

การออกแบบสกรูอาร์คิมิดีสที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานน้ำขนาดเล็ก

นางสาวจิตา จันท์สุวรรณ วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(ดร.วรกมล บุญยโยธิน)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รศ. ดร.พิชัย นามประกาย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
(ศ. ดร.จงจิตร หิรัญลาภ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม)

.....
(ผศ. ดร.ติกะ บุญนาค)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม)

.....
(รศ. ดร.ศิริชัย เทพา)

กรรมการ

.....
(ดร.สมภพ ปัญญาสมพรรค)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบสกรูอาร์ซิมิดีสที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานขนาดเล็ก
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวจิตา จันทรสุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.พิชัย นามประกาย ศ. ดร.จงจิตร หิรัญลาภ ผศ. ดร.ติกะ บุญนาค
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
สายวิชา	เทคโนโลยีพลังงาน
คณะ	พลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

พลังงานทดแทนและพลังงานหมุนเวียนได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ เพื่อใช้ทดแทนพลังงานที่กำลังจะหมดไป และยังการลดการพึ่งพิงการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ การเลือกแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศจึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง พลังงานน้ำเป็นหนึ่งในทางเลือกที่เหมาะสมในประเทศไทย โดยเฉพาะแหล่งพลังงานน้ำขนาดเล็ก สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ในระดับชุมชน งานวิจัยนี้จึงจะเริ่มต้นศึกษาการทำงานและการออกแบบสกรูอาร์ซิมิดีสให้ได้ความเหมาะสมที่สุด เพื่อใช้เทคโนโลยีนี้ในการพัฒนาประสิทธิภาพและศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำขนาดเล็กในประเทศไทย

จากงานวิจัยเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูที่น้อยกว่าจะให้พลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า แต่ความลึกต่ำสุดของระดับน้ำในช่องสกรู (d_0) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู ดังนั้นในการออกแบบเส้นผ่านศูนย์กลางสกรูจึงต้องทำให้ d_0 อยู่กึ่งกลางแกนเพลลา องศาการวางสกรูยิ่งน้อย ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้น แต่เนื่องจากองศาการวางสกรูยิ่งน้อย ความยาวของตัวสกรูก็จะเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้เกิดการแอ่นตัวของคาน เมื่อได้เส้นผ่านศูนย์กลางสกรูแล้ว นำมาหาองศาการวางสกรูได้ความยาวสกรู จึงสามารถบอกได้ถึงมุมที่เหมาะสมที่ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ระยะเวลาที่น้อยยิ่งให้พลังงานไฟฟ้ามาก แต่ระยะเวลานั้นจะขึ้นอยู่กับ d_0 ด้วย เนื่องจากปริมาตรน้ำที่เข้าไปในแต่ละช่องสกรูหากระยะเวลาที่น้อยเกินไปจะทำให้สูญเสียพลังงานน้ำโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้แรงที่เกิดขึ้นกับใบสกรูไม่ได้รับพลังงานจากพลังงานน้ำทั้งหมด

ค่าสูงสุดจากการศึกษาออกแบบสกรูอาร์ชีมีดีสที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงาน
ขนาดเล็ก ที่ความสูง 9 m อัตราการไหล $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากสกรู 187.78 kW โดยมีองศา
การวาง 20° ระยะพิทช์ 0.5 m เส้นผ่านศูนย์กลางสกรู 1m และเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากรู 0.42 m

คำสำคัญ: สกรูอาร์ชีมีดีส/พลังงานน้ำ/การผลิตไฟฟ้า

Thesis Title	Optimal Design of Archimedes Screw for Micro Hydropower Generator
Thesis Credits	12
Candidate	Mrs. Jattawa Jansuwan
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Pichai Namprakai Prof. Dr. Jongjit Hirunlabh Asst. Prof. Dr. Tika Bunnag
Program	Master of Engineering
Field of Study	Energy Technology
Department	Energy Technology
Faculty	School of Energy, Environment and Material
Academic Year	2013

Abstract

Alternative energy and renewable energy is having an important role in compensating for depleting fossil fuel and reducing dependency on imported fuel. The search for energy resources within our country is then very essential. Hydropower is one of appropriate choice in Thailand, especially a micro hydropower for power generation at small community scale. This thesis begins to study operation and design of Archimedes screw which is most appropriate in order to use this technology to find its potential to achieve highest electricity output from micro hydropower in Thailand.

From the simulation, the result of the less diameter of screw shaft gives the more electric power. However, minimum depth of water level in screw bucket (d_o) depends on both water volume flow rate and diameter of screw shaft. Therefore, in design of screw shaft diameter, d_o should be at a screw shaft center. Reducing screw inclination will increase electricity output. However, a longer screw shaft results in more deflection of the shaft. Therefore, optimal screw inclination has to be sought so that more electric power and safety could be archived. Smaller length of pitch gives more electric power but too small pitch length will provide more hydropower losses so that the screw cannot absorb all of hydropower. Maximum power of the Archimedes screw of 187.78 kW could be obtained at 9 m water head, water volume flow rate of 2.5 m³/s, screw inclination of 20°, pitch length of 0.3 m, 1 m dia screw and 0.42 m dia screw shaft.

