# ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

# The Demonstration Model of Hydro power plant 300 Watt

นิสิต องอาจ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2557

# ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

# The Demonstration Model of Hydro power plant 300 Watt

นิสิต องอาจ

สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประเภททั่วไปประจำปีงบประมาณ 2557

| | |
|---|---|
| ชื่อโครงการวิจัย | ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ |
| ชื่อผู้ทำวิจัย | นิสิต องอาจ |
| คณะ | เทคโนโลยีการเกษตร |
| ปี | 2556 |

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค้นคว้าชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เพื่อให้เกิดทักษะในการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ โดยศึกษาเกี่ยวกับใบกังหัน ( Turbine ) เพลา(Shaft) แบริ่ง (Bearing) ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า เส้นผ่านศูนย์กลางดุมใบกังหันและเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันขนาด 40 และ 110 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้สร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ และทำการทดสอบหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ผลการทดสอบสมรรถนะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ สรุปได้ว่าการทดสอบในด้านต่างๆผลปรากฏการทำงานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์สามารถทำงานได้ดี ผลการประเมินคุณภาพของกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ได้ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ด้าน ผลประเมินได้ค่าเฉลี่ย 4.21 อยู่ในเกณฑ์ดี

ดังนั้นชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ สามารถทำตามเงื่อนไขได้ตามขอบเขตของการศึกษาค้นคว้ามีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและสามารถนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายได้จริง

# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้เป็นอย่างยิ่ง อาจารย์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ที่ให้ความร่วมมือในการประเมินประสิทธิภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่สนับสนุนทุนในงานวิจัย และความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาจนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นิสิต องอาจ

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อ** | ค |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ง |
| **สารบัญ** | จ |
| **สารบัญภาพ** | ช |
| **สารบัญตาราง** | ฌ |
| **บทที่ 1 บทนำ** | |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า | 2 |
| ประโยชน์ที่ได้รับ | 3 |
| **บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** | |
| ชุดสาธิต | 4 |
| ใบงาน | 5 |
| สถานการณ์จำลอง | 6 |
| ความรู้เกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ | 6 |
| ทฤษฎีและหลักการคำนวณที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ | 14 |
| **บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย** | |
| ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ | 28 |
| การออกแบบและคำนวณชิ้นส่วนที่สำคัญ | 30 |
| การสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | 39 |
| การหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด300 วัตต์ | 46 |
| **บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ** | |
| การทดสอบสมรรถนะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | 52 |
| การประเมินคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | 56 |

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**

**บทที่ 5 สรุปผล ปัญหา การแก้ไข และข้อเสนอแนะ**

สรุปผลการทดสอบ 59

ปัญหาและการแก้ไขปัญหา 60

ข้อเสนอแนะ 61

**บรรณานุกรม** 62

**ภาคผนวก**

ก คู่มือการใช้งานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

ข ใบงานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

**ประวัติผู้วิจัย**

# สารบัญภาพ

**ภาพที่** **หน้า**

2.1 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ 7
2.2 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ 7
2.3 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ 8
2.4 แสดงตัวอย่างของกังหันน้ำเพลตัน 9
2.5 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเทอร์โก 10
2.6 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำฟรานซิส 11
2.7 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ 11
2.8 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำคาปลาน 12
2.9 แสดงศักย์น้ำหรือความสูงของน้ำ 15
2.10 แสดงส่วนประกอบหลักของกังหันแบบคาปลาน 18
2.11 แสดงการบอกขนาดของใบกังหัน 18
2.12 แสดงลักษณะของมุมใบพัด 20
2.13 ส่วนต่างๆของบอลแบริ่ง 24
2.14 องค์ประกอบหลักของ Bearing 24
2.15 แรงในแนวรัศมีและแรงรุน 25
2.16 ขอบเขตของมิติสำหรับอนุกรมของแบริ่งแบบต่างๆ 26
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน 28
3.2 แสดงแบบร่างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ 30
3.3 แสดงลักษณะของใบกังหัน 31
3.4 แสดงลักษณะของใบกังหันที่ได้ออกแบบ 33
3.5 วงจรไฟฟ้า 37
3.6 แบบแผงควบคุม 38
3.7 แบบแผงติดตั้ง 38
3.8 ตัดเหล็กตามขนาดที่ออกแบบไว้ 39
3.9 เชื่อมเหล็กเพื่อทำโครงสร้าง 39

# สารบัญภาพ (ต่อ)

**ภาพที่** **หน้า**

3.10 การเจียรรอยเชื่อมให้เรียบ 40
3.11 โครงสร้างที่ได้ 40
3.12ดัดเหล็กแผ่นเพื่อเป็นตัวยึดเจนเนอร์เรเตอร์แล้วนำไปเชื่อมติดกับโครงสร้าง 41
3.13 เจนเนอร์เรเตอร์ยึดติดกับโครง 41
3.14 ยึดแบริ่งเข้ากับเพลา 42
3.15 ทดลองใบพัด 42
3.16 ติดตั้งมอเตอร์ที่โครงสร้าง 43
3.17 ติดตั้งท่อด้านเข้าปั๊มและด้านปล่อยน้ำออก 43
3.18 ติดตั้งแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์ 44
3.19 เจาะช่องไว้ยึดอุปกรณ์ 44
3.20 ทดลองต่อวงจร 45
3.21 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ 45
3.22 วงจรขณะไม่มีโหลด 47
3.23 วงจรขณะมีโหลด 49

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

2.1 แสดงชนิดของกังหันกับระดับความสูงหัวน้ำ 12
2.2 ความเร็วจำเพาะสำหรับเครื่องกังหันน้ำชนิดต่างๆ 21
3.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด 48
3.2 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ขณะมีโหลด 49
3.3 การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบของเครื่อง 50
3.4 การประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน 51
4.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด 54
4.2 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ขณะมีโหลด 55
4.3 การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบ ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ 56
4.4 การประเมินคุณภาพด้านใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ 57
4.5 การประเมินคุณภาพด้านใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ 58

# บทที่ 1

# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันทั่วโลกตระหนักถึงปัญหาการขาดแคลนพลังงานในอนาคต เนื่องด้วยการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรของโลกอย่างรวดเร็ว และการเติบโตทางเศรษฐกิจทั้งในภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ทำให้ความต้องการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยพลังงานส่วนใหญ่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งพลังงานดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัด หากไม่มีการบริหารจัดการ การใช้พลังงานที่ดีพอ จะทำให้พลังงานหมดในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้นทั่วโลกจึงมีนโยบายส่งเสริมการประหยัดพลังงาน และพยายามค้นคว้าวิจัยหาแหล่งพลังงานอื่นมาทดแทน พลังงานที่เหมาะสมมาใช้ทดแทนคือ พลังงานคืนรูป (Renewable energy)ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานก๊าซชีวภาพ และพลังงานน้ำ เป็นต้น (กังสดาล สกุลพงษ์มาลี,2544 )

น้ำ ( Hydro ) เป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพื่อใช้อุปโภคและบริโภค นอกจากนี้น้ำเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญ เป็นเส้นทางคมนาคม รวมทั้งสามารถพัฒนาเป็นแหล่งพลังงาน น้ำเกิดขึ้นตามธรรมชาติมีวัฏจักรหมุนเวียนไปอย่างไม่มีวันหมด ในปัจจุบันมีการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro power plant ) ขนาดใหญ่ซึ่งจำเป็นต้องสร้างเขื่อนขนาดใหญ่ตามซึ่งเป็นการทำลายแหล่งธรรมชาติจำนวนมาก จึงมีการต่อต้านจากกลุ่มอนุรักษ์ธรรมชาติตลอดมา หากมีการนำกลับมาผลิตกระแสไฟฟ้าโดยที่ไม่มีการสร้างเขื่อนและทำลายแหล่งธรรมชาติ ก็จะเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งในการสนับสนุนพัฒนาให้เป็นไปตามยุทธศาสตร์ความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศเทคโนโลยี พลังงานน้ำจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพื่อการเลือกหาผลิตขึ้นมาใช้งานให้มีความเหมาะสมกับพลังงานน้ำตกหรือพลังงานน้ำที่ไหลต่างระดับที่มีอยู่ในพื้นที่ ด้วยประเทศไทยมีแหล่งน้ำทางธรรมชาติมากมาย การที่จะพัฒนาพลังงานน้ำเพื่อใช้จึงจำเป็นต้องศึกษารูปแบบกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับปริมาณน้ำและการไหลของน้ำ เพื่อให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และสนับสนุนให้มีการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในประเทศ (นระ คมนามูล,2546)

ดังนั้นจึงได้เริ่มดำเนินการวิจัยและการสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ที่ไม่มีการสร้างเขื่อนและทำลายแหล่งธรรมชาติ เพื่อเป็นแหล่งศึกษาเรียนรู้เกี่ยวประโยชน์ของพลังงานน้ำและนำไปประยุกต์ดัดแปลงใช้ได้จริงเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนตามหมู่บ้านในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำตามธรรมชาติอยู่แล้ว งานวิจัยด้านพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นในการพัฒนาพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและค่าใช้จ่ายในการสร้างพลังงานทดแทนมีค่าลดลงจนอยู่ในระดับที่สามารถสร้างใช้ได้จริงและเป็นพลังงานที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์
2. เพื่อทดสอบหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

## ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

1. ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ สามารถใช้เป็น ชุดสาธิตการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำ โดยน้ำในถังบรรจุถูกส่งมาตามท่อมากระทบกังหันทำให้กังหันหมุนเพลาก็ส่งกำลังไปที่เครื่องกำเนิดเพื่อให้เครื่องกำเนิดผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา เก็บไว้ที่แบตเตอรี่เพื่อใช้งานต่อไป ส่วนน้ำที่ไหลผ่านกังหันจะไหลมาที่ถังบรรจุน้ำแล้วมอเตอร์ปั๊มน้ำจะปั๊มให้น้ำถูกส่งไปตามท่อเช่นเดิมเป็นวัฏจักร ปริมาณน้ำที่อยู่ในถังบรรจุและไหลตามท่อจะไหลตลอดเพื่อให้เกิดการทำงานของเครื่องตลอดเช่นกันจนกว่าจะสั่งหยุดทำงาน ขนาดของกำลังไฟฟ้าที่ปั่นได้มีขนาดไม่น้อยกว่า 300 วัตต์

2. ออกแบบและสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

2.1 ขนาดชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ กว้าง 50 ซม. ยาว 150 ซม. สูง 140 ซม.

| | |
|---|---|
| 2.2 มอเตอร์ปั๊มน้ำ ขนาด 1.5 แรงม้า | จำนวน 1 ตัว |
| 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ | จำนวน 1 ตัว |
| 2.4 กังหันน้ำแบบคาปลาน ใบพัด 15 ซม. | จำนวน 1 ชุด |
| 2.5 ถังน้ำกระจกหนา ความจุ 100,000 ลูกบาศก์เมตร | จำนวน 1 ถัง |
| 2.6 แบตเตอรี่ | จำนวน 1 ตัว |
| 2.7 เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า | จำนวน 1 ตัว |

3. การหาคุณภาพชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

3.1 ทดสอบสมรรถนะชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เช่น ทดสอบกลไกการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดของชุดสาธิตเพื่อให้ทำงานได้สอดคล้องกันตามเงื่อนไข ทดสอบโดยผู้ศึกษาค้นคว้า

3.2 การประเมินคุณภาพ

3.2.1 แบบสอบถามจากนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน

## ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

2. สามารถนำข้อมูลความรู้ที่จากการศึกษาทดลองไปเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการทำงานวิจัยในเล่มนี้ ได้กล่าวถึงเนื้อหาและทฤษฎีต่างๆที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เพื่อเป็นแนวทางการสร้างชุดสาธิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

## ชุดสาธิต

ชุดสาธิตเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในการศึกษาหรือการเรียนการสอนซึ่งทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังนั้นชุดสาธิตจึงเป็นตัวกระตุ้นในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะผู้เรียนสามารถเรียนได้มากขึ้น โดยเสียเวลาน้อยลง การได้เห็น การได้ยิน ช่วยให้เกิดความเข้าใจและเกิดความคิด ทั้งยังช่วยเหลือการศึกษาทุกระดับความสามารถอายุชั้นเรียนทุกสาขาวิชาด้วย (สุภาเพ็ญ จริยะเศรษฐ์,2542,หน้า 189)

**ความหมายของชุดสาธิต**

ชุดสาธิต หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ หรือวิธีการใดๆ ก็ตามที่เป็นตัวกลางหรือพาหะในการถ่ายทอดความรู้ ทัศนคติ ทักษะและประสบการณ์ไปสู่ผู้เรียน ชุดสาธิตแต่ละอย่างจะมีคุณสมบัติพิเศษและมีคุณค่าในตัวเองในการเก็บและแสดงความหมายที่เหมาะสมกับเนื้อหาและเทคนิควิธีการใช้อย่างมีระบบ (สุภาเพ็ญ จริยะเศรษฐ์,2542,หน้า 189)

การสาธิตคือการที่วิทยากรแสดงและลงมือกระทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมหรือผู้ชมดูถึงกระบวนการ ขั้นตอนหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งวิทยากรไม่เพียงแต่บอกหรืออธิบายวิธีการกระทำให้ผู้ฟังและผู้ชมเท่านั้นแต่ยังจะต้องกระทำให้ดูอย่างชัดเจนทุกขั้นตอน ซึ่งจะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความเข้าใจมีความเชื่อมั่นยิ่งขึ้น ทั้งต่อตัววิทยากรและเนื้อหาที่เรียนรู้จากการสาธิต (กรมปศุสัตว์ กองฝึกอบรม 2538: 97) การสาธิตเป็นวิธีการส่งเสริมการเกษตรที่ใช้เพื่อถ่ายทอดความรู้แบ่งได้อย่างน้อย 2 ประเภท คือ สาธิตวิธี(Method demonstration) หมายถึงการแสดงวิธีทำสิ่งต่างๆให้ผู้ชมได้เห็นขณะเดียวกันก็บรรยายประกอบตามขั้นตอน และสาธิตผล (Result demonstration) หมายถึงการแสดงผลงานที่เชื่อว่าดีแล้วและมีประโยชน์โดยการบรรยายประกอบให้ทราบว่าได้ทำมาอย่างไร ส่วน

การสาธิตแบบที่ 3 เกิดจากการประยุกต์เอาสาธิตวิธีและสาธิตผลมาใช้ร่วมกันเพื่อให้เกิดผลในการส่งเสริมได้อย่างรวดเร็วและในการสาธิตวิธีนั้นนับว่าเป็นวิธีการส่งเสริมแบบกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูง แบ่งออกเป็นการสาธิตวิธีที่ใช้เวลาสั้น ได้แก่การสาธิตการทำสิ่งของต่างๆให้เห็นผลสำเร็จในเวลาอันสั้นแสดงเพียงครั้งเดียวจบและได้เนื้อหาครบบริบูรณ์ ส่วนการสาธิตวิธีที่ใช้เวลานาน หมายถึงการสาธิตที่ต้องใช้เวลายาวนานสำหรับการแสดงจนกว่าจะครบขบวนการทุกขั้นตอน เพื่อให้กลุ่มบุคคลเป้าหมายได้มีประสบการณ์ตามขั้นตอนตามธรรมชาติโดยผู้ชมจะต้องคอยติดตามขั้นตอนนั้นๆอย่างสม่ำเสมอ (เจริญ สุขนันตพงศ์ 2534: 180 -181)

**คุณสมบัติของชุดฝึก**

ชุดสาธิตมีคุณสมบัติพิเศษ 3 ประการ คือ

1. สามารถจับยึดประสบการณ์กิจกรรมและการกระทำต่างๆไว้ได้อย่างคงทนถาวรไม่ว่าจะเป็นเหตุการณ์ในอดีตและปัจจุบัน ทั้งในลักษณะของรูปภาพ เสียง และสัญลักษณ์ต่างๆสามารถนำไปใช้ได้ตามต้องการ

2. สามารถจัดการและปรุงแต่งประสบการณ์ต่างๆให้ได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนเพราะชุดสาธิตบางชนิดสามารถใช้เทคนิคพิเศษเพื่อเอาชนะข้อจำกัด ในด้านขนาด ระยะทาง เวลา และความเป็นนามธรรมของประสบการณ์ตามธรรมชาติได้

3. สามารถแจกจ่ายและขยายข่าวสารออกเป็นหลายๆฉบับเพื่อเผยแผ่สู่คนเป็นจำนวนมาก และสามารถใช้ซ้ำๆได้หลายๆครั้งทำให้สามารถแก้ปัญหาในด้านการเรียนการสอนต่างๆทั้งการศึกษาในระบบโรงเรียนและนอกระบบโรงเรียนได้เป็นอย่างดี (สุภาเพ็ญ จริยะเศรษฐ์,2542,หน้า 189)

## ใบงาน

ใบงาน หมายถึง ใบบอกรายการขั้นตอนการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จงานเพื่อให้ทำงานได้จริงโดยใบงานจะมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้ (สุภาเพ็ญ จริยะเศรษฐ์,2542,หน้า 193)

1. ชื่อเรื่อง ลำดับใบงาน ระดับขั้น
2. วัตถุประสงค์
3. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. รายการเครื่องมือและอุปกรณ์
5. ลำดับขั้นตอนการทดลอบ
6. ตารางบันทึกการทดสอบ

## สถานการณ์จำลอง

สถานการณ์จำลอง เป็นการจัดสภาพแวดล้อมเลียนแบบของจริงให้ใกล้เคียงสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนฝึกหัดแก้ปัญหาและตัดสินใจจากสถานการณ์ที่เขาเผชิญอยู่นั้นแล้วนำประสบการณ์แห่งความสำเร็จไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาจริงๆต่อไป การจัดการเรียนการสอนโดยใช้สถานการณ์จำลองจึงต้องจัดประสบการณ์และกิจกรรมในลักษณะการสร้างสถานการณ์เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและแก้ปัญหา ได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียนหรือนักเรียนกับนักเรียนให้มากขึ้นด้วย (สุภาเพ็ญ จริยะเศรษฐ์,2542,หน้า 193)

