



รายงานการวิจัย

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

Electricity Generated by Mini Pumped Storage Plant System

สนธยา วันชัย

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

Electricity Generated by Mini Pumped Storage Plant System

สนธยา วันชัย

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทุนอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดินที่พิจารณาโดยผ่านความเห็นชอบจาก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2560

รายงานวิจัย การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก สนรยา วันชัย

ปี พ.ศ. 2560

(ก)

ชื่องานวิจัย การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก
ผู้วิจัย สนธยา วันชัย
สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2561

บทคัดย่อ

รายงานการวิจัยเรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็กและเพื่อหาประสิทธิภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 1) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก และ 2) ตารางบันทึกค่าประสิทธิภาพจากค่าระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตารางบันทึกกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

ผลการวิจัยการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก พบว่า ได้ชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็กที่ได้ออกแบบและสร้าง โดยโครงสร้างจะประกอบไปด้วย 1) โครงสร้างเหล็กและถังน้ำ 2 ชุด ถังน้ำด้านล่างขนาด 600 ลิตรและถังน้ำด้านบน 400 ลิตร 2) ชุดเจนเนอเรเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ 3) ชุดประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่ 4) ชุดอินเวอร์เตอร์ 5) ชุดวงจรตรวจสอบระดับน้ำ 6) ชุดโซลีนอยด์วาล์วและวงจรควบคุมการเปิดปิดโซลีนอยด์วาล์ว 7) ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 8) ชุดปั้มน้ำ

จากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยชุดเจนเนอเรเตอร์ผลิตกระแสไฟฟ้า ค่าประสิทธิภาพวัดได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดการวัดในช่วงเวลา 08.00 - 18.00 น. แรงดันไฟฟ้า กระแสตรงที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 10.32 – 11.17 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าที่ได้อยู่ในช่วง 4.08 – 6.19 แอมแปร์และผู้วิจัยได้นำค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ได้มาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 42.17 – 69.06 วัตต์

คำสำคัญ : การผลิตไฟฟ้า , ระบบน้ำแบบสูบกลับ

Research Title Electricity Generated by Mini Pumped Storage Plant System.
Name Sontaya Wanchai
Program Electronics Technology
Phetchabun Rajabhat University, **Year** 2018.

ABSTRACT

The research report a electricity generated by mini pumped storage plant system. There was objective to study for design and construction set for electric generate usage mini pumped storage plant system and efficiency of set. A tool that use in the research was 1) set of electricity generated by mini pumped storage plant system and 2) table of record efficiency value, voltage, current and calculate electric power value.

Result of research , A design and construction set of this project are compose 1) structure of plant and 2 tank, capacity of tank below 600 litres and tank above 400 litres, 2) electric generate DC 12 volts 10 amperes, 3) electric charger and battery, 4) inverter, 5) water sensor, 6) solenoid valve and control circuit, 7) microcontroller Arduino UNO and 8) mini pumped.

After trial a electric generate usage mini pumped storage plant system, efficiency of set showed that, electric generate usage mini pumped storage plant system in times 08.00 a.m. - 06.00 p.m, mean of DC Electric Voltage are between 10.32 – 11.17 Vdc, and Electric Current are between 4.08 – 6.19 Amps. Power of electric are between 42.17 – 69.06 watts.

Keywords : Electric Generate , Pumped Storage Plant System

(ค)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่างๆ จากคณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่ายที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณอาจารย์ปัญญา เทียนนาวา ที่ให้คำแนะนำการออกแบบโครงสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าและขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือแก่ผู้วิจัยและขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

สนธยา วันชัย

9 มีนาคม 2561

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 ประโยชน์ของการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับและกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า	5
2.2 การเก็บพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำ	19
2.3 การวัดปริมาณไฟฟ้าจากกังหันน้ำ	27
2.4 อุปกรณ์ประกอบและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์	30
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO	35
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	44
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	44
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล	52
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	54

(จ)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย	55
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	55
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	59
5.1 สรุปผลการวิจัย	57
5.2 อภิปรายผล	60
5.3 ข้อเสนอแนะ	60
บรรณานุกรม	61
ประวัติคณะผู้วิจัย	65

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	เปรียบเทียบ 10 อันดับกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับในประเทศต่างๆ	8
2-2	ประเภทของระบบกักเก็บพลังงาน	20
2-3	เปรียบเทียบทางเทคนิคของระบบกักเก็บพลังงานแบบต่างๆ (IEA-ETSAP)	23
3-1	การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	52
3-2	การวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	52
3-3	กำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	53
4-1	ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	55
4-2	ผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	56
4-3	ผลกำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	57

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับในประเทศไทย	7
2-2 เขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา	9
2-3 อ่างเก็บน้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับด้านบนเขื่อนลำตะคอง	9
2-4 เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี	10
2-5 เขื่อนท่าทุ่งนาเป็นอ่างเก็บน้ำสำหรับเขื่อนศรีนครินทร์	10
2-6 ส่วนประกอบโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบสูบกลับ	12
2-7 การทำงานของโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบสูบกลับ	14
2-8 ไดอะแกรมโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ	15
2-9 ลักษณะของกังหันแบบแรงกระแทก (Impulse Turbine)	16
2-10 ลักษณะของกังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction Turbine)	17
2-11 ลักษณะของกังหันฟรานซิส (Francis Turbine)	17
2-12 ลักษณะของกังหันฟรานซิส (Francis Turbine)	18
2-13 ลักษณะของกังหันคาปแลน (Kaplan Turbine)	18
2-14 ลักษณะระบบกักเก็บพลังงานรูปแบบต่างๆ	19
2-15 ระบบกักเก็บพลังงาน สายการส่งพลังงานและการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ	21
2-16 เปรียบเทียบการใช้งานระบบกักเก็บพลังงานในพิกัดต่างๆ รวมถึงเวลาในการจ่ายไฟ (IEA-ETSAP)	22
2-17 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม	25
2.18 เครื่องควบคุมการประจุแบบขั้น	26
2-19 ตัวอย่างชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าสำหรับแผงโซลาร์เซลล์	26
2-20 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Volt meter)	27
2-21 หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า	27
2-22 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)	28
2-23 หน่วยการวัดกระแสไฟฟ้า	28
2-24 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)	29
2-25 แบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไป	30
2-26 รูปแสดงอินเวอร์เตอร์ Pure sine wave 220Vac 2,000W	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-27 การทำงานเบื้องต้นของโซลินอยด์วาล์ว	33
2-28 มาตรฐานน้ำแวนอนและมาตรฐานน้ำแวนตั้ง	34
2-29 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO	35
2-30 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับหลอด LED	36
2-31 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับบอร์ดเสริม XBee Shield	36
2-32 ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board	38
2-33 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์	38
2-34 การเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload หลังจากการเขียนโปรแกรม	39
2-35 การเลือกหมายเลขพอร์ตของบอร์ด Arduino ที่ใช้สำหรับการ Upload	39
2-36 เลือกตรวจสอบการตั้งค่า	40
ก) ตรวจสอบการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino	
ข) การ Upload โค้ดโปรแกรม	
3-1 ไดอะแกรมการทำงานการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	45
3-2 โครงสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้า	45
3-3 ชุดกังหันน้ำขนาด 6 ใบพัด	46
3-4 เจนเนอเรเตอร์ 12 โวลต์ 10 แอมแปร์และพูลเลย์ส่งกำลัง	46
3-5 ชุดโซลินอยด์วาล์วและวงจรควบคุม	47
3-6 ชุดปั๊มน้ำ	47
3-7 เครื่องมือวัดระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้า	48
3-8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO	48
3-9 ชุดประมวลผลการตรวจจับระดับน้ำในถังด้านบนและด้านล่าง	49
3-10 อินเวอร์เตอร์ 650VA 12Vdc / 220Vac	49
3-11 ชุดประจุไฟฟ้า 12/24 โวลต์	50
3-12 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ลูก	50
3-13 ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	51
4-1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก	58

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพลังงานไฟฟ้าเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตมนุษย์นั้้นทั่วไป โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปแบบต่าง (สุจิรา นวลกำแหง, 2556) เช่น การใช้สำหรับการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน เปลี่ยนเป็นความเย็นด้วยเครื่องมือต่างๆ เช่น พัดลม หลอดไฟหรือเครื่องปรับอากาศ สำหรับพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับมาได้จากการผลิตจากหน่วยงานต่างได้แก่ โรงไฟฟ้าจากเขื่อนภายใต้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ), 14 สิงหาคม 2016) หรือโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเบื้องต้นสำหรับการผลิตไฟฟ้า แต่ทั้งหมดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการใช้งานขนาดใหญ่ การใช้งานปริมาณที่มากดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจึงต้องใช้กำลังและค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าสูง ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแหล่งการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจะเหมาะสมกับหน่วยงานที่ไม่ใหญ่มากนักเช่น บ้านพัก หรือไฟฟ้าตามทางเดินถนนหนทางต่างๆ แหล่งพลังงานตัวอย่างเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ (กรีนพีซเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (สำนักงานประเทศไทย), 1 มิถุนายน 2560) หรือพลังงานลม การได้มาซึ่งพลังงานดังกล่าวจะใช้อุปกรณ์ส่วนเจนเนอเรเตอร์ (Generator) กำเนิดไฟฟ้า สำหรับข้อดีของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ด้วยการใช้โซลาร์เซลล์ คือ สามารถผลิตไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงอาทิตย์ ส่วนข้อเสียคือเมื่อแสงอาทิตย์หมดจะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ข้อดีของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานลมคือเมื่อมีลมจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างสนามแม่เหล็กและขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ส่วนข้อเสียคือจะไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เลยเมื่อไม่มีลม การได้มาซึ่งพลังงานดังกล่าวจะใช้อุปกรณ์ส่วนเจนเนอเรเตอร์กำเนิดไฟฟ้าเหมือนกัน

การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ เป็นอีกวิธีการหนึ่งทีนิยมใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า หลักการคือการใช้แรงโน้มถ่วงของโลกมาใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าคือเมื่อน้ำที่เคลื่อนตัวจากแหล่งน้ำที่อยู่สูงเคลื่อนลงมาสู่ที่ต่ำและนำไปหมุนเจนเนอเรเตอร์ ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นแต่ข้อเสียของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยการใช้น้ำเคลื่อนตัวจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำคือเมื่อน้ำหมดหรือปริมาณน้ำมากไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้จะทำให้ผลการผลิตกระแสไฟฟ้าไม่คงที่ ดังนั้นปัญหาที่เจอคือเมื่อปริมาณน้ำที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณได้จะทำให้การผลิตพลังงานไฟฟ้าไม่ได้สม่ำเสมอเพียงพอกับความต้องการการใช้พลังงาน

จากสภาพปัญหาการผลิตกระแสไฟฟ้าและข้อดีของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยน้ำ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำน้ำที่สามารถควบคุมปริมาณได้มาผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในหน่วยงานขนาดเล็กไม่ว่าจะมากน้อย เช่น บ้านพักหรือระบบส่องสว่าง โดยพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะนำน้ำที่ผ่านการผลิตไฟฟ้าไปแล้วนำกลับไปเก็บไว้ยังที่สูงที่จะสามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกครั้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่องชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาค้นคว้าไว้ดังนี้

1.3.1 ส่วนโครงสร้างประกอบด้วย

1.3.1.1 โครงสร้างหลัก

1.3.1.1 ถังบรรจุน้ำ

1.3.1.1 ท่อลำเลียงน้ำ

1.3.1.1 ปั๊มน้ำ

1.3.2 ส่วนระบบไฟฟ้า

1.3.2.1 ชุดเจนเนอเรเตอร์

1.3.2.2 ชุดควบคุมระบบไฟฟ้าและการวัดปริมาณไฟฟ้า

1.3.2.3 ชุดมัลติสแตทส์ไปยังเจนเนอเรเตอร์

1.3.2.4 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3.2.5 ชุดประจุและจัดเก็บพลังงานไฟฟ้า

1.3.2.6 ชุดวัดปริมาณน้ำตรวจสอบระดับน้ำ

1.3.2.7 ชุดโซลีนอยด์วาล์ว

1.3.3 แบบบันทึกปริมาณการเก็บพลังงานไฟฟ้าจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งส่วนของการวิจัยออกได้ดังนี้

- 1.4.1 การออกแบบโครงสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ
- 1.4.2 การสร้างชุดโครงสร้างและประกอบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ
- 1.4.3 ประกอบเจเนอเรเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 10 แอมแปร์
- 1.4.4 ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO และโปรแกรมควบคุม
- 1.4.5 ออกแบบและสร้างชุดวงจรเซนเซอร์วัดปริมาณน้ำในถัง
- 1.4.6 ชุดวงจรประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่
- 1.4.7 ชุดอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้า

กระแสสลับ

1.4.8 ออกแบบตารางบันทึกค่าประสิทธิภาพจากค่าระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและตารางบันทึกกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

1.4.9 ทดสอบการควบคุมการผลิตไฟฟ้าจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ บันทึกผลแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

1.4.10 ประมวลผลค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า เพื่อหาลำดับไฟฟ้าจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ

ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรมหลังที่ 2 คณะเทคโนโลยี การเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า หมายถึง ชุดที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลที่ได้จากน้ำเป็นพลังงานไฟฟ้า

ชุดกักหน้้น้ำ หมายถึง กักหน้้น้ำที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานน้ำเป็นพลังงานรูปแบบอื่นเช่นไฟฟ้า

ระบบน้ำแบบสูบกลับ หมายถึง การนำน้ำที่ผ่านการใช้งานผลิตกระแสไฟฟ้าและนำกลับไปเป็นแหล่งต้นกำลังอีกครั้ง

ค่าประสิทธิภาพ หมายถึง ค่าที่วัดความสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า เพื่อนำไปคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า

การออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้า หมายถึง การกำหนดส่วนประกอบต่างๆ ของชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ ได้แก่ 1) โครงสร้างหลักและถังน้ำ 2 ชุด ถังน้ำด้านล่างขนาด

600 ลิตรและถังน้ำด้านบน 400 ลิตร 2) ชุดเจนเนอเรเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ 3) ชุดประจุไฟฟ้าและแบตเตอรี่ 4) ชุดอินเวอร์เตอร์ 5) ชุดวงจรตรวจสอบระดับน้ำ 6) ชุดโซลินอยด์วาล์วและวงจรควบคุมการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์ว 7) ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 8) ชุดปั้มน้ำ รวมถึงการกำหนดวิธีการทดสอบและการบันทึกผลลัพท์ในตารางค่าประสิทธิภาพโดยกำหนดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ และนำไปคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้

การสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้า หมายถึง การนำส่วนประกอบที่ได้ออกแบบชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับ มาประกอบเพื่อใช้สำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า

ไมโครคอนโทรลเลอร์ หมายถึง ชุดสมองกลสำหรับสั่งการให้ชุดโซลินอยด์วาล์วเปิดปิดน้ำที่ส่งกำลังไปยังชุดกังหันน้ำ

1.6 ประโยชน์ของการวิจัย

- 1.6.1 ได้ชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก
- 1.6.2 ได้ทราบประสิทธิภาพชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก
- 1.6.3 ได้แนวทางการสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากชุดกังหันน้ำ ส่วนใหญ่ผู้ผลิตนิยมใช้กังหันน้ำเชื่อมต่อกับแกนเพื่อไปส่งแรงให้สนามแม่เหล็กตัดกับขดลวด โดยการใช้ น้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติเป็นแหล่งต้นกำเนิดแรง เมื่อชุดผลิตกระแสไฟฟ้าเริ่มทำงานจะได้ปริมาณไฟฟ้าตามที่ต้องการ หากจะนำไปเก็บไว้ผู้ใช้งานจะต้องนำไปผ่านวงจรประจุไฟฟ้าให้กับชุดจัดเก็บไฟฟ้าแก็บแบตเตอรี่นั่นเอง ในงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก โดยแบ่งหัวข้อได้ดังนี้

- 2.1 โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับและกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า
- 2.2 การเก็บพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำ
- 2.3 การวัดปริมาณไฟฟ้าจากกังหันน้ำ
- 2.4 อุปกรณ์ประกอบและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
- 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับและกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

2.1.1 โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ

โรงไฟฟ้าที่มีเครื่องสูบน้ำ ซึ่งสามารถสูบน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำลงมาแล้วนำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้อีกประโยชน์ของโรงไฟฟ้า ชนิดนี้เกิดจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (เช่น ในเวลาเที่ยงคืน) ซึ่งมีต้นทุนถูก ไปใช้ในการสูบน้ำขึ้นไปกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำ เพื่อนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงในช่วงหัวค่ำ

ตัวอย่างของโรงไฟฟ้าประเภทนี้ ได้แก่ โรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์ หน่วยที่ 4 ซึ่งสามารถสูบน้ำกลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเขื่อนศรีนครินทร์ได้ ในโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้น น้ำจากเขื่อนจะไหลผ่านเข้าโรงผลิตกระแสไฟฟ้า และไหลออกไปสู่แม่น้ำลำคลองที่มีระดับต่ำกว่า เขื่อนสมัยแรกทีเดียว น้ำที่ไหลออกไปจะมีการสูญเสียไปเลย ไม่สามารถนำกลับคืนมาได้ดังเดิม ต้องรอให้ฝนตกลงมาใหม่ เขื่อน สมัยใหม่จึงได้มีการออกแบบ และสร้างส่วนประกอบของเขื่อนเพิ่มเติมเข้ามา และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญเสียด้วยนั่นก็คือ โรงสูบน้ำคืนเขื่อน (Pumped-storage plants) มีหน้าที่ปั้มสูบน้ำ

