อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ

Experimental investigation on performance of a centrifugal pump operating in hydraulic turbine mode modified for the performance improvement purpose

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 14 ก.ย. 2560
เลขทะเบียน 19181609
เลขเรียกหนังสือ ปร น154ก 2559

นายนนทชัย คงสุวรรณ์ รหัส 56362072
นายนพดล กองแก้วใจ รหัส 56362089
นายพัลลภ กำจัด รหัส 56362133

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายนนทชัย คงสุวรรณ์ รหัส 56362072 นายนพดล กองแก้วใจ รหัส 56362089 นายพัลลภ กำจัด รหัส 56362133
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร. ขวัญชัย ไกรทอง
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร. ขวัญชัย ไกรทอง)

....กรรมการ
(ผศ.ดร. นินนาท ราชประดิษฐ์)

....กรรมการ
(ผศ.ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ

ผู้ดำเนินโครงงาน นายนนทชัย คงสุวรรณ์ รหัส 56362072
นายนพดล กองแก้วใจ รหัส 56362089
นายพัลลภ กำจัด รหัส 56362133
ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร. ขวัญชัย ไกรทอง
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ โดยทำการดัดแปลงใบพัดด้วยวิธีดังนี้ ใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัด ใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล ใบพัดแบบการรวมปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล จากนั้นทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในลักษณะต่างๆ และแบบไม่ได้ดัดแปลงด้วยชุดทดสอบสมรรถนะในห้องปฏิบัติการ

จากผลการทดสอบพบว่าที่ความเร็วรอบของกังหันที่ 1500 rpm ใบพัดแบบไม่ได้ดัดแปลงใบพัดมีประสิทธิภาพของระบบสูงสุดอยู่ที่ 14.15% ที่อัตราการไหล 4.68 m^3/h ใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัดมีประสิทธิภาพของระบบสูงสุดอยู่ที่ 11.15% ที่อัตราการไหล 4.61 m^3/h ใบพัดแบบเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลมีประสิทธิภาพของระบบที่สูงสุดอยู่ที่ 14.2% ที่อัตราการไหล 4.64 m^3/h สำหรับวิธีการดัดแปลงแบบสุดท้ายคือ ใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลให้ผลของประสิทธิภาพของระบบสูงสุดอยู่ที่ 14.4% ที่อัตราการไหล 4.57 m^3/h ถึงแม้ว่าเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ใบพัดแบบรวมเจียรมุมปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลมีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงวิธีการดัดแปลงใบพัดและค่าใช้จ่ายในการดัดแปลงใบพัดที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

Project title	Experimental investigation on performance of a centrifugal pump operating in hydraulic turbine mode modified for the performance improvement purpose
Name	Mr. Nontachai Kongsuwan ID. 56362072
	Mr. Noppadon Kongkeawjai ID. 56362089
	Mr. Phanlop Kamchat ID. 56362133
Project advisor	Asst.Prof.Dr.Kwanchai Kraitong
Major	Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering
Academic year	2016

Abstract

This project aims to experimental investigate the performance of a centrifugal pump operating in hydraulic turbine mode, PAT, modified for the performance improvement purpose. Three modification methods of impeller mere performed as follows: cutting impeller tip, adding splitter blades and both methods combined. Then, the performance testing of non-modified PAT and PAT with three modification methods were done for obtaining the efficiency by using laboratory test rig.

From the experimental results with the rotational speed of 1500 rpm, non-modified PAT showed the overall efficiency of 14.15% at flow rate of 4.68 m^3/h. While the results of PAT modified with cutting impeller tip produced the overall efficiency of 11.15% at flow rate of 4.61 m^3/h. Another testing results of the performance improvement method, adding splitter blades, presented that the overall efficiency was 14.2% at flow rate of 4.64 m^3/h. Last method, the combination between the modification with cutting impeller tip and adding the splitter blades, gave the best results. It showed the maximum overall efficiency of 14.4% at the flow rate of 4.57 m^3/h. Although PAT modified with the combination of cutting impeller tip and adding the splitter blade produced maximum efficiency, it is necessary to consider about the manufacturing process and modification expense.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่องการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ขวัญชัย ไกรทอง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน คณะอาจารย์ภาควิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้คำแนะนำปรึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำโครงงานนี้ ทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายนนทชัย คงสุวรรณ์
นายนพดล กองแก้วใจ
นายพัลลภ กำจัด
พฤษภาคม 2560

สารบัญ

ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญตาราง (ต่อ)	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
สารบัญรูปภาพ (ต่อ)	ฎ
สารบัญรูปภาพ (ต่อ)	ฏ
ลำดับสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษาของ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน	3
1.7 งบประมาณ	3
บทที่ 2	4
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.2.1 การทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ	7
2.2.2 การเลือกเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ	9
2.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องสูบน้ำที่ถูกดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ	11
2.2.3.1 การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tips)	11
2.2.3.2 การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade)	12
2.2.3.3 การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล	13
2.3.4 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ	15
บทที่ 3	17
วิธีการทำวิจัย	17
3.1 วัสดุอุปกรณ์	17
3.1.1 ชุดทดสอบ	17

3.1.1.1 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ 18
3.1.1.2 ใบพัด 18
3.1.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้า 19
3.1.1.4 เครื่องสูบน้ำขับ 19
3.1.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการวัด 20
3.1.2.1 เซนเซอร์วัดแรงบิด 20
3.1.2.2 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า 20
3.1.2.3 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ 21
3.1.2.4 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า 21
3.1.2.5 เครื่องวัดความเร็วรอบ 22
3.1.2.6 เครื่องวัดอัตราการไหล 22
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย 23
3.2.1 การศึกษางานวิจัยและบทความสำหรับจัดทำบทวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเลือกวิธีเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ (PAT) 23
3.2.1.1 บทวิเคราะห์สำหรับเลือกวิธีเพิ่มประสิทธิภาพ 23
3.2.2 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tip) 23
3.2.3 การดัดแปลงใบพัดโดยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 24
3.2.3.1 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้เป็นใบพัดโดยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ 24
3.2.3.2 การทำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 27
3.2.3.3 การดัดแปลงใบพัดโดยการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) 29
3.2.4 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน 30
3.2.5 วิธีดำเนินการทดสอบ 30
3.2.5.1 วิธีการติดตั้งชุดทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ 30
3.2.5.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ 33
3.2.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบ 33
บทที่ 4 34
ผลการวิจัย 34
4.1 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด 34
4.2 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดที่ถูกปรับแต่งในรูปแบบต่างๆ 36
4.2.1 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัด 36
4.2.2 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 38

4.3 การเปรียบประสิทธิภาพของใบพัดแบบไม่ได้ดัดแปลงใบพัดกับใบพัดที่ถูกดัดแปลงในลักษณะต่างๆ 42
บทที่ 5 44
สรุปผลการวิจัย 44
5.1 สรุปผลการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ 44
5.2 ข้อเสนอแนะ 44
ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดแบบปกติ 46
ภาคผนวก ข. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ 48
ภาคผนวก ค. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 51
ภาคผนวก ง. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดที่ถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน 54
เอกสารอ้างอิง 57

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 1.1 การผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2554-2558 [1] 1
ตารางที่ 2.1 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดที่ได้จากการคำนวณ [2] 12
ตารางที่ 2.2 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณ [2] 13
ตารางที่ 2.3 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณ [2] 14
ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดสอบในเชิงทฤษฎี [2] 15
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลวัสดุทดสอบความแข็งแรงของเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 27
ตาราง ก.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยไม่ต่อโหลด 46
ตาราง ก.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF 46
ตาราง ก.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF 46
ตาราง ก.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF 46
ตาราง ก.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF 47
ตาราง ก.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF 47
ตาราง ก.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ 47
ตาราง ข.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยไม่ต่อโหลด 48
ตาราง ข.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF 48
ตาราง ข.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF 48
ตาราง ข.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF 49
ตาราง ข.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF 49
ตาราง ข.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF 49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตาราง ข.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ 50
ตาราง ค.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยไม่ต่อโหลด 51
ตาราง ค.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF 51
ตาราง ค.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF 51
ตาราง ค.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF 52
ตาราง ค.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF 52
ตาราง ค.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF 52
ตาราง ค.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 53
ตาราง ง.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยไม่ต่อโหลด 54
ตาราง ง.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF 54
ตาราง ง.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF 54
ตาราง ง.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF 55
ตาราง ง.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF 55
ตาราง ง.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF 55
ตาราง ง.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน 56

สารบัญรูปภาพ

รูป หน้า

รูปที่ 2.1 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ ยี่ห้อ Pompa Centrifugal Showfou รุ่น CV-0512 [4] 4
รูปที่ 2.2 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด [4] 5
รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ [4] 5
รูปที่ 2.4 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ CV-0512 [4] 5
รูปที่ 2.5 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลในทางทฤษฎีและในทางปฏิบัติ [5] 6
รูปที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์และทิศทางการไหลภายในเครื่องสูบน้ำ [6] 7
รูปที่ 2.7 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ [7] 7
รูปที่ 2.8 ทิศทางการหมุนและการไหลของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานในโหมดกังหัน [8] 8
รูปที่ 2.9 สามเหลี่ยมความเร็วในการทำงานในโหมดเครื่องสูบน้ำ (ทางขวามือ) 8
รูปที่ 2.10 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ Calpeda N4 65/200 [10] 10
รูปที่ 2.11 กราฟสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ N4 65/200 [10] 10
รูปที่ 2.12 การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tips) [2] 11
รูปที่ 2.13 แบบจำลองความเร็วของการปรับแต่งปลายใบพัด [2] 12
รูปที่ 2.14 การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) [2] 13
รูปที่ 2.15 แบบจำลองความเร็วของการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2] 13
รูปที่ 2.16 การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2] 14
รูปที่ 2.17 แบบจำลองความเร็วของการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2] 14
รูปที่ 2.18 การเปลี่ยนแปลงพลังงานและประสิทธิภาพรวมของระบบ 16
รูปที่ 3.1 ชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการ 17
รูปที่ 3.2 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200B 18
รูปที่ 3.3 ใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ Calpeda 18
รูปที่ 3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ยี่ห้อ INLINE 19
รูปที่ 3.5 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ EBARA 19
รูปที่ 3.6 เซนเซอร์วัดแรงบิดยี่ห้อ Dacell รุ่น TRB-2k 20
รูปที่ 3.7 มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ GW Instek 20
รูปที่ 3.8 มัลติมิเตอร์แบบตั้งโต๊ะยี่ห้อ MCP 21
รูปที่ 3.9 แคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ Metrel 21
รูปที่ 3.10 เครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสงยี่ห้อ Lutron 22
รูปที่ 3.11 เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวยี่ห้อ Micronics 22
รูปที่ 3.12 การเจียรมุมปลายใบพัด 24
รูปที่ 3.13 ใบพัดที่ถูกดัดแปลงปลายใบพัด 24
รูปที่ 3.14 ลักษณะการกำหนดจุดยึดของชิ้นงาน 25
รูปที่ 3.15 ลักษณะการกำหนดจุดแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน 25

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

รูปที่ 3.16 ความดันที่กระทำกับใบพัด 26
รูปที่ 3.17 ความเค้นของวัสดุในการทำไฟไนต์เอลิเมนต์ 26
รูปที่ 3.18 ความยืดของวัสดุในการทำไฟไนต์เอลิเมนต์ 27
รูปที่ 3.19 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ทำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล 28
รูปที่ 3.20 แผ่นอลูมิเนียมที่ถูกตัดส่วนบน 28
รูปที่ 3.21 ใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ทำจากอลูมิเนียม 29
รูปที่ 3.22 การติดตั้งใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้ากับใบพัด 29
รูปที่ 3.23 ใบพัดที่ถูกดัดแปลงการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน 30
รูปที่ 3.24 ชุดทดสอบสำหรับทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ 31
รูปที่ 3.25 ระบบในการควบคุมภาระโหลดและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้ในการสูบน้ำ 32
รูปที่ 3.26 การต่อโหลดทางไฟฟ้าเป็นการต่อแบบวายมีตัวต้านทานขนาด 750 โอห์ม 32
รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 34
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 35
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 35
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 36
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันต่ออัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 36
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 37
รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 38
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 38
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 39
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 40
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 40

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป หน้า

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 41

รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันของแต่ละใบพัดกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 42

รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบของแต่ละใบพัดกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที 42

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์		หน่วย
A	พื้นที่	m^2
g	แรงโน้มถ่วงของโลก	m^2/s
H	หัวน้ำ	m
N	ความเร็วรอบ	rpm
P	กำลังที่ให้แก่ของไหล	W
Q	อัตราการไหล	m^3/s
T	แรงบิด	Nm
u	ความเร็วของใบพัด	m/s
γ	น้ำหนักจำเพาะ	N/m^3
α	มุมของน้ำ	degree
β	มุมที่ใบพัดทำกับทิศของการเคลื่อนที่	degree
η	ประสิทธิภาพ	—
ρ	ความหนาแน่น	kg/m^3
ω	ความเร็วเชิงมุม	Radian

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งที่จำเป็นและมีอิทธิพลอย่างมากในชีวิตประจำวัน มนุษย์นำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ด้านแสงสว่าง ความร้อน พลังงาน เสียง เป็นต้น แต่ประโยชน์จากพลังงานไฟฟ้าก็ต้องใช้อย่างระมัดระวังและเรียนรู้การใช้อย่างถูกวิธีเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุด โดยประเทศไทยนั้นมีการผลิตไฟฟ้าจากระบบต่างๆ เช่น จากพลังงานน้ำ พลังงานความร้อน ความร้อนร่วม กังหันก๊าซ ดีเซล ฯลฯ แต่อย่างไรก็ตามไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ จึงจำเป็นต้องเพิ่มกำลังในการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยแสดงปริมาณการผลิตไฟฟ้าและการซื้อพลังงานไฟฟ้าในปี 2554-2558 ในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 การผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้า ปี พ.ศ. 2554-2558 [1]

หน่วย : พันล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง

ปี	พลังน้ำ	ความร้อน	ความร้อนร่วม	กังหันก๊าซ	ดีเซล	ซื้อ	อื่น ๆ	รวมทั้งสิ้น
2554	7.913	24.996	37.211	0.338	0.00028	88.496	0.00785	158.963
2555	8.408	26.168	42.552	0.370	0.00038	95.747	0.00357	173.250
2556	5.390	25.733	40.532	0.453	0.00078	101.422	0.00552	173.536
2557	5.141	24.764	43.052	0.370	0.00125	104.245	0.00613	177.581
2558	3.724	20.560	45.225	0.308	0.00006	113.627	0.002145	183.467

พลังงานน้ำขนาดเล็กช่วยลดการนำเข้าก๊าซธรรมชาติซึ่งเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า และ นอกจากจะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า พลังงานน้ำยังใช้ประโยชน์ในการลดการเกิดไฟป่า ใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม ซึ่งพลังงานน้ำขนาดเล็กได้อยู่ในแบบแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 เพื่อการบรรลุเป้าหมายที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของพลังไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพภายใต้แผน AEDP 2015 เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี 2579

ด้วยเหตุผลนี้ คณะผู้จัดทำได้คำนึงถึงปัญหาและมีแนวคิดร่วมกัน ในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในด้านพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาทำงานแบบกังหันน้ำ (Pump as Turbine, PAT) โดยหลักการทำงานคือ การนำเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาใช้ โดยการสลับทางเข้าและทางออกของน้ำและนำงานที่ได้ไปหมุนเพลาเพื่อส่งกำลังไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษาของ

