

การพัฒนาชุดทดสอบปั๊มแรงเหวี่ยงคำนวณสมรรถนะด้วยโปรแกรม MATLAB

THE DEVELOPMENT OF CENTRIFUGAL PUMP TESTING EQUIPMENT WITH
MATLAB PLATFORM



อชีพล อัสวทีภาวงศ์
นนท์ภัทร สำเร็จผล
นันทิ อินทร์ซี่

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การพัฒนาชุดทดสอบปั๊มแรงเหวี่ยงคำนวณสมรรถนะด้วยโปรแกรม MATLAB

THE DEVELOPMENT OF CENTRIFUGAL PUMP TESTING EQUIPMENT WITH
MATLAB PLATFORM



นายรัชพล อัสวาทิภาวงศ์
นายนนทภัทร สำเร็จผล
นายณัฏฐ์ อินทร์ซี่

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The development of centrifugal pump testing equipment with MATLAB
PLATFORM



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2559

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาชุดทดสอบปั๊มแรงเหวี่ยงคำนวณสมรรถนะด้วยโปรแกรม MATLAB
The development of centrifugal pump testing equipment with MATLAB
platform

ผู้จัดทำ

1. นาย ชัชพล อัครทิภาวงศ์ รหัสประจำตัว 56010591
2. นาย นนทภัทร สำเร็จผล รหัสประจำตัว 56010632
3. นาย นัทธี อินทร์ซี่ รหัสประจำตัว 56010667



อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ดร. จำลอง ปราบแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาชุดทดสอบปั๊มแรงเหวี่ยงคำนวณสมรรถนะด้วยโปรแกรม MATLAB

นาย รัชพล อัครวิภาวงศ์ 56010591
นาย นนทภัทร สำเร็จผล 56010632
นาย นัทธี อินทร์ซี่ 56010667
รศ.ดร จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

หากต้องการทราบสมรรถนะของปั๊ม จะต้องทำการทดสอบปั๊มแล้วเขียนกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊ม โดยเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเฮดปั๊ม ประสิทธิภาพและกำลังของปั๊มเทียบกับอัตราการไหล โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยงโดยการใช้เซ็นเซอร์และการเขียนโปรแกรมแมตแล็บคำนวณสมรรถนะของปั๊ม โดยได้สร้างชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มแล้วทำการวัดค่าความดันที่ทางเข้าและทางออกของปั๊มโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความดันและวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ปั๊มน้ำโดยใช้เซ็นเซอร์วัดกำลังไฟฟ้า สำหรับอัตราการไหลของน้ำจะวัดโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก หลังจากทำการวัดค่าต่างๆของปั๊มแล้วจะส่งสัญญาณผ่านอาคูโนเพื่ออ่านค่าสัญญาณเหล่านั้นจากเซ็นเซอร์แล้วส่งค่าไปยังโปรแกรมที่ทางผู้จัดทำใช้ภาษาระดับสูงและแมตแล็บในการพัฒนาขึ้น ชื่อว่าโปรแกรม Pump characteristics measurement and visual analysis จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณและสร้างกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊มน้ำขึ้นซึ่งเป็นค่าสมรรถนะที่แท้จริงของปั๊มน้ำ

The development of centrifugal pump testing equipment with ARDUINO & MATLAB

Tutchapon	Assawatipawong	56010591
Nontapat	Samrejphol	56010632
Nutty	Intarangi	56010667
Assoc.Prof. Dr.Chamlong	Prabkeaw	Advisor
Year 2559		

Abstact

The purpose of this project is to develop Centrifugal pump test equipment which involve sensor installation and computer programming. The pump must undergo a trial to see if its performance meets expectations by inspecting pump performance curve which provides information about pump efficiency. To find pump performance curve, we need physical properties such as pressure, power and flow rate. The physical properties are obtained by pressure sensor, power sensor and ultrasonic flow meter respectively. These sensors' signal is read by Arduino. At that moment, the Arduino sent it to our program called 'Pump characteristics measurement and visual analysis' which is written using the high-level language and development tools in MATLAB. Subsequently, the program calculates and plots pump performance curve. As a result, we get pump performance curve for further analysis such as real pump performance that can only be determined experimentally.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา และพี่บี พี่คุมห้องเวิร์คช็อป ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุก ๆ ท่านที่ช่วยอบรมสั่งสอนความรู้ ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำหรับสถานที่ บุคลากรและวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ รวมทั้ง เพื่อนๆ พี่ๆ น้อง ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำและ กำลังใจที่ดีเสมอมา

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจเอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย รัชพล อัครวิภาวงศ์
นาย นนทภัทร สำเร็จผล
นาย นัทธี อินทร์ซี่

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
คำย่อและสัญลักษณ์	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา	2
1.5 ข้อจำกัดของการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับป๊ม	3
2.2 ป๊มแรงเหวี่ยง	3
2.3 สมรรถนะของป๊มหอยโข่ง	4
2.4 เฮดป๊ม	5
2.4 การหาประสิทธิภาพของป๊ม	6
2.5 การทดสอบสมรรถนะของป๊ม	7
บทที่ 3 การออกแบบและการดำเนินงานวิจัย	8
3.1 การออกแบบและสร้าง	8
3.1.1 ออกแบบท่อและตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ	8
3.1.2 ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	17
3.1.3 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์	17
3.2 การตั้งค่า SENSOR วัดอัตราการไหล	19
3.2.1 การตั้งค่า PORTAFLOW 204 PLUS FLOWMETER	19
3.2.2 การตั้งค่าตอนปิดวาล์วสุด	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.3 การตั้งค่า output	21
3.3 การเขียนคำสั่ง อาดูโนบอร์ด.....	22
3.4 การเขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB.....	27
3.4.1 สร้างหน้าต่างโปรแกรม	27
3.4.2 ฟังก์ชันที่ใช้รับค่าจากอาดูโนบอร์ด.....	28
3.4.3 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการวาดแผนภูมิ.....	29
3.5. การใช้โปรแกรม PCMAVA	30
3.5.1 แสดงผลข้อมูลจาก sensor โดยไม่เก็บข้อมูล.....	30
3.5.2 แสดงผลข้อมูลจาก sensor และเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม.....	31
3.5.3 พล็อตจุดจากข้อมูล	32
3.5.4 พล็อตเส้น Regression จากข้อมูล.....	32
3.5.5 ลดความหนาแน่นของข้อมูลเพื่อให้ความถี่เท่ากันในช่วงอัตราการไหล.....	33
3.5.6 ฟังก์ชันเสริมของตัวโปรแกรม PCMAVA	34
3.6 ขั้นตอนการทดลอง.....	35
3.6.1 การล่อน้ำ.....	35
3.6.2 เตรียมการทดลอง.....	35
3.6.3 การทดลองเก็บข้อมูล อนาล็อก(analog).....	35
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	40
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	40
5.2 วิจารณ์.....	41
เอกสารอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	43
ภาคผนวก ข.	45

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 หลักการของปั๊มโดยทั่วไป.....	3
รูปที่ 2.2 แสดงรูปตัดภายในปั๊มหอยโข่ง.....	4
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊มหอยโข่ง	4
รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งเฮดปั๊ม	5
รูปที่ 2.5 แสดงกำลังที่ให้และกำลังที่ออกจากปั๊ม.....	6
รูปที่ 2.6 ชุดทดสอบสำหรับปั๊มแบบ RADIAL FLOW.....	7
รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบท่อและข้อต่อต่างๆ.....	8
รูปที่ 3.2 แสดงรูปชุดทดสอบสมรรถนะที่สร้างขึ้น.....	9
รูปที่ 3.3 แสดงภาพปั๊มแรงเหวี่ยงที่ใช้ในการทดสอบ.....	10
รูปที่ 3.4 ชุดหน้าจอสําหรับควบคุม.....	10
รูปที่ 3.5 การติดตั้งที่ชุดอุปกรณ์	11
รูปที่ 3.6 ขนาดความยาวท่อที่แนะนำจากคู่มือการใช้งานเครื่องวัดอัตราการไหล[7].....	11
รูปที่ 3.7 เซนเซอร์วัดความดัน	12
รูปที่ 3.8 เซนเซอร์วัดสูญญากาศ.....	12
รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความดันตามมาตรฐาน JIS[8].....	13
รูปที่ 3.10 ตัวแปลงกระแสไฟฟ้า.....	13
รูปที่ 3.11 แสดงรูปภายในกล่องใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	14
รูปที่ 3.12 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220V เป็น 9V.....	14
รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงผล	15
รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมต่อหน้าจอกับ ARDUINO	15
รูปที่ 3.15 แผ่นโปรโตบอร์ด.....	15
รูปที่ 3.17 USB TYPE B MINI	16
รูปที่ 3.18 แผ่นผังการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์	18
รูปที่ 3.19 กล่องเครื่องมือวัดอัตราการไหล	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.20 การเสียบสาย OUTPUT	19
รูปที่ 3.21 ระยะห่างที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล.....	20
รูปที่ 3.22 ระยะห่างที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล.....	20
รูปที่ 3.23 ระยะห่างที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล.....	21
รูปที่ 3.24 การตั้งค่า OUTPUT.....	21
รูปที่ 3.25 ผังการทำงานของ อาดูโน.....	22
รูปที่ 3.26 หน้าต่างโปรแกรมสร้างโดย MATLAB	28
รูปที่ 3.27 ตัวอย่าง SERIAL DATA ที่ส่งมายังโปรแกรม PCMAVA.....	29
รูปที่ 3.28 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม START ตรง CONNECTING WITH ARDUINO โดยกรอบสีแดงแสดงค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง.....	31
รูปที่ 3.29 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม START ตรง RECORDING INCOMING DATA โดยกรอบสีแดงแสดงค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง.....	32
รูปที่ 3.30 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม SCATTER PLOT ใน PLOT โปรแกรมจะทำการพล็อตจุดจากข้อมูล ซึ่งในที่นี้มีทั้งหมด 128 ข้อมูล พล็อตออกมา 3 แกน แกนละ 128 จุด.....	32
รูปที่ 3.31 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม REGRESSION LINES ใน PLOT โปรแกรมจะสร้างเส้น REGRESSION พร้อมทั้งบอก สมการ REGRESSION	33
รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการใช้งาน FUNCTION DELETE DENSE INTERVAL จะเห็นได้ว่าความถี่ของข้อมูลถูกทำให้เท่ากันในทุกช่วงอัตราการไหล.....	34
รูปที่ 3.33 แสดงการตั้งค่าของโปรแกรม	34
รูปที่ 4.1 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 1	36
รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 2.....	37
รูปที่ 4.3 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 3	38
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและเฮดปั๊มของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง...38	
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและประสิทธิภาพโดยรวมของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง.....	39
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ชื่อ/ความหมาย
A	พื้นที่หน้าตัด (m^2)
g	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)
H	Total head (m)
m	มวล (kg)
P	Total pressure (N/m^2)
Q	อัตราการไหล (m^3/s)
v	ความเร็ว (m/s)
z	ความสูงจากจุดอ้างอิง (m)
Re	Reynolds number
ρ	ความหนาแน่น (kg/m^3)
η	ประสิทธิภาพ



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานส่วนมากใช้ปั๊มแรงเหวี่ยงเป็นอุปกรณ์ในการขนส่งของเหลว ซึ่งเมื่อใช้งานปั๊มน้ำไปนาน ๆ แล้วประสิทธิภาพของปั๊มจะลดลงหากมีการปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานในระบบสูบของไหลจะสามารถก่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานได้อย่างชัดเจน ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบเพื่อการยอมรับ(Acceptance Test) เพื่อรับประกันทางเทคนิค, ไฮดรอลิก และแมคคานิคที่ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ผลิต จึงจำเป็นต้องศึกษาและทดลองเพื่อป้องกันการเกิดข้อผิดพลาด

ประสิทธิภาพของปั๊ม หมายถึง ร้อยละของกำลังงานที่ปั๊มผลิตได้ เมื่อเทียบกับกำลังงานที่ง่ายให้ของเหลวโดยผ่านเพลลาจากต้นกำลังและใบพัดตามสมการ วัดประสิทธิภาพของปั๊มโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล(ปรับวาล์วด้านจ่าย) จากปิดสุดถึงเปิดสุด โดยเซนเซอร์การวัดจะส่งข้อมูลค่าต่าง ๆ ไปยังโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อคำนวณค่า เหน็ดและประสิทธิภาพของปั๊มต่อไป การหาประสิทธิภาพของปั๊มสามารถเขียนวิเคราะห์และคำนวณโดยแทนค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องลงในสมการที่ทำการพิจารณา ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวณสามารถใช้ได้เฉพาะการติดตั้งท่อในเงื่อนไขที่กำหนดไว้เท่านั้น หากต้องการเปลี่ยนตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลองหาประสิทธิภาพของปั๊มจำเป็นต้องมีการเขียนวิเคราะห์และคำนวณใหม่ ด้วยข้อจำกัดของการใช้งานค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณและความซับซ้อนยุ่งยากต่อการทดลองหาประสิทธิภาพของปั๊มทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอัตราการไหล ดังนั้นผู้จัดทำโครงการเห็นว่าหากสามารถเขียนโปรแกรมการพิจารณาหาประสิทธิภาพการทำงานของปั๊ม โดยตัวโปรแกรมสามารถป้อนค่า ขนาดท่อ แล้วโปรแกรมสามารถคำนวณผลลัพธ์ออกมาได้ในลักษณะของการวาดจุดและ สร้างกราฟ performance curve ได้โดยผู้ทดลองสามารถปรับเปลี่ยน ขนาดของกราฟการทดลอง หรือ การลบจุดข้อมูลได้โดยการกดฟังก์ชันการใช้งานในโปรแกรม อีกทั้งโปรแกรมยังสามารถบันทึกข้อมูลที่ได้ และสามารถพิมพ์ค่าข้อมูลที่ได้ในแต่ละวินาทีออกมาอย่างละเอียด ซึ่งส่งผลให้ผู้ที่ทำการทดลองลดระยะเวลาและความซับซ้อนยุ่งยากในการคำนวณหาประสิทธิภาพของปั๊ม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยง

1.2.2 เขียนโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผลสมรรถนะของปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยงในรูปแบบภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการวัดประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยงโดยกำหนดให้อุณหภูมิของน้ำอยู่ที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศ

1.3.2 คำนวณหาประสิทธิภาพของปั๊มจากเครื่องมือวัด โดยใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาเองในการคำนวณหาเสด และประสิทธิภาพของปั๊ม

1.3.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของปั๊มโดยการ เปิด-ปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลแล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาเทียบกับข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตปั๊ม

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

1.4.1 ศึกษาการวัดประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยงจากชุดทดลองเดิม พร้อมทั้งวิเคราะห์จุดดีและจุดบกพร่องในชุดการทดลองเดิม

1.4.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่น่าสนใจจะปรับปรุงและเพิ่มเติมในชุดทดลองที่จะสร้างใหม่

1.4.3 เสนอข้อมูลที่ค้นคว้ามาต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อหาแนวทางในการดำเนินงาน

1.4.4 ประชุมเพื่อหาข้อสรุป

1.4.5 ออกแบบชุดทดลองและอุปกรณ์

1.4.6 สร้างชุดทดลอง และติดตั้งอุปกรณ์

1.4.7 สอบเทียบเซนเซอร์ และอุปกรณ์การวัด

1.4.8 เริ่มการทดลองโดยการปรับอัตราการไหลของระบบโดยการปรับ เกตวาล์วจากอันสุดถึงเปิดสุด

1.4.9 เก็บข้อมูลผลการทดลอง และนำข้อมูลที่วัดได้ไปวิเคราะห์ผล

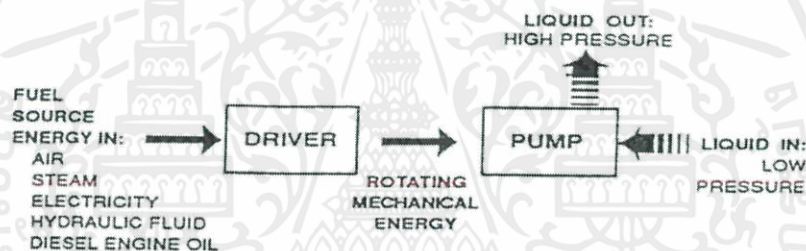
1.5 ข้อจำกัดของการศึกษา

Sensor ปรับได้แต่ offset เงินค่า sensor น้อย ปั๊มที่ใช้ทดสอบเป็นปั๊มเก่า

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับปั๊ม

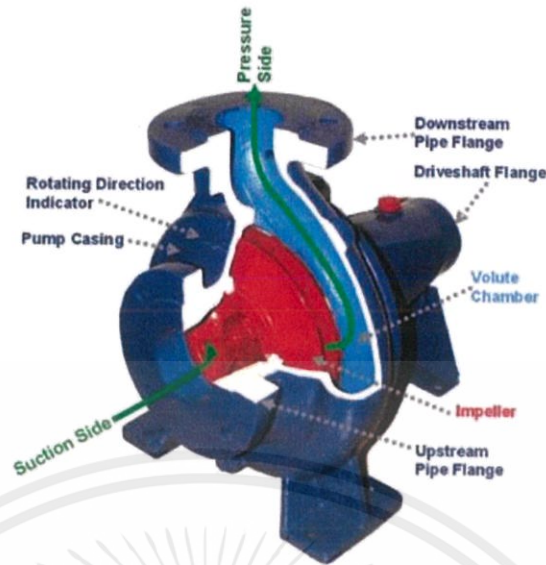
ปั๊มแรงเหวี่ยงทำงานโดยการอาศัยการหมุนของใบพัดที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อของเหลวถูกหมุนทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันบรรยากาศ ของเหลวจะถูกดูดเข้าทางศูนย์กลางของใบพัดและของเหลวจะได้รับพลังงานจากใบพัดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์เมื่อของเหลวไหลออกจากใบพัดแล้วพลังงานจลน์บางส่วนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็น พลังงานศักย์ในรูปของความดันแทนเนื่องจากช่องทางการไหลภายในเสื้อปั๊มขยายใหญ่ขึ้นทำให้ความเร็วของของเหลวลดลงซึ่งก็จะทำให้ของเหลวสามารถไหลไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยหลักการการทำงานของปั๊มโดยทั่วไปแสดงไว้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หลักการของปั๊มโดยทั่วไป[1]

2.2 ปั๊มแรงเหวี่ยง

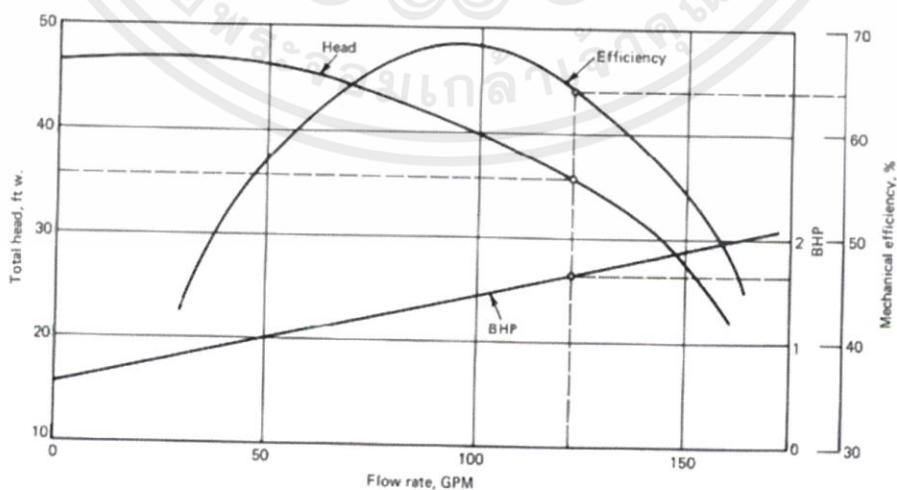
โดยทั่วไปแล้วปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal pumps) สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท ตามลักษณะของใบพัดได้แก่ปั๊มแรงเหวี่ยงไหลตามแนวรัศมี(Redial flow pump)ปั๊มแรงเหวี่ยงไหลตามแนวแกน (Axial flow pump) และปั๊มแรงเหวี่ยงไหลแบบผสม (Mixed-flow pump) ซึ่งในชุดทดลองนี้ใช้ปั๊มแรงเหวี่ยงชนิดไหลตามแนวรัศมีแบบก้นหอย (Volute type) ปั๊มแรงเหวี่ยงชนิดไหลตามแนวรัศมีแบบก้นหอย (Volute type) ใบพัดของปั๊มจะเหวี่ยงของไหลเข้าไปในเรือนปั๊ม (Casting) ที่มีลักษณะเป็นวงก้นหอย เส้นผ่านศูนย์กลางของก้นหอยนี้จะค่อยๆ ขยายจากปากทางเข้าสู่ใบพัดไปจนถึงปากทางออก ทำให้พลังงานที่ซึ่งอยู่ในรูปความเร็วของไหล (Velocity energy) ถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงดันสถิต (Static pressure) ปั๊มในแบบนี้เป็นที่รู้จักในชื่อปั๊มหอยโข่งซึ่งรูปตัดภายในปั๊มหอยโข่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงรูปตัดภายในปั๊มทอยโ่ง[2]

