



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชน
เบื้องต้น

(The Fundamental Development of Pico Hydro Power
Generator for Community)

โดย

มาหามะ ภูเต๊ะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชน
เบื้องต้น

(The Fundamental Development of Pico Hydro Power
Generator for Community)

โดย

มาหามะ ภูเต๊ะ

ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณบำรุงการศึกษา ประจำปีการศึกษา 2553

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

ชื่อเรื่อง การพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจิ๋ว สำหรับชุมชนเบื้องต้น
ผู้ศึกษา นายมาหามะ กุเต๊ะ
ระดับการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์)
ปีการศึกษา 2552
ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์อัสลีห๊ะ สนิโซ
กรรมการ 1. อาจารย์เชิดตระกูล หอมจำปา
 2. ผศ.มะรุคิง กาชา

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจิ๋วโดยการประยุกต์ใช้มอเตอร์เครื่องซักผ้ารุ่น S-DD Inverter ที่มีแม่เหล็กชนิด Neodymium Magnet 48 ขั้ว เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความถี่ที่ผลิตได้ จากการทดสอบโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส ที่มีความเร็วรอบ 1440 รอบต่อนาทีเป็นตัวขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้า พบว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 161.0 V และ ความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 38.9 Hz

คำสำคัญ : เครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังงานน้ำ กระแสไฟฟ้า ประสิทธิภาพ

Title	The Fundamentals Development of Pico Hydro Power Generator for Community
Author	Mr. Mahama Kuteh
Degree	Bachelor of Science in Physics
Academic Year	2009
Advisor	Mr. Eleeyah Saniso
Co-Advisor	1. Mr. Cherdtrakul Homcampa 2. Asist.Prof. matruding Kasa

Abstract

This project is designing and development of pico hydro power generator. The application of motor washing machine model S-DD inverter with magnetic neodymium magnet of 48 poles. To study the relationship of speed with the force and frequency of electricity produced from the experiment using a driver motor 3 phase generator speed of 1440 rpm average electrical voltage equal to 161.0 V and the average frequency equal to 38.9 Hz

Keyword: Generator, Hydro Power, Electric Current, Performance

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฟิสิกส์ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์อัสลีหะยะ สนิโซ ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์เชิดตระกูล หอมจำปา กรรมการที่ปรึกษา และ ศศ.มะรุติง กาชะ ผู้ศึกษาขอขอบคุณเป็นอย่างสูงยิ่งที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาและแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทำโครงการในครั้งนี้

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทบวงการศีกษา (บก.ศ.) ประจำปีการศึกษา 2553 มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

มาหามะ กุเต๊ะ

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(5)
สารบัญตาราง	(7)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	25
รูปแบบการวิจัย	25
วัสดุอุปกรณ์	25
วิธีดำเนินการทดลอง	26
วิธีการทดลอง	27
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	27
บทที่ 4 ผลการทดลอง	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
สรุปผลการทดลอง	32
ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	36
ภาคผนวก ข	40
ประวัติผู้วิจัย	

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะการใช้พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง	7
2.2 การหาค่าพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง	7
2.3 ลักษณะของคลื่นน้ำที่เป็นรูปคลื่นไซน์	9
2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า	12
2.5 การทำงานของมอเตอร์	13
2.6 การทำงานของมอเตอร์	13
2.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	15
2.8 กังหันน้ำเพลตัน	17
2.9 กังหันน้ำเทอร์โก	17
2.10 กังหันน้ำฟรานซิส	18
2.11 กังหันน้ำเคปแลน	19
2.12 กังหันน้ำเคเรียซ	19
3.1 โครงสร้างของเครื่อง	26
4.1 ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก	30
4.2 การทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส	30
4.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยมอเตอร์ 3 เฟส	31

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ก-1 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความต่างศักย์ที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส	37
ก-2 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความถี่ที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส	38

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ที่ผ่านมาโลกได้เผชิญกับปัญหาต่างๆมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาวิกฤตพลังงานที่เป็นปัญหาใหญ่ซึ่งคาดว่าจะส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อทุกชีวิตบนโลกในอนาคตอันใกล้คงจะเห็นได้จากราคาน้ำมันในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจากอัตราการใช้น้ำมันที่เพิ่มขึ้นขณะที่กำลังการผลิตลดลงและอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่สูงขึ้นจากการเผาไหม้แหล่งพลังงานฟอสซิลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นต้นจากเหตุผลดังกล่าวพลังงานทางเลือก เช่น พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ หรือพลังงานจากชีวมวล จึงเป็นพลังงานที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยในการสร้างภูมิคุ้มกันเพื่อลดการพึ่งพิงแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปภายนอกประเทศแล้วหันมาพึ่งพิงแหล่งพลังงานทางเลือกอื่นๆที่มีอยู่ภายในประเทศแทนเพื่อให้ประเทศมีความมั่นคงด้านพลังงานมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ยังช่วยเกื้อกูลสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดไว้ใช้ในชุมชน โดยชุมชนเป็นผู้ผลิตผู้ใช้และผู้ควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบในทางลบ

จากรายงานพลังงานของประเทศไทยปีพ.ศ.2552 แหล่งพลังงานที่ประเทศไทยจัดหาได้ส่วนใหญ่มาจากน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติเหลวประมาณร้อยละ 75 โดยมีแหล่งพลังงานทดแทนอยู่ในสัดส่วนที่ไม่มากนักประมาณร้อยละ 17 โดยส่วนมากได้มาจากการเผาไหม้ขยะชีวมวลและพลังงานน้ำ การใช้พลังงานส่วนใหญ่ใช้ไปในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมและภาคขนส่งในปริมาณที่เท่าๆกันคือร้อยละ 40 สำหรับพลังงานที่ผลิตได้ภายในประเทศส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานจากแหล่งฟอสซิลประมาณร้อยละ 66 ซึ่งได้แก่ก๊าซธรรมชาติลิกไนต์และน้ำมันดิบและแหล่งพลังงานหมุนเวียนประมาณร้อยละ 34 ซึ่งได้มาจากชีวมวล เช่น ฟืน กากอ้อยและแกลบ ประเทศไทยมีการนำเข้าพลังงานในปริมาณมากเนื่องจากพลังงานขั้นต้นที่ผลิตได้ภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ซึ่งพลังงานที่นำเข้าเกือบทั้งหมดมาจากแหล่งปิโตรเลียมเช่นน้ำมันดิบก๊าซธรรมชาติและน้ำมันสำเร็จรูป จึงทำให้การบริโภคพลังงานในประเทศมีไม่พอต่อความต้องการ (<http://www.nesac.go.th>)

จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาพลังงานทดแทนเพื่อสำรองพลังงานดังกล่าว รวมทั้งสามารถช่วยลดภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาระดับโลกที่ทุกคนต้องตระหนักและให้

ความสำคัญ จึงจำเป็นที่จะต้องหันมาวิจัยและหาแหล่งพลังงานทดแทน (Renewable energy) ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น พลังงานจากชีวมวล (Biomass energy) พลังงานน้ำ (Hydro energy) พลังงานไฮโดรเจน พลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal energy) พลังงานจากมหาสมุทร (Ocean energy) พลังงานลม (Wind energy) พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy) และพลังงานแบบผสมผสาน เป็นต้น ซึ่งพลังงานน้ำเป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นไปได้ในการนำมาใช้พลังงานทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะการใช้งานในระดับครัวเรือนและชุมชนขนาดเล็กที่ใกล้แม่น้ำและลำธาร จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานขนาดเล็ก เพื่อใช้เป็นต้นแบบแก่ชุมชน

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและมีความสนใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานน้ำให้เป็นพลังงานไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยการออกแบบและพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบที่มีผลต่อแรงเคลื่อนและความถี่ไฟฟ้าที่ผลิตได้และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการเรียนการสอน เป็นตัวอย่างแหล่งเรียนรู้ในชุมชน เป็นแนวทางในการพัฒนาให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้จริงกับชุมชน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้
- 1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เชิงทดลอง โดยมุ่งศึกษา ออกแบบ และพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กที่มีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

- 1.3.1 ออกแบบและพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ณ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
- 1.3.2 ทดสอบวัดความเร็วรอบและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้เพื่อการประเมินประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก
- 1.3.3 วิเคราะห์และประเมินความเป็นไปได้ของการนำชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์จริงในชุมชน

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

- 1.4.1 พลังงานน้ำ หมายถึง พลังงานที่ได้มาจากแรงอัดดันของน้ำ ที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำ
- 1.4.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง เครื่องมือที่ให้กระแสไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการทำงาน ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดขดลวด หรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กก็จะได้ไฟฟ้าออกมา
- 1.4.3 กระแสไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีหน่วยของกระแสไฟฟ้าเป็นแอมแปร์
- 1.4.4 ประสิทธิภาพ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความถี่สูงสุดและความถี่ของเครื่องที่วัดได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กจ้วระดับสาธิตการใช้งาน
- 1.5.2 ทราบอิทธิพลของความเร็วรอบที่มีต่อปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้
- 1.5.3 ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กเพื่อนำมาประยุกต์ใช้จริงในองค์กร หน่วยงาน หรือ ชุมชน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำ

น้ำเป็นสารประกอบที่เกิดจากไฮโดรเจนและออกซิเจนมีสถานะเป็นของเหลวมีอยู่มากในทะเลและมหาสมุทร เมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำและลอยตัวสูงขึ้นกลายเป็นเมฆ ซึ่งจะถูกลมพัดเข้าสู่แผ่นดินเมื่อเมฆลอยสูงขึ้นสู่ยอดเขาไอน้ำจะขยายตัวและเย็นตัวลงทำให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำตกสู่ผิวดินไหลไปตามร่องน้ำธรรมชาติตามผิวดินจนกลับลงสู่ทะเลและมหาสมุทรต่อไปจนครบวงจร แต่จะมีน้ำบางส่วนไหลซึมลงดินไหลต่อไปจนถึงทะเล (Boyle,1996)

2.2 กำลังและพลังงานของน้ำ

การประยุกต์ใช้พลังงานจากน้ำที่อยู่ในแหล่งกักเก็บที่อยู่สูงเช่น น้ำตก หรือเขื่อน ซึ่งน้ำสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์นั้น สามารถคำนวณได้โดยสูตร

$$E_p = mgH \quad (2.1)$$

เมื่อ E_p คือ พลังงานศักย์ของน้ำ (J)

m คือ มวลของน้ำ (kg)

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (9.8 m/s^2)

H คือ ความสูงในแนวตั้งของแหล่งน้ำเหนือระดับอ้างอิง (m)

