

การศึกษาและทดสอบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้า

A STUDY AND TEST OF A 5-kW WATER TURBINE
FOR ELECTRICITY GENERATION

สุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาและทดสอบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้า

สุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและทดสอบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้า
A Study and Test of a 5-kW Water Turbine for Electricity Generation
ชื่อ - นามสกุล นายสุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัช ไรยนรินทร์, Ph.D.
ปีการศึกษา 2560

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์วินัย จันทร์เพ็ง, วศ.ด.)


..... กรรมการ
(อาจารย์อำพล อภาธนากร, Ph.D.)


..... กรรมการ
(อาจารย์สถาพร ทองวิค, Ph.D.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัช ไรยนรินทร์, Ph.D.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิวกอ อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 25 เดือน กันยายน พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาและทดสอบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้า
ชื่อ-นามสกุล นายสุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิรัช ROYNIRINTH, Ph.D.
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการติดตั้ง และทดสอบ กังหันน้ำเทอร์โกขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า ขนาด 5 กิโลวัตต์ ในพื้นที่ติดตั้งที่ได้สำรวจไว้ ณ หมู่บ้านปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร

โดยการศึกษาได้นำกังหันน้ำเทอร์โกขนาดเล็กเพื่อการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ ที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี ได้ออกแบบและสร้างไว้ นำไปติดตั้งให้เหมาะสมในพื้นที่บริเวณที่มีความสูงลำน้ำ 30 เมตรและมีอัตราการไหลของน้ำที่ 0.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีที่มีระบบการทำงานของใบกังหันน้ำที่ได้ถูกออกแบบไว้แล้วให้ทำงานที่รอบการหมุนที่ต่ำ 200 รอบต่อนาทีสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ที่ความดันเริ่มต้นเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 บาร์ และสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ความดัน 3.5 บาร์ สามารถเชื่อมต่อกับระบบสายส่งแรงดันต่ำ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ด้วยการใช้ระบบอินเวอร์เตอร์ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ชนิดเชื่อมต่อกับสายส่งที่เหมาะสมในการเชื่อมต่อไฟฟ้าแรงต่ำ

ผลจากการติดตั้ง ทดสอบและปรับปรุงการทำงานของกังหันน้ำเทอร์โกขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าได้ประสิทธิภาพกังหันน้ำในการเปลี่ยนพลังงานจลน์จากน้ำเพื่อให้เป็นพลังงานกลในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดได้ที่ 57% ซึ่งในอนาคตสามารถปรับโครงงาน ขนาดของเขื่อนใหม่ให้เหมาะสม และใช้เทคโนโลยีขยายผลในการผลิตไฟฟ้า เพื่อรองรับการใช้งานของชุมชนที่ห่างไกลจากสายส่งได้

คำสำคัญ: กังหันน้ำเทอร์โก ประสิทธิภาพกังหันน้ำ ระบบการเชื่อมต่อสายส่ง

Thesis Title A Study and Test of a 5-kW Water Turbine for Electricity Generation
Name-Surname Mr.Suttisak Khwanphet
Program Mechanical Engineering
Thesis Advisor Assistant Professor Wirachai Roynarin, Ph.D.
Academic Year 2017

ABSTRACT

This research aimed to study the installation and test of a 5-kW Turgo water turbine for electricity generation in Pak-Song Village, Phato District, Chumphon, Thailand. The turbine was designed and developed by Center of Energy Research and Services, Rajamangala University of Technology Thanyaburi.

The methodology employed in this study was based on a theoretical and analytical framework derived from related literature reviews. The turbine was installed at the water head of 30 meters in height with the flow rate at $0.03\text{m}^3/\text{s}$. The turbine's blade system was designed to operate at a low rotational speed of 200 rpm. The turbine was capable of generating electricity with the pressure starting from 0.5 bar. The highest amount of electricity was generated at the pressure of 3.5 bar. The electrical system was connected to the electrical national gridline of 220 V and 50 Hz, using a 5-kW grid connected inverter system.

The results of the test showed that the maximum efficiency of the turbine was at 57%. The turbine can be installed at future large-scale dams, which will be useful for generating and distributing electricity especially for communities in remote areas.

Keywords: turgo water turbine, efficiency of water turbine, grid connected inverter

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช ไรยนรินทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือ แนะนำแนวทางการทำวิจัย การแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้วิจัยทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.วินัย จันทรพี้ง, ดร.สถาพร ทองวิก และ ผู้ทรงคุณวุฒิ ดร.อำพล อภาชนากร จากสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ(องค์กรมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำและปรึกษาตลอดจนให้ ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นแนวทางต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิจัยและเพื่อให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลรวมทั้งศูนย์วิจัยและบริการ ด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ประสิทธิ์ประสาท วิชาความรู้ และเสนอแนะแนวทางต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา กำลังใจจากญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนช่วยเหลือด้วยดีเสมอมาตลอดการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง เป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

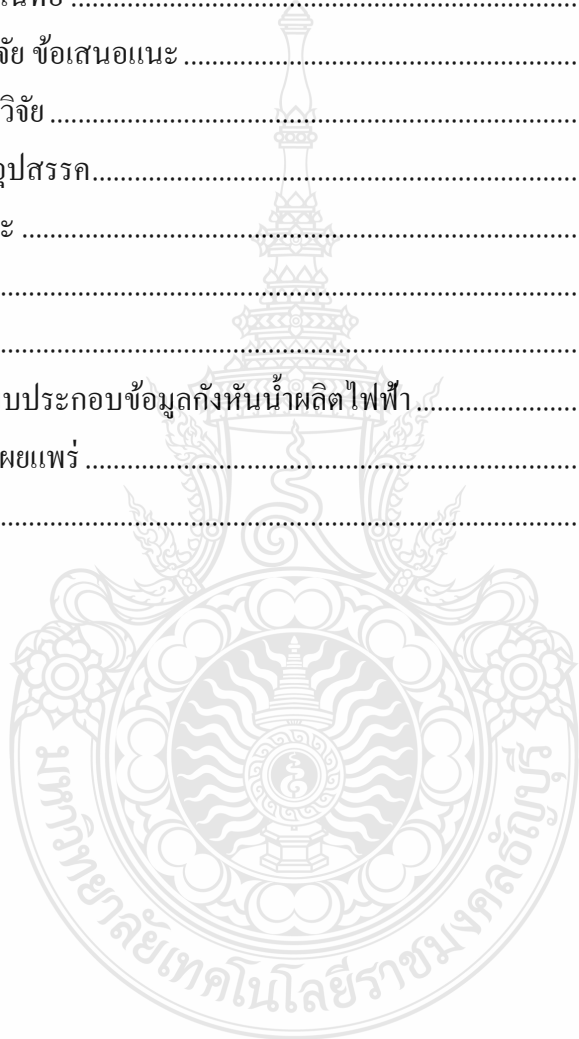
สุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(7)
สารบัญรูป.....	(8)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ.....	12
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	12
1.2 วัตถุประสงค์.....	13
1.3 ขอบเขต.....	14
1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย.....	14
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	15
1.6 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการศึกษางานวิจัย.....	16
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับกังหันน้ำ.....	17
2.2 สมการพื้นฐานสำหรับการไหล.....	27
2.3 การทำงานของเจนเนอเรเตอร์.....	31
2.4 การไหลในท่อ (Flows in Ducts).....	31
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	36
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	39
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาวิจัย.....	39
3.2 การศึกษาการทำงานระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก 5 กิโลวัตต์.....	40
3.3 การติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์.....	41
3.4 เครื่องมือวัด.....	42
3.5 พื้นที่วิจัย.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	50
4.1 ผลจากการทดสอบ.....	50
4.2 การสูญเสียในท่อ	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ	58
5.1 สรุปผลการวิจัย	58
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	59
5.2 ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	60
ภาคผนวก.....	62
ก รายละเอียดแบบประกอบข้อมูลกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า.....	62
ข ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	68
ประวัติผู้เขียน.....	81



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความสูงของหัวน้ำและประสิทธิภาพการทำงาน	26
ตารางที่ 2.2 การแยกประเภทการสูญเสียย่อย.....	34
ตารางที่ 2.3 ค่า K (Resistance Coefficient, K) ของชนิดข้อต่อต่างๆ [4].....	34
ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	39
ตารางที่ 3.2 ผลทดสอบในห้องปฏิบัติการของหัวฉีดขนาด 21 มิลลิเมตร	42
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 1	52
ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 2	52
ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 3	53
ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	53



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภูมิขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย.....	16
รูปที่ 2.1 กังหันน้ำเบงกี.....	18
รูปที่ 2.2 ชุดกังหันน้ำล้อเพลตัน.....	18
รูปที่ 2.3 กังหันน้ำเทอร์โก.....	21
รูปที่ 2.4 ใบพัดที่เคลื่อนที่.....	21
รูปที่ 2.5 สามเหลี่ยมความเร็ว.....	22
รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพและอัตราส่วนความเร็วการไหล.....	23
รูปที่ 2.7 การควบคุมการกระด้วยการใช้เข็มหัวฉีดและแผ่นเบี่ยงเบนทิศทาง.....	24
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปทรงกระบอกของลำน้ำ.....	27
รูปที่ 2.9 สมการอนุรักษ์โมเมนตัมแนวแกนของท่อ.....	28
รูปที่ 2.10 การทำงานของเจนเนอเรเตอร์.....	31
รูปที่ 2.11 ลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลในระบบท่อ.....	31
รูปที่ 2.12 ความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในระบบการไหลในท่อ.....	33
รูปที่ 2.13 กังหันน้ำวนอิสระ.....	37
รูปที่ 2.14 กังหันน้ำเทอร์โก 5 กิโลวัตต์.....	37
รูปที่ 2.15 การจำลองพลศาสตร์ของไหลกังหันน้ำเทอร์โก.....	38
รูปที่ 3.1 โครงสร้างกังหันน้ำเทอร์โก.....	41
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการของหัวฉีด 5 ขนาดของกังหันน้ำเทอร์โก.....	41
รูปที่ 3.3 พื้นที่ติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร.....	44
รูปที่ 3.4 ชุดกังหันน้ำขนาดเล็ก 5 กิโลวัตต์ (Pico Water Turbine).....	44
รูปที่ 3.5 การทำฐานรากกังหันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์.....	45
รูปที่ 3.6 การขนกังหันน้ำ ไปยังสถานที่ติดตั้ง.....	46
รูปที่ 3.7 การเดินท่อน้ำจากภูเขามายังกังหันน้ำ ไปยังสถานที่ติดตั้ง.....	46
รูปที่ 3.8 การติดตั้งระบบควบคุมการทำงาน.....	47
รูปที่ 3.9 เครื่องมือวัดการไหลของน้ำ.....	47

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 ชุดอุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Gauge)	48
รูปที่ 3.11 ชุดอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (Multimeter)	48
รูปที่ 4.1 เครื่องมือวัด	50
รูปที่ 4.2 แฟกเตอร์แรงเสียดทาน	55
รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง	56
รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบกำลังผลิตไฟฟ้าระหว่างการสอบจริงและห้อง ปฏิบัติการ	57



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Q	ค่าอัตราการไหล (m^3/s)
T	แรงบิด (N.m)
A	ค่าพื้นที่หน้าตัด (m^2)
ρ	ค่าความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)
V	ค่าความเร็วของการไหลของท่อ (m/s)
D	ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางกลางท่อ (m)
g	ค่าค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)
h_f	ค่าการสูญเสียหลักที่ท่อทางเข้า Turbine (m)
K	ค่าข้อต่อ วาล์ว และท่อเข้า (-)
h_m	ค่าการสูญเสียรองที่ท่อทางเข้ากังหัน (m)
P	ค่าความดันที่วัดได้จากเกจก่อนเข้าสู่กังหัน (bar)
k	ค่าอัตราส่วนความเร็วสัมพัทธ์ (m/s)
C_{A1}	ค่าความเร็วของน้ำที่ทางเข้าของลูกถ้วยในทิศทางที่พุ่งออกจากหัวฉีด (m/s)
C_{A2}	ค่าความเร็วของน้ำที่ทางออกของลูกถ้วย (m/s)
H	ค่าความดันเป็นเฮดน้ำ (m)
η	ค่าประสิทธิภาพ (%)
E	ค่าแรงดัน ไฟฟ้า (V)
I	ค่ากระแสไฟฟ้า (A)
ω	ค่าความเร็วเชิงมุม (rad/s)
P_{out}	ค่าอัตราส่วนของกำลังมอเตอร์และปั๊ม (w)
P_{in}	พลังงานจากต้นกำลัง (w)
n	ความเร็วรอบใบพัด (rpm)

บทที่ 1

บทนำ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า มนุษย์จึงพยายามเปลี่ยนพลังงานต่างๆ ที่มีในธรรมชาติให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งในประเทศไทย มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี เช่น เปลี่ยนพลังงานน้ำและพลังงานลมหรือพลังงานจากแสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าส่งไปตามบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อประโยชน์ในด้านต่างๆ ในการดำรงชีวิตและใช้งาน จากนั้นจึงใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดต่างๆ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปอื่นตามต้องการต่อไป การผลิตกระแสไฟฟ้าทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้คือ การผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่ใช้แก๊ส ใช้น้ำมัน ใช้ถ่านหิน หรือเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลที่นับวันมีน้อยลงและพลังงานจำพวกนี้ เป็นพลังงานที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ อีกทั้งการผลิตกระแสไฟฟ้าจากการใช้เชื้อเพลิงข้างต้น ยังก่อให้เกิดมลพิษต่อโลกอย่างมากมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้พลังงาน นอกจากในอุตสาหกรรมแล้ว ในที่พักอาศัยก็มีการใช้พลังงานกันอย่าง มาก ไม่ว่าจะไฟแสงสว่าง อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ใช้กันเป็นจำนวนมากจึงเป็นสาเหตุหนึ่งของมลพิษ และการขาดแคลนพลังงาน จึงควรมีการใส่ใจในการประหยัดการใช้งาน และนำพลังงาน รูปแบบใหม่มาผลิตไฟฟ้าเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันภาครัฐได้มีแนวทางให้ชุมชนสามารถพัฒนาโครงการเพื่อผลิตไฟฟ้า ทั้งใช้และจำหน่ายได้ ทั้งพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำหรือพลังงานทดแทนใดๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในแผนพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 - 2579 ของกระทรวงพลังงาน ซึ่งแผนพัฒนาฯ ดังกล่าว พลังงานน้ำขนาดเล็กเป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับการส่งเสริมให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่โดยมีต้องมีการแข่งขันด้านราคาใดๆ จะเห็นได้ว่าหากมีการพัฒนากังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กให้ถูกต้องเหมาะสมนั้น จะสามารถนำพลังงานน้ำมาผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมาก อันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงาน และราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคงทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้าน

พลังงานดังกล่าว จึงได้มีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นพลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในปัจจุบันส่วนใหญ่ได้มาจากการนำเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เป็นต้นกำเนิดของพลังงาน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลต้องใช้เวลายาวนานในการกำเนิดขึ้นมาใหม่ ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งนี้ได้สังเกตเห็นพลังงานจากธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้า คือ การใช้พลังงานน้ำไหลตามธรรมชาติมาหมุนใบกังหันน้ำ ซึ่งพลังงานน้ำที่มีทั้งความสูงของลำน้ำ และอัตราการไหลที่ต่อเนื่องสามารถนำมาขับใบกังหันน้ำเพื่อขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ออกแบบมาต้องใช้รอบกังหันน้ำที่สูงมากกว่า 1,000 รอบต่อนาที ขึ้นไป จำเป็นต้องใช้เกียร์ทดหรือออกแบบที่อยู่ยากต่อการใช้งานในพื้นที่ลำน้ำของเมืองไทย หรือแหล่งน้ำทั่วไป จึงไม่สามารถนำมาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อผลิตไฟฟ้าออกมาใช้งานได้ที่มีความสูงของลำน้ำทั่วไป ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 kW ที่มีระบบทำงานของใบกังหันน้ำที่ถูกออกแบบให้ทำงานที่รอบการหมุนที่ต่ำ สามารถปรับเปลี่ยนมุมองศาการฉีดได้ เป็นกังหันน้ำชนิดแนวแกนนอนและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อกับกังหันไม่มีชุดเกียร์ทด ซึ่งเป็นกังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานที่ประมาณร้อยละ 75 - 85 ในทางทฤษฎี และประมาณร้อยละ 80 ในทางปฏิบัติจริง ซึ่งมีค่าสูงกว่ากังหันน้ำทั่วไปที่รอบการทำงานสูง ชนิดที่ออกแบบมา สามารถใช้งานได้ในกลุ่มชนต่างๆ

การผลิตกระแสไฟฟ้าที่ใช้พลังงานสะอาด และไม่ทำให้เกิดมลพิษต่อโลก มีหลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้โซลาร์เซลล์ ที่ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันอากาศ การผลิตกระแสไฟฟ้าโดยใช้กังหันลม การผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำนั้นต้องมีการศึกษารูปแบบใบกังหันระบบท่อทางต่างๆ ความสัมพันธ์ของแรงดันน้ำ การไหล การสูญเสียหลัก และการสูญเสียรองจึงจะทำให้เกิดประสิทธิภาพต่อการทำงานของระบบสุทธิ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษา กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์
- 1.2.2 เพื่อติดตั้ง และทดสอบประสิทธิภาพ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า
- 1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบกำลังทางไฟฟ้าของกังหันน้ำที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานทดสอบไว้ กับการนำไปติดตั้งใช้งานจริงในพื้นที่สำรวจเลือกไว้ ณ บ้านปากทรง อ. พะโต๊ะ จ. ชุมพร

1.3 ขอบเขต

- 1.3.1 ศึกษาการออกแบบการทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า ขนาดสูงสุด 5 กิโลวัตต์
- 1.3.2 ติดตั้งกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดสูงสุด 5 กิโลวัตต์
- 1.3.2 ทดสอบการทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดสูงสุด 5 กิโลวัตต์
- 1.3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบการทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อผลิตไฟฟ้า ขนาดสูงสุด 5 กิโลวัตต์ ที่ทำการทดสอบไว้ กับการนำไปติดตั้งใช้งาน ณ สถานที่จริง

1.4 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยเริ่มต้นจากการรวบรวมองค์ความรู้ ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หรือกรณีศึกษาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า ทำการคำนวณและทดสอบตามทฤษฎีพื้นฐานการออกแบบใบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าซึ่งพอจะลำดับขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานที่จำเป็นกับการคิดคำนวณใบกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า ชนิดของกังหันน้ำ ชนิดกังหันน้ำที่มีความเหมาะสมสำหรับกังหันน้ำที่จะติดตั้งในแต่ละสถานที่
- 1.4.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง หรือกรณีศึกษาต่างๆด้านกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้า
- 1.4.3 ทำการศึกษาการคำนวณหาค่าตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและ สร้างต้นแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการเก็บข้อมูลและหาค่าต่างๆ
- 1.4.4 ทำการติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน ได้ออกแบบสร้างไว้ นำไปติดตั้งทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่เหมาะสม ที่ได้สำรวจไว้
- 1.4.5 ทำการทดสอบการผลิตกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำ โดยการวัดค่าต่างๆ เช่น อัตราการไหลของน้ำ ความดันของน้ำก่อนเข้าหัวฉีด อัตราการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น และบันทึกผลเพื่อนำไปวิเคราะห์
- 1.4.6 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกรออกแบบและการทำงานจริงของกังหันน้ำ
- 1.4.7 สรุปผลการวิจัย และทำรายงานเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการ รูปแบบพลังงานทดแทน เป็นต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ศึกษาการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ที่สามารถผลิตไฟฟ้าที่อัตราการไหลไม่สูง และความสูงของหัวน้ำต่ำ

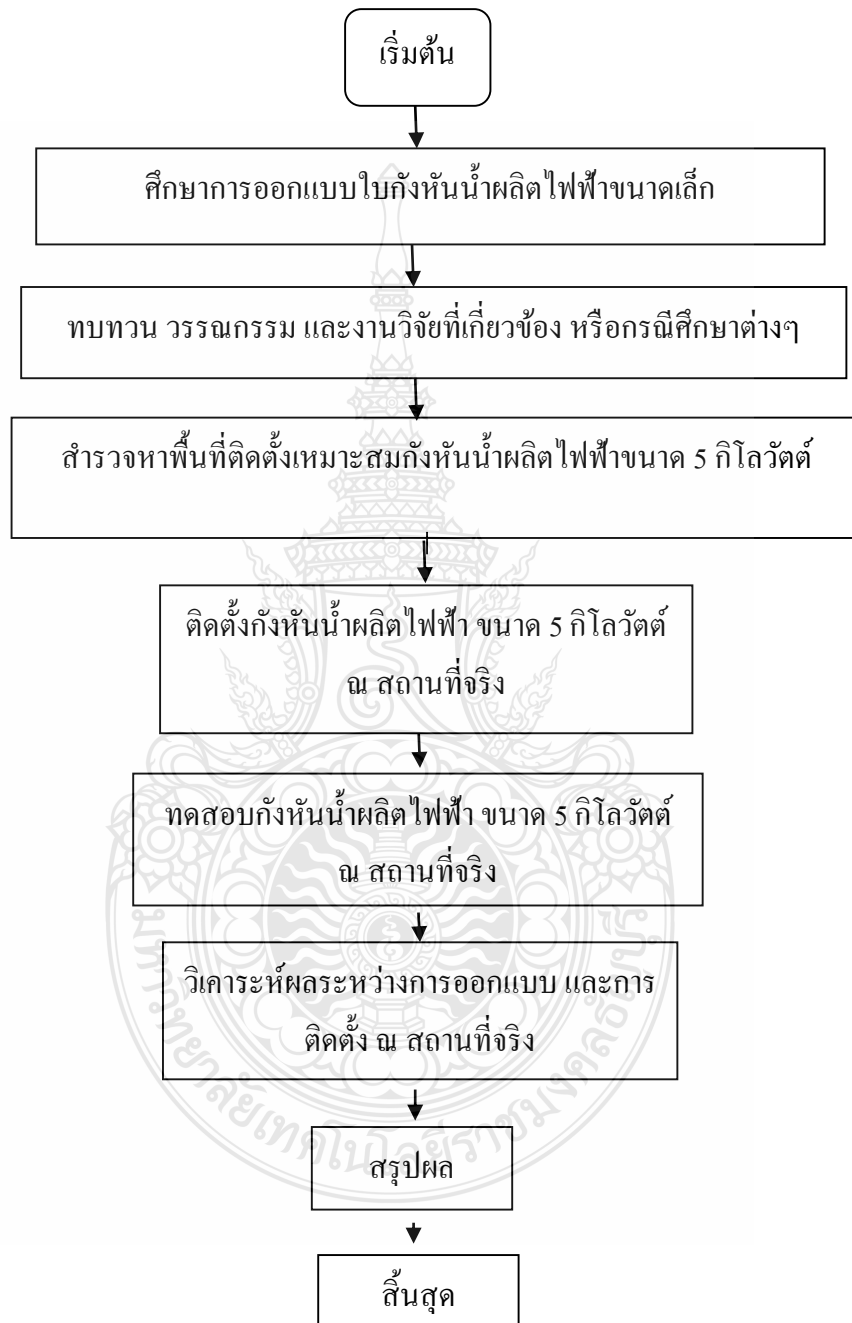
1.5.2 ได้ความรู้และความชำนาญรวมถึง อุปสรรคปัญหา ในการติดตั้ง ณ สถานที่จริงของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 5 กิโลวัตต์