## ความรู้เกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ

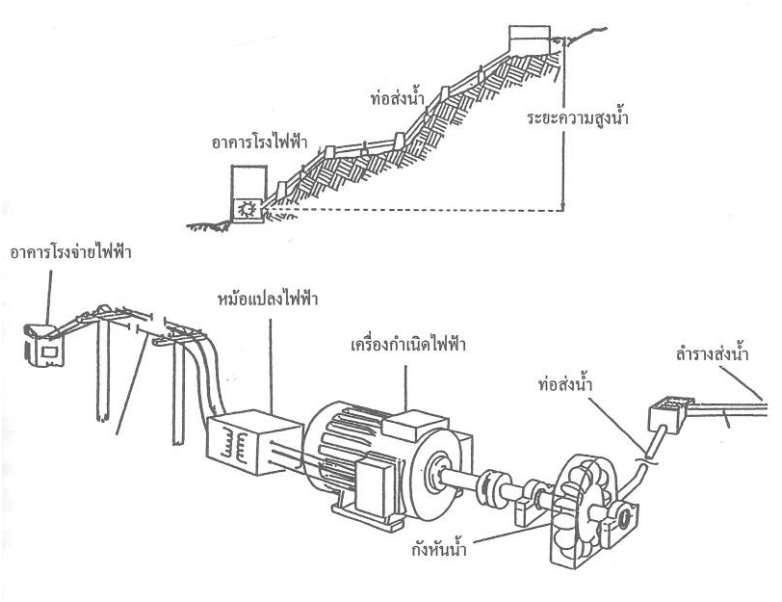
พลังงานน้ำเกิดจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานศักย์จากความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก การนำเอาพลังงานน้ำมาใช้ประโยชน์ทำได้โดยให้น้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ พลังงานศักย์ของน้ำถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนนี้คือ กังหันน้ำ (Turbines) ใช้แรงดันของน้ำหมุนไปผลักดันกังหัน เป็นพลังงานกลที่สามารถควบคุมได้และต่อเพลาเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า (วัฒนา ถาวร. 2546 : 2)

**1. โรงไฟฟ้าพลังน้ำ**

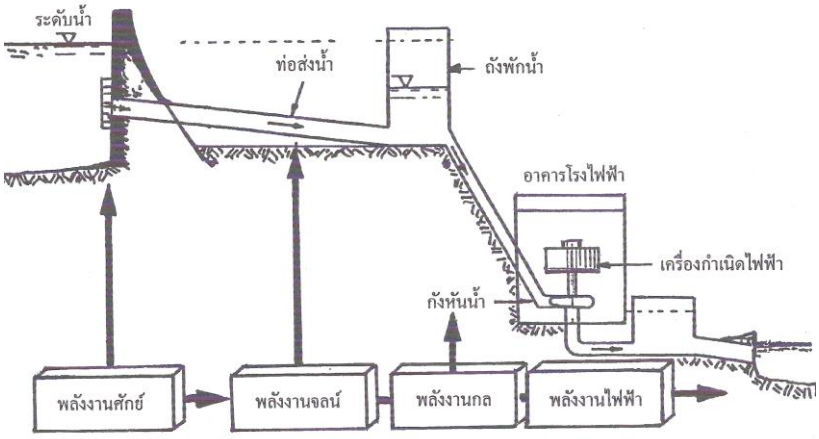
การแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมักจะยึดเอาปริมาณน้ำที่มีอยู่หรือที่ต้องใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำนั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1.1 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (Run of River) โรงไฟฟ้าชนิดนี้ ใช้ประโยชน์ของน้ำที่ไหลตามลำห้วย ลำธาร สร้างเขื่อนเล็กๆหรือฝายขวางลำน้ำ บังคับให้น้ำไหลไปตามท่อ หรือทำรางส่งน้ำ ใช้แรงดันของน้ำซึ่งตกจากตำแหน่งที่สูงมาหมุนกังหันซึ่งต่อกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก ปริมาณน้ำไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล ดังแสดงในภาพที่ 2.1

1.2 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage Regulation Development) เป็นโรงไฟฟ้าขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ และพัฒนาให้เป็นแบบอเนกประสงค์ โรงไฟฟ้าชนิดนี้ใช้เป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า น้ำจะถูกเก็นไว้ในอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนให้มีปริมาณเพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอ ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (วัฒนา ถาวร. 2546 : 61)



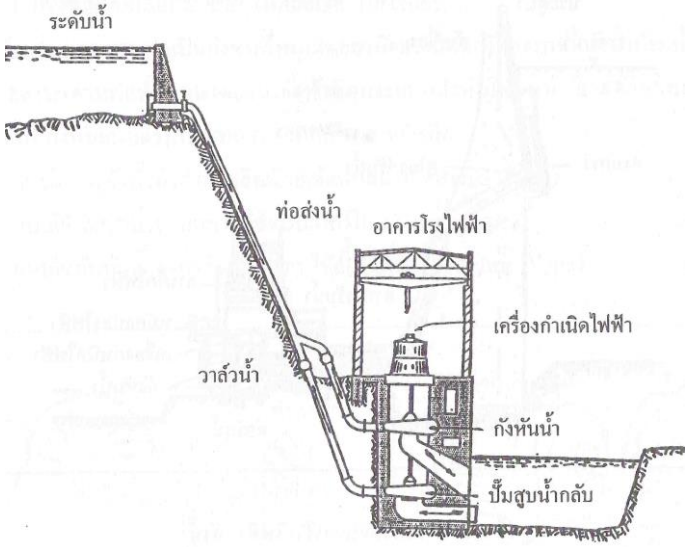

ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2546 : 61)




ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2546 : 62)

1.3 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างบนพื้นฐานความคิดในการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกินเพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่

ค่อนดึกไปแล้วจะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (upper reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (lower reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.3 และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป (วัฒนา ถาวร. 2546 : 61)




ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2546 : 82)

**2. กังหันน้ำ ( Water turbine )**

กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ เพราะกังหันจะเป็นตัวรับการกระทำจากต้นกำลังโดยพลังงานไหลเปลี่ยนเป็นพลังงานกล เพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กังหันน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

2.1 กังหันน้ำแบบรับแรงกระแทก ( Impulse turbine ) กังหันแบบแรงกระแทกเป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงฉีดของน้ำจากท่อส่งน้ำที่รับน้ำจากที่สูง หรือหัวน้ำสูงที่ไหลลงมาตามท่อที่ลดขนาดลงมายังหัวฉีดกระแทกกังหันให้หมุน และต่อแกนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกไป กังหันแบบแรงกระแทกแบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

2.1.1 กังหันเพลตัน ( Pelton type ) ใช้กันมากในกรณีหัวน้ำมีแรงดันสูง ด้วยเหตุนี้ส่วนมากจึงใช้ในแกนนอนแต่มีบางส่วนที่ใช้ในแกนตั้ง ที่ใบพัดจะมีถ้วย ( Bucket ) หลายๆใบติดอยู่กับตัวแกนแผ่นจาน (Disk ) ถ้วยเหล่านี้จะรับน้ำจากหัวฉีด โดยแบ่งน้ำไปทางซ้ายและขวาด้วยสันแนวที่ตรงกลางของถ้วย ถ้วยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบ แบบหนึ่งใช้ติดกับแผ่นจานโดยยึดไว้ด้วยสลักเกลียว อีกวิธีหนึ่งใช้วิธีหล่อติดกับแผ่นจาน ที่ท่อส่งน้ำตรงหัวฉีดจะมีเข็ม ( Needle ) สำหรับปรับปริมาตรของน้ำให้มีความดันมากขึ้นหรือลดลง ทำให้สามารถปรับความเร็วการหมุนของกังหันได้

ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของกังหันน้ำเพลตัน
ที่มา http://www.hydro-energy.com/bilder/produkte/turbinen/pelton turbine.jpg.

2.1.2 กังหันแบงกี (Banki turbine) กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ ( Low head ) และต้องการกำลังผลิตค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจุบันไม่นิยมใช้แล้ว

2.1.3 กังหันเทอร์โก (Turgo turbine) เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพลตัน เมื่อประมาณปี ค.ศ.1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำนี้จะใช้ถ้วยรับน้ำแบบเดี่ยวและค่อนข้างตื้นแทนถ้วยรับน้ำแบบคู่ในกังหันน้ำแบบเพลตันดังแสดงในภาพที่ 2.5 กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (Medium head) เพราะสามารถใช้กับแหล่งน้ำที่ผ่านหัวฉีดซึ่งมีความเร็วไม่มากนักและมีความสามารถในการรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพลตันโดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุด เมื่อความเร็วของการหมุนวงล้อถ้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไปเหมือนกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพลตัน

ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเทอร์โก
ที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/

2.2 กังหันน้ำแบบแรงสะท้อน (Reaction turbine) กังหันน้ำแบบแรงสะท้อนเป็นกังหันที่หมุนโดยอาศัยแรงดันของน้ำ ที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านท้ายของกังหันกระทำต่อใบพัด ระดับด้านท้ายของน้ำจะสูงกว่าระดับบนของปลายท่อปล่อยน้ำออกเสมอ กังหันชนิดนี้เหมาะสมอ่างน้ำ ที่มีความสูงแบบปานกลางและต่ำ กังหันแบบสะท้อนแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

2.2.1 กังหันน้ำฟรานซิส (Frandcis turbine) กังหันน้ำชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถใช้กับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำตั้งแต่ 2 ถึง 300 เมตร หลักการทำงานของกังหันน้ำแบบฟรานซิสคือ น้ำที่ถูกส่งเข้ามาจากท่อส่งน้ำจะไหลสู่ท่อก้นหอยที่ประกอบอยู่รอบๆตัวกังหัน ท่อก้นหอยจะมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดเล็กลงตามความยาวของท่อเพื่อต้องการทำให้น้ำมีแรงดันและความเร็วในการไหลมากขึ้น ภายในท่อก้นหอยจะมีน้ำเต็มอยู่ตลอดเวลา น้ำที่ไหลในท่อก้นหอยจะแทรกตัวผ่านใบพาน้ำ (Guide vane) เพื่อเข้าสู่ตัวกังหันน้ำทำให้วงล้อของกังหันน้ำเกิดการหมุนได้ ใบพาน้ำเข้าสามารถปรับแต่งมุมให้ปิดหรือเปิดได้มากน้อยตามความต้องการ ทำหน้าที่คล้ายหัวฉีดน้ำแบบเพลตัน น้ำซึ่งถ่ายพลังงานจลน์ให้กับใบพัดกังหันน้ำแล้วจะไหลลงสู่ท่อรับน้ำที่อยู่ด้านล่างต่อไป กังหันน้ำแบบฟรานซิสมีทั้งแบบแกนตั้งและแกนนอน ซึ่งการเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดของโรงไฟฟ้าแต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้กันแบบแกนตั้งมากกว่า

ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำฟรานซิส
ที่มา http://www.hydro-energy.com/bilder/produkte/turbinen/frandcis turbine.jpg.

2.2.2 กังหันแบบเดเรียซ (Deriaz turbine) หรือกังหันแบบที่มีการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกน กังหันแบบนี้ใช้กับกรณีที่มีหัวน้ำสูง ส่วนใบพัดจะเคลื่อนที่ได้เมื่อมีน้ำไหลผ่านและลักษณ์คล้ายๆกังหันแบบฟรานซิส

ภาพที่ 2.7 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ
ที่มา http://th.wikipedia.org/wiki/

2.2.3 กังหันแบบคาปลาน (Kaplan turbine) หรือกังหันแบบใบพัด น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหัน ใช้กับงานที่มีหัวน้ำต่ำใบพัดของกังหันคาปลานเป็นใบพัดที่สามารถปรับได้ตามมุมของซี่ใบพัดโดยอัติโนมัติตามแรงอัดหรือแรงฉีดของน้ำโดยจะสัมพันธ์กับความแรงที่หัวฉีดน้ำซึ่งประกอบด้วยลูกเบี้ยว (Cam) ชุดควบคุมความเร็ว (Speed governor) ใบพาน้ำ (Guide vane) และมุมของซี่ใบพัด (Runner blade) (วัฒนา ถาวร. 2546 : 66-68)

ภาพที่ 2.8 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำคาปลาน

ที่มา http://www.hydro-energy.com/bilder/produkte/turbinen/kaplan turbine.jpg.

**3. การเลือกแบบของกังหันน้ำ**

การเลือกแบบของเครื่องกังหันน้ำในขั้นต้น พิจารณาได้จากความสัมพันธ์ของหัวน้ำและกำลังผลิตของกังหันแบบต่างๆ แต่ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย โดยทั่วไป เครื่องกังหันน้ำแบบฟรานซิสก่อสร้างง่าย มีความเชื่อถือสูงจึงนิยมใช้กันมาก ในกรณีที่หัวน้ำสูงมาก โดยทั่วไปใช้แบบเพลตันและหัวน้ำต่ำ นิยมใช้กังหันแบบคาปลาน

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของกังหันกับระดับความสูงหัวน้ำ

| เครื่องกังหันน้ำ | ความสูงหัวน้ำ ( m ) |
|---|---|
| กังหันแบบคาปลาน ( Kaplan turbine) | 1-70 |
| กังหันแบบฟรานซิส ( Francis turbine ) | 15-450 |
| กังหันแบบเพลตัน ( Pelton type) | 150 |

ที่มา (วัฒนา ถาวร, 2546 : 71)

ในการเลือกใช้เครื่องกังหันน้ำอาจเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งก็ได้ ซึ่งควรจะนำมาพิจารณาประกอบได้ดังนี้

3.1 ในกรณีหัวน้ำสูง การเลือกกังหันเพลตันหรือฟรานซิส ควรพิจารณาประกอบ คือ

3.1.1 ค่าระดับน้ำหลากทางท้ายน้ำสูง กังหันน้ำเพลตันไม่สามารถใช้หัวน้ำใต้ระดับของเครื่องกังหันให้เป็นประโยชน์ได้

3.1.2 เมื่อต้องการเดินเครื่องที่มีโหลดต่ออยู่มาก กังหันเพลตันแบบใช้หัวฉีดหลายอันจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่า

3.1.3 กังหันฟรานซิสมีความเร็วรอบสูง และสามารถปรับความเร็วรอบตามขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ทำให้เลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีราคาต่ำได้

3.1.4 ถ้าท่อส่งนำมีความยาวและลาดชันน้อย ควรใช้กังหันเพลตันเพราะค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างท่อส่งน้ำต่ำเนื่องจากความดัน ดันในขณะปิดท่อส่งน้ำในทันทีที่ความดันต่ำ ( Sudden shut down )

3.1.5 ในกรณีที่น้ำไหลช้า มักจะนิยมใช้กังหันเพลตัน เพราะสามารถตรวจสอบใบพัดและบำรุงรักษาได้ง่าย

3.1.6 กังหันฟรานซิสจะมีค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าสูงกว่า เพราะต้องเพิ่มงานชุดมากกว่า แต่ราคาของกังหันฟรานซิสจะถูกกว่ากังหันเพลตัน

3.2 ในกรณีหัวน้ำต่ำ การเลือกกังหันคาปลานหรือกังหันฟรานซิส ควรพิจารณาประกอบคือ

ก) เมื่อหัวน้ำเปลี่ยนแปลงบ่อยๆควรเลือกใช้กังหันคาปลาน

ข) กังหันคาปลานความเร็วสูง ทำให้ราคาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ำ แต่ต้องลดระดับท่อปล่อยน้ำให้ต่ำ ซึ่งทั้งนี้ท่อน้ำเข้ากังหันจะต้องใหญ่ขึ้น จึงทำให้ค่าใช้จ่ายด้านงานโยธาสูงขึ้น

ค) การบำรุงรักษากังหันฟรานซิสง่ายและสะดวกเพราะก่อสร้างแบบง่ายๆราคาของเครื่องกังหันก็ถูกกว่ากังหันคาปลาน (วัฒนา ถาวร, 2546 : 70-72)

**4. หัวน้ำ (Head)**

การใช้เครื่องกังหันน้ำจะต้องคำนึงถึงกำลังผลิตและหัวน้ำรวมทั้งความเหมะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อพิจารณาเลือกเครื่องกังหันน้ำที่เหมาะสม

4.1 หัวน้ำรวม (Gross head) คือความสูงแตกต่างระหว่างระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า

4.2 หัวน้ำสุทธิ (Net head) คือหัวน้ำรวมที่หักค่าสูญเสียทางด้านชลศาสตร์ทั้งหมดแล้ว

4.3 หัวน้ำออกแบบ (Design head) คือหัวน้ำสุทธิที่เครื่องกังหันน้ำเดินเรื่องด้วยประสิทธิภาพสูงสุดในความเร็วที่ออกแบบโดยปกติ หัวน้ำออกแบบจะมีค่าใกล้กับหัวน้ำเฉลี่ย

4.4 หัวน้ำควบคุม (Rated head) คือหัวน้ำที่เครื่องกังหันน้ำเดินเครื่องให้กำลังไฟฟ้าเท่าที่ออกแบบในขณะที่บานประตูเครื่องกังหันน้ำเปิดให้น้ำไหลผ่านเต็มที่

4.5 หัวน้ำต่ำสุด (Minimum head) คือความสูงแตกต่างของระดับน้ำต่ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้าเมื่อเปิดเครื่องกังหันน้ำทุกเครื่องเต็มที่

4.6 หัวน้ำเฉลี่ย (Weight average head) คือความสูงแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ยในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ซึ่งค่าระดับน้ำดังกล่าวเป็นผลจากการเดินเครื่องกังหันน้ำในระยะยาว (วัฒนา ถาวร. 2546 : 72)

จากที่ได้ศึกษาทฤษฎีผู้จัดทำได้เลือกใช้กังหันแบบคาปลานเพราะตรงกับที่ได้ออกแบบไว้คือน้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหัน ใช้กับงานที่มีหัวน้ำต่ำใ บพัดของกังหันคาปลานเป็นใบพัดที่สามารถปรับได้ตามมุมของซี่ใบพัดโดยอัติโนมัติตามแรงอัดหรือแรงฉีดของน้ำโดยจะสัมพันธ์กับความแรงที่หัวฉีดน้ำ

## ทฤษฎีและหลักการคำนวณที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ

ทฤษฎีและหลักการคำนวณเป็นส่วนที่สำคัญที่ต้องใช้ประกอบการสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยมีเนื้อหาต่างๆโดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

**1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า**

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรที่ใช้แปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องกังหันน้ำต่อเข้าหากันเพลาดังกล่าวอาจเป็นแบบ เพลาตั้ง หรือเพลานอนก็ได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบ่งออกเป็นสองส่วนสำคัญดังนี้

1.1 โรเตอร์ (Rotor) เป็นส่วนหมุนของเครื่องอยู่ติดกับเพลาซึ่งเป็นแกนคู่มีขั้วแม่เหล็กหลายชุดวางรอบตัวโรเตอร์ทำจากการนำเอาเหล็กแผ่น ที่ตัดให้มีรูปร่างตามกำหนดมาวางซ้อนประกอบติดกันและมีขดลวดทองแดงพันรอบฝังตัวอยู่ในร่องรอบๆโดยมีฉนวนกั้นระหว่างชั้นของขดลวดคู่ขั้วแม่เหล็กประกอบด้วยขั้วเหนือและขั้วใต้นั้นมีหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก

1.2 สเตเตอร์ (Stator) เป็นส่วนที่อยู่กับที่อยู่ล้อมรอบโรเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กซิลิกอน ภายในมีขดลวดตัวนำฝังอยู่และทำหน้าที่เหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้าขึ้น