จากสมการการคำนวณค่าพลังงานศักย์ของน้ำ (2.1) ถ้าต้องการคำนวณหาพลังงานศักย์ของน้ำที่มีอยู่ทั้งโลกเพื่อนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าโดยประมาณว่าจากแหล่งน้ำทั้งหมดบนโลกมีประมาณ 10^{17} kg และค่าเฉลี่ยความสูงของแหล่งน้ำทั้งหลายอยู่สูงเหนือระดับน้ำทะเล 800 m จะได้ว่าค่าพลังงานจากน้ำประมาณ 8×10^{20} J หรือประมาณ 200,000 TW/ต่อปี ซึ่งมีค่าประมาณ 2 เท่าของพลังงานต่อปีที่บริโภคนั้นทั้งโลก (Boyle,1996) ในบางครั้งอาจมีการใช้ปริมาณอีกประเภทหนึ่งเพื่ออธิบายค่าพลังงานเนื่องจากพลังงานที่ได้จากน้ำนั้นเป็นลักษณะของพลังงานที่ถูกปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่องเช่นพลังงานจากน้ำตกหรือพลังงานที่เกิดจากการปล่อยน้ำของเขื่อนจึงมักใช้อธิบาย

เป็นค่าพลังงานต่อหน่วยเวลาที่เรียกว่า กำลัง (Power) ซึ่งกำลังของน้ำที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำ (Flow rate) เป็นกิโลกรัมต่อวินาทีหรือโดยทั่วไปมักใช้เป็นปริมาตรการไหล (Volume flow) เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

จากสมการ (2.1) ถ้าเปลี่ยนค่าพลังงานให้อยู่ในรูปของกำลัง หรือค่าพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะได้ว่ากำลังของน้ำขนาด 1 m^3 ซึ่งมีมวล $1,000 \text{ kg}$ จะมีค่าเท่ากับ

$$P = (1000Q) \times 10H \quad (2.2)$$

เมื่อ P คือ กำลัง วัตต์ (W)

Q คือ ปริมาตรการไหล (m^3/s)

หรือถ้าต้องการทำให้หน่วย ของกำลังเป็น กิโลวัตต์ (kW) สมการ (2.2) จะได้เป็น

$$P = 10QH \quad (2.3)$$

นอกจากนี้ในการใช้พลังงานจากน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยเฉพาะการใช้กังหันน้ำประเภทหัวฉีดซึ่งจะต้องมีการบังคับน้ำให้พุ่งเป็นลำเพื่อฉีดเข้าไปที่กังหันสิ่งที่ต้องคำนึงถึงนอกจากระดับความสูงของระดับน้ำแล้วยังต้องพิจารณาถึงความเร็วของน้ำ (Water speed) และอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

พิจารณาจากกฎทรงพลังงาน (Energy conservation) จะได้ว่าน้ำเมื่อตกลงมาพลังงานศักย์ของน้ำจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$E_p = E_k \quad (2.4)$$

$$mgH = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.5)$$

$$v^2 = 2gH \quad (2.6)$$

$$\text{นั่นคือความเร็วของน้ำหาค่าได้ดังนี้ } v = \sqrt{20H} \quad (2.7)$$

พิจารณาการไหลของน้ำที่พุ่งผ่านพื้นที่หน้าตัด A ด้วยความเร็ว v จะได้ปริมาตรของการไหลของน้ำ

$$Q = Av \quad (2.8)$$

ดังนั้นเมื่อแทนค่าสมการ (2.7) ใน (2.8) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรการไหลพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำ และระดับความสูง คือ

$$Q = A \times \sqrt{20H} \quad (2.9)$$

นั่นคือปริมาตรการไหลของน้ำจะแปรผันโดยตรงกับขนาดพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำและระดับความสูงของแหล่งน้ำ

2.3 ประเภทของพลังงานน้ำ

มนุษย์ใช้พลังงานจากน้ำจากแหล่งต่างๆ ในรูปแบบที่แตกต่างกันแต่มีวัตถุประสงค์หลักเหมือนกันคือการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการแบ่งประเภทของพลังงานน้ำในที่นี้จะแบ่งตามลักษณะและรูปแบบการเกิดพลังงานจากน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

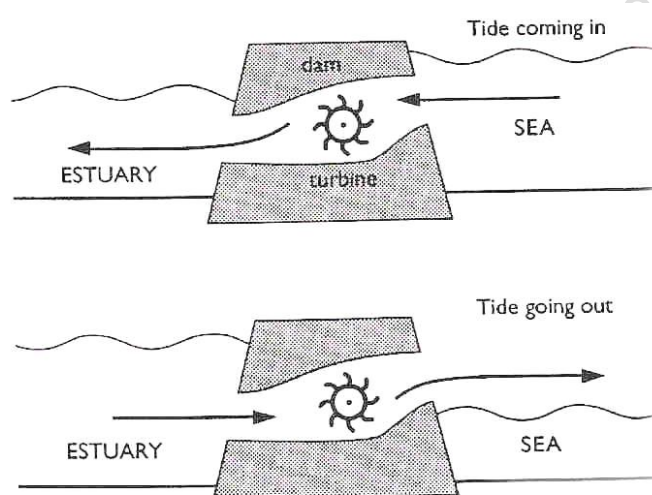
1. พลังงานน้ำตก

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำนี้ทำได้โดยอาศัยพลังงานของน้ำตก ออกจากน้ำตามธรรมชาติ หรือน้ำตกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติ เช่น น้ำตกที่เกิดจากการสร้างเขื่อนกั้นน้ำ น้ำตกจากทะเลสาบบนเทือกเขาสูงหุบเขา กระแสน้ำในแม่น้ำไหลตกหน้าผา เป็นต้น การสร้างเขื่อนกั้นน้ำและให้น้ำตกไหลผ่านกังหันน้ำซึ่งติดอยู่บนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากำลังงานน้ำที่ได้จะขึ้นอยู่กับความสูงของน้ำและอัตราการไหลของน้ำที่ปล่อยลงมา ดังนั้นการผลิตพลังงานจากพลังงานน้ำจำเป็นต้องมีบริเวณที่เหมาะสมและการสร้างเขื่อนนั้นจะต้องลงทุนอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามจากการสำรวจคาดว่าทั่วโลกสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากกำลังน้ำมากกว่าพลังงานทดแทนประเภทอื่น (Boyle, 1996)

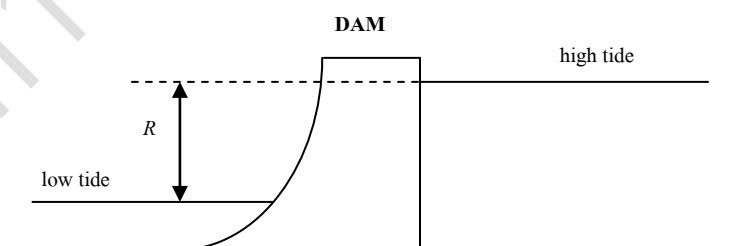
2. พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง

มีพื้นฐานมาจากพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของระบบที่ประกอบด้วยดวงอาทิตย์โลกและดวงจันทร์จึงจัดเป็นแหล่งพลังงานประเภทใช้แล้วไม่หมดไปสำหรับในการเปลี่ยนพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า คือ เลือกแม่น้ำหรืออ่าวที่มีพื้นที่เก็บน้ำได้มากและพิสัยของน้ำขึ้น

น้ำลงมีค่าสูงแล้วสร้างเขื่อนที่ปากแม่น้ำหรือปากอ่าวเพื่อให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำขึ้นมาเมื่อน้ำขึ้นจะไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำและเมื่อน้ำลงน้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำการไหลเข้าออกจากอ่างของน้ำต้องควบคุมให้ไหลผ่านกังหันน้ำที่ต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อกังหันน้ำหมุนก็จะได้ไฟฟ้าออกมาใช้งานหลักการผลิตไฟฟ้าจากน้ำขึ้นน้ำลงมีหลักการเช่นเดียวกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำตกแต่กำลังที่ได้จากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงจะไม่ค่อยสม่ำเสมอเปลี่ยนแปลงไปมากในช่วงขึ้นลงของน้ำแต่อาจจัดให้มีพื้นที่กักน้ำเป็นสองบริเวณหรือบริเวณพื้นที่เดียวโดยการจกระบบการไหลของน้ำระหว่างบริเวณบ่อสูงและบ่อต่ำและกักบริเวณภายนอกในช่วงที่มีการขึ้นลงของน้ำอย่างเหมาะสมจะทำให้กำลังงานพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงสม่ำเสมอขึ้น(Boyle, 1996) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการใช้พลังงานน้ำขึ้นน้ำลง (Shepherd, 1998)



ภาพที่ 2.2 การหาค่าพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง (Shepherd, 1998)

การหาค่าพลังงานจากน้ำขึ้นน้ำลงสามารถหาได้ดังนี้ จากภาพที่ 2.2 ถ้าให้ R เป็นความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของน้ำในแอ่งทั้งสองและ A เป็นพื้นที่ผิวหน้าของแอ่งน้ำ จะได้ว่า

$$\text{ปริมาตรของน้ำที่ขึ้นลง } AR \quad (2.10)$$

ถ้าน้ำมีความหนาแน่นเป็น ρ จะได้ว่า

$$\text{มวลของน้ำที่ขึ้นลง } AR\rho \quad (2.11)$$

นั่นคือแรงที่เกิดจากการถ่ายเทน้ำจากแอ่งหนึ่งไปสู่อีกแอ่งหนึ่ง (F) มีค่าเป็น

$$F = AR\rho g \quad (2.12)$$

พลังงานที่เกิดขึ้นสามารถหาค่าได้จากงานในการถ่ายเทน้ำ

$$E = AR\rho g \frac{R}{2} = \frac{1}{2} \rho g AR^2 \quad (2.13)$$

เมื่อ E คือ พลังงานศักย์ของน้ำ (J)

A คือ พื้นที่ที่ถูกแรงกระทำ (m^3)

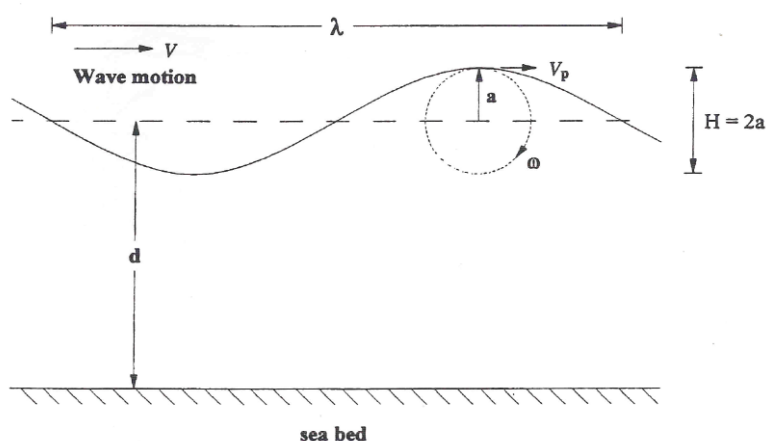
R คือ ความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของน้ำ (m)

