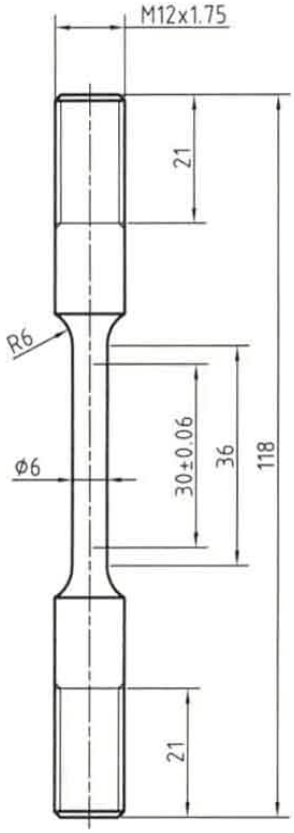
ภาคผนวก ก

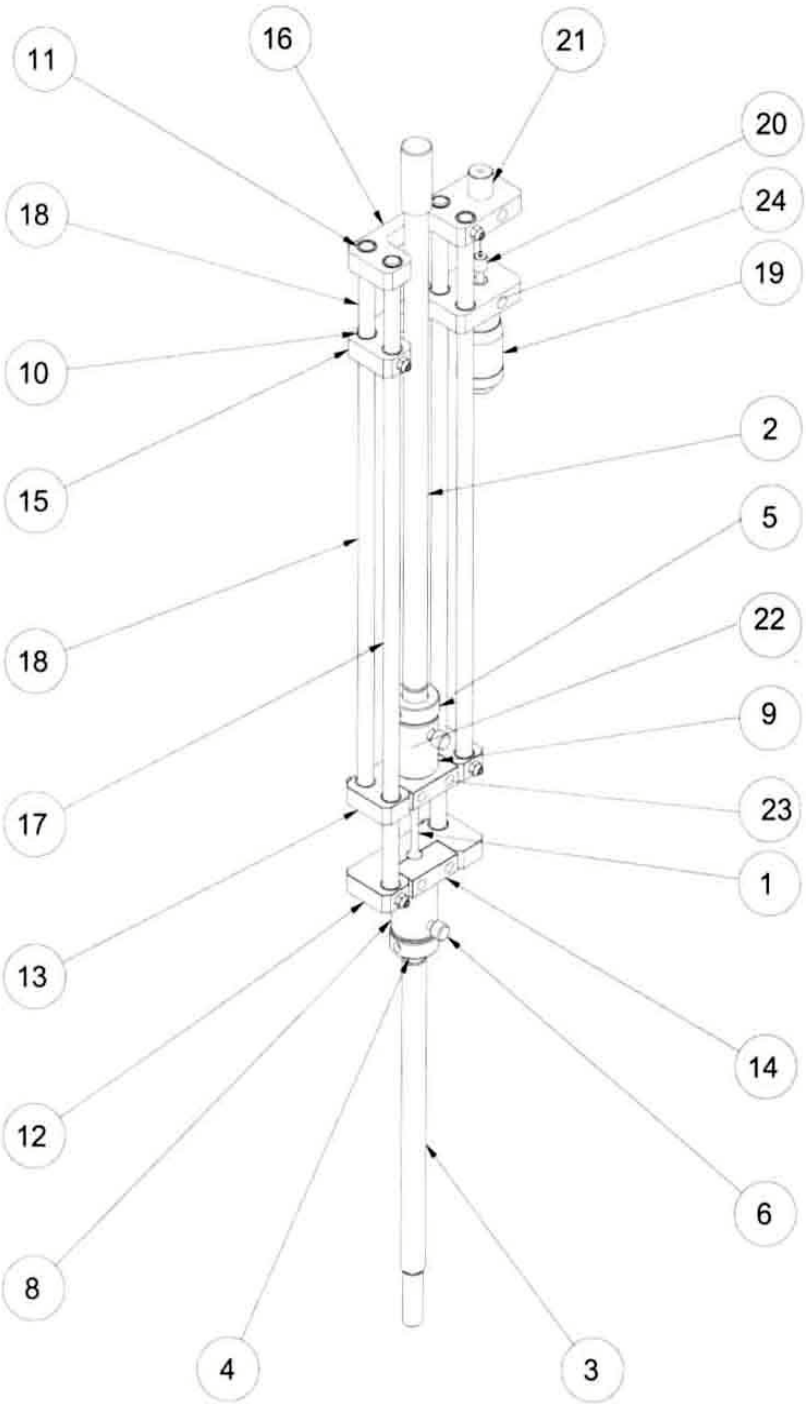
แบบชิ้นทดสอบการคืบ



01	SPECIMENS		Ø12X120 mm.	ASTM557M-94	Al7075-T651	01-03-01	120
No.	PART NAME		MAT. SIZE	STANDARD	MAT.	DWG. No.	Q'TY
	DSGN.	C.SUCHART	1/11/48	PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY			
	DWN.	M.SOMSAK	1/11/48				
SCALE 1:1.1	DRAWING NAME CREEP SPECIMEN			DWG. No. 01-03			

ภาคผนวก ข

แบบประกอบอุปกรณ์จับยึดชิ้นทดสอบ



No.	PART NAME	MAT. SIZE	STANDARD	MAT.	DWG. No.	Q'TY

DSGN.	C.SUCHART	1/11/48	PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
DWN.	M.SOMSAK	1/11/48	

SCALE	DRAWING NAME	DWG. No.
X:X	SPECIMEN HOLDER	01-01

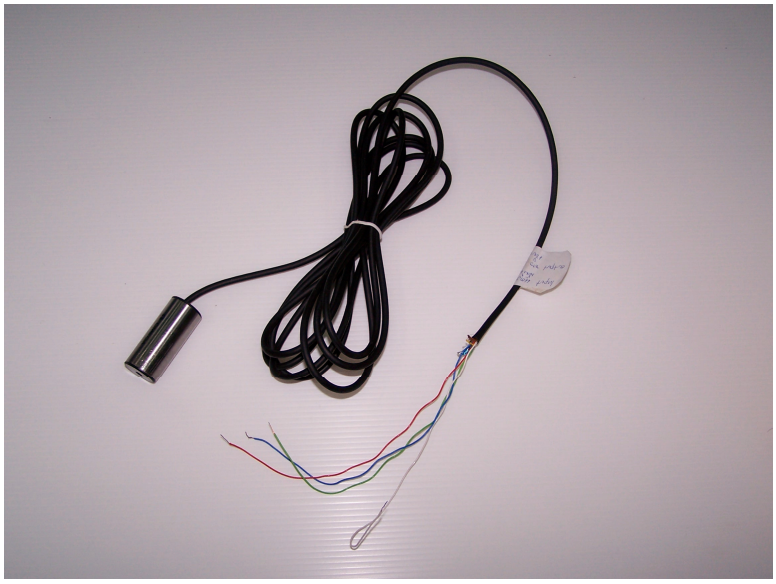
No	PART NAME	MAT. SIZE	STANDARD	MAT.	DWG. No.	Q'TY
24	SET SCREW	M6X1X10	DIN913-5.8		01-01-24	10
23	BOLT	M8X1.25X50	DIN912-8.8		01-01-23	4
22	NUT	M12X1.75	DIN936-8		01-01-22	1
21	LVDT	-	LD 400-5		01-01-21	1
20	JOINT	Ø12.7X555		BRONZE	01-01-20	1
19	MICROMETER	Ø12.7X555			01-01-19	1
18	COLUMN	Ø12.7X555		STL304L	01-01-18	2
17	COLUMN	Ø12.7X585		STL304L	01-01-17	2
16	UPPER PLATE FOR MICROMETER	50X115X19.05		STL304L	01-01-16	1
15	LOWER PLATE FOR MICROMETER	50X115X19.05		STL304L	01-01-15	1
14	CLAMP	25X50X19.05		STL304L	01-01-14	2
13	UPPER PLATE FOR SPECIMENS	50X115X19.05		STL304L	01-01-13	1
12	LOWER PLATE FOR SPECIMENS	50X115X19.05		STL304L	01-01-12	1
11	BUSH	Ø19.05X20		BRONZE	01-01-11	6
10	BUSH	Ø19.05X20		BRONZE	01-01-10	6
9	UPPER HOLDER	Ø38.1X55		STL304L	01-01-09	1
8	LOWER HOLDER	Ø38.1X55		STL304L	01-01-08	1
7	BUSH	Ø25.4X30		STL304L	01-01-07	1
6	PIN	Ø12.7X65		STL304L	01-01-06	2
5	LOCK NUT	Ø38.1X20		STL304L	01-01-05	2
4	LOCK NUT	Ø38.1X20		STL304L	01-01-04	1
3	LOWER SHAFT	Ø19.05x385		STL304L	01-01-03	1
2	UPPER SHAFT	Ø25.4X540		STL304L	01-01-02	1
1	SPECIMEN	Ø12x120 mm.	ASTM557M-94A	7075-T651	01-03-01	120

