί να την σβήσουμε.
- Κάνουμε την ίδια διαδικασία για όλα σημεία επιθυμούμε

Η όλη διαδικασία δεν αποθηκεύει αυτόματα την διαλογή (απλά εμφανίζει το αποτέλεσμα της στα διαγράμματα). Επιλέγουμε από το χειριστήριο, **Option Old**, save to file και από το εμφανιζόμενο παράθυρο διαλόγου επιλέγουμε το αρχείο όπου θέλουμε να γίνει η αποθήκευση της διαλογής.

11.5 Ποιοτική-εικονική-υβριδική προσομοίωση των τάσεων

Με αυτή την λειτουργία κάνουμε όλα όσα περιγράφηκαν παραπάνω εικονικά και χωρίς την λειτουργία της πειραματικής διάταξης. Τα βήματα είναι τα εξής:

- Από την καρτέλα 0. και το χειριστήριο **επιλογής των ανοιγμάτων** (turns), αυτό δείχνεται με τον κόκκινο ρόμβο στην εικόνα της καρτέλας 0. (στην παράγραφο Καρτέλα 0.) επιλέγουμε το άνοιγμα της βελόνης που θέλουμε να προσομοιώσουμε.

- Αφού έχουμε επιλέξει το άνοιγμα μπορούμε να πάμε στις επόμενες καρτέλες και να δούμε πως αλλάζουν ανανεώνονται τα διάφορα ενδεικτικά συμπεριλαμβανομένων των διαγραμμάτων.
- Μπορούμε έπειτα από την σελίδα 0. και τα χειριστήρια ελέγχου των στροφών των δυο μηχανών, αντλίας και υδροστροβίλου, να αλλάξουμε τις στροφές τους και έπειτα να παρατηρήσουμε τις διάφορες αλλαγές ή και να κάνουμε όλες τις λειτουργίες που θα κάναμε στο πραγματικό πείραμα όπως η σύγκριση των τρεχόντων σημείων με παλιά δεδομένα, η αποθήκευση των πρώτων, κα.

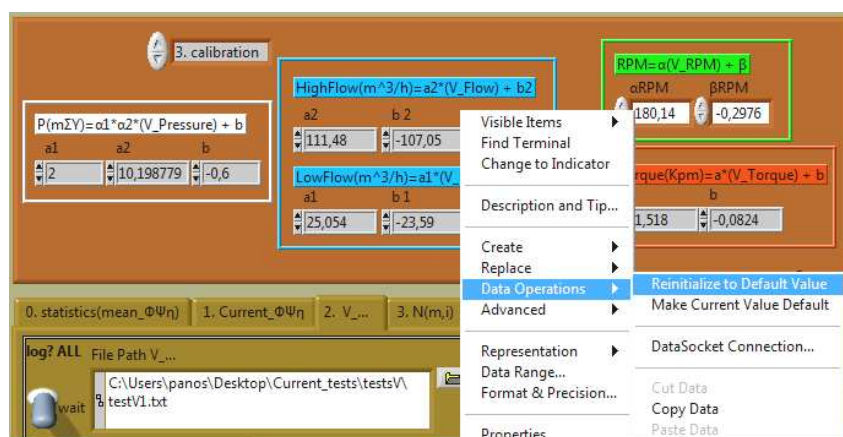
Τα υπόλοιπα βήματα είναι ίδια με αυτά των παραγράφων των βασικών χειρισμών.

Σημείωση: Εννοείται ότι από το χειριστήριο, της καρτέλας «0.» «sim. or exper.» έχουμε επιλέξει «sim.»

11.6 Βασικές ρυθμίσεις του vi

Οι παρακάτω ρυθμίσεις γίνονται *όταν κριθεί*, και μόνον τότε, ότι κάποια από τα μεγέθη που αυτές αντιπροσωπεύουν έχουν αλλάξει.

11.6.1 Επιλογή των συντελεστών των εξισώσεων βαθμονόμησης και ορισμός τους ως προεπιλογές.