1.5.3 ได้ผลการทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็กที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานออกแบบทดสอบไว้ และค่าที่ได้จริง ณ สถานที่ติดตั้งใช้งาน

1.5.4 ได้ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพการออกแบบ และค่าที่ได้จริง ณ สถานที่ติดตั้งใช้งาน



1.6 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการศึกษางานวิจัย



รูปที่ 1.1 แผนภูมิขั้นตอนในการดำเนินศึกษาวิจัย

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกังหันน้ำ

กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาจากวงล้อน้ำซึ่งเดิมใช้สำหรับการทดน้ำ และโม่แป้งใน ปี ค.ศ. 1832 วิศวกรชาวฝรั่งเศสชื่อ เบนอยัน ฟูเนรองซ์ (Benoit Fourneyron) ประสบความสำเร็จในการพัฒนากังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนพลังงานน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยเรียกชื่อว่า กังหันน้ำฟูเนรองซ์ (Fourneyron's Turbine) หลังจากที่ว่าวงล้อน้ำไม่เคยมีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงมากกว่า 2,000 ปีก่อนหน้านี้ (Boyle.1996 : 1994) จุดนี้นับเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนากังหันน้ำ ในปัจจุบันกังหันน้ำได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันมากมายและมีประสิทธิภาพสูง กังหันน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเพราะจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยการทำให้ใบพัดของกังหันน้ำเกิดการหมุนส่งผลให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อหมุนตาม และสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้

2.1.1 กังหันน้ำประเภทหัวฉีด

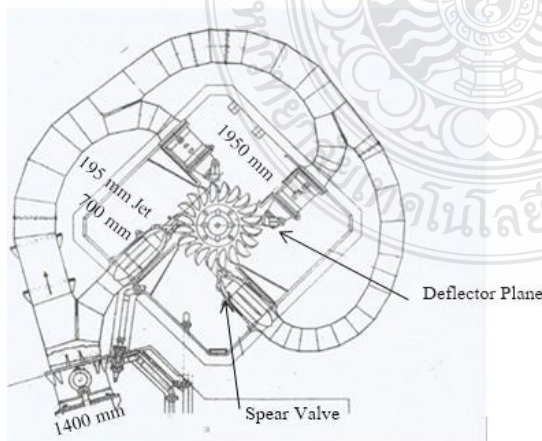
กังหันน้ำประเภทหัวฉีด (Impulse Turbine) หรือกังหันน้ำแบบแรงกระแทก กังหันน้ำแบบนี้มักใช้กับเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่มีหัวน้ำสูง เพราะต้องอาศัยแรงฉีดหรือแรงกระแทกของลำน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำที่ได้รับน้ำมาจากเขื่อน น้ำที่ได้จะไหลลงมาตามท่อส่งน้ำจะถูกลดขนาดมายังหัวฉีดก่อนจะถูกฉีดเข้าไปที่ตัวของกังหันน้ำ ซึ่งลำน้ำที่พุ่งผ่านหัวฉีดจะมีแรงและความเร็วสูง ดังนั้นเมื่อกระแทกเข้าใบพัดหรือวงล้อของกังหันน้ำจะทำให้กังหันน้ำเกิดการหมุนได้ การควบคุมการหมุนของกังหันน้ำสามารถทำได้โดยการปรับขนาดของหัวฉีด ซึ่งเสมือนเป็นการปรับปริมาณน้ำให้มากหรือน้อยได้ตามต้องการกังหันน้ำประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- 1) กังหันน้ำแบงกี (Banki Turbine) กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ (low head) และต้องการกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้แล้ว กังหันน้ำชนิดนี้จะอาศัยความแรงของลำน้ำที่ออกจากหัวฉีด (Nozzle) มากระทำต่อกลีบใบของกังหันน้ำ เพื่อส่งให้เกิดการหมุนและเปลี่ยนรูปพลังงานจลน์ของน้ำให้เป็นพลังงานกลสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า กังหันน้ำชนิดนี้จะมีส่วนประกอบหลักคือ ล้อกังหันน้ำที่ติดอยู่กับเพลาส่งกำลังซึ่งถูกรองรับด้วยเบร็ง และมีท่อเจ็ทน้ำซึ่งมีขนาดหน้าตัดของความกว้างเท่ากับหน้าตัดของวงล้อกังหันน้ำ มาประกอบเข้ากับล้อของวงล้อกังหันน้ำดังรูปที่ 2.1

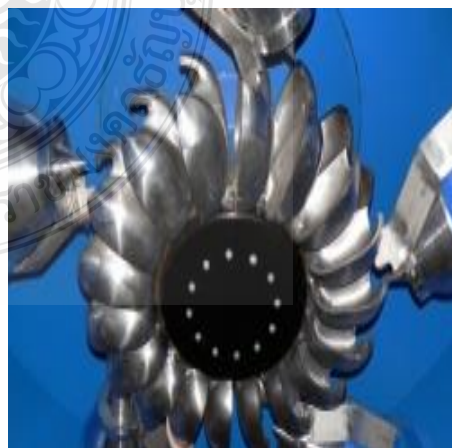


รูปที่ 2.1 กังหันน้ำเบงกี (Banki Turbine) [1]

2) กังหันน้ำเพลตัน (Pelton Turbine) กังหันน้ำชนิดนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 โดย เลสเตอร์ เพลตัน (Lester Pelton) รูปแบบของกังหันน้ำนี้ ถูกออกแบบโดยใช้ถ้วยรับน้ำซึ่งติดอยู่ในวงล้อภายในตัวกังหันเป็นแบบถ้วยคู่ และสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดมากกว่า 1 ช่อง โดยอาจมีจำนวนถึง 4 ช่องก็ได้ ซึ่งจะทำให้ได้รับกำลังเพิ่มขึ้นในขณะที่ขนาดของกังหันน้ำเท่าเดิม โดยทั่วไปกังหันน้ำนี้เหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำที่มีระดับของหัวน้ำสูง (High Head) ซึ่งสูงกว่า 250 เมตร หรืออาจน้อยกว่าก็ได้ในกรณีที่เป็นระบบเล็ก การทำให้กังหันน้ำชนิดนี้หมุนอาจใช้ความเร็วของลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดที่ไม่ต้องมีความเร็วสูงนัก โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำชนิดนี้จะดีที่สุด เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไป (Boyle, 1996 : 205-206)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.2 (ก) ชุดของกังหันล้อเพลตัน [2] (ข) ใบพัดกังหันเพลตัน [2]

แผนภาพแสดงการติดตั้งล้อเพลตันสำหรับผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ แสดงดังรูปที่ 2.2 น้ำถูกจ่ายออกจากอ่างเก็บน้ำที่มีเสถียรที่ระดับ H เหนือแนวศูนย์กลางลำของไหลที่พุ่งออกจากหัวฉีดอุโมงค์ส่งน้ำ (Pressure Tunnel) วางเอียงเล็กน้อยต่อจากอ่างเก็บน้ำไปยังจุดเกือบที่จะเป็นแนวตั้งเหนือตำแหน่งที่ตั้งของกังหัน ท่อที่มีความชันเกือบจะเป็นแนวตั้ง เรียกว่าท่อน้ำตก (Penstock) ต่อที่ปลายอุโมงค์ส่งน้ำไปยังหัวฉีดในขณะที่ได้รับการกระเพื่อม (Surge Tank) ถูกติดตั้งที่ปลายด้านบนของน้ำตก เพื่อดูดซับความดัน และความเร็วชั่วขณะที่เกิดจากการควบคุมการไหล เมื่อเทียบกับท่อน้ำตกแล้วอุโมงค์ส่งน้ำจะยาวกว่ามาก ความชันของมันจะน้อยมาก และมันจะได้รับการแปรผันของความดัน (Pressure Fluctuations) ซึ่งเกิดจากคลื่นควบคุมการไหลที่ทางเข้าไม่มากนัก ท่อน้ำตกจะต้องถูกป้องกัน จากการแปรผันของความดันจำนวนมากๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างหัวฉีดกับถังรับการกระเพื่อม และตามปกติจะใช้ท่อเป็นลักษณะ A Single Steel Lined Concrete Pipe หรือ A Steel Lined Excavated Tunnel ที่ปลายของท่อน้ำตก คือ หัวฉีดซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนเสถียรของน้ำที่ทางเข้าไปยังหัวฉีดให้เป็นลำน้ำที่มีความเร็ว C_{A1} ที่ความดันบรรยากาศ

3) กังหันน้ำเทอร์โบ (Turgo Turbine) เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพลตัน เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำนี้จะใช้ถ้วยรับน้ำแบบเดี่ยวและค่อนข้างดีแทนถ้วยรับน้ำแบบคู่ในกังหันน้ำแบบเพลตัน กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (Medium Head) เพราะสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดซึ่งมีความเร็วไม่มากนัก และมีความสามารถในการรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพลตัน โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุด เมื่อความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไป เหมือนกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพลตัน

กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์แปลงพลังงาน จากพลังงานน้ำที่มีความดันเนื่องจากที่ตั้งหัวน้ำสูงกว่าทางออก เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ส่วนประกอบของกังหันจะมี 2 ส่วนด้วยกัน คือ ใบพัดที่อยู่กับที่ (Fixed Blades) สเตเตอร์ (Stator) หรือหัวฉีด (Nozzle) ซึ่งจะอยู่กับการออกแบบ ซึ่งเมื่อรวม ส่วนที่อยู่กับที่กับใบพัดที่เคลื่อนที่ 1 คู่ จะเรียกว่า 1 สเตจ (Stage) น้ำที่ความดันสูงเมื่อไหลเข้ากังหัน ความดันจะถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) โดยหัวฉีดหรือแฉกใบพัดจะเป็นตัวปรับทิศทางของน้ำ ให้ปะทะกับใบกังหันที่เคลื่อนที่ในองศาที่เหมาะสมตามการออกแบบของสเตจแต่ละชนิด ทำให้โมเมนตัมของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้เกิดแรงในแนวเส้นรอบวง และได้แรงบิดของเพลากังหัน (Shaft Torque) หรือกำลังเพล (Shaft Power) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กังหันน้ำเทอร์โก (Turgo Turbine) [3]

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการแปลงพลังงานของกังหันน้ำเทอร์โกอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างงานเพลลา หรืองานกลที่ได้กับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของกระแสการไหลที่วงล้อหรือแถวของใบพัดที่เคลื่อนที่หรือหมุนได้ดังนี้

กระแสของของไหลที่ขยายตัวที่ใบพัดที่อยู่กับที่มาแล้วจะมีความเร็วสูง C_1 ไหลเข้าช่องทางไหลในโรเตอร์ ซึ่งพื้นที่หน้าตัด A_1 และไหลออกด้วยความเร็ว C_2 พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับกระแสการไหล A_2 ทั้งนี้สมมติให้จุดศูนย์กลางของแต่ละหน้าตัดอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเพลลา R_1 และ R_2 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์แบบ 1 มิติ (One Dimension) โดยถือว่าสมบัติต่างๆ ของของไหลที่แต่หน้าตัดมีค่าคงที่ จะได้ว่า การไหลผ่านชิ้นส่วนข้างต้น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ซึ่งสามารถแยกการพิจารณา ออกได้เป็น 3 แขนง ดังจากกัน ดังนั้นในแนวแกนเพลลาได้ว่า

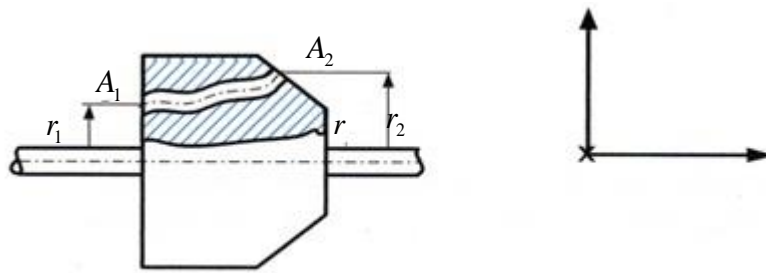
$$F_A = m_s (C_{2A} - C_{1A}) \quad (2.1)$$

โดยที่ F_A คือ แรงที่กระทำต่อวงล้อในแนวแกนเพลลา

m_s คือ อัตราการไหลของน้ำ (m^3/s)

C_{2A} คือ องค์กรประกอบความเร็วของกระแสการไหลในแนวแกนที่ทางเข้า

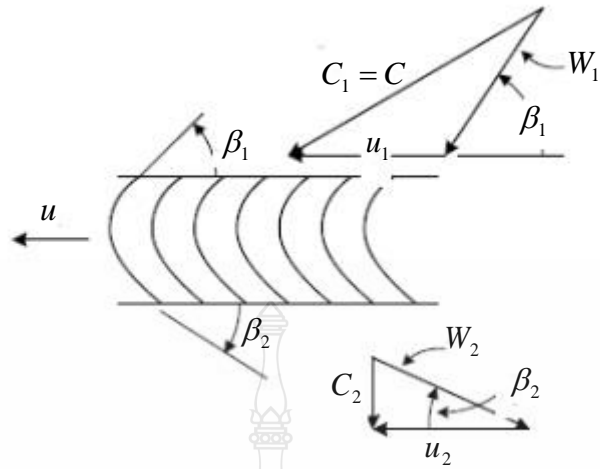
C_{1A} คือ องค์กรประกอบความเร็วของกระแสการไหลในแนวแกนที่ทางออก



รูปที่ 2.4 ใบพัดที่เคลื่อนที่ [1]

ในแนวแกนตามปกติ นอกจากจะมีแรงนี้แล้วยังมีแรงเนื่องจากความดันแตกต่างที่ผิวหน้าทั้งสองของใบพัด คือ ซึ่งทั้งหมดนี้จะถ่ายทอดไปยังเพลลาเป็นแรงรูน (Thrust) ดังนั้นการออกแบบทั้งระบบจะต้องหาทางรองรับแรงนี้ มิฉะนั้นเพลลาจะขยับไปในแนวที่แรงกระทำ ยกเว้นผลกระทบข้างต้นแล้วจะไม่มีการเคลื่อนที่ในทิศทางนี้ เนื่องจากชิ้นส่วนไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวที่แรงกระทำในแนวรัศมี เนื่องจากรูปร่างของช่องทางการไหลต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นในโรเตอร์ จึงมีลักษณะสมมาตร (Symmetry) รอบแกนหมุน ดังนั้นองค์ประกอบของแรงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ของกระแสการไหลในแนวรัศมี จึงหักล้างกันหมดเหลือแรงสุทธิเป็นศูนย์ ประกอบกับไม่มีการเคลื่อนที่ของใบพัดในทิศทางนี้ ดังนั้นจึงไม่มีการเคลื่อนที่ในแนวนี้เช่นกัน

สามเหลี่ยมของความเร็วยังสำหรับการไหลของของไหลที่เข้าสู่และออกจากลูกถ้วยอันหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 2.5 ถ้าลูกถ้วยถูกทำให้อยู่กับที่แล้ว จะต้องหาค่าของความเร็วลูกถ้วย U_1 ออกจากความเร็วของลำของไหล C_1 ทำให้ได้ความเร็วสัมพัทธ์ของของไหล W_1 ที่เข้าสู่ลูกถ้วยมุมที่ลำของไหลเปลี่ยนทิศทางในระนาบในแนวนอนระหว่างการไหลผ่านช่องทางเหนือผิวของลูกถ้วย คือ มุม α และความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออกคือ W_2 ถ้าเวกเตอร์ความเร็วของลูกถ้วย U_2 ถูกรวมกับ W_2 ในทิศทางที่เหมาะสม จะได้เป็นความเร็วสัมบูรณ์ที่ทางออกคือ C_2 ที่จริงแล้ว C_{x2} ของ C_2 สามารถที่จะอยู่ในทิศทางบวก หรือ ลบของแกน x ขึ้นอยู่กับขนาดของ U



รูปที่ 2.5 สามเหลี่ยมของความเร็วสำหรับ Turgo Turbine [1]

จากสมการออยเลอร์ที่ใช้สำหรับกังหัน (Euler's Turbine Equation)

$$W/m = U_1 - C_{x2} \quad (2.2)$$

สมมติให้ไม่มีการสูญเสียของความเร็วสัมผัส เนื่องจากความเสียดทานเมื่อผ่านผิวหน้าของลูกถ้วย ($W_1 = W_2$) แล้ว

$$W/m = U_1(W_1 - W_2 \cos \alpha) \quad (2.3)$$

เพราะฉะนั้นจาก $E = W/mg$

$$E = \frac{U(C_1 - U)(1 - \cos \alpha)}{g} \quad (2.4)$$

หน่วยของ E เป็น วัตต์ต่อนิวตันต่อวินาทีของการไหลโดยน้ำหนัก (Watts Per Newton Per Second Weight of Flow)

ในทางปฏิบัติ จะมีความเสียดทานเกิดขึ้นที่ผิวหน้าของลูกถ้วย และทำให้ W_1 ไม่เท่ากับ W_2 แล้วสมการจะกลายเป็น

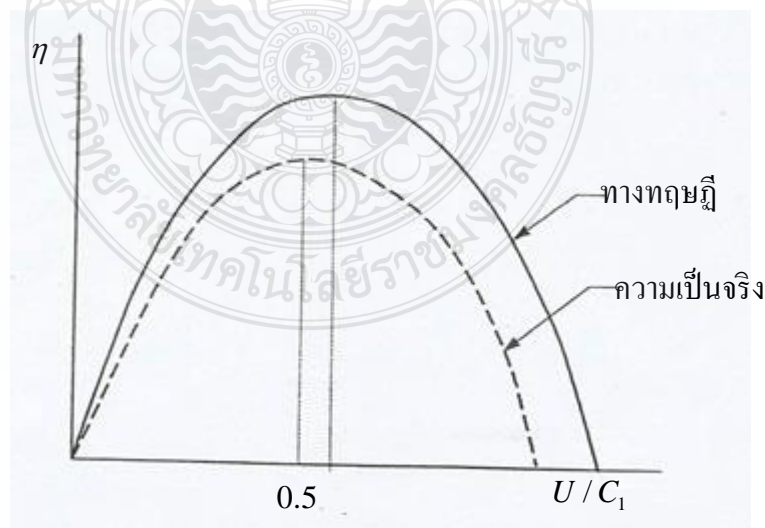
$$E \frac{UW_{x1}(1 - k \cos \alpha)}{g} \quad (2.5)$$

เมื่อ k คืออัตราส่วนของความเร็วสัมพัทธ์ (The Relative Velocity Ratio) ถ้าประสิทธิภาพภาพเชิงไฮดรอลิก มีค่าจำกัดความเป็น

$$\text{ประสิทธิภาพภาพเชิงไฮดรอลิก} = \frac{\text{พลังงานที่ถูกถ่ายทอด}}{\text{พลังงานจากลำของไหล}}$$

$$\eta_H = \frac{E}{C_1^2 / 2g} \quad (2.6)$$

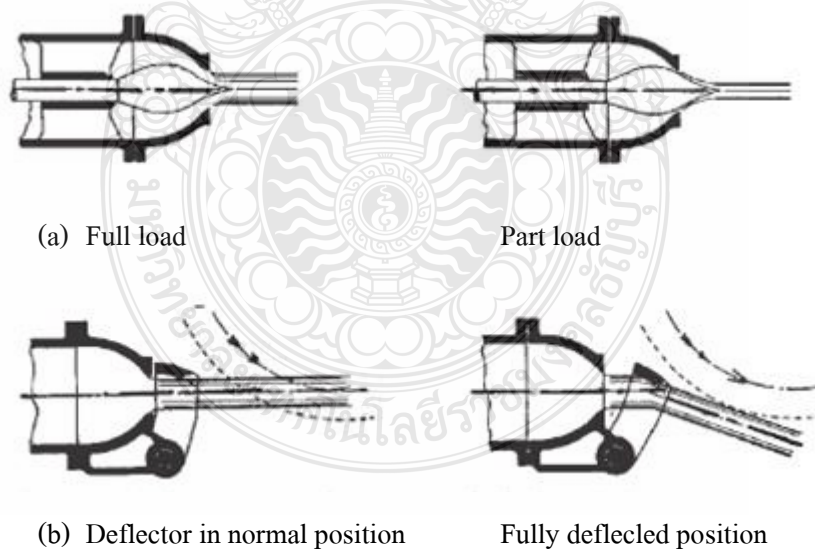
ถ้า $\alpha = 180^\circ$ จะมีประสิทธิภาพภาพเชิงไฮดรอลิกสูงสุดเป็น 100% ในทางปฏิบัติมุมเบี่ยงเบน (The Deflection Angle) อยู่ระหว่าง 160° ถึง 165° เพื่อหลีกเลี่ยงการปะทะกับลำของไหลที่กำลังจะเข้ามา และจะทำให้ η_H ถูกลดลง รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางทฤษฎีเป็นฟังก์ชันของอัตราส่วนความเร็ว (U / C_1) ประสิทธิภาพรวม (The Overall Efficiency) จะมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพทางทฤษฎี เช่นเดียวกับอัตราส่วนความเร็วถูกลดลงที่ประสิทธิภาพสูงสุด อันนี้เนื่องมาจากการสูญเสียในท่อส่งน้ำและหัวฉีด ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อหลังๆ (ในทางปฏิบัติประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ อัตราส่วนความเร็ว (U / C_1) ≈ 0.46)



รูปที่ 2.6 ประสิทธิภาพและอัตราส่วนความเร็วของลำของไหล [1]

