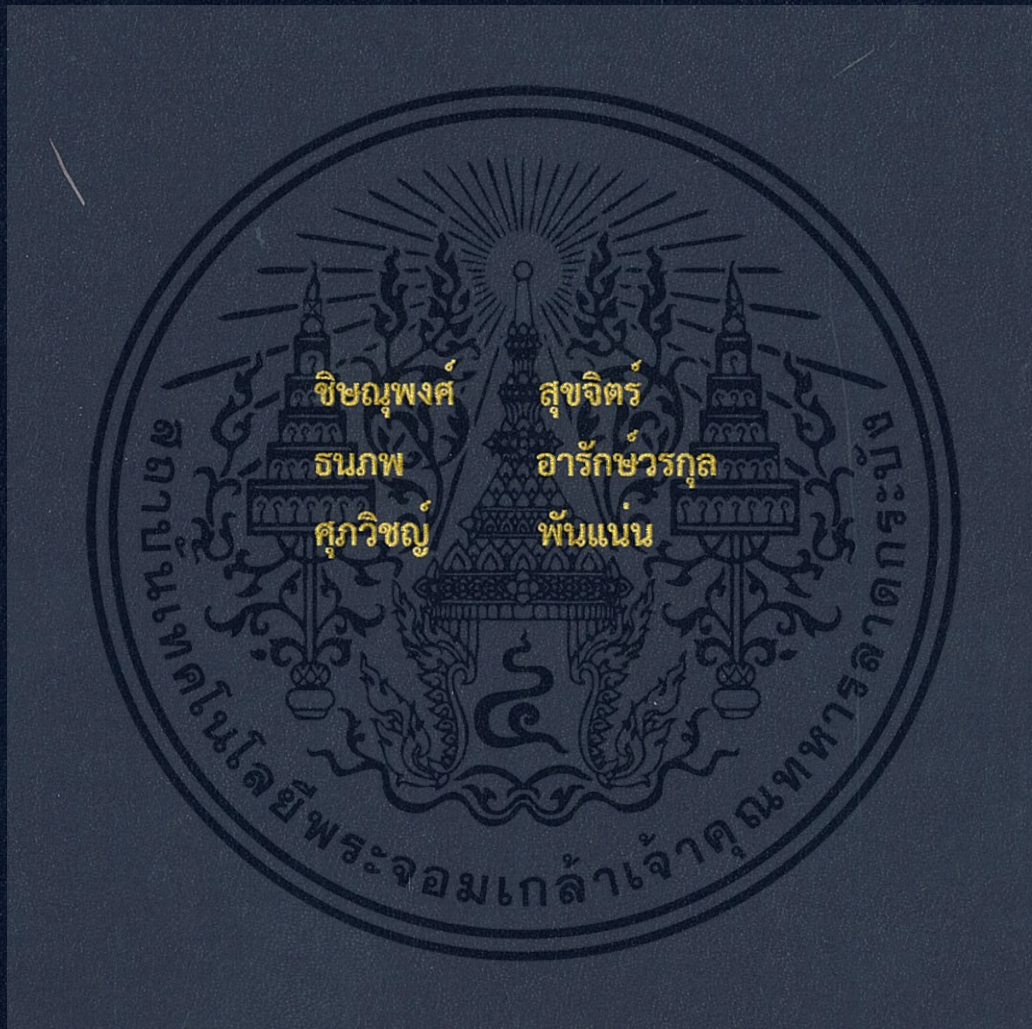


เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
THREAD TENSION TESTING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
THREAD TENSION TESTING MACHINE



T143955



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **143955**
วันเดือนปี **04 ต.ค. 2559**

b. **12809123**
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

THREAD TENSION TESTING MACHINE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
Thread Tension Testing Machine
นักศึกษาผู้จัดทำ นายชิษณุพงศ์ สุขจิตร รหัสนักศึกษา 55010288
นายธนภพ อารักษ์วรกุล รหัสนักศึกษา 55010498
นายศุภาวิชญ์ พันแน่น รหัสนักศึกษา 55011251
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ
ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ประภาษ อุดคคิมาพันธ์	
รศ.ดร.พิทยา ปานนิล	

ชื่อหัวข้อปริญญานิพนธ์
นักศึกษาผู้จัดทำ

เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย

นายวิชญ์พงศ์ สุขจิตร รหัสนักศึกษา 55010288

นายธนภพ อารักษ์วรกุล รหัสนักศึกษา 55010498

นายศุภวิชัย พันแน่น รหัสนักศึกษา 55011251

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ประภาช อุคคกิมพานธุ์

รศ.ดร.พิทยา ปานนิล

ปีการศึกษา

2558

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้อธิบายถึงวิธีการทดสอบความตึง และได้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับการทดสอบเส้นด้ายเย็บผ้าเบอร์ 60 โดยใช้โพลีเอสเตอร์ขนาด 3 กิโลกรัม เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจวัดค่า และใช้โมดูล HX-711 ในการแปลงสัญญาณเอาต์พุตของโพลีเอสเตอร์ให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า นอกจากนี้ บอร์ดอาดิโน รุ่น UNO R3 ถูกใช้เป็นวงจรปรับสภาพสัญญาณสำหรับขยายสัญญาณเอาต์พุตของโมดูล HX-711 ก่อนที่จะนำไปต่อเข้ากับส่วนอินพุตการ์ดของพีแอลซี ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX-3U ส่วนของโปรแกรมควบคุมที่ประมวลผลในพีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Graphic User Interface: GUI) ที่ประมวลผลในพีซี ยี่ห้อ Cermate รุ่น PT-070 ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ซอฟต์แวร์ GX Work2 และ PMdesigner ตามลำดับ การทำงานของเครื่องต้นแบบที่นำเสนอแบ่งออกเป็น 2 โหมด โหมดการทำงานแรกเป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความตึงที่ทำให้เส้นด้ายขาด ส่วนอีกโหมดการทำงานเป็นการรักษาความตึงของเส้นด้ายให้คงที่ โดยค่าความตึงของเส้นด้ายที่ต้องการนี้เป็นสัดส่วนกับค่าแรงบิดตามที่ผู้ใช้งานกำหนดค่าผ่านส่วน GUI จากผลการทดลองสามารถยืนยันได้ว่า เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายที่นำเสนอสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทั้ง 2 โหมด

Thesis Title	Thread Tension Testing Machine	
Authors	Mr. Chisanupong	Sukjit
	Mr. Tanapop	Arukvorakul
	Mr. Supavich	Phannaen
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Prapart Ukakimaparn	
	Assoc. Prof. Dr. Pittaya Pannil	
Year	2015	

ABSTRACT

A method of tension testing is described in this thesis. A prototype machine for tension testing of sewing thread with the number of 60 is designed and implemented. A load cell with capacity of 3 kg is used as the sensing part. The load cell output is converted into the voltage signal by using HX-711 module. In addition, an Arduino UNO R3 board is employed as the signal conditioner for amplifying the HX-711 output voltage before applying to an input card of the FX-3U Mitsubishi programmable logic controller (PLC). The control program running on the PLC and the graphic user interface (GUI) running on the PT-070 Cermate touchscreen are developed by using the GX Work2 and PMdesigner software applications, respectively. There are two operation modes of the proposed prototype machine. The first mode is used for testing the maximum tension applied to the specimen being pulled apart. Another mode is used for regulating the tension applied to the specimen to be constant at the desired value, which is proportional to the torque set by the user via the GUI. Experimental results verify that the proposed machine can operate correctly in both two modes.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทพรีเมียร์ ออโตเมชัน เซนเตอร์ จำกัด ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เข้าไปทำปริญญาานิพนธ์และได้ให้คำแนะนำข้อมูลต่าง ๆ ด้านเครื่องมืออุปกรณ์ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทั้งทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ ทั้งทางด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติ คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำทั้งเรื่องการเรียน และการเข้าสังคม ตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรีที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในด้านการ ทำงาน และยังสามารถประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินชีวิต

ขอขอบคุณผู้แต่งหนังสือและเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ ที่ผู้จัดทำนำมาใช้อ้างอิงเพื่อทำปริญญา นิพนธ์ฉบับนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจให้ ผู้จัดทำมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและแผนการทำงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 รายละเอียดของปริญญาโท.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กล่าวนำ.....	3
2.2 ทฤษฎีแรงดึงเชือก	3
2.3 หลักการคำนวณหาค่าแรงดึงของด้าย	4
2.4 หลักการทำงานของโพลดเซลล์.....	5
2.5 หลักการควบคุมแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์	6
บทที่ 3 การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย.....	8
3.1 กล่าวนำ.....	8
3.2 แนวคิดในการออกแบบ.....	8
3.3 ส่วนของอุปกรณ์หลักที่เลือกใช้	9
3.3.1 โพลดเซลล์.....	9
3.3.2 อาดูโน	10
3.3.3 พีแอลซี.....	11
3.3.4 ทัชสกรีน.....	15
3.3.5 เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับเคลื่อน.....	15
3.4 แบบการติดตั้งอุปกรณ์.....	16
3.4.1 แบบทางกล	16
3.4.2 แบบทางไฟฟ้า.....	18
3.5 ส่วนของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.1. โปรแกรมอาดูโน.....	27
3.5.2 GX Works2.....	33
3.5.3 โปรแกรม PM Designer.....	36
บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....	39
4.1 กล่าวนำ.....	39
4.2 ขั้นตอนการทดสอบ.....	39
4.3 ผลการทดสอบ.....	40
บทที่ 5 สรุปผลและปัญหาในการดำเนินปริญญานิพนธ์.....	52
5.1 สรุปผล.....	52
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา.....	52
5.2.1 ปัญหาที่พบ.....	52
5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา.....	52
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	52
อ้างอิง.....	53

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 คุณสมบัติของโพลดเซลล์.....	9
3.2 คุณสมบัติของพีแอลซี.....	12
3.3 อินพุตของพีแอลซี.....	12
3.4 เอาต์พุตของพีแอลซี.....	13
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้งาน.....	17
3.6 ค่าที่ใช้ในการคำนวณแรงดันไฟฟ้า.....	24
3.7 แท็กของทัชสกรีน.....	38
4.1 ผลการทดสอบค่าความตึงโดยการปรับแรงบิด.....	51



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของแรงดึงเชือกในเส้นเดียวกัน.....	3
2.2 ตัวอย่างวัตถุแขวนจากเพดานด้วยเชือก.....	3
2.3 ส่วนประกอบความยาวและมุมของชุดเซนเซอร์.....	4
2.4 Free-Body-Diagram ของชุดเซนเซอร์.....	4
2.5 ทิศทางแรงจากสมการที่ 2.5.....	5
2.6 โหลดเซลล์.....	5
2.7 วงจรของโหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ.....	6
2.8 เซอร์โวมอเตอร์.....	7
3.1 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย.....	8
3.2 โหลดเซลล์.....	9
3.3 ลักษณะของบอร์ดอาดูโน.....	10
3.4 ผังการทำงานของอาดูโน.....	11
3.5 Mitsubishi PLC รุ่น FX-3U.....	11
3.6 ผังการทำงานของพีแอลซี.....	14
3.7 ลักษณะที่ชสกรีน.....	15
3.8 เซอร์โวมอเตอร์ Panasonic Minas A5 Series.....	16
3.9 เซอร์โวมอเตอร์ Nidec Sankyo.....	16
3.10 Hardware Diagram.....	16
3.11 Hardware Diagram.....	17
3.12 Wiring Diagram.....	18
3.13 Wiring Input ของพีแอลซี.....	18
3.14 Wiring Output ของพีแอลซี และ Wiring Analog Module.....	19
3.15 Wiring XTB-50H ของเซอร์โว Panasonic.....	19
3.16 Wiring XTB-50H ของเซอร์โว Nidec.....	20
3.17 เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย.....	20
3.18 มอเตอร์ฝั่งตัวปล่อยด้าย.....	21
3.19 ส่วนที่ใช้วัดค่า.....	21
3.20 มอเตอร์ฝั่งตัวเก็บด้าย.....	22
3.21 ที่ชสกรีน.....	22
3.22 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในแต่ละส่วน.....	23
3.23 การเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซลล์กับอาดูโน.....	23
3.24 โหลดเซลล์เมื่อไม่มีวัตถุมากระทำ.....	23
3.25 โหลดเซลล์เมื่อมีวัตถุมากระทำ.....	24
3.26 วงจรทางไฟฟ้าของโหลดเซลล์.....	24
3.27 การเชื่อมต่อระหว่างอาดูโนกับพีแอลซี.....	25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.28 Function Serial Communication.....	25
3.29 คำสั่ง 16-bit Operation (RS).....	25
3.30 การตั้งค่า data	26
3.31 ตัวอย่างแลตเตอร์.....	26
3.32 การเชื่อมต่อระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับพีแอลซี.....	26
3.33 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับทัชสกรีน.....	27
3.34 โปรแกรมอาดูโน.....	27
3.35 ชุดคำสั่งที่เชื่อมต่อไปยังโหลดเซลล์.....	28
3.36 ขั้นตอนการ Verify.....	28
3.37 ขั้นตอนการ Upload	29
3.38 การเชื่อมต่อโหลดเซลล์ผ่าน HX711 เข้าสู่อาดูโน.....	29
3.39 ต้มน้ำหนักมาตรฐาน.....	29
3.40 เครื่องชั่งสปริงแบบดิจิทัล.....	30
3.41 การแก้ค่าในตัวแปร real_weight ให้เป็นค่าน้ำหนักจริง.....	30
3.42 ดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino_Auto_Cal ไปยังบอร์ดอาดูโน.....	30
3.43 หน้าต่าง Serial Monitor.....	31
3.44 การตั้งค่า Baud rate.....	31
3.45 การส่ง 'a' เพื่อหาค่า zero factor	31
3.46 การแสดงค่า zero factor.....	32
3.47 การส่ง 'b' เพื่อหาค่า calibration factor.....	32
3.48 การแสดงค่า calibration factor.....	32
3.49 การส่ง 'c' ไปเพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนัก.....	33
3.50 ค่าจากการทดลอง.....	33
3.51 โปรแกรม GX Works2.....	34
3.52 ขั้นตอนการสร้างโปรเจคใหม่.....	34
3.53 ขั้นตอนการเลือกรุ่นพีแอลซีที่ใช้งาน.....	34
3.54 ขั้นตอนการเชื่อมต่อโปรแกรมกับพีแอลซี.....	35
3.55 ขั้นตอนการเลือกการเชื่อมต่อ.....	35
3.56 ขั้นตอนการเลือก COM Port.....	35
3.57 ขั้นตอนการ Connection Test.....	36
3.58 ข้อความเมื่อเชื่อมต่อกับพีแอลซีสำเร็จ.....	36
3.59 โปรแกรม PM Designer.....	36
3.60 ขั้นตอนการสร้างโปรเจคใหม่.....	36
3.61 การตั้งชื่อโปรเจคและบันทึกไฟล์ข้อมูล.....	37
3.62 การเลือกขนาดหน้าจอตัชสกรีน	37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.63 การเลือกยี่ห้อกับรุ่น	38
4.1 การทดสอบโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์	39
4.2 การทดสอบโปรแกรมควบคุม Alarm ของเซอร์โวมอเตอร์.....	39
4.3 การทดสอบโปรแกรมเปิด/ปิดของเซอร์โวมอเตอร์.....	39
4.4 การทดสอบแลตเตอร์	40
4.5 ค่าสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาดและมีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น.....	40
4.6 กราฟที่แสดงค่าความตึงสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาด	41
4.7 กราฟการปรับค่าแรงบิดจากโปรแกรม.....	41
4.8 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 1.....	42
4.9 กราฟที่ได้จากการทดลอง 1.....	42
4.10 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 2	43
4.11 กราฟที่ได้จากการทดลอง 2	43
4.12 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 3	44
4.13 กราฟที่ได้จากการทดลอง 3	44
4.14 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 4	45
4.15 กราฟที่ได้จากการทดลอง 4.....	45
4.16 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 5	46
4.17 กราฟที่ได้จากการทดลอง 5	46
4.18 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 6	47
4.19 กราฟที่ได้จากการทดลอง 6	47
4.20 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 7	48
4.21 กราฟที่ได้จากการทดลอง 7.....	48
4.22 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 8	49
4.23 กราฟที่ได้จากการทดลอง 8	49
4.24 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 9.....	50
4.25 กราฟที่ได้จากการทดลอง 9	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญาานิพนธ์

การทดสอบแรงดึงเป็นการทดสอบเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติ ซึ่งบ่งบอกถึงความแข็งแรง ความทนทานต่อแรงดึงของวัสดุหรือชิ้นงานโดยในที่นี้ผู้จัดทำต้องการทดสอบแรงดึงของเส้นด้าย เพื่อประเมินคุณภาพของเส้นด้าย และช่วยในการควบคุมความตึงของผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่ให้เกิดความเสียหายหรืออุบัติเหตุในการนำไปใช้งานจริง ที่อาจจะสร้างความเสียหายกับชิ้นงานหรือผู้ใช้งาน

สำหรับปริญญาานิพนธ์นี้มีความคิดริเริ่มมาจากการที่เคยประสบปัญหาในการเก็บลวด การแบ่งลวดจากม้วนหนึ่งไปยังอีกม้วนหนึ่ง โดยการพันลวดนั้นต้องอาศัยความตึงเข้ามาเกี่ยวข้องในการพันเก็บ เพื่อที่ลวดจะมีความตึงเวลาม้วนเก็บอีกทั้งยังมีความเป็นระเบียบและมีความสวยงาม ผู้จัดทำจึงได้คิดค้นทำเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายนี้ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาในการพันเก็บให้มีความสะดวกขึ้นและไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องความตึง โดยในปริญญาานิพนธ์นี้ได้เริ่มทำจากอุปกรณ์ที่มีอยู่ และสามารถหาได้ง่ายเราจึงเลือกเส้นด้ายมาใช้ในการทดสอบ โดยอาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตให้ใช้ดึงลวดหรือสายไฟได้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์

1. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบในการทดสอบความตึงของเส้นด้ายเบอร์ 60 โดยที่ช่วงความตึงของเส้นด้ายอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1.7 กิโลกรัม นอกจากนี้ผู้ใช้งานสามารถหาค่าความตึงสูงสุดก่อนที่ด้ายจะขาด

2. เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายที่นำเสนอถูกออกแบบให้มีโหมดการทำงาน 2 โหมด คือ โหมดหาค่าความตึงที่ทำให้เส้นด้ายขาดกับ โหมดรักษาระดับความตึงตามค่าแรงบิด โดยที่โหมดหาค่าความตึงที่ทำให้เส้นด้ายขาด เป็นการปรับค่าแรงบิดให้สูงเพื่อไม่ให้แกนด้ายหมุนและใช้ความเร็วของเซอร์โวมอเตอร์อีกฝั่งหมุนจนด้ายขาด ส่วนโหมดรักษาระดับความตึงตามค่าแรงบิดผู้ใช้งานจะปรับค่าแรงบิดเพื่อให้ความตึงที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่ตามที่ต้องการ

3. มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิก (Graphic User Interface: GUI) โดยผู้ใช้งานจะต้องกำหนดค่าแรงบิด (Torque) ในช่วงระหว่าง 40 ถึง 120 N·m (สำหรับเส้นด้ายเบอร์ 60)

4. ในการแสดงผลของ GUI สามารถแสดงค่าความตึงของเส้นด้ายที่วัดได้แบบเรียลไทม์ตามความสัมพันธ์ของแรงบิด (Torque) ที่ผู้ใช้กำหนด และมีการบันทึกข้อมูลความตึงของเส้นด้ายที่วัดได้เพื่อดูค่าข้อมูลย้อนหลัง (ในช่วงเวลาที่มีการประมวลผลคำสั่ง Start)

5. ในส่วนของ GUI มีการแสดงข้อความสำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดการขาดของเส้นด้าย

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายมีการเลือกใช้อุปกรณ์หลักต่าง ๆ ดังนี้

1. เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าความตึงเป็นโหลดเซลล์รุ่น 3 กิโลกรัม
2. บอร์ดอาดูโนที่ใช้ในการปรับสภาพสัญญาณเป็นรุ่น Arduino UNO R3

3. พีแอลซีที่ใช้ในการควบคุมการทำงานเป็นพีแอลซี ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX-3U
4. เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับเคลื่อนที่ใช้ ยี่ห้อ Panasonic ซึ่งมีความเร็วรอบสูงสุด 3000 รอบ/นาที่
5. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานเป็นหน้าจอสัมผัส (Touchscreen) ยี่ห้อ Cermate รุ่น PT-070

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและแผนการทำงาน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เป็น
2. วางแผนขั้นตอนการทำงาน
3. กำหนดฟังก์ชันการทำงานและคุณสมบัติของเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
4. ออกแบบการติดตั้งของฮาร์ดแวร์และการเลือกใช้วัสดุสำหรับส่วนที่ใช้ในการตรวจวัด
5. สร้างเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
6. เขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ดอาตูดูโนที่ใช้ในการปรับสภาพสัญญาณที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์
7. เขียนโปรแกรมสำหรับพีแอลซีที่ใช้ในการควบคุมเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
8. เขียนโปรแกรมสำหรับหน้าจอสัมผัสในส่วนของ GUI
9. ทดสอบและแก้ไขการใช้งานเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย
10. สรุปวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน
11. จัดทำปฏิญานិพนธ์และนำเสนอ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงความตึงเพื่อนำไปรักษาระดับความตึงของเส้นด้าย
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานการดึงลวดกับสายไฟได้ในอนาคต

1.6 รายละเอียดของปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำทั้งหมด 5 บท โดยแต่ละบทมีรายละเอียดโดยย่อ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำในบทนี้อธิบายถึงความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการทำงาน ขั้นตอนการศึกษาและแผนการทำงาน รวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องในบทนี้อธิบายถึงทฤษฎีแรงดึงเชือก และหลักการที่เกี่ยวข้องในการวัดค่าความตึงโดยมีทั้งหลักการทำงานของโพลดเซลล์หลักการควบคุมแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานในบทนี้อธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดต่าง ๆ ในการดำเนินงาน แนวคิดการออกแบบ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ และการติดตั้งอุปกรณ์ รวมถึงการเขียนโปรแกรมสำหรับบอร์ดอาตูดูโน พีแอลซี และหน้าจอสัมผัสที่เลือกใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินงานสำหรับบทนี้แสดงผลของการดำเนินงานโดยมีรายละเอียดในส่วนของขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบ

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานบทนี้เป็นการสรุปผลการทำงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น วิธีการแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้อธิบายถึงทฤษฎีแรงดึงเชือก และหลักการที่เกี่ยวข้องในการวัดค่าความตึงโดยมีทั้งหลักการการทำงานของโพลด์เซลล์ หลักการควบคุมแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

2.2 ทฤษฎีแรงดึงเชือก

แรงดึงเชือก (Tension) คือ แรงที่เกิดขึ้นในเส้นเชือก ลวด และอื่น ๆ ซึ่งแรงจะเกิดเฉพาะตามแนวเส้นเชือกเท่านั้น และมีทิศทางพุ่งออกจากระบบที่กำลังพิจารณาเสมอ และในเชือกเส้นเดียวกัน จะมีแรงดึงเชือกเท่ากันเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของแรงดึงเชือกในเส้นเดียวกัน

ในรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างวัตถุแขวนจากเพดานด้วยเชือก จะเห็นได้ว่า แรงที่วัตถุดึงเชือกจะมีค่าเท่ากับแรงที่เชือกดึงวัตถุ ในขณะเดียวกัน แรงที่เชือกดึงเพดานจะเท่ากับแรงที่เพดานดึงเชือก และในเชือกเส้นเดียวกันจะมีค่าแรงดึงเชือกเท่ากันดังสมการที่ (2.1) ดังนั้น ค่าแรงดึงเชือก (T) สามารถคำนวณได้จาก [1]

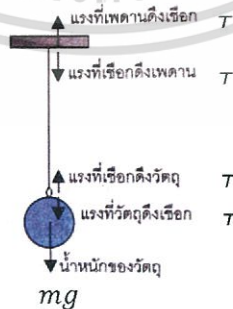
$$T = mg \tag{2.1}$$

โดยที่

T คือ แรงดึงเชือก (Tension) มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

m คือ มวล (Mass) มีหน่วยในระบบ SI เป็นกิโลกรัม (kg)

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลกที่กระทำต่อวัตถุ เท่ากับ 9.8 m/s^2

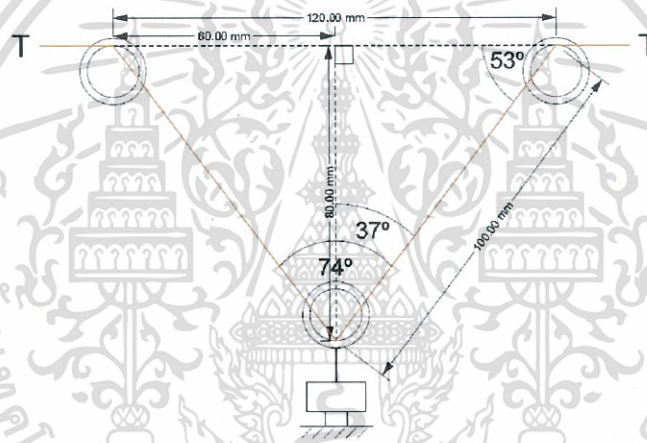


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างวัตถุแขวนจากเพดานด้วยเชือก

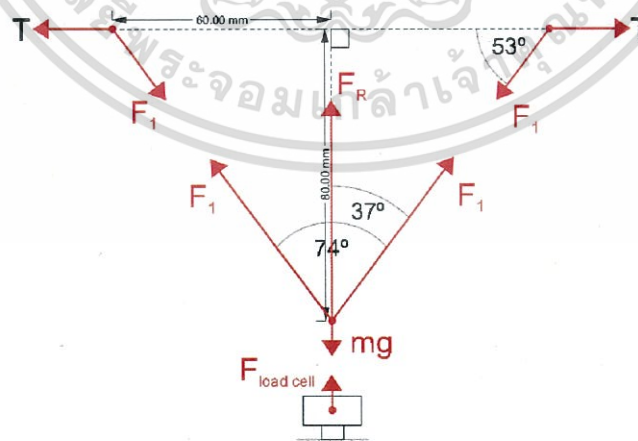
ความตึงของเส้นด้ายที่ต้องการหา นั้น ถูกนำไปใช้ในกระบวนการทำงาน เนื่องจากเส้นด้ายแต่ละชนิดนั้นมีค่าของความตึงที่ต่างกันออกไป สามารถนำค่าแรงตึงที่รู้ไปใช้ในกระบวนการรักษาระดับความตึงได้เพื่อไม่ให้เกิดการขาดของเส้นด้าย เพราะว่าถ้าในการทำงานจริงมีการขาดของเส้นด้ายเกิดขึ้นก็จะทำให้การทำงานหยุดชะงัก

2.3 หลักการคำนวณหาค่าแรงตึงของด้าย

วิธีการคำนวณค่าแรงตึงสามารถทำได้จากการนำระยะห่างของรอก และมุมของรอกทั้งสามตัวที่ออกแบบไว้ ซึ่งทางผู้จัดทำวางตำแหน่งของรอกในลักษณะสามเหลี่ยมหน้าจั่ว โดยมีระยะฐานยาว 120 มิลลิเมตร และระยะด้านที่เท่ากันซึ่งยาวด้านละ 100 มิลลิเมตร ซึ่งมีมุมที่ฐานข้างละ 53 องศา และมุมยอด 74 องศา และนำน้ำหนักที่ถูกดึงขึ้นของรอกตัวกลางซึ่งยึดอยู่กับที่ โดยใช้โหลดเซลล์มาเป็นตัววัดน้ำหนัก แล้วนำตัวแปรที่ได้มาใส่ในสมการเพื่อคำนวณหาแรงตึงของด้ายดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4 [2]



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบความยาวและมุมของชุดเซนเซอร์



รูปที่ 2.4 Free-Body-Diagram ของชุดเซนเซอร์

โดยที่ค่าแรงดึงของด้ายสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned}(F_R)^2 &= (F_1)^2 + (F_1)^2 + 2(F_1)(F_1)\cos 74^\circ \\ &= 2(F_1)^2 + 2(F_1)^2\cos 74^\circ \\ &= 2F_1^2(1 + \cos 74^\circ) \\ F_R &= [2F_1^2(1 + \cos 74^\circ)]^{1/2} \\ &= F_1[2(1 + \cos 74^\circ)]^{1/2}\end{aligned}\quad (2.2)$$

ในที่นี้ได้ยึด Pulley อยู่กับที่ ดังนั้น $mg_{(\text{pulley})} = 0$ N

จะได้ว่า $F_R = F_{(\text{load cell})}$ (2.3)

นำสมการที่ (2.2) มาแทนค่าในสมการที่ (2.3) จะได้ว่า

$$\begin{aligned}F_1[2(1 + \cos 74^\circ)]^{1/2} &= F_{(\text{load cell})} \\ F_1 &= F_{(\text{load cell})} / [2(1 + \cos 74^\circ)]^{1/2}\end{aligned}\quad (2.4)$$

จากรูปที่ 2.5 จะได้ว่า $T = F_1\cos 53^\circ$ (2.5)



รูปที่ 2.5 ทิศทางแรงจากสมการที่ 2.5

จากสมการที่กล่าวมาข้างต้น หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าความตึงของเส้นด้ายจะเป็นหน่วยกิโลกรัม (kg)

2.4 หลักการทำงานของโหลดเซลล์



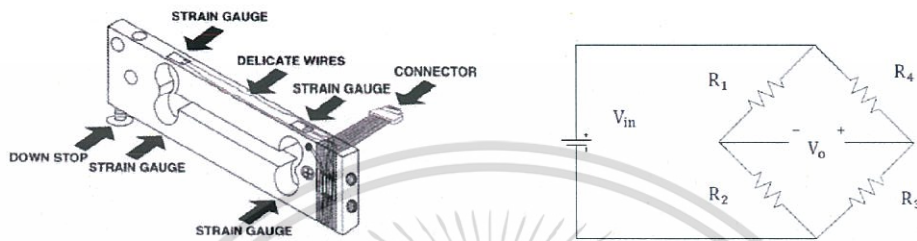
รูปที่ 2.6 โหลดเซลล์

1. หลักการทำงานของโหลดเซลล์

โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ (Strain Gauge Load cell) หลักการของโหลดเซลล์ ประเภทนี้ก็คือ เมื่อมีน้ำหนักมากระทำ ความเครียด (Strain) จะเปลี่ยนเป็นความต้านทานทางไฟฟ้าในสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ ปกติแล้วมักจะใช้สเตรนเกจหรือเกจวัดความเครียด 4 ตัว (วงจร Wheatstone Bridge Circuit) ในการวัดโดยเกจตัวต้านทานทั้งสี่จะเชื่อมต่อเข้าด้วยกันเพื่อใช้

แปลงแรงที่กระทำกับตัวของมันไม่ว่าจะเป็นแรงกดหรือแรงดึงส่ง สัญญาณออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยที่แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีหน่วยเป็น mV/V หมายความว่า ถ้าจ่ายแรงดัน 10 V ให้กับโหนดเซลล์ที่มี Spec. 2 mV/V ที่ Full load สมมุติว่าน้ำหนักเป็น 2,000 กิโลกรัม

ดังนั้นเมื่อมีแรงกระทำต่อโหนดเซลล์ที่น้ำหนัก Full load สัญญาณที่จะได้ก็จะได้เท่ากับ 20 mV คือ $0 \text{ kg} = 0 \text{ mV}$, $1000 \text{ kg} = 10 \text{ mV}$, $2000 \text{ kg} = 20 \text{ mV}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรของโหนดเซลล์แบบสเตรนเกจ

สเตรนเกจมีลักษณะโครงสร้างและการทำงาน คือ ทำด้วยเส้นลวดเล็ก ๆ ขดไปขดมาและนำไปติดกับวัตถุที่ต้องการตรวจวัดความเครียด เมื่อสเตรนเกจถูกยืดออกความยาวของเส้นลวดจะเพิ่มขึ้นในขณะที่พื้นที่หน้าตัดจะลดลง ทำให้ความต้านทานของเส้นลวดเพิ่มขึ้นเนื่องจากความต้านทานโลหะตัวนำจะแปรค่าโดยตรงตามความยาวและแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัด โดยเขียนความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ โดยที่ค่าความต้านทานของขดลวดสามารถคำนวณได้จาก [3]

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.6)$$

เมื่อ

R คือค่าความต้านทานของขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

ρ คือค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของลวดตัวนำที่ใช้ทำสเตรนเกจมีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร

L คือความยาวของขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

A คือพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำมีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

2.5 หลักการควบคุมแรงบิดของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกลหรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น การควบคุมความเร็ว (Speed) การควบคุมแรงบิด (Torque) หรือการควบคุมตำแหน่ง (Position) ให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่สามารถควบคุมในลักษณะงานเบื้องต้นได้

องค์ประกอบหลักของอุปกรณ์ควบคุม

การทำงานเพียงตัวเซอร์โวมอเตอร์เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถทำงานได้ การที่จะให้เซอร์โวมอเตอร์ควบคุมลักษณะที่กล่าวมาข้างต้นนั้นต้องมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. คอนโทรลเลอร์ (Controller) มีหน้าที่รับคำสั่งจากผู้ใช้งานว่าต้องการให้เซอร์โว-มอเตอร์นั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไรและระยะทางไกลหรือใกล้แค่ไหน หน้าที่ตรงจุดนี้คอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวกำหนดให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์

2. เซอร์โวไดรเวอร์ (Servo Driver) จะรับสัญญาณมาจากคอนโทรลเลอร์และสั่งการให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ตามที่คอนโทรลเลอร์สั่งการมา แต่คอนโทรลเลอร์จะไม่สั่งการควบคุมไปที่เซอร์โวมอเตอร์โดยตรงเนื่องจากเซอร์โวไดรเวอร์จะเป็นตัวที่ปรับตั้งค่าของตัวเซอร์โว-มอเตอร์ให้ทำงานตามรูปแบบของการควบคุมไม่ว่าจะเป็นการควบคุมความเร็ว (Speed Control) การควบคุมแรงบิด (Torque Control) หรือการควบคุมตำแหน่ง (Position Control) ตัวเซอร์โวไดรเวอร์จะเป็นตัวกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับตัวเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพราะฉะนั้นเมื่อใช้เซอร์โวมอเตอร์ก็จะต้องมีเซอร์โวไดรเวอร์เสมอ

3. เซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) มีหน้าที่ขับเคลื่อนอุปกรณ์ของเครื่องจักรกลหรือระบบของการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามรูปแบบที่ได้รับคำสั่งจากตัวเซอร์โวไดรเวอร์พร้อมกับส่งสัญญาณป้อนกลับให้กับตัวเซอร์โวไดรเวอร์ว่าตอนนี้เซอร์โวมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าไรและระยะทางในการเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไรแล้วด้วยสัญญาณของตัวเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) ที่อยู่ในตัวเซอร์โวมอเตอร์ทำให้การเคลื่อนที่ของเซอร์โวมอเตอร์นั้นมีความแม่นยำสูง [4] [5]



รูปที่ 2.8 เซอร์โวมอเตอร์

บทที่ 3

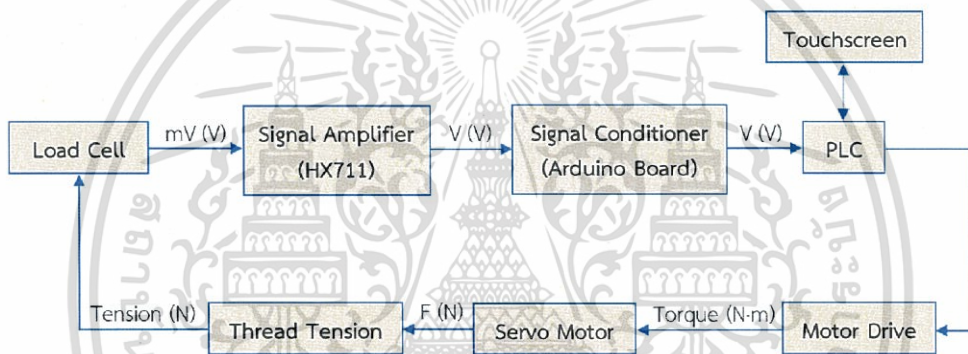
การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้อธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดต่าง ๆ ในการดำเนินงานแนวคิดการออกแบบ อุปกรณ์ที่เลือกใช้ และการติดตั้งอุปกรณ์ รวมถึงการเขียนโปรแกรมสำหรับ บอร์ดอาดูโน พีแอลซี และหน้าจอทัชสกรีนที่เลือกใช้

3.2 แนวคิดในการออกแบบ

รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายที่นำเสนอ โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย

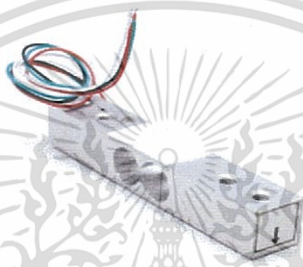
โหลดเซลล์เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าแรงตึงโดยอยู่ในรูปของความต้านทาน (Ω) แล้วต่อเข้ากับบอร์ดอาดูโนเพื่อแปลงความต้านทานไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในช่วง 1 ถึง 5 โวลต์ (V) เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลไปยังพีแอลซีรุ่น FX3U-48MR โดยผ่านพอร์ตอนุกรม พีแอลซีจะเป็นตัวควบคุมการทำงานของชุดเซอร์โวมอเตอร์โดยการเขียนแลตเตอร์ผ่านโปรแกรม GX-Works2 ในส่วนมอเตอร์ไดรฟ์ในที่นี่ได้เลือกการทำงานให้เป็นการควบคุมแรงบิดโดยสามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการใช้งานได้ เพื่อไปควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ โดยการควบคุมการทำงาน การป้อนค่าและการเปิดปิดเครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายสามารถทำได้โดยผ่านทางหน้าจอทัชสกรีนรุ่น PT-070 โดยใช้โปรแกรม PM Designer ในการเขียนส่วนที่เป็น GUI จากนั้นเมื่อเซอร์โวมอเตอร์ทำงานจะมีแรงไปหมุนตัวแกนเก็บด้ายให้ทำงาน ทำให้เส้นด้ายหมุนไปตามฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบไว้ โดยการที่เซอร์โวมอเตอร์หมุนนี้จะทำให้เส้นด้ายเกิดแรงตึงขึ้น

3.3 ส่วนของอุปกรณ์หลักที่เลือกใช้

3.3.1 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ คือ อุปกรณ์ตรวจวัดที่สามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าได้ เหมาะสำหรับการทดสอบคุณสมบัติทางกลของชิ้นงาน (Mechanical Properties of Parts) โหลดเซลล์ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท ได้แก่ การชั่งน้ำหนัก การทดสอบแรงกดของชิ้นงาน การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน การทดสอบการเข้ารูปร่าง

ในที่นี้ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้โหลดเซลล์ชนิด 3 กิโลกรัม เพราะวาเส้นด้ายที่ทางผู้จัดทำได้ใช้ในการทดสอบมีค่าของความตึงอยู่ในช่วงไม่เกินค่า 3 กิโลกรัม โดยทางผู้จัดทำได้อ้างอิงจากการใช้เครื่องชั่งสปริงแบบดิจิตอลมาทำการทดสอบตึงเส้นด้าย



