เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบหมุน

นายต่อศักดิ์ โกมาสถิตย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2530

ISBN 974-567-875-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

013108

I10296591

Rotary Piston Water Pump

Mr. Tosak Gomasathit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the degree of Master of Science

Department of Physics

Graduate School

Chulalongkorn University

1987

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบหมุน

โดย นาย ต่อศักดิ์ โกมาสถิตย์

ภาควิชา ฟิสิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย ปันยารชุน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิตร เส็งหะพันธุ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำเริง ศรีสมบูรณ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ยุทธ อัครมาส)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย ปันยารชุน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบหมุน

ชื่อนิสิต นายต่อศักดิ์ โกมาสถิตย์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ภิยโย ปันยารชุน

ภาควิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ได้สร้างเครื่องสูบน้ำแบบลูกสูบหมุนที่ไม่เป็นสนิมและทนทานจากวัสดุที่หาได้ภายในประเทศ เครื่องสูบน้ำนี้ประกอบด้วยท่อพีวีซี โดยใช้หลักการของเครื่องสูบสญญากาศท่อหมุนแบบลิ้นเดียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกนอก 11.2 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางกระบอกใน 8 เซนติเมตร ซ้อนกันอยู่โดยมีระยะห่างระหว่างช่อง 0.01 เซนติเมตร และมีฝาที่ทำจากแผ่นพีวีซีประกบติดทั้งสองด้านของท่อพีวีซีกระบอกนอก โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ที่ท่อพีวีซีกระบอกในจะมีแกนทองเหลืองเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร โผล่ออกมาทั้งสองด้าน ยาวด้านละ 12 เซนติเมตร บริเวณผิวด้านบนกระบอกนอกเจาะเป็นช่องขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร เพื่อใส่ลิ้นที่ทำจากแผ่นพีวีซีขนาดกว้าง 6 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร ให้สัมผัสผิวนอกของกระบอกใน และมีรู 2 รู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร วางอยู่ตรงกันข้ามกับช่องที่เจาะไว้ของกระบอกในอย่างละรูสำหรับเป็นรูน้ำเข้าและน้ำออก โดยที่ท่อพีวีซีทั้งสองนี้วางอยู่ในกล่องเหล็กหนา 0.3 เซนติเมตร ขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร และสูง 20 เซนติเมตร สามารถหมุนได้ด้วยมือด้วยความเร็วรอบต่ำประมาณ 10 - 180 รอบต่อนาที

จากผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำปรากฏว่า ระยะยกน้ำของเครื่องสูบน้ำได้สูงสุด 9.3 เมตร ที่ความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำตั้งแต่ 40 - 180 รอบต่อนาที ปริมาณน้ำที่ได้สูงสุด 21,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในเวลา 1 นาที ที่

ระยะความสูง 0.5 เมตร โดยมีความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำ 180 รอบต่อนาที และความเร็วรอบของเครื่องสูบน้ำกับปริมาณน้ำที่ได้ที่ระยะความสูงคงที่จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน

นอกจากนั้นเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ยังสามารถเอาไปประยุกต์ใช้กับกังหันลมแบบเพลาตั้งและเพลานอน โดยต่อเข้าโดยตรงกับเพลาของกังหันลมได้ ซึ่งทำให้มีการสูญเสียพลังงานเนื่องจากกังหันลมไปยังเครื่องสูบน้ำได้น้อยกว่าการต่อแบบคันชัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Rotary Piston Water Pump
Name	Mr. Tosak Gomasathit
Thesis Advisor	Associate Professor Bhiyayo Panyarjun, Ph.D.
Department	Physics
Academic Year	1987

ABSTRACT

A rustless and rigged rotary piston water pump has been designed and constructed from the material available in Thailand. It is constructed mainly from P.V.C. tubes relying on the design of a rotary vacuum pump of a single rotary vane. The inside diameter of the cylinder is 11.2 centimeters and the outside diameter of the piston is 8 centimeters with the clearance at the line of contact being 0.01 centimeter. The flat coverings of the cylinder and the piston is 1.5 centimeters in diameter and extending 12 centimeters from each side of the piston itself. The cylinder has a rectangular opening of 1 x 6 ($centimeters^2$) to carry a sliding vane made out of P.V.C. sheet. The water entrance and exit holes are drilled on the cylinder at the opposite positions relative to the sliding vane. The cylinder is contained in a painted steel box. The piston can be rotated at the rate of 10 - 180 rounds per minute.

It is found that the maximum height the pump can raise water is 9.3 meters at the operating rate of 40 - 180 rounds per minute. In one minute the amount of water obtainable by the pump

at 50 centimeters height is 21,000 cubic centimeters while the pump is running at 180 rounds per minute. It is also found that the rate of water obtained varies directly to rate of turning of the pump with in a certain limit.