1.2.1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาทำงานแบบกังหันน้ำ ที่ถูกดัดแปลงใบพัดในลักษณะต่างๆ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาทำงานแบบกังหันน้ำ ที่ถูกดัดแปลงใบพัดในลักษณะต่างๆ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ทำการดัดแปลงใบพัดในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ การปรับแต่งปลายใบพัด การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลและการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน ซึ่งเป็นไปตามที่ฐาพิมลและคณะ [2] ได้นำเสนอไว้

1.3.2 ทำการทดสอบใบพัดที่ถูกดัดแปลง เพื่อหาประสิทธิภาพของใบพัดที่ถูกดัดแปลงด้วยชุดทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ใบพัดดัดแปลงที่เพิ่มค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานในรูปแบบกังหันน้ำ

1.4.2 ส่งผลให้มีการใช้เทคโนโลยีเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในรูปแบบกังหันน้ำมากขึ้น

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้คำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

1.5.2 เขียนแบบใบพัดที่ใช้ในการวิจัยและทำการทดสอบโดยใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงเพื่อหาขนาดและวัสดุที่ใช้ในการดัดแปลงใบพัดที่ถูกนำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2]

1.5.3 ดัดแปลงใบพัดตามที่ถูกนำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2] เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

1.5.4 ทำการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำที่ติดตั้งใบพัดที่ถูกดัดแปลงด้วยชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการ

1.5.5 เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เมื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีต่างๆ กับประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์แบบปกติ

1.5.6 วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.5.7 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 ระยะเวลาและแผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2559					2560				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง										
2. เขียนแบบใบพัด เพื่อหาขนาดและวัสดุที่ใช้ในการดัดแปลงใบพัด										
3. ดัดแปลงใบพัด เพื่อทดสอบ										
4. ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ										
5. เปรียบเทียบผลการทดสอบ										
6. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้										
7. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์										

1.7 งบประมาณ

1.7.1 กระดาษ 500 บาท

1.7.2 จัดทำรูปเล่ม 2,000 บาท

1.7.3 ค่าอุปกรณ์อื่น 500 บาท

1.7.4 เครื่องสูบน้ำและใบพัดได้รับการสนับสนุนจากโครงการวิจัยการประยุกต์ใช้เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว

1.7.5 โปรแกรม Solidwork ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุที่ทำใบพัดในวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

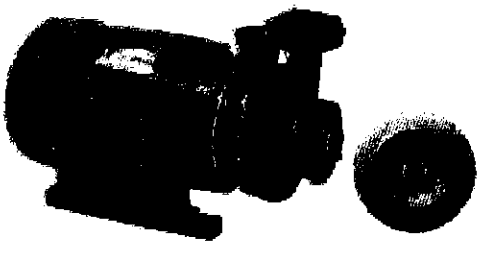
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงงานวิจัยนี้เป็นโครงงานเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ จึงมีการศึกษาถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งลักษณะทางกายภาพของเครื่องสูบน้ำและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

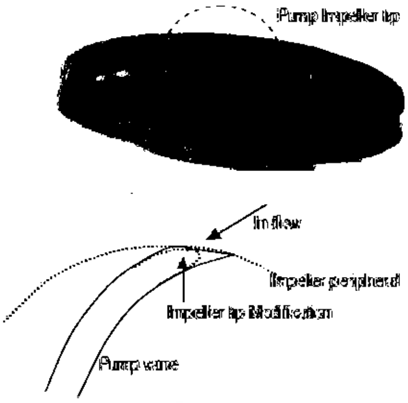
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจากศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ มีการวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในแบบต่างๆ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนการทำนายโดยใช้พลศาสตร์ของไหลและการทดลอง การศึกษาหาวิธีปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำด้วยการวิเคราะห์แบบพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณดังนี้

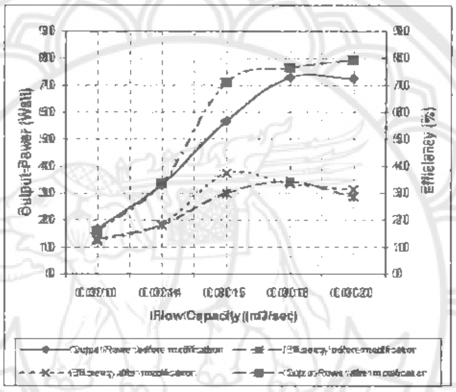
จากงานวิจัยพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้โดยการปรับแต่งลักษณะทางกายภาพของใบพัดเครื่องสูบน้ำ [3] ซึ่งจากงานวิจัยของ Suarda et al. [4] ได้นำเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ Pompa Centrifugal Showfou รุ่น CV-0512 ดังรูปที่ 2.1 มาใช้ทดสอบ พบว่าได้ทำการปรับแต่งใบพัดโดยการปรับแต่งมุมปลายใบพัดให้โค้งมน ดังรูปที่ 2.2 เพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ ทำการทดสอบโดยการปรับความเร็วรอบ แต่ให้ค่าหัวน้ำคงที่ จากนั้นทำการเขียนกราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ ดังรูปที่ 2.3 และสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ ดังรูปที่ 2.4 พบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 1.5% - 2% ส่วน Yang et al. [5] ได้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำโดยการเพิ่มใบพัดสำหรับปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) ที่ตัวใบพัดที่หมุน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์โดยใช้โปรแกรม CFX ซึ่งเป็นการทำนายโดยใช้พลศาสตร์ของไหลและทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำผลการทดสอบทั้งการทำนายโดยใช้พลศาสตร์ของและผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 2.5 พบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 6.66%



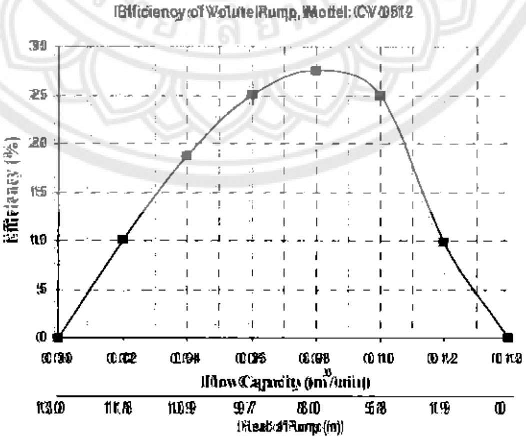
รูปที่ 2.1 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ ยี่ห้อ Pompa Centrifugal Showfou รุ่น CV-0512 [4]



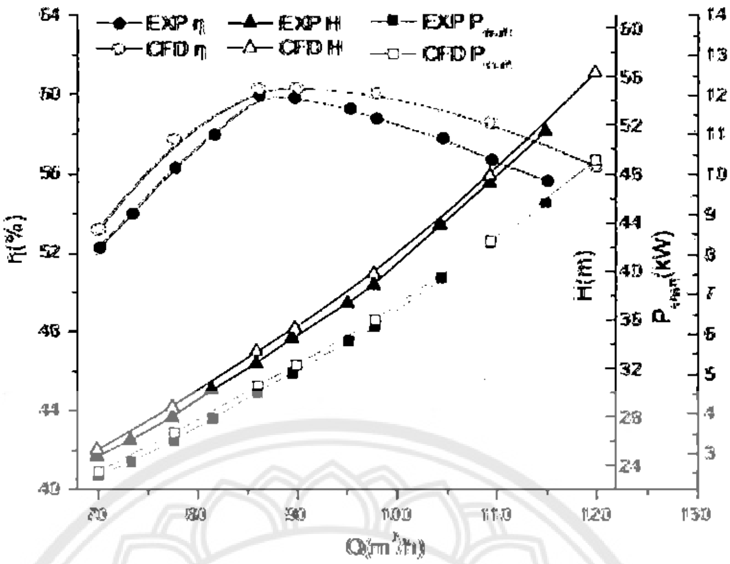
รูปที่ 2.2 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด [4]



รูปที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ [4]



รูปที่ 2.4 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ CV-0512 [4]



รูปที่ 2.5 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลในทางทฤษฎีและในทางปฏิบัติ [5]

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2] ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเลือกเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำโดยการดัดแปลงใบพัด 3 แบบ ได้แก่ การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tips) การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) และการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการทำนาย พบว่าวิธีการดัดแปลงใบพัดที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกังหันน้ำ โดยค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 18.38% จากวิธีการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่าได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ โดยการปรับแต่งลักษณะทางกายภาพของใบพัดคือ การปรับแต่งปลายใบพัดให้โค้งมน การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลถูกนำเสนอและทำนายค่าสมรรถนะโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์เชิงคำนวณและทดสอบในชุดทดสอบ ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ฐาพิมลและคณะ [2] เสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์โดยการรวมการปรับแต่งปลายใบและการเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกันและใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการทำนายการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

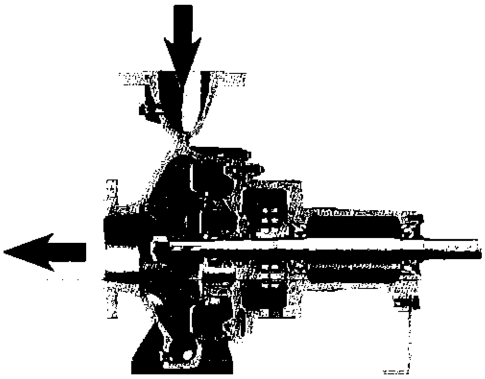
อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2] ยังไม่ถูกนำมาใช้ดัดแปลงและทดสอบการทำงานของกังหันน้ำ ดังนั้นโครงการวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำวิธีเพิ่มประสิทธิภาพที่ถูกนำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2] มาใช้สำหรับการปรับปรุงเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำและทดสอบประสิทธิภาพโดยชุดทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ

2.2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัด ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องต้นกำลัง จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัด (Vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง (Tangential Flow) เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าว จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) และเป็นผลให้มีการไหลจากศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial Flow) ดังรูปที่ 2.6 เมื่อน้ำถูกหมุนให้เกิดแรงหนีจุดศูนย์กลาง ความกดดันของน้ำจะมีค่ามากขึ้น เมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอ ความดันที่จุดศูนย์ก็จะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นเครื่องสูบน้ำแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่แท้จริงจึงมีทางให้ของเหลวเข้าหรือทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด สำหรับของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลาง เมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง แต่เมื่อกลับการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ดังรูปที่ 2.7 คือ ปรับทิศทางการหมุนและการไหล เมื่อนำเครื่องสูบน้ำมาทำงานเป็นกังหันความดันที่ทางเข้าของหัวฉีดมีค่าสูงกว่าที่ทางออกของของหัวฉีด Diffuser (Guide Wheel) หรือ Volute จะป้อนของเหลวเข้าสู่ขอบนอกของใบพัด หัวฉีดที่ทางออกของเครื่องสูบน้ำจะเป็นหัวฉีดที่ทางเข้าของกังหัน ขณะที่หัวฉีดที่ทางดูดของเครื่องสูบน้ำจะกลายเป็นหัวฉีดที่ทางออกของกังหัน

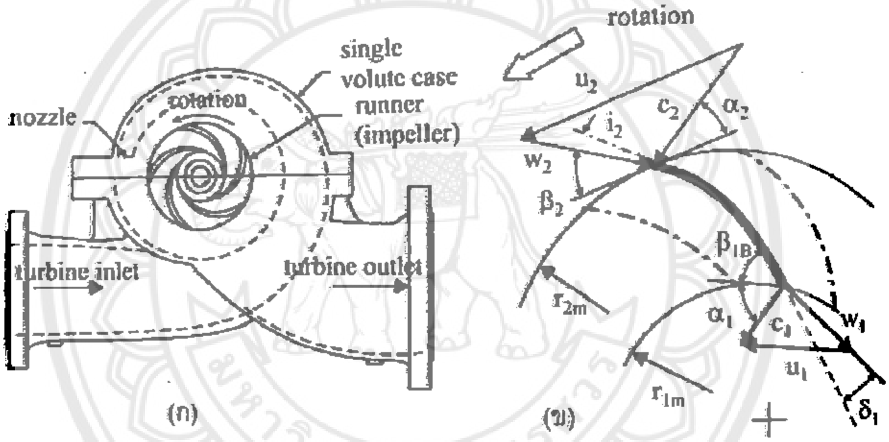
รูปที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์และทิศทางการไหลภายในเครื่องสูบน้ำ [6]



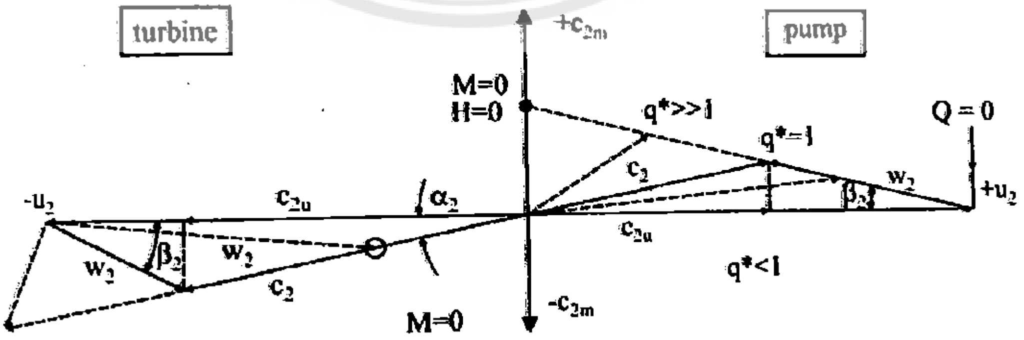
รูปที่ 2.7 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ [7]

การทำงานในโหมดเครื่องสูบน้ำมุมการไหลเข้าสู่ใบพัด (Flow Angle) เท่ากับ α_1 และ มุมการไหลออกจากใบพัดเท่ากับ β_2 ทั้งสองมุมไม่ขึ้นอยู่กับการไหล แต่เมื่อทำงานในโหมดของกังหัน ซึ่ง Diffuser (ในโหมดกังหันจะเรียกว่า Guide Wheel) หรือ Volute จะเป็นตัวกำหนดมุมไหลเข้าใบพัด (Runner) α_2 ซึ่งไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล q^* (เมื่อใช้ Guide Vanes เป็นแบบตายตัว) ของไหลออกจากใบพัดด้วยมุม β_1 ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลน้อยมากผลที่ตามมาความเร็วที่ไหลเข้าสู่ใบพัด C_2 เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหล ดังแสดงในรูปที่ 2.8 งานจำเพาะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการไหลผ่านกังหัน ดังแสดงด้วยสมการที่ (1)

$$gH_{th} = \frac{P}{\rho Q_{La}} = u_2 c_{2u} - u_1 c_{2u} = u_2 c_{2m} \cot\alpha_2 - u_1^2 + u_1 c_{1m} x \cot\beta_1 \qquad (1)$$



รูปที่ 2.8 ทิศทางการหมุนและการไหลของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานในโหมดกังหัน [8]



รูปที่ 2.9 สามเหลี่ยมความเร็วในการทำงานในโหมดเครื่องสูบน้ำ (ทางขวามือ)
และการทำงานในโหมดกังหัน (ทางซ้ายมือ) [8]

มุม α_2 และ β_1 ในสมการที่ (1) เป็นมุมการไหล (Flow angle) มุมการไหลเข้าสู่ใบพัด α_2 สามารถหาได้จาก Guide Wheel การประมาณมุมการไหลเข้า α_2 สามารถคำนวณได้จากพื้นที่หน้าตัด A_{3q}

