



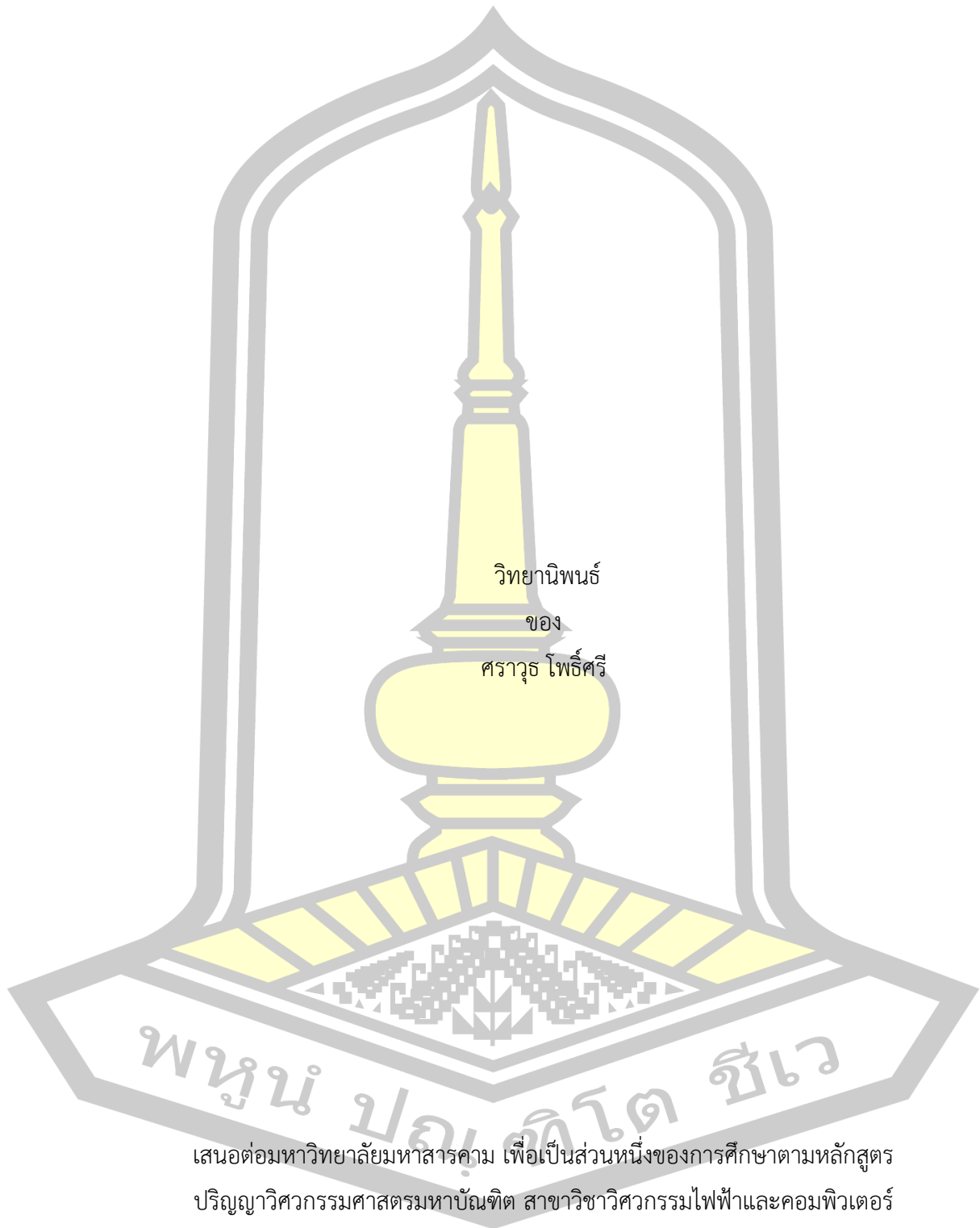
ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดขึ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ

วิทยานิพนธ์
ของ
ศราวุธ โพธิ์ศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มกราคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ

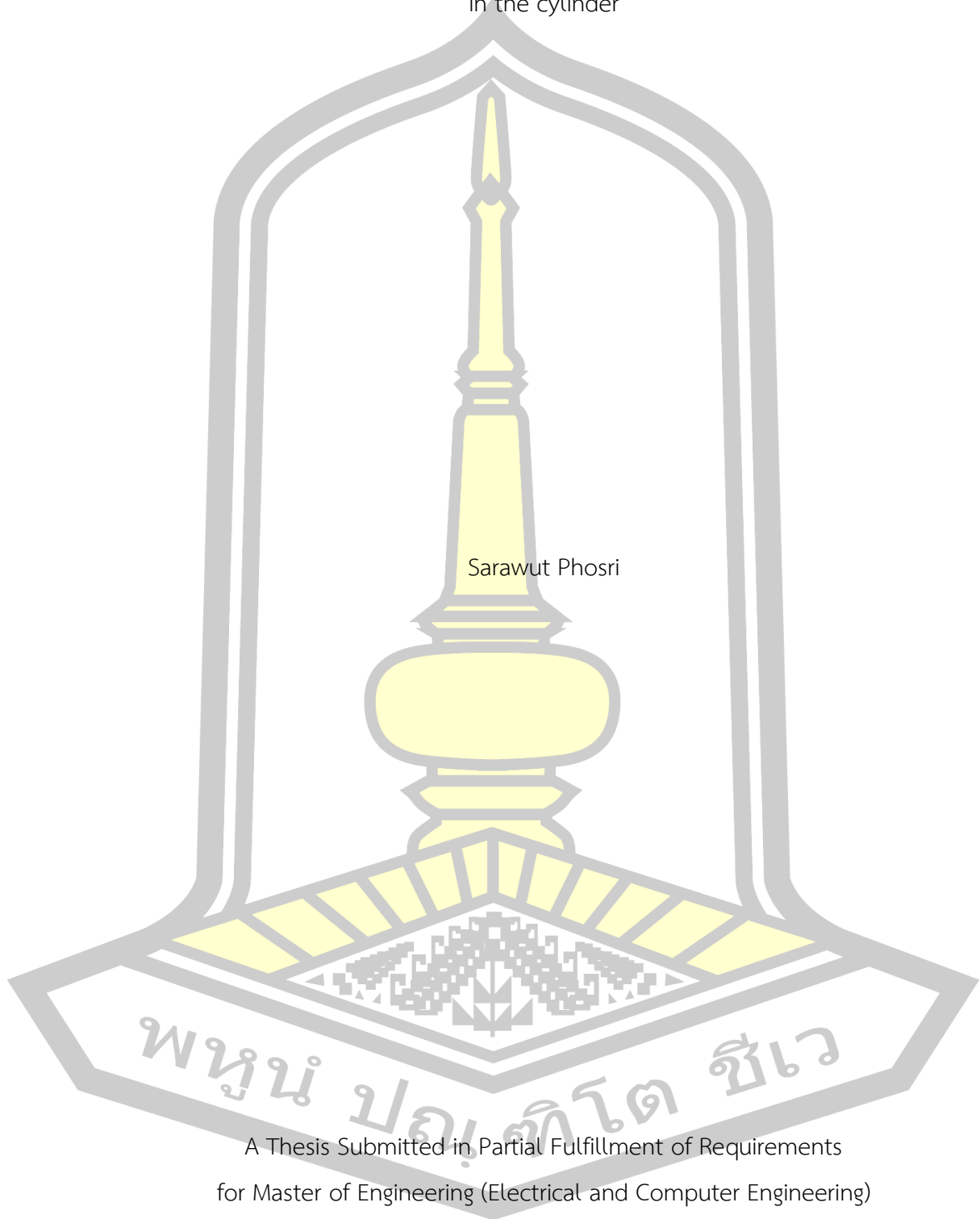


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มกราคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Real-time force measurement system of the pressing machine with a pressure sensor
in the cylinder



Sarawut Phosri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

January 2020

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายศราวุธ โพธิ์ศรี แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. อติเรก จันทะคุณ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์)

กรรมการ

(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ชลธิ์ โพธิ์ทอง)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันใน กระบอกสูบ		
ผู้วิจัย	ศราวุธ โพธิ์ศรี		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ คือระบบวัดแรงกดและแสดงผลแบบเวลาจริง เป็นการวัดแรงกดทางอ้อมด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ โดยทำการวัดความดันอากาศในกระบอกสูบและวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ จากนั้นนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ไปเปลี่ยนเป็นแรงกดด้วยสมการที่ได้จากการทดลอง ผลการทดลองวัดแรงกดเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิงพบว่า เมื่อทำการทดลองวัดแรงกดด้วยอุปกรณ์วัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 พบว่า มีความคลาดเคลื่อนจากโหลดเซลล์เฉลี่ย 0.319 นิวตัน และผลการทดลองที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากโหลดเซลล์เฉลี่ย 0.379 นิวตัน ในส่วนของการแสดงผลผู้วิจัยได้ทำการแสดงผลการวัดแรงกดด้วยเว็บไซต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยภาษา PHP HTML JavaScript และ Ajax ซึ่งจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดแรงกดได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่ใช้อ้างอิง (โหลดเซลล์) รวมทั้งสามารถวัดและแสดงผลแบบเวลาจริงได้

คำสำคัญ : วัดแรงกด, เวลาจริง, เซ็นเซอร์วัดความดันอากาศ, PHP, HTML

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว

TITLE	Real-time force measurement system of the pressing machine with a pressure sensor in the cylinder		
AUTHOR	Sarawut Phosri		
ADVISORS	Assistant Professor Niwat Angkawisittpan , Ph.D.		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Electrical and Computer Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2020

ABSTRACT

Real-time force measurement system of the pressing machine with a pressure sensor in the cylinder is a system to measure force and display real time. It is an indirect force measurement using pressure sensor. Measure the air pressure in the cylinder and measure the voltage of pressure sensor. After that, the measured voltage is transformed into force by the equation from the experiment. The results of the force measurement comparing with the reference device (Load cell) showed that performing force measurement experiments using developed devices compared to the load cells at the pressing machine number 1 found that the average error is 0.319 N. And the results from the pressing machine number 2 found that the average error is 0.379 N. As for the display, the researchers show the results of force measurement using websites developed by PHP, HTML, JavaScript and Ajax language. The results show that the developed device can measure force close to the reference device (load cell) as well as can measure and display the results in real time.

Keyword : force measurement, real time, pressure sensor, PHP, HTML

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากหลาย ๆ ท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและสนับสนุน มาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร. ชลธิ โพธิ์ทอง ที่คอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ให้คำแนะนำในการทำวิจัย และช่วยตรวจทานวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด และกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยเรื่องนี้

กราบขอบพระคุณ โครงการโรงเรียนในโรงงาน ที่สนับสนุนทุนการศึกษาค้นคว้าการทำวิจัยในครั้งนี้ และให้โอกาสข้าพเจ้าเข้าไปศึกษาค้นคว้าในบริษัทผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี

กราบขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่คอยให้คำปรึกษา และดำเนินเอกสารในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้คำแนะนำการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์นี้

กราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของข้าพเจ้า ที่ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ทั้งยังคอยให้คำปรึกษาและกำลังใจเสมอมา และขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่คอยช่วยเหลือในยามที่เจอปัญหา และให้ความสนุกสนานแก่ข้าพเจ้าตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

ศราวุธ โพธิ์ศรี

พูน ปณ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 สมมุติฐานการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เครื่องกวดชิ้นงาน.....	4
2.2 โหลดเซลล์.....	5
2.3 ตัวตรวจจับแรงดันอากาศ.....	7
2.4 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	9
2.5 ระบบฐานข้อมูล	10
2.6 ภาษาไพธอน	13
2.7 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเว็บเพจ	13

2.8 ราชเบอร์รี่ไฟ	15
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 ออกแบบผังการทำงาน.....	18
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้	21
3.3 ออกแบบการทดลอง	23
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	25
4.1 โครงสร้างเครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ	25
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับแรงดันไฟฟ้า.....	26
4.3 การทดลองเพื่อหาสมการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงกด	27
4.3 การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิง.....	30
4.4 การแสดงผล.....	36
บทที่ 5 สรุปผลและอภิปราย	38
5.1 สรุปผลการทดลอง	38
5.2 อภิปรายผล.....	38
5.3 ข้อเสนอแนะ	39
บรรณานุกรม.....	40
ภาคผนวก.....	45
ภาคผนวก ก ตารางบันทึกค่าเพื่อนำมาหาสมการแรงกด	46
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการวัดเปรียบเทียบ	51
ภาคผนวก ค โปรแกรมภาษาไพธอน.....	69
ภาคผนวก ง Source code หน้าเว็บแสดงผล.....	73
ภาคผนวก จ ภาพการทดลอง	91
ประวัติผู้เขียน.....	95

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ตัวอย่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์	12
ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโพลดเซลล์ที่เครื่องกด ชิ้นงาน 1	32
ตาราง 3 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโพลดเซลล์ที่เครื่องกด ชิ้นงาน 2	34
ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องชิ้นงาน 1	47
ตาราง 5 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องกดชิ้นงาน 2	49
ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1	52
ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2	60



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 เครื่องกีดชิ้นงานชนิดนิวมेटิกส์.....	4
ภาพประกอบ 2 โครงสร้างการทำงานของหัวกีดนิวมेटิกส์.....	4
ภาพประกอบ 3 วิจิสโตน บริดจ์ [7].....	5
ภาพประกอบ 4 อุปกรณ์วัดความเครียด [8].....	5
ภาพประกอบ 5 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก [8].....	6
ภาพประกอบ 6 โหลดเซลล์แบบรูปตัว S สำหรับการใช้งานตรวจวัดแรงกดหรือแรงดึง [8].....	6
ภาพประกอบ 7 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ [8].....	7
ภาพประกอบ 8 โหลดเซลล์แบบแมกเนโตสเตรีกทีฟ [8].....	7
ภาพประกอบ 9 เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ [9].....	8
ภาพประกอบ 10 สวิตช์ควบคุมความดัน [9].....	8
ภาพประกอบ 11 แผนภาพกรอบแสดงส่วนประกอบของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียงขนาด 4 บิต [10].....	10
ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของข้อมูล.....	11
ภาพประกอบ 13 ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย [15].....	12
ภาพประกอบ 14 การเขียนเว็บเพจด้วยภาษา HTML [18].....	14
ภาพประกอบ 15 ผังการทำงานของระบบ.....	18
ภาพประกอบ 16 ผังการทำงานของระบบ (ต่อ).....	19
ภาพประกอบ 17 ผังการทำงานของโปรแกรมภาษา Python.....	20
ภาพประกอบ 18 ตัวตรวจจับแรงดันรุ่น AP-C33W [27].....	22
ภาพประกอบ 19 การเชื่อมต่อระหว่าง Keyence AP-C33W MCP3208 และ Raspberry Pi 3 B23	
ภาพประกอบ 20 การติดตั้งเครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ.....	25

ภาพประกอบ 21 เครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกลูกสูบ.....	26
ภาพประกอบ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับแรงดันไฟฟ้า.....	26
ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของเครื่องกดชิ้นงาน 1.....	27
ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของเครื่องกดชิ้นงาน 2.....	28
ภาพประกอบ 25 หัววัดแรงกด MARK-10 Series R02	30
ภาพประกอบ 26 มัลติมิเตอร์ (เครื่องข้ายมือ) และเครื่องวัดแรงกด MARK-10 Series 3 (เครื่องขวามือ).....	30
ภาพประกอบ 27 เครื่องวัดแรงกดอ้างอิง [30].....	31
ภาพประกอบ 28 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1	33
ภาพประกอบ 29 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 2	35
ภาพประกอบ 30 หน้าหลักเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกด	36
ภาพประกอบ 31 หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดที่สามารถเลือกวันที่และเวลาได้.....	37
ภาพประกอบ 32 หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดค่าปัจจุบัน.....	37
ภาพประกอบ 33 หัววัดแรงกดและหัวกดเครื่องกดชิ้นงาน 2.....	92
ภาพประกอบ 34 การวัดแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับแรงดันอากาศและวัดแรงกดจากเครื่องกดชิ้นงาน.....	92
ภาพประกอบ 35 กล่องควบคุมระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกลูกสูบ	93
ภาพประกอบ 36 เครื่องกดชิ้นงาน 1	93
ภาพประกอบ 37 ภายในกล่องควบคุมระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกลูกสูบ.....	94
ภาพประกอบ 38 ภาพขณะทำการวัดแรงกด.....	94

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เครื่องกวดชิ้นงานถือเป็นเครื่องจักรที่สำคัญอีกหนึ่งชนิดในโรงงานอุตสาหกรรมประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ และ ในบริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี ทำการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในการผลิตจะต้องมีทั้งส่วนที่ประกอบและส่วนที่ทดสอบเครื่อง ในส่วนประกอบมีหลายกระบวนการที่ต้องใช้แรงกวดชิ้นงานให้ชิ้นส่วนงานสองชิ้นส่วนยึดติดกัน โดยใช้เครื่องกวดชิ้นงานเข้ามาช่วยในกระบวนการนั้น ๆ ซึ่งแรงกวดจะต้องอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละชิ้นส่วน และจากการสังเกตการทำงานของเครื่องจักร ในระหว่างการผลิตจะพบชิ้นงานที่เกิดความเสียหายจากการกวดงานของเครื่องจักร คือ ชิ้นงานที่ถูกกวดนั้นเกิดแตกหัก เมื่อพบชิ้นงานที่เสียหายจากการกวดชิ้นงานของเครื่องกวดชิ้นงาน จะมีการวัดแรงกวดของเครื่องกวดชิ้นงานเพื่อตรวจสอบหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งใช้เวลานานในการวัดแรงกวด ตัวอย่างเช่น ในผลิตภัณฑ์ที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาและเก็บข้อมูลการผลิตนั้น พบว่ามีความเสียหายเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่สถานีกวดชิ้นงานโดยจากข้อมูลที่ถูกรับที่กวดพบว่าผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายที่สถานีนี้เฉลี่ย 17 ชิ้นต่อสัปดาห์ (ข้อมูลวันที่ 3 เมษายน ถึง 12 มิถุนายน พ.ศ.2562) สายการผลิต 1 สายการผลิต มีจำนวนเครื่องกวด 13 เครื่อง (สายการผลิตที่กำลังศึกษา) และในปัจจุบันบริษัทดังกล่าว จะทำการวัดแรงกวดเมื่อพบความเสียหายของชิ้นงานที่เกิดขึ้นในสถานีที่มีเครื่องกวดชิ้นงาน และมีการวัดแรงกวดของเครื่องกวดชิ้นงานแบบรายสัปดาห์โดยใช้โพลตเซลล์ในการวัดแรงกวด ยังไม่มีระบบวัดและแสดงแรงกวดแบบเวลาจริง (Real-time) จากปัญหาเบื้องต้นหากสามารถวัดแรงกวดและแสดงค่าแรงกวดของเครื่องกวดชิ้นงาน ทุกครั้งที่เครื่องทำงาน จะทำให้ลดเวลาในการวัดแรงกวดได้และสามารถทราบค่าแรงกวดได้ทันทีที่เกิดปัญหาหรือทุกเวลาที่ต้องการทราบค่าแรงกวดของเครื่องจักร

จากปัญหาและแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากบทความและแหล่งข้อมูลต่าง ๆ พบว่า ญรัฐภักชกฤษฎ์ ทิมาบุตร (2011) [1] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์วัดแรงกวดในฝ่าเท้าอย่างง่ายโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดที่ใช้หลักการของเปียโซรีซิสทีฟ และ Guan hao Liang (2015) [2] ได้ออกแบบตัวตรวจวัดแรงแบบยืดหยุ่นโดยใช้ตัวเก็บประจุ

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาและกล่าวมาเบื้องต้น พบว่าในการวัดแรงกวดจะต้องมีการนำอุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ไปไว้ได้ตำแหน่งของหัวกดหรือบริเวณที่สนใจจะวัดแรง ซึ่งหากนำอุปกรณ์ตรวจวัดเหล่านั้นมาไว้ด้านล่างของหัวกดชิ้นงานอาจจะส่งผลเสียต่อชิ้นงานที่กำลังถูกกดอยู่ เช่น เกิดรอยขีดข่วน ชิ้นงานแตกเสียหาย เป็นต้น และเนื่องจากเครื่องกวดชิ้นงานเป็นเครื่องกวดชนิด นิวเมติกส์ (Pneumatics) ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะวัดแรงกวดชิ้นงานทางอ้อมด้วยการวัดแรงดันอากาศภายใน

กระบอกสูบของเครื่องกดชิ้นงาน เพื่อให้ไม่เกิดผลกระทบกับชิ้นงาน แล้วนำแรงดันอากาศมาเปลี่ยนเป็นแรงกดโดยการเปรียบเทียบระหว่างแรงกดที่วัดได้จากเครื่องวัดแรงกด และแรงดันอากาศในกระบอกสูบของเครื่องกดชิ้นงานเพื่อหาสมการของการเปลี่ยนแรงดันอากาศเป็นแรงกด ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้ตัวตรวจวัดความดันอากาศในกระบอกสูบที่สามารถส่งค่าแบบแอนะล็อก (Analog) ออกมาได้ และหากสามารถแสดงค่าแรงดันอากาศในกระบอกสูบและแรงกดแบบเวลาจริง (Real-time) ผ่านหน้าเว็บเพจได้ จะทำให้สามารถเฝ้าสังเกตแรงกดได้ทุกจุดที่มีคอมพิวเตอร์และเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบแสดงผลผ่านหน้าเว็บเพจดังนี้

ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมและตรวจสอบการเจริญเติบโตของไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ผ่านอินเทอร์เน็ต (2014) [3] การพัฒนาฟาร์มไก่แบบสมาร์ตบนพื้นฐานตรรกะคลุมเครือและราสเบอร์รี่ไพ (2017) [4] การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในระบบส่งระดับ 115 kV (2008) [5]

จากบทความที่กล่าวมาเบื้องต้น พบว่ามีหลายงานวิจัยที่ทำระบบเฝ้าติดตามโดยสามารถนำเสนอข้อมูลผ่านหน้าเว็บได้ ซึ่งจะสะดวกต่อการติดตามผล ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาอุปกรณ์และภาษาคอมพิวเตอร์ที่สามารถแสดงผลการวัดแรงกดผ่านหน้าเว็บ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสอดคล้องระหว่างอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัดแรงกดที่ใช้ในบริษัทที่ทำการศึกษา
- 2) เพื่อสามารถวัดแรงกดและแสดงค่าแรงกดได้ในรูปแบบเวลาจริง (Real-time)

1.3 สมมุติฐานการศึกษา

การวัดแรงดันอากาศภายในกระบอกสูบ ค่าแรงดันอากาศที่วัดได้อาจจะสามารถนำไปเปลี่ยนเป็นค่าแรงกดได้ และหากการวัดค่าแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานสามารถวัดได้เร็วขึ้นหรือสามารถทราบค่าแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานทุกครั้งที่เครื่องทำงานจะทำให้การสูญเสียเวลาในการผลิต (Lost time) ของเครื่องจักรลดลง ส่งผลให้สามารถประกอบชิ้นงานได้เยอะขึ้น และไม่จำเป็นต้องหยุดสายการผลิตเพื่อวัดแรงกด

1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1) นำระบบที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานกับเครื่องกดชิ้นงาน ใน บริษัทที่ทำการศึกษา
- 2) ใช้ตัวตรวจจับแรงดัน (Pressure sensor) ในการวัดแรงดันอากาศ

3) ใช้ราสเบอร์รี่ ไพ 3 (Raspberry Pi3) ร่วมกับภาษาไพธอน (Python) สำหรับการรับข้อมูลแรงดันไฟฟ้าออกจากตัวตรวจจับแรงดันอากาศ (Pressure sensor) และบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูล

4) สร้างเว็บเพจด้วยภาษา HTML และ PHP

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ช่วยลดการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิต
- 2) สามารถวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับงานว่าความเสียหายที่เกิดขึ้นเกิดจากแรงกดหรือไม่
- 3) คาดเดาแนวโน้มของแรงที่จะเกิดขึ้นได้จากกราฟที่แสดงผลแบบเวลาจริง (Real-time)

1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา

1. บริษัทผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่ง ในจังหวัดปทุมธานี
2. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

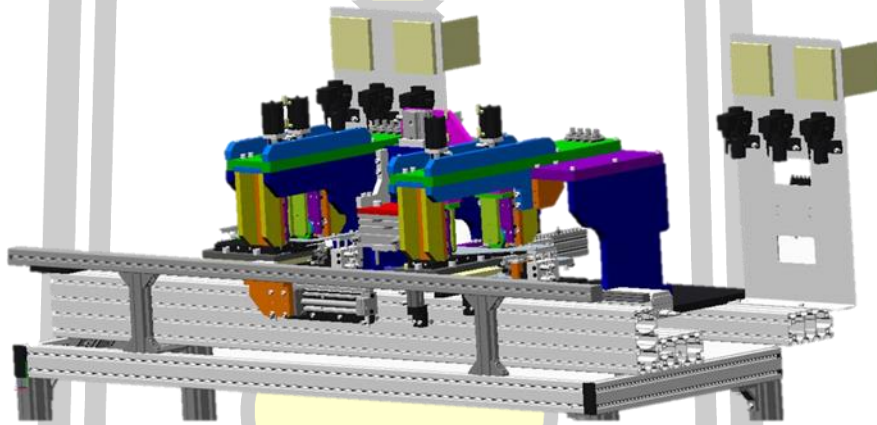


บทที่ 2

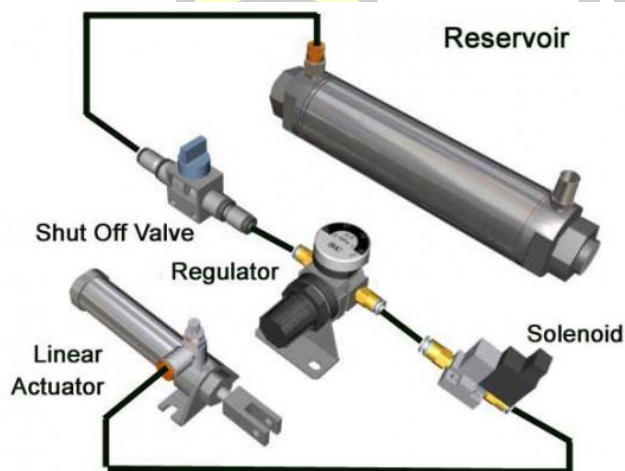
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องกดชิ้นงาน

เครื่องกดชิ้นงาน คือ เครื่องจักรที่ทำหน้าที่กดชิ้นงานที่ถูกประกอบมาแล้วในกระบวนการก่อนหน้า เพื่อให้ชิ้นงานที่ประกอบเข้ารูปร่างหรือทำให้แน่นขึ้นด้วยเครื่องกด สำหรับเครื่องกดในบริษัทที่ทำการศึกษา เป็นเครื่องกดชนิดนิวเมติกส์ โดยเครื่องกดประเภทนี้จะใช้แหล่งจ่ายลมเป็นตัวขับเคลื่อน ตัวเครื่องประกอบด้วยกระบอกสูบและวาล์ว



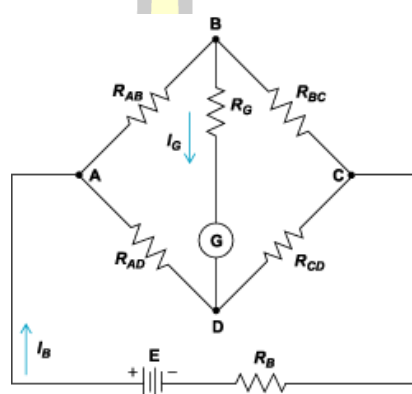
ภาพประกอบ 1 เครื่องกดชิ้นงานชนิดนิวเมติกส์



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างการทำงานของหัวกดนิวเมติกส์

2.2 โหลดเซลล์

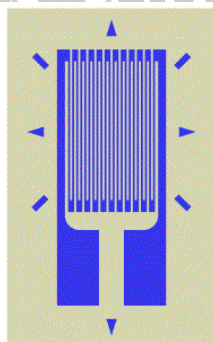
โหลดเซลล์ (Load cell) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่แปลงค่าของแรงเป็นสัญญาณไฟฟ้า การแปลงค่าเกิดขึ้นสองขั้นตอน คือ จากการแปลงค่าทางกลศาสตร์ แรงจะถูกตรวจจับได้จากการเปลี่ยนรูปร่างของอุปกรณ์วัดความเครียด (Strain gauge) เกิดความเครียดขึ้น และอุปกรณ์วัดความเครียดแปลงค่าความเครียดไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า โหลดเซลล์มักจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์วัดความเครียดสี่ตัวซึ่งจัดเรียงวงจรในรูปแบบของวงจรวีจสโตน บริดจ์ [6] โหลดเซลล์แบ่งออกด้วยกันทั้งหมด 5 ประเภท



ภาพประกอบ 3 วิจสโตน บริดจ์ [7]

2.2.1 โหลดเซลล์แบบอุปกรณ์วัดความเครียด

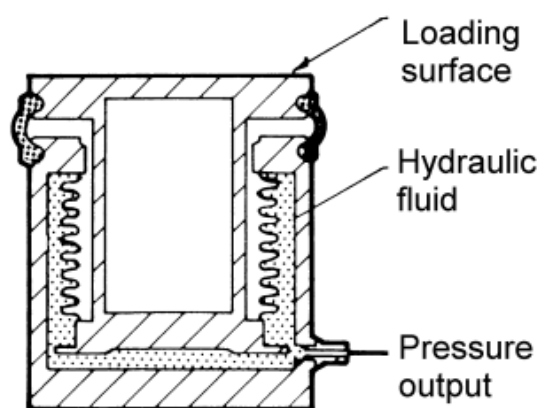
อุปกรณ์วัดความเครียด คือเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดแรงดึงเครียด (Strain) ของวัตถุ ส่วนใหญ่ของอุปกรณ์วัดความเครียด จะทำจากลวดโลหะขนาดเล็กขดเป็นรูปร่างต่าง ๆ อยู่บนแผ่นฉนวน นอกจากนั้นยังมีอุปกรณ์วัดความเครียด แบบอุปกรณ์กึ่งตัวนำด้วย ซึ่งมีความไวสูงกว่าและขนาดเล็กกว่าแบบลวดโลหะ



ภาพประกอบ 4 อุปกรณ์วัดความเครียด [8]

2.2.2 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก

โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก วัดน้ำหนักจากการเปลี่ยนแปลงความดันของของเหลว ภายในระบบเมื่อมีแรงกระทำที่แท่นรับน้ำหนักในโหลดเซลล์แบบไฮดรอลิกที่มีแผ่นไดอะแฟรมม้วน แรงจะถูกส่งผ่านลูกสูบเป็นผลให้ของเหลวภายในช่องแผ่นไดอะแฟรมถูกกดอัด การวัดแรงที่เกิดขึ้นสามารถวัดได้จากความดันของของเหลว ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับแรงดันของของเหลวนี้ มีลักษณะเป็นแบบเชิงเส้น โดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิและปริมาณของของเหลวในกระบอกสูบ



ภาพประกอบ 5 โหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก [8]

2.2.3 โหลดเซลล์แบบนิวเมติกส์

โหลดเซลล์แบบนิวเมติกส์ (Pneumatics) ทำงานโดยใช้หลักการสมดุลแรง เช่นเดียวกับกับแบบไฮดรอลิกแต่โหลดเซลล์ชนิดนี้มีความแม่นยำมากกว่าโหลดเซลล์แบบไฮดรอลิก เพราะมีการใช้ช่องว่างหลายช่องในการหน่วงความดันของของเหลวและลดการสั่นสะเทือน



ภาพประกอบ 6 โหลดเซลล์แบบรูปตัว S สำหรับการใช้งานตรวจวัดแรงกดหรือแรงดึง [8]

2.2.4 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ

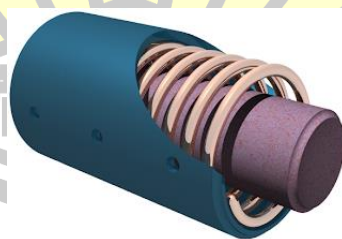
ไพโซรีซิสทีฟ (Piezoresistive) มีการทำงานเหมือนกับเกจวัดความเครียด แต่ไพโซรีซิสทีฟสามารถผลิตสัญญาณออกมาได้ในระดับสูง อุปกรณ์ลักษณะนี้จะตรวจวัดการเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็ก โดยการวัดการเหนี่ยวนำของขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป ในที่นี้การเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็กจะแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักที่วัด



ภาพประกอบ 7 โหลดเซลล์แบบไพโซรีซิสทีฟ [8]

2.2.5 โหลดเซลล์แบบแมกนีโตสเตริกทีฟ

การทำงานของโหลดเซลล์แบบแมกนีโตสเตริกทีฟ (Magnetostrictive) อยู่กับการเปลี่ยนแปลงในการแผ่สัญญาณแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรที่อยู่ภายใต้แรงที่มากระทำ แรงทำให้เกิดการผิดรูปของสนามแม่เหล็กและจะทำให้เกิดสัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงต่อแรงที่มากระทำ อุปกรณ์ตรวจวัดนี้มีความทนทานมากและยังคงมีใช้อยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีการรีดโลหะแผ่น



ภาพประกอบ 8 โหลดเซลล์แบบแมกนีโตสเตริกทีฟ [8]

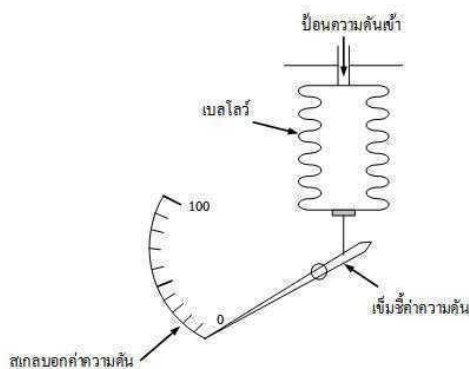
2.3 ตัวตรวจจับแรงดันอากาศ

ตัวตรวจจับแรงดันอากาศในงานอุตสาหกรรมถูกจำแนกประเภทตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

- 1) เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)
- 2) สวิตช์ควบคุมความดัน (Pressure Switch)
- 3) อุปกรณ์ตรวจจับแรงดันและแปลงสัญญาณ (Pressure Transmitter)