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

สำหรับหลักการทั่วไปในการเปลี่ยนพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยอาศัยความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของน้ำในแหล่ง 2 แหล่งที่เชื่อมต่อกันโดยแหล่งหนึ่งจะมีลักษณะเหมือนเป็นอ่างเก็บน้ำดังนั้นในขณะที่น้ำขึ้นน้ำจะไหลเข้าไปสู่อ่างเก็บน้ำนี้และเมื่อน้ำลงน้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำนี้การไหลเข้าและไหลออกของน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะถูกบังคับให้ไหลผ่านกังหันน้ำที่ต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อกังหันน้ำได้รับแรงดันจากน้ำจะเกิดการหมุนและทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมาได้ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำตกแต่ที่แตกต่างกันคือลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำอย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากการขึ้นลงของน้ำนั้นจะไม่ค่อยสม่ำเสมอและมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากในช่วงการขึ้นลงของน้ำ ดังนั้นการออกแบบระบบเพื่อให้สามารถควบคุมอัตราการไหลเข้าออกในอ่างเก็บน้ำจึงต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมซึ่งจะช่วยทำให้ได้พลังงานจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงสม่ำเสมอดีขึ้น (Boyle,1996)

3. พลังงานคลื่น

คลื่น (wave) เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการที่มีลมพัดผ่านพื้นผิวของทะเลหรือมหาสมุทร ดังนั้นขนาดของคลื่นที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่พัดผ่านบริเวณนั้น การเคลื่อนที่ของคลื่นจะมีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ (Sinusoidal wave) ซึ่งมีปริมาณพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ควรรู้คือ ความยาวคลื่น (Wavelength, λ) ความถี่ของคลื่น (Frequency, f) ความเร็วของคลื่น (Velocity, v) และความสูงของคลื่น (Amplitude, a) ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์และการคำนวณปริมาณต่างๆ เกี่ยวกับคลื่น มีดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของคลื่นน้ำที่เป็นรูปคลื่นไซน์ (Shepherd, 1998)

ความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ของคลื่น สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$v = \lambda f \quad (2.14)$$

ถ้าให้ T คือ คาบ ซึ่งเป็นส่วนกลับกับความถี่ นั่นคือ $T = \frac{1}{f}$

สมการ (2.14) สามารถเขียนได้เป็น

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (2.15)$$

ค่าความถี่เชิงมุม (Angular frequency, ω) ของคลื่น สามารถหาได้จาก

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \quad (2.16)$$

ในกรณีที่ความสูงของคลื่นมีค่ามากกว่าความลึกของทะเลมากๆ ค่าความยาวคลื่นจะสามารถหาได้จาก

$$\lambda = \frac{2\pi g}{\omega^2} \quad (2.17)$$

จากสมการ (2.16) และ (2.17) จะได้ว่า

$$T = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \quad (2.18)$$

ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากสมการ (2.14) - (2.18) จะได้ว่า ค่าความเร็วของผิวคลื่น สามารถเขียนได้เป็น

$$v = \frac{\omega\lambda}{2\pi} = \frac{g}{\omega} = \frac{gT}{2\pi} = g\sqrt{\frac{\lambda}{2\pi g}} \quad (2.19)$$

ค่าพลังงานของคลื่นต่อหนึ่งหน่วยความยาวคลื่นมีหน่วยเป็นจูลต่อเมตร (J/m) ซึ่งเกิดจากผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของคลื่น สามารถหาได้จาก

$$W = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (2.20)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

H คือ ระยะความสูงจากท้องคลื่นถึงสันคลื่น $2a$

ดังนั้นพลังงานของคลื่นที่มีความยาวคลื่น λ จะมีค่าเป็น

$$W = \frac{\rho g H^2 \lambda}{8} \quad (2.21)$$

จากสมการ (2.16) (2.17) และ (2.21) จะได้ค่าพลังงานรวมต่อหนึ่งหน่วยคลื่นเป็น

$$W = \frac{\pi \rho g^2 H^2}{4\omega^2}$$

$$\text{หรือ} \quad = \frac{1}{16\pi} \rho g^2 H^2 T^2 \quad (2.22)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (kg/m^3)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ (kg/m^3)

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s^2)

H คือ ระยะความสูงจากท้องคลื่น (m)

T คือ คาบซึ่งเป็นส่วนกลับกับความถี่

ค่าพลังงานของคลื่นจะขึ้นอยู่กับความเร็วของคลื่นและขนาดความสูงของคลื่น โดยการประมาณการจากทฤษฎีสามารถกล่าวได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งยาว 100 km สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 2,000 MW โดยเป็นการประเมินค่าพลังงานที่จะได้จากคลื่นเฉพาะแถบชายฝั่งส่วนนอกชายฝั่งออกไปการใช้พลังงานคลื่นเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทำได้ค่อนข้างยากเพราะถึงแม้ในเขตทะเลลึกจะมีพลังงานคลื่นมหาศาลแต่การนำเอาพลังงานคลื่นในบริเวณดังกล่าวมาใช้ประโยชน์จะต้องมีการสร้างสถานีเพื่อผลิตไฟฟ้ากลางทะเลลึกซึ่งเป็นงานที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากและต้องลงทุนอย่างมหาศาล

2.4 มอเตอร์

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้า (Electromechanical energy) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า (Electric energy) ให้เป็นพลังงานกล (Mechanical energy) ในรูปของการหมุนเคลื่อนที่ มีประโยชน์ในการนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ถูกนำไปรวมใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าถึงประมาณ 80-90% มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor) ดังภาพที่ 2.4



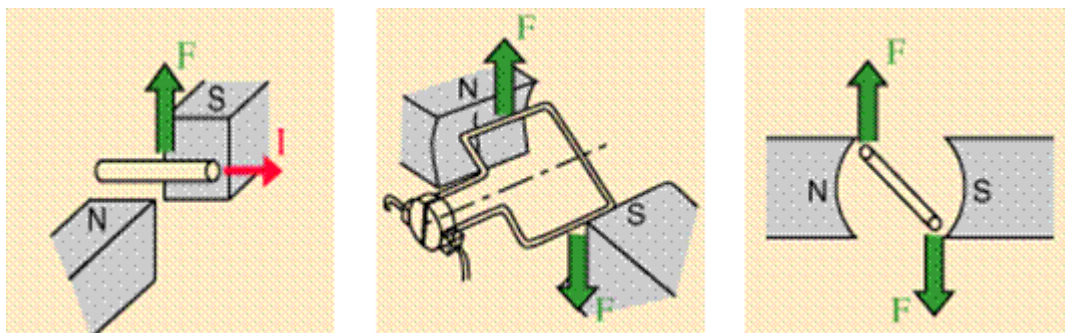
ภาพที่ 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้า (<http://www.edu.e-tech.ac.th>)

มอเตอร์ไฟฟ้ามีโครงสร้างเบื้องต้นที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนแม่เหล็กถาวร และส่วนของขดลวดตัวนำ ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าอาศัยสนามแม่เหล็ก 2 ชุดที่เกิดขึ้น ได้แก่ สนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดตัวนำ ส่งผลให้เกิดการผลักดันกันขึ้นของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ที่วางอยู่กลางแม่เหล็กถาวร เกิดการหมุนเคลื่อนที่ไปได้ การหมุนเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำและทิศทางการเคลื่อนที่

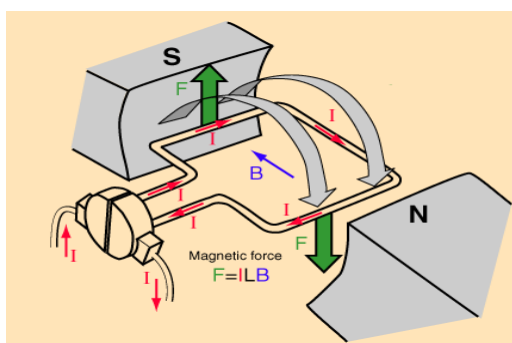
2.4.1 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาใช้งานแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC Source) เป็นมอเตอร์แบบเบื้องต้นที่ถูกผลิตมาใช้งาน
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) เป็นมอเตอร์ที่ต้องใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Source) มอเตอร์ชนิดนี้ถูกพัฒนามาจากมอเตอร์กระแสตรง เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงประกอบด้วย แม่เหล็กถาวร 2 ขั้ววางอยู่ระหว่างขดลวดตัวนำ ขดลวดตัวนำจะได้รับแรงดันไฟตรงป้อนให้ในการทำงาน ทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็ก 2 ชุด มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกันวางใกล้กัน เกิดแรงผลักดันทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ได้ การทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การทำงานของมอเตอร์ (<http://www.edu.e-tech.ac.th>)



ภาพที่ 2.6 การทำงานของมอเตอร์ (<http://www.edu.e-tech.ac.th>)

จากภาพที่ 2.6 เป็นการทำงานเบื้องต้นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีแรงดันไฟตรงจ่ายผ่านแปรงถ่านไปคอมมิวเตเตอร์ผ่านไปให้ขดลวดตัวนำที่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาทางด้านซ้ายมือเป็นขั้วเหนือ (N) และด้านขวาเป็นขั้วใต้ (S) เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่วางอยู่ใกล้ๆ เกิดอำนาจแม่เหล็กผลักดันกันอาร์เมเจอร์หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาพร้อมกับคอมมิวเตเตอร์หมุนตามไปด้วยแปรงถ่านสัมผัสกับส่วนของคอมมิวเตเตอร์เปลี่ยนไปในอีกปลายหนึ่งของขดลวดแต่มีผลทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่อาร์เมเจอร์เหมือนกับขั้วแม่เหล็กถาวรที่อยู่ใกล้ๆ อีกครั้งทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงถูกผลักให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกาตลอดเวลาเกิดการหมุนของอาร์เมเจอร์คือมอเตอร์ไฟฟ้าทำงาน

2.4.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ผลิตมาใช้งาน มีโครงสร้างและส่วนประกอบคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีส่วนประกอบที่สำคัญเหมือนกัน มีรูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกัน

แตกต่างกันตรงการนำไปใช้งาน โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจะทำให้เกิดไฟฟ้าในรูปของแรงดันไฟตรงออกมา ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนเกิดพลังกลขึ้นมา ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีดังนี้

1. **ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil)** คือขดลวดที่ถูกพันอยู่กับขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงมอเตอร์ ทำหน้าที่กำเนิดขั้วแม่เหล็กขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) แทนแม่เหล็กถาวรขดลวดที่ใช้เป็นขดลวดอบน้ำยานวน สนามแม่เหล็กจะเกิดขึ้นเมื่อจ่ายแรงดันไฟตรงให้มอเตอร์