2.3 สมรรถนะของปั๊มทอยโ่ง

บริษัทผู้ผลิตปั๊มจะทำการทดสอบสมรรถนะของปั๊มที่ผลิตขึ้น แล้วเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า เหนด(Head)เทียบกับอัตราการไหล, ประสิทธิภาพเทียบกับอัตราการไหล และ กำลังที่ใช้ขับปั๊มเทียบกับอัตราการไหล ลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.3 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า เมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้น ค่าเหนดของปั๊มจะลดลง แต่ประสิทธิภาพของปั๊มจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแล้วจึงลดลง จากกราฟแสดงสมรรถนะดังรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหล 122 แกลลอนต่ออนาที ประสิทธิภาพของปั้มน้ำอยู่ที่ประมาณ 64 % และค่า Head จะอยู่ที่ 36 ฟุต ค่ากำลังขับปั๊มอยู่ที่ 1.7 แรงม้า



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊มทอยโ่ง[3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เฮดปั๊ม

เฮดปั๊มหมายถึงพลังงานที่ปั๊มให้กับของเหลวเพื่อให้เกิดการไหลจากด้านดูด จุด C ไปยังด้านส่งของปั๊ม จุด D ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ค่าเฮดปั๊มคำนวณจากสมการพลังงานของเบอร์นูลลี (Bernoulli's equation)

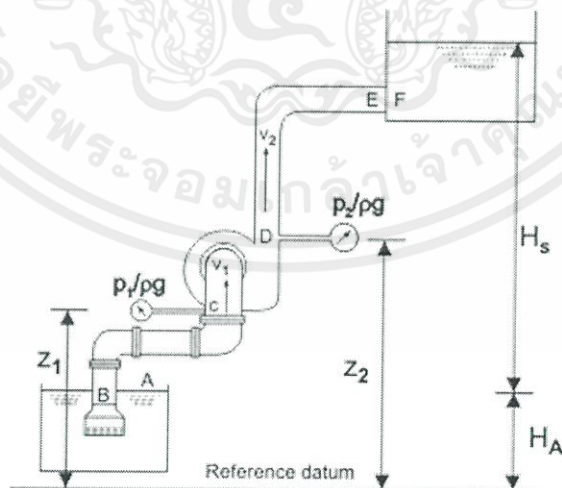
$$\frac{V^2}{2} + gz + \frac{P}{\rho} = \text{ค่าคงที่} \quad (2.1)$$

จากสมการ (2.1) จะได้ว่าสมการ total head (H) คือ

$$\Delta H = \frac{P_d - P_s}{\rho g} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + (z_d - z_s) \quad (2.2)$$

- เมื่อ
- H = Total head (m)
 - g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)
 - P = Pressure (N/m^2)
 - z = ความสูงจากจุดอ้างอิง
 - V = ความเร็ว (m/s)
 - ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)

โดยสัญลักษณ์ตัวห้อย (Subscript) s คือด้านส่ง, p คือด้านดูด



รูปที่ 2.4 แสดงตำแหน่งเฮดปั๊ม[4]

2.4 การหาประสิทธิภาพของปั๊ม

กำลังที่ได้จากปั๊ม (Pump Output Power) หาได้จากสมการ

$$P_o = Q\rho g\Delta H \quad (2.3)$$

เมื่อ P_o = Power Output (w)

Q = อัตราการไหล (m^3/s)

ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)

g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)

H = Total head (m)

การหาพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อไปขับปั๊มแรงเหวี่ยง Power input หาได้จาก

$$P_i = IV \cos \theta \eta_m \quad (2.4)$$

เมื่อ P_i = Power Input (w)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

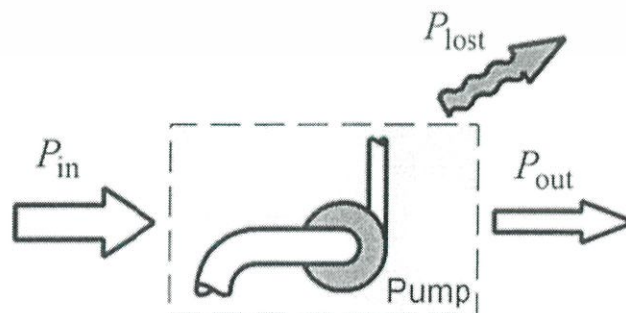
V = โวลต์ (V)

η_m = ประสิทธิภาพมอเตอร์

$\cos \theta$ = Power factor

การหาประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยง η_p หาได้จาก

$$\eta_p = \frac{P_o}{P_i} \times 100 (\%) \quad (2.5)$$



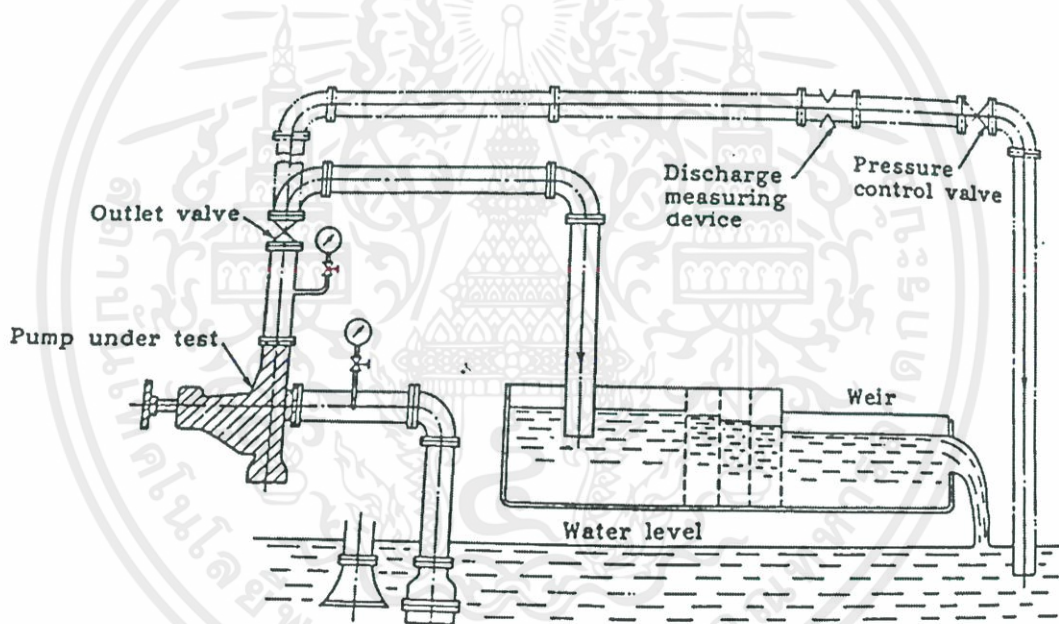
รูปที่ 2.5 แสดงกำลังที่ให้และกำลังที่ออกจากปั๊ม[5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การทดสอบสมรรถนะของปั๊ม

การทดสอบสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน JIS (Japanese Industrial Standard) มีเงื่อนไขในการทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

1. ของเหลวที่ใช้ทดสอบ โดยปกติแล้วการทดสอบปั๊มจะใช้น้ำใสที่มีอุณหภูมิปกติ
2. ความเร็วรอบของปั๊มที่ใช้ทดสอบควรจะเป็นค่าเดียวกันกับที่กำหนด อย่างไรก็ตาม การทดสอบที่ความเร็วรอบซึ่งแตกต่างจากความเร็วที่ระบุไม่เกิน 20 % อาจจะยอมให้ใช้ได้
3. ควรจะมีการวัดสมรรถนะการทำงานของปั๊มหลายๆ จุดตลอดช่วงที่คาดว่าจะต้องใช้งาน สำหรับปั๊มแบบ Radial Flow การวัดจะต้องทำที่อัตราสูบที่แตกต่างกันไม่น้อยกว่า 5 ค่า รวมทั้งค่าที่จุด Shut-off (ปั๊มทำงานโดยวาล์วด้านจ่ายปิดสนิท) ด้วย
4. ปั๊มที่จะถูกทดสอบจะต้องติดตั้งบนชุดทดสอบซึ่งมีคุณสมบัติตามมาตรฐานที่ได้ตกลงกันไว้ สำหรับตัวอย่างชุดทดสอบที่ใช้กับปั๊มแบบ Radial Flow แสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ชุดทดสอบสำหรับปั๊มแบบ Radial Flow[6]

บทที่ 3

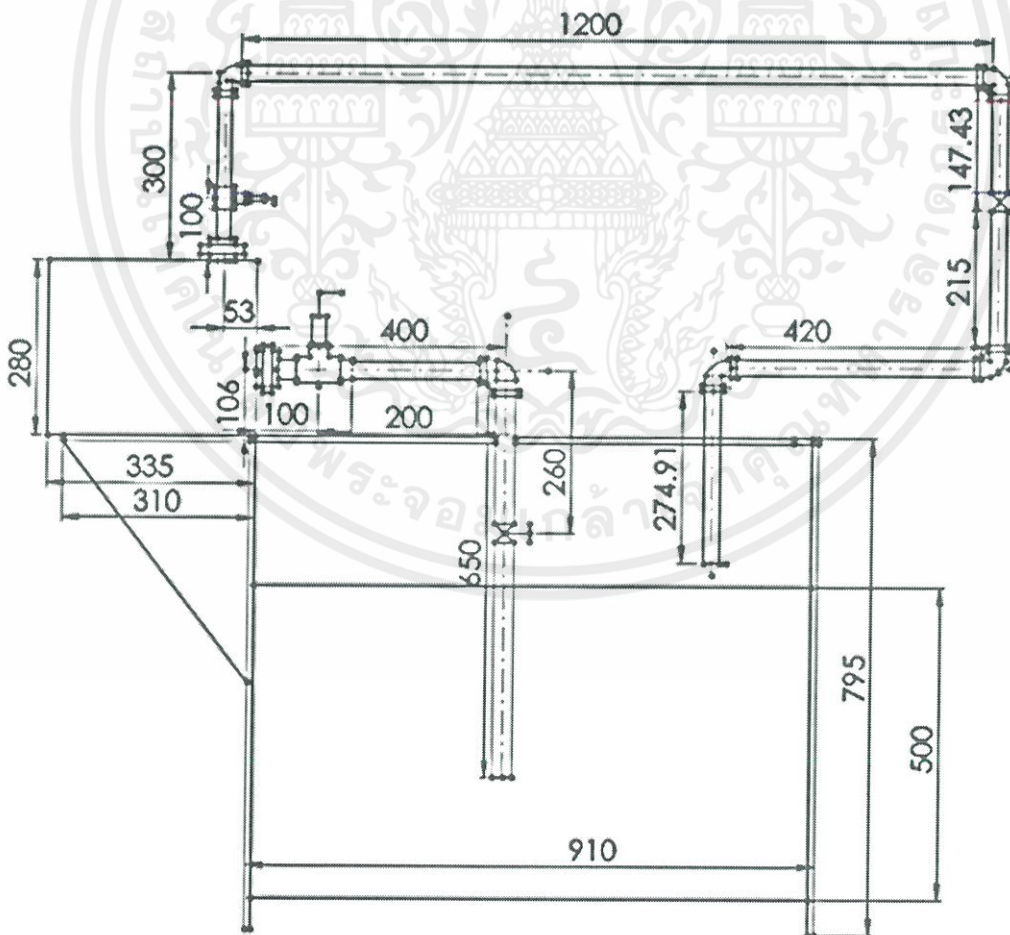
วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การออกแบบและสร้าง

โครงการนี้ได้จัดสร้างชุดทดสอบสมรรถนะปั้มน้ำ โดยอุปกรณ์หลักๆที่ใช้ในการสร้างชุดทดสอบสมรรถนะมีดังนี้ ท่อกัลป์วาไนซ์ (galvanize pipe) , ท่อพีวีซี (PVC pipe) , เหล็กใช้ทำโครงสร้าง, ประตูน้ำ (Gate valve) , เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก (ultrasonic flow meter) , Pressure transducer

3.1.1 ออกแบบท่อและตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ

สำหรับในขั้นตอนแรก จะดำเนินการออกแบบความยาวท่อตามคำแนะนำของคู่มือของเครื่องวัดอัตราการไหลที่เลือกใช้,มาตรฐาน JIS และขนาดท่อของเครื่องปั้มน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดยได้ออกแบบขนาดท่อและตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงการออกแบบท่อและข้อต่อต่าง

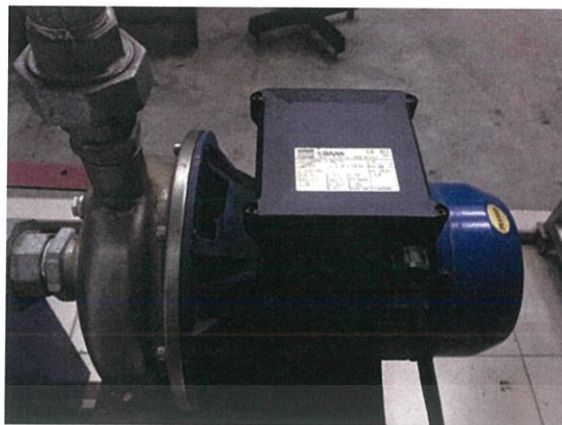
หลังจากได้ดำเนินการออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วจะได้ชุดทดสอบแสดงดังรูปที่ 3.2 โดยของไหลจะถูกสูบผ่านท่อชุด โดยมีประตุน้ำสำหรับปรับอัตราการไหล ก่อนที่ของไหลจะเข้าไปที่ปั๊ม ซึ่งได้มีการติดตั้งเซนเซอร์วัดแรงดันทั้งสองด้านของปั๊มเพื่อหาค่าเสดของเครื่องสูบ และมีการติดตั้งเครื่องวัดกระแสไฟฟ้า สำหรับวัดแรงดันและกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ปั๊มได้ใช้ไปหลังจากนั้นของไหลจะผ่านไปสู่ท่อตรงที่ได้ติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลชนิดอัลตราโซนิก เอาไว้เพื่อวัดอัตราการไหลที่เกิดขึ้นในระบบ ก่อนที่จะไหลกลับมาที่ถังบรรจุน้ำอีกครั้ง



รูปที่ 3.2 แสดงรูปชุดทดสอบสมรรถนะที่สร้างขึ้น

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในชุดทดสอบดังรูปที่ 3.2 มีดังนี้

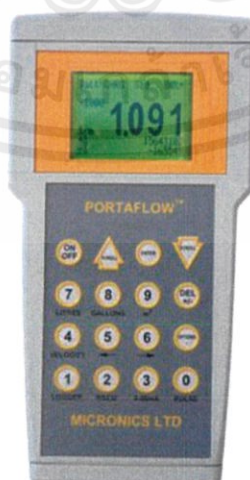
1. ปั๊มแรงเหวี่ยงขนาด 1 HP (0.75kw) มีความสามารถในการสร้างเสดสูงสุด 30.3 เมตร อัตราการไหลสูงสุดอยู่ที่ 110 ลิตร/นาทื ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อชุด 1.25 นิ้ว และด้านส่ง 1 นิ้ว



รูปที่ 3.3 แสดงภาพปั๊มแรงเหวี่ยงที่ใช้ในการทดสอบ

2. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบ ultrasonic flow meter (Portaflow 204 Plus) เครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Ultrasonic เป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลสำหรับของไหลที่มีอนุภาคของแข็ง วัตถุสะท้อนเสียง หรือฟองแก๊สที่มีขนาดใหญ่กว่า 100 ไมครอนได้โดยหลักการทำงานเบื้องต้น เครื่องจะทำการส่ง Ultrasonic ผ่านผนังท่อที่มีของไหลอยู่ ซึ่งจะก่อให้เกิดคลื่นเสียงที่สะท้อนจากอนุภาคของผสมในของไหล และถูกบันทึกจากตัวรับสัญญาณ คลื่นเสียงที่เกิดจากการสะท้อนของอนุภาคที่มีการเคลื่อนที่ จะสามารถนำมาแปลงเป็นอัตราการไหลภายในท่อที่ทำการวัดได้

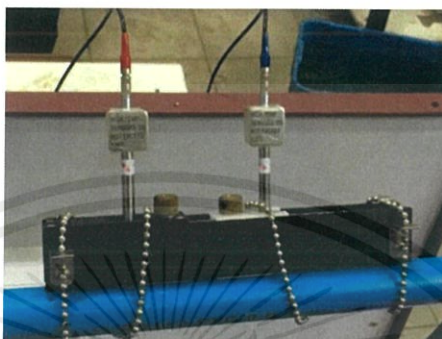
2.1 ชุดหน้าจอสําหรับควบคุมอัตราการไหล เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของทั้งหมด เชื่อมต่อกับชุดทรานสดิวเซอร์ โดยผู้ใช้งานสามารถป้อนค่าเบื้องต้น เช่น ขนาดท่อที่ทำการวัด และเลือกผลของอัตราการไหลเป็นหน่วยต่างๆที่ต้องการได้ และอุปกรณ์ตัวนี้จะเป็นตัวแปลงสัญญาณที่ได้รับมาจากชุด transducer แล้วส่งค่าที่อยู่ในย่านของกระแส 4-20 mA ไปยังตัว Arduino ต่อไป ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ชุดหน้าจอสําหรับควบคุม

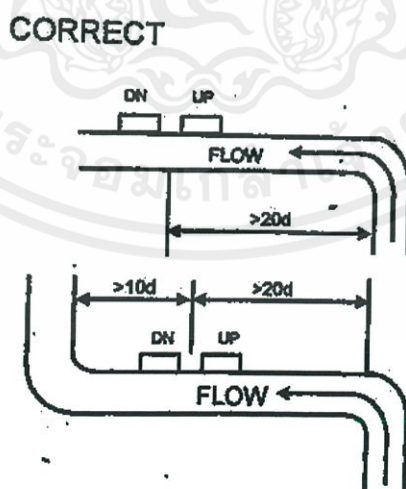
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดทรานสดิวเซอร์ (Transducer) หรือชุดส่งสัญญาณ Ultrasonic ไปยังของไหลภายในท่อและส่งสัญญาณกลับไปที่เครื่องวัดอัตราการไหลสำหรับการแสดงผลโดยลักษณะเป็นเหมือนแท่งยาวๆ โดยลักษณะเป็นตัววางนาบในแนวระดับที่ขนานกันดังรูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นถึงการติดตั้งชุดทรานสดิวเซอร์ตามคำแนะนำของผู้ผลิต



รูปที่ 3.5 การติดตั้งที่ชุดอุปกรณ์

ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆที่เป็นไปตามคำแนะนำของคู่มือการใช้งานเครื่องวัดอัตราการไหล โดยท่อที่ใช้ในด้านจ่าย (Discharge) สำหรับเครื่องปั้มน้ำรุ่นนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดอัตราการไหลที่แนะนำจากคู่มือการใช้งานเป็นดังรูปที่ 3.6 โดยที่ d คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ



รูปที่ 3.6 ขนาดความยาวท่อที่แนะนำจากคู่มือการใช้งานเครื่องวัดอัตราการไหล[7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เซนเซอร์วัดแรงดันมีย่านอยู่ที่ 0 to 60 psi ดังแสดงในรูป 3.7
4. เซนเซอร์วัดสูญญากาศมีย่านอยู่ที่ -14.5 to 30 psi ดังแสดงในรูป 3.8