2.3.1 เกจวัดความดัน

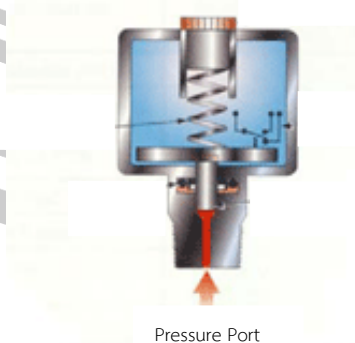
สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และสุญญากาศ โดยจะแสดงผลเป็นแบบแอนะล็อกหรือแบบเข็ม เกจวัดความดันจะอาศัยหลักการยืดตัว โกงตัวของวัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นหรือเรียกว่า “เครื่องมือวัดความดันแบบอิลาสติก” ทำงานโดยอาศัยการแปลงความดันที่อุปกรณ์ได้รับให้อยู่ในรูปการเคลื่อนที่



ภาพประกอบ 9 เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ [9]

2.3.2 สวิตช์ควบคุมความดัน

สวิตช์ควบคุมความดัน ใช้ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าเมื่อความดันถึงจุดที่เรากำหนดไว้ สวิตช์ควบคุมความดัน นี้สามารถใช้งานควบคุมแรงดันทั่วไป สวิตช์ควบคุมความดันไม่ต้องอาศัยแรงดันไฟเลี้ยงเนื่องจากส่วนใหญ่ใช้ระบบกลไกในการทำงานโดยจะมีสัญญาณ Output เป็น Contact On/Off ใช้เพื่อตัดต่อระบบเพียงเท่านั้น



ภาพประกอบ 10 สวิตช์ควบคุมความดัน [9]

2.3.3 อุปกรณ์ตรวจจับแรงดันและแปลงสัญญาณ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดแรงดันอากาศและแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานที่มีทั้งสัญญาณแอนะล็อก 4-20 mA, 0-10 VDC เพื่อนำไปควบคุมขบวนการทำงานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรม

2.4 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นเรื่องที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ที่จะต้องมีการเชื่อมโยงสัญญาณกันระหว่างสัญญาณดิจิทัลกับสัญญาณแอนะล็อก เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับต่าง ๆ ต้องทำหน้าที่แปลงปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้านี้คือสัญญาณแอนะล็อกซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณทางฟิสิกส์ที่ตรวจจับได้ สัญญาณเหล่านี้เมื่อนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะต้องมีการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้

วงจรการแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ด้านอินพุตของวงจรรับแรงดันแอนะล็อกจากนั้นสัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 4 บิต โดยค่าแรงดันต่ำสุด 0 โวลต์ จะได้รับรหัสเอาต์พุต 4 บิต เท่ากับ 0000 และค่าแรงดันอินพุตสูงสุด 3 โวลต์ จะได้รับรหัสดิจิทัลเอาต์พุต เท่ากับ 1111

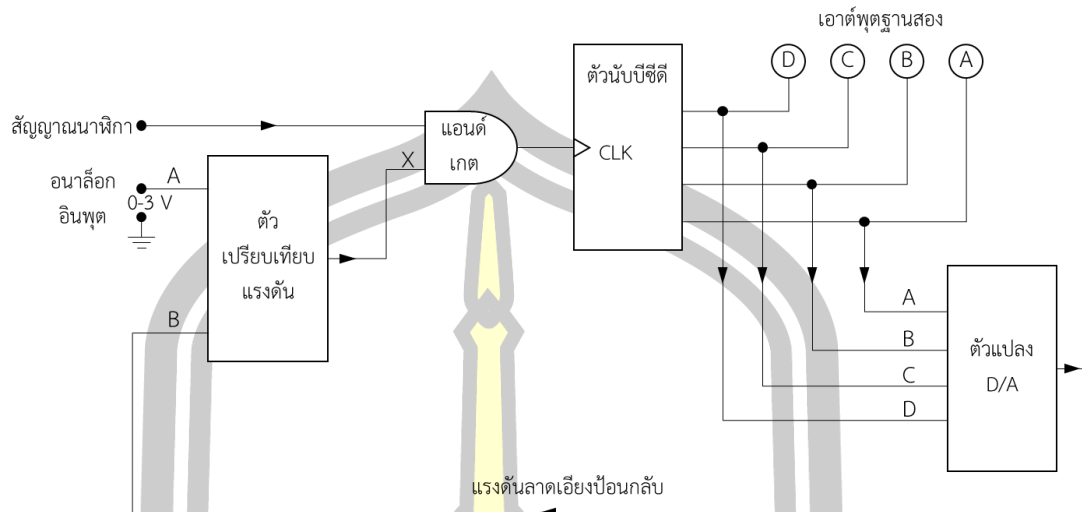
สำหรับแผนภาพกรอบของวงจร A/D โดยละเอียดจะประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ

1) วงจรเปรียบเทียบทำหน้าที่เปรียบเทียบแรงดันแอนะล็อกอินพุตที่จุด A กับแรงดันป้อนกลับที่จุด B เพื่อส่งสัญญาณลอจิกไปควบคุมสัญญาณนาฬิกา การทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน มีอินพุตรับแรงดันแอนะล็อก 2 อินพุต คือ A และ B เพื่อเปรียบเทียบกัน ตั้งค่าประกอบ 11 ผลของการเปรียบเทียบแรงดันคือ ถ้าแรงอินพุต $A > B$ เอาต์พุต $X = 1$ และถ้าอินพุต $B > A$ ($A < B$) เอาต์พุต $X = 0$

2) แอนด์เกตทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด – ปิดสัญญาณนาฬิกาเพื่อป้อนเข้าวงจรนับ

3) วงจรนับรหัสบิตขนาด 4 บิต เพื่อแสดงผลการนับตามจำนวนพัลส์ที่แอนด์เกตจ่ายออกมา และส่งสัญญาณดิจิทัลไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล

4) วงจรแปลงดิจิทัลเป็นแอนะล็อกทำหน้าที่แปลงรหัสดิจิทัลที่แสดงผลผ่านทางไปนารีเอาต์พุตให้เป็นแรงดันแอนะล็อกเพื่อป้อนกลับไปยังอินพุต B ซึ่งแรงดันนี้จะเป็นแรงดันของสัญญาณลาดเอียง [10]



ภาพประกอบ 11 แผนภาพกรอบแสดงส่วนประกอบของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบสัญญาณลาดเอียงขนาด 4 บิต [10]

2.5 ระบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล (Database) คือ กลุ่มข้อมูลที่ถูกรวบรวมไว้โดยข้อมูลมีความเกี่ยวข้องกัน และการบันทึกข้อมูลไม่ได้มีการบังคับให้เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลายๆแฟ้มข้อมูล [11] ซึ่งข้อมูลที่ถูกจัดเก็บแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ [12] ได้แก่ ข้อมูลประเภทที่สามารถนำไปคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ คือข้อมูลที่เป็นตัวเลข (Numeric) และต้องเป็นตัวเลขล้วน ๆ เช่น ความดันลมในกระบอกสูบ (Pressure) แรงกด (Force) เป็นต้น และข้อมูลชนิดที่ไม่สามารถนำไปคำนวณได้ เช่น ข้อมูลที่เป็นตัวอักษร เป็นต้น

ระบบฐานข้อมูล (Database system) คือระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างมีระบบ โดยข้อมูลมีความสัมพันธ์กันที่ชัดเจน ระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายๆแฟ้มข้อมูลและผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (Data base management system) [13]

2.5.1 นิยามและคำศัพท์พื้นฐานเกี่ยวกับฐานข้อมูล

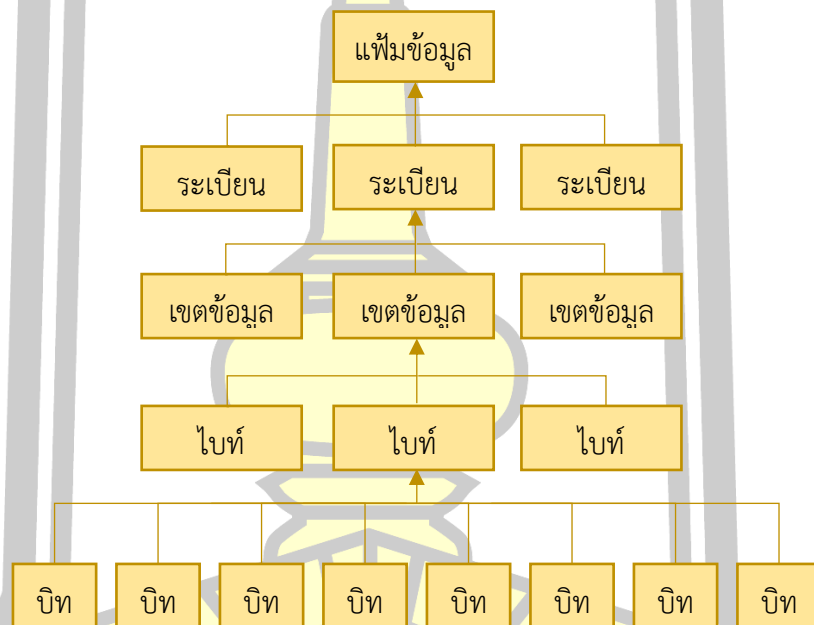
1) บิต (Bit) หมายถึง หน่วยเก็บข้อมูลที่เล็กที่สุดในเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่เป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณไฟฟ้า 2 สถานะ ได้แก่ 0 กับ 1 หรือ เปิดกับปิด หรือ จริงกับเท็จ การแทนค่าบิตที่มีสัญญาณไฟฟ้า ให้มีค่าเป็น 1 และสัญญาณที่ไม่มีไฟฟ้า มีค่าเป็น 0 จำนวนค่าเพียง 1 ค่านี้ เรียกว่า 1 บิต [14]

2) ไบท์ (Byte) หมายถึง หน่วยของข้อมูลที่เกิดจากการนำบิตมารวมกันเป็นตัวอักษร (Character) การนำค่าบิตจำนวน 8 บิต มาเรียงต่อกันตามมาตรฐานรหัส ASCII จะแทนค่าตัวอักษรได้ 1 ตัวอักษร [14]

3) เขตข้อมูล (Field) หมายถึง หน่วยของข้อมูลที่ประกอบขึ้นจากตัวอักษรตั้งแต่หนึ่งตัวขึ้นไปมารวมกันแล้วได้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น ชื่อ นามสกุล เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้ว่า ไบท์ตั้งแต่หนึ่งไบท์ขึ้นไปประกอบกันเป็นเขตข้อมูล [14]

4) ระเบียบ (Record) หมายถึง เขตข้อมูลที่นำมารวมกันหลาย ๆ เขตข้อมูล เพื่อให้เกิดข้อมูลเรื่องใดเรื่องหนึ่งขึ้น [14]

5) แฟ้มข้อมูล (File) หมายถึง หน่วยของข้อมูลที่เกิดจากการนำระเบียบเรื่องเดียวกันมารวมกันหลาย ๆ ระเบียบ เช่น แฟ้มข้อมูลของพนักงานบริษัทจำนวน 500 คน เป็นต้น [14]

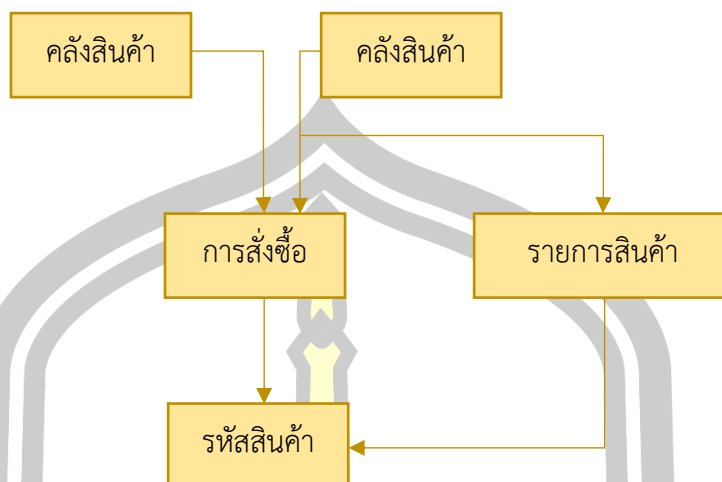


ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของข้อมูล

2.5.2 รูปแบบของฐานข้อมูล

โดยทั่วไปแล้วในปัจจุบันแบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 4 รูปแบบดังนี้

1) ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย (Network Database) โครงสร้างของฐานข้อมูลชนิดนี้จะมีลักษณะคล้ายร่างแห โดยมีโครงสร้างคล้ายรูปแบบลำดับชั้นแต่มีข้อแตกต่างคือโครงสร้างแบบเครือข่ายสามารถยินยอมให้ระดับที่อยู่เหนือกว่ามีหลายแฟ้มข้อมูลได้ [15]



ภาพประกอบ 13 ฐานข้อมูลแบบเครือข่าย [15]

2) ฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น (Hierarchical Database) มีโครงสร้างแบบต้นไม้หรือความสัมพันธ์ในลักษณะพ่อกับลูก กล่าวคือ พ่อ 1 คน สามารถมีลูกได้หลายคน หรือ พ่อ 1 คน สามารถมีลูกได้คนเดียว แต่ลูก 1 คน ไม่สามารถมีพ่อหลายคนได้ คือมีพ่อได้แค่คนเดียว[14]

3) ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) เป็นการเก็บข้อมูลในรูปแบบที่เป็นตาราง (Table) หรือเรียกอีกอย่างว่าความสัมพันธ์ (Relation) เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน โดยมีลักษณะเป็น 2 มิติ คือเป็นแถว (Row) และเป็นคอลัมน์ (Column) [14]

ตาราง 1 ตัวอย่างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์

รหัสสนิิต	ชื่อ-สกุล	เบอร์โทรศัพท์
61010383000	สุนันท์ คงยิ่ง	0907481440
61010383001	มาริโอ เมาเร่อ	0885671234
61010383002	แดน วรเวช	0851415505

2.5.3 โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล

โปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่ช่วยในด้านการบริหารข้อมูลไม่ว่าจะเป็นการจัดเก็บข้อมูล การเรียกใช้ข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล เช่น การเพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล หรือแก้ไขข้อมูลที่เคยถูกบันทึกไว้แล้ว เป็นต้น สำหรับโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลในปัจจุบันมีให้เลือกใช้ด้วยกันหลากหลายโปรแกรม เช่น Microsoft Access, FoxPro, Clipper, dBase, FoxBASE, Oracle, Microsoft SQL Server, MySQL เป็นต้น โดยแต่ละโปรแกรมจะมีความสามารถ

โดดเด่นที่แตกต่างกันออกไป และโปรแกรมบางโปรแกรมสามารถใช้ได้ฟรี แต่บางโปรแกรมต้องเสียค่าใช้จ่ายจึงสามารถใช้งานโปรแกรมนั้นได้

2.6 ภาษาไพธอน

ภาษาไพธอน เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยภาษาไพธอนได้รวบรวมจุดเด่นของภาษาคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ มาไว้ในภาษาไพธอน คือ เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์ที่เข้าใจง่ายและใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ ลดความซับซ้อนและความผิดพลาดจากการประกาศใช้ตัวแปร เพราะสามารถกำหนดตัวแปรพร้อมกับค่าที่ต้องการจัดเก็บโดยไม่ต้องคำนึงถึงชนิดของข้อมูล นอกจากนี้ยังสนับสนุนการเขียนโปรแกรมหลายกระบวนการทันที ทั้งการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้างเชิงฟังก์ชัน การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP) การเขียนโปรแกรมเชิงคำสั่ง และการเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนการ [16]

ภาษาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างมีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกันออกไป สำหรับในภาษาไพธอนจะมีคุณสมบัติที่โดดเด่นดังนี้

- 1) มีโครงสร้างของภาษาที่เข้าใจง่าย
- 2) แปลภาษาด้วยอินเทอร์พรีเตอร์ ซึ่งอินเทอร์พรีเตอร์จะใช้เวลาในการวิเคราะห์ซอร์สโค้ดที่น้อย
- 3) รันโปรแกรมได้หลายแพลตฟอร์ม
- 4) ไพธอนมีอินเทอร์เน็ตเฟสที่สามารถเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลได้
- 5) สนับสนุนการสร้างโปรแกรมแบบ GUI

2.7 ภาษาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาเว็บเพจ

ในการเขียนเว็บเพจขึ้นมานั้นจำเป็นต้องมีโปรแกรมที่ช่วยเหลือในการเขียน เช่น Adobe Dreamweaver KompoZer Notepad เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้เป็นโปรแกรมเป็นโปรแกรมเขียนเว็บเพจที่สนับสนุนภาษาในการเขียนเว็บเพจต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น HTML, PHP, JavaScript, CSS, JSP, ASP และอื่นๆ

2.7.1 HTML

HTML (Hypertext Markup Language) คือภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล ในความหมายของ HTML หมายถึง ภาษาที่ใช้ Tag ในการแสดงผลเว็บเพจที่ต่างก็เชื่อมถึงกันใน Hyperspace ผ่าน Hyperlink [17] ภาษา HTML จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของคำสั่ง (Tag) เป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบข้อความที่แสดง โดยจะเขียนอยู่ใน

เครื่องหมาย < > และส่วนที่สองคือ ส่วนของบทความทั่วไป เป็นส่วนของข้อความที่ต้องการแสดงผล [18]

```
<html>
  <head>
    <title> หัวข้อเรื่อง ของ
    หน้านี้ </title>
  </head>
  <body>
    เนื้อหาที่จะแสดงใน
    web browser
  </body>
</html>
```

ภาพประกอบ 14 การเขียนเว็บเพจด้วยภาษา HTML [18]

2.7.2 PHP

PHP ย่อมาจาก PHP Hypertext Preprocessor คือภาษาคอมพิวเตอร์จำพวก Scripting Language ภาษาจำพวกนี้คำสั่งจะถูกเก็บอยู่ในไฟล์ที่เรียกว่า Script และเวลาใช้งานต้องอาศัยตัวแปรชุดคำสั่ง PHP แตกต่างจากภาษาสคริปต์อื่นคือ PHP ได้รับการออกแบบและพัฒนามาเพื่อใช้งานและสร้างเอกสารแบบ HTML จึงกล่าวได้ว่า PHP เป็นภาษาที่เรียกว่า Server-side หรือ HTML-embedded scripting language [19]

2.7.3 Java Script

Java Script คือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมอย่างสูงในปัจจุบันสำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต Java JavaScript เป็น ภาษาสคริปต์เชิงวัตถุ ใช้ในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์ (ใช้ร่วมกับ HTML) เพื่อให้เว็บเพจมีความเคลื่อนไหวและสามารถตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ดีมากขึ้น ภาษา Java Script จะแปลความและดำเนินงานไปที่ละคำสั่ง [20]

2.7.4 CSS

CSS ย่อมาจาก Cascading Style Sheets มีลักษณะภาษาที่มีรูปแบบการเขียนไวยากรณ์แบบเฉพาะ CSS ใช้สำหรับตกแต่งเอกสาร HTML/XHTML ให้มีหน้าตา สี สัน ระยะเวลา ฟันหลัง เส้นขอบ และอื่น ๆ ตามที่ต้องการ [21]

2.8 ราสเบอร์รี่ ไพ

ราสเบอร์รี่ ไพ (Raspberry Pi) คือ บอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีความสามารถเทียบเท่ากับคอมพิวเตอร์และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ เช่น จอมอนิเตอร์ คีย์บอร์ด เมาส์ เป็นต้น ราสเบอร์รี่ ไพสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ การเขียนโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการใช้งานโปรแกรมต่าง ๆ ได้ เช่น Spreadsheet Word Processing ท่องอินเทอร์เน็ต ส่งอีเมล หรือเล่นเกมส์ อีกทั้งยังสามารถเล่นไฟล์วิดีโอความละเอียดสูง

บอร์ดราสเบอร์รี่ ไพ รองรับระบบปฏิบัติการหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Raspbian (Debian) Pidora (Fedora) และ Arch Linux เป็นต้น โดยติดตั้งบน SD Card บอร์ด Raspberry Pi นี้ถูกออกแบบมาให้มี CPU GPU และ RAM อยู่ภายในชิปเดียวกัน และมีมีจุดเชื่อมต่อ GPIO ให้ผู้ใช้สามารถนำไปใช้ร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น การใช้งานร่วมกับตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนในการแสดงข้อมูลหรือรับข้อมูลได้ด้วย [22] แต่ก่อนที่ราสเบอร์รี่ ไพ จะใช้งานได้จะต้องมีการลงระบบปฏิบัติการก่อน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐภัททกฤษฎ์ ทิมาบุตร (2011) [1] ได้ทำการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์วัดแรงกดในฝ่าเท้าอย่างง่าย โดยมีลักษณะเป็นเครื่องวัดแรงกดในฝ่าเท้าแบบแผ่นรองเท้า สำหรับวัดแรงกดในฝ่าเท้าที่เกิดขึ้นทั้งขณะยืนและเดิน ในส่วนของแผ่นรองเท้าถูกออกแบบให้มีตัวตรวจจับข้างละ 3 ตัว ซึ่งตัวตรวจจับที่เลือกใช้เป็นตัวตรวจจับที่ใช้หลักการของเพียโซรีซิสทีฟที่สามารถวัดแรงที่มากกระทำให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ แล้วสัญญาณที่ได้จะถูกแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabView

Guanhao Liang (2015) ได้ออกแบบตัวตรวจวัดแรงแบบยืดหยุ่นโดยใช้ตัวเก็บประจุ [2] โดยค่าความจุของตัวเก็บประจุจะเพิ่มขึ้นเมื่อความโค้งของพื้นผิวลดลง และในทางตรงข้ามกันค่าความจุของตัวเก็บประจุจะลดลงเมื่อพื้นผิวมีความโค้งเพิ่มขึ้น

ศรุธณี อ่อนน้อม (2014) [3] ได้ทำโครงงานระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมและตรวจสอบการเจริญเติบโตของไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ผ่านอินเทอร์เน็ต โครงงานนี้ได้พัฒนาระบบตรวจสอบ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง และการเจริญเติบโตของไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ผ่านอินเทอร์เน็ต โดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราสเบอร์รี่ ไพ ร่วมกับภาษาไพธอน ในการประมวลผล แล้วส่งข้อมูลผลการวัดเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล และแสดงข้อมูลดังกล่าวผ่าน Web Application ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ซึ่งได้แก่ PHP HTML และ Java Script

พิทักษ์ จิตรสำราญ (2017) [4] ได้นำเสนอบทความ การพัฒนาฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตบนพื้นฐานตรรกคลุมเครือและราสเบอร์รี่ ไพ โดยเป็นระบบฟาร์มไก่แบบสมาร์ตเพื่อช่วยเหลือเกษตรกร โดยเฉพาะผู้เลี้ยงอิสระจากทั้งฟาร์มขนาดกลางและขนาดเล็กที่ไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มตามแนวปฏิบัติที่ดีได้อย่างแม่นยำและเป็นอัตโนมัติ ฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ตทำงานบนฐานตรรกศาสตร์แบบคลุมเครือโดยใช้ ราสเบอร์รี่ ไพ ประมวลผลข้อมูลนำเข้าที่เก็บได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งอยู่ภายในฟาร์ม เพื่อสร้างสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในฟาร์ม ที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณโรงเรือนเลี้ยงไก่

ชุตินา เกียรติเสวี (2008) [5] ได้วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลคุณภาพไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าในระบบส่งระดับ 115 kV การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนข้อมูลป้อนเข้า เลือกแบบข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วยแบบข้อมูลเดี่ยวและแบบข้อมูลเปรียบเทียบ เลือกช่วงเวลาที่ต้องการดูข้อมูล โดยสามารถระบุวันเริ่มต้นที่ต้องการดูได้ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนวิเคราะห์แสดงผลข้อมูลโดยดึงข้อมูลจาก SQL Database แล้ววิเคราะห์ค่าเชิงสถิติเพื่อนำค่ามาที่วิเคราะห์มาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ส่วนที่ 3 ส่วนการแสดงผล ได้นำเสนอข้อมูลในรูปภาพต่าง ๆ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ช่วยลดเวลาในการคำนวณและทรัพยากรบุคคลโดยใช้โปรแกรมฐานข้อมูล SQL และ Delphi

Dhiraj (2017) [23] ได้นำเสนอ Web based Environmental Monitoring System using Raspberry Pi ซึ่งเป็นระบบเฝ้าตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านเว็บโดยใช้ราสเบอร์รี่ ไพ โดยได้เฝ้าตรวจพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง คาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ ความชื้น และแผ่นดินถล่ม ระบบนี้ได้ดำเนินการโดยใช้ Arduino UNO และ Raspberry Pi ในการเชื่อมต่อกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ สำหรับตัวตรวจจับที่ใช้ในการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมคือ LDR (ตัวตรวจจับแสง) MQ7 (ตัวตรวจจับคาร์บอนไดออกไซด์) DHT11 (ตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น) และ Accelerometer sensor สำหรับค่าที่ถูกวัดจะถูกอัปโหลดขึ้นเว็บเซิร์ฟเวอร์และสามารถดูข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ได้ สำหรับซอฟต์แวร์ถูกเขียนขึ้นด้วย Arduino IDE และ ไพธอน ส่วนหน้าเว็บเพจเขียนขึ้นโดยภาษา HTML และ PHP

G S R Satyanarayana (2017) [24] ได้นำเสนอบทความ Application Oriented Sensor Database System ซึ่งเป็นระบบการจัดเก็บข้อมูลจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ และตัวตรวจจับคาร์บอนไดออกไซด์ เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลแล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์หากระบวนการประยุกต์ใช้ในการตรวจหาสิ่งปลอมปน โดยใช้ในการเชื่อมต่อในรูปแบบ Ethernet และระบบฐานข้อมูลที่ใช้คือ MySQL กระบวนการเก็บข้อมูลได้ใช้ภาษาไพธอน ในการเขียนโปรแกรมจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจจับ

Bhaumik Vaidya (2017) [25] ได้นำเสนอบทความเรื่อง Smart home automation with a unique door monitoring system for old age people using Python, OpenCV, Android and Raspberry pi อธิบายถึงระบบบ้านอัจฉริยะอัตโนมัติสำหรับผู้สูงอายุ โดยใช้ไพธอน OpenCV ราชเบอร์รี่ ไพ และ android application โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าจะถูกควบคุมโดยเซิร์ฟเวอร์ ราชเบอร์รี่ ไพ ซึ่งดำเนินงานตามคำสั่งของผู้ใช้ (สัมผัสหรือเสียง) ที่ได้รับจากโทรศัพท์มือถือ

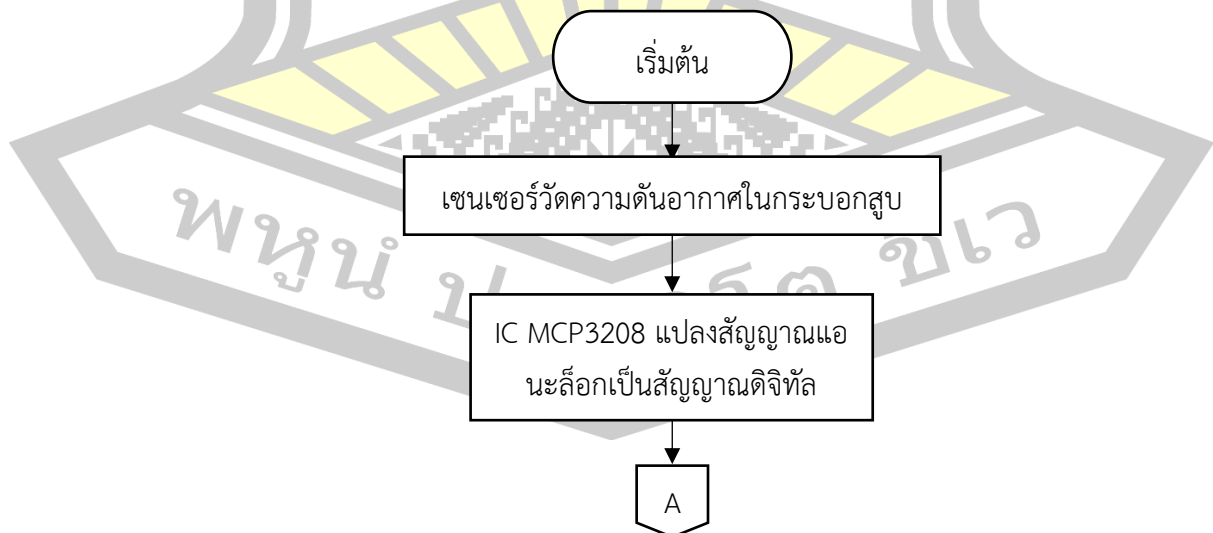


บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

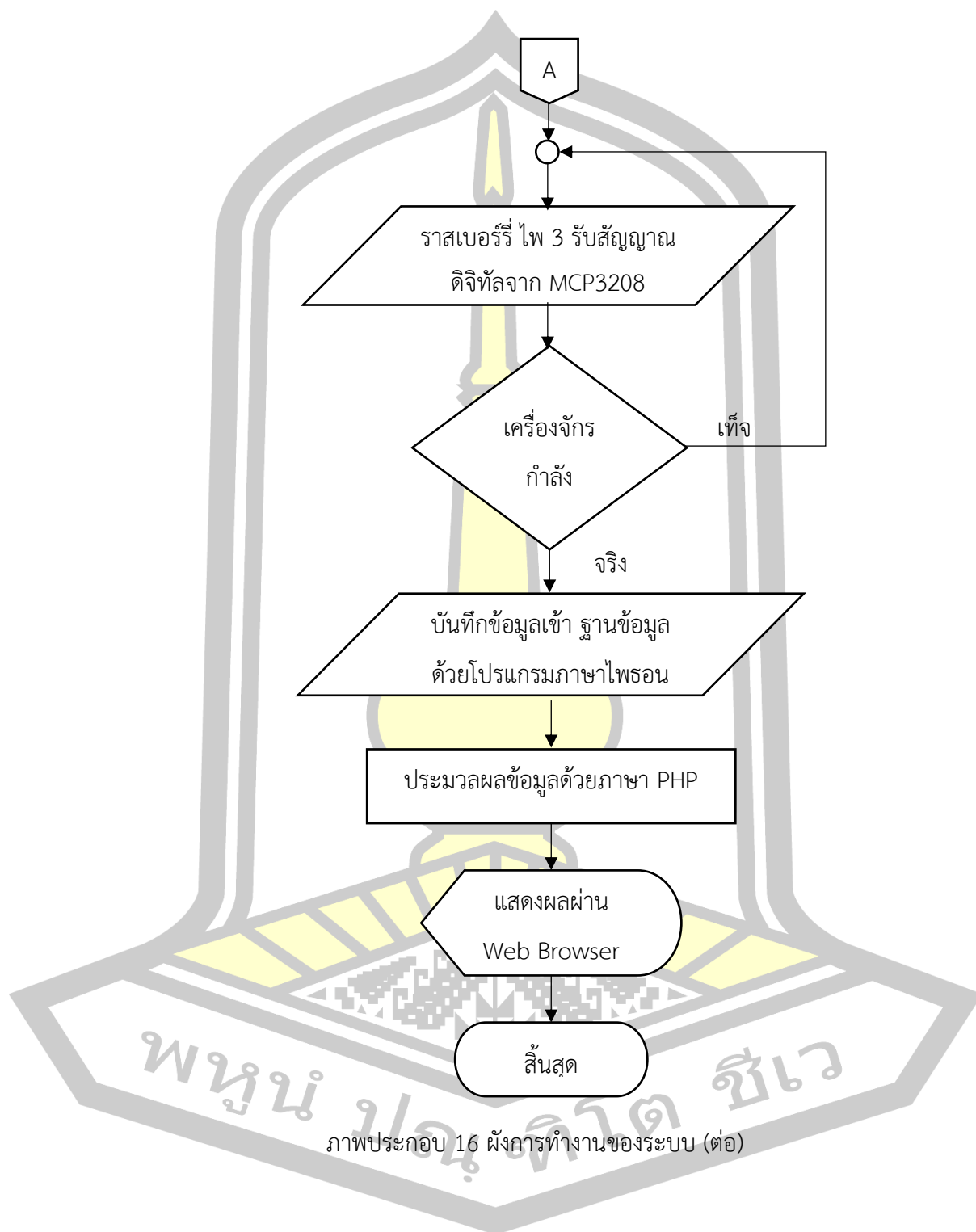
การดำเนินการวิจัยเรื่อง ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจวัดแรงดันในกระบอกสูบ มีขั้นตอนเริ่มจากการสังเกตการณ์ทำงานของเครื่องกดฝาด้านหลังของโทรศัพท์ ว่าในขณะที่เครื่องกำลังทำงานมีปัญหาตรงจุดไหนบ้างที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อการประกอบโทรศัพท์ หรือเกิดความเสียหายต่อโทรศัพท์ที่ประกอบ โดยได้ระบุปัญหาที่พบไว้แล้วในบทที่ 1 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมาวิเคราะห์ ศึกษา และหาทางแก้ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการวิเคราะห์ปัญหาของเครื่องจักรและสามารถซ่อมแซมหรือปรับค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรได้รวดเร็วขึ้น สำหรับในบทนี้จะอธิบายถึงวิธีการดำเนินการวิจัยและรวมไปถึงอุปกรณ์ที่เลือกใช้