In addition to that it is possible to attach the pump to both vertical and horizontal axis windmills directly without any special mechanism as in the case of a reciprocating piston pump thus avoiding the loss of power due to friction in the mechanism.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร. ภิยโย-ปันยารชุน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ให้การแนะนำและช่วยเหลือตลอดจนควบคุมการวิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง อีกส่วนหนึ่งได้รับความช่วยเหลือจาก พ.จ.อ. พูน อาจปรุ ในด้านคำแนะนำและช่วยเหลือในด้านเครื่องมือ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้รับความช่วยเหลือบริการเครื่องมือจากโรงงานศูนย์ซ่อมและสร้างเครื่องมือคณะวิทยาศาสตร์ ได้รับคำแนะนำในการสร้างชิ้นส่วนต่าง ๆ จาก คุณ ศิลา โกมาสถิตย์ คุณเดชอนันต์ โกมาสถิตย์ คุณชนิษฐา พินิจผล และเพื่อนทุก ๆ คน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ ..... ท

รายการรูปประกอบ ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 เครื่องสูบน้ำ 2

1.2 การแบ่งประเภทของเครื่องสูบน้ำ 2

1.2.1 เครื่องสูบน้ำแบบรีซิโปรเคตติ้ง 2

1.2.2 เครื่องสูบน้ำแบบโรตารี 3

1.2.3 เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีของเครื่องสูบน้ำ 6

2.1 คุณสมบัติของของไหล 6

2.1.1 ความหนาแน่น 6

2.1.2 น้ำหนักจำเพาะ 6

2.1.3 ความถ่วงจำเพาะ 6

2.1.4 ความหนืด 6

2.1.5 ความดันไอ 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.2 ความดันและเฮด..... 9
2.2.1 ความดันของบรรยากาศ..... 9
2.2.2 เฮดความดัน..... 11
2.2.3 เฮดความเร็ว..... 12
2.2.4 เฮดสถิตย์..... 12
2.2.5 เฮดรวมของเครื่องสูบน้ำ..... 14
2.3 การไหลในท่อปิด..... 14
2.3.1 การไหลแบบราบเรียบและปั่นป่วน..... 15
2.4 สมการแห่งการต่อเนื่อง..... 17
2.5 สมการของเบอร์นุลลี..... 18
2.6 รัศมีไฮดรอลิก..... 23
2.7 สมการสำหรับหาพลังงานที่ต้องสูญเสียไปกับความเสียดทาน..... 23
2.8 พลังงานที่ต้องสูญเสียไปกับความเสียดทานในท่อกลม..... 27
2.9 การไหลแบบราบเรียบในท่อกลม..... 29
2.10 การไหลแบบปั่นป่วนในท่อกลม..... 31
2.10.1 สมการแรกที่เกี่ยวกับการไหลแบบปั่นป่วน..... 32
2.10.2 สมการที่สองเกี่ยวกับการไหลแบบปั่นป่วน..... 33
2.11 ความขรุขระของท่อ..... 36
2.12 การสูญเสียรอง..... 39
2.12.1 การสูญเสียที่ปากทางเข้า..... 39
2.12.2 การสูญเสียที่ปลายทางออก..... 42
2.12.3 การสูญเสียที่เนื่องจากการลดขนาดพื้นที่หน้าตัด 44
2.12.4 การสูญเสียที่เนื่องจากการขยายพื้นที่หน้าตัด..... 46
2.13 การสูญเสียในข้อต่อ..... 51

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.14 กราฟเฮดของระบบ..... 51

2.15 ลักษณะกราฟเฮดของระบบ..... 53

2.15.1 ระบบที่ไม่มีเฮดสถิตย์..... 53

2.15.2 ระบบที่เฮดส่วนใหญ่เป็นเฮดสถิตย์..... 54

2.16 วอเตอร์แฮมเมอร์..... 54

2.17 เฮดความสูง..... 55

2.17.1 เครื่องสูบน้ำอยู่สูงกว่าระดับของเหลวทางด้านดูด... 59

2.17.2 เครื่องสูบน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับของเหลวทางด้านดูด... 59

