



คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า
Hydro generator.

นายพลังวัชร แพ่งธีระสุขมัย
Mr. Plangwath Paengteerasukkamai

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ได้รับการอุดหนุนงบประมาณในการดำเนินการ
ปี พ.ศ. ๒๕๕๔

โครงการวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่สำหรับประเทศไทยในการใช้พลังงานทดแทนและสามารถนำมาพัฒนาต่อ ซึ่งภูมิประเทศไทยมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน จึงเกิดแนวคิดในการนำพลังงานน้ำไหลของกระแสน้ำมาทำให้เกิดประโยชน์

เครื่องกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนของท่อนลอยน้ำ ขนาด $\varnothing$ 39 เซนติเมตร ยาว 270 เซนติเมตร ความกว้าง 220 เซนติเมตร นำมาประกอบกันจำนวน 2 ท่อน ส่วนกังหันน้ำเป็นใบกังหันที่ทำด้วยเหล็กใบสามารถพับได้มีจำนวน 6 ใบ แต่ละใบกินน้ำลึก 30-40 เซนติเมตร ซึ่งชุดใบกังหันสามารถปรับระดับกินน้ำลึกได้ และความกว้าง 90 เซนติเมตร ส่วนชุดตรอบซึ่งประกอบด้วยเฟืองใช้ตรอบและสายพานตรอบ โดยทั้งส่วนกังหัน และชุดตรอบวางอยู่บนโครงสร้างที่มีท่อนรองรับ โดยการหมุนของกังหันใช้เพลาชับ ขนาด $\varnothing$ 25 เซนติเมตร หมุนขับใช้เจนเนอเรเตอร์ทำงานเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

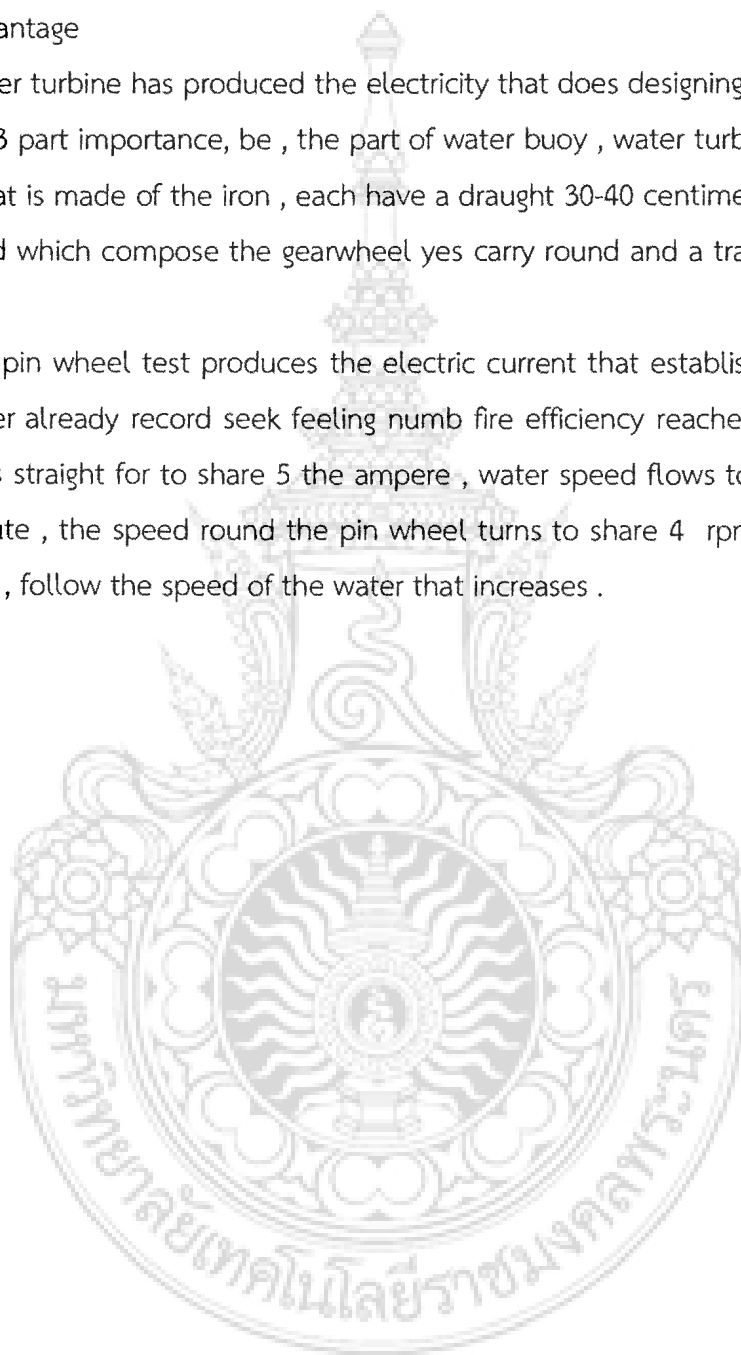
จากการทดสอบเครื่องกังหันผลิตกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนำไปลอยในแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี แล้วบันทึกหาประสิทธิภาพการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่เฉลี่ย 5 แอมป์ ความเร็วน้ำไหลเฉลี่ย 12 เมตร/นาที่ ความเร็วรอบกังหันหมุนเฉลี่ย 4 รอบต่อนาที และมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นๆ ตามความเร็วของกระแสน้ำที่เพิ่มขึ้น

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 the stump makes straight for to share 5 the ampere , water speed flows to share 12 the meter / minute , the speed round the pin wheel turns to share 4 rpm. and tend that increase , follow the speed of the water that increases .



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 บทนำ	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนาเครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย	3
2.2 งานวิจัยกังหันโครงการพระราชดำริ โครงการคลองลัดโพธิ์	7
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย	10
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ	14
2.6 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบตเตอรี่	21
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ	28
2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลลา	33
2.9 ทฤษฎีเกี่ยวกับโซ่ส่งกำลัง	38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 บทนำ	43
การวางแผนดำเนินงาน	43
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
2. การออกแบบและสร้างกังหันไฟฟ้า	46
3. การทดลองการทำงานชิ้นส่วนต่าง ๆ และปรับแก้ไข	63
4. การทดลองงาน ณ สถานที่จริง	68
บทที่ 4 ผลการสอบงานจริง	75
บทนำ	75
4.1 ผลการทดลอง	76
4.2 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	81
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	84
บทนำ	84
สรุปผลการทดลอง	84
อุปสรรคในการทดสอบทำโครงการ	84
บรรณานุกรม	85
ภาคผนวก ก. แบบและรายละเอียดกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า	86
ประวัติผู้วิจัย	106

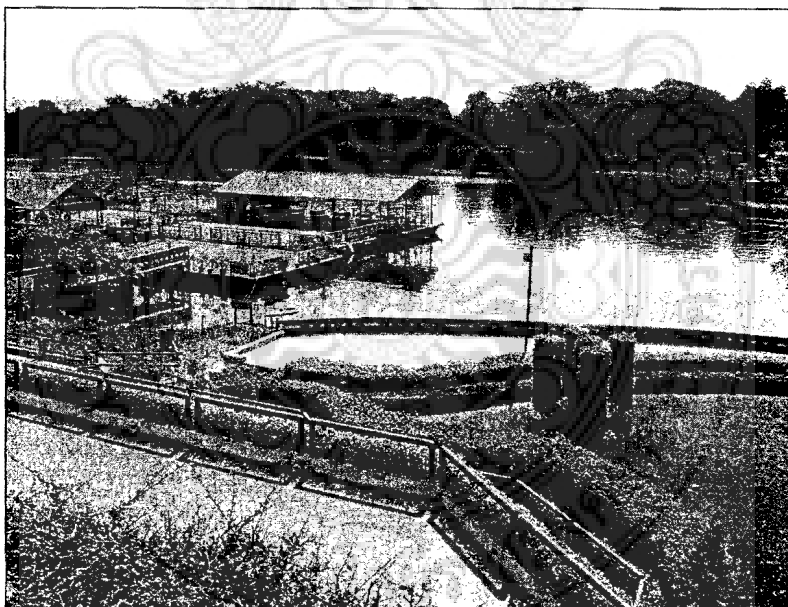
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนรวมทั้งหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทยได้มีแนวคิดเรื่องการประหยัดพลังงาน และหาพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผู้วิจัยพบว่าสภาพภูมิประเทศของประเทศไทยการไหลของน้ำตามธรรมชาติของประเทศไทยหลายแห่งมีความเร็วในการไหลที่เหมาะสม สามารถนำพลังงานการไหลมาทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าได้ อาทิ เช่น ที่แม่น้ำแควใหญ่จังหวัดกาญจนบุรีมีอัตราการไหลของน้ำ 9-10 เมตรต่อนาที และมีการไหลของน้ำไหลไปในทางทิศเดียวกันไม่มีการไหลย้อนกลับ

บริเวณแม่น้ำดังกล่าวมีแพลอยน้ำเป็นลักษณะบ้านพัก หรือแพลอยน้ำลักษณะร้านอาหารลอยอยู่กับที่โดยใช้เชือกผูกแพกับเสาหลัก การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคหรือใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้น้ำมันเชื้อเพลิง



ภาพที่ 1-1 แพลอยน้ำบริเวณร้านค้าใกล้สะพานข้ามทางรถไฟ จังหวัดกาญจนบุรี

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดใช้พลังงานน้ำไหลของสถานที่ดังกล่าว ซึ่งมีลักษณะการไหลของน้ำทิศทางเดียวมีความเร็วกระแสน้ำเหมาะสมสามารถติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าเป็นลักษณะท่อนลอยติดตั้งบริเวณสถานที่ดังกล่าว และผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลมาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหล และนำกระแสไฟฟ้าที่ได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์

1.2.2 ทดสอบและหาประสิทธิภาพการทำงานของกังหันน้ำพลังไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 สถานที่ทดลองบริเวณบ้านพักพลอยน้ำแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี

1.3.2 อุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังที่ออกแบบและสร้างขึ้นอยู่บนผิวน้ำ ยกเว้นใบกังหันสัมผัสน้ำเพื่อรับการส่งถ่ายกำลังจากแรงน้ำไหล

1.3.3 ใช้เจนเนอเรเตอร์หรือไดชาร์ตรถยนต์ขนาด 120 แอมป์ เป็นอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำไหลและเก็บประจุไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 120 แอมป์

1.3.3 ใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 350 วัตต์ แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ซึ่งเก็บประจุไว้ในแบตเตอรี่แปลงเป็นกระแสสลับ 220 โวลต์ นำมาใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.3.5 ใบกังหันมีลักษณะโครงสร้างและรูปร่างเหมือนหันทันชัยพัฒนา แกนเพลลาแนวขวาง มี 6 ใบ ลักษณะพื้นผิวใบกังหันเป็นผิวเรียบ ใบกังหัน 1 ใบแบ่งออกเป็น 2 ซีกโดยแนวแกนกลางติดบานพับ ทำให้ใบกังหันทั้ง 2 ซีกพับขึ้นลงได้

1.3.6 ท่อนลอยน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 39 เซนติเมตร ยาว 270 เซนติเมตร มีจำนวน 2 ท่อน และท่อนลอยช่วยพยุงด้านข้างอีก 1 ท่อน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้กังหันน้ำผลิตไฟฟ้าลักษณะท่อนลอยน้ำสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.4.2 ได้แนวคิดพลังงานทดแทนจากพลังงานน้ำไหล

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนำ

ในการดำเนินงานวิจัย ออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า โดยกังหันมีลักษณะใบตามขอบเขตที่กำหนด คือ มี 6 ใบแต่ละใบแบ่งครึ่งกลาง มีบานพับแนวกลางทำให้ใบพับลงเพื่อรับแรงน้ำไหล และพับขึ้นเก็บเพื่อลดแรงเสียดทานของน้ำบนผิวหน้า มีท่อนลอยทรงกระบอก 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

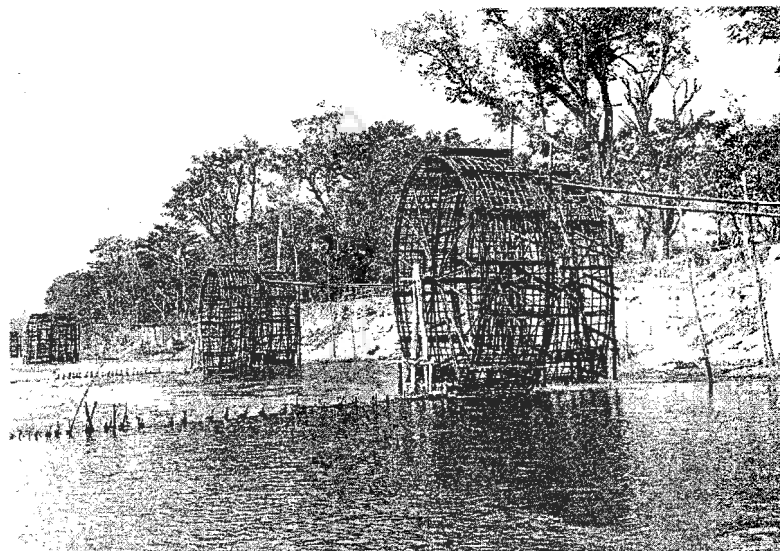
2.1 กังหันน้ำชัยพัฒนา เครื่องกลเติมอากาศที่ผิวน้ำหมุนช้าแบบทุ่นลอย

Chaipattana Low Speed Surface Aerator, Model RX-2

ความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยทุกวันนี้ เป็นผลมาจากภาวะมลพิษของน้ำเน่าเสียที่มีอัตราและปริมาณสูงขึ้นเป็นลำดับ จนยากแก่การแก้ไขให้บรรเทาเบาบางลงได้ ส่งผลต่อสุขภาพพลานามัยที่อ่อนแอของพลชนิกกรทั้งหลาย

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงห่วงใยในความเดือดร้อนทุกข์ยากที่เกิดขึ้นนี้ ได้เสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรสภาพน้ำเน่าเสียในพื้นที่หลายแห่ง ทั้งในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และต่างจังหวัด พร้อมทั้ง พระราชทานพระราชดำริเกี่ยวกับการแก้ไขน้ำเน่าเสีย

ในระยะระหว่างปี พ.ศ. 2527-2530 ทรงแนะนำให้ใช้น้ำที่มีคุณภาพดีช่วยบรรเทาน้ำเสียและวิธีกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวาและพืชน้ำต่าง ๆ ซึ่งก็สามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง

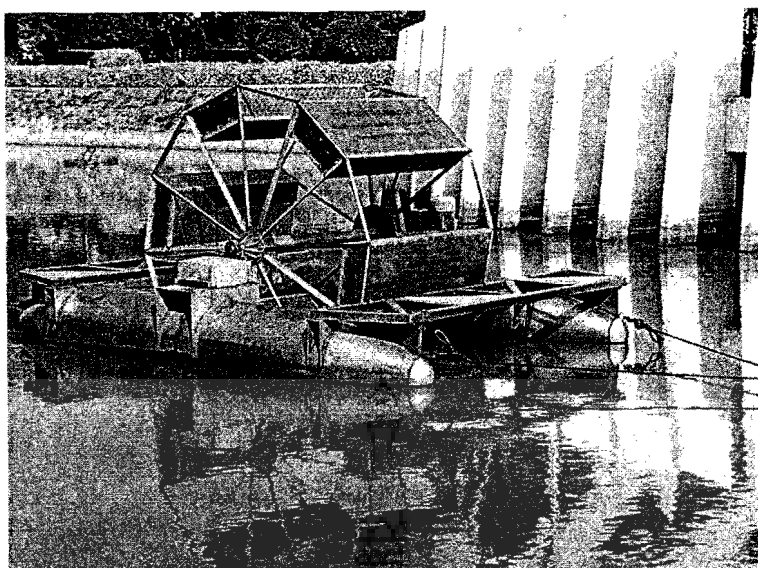


ภาพที่ 2-1 “หลุก” ภูมิปัญญาชาวบ้าน

กักหน้ำพระราชทาน

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

การนี้ จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มูลนิธิชัยพัฒนาสนับสนุนงบประมาณ เพื่อการศึกษาและวิจัยสิ่งประดิษฐ์ใหม่นี้ โดยดำเนินการจัดสร้างเครื่องมือบำบัดน้ำเสียร่วมกับกรมชลประทาน ซึ่งได้มีการผลิตเครื่องกลเติมอากาศขึ้นในเวลาต่อมา และรู้จักกันแพร่หลายทั่วประเทศในปัจจุบันคือ “กักหน้ำชัยพัฒนา”



ภาพที่ 2-2 “กังหันน้ำชัยพัฒนา” พระอัจฉริยภาพในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

พระราชดำริ

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

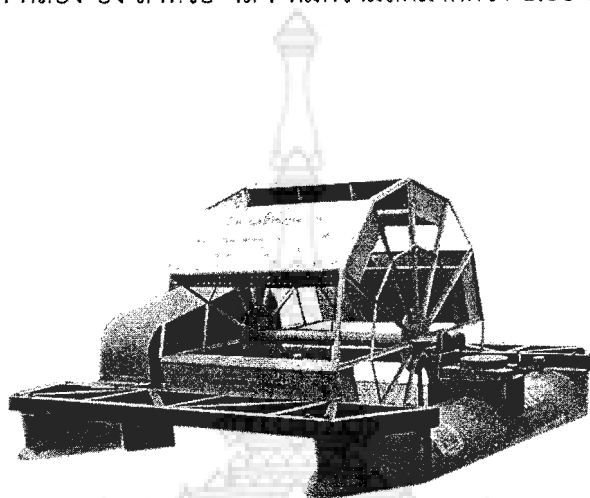
- 1) วิธีที่หนึ่ง ใช้อากาศอัดเข้าไปตามท่อเป่าลงไปได้ผิวน้ำแบบกระจายฟอง
- 2) วิธีที่สอง น่าจะกระทำได้โดยกังหันวิดน้ำ วิดตักขึ้นไปบนผิวน้ำ แล้วปล่อยให้ตกลงไปยังผิวน้ำตามเดิม โดยที่กังหันน้ำดังกล่าวจะหมุนช้าๆ ด้วยกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กไม่เกิน 2 แรงม้า หรืออาจจะใช้พลังน้ำไหลก็ได้ จึงสมควรพิจารณาสร้างต้นแบบ 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/แรงม้า/ชั่วโมง สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างอเนกประสงค์ ติดตั้งง่าย เหมาะสำหรับใช้ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ สระน้ำ หนองน้ำ คลอง บึง ลำห้วย ฯลฯ ที่มีความลึกมากกว่า 1.00 เมตร และมีความกว้างมากกว่า 3.00 เมตร



ภาพที่ 2-3 กังหันน้ำชัยพัฒนา

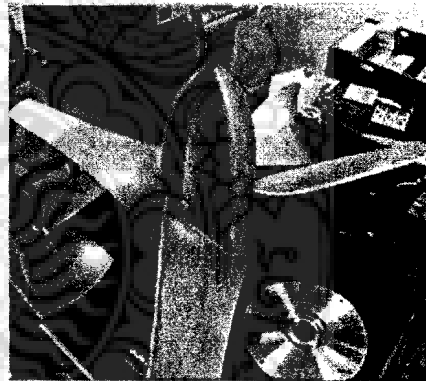
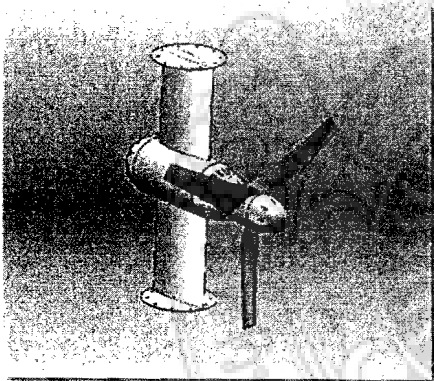
หลักการทำงาน

เครื่องกลเติมอากาศ "กังหันน้ำชัยพัฒนา" แบบทุ่นลอย สามารถปรับตัวขึ้น ลงได้ตามระดับขึ้นลงของน้ำ ส่วนประกอบสำคัญ ได้แก่ โครงกังหันรูป 12 เหลี่ยม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00 เมตร มีช่องน้ำขนาดบรรจุ 110 ลิตรติดตั้งโดยรอบจำนวน 6 ช่อง เจาะรูของน้ำพรุนเพื่อให้น้ำไหลกระจายเป็นฝอย ของน้ำนี้จะถูกขับเคลื่อนให้หมุนโดยรอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า ระบบแรงดัน 380 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต ผ่านระบบส่งกำลังด้วยเฟืองเกียร์ทดรอบ และ/หรือ จานโซ่ซึ่งจะทำให้การหมุนเคลื่อนที่ของช่องน้ำ จิตตักน้ำด้วยความเร็ว 5 รอบ/นาที สามารถวิดน้ำลึกลงไปใต้ผิวน้ำประมาณ 0.50 เมตร ยกน้ำขึ้นไปสาดกระจายเป็นฝอยเหนือผิวน้ำด้วยความสูงประมาณ 1.00 เมตร ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศกว้างขวางมากขึ้น เป็นผลทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายเข้าไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว และในขณะที่น้ำเสียถูกยกขึ้นไปสาดกระจายสัมผัสกับอากาศแล้วตกลงไปยังผิวน้ำ จะก่อให้เกิดฟองอากาศจมตามลงไปใต้ผิวน้ำด้วย อีกทั้งในขณะที่ช่องน้ำกำลังเคลื่อนที่ลงสู่ผิวน้ำแล้วตกลงไปใต้ผิวน้ำนั้น จะเกิดการอัดอากาศภายในช่องน้ำภายใต้ผิวน้ำจนกระทั่งช่องน้ำ

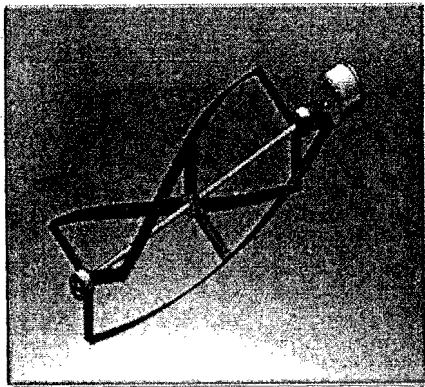
จมน้ำเต็มที ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทออกซิเจนได้สูงขึ้นตามไปด้วย หลังจากนั้นน้ำที่ได้รับ การเติมอากาศแล้ว จะเกิดการถ่ายเทของน้ำเคลื่อนที่ออกไปด้วยการผลักดันของของน้ำด้วยความเร็ว ของการไหล 0.20 เมตร/วินาที จึงสามารถผลักดันน้ำออกไปจากเครื่องมีระยะทางประมาณ 10.00 เมตร และผลพลอยได้อีกประการหนึ่งได้แก่ การโยกตัวของทุ่นลอยในขณะที่ทำงานจะส่งผลให้แผ่น ไฮโดรฟอยล์ที่ติดตั้งไว้ในส่วนได้นำ สามารถผลักดันน้ำให้เคลื่อนที่ผสมผสานออกซิเจนเข้ากับน้ำใน ระดับความลึกใต้ผิวน้ำเป็นอย่างดีอีกด้วย ซึ่งก่อให้เกิดกระบวนการทั้งการเติมอากาศการกวนแบบ ผสมผสาน และการทำให้เกิดการไหลของน้ำเสียไปตามทิศทางที่กำหนด โดยพร้อมกัน

