



คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ออกแบบและสร้างเรือนแพลอยน้ำผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากกังหันน้ำ

Design and construction of floating house
to produce current by waterwheel.

นายปลั่งวัชร แพ่งธีระสุขมัย
Mr. Plangwath Paengteerasukkamai

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ได้รับการอุดหนุนงบประมาณในการดำเนินการ
ปี พ.ศ. ๒๕๕๖

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับประเทศไทยในการใช้พลังงานทดแทนและสามารถนำมาพัฒนาต่อ ซึ่งภูมิประเทศไทยมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน จึงเกิดแนวคิดในการนำพลังงานน้ำไหลของกระแสน้ำมาใช้ให้เกิดประโยชน์

เครื่องกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนของท่อน้ำ 200 ลิตรจำนวน 32 ใบ ส่วนกังหันน้ำเป็นใบกังหันที่ทำด้วยเหล็กใบสามารถพับได้มีจำนวน 6 ใบ แต่ละใบกินน้ำลึก 30-40 เซนติเมตร ซึ่งชุดใบกังหันสามารถปรับระดับกินน้ำลึกได้ และความกว้าง 90 เซนติเมตร ส่วนชุดท่อรอบซึ่งประกอบด้วยเฟืองใช้ท่อรอบและสายพานทดรอบ โดยทั้งส่วนกังหันและชุดท่อรอบวางอยู่บนโครงสร้างที่มีท่อนรองรับ โดยการหมุนของกังหันใช้เพลาคับ ขนาด \varnothing 25 เซนติเมตร หมุนขับใช้มอเตอร์ทำงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

จากการทดสอบเครื่องกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนำไปลอยในแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี แล้วบันทึกหาประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ 220 โวลต์แต่ยังไม่คงที่ เปลี่ยนระบบผลิตไฟฟ้า DC 12 โวลต์และแปลงเป็น AC 220 โวลต์ใช้งานได้

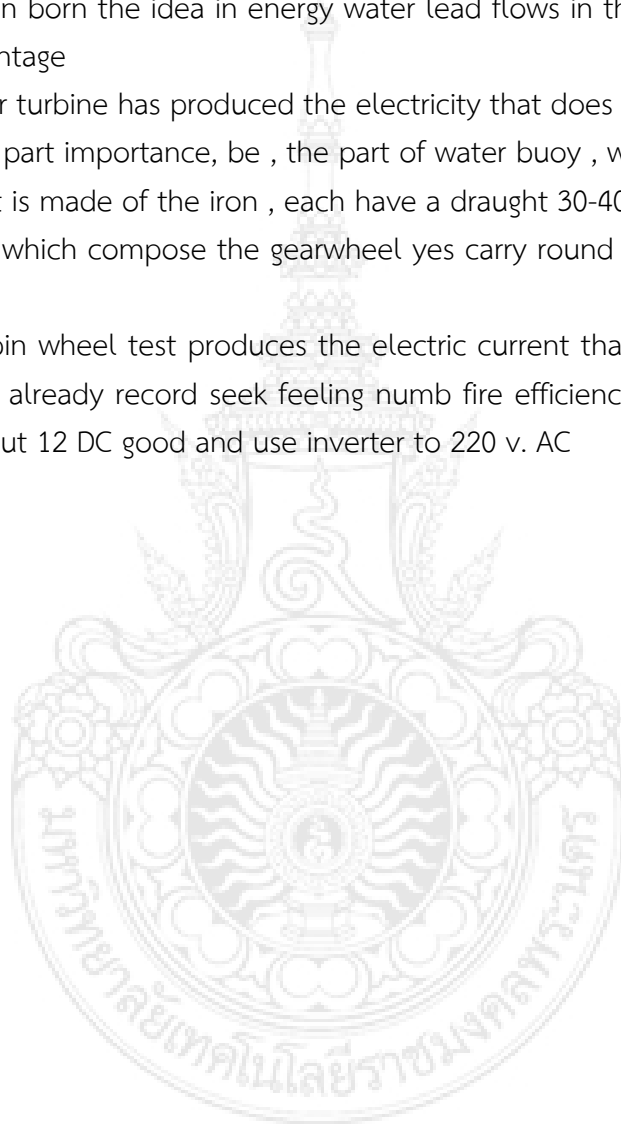


Abstract

Research this project invents for design and build the water turbine produce the electricity, by set up the equipment produces the electric current from water energy flows from the nature , which , be new choice for Thailand in using energy pays back. then born the idea in energy water lead flows in the tide comes to use is born the advantage

The water turbine has produced the electricity that does designing and establish to compose 3 part importance, be , the part of water buoy , water turbine part is the pin wheel that is made of the iron , each have a draught 30-40 centimeter group part carries round which compose the gearwheel yes carry round and a transmitting belt carry round .

From pin wheel test produces the electric current that establishes to induce float in a river already record seek feeling numb fire efficiency reaches to open 220 AC notgood but 12 DC good and use inverter to 220 v. AC



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนาเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย	3
2.2 งานวิจัยกังหันโครงการพระราชดำริ โครงการคลองลัดโพธิ์	7
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย	10
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ	13
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่	19
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ	26
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลา	30
2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง	35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3	วิธีการดำเนินงาน	39
	การวางแผนดำเนินงาน	40
	3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
	3.2 การออกแบบและสร้างกังหันไฟฟ้า	43
	3.3 การทดลองการทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ และปรับแก้ไข	47
	3.4 การทดลองงาน ณ สถานที่จริง	51
บทที่ 4	ผลการสอบงานจริง	68
	4.1 ผลการทดลอง	68
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง	69
	สรุปผลการทดลอง	69
	บรรณานุกรม	70
	ประวัติผู้วิจัย	71



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการคลองลัดโพธิ์นอกจากแก้ปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการแล้ว ยังเป็นโครงการในพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ให้ศึกษาวิเคราะห์ศักยภาพของคลองลัดโพธิ์ด้านไฟฟ้าพลังน้ำและการปรับปรุงคุณภาพน้ำ ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างกรมชลประทานกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการศึกษาวินิจฉัยได้ต้นแบบกังหันพลังน้ำอาศัยพลังงานจลน์จากความเร็วของกระแสน้ำไหลขึ้น 2 แบบ คือ แบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) และแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าติดตั้งบริเวณประตูระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

ความรู้ที่ได้จากการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ศักยภาพของคลองลัดโพธิ์นี้ จะถูกนำไปต่อยอดเพื่อการผลิตกังหันพลังน้ำในประเทศ ซึ่งปัจจุบันยังต้องใช้วัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศอยู่ แต่เมื่อมีการขยายผลจนสามารถประยุกต์ใช้กับประตูระบายน้ำของกรมชลประทานที่มีอยู่ทั่วประเทศได้ ในอนาคตจะไม่ต้องนำเข้าวัสดุอุปกรณ์จากต่างประเทศ จะช่วยประหยัดงบประมาณของประเทศลงได้อย่างมหาศาล

ที่มา : วารสารข่าวกรมชลประทาน ปีที่ 17 ฉบับที่ 130 เดือนกุมภาพันธ์ 2552

ผู้วิจัยยังพบว่าสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย การไหลของน้ำบางจุดมีความเร็วในการไหลที่เหมาะสมสามารถนำพลังงานการไหลมาทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าได้ เช่นที่ แม่น้ำแควใหญ่จังหวัดกาญจนบุรีมีอัตราการไหลของน้ำของน้ำ 2-3 เมตรต่อวินาที มีบ้านพักลักษณะแพลอยน้ำสำหรับนักท่องเที่ยว ซึ่งขณะที่แพลอยอยู่กับที่จะใช้กระแสไฟฟ้าจากการผลิตของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน

ปัจจุบันประเทศไทยได้รับผลกระทบจากสภาพลมฟ้าอากาศมีฝนตก บางพื้นที่มีน้ำป่าไหลท่วมบ้านพักและที่นาเสียหาย ถนนสะพานตัดขาด ระบบสาธารณูปโภคไฟฟ้าเสียหาย ทำให้ประชาชนที่อยู่ในพื้นที่ได้รับความลำบากหน่วยงานภาครัฐและเอกชนต้องเร่งช่วยเหลือตามที่เป็นข่าว

ปีงบประมาณ 2554 ผู้วิจัยได้รับเงินสนับสนุนงานวิจัยออกแบบและสร้าง “กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า” ขั้นตอนการดำเนินการหลังจากที่ผู้วิจัยออกแบบทุนลอยใบกังหันส่งถ่ายกำลัง และจะติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า เริ่มต้นใช้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากการส่งถ่ายกำลังการหมุนของกังหันออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปรับกระแสไฟฟ้าแต่ในขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าวมีข้อควรระวังคือ เรื่องของความชื้นซึ่งจะทำให้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าเกิดการรั่วไหลของกระแส และเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานเมื่อไปสัมผัสโครงสร้างกังหันซึ่งทำด้วยโลหะ ลักษณะของกังหันลอยน้ำ 2 รุ่นขนาดเล็กไม่เหมาะกับอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนเป็นใช้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กในรถยนต์ที่เรียกว่า “ไดชาร์ต” สามารถใช้งานได้ดีกว่า

ดังนั้นถ้าต้องการผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ในลักษณะสถานีผลิตไฟฟ้าแพลอยน้ำสามารถเคลื่อนที่ได้เมื่ออยู่บนบกมีล้อรถลากไป และเมื่อลงน้ำมีทุ่นขนาดใหญ่ 2 ทุ่นวางขนาน เช่นเดียวกับแพบ้านพักอาศัยบริเวณแม่น้ำแควจังหวัดกาญจนบุรี บนแพติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากการหมุนของใบกังหัน และส่งถ่ายกำลังทำให้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 3-5 กิโลวัตต์ เพื่อเป็นแนวทางเลือกพลังงานทดแทนของบ้านพักอาศัยที่ต้องการปริมาณกระแสไฟฟ้ามากเพียงพอการใช้งานมากกว่ากังหันลอยน้ำขนาดเล็ก

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนากังหันน้ำผลิตไฟฟ้าในลักษณะทุ่นลอยน้ำขนาดเล็ก เป็นแพลอยน้ำได้ เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีปัญหาเรื่องกระแสไฟฟ้าขัดข้องจากปัญหาน้ำท่วมในปัจจุบันหรือนำไปใช้ในชุมชนที่ต้องการพลังงานทางเลือกใหม่จากแรงน้ำ ซึ่งผลิตกระแสไฟฟ้าสลับขนาดตั้งแต่ 3-5 กิโลวัตต์ เพียงพอกับความต้องการของบ้านพักขนาดเล็ก

นิยามศัพท์ : แพลอยน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า มีรูปร่างเป็นแพบ้านพักลอยน้ำได้ มีฝาด้านและหลังคาบ้านทำด้วยวัสดุเบา ภายในบ้านติดตั้งกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าบริเวณกลางแพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเรือนแพลอยผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากกังหันน้ำ
2. ทดสอบและหาประสิทธิภาพการทำงานของเรือนแพลอยผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากกังหันน้ำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้ทุ่นลอยน้ำถึงน้ำมัน 200 ลิตร จำนวน 32 ใบ จำนวน 4 แถววางขนาดตามทางไหลของน้ำข้างละ 2 แถว เป็นอุปกรณ์ในการพยุงตัวของแพลอยน้ำ
2. ใช้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลผ่านกังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-4 เมตร ได้กระแสไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ขนาด 3-5 กิโลวัตต์
4. ลักษณะแพลอยมีหลังคาวัสดุน้ำหนักเบาป้องกันฝนตกมีฝาด้านข้างเหมือนบ้านพักติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าภายในบ้าน กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะถูกส่งทางสายไฟป้องกันน้ำสู่บริเวณที่ใช้งาน โดยขณะลอยในน้ำจะต้องมีเชือกผูกแพให้ลอยอยู่กับที่

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เรือนแพลอยผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากกังหันน้ำ เมื่อนำไปใช้สถานที่บริเวณที่มีความเร็วน้ำไหลที่เหมาะสม 6-9 เมตร/นาที่ ทำให้เกิดการผลิตกระแสไฟฟ้านำกลับมาใช้งานได้มีประโยชน์กับชุมชนบ้านพักบริเวณริมแม่น้ำ ที่มีอัตราการไหลของน้ำที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้เป็นแนวทางเลือกการใช้พลังงานทดแทน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนำ

ในการดำเนินงานวิจัย ออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยกังหันมีลักษณะใบตามขอบเขตที่กำหนด คือ มี 6 ใบเพื่อรับแรงน้ำไหล มีท่อนลอย 2 ข้าง มีอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังติดตั้งอยู่บนท่อน มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนา

2.1 งานวิจัยกังหันน้ำโครงการพระราชดำริ กังหันน้ำชัยพัฒนา และโครงการคลองลัดโพธิ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่

2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลลา

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง

2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนา เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย

Chaipattana Low Speed Surface Aerator, Model RX-2

ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยทุกวันนี้ เป็นผลมาจากภาวะมลพิษของน้ำเน่าเสียที่มีอัตราและปริมาณสูงขึ้นเป็นลำดับ จนยากแก่การแก้ไขให้บรรเทาเบาบางลงได้ ส่งผลต่อสุขภาพพลานามัยที่อ่อนแอของพสกนิกรทั้งหลาย

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงห่วงใยในความเดือดร้อนทุกข์ยากที่เกิดขึ้นนี้ ได้เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรสภาพน้ำเน่าเสียในพื้นที่หลายแห่ง ทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และต่างจังหวัด พร้อมทั้ง พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับการแก้ไขน้ำเน่าเสีย

ในระยะแรกระหว่างปี พ.ศ. 2527-2530 ทรงแนะนำให้ใช้น้ำที่มีคุณภาพดีช่วยบรรเทา น้ำเสียและวิธีการรองน้ำเสียด้วยผักตบชวาและพืชน้ำต่าง ๆ ซึ่งก็สามารถช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ในระดับหนึ่ง



ภาพที่ 2-1 “หลุก” ภูมิปัญญาชาวบ้าน

กักหน้ำน้าพระราชทาน

ต่อมาในช่วงปี พ.ศ. 2531 เป็นต้นมาสภาพความเน่าเสียของน้ำบริเวณต่างๆ มีอัตราแนวโน้มรุนแรงมากยิ่งขึ้น การใช้วิธีธรรมชาติไม่อาจบรรเทาความเน่าเสียของน้ำอย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงพระราชทานพระราชดำริให้ประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศแบบประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถผลิตได้เองในประเทศมีรูปแบบ “ไทยทำไทยใช้” โดยทรงได้แนวทางจาก “หลุก” ซึ่งเป็นอุปกรณ์วิดน้ำเข้านาอันเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านเป็นจุดคิดค้นเบื้องต้น และทรงมุ่งหวังที่จะช่วยแบ่งเบาภาระของ รัฐบาลในการบรรเทาน้ำเน่าเสียอีกทางหนึ่งด้วย

การนี้ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มูลนิธิชัยพัฒนาสนับสนุนงบประมาณ เพื่อการศึกษา และวิจัยสิ่ง ประดิษฐ์ใหม่นี้ โดยดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือบำบัดน้ำเสียร่วมกับกรมชลประทาน ซึ่งได้มีการผลิตเครื่องกลเติมอากาศขึ้นในเวลาต่อมา และรู้จักกันแพร่หลายทั่วประเทศใน ปัจจุบันคือ “กักหน้ำน้าชัยพัฒนา”



ภาพที่ 2-2 “กังหันน้ำชัยพัฒนา” พระอัจฉริยภาพในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

พระราชดำริ

เมื่อวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2531 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานรูปแบบและพระราชดำริ เรื่อง การแก้ไขปัญหาน้ำเสีย โดยการเติมออกซิเจนในน้ำ มีสาระสำคัญ คือ การเติมอากาศลงในน้ำเสีย มี 2 วิธี

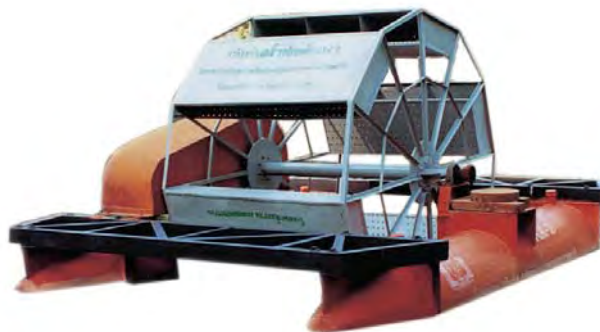
- 1) วิธีที่หนึ่ง ใช้อากาศอัดเข้าไปตามท่อเป่าลงไปใต้อิวน้ำแบบกระจายฟอง
- 2) วิธีที่สอง น่าจะกระทำได้โดยกังหันวิดน้ำ วิดตักขึ้นไปบนอิวน้ำ แล้วปล่อยให้ตกลงไปยังอิวน้ำตามเดิม โดยที่กังหันน้ำดังกล่าวจะหมุนช้าๆ ด้วยกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 2 แรงม้า หรืออาจจะใช้พลังน้ำไหลก็ได้ จึงสมควรพิจารณาสร้างต้นแบบ แล้วนำไปติดตั้งทดลองใช้ บำบัดน้ำเสียที่ภายในบริเวณโรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และวัดบวรนิเวศวิหาร