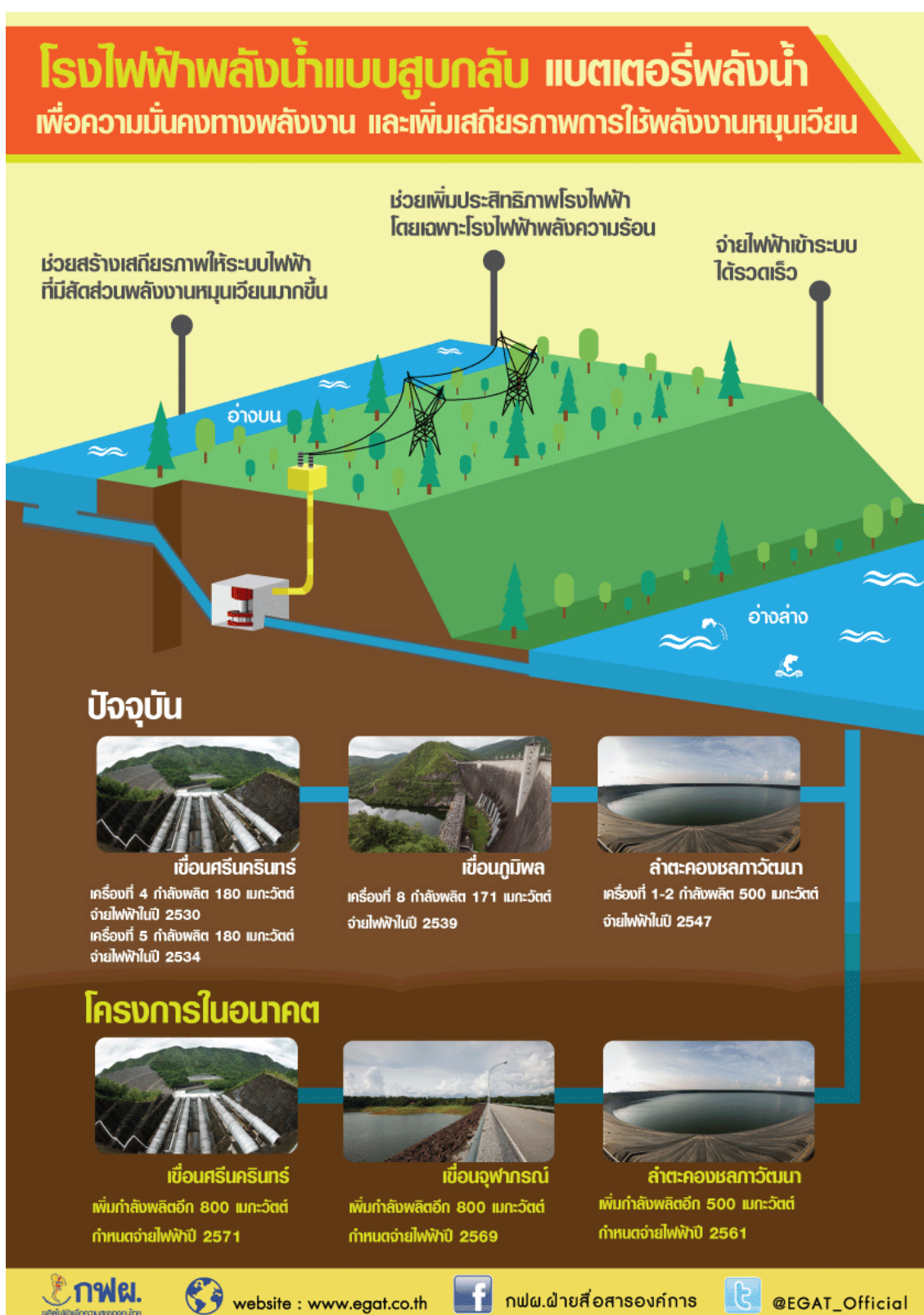
ไปใส่ไว้ในเขื่อนตามเดิม โรงไฟฟ้าที่เป็นกังหันฟรานซิส จะทำหน้าที่ทั้งปั๊มน้ำและเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ส่วนกังหันเพลตันจะมีส่วนที่เป็นโรงสูบน้ำขึ้นเขื่อนแยกต่างหาก ระดับน้ำของเขื่อนจะมีอยู่ 2 แห่ง ได้แก่

แหล่งเก็บน้ำด้านบน (Upper Reservoir) ก็คือน้ำที่อยู่เหนือเขื่อนนั่นเอง เพื่อเก็บสะสมพลังงานไว้เพื่อไปหมุนกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า

แหล่งเก็บน้ำด้านล่าง (Lower Reservoir) คือน้ำที่ไหลผ่านกังหันไปแล้วลงไปสู่ระดับที่ต่ำกว่า แหล่งเก็บน้ำด้านบน ในแหล่งเก็บด้านล่างนั้นก็เพื่อเตรียมที่จะดูดกลับ หรือปล่อยออกไปสู่แม่น้ำลำคลอง

สำหรับกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจะใช้แหล่งกำเนิดแรงดันทางนำไปเปลี่ยนรูปพลังงานให้เป็นกระแสไฟฟ้าได้ ตัวอย่างการเปลี่ยนรูปพลังงานเช่นเปลี่ยนจากแรงกลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแกนแท่งแม่เหล็กที่มีสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นมาได้ แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไม่สามารถผลิตเก็บไว้ได้หรือหากต้องการเก็บจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่มีราคาแพง การผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อตอบสนองความต้องการไฟฟ้าในแต่ละวัน จึงใช้การผสมผสานการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ ตามลักษณะความต้องการไฟฟ้า เช่น โรงไฟฟ้าพลังความร้อนเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน เดินเครื่องผลิตไฟฟ้าเป็นฐาน โรงไฟฟ้าพลังความร้อนที่ก๊าซธรรมชาติ เดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าในช่วงความต้องการไฟฟ้าปานกลางและโรงไฟฟ้าพลังน้ำเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าในช่วงความต้องการสูง ขณะที่โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน เช่น ลมและแดด จะเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าตลอดเวลา (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 15 สิงหาคม 2560)

ในรูปที่ 2-1 แสดงแหล่งน้ำที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับในปัจจุบันได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนภูมิพลและเขื่อนลำนครหลวงพัฒนา เป็นต้น โดยจะนำไฟฟ้าที่เหลือจากการจ่ายไปยังปลายทางเพื่อให้บริการประชาชน นำมาใช้สำหรับสูบน้ำไปเก็บไว้ยังที่ๆ ได้เตรียมสำหรับเก็บน้ำ และนำน้ำที่ได้ดังกล่าวมาผลิตกระแสไฟฟ้าอีกครั้งและสำหรับในอนาคตจะมีการสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับเช่น เขื่อนศรีนครินทร์ (ปรับปรุง) เขื่อนจุฬาภรณ์ เป็นต้น



รูปที่ 2-1 แหล่งผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับในประเทศไทย
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 15 สิงหาคม 2560)

การทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำทั่วไปก็คือ การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเขื่อนที่อยู่ด้านบน ลงมาอ่างที่อยู่ในระดับต่ำกว่า โดยกระแสน้ำจะไปหมุนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนที่แตกต่างจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำทั่วไป คือ จะต้องมีการสร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่มขึ้นอีก 1 อ่างอาจจะเป็นการสร้างอ่างบนใหม่เหนืออ่างเก็บน้ำ เช่น ที่โรงไฟฟ้า ลำตะคอง หรือมีการสร้างอ่างล่างใหม่ที่ท้ายน้ำ เช่น ที่โรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล หรือ โรงไฟฟ้าเขื่อนศรีนครินทร์และมีปั๊มน้ำที่ทำหน้าที่ดูดน้ำกลับขึ้นไปยังอ่างบน

ปัจจุบันเทคโนโลยีการกักเก็บไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ มีราคาถูกลง ประกอบกับการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนมากยิ่งขึ้น จึงมีการพัฒนาระบบกักเก็บไฟฟ้าประเภทต่างๆ โดยเทคโนโลยีโรงไฟฟ้าประเภทพลังน้ำแบบสูบกลับมีการพัฒนามากว่า 70 – 80 ปี ก็จัดเป็นแหล่งเก็บสำรองไฟฟ้าอีกประเภทหนึ่งที่มีการเพิ่มการใช้ทั่วโลกกว่า 150,000 เมกะวัตต์ ประเทศที่มีการนำมาใช้มากกว่า 20,000 เมกะวัตต์ ได้แก่ ญี่ปุ่น จีนและสหรัฐอเมริกา โดยการนำมาใช้จะพิจารณาให้สอดคล้องกับสถานะของระบบไฟฟ้านั้นๆ

ตารางที่ 2-1 เปรียบเทียบ 10 อันดับกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับในประเทศต่างๆ

Country	Installed PHS Capacity (MW)
Japan	27,438
China	21,545
United State of America	20,858
Italy	7,071
Spain	6,889
Germany	6,388
France	5,894
India	5,072
Austria	4,808
South Korea	4,700

(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 15 สิงหาคม 2560)



รูปที่ 2-2 เขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา
(ที่มา : โรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับ จังหวัดนครราชสีมา. 12 มิถุนายน 2560)



รูปที่ 2-3 อ่างเก็บน้ำสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าแบบสูบกลับด้านบนเขื่อนลำตะคอง
(ที่มา : โรงไฟฟ้าพลังน้ำลำตะคองแบบสูบกลับ จังหวัดนครราชสีมา. 12 มิถุนายน 2560)



รูปที่ 2-4 เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี
(ที่มา : เขื่อนศรีนครินทร์. 10 กรกฎาคม 2560)



รูปที่ 2-5 เขื่อนท่าทุ่งนาเป็นอ่างเก็บน้ำสำหรับเขื่อนศรีนครินทร์
(ที่มา : เขื่อนท่าทุ่งนา (Tha Thung Na Dam). 16 มิถุนายน 2560)

2.1.1.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ

1. ข้อดี

1.1 จ่ายไฟฟ้าได้รวดเร็วจึงมักจะผลิตไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก

1.2 ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อเชื้อเพลิงตลอดอายุโครงการ นอกจากใช้เงินลงทุนก่อสร้างในครั้งแรกเท่านั้น เนื่องจากใช้น้ำธรรมชาติเป็นแหล่งผลิตไฟฟ้า

1.3 ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังความร้อน จากเชื้อเพลิงฟอสซิล

1.4 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่มีขีดความสามารถสูงในการรักษาความมั่นคงให้แก่ระบบไฟฟ้าของประเทศ เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำสามารถเดินเครื่องและเริ่มจ่ายไฟฟ้าได้ภายในเวลาเพียง 4-5 นาที เท่านั้น ขณะที่โรงไฟฟ้าทั่วไปต้องใช้เวลาเริ่มเดินเครื่องกว่า 2-4 ชั่วโมง กฟผ. จึงเดินเครื่องโรงไฟฟ้าพลังน้ำสำหรับรองรับช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Peak) ในแต่ละวันและใช้เป็นกำลังผลิตสำรองไว้รองรับเหตุการณ์ต่างๆ เช่น สายไฟฟ้าขาด

2. ข้อดี

2.1 มีการสูญเสียพลังงานประมาณร้อยละ 15 – 30 ขึ้นอยู่กับสถานะแวดล้อมของการออกแบบ เนื่องจากพลังงานที่ใช้การสูบน้ำกลับขึ้นมาอ่างบน จะมากกว่าพลังงานที่ได้จากการปล่อยน้ำลงไปสู่อ่างล่าง

2.2 ไม่สามารถเดินเครื่องได้ตลอดเวลา เพราะขึ้นกับปริมาณน้ำในเขื่อนและน้ำนอกเขื่อน การผลิตไฟฟ้าจะดำเนินการได้ในช่วงที่สามารถปล่อยน้ำออกจากเขื่อนได้เท่านั้น

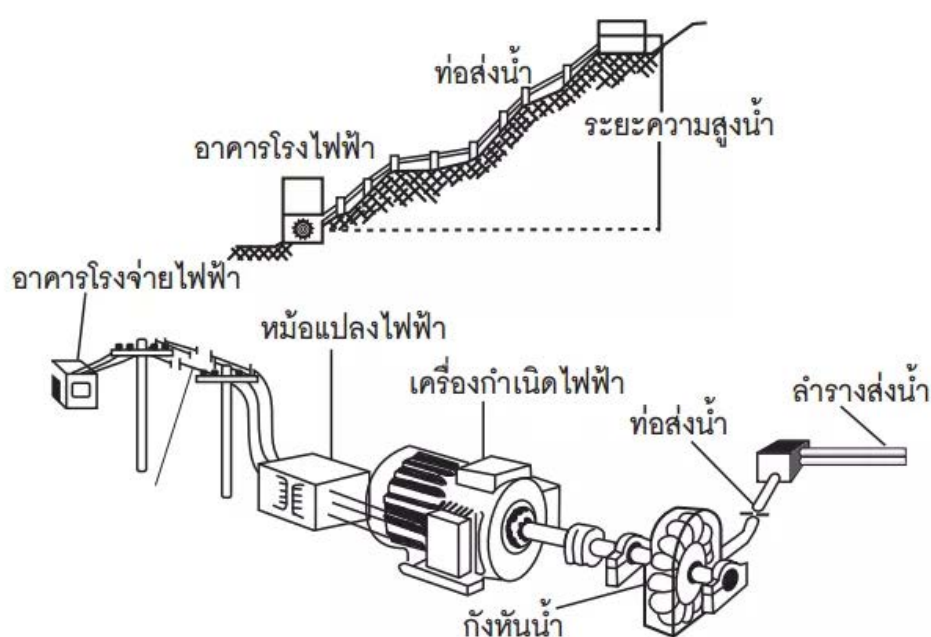
2.3 การก่อสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ในประเทศไทยมีข้อจำกัด เนื่องจากอ่างเก็บน้ำของเขื่อนขนาดใหญ่จะทำให้เกิดน้ำท่วมเป็นบริเวณกว้าง ส่งผลกระทบต่อบ้านเรือนประชาชน พื้นที่เกษตรกรรม โบราณสถาน หรือถ้าเป็นบริเวณป่า ก็จะกระทบต่อสัตว์ป่าและทรัพยากรป่าไม้ จึงไม่สามารถขยายการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำได้

2.1.1.2 โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ ทำหน้าที่เป็นระบบการกักเก็บพลังงานประเภทหนึ่ง โดยถือเป็นระบบเก็บกับพลังงานที่มีต้นทุนต่ำสุดในปัจจุบันสำหรับระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ (Grid System) เมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ เช่น แบตเตอรี่หรือเก็บในรูปของไฮโดรเจน ซึ่งนอกจากประโยชน์ที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้รวดเร็ว และช่วงความต้องการสูงแล้ว โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับยังมีข้อดีอีกได้แก่

1. ช่วยควบคุมความถี่และแรงดันของระบบ (Frequency regulation & Voltage support) ทำหน้าที่เดียวกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ
2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า โดยเฉพาะโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เพราะช่วยให้สามารถเดินเครื่องได้เต็มประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง
3. ช่วยสร้างเสถียรภาพให้ระบบไฟฟ้าที่มีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนมากขึ้น โดยการใช้ไฟฟ้าส่วนเกินสูบน้ำกลับไปไว้บนอ่างเก็บน้ำ และจ่ายไฟฟ้ากลับคืนในช่วงที่ผลิตไม่ได้
4. จ่ายกระแสไฟฟ้าช่วงที่โรงไฟฟ้าหยุดฉุกเฉินหรือช่วงเริ่มต้นจ่ายไฟฟ้าหลังเกิดไฟฟ้าดับ(Black Start)

2.1.1.3 ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีส่วนประกอบที่ควรรู้จักดังต่อไปนี้



รูปที่ 2-6 ส่วนประกอบโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบสูบกลับ
(ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 21 กันยายน 2560)

1. อาคารรับน้ำ (Power Intake) คืออาคารสำหรับรับน้ำที่ไหลจากอ่างลงสู่ท่อที่อยู่ภายในตัวอาคาร เพื่อนำพลังงานน้ำไปหมุนกังหันและหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายในตัวอาคารจะมีห้องควบคุมระบบการไหลของน้ำและระบบการผลิตไฟฟ้า อาคารรับน้ำโดยทั่วไปจะถูกสร้างไว้ใกล้ๆ ตัวเขื่อน

2. ตะแกรง (Screen) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันเศษไม้ หรือวัตถุใดๆ ที่จะผ่านเข้าไปทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำ หรือสร้างความเสียหายให้กับกังหัน

3. อุโมงค์เหนือน้ำ (Headrace) เป็นช่องสำหรับให้น้ำไหลเข้ามายังท่อส่งน้ำอยู่ภายในตัวเขื่อน อุโมงค์นี้จะอยู่ในตัวอาคารรับน้ำมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปเกือกม้าหรือวงกลม ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก

4. ท่อส่งน้ำ (Penstock) เป็นท่อสำหรับรับน้ำจากเหนือเขื่อนและส่งต่อไปยังอาคารรับน้ำ เพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5. อาคารลดแรงดันน้ำ (Surge Tank) เป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมแรงดันของน้ำที่จะอัดใต้ภายในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจทำให้ท่อหรือหัวฉีดน้ำเสียหายได้ โดยทั่วไปจะสร้างอยู่ระหว่างตัวเขื่อนกับอาคารรับน้ำแต่โรงไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับตัวเขื่อนอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีอาคารลดแรงดันน้ำนี้

6. ประตูน้ำ (Wicket Gate Or Guide Vane) เป็นบานประตูที่ควบคุมการไหลของน้ำที่จะไหลเข้าไปหมุนใบพัดของกังหัน ควบคุมโดยการปิดหรือเปิดประตูน้ำนี้ให้น้ำไหลผ่านเข้าไปยังท่อส่งน้ำในอัตราที่เหมาะสม

7. กังหันน้ำ (Water Turbine) เป็นตัวรับแรงดันของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำ โดยแรงดันนี้จะทำหน้าที่ฉีดหรือผลักดันให้กังหันหมุน ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