2. **ขั้วแม่เหล็ก (Pole pieces)** คือแกนสำหรับรองรับขดลวดสนามแม่เหล็กถูกยึดติดกับโครงมอเตอร์ด้านใน ขั้วแม่เหล็กทำมาจากแผ่นเหล็กอ่อนบางๆ อัดซ้อนกัน (Lamination sheet steel) เพื่อลดการเกิดกระแสไหลวน (Eddy current) ที่จะทำให้ความเข้าของสนามแม่เหล็กลดลง ขั้วแม่เหล็กทำหน้าที่ให้กำเนิดขั้วสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูงสุด แทนขั้วสนามแม่เหล็กถาวร ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทำให้โค้งรับกับอาร์เมเจอร์พอดี

3. **โครงมอเตอร์ (Motor frame)** คือส่วนเปลือกหุ้มภายนอกของมอเตอร์ และยึดส่วนอยู่กับที่ (Stator) ของมอเตอร์ไว้ภายในร่วมกับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ โครงมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กให้เกิดสนามแม่เหล็กครบวงจร

4. **อาร์เมเจอร์ (Armature)** คือส่วนเคลื่อนที่ (Rotor) ถูกยึดติดกับเพลา (Shaft) และรองรับการหมุนด้วยที่รองรับการหมุน (Bearing) ตัวอาร์เมเจอร์ทำจากเหล็กแผ่นบางๆ อัดซ้อนกัน ถูกเจาะร่องออกเป็นส่วนๆ เพื่อไว้พันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดอบน้ำยานวน ร่องขดลวดอาร์เมเจอร์จะมีขดลวดพันอยู่และมีลิ่มไฟเบอร์อัดแน่นยึดขดลวดอาร์เมเจอร์ไว้ ปลายขดลวดอาร์เมเจอร์ต่อไว้กับคอมมิวเตเตอร์ อาร์เมเจอร์ผลัดกันของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่

5. **คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)** คือส่วนเคลื่อนที่อีกส่วนหนึ่ง ถูกยึดติดเข้ากับอาร์เมเจอร์และเพลาร่วมกัน คอมมิวเตเตอร์ทำจากแท่งทองแดงแข็งประกอบเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แต่ละแท่งทองแดงของคอมมิวเตเตอร์ถูกแยกออกจากกันด้วยฉนวนไมก้า (Mica) อาร์เมเจอร์ คอมมิวเตเตอร์ทำหน้าที่เป็นขั้วรับแรงดันไฟตรงที่จ่ายมาจากแปรงถ่าน เพื่อส่งไปให้ขดลวดอาร์เมเจอร์

6. แปรงถ่าน (Brush) คือตัวสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ ทำเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผลิตมาจากคาร์บอนหรือแกรไฟต์ผสมผงทองแดง เพื่อให้แข็งและนำไฟฟ้าได้ดี มีสายตัวนำต่อร่วมกับแปรงถ่านเพื่อไปรับแรงดันไฟฟ้าตรงที่จ่ายเข้ามา แปรงถ่านทำหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าตรงจากแหล่งจ่าย จ่ายผ่านไปให้คอมมิวเตเตอร์ (Dede,2553)

2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)



ภาพที่ 2.7 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็กเรียกว่า ฟิลด์ (Field) และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่า อาเมเจอร์ (Amejer) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงฟิลด์จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่อาเมเจอร์จะเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ ในขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับฟิลด์และอาเมเจอร์สามารถเป็นได้ทั้งส่วนที่อยู่กับที่และส่วนที่เคลื่อนที่ และในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะสามารถสร้างได้ทั้งแบบฟิลด์และอาเมเจอร์เคลื่อนที่ แต่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะสร้างได้เฉพาะแบบที่อาเมเจอร์อยู่กับที่เท่านั้น

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าที่อาศัยหลักการทำงานของสนามแม่เหล็กที่เคลื่อนที่ตัดขดลวดหรือขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กทำให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมาโดยระบบไฟฟ้ากระแสตรงระดับของแรงดันจะมีค่าคงที่และกระแสไฟฟ้าจะไหลอย่างต่อเนื่องในทิศทางใดทิศทางหนึ่งซึ่งตามปกติแล้วจะมีทิศทางจากขั้วบวกผ่านโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ขั้วลบส่วนในระบบไฟฟ้ากระแสสลับระดับของแรงดันจะเปลี่ยนจากค่าบวกไปเป็นค่าลบทุก ๆ $2-3 \text{ m/s}^2$ ดังนั้น ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะไหลไปตามการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน

2.6 กังหันน้ำ

กังหันน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำเพราะจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำไปเป็นพลังงานกลโดยการทำให้ใบพัดของกังหันน้ำเกิดการหมุน

ส่งผลให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่หมุนตามและสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ โดยทั่วไปกังหันน้ำแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

2.6.1 กังหันน้ำประเภทหัวฉีด

กังหันน้ำประเภทหัวฉีด (Impulse turbine) หรือกังหันน้ำแบบแรงกระแทก กังหันน้ำแบบนี้มักใช้กับเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่มีหัวน้ำสูงเพราะต้องอาศัยแรงฉีดหรือแรงกระแทกของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำที่รับน้ำมาจากเขื่อนน้ำที่ไหลลงมาตามท่อส่งน้ำจะถูกลดขนาดมายังหัวฉีดก่อนจะถูก

เข้าไปที่ตัวของกังหันน้ำลำน้ำที่พุ่งผ่านหัวฉีดจะมีแรงและความเร็วสูงดังนั้นเมื่อกระแทกเข้าใบพัดหรือวงล้อของกังหันน้ำจะทำให้กังหันน้ำเกิดการหมุนได้ การควบคุมการหมุนของกังหันน้ำสามารถทำได้โดยการปรับขนาดของหัวฉีดซึ่งเสมือนเป็นการปรับปริมาณน้ำให้มากหรือน้อยได้ตามต้องการ กังหันน้ำประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. กังหันน้ำเบงกี (Banki turbine) กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ (Low head) และต้องการกำลังการผลิตค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้แล้ว

2. กังหันน้ำเพลตัน (Pelton turbine) กังหันน้ำชนิดนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 โดยเลสเตอร์ เพลตัน (Lester pelton) รูปแบบของกังหันน้ำนี้ ถูกออกแบบโดยใช้ถ้วยรับน้ำซึ่งติดอยู่ในวงล้อภายในตัวกังหันเป็นแบบถ้วยคู่ ดังแสดงในภาพที่ 2.8 และสามารถเข้ากับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดมากกว่า 1 ช่อง โดยอาจมีจำนวนถึง 4 ช่องก็ได้ ซึ่งจะทำให้ได้รับกำลังเพิ่มขึ้นในขณะที่ขนาดของกังหันน้ำเท่าเดิมโดยทั่วไปกังหันน้ำนี้เหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำที่มีระดับของหัวน้ำสูง (High head) ซึ่งสูงกว่า 250 m หรืออาจน้อยกว่าก็ได้ในกรณีที่เป็นระบบเล็ก การทำให้กังหันน้ำชนิดนี้หมุนอาจใช้ความเร็วของลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดที่ไม่ต้องมีความเร็วสูงนักโดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำชนิดนี้จะดีที่สุดเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไป (Boyle,1996)

3. กังหันน้ำเทอร์โก (Turgo turbine) เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพลตันเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำนี้จะใช้ถ้วยรับน้ำแบบเดี่ยวและค่อนข้างดี้นแทนถ้วยรับน้ำแบบคู่ในกังหันน้ำแบบเพลตัน ดังแสดงในภาพที่ 2.8 กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (Medium head) เพราะสามารถเข้ากับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดซึ่งมีความเร็วไม่มากนักและมีความสามารถในการรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพลตัน โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุดเมื่อความเร็วของการหมุนของวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไปเหมือนกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพลตัน (Boyle,1996)



ภาพที่ 2.8 กังหันน้ำเพลตัน (Hydro energy, 2003)



ภาพที่ 2.9 กังหันน้ำเทอร์โก (Kansas wind power, 2005)

2.6.2 กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา

กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา (Reaction turbine) เป็นกังหันน้ำที่ต้องอาศัยแรงดันของน้ำซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับน้ำที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังของกังหันน้ำมาทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน น้ำที่เข้าไปในตัวกังหันจะแทรกเข้าไปในช่องระหว่างใบพัดเต็ม ทุกช่องพร้อมกันทำให้ตัวกังหันน้ำทั้งหมดจะจมอยู่ในน้ำ กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับการใช้กับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำถึงปานกลาง โดยทั่วไปที่นิยมใช้จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. กังหันน้ำฟรานซิส (Francis turbine) กังหันน้ำชนิดนี้เป็นกังหันน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถใช้กับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำตั้งแต่ 2 ถึงกว่า 300 m (Boyle,

2004) หลักการทำงานของกังหันน้ำแบบฟรานซิสคือ น้ำที่ถูกส่งเข้ามาจากท่อส่งน้ำจะไหลเข้าสู่ท่อหักเหที่ประกอบอยู่รอบๆตัวกังหันท่อหักเหจะมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดเล็กลงตามความยาวของท่อเพื่อต้องการทำให้น้ำมีแรงดันและความเร็วในการไหลมากขึ้นภายในท่อหักเหจะมีน้ำเต็มอยู่ตลอดเวลาที่น้ำไหลในท่อหักเหจะแทรกตัวผ่านล้นน้ำน้ำเข้า (Guide vane) เพื่อเข้าสู่ตัวกังหันน้ำทำให้วงล้อของกังหันน้ำเกิดการหมุนได้ล้นน้ำน้ำเข้าสามารถปรับแต่งมุมให้ปิดหรือเปิดได้มากน้อยตามความต้องการทำหน้าที่คล้ายหัวฉีดของกังหันน้ำแบบเพลตันน้ำซึ่งถ่ายพลังงานจลน์ให้กับใบพัดกังหันน้ำแล้วจะไหลลงสู่ท่อรับน้ำที่อยู่ด้านล่างต่อไปกังหันน้ำแบบฟรานซิสมีทั้งแบบแกนตั้งและแกนนอนซึ่งการเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดของโรงไฟฟ้าแต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบแกนตั้งมากกว่า ลักษณะของกังหันน้ำฟรานซิสดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 กังหันน้ำฟรานซิส (Hydro energy, 2003)

2. กังหันน้ำเคปแลน (Kaplan turbine) เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะเหมือนใบพัดดังแสดงในภาพที่ 2.11 เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำตั้งแต่ 1 ถึง 70 m (วัฒนา, 2543) และมีหลักการทำงานโดยให้น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหันน้ำ โดยใบพัดของกังหันน้ำเคปแลนสามารถปรับมุมเพื่อรับแรงอัดหรือแรงเฉือนของน้ำโดยอัตโนมัติซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำได้



