

ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΙΤΛΟΣ

ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ – ΘΛΙΨΗΣ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ : ΣΤΙΒΑΝΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ

ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΒΒΟΥΣΑΝΟΣ ΜΑΝΟΛΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2007

ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω το Α.Τ.Ε.Ι Ηρακλείου και τους καθηγητές του για τις γνώσεις που αποκόμισα κατά την φοίτησή μου στο Τμήμα Μηχανολόγων της Σ.Τ.Ε.Φ, και ιδιαίτερα τον εισηγητή της Πτυχιακής μου εργασίας κ. Μανόλη Καββουσανό, καθώς επίσης και τον κ. Μιχάλη Γεργιανάκη για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή τους, στην αποπεράτωση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
Κεφάλαιο 1	
ΟΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ	8
1.1 Το πείραμα εφελκυσμού – θλίψης και ο καθορισμός αντοχής υλικών.....	9
Κεφάλαιο 2	
Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	12
2.1 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ των ΥΛΙΚΩΝ	12
Τάση (stress) – Παραμόρφωση (strain).....	12
Ιδανική Ελαστική Συμπεριφορά.....	13
Ελαστικές σταθερές.....	15
2.2 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ των ΥΛΙΚΩΝ	15
Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης των μετάλλων	15
2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	19
Κεφάλαιο 3	
Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΟΚΙΜΩΝ	21
3.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	22
1. Κύριο σώμα – πλαίσιο.....	22
2. Συγκρότημα αντλιών	23
3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΕΝΔΕΙΞΕΩΝ	24
1. Βασικά χειριστήρια	24
2. Αισθητήρια	24
3. Ενισχυτές σημάτων των αισθητηρίων	29
4. Όργανο αναλογικής ένδειξης	31
5. Επιλογέας δεδομένων εξόδου προς τον εκτυπωτή	32
6. Εκτυπωτής	32
7. Σύστημα τροφοδοσίας	32
3.3 ΜΟΝΑΔΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	33
1. Ενισχυτής ελέγχου	34
2. Γεννήτρια επιθυμητής τιμής.....	35
3. Γεννήτρια σημάτων κυκλικής φόρτισης.....	35
4. Ενισχυτής σήματος.....	36
5. Μετρητής κύκλων φόρτισης.....	36
6. Επιτηρητής οριακής τιμής.....	36
7. Επιτηρητής αστοχίας δοκιμίου	37
8. Ημιαυτόματος ρυθμιστικός ενισχυτής	38

Κεφάλαιο 4	
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	40
4.1 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ GeniDAQ ΤΗΣ Advantech.....	40
Αρχιτεκτονική Συστήματος.....	44
4.2 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΗΜΑΤΩΝ	46
4.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	47
Ξεκινώντας.....	50
Α. Επεξεργασία πρώτης αναλογικής εισόδου	52
Β. Επεξεργασία δεύτερης αναλογικής εισόδου	58
Γ. Δημιουργία διαγράμματος φορτίου – επιμήκυνσης.....	58
Δ. Καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσιμων τιμών Historical Trends	63
Ε. Υπολογισμός τάσης	65
ΣΤ. Υπολογισμός παραμόρφωσης	65
Ζ. Χάραξη της καμπύλης τάσης – παραμόρφωσης.....	68
Κεφάλαιο 5	
ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	70
5.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	70
5.2 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	71
1. Αρχικές Ρυθμίσεις	71
2. Κατά την διάρκεια του πειράματος	74
3. Τέλος του πειράματος.....	76
4. Διαγράμματα καταγραφής δεδομένων	76
Κεφάλαιο 6	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	84

Εισαγωγή

Η συνεχής εξέλιξη των ηλεκτρονικών και ιδιαίτερα των πληροφοριακών συστημάτων, οδήγησε στην απλοποίηση πολλών, ιδιαίτερα δύσκολων, για πριν από μερικά χρόνια, εφαρμογών.

Έτσι προέκυψε η ιδέα της αναβάθμισης της εργαστηριακής πειραματικής διάταξης δοκιμών εφελκυσμού – θλίψης του εργαστηρίου Αντοχής Υλικών. Πρόκειται για ένα μηχάνημα, χρονολογίας κατασκευής του 1980, το οποίο λειτουργεί ικανοποιητικά έως σήμερα. Τα μηχανικά του μέρη, έχουν αξιόλογη ποιότητα κατασκευής και με την πάροδο του χρόνου, έχουν αποδείξει την αξιοπιστία τους. Άλλωστε στον τομέα των μηχανικών εξαρτημάτων που απαρτίζουν το μηχάνημα, η τεχνολογία δεν έχει κάνει τόσο σημαντικά βήματα προόδου, αφού, παρόμοιας τεχνολογίας μηχανικά μέρη απαρτίζουν και τα αντίστοιχα σύγχρονα μηχανήματα.

Από την άλλη πλευρά όμως, τα συστήματα μέτρησης και ελέγχου την τελευταία εικοσαετία, έχουν σημειώσει τεράστια πρόοδο με την βοήθεια και της ραγδαίας ανάπτυξης της πληροφορικής και του ηλεκτρονικού ελέγχου γενικότερα.

Όλα αυτά, σε συνδυασμό, οδήγησαν στην δημιουργία μιας εφαρμογής, η οποία χρησιμοποιώντας σύγχρονα μέσα, καταφέρνει με πολύ απλό τρόπο να απεικονίσει τις πειραματικές μετρήσεις σε μορφή περισσότερο φιλική και κατανοητή, χωρίς να χρειαστεί να γίνουν ριζικές επεμβάσεις στο ήδη υπάρχον μηχάνημα.

Σε ένα πείραμα εφελκυσμού ή θλίψης ενός δοκιμίου, οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, και εξάγουν χρήσιμα συμπεράσματα για την αντοχή και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού του δοκιμίου. Χρήσιμο είναι λοιπόν, αυτές οι πειραματικές μετρήσεις να μπορούν να οδηγηθούν σε έναν ΗΥ, για παραπέρα απεικόνιση και επεξεργασία.

Η εφαρμογή λοιπόν που δημιουργήθηκε μπορεί να ανακτήσει τις πειραματικές μετρήσεις (φορτίο και επιμήκυνση του δοκιμίου) σε πραγματικό χρόνο, σε μορφή ηλεκτρικών σημάτων, από τα αντίστοιχα αισθητήρια που προϋπήρχαν στην πειραματική διάταξη δοκιμών, χρησιμοποιώντας μια εξωτερική μονάδα εισόδου αναλογικών σημάτων και μετατροπής τους σε ψηφιακά.

Στη συνέχεια, τα σήματα αυτά οδηγούνται σε ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού και της εφαρμογής που έχει αναπτυχθεί, μετά από επεξεργασία, απεικονίζονται στη οθόνη με μορφή αριθμητικών τιμών και καμπυλών διαγραμμάτων. Απεικονίζονται έτσι οι τιμές και το διάγραμμα του φορτίου – επιμήκυνσης, όπως και τάσης – παραμόρφωσης. Μπορεί επίσης να γίνει καταγραφή των μετρήσεων με δυνατότητα εξαγωγής και επεξεργασίας τους με τη βοήθεια και άλλων λογισμικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΟΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

1. ΟΙ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ

Για τις σωστές επιλογές των υλικών κατασκευής τεχνολογικών εφαρμογών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, σχετικοί με τις συνθήκες λειτουργίας τους, με βάση τους οποίους θα καθοριστούν ο τύπος του υλικού και οι διαστάσεις του.

Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται δύο πολύ βασικές αρχές:

- Η επιλογή πρέπει να εξασφαλίζει ασφαλή λειτουργία.
- Η κατασκευή πρέπει να είναι οικονομική.

Βέβαια, λόγω κόστους των υλικών, η οικονομική κατασκευή προϋποθέτει όσο το δυνατό μικρότερες διαστάσεις. Η ικανοποίηση όμως και της πρώτης αρχής οδηγεί στην ανάγκη υπολογισμών, ώστε οι διαστάσεις να είναι οι ελάχιστες εκείνες, που όμως εξασφαλίζουν ασφαλή λειτουργία.

Οι υπολογισμοί αυτοί είναι ουσιαστικά εφαρμογές της **Αντοχής των Υλικών**. Προϋποθέτουν:

- τη σωστή εκτίμηση της καταπόνησης που υφίσταται το εξάρτημα κατά τη λειτουργία του (ως προς το είδος και το μέγεθος).
- τη γνώση των τεχνικών χαρακτηριστικών του υλικού.

Συνηθισμένες καταπονήσεις είναι:

- ▶ Ο Εφελκυσμός
- ▶ Η Θλίψη
- ▶ Η Τμήση – Διάτμηση
- ▶ Η Κάμψη
- ▶ Η Στρέψη



Σχήμα 1.1: δοκίμιο σε εφελκυσμό



Σχήμα 1.2: δοκίμιο σε θλίψη

Στον εφελκυσμό και τη θλίψη το αίτιο καταπόνησης είναι η δύναμη (φορτίο) που ασκείται στο δοκίμιο, και δημιουργεί κυρίως ορθές τάσεις (κάθετες στις διατομές).

Στην μελέτη που ακολουθεί, θα ασχοληθούμε μόνο με τις καταπονήσεις εφελκυσμού και θλίψης, σε επίπεδο πειραματικών δοκιμών με την χρήση της πειραματικής διάταξης δοκιμών του εργαστηρίου αντοχής υλικών.

1.1 ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ – ΘΛΙΨΗΣ και ο ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



Σκοπός της εργαστηριακής δοκιμής του εφελκυσμού είναι ο καθορισμός της συμπεριφοράς των υλικών όταν καταπονούνται σε εφελκυστικά ή θλιπτικά φορτία και ο προσδιορισμός διαφόρων μηχανικών τους ιδιοτήτων όπως είναι η **τάση αναλογίας, η τάση διαρροής, η τάση θραύσεως, το μέτρο ελαστικότητας του Young, η ολκιμότητα, η επιμήκυνση θραύσεως** και άλλες.

Επιπλέον σε μια τυπική δοκιμασία εφελκυσμού (ή θλίψης) προσδιορίζουμε το **διάγραμμα συμβατικών τάσεων - συμβατικών παραμορφώσεων** του εξεταζόμενου υλικού. Τα συνηθισμένα εργαστηριακά πειράματα γίνονται με τη βοήθεια είτε υδραυλικών (όπως και στη δική μας περίπτωση) είτε ηλεκτρικών μηχανών με τις οποίες μπορούμε να επιβάλουμε μέγιστο εφελκυστικό (ή θλιπτικό) φορτίο αρκετών τόνων στο δοκίμιο. Οι μετρήσεις των παραμορφώσεων γίνονται συνήθως με τη βοήθεια ηλεκτρονικών αισθητήρων μετατόπισης, ή και μηκυνσιομέτρων (strain gauge).

Επιπρόσθετα, ανάλογα με τις δυνατότητες της πειραματικής διάταξης δοκιμών μπορεί να γίνει κυκλική φόρτιση του δοκιμίου: εναλλασσόμενη, επαναλαμβανόμενη ή και μεταβαλλόμενη. Στην εναλλασσόμενη φόρτιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τάση, στην οποία υποβάλλεται το υλικό, έχουν το ίδιο μέγεθος και εναλλάσσονται με σταθερή συχνότητα. Στην επαναλαμβανόμενη φόρτιση, η τάση που εφαρμόζεται στο υλικό μεταβάλλεται από τη μηδενική έως τη μέγιστη τιμή με σταθερή συχνότητα. Στη μεταβαλλόμενη κυκλική φόρτιση, μπορεί να έχουμε είτε σταθερή συχνότητα και σταθερές αλλά διαφορετικού μεγέθους μέγιστες και ελάχιστες τάσεις, είτε τυχαία μεταβαλλόμενη συχνότητα. Τέτοιες πειραματικές διατάξεις παρέχουν ρυθμιζόμενες συνθήκες καταπόνησης, όπου δηλαδή μπορεί να ρυθμιστεί το μέγεθος της τάσης, η συχνότητα και ο

τύπος κυκλικής καταπόνησης ενώ παράλληλα μετρούν τον αριθμό των κυκλικών καταπονήσεων έως τη θραύση του υλικού. Από τα πειραματικά δεδομένα της δοκιμασίας κόπωσης προκύπτει το διάγραμμα εφαρμοζόμενης τάσης (S) – αριθμού κύκλων φόρτισης (N), όπου διακρίνουμε την **καμπύλη κόπωσης**, χαρακτηριστική του κάθε υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2. Η ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Παρακάτω αναφέρονται περιληπτικά ορισμένα χαρακτηριστικά των υλικών, όταν αυτά υποβάλλονται σε εφελκυσμό ή θλίψη. Γίνεται διαχωρισμός της συμπεριφοράς τους σε δυο περιοχές μελέτης με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Αρχικά, για μικρά φορτία, οι αλλαγές των διαστάσεων είναι μικρές και **μη μόνιμες** και σε αυτές τις συνθήκες εξετάζουμε την ελαστική περιοχή του υλικού. Καθώς όμως τα φορτία αυξάνονται, οι αλλαγές των διαστάσεων τώρα περιέχουν και ένα μέρος μόνιμης παραμόρφωσης και τα χαρακτηριστικά αντοχής του υλικού αλλάζουν. Σε αυτές τις συνθήκες εξετάζουμε την πλαστική περιοχή του υλικού. Στη συνέχεια αναφέρονται περισσότερα για τις δυο αυτές περιοχές μελέτης των υλικών.

Ο παραπάνω διαχωρισμός γίνεται για να διευκολύνει τη μελέτη της συμπεριφοράς των υλικών. Άλλωστε στα περισσότερα υλικά η μετάβαση από την ελαστική περιοχή στην πλαστική είναι σταδιακή και δεν υπάρχουν σαφή όρια διαχωρισμού τους. Στην εργαστηριακή δοκιμή του εφελκυσμού ή της θλίψης τα φορτία συνήθως εφαρμόζονται συνεχόμενα, ανεξάρτητα από την περιοχή του υλικού ώστε να προκύψει το, χαρακτηριστικό για κάθε υλικό, διάγραμμα φορτίου – επιμήκυνσης.

2.1 ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ των ΥΛΙΚΩΝ

Οι ελαστικές ιδιότητες των υλικών καθορίζονται κυρίως από τους χημικούς δεσμούς μεταξύ των βασικών δομικών μονάδων τους (πχ άτομα, μόρια, ιόντα, μακρομόρια) και από τη δομή τους. Η ελαστικότητα καθορίζει την δυσκαμψία (stiffness) των υλικών και αποτελεί βασική παράμετρο κατά την επιλογή τους για μια τεχνολογική εφαρμογή.

Τάση (Stress) – Παραμόρφωση (Strain)

Κάθε δύναμη ή φορτίο το οποίο εφαρμόζεται σ' ένα υλικό, έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή των διαστάσεών του. Η τάση (σ) απεικονίζει την ένταση της δρώσας δύναμης σε κάθε σημείο του σώματος και ορίζεται από

$$\text{τη σχέση } \sigma(\text{ΤΑΣΗ}) = \frac{F(\text{ΔΥΝΑΜΗ})}{A_0(\text{ΔΙΑΤΟΜΗ})}$$

Όπου F είναι η δύναμη και A_0 η διατομή του σώματος στην οποία επιδρά η δύναμη. (Μονάδες μέτρησης: $\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$, $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ ή Pa)

Οι δυνάμεις που επιδρούν σ' ένα σώμα μπορεί να είναι στατικές ή δυναμικές ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής τους. Οι στατικές δυνάμεις (ή τάσεις) παραμένουν σταθερές ή αλλάζουν αργά χωρίς να παρουσιάζουν

κάποια επαναλαμβανόμενα χαρακτηριστικά. Οι δυναμικές φορτίσεις μπορεί να είναι κρουστικές, εναλλασσόμενες κλπ.

Για τη μελέτη της ελαστικότητας των υλικών χρησιμοποιούνται συνήθως στατικές τάσεις.

Στον εφελκυσμό και τη θλίψη το αίτιο καταπόνησης του υλικού είναι η δύναμη (φορτίο) που ασκείται στο δοκίμιο, και δημιουργεί κυρίως ορθές τάσεις (σ , κάθετες στις διατομές).

Η αλλαγή των διαστάσεων ενός σώματος λόγω επίδρασης τάσης (stress) ονομάζεται παραμόρφωση (strain). Αν δL_0 είναι η μεταβολή της διάστασης ενός υλικού κατά την διεύθυνση εφελκυσμού ή θλίψης και L_0 η αρχική διάσταση κατά την ίδια διεύθυνση, η παραμόρφωση κατά την διεύθυνση εφελκυσμού (επιμήκυνση) ϵ_t ή θλίψης ϵ_c θα δίνεται από τη σχέση

$$\epsilon_t \text{ (ή } \epsilon_c) = \frac{\delta L_0}{L_0} \quad (\text{αδιάστατο μέγεθος}).$$

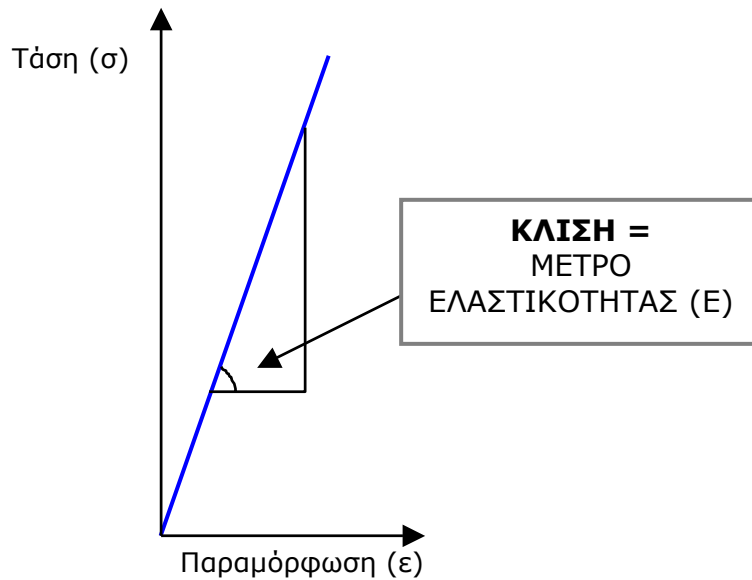
Η τάση εφελκυσμού ή θλίψης προκαλεί επίσης παραμόρφωση (αλλαγή των αρχικών διαστάσεων της διατομής, - μείωση στον εφελκυσμό, αύξηση στη θλίψη) κάθετα προς τη διεύθυνση εφαρμογής της.

Σημείωση: Όταν στο υλικό επιδράσουν διατμητικές τάσεις, τείνουν να το στρέψουν και προκαλούν παραμόρφωση. Η **τάση διάτμησης (τ)** τα ορίζεται από τη σχέση : $\tau = \frac{F}{A_0}$.

Ιδανική ελαστική συμπεριφορά

Ο βαθμός παραμόρφωσης της δομής ενός υλικού εξαρτάται από το μέγεθος της εφαρμοζόμενης τάσης. Τα περισσότερα μέταλλα όταν υποβάλλονται σε μονοαξονικό εφελκυσμό ή θλίψη, σε χαμηλές σχετικά τάσεις η παραμόρφωση που εμφανίζουν είναι **ανάλογη** της τάσης η οποία την προκαλεί. Η αναλογικότητα αυτή εκφράζεται με τη σχέση **$\sigma = E \cdot \epsilon$** η οποία και αποτελεί το νόμο του Hooke. Ο **συντελεστής αναλογίας E** ονομάζεται και **μέτρο ελαστικότητας** (modulus of elasticity) ή σταθερά του Young (Young's modulus).

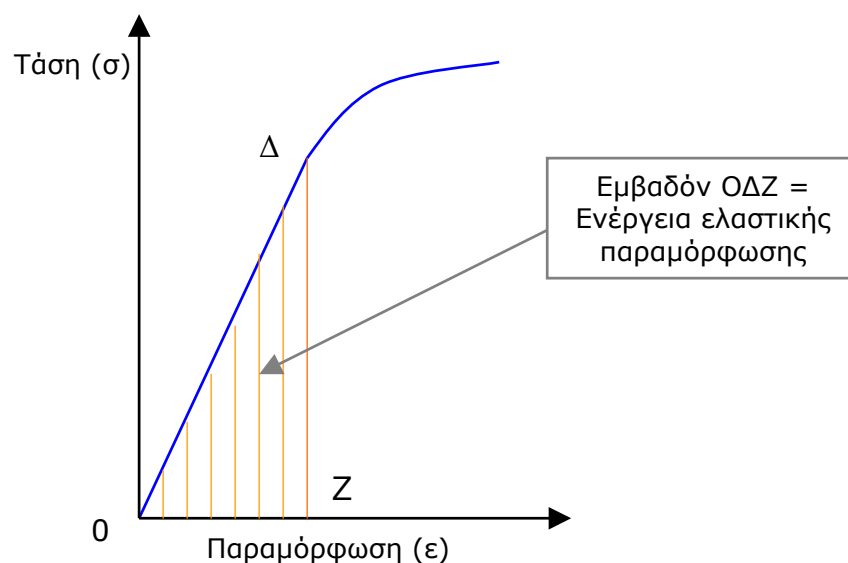
Οι τιμές του μέτρου της ελαστικότητας **E** για τα μέταλλα κυμαίνονται από $4,5 \times 10^4$ MPa για το Mg μέχρι 41×10^4 MPa. Η παραμόρφωση για την οποία ισχύει ο νόμος του Hooke ονομάζεται **ελαστική παραμόρφωση**. Η γραφική απεικόνιση στο διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης, για τιμές στην ελαστική περιοχή δίνει ευθεία γραμμή η κλίση της οποίας αντιστοιχεί στο μέτρο ελαστικότητας E . (Σχήμα 2.1)



Σχήμα 2.1: Γραφική απεικόνιση του νόμου του Hooke

Το μέτρο ελαστικότητας αποτελεί μέτρο της δυσκαμψίας του υλικού ή της αντίστασης του υλικού σε ελαστική παραμόρφωση. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο είναι το μέτρο ελαστικότητας, τόσο πιο δύσκαμπτο είναι το υλικό, δηλαδή τόσο πιο μικρή ελαστική παραμόρφωση παρουσιάζει για δεδομένη τάση.

Κατά την ελαστική παραμόρφωση συσσωρεύεται στο υλικό ενέργεια $U_{ελ}$ το μέγεθος της οποίας αντιστοιχεί στο εμβαδόν του τριγώνου (ΟΔΖ) που βλέπουμε στο διάγραμμα του επόμενου σχήματος (2.2):



Σχήμα 2.2: Ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης

Η ελαστική παραμόρφωση δεν είναι μόνιμη, συνεπώς όταν αρθεί η αιτία που την προκάλεσε, δηλαδή η τάση, το υλικό επανέρχεται στις αρχικές του διαστάσεις αποδίδοντας ταυτόχρονη όλη την συσσωρευμένη στο υλικό ελαστική ενέργεια. Στο διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης παρατηρούμε ότι η γραμμή αποφόρτισης ταυτίζεται με τη γραμμή φόρτισης και αυτό αποτελεί ένα επιπλέον στοιχείο ιδανικής συμπεριφοράς του υλικού.

Ελαστικές Σταθερές

Με τη δοκιμασία εφελκυσμού ή θλίψης ορίζεται, εκτός από το μέτρο ελαστικότητας το οποίο ορίστηκε παραπάνω, ο **λόγος Poisson** (Poisson's ratio). Ο λόγος Poisson συσχετίζει την ελαστική παραμόρφωση κατά την διεύθυνση εφελκυσμού ή θλίψης προς την ελαστική πλευρική παραμόρφωση (μείωση μεγεθών διατομής δοκιμίου: π.χ.: διάμετρος) η οποία συμβαίνει ταυτόχρονα.

Για ιδανικά υλικά ο λόγος Poisson $=0,5$. Όμως για τα περισσότερα υλικά ο λόγος Poisson κυμαίνεται μεταξύ $0,28 - 0,35$

2.2 ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΥΛΙΚΩΝ

Πολλά υλικά όταν καταπονούνται μηχανικά σε τάση η οποία είναι μεγαλύτερη από μια μέγιστη τιμή, χαρακτηριστική για κάθε υλικό, παρουσιάζουν μόνιμη ή μη αντιστρεπτή παραμόρφωση.

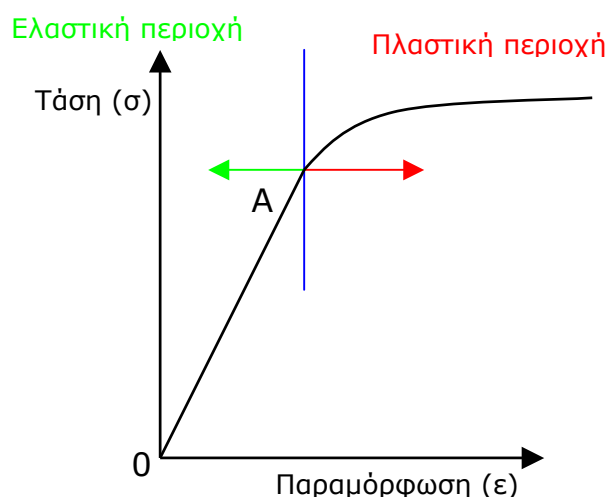
Η μόνιμη αυτή παραμόρφωση ονομάζεται πλαστική (plastic deformation) και είναι αποτέλεσμα μόνιμης μετατόπισης ατόμων ή μορίων στη δομή του υλικού. Η μετατόπιση των δομικών μονάδων συνεπάγεται τη διάσπαση των δεσμών που έχουν οι μονάδες αυτές στην αρχική τους θέση και το σχηματισμό νέων δεσμών στη νέα τους θέση.