DSGN.	C.SUCHART	1/11/48	PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
DWN.	M.SOMSAK	1/11/48	

SCALE	DRAWING NAME	DWG. No.
X:X	SPECIMEN HOLDER	01-01

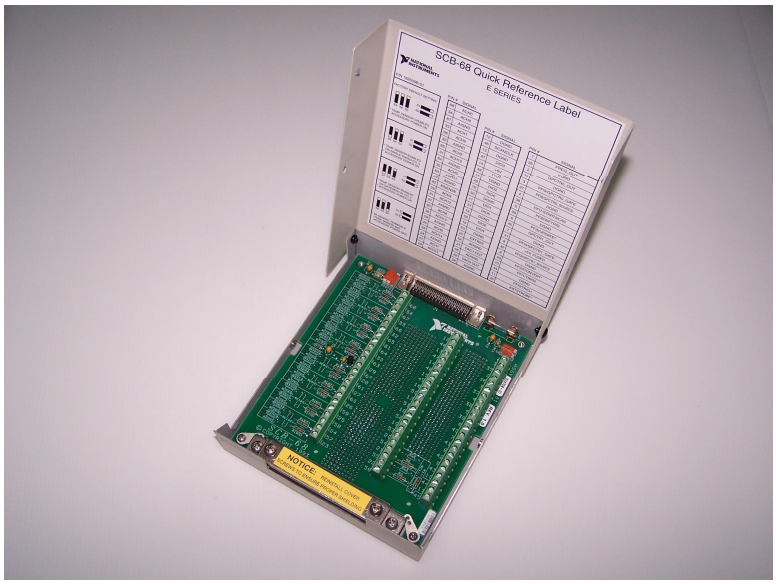
ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายอุปกรณ์บันทึกข้อมูลทดสอบการคืบ

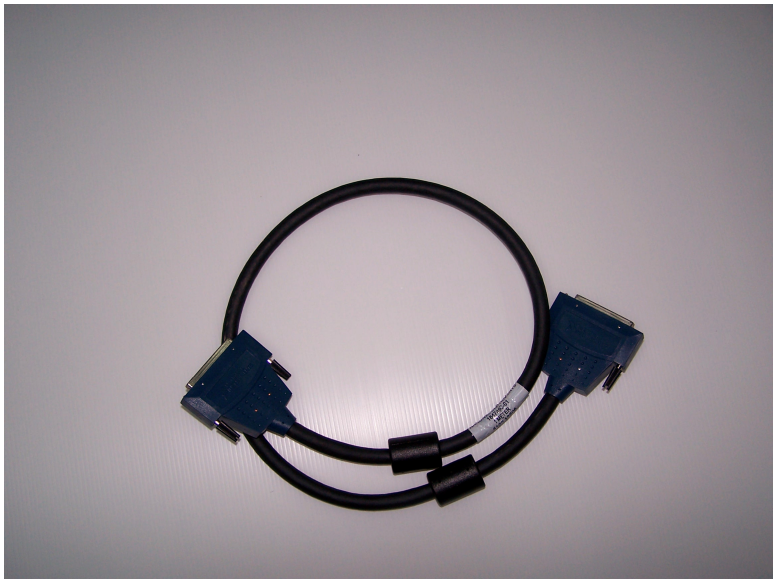


รูปที่ ผค. 1 OMEGA Miniature Displacement Transducers ±5.0 mm. รุ่น LD400 - 5

รูปที่ ผค. 2 National Instruments P/N 778629-01 PCI-6031 Low-Cost Multifunction I/O Board for PCI 200 ks/s, 16 - Bit, 16SE/8DI Inputs, 8 DIO, 2 Counter/Time. Kit Includes Hardware and NI-DAQ Driver Software



รูปที่ ผค. 3 National Instruments P/N 776844-01 SCB-68 Shielded Connector Block. I/O Signal Termination Accessory for 68 - Pin MIO Boards. Order SH6868 or R6868 Cable Separately.

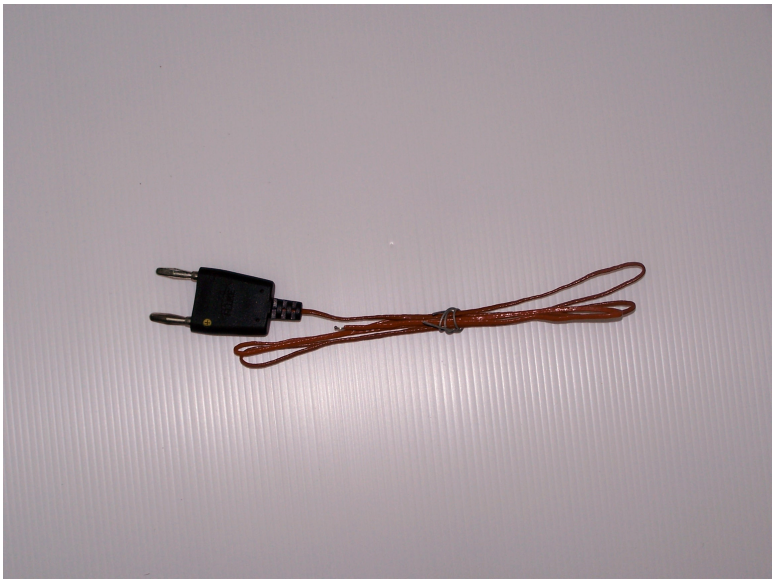


รูปที่ ผค. 4 National Instruments P/N 184749-01 SH68-68-EP 68-pin to 68-Pin Enhanced Performance Shielded Cable, 1 Meter

รูปที่ ผค. 5 แหล่งจ่ายไฟปรับค่าได้ 3 เอาทพุต (Triple Output DC Power Supply) รุ่น EPS 3250A

รูปที่ ผค. 6 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล

รูปที่ ผค. 7 Digital Multimeter “FLUKE” รุ่น 179 ช่วงอุณหภูมิต้องวัดได้ 40C ถึง 400C

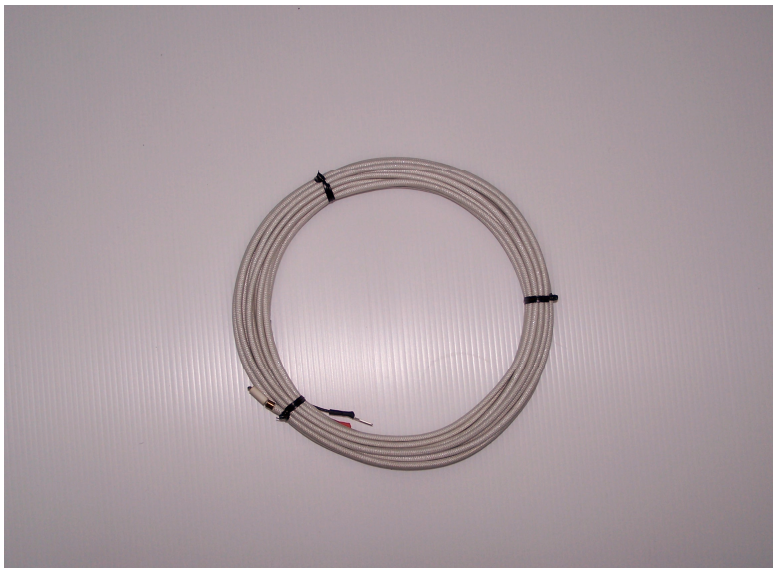


รูปที่ ผค. 8 โพรบของเทอร์โมคัปเปิ้ลประเภท K ขนาด 80BK1

รูปที่ ผค. 9 สายต่ อชนิด TL75 Hard Point Test Lead Set CAT III 100 V, CAT IV 600 V, 10A