Keywords: Power Generator/Hydropower/Screw Archimedes

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศ. ดร.จงจิตร หิรัญลาก คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ธนบุรี รศ. ดร.พิชัย นามประกาย และผศ. ดร.ติกะ บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่แนะนำและช่วยสอนแนวความคิดอย่างเป็นระบบแม้ว่าผู้วิจัยจะไม่สามารถเรียนรู้และซึมซับได้หมดก็ตาม ขอขอบพระคุณที่กรุณาให้แนวคิดตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ดร.วรกมล บุญโยธิน อีกทั้ง รศ. ดร.ศิริชัย เทพา และดร.สมภพ ปัญญาสมพรรค ที่ได้กรุณาสละเวลามาร่วมเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นในการแก้ไขปรับปรุงงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุทุกท่านที่ได้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกทุกอย่าง ขอขอบพระคุณครอบครัว จันทร์สุวรรณ อย่างสุดซึ่งที่ให้โอกาสทางการศึกษา และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงใน ณ ที่นี้ ที่คอยเป็นห่วงและถามไถ่ข่าวคราวสารทุกข์สุกดิบกันมาตลอดในการทำวิจัยนี้ งานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๘
กิตติกรรมประกาศ	๑๑
สารบัญ	๓
รายการตาราง	๗
รายการรูปประกอบ	๘
รายการสัญลักษณ์	๑๑
ประมวลคำศัพท์และคำย่อ	๑๒

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 น้ำ	4
2.1.1 พลังงานน้ำ	5
2.2 การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ	6
2.2.1 การแบ่งประเภทของพลังงานน้ำตามกำลังการผลิตไฟฟ้า	8
2.3 ประเทศไทยกับการใช้พลังงานน้ำ	14
2.3.1 ศักยภาพพลังงานน้ำ	14
2.4 กังหัน	15
2.4.1 กังหันน้ำชนิดแรงกิริยา	16
2.4.2 กังหันน้ำชนิดปฏิกิริยา	18
2.5 สกรูอาร์มีดีส	20
2.5.1 การทำงานของสกรูอาร์มีดีส	20

หน้า

2.6	ทฤษฎีการขนถ่ายวัสดุโดยสกรู	22
2.7	กลศาสตร์ของไหล	26
2.8	การส่งผ่านกำลัง	27
2.9	การออกแบบเพลลา	28
2.10	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
3.	วิธีดำเนินงานวิจัย	38
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	38
3.2	สมการที่ใช้ในการคำนวณ	40
3.3	กำหนดค่าตัวแปรในการวิเคราะห์	42
4.	ผลการวิจัยและวิจารณ์	44
4.1	ภาพรวมและแนวโน้มของการออกแบบสกรูอาร์ชimedial	44
4.2	เงื่อนไขในการออกแบบสกรูอาร์ชimedial	49
4.3	การนำไปประยุกต์ใช้	50
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	52
5.1	สรุป	52
5.2	ข้อเสนอแนะ	53
	เอกสารอ้างอิง	54
	ภาคผนวก ก.	59
	ประวัติผู้วิจัย	120

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้า	8
2.2 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในความรับผิดชอบของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน	10
2.3 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในความรับผิดชอบของการไฟฟ้า	11
2.4 โครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กหรือระดับหมู่บ้าน	12
2.5 พลังน้ำขนาดเล็กและขนาดเล็ก	15
2.6 แผงเตอร์ระยะพิทไบสกรู	22
2.7 แผงเตอร์ชนิดของไบสกรู	24
2.8 แผงเตอร์ชนิดของไบพัด	24
4.1 ค่าการออกแบบที่เหมาะสมของสกรูอาร์มีดีส์	49

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 วัฏจักรของน้ำ (Hydrologic Cycle)	4
2.2 เขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก เป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่	9
2.3 เขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่	9
2.4 เขื่อนก๊วลม จังหวัดลำปาง เป็นโครงการไฟฟ้ากำลังน้ำขนาดเล็ก	11
2.5 โครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านหรือพลังงานน้ำขนาดเล็ก ที่บ้านแม่กำปอง อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่	14
2.6 Pelton turbine	17
2.7 Turgo turbine	17
2.8 Crossflow turbine	18
2.9 Kaplan turbine	19
2.10 Francis turbine	19
2.11 Kinetic energy turbine	20
2.12 ส่วนประกอบหลักของสกรูอาร์ชิมิดีส	21
2.13 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสกรูอาร์ชิมิดีสกับกังหันต่างๆ ที่ร้อยละปริมาตรของน้ำ	21
2.14 แฟกเตอร์ชนิดของใบสกรู	23
2.15 แฟกเตอร์จำนวนใบพัด	23
2.16 แฟกเตอร์กำลังขับ	25
2.17 ประเภทของภาระที่กระทำต่อคาน	28
2.18 โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ของเพลาดันและเพลากลวง	29
2.19 การวิเคราะห์กรอบงานของการศึกษาค้นคว้า	29
2.20 ผลของจำนวนใบสกรูกับอัตราส่วนระยะพิทช์และอัตราส่วนรัศมีสกรูที่เหมาะสม	32
2.21 ผลของจำนวนใบสกรูกับอัตราส่วนปริมาตรน้ำที่เข้าไปในหนึ่งรอบสกรูที่เหมาะสม	33
2.22 แบบจำลองระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ มูลนิธิสุข-แก้ว แก้วแดง	34
2.23 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก	34
2.24 ใบกังหันน้ำที่นำมาใช้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.20 m	35