Πολλά υλικά παρουσιάζουν περιορισμένη πλαστική παραμόρφωση πριν από τη θραύση τους. **Τα υλικά με μηδενική ή πολύ περιορισμένη πλαστικότητα ονομάζονται ψαθυρά (brittle).**

Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης των μετάλλων

Η μετάπτωση των περισσότερων μετάλλων από την ελαστική, στην πλαστική περιοχή είναι σταδιακή. Η απεικόνιση των δεδομένων τάσης – παραμόρφωσης από πείραμα εφελκυσμού δείχνει μια μεταβολή της κλίσης μετά από το αρχικό ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης το οποίο αντιστοιχεί στην ελαστική περιοχή (νόμος Hooke). Στο σχήμα 6 απεικονίζεται μια τυπική καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης. Η μεταβολή της κλίσης υποδηλώνει την έναρξη της πλαστικής περιοχής. Το οριακό σημείο Α στο οποίο τελειώνει η ελαστική περιοχή ονομάζεται όριο αναλογίας (proportional limit) (Σχήμα 2.3) και σε πολλά υλικά δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια λόγω της σταδιακής μετάπτωσης από την

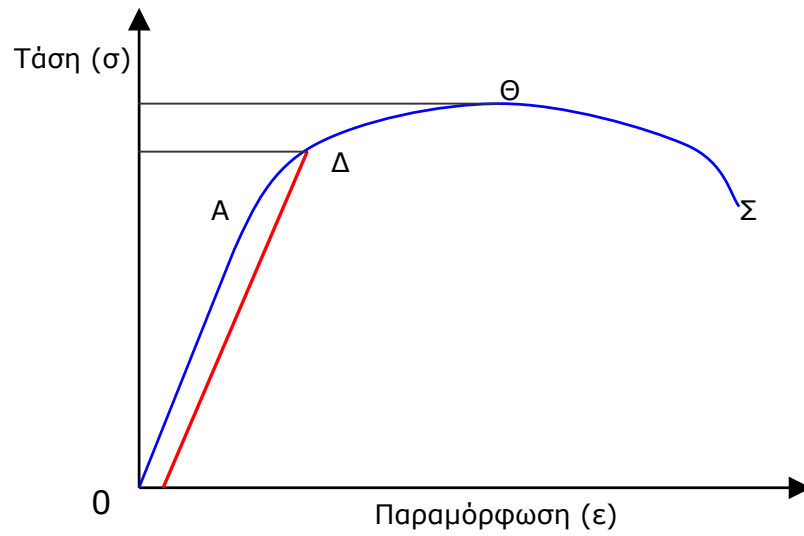
ελαστική στην πλαστική περιοχή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται μια συμβατική μέθοδος προσδιορισμού του σημείου μετάπτωσης. Κατασκευάζεται ευθεία γραμμή (με κόκκινο χρώμα στο διάγραμμα του σχήματος 2.4) παράλληλη με το ευθύγραμμο τμήμα της καμπύλης OA, που αντιστοιχεί σε ορισμένη τιμή παραμόρφωσης (π.χ.: 0,2%). Η γραμμή αυτή τέμνει την καμπύλη στο σημείο Δ το οποίο ονομάζεται σημείο διαρροής και είναι το σημείο έναρξης της πλαστικής περιοχής. Η τάση σ_y που αντιστοιχεί στο σημείο που το υλικό εισέρχεται στην πλαστική περιοχή δηλαδή παρουσιάζει μόνιμη παραμόρφωση ονομάζεται αντοχή παραμόρφωσης (Yield strength). Η αντοχή παραμόρφωσης σ_y η οποία υπολογίζεται με τη συμβατική αυτή μέθοδο ονομάζεται αντοχή παραμόρφωσης για μόνιμη παραμόρφωση 0,2% ή τάση ασφαλείας (proof stress).



Σχήμα 2.3: Όριο αναλογίας

Μετά την είσοδο του υλικού στην πλαστική περιοχή η απαραίτητη τάση για να συνεχιστεί η πλαστική παραμόρφωση αυξάνεται μέχρι τη μέγιστη τιμή η οποία αντιστοιχεί στο σημείο Θ , το οποίο ονομάζεται **όριο θραύσης** (Fracture limit). Η μέγιστη τάση σ_{TS} στην οποία αντέχει το υλικό πριν από τη θραύση του ονομάζεται **αντοχή εφελκυσμού** (tensile strength). Η πλαστική παραμόρφωση που αντιστοιχεί στην περιοχή $A\Theta$ της καμπύλης κατανέμεται ομοιόμορφα στο δοκίμιο. Από το σημείο Θ αρχίζει η διαδικασία δημιουργίας λαιμού.

Το υλικό διαρρέει ταχύτατα με ταυτόχρονη μείωση της τάσης (τμήμα $\Theta\Sigma$ της καμπύλης). Το σημείο Σ ονομάζεται σημείο θραύσης και αντιστοιχεί στην τάση θραύσης η οποία είναι σημαντικά χαμηλότερη από την αντοχή εφελκυσμού (σχήμα 2.4).



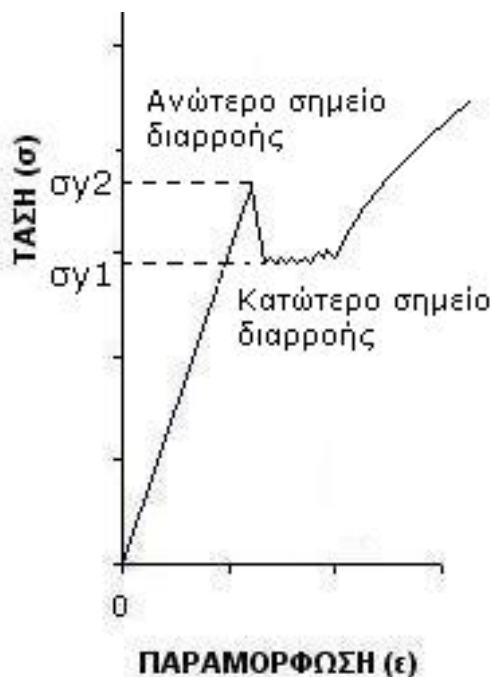
Σχήμα 2.4: Τυπική καμπύλη τάσης - παραμόρφωσης μετάλλων

Αν η δοκιμασία τάσης - παραμόρφωσης διακοπεί σε οποιοδήποτε σημείο μέχρι και το σημείο θραύσης Σ , δηλαδή διακοπεί η εφαρμογή φορτίου, ένα μέρος της ολικής πλαστικής παραμόρφωσης ανακτάται ως ελαστική παραμόρφωση. Όταν το υλικό επαναφορτιστεί έχει και πάλι ελαστική περιοχή και με το τέλος αυτής η διεργασία πλαστικής παραμόρφωσης συνεχίζεται κανονικά μέχρι το σημείο θραύσης.

Παρατήρηση:

Η καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης των περισσότερων ανθρακούχων χαλύβων, παρουσιάζει μια σημαντική απόκλιση, στην περιοχή του ορίου διαρροής από την τυπική μορφή του σχήματος 2.4 .

Η απόκλιση συνίσταται στην εμφάνιση διπλού σημείου διαρροής (σχήμα 2.5). Η πλαστική παραμόρφωση αρχίζει στο ανώτερο σημείο διαρροής με ταυτόχρονη σημαντική μείωση της τάσης. Η παραμόρφωση συνεχίζεται στο κατώτερο σημείο διαρροής, όπου η τάση παρουσιάζει μια μικρή διακύμανση γύρω από μια μέση σταθερή τιμή. Στη συνέχεια η τάση συνεχίζει να αυξάνεται με ταυτόχρονη αύξηση της παραμόρφωσης. Τα υλικά με διπλό σημείο διαρροής παραμορφώνονται πλαστικά σε τάση σ_1 . Όμως τα άτομα παρεμβολής στο κρυσταλλικό πλέγμα (προκειμένου για χάλυβες, τα άτομα άνθρακα) τα οποία βρίσκονται γύρω από τις κρυσταλλικές ατέλειες, παρεμποδίζουν την διολίσθησή τους με αποτέλεσμα να απαιτούν υψηλότερη τάση σ_2 για την έναρξη της διολίσθησης τους. Μετά την αρχική διολίσθηση τους σε τάση σ_2 οι ατέλειες απομακρύνονται από τα αρχικά τους εμπόδια και κινούνται ταχύτατα υπό την επίδραση της χαμηλότερης τάσης σ_1 . Για τα μέταλλα τα οποία εμφανίζουν διπλό σημείο διαρροής ως **αντοχή παραμόρφωσης** λαμβάνεται η μέση τάση η οποία αντιστοιχεί στο **κατώτερο σημείο διαρροής** επειδή η τιμή της δεν επηρεάζεται από την πειραματική διαδικασία και μπορεί να οριστεί με ακρίβεια το αντίστοιχο διάγραμμα.



Σχήμα 2.5: χαρακτηριστική καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης ανθρακούχων χαλύβων

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΕΛΑΣΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΥΛΙΚΟ	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ε (N/mm²)	Λόγος Poisson ν
ΑΡΓΙΛΙΟ (ΑΛΟΥΜΙΝΑ)	2,7*10 ⁴	-
ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ	21,5*10 ⁴	-
ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ	19 έως 21*10 ⁴	-
ΜΑΛΑΚΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ	20*10 ⁴	0,26
ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ	10 έως και 19,5*10 ⁴	0,17
ΧΑΛΚΟΣ	11 έως 12,5*10 ⁴	0,36
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	1 έως 4 *10 ⁴	0,15

ΤΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

ΧΑΛΥΒΕΣ:

ΥΛΙΚΟ	ΑΝΤΟΧΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ N/mm²	ΟΡΙΟ ΔΙΑΡΡΟΗΣ Re(σ)	ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΘΡΑΥΣΗΣ %
ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ ΕΠΙΦΑΝ. ΒΑΦΗΣ	400-700	250-300	19-16
ΕΛΑΦΡΑ ΚΡΑΜΑΤΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ ΕΠΙΦΑΝ. ΒΑΦΗΣ	600-1450	600-800	13-7
ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ GS	380-700	190-420	25-12
ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ Ck25	550-1000	370-580	19-11
ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ xxCr2	700-1100	450-650	15-12
ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ xxCr4	850-1200	650-800	12-10
ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ xxCrMo4	900-1300	700-900	12-9
ΕΠΙΒΕΛΤΙΩΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ xxCrNiMox	1100-1450	900-1050	10-9

ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ:

ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ GG	150 – 400	-	-
ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ GGG	400 – 800	270 – 540	15 – 2
ΑΡΓΙΛΙΟ	10-30	40-80	-
ΧΑΛΚΟΣ	40-80	200-250	45
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	-	130-275	-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

3. Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

Η πειραματική διάταξη που υπάρχει στο εργαστήριο αντοχής υλικών του ΑΤΕΙ Κρήτης είναι κατασκευασμένη από την ελβετική εταιρία WOLPERT AMSLER τύπος 60 THZ 726. Είναι κατασκευασμένη για δοκιμές εφελκυσμού και θλίψης. Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να εξασκήσει κατά την διάρκεια του πειράματος ανέρχεται σε 600 Kν (60 τόνοι). Για την δημιουργία του φορτίου χρησιμοποιείται υδραυλικό έμβολο διπλής ενέργειας και άκαμπτο πλαίσιο.

Τα κύρια μέρη που συγκροτούν τη διάταξη είναι:

το κύριο σώμα – πλαίσιο

το συγκρότημα αντλιών

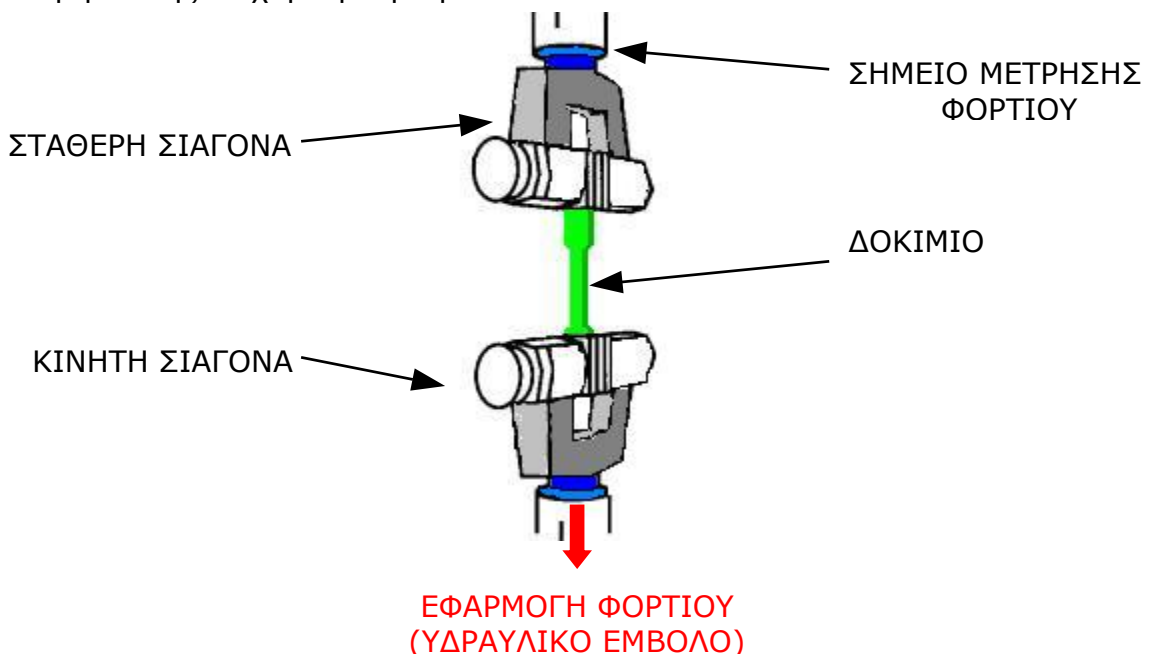
το συγκρότημα έλεγχου λειτουργίας και απεικόνισης μετρήσεων

Η πειραματική διάταξη δοκιμών διαθέτει πίνακα έλεγχου ο οποίος παρέχει τη δυνατότητα χειροκίνητης ή αυτόματης λειτουργίας.

Στη χειροκίνητη λειτουργία επιλέγεται μόνο εφελκυσμός ή μόνο θλίψη και με χειροκίνητη ρύθμιση μπορεί να μεταβάλλεται η ταχύτητα του πειράματος (ρυθμός επιμήκυνσης).

Στην αυτόματη λειτουργία δίνεται η δυνατότητα επιλογής ελεγχόμενα αυξανόμενου φορτίου (διάγραμμα φορτίου – χρόνου μορφής ράμπας), και επιπρόσθετα, στις δυνατότητες της έλεγχου περιλαμβάνεται και κυκλική φόρτιση του δοκιμίου: εναλλασσόμενη, επαναλαμβανόμενη ή και μεταβαλλόμενη, σε ρυθμιζόμενα ορισμένο αριθμό κυκλικών καταπονήσεων, ή έως τη θραύση του δοκιμίου.

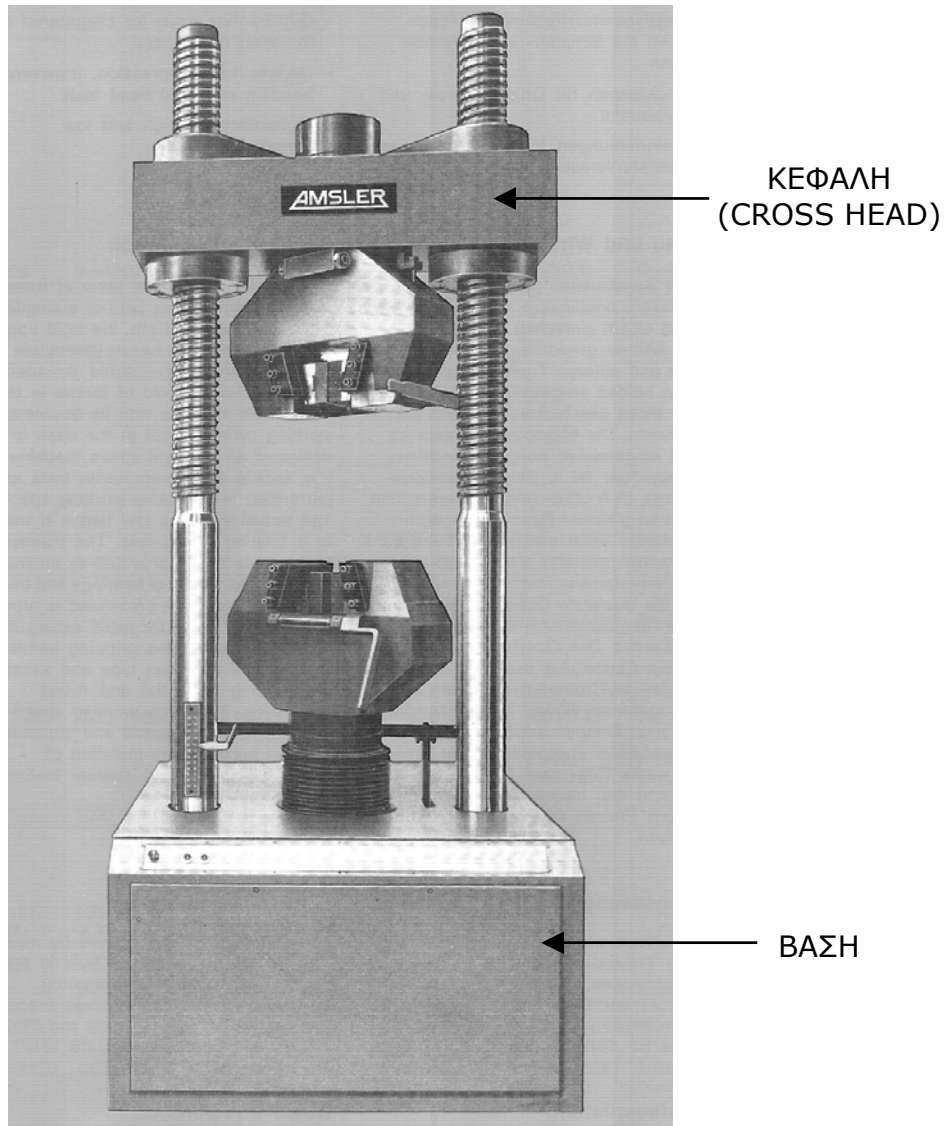
Επίσης δίνεται η δυνατότητα απεικόνισης μιας από τις μετρούμενες τιμές σε αναλογικό όργανο και η σχεδίαση του διαγράμματος φορτίου – επιμήκυνσης σε χαρτί μιλιμετρέ.



Σχήμα 3.1: πειραματική διάταξη δοκιμών

3.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Κύριο σώμα – πλαίσιο



Το κυρίως σώμα – πλαίσιο αποτελείται από το σταθερό μέρος – βάση, το οποίο περιλαμβάνει το υδραυλικό έμβολο, το οποίο εξασκεί το φορτίο εφελκυσμού ή θλίψης στο δοκίμιο. Στο βάκτρο του εμβόλου βρίσκεται σταθερά στερεωμένη η κινητή σιαγόνα συγκράτησης του δοκιμίου.

Τεχνικά χαρακτηριστικά εμβόλου:

- διαδρομή εμβόλου 250mm
- διάμετρος εμβόλου 238mm
- διάμετρος βάκτρου 168mm
- επιφάνεια εμβόλου 221.7mm (λειτουργία εφελκυσμού)
445 mm² (λειτουργία θλίψης)

Πλαίσιο : κατακόρυφα από τη βάση εκτείνονται στους τα πάνω οι δύο μεγάλης διαμέτρου άξονες με σπείρωμα πάνω στους οποίους στηρίζεται η κεφαλή (crosshead), η οποία μπορεί με δυο περικόχλια που

περιστρέφονται με τη βοήθεια ηλεκτροκινητήρα και χρησιμοποιώντας το σπείρωμα των αξόνων να μετακινηθεί πάνω και κάτω.

Με αυτόν τον τρόπο ρυθμίζεται το ωφέλιμο μήκος ανάμεσα στους σιαγόνες συγκράτησης στο οποίο μπορεί να δεχτεί δοκίμιο ή κατασκευή – πειραματική διάταξη.

Στην κεφαλή υπάρχει κατάλληλα στηριγμένη η σταθερή σιαγόνα συγκράτησης του δοκιμίου.

Με δεδομένη την παραπάνω κατασκευή, οι διαστάσεις του δοκιμίου που μπορεί να δεχτεί η διάταξη περιορίζονται σε:

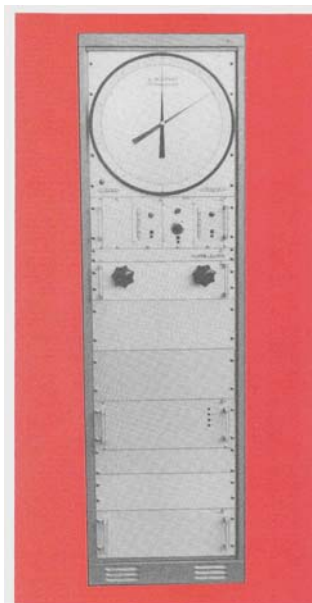
- Το μέγιστο μήκος δοκιμίου για **θλίψη** είναι 995mm, με μέγιστη διάμετρο τα 180mm.
- Ενώ σε **εφελκυσμό** το μέγιστο μήκος δοκιμίου είναι 1200mm, (απόσταση ανάμεσα στους σιαγόνες, μετά την επιμήκυνση), με τη διατομή του δοκιμίου να περιορίζεται από στους σιαγόνες συγκράτησης σε διάμετρο 60mm (κυκλική διατομή) ή σε 60x100mm(διατομή ορθογωνίου)
- Η καθαρή απόσταση ανάμεσα στους δυο οριζόντιους άξονες που συνδέουν τη βάση με την κεφαλή είναι 640mm.

2. Συγκρότημα αντλιών



Είναι το τμήμα εκείνο που είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση του υδραυλικού υγρού και την τροφοδοσία του υδραυλικού εμβόλου επενέργειας του μηχανήματος με αυτό, στην κατάλληλη πίεση και παροχή. Για το σκοπό αυτό η διάταξη διαθέτει δοχείο αποθήκευσης υδραυλικού υγρού (140 lt περίπου), πάνω στο οποίο είναι στερεωμένες δύο αντλίες, οι οποίες δημιουργούν την κατάλληλη πίεση τροφοδοσίας του εμβόλου με υδραυλικό υγρό. Επίσης υπάρχουν οι κατάλληλες ηλεκτροϋδραυλικές βαλβίδες, φίλτρο του υδραυλικού υγρού, καθώς και ρυθμιστής σταθερής παροχής υγρού προς το έμβολο.

3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΕΝΔΕΙΞΕΩΝ



Εδώ βρίσκονται τα απαραίτητα χειριστήρια, τα όργανα απεικόνισης και καταγραφής ενδείξεων, οι μονάδες εισόδου σημάτων από τους αισθητήρες φορτίου και μετατόπισης, τα απαραίτητα ηλεκτρονικά αυτόματου έλεγχου λειτουργίας και άλλα παρελκόμενα τους.

1. Βασικά Χειριστήρια

Περιλαμβάνει γενικό διακόπτη λειτουργίας, διακόπτη επιλογής είδους φόρτισης (εφελκυσμός ή θλίψη) και δυο χειροκίνητα περιστρεφόμενα μηχανικά χειριστήρια (κνobs), το ένα από τα οποία ρυθμίζει το ρυθμό τροφοδοσίας του υδραυλικού εμβόλου επενέργειας του μηχανήματος με υδραυλικό υγρό, ενώ το άλλο ανοίγει τη δίοδο απελευθέρωσης της πίεσης του εμβόλου. Το πρώτο χειριστήριο σε συνεργασία με υδραυλική σερβοβαλβίδα μπορεί να κρατήσει σταθερό το ρυθμό τροφοδοσίας υδραυλικού υγρού προς το έμβολο, άρα και σταθερή την ταχύτητα κίνησης εμβόλου – βάκτρου, ανεξάρτητα από το φορτίο που χρειάζεται να εξασκήσει το έμβολο. Έτσι κρατιέται σταθερή η επιμήκυνση του δοκιμίου στο χρόνο.

2. Αισθητήρια

Υπάρχουν δυο ηλεκτρονικά αισθητήρια:

- αισθητήριο για τη μέτρηση της μετατόπισης L του βάκτρου του εμβόλου. Είναι το όργανο που μετράει την επιμήκυνση του δοκιμίου. Αποτελείται από ένα γραμμικό ποτενσιόμετρο, με μέγιστο μετρίσιμο μήκος 250mm.

- αισθητήριο για τη μέτρηση φορτίου του δοκιμίου, το οποίο υλοποιείται από μια δυναμοκυψέλη (load cell) τοποθετημένη στη σύνδεση της συσκευής συγκράτησης του δοκιμίου με την (σταθερή κατά τη διάρκεια των δοκιμών) κεφαλή του πλαισίου (crosshead).

Η δυναμοκυψέλη (LOAD CELL):

Η δυναμοκυψέλη (load cell) είναι ουσιαστικά μια ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει δύναμη σε ηλεκτρικό σήμα της τάξης μερικών millivolts (mV).

Υλοποιείται από ένα συμπαγές μεταλλικό αντικείμενο, χωρίς κινητά μέρη, (μια συνήθη μορφή του για εφαρμογές εφελκυσμού και θλίψης όπως στη δική μας περίπτωση απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα), το οποίο δέχεται τα φορτία που θέλουμε να μετρήσουμε και παραμορφώνεται ελαστικά. Με τους κατάλληλους αισθητήρες (ηλεκτρομηκυνσιόμετρα - strain gauge) που ενσωματώνει, η ελαστική αυτή παραμόρφωση μετατρέπεται σε μεταβολή ηλεκτρικής τάσης.

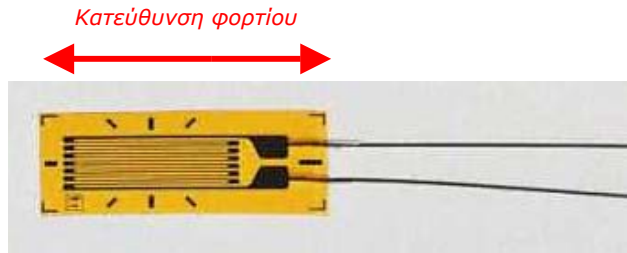
Φυσικά οι διαστάσεις του τμήματος που παραμορφώνεται είναι τέτοιες ώστε η μέγιστη παραμόρφωση που θα δεχτεί να βρίσκεται μέσα στα όρια της ελαστικής περιοχής του.



Σχήμα 3.2: Load Cell Εφελκυστικού - θλιπτικού φορτίου

Οι μετρητές φορτίου μετρούν τις αλλαγές του μεγέθους ενός στερεού που προκαλούνται με συμπίεση ή εφελκυσμό του. Οι μετρητές αυτοί (ηλεκτρομηκυνσιόμετρα - strain gauge) είναι αισθητήρες που εμφανίζουν αλλαγή των ηλεκτρικών τους ιδιοτήτων όταν αλλάζουν οι διαστάσεις τους. Όταν οι μετρητές αυτοί τεντώνονται ή συμπιέζονται αλλάζει η αντίστασή τους, και αυτή η αλλαγή μπορεί να συσχετιστεί με την μετατόπιση. Είναι στερεωμένοι στο σώμα του load cell και έτσι όταν αλλάζουν οι διαστάσεις του, αλλάζουν και οι δικές τους διαστάσεις.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει ένα μετρητή παραμόρφωσης (strain gauge).