การศึกษา วิจัย และพัฒนา

กรมชลประทานรับสนองพระราชดำริในการศึกษา และสร้างต้นแบบโดยดัดแปลงเครื่องสูบน้ำพลังน้ำจาก “กังหันน้ำสูบน้ำทุ่นลอย” เปลี่ยนเป็น “กังหันน้ำชัยพัฒนา” และได้นำไปติดตั้งใช้ในกิจกรรมบำบัดน้ำเสียที่โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2532 และที่ วัดบวรนิเวศวิหารเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2532 เพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นระยะเวลา 4-5 ปี

คุณสมบัติ

กังหันน้ำชัยพัฒนา หรือเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำ หมุนช้าแบบทุ่นลอย (Chaipattana Low Speed Surface Aerator) ซึ่งเป็น Model RX-2 หมายถึง Royal Experiment แบบที่ 2 มีคุณสมบัติในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงถึง 1.2 กิโลกรัมของออกซิเจน/แรงแม่/ชั่วโมง สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างอเนกประสงค์ ติดตั้งง่าย เหมาะสำหรับใช้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ สระน้ำ หนองน้ำ คลอง บึง ลำห้วย ฯลฯ ที่มีความลึกมากกว่า 1.00 เมตร และมีความกว้างมากกว่า 3.00 เมตร



ภาพที่ 2-3 กังหันน้ำชัยพัฒนา

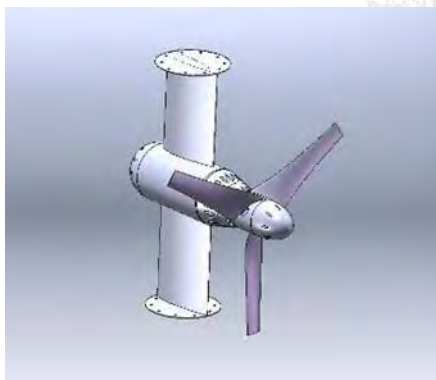
หลักการทำงาน

เครื่องกลเติมอากาศ "กังหันน้ำชัยพัฒนา" แบบทุ่นลอย สามารถปรับตัวขึ้น ลงได้ตามระดับขึ้นลงของน้ำ ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ โครงกังหันรูป 12 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00 เมตร มีช่องน้ำขนาดบรรจุ 110 ลิตรติดตั้งโดยรอบจำนวน 6 ช่อง เจาะรูของน้ำพรุนเพื่อให้น้ำไหลกระจายเป็นฝอย ช่องน้ำนี้จะถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยรอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงแม่ ระบบแรงดัน 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิรท์ ผ่านระบบส่งกำลังด้วยเฟืองเกียร์ทดรอบ และ/หรือ จานโซ่ซึ่งจะทำให้การหมุนเคลื่อนที่ของช่องน้ำ วิตัดน้ำด้วยความเร็ว 5 รอบ/นาที สามารถวิดน้ำลึกลงไปใต้ผิวน้ำประมาณ 0.50 เมตร ยกน้ำขึ้นไปสาดกระจายเป็นฝอยเหนือผิวน้ำด้วยความสูงประมาณ 1.00 เมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศกว้างขวางมากขึ้น เป็นผลทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว และในขณะที่น้ำเสียถูกยกขึ้นไปสาดกระจายสัมผัสกับอากาศแล้วตกลงไปยังผิวน้ำ จะก่อให้เกิดฟองอากาศจมตามลงไปใต้ผิวน้ำด้วย อีกทั้งในขณะที่ช่องน้ำกำลังเคลื่อนที่ลงสู่ผิวน้ำแล้วตกลงไปใต้ผิวน้ำนั้น จะเกิดการอัดอากาศภายในช่องน้ำภายใต้ผิวน้ำจนกระทั่งช่องน้ำจมน้ำเต็มๆ ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงขึ้นตามไปด้วย หลังจากนั้นน้ำที่ได้รับการเติมอากาศแล้ว จะเกิดการถ่ายเทของน้ำเคลื่อนที่ออกไปด้วยการผลักดันของช่องน้ำด้วยความเร็วของการไหล 0.20 เมตร/วินาที จึงสามารถผลักดันน้ำออกไปจากเครื่องมีระยะทางประมาณ 10.00 เมตร และผลพลอยได้อีกประการหนึ่งได้แก่ การโยกตัวของทุ่นลอยในขณะที่ทำงานจะส่งผลให้แผ่น

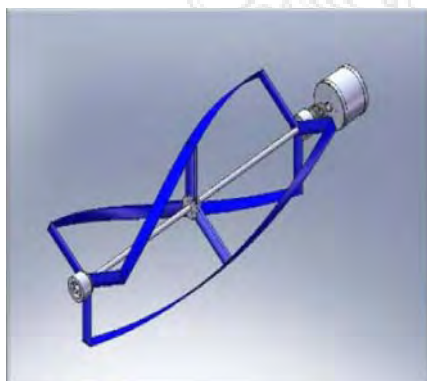
ไฮโดรฟอยล์ที่ติดตั้งไว้ในส่วนใต้น้ำ สามารถผลักดันน้ำให้เคลื่อนที่ผสมผสานออกซิเจนเข้ากับน้ำในระดับความลึกใต้ผิวน้ำเป็นอย่างดีอีกด้วย ซึ่งก่อให้เกิดกระบวนการทั้งการเติมอากาศการกวนแบบผสมผสาน และการทำให้เกิดการไหลของน้ำเสียไปตามทิศทางที่กำหนด โดยพร้อมกัน

2.2 งานวิจัยกังหันน้ำโครงการพระราชดำริ โครงการคลองลัดโพธิ์

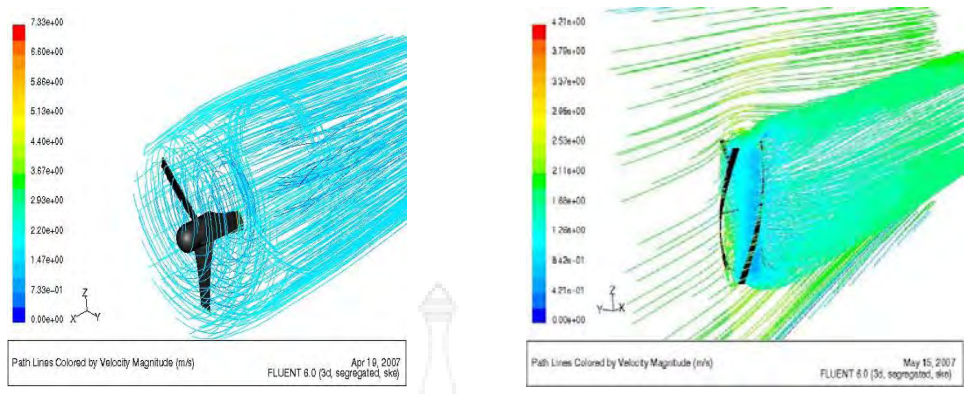
โครงการคลองลัดโพธิ์ เป็นโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สถานที่ตำบลทรงคนอง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นโครงการแก้ปัญหาน้ำท่วมและสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยออกแบบชุดกังหันน้ำพลังน้ำต้นแบบที่สามารถทำงานสอดคล้องกับการบริหารจัดการคลองลัดโพธิ์ให้มีประสิทธิภาพสูง โดยความร่วมมือระหว่างกรมชลประทานกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการศึกษาวิจัยได้ต้นแบบกังหันพลังน้ำอาศัยพลังงานจลน์จากความเร็วของกระแสน้ำไหลขึ้น 2 แบบ คือ แบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) และแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ติดตั้งบริเวณประตูระบายน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ



ภาพที่ 2-4 กังหันแบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow)



ภาพที่ 2-5 กังหันแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow)



ภาพที่ 2-6 แสดงเส้นการไหลของน้ำไหลผ่านกังหัน



ภาพที่ 2-7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 2-8 แสดงกังหัน Cross Flow เริ่มทำงาน

กังหันแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร และแบบหมุนขวางการไหล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร ยาว 2.50 เมตร ทั้ง 2 แบบจะประกอบด้วยโครงเหล็กเป็นต้นกำลัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร มีเกียร์ทดอยู่ภายในกล่องที่จมน้ำได้ กำลังและแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ เช่น ความเร็วที่ 200 รอบต่อนาที จะได้กำลังไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ต่อวัน และเปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันได้ 650 โวลต์ (Open Circuit Voltage 650 volts) เป็นต้นกำลังไปหมุน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าแบบกระแสสลับ และใช้เรกติฟายเออร์ (Rectifier) เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรง แล้วเชื่อมต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์และคอนโทรลเลอร์ (Inverter & Controller) ซึ่งจะปรับแรงดันและความถี่เพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง จากการทดลองเดินกังหันพลังน้ำต้นแบบ พบว่าได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 5.74 กิโลวัตต์ต่อวัน



ภาพที่ 2-9 แสดงกังหัน Axial Flow เริ่มทำงาน



ภาพที่ 2-10 แสดงรอบของ Cross Flow เมื่อจมน้ำและ
ยังไม่ได้ต่อกับระบบ



ภาพที่ 2-11 แสดงรอบของ Axial Flow เมื่อจมน้ำ
และต่อกับระบบ



ภาพที่ 2-12 ตู้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำทั้ง 2 ตัว



ภาพที่ 2-13 เจ้าหน้าที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าของคลองลัดโพธิ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ คงฤทธิ์ (2548) ได้ทำโครงการวิจัย การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบโครอสโพล์ ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน (ขนาดไม่เกิน 100 กิโลวัตต์) ห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย โดยได้ศึกษา การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ด้วยการสร้างเครื่องกังหันน้ำแบบโครอสโพล์ ขนาด 40 กิโลวัตต์ ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที พร้อมชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าให้กำเนิดระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 380/220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ และชุดควบคุมโหลดแบบอิเล็กทรอนิกส์ จากการทดสอบพบความคลาดเคลื่อนในเรื่องการจัดวางแนวตำแหน่งของเครื่องกังหันน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากที่สุดเท่ากับ 85 ไมครอน ซึ่งไม่เกิน 100 ไมครอน ตามเกณฑ์กำหนด เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 380/220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ 57 แอมแปร์ 30 กิโลวัตต์ ตามพิกัดกำหนด และสามารถแบ่งจ่ายโหลดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ผลการวิจัยทำให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบโครอสโพล์ สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าในโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำระดับหมู่บ้านได้ตามข้อกำหนด และยังใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต่อไป

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

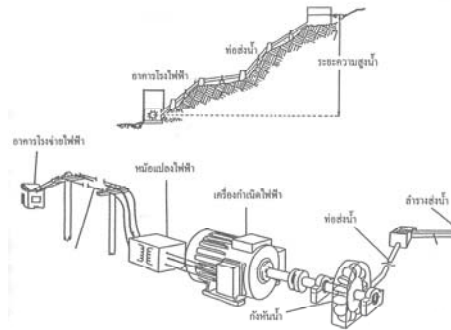
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในหัวข้อนี้ เป็นโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อรองรับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากแหล่งที่เป็นแหล่งธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกทั่วไป เช่น ลำห้วยลำธาร และเขื่อนต่างๆ ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงหรือพลังงานคลื่น โดยจะกล่าวถึงประเภทและส่วนประกอบต่างๆ ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังต่อไปนี้

ประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35-41)

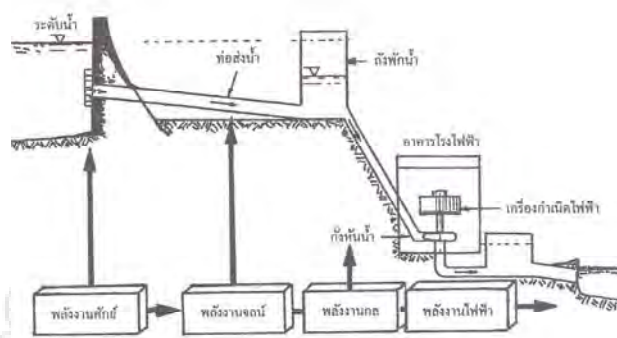
การแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ มักจะยึดเอาปริมาณน้ำที่มีอยู่หรือที่ต้องใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำนั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ (Run of River) เป็นโรงไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยการบังคับทิศทางไหลของน้ำ จากแหล่งน้ำเล็กๆ เช่นตามลำห้วย ลำธารหรือฝายต่างๆ ให้มารวมตัวกันและไหลผ่านท่อหรือรางน้ำที่จัดทำไว้ และใช้แรงดันของน้ำซึ่งตกจากตำแหน่งที่สูงมาหมุนกังหันซึ่งต่อกับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ลักษณะของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2-14

2) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Storage Regulation Development) เป็นโรงไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้า โดยการใช้พลังงานน้ำที่มีอยู่ซึ่งอาจเป็นแหล่งธรรมชาติหรือเกิดจากการสร้างขึ้นมาเองในลักษณะของเขื่อน ดังแสดงในภาพที่ 2-15 ซึ่งน้ำที่มีอยู่ในอ่างหรือเขื่อนจะมีปริมาณมากพอที่จะถูกปล่อยออกมาเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ตลอดเวลา ในประเทศไทยโรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกใช้เป็นหลักในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพราะเป็นระบบที่มีความมั่นคงในการผลิตและจ่ายไฟสูง

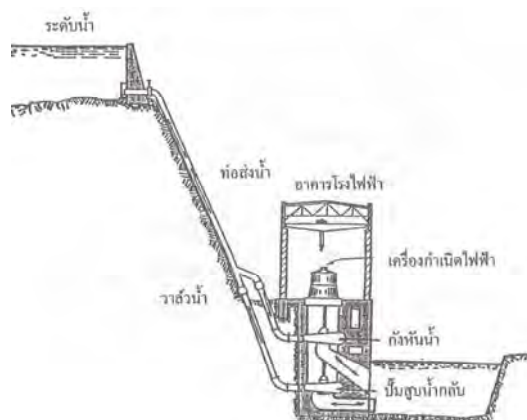


ภาพที่ 2-14 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ
 ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35)



ภาพที่ 2-15 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ
 ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 36)

3) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานความคิดการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนข้างต่ำไปแล้ว จะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper Reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower Reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2-16 และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั้มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบกลับ
 ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 37)

ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีส่วนประกอบที่ควรรู้จักดังต่อไปนี้

- 1) อาคารรับน้ำ (Power Intake) คืออาคารสำหรับรับน้ำที่ไหลจากอ่างลงสู่ท่อที่อยู่ภายในตัวอาคาร เพื่อนำพลังงานน้ำไปหมุนกังหันและหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายในตัวอาคารจะมีห้องควบคุมระบบการไหลของน้ำและระบบการผลิตไฟฟ้า อาคารรับน้ำโดยทั่วไปจะถูกสร้างไว้ใกล้ๆ ตัวเขื่อน
- 2) ตะแกรง (Screen) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันเศษไม้ หรือวัตถุใด ๆ ที่จะผ่านเข้าไปทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำ หรือสร้างความเสียหายให้กับกังหัน ขนาดของช่องตะแกรงจะต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป เพราะถ้าเล็กจะมีผลต่อปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำภายในท่อส่งน้ำจะลดลง แต่ถ้าใหญ่เกินไปจะไม่สามารถป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่ได้
- 3) อุโมงค์เหนือน้ำ (Headrace) เป็นช่องสำหรับให้น้ำไหลเข้ามายังท่อส่งน้ำที่อยู่ในตัวเขื่อน อุโมงค์นี้จะอยู่ในตัวอาคารรับน้ำมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปเกือกม้าหรือวงกลม ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 4) ท่อส่งน้ำ (Penstock) เป็นท่อสำหรับรับน้ำจากเหนือเขื่อนและส่งต่อไปยังอาคารรับน้ำเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 5) อาคารลดแรงดันน้ำ (Surge Tank) เป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมแรงดันของน้ำที่จะอัดใส่ภายในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจทำให้ท่อหรือหัวฉีดน้ำเสียหายได้ โดยทั่วไปจะสร้างอยู่ระหว่างตัวเขื่อนกับอาคารรับน้ำแต่โรงไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับตัวเขื่อนอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีอาคารลดแรงดันน้ำนี้
- 6) ประตูน้ำ (Wicket Gate or Guide Vane) เป็นบานประตูที่ควบคุมการไหลของน้ำที่จะไหลเข้าไปหมุนใบพัดของกังหัน ควบคุมโดยการปิดหรือเปิดประตูน้ำนี้ให้น้ำไหลผ่านเข้าไปยังท่อส่งน้ำในอัตราที่เหมาะสม

7) กังหันน้ำ (Water Turbine) เป็นตัวรับแรงดันของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำ โดยแรงดันนี้จะทำหน้าที่ฉีกหรือผลักรัดน้ำให้กังหันหมุน ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ กังหันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

8) ท่อรับน้ำ (Draft Tube) เป็นท่อรับน้ำหลังจากที่น้ำผ่านออกมาจากกังหัน เพื่อนำน้ำออกไปยังท้ายน้ำ ท่อรับน้ำนี้จะอยู่บริเวณส่วนหลังของกังหัน

9) ทางน้ำล้น (Spill Way) คือทางระบายน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ ในกรณีที่น้ำในอ่างมีระดับสูงเกินไป ทางน้ำล้นจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะให้ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระบายออก สามารถระบายออกได้ทันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายแก่เขื่อน

10) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานกลจากการหมุนของกังหันมาเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการของขดลวดตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

11) หม้อแปลง (Transformer) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับแปลงแรงดัน ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ให้เป็นไฟฟ้าที่มีแรงดันสูงเพื่อส่งเข้าสู่ระบบสายส่งต่อไป

ตัวอย่างรูปแบบการติดตั้งและส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 2-17 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงภาคตัดขวางของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำของเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์