ภาพที่ 2.11 กังหันน้ำเคปแลน (Hydro energy, 2003)

3. กังหันน้ำเดเรียซ (Deriaz turbine) เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะทั่วไปคล้ายกับกังหันน้ำเคปแลนแต่ต่างกันในส่วนจากรูปแบบของใบพัดซึ่งคล้ายกับใบพัดของกังหันน้ำฟรานซิสกังหันน้ำชนิดนี้จะใช้แรงดันน้ำที่เกิดจากการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกนของกังหันน้ำและการประยุกต์ใช้จะเหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำสูงๆเพราะต้องใช้แรงดันน้ำที่มีแรงดันสูง ลักษณะของกังหันน้ำแบบเดเรียซดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 กังหันน้ำเดเรียซ (Mitsubishi heavy industries ltd, 2003)

2.7 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Electric Current) คือ กระแสของอนุภาคไฟฟ้าหรือไอออน (ในเครื่องเร่งอนุภาคในสารละลายไฟฟ้า) แก๊สที่แตกตัวเป็นพลาสมา หรือจะเป็นอิเล็กตรอนในโลหะตัวนำไฟฟ้า

ก็ได้ การที่จะมีกระแสไฟฟ้าได้นั้นจะต้องมีสนามไฟฟ้าโดยทิศของสนามไฟฟ้า จะบอกทิศของการไหลของอนุภาคไฟฟ้า

2.7.1 ชนิดของกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Types of current) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current, A.C.) ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีการสลับสับเปลี่ยนชั่วอยู่ตลอดเวลาอย่างสม่ำเสมอ ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนสลับ ไปมาจากบวกไปลบและจากลบไปบวกอยู่ตลอดเวลา ไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้าที่ใช้กันตามบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป (วัฒนา, 2549)

2. ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current, D.C.) ไฟฟ้ากระแสตรงหมายถึง กระแสไฟฟ้าที่มีทิศทางไหลไปในทิศทางเดียวเสมอ คือ ไหลจากขั้วบวกไปสู่ขั้วลบ (กระแสสมมุติ) กระแสจะไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าผ่านตัวนำเข้าไปทำงานยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้วไหลกลับแหล่งกำเนิดโดยไม่มีการไหลกลับขั้วจากลบไปบวก (วัฒนา, 2549)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชูแข็งและลูกมัน (2551) การออกแบบและสร้างระบบผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของแรงดันน้ำที่มีผลต่อแรงเคลื่อนและความถี่ไฟฟ้าที่ผลิตได้ ณ มวลนิธิสุข-แก้วแก้วแดง ต.ลำพะยา อ.เมือง จ.ยะลา จากการทดลองพบว่า แรงดันน้ำที่ไหลผ่านท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 m มีผลต่อปริมาณแรงเคลื่อนและความถี่ไฟฟ้าที่ผลิตได้ กล่าวคือ เมื่อปล่อยน้ำปริมาณ 1/3 ของท่อ จะไม่เกิดขึ้นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เมื่อปล่อยน้ำปริมาณ 2/3 ของท่อ จะได้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 125.25 V และความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 28.91 Hz ในขณะที่เมื่อปล่อยน้ำในปริมาณเต็มท่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้เฉลี่ยเท่ากับ 220 V และความถี่เฉลี่ยเท่ากับ 50 Hz

เบญจมาภรณ์ (2545) ศึกษาผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำชนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อระบบจำหน่ายทางด้านแรงดัน และกำลังสูญเสียในสายส่ง เมื่อพิจารณาถึง 5 ปัจจัย คือ ผลของการผลิต ผลของตำแหน่งที่ตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ผลของโหลดในระบบ ผลของขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และผลของการติดตั้งตัวเก็บประจุให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งใช้ระบบโรงไฟฟ้าพลังน้ำแม่ยะของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นกรณีศึกษา โดยงานวิจัยได้พัฒนาโปรแกรมโหลดโพล์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบ เมื่อมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำติดตั้งในระบบ เพื่อให้การคำนวณมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นผลการวิจัย

พบว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีผลทำให้แรงดันในระบบลดต่ำลง แต่ผลทางด้านกำลังสูญเสียในสายส่ง จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดกำลังผลิต โหลดของระบบ และตำแหน่งที่ตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เป็นต้น และเมื่อติดตั้งตัวเก็บประจุให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ พบว่าตัวเก็บประจุมีผลทำให้แรงดันในระบบเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้กำลังสูญเสียในสายส่งมีค่าลดต่ำลง

เรื่องเลข (2545) ตรวจสอบสภาพไฟฟ้าพลังน้ำห้วยก้งก่อนการปรับปรุง ซึ่งพบว่าฝายกั้นน้ำชำรุด บริเวณปีกฝายทั้งสองด้าน ประตูระบายทรายและวาล์วเปิดรับน้ำเข้าท่อไม่สามารถปิด-เปิดได้ ท่อส่งน้ำเป็นท่อซีเมนต์ใยหิน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 mm มีหินปูนจับภายในท่อ โรงไฟฟ้าซึ่งเป็นไม้ผุชำรุดทั้งหลัง เครื่องกั้นน้ำมีหินปูนเกาะ เหล็กเป็นสนิมและไม่สามารถใช้งานได้ พร้อมทั้งตรวจสอบระดับความสูงหัวน้ำสุทธิและปริมาณน้ำ เพื่อนำมาออกแบบเครื่องกั้นน้ำการออกแบบปรับปรุงโครงการได้เปลี่ยนท่อส่งน้ำเป็นท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 mm เครื่องกั้นน้ำเป็นชนิดครอสโฟล์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็น Induction Generator ขนาด 37 kW ระบบควบคุมทำงานได้ทั้งแบบ Manual และ Automatic ระบบป้องกัน ประกอบด้วย Under / Over / Unbalance voltage, Over current และ Under / Over frequency relay ตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สายส่งไฟฟ้าแรงต่ำ 400 V ชนิด THWA ขนาด 95 mm² ความยาว 400 m ภายหลังการดำเนินการปรับปรุงโครงการไฟฟ้าพลังน้ำห้วยก้งแล้วเสร็จ สามารถเดินเครื่องผลิตพลังไฟฟ้าได้สูงสุด 44 kW ซึ่งสูงกว่าที่ออกแบบไว้ เนื่องจากได้ใช้ค่าระดับความสูงหัวน้ำและปริมาณน้ำต่ำสุดในการออกแบบ การเดินเครื่องช่วยยกระดับแรงดันไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ในช่วง Peak load สามารถยกระดับแรงดันไฟฟ้าจากเดิม 215 V เพิ่มขึ้นเป็น 238 V ค่า Power factor อยู่ระหว่าง 0.85 ถึง 0.93 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ได้ค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุน 9.9 % มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 1,298,509.00 บาท และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน 1.35 โดยค่าต้นทุนพลังงานไฟฟ้าของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำห้วยก้ง อยู่ที่ 2.1281 บาทต่อหน่วย

เจษฎา (2552) วิเคราะห์ศักยภาพของคลองลัดโพธิ์ ในการนำพลังงานน้ำที่ระบายผ่านคลองมาใช้ประโยชน์ตามพระราชดำริของพระบาท สมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้นำมาสู่การออกแบบกั้นพลังน้ำต้นแบบติดตั้งที่ตอม่อท้ายประตูคลองลัด โพธิ์ฯ เป็นต้นกำลังไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 5.74 kW

ชัยวัฒน์ (2552) พัฒนาชุดกั้นพลังน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง สะดวกต่อการปฏิบัติงานและซ่อมบำรุง และมีราคาประหยัด คือ แบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) และแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) โดยใบพัดต้นแบบที่วิเคราะห์และผลิตขึ้นแบบหมุนตามแนวแกน มี

เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.00 m และแบบหมุนขวางการไหลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 m ยาว 2.50 m ที่ความเร็วน้ำออกแบบ 2.0 m/s (Design Velocity) จะได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 5 kW

นิพนธ์ (2553) การจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าในประเทศไทยโดยใช้พลังงานหมุนเวียน ระบบไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่เหล่านี้จะเป็นระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก (มินิกริด) ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าสายส่งแรงดันต่ำ จ่ายไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านหรือกลุ่มผู้ใช้ขนาดเล็ก ที่อยู่ห่างไกลจากระบบสายส่งไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือการไฟฟ้านครหลวง ระบบมินิกริดประกอบไปด้วยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานหมุนเวียน (Hybrid power plant) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Grid line) ภาระทางไฟฟ้า (Loads) และระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System, EMS) ขนาดของระบบมินิกริดที่กล่าวถึงนี้จะแบ่งเป็นระบบ 1-phase มีขนาดไม่เกิน 10 kW และระบบ 3-phase มีขนาดไม่เกิน 30 kW

ไพฑูรย์ (2548) การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก (Pico hydro) ณ หมู่บ้านท่าแปน เมืองหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ชาวบ้านสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ได้เองจากแหล่งน้ำที่มีในหมู่บ้าน โดยแต่ละครัวเรือนจะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้าใช้ในครัวเรือน ภาระทางไฟฟ้าส่วนใหญ่คือ หลอดไฟขนาด 5-100 W และโทรทัศน์ จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าพบว่าส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาประมาณ 18:00 - 07:00 น. ซึ่งการใช้ไฟฟ้าของชาวบ้านมักพบปัญหาแรงดันไฟฟ้าไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของ Pico hydro มักเกิดความเสียหายเมื่อทำงานโดยไม่มีภาระทางไฟฟ้า หรือมีภาระทางไฟฟ้าต่ำกว่าขนาดกำลังการผลิตจริง จากปัญหาดังกล่าวที่วิจัยได้ออกแบบระบบควบคุมแรงดันไฟฟ้า และได้สร้างเครื่องควบคุมฯ ต้นแบบ และได้นำไปติดตั้งทดสอบ พบว่าเครื่องควบคุมฯ สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี อุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ตามปกติ แก้ปัญหาหลอดไฟขาด และตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เกิดความเสียหายกรณีที่ไม่มีภาระทางไฟฟ้า