รูปที่ 3.2 โหลดเซลล์

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของโหลดเซลล์

Application	Price computing scales	
Model	YZC-1B	
Capacity (kg)	2, 3, 5, 6, 8, 10, 30, 35, 40, 50, 60, 80	
Rated output (MV/V)	2.0±0.15	
Accuracy class	C2	C3
Max. number of verification intervals (nmax)	2000	3000
Min. load cell verification intervals (Vmtn)	E _{max} /5000	E _{max} /7500
Combined error (%RO)	<±0.030	<±0.020
Creep (%RO/30min)	0.03	0.0167
Temp. effect on sensitivity (%RO/°C)	0.0016	
Temp. effect on zero (%RO/°C)	0.003	0.002
Zero balance (%RO)	±1.0	
Input resistance (Ω)	402±6	1066±10
Output resistance (Ω)	350±3	1000±10
Insulation resistance (MΩ[50V])	5000	
Recommended excitation voltage (V)	10~15	
Compensated temperature range (°C)	-10~+40	

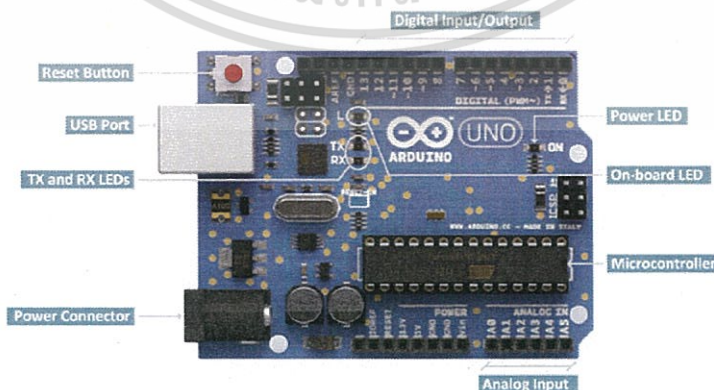
Operating temperature range	(°C)	-35~+80
Safe overload	(%RO)	150
Ultimate overload	(%RO)	200
Load cell material		Aluminium
Platform size		350x350
Connecting cable		Ø4.2x350mm
Method of connecting wire		Red (+) Black (-) Green (+) White (-)

3.3.2 อาดูโน

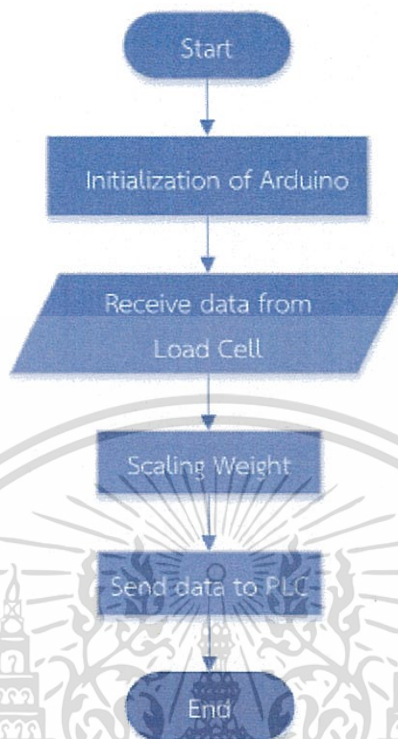
อาดูโน (Arduino) คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบเปิด (Open Source) คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ตัวบอร์ดอาดูโนถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับนำมาใช้งาน ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย โดยรุ่นที่เลือกใช้เป็นรุ่นอาดูโน UNO R3 [6]

องค์ประกอบที่ใช้ในการควบคุมในส่วนนี้ก็จะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดในการเชื่อมต่อของตัวบอร์ดอาดูโน

1. USB Port: ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออัปโหลดโปรแกรม
 2. Reset Button: เป็นปุ่มรีเซ็ตใช้กดเมื่อต้องการให้เริ่มการทำงานใหม่
 3. TX and RX LEDs: ไฟแสดงเมื่อมีการเชื่อมต่อที่ช่อง TX กับ RX
 4. Power Connector: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก
 5. Analog Input: เป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5 ในที่นี้ใช้ขา A0 และ A1 โดย A0 ต่อเข้ากับ SCK เป็นสัญญาณอินพุต และ A1 ต่อเข้ากับ DT เป็น Data
 6. Digital Input / Output: เป็นช่องสัญญาณดิจิทัลตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่น ๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0, 1 เป็นขา TX, RX Serial, Pin3, 5, 6, 9, 10 และ 11 เป็นขา PWM
 7. Microcontroller: เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาดูโน [7]
- ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะของบอร์ดอาดูโน



รูปที่ 3.4 ผังการทำงานของอาดูโน

3.3.3 พีแอลซี

พีแอลซี (PLC) เป็นอุปกรณ์ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือระบบต่าง ๆ แทนวงจรรีเลย์แบบเก่า ซึ่งวงจรรีเลย์มีข้อเสียในเรื่องของการเดินสายไฟฟ้าและการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในการควบคุมมีความยุ่งยาก และเมื่อมีใช้งานไปนาน ๆ บริเวณหน้าสัมผัสของรีเลย์จะเสื่อม ดังนั้นปัจจุบันพีแอลซีจึงถูกนำมาใช้ทดแทนวงจรรีเลย์ เนื่องจากพีแอลซีสามารถใช้งานได้ง่ายกว่าและสามารถต่อเข้ากับอุปกรณ์อินพุตหรือเอาต์พุตได้โดยตรง จากนั้นเพียงแค่เขียนโปรแกรมควบคุมก็สามารถใช้งานได้ทันที หากต้องการเปลี่ยนเงื่อนไขใหม่ก็สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงที่โปรแกรมควบคุมโดยในที่นี้ได้เลือกใช้พีแอลซี ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX-3U มาใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.5 Mitsubishi PLC รุ่น FX-3U

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของพีแอลซี

Length	182mm
Output Type	Relay
Supply Voltage	100 → 240 V ac
Total Memory Available	64000 Steps
Scan Time	0.065 μ s
Programming Interface	Computer, HMI
Program Capacity	64000 Steps
Operating Mode	Program, Run
Expansion Available	Yes
Programming Language Used	Ladder Logic
Depth	86mm
For Use With	MELSEC FX3U Series
Input Type	Sink/Source
Manufacturer Series	FX3U Series
Maximum Operating Temperature	+50°C
Minimum Operating Temperature	0°C
Mounting Type	DIN Rail
Number of Inputs	24
Number of Outputs	24
Output Current	8 A
Width	90mm

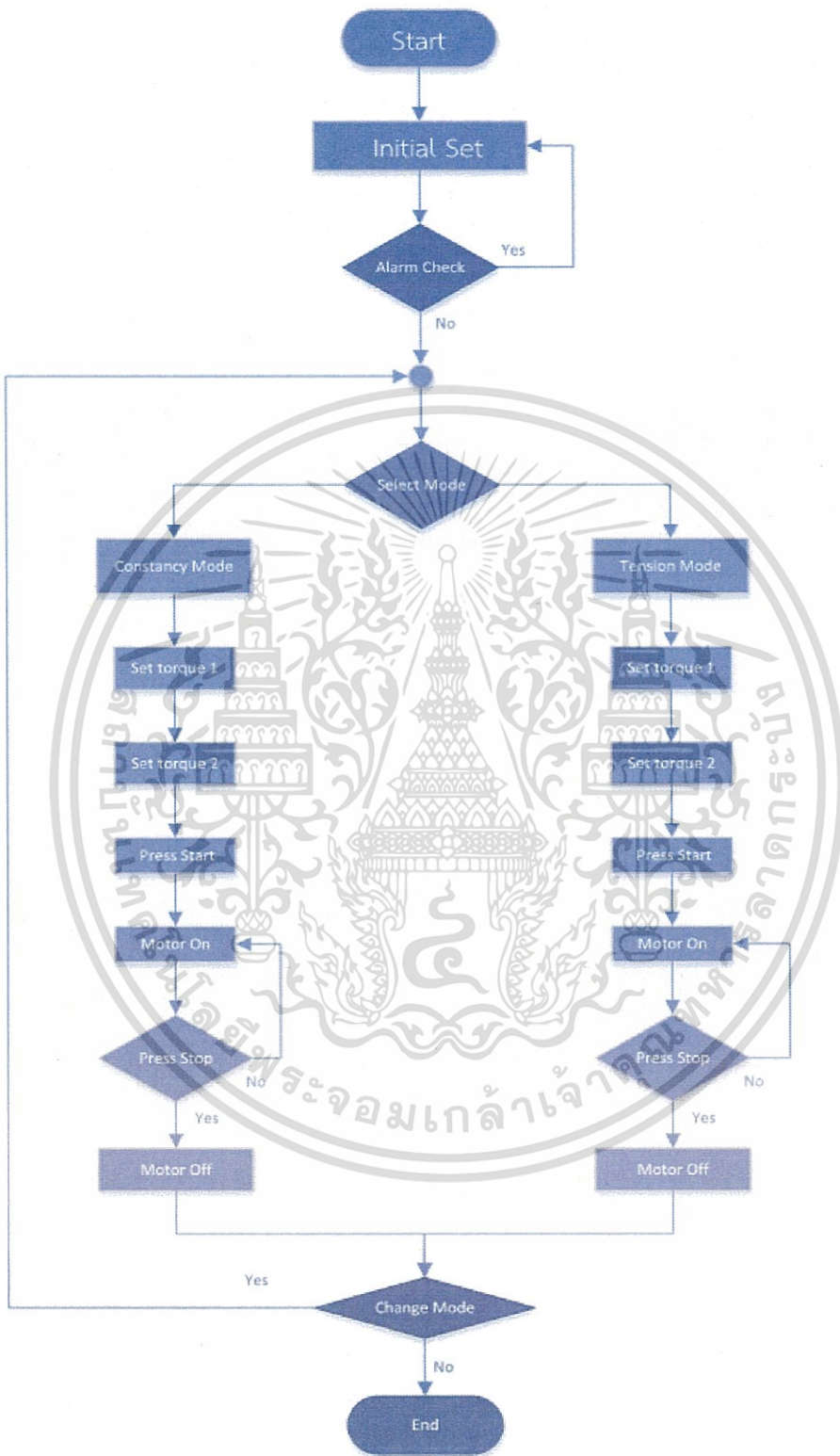
ตารางที่ 3.3 อินพุตของพีแอลซี

Input	Description
X0	A-phase output
X1	B-phase output
X2	Z-phase output
X3	MBRK
X4	Servo status
X5	MEND
X6	HEND
X7	OCZ
X10	SRDY+
X11	ALM+
X12	S-RDY+
X13	S-RDY+

X14	ALM+
X15	ALM+
X16	TLC
X17	TLC
X20	CZ

ตารางที่ 3.4 เอาต์พุตของพีแอลซี

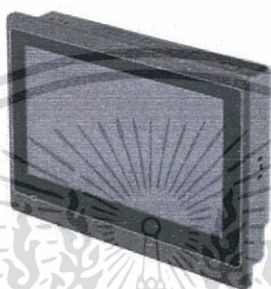
Output	Description
Y0	SERVO-ON
Y1	GAIN
Y2	GAIN
Y3	ZEROSPD
Y4	ZEROSPD
Y5	C-MODE
Y6	C-MODE
Y7	RESET
Y10	PCSTART1
Y11	PCSEL1
Y12	PCSEL2



รูปที่ 3.6 ผังการทำงานของพีแอลซี

3.3.4 ทัชสกรีน

เป็นรูปแบบหนึ่งของอุปกรณ์แสดงผลและนำเข้าสู่ข้อมูลที่ผสมรวมกัน เพื่อลดขนาดพื้นที่การใช้งาน โดยโปรแกรมจะแสดงผลภาพกราฟิกบนจอภาพ และผู้ใช้สามารถใช้นิ้วมือสัมผัสบนจอภาพ เพื่อเลือกรายการต่าง ๆ ทั้งที่อยู่ในลักษณะของรูปภาพ หรือข้อความก็ได้ เพื่อสั่งงาน จอสัมผัสนิยมนำมาใช้ในลักษณะของงานที่ช่วยเหลือผู้ที่มีปัญหาการใช้อุปกรณ์นำเข้าแบบจับต้อง เช่น แป้นพิมพ์หรือเมาส์ เป็นต้น โดยในที่นี้ได้เลือกใช้งานทัชสกรีนยี่ห้อ Cermate รุ่น PT070 [8] ดังแสดงในรูปที่ 3.5

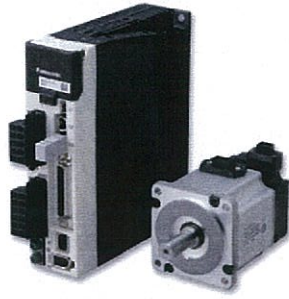


รูปที่ 3.7 ลักษณะทัชสกรีน

3.3.5 เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับเคลื่อน

เซอร์โวมอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกลหรือระบบการทำงานนั้น ๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ โดยที่ผู้ใช้งานสามารถควบคุมความเร็ว (Speed Control) ควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ (Torque Control) หรือควบคุมระยะทางในการเคลื่อนที่ (Position Control) ของตัวมอเตอร์ได้ ในที่นี้ผู้จัดทำได้เลือกใช้การควบคุมแรงบิดของมอเตอร์ เพราะแรงบิดของมอเตอร์ จะถูกรักษาให้คงที่เนื่องจากแรงบิดของมอเตอร์แปรตามกระแสของมอเตอร์ ดังนั้น กระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะทำหน้าที่รักษาแรงบิดและป้องกันไม่ให้อัตราการหมุนโดยอาจจะก่อให้เกิดความเสียหาย [9]

สำหรับการควบคุมแรงบิดของมอเตอร์แรงบิดของมอเตอร์จะถูกรักษาให้คงที่เนื่องจากแรงบิดของมอเตอร์แปรตามกระแสของมอเตอร์ ดังนั้น กระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะทำหน้าที่รักษาแรงบิดและป้องกันไม่ให้อัตราการหมุนโดยอาจจะก่อให้เกิดความเสียหาย ในงานนี้ได้เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์รุ่น Servo Motor Panasonic Minas A5 Series และ Servo Motor Nidec Sankyo ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7



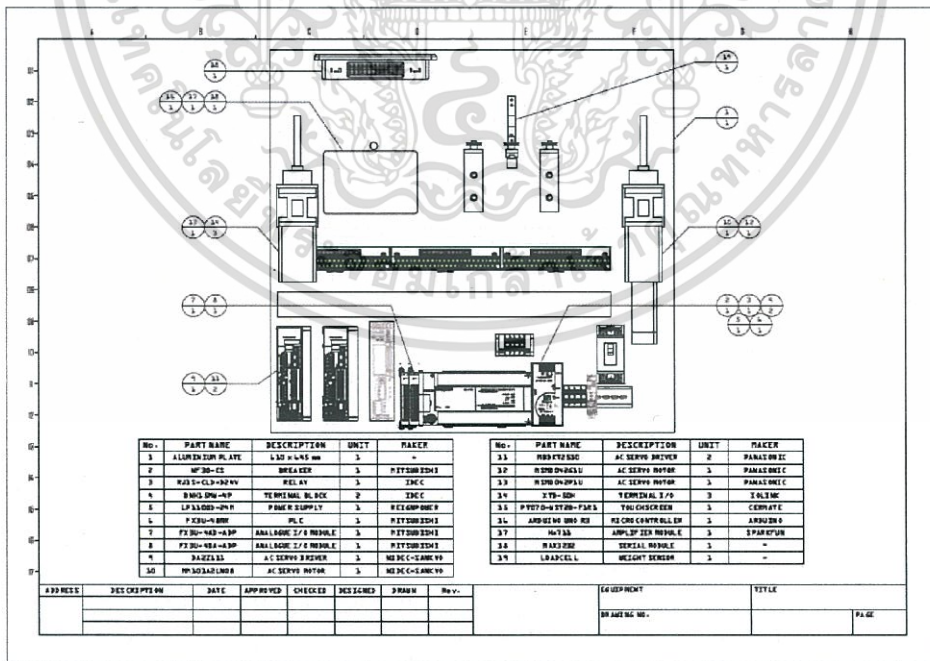
รูปที่ 3.8 เซอร์โวมอเตอร์ Panasonic Minas A5 Series



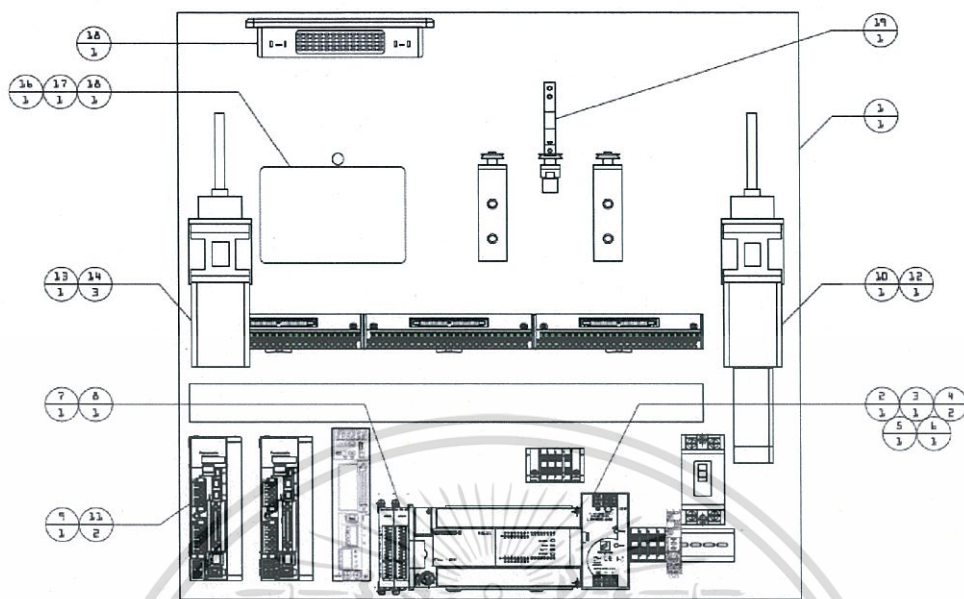
รูปที่ 3.9 เซอร์โวมอเตอร์ Nidec Sankyo

3.4 แบบการติดตั้งอุปกรณ์

3.4.1 แบบทางกล



รูปที่ 3.10 Hardware Diagram

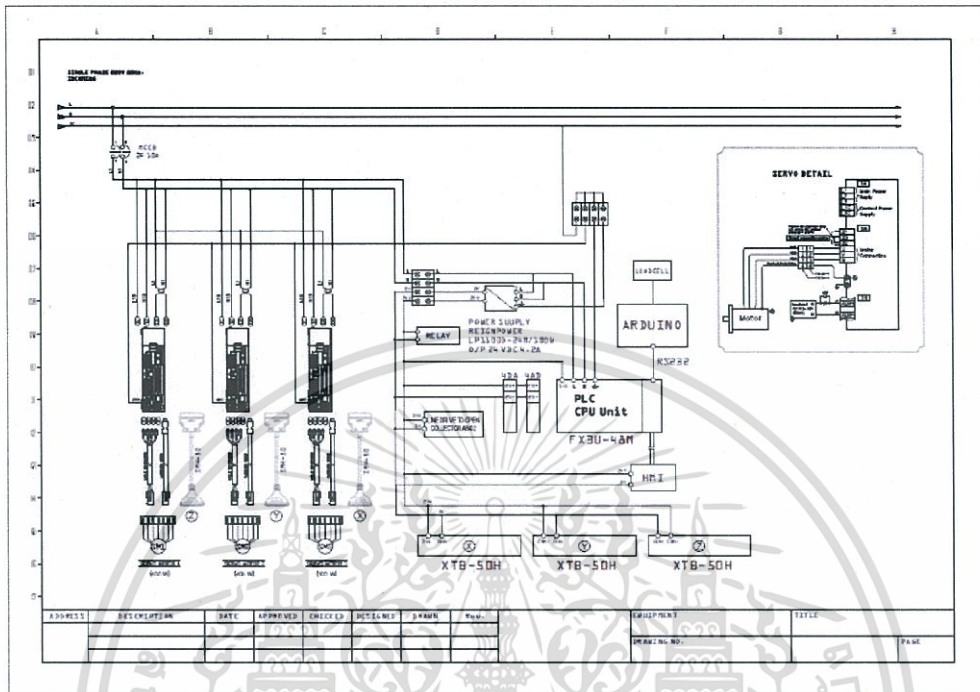


รูปที่ 3.11 Hardware Diagram

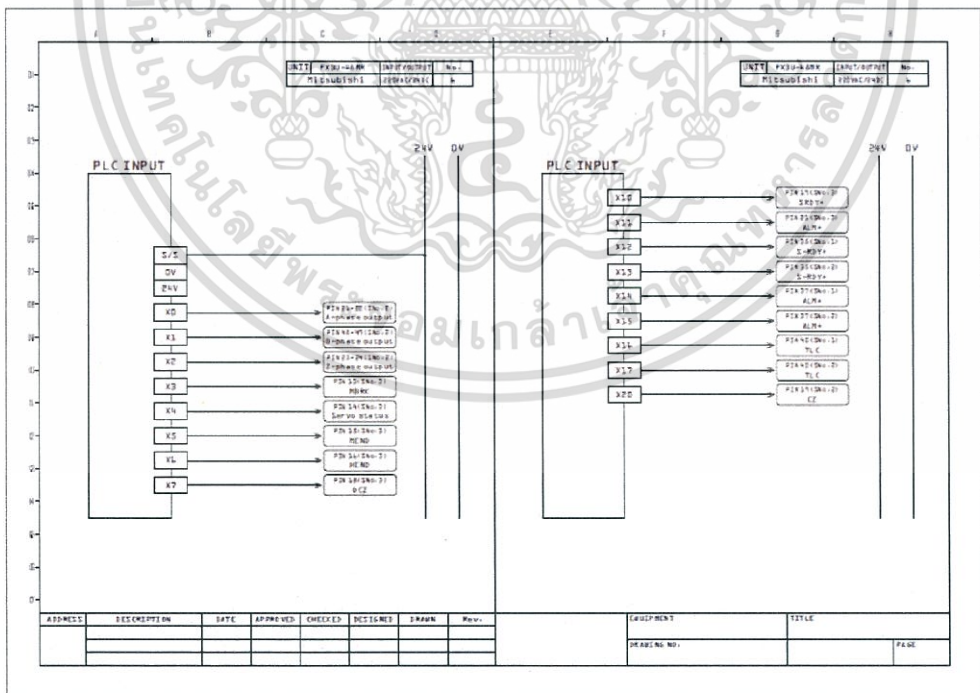
ตารางที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้งาน