เมื่อปล่อยน้ำให้ไปหมุนเครื่องกังหันน้ำ เพลาของโรเตอร์ซึ่งต่อตรงก็จะหมุนตามไปด้วยและในขณะเดียวกัน ขั้วที่อยู่บนโรเตอร์ก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้น สนามแม่เหล็กหมุนตัดผ่านขดลวดที่สเตเตอร์ เกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขึ้นอำนาจสนามแม่เหล็กเกิดจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าตรง (Exciter) ซึ่งอยู่ด้านบนของโรเตอร์ คอยป้อนไฟฟ้ากระแสตรงหล่อเลี้ยงโรเตอร์ ให้มีอำนาจแม่เหล็กอยู่ตลอดเวลาที่ทำการผลิตไฟฟ้า ในกรณีที่เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าต้องรับภาระในการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามากขึ้นโรเตอร์จะต้องใช้แรงมากขึ้น เพื่อที่จะรักษาความเร็วรอบให้

อยู่ในระดับที่เดิม ดังนั้นก็ต้องใช้น้ำมาหมุนเครื่องกังหันน้ำให้มากขึ้น ในทำนองเดียวกันเมื่อภาวะการจ่ายพลังไฟฟ้าน้อยลง โรเตอร์ก็มีแนวโน้มที่จะหมุนเร็วขึ้น ดังนั้น จึงต้องมีเครื่องควบคุมความเร็วที่มีความไวสูง คอยตรวจสอบความเร็วรอบที่ผิดไปจากพิกัด เพื่อที่จะได้เพิ่มหรือลดปริมาณน้ำให้พอดี ที่จะรักษาความเร็วรอบให้หมุนคงที่

**2. กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า**

กำลังไฟฟ้าพลังน้ำ ณ ที่ตั้งหนึ่งๆคำนวณได้จากสูตร

$$P = \rho g Q H \eta \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ

P คือ กำลังไฟฟ้าที่ได้จากน้ำตก, Watt

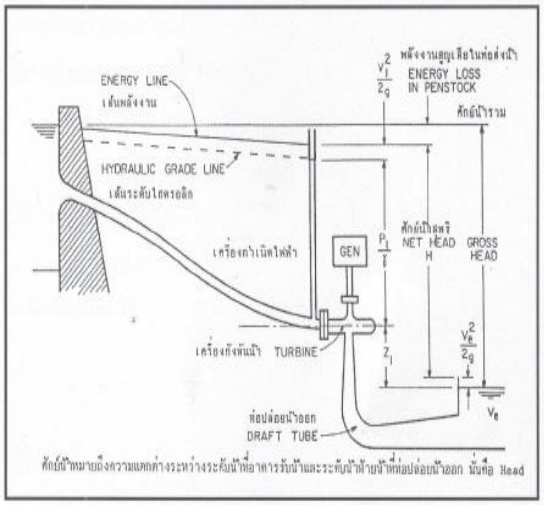
$\rho$ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, $kg/m^3$

g คือ ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก,9.81 $m/s^2$

Q คือ อัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหัน, $m^3/s$

H คือ ความสูงของหัวน้ำ หรือ ศักย์น้ำ, m

$\eta$ คือ ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ปกติอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.9




ภาพที่ 2.9 แสดงศักย์น้ำหรือความสูงของน้ำ

ที่มา ( นระ คมนามูล,2546 : 4 )

**3. การสูญเสียหลัก (Major loss) และการสูญเสียรอง (Minor loss) สำหรับการไหลในท่อ**

การไหลของของไหลในท่อเมื่อใช้ร่วมกับปั๊ม ส่วนใหญ่จะเป็นการไหลแบบเต็มท่อลักษณะของการไหลในท่ออาจจะจำแนกออกได้โดยการพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเมื่อเทียบกับเวลา สถานที่ และแรงเฉื่อย (Force of inertia) ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของของเหลวเมื่อเทียบกับแรงหนืด (Force of viscosity)

การไหลแบ่งออกได้ 2 แบบหลักๆ คือ

- การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ลักษณะของการไหลจะเป็นการเคลื่อนที่ของของไหลเป็นเส้นตรงขนานกันไปเป็นชั้นๆซึ่งความเร็วของแต่ละชั้นไม่แตกต่างกันมากนัก

- การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) การเคลื่อนที่ของของไหลไม่เป็นระเบียบ มีการไหลวน ความเร็วและทิศทางแตกต่างกันมากการที่จะบอกว่าของของไหลที่ไหลในท่อนั้น เป็นการไหลแบบราบเรียบ หรือการไหลแบบปั่นป่วนให้พิจารณาจากค่าของ Reynolds Number,Re

$$Re = \frac{\rho VD}{\mu} \qquad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ

Re คือ ค่าของเรย์โนลด์นัมเบอร์

$\rho$ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, $kg/m^3$

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของของไหลในท่อ, m/s

D คือ ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, m

$\mu$ คือ ค่าความหนืดของของไหล, $N - s/m^2$

สำหรับค่าของเรย์โนลด์นัมเบอร์นั้น เป็นตัวเลขที่ไม่มีหน่วย ใช้กำหนดชนิดของของไหลว่าจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ การไหลแบบเปลี่ยนแปลง หรือ การไหลแบบปั่นป่วนดังนี้

Re $<$ 2,000 เป็นการไหลแบบราบเรียบ

Re $>$ 2,000 เป็นการไหลแบบปั่นป่วน

3.1 การสูญเสียหลัก ( Major Losses,hf ) คือการสูญเสียในรูปของความดันที่สูญเสีย สำหรับการไหลแบบปั่นป่วนภายในท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดคงที่จะได้

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \qquad \text{.....( 2.3 )}$$

เมื่อ

f คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของของไหล

hf คือ การสูญเสียหลัก, m

L คือ ความยาวของท่อ, m

โดยสามารถหาค่าของ f ได้จากการนำค่าของ Re และค่าของ $\varepsilon / D$ ไปเปิดหาค่า f จากตาราง Moody diagram

เมื่อ

$\varepsilon$ คือ ความขรุขระของผิงท่อ , mm

3.2 การสูญเสียรอง( Minor Losses, hm ) คือ การสูญเสียในกรณีที่ผ่านข้อต่อ ( Fitting ) ชนิดต่างๆ หรือกรณีการไหลผ่านท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดที่ไม่คงที่ค่าการสูญเสียนี้เมื่อเทียบกับการสูญเสียหลักแล้วจะน้อยกว่า

$$hm = Km \times \frac{V^2}{2g} \qquad \text{.....( 2.4 )}$$

เมื่อ

hm คือ การสูญเสียรอง, m

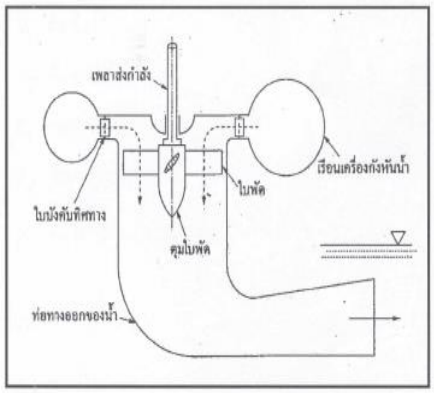
Km คือ สัมประสิทธิ์ของการสูญเสีย

**4. หลักการคำนวณของกังหันแบบคาปลาน**

ส่วนประกอบหลักของกังหันแบบคาปลาน คือ ใบพัด เรือนเครื่องกังหันน้ำ ใบพาน้ำและท่อทางออกของน้ำ เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ใบพาน้ำจะไหลในแนวตั้งฉากกับแกนหมุน แต่เมื่อน้ำไหลเข้าสู่ใบพัดน้ำจะมีการไหลตามแนวแกนหมุนตามภาพที่ 2.10

จำนวนใบพัดของกังหันน้ำแบบคาปลานจะอยู่ระหว่าง 3-6 ใบ ซึ่งใบพัดจะทำจากเหล็กกล้าไม่เป็นสนิมและยึดติดอยู่กับดุมใบพัด( Hub ) เครื่องกังหันน้ำนี้สามารถทำงานสูงกว่าสภาวะทำงานเต็มที่ถึง 15 – 20 เปอร์เซ็นต์ โดยการเปลี่ยนมุมใบพัดจะทำให้ไดอะแกรมความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออกจากใบพัดเปลี่ยนแปลงไป โดยกังหันแบบคาปลานส่วนมากจะมีมุมอยู่ระหว่าง 20-60 องศา ภาพที่ 2.10แสดงลักษณะของกังหันแบบคาปลาน

การคำนวณหากำลังที่ผลิตได้ ประสิทธิภาพ และตัวแปรอื่นๆ ของเครื่องกังหันน้ำชนิดคาปลานจะทำได้ดังนี้

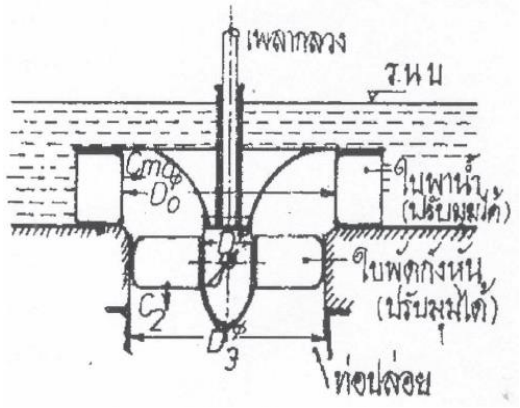



ภาพที่ 2.10 แสดงส่วนประกอบหลักของกังหันแบบคาปลาน

ที่มา ( นระ คมนามูล,2546 : 81 )

**5. การหาขนาดของใบกังหัน**

ในการออกแบบใบกังหันสามารถคำนวณขนาดต่างๆ ของใบกังหันได้ดังสมการต่อไปนี้




ภาพที่ 2.11 แสดงการบอกขนาดของใบกังหัน

ที่มา ( บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ,2523 : 37 )

การหาความเร็วของลำน้ำที่ท่อทางออก

$$\frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 = \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Z2 \qquad \text{.....( 2.5 )}$$

เมื่อ

P1 คือ ค่าความดันที่จุดที่ 1, $kN/m^2$

P2 คือ ค่าความดันที่จุดที่ 2, $kN/m^2$

V1 คือ ค่าความเร็วที่จุดที่ 1,m/s

V2 คือ ค่าความเร็วที่จุดที่ 2,m/s

Z1 คือ ค่าความสูงที่พิจารณาที่จุดที่ 1,m

Z2 คือ ค่าความสูงที่พิจารณาที่จุดที่ 2,m

$\gamma$ คือ ความหนาแน่นจำเพาะของน้ำ, $kN/m^3$

การหาพื้นที่ จากรูปที่ 2.8 จะได้

$$A2 = \frac{Q}{V2} \qquad \text{.....( 2.6 )}$$

เมื่อ

A2 คือ พื้นที่ที่ท่อทางออกของลำน้ำ, $m^2$

**6. อัตราส่วนการทำงานที่สำคัญ**

n คือ อัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดุมใบพัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัดจะมีค่าประมาณ 0.25 – 0.6

$$n = \frac{Dn}{D3} \qquad \text{.....( 2.7 )}$$

เมื่อ

Dn คือ เส้นผ่านศูนย์กลางดุมใบกังหัน, m

D3 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหัน, m

เมื่อได้ค่าของพื้นที่ที่ท่อทางออกของของไหลแล้วก็สามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันได้ดังนี้

$$A2 = \frac{\pi}{4}( D3^2 - Dn^2 )$$

$$A2 = \frac{\pi}{4}\left(\frac{21}{25} \times D3^2\right), \text{(เลือกใช้ n เท่ากับ 0.4)} \qquad \text{.....( 2.8 )}$$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของตัวใบกังหัน

$$Dadv = \frac{D3 + Dn}{2} \qquad \text{.....( 2.9 )}$$

เมื่อ

Dadv คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยใบกังหัน, m ( บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ,2523 : 37 )

**7. ความเร็วของใบพัด**

ความเร็วของใบพัด u จะแปรเปลี่ยนไปตามรัศมีของตำแหน่งที่ต้องการความเร็วจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปยังขอบของใบพัดซึ่งจะมีความเร็วสูงสุด โดยที่

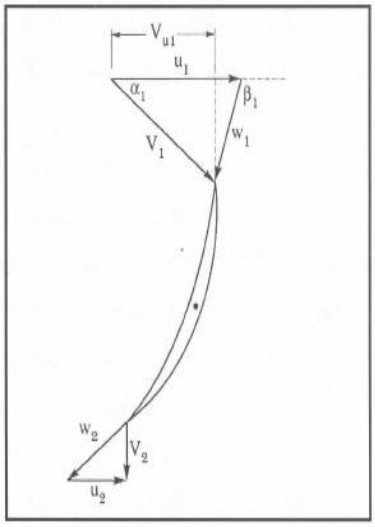
$$u = \frac{\pi DN}{60} \qquad \text{.....( 2.10 )}$$

$$u = \varnothing\sqrt{2gH} \qquad \text{.....( 2.11 )}$$

เมื่อ

N คือ ความเร็วรอบ, rpm

$\varnothing$ คือ อัตราส่วนความเร็วสำหรับกังหันแบบคาปลานเท่ากับ 1.5 – 3.0




ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะของมุมใบพัด

ที่มา (http:// doi.eng.cmu.ac.th/microhydro/ 5 ตุลาคม 2550 )

**8. ควาเร็วจำเพาะของเครื่องกังหันน้ำ**

ตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งของกังหันน้ำคือ ความเร็วจำเพาะ ( Specific speed ) ซึ่งเป็นตัวแปรในการกำหนดลักษณะต่างๆของเครื่องกังหันน้ำในการออกแบบ โดยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆดังนี้

$$Ns = \frac{30,800}{3.28H + 32} + 154 \qquad \text{.....( 2.12 )}$$

เมื่อ

Ns คือ ความเร็วจำเพาะ

โดยค่าของความเร็วจำเพาะสำหรับเครื่องกังหันน้ำชนิดต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่2.2 ความเร็วจำเพาะสำหรับเครื่องกังหันน้ำชนิดต่างๆ

| ชนิดของเครื่องกังหัน | ความเร็วจำเพาะ(rpm) | | |
|---|---|---|---|
| | ช้า | ปานกลาง | เร็ว |
| เพลตัน | 4-15 | 16-30 | 31-70 |
| ฟรานซิส | 60-150 | 151-250 | 251-400 |
| คาปลาน | 300-450 | 451-700 | 701-1,100 |

ที่มา (สมเกียรติ บุญณสะ,2543 : 452)

**9. การออกแบบเพลา**

เพลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลังมีหลายประเภท เช่น สตัปชาฟ (Stub shaft) หรือบางครั้งเรียกเฮดชาฟ (Head shaft) เป็นเพลาที่ติดเป็บชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังต่างๆมีขนาดรูปร่างและส่วนยื่นออกมาสำหรับใช้ต่อกับเพลาอื่นๆ เพลาแนว (Line shaft) หรีเพลาส่งกำลัง (Power transmission shaft) หรือเพลาเมน (Main shaft) เป็นเพลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลังใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกล เพลาอาจจะรับแรงดึงแรงกดแรงอัดหรือแรงหลายอย่างรวมกันก็ได้ดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ความเค้นผสมเข้าช่วย แรงเหล่านี้ยังอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้เพลาเสียหายเพราะความล้าได้ฉะนั้นจึงต้องออกแบบเพลาให้มีความแข็งแรงเพียงพอสำหรับการใช้งาน นอกจากนั้นเพลายังต้องมีความแข็งแกร่งเพียงพอ เพื่อลดมุมบิดภายในเพลาให้อยู่ในขีดจำกัดที่พอเหมาะ

9.1 วัสดุเพลา วัสดุที่ใช้ทำเพลาทั่วไปคือเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษมักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 3140 4150 4340 เป็นต้น เพลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตรมักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

9.2 ขนาดของเพลา เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเดียวกับองค์การมาตรฐานระหว่าประเทศ จึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลาซึ่งเป็นขนาดระบุ (Nominal size) ใน ISO/R 775-1969 เอาไว้สำหรับให้ผู้ออกแบบเลือกใช้ เพื่อให้สามารถเลือกซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วย

9.3 ความเร็ววิกฤตเพลาในทางปฏิบัติแล้วจุดศูนย์ถ่วงของเพลาจะอยู่เยื้องจากแกนศูนย์กลางการหมุนของเพลาทั้งนี้เนื่องมาจาก

9.3.1 ในการผลิตเพลามวลมิได้กระจายออกไปรอบแกนหมุนอย่างสม่ำเสมอ

9.3.2 น้ำหนักของเพลา เฟือง ล้อสายพาน ทำให้เกิดระยะโก่งในขณะที่ยังไม่หมุนเมื่อเพลาเริ่มหมุนเร็วขึ้น พลังงานจลน์ของมวลจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งมีค่าเท่ากับพลังงานศักย์ของเพลาที่ทำให้เกิดระยะโก่งของเพลาในขณะอยู่นิ่ง ซึ่งจะเป็นผลให้เพลาเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ความเร็วของเพลาในขณะที่เกิดปรากฏการเช่นนี้ เรียกว่า ความเร็ววิกฤต (Critical speed)

9.4 การพิจารณาในการออกแบบเพลา การคำนวณหาขนาดของเพลาที่พอเหมาะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ในบางครั้งการหาขนาดเพลาเพื่อให้เพลาทนต่อแรงที่มากระทำอย่างเดียวไม่เป็นการเพียงพอ เช่น ในกรณีของเพลาลูกเบี้ยว (Cam shaft) ในเครื่องยนต์สันดาปภายในต้องการให้มีตำแหน่งที่เที่ยงตรงดังนั้นมุมบิดที่เกิดขึ้นในขณะใช้งาน จะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ เป็นต้น นั่นคือเพลาจะต้องมีความแข็งแกร่งอยู่ในพิกัดที่ต้องการถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจจะก่อให้เกิดความสั่นสะเทือนซึ่งมีผลทำให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น การออกแบบเพลาภายใต้แรงกระทำที่เปลี่ยแปลง โดยคิดถึงแรงที่เปลี่ยนแปลงสามารถกระทำได้ตามวิธีทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดเมื่อความแข็งแกร่งทางด้านการบิด สำหรับเพลาที่มีขนาดสม่ำเสมอค่าความเค้นเฉือนในการออกแบบนอกจากนี้โค้ดของ ASME ยังได้ระบุเอาไว้ว่าเพลาซึ่งมีใช้อยู่ในงานธรรมดาทั่วไป ควรจะมีค่าความคันเฉือนใช้งานดังนี้