การเปลี่ยนภาระของล้อเทอร์โก (Turgo Wheel Load Change) ตามปกติกังหันที่ใช้กับของเหลว จะต่อโดยตรงเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องหมุนด้วยความเร็วคงที่เพื่อรักษาความถี่ของไฟฟ้าให้คง ดังนั้นความเร็ว U ของกังหันจะต้องคงที่ด้วย เมื่อภาระเปลี่ยนแปลงกังหันจะต้องเดินเครื่องที่ประสิทธิภาพสูงสุด และดังนั้นอัตราส่วน U/C_1 ต้องเหมือนเดิม นั่นคือ ความเร็วของลำของไหล C_1 ต้องไม่เปลี่ยนแปลง มีทางออกอยู่ทางเดียวในการปรับค่าเพื่อเปลี่ยนภาระให้กับกังหัน คือการเปลี่ยนค่าของกำลังน้ำที่ป้อนเข้า (The Input Water Power)

กำลังของน้ำที่ป้อนเข้า กำหนดให้เป็น $\rho gQH'$ แต่ H' มีค่าคงที่ และทำให้ C_1 คงที่ด้วย และตัวแปรที่เหลือเฉพาะ Q เท่านั้น การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล เป็นผลมาจาก $Q = C_1 \times A$ พื้นที่หน้าตัด ของหัวฉีด (The Cross-Sectional Area Of The Nozzle) เนื่องจาก C_1 คงที่แล้ว พื้นที่หัวตัดของหัวฉีด (Spear Valve) ซึ่งใช้เปลี่ยนแปลงหน้าตัดของลำของไหล (The Jet Cross-Sectional Area, A) ดังรายละเอียดในรูปที่ 2.7 ตำแหน่งของเข็มหัวฉีดถูกควบคุมด้วยกลไกเซอร์โว (Servo-Mechanism) ที่ซึ่งตรวจจับการเปลี่ยนแปลงภาระ สำหรับการลดภาระอย่างทันทีทันใด แผ่นเบี่ยงเบนทิศทาง (Deflection Plate) ก็จะถูกใช้เพื่อเบี่ยง ลำของไหลทั้งหมดออกจากลูกถ้วย และเพื่อหน่วงเวลาให้เข็มหัวฉีดเคลื่อนที่อย่างช้าๆ ไปยังตำแหน่งของภาระใหม่ อันนี้เพื่อป้องกันความเร็วรอบที่สูงเกินไป



รูปที่ 2.7 การควบคุมภาระด้วยการใช้เข็มหัวฉีดและแผ่นเบี่ยงเบนทิศทาง [5]

การสูญเสียและประสิทธิภาพของล้อเทอร์โก (Turgo Wheel Losses And Efficiencies) เสดสูญเสียเกิดขึ้นในท่อส่งน้ำ ขณะกำลังลำเลียงน้ำไปยังหัวฉีดและเสดสูญเสีย ประกอบขึ้นด้วยความเสียดทานและการสูญเสียในข้องอ (Bend Losses) การสูญเสียจะเกิดขึ้นในหัวฉีดได้เหมือนกันและการสูญเสียเหล่านี้ จะอธิบายในเทอมของสัมประสิทธิ์ของความเร็ว (Velocity Coefficient, C_v) อันสุดท้ายก็จะมี การสูญเสียเนื่องจากการแหวกอากาศ (Windage Loss) และความเสียดทานในวงล้อของกังหันเส้นเสดรวมที่

$$\frac{P_{atm}}{\rho g} + \frac{C_0^2}{2g} + H_1 = \frac{P_{atm}}{\rho g} + \frac{C_1^2}{2g} + h_f + h_{in} \quad (2.7)$$

เมื่อ $C_0 = 0$ จะได้

$$H_1 = (h_f + h_{in}) \frac{C_1^2}{2g} \quad (2.8)$$

เมื่ออธิบายเป็นพลังงานจลน์ต่อหน่วยน้ำหนักของการไหล (Weight Of Flow) ในที่นี้ ประสิทธิภาพของท่อส่งน้ำ (Pipe Line Efficiency) คือ

$$\eta_{trans} = \frac{H}{H_1} \quad (2.9)$$

และประสิทธิภาพของหัวฉีด (Nozzle efficiency) คือ

$$\eta_N = \frac{C_1^2}{2gH} \quad (2.10)$$

ดังนั้นประสิทธิภาพรวมของหัวฉีดและท่อส่งน้ำ (Nozzle And Pipeline Transmission Efficiency) คือ

$$\eta_N = \frac{H}{H} \times \frac{H}{H_1} = \frac{C_1^2}{2gH} \quad (2.11)$$

ประสิทธิภาพเชิงความเร็วของหัวฉีด (Nozzle Velocity Efficiency) คือ

$$C_v = \frac{C_1}{\sqrt{2gH}} \quad (2.12)$$

เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพของหัวฉีดจะกลายเป็น

$$\eta_N = \frac{C_1^2}{2gH} = C_v^2 \quad (2.13)$$

กำลังที่ใช้ในการขับใบพัดในทางทฤษฎีสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\eta_N = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (2.14)$$

P กำลังงานที่ใช้ในการขับใบพัด (W)

T แรงบิด (N.m)

n ความเร็วรอบใบพัด (rpm)

2.1.2 ความสูงของหัวน้ำสำหรับกังหันน้ำแต่ละชนิด

กังหันน้ำแต่ละชนิดจะมีขอบเขตและหลักการทำงานต่างกัน พลังงานและประสิทธิภาพการทำงานที่ได้จากกังหันน้ำจะแปรผันกับความสูงของหัวน้ำเป็นหลัก ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความสูงของหัวน้ำและประสิทธิภาพการทำงาน [5]

ชนิดของกังหันน้ำ	ความสูงของหัวน้ำ (เมตร)	ประสิทธิภาพการทางานสูงสุด
Banki Turbine	4 - 6 เมตร	50 - 85 %
Francis Turbine	15 - 450 เมตร	90 %
Turgo Turbine	50 - 150 เมตร	95 %
Pelton Turbine	150 เมตร	87 %
Kaplan Turbine	1-70 เมตร	90 %

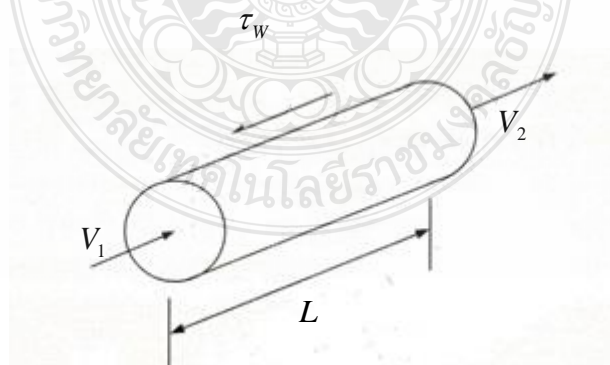
2.2 สมการพื้นฐานสำหรับการไหล

สมการบังคับพื้นฐานของพลศาสตร์ของไหล ได้แก่ สมการความต่อเนื่อง (Continuity Equation) เหล่านี้จะได้มาจากหลักทางกายภาพ 3 หลักด้วยกันคือ กฎการอนุรักษ์มวล (Conservation of Mass) กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (Conservation of Momentum) และกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

2.2.1 กฎการอนุรักษ์มวล

การอนุรักษ์มวล (ซึ่งการอนุรักษ์มวลถือเป็นกฎที่สำคัญยิ่ง หากมีการละเมิดกฎนี้การไหลตัวจะไม่สมจริงอย่างยิ่ง) แต่การทำเช่นนี้อาจมีผลเสียทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยในสองระบบมีค่าไม่เท่ากันก็เป็นได้ เพราะอัตราไหลของมวลแปรผันกับความเร็ว แต่อัตราการไหลของพลังงานจลน์แปรผันกับความเร็วยกกำลังสอง แต่การไม่เท่ากันของค่าพลังงานจลน์นี้มีค่าน้อยจนอาจไม่ต้องคำนึงถึงก็ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากการไหลเป็นแบบปั่นป่วน (ซึ่งการไหลส่วนใหญ่ก็เป็นเช่นนั้น) ทั้งนี้เป็นเพราะในการไหลแบบปั่นป่วนนั้นรูปเฉลี่ยความเร็วค่อนข้างจะอ้วนมน (มีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมอยู่แล้ว)

เริ่มต้นการวิเคราะห์การไหลในท่อ ด้วยการสร้างปริมาตรควบคุม (Control Volume หรือ CV) เพื่อศึกษาแรงกระทำ แนวคิดเรื่องปริมาตรควบคุมนั้นใช้ได้ในทุกกรณี ไม่ว่าจะปริมาตรควบคุม จะใหญ่หรือเล็กเพียงใดก็ตามปริมาตรควบคุมอาจจะเป็นลูกโลกหรือแม้แต่สุริยะจักรวาลก็ได้ หรืออาจจะเป็นขนาดเล็กขนาดเป็นอนุพันธ์ (Differential) ที่มีขนาด $dx \cdot dy \cdot dz$ ก็ได้เช่นกัน ในที่นี้จะเลือกปริมาตรควบคุม ให้เป็นรูปทรงกระบอกของลำน้ำ (ที่ไม่รวมเปลือกท่อโลหะ) และความยาวตามแนวการไหลเป็น L ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างรูปทรงกระบอกของลำน้ำ [2]

ในการวิเคราะห์การไหลทางทฤษฎี จะต้องเขียนสมการอนุรักษ์มวล อนุรักษ์โมเมนตัม และอนุรักษ์พลังงาน ให้เป็นสมการควบคุมหลักในการแก้ปัญหา ทั้งนี้โดยใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยดังที่ กำหนดไว้ข้างบน เพื่อความสะดวกจะกำหนดให้ปริมาตรควบคุม เป็นปริมาตรควบคุม ระหว่าง ตำแหน่ง แนวแกน x สองตำแหน่งใดๆ (ให้สัญลักษณ์เป็นจุด 1 และจุด 2) สมการอนุรักษ์มวล

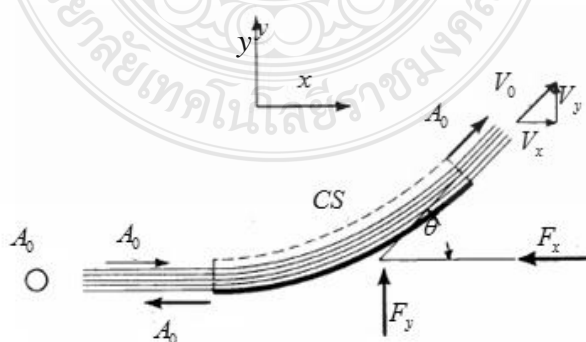
$$\dot{m} = \text{CONSTANT} = \rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 \quad (2.15)$$

ทั้งนี้เพราะเป็นระบบการไหลแบบคงตัว (Steady State) ที่มีความเร็วเท่ากันตลอดหน้าตัด และกำหนดเพิ่มเติมว่าเป็นการไหลที่ไม่มีการอัดตัว (Incompressible Flow) ด้วย ซึ่งจะทำให้ความหนาแน่นเป็นค่าคงตัว ($\rho_1 = \rho_2$) ดังนั้นสมการอนุรักษ์มวลจึงเหลือเพียงซึ่งมักให้คำนิยาม Q ว่าอัตราการไหลปริมาตร (Volume Flow Rate)

$$\rho_1 A_1 = \rho_2 A_2 = Q \quad (2.16)$$

หมายเหตุ การสมมติให้เป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้นี้อาจเห็นกันว่าเป็นสมมุติฐานที่ดีสำหรับของเหลวเท่านั้นและเป็นการสมมติที่ไม่ดีสำหรับของไหลประเภทก๊าซ แต่สามารถพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าแม้แต่ก๊าซก็เป็นของไหลที่อัดตัวไม่ได้หากความเร็วต่ำกว่าเสียงมาก การไหลในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปเป็นการไหลที่ความเร็วต่ำกว่าความเร็วเสียงมากด้วยกันทั้งนั้น ดังนั้นสมมุติฐานข้อนี้จึงใช้ได้ทั้งในของเหลวและก๊าซ

2.2.2 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม



รูปที่ 2.9 สมการอนุรักษ์โมเมนตัมในแนวแกนของท่อ [3]

จากทฤษฎี สามารถเขียนสมการอนุรักษ์โมเมนตัมต่อปริมาตรควบคุม ในแนวแกนของท่อ (แกน x) ที่กำหนดได้คือ

$$\dot{m}(V_2 - V_1) = F_x = \rho_1 A_1 - \rho_2 A_2 - \tau_{wall} A_{wall} + \rho g \nabla_{cv} \sin \theta \quad (2.17)$$

ซึ่งแรง (ทางขวามือของสมการ) ที่กระทำต่อปริมาตรควบคุม ประกอบด้วย แรงอันเนื่องมาจากความดัน แรงอันเนื่องมาจากความเสียดทานที่ผนังท่อ (พื้นที่ผิวควบคุม หรือพื้นที่ผิวควบคุม) และแรงอันเนื่องมาจากความโน้มถ่วงของโลก (ซึ่งกระทำตั้งฉากกับผิวโลก จึงต้องแตกแรงให้อยู่ในแนวท่อ ทั้งนี้เพราะกำลังพิจารณาโมเมนตัมในแนวขนานกับท่อเท่านั้น) เมื่อพิจารณาว่าปริมาตรควบคุมเป็นรูปทรงกระบอกดั่งนั้นพื้นที่ที่ที่แรงกระทำทั้งทางด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างจึงสามารถที่จะทำการคำนวณหาได้โดยง่าย รวมทั้งปริมาตร (∇_{cv}) ด้วย นอกจากนี้เนื่องจากเป็นการไหลคงตัวที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันหมด (ท่อกลม) ความเร็วจะคงที่ (ผลพวงจากสมการอนุรักษ์มวล) ดังนั้นพจน์ทางด้านซ้ายมือจึงหักล้างกันหมด ซึ่งทำให้ได้สมการใหม่เป็น

$$0 = A\Delta P - \tau_{wall} 2\pi RL + \rho g AL \sin \theta \quad (2.18)$$

เมื่อ $\Delta P = P_1 - P_2$ และหากหารตลอดด้วย $A\rho g$ ซึ่งเป็นค่าคงตัว รวมทั้งตระหนักว่า $L \sin \theta = \Delta z$ ซึ่งก็คือความสูงแตกต่างระหว่างจุด 1 และจุด 2 จะได้สมการใหม่ในรูปของสูงหัวน้ำ (head) เป็น

$$\Delta z = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{4\tau_w L}{\rho g d} \quad (2.19)$$

2.2.3 กฎการอนุรักษ์พลังงาน

พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการไหลของของไหลต่อหน่วยมวล คือ ค่าเอนทัลปีจำเพาะ [J/kg] พลังงานจลน์ $V^2/2$ [J/kg] และพลังงานศักย์ gz [J/kg] ในระหว่างพื้นที่หน้าตัดที่ 1 และ 2 เมื่อมีพลังงานจากภายนอกเข้ามาโดยจะให้พลังงานนี้เป็น E_{in} [J/kg] (ยกตัวอย่างเช่นพลังงานจากปั๊ม, Blower, หรือการเพิ่มความร้อน) และถ้าให้พลังงานจากของไหลที่ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมเป็น E_{out} (เช่นงานจากกังหัน, การทำความเย็น) จากกฎของการอนุรักษ์พลังงานกรณีการไหลคงตัวจะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$(h_1 + \frac{V_1^2}{2} + gz_1) + (E_{in} - E_{out}) = (h_1 + \frac{V_2^2}{2} + gz_2) \quad (2.20)$$

โดยค่า g เป็นค่าอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก $g_n = 9.807 (m/s^2)$

สมการนี้จะเป็นสมการทั่วไปของการไหล สำหรับการไหลที่คิดค่าความหนืด เป็นการไหลในบริเวณที่ใกล้กับผนังแข็ง เช่นผิวท่อ งานที่เกิดจากความเสียดทานในการไหลอันเนื่องมาจากความหนืด ฯลฯ จำเป็นที่จะต้องคิดพลังงานในส่วนนี้แยกออกมาอีก ซึ่งงานจำนวนนี้ก็กลายเป็นความร้อน และกลายเป็นพลังงานไม่มีประสิทธิภาพ (ไม่สามารถนำมาใช้งานได้) การสูญเสียพลังงานที่มีประสิทธิภาพจำนวนนี้จะสูญเสียในรูปแบบของความดัน โดยพลังงานที่สูญเสียไปนี้เป็น E_{loss} ในวิชาอุณหภูมิตศาสตร์นั้น การเปลี่ยนแปลงค่าเอนทัลปี Δh กับการเปลี่ยนแปลงความดัน Δp สามารถเขียนเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ ($\Delta h = \Delta q + v\Delta p = \Delta q + p\Delta\rho$) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า $\Delta h = E_{loss} + p\Delta\rho$ จากสมการที่ 2.4 ($h_1 - h_2 - E_{loss} + (p_2 - p_1)/\rho$) แทนลงไปและไม่คำนึงถึงเรื่องการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหลจะเขียนสมการได้เป็น

$$(\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2} + gz_1) + (E_{in} - E_{out} - E_{loss}) = (\frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2} + gz_2) \quad (2.21)$$

สมการนี้เป็นสมการของการอนุรักษ์พลังงานในกรณีของไหลไม่สามารถอัดตัวได้ สมการนี้ไม่เพียงแต่จะใช้กับของเหลวได้เท่านั้น ในกรณีของแก๊สมีการเปลี่ยนแปลงความดัน และอุณหภูมิน้อยมากจนถือได้ว่า ρ มีค่าคงที่ สมการนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้อีกด้วย สมการนี้ไม่มีพลังงานเข้าหรือออกจากภายนอก และไม่มี E_{loss} จะเขียนได้ใหม่เป็น

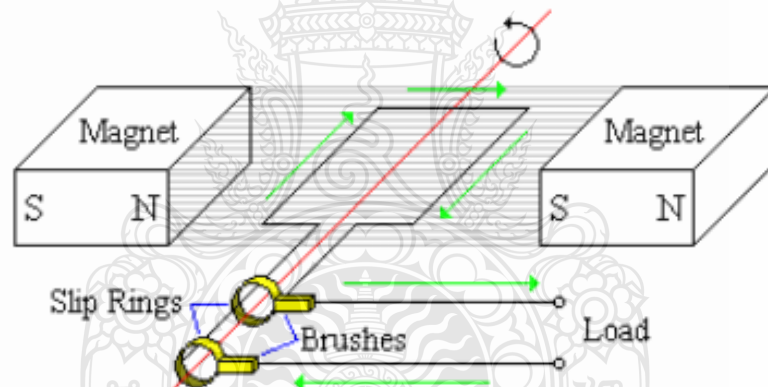
$$P + \frac{\rho V^2}{2} + \rho gz = \text{ค่าคงที่} \quad (2.22)$$

สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation) ข้างบนนี้ใช้ในกรณีที่การไหลไม่มีการสูญเสียพลังงาน ไม่มีงานเข้า-ออกจากระบบ และไม่สามารถอัดตัวได้ในการไหลทอสม $p, \rho V^2/2, \rho gz$ ในสมการนี้จะหมายถึง แรงดันสถิตย (Static Pressure) ความดันขับ และความดันรวม อนึ่งค่า p ของแก๊สจะมีค่าน้อยมากและถ้าค่า z ของจุดที่พิจารณา 2 จุดมีค่าไม่แตกต่างกันมาก ทำให้ทอม ρgz ในสมการที่ 2.5 และสมการที่ 2.6 สามารถตัดทิ้งไปได้

2.3 การทำงานของเจนเนอเรเตอร์

การทำงานของเจนเนอเรเตอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่า โรเตอร์ซึ่งจะมีขดลวดตัวนำฝังอยู่ในร่องรอบแกนโรเตอร์ที่ทำจากแผ่นเหล็กซิลิคอน หนาประมาณ 0.35 - 0.5 mm นำมาอัดแน่นโดยระหว่างแผ่นเหล็กซิลิคอนจะมีฉนวนเคลือบทั้งนี้เพื่อลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลวน เพื่อทำหน้าที่ในการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น อีกส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ ภายในร่องแกนสเตเตอร์ มีขดลวดซึ่งทำจากแผ่นเหล็กอัดแน่นเช่นเดียวกับโรเตอร์ฝังอยู่ อาศัยหลักการของการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าที่สเตเตอร์และนำแรงดันไฟฟ้านี้ไปใช้ต่อไป

หลักการง่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อสนามแม่เหล็กหมุนผ่านขดลวดบนสเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้เกิด กระแสและแรงดันขึ้นที่ขดลวด สนามแม่เหล็กขึ้นได้จากการป้อนไฟ DC เข้าขดลวดของโรเตอร์กระแสไฟ DC จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่โรเตอร์และเมื่อโรเตอร์หมุนจะเหนี่ยวนำแรงดัน AC และกระแสขึ้นที่ขดลวดสเตเตอร์ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.10 การทำงานของเจนเนอเรเตอร์[3]

2.4 การไหลในท่อ (Flows in Ducts)

การไหลในท่อ(โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่อกลม) เป็นการไหลที่มีการใช้มากในงานวิศวกรรม เช่น การไหลของก๊าซร้อนหรือไอน้ำในโรงงาน การไหลของน้ำในระบบประปา การไหลของก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบในการเดินทางจากแหล่งขุดเจาะไปยังโรงกลั่น เป็นต้น การศึกษาการไหลในรูปแบบนี้บางครั้งก็เป็นการไหลไปในท่อทางเฉยๆ แต่บางครั้งก็คำนึงถึงงานที่ทำให้เกิดการไหลหรืองานที่ได้รับจากการไหลหรืองานที่ได้รับจากการไหลด้วย เช่น งานของปั๊มและเทอร์ไบน์ที่อยู่ในระบบ อนึ่ง การสูญเสียศักย์ภาพในการไหลตัวอันเป็นผลเนื่องมาจากแรงเสียดทานก็นับว่าเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณา

2.4.1 สมการควบคุม

การศึกษากลศาสตร์ของไหลเชิงทฤษฎี จะต้องเริ่มต้นด้วยการสร้างสมการควบคุมเสมอ และในการประยุกต์ใช้งาน จะต้องทำการปรับเปลี่ยนสมการควบคุมให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการใช้งาน ในการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งบ่อยครั้งก็ต้องมีข้อมูลจากการทดลองประกอบด้วยการใช้สมการควบคุมในรูปแบบ และโดยสมมุติฐานที่ถูกต้อง ที่พอเหมาะพอควรแก้ปัญหาเป็นเกือบทุกสิ่งทุกอย่างของการศึกษาเชิงทฤษฎี ความยากอยู่ตรงที่ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวว่าจะปรับเปลี่ยนสมการควบคุมอย่างไร เพราะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของวิศวกรผู้ใช้งานเป็นหลัก แต่ในเรื่องของการไหลในท่อกลมนี้ ปรมาจารย์วิศวกรรมศาสตร์ได้วิเคราะห์ไว้ก่อนข้างละเอียดและเป็นระบบดีแล้ว การปรับเปลี่ยนระบบสมการจึงมีน้อยมากหรือไม่เลย