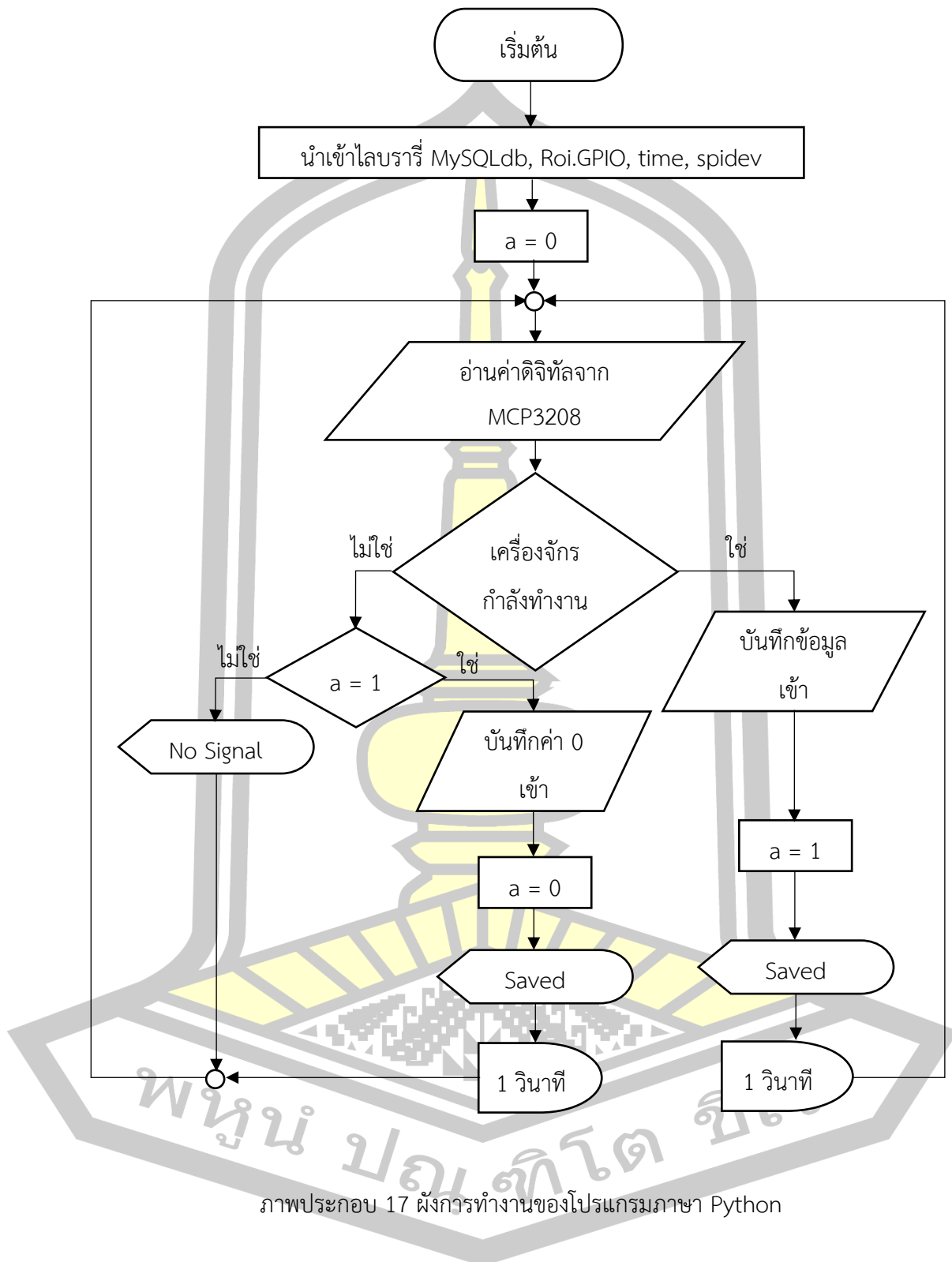
3.1 ออกแบบผังการทำงาน

จากผังการทำงานดังภาพประกอบ 15 สามารถอธิบายได้ดังนี้ เริ่มต้นจากเครื่องกดชิ้นงานทำงาน หัวกดของเครื่องกดชิ้นงานกดลงบนชิ้นงาน ตัวตรวจจับความดันอากาศภายในกระบอกสูบของหัวกดแต่ละหัวและส่งค่าผ่านไอซีแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยไอซีเบอร์ MCP3208 จากนั้นเมื่อแปลงสัญญาณของข้อมูลแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งไปที่ รัสเบอร์รี่ ไพ 3 ที่ขา GPIO ของบอร์ด โดยเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะอ่านสัญญาณดิจิทัลที่ส่งมาด้วยภาษาไพธอน และใช้โปรแกรมเดียวกันในการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล ซึ่งผังการทำงานของโปรแกรมแสดงในภาพประกอบ 16 ในส่วนของการแสดงผลจะแสดงผลด้วยเว็บเพจที่ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา HTML และ PHP



ภาพประกอบ 15 ผังการทำงานของระบบ





3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ที่เลือกใช้

ในส่วนนี้จะอธิบายรายละเอียดของเครื่องมือ อุปกรณ์ และซอฟต์แวร์ ที่เลือกใช้ในการทำการวิจัยในครั้งนี้โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์

3.2.1 ซอฟต์แวร์

ส่วนของซอฟต์แวร์เป็นส่วนที่ประมวลผลค่าของข้อมูลที่ได้รับมาจากฮาร์ดแวร์ แล้วส่งข้อมูลที่ได้ออกไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลและแสดงผลด้วยเว็บเพจที่เขียนขึ้นมาเพื่องานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วยซอฟต์แวร์ดังต่อไปนี้

1) ไพธอน ทางผู้วิจัยได้เลือกนำภาษาไพธอนมาใช้ในครั้งนี้เนื่องจากเป็นภาษาที่เปิดให้ใช้ฟรีและเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายต่อการสร้างโปรแกรมขึ้นมาเพื่อรองรับการประมวลผลของข้อมูลของงานวิจัยนี้ และที่สำคัญเป็นภาษาที่สามารถใช้กับบอร์ดราสเบอร์รี่ ไพ 3 ได้ดี เนื่องจากเป็นภาษาที่ถูกติดตั้งมากับระบบปฏิบัติการ Raspbian

2) MySQL คือ โปรแกรมระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบรองรับคำสั่ง SQL เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูล ที่ต้องใช้ร่วมกับเครื่องมือหรือโปรแกรมอื่นอย่างบูรณาการ เพื่อให้ได้ระบบงานที่รองรับ ความต้องการของผู้ใช้ เช่นทำงานร่วมกับเครื่องบริการเว็บ (Web Server) เพื่อให้บริการแก่ภาษาสคริปต์ที่ทำงานฝั่งเครื่องบริการ (Server-Side Script) เช่น ภาษา PHP เป็นต้น [26] ในการติดตั้งโปรแกรม Appserv จะมีฐานข้อมูล MySQL ติดตั้งมาให้เรียบร้อยแล้ว

3) PHP เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีรูปแบบเป็นภาษา Sever Side Script หมายถึงภาษาที่ทำงานทางด้านฝั่งของเซิร์ฟเวอร์เท่านั้น โดยทั่วไปใช้ร่วมกับภาษา HTML ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้สำหรับสร้างเว็บเพจ

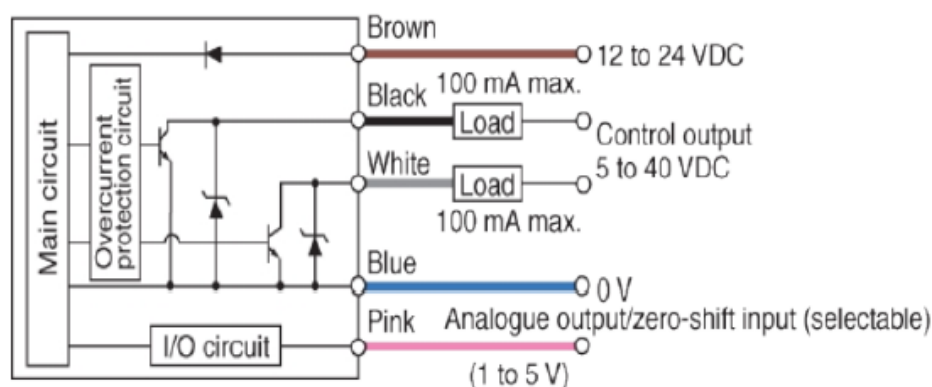
4) HTML คือภาษาหลักที่ใช้ในการเขียนเว็บเพจ โดยใช้ Tag ในการกำหนดการแสดงผล ในที่นี้ทางผู้วิจัยมีจุดมุ่งหมายในการแสดงข้อมูลผ่านเว็บเพจ จึงเลือกใช้ภาษา HTML ในการสร้างเว็บเพจ

5) Appserv คือชุดโปรแกรมในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์สำเร็จรูปบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows จัดทำขึ้นโดย ภาณุพงศ์ ปัญญาดี เป็นการรวมโปรแกรมจำนวน 4 ตัวในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ Apache HTTP Server, PHP, MySQL, และ phpMyAdmin

3.2.2 ฮาร์ดแวร์

ในส่วนทางด้านฮาร์ดแวร์ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ที่สำคัญต่อการอ่านปริมาณทางฟิสิกส์ ซึ่งคือความดันอากาศในกระบอกสูบของเครื่องกดชิ้นงาน และอุปกรณ์ในการประมวลผลข้อมูลที่อ่านค่ามาได้ดังต่อไปนี้

1) ตัวตรวจจับแรงดันอากาศ ยี่ห้อ Keyence รุ่น AP-C33W คือ อุปกรณ์ตรวจจับแรงดันของก๊าซหรือเหลว ตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดัน เช่น เซอร์ถูกสร้างให้มีเยื่อบางที่สามารถโค้งงอตามความดัน ซึ่งระดับความโค้งงอสามารถวัดได้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความต้านทาน หรือ การเปลี่ยนแปลงของการเก็บประจุ ตัวตรวจจับชนิดนี้สามารถวัดแรงดันอากาศได้ตั้งแต่ 0 MPa ถึง 1 MPa จากช่วงแรงดันอากาศที่สามารถวัดได้ถือว่าครอบคลุมค่าความดันอากาศที่ใช้ในบริษัทดังกล่าว และตัวตรวจจับชนิดนี้สามารถส่งสัญญาณแอนะล็อกที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1-5 VDC ออกมาได้



ภาพประกอบ 18 ตัวตรวจจับแรงดันรุ่น AP-C33W [27]

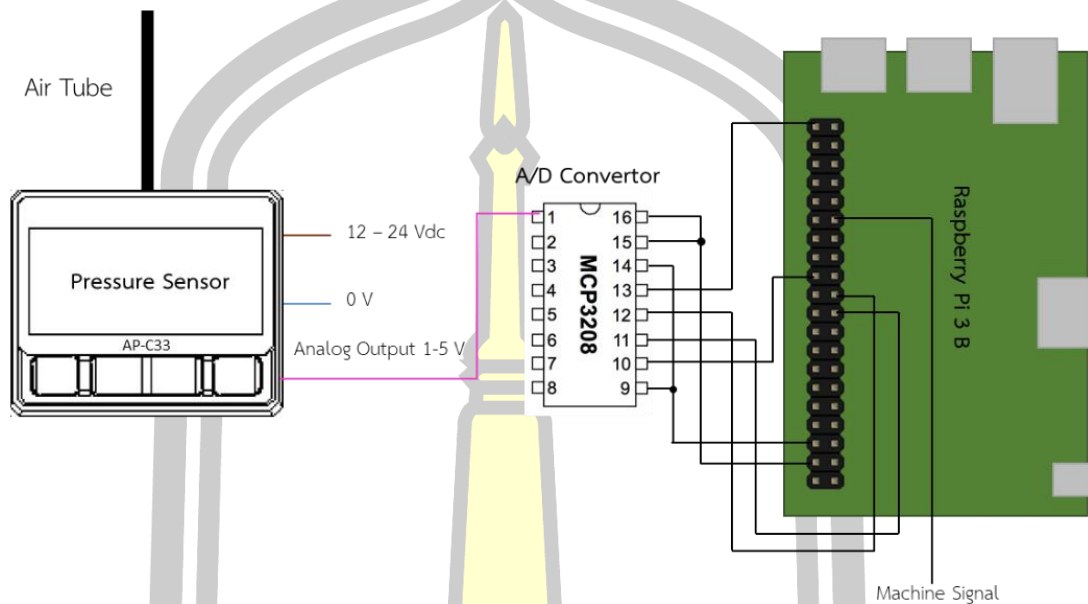
Keyence รุ่น AP-C33W จะมีสายเชื่อมต่อกันทั้งหมด 5 สาย แต่ในส่วนของ การทดลองนี้ใช้สายเชื่อมต่อของตัวตรวจจับแรงดันอากาศเพียง 3 สาย ดังนี้

- 1) สายสีน้ำตาล ต่อเข้ากับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12-24 V
- 2) สายสีน้ำเงิน ต่อเข้ากับกราวด์
- 3) สายสีชมพู เป็นสัญญาณแอนะล็อกขาออกที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1-5 V

5 V

2) ไอซีเบอร์ MCP3208 คือ Analog to Digital Converter หรือ อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล เมื่อสัญญาณแอนะล็อกแปลงเป็นดิจิทัลแล้วจึงส่งมาให้คอมพิวเตอร์ประมวลผล วิเคราะห์ แสดงผล และส่งข้อมูลได้

3) ราสเบอร์รี่ ไพ 3 เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถเชื่อมต่อหน้าจอบนจอแสดงผล แป้นพิมพ์ เมาส์ อินเทอร์เน็ต ได้ ซึ่งสะดวกต่อการติดตั้งเนื่องจากมีขนาดเล็ก และยังมีขา GPIO ให้ใช้งาน รวมทั้งยังสามารถใช้เขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนได้เป็นอย่างดี



ภาพประกอบ 19 การเชื่อมต่อระหว่าง Keyence AP-C33W MCP3208 และ Raspberry Pi 3 B

จากภาพประกอบ 19 อธิบายถึงการเชื่อมต่อกันระหว่างตัวตรวจจับแรงดันอากาศ Keyence รุ่น AP-C33W อุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล MCP3208 และคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กราสเบอร์รี่ ไพ 3 สัญญาณที่ถูกส่งออกมาจากตัวตรวจจับแรงดันอากาศจะเป็นสัญญาณแอนะล็อก ซึ่ง Raspberry Pi สามารถรับได้แค่สัญญาณดิจิทัล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อให้ตัวตรวจจับแรงดันอากาศสามารถสื่อสารกับราสเบอร์รี่ ไพ ได้

3.3 ออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองไว้ดังนี้

- 1) ออกแบบฮาร์ดแวร์เพื่อที่จะวัดและรับข้อมูลจากการวัด
- 2) เขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน เพื่อรับข้อมูลจากตัวตรวจจับที่อ่านค่าแรงดันอากาศจากกระบอกสูบและบันทึกข้อมูลที่อ่านเข้าระบบฐานข้อมูล
- 3) ทดลองวัดค่าแรงดันอากาศภายในท่อหัวกดของเครื่องกดชิ้นงาน ด้วยตัวตรวจจับแรงดันอากาศ จากนั้นบันทึกแรงดันไฟฟ้าที่ออกมาจากตัวตรวจจับแรงดันอากาศ โดยการนำมิเตอร์วัด

แรงดันไฟฟ้าชั่วคราวต่อเข้ากับสายสีชมพูของตัวตรวจจับ และขั้วลบต่อเข้ากับสายสีน้ำเงินของตัวตรวจจับ และวัดค่าแรงกดของหัวกดด้วยโพลดเซลล์ไว้ในตารางบันทึกผล ทำการทดลองนี้ที่หัวกดชิ้นงานเดียวกันและเวลาเดียวกัน

4) นำข้อมูลที่ได้ในข้อ 3) มาหาความสัมพันธ์และสมการเพื่อเปลี่ยนค่าแรงดันอากาศภายในกระบอกสูบให้เป็นแรงกด

5) เก็บข้อมูลการวัดแรงกดเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงกับเครื่องวัดแรงกดที่ใช้ในบริษัทที่ทำการศึกษา คือ โพลดเซลล์ยี่ห้อ Mark 10 รุ่น R02 ต่อไปนี้จะเรียกว่า “โพลดเซลล์” โดยเก็บค่ามาเปรียบเทียบที่แรงกดเท่ากัน และทำการวัดทั้งหมด 1,000 ครั้ง

6) เก็บข้อมูลการวัดแรงกดเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงกับโพลดเซลล์ โดยการเพิ่มแรงดันอากาศขึ้นทีละ 0.02 MPa และบันทึกผลการวัดแรงที่อ่านได้จากเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับโพลดเซลล์

7) ทำการเก็บข้อมูลในข้อ 5) และข้อ 6) ซ้ำโดยการทดลองที่เครื่องกดชิ้นงานเครื่องอื่น

8) ทดลองการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลด้วยไพธอน และ MySQL

9) ออกแบบเว็บเพจสำหรับการแสดงผล

10) นำเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นไปติดตั้งใช้งานจริง



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

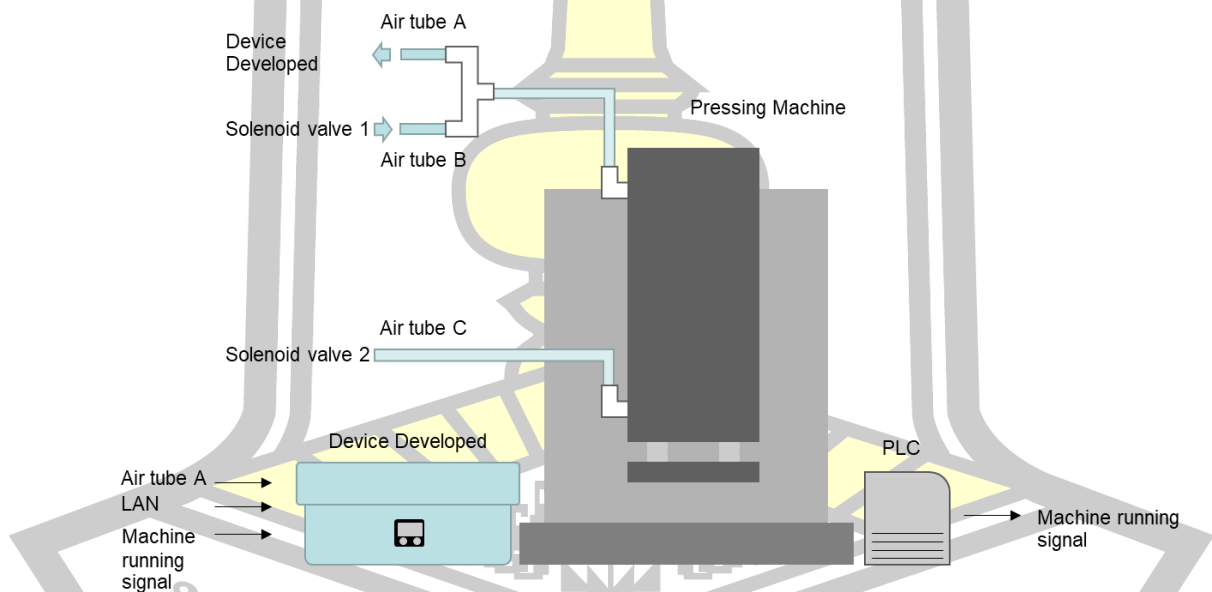
ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิจัยและรวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลอง โดยจะกล่าวถึงโครงสร้างเครื่องมือในการวิจัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การเปรียบเทียบแรงกดที่วัดโดยเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัดแรงกดที่ใช้อ้างอิง คือเครื่องโหลดเซลล์

4.1 โครงสร้างเครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ

เครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- 1) ตัวตรวจจับแรงดันอากาศ (Pressure sensor) ยี่ห้อ Keyence รุ่น AP-C33W
- 2) ไอซีแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เบอร์ MCP3208
- 3) เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กกราสเบอร์รี่ ไพ 3 โมเดลบี

ในการเชื่อมต่อข้อมูลกันของอุปกรณ์ทั้ง 3 แสดงไว้ดังภาพประกอบ 19



ภาพประกอบ 20 การติดตั้งเครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ

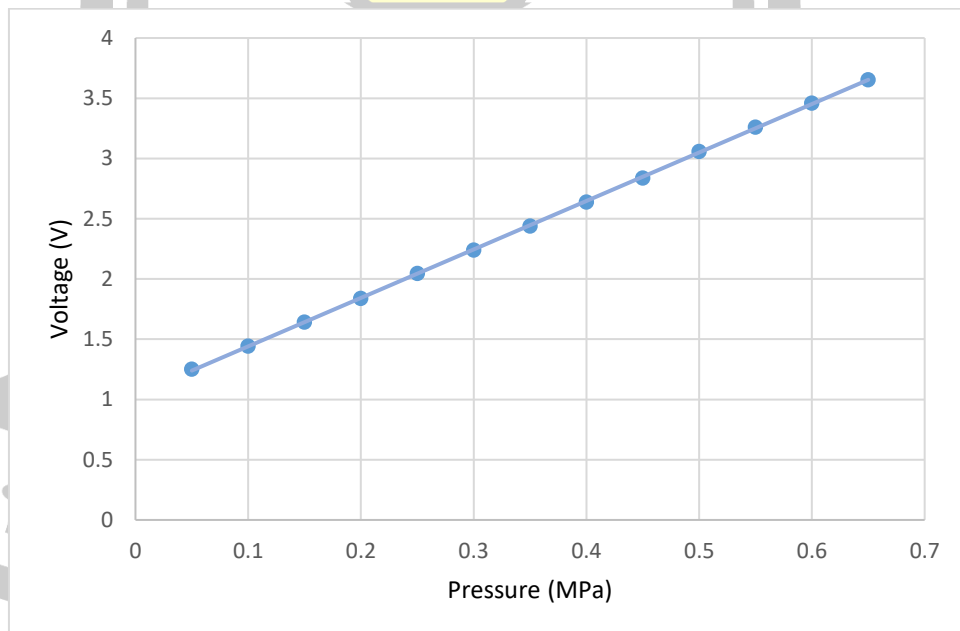
จากภาพประกอบ 20 เป็นการอธิบายถึงการติดตั้งระบบวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นมาเข้ากับเครื่องกดชิ้นงานชิ้นงาน



ภาพประกอบ 21 เครื่องวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับความดันอากาศในกระบอกสูบ

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับแรงดันไฟฟ้า

จากภาพประกอบ 22 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศและแรงดันไฟฟ้าที่อ่านได้จากตัวตรวจจับแรงดันอากาศในกระบอกสูบ (Pressure sensor) จากการทดลองได้นำผลการบันทึกการทดลองมาสร้างกราฟได้ดังภาพ แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ทั้งสองค่ามีความสัมพันธ์กันแนวนุ่มเป็นลักษณะเชิงเส้นตรง



ภาพประกอบ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันอากาศกับแรงดันไฟฟ้า

4.3 การทดลองเพื่อหาสมการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงกด

การทดลองเพื่อหาสมการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นแรงกด เป็นการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจจับแรงดันอากาศในกระบอกสูบ (Pressure sensor) และแรงกดจากโหลดเซลล์ ซึ่งค่าทั้งสองเกิดจากการทดลองที่หวักดตำแหน่งเดียวกันและเวลาเดียวกัน และบันทึกผลการทดลองไว้ในตารางบันทึกผลซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของแต่ละครั้งมาสร้างแผนภาพการกระจาย

วิธีการวัดและเก็บข้อมูลในการทดลองนี้จะทำการปรับลมเพื่อให้เครื่องกดขึ้นงานมีแรงกดที่เพิ่มขึ้นทีละ 2 นิวตัน และอ่านค่าแรงกดจากโหลดเซลล์ และค่าแรงดันไฟฟ้าจากมัลติมิเตอร์ โดยวัดที่ขาสัญญาณแอนะล็อกของตัวตรวจวัดความดันอากาศ (Pressure sensor) และหาแรงดัน 0 V

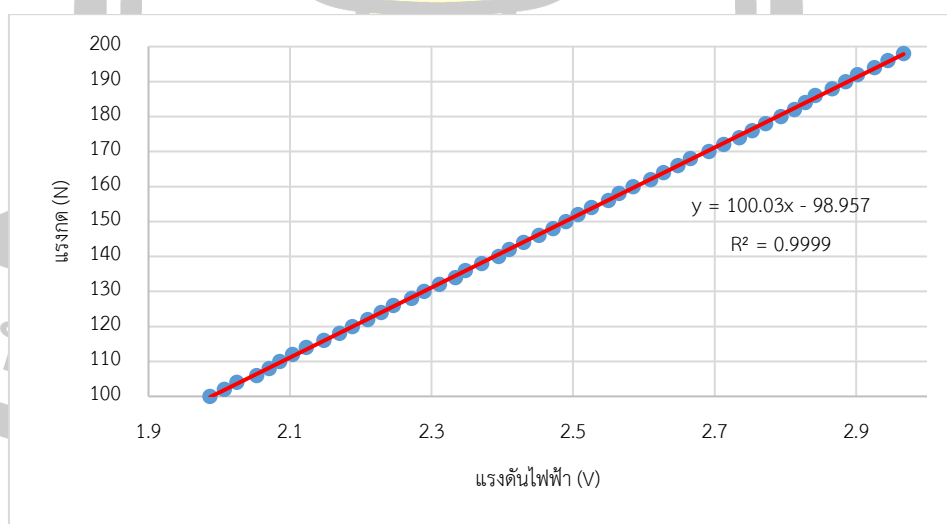
จากภาพประกอบ 23 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของเครื่องกดขึ้นงาน 1 โดยทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 50 รอบ ในหนึ่งรอบจะบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า 3 ครั้ง และความดันอากาศในกระบอกสูบ 3 ครั้งแล้วนำไปหาค่าเฉลี่ย เมื่อนำค่าแรงกด (แกนแนวตั้ง) และค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า (แกนแนวนอน) มาสร้างกราฟ จะได้กราฟและสมการดังภาพประกอบ 22

สมการที่ได้คือ

$$y = 100.03x - 98.957 \quad (1)$$

เมื่อ

y คือ Force
x คือ Voltage



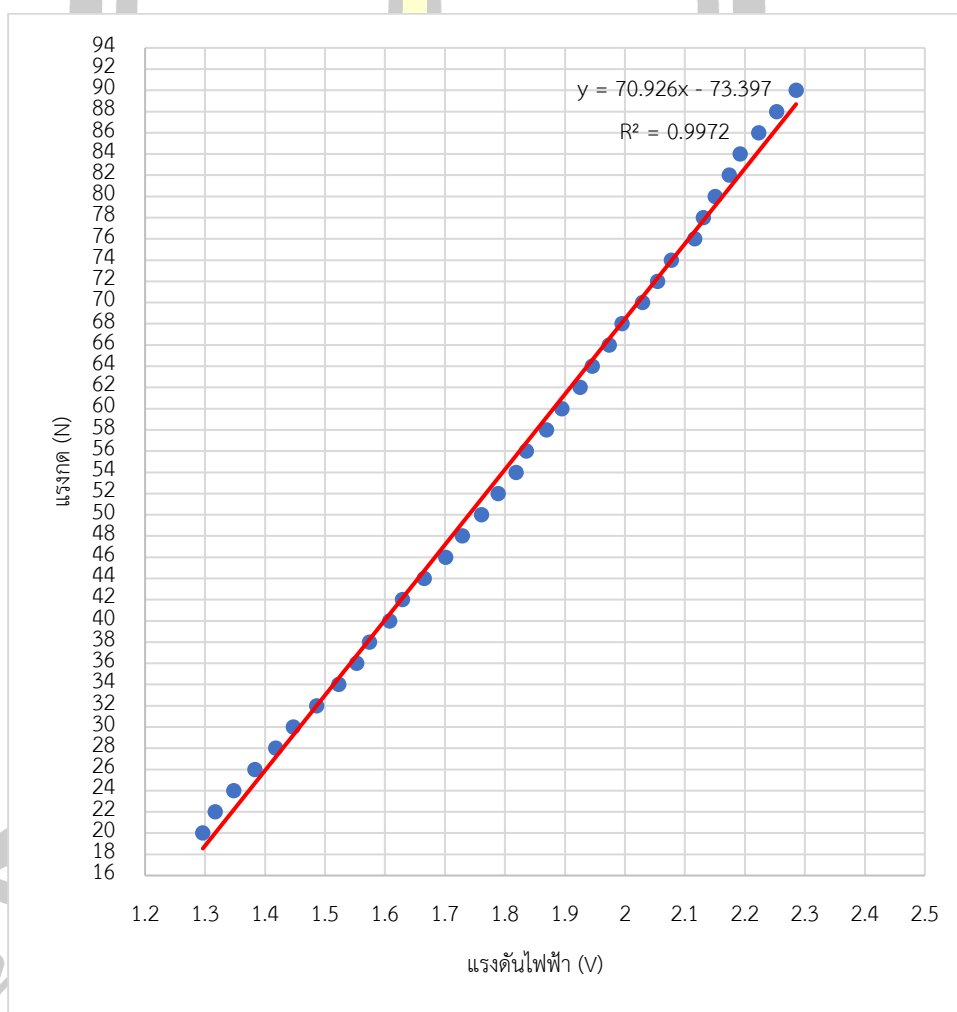
ภาพประกอบ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของเครื่องกดขึ้นงาน 1

จากภาพประกอบ 24 คือผลการทดลองและบันทึกผลที่เครื่องกวดขึ้นงาน 2 ด้วยวิธีการเดียวกันกับเครื่องกวดขึ้นงาน 1 โดยทำการทดลองทั้งหมด 30 รอบ และเมื่อนำค่าแรงกวด (แกนแนวตั้ง) และค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า (แกนแนวนอน) มาสร้างกราฟ จะได้กราฟและสมการดังภาพประกอบ 24

สมการที่ได้คือ $y = 70.926x - 73.397$ (2)

เมื่อ y คือ Force

x คือ Voltage



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ของเครื่องกวดขึ้นงาน 2

สมการทั่วไปของความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรง คือ $y = ax + b$ เมื่อ a และ b คือ ค่าคงที่ จะพบว่า มีตัวแปร x เป็นตัวแปรอิสระ y เป็นตัวแปรตาม และมีค่าคงที่ คือ a และ b [28]

สมการทั่วไป $y = ax + b$ (3)

$$\text{สมการปกติ} \quad \sum y = a \sum x + nb \quad (4)$$

$$\sum xy = a \sum x^2 + b \sum x \quad (5)$$

จากสมการทั้งสอง อาศัยคุณสมบัติของค่าเฉลี่ยเลขคณิต จะได้ a และ b ดังนี้

$$a = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \quad (6)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (7)$$

เมื่อ \bar{x} คือค่าเฉลี่ยของตัวแปร x

\bar{y} คือค่าเฉลี่ยของตัวแปร y

การหา Coefficient of Determination เป็นการคำนวณหาตัวชี้วัดว่า Model นี้สมควรจะได้รับการยอมรับมากน้อยเพียงใด หลักการคือหาค่า Error จากการเปลี่ยนแปลงค่า X ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เราสนใจ กับค่า Error รวมทั้งหมด ถ้าค่าที่ได้ใกล้เคียงกันก็ถือว่ายอมรับได้ ถ้าน้อยก็แสดงว่าค่า Error อื่น ๆ ที่ไม่รู้ที่ไปที่มีปนอยู่มากถึงระดับหนึ่งอาจจะไม่สามารถยอมรับ Model นี้ได้เลย เรียกตัวชี้วัดนี้ว่า R^2 โดยสามารถหาค่า Coefficient of Determination (R^2) ดังสมการต่อไปนี้ [29]

$$R^2 = \frac{SS_{Regression} \times 100}{SS_{Total}} \% \quad (8)$$

$$\text{เมื่อ} \quad SS_{Regression} = \sum (Y(i) - \bar{Y})^2 - \sum (Y(i) - \hat{Y})^2 \quad (9)$$

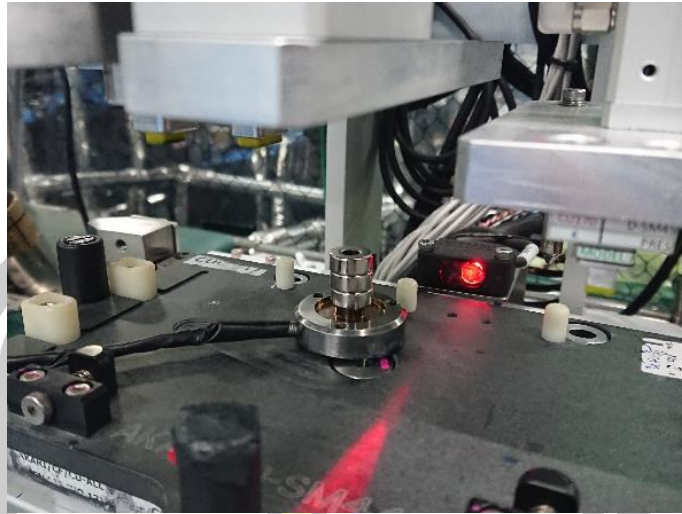
$$SS_{Total} = \sum (Y(i) - \bar{Y})^2 \quad (10)$$

\hat{Y} คือค่าที่ได้จากการนำ Model ที่ได้ มาใส่ค่า X แล้วหาค่า Y

การคำนวณได้ค่า R^2 ที่สูงนั้น อาจเกิดเพราะความบังเอิญ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทดสอบเพื่อให้แน่ใจว่า ค่า R^2 ที่คำนวณได้นั้นสามารถเชื่อถือได้ ด้วยการลด n ลงหนึ่งตัว แล้วทำการคำนวณ R^2 ด้วยวิธีเดิมอีกหนึ่งรอบ หากยังสูงอยู่ก็ถือว่าไม่ได้เป็นเรื่องบังเอิญ แต่ถ้า R^2 ใหม่นี้มีค่าต่ำกว่าค่าเดิมมาก แสดงว่าค่า R^2 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง n มาก จำเป็นต้องทำการแก้ไขด้วยการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม หรืออาจถึงขั้นเก็บข้อมูลใหม่ เราเรียกว่า $R^2 - Adjusted$

$$R^2 - Adjusted = \left(1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \right) (1 - R^2) \right) \times 100\% \quad (11)$$

โดยที่ p คือจำนวนค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้นใน Regression model



ภาพประกอบ 25 หัววัดแรงกด MARK-10 Series R02



ภาพประกอบ 26 มัลติมิเตอร์ (เครื่องขำมือ) และเครื่องวัดแรงกด MARK-10 Series 3 (เครื่องขำมือ)

4.3 การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิง

ในการพัฒนาระบบวัดแรงกดด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ จำเป็นจะต้องมีการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิง โดยในการทดลองนี้ใช้เครื่องวัดแรงกดอ้างอิงคือโพลดเซลล์



ภาพประกอบ 27 เครื่องวัดแรงกดอ้างอิง [30]

ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองวัดแรงกดเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิงทั้งหมด 2 สถานี เครื่องกด และ 2 วิธีการทดลอง

การทดลองที่หนึ่ง ทำการทดลองและบันทึกผลทั้งหมด 1,000 ครั้ง วิธีการทดลองคือ ใช้โพลีเอทิลีนวางไว้ในตำแหน่งที่หัวกดขึ้นงาน ลงมากดพอดี และทำการติดตั้งเครื่องวัดแรงกดที่ได้พัฒนาขึ้นมาเข้ากับเครื่องกดขึ้นงาน การวัดแรงกดจะวัดที่หัวกดหัวเดียวกันและเวลาเดียวกัน จากนั้นทำการกดปุ่มเริ่มต้นทำงานของเครื่องกดขึ้นงาน และอ่านค่าจากเครื่องวัดแรงกดอ้างอิงและเครื่องที่พัฒนาขึ้น จากนั้นบันทึกผลการทดลองและวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นมาอ้างอิงกับเครื่องวัดแรงกดที่ใช้อ้างอิง