2.2.2 การเลือกเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพื่อดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ

เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ถูกใช้ในการทดสอบในโครงการ เป็นไปตามข้อกำหนดในการเลือกเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ ที่ถูกนำเสนอโดยฐาพิมลและคณะ [2] โดยมีข้อกำหนดในการเลือกเครื่องสูบน้ำคือ เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำสามารถผลิตไฟฟ้าได้ขนาดประมาณ 1 kW โดยใช้หลักการของ Sharma ที่แสดงใน Williams [9] ในการเลือกเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์มาใช้เป็นกังหันที่ทำงานที่ความเร็วรอบเดียวกัน โดยสมการถูกวิเคราะห์จากผลการทดสอบและนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ ซึ่งได้สมการในการเลือกเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ดังนี้

สมการอัตราการไหลของน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

$$Q_t = \frac{Q_{bep}}{\eta_{max}^{0.8}} \tag{2}$$

โดย

η คือ ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องสูบน้ำ

Q_t คือ อัตราการไหลของน้ำของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันที่ประสิทธิภาพสูงสุด (m^3/s)

Q_{bep} คือ อัตราการไหลของน้ำของเครื่องสูบน้ำที่ประสิทธิภาพสูงสุด (m^3/s)

และสมการหัวน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

$$H_t = \frac{H_{bep}}{\eta_{max}^{1.2}} \tag{3}$$

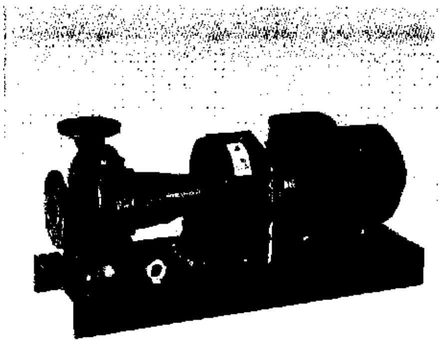
โดย

η คือ ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องสูบน้ำ

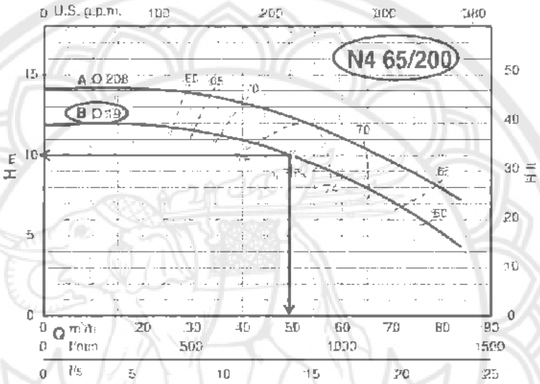
H_t คือ หัวน้ำสำหรับกังหันน้ำที่ประสิทธิภาพสูงสุด (m)

H_{bep} คือ หัวน้ำของเครื่องสูบน้ำที่ค่าประสิทธิภาพสูงสุด (m)

ดังนั้น ได้ทำการเลือกเครื่องสูบน้ำ ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200 ดังรูปที่ 2.10 โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ใช้ไฟ 380 V ความถี่ 50 Hz ขนาด 2.7 hp ทำงานที่ความเร็วรอบ 1450 rpm และแสดงกราฟสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ Calpeda N4 65/200 ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.10 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ Calpeda N4 65/200 [10]



รูปที่ 2.11 กราฟสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำยี่ห้อ N4 65/200 [10]

จากกราฟสมรรถนะพบว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 76 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.76 ที่หัวน้ำ 10 m และอัตราการไหลที่ 0.0139 m^3/s

ดังนั้นค่าอัตราการไหลและหัวน้ำสำหรับเมื่อใช้เป็นกังหันน้ำจะเท่ากับ

$$Q_t = \frac{0.0139}{0.76^{0.8}} = 0.0173 \quad m^3/s$$

$$H_t = \frac{10}{0.76^{1.2}} = 13.9 \quad m$$

เนื่องจากระบบประกอบไปด้วยอุปกรณ์มากมายเช่น ท่อ วาล์ว เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ

ดังนั้นสามารถคำนวณกำลังไฟฟ้าที่คาดว่าจะได้รับที่ค่าประสิทธิภาพของระบบมีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ

$$P = 9.81\eta QH$$

$$= 9.81 \times 0.5 \times 0.0173 \times 13.9$$

$$= 1.2 \quad kW$$

โดย

P คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้ (kW)

η คือ ประสิทธิภาพของระบบมีค่าประมาณ 0.5

Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

H_t คือ หัวน้ำสุทธิ (m)

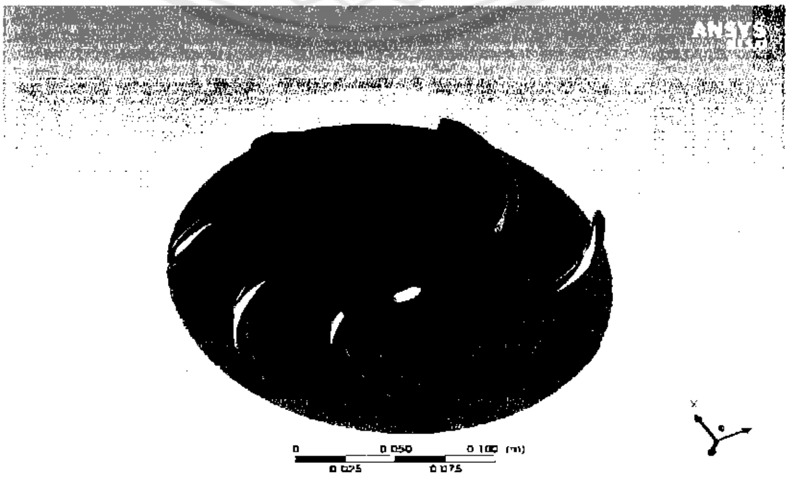
ดังนั้น เครื่องสูบน้ำที่ฐาพิมลและคณะ [2] เลือกมาจึงมีความเหมาะสมที่จะใช้งานเป็นกังหันน้ำ เพราะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าประมาณ 1.2 kW ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 1 kW

2.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานของเครื่องสูบน้ำที่ถูกดัดแปลงเป็นกังหันน้ำ

จากงานศึกษาของฐาพิมลและคณะ [2] ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ โดยการเลือกวิธีการการเพิ่มประสิทธิที่สามารถใช้งานได้จริงมาทั้งหมด 3 วิธีและทำนายโดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ดังนี้

2.2.3.1 การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tips)

การปรับแต่งปลายใบพัดให้โค้งมนโดยตัดลงครึ่งหนึ่งของความหนาของใบพัด ใช้จุดศูนย์กลางของความหนาที่ปลายใบพัดเป็นจุดสัมผัสเส้นโค้ง พบว่าการปรับแต่งปลายใบพัดดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของเครื่องสูบน้ำด้วย เนื่องจากทิศทางการไหลของน้ำของเครื่องสูบน้ำแบบปกติมีทิศทางตรงกันข้ามกับการไหลของน้ำของกังหันน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการหมุนของใบพัดลดลง ส่งผลให้การหมุนของเพลาที่ต่อกันมอเตอร์มีประสิทธิภาพลดลงด้วย การตัดปลายใบพัด ดังรูปที่ 2.12 ทำให้น้ำไหลเข้าใบพัดได้ดีขึ้นและลดการไหลปั่นป่วนภายในใบพัด ส่งผลให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 2.13 และแสดงผลลัพธ์ตามตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.12 การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tips) [2]

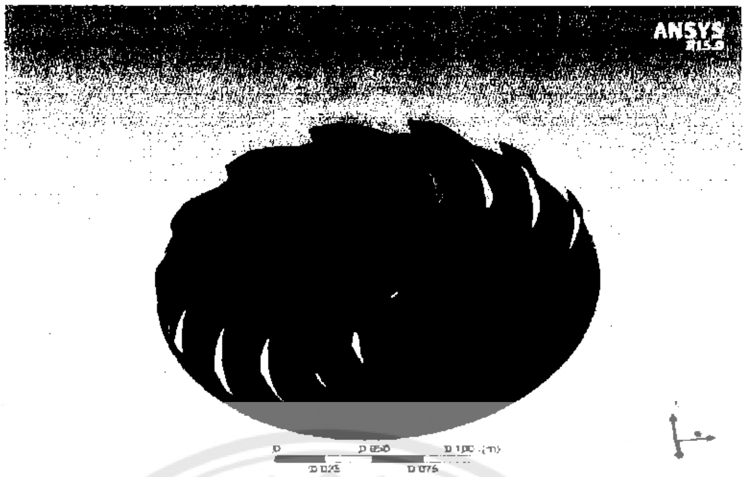
รูปที่ 2.13 แบบจำลองความเร็วของการปรับแต่งปลายใบพัด [2]

ตารางที่ 2.1 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดที่ได้จากการคำนวณ [2]

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ	กำลังที่เพลา (kW)		ประสิทธิภาพ	
	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ
ตัดปลายใบพัด	1.319	0.392	55.44%	16.47%

2.2.3.2 การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade)

การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลโดยใช้ใบพัดที่เพิ่มเข้าไปมีลักษณะเดียวกันกับใบพัดรูปแบบเดิม แต่มีความยาวลดลงครึ่งหนึ่งจากความยาวเดิม ในทางทฤษฎีพบว่า น้ำที่ไหลเข้าสู่ใบพัดจะมีการไหลแบบราบเรียบ แต่ในทางปฏิบัติพบว่า น้ำที่ไหลเข้าสู่ใบพัดบริเวณที่อยู่ติดกับใบพัดจะมีการไหลแบบราบเรียบ ส่วนน้ำที่อยู่บริเวณกึ่งกลางระหว่างใบพัดจะมีการไหลแบบปั่นป่วน การเพิ่มใบพัดสำหรับปรับทิศทางการไหลของน้ำระหว่างช่องว่างใบพัด ดังรูปที่ 2.14 จะเพิ่มพื้นที่สัมผัสของน้ำกับใบพัด ทำให้มีการไหลแบบราบเรียบมากขึ้น ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปที่ 2.15 และแสดงผลลัพธ์ตามตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.14 การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) [2]

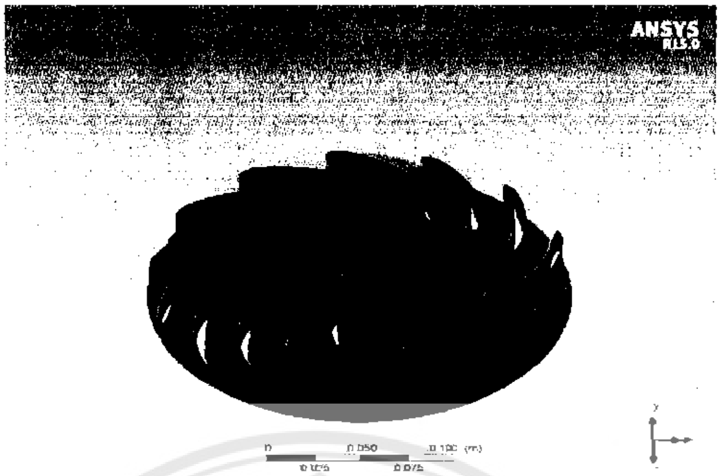
รูปที่ 2.15 แบบจำลองความเร็วของการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2]

ตารางที่ 2.2 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณ [2]

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ	กำลังที่เพลา (kW)		ประสิทธิภาพ	
	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ
เพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล	1.227	0.3	51.58%	12.61%

2.2.3.3 การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลโดยการนำวิธีในข้อ 2.2.3.1 และข้อ 2.2.3.2 มารวมกัน ดังรูปที่ 2.16 พบว่าการไหลของน้ำภายในช่องระหว่างใบพัดมี การไหลที่ราบเรียบมากขึ้น และการปั่นป่วนของน้ำลดลงมาก ดังรูปที่ 2.17 และแสดงผลลัพธ์ตามตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.16 การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2]

รูปที่ 2.17 แบบจำลองความเร็วของการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล [2]

ตารางที่ 2.3 ผลลัพธ์ของการเพิ่มประสิทธิภาพโดยวิธีการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ได้จากการคำนวณ [2]

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ	กำลังที่เพลา (kW)		ประสิทธิภาพ	
	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ
แบบรวม	1.364	0.437	57.35%	18.38%

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำในแต่ละวิธี ให้ประสิทธิภาพที่ออกมาแตกต่างกัน ดังนั้นจึงนำข้อมูลของทั้ง 3 วิธี สรุปลงในตารางที่ 2.4 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในเชิงทฤษฎี

ตารางที่ 2.4 สรุปผลการทดสอบในเชิงทฤษฎี [2]

เพิ่มจากปกติ	กำลังที่เพลา (kW)		ประสิทธิภาพ	
	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ	ค่าจริง	เพิ่มจากปกติ
แบบปกติ	0.927	-	38.97%	
ตัดปลายใบพัด	1.319	0.392	55.44%	16.47%
เพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล	1.227	0.3	51.58%	12.61%
แบบรวม	1.364	0.437	57.35%	18.38%

2.3.4 สมรรถนะของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ

การทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ เพื่อให้ทราบผลของการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานแบบกังหันน้ำ คือ ค่าอัตราการไหล (Q) ค่าหัวน้ำ (Head) ค่ากำลัง (P) ค่าต่างๆมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

กำลังน้ำทางทฤษฎีที่ใช้ขับกังหันสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P_w = \gamma QH \tag{4}$$

เมื่อ P_w = กำลังน้ำที่ป้อนเข้ากังหัน (kW)

Q = อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

H = หัวน้ำกังหันสุทธิ (m)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)

หัวน้ำกังหันสุทธิสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$H = \frac{\Delta P}{\gamma} \tag{5}$$

เมื่อ ΔP = ผลต่างความดันที่ทางเข้าและทางออก (Pa)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (N/m^3)

กำลังที่ผลิตได้ คือ

$$P_s = T x \omega \tag{6}$$

$$\omega = 2\pi N_s \tag{7}$$

โดยที่ P_s = กำลังเพลาที่ผลิตได้ (kW)

ω = ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

N_s = ค่าความเร็วรอบของเพลา (rpm)

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ คือ

$$P_E = VI\sqrt{3} \tag{8}$$

โดยที่ โดยที่ P_E = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW)

V = แรงดันไฟฟ้า (V)

I = กระแสไฟฟ้า (A)

ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\eta_{PAT} = \frac{P_S}{P_W} \tag{9}$$

เมื่อ P_S = กำลังเพลาที่ผลิตได้ (kW)

P_W = กำลังเพลาที่ป้อนเข้ากังหัน (kW)

η_{PAT} = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ

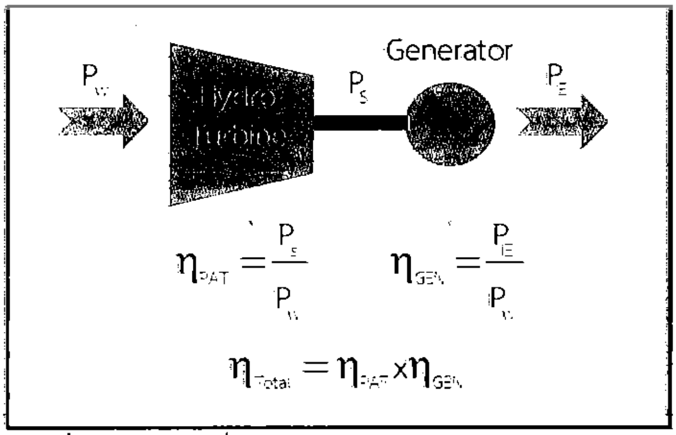
$$\eta_{GEN} = \frac{P_E}{P_W} \tag{10}$$