No.	Part Name	Description	Unit	Maker
1	ALUMINIUM PLATE	610 x 645 mm	1	-
2	NF30-CS	BREAKER	1	MITSUBISHI
3	RJ1S-CLD-D24V	RELAY	1	IDEC
4	BNH15MW-4P	TERMINAL BLOCK	2	IDEC
5	LP1100D-24M	POWER SUPPLY	1	REIGNPOWER
6	FX3U-48MR	PLC	1	MITSUBISHI
7	FX3U-4AD-ADP	ANALOGUE I/O MODULE	1	MITSUBISHI
8	FX3U-4DA-ADP	ANALOGUE I/O MODULE	1	MITSUBISHI
9	DA2Z111	AC SERVO DRIVER	1	NIDEC-SANKYO
10	MM101A2LN08	AC SERVO MOTOR	1	NIDEC-SANKYO
11	MBDKT2510	AC SERVO DRIVER	2	PANASONIC
12	MSMD042G1U	AC SERVO MOTOR	1	PANASONIC
13	MSMD042P1U	AC SERVO MOTOR	1	PANASONIC
14	XTB-50H	TERMINAL I/O	3	IOLINK
15	PT070-WST2B-F1R1	TOUCHSCREEN	1	CERMATE
16	ARDUINO UNO R3	MICROCONTROLLER	1	ARDUINO
17	HX711	AMPLIFIER MODULE	1	SPARKFUN
18	MAX3232	SERIAL MODULE	1	-
19	LOADCELL	WEIGHT SENSOR	1	-

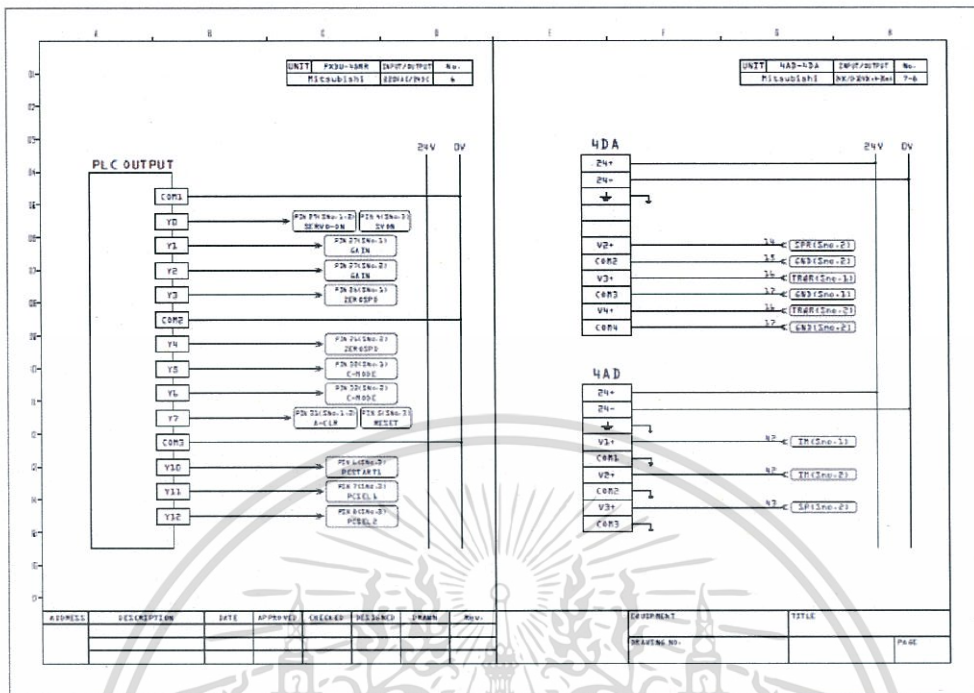
3.4.2 แบบทางไฟฟ้า



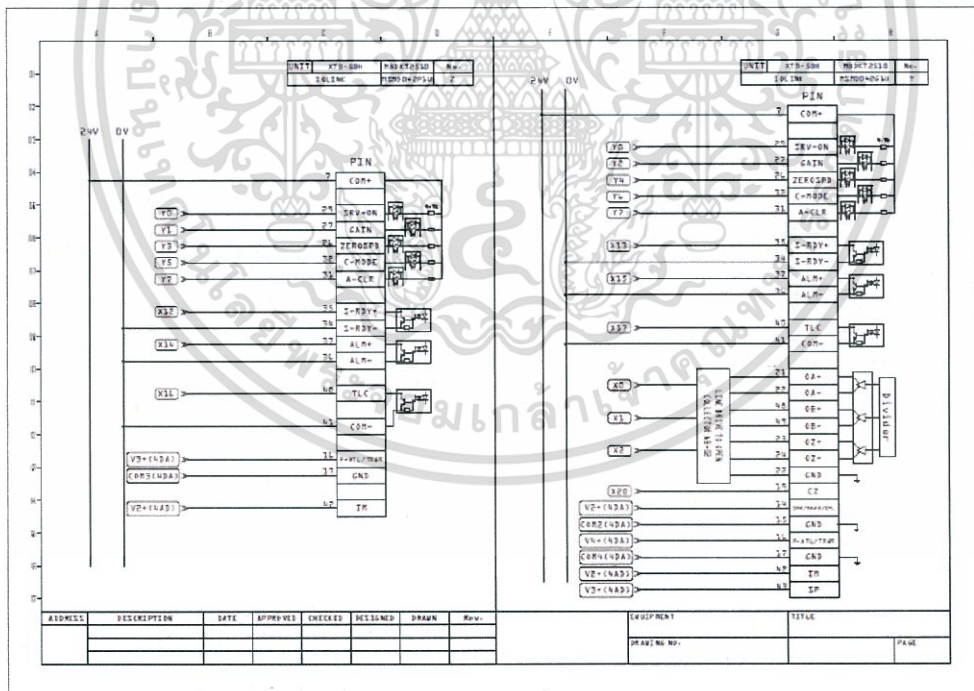
รูปที่ 3.12 Wiring Diagram



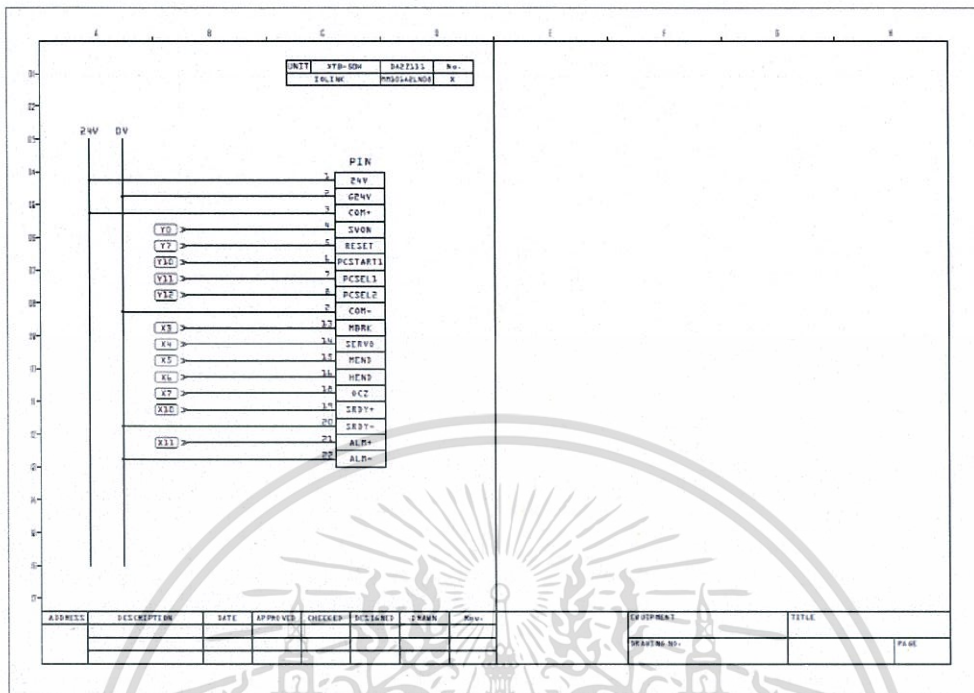
รูปที่ 3.13 Wiring Input ของพีแอลซี



รูปที่ 3.14 Wiring Output ของพีแอลซี และ Wiring Analog Module

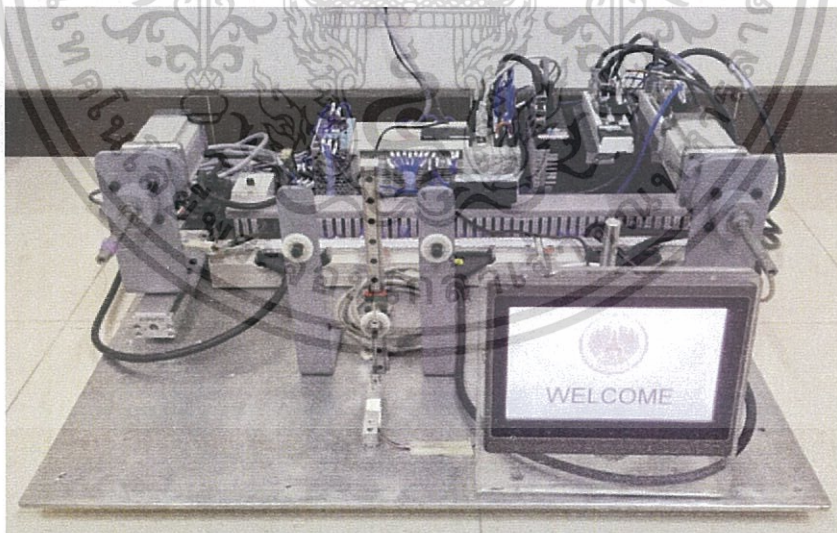


รูปที่ 3.15 Wiring XTB-50H ของเซอร์โว Panasonic



รูปที่ 3.16 Wiring XTB-50H ของเซอร์โว Nidec

หลังจากการออกแบบทั้งทางกลและทางไฟฟ้า เมื่อนำมาประกอบตามแบบจะได้เครื่องทดสอบความตึง ดังแสดงในรูปที่ 3.14

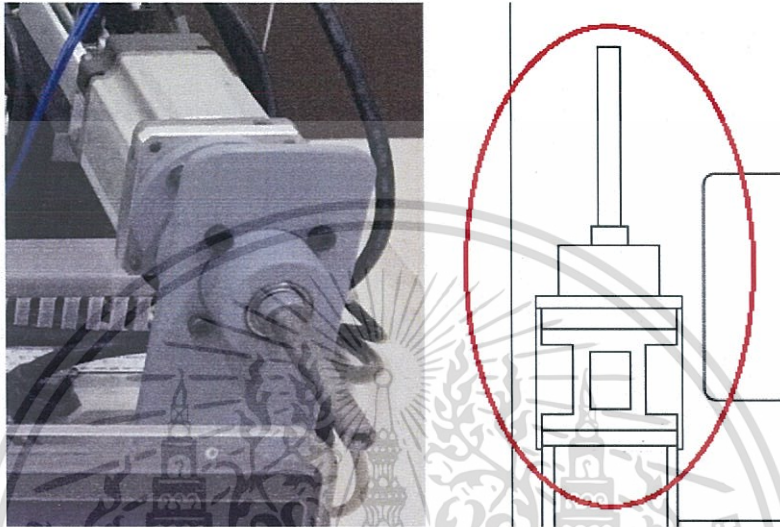


รูปที่ 3.17 เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้าย

โดยมีการทำงานของแต่ละส่วน ดังนี้

1. มอเตอร์ฝึ่งตัวปล่อยด้าย

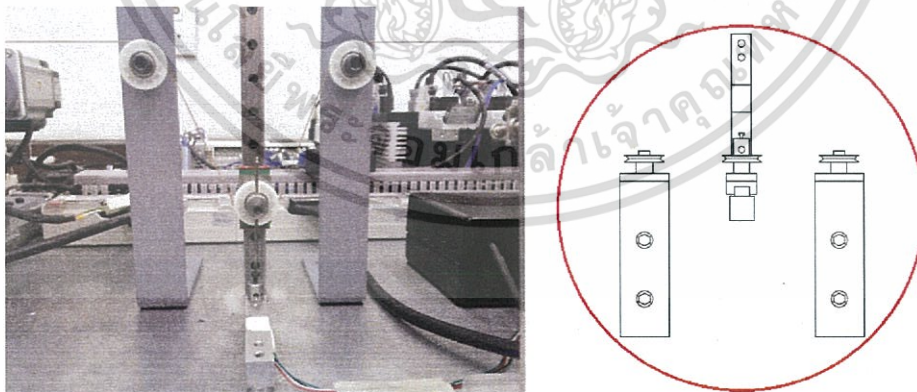
มอเตอร์ฝึ่งตัวปล่อยด้ายจะทำหน้าที่ในการปล่อยด้าย โดยใช้ค่าแรงบิดเข้ามาควบคุมแรงบิดที่แกนเพลของมอเตอร์ เพื่อให้แกนเพลมีความฝืดมากหรือน้อยตามค่าที่ป้อนเข้าไป



รูปที่ 3.18 มอเตอร์ฝึ่งตัวปล่อยด้าย

2. ส่วนที่ใช้วัดค่า

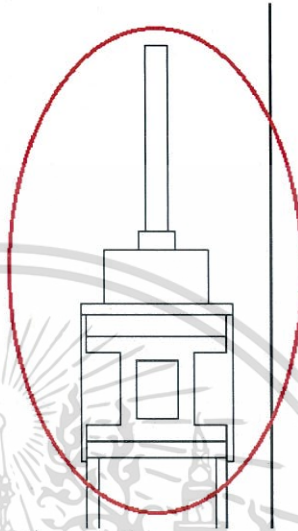
ในส่วนนี้จะมีโพลสเซลล์ที่เป็นอุปกรณ์ในส่วนวัดค่าความตึงที่เกิดขึ้น โดยใช้หลักการในทฤษฎีบทที่ 2.3



รูปที่ 3.19 ส่วนที่ใช้วัดค่า

3. มอเตอร์ฝึ่งตัวเก็บด้าย

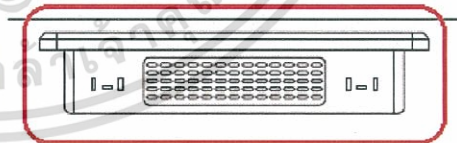
มอเตอร์ฝึ่งตัวเก็บด้ายมีมอเตอร์ทำหน้าที่หมุนเพื่อดึงด้ายเข้ามาเก็บในแกนด้าย



รูปที่ 3.20 มอเตอร์ฝึ่งตัวเก็บด้าย

4. ทัชสกรีน

ทัชสกรีนเป็นส่วนแสดงผลและสามารถควบคุมโหมดการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องทดสอบ
ความตึง



รูปที่ 3.21 ทัชสกรีน

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในแต่ละส่วน



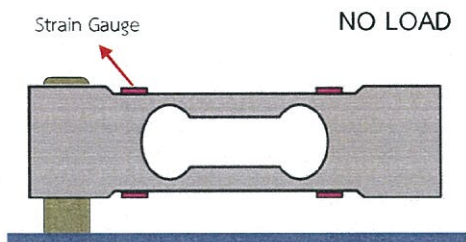
รูปที่ 3.22 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในแต่ละส่วน

1. การเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซลล์กับอาดูโน

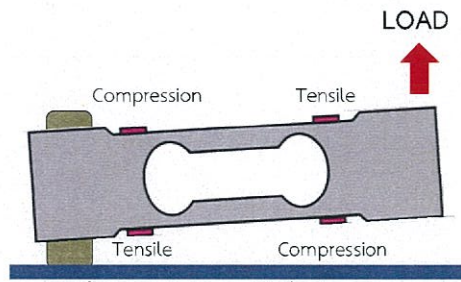


รูปที่ 3.23 การเชื่อมต่อระหว่างโหลดเซลล์กับอาดูโน

เมื่อเครื่องทำงาน แกนหมุนฝั่งตัวเก็บจะดึงด้วยจากฝั่งตัวปล่อยทำให้เกิดแรงดึง (T) ที่ด้าย และแรงดึงนี้จะไปกระทำกับรอกตัวกลางที่ยึดติดอยู่กับเสาในทิศทางขึ้นทำให้เกิดแรงต้านที่รอกตัวกลาง ซึ่งมีค่าเท่ากับแรงที่ดึงตัวโหลดเซลล์ ทำให้ Strain Gauge บริเวณนั้นยืดตัวออก จึงทำให้ค่าความต้านทานของ Strain Gauge เปลี่ยนแปลงไป

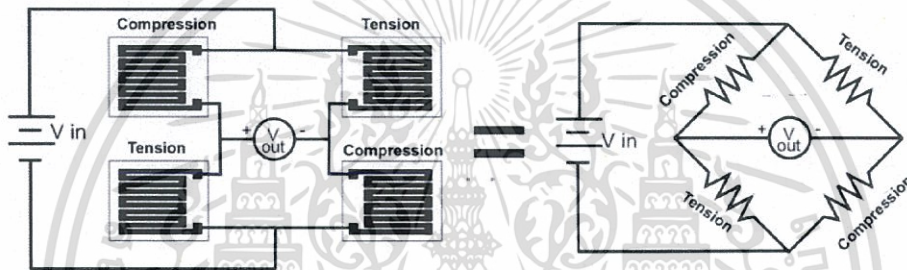


รูปที่ 3.24 โหลดเซลล์เมื่อไม่มีวัตถุมากระทำ



รูปที่ 3.25 โหลดเซลล์เมื่อมีวัตถุมากระทำ

โดยที่ Strain Gauge ทั้ง 4 ตัวที่อยู่บนโหลดเซลล์ถูกต่อกันในลักษณะของวงจร Wheatstone Bridge