Σχήμα 3.3: μετρητής παραμόρφωσης (strain gauge)

Διακρίνουμε την τεχνική κατασκευής του, η οποία σχηματίζει μια συνεχή τεθλασμένη γραμμή με σχήμα ζιγκ ζαγκ. Αυτή η γραμμή ονομάζεται νηματίδιο. Διπλώνουμε δηλαδή το σύρμα για να πάρει ο μετρητής τη μορφή σχάρας. Το σχήμα αυτό έχει επιλεγεί έτσι ώστε αυξάνοντας τον αριθμό των νηματιδίων να αυξάνει το μήκος της συνολικής αντίστασης, πολλαπλασιάζοντας έτσι την παραμόρφωση του. Έχει κατασκευαστεί από κατάλληλα χαραγμένο μεταλλικό φύλλο, από κράμα χαλκού – νικελίου ή χρωμίου – νικελίου, τα οποία έχουν υψηλή ειδική αντίσταση και υψηλή μηχανική αντοχή. Το πάχος τους είναι μερικά μικρά (μm). Τα νήματα αυτά είναι κολλημένα σε κατάλληλα υποστρώματα, κατασκευασμένα από εποξικές ρητίνες διαφόρων τύπων, τα οποία είναι στερεωμένα ακλόνητα στο αντικείμενο προς μέτρηση με τη βοήθεια ειδικών συνθετικών συγκολλητικών υψηλής αντοχής, ενώ μερικές φορές μπορεί να είναι και ενσωματωμένα στο αντικείμενο προς μέτρηση. Η τοποθέτηση γίνεται με τρόπο ώστε η κατεύθυνση του φορτίου ή η μετρήσιμη παραμόρφωση να είναι παράλληλη με το μήκος των νημάτων (βλέπε σχήμα 3.3). Αυτό συμβαίνει γιατί ένα γραμμικό ηλεκτρομηκυνσιόμετρο είναι ευαίσθητο σε αλλαγές μήκους κατά μήκος του κύριου άξονά του ή άξονα ανίχνευσης. Η μέτρηση στην κάθετη κατεύθυνση είναι αδύνατη.

Όταν ένας μετρητής παραμόρφωσης έχει συγκολληθεί σε ένα αντικείμενο και αυτό (και επομένως και ο μετρητής) αλλάζει μέγεθος, θα αλλάξει η ωμική αντίσταση ανάμεσα στα άκρα του. Η αντίσταση R δίνεται από τη σχέση:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

όπου : ρ είναι η ειδική αντίσταση του υλικού σε $\Omega \cdot m$

L είναι το μήκος του νηματιδίου σε m , και

S είναι το εμβαδόν της διατομής του νηματιδίου σε m^2 .

Από τη σχέση αυτή βλέπουμε ότι η αλλαγή είτε του εμβαδού της διατομής, είτε του μήκους L του νηματιδίου, (ή και των δύο), προκαλεί αλλαγή της αντίστασης R . Ο εφελκυσμός του νηματιδίου προκαλεί αύξηση του μήκους του L , και μείωση του εμβαδού της διατομής του S . **Επομένως θα αλλάξει η ηλεκτρική αντίσταση R .**

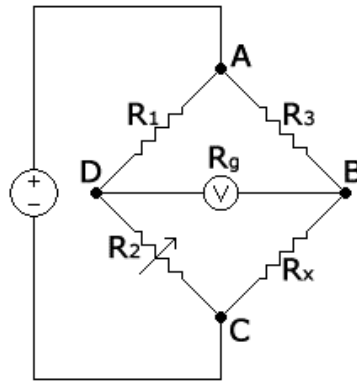
Στην πράξη βρίσκουμε , πειραματικά , ότι η σχετική μεταβολή της αντίστασης ακολουθεί έναν γραμμικό νόμο του τύπου

$$\frac{\Delta R}{R} = K_{\alpha} \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

Το K_{α} ονομάζεται συντελεστής ευαισθησίας του μετάλλου του αγωγού, με τιμές διαφορετικές για κάθε μέταλλο. (πχ $K_{\alpha} = 2$ για το κράμα Constantan , $K_{\alpha} = 3$ για το Elinvar, κλπ).

Η αλλαγή της αντίστασης πρέπει να μετατραπεί σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να δείξει την τιμή της δύναμης που προκαλεί την τάση και την παραμόρφωση του αντικειμένου. Ένα κύκλωμα που χρησιμοποιείται συχνά γι' αυτόν τον σκοπό, είναι η γέφυρα Wheatstone.

Στο παρακάτω σχήμα εικονίζεται το βασικό σχήμα της γέφυρας Wheatstone.



Σχήμα 3.4: Η γέφυρα Wheatstone

Τουλάχιστον μια από τις αντιστάσεις, είναι ηλεκτρομηκυνσιόμετρο (strain gauge). Είναι η άγνωστη - μεταβαλλόμενη αντίσταση. Η γέφυρα χρησιμοποιείται ιδιαίτερα ως σύστημα ρύθμισης σημάτων επειδή μπορεί να παρέχει μια γραμμική σχέση ανάμεσα στην τάση εξόδου της V_0 και την αλλαγή της αντίστασης σε μια από τις αντιστάσεις που την αποτελούν.

Πιθανών και περισσότερες απ' αυτές τις αντιστάσεις να λειτουργούν σαν "αισθητήρια" που "αισθάνονται" την ειδική παραμόρφωση του σώματος πάνω στο οποίο είναι καλά κολλημένες. Οι υπόλοιπες χρησιμεύουν είτε για να αντισταθμίσουν την επίδραση ανεπιθύμητων παραγόντων όπως τη μεταβολή της θερμοκρασίας είτε απλά και μόνο για να συμπληρώσουν το κύκλωμα. Οι αντιστάσεις που προορίζονται να "αισθανθούν" την παραμόρφωση λέγονται ενεργές αντιστάσεις (συνήθης συμβολισμός RA).

Επειδή αυτές οι αντιστάσεις υλοποιούνται με τη χρήση ηλεκτρομηκυνσιομέτρων εναλλακτικά χρησιμοποιείται γι' αυτές ο όρος ενεργός μετρητής (active gauge). Ο χαρακτηρισμός αυτών των στοιχείων (ενεργοί μετρητές) σαν ενεργών (active) οφείλεται στο

γεγονός ότι αυτά προορίζονται να "αισθανθούν" την παραμόρφωση μέσω της μεταβολής της αντίστασης τους.

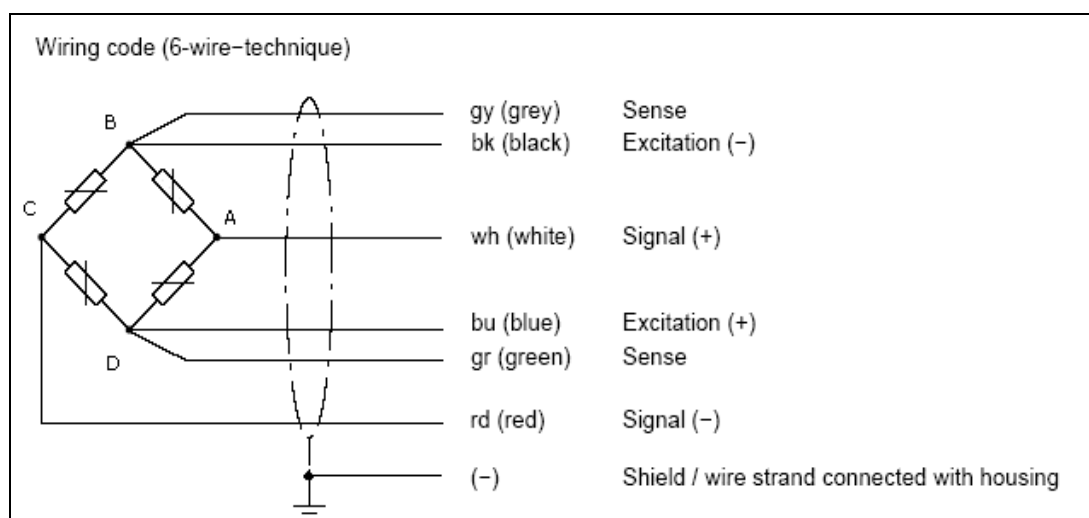
Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω συνδυασμοί - διατάξεις ηλεκτρομηκυνσιομέτρων:

- Πλήρης Γέφυρα (full bridge). Στην περίπτωση αυτή και οι τέσσερις κλάδοι της γέφυρας απαρτίζονται από ηλεκτρομηκυνσιόμετρα.
- Μισή Γέφυρα (half bridge). Στην περίπτωση αυτή δύο μόνο παρακείμενοι κλάδοι της γέφυρας απαρτίζονται από ηλεκτρομηκυνσιόμετρα ενώ οι άλλοι δύο κλάδοι είναι ενσωματωμένοι στο εσωτερικό της συσκευής εξισορρόπησης.
- Τέταρτο Γέφυρας (quarter bridge).

Όταν η τοποθέτηση των όλων των αντιστάσεων μιας γέφυρας γίνει στο σώμα του load cell, (full bridge) που είναι και η πιο συνήθη περίπτωση, αυτή γίνεται με κατάλληλο τρόπο, ώστε να εκμεταλλεύεται το λόγο Poisson, δηλαδή το λόγο ανάμεσα στη σχετική επιμήκυνση στην κατεύθυνση της εφαρμογής της δύναμης και στη σχετική συστολή κάθετα στην κατεύθυνση της δύναμης. Τοποθετούμε δηλαδή δυο ηλεκτρομηκυνσιόμετρα σε περιοχή εφελκυσμού του σώματος του load cell, και δυο άλλα σε περιοχή θλίψης, με αποτέλεσμα έτσι να αυξάνεται ο λόγος αύξησης της τάσης εξόδου προς το φορτίο άρα και η ευαισθησία της διάταξης.

Οι αντιστάσεις που προορίζονται για την αντιστάθμιση των ανεπιθύμητων επιδράσεων της θερμοκρασίας κ. ά. λέγονται αντισταθμιστικές (compensating gauge με συνήθη συμβολισμό R_c).

Τελικά οι αντιστάσεις που προορίζονται απλά και μόνο για να συμπληρώσουν το κύκλωμα χωρίς κανέναν από τους παραπάνω προορισμούς λέγονται αδρανείς αντιστάσεις ή αδρανείς μετρητές (dummy gauge με συνήθη συμβολισμό RD).



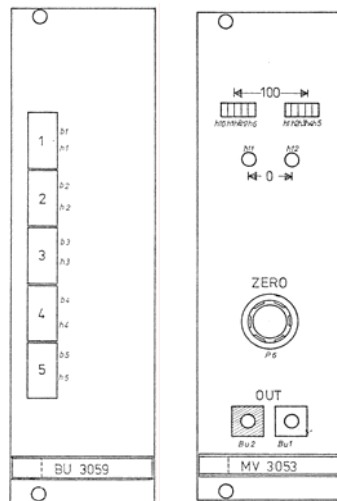
Σχήμα 3.5: Συνδεσμολογία πλήρης γέφυρας (όλες οι αντιστάσεις είναι strain gauge)

Στο σχήμα υπάρχουν οι κόμβοι A , B , C , D που αντιστοιχούν ως εξής :

- A = Θετικός ακροδέκτης τροφοδοσίας
- B = Αρνητικός ακροδέκτης σήματος εξόδου
- C = Αρνητικός ακροδέκτης τροφοδοσίας
- D = Θετικός ακροδέκτης σήματος εξόδου

3. Ενισχυτές σημάτων των αισθητηρίων

3.α) Ενισχυτής σήματος αισθητηρίου μετατόπισης (MV 3053)
(& επιλογέας εύρους τιμών μέτρησης (BU 3059))



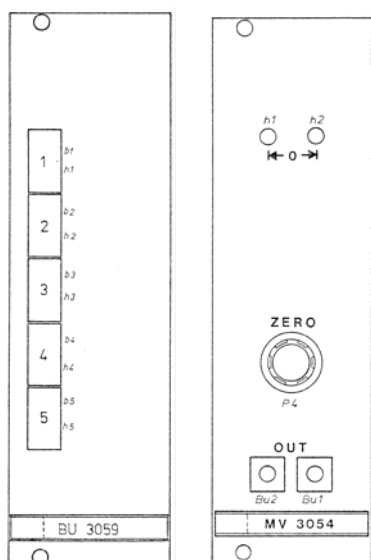
Είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία με ηλεκτρική τάση του αισθητηρίου μετατόπισης L (γραμμικό ποτενσιόμετρο). Δέχεται το σήμα του και το μετατρέπει σε ένα αναλογικό σήμα τάσης (-10 ως +10 Volt) ανάλογο της μετατόπισης, το οποίο αποτελεί σήμα εισόδου στις αντίστοιχες μονάδες ελέγχου ή και απεικόνισης.

Συνεργάζεται με τον επιλογέα εύρους τιμών μέτρησης (**range selector**) (BU 3059), οποίος προσαρμόζει κατάλληλα το σήμα στην επιθυμητή περιοχή μέτρησης του αισθητηρίου σύμφωνα με επιλογή του χρήστη. Δηλαδή ενισχύει πολλαπλασιαστικά το μετρήσιμο σήμα (σε πέντε στάδια: 1x, 2x, 5x, 10x και 20x), υποπολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα το ωφέλιμο – μετρήσιμο εύρος τιμών μέτρησης, χρησιμοποιώντας πρακτικά μόνο το αντίστοιχο υποπολλαπλάσιο της διαδρομής του γραμμικού ποτενσιόμετρου αντιστοιχίζοντας το πάντα σε μεταβολή -10 ως +10 V στην έξοδο.

Μπορεί να γίνει επιλογή από πέντε υποδιαιρέσεις (από 1/1 έως το 1/20) της διαδρομής του γραμμικού ποτενσιόμετρου, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (πλήκτρο)	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Ενίσχυσης σήματος	ΜΕΡΟΣ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΤΟΥ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΠΟΤΕΝΣΙΟΜΕΤΡΟΥ (=250mm)	ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ (σε mm) για μεταβολή της εξόδου από -10 ως +10 V
1	20x	1/20	12.5
2	10x	1/10	25
3	5x	1/5	50
4	2x	1/2	125
5	1x	1/1	250

3.β) Ενισχυτής Αισθητηρίου Μέτρησης Δύναμης (MV 3054)
(& επιλογέας εύρους τιμών μέτρησης (BU 3059))



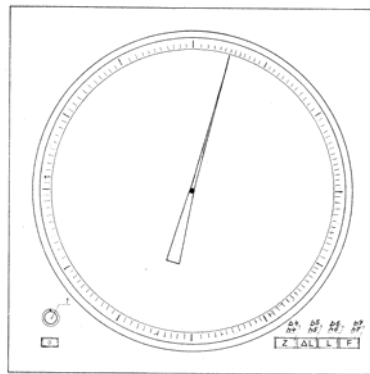
Είναι υπεύθυνο για την τροφοδοσία με ηλεκτρική τάση του αισθητηρίου φόρτισης (strain gauge), όπως επίσης και να δέχεται το σήμα του αισθητηρίου (της τάξης μερικών millivolts), να το ενισχύει και να το μετατρέπει σε ένα αναλογικό σήμα τάσης (-10 ως +10 Volts) ανάλογο της δύναμης, το οποίο αποτελεί σήμα εισόδου στις αντίστοιχες μονάδες ελέγχου ή και απεικόνισης.

Συnergieζεται με τον επιλογέα εύρους τιμών μέτρησης (range selector) (BU 3059), οποίος προσαρμόζει κατάλληλα το σήμα στην επιθυμητή περιοχή μέτρησης του αισθητηρίου σύμφωνα με επιλογή του χρήστη. Δηλαδή ενισχύει πολλαπλασιαστικά (σε πέντε στάδια: 1x, 2x, 5x, 10x και 20x) το μετρήσιμο σήμα, υποπολλαπλασιάζοντας αντίστοιχα το ωφέλιμο - μετρήσιμο εύρος τιμών μέτρησης, χρησιμοποιώντας πρακτικά μόνο το αντίστοιχο υποπολλαπλάσιο της συνολικής δυνατότητας μέτρησης (=600kN) του load cell αντιστοιχίζοντας το πάντα σε μεταβολή -10 ως +10 V στην έξοδο.

Μπορεί να γίνει επιλογή από πέντε υποδιαιρέσεις (από 1/1 έως το 1/20) του συνολικού φορτίου, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

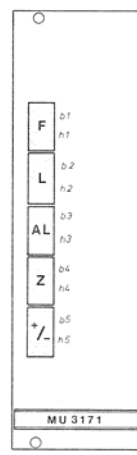
ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (πλήκτρο)	ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ Ενίσχυσης σήματος	ΜΕΡΟΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΡΙΣΙΜΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ (=600kN)	ΦΟΡΤΙΟ (σε kN) για μεταβολή της εξόδου από -10 ως +10 V
1	20x	1/20	30
2	10x	1/10	60
3	5x	1/5	120
4	2x	1/2	300
5	1x	1/1	600

4. Όργανο αναλογικής ένδειξης



Με μορφή περιστρεφόμενου δείκτη μπορεί να απεικονίσει τιμές μιας εκ των επιλεγόμενων μετρούμενων μεταβλητών (δύναμη ή μετατόπιση) ανάλογα με την αντίστοιχη επιλογή του χρήστη. Με χρήση δευτέρου συρόμενου δείκτη, παρέχει την ένδειξη της υψηλότερης τιμής (μετρίσιμου μεγέθους) που επιτεύχθηκε κατά την διάρκεια του πειράματος.

5. Επιλογέας Δεδομένων Εξόδου προς τον εκτυπωτή (MU 3171)



Επίσης υπάρχουν δυο επιλογείς δεδομένων, ένας για κάθε άξονα, οι οποίοι επιλέγουν το σήμα που θα οδηγηθεί στον καθένα από τους άξονες x και y της συσκευής εκτύπωσης (X-Y recorder) ανάμεσα σε δύναμη F και μετατόπιση L και δυο ακόμη μη χρησιμοποιούμενες μεταβλητές. Υπάρχει επίσης πλήκτρο αναστροφής πολικότητας σήματος.

6 Εκτυπωτής

Είναι το μέσο, το οποίο απεικονίζει το διάγραμμα επιμήκυνσης (άξονας x) – φορτίου (άξονας y) με αυτόματη μετακίνηση γραφίδας πάνω σε χαρτί μιλιμετρέ.

7 Συστήματα τροφοδοσίας

Διαθέτονται τρία συστήματα τροφοδοσίας για παροχή 8V, 18V και 24V DC, για τις ανάγκες των παραπάνω μονάδων.

3.3 ΜΟΝΑΔΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ένα μεγάλο τμήμα της μονάδας ελέγχου της πειραματικής διάταξης δοκιμών αποτελεί η **μονάδα αυτόματου (ενεργού) ελέγχου των μεγεθών φόρτισης (φορτίου ή παραμόρφωσης)** του δοκιμίου. Αποτελείται από συνδυασμό πολλών επιμέρους συνεργαζόμενων μονάδων, υλοποιημένων με αναλογικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα στο μεγαλύτερο μέρος τους.

Με αυτή τη μονάδα η πειραματική διάταξη παρέχει αυτόματα ρυθμιζόμενες συνθήκες καταπόνησης, όπου δηλαδή μπορεί να ρυθμιστεί το μέγεθος της τάσης ή της παραμόρφωσης του δοκιμίου (πχ σταθεροποίηση της μιας τιμής, ή σταθεροποίηση του ρυθμού μεταβολής της, δηλαδή αύξηση ή μείωση του μεγέθους σε μορφή ράμπας κ.α.)

Επιπρόσθετα, μπορεί να γίνει έλεγχος κυκλικής φόρτισης του δοκιμίου δηλαδή εναλλασσόμενη, επαναλαμβανόμενη ή μεταβαλλόμενη φόρτιση. Στην εναλλασσόμενη φόρτιση, η ελάχιστη και η μέγιστη τάση, στην οποία υποβάλλεται το υλικό, έχουν το ίδιο μέγεθος και εναλλάσσονται με σταθερή συχνότητα. Στην επαναλαμβανόμενη φόρτιση, η τάση που εφαρμόζεται στο υλικό μεταβάλλεται από τη μηδενική έως τη μέγιστη τιμή με σταθερή συχνότητα. Στη μεταβαλλόμενη κυκλική φόρτιση, μπορεί να έχουμε σταθερή συχνότητα και σταθερές αλλά διαφορετικού μεγέθους μέγιστες και ελάχιστες τάσεις. Τέλος μπορεί να οριστεί και ο αριθμός των κυκλικών καταπονήσεων.

Ο έλεγχος των μεγεθών είναι έλεγχος κλειστού βρόγχου, με διόρθωση σφάλματος – διαφοράς πραγματικής τιμής προς επιθυμητή τιμή. Ο συνδυασμός περιλαμβάνει:

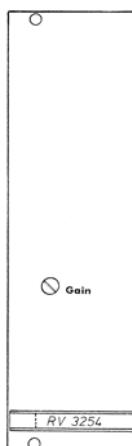
1. Μονάδα επιλογής εισόδου μετρήσιμης τιμής:
 - i. για το φορτίο από τον αισθητήρα φορτίου (load cell) ή
 - ii. για την παραμόρφωση από τον αισθητήρα μετατόπισης
2. Μονάδα υπολογισμού επιθυμητής τιμής (το επιθυμητό πρότυπο μοτίβο ορίζεται από την function generator πχ ανοδική ή καθοδική (ramp), τριγωνική ή ημιονοειδής, σε μορφή σήματος ηλεκτρικής τάσης volt)
3. Μονάδα ελέγχου (διαφορικός ενισχυτής). Δέχεται τα ηλεκτρικά σήματα (πραγματική –επιθυμητή τιμή) από τις δύο παραπάνω μονάδες, τα συγκρίνει, υπολογίζει τη διάφορα (σφάλμα) και με βάση αυτή ρυθμίζει (διορθώνει) την επιθυμητή τιμή κατάλληλα παράγοντας έτσι το σήμα εξόδου που οδηγείται στη σερβοβαλβίδα ελέγχου της παροχής υδραυλικού υγρού προς το έμβολο επενέργειας (με αποτέλεσμα την αύξηση ή μείωση του φορτίου στο δοκίμιο).

Αποτελέσματα του ελέγχου μπορεί να είναι τα παρακάτω:

- ✓ Διατήρηση σταθερού του φορτίου
- ✓ Διατήρηση σταθερής της παραμόρφωσης
- ✓ Σταθερή αύξηση ή μείωση του φορτίου ή της παραμόρφωσης (σε μορφή ράμπας)
- ✓ Περιοδικές αλλαγές του φορτίου ή της παραμόρφωσης (κυκλική φόρτιση)
- ✓ Ρύθμιση συχνότητας κυκλικής φόρτισης του δοκιμίου (έως 12 αλλαγές το λεπτό)

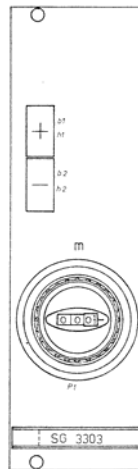
Ο έλεγχος που μόλις αναφέραμε υλοποιείται από τις παρακάτω μονάδες :

1. Ενισχυτής ελέγχου (RV 3254)



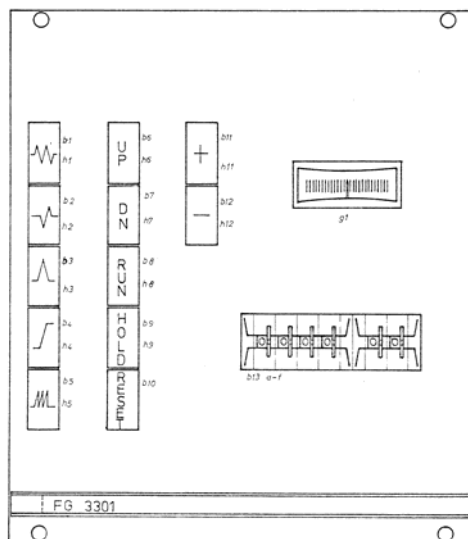
Είναι ένας αναλογικός διαφορικός ενισχυτής, ο οποίος υπολογίζει και ενισχύει (πολλαπλασιάζει) τη διαφορά (σφάλμα) ανάμεσα στη πραγματική (μετρήσιμη) τιμή και στην τιμή αναφοράς. Ο πολλαπλασιαστικός όρος μπορεί να πάρει ρυθμίσεις από 0,1x έως 10x σε βήματα. Το βέλτιστο κέρδος επιλέγεται αυτόματα εξαρτώμενο από την μεταβλητή που ελέγχεται (φορτίο ή επιμήκυνση L) και το αντίστοιχο πεδίο διακύμανσης της μετρήσιμης μεταβλητής (measurement range). Η αλλαγή του κέρδους είναι ελεγχόμενη μέσω πέντε ρελέ τα οποία ενεργοποιούνται από το σήμα του ημιαυτόματου ενισχυτή ελέγχου RV 3252.

2. Γεννήτρια Επιθυμητής Τιμής (set-point generator) (SG 3303)



Χρησιμοποιείται για να καθορίζει τη τιμή του επιθυμητού φορτίου η οποία δίνεται σαν είσοδος αναλογικού σήματος στον ενισχυτή ελέγχου για να μπορεί αυτός να κάνει έλεγχο κλειστού βρόγχου.

3. Γεννήτρια Σημάτων Κυκλικής Φόρτισης (Function Generator) (FG 3301)



Είναι γεννήτρια σήματος αναφοράς, με δυνατότητα επιλογής του τύπου και της συχνότητας κυκλικής φόρτισης.

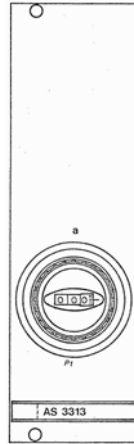
Υπάρχουν επιλογές φόρτισης τριγωνικής μορφής ή σε μορφή ράμπας. Μπορεί να παράξει σήματα πέντε διαφορετικών τύπων εναλλασσόμενης φόρτισης του δοκιμίου, όπως:

- ελεύθερη διακύμανση
- μεμονωμένου πλήρους κύκλου
- μεμονωμένου μισού κύκλου
- μεμονωμένου τέταρτου του κύκλου (ράμπα αύξησης)

- πριονοειδής μορφή φόρτισης

Επίσης υπάρχει δυνατότητα επιλογής περιόδου κάθε κύκλου φόρτισης με ρύθμιση από 20ms έως 9999,99sec, σε βήματα των 10ms.