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.25 โครงสร้างของเครื่องกั้นน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและการควบคุมอัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้าตัวกั้น	36
2.26 ใบพัดที่ใช้ในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก	37
2.27 การทำฝายเพื่อให้ระดับหัวน้ำสูงประมาณ 1.25 m	37
2.28 การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก	37
3.1 ขั้นตอนการทำการวิจัย	38
3.2 สกรูอาร์ชมีดิส	39
3.3 ด้านข้าง (a) และด้านหน้าของสกรูอาร์ชมีดิส (b)	40
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับอัตราการไหลที่องศาการวางต่างๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 m ความสูง 2 m และระยะพิทช์ 0.3 m	44
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับอัตราการไหลที่องศาการวางต่างๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 m ความสูง 2 m และระยะพิทช์ 0.5 m	45
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับอัตราการไหลที่องศาการวางต่างๆ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 m ความสูง 2 m และระยะพิทช์ 0.7 m	45
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับอัตราการไหลที่เส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆ	46
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับอัตราการไหลที่ความสูงของหัวน้ำต่างๆ	47

รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่
b	=	จำนวนเกลียวสกรู
CF_1	=	แฟกเตอร์ระยะพิทช์ใบสกรู
CF_2	=	แฟกเตอร์ชนิดของใบสกรู
CF_3	=	แฟกเตอร์จำนวนใบพัด
D	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู
d	=	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาสกรู
d_0	=	ความลึกต่ำสุดของระดับน้ำในช่องสกรู
E	=	สัมประสิทธิ์การยืดหยุ่นในการดัดและการดิ่ง (Nm^2)
E_p	=	พลังงานศักย์
E_k	=	พลังงานจลน์
F_f	=	แฟกเตอร์ชนิดใบสกรู
F_{hyd}	=	แรงจากน้ำ
F_0	=	แฟกเตอร์กำลังขับ
F_p	=	แฟกเตอร์ใบพัด
f	=	ความถี่ของการหมุน
g	=	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก
H	=	ความสูงในแนวตั้งของแหล่งน้ำ
h	=	ความสูงหัวน้ำ
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่
J	=	โมเมนต์ความเฉื่อยขั้ว
k	=	แฟกเตอร์ความเต็มราง
L	=	ความยาวของสกรู
m	=	มวลของน้ำ
N	=	ความเร็วรอบของสกรู
P	=	กำลัง
P_{blades}	=	พลังงานจากแต่ละเกลียวสกรู
P_f	=	กำลังขับสำหรับเอาชนะความเสียดทาน
P_{hyd}	=	พลังงานที่ได้จากน้ำ
P_m	=	กำลังขับสกรู

P_v	=	กำลังขับที่เกิดจากแรงกดของน้ำ
p	=	ระยะพิทช์ของสกรู
ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำ
Q	=	ปริมาตรการไหล
r	=	รัศมี
w_o	=	แรงที่กระทำกับเพลลา
T	=	แรงบิด
v	=	ความเร็ว
v_1	=	ความเร็วของน้ำที่เข้าไปในสกรู
α	=	องศาการวางสกรูกับแนวระดับ
δ	=	ระยะการแอ่นตัวของคาน
Δd	=	ความต่างของระดับน้ำในช่องสกรู
η	=	ประสิทธิภาพ
ρ	=	ความหนาแน่นของน้ำ
τ_{max}	=	ความเค้นเฉือนสูงสุด
ω	=	ความเร็วเชิงมุม

ประมวลคำศัพท์และคำย่อ

GWh	=	Giga Watt Hour
J	=	Joule
kg	=	Kilogram
kg/m ³	=	Kilogram per Cubic Metre
kW	=	Kilo Watt
kWh	=	Kilo Watt Hour
MW	=	Mega Watt
m	=	Metre
m ⁴	=	Quartic Metre
m/s	=	Metre per Second
m/s ²	=	Metre per Square Second
N	=	Newton
Nm	=	Newton Metre
Nm ²	=	Newton Square Metre
rev/s	=	Revolutions per second
rpm	=	Revolutions per minute
W	=	Watt