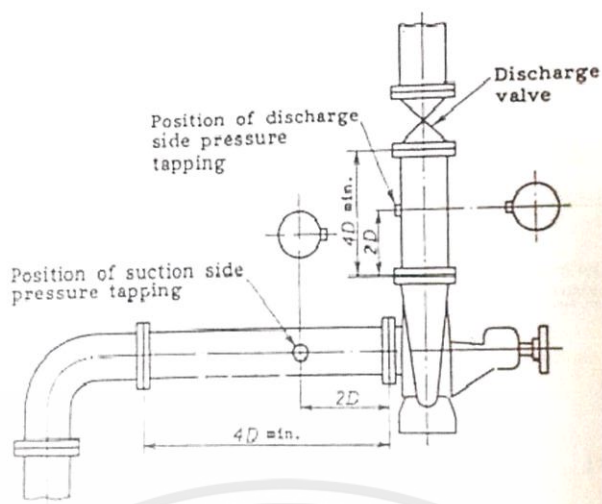
รูปที่ 3.7 เซนเซอร์วัดความดัน



รูปที่ 3.8 เซนเซอร์วัดสูญญากาศ

ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความดันที่ด้านดูดและด้านจ่ายของปั้มน้ำตามมาตรฐาน JIS แสดงดังรูปที่ 3.9 โดยที่ D คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความดันตามมาตรฐาน JIS[8]

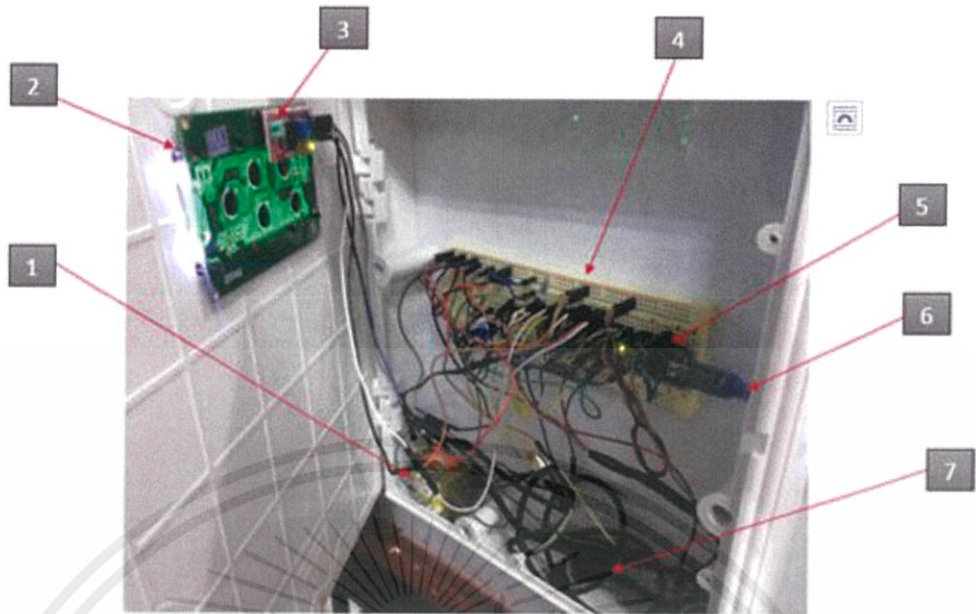
3.10

5. ตัวแปลงกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 30 A ให้อยู่ในรูปของความต่างศักย์ 0 ถึง 1 V แสดงดังรูปที่



รูปที่ 3.10 ตัวแปลงกระแสไฟฟ้า

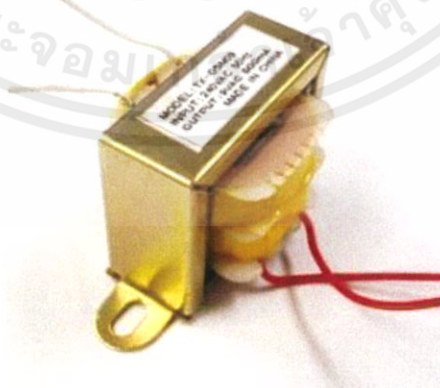
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงรูปภายในกล่องใส่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

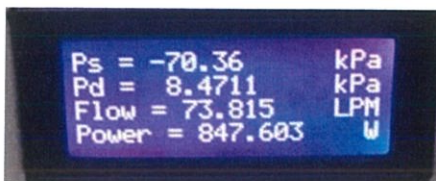
จากรูปที่ 3.11 เป็นการแสดงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับสายไฟเข้าออก (หมายเลข 6) และสำหรับจอแสดงผล (หมายเลข 2) สังเกตได้ว่าอุปกรณ์บางชิ้นไม่สามารถมองเห็นได้เพราะถูกสายไฟบัง อุปกรณ์ชิ้นที่มองไม่เห็นสามารถดูวิธีการต่อได้จากรูปที่ 3.6 และ อุปกรณ์ที่มองเห็นได้มีดังนี้ หมายเลขที่

1. หม้อแปลงขนาดเล็ก สำหรับแปลงไฟฟ้า 220 v เป็น 9v รองรับกระแสไฟฟ้า 500 mA ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 220V เป็น 9V

2. หน้าจอ (LCD screen) ขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด แสดงผล ความดันด้านดูด ความดันด้านคาย อัตราการไหล และ ค่ากำลังของไฟฟ้าในขณะนั้น



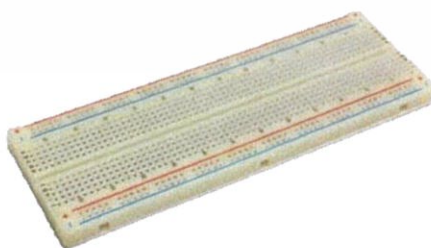
รูปที่ 3.13 หน้าจอแสดงผล

3. ไอสแควร์ซี หรือ ไอทูซี (I2c lcd controller I2C) เป็นวิธีการส่งข้อมูลกันระหว่างไอซี หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (ทีละ) 2 ตัว แต่คุยกันได้ทีละคู่ โดยมีตัวออกคำสั่งว่าจะคุยกับใคร คือ Master และ ตัวที่สั่งให้ต้องตอบคือ Slave



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ควบคุมการเชื่อมต่อหน้าจอกับ Arduino

4. เป็นบอร์ดที่ใช้ทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกหนาสีขาว บนแผ่นมีรูเรียงกันจำนวนมาก ภายในรูมีตัวนำไฟฟ้าซึ่งเชื่อมต่อกันในรูปแบบที่มีการกำหนดไว้ เวลาทดลองก็เสียบขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงไปให้ตัวนำภายในเชื่อมวงจรถึงกัน และอาจใช้สายไฟเสียบลงรูเพื่อเชื่อมวงจรไฟฟ้าได้เช่นกัน ข้อดีของโปรโตบอร์ดคือ ไม่ต้องออกแบบแผงวงจรและไม่ต้องบัดกรี แต่มีข้อเสียคือใช้ทดลองวงจรที่ทำงานที่ความถี่สูง ๆ ไม่ได้เนื่องจากมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนในวงจร



รูปที่ 3.15 แผ่นโปรโตบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Arduino คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป ที่รวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น มาในบอร์ดเดียว แถมยังเปิดเผยข้อมูลทุกอย่าง ทั้งสายวงจรและตัวอย่างโปรแกรม ทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่าย เพียงแค่มีบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์อีกสักเครื่อง ก็พร้อมใช้งานได้แล้ว โดยที่ไม่ต้องมาปวดหัว กับการทำวงจรที่ซับซ้อน หรือการติดตั้งโปรแกรมที่ยุ่งยาก โดย Arduino nano ที่ใช้ในตัวอย่างมีขนาดเพียง 1.8 x 4.8 เซนติเมตร ซึ่งถือว่าขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น บนบอร์ด Arduino nano นั้นมีวงจรสำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตัวมันเองอยู่แล้ว เพียงเสียบสาย USB เข้ากับ Arduino nano และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บอร์ดก็พร้อมใช้งานได้ทันที



รูปที่ 3.16 Arduino nano

6.USB type b mini สำหรับเชื่อมต่อ Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ ฟิวส์(fuse) หลอดแก้ว ขนาด 0.5 A ติดไว้ที่ด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงขนาดเล็ก เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินขนาด ไหลเข้ามาในวงจร



รูปที่ 3.17 USB type B mini

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ดังนี้

1. Arduino Nano

เป็นตัวควบคุมการทำงานของทั้งระบบ

2. LCD 20x4 I2C

จอแสดงผลขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด

3. Adafruit ADS1015

อุปกรณ์รับสัญญาณ Analog ใช้เพราะ Arduino Nano รองรับไม่พอ

4. CT sensor SCT-013-030

ตัวแปลงกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 30 A ให้อยู่ในรูปของความต่างศักย์ 0 ถึง 1 V

5. PORTAFLOW

ใช้วัดอัตราการไหล และ ส่งข้อมูลเป็น วัฏจักรกระแสไฟฟ้า

6. G1/4" Vacuum Pressure Sensor -14.5 to 30 psi

ใช้วัดความดันของของไหลในท่อขนาด G1/4"

7. G1/4" Pressure Sensor 0 to 60 psi

8. 220V to 9V transformer

หม้อแปลงไฟฟ้าใช้สำหรับวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยวิธีการคำนวณเทียบค่า

9. สายไฟรองรับกำลังไฟฟ้า ¼ w คละสี

10. ตัวต้านทาน ¼ w 470k โอม ความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ 4 ตัว

11. ตัวต้านทาน ¼ w 240 โอม ความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ 1 ตัว

12. ตัวเก็บประจุ ¼ w 1 uF 2 ตัว

13. ตัวต้านทาน ¼ w 100k โอม ความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ 1 ตัว

14. ตัวต้านทาน ¼ w 10k โอม ความคลาดเคลื่อน 1 เปอร์เซ็นต์ 1 ตัว

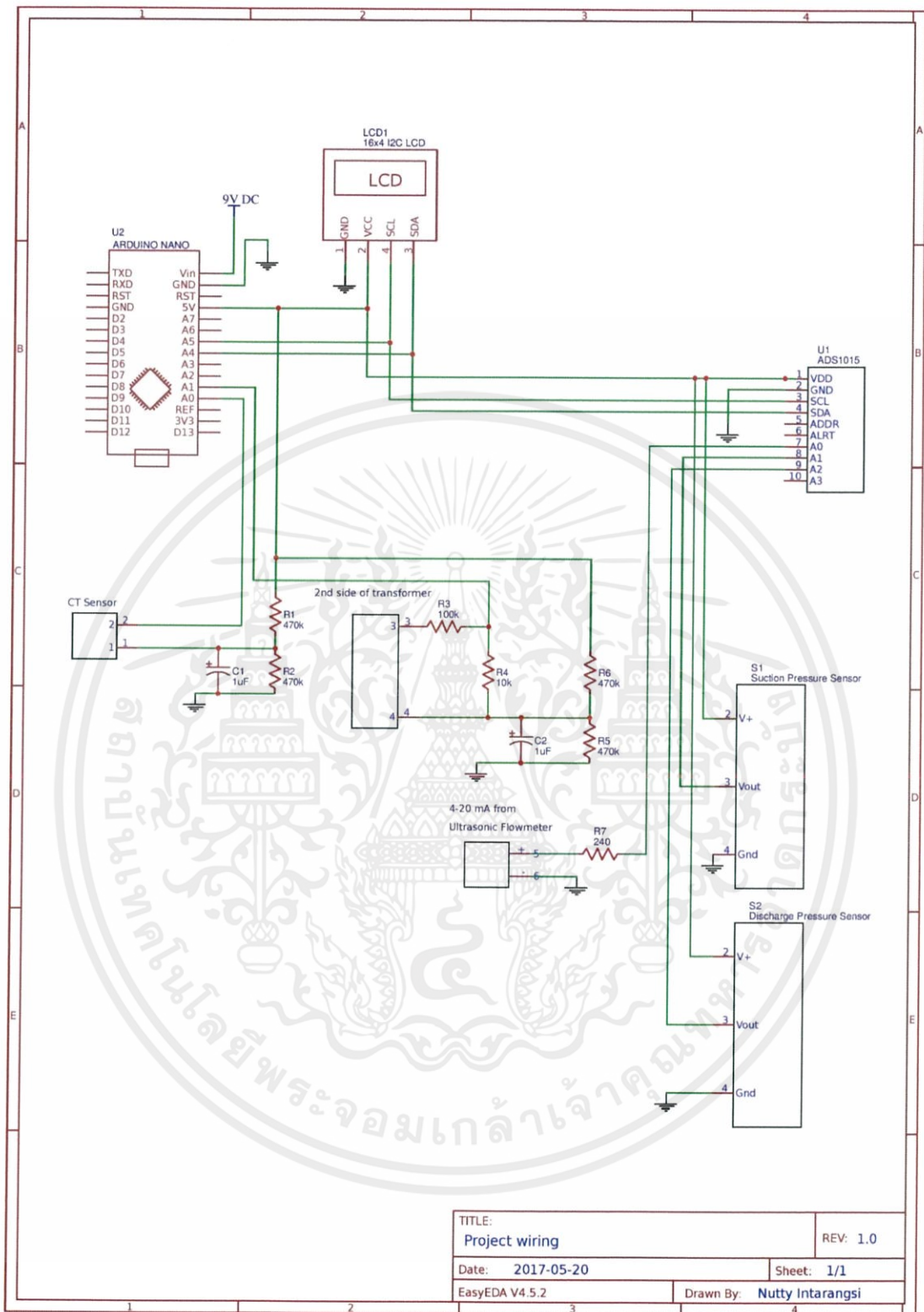
15. โพรโทบอร์ด

16. AC to DC adapter 12V

เป็นแหล่งพลังงานให้กับ Arduino Nano

3.1.3 การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 3.12 แสดงการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยเขียนขึ้นจาก web application easyeda.com



รูปที่ 3.18 แผนผังการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การตั้งค่า sensor วัดอัตราการไหล

ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายการตั้งค่าของตัวอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของรุ่น PORTAFLOW 204 PLUS Flowmeter เพื่อวัดอัตราการไหลในชุดการทดลอง



รูปที่ 3.19 กล่องเครื่องมือวัดอัตราการไหล

3.2.1 การตั้งค่า PORTAFLOW 204 PLUS FLOWMETER

1. เสียบสาย output 4-20 mA แล้วนำสายนี้ไปต่อกับวงจร Arduino แสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.20 การเสียบสาย output

2. เปิดเครื่อง แล้วกดที่ Quick start
3. ตั้งค่า dimension unit เป็นหน่วย mm
4. ใส่ค่า Pipe OD = 33.0 , wall thickness = 3 ,Lining = 0
5. ตั้งค่าให้ material เป็น plastic
6. Select fluid type เป็น water
7. กำหนด Fluid tempt เป็น 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เครื่องจะคำนวณค่าในการปรับ ได้ 18.3 แสดงดังรูปที่ 3.15 จากนั้นก็ไปปรับระยะความห่างที่ตัวเครื่อง แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.21 ระยะห่างที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล



รูปที่ 3.22 ระยะห่างที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การตั้งค่าตอนปิดวาล์วสุด

เป็นการตั้งค่า off-set ของอุปกรณ์การทดลองโดยทั่วไปเพื่อป้องกันเมื่อไม่มีอัตราการไหลในท่อแล้ว อัตราการไหลในท่อจะเท่ากับ 0 และลดค่าความคลาดเคลื่อน มีขั้นตอนดังนี้

1. กดที่ปุ่ม option
2. กดที่ set zero แสดงดังรูปที่ 3.17

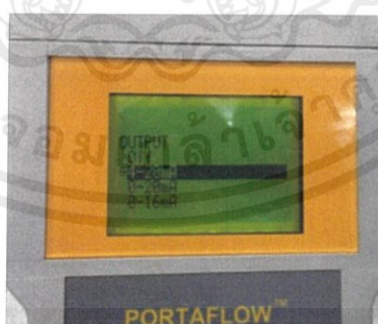


รูปที่ 3.23 ระยะเวลาที่ต้องปรับที่ตัววัดอัตราการไหล

3.2.3 การตั้งค่า output

เนื่องจากตัวแผงวงจรควบคุมมีความต้านทานรวม 240 โอห์มและสามารถสามารถอ่านค่าของไฟฟ้าได้ในช่วง 5V ดังนั้นจึงต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่ 4-20 mA ผ่านตัวต้านทาน 240 โอห์มจึงจะได้ช่วงของความต่างศักย์ที่ 5v พอดี

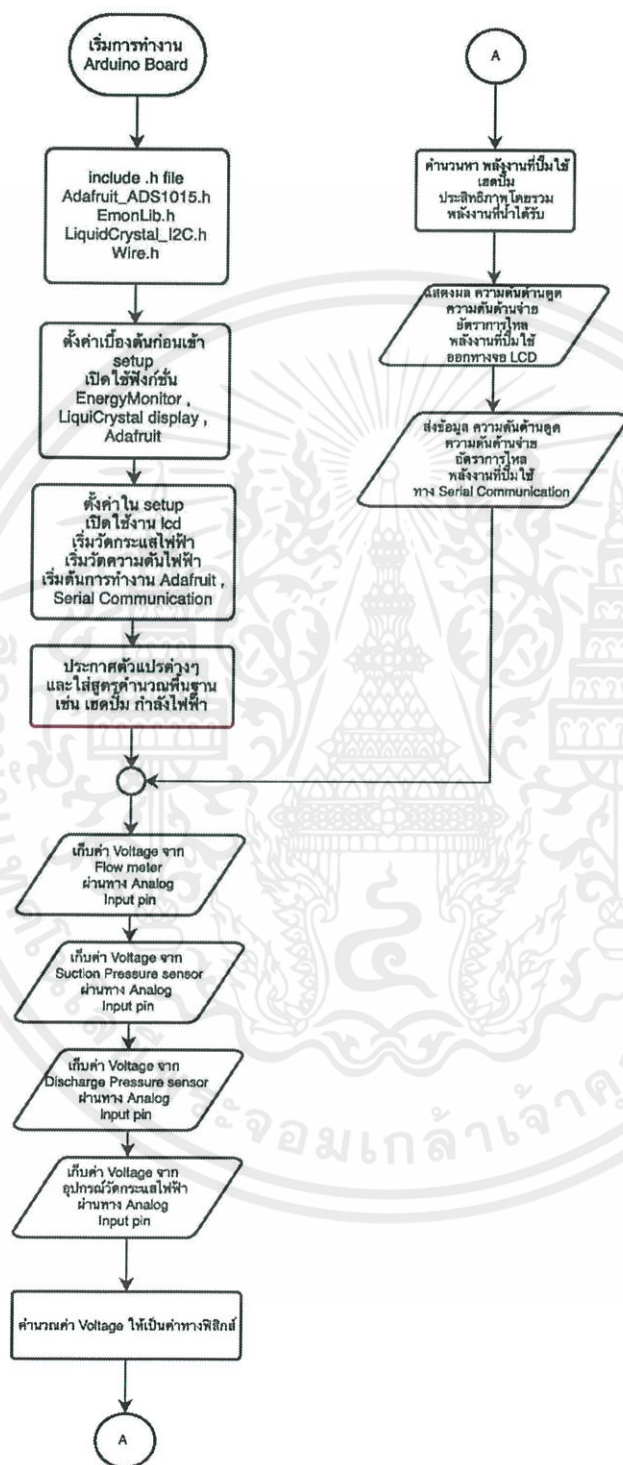
1. กดที่ 4-20mA ที่บริเวณปุ่มเลข 3
2. กดที่ output 4-20 mA แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.24 การตั้งค่า output