รูปที่ 3.26 วงจรทางไฟฟ้าของโหลดเซลล์

ส่วน Specification ของโหลดเซลล์ถ้ามีค่า Rated Output อยู่ที่ 2 mV/V หมายความว่า ถ้าจ่ายไฟเลี้ยงให้กับโหลดเซลล์ = 5 V ค่าที่ Full load (3 กิโลกรัม) จะออก 2mV/V x 5V = 10 mV

(Load) 3 kg >> 10 mV (Output Voltage)

ที่ 1 g จะออกกี่ mV ?

$$1 : 3000 = X : 10 \text{ mV}$$

$$3000 (X) = 1(10) \text{ mV}$$

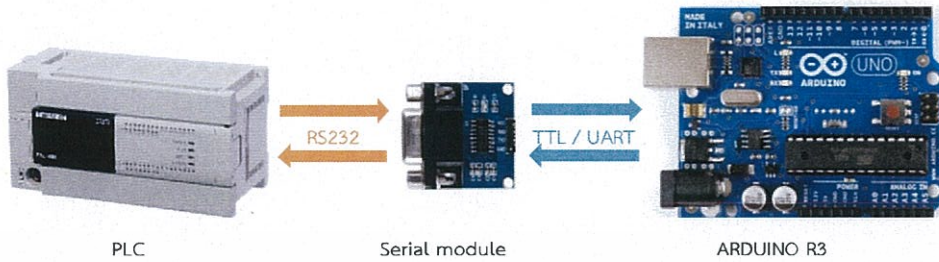
$$X = \frac{10 \text{ mV}}{3000} = 0.003333 \text{ mV}$$

$$= 3.3 \mu\text{V}$$

ตารางที่ 3.6 ค่าที่ใช้ในการคำนวณแรงดันไฟฟ้า

Rated output	(MV/V)	2.0±0.15
Recommended excitation voltage	(V)	10~15

2. การเชื่อมต่อระหว่างอาดูโนกับพีแอลซี



รูปที่ 3.27 การเชื่อมต่อระหว่างอาดูโนกับพีแอลซี

เนื่องจาก Arduino UNO R3 ไม่มีพอร์ตที่ติดต่อกับพีแอลซีโดยตรง จึงใช้ MAX3232 ที่เป็น serial module เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลระหว่าง Arduino UNO R3 กับ PLC Fx-3U-48MR [10]

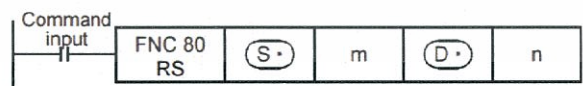
ในการเขียนแลตเตอร์รับข้อมูลจากอาดูโนใช้ Function Serial Communication (RS) จากพีแอลซี

FNC No.	Mnemonic	Symbol	Function	FX3A	FX3B	FX3C	FX3D	FX3E	FX3G	FX3H	FX3J	FX3K	FX3L	FX3M	FX3N	FX3O	Reference
External FX Device																	
75	ARWS		Arwise Switch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 15.6
76	ASC		ASCII Code Data Input	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 15.7
77	PR		Print (ASCII Code)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 15.8
78	FROM		Read From A Special Function Block	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 15.9
79	TO		Write To A Special Function Block	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 15.10
80	RS		Serial Communication	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Section 16.1

รูปที่ 3.28 Function Serial Communication

1. คำสั่ง 16-bit Operation (RS)

คำสั่งนี้จะส่งและรับข้อมูลในการสื่อสารที่ไม่มีโปรโตคอลโดยวิธีการของพอร์ตอนุกรม ซึ่งสอดคล้องกับ RS-232C หรือ RS-485 ที่บัญญัติไว้ในหน่วยหลัก



รูปที่ 3.29 คำสั่ง 16-bit Operation (RS)

2. การตั้งค่า data

Operand type	Description	Data type
(S)	Head device of data registers storing data to be sent	16-bit binary or character string
m	Number of bytes of data to be sent [setting range: 0 to 4096]	16-bit binary
(D)	Head device of data registers storing received data when receiving is completed	16-bit binary or character string
n	Number of bytes to be received [setting range: 0 to 4096]	16-bit binary

รูปที่ 3.30 การตั้งค่า data

3. ตัวอย่างแลตเตอร์



รูปที่ 3.31 ตัวอย่างแลตเตอร์

ในการส่งข้อมูลระหว่างฮาร์ดแวร์กับพีแอลซีต้องตั้งค่า Communication format ให้ตรงกัน

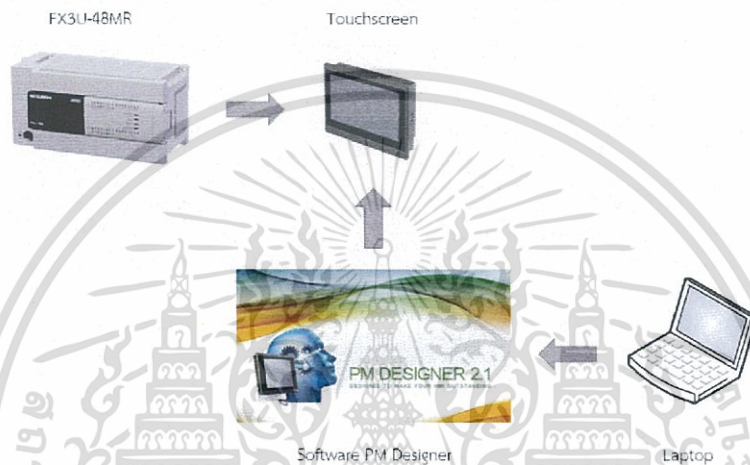
3. การเชื่อมต่อระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับพีแอลซี



รูปที่ 3.32 การเชื่อมต่อระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับพีแอลซี

ในการเชื่อมต่อระหว่างเซอร์โวมอเตอร์กับพีแอลซีในปริณญาณิพนธ์นี้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ทั้งหมด 3 ชุด เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องทดสอบแรงดึง โดยมีเซอร์โวมอเตอร์ยี่ห้อ PANASONIC 2 ตัว ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใช้ซอฟต์แวร์ของ PANATERM ver.5.0 และเซอร์โวมอเตอร์ยี่ห้อ NIDEC 1 ตัว ในการตั้งค่าพารามิเตอร์ ใช้ซอฟต์แวร์ของ S-TUNE ดังแสดงในรูปที่ 3.32 [11]

4. การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับทัชสกรีน



รูปที่ 3.33 การเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับทัชสกรีน

ในการเชื่อมต่อระหว่างพีแอลซีกับทัชสกรีน ใช้โปรแกรม PM Designer ในการวาดกราฟที่ต้องการแสดงค่าต่าง ๆ เพื่อง่ายต่อการควบคุมปริณญาณิพนธ์นี้ และสามารถตั้งค่าหรือเปลี่ยนโหมดผ่านทัชสกรีน โดยเขียนโปรแกรมผ่านแล็ปท็อปและ tag ค่าในพีแอลซีที่ต้องการจะแสดงผลหรือควบคุมการทำงาน เสร็จแล้วทำการดาวน์โหลดโปรแกรมเข้าหน้าจอตชสกรีน

3.5 ส่วนของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

3.5.1. โปรแกรมอาดูโน

เป็นเครื่องมือที่ช่วยเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบอร์ดอาดูโนเป็นโปรแกรมที่สามารถรับรองภาษา C++ จุดเด่นของโปรแกรมอาดูโน คือง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐานไม่ซับซ้อนทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน



รูปที่ 3.34 โปรแกรมอาดูโน

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมอาดูโน

ในการนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์มาใช้จะต้องอาศัยการเขียนโค้ดลงไปตัวโปรแกรมอาดูโนโดยภาษาที่ใช้ในการเขียนโค้ดคือภาษา C++ ลักษณะของโค้ดที่ใช้เป็นไป [12] ดังแสดงในรูปที่ 3.20

```
#include "HX711.h"

float calibration_factor =344595.00;
#define zero_factor 1114677
#define DOUT A3
#define CLK A2
#define DEC_POINT 2

float offset=0;
float get_units_kg();

HX711 scale(DOUT, CLK);

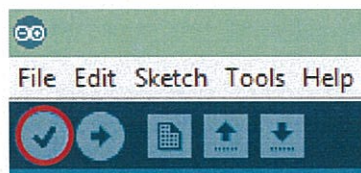
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // Serial.println("Load Cell");
  scale.set_scale(calibration_factor);
  scale.set_offset(zero_factor);
}

void loop()
{
  //Serial.print("Reading: ");
  String data = String(get_units_kg()+offset, DEC_POINT);
  delay(500);
  Serial.print(data);
  Serial.println();
  // Serial.println(" kg");
}

float get_units_kg()
{
  return(scale.get_units()*0.453592);
}
```

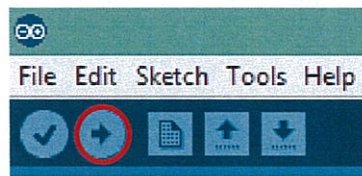
รูปที่ 3.35 ชุดคำสั่งที่เชื่อมต่อไปยังโหลดเซลล์

1. ขั้นตอนการ Upload ข้อมูลลงไปที่บอร์ด
 - 1.1 ก่อนจะ Upload ต้องทำการ Verify ก่อน ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.36 ขั้นตอนการ Verify

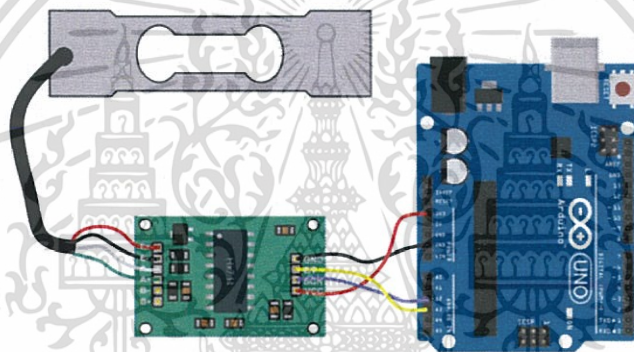
1.2 หลังจาก Verify เรียบร้อยแล้วกด Upload ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.37 ขั้นตอนการ Upload

วิธีการปรับค่าโพลดเซลล์

เนื่องจากโพลดเซลล์ส่งค่าแรงดันเป็นระดับ mV ซึ่งมีค่าน้อยมาก จำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ เราจึงใช้ HX711 ช่วยในการขยายสัญญาณ และเชื่อมต่อไปยังอานูโนเพื่อทำการปรับค่าและแสดงค่าน้ำหนักที่วัดได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 3.38 การเชื่อมต่อโพลดเซลล์ผ่าน HX711 เข้าสู่อาดูโน

การปรับค่านั้นเราจำเป็นจะต้องมีโพลด หรือน้ำหนักที่ทราบค่าอยู่แล้ว เพื่อทำการปรับค่า โดยทั่วไปมักจะใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานเพื่อทำการปรับค่า หรือเครื่องชั่งสปริงแบบดิจิทัล



รูปที่ 3.39 ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน



รูปที่ 3.40 เครื่องชั่งสปริงแบบดิจิทัล

แต่หากผู้ใช้งานอยากทดลองในเบื้องต้นก่อน สามารถใช้สิ่งของรอบ ๆ ตัวที่พอจะทราบน้ำหนักมาใช้ทดลองก่อนได้ เช่น ขวดน้ำเปล่า 1.5 ลิตร มีน้ำหนักเท่ากับ 1.5 kg ในการทดลองนี้ ผู้จัดทำจึงนำขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตรที่มีขายตามท้องตลาดมาทดลอง ซึ่งจากการชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีพบว่าน้ำขวดนี้มีน้ำหนักประมาณ 1.56 kg

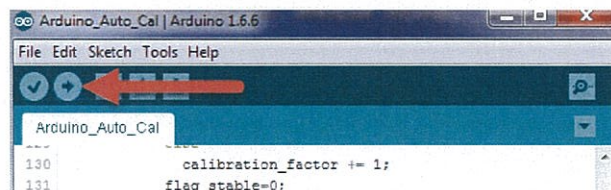
การทดลองปรับค่าโหนดเซลล์

1. ติดตั้งโหนดเซลล์เข้ากับแผ่นชั่งน้ำหนัก
2. เชื่อมต่อโหนดเซลล์และ HX711 เข้ากับบอร์ดอาดูโน
3. Download Library สำหรับใช้กับ HX711
4. ติดตั้ง Library HX711 ให้กับ Arduino IDE โดยการคัดลอก Folder Library HX711 ลงใน Folder libraries ที่อยู่ในโฟลเดอร์ของ Arduino IDE
5. Download Code Auto เพื่อทำการปรับค่า
6. เปิด Arduino IDE และ เปิด Arduino_Auto_Calino ขึ้นมา
7. เปลี่ยนค่าในตัวแปร real_weight ให้เป็นค่าน้ำหนักจริงของ load ที่จะใช้นำมาปรับค่า (kg) ในที่นี้คือค่าน้ำหนักของขวดน้ำ 1.5 ลิตร น้ำหนักประมาณ 1.56 kg

```
10 float offset=0;
11 float calibration_factor = 1;
12 float real_weight = 1.560;//kg
```

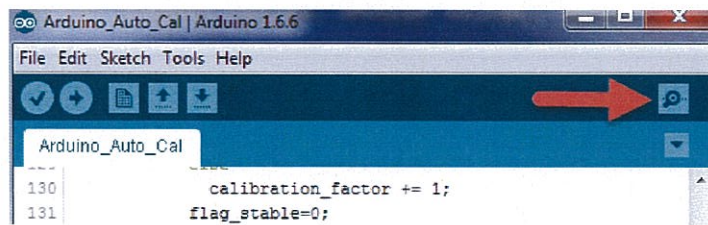
รูปที่ 3.41 การแก้ค่าในตัวแปร real_weight ให้เป็นค่าน้ำหนักจริง

8.ดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino_Auto_Cal ลงไปยังบอร์ดอาดูโน



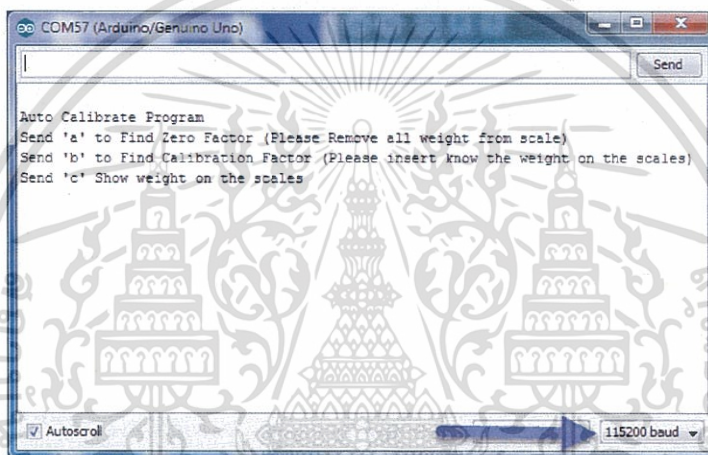
รูปที่ 3.42 ดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino_Auto_Cal ลงไปยังบอร์ดอาดูโน

9. เปิด หน้าต่าง Serial Monitor



รูปที่ 3.43 หน้าต่าง Serial Monitor

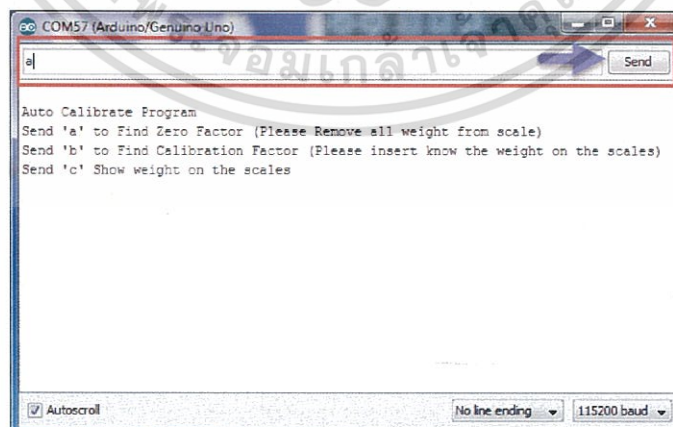
10. ตั้งค่า Baud rate เป็น 115200



รูปที่ 3.44 การตั้งค่า Baud rate

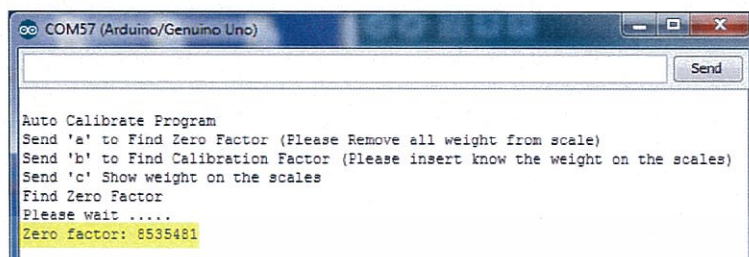
11. นำสิ่งของทุกอย่างออกจากแผ่นชั่งน้ำหนัก

12. ส่ง 'a' เพื่อหาค่า zero factor



รูปที่ 3.45 การส่ง 'a' เพื่อหาค่า zero factor

13. โปรแกรมจะแสดงค่า Zero Factor ออกมา ให้เราจดบันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 8535481)

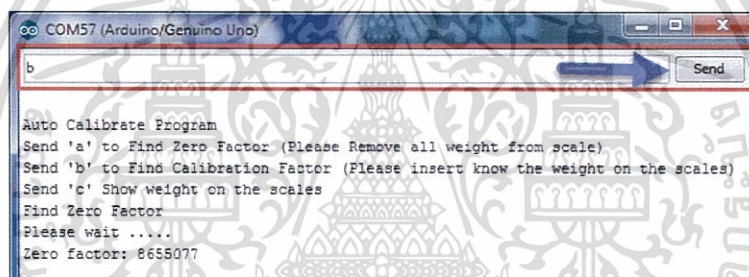


```
COM57 (Arduino/Genuino Uno)
Auto Calibrate Program
Send 'a' to Find Zero Factor (Please Remove all weight from scale)
Send 'b' to Find Calibration Factor (Please insert know the weight on the scales)
Send 'c' Show weight on the scales
Find Zero Factor
Please wait .....
Zero factor: 8535481
```

รูปที่ 3.46 การแสดงค่า zero factor

14. นำวัตถุที่ทราบค่าน้ำหนักที่แน่นอนมาวางลงบนแผ่นซึ่งน้ำหนัก (น้ำหนักของวัตถุที่ใส่ลงในตัวแปร `real_weight` ใน `Arduino_Auto_Calino`)

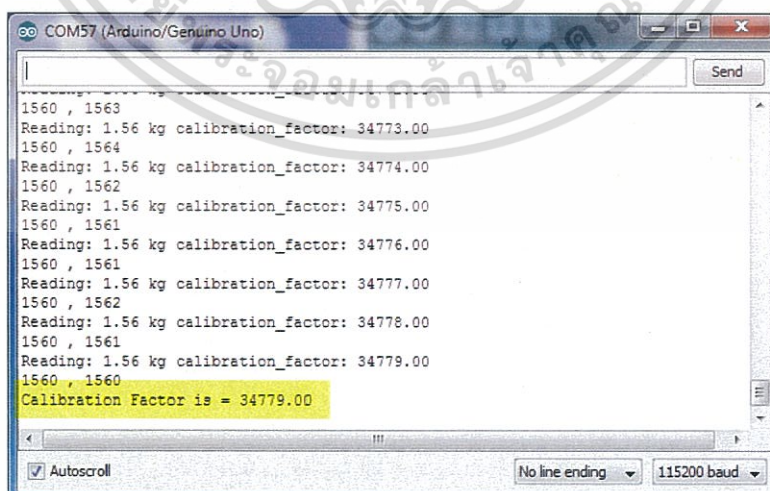
15. ส่ง 'b' เพื่อหาค่า calibration factor



```
COM57 (Arduino/Genuino Uno)
Auto Calibrate Program
Send 'a' to Find Zero Factor (Please Remove all weight from scale)
Send 'b' to Find Calibration Factor (Please insert know the weight on the scales)
Send 'c' Show weight on the scales
Find Zero Factor
Please wait .....
Zero factor: 8655077
```