เมื่อ P_E = กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kW)

P_W = กำลังเพลาที่ป้อนเข้ากังหัน (kW)

η_{GEN} = ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในการทำงานของชุดทดสอบ จะเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์เป็นพลังงานไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเปลี่ยนแปลงพลังงานและประสิทธิภาพรวม

บทที่ 3
วิธีการทำวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ได้ถูกกล่าวไว้ในบทที่ผ่านมา โครงการวิจัยนี้จึงกำหนดวิธีการเพิ่มสมรรถนะที่สามารถใช้ได้จริง 3 วิธี โดยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัด การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลและการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยอ้างอิงจากผลวิเคราะห์ของฐาพิมลและคณะ [2] การหาค่าสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำสามารถหาได้จากการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการดัดแปลงใบพัดทั้ง 3 แบบและทำการทดสอบ เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

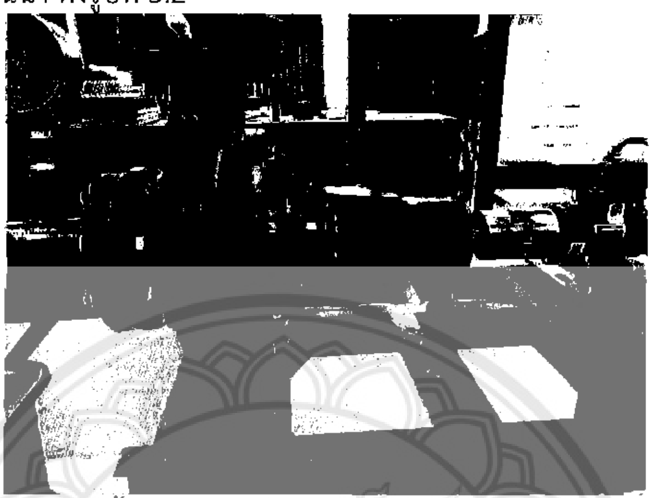
3.1.1 ชุดทดสอบ

ชุดทดสอบที่ถูกใช้ในการทดสอบในครั้งนี้ดังรูปที่ 3.1 โดยมีอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

รูปที่ 3.1 ชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการ

3.1.1.1 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ

เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200B จำนวน 1 เครื่อง นำมาใช้งานเป็นกังหันน้ำ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200B

3.1.1.2 ใบพัด

ใบพัดที่ใช้ในการทดสอบ คือใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200B แบบการไหลในรัศมี จำนวน 4 ใบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 185 mm ทำจากเหล็ก ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ Calpeda

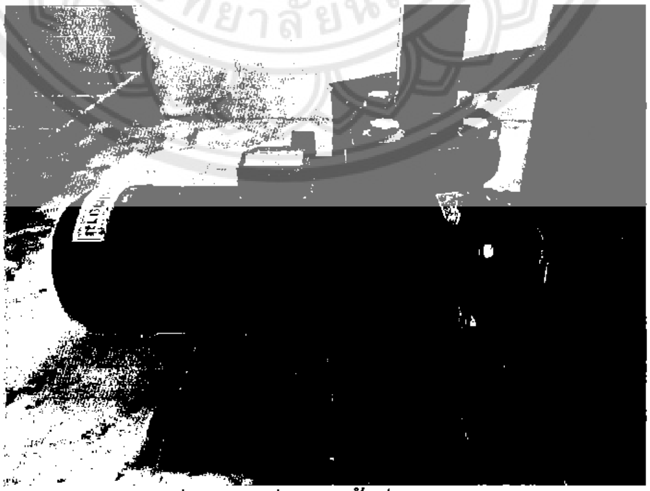
3.1.1.3 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้เป็นตัวกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ยี่ห้อ INLINE รุ่น IN100LA-4 1 เครื่อง จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 มอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส ยี่ห้อ INLINE

3.1.1.4 เครื่องสูบน้ำขับ

เครื่องสูบน้ำที่ใช้เป็นเครื่องต้นกำเนิดพลังงาน เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ EBARA รุ่น 3D50-125/4.0 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 เครื่องสูบน้ำยี่ห้อ EBARA

3.1.2 อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการวัด

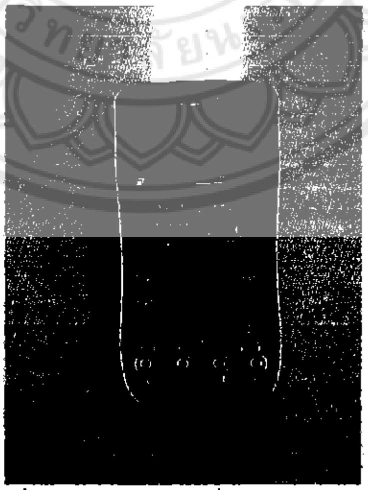
3.1.2.1 เซนเซอร์วัดแรงบิด

เซนเซอร์วัดแรงบิดยี่ห้อ Dacell รุ่น TRB-2k จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 เซนเซอร์วัดแรงบิดยี่ห้อ Dacell รุ่น TRB-2k

3.1.2.2 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า

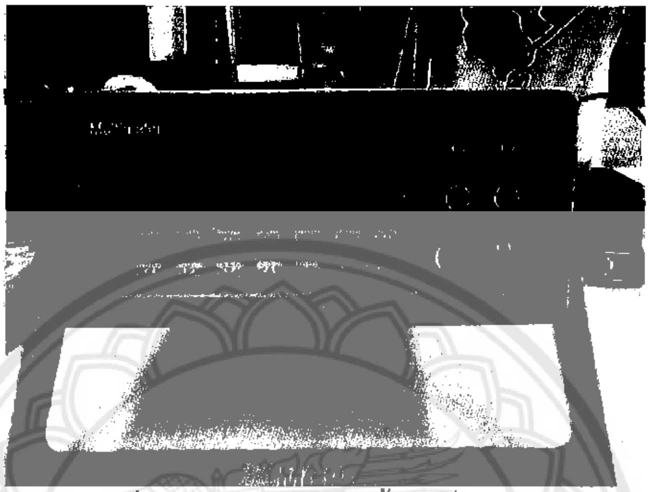
เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าที่ใช้สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GDM-398 จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 มัลติมิเตอร์ยี่ห้อ GW Instek

3.1.2.3 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าแบบตั้งโต๊ะ

เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าใช้สำหรับวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้แปลงเป็นแรงบิดคือ มัลติมิเตอร์แบบตั้งโต๊ะยี่ห้อ MCP รุ่น MT1961 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 มัลติมิเตอร์แบบตั้งโต๊ะยี่ห้อ MCP

3.1.2.4 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า

เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าสำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้คือ แคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ Metrel รุ่น MD 9272 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แคลมป์มิเตอร์ยี่ห้อ Metrel

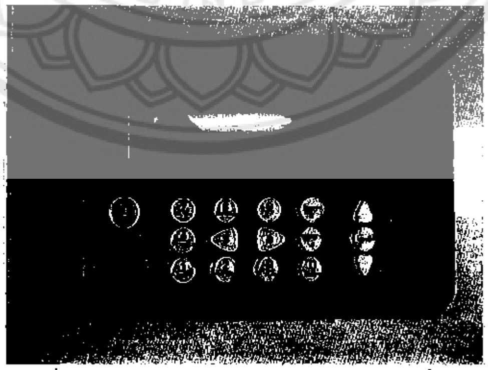
3.1.2.5 เครื่องวัดความเร็วรอบ

เครื่องวัดความเร็วรอบใช้สำหรับวัดความเร็วรอบเพลาของมอเตอร์เนื่องจากมอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบ 1450 rpm คือ เครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสงยี่ห้อ Lutron รุ่น DT-2234BL จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 เครื่องวัดความเร็วรอบแบบแสงยี่ห้อ Lutron

3.1.2.6 เครื่องวัดอัตราการไหล

เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวยี่ห้อ Micronics รุ่น PF330 จำนวน 1 เครื่อง ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวยี่ห้อ Micronics

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.2.1 การศึกษางานวิจัยและบทความสำหรับจัดทำบทวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเลือกวิธีเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ (PAT)

3.2.1.1 บทวิเคราะห์สำหรับเลือกวิธีเพิ่มประสิทธิภาพ

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การนำเครื่องสูบน้ำมากลับการทำงานให้เป็นกังหันน้ำส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากลักษณะของใบพัดเครื่องสูบน้ำถูกออกแบบมาให้รับกำลังจากเพลาไม่ได้ออกแบบมารับแรงของน้ำและส่งกำลังไปหมุนเพลา ดังนั้นการไหลของน้ำจึงมีผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของใบพัด เพราะใบพัดรับแรงจากน้ำและส่งกำลังที่ได้ไปสู่เพลาเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า การการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (PAT) ส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับการดัดแปลงลักษณะทางกายภาพของใบพัด ทางโครงการวิจัยจึงได้เลือกวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพที่มาใช้ในการทดสอบทั้งหมด 3 วิธี ได้แก่

(1) การปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tip) ให้โค้งมนโดยตัดลงครึ่งหนึ่งของความหนาของปลายใบพัด ใช้จุดศูนย์กลางของความหนาที่ปลายใบพัดเป็นจุดสัมผัสเส้นโค้ง พบว่าการปรับแต่งปลายใบพัดดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำเพิ่มขึ้น โดยประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นตามขนาดของเครื่องสูบน้ำด้วย เนื่องจากน้ำไหลเข้าใบพัดได้ดีขึ้นและลดการไหลปั่นป่วนภายในใบพัด มีผลมาจากการลดขนาดปลายใบพัด

(2) การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) ในทางทฤษฎีพบว่าน้ำที่ไหลเข้าสู่ใบพัดจะมีการไหลแบบราบเรียบ แต่ในทางปฏิบัติพบว่า น้ำที่ไหลเข้าสู่ใบพัดบริเวณที่อยู่ติดกับใบพัดจะมีการไหลแบบราบเรียบ ส่วนน้ำที่อยู่บริเวณกึ่งกลางระหว่างใบพัดจะมีการไหลแบบปั่นป่วน การเพิ่มใบพัดสำหรับปรับทิศทางการไหลของน้ำระหว่างช่องว่างใบพัด จะเพิ่มพื้นที่สัมผัสของน้ำกับใบพัด ทำให้มีการไหลแบบราบเรียบมากขึ้น ทำให้เครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

(3) การรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยการนำวิธีในข้อ (1) และ ข้อ (2) มารวมกัน พบว่าการไหลของน้ำภายในช่องระหว่างใบพัดมี การไหลที่ราบเรียบมากขึ้น และการปั่นป่วนของน้ำลดลงมาก ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำเพิ่มขึ้น

3.2.2 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด (Impeller tip)

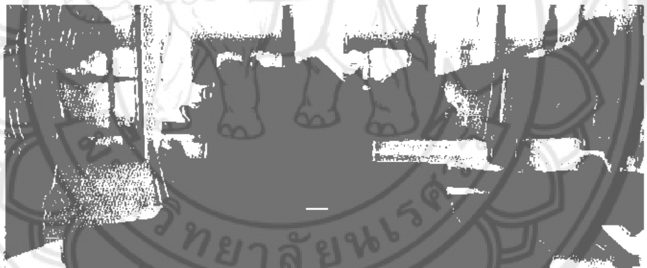
วิธีการดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด มีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 นำใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ Calpeda รุ่น N4 65/200B มาวัดความหนาของปลายใบพัด จากนั้นกำหนดจุดกึ่งกลางของความหนาของปลายใบพัด

3.2.2.2 เจียรปลายใบพัดโดยใช้เครื่องเจียร โดยเริ่มเจียรจากปลายใบพัดจนไปถึงจุดกึ่งกลางของใบพัดที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การเจียรมุมปลายใบพัด

3.2.2.3 จากนั้นแต่งปลายใบพัดให้มีลักษณะโค้งมนดังรูปที่ 3.13 โดยให้รัศมีความโค้งของปลายใบขนาดประมาณ 2.5 mm ในขั้นตอนนี้อาจใช้ตะไบขนาดเล็กมาช่วยในการทำงาน เพราะเครื่องเจียรมีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถเจียรใบพัดในพื้นที่จำกัดได้



รูปที่ 3.13 ใบพัดที่ถูกดัดแปลงปลายใบพัด

3.2.3 การดัดแปลงใบพัดโดยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

3.2.3.1 การวิเคราะห์วัสดุที่ใช้เป็นใบพัดโดยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

ในโครงการวิจัยนี้ได้นำวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้ามาทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วัสดุถูกนำมาพิจารณาในแง่ของความแข็งแรง เพราะเหตุนี้จึงใช้วิธีวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อหาวัสดุที่สามารถทนต่อความดันน้ำที่ไหลเข้าใบพัดได้ ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์วัสดุมีดังนี้

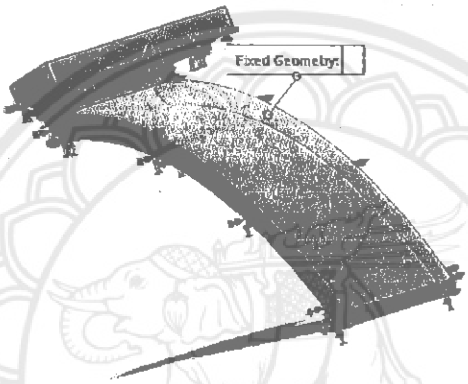
3.2.3.1.1 เขียนแบบใบพัดที่มีลักษณะรูปร่างเดียวกับใบพัดแบบเดิม โดยให้ใบพัดมีความยาว 70 mm ความกว้าง 15 mm ส่วนความหนามี 3 ขนาดคือ 2 , 3 และ 4 mm

14 ก.ย. 2560
19181609
สำนักหอสมุด

3.2.3.1.2 นำแบบใบพัดตามวิธีในข้อ 3.2.3.1.1 มาจำลองหาความแข็งแรงของวัสดุ โดยใช้โปรแกรม Solidwork เพื่อหาวัสดุที่จะใช้ดัดแปลงเป็นใบพัด โดยที่วัสดุนั้นสามารถรับแรงดันที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำในระบบได้และไม่เกิดความเสียหาย ในการทดสอบนี้ใช้วัสดุ 2 ชนิดคือ อลูมิเนียม (1100-H12 Rod (SS) และสแตนเลส (AISI 316 Annealess Steel Bar)

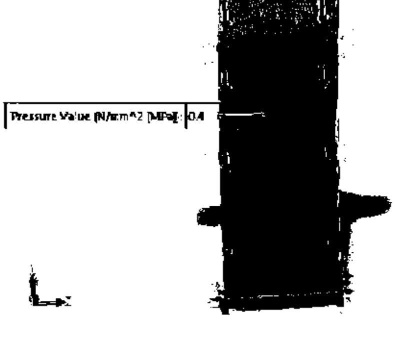
วิธีการจำลองหาความแข็งแรงของวัสดุโดยใช้โปรแกรม Solidwork มีดังนี้

(1) กำหนดจุดที่ชิ้นงานถูกยึดติดแบบถาวรดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะการกำหนดจุดยึดของชิ้นงาน