ธานี และ ประยุทธ์ (2550) การจำลองการทำงานและสมรรถนะของระบบขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสที่มีการกระตุ้น 2 ทิศทางโดยใช้กังหันลมเป็นตัวขับเคลื่อน และงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองไดนามิกเชิงเส้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นลักษณะพื้นฐานของระบบจำลองเครื่องจักรกลที่สภาวะสมดุล หาผลการเกิดฟลัด 3 เฟส หาผลกระทบที่ทำให้เกิดแรงดันลดลงที่เกิดจากตัวควบคุมเวกเตอร์กระแสของคอนเวอร์เตอร์ที่แหล่งจ่ายแรงดัน (VSC) จึงใช้เทคนิคการควบคุมเวกเตอร์กระแสของคอนเวอร์เตอร์ทางด้านเอซีไลน์ เพื่อเปลี่ยนแปลงแรงดันดีซีลิงค์ให้คงที่ถือเป็นการควบคุมแบบแยกอิสระของกำลังแอคทีฟ และกำลังรีแอคทีฟในระหว่างแหล่งจ่าย AC กับคอนเวอร์เตอร์ผลการจำลองของทางกลไดนามิกเชิงเส้นทำให้การปรับปรุง

สัญญาณรบกวนแรงดันลดลงได้ดียิ่งขึ้น ขณะเกิดผลกระทบความเร็วกังหันลม และทำให้มีการส่งถ่ายกำลังกลสูงสุดจากกังหันลมที่เป็นตัวขับเคลื่อนไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟสในขณะสภาวะคงตัว

นิพนธ์ และ อชิตพล (2551) เสนอเทคโนโลยีพลังงานลม ว่ามีประวัติความเป็นมาอย่างไร เทคโนโลยีในปัจจุบัน ศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย ทฤษฎีพลังงานลม เทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบต่างๆ ส่วนประกอบหลัก จุดเด่นและจุดด้อยของเทคโนโลยีแบบต่างๆ และผลกระทบของการใช้งานกังหันลมผลิตไฟฟ้า ซึ่งสิ่งที่นำเสนอในบทความนี้น่าจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อประเทศ และทำให้ทุกคนหันมาให้ความสำคัญกับพลังงานจากลมมากขึ้น การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้านั้นถึงแม้ว่าจะผ่านไปกว่า 100 ปีแล้ว แต่การที่จะให้เทคโนโลยีนี้สามารถเข้ามาทดแทนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันทั้งหมดคงเป็นไปได้ยาก เพราะในอนาคตรูปแบบการใช้พลังงานจะหลากหลายมากขึ้น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะลดลงเนื่องจากส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สัดส่วนการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนอาทิ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล หรือแม้แต่พลังงานลมจะสูงขึ้น สำหรับประเทศไทยนั้นยังมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานลมน้อยมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องหันมาให้ความสนใจในเทคโนโลยีพลังงานลม ถึงแม้ว่าจะมีศักยภาพไม่สูงนักหากเปรียบเทียบกับในต่างประเทศ แต่ก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในขนาดพิกัดระดับครัวเรือนได้ หากเราเริ่มวิจัยและพัฒนาตั้งแต่นี้ ในอนาคตประเทศเราจะได้มีเทคโนโลยีด้านพลังงานลมเป็นของตัวเอง ไม่ต้องพึ่งพาจากต่างประเทศทั้งหมดเหมือนเช่นเทคโนโลยีอื่นๆ อย่างในปัจจุบัน

ยอดชาย และ นพพงศ์ (2549) ออกแบบเครื่องกังหันพลังน้ำขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้การออกแบบชุดกังหันน้ำให้มีสมรรถนะตามที่ต้องการ จะต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในการหาความสัมพันธ์กันของสนามการไหลกับรูปทรง ทางน้ำเข้า ใบพัด และช่องทางไหลภายในกังหันน้ำ การออกแบบเริ่มจากการกำหนดรูปทรงเบื้องต้นของช่องทางไหลภายในแล้วออกแบบใบพัดโดยอาศัยหลักการถ่ายโอนพลังงานและแผนภูมิความเร็ว เพื่อกำหนดรูปทรงของใบพัดและทำการขึ้นรูปใบพัด จากนั้นใช้ระเบียบวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหลช่วยในการจำลองวิเคราะห์สนามความเร็วการกระจายความดัน และประสิทธิภาพเชิงกลศาสตร์การไหลของชุดกังหันน้ำ

ทงศักดิ์ และ นิพนธ์ (2549) การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบกรงกระรอกมาสร้างเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟสโดยใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวกระตุ้น ซึ่งเรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบกระตุ้นตัวเอง จากการทดสอบหาความสัมพันธ์ของความเร็วโรเตอร์ที่มีผลต่อ

ความถี่และแรงดันที่ชั่ว และประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะจ่ายโหลดวิเคราะห์ได้ว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าออกมาได้ ต้องใช้คาปาซิเตอร์กระตุ้นที่มี ขนาดเหมาะสมกับมอเตอร์เหนี่ยวนำตัวนั้น เมื่อความเร็วเริ่มต้นของตัวเดินกำลังมีขนาด 1,600 rpm เมื่อเพิ่มความเร็วรอบตัวเดินกำลังให้สูงขึ้นแรงดันที่ชั่วจะสูงขึ้นตาม เนื่องจากแรงดันที่ชั่วและความถี่จะแปรผันตามค่าความเร็วโรเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เหมาะสมในการจ่ายโหลด พิกัดต่ำ ๆ ที่พิกัดโหลด 1/3 ของโหลดเต็มพิกัด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพร้อยละ 70 และมีแรงดันตกร้อยละ 26 และที่พิกัดโหลดสูงสุดจะมีประสิทธิภาพร้อยละ 30 และมีแรงดันตก ร้อยละ 60 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าออกมาได้ไม่เกินพิกัดกำลังของ มอเตอร์ และเหมาะสมกับการใช้งานเป็นระบบไฟฟ้าแบบแยกโดดเดี่ยวสำหรับพื้นที่นอกเขต บริการของการไฟฟ้า

Howey (2009) การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแกนฟลักซ์แม่เหล็กถาวรที่มีประสิทธิภาพ ในการผลิตไฟฟ้าที่จะใช้ในประเทศกำลังพัฒนา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแกนฟลักซ์แม่เหล็กถาวร สำหรับการใช้งานในครัวเรือนที่ให้กระแสไฟฟ้า 220 V หรือประมาณ 1 kW power output เครื่อง ก่อเกิดไฟฟ้าสำหรับระบบห้วต่ำ พลังในการขับเคลื่อนโดยการใช้กังหันที่หลากหลาย ที่สำคัญจะใช้ กังหันใบพัด, กังหันแบบอิมพัลส์ห้วต่ำ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1.1 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กโดยใช้เครื่องชักน้ำรุ่น S-DD Inverter ที่มีแม่เหล็กชนิดพิเศษ Neodymium Magnet 48 ขั้ว เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าและความถี่ที่ผลิตได้

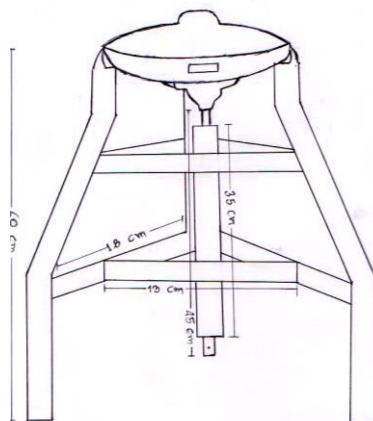
3.1.2 วัสดุอุปกรณ์ในการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองที่ต้องมีการออกแบบและสร้างเครื่องมือวิจัยซึ่งเป็นชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กโดยมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ ดังนี้

- | | |
|--|-----------|
| 1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 1 เครื่อง |
| 2. มอเตอร์ 3 เฟส | 1 เครื่อง |
| 3. สายไฟฟ้า ขนาด 0.50 mm×2.00 mm /300 V | 10 เมตร |
| 4. หลอดไฟฟ้าแบบหลอดไส้ ขนาด 40 W | 2 ดวง |
| 5. ท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 cm ยาว 1 m | 1 เส้น |
| 6. เลื่อย | 1 ปืน |
| 7. ค้อน | 1 ติ้ว |
| 8. สว่าน | 1 เครื่อง |
| 9. โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) รุ่น Model SD – 80 ความละเอียด 0 – 300 V | 1 เครื่อง |
| 10. เครื่องมัลติมิเตอร์(Digital Multimeter)ยี่ห้อ UNAOHM รุ่น 9400 | 2 เครื่อง |
| 11. สะพานไฟ ขนาด 20 A | 1 ตัว |
| 12. สวิตช์ Breaker ขนาด 240 V | 1 ตัว |
| 13. ตลับเมตรขนาด 5 m | 1 ตลับ |
| 14. สายพาน ขนาด A 59 | 1 เส้น |
| 15. โมเล ขนาด 12.7 cm และ ขนาด 7.6 | 1 ตัว |

3.1.3 วิธีดำเนินการสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้า

1. ออกแบบโครงสร้างของเครื่อง



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่อง

2. ตัดเหล็กฉากขนาดความกว้าง 4.0 cm ยาว 60.0 cm จำนวน 3 อัน และ ตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 2.0 cm ยาว 24.0 cm จำนวน 2 อัน และ ยาว 18.0 cm จำนวน 3 อัน และ ยาว 13.0 cm จำนวน 3 อัน แล้วนำเหล็กฉากและเหล็กแบนที่ตัดตามกำหนดไว้ มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นโครงของขาเครื่อง ตามแบบที่กำหนด

3. ตัดเหล็กท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0 cm ยาว 35.0 cm จำนวน 1 อัน แล้วนำแปรงขนาด 6204 จำนวน 2 ตัว เชื่อมยึดเข้าไปในปลายเหล็กท่อทั้ง 2 ข้าง

4. ตัดเหล็กเพลานขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 45.0 cm จำนวน 1 อัน สอดเข้าไปในเหล็กท่อ แล้วนำท่อพีวีซีมายึดต่อระหว่างเหล็กเพลากับแกนของตัวเครื่อง

5. นำเหล็กท่อเชื่อมประกอบเข้ากับขาเครื่อง

6. ตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 2.0 cm ยาว 5.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรู แล้ว นำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่องส่วนบน เพื่อเป็นที่รองรับตัวเครื่อง

7. ตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 1.0 cm ยาว 3.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรู นำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่องส่วนบน เพื่อเป็นที่ยึดฝาครอบของตัวเครื่อง

8. ตัดเหล็กแบนขนาด 2.0 cm ยาว 3.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรู แล้ว นำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่อง เพื่อเป็นที่ยึดพื้น

9. นำขาเครื่องที่เสร็จสมบูรณ์ตามแบบแล้ว มาทาสี

10. นำกะละมังที่เป็นเหล็กมาเจาะให้เป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้าง 2 cm ยาว 8.0 cm จำนวน 1 ช่อง เพื่อเป็นช่องสำหรับที่เสียบไฟฟ้าและเจาะรูตรงกลางของกะละมังให้เป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.0 cm เพื่อเป็นที่รองรับตัวเครื่อง

11. นำกะละมังที่เสร็จสมบูรณ์ตามแบบแล้ว และตัวเครื่อง มาเจาะยึดด้วยสกรูเข้ากับแผ่นเหล็กที่รองรับของตัวเครื่อง