3.3 การเขียนคำสั่ง อาดูโนบอร์ด

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชิ้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะต้องเชื่อมต่อกับอาดูโนบอร์ด หลักการทำงานของคร่าวๆของอาดูโนบอร์ดได้อธิบายไว้ในผังการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.25 ผังการทำงานของ อาดูโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งที่ใช้กับ อาดูโนบอร์ด เป็น Arduino Programming Language มีดังนี้ โดยคำอธิบายคำสั่ง จะถูกเขียนไว้หลัง สัญลักษณ์ // (ซึ่งตัว compiler จะไม่สนใจคำสั่งที่อยู่หลังและบรรทัดเดียวกับ //) แต่ในที่นี้จะอนุโลมให้เขียนคำอธิบายไว้หลังสัญลักษณ์ // และละไว้ในฐานที่เข้าใจว่าส่วนไหนเป็น คำอธิบายส่วนไหนเป็นชุดคำสั่ง โดยหน่วยของตัวแปรจะใช้ระบบ SI

```
#include <Adafruit_ADS1015.h>
// สั่ง compiler ให้นำเข้าชุดคำสั่งเพื่อใช้กับ ชิพ Adafruit
#include <EmonLib.h>
// สั่ง compiler ให้นำเข้าชุดคำสั่งเพื่อใช้ในการคำนวณหา กำลังไฟฟ้า
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
//สั่ง compiler ให้นำเข้าชุดคำสั่งเพื่อใช้ในการควบคุมหน้าจอ LCD แบบ I2C
#include <Wire.h>
// สั่ง compiler ให้นำเข้าชุดคำสั่งเพื่อเปิดการใช้งานระบบ I2C
EnergyMonitor emon1;
// เริ่มใช้คำสั่ง EnergyMonitor ซึ่งมาจาก EmonLib.h โดยคำสั่งนี้สั่งว่าให้เรียกอุปกรณ์วัด
กำลังไฟฟ้าว่า emon1
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
// เริ่มใช้คำสั่ง LiquidCrystal_I2C ซึ่งมาจาก LiquidCrystal_I2C.h โดยคำสั่งนี้บอกว่า มีจอ lcd ที่
ใช้ Address ว่า 0x27 เชื่อมต่อแบบ I2C เป็นจอขนาด 20 ตัวอักษร 4 บรรทัด
float Zcal = 0;
// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า Zcal หรือ ผลต่างความสูง โดยให้ค่าเริ่มต้นเป็น 0
float hp=0;
// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า hp หรือเฮดปั้ม โดยให้ค่าเริ่มต้นเป็น 0
float Pout=0;
// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า Pout หรือกำลังที่ออกจากปั้ม โดยให้ค่าเริ่มต้นเป็น 0
float overalleff=0;
// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า overalleff หรือประสิทธิภาพโดยรวมของปั้ม โดยให้ค่าเริ่มต้น
เป็น 0
Adafruit_ADS1115 ads(0x48);
// เริ่มใช้คำสั่ง Adafruit_ADS1115 ซึ่งมาจาก Adafruit_ADS1015.h โดยคำสั่งนี้บอกว่า มีจอ
Adafruit ADS1115 ที่ใช้ Address ว่า 0x48 เชื่อมต่อแบบ I2C เป็นตัวแปลง Analog เป็น Digital
ขนาด 12 bit
float suctionbias=5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า suctionbias หรือ ค่า offset ของ sensor วัดความดันที่ด้าน
ดูด โดยให้ค่าเริ่มต้นเป็น 5

float dischargebias=-1;

// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า dischargebias หรือ ค่า offset ของ sensor วัดความดันที่
ด้านคาย โดยให้ค่าเริ่มต้นเป็น -1

const float pi = 3.14159;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า pi โดยให้ค่าเป็น 3.14159

const float g = 9.81;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า g หรือความโน้มถ่วงโลก โดยให้ค่าเป็น 9.81

const float din = 0.0373;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า din หรือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อด้านดูด

const float dout = 0.03;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า dout หรือ เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อด้านคาย

const float PSItokpa = 0.145037738007;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า PSItokpa หรือ ตัวแปลงหน่วย PSI เป็น kPa

const float bitpervolt = 5333.170573; // 32767 bit range 6.144 volt

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า bitpervolt หรือ ตัวแปลง bit เป็น volt โดยที่ 32767
bit จะให้ค่า 6.144 volt ดังนั้น 1 volt จะต้องใช้ 5333.170573 bit

const float BurdenResistance=243.4;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า BurdenResistance หรือ ความต้านทานของตัวต้านทาน
ที่ต่ออยู่ระหว่าง current loop 4-20 mA ที่มาจาก Flow meter

const float WaterDensity=998;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า WaterDensity หรือ ความหนาแน่นของน้ำ

float SuctionArea = (pi*din*din)/4;

// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า SuctionArea หรือ พื้นที่หน้าตัดของท่อด้านดูด

float DischargeArea = (pi*dout*dout)/4;

// ประกาศตัวแปรชนิด float ที่ชื่อว่า DischargeArea หรือ พื้นที่หน้าตัดของท่อด้านคาย

const float Voltageoutput=4.9;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า Voltageoutput หรือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เอาดูโนจ่าย
ออกมา ซึ่งตามทฤษฎีจะต้องมีค่าเท่ากับ 5 แต่วัดจริงๆได้ 4.9

const float ADCtovolt=bitpervolt*Voltageoutput/5;

// ประกาศตัวแปรคงที่ชนิด float ที่ชื่อว่า ADCtovolt หรือ การแปลงค่า Analog เป็น digital โดย
คำนวณเพิ่มจากความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เอาดูโนจ่ายออกมาเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int i=1;
// ประกาศตัวแปรชนิด int ที่ชื่อว่า i หรือ ใช้ในการนับเลข
void setup() {
// เข้าสู่ขั้นตอนตั้งค่าโดยชุดคำสั่งพวกนี้จะทำงานทุกครั้งเมื่อจ่ายไฟให้อาduino
Serial.begin(9600);
// เริ่มใช้ Serial Communication โดยมี baud rate หรือความเร็วในการรับส่งข้อมูล ที่ 9600 บิต
ต่อวินาที
lcd.begin();
// เริ่มใช้งานจอ lcd
emon1.voltage(1,250.46,1.7);
// มีวงจรวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าต่อเข้ากับ analog pin 1
emon1.current(0,28.4);
// มีวงจรวัดกระแสไฟฟ้าต่อเข้ากับ analog pin 0
ads.begin();
// เริ่มใช้งาน Adafruit ADS1115
}
void loop() {
// เข้าสู่ขั้นตอนวน loop โดยอาduinoจะทำชุดคำสั่งหลังจากนั้นไปเรื่อยๆ
int16_t FlowADC,SuctionADC,DischargeADC;
// ประกาศตัวแปร integer ขนาด 16 บิต จำนวน 3 ตัว
FlowADC = ads.readADC_SingleEnded(0);
// สั่งชิพ Adafruit ให้อ่านค่า voltage จาก ultrasonic flowmeter
SuctionADC = ads.readADC_SingleEnded(1);
// สั่งชิพ Adafruit ให้อ่านค่า voltage จาก pressure sensor ที่ด้านดูด
DischargeADC = ads.readADC_SingleEnded(2);
// สั่งชิพ Adafruit ให้อ่านค่า voltage จาก pressure sensor ที่ด้านคาย
emon1.calcVI(20,210);
// สั่งให้คำนวณกำลังไฟฟ้าและอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดไฟฟ้า
float SuctionVolt = (SuctionADC/ADCtovolt);
float DischargeVolt = (DischargeADC/ADCtovolt);
float FlowVolt = (FlowADC/ADCtovolt);
float SuctionPSI = (11.125*SuctionVolt)-20.0625;
float DischargePSI = (7.5*DischargeVolt)-3.75;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

float Flowamp = FlowVolt/BurdenResistance;
float OutletVelocity = (0.395*Flowamp*1000)-1.58;
float Suctionkpa = (SuctionPSI/PSItokpa)+suctionbias;
float Dischargekpa = (DischargePSI/PSItokpa)+dischargebias;
float Flowrate = DischargeArea*OutletVelocity;
float InletVelocity =Flowrate/SuctionArea;
hp
    =
    (
        Dischargekpa-
        Suctionkpa) * 10* 10* 10/ ( g* WaterDensity) + ( ( OutletVelocity* OutletVelocity) -
        (InletVelocity*InletVelocity))/(2*g)+Zcal;
Pout = WaterDensity*g*Flowrate*hp;
overallEff = (Pout/emon1.realPower)*100;
// คำสั่งพวกนี้จะคำนวณ เสดบี้ม กำลังที่ออกจากบี้ม และ ประสิทธิภาพโดยรวม
if ((Flowamp < 0.020) && (i > 3))
// คำสั่งนี้จะทำงานเมื่อ ultrasonic flowmeter ไม่ error โดยจะส่งข้อมูลเช่น อัตราการไหล ความ
ดันด้านดูด ความดันด้านคาย และ กำลังไฟฟ้าไปให้กับโปรแกรม PCMAVA ผ่านทาง serial
communication
{
Serial.print((Flowrate*60000),2);
Serial.print("\t");
Serial.print(Suctionkpa,2);
Serial.print("\t");
Serial.print(Dischargekpa,2);
Serial.print("\t");
Serial.print(emon1.realPower,2);
Serial.println();
}
i++;
// คำสั่งที่เริ่มต้นด้วย lcd. จะทำการแสดงผลข้อมูลทางจอ lcd
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Ps = ");
if(Suctionkpa > 0)
lcd.print(" ");
lcd.print(Suctionkpa,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

lcd.setCursor(16,0);
lcd.print(" kPa");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Pd = ");
lcd.print(Dischargekpa,2);
lcd.setCursor(16,1);
lcd.print(" kPa");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Flow = ");
lcd.print((Flowrate*60000),2);
lcd.setCursor(17,2);
lcd.print("LPM");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Power = ");
lcd.print(emon1.realPower);
lcd.setCursor(18,3);
lcd.print(" W");
delay(500);
// รอ 0.5 วินาทีจากนั้นกลับไปทำชุดคำสั่งที่อยู่ใน void loop อีกรอบ
}

```

ชุดคำสั่งทั้งหมดนี้จะต้องถูกส่งเข้าบอร์ดอาดูโนโดยใช้โปรแกรม Arduino ในที่นี้ใช้เวอร์ชัน 1.8.2 สำหรับระบบปฏิบัติการ วินโดว์ 10

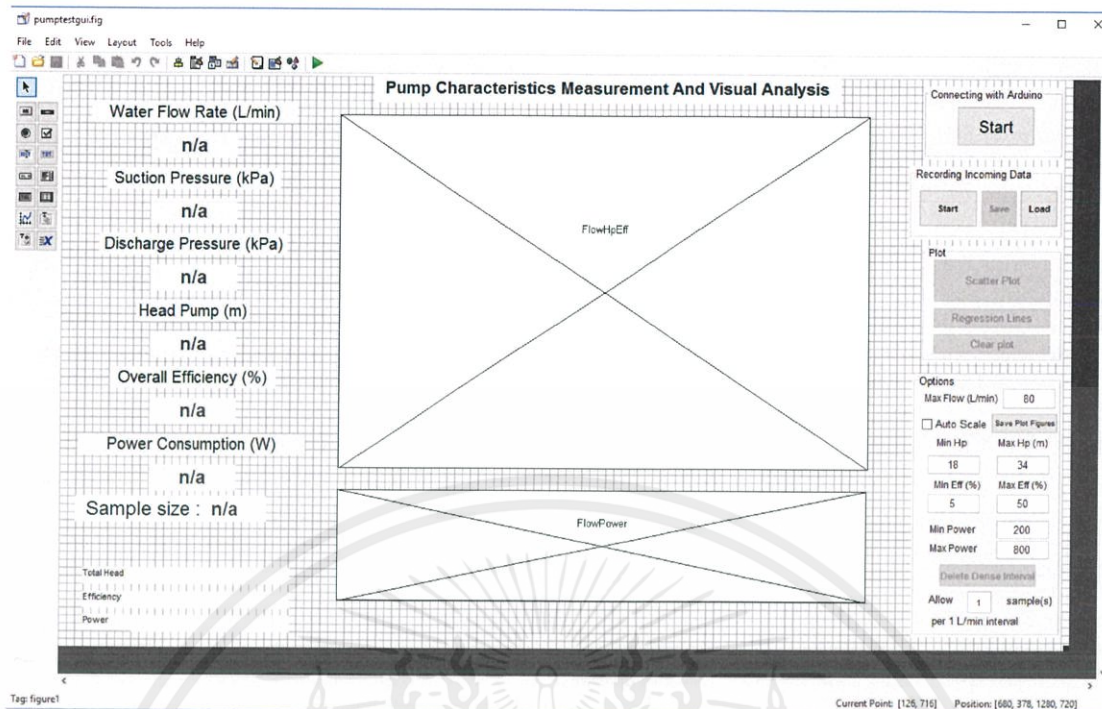
3.4 การเขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB

ผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม MATLAB เวอร์ชัน 2016b เพื่อสร้างโปรแกรมที่สามารถแสดงผลสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง (Centrifugal pump performance curve) โดยจะมี ฟังก์ชันหลักๆที่ใช้คือ ฟังก์ชันที่รับค่าจากอาดูโนบอร์ด และ ฟังก์ชันเกี่ยวกับการวาดแผนภูมิ แบ่งขั้นตอนการสร้างโปรแกรมดังนี้

3.4.1 สร้างหน้าต่างโปรแกรม

ใช้คำสั่ง guide ในเพื่อสร้าง User interfaces(UIs) โดยสามารถคลิกและลากองค์ประกอบ เช่น แกนสำหรับวาดกราฟ ปุ่มกด กล่องข้อความ มาใส่ได้ โดยผู้จัดทำได้สร้าง UIs ดังรูป โดยผู้จัดทำได้ตั้งชื่อโปรแกรมน่า Pump characteristics measurement and visual analysis (PCMAVA) ดังแสดงในรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 หน้าต่างโปรแกรมสร้างโดย MATLAB

3.4.2 ฟังก์ชันที่รับค่าจากอาตุนบอร์ด

อาตุนบอร์ดจะส่งข้อมูลให้โปรแกรม PCMAVA โดยใช้ช่องทาง Serial Communication ชุดคำสั่งพื้นฐานดังนี้

```
delete(instrfindall);
```

คำอธิบาย ยกเลิกการเชื่อมต่อด้วย serial communication ของโปรแกรม PCMAVA ที่ค้างอยู่

```
COM_Port = getAvailableComPort();
```

คำอธิบาย ตรวจสอบว่า อาตุนเชื่อมต่อที่พอร์ตไหน

```
COM_use=char(COM_Port);
```

```
s1=serial(COM_use);
```

```
set(s1,'BaudRate',9600);
```

คำอธิบาย ตั้งค่า BaudRate ให้ตรงกับ อาตุนซึ่งเท่ากับ 9600

```
fopen(s1);
```

คำอธิบาย เปิดการติดต่อโดยใช้ serial

```
s1.ReadAsyncMode='Continuous';
```

```
readasync(s1);
```

```
sSerialData = fscanf(s1);
```

คำอธิบาย อ่านข้อความจาก serial communication มาเก็บไว้ใน ตัวแปร sSerialData

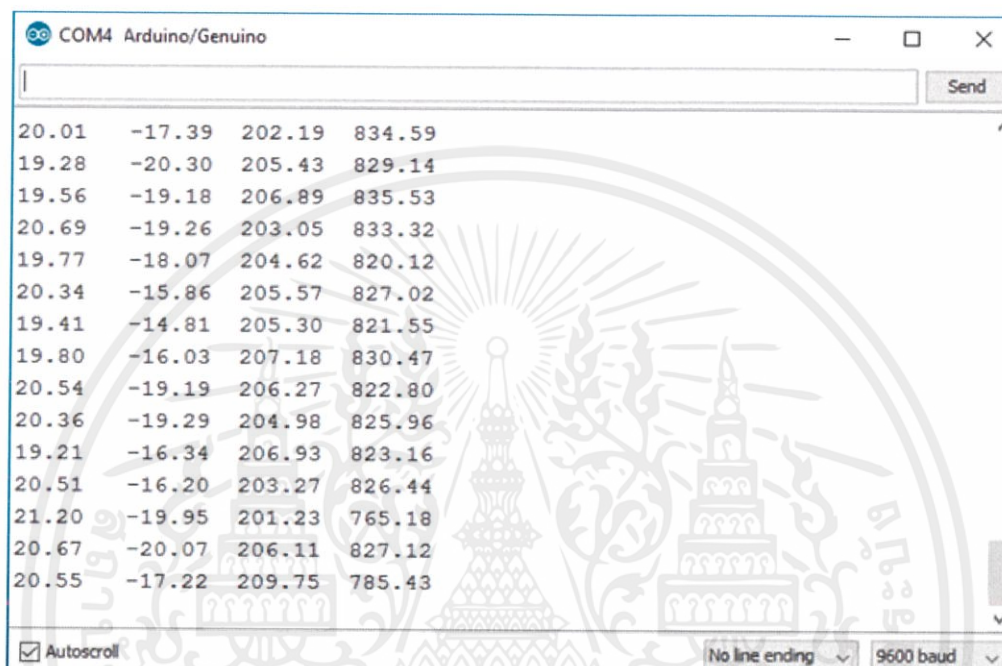
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
flushinput(s1);
```

คำอธิบาย ลบข้อความทั้งหมดที่อาดูโนส่งมา

```
t= strsplit(sSerialData,'\t');
```

คำอธิบาย Serial ที่ส่งมาแบบ Tab separated ดังแสดงในรูปที่ 3.21 จะถูกแยกโดยคำสั่ง strsplit(ชื่อตัวแปร,ตัวแบ่งข้อความ)



รูปที่ 3.27 ตัวอย่าง serial data ที่ส่งมายังโปรแกรม PCMAVA

```
mData(i,1)=str2double(t(1)); %flow LPM
```

```
mData(i,2)=str2double(t(2)); %suction
```

```
mData(i,3)=str2double(t(3)); %Discharge
```

```
mData(i,4)=str2double(t(4)); %power(w)
```

คำอธิบาย ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนจาก string เป็น double หรือจากตัวอักษรให้เป็นตัวเลขแล้วนำไปคำนวณและวาดกราฟในขั้นตอนต่อไป

3.4.3 ฟังก์ชันเกี่ยวกับการวาดแผนภูมิ

ก่อนที่จะวาดแผนภูมิได้นั้นจะต้องคำนวณหาเสดปั้มและประสิทธิภาพเสียก่อน โดยเมื่อคำนวณได้แล้วจะเก็บ ค่าเสดปั้มไว้ในตัวแปร mData(:,5) และประสิทธิภาพไว้ในตัวแปร mData(:,6) คำสั่งที่ใช้ในการวาดแผนภูมิมิดังนี้

```
axes(handles.FlowHpEff);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบาย เล็งเป้าหมายการวาดกราฟไปที่แกน FlowHpEff

```
yyaxis left;
```

คำอธิบาย เลือกแกน y ด้านซ้ายมือ

```
plot(mData(:,1),mData(:,5),'Marker','.', 'LineStyle','none');
```

คำอธิบาย ทำการพล็อต mData(:,1) ซึ่งก็คือ อัตราการไหล เป็นแกน x กับ mData(:,5) ซึ่งก็คือ เฮดปั๊ม เป็นแกน y โดยพล็อตเป็น จุด

```
yyaxis right;
```

คำอธิบาย เลือกแกน y ด้านขวามือ

```
plot(mData(:,1),mData(:,6),'Marker','.', 'LineStyle','none');
```

คำอธิบาย ทำการพล็อต mData(:,1) ซึ่งก็คือ อัตราการไหล เป็นแกน x กับ mData(:,6) ซึ่งก็คือ ประสิทธิภาพ เป็นแกน y โดยพล็อตเป็น จุด

```
hold on
```

คำอธิบาย ไม่ทำการพล็อตใหม่แต่ให้พล็อตทับของเดิม

```
axes(handles.FlowPower);
```

คำอธิบาย เล็งเป้าหมายการวาดกราฟไปที่แกน FlowPower

```
plot(mData(:,1),mData(:,4),'m','Marker','.', 'LineStyle','none')
```

คำอธิบาย ทำการพล็อต mData(:,1) ซึ่งก็คือ อัตราการไหล เป็นแกน x กับ mData(:,4) ซึ่งก็คือ กำลังไฟฟ้า เป็นแกน y โดยพล็อตเป็น จุด