การทดลองที่ 2 ทำการทดลองวัดแรงกดด้วยวิธีเพิ่มความดันอากาศขึ้นทีละ 0.02 MPa จากนั้นบันทึกค่าแรงกดจากโพลีเอทิลีนและเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้น และบันทึกค่าความดันอากาศในขณะนั้น สำหรับการทดลองวัดแรงกดเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแรงกดอ้างอิงทั้งสองการทดลอง จะทำการทดลองที่เครื่องกดขึ้นงานจำนวน 2 เครื่อง

4.3.1 การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอ้างอิงที่เครื่องกดขึ้นงาน 1

จากการทดลองเปรียบเทียบกับโพลีเอทิลีนที่เครื่องกดขึ้นงาน 1 ทั้งหมดจำนวน 1,000 ครั้งและบันทึกผล จากนั้นหาค่าความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองระหว่างเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นกับโพลีเอทิลีน พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดอยู่ที่ 0.010 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 1.200 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.350 เปอร์เซ็นต์

จากภาพประกอบ 28 เป็นการทดลองเปรียบเทียบการวัดแรงระหว่างเครื่องมือที่พัฒนาและโพลีเอทิลีนในระดับความดันอากาศที่ต่างกัน โดยการทดลองได้เปลี่ยนค่าแรงดันลมทีละ 0.02 MPa เริ่มต้นที่ 0.1 MPa ถึง 0.6 MPa และวัดแรงโดยใช้โพลีเอทิลีนและเครื่องวัดแรงที่พัฒนาขึ้น โดยข้อมูลที่เป็นเส้นสีฟ้า คือแรงที่วัดได้ในระดับค่าความดันลมต่าง ๆ จากเครื่องวัดแรงที่

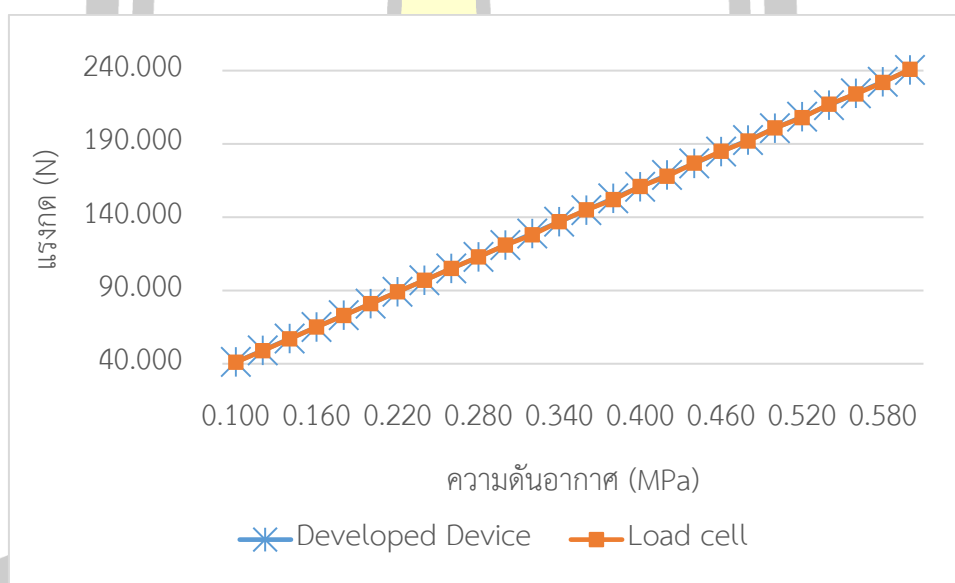
พัฒนาขึ้น และเส้นสีส้ม คือแรงที่วัดได้ในระดับค่าความดันลมต่าง ๆ จากโหลดเซลล์ ซึ่งผลการทดลองที่แสดงในตาราง 2 มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.319 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1

Pressure (MPa)	Developed Device (N)	Load cell (N)	Error (N)
0.100	41.230	41.000	0.230
0.120	49.190	49.000	0.190
0.140	57.160	57.000	0.160
0.160	65.130	65.000	0.130
0.180	73.100	73.000	0.100
0.200	81.070	81.000	0.070
0.220	89.040	89.000	0.040
0.240	97.010	97.000	0.010
0.260	104.980	105.000	0.020
0.280	112.950	113.000	0.050
0.300	120.910	121.000	0.090
0.320	128.880	128.000	0.880
0.340	136.850	137.000	0.150
0.360	144.820	145.000	0.180
0.380	152.790	152.000	0.790
0.400	160.760	161.000	0.240
0.420	168.730	168.000	0.730
0.440	176.690	177.000	0.310
0.460	184.670	185.000	0.330
0.480	192.630	192.000	0.630
0.500	200.600	201.000	0.400
0.520	208.570	208.000	0.570
0.540	216.540	217.000	0.460

ตาราง 2 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Pressure (MPa)	Developed Device (N)	Load cell (N)	Error (N)
0.560	224.510	224.000	0.510
0.580	232.470	232.000	0.470
0.600	240.450	241.000	0.550
Average			0.319
Max			0.880
Min			0.010



ภาพประกอบ 28 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1

4.3.2 การเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอ้างอิงที่เครื่องกดชิ้นงาน 2

จากการทดลองเปรียบเทียบกับโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 ทั้งหมดจำนวน 1,000 ครั้งและบันทึกผลด้วยวิธีเดียวกันกับเครื่องกดชิ้นงาน 1 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำสุดอยู่ที่ 0.030 เปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 1.630 เปอร์เซ็นต์ และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.602 เปอร์เซ็นต์

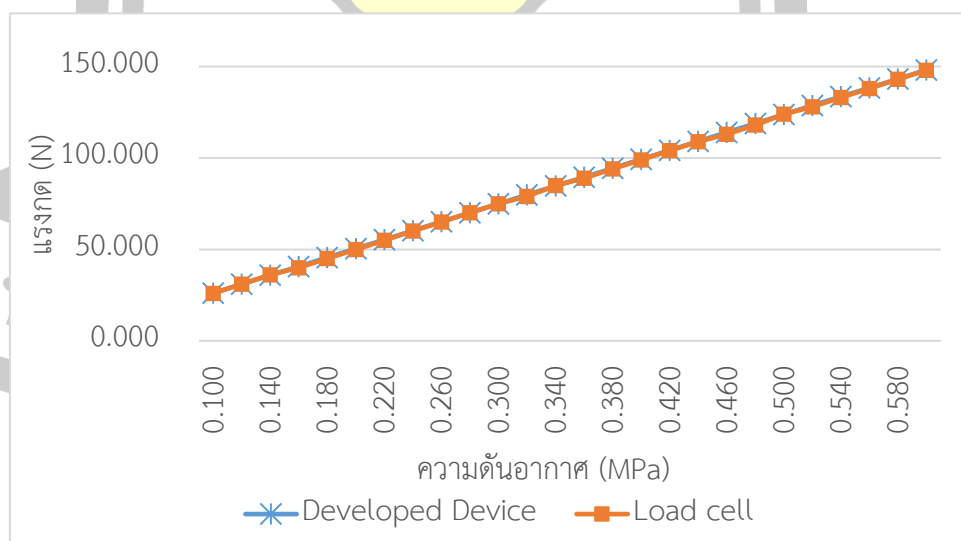
จากภาพประกอบ 29 เป็นการทดลองเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องมือที่พัฒนาและโหลดเซลล์ในระดับความดันอากาศที่ต่างกัน โดยทำการทดลองด้วยวิธีเดียวกันกับเครื่องกดชิ้นงาน 1 โดยข้อมูลที่เป็นเส้นสีฟ้า คือแรงที่วัดได้ในระดับค่าความดันลมต่าง ๆ จากเครื่องวัดแรงที่พัฒนาขึ้น และเส้นสีส้ม คือแรงที่วัดได้ในระดับค่าความดันลมต่าง ๆ จากโหลดเซลล์ ซึ่งผลการทดลองที่แสดงในตาราง 3 มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.379 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 3 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกดชิ้นงาน 2

Pressure (MPa)	Developed Device (N)	Load cell (N)	Error (N)
0.100	26.070	26.000	0.070
0.120	30.950	31.000	0.050
0.140	35.840	36.000	0.160
0.160	40.720	40.000	0.720
0.180	45.610	45.000	0.610
0.200	50.490	50.000	0.490
0.220	55.370	55.000	0.370
0.240	60.260	60.000	0.260
0.260	65.140	65.000	0.140
0.280	70.030	70.000	0.030
0.300	74.910	75.000	0.090
0.320	79.790	79.000	0.790
0.340	84.680	85.000	0.320
0.360	89.560	89.000	0.560
0.380	94.450	94.000	0.450
0.400	99.330	99.000	0.330
0.420	104.210	104.000	0.210

ตาราง 3 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่องกด
ชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Pressure (MPa)	Developed Device (N)	Load cell (N)	Error (N)
0.440	109.100	109.000	0.100
0.460	113.980	113.000	0.980
0.480	118.870	118.000	0.870
0.500	123.750	124.000	0.250
0.520	128.630	128.000	0.630
0.540	133.520	133.000	0.520
0.560	138.400	138.000	0.400
0.580	143.290	143.000	0.290
0.600	148.170	148.000	0.170
Average			0.379
Max			0.980
Min			0.030

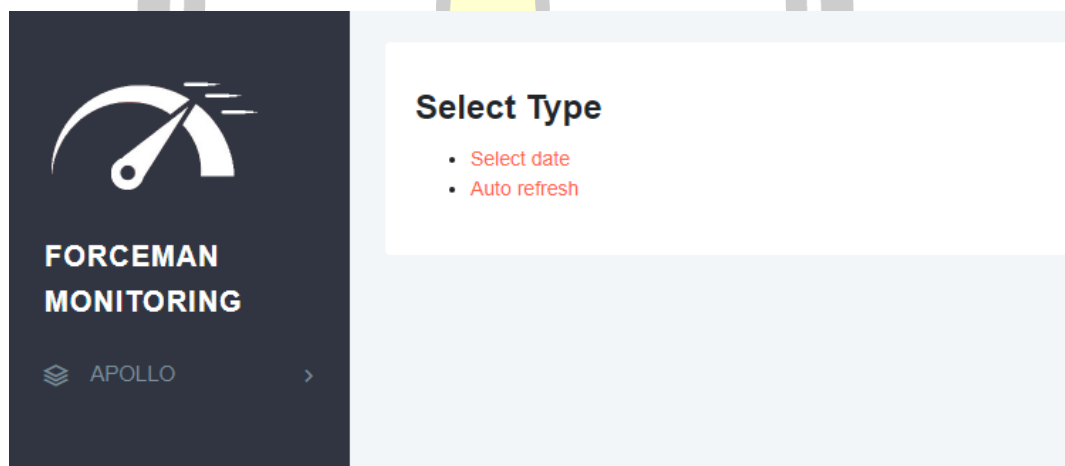


ภาพประกอบ 29 การเปรียบเทียบการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงที่พัฒนาและโหลดเซลล์ที่เครื่อง
กดชิ้นงาน 2

4.4 การแสดงผล

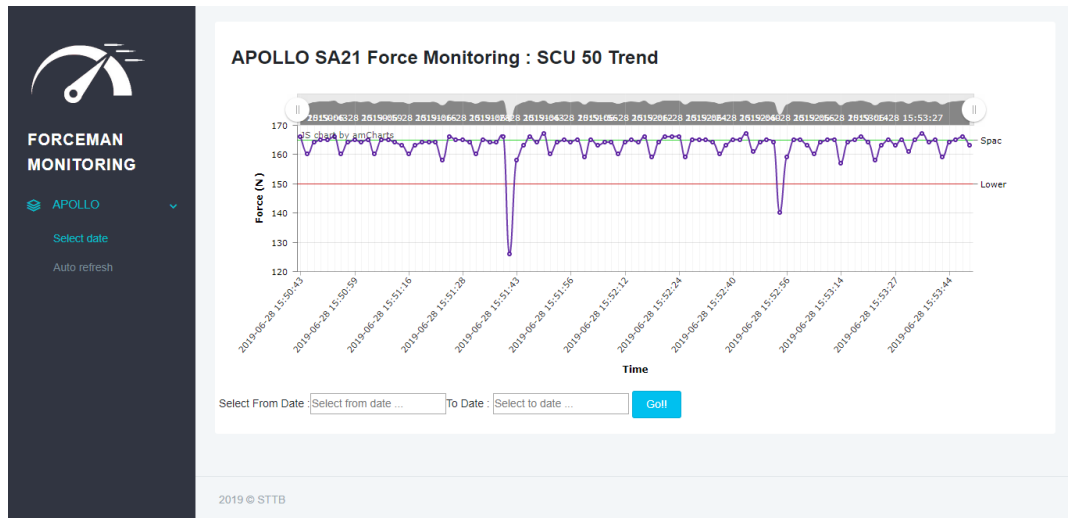
สำหรับการแสดงผลจะทำการแสดงผลผ่านหน้าเว็บเพจที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานคู่กับเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นมา โดยรูปแบบการแสดงผลจะมีสองรูปแบบให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้งาน รูปแบบที่หนึ่งเป็นรูปแบบการเลือกวันที่ และเวลาที่ต้องการให้แสดงผล โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกดูแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานย้อนหลังได้โดยการเลือกช่วงวันที่ และเวลาที่ต้องการทราบข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถเลื่อนแถบขยายด้านบนของกราฟเพื่อเลื่อนขยายเฉพาะส่วนได้ ดังภาพประกอบ 31 และรูปแบบที่สองเป็นการแสดงผลค่าแรงกดในเวลาปัจจุบัน โดยหน้าแสดงผลจะทำการรีโหลดข้อมูลใหม่มาแสดงผลทุก 10 วินาที ดังภาพประกอบ 32

สำหรับเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการแสดงผลแรงกด ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์คือ PHP HTML JavaScript และ Ajax โดยหน้าเว็บไซต์จะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลที่โปรแกรมที่ถูกเขียนด้วยภาษาไพธอนได้บันทึกข้อมูลไว้ ซึ่งฐานข้อมูลที่ใช้งานคือ MySQL ในส่วนของ Source code จะแสดงไว้ในภาคผนวก

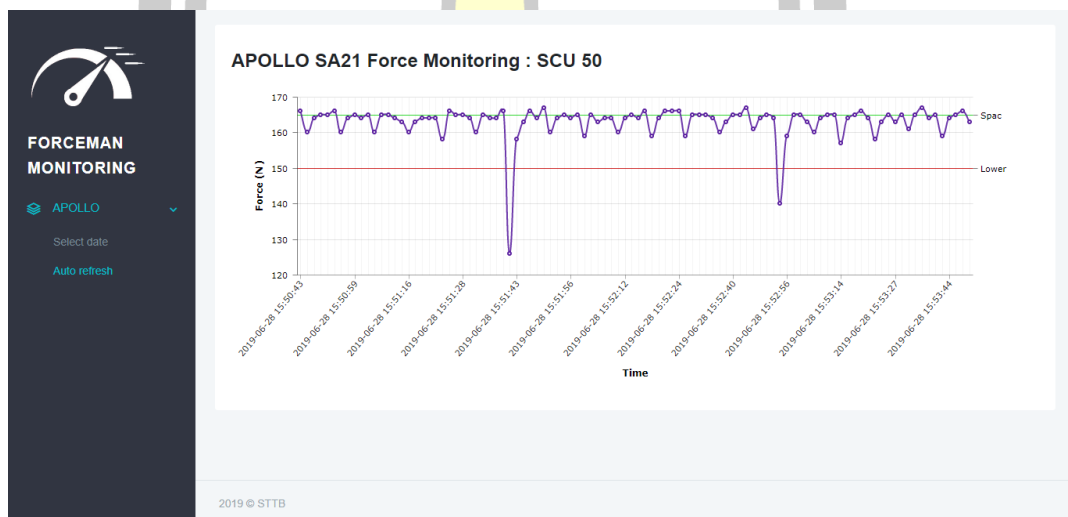


ภาพประกอบ 30 หน้าหลักเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกด

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ



ภาพประกอบ 31 หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดที่สามารถเลือกวันที่และเวลาได้



ภาพประกอบ 32 หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดค่าปัจจุบัน



บทที่ 5

สรุปผลและอภิปราย

ในบทนี้จะสรุปผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลองทั้งหมดที่ได้ทำการทดลองมา รวมถึงข้อเสนอแนะของงานวิจัยไว้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดลองวัดแรงกด 1,000 ครั้ง ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 โดยไม่มีการเปลี่ยนค่าความดันอากาศ ผลปรากฏว่า เครื่องวัดแรงที่พัฒนาขึ้นสามารถวัดแรงกดได้ถูกต้องใกล้เคียงกับโพลดเซลล์ โดยมีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.234 เปอร์เซ็นต์ และที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 มีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 0.723 เปอร์เซ็นต์

การทดลองวัดแรงกดเปรียบเทียบผลการวัดแรงกดระหว่างเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นและโพลดเซลล์ที่ใช้ในการวัดอ้างอิง ด้วยวิธีการปรับความดันอากาศขึ้นครั้งละ 0.02 MPa ที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 ผลปรากฏว่า เครื่องวัดแรงกดทั้งสองเครื่องสามารถวัดแรงกดได้ค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.228 เปอร์เซ็นต์ และที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ที่ 0.497 เปอร์เซ็นต์

การทดลองติดตั้งใช้งานจริงที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 และแสดงผลด้วยเว็บเพจที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อแสดงผลวัดแรงกด ผลการทดลองปรากฏว่า เว็บเพจสามารถแสดงผลวัดแรงกดได้ โดยแสดงผลได้ทั้งแบบเลือกวันที่และเวลาที่ต้องการทราบข้อมูลและแสดงค่าแรงกดปัจจุบัน

5.2 อภิปรายผล

ระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบสามารถวัดแรงกดได้ใกล้เคียงกับโพลดเซลล์ได้อย่างมาก ซึ่งบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาในข้อที่ 1 ได้ และระบบแสดงผลที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแสดงผลได้แบบ Real-time บรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาในข้อ 2 นอกจากการติดตั้งเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถติดตั้งได้โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเครื่องกดชิ้นงานเดิมที่ใช้งาน ทำให้สะดวกต่อการติดตั้ง รวมทั้งการวัดแรงกดสามารถวัดแรงกดได้โดยไม่ต้องหยุดสายการผลิต

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ใช้เวลานานในการสอบเทียบเครื่องวัดแรงกดต่อหัวกดหนึ่งหัวกด อาจจะต้องหาวิธีในการสอบเทียบเครื่องวัดแรงกดที่ใช้เวลาสอบเทียบน้อยลง

2) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล มีค่าที่ส่งออกมาไม่นิ่ง ทางผู้วิจัยได้แก้ไขด้วยการเขียนโปรแกรมติดต่อบริษัทรับสัญญาณและตัวส่งสัญญาณใหม่ ซึ่งแก้ไขได้ส่วนหนึ่ง หากสามารถหาอุปกรณ์ที่มีความผิดพลาดน้อย ๆ ได้จะสามารถทำให้ได้ค่าวัดแรงกดที่ถูกต้องมากขึ้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- [1] ณัฐภัทชกฤษณ์ ทิมาบุตร, “การพัฒนาอุปกรณ์วัดแรงกดในฝ่าเท้าอย่างง่าย,” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2011.
- [2] G. Liang, Y. Wang, D. Mei, K. Xi, and Z. Chen, “Flexible Capacitive Tactile Sensor Array with Truncated Pyramids as Dielectric Layer for Three-Axis Force Measurement,” *J. Microelectromechanical Syst.*, vol. 24, no. 5, pp. 1510–1519, 2015.
- [3] ดร.ณิ อ่อนนุ่ม, “ระบบเฝ้าระวังสภาพแวดล้อมและตรวจสอบการเจริญเติบโตของไก่ในโรงเรือนเลี้ยงไก่ ผ่านอินเทอร์เน็ต,” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2014.
- [4] พิทักษ์ จิตรสำราญ, “การพัฒนาฟาร์มไก่ไข่แบบสมาร์ทบนพื้นฐาน ตรรกศาสตร์คลุมเครือและราสพ์เบอร์รี่ไพ,” vol. 8, no. 2, pp. 356–367, 2017.
- [5] ชุตติมา เกียรติเสวี, “การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลคุณภาพไฟฟ้า,” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2008.
- [6] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, “โพลดเซลล์,” 2016. [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/โพลดเซลล์>. [Accessed: 02-Feb-2019].
- [7] Thun Thanathip, “วงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง,” 2013. [Online]. Available: <http://ee53-2c-kmutt.blogspot.com/2013/11/dc-bridge.html%5C>. [Accessed: 02-Feb-2019].
- [8] Kmutech, “ชนิดของโพลดเซลล์,” 2018. [Online]. Available: <http://www.kmutech.com/article-and-knowledge/82-2018-05-12-15-22-18.html>. [Accessed: 05-Feb-2019].
- [9] Factomart, “ประเภทและหลักการ Pressure Sensor,” 2016. [Online]. Available: <https://www.factomart.com/th/factomartblog/type-of-pressure-sensor/>.

[Accessed: 05-Feb-2019].

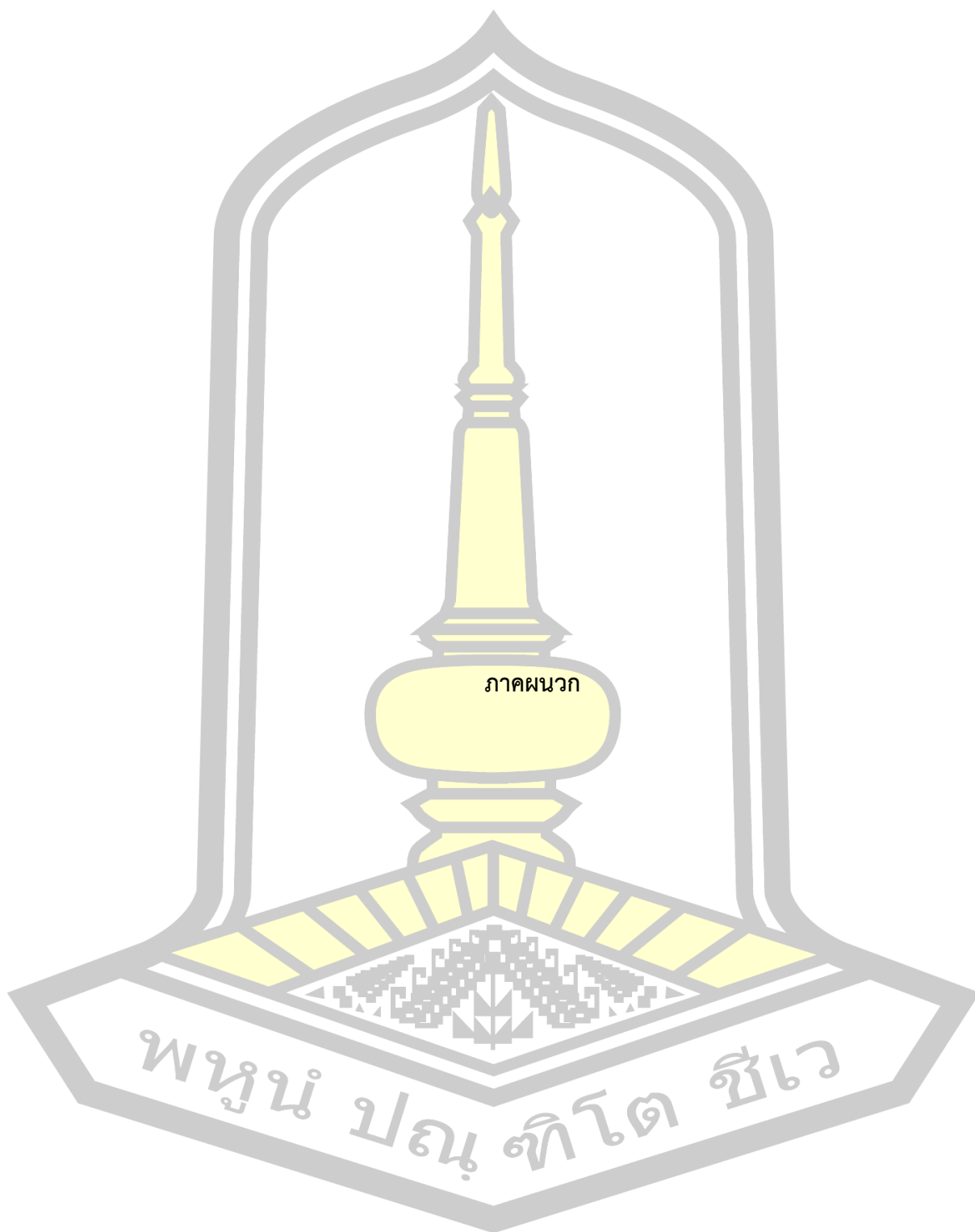
- [10] ปองพล แสนสอน, *หลักการวางจรวดดิจิทัล*. Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2012.
- [11] Mindphp.com, “Database คืออะไร ระบบฐานข้อมูล คือ การเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ด้วยกันอย่างมีระบบ,” 2017. [Online]. Available: <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2055-database-คืออะไร23.html>. [Accessed: 06-Feb-2019].
- [12] Sriya Kmewma, “ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล,” 2016. [Online]. Available: <http://ariyakmewma.blogspot.com/p/blog-page.html>. [Accessed: 06-Feb-2019].
- [13] Toppiiz Spiiz, “ระบบฐานข้อมูล,” 2018. [Online]. Available: <http://www.glurgeek.com/education/>. [Accessed: 15-Feb-2019].
- [14] ปิยะदनัย, “ระบบฐานข้อมูล,” 2016. [Online]. Available: <https://krupiyadanai.wordpress.com>. [Accessed: 15-Feb-2019].
- [15] “ฐานข้อมูลแบบ Network Data Model.” [Online]. Available: <http://sot.swu.ac.th/Portals/156/sot/CP342/lesson01/cs4t2.html>. [Accessed: 15-Feb-2019].
- [16] สุพจน์ สง่าทอง, *การเขียนโปรแกรมภาษา Python*, 1st ed. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ Prompt, 2018.
- [17] Codingbasic, “HTML คือ.” [Online]. Available: <http://www.codingbasic.com/>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [18] กระทรวงวัฒนธรรม, “พื้นฐาน HTML,” 2013. [Online]. Available: <https://www.m-culture.go.th>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [19] Mindphp.com, “PHP คืออะไร,” 2017. [Online]. Available: <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2127-php-คืออะไร.html>.

- [20] Mindphp.com, “JavaScript คืออะไร,” 2017. [Online]. Available: <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2187-java-javascript-คืออะไร.html>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [21] Kipakapron, “CSS คืออะไร มีประโยชน์ อย่างไร,” 2018. [Online]. Available: <https://blog.sogoodweb.com/Article/Detail/79237>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [22] Thaieasyelec, “บทความการพัฒนาโปรแกรมบน Raspberry Pi ด้วย Qt.” [Online]. Available: <https://www.thaieasyelec.com>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [23] D. Sunehra and J. Nikhila, “Web based Environmental Monitoring System using Raspberry Pi,” *Int. Conf. Curr. Trends Comput. Electr. Electron. Commun. CTCEEC 2017*, pp. 1074–1080, 2018.
- [24] G. S. R. Satyanarayana, D. Chakraborty, and S. K. Das, “Application Oriented Sensor Database System,” *Proc. - 2017 Int. Conf. Netw. Netw. Appl. NaNA 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 141–146, 2018.
- [25] B. Vaidya, A. Patel, A. Panchal, R. Mehta, K. Mehta, and P. Vaghasiya, “Smart home automation with a unique door monitoring system for old age people using Python, OpenCV, Android and Raspberry pi,” *Proc. 2017 Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICICCS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 82–86, 2018.
- [26] อีซี่ โฮสติ้ง, “MySQL มีความสำคัญอย่างไรกับเซิร์ฟเวอร์.” [Online]. Available: <http://th.easyhostdomain.com/dedicated-servers/mysql.html>. [Accessed: 18-Feb-2019].
- [27] Keyence, “AP-C30W.” [Online]. Available: <https://www.keyence.co.th>. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [28] ชีระพงษ์ กระการดี, “การวิเคราะห์ถดถอย(Regression Analysis).” [Online]. Available:

<http://www.stvc.ac.th/elearning/stat/csu14.html>. [Accessed: 03-Sep-2019].

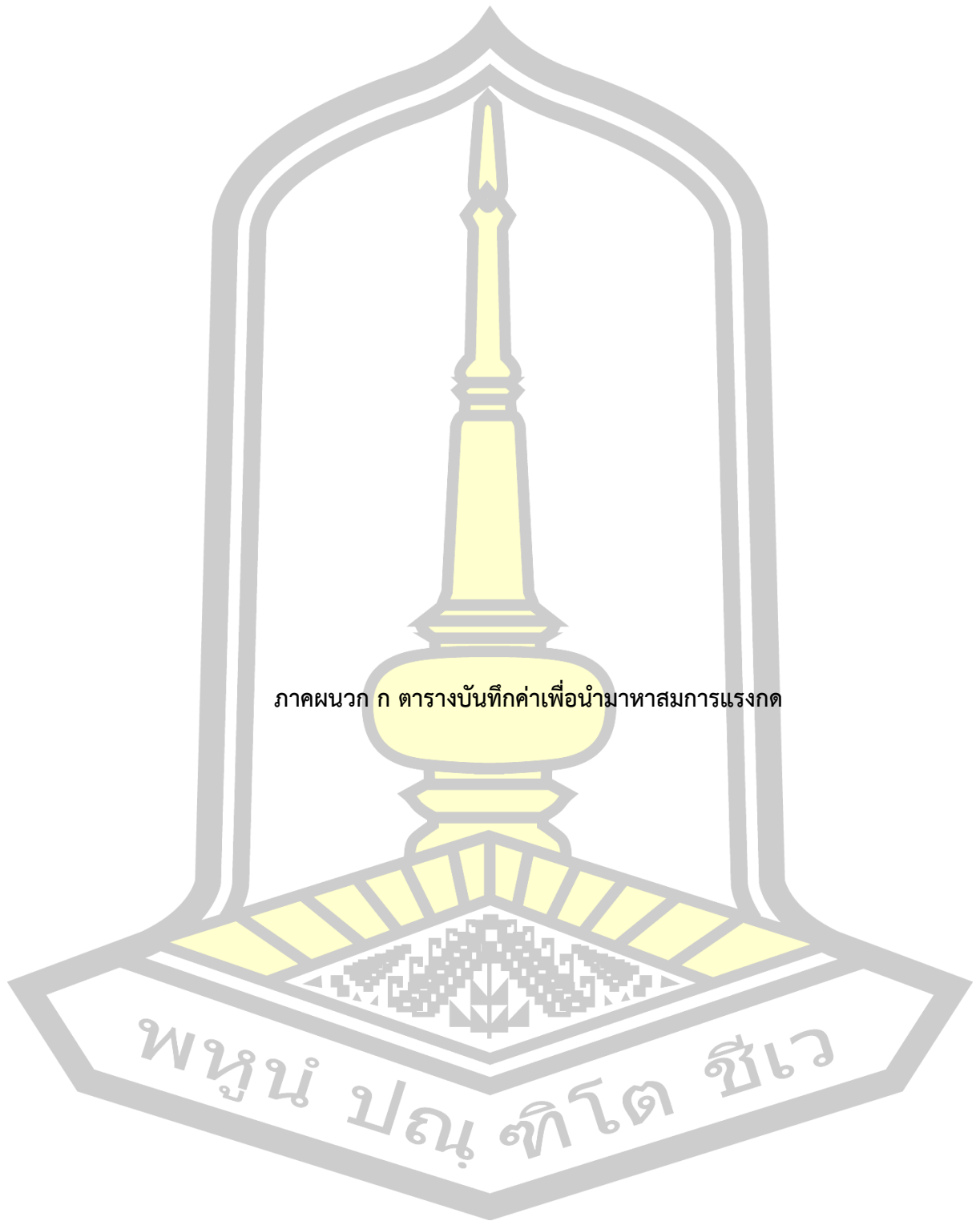
- [29] “ขั้นตอนการวิเคราะห์ Simple Linear Regression,” 2012. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/mystatistics01/regression-correlation-analysis/simple-linear-regression-step>. [Accessed: 10-Oct-2019].
- [30] “Force and Torque Measurement Products.” [Online]. Available: <http://www.mark-10.com/>. [Accessed: 01-Oct-2019].