4. Ενισχυτής σήματος (AS 3313)

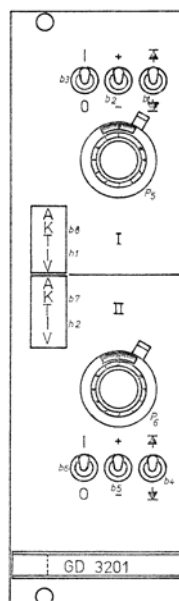


Ενισχύει κατά πλάτος το σήμα της γεννήτριας σήματος επιθυμητής τιμής (SG 3303). Η ενίσχυση ποικίλει αδιαβάθμητα από 0 έως $\pm 10\text{Volt}$

5. Μετρητής Κύκλων Φόρτισης (Δοκιμίου) (ZW 3208)

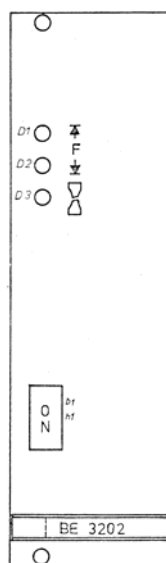
Η μονάδα αυτή μετράει τους κύκλους φόρτισης σε βήματα και σταματάει τη λειτουργία της μηχανής όταν φτάσει σε ένα προρυθμισμένο αριθμό κύκλων. Βασίζεται σε έναν ενσωματωμένο φορητό υπολογιστή τσέπης (calculator).

6. Επιτηρητής οριακής τιμής (GD 3201)



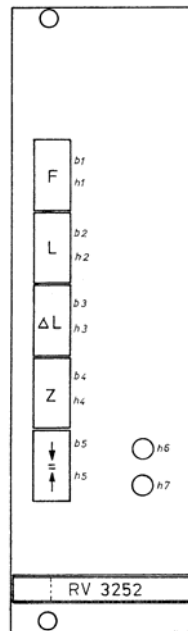
Ο επιτηρητής αυτός ελέγχει δυο κανάλια ανεξάρτητα μεταξύ τους με μια ή δύο μετρήσιμες μεταβλητές για το αν αυτές ξεπεράσουν την ανώτερη ή την κατώτερη ορισμένη τιμή. Ο έλεγχος λειτουργεί στον εφελκυσμό και στη θλίψη. Η υπέρβαση της οριακής τιμής εμφανίζει οπτικό σήμα και αν είναι επιθυμητό χρησιμοποιείται για τερματισμό της λειτουργίας της μηχανής με τη βοήθεια του κυκλώματος ασφαλείας.

7. Επιτηρητής αστοχίας δοκιμίου (DE 3202)



Ο επιτηρητής αυτός ελέγχει το μέγιστο οριζόμενο φορτίο και το ρυθμό αλλαγής του φορτίου. Όταν το μετρούμενο φορτίο φτάσει το 103% του ορισμένου, η μηχανή τερματίζει τη λειτουργία της και ανάβει η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία. Επίσης όταν το δοκίμιο θραύσει ή όταν υπάρξει μείωση φορτίου 20% από το αντίστοιχο πρόσφατο μετρήσιμο εύρος τιμών φορτίου σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα τερματίζει της λειτουργίας της μηχανής και ανάβει η αντίστοιχη ενδεικτική λυχνία.

8. Ημιαυτόματος ρυθμιστικός ενισχυτής (RV 3252)



Ο ελεγκτής (ρυθμιστικός ενισχυτής) αυτός χρησιμοποιείται σε συστήματα κλειστού βρόγχου.

Μπορεί να γίνει επιλογή τεσσάρων ελεγχόμενων μεταβλητών, φορτίο, μετατόπιση, παραμόρφωση και μια ελεύθερη είσοδο. (Όταν αλλάξουμε από μια ελεγχόμενη μεταβλητή σε μια άλλη, η μονάδα επιλογής μπλοκάρει την εκτέλεση γιατί η προηγούμενη ενεργή τιμή είναι αποθηκευμένη και δίνεται σαν ενδεικτική τιμή μέχρι η κύρια και ενδεικτική τιμή ευθυγραμμιστούν εκ νέου, πιέζοντας το αντίστοιχο πλήκτρο ευθυγράμμισης. Η κύρια τιμή παρέχεται μέσω της γεννήτριας επιθυμητής τιμής SG 3303.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο μηχάνημα δοκιμών που περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφαλαίο προστέθηκε ένα σύστημα απεικόνισης το οποίο χρησιμοποιώντας σύγχρονα υπολογιστικά εργαλεία, καταφέρνει να απεικονίσει τις πειραματικές μετρήσεις σε μορφή περισσότερο φιλική και κατανοητή, από αυτή που ήδη χρησιμοποιείται, χωρίς να χρειαστεί να γίνουν ριζικές επεμβάσεις στα ήδη υπάρχοντα συστήματα.

Για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα, που είναι η απεικόνιση των τιμών των πειραματικών δεδομένων, αλλά κυρίως η δυνατότητα της «χάραξης» των καμπυλών των διαγραμμάτων φορτίου-επιμήκυνσης και τάσης – παραμόρφωσης, κατά την εκτέλεση πειραμάτων στην πειραματική διάταξη εφελκυσμού – θλίψης του εργαστηρίου Αντοχής Υλικών υλοποιήθηκε η παρακάτω εφαρμογή.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής αυτής κινήθηκε γύρω από τρεις βασικούς άξονες:

- **Το λογισμικό GeniDAQ της εταιρίας Advantech.** Είναι η βάση της εφαρμογής με πολλές δυνατότητες επεξεργασίας και απεικόνισης δεδομένων σε διάφορες μορφές.
- **Η εξωτερική μονάδα εισόδου δεδομένων.** Είναι η συσκευή που διασυνδέει τον υπολογιστή και το παραπάνω λογισμικό, με την πειραματική διάταξη δοκιμών. Έχει τη δυνατότητα ανάκτησης δεδομένων, με χρήση εδώ των δυο από τις αναλογικές εισόδους του, μετατροπής των σημάτων από αναλογικά σε ψηφιακά και εισαγωγής τους στον υπολογιστή.
- **Η προγραμματιστική εφαρμογή,** η οποία αναπτύχθηκε με σκοπό να προσαρμόσει τις δυνατότητες του λογισμικού στις απαιτήσεις του συστήματος απεικόνισης.

4.1. Το λογισμικό GeniDAQ της Advantech

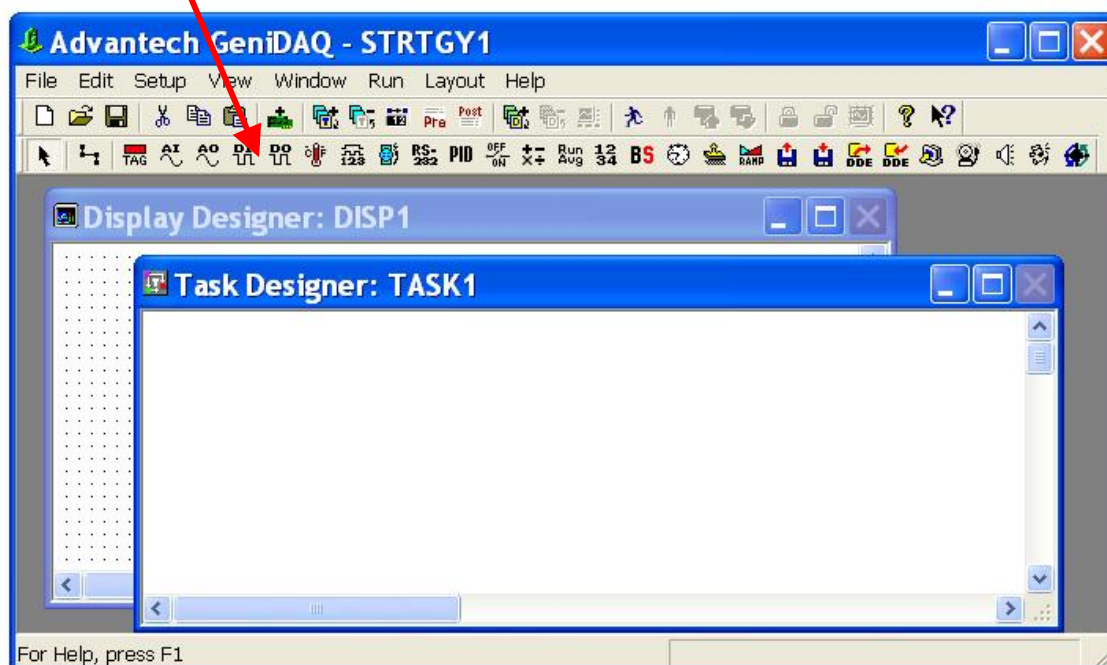
Το λογισμικό GeniDAQ, είναι ένα κατανοητό, ευέλικτο περιβάλλον που δέχεται και απεικονίζει δεδομένα, το οποίο υποστηρίζει λειτουργίες για την ανάπτυξη εφαρμογών αυτοματισμού όλων των τύπων, σε περιβάλλον Windows. Η εφαρμογή παρέχει ένα σύστημα βασισμένο σε εικονίδια, τα οποία επιλέγονται από τη γραμμή εργαλείων και διασυνδέονται με τη βοήθεια του ποντικιού για σχεδιασμό αυτοματισμών πραγματικού χρόνου και εφαρμογών ελέγχου, οθονών ελέγχου και δυναμικής διαχείρισης συστημάτων.

Το λογισμικό διαχωρίζεται σε δυο ανεξάρτητα μέρη. Το πρώτο μέρος, το λογισμικό ανάπτυξης εφαρμογών (GeniDAQ Builder), χρησιμοποιείται για τη σύνθεση των στοιχείων ελέγχου και απεικόνισης (εφαρμογές διεπαφής χρήστη-μηχανήματος (**H**uman **M**achine **I**nterface)). Επιπλέον,

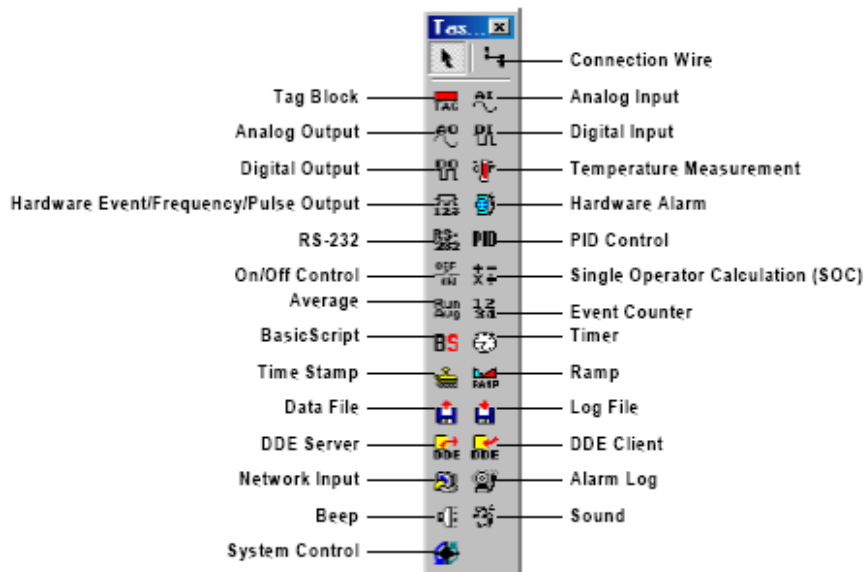
παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα, να εκτελέσει την εφαρμογή που έχει δημιουργήσει δοκιμαστικά. Στο μέρος αυτό, κατά την διάρκεια της σύνθεσης της εφαρμογής, ο χρήστης δουλεύει παράλληλα σε δυο παράθυρα:

- Παράθυρο σχεδιασμού ροής προγράμματος (TASK designer), στο οποίο παρέχεται ένα σύνολο εργαλείων, τα οποία υλοποιούν ενέργειες όπως η λήψη δεδομένων, η εκτέλεση μαθηματικών πράξεων και λειτουργιών βιομηχανικού ελέγχου. Το μόνο που χρειάζεται να κάνει ο χρήστης είναι να συνδυάσει τα εικονίδια μεταξύ τους, να τα διασυνδέσει, να ορίσει τις παραμέτρους και μετά να δημιουργήσει την οθόνη δυναμικής απεικόνισης.

Γραμμή εργαλείων
του Task Designer



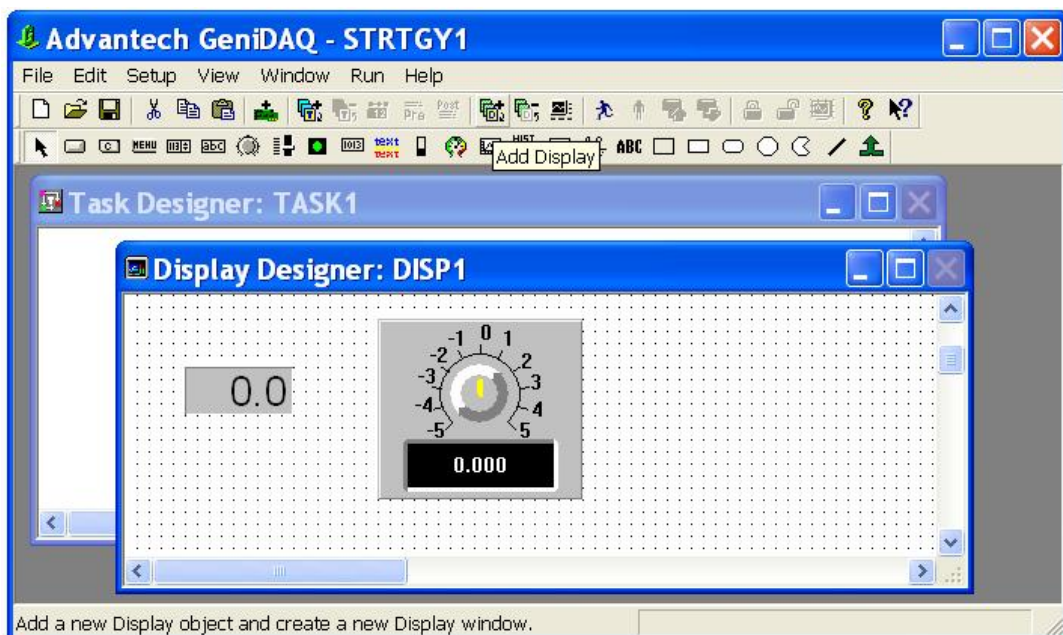
Σχήμα 4.1: Παράθυρο εργασίας του GeniDAQ Builder (Task Designer)



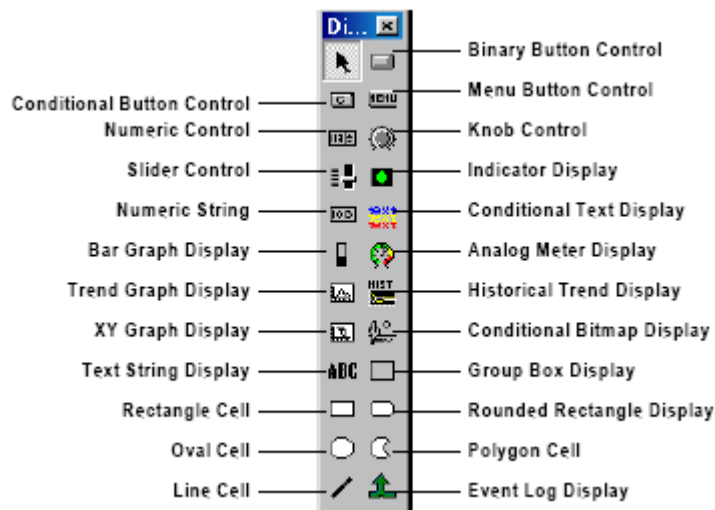
Σχήμα 4.2: Γραμμή εργαλείων του Task Designer

Επιπρόσθετα, για το σχεδιασμό στοιχείων μεγαλύτερης πολυπλοκότητας και ανάλυσης, παρέχεται προγραμματιστικό εργαλείο (BasicScript), το οποίο δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει πρόσθετο έλεγχο στο σχεδιασμό του, χρησιμοποιώντας την γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic για εφαρμογές της Microsoft.

- Παράθυρο σχεδιασμού οθόνης απεικόνισης (display designer), το οποίο παρέχει πλήθος από γραφικά στοιχεία για το σχεδιασμό γραφικών ελέγχου και απεικόνισης δεδομένων. Ουσιαστικά πρόκειται για το παράθυρο διεπαφής της εφαρμογής με το χρήστη κατά την εκτέλεση της (RunTime).



Σχήμα 4.3: Παράθυρο εργασίας του GeniDAQ Builder (Display Designer)



Σχήμα 4.4: Γραμμή εργαλείων του Display Designer

Το δεύτερο μέρος της εφαρμογής (GeniDAQ Runtime), παρέχει περιβάλλον μόνο για την εκτέλεση της εφαρμογής που έχει δημιουργήσει ήδη ο χρήστης χρησιμοποιώντας το GeniDAQ Builder. Δεν δίνει την δυνατότητα για κανενός είδους επιπλέον αλλαγή ή παρέμβαση στην ήδη υπάρχουσα εφαρμογή. Εμφανίζονται μονάχα οι οθόνες απεικόνισης.



Σχήμα 4.5: Βασικές λειτουργίες του GeniDAQ Runtime

Τέλος, το λογισμικό παρέχει ένα ανοικτό αναπτυξιακό περιβάλλον (open development environment). Μπορεί εύκολα να επικοινωνήσει με άλλες εφαρμογές διαμέσου συνδέσμου DDE (Dynamic Data Exchange), OLE Automation (Object Linking and Embedding), και TCP/IP (Transmission Control Protocol /Internet Protocol) networking. Για τη διασύνδεση βάσης δεδομένων, υπάρχουν ενσωματωμένες λειτουργίες ODBC (Open DataBase Connectivity - Ανοικτό Πρότυπο Σύνδεσης Βάσεων Δεδομένων) για SQL (Structured Query Language - Δομημένη Γλώσσα Ερωτημάτων), παρέχοντας πρόσβαση σε ένα πλήθος βάσεων δεδομένων. Επίσης συνεργάζεται με το βιομηχανικό OPC standard, το οποίο παρέχει συνδεσιμότητα plug-&-play με διάφορες συσκευές συμπεριλαμβανομένων προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLCs).

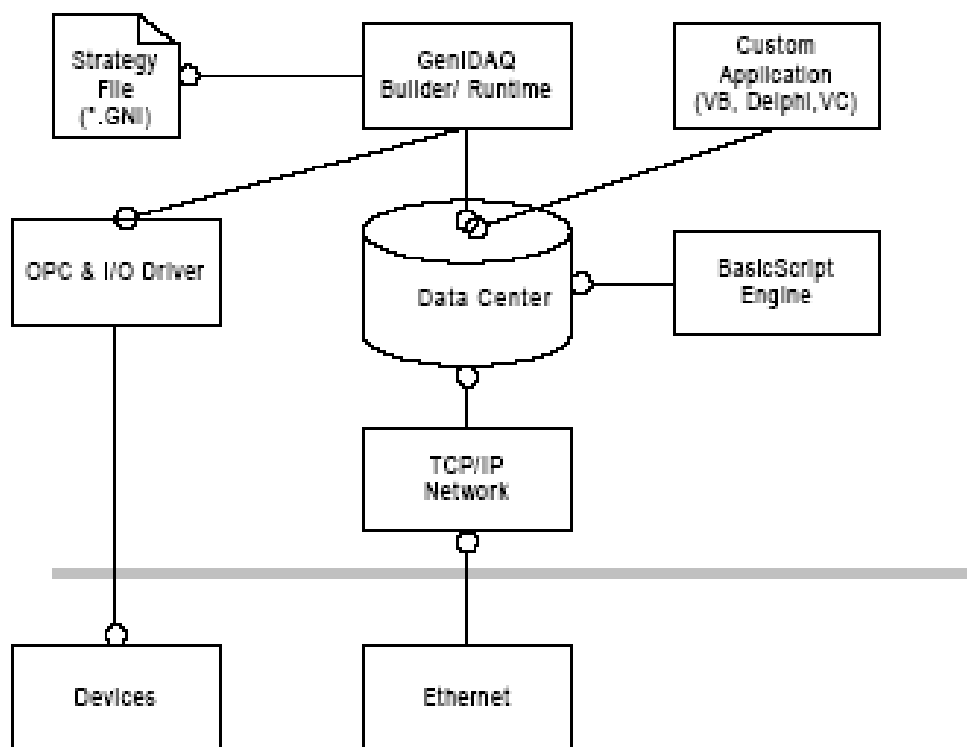
Αρχιτεκτονική Συστήματος

Το GeniDAQ σχεδιάστηκε με μια διασυνδεόμενη, βασισμένη σε τμήματα (modular-oriented) και ανοιχτή ενοποιημένη αρχιτεκτονική. Η ανοιχτή πλατφόρμα επιτρέπει στο χρήστη να διασυνδέσει το GeniDAQ με άλλες εφαρμογές για τη χρήση κοινών δεδομένων ελέγχου σε πραγματικό χρόνο. Αυτό αυξάνει την απόδοση και τον αριθμό των μονάδων εισόδου – εξόδου που μπορούν να υποστηριχθούν.

Τα τμήματα από τα οποία αποτελείται η αρχιτεκτονική, εκτός από το GeniDAQ Builder και RunTime, στα οποία ήδη έχουμε αναφερθεί παραπάνω είναι και τα :

- BasicScript Engine: πρόκειται για ένα σύνολο κοινόχρηστων βιβλιοθηκών (DLLs - Dynamic Link Libraries) που υποστηρίζουν την μετάφραση του πηγαίου κώδικα (Visual Basic) και την εκτέλεσή του. Επίσης υποστηρίζει τη δυνατότητα πρόσβασης και διαμοιρασμού δεδομένων με άλλες εφαρμογές, όπως Microsoft Access και Microsoft Excel.
- OPC (OLE for Process Control) (**OLE** Object Linking and Embedding): Συμβατότητα διασύνδεσης αντικειμένων που επιτρέπει, διασύνδεση με εξωτερικές μονάδες εισόδων – εξόδων όπως η μονάδα με σύνδεση USB θύρας που θα χρησιμοποιηθεί στην συγκεκριμένη εφαρμογή.
- TCP/IP Network: Είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με πολλαπλούς κόμβους. Δίνει τη δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων με άλλους υπολογιστές χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP/IP.
- Data Center: Είναι μια κεντρική αποθήκη δεδομένων ελέγχου και απεικόνισης. Διαχειρίζεται όλα τα δεδομένα πραγματικού χρόνου και παρέχει δυο διεπαφές επικοινωνίας : DDE (Dynamic Data Exchange: Μέθοδος με την οποία διαφορετικές εφαρμογές επικοινωνούν μεταξύ τους.) και OLE (Object Linking and Embedding: Συμβατότητα διασύνδεσης αντικειμένων).
- I/O Driver: Είναι υπεύθυνος για προσπέλαση δεδομένων πραγματικού χρόνου από τις συσκευές εισόδων – εξόδων.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται αναλυτικά η αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται στο GeniDAQ.



Σχήμα 4.6: Αρχιτεκτονική συστήματος GeniDAQ

4.2 Εξωτερική μονάδα εισόδου σημάτων

Χρησιμοποιήθηκε η κάρτα USB-4711 της Advantech, η οποία αποτελεί μια μονάδα ανάκτησης δεδομένων (data acquisition). Για την σύνδεσή της με τον υπολογιστή, χρησιμοποιείται θύρα USB, ενώ χαρακτηρίζεται από το ενιαίου σχεδιασμού κύκλωμα και τις ολοκληρωμένες λειτουργίες ανάκτησης δεδομένων και ελέγχου.

Χαρακτηριστικά

- **16 (singled-ended) κανάλια αναλογικής εισόδου**
- **Μετατροπέα αναλογικού – σε – ψηφιακό**, με ανάλυση 12-bit και ρυθμό δειγματοληψίας έως και 100 kS/s
- **8 κανάλια ψηφιακής εισόδου** και **8 κανάλια ψηφιακής εξόδου**
- **2 κανάλια αναλογικής εξόδου**
- Προγραμματιζόμενο μετρητή των 16-bit
- Προγραμματιζόμενο gain για κάθε κανάλι αναλογικής εισόδου
- Αυτόματη σάρωση καναλιού/gain
- Ενσωματωμένη μνήμη 1000 δειγμάτων (FIFO buffer) για τα κανάλια αναλογικής εισόδου
- Δεν υπάρχει απαίτηση για εξωτερική τροφοδοσία
- Η κατάσταση της συσκευής υποδεικνύεται με LED
- Ενσωματωμένοι ακροδέκτες καλωδίου τύπου κλέμας
- Υποστηρίζει θύρα USB 2.0
- Λειτουργία αυτόματου καλιμπραρίσματος



Σχήμα 4.7: Η κάρτα εισόδων-εξόδων

4.3 Εφαρμογή – Προγραμματιστικό μέρος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, βασική ιδέα ήταν, να δημιουργηθεί μια προγραμματιστική εφαρμογή η οποία να μπορεί να απεικονίζει τις τιμές των πειραματικών δεδομένων, δηλαδή

- **την επιμήκυνση (mm) του δοκιμίου**
- **το φορτίο (kN) που εξασκείται σε αυτό**
- **την τάση σ που εφαρμόζεται σε κάθε μονάδα επιφάνειας του (N/mm^2)**
- **και την επί τις εκατό παραμόρφωση (%).**

Αλλά κυρίως να μπορεί να εμφανίζει τις **καμπύλες των διαγραμμάτων φορτίου-επιμήκυνσης και τάσης – παραμόρφωσης**, κατά την εκτέλεση πειραμάτων στην πειραματική διάταξη εφελκυσμού – θλίψης του εργαστηρίου Αντοχής Υλικών.

Επιθυμητό επίσης ήταν να μπορεί να καταγράφει τα δεδομένα του εκάστοτε πειράματος και να τα αποθηκεύει έτσι ώστε να μπορούν να ανακτηθούν αργότερα, να μετατραπούν σε αρχείο κειμένου (*.txt) και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από άλλη εφαρμογή για περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. Excel).

Η ανάπτυξη της εφαρμογής έχει δημιουργηθεί με βάση το λογισμικό ανάκτησης δεδομένων (GeniDAQ), που έχει ήδη περιγραφεί στην προηγούμενη ενότητα.

Επίσης, από την υπάρχουσα πειραματική διάταξη δοκιμών χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή τα δυο αισθητήρια (φορτίου και μετατόπισης) μαζί με τις μονάδες τροφοδοσίας τους με ρεύμα και ενίσχυσης των σημάτων τους. Στα σήματα, αρχικά έγινε έλεγχος για αντιστοίχιση των τάσεων εξόδου με τα μετρήσιμα μεγέθη. Στη συνέχεια τα δυο παραπάνω σήματα μέσω της εξωτερικής μονάδας εισόδου σημάτων (USB-4711), που έχει περιγραφεί παραπάνω, οδηγήθηκαν στην εφαρμογή και ουσιαστικά είναι τα κύρια μετρήσιμα σήματα εισόδου.