2.2 งานวิจัยกังหันน้ำโครงการพระราชดำริ โครงการคลองลัดโพธิ์

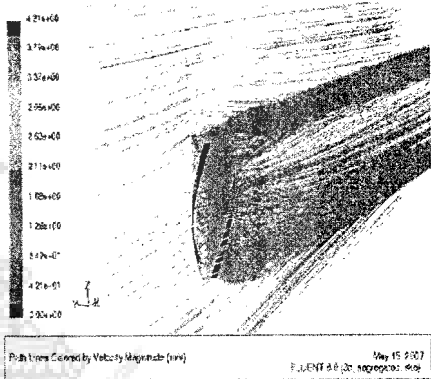
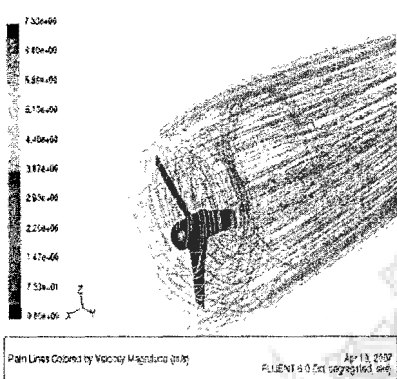
โครงการคลองลัดโพธิ์ เป็นโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สถานที่ ตำบลทรงคนอง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เป็นโครงการแก้ปัญหา น้ำท่วมและ สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าโดยออกแบบชุดกังหันน้ำพลังน้ำต้นแบบที่สามารถทำงานสอดคล้องกับการ บริหารการจัดการคลองลัดโพธิ์ให้มีประสิทธิภาพสูง โดยความร่วมมือระหว่างกรมชลประทานกับ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ทำการศึกษาวิจัยได้ต้นแบบกังหันพลังน้ำอาศัยพลังงานจลน์จากความเร็ว ของกระแสน้ำไหลขึ้น 2 แบบ คือ แบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow) และแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow) ทำการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ติดตั้งบริเวณประตูระบายน้ำเพื่อผลิต ไฟฟ้าพลังน้ำ



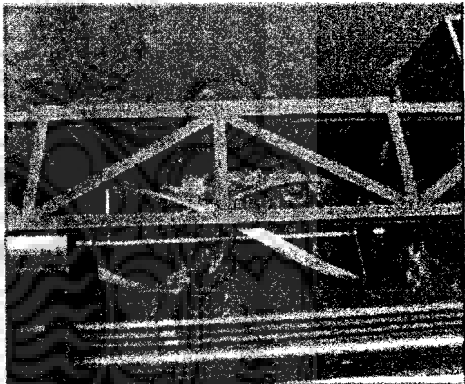
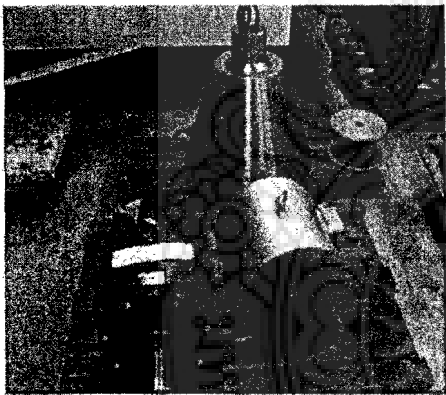
ภาพที่ 2-4 กังหันแบบหมุนตามแนวแกน (Axial Flow)



ภาพที่ 2-5 กังหันแบบหมุนขวางการไหล (Cross Flow)



ภาพที่ 2-6 แสดงเส้นการไหลของน้ำไหลผ่านกังหัน

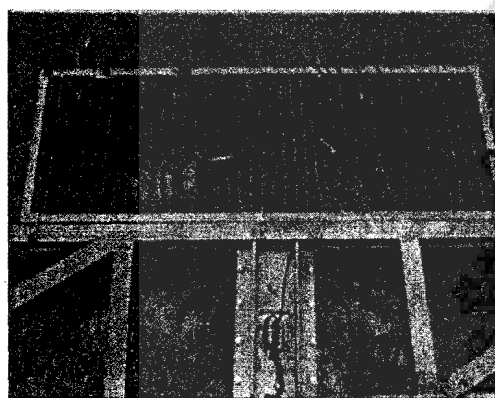


ภาพที่ 2-7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

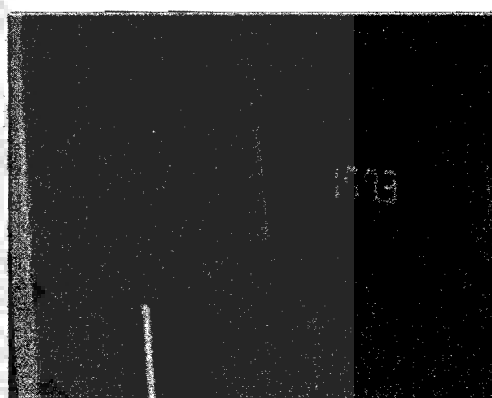
ภาพที่ 2-8 แสดงกังหัน Cross Flow เริ่มทำงาน

กังหันแบบหมุนตามแนวแกนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร และแบบหมุนขวางการไหล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 เมตร ยาว 2.50 เมตร ทั้ง 2 แบบจะประกอบกับโครงเหล็กเป็นต้นกำลัง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร มีเกียร์ทดอยู่ภายในกล่องที่จมน้ำได้ กำลังและแรงดันไฟฟ้าที่

ได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ เช่น ความเร็วที่ 200 รอบต่อนาที จะได้กำลังไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ต่อวัน และเปิดวงจรไฟฟ้าแรงดันได้ 650 โวลต์ (Open Circuit Voltage 650 volts) เป็นต้นกำลังไปหมุน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบแม่เหล็กถาวร ทำให้ได้พลังงานไฟฟ้าแบบกระแสสลับ และใช้เรกติฟายเออร์ (Rectifier) เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรง แล้วเชื่อมต่อเข้ากับอินเวอร์เตอร์และคอนโทรลเลอร์ (Inverter & Controller) ซึ่งจะปรับแรงดันและความถี่เพื่อเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้า นครหลวง จากการทดลองเดินกังหันพลังน้ำต้นแบบ พบว่าได้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ 5.74 กิโลวัตต์ต่อวัน



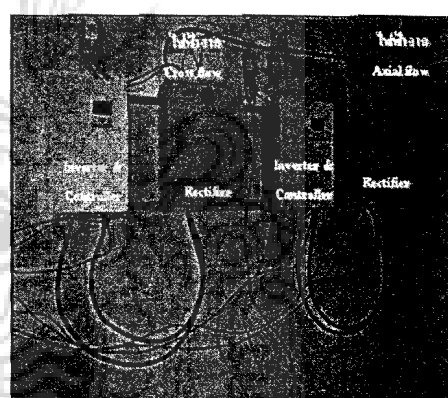
ภาพที่ 2-9 แสดงกังหัน Axial Flow เริ่มทำงาน



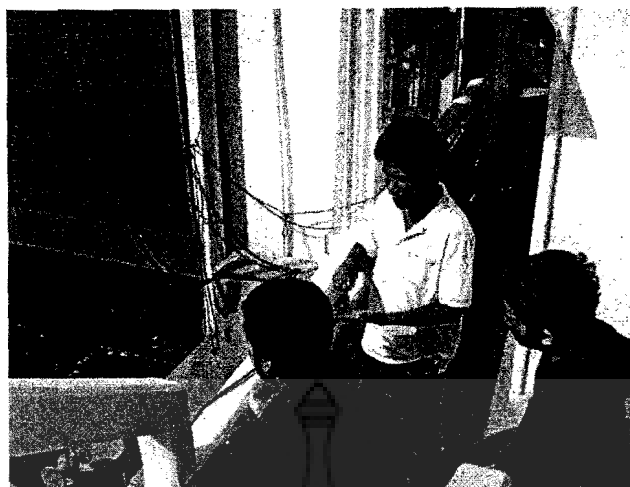
ภาพที่ 2-10 แสดงรอบของ Cross Flow เมื่อจมน้ำและ ยังไม่ได้ต่อกับระบบ



ภาพที่ 2-11 แสดงรอบของ Axial Flow เมื่อจมน้ำ และต่อกับระบบ



ภาพที่ 2-12 ตู้ควบคุมกระแสไฟฟ้าของกังหันน้ำทั้ง 2 ตัว



ภาพที่ 2-13 เจ้าหน้าที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าของคลองลาดโพธิ์

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ์ คงฤทธิ์ (2548) ได้ทำโครงการวิจัย การผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบโครสโฟล์ ในโครงการไฟฟ้าพลังน้ำระดับหมู่บ้าน (ขนาดไม่เกิน 100 กิโลวัตต์) ห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย โดยได้ศึกษา การผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ด้วยการสร้างเครื่องกังหันน้ำแบบโครสโฟล์ 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 ผลการวิจัยทำให้เห็นว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบโครสโฟล์สามารถใช้ผลิตไฟฟ้าในโครงการไฟฟ้าพลังงานน้ำระดับหมู่บ้านได้ตามข้อกำหนด และยังใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องที่มีขนาดใหญ่ขึ้นต่อไป

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

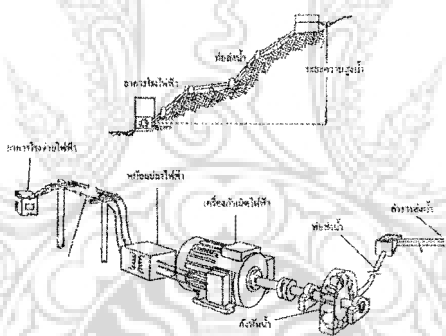
โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำในหัวข้อนี้ เป็นโรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเพื่อรองรับระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากแหล่งที่เป็นแหล่งธรรมชาติที่อยู่บนพื้นโลกทั่วไป เช่น ลำห้วยลำธาร และเขื่อนต่างๆ ไม่รวมถึงโรงไฟฟ้าที่เกิดจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงหรือพลังงานคลื่น โดยจะกล่าวถึงประเภทและส่วนประกอบต่างๆ ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ดังต่อไปนี้

ประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35-41)

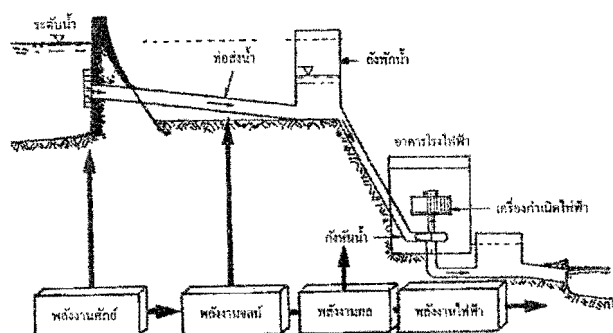
การแบ่งประเภทของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ มักจะยึดเอาปริมาณน้ำที่มีอยู่หรือที่ต้องใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำนั้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

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



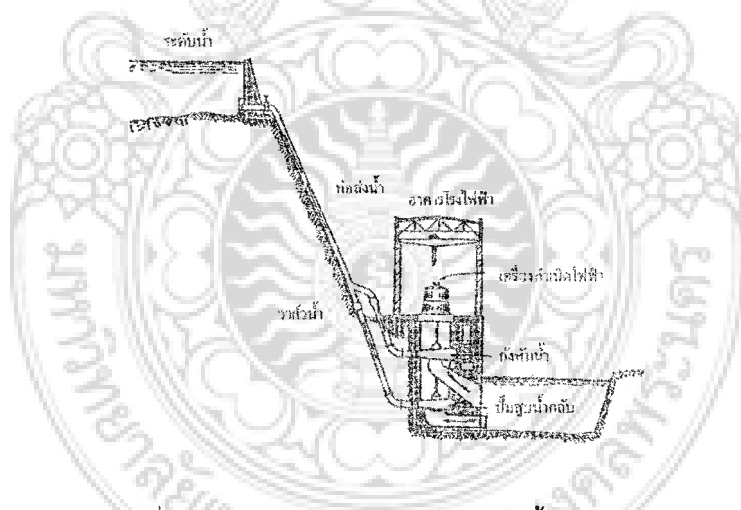
ภาพที่ 2-14 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบไม่มีอ่างเก็บน้ำ
ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 35)



ภาพที่ 2-15 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ

ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 36)

3) โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ (Pumped Storage Plant) โรงไฟฟ้าแบบนี้ถูกสร้างขึ้นพื้นฐานความคิดการจัดการกระแสไฟฟ้าส่วนเกิน เพราะโดยปกติการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนที่ค่อนข้างต่ำไปแล้ว จะมีการใช้ไฟฟ้าลดลงแต่กำลังการผลิตไฟฟ้ายังคงเท่าเดิม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับเป็นโรงไฟฟ้าที่มีอ่างเก็บน้ำสองส่วนคือ อ่างเก็บน้ำส่วนบน (Upper Reservoir) และอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง (Lower Reservoir) น้ำจะถูกปล่อยจากอ่างเก็บน้ำส่วนบนลงมาเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเมื่อต้องการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2-16 และในช่วงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำหรือน้อยลง จะใช้ไฟฟ้าที่เหลือจ่ายให้กับปั๊มน้ำขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ในอ่างเก็บน้ำส่วนล่าง เพื่อสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำส่วนล่างนี้กลับขึ้นไปเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป



ภาพที่ 2-16 แสดงลักษณะโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแบบสูบน้ำกลับ

ที่มา (วัฒนา ถาวร. 2543 : 37)

ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำมีส่วนประกอบที่ควรรู้จักดังต่อไปนี้

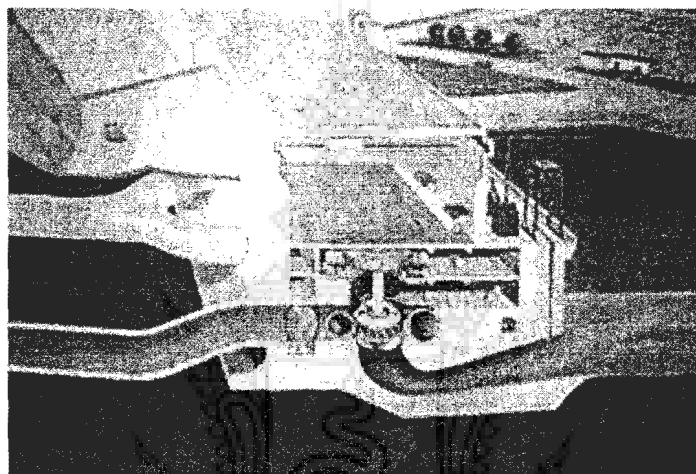
- 1) อาคารรับน้ำ (Power Intake) คืออาคารสำหรับรับน้ำที่ไหลจากอ่างลงสู่ท่อที่อยู่ภายในตัวอาคาร เพื่อนำพลังงานน้ำไปหมุนกังหันและหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ภายในตัวอาคารจะมีห้องควบคุมระบบการไหลของน้ำและระบบการผลิตไฟฟ้า อาคารรับน้ำโดยทั่วไปจะถูกสร้างไว้ใกล้ๆ ตัวเขื่อน
- 2) ตะแกรง (Screen) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันเศษไม้ หรือวัตถุใด ๆ ที่จะผ่านเข้าไปทำให้เกิดการอุดตันของท่อส่งน้ำ หรือสร้างความเสียหายให้กับกังหัน ขนาดของช่องตะแกรงจะต้องไม่เล็กหรือใหญ่เกินไป เพราะถ้าเล็กจะมีผลต่อปริมาณน้ำและอัตราการไหลของน้ำภายในท่อส่งน้ำจะลดลง แต่ถ้าใหญ่เกินไปจะไม่สามารถป้องกันวัตถุที่มีขนาดใหญ่ได้
- 3) อุโมงค์เหนือน้ำ (Headrace) เป็นช่องสำหรับให้น้ำไหลเข้ามายังท่อส่งน้ำอยู่ภายในตัวเขื่อน อุโมงค์นี้จะอยู่ในตัวอาคารรับน้ำมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปเกือกม้าหรือวงกลม ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก
- 4) ท่อส่งน้ำ (Penstock) เป็นท่อสำหรับรับน้ำจากเหนือเขื่อนและส่งต่อไปยังอาคารรับน้ำเพื่อหมุนกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
- 5) อาคารลดแรงดันน้ำ (Surge Tank) เป็นอาคารที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมแรงดันของน้ำที่จะอัดใส่ภายในท่อส่งน้ำ ซึ่งอาจทำให้ท่อหรือหัวฉีดน้ำเสียหายได้ โดยทั่วไปจะสร้างอยู่ระหว่างตัวเขื่อนกับอาคารรับน้ำแต่โรงไฟฟ้าที่อยู่ใกล้กับตัวเขื่อนอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องมีอาคารลดแรงดันน้ำนี้
- 6) ประตูน้ำ (Wicket Gate or Guide Vane) เป็นบานประตูที่ควบคุมการไหลของน้ำที่จะไหลเข้าไปหมุนใบพัดของกังหัน ควบคุมโดยการปิดหรือเปิดประตุน้ำนี้ให้น้ำไหลผ่านเข้าไปยังท่อส่งน้ำในอัตราที่เหมาะสม
- 7) กังหันน้ำ (Water Turbine) เป็นตัวรับแรงดันของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำ โดยแรงดันนี้จะทำหน้าที่ฉีดหรือผลักดันให้กังหันหมุน 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
ที่นา (แผ่นพับเขื่อนสิริกิติ์, 2546)

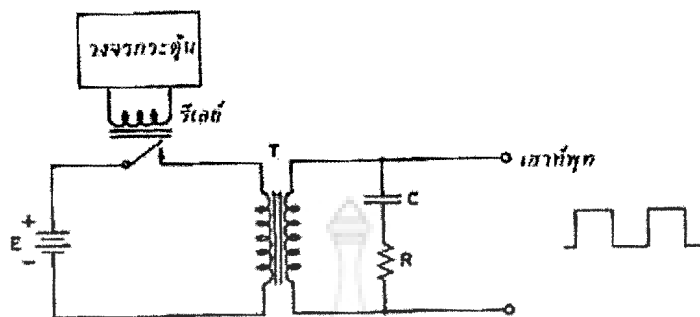
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter)

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นไฟสลับนั้นมีเทคนิคและวิธีการสรุปได้ดังนี้

1. การใช้หลักทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ โดยการใช้การทำงานของอินเวอร์เตอร์จากกลไกร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดสัญญาณไฟสลับเป็นลักษณะสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุตแรงดันและกระแสที่จ่ายออกมา ขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการพันหม้อแปลง และขนาดเบอร์ของขดลวดที่ใช้ ส่วนการให้กำเนิดความถี่ของสัญญาณไฟสลับ ขึ้นอยู่กับสัญญาณกระตุ้นมาทำให้

หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อวงจรตามจังหวะ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์แสดงดังรูปที่ 2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

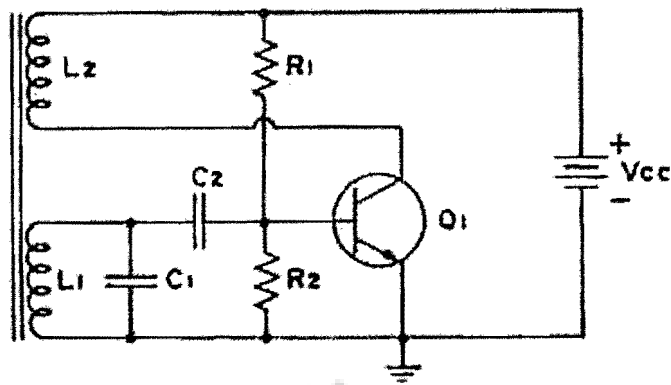


รูปที่ 2-18 วงจรอินเวอร์เตอร์ทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

จากรูปที่ 2-18 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานจะใช้วงจรกระตุ้นกำเนิดโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อตามจังหวะของสัญญาณที่มากระตุ้นแรงดันจากแบตเตอรี่ E จ่ายผ่านเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T เป็นจังหวะ ทำให้ขดปฐมภูมิเกิดสนามแม่เหล็กยุบตัวและพองตัวเป็นจังหวะเช่นกัน ชักนำสนามแม่เหล็กไปยังขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T เกิดเป็นแรงดันชักนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมตามต้องการ

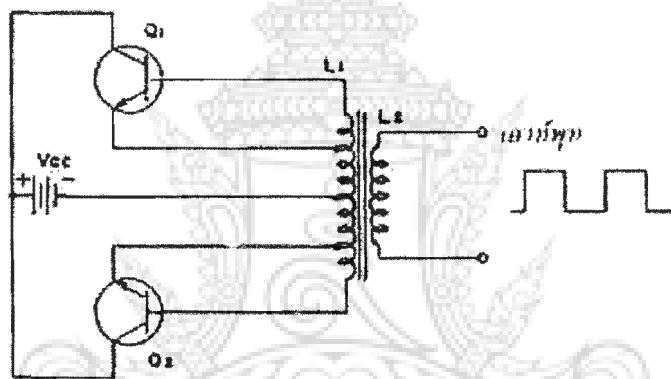
2. ใช้หลักการกำเนิดความถี่ วงจรกำเนิดความถี่หรือออสซิลเลเตอร์จะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยให้ออสซิลเลเตอร์กำหนดความถี่ขึ้นมาที่มีค่าแรงดันและกำลังไฟฟ้าต่ำส่งผ่านหม้อแปลงเพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ หลักการของออสซิลเลเตอร์ ใช้หลักการป้อนกลับทางบวกเข้าช่วยให้ความถี่ถูกกำหนดขึ้นมาตลอดเวลา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