ภาพที่ 2-17 แสดงภาคตัดขวางของระบบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ
ที่มา (แผนพับเขื่อนสิริกิติ์. 2546)

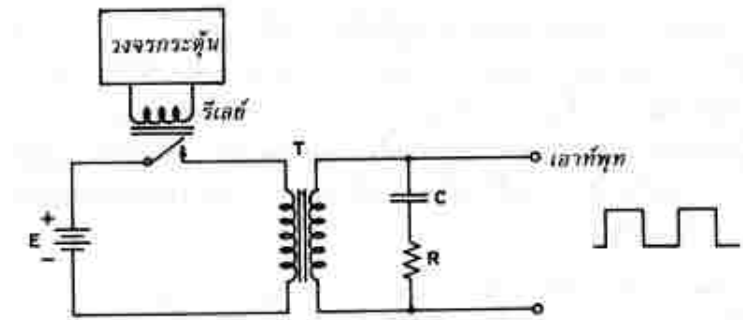
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นไฟสลับนั้นมีเทคนิคและวิธีการสรุปได้ดังนี้

1. การใช้หลักทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ โดยการใช้อุปกรณ์ของอินเวอร์เตอร์จากกลร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดสัญญาณไฟสลับเป็นลักษณะสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาท์พุทแรงดันและกระแสที่จ่ายออกมา ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการพันหม้อแปลง และขนาดเบอร์ของ

ขดลวดที่ใช้ ส่วนการให้กำเนิดความถี่ของสัญญาณไฟสลับ ขึ้นอยู่กับสัญญาณกระตุ้นมาทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อวงจรตามจังหวะ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์แสดงดังรูปที่ 2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

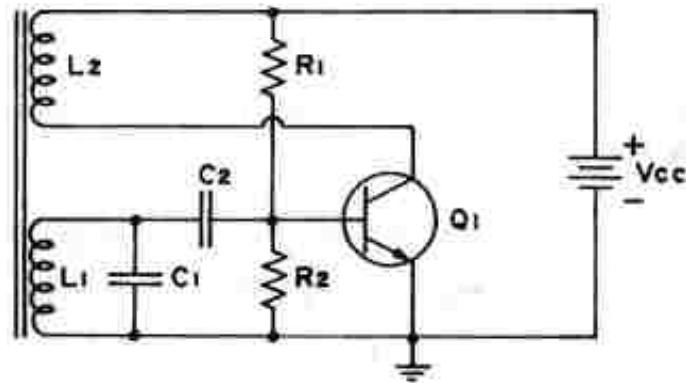


รูปที่ 2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์ทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 2-18 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานจะใช้วงจรกระตุ้นกำเนิดโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อตามจังหวะของสัญญาณที่มากระตุ้นแรงดันจากแบตเตอรี่ E ง่ายผ่านเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T เป็นจังหวะ ทำให้ขดปฐมภูมิเกิดสนามแม่เหล็กยกตัวและพองตัวเป็นจังหวะเช่นกัน ชักนำสนามแม่เหล็กไปยังขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T เกิดเป็นแรงดันชักนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมตามต้องการ

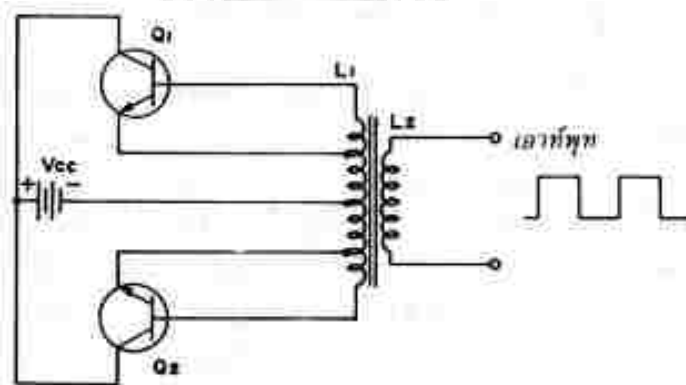
2. ใช้หลักการกำเนิดความถี่ วงจรกำเนิดความถี่หรือออสซิลเลเตอร์จะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยให้ออสซิลเลเตอร์กำหนดความถี่ขึ้นมาที่มีค่าแรงดันและกำลังไฟฟ้าต่ำส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ หลักการของออสซิลเลเตอร์ ใช้หลักการป้อนกลับทางบวกเข้าช่วยให้ความถี่ถูกกำหนดขึ้นมาตลอดเวลา วงจรกำเนิดความถี่สามารถสร้างขึ้นมาได้หลายวงจรด้วยกัน เช่น ฮาร์ทเลย์ออสซิลเลเตอร์ โคลบิทออสซิลเลเตอร์ ทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ เป็นต้น

จากรูปที่ 2-19 เป็นวงจรทริกเกอร์ออสซิลเลเตอร์ การทำงานจะอาศัยหลักการป้อนกลับทางบวกจากเอาต์พุตไปอินพุต วงจรประกอบไปด้วย L1 C1 เป็นวงจรรีโซแนนซ์แบบขนานเพื่อกำหนดความถี่ในวงจร C2 เป็นตัวคัปปลิ่งสัญญาณไปเข้าขา B ของ Q1 ตัว R1, R2 เป็นวงจรแบ่งแรงดันเพื่อกำหนดไบอัสให้ขา B ของ Q1 ขดลวด L2 เป็นโหลดของวงจร และทำหน้าที่ป้อนสัญญาณกลับมากระตุ้นวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน L1 C1 เป็นแบบป้อนกลับทางบวก เมื่อกำหนดค่า L1C1 ให้พอเหมาะถูกต้องก็จะได้ค่าความถี่ตามต้องการ แต่จะเป็นความถี่ค่อนข้างสูง



รูปที่ 2-19 วงจรทรานซิสเตอร์ออสซิลเลเตอร์

3. ใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานนานแล้ว จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เพราะใช้งานได้สะดวก ควบคุมการทำงานได้ง่าย สามารถทนกำลังไฟฟ้าสูงๆได้ จึงถูกพัฒนามาใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์มากขึ้น รูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง

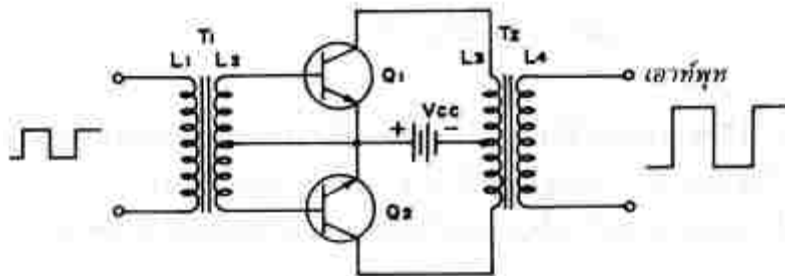


รูปที่ 2-20 วงจรทรานซิสเตอร์ออสซิลเลเตอร์

จากรูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลังในการกำเนิดความถี่ โดยมีขดลวดจากหม้อแปลงเป็นตัวป้อนกลับซึ่งเป็นวิธีการป้อนกลับ ทางด้านสนามแม่เหล็ก จะมีลักษณะการทำงานเหมือนวงจรมัลติไวเบรเตอร์ คือ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะทำงานสลับกัน ตัวหนึ่งคัตออฟ ตัวหนึ่งอิ่มตัว ในเวลาสั้นๆก็จะสลับไปสลับมา ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ใช้ หรือจำนวนรอบที่พันของขดลวดนั่นเอง การออสซิลเลทความถี่ของวงจรอาศัยการยุบตัวพองตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวด L_1 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_2 สลับกันทำงาน เมื่อตัวหนึ่งทำงาน จะบังคับให้อีกตัวหนึ่งหยุดทำงานสลับไปมาตลอดเวลา ที่จ่ายแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ให้วงจร จะเกิดการเหนี่ยวนำออกเอาต์พุตที่ขดลวด L_2 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม

4. ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูลเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเช่นเดียวกัน โดยทำงานร่วมกับอินพุทและเอาต์พุททรานส์ฟอร์มเมอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะทำงานเหมือน

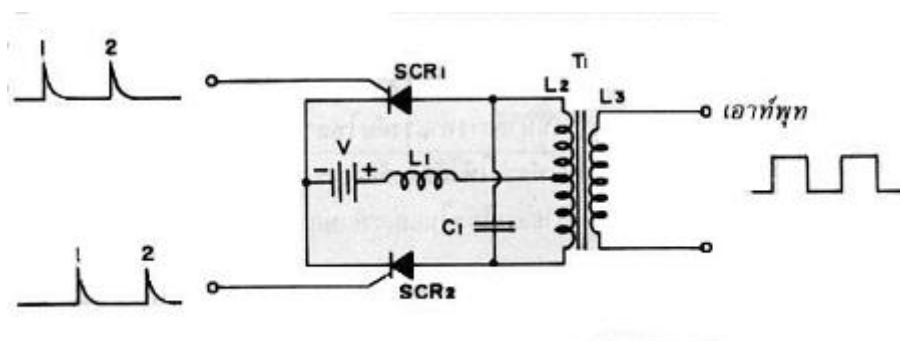
กับวงจรขยายของเครื่องขยายเสียงแบบพุซฟูล ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุท ให้มีระดับความแรงมากขึ้นออกเอาต์พุท และเพิ่มกำลังไฟฟ้าจ่ายออกมากขึ้นตามต้องการ แต่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะไม่สามารถกำเนิดความถี่ขึ้นมาได้เอง จะต้องมีสัญญาณจากอินพุทป้อนมากระตุ้น



รูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุซฟูล

จากรูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อพุซฟูล วงจรประกอบด้วยหม้อแปลง T1 อินพุททรานสฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้า จัดเฟสจัดอิมพีแดนซ์ให้ถูกเพื่อป้อนสัญญาณอินพุทให้ขา B ของ Q1 และ Q2 ต้องวงจรเป็นแบบพุซฟูล จะทำงานโดยสัญญาณอินพุทที่ถูกเฟสป้อนให้ขา B ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานสลับกันไปมา หม้อแปลง T2 เป็นเอาต์พุททรานสฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณส่งออกเอาต์พุท การทำงานเมื่อมีสัญญาณอินพุทป้อนเข้ามาผ่าน L1 จะเหนี่ยวนำไปยัง L2 มีศักย์ตกคร่อม L2 บนลวดมีเฟสต่างกัน เช่น ขั้วบนเป็นบวก ขั้วล่างจะเป็นลบ และถ้าขั้วบนเป็นลบขั้วล่างก็จะเป็นบวก ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ทำงานสลับกันไปมา ส่งสัญญาณไฟสลับไปตกคร่อม L3 มีศักย์ตกคร่อม L3 บนลวดมีเฟสต่างกันและสลับกันไปมาตลอดเวลา ชักนำสัญญาณไฟสลับส่งไป L4 เป็นสัญญาณเอาต์พุท

5. ใช้ SCR ทำงานสลับกัน การใช้ SCR ต่อในวงจรอินเวอร์เตอร์ ได้รับความนิยมและได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถเลือก SCR ที่ทนกำลังไฟฟ้าสูงๆมาใช้ในการทำงานได้ แต่จะต้องควบคุมสัญญาณที่จะใช้กระตุ้นขา G ของ SCR แต่ละตัวอย่างถูกต้อง และสอดคล้องกับการทำงานของวงจร เมื่อ SCR นำกระแสแล้วในการใช้กับแรงดันไฟตรง SCR จะนำกระแสตลอดเวลา จึงต้องใช้เทคนิคการหยุดนำกระแสของ SCR เข้าช่วย วงจรเบื้องต้น ดังรูปที่ 2-22



รูปที่ 2-22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ SCR

จาก รูปที่ 2-22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ SCR 2 ตัวสลับกันทำงานทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อการจ่ายแรงดันในวงจร ตัว L1 หน่วงการไหลของกระแสที่ผ่าน SCR ตัว C1 จะประจุแรงดันต้านการนำกระแสของ SCR และหม้อแปลง T1 เป็นโหลดในการทำงานของ SCR และส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุต

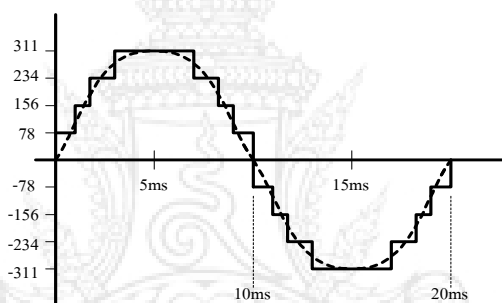
การทำงานเมื่อมีพัลส์ลูกแรกมากระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแสมีกระแสไหลจากขั้วบวกจากแบตเตอรี่ผ่าน L1 ไป L2 ครึ่งบน ไป SCR1 ครบวงจรขั้วลบ SCR1 จะนำกระแสคงที่ตลอดเวลา ตัว C1 จะได้รับการประจุแรงดันขั้วบนที่ต่อกับขา A ของ SCR1 มีศักย์เป็นลบ ขั้วล่างที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นบวก เมื่อมีพัลส์ลูกแรกกระตุ้นที่ขา G ของ SCR2 ให้นำกระแส SCR2 จะนำกระแสทันทีที่จะส่งผลทำให้ SCR1 หยุดนำกระแสทันที เพราะ C1 จะจ่ายไปอัสกลับให้ SCR1 เมื่อ SCR2 นำกระแสการจ่ายไปอัสกลับของ C1 คายประจุผ่าน SCR1 ทำให้ SCR1 หยุดนำกระแส

เมื่อมีพัลส์ลูกที่สองกระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแส จะทำให้ SCR 2 หยุดนำกระแสทันทีสลับกันไป เพราะขณะที่ SCR2 นำกระแส C1 จะได้รับการประจุแรงดันจากแบตเตอรี่ V ขั้วที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นลบขั้วบนที่ต่อกับขา A ของ SCR1 เป็นบวก เมื่อ SCR1 นำกระแสจึงมีไปอัสกลับจาก C1 จ่ายให้ SCR2 ทำให้ SCR2 หยุดนำกระแส

การนำกระแสของ SCR แต่ละตัวสลับกันไปมานี้ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด L2 สลับทิศไปมา เกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำจากขด L2 ไปขด L3 ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมไฟสลับออกเอาต์พุต

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือตัวผกผัน เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟตรงให้เป็นแรงดันไฟสลับที่เรียกว่า “เฟียม” เนื่องจากว่ารูปคลื่นของแรงดันไฟสลับที่ได้จากตัวอินเวอร์เตอร์จะไม่เรียบเหมือนกับสัญญาณไซน์จริงๆ เพราะการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์จะใช้วิธีการ เปิด/ปิด ค่าของแรงดันไฟตรงให้มาปรากฏที่ด้านขาออก(output) ด้วยช่วงเวลาสั้นๆ และมีความไวสูง เพื่อทำการปรับระดับของแรงดันขาออกให้ใกล้เคียงกับไฟสลับรูปไซน์ให้มากที่สุด ซึ่งในกระบวนการสร้างสัญญาณไฟสลับด้านขาออกนี้มีหลากหลายวิธี เช่น Frequency Modulation ; FM Pulse Width Modulation ; PWM เป็นต้น ซึ่งสามารถอธิบายการทำงาน

อย่างง่าย ๆ ของตัวอินเวอร์เตอร์ได้ดังนี้ เนื่องจากระบบไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทยมีการทำงานที่แรงดันรูปคลื่นเป็นไซน์ขนาด 220 โวลต์ และความถี่ 50 เฮิร์ตซ (Hz) โดยการทำงานเป็นคาบเวลาเริ่มจากจุดอ้างอิง 0 โวลต์ เพิ่มเป็นบวกถึงค่าสูงสุดประมาณ 311 โวลต์ และลดลงจนกระทั่งมีค่าเป็นลบสูงสุดที่ -311 โวลต์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นเข้าจุด 0 โวลต์ เป็นการครบ 1 คาบเวลาที่ 1/50 วินาที (20ms) หรือ 50 Hz ดังแสดงในภาพที่ 2-23 (เส้นประ) ดังนั้นตัวอินเวอร์เตอร์จะต้องทำงานเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของแรงดันที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าพิจารณาอินเวอร์เตอร์อย่างง่ายที่ทำงานไม่ละเอียดนักโดยทำการจ่ายแรงดันเริ่มต้นที่ 78 โวลต์ จากนั้นเปลี่ยนระดับของแรงดันเป็น 156 , 234,311,234,156 และ78 ตามลำดับในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนครบครึ่งคาบ จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับแรงดันเช่นเดียวกันในด้านลบอีกครั้งคาบ จะได้รูปคลื่นของสัญญาณไฟสลับเทียมทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 2-23 (เส้นทึบ) จากรูปคลื่นนี้จะเห็นว่าสัญญาณไฟสลับที่ได้ไม่เป็นไซน์ แต่สามารถนำไปใช้งานได้ดีในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท ในกรณีที่ต้องการรูปคลื่นสัญญาณที่เรียบมากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มตัวกรอง (filter) ทางด้านขาออกของตัวอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 2-23 การสร้างสัญญาณไฟสลับเทียมด้วยอินเวอร์เตอร์อย่างง่าย