การวิเคราะห์ในบทนี้ต้องนับว่าเป็นการวิเคราะห์อย่างง่าย (แต่ก็มีประโยชน์ในทางปฏิบัติมาก) นิยมเรียกการวิเคราะห์เช่นนี้ว่า การวิเคราะห์แบบ 1 มิติ (One Dimensional Analysis) หรือการวิเคราะห์แบบเอกลักษณะ (Uniform Flow Analysis) ทั้งนี้เพราะคุณสมบัติต่างๆ ของการไหลนั้นเช่น ความเร็ว ความดัน แปรผันกับค่ามิติเพียงค่าเดียว (คือ ความยาวของท่อ) การวิเคราะห์ทำนองนี้มีที่ใช้บ่อยมากในงานวิศวกรรมศาสตร์ผันกับค่ามิติเพียงค่าเดียว คือ ความยาวของท่อ การวิเคราะห์ทำนองนี้มีที่ใช้บ่อยมากในงานวิศวกรรมศาสตร์นักศึกษาจึงควรทำความเข้าใจกับสมมุติฐานในการวิเคราะห์นี้ให้ดี เพราะจะเป็นประโยชน์ในอื่นๆ ด้วย โดยแท้จริงแล้วความเร็วของการไหลในท่อนั้นจะต้องมีความเร็วเป็นศูนย์ที่ผิวท่อด้านใน ทั้งนี้เป็นเพราะความจริงที่ว่าของไหลไม่อาจไหลผ่านผิววัสดุที่อยู่นิ่งได้ (No Slip Condition) จากนั้นความเร็วจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออยู่ห่างออกจากผิวท่อ จนมีความเร็วสูงสุดที่ใจกลางท่อ ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 ลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลในระบบท่อ [2]

นิยมเรียกกราฟของความเร็วของของไหลที่แปรกับพิกัดในแนวตั้งว่า “รูปเสี้ยวความเร็ว” (Velocity Profile) หากใช้พิกัดแบบทรงกระบอก (Cylindrical Coordinates) จะถือว่าความเร็วแปรกับรัศมี และอาจแปรกับความยาวท่อ ได้ด้วย ซึ่งหมายความว่า เป็นความเร็วแบบสองมิติ

ในการสมมติให้เป็นความเร็วแบบหนึ่งมิตินั้น อนุโลมให้ใช้ความเร็วเฉลี่ยซึ่งมีค่าเท่ากับตลอดหน้าตัดนั้นคือ มีรูปลักษณะการไหลเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.12 ความเร็วเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในระบบการไหลในท่อ [2]

2.4.2 ปัญหาสามประเภทของการไหลในท่อ

ปัญหาที่มักพบในการคำนวณเกี่ยวกับการไหลในท่อที่อยู่ 3 ประเภทด้วยกันคือ

1) ปัญหาการสูญเสีย ซึ่งเป็นประเภทปัญหาที่ง่ายที่สุดในบรรดา 3 ประเภท ดังตัวอย่างทั้งสองตัวอย่างข้างบนที่ผ่านมาแล้ว ปัญหาประเภทนี้เราจะทราบ ซึ่งทำให้ทราบค่า R_e และ ε/d ซึ่งทำให้สามารถหา f และการสูญเสีย h_f ได้โดยง่าย จากการใช้แผนภูมิมูดี้ หรือโดยการใช้สมการ ปฏิสัมพันธ์ของ Colebrook หรือ Haaland

2) ปัญหาความเร็ว ทราบ $d, h_f, \varepsilon, \mu, L, \rho$ ต้องการหาความเร็ว (หรือ อัตราการไหล) ปัญหานี้ไม่อาจคำนวณหาคำตอบได้โดยวิธีการแบบโคเดเค้น (Explicit) เพราะตัวแปรผันกันอยู่ในรูปของสมการแบบซ่อนเร้น (Implicit) จึงต้องทำการหาคำตอบโดยการทำซ้ำ หรือการเวียนลวดค่าผิด (Iteration)

3) ปัญหาขนาดท่อ ทราบ V (หรือ Q), $h_f, \varepsilon, \mu, L, \rho$ ต้องการหาขนาดท่อ ปัญหานี้มีลักษณะคล้ายประเภทที่สองจึงต้องทำการหาคำตอบโดยการคำนวณซ้ำ (Iteration) ปัญหาในประเภทที่

4) เป็นปัญหามาตรฐานของวิศวกรส่วนใหญ่ ส่วนปัญหาประเภท 2 และ 3 นั้นเป็นปัญหาที่ไม่พบบ่อยนักเพราะกำหนดค่าสูงหัวสูญเสียมาให้ แต่ในบางรัฐวิศวกรต้องการกำหนดสูงหัวสูญเสียก็ทำได้ เพื่อให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของการออกแบบพิเศษบางประการ โดยหลักการทางคณิตศาสตร์ ปัญหาทั้งสามประเภทถือว่าไม่ต่างกันมากนักเพราะต่างก็ต้องมีจำนวนตัวแปรเท่ากับจำนวนสมการ ต่างกันแต่เพียงวิธีการของการหาคำตอบที่อาจเป็นวิธีการแบบโคเดเค้นหรือแบบซ่อนเร้นเท่านั้น เนื่องจากได้แสดงตัวอย่างของปัญหาประเภทที่ 1 ไปแล้วดังนั้นจึงจะแสดงตัวอย่างของปัญหาประเภทที่ 2 และ 3 ตามลำดับต่อไป

2.4.3 การสูญเสียย่อยในท่อ (Minor Losses in Pipe)

การสูญเสียอันเนื่องมาจากแรงเสียดทาน (เนื่องจากความฝืด) ตลอดแนวความยาวของท่อที่ได้กล่าวไปในหัวข้อก่อนแล้วนั้น นับว่าเป็นการสูญเสียหลักของการไหลในท่อยาว นอกจากนี้ยังมีการสูญเสียปลีกย่อยอีก การสูญเสียย่อยเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นตลอดแนวความยาวท่อ แต่เกิดขึ้นเฉพาะจุดเท่านั้น สาเหตุหลักของการสูญเสียย่อยนี้เกิดจากการที่ก้อนมวลเล็ก ของของไหลต้องมีการเสียดสีกันเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ เนื่องจากการเบี่ยงเบนตัวเองออกจากแนวทางการไหลในท่อตรงตามปกติ สามารถแยกประเภทการสูญเสียย่อยออกได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การแยกประเภทการสูญเสียย่อย [4]

ลักษณะการไหลที่เกิดการสูญเสียย่อย	สาเหตุ
1) การไหลที่ทางเข้าและทางออกของท่อ	1) มีการเปลี่ยนความเร็วอย่างรวดเร็วกะทันหัน ในส่วนที่อยู่ติดกับผิวท่อ ทำให้เสียดสีกับเนื้อของไหลด้านในมากขึ้น
2) การบานออกหรือตีบเข้าของท่อ	2) มีการเปลี่ยนทิศทางการไหล ซึ่งทำให้เนื้อของไหลเสียดสีกัน
3) การโค้ง การงอ การต่อแบบ T การต่อในลักษณะ	3) มีการเปลี่ยนทิศทางการไหล ซึ่งทำให้เนื้อของไหลเสียดสีกัน
4) ลิ้น ต่างๆ	4) การไหลต้องมีการเสียดตัวผ่านกลไกของลิ้น ทำให้มีการเสียดสีมากขึ้น

เนื่องจากการสูญเสียนี้เป็นการสูญเสียเฉพาะจุด จึงไม่เกี่ยวข้องกับความยาวของท่อ แต่ปริมาณการสูญเสียยังเกี่ยวเนื่องอยู่กับความเร็วของการไหล (เพราะหากมีความเร็วมากก็เสียดสีกันแรงมากเป็นสัดส่วนกัน) จึงเขียนความสัมพันธ์การสูญเสียย่อยให้คล้ายคลึงกับการสูญเสียหลัก ดังนี้

$$h_{mi} = K_i \frac{V_i^2}{2g} \quad (2.23)$$

เมื่อ K คือ สัมประสิทธิ์การสูญเสียย่อย มีสมการนี้เป็นสมการแสดงการสูญเสียย่อยของอุปกรณ์ใดๆ ซึ่งอาจจะเป็นข้องอ ลิ้น หรือข้อต่อก็ได้ ในกรณีที่มีการสูญเสียย่อยหลายอย่างหรือหลายครั้งในระหว่างการไหลจากจุด 1 ใดๆ ไปยังจุด ใดๆ การสูญเสียย่อยรวมทั้งหมดระหว่าง 2 จุดนี้ย่อมเท่ากับผลรวมของการสูญเสียย่อยทั้งหลาย ดังนี้

$$h_m = \sum_{i=1}^I K_i \frac{V_i^2}{2g} \quad (2.24)$$

ทั้งนี้หมายความว่าความเร็วของของไหลในแต่ละช่วงของท่ออาจไม่เท่ากัน เช่น ท่ออาจจะใหญ่ขึ้นหรือเล็กลงก็ได้ แต่หากท่อมีขนาดเท่ากันในทุกช่วง ความเร็วก็จะเท่ากันด้วย ซึ่งจะทำให้สมการการสูญเสียย่อยง่ายขึ้นและกลายเป็น

$$h_m = \left(\sum_{i=1}^I K_i \right) \frac{V^2}{2g} \quad (2.25)$$





การไหลที่เกิดการสูญเสียย่อยที่พบบ่อยที่สุดคือการไหลผ่านลิ้น (Valve) ชนิดต่างๆ ซึ่งมีหลายลักษณะ ดังรูป นอกจากนี้อาจเกิดจากการไหลผ่านการต่อแบบสามแยก (Tee Connection) และการเลี้ยวโค้งด้วยมุมต่างๆ (Elbow) ค่าสัมประสิทธิ์ของการสูญเสียย่อยสามารถหาได้จากการทดลอง หรือได้จากข้อมูลการทดลองของบริษัทผู้ผลิต ซึ่งได้นำตัวอย่างบางประการมาแสดงไว้ดังในตารางที่ 2.2 ซึ่งนอกจากจะชี้ให้เห็นความแตกต่างของสัมประสิทธิ์ในการไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ แล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการต่อแบบขันเกลียว (Screwed) และการต่อแบบการใช้หน้าแปลน (Flanged)

$$h_f = \left(f \frac{L}{D} + \sum_{i=1}^I K_i \right) \frac{V^2}{2g} \quad (2.26)$$

โดยที่

- h คือ ค่าการสูญเสียในท่อ (m)
- L คือ ความยาวเทียบเท่าของท่อ (m)
- D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)
- K คือ ค่าข้อต่อ วาล์ว และท่อเข้า (-)
- V คือ ความเร็วของการไหลของน้ำในท่อ (m/s)

ตารางที่ 2.3 ค่า K (Resistance Coefficient, K) ของชนิดข้อต่อต่างๆ [4]

ชนิดข้อต่อ	อุปกรณ์	ค่า K (Resistance Coefficient, K)
ท่อนอ 90°	 90° Long Radius Elbow	0.13
ท่อต่อสามทาง	 Tee	0.3
ท่อลดขนาด	 Concentric Reducer	0.98
ท่อนอ 45°	 45° Long Radius Elbow	0.065

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. รศ.ดร.รัชพล สันติวรากร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้คิดค้น ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวนอิสระ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากแหล่งน้ำ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้แก่ชุมชนในพื้นที่ต้นน้ำที่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี ซึ่งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวนอิสระ สามารถมีกระแสไฟฟ้าใช้ได้โดยไม่ต้องสร้างเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่มีการลงทุนสูง วัตถุประสงค์เพื่อสร้างกระแสน้ำวนอิสระที่มีความเร็วสูง และมีความสามารถในการหมุนกังหันน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานทางกลศาสตร์ของไหลในการออกแบบรูปร่างของบ่อน้ำวนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งจำเป็นต้องมีความสูงในระดับหนึ่ง โดยทั่วไปจะสูงประมาณ 1.50 เมตร ขึ้นไปถึงจะผลิตไฟฟ้าได้ แต่แนวคิดของงานวิจัยชิ้นนี้คือ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในความสูงต่ำกว่า 1.00 เมตร เพราะฉะนั้นเราจึงพยายามสร้างระบบ บ่อน้ำวนให้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้หลักการ ระดับความสูงน้ำต่ำกว่า 1 เมตร



รูปที่ 2.13 ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำวนอิสระ [1]

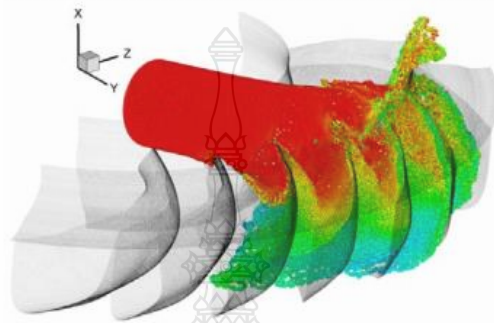
2. ผศ.ดร.วิรัช โยชนรินทร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ได้วิจัย “โครงการศึกษา วิจัยพัฒนา สาธิตต้นแบบเทคโนโลยีกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้า ขนาด 5 กิโลวัตต์” แสดงในรูปที่ 2.14 ที่มีความเหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าที่มีความสูงของหัวน้ำ 30 เมตร อัตราการไหลของน้ำที่ 90 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที



รูปที่ 2.14 กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ [6]

3. Wilson P.N. ได้ตีพิมพ์การศึกษาเรื่อง “A high-speed Impulse Turbine”, ในวารสาร Water Power เมื่อ มกราคม 1967 ว่ากังหันน้ำเทอร์โกนั้นสามารถทำงานที่เฮดน้ำปานกลางจนถึงหัวน้ำที่สูง ตั้งแต่ 15-300 เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกังหันน้ำเพลตันแล้วจะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า

4. John S. Anagnostopoulos ได้ตีพิมพ์การศึกษาเรื่อง “Optimal Design And Experimental Validation Of A Turgo Model Hydro Turbine” ซึ่งคือการใช้กระบวนการวิธีการจำลองทางพลศาสตร์ของไหลมาช่วยในการปรับปรุงให้กังหันน้ำเทอร์โกมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การจำลองการไหลทางพลศาสตร์ของไหลของกังหันน้ำเทอร์โกเพื่อผลิตไฟฟ้า [7]



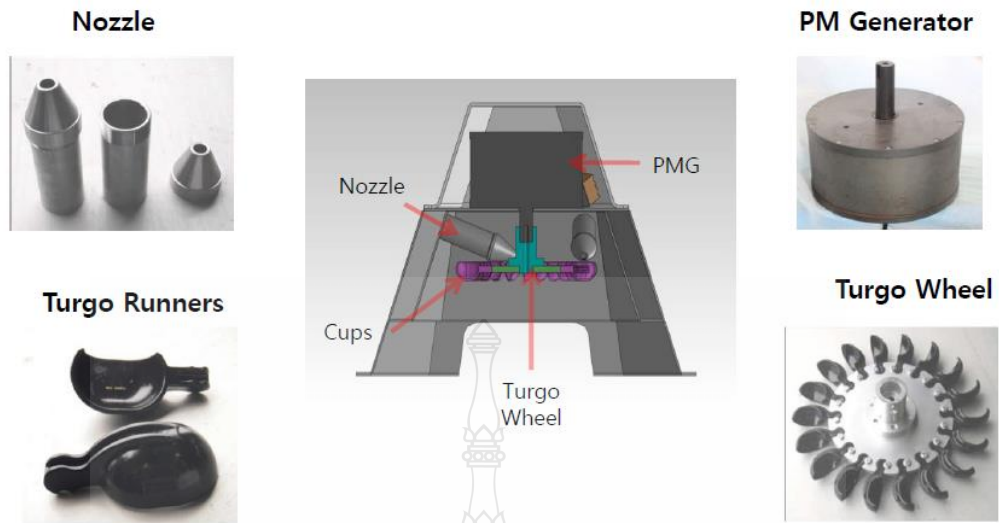
การศึกษาทฤษฎีพื้นฐานในการออกแบบใบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 5 กิโลวัตต์ เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ต่างๆ ที่นำมาใช้ศึกษาในการออกแบบ การติดตั้ง ณ พื้นที่จริง การเก็บค่าข้อมูลต่างๆจากการใช้งานจริงโดยอาศัยแหล่งข้อมูลค้นคว้าจากตำรางานวิจัยที่สำเร็จแล้วจากอินเทอร์เน็ต และกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่มีการติดตั้งใช้งานในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่นทฤษฎีของ อากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic) ของกังหันน้ำ พลังงานที่สามารถดึงออกจากความสูงหัวน้ำเป็นพลังงานจลน์ (Kinetic- Energy) รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่นำมาทดสอบ เช่น เครื่องวัดอัตราการไหล เครื่องมือวัดกระแสไฟฟ้า เครื่องมือวัดโวลต์ เป็นต้น

3.2 ศึกษาการทำงานระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ที่สร้างและทดสอบค่าไว้

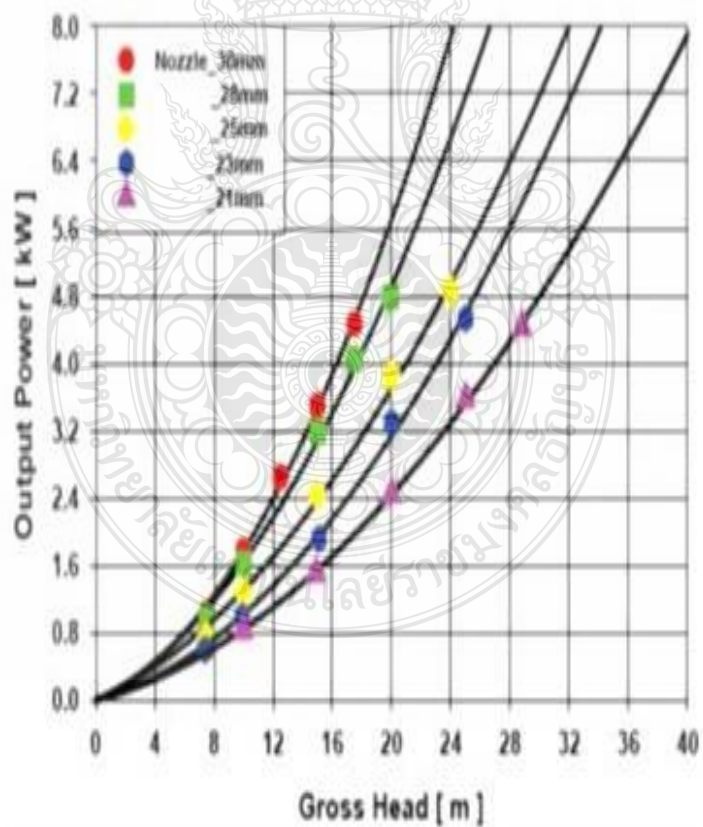
ทำการศึกษาการออกแบบสร้างกังหันน้ำ ท่อทางเดินน้ำ เข้าสู่กังหันน้ำ หัวฉีด เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์ความสูญเสียภายในท่อ ซึ่งอุปกรณ์ของกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ มีรายละเอียดดังนี้

- 1.Pico Hydro Turbine System (Single-turbine)
2. Water Head: 40 m
3. Capacity: 5 kWh
4. Runner Wheel: Single Wheel (\varnothing 470mm)
5. Runner Material: Nylon composite + Glass Fiber
6. Nozzle Number: 4EA
7. Generator Type: Permanent Magnet Generator
8. Inverter Type: Grid Tie Inverter

กังหันน้ำเทอร์โกนนี้สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0.5-5 กิโลวัตต์ โดยที่ใช้ความสูงของหัวน้ำ 20- 40 เมตร และอัตราการไหลของน้ำที่ 20- 90 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที ซึ่งจะมีการใช้หัวฉีดทั้งหมด 4 หัวฉีด ที่มีหัวฉีด 5 ขนาดให้เลือกใช้ และเนื่องจากว่าโครงสร้างของกังหันน้ำเทอร์โกนนี้ไม่มีความซับซ้อน จึงทำให้เกิดความง่าย และความน่าเชื่อถือที่สูงในการทำงาน ง่ายต่อการบำรุงรักษา ซึ่งโครงสร้างของกังหันน้ำแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของกังหันน้ำเทอร์โก



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการของหัวฉีด 5 ขนาดของกังหันน้ำเทอร์โก

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของกำลังและอัตราการไหลของหัวฉีดขนาด 21 มิลลิเมตรที่หัวน้ำ 30 เมตร

No.	Gross Head (m)	Flow (l/s)	Flow (m ³ /day)	Power (W)	kWh(month)	kWh(year)
1	30	30	2,592	4,440	3,197	38,362
2	27.5	30	2,592	4,070	2,930	35,165
3	25.0	30	2,592	3,700	2,664	31,968
4	22.5	30	2,592	3,300	2,376	28,512
5	20.0	30	2,592	3,000	2,160	25,920
6	17.5	28	2,419	2,400	1,728	20,736
7	15.0	28	2,419	2,000	1,440	17,280
8	12.5	28	2,419	1,800	1,296	15,552
9	10.0	28	2,419	1,375	990	11,880
10	7.5	28	2,419	1,000	720	8,640

3.2.1 การคำนวณค่าตัวแปรเบื้องต้นเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์หาพื้นที่ติดตั้ง

โดยการคำนวณค่าตัวแปรเบื้องต้นที่มีการใช้ปริมาณน้ำน้อยสุดที่ได้ศึกษาจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการไว้โดยมีขนาดหัวฉีดที่ 21 มิลลิเมตร จำนวน 4 หัวฉีด

การคำนวณหาพื้นที่การไหลของน้ำ

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางหัวฉีด (m)

A = พื้นที่การไหลของน้ำ (m²)

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (0.021)^2$$

$$= (0.346 \times 10^{-3}) \times 4$$

$$= 1.385 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

การคำนวณหาค่าความเร็วน้ำ

$$\begin{aligned}\text{เมื่อ } C_1 &= \text{ความเร็วน้ำ (m/s)} \\ \eta_N &= \text{ประสิทธิภาพหัวฉีด} \\ g &= \text{แรงโน้มถ่วง (9.81 m/s}^2\text{)} \\ H &= \text{ความสูงของน้ำ (30 m)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_N &= \frac{C_1^2}{2gH} \\ C_1 &= \sqrt{2 \times g \times H \times \eta_N} \\ &= \sqrt{2 \times 9.81 \times 30 \times 0.98} \\ &= 24.02 \text{ m/s}\end{aligned}$$