รูปที่ 3.47 การส่ง 'b' เพื่อหาค่า calibration factor

16. เมื่อโปรแกรมสามารถหาค่า calibration factor ได้สำเร็จ ให้บันทึกค่านี้เอาไว้ใช้งาน (ในการทดลองนี้คือ 34779.00)



```
COM57 (Arduino/Genuino Uno)
1560 , 1563
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34773.00
1560 , 1564
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34774.00
1560 , 1562
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34775.00
1560 , 1561
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34776.00
1560 , 1561
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34777.00
1560 , 1562
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34778.00
1560 , 1561
Reading: 1.56 kg calibration_factor: 34779.00
1560 , 1560
Calibration Factor is = 34779.00
```

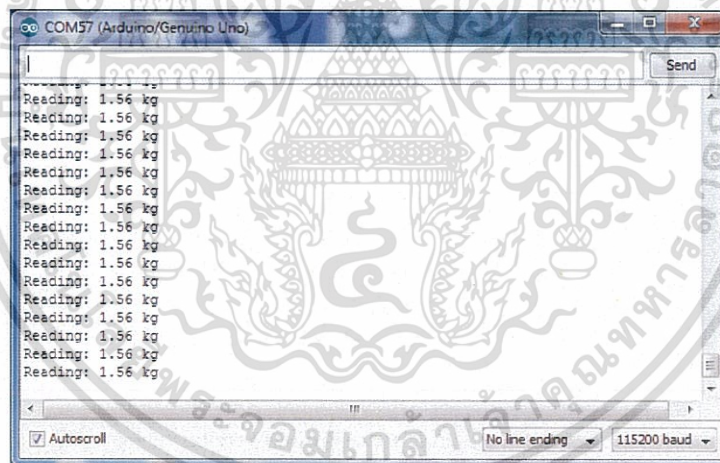
รูปที่ 3.48 การแสดงค่า calibration factor

17. ส่ง 'c' เพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนักโดยใช้ Zero Factor และ calibration factor
ที่ใช้โปรแกรมหาค่ามา



รูปที่ 3.49 การส่ง 'c' ไปเพื่อทดลองอ่านค่าน้ำหนัก

18. ผลการทดลองอ่านค่า



รูปที่ 3.50 ค่าจากการทดลอง

3.5.2 GX Works2

GX Works2 คือซอฟต์แวร์สำหรับการโปรแกรม PLC Mitsubishi ที่พัฒนาต่อจาก GX Developer เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำงานให้มากขึ้นมีการใช้งานแบบ GX Developer โดยผู้ที่เคยใช้ GX Developer แบบเดิมสามารถใช้แบบ Simple Project ได้ และยังมี GX Developer แบบเดิมมาให้เลือกใช้เป็น GX Works2 แบบ Structured Project ได้ เพื่อการโปรแกรมเช่น Structured ladder และ FBD language (Function Block Diagram)

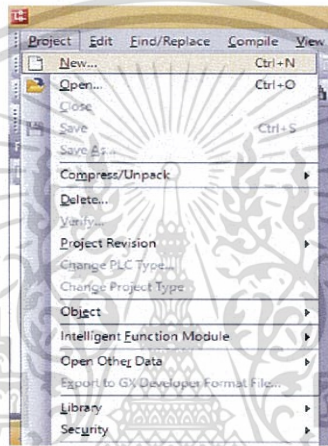


รูปที่ 3.51 โปรแกรม GX Works2

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม GX Works2

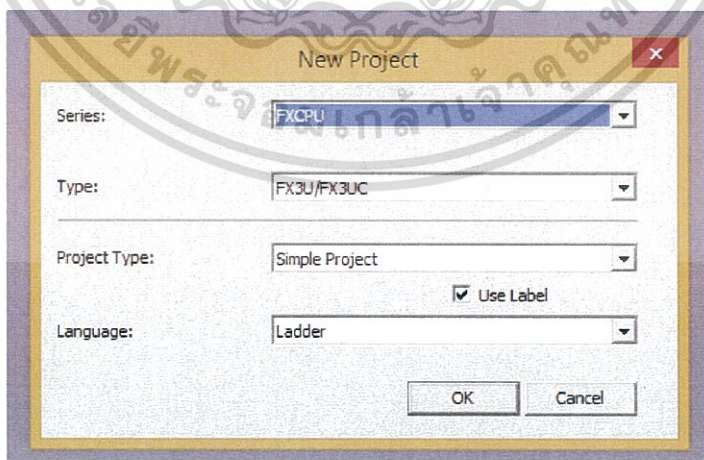
1. เปิดโปรแกรม GX Works2 ขึ้นมาแล้วไปที่ Project เลือก New ดังแสดงในรูปที่

3.24



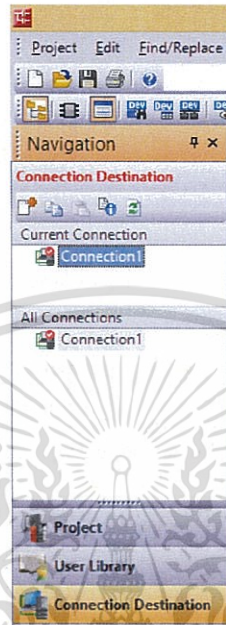
รูปที่ 3.52 ขั้นตอนการสร้างโปรเจคใหม่

2. ต่อมาเป็นการเลือกพีแอลซีรุ่นที่ต้องการเขียนแลดเดอร์ลงไป โดยผู้จัดทำใช้รุ่น FX-3U [9] ดังแสดงในรูปที่ 3.25



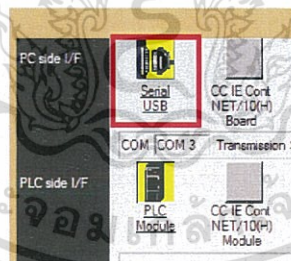
รูปที่ 3.53 ขั้นตอนการเลือกรุ่นพีแอลซีที่ใช้งาน

3. จากนั้นต้องเช็ควาโปรแกรมได้เชื่อมต่อกับตัวพีแอลซีหรือยังโดยไปเลือกที่ Connection Destination แล้วกดที่ Connection1 ดังแสดงในรูปที่ 3.26

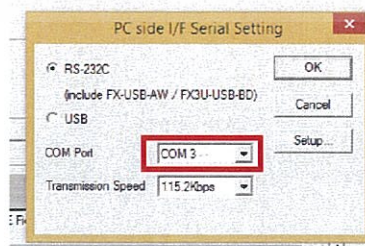


รูปที่ 3.54 ขั้นตอนการเชื่อมต่อโปรแกรมกับพีแอลซี

4. หลังจากนั้นจะมีหน้าต่างแสดงขึ้นมาให้ไปเลือกที่ Serial USB เลือก COM Port ที่ใช้เชื่อมต่อกับพีแอลซีให้ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.27 และ รูปที่ 3.28

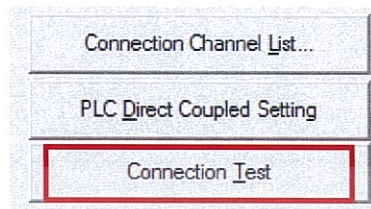


รูปที่ 3.55 ขั้นตอนการเลือกการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.56 ขั้นตอนการเลือก COM Port

5. จากนั้นก็ทำการ Connection Test เพื่อดูว่าได้มีการเชื่อมต่อกับพีแอลซีเป็นที่เรียบร้อยแล้วถ้ามีการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วจะมีข้อความแสดงขึ้นว่า Successfully Connected ดังแสดงในรูปที่ 3.29 และ รูปที่ 3.30



รูปที่ 3.57 ขั้นตอนการ Connection Test



รูปที่ 3.58 ข้อความเมื่อเชื่อมต่อกับพีแอลซีสำเร็จ

3.5.3 โปรแกรม PM Designer

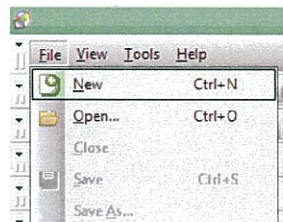
เป็นโปรแกรมที่ใช้เขียน HMI ในการควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอ Touchscreen โดยมีการแสดงผลในรูปของกราฟิกที่สามารถควบคุมผ่านหน้าจอ เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการทำงาน



รูปที่ 3.59 โปรแกรม PM Designer

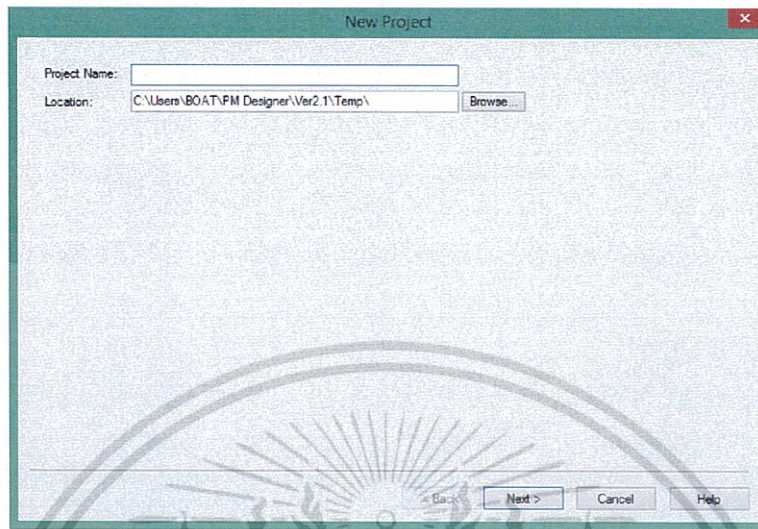
ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม PM Designer

1. เปิดโปรแกรม PM Designer ขึ้นมาแล้วไปที่ File เลือก New ดังแสดงในรูปที่ 3.32



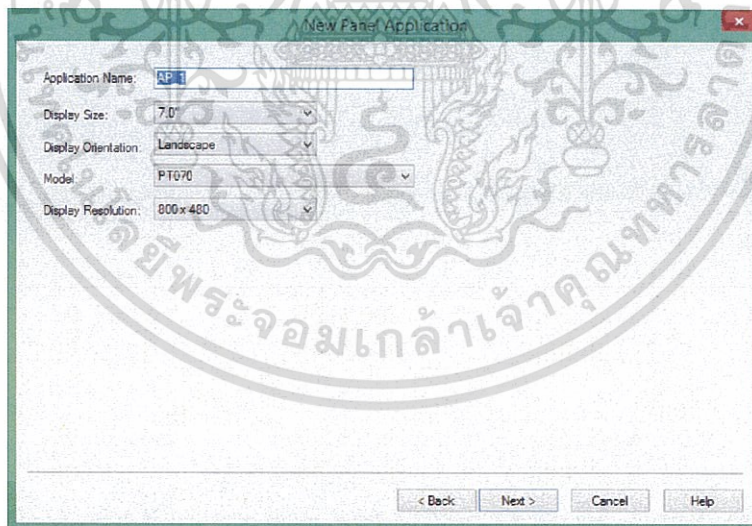
รูปที่ 3.60 ขั้นตอนการสร้างโปรเจกใหม่

2. การตั้งชื่อโปรเจกต์กับเลือกที่บันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.33



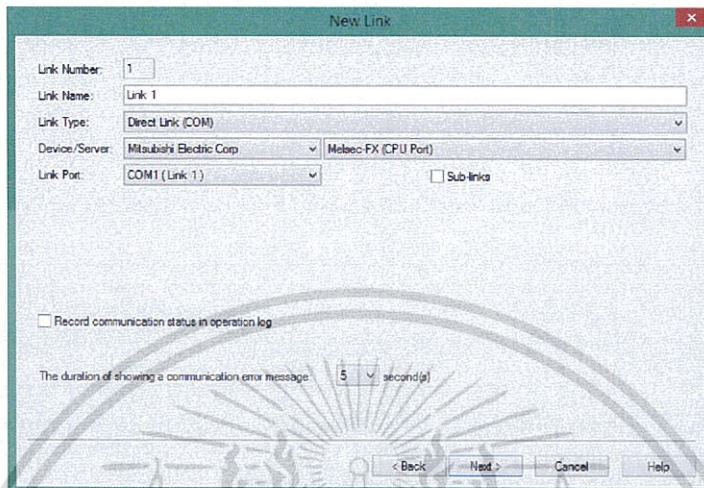
รูปที่ 3.61 การตั้งชื่อโปรเจกต์และบันทึกไฟล์ข้อมูล

3. การเลือกขนาดหน้าจอในการเขียนทัชสกรีนให้ตรงกับของจริงที่จะใช้งาน โดยสามารถเลือกรุ่นกับลักษณะของจอที่จะวางใช้งานว่าเป็นแนวตั้งหรือแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.62 การเลือกขนาดหน้าจอทัชสกรีน

4. การเลือก Device/Server ให้เลือกให้ตรงกับยี่ห้อและรุ่นของพีแอลซี ในที่นี้ผู้จัดทำใช้ Mitsubishi รุ่น FX-3U พอเสร็จแล้วกด Next และกด Finish เป็นอันเสร็จสิ้น ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.63 การเลือกยี่ห้อกับรุ่น

ตารางที่ 3.7 แท็กของทัชสกรีน

Description	Tag Address
ON/OFF Machine	M150
Start	M4
Stop	M5
Emergency	M151
Alarm Display	M12
Tension Display	D80

บทที่ 4 ผลการทดสอบ

4.1 กล่าวนำ

สำหรับบทนี้แสดงผลของการดำเนินงานโดยมีรายละเอียดในส่วน of ขั้นตอนการทดสอบ และผลการทดสอบ

4.2 ขั้นตอนการทดสอบ

หลังจากได้ทำการออกแบบโปรแกรมควบคุมและส่วนแสดงผลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการทดสอบระบบของการควบคุมเพื่อไม่ให้มีความผิดพลาด ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การทดสอบโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์

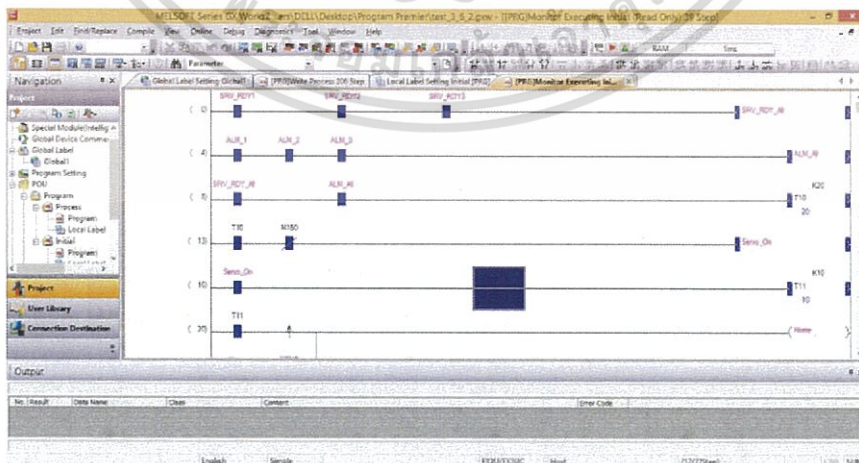
จากรูปที่ 4.1 เมื่อทำการทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเป็นลำดับการทำงานเริ่มต้นเพื่อเช็คสถานะของเซอร์โวมอเตอร์ว่าพร้อมใช้งานหรือมีปัญหา

ในลำดับต่อไป เป็นการเช็คสถานะของ Alarm โดยจะมีค่า Alarm เกิดขึ้นเมื่อเซอร์โวมอเตอร์มีปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 4.2



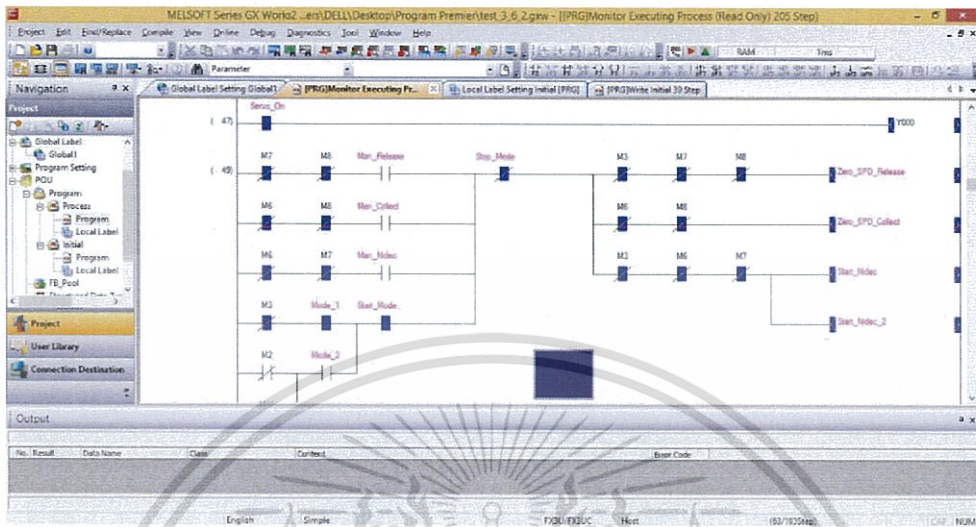
รูปที่ 4.2 การทดสอบโปรแกรมควบคุม Alarm ของเซอร์โวมอเตอร์

เมื่อโปรแกรมควบคุมเซอร์โวมอเตอร์และโปรแกรมควบคุม Alarm ของเซอร์โวมอเตอร์ไม่มีปัญหาแล้ว จะทำให้เครื่องทดสอบความตึงของเส้นด้ายพร้อมใช้งานทันที ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การทดสอบโปรแกรมเปิด/ปิดของเซอร์โวมอเตอร์

การทำงานของแลตเตอร์เพื่อทดสอบตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