Απαραίτητα σημεία για την σωστή λειτουργία της εφαρμογής, όσο αφορά την επεξεργασία των σημάτων, είναι: ο μηδενισμός της τιμής τους στην αρχή κάθε πειράματος και κατά συνέπεια η αρχή της μέτρησης με σημείο αναφοράς την τιμή εκείνης της χρονικής στιγμής (αρχή πειράματος → μηδενικό φορτίο – μηδενική επιμήκυνση), και η σωστή αντιστοίχιση της μετρήσιμης τιμής που αφορά μέτρηση μερικών Volts, με την τιμή του μεγέθους που αυτή αντιπροσωπεύει.

Επίσης σημαντικό σημείο είναι η απεικόνιση της καμπύλης των διαγραμμάτων. Ιδιαίτερα το διάγραμμα φορτίου – επιμήκυνσης, το οποίο λόγω της ποικιλίας χαρακτηριστικών των υλικών των δοκιμίων και των μεγεθών της διατομής τους, από τη μία, όσο και το αρκετά μεγάλο εύρος του αρχικού μήκους του δοκιμίου από την άλλη, απαιτήσαν τα μεγέθη του αντιστοιχού διαγράμματος να μπορούν να επιλεχθούν ανεξάρτητα το ένα

από το άλλο. Έτσι επιτεύχθηκε η εκμετάλλευση του μεγαλύτερου εύρους τιμών του διαγράμματος, δηλαδή η καμπύλη που προκύπτει να καλύπτει όλο το διαθέσιμο μέρος της οθόνης, έτσι ώστε να είναι πιο ευανάγνωστη.

Στο δεύτερο διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης η επιλογή ανάμεσα σε δυο διαγράμματα διαφορετικού μεγέθους τιμών για κάθε άξονα, ήταν μια αρκετά ικανοποιητική λύση. Επειδή τα συνήθη υλικά των δοκιμίων είναι μέταλλα, συμβουλευόμενοι των πίνακα που παραθέτεται στο τέλος του κεφαλαίου 2, παράγραφος «2.3: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΥΛΙΚΩΝ», διαχωρίστηκαν αυτά τα υλικά σε δυο «κατηγορίες». Μέταλλα με μεγάλη ολκιμότητα (μεγάλο ποσοστό επιμήκυνσης επί τις εκατό %, μέχρι το όριο θραύσης) και με μικρή αντοχή σε τάση εφελκυσμού (τάση θραύσης), πχ απλοί χάλυβες, και μέταλλα με πολύ μεγάλη αντοχή (υψηλή τάση θραύσης) αλλά αντίστοιχα μικρό εκατοστιαίο ποσοστό επιμήκυνσης, πχ κράματα χαλύβων υψηλής αντοχής. Έτσι για την πρώτη κατηγορία, επιλέχτηκε ένα διάγραμμα με τιμές αξόνων έως 700 N/mm^2 για τον άξονα Y (τάση) με αντίστοιχα έως 25% επιμήκυνση για τον άξονα X. Ενώ για τη δεύτερη κατηγορία, οι τιμές ανέρχονται σε 1500 N/mm^2 και έως 15 % επιμήκυνση αντίστοιχα.

Με βάση τις παραπάνω απαιτήσεις **οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν στον προγραμματισμό της εφαρμογής** είναι συνοπτικά οι παρακάτω:

A. Επεξεργασία πρώτης αναλογικής εισόδου. Αναφέρεται στο σήμα της μετατόπισης. Τα βήματα επεξεργασίας της είναι:

1. Είσοδος του σήματος στην εφαρμογή.
2. Αποθήκευση της τρέχουσας τιμής του σήματος, τη στιγμή που πιέζεται το πλήκτρο μηδενισμού, σε μεταβλητή μνήμης.
3. Μετατροπή του σήματος από σήμα τάσης -10 έως +10 Volt, σε σήμα τάσης 0 έως +20 Volt, προσθέτοντας στην τιμή του σήματος τον αριθμό 10.
4. Αφαίρεση της τιμής που αποθηκεύτηκε στο βήμα 2, (αφού προστεθεί και σε αυτή ο αριθμός 10), από την μετρήσιμη τιμή (real time) του σήματος (-μετατροπή της απόλυτης τιμής μέτρησης σε σχετική-μετράμε από τότε που αρχίζει το πείραμα).
5. Αντιστοίχιση της μετρήσιμης τιμής από Volt σε mm (μετατόπιση), με τη χρήση της σταθερής αναλογίας ($1 \text{ Volt}=800\text{mm}$ – ρυθμίσιο για καλιμπράρισμα).

B. Επεξεργασία της δεύτερης αναλογικής εισόδου. Αναφέρεται στο σήμα του φορτίου. Τα βήματα εδώ είναι όμοια με τα πρώτα τέσσερα της προηγούμενης επεξεργασίας, ενώ στο πέμπτο βήμα γίνεται αντιστοίχιση της μετρήσιμης τιμής από Volt σε kN (φορτίο), με τη χρήση της σταθερής αναλογίας ($1 \text{ Volt}=30 \text{ kN}$ – ρυθμίσιο για καλιμπράρισμα).

Τα παραπάνω σήματα τώρα, είναι έτοιμα για απεικόνιση.

Γ. Δημιουργία διαγράμματος χάραξης καμπύλης φορτίου – μετατόπισης. Τα μεγέθη του αντίστοιχου διαγράμματος μπορούν να επιλεγθούν (ανεξάρτητα το ένα από το άλλο) από το χρήστη. Έτσι επιτεύχθηκε η καμπύλη που προκύπτει να καλύπτει όλο το διαθέσιμο μέρος της οθόνης, έτσι ώστε να είναι πιο ευανάγνωστη. Αυτό πρακτικά έγινε με χρήση ενός απλού διαγράμματος Χ-Υ με σταθερά ορισμένες τιμές αξόνων. Δεν εμφανίζονται όμως αυτές στην οθόνη, αλλά οι (μικρότερες) τιμές αξόνων που έχει επιλέξει ο χρήστης με αντίστοιχο πολλαπλασιασμό των τιμών της καμπύλης, για αντιστοίχιση.

Δ. Καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσιμων τιμών. Έγινε με τη χρήση έτοιμου εργαλείου – διαγράμματος που παρέχεται από το λογισμικό. Χρησιμοποιήθηκαν δυο από τα παραπάνω διαγράμματα, ένα για κάθε τιμή (φορτίο ή επιμήκυνση) σε συνάρτηση με το πραγματικό χρόνο (ημερομηνία – ώρα). Σε καθένα από τα δυο διαγράμματα προστέθηκε μια ακόμα τιμή που αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή (σε sec), από την αρχή του πειράματος.

Ε. Υπολογισμός τάσης. Τα βήματα υπολογισμού είναι:

1. Ζητείται από τον χρήστη, να ορίσει το σχήμα και τις χαρακτηριστικές διαστάσεις της διατομής του δοκιμίου.
2. Βάση αυτών, υπολογίζεται η επιφάνεια της διατομής του δοκιμίου.
3. Ανακτάται η τιμή του φορτίου που υπολογίστηκε στο στάδιο **B**, και αυτή διαιρείται με την τιμή της επιφάνειας της διατομής ($\sigma = F/A$).

ΣΤ. Υπολογισμός της παραμόρφωσης. Βήματα:

1. Ζητείται από το χρήστη να ορίσει το αρχικό μήκος του δοκιμίου.
2. Ανακτάται η τιμή της μετατόπισης που υπολογίστηκε στο στάδιο **A** και διαιρείται με το αρχικό μήκος ($\epsilon = \Delta L/L$).
3. Η τιμή που προκύπτει μετατρέπεται σε εκατοστιαία επιμήκυνση πολλαπλασιάζοντας $\times 100$.

Ζ. Χάραξη της καμπύλης τάσης – παραμόρφωσης. Χαράζεται ταυτόχρονα σε δυο διαγράμματα, με μέγιστες τιμές αξόνων 700N/mm² για την τάση (άξονας Υ) και 25% παραμόρφωση για τον άξονα Χ, στο πρώτο, και 1500N/mm² και 15% παραμόρφωση στο δεύτερο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να εμφανίζεται όποιο από τα δυο διαγράμματα κρίνει ότι ανταποκρίνεται καλύτερα στα χαρακτηριστικά του υλικού του δοκιμίου.

Ακολουθεί παρακάτω, αναλυτική περιγραφή των διαδικασιών, που ήδη αναφέρθηκαν, κατά τον προγραμματισμό της εφαρμογής.

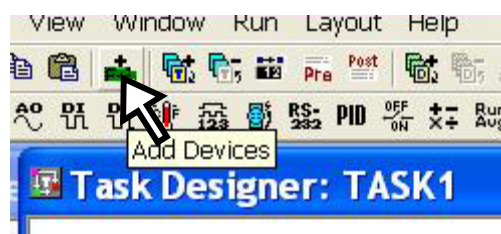
Στο προγραμματιστικό μέρος της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν πέντε **Task designer** και επτά **Display designer**. Η χρήση πέντε

παραθύρων TASKs, κρίθηκε σκόπιμη έτσι ώστε, από την μια πλευρά να διαχωριστεί το πρόγραμμα σε μικρότερα τμήματα, ώστε να γίνεται κατανοητό ευκολότερα, αλλά κυρίως για την εκμετάλλευση της δυνατότητας του λογισμικού GeniDAQ για ρύθμιση διαφορετικής ταχύτητας ροής προγράμματος για κάθε TASK ξεχωριστά (scan period : χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο κύκλους του προγράμματος του TASK).

Ξεκινώντας...

Πριν όμως ξεκινήσουμε τον προγραμματισμό, ήταν απαραίτητο να γίνει εγκατάσταση στον υπολογιστή, της κάρτας εισόδου σημάτων και του προγράμματος οδήγησής της.

Αρχικά πρέπει να έχουμε ενημερώσει το πρόγραμμα, από ποια συσκευή ανταλλαγής σημάτων θα δέχεται εισόδους – εξόδους. Αυτό γίνεται με την επιλογή προσθήκης εξωτερικής συσκευής (add devices).



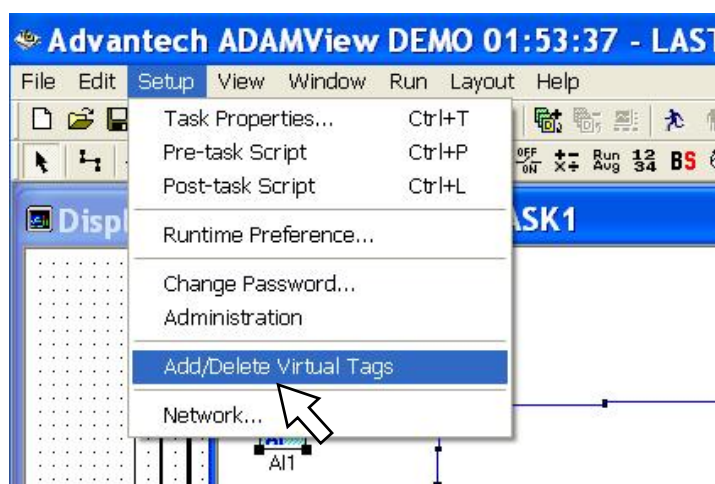
Σχήμα 4.8: Εικονίδιο προσθήκης εξωτερικής συσκευής

Τότε εμφανίζεται το παράθυρο επιλογής εξωτερικής συσκευής, όπου υπάρχει η λίστα με τις υποστηριζόμενες από το σύστημα μας συσκευές, και ήδη η εγκατεστημένη μονάδα USB-4711(plug & play).

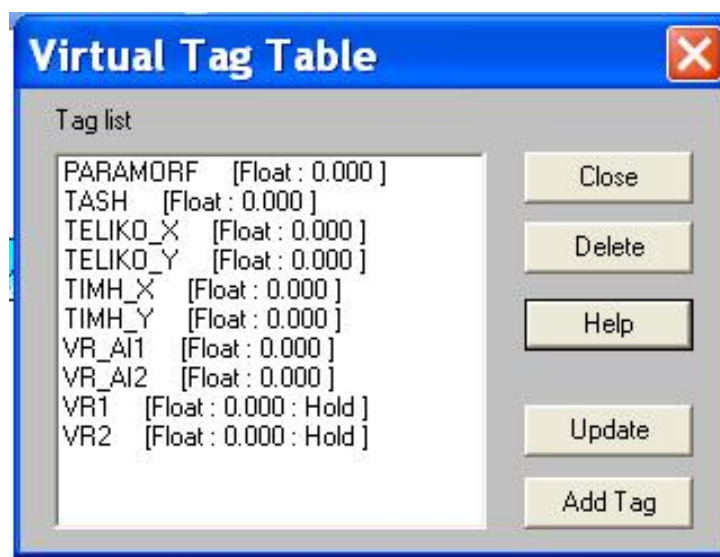


Σχήμα 4.9: Παράθυρο επιλογής εξωτερικής συσκευής

Επίσης, θα πρέπει να τονιστεί, ότι κατά την διάρκεια του προγραμματισμού, χρησιμοποιήθηκαν ένα σύνολο από **Virtual tag μεταβλητές**, οι οποίες δεν είναι τίποτε άλλο από μεταβλητές οι οποίες είναι ορατές από οποιοδήποτε TASK ή display του προγράμματος. Να σημειωθεί εδώ ότι οι μεταβλητές που βρίσκονται μέσα σε ένα TASK, δεν είναι ορατές από ένα άλλο TASK αλλά είναι από κάθε display.



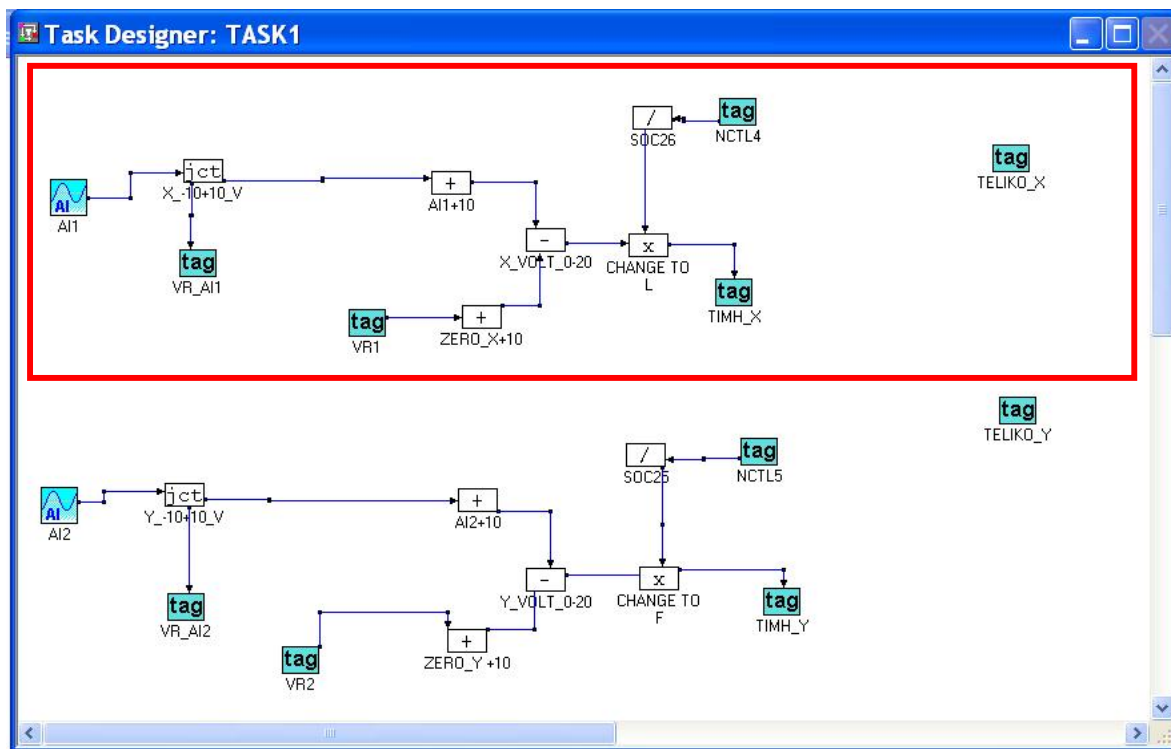
Σχήμα 4.10: Επιλογή εισαγωγής στο παράθυρο Virtual Tag μεταβλητών



Σχήμα 4.11: Παράθυρο Virtual Tag μεταβλητών

(Η λίστα των μεταβλητών είναι αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην προγραμματιστική εφαρμογή).

A. Επεξεργασία πρώτης αναλογικής εισόδου.



Σχήμα 4.12: TASK 1

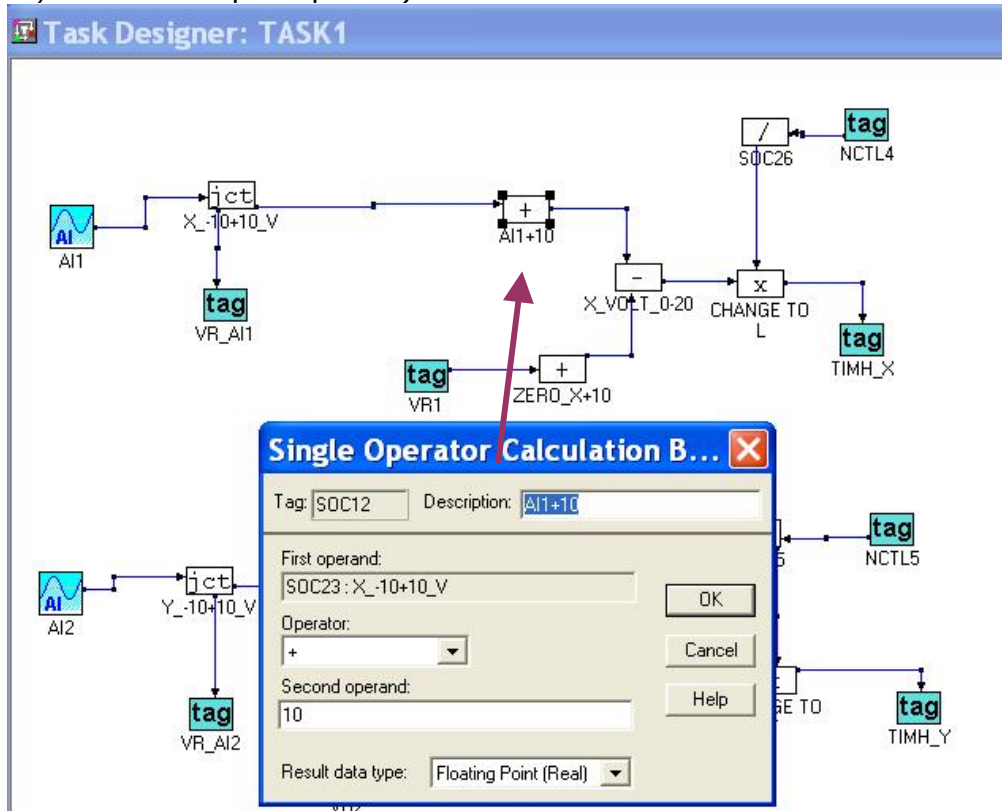
Στο TASK1, (στο επάνω σχήμα, σε κόκκινο πλαίσιο) παίρνουμε την τιμή αναλογικής εισόδου (AI0) από την κάρτα διασύνδεσης του PC με την πειραματική διάταξη δοκιμών, την οποία έχουμε με κατάλληλη σύνδεση αντιστοιχίσει στο σήμα μετατόπισης της κινητής σιαγόνας συγκράτησης του δοκιμίου. Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω, τα σήματα εξόδου από τον πίνακα ελέγχου της πειραματικής διάταξης παίρνουν τιμές από -10V έως +10V.

Αυτό γίνεται με την χρήση του εικονιδίου AI1 (Analog Input) από την γραμμή εργαλείων. Με διπλό κλικ πάνω στο εικονίδιο εμφανίζεται παράθυρο ιδιοτήτων της αναλογικής εισόδου AI1 (σχήμα 4.13), απ' όπου επιλέγουμε την συσκευή ανταλλαγής σημάτων που διαθέτουμε (USB-4711), και ορίζουμε ποιας αναλογικής εισόδου το σήμα θέλουμε να λάβουμε και σε ποιο εύρος τιμών τάσης (-10V έως +10V).



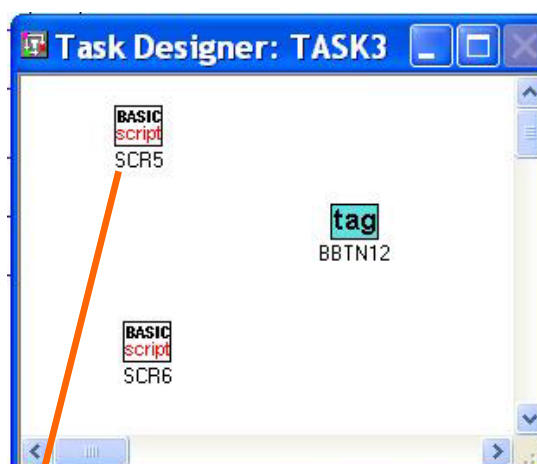
Σχήμα 4.13: Ρυθμίσεις αναλογικής εισόδου

Το σήμα της AI1 (Output0 – αυτό αντιστοιχεί στην είσοδο “channel 0” της κάρτας, όπως έχουμε επιλέξει στο παράθυρο ιδιοτήτων) οδηγείται σε μπλοκ εκτέλεσης πράξης (με το όνομα “AI1+10”), το οποίο μετατρέπει το εύρος του σήματος από -10V έως +10V, σε σήμα τιμών 0 – 20V, απλά προσθέτοντας σε κάθε μετρήσιμη τιμή τον αριθμό 10 (σχήμα 4.14). (στο ενδιαμέσο μπλοκ “jct” δεν γίνεται καμία πράξη, μόνο διαμοιρασμός του σήματος στα δυο επόμενα μπλοκ).



Σχήμα 4.14: Μπλόκ εκτέλεσης μαθηματικής πράξης

Το ίδιο σήμα επίσης της AI1, μεταφέρεται σε μεταβλητή virtual tag, μέσω του tag που έχει το όνομα "VR_AI1", η οποία είναι ορατή από όλα τα TASKs και έτσι μπορεί το block (με όνομα "SCR5") που βρίσκεται στο Task3, με κατάλληλο κώδικα της Microsoft Visual Basic, να διαβάσει την τιμή και να την αποθηκεύσει σε μια άλλη virtual tag μεταβλητή ("VR1"), η οποία έχει ρυθμιστεί να κρατάει σε μνήμη το δεδομένο. Στην τιμή αυτή, αποθηκεύεται η τρέχουσα τιμή της AI1 τη στιγμή που ο χρήστης «πιέζει» το πλήκτρο ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ που βρίσκεται στην αρχική οθόνη ("start_screen"), της προγραμματιστικής εφαρμογής.



Σχήμα 4.15 : TASK 3

```

Sub SCR5()
  dim mytag10 as TAG
  dim mytag11 as TAG
  dim mytag12 as TAG

  set mytag10 = GetTag ("VIRTASK", "VR_AI1")
  set mytag11 = GetTag ("START_SCREEN", "BBTN12")
  set mytag12 = GetTag ("VIRTASK", "VR1")

  if (mytag11.value =1) then
    mytag12.value=mytag10.value
  end if

End Sub

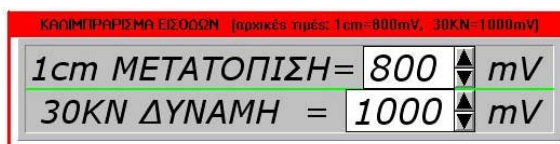
```

Όταν πατηθεί το πλήκτρο του μηδενισμού, η εντολή μεταφέρεται στον κώδικα της basic με όνομα SCR5 , όπου όταν η τιμή στο αντίστοιχο πλήκτρο (BBTN12) γίνει λογικό ένα (ενεργοποιημένο) αποθηκεύεται στη virtual tag μεταβλητή με όνομα VR1 η τρέχουσα τιμή της αναλογικής εισόδου AI1(σήμα μετατόπισης) που γίνεται ορατή στον κώδικα μέσω της virtual tag μεταβλητής με όνομα VR_AI1. Η virtual tag μεταβλητή VR1 είναι ρυθμισμένη έτσι ώστε να κρατάει στη μνήμη την τιμή μέχρι την επόμενη αλλαγή (επιλογή hold).

Σχήμα 4.16: Κώδικας αποθήκευσης τιμής μηδενισμού

Η τιμή αυτή, που έχει αποθηκευτεί, επανέρχεται στο TASK1, από τη virtual tag μεταβλητή μέσω του TAG που έχει το όνομα "VR1" και αφότου προσθέσουμε και σε αυτήν την τιμή τον αριθμό 10, χρησιμοποιείται ως η τιμή αναφοράς σε σχέση με την οποία μετράμε πλέον την τιμή της εισόδου AI1. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός απλού μαθηματικού τελεστή (SOC, με όνομα "X_VOLT_0-20"), οποίος αφαιρεί την τιμή της μεταβλητής VR1, που έχει αποθηκευτεί στη μνήμη από τη μετρήσιμη πραγματική τιμή. Έτσι πλέον η τιμή της μέτρησης της AI1 παίρνει τιμές πάνω ή κάτω (+ ή -) από την τιμή της VR1, η οποία είναι τώρα η τιμή 0 (σχετική τιμή μέτρησης μετά τον μηδενισμό).

Η σχετική τιμή, που αντιστοιχεί ακόμη σε Volt, οδηγείται τώρα σε ένα ακόμα μαθηματικό τελεστή (SOC με όνομα "CHANGE TO L"), ο οποίος με κατάλληλο πολλαπλασιασμό μετατρέπει τα Volt σε mm μετατόπισης, με βάση την αναλογία 10mm = 800mV. Η αναλογία αυτή μπορεί να μεταβληθεί στην οθόνη ρυθμίσεων (settings1) το αντίστοιχο τμήμα της οποίας εμφανίζεται στο *σχήμα 4.17* και να διορθώσει έτσι αν χρειαστεί τη μετατροπή.



Σχήμα 4.17: Καλιμπράρισμα εισόδων

Δηλαδή η τιμή των mV που αντιστοιχεί σε 1cm μετατόπιση μεταφέρεται σε ένα ακόμα μαθηματικό τελεστή (SOC 26) που εκτελεί διαίρεση με σταθερό αριθμητή το 10000 και παρονομαστή τα mV (800). Το αποτέλεσμα (12,5) αντιστοιχεί στα **mm μετατόπισης για κάθε 1 Volt**. Έχοντας ήδη την τρέχουσα τιμή των Volt μετά το μηδενισμό και πολλαπλασιάζοντας με τον πιο πάνω συντελεστή προκύπτει η τιμή της μετατόπισης σε mm.