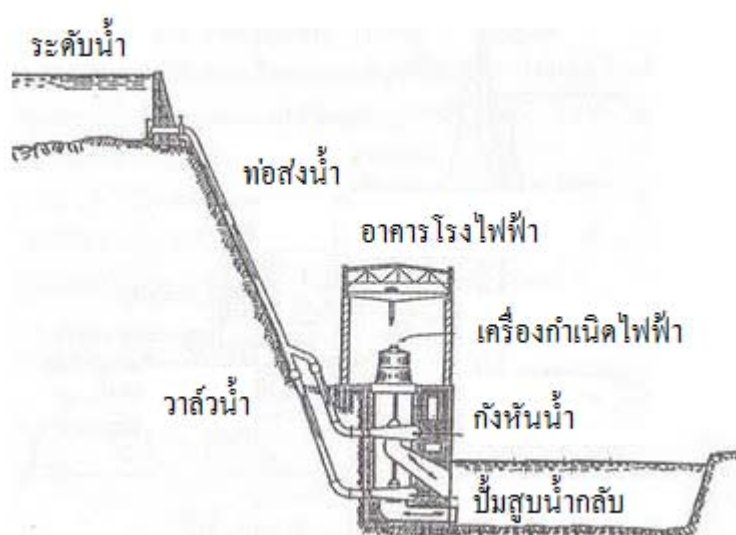
8. ท่อรับน้ำ (Draft Tube) เป็นท่อรับน้ำหลังจากที่น้ำผ่านออกมาจากกังหัน เพื่อนำน้ำออกไปยังท้ายน้ำ ท่อรับน้ำนี้จะอยู่บริเวณส่วนหลังของกังหัน

9. ทางน้ำล้น (Spill Way) คือทางระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ ในกรณีที่น้ำในอ่างมีระดับสูงเกินไป ทางน้ำล้นจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะให้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระบายออกสามารถระบายออกได้ทันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เขื่อน

10. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานกลจากการหมุนของกังหันมาเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยใช้หลักการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

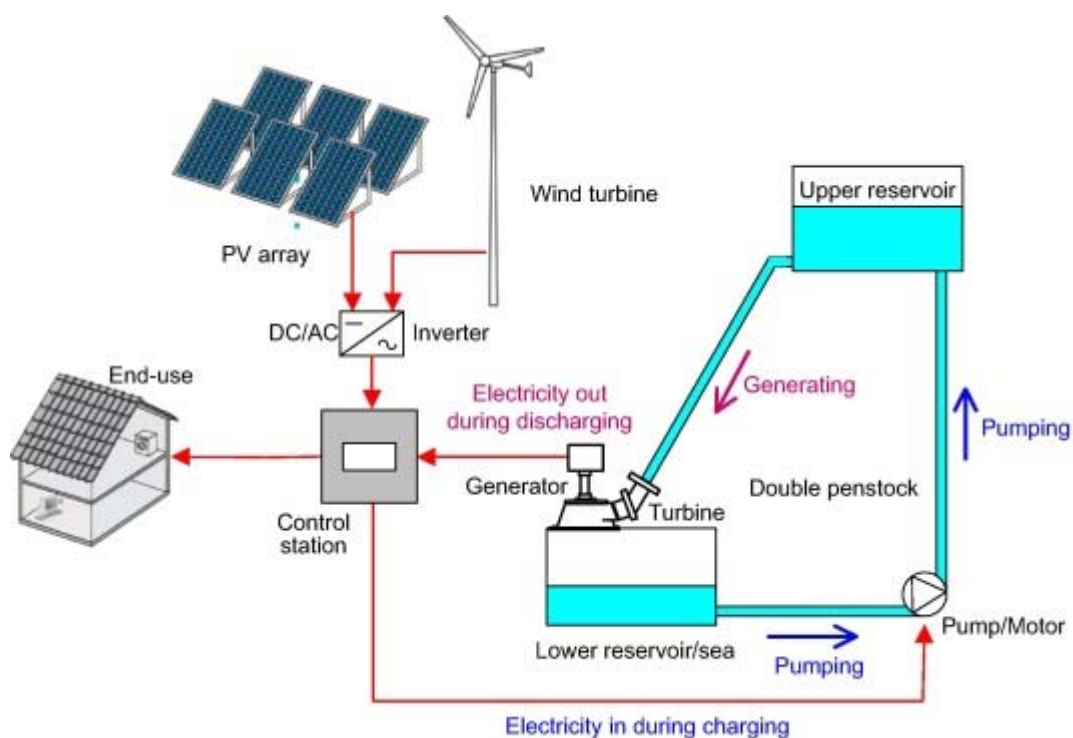
11. หม้อแปลง (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้เป็นไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงเพื่อส่งเข้าสู่ระบบสายส่งต่อไป

2.1.1.4 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ



รูปที่ 2-7 การทำงานของโรงไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำแบบสูบกลับ
(ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 18 กันยายน 2560)

โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับ จะถูกสร้างบนพื้นฐานความคิดในการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนข้างต่ำแล้วจะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วน คือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper Reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower Reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพและในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 2-8 ไดอะแกรมโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ

(ที่มา : Hongxing Yang Lin Lu and Jinqing Peng. 21 October 2017)

จากรูปที่ 2-8 เมื่อเริ่มต้นผลิตกระแสไฟฟ้าจะปล่อยน้ำจากด้านบนลงสู่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ได้แก่ชุดกังหัน (Turbine) ปั่นผลิตกระแสไฟฟ้าส่งต่อไปยังชุดควบคุม (Control Station) การส่งไฟฟ้าออกไปยังส่วนการใช้งานไฟฟ้า ส่วนน้ำที่ผ่านการผลิตกระแสไฟฟ้าจะนำชุดปั๊มสูบกลับไปเก็บที่ส่วนเก็บน้ำด้านบนอีกครั้งครบรอบการทำงาน

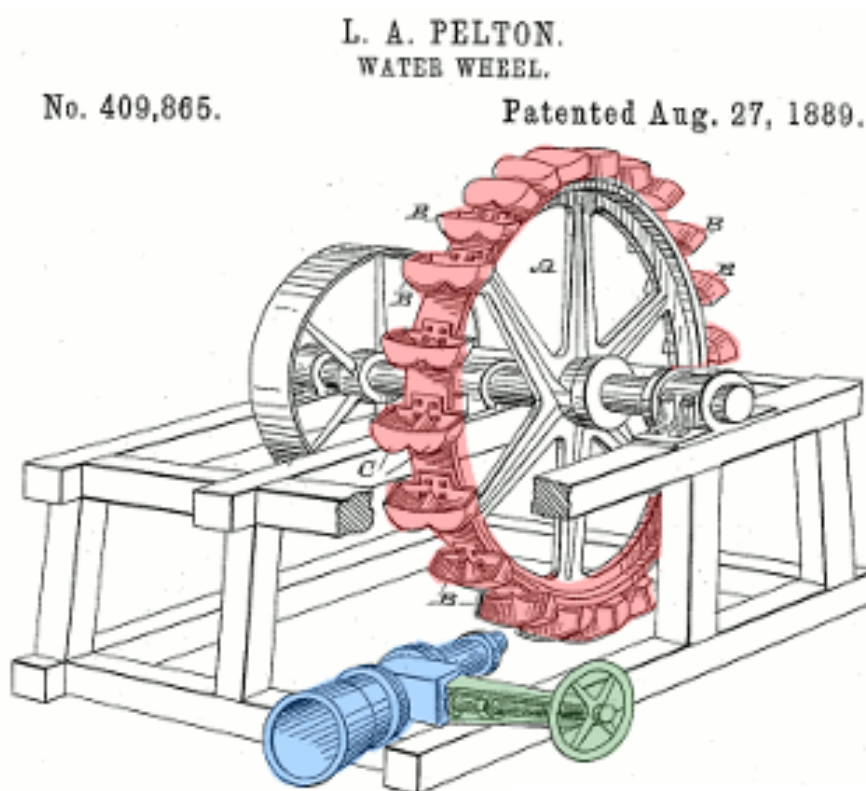
2.1.2 กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

กังหันน้ำ (Water Turbine) กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้า เพราะกังหันจะเป็นตัวรับการกระทำจากต้นกำลังมาเป็นพลังงานกลเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมา กังหันน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 18 กันยายน 2560)

2.1.2.1 กังหันแบบแรงกระแทก (Impulse Turbine)

กังหันแบบแรงกระแทกเป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงจลน์ของน้ำจากท่อส่งน้ำที่รับน้ำจากที่สูง หรือหัวน้ำสูง ไหลลงมาตามท่อที่ลดขนาดลงมายังหัวฉีดกระแทกกังหันไม่หมุนและต่อแกนกับเครื่องกำเนิดผลิตไฟฟ้าออกไป กังหันแบบแรงกระแทกแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. แบบใช้กับหัวน้ำต่ำกำลังผลิตน้อย ใช้แบบแบงกี (Banki Type)
2. แบบใช้กับหัวน้ำปานกลาง ใช้แบบเทอร์โก (Turgo Type)
3. แบบใช้กับหัวน้ำสูงกำลังผลิตมาก ใช้แบบเพลตัน (Pelton Type)

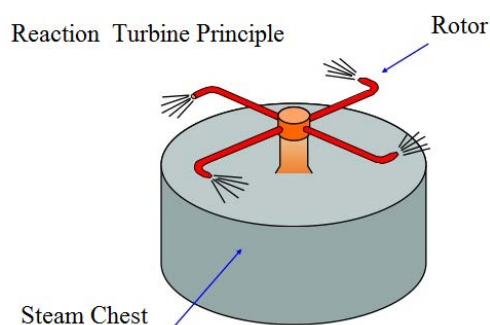


รูปที่ 2-9 ลักษณะของกังหันแบบแรงกระแทก (Impulse Turbine)

(ที่มา : Chris Woodford. 20 October 2017)

2.1.2.2 กังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction Turbine)

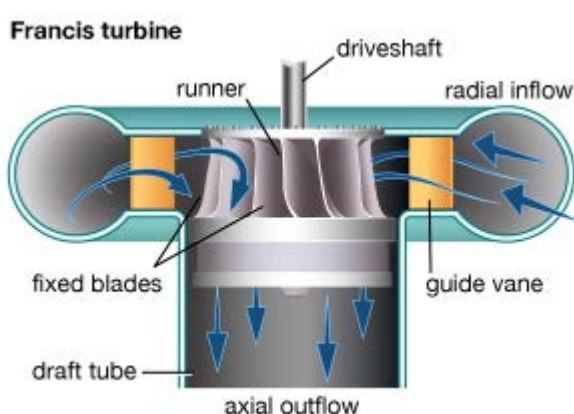
กังหันแบบแรงสะท้อนเป็นกังหันที่หมุนโดยใช้แรงดันของน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านหลังของกังหันกระทำต่อใบพัด ระดับด้านท้ายน้ำจะอยู่สูงกว่าระดับบนของปลายท่อปล่อยน้ำออกเสมอ กังหันชนิดนี้เหมาะกับอ่างเก็บน้ำที่มีความสูงปานกลางและต่ำ



รูปที่ 2-10 ลักษณะของกังหันแบบแรงสะท้อน (Reaction Turbine)
(ที่มา : Prasad Vejendla. 18 June 2017)

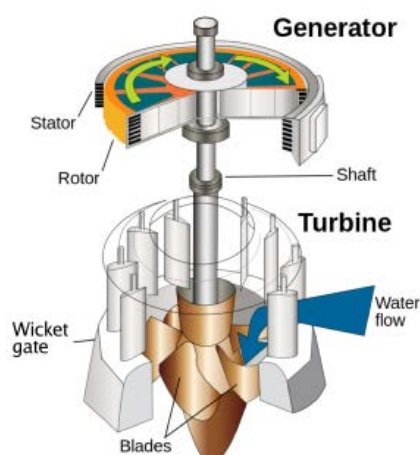
กังหันแรงสะท้อนแบ่งได้เป็น 3 แบบคือ

1. กังหันฟรานซิส (Francis Turbine) เป็นกังหันแบบที่ใช้การไหลเข้าของปริมาณน้ำในใบพัดเป็นแบบแฉกและไหลออกขนานกับแกน ซึ่งแสดงว่ามีการเปลี่ยนทิศทางการไหลในขณะผ่านใบพัด กังหันฟรานซิสมีทั้งแบบแกนนอนและแกนตั้ง



รูปที่ 2-11 ลักษณะของกังหันฟรานซิส (Francis Turbine)
(ที่มา : Encyclopædia Britannica, Inc. 14 October 2017)

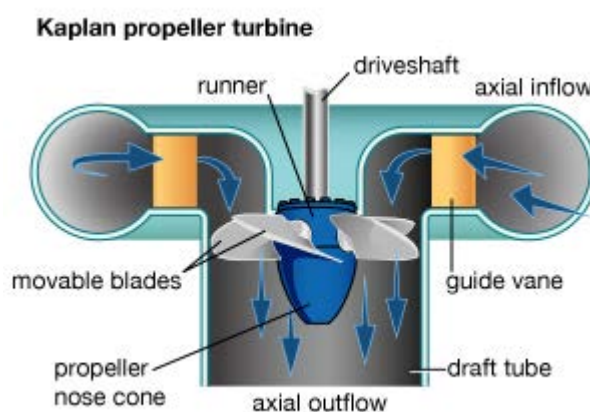
2. กังหันเดเรียซ (Deriaz Turbine) หรือกังหันแบบที่มีการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกน กังหันแบบนี้ใช้กับกรณีที่มีหัวน้ำสูง ส่วนของใบพัดจะเคลื่อนที่ได้เมื่อน้ำไหลผ่าน และมีลักษณะคล้าย ๆ กับกังหันฟรานซิส



รูปที่ 2-12 ลักษณะของกังหันฟรานซิส (Francis Turbine)

(ที่มา : Encyclopædia Britannica, Inc. 14 October 2017)

3. กังหันคาปลาน (Kaplan Turbine) หรือกังหันแบบใบพัด น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหัน ใช้กับงานที่มีหัวน้ำต่ำ ใบพัดของกังหันคาปลานเป็นใบพัดที่สามารถปรับได้ตามมุมของซี่ใบพัดโดยอัตโนมัติตามแรงอัดหรือแรงฉีดแรงน้ำ โดยจะสัมพันธ์กับความแรงที่หัวฉีดน้ำ



รูปที่ 2-13 ลักษณะของกังหันคาปลาน (Kaplan Turbine)

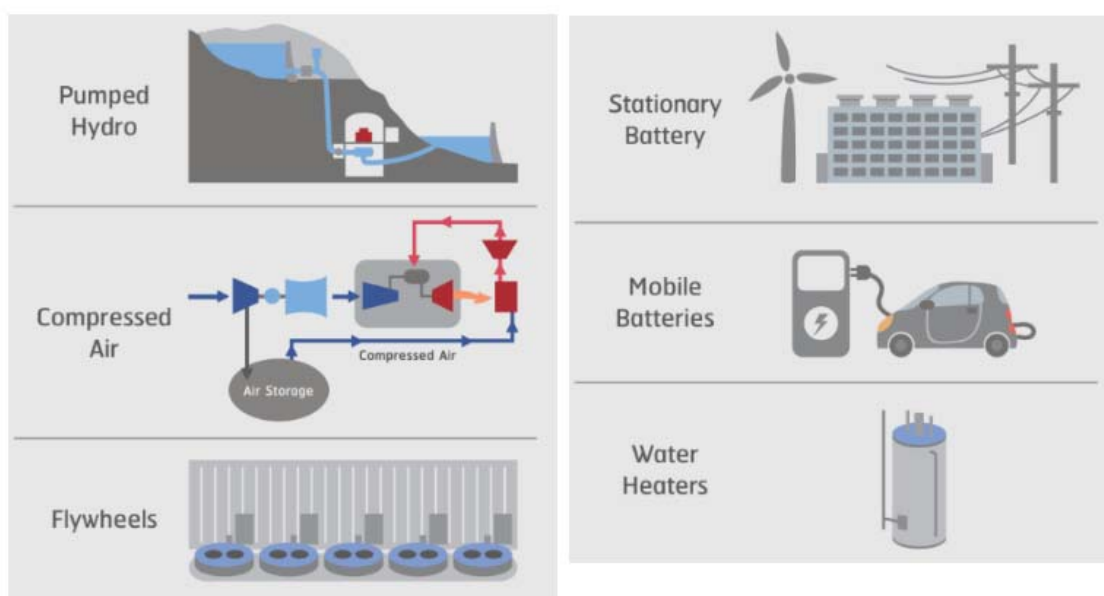
(ที่มา : Encyclopædia Britannica, Inc. 14 October 2017)

2.2 การเก็บพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำ

2.2.1 ระบบกักเก็บพลังงาน

สำหรับระบบกักเก็บพลังงาน (Energy Storage System : ESS) หมายถึง ระบบและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นเพื่อให้สามารถกักเก็บไว้เพื่อการใช้งานในเวลาอื่นที่จำเป็นได้ โดยระบบกักเก็บพลังงานจะแปลงพลังงานที่กักเก็บไว้ในกลับมาเป็นพลังงานไฟฟ้าอีกครั้งเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้ ระบบกักเก็บพลังงานที่ดีจะต้องลดความสูญเสียในการแปลงรูปพลังงานให้เหลือน้อยที่สุด (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 23 สิงหาคม 2560)

ระบบกักเก็บพลังงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบและมีตั้งแต่ขนาดเล็ก เช่น แบตเตอรี่โทรศัพท์ ไปจนถึงขนาดใหญ่ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ (Pumped-storage Hydropower Plant) เป็นต้น อุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่เห็นได้ชัดและมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย คือ แบตเตอรี่ รูปที่ 2-14 และตารางที่ 2-2 แสดงประเภทของระบบกักเก็บพลังงานซึ่งมีอยู่หลากหลาย



รูปที่ 2-14 ลักษณะระบบกักเก็บพลังงานในรูปแบบต่างๆ

(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 23 สิงหาคม 2560)