รูปที่ ผค. 10 สายต่ อชนิด Alligator Clips to Multi-Stacking Banana Plugs

รูปที่ ผค. 11 เครื่องทดสอบ HOUNSFIELD TEST EQUIPMENT Model H 10KS Serial No. 0068 พร้อมอุปกรณ์เตาเผาและคอมพิวเตอร์สำหรับบันทึกข้อมูล



รูปที่ ผค. 12 เทอร์ โมคั บเปิ้ ล TC Shield = 6 M. TYPE CA (K) JB4569

ภาคผนวก ง

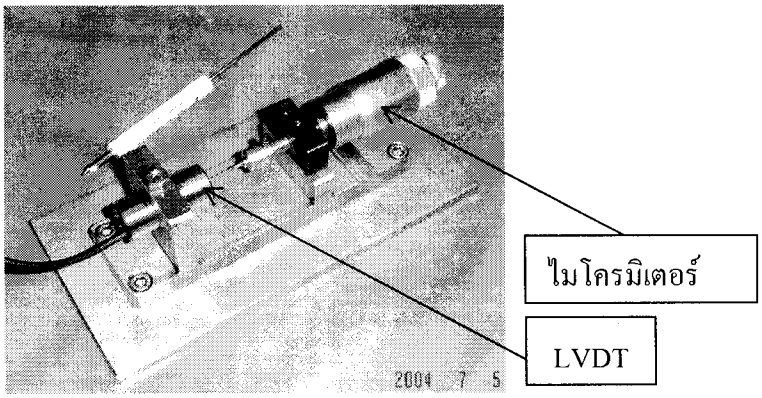
ขั้นตอนการสอบเทียบหม้อแปลงไฟฟ้าแบบอนุพันธ์ที่แปรค่าได้แบบเชิงเส้น

(Linear Variable Differential Transformer)

การสอบเทียบ Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

ขั้นตอนการสอบเทียบ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การปรับแต่งค่า DC Power Supply
2. ต่อสายปลั๊ก DC Power Supply เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220 V 50 Hz
3. ประกอบสายต่อ Alligator Clips to Multi-Stacking Banana Plugs ระหว่าง DC Power Supply ที่ช่องสัญญาณ A และ Multimeter สายเส้นสีแดงต่อขั้วต่อสายด้านเข้า สายสีดำต่อขั้วต่อสายร่วม
4. เปิดสวิตซ์ของ DC Power Supply ปรับสวิตซ์ไปช่องสัญญาณ A และ A/B OUTPUT ที่ Independent
5. ปรับสวิตซ์ Multimeter ไปที่ตำแหน่งแรงดันไฟฟ้า DC V Hz
6. หมุนปรับปุ่ม CURRENT ของ DC Power Supply ที่ตำแหน่ง MAX
7. หมุนปรับปุ่ม VOLTAGE ของ DC Power Supply พร้อมสังเกตที่จอแสดงผลของ DC Power Supply และ จอแสดงผลของ Multimeter หมุนปรับปุ่มจนได้ค่าเท่ากับ 20.000 V DC เนื่องจาก LVDT สามารถใช้กับกระแสในช่วง 10 - 24 V DC
8. เมื่อปรับตั้ง DC Power Supply ได้ค่า เท่ากับ 20.000 V DC เรียบร้อยแล้ว ถอดสายเส้นสีแดงต่อขั้วต่อสายด้านเข้า สายสีดำต่อขั้วต่อสายร่วมออก
9. ประกอบ LVDT และไมโครมิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์จับยึด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ ผง. 1

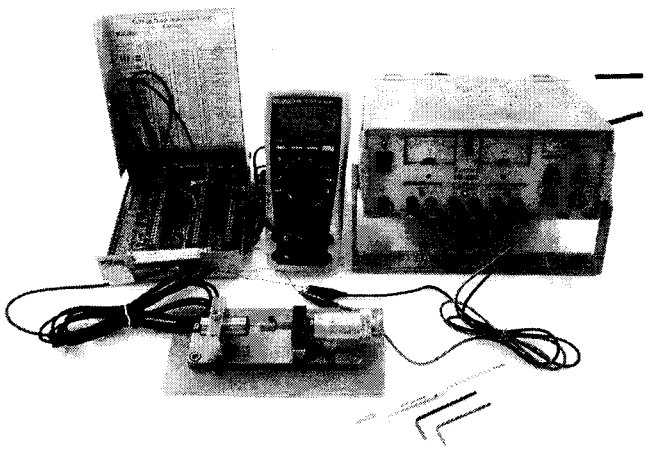


รูปที่ ผง. 1 อุปกรณ์จับยึด Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

9.1 ประกอบไมโครมิเตอร์เข้ากับอุปกรณ์จับยึดโดยจับยึดให้แน่นด้วยไขควงปาก-แบน

9.2 ประกอบแกนของ LVDT เข้ากับแกนของไมโครมิเตอร์ยึดให้แน่นด้วยประแจแอลขนาด 2.5 มม.

9.3 ประกอบ LVDT เข้ากับอุปกรณ์ ให้แกนของ LVDT สอดเข้าใน LVDT ยังไม่ต้องยึดให้แน่น



รูปที่ ผง. 2 แสดงการประกอบอุปกรณ์สอบเทียบ LVDT

10. ยึดสายด้าน INPUT ของ LVDT กับ DC Power Supply โดยสายต่อเส้นสีแดงต่อกับสายต่อเส้นสีแดง และสายต่อเส้นสีดำต่อกับสายต่อเส้นสีน้ำเงิน ตามลำดับ

11. ยึดสายด้าน OUTPUT ของ LVDT กับ SCB-68 โดยสายต่อเส้นสีขาวต่อกับช่องสัญญาณหมายเลข 33 และสายต่อเส้นสีเขียวต่อกับ ตามลำดับช่องสัญญาณหมายเลข 32

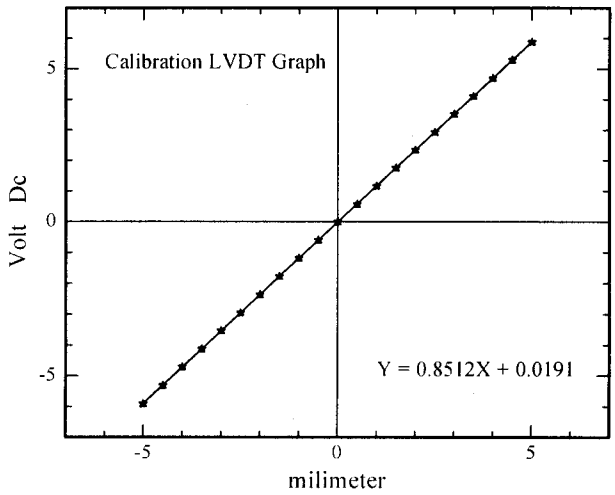
12. ต่อสายชนิด TL 75 Hard Point Test Lead Set กับ Multimeter สายเส้นสีแดงต่อขั้วต่อสายด้านเข้า สายสีดำต่อขั้วต่อสายร่วม ปลายสายต่อสีแดงแตะกับช่องสัญญาณหมายเลข 33 และปลายสายต่อสีดำแตะกับช่องสัญญาณหมายเลข 32 สังเกตจอแสดงผลของ Multimeter จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่า

13. เลื่อนปรับ Micrometer ให้อยู่ที่สเกล 10 มม. เนื่องจาก LVDT มีค่า ±5 มม. และเลื่อน LVDT ให้แสดงผลที่จอแสดงผล เท่ากับ 0.000 V DC ยึด LVDT ให้แน่นด้วยประแจแอลขนาด 3 มม. ดังแสดงในรูปที่ ผง. 2

14. เมื่อเครื่องมือและอุปกรณ์พร้อมทำการแบ่งช่วงของข้อมูลออกเป็นค่าระหว่าง ±5 มม. เท่ากับ 0.5 มม. ดังแสดงในตาราง ผง. 1