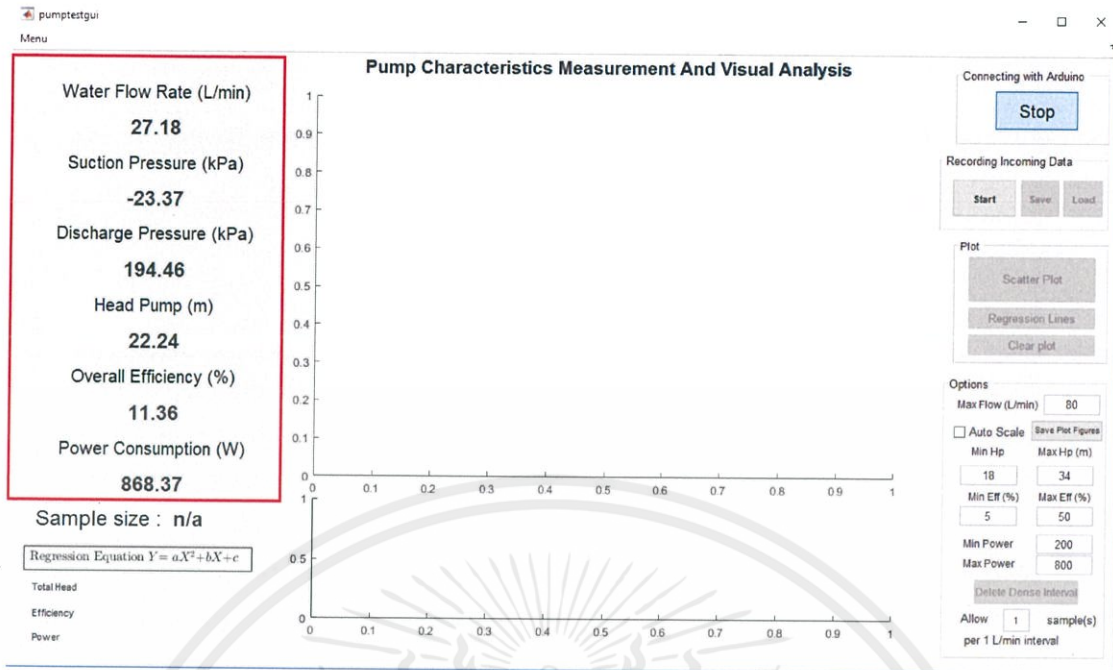
```
hold on
```

3.5. การใช้โปรแกรม PCMAVA

โปรแกรม Pump characteristics measurement and visual analysis (PCMAVA) มีจุดประสงค์หลักคือวาดกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง โปรแกรมมีฟังก์ชันการทำงานหลักและย่อยเพื่อรองรับการใช้งานและการวิเคราะห์ผลในอนาคตดังนี้

3.5.1 แสดงผลข้อมูลจาก sensor โดยไม่เก็บข้อมูล

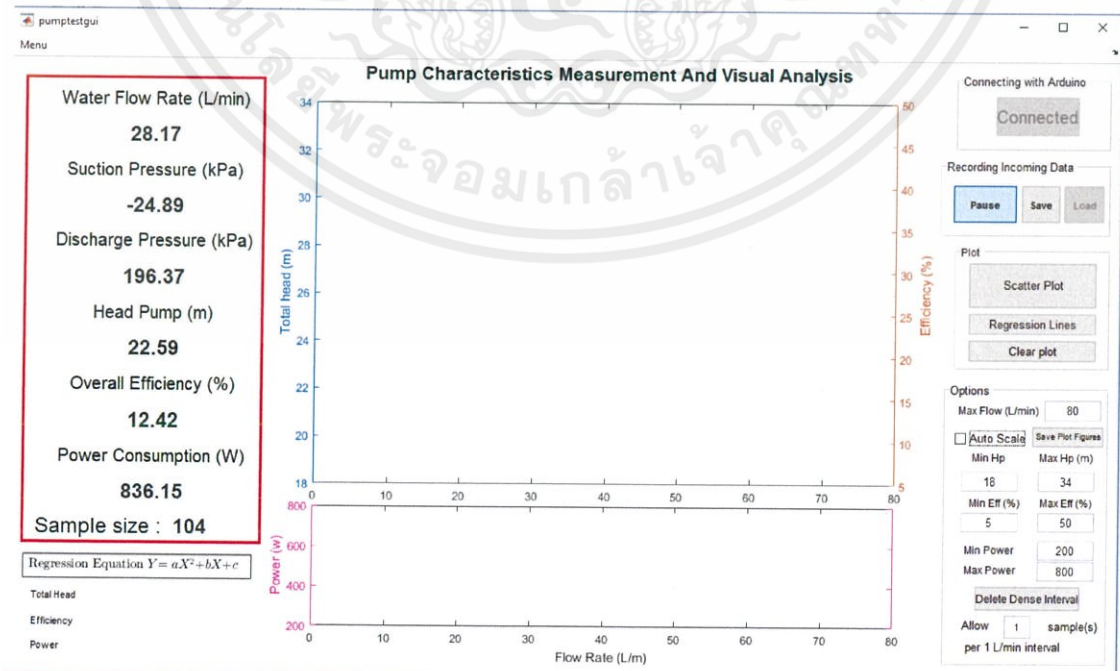
กดปุ่ม Start ตรง connecting with Arduino เพื่อแสดงผลข้อมูลจาก sensor พร้อมทั้งคำนวณเฮดปั๊มและประสิทธิภาพ โดยไม่เก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.22 และ กดปุ่ม Stop เพื่อหยุด



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม start ตรง Connecting with Arduino โดยกรอบสีแดง แสดงค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง

3.5.2 แสดงผลข้อมูลจาก sensor และเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของโปรแกรม

กดปุ่ม Start ตรง Recording Incoming Data โปรแกรมจะคำนวณเฮดปั๊มและประสิทธิภาพ แล้วบันทึกข้อมูล พร้อมทั้งบอกจำนวนข้อมูลที่เก็บได้ในช่อง Sample size ดังแสดงในรูปที่ 3.23

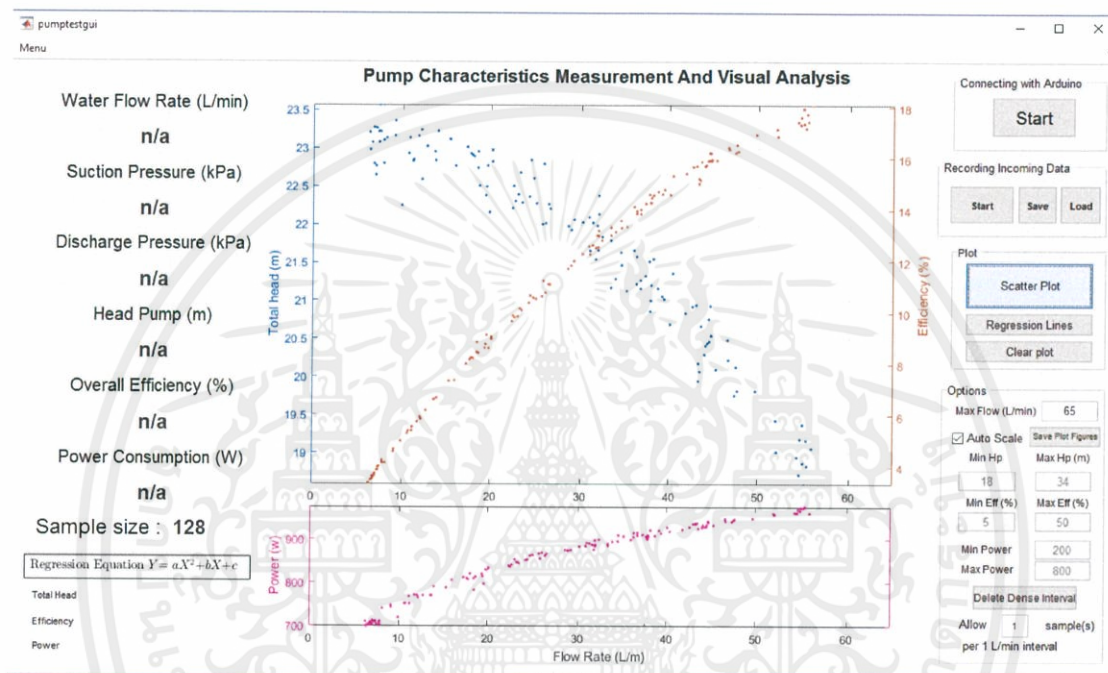


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.29 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อกดปุ่ม start ตรง Recording Incoming Data โดยกรอบสีแดง แสดงค่าที่มีการเปลี่ยนแปลง

3.5.3 พล็อตจุดจากข้อมูล

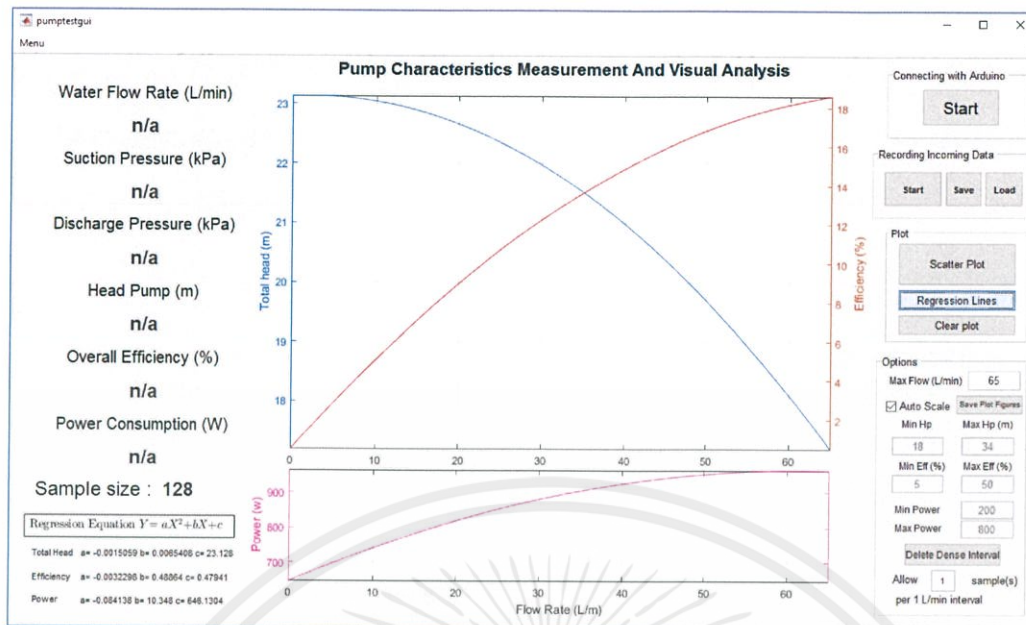
โปรแกรมสามารถพล็อตจุดจากข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมโดยกดปุ่ม Scatter plot ใน Plot ดังแสดงในรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.30 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อปุ่ม Scatter plot ใน Plot โปรแกรมจะทำการพล็อตจุดจากข้อมูล ซึ่งในที่นี้มีทั้งหมด 128 ข้อมูล พล็อตออกมา 3 แกน แกนละ 128 จุด

3.5.4 พล็อตเส้น Regression จากข้อมูล

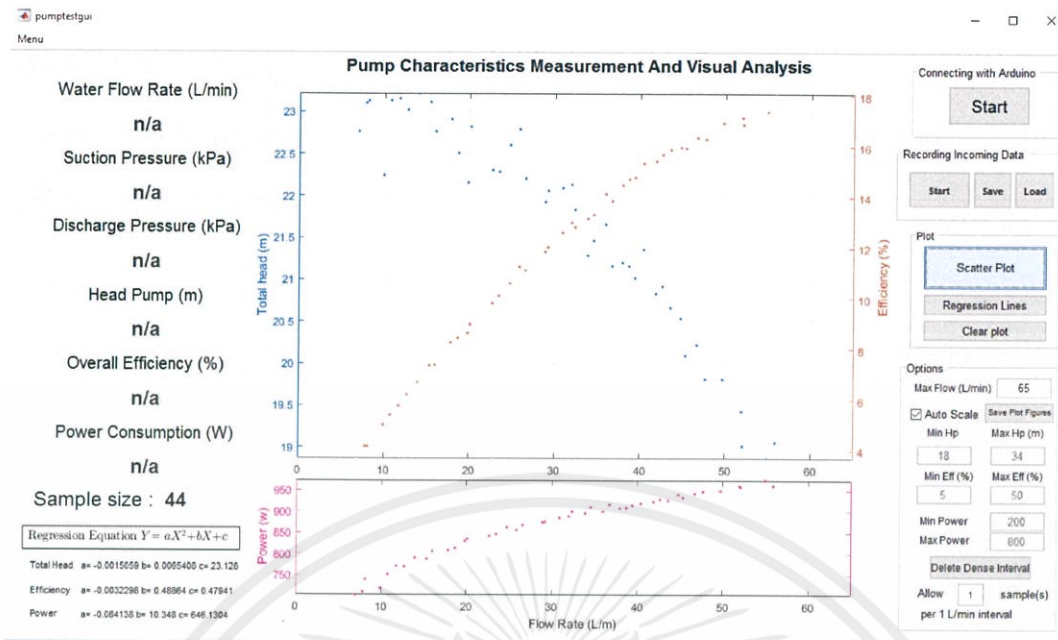
โปรแกรมสามารถสร้าง สมการ Regression และพล็อตเส้น Regression อันดับ 2 จากข้อมูลที่อยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรมและแสดงสมการด้านซ้ายล่างของโปรแกรม โดยกดปุ่ม Regression lines ใน Plot ดังแสดงในรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.31 ตัวอย่างโปรแกรมเมื่อปั๊ม Regression lines ใน Plot โปรแกรมจะสร้างเส้น Regression พร้อมทั้งบอก สมการ Regression

3.5.5 ลดความหนาแน่นของข้อมูลเพื่อให้ความถี่เท่ากันในช่วงอัตราการไหล

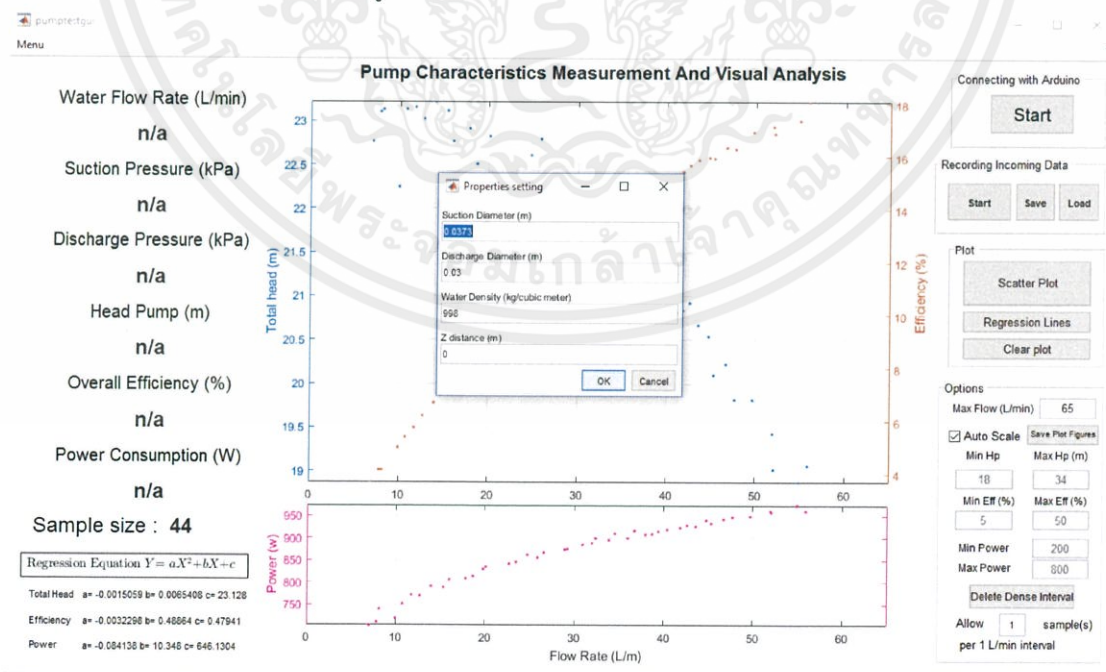
โปรแกรมสามารถปรับให้ความถี่ของข้อมูลเท่ากันในทุกช่วงอัตราการไหล โดย ตั้งค่าใน Allow x sample(s) per 1 L/min interval เมื่อ x คือความถี่ของข้อมูลที่ยอมรับได้ในช่วง 1 ลิตรต่อ นาที ใช้งาน function นี้โดยกดปุ่ม Delete Dense Interval ใน Options จากรูป 3.26 เห็นได้ว่า ความถี่ของข้อมูลจะเท่ากันในทุกช่วงอัตราการไหล เมื่อเทียบกับรูป 3.25



รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการใช้งาน function Delete Dense Interval จะเห็นได้ว่าความถี่ของข้อมูลถูกทำให้เท่ากันในทุกช่วงอัตราการไหล

3.5.6 ฟังก์ชันเสริมของตัวโปรแกรม PCMAVA

ปรับขนาดของท่อ ความหนาแน่นของน้ำ และ ระยะ ห่างจากจุดศูนย์กลางทางเข้าของปั๊ม และจุดศูนย์กลางทางออกของปั๊มเข้าไปที่แถบ menu ด้านบน แล้วเลือก Set Properties จากนั้นปรับค่าตามความจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.33 แสดงการตั้งค่าของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ขั้นตอนการทดลอง

3.6.1 การล่อน้ำ

ก่อนทำการทดลองและตรวจพบว่าไม่มีน้ำอยู่ในระบบท่อ สำหรับปั๊มแรงเหวี่ยงนั้นสูญญากาศที่เกิดขึ้นตรงทางดูดจะน้อย จึงต้องล่อน้ำให้เต็มท่อทางดูดของปั๊มก่อนที่จะทำการเดินปั๊มได้

- 1) ถอด sensor บริเวณ discharge ออก
- 2) ทำการกรอกน้ำเข้าไปในท่อที่ใช้ติดตั้งเกจวัดความดันของท่อด้านคาย อย่างช้าๆ จนมีน้ำล้นออกมาที่ด้านบนของปั๊ม
- 3) นำ sensor บริเวณ discharge มาติดตั้งอีกครั้ง

3.6.2 เตรียมการทดลอง

- 1) ติดตั้ง sensor ให้ครบทุกจุด ตรวจเช็คดูว่าท่อไม่มีการรั่ว
- 2) ทำการตั้งค่าตัว sensor บริเวณต่างๆ
- 3) เช็คคว่ำวาล์วประตูน้ำของด้านจ่าย อยู่ในตำแหน่งเปิดสุดจากนั้นปิดสุดแล้วเริ่มการทดลอง
- 4) เสียบสาย usb จาก Arduino เข้ากับ computer

3.6.3 การทดลองเก็บข้อมูล อนาล็อก(analog)

- 1) ทำการเปิดสวิทช์ของปั๊ม และโปรแกรม
- 2) ค่อยๆเปิดวาล์วเพื่อเพิ่มอัตราการไหลขึ้นเรื่อยๆ โดยหมุนวาล์วแต่ละทีต้องค้างรอไว้ที่ประมาณ 5 วินาทีก่อนเพื่อให้ค่าจาก sensor ค่อยๆส่งผ่านไปยังตัวโปรแกรม

บทที่ 4

ผลการทดลอง

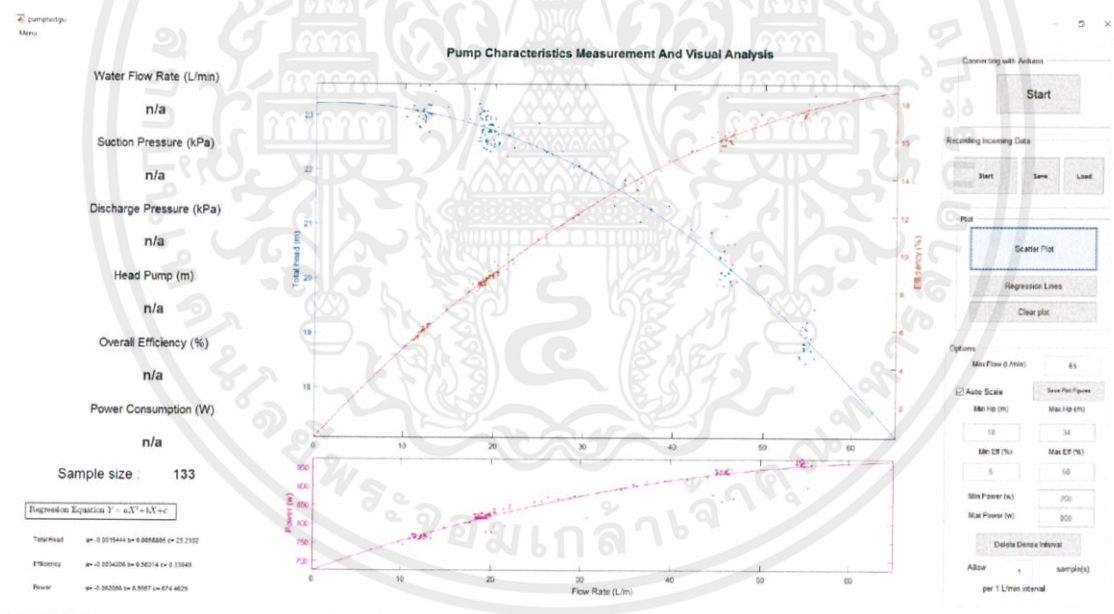
จากการทดสอบปั๊มตัวอย่างโดยใช้ปั๊มตัวเดิมจำนวน 3 ครั้ง ได้ผลการทดลอง ดังนี้
จากรูปที่ 4.1 การทดลองที่ 1 เก็บค่าทั้งหมด 133 ตัวอย่างนำไปหาสมการ regression ได้ดังนี้

$$\text{head pump} = -0.0015444 \text{ flow}^2 + 0.0058885 \text{ flow} + 23.2102$$

$$\text{Efficiency} = -0.0034206 \text{ flow}^2 + 0.50314 \text{ flow} + 0.33049$$

$$\text{Power} = -0.062088 \text{ flow}^2 + 8.5557 \text{ flow} + 674.4629$$

จากการทดลอง อัตราการไหลต่ำสุดที่วัดได้คือ 10.26 ลิตรต่อนาที ปั๊มกินกำลังไฟฟ้า 743.87 วัตต์ และได้เฮด 22.962 เมตร ประสิทธิภาพ 5.16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปิดวาล์วสุดวัดอัตราการไหลได้ 55.75 ลิตร/นาที ปั๊มกินกำลังไฟฟ้า 961.08 วัตต์ ได้เฮด 18.54 เมตร ประสิทธิภาพ 17.55 เปอร์เซ็นต์