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก ตารางบันทึกค่าเพื่อนำมาหาสมการแรงกด

พญูน์ ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องขึ้นงาน 1

ครั้งที่	แรงกด	แรงดันไฟฟ้า (V)			ความดันอากาศ (MPa)			แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	ความดันอากาศเฉลี่ย (MPa)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	100.000	1.987	1.987	1.987	0.247	0.247	0.247	1.987	0.247
2	102.000	2.007	2.007	2.007	0.252	0.252	0.251	2.007	0.252
3	104.000	2.025	2.025	2.025	0.257	0.257	0.257	2.025	0.257
4	106.000	2.053	2.053	2.053	0.264	0.263	0.264	2.053	0.264
5	108.000	2.070	2.071	2.071	0.267	0.268	0.268	2.071	0.268
6	110.000	2.085	2.086	2.086	0.271	0.271	0.272	2.086	0.271
7	112.000	2.103	2.104	2.104	0.275	0.276	0.276	2.104	0.276
8	114.000	2.123	2.123	2.123	0.281	0.281	0.281	2.123	0.281
9	116.000	2.148	2.148	2.147	0.287	0.287	0.287	2.148	0.287
10	118.000	2.170	2.170	2.170	0.294	0.287	0.287	2.170	0.289
11	120.000	2.188	2.188	2.188	0.298	0.298	0.298	2.188	0.298
12	122.000	2.210	2.210	2.210	0.304	0.304	0.304	2.210	0.304
13	124.000	2.229	2.229	2.229	0.309	0.309	0.309	2.229	0.309
14	126.000	2.246	2.246	2.246	0.314	0.314	0.314	2.246	0.314
15	128.000	2.272	2.272	2.272	0.319	0.319	0.319	2.272	0.319
16	130.000	2.289	2.289	2.290	0.323	0.323	0.323	2.289	0.323
17	132.000	2.311	2.311	2.311	0.329	0.329	0.329	2.311	0.329
18	134.000	2.334	2.334	2.334	0.335	0.335	0.335	2.334	0.335
19	136.000	2.348	2.348	2.348	0.338	0.338	0.338	2.348	0.338
20	138.000	2.371	2.371	2.371	0.344	0.344	0.344	2.371	0.344
21	140.000	2.395	2.395	2.395	0.350	0.349	0.349	2.395	0.349
22	142.000	2.410	2.410	2.410	0.354	0.354	0.354	2.410	0.354
23	144.000	2.430	2.430	2.430	0.358	0.358	0.358	2.430	0.358
24	146.000	2.452	2.452	2.452	0.363	0.363	0.363	2.452	0.363

ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

ครั้งที่	แรงกด	แรงดันไฟฟ้า (V)			ความดันอากาศ (MPa)			แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	ความดันอากาศเฉลี่ย (MPa)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
25	148.000	2.472	2.471	2.472	0.368	0.368	0.368	2.472	0.368
26	150.000	2.490	2.490	2.490	0.373	0.373	0.373	2.490	0.373
27	152.000	2.507	2.507	2.507	0.378	0.378	0.377	2.507	0.378
28	154.000	2.526	2.526	2.526	0.382	0.382	0.382	2.526	0.382
29	156.000	2.550	2.550	2.550	0.387	0.387	0.387	2.550	0.387
30	158.000	2.565	2.565	2.565	0.392	0.392	0.392	2.565	0.392
31	160.000	2.585	2.585	2.585	0.397	0.397	0.397	2.585	0.397
32	162.000	2.609	2.611	2.609	0.404	0.404	0.404	2.610	0.404
33	164.000	2.628	2.628	2.628	0.409	0.409	0.409	2.628	0.409
34	166.000	2.648	2.648	2.648	0.414	0.414	0.414	2.648	0.414
35	168.000	2.666	2.666	2.666	0.418	0.418	0.418	2.666	0.418
36	170.000	2.692	2.692	2.692	0.424	0.424	0.424	2.692	0.424
37	172.000	2.713	2.713	2.713	0.430	0.430	0.430	2.713	0.430
38	174.000	2.735	2.735	2.735	0.435	0.435	0.435	2.735	0.435
39	176.000	2.753	2.753	2.753	0.440	0.440	0.440	2.753	0.440
40	178.000	2.772	2.772	2.772	0.444	0.444	0.444	2.772	0.444
41	180.000	2.794	2.794	2.794	0.449	0.449	0.449	2.794	0.449
42	182.000	2.813	2.813	2.813	0.454	0.454	0.454	2.813	0.454
43	184.000	2.828	2.828	2.828	0.458	0.458	0.458	2.828	0.458
44	186.000	2.842	2.842	2.842	0.462	0.461	0.461	2.842	0.461
45	188.000	2.866	2.866	2.866	0.467	0.467	0.467	2.866	0.467
46	190.000	2.885	2.885	2.885	0.472	0.472	0.472	2.885	0.472
47	192.000	2.902	2.902	2.902	0.477	0.477	0.477	2.902	0.477
48	194.000	2.926	2.926	2.926	0.483	0.483	0.483	2.926	0.483

ตาราง 4 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

ครั้งที่	แรงกด	แรงดันไฟฟ้า (V)			ความดันอากาศ (MPa)			แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	ความดันอากาศเฉลี่ย (MPa)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
49	196.000	2.945	2.945	2.945	0.487	0.487	0.487	2.945	49
50	198.000	2.967	2.967	2.967	0.493	0.493	0.493	2.967	50

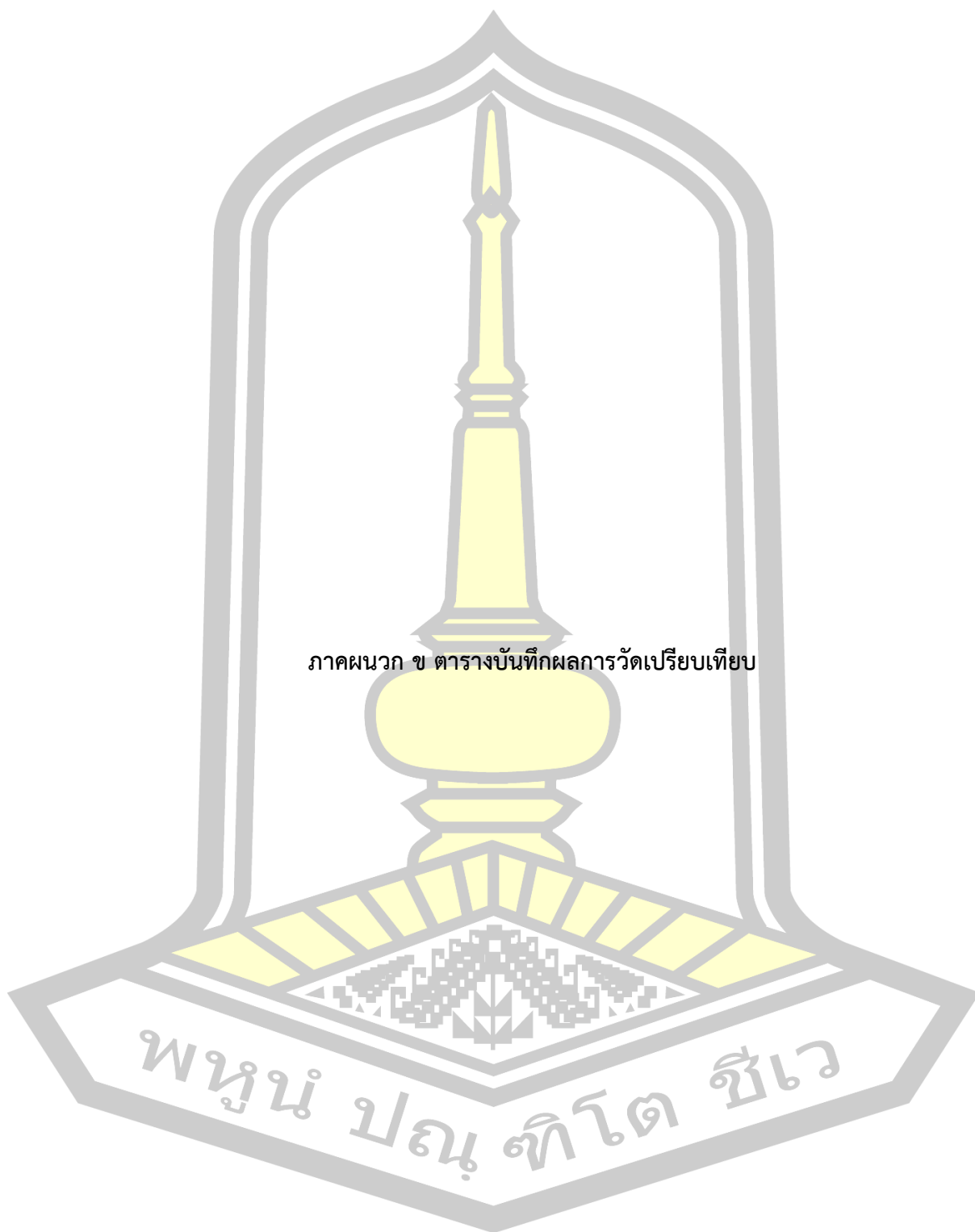
ตาราง 5 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องกดชิ้นงาน 2

ครั้งที่	แรงกด	แรงดันไฟฟ้า (V)			ความดันอากาศ (MPa)			แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	ความดันอากาศเฉลี่ย (MPa)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	20.000	1.297	1.296	1.296	0.070	0.070	0.070	1.296	0.070
2	22.000	1.319	1.317	1.315	0.076	0.076	0.075	1.317	0.076
3	24.000	1.348	1.348	1.347	0.086	0.085	0.085	1.348	0.085
4	26.000	1.384	1.383	1.383	0.096	0.096	0.096	1.383	0.096
5	28.000	1.417	1.418	1.418	0.106	0.106	0.106	1.418	0.106
6	30.000	1.448	1.447	1.447	0.115	0.114	0.114	1.447	0.114
7	32.000	1.486	1.486	1.486	0.124	0.124	0.124	1.486	0.124
8	34.000	1.524	1.523	1.522	0.135	0.134	0.134	1.523	0.134
9	36.000	1.553	1.553	1.553	0.144	0.144	0.143	1.553	0.144
10	38.000	1.575	1.574	1.574	0.151	0.150	0.150	1.574	0.150
11	40.000	1.608	1.608	1.607	0.160	0.160	0.160	1.608	0.160
12	42.000	1.629	1.629	1.629	0.167	0.167	0.166	1.629	0.167
13	44.000	1.664	1.666	1.666	0.177	0.177	0.177	1.665	0.177
14	46.000	1.700	1.701	1.702	0.188	0.188	0.188	1.701	0.188
15	48.000	1.729	1.729	1.729	0.192	0.192	0.192	1.729	0.192
16	50.000	1.761	1.761	1.760	0.201	0.201	0.201	1.761	0.201

ตาราง 5 ตารางบันทึกค่าเพื่อนำไปหาสมการแรงกดเครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

ครั้งที่	แรงกด	แรงดันไฟฟ้า (V)			ความดันอากาศ (MPa)			แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (V)	ความดันอากาศเฉลี่ย (MPa)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
17	52.000	1.789	1.788	1.789	0.210	0.210	0.210	1.789	0.210
18	54.000	1.817	1.819	1.819	0.219	0.220	0.219	1.818	0.219
19	56.000	1.837	1.834	1.836	0.224	0.225	0.225	1.836	0.225
20	58.000	1.870	1.868	1.869	0.235	0.234	0.235	1.869	0.235
21	60.000	1.895	1.895	1.894	0.242	0.242	0.241	1.895	0.242
22	62.000	1.925	1.925	1.925	0.250	0.250	0.250	1.925	0.250
23	64.000	1.945	1.946	1.946	0.257	0.257	0.257	1.946	0.257
24	66.000	1.975	1.973	1.974	0.265	0.264	0.264	1.974	0.264
25	68.000	1.995	1.995	1.995	0.270	0.270	0.270	1.995	0.270
26	70.000	2.031	2.029	2.028	0.280	0.280	0.280	2.029	0.280
27	72.000	2.054	2.054	2.055	0.289	0.289	0.289	2.054	0.289
28	74.000	2.077	2.077	2.078	0.296	0.296	0.296	2.077	0.296
29	76.000	2.119	2.113	2.117	0.308	0.307	0.307	2.116	0.307
30	78.000	2.133	2.129	2.130	0.313	0.313	0.313	2.131	0.313





ภาคผนวก ข ตารางบันทึกผลการวัดเปรียบเทียบ

พหุบัณฑิตศึกษา

ตาราง 6 คือตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้น และโหลดเซลล์ โดยทำการวัดทั้งหมด 1,000 ครั้ง ที่เครื่องกดขึ้นงาน 1 โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันลม

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดขึ้นงาน 1

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
1	149.040	149.000	0.040	37	149.770	150.000	0.230	73	148.920	149.000	0.080
2	149.530	149.000	0.530	38	150.500	150.000	0.500	74	148.920	149.000	0.080
3	149.650	149.000	0.650	39	149.020	149.000	0.020	75	149.650	149.000	0.650
4	149.160	149.000	0.160	40	149.600	150.000	0.400	76	150.010	150.000	0.010
5	149.160	149.000	0.160	41	149.400	149.000	0.400	77	150.260	150.000	0.260
6	149.080	149.000	0.080	42	148.920	149.000	0.080	78	149.040	149.000	0.040
7	149.040	149.000	0.040	43	149.650	149.000	0.650	79	149.040	149.000	0.040
8	149.280	149.000	0.280	44	149.790	149.000	0.790	80	149.160	149.000	0.160
9	149.040	149.000	0.040	45	149.790	149.000	0.790	81	148.920	149.000	0.080
10	149.400	149.000	0.400	46	149.160	149.000	0.160	82	149.660	149.000	0.660
11	149.160	149.000	0.160	47	149.790	149.000	0.790	83	149.660	149.000	0.660
12	149.160	149.000	0.160	48	149.040	149.000	0.040	84	149.280	149.000	0.280
13	149.160	149.000	0.160	49	149.790	150.000	0.210	85	148.920	149.000	0.080
14	149.530	149.000	0.530	50	149.160	149.000	0.160	86	150.010	149.000	1.010
15	149.700	149.000	0.700	51	149.770	149.000	0.770	87	149.160	149.000	0.160
16	149.050	149.000	0.050	52	149.160	149.000	0.160	88	150.010	149.000	1.010
17	149.050	149.000	0.050	53	149.280	149.000	0.280	89	148.930	149.000	0.070
18	149.280	149.000	0.280	54	149.530	149.000	0.530	90	149.040	149.000	0.040
19	149.050	149.000	0.050	55	149.650	149.000	0.650	91	149.280	149.000	0.280
20	150.010	149.000	1.010	56	149.280	149.000	0.280	92	149.650	149.000	0.650
21	149.660	149.000	0.660	57	148.920	149.000	0.080	93	149.890	149.000	0.890
22	149.100	149.000	0.100	58	149.650	149.000	0.650	94	149.040	149.000	0.040
23	149.530	149.000	0.530	59	149.530	149.000	0.530	95	148.920	149.000	0.080
24	149.040	149.000	0.040	60	149.530	149.000	0.530	96	148.920	149.000	0.080
25	149.050	149.000	0.050	61	149.530	149.000	0.530	97	149.530	149.000	0.530
26	149.400	149.000	0.400	62	149.160	149.000	0.160	98	150.180	150.000	0.180
27	150.200	150.000	0.200	63	149.770	149.000	0.770	99	149.040	149.000	0.040
28	149.280	149.000	0.280	64	149.040	149.000	0.040	100	149.400	149.000	0.400
29	149.280	149.000	0.280	65	150.010	149.000	1.010	101	149.040	149.000	0.040
30	149.160	149.000	0.160	66	149.530	149.000	0.530	102	149.770	149.000	0.770
31	149.050	149.000	0.050	67	148.920	149.000	0.080	103	148.920	149.000	0.080
32	149.770	149.000	0.770	68	149.160	149.000	0.160	104	149.040	149.000	0.040
33	150.010	150.000	0.010	69	149.530	149.000	0.530	105	149.040	149.000	0.040
34	150.010	150.000	0.010	70	148.520	149.000	0.480	106	149.770	149.000	0.770
35	149.890	149.000	0.890	71	149.660	149.000	0.660	107	149.530	149.000	0.530
36	150.010	150.000	0.010	72	148.550	149.000	0.450	108	148.790	149.000	0.210

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
109	149.530	149.000	0.530	150	149.520	149.000	0.520	191	149.650	149.000	0.650
110	149.530	149.000	0.530	151	149.530	149.000	0.530	192	149.530	149.000	0.530
111	149.160	149.000	0.160	152	149.790	149.000	0.790	193	149.040	149.000	0.040
112	149.280	149.000	0.280	153	149.790	149.000	0.790	194	149.770	149.000	0.770
113	149.040	149.000	0.040	154	149.530	149.000	0.530	195	150.200	149.000	1.200
114	148.920	149.000	0.080	155	149.160	149.000	0.160	196	150.010	149.000	1.010
115	149.030	149.000	0.030	156	149.040	149.000	0.040	197	149.290	149.000	0.290
116	149.280	149.000	0.280	157	149.030	149.000	0.030	198	148.920	149.000	0.080
117	149.530	149.000	0.530	158	149.520	149.000	0.520	199	149.770	149.000	0.770
118	149.530	149.000	0.530	159	150.010	149.000	1.010	200	149.770	149.000	0.770
119	149.280	149.000	0.280	160	149.400	149.000	0.400	201	149.280	149.000	0.280
120	149.040	149.000	0.040	161	149.280	149.000	0.280	202	149.160	149.000	0.160
121	149.040	149.000	0.040	162	148.920	149.000	0.080	203	150.030	149.000	1.030
122	150.500	150.000	0.500	163	148.670	149.000	0.330	204	149.040	149.000	0.040
123	149.650	149.000	0.650	164	149.040	149.000	0.040	205	149.160	149.000	0.160
124	149.160	149.000	0.160	165	149.160	149.000	0.160	206	149.520	149.000	0.520
125	148.920	149.000	0.080	166	149.520	149.000	0.520	207	149.040	149.000	0.040
126	149.280	149.000	0.280	167	149.650	149.000	0.650	208	149.530	149.000	0.530
127	148.790	149.000	0.210	168	149.530	149.000	0.530	209	149.790	149.000	0.790
128	149.500	149.000	0.500	169	149.040	149.000	0.040	210	150.500	150.000	0.500
129	149.040	149.000	0.040	170	149.160	149.000	0.160	211	149.280	149.000	0.280
130	149.280	149.000	0.280	171	149.040	149.000	0.040	212	149.280	149.000	0.280
131	149.160	149.000	0.160	172	149.400	149.000	0.400	213	149.030	149.000	0.030
132	149.160	149.000	0.160	173	149.530	149.000	0.530	214	149.520	149.000	0.520
133	149.530	149.000	0.530	174	149.700	149.000	0.700	215	149.520	149.000	0.520
134	149.280	149.000	0.280	175	149.050	149.000	0.050	216	149.360	149.000	0.360
135	149.530	149.000	0.530	176	149.400	149.000	0.400	217	149.770	149.000	0.770
136	149.150	149.000	0.150	177	149.040	149.000	0.040	218	149.530	149.000	0.530
137	149.530	149.000	0.530	178	149.650	149.000	0.650	219	148.920	149.000	0.080
138	149.040	149.000	0.040	179	149.160	149.000	0.160	220	149.040	149.000	0.040
139	149.040	149.000	0.040	180	149.770	149.000	0.770	221	149.280	149.000	0.280
140	149.650	149.000	0.650	181	149.280	149.000	0.280	222	149.040	149.000	0.040
141	148.520	149.000	0.480	182	149.400	149.000	0.400	223	149.030	149.000	0.030
142	150.500	150.000	0.500	183	149.280	149.000	0.280	224	149.650	149.000	0.650
143	150.260	150.000	0.260	184	149.160	149.000	0.160	225	149.280	149.000	0.280
144	150.010	149.000	1.010	185	149.890	149.000	0.890	226	150.500	150.000	0.500
145	149.160	149.000	0.160	186	149.280	149.000	0.280	227	149.650	149.000	0.650
146	149.280	149.000	0.280	187	149.040	149.000	0.040	228	149.160	149.000	0.160
147	149.160	149.000	0.160	188	149.040	149.000	0.040	229	149.700	149.000	0.700
148	149.040	149.000	0.040	189	149.530	149.000	0.530	230	149.050	149.000	0.050
149	149.280	149.000	0.280	190	149.650	149.000	0.650	231	149.660	149.000	0.660

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
232	149.660	149.000	0.660	273	149.100	149.000	0.100	314	149.400	149.000	0.400
233	149.280	149.000	0.280	274	149.400	149.000	0.400	315	149.400	149.000	0.400
234	150.200	150.000	0.200	275	150.200	150.000	0.200	316	149.530	149.000	0.530
235	150.200	150.000	0.200	276	149.020	149.000	0.020	317	149.520	149.000	0.520
236	150.010	149.000	1.010	277	149.770	149.000	0.770	318	149.030	149.000	0.030
237	149.770	149.000	0.770	278	148.920	149.000	0.080	319	149.650	149.000	0.650
238	149.400	149.000	0.400	279	149.790	149.000	0.790	320	149.280	149.000	0.280
239	149.400	149.000	0.400	280	149.790	149.000	0.790	321	149.530	149.000	0.530
240	148.920	149.000	0.080	281	149.040	149.000	0.040	322	149.400	149.000	0.400
241	149.160	149.000	0.160	282	149.160	149.000	0.160	323	149.280	149.000	0.280
242	149.790	149.000	0.790	283	148.930	149.000	0.070	324	150.260	150.000	0.260
243	149.040	149.000	0.040	284	149.040	149.000	0.040	325	149.040	149.000	0.040
244	149.790	149.000	0.790	285	149.890	149.000	0.890	326	149.050	149.000	0.050
245	149.240	149.000	0.240	286	149.280	149.000	0.280	327	149.400	149.000	0.400
246	148.920	149.000	0.080	287	149.280	149.000	0.280	328	148.920	149.000	0.080
247	148.920	149.000	0.080	288	149.040	149.000	0.040	329	149.040	149.000	0.040
248	149.650	149.000	0.650	289	149.040	149.000	0.040	330	149.040	149.000	0.040
249	149.650	149.000	0.650	290	149.520	149.000	0.520	331	149.530	149.000	0.530
250	149.280	149.000	0.280	291	149.050	149.000	0.050	332	149.040	149.000	0.040
251	148.920	149.000	0.080	292	149.650	149.000	0.650	333	149.030	149.000	0.030
252	148.720	149.000	0.280	293	149.530	149.000	0.530	334	149.240	149.000	0.240
253	149.500	149.000	0.500	294	149.290	149.000	0.290	335	148.920	149.000	0.080
254	149.530	149.000	0.530	295	149.040	149.000	0.040	336	149.160	149.000	0.160
255	149.280	149.000	0.280	296	149.160	149.000	0.160	337	149.160	149.000	0.160
256	149.040	149.000	0.040	297	149.770	149.000	0.770	338	149.890	149.000	0.890
257	150.260	150.000	0.260	298	148.920	149.000	0.080	339	149.280	149.000	0.280
258	149.040	149.000	0.040	299	148.750	149.000	0.250	340	149.770	149.000	0.770
259	149.650	149.000	0.650	300	149.020	149.000	0.020	341	149.280	149.000	0.280
260	149.660	149.000	0.660	301	149.160	149.000	0.160	342	149.520	149.000	0.520
261	149.160	149.000	0.160	302	149.160	149.000	0.160	343	149.280	149.000	0.280
262	150.100	149.000	1.100	303	149.530	149.000	0.530	344	149.160	149.000	0.160
263	149.530	149.000	0.530	304	149.700	149.000	0.700	345	149.400	149.000	0.400
264	148.520	149.000	0.480	305	149.280	149.000	0.280	346	149.050	149.000	0.050
265	149.660	149.000	0.660	306	149.160	149.000	0.160	347	149.040	149.000	0.040
266	148.920	149.000	0.080	307	149.700	149.000	0.700	348	149.530	149.000	0.530
267	149.160	149.000	0.160	308	149.050	149.000	0.050	349	149.160	149.000	0.160
268	149.280	149.000	0.280	309	149.770	149.000	0.770	350	149.280	149.000	0.280
269	149.280	149.000	0.280	310	149.400	149.000	0.400	351	149.160	149.000	0.160
270	149.530	149.000	0.530	311	149.530	149.000	0.530	352	149.280	149.000	0.280
271	149.050	149.000	0.050	312	149.650	149.000	0.650	353	149.050	149.000	0.050
272	150.010	149.000	1.010	313	149.040	149.000	0.040	354	149.280	149.000	0.280

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
355	148.920	149.000	0.080	396	149.040	149.000	0.040	437	149.160	149.000	0.160
356	148.670	149.000	0.330	397	149.280	149.000	0.280	438	149.280	149.000	0.280
357	149.360	149.000	0.360	398	148.920	149.000	0.080	439	149.040	149.000	0.040
358	149.530	149.000	0.530	399	149.040	149.000	0.040	440	149.530	149.000	0.530
359	150.200	150.000	0.200	400	150.200	150.000	0.200	441	150.200	150.000	0.200
360	150.200	150.000	0.200	401	149.280	149.000	0.280	442	149.530	149.000	0.530
361	149.770	149.000	0.770	402	149.520	149.000	0.520	443	149.050	149.000	0.050
362	149.530	149.000	0.530	403	149.030	149.000	0.030	444	149.280	149.000	0.280
363	148.790	149.000	0.210	404	149.650	149.000	0.650	445	149.020	149.000	0.020
364	149.160	149.000	0.160	405	148.920	149.000	0.080	446	149.600	150.000	0.400
365	149.700	149.000	0.700	406	149.770	150.000	0.230	447	148.920	149.000	0.080
366	149.040	149.000	0.040	407	149.040	149.000	0.040	448	148.920	149.000	0.080
367	148.920	149.000	0.080	408	149.280	149.000	0.280	449	149.700	149.000	0.700
368	149.360	149.000	0.360	409	149.040	149.000	0.040	450	149.650	149.000	0.650
369	149.770	149.000	0.770	410	149.770	149.000	0.770	451	149.530	149.000	0.530
370	148.920	149.000	0.080	411	149.040	149.000	0.040	452	149.520	149.000	0.520
371	149.040	149.000	0.040	412	149.770	149.000	0.770	453	149.650	149.000	0.650
372	149.160	149.000	0.160	413	150.010	149.000	1.010	454	150.010	149.000	1.010
373	149.530	149.000	0.530	414	149.790	149.000	0.790	455	149.660	149.000	0.660
374	149.040	149.000	0.040	415	149.160	149.000	0.160	456	149.530	150.000	0.470
375	149.400	149.000	0.400	416	149.160	149.000	0.160	457	149.160	149.000	0.160
376	148.920	149.000	0.080	417	149.790	149.000	0.790	458	148.920	149.000	0.080
377	149.650	149.000	0.650	418	149.530	149.000	0.530	459	149.650	149.000	0.650
378	149.770	149.000	0.770	419	148.920	149.000	0.080	460	149.050	149.000	0.050
379	149.770	149.000	0.770	420	149.530	149.000	0.530	461	149.050	149.000	0.050
380	149.050	149.000	0.050	421	149.700	149.000	0.700	462	148.920	149.000	0.080
381	149.400	149.000	0.400	422	149.020	149.000	0.020	463	149.160	149.000	0.160
382	149.040	149.000	0.040	423	149.030	149.000	0.030	464	149.790	149.000	0.790
383	149.280	149.000	0.280	424	149.040	149.000	0.040	465	149.040	149.000	0.040
384	149.160	149.000	0.160	425	149.660	149.000	0.660	466	149.040	149.000	0.040
385	149.030	149.000	0.030	426	148.920	149.000	0.080	467	149.400	149.000	0.400
386	149.520	149.000	0.520	427	149.160	149.000	0.160	468	149.020	149.000	0.020
387	149.530	149.000	0.530	428	149.280	149.000	0.280	469	149.770	149.000	0.770
388	148.520	149.000	0.480	429	149.400	149.000	0.400	470	149.700	149.000	0.700
389	149.400	149.000	0.400	430	149.040	149.000	0.040	471	149.040	149.000	0.040
390	149.040	149.000	0.040	431	149.040	149.000	0.040	472	149.050	149.000	0.050
391	149.030	149.000	0.030	432	148.920	149.000	0.080	473	148.920	149.000	0.080
392	149.650	149.000	0.650	433	149.160	149.000	0.160	474	149.160	149.000	0.160
393	149.530	149.000	0.530	434	149.520	149.000	0.520	475	149.280	149.000	0.280
394	149.700	149.000	0.700	435	149.160	149.000	0.160	476	149.280	149.000	0.280
395	149.050	149.000	0.050	436	149.280	149.000	0.280	477	150.010	149.000	1.010

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
478	149.400	149.000	0.400	519	149.530	149.000	0.530	560	149.050	149.000	0.050
479	149.160	149.000	0.160	520	149.280	149.000	0.280	561	149.160	149.000	0.160
480	149.770	149.000	0.770	521	149.280	149.000	0.280	562	149.160	149.000	0.160
481	149.280	149.000	0.280	522	149.040	149.000	0.040	563	149.520	149.000	0.520
482	149.160	149.000	0.160	523	150.010	149.000	1.010	564	149.160	149.000	0.160
483	149.040	149.000	0.040	524	150.500	150.000	0.500	565	149.530	149.000	0.530
484	149.530	149.000	0.530	525	149.530	149.000	0.530	566	149.050	149.000	0.050
485	149.100	149.000	0.100	526	149.040	149.000	0.040	567	148.920	149.000	0.080
486	149.530	149.000	0.530	527	149.280	149.000	0.280	568	149.530	149.000	0.530
487	149.530	149.000	0.530	528	149.050	149.000	0.050	569	149.040	149.000	0.040
488	149.530	149.000	0.530	529	149.160	149.000	0.160	570	149.160	149.000	0.160
489	150.500	150.000	0.500	530	150.030	149.000	1.030	571	149.280	149.000	0.280
490	149.650	149.000	0.650	531	149.660	149.000	0.660	572	149.280	149.000	0.280
491	149.040	149.000	0.040	532	150.260	150.000	0.260	573	149.530	149.000	0.530
492	149.040	149.000	0.040	533	149.890	149.000	0.890	574	149.160	149.000	0.160
493	150.500	150.000	0.500	534	149.050	149.000	0.050	575	149.040	149.000	0.040
494	150.260	150.000	0.260	535	149.160	149.000	0.160	576	149.040	149.000	0.040
495	149.040	149.000	0.040	536	149.040	149.000	0.040	577	149.040	149.000	0.040
496	149.660	149.000	0.660	537	149.660	149.000	0.660	578	149.650	149.000	0.650
497	148.920	149.000	0.080	538	148.920	149.000	0.080	579	149.700	149.000	0.700
498	148.790	149.000	0.210	539	148.670	149.000	0.330	580	149.660	149.000	0.660
499	149.160	149.000	0.160	540	148.920	149.000	0.080	581	149.530	149.000	0.530
500	149.520	149.000	0.520	541	149.770	149.000	0.770	582	149.040	149.000	0.040
501	149.030	149.000	0.030	542	149.790	149.000	0.790	583	149.660	149.000	0.660
502	149.520	149.000	0.520	543	148.920	149.000	0.080	584	149.530	149.000	0.530
503	150.010	149.000	1.010	544	149.040	149.000	0.040	585	149.280	149.000	0.280
504	149.400	149.000	0.400	545	149.530	149.000	0.530	586	148.920	149.000	0.080
505	149.650	149.000	0.650	546	150.200	150.000	0.200	587	149.040	149.000	0.040
506	150.010	150.000	0.010	547	149.400	149.000	0.400	588	149.030	149.000	0.030
507	149.280	149.000	0.280	548	149.030	149.000	0.030	589	150.500	150.000	0.500
508	149.050	149.000	0.050	549	149.030	149.000	0.030	590	150.500	150.000	0.500
509	148.920	149.000	0.080	550	149.530	149.000	0.530	591	149.030	149.000	0.030
510	148.520	149.000	0.480	551	149.770	149.000	0.770	592	149.650	149.000	0.650
511	149.770	149.000	0.770	552	149.050	149.000	0.050	593	149.660	149.000	0.660
512	149.650	149.000	0.650	553	149.160	149.000	0.160	594	149.650	149.000	0.650
513	149.040	149.000	0.040	554	149.280	149.000	0.280	595	149.080	149.000	0.080
514	149.280	149.000	0.280	555	149.700	149.000	0.700	596	149.040	149.000	0.040
515	148.920	149.000	0.080	556	149.650	149.000	0.650	597	149.280	149.000	0.280
516	148.920	149.000	0.080	557	149.280	149.000	0.280	598	149.040	149.000	0.040
517	149.280	149.000	0.280	558	149.040	149.000	0.040	599	149.530	149.000	0.530
518	149.280	149.000	0.280	559	149.660	149.000	0.660	600	149.160	149.000	0.160

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
601	149.040	149.000	0.040	642	149.400	149.000	0.400	683	149.040	149.000	0.040
602	149.770	149.000	0.770	643	149.890	149.000	0.890	684	149.160	149.000	0.160
603	150.010	149.000	1.010	644	150.260	150.000	0.260	685	149.520	149.000	0.520
604	149.280	149.000	0.280	645	150.500	150.000	0.500	686	149.530	149.000	0.530
605	148.920	149.000	0.080	646	150.500	150.000	0.500	687	149.400	149.000	0.400
606	150.260	150.000	0.260	647	149.280	149.000	0.280	688	149.030	149.000	0.030
607	149.890	149.000	0.890	648	149.280	149.000	0.280	689	149.530	149.000	0.530
608	150.260	150.000	0.260	649	149.660	149.000	0.660	690	149.040	149.000	0.040
609	149.890	149.000	0.890	650	149.050	149.000	0.050	691	148.920	149.000	0.080
610	149.040	149.000	0.040	651	148.920	149.000	0.080	692	149.040	149.000	0.040
611	149.040	149.000	0.040	652	149.360	149.000	0.360	693	149.530	149.000	0.530
612	149.660	149.000	0.660	653	149.280	149.000	0.280	694	149.530	149.000	0.530
613	149.530	150.000	0.470	654	150.500	150.000	0.500	695	149.050	149.000	0.050
614	148.920	149.000	0.080	655	149.530	149.000	0.530	696	148.920	149.000	0.080
615	149.530	149.000	0.530	656	149.280	149.000	0.280	697	148.920	149.000	0.080
616	149.280	149.000	0.280	657	149.280	149.000	0.280	698	148.920	149.000	0.080
617	149.890	149.000	0.890	658	148.920	149.000	0.080	699	149.530	149.000	0.530
618	149.050	149.000	0.050	659	149.530	149.000	0.530	700	149.280	149.000	0.280
619	148.920	149.000	0.080	660	149.280	149.000	0.280	701	149.530	149.000	0.530
620	148.920	149.000	0.080	661	149.280	149.000	0.280	702	149.530	149.000	0.530
621	149.530	149.000	0.530	662	148.920	149.000	0.080	703	149.520	149.000	0.520
622	149.280	149.000	0.280	663	149.400	149.000	0.400	704	150.010	149.000	1.010
623	150.500	150.000	0.500	664	149.650	149.000	0.650	705	149.650	149.000	0.650
624	149.030	149.000	0.030	665	150.010	150.000	0.010	706	149.050	149.000	0.050
625	149.650	149.000	0.650	666	149.890	149.000	0.890	707	149.790	149.000	0.790
626	149.770	149.000	0.770	667	149.530	149.000	0.530	708	149.040	149.000	0.040
627	149.530	149.000	0.530	668	149.770	149.000	0.770	709	149.020	149.000	0.020
628	149.660	149.000	0.660	669	149.050	149.000	0.050	710	149.770	149.000	0.770
629	149.050	149.000	0.050	670	149.400	149.000	0.400	711	149.160	149.000	0.160
630	149.530	149.000	0.530	671	150.260	150.000	0.260	712	149.530	149.000	0.530
631	149.770	149.000	0.770	672	150.500	150.000	0.500	713	150.260	150.000	0.260
632	149.700	149.000	0.700	673	150.260	150.000	0.260	714	149.040	149.000	0.040
633	149.660	149.000	0.660	674	150.260	150.000	0.260	715	149.790	149.000	0.790
634	149.660	149.000	0.660	675	149.040	149.000	0.040	716	148.920	149.000	0.080
635	149.040	149.000	0.040	676	149.400	149.000	0.400	717	149.040	149.000	0.040
636	150.500	150.000	0.500	677	149.280	149.000	0.280	718	149.770	149.000	0.770
637	149.280	149.000	0.280	678	149.280	149.000	0.280	719	149.530	149.000	0.530
638	149.040	149.000	0.040	679	149.280	149.000	0.280	720	149.030	149.000	0.030
639	149.160	149.000	0.160	680	148.920	149.000	0.080	721	149.030	149.000	0.030
640	149.520	149.000	0.520	681	149.700	149.000	0.700	722	149.530	149.000	0.530
641	149.770	149.000	0.770	682	149.770	149.000	0.770	723	149.160	149.000	0.160