Εικόνα 11.13 Χειριστήρια επιλογής των συντελεστών των εξισώσεων βαθμονόμησης

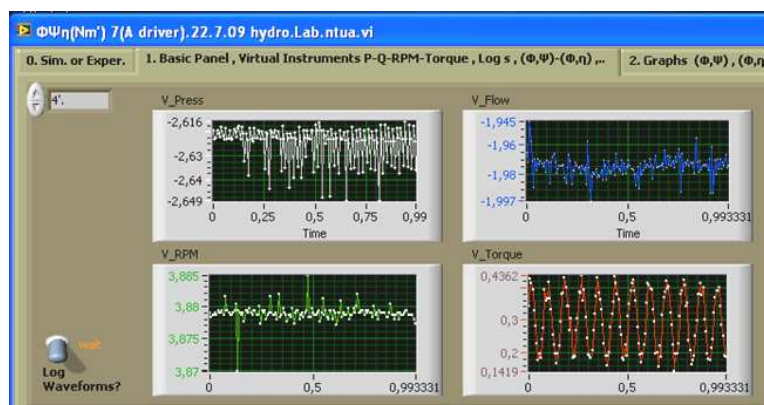
Παρατηρήσεις:

- Προτείνεται να ορίζονται σαν «προεπιλογές» (Default) οι παραπάνω συντελεστές οι οποίοι προορίζονται να χρησιμοποιούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό επιτυγχάνεται με **δεξί κλικ** στο κελί του κάθε συντελεστή στη συνέχεια από το μενού που εμφανίζεται επιλέγουμε “Data Operation”, και τέλος “Make Current Value Default”, όπως φαίνεται στην προηγούμενη Εικόνα 11.13.
- Ο τύπος των εξισώσεων που έχει επιλεγεί είναι γραμμικός.

11.6.2 Επιλογή του αριθμού των δειγμάτων (Sample Rate), που θα αποκτώνται σε κάθε δειγματοληψία και στη συνέχεια θα επεξεργάζονται, με τη βοήθεια της λειτουργίας του “LV Pelton” ως υποτυπώδη παλμογράφο

Αν γνωρίζουμε την μορφή και την μεγαλύτερη συχνότητα των σημάτων των μετρητικών οργάνων, επιλέγουμε “sample read” τουλάχιστον διπλάσια της προηγούμενης συχνότητας.

Αν δεν γνωρίζουμε λεπτομέρειες για τη μορφή των σημάτων, «τρέχουμε» το νί με μια-δυο δοκιμαστικές επιλογές και μελετάμε τη μορφή των σημάτων που εμφανίζονται στην καρτέλα 4’ του νί, παρακάτω εικόνα. Πχ φαίνεται ότι στο σήμα της ροπής «περνά» και η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του Pelton, η οποία στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν ~700RPM ή 11.6Hz, άρα χρειάζεται τουλάχιστον 23,3Hz sample rate. Λόγω και των άλλων μορφών των σημάτων και αφού έπειτα θα χρησιμοποιηθεί λειτουργία εύρεσης του μέσου όρου των αποκτηθέντων δειγμάτων προτείνεται, τελικά τουλάχιστον 100Hz sample rate.



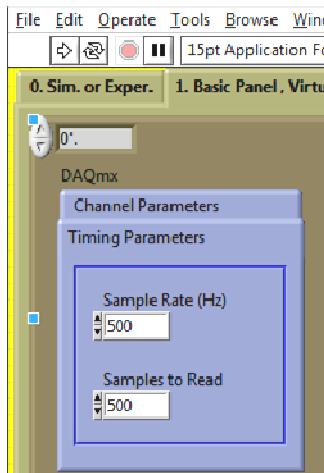
Εικόνα 11.14 Χρήση του προγράμματος “LV Pelton” ως υποτυπώδη παλμογράφο, για την βοήθεια της επιλογής του αριθμού των δειγμάτων

Στην Εικόνα 11.15 φαίνεται η σελίδα επιλογής των παραμέτρων: χρόνου δειγματοληψίας, αριθμός δειγμάτων που θα διαβάζονται και θα περνάνε για περαιτέρω ανάλυση σε κάθε κύκλο τρεξίματος του νί.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η λειτουργία των παραπάνω παραθέτουμε ένα παράδειγμα:

Έστω ότι θέλουμε να αποκτήσουμε συνολικά 1000 δείγματα, 1^ο αν επιλέξουμε Sample Rate=1000, Sample Read=1000 και το νί μας είναι ρυθμισμένο να τρέχει ανά 1sec, τότε σε ένα δευτερόλεπτο θα έχουν αποκτηθεί και τα 1000 δείγματα. 2^ο αν επιλέξουμε Sample Rate=1000 και Sample Read=100, σε 10 sec θα έχουμε αποκτήσει και τα 1000 δείγματα, εφόσον το νί «τρέχει» ανά 1 δευτερόλεπτο.