ตารางที่ 2-2 ประเภทของระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานทางด้านพลังงานกล (Mechanical Energy Storage)	ระบบกักเก็บพลังงานด้วยไฟฟ้า (Electrical Energy Storage)	ระบบกักเก็บพลังงานทางด้านเคมี (Chemical Energy Storage)
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ (Pumped Hydroelectric Storage)	ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Capacitor)	แบตเตอรี่แบบตะกั่วกรด (Lead Acid Battery)
ระบบอัดอากาศ (Compressed Air Energy Storage)	Superconducting Magnetic Energy Storage	แบตเตอรี่แบบนิเกิลอิเล็คโทรด (Nickel-electrode Battery)
ระบบกักเก็บพลังงานแบบฟลายวีล (Flywheel Energy Storage)		แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion Battery)
		แบตเตอรี่โซเดียมซัลเฟอร์ (Sodium-sulfur Battery)
		แบตเตอรี่โซเดียมนิเกิลคลอไรด์ (Sodium Nickel Chloride Battery)
		Zinc-bromine Batteries: Flow battery
		Polysulfide-bromide Batteries: Flow battery
		Vanadium Redox Batteries: Flow battery

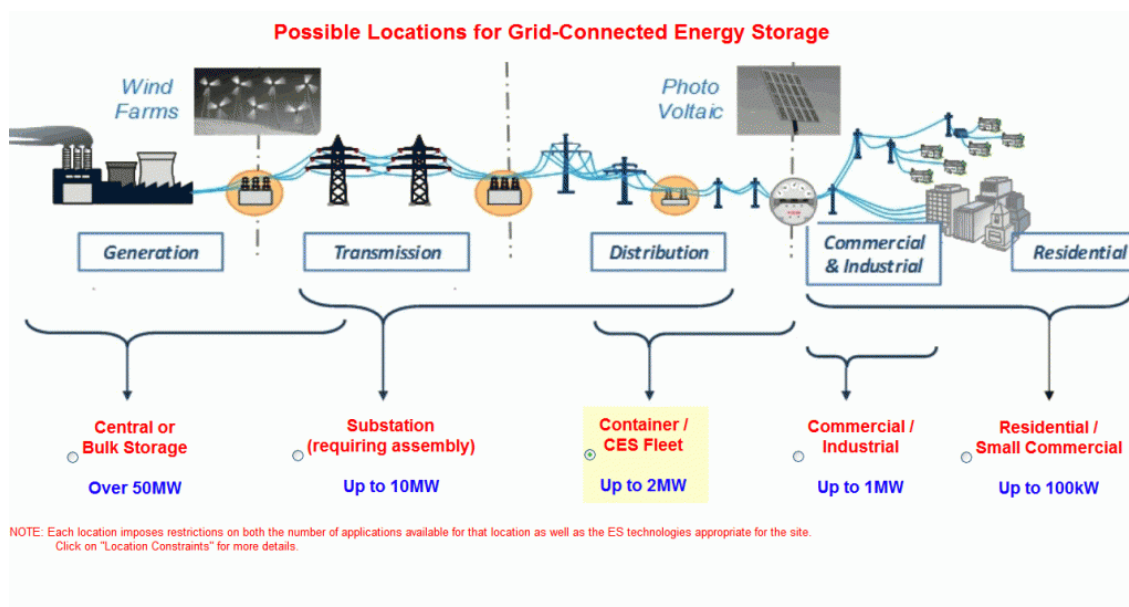
(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 23 สิงหาคม 2560)

จากตารางที่ 2-2 แสดงประเภทของระบบกักเก็บพลังงาน โดยการกักเก็บพลังงานจะอยู่ในหลายลักษณะได้แก่ ลักษณะการทำงานแล้วนำพลังงานนั้นมาผลิตพลังงานใหม่ได้เช่น การใช้พลังงานจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ หรือ ลักษณะการกักเก็บพลังงานด้วยไฟฟ้าเช่นตัวเก็บประจุไฟฟ้าเคมี หรือจะใช้อุปกรณ์ในการกักเก็บเช่น แบตเตอรี่ตามท้องตลาดทั่วไป

2.2.2 ประโยชน์ของระบบกักเก็บพลังงาน

ระบบกักเก็บพลังงานมีความจำเป็นสำหรับระบบไฟฟ้าในอนาคตเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระบบกักเก็บพลังงานสามารถส่งเสริมให้ระบบผลิตไฟฟ้ามีเสถียรภาพและรักษาคุณภาพไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ ยังเป็นส่วนสนับสนุนการเปลี่ยนโหลดทางไฟฟ้าไปสู่ช่วงเวลาที่เหมาะสม (Load Shifting) โดยระดับความไวในการจ่ายไฟฟ้าของระบบกักเก็บพลังงานกลับเข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลักมีตั้งแต่ ระดับมิลลิวินาที (ms) ระดับวินาที (s) ระดับนาฬิกา ไปจนถึงระดับชั่วโมง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 23 สิงหาคม 2560)

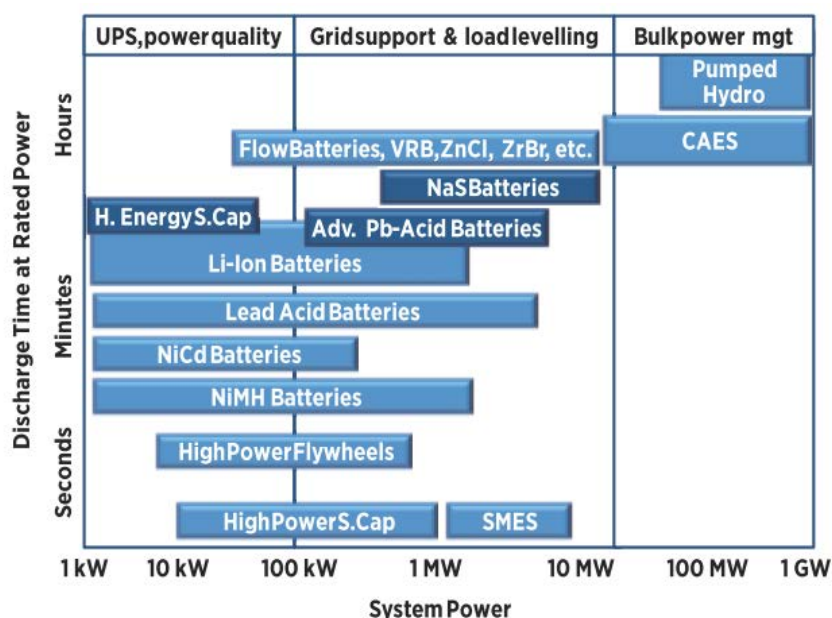
ระบบกักเก็บพลังงานสามารถถูกติดตั้งให้ทำงานร่วมกับองค์ประกอบต่างๆ ของระบบไฟฟ้า เช่น แหล่งผลิตไฟฟ้า (โดยเฉพาะจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน) สถานีไฟฟ้า (Substation) ระบบไมโครกริด ไปจนถึงผู้ใช้ไฟฟ้าต่างๆ ระบบกักเก็บพลังงานช่วยให้ระบบไฟฟ้าในทุกภาคส่วนมีเสถียรภาพ โดยจะทำหน้าที่เก็บพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินในกรณีที่มีการผลิตไฟฟ้ามากกว่าความต้องการ ณ ขณะนั้น ในทางตรงกันข้าม เมื่อมีความต้องการไฟฟ้าสูงกว่าการผลิตไฟฟ้าในขณะนั้น ระบบกักเก็บพลังงานจะจ่ายไฟฟ้าให้กับกับระบบ เป็นการรักษาคุณภาพไฟฟ้าและรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า สายพานการผลิตไฟฟ้าและการนำไฟฟ้าไปใช้ในหลายรูปแบบทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนได้เสนอแนวทางกระบวนการผลิต การสำรองพลังงานและการนำไปใช้ในหลายรูปแบบดังรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 ระบบกักเก็บพลังงาน สายการส่งพลังงานและการนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ
(ที่มา : ENERGY SOLUTIONS FORUM, 23 July 2017)

จุดประสงค์หลักประการหนึ่งที่มีการนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ในเทคโนโลยีระบบโครงข่ายสมาร์ทกริดก็คือ เพื่อรองรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โรงไฟฟ้าพลังงานลม เป็นต้น โดยเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนได้เป็นจำนวนมากกว่าโหลดไฟฟ้าที่มีอยู่ ก็สามารถนำพลังงานส่วนเกินนั้นมาเก็บสะสมไว้ในระบบกักเก็บพลังงาน ต่อมา ในช่วงเวลาที่มีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนลดน้อยลง เช่น ช่วงเวลาที่ไม่ได้มีแดดหรือลม ระบบกักเก็บพลังงานจะจ่ายพลังงานที่กักเก็บไว้เข้าไปในระบบในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้ระบบไฟฟ้ายังคงมีความมั่นคงและความเชื่อถือได้สูงแม้ในกรณีที่โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนไม่สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายเข้าสู่ระบบได้

รูปแบบการใช้งานของระบบกักเก็บพลังงานที่สำคัญ คือ ใช้งานในระบบไมโครกริด ระบบไมโครกริดสมัยใหม่จะมีการใช้พลังงานหมุนเวียนและรถยนต์ไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบ โดยระบบควบคุมไมโครกริดจะทำหน้าที่ควบคุมและบริหารจัดการให้การผลิตและการใช้พลังงานภายในไมโครกริดเป็นไปอย่างสมดุลตลอดเวลา ซึ่งในทางเทคนิคแล้ว ระบบกักเก็บพลังงานถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบไมโครกริดที่ขาดไม่ได้ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรพลังงานต่างๆ ในระบบไมโครกริดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ในรูปที่ 2-16 เปรียบเทียบปริมาณของการกักเก็บพลังงานและขนาดของความสามารถในการกักเก็บพลังงานของแต่ละชนิดของชุดจัดเก็บ เมื่อเทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้



รูปที่ 2-16 เปรียบเทียบการใช้งานระบบกักเก็บพลังงานในฟังก์ชันต่างๆ รวมถึงเวลาในการจ่ายไฟ

(IEA-ETSAP)

(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 23 สิงหาคม 2560)

องค์กรพลังงานสากล (International Energy Agency : IEA) ได้อธิบายการใช้งานของระบบกักเก็บพลังงานในระบบไฟฟ้า สำหรับระบบสมาร์ทกริดซึ่งมีการเชื่อมโยงทางข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกัน ระบบกักเก็บพลังงานโดยเฉพาะแบตเตอรี่สามารถทำหน้าที่ต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลังได้มากมาย เช่น กลยุทธ์ในการทำกำไรจากผลต่างของราคาไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ (Arbitrage) การปรับเปลี่ยนความต้องการไฟฟ้า (Demand Shift) การรองรับการรวมแหล่งผลิตไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเข้ามาในระบบ (Renewable Energy Integration) นอกจากนี้ ยังรวมถึงการทำหน้าที่เป็นระบบสนับสนุน (Ancillary Service) เช่น การรักษาความถี่ของระบบไฟฟ้า (Frequency Regulation) กำลังไฟสำรอง (Spinning Reserve) ช่วยรักษาความดันของระบบไฟฟ้า (Voltage Support)

ตารางที่ 2-3 เปรียบเทียบทางเทคนิคของระบบกักเก็บพลังงานแบบต่างๆ (IEA-ETSAP)

Storage Type	Power (MW)	Discharge Times	Efficiency(%)	Lifetime (yr)	Overall storage cost (USD/MWh)	Capital cost,(USD/kW)
Pumped Hydro	250-1000	10h	70-80	>30	50-150	2000-4000 (100-300)b
CASE	100-300 (10/20)	3-10h	45-60	30	-150	800-1000 (1300-1800)c
Fly Wheels	0.1-10	15s-15m	>85	20	na	1000-5000 d
Supper Capacit.	10	<30s	90	5×10^4 cycle	na	1500-2500 (500)d
VRB	0.05-10	2-8h	75/80DC 60/70AC	5-15	250-300d	3000-4000 (2000)d
Li-ion Battery	-5	15m-4h	90DC	8-15	250-500d.e.	2500-3000 (<1000) d.e
Lead Battery	3-20	10s-4h	75/80DC 79/75AC	4-8	na	1500-2000
NaS Battery	30-35	4h	80/85DC	15	50-150d	100-2000d
SMES	0.5+d	1-100s/hd	>90	$>5 \times 10^4$ cycle	na	na

(ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 23 สิงหาคม 2560)

ระบบกักเก็บพลังงานแบบต่างๆ มีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป คุณสมบัติสำคัญที่ต้องพิจารณาในการเปรียบเทียบ เช่น พิกัดกำลัง ระยะเวลาในการจ่ายพลังงาน ประสิทธิภาพในการชาร์จและจ่ายไฟฟ้า อายุการใช้งาน ราคาต่อความจุไฟฟ้า (เมกะวัตต์-ชั่วโมง) ราคาต่อกำลังไฟฟ้า (เมกะวัตต์)

2.2.3 การประจุไฟฟ้าด้วยเครื่องควบคุมการประจุ

เครื่องควบคุมการประจุ หรือ Charger controller มีหน้าที่ คือ ประจุไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงแหล่งกำเนิดไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่จนเต็มและควบคุมไม่ให้ประจุไฟฟ้ามากเกินไปจนเกิดการเบี่ยงเบนไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่เมื่อ มีการประจุจนเต็ม ถ้าไม่มีเครื่องควบคุมการประจุไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าอาจจะประจุไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ มากเกินไป (Overcharge) จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการสูญเสีย น้ำอย่างรวดเร็วจนร้อนขึ้นและอาจเกิดความเสียหายได้ (บริษัท ไตรเทพ อินคัสทรี จำกัด. 14 ตุลาคม 2560)

ปัจจุบันนี้การผลิตเครื่องควบคุมการประจุมักรวมฟังก์ชันพิเศษๆ เข้าไว้มากมาย เพื่อให้การใช้งานมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการใช้งานอย่างยิ่ง เช่น Low Voltage Disconnect (LVD) ช่วยป้องกันความเสียหาย ที่อาจเกิดกับแบตเตอรี่และอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยจะปิดสวิตช์ อุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ต่อเชื่อม หากแรงดัน ของแบตเตอรี่ต่ำลงในระดับที่เป็นอันตรายต่อแบตเตอรี่ (Maximum Power Point Tracking : MPPT) เป็นกระบวนการ ที่ทำให้เครื่องควบคุมการประจุดึงพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดเพื่อประจุลงแบตเตอรี่ โดยไม่คำนึงถึงแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ รวมถึง Battery Temperature Compensation (BTC) จะปรับอัตราการประจุแบตเตอรี่ตามอุณหภูมิของแบตเตอรี่ ซึ่งเหมาะสมและจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศที่สภาพอากาศหนาวเย็น

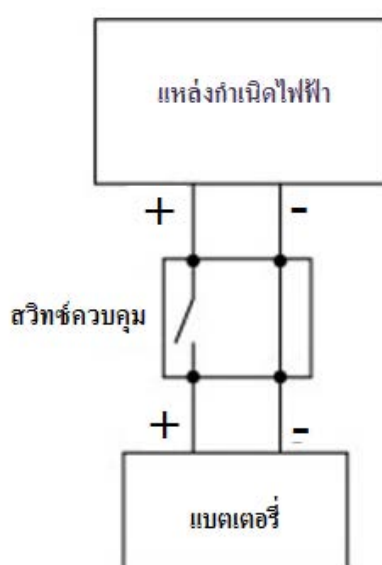
2.2.3.1 การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ

หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการประจุคือ มีวงจรสำหรับตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำงานเป็นสวิตช์ที่เบี่ยงเบนไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เมื่อประจุจนเต็ม วิธีเบี่ยงเบนการไหลของไฟฟ้าที่ไปยังแบตเตอรี่ใช้การลัดวงจรหรือเปิดวงจรโดยที่แหล่งกำเนิดพลังงานไม่เกิดความเสียหาย เครื่องควบคุมการประจุ จะตรวจวัดแรงดันของแบตเตอรี่เพื่อกำหนดสถานะการประจุของแบตเตอรี่ เมื่อแบตเตอรี่มีประจุอยู่เต็ม แรงดันจะสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เครื่องควบคุมการประจุจะตัดการประจุไฟฟ้าเมื่อแรงดันสูงถึง 14.4 โวลต์และจะประจุไฟฟ้าใหม่อีกครั้งหลังจากแรงดันลดลงเหลือ 13.4 โวลต์

2.2.3.2 ชนิดของเครื่องควบคุมการประจุ

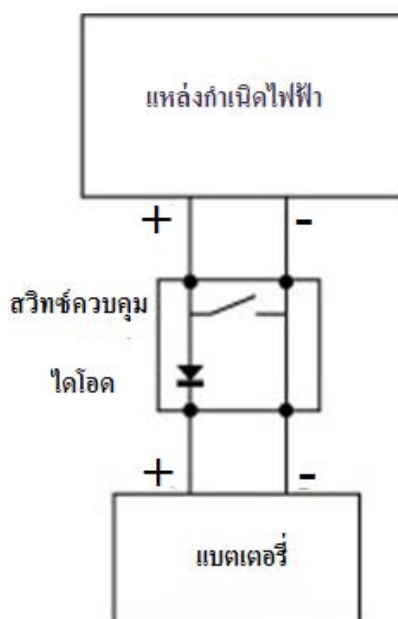
เครื่องควบคุมการประจุถูกจำแนกออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1. เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม (Series charge controller) เป็นการต่อเครื่องควบคุมการประจุกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบอนุกรม ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดการไหลของไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าไปยังแบตเตอรี่ เมื่อประจุไฟฟ้าเต็มหรือเป็นการเปิดวงจรระหว่างแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากับแบตเตอรี่เมื่อประจุแบตเตอรี่เต็ม สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์ แม่เหล็กที่เรียกว่ารีเลย์ (Relay) หรือสวิตช์ทรานซิสเตอร์ (Switching Transistor) ก็ได้



รูปที่ 2-17 เครื่องควบคุมการประจุแบบอนุกรม
(ที่มา : บริษัท ไตรเทพ อินดัสทรี จำกัด. 14 ตุลาคม 2560)