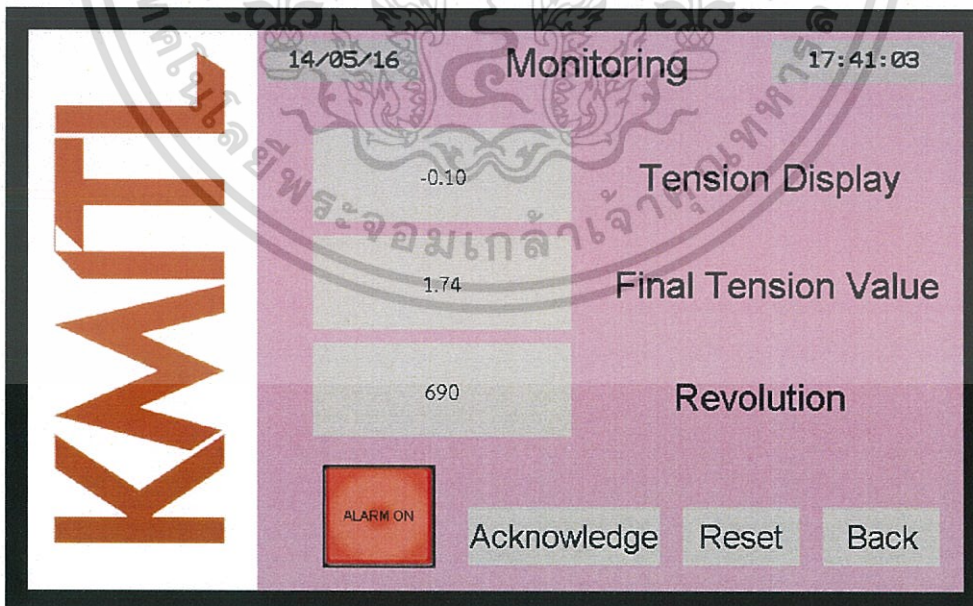


รูปที่ 4.4 การทดสอบแลตเตอร์

4.3 ผลการทดสอบ

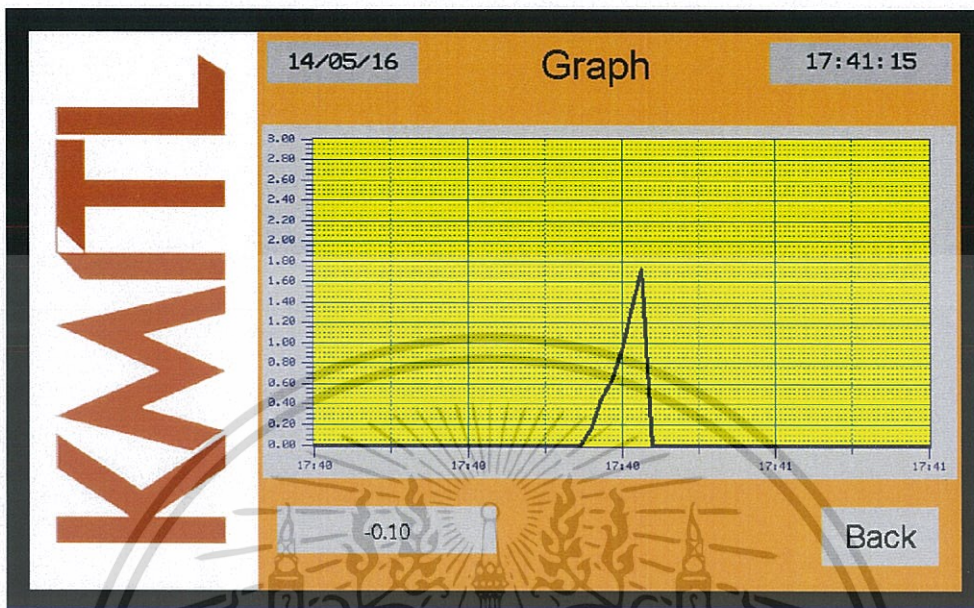
ผลการทดสอบการทำงานของโหมดต่าง ๆ

1. การทำงานในโหมดหาค่าความตึงที่ทำให้เส้นด้ายขาด
การทำงานของเครื่องโดยการกำหนดค่าแรงบิดและความเร็วของเซอร์โวให้คงที่เพื่อทดสอบหาค่าความตึงตามเงื่อนไขที่จะทำให้ด้ายขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาดและมีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น

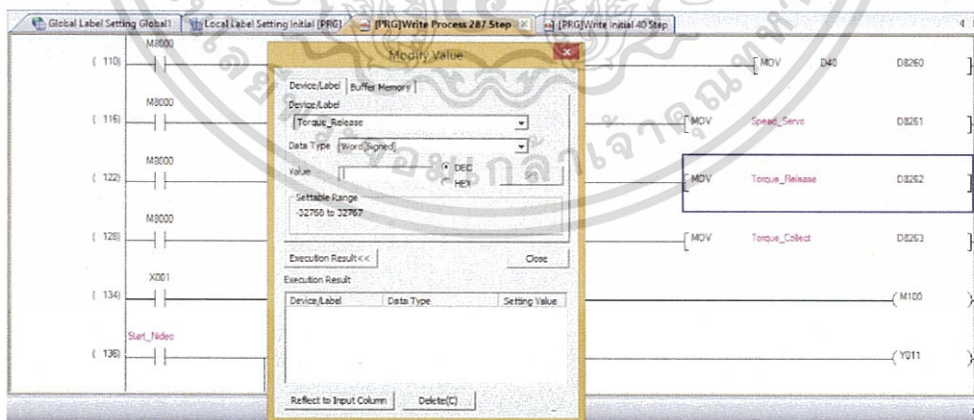
โดยสามารถแสดงกราฟของค่าสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟที่แสดงค่าความตึงสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาด

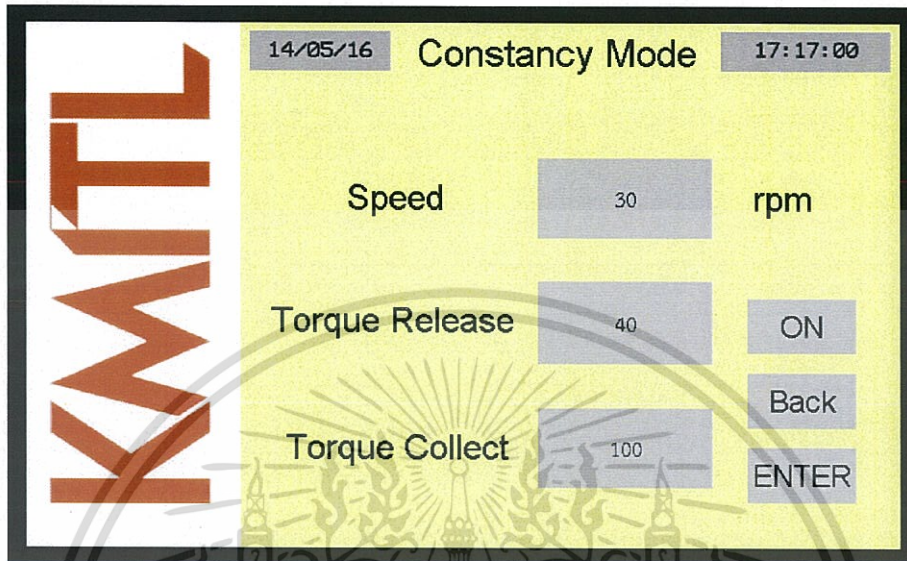
จากการทดสอบทำให้ทราบว่า ค่าความตึงที่ทำให้ด้ายขาดอยู่ในช่วง 1.7-1.9 kg

2. การทำงานในโหมดรักษาระดับความตึงของเส้นด้ายตามค่าแรงบิด
การทำงานของเครื่องโดยการกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวเพื่อทดสอบตามโดยการเพิ่มค่าแรงบิดขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้ด้ายขาด ดังแสดงในรูปที่ 4.7

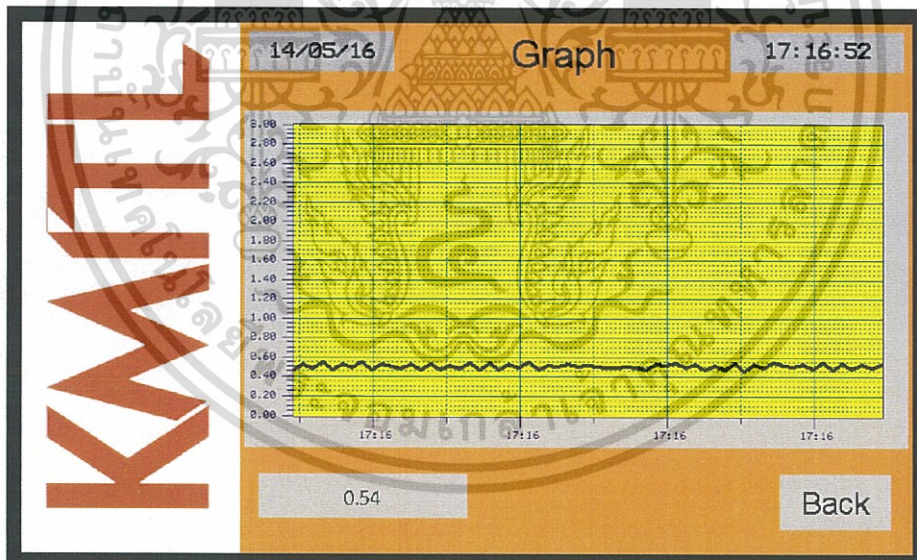


รูปที่ 4.7 กราฟการปรับค่าแรงบิดจากโปรแกรม

การทดลองที่ 1 เริ่มจากการปรับค่าแรงบิดที่ 40 ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

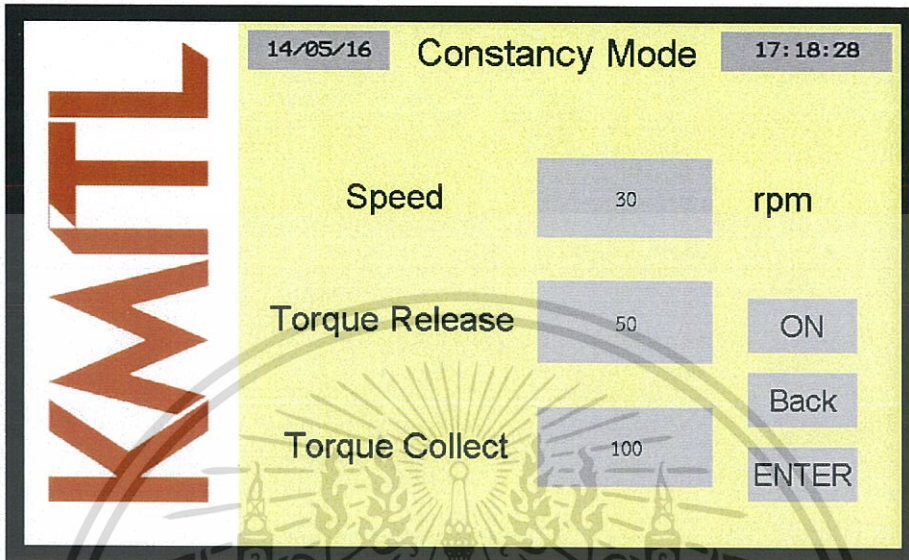


รูปที่ 4.8 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 1

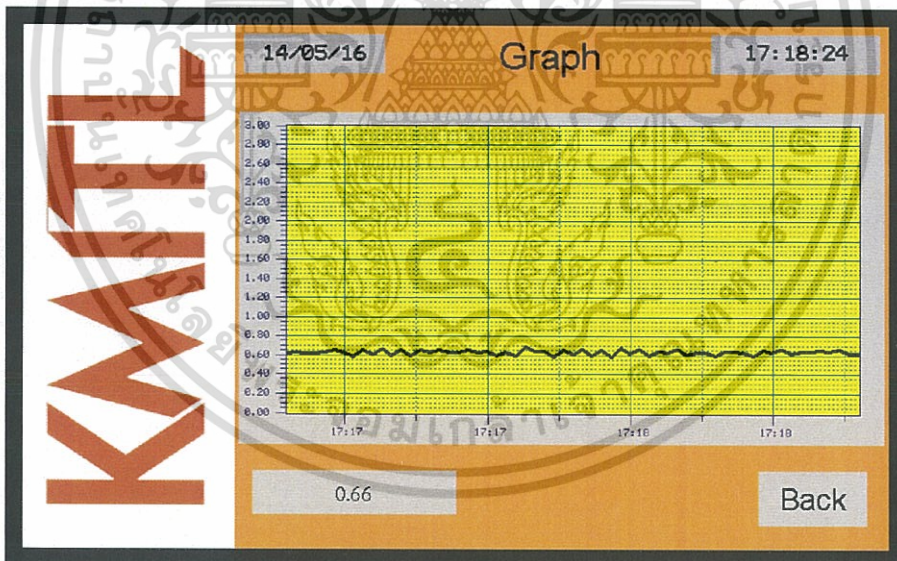


รูปที่ 4.9 กราฟที่ได้จากการทดลอง 1

การทดลองที่ 2 ปรับค่าแรงบิดที่ 50 ดังแสดงในรูปที่ 4.10 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.11

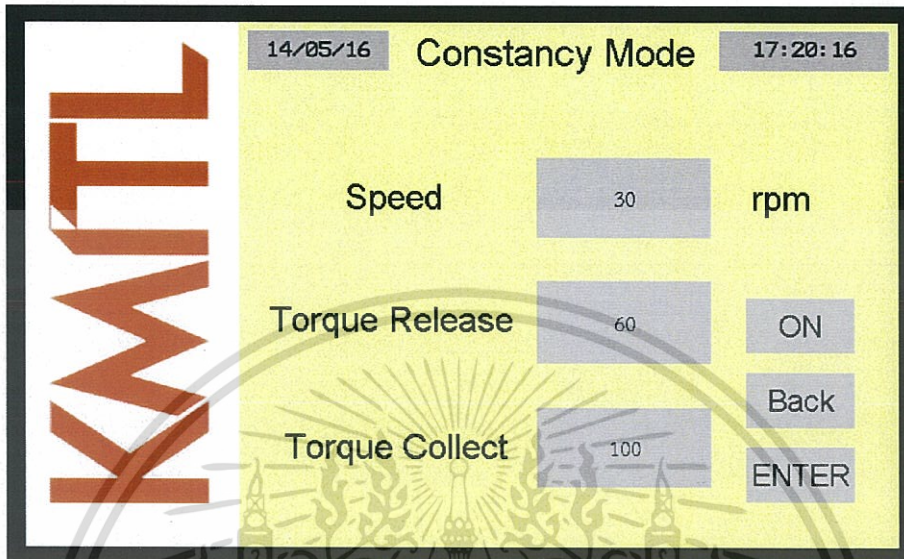


รูปที่ 4.10 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 2

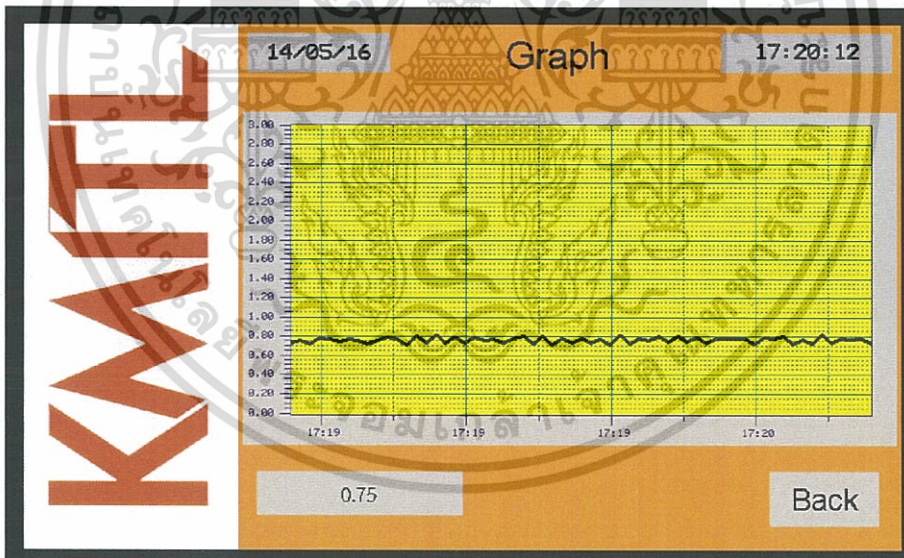


รูปที่ 4.11 กราฟที่ได้จากการทดลอง 2

การทดลองที่ 3 ปรับค่าแรงบิดที่ 60 ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.13

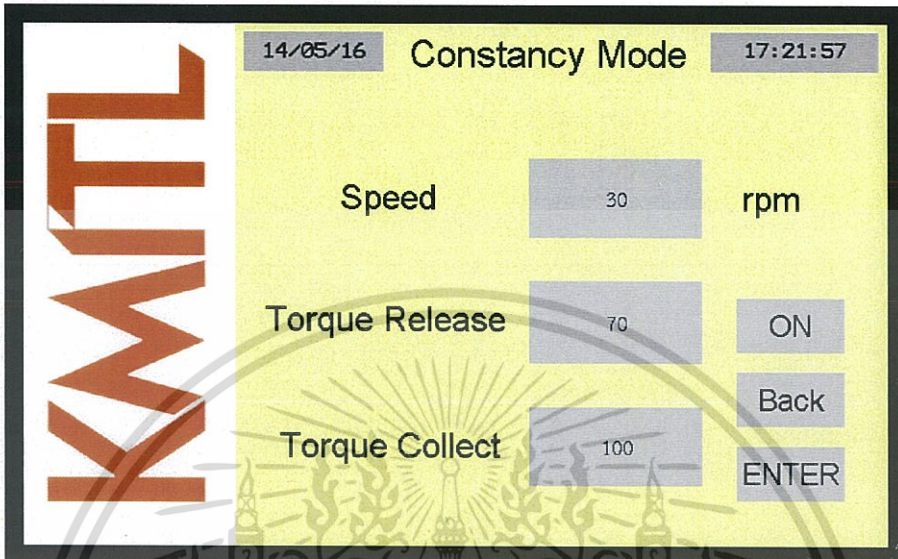


รูปที่ 4.12 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 3

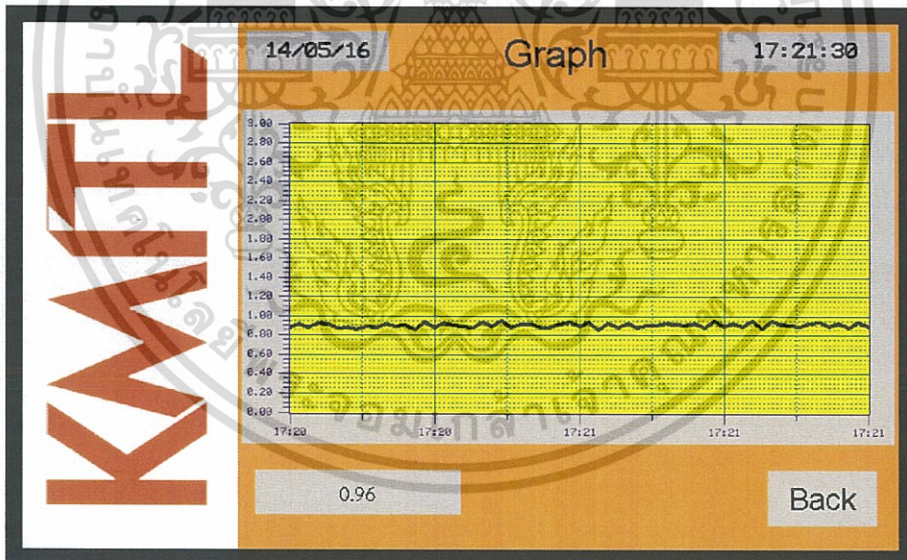


รูปที่ 4.13 กราฟที่ได้จากการทดลอง 3

การทดลองที่ 4 ปรับค่าแรงบิดที่ 70 ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.15