(2) กำหนดจุดแรงดันน้ำกระทำกับชิ้นงานดังรูปที่ 3.15 และกำหนดขนาดของความดันคงที่เท่ากับ 0.4 MPa ที่ซึ่งได้มาจากการทำนายโดยใช้พลศาสตร์ของไหลที่ถูกนำเสนอโดยฐาพิมล และคณะ [2] โดยเป็นความดันสูงสุดที่กระทำต่อใบพัดดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.15 ลักษณะการกำหนดจุดแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน

รูปที่ 3.16 ความดันที่กระทำกับใบพัด

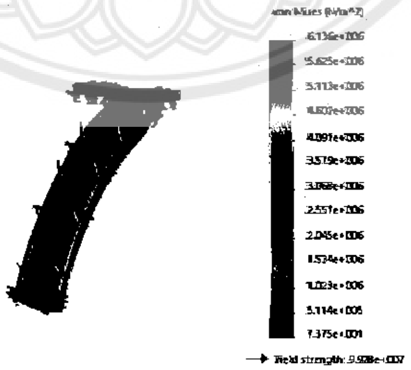
(3) เริ่มการทำงานของโปรแกรม รอจนได้ผลการทำงานของโปรแกรมผล

(4) นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาวัสดุ

3.2.3.1.3 ผลการวิเคราะห์ของความแข็งแรงของเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

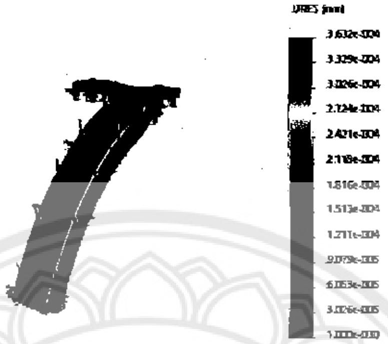
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ค่าความเค้น จากการวิเคราะห์ได้ค่าความเค้นของวัสดุ โดยวัสดุสามารรับแรงได้มากที่สุดที่ 6.136×10^{6} N/m^{2} โดยที่ค่าความเค้นวิกฤติที่ทำให้เกิดการคราก (Yield strength) ของวัสดุอยู่ที่ 9.928×10^{7} N/m^{2} ดังรูป 3.17 ในการทดสอบทำให้ทราบว่าสามารถใช้วัสดุชนิดนี้ได้เนื่องจากค่าความเค้นของวัสดุไม่เกินค่าความเค้นวิกฤติที่ทำให้เกิดการคราก



รูปที่ 3.17 ความเค้นของวัสดุในการทำไฟไนต์เอลิเมนต์

ค่าความยืดตัวของวัสดุจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าค่าความยืดตัวของวัสดุที่มากที่สุดสามารถยืดได้ 3.632×10^{-4} mm ดังรูป 3.18 ซึ่งเป็นค่าที่น้อยมากสำหรับการยืดตัวของวัสดุทำให้สามารถใช้วัสดุชนิดนี้ได้



รูปที่ 3.18 ความยืดของวัสดุในการทำไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถสรุปได้ว่าวัสดุที่จะนำมาทำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล ในการดัดแปลงใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล และการดัดแปลงแบบรวมการเจียรมุมปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลคือ Aluminium Alloys 1100-H12 Rod (ss) หนา 2 mm

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลวัสดุทดสอบความแข็งแรงของเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

ข้อมูลวัสดุทดสอบความแข็งแรง		หน่วย
วัสดุ Aluminium Alloys 1100-H12 Rod (ss) หนา	2	mm
ความดัน	0.4	MPa

3.2.3.2 การทำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

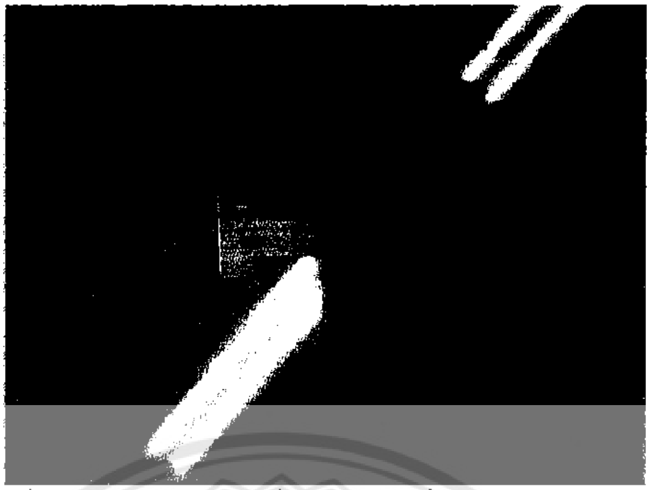
จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุสามารถทราบขนาดของใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล ที่สามารถติดตั้งกับใบพัดได้ คือใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลทำจากอลูมิเนียมความหนา 2 mm

ขั้นตอนการสร้างมีดังนี้

3.2.3.2.1 เตรียมแผ่นอลูมิเนียมกว้าง 25 mm ยาว 80 mm หนา 2 mm

3.2.3.2.2 วาดอลูมิเนียมให้เป็นรูปตัวที โดยส่วนหัวกว้าง 25 mm ยาว 10 mm ส่วนปลายกว้าง 15 mm ยาว 70 mm

3.2.3.2.3 ตัดแผ่นอลูมิเนียมตามที่วาด ดังรูปที่ 3.19

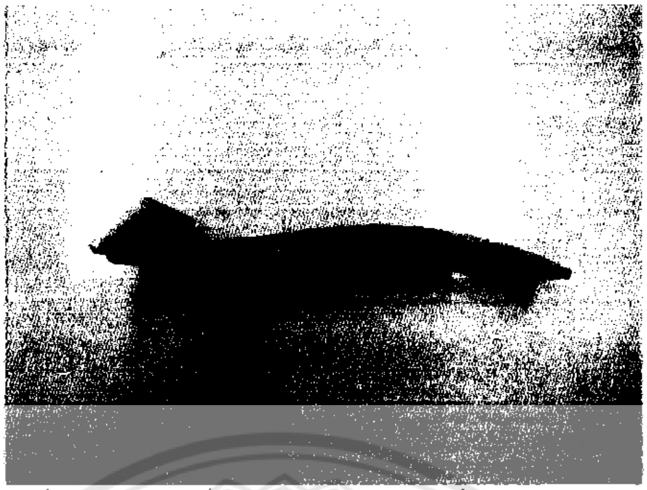


รูปที่ 3.19 แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ทำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

3.2.3.2.4 ตัดแผ่นอลูมิเนียมส่วนหัว โดยมีมุมประมาณ 40 องศา **ดังรูปที่** 3.20

รูปที่ 3.20 แผ่นอลูมิเนียมที่ถูกตัดส่วนบน

3.2.3.2.5 จากนั้นตัดส่วนปลายของแผ่นอลูมิเนียม โดยวัดจากมุมที่ถูกตัดออกมาประมาณ 40 mm ทำการตัดส่วนปลายของแผ่นอลูมิเนียม โดยใช้รัศมีส่วนโค้งประมาน 50 mm ดังรูปที่ 3.21



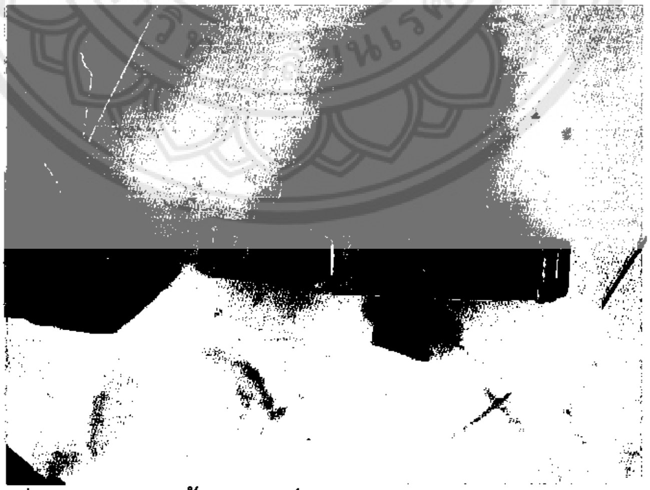
รูปที่ 3.21 ใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ทำจากอลูมิเนียม

3.2.3.3 การดัดแปลงใบพัดโดยการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล (Splitter blade) วิธีการดัดแปลงใบพัดโดยการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล มีขั้นตอนดังนี้

3.2.3.3.1 นำใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ Calpeda รุ่น N4 65/200B วัดความยาวของช่องระหว่างใบพัด กำหนดจุดกึ่งกลางช่องระหว่างใบพัด

3.2.3.3.2 ผสมอีพ็อกซี่ โดยใช้สาร A ผสมกับสาร B ในอัตราส่วนที่เท่ากัน

3.2.3.3.3 นำใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลติดตั้งเข้าไปในใบพัด โดยใช้อีพ็อกซี่เป็นตัวยึดระหว่างใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลกับใบพัด ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 การติดตั้งใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้ากับใบพัด

3.2.4 การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน

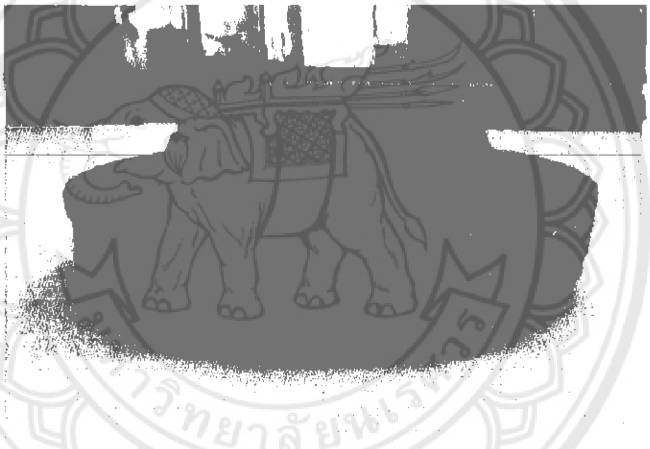
การดัดแปลงใบพัดลักษณะที่ 3 ของการทดสอบในครั้งนี้คือ การดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน

ขั้นตอนการสร้างมีดังนี้

3.2.4.1 นำใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ Calpeda รุ่น N4 65/200B มาดัดแปลงตามข้อที่ 3.2.2

3.2.4.2 นำใบพัดที่ดัดแปลงเรียบร้อยแล้วตามข้อที่ 3.2.4.1 มาติดตั้งใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลตามข้อที่ 3.2.3

จะได้ใบพัดที่ถูกดัดแปลงการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.23



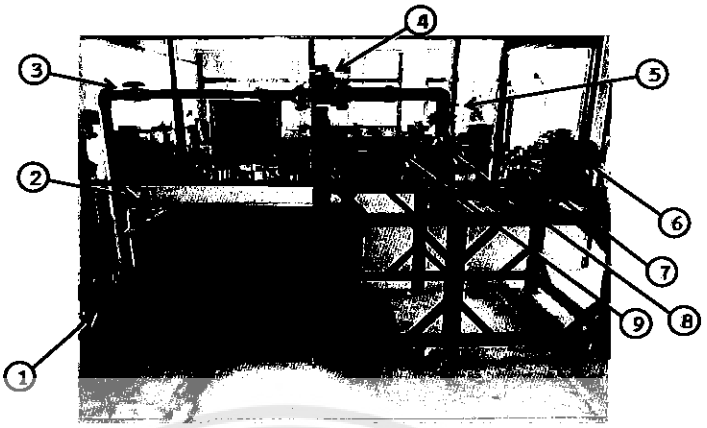
รูปที่ 3.23 ใบพัดที่ถูกดัดแปลงการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน

3.2.5 วิธีดำเนินการทดสอบ

งานวิจัยนี้ต้องการหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำทำงานเป็นกังหันน้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงต้องมีการทดสอบสมรรถนะด้วยการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของใบพัดของเครื่องสูบน้ำโดยวิธีการติดตั้งและทดสอบดังนี้

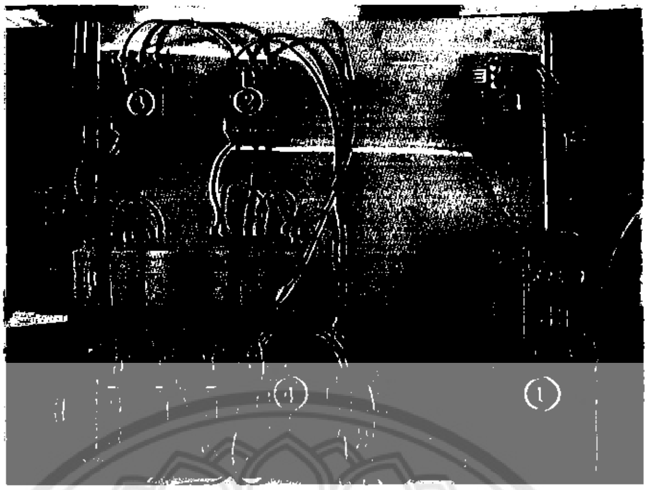
3.2.5.1 วิธีการติดตั้งชุดทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ

ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินการทดสอบตามรูปที่ 3.24 ติดตั้งระบบทางไฟฟ้าตามรูปที่ 3.25 ติดตั้งโหลดทางไฟฟ้าตามรูปที่ 3.26 และดำเนินการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ



1	Supply pump
2	Valve
3	valve
4	Flow meter
5	Pressure gauge
6	Generator
7	Torque sensor
8	Pump as Turbine
9	Pressure gauge

รูปที่ 3.24 ชุดทดสอบสำหรับทดสอบเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำ



1 Inverter

2 สวิตช์เปิด-ปิด ตัวเก็บประจุ (Capacitor) 20 µF

3 สวิตช์เปิด-ปิด ตัวเก็บประจุ (Capacitor) 16 µF

4 สวิตช์เปิด-ปิด ตัวเก็บประจุ (Capacitor) 40 µF

รูปที่ 3.25 ระบบในการควบคุมภาระโหลดและควบคุมการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้ในการสูบน้ำ

รูปที่ 3.26 การต่อโหลดทางไฟฟ้าเป็นการต่อแบบวายมีตัวต้านทานขนาด 750 โอห์ม

3.2.5.2 วิธีการทดสอบสมรรถนะเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.5.2.1 นำใบพัดแบบปกติติดตั้งในชุดทดสอบ

3.2.5.2.2 เริ่มทำการทดสอบ โดยการกดปุ่ม RUN บน Inverter

3.2.5.2.3 ปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ส่งให้มอเตอร์ โดยปรับที่ Inverter เพื่อให้ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ มีความเร็วรอบประมาณ 1500 รอบต่อนาที

3.2.5.2.4 ทำการบันทึกค่าความดันทางเข้า ความดันทางออก ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ ค่าแรงบิด อัตราการไหล กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า

3.2.5.2.5 ทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3.2.5.2.2 ถึง 3.2.5.2.4 อีกครั้ง โดยการเพิ่มตัวเก็บประจุขึ้นเรื่อยๆ จากไม่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) จนถึงตัวเก็บประจุ (Capacitor) ขนาด 60 μF โดยในการทดสอบนี้ดำเนินการทดสอบที่ตัวเก็บประจุทั้งหมด 6 ค่า คือ ไม่มีตัวเก็บประจุ ตัวเก็บประจุขนาด 20, 36, 40, 56, และ 60 μF ตามลำดับ

3.2.5.2.6 นำใบพัดที่ถูกดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด ใบพัดที่ถูกดัดแปลงการเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหล และใบพัดที่ถูกดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน ติดตั้งในชุดทดสอบและทำการทดสอบตามขั้นตอนที่ 3.2.5.2.1 - 3.2.5.2.5