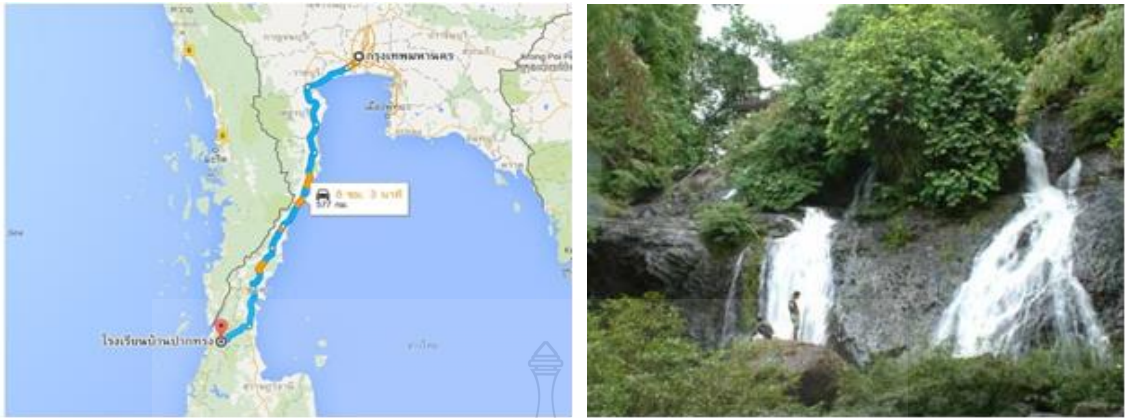
การคำนวณหาอัตราการไหลของเจ้าหน้าที่

$$\text{เมื่อ } Q = \text{พื้นที่การไหลของน้ำ (m}^2\text{)} \times \text{ความเร็วน้ำ (m/s)}$$

$$\begin{aligned}Q &= AC_1 \\ &= (1.385 \times 10^{-3}) \times 24.02 \\ &= (33.268 \times 10^{-3}) \times 3600 \\ &= 119.764 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

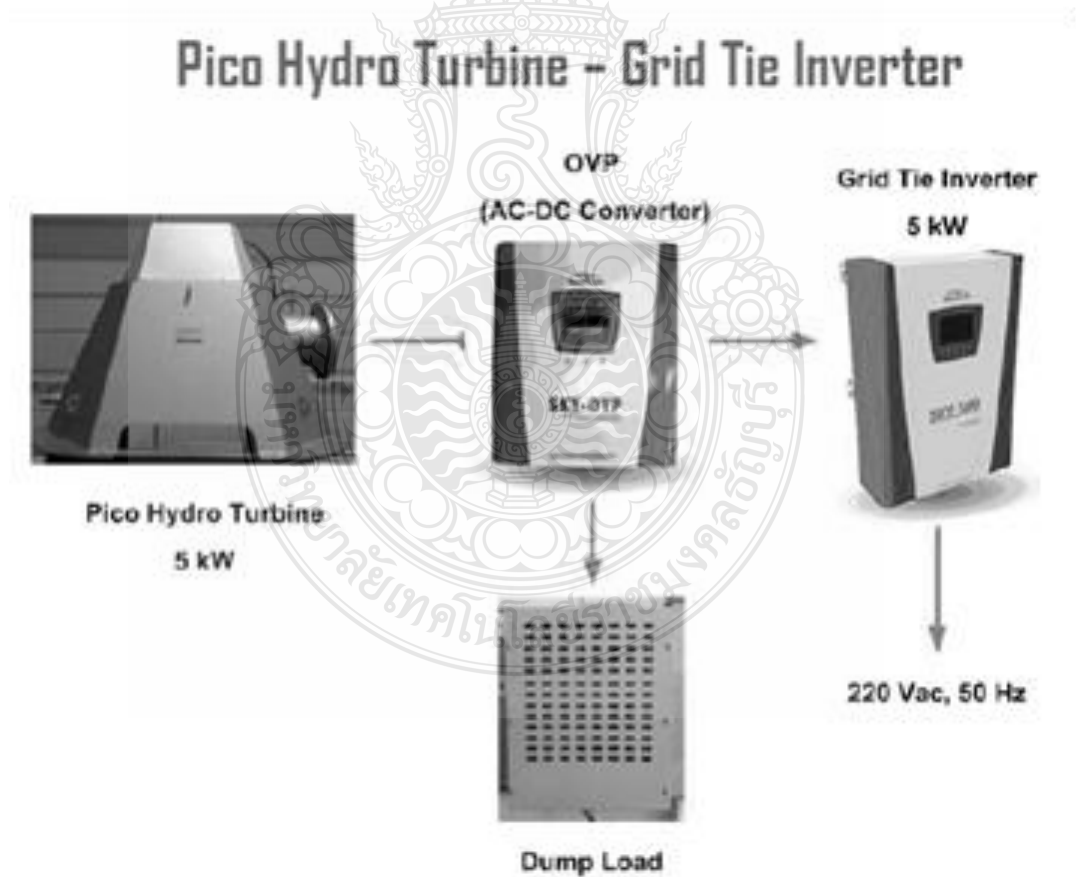
3.2.2 ทำการศึกษาเพื่อเตรียมการติดตั้ง ณ พื้นที่ติดตั้งจริง

ดำเนินศึกษาการออกแบบชิ้นส่วนและรายละเอียดค่าต่างๆจากภาคผนวก ก ของกังหันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ๙๙บุรีรัมย์ ได้ออกแบบสร้างและทดสอบไว้ และคัดเลือกพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอในการทดสอบโดยการคัดเลือกพื้นที่เน้นการใช้ประโยชน์ได้จริงและสามารถทำการทดสอบการทำงานของ กังหันน้ำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพื้นที่ในการติดตั้ง อยู่ในอำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร เพราะเป็นพื้นที่ต้นน้ำ มีน้ำตามธรรมชาติตลอดทั้งปี สามารถทำให้กังหันน้ำ ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 รูปพื้นที่ติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ ณ อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร[8]

หลังจากได้ทำการคัดเลือกพื้นที่ทดสอบ และได้ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ ของกังหันน้ำเทอร์โบ ซึ่งมีชิ้นส่วน และอุปกรณ์ต่างๆ ดังในรูป 3.4



รูปที่ 3.4 ชุดกังหันน้ำขนาดเล็ก 5 กิโลวัตต์ (Pico Water Turbine)

จากรูปที่ 3.4 แสดงชุดการทำงานของกังหันน้ำเทอร์โก โดยจะประกอบด้วย ชุดตัวเครื่องกัน
หันน้ำที่มีการต่อกับหัวฉีดทั้งหมดจำนวน 4 หัว ไว้ภายในตัวเครื่อง ซึ่งกระบวนการทำงานของระบบ
กังหันน้ำนี้ เมื่อน้ำผ่านหัวฉีดกระทบใบกังหัน จะทำให้เกิดการหมุนของแกนเพลลาของใบกังหันและ
จะทำให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการหมุนด้วย ทำให้เกิดการผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาเป็น
ไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วหลังจากนั้น OVP ก็จะทำการแปลงกระแสไฟฟ้าสลับเป็ยกระแสตรง และส่ง
ต่อไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับอีกครั้ง แล้วจึงปล่อยเข้าสายส่ง
เพื่อใช้ไฟฟ้าได้ตามบ้านเรือนปกติ

3.3 การติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์

ในขั้นตอนนี้อธิบายถึงการติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ การตรวจวัดพื้นที่ และการ
สร้างทำฐานรากกังหันน้ำ ตลอดจนถึงการเตรียมพื้นที่ในการติดตั้งห้องของระบบชุดตู้คอนโทรลเลอร์
ของกังหันน้ำตามแบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ ดังนี้



รูปที่ 3.5 การทำฐานรากกังหันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์

จากรูปที่ 3.5 แสดงถึงการก่อสร้างฐานรากเพื่อรองรับติดตั้งกังหันน้ำ และท่อน้ำเพื่อเข้าสู่
หัวฉีดของกังหันน้ำ รวมถึงทางระบายน้ำหลังจากที่น้ำผ่านการกระทบใบกังหัน ซึ่งท่อที่ได้ทำการ
ต่อมาจากต้นน้ำนั้น จะมีขนาด 6 นิ้ว เพื่อเข้าถึงพักที่อยู่ตัวเครื่องกังหันน้ำเพื่อทำหน้าที่ในการกระจาย
ความดันของน้ำในแต่ละหัวฉีดให้มีขนาดเท่ากันทั้ง 4 หัวฉีด



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.6 (ก) การขนกักันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ไปยังสถานที่ติดตั้ง
(ข) กักันน้ำที่ทำการติดตั้งแล้วเสร็จ



รูปที่ 3.7 การเดินท่อน้ำจากภูเขามายังกักันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ไปยังสถานที่ติดตั้ง

จากรูปที่ 3.6 แสดงถึงการขนส่งเครื่องกักันน้ำผลิตไฟฟ้า ไปยังสถานที่ติดตั้งจริง เนื่องจากในพื้นที่จริงรถไม่สามารถเข้าถึงได้ จึงต้องมีการใช้คนในการยกเครื่องดังกล่าวเข้าสู่พื้นที่การติดตั้ง และรูปที่ 3.7 แสดงถึงการต่อท่อน้ำจากภูเขาซึ่งมีขนาด 4 นิ้ว ไปยังสถานที่ติดตั้งเพื่อเข้าสู่กักันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ โดยมีการขยายท่อน้ำก่อนเข้าเครื่องกักันน้ำเป็นขนาด 6 นิ้ว



รูปที่ 3.8 การติดตั้งระบบควบคุมการทำงานกังหันน้ำ ขนาด 5 กิโลวัตต์ แล้วเสร็จ

3.4 เครื่องมือวัด

3.4.1. ชุดเครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter)

เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ (Flow Meter) มีหลายรูปแบบ แต่ละวิธีก็มีหลักการแตกต่างกันไปซึ่งส่วนใหญ่เป็นการหาความเร็วแล้วคำนวณออกมาเป็นอัตราการไหล ($Q=AV$)



รูปที่ 3.9 เครื่องมือวัดการไหลของน้ำ

3.4.2. ชุดอุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Gauge)

อุปกรณ์วัดแรงดัน (Pressure) คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดและควบคุมแรงดัน โดยอุปกรณ์ที่สามารถที่จะระบุค่าแรงดันออกมาในหน่วยต่างๆได้ ขึ้นอยู่กับรุ่นนั้นๆ เฟลชเซอร์เกจ (Pressure Gauge) หรือเกจวัดแรงดัน นิยมใช้สำหรับวัดค่าความดันทั่วไป อ่านค่าความดันได้ที่หน้าปัด ส่วนใหญ่เป็นแบบอนาล็อกหรือแบบเข็ม แบ่งเป็น Pressure Gauge, Vacuumgauge, Compound Gauge

เพรชเซอร์วิตช์ (Pressureswitch) หรือสวิตช์ความดัน และเพรชเซอร์ทรานมิสเตอร์ (Pressure Transmitter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดันและสามารถแปลงค่าความดันเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามาตรฐานได้ นิยมใช้ในระบบที่ต้องมีการควบคุมความดัน มักมีการทำงานแบบดิจิทัล ON-OFF



รูปที่ 3.10 ชุดอุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Gauge)

3.4.3 ชุดอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (Multimeter)

มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณทางไฟฟ้าหลายประเภทรวมอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วมัลติมิเตอร์จะสามารถใช้วัดปริมาณต่อไปนี้ ความต่างศักย์กระแสตรง (DC Voltage) ความต่างศักย์กระแสสลับ (AC Voltage) ปริมาณกระแสตรง (DC Current) ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistance) อย่างไรก็ตามมัลติมิเตอร์บางแบบสามารถใช้วัดปริมาณอื่น ๆ ได้อีก เช่น กำลังออกของสัญญาณความถี่เสียง (AF output) การขยายกระแสตรงของทรานซิสเตอร์ (DC Current Amplification, hFE) กระแสรั่วของทรานซิสเตอร์ (Leakage Current, ICEO) ความจุทางไฟฟ้า (Capacitance) ฯลฯ มัลติมิเตอร์ มีลักษณะดังภาพข้างล่าง



รูปที่ 3.11 ชุดอุปกรณ์วัดกระแสไฟฟ้า (Multimeter)

3.5 พื้นที่ดำเนินการศึกษาวิจัย

สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัย และจัดทำข้อมูล ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ต. คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี

และพื้นที่ในการติดตั้งทดสอบจริง อยู่ในหมู่บ้านปากทรง อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร เพราะเป็นพื้นที่ต้นน้ำมีน้ำตามธรรมชาติตลอดทั้งปี สามารถทำให้กังหันน้ำ ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ



บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

4.1 ผลจากการทดสอบ

จากการทดสอบแสดงถึงข้อมูลต่าง ๆ ในขณะที่กักหน้ำกั้ลังทำงาน เช่น ค่าความดันของน้ำ และค่าพลังงานที่ผลิตได้ ตลอดจนสถานะของการทำงาน และนำข้อมูลที่ได้ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากที่ได้ทำการออกแบบทดสอบในห้องปฏิบัติการ ไว้ในเบื้องต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.1 (ก) เครื่องมือวัดอัตราการไหลของของน้ำ (ข) เครื่องมือวัดความดันของน้ำ
(ค) เครื่องมือวัดพลังงานที่ผลิตได้

4.1.1 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของกักหน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์เพื่อผลิตไฟฟ้า

1. ค่อยๆเปิดวาล์วน้ำเพื่อให้น้ำเข้าสู่กักหน้ำ
2. ปรับวาล์วน้ำให้ได้ความดันที่แตกต่างกัน โดยทั้งนี้ได้มีการปรับค่าความดันโดยค่าที่ปรับและอ่านค่าจากเพรสเชอร์เกจดังรูปที่ 4.1ข คือ 0.5, 1.0, 1.5, 1.7, 2.4, 3.5 บาร์ แล้วทำการอ่านค่าอัตราการไหลโดยเครื่องมือที่ใช้วัดอัตราการไหลแสดงดังรูปที่ 4.1ก ส่วนเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และพลังงานที่ผลิตได้นั้นสามารถอ่านค่าได้จากอินเวอร์เตอร์ดังรูปที่ 4.1ค

การหาพลังงานที่กักหน้ำผลิตออกมาซึ่งได้จากสูตร $P_{out} = T\omega$ โดย T ได้จากค่าที่คำนวณไว้ในขั้นต้น และ ω ได้จากการ $\omega = \frac{u}{r}$ ในการศึกษาจากการทดลองที่ผ่านมานั้นส่วนมากค่า $u = (0.48) \times C_1$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\omega = \frac{u}{r}, P_{out} = T\omega$$

P_{out} = พลังงานที่กั้นหันน้ำผลิตออกมา (kW)

T = แรงบิด ($N \cdot m$)

ω = ความเร็วเชิงมุมของใบกังหัน (rad/s)

u = ความเร็วของใบกังหัน

r = รัศมีล้อยก้านน้ำ (0.235)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

จาก

$$\eta_{system} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$P_{out} = IV$$

$$P = T\omega$$

เมื่อ P_{out} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ออกมาจากกำลังของหัวฉีด 4 หัว (W)

P_{in} คือ พลังงานจากต้นกำลัง (W)

I คือ กระแสไฟฟ้า (Amp)

E คือ แรงดันไฟฟ้า (Volt)

ประสิทธิภาพของกังหัน 4 หัวฉีด

จาก

$$\eta_{Turbine} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta_{Turbine} = \frac{IV}{\rho g QH} \times 100$$

สามารถคำนวณหาพลังงานจากลำน้ำที่เข้าสู่กังหันน้ำดังนี้

เมื่อ

$$P_{in} = (1000)(9.81)(0.00911)(40) = 3,574.8W$$

ผลจากการเก็บข้อมูลการทดลองดังตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 1

Head (m)	Jet Diameter (mm)	Pressure (bar)	Flow (m ³ /h)	Voltage (Volt)	Current (Amp)	Power Actual (kW)
40	10	0.5	10.3	175	0.7	0.12
40	10	1	25.3	275	3.9	1.01
40	10	1.5	27.81	286	4.6	1.29
40	10	1.7	29.01	301	5.3	1.57
40	10	2.4	31.82	310	5.8	1.8
40	10	3.5	33.6	321	6.4	2.1

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 2

Head (m)	Jet Diameter (mm)	Pressure (bar)	Flow (m ³ /h)	Voltage (Volt)	Current (Amp)	Power Actual (kW)
40	10	0.5	10.3	180	0.7	0.13
40	10	1	25.6	275	3.9	1.0
40	10	1.5	28.12	287	4.6	1.29
40	10	1.8	29.01	306	5.6	1.71
40	10	2.5	31.82	310	5.9	1.83
40	10	3.6	33.4	320	6.4	2.05

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ ครั้งที่ 3

Head (m)	Jet Diameter (mm)	Pressure (bar)	Flow (m ³ /h)	Voltage (Volt)	Current (Amp)	Power Actual (kW)
40	10	0.6	10.4	175	0.7	0.12
40	10	1.2	25.8	279	3.8	1.05
40	10	1.6	28.8	295	4.9	1.4
40	10	1.8	29.2	306	5.6	1.71
40	10	2.7	32.0	315	6.1	1.93
40	10	3.4	32.8	310	6.3	2.05

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Head (m)	Jet Diameter (mm)	Pressure (bar)	Flow (m ³ /h)	Power (kW)	Power Actual (kW)
5	21	0.8	46.8	0.487	0.39
10	21	1.3	56.5	1.075	0.837
15	21	1.7	68.5	1.678	1.514
20	21	2.1	80	2.54	2.467
25	21	2.8	89.6	3.642	3.584
30	21	3.6	95.8	4.683	4.448

ประสิทธิภาพการทำงานของกังหันน้ำคือ

$$\eta_{Turbine} = \frac{2,050}{3,574.8} \times 100 = 57.3\%$$

จากการคำนวณจะได้ว่าประสิทธิภาพของน้ำเนื่องจากความสูงของหัวน้ำที่ 40 เมตร และอัตราการไหล 0.00911 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อมีการต่อท่อขนาด 4 นิ้วจากแหล่งน้ำบนภูเขาลงมาจะได้ประสิทธิภาพของกังหันดังกล่าว

4.2 การสูญเสียในท่อ

4.2.1 การสูญเสียรอง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

จาก

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

เมื่อ

h คือ ค่าการสูญเสียในท่อ (m)

K คือ แฟกเตอร์ความเสียดทาน (-)

V คือ ความเร็วของการไหลของในท่อ (m/s)

ตัวอย่างการคำนวณ

การสูญเสียในข้อต่อท่อ

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.00911/4}{\pi(0.005)^2} = 29.01 \text{ m/s}$$

$$h_1 = 0.02 \frac{29.01^2}{2(9.81)} = 0.86 \text{ m}$$

4.2.2 การสูญเสียหลัก

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

จาก

$$h = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

เมื่อ

h คือ ค่าการสูญเสียในท่อ (m)

L คือ ความยาวเทียบเท่าของท่อ (m)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (m)

V คือ ความเร็วของการไหลของในท่อ (m/s)

ตัวอย่างการคำนวณ

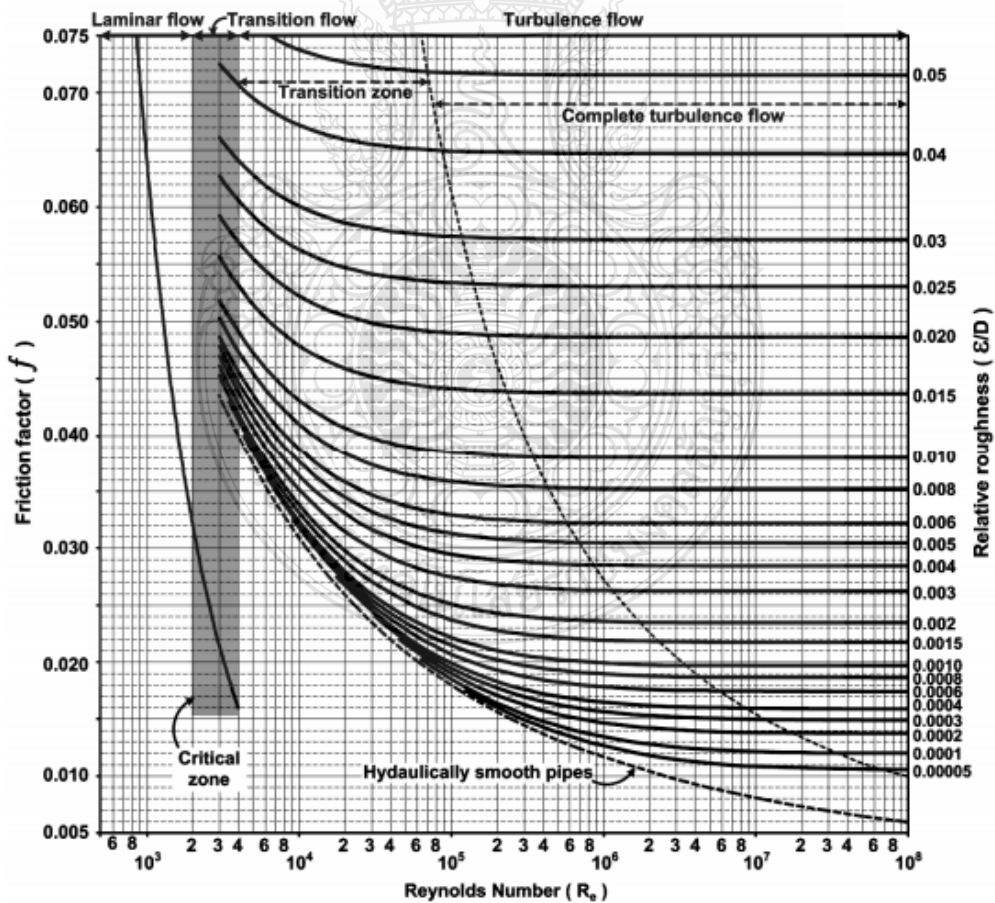
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.00911}{\pi(0.0508)^2} = 1.12 \text{ m/s}$$

$$h_1 = K \frac{L V^2}{D 2g} = 0.021 \times \frac{75}{0.1016} \times \frac{1.12^2}{2 \times 9.81} = 1.1 \text{ mH}$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00001}{0.1016} = 0.0000984$$