ตารางที่ ผง. 1 ข้อมูลการสอบเทียบ LVDT

Micrometer (mm.)	**LVDT (V DC)**		
	Test 1	**Test 2**	**Average**
5.0	5.85	5.924	5.887
4.5	5.26	5.324	5.292
4.0	4.67	4.725	4.6975
3.5	4.04	4.135	4.1075
3.0	3.5	3.542	3.521
2.5	2.915	2.954	2.9345
2.0	2.332	2.365	2.3485
1.5	1.75	1.773	1.7565
1.0	1.149	1.182	1.1655
0.5	0.552	0.592	0.572
0	0	0	0
-0.5	-0.596	- 0.593	-0.5945
-1.0	-1.185	-1.176	-1.1805
-1.5	-1.78	-1.766	-1.773
-2.0	-2.367	-2.358	-2.3625
-2.5	-2.949	-2.949	-2.9545
-3.0	-3.54	-3.525	-3.5325
-3.5	-4.13	-4.112	-4.121
-4.0	-4.72	-4.697	-4.7085
-4.5	-5.32	-5.293	-5.3065
-5.0	-5.92	-5.892	-5.906



รูปที่ ผง. 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Millimeter กับ Volt DC

เมื่อสอบเทียบ LVDT เรียบร้อย ทำการจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หมุนปรับปุ่ม VOLTAGE ของ DC Power Supply พร้อมสังเกตที่จอแสดงผลของ DC Power Supply และ จอแสดงผลของ Multimeter หมุนปรับปุ่มจนได้ค่าเท่ากับ 0.000 V DC
2. หมุนปรับปุ่ม CURRENT ของ DC Power Supply ที่ตำแหน่ง Min
3. ปิดสวิตซ์ Multimeter
4. ปิดสวิตซ์ DC Power Supply
5. ถอดสายและอุปกรณ์เก็บเรียบร้อย

ผลจากการสอบเทียบ LVDT สามารถหาความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1 ได้ดังนี้

$$Y = 0.8512X + 0.0191 \quad (1)$$

Y = ระยะการเคลื่อนที่ของไมโครมิเตอร์ (หน่วย: มม.)

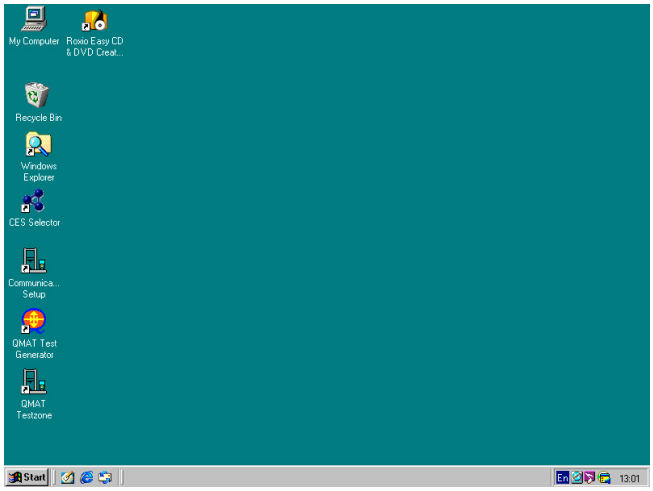
X = ระยะการเคลื่อนที่ของ LVDT (หน่วย: mV)

ภาคผนวก จ

ขั้นตอนการกำหนดค่าโปรแกรมการดึงสำหรับการทดสอบการคืบ (Creep Test) และขั้นตอนการกำหนดค่าโปรแกรมการบันข้อมูลการคืบ

ขั้นตอนการกำหนดค่าโปรแกรมการดึงสำหรับการทดสอบการคืบ (Creep Test)

1. เปิดสวิทซ์เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องทดสอบแรงดึงจะแสดง Desktop ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 1



รูปที่ ผจ. 1 Desktop คอมพิวเตอร์

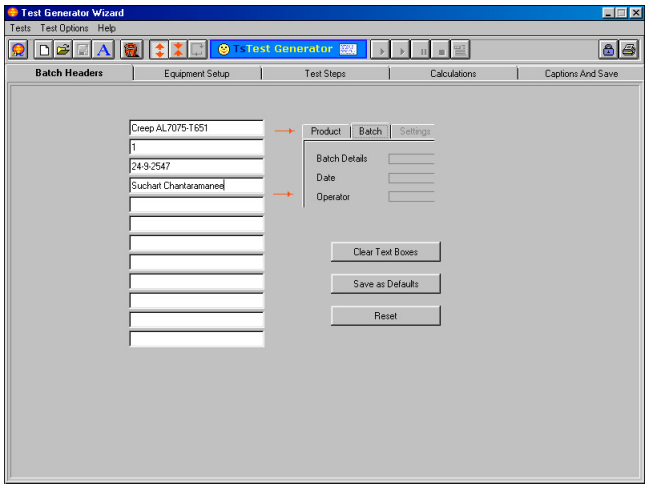
2. ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอน QMAT Test Generator จะแสดงหน้าต่าง Test Generator

3. คลิกที่ทูลบาร์ที่ปุ่ม Test แล้วคลิกที่ปุ่ม Test Wizard จะแสดงหน้าต่าง Test Generator Wizard

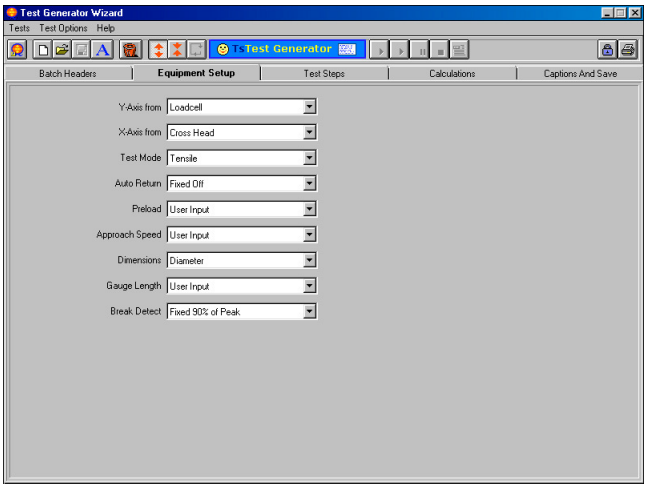
4. ป้อนรายละเอียดของชิ้นงาน วันที่ทำการทดสอบ ผู้ทำการทดสอบ ที่หน้าต่าง Batch Hearders ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 2

5. คลิกที่ Equipment Setup ป้อนค่าที่ต้องการกำหนดลงในช่องต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 3

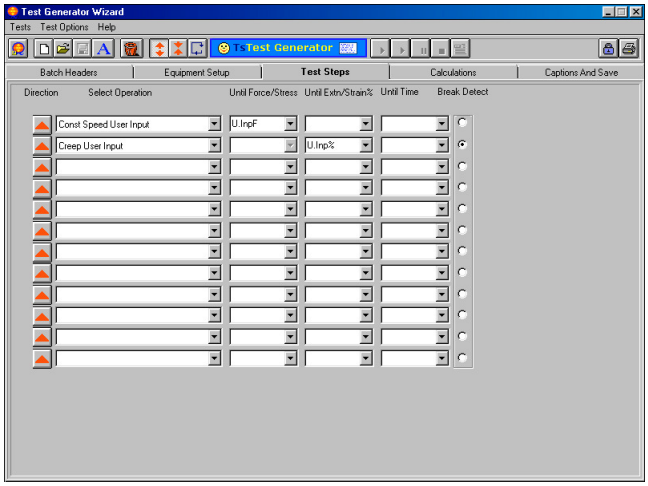
6. คลิกที่ Test Steps ป้อนค่าที่ต้องการกำหนดลงในช่องต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 4