2. เครื่องควบคุมการประจุแบบขนาน (Shunt charge controller) เป็นการต่อแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากับสายไฟขาออกแบบขนาน จะทำการเชื่อมวงจรกับสายไฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ไม่มีไฟฟ้าไหลจากแผงไปยังแบตเตอรี่เมื่อประจุไฟฟ้าเต็ม แม้ว่าแหล่งกำเนิดไฟฟ้าจะไม่ได้รับความเสียหายจากการลัดวงจร แต่แบตเตอรี่จะได้รับความเสียหายจึงต้องมีไดโอด (Diode) ซึ่งเป็นวาล์วทางเดียวติดตั้งระหว่างเครื่องควบคุมการประจุกับแบตเตอรี่ เพื่อป้องกันการลัดวงจรทั้งแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและแบตเตอรี่ สวิตช์ควบคุมใช้สวิตช์สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.18 เครื่องควบคุมการประจุแบบขั้นต้น
(ที่มา : บริษัท ไตรเทพ อินดัสทรี จำกัด. 14 ตุลาคม 2560)



รูปที่ 2-19 ตัวอย่างชุดควบคุมการประจุไฟฟ้าสำหรับแผงโซลาร์เซลล์
(ที่มา : บริษัท ชันเนอร์รี่เทคโนโลยี จำกัด. 21 ตุลาคม 2560)

2.3 การวัดปริมาณไฟฟ้าจากก้านน้ำ

เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Volt Meter) เครื่องวัดชนิดนี้เป็นเครื่องมือวัดความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดในวงจรไฟฟ้าความต่างศักย์นี้ใช้หน่วยเป็น โวลต์ (V) แรงดันไฟฟ้าเป็นค่าหนึ่งที่ต้องวัดในการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า (สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 23 ธันวาคม 2560)



รูปที่ 2-20 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Volt meter)

(ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 23 ธันวาคม 2560)

แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ใช้ตัวย่อว่า V แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ หมายถึง แรงดันที่ทำให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านเข้าไปในความต้านทาน 1 โอห์ม

หน่วยวัดค่าของแรงดันไฟฟ้า					
1	<u>ไมโครโวลต์</u>	(μV)	=	1/1,000,000	<u>โวลต์</u>
1	<u>มิลลิโวลต์</u>	(mV)	=	1/1,000	<u>โวลต์</u>
1	<u>กิโลโวลต์</u>	(K V)	=	1,000	<u>โวลต์</u>
1	<u>เมกะโวลต์</u>	(MV)	=	1,000,000	<u>โวลต์</u>

รูปที่ 2-21 หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า

(ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, 23 ธันวาคม 2560)

เครื่องวัดกระแส (Ammeter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า กระแสอาจจะเป็นกระแสตรงหรือกระแสสลับ เครื่องวัดกระแสที่ใช้กับงานตรวจสอบการใช้พลังงานควรจะเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้และออกแบบมาเพื่อให้ใช้ได้ง่ายและถอดง่ายโดยวัดแบบเฟสเดียว



รูปที่ 2-22 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า (Ammeter)

(ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. 23 ธันวาคม 2560)

การไหลของอิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้านั้นเรียกว่า กระแสไฟฟ้าซึ่งมีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ใช้ตัวย่อว่า (A) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำไฟฟ้าสองตัวที่วางขนานกันมีระยะห่างกัน 1 เมตร แล้วทำให้เกิดแรงแต่ละตัวนำเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อเมตร

หน่วยวัดค่าของกระแสไฟฟ้า				
1 มิลลิแอมแปร์(mA)	=	1/1,000	แอมแปร์	
1,000 มิลลิแอมแปร์	=	1	"	
1 ไมโครแอมแปร์(uA)	=	1/1,000,000	"	
1,000 ไมโครแอมแปร์	=	1	มิลลิแอมแปร์	

รูปที่ 2-23 หน่วยการวัดกระแสไฟฟ้า

(ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. 23 ธันวาคม 2560)

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Watt meter) เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและสำคัญมาก เพราะเป็น เครื่องมือที่วัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าได้โดยตรง ส่วนวิธีอื่นต้องมีการวัดค่ากระแสแรงเคลื่อนและนำมา คำนวณ ในกรณีที่เป็กระแสสลับ 3 เฟส การวัดวิธีนี้ทำให้การคำนวณการใช้ไฟฟ้าง่ายขึ้น



รูปที่ 2-24 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)

(ที่มา : สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. 23 ธันวาคม 2560)

กำลังไฟฟ้าเมื่อถูกนำมาใช้งานร่วมกับกฎของโอห์ม สามารถสรุปผลได้ดังนี้ กำลังไฟฟ้า (P) วัตต์ (W) คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส (I) 1 แอมแปร์ (A) เมื่อแรงดัน (E) จ่ายให้วงจร 1 โวลต์ (V) กำลังไฟฟ้า หาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นวัตต์คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

$$P = E \times I \quad (w)$$

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า หน่วยมาตรฐานวัตต์ (W)

E = แรงดัน หน่วยมาตรฐานโวลต์ (V)

I = กระแส หน่วยมาตรฐานแอมแปร์ (A)

2.4 อุปกรณ์ประกอบและอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

2.4.1 แบตเตอรี่ (Battery) โดยทั่วไป แบตเตอรี่จะแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ด้วยกัน ได้แก่ (Solar Smile Knowledge, 24 ธันวาคม 2560)

แบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จจนเต็มมาจากโรงงาน เช่นแบตเตอรี่นาฬิกา(ถ่านนาฬิกา) แบตเตอรี่ไฟฉาย (ถ่านไฟฉาย) เป็นต้น ซึ่งเมื่อใช้ไฟในแบตเตอรี่จนหมดแล้วก็หมดเลยไม่สามารถกลับนำมาใช้ใหม่ได้ เรียกแบตเตอรี่นี้ว่า แบตเตอรี่ปฐมภูมิ(Primary Battery)

แบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จใหม่ได้เมื่อแบตเตอรี่มีไฟที่อ่อนลง เช่นแบตเตอรี่รถยนต์ เรียกแบตเตอรี่นี้ว่า แบตเตอรี่ทุติยภูมิ(Secondary Battery)

ในระบบผลิตไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์นั้นจะใช้แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิซึ่งสามารถชาร์จได้ใหม่เมื่อแบตเตอรี่มีกำลังไฟที่อ่อนลง ในระบบแบตเตอรี่จะทำงานเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์เข้ามาไว้ แล้วปล่อยกำลังไฟฟ้าออกไปให้กับโหลดในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ เช่นในช่วงเวลากลางคืนหรือเมฆครึ้มตลอดวัน



รูปที่ 2-25 แบตเตอรี่รถยนต์ทั่วไป
(ที่มา : Auto in thai, 16 ธันวาคม 2560)

รถยนต์ที่ใช้งานอยู่ทุกวันเมื่อเปิดวิทยุหรือพัดลมในรถยนต์ โดยที่ไม่สตาร์ทเครื่องยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้นก็ทำงานได้ปกติ แต่เมื่อเปิดไปนานๆ จนไฟในแบตเตอรี่เริ่มหมดลง แรงดันในแบตเตอรี่ก็จะเหลือน้อยลง ต้องทำการชาร์จแบตเตอรี่ใหม่ การชาร์จประจุของแบตเตอรี่ในรถยนต์ทำได้โดยการสตาร์ทเครื่องยนต์รถ เพื่อจะทำให้เพลอาប់ไปหมุนเอาไดนาโมเตอร์ผลิตไฟกระแสตรง ชาร์จให้กับแบตเตอรี่ต่อไป จนแบตเตอรี่กลับมามีแรงดันไฟฟ้าที่เต็มเหมือนเดิม ซึ่งเวลาเครื่องยนต์กำลังทำงานอยู่ ก็สามารถเปิดวิทยุและพัดลมได้เหมือนเดิม เพราะว่าทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นแบตเตอรี่ โหลด เครื่องยนต์ และไดนาโมเตอร์ต่อทำงานร่วมกันอยู่ในระบบ ถ้าเปรียบเทียบหน้าที่การทำงาน

ของแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ก็คล้ายกับแบตเตอรี่ในรถยนต์นั่นเอง เพียงแต่ไฟฟ้าที่นำมาชาร์จประจุจะผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์โดยผ่านเครื่องควบคุมการชาร์จ ส่วนโหลดอาจจะเป็นโหลดไฟฟ้ากระแสตรง หรือถ้าต้องการใช้งานกับโหลดไฟฟ้ากระแสสลับก็ต้องผ่านอินเวอร์เตอร์อีกทีหนึ่ง (Solar Smile Knowledge, 24 ธันวาคม 2560)

แบตเตอรี่ที่ใช้กับระบบผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์จะมีหลายชนิด เช่น ลีดเอซิด (Lead-Acid Battery) อัลคาไลน์ (Alkaline) นิกเกิลแคดเมียม (Nickel-cadmium) แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือแบตเตอรี่ลีดเอซิด เพราะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานและมีการปล่อยประจุ (กระแสไฟฟ้า) ที่สูง

2.4.2 อินเวอร์เตอร์

ชุดอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟตรง (DC Voltage) ให้เป็นไฟสลับ (AC Voltage) ที่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงดันและความถี่ได้



รูปที่ 2-26 รูปแสดงอินเวอร์เตอร์ Pure sine wave 220Vac 2,000W
(ที่มา : บริษัท ไตรเทพ อินดัสทรี จำกัด. 16 ธันวาคม 2560)

ผลที่ได้จากการใช้อินเวอร์เตอร์

- 2.4.2.1 ใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำทั่วไปได้
- 2.4.2.2 ติดตั้งง่ายประหยัดพื้นที่
- 2.4.2.3 ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบได้ง่าย
- 2.4.2.4 กลับทิศทางหมุนได้ง่าย
- 2.4.2.5 เพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องจักร
- 2.4.2.6 ประหยัดพลังงาน
- 2.4.2.7 Soft Start / Soft Stop
- 2.4.2.8 ทำงานได้โดยระบบอัตโนมัติ
- 2.4.2.9 บำรุงรักษาง่าย

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ถูกนำมาใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบต่างๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น โทรทัศน์และระบบเซอร์โวควบคุมมอเตอร์ (Servo Motor) เนื่องจากความต้องการลดการสูญเสียกำลังงานที่สูงโดยเฉพาะขณะเริ่มต้นทำงานและจากการสูญเสียในแกนเหล็กและในตัวขดลวด (สำหรับเครื่องเชื่อมแบบมือหมุน และมอเตอร์) ซึ่งการสูญเสียกำลังงานหรือค่าไฟฟ้าเป็นดังนี้คือ (บริษัท ชยนันต์ ซัพพลาย จำกัด. 16 ธันวาคม 2560)

เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำงาน จะมีค่ากระแสเริ่มทำงาน I (Start) สูงกว่า ขณะเดินปกติถึง 4-6 เท่าตัว เช่น มอเตอร์เครื่องปรับอากาศ ที่มีขนาด 220 V, 1 A

$$P_{\text{normal}} = 220\text{V} \times 1\text{A} = 220\text{ W}$$

ขณะเริ่มต้นมอเตอร์หรือหม้อแปลงจะดึงกระแสเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กอย่างน้อย 4 เท่าของ ขณะปกติ

$$P_{\text{start}} = 220\text{V} \times (4 \text{ เท่า} \times 1\text{A}) = 880\text{ W}$$

ทำให้ระบบเดิมที่ไม่มีการใช้อินเวอร์เตอร์จะต้องเสียค่าไฟสูงมากและทำให้ระดับของแรงดันไฟฟ้าในสายไม่เสถียร (Stable) รวมถึงทำให้เกิดแรงดันสไปค์ ขณะหยุดการทำงานซึ่งสิ่งเหล่านี้จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการเสียหายหรือบั่นทอนอายุการใช้งานให้สั้นลง

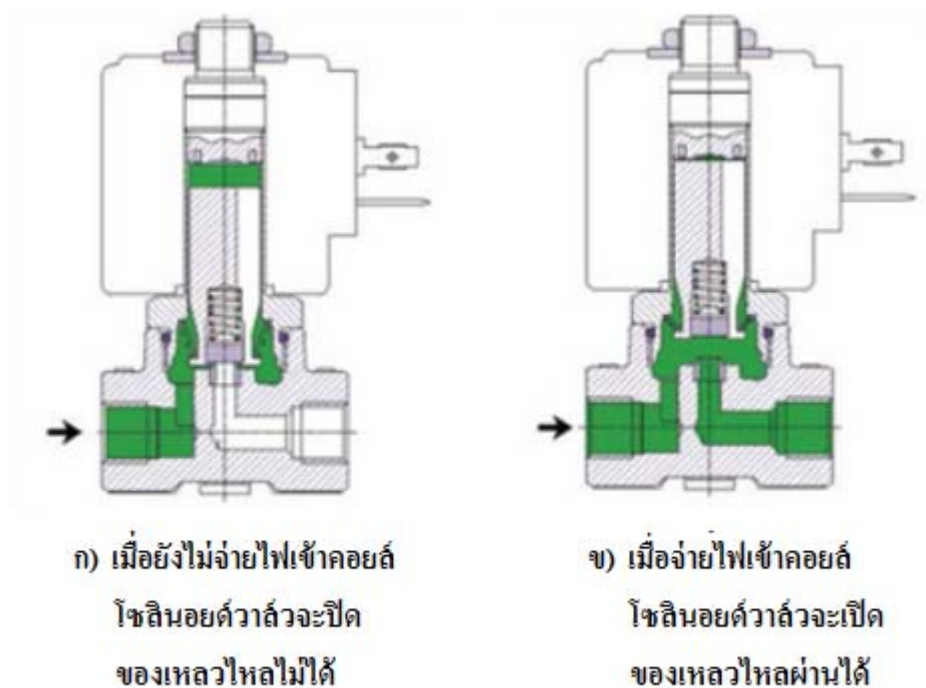
อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ในระบบงานต่างๆ เช่น

1. ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ที่เรียกว่า Stand by Power Supply หรือ Uninterruptible Power Supplies (UPS) เพื่อใช้ทดแทนในกรณีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดความขัดข้อง
2. ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้หลักการควบคุมความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อต้องการให้แรงบิด (Torque) คงที่ทุกๆ ความเร็วที่เปลี่ยนแปลงไป
3. ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อบริการให้แก่ผู้ใช้
4. ใช้ในระบบเตาอุณหภูมิที่ใช้หลักการเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อน (Induction Heating) ซึ่งใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงในการทำงาน (บริษัท ชยนันต์ ซัพพลาย จำกัด. 16 ธันวาคม 2560)

2.4.3 โซลินอยด์วาล์ว

โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) คือ วาล์วที่ทำงานด้วยไฟฟ้ามันมีทั้งชนิด 2/2, 3/2, 4/2, 5/2 และ 5/3 ในบทความนี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะวาล์วชนิด 2/2 ซึ่งใช้ควบคุมการ เปิดปิด ของเหลวและก๊าซเท่านั้น ส่วนวาล์วชนิด 3/2, 4/2, 5/2 และ 5/3 ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับระบบนิวแมติกและระบบไฮดรอลิก (บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. 22 ตุลาคม 2560)

เมื่อกล่าวถึงชนิดของวาล์วเป็นตัวเลขเช่น 2/2, 4/2 หรือ 5/2 นั้น ตัวเลขหน้าบอกถึงจำนวนทางเข้าออกของวาล์ว นั่นๆ ว่ามีกี่ทางหรือมีกี่รู (port) ส่วนตัวเลขที่ตามหลังเครื่องหมายทับ (/) นั้นบอกถึงจำนวนสถานะ หรือ จำนวนตำแหน่ง (position) ของวาล์ว เช่น วาล์ว 2/2 ก็คือ วาล์วที่มี 2 ทาง และมี 2 สถานะ คือ ปิด และ เปิด ส่วนวาล์ว 5/2 ก็คือวาล์วที่มี 5 ทาง และมี 2 สถานะ



รูปที่ 2-27 การทำงานเบื้องต้นของโซลินอยด์วาล์ว
(ที่มา : บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. 22 ตุลาคม 2560)

2.4.4 มาตรวัดน้ำ

มาตรวัดน้ำ อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กในการขับเคลื่อนชุดเครื่องบันทึก (Register Box) โดยขณะที่ใบพัดหมุนแม่เหล็กที่ฝังอยู่ปลายด้านบนของใบพัดจะเหนี่ยวนำแม่เหล็กอีกชิ้นหนึ่งที่ประกอบอยู่กับเฟืองขับ (Pinion) ในชุดเครื่องบันทึกให้หมุนตาม ซึ่งจะไปขับส่วนที่แสดงตัวเลขอีกทีหนึ่งทำให้สามารถอ่านค่าได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว (บริษัท ทีเอสบี วอเตอร์ไฟฟ์ จำกัด. 2 สิงหาคม 2560) มีทั้งมาตรวัดน้ำแบบแนวนอนและมาตรวัดน้ำแบบแนวตั้ง



รูปที่ 2-28 มาตรวัดน้ำแนวนอนและมาตรวัดน้ำแนวตั้ง
(ที่มา : บริษัท UHM จำกัด. 16 สิงหาคม 2560)

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO

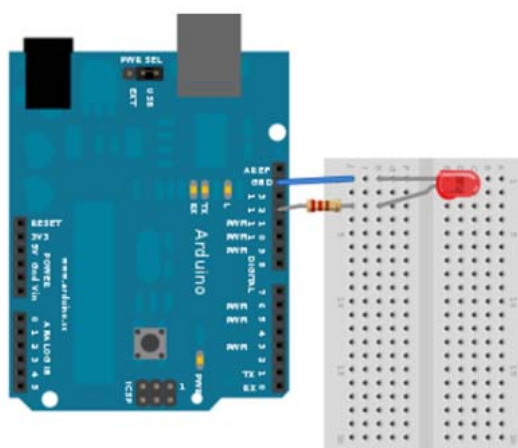
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

Arduino อ่านว่า อา-ดู-อิ-โน้ หรือ อาดูยโน้ เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย (บริษัท วินัส ชัพพลาย จำกัด. 14 ธันวาคม 2560)