2.18 การเกิดโพรง..... 60

2.19 กำลังงานและประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ..... 60

บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง..... 62

3.1 กังหันลม..... 62

3.2 มอเตอร์ต้นกำลัง..... 63

3.3 พัดลมที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า..... 64

3.4 มูลเลย์..... 65

3.5 นาฬิกาจับเวลา..... 65

3.6 บีกเกอร์และไม้เมตร..... 65

3.7 เครื่องสูบน้ำ..... 65

3.7.1 การสร้างเครื่องสูบน้ำ..... 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.7.2 การออกแบบเครื่องสูบน้ำ..... 66
3.7.3 การสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสูบน้ำ... 67
ก) กระบอกสูบ..... 67
ข) เพลาของเครื่องสูบน้ำ..... 68
ค) แผ่นพีวีซี..... 68
ง) หน้าแปลนและบูทช์ทองเหลือง..... 70
จ) กระเดื่องและลิ้น..... 70
ฉ) กล่องเหล็ก..... 73
3.7.4 การประกอบเครื่องสูบน้ำ..... 74
3.8 วิธีทำการทดลอง..... 75

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล..... 77
4.1 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ได้ด้วยความเร็วรอบและความสูงต่างกันที่เวลาเท่ากัน..... 77
4.1.1 ที่ความสูง 0.5 เมตร..... 77
4.1.2 ที่ความสูง 1 เมตร..... 80
4.1.3 ที่ความสูง 1.5 เมตร..... 82
4.1.4 ที่ความสูง 2 เมตร..... 84
4.1.5 ที่ความสูง 2.5 เมตร..... 86
4.1.6 ที่ความสูง 3 เมตร..... 88
4.1.7 ที่ความสูง 3.5 เมตร..... 90
4.1.8 ที่ความสูง 4 เมตร..... 92
4.1.9 ที่ความสูง 4.5 เมตร..... 94
4.1.10 ที่ความสูง 5 เมตร..... 96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.1.11 ที่ความสูง 5.5 เมตร..... 98
4.1.12 ที่ความสูง 6 เมตร..... 100
4.1.13 ที่ความสูง 6.5 เมตร..... 102
4.1.14 ที่ความสูง 7 เมตร..... 104
4.1.15 ที่ความสูง 7.5 เมตร..... 106
4.1.16 ที่ความสูง 8 เมตร..... 108
4.1.17 ที่ความสูง 8.5 เมตร..... 110
4.1.18 ที่ความสูง 9 เมตร..... 112
4.1.19 ที่ความสูง 9.1 เมตร..... 114
4.1.20 ที่ความสูง 9.2 เมตร..... 116
4.1.21 ที่ความสูง 9.3 เมตร..... 118
4.2 การวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง..... 120

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ..... 128

5.1 สรุปผล..... 128
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 128

เอกสารอ้างอิง..... 130

ภาคผนวก..... 132

ประวัติผู้เขียน..... 161

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

2.1 ความถ่วงจำเพาะและความดันไอที่อุณหภูมิขนาดต่าง ๆ..... 8

2.2 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ 9

2.3 ความขรุขระเฉลี่ยของผนังท่อใหม่..... 38

2.4 แสดงสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานเนื่องจากลดขนาดโดยทันที..... 45

3.1 ข้อมูลของถังหันลมที่ใช้ในการทดลอง..... 62

4.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 0.5 เมตร..... 78

4.2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 1 เมตร..... 80

4.3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 1.5 เมตร..... 82

4.4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 2 เมตร..... 84

4.5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 2.5 เมตร..... 86

4.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 3 เมตร..... 88

4.7 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 3.5 เมตร..... 90

หน้า

4.8 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 4 เมตร..... 92

4.9 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 4.5 เมตร..... 94

4.10 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 5 เมตร..... 96

4.11 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 5.5 เมตร..... 98

4.12 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 6 เมตร..... 100

4.13 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 6.5 เมตร..... 102

4.14 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 7 เมตร..... 104

4.15 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 7.5 เมตร..... 106

4.16 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 8 เมตร..... 108

4.17 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 8.5 เมตร..... 110

4.18 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9 เมตร..... 112

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.19 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาตร
ที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.1 เมตร..... 114

4.20 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำ
ที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.2 เมตร..... 115

4.21 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำ 11
ที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.3 เมตร..... 118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่

1.1 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง..... 4

2.1 ความดันของบรรยากาศ..... 10

2.2 คำจำกัดความของเฮดสถิตย์..... 12

2.3 ตำแหน่งที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือเฮดในระบบท่อและอุปกรณ์... 13

2.4 เฮดสูญเสียของท่อที่มีขนาดสม่ำเสมอที่ความเร็วต่าง ๆ..... 16

2.5 พื้นที่แรเงาแสดงอัตราการไหล..... 17

2.6 งานสุทธิบนพื้นที่ที่แรเงามีค่าเท่ากับการเพิ่มของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์..... 19

2.7 แสดงถึงการไหลแบบคงตัวในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ..... 24

2.8 แสดงการกระจายความเร็วและความเค้นเฉือนของการไหลแบบราบเรียบ..... 28

2.9 แสดงถึงการไหลของของไหล..... 32

2.10 ก) แสดงการหาความยาวของปรานท์..... 34

ข) ความเร็วขณะใดขณะหนึ่งของการไหลแบบปั่นป่วน..... 34

2.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืด..... 37

2.12 สภาวะที่ปากทางเข้า..... 40

2.13 ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานที่ปากทางเข้า..... 41