รูปที่ ผจ. 2 Batch Hearders

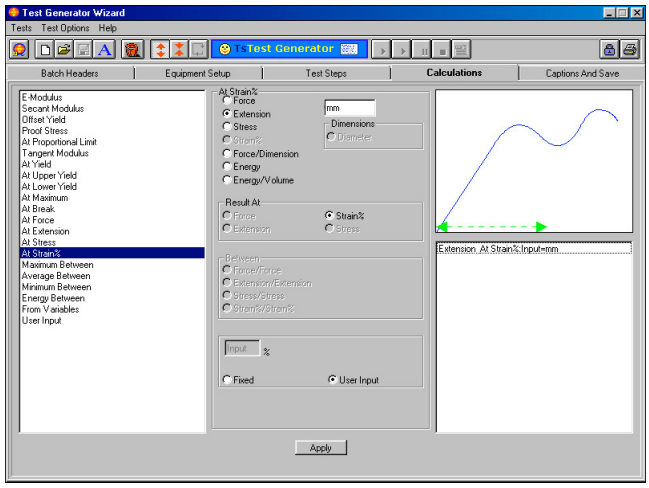


รูปที่ ผจ. 3 Equipment Setup



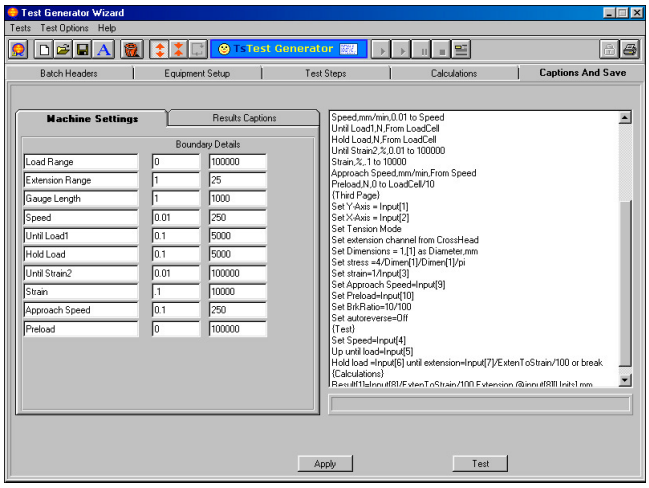
รูปที่ ผจ. 4 Equipment Setup

7. คลิกที่ Calculations ป้อนค่าที่ต้องการกำหนดลงในช่องต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 5 กดปุ่ม Apply



รูปที่ ผจ. 5 Calculations

8. คลิกที่ Caption and Save ป้อนค่าที่ต้องการกำหนดลงในช่องต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 6 กดปุ่ม Apply



รูปที่ ผจ. 6 Calculations

9. กดปุ่ม Save Test กดปุ่ม OK

10. ปิดหน้าต่างของ QMAT Test Generator แล้วดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอน QMAT Test Zone จะแสดงหน้าต่าง QMat 1.20B THE S-Series-100K กดคลิกที่ File แสดงหน้าต่าง Open Test Method กดคลิกที่ Open Test Method และเลือกดับเบิ้ลคลิกที่ File ที่ Save ไว้

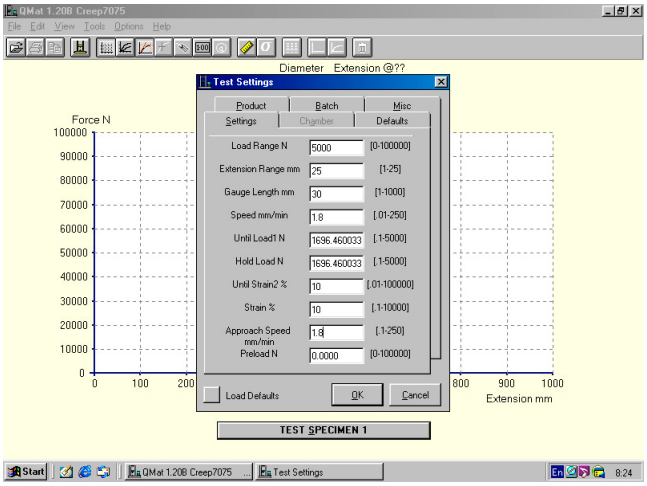
11. จะแสดงหน้าต่างของ Test Setting ให้ใส่ชื่อของชิ้นงาน กด OK กด Yes กด OK

12. เลือกที่ Test Setting พร้อมป้อนค่าที่ต้องการกำหนดให้เครื่องทดสอบดังรูปที่ ผจ. 7

13. กด OK เครื่องจะแสดงรายละเอียดให้ทราบ โดยเริ่มต้นที่ Zeroing Load Cell กด OK ค่าที่แสดงที่ Display จะเท่ากับศูนย์

14. กด Test Specimen 1 จะแสดงหน้าต่างของขนาดชิ้นงานให้ป้อนตัวเลขลงในช่องที่แสดงขึ้นมาในที่นี้รูปร่างของชิ้นงานเป็นทรงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 มม. กด OK

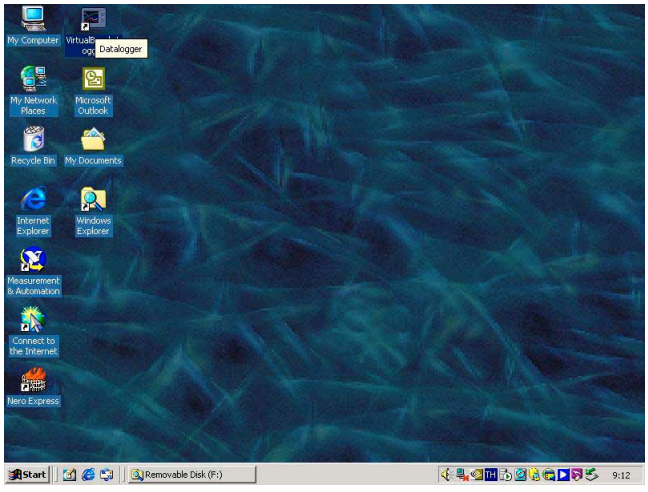
15. เครื่องทดสอบพร้อม กด Test Specimen 1 เครื่องจะเริ่มดึงจนกระทั่งชิ้นงานขาดออกจากกันแล้วจะหยุดจะได้กราฟ 1 รูป



รูปที่ ผจ. 7 Test setting

16. เมื่อเครื่องหยุด ทำการ Save ข้อมูลไว้โดยกดปุ่ม Save สามารถเลือกเป็น Law Data หรือ Bitmap เป็นอันสิ้นสุดการทดสอบแรงดึงหนึ่งตัวอย่างหากมีชิ้นงานจำนวนมากสามารถทดสอบต่อไปได้โดยใช้ค่าที่ Setup เดียวกัน

ขั้นตอนการกำหนดค่าโปรแกรมเก็บข้อมูลการคืบ



รูปที่ ผจ. 8 Desktop คอมพิวเตอร์

ขั้นตอนในการวิจัยทดสอบการคืบ จำเป็นต้องเก็บข้อมูลช่วงเวลานาน ดังนั้นได้เลือก โปรแกรม Virtual Bench - Logger ในการเก็บข้อมูล เมื่อมีการติดตั้งโปรแกรม Virtual Bench – Logger จะมีไอคอนแสดงบน Desktop เริ่มการใช้โปรแกรมโดย ดับเบิลคลิกที่ไอคอน จะแสดงหน้าต่างของโปรแกรมขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ ผจ.9 ซึ่งมีส่วนประกอบหลักดังนี้