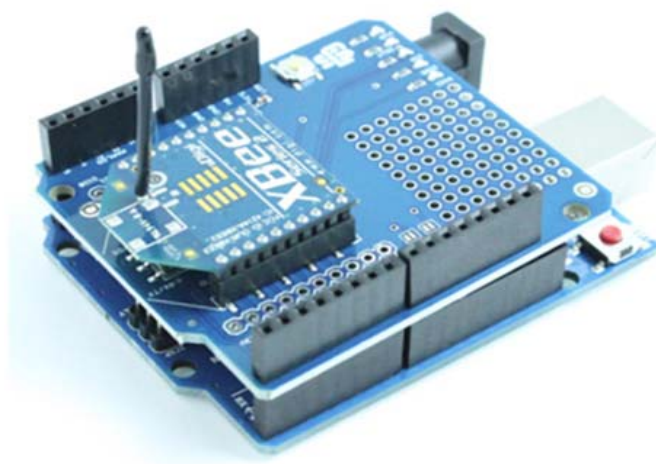


รูปที่ 2-29 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO
(ที่มา : บริษัท วินัส ชัพพลาย จำกัด. 14 ธันวาคม 2560)

ความสะดวกของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด รูปที่ 2-30 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ รูปที่ 2-31 เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2-30 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับหลอด LED
(ที่มา : บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด, 14 ธันวาคม 2560)



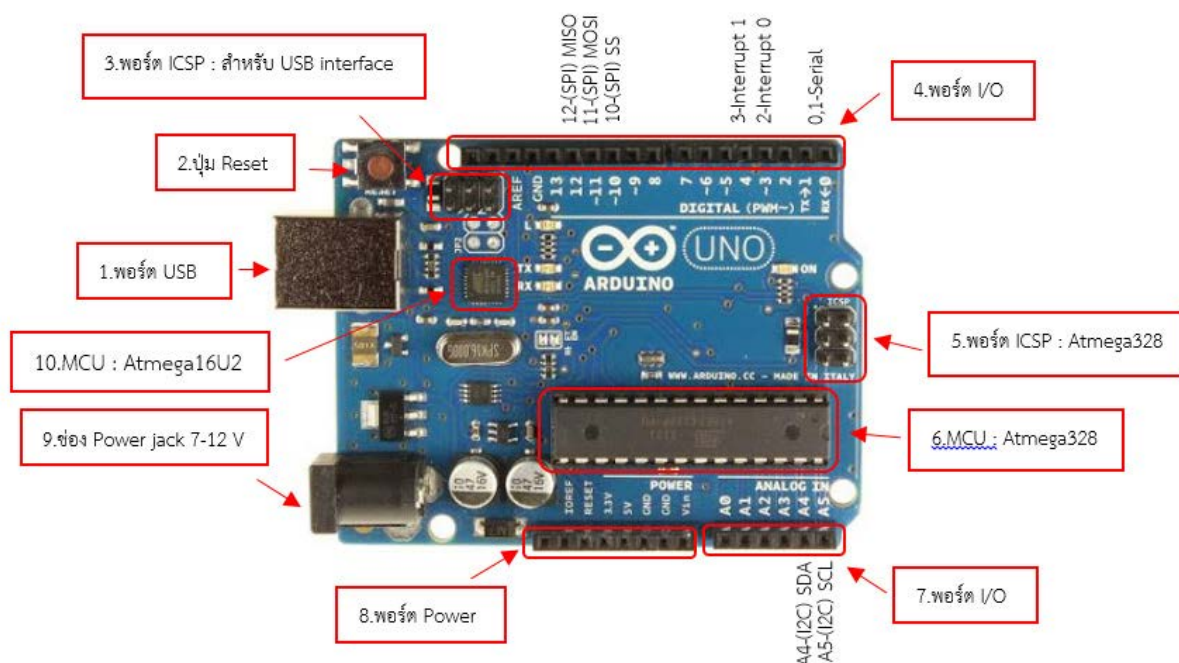
รูปที่ 2-31 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับบอร์ดเสริม XBee Shield
(ที่มา : บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด, 14 ธันวาคม 2560)

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยมมีดังนี้ (บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด, 14 ธันวาคม 2560)

1. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
3. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
4. ราคาไม่แพง
5. Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3) มีดังนี้

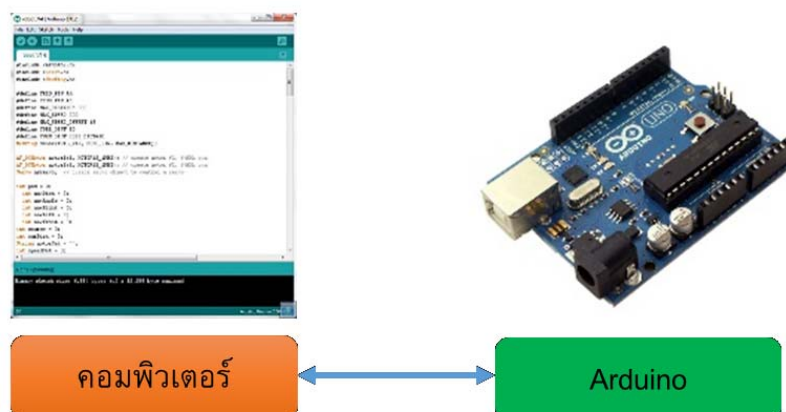
1. USB Port : ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
2. Reset Button : เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
3. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2
4. I/O Port : Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx, Rx Serial, Pin 3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
5. ICSP Port : Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU : Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port : นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
8. Power Port : ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack : รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2



รูปที่ 2-32 ตำแหน่ง Layout & Pin out Arduino Board
(ที่มา : บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด, 14 ธันวาคม 2560)

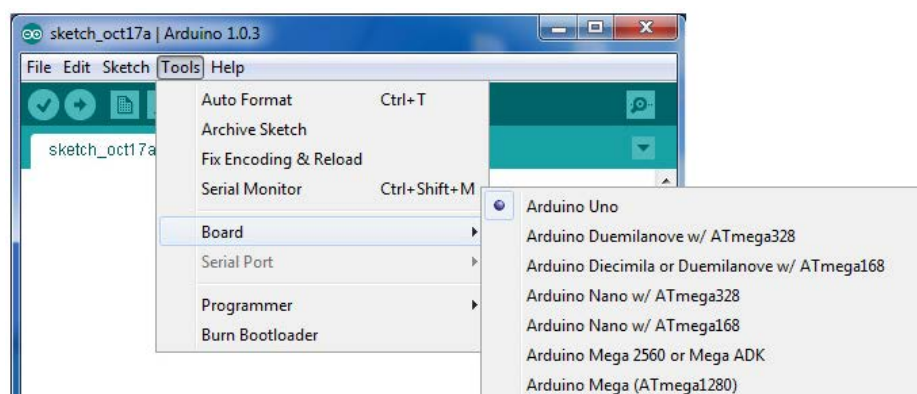
2.5.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ผู้เขียนต้องทำการเชื่อมต่อให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับบอร์ด Arduino และกำหนดพอร์ตเชื่อมต่อให้เรียบร้อยก่อนการเขียนโปรแกรม จะมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นดังนี้

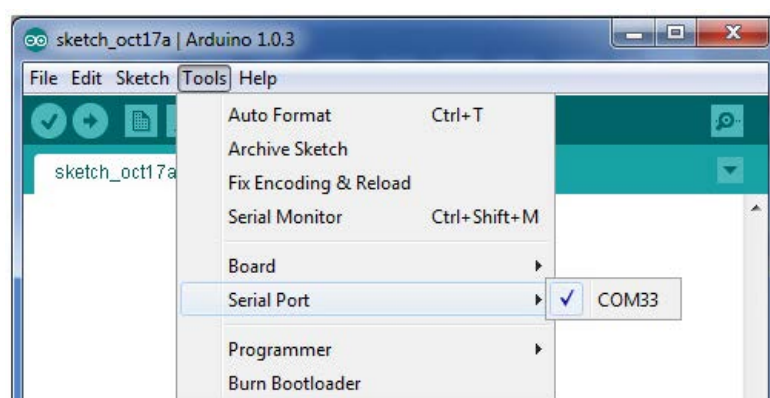


รูปที่ 2-33 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์
(ที่มา : บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด, 14 ธันวาคม 2560)

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2. หลังจากที่เราเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port

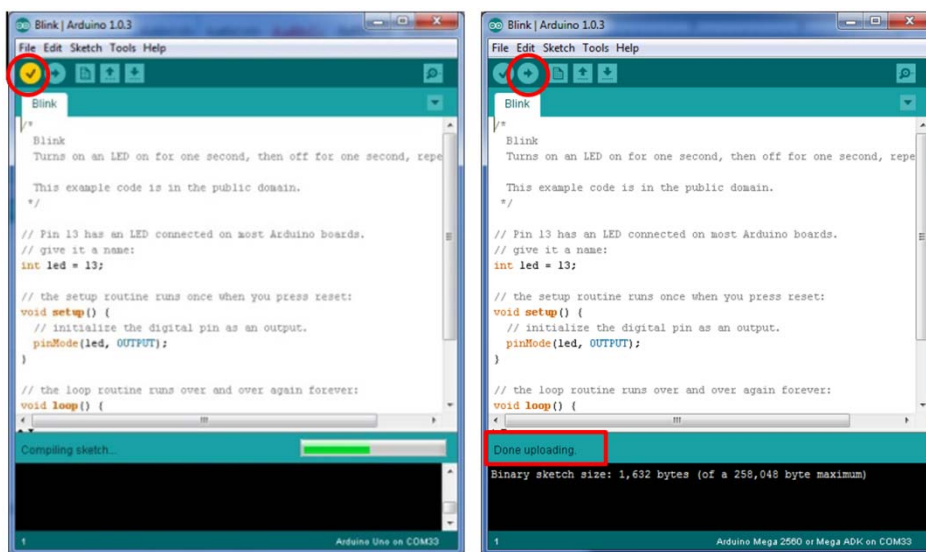


รูปที่ 2-34 การเลือกรุ่นของบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload หลังจากการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 2-35 การเลือกหมายเลขพอร์ตของบอร์ด Arduino ที่ใช้สำหรับการ Upload

3. หลังจากเลือกเสร็จให้กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของพอร์ตและหลังการเขียนโค้ดโปรแกรมเสร็จทำการ Compile จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



ก)

ข)

รูปที่ 2-36 เลือกตรวจสอบการตั้งค่า

ก) ตรวจสอบการตั้งค่าพอร์ตการเชื่อมต่อบอร์ด Arduino

ข) การ Upload โค้ดโปรแกรม

(ที่มา : บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. 14 ธันวาคม 2560)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ คงฤทธิ์ (2548) บทคัดย่อ วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำ แบบครอสโฟลในโครงการไฟฟ้าห้วยถ้ำปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

บทคัดย่อ : ความต้องการการใช้พลังงานได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นแหล่งพลังงานสะอาดแหล่งหนึ่งที่ไม่ต้องเสียเงินตราซื้อเชื้อเพลิง การเพิ่มการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำด้วยโครงการขนาดเล็ก มีโอกาสเป็นไปได้สูงกว่าโครงการขนาดใหญ่ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้นำเสนอ โครงการวิจัยการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบครอสโฟล ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน (ขนาดไม่เกิน 100 กิโลวัตต์) ห้วยถ้ำปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษา การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ การเลือกสถานที่ตั้งการเลือกประเภทกังหันน้ำ การควบคุมระบบ การออกแบบและสร้างเครื่องกังหันน้ำ แบบครอสโฟล ขนาด 40 กิโลวัตต์ ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที พร้อมชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้กำเนิดระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ และชุดควบคุมโหลดแบบอิเล็กทรอนิกส์

การศึกษาวิจัยข้อมูล ผลการทดสอบเทียบกับข้อกำหนด ในเรื่องการจัดวางแนวตำแหน่งของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทั้งแบบไม่มีโหลดและมีโหลด และการทดสอบชุดควบคุมโหลด พบว่าความคลาดเคลื่อนในเรื่องการจัดวางแนวตำแหน่งของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มากสุดเท่ากับ 85 ไมครอน ซึ่งไม่เกิน 100 ไมครอน ตามเกณฑ์กำหนด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 380/220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ 57 แอมแปร์ 30 กิโลวัตต์ ตามพิกัดกำหนดและสามารถแบ่งจ่ายโหลดได้ตามความต้องการของผู้ใช้

ผลวิจัยทำให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบครอสโฟล สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้านได้ตามข้อกำหนดและยังใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต่อไป

มัทนิ สงวนเสริมศรี (2551) การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับประเทศไทย

โครงการวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างกังหันน้ำแบบใบพัดยึดติดคงที่ เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าขนาด 1 กิโลวัตต์ โดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมความเร็วของกังหันน้ำช่วยในการออกแบบหาอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางภายในต่อเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกังหันน้ำและรูปร่างใบพัดของกังหันน้ำ โดยเงื่อนไขในการออกแบบกังหันน้ำที่อัตราการไหล 63 ลิตรต่อวินาที หัวน้ำสูง 3 เมตร และที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที จากการออกแบบได้แบบกังหันน้ำแบบใบพัดยึดติดคงที่ โดยมีรูปร่างใบพัดกังหันน้ำแบบ MH 120 มีจำนวนใบพัดของกังหันน้ำเท่ากับ 4 ใบ มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกังหันน้ำต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เท่ากับ

0.35 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของกังหันน้ำเท่ากับ 5 เซนติเมตร ทำให้กังหันน้ำมีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.92 เปอร์เซ็นต์ ขนาดกำลังเพลาคูที่ผลิตได้ของกังหันน้ำเท่ากับ 1,819.24 วัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้เท่ากับ 1,267.7 วัตต์ เมื่อต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร 6 ขั้ว ประสิทธิภาพเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทดสอบการใช้งานที่หัวน้ำสูง 2.5 เมตร และอัตราการไหล 94 ลิตรต่อวินาที ค่ากำลังงานที่ได้จากเครื่องต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยที่ 341.11 วัตต์ ประสิทธิภาพรวมของระบบ มีค่าเฉลี่ยที่ 15 เปอร์เซ็นต์

กิตติชัย อุณหภูมิภูและมธูรา อุณหภูมิภู (2554) บทควมวิจัยเรื่อง การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากฝายในจันทบุรี

บทคัดย่อ : โครงการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากฝาย โดยใช้วิธีการศึกษา ออกแบบ สร้างและทดสอบชุดผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ รวมทั้งการทดลองใช้งานจริงกับฝายน้ำล้น สรุปผลได้ว่าได้สร้างชุดผลิตไฟฟ้าพลังน้ำประกอบด้วย กังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมอุปกรณ์ประกอบ คือ ชุดวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวเต็มคลื่นแบบบริดจ์ไดโอด ชุดควบคุมประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์กังหันน้ำที่ใช้เป็นชนิดแรงกระตุ้นแบบครอสโฟว์หรือแบบแบงก์ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นแบบแม่เหล็กถาวรซึ่งนิยมใช้กับกังหันขนาดเล็กจากการทดสอบเครื่องที่ความเร็วรอบ 250 รอบต่อนาที ได้ค่าแรงดันกระแสตรง 21.60 โวลต์ จากการทดลองใช้งานชุดผลิตไฟฟ้ากับฝายน้ำล้นซึ่งมีหัวน้ำรวม 3.1 เมตร และมีระดับหัวน้ำสุทธิ 2.4 เมตร โดยใช้ท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว และต่อเข้าท่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ต่อเข้าหัวฉีดน้ำเข้ากังหัน ได้ค่าแรงดันกระแสตรง 17.3 โวลต์ และค่ากระแสประจุแบตเตอรี่ขนาด 2.8 แอมแปร์

พลังวัชร พงษ์ธีระสุขมัย (2556) การออกแบบและสร้างเรือนพลอยน้ำผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากกังหันน้ำ

บทคัดย่อ : โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ สำหรับประเทศไทยในการใช้พลังงานทดแทนและสามารถนำมาพัฒนาต่อ ซึ่งภูมิประเทศไทยมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน จึงเกิดแนวคิดในการนำพลังงานน้ำไหลของกระแสน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์

เครื่องกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนของท่อน้ำน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 32 ใบ ส่วนกังหันน้ำเป็นใบกังหันที่ทำด้วยเหล็กใบสามารถพับได้มีจำนวน 6 ใบ แต่ละใบกินน้ำลึก 30-40 เซนติเมตร ซึ่งชุดใบกังหันสามารถปรับระดับกินน้ำลึกได้ และความกว้าง 90 เซนติเมตร ส่วนชุดครอบซึ่งประกอบด้วยเฟืองใช้ครอบและสายพานครอบ โดยทั้งส่วนกังหันและชุดครอบวางอยู่บนโครงสร้างที่มีท่อนรองรับ โดยการหมุน

ของกังหันใช้เพลาคับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร หมุนขับเคลื่อนมอเตอร์ทำงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

จากการทดสอบเครื่องกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนำไปลอยในแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี แล้วบันทึกหาประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์แต่ยังไม่คงที่และได้เปลี่ยนระบบผลิตไฟฟ้ากระแสตรง (DC) 12 โวลต์และแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) 220 โวลต์ใช้งานได้