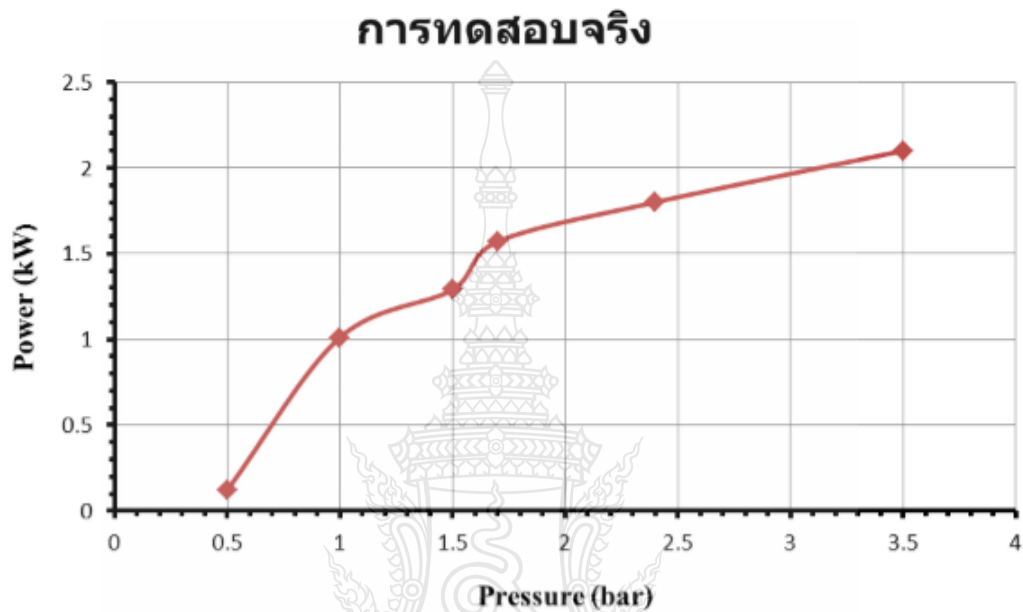
$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{1000 \times 1.12 \times 0.1016}{1.003 \times 10^{-3}} = 113,792$$

ค่าการสูญเสียรวม = $\sum h_m - \sum h_j$



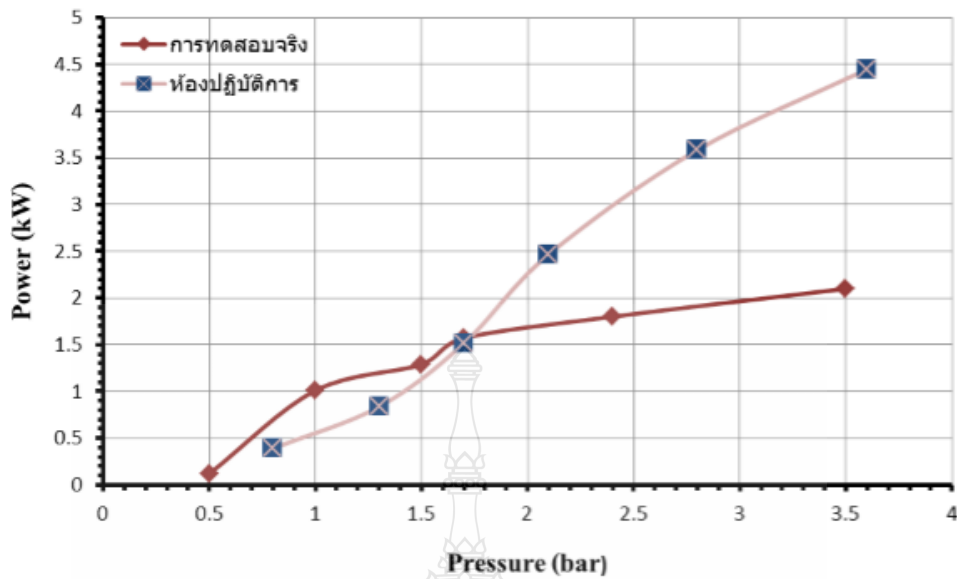
รูปที่ 4.2 แฟกเตอร์ความเสียดทาน

จากรูปที่ 4.2 เราสามารถใช้กราฟนี้ในการคำนวณหาแฟกเตอร์ความเสียหายได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวกขึ้นมาก โดยจะต้องมีการคำนวณ เช่น $\frac{E}{D}$ หลังจากนั้นก็ต้องคำนวณหาตัวเลขเรย์โน $R_e = \frac{\rho VD}{\mu}$ เพื่อนำตัวเลขจำนวนนี้ไปเทียบกับกราฟข้างต้น



รูปที่ 4.3 รูปแสดงกราฟกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง

จากรูปที่ 4.3 แสดงกราฟกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จริง ณ. พื้นที่ติดตั้ง โดยที่ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดคือ 2.1 กิโลวัตต์ ที่ความดันทางเข้าหัวฉีด 3.5 บาร์ ทั้งนี้จากที่มีการออกแบบไว้ 5 กิโลวัตต์ ที่ความดัน 5.5 บาร์ แต่เนื่องจากความสูงของระดับน้ำ และปริมาณน้ำที่ไหลนั้นไม่เพียงพอ จึงทำให้การทดสอบการทำงานเก็บค่าการทดลองได้ไม่ครอบคลุม



รูปที่ 4.4 รูปแสดงกราฟเปรียบเทียบกำลังผลิตไฟฟ้าระหว่างการสอบจริงและห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบของกังหันน้ำ เป็นผลการทดสอบที่กังหันน้ำทำได้จริง โดยจากที่ทำการไปติดตั้งที่สถานที่จริงโดยใช้ขนาดของหัวฉีด 21 และ 10 มิลลิเมตร และผลการทดสอบจากโรงงานผลิตที่ขนาดของหัวฉีด 21 มิลลิเมตร โดยการนำรอบการทำงาน (RPM) และกำลังที่กังหันน้ำการผลิตออกมาได้ และสามารถนำมาคำนวณหาค่าแรงบิด และความเร็วเชิงมุม

จากรูปที่ 4.4 กรพการทดสอบจริงสามารถทำกำลังได้สูงสุดที่ 2.1 กิโลวัตต์เพราะว่าได้มีการเปลี่ยนหัวฉีดจากที่มีการคำนวณไว้ที่ 21 มิลลิเมตร มาเป็น 10 มิลลิเมตร เพื่อที่จะให้มีปริมาณน้ำนั้นไหลได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากปริมาณน้ำนั้นมีไม่พอในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้ถึง 5 กิโลวัตต์

รายละเอียดทางเทคนิคของกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์

เส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันน้ำ	470 มิลลิเมตร
ขนาดท่อทางเข้า	4 นิ้ว
ขนาดหัวฉีด	10 มิลลิเมตร
กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงสุดที่ขนาดหัวฉีด	10 mm, 2.1 กิโลวัตต์
ระบบการผลิตไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อสายส่ง	380 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากการศึกษาและทดสอบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์ ซึ่งเป็นกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่เหมาะสมกับความเร็ว ความสูงและอัตราการไหลของน้ำที่ใกล้เคียงกันในพื้นที่ต่างๆการติดตั้งต้นแบบกังหันน้ำขนาด 5 กิโลวัตต์นี้ เพื่อศึกษาการใช้พลังงานจากธรรมชาติมาผลิตไฟฟ้า คือ การใช้พลังงานน้ำไหลตามธรรมชาติมาหมุนใบกังหันน้ำ ซึ่งพลังงานน้ำที่มีทั้งความสูงลำนํ้าและอัตราการไหลที่ต่อเนื่องสามารถนำมาขับใบกังหันน้ำเพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ออกแบบมาต้องใช้รอบกังหันน้ำที่สูงมากกว่า 1,000 รอบต่อนาที ขึ้นไป จำเป็นต้องใช้เกียร์ทดรอบหรือออกแบบที่ยู่ยากต่อการใช้งานในพื้นที่ลำนํ้าของเมืองไทยหรือแหล่งน้ำทั่วไป จึงไม่สามารถนำมาต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้าออกมาใช้งานได้ทั้งความสูงลำนํ้าทั่วไป ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพัฒนาต้นแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก 5 กิโลวัตต์ ที่มีระบบทำงานของใบกังหันน้ำที่ถูกออกแบบให้ทำงานที่รอบการหมุนที่ต่ำ (200 รอบต่อนาที) สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองการไหลได้ ขึ้นอยู่กับพื้นที่ติดตั้งและสามารถปรับอัตราความเร็วลำนํ้าได้ด้วยการควบคุมการไหลเข้าของน้ำจากแหล่งต่างๆ เป็นกังหันน้ำชนิดแนวแกนนอนและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อตรงกับกังหันไม่มีชุดเกียร์ทด ซึ่งเป็นกังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานที่ประมาณร้อยละ 75 – 85 ในทางทฤษฎี ซึ่งมีค่าสูงกว่ากังหันน้ำทั่วไปที่รอบการทำงานสูง ชนิดที่ออกแบบมาด้วยความสูงของลำนํ้าที่สูงจากต่างประเทศ

5.1.2 เมื่อทำการติดตั้งในพื้นที่จริงประสิทธิภาพกังหันน้ำในการเปลี่ยนพลังงานจลน์จากน้ำเพื่อใช้เป็นพลังงานกลในการผลิตไฟฟ้าสูงสุดที่ 57% เนื่องจากต้องลดขนาดหัวฉีดกังหันน้ำเหลือ 10 มิลลิเมตร เพื่อให้เดินเครื่องต่อเนื่องได้ รวมทั้งมีการสูญเสียจากข้อต่อต่างๆของระบบท่อ และรวมถึงการสูญเสียหลักในท่อที่มีขนาดท่อที่ยาว

5.1.3 กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ เป็นกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อนานเข้าสู่สายส่งเป็นกังหันแบบชนิด Turgo Water Turbine สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ที่ตั้งแต่ความดันเฉลี่ย 0.5 บาร์ และสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ความดัน 3.5 บาร์ โดยใช้อัตราการไหลของน้ำตั้งแต่ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จนถึง 55 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เชื่อมต่อกับระบบ

สายส่งแรงดันต่ำ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์ ด้วยการใช้ระบบอินเวอร์เตอร์ ขนาด 5 กิโลวัตต์ ชนิดเชื่อมต่อกับสายส่ง

5.1.4 จากการติดตั้งในพื้นที่จริง พบว่า ถึงแม้ว่ากังหันน้ำจะมีขนาดเล็กสามารถใช้นกขยได้ แต่เนื่องจากพื้นที่ติดตั้งดังกล่าว รดบรทุกไม่สามารถเข้าถึงได้จึงต้องมีการใช้คนแบกขึ้นไปยังบริเวณติดตั้งดังกล่าว จึงทำให้เกิดปัญหาในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรดังกล่าวไปติดตั้ง

5.1.5 ระบบสามารถผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยที่ประมาณ 2 กิโลวัตต์ ต่อชั่วโมง สามารถนำไฟฟ้าไปใช้ได้ประมาณวันละ 48 หน่วยไฟฟ้า

5.2 ปัญหาและอุปสรรคจากการดำเนินโครงการ

5.2.1 การขนส่ง หรือการขนย้าย กังหันน้ำขึ้นฐานราก มีความลำบากเนื่องจากพื้นที่มีความลาดชัน และต้องระมัดระวังในการขนย้ายกังหันน้ำเพื่อไปติดตั้งเพื่อไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย

5.2.2 เนื่องจากแหล่งน้ำและท่อน้ำไม่เป็นไปตามการออกแบบของผู้ผลิตจึงทำให้ผลิตกระแสไฟฟ้ายังไม่เต็มกำลัง

5.2.3 ด้านการดูแลรักษาที่จะต้องให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและดูแลรักษาระบบการทำงานได้ในอนาคต และการสนับสนุนให้ผู้ใช้นำไฟฟ้าที่ได้ไปทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มากกว่าลดการซื้อไฟฟ้า

5.3 ข้อเสนอแนะ

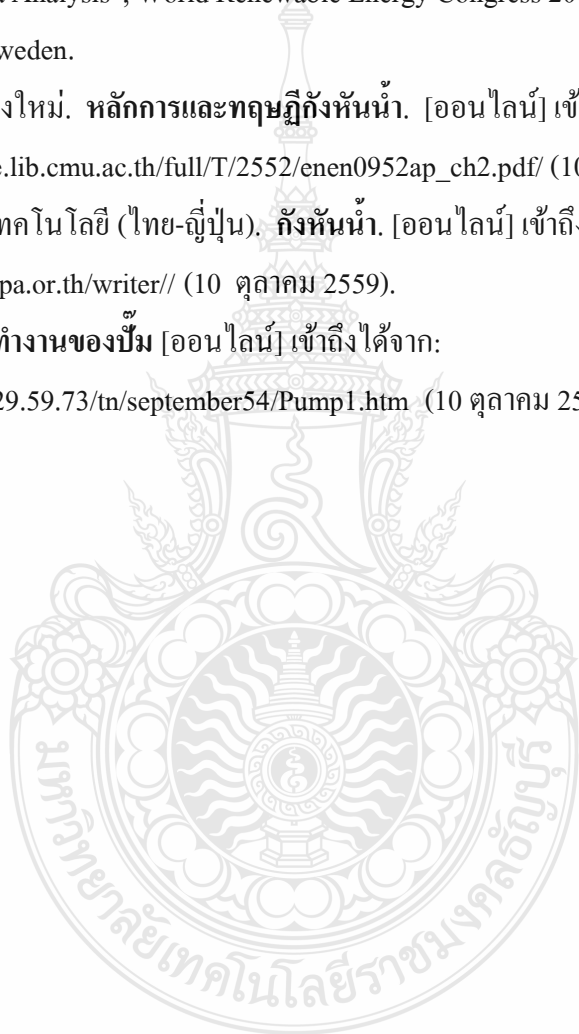
เนื่องจากสภาพพื้นที่ในประเทศไทยปัจจุบันไม่สามารถที่จะสร้างเขื่อนที่มีขนาดใหญ่เพื่อผลิตไฟฟ้าได้ และจากการติดตั้งที่ง่ายและไม่จำเป็นต้องสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำ เราจึงสามารถประยุกต์ใช้กังหันน้ำขนาดเล็กนี้เพื่อทำการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในชุมชนต่างๆ ได้อย่างแพร่หลายได้ต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] ผศ.ประยูทธ ดวงคล้าย. 2548. **เครื่องจักรกลของไหล**. กรุงเทพฯ : เจ้หลั่นการพิมพ์.
- [2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์. **การสูญเสียหลัก** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Engineering/information2_1.htm (10 ตุลาคม 2559).
- [3] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. **การไหลแบบปั่นป่วน**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1005/turbulent-flow/> (10 ตุลาคม 2559).
- [4] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์. **Pelton Wheel**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.me.eng.kmutt.ac.th/MEE362_files/Pelton_Wheel.pdf (10 ตุลาคม 2559).
- [5] นายวิชัย สุขสกุล, นายประพัฒน์ อุ่นประเสริฐ, นายปฏิภาณ เปลื้องทุกข์. “**การติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 kW**”. ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.
- [6] ผศ.ดร.วิรัช ไรยนรินทร์. “**ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชน**”. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2548.
- [7] นายวิระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. “**การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่เฮดต่ำด้วยวิธีการวิเคราะห์พลศาสตร์ของไหล**”. ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.
- [8] Thai Meteorological Department , <https://www.tmd.go.th>
- [9] Abhijit Date, Ashwin Date, Aliakbar Akbarzadeh, “Performance Investigation of a Simple Reaction Water Turbine for Power Generation from Low Head Micro Hydro Resources”, Smart Grid and Renewable Energy, 2012, 3, 239-245.
- [10] Deepak Bisen, Prof. Shuneel Kumar Shukla, Dr.P.K. Sharma, “ Review Paper On Nozzle In Hydro-Turbine”, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Volume No.02, Issue No. 08, August 2014.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [11] Hermod Brekke, “Hydraulic Turbines Design, Erection And Operation”, Endringsdato: June 2001.
- [12] S.J. Williamson, B.H. Stark, J.D. Booker, “Low Head Pico Hydro Turbine Selection using a Multi-Criteria Analysis”, World Renewable Energy Congress 2001, 8-13 May 2011, Linkoping, Sweden.
- [13] มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. **หลักการและทฤษฎีกังหันน้ำ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2552/enen0952ap_ch2.pdf/ (10 ตุลาคม 2559).
- [14] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). **กังหันน้ำ**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : <http://www.tpa.or.th/writer//> (10 ตุลาคม 2559).
- [15] **ลักษณะและการทำงานของปั๊ม** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://202.129.59.73/tn/september54/Pump1.htm> (10 ตุลาคม 2559).





ภาคผนวก

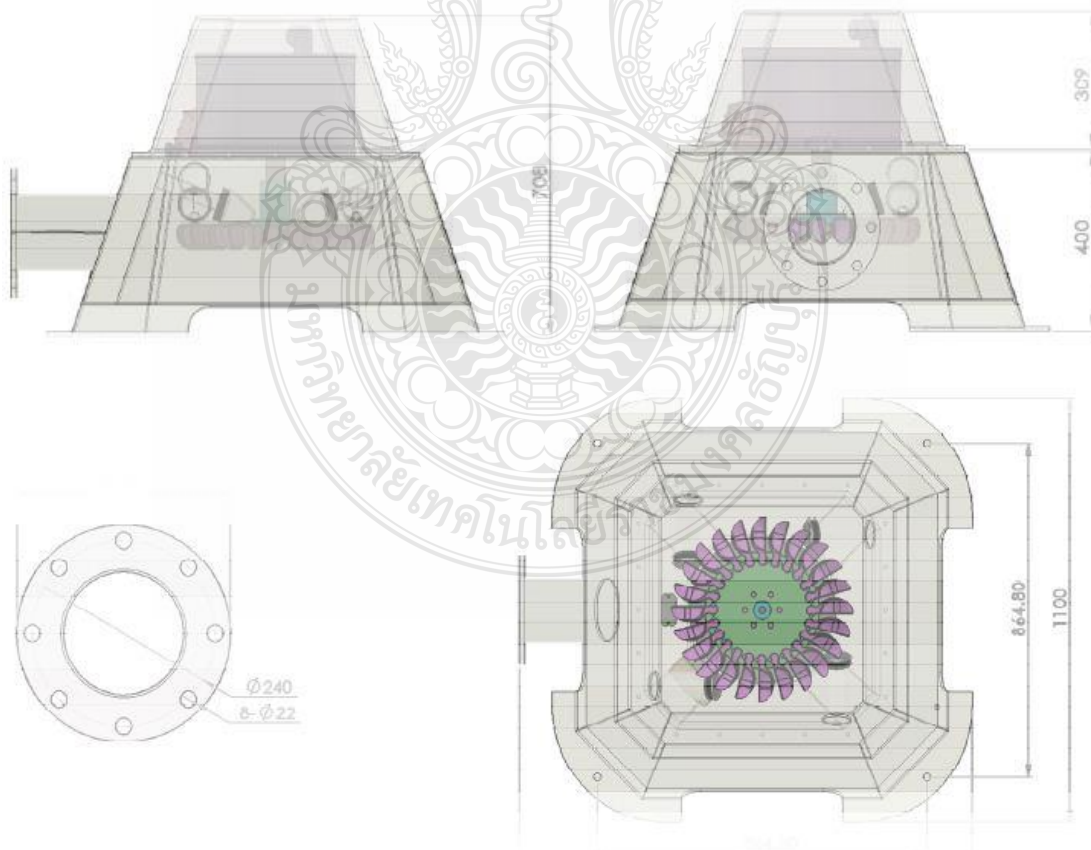
ภาคผนวก ก รายละเอียดแบบประกอบข้อมูลกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

ภาคผนวก ข ผลงานตีพิมพ์





Pico Hydro Turbine Low Head & Portable Turgo Runner, High Efficiency Easy installation and low maintenance Model: SWEPH-3kW(20m), 10kW(40m)



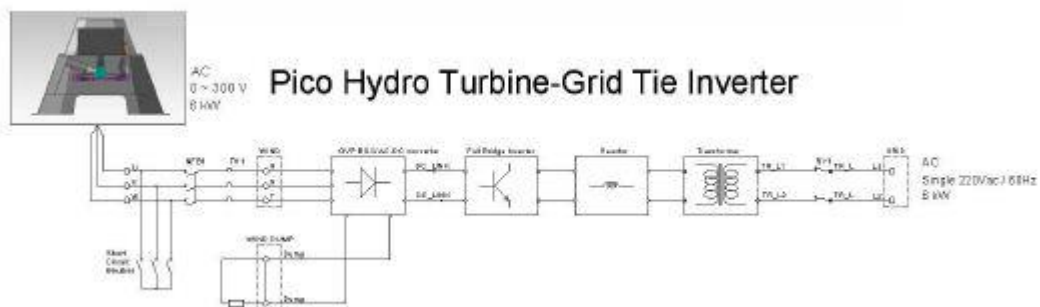
Flow (Discharge)		m ³ /s	0.015 ~ 0.05
Output Power	□	kW	0.5 ~ 10
Gross head		m	6 ~ 40

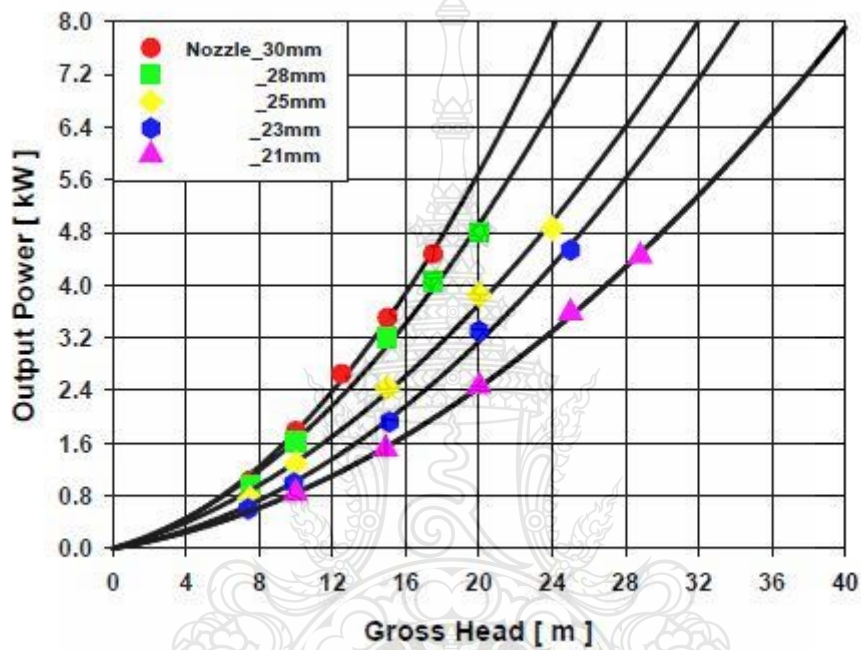
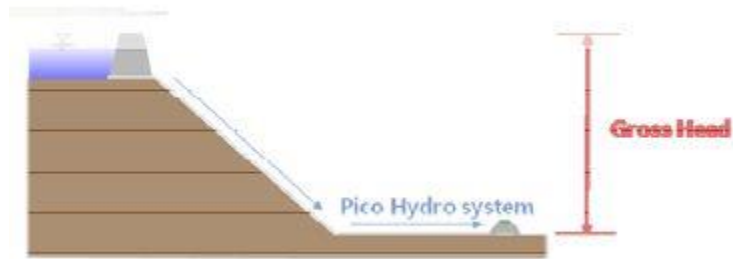
Note: Shaft-Stainless Steel, Al-Housing, Bearing- NSK or NTN