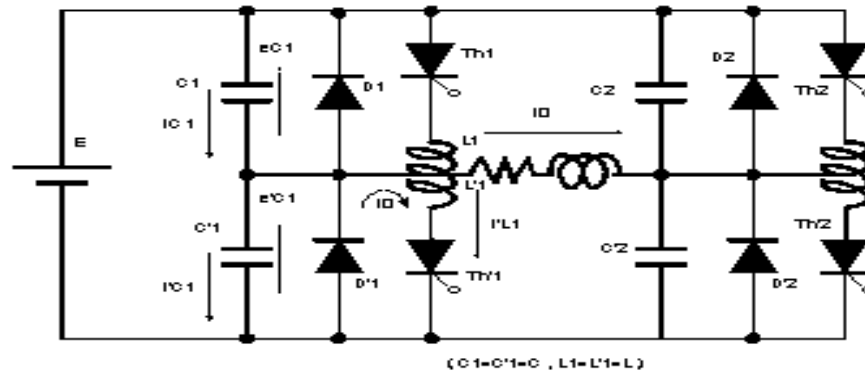
การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆได้ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟกระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่ไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ในทางปฏิบัติสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นจะใช้ทรานซิสเตอร์สวิตช์แทนสวิตช์ทางกล ทรานซิสเตอร์สวิตช์จะมีข้อแตกต่างกับสวิตช์ทางกลดังนี้

- (1) กระแสจะไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น
- (2) ไม่สามารถจะหยุดการนำกระแสได้ด้วยตัวเอง

(3) ถ้าต้องการให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแส นั้น จะต้องมีรีเวอร์สโวลเตจคร่อมไทรสเตอร์ ช่วงเวลาขณะหนึ่ง



ภาพที่2-24 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์

(1) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันขึ้น (Step-Up Transformer) หรือ $ES > EP$ ถ้าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านปฐมภูมิมีค่าเท่ากับ 100 V และอัตราส่วนจำนวนรอบคือ 1:5 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากด้านทุติยภูมิจะมีขนาด 5 เท่าของแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ นั่นคือ เท่ากับ 500 V ทั้งนี้เนื่องจากเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดปฐมภูมิไปตัดกับขดลวดที่มีจำนวนมากทางด้านทุติยภูมิ ดังนั้นการเหนี่ยวนำของแรงดันไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นมากด้วย

(2) หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) มีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) จะเรียกหม้อแปลงชนิดนี้ว่า หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) หรือ ทุติยภูมิน้อยกว่าปฐมภูมิ

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

(อ้างอิง: http://www.blmiacec.ac.th/E-learning/elec/8-2_files/lesson8-2.htm)

2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่

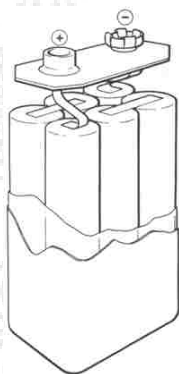
แบตเตอรี่ชนิดต่างๆและแบตเตอรี่รถยนต์

คำว่าแบตเตอรี่กันก่อนถ่านไฟฉายเรียกว่า เซล (cell) คำว่าแบตเตอรี่ในความหมายทางไฟฟ้า คือ การนำเซลล์เหล่านั้นมาต่อกัน เซลทั้ง 4 ขนาดที่เห็นกันทั่วไปในรูปที่ 1, 2, 3 และ 4 แยกออกเป็นขนาดต่างๆ กันในขนาด AAA ขนาด AA ขนาด D ตามลำดับ

เซลล์แบบอนุกรม

แบตเตอรี่ขนาด PP-3 แสดงไว้ในรูปแบบ 5 เรียกว่าถ่าน 9 โวลต์เป็นแบตเตอรี่ได้อย่างแท้จริง เนื่องจากประกอบไปด้วยเซลล์ขนาดเล็ก 6 เซลล์ต่ออนุกรมกันบรรจุอยู่ในตัวถังแสดงในรูปที่ 2-22 แต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 1.5 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด PP- 3 จึงมีแรงดัน 9 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดอื่นซึ่งเป็นแบบ PP ก็มี PP - 1, PP - 6, PP - 9 และอื่นๆ อีกซึ่งมีโครงสร้างเช่นเดียวกับ PP - 3

แบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งภายในประกอบด้วยเซลล์มาต่ออนุกรมกัน 6 เซลล์ ข้อแตกต่างกับแบตเตอรี่อื่น คือ เซลล์ภายในตัวแบตเตอรี่แต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 2 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่รถยนต์นี้จึงสามารถจ่ายแรงดันได้ 12 โวลต์ มีบางสิ่งที่แตกต่างกันไปสำหรับแบตเตอรี่รถยนต์กับแบตเตอรี่ต่างๆ ที่กล่าวถึงในตอนแรก คือ สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้สำหรับการติดเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วเยนเนอเรเตอร์ในรถก็จะหมุนปั่นไฟประจุกับตู้ แบตเตอรี่ได้



รูปที่ 2-25 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ขนาด PP-3 โดยเซลล์ทั้ง 6 เซลล์จะต่ออนุกรมกัน

การที่แบตเตอรี่รถยนต์สามารถประจุไฟเข้าไปได้ เนื่องจากถูกสร้างให้เป็นเซลล์แบบทุติยภูมิ (secondary cell) โดยเซลล์แบบทุติยภูมินั้น เมื่อสร้างขึ้นแล้วต้องนำไปทำการประจุไฟหรือชาร์จไฟก่อนจึงจะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ และเมื่อใช้กระแสไฟฟ้า (discharge) ไปจนกระแสอ่อนลงแล้วก็นำไปประจุไฟใหม่ได้ ไม่เหมือนกับเซลล์ขนาด AAA ขนาด AA ขนาด C ขนาด D และขนาด PP ทุกแบบ โดยทั่วไปนั้นเซลล์ขนาดเหล่านี้ถูกสร้างมาเป็นแบบเซลล์ปฐมภูมิ ซึ่งเซลล์ชนิดนี้เมื่อสร้างเสร็จแล้วก็นำไปใช้เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ทันทีเมื่อใช้ไปแล้ว ส่วนประกอบบางส่วนจะหมดเปลืองไปโดยไม่กลับมาเป็นสภาพเดิมได้อีก หลังจากที่ใช้ไปชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้ว ต้องเปลี่ยนส่วนประกอบใหม่จึงจะใช้ได้ติดตั้งเดิม และไม่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีเซลล์แบบทุติยภูมิที่มีขนาดเดียวกับเซลล์แบบปฐมภูมิ ดังกล่าวมีขายอยู่ในท้องตลาดซึ่งรู้จักกันในนามของเซลล์แบบนิเกิล - แคดเมียม (Nickel Cadmium) หรือเรียกกันย่อๆ ว่านิแคด (Nicad)



แบบ 1 แสดงถึงเซลล์ขนาด AAA
 แบบ 2 เป็นเซลล์ขนาด AA
 แบบ 3 แสดงถึงเซลล์ขนาด C
 แบบ 4 เป็นเซลล์ขนาด D
 แบบ 5 เป็นเซลล์ขนาด PP - 3 หรือแบตเตอรี่ 9 โวลต์

รูปที่ 2-26 แสดงแบบต่าง ๆ ของแบตเตอรี่

การทำงานของเซลล์ไฟฟ้า

เซลล์ไฟฟ้านั้นสร้างขึ้นได้โดยการนำแท่งตัวหรือเรียกว่า แท่งอิเล็กโทรด (electrode) 2 แท่ง มาจุ่มลงไปในสารละลายที่เรียกว่า อิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2-24 แท่งอิเล็กโทรดแท่งหนึ่งจะเรียกว่าแอโนด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นโลหะ ส่วนอีกแท่งหนึ่งเรียกว่า คาโทด ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาจากออกไซด์ของโลหะ

ออกไซด์ของโลหะเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างอะตอมของโลหะกับออกซิเจน ตัวอย่างออกไซด์ของโลหะ คือ ออกไซด์ของเหล็กที่เรียกว่า สนิมเหล็กซึ่งเกิดจากการทิ้งเหล็กไว้ในอากาศ โลหะส่วนมากแล้วจะรวมตัวกับออกซิเจน เมื่อนำออกไซด์ของโลหะมาใช้ในเซลล์จะเป็นการใช้ในทางสร้างสรรค์ ไม่เหมือนกับสนิมเหล็กซึ่งเป็นตัวทำลาย

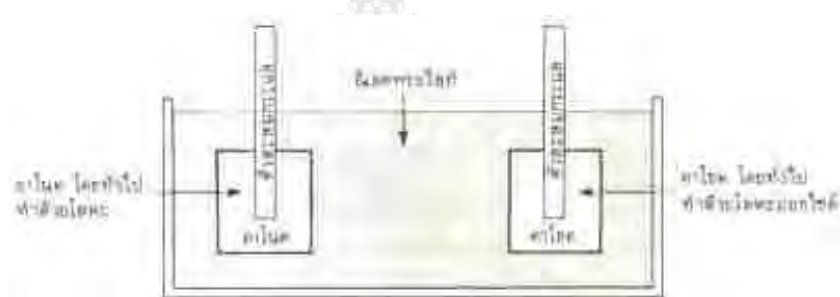
โลหะที่ใช้เป็นแอโนดนั้น จะเลือกให้มีความสามารถในการรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีกว่าโลหะที่ใช้เป็นคาโทด ถ้านำเอาแอโนดและคาโทดมาวางไว้ด้วยกัน แอโนดจะดึงเอาออกซิเจนออกจากออกไซด์ของโลหะซึ่งเป็นคาโทดและทิ้งแท่งคาโทดไว้เป็นโลหะ กรณีนี้เราเรียกว่าแอโนดถูกออกซิไดซ์ (oxidised) ส่วนคาโทดนั้นจะถูกรีดิวซ์ (reduced)

อิเล็กโทรไลต์นั้นเป็นสารเคมีเฉพาะ ซึ่งยอมให้การแลกเปลี่ยนของออกซิเจนระหว่างแอโนดและคาโทดเกิดขึ้น โดยแท่งแอโนดและคาโทดไม่จำเป็นต้องมาแตะกัน ในกรณีนี้สารอิเล็กโทรไลต์จะเป็นตัวนำอนุภาคของออกซิเจน (ซึ่งมีประจุลบ) ซึ่งเกิดขึ้นที่คาโทดเคลื่อนที่ข้ามไปสู่แอโนด ดังนั้นคาโทดจึงถูกรีดิวซ์ ส่วนแอโนดจะถูกออกซิไดซ์ ซึ่งเงื่อนไขในกรณีนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าเซลล์อยู่ในลักษณะรูปที่ 2-27 ถึงแม้ว่าเราจะพูดว่าเกิดความต่างศักย์ขึ้น (ซึ่งหมายถึงแรงดันไฟฟ้า) ในการที่ประจุของออกซิเจนจะไปรวมตัวกับโลหะที่แท่งแอโนด อนุภาคแต่ละอนุภาคของโลหะจะต้องปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ในขณะที่เดียวกับที่อนุภาคของออกซิเจนจะออกจากแท่งคาโทด และเข้าไปในสารอิเล็กโทรไลต์จะต้องได้รับประจุมา

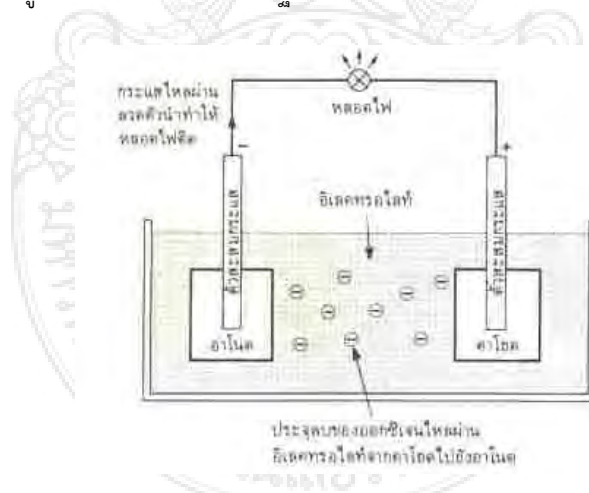
เราสามารถให้ความต่างศักย์นี้ให้เป็นประโยชน์ ถ้าเราต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับขั้วของแท่งแอโนดและคาโทด ดังแสดงในรูปที่ 2-28 ในกรณีนี้อิเล็กตรอนซึ่งมาจากการปล่อยของออกซิเจนเพื่อที่จะไป

รวมตัวกับแท่ง อาโนด จะเคลื่อนที่จากแท่งอาโนดเข้าไปในวงจรผ่านหลอดไฟ (ทำให้หลอดไฟสว่างขึ้น) และเคลื่อนกลับไปสู่แท่งคาโทดซึ่งมันสามารถประจุนุภาคของออกซิเจนได้ดีกว่า การไหลของประจุอิเล็กตรอนจะทำให้เกิดการไหลของกระแสขึ้นในวงจรถอยุ่จน กระทั่งแท่งคาโทดไม่มีอนุภาคของออกซิเจน หรือจนกระทั่งอาโนดถูกออกซิไดซ์หมดแล้ว ที่จุดนี้เรากล่าวได้ว่า เซลคายประจุออกอนุภาคของประจุที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลต์เรียกว่า อีออน (ion) ซึ่งจะมาจากสารอื่นๆ ได้หลายชนิด ไม่เฉพาะแต่ออกซิเจนเท่านั้น ขึ้นอยู่กับเซลล์แต่ละชนิดและอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งก็ใช้หลักการเดียวกัน

เนื่องจากการใช้อิเลคโทรไลต์แตกต่างกัน ตลอดจนใช้อาโนดและคาโทดที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถผลิตเซลล์ชนิดต่างๆ ซึ่งมีราคาตลอดจนคุณสมบัติแตกต่างกัน เราจะมาศึกษาดูถึงตัวแปรที่แตกต่างกันของเซลล์ทั้งหมด ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดเพื่อที่จะได้รับทราบข้อเปรียบเทียบของเซลล์แต่ละชนิด เมื่อได้ไปสัมผัสกับมัน



รูปที่ 2-27 เป็นเซลล์แบบพื้นฐานแสดงถึงอาโนดคาโทด และอิเล็กโทรไลต์



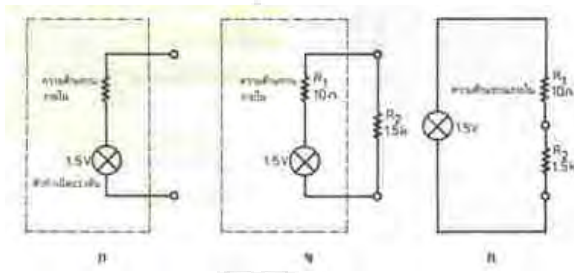
รูปที่ 2-28 เป็นการทำงานของเซลล์แบบพื้นฐานในกรณีนี้ใช้ทำให้หลอดไฟสว่างขึ้นมา

แรงดันกับความต้านทาน

ความต่างศักย์ภายนอกของเซลล์ เรียกว่าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electro motive force หรือย่อว่า EMF) ค่าที่แน่นอนนั้น (โดยปกติจะอยู่ประมาณ 1.5 โวลต์) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาเป็นอาโนดและคาโทดและชนิดของสารอิเล็กโทรไลต์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอายุของเซลล์ สำหรับเซลล์ใหม่แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุด (rated) อยู่เล็กน้อยคือประมาณ 1.6 โวลต์ และจะ

ตกลงมาเป็นค่าต่ำประมาณ 1.2 โวลต์ เมื่อเซลล์เก่าและคายประจุหมด

การแปรเปลี่ยนไปของแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์แม้ว่าจะเป็นสิ่งสำคัญแต่ก็ไม่เจาะจง เนื่องจากยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญกว่า นั่นคือ ความต้านทานภายในของเซลล์ (internal วงจรอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดไม่ต้องการแรงดันไฟฟ้าที่คงที่ในการทำงาน) ภายในตัวเซลล์เองเกิดจากโครงสร้างและสารที่ใช้ทำ ค่าความต้านทานภายในนี้ ไม่สามารถละทิ้งได้ แต่จะมีค่าน้อยมากซึ่งขึ้นอยู่กับเซลล์แต่ละชนิด



รูปที่2-29 ก.,ข.และ ค.เป็นวงจรเทียบเท่า (ในรูปที่8) ของเซลล์ขนาด1.5โวลต์ แสดงถึงความต้านทานภายในเซลล์

เราจะเห็นผลของค่าความต้านทานภายใน ถ้าเราดูตามแผนผังในรูปที่2-29 ก.ซึ่งเป็นวงจรเทียบเท่าของเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแรงดันต่ออนุกรมอยู่กับตัวต้านทาน โดยที่ตัวกำเนิดแรงดันจะแทนความต่างศักย์ของอานอคคาโอดและอิเล็กโทรไลต์ร่วมกัน ในขณะที่ตัวต้านทานนั้นจะแทนความต้านทานภายในของเซลล์ไฟฟ้า ในรูปที่2-29 ข.แสดงให้เห็นเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งมีตัวกำเนิดแรงดันค่า 1.5 โวลต์ และมีค่าความต้านทานภายใน (R1) ค่า 10 โอห์ม ต่ออยู่กับความต้านทานซึ่งเป็นวงจรภายนอก มีค่า 1.5 กิโลโอห์ เราสามารถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่านวงจรโดยใช้กฎของโอห์มว่า $I = (1.5 / 1500) = 1\text{mA}.....$ มิลลิแอมป์

ค่าความต้านทานภายในเซลล์ที่ต่ออนุกรมอยู่ก็มีผลต่อค่ากระแส และต้องนำเข้ามาคิดด้วย โดยวงจรจะเขียนใหม่เป็นดังรูปที่2-29 ค. ซึ่งจะเห็นตัวต้านทาน 2 ตัวติดต่อกันอยู่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานภายนอกค่า 1.5 กิโลโอห์ม นั้นเท่ากับ

$$\begin{aligned} V_{R2} &= (R2 / (R1+R2)) \times 1.5 \\ &= (1500 / (10+ 1500)) \times 1.5 \\ &= 1.49 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