บทที่ 3

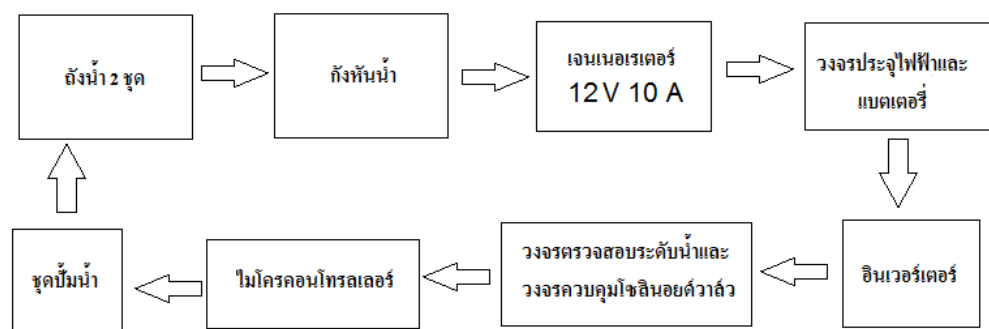
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็กเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยกำหนดการทดลองชุดกำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการใช้พลังงานน้ำที่ได้รับการสูบกลับไปยังแหล่งน้ำต้นกำลัง โดยผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยตามลำดับดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้กำหนดโปรแกรมในการสร้างชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ดังภาพที่ 3-1 โดยกำหนดให้ชุดถึงน้ำจำนวน 2 ชุด ถึงด้านล่างขนาด 600 ลิตร ถึงด้านบนสำหรับการบรรจุน้ำจำนวน 400 ลิตร เพื่อใช้สำหรับส่งกำลังไปยังชุดกังหันน้ำกำหนดการหมุน 1,500 รอบต่อนาที ขนาดท่อ $\frac{1}{2}$ นิ้ว เพื่อส่งกำลังไปยังพู่เล่ย์ หมุนชุดเจนเนอเรเตอร์ขนาด 12 โวลท์ 10 แอมแปร์ผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา หลังจากผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว กำลังไฟฟ้าที่ได้จะส่งไปยังวงจรประจุไฟฟ้าและเก็บไว้ที่แบตเตอรี่ บางส่วนของไฟฟ้าที่ประจุไว้จะนำไปผ่านชุดอินเวอร์เตอร์สำหรับแปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อใช้เลี้ยงวงจรตรวจสอบระดับน้ำในถังน้ำ วงจรควบคุมการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์ว ที่ควบคุมการเปิดปิดจากไมโครคอนโทรลเลอร์และเมื่อระดับน้ำที่ด้านล่างของถังน้ำสูงเกินกว่าระดับที่ตั้งค่าไว้แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมให้ชุดปั้มน้ำสูบน้ำกลับไปยังถังน้ำด้านบนอีกครั้งหนึ่ง แสดงดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ไดอะแกรมการทำงานการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

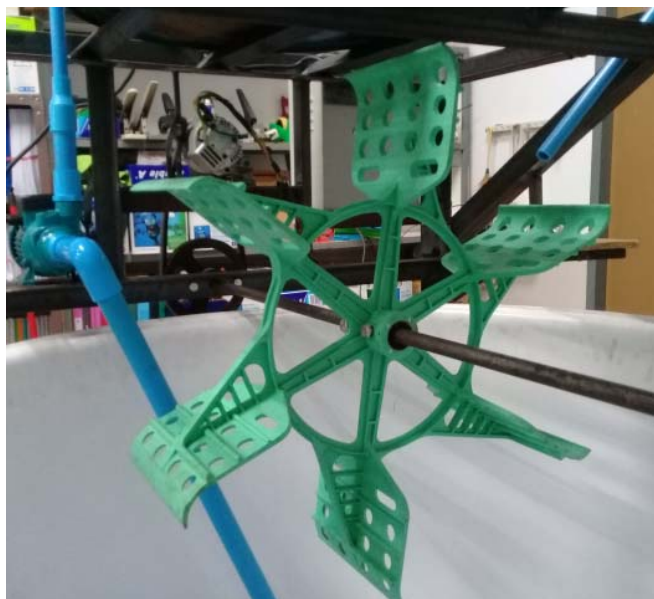
จากรูปที่ 3-1 ไดอะแกรมการทำงานการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยแบ่งส่วนประกอบชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็กออกได้ดังนี้

3.1.1 โครงสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก



รูปที่ 3-2 โครงสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

3.1.2 ชุดกักหน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า



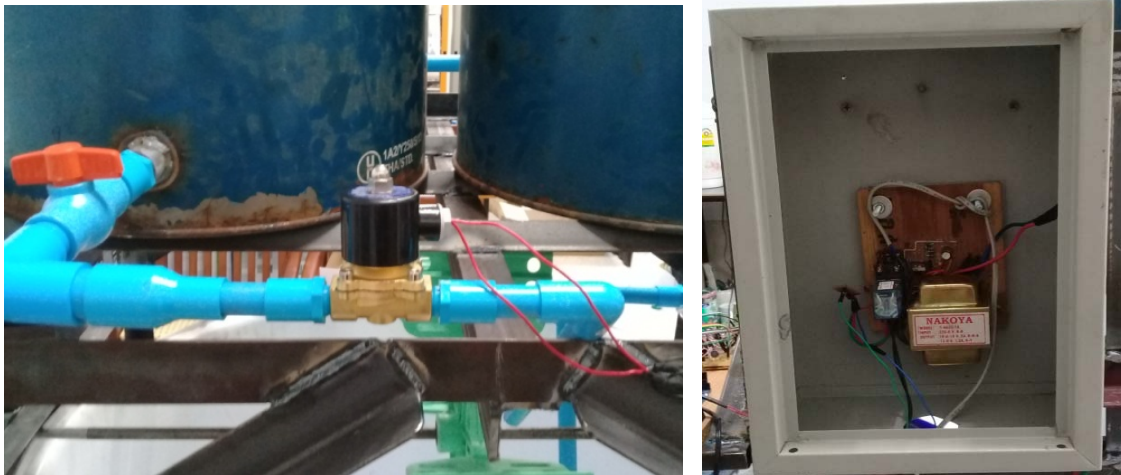
รูปที่ 3-3 ชุดกักหน้ำขนาด 6 ใบพัด

3.1.3 ชุดเจนเนอเรเตอร์ 12 โวลท์ 10 แอมแปร์และพวเลซ์ส่งกำลัง



รูปที่ 3-4 เจนเนอเรเตอร์ 12 โวลท์ 10 แอมแปร์และพวเลซ์ส่งกำลัง

3.1.4 ชุดโซลินอยด์วาล์วควบคุมการเปิดปิดน้ำจากถังด้านบนลงสู่ถังด้านล่างและชุดควบคุมรีเลย์สำหรับควบคุมโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 3-5 ชุดโซลินอยด์วาล์วและวงจรควบคุม

3.1.5 ชุดปั๊มน้ำ สูบน้ำจากถังด้านล่างส่งกลับไปยังถังน้ำด้านบน



รูปที่ 3-6 ชุดปั๊มน้ำ

3.1.6 เครื่องมือวัดระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากเจนเนอเรเตอร์



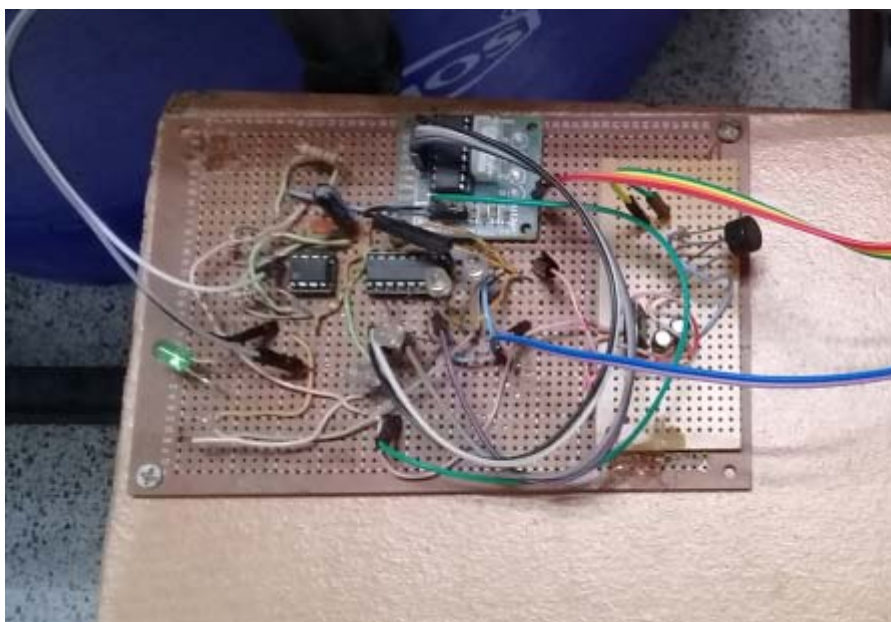
รูปที่ 3-7 เครื่องมือวัดระดับแรงดันและกระแสไฟฟ้า

3.1.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ชุดควบคุมการทำงานมอเตอร์กระแสตรง ควบคุมการปั้มน้ำและชุดการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วปล่อยน้ำไปยังชุดกักหน้



รูปที่ 3-8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO

3.1.8 ชุดรับสัญญาณจากเซนเซอร์ สำหรับวัดระดับปริมาณน้ำในถังจำนวน 2 ชุด เพื่อตรวจจับระดับน้ำด้านบนและระดับน้ำด้านล่าง โดยจะเป็นชุดป้อนระดับสัญญาณที่ได้รับจากเซนเซอร์ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ตัดสินใจสำหรับการควบคุมการสูบน้ำและการปล่อยน้ำที่ชุดโซลินอยด์วาล์ว



รูปที่ 3-9 ชุดประมวลผลการตรวจจับระดับน้ำในถังด้านบนและด้านล่าง

3.1.9 อินเวอร์เตอร์ สำหรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์สำหรับเลี้ยงวงจรได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ชุดขับรีเลย์โซลินอยด์วาล์วและชุดปั้มน้ำ



รูปที่ 3-10 อินเวอร์เตอร์ 650VA 12Vdc / 220Vac

3.1.10 ชุดประจุไฟฟ้า 12/24 โวลต์ 720 วัตต์ สำหรับการประจุไฟฟ้าที่ได้จากชุดเจนเนอเรเตอร์ผลิตกระแสไฟฟ้าป้อนให้กับแบตเตอรี่โดยการดัดแปลงจากชุดประจุไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์มาใช้กับชุดเจนเนอเรเตอร์จากกังหันน้ำ



รูปที่ 3-11 ชุดประจุไฟฟ้า 12/24 โวลต์

3.1.11 แบตเตอรี่ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ กระแส 85 แอมแปร์ สำหรับการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันน้ำ



รูปที่ 3-12 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 2 ลูก

3.1.12 โปรแกรมสำหรับควบคุมการหมุนมอเตอร์ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมภาษา C++ สำหรับการเขียนโปรแกรมรับข้อมูลจากชุดตรวจจับสน้ำเพื่อนำไปประมวลผลและสั่งให้ชุดเปิดปิดโซลินอยด์แล้วเปิดปิดให้น้ำไหลผ่านไปยังชุดเจนเนอเรเตอร์

เมื่อนำอุปกรณ์ทุกอย่างประกอบกันจะได้ดังภาพที่ 3-13



รูปที่ 3-13 ชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลดังขั้นตอนดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือในการวิจัยได้แก่ชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ติดตั้งที่อาคารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม หลังที่ 2 โดยใช้เวลาในการทดลองจำนวน 7 วัน กำหนดเวลาดังแต่ 08.00-18.00 น และบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 3-1 ถึง 3-3

ตารางที่ 3-1 การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่าแรงดันไฟฟ้า							แรงดันเฉลี่ย (Volts)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59								
09.00-09.59								
10.00-10.59								
11.00-11.59								
12.00-12.59								
13.00-13.59								
14.00-14.59								
15.00-15.59								
16.00-16.59								
17.00-18.00								

ตารางที่ 3-2 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่ากระแสไฟฟ้า							กระแสเฉลี่ย (Amps)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59								
09.00-09.59								
10.00-10.59								
11.00-11.59								
12.00-12.59								
13.00-13.59								
14.00-14.59								
15.00-15.59								
16.00-16.59								
17.00-18.00								

ตารางที่ 3-3 กำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่ากำลังไฟฟ้า							กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Watts)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59								
09.00-09.59								
10.00-10.59								
11.00-11.59								
12.00-12.59								
13.00-13.59								
14.00-14.59								
15.00-15.59								
16.00-16.59								
17.00-18.00								

2. นำข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3-1 ถึง 3-3 วิเคราะห์หาค่าพลังงานที่ได้จากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการบันทึกค่าระดับแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า จากชุดผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก วิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

3.4.1 ค่ากำลังไฟฟ้า (Power)

สูตร	P	=	$V * I$	(w)
เมื่อ	P	แทน	ค่ากำลังไฟฟ้า (วัตต์ (Watt) : W)	
	V	แทน	ค่าแรงดันไฟฟ้า (โวลท์ (Volt) : V)	
	I	แทน	ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ (Ampere) : A)	

3.4.2 สูตรการหาค่าเฉลี่ย (Mean : $\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
	N	แทน	จำนวนครั้งการเก็บแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า

(บุญชม ศรีสะอาด. 2543)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง หลังจากทดลองผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยการสูบน้ำกลับไปยังถังน้ำเพื่อนำกลับมาผลิตไฟฟ้าอีกครั้ง ผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกได้ดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกกลับขนาดเล็ก ดังแสดงในตารางที่ 4-1 ถึงตารางที่ 4-3 ดังนี้

4.1.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกกลับขนาดเล็ก

ตารางที่ 4-1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่าแรงดันไฟฟ้า							แรงดันเฉลี่ย (Volts)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59	10.20	10.50	10.10	10.40	10.29	10.35	10.45	10.32
09.00-09.59	10.89	10.75	10.88	10.90	11.10	10.89	11.12	10.93
10.00-10.59	11.12	11.02	11.08	11.20	11.22	11.16	11.14	11.13
11.00-11.59	11.13	11.13	10.89	11.17	11.12	11.15	10.92	11.07
12.00-12.59	11.25	11.21	11.12	11.04	11.08	11.21	11.05	11.13
13.00-13.59	11.30	11.15	11.13	11.18	11.20	11.11	11.13	11.17
14.00-14.59	11.24	11.13	11.25	11.09	11.15	11.16	11.16	11.16
15.00-15.59	11.26	11.20	11.16	11.10	11.16	11.10	11.21	11.17
16.00-16.59	11.22	11.16	11.19	11.15	11.21	11.16	10.87	11.13
17.00-18.00	11.19	11.15	11.12	11.20	11.13	11.20	11.08	11.15

จากตารางที่ 4-1 ผลจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยกำหนดช่วงระยะเวลาในการทดลองจำนวน 7 วันคือวันที่ 5 – 11 มีนาคม พ.ศ. 2561 และกำหนดเวลาในการทดลองในช่วงเวลา 08.00-18.00 น. ค่าแรงดันที่ได้ในช่วงเวลา 08.00-08.59 น. โดยประมาณ ค่าระดับแรงดันที่ได้มีค่าเฉลี่ย 10.32 โวลต์ เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เริ่มการหมุนกังหันน้ำและระดับแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 11 โวลต์

ตารางที่ 4-2 ผลการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่ากระแสไฟฟ้า							กระแสเฉลี่ย (Amps)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59	04.02	04.08	04.10	04.06	04.10	04.15	04.08	4.08
09.00-09.59	06.22	06.15	06.12	06.14	06.12	06.15	06.14	6.14
10.00-10.59	06.23	06.18	06.19	06.16	06.16	06.16	06.17	6.17
11.00-11.59	06.28	06.16	06.18	06.18	06.14	06.13	06.14	6.17
12.00-12.59	06.15	06.22	06.13	06.13	06.19	06.11	06.16	6.15
13.00-13.59	06.16	06.30	06.18	06.14	06.13	06.15	06.15	6.17
14.00-14.59	06.23	06.25	06.13	06.18	06.11	06.14	06.18	6.17
15.00-15.59	06.20	06.23	06.16	06.20	06.16	06.16	06.13	6.17
16.00-16.59	06.24	06.26	06.17	06.21	06.15	06.18	06.12	6.19
17.00-18.00	06.19	06.23	06.19	06.20	06.17	06.19	06.18	6.19

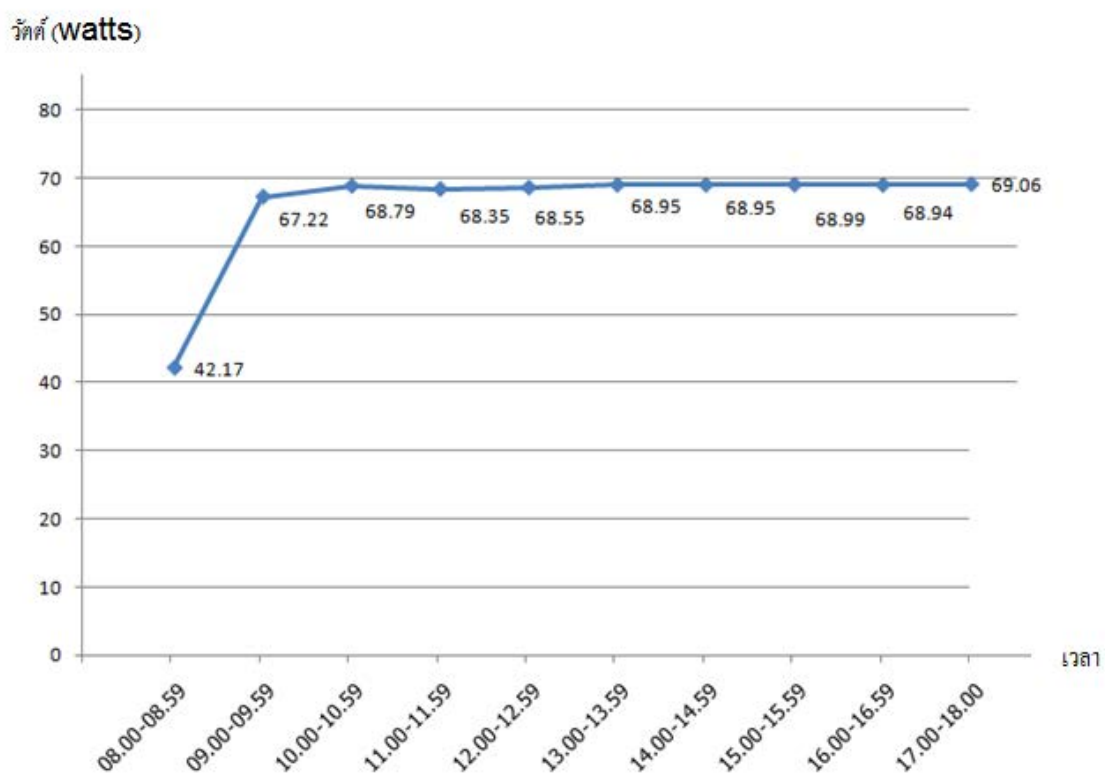
จากตารางที่ 4-2 ผลจากการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยกำหนดช่วงระยะเวลาในการทดลองจำนวน 7 วันคือวันที่ 5 – 11 มีนาคม พ.ศ. 2561 และกำหนดเวลาในการทดลองในช่วงเวลา 08.00-18.00 น. ในขณะที่วัดค่าระดับแรงดัน ผู้วิจัยได้วัดค่ากระแสไฟฟ้าด้วยการต่อแบบอนุกรมกับชุดเจนเนอเรเตอร์ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้ในช่วงเวลา 08.00-08.59 น. โดยประมาณ ค่าระดับกระแสไฟฟ้าที่ได้มีค่าเฉลี่ย 4.08 แอมแปร์โดยเป็นช่วงเวลาที่เริ่มต้นการหมุนของเจนเนอเรเตอร์ ส่วนเมื่อเริ่มผลิตกระแสไฟฟ้าไปแล้วจะมีระดับกระแสไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 6 แอมแปร์