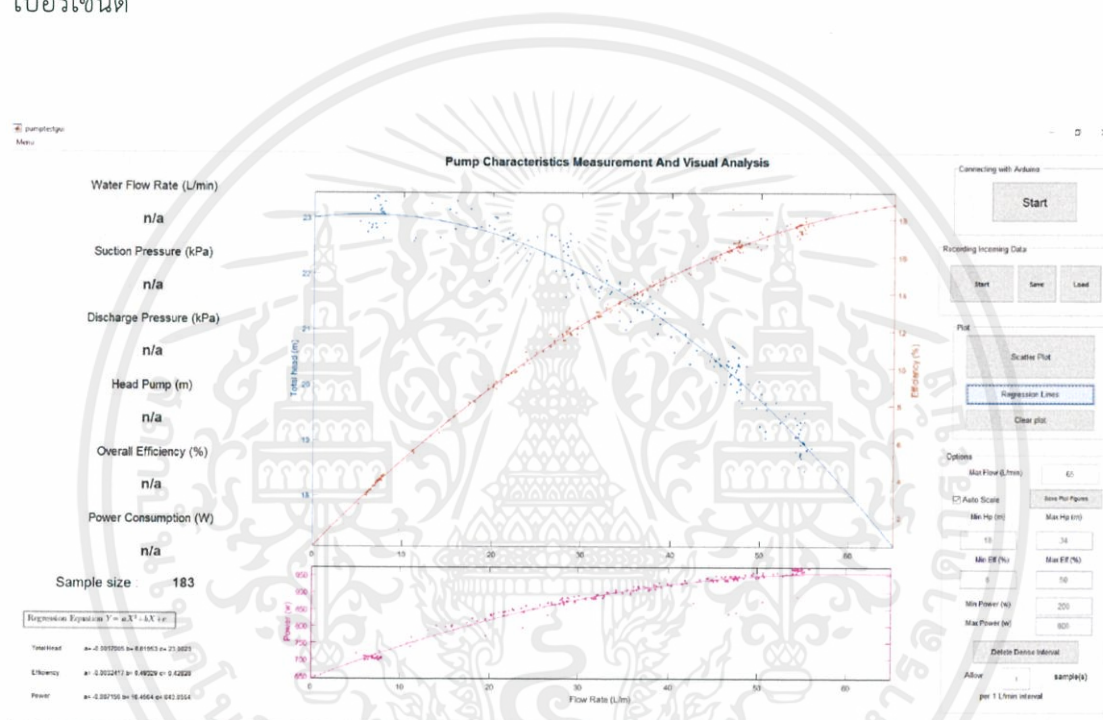


รูปที่ 4.1 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.2 การทดลองที่ 2 เก็บค่าทั้งหมด 183 ตัวอย่างนำไปหาสมการ regression ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{head pump} &= -0.0017005 \text{ flow}^2 + 0.01953 \text{ flow} + 23.0023 \\ \text{Efficiency} &= -0.0032417 \text{ flow}^2 + 0.49329 \text{ flow} + 0.42828 \\ \text{Power} &= -0.087156 \text{ flow}^2 + 10.4564 \text{ flow} + 643.0554 \end{aligned}$$

จากการทดลอง อัตราการไหลต่ำสุดที่วัดได้คือ 5.18 ลิตรต่อนาที ป้อนกำลังไฟฟ้า 718.25 วัตต์ และได้เฮด 22.925 เมตร ประสิทธิภาพ 2.70 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปิดวาล์วสุดวัดอัตราการไหลได้ 55.88 ลิตร/นาที ป้อนกำลังไฟฟ้า 970.79 วัตต์ ได้เฮด 18.85 เมตร ประสิทธิภาพ 17.71 เปอร์เซ็นต์

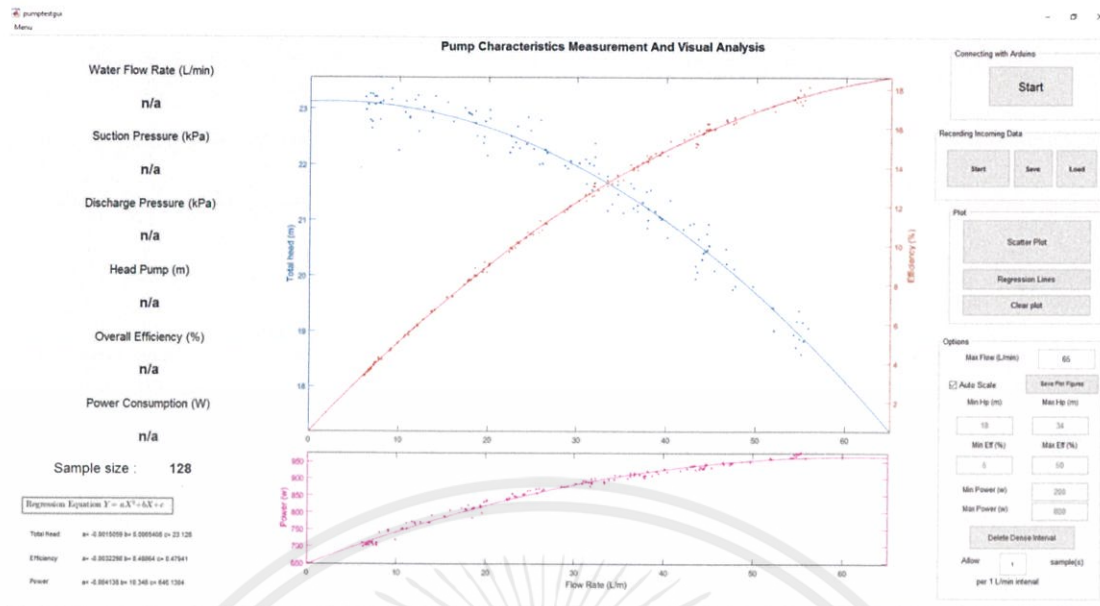


รูปที่ 4.2 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.2 การทดลองที่ 2 เก็บค่าทั้งหมด 183 ตัวอย่างนำไปหาสมการ regression ได้ดังนี้

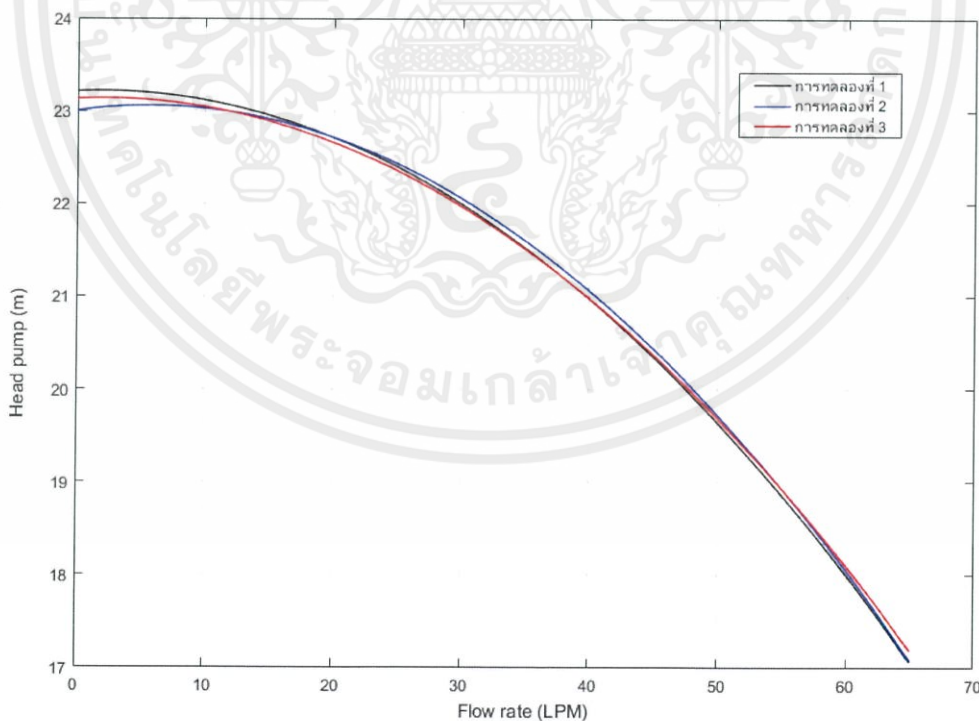
$$\begin{aligned} \text{head pump} &= -0.0015159 \text{ flow}^2 + 0.0065408 \text{ flow} + 23.128 \\ \text{Efficiency} &= -0.0032298 \text{ flow}^2 + 0.48864 \text{ flow} + 0.47941 \\ \text{Power} &= -0.084138 \text{ flow}^2 + 10.348 \text{ flow} + 646.1304 \end{aligned}$$

จากการทดลอง อัตราการไหลต่ำสุดที่วัดได้คือ 6.24 ลิตรต่อนาที ป้อนกำลังไฟฟ้า 709.78 วัตต์ และได้เฮด 23.21 เมตร ประสิทธิภาพ 3.33 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปิดวาล์วสุดวัดอัตราการไหลได้ 55.89 ลิตร/นาที ป้อนกำลังไฟฟ้า 960.9 วัตต์ ได้เฮด 19.06 เมตร ประสิทธิภาพ 18.09 เปอร์เซ็นต์



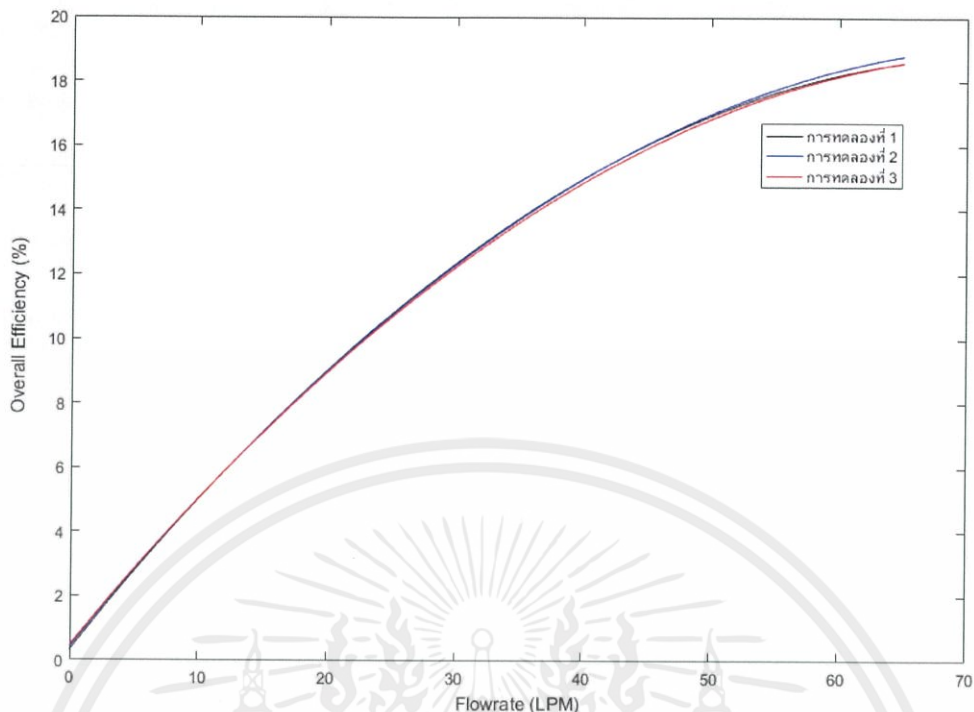
รูปที่ 4.3 หน้าต่างแสดงผลการทดสอบหาสมรรถนะของปั๊ม ครั้งที่ 3

เมื่อแทนค่าอัตราการไหลจาก 0 ถึง 55 ลิตรต่อนาที ลงในสมการ Regression ของ เซตปั๊ม ประสิทธิภาพ และ กำลังไฟฟ้า ของทั้ง 3 การทดลอง ได้ผลดังรูปที่ 4.4 รูปที่4.5 และรูปที่ 4.6

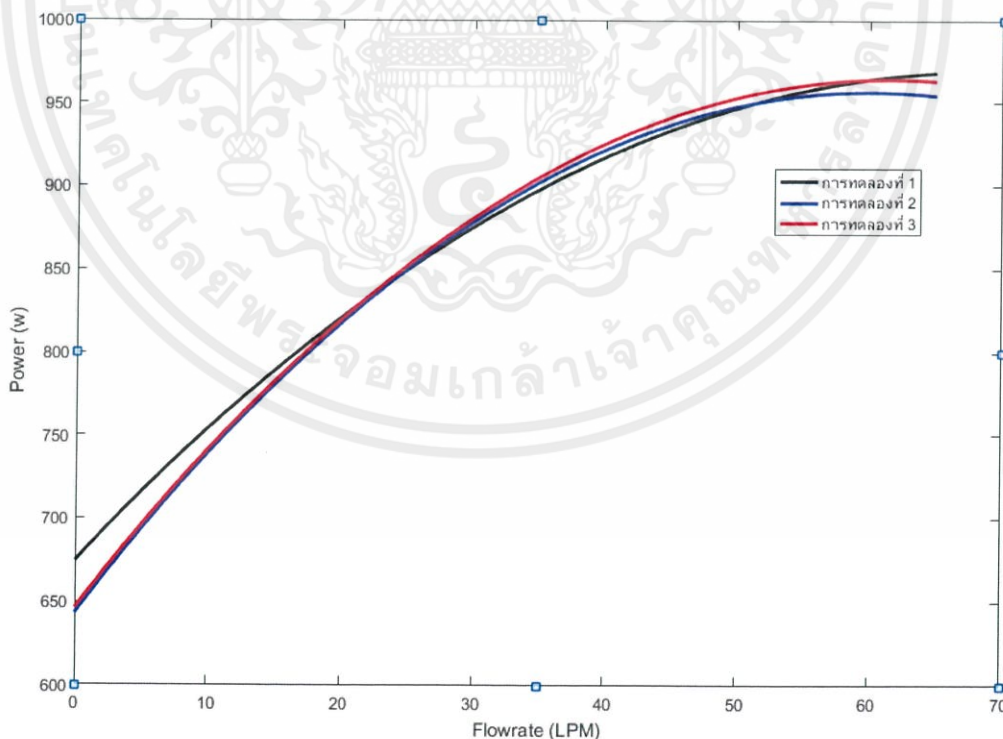


รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและเฮดปั๊มของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและประสิทธิภาพโดยรวมของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอัตราการไหลและกำลังไฟฟ้าของการทดลองทั้ง 3 การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยงโดยการวัดความดันที่ทางเข้าและทางออกของปั๊มด้วยทรานสดิวเซอร์วัดความดัน และ วัดกำลังไฟฟ้า รวมถึงวัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก (ultrasonic flow meter) แล้วเขียนชุดคำสั่งเข้าไปควบคุมอาดูโนบอร์ด (Arduino Board) จากนั้นใช้โปรแกรม MATLAB สร้างโปรแกรม Pump characteristics measurement and visual analysis (PCMAVA) เพื่อทำการคำนวณหาค่าเฮดปั๊ม, ประสิทธิภาพโดยรวมของปั๊มและพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลกับเฮดปั๊ม, อัตราการไหลกับประสิทธิภาพโดยรวมและอัตราการไหลกับกำลังไฟฟ้า จากรูปที่ 4.4 พบว่าอัตราการไหลกับเฮดปั๊มของทั้ง 3 การทดลองให้แนวโน้มเดียวกันคืออัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เฮดปั๊มลดลง จากรูปที่ 4.5 พบว่าอัตราการไหลกับประสิทธิภาพโดยรวม ของทั้ง 3 การทดลองให้แนวโน้มเดียวกันคืออัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งและมีแนวโน้มว่าจะลดลง จากรูปที่ 4.6 พบว่าอัตราการไหลกับกำลังไฟฟ้าที่ปั๊มใช้ ของทั้ง 3 การทดลองให้แนวโน้มเดียวกันคืออัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นปั๊มต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้น ซึ่งได้ผลสอดคล้องกับทฤษฎีที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

5.2 วิจารณ์

เมื่อนำผลการทดสอบสมรรถนะของปั๊มทั้ง 3 ครั้งมาเปรียบเทียบกันจะได้ผลดังรูปที่ 4.4, รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการทดสอบ ในแต่ละครั้งได้กราฟแสดงสมรรถนะของปั๊ม (pump performance curve) ที่ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มที่สร้างขึ้น มีความเที่ยงตรงสูง แต่หากนำกราฟแสดงสมรรถนะของปั๊ม (pump performance curve) ที่ได้จาก ชุดทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.1, รูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 ไปเปรียบเทียบกับกราฟแสดงสมรรถนะของ ปั๊ม (pump performance curve) จากผู้ผลิตดังกล่าว ก. จะเห็นว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมาก อาจเป็นผลเนื่องจากปั๊มถูกใช้งานมาก่อนนำมาทดลอง และการทดสอบไม่ได้ทำที่เงื่อนไขเดียวกัน กล่าวคือ บริษัทผู้ผลิตปั๊มควบคุมอุณหภูมิน้ำไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส, และควบคุมความเร็วรอบของ มอเตอร์ที่ 2800 รอบต่อนาทีซึ่งเป็นความเร็วรอบที่มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงที่สุดอยู่ตลอดเวลา การทดลองและที่สำคัญกำลังที่ผู้ผลิตวัดเป็นกำลังที่เพลาส่งให้กับปั๊มแตกต่างกับชุดทดสอบสมรรถนะ ของปั๊มในงานวิจัยนี้ที่วัดกำลังไฟฟ้า ในงานที่ต้องการความแม่นยำสูงอาจจะเปลี่ยนอุปกรณ์ไปใช้ อุปกรณ์ที่มีความแม่นยำมากขึ้นเช่น อุปกรณ์วัดความดันที่แต่เดิมใช้ทรานสดิวเซอร์วัดความดัน 2 ตัว อาจเปลี่ยนไปใช้อุปกรณ์ตัวเดียวอย่าง Setra MODEL230 ที่สามารถวัดความแตกต่างระหว่างความ ดันได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำมากกว่าเดิม ส่วนการวัดอัตราการไหลควรเปลี่ยนไปใช้เครื่องวัดอัตราการ ไหลแบบอัลตราโซนิกที่สามารถทนการเกิดการสั่นสะเทือน ในท่อ เพื่อจะได้วัดอัตราการไหลได้ทุก ช่วงเพราะอุปกรณ์ปัจจุบันที่ใช้ไม่สามารถทนการสั่นสะเทือน ที่เกิดขึ้นที่อัตราการไหลสูงๆในท่อ พลาสติกขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถวัดอัตราการไหลในช่วงสูงๆได้ กล่าวคือ เกิน 60 ลิตรต่อนาที ใน ท่อพลาสติกขนาด 1 นิ้ว และเครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิกควรถูกส่งไปสอบเทียบก่อน นำไปใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- [1] อายุส สันถะโกมล (2558) ได้ศึกษาการทดลองผลกระทบของของไหลสมต่อสมรรถนะของเครื่องสูบแรงเหวี่ยง วิทยานิพนธ์ปี 2558 ของภาควิชาวิศวกรรม ภาคเครื่องกลสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] กฤษพัทธ์ บัวบุญ,ณัฐภัทร ศิริชัยพัฒนรัชต์, และนนทนันท์ น้ำสา (2558) ได้ศึกษาสมรรถนะของเจ็ทปั๊มที่ใช้การผสมของเหลว โดยวิธีการคำนวณและทดลอง ปริญญาานิพนธ์ปี 2558 ของภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] ปฐมชัย สุวรรณปิณฑะ,พิริล จันทนเสถียร,ชญญา ทิพย์วรรณ (2547) การออกแบบและการจัดสร้างชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มหอยโข่งแบบปั๊มคู่ปริญญาานิพนธ์ปี 2547 ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] เสถียร วิชัยลักษณ์, สืบวงศ์ วิชัยลักษณ์. พระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ.2537. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์นิติเวช. 2538.
- [5] ดรใ วิบูลย์ บุญยธโรกุล, การวางแผนและออกแบบงานสูบน้ำ พศ.2540. ศูนย์การศึกษาต่อเนื่องเทคโนโลยีแห่งเอเชีย(AIT)
- [6] Richard E. Blahut. *Theory and Practice of Error Control Codes*. Reading : Addition-Wesley publishing Company, Inc.1984.
- [7] Judith S.Van ALSTYNE. *Professional and Technical Writing Strategies*. International Edition. New JERSEY : Prentice-Hall, Inc. 1986.
- [8] Jose E. Franca, Yannis Tsvividis, Editors. *Design of Analog-Digital VLSI Circuits for Telecommunication and Signal Processing*. 2nd ED. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.1994
- [9] Ebara pumps Europe s.p.a. *Centrifugal pumps Performance chart CDX 90 50Hz*