Turgo Cup- Polycarbonate Hub- Stainless Steel

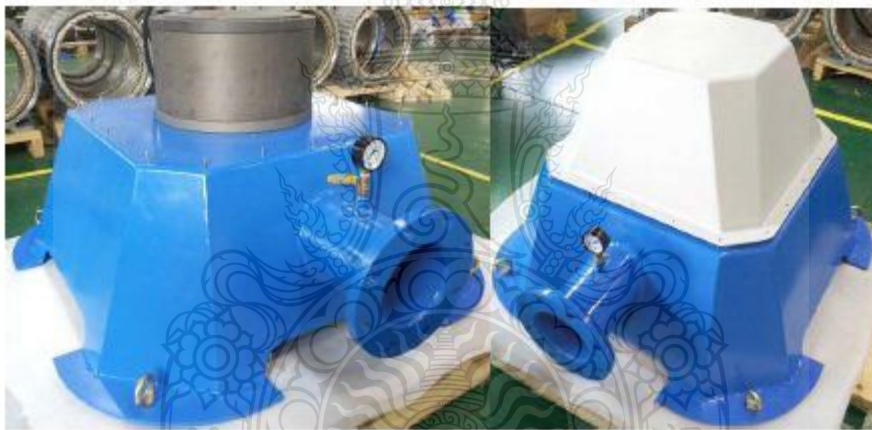
Low head Pico Hydro System				
Nozzle Dia.(Φ)	Head(m)	Flow rate (m3/h)	Power(kW)	Note
21	10	56.500	0.83	
	14.9	68.500	1.51	
	20	80.000	2.46	
	25	89.600	3.58	
	28.8	95.800	4.44	
23	9.9	71.500	0.99	
	15.1	88.900	1.92	
	20	103.000	3.30	
	25	114.000	4.53	
	7.4	61.200	0.60	
25	7.5	68.800	0.75	
	10	81.400	1.28	
	15	100.800	2.44	
	20	117.400	3.85	
	24	126.600	4.86	
28	7.5	89.100	0.96	
	10	105.000	1.62	
	15	130.000	3.20	
	17.5	141.000	4.05	
	20	150.000	4.80	
30	7.5	100.300	1.03	
	10	117.400	1.78	
	12.5	133.100	2.65	
	15	146.600	3.50	
	17.5	159.100	4.47	

Note: Pipe Inner Diameter- 150mm (6 I nch)





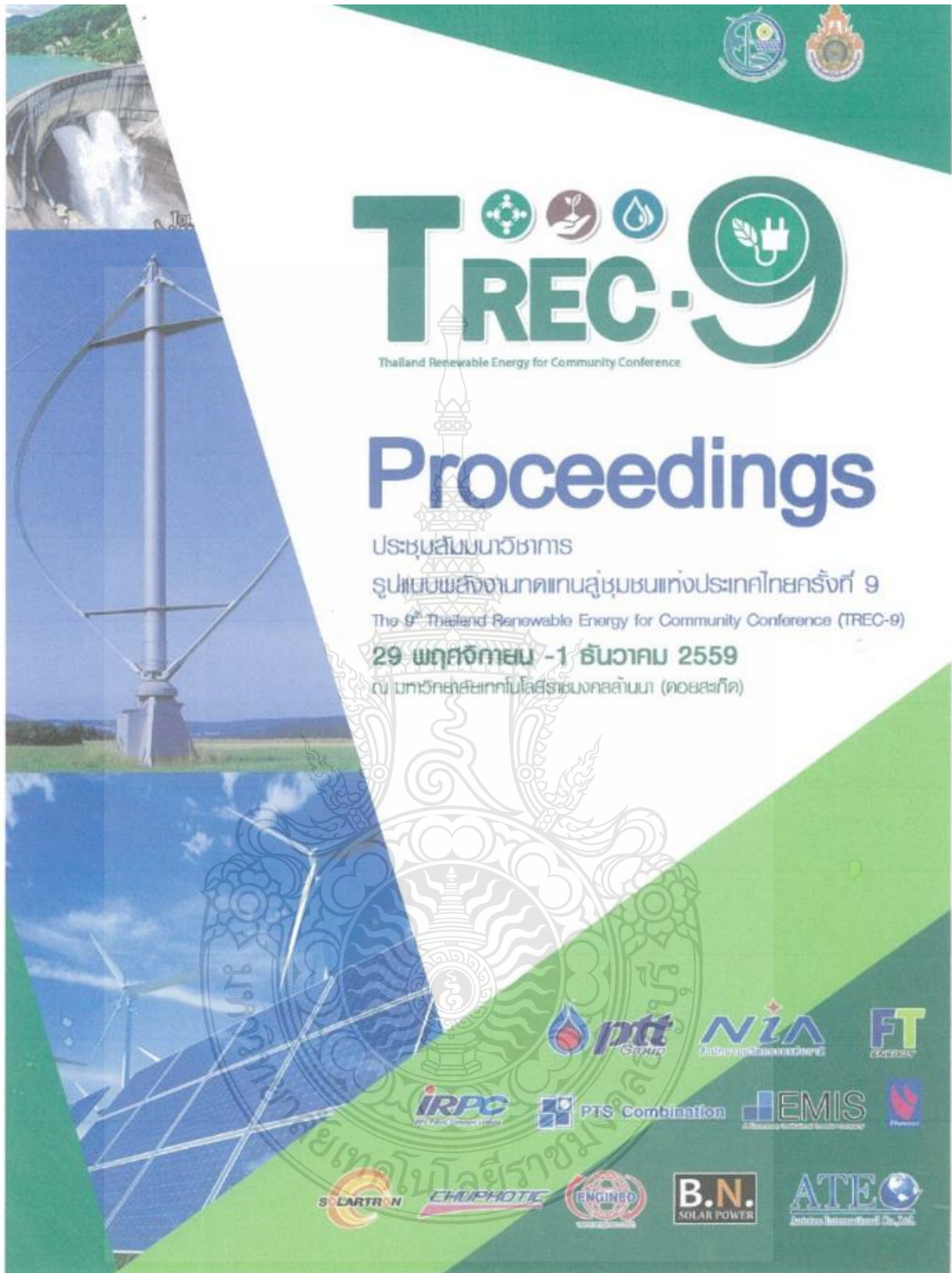
Head (m)	Flow (lit)	Flow (m ³ /s)	Flow (m ³ /min)	Flow (m ³ /day)	Vjet (m/s)	Runner V(m/s)	RPM	OFF Load RPM	Nozzle Area (mm ²)	Jet Diameter (mm)	Power	Power (actual)
5	12.9	0.013	0.774	1115.0	9.81	4.4	217	471	1385	21.0	487	390
6	14.1	0.014	0.848	1221.4	10.52	4.8	237	516	1385	21.0	640	499
7	15.3	0.015	0.916	1319.2	11.37	5.2	256	557	1385	21.0	807	629
8	16.3	0.016	0.979	1410.3	12.15	5.6	274	595	1385	21.0	986	769
9	17.3	0.017	1.039	1495.9	12.89	5.9	291	632	1385	21.0	1176	917
10	18.2	0.018	1.095	1576.8	13.59	6.2	306	666	1385	21.0	1378	1075
11	19.1	0.019	1.148	1653.8	14.25	6.6	321	698	1385	21.0	1589	1240
12	20.0	0.020	1.200	1727.3	14.88	6.8	335	729	1385	21.0	1811	1413
13	20.8	0.021	1.248	1797.8	15.49	7.1	349	759	1385	21.0	2042	1593
14	21.6	0.022	1.296	1865.7	16.08	7.4	362	788	1385	21.0	2282	1780
15	22.4	0.022	1.341	1931.2	16.64	7.7	375	815	1385	21.0	2531	1974
16	23.1	0.023	1.385	1994.5	17.19	7.9	387	842	1385	21.0	2788	2175
17	23.8	0.024	1.428	2055.9	17.72	8.1	399	868	1385	21.0	3054	2382
18	24.5	0.024	1.469	2115.5	18.23	8.4	411	893	1385	21.0	3327	2595
19	25.2	0.025	1.509	2173.5	18.73	8.6	422	918	1385	21.0	3608	2814
20	25.8	0.026	1.549	2229.9	19.21	8.8	433	941	1385	21.0	3897	3039





ภาคผนวก ข

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่





รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์	ฤทธิเดช	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
รองศาสตราจารย์ ดร.สิงห์ทอง	พัฒนเศรษฐนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช	อินดี๊ะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร	ไชยญาติ	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุสรณ์	แสงประจักษ์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัฒนาพล	มีนา	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัชย์	โรยรินรินทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรี	ศรีนันท์ฉัตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญยัง	ปลั่งกลาง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วารุณี	อริยวิริยะนันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร	ปัญญาใหญ่	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์	ทิพจร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประชา	ยีนยงกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย	เดชธรรมรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์	จันทร์แก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษณุ	ทองเล็ก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุเทน	คำน่าน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา	ยิ่งขยัน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญญิตติ	นิยมवास	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ดร.วิเชียร	อุบแก้ว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ดร.พิสิษฐ์	มณีโชติ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.สหัทยา	ทองสาร	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ดร.ภาสวรรณ	วัชรดำรงศักดิ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.จักรกฤษณ์	เคลือบวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.ยุธนา	ศรีอุดม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ดร.วรวิภา	ยงประยูร	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
ดร.วรจิตต์	เศรษฐพรศักดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.อำพล	อาภาธนากร	สำนักงานวัฒนธรรมแห่งชาติ
ดร.ณนิต	เกตประดิษฐ์	บริษัท เอ็นจีไอ จำกัด

ผู้ทรงคุณวุฒิผู้ประเมินบทความ (Peer Review)

สารบัญ

กลุ่มที่ 1 ไฟฟ้าชุมชน		หน้า
023	อุปกรณ์ทดสอบศักยภาพกำลังคลื่นทะเลใกล้ชายฝั่งชนิดหุ่นลอย	2
034	การศึกษาเปรียบเทียบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตามดวงอาทิตย์ แกนเดียว	11
036	การลดอุณหภูมิเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้ครีความร้อนอุณหภูมิต่ำ	19
039	การจำลองระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าด้วยมอเตอร์กระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแส ตรงที่มีการควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยอัตราส่วนความเร็วปลายใบ	27
043	ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบ กริด ที่ติดตั้งบนหลังคาในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้สิรินธรแพทยของจังหวัดพัทลุง	42
044	สมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับระบบกริด ที่ติดตั้งบนหลังคา ขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 3.5 กิโลวัตต์สูงสุด ณ ศูนย์การเรียนรู้สิรินธรแพทยของ จังหวัดพัทลุง	52
049	การศึกษาและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาค: กรณีศึกษาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคบ้านหินกอง	67
055	การสร้างเครื่องกำเนิดพลังงานไฟฟ้าเชิงโรตารีชนิดแม่เหล็กถาวรความเร็วรอบต่ำ โดยใช้แพลนเนตารีเกียร์	74
058	การศึกษาผลกระทบการขวางการไหลของอากาศต่อประสิทธิภาพการทำงานของ กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กด้วยวิธีการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลด้วยคอมพิวเตอร์	81
059	การออกแบบติดตั้งและทดสอบกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์	92
060	ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ เทอร์โมอิเล็กทริกพร้อมกับเลนส์เฟรสเนล	100
063	การออกแบบสถานีอัดประจุยานยนต์ไฟฟ้าแรงดันต่ำพลังงานแสงอาทิตย์และ ระบบกักเก็บพลังงานแบตเตอรี่สำหรับชุมชน	108
065	ผลกระทบจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ eDLTV ร่วมกับระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	114
068	การศึกษาผลกระทบของการกีดขวางการไหลของลมเนื่องจากอาคารที่มีต่อ ประสิทธิภาพกังหันลมขนาด 5 กิโลวัตต์โดยใช้วิธีแบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหล	122



การออกแบบติดตั้งและทดสอบกังหันน้ำขนาดเล็กเพื่อการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์
DESIGNING INSTALLATION AND TESTING OF A MICRO WATER TURBINE
FOR 5 KW ELECTRIC GENERATION

สุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร^{1*}, วิรัชช ไรยนรินทร์²
Suttisak Khwanphet^{1*}, Wirachai roynarin²

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ถนน รังสิต-นครนายก
ตำบล คลองหก อําเภอ ธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110 โทร 0-2549-3497 โทรสาร 0-2549-3432
E-mail : khwanphet@hotmail.com, suttisak.khwanphet@mail.nmit.ac.th

บทคัดย่อ

รายงานการศึกษาวิชาลัยฉบับนี้จัดทำเพื่อแสดงให้เห็นถึงหลักการทำงานของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีความเหมาะสมต่อความสูงและความเร็วของลำน้ำ โดยการออกแบบนั้นใช้หลักการออกแบบที่มีความสูงลำน้ำ 30 เมตรและมีอัตราการไหลของน้ำที่ 0.03ลบเมตร ต่อวินาที ซึ่งในการออกแบบให้กังหันน้ำสามารถสร้างงานกลมาขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 5กิโลวัตต์ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อวินาทีโดยไม่มีการใช้เกียร์ส่งกำลัง ดังนั้นกังหันน้ำจะต้องหมุนและผลิตแรงบิดที่เหมาะสมต่อตัวผลิตไฟฟ้าเพื่อเข้าสู่ระบบสายส่งที่ 5กิโลวัตต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ จากการทำงานของกังหันน้ำได้จนถึงกังหันน้ำชนิดเทอโรโกซึ่งมีขนาดของรันเนอร์มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตรและผลิตแรงบิดออกมา 350 นิวตันเมตร ที่ความเร็วสูงถึง 130 เมตร ดังนั้นใน 24 ชั่วโมงการจ้างรันเนอร์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 100 หน่วยไฟฟ้าต่อวันซึ่งจากการออกแบบกังหันน้ำมีประสิทธิภาพทางกล 80 เปอร์เซ็นต์และมีการสูญเสียในระบบต่อรวมประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ส่วนที่เหลือจะเป็นการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และระบบควบคุมการผลิตไฟฟ้าที่ต่าง ๆ ดังนั้นจากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีและจากการติดตั้งใช้งานจริงที่ บ้านปากทรง อ.ตะโปตี จ.อุบลราชธานีให้ชุมชนสามารถใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตมาสู่การบริหารจัดการเป็นประโยชน์ต่อชุมชนต่อไป

Abstract

The result of this research is present about theory and designed a small water turbine for generate an electric power that properly to head and velocity of the water supply. This research upon to 30 m head of water and 0.03m³/s flow rate. This water turbine can drives generator to generate electric power 5 kW at 120rpm without transmission. That the turbine have to operate at properly condition for generates electric power 5 kW, 50 Hz. From this design this use "Turgo" water turbine with diameter 50 cm runner generates the 350 N.m of Torque at 30 m head of water. That 24 hrs the water turbine generates the electric power 1000 unit/day. This design has 80 % mechanical efficiency and 20 % loss in the water flow system. That in this research present, this water turbine generate electric power 5 kW and this water bine pretty good to use at "Banpaotong, A.pato Chompon Thailand".

คำหลัก : กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า, กังหันน้ำขนาดเล็กเทโรโก

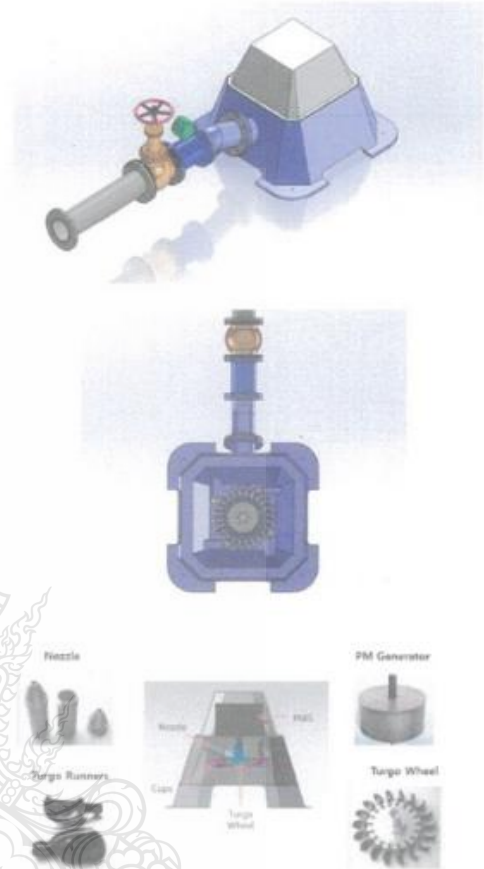
Keywords : water turbine generate electric power, Turgo water turbine micro water turbine



1. บทนำ

ในปัจจุบันทั่วโลกต้องเผชิญกับปัญหาด้านพลังงานที่รุนแรงกว่าในอดีตมาก อันเนื่องมาจากความต้องการใช้พลังงานและราคาพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการปรับตัวอยู่ในระดับสูงอย่างต่อเนื่อง ผลกระทบที่สำคัญจากปัญหาดังกล่าวคือความมั่นคงทางด้านการจัดหาพลังงาน ขณะเดียวกันการใช้พลังงานที่สูงขึ้นก็ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จนเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Green House Effects) ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอย่างรุนแรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาด้านพลังงานดังกล่าว จึงมีแนวคิดในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนกันมากขึ้น โดยเฉพาะพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์พลังน้ำ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีการนำมาใช้เป็นระยะเวลายาวนาน ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Green & Clean Energy) อีกทั้งยังสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมดสิ้น

กังหันน้ำที่นำเข้ามาจากต่างประเทศไม่ได้รับการออกแบบระบบและอุปกรณ์มาให้กังหันทำงานที่ความเร็วต้นน้ำต่ำ อัตราการไหลต่ำและปรับเปลี่ยนองศาการไหลของต้นน้ำไม่ได้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากังหันน้ำขนาดเล็กที่ผลิตมาจากต่างประเทศใช้งานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพของต้นน้ำในประเทศไทย เพราะออกแบบมาเพื่อใช้ต้นน้ำสูง แต่ในประเทศไทยการไหลของน้ำอาจต้องให้มีการออกแบบให้กังหันน้ำทำงานที่อัตราการไหลของต้นน้ำต่ำ และต้องสามารถปรับเปลี่ยนองศาการไหลเข้าของต้นน้ำได้ การที่จะพัฒนาพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้ประโยชน์จึงจำเป็นต้องศึกษารูปร่างใบกังหันน้ำ มุมปะทะต้นน้ำให้มีความเหมาะสมทั้งขนาดและกับความเร็วและอัตราการไหลของน้ำในประเทศไทย จึงได้เริ่มดำเนินการวิจัยจัดหา สาธิต การใช้ประโยชน์จากกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่ปรับองศาต้นน้ำได้ และเพื่อสามารถผลิตชิ้นส่วนที่จำเป็นและประกอบระบบกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าขึ้นมาใช้งานในประเทศ เพื่อลดต้นทุนและสร้างความเชื่อมั่นในการใช้ประโยชน์จากกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าซึ่งจะมีส่วนประกอบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบกังหันน้ำ

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาออกแบบรูปร่างของใบกังหันน้ำและอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตไฟฟ้าที่ความสูงต้นน้ำเฉลี่ย 3 เมตร และอัตราการไหล 0.03 ลบ.ม/วินาที
2. เพื่อสร้างกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ เข้าสู่ระบบสายส่งจริงในชุมชนต้นแบบ

3. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าและการควบคุมการทำงานของกังหันน้ำขนาดเล็ก
4. เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบการใช้งานในชุมชนของกังหันน้ำขนาดเล็กผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์
5. สร้างนวัตกรรมของแหล่งผลิตพลังงานจากน้ำไหลจากธรรมชาติที่สามารถขยายผลในชุมชนต่างๆ ได้

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กังหันน้ำเทอร์โบ (turbo turbine) เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพดตัน เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำจะใช้ตัวรับน้ำแบบเดี่ยวและคอนข้างคั่นแทนตัวรับน้ำแบบคู่ในกังหันน้ำแบบเพดตัน กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (medium head) เพราะสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดซึ่งมีความเร็วไม่มากนัก และมีความสามารถในการปรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพดตัน โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุดเมื่อความเร็วของ

การหมุนของวงล้อด้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไปเหมือนกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพดตัน กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์แปลงพลังงานจากพลังงานน้ำที่มีความดันโดยผ่านท่อทางหรือหัวฉีดน้ำเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ ส่วนประกอบของกังหันจะมี 2 ส่วนด้วยกัน คือ ใบพัดที่อยู่กันที่ (Fixed Blades) สเตเตอร์ (Stator) หรือ หัวฉีด (Nozzle) ซึ่งจะอยู่กับการออกเบม ซึ่งเมื่อรวม ส่วนที่อยู่กันที่กับใบพัดที่เคลื่อนที่ 1 คู่ จะเรียกว่า สเตจ (Stage) น้ำที่มีความดันสูงเมื่อไหลเข้าถึงหัว ความดันจะถูกแปลงเป็นพลังงานจลน์ (Kinetic Energy) โดยหัวฉีดหรือแฉกใบพัดที่อยู่กันที่จะเป็นตัวปรับทิศทางของน้ำให้ปะทะกับใบกังหันที่เคลื่อนที่ในองศาที่เหมาะสมตามการออกแบบของสเตจแต่ละชนิด ทำให้โมเมนตัมของกระแสน้ำเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้เกิดแรงในแนวสัมผัสรอบวงและได้แรงบิดของเพลากังหัน (Shaft Torque) หรือ กำลังเพล (Shaft Power) ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการแปลงพลังงานของกังหันน้ำอาศัย

หลักการทางกลศาสตร์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างงานเพล หรืองานกลที่ได้กับการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของกระแสการไหลที่วงล้อหรือแฉกของใบพัดที่เคลื่อนที่หรือหมุนได้ดังนี้