$\tau_d = 55\ N/mm^2$ สำหรับเพลาที่ไม่มีร่องลิ่ม

$\tau_d = 41\ N/mm^2$ สำหรับเพลาที่มีร่องลิ่ม

9.5 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับใบกังหันได้จาก

$$F = \frac{W}{u} \qquad \text{.....( 2.13 )}$$

เมื่อ

W คือ กำลังงานที่ต้องการ, Watt

u คือ ความเร็วใบกังหัน, m/s

9.6 การคำนวณหาแรงบิดที่กระทำกับเพลา

$$T = FR \qquad \text{.....( 2.14 )}$$

เมื่อ

F คือ แรงที่กระทำกับใบกังหัน,N

R คือ รัศมีของเฉลี่ยของใบกังหัน,m

9.7 การคำนวณหาขนาดของเพลา

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau d}\left[(CtT)^2+(CmM)^2\right]^{1/2} \qquad \text{.....( 2.15 )}$$

เมื่อ

Cm คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

Ct คือ ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

9.8 การหาโมเมนต์บิดสูงสุดที่เพลาสามารถส่งได้

$$T_{max} = \tau \frac{\pi d^3}{16} \qquad \text{.....( 2.16 )}$$

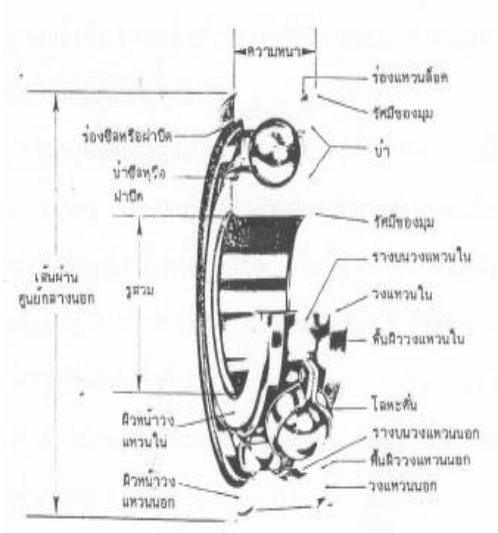
เมื่อ

$T_{max}$ คือ โมเมนต์บิดสูงสุด,N.m

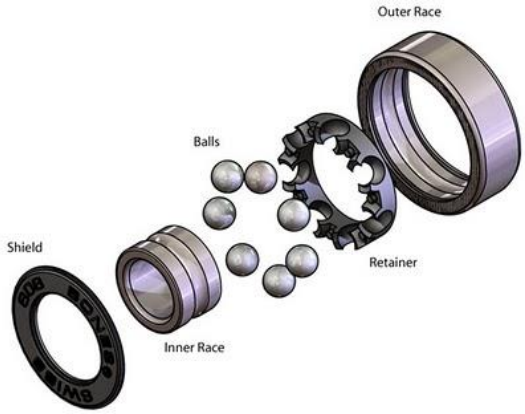
d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา,mm

**10. การออกแบบแบริ่ง (Bearing)**

แบริ่งในที่นี้หมายถึงโรลลิ่งแบริ่ง (Rolling bearings) ซึ่งเป็นแบริ่งชนิดที่รับแรงโดยอาศัยชิ้นส่วนของแบริ่งที่มีลักษณะเป็นผิวสัมผัสแบบกลิ้ง (Rolling contact) แทนที่จะเป็นผิวสัมผัสแบบเลื่อน (Sliding contact) เนื่องจากบิ่งชนิดนี้มีค่าความเสียดทานน้อยมากดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งที่นิยมใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรมว่าแบริ่งลดแรงเสียดทาน (Antifriction bearing) ตัวอย่างเช่น บอลแบริ่ง (Ball bearing) หรือตลับลูกปืน ดังภาพที่ 2.13



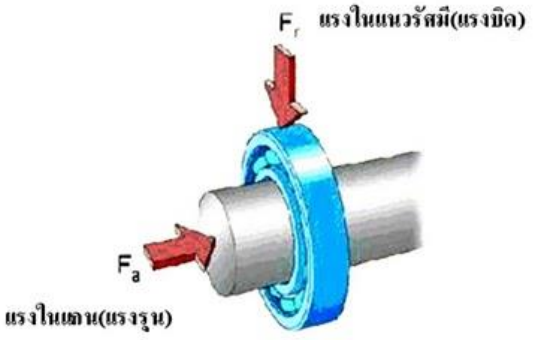

ภาพที่ 2.13 ส่วนต่างๆของบอลแบริ่ง
ที่มา (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และคณะ,2535 : 144)




ภาพที่ 2.14 องค์ประกอบหลักของ Bearing
ที่มา (http://th.wikipedia.org/wiki/)

10.1 บอลแบริ่ง (Ball bearing) หรือตลับลูกปืน ตลับลูกปืน คือ ชิ้นส่วนเครื่องกลที่ใช้รองรับเพลา เพื่อให้เพลารับภาระให้หมุนได้เป็นไปอย่างราบรื่นปลอดภัยและมีอายุการใช้งานทนนาน นอกจากนี้จะต้องมีความแข็งแกร่งและเที่ยงตรง ตลับลูกปืนเหมาะสำหรับรับภาระที่ไม่มาก ถ้าใช้ในงานที่มีความเร็วต่ำ อายุการใช้งานของตลับลูกปืนก็จะสูงขึ้น ในช่วงเริ่มหมุนจะมีความฝืดน้อย จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นชิ้นส่วนที่ไม่มีความฝืด (Antifriction) แต่ที่จริงแล้วความฝืดเกิดจากการต้านทานการกลิ้งระหว่างเม็ดลูกปืนนอกจากนี้ยังเกิดจากแรงเฉือนของสารหล่อลื่น ตลับลูกปืนมีอยู่

หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละลักษณะ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 2 ชนิดใหญ่ๆคือ




ภาพที่ 2.15 แรงในแนวรัศมีและแรงรุน
ที่มา (http://th.wikipedia.org/wiki/)

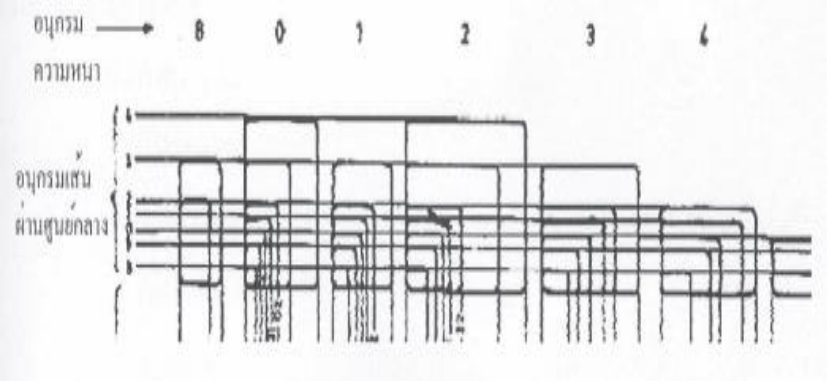
10.1.1 บอลแบริ่งเหมาะสำหรับแรงในแนวรัศมีภาระไม่สูงมากเกินไป

10.1.2 โรลเลอร์แบริ่งเหมาะสมสำหรับแรงในแนวรัศมีมีภาระสูง

โดยในที่นี้ขอเลือกใช้ บอลแบริ่งเพราะสามารถรับแรงในแนวรัศมีไม่สูงมากเกินไป เครื่องย่อยใบไม้และกิ่งไม้ขนาดเล็กนั้นจะใช้วงนอกเป็นตัวที่ยึดอยู่กับแปลนเหล็กหล่อ ส่วนวงในนั้นจะไว้สำหรับยึดติดกับเพลาสามารถหมุนได้โดยดูได้จากภาพที่ 2.13

10.2 มิติมาตรฐานของแบริ่ง การกำหนดมาตรฐานของแบริ่ง ทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตแบริ่งได้ในราคาถูกลงทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้สะดวก ทำให้การดูแลรักษากระทำได้ง่ายขึ้น มาตรฐานนี้จะบอกถึงมิติภายนอกของแบริ่ง คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก-ภายในและความหนา ส่วนมิติภายในของแบริ่งให้เป็นไปตามผู้ผลิตออกแบบ

มาตรฐานดังกล่าวนี้จะเห็นได้จากภาพที่ 2.14 ซึ่งประกอบด้วยอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter series) เรียงจากเบอร์ 8,9,0,1,2,3 และ 4 โดยที่อนุกรม 8 มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดและอนุกรม 4 มีขนาดศูนย์กลางที่โตที่สุด ส่วนความหนาบอกได้โดยอนุกรมความหนา (Width series) เรียงจากเบอร์ 8 0 1 2 3 4 5 และ 6 โดยที่อนุกรม 8 บางที่สุด และอนุกรม 6 หนาที่สุด ดังนั้นมาตรฐานของแบริ่งจึงบอกได้โดยรวมเบอร์ของอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลางกับอนุกรมความหนาเข้าด้วยกันเรียกว่าอนุกรมมิติ (Dimension series) โดยเลขตัวแรกแทนอนุกรมความหนาและเลขตัวที่สองแทนอนุกรมเส้นผ่านศูนย์กลาง




ภาพที่ 2.16 ขอบเขตของมิติสำหรับอนุกรมของแบริ่งแบบต่างๆ
ที่มา (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และคณะ,2535 : 153)

10.3 อายุใช้งานของแบริ่ง แบริ่งที่ได้รับการติดตั้งและหล่อลื่นอย่างดี ตลอดจนดูแลรักษาให้ปราศจากฝุ่นหรือผงต่างๆ และไม่อยู่ภายใต้การกระทำทีมีค่าสูงมากจนเกินความสามารถที่แบริ่งจะรับไว้ได้แล้วแบริ่งจะเสียหายเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นในวัสดุแบริ่งเท่านั้น ดังจะเห็นได้ว่าแบริ่งที่เสียจะมีเศษผงโลหะหลุดออกมาเป็นจำนวนมากทั้งนี้เพราะพื้นที่สัมผัสระหว่างลูกกลิ้ง และวงแหวนมีค่าน้อยดังนั้นความเค้นที่เกิดขึ้นในลูกกลิ้งหรือวงแหวนจึงมีค่าสูง ในขณะลูกกลิ้งหมุนไปรอบวงแหวนวัสดุส่วนที่รับแรงของแบริ่งจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่มีค่าเปลี่ยนจากศูนย์ไปยังค่าสูงสุดแล้วกลับลงมาเป็นศูนย์ (Endurance limit) ของวัสดุแบริ่ง ดังนั้นจึงเกิดความเสียหายขึ้นโดยความล้าซึ่งก็แสดงว่าอายุการใช้งานของแบริ่งมีระยะเวลาจำกัด ขึ้นอยู่กับค่าความเค้นที่กระทำ

การประเมินค่าอายุการใช้งานของแบริ่ง ได้ตั้งนิยามและวิธีเลือกใช้แบริ่ง ซึ่งมีดังต่อไปนี้

10.3.1 อายุแบริ่ง หมายถึง จำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ ซึ่งแบริ่งจะหมุนดุมได้ก่อนที่จะเกิดความล้าขึ้นในวงแหวน หรือลูกกลิ้ง

10.3.2 อายุประเมินของแบริ่ง หมายถึง จำนวนรอบ หรือจำนวนชั่วโมงที่ความเร็วคงที่ซึ่งแบริ่ง 90 % สามารถได้โดยไม่เกิดความเสียหายจากการล้า

10.3.3 แรงสถิตประเมิน หมายถึง แรงในแนวรัศมีที่ทำให้เกิดระยะยุบตัวของลูกกลิ้งและวงแหวนรวมกันเท่ากับ 0.00001 เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง

10.3.4 แรงพลวัตประเมิน หมายถึง แรงเนื่องจากการส่งกำลัง

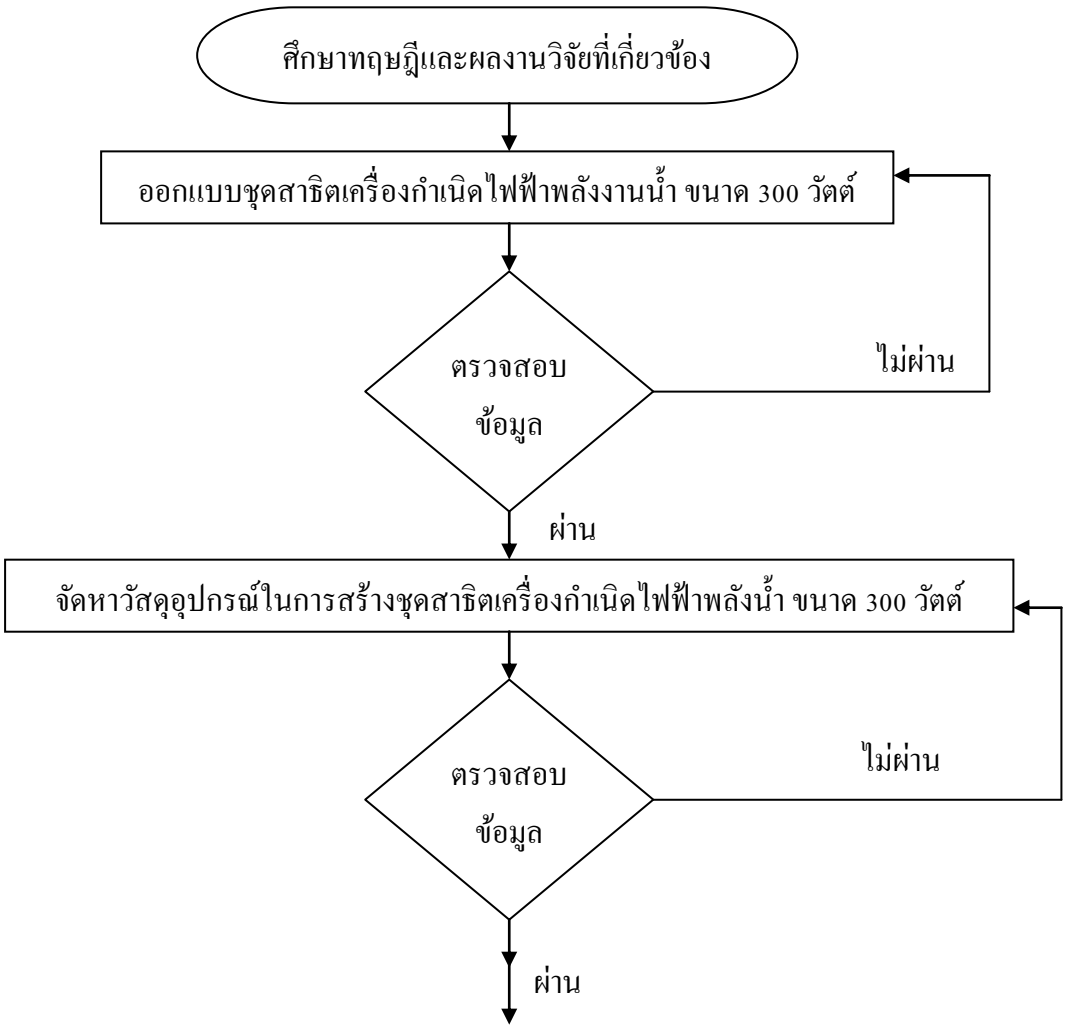
10.3.5 แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งแบริ่งโดยวงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกที่อยู่นิ่งแล้ว จะทำให้แบริ่งมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุการใช้งานของแบริ่งที่รับแรงสมจริง

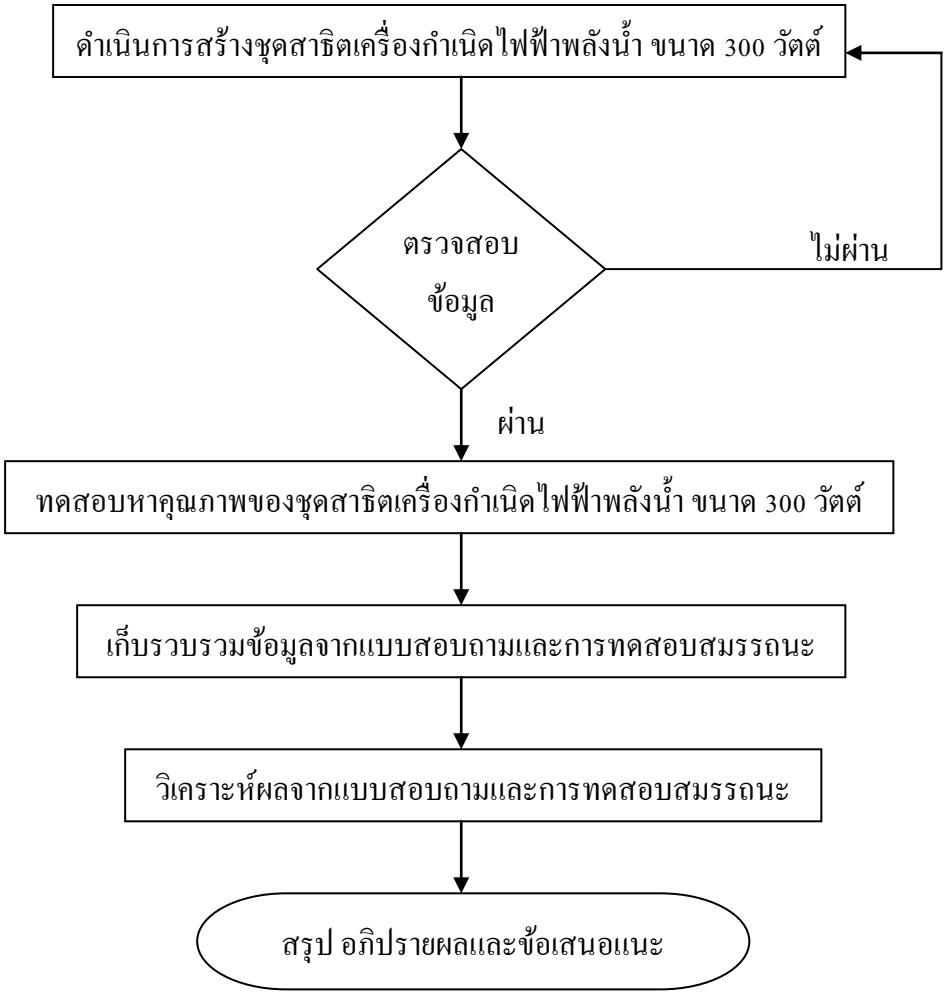
# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้กล่าวถึง ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย การสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 300 วัตต์ โดยการออกแบบชุดสาธิต การสร้าง การใช้งานวิธีการทดสอบ และหลักการทำงาน ตลอดจนถึงแผงควบคุมการทำงาน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบการสร้าง และวางระบบการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