ตารางที่ 4-3 ผลกำลังไฟฟ้าที่ได้จากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

เวลา	(วันที่/เดือน/ปี) / ค่ากำลังไฟฟ้า							กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Watts)
	05/03/61	06/03/61	07/03/61	08/03/61	09/03/61	10/03/61	11/03/61	
08.00-08.59	41.00	42.84	41.41	42.22	42.18	42.95	42.63	42.17
09.00-09.59	67.73	66.11	66.58	66.92	67.93	66.97	68.27	67.22
10.00-10.59	69.27	68.10	68.58	68.99	69.11	68.74	68.73	68.79
11.00-11.59	69.89	68.56	67.30	69.03	68.27	68.34	67.04	68.35
12.00-12.59	69.18	69.72	68.16	67.67	68.58	68.49	68.06	68.55
13.00-13.59	69.6	70.24	68.78	68.64	68.65	68.32	68.44	68.95
14.00-14.59	70.02	69.56	68.96	68.53	68.12	68.52	68.96	68.95
15.00-15.59	69.81	69.77	68.74	68.82	68.74	68.3	68.71	68.99
16.00-16.59	70.01	69.86	69.04	69.24	68.94	68.96	66.52	68.94
17.00-18.00	69.26	69.46	68.83	69.44	68.67	69.32	68.47	69.06

จากตารางที่ 4-3 จากผลการทดลองการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ทั้งแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้รับ ผู้วิจัยนำมาคำนวณค่าด้วยสูตรการหาค่ากำลังไฟฟ้า โดยค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลา 08.00 - 08.59 น. เท่ากับ 42.17 วัตต์ โดยเป็นการทดลองแรกของแต่ละวัน ส่วนในระยะถัดไปจะมีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันประมาณ 67-69 วัตต์

เมื่อนำระดับกำลังงานไฟฟ้าที่ได้มาแสดงผลด้วยกราฟจะเห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ค่าจะมีปริมาณใกล้เคียงกันในช่วงเวลาดังตั้ง 09.00-18.00 น. แสดงดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าจากชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดผลิตกระแสไฟฟ้าดังกล่าวประกอบไปด้วย 1. โครงสร้างเหล็กรองรับน้ำหนักถังและปริมาณน้ำในถังโดยกำหนดขนาดถังน้ำด้านล่าง 600 ลิตรและถังน้ำด้านบน 400 ลิตร 2. ชุดเจนเนอเรเตอร์ขนาด 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ 3. ชุดประจุไฟฟ้าแลแบตเตอรี่ 4. ชุดอินเวอร์เตอร์ 5. ชุดวงจรตรวจสอบระดับน้ำ 6. ชุดโซลินอยด์วาล์วและวงจรควบคุมการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์ว 7. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ และ 8. ชุดปั้มน้ำ

โดยผลการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชุดเจนเนอเรเตอร์ดังกล่าวผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลา 08.00-18.00 น. แรงดันที่ได้อยู่ในช่วงระหว่าง 10.32 – 11.17 โวลต์ และแรงดันไฟฟ้าที่ได้ในช่วง 4.08 – 6.19 แอมแปร์ และผู้วิจัยได้นำค่าแรงดันที่ได้มาคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากชุดผลิตกระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้าอยู่ในช่วง 42.17 – 69.06 วัตต์

จากการทดลอง ค่าประสิทธิภาพของชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็กหาได้จากค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้น จะเห็นได้ว่าค่าระดับกำลังไฟฟ้าที่ได้ในช่วงเวลา 08.00-08.59 น. จะมีระดับกำลังไฟฟ้าค่อนข้างต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงเวลาอื่นที่มีค่าอยู่ระหว่าง 67-69 วัตต์ อันเนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นชุดผลิตกระแสไฟฟ้าเริ่มดำเนินการผลิตต้องใช้กำลังสูงกว่าจึงผลิตกระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่า

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4-1 จะพบว่า ระดับแรงดันไฟฟ้าในช่วงเวลา 08.00-08.59 น.เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นการผลิตไฟฟ้า โดยค่าแรงดันจะอยู่ในระดับต่ำกว่าในช่วงเวลาอื่นคือมีค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 10.32 โวลต์ (กิตชาย อุณหศิริกุลและมธูรา อุณหศิริกุล. 2554) ส่วนในช่วงเวลาอื่นจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันเฉลี่ยประมาณ 11 โวลต์ (พลังวัชร แพงธีระสุขมัย. 2556) ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 9.00-18.00 น. ในทำนองเดียวกันการผลิตกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ในช่วงเวลา 08.00-08.59 น. จะมีค่าระดับกระแสไฟฟ้าเริ่มต้นไม่สูง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 แอมแปร์ โดยจะส่งผลให้ค่าระดับกำลังไฟฟ้าที่ได้ในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีค่าไม่สูงเท่าที่ควร ส่วนในช่วงเวลาอื่นจะมีระดับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มีค่าใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วง 67-69 วัตต์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 แนวทางการพัฒนาชุดการพัฒนาชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ควรเพิ่มปริมาณน้ำให้มีแรงขับมากขึ้นเพื่อใช้เป็นต้นกำลังป้อนให้กับชุดกังหันน้ำขับเคลื่อนมอเตอร์

5.3.2 แนวทางการพัฒนาชุดการพัฒนาชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ควรเพิ่มชุดท่อรอบสำหรับทดแรงระหว่างชุดกังหันน้ำและเจนเนอเรเตอร์เพื่อให้ชุดเจนเนอเรเตอร์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้น

5.3.3 แนวทางการพัฒนาชุดการพัฒนาชุดการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก ควรเพิ่มชุดเจนเนอเรเตอร์ให้มีขนาดของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตาม

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. [Online]. พลังงานน้ำ การเคลื่อนไหวที่ไม่มีวันสิ้นสุด. 2557. แหล่งเข้าถึง : <https://i1.wp.com/ienergyguru.com/wp-content/uploads/2015/10/capture-20151005-155522.png>. [21 กันยายน 2560].
- กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (สำนักงานประเทศไทย). [Online]. พลังงานแสงอาทิตย์. 2010. แหล่งเข้าถึง : <http://www.greenpeace.org/seasia/th/campaigns/climate-and-energy/solutions/solar/>. [1 มิถุนายน 2560].
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. [Online]. โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ : แบตเตอรี่พลังน้ำ เพื่อความมั่นคง และเสถียรภาพของพลังงานหมุนเวียน. 2560. แหล่งเข้าถึง : https://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=1989:art-20170525-01&catid=49&Itemid=251. [15 สิงหาคม 2560].
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. [Online]. อ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ (พลังงานศักย์โน้มถ่วง + พลังงานจลน์). 2560. แหล่งเข้าถึง : <http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/4/4/8.jpg>. [18 กันยายน 2560].
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ). [Online]. ข้อมูลโรงไฟฟ้าและเขื่อน. 2016. แหล่งเข้าถึง : http://www.egat.co.th/index.php?option=com_content&view=article&id=92&Itemid=117. [14 สิงหาคม 2560].
- เขื่อนท่าทุ่งนา (Tha Thung Na Dam). 2015. แหล่งเข้าถึง : http://kanchanaburi.go.th/au/tourkan2015/images/IMG_2507.jpg. [16 มิถุนายน 2560].
- เขื่อนศรีนครินทร์. 2017. แหล่งเข้าถึง : https://tuckcharintorn62.files.wordpress.com/2015/01/img_4149.jpg?w=300&h=200. [10 กรกฎาคม 2560].
- กิดชาย อุณหศิริกุลและมธุรา อุณหศิริกุล. บทความวิจัยเรื่อง การผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากฝายในจันทบุรี. มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. จันทบุรี, 2554.
- บุญชม ศรีสะอาด. การวิจัยเบื้องต้น. สุวีริยาสาส์น. กรุงเทพฯ, 2543.
- บริษัท ชยนันต์ ชัพพลาย จำกัด. อินเวอร์เตอร์ (Inverter) คืออะไร. 2540. แหล่งเข้าถึง : http://www.inverter.co.th/Home/index.php?option=com_content&view=article&id=110:inverter&catid=46:news-info&Itemid=83. [16 ธันวาคม 2560].

บริษัท ชันเนอร์รี่เทคโนโลยี จำกัด. โซล่าชาร์จคอนโทรลเลอร์ (Solar Charge Controller). [Online].

2560. แหล่งเข้าถึง : http://ce.lnwfile.com/_/ce/_raw/ck/uu/qn.jpg. [21 ตุลาคม 2560].

บริษัท ไตรเทพ อินคัสทรี จำกัด. ภาพอินเวอร์เตอร์ (Inverter). [Online]. 2559. แหล่งเข้าถึง :

<http://www.diy-solarcell.com/images/pule%20sine%202000w.png>.

[16 ธันวาคม 2560].

บริษัท ไตรเทพ อินคัสทรี จำกัด. หลักการทำงานของเครื่องควบคุมชาร์จ Charger Controller.

[Online]. 2016. แหล่งเข้าถึง : <http://www.diy-solarcell.com/images/cont.jpg>.

[14 ตุลาคม 2560].

บริษัท ทีเอสบี วอเตอร์ไพพ์ จำกัด. มาตรวัดน้ำ (Water Meter). [Online]. 2560. แหล่งเข้าถึง :

<http://www.tsbpipe.com/th/product/water-meter.html?view=featured>.

[2 สิงหาคม 2560].

บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด. หลักการทำงานของ Solenoid Valve. [Online]. 2559. แหล่งเข้าถึง :

<https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-solenoid-valve/>.

[22 ตุลาคม 2560].

บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. [Online]. บทความ Arduino คืออะไร? ตอนที่1 แนะนำเพื่อนใหม่ที่

ชื่อ Arduino. 2012. แหล่งเข้าถึง : [http://www.thaieasyelec.com/75-1-micro-metal-](http://www.thaieasyelec.com/75-1-micro-metal-gearmotor-hp-detail.html?tmpl=component&flexiblelayout=print)

[gearmotor-hp-detail.html?tmpl=component&flexiblelayout=print](http://www.thaieasyelec.com/75-1-micro-metal-gearmotor-hp-detail.html?tmpl=component&flexiblelayout=print). [14 ธันวาคม 2560].

บริษัท เอ็นเนอร์ยี่ วิชั่น จำกัด.[Online]. พลังงานน้ำ. 2013. แหล่งเข้าถึง :

<http://www.energyvision.co.th/14407249/%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3>. [4 มิถุนายน 2560].

บริษัท UHM จำกัด. มาตรวัดน้ำ. [Online]. 2012. แหล่งเข้าถึง :

http://www.uhm.co.th/upload/tb_product_lv2_5_1345300730_img1.jpg.

[16 สิงหาคม 2560].

ปกรณ์ คงฤทธิ์. บทคัดย่อ วิทยานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำ แบบครอส

โฟล์ในโครงการไฟฟ้าห้วยกังปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย. สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ, 2548.

พลังวัชร แพ่งธีระสุขมัย. การออกแบบและสร้างเรือนแพลอยน้ำผลิตกระแสไฟฟ้ากระแส

สลับจากกังหันน้ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2556.

พลังวัชร พงษ์ธีระสุขมัยและคณะ . [Online]. งานวิจัยกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า. 2554. แหล่งเข้าถึง :

http://eng.rmutp.ac.th/research_article/palangwat.pdf. [7 มิถุนายน 2560].

มัทนี สวงนเสริมศรี. การพัฒนาระบบกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับประเทศไทย.

มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก, 2551.

รังสรรค์ เฟื่องพัดและคณะ. [Online]. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาศักยภาพพลังงานน้ำในลำห้วยน้ำก่อ. 2554. แหล่งเข้าถึง : http://research.pcru.ac.th/rdb/pro_data/files/5403023.pdf. [11 มิถุนายน 2560].

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำลำตะคองแบบสูบกลับ จังหวัดนครราชสีมา. 2015. แหล่งเข้าถึง :

[https://i2.wp.com/ienergyguru.com/wp-content/uploads/2015/10/](https://i2.wp.com/ienergyguru.com/wp-content/uploads/2015/10/chonlapawattana-e1444106918129.jpg)

[chonlapawattana-e1444106918129.jpg](https://i2.wp.com/ienergyguru.com/wp-content/uploads/2015/10/chonlapawattana-e1444106918129.jpg). [12 มิถุนายน 2560].

วัฒนพงษ์ รัชวิเชียรและคณะ. [Online]. การสาธิตการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก. 2548. แหล่งเข้าถึง :

http://www.sert.nu.ac.th/research_thai_complete_Picohydro.htm.

[15 มิถุนายน 2560].

สุชีรา นวลกำแหง. รูปแบบการส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร ของบุคลากรและนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. เพชรบูรณ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 2556.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. ระบบกักเก็บพลังงาน. 2016. แหล่งเข้าถึง :

<http://www.thai-smartgrid.com/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%81%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B9%87%E0%B8%9A%E0%B8%9E%E0%B8%A5%E0%B8%B1%E0%B8%87%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99/>. [23 สิงหาคม 2560].

สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. บทที่ 3 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า.

2559. แหล่งเข้าถึง : <http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download>

[/file_handbook/Pre_Elec/Elec_6.pdf](http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook/Pre_Elec/Elec_6.pdf). [23 ธันวาคม 2559].

Auto in thai. ราคาแบตเตอรี่รถยนต์ 3K. 2012. แหล่งเข้าถึง : <http://autoin thai.com/wp-content/uploads/2012/10/%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%95%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%A3%E0%B8%96%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B9%8C-3K.jpg>.

[16 ธันวาคม 2560].

Chris Woodford. Turbine. [Online]. 2015. Available :

<https://cdn4.explainthatstuff.com/pelton-wheel-patent.png>. [20 October 2017].

Encyclopædia Britannica, Inc. Turbines are used to convert the energy in a stream of fluid into mechanical energy in a runner. [Online]. 2017. Available :

<https://media1.britannica.com/eb-media/80/63180-004-9D71E580.jpg>. [14 October 2017].

ENERGY SOLUTIONS FORUM. FERC Order Increases Opportunity for Energy Storage.

[Online]. 2013. Available : <https://breakingenergy.com/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/FERC-Order-e1374752894794-1024x548.gif>. [23 July 2017].

Hongxing Yang Lin Lu and Jinqing Peng. Optimal design of an autonomous solar–wind-pumped storage power supply system. [Online]. 2015.

Available : <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0306261914011751-gr1.jpg>. [21 October 2017].

Prasad Vejendla. Steam turbine, Impulse and Reaction turbine working principle, Compounding of steam turbines. [Online]. 2014. Available : <https://image.slidesharecdn.com/steamturbine-141022022635-conversion-gate01/95/steam-turbine-impulse-and-reaction-turbine-working-principlecompounding-of-steam-turbines-17-638.jpg?cb=1432969381>. [18 June 2017].

Solar Smile Knowledge. ความหมายและชนิดของแบตเตอรี่. 2016. แหล่งเข้าถึง :

<https://solarsmileknowledge.com/battery/%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%E0%B8%AB%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%95%E0%B9%80%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%88/>. [24 ธันวาคม 2559].

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายสนธยา วันชัย
Mr. Sontaya Wanchai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3670300657853
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทร. 0-5671-7100 ต่อ 1488
E-mail : pansiriwat@hotmail.com
6. ประวัติการศึกษา
ค.อ.ม. วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ค.อ.บ. อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
ดิจิทัล, ไมโครโปรเซสเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์และพลังงานทดแทน
8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - 8.1 การประเมินความคุ้มค่าของการใช้งานอินเทอร์เน็ตในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีที่ได้รับทุน 2550 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 - 8.2 การพัฒนาชุดฝึกทักษะการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กับแผงวงจรสำหรับ
นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม
ปีที่ได้รับทุน 2551 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
 - 8.3 ชุดฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับควบคุมอุปกรณ์ภายนอก
ปีที่ได้รับทุน 2552 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

- 8.4 การพัฒนาโปรแกรมระบบฐานข้อมูลเพื่อการบริหาร การเรียนการสอนและการวิจัย
ปีที่ได้รับทุน 2553 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 8.5 การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน
ปีที่ได้รับทุน 2555 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 8.6 การใช้เทคนิคการฝึกปฏิบัติเพื่อการพัฒนาผู้เรียนเรื่องการเขียนโปรแกรม
ไมโครคอนโทรลเลอร์
ปีที่ได้รับทุน 2557 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 8.7 การออกแบบวงจรซีเควนเชื่อมลอจิกด้วยวิธีขั้นตอนเชิงวิวัฒนาการ
ปีที่ได้รับทุน 2558 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 8.8 การวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดควบคุมการรับพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย
ไมโครคอนโทรลเลอร์
ปีที่ได้รับทุน 2559 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
- 8.9 การวิจัยเรื่องการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบน้ำแบบสูบกลับขนาดเล็ก
ปีที่ได้รับทุน 2560 แหล่งทุน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์