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
724	149.660	149.000	0.660	765	150.500	150.000	0.500	806	149.040	149.000	0.040
725	149.280	149.000	0.280	766	149.280	149.000	0.280	807	149.040	149.000	0.040
726	149.080	149.000	0.080	767	149.530	149.000	0.530	808	149.660	149.000	0.660
727	150.500	150.000	0.500	768	149.280	149.000	0.280	809	148.920	149.000	0.080
728	149.030	149.000	0.030	769	149.660	149.000	0.660	810	150.500	150.000	0.500
729	149.040	149.000	0.040	770	149.530	150.000	0.470	811	149.660	149.000	0.660
730	149.530	149.000	0.530	771	149.050	149.000	0.050	812	149.080	149.000	0.080
731	149.280	149.000	0.280	772	148.920	149.000	0.080	813	149.280	149.000	0.280
732	149.530	149.000	0.530	773	150.500	150.000	0.500	814	149.050	149.000	0.050
733	149.700	149.000	0.700	774	149.030	149.000	0.030	815	149.280	149.000	0.280
734	149.040	149.000	0.040	775	149.660	149.000	0.660	816	149.280	149.000	0.280
735	149.040	149.000	0.040	776	149.530	150.000	0.470	817	149.160	149.000	0.160
736	149.530	149.000	0.530	777	149.050	149.000	0.050	818	149.520	149.000	0.520
737	149.280	149.000	0.280	778	149.050	149.000	0.050	819	150.010	149.000	1.010
738	149.530	149.000	0.530	779	148.920	149.000	0.080	820	149.650	149.000	0.650
739	149.050	149.000	0.050	780	150.030	150.000	0.030	821	149.700	149.000	0.700
740	149.160	149.000	0.160	781	149.040	149.000	0.040	822	149.530	149.000	0.530
741	149.280	149.000	0.280	782	149.040	149.000	0.040	823	150.010	150.000	0.010
742	149.040	149.000	0.040	783	149.400	149.000	0.400	824	149.050	149.000	0.050
743	149.050	149.000	0.050	784	149.030	149.000	0.030	825	148.920	149.000	0.080
744	149.660	149.000	0.660	785	149.770	149.000	0.770	826	149.050	149.000	0.050
745	149.530	149.000	0.530	786	149.700	149.000	0.700	827	149.770	149.000	0.770
746	149.040	149.000	0.040	787	149.660	149.000	0.660	828	150.010	150.000	0.010
747	149.660	149.000	0.660	788	149.160	149.000	0.160	829	150.010	150.000	0.010
748	149.530	150.000	0.470	789	149.040	149.000	0.040	830	149.890	149.000	0.890
749	149.890	149.000	0.890	790	149.660	149.000	0.660	831	149.040	149.000	0.040
750	150.260	150.000	0.260	791	149.660	149.000	0.660	832	149.660	149.000	0.660
751	149.280	149.000	0.280	792	149.530	149.000	0.530	833	150.260	150.000	0.260
752	150.500	150.000	0.500	793	149.050	149.000	0.050	834	149.040	149.000	0.040
753	149.530	149.000	0.530	794	149.400	149.000	0.400	835	149.400	149.000	0.400
754	149.650	149.000	0.650	795	149.530	149.000	0.530	836	149.160	149.000	0.160
755	149.770	149.000	0.770	796	149.160	149.000	0.160	837	150.030	149.000	1.030
756	149.530	149.000	0.530	797	149.050	149.000	0.050	838	149.530	149.000	0.530
757	149.050	149.000	0.050	798	148.920	149.000	0.080	839	149.400	149.000	0.400
758	149.160	149.000	0.160	799	149.040	149.000	0.040	840	149.530	149.000	0.530
759	149.530	149.000	0.530	800	149.040	149.000	0.040	841	149.040	149.000	0.040
760	149.770	149.000	0.770	801	149.050	149.000	0.050	842	150.260	150.000	0.260
761	149.700	149.000	0.700	802	149.160	149.000	0.160	843	149.890	149.000	0.890
762	149.040	149.000	0.040	803	149.280	149.000	0.280	844	149.280	149.000	0.280
763	149.050	149.000	0.050	804	149.530	149.000	0.530	845	149.080	149.000	0.080
764	148.920	149.000	0.080	805	149.040	149.000	0.040	846	149.530	149.000	0.530

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
847	149.660	149.000	0.660	888	149.040	149.000	0.040	929	148.920	149.000	0.080
848	149.770	149.000	0.770	889	149.400	149.000	0.400	930	149.520	149.000	0.520
849	149.040	149.000	0.040	890	149.280	149.000	0.280	931	149.530	149.000	0.530
850	149.660	149.000	0.660	891	148.920	149.000	0.080	932	149.040	149.000	0.040
851	149.530	149.000	0.530	892	149.660	149.000	0.660	933	150.500	150.000	0.500
852	149.160	149.000	0.160	893	149.050	149.000	0.050	934	149.530	149.000	0.530
853	149.770	149.000	0.770	894	149.280	149.000	0.280	935	149.280	149.000	0.280
854	149.700	149.000	0.700	895	149.530	149.000	0.530	936	149.050	149.000	0.050
855	149.280	149.000	0.280	896	149.160	149.000	0.160	937	149.280	149.000	0.280
856	149.160	149.000	0.160	897	150.030	149.000	1.030	938	149.030	149.000	0.030
857	149.660	149.000	0.660	898	150.260	150.000	0.260	939	149.530	149.000	0.530
858	149.530	149.000	0.530	899	150.010	150.000	0.010	940	150.030	149.000	1.030
859	149.050	149.000	0.050	900	150.010	150.000	0.010	941	149.530	149.000	0.530
860	148.920	149.000	0.080	901	149.530	149.000	0.530	942	148.520	149.000	0.480
861	150.030	150.000	0.030	902	149.280	149.000	0.280	943	149.660	149.000	0.660
862	149.660	149.000	0.660	903	149.890	149.000	0.890	944	149.050	149.000	0.050
863	149.530	150.000	0.470	904	150.260	150.000	0.260	945	149.160	149.000	0.160
864	149.280	149.000	0.280	905	148.920	149.000	0.080	946	150.500	150.000	0.500
865	149.530	149.000	0.530	906	149.160	149.000	0.160	947	149.660	149.000	0.660
866	149.530	149.000	0.530	907	149.770	149.000	0.770	948	149.770	149.000	0.770
867	149.520	149.000	0.520	908	150.010	149.000	1.010	949	149.700	149.000	0.700
868	149.660	149.000	0.660	909	149.280	149.000	0.280	950	149.660	149.000	0.660
869	149.050	149.000	0.050	910	149.700	149.000	0.700	951	149.530	149.000	0.530
870	149.160	149.000	0.160	911	149.530	149.000	0.530	952	149.770	149.000	0.770
871	149.770	149.000	0.770	912	150.010	150.000	0.010	953	149.280	149.000	0.280
872	149.700	149.000	0.700	913	149.050	149.000	0.050	954	149.530	149.000	0.530
873	149.530	149.000	0.530	914	149.280	149.000	0.280	955	149.040	149.000	0.040
874	149.660	149.000	0.660	915	149.040	149.000	0.040	956	149.770	149.000	0.770
875	150.030	149.000	1.030	916	149.770	149.000	0.770	957	149.400	149.000	0.400
876	149.530	149.000	0.530	917	149.530	150.000	0.470	958	149.530	149.000	0.530
877	149.520	149.000	0.520	918	149.520	149.000	0.520	959	149.770	149.000	0.770
878	150.010	149.000	1.010	919	149.790	149.000	0.790	960	149.160	149.000	0.160
879	148.920	149.000	0.080	920	148.920	149.000	0.080	961	149.530	149.000	0.530
880	149.530	149.000	0.530	921	148.920	149.000	0.080	962	150.260	150.000	0.260
881	150.260	150.000	0.260	922	149.050	149.000	0.050	963	149.030	149.000	0.030
882	149.530	149.000	0.530	923	149.030	149.000	0.030	964	149.530	149.000	0.530
883	149.160	149.000	0.160	924	149.650	149.000	0.650	965	148.920	149.000	0.080
884	149.040	149.000	0.040	925	149.050	149.000	0.050	966	149.280	149.000	0.280
885	149.030	149.000	0.030	926	149.530	149.000	0.530	967	149.530	149.000	0.530
886	150.500	150.000	0.500	927	150.030	149.000	1.030	968	149.530	149.000	0.530
887	150.260	150.000	0.260	928	149.050	149.000	0.050	969	149.030	149.000	0.030

ตาราง 6 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 1 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
970	150.260	150.000	0.260	982	149.700	149.000	0.700	994	149.660	149.000	0.660
971	149.040	149.000	0.040	983	149.040	149.000	0.040	995	149.660	149.000	0.660
972	149.160	149.000	0.160	984	149.080	149.000	0.080	996	149.530	149.000	0.530
973	149.660	149.000	0.660	985	150.500	150.000	0.500	997	149.050	149.000	0.050
974	149.280	149.000	0.280	986	149.400	149.000	0.400	998	149.040	149.000	0.040
975	149.660	149.000	0.660	987	149.040	149.000	0.040	999	149.790	149.000	0.790
976	149.530	150.000	0.470	988	150.500	150.000	0.500	1000	149.280	149.000	0.280
977	149.030	149.000	0.030	989	149.030	149.000	0.030	Average			0.350
978	149.040	149.000	0.040	990	149.030	149.000	0.030	Max Error			0.010
979	149.530	149.000	0.530	991	149.530	149.000	0.530	Min Error			1.200
980	149.160	149.000	0.160	992	149.160	149.000	0.160				
981	149.080	149.000	0.080	993	148.920	149.000	0.080				

ตาราง 7 คือตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบระหว่างเครื่องวัดแรงกดที่พัฒนาขึ้น และโหลดเซลล์ โดยทำการวัดทั้งหมด 1000 ครั้ง ที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความดันลม

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
1	84.540	84.000	0.540	17	84.890	84.000	0.890	33	83.770	83.000	0.770
2	83.940	83.000	0.940	18	84.200	84.000	0.200	34	84.370	84.000	0.370
3	83.680	83.000	0.680	19	84.510	84.000	0.510	35	84.030	84.000	0.030
4	84.460	83.000	1.460	20	84.110	84.000	0.110	36	84.630	84.000	0.630
5	84.370	83.000	1.370	21	85.240	85.000	0.240	37	83.200	83.000	0.200
6	84.200	83.000	1.200	22	83.680	83.000	0.680	38	83.940	84.000	0.060
7	83.510	83.000	0.510	23	84.110	84.000	0.110	39	83.940	84.000	0.060
8	84.890	84.000	0.890	24	84.030	84.000	0.030	40	84.370	84.000	0.370
9	84.540	84.000	0.540	25	83.940	84.000	0.060	41	84.030	84.000	0.030
10	84.630	83.000	1.630	26	84.720	84.000	0.720	42	84.290	84.000	0.290
11	84.460	84.000	0.460	27	83.940	84.000	0.060	43	84.110	84.000	0.110
12	85.240	85.000	0.240	28	84.460	84.000	0.460	44	84.460	84.000	0.460
13	84.200	84.000	0.200	29	83.770	84.000	0.230	45	84.110	84.000	0.110
14	85.150	85.000	0.150	30	84.030	84.000	0.030	46	84.370	84.000	0.370
15	84.370	84.000	0.370	31	85.070	84.000	1.070	47	84.290	84.000	0.290
16	83.850	84.000	0.150	32	83.850	84.000	0.150	48	84.200	84.000	0.200

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
49	84.890	84.000	0.890	90	83.850	83.000	0.850	131	84.110	83.000	1.110
50	84.110	84.000	0.110	91	84.290	83.000	1.290	132	83.940	83.000	0.940
51	84.460	84.000	0.460	92	83.510	83.000	0.510	133	83.770	83.000	0.770
52	84.110	84.000	0.110	93	83.770	83.000	0.770	134	83.770	83.000	0.770
53	84.540	84.000	0.540	94	83.420	83.000	0.420	135	83.160	83.000	0.160
54	84.370	84.000	0.370	95	83.510	83.000	0.510	136	83.850	83.000	0.850
55	84.290	84.000	0.290	96	83.680	83.000	0.680	137	83.680	83.000	0.680
56	83.940	84.000	0.060	97	83.590	83.000	0.590	138	83.510	83.000	0.510
57	84.290	84.000	0.290	98	84.890	84.000	0.890	139	83.770	83.000	0.770
58	83.770	83.000	0.770	99	83.420	83.000	0.420	140	83.590	83.000	0.590
59	83.940	84.000	0.060	100	84.370	84.000	0.370	141	84.110	83.000	1.110
60	84.890	84.000	0.890	101	84.290	83.000	1.290	142	83.680	83.000	0.680
61	84.410	84.000	0.410	102	83.770	83.000	0.770	143	83.590	83.000	0.590
62	84.370	84.000	0.370	103	84.030	84.000	0.030	144	83.590	83.000	0.590
63	84.110	84.000	0.110	104	83.590	83.000	0.590	145	83.770	83.000	0.770
64	84.110	84.000	0.110	105	84.460	83.000	1.460	146	84.890	84.000	0.890
65	84.110	84.000	0.110	106	84.030	83.000	1.030	147	84.110	84.000	0.110
66	84.540	84.000	0.540	107	83.570	83.000	0.570	148	83.680	83.000	0.680
67	83.770	84.000	0.230	108	83.590	83.000	0.590	149	84.030	83.000	1.030
68	84.030	84.000	0.030	109	84.540	84.000	0.540	150	84.110	83.000	1.110
69	84.030	83.000	1.030	110	84.290	84.000	0.290	151	84.370	84.000	0.370
70	83.420	83.000	0.420	111	83.770	83.000	0.770	152	84.200	84.000	0.200
71	83.680	83.000	0.680	112	83.850	83.000	0.850	153	83.770	83.000	0.770
72	83.680	83.000	0.680	113	83.770	83.000	0.770	154	83.510	83.000	0.510
73	83.500	83.000	0.500	114	83.420	83.000	0.420	155	83.940	83.000	0.940
74	84.290	83.000	1.290	115	83.590	83.000	0.590	156	83.770	83.000	0.770
75	83.850	83.000	0.850	116	83.590	83.000	0.590	157	84.110	83.000	1.110
76	83.680	83.000	0.680	117	83.420	83.000	0.420	158	83.940	83.000	0.940
77	83.850	83.000	0.850	118	83.250	83.000	0.250	159	83.850	83.000	0.850
78	83.770	83.000	0.770	119	83.320	83.000	0.320	160	83.850	83.000	0.850
79	83.770	83.000	0.770	120	83.290	83.000	0.290	161	84.370	84.000	0.370
80	84.200	84.000	0.200	121	83.770	83.000	0.770	162	83.420	83.000	0.420
81	83.510	83.000	0.510	122	83.150	83.000	0.150	163	83.680	83.000	0.680
82	83.770	83.000	0.770	123	84.030	83.000	1.030	164	83.590	83.000	0.590
83	83.770	83.000	0.770	124	84.290	84.000	0.290	165	83.850	83.000	0.850
84	83.330	83.000	0.330	125	83.680	83.000	0.680	166	83.770	83.000	0.770
85	83.420	83.000	0.420	126	83.770	83.000	0.770	167	83.680	83.000	0.680
86	83.590	83.000	0.590	127	84.680	84.000	0.680	168	83.420	83.000	0.420
87	83.850	84.000	0.150	128	83.510	83.000	0.510	169	83.680	83.000	0.680
88	83.770	83.000	0.770	129	83.680	83.000	0.680	170	83.770	83.000	0.770
89	83.590	83.000	0.590	130	83.680	83.000	0.680	171	84.200	83.000	1.200

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
172	83.940	83.000	0.940	213	84.370	84.000	0.370	254	84.110	83.000	1.110
173	83.940	83.000	0.940	214	83.940	84.000	0.060	255	83.940	83.000	0.940
174	83.770	83.000	0.770	215	84.770	84.000	0.770	256	83.850	83.000	0.850
175	83.850	83.000	0.850	216	84.290	84.000	0.290	257	84.370	83.000	1.370
176	84.290	83.000	1.290	217	83.770	83.000	0.770	258	84.030	84.000	0.030
177	83.570	83.000	0.570	218	84.290	84.000	0.290	259	83.510	83.000	0.510
178	83.510	83.000	0.510	219	84.030	84.000	0.030	260	83.940	83.000	0.940
179	84.030	84.000	0.030	220	84.030	84.000	0.030	261	83.850	83.000	0.850
180	84.540	84.000	0.540	221	84.800	84.000	0.800	262	83.850	83.000	0.850
181	84.630	84.000	0.630	222	83.940	84.000	0.060	263	84.340	83.000	1.340
182	83.680	83.000	0.680	223	83.330	83.000	0.330	264	83.940	84.000	0.060
183	83.940	83.000	0.940	224	83.680	83.000	0.680	265	83.940	83.000	0.940
184	83.940	83.000	0.940	225	84.030	84.000	0.030	266	83.680	83.000	0.680
185	84.110	83.000	1.110	226	84.540	84.000	0.540	267	83.590	83.000	0.590
186	84.110	83.000	1.110	227	83.200	83.000	0.200	268	83.770	83.000	0.770
187	83.590	83.000	0.590	228	84.370	84.000	0.370	269	83.940	83.000	0.940
188	83.770	83.000	0.770	229	83.770	83.000	0.770	270	84.360	84.000	0.360
189	83.770	83.000	0.770	230	84.110	83.000	1.110	271	84.740	84.000	0.740
190	83.940	83.000	0.940	231	83.680	83.000	0.680	272	83.030	83.000	0.030
191	84.030	83.000	1.030	232	83.330	83.000	0.330	273	83.850	83.000	0.850
192	83.850	83.000	0.850	233	83.850	83.000	0.850	274	83.940	83.000	0.940
193	84.200	83.000	1.200	234	83.940	83.000	0.940	275	83.770	83.000	0.770
194	83.940	83.000	0.940	235	83.770	83.000	0.770	276	83.250	83.000	0.250
195	83.770	83.000	0.770	236	84.030	83.000	1.030	277	83.770	83.000	0.770
196	84.030	83.000	1.030	237	83.940	83.000	0.940	278	84.030	83.000	1.030
197	84.680	84.000	0.680	238	84.630	84.000	0.630	279	84.290	83.000	1.290
198	83.770	83.000	0.770	239	84.460	84.000	0.460	280	84.030	83.000	1.030
199	83.680	83.000	0.680	240	84.720	84.000	0.720	281	83.250	83.000	0.250
200	83.850	83.000	0.850	241	84.370	84.000	0.370	282	83.590	83.000	0.590
201	84.030	83.000	1.030	242	84.030	83.000	1.030	283	83.770	83.000	0.770
202	83.680	83.000	0.680	243	83.850	83.000	0.850	284	83.850	83.000	0.850
203	83.680	83.000	0.680	244	83.770	83.000	0.770	285	83.940	83.000	0.940
204	83.770	83.000	0.770	245	84.200	84.000	0.200	286	83.030	83.000	0.030
205	83.850	83.000	0.850	246	84.200	84.000	0.200	287	83.680	83.000	0.680
206	83.940	83.000	0.940	247	83.940	83.000	0.940	288	83.940	83.000	0.940
207	83.850	83.000	0.850	248	84.370	84.000	0.370	289	84.110	83.000	1.110
208	83.330	83.000	0.330	249	84.370	84.000	0.370	290	84.200	83.000	1.200
209	84.630	84.000	0.630	250	83.770	83.000	0.770	291	84.370	84.000	0.370
210	84.030	84.000	0.030	251	84.540	84.000	0.540	292	84.200	84.000	0.200
211	83.850	84.000	0.150	252	84.540	84.000	0.540	293	84.290	83.000	1.290
212	84.460	84.000	0.460	253	83.850	83.000	0.850	294	83.420	83.000	0.420

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
295	83.940	83.000	0.940	336	83.770	83.000	0.770	377	83.770	83.000	0.770
296	83.510	83.000	0.510	337	84.030	84.000	0.030	378	83.770	83.000	0.770
297	83.770	83.000	0.770	338	83.420	83.000	0.420	379	83.030	83.000	0.030
298	83.590	83.000	0.590	339	83.940	84.000	0.060	380	83.680	83.000	0.680
299	83.850	83.000	0.850	340	83.160	83.000	0.160	381	83.850	83.000	0.850
300	84.030	83.000	1.030	341	83.850	83.000	0.850	382	83.420	83.000	0.420
301	84.720	84.000	0.720	342	84.110	83.000	1.110	383	83.590	83.000	0.590
302	84.460	84.000	0.460	343	83.420	83.000	0.420	384	83.590	83.000	0.590
303	84.030	84.000	0.030	344	83.590	83.000	0.590	385	83.420	83.000	0.420
304	83.940	84.000	0.060	345	83.420	83.000	0.420	386	83.250	83.000	0.250
305	84.290	84.000	0.290	346	83.420	83.000	0.420	387	83.290	83.000	0.290
306	84.720	84.000	0.720	347	84.540	84.000	0.540	388	83.510	83.000	0.510
307	84.460	84.000	0.460	348	83.940	84.000	0.060	389	83.510	83.000	0.510
308	84.460	84.000	0.460	349	84.200	84.000	0.200	390	83.940	83.000	0.940
309	84.540	84.000	0.540	350	83.770	83.000	0.770	391	83.770	83.000	0.770
310	84.200	84.000	0.200	351	83.770	83.000	0.770	392	83.770	83.000	0.770
311	84.940	84.000	0.940	352	83.510	83.000	0.510	393	84.290	84.000	0.290
312	83.940	83.000	0.940	353	83.160	83.000	0.160	394	84.510	84.000	0.510
313	84.630	84.000	0.630	354	83.030	83.000	0.030	395	84.290	84.000	0.290
314	84.030	83.000	1.030	355	83.770	83.000	0.770	396	84.200	84.000	0.200
315	83.940	83.000	0.940	356	84.030	83.000	1.030	397	83.770	83.000	0.770
316	84.540	84.000	0.540	357	84.510	84.000	0.510	398	83.510	83.000	0.510
317	83.850	83.000	0.850	358	84.290	84.000	0.290	399	84.030	83.000	1.030
318	83.850	83.000	0.850	359	83.680	83.000	0.680	400	83.420	83.000	0.420
319	84.370	83.000	1.370	360	83.510	83.000	0.510	401	83.490	83.000	0.490
320	84.200	83.000	1.200	361	84.110	83.000	1.110	402	83.510	83.000	0.510
321	84.110	83.000	1.110	362	83.160	83.000	0.160	403	83.420	83.000	0.420
322	83.510	83.000	0.510	363	83.510	83.000	0.510	404	83.770	83.000	0.770
323	83.770	83.000	0.770	364	83.510	83.000	0.510	405	83.770	83.000	0.770
324	83.590	83.000	0.590	365	83.510	83.000	0.510	406	83.590	83.000	0.590
325	83.770	83.000	0.770	366	84.720	84.000	0.720	407	83.420	83.000	0.420
326	84.030	83.000	1.030	367	84.460	84.000	0.460	408	83.250	83.000	0.250
327	83.680	83.000	0.680	368	84.030	83.000	1.030	409	83.250	83.000	0.250
328	84.630	84.000	0.630	369	83.510	83.000	0.510	410	83.320	83.000	0.320
329	84.510	84.000	0.510	370	83.510	83.000	0.510	411	83.510	83.000	0.510
330	84.490	84.000	0.490	371	83.860	83.000	0.860	412	83.680	83.000	0.680
331	84.030	83.000	1.030	372	84.200	83.000	1.200	413	83.590	83.000	0.590
332	84.030	83.000	1.030	373	84.290	84.000	0.290	414	84.020	83.000	1.020
333	83.590	83.000	0.590	374	84.630	84.000	0.630	415	83.850	83.000	0.850
334	83.160	83.000	0.160	375	84.110	83.000	1.110	416	83.770	83.000	0.770
335	84.110	84.000	0.110	376	83.590	83.000	0.590	417	84.510	84.000	0.510

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
418	84.460	84.000	0.460	459	83.590	83.000	0.590	500	83.510	83.000	0.510
419	84.030	83.000	1.030	460	83.770	83.000	0.770	501	83.680	83.000	0.680
420	83.770	83.000	0.770	461	84.030	84.000	0.030	502	83.850	83.000	0.850
421	83.770	83.000	0.770	462	84.030	84.000	0.030	503	83.840	83.000	0.840
422	83.510	83.000	0.510	463	83.330	83.000	0.330	504	83.680	83.000	0.680
423	83.420	83.000	0.420	464	83.680	83.000	0.680	505	83.030	83.000	0.030
424	83.940	83.000	0.940	465	84.540	84.000	0.540	506	83.770	83.000	0.770
425	83.590	83.000	0.590	466	83.770	83.000	0.770	507	84.290	84.000	0.290
426	83.290	83.000	0.290	467	84.110	83.000	1.110	508	84.460	84.000	0.460
427	84.460	83.000	1.460	468	83.850	83.000	0.850	509	83.590	83.000	0.590
428	83.770	83.000	0.770	469	83.770	83.000	0.770	510	83.420	83.000	0.420
429	83.510	83.000	0.510	470	84.030	83.000	1.030	511	83.250	83.000	0.250
430	83.590	83.000	0.590	471	83.940	83.000	0.940	512	83.150	83.000	0.150
431	83.490	83.000	0.490	472	84.110	84.000	0.110	513	83.030	83.000	0.030
432	83.420	83.000	0.420	473	84.200	84.000	0.200	514	84.510	84.000	0.510
433	84.290	84.000	0.290	474	84.290	84.000	0.290	515	83.160	83.000	0.160
434	83.770	83.000	0.770	475	83.510	83.000	0.510	516	83.030	83.000	0.030
435	83.150	83.000	0.150	476	83.590	83.000	0.590	517	83.250	83.000	0.250
436	84.110	83.000	1.110	477	83.850	83.000	0.850	518	84.200	84.000	0.200
437	83.160	83.000	0.160	478	84.030	83.000	1.030	519	84.290	83.000	1.290
438	83.850	83.000	0.850	479	83.770	83.000	0.770	520	83.590	83.000	0.590
439	83.590	83.000	0.590	480	84.370	84.000	0.370	521	83.770	83.000	0.770
440	83.680	83.000	0.680	481	84.460	84.000	0.460	522	83.770	83.000	0.770
441	83.890	83.000	0.890	482	83.850	83.000	0.850	523	83.590	83.000	0.590
442	84.030	83.000	1.030	483	83.330	83.000	0.330	524	83.860	83.000	0.860
443	84.110	84.000	0.110	484	83.250	83.000	0.250	525	83.940	83.000	0.940
444	84.510	84.000	0.510	485	83.770	83.000	0.770	526	83.590	83.000	0.590
445	83.680	83.000	0.680	486	83.420	83.000	0.420	527	83.160	83.000	0.160
446	83.110	83.000	0.110	487	83.510	83.000	0.510	528	83.420	83.000	0.420
447	83.510	83.000	0.510	488	83.770	83.000	0.770	529	83.770	83.000	0.770
448	83.850	83.000	0.850	489	83.590	83.000	0.590	530	83.940	83.000	0.940
449	84.200	84.000	0.200	490	83.940	83.000	0.940	531	83.850	83.000	0.850
450	84.110	84.000	0.110	491	84.110	83.000	1.110	532	83.850	83.000	0.850
451	84.030	84.000	0.030	492	84.110	83.000	1.110	533	83.510	83.000	0.510
452	83.940	84.000	0.060	493	83.770	83.000	0.770	534	84.540	84.000	0.540
453	83.940	84.000	0.060	494	83.850	83.000	0.850	535	84.110	83.000	1.110
454	83.680	83.000	0.680	495	84.510	84.000	0.510	536	84.030	83.000	1.030
455	83.590	83.000	0.590	496	84.030	83.000	1.030	537	84.510	84.000	0.510
456	84.720	84.000	0.720	497	83.680	83.000	0.680	538	84.320	84.000	0.320
457	84.370	84.000	0.370	498	83.570	83.000	0.570	539	84.630	84.000	0.630
458	83.680	83.000	0.680	499	84.540	84.000	0.540	540	83.770	83.000	0.770

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
541	83.590	83.000	0.590	582	84.510	84.000	0.510	623	83.290	83.000	0.290
542	83.510	83.000	0.510	583	84.030	83.000	1.030	624	84.460	83.000	1.460
543	83.850	83.000	0.850	584	83.850	83.000	0.850	625	83.770	83.000	0.770
544	83.940	83.000	0.940	585	83.680	83.000	0.680	626	84.290	83.000	1.290
545	83.680	83.000	0.680	586	84.110	83.000	1.110	627	83.590	83.000	0.590
546	83.570	84.000	0.430	587	83.940	84.000	0.060	628	83.850	83.000	0.850
547	84.110	83.000	1.110	588	83.850	83.000	0.850	629	83.770	83.000	0.770
548	84.540	84.000	0.540	589	84.540	84.000	0.540	630	84.370	83.000	1.370
549	84.680	84.000	0.680	590	84.540	84.000	0.540	631	84.200	83.000	1.200
550	84.490	84.000	0.490	591	83.590	83.000	0.590	632	83.510	83.000	0.510
551	84.460	84.000	0.460	592	83.850	83.000	0.850	633	83.770	83.000	0.770
552	84.720	84.000	0.720	593	83.770	83.000	0.770	634	83.770	83.000	0.770
553	84.560	84.000	0.560	594	83.290	83.000	0.290	635	83.330	83.000	0.330
554	83.510	83.000	0.510	595	83.680	83.000	0.680	636	83.850	83.000	0.850
555	83.510	83.000	0.510	596	83.310	83.000	0.310	637	83.590	83.000	0.590
556	83.770	83.000	0.770	597	83.310	83.000	0.310	638	83.680	83.000	0.680
557	84.030	83.000	1.030	598	83.250	83.000	0.250	639	83.510	83.000	0.510
558	83.510	83.000	0.510	599	83.290	83.000	0.290	640	83.590	83.000	0.590
559	83.510	83.000	0.510	600	84.030	84.000	0.030	641	84.510	84.000	0.510
560	83.420	83.000	0.420	601	83.770	83.000	0.770	642	84.030	83.000	1.030
561	83.860	83.000	0.860	602	84.290	84.000	0.290	643	83.680	83.000	0.680
562	84.540	84.000	0.540	603	84.510	84.000	0.510	644	83.770	83.000	0.770
563	84.110	83.000	1.110	604	84.720	84.000	0.720	645	83.330	83.000	0.330
564	83.770	83.000	0.770	605	83.770	84.000	0.230	646	83.420	83.000	0.420
565	83.850	83.000	0.850	606	83.510	83.000	0.510	647	83.590	83.000	0.590
566	83.420	83.000	0.420	607	84.290	83.000	1.290	648	83.510	83.000	0.510
567	83.420	83.000	0.420	608	84.460	84.000	0.460	649	84.540	84.000	0.540
568	83.850	83.000	0.850	609	84.510	84.000	0.510	650	83.590	83.000	0.590
569	83.940	83.000	0.940	610	84.510	84.000	0.510	651	84.460	84.000	0.460
570	84.030	83.000	1.030	611	84.110	83.000	1.110	652	84.030	84.000	0.030
571	83.490	83.000	0.490	612	84.290	83.000	1.290	653	83.940	84.000	0.060
572	83.940	83.000	0.940	613	84.290	83.000	1.290	654	84.290	84.000	0.290
573	84.110	83.000	1.110	614	83.940	83.000	0.940	655	83.160	83.000	0.160
574	83.940	83.000	0.940	615	84.110	83.000	1.110	656	83.510	83.000	0.510
575	83.850	83.000	0.850	616	84.110	83.000	1.110	657	83.420	83.000	0.420
576	84.720	84.000	0.720	617	83.590	83.000	0.590	658	83.250	83.000	0.250
577	84.200	84.000	0.200	618	84.200	84.000	0.200	659	83.320	83.000	0.320
578	83.850	83.000	0.850	619	84.510	84.000	0.510	660	83.680	83.000	0.680
579	83.590	83.000	0.590	620	83.940	84.000	0.060	661	83.500	83.000	0.500
580	83.680	83.000	0.680	621	84.460	84.000	0.460	662	84.630	84.000	0.630
581	84.630	84.000	0.630	622	83.590	83.000	0.590	663	84.460	84.000	0.460