## ขั้นตอนการดำเนินงานโครงการ

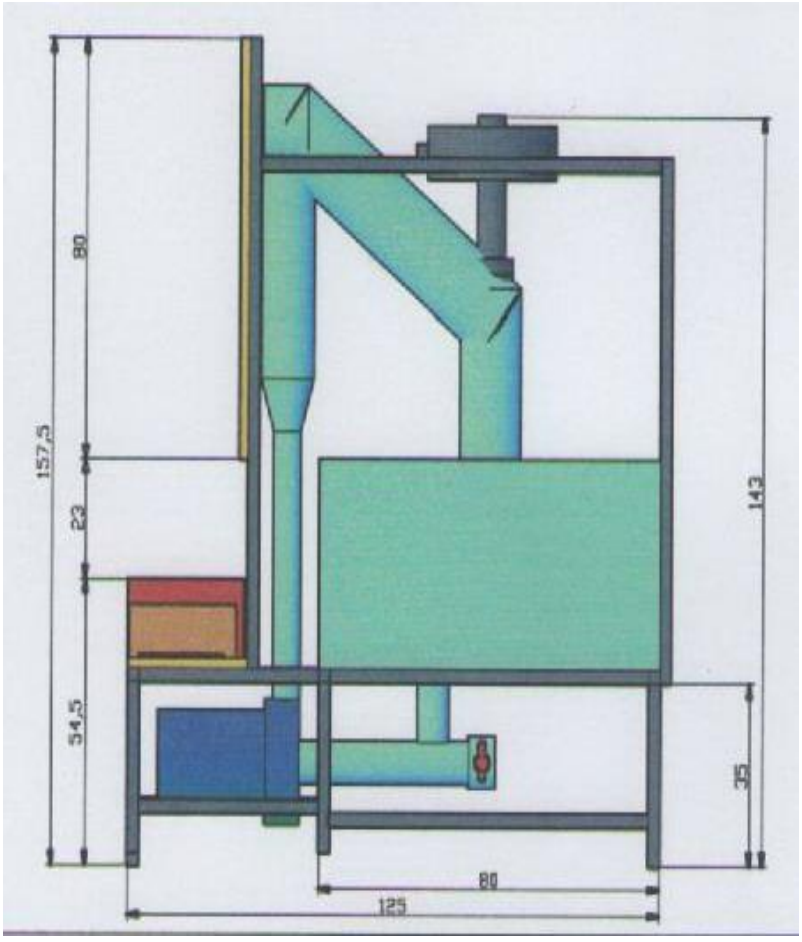





ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

## ศึกษาทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการออกแบบชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบใบกังหันและการสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้อาศัยหลักการและต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กังหันแบบคาปลาน ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปมาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์



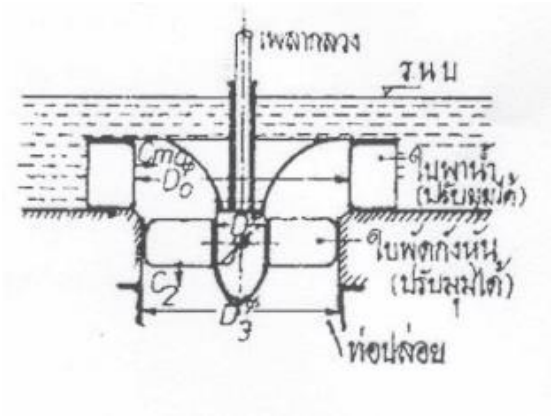

ภาพที่ 3.2 แสดงแบบร่างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์

## การออกแบบและการคำนวณชิ้นส่วนที่สำคัญ

การออกแบบและการคำนวณค่าต่างๆในชิ้นส่วนที่สำคัญของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

**การออกแบบใบกังหัน**

ในการออกแบบใบกังหันได้ใช้ใบกังหันมุม 30 องศา โดยใบกังหันมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางดุมเท่ากับ 40 mm. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูสวมเพลาเท่ากับ 8 mm. มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหัน 110 mm. และใบกังหันมีความสูงเท่ากับ 50 mm. ดังภาพที่ 3.3




ภาพที่ 3.3 แสดงลักษณะของใบกังหัน

การคำนวณหาขนาดของใบกังหัน

หาอัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันได้จากสมการที่ 2.1

$$Q = \frac{P}{\rho g H \eta}$$

เมื่อ $P = 300$ watt

$\rho = 1000$ kg/m$^3$

$g = 9.81$ m/s$^2$

$H = 16$ m

$\eta = 0.2$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$Q = \frac{300 \text{ watt}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 16 \text{ m} \times 0.2}$$

$Q = 0.00955$ m$^3$/s

อัตราการไหลของน้ำผ่านเครื่องกังหันจะเท่ากับ 0.00955 m$^3$/s

เมื่อได้ค่าอัตราการไหลของน้ำผ่านใบกังหันแล้วก็สามารถที่จะคำนวณหาความเร็วของลำน้ำได้จากสมการที่ 2.5

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

เมื่อ $P_1 = 0$ (เปิดสู่บรรยากาศ)

$P_2 = 0$ (เปิดสู่บรรยากาศ)

$V_1 = 0$ (เนื่องจากระดับน้ำลดลงช้ามาก)

$Z_1 = 1.59$ m.

$Z_2 = 0$ (เป็นจุดที่พิจารณา)

แทนค่าลงในสมการจะได้

$$0 + 0 + 1.59 = 0 + \frac{V_2^2}{2\times 9.81} + 0$$

$$V_2 = \sqrt{2 \times 9.81 \text{m/s}^2 \times 1.59 \text{ m}}$$

$$V_2 = 5.585 \text{ m/s}$$

ความเร็วของลำน้ำเท่ากับ 5.585 m/s

เมื่อได้ค่าของอัตราการไหลและค่าของความเร็วของลำน้ำที่ไหลผ่านใบกังหันแล้วจากนั้นคำนวณหาค่าพื้นที่ที่ท่อทางออกของลำน้ำ จากสมการที่2.6

$$A_2 = \frac{Q}{V_2}$$

เมื่อ $Q = 0.00955 \text{ m}^3/\text{s}$

$V_2 = 5.585$ m/s

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$A_2 = \frac{0.00955 \text{ m}^3/\text{s}}{5.585 \text{ m/s}}$$

$$A_2 = 0.0017 \text{ m}^2$$

พื้นที่ที่ท่อทางออกของลำน้ำเท่ากับ $0.0017 \text{ m}^2$

เมื่อได้ค่าของพื้นที่ที่ท่อทางออกของลำน้ำก็สามารถที่จะคำนวณหาค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหัน ได้จากสมการที่ 2.8

$$A_2 = \frac{\pi}{4}\left(\frac{21}{25} \times D_3^2\right)$$

แทนค่า A2 ในสมการจะได้

$$0.0017\ m^2 = \frac{\pi}{4} \times \frac{21}{25} \times D_3^2$$

$$D_3 = 0.0507\ m$$

$$D_3 = 50.7\ mm$$

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหัน เท่ากับ 50.7 mm

คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางดุมใบกังหัน โดยเลือกใช้อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางดุมใบพัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัด(n) เท่ากับ 0.4 ซึ่งอยู่ระหว่างค่าประมาณ 0.25-0.6 จากสมการที่ 2.7

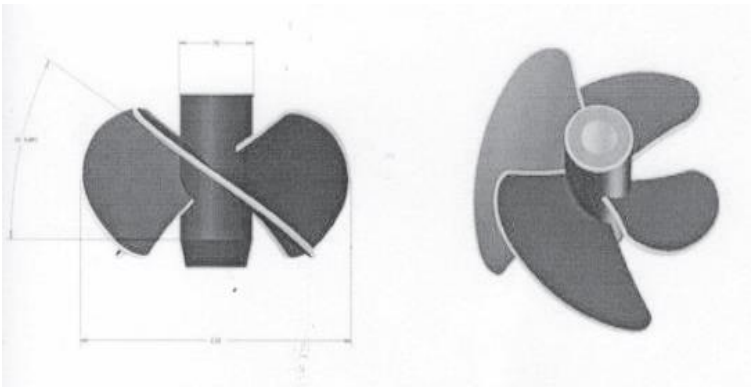
$$D_n = 0.4 \times D_3$$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$D_n = 0.4 \times 50.7\ mm$$

$$D_n = 20.28\ mm$$

การคำนวณหาขนาดของใบกังหันจะเห็นได้ว่า ได้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางดุมของใบกังหันเท่ากับ 20.28 mm. และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบกังหันที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 50.7 mm. แต่ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางดุมของใบกังหันที่เลือกใช้ในการสร้างจะเท่ากับ 40 mm.และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางใบกังหันเท่ากับ 110 mm. ทั้งนี้ก็เพราะต้องการให้ระยะห่างระหว่างใบกังหันกับตัวโครงของตัวใบพาน้ำ มีระยะห่างกันให้น้อยที่สุดเพื่อที่จะได้ไม่ให้น้ำไหลออกไปโดยไม่ปะทะกับใบกังหันและอีกสิ่งหนึ่งก็เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับน้ำของใบกังหันด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของใบกังหันที่ได้ออกแบบ

หาอัตราส่วนการทำงาน จากสมการที่ 2.7

$$n = \frac{D_n}{D_3}$$

เมื่อ $D_3 = 110$ mm

$D_n = 40$ mm

แทนค่าที่ได้ลงในสมการ

$$n = \frac{40 \text{ mm}}{110 \text{ mm}}$$

$$n = 0.363$$

จากการคำนวณหาอัตราส่วนการทำงานจะเห็นได้ว่าได้ค่าอัตราส่วนการทำงานอยู่ระหว่างค่าประมาณ 0.25 – 0.6

การคำนวณหาขนาดของเพลา

หาค่าความเร็วของใบพัด จากสมการที่ 2.11

$$u = \varnothing\sqrt{2gH}$$

เมื่อ $\varnothing = 1.5$ (โดยการเลือกใช้ค่าระหว่าง 1.5 – 3.0 )

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$u = 1.5 \times \sqrt{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 16 \text{ m}}$$

$$u = 26.576 \text{ m/s}$$

ความเร็วของใบพัดเท่ากับ 26.576 m/s

คำนวณหาความเร็วจำเพาะของเครื่องกังหันน้ำจากสมการที่ 2.12

$$N_s = \frac{30{,}800}{3.28H + 32} + 154$$

เมื่อ $H = 16$ m

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$N_s = \frac{30{,}800}{(3.28 \times 16) + 32} + 154$$

$$N_s = 518.583$$

ความเร็วจำเพาะของเครื่องกังหันน้ำมีค่าเท่ากับ 518.583 ซึ่งอยู่ในช่วงของความเร็วจำเพาะที่เหมาะสมของกังหันน้ำชนิดคาปลาน นั่นคือ 250 – 1,025 ดังตารางที่ 2.3

แรงที่มากระทำกับใบกังหันคำนวณได้จากสมการที่2.13

$$F = \frac{W}{u}$$

เมื่อ $W = 300$ watt

$u = 26.576$ m/s

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$F = \frac{300 \text{ N.m/s}}{26.576 \text{ m/s}}$$

$$F = 11.288 \text{ N}$$

แรงที่กระทำกับใบกังหันเท่ากับ 11.288 N

เมื่อได้ค่าของแรงที่กระทำกับใบกังหันแล้วสามารถหาค่าแรงบิดได้จากสมการที่ 2.14

$$T = FR$$

เมื่อ $F = 11.288$ N

$R = 0.15$ m (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ; $\frac{D_{adv}}{2}$)

แทนค่าที่ได้ลงในสมการจะได้

$$T = 11.288 \text{ N} \times 0.15 \text{ m}$$

$$T = 1.6932 \text{ N.m}$$

จะได้ค่าแรงบิดมีค่าเท่ากับ 1.6932 N.m

เมื่อได้ค่าของแรงบิดแล้วก็สามารถที่จะคำนวณหาขนาดของเพลาได้จากสมการที่ 2.15

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{1/2}$$

จาก ค่าตัวประกอบความล้าเนื่องจากแรงกระตุกอย่างสม่ำเสมอจะได้

$C_m = 2.0$

$C_t = 1.5$

โดยเพลาที่ใช้งานธรรมดาโดยทั่วไปมีค่าความเค้นใช้งานเท่ากับ

$\tau_d = 55 \text{ N/mm}^2$

โดยในที่นี้เพลาที่ใช้งานอยู่ในแนวดิ่งจึงไม่คิดค่าของโมเมนต์ดัด

$M = 0$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการข้างต้นจะได้

$$d^3 = \frac{16}{\pi \times 55\ \text{N/mm}^2}\left[(1.5 \times 1.6932\ \text{N.m} \times 10^3)^2 + (2.0 \times 0)^2\right]^{1/2}$$

$$d^3 = 234.9315\ \text{mm}^3$$

$$d = 6.17\ \text{mm}$$

จากการคำนวณหาขนาดของเพลาจะเห็นได้ว่าค่าที่คำนวณได้จะได้เพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6.17 mm แต่ขนาดของเพลาที่ใช้งานจริงเท่ากับ 8 mm. ทั้งนี้เนื่องจาก แบริ่งขนาด 6.17 mm ไม่มีขายตามท้องตลาดดังนั้นจึงเลือกใช้เพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm. เนื่องจากแบริ่งขนาด 8 mm. มีขายในตลายโดยทั่วไป และสามารถซื้อหรือเลือกใช้ได้ง่าย

หาแรงบิดสูงสุดที่เพลาสามารถส่งกำลังได้จากสมการที่ 2.16

$$T_{max} = \tau \frac{\pi d^3}{16}$$

เมื่อ

$$\tau = \tau d = 55\ \text{N/mm}^2$$

$$d = 8\ \text{mm}$$

แทนค่าที่ได้ลงในสมการ

$$T_{max} = \frac{55\ \text{N/mm}^2 \times \pi \times (8\ \text{mm.})^3}{16}$$

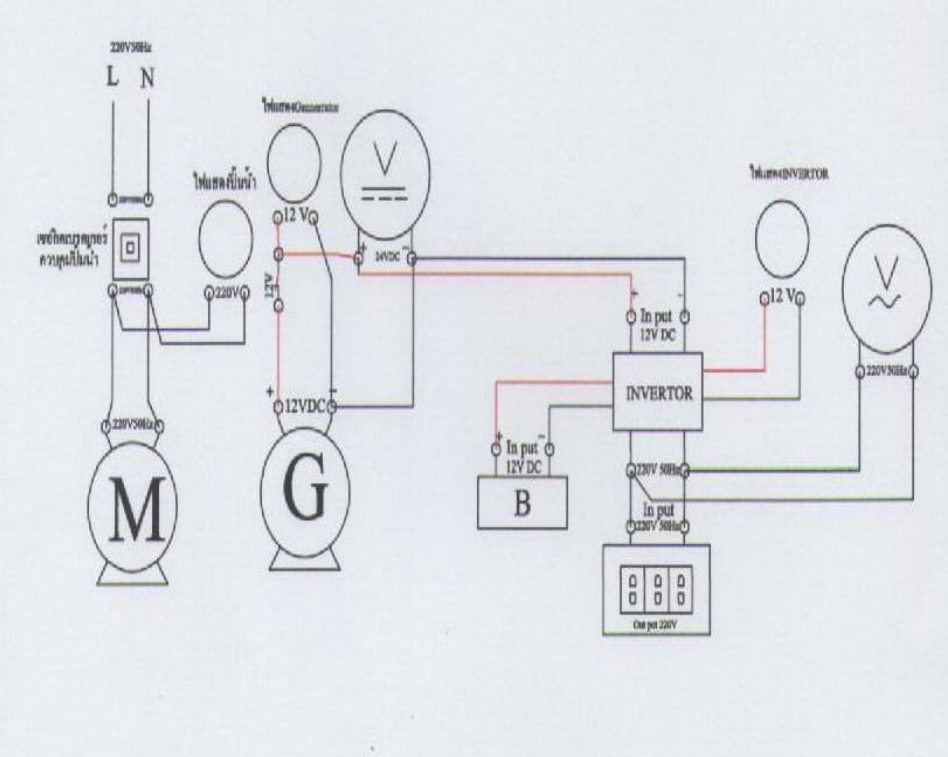
$$T_{max} = 5{,}526.4\ \text{N.mm}$$

$$T_{max} = 5.5264\ \text{N.m}$$

แรงบิดสูงสุดที่เพลาสามารถส่งกำลังได้มีค่าเท่ากับ 5.5264 N.m

**การออกแบบวงจร**

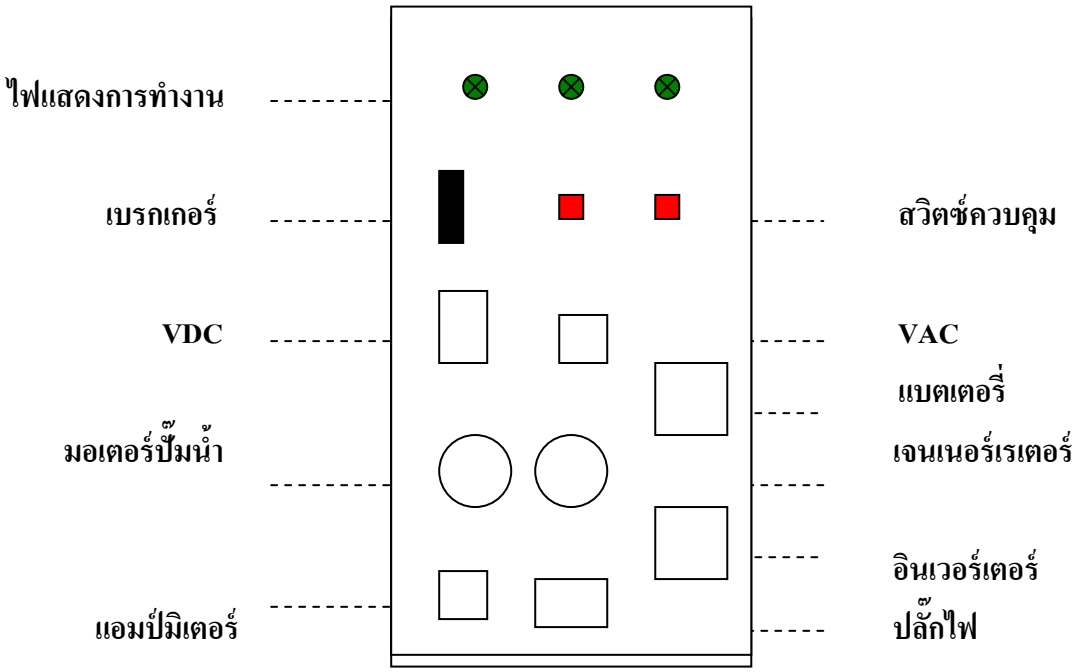
มีระบบไฟฟ้าจ่ายเข้าที่มอเตอร์ปั๊มน้ำ เพื่อให้มอเตอร์ปั๊มน้ำทำงาน ปั๊มน้ำให้ไหลขึ้นไปตามท่อ แล้วไหลตกลงมากระทบใบพัด เมื่อใบพัดหมุนซึ่งมีแกนเพลาเชื่อมติดกับเจนเนอร์เรเตอร์ ก็เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น พลังงานไฟฟ้าก็จะไหลไปเข้าแบตเตอรี่ และถูกส่งไปที่อินเวอร์เตอร์เพื่อทำให้แรงดันนิ่งและแปลงจากกระแสตรงเป็นกระแสสลับ และไหลไปที่จุดจ่ายไฟ