Επιπλέον κυματομορφές, άλλων καταστάσεων λειτουργίας, έχουν δοθεί στο Κεφάλαιο 5.



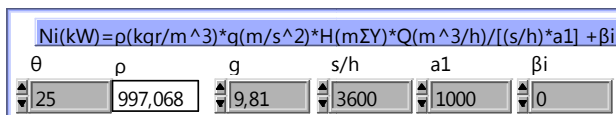
- Από την καρτέλα “Channel Parameters” επιλέγονται τα όρια της περιοχής των μετρούμενων σημάτων.

- Περισσότερα για την αναλογιοηφιακή μετατροπή αναφέρονται στο Κεφάλαιο 5

Εικόνα 11.15 Καρτέλες επιλογής των παραμέτρων της αναλογιοηφιακής μετατροπής

11.6.3 Επιλογή της θερμοκρασίας του υγρού και των όρων της εξίσωσης της διαθέσιμης υδραυλικής ισχύος N_i

Από την σελίδα 5 της καφέ καρτέλας (tab), επόμενη Εικόνα 11.16, επιλέγουμε την θεωρούμενη θερμοκρασία του νερού του κυκλώματός δεξαμενή-αντλία-υδροστρόβιλος-δεξαμενή, έτσι ώστε το νί να υπολογίσει την πυκνότητά του την οποία θα χρησιμοποιήσει για να υπολογίσει την διαθέσιμη υδραυλική ισχύς N_i .



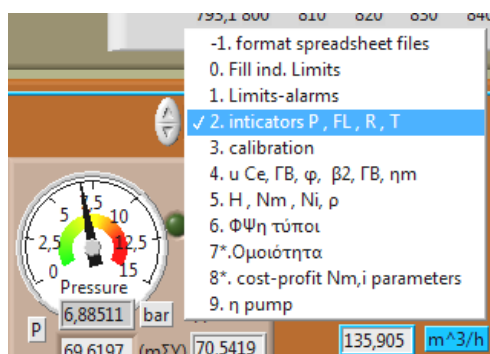
Εικόνα 11.16 Χειριστήρια επιλογής της θερμοκρασίας και λοιπών των συντελεστών της εξίσωσης υπολογισμού της διαθέσιμης υδραυλικής ισχύος N_i

Σημείωση: Από την ίδια σελίδα μπορεί να γίνει και η αλλαγή των όρων που αποτελούν την εξίσωση της διαθέσιμης υδραυλικής ισχύος .

11.6.4 Επιλογή των όρων των χρησιμοποιούμενων εξισώσεων μετατροπής των φυσικών μεγεθών πίεσης στροφών παροχής και ροπής στις αδιάστατες παραμέτρους Φ , Ψ , του ολικού βαθμού απόδοσης η .

Από τις καρτέλες (χρώματος κεραμιδιού ή καφέ-κόκκινου, θα λέγαμε) που βρίσκονται πίσω από τα ενδεικτικά των φυσικών μεγεθών (πίεσης P, παροχής FL, ταχύτητας περιστροφής του δρομέα R, και ροπής T) γίνεται δυνατή η επιλογή και η εμφάνιση των παραπάνω όρων και της μορφής των εξισώσεων που αυτοί συνθέτουν.

Παρακάτω φαίνονται οι σελίδες, υπό μορφή μενού, που περιέχουν τους παραπάνω όρους. Μπορούμε να επιλέξουμε μια μία τις σελίδες και έπειτα τα στοιχεία όπου αυτές μεταφέρουν.



Εικόνα 11.17 Σελίδες που υπάρχουν πίσω από τα βασικά ενδεικτικά της πίεσης, της παροχής, των στροφών, και της ροπής

Επίσης στην Εικόνα 11.17 φαίνονται και οι σελίδες (7* και 9) όπου γίνεται η επιλογή διαφόρων παραμέτρων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του κέρδους από την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος.

Τα υπόλοιπα γίνονται εύκολα κατανοητά διαβάζοντας τις “context Help” που εμφανίζονται όταν περνάμε τον κέρσορα πάνω από κάθε χειριστήριο ή ενδεικτικό.