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

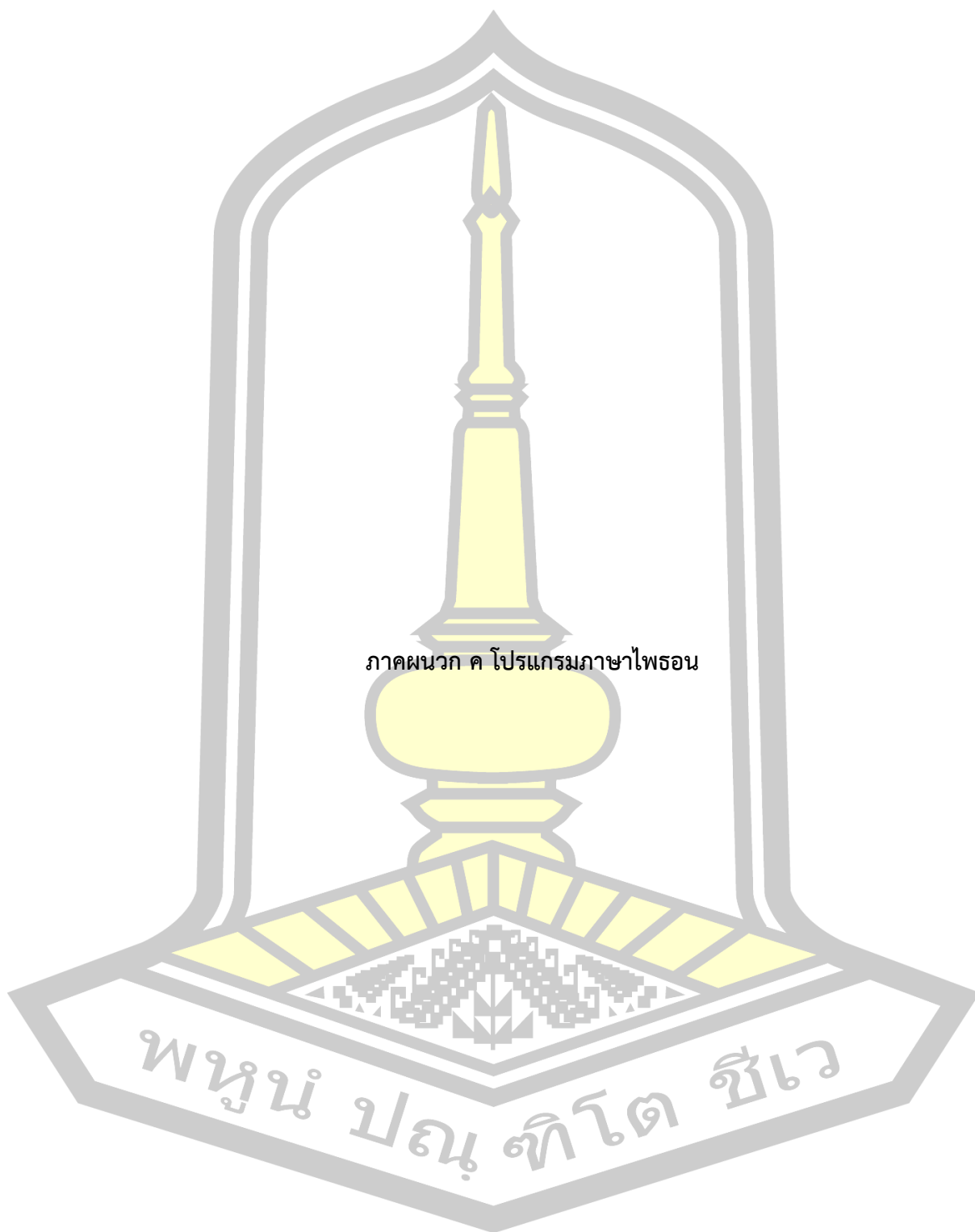
Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
664	85.240	85.000	0.240	705	83.850	84.000	0.150	746	83.590	83.000	0.590
665	84.030	84.000	0.030	706	83.850	84.000	0.150	747	84.720	84.000	0.720
666	84.030	83.000	1.030	707	84.890	84.000	0.890	748	83.850	83.000	0.850
667	83.590	83.000	0.590	708	84.200	84.000	0.200	749	84.110	83.000	1.110
668	84.020	83.000	1.020	709	84.510	84.000	0.510	750	84.410	84.000	0.410
669	83.850	84.000	0.150	710	84.110	84.000	0.110	751	84.290	84.000	0.290
670	83.590	83.000	0.590	711	83.770	84.000	0.230	752	83.770	83.000	0.770
671	83.770	83.000	0.770	712	84.030	84.000	0.030	753	83.850	83.000	0.850
672	83.290	83.000	0.290	713	83.940	84.000	0.060	754	83.420	83.000	0.420
673	83.770	83.000	0.770	714	83.850	83.000	0.850	755	83.590	83.000	0.590
674	83.150	83.000	0.150	715	84.030	83.000	1.030	756	84.540	84.000	0.540
675	84.030	83.000	1.030	716	85.240	85.000	0.240	757	83.590	83.000	0.590
676	84.290	84.000	0.290	717	84.460	84.000	0.460	758	84.460	83.000	1.460
677	83.570	83.000	0.570	718	84.030	84.000	0.030	759	84.030	83.000	1.030
678	84.540	84.000	0.540	719	83.490	83.000	0.490	760	83.770	83.000	0.770
679	83.940	84.000	0.060	720	83.940	84.000	0.060	761	83.290	83.000	0.290
680	83.850	83.000	0.850	721	84.720	84.000	0.720	762	84.460	84.000	0.460
681	83.770	84.000	0.230	722	83.940	84.000	0.060	763	84.030	84.000	0.030
682	83.150	83.000	0.150	723	83.940	83.000	0.940	764	83.510	83.000	0.510
683	84.110	83.000	1.110	724	83.770	83.000	0.770	765	84.510	84.000	0.510
684	83.250	83.000	0.250	725	83.510	83.000	0.510	766	84.630	84.000	0.630
685	83.250	83.000	0.250	726	83.680	83.000	0.680	767	84.460	84.000	0.460
686	83.320	83.000	0.320	727	83.680	83.000	0.680	768	84.460	84.000	0.460
687	83.590	83.000	0.590	728	85.070	84.000	1.070	769	83.850	83.000	0.850
688	83.850	83.000	0.850	729	83.770	83.000	0.770	770	83.420	83.000	0.420
689	84.030	83.000	1.030	730	83.160	83.000	0.160	771	83.510	83.000	0.510
690	83.770	83.000	0.770	731	83.850	83.000	0.850	772	83.770	83.000	0.770
691	84.030	83.000	1.030	732	83.770	83.000	0.770	773	83.770	83.000	0.770
692	83.590	83.000	0.590	733	84.680	84.000	0.680	774	83.510	83.000	0.510
693	83.420	83.000	0.420	734	83.680	83.000	0.680	775	84.510	84.000	0.510
694	83.770	83.000	0.770	735	83.510	83.000	0.510	776	83.770	83.000	0.770
695	84.030	84.000	0.030	736	83.860	83.000	0.860	777	83.770	83.000	0.770
696	84.890	84.000	0.890	737	84.540	84.000	0.540	778	83.940	83.000	0.940
697	84.200	84.000	0.200	738	83.160	83.000	0.160	779	83.250	83.000	0.250
698	84.510	84.000	0.510	739	83.420	83.000	0.420	780	83.150	83.000	0.150
699	84.720	84.000	0.720	740	83.590	83.000	0.590	781	83.150	83.000	0.150
700	83.510	83.000	0.510	741	84.460	84.000	0.460	782	84.030	83.000	1.030
701	84.460	84.000	0.460	742	84.030	83.000	1.030	783	83.420	83.000	0.420
702	85.240	85.000	0.240	743	84.110	83.000	1.110	784	84.200	84.000	0.200
703	83.680	83.000	0.680	744	83.160	83.000	0.160	785	83.770	83.000	0.770
704	84.110	84.000	0.110	745	83.680	83.000	0.680	786	84.510	84.000	0.510

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
787	84.110	83.000	1.110	828	83.570	84.000	0.430	869	84.510	84.000	0.510
788	83.590	83.000	0.590	829	84.370	84.000	0.370	870	83.330	83.000	0.330
789	84.890	84.000	0.890	830	83.770	83.000	0.770	871	83.850	83.000	0.850
790	84.540	84.000	0.540	831	84.110	83.000	1.110	872	83.770	83.000	0.770
791	84.200	83.000	1.200	832	83.680	83.000	0.680	873	83.940	84.000	0.060
792	83.940	83.000	0.940	833	83.590	83.000	0.590	874	83.420	83.000	0.420
793	84.720	84.000	0.720	834	83.770	83.000	0.770	875	84.110	83.000	1.110
794	84.370	84.000	0.370	835	83.320	83.000	0.320	876	83.680	83.000	0.680
795	83.030	83.000	0.030	836	83.940	83.000	0.940	877	83.250	83.000	0.250
796	83.030	83.000	0.030	837	83.490	83.000	0.490	878	83.850	84.000	0.150
797	83.590	83.000	0.590	838	83.330	83.000	0.330	879	83.290	83.000	0.290
798	83.510	83.000	0.510	839	83.850	83.000	0.850	880	84.630	84.000	0.630
799	83.500	83.000	0.500	840	83.590	83.000	0.590	881	84.460	84.000	0.460
800	83.570	83.000	0.570	841	83.850	83.000	0.850	882	83.860	83.000	0.860
801	83.570	83.000	0.570	842	83.510	83.000	0.510	883	84.540	84.000	0.540
802	83.590	83.000	0.590	843	83.160	83.000	0.160	884	83.680	83.000	0.680
803	83.420	83.000	0.420	844	83.420	83.000	0.420	885	83.500	83.000	0.500
804	83.250	83.000	0.250	845	84.030	83.000	1.030	886	84.290	83.000	1.290
805	83.770	83.000	0.770	846	84.030	83.000	1.030	887	83.420	83.000	0.420
806	83.310	83.000	0.310	847	83.940	84.000	0.060	888	83.850	83.000	0.850
807	83.310	83.000	0.310	848	84.110	83.000	1.110	889	83.770	83.000	0.770
808	83.940	83.000	0.940	849	83.420	83.000	0.420	890	83.680	83.000	0.680
809	83.030	83.000	0.030	850	83.420	83.000	0.420	891	83.770	84.000	0.230
810	83.290	83.000	0.290	851	83.150	83.000	0.150	892	84.110	84.000	0.110
811	83.510	83.000	0.510	852	84.030	83.000	1.030	893	83.850	84.000	0.150
812	83.680	83.000	0.680	853	84.290	83.000	1.290	894	84.030	83.000	1.030
813	83.680	83.000	0.680	854	83.940	83.000	0.940	895	85.240	85.000	0.240
814	83.770	83.000	0.770	855	83.940	83.000	0.940	896	83.030	83.000	0.030
815	83.150	83.000	0.150	856	83.570	83.000	0.570	897	84.510	84.000	0.510
816	83.290	83.000	0.290	857	83.510	83.000	0.510	898	83.680	83.000	0.680
817	84.460	84.000	0.460	858	84.630	84.000	0.630	899	84.720	84.000	0.720
818	84.290	84.000	0.290	859	83.680	83.000	0.680	900	84.560	84.000	0.560
819	84.510	84.000	0.510	860	84.680	84.000	0.680	901	84.030	84.000	0.030
820	83.770	83.000	0.770	861	83.850	83.000	0.850	902	84.540	84.000	0.540
821	83.850	83.000	0.850	862	83.680	83.000	0.680	903	83.770	84.000	0.230
822	83.510	83.000	0.510	863	83.850	83.000	0.850	904	83.940	83.000	0.940
823	83.510	83.000	0.510	864	83.850	83.000	0.850	905	84.110	83.000	1.110
824	83.590	83.000	0.590	865	83.420	83.000	0.420	906	83.770	83.000	0.770
825	83.680	83.000	0.680	866	84.460	84.000	0.460	907	83.770	83.000	0.770
826	84.510	84.000	0.510	867	84.020	83.000	1.020	908	83.850	84.000	0.150
827	83.680	83.000	0.680	868	84.460	84.000	0.460	909	84.030	83.000	1.030

ตาราง 7 ตารางบันทึกผลการวัดแรงกดเปรียบเทียบที่เครื่องกดชิ้นงาน 2 (ต่อ)

Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)	Times	Device developed (N)	Load cell (N)	Error (N)
910	83.150	83.000	0.150	951	83.590	83.000	0.590	992	84.030	83.000	1.030
911	83.590	83.000	0.590	952	83.290	83.000	0.290	993	84.200	84.000	0.200
912	84.460	84.000	0.460	953	83.940	84.000	0.060	994	83.770	83.000	0.770
913	84.030	83.000	1.030	954	84.630	84.000	0.630	995	83.850	83.000	0.850
914	85.240	85.000	0.240	955	84.460	84.000	0.460	996	83.510	83.000	0.510
915	83.030	83.000	0.030	956	83.770	83.000	0.770	997	84.030	84.000	0.030
916	84.460	84.000	0.460	957	83.770	83.000	0.770	998	84.630	84.000	0.630
917	84.020	83.000	1.020	958	83.250	83.000	0.250	999	84.110	83.000	1.110
918	83.500	83.000	0.500	959	83.850	84.000	0.150	1000	84.370	84.000	0.370
919	84.630	84.000	0.630	960	83.680	83.000	0.680	Average			0.602
920	84.460	84.000	0.460	961	83.320	83.000	0.320	Max			1.630
921	83.590	83.000	0.590	962	84.630	84.000	0.630	Min			0.030
922	84.030	83.000	1.030	963	84.460	84.000	0.460				
923	83.680	83.000	0.680	964	84.460	84.000	0.460				
924	84.200	83.000	1.200	965	83.770	83.000	0.770				
925	83.590	83.000	0.590	966	83.770	83.000	0.770				
926	83.850	84.000	0.150	967	84.460	84.000	0.460				
927	83.770	83.000	0.770	968	84.510	84.000	0.510				
928	84.370	84.000	0.370	969	83.850	83.000	0.850				
929	83.420	83.000	0.420	970	84.510	84.000	0.510				
930	83.770	83.000	0.770	971	83.500	83.000	0.500				
931	83.770	83.000	0.770	972	83.770	83.000	0.770				
932	83.770	83.000	0.770	973	83.940	83.000	0.940				
933	83.150	83.000	0.150	974	83.030	83.000	0.030				
934	84.510	84.000	0.510	975	84.460	84.000	0.460				
935	84.030	84.000	0.030	976	84.460	83.000	1.460				
936	84.030	83.000	1.030	977	84.030	83.000	1.030				
937	84.110	83.000	1.110	978	83.770	83.000	0.770				
938	84.110	83.000	1.110	979	83.940	83.000	0.940				
939	84.540	84.000	0.540	980	84.630	84.000	0.630				
940	83.590	83.000	0.590	981	84.460	84.000	0.460				
941	83.850	84.000	0.150	982	84.110	83.000	1.110				
942	83.420	83.000	0.420	983	83.590	83.000	0.590				
943	83.590	83.000	0.590	984	83.570	84.000	0.430				
944	83.510	83.000	0.510	985	84.370	84.000	0.370				
945	83.770	83.000	0.770	986	83.940	83.000	0.940				
946	84.370	84.000	0.370	987	83.770	83.000	0.770				
947	84.200	83.000	1.200	988	83.290	83.000	0.290				
948	83.510	83.000	0.510	989	83.850	84.000	0.150				
949	83.770	83.000	0.770	990	83.770	83.000	0.770				
950	83.770	83.000	0.770	991	83.770	83.000	0.770				



ภาคผนวก ค โปรแกรมภาษาไพธอน

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาไพธอน เพื่อบันทึกข้อมูลเข้าฐานข้อมูล โดยใช้ราสเบอร์รี่ ไพ 3 โมเดลบี เป็นอุปกรณ์ในการใช้งานโปรแกรมนี้

```

import MySQLdb
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import spidev, time

spi = spidev.SpiDev()
spi.open(0,0)
def analog_read(chan):
    cmd_seq = [0x00 , 0x00 , 0x00]
    chan = chan & 0b00000111
    cmd_seq[0] = (1<<2) | (1<<1) | (chan>>2)
    cmd_seq[1] = (chan<<6)
    buf = list(cmd_seq)
    resp = spi.xfer2(buf)
    value = (int(resp[1])&0x0f)
    value = (value<<8)|(int(resp[2]))
    return value

def sql_record(message, line, station, position, value):
    print(message)
    db = MySQLdb.connect("43.72.228.206", "root", "123456", "forceman_monitoring")
    for i in range (1) :
        cursor = db.cursor()
        sql = "INSERT INTO roller_force (line, station, position, date_time, digital)
VALUES (" +str(line)+" , " +str(station)+" , " +str(position)+"
, "+current_timestamp()+", " +str(value)+" )"
        try :
            cursor.execute (sql)

```

```

        db.commit ()
    except :
        db.rollback()
    time.sleep(1)
db.close ()

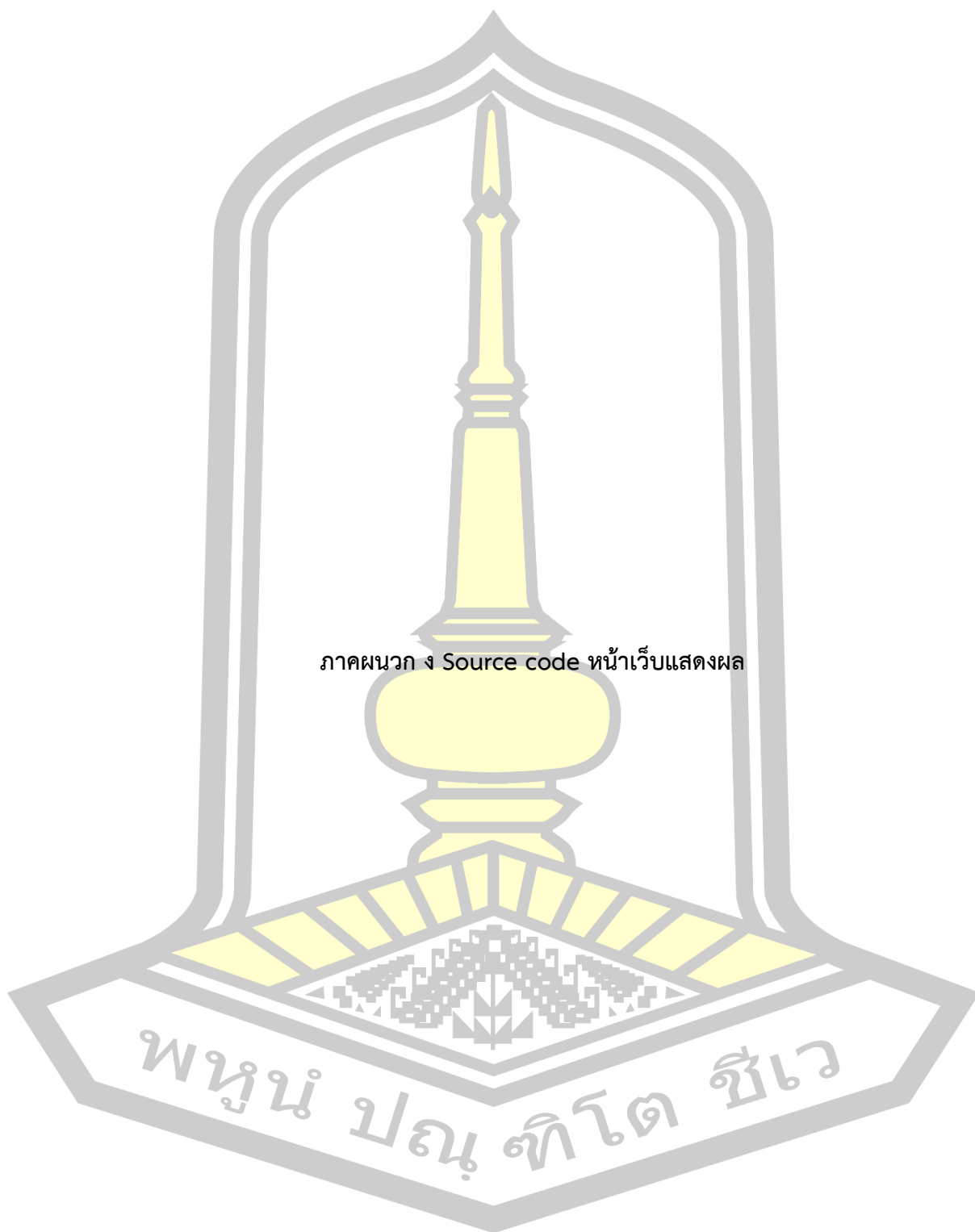
def sql_record1(message, line, station, position, value):
    print(message)
    db = MySQLdb.connect("43.72.228.206", "root", "123456", "forceman_monitoring")
    cursor = db.cursor()
    sql = "INSERT INTO roller_force (line, position, station, date_time, digital) VALUES
(" +str(line)+" , " +str(station)+" , " +str(position)+" , "+"current_timestamp()"+", "
+str(value)+" )"
    try :
        cursor.execute (sql)
        db.commit ()
    except :
        db.rollback()
    time.sleep(1)
    db.close ()

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(31, GPIO.IN)
a=0
while True :
    state1 = GPIO.input(29)
    reading1 = analog_read(0)
    if state1==False and a==1 and reading1 != 0 :
        state1 = GPIO.input(29)

```

```
value = 0
sql_record("Up position 1", "SA21", "SCU50", "1",value);
a=0
if state1 == True and reading1 > 900 : #Position1 is work
    state1 = GPIO.input(29)
    value = reading1
    print (reading1)
    sql_record1("Position 1", "SA21","SCU50", "1",value);
    a=1
else :
    print("No signal")
```





ภาคผนวก ง Source code หน้าเว็บแสดงผล

พหุพันธ์ ปณฺ ทิโต ชีเว

1) Source code หน้าหลักเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกด

```

<?php include 'body/head4.php';?>

<body>
<div class="row">
  <div class="col-lg-12">
    <div class="card-box">
      <table>
        <tr>
          <td align="left"><h3 style="font-weight: bold;">Select Type</td>
        </tr>
      </table>

      <ul>
        <li><a style="color:Tomato;" href="date.php">Select date</a></li>
        <li><a style="color:Tomato;" href="auto.php">Auto refresh</a></li>
      </ul>

      <div class="row">
        <div id="chartdiv3" class="chart2" ></div>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
<?php include 'body/foot.php';?>

```

2) Source code หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดที่สามารถเลือกวันที่และเวลาได้

```

<?php include 'body/head1.php';?>
<?php
$root = $_SERVER['DOCUMENT_ROOT'];

```

```

include $root."/func/INIT.int";
include $root."/func/MYSQL.func";
include $root."/db/DB206_MYSP.conn";
$from_date = $_GET[from_date];
$to_date = $_GET[to_date];
$date = $_GET[date];
if($_GET[date]==""){
    $date = date("Y-m-d");
}

$now1 ="SELECT * FROM(
    SELECT round(( 100.03 * ( digital * 5.21 /4096 ) - 98.957 )) AS force1, date_time
    FROM forceman_monitoring.force_measurement
    where digital > 1700
    ORDER BY date_time DESC
    LIMIT 100 ) sub
    ORDER BY date_time ASC";
$data_table = MYSQL_GETDATA_SQL($DB206,$now1);
?>

<!-- Resources -->
<script src="js/core.js"></script>
<script src="js/charts.js"></script>
<script src="js/animated.js"></script>
<script src="js/amcharts.js"></script>
<script src="js/serial.js"></script>
<script src="js/light.js"></script>
<script src="js/datetimestpicker/jquery.datetimepicker.full.js"></script>
<script src="js/amcharts.js"></script>
<script src="js/serial.js"></script>
<script src="js/light.js"></script>

```

```

<script src="https://www.amcharts.com/lib/3/amcharts.js"></script>
<script src="https://www.amcharts.com/lib/3/serial.js"></script>
<script src="https://www.amcharts.com/lib/3/plugins/export/export.min.js"></script>
<link rel="stylesheet"
href="https://www.amcharts.com/lib/3/plugins/export/export.css" type="text/css"
media="all" />
<script src="https://www.amcharts.com/lib/3/themes/dark.js"></script>

<body>
<!-- Styles -->
<style>
div.chart2 {
    width : 100%;
    height : 400px;
}
</style>

<div class="row">
<div class="col-lg-12">
<div class="card-box">
<table>
<tr>
<td align="left"><h3 style="font-weight: bold;">APOLLO SA21 Force Monitoring
: SCU 50 Trend</td>
</tr>
</table>
<div class="row">
<div id="chartdiv3" class="chart2" ></div>
</div>
<div class="row">
<span>

```



```

Select From Date :<input name="from_date" for="all" id="All_startDate_from"
autocomplete="off" class="a" value="<?php echo $from_date;?>" type="text"
placeholder="Select from date ...">To Date :
<input name="to_date" for="all" id="All_startDate_to" autocomplete="off" class="b"
value="<?php echo $to_date;?>" type="text" placeholder="Select to date ...">
<button class="btn btn-info" onclick="get_line();">Go!!</button>
</span>
</div>
</div>
</div>
</div>

<script>
    dataProvider = <?php echo json_encode($data_table); ?>;
</script>

<script>
var chart = AmCharts.makeChart("chartdiv3", {
    "type": "serial",
    "theme": "light",
    "marginRight": 100,
    "marginLeft": 100,
    "autoMarginOffset": 20,
    "mouseWheelZoomEnabled":false,
    "dataDateFormat": [
        {"period":"mm","format":"JJ:NN"},
        {"period":"hh","format":"JJ:NN"}],
    "valueAxes": [{
        "id": "v1",
        "axisAlpha": 0.5,
        "position": "left",

```

```

"ignoreAxisWidth":true,
"color" : "#000",
"title" : "Force (N)"
}

```

```

],

```

```

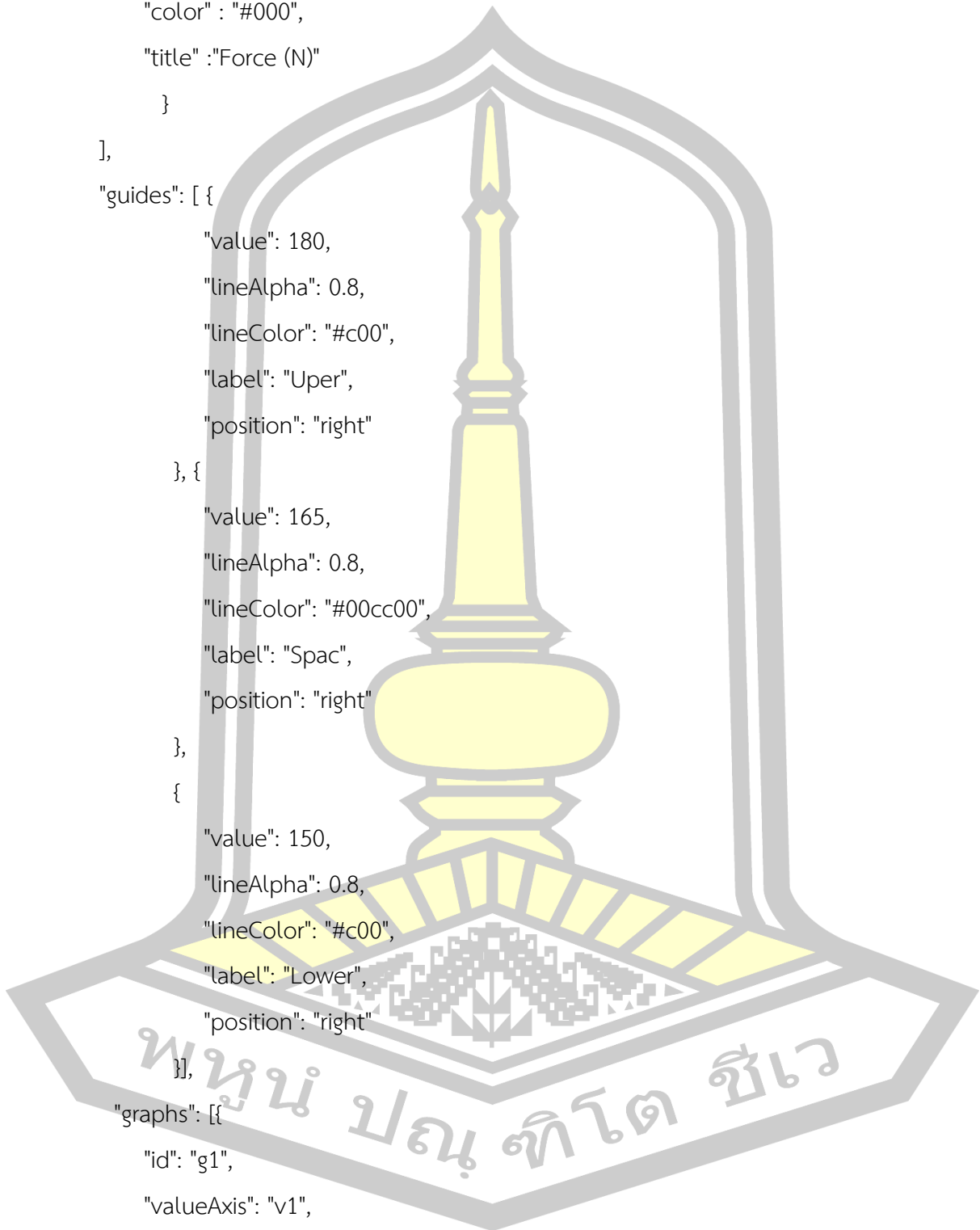
"guides": [ {
  "value": 180,
  "lineAlpha": 0.8,
  "lineColor": "#c00",
  "label": "Uper",
  "position": "right"
}, {
  "value": 165,
  "lineAlpha": 0.8,
  "lineColor": "#00cc00",
  "label": "Spac",
  "position": "right"
},
{
  "value": 150,
  "lineAlpha": 0.8,
  "lineColor": "#c00",
  "label": "Lower",
  "position": "right"
}
],

```

```

"graphs": [ {
  "id": "g1",
  "valueAxis": "v1",
  "precision": 2,
  "balloon": {},
  "bullet": "round",

```



```

    "bulletBorderAlpha": 1,
    "bulletColor": "#ffffff",
    "bulletSize": 1,
    "lineThickness": 2,
    "useLineColorForBulletBorder": true,
    "valueField": "force1",
        "lineColor": "#5C21A1",
        "type": "smoothedLine",
    "balloonText": "<span style='font-size:16px;'>[[force1]] N</span>",
    "precision": 2
}
],
"chartScrollbar": {
"autoGridCount": true,
"graph": "g1",
"scrollbarHeight": 40
},
"chartCursor": {
"pan": true,
"valueLineEnabled": true,
"valueLineBalloonEnabled": true,
"cursorAlpha":1,
"cursorColor": "#5C21A1",
"valueLineAlpha":1,
"valueZoomable":true,
"categoryBalloonDateFormat": "JJ:NN",

},

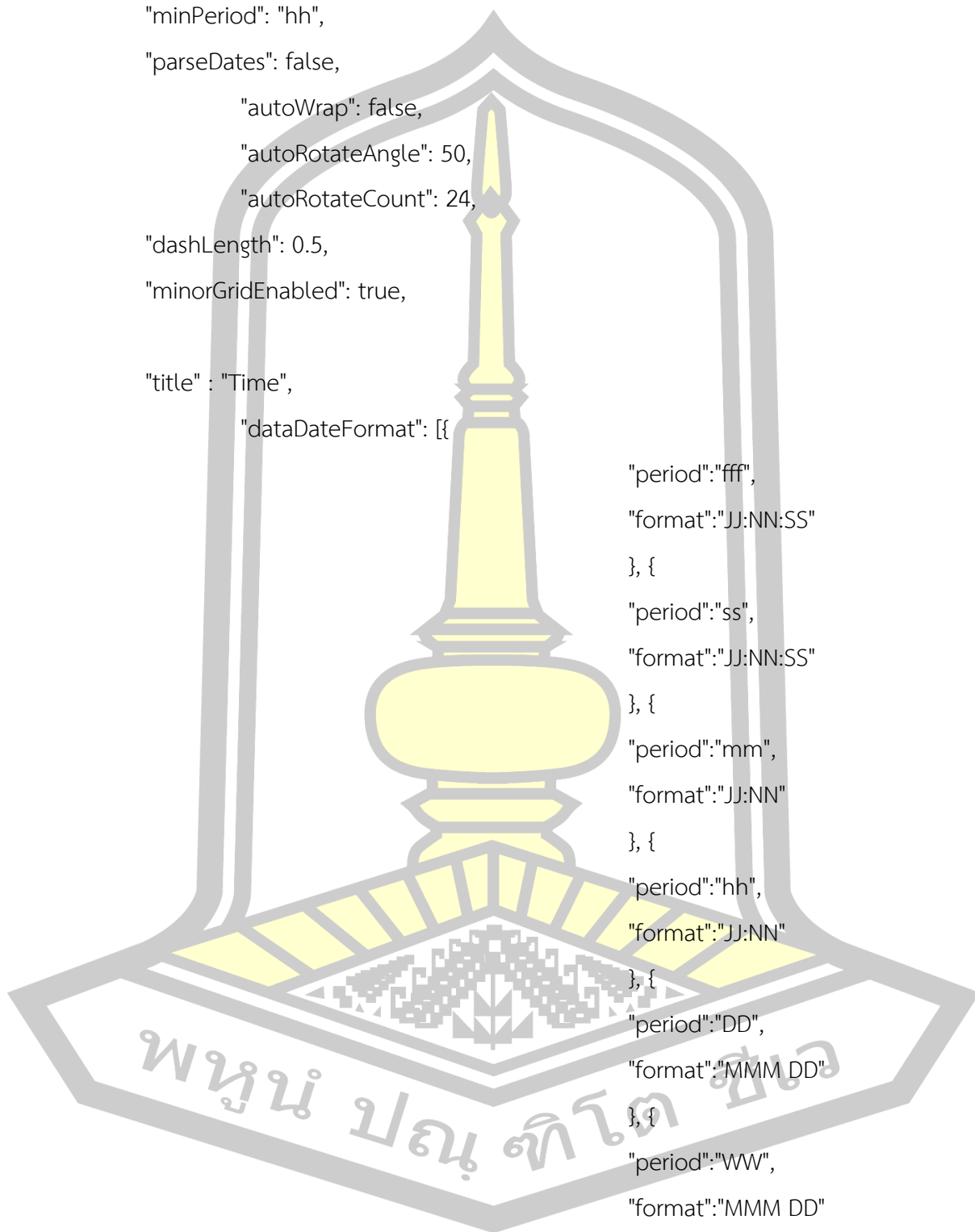
"categoryField": "date_time",

```

```

"categoryAxis": {
  "minPeriod": "hh",
  "parseDates": false,
  "autoWrap": false,
  "autoRotateAngle": 50,
  "autoRotateCount": 24,
  "dashLength": 0.5,
  "minorGridEnabled": true,
  "title": "Time",
  "dataDateFormat": [{
    "period": "fff",
    "format": "JJ:NN:SS"
  }, {
    "period": "ss",
    "format": "JJ:NN:SS"
  }, {
    "period": "mm",
    "format": "JJ:NN"
  }, {
    "period": "hh",
    "format": "JJ:NN"
  }, {
    "period": "DD",
    "format": "MMM DD"
  }, {
    "period": "WW",
    "format": "MMM DD"
  }, {
    "period": "MM",
    "format": "MMM"
  }
}

```



```

    }, {
      "period": "YYYY",
      "format": "YYYY"
    }
  ],
  "export": {
    "enabled": false
  },
  "dataProvider": dataProvider,
});
</script>

<script>
  var today_date = new Date(); //Today date
  $.datetimepicker.setLocale('en');
  $('#datetimepicker_format').datetimepicker({
    value: today_date,
    format: $('#datetimepicker_format_value').val()
  });
  console.log($('#datetimepicker_format').datetimepicker('getValue'));

  $('#All_startDate_from').datetimepicker({
    dayOfWeekStart: 1,
    lang: 'en',
    format: 'Y-m-d H:i:s',
    defaultDate: today_date,

```

```

        defaultTime: '00:00:00',
        timepicker:true,
        timepickerScrollbar:true
    });

    var today_date = new Date(); //Today date
    $.datetimepicker.setLocale('en');
    $('#datetimepicker_format').datetimepicker({
        value: today_date,
        format: $('#datetimepicker_format_value').val()
    });
    console.log($('#datetimepicker_format').datetimepicker('getValue'));

    $('#All_startDate_to').datetimepicker({
        dayOfWeekStart: 1,
        lang: 'en',
        format: 'Y-m-d H:i:s',
        defaultDate: today_date,
        defaultTime: '23:59:59',
        timepicker:true,
        timepickerScrollbar:true
    });

    function valueConvert(value)
    {
        value = value.values.value;
        if (value >= 1000000)
        {
            return (Math.round(value / 1000000) + "M");
        }
        else if (value >= 1000)