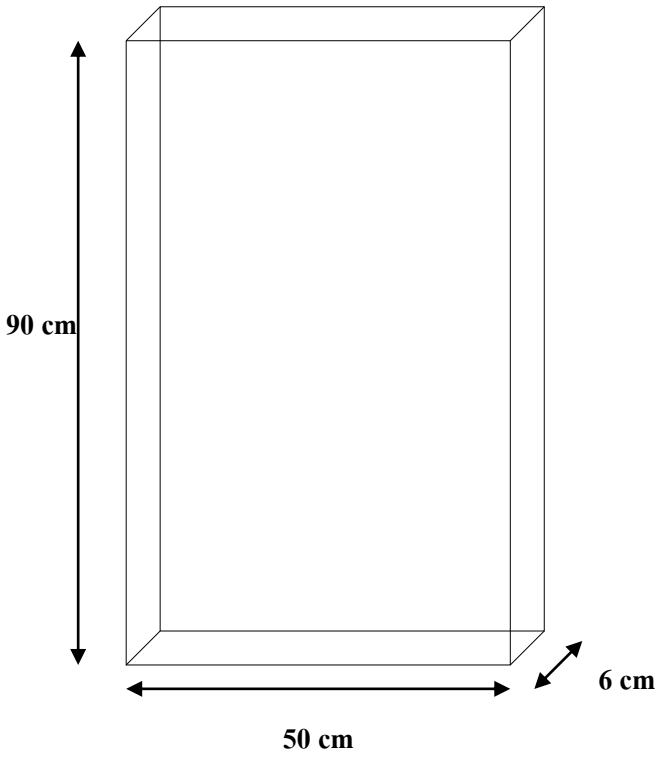

ภาพที่ 3.5 วงจรไฟฟ้า

**แผงควบคุม**

เป็นส่วนควบคุมและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ในระบบทั้งหมด แผงควบคุมจะมีสัญญาณไฟแสดงสภาวะการทำงาน




ภาพที่ 3.6 แบบแผงควบคุม




ภาพที่ 3.7 แบบแผงติดตั้ง

## การสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

ขั้นตอนการสร้างชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยแบ่งการสร้างเป็นสัดส่วนตามลำดับดังต่อไปนี้

**ขั้นตอนการทำโครงสร้าง**

1.ตัดเหล็กตามขนาดเพื่อรอการเชื่อม

ภาพที่ 3.8 ตัดเหล็กตามขนาดที่ออกแบบไว้

2. เชื่อมต่อเหล็กที่ตัดไว้ให้เป็นรูปร่างโครงสร้าง

ภาพที่ 3.9 เชื่อมเหล็กเพื่อทำโครงสร้าง

3. ใช้หินเจียรให้เจียรรอยเชื่อมให้เรียบเนียน

ภาพที่ 3.10 การเจียรรอยเชื่อมให้เรียบ

ภาพที่ 3.11 โครงสร้างที่ได้

**ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์**

1. ติดตั้งเจนเนอร์เรเตอร์

ภาพที่ 3.12ดัดเหล็กแผ่นเพื่อเป็นตัวยึดเจนเนอร์เรเตอร์แล้วนำไปเชื่อมติดกับโครงสร้าง

ภาพที่ 3.13 เจนเนอร์เรเตอร์ยึดติดกับโครง

2. ติดตั้งเพลา

ภาพที่ 3.14 ยึดแบริ่งเข้ากับเพลา

ภาพที่ 3.15 ทดลองใบพัด

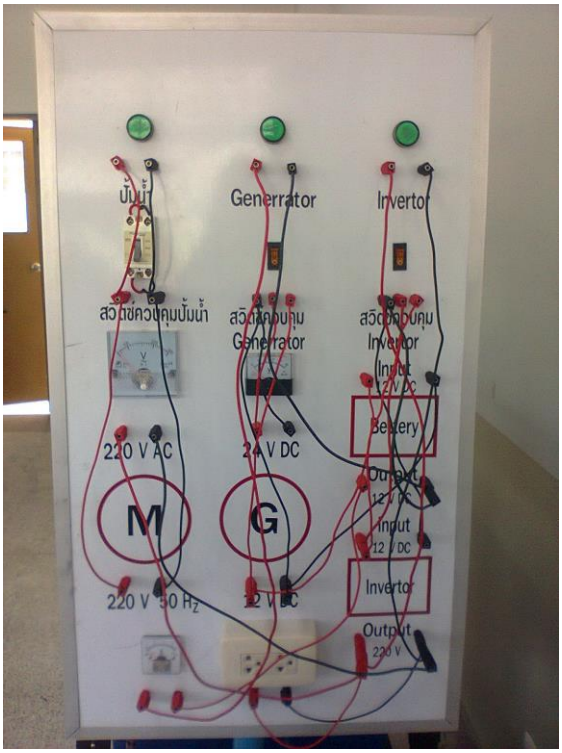
ภาพที่ 3.16 ติดตั้งมอเตอร์ที่โครงสร้าง

ภาพที่ 3.17 ติดตั้งท่อด้านเข้าปั๊มและด้านปล่อยน้ำออก

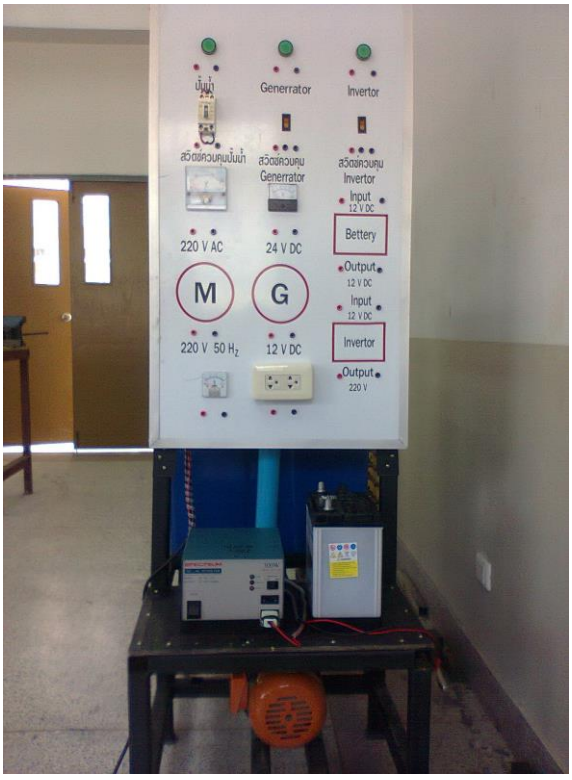
ภาพที่ 3.18 ติดตั้งแบตเตอรี่และอินเวอร์เตอร์

3. ติดตั้งแผงควบคุม

ภาพที่ 3.19 เจาะช่องไว้ยึดอุปกรณ์




ภาพที่ 3.20 ทดลองต่อวงจร




ภาพที่ 3.21 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์

## วิธีการหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

การคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยการทดสอบหาสมรรถนะ ทดสอบกลไกการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เพื่อให้ทำงานได้สอดคล้องกันตามเงื่อนไข หลังจากทำการทดสอบสมรรถนะ ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน เป็นผู้ทดสอบการใช้งาน

การทดสอบแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การทดสอบสมรรถนะ
   1.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด
   1.2 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด
2. การประเมินคุณภาพ
   2.1 ด้านรูปแบบของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์
   2.2 ด้านการใช้งานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

## การทดสอบสมรรถนะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

เป็นการทดสอบก่อนนำไปใช้เป็นชุดสาธิตในการสอนใน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทดสอบชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ มีหลักการทดสอบอยู่ 2 ขั้นตอนใหญ่ๆคือการทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด และการทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด

**1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด**

เป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ และหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์โดยต่อวงจรขณะไม่มีโหลด

1.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อที่ต้องการจะหาค่าของแรงดันที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของใบกังหันเนื่องจากความเร็วของน้ำที่ไหลมาปะทะกับใบกังหัน ทำให้กังหันเกิดการเคลื่อนที่โดยการหมุน

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

1.2.2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

1.2.3 สายแจ๊คต่อวงจร

1.2.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

1.2.5 น้ำ 80 ลิตร

1.3. ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

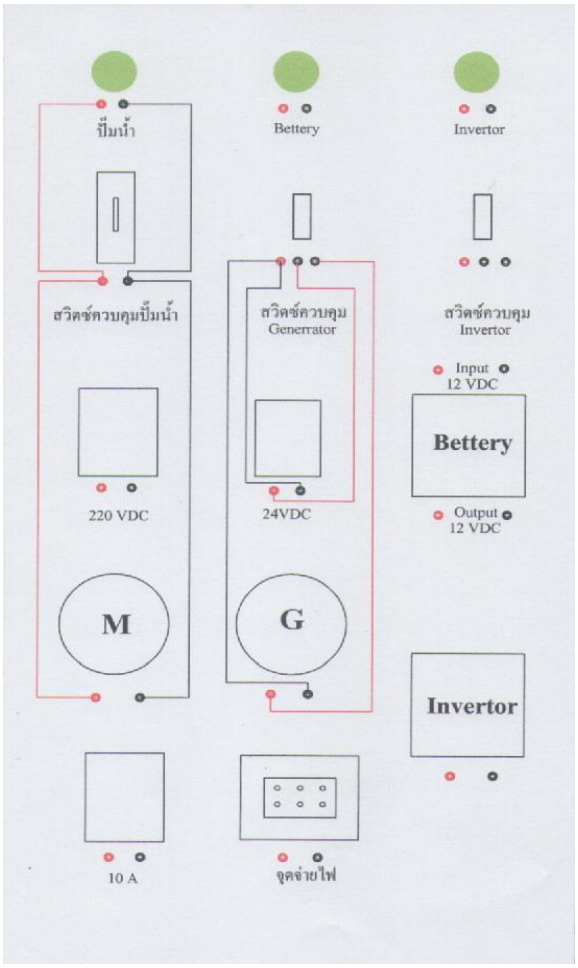
1.3.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

1.3.2 ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดลอบ

1.3.3 ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพที่ 3.44

1.3.4 เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำจากถังพักน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

1.3.5 อ่านค่าที่ได้จากชุดวัดความเร็วรอบของชุดกังหันน้ำพร้อมกับบันทึกผลการทดลอบ




ภาพที่ 3.22 วงจรขณะไม่มีโหลด

ตารางที่ 3.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | | | |

**2 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด**

เป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ และหาค่ากระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่โดยต่อวงจรขณะมีโหลด

2.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ พลังงานกลที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของการไหลของน้ำมาเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากการเหนี่ยวนำของอำนาจสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดไฟฟ้า

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

2.2.2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

2.2.3 สายแจ๊คต่อวงจร

2.2.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

2.2.5 น้ำ 80 ลิตร

2.3 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

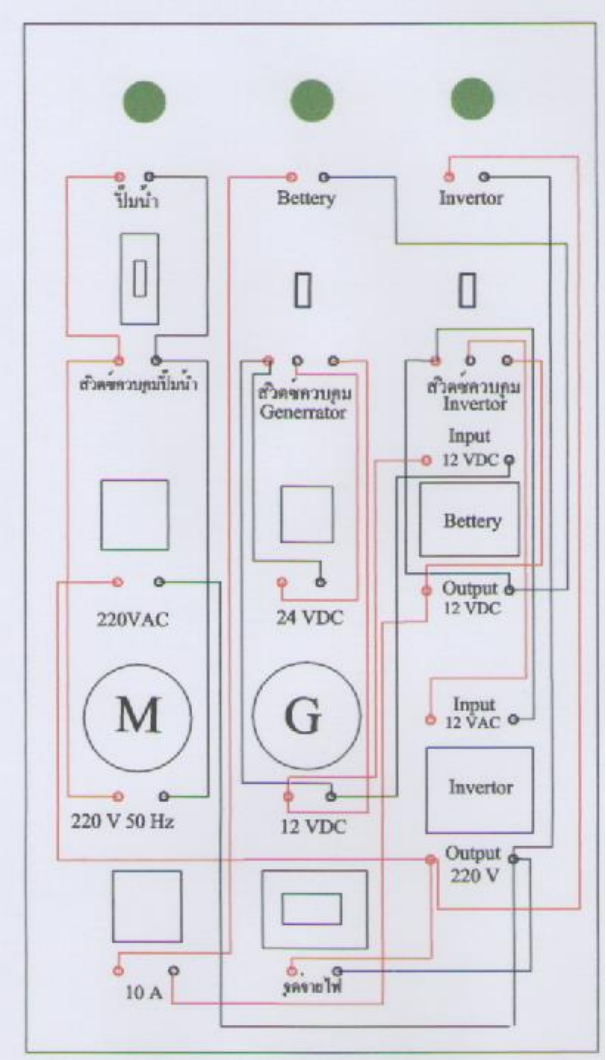
2.3.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

2.3.2 ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดลอบ

2.3.3 ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพที่ 4.2

2.3.4 เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

2.3.5 อ่านค่าที่วัดได้จากแอมป์มิเตอร์ , โวลต์มิเตอร์ AC และโวลต์มิเตอร์ DC จากนั้นบันทึกผลการทดลอบ




ภาพที่ 3.23 วงจรขณะมีโหลด

ตารางที่ 3.2 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ขณะมีโหลด

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | | | |
| กระแสจากแบตเตอรี่ | | | |

## การประเมินคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

เป็นการประเมินคุณภาพจากผลการทดสอบ โดยทำการประเมินจากนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน โดยแบ่งการประเมินคุณภาพออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านรูปแบบ ด้านการใช้งาน ซึ่งมีเกณฑ์ในการประเมินโดยการวัดค่าเฉลี่ยดังนี้

ระดับ 4.50 ถึง 5.00 มีความคิดเห็นในระดับ ดีมาก

ระดับ 3.50 ถึง 4.49 มีความคิดเห็นในระดับ ดี

ระดับ 2.50 ถึง 3.49 มีความคิดเห็นในระดับ ปานกลาง

ระดับ 1.50 ถึง 2.49 มีความคิดเห็นในระดับ พอใช้

ระดับ 1.00 ถึง 1.49 มีความคิดเห็นในระดับ ต้องปรับปรุงแก้ไข

ที่มา (สำนักคณะกรรมการ ขั้นพื้นฐาน,2548 หน้า 65)

คณะผู้ศึกษาค้นคว้าใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบประเมินคุณภาพเพื่อเก็บข้อมูลที่ได้มา นำไปใช้ประโยชน์ในด้านสารนิพนธ์เท่านั้น

**1. การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบ**

การประเมินเกี่ยวกับลักษณะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โครงสร้างของชุดสาธิตแข็งแรง ความชัดเจนของสัญลักษณ์ ความชัดเจนของตัวอักษร การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง และความประณีตในการสร้าง ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3. 3 การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบของเครื่อง

| ลำดับที่ | คำถามความคิดเห็นด้านรูปแบบของเครื่อง | ระดับความคิดเห็น | | | | | คะแนนรวม | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 1 | ความแข็งแรงของโครงสร้าง | | | | | | | |
| 2 | ความชัดเจนของสัญลักษณ์ | | | | | | | |
| 3 | ความชัดเจนของตัวอักษร | | | | | | | |
| 4 | การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง | | | | | | | |
| 5 | ความประณีตในการสร้าง | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ยทั้งหมด | | | | | | | | |

**2. การประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน**

เป็นการประเมินเกี่ยวกับการใช้งานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ความสะดวกในการใช้แผงควบคุม ความปลอดภัยของแผงควบคุม ความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง ความสะดวกในการบำรุงรักษา และความชัดเจนของคู่มือ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน

| ลำดับที่ | คำถามความคิดเห็นด้านรูปแบบของเครื่อง | ระดับความคิดเห็น | | | | | คะแนนรวม | ค่าเฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| 1 | ความสะดวกในการใช้แผงควบคุม | | | | | | | |
| 2 | ความปลอดภัยของแผงควบคุม | | | | | | | |
| 3 | ความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง | | | | | | | |
| 4 | ความสะดวกในการบำรุงรักษา | | | | | | | |
| 5 | ความชัดเจนของคู่มือ | | | | | | | |
| ค่าเฉลี่ยทั้งหมด | | | | | | | | |

# บทที่ 4

# การทดสอบและผลการทดสอบ

การคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยการทดสอบหาสมรรถนะ ทดสอบกลไกการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เพื่อให้ทำงานได้สอดคล้องกันตามเงื่อนไข หลังจากทำการทดสอบสมรรถนะ ขั้นตอนต่อไปเป็นการทดสอบ นักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน เป็นผู้ทดสอบการใช้งาน

การทดสอบแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การทดสอบสมรรถนะ
   1.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด
   1.2 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด
2. การประเมินประสิทธิภาพ
   2.1 ด้านรูปแบบของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์
   2.2 ด้านการใช้งานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

## การทดสอบสมรรถนะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

เป็นการทดสอบก่อนนำไปใช้เป็นชุดสาธิตในการสอนในรายวิชา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการทดสอบชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ มีหลักการทดสอบอยู่ 2 ขั้นตอนใหญ่ๆคือการทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด และการทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด

**1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด**

เป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ และหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์โดยต่อวงจรขณะไม่มีโหลด

1.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ เพื่อที่ต้องการจะหาค่าของแรงดันที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของใบกังหันเนื่องจากความเร็วของน้ำที่ไหลมาปะทะกับใบกังหัน ทำให้กังหันเกิดการเคลื่อนที่โดยการหมุน

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

1.2.2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

1.2.3 สายแจ๊คต่อวงจร

1.2.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

1.2.5 น้ำ 80 ลิตร

1.3. ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

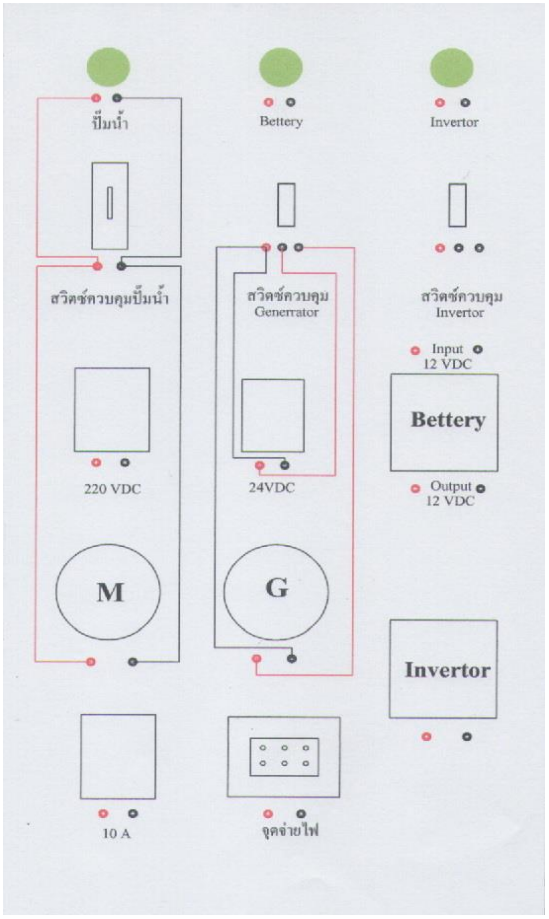
1.3.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