หน้า

2.14 แสดงการสูญเสียที่ปางทางออก 43

2.15 แสดงถึงการสูญเสียจากการที่ลดขนาดโดยทันทีทันใด..... 44

2.16 แสดงถึงการสูญเสียเนื่องจากการขยายหน้าตัดโดยทันทีทันใด... 46

2.17 แสดงถึงการพาเฮดสูญเสีย..... 47

2.18 แสดงถึงการสูญเสียจากการค่อย ๆ บานโตขึ้น..... 49

2.19 แสดงสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียพลังงานของตัวแพร่รูปกรวย... 50

2.20 กราฟเฮดของระบบ..... 52

2.21 ระบบเครื่องสูบและกราฟเฮดของระบบที่ไม่มีเฮดสถิตย์..... 53

2.22 ระบบเครื่องสูบที่มีทั้งเฮดสถิตย์และเฮดความฝืดและกราฟเฮด
ของระบบ..... 54

2.23 เฮดความสูงที่มีอยู่เมื่อเครื่องสูบอยู่สูงกว่าระดับของเหลวทางด้านดูด..57

2.24 เฮดความสูงที่มีอยู่เมื่อเครื่องสูบอยู่ต่ำกว่าระดับของเหลวทางด้านดูด..58

3.1 แสดงกังหันลมที่ใช้ในการทดลอง.....63

3.2 แสดงมอเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ในการทดลอง 64

3.3 แสดงลักษณะพัดลมที่ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้า.....64

3.4 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องกลโรตารีแบบแวนเลื่อน.....66

3.5 แสดงส่วนประกอบของท่อพีวีซีท่อใหญ่และแผ่นยางที่ยึดติดกับช่อง
ที่เจาะไว้.....67

3.6 แสดงส่วนประกอบของท่อพีวีซีท่อเล็กและเพลาของเหลืองที่ยื่นโผล่
ออกมาทั้งสองด้าน.....68

หน้า

3.7 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของท่อพีวีซีอันเล็ก อันใหญ่ และแผ่นพีวีซี
ก) เมื่อท่อเล็กสวมกับท่อใหญ่..... 69
ข) เมื่อท่อเล็กและท่อใหญ่วางกันอยู่คนละตำแหน่ง..... 69
3.8 แสดงส่วนประกอบของบุทซ์ทองเหลืองและหน้าแปลนซึ่งเป็น
ด้านข้างของเครื่องสูบน้ำ..... 70
3.9 แสดงส่วนประกอบของกระเดื่องพีวีซี..... 71
3.10 แสดงส่วนประกอบของลิ้นพีวีซี..... 71
3.11 แสดงส่วนประกอบของลิ้นและกระเดื่อง..... 72
ก) ส่วนประกอบที่ยังไม่มีสปริง..... 72
ข) ส่วนประกอบที่มีสปริง..... 72
3.12 แสดงส่วนประกอบของกล่องเหล็กพร้อมทั้งหน้าแปลนอีกด้านหนึ่ง.... 73
3.13 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องสูบน้ำที่สร้างขึ้น..... 74
3.14 แสดงเครื่องสูบน้ำที่ประกอบเสร็จแล้ว..... 75
4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของ
เครื่องสูบน้ำที่ความสูง 0.5 เมตร..... 79
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของ
เครื่องสูบน้ำที่ความสูง 1. เมตร..... 81
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้
ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 1.5 เมตร..... 83
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้
ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 2 เมตร..... 85

หน้า

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 2.5 เมตร..... 87

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 3 เมตร..... 89

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 3.5 เมตร..... 91

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 4 เมตร..... 93

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 4.5 เมตร..... 95

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 5 เมตร..... 97

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 5.5 เมตร..... 99

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 6 เมตร..... 101

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 6.5 เมตร..... 103

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 7 เมตร..... 105

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 7.5 เมตร..... 107

4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 8 เมตร..... 109

4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 8.5 เมตร..... 111

4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9 เมตร 113

4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.1 เมตร..... 115

4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.2 เมตร..... 117

4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและปริมาณน้ำที่ได้ของเครื่องสูบน้ำที่ความสูง 9.3 เมตร..... 119

4.22 แสดงถึงเฮดสถิตย์ที่ทอดูด 123

4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 นาที และความสูงที่ความเร็ว 60 รอบต่อนาที..... 124

4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 นาที และความสูงที่ความเร็ว 150 รอบต่อนาที..... 125

4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ได้ใน 1 นาที และความสูงที่ความเร็ว 180 รอบต่อนาที..... 126