```

```

    {
        return ((value / 1000).toFixed(2) + "K");
    }
    else
        return value;
    }

```

```
</script>
```

```
<script>
```

```

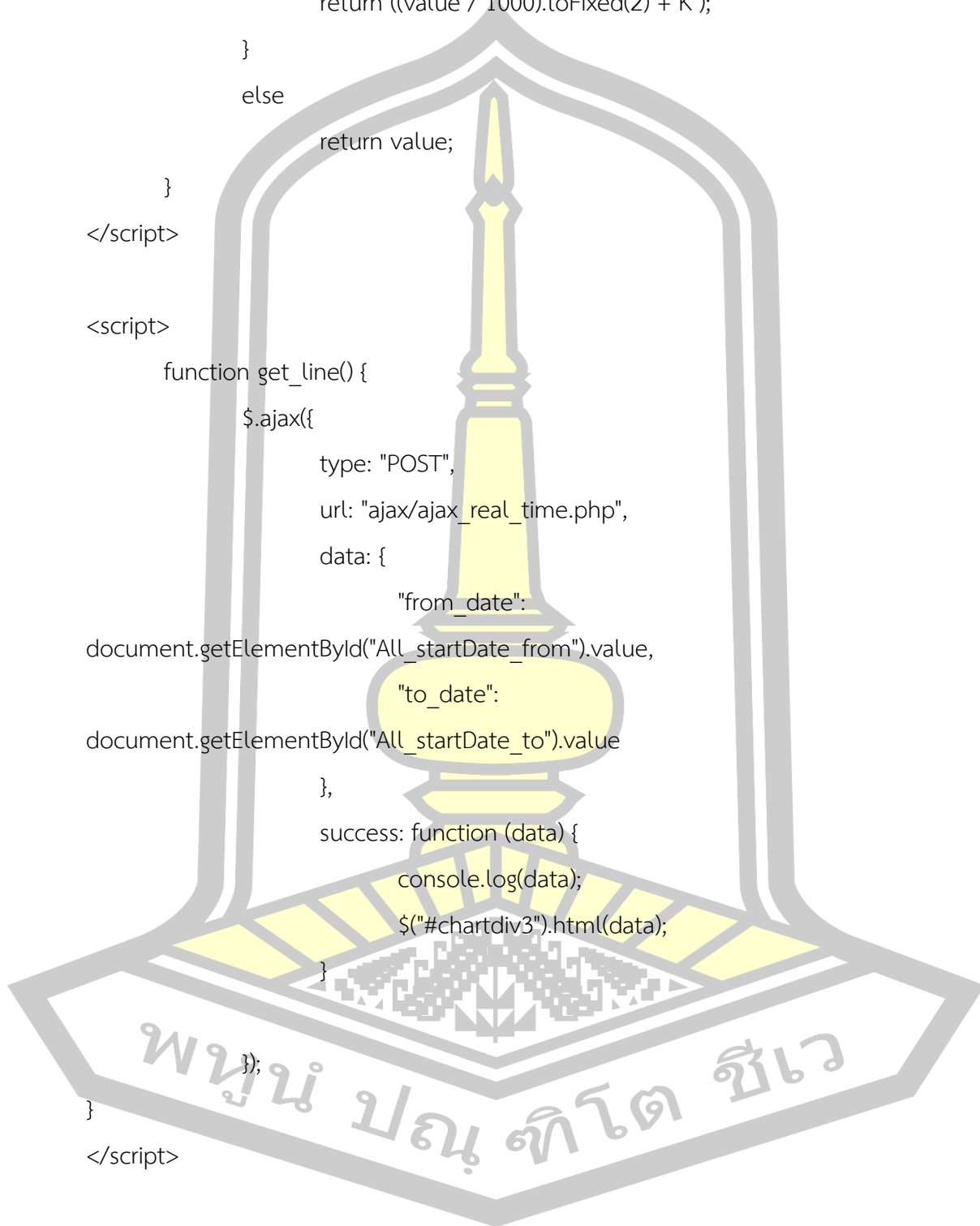
function get_line() {
    $.ajax({
        type: "POST",
        url: "ajax/ajax_real_time.php",
        data: {
            "from_date":
document.getElementById("All_startDate_from").value,
            "to_date":
document.getElementById("All_startDate_to").value
        },
        success: function (data) {
            console.log(data);
            $("#chartdiv3").html(data);
        }
    });
}

```

```
</script>
```

```
<script type="text/javascript" src="js/jquery-1.9.0.min.js"></script>
```

```
<script type="text/javascript">
```



```

$(document).ready( function(){
    $('#chartdiv').load('load.php');
    refresh();
});

function refresh()
{
    setTimeout (function() {
        //$('#chartdiv').fadeOut('slow').load('load.php').fadeIn('slow');
        refresh();
    },5000 );
}
</script>
<?php include 'body/foot.php';?>

```

3) Source code หน้าเว็บไซต์แสดงผลการวัดแรงกดค่าปัจจุบัน

```

<?php include 'body/head3.php';?>

<?php
$root = $_SERVER['DOCUMENT_ROOT'];
include $root."/func/INIT.int";
include $root."/func/MYSQL.func";
include $root."/db/DB206_MYSP.conn";
$from_date = $_GET[from_date];
$to_date = $_GET[to_date];
$date = $_GET[date];
if($_GET[date]==""){
    $date = date("Y-m-d");
}

```



```
$count = "SELECT COUNT(*) FROM `force_measurement` WHERE `digital` = 0";
```

```
$now1 ="SELECT * FROM(
    SELECT round(( 100.03 * ( digital * 5.21 /4096 ) - 98.957 )) AS force1, date_time
    FROM forceman_monitoring.force_measurement
    where digital > 1700
    ORDER BY date_time DESC
    LIMIT 100 ) sub
    ORDER BY date_time ASC";
```

```
$data_table = MYSQL_GETDATA_SQL($DB206,$now1);
```

```
$data_table1 = MYSQL_GETDATA_SQL($DB206,$count);
```

```
?>
```

```
<!-- Resources -->
```

```
<script src="js/core.js"></script>
```

```
<script src="js/charts.js"></script>
```

```
<script src="js/animated.js"></script>
```

```
<script src="js/amcharts.js"></script>
```

```
<script src="js/serial.js"></script>
```

```
<script src="js/light.js"></script>
```

```
<script src="js/datetimerpicker/jquery.datetimepicker.full.js"></script>
```

```
<script src="js/amcharts.js"></script>
```

```
<script src="js/serial.js"></script>
```

```
<body>
```

```
<!-- Styles -->
```

```
<style>
```

```
div.chart2 {
```

```
    width : 100%;
```

```

        height : 400px;
    }
</style>

<div class="row">
    <div class="col-lg-12">
        <div class="card-box">
            <table>
                <tr>
                    <td align="left"><h3 style="font-weight: bold;">APOLLO SA21 Force Monitoring
: SCU 50 </td>
                </tr>
            </table>
            <div class="row">
                <div id="chartdiv3" class="chart2" ></div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

<script>
    dataProvider = <?php echo json_encode($data_table); ?>;
</script>

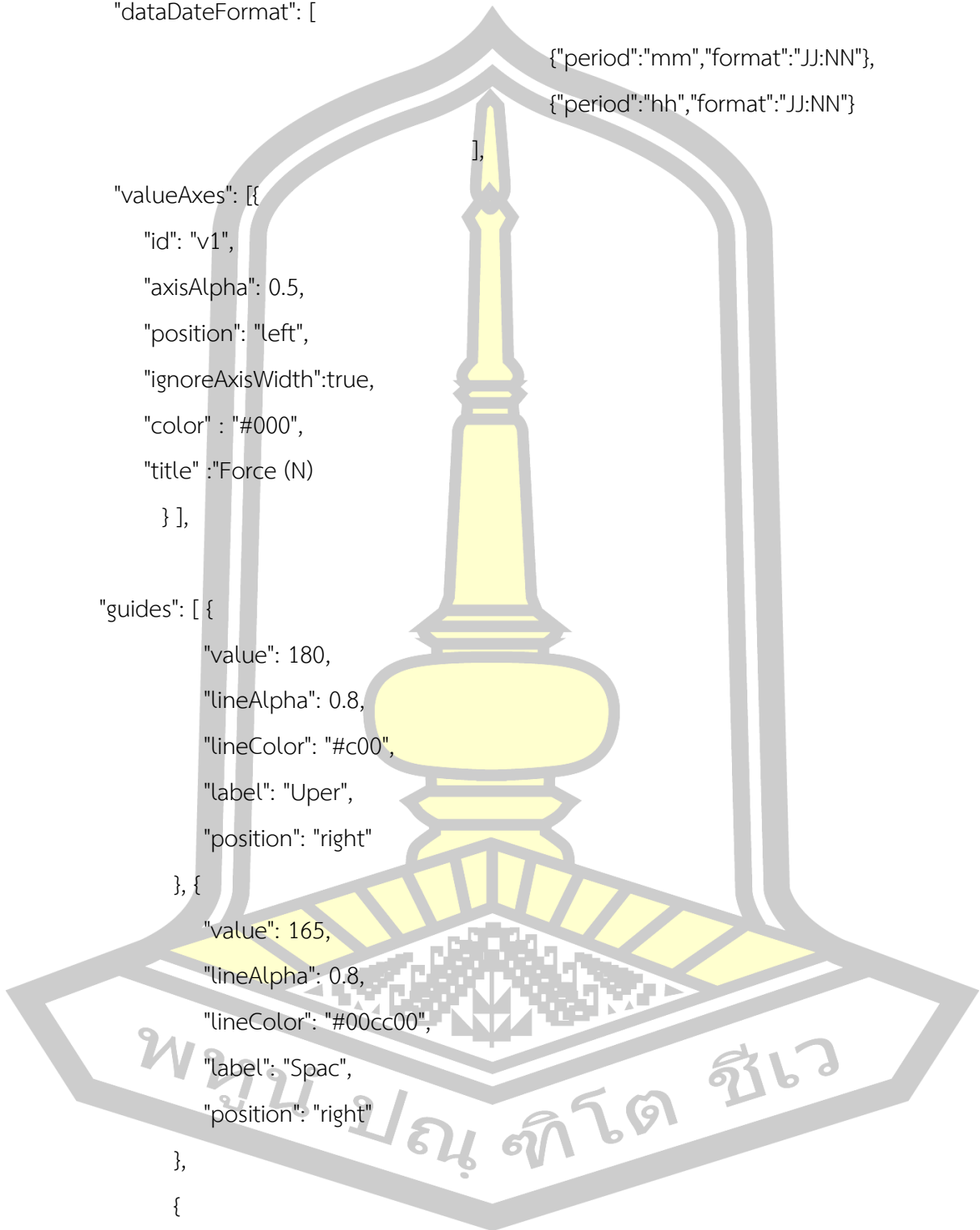
<script>
var chart = AmCharts.makeChart("chartdiv3", {
    "type": "serial",
    "theme": "light",
    "marginRight": 100,
    "marginLeft": 100,
    "autoMarginOffset": 20,

```

```

"mouseWheelZoomEnabled":false,
"dataDateFormat": [
    {"period":"mm","format":"JJ:NN"},
    {"period":"hh","format":"JJ:NN"}
],
"valueAxes": [{
    "id": "v1",
    "axisAlpha": 0.5,
    "position": "left",
    "ignoreAxisWidth":true,
    "color": "#000",
    "title": "Force (N)
    }],
"guides": [{
    "value": 180,
    "lineAlpha": 0.8,
    "lineColor": "#c00",
    "label": "Uper",
    "position": "right"
}, {
    "value": 165,
    "lineAlpha": 0.8,
    "lineColor": "#00cc00",
    "label": "Spac",
    "position": "right"
},
{
    "value": 150,
    "lineAlpha": 0.8,
    "lineColor": "#c00",

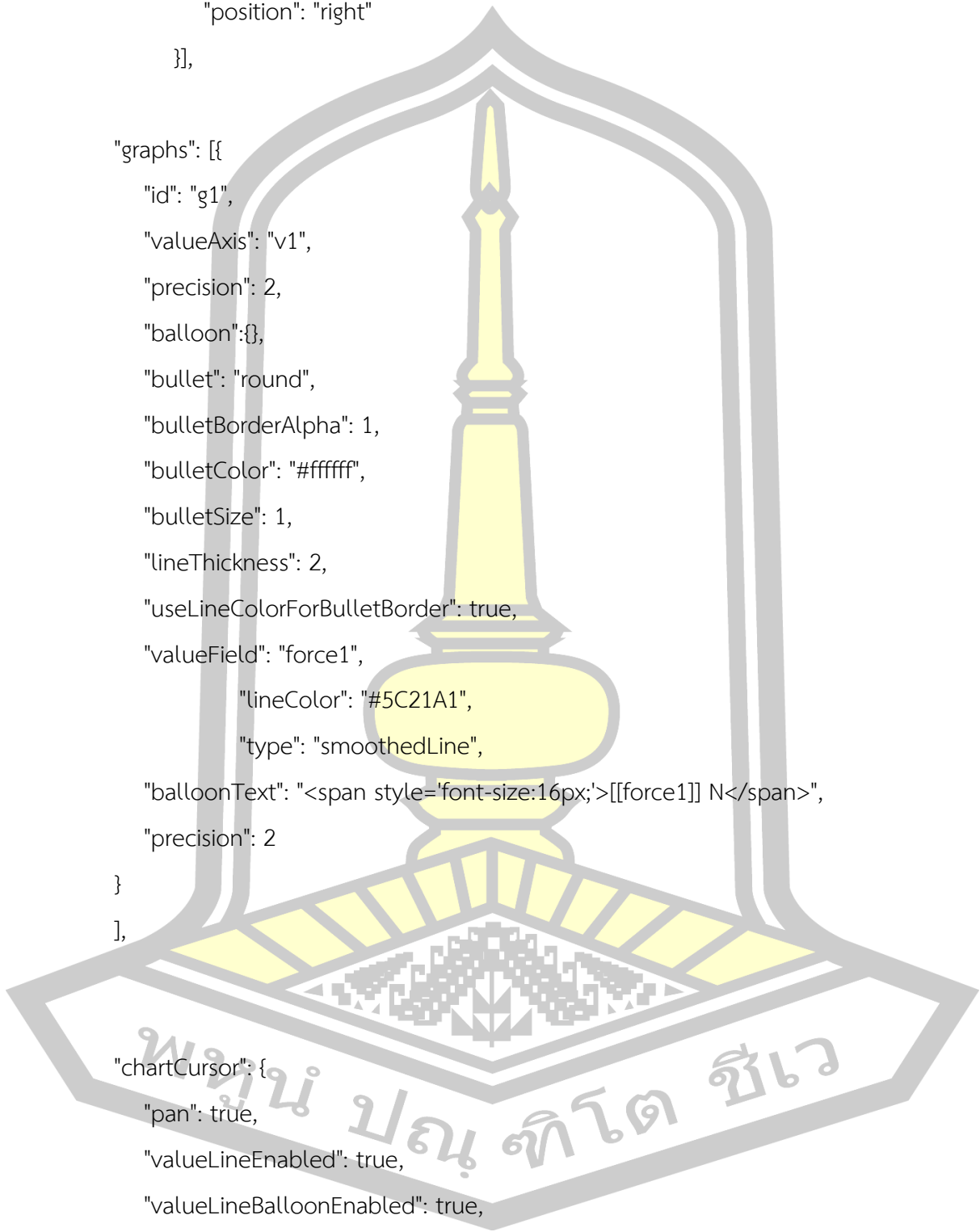
```



```

        "label": "Lower",
        "position": "right"
    }],
    "graphs": [{
        "id": "g1",
        "valueAxis": "v1",
        "precision": 2,
        "balloon": {},
        "bullet": "round",
        "bulletBorderAlpha": 1,
        "bulletColor": "#ffffff",
        "bulletSize": 1,
        "lineThickness": 2,
        "useLineColorForBulletBorder": true,
        "valueField": "force1",
        "lineColor": "#5C21A1",
        "type": "smoothedLine",
        "balloonText": "<span style='font-size:16px;'>[[force1]] N</span>",
        "precision": 2
    }
    ],
    "chartCursor": {
        "pan": true,
        "valueLineEnabled": true,
        "valueLineBalloonEnabled": true,
        "cursorAlpha": 1,
        "cursorColor": "#5C21A1",
        "valueLineAlpha": 1,

```



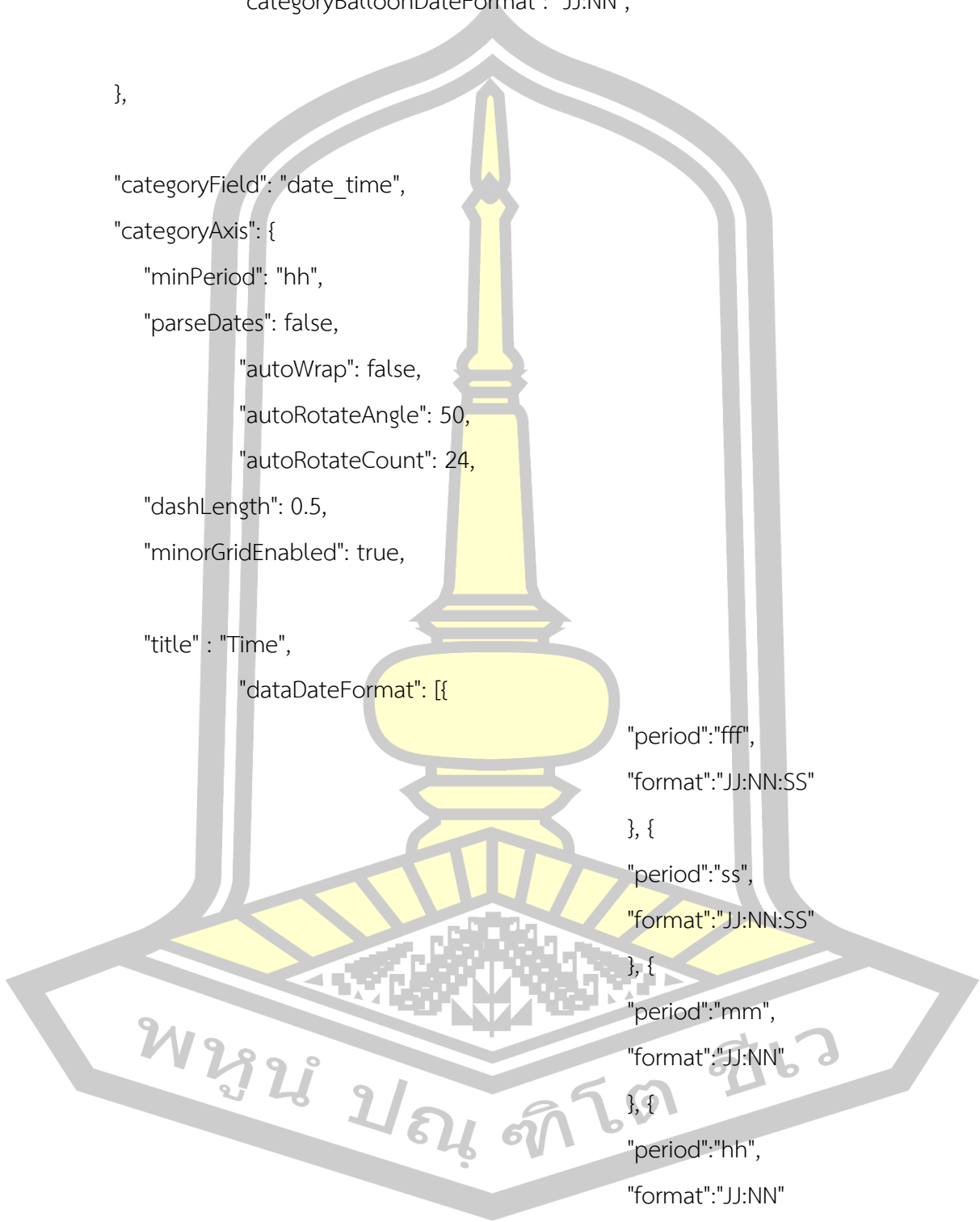
```

"valueZoomable":true,
    "categoryBalloonDateFormat": "JJ:NN",
},

"categoryField": "date_time",
"categoryAxis": {
    "minPeriod": "hh",
    "parseDates": false,
    "autoWrap": false,
    "autoRotateAngle": 50,
    "autoRotateCount": 24,
    "dashLength": 0.5,
    "minorGridEnabled": true,

    "title" : "Time",
    "dataDateFormat": [{
        "period":"fff",
        "format":"JJ:NN:SS"
    }, {
        "period":"ss",
        "format":"JJ:NN:SS"
    }, {
        "period":"mm",
        "format":"JJ:NN"
    }, {
        "period":"hh",
        "format":"JJ:NN"
    }, {
        "period":"DD",
        "format":"MMM DD"
    }
}

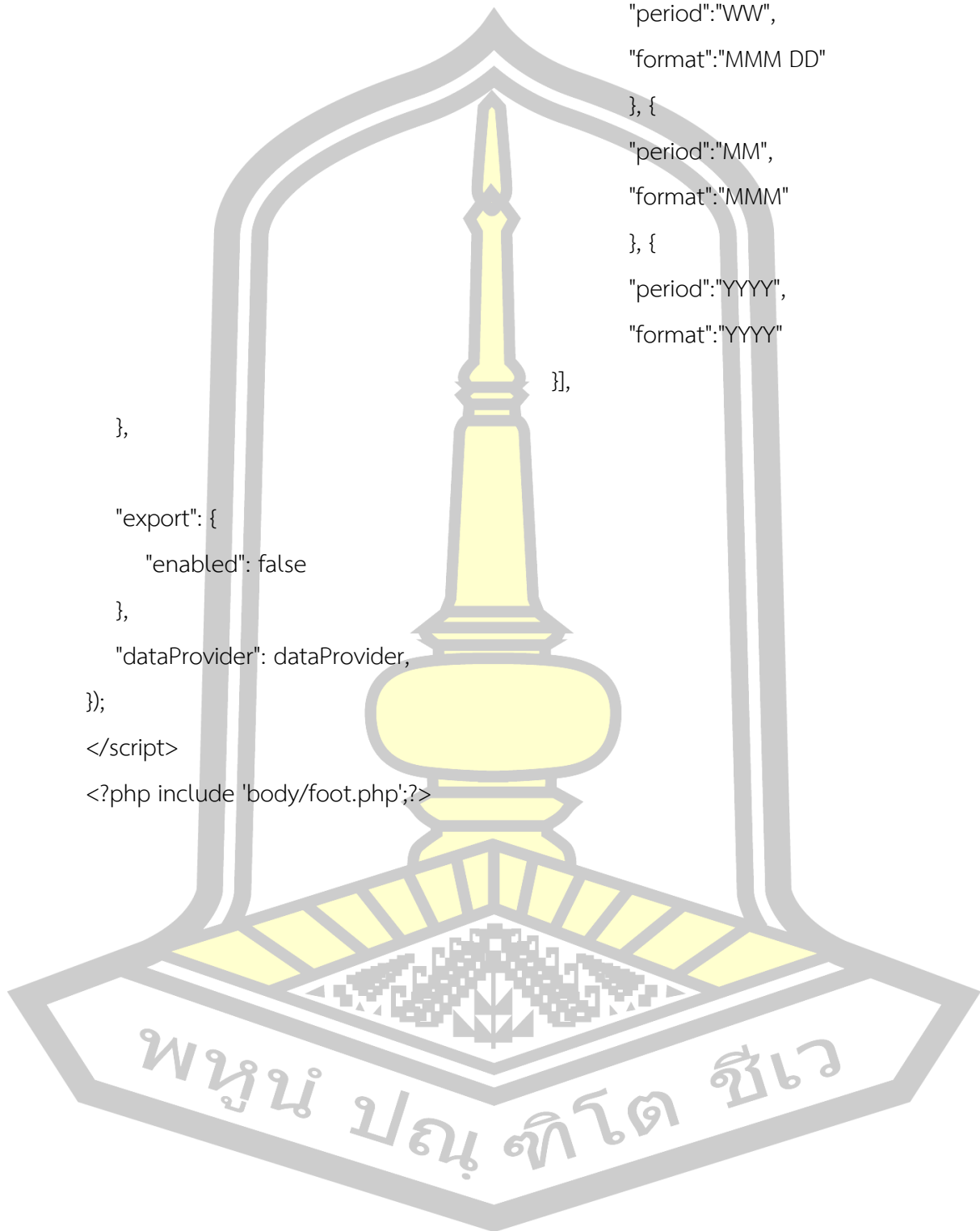
```

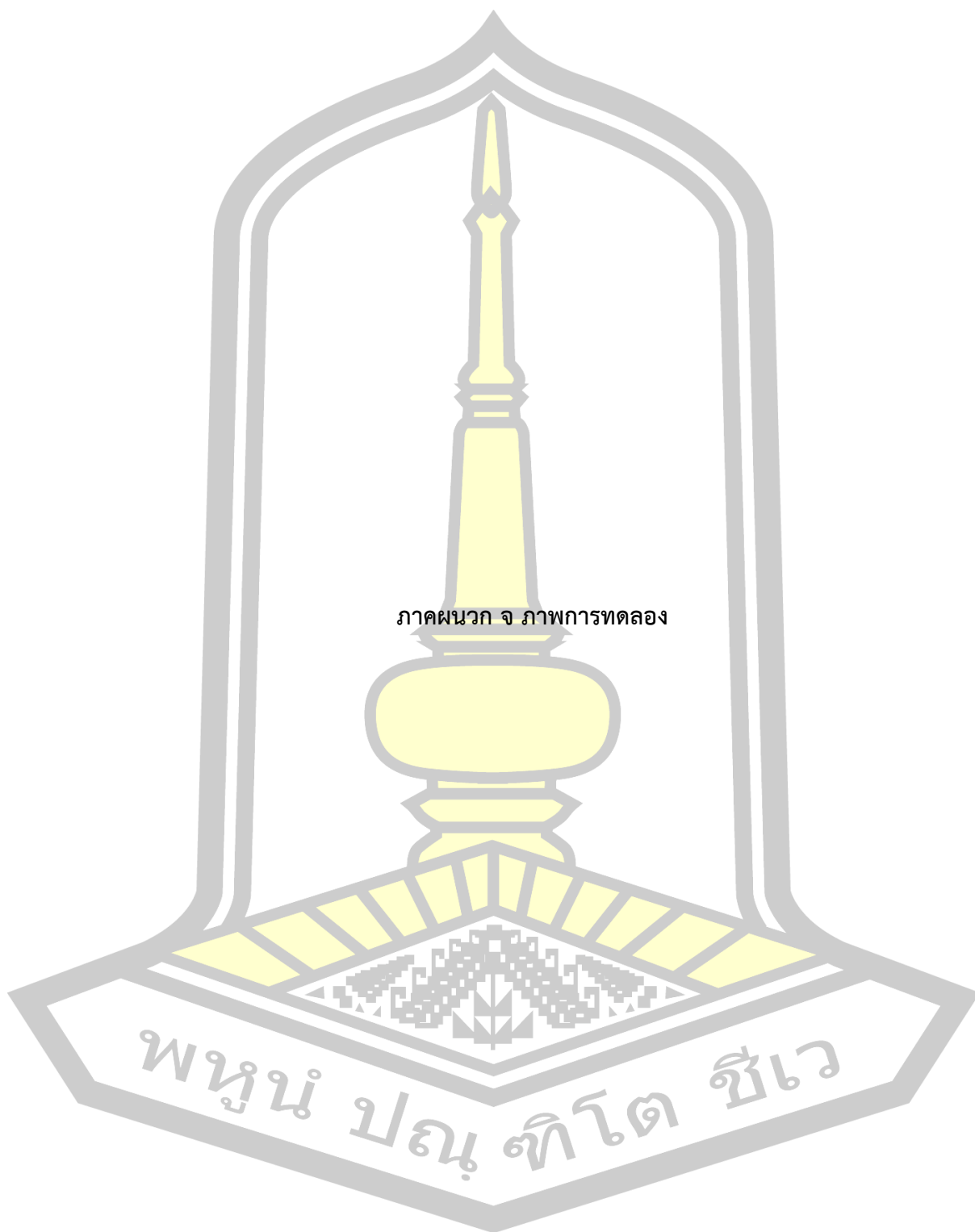


```

    }, {
      "period": "WW",
      "format": "MMM DD"
    }, {
      "period": "MM",
      "format": "MMM"
    }, {
      "period": "YYYY",
      "format": "YYYY"
    }
  ],
},
"export": {
  "enabled": false
},
"dataProvider": dataProvider,
});
</script>
<?php include 'body/foot.php';>

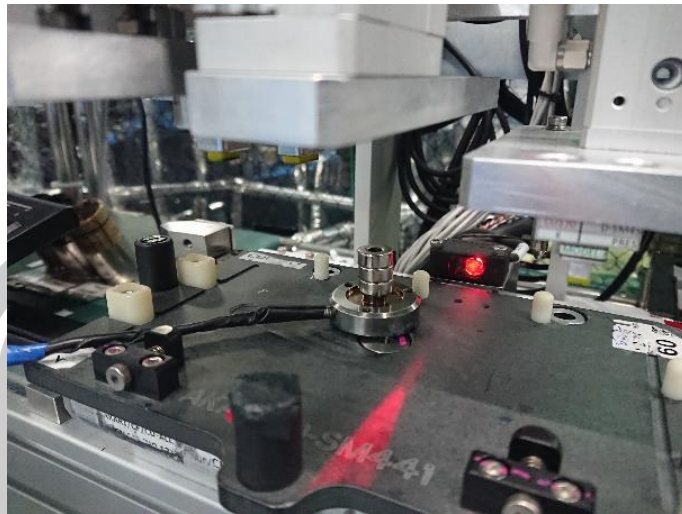
```



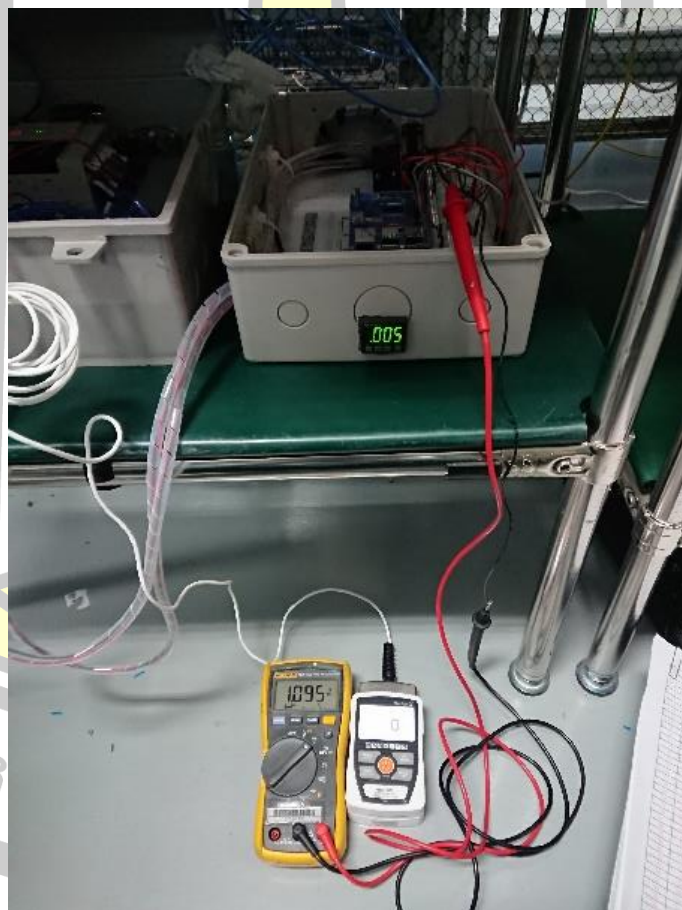


ภาคผนวก จ ภาพการทดลอง

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว



ภาพประกอบ 33 หัววัดแรงกดและหัวกดเครื่องกดขึ้นงาน 2



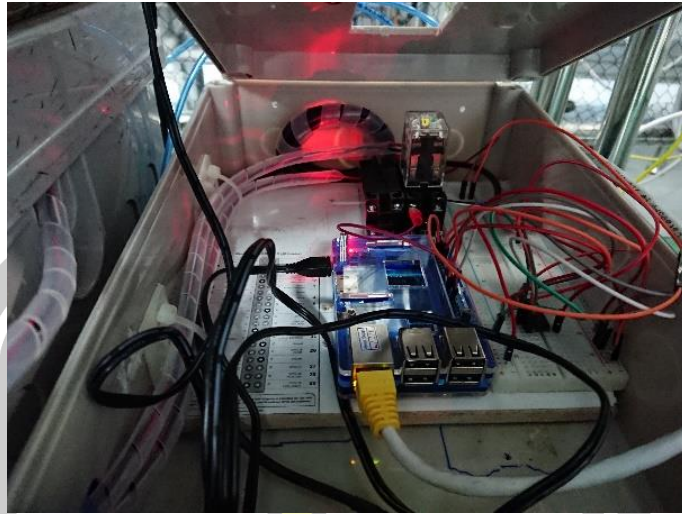
ภาพประกอบ 34 การวัดแรงดันไฟฟ้าจากตัวตรวจจับแรงดันอากาศและวัดแรงกดจากเครื่องกด
ขึ้นงาน



ภาพประกอบ 35 กล่องควบคุมระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดชิ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัวตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ



ภาพประกอบ 36 เครื่องกดชิ้นงาน 1



ภาพประกอบ 37 ภายในกล่องควบคุมระบบการวัดแรงกดของเครื่องกดขึ้นงานแบบเวลาจริงด้วยตัว
ตรวจจับแรงดันในกระบอกสูบ



ภาพประกอบ 38 ภาพขณะทำการวัดแรงกด

พหุ ประถม ๓๓๓

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายศรารุธ โพธิ์ศรี
วันเกิด	วันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2538
สถานที่เกิด	อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	หอพักนวนธานี ตึก i ห้อง 203 เลขที่ 10/59 หมู่ 19 ถนนพหลโยธิน ตำบล คลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครูพี่เลี้ยง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท สมาร์ท (2015) เซอร์วิสเชส จำกัด อาคารวังเด็ก 1A ห้อง 2B เลขที่ 21 ซอยยาสูบ 1 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวง จอมพล เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคำเจริญวิทยาคม จังหวัด กาฬสินธุ์ พ.ศ. 2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนคำเจริญวิทยาคม จังหวัด กาฬสินธุ์ พ.ศ. 2561 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2563 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม

พูน ปณ ทิโต ชีเว