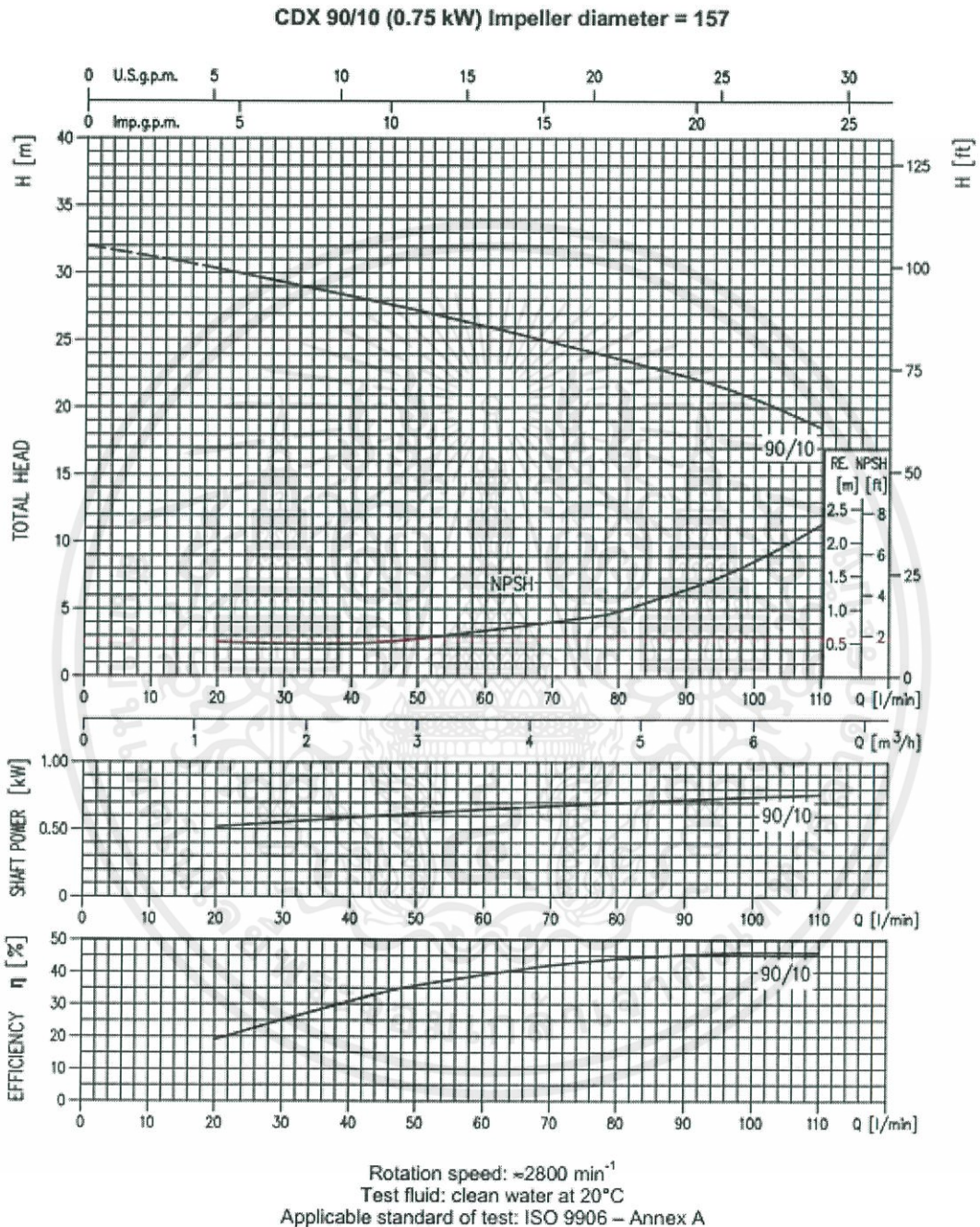


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CENTRIFUGAL PUMPS

CDX

CDX 90 PERFORMANCHE CURVES

50 Hz
Rev F

รูปที่ ก.1 กราฟแสดงสมรรถนะของปั๊ม(pump performance curve) รุ่น Ebara CDX 90/10 จากผู้ผลิต[9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาชุดทดสอบสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง

The design and development of centrifugal pump test

นายรัชพล อิศวาทิภาวะ 56010591 , นายนนทภัทร สำเร็จผล 56010632 , นายณัทที อินทร์ซี่ 56010667

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

(รศ.ดร.จำลอง ปราบแก้ว)

บทคัดย่อ

ปั๊มน้ำแบบหอยโข่งหรือปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยงเป็นปั๊มน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายตามบ้านเรือน เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม เนื่องจากปั๊มนชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานหลายประเภทและดูแลรักษาง่าย ปั๊มนชนิดนี้มีหลักการทำงานคือ พลังงานจากไฟฟ้าจะหมุนใบพัด เมื่อใบพัดเคลื่อนที่ ของเหลวภายในจะไหลจากส่วนกลางไปสู่ส่วนปลายของใบพัดและแรงเหวี่ยงจากใบพัดที่มีความเร็วสูงจะส่งของเหลวจากปลายของใบพัดเข้าปลายหอยโข่ง ซึ่งเป็นทางออกของเหลว

โครงการนี้ได้ออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยง ซึ่งทดสอบโดยการวัดความดันที่ทางเข้าและทางออกของปั๊มโดยใช้ทรานสดิวเซอร์วัดความดัน จากนั้นจะวัดกระแสและวัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องวัดอัตราการไหลแบบอัลตราโซนิก แล้วเขียนโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์อาดูโนเพื่อคำนวณสมรรถนะของปั๊มและแสดงผลในรูปแบบแผนภูมิ

คำหลัก: ปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยง สมรรถนะ ความดัน อัตราการไหล

Abstract

Centrifugal pumps have been used widely in industry, agriculture and households because of this pump is suitable for many applications and is easy to maintain. The pump is driven by the electrical motor. It is used to transport fluids by the conversion of rotational kinetic energy to the hydrodynamic energy of the fluid flow. The project objective is to design and built centrifugal pump performance test equipment. The test equipment measures a pressure gauge at a suction and discharge of the pump using Pressure Transducers. Next, measure a current and measure the flow rate using an ultrasonic flow meter. Finally, write a program for the Arduino microcontroller to calculate and display the performance of the pump in the form of charts.

Keywords: Centrifugal pump, Performance, Pressure, Flow rate

สัญลักษณ์ (Nomenclature)

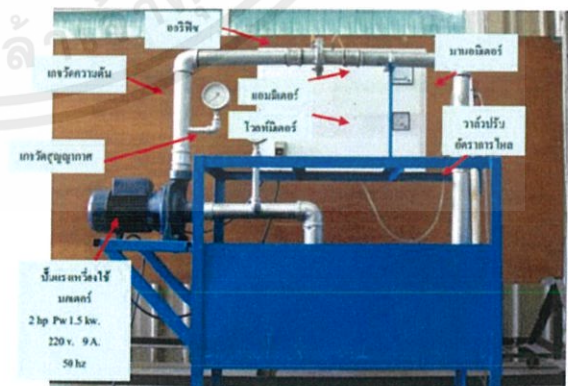
A : พื้นที่หน้าตัด (m^2)	Re : Reynolds number
C : อัตราส่วนความหนาแน่นระหว่างด้านดูดและด้านจ่าย	V : ความเร็ว (m/s)
d : วัดผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด (m)	ϵ : ค่าความหยาบของผิว (mm)
D : วัดผ่านศูนย์กลางของห้องผสม (m)	ρ : ความหนาแน่น (kg/m^3)
g : ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m^2/s)	μ : dynamic viscosity (Ns/m^2)
H : Total head (m)	ν : kinematic viscosity (m^2/s)
K : สัมประสิทธิ์การสูญเสียของอุปกรณ์	η : ประสิทธิภาพ
L : ความยาวของห้องผสม (m)	สัญลักษณ์ตัวห้อย (Subscript)
m : Mass	d : ท่อลดความเร็ว
N : Pressure ratio	m : ห้องผสม
P : Total pressure (N/m^2)	p : ด้านส่ง
Q : อัตราการไหล (m^3/s)	s : ด้านดูด
z : ความสูงจากจุดอ้างอิง	

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานส่วนมากใช้ปั๊มแรงเหวี่ยงเป็นอุปกรณ์ในการขนส่งของเหลว ซึ่งเมื่อติดตั้งปั๊มนานๆแล้วประสิทธิภาพของปั๊มจะลดลงหากมีการปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพทางพลังงานในระบบสูบของไหลจะสามารถก่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานได้อย่างชัดเจน ในปัจจุบันการทดสอบการทดสอบสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง มีตลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่เป็นเกทมิเตอร์ในการวัดค่าต่างๆและกะด้วยสายตาโดยการประมาณโดยในการพัฒนาแลปการทดสอบหาประสิทธิภาพปั๊มในครั้งนี้คือ จะใช้ Ultra sonic flow meter ในการวัดอัตราการไหล ใช้ vacuum sensor ในการวัดความดันบริเวณ suction และใช้ pressure sensor วัดบริเวณ discharge และใช้ sensor วัดกระแสไฟฟ้าและความดันไฟฟ้าแทนอุปกรณ์ โวลต์มิเตอร์และแอมป์มิเตอร์ จากนั้นค่าที่ได้จาก sensor ซึ่งมีความแม่นยำจะถูกส่งไปยังแผงจอแสดงผลแบบ LED และบอร์ดArduinoซึ่งเขียนด้วยภาษาของ Arduino จากนั้น

สร้างโปรแกรมใหม่โดยใช้ภาษาMATLAB เพื่อรับค่าที่ได้มาทั้ง 4 ค่ามาประมวลผลและ plotเป็นเส้นกราฟ คำนวณหาเฮดปั๊ม และประสิทธิภาพของปั๊ม รวมถึงยังสามารถ save ค่าผลการทดลอง ตัดจุดที่เป็นที่เป็นค่า error ออกได้ทำให้เราทราบปัญหาที่ชัดเจนที่ทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มลดลง



รูปที่1 ชุดการทดลองแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ออกแบบและสร้างชุดทดสอบสมรรถนะของปั้มน้ำแบบแรงเหวี่ยง

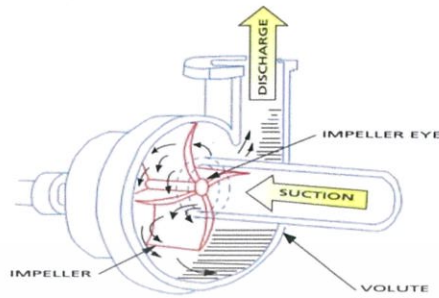
1.2.2 เขียนโปรแกรมเพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผลสมรรถนะของปั้มน้ำแบบแรงเหวี่ยงในรูปแบบภูมิ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้ออกแบบและสร้างชุดทดสอบของปั้มน้ำที่สามารถคำนวณหาเสด ประสิทธิภาพและกำลังเทียบกับอัตราการไหลโดยสามารถแสดงผลการทดสอบผ่านคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม ที่สร้างขึ้นจากโปรแกรม MATLAB

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ชุดทดสอบสมรรถนะของปั้มน้ำแรงเหวี่ยงที่รับค่าพารามิเตอร์ต่างๆจาก sensors มาประมวลผลผ่าน Arduino และแสดงผลผ่านจอมอนิเตอร์ในรูปของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเสด, ประสิทธิภาพ เทียบกับอัตราการไหล



รูปที่ 2 ปั้มน้ำแรงเหวี่ยง

2.2 เสดปั้มน้ำ

เสดปั้มน้ำหมายถึงพลังงานที่ปั้มน้ำให้กับของเหลวเพื่อให้เกิดการไหลจากด้านดูด จุด C ไปยังด้านส่งของปั้มน้ำ จุด D ดังแสดงในรูปที่ 4 ค่าเสดปั้มน้ำคำนวณจากสมการพลังงานของเบอร์นูลลี

$$\frac{V^2}{2} + gz + \frac{P}{\rho} = \text{ค่าคงที่} \quad (1)$$

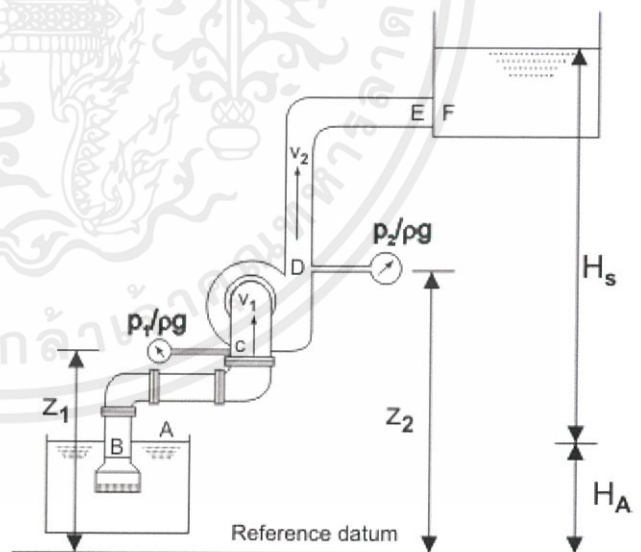
ทำการที่ (1) ให้มีหน่วยเป็นเมตร ค่าคงที่จะเปลี่ยนเป็น total head (H)

$$\Delta H = \frac{P_d - P_s}{\rho g} + \frac{V_d^2 - V_s^2}{2g} + (z_d - z_s) \quad (2)$$

2. หลักการและสมการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับปั้มน้ำแรงเหวี่ยง

ปั้มน้ำแรงเหวี่ยงทำงานโดยการอาศัยการหมุนของใบพัดที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงนี้จุดศูนย์กลางความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันบรรยากาศของเหลวจะถูกดูดเข้าทางศูนย์กลางของใบพัดของเร็วจะได้รับพลังงานจากใบพัดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์เมื่อของเหลวไหลออกจากใบพัดแล้วพลังงานจลน์บางส่วนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็น พลังงานศักย์ในรูปของความดันแทนเนื่องจากช่องทางการไหลภายในเสดปั้มน้ำขยายใหญ่ขึ้นทำให้ความเร็วของของเหลวลดลงซึ่งก็จะทำให้ของเหลวสามารถไหลไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้



รูปที่ 3 ตำแหน่ง Head pump

2.3 การหาประสิทธิภาพของปั๊ม

จากสมการ continuity

$$\Delta m_d = \Delta m_s \tag{3}$$

จากสมการ continuity และ energy สำหรับ

ปั๊มจะได้พลังงานที่ทำให้เกิดการไหล ในที่นี้จะเรียกว่า

Power Output (P_o)

$$P_o = Q \left(P_d - P_s + \frac{\rho V_d^2}{2} - \frac{\rho V_s^2}{2} + \rho g(Z_d - Z_s) \right) \tag{4}$$

แทนสมการ (4) ลงสมการ (3)

$$P_o = Q\rho g\Delta H \tag{5}$$

การหาพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพื่อไปขับปั๊ม

แรงเหวี่ยง Power input P_i หาได้จาก

$$P_i = IV \cos \theta \eta_m \tag{6}$$

เมื่อ I คือกระแสไฟฟ้า (A)

V คือโวลต์ (V)

η_m คือประสิทธิภาพมอเตอร์

$\cos \theta$ คือ Power factor

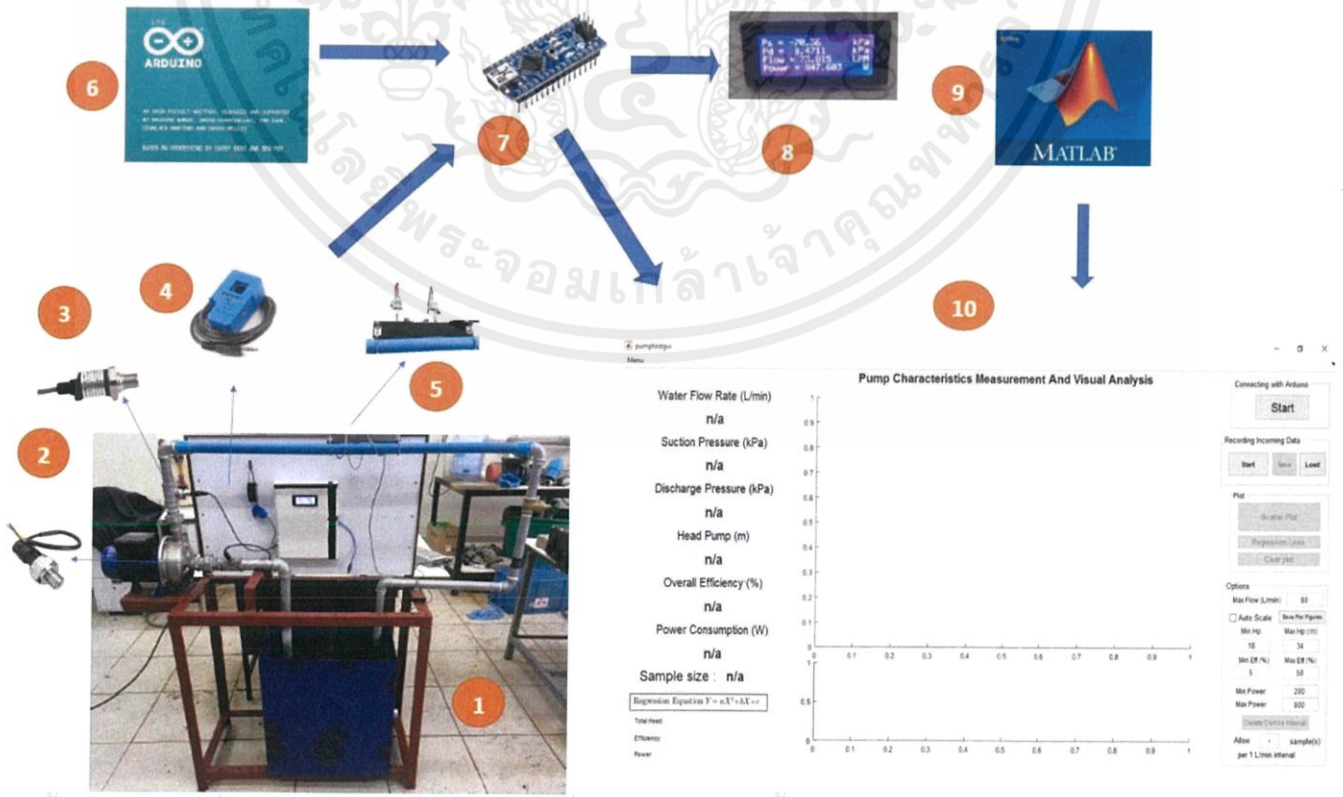
การหาประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยง η_p หาได้จาก

$$\eta_p = \frac{P_o}{P_i} \times 100 (\%) \tag{7}$$

3.การออกแบบชุดทดลอง

หมายเลข

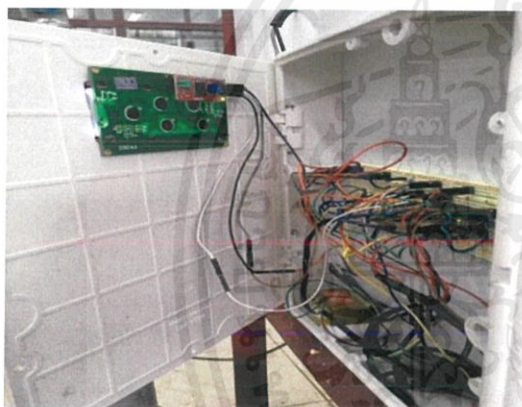
1. ชุดการทดลอง
2. Vacuum sensor (Suction)
3. Pressure sensor (Discharge)
4. Amp & volt sensor
5. Ultrasonic flow sensor
6. Arduino platform
7. Arduino nano board
8. Blue LCD screen
9. Math-lab platform
- 10 Graphic user interface