ซึ่งต่ำกว่าที่เราคาดไว้ และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานภายนอกเท่ากับ

$$I = (1.49 / 1500) = 0.99 \text{ mA}$$

ซึ่งมีค่าต่ำลงเล็กน้อย ค่าแรงดันและกระแสที่ต่ำลงเพียงเล็กน้อยไม่มีผลเพียงพอที่จะกระทบการทำงานของวงจร ดูวงจรใหม่ในรูปที่ 2-27 ซึ่งวงจรภายนอกที่นำมาต่อมีความต้านทานทั้งหมดเพียง 5 โอห์ม เหมือนกับตัวอย่างคำนวณค่ากระแสในวงจรตอนแรก เมื่อยังไม่คิดถึงความต้านทานภายในเซลล์ ได้ค่ากระแสเท่ากับ

$$I = (1.5 / 5) = 300 \text{ mA}$$

แต่เมื่อนำเอาค่าความต้านทานภายในเซลล์มาคิดด้วย ค่าแรงดันจริงๆ ที่ตกคร่อมความต้านทานภายนอก คือ

$$V_{R2} = (5 / (10+5)) \times 1.5 = 0.5 \text{ V}$$

$$\text{ค่ากระแสจริงๆ ที่ไหลผ่าน คือ } I = (0.5 / 5) = 100 \text{ mA}$$

ซึ่งค่าแรงดันและกระแสที่ลดต่ำลงอย่างมากนี้ จะมีผลกระทบอย่างมากมายต่อการทำงานของวงจรภายนอกที่นำมาต่อด้วยไม่เฉพาะแต่ ความต้านทานภายในเซลล์จะไปลดค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจร ภายนอกซึ่งเซลล์จะจ่ายออกไป แต่ยังเป็นการสูญเสียพลังงานอีกด้วย โดยจากตัวอย่างข้างต้นแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานภายในเซลล์เป็น $1.5 - 0.5 = 1$ โวลต์ ทำให้เกิดกำลังงานสิ้นเปลืองไปเท่ากับ

$$P = (V^2 / R) = (1/10) = 0.1 \text{ W}$$

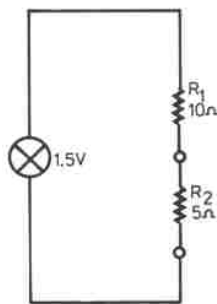
ซึ่งจะสูญเสียไปเป็นความร้อนเนื่องมาจากความต้านทานภายในเซลล์ตัวเซลล์จะอุ่นขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มค่า ความต้านทานภายในขึ้นอีกและจะมีผลให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขึ้นอีก วนเวียนกันเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ ซึ่งเป็นกรณีที่เราร้ายทำให้วงจรภายนอกที่นำมาต่อกระแสไฟฟ้าไม่พอเลี้ยงให้วงจรทำงานต่อไปได้ และถึงแม้ว่ากระแสจะพอเลี้ยงวงจรได้พลังงานที่สูญเสียไปนั้นก็จะเป็นไปลดอายุการใช้งานของเซลล์ลง

ดังนั้นจะเห็นว่าค่าความต้านทานภายในเซลล์จะเริ่มมีความสำคัญ ถ้ากระแสที่จ่ายออกจากเซลล์มีค่ามาก โดยการลดค่าของความต้านทานภายในเซลล์ลง ผลกระทบเนื่องจากความต้านทานภายในเซลล์ก็จะลดน้อยลง แต่ก็ยังไม่สามารถลดลงจนเป็นศูนย์ได้

กำลังงานต่อชั่วโมง

คุณลักษณะสำคัญอันหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาก่อนที่จะรู้ถึงชนิดของเซลล์แบบต่างๆ นั้น คือ ค่าความจุของเซลล์ (cell capacity) ซึ่ง คือปริมาณของกระแสไฟฟ้าซึ่งเซลล์หนึ่ง ๆ สามารถจ่ายออกไปได้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เซลล์ไฟฟ้าเซลล์หนึ่งมีความจุ 1,000 มิลลิแอมป์ชั่วโมง หมายความว่า (โดยการไม่คิดถึงค่าความต้านทานภายในเซลล์) เซลล์นี้สามารถจ่ายกระแสได้ 1,000 มิลลิแอมป์ เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง หรือจ่ายกระแสได้ 100 มิลลิแอมป์เป็น 10 ชั่วโมง หรือจ่ายกระแสได้ 20 มิลลิแอมป์ เป็นเวลา 50 ชั่วโมง เป็นต้น

แต่ถ้ากล่าวถึงค่าความจุกระแสของเซลล์ในรูปของมิลลิแอมป์ - ชั่วโมง โดยลำพังไม่ได้หมายถึงความจุทั้งหมดของเซลล์ บางครั้งเราจะคำนึงถึงค่าแรงดันของเซลล์เป็นส่วนหนึ่งของค่าความจุของเซลล์ด้วย ซึ่งทำได้โดยการคูณค่าความจุกระแสของเซลล์ด้วยค่าแรงดันของเซลล์ ซึ่งจากตัวอย่างแรงดันของเซลล์เท่ากับ 1.5 โวลต์ ดังนั้นจะมีความจุของพลังงานทั้งหมดอยู่ในหน่วยของมิลลิวัตต์ - ชั่วโมง เช่น $1000 \times 1.5 \text{ V} = 1500 \text{ mWh}$



รูปที่ 2-30 แสดงถึงผลของความต้านทานภายใน ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของวงจรที่ภาวะกระแสสูงๆ

เซลล์แบบสังกะสี – ถ่าน (Zinc Carbon Cell)

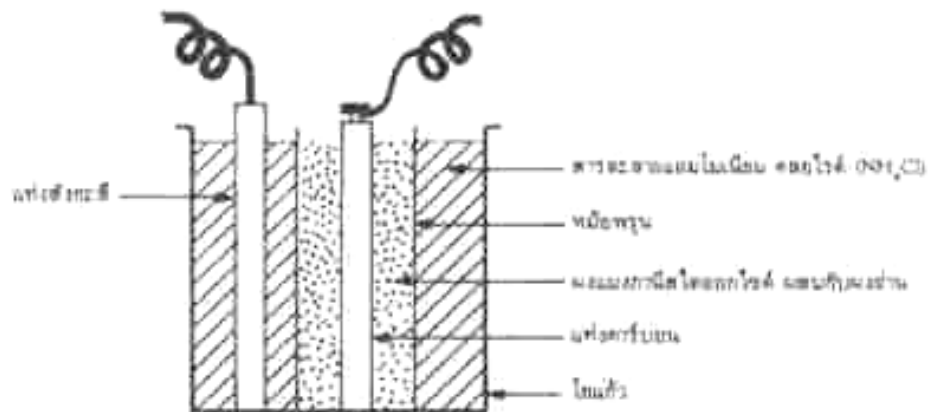
เซลล์แบบสังกะสี – ถ่านที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ได้หลักการมาจากเซลล์แบบเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้นโดยวิศวกรชาวฝรั่งเศส ชื่อจอร์จ เลอคลังเซ่ ในปี พ.ศ. 2409 ซึ่งลักษณะเป็นโถแก้ว โดยมีแมงกานีสไดออกไซด์เหลว ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโอดบรรจุในหม้อรูปพวง โดยตัวหม้อจะถูกล้อมรอบด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยมีแท่งสังกะสีจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่เป็นแอโนด การต่อออกมาจากแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งเป็นคาโอดจะต่อโดยใช้แท่งถ่าน ส่วนเซลล์แบบสังกะสี – ถ่านในปัจจุบันนี้ ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานนับจากวันของเซลล์แบบเลอคลังเซ่ ซึ่งรู้จักในนามของเซลล์แบบเปียก (wet cell) เนื่องจากลักษณะของส่วนผสมของอิเล็กโทรไลต์

ตัวถังภายนอกของเซลล์แบบแห้งสมัยใหม่นี้ทำจากโลหะสังกะสีและทำหน้าที่เป็นแอโนดภายในภายในตัวถังสังกะสีจะเป็นชั้นบางๆ ซึ่งแยกแอโนดออกจากคาโอดและบรรจุไว้ด้วยอิเล็กโทรไลต์จนเต็ม อิเล็กโทรไลต์นั้นเป็นส่วนผสมของแอมโมเนียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ คาโอดนั้นจะประกอบด้วยผงแมงกานีสไดออกไซด์ผสมกับผงถ่านและอิเล็กโทรไลต์ ทำให้มีลักษณะเหลวๆ และภายในจะสอดแท่งถ่านไว้ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสะสมกระแส ภายนอกตัวถังจะห่อด้วยกระดาษหลายชั้น และชั้นนอกสุดจะเป็นแผ่นพลาสติกบางๆ หุ้มอยู่

โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของอิเล็กโทรไลต์ จะสามารถทำเซลล์แบบสังกะสีถ่านได้หลายแบบซึ่งเหมาะกับงานแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น อิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากซิงค์คลอไรด์อย่างเดียว จะทำให้ได้เซลล์ที่มีค่าความต้านทานภายในต่ำลง ทำให้เหมาะกับงานหนักที่ต้องจ่ายกระแสสูง เช่นเดียวกับการใช้ส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ ที่มีคุณภาพเป็นคาโอดก็จะให้ผลเช่นเดียวกัน

เซลล์แบบอัลคาไลน์แมงกานีส (Alkaline Manganese Cell)

ในเซลล์แบบอัลคาไลน์แมงกานีสนั้น สารที่ใช้ทำแอโนดและคาโอดใช้สังกะสี และแมงกานีสไดออกไซด์ เช่นเดียวกับเซลล์แบบสังกะสี – ถ่าน โดยที่แอโนดนั้นประกอบด้วยผงสังกะสีซึ่งทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวขึ้น จะผสมกับอิเล็กโทรไลต์รวมกันอยู่ในลักษณะเหลวๆ



รูปที่ 2-31 แสดงโครงสร้างของเซลล์แบบเลอคังเซ่ (Leclanche cell)

แมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโอดของเซลล์แบบอัลคาไลต์แมงกานีสนั้น ทำมาจากสารที่บริสุทธิ์กว่า รู้จักกันในนามของอิเล็กโทรไลต์แมงกานีสไดออกไซด์ ผลผลิตขึ้นมาเพื่อให้มีความจุของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนผสมของโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์เรียกว่า อัลคาไลนั้นจะมีค่าความนำไฟฟ้าสูงมากทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยการใช้อิเล็กโทรไลต์และสารที่ใช้ทำอาโนดและคาโอดที่มีคุณภาพสูงทำให้เซลล์ชนิดนี้เหมาะสำหรับงานหนักที่ใช้กระแสสูง เป็นเซลล์ที่มีคุณภาพสูงพร้อมทั้งมีค่าความต้านทานภายในต่ำ และมีค่าความจุพลังงานสูง

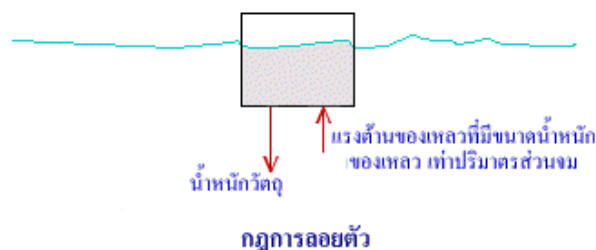
ชนิดของแบตเตอรี่แบบต่างๆ

อ้างอิง <http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&id=370062>

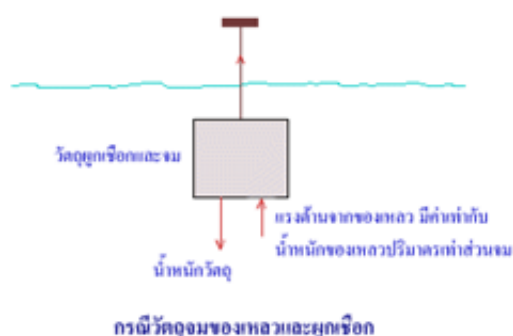
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ

หลักการของอาร์คิมิดีส

เมื่อนำวัตถุลงไปแทนที่ของเหลวจะมีแรงดันเท่ากับน้ำหนักของของเหลวปริมาตรเท่าส่วนจม จากหลักการนี้ทำให้เข้าใจในหลักการหลายอย่าง เช่น เรือเหล็กทำไมจึงลอยน้ำ ของเหลวต่างชนิดกันมีความหนาแน่นต่างกัน อาร์คิมิดีสชี้ให้เห็นถึงเรื่องความหนาแน่นและนำมาเทียบกับน้ำเรียกว่าความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 2-32 แสดงกฎการลอยตัวของอาร์คิมิดีส



รูปที่ 2-33 แสดงภาพกรณีวัดจุดมของเหลวและผูกเชือก

จากหลักการนี้ทำให้อาร์คิมิดีสสามารถพิสูจน์มงกุฏทองคำ ที่ช่างทำมงกุฏหลอมสิ่งเจือปนลงไปเนื้อทอง อาร์คิมิดีสหาวิธีวัดปริมาตรมงกุฏทองคำได้ด้วยการเอาไปแทนที่น้ำ และปล่อยให้น้ำล้นออกมา

อ้างอิง:

<http://www.rmutphysics.com/CHARUD/virtualexperiment/labphysics1/Fluid/archimedes/archimedes04.htm>

แรงลอยตัวและการลอยตัว (Buoyancy Force and Flotation)

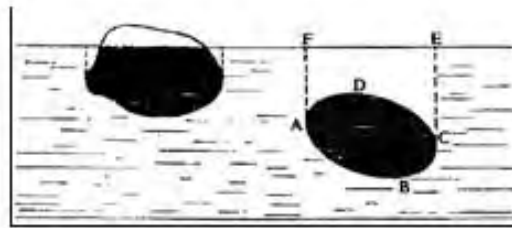
(นภคธ อินนาภศาสตร์ของไหล หน้า 54.)

แรงลอยตัว (Buoyancy Force) หมายถึง แรงลัพธ์ที่กระทำบนวัตถุซึ่งจมอยู่ในของไหลหรือลอยตัวอยู่ในของไหลที่อยู่นิ่ง แรงลอยตัวจะกระทำอยู่ในแนวตั้งเสมอ และไม่สามารถมีแรงในแนวนอนในส่วนองแรงลัพธ์ เพราะสภาพเฉยของวัตถุที่จมหรือส่วนที่จมของวัตถุที่ลอยตัวบนแผ่นตั้งจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

แรงลอยตัวที่กระทำบนวัตถุที่จมจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างแรงดันในแนวตั้งด้านบนใต้และแรงดันในแนวตั้งด้านล่างบน จากภาพที่ 2.31 จะเห็นว่าแรงดันในแนวตั้งด้านบนใต้จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหล (จริงหรือจินตนาการ) ซึ่งจะอยู่ในแนวตั้งเหนือพื้นที่ ABC ซึ่งแสดงโดยน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCEFA แรงดันในแนวตั้งด้านล่างบนจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ADCEFA ผลต่างระหว่างแรงทั้งสองจะมีค่าเท่ากับแรงดันในแนวตั้งเนื่องจากน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCD ที่ถูกแทนที่ด้วยของแข็ง ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังต่อไปนี้

$$F_b = \gamma V \quad (2.1)$$

เมื่อ F_b คือ แรงลอยตัว
 γ คือ น้ำหนักจำเพาะ
 V คือ ปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่



ภาพที่ 2-34 ส่วนของวัตถุที่ลอยและจมอยู่ในน้ำ

สมการที่ 2.1 สามารถใช้กับวัตถุที่ลอยตัวและ V เป็นปริมาตรของของไหลที่ถูกแทนที่ของส่วนที่จม (ภาพที่ 2.31 แรงในแนวตั้งที่กระทำบนส่วนเล็ก ๆ ของวัตถุซึ่งอยู่ในรูปปริซึมในแนวตั้งของหน้าตัด QA มีค่าเท่ากับ

$$\sigma F_v = (P_2 - P_1) \sigma A$$

$$= \gamma h \sigma A$$

$$= \gamma \sigma A$$

เมื่อ σV คือ ปริมาตรของปริซึม

$$F_v = \gamma \int dV$$

$$= \gamma V$$

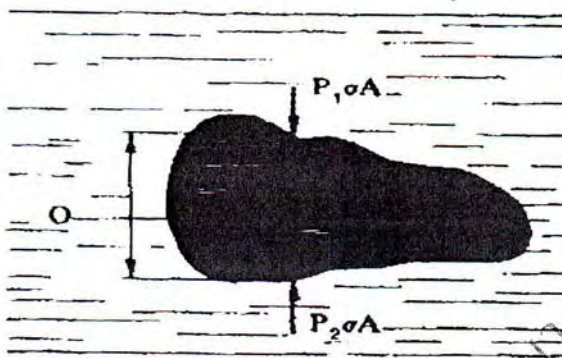
γ จะเป็นค่าคงที่ตลอดปริมาตร

การหาเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ทำได้โดยหาโมเมนต์รอบจุดอ้างอิงจุดใดจุดหนึ่งในที่นี้จะใช้จุด O

$$\gamma \int \mathbf{v} \times dV = \gamma V \bar{\mathbf{x}}$$

$$\bar{\mathbf{x}} = \frac{1}{V} \int \mathbf{v} \times dV$$

เมื่อ \bar{x} คือ ระยะทางจากแกนถึงเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ซึ่งเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์กลางของปริมาตรที่ถูกแทนที่ ซึ่งเรียกว่า จุดศูนย์กลางของการลอยตัว



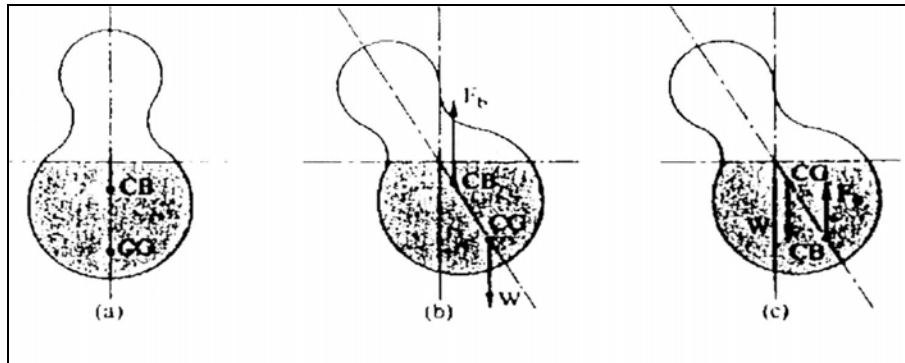
รูปที่ 2-35 แรงในแนวตั้งที่กระทำบนส่วนเล็ก ๆ ของวัตถุ

การทรงตัวของวัตถุที่จมและลอย (The Stability of Submerged and Floating Bodies)
(นภดล อินนา.กลศาสตร์ของไหล.หน้า 58.)