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



รูปที่ 2-19 วงจรทรานซิสเตอร์ออสซิลเลเตอร์

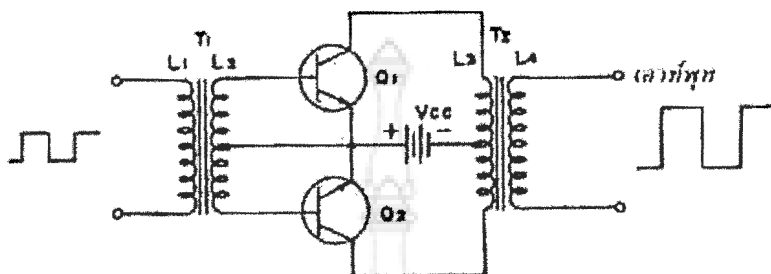
3. ใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์กำลังเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานนานแล้ว จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เพราะใช้งานได้สะดวก ควบคุมการทำงานได้ง่าย สามารถทนกำลังไฟฟ้าสูงๆได้ จึงถูกพัฒนามาใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์มากขึ้น รูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง



รูปที่ 2-20 วงจรทรานซิสเตอร์ออสซิลเลเตอร์

จากรูปที่ 2-20 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลังในการกำเนิดความถี่ โดยมีขดลวดจากหม้อแปลงเป็นตัวป้อนกลับซึ่งเป็นวิธีการป้อนกลับ ทางด้านสนามแม่เหล็ก จะมีลักษณะการทำงานเหมือนวงจรมัลติไวเบรเตอร์ คือ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะทำงานสลับกัน ตัวหนึ่งคัตออฟ ตัวหนึ่งอิ่มตัว ในเวลาสั้นๆก็จะสลับไปสลับมา ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ใช้ หรือจำนวนรอบที่พันของขดลวดนั่นเอง การออสซิลเลทความถี่ของวงจรอาศัยการยุบตัวพองตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวด L1 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 สลับกันทำงาน เมื่อตัวหนึ่งทำงาน จะบังคับให้อีกตัวหนึ่งหยุดทำงานสลับไปมาตลอดเวลา ที่จ่ายแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ให้วงจร จะเกิดการเหนี่ยวนำออกเอาท์พุทที่ขดลวด L2 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม

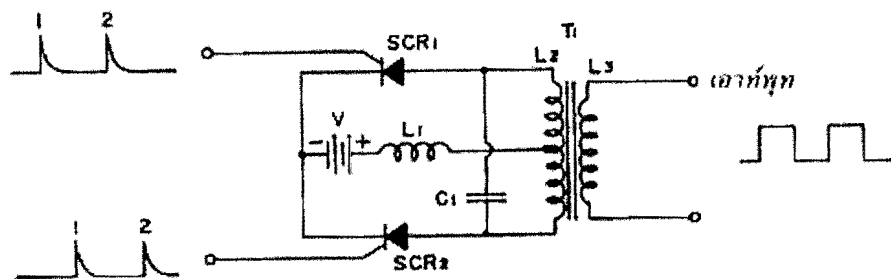
4. ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูลเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเช่นเดียวกัน โดยทำงานร่วมกับอินพุตและเอาต์พุตทรานส์ฟอร์มเมอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะทำงานเหมือนกับวงจรขยายของเครื่องขยายเสียงแบบพุชพูล ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุต ให้มีระดับความแรงมากขึ้นออกเอาต์พุต และเพิ่มกำลังไฟฟ้าจ่ายออกมากขึ้นตามต้องการ แต่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะไม่สามารถกำเนิดความถี่ขึ้นมาได้เอง จะต้องมีสัญญาณจากอินพุตป้อนมากระตุ้น



รูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูล

จากรูปที่ 2-21 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อพุชพูล วงจรประกอบด้วยหม้อแปลง T1 อินพุตทรานส์ฟอร์มเมอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้า จัดเฟสจัดอิมพีแดนซ์ให้ถูกเพื่อป้อนสัญญาณอินพุตให้ขา B ของ Q1 และ Q2 ต่อวงจรเป็นแบบพุชพูล จะทำงานโดยสัญญาณอินพุตที่ถูกเฟสป้อนให้ขา B ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานสลับกันไปมา หม้อแปลง T2 เป็นเอาต์พุตทรานส์ฟอร์มเมอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณส่งออกเอาต์พุต การทำงานเมื่อมีสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาผ่าน L1 จะเหนี่ยวนำไปยัง L2 มีศักย์ตกคร่อม L2 บนลํางมีเฟสต่างกัน เช่น ขั้วบนเป็นบวก ขั้วล่างจะเป็นลบ และถ้าขั้วบนเป็นลบขั้วล่างก็จะเป็นบวก ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ทำงานสลับกันไปมา ส่งสัญญาณไฟสลับไปตกคร่อม L3 มีศักย์ตกคร่อม L3 บนลํางมีเฟสต่างกันและสลับกันไปมาตลอดเวลา ชักนำสัญญาณไฟสลับส่งไป L4 เป็นสัญญาณเอาต์พุต

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 L_1 หน่วงการไหลของกระแสที่ผ่าน SCR ตัว C_1 จะประจุแรงดันต้านการนำกระแสของ SCR และหม้อแปลง T_1 เป็นโหลดในการทำงานของ SCR และส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุต

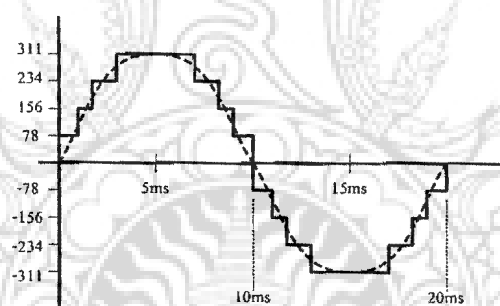
การทำงานเมื่อมีพัลส์ลูกแรกมากระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแสมีกระแสไหลจากขั้วบวกจากแบตเตอรี่ผ่าน L_1 ไป L_2 ครึ่งบน ไป SCR1 ครบวงจรชั่วลบ SCR1 จะนำกระแสคงที่ตลอดเวลา ตัว C_1 จะได้รับการประจุแรงดันชั่วขณะที่ต่อกับขา A ของ SCR1 มีศักย์เป็นลบ ขั้วล่งที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นบวก เมื่อมีพัลส์ลูกแรกกระตุ้นที่ขา G ของ SCR2 ให้นำกระแส SCR2 จะนำกระแสทันทีส่งผลทำให้ SCR1 หยุดนำกระแสทันที เพราะ C_1 จะจ่ายไบอัสกลับให้ SCR1 เมื่อ SCR2 นำกระแสการจ่ายไบอัสกลับของ C_1 คายประจุผ่าน SCR1 ทำให้ SCR1 หยุดนำกระแส

เมื่อมีพัลส์ลูกที่สองกระตุ้นที่ขา G ของ SCR1 ให้นำกระแส จะทำให้ SCR 2 หยุดนำกระแสทันทีสลับกันไป เพราะขณะที่ SCR2 นำกระแส C_1 จะได้รับการประจุแรงดันจากแบตเตอรี่ V ขั้วที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นลบชั่วขณะที่ต่อกับขา A ของ SCR1 เป็นบวก เมื่อ SCR1 นำกระแสจึงมีไบอัสกลับจาก C_1 จ่ายให้ SCR2 ทำให้ SCR2 หยุดนำกระแส

การนำกระแสของ SCR แต่ละตัวสลับกันไปมานี้ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด L_2 สลับทิศไปมา เกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำจากขด L_2 ไปขด L_3 ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมไฟสลับออกเอาต์พุต

อินเวอร์เตอร์ (Inverter) หรือตัวผันกลับ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันไฟตรงให้เป็นแรงดันไฟสลับเฟส ที่ใช้คำว่า “เฟส” เนื่องจากว่ารูปคลื่นของแรงดันไฟ

สลับที่ได้จากตัวอินเวอร์เตอร์จะไม่เรียบเหมือนกับสัญญาณไซน์จริงๆ เพราะการทำงานของตัวอินเวอร์เตอร์จะใช้วิธีการ เปิด/ปิด ค่าของแรงดันไฟตรงให้มาปรากฏที่ด้านขาออก(output) ด้วยช่วงเวลาสั้นๆ และมีความไวสูง เพื่อทำการปรับระดับของแรงดันขาออกให้ใกล้เคียงกับไฟสลับรูปไซน์ให้มากที่สุด ซึ่งในกระบวนการสร้างสัญญาณไฟสลับด้านขาออกนี้มีหลากหลายวิธี เช่น Frequency Modulation ; FM Pulse Width Modulation ; PWM เป็นต้น ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานอย่างง่าย 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 และ 78 ตามลำดับในช่วงเวลาที่เหมาะสมจนครบครึ่งคาบ จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับแรงดันเช่นเดียวกันในด้านลบอีกครั้งคาบ จะได้รูปคลื่นของสัญญาณไฟสลับเทียมทางด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 2-23 (เส้นทึบ) จากรูปคลื่นนี้จะเห็นว่าสัญญาณไฟสลับที่ได้ไม่เป็นไซน์ แต่สามารถนำไปใช้งานได้ดีในเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท ในกรณีที่ต้องการรูปคลื่นสัญญาณที่เรียบมากขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มตัวกรอง (filter) ทางด้านขาออกของตัวอินเวอร์เตอร์



ภาพที่ 2-23 การสร้างสัญญาณไฟสลับเทียมด้วยอินเวอร์เตอร์อย่างง่าย

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverter) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น

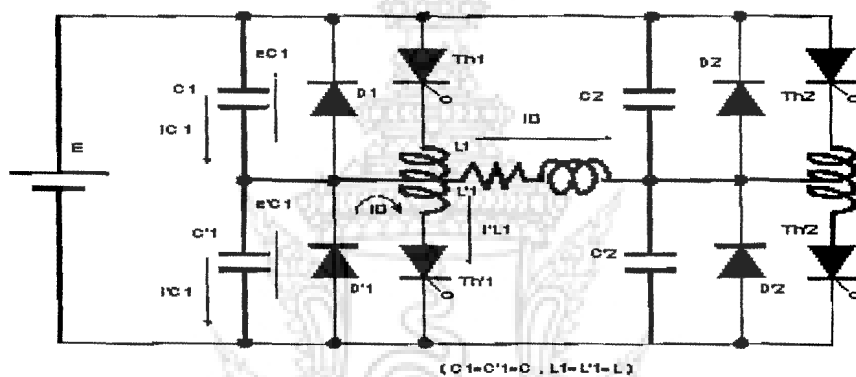
คอมพิวเตอรื เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

ข้อควรคำนึงถึงเกี่ยวกับโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

ในทางปฏิบัติสำหรับวงจรอินเวอร์เตอร์นั้นจะใช้ไทรสเตอร์สวิตช์แทนสวิตช์ทางกล ไทรสเตอร์สวิตช์จะมีข้อแตกต่างกับสวิตช์ทางกลดังนี้

- (1) กระแสจะไหลเพียงทิศทางเดียวเท่านั้น
- (2) ไม่สามารถจะหยุดการนำกระแสได้ด้วยตัวเอง
- (3) ถ้าต้องการให้ไทรสเตอร์หยุดนำกระแส นั้น จะต้องมรีเวอร์สโวลเตจคร่อมไทรสเตอร์

ช่วงเวลาขณะหนึ่ง



ภาพที่2-24 โครงสร้างของอินเวอร์เตอร์

การแบ่งชนิดของอินเวอร์เตอร์

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

(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

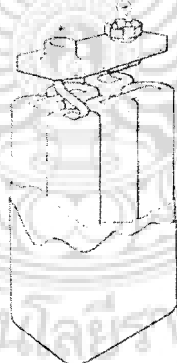
แบตเตอรี่ชนิดต่างๆและแบตเตอรี่รถยนต์

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

เซลล์แบบอนุกรม

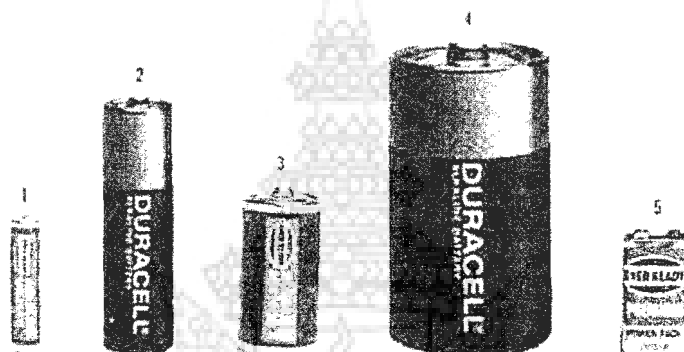
แบตเตอรี่ขนาด PP-3 แสดงไว้ในรูปแบบ 5 เรียกว่าถ่าน 9 โวลต์เป็นแบตเตอรี่ได้อย่างแท้จริง เนื่องจากประกอบไปด้วยเซลล์ขนาดเล็ก 6 เซลล์ต่ออนุกรมกันบรรจุอยู่ในตัวถังแสดงในรูปที่ 2-22 แต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 1.5 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่ขนาด PP-3 จึงมีแรงดัน 9 โวลต์ แบตเตอรี่ชนิดอื่นซึ่งเป็นแบบ PP ก็มี PP-1, PP-6,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

แบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งภายในประกอบด้วยเซลล์มาต่ออนุกรมกัน 6 เซลล์ ข้อแตกต่างกับแบตเตอรี่อื่น คือ เซลล์ภายในตัวแบตเตอรี่แต่ละเซลล์จะมีแรงดัน 2 โวลต์ ดังนั้นแบตเตอรี่รถยนต์นี้จึงสามารถจ่ายแรงดันได้ 12 โวลต์ มีบางสิ่งที่แตกต่างไปสำหรับแบตเตอรี่รถยนต์กับแบตเตอรี่ต่างๆ ที่กล่าวถึงในตอนแรก คือ สามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้สำหรับการติดเครื่องยนต์เมื่อเครื่องยนต์ติดแล้วเอนอเรียเตอร์ในรถก็จะหมุนปั่นไฟประจุกับตู้ แบตเตอรี่ได้



รูปที่ 2-25 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายในของแบตเตอรี่ขนาด PP-3 โดยเซลล์ทั้ง 6 เซลล์จะต่ออนุกรมกัน

การที่แบตเตอรี่รถยนต์สามารถประจุไฟเข้าไปได้ เนื่องจากถูกสร้างให้เป็นเซลล์แบบทุติยภูมิ (secondary cell) โดยเซลล์แบบทุติยภูมินั้น เมื่อสร้างขึ้นแล้วต้องนำไปทำการประจุไฟหรือชาร์จไฟ ก่อนจึงจะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ และเมื่อใช้กระแสไฟฟ้า (discharge) ไปจนกระแสอ่อนลงแล้ว ก็นำไปประจุไฟใหม่ได้ ไม่เหมือนกับเซลล์ขนาด AAA ขนาด AA ขนาด C ขนาด D และขนาด PP ทุกแบบ โดยทั่วไปนั้นเซลล์ขนาดเหล่านี้ถูกสร้างมาเป็นแบบเซลล์ปฐมภูมิ ซึ่งเซลล์ชนิดนี้เมื่อสร้างเสร็จแล้วก็นำไปใช้เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ทันทีเมื่อใช้ไปแล้ว ส่วนประกอบบางส่วนจะหมดเปลืองไปโดยไม่กลับมาเป็นสภาพเดิมได้อีก หลังจากที่ใช้ไปชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้ว ต้องเปลี่ยนส่วนประกอบใหม่จึงจะใช้ได้ดีดังเดิม และไม่สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ได้ นอกจากนี้ยังมีเซลล์แบบทุติยภูมิที่มีขนาดเดียวกับเซลล์แบบปฐมภูมิ ดังกล่าวมีขายอยู่ในท้องตลาดซึ่งรู้จักกันในนามของเซลล์แบบนิกเกิล – แคดเมียม (Nickel Cadmium) หรือเรียกกันย่อๆ ว่านิแคด (Nicaid)



แบบ 1 แสดงถึงเซลล์ขนาด AAA

แบบ 2 เป็นเซลล์ขนาด AA

แบบ 3 แสดงถึงเซลล์ขนาด C

แบบ 4 เป็นเซลล์ขนาด D

แบบ 5 เป็นเซลล์ขนาด PP - 3 หรือแบตเตอรี่ 9 โวลท์

รูปที่ 2-26 แสดงแบบต่าง ๆ ของแบตเตอรี่

การทำงานของเซลล์ไฟฟ้า

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

ออกไซด์ของโลหะเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างอะตอมของโลหะกับออกซิเจน ตัวอย่างออกไซด์ของโลหะ คือ ออกไซด์ของเหล็กที่เรียกว่า สนิมเหล็กซึ่งเกิดจากการทิ้งเหล็กไว้ในอากาศ

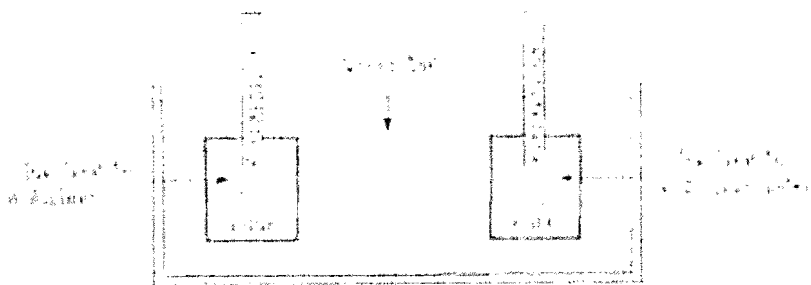
โลหะส่วนมากแล้วจะรวมตัวกับออกซิเจน เมื่อนำออกไซด์ของโลหะมาใช้ในเซลล์จะเป็นการใช้ในทางสร้างสรรค์ ไม่เหมือนกับสนิมเหล็กซึ่งเป็นตัวทำลาย

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

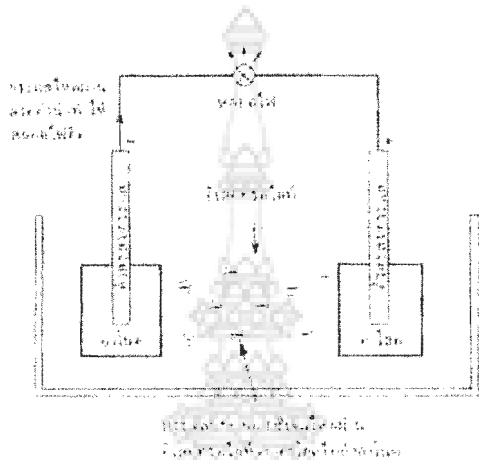
อิเล็กโทรไลต์นั้นเป็นสารเคมีเฉพาะ ซึ่งยอมให้การแลกเปลี่ยนของออกซิเจนระหว่างแอโนดและคาโทดเกิดขึ้น โดยแอโนดและคาโทดไม่จำเป็นต้องมาติดกัน ในกรณีนี้สารอิเล็กโทรไลต์จะเป็นตัวนำอนุภาคของออกซิเจน (ซึ่งมีประจุลบ) ซึ่งเกิดขึ้นที่คาโทดเคลื่อนที่ข้ามไปสู่แอโนด ดังนั้นคาโทดจึงถูกรีดิวซ์ ส่วนแอโนดจะถูกออกซิไดซ์ ซึ่งเงื่อนไขในกรณีนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าเซลล์อยู่ในลักษณะรูปที่ 2-27 ถึงแม้ว่าเราจะพูดว่าเกิดความต่างศักย์ขึ้น (ซึ่งหมายถึงแรงดันไฟฟ้า) ในการที่ประจุของออกซิเจนจะไปรวมตัวกับโลหะที่แอโนด อนุภาคแต่ละอนุภาคของโลหะจะต้องปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ในขณะที่เดียวกับที่อนุภาคของออกซิเจนจะออกจากแอโนด และเข้าไปในสารอิเล็กโทรไลต์จะต้องได้รับประจุมา

เราสามารถใช้ความต่างศักย์นี้ให้เป็นประโยชน์ ถ้าเราต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับขั้วของแอโนดและคาโทด ดังแสดงในรูปที่ 2-28 ในกรณีนี้อิเล็กตรอนซึ่งมาจากการปล่อยของออกซิเจนเพื่อที่จะไปรวมตัวกับแอโนด จะเคลื่อนที่จากแอโนดเข้าไปในวงจรผ่านหลอดไฟ (ทำให้หลอดไฟสว่างขึ้น) และเคลื่อนกลับไปสู่แอโนดซึ่งมันสามารถประจุอนุภาคของออกซิเจนได้ดี กว่า การไหลของประจุอิเล็กตรอนจะทำให้เกิดการไหลของกระแสขึ้นในวงจรที่อยู่จน กระทั่งแอโนดไม่มีอนุภาคของออกซิเจน หรือจนกระทั่งแอโนดถูกออกซิไดซ์หมดแล้ว ที่จุดนี้เรากล่าวได้ว่า เซลล์คายประจุออกอนุภาคของประจุที่ไหลผ่านอิเล็กโทรไลต์เรียกว่า ไอออน (ion) ซึ่งจะมาจากสารอื่นๆ ได้หลายชนิด ไม่เฉพาะแต่ออกซิเจนเท่านั้น ขึ้นอยู่กับเซลล์แต่ละชนิดและอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ซึ่งก็ใช้หลักการเดียวกัน

เนื่องจากการใช้อิเล็กโทรไลต์แตกต่างกัน ตลอดจนใช้อาโนดและคาโทดที่ต่างกัน ทำให้สามารถผลิตเซลล์ชนิดต่างๆ ซึ่งมีราคาตลอดจนคุณสมบัติแตกต่างกัน เราจะมาศึกษาดูถึงตัวแปรที่แตกต่างกันของเซลล์ทั้งหมด ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดเพื่อที่จะได้รับทราบข้อเปรียบเทียบของเซลล์แต่ละชนิด เมื่อได้ไปสัมผัสกับมัน



รูปที่2-27 เป็นเซลล์แบบพื้นฐานแสดงถึงอาโนดคาโทด และอิเล็กโทรไลต์

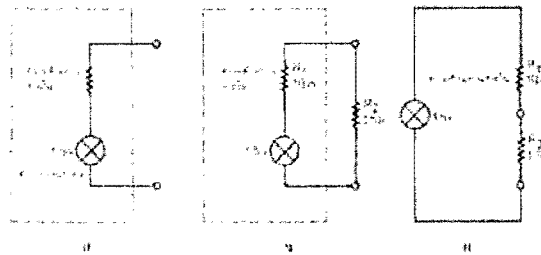


รูปที่2-28 เป็นการทำงานของเซลล์แบบพื้นฐานในกรณีนี้ใช้ทำให้หลอดไฟฟ้าสว่างขึ้นมา

แรงดันกับความต้านทาน

ความต่างศักย์ภายนอกของเซลล์ เรียกว่าเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electro motive force หรือย่อว่า EMF) ค่าที่แน่นอนนั้น (โดยปกติจะอยู่ประมาณ 1.5 โวลต์) จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่นำมาเป็นอาโนดและคาโทดและชนิดของสารอิเล็กโทรไลต์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอายุของเซลล์ สำหรับเซลล์ใหม่แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุด (rated) อยู่เล็กน้อยคือประมาณ 1.6 โวลต์ และจะตกลงมาเป็นค่าต่ำประมาณ 1.2 โวลต์ เมื่อเซลล์เก่าและคายประจุหมด