12. นำฝาครอบมาครอบตัวเครื่องแล้วยึดด้วยสกรูเข้ากับแผ่นเหล็กที่เป็นตัวยึดของฝาครอบ เสร็จสมบูรณ์

3.1.4) วิธีการทดสอบ

1. นำชุดกำเนิดไฟฟ้า แล้วติดตั้งโมเลขนาด 7.6 cm จากนั้นมาวางบนไม้แล้วยึดด้วยสกรู
2. นำมอเตอร์ 3 เฟส แล้วติดตั้งโมเลขนาด 12.7 cm จากนั้นมาประกอบกับชุดกำเนิดไฟฟ้า
3. นำสายพานขนาด A 59 มาประกอบระหว่างมอเตอร์ 3 เฟสกับชุดกำเนิดไฟฟ้า
4. ติดตั้งวงจรไฟฟ้า เช่น ตัวต้านทาน สวิตช์ สะพานไฟ หลอดไฟ เป็นต้น
5. เปิดเครื่องแล้วสังเกตการหมุนของชุดกำเนิดไฟฟ้าและอัตรากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้
6. หาค่าประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจ้วจากสูตร

$$\eta = \frac{V_1}{V_2} \times 100$$

(3.1)

η คือ ประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้า (%)

V_1 คือ ค่าความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้าจากชุดกำเนิดไฟฟ้า (V)

V_2 คือ ค่าความต่างศักย์สูงสุดของกระแสไฟฟ้า (V)

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

3.2.1 ค่าเฉลี่ย (Average, $\bar{x}$) หมายถึง ผลรวมของข้อมูลหรือค่าสังเกตทั้งหมดในชุดนั้นหารด้วยจำนวนข้อมูลหรือค่าสังเกต ใช้เพื่อ หาค่ากึ่งกลางของข้อมูล สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.2)$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
 $\sum x$ คือ ผลรวมของปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้
 n คือ จำนวนครั้งของการทดลอง

3.2.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.) หมายถึง การวิเคราะห์ค่าของข้อมูลแต่ละค่าที่แตกต่างไปจากค่าเฉลี่ย ใช้เพื่อ หาค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้
 x คือ ค่าปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้
 $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้
 n คือ จำนวนครั้งของการทดลอง

บทที่ 4

ผลการศึกษา

จากการพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชนเบื้องต้นซึ่งได้ทำการศึกษาและสร้างผลปรากฏดังต่อไปนี้

4.1 ผลการสร้างเครื่อง

จากการพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชนเบื้องต้นเริ่มจากการออกแบบโครงสร้างของเครื่องจากนั้นตัดเหล็กจากขนาดความกว้าง 4.0 cm ยาว 60.0 cm จำนวน 3 อัน และ ตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 2.0 cm ยาว 24.0 cm จำนวน 2 อัน และ ยาว 18.0 cm จำนวน 3 อันและยาว 13.0 cm จำนวน 3 อัน แล้วนำเหล็กจากและเหล็กแบนที่ตัดตามกำหนดไว้มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน เพื่อเป็นโครงของขาเครื่องจากนั้นตัดเหล็กท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.0 cm ยาว 35.0 cm จำนวน 1 อัน แล้วนำแปรงขนาด 6204 จำนวน 2 ตัว เชื่อมยึดเข้าไปในปลายเหล็กท่อทั้ง 2 ข้าง ตัดเหล็กเพลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 cm ยาว 45.0 cm จำนวน 1 อัน สอดเข้าไปในเหล็กท่อ แล้วนำท่อพีวีซีมายึดต่อระหว่างเหล็กเพลและแกนของตัวเครื่องนำเหล็กท่อเชื่อมประกอบเข้ากับขาเครื่องตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 2.0 cm ยาว 5.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรู แล้ว นำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่องส่วนบน เพื่อเป็นที่รองรับตัวเครื่อง จากนั้นตัดเหล็กแบนขนาดความกว้าง 1.0 cm ยาว 3.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรูนำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่องส่วนบน เพื่อเป็นที่ยึดฝาครอบของตัวเครื่องตัดเหล็กแบนขนาด 2.0 cm ยาว 3.0 cm จำนวน 3 อัน พร้อมเจาะรู แล้ว นำมาเชื่อมยึดกับขาเครื่องเพื่อเป็นที่ยึดพื้น นำขาเครื่องที่เสร็จสมบูรณ์ตามแบบแล้วมาทาสีเพื่อป้องกันสนิม นำกะละมังที่เป็นเหล็กมาเจาะให้เป็นช่องสี่เหลี่ยมพื้นผ่าขนาดความกว้าง 2 cm ยาว 8.0 cm จำนวน 1 ช่อง เพื่อเป็นช่องสำหรับที่เสียบไฟฟ้าและเจาะรูตรงกลางของกะละมังให้เป็นวงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.0 cm เพื่อเป็นที่รองรับตัวเครื่อง นำกะละมังที่เสร็จสมบูรณ์ตามแบบแล้ว และตัวเครื่อง มาเจาะยึดด้วยสกรูเข้ากับแผ่นเหล็กที่รองรับของตัวเครื่องนำฝาครอบมาครอบตัวเครื่องแล้วยึดด้วยสกรูเข้ากับแผ่นเหล็กที่เป็นตัวยึดดังภาพที่ 4.1



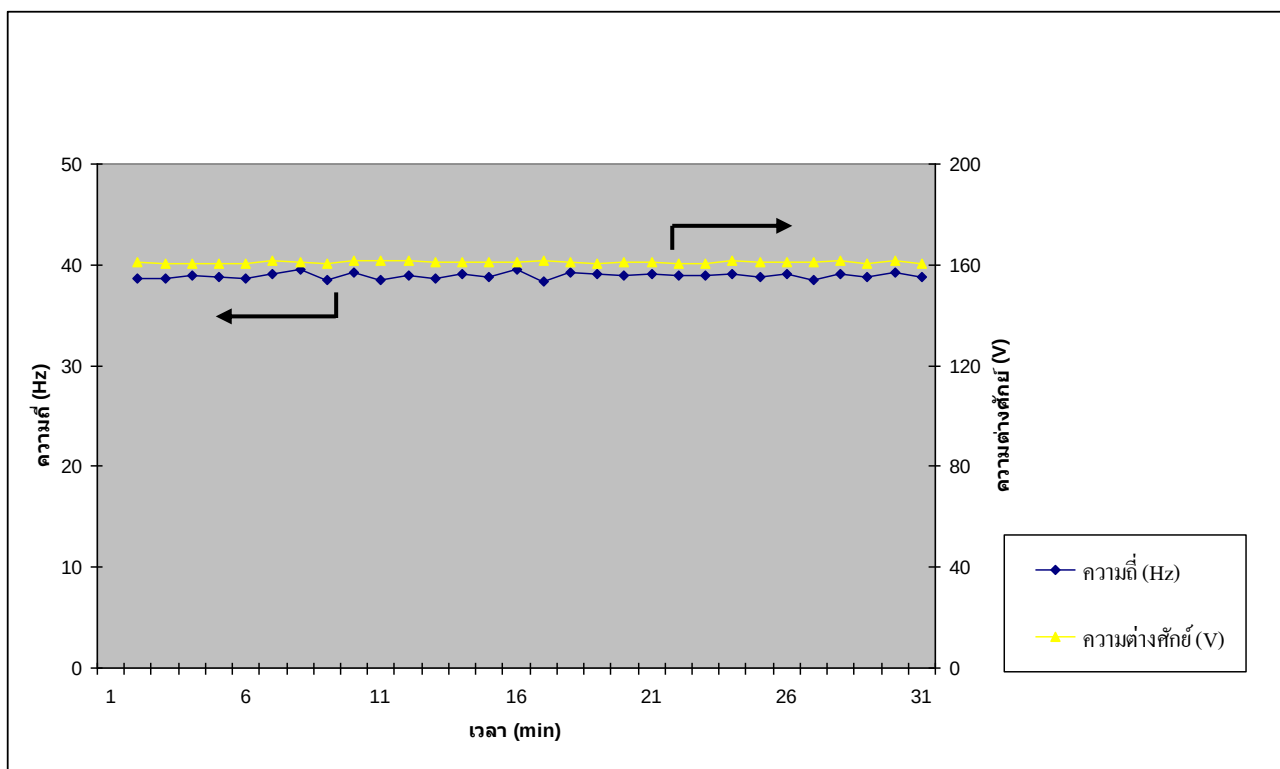
ภาพที่ 4.1 ชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

4.2 ผลการทดสอบระบบ



ภาพที่ 4.2 การทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส

จากการทดสอบชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส ที่มีความเร็วรอบ เท่ากับ 1440 รอบต่อนาที เป็นตัวขับเคลื่อนชุดกำเนิดไฟฟ้าพบว่าความเร็วรอบของชุดกำเนิดไฟฟ้า เท่ากับ 800 รอบต่อนาที และใน 1 รอบของการหมุนของชุดกำเนิดไฟฟ้าจะให้กระแสไฟฟ้า เท่ากับ 0.2 V ผลจากการทดสอบโดยใช้มอเตอร์ 3 เฟส เป็นตัวขับเคลื่อนชุดกำเนิดไฟฟ้า พบว่าปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความถี่จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.9 Hz และปริมาณกระแสไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.0 V สามารถแสดงข้อมูลการทดสอบ ดังนี้



ภาพที่ 4.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากการทดสอบด้วยมอเตอร์ 3 เฟส

4.3 ประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

จากการคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก จากสมการ (3.1) มีค่าประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เท่ากับ 73.2 %

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับชุมชนเบื้องต้น โดยการออกแบบและสร้างชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก เมื่อมีการทดสอบโดยการใช้นอเตอร์ 3 เฟส ที่มีความเร็วรอบเท่ากับ 1440 รอบต่อนาที เป็นตัวขับเคลื่อนชุดกำเนิดไฟฟ้า พบว่าปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความถี่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.9 Hz ปริมาณกระแสไฟฟ้าของแรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.0 V และจากการคำนวณหาประสิทธิภาพของชุดกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 73.2 % ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลการเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานน้ำในชุมชนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หากนำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ไปศึกษาต่อควรทำการวิจัยอย่างน้อยสองคนขึ้นไปเพื่อความสะดวกในการทดลองและเก็บข้อมูล

5.2.2 ควรสร้างไดนาโมและกันหันน้ำในห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการวิจัยครั้งต่อไป