วัตถุจม (Submerged Body) เช่น เรือดำน้ำ จะจมอยู่ในน้ำได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับความมีเสถียรภาพ (Stability) ซึ่งความมีเสถียรภาพหมายถึง วัตถุที่จมนั้นเมื่อหมุนหรือส่ายรอบแกนในแนวนอนแล้วจะคืนกลับมาสู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เช่น เรือดำน้ำอาจจะถูกกระแสที่พัดผ่านทำให้เกิดการหมุนรอบแกนในแนวนอน ถ้าเรือดำน้ำถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี (มีเสถียรภาพ) เรือดำน้ำนั้นจะหมุนสามารถหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นได้

ข้อกำหนดที่สำคัญที่สุดของการมีเสถียรภาพของวัตถุจมคือ จุดศูนย์กลางของการลอยตัว (Center of Buoyancy) จะต้องอยู่เหนือจุดศูนย์กลางของความถ่วงของวัตถุ (Center of Gravity of Submerged Body) จุดศูนย์กลางของการลอยตัวจะเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์กลางของปริมาตรของของไหลที่ถูกวัตถุแทนที่ (Centroid of the Displaced Volume of Fluid) ดังนั้น วิธีง่ายที่สุดที่จะทำให้วัตถุมีเสถียรภาพคือการออกแบบให้วัตถุนั้นให้หนักที่ส่วนล่าง

จากภาพที่ 2.36 ถ้าให้ CB แทนจุดศูนย์กลางของการลอยตัว และ CG แทนจุดศูนย์กลางความถ่วงของวัตถุ



รูปที่ 2-36 การทรงตัวของวัตถุที่จมอยู่ในรูปแบบต่างๆ

จากรูปที่ 2-36 (a) จะเห็นได้ว่าจุด CB อยู่เหนือจุด CG และอยู่ในแนวตั้งเดียวกัน ดังนั้นวัตถุชิ้นนี้จะมีเสถียรภาพอยู่ได้

จากรูปที่ 2-36 (b) ถ้ามีแรงบางชนิดมาทำให้วัตถุหมุนไปเล็กน้อยในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา แรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุจะพยายามทำให้เกิดแรงคู่ควบในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งจะทำให้วัตถุกลับคืนสู่ความมีเสถียรภาพอยู่ได้ (จุด CB ยังคงอยู่เหนือจุด CG)

จากรูปที่ 2-36 (c) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากรูปทั้งสองข้างต้น ในรูปนี้ จะเห็นว่าจุด CB อยู่ใกล้จุด CG ถ้ามีแรงเพียงเล็กน้อยมากระทำต่อวัตถุชิ้นนี้ จะทำให้วัตถุชิ้นนี้พลิกคว่ำได้ เพราะแรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุจะช่วยให้เกิดแรงคู่ควบในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลลา

การออกแบบเพลลา

(ที่มา : วริทธิ์ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน . 2537. หน้า 228)

เพลลาเป็นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัดและโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น ทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่า เพลลา ไม่ว่าจะชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สปินเดิล (Spindle) เป็นเพลลาขนาดเล็ก เช่น เพลลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

สตับชาฟ (Stub Shaft) เป็นเพลลาที่ติดเป็นชิ้นส่วนต่อเนื่องกับเครื่องยนต์มอเตอร์ หรือเครื่องต้นกำลังอื่นๆ มีขนาด รูปร่าง และส่วนยื่นออกมา สำหรับใช้ต่อกับเพลลาอื่น ๆ

เพลลาแนว (Line Shaft) หรือเพลลาส่งกำลัง (Power Transmission Shaft) หรือเพลลาเมน (Main shaft) เป็นเพลลาซึ่งต่อตรงจากเครื่องต้นกำลัง ใช้ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลอื่นๆ โดยเฉพาะ

แฉักชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลานาตเส้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลามาเนน หรือเครื่องจักรกล

เพลอา่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

วัสดุเพลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะต้องพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลาตามขนาดระบุเพลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทัวไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลา เช่น AISI 1347 , 3140 , 4150 เป็นต้น เปลาที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน เพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

ขนาดของเพลา

เพื่อให้เพลามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐานของเพลา ซึ่งระบุขนาดใน ISO / R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถหาซื้อได้ทัวไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใช้รองรับเพลาด้วยขนาดระบุของเพลาดูได้จากตารางที่ 2.1

หลักพิจารณาในการออกแบบเพลา

การคำนวณหาขนาดเพลาที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้นั้นคือ เปลาจะต้องมีความแข็งเกร็งอยู่ภายในพิคัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพลาอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น ตารางที่ 2. 1 แสดงขนาดระบุของเพลาตามมาตรฐาน ISO / R 755 – 1969

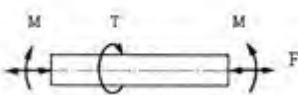
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นมิลลิเมตร				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	340
14	55	100	190	360
18	60	110	200	380
20	65	120	220	-

(ที่มา : วริทธิ อิงภากรณ์ และชาญ ฤนต์งาน , 2537. หน้า 230)

การออกแบบเพลตามาโคัดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโคัด(Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลตามาโคัดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพล ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลให้พิจารณาเพลารูปที่ 2.11



รูปที่ 2-37 แสดงเพลที่อยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

(ที่มา : วริทธิ์ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 232)

การออกแบบการคำนวณเพล ในการออกแบบหาขนาดของเพล จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

- กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพลาส่งกำลัง
- ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพล รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นตักค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพล
- ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidit) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพล เมื่อรับภาระ
- ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพลอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่นตัวของเพล

การคำนวณหาความเค้นแรงเฉือน

ในการออกแบบขนาดของเพลสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงานภาระและคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพล เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอจึงพิจารณาถึงความแกร่งและความเร็ววิกฤติ เพลส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้น เพลจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า(Fatigue Factor) มาเกี่ยวข้องกับ ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่ มากระทำ ซึ่งหาได้จากตารางที่ 2.3

โดยที่ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องการบิด

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_f
เพลายูนิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลารวม :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

(ที่มา : วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 234)

เพลาคือ ชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลังงาน เพลาคือชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของเครื่องจักรกลทุกชนิด เครื่องจักรกลเกือบจะทุกประเภทมีส่วนหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอดการหมุน หรือทั้งการหมุนและส่งกำลัง โดยอาศัยชิ้นส่วนที่สำคัญคือเพลาคือ

สมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (American Society of Mechanical Engineers) ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบเพลาส่งกำลังขึ้นโดยเรียกว่า ASME Code ตามหลักเกณฑ์นี้ ได้ยอมรับให้ความเค้นเฉือนใช้งานหาได้จากสมการ (2.2)

$$\tau_d = 0.3\sigma_y \quad \text{หรือ} \quad \tau_d = 0.18\sigma_u \quad (2.2)$$

τ_d คือ ความเค้นเฉือนใช้งาน (N/mm²)

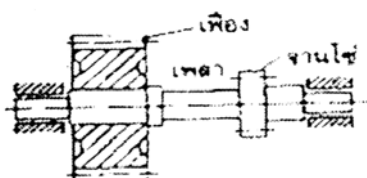
σ_u คือ ความเค้นประลัย (N/mm²)

คุณลักษณะงานใช้เพลาส่งกำลัง

การใช้งานเพลาลักษณะนี้ หมายถึง งานประกอบไม่ถาวรประกอบใช้งานแล้ว ถอดแยกชิ้นได้ด้วยวิธีง่ายๆ โดยไม่ต้องทำลายชิ้นส่วนใดๆ เช่น งานถอดแยกชิ้นซ่อมมอเตอร์ไฟฟ้าและปั๊มน้ำซึ่งมีทั้งเพลาลักษณะนี้

เพลาส่งกำลัง (Shaft)

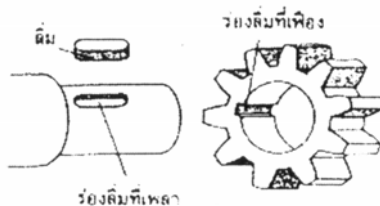
เพลาส่งกำลัง (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่สำคัญในการส่งถ่ายกำลังหมุนที่ต้องการต่อต้านแรงบิด เช่น เพลาชักล้อรถและเพลามอเตอร์ส่วนใหญ่มีพื้นที่ หน้าตัดเป็นวงกลมหมุนรอบตัวเอง ทำหน้าที่ส่งผ่านโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัด ทำด้วยเหล็ก St 44, St 50 และ St 60



ภาพที่ 2-38 เพลาส่งกำลัง

กำลังต้านทานเพลาส่งกำลัง

การส่งถ่ายกำลังของเพลาส่งกำลังส่วนใหญ่ส่งถ่ายกำลังผ่านลิ้ม ลิ้มเป็นตัวกลางระหว่างเพลากับเฟืองหรือล้อสายพาน เพลาส่งกำลังและเฟืองต้องมีร่องให้พอดีกับขนาดลิ้มที่ใช้ ร่องลิ้มทำให้กำลังความต้านทานเพลาลดลง ทั้งในลักษณะความเค้นบิดและความเค้นดัดประมาณ 25 %



ภาพที่ 2-39 กำลังต้านทานเพลาส่งกำลัง

วัสดุเพลาส่งกำลังและขนาดเพลาส่งกำลัง

การออกแบบเพลาส่งกำลังต้องให้ขนาดไม่ใหญ่โต ไม่เกิดการแตกหักจากการล้าตัว มีรูปถอดประกอบง่าย และราคาไม่แพง ดังนั้นเพลาส่งกำลังควรมีรูปร่างและคุณสมบัติดังนี้

1) วัสดุเพลาส่งกำลังสำหรับการรับโหลดปกติ ควรใช้เหล็กสร้างทั่วไป เช่น St 37, St 44, St 50 และ St 60 ส่วนเพลาส่งกำลังที่รับโหลดสูง เช่น เพลาส่งกำลังสำหรับงานสร้างยานยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องมือกลหนักใช้เหล็กสำหรับชุบแข็ง เช่น 25 CrMo4 40Mo4 เป็นต้น สำหรับการรับโหลดที่ต้องคงทนต่อการเสียดสีควรใช้เหล็กสำหรับชุบผิวแข็ง เช่น C15, 18 CrNi 8 เป็นต้น

2) กำหนดขนาดของเพลาส่งกำลัง ขนาดของเพลาส่งกำลังกำหนดให้เป็นมาตรฐานสากลได้กำหนดขนาดระบุเพลาส่งกำลังตั้งแต่ 10 มม. เพิ่มขึ้นทีละ 1 มม. เพิ่มขึ้นทีละ 2 มม. จนถึง 20 มม. เพิ่มขึ้นทีละ 3 มม. จนถึง 100 มม. และเพิ่มขึ้นทีละ 10 มม. จนถึง 200 มม. หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นทีละ 20 มม. จนถึง 380 มม.

2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังด้วยโซ่ ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ชนิด คือ โซ่และเฟืองโซ่ (Chain and Sprocket) ซึ่งเป็นการนำเอา ระบบส่งกำลังด้วยโซ่จะคล้องอยู่กับเฟืองโซ่ ซึ่งติดอยู่กับเพลาคับและเพลาดำตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และเนื่องจากการขับด้วยโซ่มีความไวใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น การขนส่งลำเลียงในเครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องจักรกลงานไม้ และในการขนส่งวัสดุ เป็นต้น

ข้อดีของการขับด้วยโซ่

- 1) ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
- 2) ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพานซึ่งทำให้อายุ ใช้งานของ ตลับลูกปืนที่รองเพลามากขึ้น
- 3) ไม่มีการสลิปในขณะที่ส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
- 4) มีขนาดกะทัดรัดเหมือนสายพานเมื่อใช้งานด้านอัตราทดเท่ากับเฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่านั้น ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
- 5) ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วถอดสลักเข้า
- 6) ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

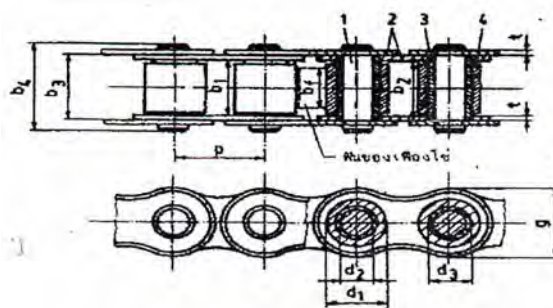
ข้อเสียของการขับด้วยโซ่

- 1) มีเสียงดัง
- 2) เนื่องจากมีความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
- 3) ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลาจะต้องขนานกัน
- 4) มีราคาแพงกว่าการขับด้วยสายพาน
- 5) ต้องมีการหล่อลื่น

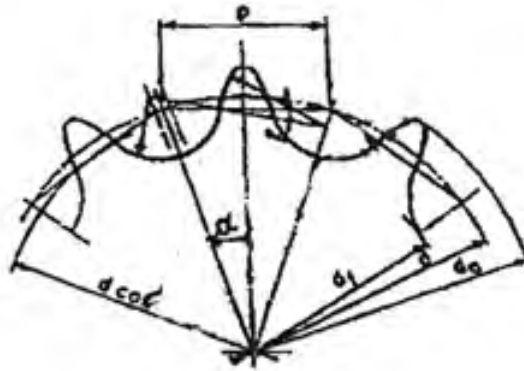
อุปกรณ์การส่งกำลังด้วยโซ่

- 1) โซ่โรลเลอร์ (Rollerchain) โซ่ชนิดนี้ประกอบไปด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักบุช (Bushes) โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบุช ดังแสดงในภาพที่ 2-40
- 2) เฟืองโซ่ เส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ดังภาพที่ 2-41 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่เซอร์คิวลาพิตช์ของโซ่สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์เป็นค่าคงที่เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์และโซ่บุช จะมีมุมกดแตกต่างกันออกไปมาก ถ้ามุมกดโตมากจะทำให้โซ่ยึดออกใกล้เคียงกันทุกข้อแต่จะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะที่หมุน

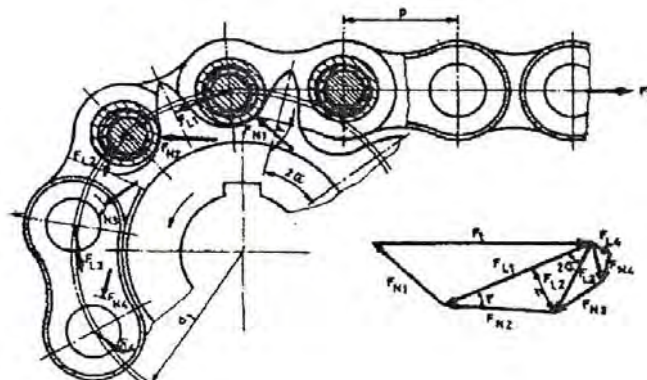
3) ลักษณะของฟันเฟืองไซ้จะต้องทำการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปอย่างสะดวกซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ได้ดังภาพที่ 2-42



ภาพที่ 2-40 ลักษณะไซ้ส่งกำลังแบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-41 ลักษณะเฟืองไซ้แบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-42 การส่งกำลังจากเฟืองไซ้ไปยังไซ้โรลเลอร์

การส่งกำลังของโซ่

ในขณะที่ส่งกำลังแรงในแนวเส้นตรงสัมผัส F_L ที่เกิดกับโซ่กระทำกับฟันเฟืองโซ่ มีลักษณะดังภาพที่ 2-42 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแรงในแนวยาวของโซ่ F_L จะลดจากฟันหนึ่งไปยังฟันหนึ่ง สร้างขึ้นได้โดยถือว่าข้อต่อทุกข้อ ผลรวมของแรงบนข้อต่อตามแนวยาว F_L และในแนวตั้งฉาก F_N จะต้องเท่ากับศูนย์ จะเห็นได้ว่าถ้ามุมสัมผัสของโซ่กับเฟืองมีค่าน้อย และมุมกดมีค่ามากจะมีแรงเหลืออยู่ในโซ่ทางด้านหย่อนมาก แรงตามแนวยาวของโซ่ F_L เป็นแรงที่ทำให้โซ่ยืด ถ้ามีค่าน้อยโซ่ก็จะยืดน้อยลง มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะยับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศา ทารด้วยจำนวนฟันของเฟืองโซ่ ดังนั้น ถ้าโซ่มีจำนวนน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตซ์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก

โซ่มาตรฐานองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO)

ISO ได้กำหนดมาตรฐานของโซ่โรลเลอร์สำหรับส่งกำลังไว้ใน ISO/R 606-1967 (E) ซึ่งครอบคลุมถึงโซ่โรลเลอร์ตามมาตรฐานอังกฤษ (BS) และมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (ANSI) โดยใช้อักษร B และ A ต่อท้ายเพื่อแสดงถึงที่มาของโซ่จากอังกฤษและสหรัฐอเมริกาตามลำดับ การใช้ชื่อโซ่โรลเลอร์ ISO กำหนดให้ใช้ตัวเลขที่สองแทนระยะพิตซ์ของโซ่โดยบอกเป็นเศษในสิบหกส่วนของหนึ่งนิ้ว ตามตัวอักษร B และ A แล้วตามด้วยตัวเลข (Hyphen)

การคำนวณหาอัตราทดที่ต้องการ

$$m_{(1)} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเพลาารอบสูง}}{\text{ความเร็วรอบของเพลาารอบต่ำ}} \quad (2.3)$$

การคำนวณหาจำนวนฟันเฟืองโซ่ใหญ่ โดยการคูณจำนวนฟันบนพีเนียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกใช้พีเนียนให้มีจำนวนฟันมากขึ้น และมีอัตราทดตามความต้องการ จำนวนฟันของเฟืองโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตซ์ต่าง ๆ

การคำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$P_s = W_s N_s \quad (2.4)$$

เมื่อ P_s คือ กำลังที่ใช้เลือกโซ่ (kW)

W_s คือ กำลังที่ต้องการในการขับ (kW)

N_s คือ ตัวประกอบใช้งาน

การคำนวณหาความเร็วของโซ่

$$V = P z n \quad (2.5)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของโซ่ (m/min)

P คือ ระยะพิตช์ของโซ่ (mm)

z คือ จำนวนฟันบนพินเนียน (ฟัน)

n คือ ความเร็วรอบของพินเนียน (rpm)

(ที่มา: วริทธิ อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 308)

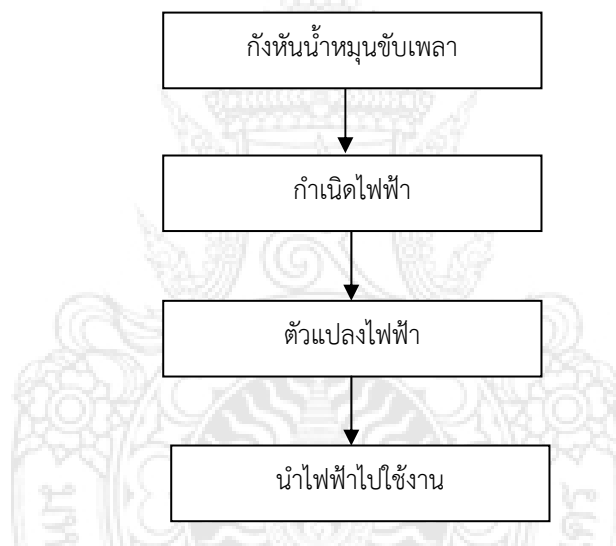


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

บทนำ

ในบทนี้จะว่าด้วยเรื่องการสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าในส่วนต่างๆโดยนำวิชาหลายแขนง นำมาทำการออกแบบ คำนวณ และสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า ผู้วิจัยทำได้ดีศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงสรุปแนวคิดของโครงการว่าจะสร้างอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าพลังงานทดแทน โดยอาศัยการไหลของกระแสน้ำตามธรรมชาติที่ ซึ่งสามารถพัดให้กังหันหมุนรอบตัวเองได้ ลักษณะของกังหันนี้จะเลือกใช้กังหันแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) เพราะได้รอบที่สูงกว่ากังหันแบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) โดยอาศัยกังหันน้ำนี้ส่งถ่ายกำลังผ่านเพลลาที่มีการทดเฟืองไปที่ตัวกำเนิดไฟฟ้า (Dynamo) ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าแล้วนำเอากระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ แล้วใช้อุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสสลับ 220 โวลท์

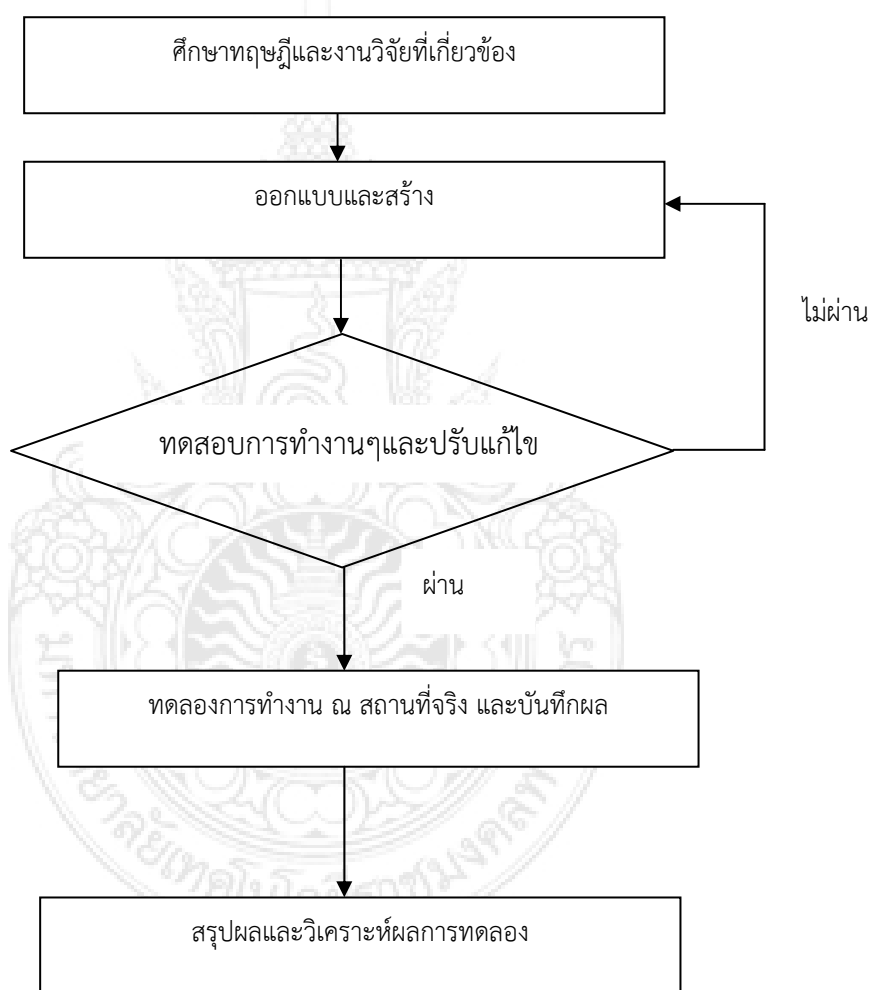


ภาพที่ 3-1 แสดงระบบการทำงานของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

การวางแผนการดำเนินงาน

การสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า มีขั้นตอนการวางแผนและการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.2 ออกแบบและสร้างกังหันน้ำ
- 3.3 ทดลองการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆและปรับแก้ไขพร้อมทดสอบการทำงานจริง
- 3.4 ทดสอบการทำงาน ณ สถานที่จริง เพื่อหาประสิทธิภาพและบันทึกผล
- 3.5 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง



ภาพที่ 3-2 การวางแผนการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้ดำเนินงานได้ศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กล่าวในบทที่ 2 แล้ว นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินงานได้เดินทางไปศึกษาสถานที่เพื่อใช้ในการทดลองสอบงานจริง คือ บริเวณแม่น้ำแคว จังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่บริเวณลุ่มแม่น้ำแควน้อย บริเวณลุ่มแม่น้ำแควใหญ่ เขื่อนท่าทุ่งนา เขื่อนศรีนครินทร์ บริเวณพื้นที่ที่มีการทำแพลอยน้ำ



ภาพที่ 3-3 เขื่อนท่าทุ่งนา



ภาพที่ 3-4 ผู้วิจัยดูเขื่อนท่าทุ่งนา



ภาพที่ 3-5 รถผู้วิจัยไปดูงาน



ภาพที่ 3-6 ่อต้อเรือ



ภาพที่ 3-7 ลักษณะลูกบวบ(ท่อน)



ภาพที่ 3-8 นักศึกษาผู้ร่วมดำเนินงาน



ภาพที่ 3-9 ผู้วิจัยศึกษาลักษณะท่อนเก่า



ภาพที่ 3-10 ผู้วิจัยศึกษาการทำท่อน



ภาพที่ 3-11 การทำท่อน



ภาพที่ 3-12 การม้วนหัวท่อน



ภาพที่ 3-13 หัวท่อน



ภาพที่ 3-14 การยึดหัวท่อน

3.2 การออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

3.2.1 การออกแบบกังหันน้ำ

1) กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นในการออกแบบกังหันน้ำ

- กังหันน้ำสามารถเปลี่ยนกำลังการไหลของน้ำให้เป็นกำลังไฟฟ้าได้ที่ความเร็วของกระแส น้ำ 12 เมตรต่อวินาที

- ใช้ใบกังหันน้ำแบบกังหันน้ำชัยพัฒนา ซึ่งมีจำนวนใบกังหัน 6 ใบ

- ลักษณะของท่อนลอยน้ำจะใช้แบบเดียวกับท่อนที่บ้านพักแพลอยน้ำ จังหวัดกาญจนบุรี

2) ออกแบบลักษณะของใบกังหัน

การเลือกใช้รูปแบบใบกังหันคณะผู้ดำเนินงานเลือกรูปแบบใบกังหันของ “กังหันชัยพัฒนา” คือ มี 6 ใบ โดยไม่เจาะรูที่ใบ และใช้เทคนิคการพับใบลงเพื่อรับแรงดันน้ำและพับขึ้นของใบกังหัน “สาครบุรี” กล่าวคือ ขณะที่ใบกังหันหมุนรับแรงน้ำไหลใบกังหันจะกางออกด้วยแรงโน้มถ่วง และเมื่อใบที่รับแรงน้ำไหลทำงานขณะหมุนขึ้นเหนือผิวน้ำใบกังหันจะพับเก็บเพื่อลดแรงต้านของน้ำทำให้ใบกังหันสามารถเพิ่มความเร็วการไหลได้ ดังภาพ



ภาพที่ 3-15

แสดงลักษณะใบกังหันชัยพัฒนา

ภาพที่ 3-16

แสดงลักษณะใบกังหันน้ำแบบสาครบุรี

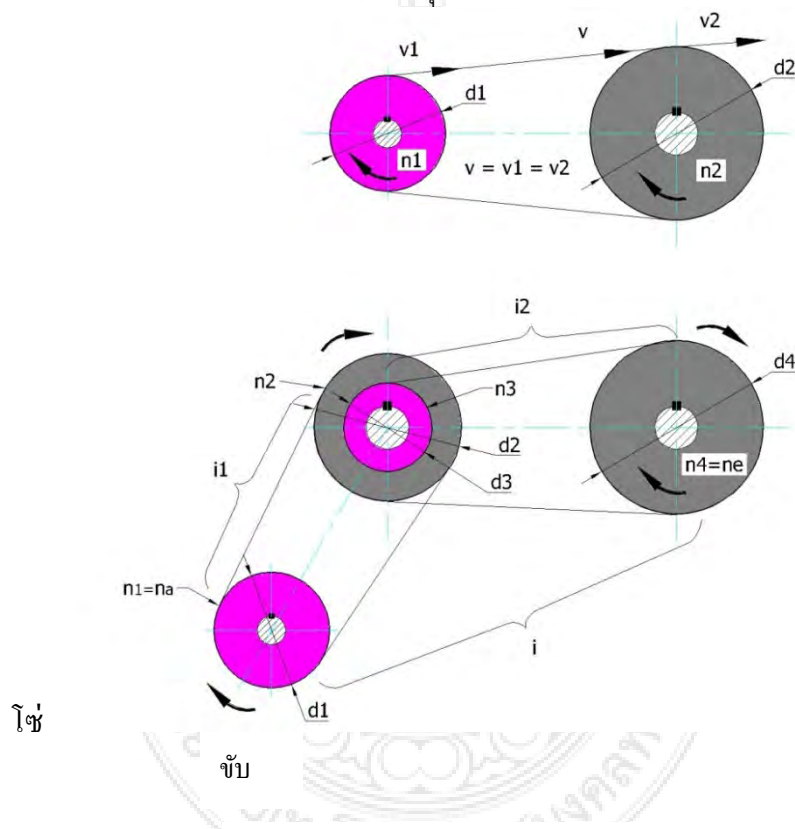
(ภาพ : www.youtube.com)

3.2.2 การออกแบบความเร็วรอบผลิตกระแสไฟฟ้า

1) เงื่อนไขในการออกแบบ

- ความเร็วรอบของไดป่นไฟไม่ต่ำกว่า 1500 รอบต่อนาที และไดชาร์ตรถยนต์ที่จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้จะต้องไม่ต่ำกว่า 600 รอบต่อนาที
- ความเร็วกระแสน้ำที่เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้จะต้องมีค่าอย่างน้อย 0.2 เมตรต่อวินาที

การออกแบบคำนวณหาความเร็วรอบชุดเฟือง



ภาพที่ 3-17 แสดงการคำนวณเฟือง

d1, d3, d5...	เส้นผ่านศูนย์กลาง	}	ลัดข้าม
n1, n2, n3...	ความเร็วรอบ		
d1, d3, d5...	เส้นผ่านศูนย์กลาง	}	ลัดตาม
n1, n2, n3...	ความเร็วรอบ		
na	ความเร็วรอบเริ่มต้น		
ne	ความเร็วรอบสุดท้าย		
i	อัตราทดรวม		
i1, i2, i3...	อัตราทดแต่ละขั้น		
v1, v2, v3...	ความเร็วรอบ		

ความเร็ว

$$v = v_1 = v_2$$

สูตรการส่งกำลังขับ

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$

อัตราทด

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_a}{n_e}$$

อัตราทดรวม

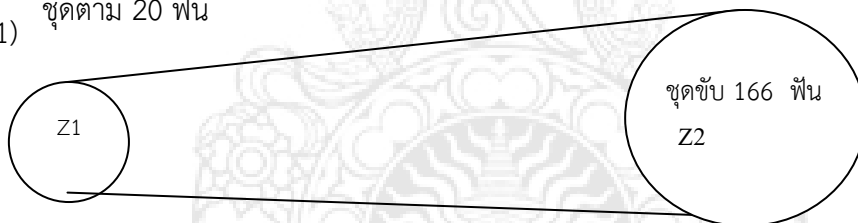
$$i = \frac{d_2 \times d_4 \times d_6 \dots}{d_1 \times d_3 \times d_5 \dots}$$

$$i = i_1 \times i_2 \times i_3 \dots$$

(ที่มา : บรรณานุกรม ตรีนิล, ประเสริฐ กัญจนบุรณ. 2524. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลผลิต ตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ชุด

1) ชุดตาม 20 ฟัน



อัตราทดรอบ

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{166}{20} = \frac{8}{1}$$

2)

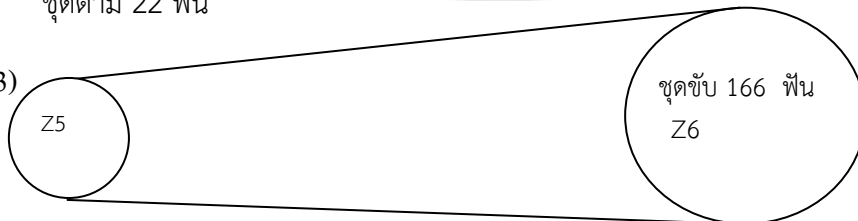


อัตราทดรอบ

$$i = \frac{z_4}{z_3} = \frac{66}{22} = \frac{3}{1}$$

ชุดตาม 22 ฟัน

3)



อัตราทดรอบ

$$i = \frac{z_6}{z_5} = \frac{166}{22} = \frac{7.5}{1}$$

1) จากสมการ $Z1N1 = Z2N2$

$$166 \times 4 = 20 \times N2$$

$$N2 = \frac{166 \times 4}{20} = 33.2 \text{ รอบต่ออนาที}$$

2) จากสมการ $Z3N3 = Z4N4$

$$66 \times 33.2 = 22 \times N4$$

$$N4 = \frac{66 \times 33.2}{22} = 99.6 \text{ รอบต่อนาที}$$

3) จากสมการ $Z5N5 = Z6N6$

$$166 \times 99.6 = 22 \times N6$$

$$N6 = \frac{166 \times 99.6}{22} = 752 \text{ รอบต่อนาที}$$

ชุดที่ 4 ชุดความเร็วรอบของไดชาร์ต สรุปได้ดังนี้

อัตราทดรอบ
$i = \frac{N8}{N7} = \frac{752}{752} = 1:1$



ชุดขับ D7 N7

ไดชาร์ต D8 N8

4) จากสมการ $N7D7 = N8D8$

$$D7 = D8 = X$$

$$752 \times X = N8 \times X$$

$$\frac{N8}{X} = 752 \times X = 752 \text{ รอบต่อนาที}$$

ดังนั้น เมื่อผ่านการทดรอบแล้วจะได้ $N = 752$ รอบต่อนาที

3.2.3 การออกแบบใช้อุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และแบตเตอรี่