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



รูปที่ 2-29 ก., ข. และ ค. เป็นวงจรเทียบเท่า (ในรูปที่ 8) ของเซลล์ขนาด 1.5 โวลต์ แสดงถึงความต้านทานภายในเซลล์

เราจะเห็นผลของค่าความต้านทานภายใน ถ้าเราดูตามแผนผังในรูปที่ 2-29 ก. ซึ่งเป็นวงจรเทียบเท่าของเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งจะประกอบด้วยตัวกำเนิดแรงดันต่ออนุกรมอยู่กับตัวต้านทาน โดยที่ตัวกำเนิดแรงดันจะแทนความต่างศักย์ของแอโนดคาโธดและอิเล็กโทรไลต์ร่วมกัน ในขณะที่ตัวต้านทานนั้นจะแทนความต้านทานภายในของเซลล์ไฟฟ้า ในรูปที่ 2-29 ข. แสดงให้เห็นเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งมีตัวกำเนิดแรงดันค่า 1.5 โวลต์ และมีค่าความต้านทานภายใน (R_1) ค่า 10 โอห์ม ต่ออยู่กับความต้านทานซึ่งเป็นวงจรภายนอก มีค่า 1.5 กิโลโอห์ม เราสามารถคำนวณค่าของกระแสที่ไหลผ่านวงจรโดยใช้กฎของโอห์มว่า $I = (1.5 / 1500) = 1 \text{ mA}$ มิลลิแอมป์

ค่าความต้านทานภายในเซลล์ที่ต่ออนุกรมอยู่ก็มีผลต่อค่ากระแส และต้องนำเข้ามาคิดด้วย โดยวงจรจะเขียนใหม่เป็นดังรูปที่ 2-29 ค. ซึ่งเราจะเห็นตัวต้านทาน 2 ตัวติดต่อกันอยู่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน ซึ่งแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานภายนอกค่า 1.5 กิโลโอห์ม นั้นเท่ากับ

$$\begin{aligned} V_{R2} &= (R_2 / (R_1 + R_2)) \times 1.5 \\ &= (1500 / (10 + 1500)) \times 1.5 \\ &= 1.49 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

ซึ่งจะสูญเสียไปเป็นความร้อนเนื่องมาจากความต้านทานภายในเซลล์ตัวเซลล์จะอุ่นขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มค่า ความต้านทานภายในขึ้นอีกและจะมีผลให้ค่าแรงดันที่ตกคร่อมขึ้นอีก วงเวียนกันเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ ซึ่งเป็นกรณีที่เลวร้ายทำให้วงจรภายนอกที่นำมาต่อกระแสไฟฟ้าไม่พอเลี้ยงให้วงจรทำงานต่อไปได้ และถึงแม้ว่ากระแสจะพอเลี้ยงวงจรได้พลังงานที่สูญเสียไปเหล่านี้ก็จะไปลดอายุการใช้งานของเซลล์ลง

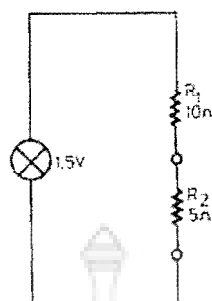
ดังนั้นจะเห็นว่าค่าความต้านทานภายในเซลล์จะเริ่มมีความสำคัญ ถ้ากระแสที่จ่ายออกจากเซลล์มีค่ามาก โดยการลดค่าของความต้านทานภายในเซลล์ลง ผลกระทบเนื่องจากความต้านทานภายในเซลล์ก็จะลดน้อยลง แต่ก็ยังไม่สามารถลดลงจนเป็นศูนย์ได้

กำลังงานต่อชั่วโมง

คุณลักษณะสำคัญอันหนึ่งของเซลล์ไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาก่อนที่จะรู้ถึงชนิดของเซลล์แบบต่างๆ นั้น คือ ค่าความจุของเซลล์ (cell capacity) ซึ่ง คือปริมาณของกระแสไฟฟ้าซึ่งเซลล์หนึ่ง ๆ สามารถจ่ายออกไปได้ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่าง เช่น 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 ซึ่งจากตัวอย่าง

แรงดันของเซลล์เท่ากับ 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 เลอคลังเซ ในปี พ.ศ. 2409 ซึ่งลักษณะเป็นโถแก้ว โดยมีแมงกานีสไดออกไซด์เหลว ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโอดบรรจุในหม้อรูปกรวย โดยตัวหม้อจะถูกล้อมรอบด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยมีแท่งสังกะสีจุ่มอยู่ในอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่เป็นแอโนด การต่อออกมาจากแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งเป็นคาโอดจะต่อโดยใช้แท่งถ่าน ส่วนเซลล์แบบสังกะสี – ถ่านในปัจจุบันนี้ ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานนับจากวันของเซลล์แบบเลอคลังเซ ซึ่งรู้จักในนามของเซลล์แบบเปียก (wet cell) เนื่องจากลักษณะของส่วนผสมของอิเล็กโทรไลต์

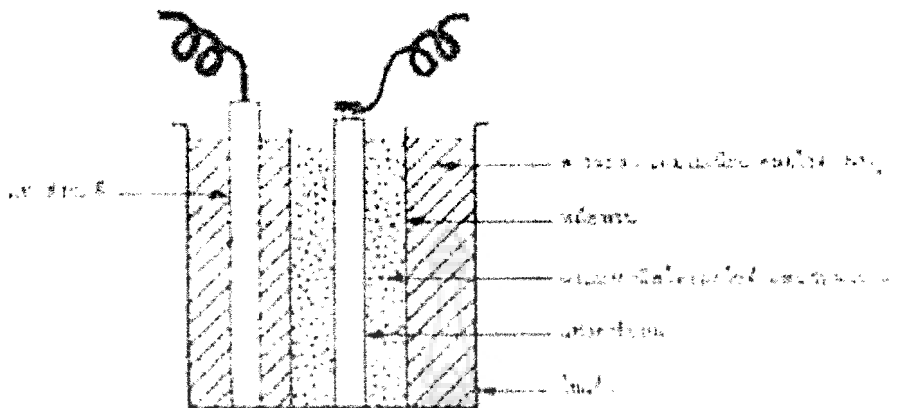
ตัวถังภายนอกของเซลล์แบบแห่งสมัยใหม่นี้ทำจากโลหะสังกะสีและทำหน้าที่เป็นแอโนดภายในภายในตัวถังสังกะสีจะเป็นชั้นบางๆ ซึ่งแยกแอโนดออกจากคาโอดและบรรจุไว้ด้วยอิเล็กโทรไลต์จนเต็ม อิเล็กโทรไลต์นั้นเป็นส่วนผสมของแอมโมเนียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์ซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนๆ คาโอดนั้นจะประกอบด้วยผงแมงกานีสไดออกไซด์ผสมกับผงถ่านและอิเล็กโทรไลต์ ทำให้มีลักษณะเหลวๆ และภายในจะสอดแท่งถ่านไว้ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสะสมกระแส ภายนอกตัวถังจะห่อด้วยกระดาษหลายชั้น และชั้นนอกสุดจะเป็นแผ่นพลาสติกบางๆ หุ้มอยู่

โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของอิเล็กโทรไลต์ จะสามารถทำเซลล์แบบสังกะสีถ่านได้หลายแบบ ซึ่งเหมาะกับงานแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น อิเล็กโทรไลต์ที่ทำจากซิงค์คลอไรด์อย่างเดียว จะทำให้ได้เซลล์ที่มีค่าความต้านทานภายในต่ำลง ทำให้เหมาะกับงานหนักที่ต้องจ่ายกระแสสูง เช่นเดียวกับการใช้ส่วนผสมของแมงกานีสไดออกไซด์ ที่มีคุณภาพเป็นคาโอดก็จะให้ผลเช่นเดียวกัน

เซลล์แบบอัลคาไลน์แมงกานีส (Alkaline Manganese Cell)

ในเซลล์แบบอัลคาไลน์แมงกานีสนั้น สารที่ใช้ทำแอโนดและคาโอดใช้สังกะสี และแมงกานีสได

ออกไซด์ เช่นเดียวกับเซลล์แบบสังกะสี – ถ่าน โดยที่อาโนดนั้นประกอบด้วยผงสังกะสีซึ่งทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวขึ้น จะผสมกับอิเล็กโทรไลต์รวมกันอยู่ในลักษณะเหลวๆ



รูปที่ 2-31 แสดงโครงสร้างของเซลล์แบบเลอคันเช่ (Leclanche cell)

แมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นคาโอดของเซลล์แบบอัลคาไลต์แมงกานีสนั้น ทำมาจากสารที่บริสุทธิ์กว่า รู้จักกันในนามของอิเล็กโทรไลต์แมงกานีสไดออกไซด์ ผลผลิตขึ้นมาเพื่อให้มีความจุของออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่วนผสมของโพตัสเซียมไฮดรอกไซด์เรียกว่า อัลคาไลน์นั้นจะมีความนำไฟฟ้าสูงมากทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ โดยการใช้อิเล็กโทรไลต์และสารที่ใช้ทำอาโนดและคาโอดที่มีคุณภาพสูงทำให้เซลล์ชนิดนี้เหมาะสำหรับงานหนักที่ใช้กระแสสูง เป็นเซลล์ที่มีคุณภาพสูงพร้อมทั้งมีค่าความต้านทานภายในต่ำ และมีค่าความจุพลังงานสูง

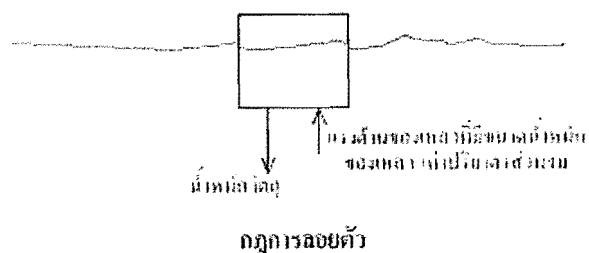
ชนิดของแบตเตอรี่แบบต่างๆ

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

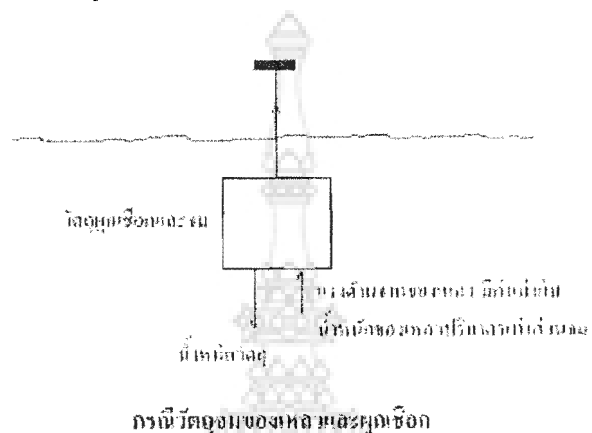
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการลอยตัวของวัตถุในน้ำ

หลักการของอาร์คิมิดีส

เมื่อนำวัตถุลงไปแทนที่ของเหลวจะมีแรงดันเท่ากับน้ำหนักของของเหลวปริมาตรเท่าส่วนจม จากหลักการนี้ทำให้เข้าใจหลักการหลายอย่าง เช่น เรือเหล็กทำไมจึงลอยน้ำ ของเหลวต่างชนิดกันมีความหนาแน่นต่างกัน อาร์คิมิดีสชี้ให้เห็นถึงเรื่องความหนาแน่นและนำมาเทียบกับน้ำเรียกว่าความถ่วงจำเพาะ



รูปที่ 2-32 แสดงกฎการลอยตัวของอาร์คิมิดีส



รูปที่ 2-33 แสดงภาพการวัดน้ำหนักของเหลวที่ล้น

จากหลักการนี้ทำให้อาร์คิมิดีสสามารถพิสูจน์กฎทองคำ ที่ช่างทำมงกุฎหลอมสิ่งเจือปน ลงไปในเนื้อทอง อาร์คิมิดีสหาวิธีวัดปริมาตรมงกุฎทองคำได้ด้วยการเอาไปแทนที่น้ำ และปล่อยให้ น้ำ ล้นออกมา

อ้างอิง:

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

แรงลอยตัวและการลอยตัว (Buoyancy Force and Flotation)

(นภดล อินนา.กลศาสตร์ของไหล.หน้า 54.)

แรงลอยตัว (Buoyancy Force) หมายถึง แรงลัพธ์ที่กระทำบนวัตถุซึ่งจมอยู่ในของไหลหรือ ลอยตัวอยู่ในของไหลที่อยู่นิ่ง แรงลอยตัวจะกระทำอยู่ในแนวตั้งเสมอ และไม่สามารถมีแรงใน

แนวนอนในส่วนของแรงลัพธ์ เพราะภาพฉายของวัตถุที่จมหรือส่วนที่จมของวัตถุที่ลอยตัวบนแผ่นตั้งจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

แรงลอยตัวที่กระทำบนวัตถุที่จมจะมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างแรงดันในแนวตั้งด้านใต้และแรงดันในแนวตั้งด้านบน จากภาพที่ 2.31 จะเห็นว่าแรงดันในแนวตั้งด้านใต้จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหล (จริงหรือจินตนาการ) ซึ่งจะอยู่ในแนวตั้งเหนือพื้นผิว ABC ซึ่งแสดงโดยน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCEFA แรงดันในแนวตั้งด้านบนจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ADCEFA ผลต่างระหว่างแรงทั้งสองจะมีค่าเท่ากับแรงดันในแนวตั้งเนื่องจากน้ำหนักของของไหลภายใต้พื้นที่ ABCD ที่ถูกแทนที่ด้วยของแข็ง ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังต่อไปนี้

$$F_b = \gamma V \tag{2.1}$$

- 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

$$\begin{aligned} \sigma F_b &= (P_2 - P_1) \sigma A \\ &= \gamma h \sigma A \end{aligned}$$

$$= \gamma \sigma A$$

เมื่อ σV คือ ปริมาตรของปริซึม

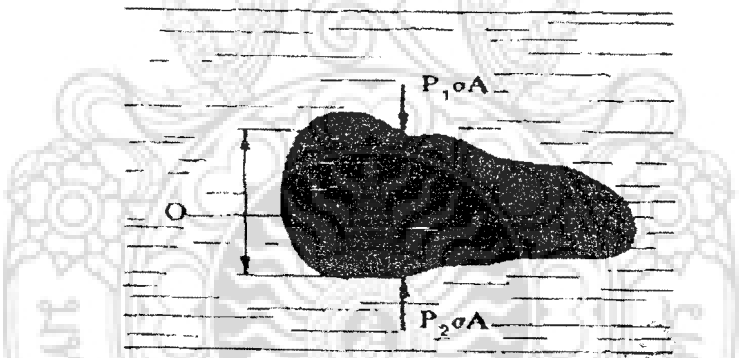
$$F_b = \gamma \int dv$$
$$= \gamma v$$

γ จะเป็นค่าคงที่ตลอดปริมาตร

การหาเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ทำได้โดยหาโมเมนต์รอบจุดอ้างอิงจุดใดจุดหนึ่งในที่น้ำจะใช้จุด O

$$\gamma \int v \times dV = \gamma v \cdot \bar{x}$$
$$\bar{x} = \frac{1}{v} \int v \times dV$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ระยะทางจากแกนถึงเส้นที่แรงลอยตัวกระทำผ่าน ซึ่งเป็นจุดเดียวกับจุดศูนย์กลางของปริมาตรที่ถูกแทนที่ ซึ่งเรียกว่า จุดศูนย์กลางของการลอยตัว



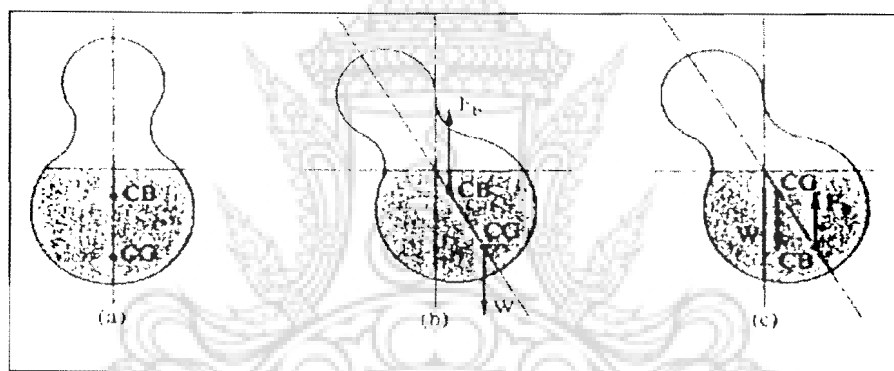
รูปที่ 2-35 แรงในแนวดิ่งที่กระทำบนส่วนเล็ก ๆ ของวัตถุ

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

วัตถุจม (Submerged Body) เช่น เรือดำน้ำ จะจมอยู่ในน้ำได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับความมีเสถียรภาพ (Stability) ซึ่งความมีเสถียรภาพหมายถึง วัตถุที่จมนั้นเมื่อหมุนหรือส่ายรอบแกนในแนวนอนแล้วจะคืนกลับมาสู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น เช่น เรือดำน้ำอาจจะถูกกระแสน้ำที่พัดผ่านทำให้เกิดการหมุนรอบแกนในแนวนอน 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 ในรูปนี้จะเห็นว่า

จุด CB อยู่ใกล้จุด CG ถ้ามีแรงเพียงเล็กน้อยกระทำต่อวัตถุชิ้นนี้จะทำให้วัตถุชิ้นนี้พลิกคว่ำได้ เพราะแรงลอยตัวและน้ำหนักของวัตถุจะช่วยให้เกิดแรงคู่ควบในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.8 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลลา

การออกแบบเพลลา

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

เพลลาเป็นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่างๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัดและโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ

เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

แกน (Axle) เป็นชิ้นส่วนลักษณะเดียวกันกับเพลลาแต่ไม่หมุน ส่วนมากเป็นตัวรองรับชิ้นส่วนที่หมุน เช่น ล้อ ล้อสายพาน เป็นต้น ทั้งเพลลาและแกนก็นิยมเรียกรวมกันว่า เพลลา ไม่ว่าชิ้นส่วนนั้นจะหมุนหรือไม่ก็ตาม

สปีนเดิล (Spindle) เป็นเพลลาขนาดสั้น เช่น เพลลาที่หัวแท่นกลึง (Head-Stock spindle) เป็นต้น

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

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

แจ็กชาฟ (Jack Shaft) เป็นเพลลาขนาดสั้นที่ต่อระหว่างเครื่องต้นกำลังกับเพลลาเมน หรือเครื่องจักรกล

เพลลาอ่อน (Flexible Shaft) เป็นเพลลาที่สามารถอ่อนตัวหรือโค้งได้เพลลาประเภทนี้ทำด้วยสายลวดใหญ่ (Cable) ลวดสปริงหรือลวดเหนียว (Wire Rope) ใช้ในการส่งกำลังในลักษณะที่แกนหมุนทำมุมกันได้แต่ส่งกำลังได้น้อย

วัสดุเพลลา

ในการเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลลาต้องรับเป็นหลักโดยทั่วไปแล้ว จะต้องพิจารณาเลือกวัสดุและวิธีการผลิตเพลลาตามขนาดระบุเพลลา

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาทัวไป คือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel)ถ้าต้องการให้มีความเหนียว และความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้ว มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพล่า เช่น AISI 1347 , 3140 ,4150 เป็นต้น เพล่าที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจาก เหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน เพื่อให้เพล่ามีราคาถูกที่สุดผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้ เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา ก่อนที่เลือกใช้เหล็กกล้าชนิดอื่น

ขนาดของเพล่า

เพื่อให้เพล่ามีมาตรฐานเหมือนกัน องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศจึงได้กำหนดมาตรฐาน ของเพล่า ซึ่งระบุขนาดใน ISO / R 775 – 1969 เอาไว้สำหรับผู้ออกแบบเลือกใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถ หาซื้อได้ทั่วไป นอกจากนี้ยังเป็นขนาดที่สอดคล้องกับขนาดของแบริ่งที่ใชัรองรับเพล่าด้วยขนาดระบุ ของเพล่าดูได้จากตารางที่ 2.1

หลักพิจารณาในการออกแบบเพล่า

การคำนวณหาขนาดเพล่าที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพล่าที่ เกิดขึ้นในขณะที่ใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้นั้นคือ เพล่าจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ภายใน พิกัดที่ต้องการ ถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้ว ยังอาจก่อให้เกิด การสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและแบริ่งที่รองรับเพล่าอยู่ เกิดความเสียหายได้ง่ายยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2. 1 แสดงขนาดระบุของเพล่าตามมาตรฐาน 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 : วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 230)

การออกแบบเพลตามโค้ดของ ASME

ก่อนปี พ.ศ. 2497 ได้มีการยอมรับวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด(Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลตามโค้ดของ ASME ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

วิธีการดังกล่าวนี้ ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพล่า ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static Design Method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพล่าให้พิจารณาเพล่าในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2 -37 แสดงเพล่าอยู่ภายใต้แรงต่าง ๆ

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

การออกแบบการคำนวณเพล่า ในการออกแบบหาขนาดของเพล่า จะต้องพิจารณาสิ่งเหล่านี้

- กำลังงาน (Power) และภาระ (Load) ที่ใช้เพล่าส่งกำลัง
- ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพล่า รวมทั้งรูปร่างขนาด วัสดุ และผิวสำเร็จ ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดความเค้นตกค้าง (Stress Concentration) ขึ้น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของเพล่า
- ความแกร่ง (Stiffness หรือ Rigidity) หมายถึง ความคงทนต่อการแอ่นตัวหรือการบิดไปของเพล่า เมื่อรับภาระ
- ความเร็ววิกฤติ (Critical Speed) หมายถึง การสั่นตัวของเพล่าอันเป็นผลเนื่อง มาจากการแอ่นตัวของเพล่า