กระแสของของไหลที่ขยายตัวที่ใบพัดที่อยู่กันที่มาแล้วจะมีความเร็วสูง C_1 ไหลเข้าช่องทางไหลในโรเตอร์ซึ่งพื้นที่หน้าตัด A_1 และไหลออกด้วยความเร็ว C_2 พื้นที่หน้าตัดที่ตั้งได้ฉากกับกระแสการไหล A_2 ทั้งนี้สมมติให้จุดศูนย์กลางของแต่ละหน้าตัดอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเพล R_1 และ R_2 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์แบบ 1 มิติ (One - Dimension) โดยถือว่าสมบัติต่างๆ ของของไหลที่แต่ละหน้าตัดมีค่าคงที่ จะได้ว่า การไหลผ่านขึ้นส่วนข้างคั่น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ซึ่งสามารถแยกการพิจารณา ออกได้เป็น 3 แขนง ดังนัยในแนวแกนเพลได้ว่า

$$F_A = m_s (C_{2A} - C_{1A}) \quad (1)$$

โดยที่ F_A คือ แรงที่กระทำต่อวงล้อในแนวแกนเพล

m_s คือ อัตราการไหลของไอน้ำ

C_{1A} - C_{2A} คือองค์ประกอบความเร็วของกระแสการไหลในแนวแกนที่ทางเข้าและทางออกและทางออกตามลำดับ



รูปที่ 2 ใบพัดที่เคลื่อนที่

ในแนวแกนตามปกติ นอกจากจะมีแรงนี้แล้ว ยังมีแรงเนื่องจากความดันแตกต่างที่ผิวหน้าทั้งสองของเป็นวงล้อ หากหัวเสริมอีก ซึ่งทั้งหมดนี้จะถ่ายทอดไปยังเพลเป็นแรงดัน (Thrust) ดังนั้นการออกแบบทั้งระบบจะต้องพิจารณาแรงรับแรงนี้ มิฉะนั้นเพลจะขยับไปในแนวที่แรงกระทำออกเวียนผลกระหน่ำข้างคั่นแล้วจะไม่มีงานกลเกิดขึ้นในทิศทางนี้ เนื่องจากชิ้นส่วนไม่มีการ



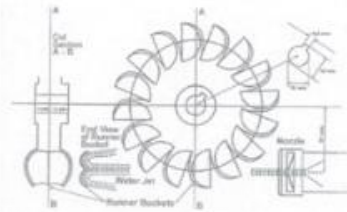
เคลื่อนที่ในแนวที่แรงกระทำในแนวรัศมี เนื่องจากรูปร่างของช่องทางกรไหลต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้นในโรเตอร์จึงมีลักษณะสมมาตร(Symmetry)รอบแกนหมุน ดังนั้นองค์ประกอบของแรงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัม ของกระแสกรไหลในแนวรัศมี จึงหักล้างกันหมดเหลือแรงสุทธิเป็นศูนย์ประกอบกับ ไม่มีการเคลื่อนที่ของเป็นหมุนในทิศทางนี้ ดังนั้นจึงไม่มีงานกลเกิดขึ้นในแนวนี้เช่นกัน

ล้อเพลตัน (Pelton wheel)

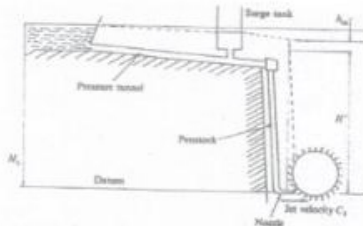
กังหันล้อเพลตันเป็นกังหันที่ใช้แรงกระทำเพียงอย่างเดียว (pure impulse turbine) ที่ซึ่งถ้าของไหล (jet) ที่พุ่งออกจากหัวฉีด (Nozzle) กระแทกลงบนลูกถ้วยรูปโค้ง (curved buckets) ที่วางเรียงกันอยู่บนขอบของวงล้อที่กำลึงหมุนอยู่ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงหัวฉีด 4 หัว ลูกถ้วยเบี่ยงเบนลำของไหลที่ผ่านตัวมันออกไปเป็นมุมระหว่าง $160^\circ - 165^\circ$ ในระนาบเดียวกับลำของไหล และลำของไหลจะเลี้ยวกลับ เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของของไหล ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยานำลูกถ้วย ลูกถ้วยถูกผลักออกไปด้วยลำของไหล และลูกถ้วยอันต่อมาก็จะเข้ามาแทนที่ และถูกกระทำในทำนองเดียวกัน น้ำที่ถูกจ่ายเข้าสู่ลูกถ้วยจะตกลงในแนวตั้งลงอย่างเกือบที่ศูนย์กลาง หรือ ทำให้น้ำ (tailrace) และพลังงานทั้งหมดที่ส่งถ่ายจากทางออกของหัวฉีด ไปยังท้ายน้ำเกิดขึ้นที่ลววนคันค้ำนี้



รูปที่ 3 ชุดของกังหันล้อเพลตัน



รูปที่ 4 ล้อเพลตัน



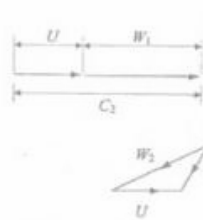
รูปที่ 5 การติดตั้งล้อเพลตันสำหรับผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

แผนภาพแสดงการติดตั้งล้อเพลตันสำหรับผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำ แสดงดังรูปที่ 5 น้ำถูกจ่ายออกจากอ่างเก็บน้ำที่มีระดับที่ระดับ H เหนือแนวศูนย์กลางลำของไหลที่พุ่งออกจากหัวฉีด ไนจค์ส่งน้ำ (pressure tunnel) วางเอียงเล็กน้อยต่อจากอ่างเก็บน้ำไปยังจุดเชื่อมต่อที่เป็นแนวตั้งเหนือค้ำแห่งที่ตั้งของกังหัน ท่อที่มีค้ำวางขึ้นเกือบจะเป็นแนวตั้ง เรียกว่าท่อนำค้ำ (penstock) ต่อที่ปลายไนจค์ส่งน้ำ ไปยังหัวฉีดในขณะที่กังวกรระเหือน (surge tank) ถูกติดตั้งที่ปลายค้ำบนของนำค้ำ เพื่อดูดซับความดัน และ ความเร็วชั่วขณะที่เกิดจากการควบคุมการไหล เมื่อเทียบกับท่อนำค้ำแล้ว ไนจค์ส่งน้ำจะยาวกว่ามาก และความชันของมันจะน้อยมาก และมันจะได้รับการแปรผันของความดัน (pressure fluctuations) ซึ่งเกิดจากคลื่นควบคุมการไหลที่ทางเข้าไม่มากนัก ท่อนำค้ำจะต้องถูกป้องกันจากการแปรผันของ ความดันจำนวนมากที่เกิดขึ้นระหว่างหัวฉีดกับ ถึงรับการกระทำระเหือน และตามปกติจะ ใช้ท่อเป็น a single steel-lined concrete pipe หรือ a steel-lined excavated tunnel



ที่ปลายของท่อน้ำคือ หัวฉีดซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนเสถ
รวมของน้ำที่ทางเข้าไปยังหัวฉีดให้เป็นลำน้ำที่มี
ความเร็ว C_1 ที่ความดันบรรยากาศ

สามเหลี่ยมของความเร็วสำหรับการไหล
ของของไหลที่เข้าสู่และออกจากลูกถ้วยหนึ่งแสดงดัง
รูปที่ 6 ด้านด้วยลูกถ้วยทำให้อุปกรณ์ที่แล้ว จะต้องหักค่าของ
ความเร็วลูกถ้วย U_1 ออกจากความเร็วของลำของไหล
 C_1 ทำให้ได้ความเร็วสัมพัทธ์ของของไหล W_1 ที่เข้าสู่
ลูกถ้วย มุมที่ลำของไหลเปลี่ยนทิศทางในระนาบใน
แนวอนระหว่งการไหลผ่านช่องทางเหนือผิวของลูก
ถ้วย คือ มุม α และความเร็วสัมพัทธ์ที่ทางออกคือ W_2
ถ้าเวกเตอร์ความเร็วของลูกถ้วย U_2 ถูกรวมกับ W_2 ใน
ทิศทางที่เหมาะสม จะได้เป็นความเร็วสัมบูรณ์ที่ทางออก
คือ C_2 ที่จริงแล้ว C_{x2} ของ C_2 สามารถที่จะอยู่ในทิศ
ทางบวก หรือ ลบของแกน x ขึ้นอยู่กับขนาดของ U



รูปที่ 6 สามเหลี่ยมของความเร็วสำหรับล้อเพดคัน

จากสมการออยเลอร์ที่ใช้สำหรับกังหัน (Euler's turbine
equation)

$$W/m = U_1 C_{x1} - U_2 C_{x2}$$

สมมติให้ไม่มีการสูญเสียของความเร็วสัมพัทธ์ เนื่องจาก
ความเสียดทานเมื่อผ่านผิวหน้าของลูกถ้วย ($W_1 = W_2$)
แล้ว

$$W/m = U(W_1 - W_1 \cos \alpha)$$

เพราะฉะนั้นจาก $E = W/mg$

$$E = \frac{U(C_1 - U)(1 - \cos \alpha)}{g} \quad (2)$$

หน่วยของ E เป็น วัตต์ต่อนิวตันต่อวินาทีของการไหล
โดยน้ำหนัก (Watts Per Newton Per Second Weight of
Flow)

ในทางปฏิบัติ จะมีความเสียดทานเกิดขึ้น
ที่ผิวหน้าของลูกถ้วย และทำให้ W_1 ไม่เท่ากับ W_2 แล้ว
สมการจะกลายเป็น

$$E = \frac{UW_{x1}(1 - k \cos \alpha)}{g} \quad (3)$$

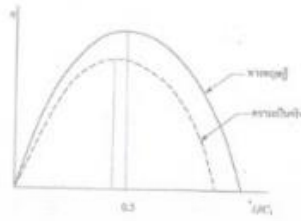
เมื่อ k คืออัตราส่วนของความเร็วสัมพัทธ์
(The Relative Velocity Ratio) ถ้าประสิทธิภาพเชิงไฮ
ดรอลิกมีค่าจำกัดความเป็น

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงไฮดรอลิก} = \frac{\text{พลังงานที่ถูกถ่ายเทออก}}{\text{พลังงานจากลำของไหล}}$$

$$\eta_H = \frac{E}{\frac{C_1^2}{2g}} \quad (4)$$

ถ้า $\alpha = 180^\circ$ จะมีประสิทธิภาพเชิงไฮ
ดรอลิกสูงสุดเป็น 100% ในทางปฏิบัติมุมเบี่ยงเบน (The
deflection angle) อยู่ระหว่าง $160^\circ - 165^\circ$ เพื่อ
หลีกเลี่ยงการปะทะกับลำของไหลที่กำลังจะเข้ามา และ
จะทำให้ η_H ถูกลดลง รูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่า
ประสิทธิภาพทางทฤษฎีเป็นฟังก์ชันของอัตราส่วน
ความเร็ว (U/C_1) ประสิทธิภาพรวม (The overall
efficiency) จะมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพทางทฤษฎี
เช่นเดียวกับอัตราส่วนความเร็วที่ถูกลดลงที่ประสิทธิภาพ
สูงสุด อันนี้เนื่องมาจากการสูญเสียในท่อส่งน้ำและ
หัวฉีด ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดๆ (ในทาง
ปฏิบัติประสิทธิภาพสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ อัตราส่วน
ความเร็ว (U/C_1) ≈ 0.46)

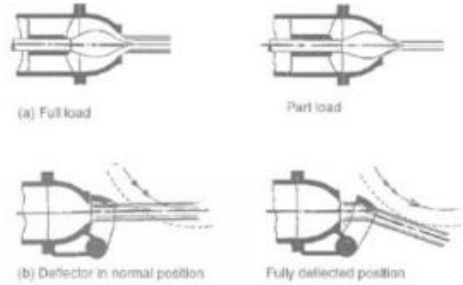




รูปที่ 7 ประสิทธิภาพและอัตราส่วนความเร็วของลำของไหล [1]

1) การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนความเร็วของลำของไหล (load change) ความปกติของกังหันที่ใช้กับของเหลว จะคือโดยตรงเครื่องกำหนดไฟฟ้าและเนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องหมุนด้วยความเร็วคงที่เพื่อรักษาความถี่ของไฟฟ้าให้คงที่ ดังนั้นความเร็ว U ของกังหันจะต้องคงที่ด้วย เมื่อภาระเปลี่ยนแปลงกังหันจะต้องเดินเครื่องที่ประสิทธิภาพสูงสุด และดังนั้นอัตราส่วน U/C ต้องเหมือนเดิม นั่นคือ ความเร็วของลำของไหล C ต้องไม่เปลี่ยนแปลง มีทางออกอยู่ทางเดียวในการปรับค่าคือเปลี่ยนแปลงให้กับกังหัน คือการเปลี่ยนค่าของกำลังน้ำที่ป้อนเข้า (the input water power)

กำลังของน้ำที่ป้อนเข้า กำหนดไว้เป็น ρgQH แต่ H มีค่าคงที่ (และทำให้ C คงที่ด้วย) และตัวแปรจะเหลือเฉพาะ Q เท่านั้น การเปลี่ยนแปลงอัตราไหล เป็นผลมาจาก $Q = CA$ พื้นที่หน้าตัดของหัวฉีด (the cross-sectional area of the nozzle) เนื่องจาก C คงที่แล้ว พื้นที่หน้าตัดของหัวฉีด (Spear valve) จึงใช้เปลี่ยนแปลงหน้าตัดของลำของไหล (the jet cross-sectional area, A) ดังรายละเอียดในรูปที่ 8 ด้านบนของเข็มหัวฉีด ถูกควบคุมด้วยกลไกเซอร์โว (servo-mechanism) ที่ซึ่งตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงภาระ สำหรับการลดภาระอย่างทันทีทันใด แผ่นเบี่ยงเบนทิศทาง (deflection plate) ก็จะถูกใช้เพื่อเบี่ยงลำของไหลทั้งหมดออกจากลูกถ้วย และเพื่อหน่วงเวลาให้เข็มหัวฉีดเคลื่อนที่อย่างช้าๆ ไปยังตำแหน่งของภาระใหม่ อันนี้เพื่อป้องกันความเร็วรอบที่สูงเกินไป



รูปที่ 8 การควบคุมภาระด้วยการใช้เข็มหัวฉีดและแผ่นเบี่ยงเบนทิศทาง

2) การสูญเสียและประสิทธิภาพของล้อเพลตัน (Pelton wheel losses and efficiencies) สดสูญเสียดังเกิดขึ้นในท่อส่งน้ำ ขณะกำลังลำเอียงนำไปยังหัวฉีดและเสดสูญเสียดัง ประกอบขึ้นด้วยความเสียดทานและการสูญเสียในข้องอ (bend losses) การสูญเสียจะเกิดขึ้นในหัวฉีดได้เหมือนกันและการสูญเสียเหล่านี้จะอธิบายในเทอมของสัมประสิทธิ์ของความเร็ว (velocity coefficient, C_v) อันสุดท้ายก็จะมี การสูญเสียเนื่องจากการแหวกอากาศ (windage loss) และความเสียดทานในวงล้อของกังหันเช่นกันรวมทั้ง

$$\frac{P_{out}}{\rho g} = \frac{C_v^2}{2g} H_1 - \frac{P_{win}}{\rho g} + \frac{C_1^2}{2g} + 0 + h_f + h_m$$

เมื่อ $C_0 = 0$ จะได้

$$H' = H_1 = (h_f + h_m) = \frac{C_1^2}{2g} \quad (5)$$

เมื่ออธิบายเป็นพลังงานจลน์ต่อหน่วยน้ำหนักของการไหล (weight of flow) ในที่นี้ประสิทธิภาพของท่อส่งน้ำ (pipe line efficiency) คือ

$$\eta_{pms} = \frac{H}{H_1} \quad (6)$$

และประสิทธิภาพของหัวฉีด (Nozzle efficiency) คือ

$$\eta_N = \frac{C_1^2}{2gH} \quad (7)$$

ดังนั้นประสิทธิภาพรวมของหัวฉีดและท่อส่งน้ำ (Nozzle and pipeline transmission efficiency) คือ

$$\eta_{N \text{ trans}} = \frac{H'}{H} \times \frac{H}{H_1} = \frac{C_1^2}{2gH_1} = \frac{C_1^2}{2gH_1} \quad (8)$$

ประสิทธิภาพเชิงความเร็วของหัวฉีด (Nozzle velocity efficiency) คือ

$$C_v = \frac{C_1}{\sqrt{2gH}} \quad (9)$$

เพราะฉะนั้นประสิทธิภาพของหัวฉีดจะกลายเป็น

$$\eta_N = \frac{C_1^2}{2gH} = C_v^2 \quad (10)$$

กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนในทางอุทกศาสตร์คำนวณได้จากสมการ

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \quad (11)$$

- P กำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อน (W)
- T แรงบิด (N.m)
- n ความเร็วรอบในพีด (rpm)

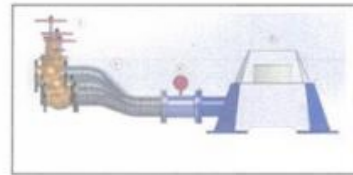
4. วิธีการวิจัย

- 1.สำรวจหมู่บ้านพื้นที่ติดตั้งกังหันน้ำเพื่อใช้งานจริง โดยได้ที่บึงปากทรง อ่าวทองตะเภา อ.สุบพรว มี ความสูงลำน้ำ 30 เมตร
- 2.หาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ไม่มีเกียร์ทดหมุนรอบต่ำซึ่งได้ขนาด 5 กิโลวัตต์หมุนที่ 205 รอบต่อนาทีใช้ในการคำนวณออกแบบย้อนกลับเพื่อออกแบบกังหันที่มีขนาดเล็กและรูปร่างที่เหมาะสม
- 3.ออกแบบ โครงสร้างและส่วนประกอบพร้อมปรับแก้ซึ่งได้ตั้งกังหันน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50

เซนติเมตร และถูกด้วยแบบท่อโกรันลำน้ำจากหัวฉีดขนาดต่างซึ่งได้จากทฤษฎีสมการต่างๆข้างต้นที่กล่าวมาแล้วและจ้างบริษัทผลิตตามแบบดังรูปที่ 1

- 4.ทดสอบประสิทธิภาพและกำลังผลิตไฟฟ้าของกังหันน้ำและนำไปติดตั้งใช้งานจริง
5. การติดตั้งและทดสอบ

จากการออกแบบจึงได้ชุดกังหันน้ำที่ปรับแรงดันน้ำได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การออกแบบและผลิตกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่สามารถปรับองศาและอัตราการไหลและแรงดันน้ำจากรุ่นอธิบายได้ตามหมายเลขดังนี้

1. คือชุดวาล์วปรับอัตราการไหลของลำน้ำที่ไหลมาจากแหล่งต่างๆในชุมชนหรือแหล่งน้ำใดๆ
2. ชุดวัดแรงดันและอัตราการไหลของน้ำ
3. ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำ
4. ชุดท่อปรับองศาการทำงานของลำน้ำที่ตามาใช้งานนี้ให้หลายมุมองศาการไหลและพื้นที่ที่ใช้งานจริง



รูปที่ 10 การวางระบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า



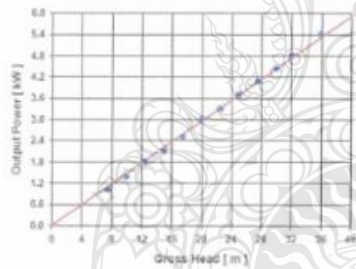


รูปที่ 11 ทดสอบเก็บข้อมูล



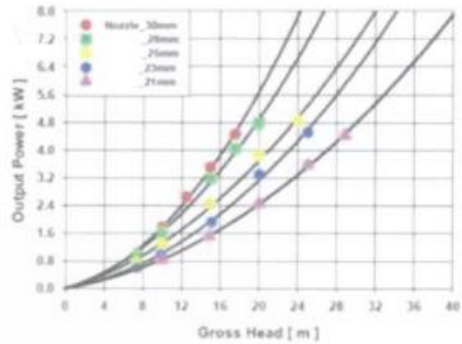
รูปที่ 12 ติดตั้งใช้งานจริง

5. ผลการวิจัย



Head [m]	Power [kW]	Head [m]	Power [kW]
8.0	0.8	24.0	4.8
10.0	1.2	26.0	5.2
12.0	1.6	28.0	5.6
14.0	2.0	30.0	6.0
16.0	2.4	32.0	6.4
18.0	2.8	34.0	6.8
20.0	3.2	36.0	7.2
22.0	3.6	38.0	7.6
24.0	4.0	40.0	8.0
26.0	4.4	42.0	8.4
28.0	4.8	44.0	8.8
30.0	5.2	46.0	9.2
32.0	5.6	48.0	9.6
34.0	6.0	50.0	10.0
36.0	6.4	52.0	10.4
38.0	6.8	54.0	10.8
40.0	7.2	56.0	11.2
42.0	7.6	58.0	11.6
44.0	8.0	60.0	12.0

กราฟและตารางแสดงกำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมาของกังหันน้ำที่ระดับความสูงเสด 30 เมตร



กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าและความสูงของลำน้ำเมื่อใช้ขนาดหัวฉีดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างขนาดกัน

6. สรุปผลการศึกษา

ดังนั้นจากผลการศึกษาทั้งการออกแบบและติดตั้งทดสอบและกราฟต่างๆจากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้ทดสอบสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้กล่าวไว้ในเบื้องต้น ได้เป็นอย่างดี และได้ติดตั้งใช้งานจริงและต่อเข้าใช้งานกับระบบที่บ้านป่าทรวง อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพรทำให้ชุมชนสามารถใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตมาสู่การบริหารจัดการเป็นประโยชน์ต่อชุมชนต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยและบริหารจัดการพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี สำหรับอำนวยความสะดวกด้านต่างๆในการวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิรัช ไชยวันทร, "ค้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วลมค่า" ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี, 2551
- [2] อภิชาติ ศรีอริยะธา, "กลศาสตร์ของไหล" กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, 2551
- [3] Erich Hau " Wind Turbines " Fundamentals, Technologies, Application, Economic



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายสุทธิศักดิ์ ขวัญเพชร
วัน เดือน ปีเกิด	11 มกราคม 2517
ที่อยู่	183 หมู่ 4 ถนนร้อนพิบูลย์ – ชุมทางเขาชุมทอง ต.ร้อนพิบูลย์ อ.ร้อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช 80130
การศึกษา	วิศวกรรมกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี พ.ศ. 2551
ประสบการณ์การทำงาน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2542 – ปัจจุบัน
โทรศัพท์	089-8199438
อีเมลล์	khwanphet@hotmail.com