1.3.2 ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดลอบ

1.3.3 ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพที่ 4.1

1.3.4 เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำจากถังพักน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

1.3.5 อ่านค่าที่ได้จากชุดวัดความเร็วรอบของชุดกังหันน้ำพร้อมกับบันทึกผลการทดลอบ




ภาพที่ 4.1 วงจรขณะไม่มีโหลด

ตารางที่ 4.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | 374 rpm | 380 rpm | 374 rpm |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | 18 VDC | 18 VDC | 18 VDC |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | 185 VAC | 185 VAC | 185 VAC |

จากตารางที่ 4.1 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด 3 ครั้ง ได้ผลการทดสอบคือ แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ ผลเท่ากันทั้ง 3 ครั้งคือ 18 VDC แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ ผลเท่ากันทั้ง 3 ครั้งคือ 185 VAC ความเร็วรอบของกังหันน้ำ ครั้งที่ 1 ได้ 374 rpm ครั้งที่ 2 ได้ 380 rpm ครั้งที่ 3 ได้ 374 rpm

**2 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด**

เป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ และหาค่ากระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่โดยต่อวงจรขณะมีโหลด

2.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ พลังงานกลที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของการไหลของน้ำมาเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากการเหนี่ยวนำของอำนาจสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดไฟฟ้า

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

2.2.2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

2.2.3 สายแจ๊คต่อวงจร

2.2.4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

2.2.5 น้ำ 80 ลิตร

2.3 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

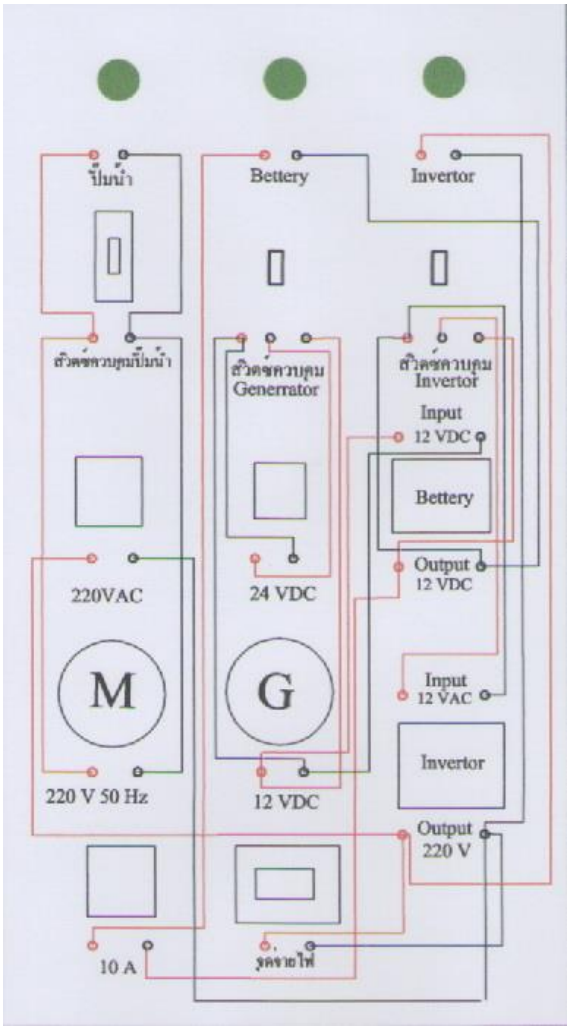
2.3.1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

2.3.2 ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดลอบ

2.3.3 ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพที่ 4.2

2.3.4 เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

2.3.5 อ่านค่าที่วัดได้จากแอมป์มิเตอร์ , โวลต์มิเตอร์ AC และโวลต์มิเตอร์ DC จากนั้นบันทึกผลการทดลอบ




ภาพที่ 4.1 วงจรขณะมีโหลด

ตารางที่ 4.2 การทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ขณะมีโหลด

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | 370 rpm | 374 rpm | 374 rpm |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | 11 VDC | 11 VDC | 11 VDC |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | 185 VAC | 185 VAC | 185 VAC |
| กระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ | 2.5 A | 2.5 A | 2.5 A |

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด 3 ครั้ง ได้ผลการทดสอบคือ แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ ผลเท่ากันทั้ง 3 ครั้งคือ 11 VDC แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของ

อินเวอร์เตอร์ ผลเท่ากันทั้ง 3 ครั้งคือ 185 VAC กระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ ผลเท่ากันทั้ง 3 ครั้งคือ2.5 mA ความเร็วรอบของกังหันน้ำ ครั้งที่ 1 ได้ 370 rpm ครั้งที่ 2 ได้ 374 rpm ครั้งที่ 3 ได้ 374 rpm

## การประเมินคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

เป็นการประเมินคุณภาพจากผลการทดสอบ โดยทำการประเมินจากนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน โดยแบ่งการประเมินคุณภาพออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านรูปแบบ ด้านการใช้งาน ซึ่งมีเกณฑ์ในการประเมินโดยการวัดค่าเฉลี่ยดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.50 ถึง 5.00 มีความคิดเห็นในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.50 ถึง 4.49 มีความคิดเห็นในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.50 ถึง 3.49 มีความคิดเห็นในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.50 ถึง 2.49 มีความคิดเห็นในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 ถึง 1.49 มีความคิดเห็นในระดับ ต้องปรับปรุงแก้ไข

ที่มา (สำนักคณะกรรมการ ขั้นพื้นฐาน,2548 หน้า 65)

คณะผู้ศึกษาค้นคว้าใคร่ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบประเมินคุณภาพเพื่อเก็บข้อมูลที่ได้มา นำไปใช้ประโยชน์ในด้านสารนิพนธ์เท่านั้น

**1. การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบ**

โครงสร้างการประเมินเกี่ยวกับลักษณะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ความแข็งแรงของโครงสร้าง ความชัดเจนของสัญลักษณ์ ความชัดเจนของตัวอักษร ความประณีตในการสร้าง การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง

ตารางที่ 4.3 การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบ ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

| ลำดับที่ | รายการประเมินประสิทธิภาพ | ผลรวม ($\sum X$) | ค่าเฉลี่ย ($\dot{X}$) | แปลผล |
|---|---|---|---|---|
| **ด้านรูปแบบ** | | | | |
| 1 | ความแข็งแรงของโครงสร้าง | 65 | 4.33 | ดี |
| 2 | ความชัดเจนของสัญลักษณ์ | 66 | 4.40 | ดี |
| 3 | ความชัดเจนของตัวอักษร | 66 | 4.40 | ดี |
| 4 | การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง | 65 | 4.33 | ดี |
| 5 | ความประณีตในการสร้าง | 57 | 3.80 | ดี |
| รวมค่าเฉลี่ย | | 319 | 4.25 | ดี |

จากตารางที่ 4.3 การตอบแบบประเมินคุณภาพของกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ด้านรูปแบบ ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ผลการประเมิน ความแข็งแรงของโครงสร้าง ได้ค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ความชัดเจนของสัญลักษณ์ ได้ค่าเฉลี่ย 4.40 อยู่ในระดับดี ความชัดเจนของตัวอักษร ได้ค่าเฉลี่ย 4.40 อยู่ในระดับดี การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง ได้ค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับดี ความประณีตในการสร้าง ได้ค่าเฉลี่ย 3.80 อยู่ในระดับดี สรุปผลการประเมินด้านรูปแบบ ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้ค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับดี

**2. การประเมินคุณภาพด้านใช้งาน**

เป็นการประเมินเกี่ยวกับการใช้งานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ความสะดวกในการใช้แผงควบคุม ความปลอดภัยของแผงควบคุมความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง ความสะดวกในการบำรุงรักษา ความชัดเจนของคู่มือ

ตารางที่ 4.4 การประเมินคุณภาพด้านใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

| ลำดับที่ | รายการประเมินประสิทธิภาพ | ผลรวม ($\sum X$) | ค่าเฉลี่ย ($\dot{X}$) | แปลผล |
|---|---|---|---|---|
| **ด้านการใช้งาน** | | | | |
| 1 | ความสะดวกในการใช้แผงควบคุม | 64 | 4.27 | ดี |
| 2 | ความปลอดภัยของแผงควบคุม | 63 | 4.20 | ดี |
| 3 | ความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง | 63 | 4.20 | ดี |
| 4 | ความสะดวกในการบำรุงรักษา | 66 | 4.40 | ดี |
| 5 | ความชัดเจนของคู่มือ | 57 | 3.80 | ดี |
| รวมค่าเฉลี่ย | | 313 | 4.17 | ดี |

จากตารางที่ 4.4 การตอบแบบประเมินคุณภาพของกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ด้านการใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ผลการประเมิน ความสะดวกในการใช้แผงควบคุมได้ค่าเฉลี่ย 4.27 อยู่ในระดับดี ความปลอดภัยของแผงควบคุม ได้ค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับดี ความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง ได้ค่าเฉลี่ย 4.20 อยู่ในระดับดี ความสะดวกในการบำรุงรักษาได้ค่าเฉลี่ย 4.40 อยู่ในระดับดี ความชัดเจนของคู่มือ ได้ค่าเฉลี่ย 3.80 อยู่ในระดับดี สรุปผลการประเมินด้านใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้ค่าเฉลี่ย 4.17 อยู่ในระดับดี

ตารางที่ 4.5 การประเมินคุณภาพด้านใช้งาน ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

| ลำดับที่ | รายการประเมินประสิทธิภาพ | ค่าเฉลี่ย | แปลผล |
|---|---|---|---|
| 1 | ด้านรูปแบบ | 4.25 | ดี |
| 2 | ด้านการใช้งาน | 4.17 | ดี |
| รวมค่าเฉลี่ย | | 4.21 | ดี |

จากตารางที่ 4.5 การตอบแบบประเมินคุณภาพของกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ด้านแบบสรุปการประเมินคุณภาพชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ ผลการประเมิน ด้านรูปแบบ ได้ค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับดี ด้านการใช้งาน ได้ค่าเฉลี่ย 4.17 อยู่ในระดับดี สรุปผลการประเมินชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้ค่าเฉลี่ย 4.21 อยู่ในระดับดี

# บทที่ 5

# สรุปผล ปัญหา การแก้ไข และข้อเสนอแนะ

การทดสอบ และผลการทดสอบการใช้งานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เป็นการหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยการทดสอบหาคุณภาพในการทำงานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ หลังจากผู้วิจัยทำการทดสอบสมรรถนะแล้วจะนำไปทดสอบกับกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน

## สรุปผลการทดสอบ

การหาคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ โดยการทดสอบสมรรถนะด้านต่างๆ ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ หลังจากทำการทดสอบสมรรถนะแล้ว ทำการทดสอบโดยผู้เรียนในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม โดยนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน เป็นผู้ทดสอบการใช้งาน

การทดสอบแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

**1. การทดสอบสมรรถนะ**

1.1 การทดสอบทางกล เพื่อที่ต้องการจะหาค่าความเร็วรอบที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของใบกังหันเนื่องจากความเร็วของน้ำที่ไหลมาปะทะกับใบกังหัน ทำให้กังหันเกิดการเคลื่อนที่โดยการหมุน ผลการทดสอบปรากฏว่าสามารถวัดความเร็วรอบได้ 374 rpm

1.2 การทดสอบทางไฟฟ้า พลังงานกลที่ได้จากการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของการไหลของน้ำมาเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากการเหนี่ยวนำของอำนาจสนามแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดไฟฟ้า ผลการทดลอบปรากฏว่า ได้ 18 VDC , 185 VAC, 2.5 A

**2. การประเมินคุณภาพ**

2.1 การประเมินคุณภาพด้านรูปแบบ การประเมิน ความแข็งแรงของโครงสร้าง ความชัดเจนของสัญลักษณ์ ความชัดเจนของตัวอักษร การเลือกวัสดุเหมาะสมกับการสร้าง ความประณีตในการสร้าง ผลการประเมินด้านรูปแบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 อยู่ในระดับดี

2.2 การประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน การประเมิน ความสะดวกในการใช้แผงควบคุม ความปลอดภัยของแผงควบคุม ความปลอดภัยจากอุปกรณ์และโครงสร้าง ความสะดวกในการบำรุงรักษา ความชัดเจนของคู่มือ ผลการประเมินด้านการใช้งาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 อยู่ในระดับดี

การตอบแบบประเมินคุณภาพของกลุ่มนักศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม จำนวน 15 คน ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ผลการประเมิน ด้านรูปแบบ ได้ค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับดี ด้านการใช้งาน ได้ค่าเฉลี่ย 4.17 อยู่ในระดับดี สรุปผลการประเมินชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ได้ค่าเฉลี่ย 4.21 อยู่ในระดับดี

## ปัญหาและการแก้ไขปัญหา

สภาพปัญหาชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ และการทดสอบในด้านต่างๆ เช่นการทดสอบสมรรถนะของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ในด้านต่างๆ และการประเมินคุณภาพของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ในด้านต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาและการพัฒนาชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ ให้มีคุณภาพสูงสุด

**ปัญหาที่เกิดขึ้นกับชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์**

1. เคลื่อนย้ายชุดสาธิตได้ลำบาก
2. แจ็คเสียบต่อวงจรเกิดการชำรุดง่าย
3. น้ำสามารถซึมออกได้บริเวณแกนเพลาต่อเข้าภายในท่อ

**แนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น**

1. ควรติดตั้งล้อเลื่อนให้ชุดสาธิต
2. เลือกใช้แจ็คเสียบต่อวงจรที่มีมาตรฐาน
3. ควรเจาะท่อน้ำให้มีขนาดเหมาะสมกับแกนเพลา

## ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกอุปกรณ์ที่นำมาสร้างชุดสาธิตที่ได้มาตรฐาน

2. ควรออกแบบโครงสร้างให้เคลื่อนย้ายสะดวก

3.ควรใช้คู่มือควบคู่กับการต่อวงจรทุกครั้งที่ทำการใช้ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาด 300 วัตต์ เพื่อความสะดวก และความปลอดภัย

# บรรณานุกรม


กังสดาล สกุลพงษ์มาลี. (2544). **นโยบายด้านงานวิจัยพลังงานหมุนเวียน.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

กลุ่มส่งเสริมการเรียนการสอนและประเมินผลสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.(2548).**การวัดและการประเมินผลอิงมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. กรุงเทพฯ : องคารรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์

ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. (ม.ป.ป.) **. กลศาสตร์ของไหล**. นนทบุรี : ก. วิวรรธน์นนทบุรี

ทศพร สุนทรเภสัช และ คณะ. (2549). **การออกแบบกังหันพลังน้ำหัวน้ำต่ำแบบไหลในแนวแกน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นระ คมนามูล. (2546). **เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก**. กรุงเทพมหานคร :ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. (2523). **เครื่องจักรพลังน้ำเครื่องไอน้ำและหม้อน้ำ**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ .

ประเทือง ฟั่นแก้ว. (2551). **เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก**. งานวิจัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

ไพฑูรย์ เหล่าดี และ คณะ. (2549) . **การใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดจิ๋ว**. งานวิจัย, มหาลัยนเรศวร.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ คณะ. (2548). **การออกแบบเครื่องจักรกล 1**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ คณะ. (2535). **การออกแบบเครื่องจักรกล 2**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วัฒนา ถาวร. **โรงต้นกำลัง**. (2541). กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ( ไทย-ญี่ปุ่น ) .

วัฒนพงษ์ รักษ์วิเชียร และ คณะ. (2548). **เครื่องกำเนิดฟ้าขนาดจิ๋ว**. งานวิจัย, มหาลัยนเรศวร .

สมเกียรติ บุญณสะ. (2543). **วิศวกรรมโรงจักรต้นกำลัง**. กรุงเทพมหานคร : วี.เจ.พริ้นติ้ง .

สุนันท์ ศรัณยนนิตย์. (2528). **กำลังการไหล**. สถาบันพระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี .

สุนันท์ ศรัณยนนิตย์. (2546). **กลศาสตร์ของไหล**. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

**Hydro power plant**. ( 2554 กรกฎาคม 20 ) Available URL :

http://www.eestaff.kku.ac.th

**Hydro power plant**. ( 2554 กรกฎาคม 20 ) Available URL :

http:// www.doi.eng.cmu.ac.th/microhydro

**Turbine**. ( 2554 กรกฎาคม 20 ) Available URL : http://www.hydro-energy.com

**Turbine**. ( 2554 กรกฎาคม 20 ) Available URL : http://www.wikipedia.org

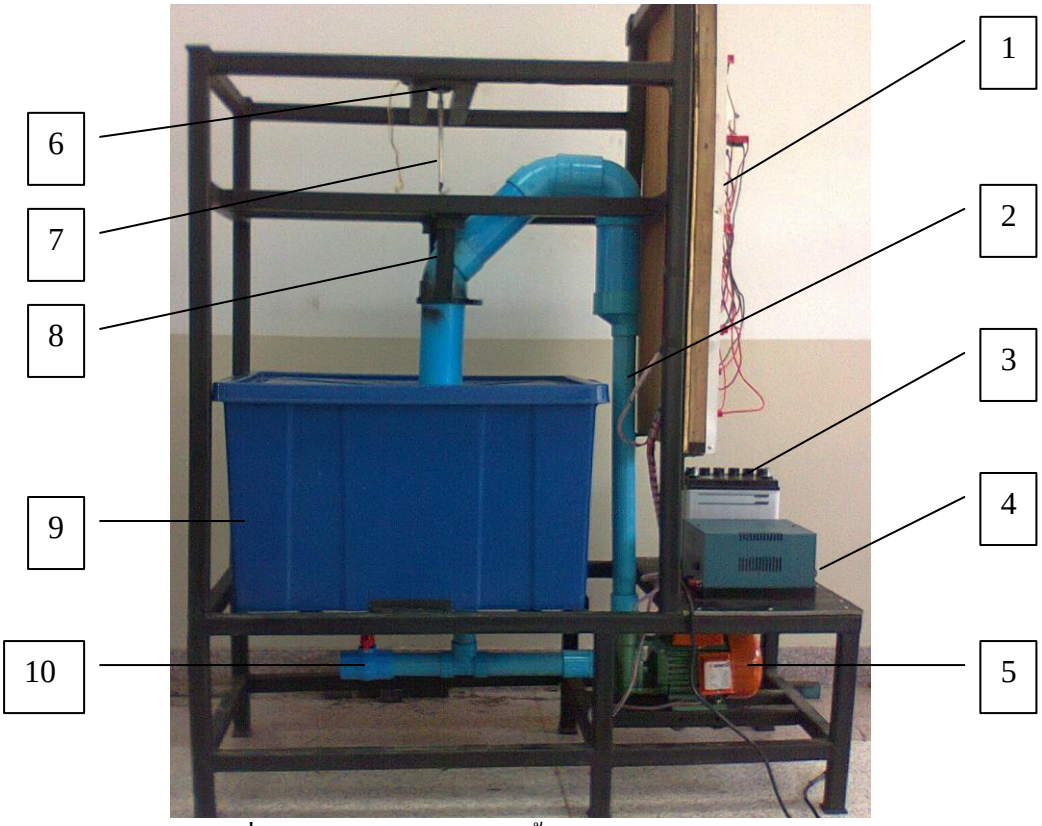
# ภาคผนวก ก
# คู่มือการใช้งานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ
# ขนาด 300 วัตต์

# การใช้งานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

คู่มือการใช้งานนี้มีรายละเอียด และเนื้อหาที่ควรทราบเบื้องต้นเกี่ยวกับชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ เป็นคำแนะนำก่อนการใช้งาน ลักษณะสมบัติการใช้งานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ รายละเอียดเกี่ยวกับแผงวงจร การดูแลรักษา ข้อเสนอแนะและคำแนะนำในการใช้งาน

**1.ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์**

ส่วนประกอบของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์




ภาพที่ ข-1 แสดงชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

หมายเลข 1 คือ แผงต่อวงจร

หมายเลข 2 คือ ท่อส่งน้ำ

หมายเลข 3 คือ แบตเตอรี่

หมายเลข 4 คือ อินเวอร์เตอร์

หมายเลข 5 คือ มอเตอร์ปั๊มน้ำ

หมายเลข 6 คือ เจนเนอร์เรเตอร์

หมายเลข 7 คือ แกนเพลา

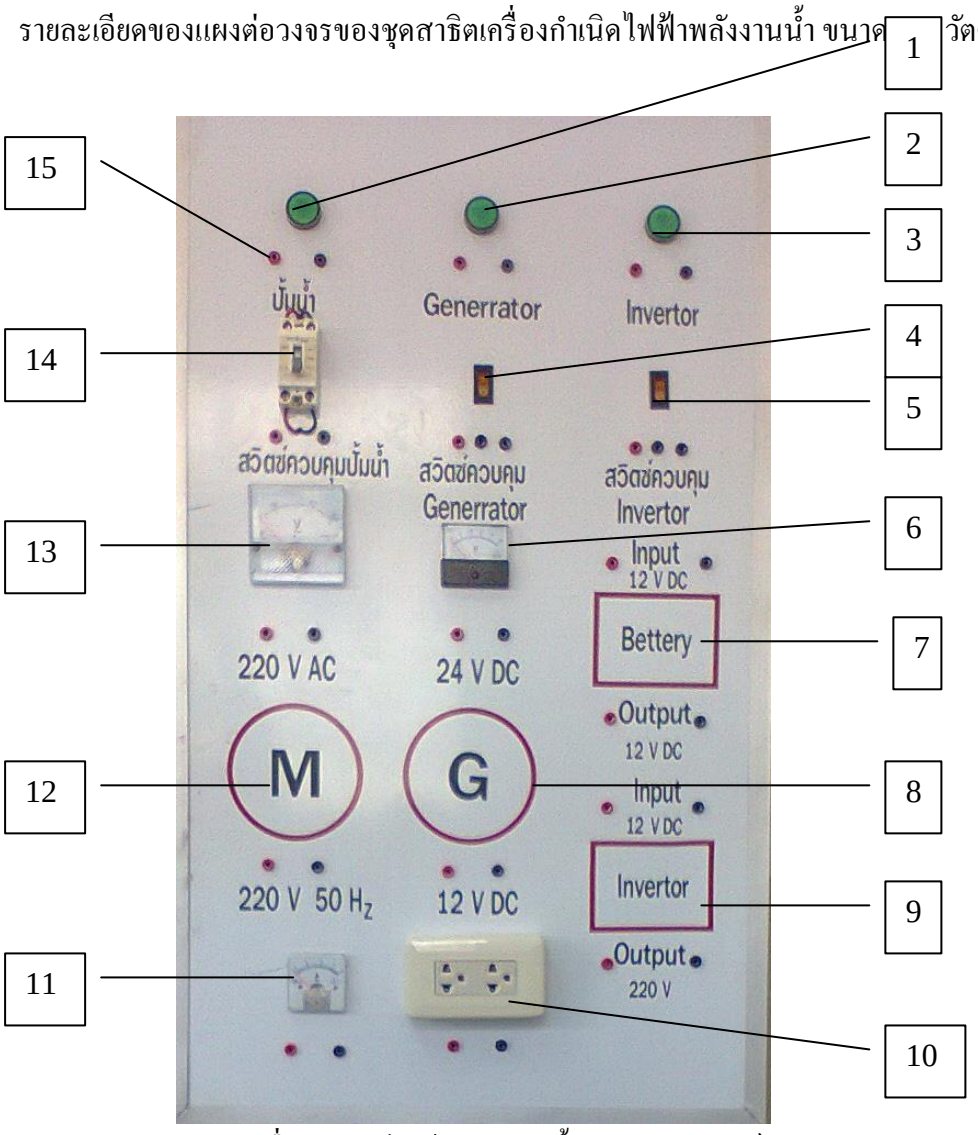
หมายเลข 8 คือ ใบพัดต่ออยู่ในท่อ

หมายเลข 9 คือ ถังบรรจุน้ำ

หมายเลข 10 คือ จุดปล่อยน้ำออก

**2.แผงวงจรชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์**

รายละเอียดของแผงต่อวงจรของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด วัตต์




ภาพที่ ข-2 แผงต่อวงจรชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

หมายเลข 1 คือ ไฟแสดงการทำงานของปั๊มน้ำ

หมายเลข 2 คือ ไฟแสดงการทำงานของเจนเนอร์เรเตอร์

หมายเลข 3 คือ ไฟแสดงการทำงานของอินเวอร์เตอร์

หมายเลข 4 คือ สวิตซ์ควบคุมเจนเนอร์เรเตอร์

หมายเลข 5 คือ สวิตซ์ควบคุมอินเวอร์เตอร์

หมายเลข 6 คือ โวลท์มิเตอร์กระแสตรง

หมายเลข 7 คือ แบตเตอรี่

หมายเลข 8 คือ เจนเนอร์เรเตอร์

หมายเลข 9 คือ อินเวอร์เตอร์

หมายเลข 10 คือ จุดจ่ายไฟ

หมายเลข 11 คือ แอมป์มิเตอร์

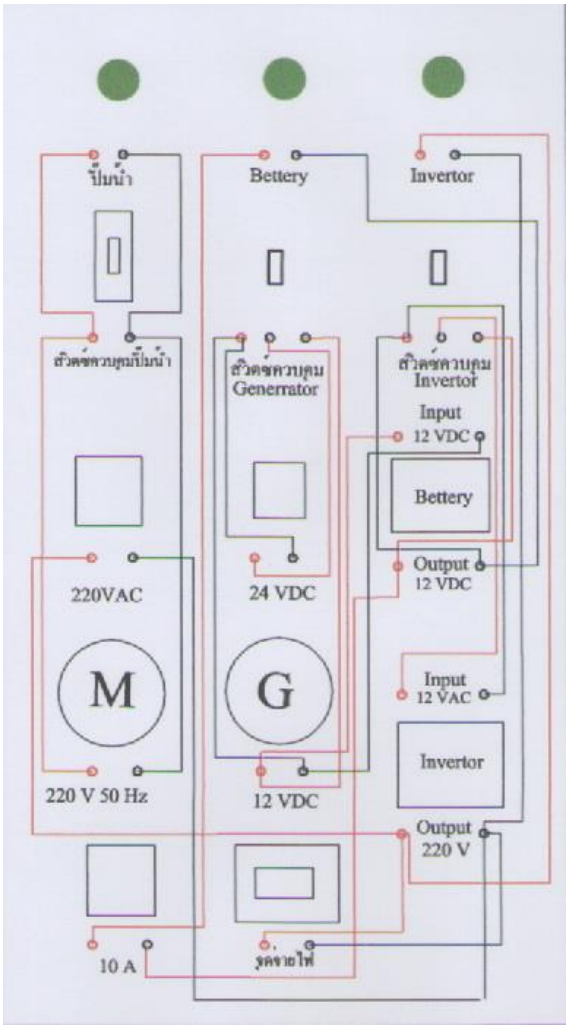
หมายเลข 12 คือ มอเตอร์ปั๊มน้ำ

หมายเลข 13 คือ โวลท์มิเตอร์กระแสสลับ

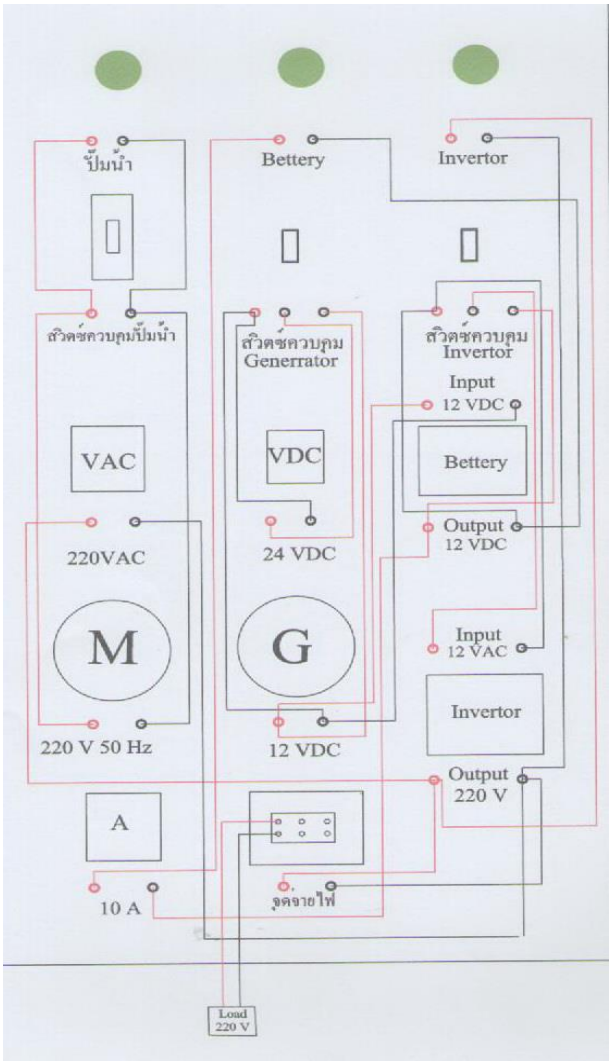
หมายเลข 14 คือ สวิตซ์ควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ

หมายเลข 15 คือ จุดต่อสายวงจร

**2.การต่อวงจรที่แผง**




ภาพที่ ข-3 การต่อวงจรขณะไม่มีโหลดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์




ภาพที่ ข-4 การต่อวงจรขณะมีโหลดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

# ภาคผนวก ข

# ใบงานชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะไม่มีโหลดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 1 |
|---|---|---|

**วัตถุประสงค์**

เพื่อศึกษาการต่อวงจรและการทำงานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ และเป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ และหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์โดยต่อวงจรขณะไม่มีโหลด

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1.ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรได้

2.ผู้ใช้งานหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ และหาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ได้

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

3 สายแจ๊กต่อวงจร

4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

5 น้ำ 80 ลิตร

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะไม่มีโหลด (No-load)ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 2 |
|---|---|---|

**ลำดับขั้นตอนการทดสอบ**

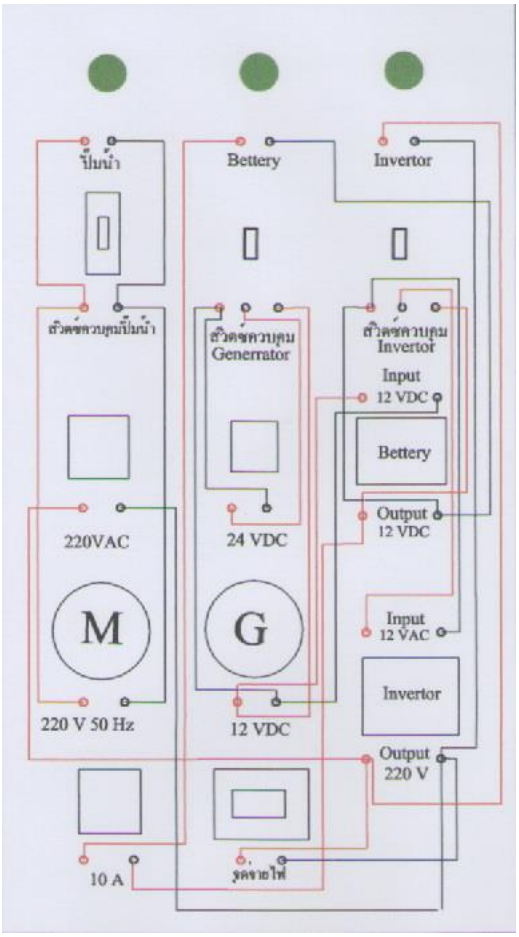
1 เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

2 ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดสอบ

3 ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพ

4 เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำจากถังพักน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

5 อ่านค่าที่ได้จากชุดวัดความเร็วรอบของชุดกังหันน้ำพร้อมกับบันทึกผลการทดลอบ




ภาพการต่อวงจรขณะไม่มีโหลด (No-load)

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะไม่มีโหลดของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 3 |
|---|---|---|

ตาราง การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบไม่มีโหลด (No-load)

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | | | |

สรุป.....

.....

.....

.....

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะมีโหลด (On-load)ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 1 |
|---|---|---|

**วัตถุประสงค์**

เพื่อศึกษาการต่อวงจรและการทำงานของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ และเป็นการทดสอบหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ และหาค่ากระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม**

1.ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรได้

2.ผู้ใช้งานหาความเร็วรอบของกังหันน้ำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ หาค่าแรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ และหาค่ากระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่ได้

**เครื่องมือและอุปกรณ์**

1 แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 VAC

2 ชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์

3 สายแจ๊กต่อวงจร

4 เครื่องวัดความเร็วรอบ

5 น้ำ 80 ลิตร

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะมีโหลด (On-load)ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 2 |
|---|---|---|

**ลำดับขั้นตอนการทดสอบ**

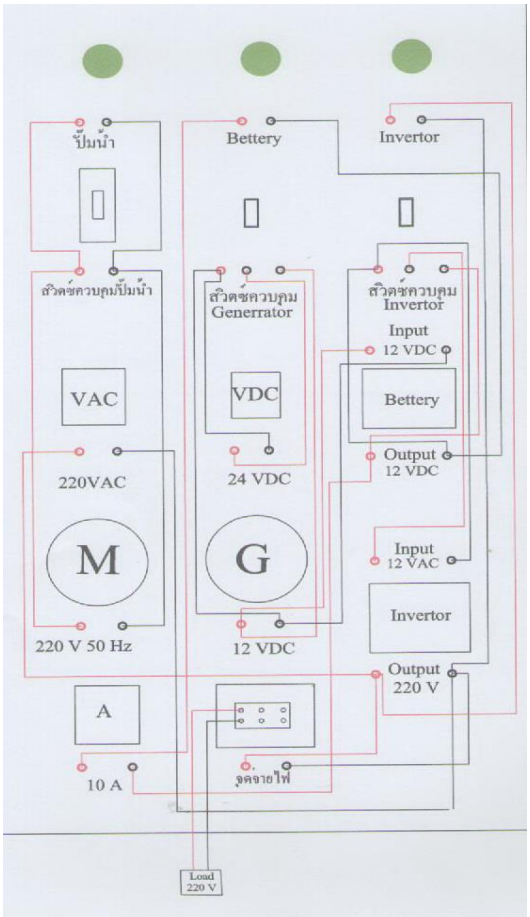
1. เตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบให้อยู่ในลักษณะที่พร้อมใช้งาน

2. ติดตั้งชุดวัดความเร็วรอบเข้ากับชุดกังหันเพื่อใช้ทดสอบหาความเร็วรอบที่ได้จากการทดสอบ

3. ต่อวงจรที่แผงควบคุมดังภาพ

4. เปิดปั๊มน้ำเพื่อทำการปั๊มน้ำให้น้ำไหลสู่ชุดกังหันน้ำ

5. อ่านค่าที่วัดได้จากแอมป์มิเตอร์ , โวลต์มิเตอร์ AC และโวลต์มิเตอร์ DC จากนั้นบันทึกผลการทดลอบ




ภาพการต่อวงจรขณะมีโหลด (On-load)

| ใบงานที่ 1 | การต่อวงจรขณะมีโหลด (On-load)ของชุดสาธิตเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ขนาด 300 วัตต์ | หน้า 3 |
|---|---|---|

ตาราง การทดสอบทางกลและทางไฟฟ้าแบบมีโหลด (On-load)

| รายการ | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 |
|---|---|---|---|
| ความเร็วรอบของกังหันน้ำ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของเจนเนอร์เรเตอร์ | | | |
| แรงดันไฟฟ้าด้านไฟออกของอินเวอร์เตอร์ | | | |
| กระแสจากแบตเตอรี่ | | | |

สรุป.....

.....

.....

.....

**ประวัติผู้วิจัย**

1. ชื่อ-สกุล ( ภาษาไทย )  นายนิสิต  องอาจ

   ( ภาษาอังกฤษ )  MR. NISIT  ONG-ART

2. วัน เดือน ปีเกิด  14  สิงหาคม  2527

3. ตำแหน่งปัจจุบัน  พนักงานมหาวิทยาลัย

4. หน่วยงานที่สังกัด  คณะเทคโนโลยีการเกษตร  สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์  โทรศัพท์ 0-5671-7100 ต่อ 1702  โทรศัพท์มือถือ 08-2877-4388

   E-mail : Nisit_Fang@hotmail.com

5. ประวัติการศึกษา

   วท.บ (วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม  มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์

   คอ.ม (ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) สาขาไฟฟ้าอุตสาหกรรม  มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

   ผชอ.06041 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ ( อาคาร )

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำ

   การวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

   7.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

   - ชุดสาธิตการนับจำนวนและควบคุมพื้นที่การจอดรถยนต์ด้วย พีแอลซี

     The Demonstration of Counter and Control Parking car by PLC

     ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

   - ชุดประลองการควบคุมลิฟต์จำลอง 4 ชั้นแบบคู่ ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

     Experimental Set on Lift controller of Four–level twin–type with Programmable Logic Controllers(PLC)

     ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555

   7.2 การเผยแพร่งานวิจัย:

   - ชุดสาธิตการนับจำนวนและควบคุมพื้นที่การจอดรถยนต์ด้วย พีแอลซี

The Demonstration of Counter and Control Parking car by PLC

ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร ปีที่ 14 ฉบับที่ 1 / 2555

-ชุดประลองการควบคุมลิฟต์จำลอง 4 ชั้นแบบคู่ ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Experimental Set on Lift controller of Four–level twin–type with Programmable Logic Controllers(PLC)

ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร ปีที่ 15 ฉบับที่ 1 / 2556