Η τιμή αυτή, τώρα μέσω ενός TAG, αποθηκεύεται στην αντίστοιχου ονόματος virtual tag μεταβλητή (με όνομα "ΤΙΜΗ X") και είναι ορατή απ' όλα τα TASKs της προγραμματιστικής εφαρμογής.

Μια απαραίτητη επιπρόσθετη διόρθωση του σήματος: Έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο 2.3 ότι στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος υπάρχουν από πέντε πλήκτρα επιλογής εύρους μέτρησης για κάθε ένα από τα δυο μετρήσιμα μεγέθη. Τα πλήκτρα αυτά αντιστοιχούν την τάση εξόδου ($\pm 10\text{Volt}$) σε όλο ή σε υποδιαιρέσεις του συνόλου των μετρήσιμων μεγεθών. Έτσι έχουμε για τα mm να επιλέξουμε ανάμεσα σε 250, 125, 50, 25 και 12,5mm μετρήσιμο εύρος τιμών. Αυτό που τελικά γίνεται μέσα στον πίνακα ελέγχου είναι πολλαπλασιασμός του αρχικού σήματος με συντελεστή 1x, 2x, 5x, 10x, και 20x για κάθε πλήκτρο επιλογής. Αυτό δίνει την δυνατότητα στον ενισχυτή σήματος του αισθητηρίου να αυξήσει την

αναλυτική ικανότητα στην έξοδο του μειώνοντας αντίστοιχα το εύρος τιμών μέτρησης.

Επειδή όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, το σήμα που δεχόμαστε σαν είσοδο, αντιστοιχήθηκε σε κάποια mV χωρίς να έχουμε λάβει υπ' όψιν μας αυτόν τον πολλαπλασιαστικό όρο, εδώ θα πρέπει να γίνει διόρθωση του σήματος ξανά. Για το σκοπό αυτό, στην οθόνη "settings 1" της προγραμματιστικής εφαρμογής, όπως έχουμε δει, έχουν σχεδιαστεί πλήκτρα όμοια με τα πλήκτρα του πίνακα ελέγχου της μηχανής σε δυο ομάδες των πέντε πλήκτρων (kN ή mm). Τα πλήκτρα έχουν φτιαχτεί με τρόπο ώστε, να μπορεί μονάχα ένα κάθε ομάδας να είναι ενεργοποιημένο. Ενεργοποίηση ενός πλήκτρου της ίδιας ομάδας, συνεπάγεται απενεργοποίηση του προηγούμενου. Εκεί ζητείται από το χρήστη να επιλέξει πλήκτρο όμοιας τιμής με αυτήν που έχει επιλεγεί στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος (σχήμα 4.18).



Σχήμα 4.18: Επιλογή κλίμακας μεγεθών

Η ενεργοποίηση κάθε πλήκτρου γίνεται ορατή από τα αντίστοιχα tags του TASK2.



Σχήμα 4.19: Τμήμα του TASK2

Για κάθε πεντάδα πλήκτρων υπάρχει block της Visual Basic, όπου ο κώδικας που περιέχει κάνει την αντίστροφη πράξη (=διαίρεση), από αυτήν που κάνει η ηλεκτρονική πλακέτα στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος (=πολλαπλασιασμός). Ο αντίστοιχος κώδικας για τα πλήκτρα της μετατόπισης φαίνεται παρακάτω:

```

Sub SCR3()
  dim mytag1 as TAG
  dim mytag2 as TAG
  dim mytag3 as TAG
  dim mytag4 as TAG
  dim mytag5 as TAG

  dim mytag6 as TAG
  dim mytag7 as TAG

  set mytag1 = GetTag ("SETTINGS_1", "BBTN2")
  set mytag2 = GetTag ("SETTINGS_1", "BBTN6")
  set mytag3 = GetTag ("SETTINGS_1", "BBTN5")
  set mytag4 = GetTag ("SETTINGS_1", "BBTN4")
  set mytag5 = GetTag ("SETTINGS_1", "BBTN3")

  set mytag6 = GetTag ("VIRTASK", "TIMH_X")
  set mytag7 = GetTag ("VIRTASK", "TELIKO_X")

  if (mytag1.value =1) then
    mytag7.value=mytag6.value/20
  end if
  if (mytag2.value =1) then
    mytag7.value=mytag6.value/10
  end if
  if (mytag3.value =1) then
    mytag7.value=mytag6.value/5
  end if
  if (mytag4.value =1) then
    mytag7.value=mytag6.value/2
  end if
  if (mytag5.value =1) then
    mytag7.value=mytag6.value
  end if

End Sub

```

The diagram shows three yellow boxes with labels pointing to specific parts of the code:

- μεταβλητές**: Points to the declaration of variables mytag1 through mytag5.
- πλήκτρα**: Points to the assignment of variables mytag1 through mytag5 using GetTag.
- Virtual Tag μεταβλητές**: Points to the assignment of variables mytag6 and mytag7 using GetTag.

Σχήμα 4.20: Κώδικας διαίρεσης βάση κλίμακας μεγεθών

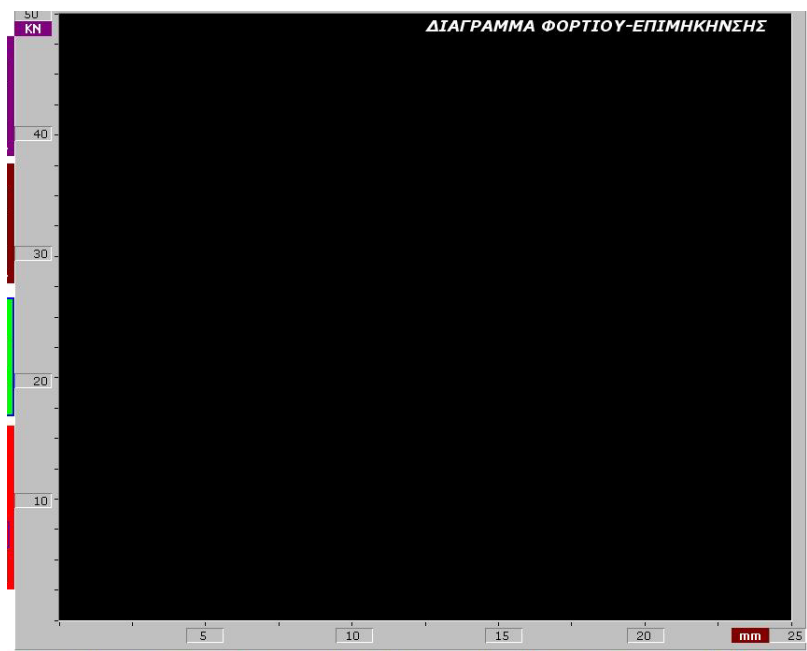
Έτσι όπως φαίνεται στον κώδικα, η τελική διορθωμένη τιμή αποθηκεύεται άμεσα σε virtual tag μεταβλητή, (με το όνομα "TELIKO_X") για τα mm. Αυτή η τιμή είναι και η πραγματική τελική τιμή του μεγέθους της μετατόπισης, σε mm.

Β. Επεξεργασία της δεύτερης αναλογικής εισόδου.

Μια όμοια διαδικασία γίνεται και για το σήμα της AI2, το οποίο περνώντας από τα ίδια στάδια, καταλήγει σε τιμή αντίστοιχη με τα kN του φορτίου του δοκιμίου. Η τιμή του AI2, μετατρέπεται από Volt σε kN, βάση της αναλογίας 1Volt = 30 kN. Και αυτή η αναλογία μπορεί να μεταβληθεί στην οθόνη ρυθμίσεων ("settings1").

Επίσης γίνεται κι εδώ η απαραίτητη επιπρόσθετη διόρθωση του σήματος. Στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος έχουμε για τα kN να επιλέξουμε ανάμεσα σε 600, 300, 125, 60 και 30 kN μετρήσιμο εύρος τιμών. Οι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές που αντιστοιχούν στα πλήκτρα επιλογής του εύρους μέτρησης του φορτίου, είναι 1x, 2x, 5x, 10x, και 20x, για μεταβολή από -10 έως +10VOLT, οπότε υπάρχει κι εδώ block της Visual Basic, (στο TASK2, "SCR4") όπου ο κώδικας που περιέχει κάνει την αντίστροφη πράξη (=διαίρεση), και αποθηκεύει το τελικό σήμα του φορτίου (kN) στη virtual tag μεταβλητή με όνομα "TELIKO_Y".

Γ. Δημιουργία διαγράμματος φορτίου – επιμήκυνσης.



Σχήμα 4.21: Διάγραμμα φορτίου – επιμήκυνσης

Στο display που απεικονίζει το διάγραμμα φορτίου – επιμήκυνσης έχουμε αναφέρει ότι οι τιμές βαθμονόμησης των δυο αξόνων δεν είναι σταθερές. Ο χρήστης μέσω του display settings1 καλείται να ορίσει το μέγεθος (μέγιστη τιμή) που θα έχει ο κάθε άξονας του διαγράμματος.

Έτσι το διάγραμμα αυτό είναι ένα ευέλικτο διάγραμμα, όπου οι μέγιστες τιμές των δυο αξόνων μπορούν να προσαρμοστούν από το χρήστη, ο οποίος εκτιμάει τις μέγιστες τιμές των δυο μετρήσιμων

μεταβλητών και προσαρμόζει έτσι την καμπύλη σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του διαγράμματος.



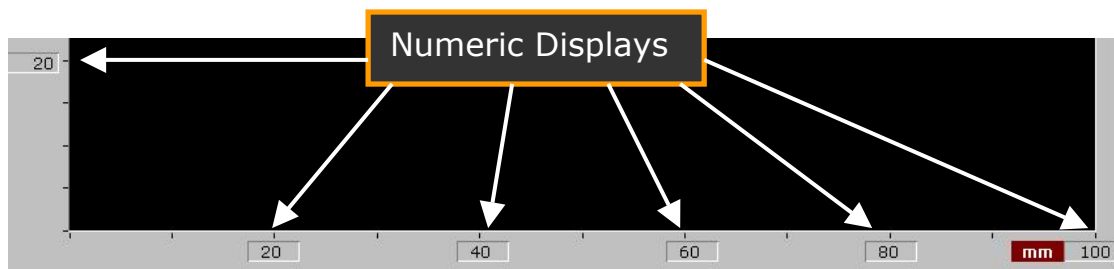
Σχήμα 4.22: Τμήμα της οθόνης ρυθμίσεων 1 για ρύθμιση των μέγιστων τιμών των αξόνων του διαγράμματος φορτίου - επιμήκυνσης

Στο TASK 2 αυτή η μεταβλητή (μια για κάθε άξονα) οδηγείται μέσω κατάλληλου link σε tag και από κει μετά από κατάλληλες πράξεις στο αντίστοιχο (από τα πέντε για κάθε άξονα) numeric display που βρίσκεται ενσωματωμένο στον άξονα του διαγράμματος.



Σχήμα 4.23: Τμήμα του TASK2 - υπολογισμός των υποδιαίρέσεων των αξόνων του διαγράμματος

Παράδειγμα: εάν η μέγιστη τιμή απεικόνισης του άξονα x (επιμήκυνση) οριστεί από το χρήστη να είναι 100mm αυτή η τιμή οδηγείται στο tag (με όνομα NCTL1) και από κει μετά από πολλαπλασιασμό με το συντελεστή 0.2 στο block (με όνομα "X 1/5") οδηγείται στο πρώτο από το 0 των αξόνων numeric display, σαν η τιμή 20. ομοίως στο δεύτερο numeric display με συντελεστή 0.4, σαν η τιμή 40 κλπ.



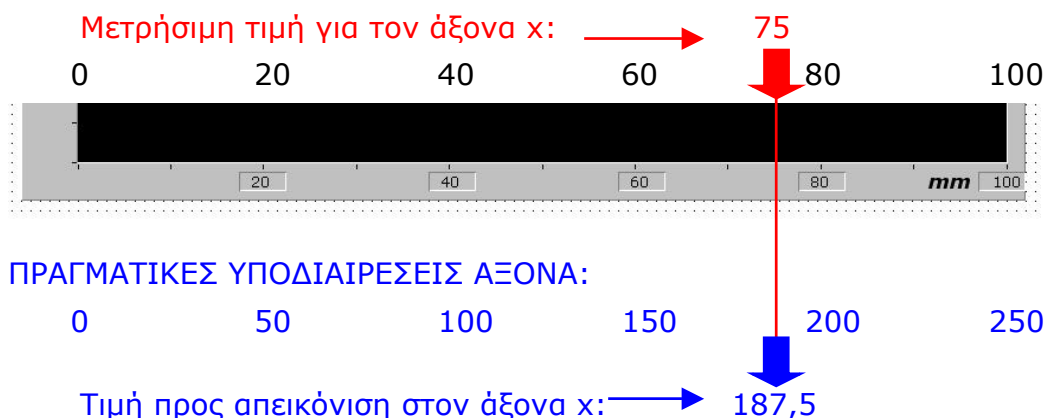
Σχήμα 4.24: Τμήμα του ευέλικτου διαγράμματος (άξονας X) μετά από επιλογή μέγιστης τιμής 100mm.

Μετά από αυτή τη ρύθμιση, χρειάζονται επιπλέον πράξεις για να προσαρμόσουν τα σήματα του διαγράμματος φορτίου – επιμήκυνσης ώστε να αντιστοιχούν στις τιμές των αξόνων. Όπως έχουμε αναφέρει το διάγραμμα αυτό είναι ένα ευέλικτο διάγραμμα. Φυσικά τέτοιο “ευέλικτο” διάγραμμα δεν υπήρχε έτοιμο στην προγραμματιστική εφαρμογή.

Έτσι πίσω από το ευέλικτο αυτό διάγραμμα, υπάρχει ένα τυπικό διάγραμμα X – Y που παρέχει η προγραμματιστική εφαρμογή, οι τιμές του οποίου για τον κάθε άξονα είναι σταθερά ορισμένες, 0-600 kN για τον άξονα y και 0-250 mm για τον άξονα x, (πραγματικές υποδιαιρέσεις αξόνων) και έχει όμως γίνει κατάλληλη επιλογή ώστε να μην εμφανίζονται στην οθόνη οι υποδιαιρέσεις αυτές.

Στη θέση αυτών, σε κάθε ένα από τα πέντε σημεία που σημάδευαν τις υποδιαιρέσεις της ευθείας του κάθε άξονα στην οθόνη εμφανίζονται με χρήση numeric display πέντε διαφορετικά νούμερα, (εικονικά), με τον τρόπο που αναφέρθηκε παραπάνω.

Η διαδικασία των πράξεων θα γίνει πιο εύκολα κατανοητή με τη χρήση ενός παραδείγματος, μόνο για τον άξονα x: Ας υποθέσουμε ότι έχουμε επιλέξει (εικονική) μεγαλύτερη τιμή στον άξονα της επιμήκυνσης (άξονας x) ίση με 100mm. Οι πέντε υποδιαιρέσεις (εικονικά νούμερα) όπως εμφανίζονται στον άξονα x τώρα έχουν τις εξής τιμές :



Σχήμα: 4.25: Αντιστοίχιση μετρήσιμης τιμής (75mm) μετά από επιλογή μέγιστης τιμής άξονα X =100mm

Ας θυμηθούμε ξανά ότι ο άξονας (με πραγματικά νούμερα) είναι ορισμένος με υποδιαιρέσεις από 0-250. Αυτές είναι οι τιμές που “κρύβονται” κάτω από κάθε σημάδι που διαιρεί τον άξονα X.

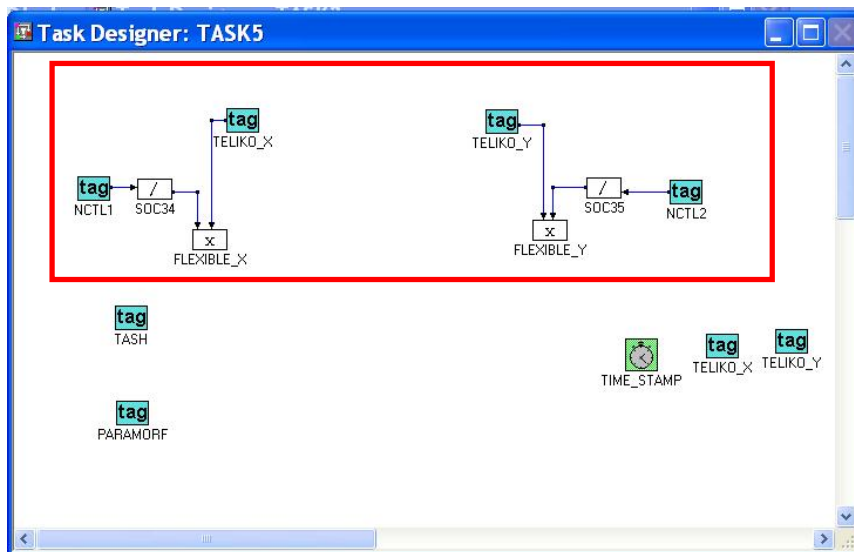
Ας υποθέσουμε τώρα ότι η τρέχουσα τιμή επιμήκυνσης (η τιμή που μετρήσαμε και δίνουμε σαν είσοδο στο γράφημα για αυτόν τον άξονα) είναι 75mm. Στο διάγραμμα λοιπόν, θα εμφανιστεί τότε ανάμεσα στην πρώτη υποδιαίρεση (πραγματικό 50) και την δεύτερη (πραγματικό 100), εκεί που βρίσκεται το 75, η απεικόνιση της τρέχουσας τιμής.

Εμείς όμως σε εκείνο το σημείο του άξονα X έχουμε επιλέξει να εμφανίζεται το 30, οπότε το αποτέλεσμα θα ήταν λάθος αντιστοίχιση ένδειξης της καμπύλης και υποδιαίρεσης άξονα.

Για να “στείλουμε” την ένδειξη της καμπύλης στο σωστό σημείο με βάση τις υποδιαιρέσεις που έχουμε επιλέξει να εμφανίζονται για τον άξονα x, θα πρέπει η τρέχουσα τιμή να πολλαπλασιαστεί με το αποτέλεσμα της διαίρεσης που δίνει το λόγο που έχει η μέγιστη πραγματική τιμή του διαγράμματος (ίση πάντα με 250mm, που όμως δεν φαίνεται στον άξονα) προς την τιμή που ο χρήστης έχει επιλέξει σαν μέγιστη για τον άξονα αυτό (αυτή που οι υποδιαιρέσεις της εμφανίζεται κάτω από την γραμμή του άξονα) στο παράδειγμά μας 100mm. Η πράξη που γίνεται $(250/100)$ δίνει αποτέλεσμα ίσο με 2,5. Με αυτό τον αριθμό πολλαπλασιάζεται η κάθε τρέχουσα τιμή για τον άξονα X, έτσι ώστε να απεικονίζεται στο σωστό σημείο του διαγράμματος με βάση την υποδιαίρεση που εμφανίζεται κάτω από τη γραμμή του άξονα. Στο παράδειγμά μας με τρέχουσα τιμή $75 * 2,5 = 187,5\text{mm}$. Αυτή την τιμή πρέπει να δώσουμε σαν είσοδο στο μενού ρυθμίσεων του διαγράμματος, έτσι ώστε αυτό που τελικά θα τυπωθεί στο γράφημα να απεικονίζει την τιμή του άξονα X.

Για το σκοπό αυτό η εκάστοτε τιμή που ο χρήστης ορίζει σαν μέγιστη υποδιαίρεση για τον άξονα X στην οθόνη αρχικών ρυθμίσεων (settings1), μεταφέρεται και στο TASK αυτό μέσω του TAG με όνομα NCTL1, οδηγείται στον παρανομαστή (operand 2) του block (SOC 34) εκτέλεσης μαθηματικής πράξης (διαίρεση), ενώ ο αριθμητής έχει σταθερή τιμή 250. Το αποτέλεσμα της διαιρέσεις πολλαπλασιάζεται με την μετρήσιμη τιμή επιμήκυνσης, που έρχεται στο TASK από τη virtual tag μεταβλητή με όνομα “TELIKO_X” μέσω του ομώνυμου TAG. Το αποτέλεσμα τώρα, του πολλαπλασιασμού είναι η τιμή η οποία οδηγείται προς απεικόνιση στον άξονα X του διαγράμματος.

Αντίστοιχες πράξεις γίνονται, όπως βλέπετε και στην οθόνη του TASK5, και για την διόρθωση της τιμής του φορτίου (TELIKO_Y), ώστε κι αυτή να οδηγηθεί προς απεικόνιση στον άξονα Y του διαγράμματος. Ο αριθμητής του block (SOC 35) εκτέλεσης μαθηματικής πράξης (διαίρεση) εδώ έχει σταθερή τιμή 600.

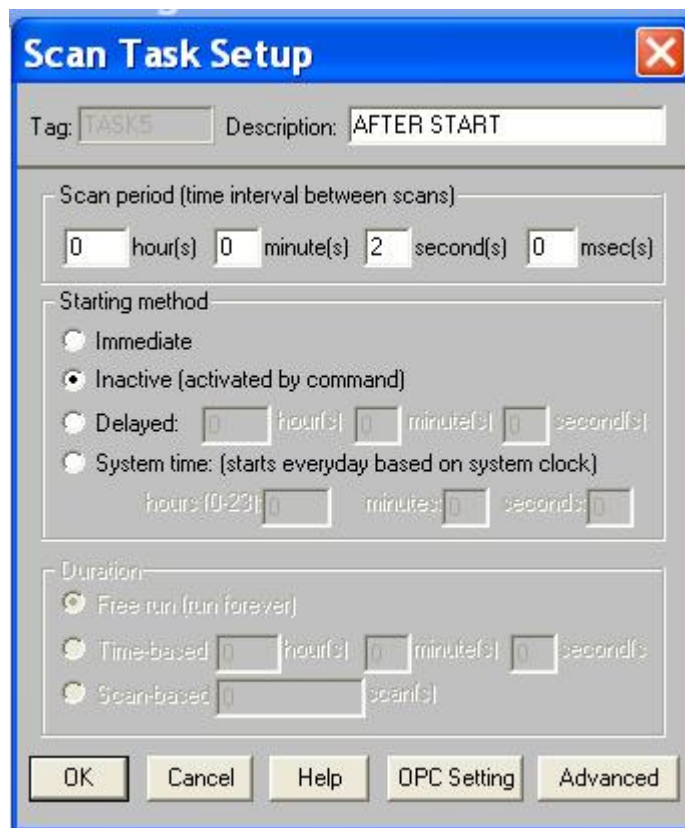


Σχήμα 4.26: TASK5

Οι τιμές που θα χαράξουν την καμπύλη στο διάγραμμα πριν δοθούν στο διάγραμμα περνάνε από το TASK5. Στο TASK5 υπάρχει επιπλέον μια ιδιαιτερότητα.

Ήδη τα σήματα διαμορφώνονται στις πραγματικές τους τιμές στα προηγούμενα TASKs, με ρυθμό μία νέα τιμή κάθε 500msec. Επειδή όμως όλα τα ζεύγη τιμών που προορίζονται να αποτελέσουν την καμπύλη στα διαγράμματα φορτίου – επιμήκυνσης και τάσης – παραμόρφωσης χρειάζεται να αποθηκευτούν σε προσωρινή μνήμη της προγραμματιστικής εφαρμογής και το μέγεθος της μνήμης αυτής είναι περιορισμένο (4096 δείγματα), και επειδή η διάρκεια του πειράματος μπορεί να ξεπεράσει τα 30min, δόθηκε η παρακάτω λύση:

- το TASK αυτό είναι αρχικά ανενεργό - παρόλο ότι όλη η υπόλοιπη προγραμματιστική εφαρμογή εκτελείται κανονικά για ρυθμίσεις και αριθμητικές απεικονίσεις των τιμών - και ζητείται από το χρήστη να το ενεργοποιήσει από τις οθόνες απεικόνισης διαγραμμάτων όταν είναι όλα έτοιμα για την έναρξη του πειράματος, και
- η περίοδος κύκλου προγράμματος του συγκεκριμένου TASK είναι πολύ μικρότερη (ρύθμιση διαφορετικής ταχύτητας ροής προγράμματος -scan period : χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο κύκλους του προγράμματος του TASK= 2 sec, με δυνατότητα ρύθμισης και σε πιο αργό ρυθμό χωρίς αισθητή αλλαγή στην απεικόνιση της καμπύλης του διαγράμματος) σε σχέση με τα άλλα TASKs, τα οποία κάνουν ένα κύκλο προγράμματος, άρα δίνουν και μια νέα τιμή για την κάθε μεταβλητή κάθε 500msec ή και λιγότερο.



Σχήμα 4.27: Ρυθμίσεις TASK5

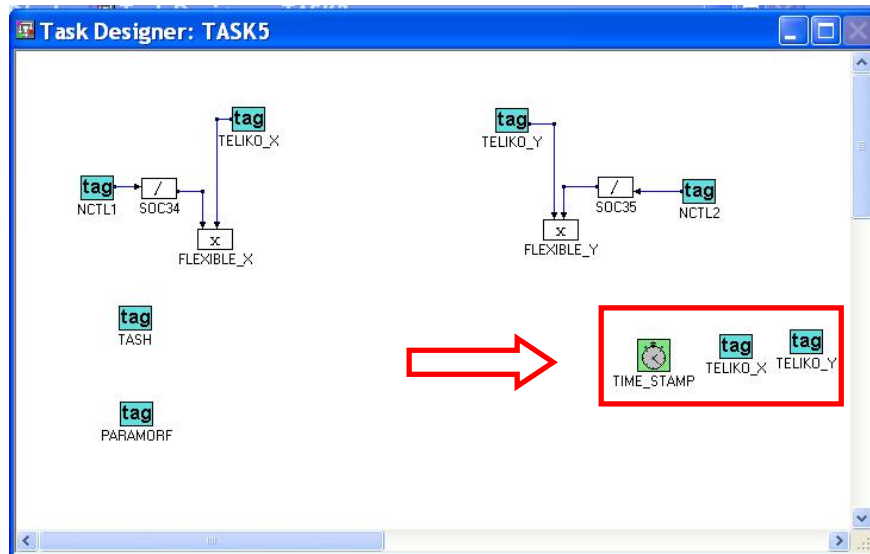
Δ. Καταγραφή και αποθήκευση των μετρήσιμων τιμών (Historical_trends)

Η οθόνη **Display Designer 6** είναι χωρισμένη σε δυο τμήματα, όπου το καθένα απεικονίζει ένα διάγραμμα. Το πρώτο τμήμα εμφανίζει την **τιμή του φορτίου σε συνάρτηση με το χρόνο**. Ο χρόνος στο διάγραμμα εμφανίζεται σε μορφή ημερομηνίας και πραγματικής ώρας. Μέσα στο διάγραμμα εμφανίζεται και μια δεύτερη μεταβλητή, η οποία απεικονίζει τη χρονική στιγμή του πειράματος (όπως σε ένα χρονόμετρο) σε δευτερόλεπτα (αυξανόμενα από 0 έως $+\infty$), η οποία σχετίζεται άμεσα με την έναρξη καταγραφής των τιμών του φορτίου.