การคำนวณหาความเค้นแรงเฉือน

ในการออกแบบขนาดของเพล่าสำหรับงานปกติทั่วไป จะพิจารณาเฉพาะกำลังงานภาระและคำนวณตรวจความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพล่า เพื่อให้ได้ค่าความปลอดภัยเพียงพอจึงพิจารณาถึงความแกร่งและความเร็ววิกฤติ เพล่าส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่วัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพล่าหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้น เพล่าจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า(Fatigue Factor) มา

เกี่ยวข้องด้วย ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่ มากระทำ ซึ่งหาได้ จากตารางที่ 2.3

โดยที่ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการตัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องการบิด

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลายูนิ่ง :		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.5 – 2.0
เพลาลมุน :		
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 อิงภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 234)

เพลาคือ ชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลังงาน เพลาคือชิ้นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของเครื่องจักรกลทุกชนิด เครื่องจักรกลเกือบจะทุกประเภทมีส่วนหนึ่งที่ใช้ถ่ายทอดการหมุน หรือทั้งการหมุนและส่งกำลัง โดยอาศัยชิ้นส่วนที่สำคัญคือเพลาคือ

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

$\tau_d = 0.3\sigma_y$ หรือ $\tau_d = 0.18\sigma_u$ (2.2)

τ_d คือ ความเค้นเฉือนใช้งาน (N/mm²)

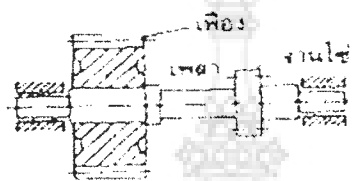
σ_u คือ ความเค้นประลัย (N/mm²)

คุณลักษณะงานใช้เพลาส่งกำลัง

การใช้งานเพลาลูกเบี้ยว หมายถึง งานประกอบไม่ถาวรประกอบใช้งานแล้ว ถอดแยกชิ้นได้ด้วยวิธีง่ายๆ โดยไม่ต้องทำลายชิ้นส่วนใดๆ เช่น งานถอดแยกชิ้นข้อมอเตอร์ไฟฟ้าและปั้มน้ำซึ่งมีทั้งเพลาลูกเบี้ยว

เพลาส่งกำลัง (Shaft)

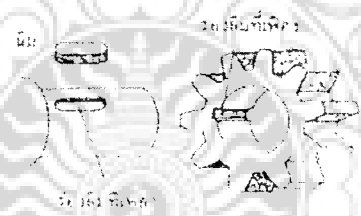
เพลาส่งกำลัง (Shaft) เป็นชิ้นส่วนเครื่องกลที่สำคัญในการส่งถ่ายกำลังหมุนที่ต้องการต้องต้านแรงบิด เช่น เพลาลูกเบี้ยวและเพลามอเตอร์ส่วนใหญ่มีพื้นที่ หน้าตัดเป็นวงกลมหมุนรอบตัวเอง ทำหน้าที่ส่งผ่านโมเมนต์บิดและโมเมนต์ดัด ทำด้วยเหล็ก St 44, St 50 และ St 60



ภาพที่ 2-38 เพลาส่งกำลัง

กำลังต้านทานเพลาลูกเบี้ยว

การส่งถ่ายกำลังของเพลาลูกเบี้ยวส่วนใหญ่ส่งถ่ายกำลังผ่านลูกเบี้ยว ลูกเบี้ยวเป็นตัวกลางระหว่างเพลากับเฟืองหรือล้อสายพาน เพลาลูกเบี้ยวต้องมีร่องให้พอดีกับขนาดลูกเบี้ยวที่ใช้ ร่องลูกเบี้ยวทำให้กำลังความต้านทานเพลาลูกเบี้ยวลดลง ทั้งในลักษณะความเค้นบิดและความเค้นดัดประมาณ 25 %



ภาพที่ 2-39 กำลังต้านทานเพลาลูกเบี้ยว

วัสดุเพลาลูกเบี้ยวและขนาดเพลาลูกเบี้ยว

การออกแบบเพลาลูกเบี้ยวต้องให้ขนาดไม่ใหญ่โต ไม่เกิดการแตกหักจากการล้าตัว มีรูปถอดประกอบง่าย และราคาไม่แพง ดังนั้นเพลาลูกเบี้ยวควรมีรูปร่างและคุณสมบัติดังนี้

1) วัสดุเพลาลงสำหรับการรับโหลดปกติ ควรใช้เหล็กสร้างทั่วไป เช่น St 37, St 44 , St 50 และ st 60 ส่วนเพลารับโหลดสูง เช่น เพลาสำหรับงานสร้างยานยนต์ เครื่องยนต์ เครื่องมือกลหนักใช้เหล็กสำหรับชุบแข็ง เช่น 25 CrMo4 40Mo4 เป็นต้น สำหรับการรับโหลดที่ต้องคงทนต่อการเสียดสีควรใช้เหล็กสำหรับชุบผิวแข็ง เช่น C15 , 18 CrNi 8 เป็นต้น

2) กำหนดขนาดของเพลา ขนาดของเพลากำหนดให้เป็นมาตรฐานสากลได้กำหนดขนาดระบุเพลาดังแต่ 10 มม. เพิ่มขึ้น ทีละ 1 มม เพิ่มขึ้นทีละ 2 มม จนถึง 20 มม เพิ่มขึ้นทีละ 1 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 ซึ่งติดอยู่กับเพลาลังและเพลารับ อัตราทดของการขับเคลื่อนขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง และเนื่องจากการขับเคลื่อนด้วยโซ่มีความไวใจได้และถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์จึงนิยมใช้มาก เช่น การขนส่งลำเลียงในเครื่องจักรกลการเกษตร เครื่องจักรกลงานไม้ และในการขนส่งวัสดุ เป็นต้น

ข้อดีของการขับเคลื่อนด้วยโซ่

- 1) ในการติดตั้งไม่ต้องการความเที่ยงตรงเท่ากับเฟือง
- 2) ไม่จำเป็นต้องมีแรงดึงขึ้นต้นในโซ่ด้านตึงเหมือนกับสายพานซึ่งทำให้อายุ ใช้งานของตลับลูกปืนที่รองเพลาลังเพิ่มมากขึ้น
- 3) ไม่มีการสลิปในขณะส่งกำลังเหมือนสายพาน ทำให้ได้อัตราทดที่แน่นอน
- 4) มีขนาดกะทัดรัดเหมือนสายพานเมื่อใช้งานด้านอัตราทดเท่ากับเฟืองโซ่จะมีขนาดเล็กกว่าล้อสายพานและถ้าต้องการส่งกำลังเท่านั้น ความกว้างของโซ่จะน้อยกว่าสายพาน
- 5) ติดตั้งง่ายกว่าสายพานเพราะเพียงแต่คล้องเข้ากับเฟืองโซ่แล้วถอดสลักเข้า
- 6) ใช้งานได้กับอุณหภูมิสูง บริเวณที่มีความชื้นและฝุ่นละออง

ข้อเสียของการขับเคลื่อนด้วยโซ่

- 1) มีเสียงดัง
- 2) เนื่องจากมีความเร็วรอบสูงจะมีอันตรายเมื่อโซ่ขาด
- 3) ไม่มีความอ่อนตัวในการส่งกำลัง เพลาลังต้องขนานกัน

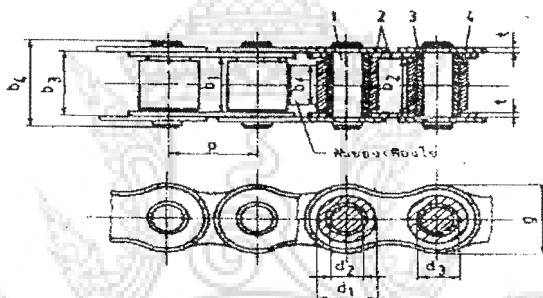
- 4) มีราคาแพงกว่าการขับเคลื่อนด้วยสายพาน
- 5) ต้องมีการหล่อลื่น

อุปกรณ์การส่งกำลังด้วยโซ่

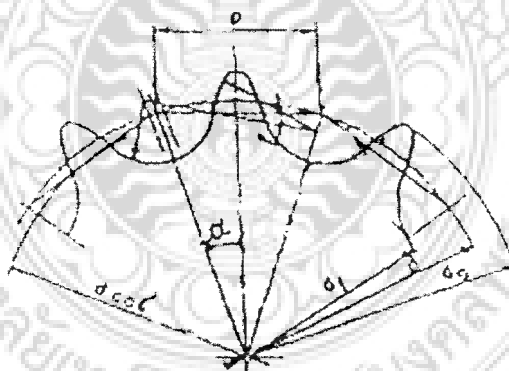
1) โซ่โรลเลอร์ (Rollerchain) โซ่ชนิดนี้ประกอบไปด้วยแผ่นต่อ (Link) ด้านในและด้านนอกยึดติดกันด้วยสลักบุช (Bushes) โรลเลอร์กลวงสวมอยู่กับบุช ดังแสดงในภาพที่ 2-40

2) เฟืองโซ่ เส้นผ่าศูนย์กลางพิตช์ของเฟืองโซ่ดังภาพที่ 2-41 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของข้อต่อโซ่ที่คล้องอยู่บนเฟืองโซ่ก็คือวงกลมที่ลากผ่านมุมของรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดขึ้นเนื่องจากโซ่คล้องบนเฟืองโซ่เซอร์คิวลาร์พิตช์ของโซ่สำหรับเฟืองโซ่เฟืองหนึ่งจะมีมุมพิตช์เป็นค่าคงที่เฟืองโซ่สำหรับโซ่โรลเลอร์และโซ่บุช จะมีมุมกดแตกต่างกันออกไปมาก ถ้ามุมกดโตมากจะทำให้โซ่ยืดออกใกล้เคียงกันทุกข้อแต่จะต้องทำให้โซ่ด้านหย่อนตึงขึ้น และทำให้เกิดเสียงดังในขณะหมุน

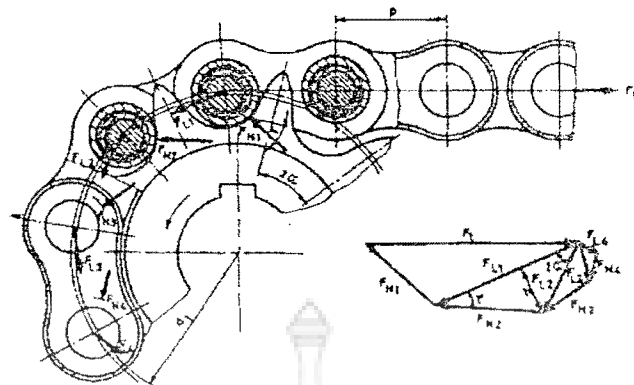
3) ลักษณะของฟันเฟืองโซ่จะต้องทำการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์เป็นไปอย่างสะดวกซึ่งจะเห็นการเคลื่อนที่ของโรลเลอร์ได้ดังภาพที่ 2-42



ภาพที่ 2-40 ลักษณะโซ่ส่งกำลังแบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-41 ลักษณะเฟืองโซ่แบบโรลเลอร์



ภาพที่ 2-42 การส่งกำลังจากเฟืองโซ่ไปยังโซ่โรลเลอร์

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 มุมที่ข้อต่อโซ่หมุนไปในขณะขับโดยเฟืองโซ่มีค่าเท่ากับ 180 องศาหารด้วยจำนวนฟันของเฟืองโซ่ ดังนั้น ถ้าโซ่มีจำนวนน้อย มุมหมุนของข้อต่อโซ่จะมีมาก ทำให้เกิดการสึกหรอที่บูชและสลักมากขึ้น และถ้าเฟืองโซ่มีระยะพิตช์เท่ากัน เฟืองโซ่ที่โตกว่าจะส่งกำลังได้น้อยกว่าเฟืองโซ่เล็ก

โซ่มาตรฐานองค์การมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO)

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

การคำนวณหาอัตราทดที่ต้องการ

$$m_{(1)} = \frac{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบสูง}}{\text{ความเร็วรอบของเพลารอบต่ำ}}$$

(2.3)

การคำนวณหาจำนวนฟันเฟืองโซ่ใหญ่ โดยการคูณจำนวนฟันบนพินิเียนด้วยอัตราทด ถ้าจำนวนฟันที่ได้ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกโซ่พินิเียนให้มีจำนวนฟันมากขึ้น และมีอัตราทดตามความต้องการ จำนวนฟันของเฟืองโซ่ที่ใช้กับโซ่ระยะพิตซ์ต่าง ๆ

การคำนวณหากำลังที่ใช้เลือกโซ่

$$P_s = W_s N_s$$

(2.4)

- เมื่อ P_s คือ กำลังที่ใช้เลือกโซ่ (kW)
- W_s คือ กำลังที่ต้องการในการขับ (kW)
- N_s คือ ตัวประกอบใช้งาน

การคำนวณหาความเร็วของโซ่

$$V = P z n$$

(2.5)

- เมื่อ V คือ ความเร็วของโซ่ (m/min)
- P คือ ระยะพิตซ์ของโซ่ (mm)
- z คือ จำนวนฟันบนพินิเียน (ฟัน)
- n คือ ความเร็วรอบของพินิเียน (rpm)

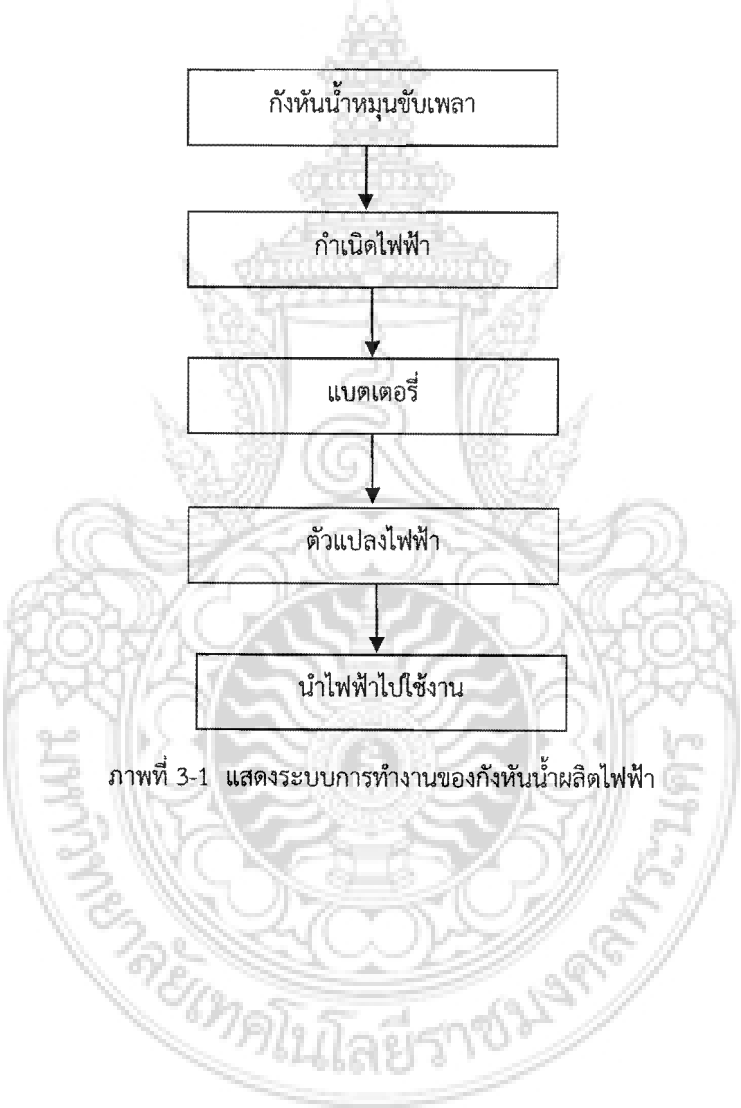
(ที่มา: วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน , 2537. หน้า 308)

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

บทนำ

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

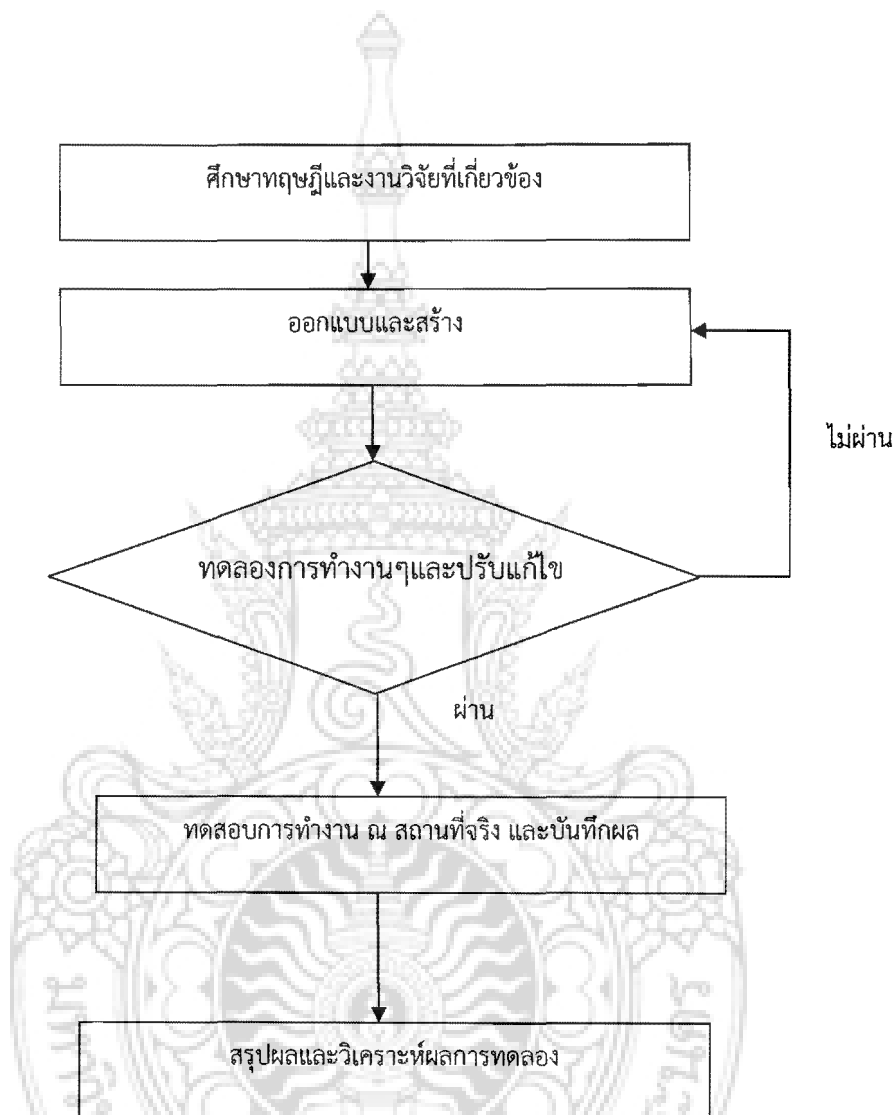


ภาพที่ 3-1 แสดงระบบการทำงานของกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

การวางแผนการดำเนินงาน

การสร้างกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า มีขั้นตอนการวางแผนและการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบและสร้างกังหันน้ำ
3. ทดลองการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆและปรับแก้ไขพร้อมทดสอบการทำงานจริง
4. ทดสอบการทำงาน ณ สถานที่จริง เพื่อหาประสิทธิภาพและบันทึกผล
5. สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง



ภาพที่ 3-2 การวางแผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คณะผู้ดำเนินงานได้ศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้กล่าวในบทที่ 2 แล้ว นอกจากนี้คณะผู้ดำเนินงานได้เดินทางไปศึกษาสถานที่เพื่อใช้ในการทดลองสอบงานจริง คือ บริเวณแม่น้ำแคว จังหวัดกาญจนบุรี โดยได้ไปศึกษาสถานที่โรงแรมบ้านสวนฝน เนื่องจากคณะวิศวกรรมศาสตร์จัดอบรมบุคลากรครูอาจารย์และเจ้าหน้าที่ ณ สถานที่ดังกล่าวหลายครั้ง ทำให้เกิดความสัมพันธ์ที่ดีมีเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานทดลอง ดังนี้

1) ง่ายต่อการติดต่อขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลอง เนื่องจากเจ้าของสถานที่รู้จักกับครูอาจารย์และผู้วิจัย

2) เป็นแหล่งเป้าหมายการดำเนินโครงการฯ คือ เป็นพื้นที่ที่ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ขณะที่พื้นที่ดังกล่าวมีการไหลของแม่น้ำแควใหญ่อย่างต่อเนื่องในทางทิศเดียวและมีความเร็วการไหลของน้ำสามารถที่จะนำมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้

3) อยู่ใกล้บริเวณจังหวัดกาญจนบุรีมากที่สุด ทำให้การเดินทางไปเพื่อศึกษาพื้นที่ การติดต่อสะดวกในขั้นตอนขอใช้พื้นที่ หรือการทดสอบการทำงานจริงสะดวก

การดำเนินการศึกษาพื้นที่บริเวณแม่น้ำแควใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี ณ บริเวณพื้นที่โรงแรมบ้านสวนฝน พบว่ามีอัตราการเร็วการไหลของน้ำ 9-12 เมตรต่อนาที ดังภาพ



ภาพที่ 3-3

รถของนักศึกษาผู้ร่วมงานและรถของหัวหน้าโครงการฯ

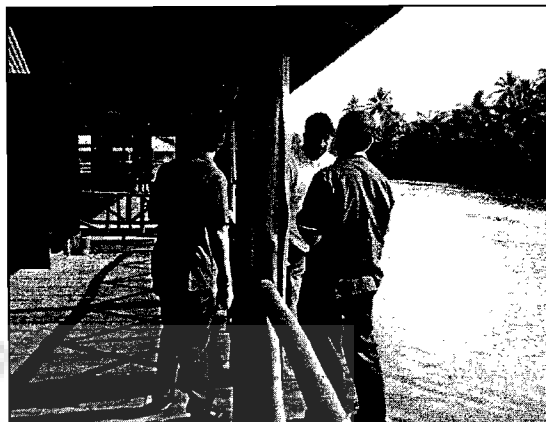


ภาพที่ 3-4

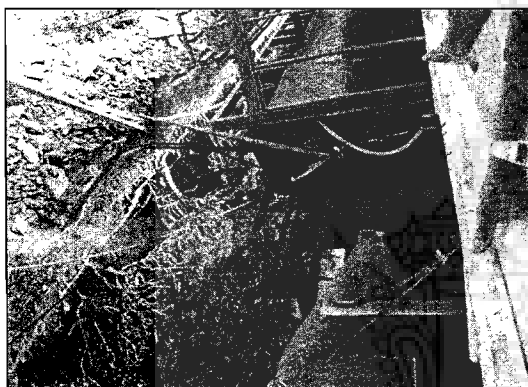
นักศึกษาที่ร่วมเดินทางไปสำรวจพื้นที่



ภาพที่ 3-5
ผู้วิจัยและนักศึกษาเดินทางไปสำรวจพื้นที่



ภาพที่ 3-6
ผู้วิจัยและนักศึกษากำลังสำรวจดูการไหลของน้ำ



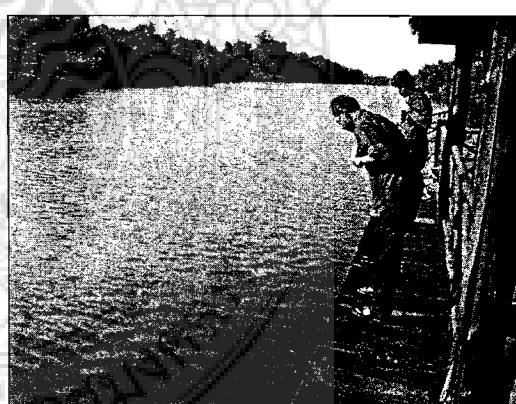
ภาพที่ 3-7
แสดงการเดินสายไฟฟ้าจากริมฝั่งเข้าเรือนแพพักอาศัย