Strip Chart Display แสดงข้อมูลขณะโปรแกรมใช้งาน

Y Axis Select Control เพื่อเลือกช่องของข้อมูลแกนY

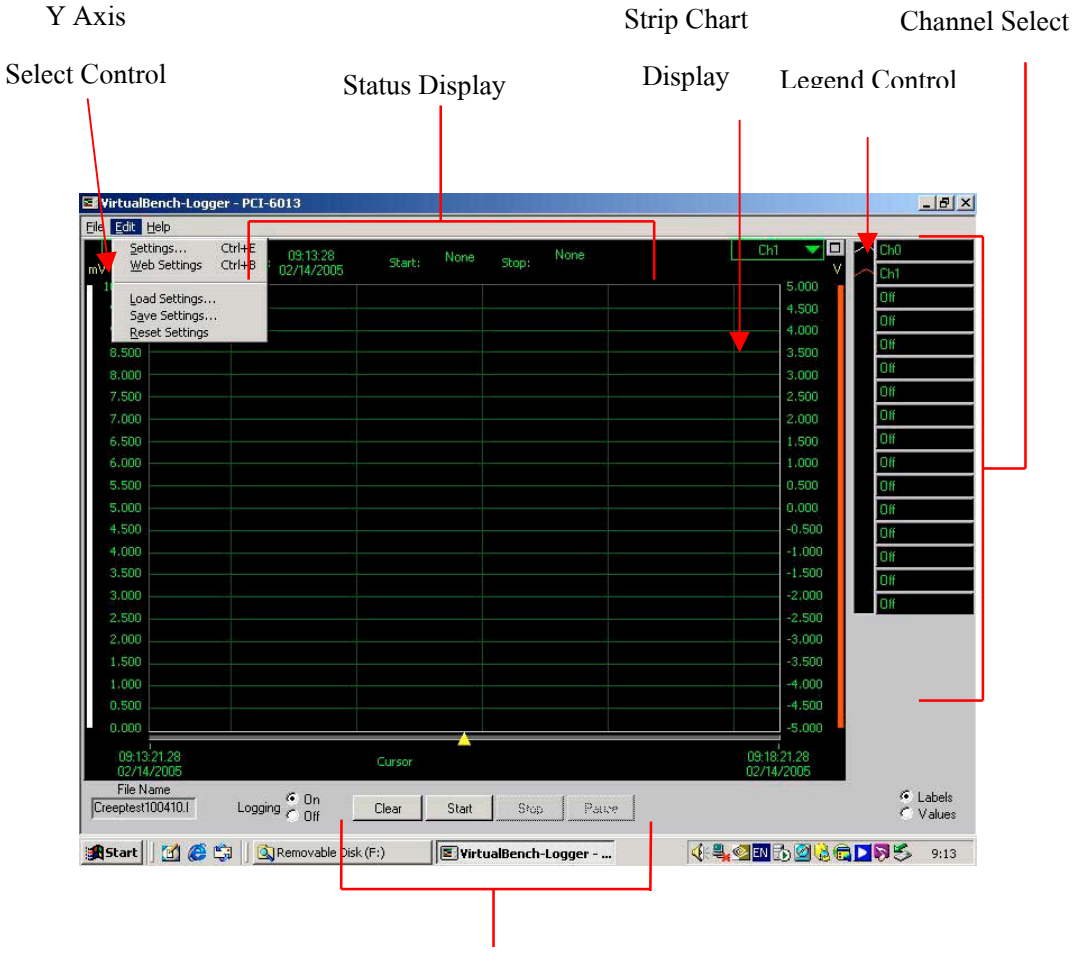
Status Display แสดงสถานะของ Current Time, Start Time, และ Stops Time

Channel Select Control การเลือกสัญญาณบน Strip Chart Display สามารถเลือกเป็น

Labels/Values เมื่อเลือกเป็น Labels สามารถเลือกคลิกช่องสัญญาณแสดงบน Display เมื่อเลือกเป็น Values สามารถเปลี่ยนค่าจำนวนของทศนิยมได้

Legend Control ใช้เปลี่ยน Point Style, Line Style, Interpolation Method และ Color ของ Trace.

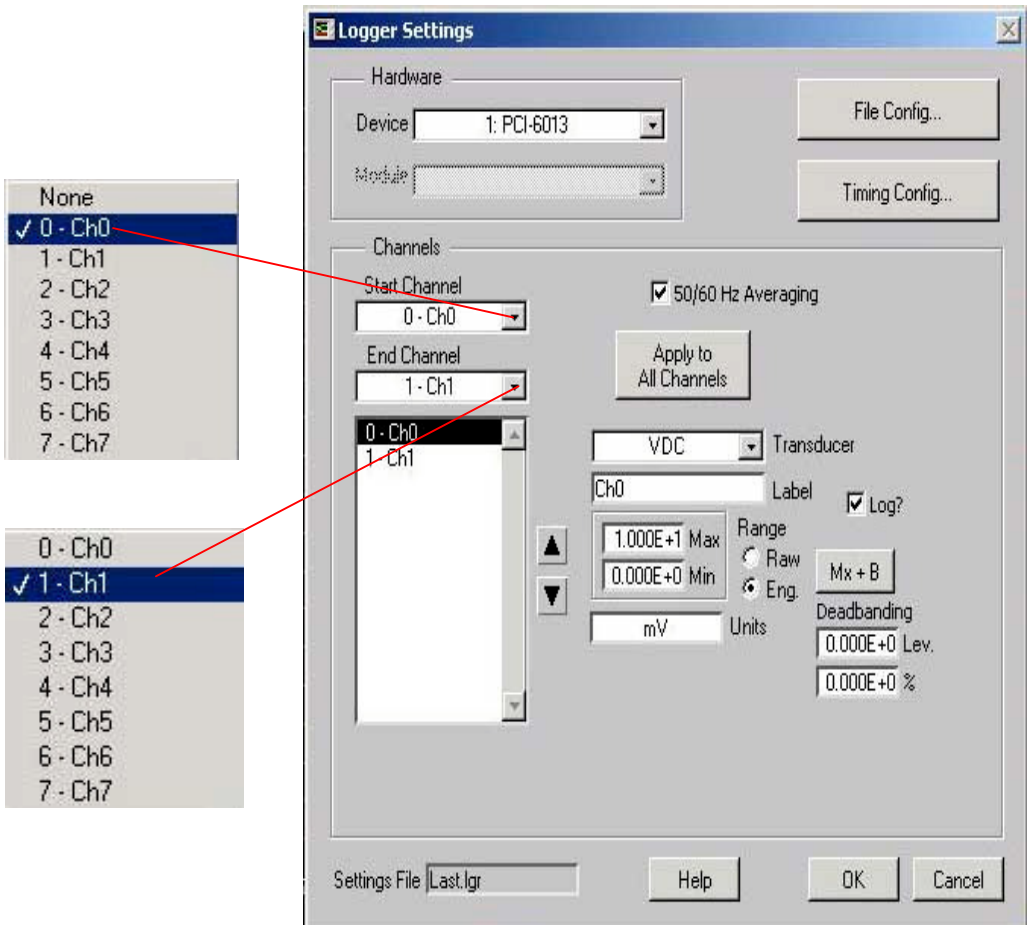
Acquire Data Controls ประกอบด้วยปุ่มควบคุม Logging on/off, Clear Chart, Start, Stop, Pause



รูปที่ ผจ. 9 Desktop ของ VirtualBench-Logger

1. เลือก Edit>Setting บน Front Panel จะแสดงหน้าต่าง Logger Setting ที่ Device จะแสดง หมายเลขของการ์ด PCI – 6013 ใน Measurement & Automation Exploer

2. กำหนดค่า Start Channel เป็น 0-Ch0 และ End Channel เป็น 0-Ch1 เนื่องจากมีอุปกรณ์ 2 ชนิด คือ Thermocouple และ LVDT ดังแสดงในรูปที่ ผจ.10