Ομοίως και το δεύτερο τμήμα της οθόνης καταγράφει τις αντίστοιχες τιμές της **επιμήκυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο** (μορφή ημερομηνίας και ώρας), και τη χρονική στιγμή σε δευτερόλεπτα από την έναρξη καταγραφής, όπως παραπάνω.

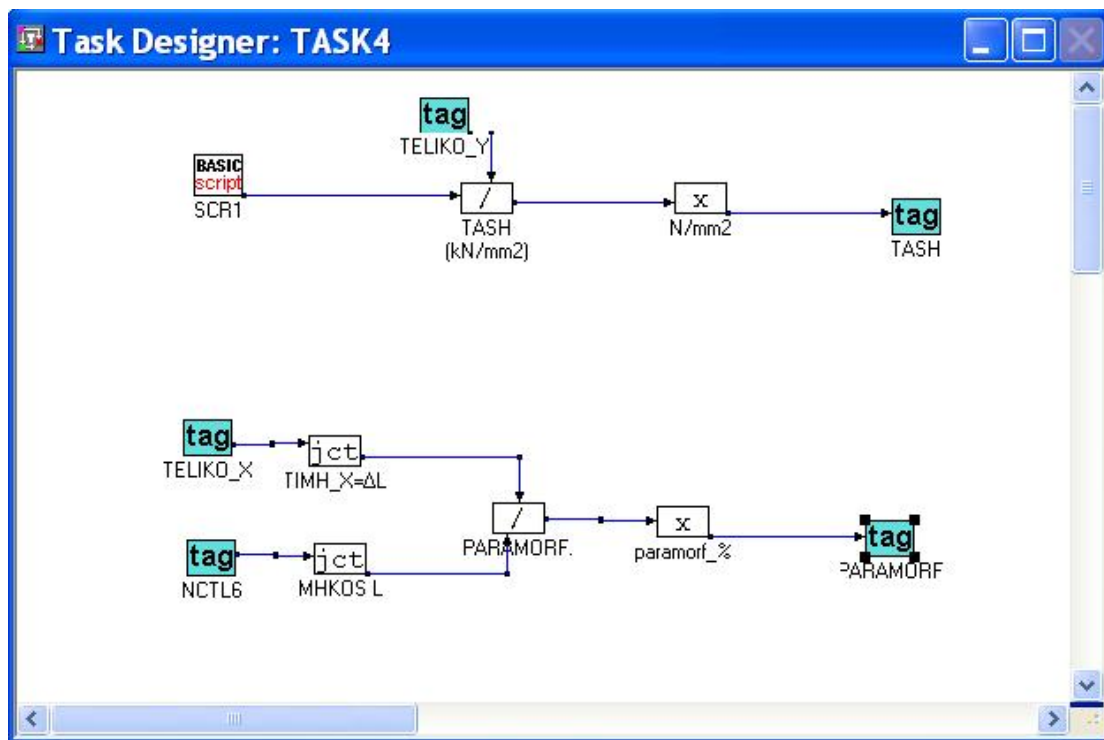
Η επιλογή της απεικόνισης στο διάγραμμα καταγραφής της χρονικής στιγμής βοηθάει τον χρήστη που επιθυμεί να εξαγει τα καταγεγραμμένα δεδομένα του κάθε διαγράμματος, σε ένα βοηθητικό αρχείο κειμένου (*.txt) σε μορφή λίστας, γιατί δίπλα σε κάθε τιμή φορτίου ή επιμήκυνσης αναγράφεται και η αντίστοιχη χρονική στιγμή, από την έναρξη του πειράματος.

Για να υλοποιηθούν τα παραπάνω, στο TASK5 υπάρχει ο χρονικός μετρητής με όνομα "TIME_STAMP", ο οποίος μέτρα δευτερόλεπτα αυξητικά, φυσικά από την στιγμή που ξεκινά η ενεργοποίηση του TASK5, άρα και του πειράματος, και χρησιμοποιείται μόνο σαν η χρονική στιγμή που αντιστοιχίζεται με κάθε δείγμα μέτρησης για κάθε ένα από τα τελικά σήματα φορτίου – επιμηκύνσεις που αποθηκεύονται στα διαγράμματα καταγραφής δεδομένων που είδαμε παραπάνω. Επίσης ο ρυθμός δειγματοληψίας και αποθήκευσης είναι 2 sec (TASK5).



Σχήμα 4.28: Μεταβλητές για την οθόνη καταγραφής τιμών

Ε. Υπολογισμός τάσης
 ΣΤ. Υπολογισμός της παραμόρφωσης



Σχήμα 4.29: TASK4

Στο TASK αυτό γίνεται ο υπολογισμός των τιμών της τάσης και της παραμόρφωσης για το αντίστοιχο διάγραμμα.

Για τον υπολογισμό της **τάσης** χρησιμοποιείται ο τύπος

$$\sigma_{(ΤΑΣΗ)} = \frac{F_{(ΔΥΝΑΜΗ)}}{A_0_{(ΔΙΑΤΟΜΗ)}}$$

όπου F=το φορτίο που εξασκείται στο δοκίμιο και

A= η αρχική επιφάνεια διατομής του δοκιμίου

Το φορτίο υπάρχει στο πρόγραμμα στην virtual tag μεταβλητή με όνομα TELIKO_Y και χρησιμοποιείται αυτούσιο στο block εκτέλεσης μαθηματικής πράξης TASH (kN/mm²) ως ο αριθμητής του παραπάνω τύπου.

Η αρχική επιφάνεια χρειάζεται να υπολογιστεί βάσει των δεδομένων που ο χρήστης εισάγει στην προγραμματιστική εφαρμογή, στην αντίστοιχη οθόνη ρυθμίσεων (settings2):

ΠΡΟΕΠΙΛΟΓΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ (σ) - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (ε)

Επιλέξτε το σχήμα της διατομής του δοκιμίου ανάμεσα στα παρακάτω σχήματα και ορίστε τα στοιχεία της διατομής δίπλα σε κάθε επιλογή:

ΚΥΚΛΟΣ με διάμετρο= **10.0** mm

ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ με πλευρά= **5.0** mm

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΓΡΑΜΜΟ με πλευρά A= **10.0** mm
και πλευρά B= **1.0** mm

Σχήμα 4.30 :Επιλογές υπολογισμού επιφάνειας διατομής δοκιμίου στην οθόνη ρυθμίσεων 2

Μπορεί να γίνει επιλογή του σχήματος της διατομής του δοκιμίου, ανάμεσα στα τρία βασικά σχήματα (κύκλος, τετράγωνο και παραλληλόγραμμο), καθώς επίσης ορίζονται και τα αντίστοιχα μεγέθη των διατομών σε mm. Έτσι ώστε η προγραμματιστική εφαρμογή να μπορεί να υπολογίσει το εμβαδόν επιφάνειας σε mm² της εκάστοτε διατομής.

```

Sub SCR1()
  dim mytag31 as TAG
  dim mytag32 as TAG
  dim mytag33 as TAG

  dim mytag34 as TAG
  dim mytag35 as TAG
  dim mytag36 as TAG
  dim mytag37 as TAG

  set mytag31 = GetTag ("SETTINGS_2", "BBTN14")           'epilogh: kyklos
  set mytag32 = GetTag ("SETTINGS_2", "BBTN15")           'epilogh: tetragono
  set mytag33 = GetTag ("SETTINGS_2", "BBTN16")           'epilogh: paralilogramo

  set mytag34 = GetTag ("SETTINGS_2", "NCTL7")             'diametros kykloy
  set mytag35 = GetTag ("SETTINGS_2", "NCTL8")             'pleyra tetragonoy
  set mytag36 = GetTag ("SETTINGS_2", "NCTL9")             'pleyra A paral.
  set mytag37 = GetTag ("SETTINGS_2", "NCTL10")            'pleyra B paral.

  if (mytag31.value =1) then                               'epilogh: kyklos
    outputf 0, (314/100)*((mytag34.value/2)*(mytag34.value/2))
  else if (mytag32.value =1) then                          'epilogh: tetragono
    outputf 0, mytag35.value*mytag35.value
  else if (mytag33.value =1) then                          'epilogh: paralilogramo
    outputf 0, mytag36.value*mytag37.value
  else
    oytputf 0, 0
  end if
end if
end if
End Sub

```

Σχήμα 4.31 : Κώδικας υπολογισμού επιφάνειας διατομής

Αυτό υλοποιείται στο παραπάνω block της basic, το οποίο δέχεται σαν εισόδους την επιλογή σχήματος, που έχει ορίσει ο χρήστης, ως λογικό 0 ή 1 του αντίστοιχου πλήκτρου και το χαρακτηριστικό μέγεθος για κάθε διατομή, δηλαδή την διάμετρο του κύκλου ή την πλευρά του τετραγώνου ή τις δυο πλευρές του παραλληλογράμμου αντίστοιχα. Έπειτα με κατάλληλες πράξεις υπολογίζει το εμβαδόν της διατομής ώστε να μπορεί να αποτυπωθεί αμέσως στην οθόνη ρυθμίσεων (settings2), στην αντίστοιχη αριθμητική οθόνη, (για επιβεβαίωση από το χρήστη) . Επίσης δίνει από την έξοδο του, την ίδια τιμή και στο block εκτέλεσης μαθηματικής πράξης με όνομα TASH (kN/mm²) ως ο παρονομαστής του τύπου

$$\sigma_{(TASH)} = \frac{F_{(\Delta YNAMH)}}{A_0_{(\Delta IATOMH)}}$$

Οι μονάδες του φορτίου (δύναμη) στην παραπάνω διαίρεση είναι kN, και έτσι η τιμή του αποτελέσματος της διαίρεσης αναφέρεται σε kN/mm² . Σκόπιμο είναι αυτό το αποτέλεσμα να μετατραπεί σε N/mm². Το επόμενο block μαθηματικής πράξης κάνει τον απαραίτητο πολλαπλασιασμό επί 1000, έτσι ώστε να γίνει η απαραίτητη μετατροπή. Το σήμα τώρα είναι έτοιμο για να απεικονιστεί στο διάγραμμα.

Η **παραμόρφωση** δίνεται από τη σχέση $\epsilon = \frac{\delta L_0}{L_0}$

όπου: L_0 = το αρχικό μήκος του δοκιμίου και

δL_0 = η μεταβολή του μήκους (επιμήκυνση) του δοκιμίου

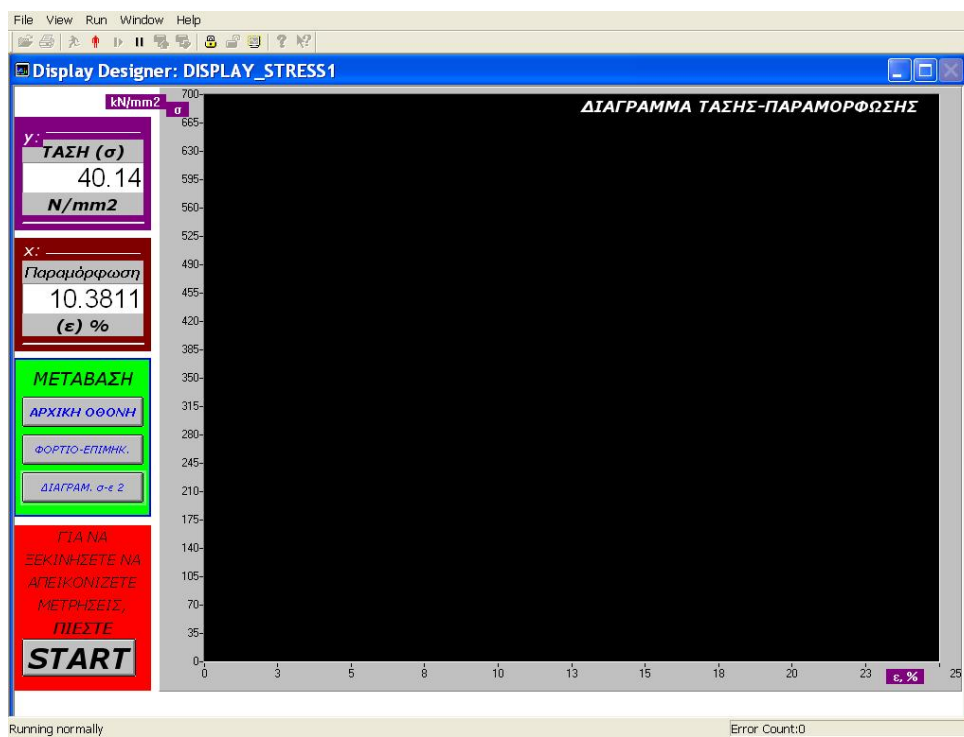
Η τιμή της επιμήκυνσης σε mm, έχει υπολογιστεί και βρίσκεται αποθηκευμένη στην virtual tag μεταβλητή με όνομα ΤΕΛΙΚΟ_X. Χρησιμοποιείται αυτούσια ως αριθμητής (operant1) στο block εκτέλεσης μαθηματικής πράξης (με το όνομα PARAMORF). Η τιμή του αρχικού μήκους ζητείται να οριστεί από το χρήστη στην αντίστοιχη οθόνη ρυθμίσεων (settings2) (σχήμα 4.32) και οδηγείται στον παρονομαστή της σχέσης (operant2) στο παραπάνω block εκτέλεσης μαθηματικής πράξης. Το αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι αδιάστατο, και στο επόμενο block μαθηματικής πράξης γίνεται ο απαραίτητος πολλαπλασιασμός επί 100, έτσι ώστε να προκύψει η απεικόνιση της επιμήκυνσης σε ποσοστό επί τις 100 (%). Το σήμα τώρα είναι έτοιμο για να απεικονιστεί στο διάγραμμα.

Δώστε τώρα το αρχικό μήκος του δοκιμίου (L) σε mm

L = 30.0 mm

Σχήμα 4.32: Εισαγωγή του αρχικού μήκους

Ζ. Χάραξη της καμπύλης τάσης – παραμόρφωσης



Σχήμα 4.33: Οθόνη διαγράμματος τάσης – παραμόρφωσης

Το διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης χαράζεται ταυτόχρονα σε δυο διαγράμματα, με μέγιστες τιμές αξόνων 700N/mm² για την τάση (άξονας X) και 25% παραμόρφωση για τον άξονα X, στο πρώτο, και 1500N/mm² και 15% παραμόρφωση στο δεύτερο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να εμφανίζεται όποιο από τα δυο διαγράμματα κρίνει ότι ανταποκρίνεται καλύτερα στα χαρακτηριστικά του υλικού του δοκιμίου. Υπάρχει δυνατότητα εναλλαγής των δυο διαγραμμάτων κατά την διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος.

Η απεικόνιση της καμπύλης του διαγράμματος ξεκινάει μετά το πάτημα του πλήκτρου START, που υπάρχει κάτω αριστερά σε οποιοδήποτε από τις τρεις οθόνες διαγραμμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

5. ΟΔΗΓΙΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Αυτός ο οδηγός χρήσης αναφέρεται στον τρόπο λειτουργίας της προγραμματιστικής εφαρμογής συστήματος απεικόνισης, σε συνεργασία με την λειτουργία εκτέλεσης του προγράμματος GeniDAQ RunTime της Advantech.

Θεωρούμε δεδομένο ότι ο χρήστης διαθέτει εγκατεστημένο στον υπολογιστή του το παραπάνω λογισμικό, την προγραμματιστική εφαρμογή, το πρόγραμμα οδήγησης της κάρτας εισόδων – εξόδων USB-4711 καθώς και την παραπάνω κάρτα συνδεδεμένη σε μια θύρα USB.

5.1 ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Οι εξωτερικές συνδέσεις της κάρτας USB-4711, με τους ακροδέκτες εξόδου σημάτων που βρίσκονται στον πίνακα ελέγχου της πειραματικής διάταξης δοκιμών του εργαστηρίου, υλοποιούνται ως εξής:

Από την κάρτα USB-4711, χρησιμοποιούνται οι δυο από τις δεκαέξι αναλογικές εισόδους, όπου η AI0 αναγνωρίζει μέσω της προγραμματιστικής εφαρμογής το σήμα της μετατόπισης ενώ η AI1 το σήμα του φορτίου.

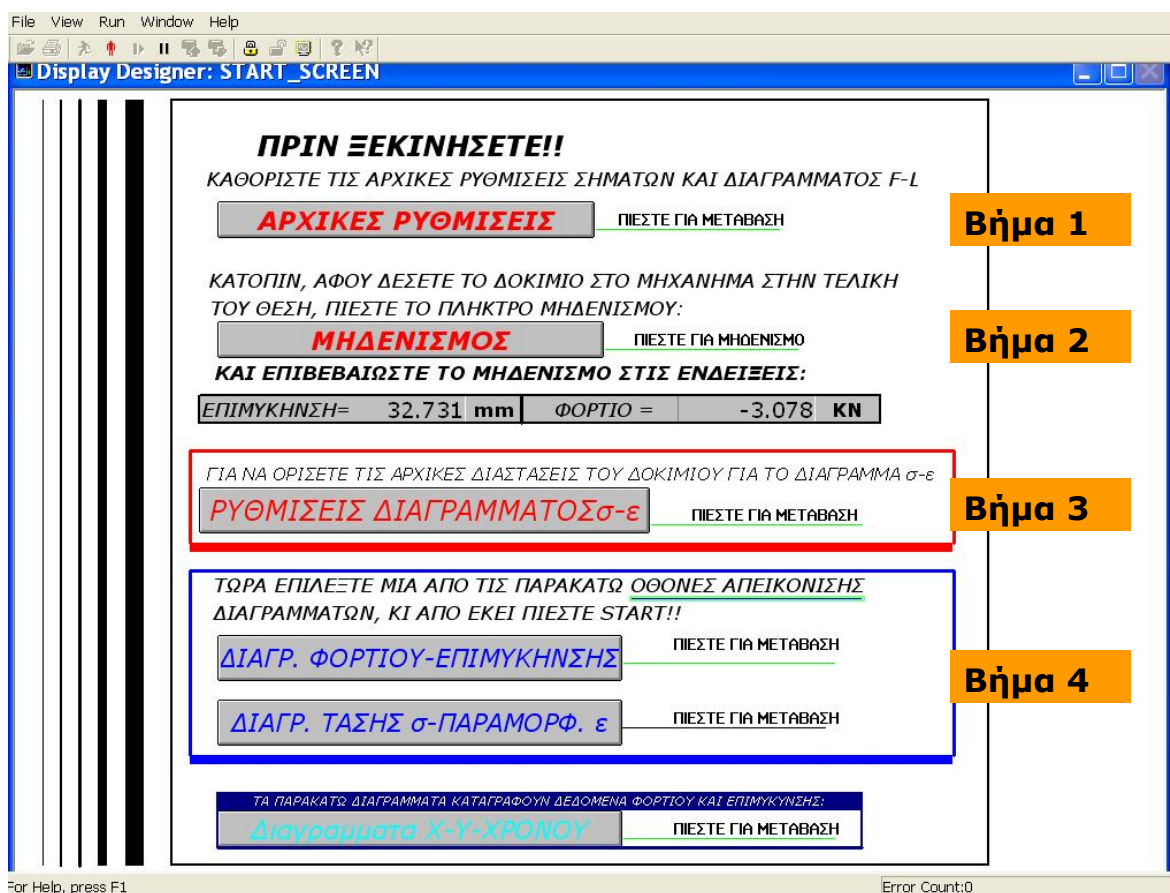
Για να γίνει αυτό, ένα καλώδιο συνδεδεμένο με την επαφή AI0 καταλήγει στον μαύρο ακροδέκτη που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος στη μονάδα ενίσχυσης σήματος μετατόπισης – επιμήκυνσης (MV 3053). Αντίστοιχα ένα δεύτερο καλώδιο από την επαφή AGND (Analog Ground) της κάρτας, καταλήγει στον κίτρινο ακροδέκτη της παραπάνω μονάδας στο μηχάνημα. Έτσι έχουμε εισάγει στην κάρτα το σήμα της μετατόπισης.

Αντίστοιχα, για να εισάγουμε το σήμα του φορτίου, θα πρέπει να συνδέσουμε την επαφή AI1 της κάρτας με τον μαύρο ακροδέκτη που βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος στη μονάδα ενίσχυσης σήματος φορτίου (MV 3054). Επίσης, ένα δεύτερο καλώδιο από την επαφή AGND (Analog Ground) της κάρτας, καταλήγει στον κίτρινο ακροδέκτη της παραπάνω μονάδας στο μηχάνημα.

5.2 ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1. Αρχικές ρυθμίσεις

Η πρώτη οθόνη που εμφανίζεται, καθώς ξεκινάτε την εκτέλεση της εφαρμογής, είναι η βασική οθόνη διαχείρισης των ρυθμίσεων που απαιτούνται πριν η εφαρμογή δώσει σωστά αποτελέσματα των τιμών που θα εμφανιστούν (φορτίο – επιμήκυνση – παραμόρφωση – τάση) και των αντίστοιχων διαγραμμάτων.



Σχήμα 5.1: Αρχική οθόνη

Πρώτο βήμα είναι να μεταβείτε στην οθόνη ρυθμίσεων επιλέγοντας το αντίστοιχο πλήκτρο στην αρχική οθόνη (βλ. *σχήμα 5.1*, **Βήμα 1**). Εκεί θα πρέπει να ρυθμίσετε τις μεταβλητές στα παρακάτω τρία πεδία, όπως περιγράφεται παρακάτω.

Βήμα 1.1

Στο πεδίο που απεικονίζεται στο διπλανό σχήμα, θα πρέπει να ορίσετε τις μέγιστη υποδιαίρεση για τους άξονες x και y, για το διάγραμμα φορτίου επιμήκυνσης.

ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΞΟΝΑ ΤΟΥ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ

ΑΧΟΝΑΣ X ΕΠΙΜΥΚΗΝΣΗ	ΑΞΟΝΑΣ Y ΦΟΡΤΙΟ
0 - 25 <input type="text"/>	0 - 50 <input type="text"/>
mm	KN

(ΑΦΟΡΑ ΜΟΝΟ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΟΡΤΙΟΥ - ΕΠΙΜΥΚΗΝΣΗΣ)

Βήμα 1.2

Στην ίδια οθόνη επιλέγετε και η κλίμακα για κάθε μέγεθος όπως έχει γίνει η αντίστοιχη επιλογή στον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος. **Προσοχή σε αυτό το σημείο!** Στο μηχανήμα γίνεται αλλαγή της αντιστοίχισης μεγέθους για ίδιο σήμα εξόδου. Είναι απαραίτητο για την εφαρμογή να ληφθεί υπ' όψιν αυτή η αλλαγή!

Σημείωση: επιλογή ενός πλήκτρου ακυρώνει κάθε προηγούμενη επιλογή στην ίδια στήλη. Η θέση των πλήκτρων αποθηκεύεται.

ΕΠΙΛΕΞΤΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΟΜΟΙΑ ΜΕ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΕΠΙΛΕΓΕΙ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΗΜΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΕΓΕΘΟΣ:

ΜΗΚΟΣ	ΔΥΝΑΜΗ
<input type="button" value="12.5mm"/>	<input type="button" value="30 KN"/>
<input type="button" value="25 mm"/>	<input type="button" value="60 KN"/>
<input type="button" value="50 mm"/>	<input type="button" value="120 KN"/>
<input type="button" value="125 mm"/>	<input type="button" value="300 KN"/>
<input type="button" value="250 mm"/>	<input type="button" value="600 KN"/>

Βήμα 1.3

Το διπλανό πεδίο, χρησιμοποιείται μονάχα για καλιμπράρισμα των σημάτων εισόδου, όποτε αυτό χρειαστεί. Οι αρχικές τιμές είναι αυτές που φαίνονται στο διπλανό σχήμα.

ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΜΑ ΕΙΣΟΔΩΝ (αρχικές τιμές: 1cm=800mV, 30KN=1000mV)

1cm ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ=	800 <input type="text"/>	mV
30KN ΔΥΝΑΜΗ =	1000 <input type="text"/>	mV

Αφού ορίσετε όλα τα παραπάνω, όπου αυτά χρειάζονται, επιστρέψτε στην αρχική οθόνη, πιέζοντας το αντίστοιχο πλήκτρο επιστροφής.

Επιστρέφοντας στην αρχική οθόνη, προχωρήστε στο **Βήμα 2** όπου πιέζοντας το πλήκτρο μηδενισμού, θα δείτε τις ενδείξεις των δυο τιμών, φορτίο – επιμήκυνση, να μηδενίζουν κάτω ακριβώς από το πλήκτρο. **ΠΡΟΣΟΧΗ! Μην προχωρήσετε σε αυτό το βήμα, εάν προηγουμένως δεν έχετε “δέσει” το δοκίμιο στις συσκευές συγκράτησης πάνω στο μηχάνημα.**

Περάστε στο **Βήμα 3** των ρυθμίσεων, εάν επιθυμείτε να απεικονίσετε καμπύλη και στο δεύτερο διαθέσιμο διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης %. Εκεί θα πρέπει να δώσετε στην εφαρμογή τα παρακάτω απαραίτητα δεδομένα :

<h3 style="color: orange;">Βήμα 3.1</h3> <p>Στο τμήμα της οθόνης που απεικονίζεται δεξιά, δίνετε πληροφορίες στην εφαρμογή, για να υπολογίσει το εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου. Χωρίς αυτές τις πληροφορίες, δεν θα μπορεί να υπολογιστεί η τάση ($\sigma = F/A$) σε N/mm^2 που εφαρμόζετε στο δοκίμιο.</p>	<p style="text-align: center; color: blue; font-weight: bold;">ΠΡΟΕΠΙΛΟΓΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ (σ) - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (ϵ)</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Επιλέξτε το σχήμα της διατομής του δοκιμίου ανάμεσα στα παρακάτω σχήματα και ορίστε τα στοιχεία της διατομής δίπλα σε κάθε επιλογή:</p> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding: 2px 0;"> ΚΥΚΛΟΣ με διάμετρο= <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="10.0"/> mm </div> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding: 2px 0;"> ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ με πλευρά= <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="5.0"/> mm </div> <div style="padding: 2px 0;"> ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΓΡΑΜΜΟ με πλευρά A= <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="10.0"/> mm και πλευρά B= <input style="width: 50px; text-align: center;" type="text" value="1.0"/> mm </div>
---	--

*Σημείωση: Μπορείτε να επιλέξετε μονάχα ένα σχήμα διατομής σε κάθε πείραμα. Το επιλεγμένο σχήμα αναγράφεται με κόκκινα γράμματα και επισημάνσεις δεξιά και αριστερά. Στο παράδειγμα επάνω, είναι επιλεγμένος ο **ΚΥΚΛΟΣ**. Επίσης, μόνο η διάσταση που αναγράφεται δίπλα στο επιλεγμένο σχήμα έχει σημασία για τον υπολογισμό. Για να αλλάξετε τη διάσταση, θα πρέπει είτε μετά από κλικ του ποντικιού στο πεδίο να εισάγετε το κατάλληλο μέγεθος από το πληκτρολόγιο και να πιάσετε ENTER, είτε να αυξομειώσετε την υπάρχουσα τιμή με τα βέλη.*

<h3 style="color: orange;">Βήμα 3.2</h3> <p>Δώστε στο διπλανό πεδίο το αρχικό μήκος του δοκιμίου για τον υπολογισμό του $\epsilon = \Delta L/L$. (μήκος ανάμεσα στις δυο σιαγόνες συγκράτησης) <i>Η εισαγωγή της διάστασης, γίνεται με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω.</i></p>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Δώστε τώρα το αρχικό μήκος του δοκιμίου (L) σε mm</p> <p style="text-align: center; font-size: large;">L = 30.0 <input style="width: 20px; text-align: center;" type="text"/> mm</p>
---	--

Βήμα 3.3

Η επιφάνεια της διατομής όπως και το αρχικό μήκος εμφανίζονται στο πεδίο αυτό. Αν συμφωνείτε επιστρέψτε στην αρχική οθόνη.