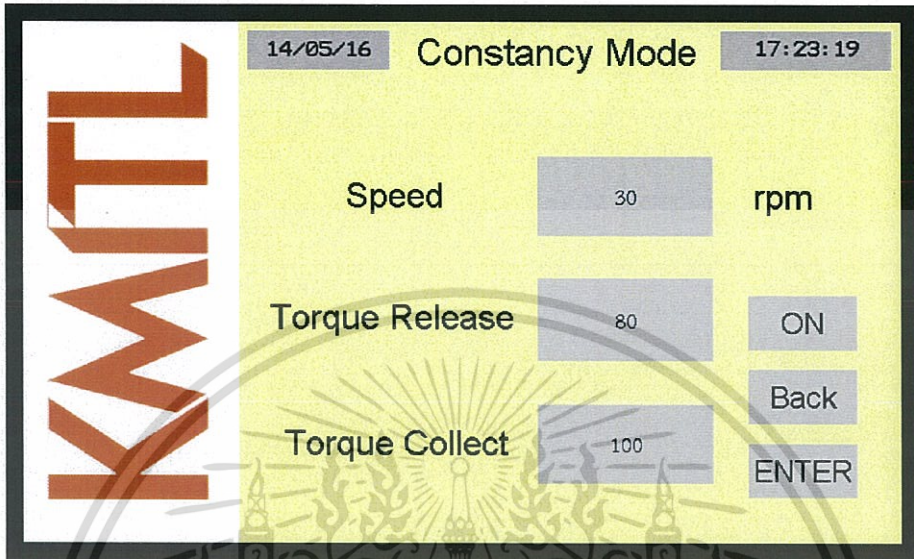


รูปที่ 4.14 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 4

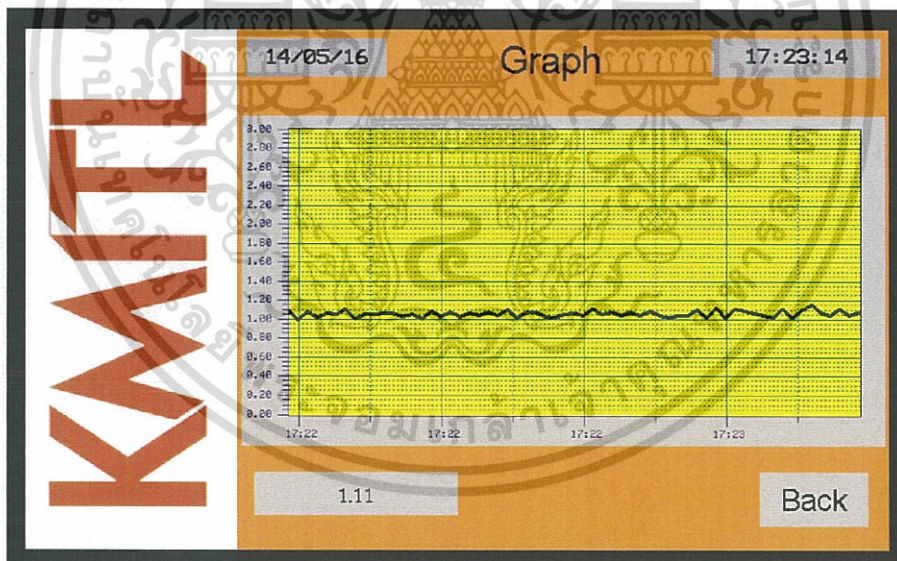


รูปที่ 4.15 กราฟที่ได้จากการทดลอง 4

การทดลองที่ 5 ปรับค่าแรงบิดที่ 80 ดังแสดงในรูปที่ 4.16 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.17

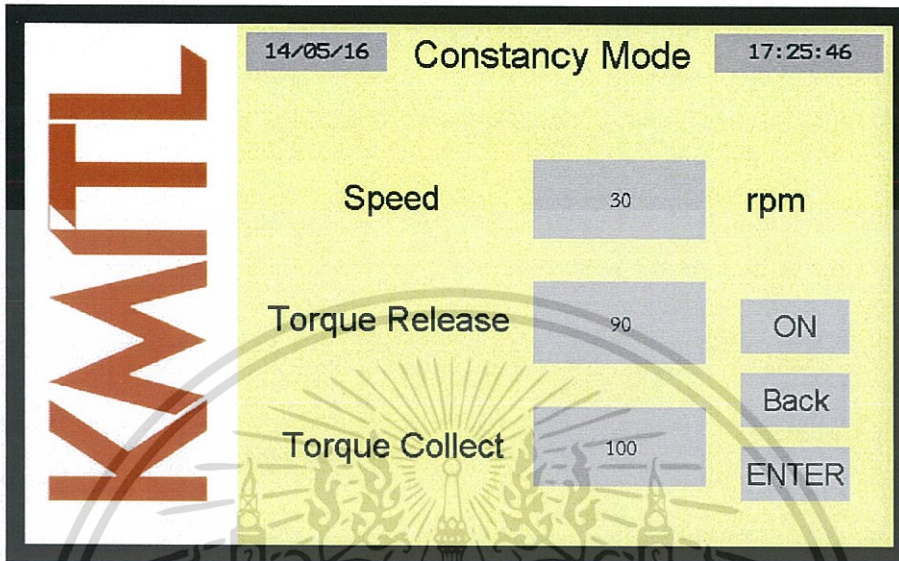


รูปที่ 4.16 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 5

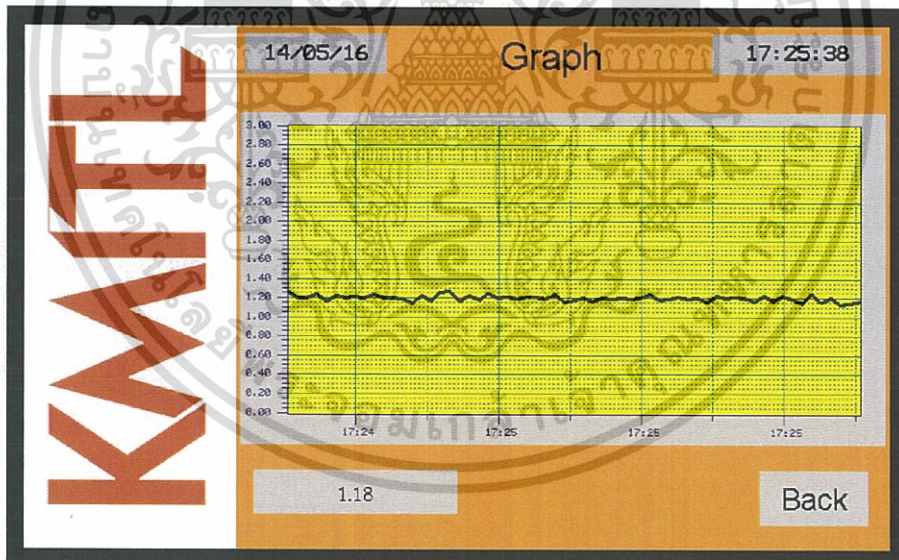


รูปที่ 4.17 กราฟที่ได้จากการทดลอง 5

การทดลองที่ 6 ปรับค่าแรงบิดที่ 90 ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.19

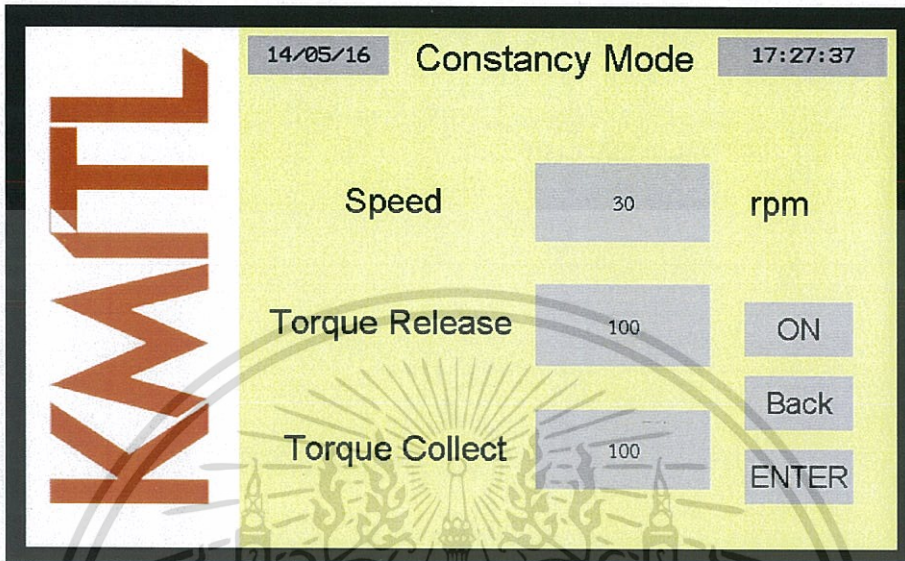


รูปที่ 4.18 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 6

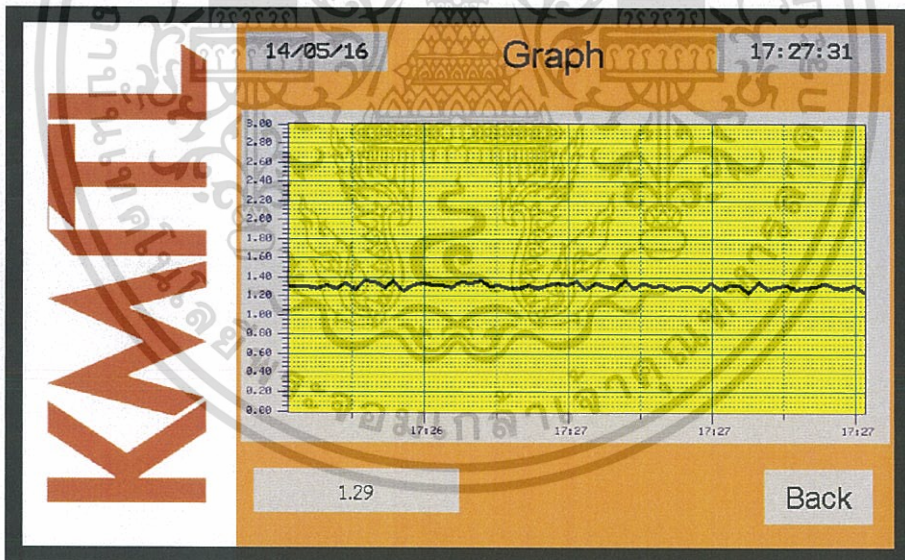


รูปที่ 4.19 กราฟที่ได้จากการทดลอง 6

การทดลองที่ 7 ปรับค่าแรงบิดที่ 100 ดังแสดงในรูปที่ 4.20 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.21

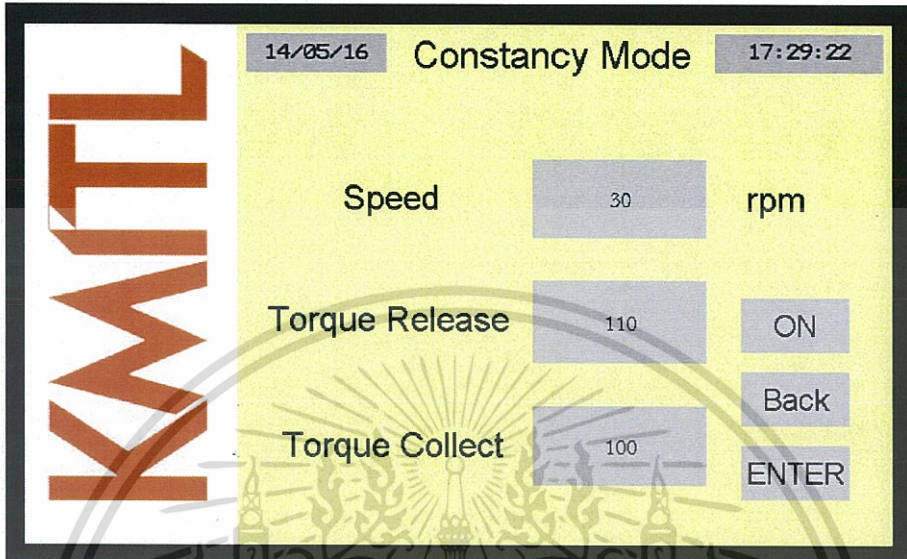


รูปที่ 4.20 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 7

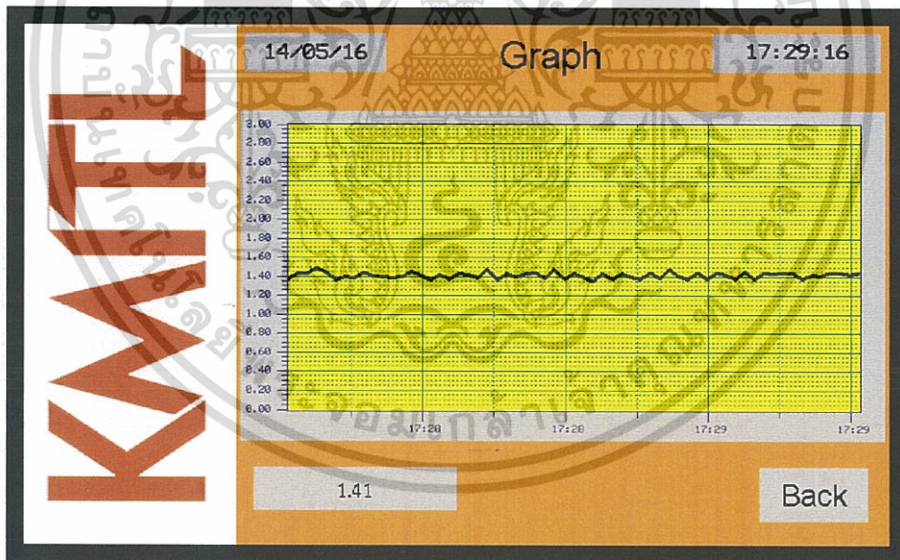


รูปที่ 4.21 กราฟที่ได้จากการทดลอง 7

การทดลองที่ 8 ปรับค่าแรงบิดที่ 110 ดังแสดงในรูปที่ 4.22 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.23

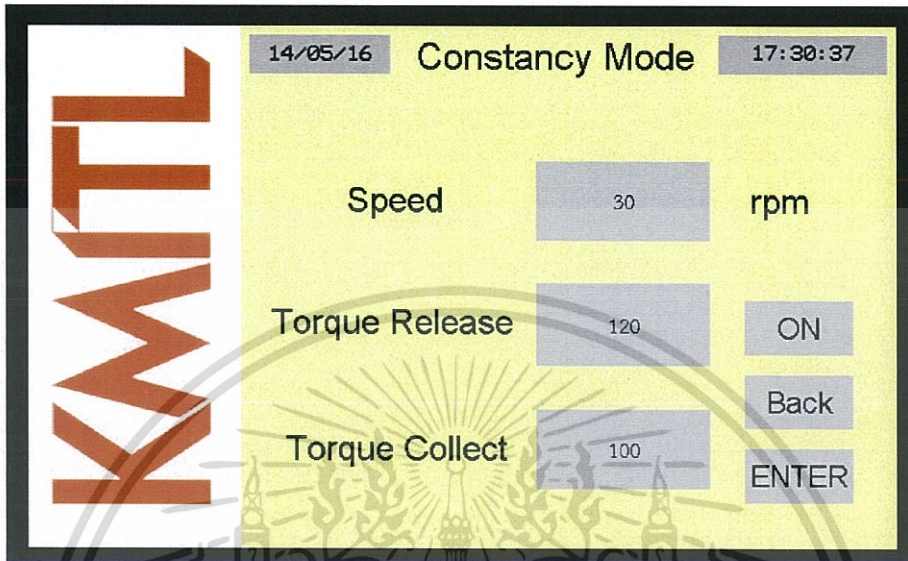


รูปที่ 4.22 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 8

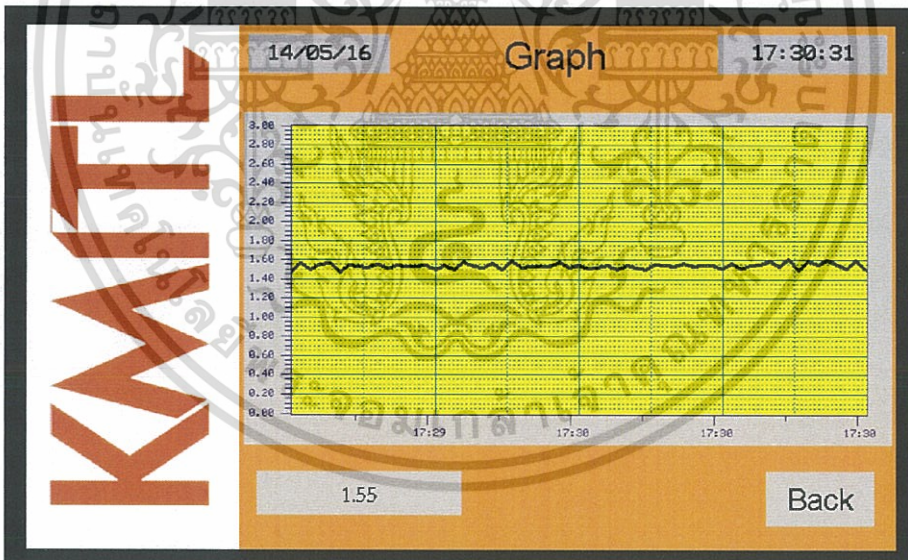


รูปที่ 4.23 กราฟที่ได้จากการทดลอง 8

การทดลองที่ 9 ปรับค่าแรงบิดที่ 120 ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และสามารถแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.24 การกำหนดค่าแรงบิดของเซอร์โวในการทดลอง 9



รูปที่ 4.25 กราฟที่ได้จากการทดลอง 9

จากการทดสอบทำให้ทราบช่วงของค่าความตึงตามค่าแรงบิดที่ปรับขึ้นเรื่อย ๆ โดยสามารถนำมาสร้างเป็นตารางได้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบค่าความตึงโดยการปรับแรงบิด

ผลการทดลอง	Speed (รอบ/นาที)	Torque (N·m)	ความตึง (kg)
1	30	40	0.5-0.6
2	30	50	0.6-0.7
3	30	60	0.7-0.8
4	30	70	0.8-1.0
5	30	80	1.0-1.1
6	30	90	1.1-1.3
7	30	100	1.2-1.4
8	30	110	1.3-1.5
9	30	120	1.5-1.6

จากตารางที่ 4.1 ค่าแรงบิดสูงสุดที่สามารถปรับได้คือ 120 เนื่องจากเมื่อปรับแรงบิดมากกว่านั้นจะมีโอกาสทำให้ด้ายขาด ซึ่งตรงกับผลการทดลองหาค่าสุดท้ายที่ทำให้ด้ายขาด

บทที่ 5

สรุปผลและปัญหาในการดำเนินปริญญานิพนธ์

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานปริญญานิพนธ์เรื่องการทดสอบความตึงฉบับนี้ สรุปว่าในการทดสอบดึงด้ายเบอร์ 60 ด้ายสามารถทนความตึงสูงสุดอยู่ในช่วง 1.6-2.2 กิโลกรัม และสามารถใช้เครื่องนี้ในการรักษาระดับความตึงให้คงที่ในขณะที่มีการเก็บด้ายเข้าสู่ฝั่งตัวเก็บ และสามารถแสดงค่าความตึงผ่านบนหน้าจอทัชสกรีนในรูปแบบของกราฟได้ ซึ่งช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการวิเคราะห์กระบวนการ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนากระบวนการต่อไป

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหา

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1. ไม่มีความเชี่ยวชาญทางด้านแมคคานิคในการออกแบบฮาร์ดแวร์ ทำให้การดำเนินงานในช่วงแรกค่อนข้างจะล่าช้า
2. ตัวควบคุมพีแอลซี และส่วนแสดงผลมีการลั้งงานล่าช้า ทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อน

5.2.2 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. ศึกษาความรู้ทางวิชาแมคคานิคให้มากขึ้น ทำความเข้าใจกับรูปแบบของสมการให้ชัดเจน เพื่อนำไปปรับแก้ไขฮาร์ดแวร์ได้รวดเร็วขึ้น
2. ทำการทดสอบโปรแกรมควบคุมการทำงานและส่วนแสดงผลของกระบวนการผ่านโปรแกรม Simulator

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบการทำงานของเครื่องทดสอบความตึง ควรทำการศึกษารวมข้อมูลในส่วนของทฤษฎีอุปกรณ์ ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ให้ได้มากที่สุดถึงจะสามารถออกแบบระบบการควบคุมได้ดีและถูกต้อง หากไม่รู้ถึงข้อมูลที่ไม่ลึกพอ อาจทำให้การทำงานนั้นเกิดปัญหาและเกิดความผิดพลาดในภายหลังได้เช่นกัน

ในขั้นตอนการหาปัญหาของโปรแกรมควรทำการหาแบบออนไลน์เนื่องจากจะช่วยในการหาส่วนของขั้นตอนการทำงานที่ผิดพลาดได้ง่ายขึ้นและควรทำความเข้าใจในส่วนของการตั้งค่า (Configuration) ทั้งของเซอร์โวและพีแอลซีให้ครบถ้วน โดยในการพัฒนาซอฟต์แวร์อาจมีฟังก์ชันตรวจสอบค่าแรงบิดที่ผู้ใช้งานป้อนเข้ามา เพื่อช่วยลดข้อผิดพลาดระหว่างการดำเนินงานและช่วยให้เวลาในการดำเนินงานน้อยลง