ภาพที่ 3-8
ผู้วิจัยและนักศึกษากำลังตรวจสอบการไหลของน้ำ



ภาพที่ 3-9
นักศึกษากำลังตรวจสอบการไหลของน้ำ



ภาพที่ 3-10
นักศึกษากำลังตรวจสอบการไหลของน้ำ

2. การออกแบบและสร้างกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า

2.1 การออกแบบกังหันน้ำ

1) กำหนดเงื่อนไขเบื้องต้นในการออกแบบกังหันน้ำ

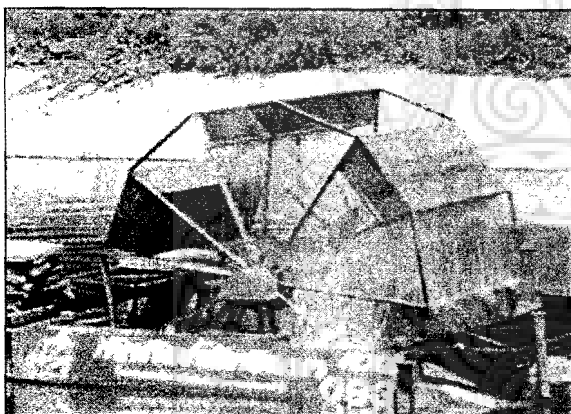
- กังหันน้ำสามารถเปลี่ยนกำลังการไหลของน้ำให้เป็นกำลังไฟฟ้าได้ด้วยความเร็วของกระแสน้ำ 12 เมตรต่อนาที

- ใช้ใบกังหันน้ำแบบกังหันน้ำชัยพัฒนา ซึ่งมีจำนวนใบกังหัน 6 ใบ และแบบใบกังหันใช้แบบใบกังหันน้ำของสาครไฮโดร ซึ่งลักษณะของใบสามารถพับเปิด ปิดได้

- ลักษณะของฟูลอยน้ำจะใช้แบบเดียวกับฟูลอยที่บ้านพักแพลอยน้ำ จังหวัดกาญจนบุรี

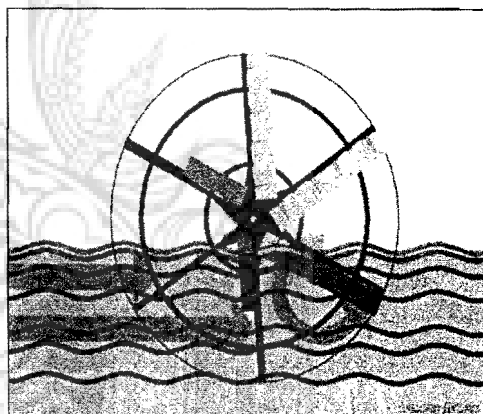
2) ออกแบบลักษณะของใบกังหัน

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



ภาพที่ 3-11

แสดงลักษณะใบกังหันชัยพัฒนา



ภาพที่ 3-12

แสดงลักษณะใบกังหันน้ำแบบสาครบุรี

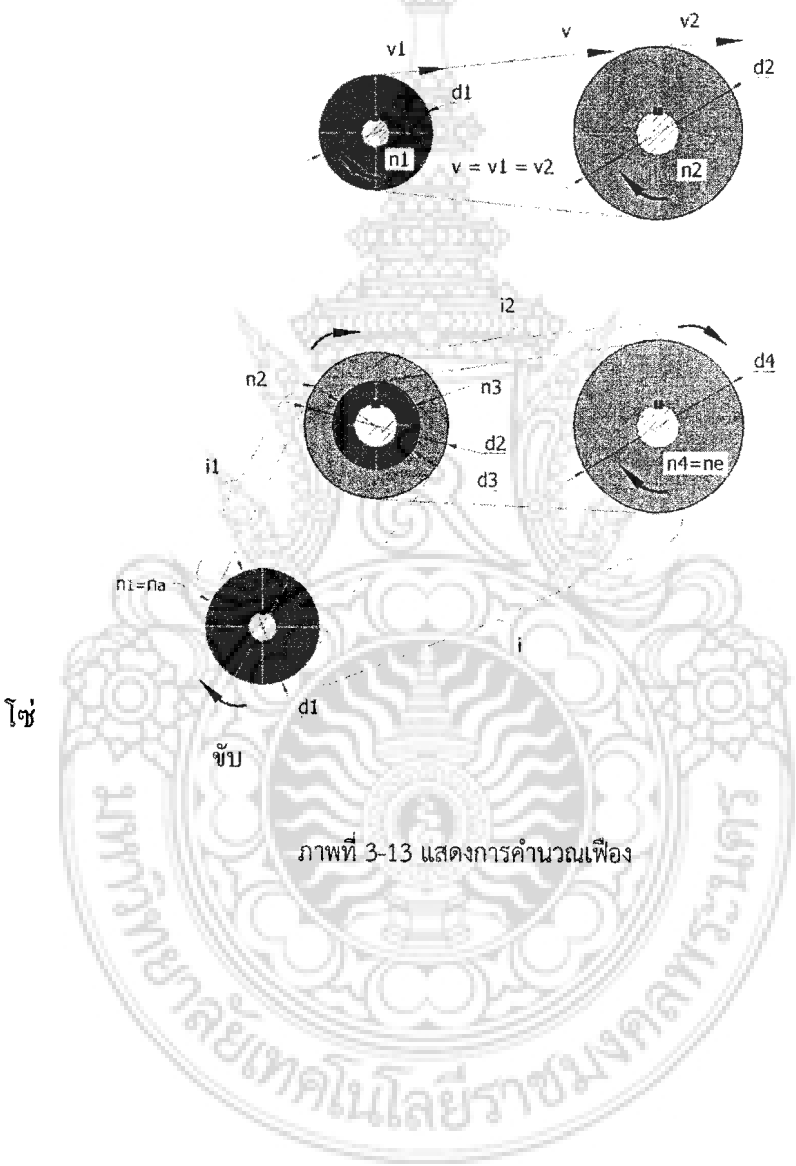
(ภาพ : www.youtube.com)

2.2 การออกแบบความเร็วรอบผลิตกระแสไฟฟ้า

1) เงื่อนไขในการออกแบบ

- ความเร็วรอบของไดซาร์ตรยนต์ที่จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้จะต้องไม่ต่ำกว่า 600 รอบต่อนาที
- ความเร็วกระแสน้ำที่เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำจะผลิตกระแสไฟฟ้าได้จะต้องมีค่าน้อย 0.2 เมตรต่อวินาที

การออกแบบคำนวณหาความเร็วรอบชุดเฟือง



d1, d3, d5...	เส้นผ่านศูนย์กลาง	}	ล้อขับ
n1, n2, n3...	ความเร็วรอบ		
d1, d3, d5...	เส้นผ่านศูนย์กลาง	}	ล้อตาม
n1, n2, n3...	ความเร็วรอบ		
na	ความเร็วรอบเริ่มต้น		
ne	ความเร็วรอบสุดท้าย		
i	อัตราทดรวม		
i1, i2, i3...	อัตราทดแต่ละชั้น		
v1, v2, v3...	ความเร็วรอบ		

ความเร็ว

$$v = v_1 = v_2$$

สูตรการส่งกำลังขับ

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

อัตราทด

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

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 : บรรเลง ศรีนิล, ประเสริฐ กิวยสมบุญ. 2524. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิต ตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 3 ชุด

1) ชุดตาม 20 ฟัน



อัตราทดรอบ

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{166}{20} = 8 \frac{1}{5}$$

2)



อัตราทดรอบ

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

ชุดตาม 22 ฟัน

3)



อัตราทดรอบ

$$i = \frac{z_6}{z_5} = \frac{166}{22} = 7 \frac{5}{11}$$

1) จากสมการ $Z1N1 = Z2N2$

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

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

2) จากสมการ $Z3N3 = Z4N4$

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

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

3) จากสมการ $Z5N5 = Z6N6$

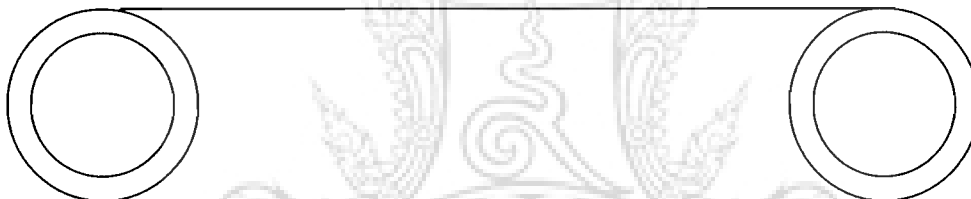
$$166 \times 99.6 = 22 \times N6$$

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

ชุดที่ 4 ชุดความเร็วรอบของไดชาร์ต สรุปได้ดังนี้

อัตราทดรอบ

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



ชุดขับ D7 N7

ไดชาร์ต D8 N8

4) จากสมการ $N7D7 = N8D8$

$$D7 = D8 = X$$

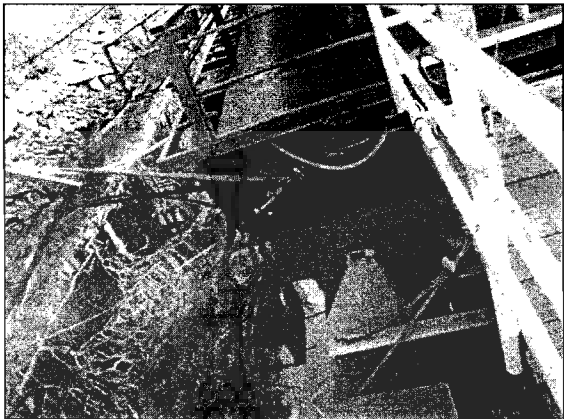
$$752 \times X = N8 \times X$$

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

ดังนั้น เมื่อผ่านการทดรอบแล้วจะได้ $N = 752$ รอบต่อนาที

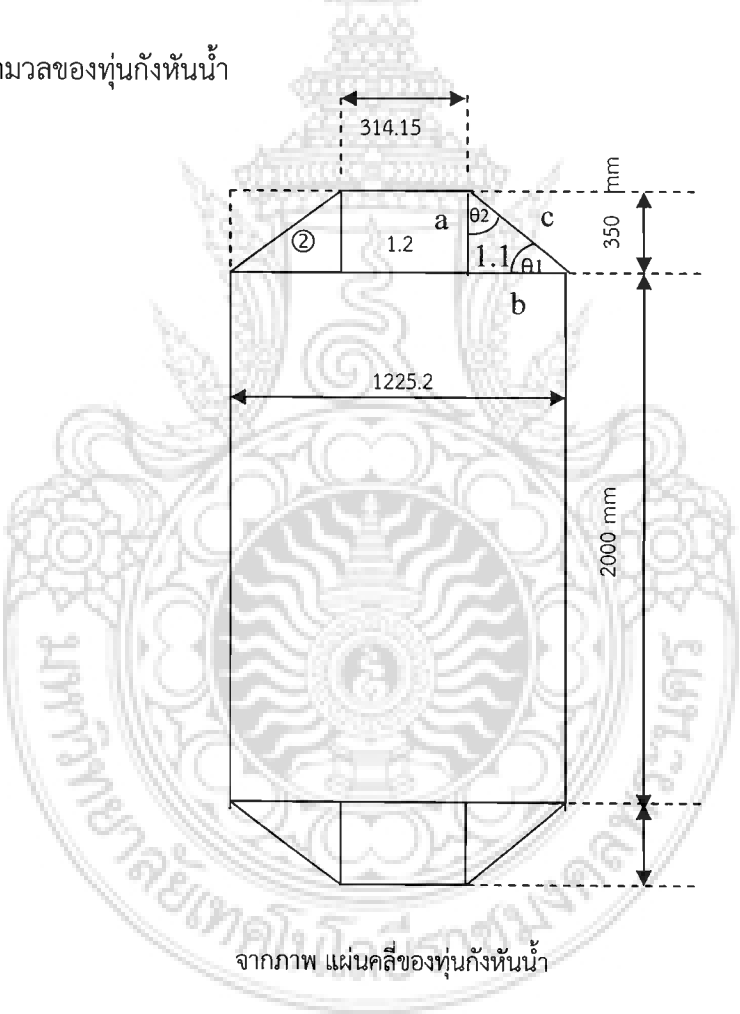
2.3 การออกแบบหุ่นลอย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องลักษณะรูปแบบกังหัน คณะผู้ดำเนินงานเลือกรูปแบบหุ่นลอยน้ำลักษณะเช่นเดียวกับหุ่นลอยน้ำของแพบ้านพักริมแม่น้ำแคว ดังภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-14 แสดงลักษณะหุ่นลอยน้ำที่เลือกใช้ออกแบบ ณ แพลอยน้ำจังหวัดกาญจนบุรี

การคำนวณหามวลของหุ่นกังหันน้ำ



จากภาพ แผ่นคลีของหุ่นกังหันน้ำ

1) คำนวณหาเส้นรอบรูป

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } \pi \cdot d &= 3.1416 \times 100 \text{ mm.} \\ &= 314.16 \text{ mm.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } \pi \cdot d &= 3.1416 \times 390 \text{ mm.} \\ &= 1,225.2 \text{ mm.}\end{aligned}$$

2) คำนวณหาพื้นที่ 1.1 โดยแทนค่า $a = 350 \text{ mm.}$

$$b = 455.52 \text{ mm.}$$

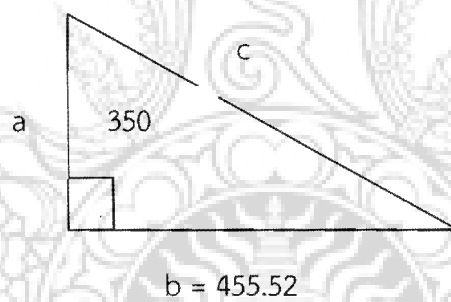
$$b = \frac{1225.2 - 314.16 \text{ mm.}}{2}$$

$$b = 455.52 \text{ mm.}$$

3) คำนวณหาพื้นที่ 1.2 $= 314.15 \times 350$

$$A = 109,952$$

4) คำนวณหาระยะเส้น c



จากรูปได้ทฤษฎีของพีทาโกรัส

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = 350^2 + 455.52^2$$

$$c^2 = 122,500 + 207,498.47$$

$$c^2 = 329,998.47$$

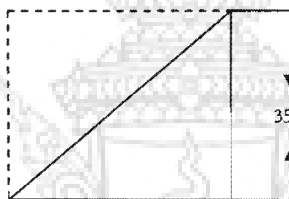
$$c = \sqrt{329998.47}$$

$$= 574.45 \text{ mm}$$

5) หามุม θ_1

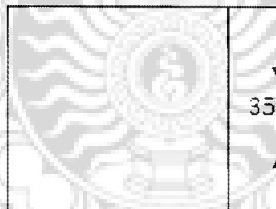
$$\begin{aligned} \text{จากสูตร Sin} &= \frac{\text{ด้านตรงข้ามมุม}}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก}} = \frac{\theta}{C} \\ \text{Cos} &= \frac{\text{ด้านประชิดมุม}}{\text{ด้านตรงข้ามมุมฉาก}} = \frac{\theta}{C} \\ \text{Tan} &= \frac{\text{ด้านตรงมุม}}{\text{ด้านประชิดมุม}} = \frac{\theta}{C} \\ \text{ดังนั้น Sin} &= \frac{\theta}{C} \\ \text{แทนค่า Sin} &= \frac{350}{574.45} \\ \text{Sin}^{-1} &= 37.51 \text{ องศา} \\ \therefore \theta_1 &= 37.51 \text{ องศา} \end{aligned}$$

6) คำนวณหาพื้นที่สามเหลี่ยม



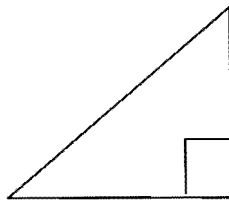
$$\begin{aligned} &= 350 \times 455.52 = 159432 \\ &= \frac{159432}{2} = 79716 \end{aligned}$$

7) คำนวณหาพื้นที่สี่เหลี่ยม



$$\begin{aligned} &= 350 \times 314.15 = 109952.5 = A \\ A &= 109952 \end{aligned}$$

8) คำนวณหาปริมาตรและน้ำหนัก 1.1

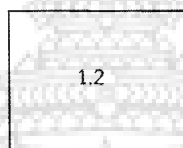


$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= 79716 \times 2.5 \text{ t} \\ &= 199290 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนัก} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= V \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= 199290 \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= 1.564 \text{ kg.} \end{aligned}$$

∴ คัดน้ำหนักรวม 2 ด้าน จะได้ $1.564 \times 2 = 3.128 \text{ kg.}$

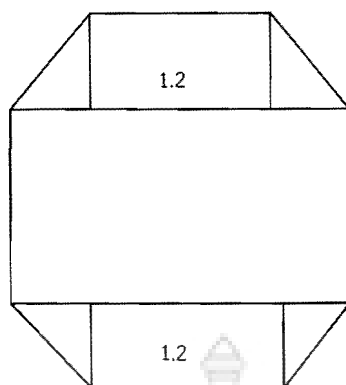
9) หาปริมาตรชุดกรวยของหุ่น



$$\begin{aligned} V &= A \times t \\ &= 109952 \times 2.5 \\ &= 274881.25 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

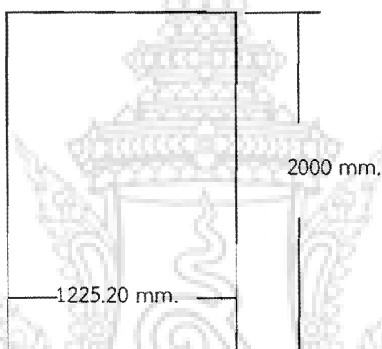
$$\begin{aligned} \text{หาน้ำหนัก} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= V \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= 274881.25 \times 7.85 \times 10^{-6} \\ &= 2.157 \text{ kg.} \end{aligned}$$

หาน้ำหนักรวม 2 ด้าน



$$\begin{aligned}
 &= (1.564 \times 2) + 2.157 \\
 &= 5.28 \text{ kg.} \\
 &= 5.28 \times 2 \\
 &= 10.57 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

10) คำนวณหาพื้นที่ตัวหุ่น



$$\begin{aligned}
 A &= 2000 \times 1225.20 \\
 &= 2450400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= A \times t \\
 &= 2451000 \times 2.5 \text{ t} \\
 &= 6127500
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนัก} &= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง} \times 7.85 \times 10^{-6} \\
 &= 2000 \times 1225.5 \times 2.5 \times 7.85 \times 10^{-6} \\
 &= 48.10 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

หาน้ำหนักรวมทั้งหมด

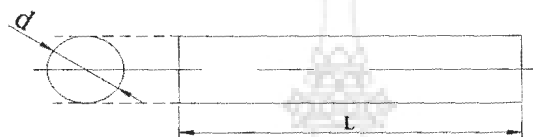
$$\begin{aligned}
 &= 5.28 + 5.28 + 48.10 \\
 &= 58.66 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักรวม 1 ท่อน} &= 58.66 \text{ kg.} \\
 \text{ในกรณีใช้ 2 ท่อน} &= 58.66 \times 2 \\
 &= 117.32 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

การคำนวณหาปริมาตร

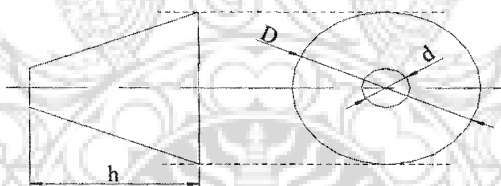
$$\text{น้ำหนักทั้งหมด} \frac{1530 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2}{9.81 \text{ kN/m}^3} \times \frac{k}{10^3} = 1.53 \text{ m}^3$$

$$\text{ปริมาตร V รวมทั้งหมด} = 1.53 \text{ m}^3$$



$$\text{สูตรหาปริมาตร v1 ท่อนทรงกระบอก} = \frac{\pi d^2 \times L}{4} = \frac{\pi 0.39^2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}}{4} = 0.24 \text{ m}^3$$

$$2 \text{ ด้าน} = 0.24 \text{ m}^3 \times 2 = 0.48 \text{ m}^3$$



$$\text{สูตรหาปริมาตร v2 ท่อนในกรวยตัด} = \frac{\pi \times h}{12} [(D^2 - d^2) - (b \times d)]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\pi \times 350 \text{ มม}}{12} \times 1(390^2 \text{ มม}^2 - 100^2 \text{ มม}^2) - (390 \text{ มม} \times 100 \text{ มม}) \\
 &= 18,426,793 \text{ มม}^3
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนหน่วยเป็นปริมาตร $m^3 = 18,426,793 \text{ mm}^3 \times \frac{1 \text{ m}^3}{1,000,000 \text{ mm}^3} = 0.09 \text{ m}^3$

$$4 \text{ ด้าน} = 0.015 \text{ m}^3 \times 4 = 0.06 \text{ m}^3$$

สูตรหาปริมาตร v_3 ถึงเสริมบันล้น $= \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง}$

$$= 0.45 \text{ m} \times 2.2 \text{ m} \times 0.73 \text{ m}$$

$$= 0.73 \text{ m}^3$$

$$v_1 + v_2 + v_3 = 0.48 \text{ m}^3 + 0.36 \text{ m}^3 + 0.73 \text{ m}^3$$

$$= 1.57 \text{ m}^3$$

* เมื่อนำค่าน้ำหนักรวม 1.53 m^3 มาเปรียบเทียบกับปริมาตรชุดอุปกรณ์ของฟุนลอยน้ำทั้งหมด 1.57 m^3 แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของชุดอุปกรณ์ฟุนลอยน้ำมากกว่าน้ำหนักรวมทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าฟุนสามารถรับน้ำหนักและลอยตัวอยู่บนน้ำได้