3.2.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

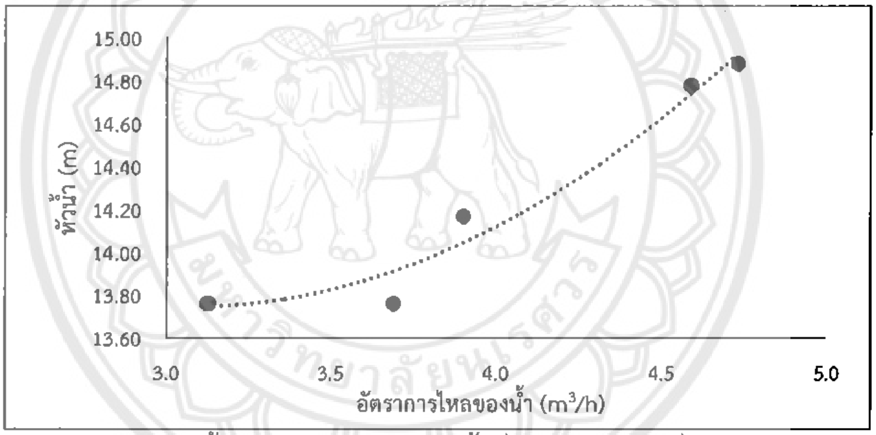
นำผลการทดสอบของใบพัดแบบปกติ ใบพัดที่ถูกดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด ใบพัดที่ถูกดัดแปลงการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล และใบพัดที่ถูกดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกันมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ เพื่อหาวิธีการปรับแต่งลักษณะทางกายภาพวิธีใดที่ได้ประสิทธิดีที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้เป็นการนำเสนอผลของการปรับปรุงประสิทธิภาพของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ยี่ห้อ Calpeda รุ่น N4 65/200 B โดยการดัดแปลงใบพัดของเครื่องสูบน้ำและทำการทดสอบใบพัดที่ดัดแปลงในรูปแบบต่างๆเพื่อหาค่าสมรรถนะของแต่ละใบพัด ซึ่งในการดัดแปลงใบพัดนั้นได้ทำการดัดแปลงใบพัดโดยการปรับแต่งปลายใบพัด การเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลและการรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยกำหนดค่าความเร็วรอบของกันหันที่ 1500 rpm

4.1 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด

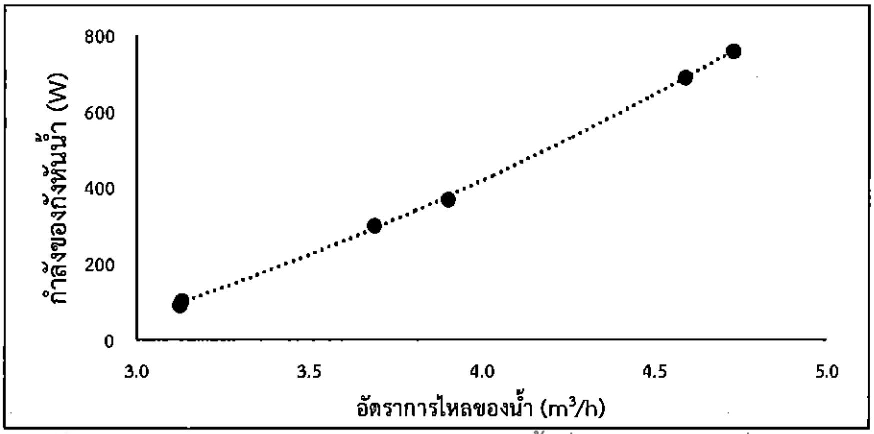
จากการทดสอบใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด ผลค่าหัวน้ำจากการทดสอบสามารถสร้างกราฟขึ้นมาเพื่อทราบค่าหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟการทดสอบใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัดได้ค่าหัวน้ำต่ออัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน ทราบว่าค่าหัวน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ โดยมีค่าหัวน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 13.80 – 15.00 m ที่ช่วงอัตราการไหล 3.24 – 4.67 m^3/h

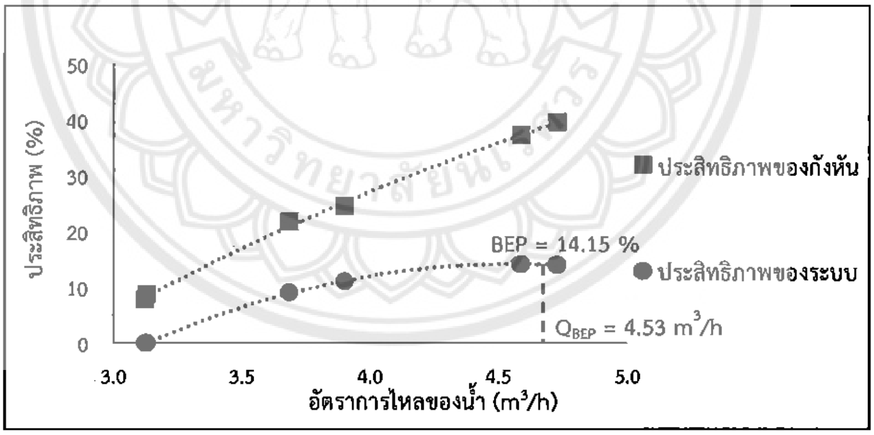
จากการทดสอบใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด ได้ค่ากำลังของกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟพบว่าค่ากำลังของกังหันน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันโดยมีค่ากำลังของกังหันอยู่ที่ 92 – 760 W ที่ช่วงอัตราการไหลของน้ำ 3.24 – 4.67 m^3/h

นอกจากนี้ผลจากการทดสอบสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันที่อัตราการไหลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.3



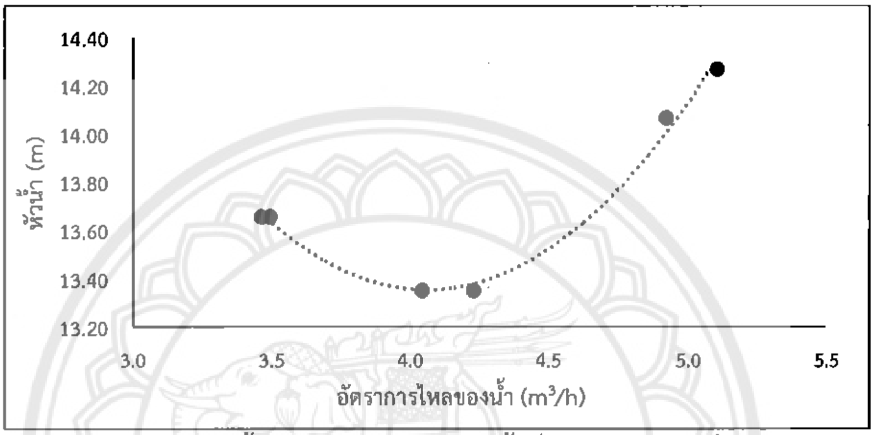
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

ที่ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของกังหันมีค่าสูงขึ้นจาก 7.8 % ถึง 39.6 % ตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 3.24 – 4.67 m^3/h และจากเส้นแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพของระบบพบว่ามีค่าสูงสุดอยู่ที่ 14.15 % ที่อัตราการไหล 4.53 m^3/h

4.2 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดที่ถูกปรับแต่งในรูปแบบต่างๆ

4.2.1 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัด

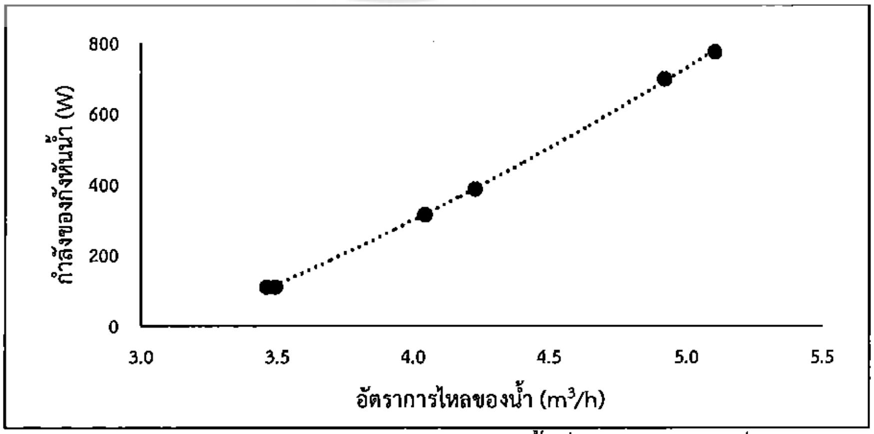
จากการทดสอบใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัด ผลค่าหัวน้ำจากการทดสอบสามารถสร้างกราฟขึ้นมาเพื่อทราบค่าหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟการทดสอบใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัดได้ค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน พบว่าค่าหัวน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ และมีค่าที่สุดที่ 13.40 m ที่ช่วง 4.0 – 4.5 m^3/h โดยค่าหัวน้ำมีค่าในช่วง 13.40 – 14.40 m ที่ช่วงอัตราการไหล 3.60 – 5.04 m^3/h

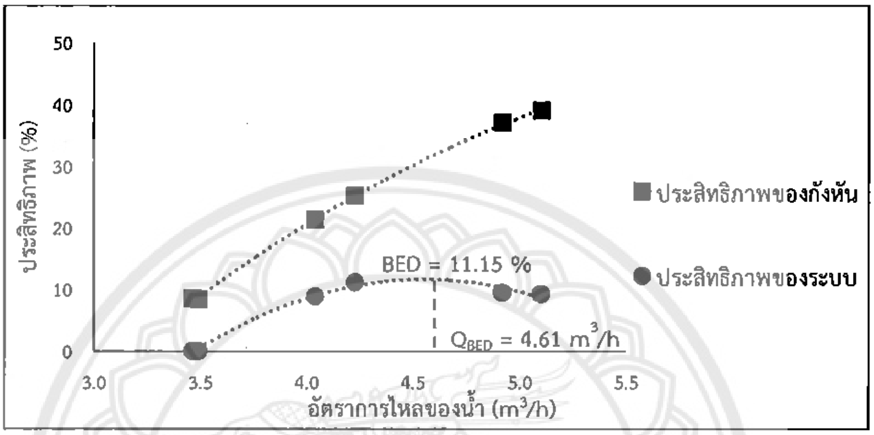
จากการทดสอบใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัด ได้ค่ากำลังของกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันต่ออัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟพบว่าค่ากำลังของกังหันน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันโดยมีค่ากำลังอยู่ในช่วง 110 – 780 W ที่ช่วงอัตราการของน้ำ 3.60 – 5.04 m^3/h

นอกจากนี้ผลจากการทดสอบสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันที่อัตราการไหลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

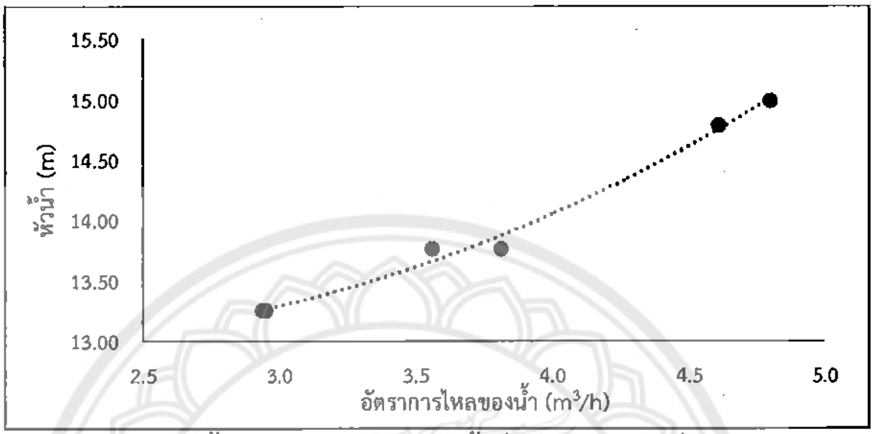


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

ที่ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของกังหันมีค่าสูงขึ้นจากค่า 8.6 % ถึง 39 % ตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 3.60 – 5.04 m^3/h และจากเส้นแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพของระบบพบว่าค่าสูงสุดอยู่ที่ 11.15 % ที่อัตราการไหล 4.61 m^3/h

4.2.2 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

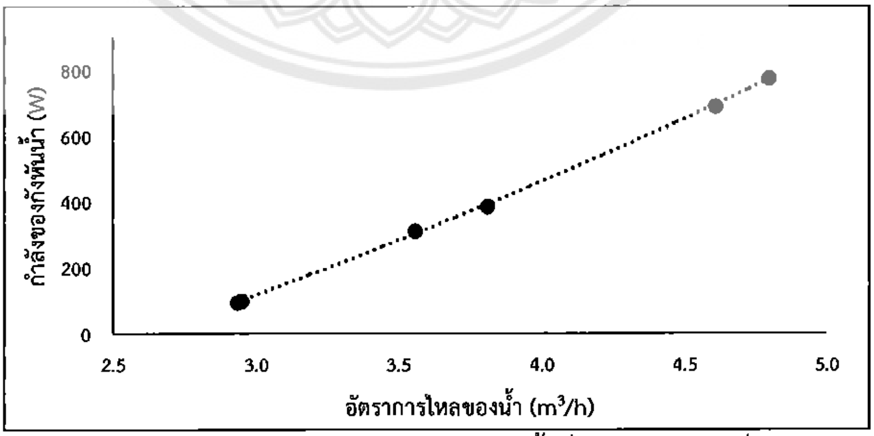
จากการทดสอบใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล ผลค่าหัวน้ำจากการทดสอบสามารถสร้างกราฟขึ้นมาเพื่อทราบค่าหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟการทดสอบใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลได้ค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน พบว่าค่าหัวน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ โดยค่าหัวน้ำมีค่าในช่วง 13.00 – 15.00 m ที่ช่วงอัตราการไหล 2.88 – 4.68 m^3/h

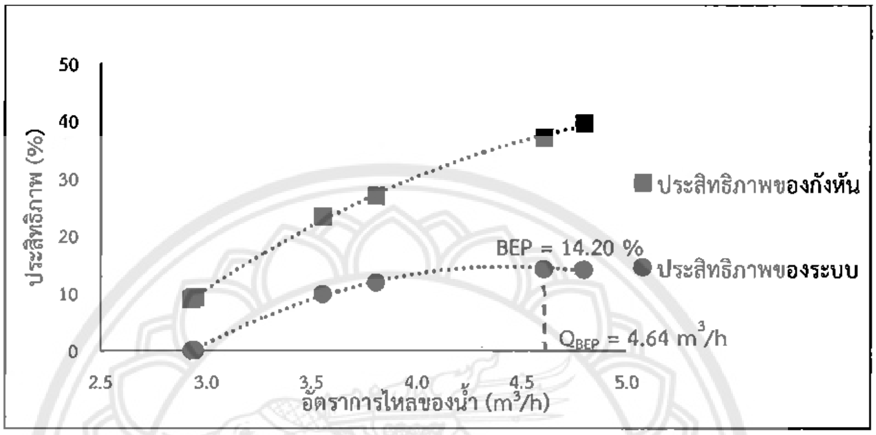
จากการทดสอบใบพัดแบบเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลใบพัด ได้ค่ากำลังของกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟพบว่าค่ากำลังของกังหันน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันโดยมีค่ากำลังอยู่ในช่วง 99 – 775 W ที่ช่วงอัตราการของน้ำ 2.88 – 4.68 m^3/h

นอกจากนี้ผลจากการทดสอบสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันที่อัตราการไหลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.9