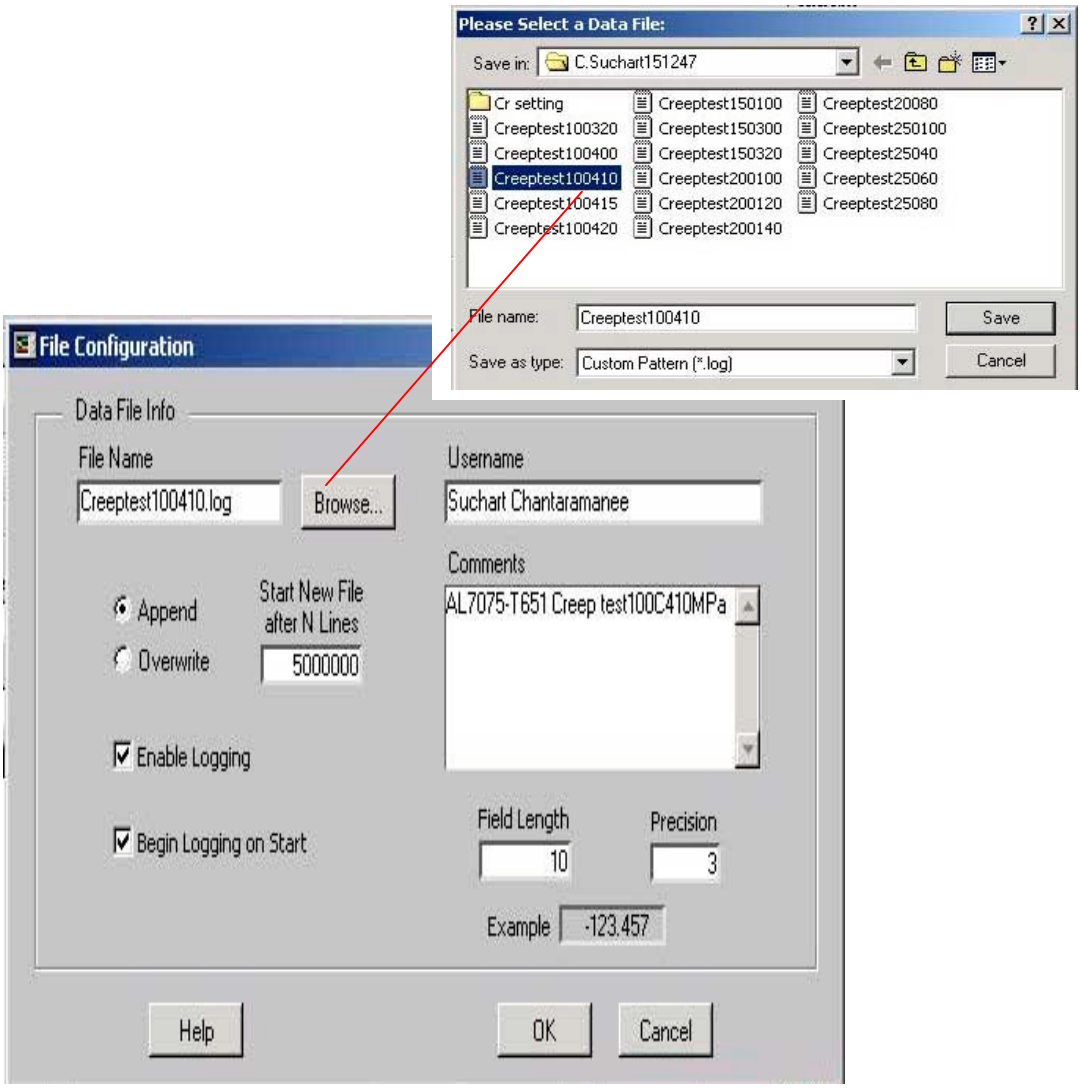


รูปที่ ผจ. 10 หน้าต่างของ Logger Setting

3. เลือก File Config. ที่หน้าต่าง Logger Setting เพื่อกำหนดชื่อของไฟล์ข้อมูลจะแสดงหน้าต่าง File Configuration

4. เลือก Browse แล้วกำหนดชื่อของข้อมูลที่จะบันทึกในช่อง File Name เช่น Creep Test 100410 จากนั้นเลือก Save และ เลือก OK หน้าต่าง File Configuration จะปิดดังแสดงในรูปที่ ผจ. 11

5. จากนั้นเลือก Time Config ที่หน้าต่าง Logger Setting เพื่อกำหนดรูปแบบของเวลา จะแสดงหน้าต่าง Timing Configuration ดังแสดงในรูปที่ ผจ.12

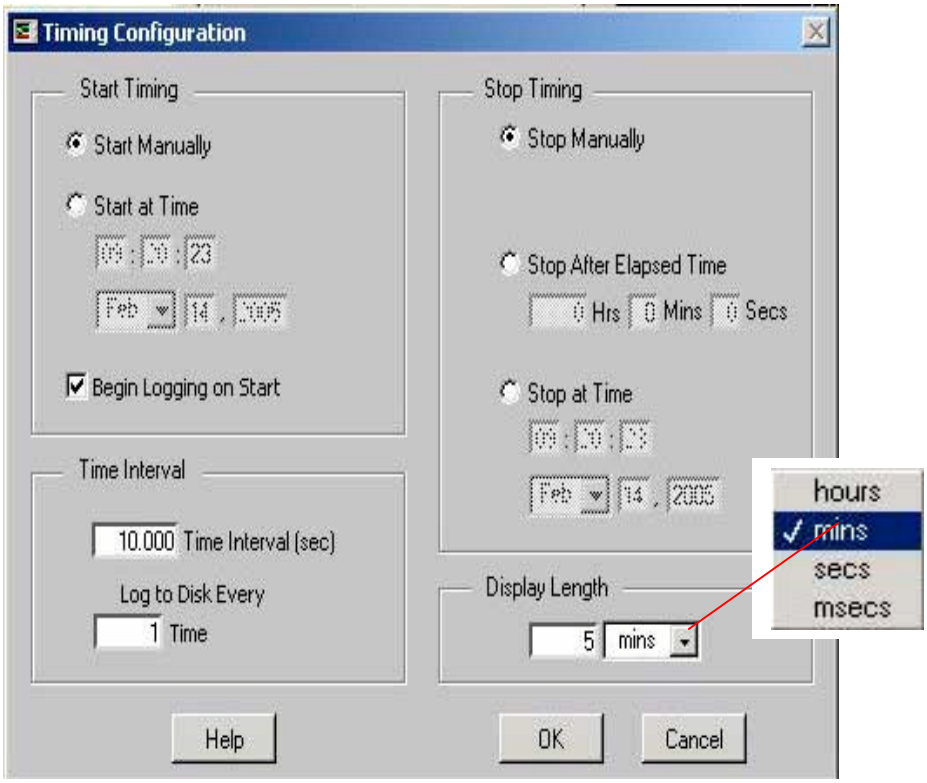


รูปที่ ผจ. 11 หน้าต่างของ File Configuration

6. ป้อนค่าของ Time Interval (sec) ซึ่งเป็นค่าที่โปรแกรมจะเก็บข้อมูลไว้ จากตัวอย่างกำหนดที่ 10 Sec เก็บข้อมูล 1 ข้อมูล

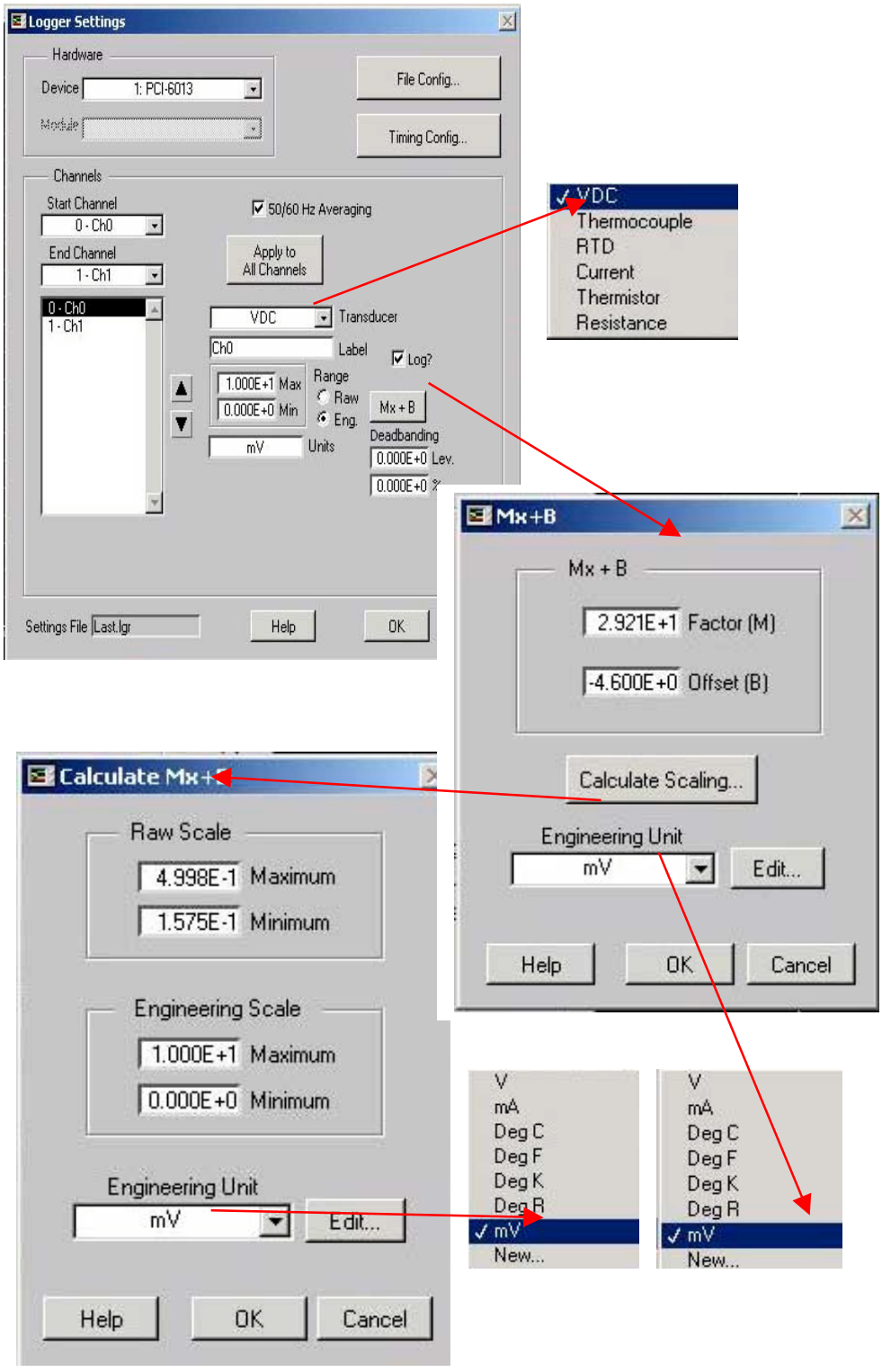
7. เลือกที่ค่าของ Display Length เป็นค่าที่แสดงช่วงของข้อมูลที่ Strip Chart Display ในตัวอย่าง กำหนดที่ 5 Mins และสามารถที่เปลี่ยนเป็นหน่วยอื่นๆได้