ΕΧΕΤΕ ΕΠΙΛΕΞΕΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ= 78.500 mm²
(ΤΙΜΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ), ΚΑΙ ΑΡΧΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 30.0 mm

ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΤΕ ΚΑΙ ΠΙΕΣΤΕ ==>

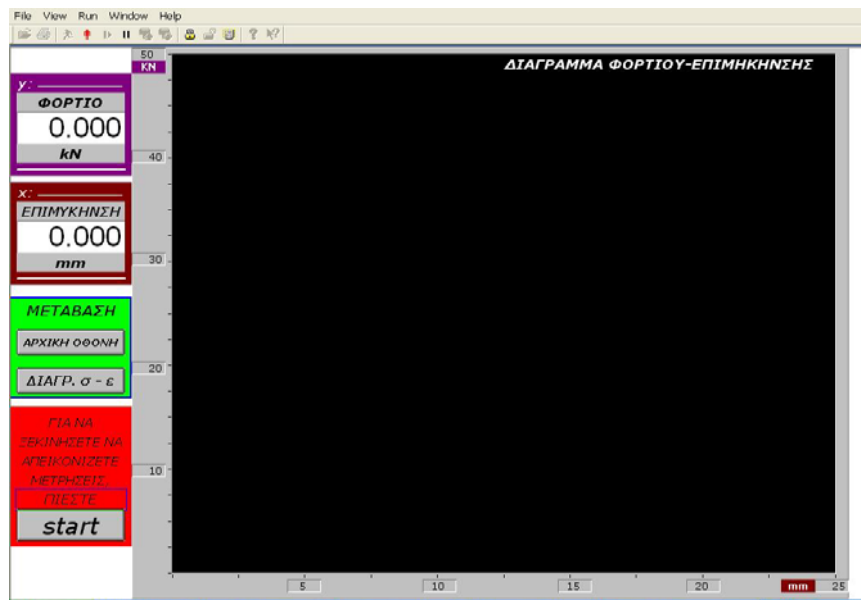
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΣΕ

ΑΡΧΙΚΗ ΟΘΟΝΗ

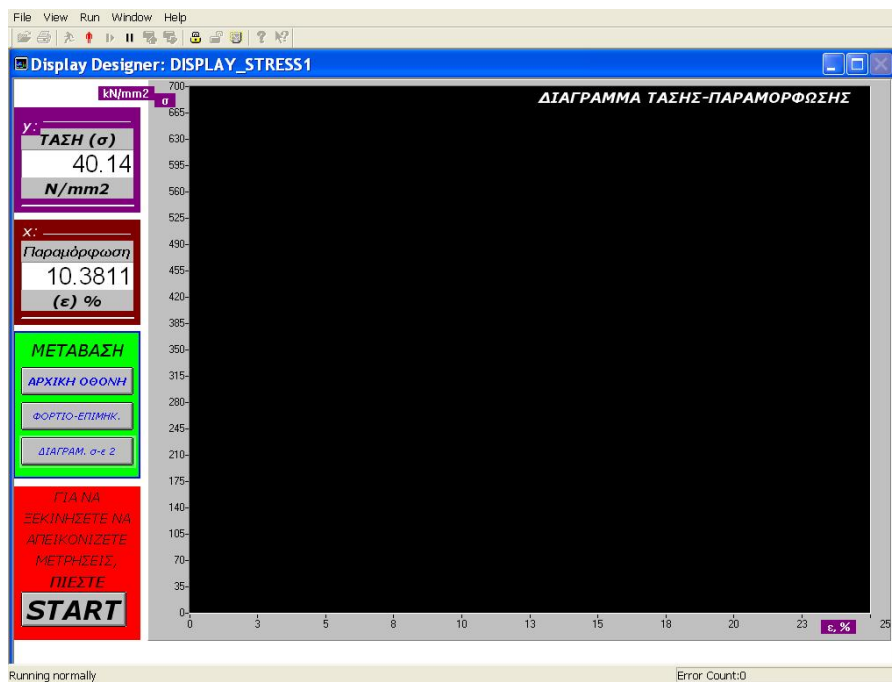
2. Κατά τη διάρκεια του πειράματος

Τώρα, αφού έχετε ολοκληρώσει τις αρχικές ρυθμίσεις, μπορείτε να προχωρήσετε στην απεικόνιση της καμπύλης σε όποιο από τα δυο διαγράμματα που βρίσκονται στο **Βήμα 4**, στο *σχήμα 5.1*, επιθυμείτε.

Αφού έχετε μεταβεί σε κάποιο από τα διαγράμματα θα πρέπει να έχετε μπροστά σας, μια από τις παρακάτω οθόνες.



Σχήμα 5.2: Οθόνη διαγράμματος φορτίου - επιμήκυνσης



Σχήμα 5.3: Οθόνη διαγράμματος τάσης - παραμόρφωσης

Οι οθόνες είναι παρόμοιες. Στην πρώτη οθόνη, στα δυο αριθμητικά display, πάνω αριστερά, εμφανίζονται οι τιμές του φορτίου και της επιμήκυνσης, και αυτές απεικονίζονται στην καμπύλη του διαγράμματος. Ενώ στην δεύτερη οθόνη, εμφανίζονται αντίστοιχα, οι τιμές της τάσης και της παραμόρφωσης %.

Και στις δυο οθόνες, στο μέσο περίπου του αριστερού τμήματος, υπάρχουν πλήκτρα για μετάβαση στην αρχική οθόνη ή για εναλλαγή των δυο παραπάνω οθονών μεταξύ τους (πλήκτρα μέσα σε πράσινο πλαίσιο).

Στην κάτω αριστερή γωνία, υπάρχει **το πλήκτρο START, το οποίο θα πρέπει να πιέσετε μια φορά στην αρχή του πειράματος**, για να ξεκινήσει η απεικόνιση της καμπύλης στο διάγραμμα. Το πλήκτρο υπάρχει και στις δυο οθόνες, αλλά αρκεί να πιεστεί σε μια από τις δυο για να ξεκινήσει η απεικόνιση και στα δυο διαγράμματα.

Η οθόνη διαγράμματος τάσης – παραμόρφωσης υπάρχει δύο φορές. Η διαφορά της μιας από την άλλη είναι στις υποδιαιρέσεις των αξόνων. Η μια έχει υποδιαιρέσεις έως 700N/mm^2 και 25% παραμόρφωση, ενώ η άλλη 1500N/mm^2 και 15% παραμόρφωση αντίστοιχα. Όταν οδηγηθούμε σε μια από τις δυο οθόνες, υπάρχει δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ τους.

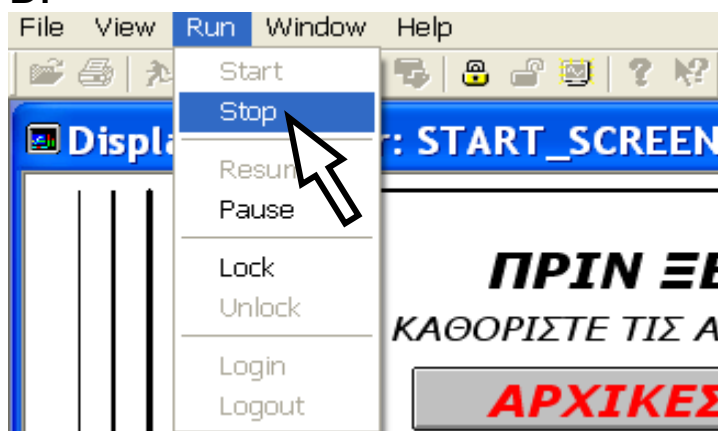
3. Τέλος του πειράματος

Όταν τελειώσει το πείραμα, και θέλετε να τερματίσετε την εφαρμογή πρέπει πρώτα να τερματίσετε την εκτέλεση του προγράμματος, με έναν από τους παρακάτω τρόπους:


A.





B.



Σχήμα 5.4: Τρόποι τερματισμού του προγράμματος

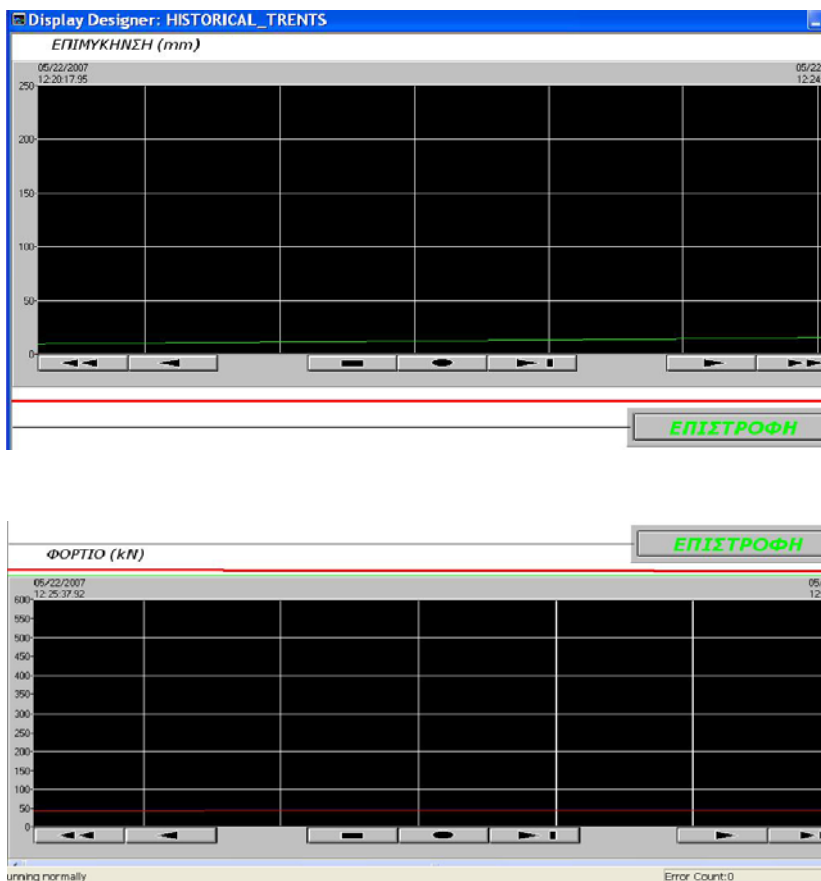
Αυτή η επιλογή μπορεί να γίνει, από οποιοδήποτε οθόνη βρίσκεστε. Θυμηθείτε όμως, ότι τερματίζοντας την εκτέλεση του προγράμματος (επιλογή STOP ) , θα χαθούν και οι καμπύλες που έχουν απεικονιστεί στα δυο διαγράμματα.

Εναλλακτικά, υπάρχει η επιλογή Pause , για προσωρινή διακοπή της εκτέλεσης χωρίς να χάνονται τα ήδη απεικονισμένα διαγράμματα. Η εκτέλεση του προγράμματος μπορεί να συνεχιστεί με την επιλογή Resume .

4. Διαγράμματα καταγραφής δεδομένων

Σε μια τρίτη οθόνη διαγραμμάτων, απεικονίζονται οι καμπύλες των δυο αρχικών σημάτων που αποτελούν τις εισόδους της εφαρμογής, αφού αυτά πάρουν την τελική τους μορφή (φορτίο - επιμήκυνση). Η καθεμία από τις παραπάνω μεταβλητές, παρουσιάζεται σε ξεχωριστό διάγραμμα σαν η τιμή του άξονα y ενώ στον άξονα x , υπάρχει ο χρόνος με μορφή ημερομηνίας και ώρας.

Σε καθένα από τα παραπάνω διαγράμματα καταγράφεται και μια δεύτερη μεταβλητή, ίδια και για τα δυο, η οποία αντιστοιχεί στην χρονική στιγμή (σε sec) από την αρχή του πειράματος (η χρονική στιγμή μηδέν είναι αυτή που ο χρήστης πιέζει το πλήκτρο START, που βρίσκεται στις οθόνες διαγραμμάτων της εφαρμογής). Αυτή η μεταβλητή χρησιμεύει κατά την εξαγωγή των δεδομένων σε αρχείο κειμένου (*.txt), το οποίο έχει τη μορφή στηλών, όπου κάθε γραμμή αποτελείται από την τιμή του σήματος και την αντίστοιχη χρονική στιγμή.



Σχήμα 5.5: Οθόνη καταγραφής δεδομένων

```

Date : 05/22/2007
Time: 11:58:55.20 - 12:11:39.203
channel 00  channel 01
-----  -----
-----  -----
0.122      2.000
0.244      6.000
0.305     10.000
0.366     14.000
0.489     18.000
0.550     22.000
0.672     26.000
0.672     30.000
0.916     34.000
0.916     38.000
0.977     42.000
1.099     46.000
1.160     50.000
1.221     54.000
1.343     58.000
1.466     62.000
1.466     66.000
..... ( έχουν παραληφθεί οι ενδιάμεσες μετρήσεις)
14.778    642.000
14.839    646.000
14.961    650.000
15.083    654.000
15.877    658.000
16.060    662.000
16.121    666.000
16.243    670.000
16.365    674.000
16.610    678.000
16.732    682.000
16.793    686.000
16.915    690.000
17.037    694.000
17.342    698.000
17.281    702.000
17.465    706.000
17.526    710.000

```

Σχήμα 5.6: Παράδειγμα αρχείου κειμένου *.txt (μιας μεταβλητής)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι απαραίτητες προετοιμασίες και ρυθμίσεις στο λογισμικό, την εφαρμογή και την κάρτα εισόδων, πραγματοποιήθηκαν μια σειρά από πραγματικά πειράματα εφελκυσμού στο χώρο του εργαστηρίου Αντοχής Υλικών για να διαπιστωθεί η λειτουργικότητα και η χρησιμότητα της εφαρμογής.

Η εφαρμογή ανταποκρίθηκε ικανοποιητικά και τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από τα πειράματα αυτά ήταν σύμφωνα με τις σύμφωνα με τις προδιαγραφές που είχαν τεθεί αρχικά.

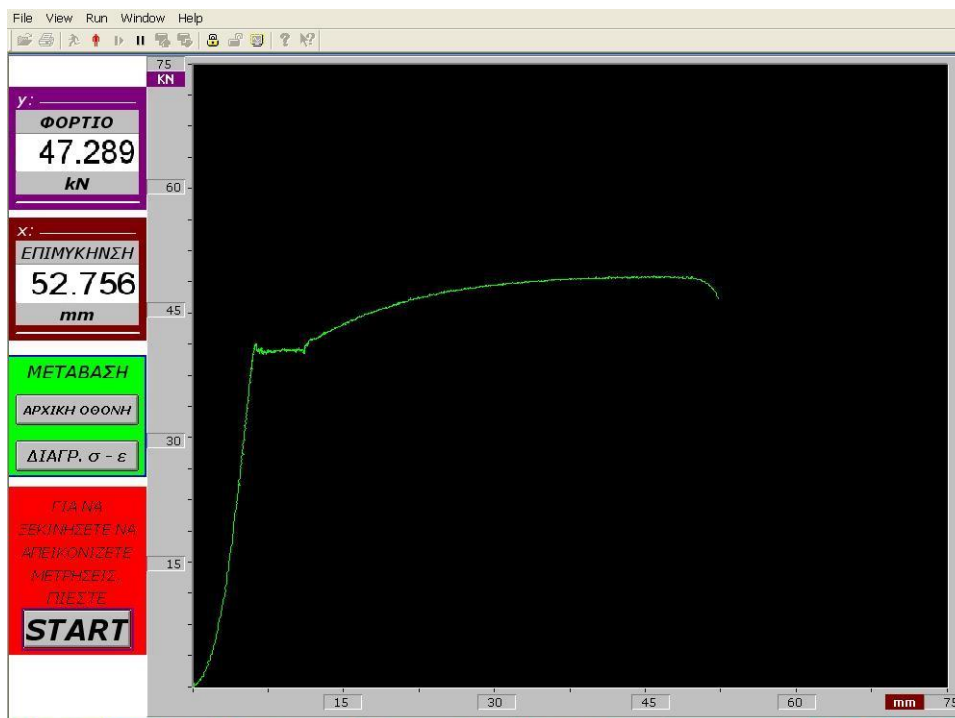
Επίσης αξιοσημείωτο είναι ότι η εφαρμογή είχε γενικά απλή διεπαφή με το χρήστη και ήταν αρκετά φιλική και εύχρηστη. Οι ρυθμίσεις που χρειαζόταν να πραγματοποιήσει ο χρήστης, διατηρούνται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο, χωρίς όμως αυτό να λειτουργεί αρνητικά για την απόδοση του συνόλου της εφαρμογής.

Ακόμα, τα αποτελέσματα ήταν περισσότερο ευανάγνωστα σε σχέση με τον πίνακα ελέγχου της πειραματικής συσκευής δοκιμών, μια και εδώ παρουσιάζονται στην τελική τους μορφή με τις μονάδες, χωρίς να χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία.

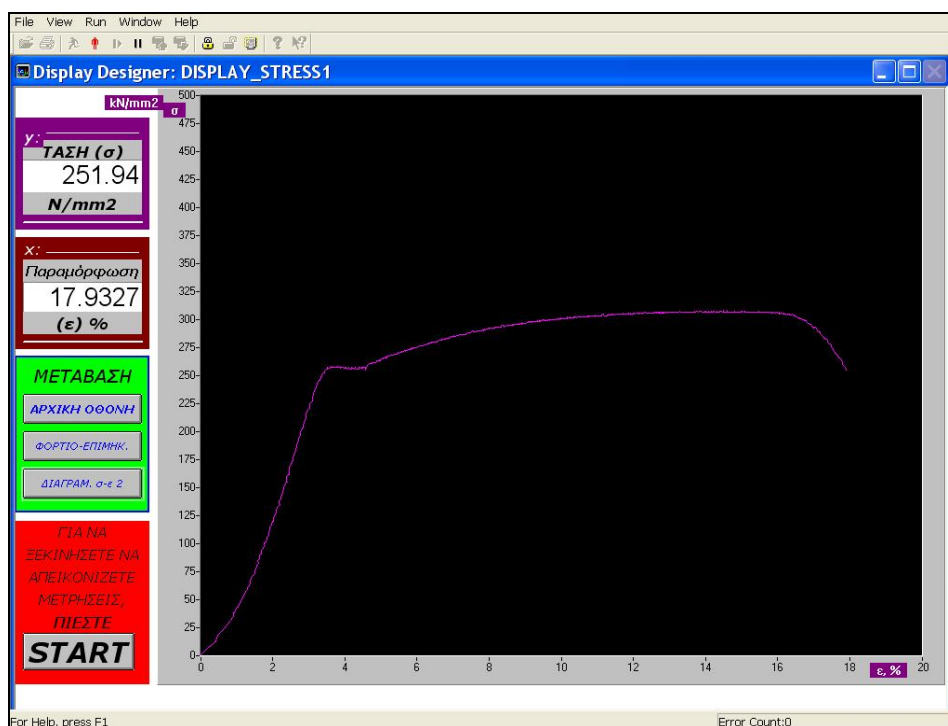
Η διακριτική ικανότητα του συστήματος κινήθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα, περιοριζόμενη μόνο από τον μετατροπέα σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό (12-bit), ο οποίος διαίρεσε τα μετρήσιμα μεγέθη της τάξης των 20Volt σε 4096 βήματα μετά την μετατροπή πράγμα που σημαίνει 4,88mVolt μικρότερη υποδιαίρεση.

Αυτό στα μετρήσιμα μεγέθη μας είχε σαν αποτέλεσμα ελάχιστη διακριτική ικανότητα 146,48N στο φορτίο και 0,061mm στην επιμήκυνση. Τα παραπάνω νούμερα κρίνονται αρκετά ικανοποιητικά και αφορούν την πιο δυσμενή περίπτωση στην οποία τα 20Volt αντιστοιχούν σε όλο το εύρος μέτρησης των μεγεθών (250mm και 600kN). Φυσικά σε περίπτωση που από τον πίνακα ελέγχου του μηχανήματος έχει επιλεγεί μικρότερο εύρος μέτρησης για τα 20Volt διακύμανσης σήματος η διακριτική ικανότητα στο μετρούμενο μέγεθος βελτιωνόταν ανάλογα.

Από τα πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε η παραπάνω εφαρμογή, θα παρουσιαστούν ενδεικτικά παρακάτω, διαγράμματα τάσης – παραμόρφωσης και φορτίου – επιμήκυνσης, όπως αυτά προέκυψαν. Επίσης θα παρουσιαστεί και δείγμα από τα αρχεία κειμένου (*.txt), που προκύπτουν από τα διαγράμματα καταγραφής δεδομένων.



Σχήμα 6.1: Οθόνη τιμών και διαγράμματος φορτίου επιμήκυνσης



Σχήμα 6.2: Οθόνη τιμών και διαγράμματος τάσης – παραμόρφωσης
Οι παραπάνω οθόνες αποθηκεύτηκαν λίγο πριν το τέλος του πειράματος.

Επιμήκυνση**Φορτίο**

Date : 05/22/2007		Date : 05/22/2007	
Time: 12:52:13.78 - 13:25:45.781		Time: 12:52:13.75 - 13:25:45.750	
channel 00	channel 01	channel 00	channel 01
-----	-----	-----	-----
0.122	2.000	-0.073	2.000
0.244	6.000	0.073	6.000
0.366	10.000	0.220	10.000
0.611	14.000	0.293	14.000
0.611	18.000	0.513	18.000
0.733	22.000	0.586	22.000
0.916	26.000	0.733	26.000
0.977	30.000	0.806	30.000
1.099	34.000	1.026	34.000
1.221	38.000	1.099	38.000
1.343	42.000	1.246	42.000
1.527	46.000	1.466	46.000
1.588	50.000	1.685	50.000
1.771	54.000	1.905	54.000
1.832	58.000	2.052	58.000
1.954	62.000	2.345	62.000
2.076	66.000	2.638	66.000
2.198	70.000	2.858	70.000
6.107	202.000	18.539	202.000
6.229	206.000	18.539	206.000
6.290	210.000	18.539	210.000
6.534	214.000	18.539	214.000
6.534	218.000	18.613	218.000
16.671	550.000	20.518	550.000
16.854	554.000	20.591	554.000
16.976	558.000	20.591	558.000
27.601	906.000	21.837	906.000
27.785	910.000	21.837	910.000

27.785	914.000	21.983	914.000
32.120	1054.000	22.130	1054.000
32.303	1058.000	22.130	1058.000
32.364	1062.000	22.130	1062.000
32.548	1066.000	22.057	1066.000
43.417	1422.000	22.350	1422.000
43.600	1426.000	22.423	1426.000
43.723	1430.000	22.423	1430.000
43.784	1434.000	22.423	1434.000
52.394	1710.000	22.350	1710.000
52.455	1714.000	22.423	1714.000
52.638	1718.000	22.350	1718.000
58.683	1910.000	20.225	1910.000
58.745	1914.000	19.858	1914.000
58.989	1918.000	19.712	1918.000
59.050	1922.000	19.419	1922.000
59.233	1926.000	19.199	1926.000
59.355	1930.000	18.906	1930.000
59.477	1934.000	18.466	1934.000
59.599	1938.000	18.026	1938.000
59.783	1942.000	17.367	1942.000
60.271	1946.000	-0.513	1946.000

Σχήμα 6.3: Αρχεία καταγραφής δεδομένων. Πρόκειται για δυο διαφορετικά αρχεία κειμένου με μορφή λίστας, ένα για κάθε μέγεθος. Εμφανίζονται οι τιμές των δυο μετρήσιμων σημάτων (επιμήκυνση σε mm και φορτίο σε kN) και η αντίστοιχη χρονική στιγμή σε sec, από την αρχή έως το τέλος του πειράματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Μιχάλης Φρυδάκης, 2003, **Στοιχεία Μηχανών Ι**, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα
2. Κ.Ε. Σαββάκης, 1996, **Ποιοτικός Έλεγχος και Τεχνολογία Υλικών**, ΤΕΙ Ηρακλείου, Ηράκλειο
3. Μιχάλης Γεργιανάκης, 2004, **Εργαστήριο Αντοχής Υλικών**, ΤΕΙ Ηρακλείου, Ηράκλειο
4. Μανόλης Καββουσανός, 2002, **Τεχνολογία Αισθητήρων-Σημειώσεις Εργαστηρίου**, ΤΕΙ Ηρακλείου, Ηράκλειο
5. Μανόλης Καββουσανός, **Τεχνολογία Ελέγχου**, ΤΕΙ Ηρακλείου, Ηράκλειο
6. Peter Elgar, 1998, **Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου**, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
7. Micheal B. Hstand, Danid G. Alciatore, 1998, **Introduction to Mechatronics and Measurement Systems**, WCB/McGraw-Hill, Colorado.
8. WOLPERT Testing Machinery, **WOLPERT AMSLER Testor - Operating Manual / Technical Data**, Switzeland
9. Advantech Co Ltd, 2000, **Advantech GeniDAQ – User’s Guide**
10. Advantech Co Ltd, 2005, **USB-4711 Multifunction Module – User Manual**
11. <http://www.hbm.com>
12. <http://www.lcmsystems.co.uk>
13. <http://www.advantech.com>
14. <http://rswww.com>