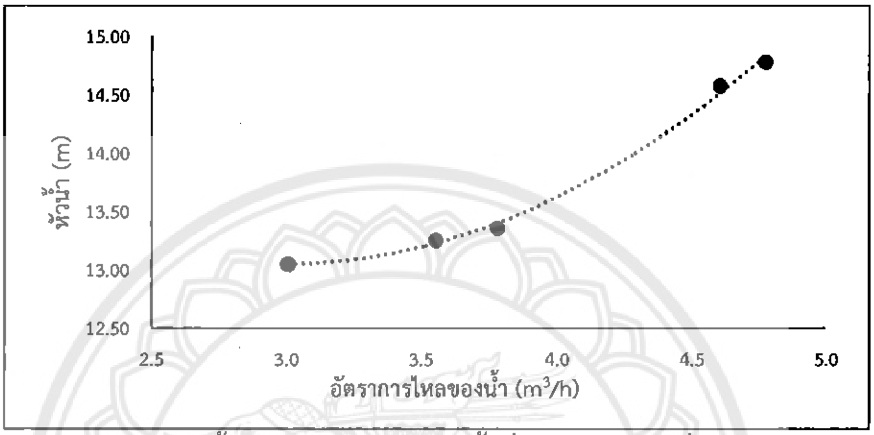


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

ที่ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของกังหันมีค่าสูงขึ้นจากค่า 9.3 % ถึง 39.6 % ตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 2.88 – 4.68 m^3/h และจากเส้นแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพของระบบพบว่ามีค่าสูงสุดอยู่ที่ 14.20 % ที่อัตราการไหล 4.64 m^3/h

4.2.3 ผลการทดสอบของเครื่องสูบน้ำที่ทำงานเป็นกังหันน้ำโดยใช้ใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

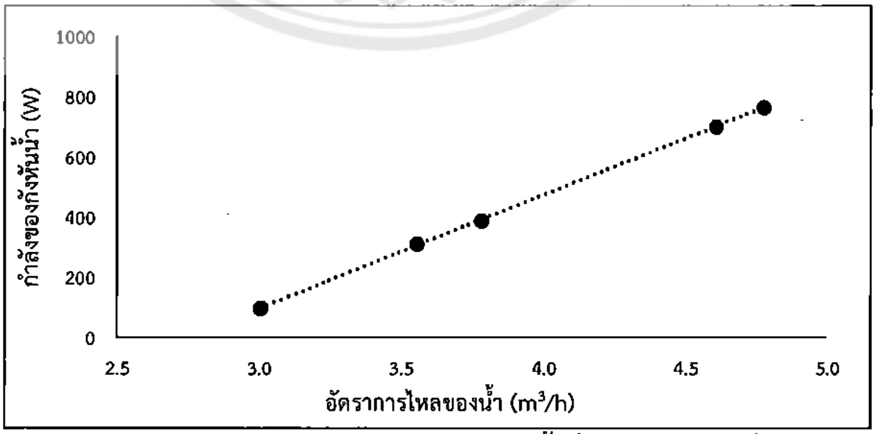
จากการทดสอบใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดปรับเพื่อทิศทางการไหล ผลค่าหัวน้ำจากการทดสอบสามารถสร้างกราฟขึ้นมาเพื่อทราบค่าหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟการทดสอบใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลได้ค่าหัวน้ำกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน พบว่าค่าหัวน้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำ โดยค่าหัวน้ำมีค่าในช่วง 13.00 – 15.00 m ที่ช่วงอัตราการไหล 2.88 – 4.68 m^3/h

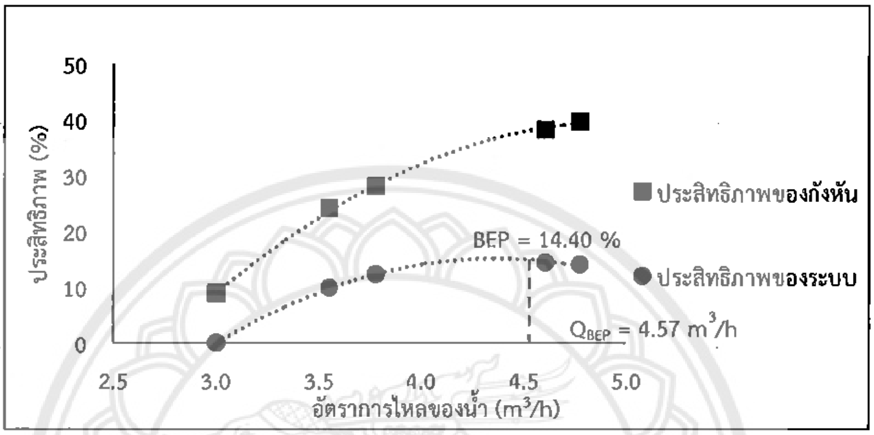
จากการทดสอบใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลใบพัด ได้ค่ากำลังของกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงค่ากำลังกังหันกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากกราฟพบว่าค่ากำลังของกังหันน้ำได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันโดยมีค่ากำลังอยู่ในช่วง 95 – 765 W ที่ช่วงอัตราการของน้ำ 2.88 – 4.68 m^3/h

นอกจากนี้ผลจากการทดสอบสามารถแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันที่อัตราการไหลต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.12



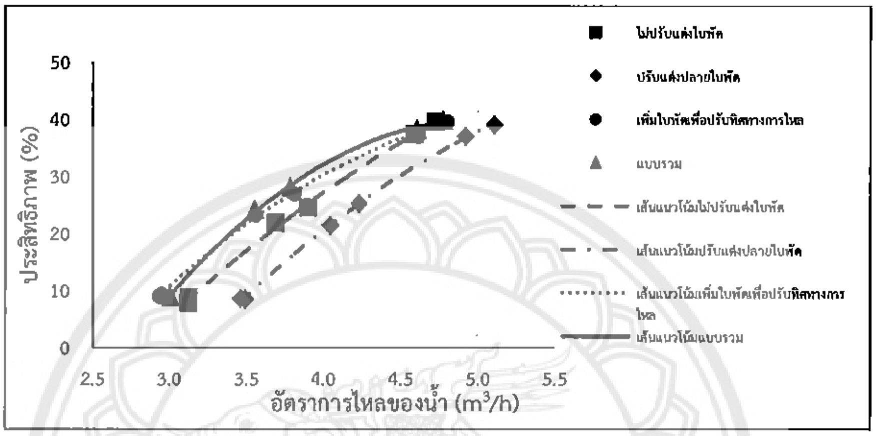
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

ที่ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพของกังหันมีค่าสูงขึ้นจากค่า 8.9 % ถึง 39.7 % ตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ช่วงอัตราการไหลระหว่าง 2.88 – 4.68 m^3/h และจากเส้นแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพของระบบพบว่ามีค่าสูงสุดอยู่ที่ 14.40 % ที่อัตราการไหล 4.57 m^3/h

พบว่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบของใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลสูงกว่าใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด เนื่องจากใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลนี้ทำให้การไหลราบเรียบขึ้นจึงส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบมีค่าสูงกว่าใบพัดแบบไม่ถูกปรับแต่งใบพัด

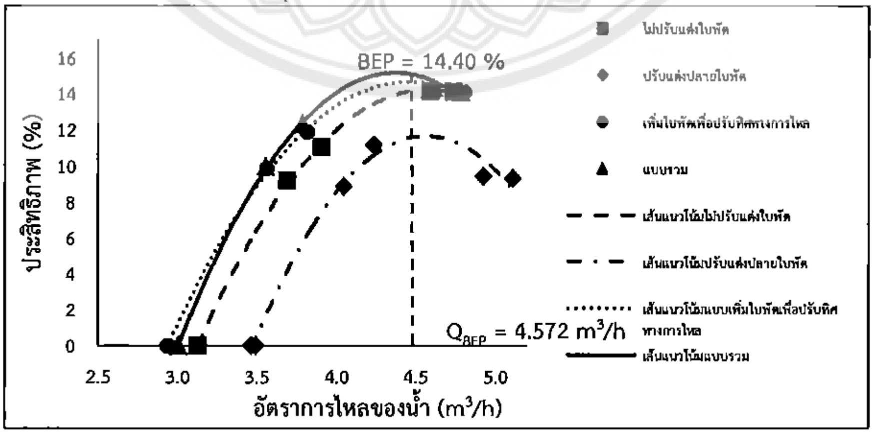
4.3 การเปรียบประสิทธิภาพของใบพัดแบบไม่ได้ดัดแปลงใบพัดกับใบพัดที่ถูกดัดแปลงในลักษณะต่างๆ

จากการทดสอบใบพัดในรูปแบบต่างๆ ด้วยชุดทดสอบในห้องปฏิบัติการ สามารถนำค่าสมรรถนะจากการทดสอบแต่ละใบพัดมาเปรียบเทียบกันโดยการเปรียบเทียบผลของประสิทธิภาพของกังหัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และเปรียบเทียบประสิทธิของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันของแต่ละใบพัดกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 4.13 เป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกังหันของใบพัดแบบต่างๆ ของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำพบว่าในช่วงอัตราการไหลของน้ำที่ 2.70 – 4.50 m^3/h จะสังเกตเห็นว่าประสิทธิภาพทางกลของใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลให้แนวโน้มของค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดกว่าใบพัดรูปแบบอื่นๆ



รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบของแต่ละใบพัดกับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันที่ความเร็วรอบกังหัน 1500 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 4.14 เป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบของแต่ละใบพัด ในช่วงอัตราการไหลของน้ำที่ 2.88 – 4.68 m^3/h จะเห็นว่าประสิทธิภาพของระบบของใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าใบพัดรูปแบบอื่นๆ โดยประสิทธิภาพของระบบที่สูงสุดของใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดปรับเพื่อทิศทางการไหลอยู่ที่ 14.4 % ที่อัตราการไหล 4.57 m^3/h อย่างไรก็ตามค่าของประสิทธิภาพของสมรรถนะสูงสุดที่พบจากเส้นแนวโน้มเป็นค่าที่ได้จากการพิจารณารวมของประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนั้นลักษณะการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงควรถูกพิจารณาคำนึงถึง การได้มาซึ่งผลจากการทดสอบของค่าประสิทธิภาพกังหันที่อัตราการไหลสูงขึ้นจนกระทั่งพบจุดสูงสุด จะเป็นการแสดงการเปรียบเทียบค่าสมรรถนะของการดัดแปลงใบพัดในลักษณะต่างๆ ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

จากรูปที่ 14.13 และ รูปที่ 14.14 เส้นแนวโน้มประสิทธิภาพใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัดมีการเลื่อนค่าอัตราการไหลไปในทิศทางที่มีค่ามากกว่าใบพัดแบบไม่ปรับแต่งใบพัดที่ประสิทธิภาพของกังหันที่เท่ากัน เนื่องจากใบพัดแบบปรับแต่งปลายใบพัดทำการเจียรปลายใบให้มีขนาดที่เล็กลงทำให้มีพื้นที่รับน้ำที่ทางเข้ามากขึ้น ทำให้น้ำไหลผ่านใบพัดได้ราบเรียบมากขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของประสิทธิภาพกังหันสูงกว่าใบพัดแบบไม่ปรับแต่งใบพัด สำหรับใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเนื่องจากมีการเพิ่มใบพัดทำให้พื้นที่รับน้ำที่ทางเข้าลดลงจึงทำให้เส้นแนวโน้มมีการเลื่อนอัตราการไหลไปในตำแหน่งที่ต่ำกว่าใบพัดแบบไม่ปรับแต่งใบพัดที่ประสิทธิภาพของกังหันที่เท่ากัน และเนื่องจากการเพิ่มใบพัดเป็นการลดความปั่นป่วนภายในช่องน้ำทำให้การไหลภายในใบพัดมีความราบเรียบมากขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของประสิทธิภาพกังหันสูงกว่าใบพัดแบบไม่ปรับแต่งใบพัด และสำหรับใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลพบว่ามีค่าการเลื่อนอัตราการไหลคล้ายใบพัดแบบเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลที่ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ให้ค่าประสิทธิภาพของกังหันสูงสุดกว่าใบพัดอื่นๆเนื่องจากผลกระทบของการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดทำให้การไหลภายในใบพัดมีความราบเรียบและมีมุมน้ำเข้าที่เหมาะสมกับการไหลของกังหันน้ำ

ดังนั้นจึงสามรถสรุปได้ว่า วิธีการปรับแต่งใบพัดแบบรวมการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกันเหมาะแก่การนำมาใช้ดัดแปลงเพื่อเพิ่มค่าประสิทธิภาพของกังหันและประสิทธิภาพของระบบให้สูงขึ้น แต่ในการปรับแต่งใบพัดด้วยวิธีนี้อาจมีค่าใช้จ่ายที่จากขั้นตอนในการผลิตใบพัด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำที่ถูกดัดแปลงสำหรับวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมรรถนะ

จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่ากังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ในลักษณะต่างๆ จะพบว่าประสิทธิภาพของกังหันมีค่าสูงขึ้นตามอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านกังหันและประสิทธิภาพของกังหันจะสูงกว่าประสิทธิภาพของระบบที่อัตราการไหลที่เท่ากัน โดยให้ความเร็วรอบของกังหันที่ 1500 rpm ใบพัดแบบไม่ได้ดัดแปลงใบพัดมีประสิทธิภาพของระบบสูงสุดอยู่ที่ 14.15 % ที่อัตราการไหล 4.53 m^3/h

เมื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการเจียรมุมปลายใบพัดมีประสิทธิภาพของระบบสูงสุดอยู่ที่ 11.15 % ที่อัตราการไหล 4.61 m^3/h ใบพัดแบบเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลมีประสิทธิภาพของระบบที่สูงสุดอยู่ที่ 14.2 % ที่อัตราการไหล 4.64 m^3/h ใบพัดแบบรวมเจียรมุมปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลมีประสิทธิภาพของระบบที่สูงสุดอยู่ที่ 14.4 % ที่อัตราการไหล 4.57 m^3/h

จะเห็นได้ว่าเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่ทำงานเป็นกังหันน้ำแบบรวมเจียรมุมปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลมีประสิทธิภาพของระบบดีที่สุด เนื่องจากการเจียรมุมปลายใบพัดทำให้ลดการหมุนวนภายในช่องน้ำ และน้ำสามารถไหลเข้าไปในตัวใบพัดได้มากขึ้น ส่วนการเพิ่มใบพัดปรับทิศทางการไหลทำให้ทิศทางการไหลของน้ำระหว่างใบพัดมีความราบเรียบมากขึ้น ซึ่งทั้ง 2 อย่างนี้ทำให้สมรรถนะของกังหันน้ำที่ดัดแปลงจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเครื่องสูบน้ำที่ใช้สร้างอัตราการไหลของน้ำในชุดทดสอบมีขนาดกำลังไม่เพียงพอ จึงไม่สามารถทำการทดสอบจนพบค่าประสิทธิภาพของกังหันที่สูงที่สุดได้ จึงควรพัฒนาปรับปรุงขุดทอสอบเพื่อให้สามารถทำการทดสอบได้ในช่วงอัตราการไหลที่กว้างมากขึ้น

ภาคผนวก

ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ โดยใช้โหลดขนาด 750 Ω ตัวเก็บประจุขนาด 20, 36, 40, 56 และ 60 μF และมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสความเร็วรอบ 1500 rpm