8. เมื่อ ค่าต่างๆเรียบร้อยเลือก OK หน้าต่าง Timing Configuration จะปิดกลับไปที่หน้าต่าง Logger Setting

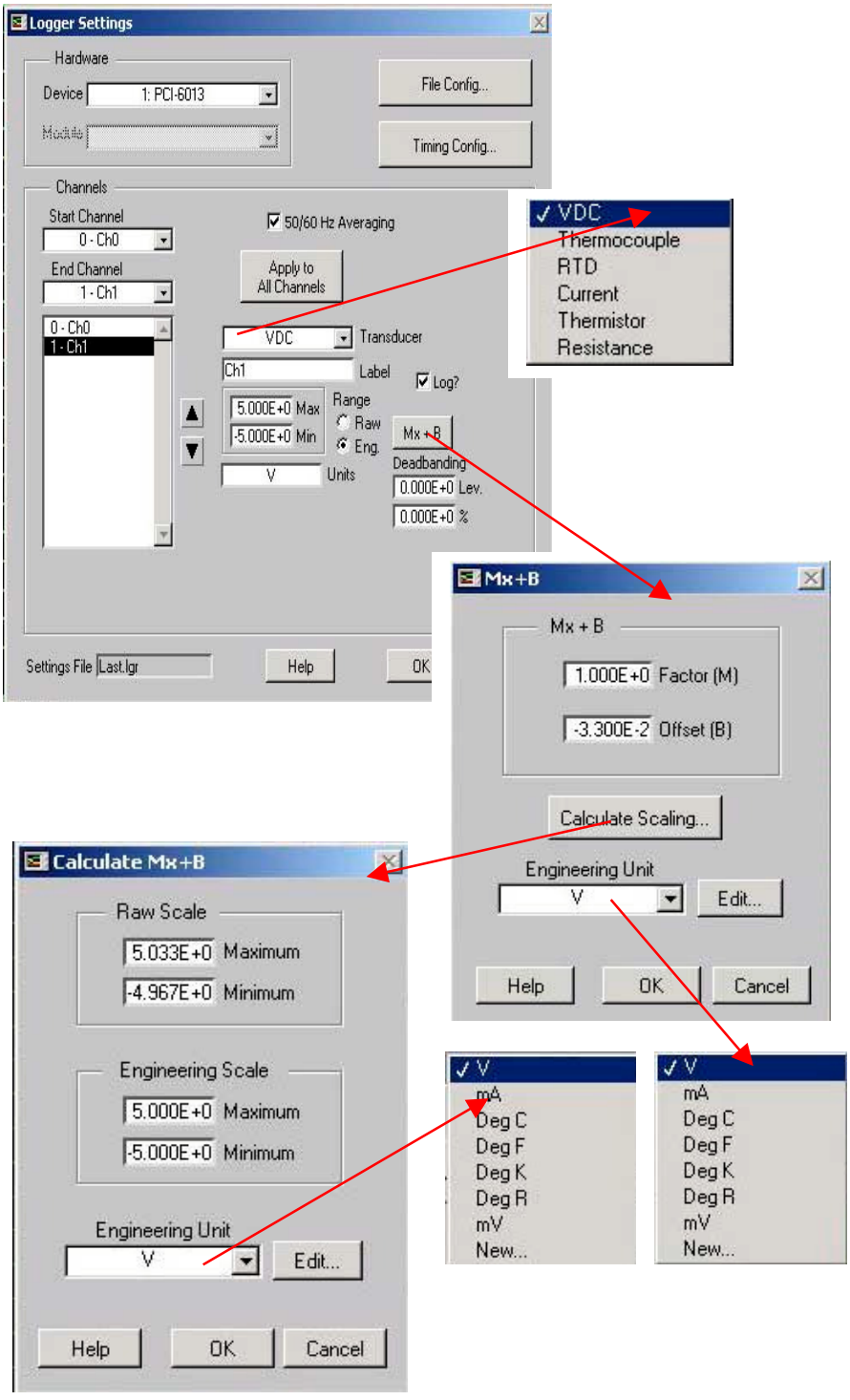


รูปที่ ผจ. 12 หน้าต่างของ Time Configuration

9. เมื่อกำหนดค่า Start Channel เป็น 0-Ch0 จะต้องกำหนดหน่วยสามารถเลือกได้ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 13 การทดลองครั้งนี้เลือกเป็น VDC เนื่องจากโปรแกรมเก็บข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าและในการทดสอบจะต้องมีการสอบเทียบกับเครื่องมือเก็บข้อมูลซึ่งเราใช้ เทอร์โม-คับเปิ้ล สามารถกระทำได้โดยเลือกปุ่ม Mx + B จะแสดงหน้าต่าง Mx + B ทำการแก้ไขค่าของ Factor และ Offset ให้เหมาะกับชนิดของเครื่องมือวัด ขั้นตอนต่อไปเลือกปุ่ม Calculate Scoring จะแสดงหน้าต่าง Calculate Mx + B ดูค่าที่แสดงเมื่อค่าได้กำหนดถูกต้องเลือกปุ่มของหน่วยวัดในที่นี้เลือกเป็น mV เมื่อเรียบร้อยเลือกปุ่ม OK, OK กระทั่งแสดงเฉพาะหน้าต่าง Logger Setting เพื่อกำหนดค่าในลักษณะเดียวกับ 0-Ch0



รูปที่ ผจ. 13 หน้าต่างของ Transducer Ch0



รูปที่ ผจ. 14 หน้าต่างของ Transducer Ch1

10. กำหนดค่า Start Channel เป็น 0-Ch1 จะต้องกำหนดหน่วยสามารถเลือกได้ ดังแสดงในรูปที่ ผจ. 14 ในการทดลองครั้งนี้เลือกเป็น VDC เนื่องจากโปรแกรมเก็บข้อมูลเป็นสัญญาณไฟฟ้าและในการทดสอบจะต้องมีการสอบเทียบกับเครื่องมือเก็บข้อมูลซึ่งเราใช้ LVDT สามารถกระทำได้โดยเลือกปุ่ม Mx + B จะแสดงหน้าต่าง Mx + B ทำการแก้ไขค่าของ Factor และ Offset ให้เหมาะกับชนิดของเครื่องมือวัด ขั้นตอนต่อไปเลือกปุ่ม Calculate Scoring จะแสดงหน้าต่าง Calculate Mx + B ดูค่าที่แสดงเมื่อค่าได้กำหนดถูกต้องเลือกปุ่มของหน่วยวัดในที่นี้เลือกเป็น V เมื่อเรียบร้อยเลือกปุ่ม OK, OK กระทั่งแสดงเฉพาะหน้าต่าง Logger Setting เพื่อเริ่มทดสอบเก็บข้อมูล

รูปที่ ผจ. 15 หน้าต่างของ VirtualBench-Logger