สรุป V ปริมาตรทั้งหมด $1.53 \text{ m}^3 < V$ ปริมาตรชุดอุปกรณ์ฟุนลอยน้ำ 1.57 m^3

2.4 การออกแบบใช้อุปกรณ์แปลงกระแสตรงเป็นกระแสสลับ (Inverter) และแบตเตอรี่

ทางคณะผู้จัดทำโครงการออกแบบกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าได้มีแนวคิดดังนี้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในแพบ้านพัก 1 หลังมีดังนี้

- 1) พัดลมตั้งพื้น 45-75 วัตต์
- 2) โทรทัศน์สี 43-99 วัตต์
- 3) หลอดไฟ 40 วัตต์ ประมาณ 4 หลอด

ดังนั้นจะใช้ไฟประมาณ 374 วัตต์/ชั่วโมง หรือประมาณ 0.374 หน่วย หรือ

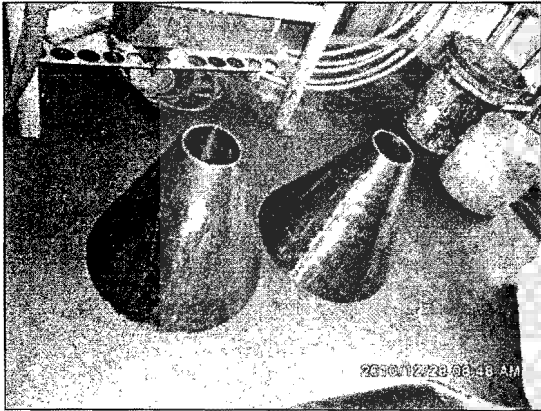
ยูนิต/ชั่วโมงโดยเปิดใช้ไฟวันละ 10 ชั่วโมง เท่ากับ 3.74 หน่วย จำนวนหนึ่งเดือน เท่ากับ 112.2 หน่วย

ผู้ใช้ไฟฟ้ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า 112.2 หน่วยต่อเดือน

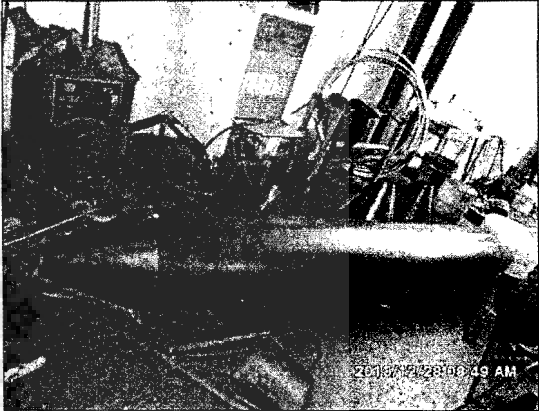
- 4) ใช้อินเวอร์เตอร์แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ เป็นกระแสสลับ 220 โวลต์
- 5) ใช้เจนเนอเรเตอร์ไดชาร์ตรถยนต์เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายเมื่อเสียหรือชำรุด

2.5 การสร้างเครื่องฯ

ดำเนินการสร้างที่โรงงานฝึกพื้นฐานทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และที่โรงงานเคเอสแอล พูลแลนด์ตายจำกัด บางบอน กรุงเทพฯ ดังภาพ



ภาพที่ 3-15
แสดงลักษณะหัวของฟุนล่อน้ำที่สร้าง



ภาพที่ 3-16
แสดงลักษณะการเชื่อมต่อหัวฟุนกับฟุนส่วนกลาง
และท้ายฟุนล่อน้ำที่สร้าง



ภาพที่ 3-17
แสดงลักษณะฟุนล่อน้ำที่สร้าง

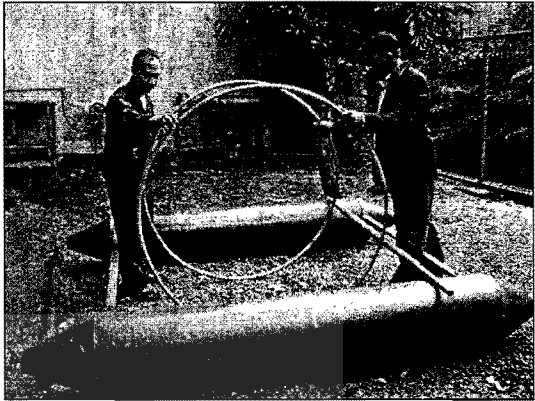


ภาพที่ 3-18
แสดงลักษณะทดสอบการลอยตัวของฟุนบริเวณคลอง
หลังโรงงาน บริษัทท.เอส เค แอล ฯ



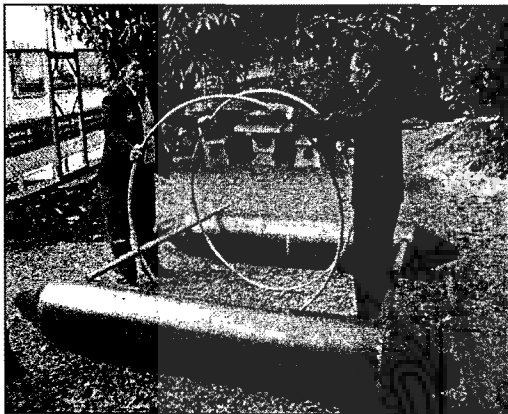
ภาพที่ 3-19

แสดงลักษณะทดสอบการนั่งบนท่อนบริเวณคลองหลัง
โรงงาน บ.เอสเคแอล ฯ



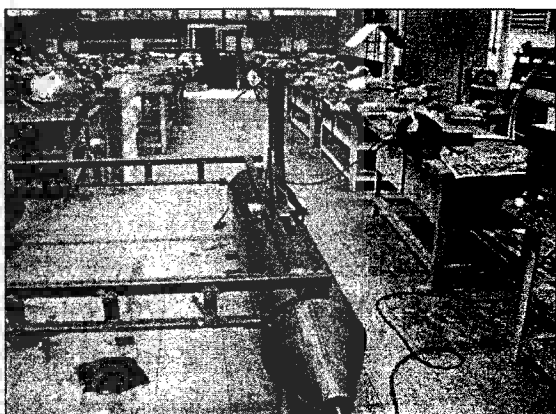
ภาพที่ 3-20

ที่ปรึกษาโครงการฯ ติดตามผลการดำเนินงาน ณ
บ.เอสเคแอล ฯ



ภาพที่ 3-21

ที่ปรึกษาโครงการฯ ให้แนวทางการทำงาน



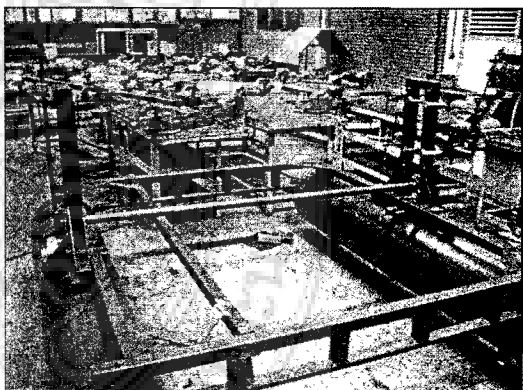
ภาพที่ 3-22

แสดงลักษณะการสร้างชิ้นส่วนฐานยึดเฟลาบนท่อน และ
อ่างน้ำทดสอบการลอยตัว



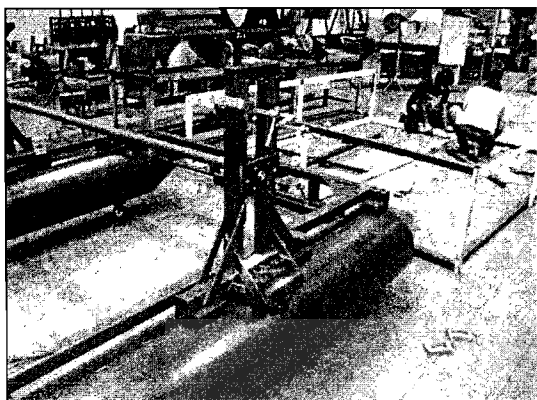
ภาพที่ 3-23

แสดงลักษณะการทำสื่อน้ำที่สร้าง



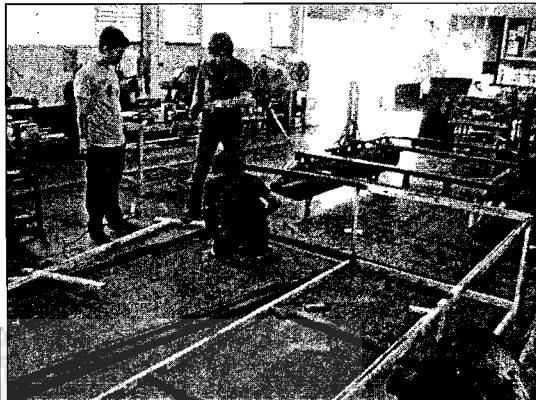
ภาพที่ 3-24

แสดงลักษณะท่อนลอยน้ำที่สร้าง



ภาพที่ 3-25

แสดงลักษณะการเตรียมสร้างอ่างน้ำจำลอง



ภาพที่ 3-26

แสดงลักษณะการรอบโครงสร้างอ่างน้ำจำลอง
เบื้องต้นการลอยตัวเบื้องต้น



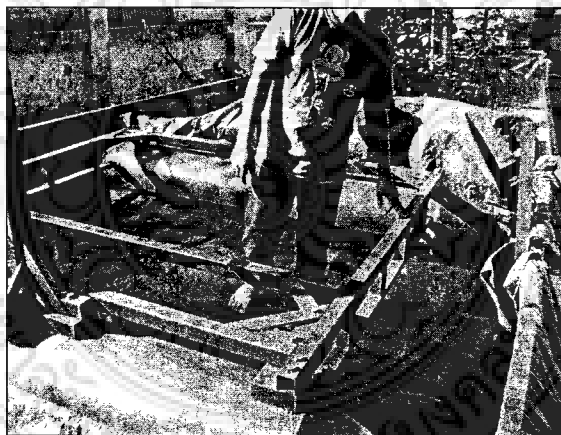
ภาพที่ 3-27

แสดงลักษณะบ่อน้ำจำลองเพื่อทดสอบ
การลอยตัวเบื้องต้น ก่อนดำเนินงานขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3-28

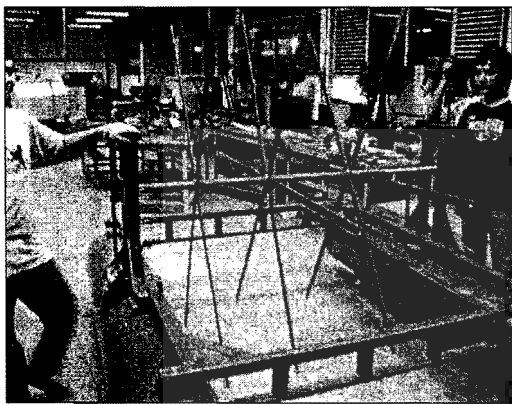
แสดงลักษณะการเติมน้ำลงในบ่อจำลองโดยใช้ผ้าพลาสติก
กันน้ำทำผนังบ่อ



ภาพที่ 3-29 แสดงลักษณะการลอยตัวของทุ่นกั้นน้ำเบื้องต้น

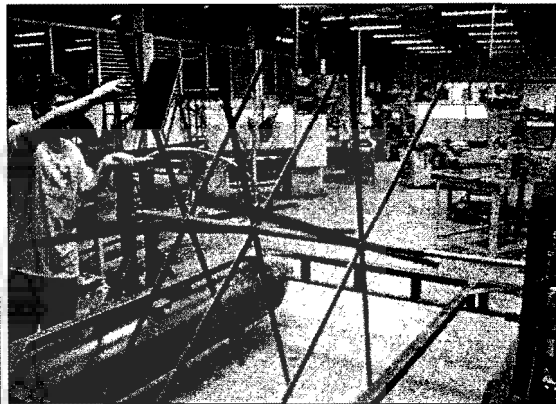
การสร้างใบกังหัน

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



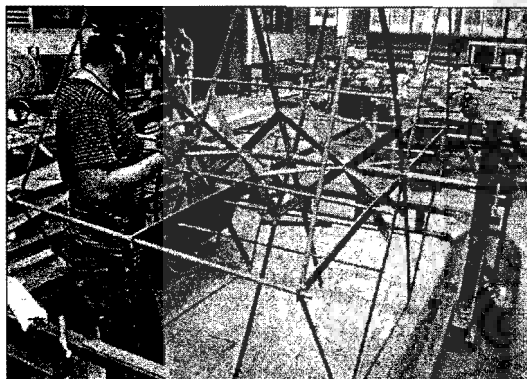
ภาพที่ 3-30

แสดงลักษณะการสร้างโครงใบกังหันน้ำ



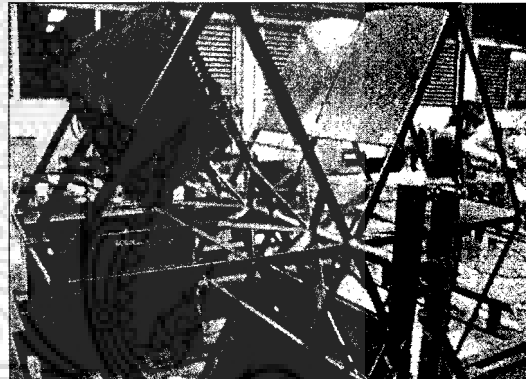
ภาพที่ 3-31

แสดงลักษณะการหมุนโครงกังหัน



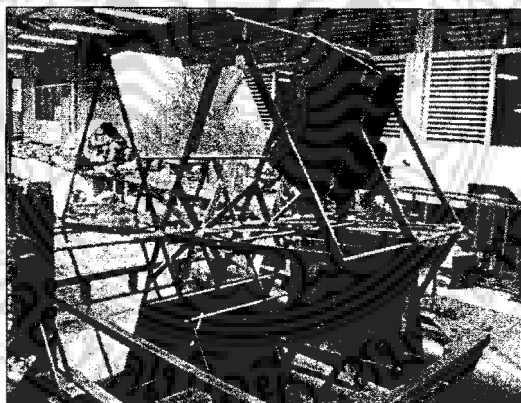
ภาพที่ 3-32

แสดงลักษณะการเชื่อมยึดโครงใบกังหัน



ภาพที่ 3-33

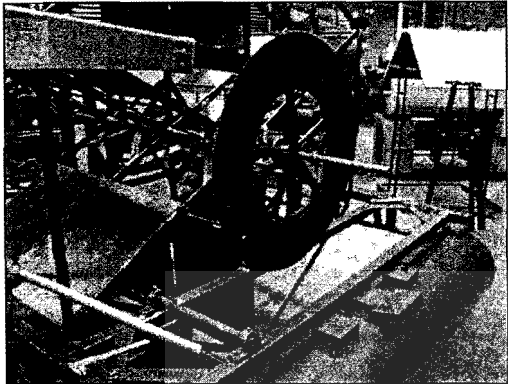
แสดงลักษณะการยึดติดใบกับหั่นคู่ 6 คู่พับเปิดปิดได้



ภาพที่ 3-34 แสดงลักษณะใบกับหั่นคู่ 6 คู่พับเปิดปิดได้

การออกแบบการส่งถ่ายกำลัง

คณะผู้ดำเนินงานเลือกการออกแบบด้วยเฟืองโซ่ในการส่งถ่ายกำลัง ดังภาพ

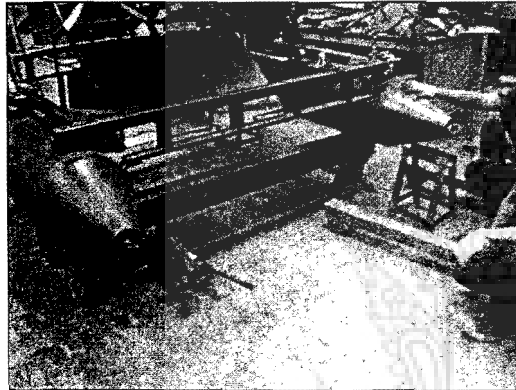


ภาพที่ 3-35

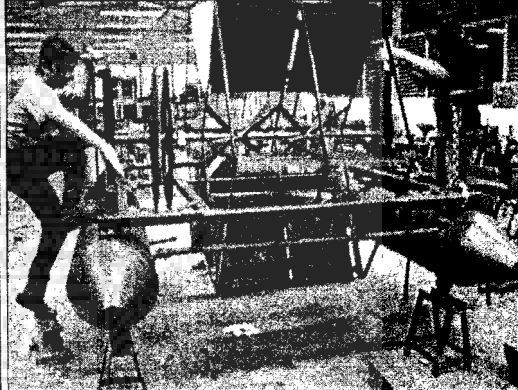


ภาพที่ 3-36

แสดงลักษณะการติดตั้งเฟืองโซ่ขนาด 166 ฟัน บนเพลากลาง แสดงลักษณะการยึดเพลากลางกับชุดรองรับ ด้านข้างใบกังหันโดยใช้อุปกรณ์ยกช่วยประคอง



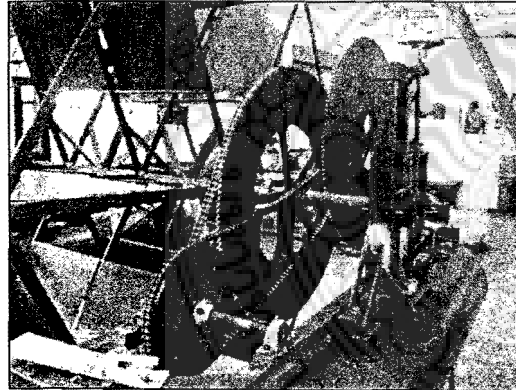
ภาพที่ 3-37



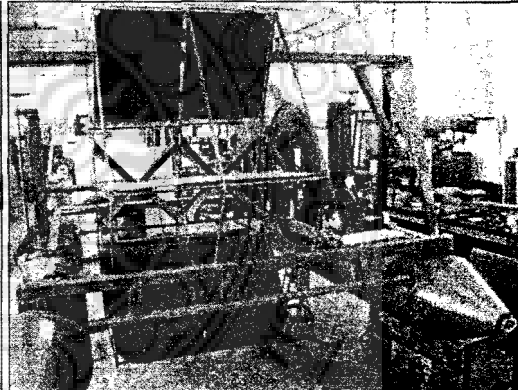
ภาพที่ 3-38

แสดงลักษณะการยกलयกังหันเพื่อทดสอบ การหมุนของใบกังหัน

แสดงลักษณะการยกलयพักบนขาตั้งเพื่อทดสอบการ หมุนของใบ

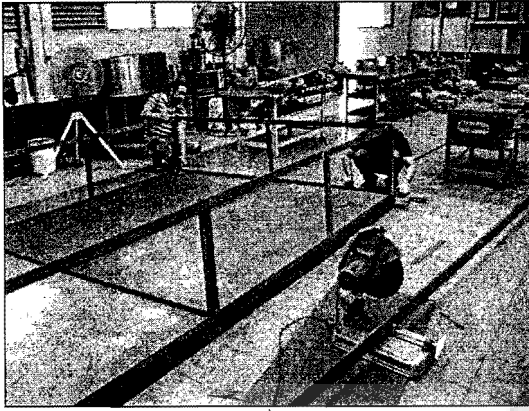


ภาพที่ 3-39



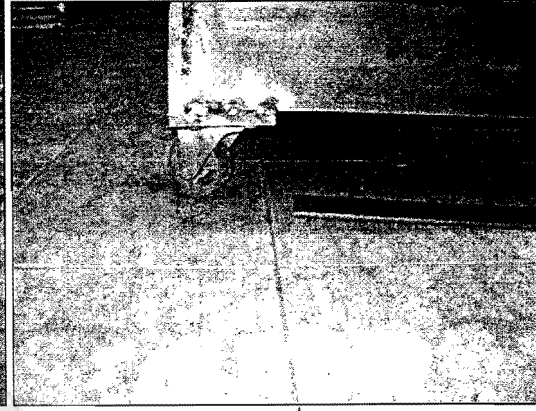
ภาพที่ 3-40

แสดงลักษณะการติดตั้งชุดส่งถ่ายกำลังด้วยเฟืองโซ่ แสดงลักษณะการทำคานเตรียมยกกังหันลอยจากพื้น เพื่อหย่อนลงในอ่างน้ำจำลองครั้งที่ 2



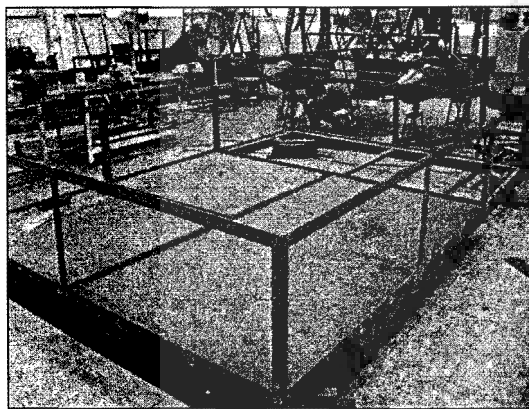
ภาพที่ 3-41

แสดงลักษณะการทำโครงอ่างน้ำจำลองวัสดุเหล็ก
ขนาด $2.5 \times 3.7 \times 0.6$ เมตร



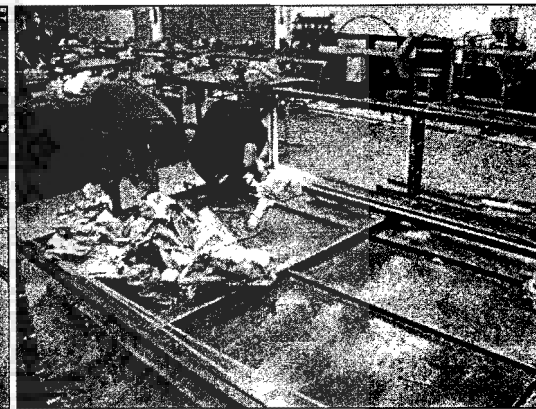
ภาพที่ 3-42

แสดงลักษณะติดตั้งเหล็กที่มุมขอบอ่าง 4 จุด เพื่อสะดวกใน
การเคลื่อนที่ (ไม่มีน้ำ)