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). *รักษ์พลังงาน.พลังงาน,4 (35) 13-14.*
- คมสัน หุตะแพทย์.(2551). *เครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กแบบไทยๆ. เกษตรกรรมธรรมชาติ ,11(9) 11-13.*
- เจษฎา แก้วกัลยา. (2552). *วิเคราะห์ศักยภาพของคลองลาดโพธิ์*
- ชำนาญ ใจประดิษฐ์ธรรม และประยุทธ์ อินแบน. (2550). *การจำลองการทำงานและสมรรถนะของระบบ ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส*
- ชัยวัฒน์ ขยันการนาวิ. (2552).*พัฒนากังหันพลังน้ำแบบหมุนตามแนวแกน*
- ทนงศักดิ์ ยาทะเล ทศนะ ถมทอง นิพนธ์ เรืองวิริยะนันท์ . (2549). *การนำมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบกรงกระรอกมาสร้างเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส*
- นิพนธ์ เกตุจ้อย. (2553).*การจัดหาไฟฟ้าให้กับหมู่บ้านที่ยังไม่มีไฟฟ้าใช้*
- นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. (2551).*เทคโนโลยีพลังงานลม*
- นฤมล แก้วกล้า. (2539). *ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการผลิตและใช้พลังงาน และเทคโนโลยีในการลด มลพิษ" เอกสารประกอบการบรรยายในโครงการฝึกอบรมหลักสูตร 103 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน*
- เบญจมาภรณ์ กมลสินธุ์. (2545). *ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำชนิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อระบบจำหน่าย.*
- ปราโมทย์ ไชยเวช. (2552). *“ปิโตรเลียมเทคโนโลยี” เอกสารประกอบการสอนในจุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
- ไพฑูรย์ เหล่าดี. (2548). *การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก จัณ หมู่บ้านท่าแปน*
- มัลลิกา ศรีเพ็ญ. (2550). *การใช้พลังงานในประเทศไทย.Email : mks@kmitnb.ac.th*
- ยอดชาย เตียเป็น และนพพงศ์ ศรีตระกูล. (2549). *ออกแบบเครื่องกังหันพลังน้ำขนาดเล็กให้มีประสิทธิภาพสูงสุด*
- เรืองเดช ปั่นด้วง. (2545). *การฟื้นฟูโครงการไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมาก. กรณีศึกษาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำห้วยคั่ง จังหวัดเชียงใหม่.*
- วีระศักดิ์ ขอมขุนทด.(2548). *แม่เหล็กไฟฟ้า.พิมพ์ครั้งที่ 1. จุพาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).*

วัฒนา ถาวร. (2543). **โรงต้นกำลัง**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ชูแข็ง ชายคานาและลูกมัน สื่อนิ. (2551). การออกแบบและสร้างระบบผลิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก

[On-line]. Available::<http://www.edu.e-tech.ac.th> .สืบค้นเมื่อ:20 เมษายน2553

[On-line]. Available::<http://www.thaingo.org/manngo/penporn.htm> .สืบค้นเมื่อ:20 เมษายน2553

APEC Energy Statistics. (1996). Asia-Pacific Economic Cooperation : Energy Working Group , October 1998.

Boyle,G.(1996). **Renewable Energy Power for a Sustainable Future**. New York: Oxford University Press.

British Petroleum. (2004). **Energy in Focus**. [On-line]. Available: <http://www.bp.com/statisticalreview2004>.

Department of Mineral Resources, Mineral Fuels Division.(1997). "Petroleum and Coal Activities in Thailand", Annual Report 1997.

Frequencyofalternatingcurrent. [On-line]. Available: <http://www.electron.rmutphysics.com/physics>. สืบค้นเมื่อ : 13 พฤษภาคม 2553

Howey. (2009). การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแกนฟลักซ์แม่เหล็กถาวร

Hydro power Engineering Division. [On-line] . Available: <http://www.iie.or.th>. สืบค้นเมื่อ : 13 พฤษภาคม 2553

Hydro Energy. (2003). **Pelton Turbines**. [On-line]. Available: http://www.hydro-energy.com/_bilder/produkte/turbinen/pelton_turbine.jpg.

KansasWindPower.(2005).**TurgoTurbine**. [On-line]. Available: <http://www.kansaswindpower.net/turgo%20top.jpg>.

Mitsubishi Heavy Industries Ltd. (2003). **Deraiz2**. [On-line]. Available: http://www.mhi.co.jp/power/e_power/topics/2003/img/main43a.gif.

Ristinen, Robert A. & Kraushaar, Jack J. (1999). **Energy and the Environment**. New York : John Wiley & Sons.

Shepherd, W. & Shepherd, D.W. (1998). **Energy Studies**. Singapore : World Scientific.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส

ตารางที่ ก-1 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความต่างศักย์ที่วัดได้จากการจับของมอเตอร์ 3 เฟส

เวลา (min)	ความต่างศักย์ (V)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (V)	S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	160.9	160.7	161.1	160.9	0.200
2	160.5	160.0	160.2	160.2	0.252
3	160.3	160.5	161.2	160.7	0.473
4	161.1	160.1	160.3	160.5	0.529
5	160.6	160.7	160.2	160.5	0.265
6	161.9	162.2	160.6	161.6	0.850
7	161.4	162.1	160.5	161.3	0.802
8	160.9	160.1	160.9	160.6	0.462
9	161.7	162.0	161.2	161.6	0.404
10	161.0	162.5	161.6	161.7	0.755
11	161.5	161.3	161.9	161.6	0.306
12	161.3	160.8	161.2	161.1	0.265
13	161.8	161.3	160.3	161.1	0.764
14	160.0	162.3	160.4	160.9	1.229
15	161.4	161.0	160.5	161.0	0.451
16	161.8	161.7	161.0	161.5	0.436
17	160.7	160.3	161.6	160.9	0.666
18	161.5	160.4	160.3	160.7	0.666
19	161.6	161.1	160.9	161.2	0.361
20	161.1	161.4	160.2	160.9	0.624
21	160.2	160.5	161.1	160.6	0.458
22	160.5	160.9	160.8	160.7	0.208

ตารางที่ ก-1 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความต่างศักย์ที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส (ต่อ)

เวลา (min)	ความต่างศักย์ (V)			ค่าเฉลี่ยความต่างศักย์ (V)	S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
23	160.9	161.7	162.1	161.6	0.611
24	161.6	160.8	160.1	160.8	0.751
25	161.7	161.5	160.5	161.2	0.643
26	160.8	160.9	161.0	160.9	0.100
27	161.9	162.0	160.9	161.6	0.608
28	160.5	160.0	160.6	160.4	0.321
29	161.5	161.0	161.6	161.4	0.321
30	161.3	160.1	160.8	160.7	0.603

ตารางที่ ก-2 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความถี่ที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส

เวลา (min)	ความถี่ (Hz)			ค่าเฉลี่ยความถี่ (Hz)	S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
1	38.1	39.8	38.1	38.7	0.981
2	38.2	38.8	39.1	38.7	0.458
3	38.4	39.0	39.5	39.0	0.551
4	38.5	39.1	38.7	38.8	0.306
5	39.0	38.5	38.3	38.6	0.361
6	39.1	38.6	39.4	39.0	0.404
7	39.9	39.6	39.1	39.5	0.404
8	38.8	38.7	38.2	38.6	0.321
9	39.5	39.8	38.3	39.2	0.794
10	38.2	38.5	39.0	38.6	0.404
11	38.3	39.4	39.2	39.0	0.586
12	39.1	38.7	38.2	38.7	0.451

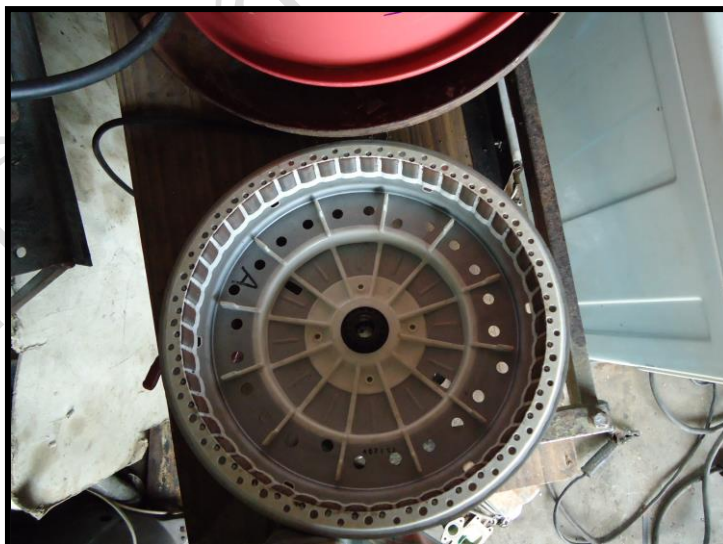
ตารางที่ ก-2 ปริมาณแรงเคลื่อนไฟฟ้าของความถี่ที่วัดได้จากการขับของมอเตอร์ 3 เฟส (ต่อ)

เวลา (min)	ความถี่ (Hz)			ค่าเฉลี่ยความถี่ (Hz)	S.D.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
13	38.2	39.8	39.3	39.1	0.819
14	38.4	38.5	39.6	38.8	0.666
15	39.6	39.3	39.9	39.6	0.300
16	38.7	38.4	38.0	38.4	0.351
17	39.9	39.0	38.7	39.2	0.624
18	39.5	38.9	38.9	39.1	0.346
19	39.3	38.5	38.8	38.9	0.404
20	38.5	39.1	39.5	39.0	0.503
21	39.1	38.2	39.6	39.0	0.709
22	39.2	38.8	38.7	38.9	0.265
23	38.5	39.1	39.8	39.1	0.651
24	39.6	38.2	38.7	38.8	0.709
25	38.5	39.6	39.2	39.1	0.557
26	38.6	38.5	38.2	38.4	0.208
27	39.1	39.6	38.6	39.1	0.500
28	38.3	38.3	39.8	38.8	0.866
29	39.2	39.7	38.7	39.2	0.500
30	38.3	38.2	39.8	38.8	0.896

ภาคผนวก ข
การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ ข-1 ขดลวด



ภาพที่ ข-2 แม่เหล็ก



ภาพที่ ข-3 โครงสร้างของขาเครื่อง



ภาพที่ ข-4 การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



ภาพที่ ข-5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสร็จจากการประกอบ



ภาพที่ ข-6 ชุดการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายมาหามะ นามสกุล กุเต๊ะ

รหัสนักศึกษา 405064004 โปรแกรม วิชาฟิสิกส์

วันเกิด 1 มกราคม 1987

ที่อยู่ปัจจุบัน 225/1 หมู่ 4 ตำบล เมาะมาวี อำเภอ ยะรัง จังหวัด ปัตตานี 94160

การศึกษา

-ช่วงชั้นที่ 1 โรงเรียนบ้านสายชล

-ช่วงชั้นที่ 2 โรงเรียนอิสลามประชาสงเคราะห์

-ช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนอิสลามประชาสงเคราะห์

-ระดับอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร
สาขาวิชาฟิสิกส์