ทางคณะผู้จัดทำโครงการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าได้มีแนวคิดตั้งนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในแพบ้านพัก 1 หลังมีดังนี้

- 1) พัดลมตั้งพื้น 45-75 วัตต์

2) โทรท์คันส์ 43-99 วัดต์

3) หลอดไฟ 40 วัดต์ ประมาณ 4 หลอด

ดังนั้นจะใช้ไฟประมาณ 374 วัดต์/ชั่วโมง หรือประมาณ 0.374 หน่วย หรือ
 ยูนิต์/ชั่วโมงโดยเปิดใช้ไฟวันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 3.74 หน่วย จำนวนหนึ่งเดือน เท่ากับ 112.2 หน่วย
 ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 112.2 หน่วยต่อเดือน

4) ใช้อินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นกระแสสลับ
 220 โวลต์

5) ใช้เจนเนอเรเตอร์ไดชาร์ตรถยนต์เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายเมื่อเสียหรือชำรุด

2.3 การสร้างเครื่องฯ

ดำเนินการสร้างที่โรงงานฝึกพื้นฐานทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังภาพ



ภาพที่ 3-18 เจาะนำศูนย์ยึดพูลเลย์



ภาพที่ 3-19 ชิ้นยึดพูลเลย์



ภาพที่ 3-20 ชั่งน้ำหนักไดปั่นไฟ



ภาพที่ 3-21 ไดปั่นไฟหนัก 98 กิโลกรัม



ภาพที่ 3-22 เจาะรูตัดเนื้อออกเพื่อลดน้ำหนัก



ภาพที่ 3-23 ตกแต่งเจาะรู



ภาพที่ 3-24 ใช้จิ๊กซอว์ตัดขาด



ภาพที่ 3-25 เนื้อเฟืองตัดออกแล้ว



ภาพที่ 3-26 การเตรียมพื้นที่ทดลองภาพที่



ภาพที่ 3-27 ทาสีกันสนิม



ภาพที่ 3-28 ทำโครง



ภาพที่ 3-29 ทำโครงนอก



ภาพที่ 3-30 ทำร่องลิม



ภาพที่ 3-31 ทำร่องลิม



ภาพที่ 3-32 ทำก้านใบกังหัน



ภาพที่ 3-33 เฟืองที่ทำเสร็จ



ภาพที่ 3-34 ทำโครงฯ



ภาพที่ 3-35 คลับปั๊มหรือย่อย



ภาพที่ 3-36 ทำใบ



ภาพที่ 3-37 เชื่อมจุดยึด



ภาพที่ 3-38 เชื่อมจุดยึด



ภาพที่ 3-39 ชุดเฟือง



ภาพที่ 3-40 ทาสีกันสนิม



ภาพที่ 3-41 โครงใบกังหัน



ภาพที่ 3-42 ใบกังหัน



ภาพที่ 3-43 โครงใบกังหัน

4. การทดสอบงาน ณ สถานที่จริง เพื่อหาประสิทธิภาพและบันทึกผล

ทดสอบงานจริงวันที่ 22 กันยายน 2556 ผู้ร่วมปฏิบัติงานทั้งหมดนัดพบกันที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เวลา 04.00 น. บริเวณโรงงานฝึกพื้นฐานทางวิศวกรรม จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ลากรถบรรทุกทุกคันฯ ออกจากโรงงานฯ เพื่อเตรียมขนขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ เพื่อนำไปทดสอบงานจริง ณ จังหวัดกาญจนบุรี ขนอุปกรณ์เสร็จออกเดินทางเวลา 05.00 น. รายละเอียดดังภาพ



ภาพที่ 3-44 ขนของ





ภาพที่ 3-45 คนของ



ภาพที่ 3-46 คนของ



ภาพที่ 3-47 ขนของ



ภาพที่ 3-48 ขนของ



ภาพที่ 3-49 ยกของลงพื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 3-50 โครงใบกังหัน



ภาพที่ 3-51 ยกของลงพื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 3-52 ยกของลงพื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 3-53 สำรวจพื้นที่ อบต.ท่ามะขาม



ภาพที่ 3-54 สำรวจพื้นที่ อบต.ท่ามะขาม



ภาพที่ 3-55 นายกา อบต.ท่ามะขามให้ความอนุเคราะห์



ภาพที่ 3-56 ถ่ายรูปร่วมกับท่านนายก อบต.ท่ามะขาม



ภาพที่ 3-57 คุณทรงยศ พนาภักดี ผู้จัดการทั่วไป
โรงแรมผึ้งหวานรีสอร์ท แอนด์สปา กาญจนบุรี
ให้ความร่วมมือในการใช้พื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 3-58 พื้นที่ประกอบอุปกรณ์



ภาพที่ 3-59 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-60 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-61 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-62 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-63 ประกอบเครื่อง



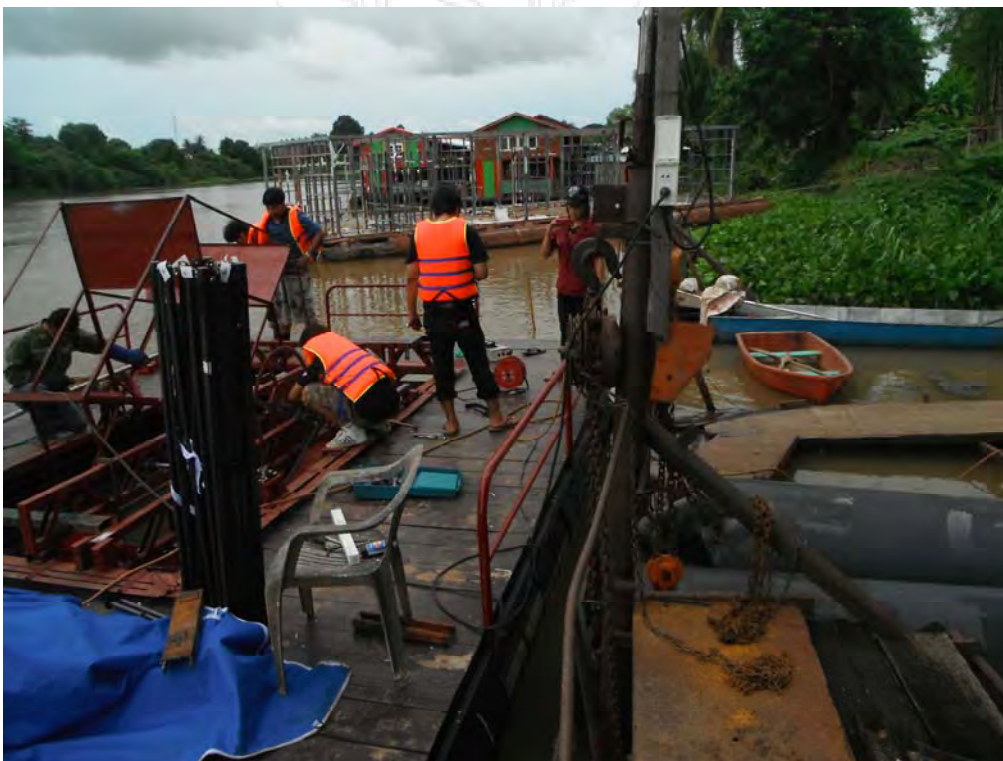
ภาพที่ 3-64 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-65 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-66 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-67 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-68 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-69 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-70 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-71 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-72 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-73 ประกอบเครื่อง



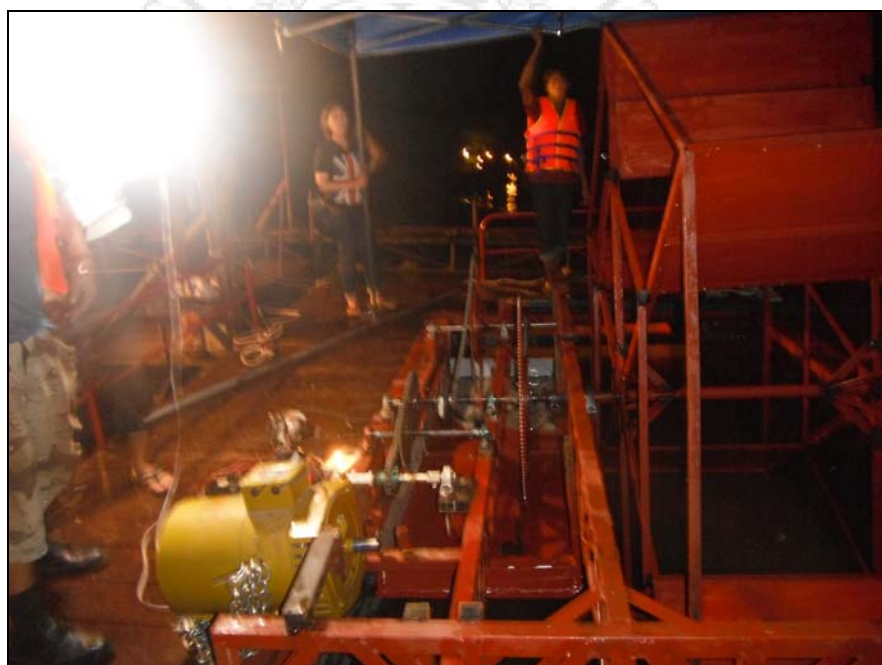
ภาพที่ 3-74 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-75 ประกอบเครื่อง



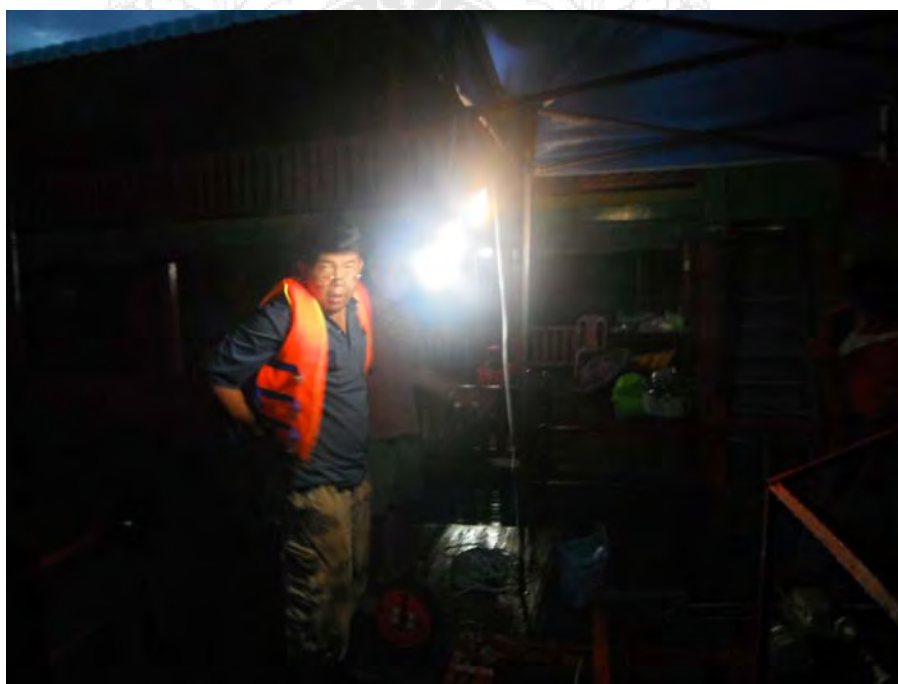
ภาพที่ 3-76 ประกอบเครื่อง



ภาพที่ 3-77 ลากแพไปจุดทดลองและเริ่มทดลองงาน



ภาพที่ 3-78 กระแสไฟที่ได้ 250 โวลท์



ภาพที่ 3-79 ใช้กับอุปกรณ์แสงสว่าง AC 220 โวลท์ได้ทันที



ภาพที่ 3-80 ถ่ายรูปผู้ร่วมปฏิบัติงาน



ภาพที่ 3-81 ถ่ายรูปผู้ร่วมปฏิบัติงาน

บทที่ 4

ผลการทดสอบงานจริง

บทนำ

คณะผู้ดำเนินงานโครงการฯ ออกเดินทางจากกรุงเทพฯ วันอาทิตย์ที่ 22 กันยายน 2556 โดยเริ่มขนของและอุปกรณ์เวลา 04.00 น. และพร้อมออกเดินทางจากกรุงเทพฯ เวลา 06.00 น. ถึงพื้นที่ทดลองงาน คือ จังหวัดกาญจนบุรี เวลา 10.00 น. ดำเนินการขนย้ายอุปกรณ์กั้นน้ำลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ และประกอบแต่ยังประกอบไม่เสร็จมีดก่อน นอนพักที่กาญจนบุรี และเข้าไปพบท่านนายกเทศมนตรี อบต.ท่ามะขาม ขอความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่ในการทดลอง และไปสำรวจพื้นที่ฝั่งหวานรีสอร์ต แอนด์สปา ประกอบเครื่องเสร็จ 15.00 น. ลากแพไปจุดทดลอง ดำเนินการเก็บข้อมูลถึงเวลา 21.00 น.

ผลการทดลองอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า ปรากฏว่ากังหันหมุนด้วยความเร็วรอบ 2 รอบต่อ นาที ได้น้ำมันผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 250 โวลท์ บางช่วงไฟตกเนื่องจากความเร็วกระแสลดลง

ผู้วิจัยเปลี่ยนการผลิตเป็นไฟ DC โดยใช้ไดชาร์จรถยนต์ปรากฏว่าสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง และใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ 220 โวลท์ สามารถใช้กับอุปกรณ์ แสงสว่างสได้จริง



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า ปรากฏว่ากังหันหมุนด้วยความเร็วรอบ 2 รอบต่อ นาที ได้น้ำมันไฟผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 250 โวลต์ บางช่วงไฟตกเนื่องจากความเร็วกระแสลดลง

ผู้วิจัยเปลี่ยนการผลิตเป็นไฟ DC โดยใช้ไดชาร์จรถยนต์ปรากฏว่าสามารถทำงานได้อย่าง ต่อเนื่อง และใช้อุปกรณ์อินเวอร์เตอร์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ 220 โวลต์ สามารถใช้กับ อุปกรณ์ แสงสว่างได้จริง



บรรณานุกรม

- โครงการพระราชดำริ.2549. โครงการคลองลัดโพธิ์.จังหวัดสมุทรปราการ.
- นพดล อินนา. **กลศาสตร์ของไหล**. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- บรรเลง ศรีนิล, ประเสริฐ ก๊วยสมบุญ. 2524. **ตารางงานโลหะ**. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิตตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- มูลนิธิชัยพัฒนา.กังหันน้ำชัยพัฒนา.กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา
- สวนจิตรลดา
- วัฒนาถาวร. 2543. **โรงต้นกำลัง**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่: 4. กรุงเทพฯ.
- วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน. 2537. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น
- ปกรณ์ คงฤทธิ์. 2548. การศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบคอสโพลีในโครงการไฟฟ้าห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- แผนพับเขื่อนสิริกิติ์**. 2546 . โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนสิริกิติ์.อุตรดิตถ์.เขื่อนสิริกิติ์.
- สาครไฮโดร. www.youtube.

จากเว็บไซต์

กฎอาศิรมิติส อ่างอิง

<http://www.rmutphysics.com/CHARUD/virtualexperiment/labphysics1/Fluid/archimedes/archimedes04.htm>

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์ อ่างอิง

http://www.blmiacec.ac.th/E-learning/elec/8-2_files/lesson8-2.htm

ชนิดของแบตเตอรี่แบบต่างๆ อ่างอิง

<http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&id=370062>

ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลังวัชร แพงธีระสุขมัย
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Plangwath paengteerasukkamai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 5110300016271
3. ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ 7
4. หน่วยงานที่ติดต่อได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ฯ
10800 โทรศัพท์ทำงาน 0-2913-2424 ต่อ 180 มือถือ 089-6783719
5. ประวัติการศึกษา
 - พ.ศ. 2529 ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาเครื่องมือกล จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์
 - พ.ศ. 2541 ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาบริหารอาชีพและเทคนิคศึกษา จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 - พ.ศ. 2546 ปริญญาตรีวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศ.ร.ม.) คลองหก
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - พ.ศ. 2541 เป็นผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างเครื่องยิงตะกร้ออัตโนมัติ เพื่อใช้ในการทดสอบงานวิจัยระดับปริญญาโท ของนายอภิชัย มุกสีทอง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พ.ศ. ๒๕๔๐ ผลงานเสร็จแล้ว
 - พ.ศ. 2544 เป็นหัวหน้าโครงการสิ่งประดิษฐ์ “สร้างเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตกระแสไฟฟ้า” เมื่อปี พ.ศ.2544-2546 ใช้งบประมาณเงินผลประโยชน์ ปี พ.ศ.2544 จำนวน 151,289 บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นหนึ่งพันสองร้อยแปดสิบเก้าบาทถ้วน) หมดเงินอุดหนุนงานวิจัยสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ผลการดำเนินงานเสร็จแล้ว
 - พ.ศ. 2548 เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย “เครื่องจักตอกกิ่งอัตโนมัติ” โดยเป็นที่ปรึกษาของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ผลการดำเนินงานเสร็จแล้ว

พ.ศ.2552 เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย “พัฒนาเครื่องจักรตอกกิ่งอัตโนมัติ” โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณพ.ศ.2552 จำนวนเงิน 50,000 บาท งานเสร็จสิ้นตามวัตถุประสงค์โครงการ

พ.ศ.2554 เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย “กักหน้ำผลิตไฟฟ้า” โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณปี 2554 จำนวน 200,000 บาท จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผลการดำเนินงานเสร็จตามแผนงานวิจัย