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 4 ขั้นตอนการทำการทดลองใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในชุดทดลอง

1. Arduino Nano
2. G1/4" Vacuum Pressure transducer -14.5 to 30 psi
3. G1/4" Pressure transducer 0 to 30 psi
4. Portaflow Ultrasonic flow meters
5. LCD screen ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด
6. CT sensor 0 to 30 A
7. Transformer 220 v to 12V
8. Adafruit ADS1015



รูปที่ 5 จอกรอิเล็กทรอนิกส์

3.2 ขอบเขตการอ่านค่าของ sensor

1. Suction ความดันเกจ ระหว่าง -14.5 ถึง 30 psi
2. Discharge ความดันเกจ ระหว่าง 0 ถึง 30 psi
3. อัตราการไหลในท่อมืดค่าระหว่าง 0.3 ถึง 6 เมตรต่อวินาที โดยขึ้นอยู่กับขนาดของท่อและการตั้งค่า
4. แรงดันไฟฟ้าของปั๊ม 200 ถึง 240 Volt AC
5. กระแสไฟฟ้าที่ใช้ของปั๊ม ไม่เกิน 30 A

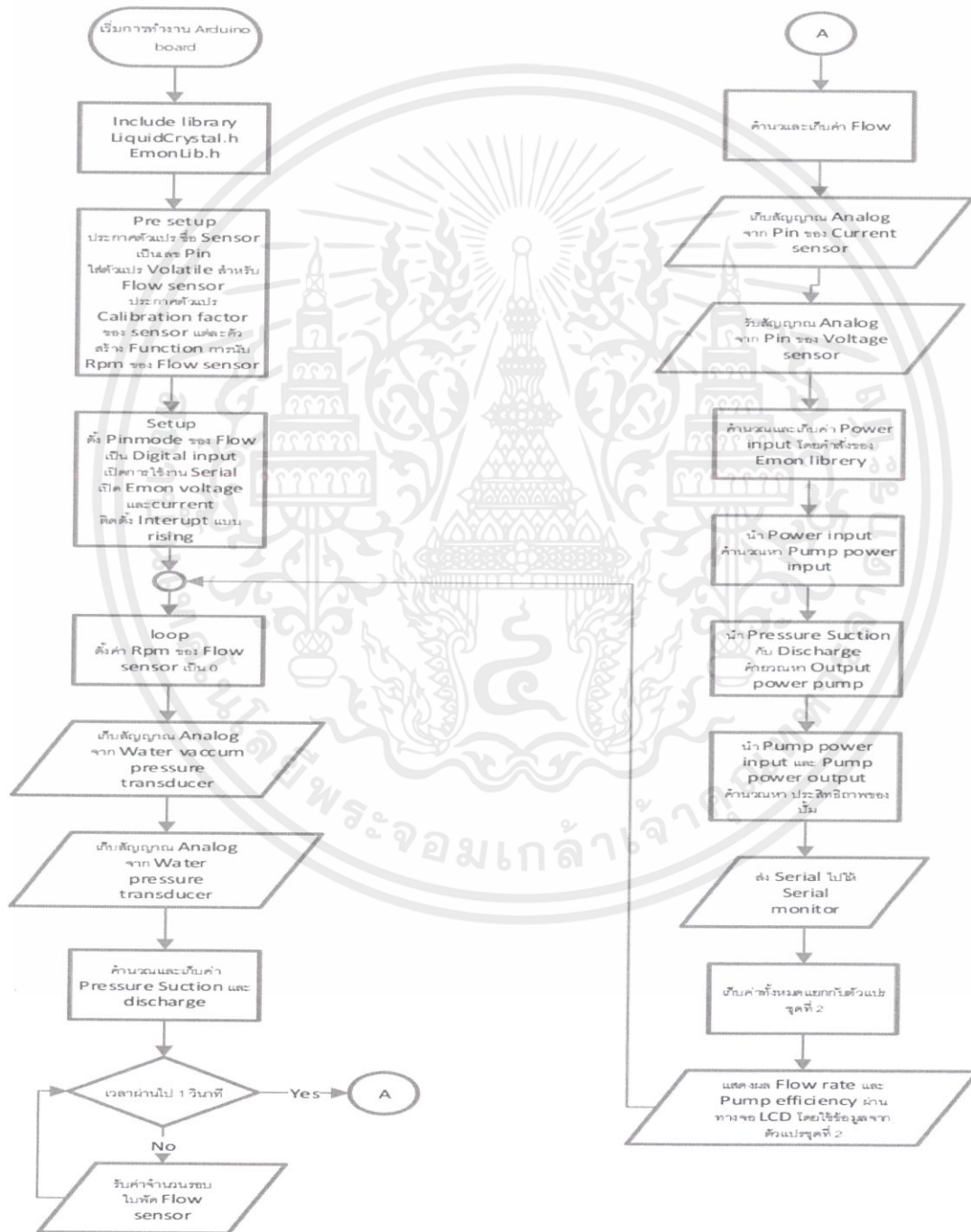
3.3 โปรแกรมที่สร้างขึ้นมาเพื่อวัดผลการทดลอง

สร้างโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล sensor ที่ส่งมาจาก arduino ผ่านทาง serial communication และพล็อตกราฟ ตามขั้นตอนคร่าวๆดังนี้

1. ออกแบบ หน้าต่าง Graphical user interface (GUI)

2. เขียน function รับค่าจาก Arduino มาเก็บไว้ในโปรแกรม ในรูปของ Matrix
3. สร้าง function ที่นำค่า อัตราการไหล กำลังไฟฟ้าที่ปั๊มกิน ความดันด้านดูด ความดันด้านจ่าย ไปคำนวณหาประสิทธิภาพ และ เหน็ดของปั๊ม
4. สร้าง function plot กราฟแบบ scatter (กราฟแบบจุด)
5. สร้าง function plot กราฟแบบ regression (กราฟเส้นตรงแสดงแนวโน้ม)
6. สร้าง function กำหนดขอบเขตของกราฟ เช่น อัตราการไหลสูงสุด ระยะแกน y
7. สร้าง function การ save ข้อมูลไปเก็บไว้ใน file .txt ที่สามารถนำไปเปิดใน excel และสามารถ load มาดูในโปรแกรมได้
8. สร้าง function ที่สามารถลบค่าซ้ำๆที่เกิดขึ้นในช่วงอัตราการไหลสั้นๆเดียวกัน เพื่อให้สามารถ regression แม่นยำไม่มีช่วงไหนมีความหนาแน่นของค่ามากเกินไปที่กำหนด
9. ทำให้โปรแกรมสามารถ print กราฟออกมาเป็น file .png (สกุล file รูปภาพ) โดยใช้ function สำเร็จรูป
10. แก้ไขปัญหาจากการป้อนค่าของผู้ใช้
11. ใส่วิธีการใช้งานโปรแกรม และ ทำให้โปรแกรมสามารถตั้งค่า ขนาดท่อ ความหนาแน่นน้ำ เพื่อไปใช้ในการคำนวณได้

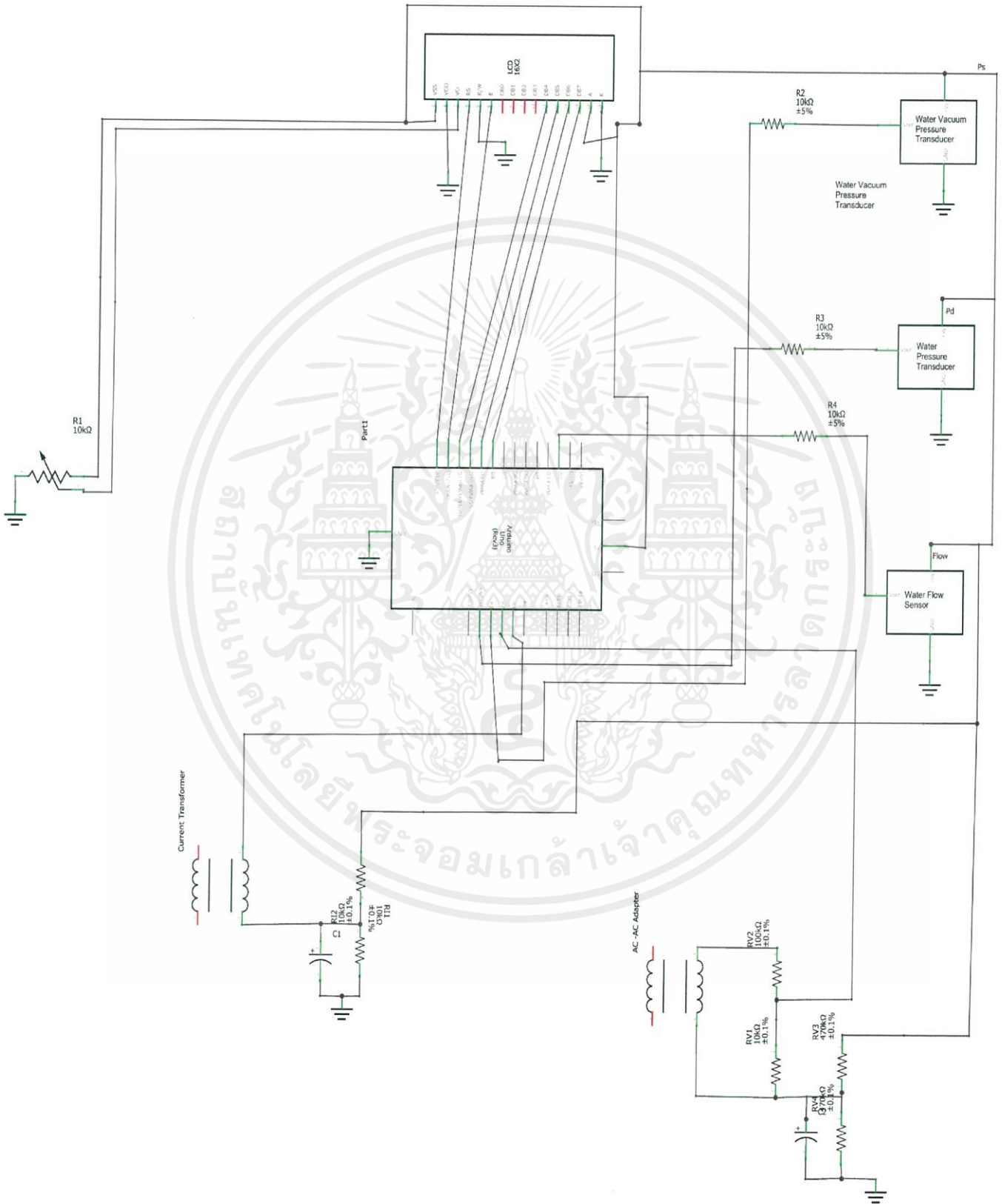
3.4 โปรแกรม Arduino



รูปที่ 6 Flowchart การทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U1



รูปที่ 7 แผนผังการต่อ sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

4.1 การออกแบบและสร้าง

1. ออกแบบโครงเหล็กสำหรับวางชุดทดลองสมรรถนะของปั๊มแรงเหวี่ยง
2. ติดตั้ง sensors ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยจะใช้ Pressure Transducers 2 ตัว, Ultrasonic flow sensor 1 ตัว, Amp & volt sensor 1 ตัว



รูปที่ 8 G1/4" inch 5V 0-30 Psi Pressure Transducer Sensor Oil Fuel Diesel Gas Water Air เป็น sensor ใช้วัดความดัน

3. เขียนโปรแกรมอ่านค่าจาก sensors โดยใช้ Arduino ให้สามารถแปลงสัญญาณไฟฟ้าจาก sensors เป็นค่าที่สามารถอ่านได้โดยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 9 แสดงอุปกรณ์ ARDUINO ซึ่งใช้ในการอ่านค่าและประมวลผลจาก sensors แล้วส่งค่าไปให้คอมพิวเตอร์

4. ตั้งค่า off-set ให้กับ sensor เช่น ที่ความดันบรรยากาศ 1 atm อุณหภูมิห้องปกติความดันเกจตั้งให้เป็น 0

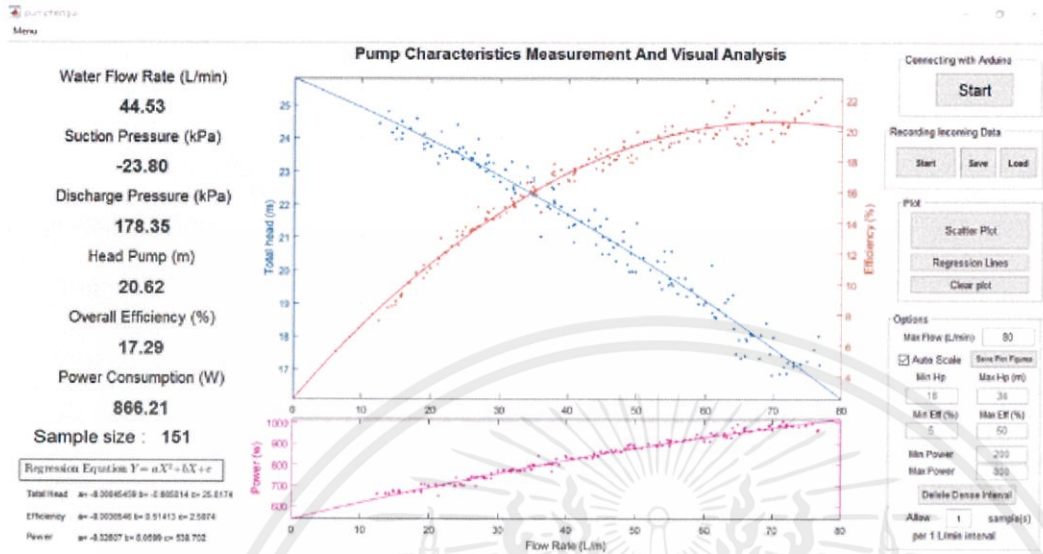
5. เก็บค่าที่ได้จาก sensor ผ่าน serial communication port ของ arduino และคำนวณหาความเป็นไปได้ของค่าที่ได้จาก sensor

6. ใช้โปรแกรม MATLAB สร้าง Graphical user interface (GUI) เพื่อเก็บค่าอัตราการไหล ความดันกำลังไฟฟ้า จาก arduino และคำนวณหาค่า เหนือประสิทธิภาพ ที่อัตราการไหลต่างๆ ไปสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่าง อัตราการไหล เหนือประสิทธิภาพ และ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ปั๊ม

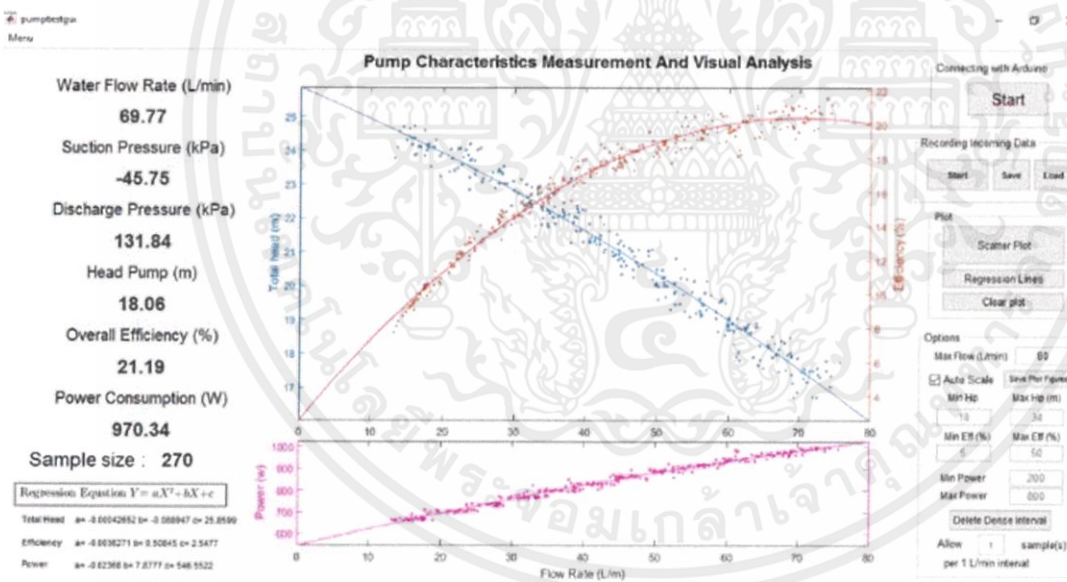
4.2 วิธีการทดลอง

1. ถ้าน้ำไม่มีอยู่ในท่อก่อนทำการทดลองต้องล่อน้ำที่ด้านดูก่อน
2. ตั้งค่า Ultra sonic flowmeter เพื่อให้สามารถวัดอัตราการไหลได้
3. เปิดโปรแกรมที่ได้สร้างไว้ก่อนหน้านั้นเพื่อรอรับค่าจาก sensor
4. เช็ควาล์วประตูน้ำของด้านจ่ายอยู่ในตำแหน่งที่ปิด
5. เปิดสวิตซ์ของปั๊ม
6. กดปุ่ม start ตรง Record incoming data ในหน้าต่าง GUI ของโปรแกรมเพื่อเริ่มรับค่าจาก sensor กดปุ่ม Scatter Plot เพื่อแสดงผลข้อมูลเป็นจุด กดปุ่ม Regression plot จะแสดงผลข้อมูลเป็นเส้นแนวโน้ม
7. ปรับอัตราการไหลโดย หมุนวาล์วประตูน้ำด้านจ่าย จากอัตราการไหลน้อยไปมาก อย่างช้าๆ โดยเว้นระยะระหว่างช่วงอัตราการไหลเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ
8. กดปุ่ม Stop ในหน้าต่าง GUI
9. กดปุ่ม save เพื่อบันทึกข้อมูล และ กดปุ่ม save plot figures เพื่อบันทึกกราฟที่ได้

5.ผลการทดลอง



รูปที่ 10 แสดง Pump Performance curve จากผลการทดลองครั้งที่ 1 ผ่านทางหน้าต่างโปรแกรม



รูปที่ 11 แสดง Pump Performance curve จากผลการทดลองครั้งที่ 2 ผ่านทางหน้าต่างโปรแกรม

จากผลการทดลองพบว่า เมื่ออัตราการไหลมากขึ้น ส่งผลให้เฮดลดลง ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ป้อนกำลังไฟฟ้ามากขึ้น การทดลองครั้งที่ 1 เก็บตัวอย่าง 151 ตัวอย่าง ที่อัตราการไหลระหว่าง 15 ถึง 80 ซึ่งเป็นค่าในช่วงที่ ultrasonic flowmeter วัดได้ได้ผลตามรูป จากสมการ regression ที่สร้างจากข้อมูลพบว่า ได้ค่า Hp เป็น 26 m ที่อัตราการไหลเป็น 0 กินไฟ 560 w ประสิทธิภาพเป็น 0

และ ที่อัตราการไหลสูงสุด 75 ลิตรต่อนาทีได้ ประสิทธิภาพเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ เฮด 17 เมตร และกินไฟ 1000 w การทดลองครั้งที่ 2 เก็บตัวอย่าง 270 ตัวอย่าง ได้สมการ regression และกราฟ แตกต่างจากการทดลองครั้งที่ 1 ไม่มากนัก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่สังเกตเห็นความหนาแน่นของจำนวนข้อมูลได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้