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ความถี่	คือ ความถี่ที่ป้อนให้เครื่องสูบน้ำตัวขับ	(Hz)
ตัวเก็บประจุ	คือ ตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่ในระบบ	(μF)
ความเร็วรอบ	คือ ความเร็วรอบเพลาของกังหันน้ำ	(rmp)
อัตราการไหล	คือ อัตราการไหลของน้ำในระบบ	(L/m)
ความดันขาเข้า	คือ ความดันก่อนเข้ากังหันน้ำ	(Bar)
ความดันขาออก	คือ ความดันขาออกกังหันน้ำ	(Bar)
ความดันรวม	คือ ความดันขาเข้าลบด้วยความดันขาออก	(Bar)
หัวน้ำ	คือ หัวน้ำของกังหันน้ำ	(m)
แรงบิด	คือ คำนวณมาจากสมการ	(Nm)
แรงดันไฟฟ้า	คือ แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้	(V)
กระแสไฟฟ้า	คือ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้	(A)
กำลังน้ำ	คือ กำลังน้ำที่ป้อนเข้ากังหัน	(W)
กำลังเพลา	คือ กำลังเพลาที่ผลิตได้	(W)
กำลังไฟฟ้า	คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้	(W)
ประสิทธิภาพ	คือ ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานเป็นกังหันน้ำ	

ภาคผนวก ก. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดแบบปกติ

จากการทดสอบโดยใช้ใบพัดแบบปกติในชุดทดสอบสามารถทราบค่าของข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ก.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยไม่ต่อโหลด

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
41.15	1503	518.800	1.3	-0.05	0.584	0	0	0
	1502	522.000			0.603	0	0	0
	1503	521.100			0.556	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	1503	520.633			0.581	0	0	0

ตาราง ก.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
41.15	1502	520.600	1.3	-0.05	0.682	4.880	0.004	0.036
	1501	522.800			0.658	4.920	0.004	0.035
	1503	521.600			0.623	4.910	0.004	0.036
ค่าเฉลี่ย	1502	521.667			0.654	4.903	0.004	0.036

ตาราง ก.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
43.87	1501	612.200	1.3	-0.05	1.889	315.900	0.233	127.597
	1500	613.400			1.943	311.700	0.234	126.494
	1499	618.400			1.912	312.400	0.232	125.696
ค่าเฉลี่ย	1500	614.667			1.915	313.333	0.233	126.596

ตาราง ก.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
45.00	1501	651.300	1.34	-0.05	2.339	357.200	0.267	165.128
	1502	650.700			2.363	358.400	0.268	166.490
	1501	648.800			2.351	359.300	0.268	166.472
ค่าเฉลี่ย	1501	650.267			2.351	358.300	0.268	166.030

ตาราง ก.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
49.30	1503	766.100	1.4	-0.05	4.353	453.000	0.334	261.670
	1504	761.600			4.392	454.000	0.332	261.304
	1501	766.800			4.404	453.000	0.333	261.514
ค่าเฉลี่ย	1503	764.833			4.383	453.333	0.333	261.497

ตาราง ก.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
50.20	1502	784.900	1.41	-0.05	4.788	461.000	0.340	271.082
	1500	788.900			4.862	460.000	0.339	270.016
	1500	790.800			4.839	461.000	0.340	271.082
ค่าเฉลี่ย	1501	788.200			4.830	460.667	0.339	270.727

ตาราง ก.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดแบบปกติ

ความถี่	ตัวเก็บประจุ	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันรวม	หัวน้ำ	แรงบิด	กำลังเพลา	กำลังน้ำ	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพกังหันน้ำ
41.15	ไม่มี	1503	520.633	1.35	13.761	0.581	91.454	1171.425	0.000	0.078
41.15	20	1502	521.667	1.35	13.761	0.654	102.917	1173.750	0.036	0.088
43.87	36	1500	614.667	1.35	13.761	1.915	300.750	1383.000	126.596	0.217
45.00	40	1501	650.267	1.39	14.169	2.351	369.599	1506.451	166.030	0.245
49.30	56	1503	764.833	1.45	14.781	4.383	689.708	1848.347	261.497	0.373
50.20	60	1501	788.200	1.46	14.883	4.830	758.983	1917.953	270.727	0.396

ภาคผนวก ข. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ

จากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกปรับแต่งปลายใบในชุดทดสอบสามารถทราบค่าของข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ข.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยไม่ต่อโหลด

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
42.30	1502	578.500	1.29	-0.05	0.705	0.661	0	0
	1503	576.700			0.678	0.662	0	0
	1499	576.000			0.721	0.66	0	0
ค่าเฉลี่ย	1501	577.067			0.701	0.661	0	0

ตาราง ข.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
42.30	1501	582.300	1.29	-0.05	0.690	0.685	0.003	0.003
	1500	581.000			0.717	0.686	0.003	0.003
	1499	582.200			0.678	0.687	0.003	0.003
ค่าเฉลี่ย	1500	581.833			0.695	0.686	0.003	0.003

ตาราง ข.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
45.00	1503	673.500	1.3	-0.05	1.979	314.200	0.238	129.522
	1502	672.600			2.002	312.800	0.239	129.649
	1500	674.300			1.998	313.000	0.240	130.112
ค่าเฉลี่ย	1502	673.467			1.993	313.333	0.239	129.762

ตาราง ข.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
46.00	1504	703.300	1.31	-0.05	2.453	360.100	0.273	170.336
	1503	704.200			2.500	361.600	0.274	171.358
	1502	705.900			2.429	363.300	0.274	172.604
ค่าเฉลี่ย	1503	704.467			2.461	361.667	0.274	171.432

ตาราง ข.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
50.65	1503	818.000	1.33	-0.05	4.412	438.000	0.333	252.551
	1501	819.800			4.447	440.000	0.334	254.390
	1502	822.200			4.455	439.000	0.334	253.964
ค่าเฉลี่ย	1502	820.000			4.438	439.000	0.334	253.634

ตาราง ข.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
51.70	1504	848.200	1.35	-0.05	4.905	449.000	0.339	264.010
	1502	851.800			4.925	450.000	0.341	265.393
	1499	852.600			4.945	448.000	0.338	262.041
ค่าเฉลี่ย	1502	850.867			4.925	449.000	0.339	263.813

ตาราง ข.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบ

ความถี่	ตัวเก็บประจุ	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันรวม	หัวน้ำ	แรงบิด	กำลังเพลา	กำลังน้ำ	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพกังหันน้ำ
42.30	ไม่มี	1501	577.067	1.34	13.660	0.701	110.264	1288.782	0.000	0.086
42.30	20	1500	581.833	1.34	13.660	0.695	109.140	1299.428	0.003	0.084
45.00	36	1502	673.467	1.35	13.761	1.993	313.407	1515.300	129.762	0.207
46.00	40	1503	704.467	1.36	13.863	2.461	387.276	1596.791	171.432	0.243
50.65	56	1502	820.000	1.38	14.067	4.438	698.030	1886.000	253.634	0.370
51.70	60	1502	850.867	1.40	14.271	4.925	774.481	1985.356	263.813	0.390

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

จากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลในชุดทดสอบสามารถทราบค่าของข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ค.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลโดยไม่ต่อโหลด

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
39.70	1501	493.100	1.25	-0.05	0.619	0	0	0
	1505	490.100			0.662	0	0	0
	1499	489.800			0.607	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	1502	491.000			0.630	0	0	0

ตาราง ค.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลโดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
39.70	1500	490.600	1.25	-0.05	0.564	2.125	0.002	0.009
	1504	487.100			0.643	2.118	0.003	0.010
	1500	488.600			0.607	2.120	0.002	0.009
ค่าเฉลี่ย	1501	488.767			0.605	2.121	0.002	0.009

ตาราง ค.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลโดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
42.80	1501	593.200	1.3	-0.05	1.943	316.400	0.240	131.525
	1502	590.900			1.979	314.900	0.241	131.665
	1505	593.900			2.002	314.300	0.241	131.088
ค่าเฉลี่ย	1503	592.667			1.975	315.200	0.241	131.427

ตาราง ค.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
44.10	1501	634.800	1.3	-0.05	2.468	355.500	0.278	170.869
	1499	635.500			2.425	356.300	0.274	168.847
	1502	633.500			2.445	355.800	0.274	169.103
ค่าเฉลี่ย	1501	634.600			2.446	355.867	0.275	169.607

ตาราง ค.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
49.50	1503	769.500	1.4	-0.05	4.357	446.000	0.345	266.395
	1500	766.300			4.392	447.000	0.340	263.237
	1502	767.000			4.384	445.000	0.339	261.211
ค่าเฉลี่ย	1502	767.600			4.378	446.000	0.341	263.614

ตาราง ค.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
50.65	1502	799.900	1.42	-0.05	4.913	459.000	0.346	275.233
	1504	798.200			4.882	460.000	0.347	276.231
	1504	800.900			4.972	461.000	0.348	277.710
ค่าเฉลี่ย	1503	799.667			4.922	460.000	0.347	276.390

ตาราง ค.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหล

ความถี่	ตัวเก็บประจุ	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันรวม	หัวน้ำ	แรงบิด	กำลังเพลา	กำลังน้ำ	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพกังหันน้ำ
39.70	ไม่มี	1502	491.000	1.30	13.252	0.630	98.992	1063.833	0.000	0.093
39.70	20	1501	488.767	1.30	13.252	0.605	95.069	1058.994	0.009	0.090
42.80	36	1503	592.667	1.35	13.761	1.975	310.739	1333.500	131.427	0.233
44.10	40	1501	634.600	1.35	13.761	2.446	384.417	1427.850	169.607	0.269
49.50	56	1502	767.600	1.45	14.781	4.378	688.428	1855.033	263.614	0.371
50.65	60	1503	799.667	1.47	14.985	4.922	774.930	1959.183	276.390	0.396

ภาคผนวก ง. ข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้ใบพัดที่ถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน

จากการทดสอบโดยใช้ใบพัดถูกปรับแต่งปลายใบพัดและเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกันในชุดทดสอบสามารถทราบค่าของข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง ง.1 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยไม่ต่อโหลด

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
39.95	1502	498.800	1.23	-0.05	0.603	0	0	0
	1503	499.000			0.572	0	0	0
	1504	503.600			0.627	0	0	0
ค่าเฉลี่ย	1503	500.467			0.601	0	0	0

ตาราง ง.2 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 20 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
39.95	1502	503.000	1.23	-0.05	0.568	2.156	0.002	0.009
	1499	498.800			0.654	2.166	0.002	0.009
	1502	501.100			0.631	2.160	0.003	0.009
ค่าเฉลี่ย	1501	500.967			0.618	2.161	0.002	0.009

ตาราง ง.3 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 36 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
42.40	1504	592.800	1.25	-0.05	1.908	307.500	0.237	126.014
	1499	591.200			2.002	314.400	0.238	129.822
	1502	592.300			1.998	309.900	0.239	128.394
ค่าเฉลี่ย	1502	592.100			1.969	310.600	0.238	128.074

ตาราง ง.4 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 40 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
43.80	1501	625.800	1.26	-0.05	2.445	359.900	0.270	168.558
	1502	631.700			2.449	360.300	0.273	170.368
	1503	632.400			2.464	361.400	0.272	169.949
ค่าเฉลี่ย	1502	629.967			2.453	360.533	0.272	169.625

ตาราง ง.5 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 56 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
49.30	1501	765.900	1.38	-0.05	4.443	449.000	0.336	261.615
	1500	769.600			4.431	448.000	0.338	262.041
	1502	766.700			4.467	450.000	0.339	264.068
ค่าเฉลี่ย	1501	767.400			4.447	449.000	0.338	262.574

ตาราง ง.6 แสดงข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน โดยต่อโหลดและใช้ตัวเก็บประจุขนาด 60 μF

ความถี่	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันขาเข้า	ความดันขาออก	แรงบิด	แรงดันไฟฟ้า	กระแสไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า
50.65	1502	793.400	1.4	-0.05	4.800	460.000	0.344	274.319
	1503	797.400			4.862	459.000	0.335	266.249
	1500	795.500			4.909	458.000	0.343	271.857
ค่าเฉลี่ย	1502	795.433			4.857	459.000	0.341	270.807

ตาราง ง.7 ตารางรวมข้อมูลในการทดสอบใบพัดถูกดัดแปลงด้วยวิธีการปรับแต่งปลายใบพัดและการเพิ่มใบพัดเพื่อปรับทิศทางการไหลเข้าด้วยกัน

ความถี่	ตัวเก็บประจุ	ความเร็วรอบ	อัตราการไหล	ความดันรวม	หัวน้ำ	แรงบิด	กำลังเพลา	กำลังน้ำ	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพกังหันน้ำ
39.95	ไม่มี	1503	500.467	1.28	13.048	0.601	94.558	1067.662	0.000	0.089
39.95	20	1501	500.967	1.28	13.048	0.618	97.101	1068.729	0.009	0.091
42.40	36	1502	592.100	1.30	13.252	1.969	309.710	1282.883	128.074	0.241
43.80	40	1502	629.967	1.31	13.354	2.453	385.786	1375.427	169.625	0.280
49.30	56	1501	767.400	1.43	14.577	4.447	699.002	1828.970	262.574	0.382
50.65	60	1502	795.433	1.45	14.781	4.857	763.802	1922.297	270.807	0.397

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

[1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. การผลิตและซื้อพลังงานไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2559, http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=116

[2] ฐาพิมลและคณะ (2558). การศึกษาหาวิธีปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ทำงานแบบกังหันน้ำด้วยการวิเคราะห์แบบพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ. วิทยานิพนธ์ วศ.บ. มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

[3] M.Ismail et al. (2014). End suction centrifugal pump operating in turbine mode for microhydro applications. Advances in Mechanical Engineering, 1-7.

[4] M. Suarda et al. (2006). Experimental Work on Modification of Impeller Tips of a Centrifugal Pump as a Turbine. Sustainable Energy and Environment (SEE2006), 1-4.

[5] S. Yang et al. (2012).Theoretical, numerical and experimental prediction of pump as turbine performance. Renewable Energy, 507-513.

[6] 9engineer. (October 10, 2009). Retrieved October 10, 2016, from http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=463

[7] Bryan Orchard. (November 06, 2009). Retrieved December 15, 2016, from http://www.worldpumps.com/view/5086/pumps-as-turbines-in-the-water-industry/

[8] สุเทพ แก้วนัย. คู่มือเครื่องสูบน้ำ (Pump handbook). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ท้อป, 2554.

[9] Williams. (2007).PUMPS AS TURBINES A User's Guide. Edition 2. the University of Michigan.

[10] Calpeda. End-Suction Centrifugal Pumps. (2016). Retrieved November 20, 2016, from http://www.calpeda.com/products/n-n4

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายนนทชัย คงสุวรรณ์
ภูมิลำเนา 131/3 ม.3 ต.ทับผึ้ง อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย
วันเดือนปีเกิด วันที่ 01 เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2537
ประวัติการศึกษา
จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: i.am.top@hotmai.com

ชื่อ นายนพดล กองแก้วใจ
ภูมิลำเนา 393 หมู่2 ต.ห้างฉัตร อ.ห้างฉัตร
จ.ลำปาง
วันเดือนปีเกิด วันที่ 14 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2537
ประวัติการศึกษา
จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลำปาง
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: monkey_39170@hotmail.com

ชื่อ นายพัลลภ กำจัด
ภูมิลำเนา 139/3 ถ.ศรีถมอรัตน์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก
วันเดือนปีเกิด วันที่ 20 เดือน กันยายน พ.ศ.2537
ประวัติการศึกษา
จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนผดุงราษฎร์
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail: fattt_smalll@hotmail. co.th