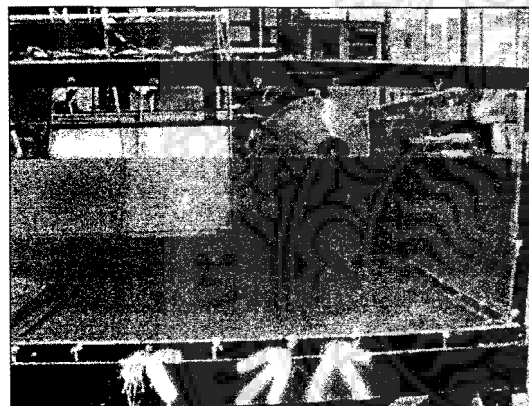
ภาพที่ 3-43

แสดงลักษณะอ่างน้ำจำลองพื้นทำด้วยโลหะ
ผาด้านข้างเป็นอะคริลิกใส หนา 3 มิลลิเมตร



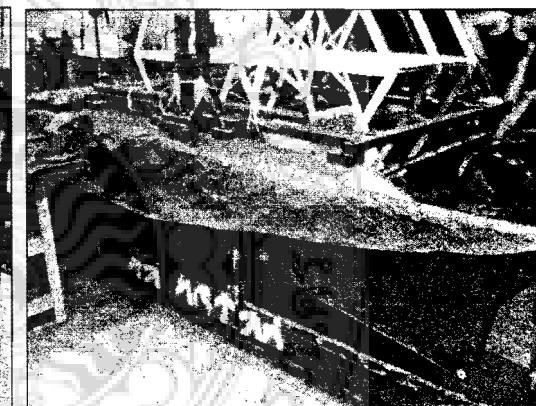
ภาพที่ 3-44

แสดงลักษณะการยึดแผ่นอะคริลิกใสด้วยสกรู และฉีดยึด
ซิลิโคนกันรั่วรอบอ่างด้านใน



ภาพที่ 3-45

แสดงลักษณะการทดสอบการลอยตัวถังหนักครั้งที่ 2
ในโรงงานฝึกพื้นฐานทางวิศวกรรม



ภาพที่ 3-46

ภาพขณะทำการทดสอบการลอยตัว ปรากฏว่าแผ่น
อะคริลิกแตก น้ำรั่วต้องใช้ผ้าพลาสติกปิดรอยรั่ว

3. ทดลองการทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ และปรับแก้ไขพร้อมทดสอบการทำงานจริง

3.1 การทดสอบการลอยตัว

การทดสอบการลอยตัวครั้งที่ 2 คณะผู้ดำเนินงานใช้แผ่นอะคลิลิกหนา 3 มิลลิเมตร ขนาด 4 ฟุต x 8 ฟุต จำนวน 3 แผ่น เป็นผาด้านข้าง ราคาแผ่นละ 1,800 บาท รวมราคา 5,400 บาท และใช้ซิลิโคนฉีกกันรั่วอีกมูลค่า 1,500 บาท

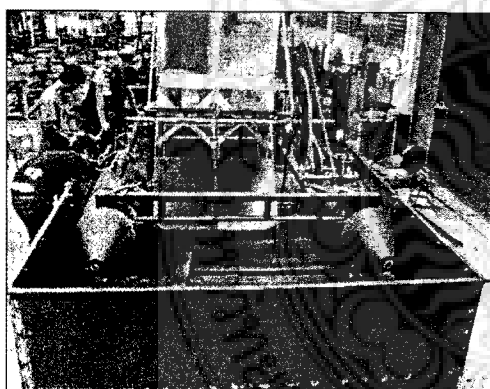
การทดลองการลอยตัวครั้งที่ 2 ปรากฏว่าแผ่นอะคลิลิกแตก 1 ด้าน ดังภาพที่ 3-46 คณะผู้ดำเนินงานทดสอบได้พยายามปิดรอยรั่วแต่ไม่สามารถปิดได้ไม่หมด หัวหน้าโครงการผู้ควบคุมการทดสอบจึงสั่งระงับการทดลอง และตรวจสอบสาเหตุ

3.2 ผลการตรวจสอบสาเหตุของการแตกของแผ่นอะคลิลิก

ผลการตรวจสอบการแตกพบว่า แผ่นอะคลิลิกที่แตกเกิดจากการประกอบแผ่นอะคลิลิกแนบกับช่องฝาไม่ถูกต้อง คือ ช่องโครงสร้างทำด้วยเหล็กมีขนาดเล็กกว่าแผ่นอะคลิลิก เมื่อผู้ปฏิบัติงานประกอบและฝืนบังคับโดยการกดแผ่นอะคลิลิกให้แนบกับช่องที่ประกอบให้ได้แล้วใช้สกรูยึด ดังนั้นแผ่นอะคลิลิกแผ่นนั้นจะเกิดความเครียด (Stress) ภายใน เมื่อเปิดน้ำเข้าบ่อระดับน้ำมีปริมาณมาก จะเกิดแรงดันมากทำให้แผ่นอะคลิลิกดังกล่าวเกิดการแตกร้าวออกจากอ่าง

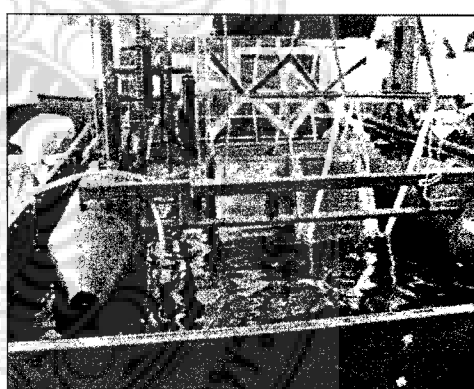
3.3 การตัดสินใจทำงานทดลองการลอยตัวของกังหันน้ำขั้นต่อไป

หัวหน้าโครงการสั่งรื้อแผ่นอะคลิลิกออกทั้งหมด และใช้แผ่นโลหะหนา 1 มิลลิเมตร แทนผาด้านข้างเนื่องจากมีความแข็งแรงมากกว่าและโอกาสเสี่ยงการแตกร้าวไม่มี ดังภาพ



ภาพที่ 3-47

ภาพแสดงการทำขอบอ่างวัสดุโลหะเพื่อทดสอบ
การลอยตัวครั้งที่ 3

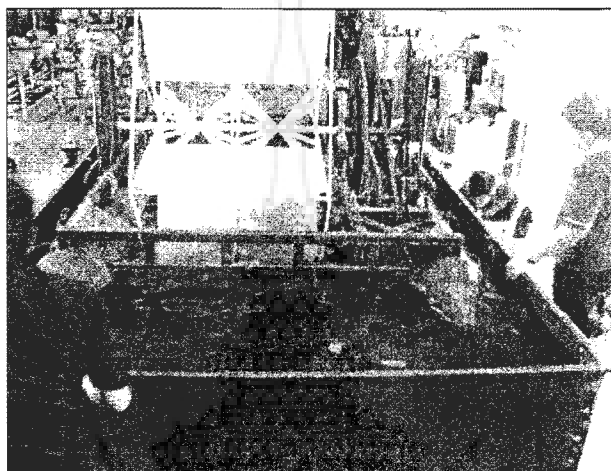


ภาพที่ 3-48

ภาพแสดงการเปิดน้ำเข้าอ่างเพื่อทดสอบการลอยตัว
กังหันฯ ครั้งที่ 3

3.4 ผลการทดสอบการลอยตัวครั้งที่ 3

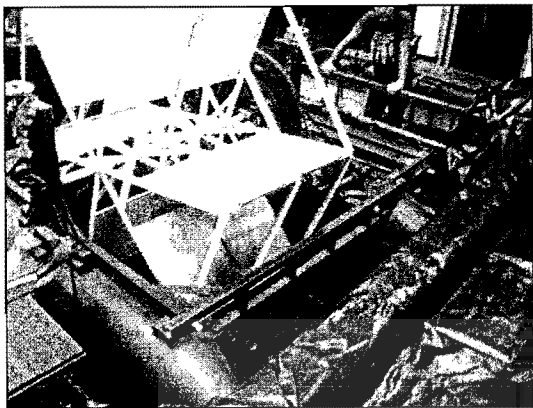
ผลการทดสอบการลอยตัวครั้งที่ 3 อ่างน้ำไม่แตก ผลการทดสอบการลอยของกังหันไม่สมดุล คือ พุน้ำกังหันด้านที่กับชุดเฟืองส่งถ่ายกำลังมีน้ำหนักมาก ทำให้พุน้ำที่อยู่ด้านส่งถ่ายกำลังไม่ลอยเหนือน้ำ ล้อของพุน้ำด้านดังกล่าวยังคงอยู่ที่พื้นอ่างโดยการตรวจสอบสัมผัส และจากการสังเกตพุน้ำที่อยู่ด้านตรงข้ามยกตัวลอย แต่เนื่องจากความสูงของอ่างไม่พอทำให้การทดลองครั้งที่ 3 ยังสรุปไม่ได้ว่า พุน้ำกังหันลอยน้ำมีลักษณะใด ดังภาพที่ 3-49



ภาพที่ 3-49 ภาพแสดงการลอยตัวของพุน้ำกังหันครั้งที่ 3

3.5 การทดสอบการลอยตัวครั้งที่ 4

หัวหน้าโครงการฯ สั่งให้ผู้ปฏิบัติงานทำพุน้ำช่วยลอยเพิ่มโดยยึดติดด้านพุน้ำส่งถ่ายกำลังใช้ถังพลาสติกมีฝาปิดขนาดบรรจุ 10 ลิตร รูปร่างสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ จำนวน 4 ถัง ปิดฝาครอบให้มิดชิด โดยการทดสอบการลอยตัวครั้งที่ 4 จะใช้ผ้าพลาสติกขนาด 8 x 10 เมตร ทำเป็นบ่อน้ำจำลองใหม่ เนื่องจากบ่อเก่าเหล็กเดิมความกว้างของบ่อแคบไม่สามารถนำพุน้ำกังหันที่ปรับแก้ไขลงทดสอบลอยตัวได้ ดังภาพ



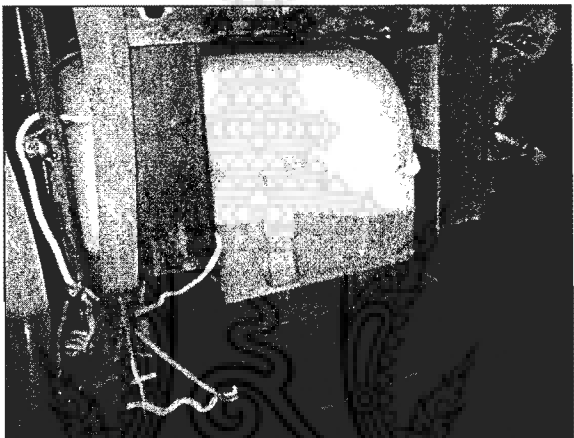
ภาพที่ 3-50

ภาพแสดงการลอยตัวครั้งที่ 4 โดยการเพิ่มหุ่นลอยและใช้ผ้าพลาสติกกันน้ำทำอ่างจำลอง



ภาพที่ 3-51

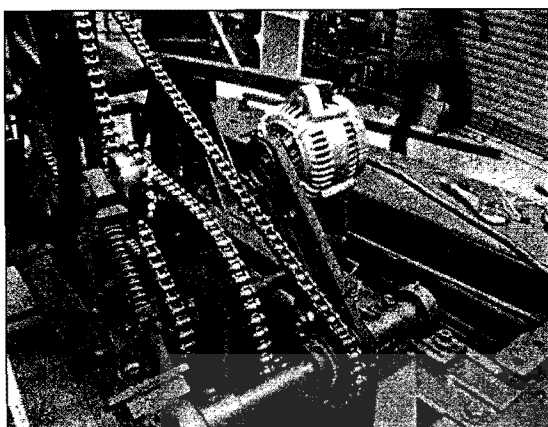
ภาพแสดงหุ่นช่วยลอยที่เพิ่ม



ภาพที่ 3-52 ภาพแสดงหุ่นช่วยลอย

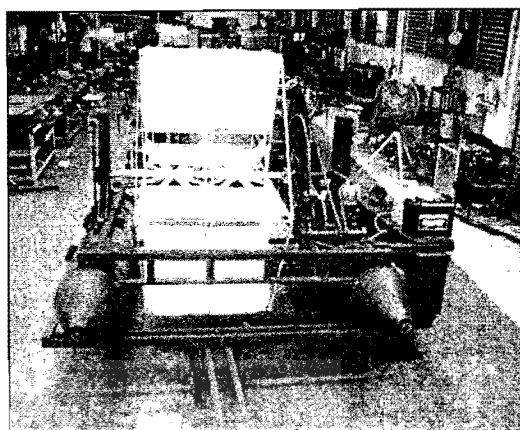
3.6 เตรียมพร้อมทดสอบทำงานจริง ณ สถานที่จริง จังหวัดกาญจนบุรี

เมื่อการทดลองการลอยตัวของกังหันน้ำลอยตัวแบบสมดุล คือ หุ่นกังหันน้ำทั้งชุดลอยในระดับสมดุลไม่เอียงด้านใดด้านหนึ่ง คณะผู้ปฏิบัติงานติดตั้งอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าเข้ากับชุดกังหันพร้อมที่จะนำไปทดสอบการทำงานจริง ดังภาพ



ภาพที่ 3-53

ภาพแสดงการยึดอุปกรณ์ไคซาร์ตรอยด์กับท่อน้ำกัน



ภาพที่ 3-54

ภาพแสดงกังหันลอยน้ำพร้อมทดสอบจริง

3.7 เตรียมการไปทดสอบจริงโดยไปติดต่อเจ้าของสถานที่ที่ทดลอง

หัวหน้าโครงการฯ เดินทางไปติดต่อเจ้าของสถานที่ที่จะทดลองงานอีกครั้ง สถานที่ทดลองงานคือ แควรีเวอร์ไซด์ รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี สถานที่ดังกล่าวอยู่ห่างจากโรงแรมบ้านสวนฝน 2 กิโลเมตร สาเหตุที่หัวหน้าโครงการฯ เลือกสถานที่ดังกล่าว เหตุผลดังนี้

1. สถานที่ใหม่ คือ แควรีเวอร์ไซด์ รีสอร์ท มีเจ้าของเป็นบุคคลเดียวกับเจ้าของโรงแรมบ้านสวนฝน

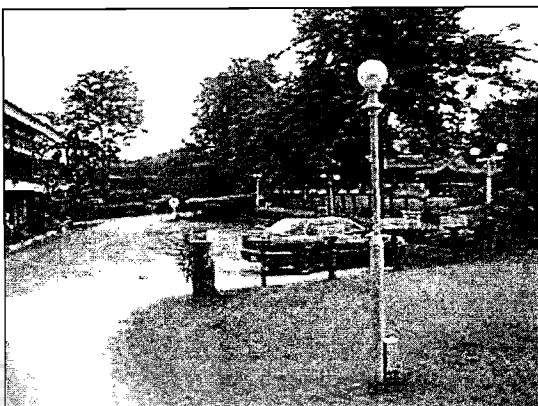
2. สถานที่เดิมซึ่งสำรวจครั้งแรก คือ โรงแรมบ้านสวนฝนขณะที่จะไปทดสอบงานจริง ปรากฏว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลเชี่ยวมาก มีความเร็วการไหล 10-12 เมตร/นาที่ แต่การนำกังหันลงน้ำจะต้องใช้รถยกไฮดรอลิกส์ยกลงจากสะพานสูง 10 เมตร และใช้เรือลากทวนน้ำไปยังจุดทดลอง หัวหน้าโครงการฯ พิจารณาแล้วเห็นว่า มีความเสี่ยงโอกาสที่กังหันน้ำจะพลิกคว่ำขณะปล่อยลงแม่น้ำทำให้ต้องเสียเวลาในการกู้และค่าใช้จ่ายเพิ่ม 5,000-10,000 บาท จึงตัดสินใจเลือกพื้นที่ทดลองใหม่คือ แควรีเวอร์ไซด์ รีสอร์ท มีพื้นที่สะดวกในการนำรถบรรทุกเข้าสู่พื้นที่ริมแม่น้ำแควใหญ่และใช้รถยกอุปกรณ์กังหันน้ำลงสู่แม่น้ำในระดับพื้นที่ถนนกับระดับน้ำต่างกัน 2 เมตร

หัวหน้าโครงการฯ เดินทางไปติดต่อขอความอนุเคราะห์จากเจ้าของสถานที่และได้นำภาพวิดีโอแสดงรูปแบบกังหันน้ำ ลักษณะการลอยตัวและการใช้งานให้เจ้าของรีสอร์ทมีความมั่นใจว่าไม่ได้ทำความเสียหายให้กับพื้นที่ทดลอง ดังภาพ



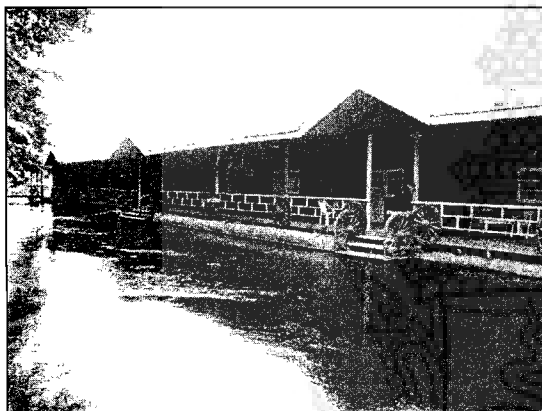
ภาพที่ 3-55

ภาพแสดงด้านหน้าทางเข้าสถานที่ทดสอบงานจริง
แควรีเวอร์ไซด์ รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี



ภาพที่ 3-56

ภาพแสดงรถที่ปรึกษาโครงการไปติดต่อขอความ
อนุเคราะห์ใช้พื้นที่ทดสอบงานจริง



ภาพที่ 3-57

ภาพแสดงพื้นที่ทดลอง



ภาพที่ 3-58

ภาพแสดงระดับของน้ำกับพื้นถนน ณ สถานที่ทดลองจริง



ภาพที่ 3-59

ภาพแสดงจุดที่จะนำรถบรรทุกจอดและยกกังหันลงน้ำ



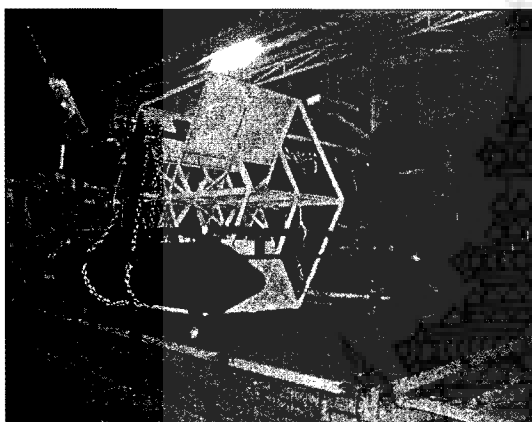
ภาพที่ 3-60

ภาพแสดงจุดที่จะใช้เชือกผูกกังหันลอยน้ำเพื่อทดลอง

หัวหน้าโครงการฯ เสนอคณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ทำหนังสือราชการที่ ศธ.
0581.07/2196 เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ในการทดลองกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

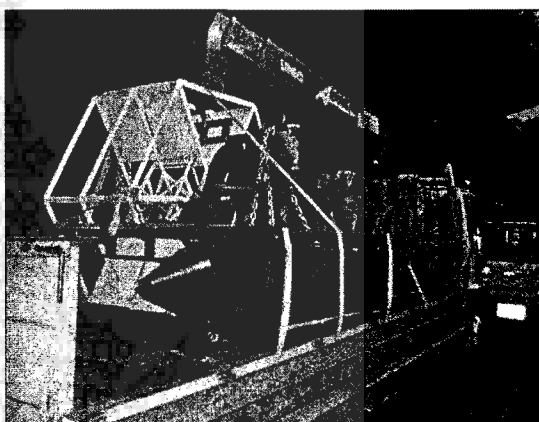
4. การทดสอบงาน ณ สถานที่จริง เพื่อหาประสิทธิภาพและบันทึกผล

ทดสอบงานจริงวันอังคารที่ 30 สิงหาคม 2554 ผู้ร่วมปฏิบัติงานทั้งหมดนัดพบกันที่คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เวลา 03.00 น. บริเวณโรงงานฝึก
พื้นฐานทางวิศวกรรม จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ลากรถบรรทุกกังหันน้ำ
ออกจากโรงงานฯ เพื่อเตรียมขนขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ เพื่อนำไปทดสอบงานจริง ณ แคว ริเวอร์ไซด์
รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี ขนอุปกรณ์เสร็จออกเดินทางเวลา 05.00 น. รายละเอียดดังภาพ



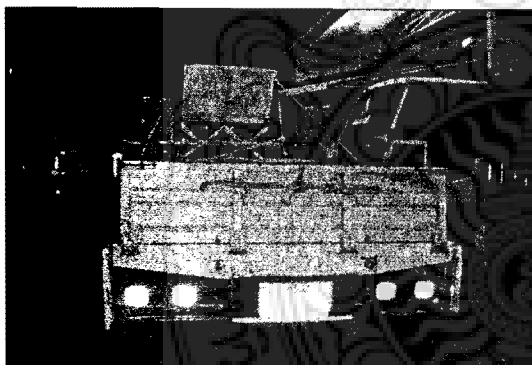
ภาพที่ 3-61

ภาพแสดงการขนกังหันขึ้นรถบรรทุก 6 ล้อ



ภาพที่ 3-62

ภาพแสดงการผูกยึดกับรถบรรทุก



ภาพที่ 3-63

ภาพแสดงพร้อมที่จะเดินทางไปทดลอง



ภาพที่ 3-64

ถึงสถานที่ทดลอง 7.00 น. ที่ปรึกษาโครงการฯ
และผู้ปฏิบัติงานทำพิธีไหว้สิ่งศักดิ์สิทธิ์



ภาพที่ 3-65 ขออนุญาตสิ่งศักดิ์สิทธิ์ เพื่อสร้างขวัญและกำลังใจในการทดสอบงาน

4.1 การเลือกเวลาเริ่มทดลองปฏิบัติงาน

คณะผู้ปฏิบัติงานประกอบด้วยหัวหน้าโครงการฯ และนักศึกษาในโครงการฯ ไปถึงสถานที่ทดลอง 7.00 น. ขณะนั้นเป็นเวลาในระดับน้ำของแม่น้ำแควใหญ่อยู่ในระดับต่ำสุด จากการสอบถามบุคคลในพื้นที่ทราบว่า น้ำจะเริ่มขึ้นในช่วงบ่ายและจะขึ้นสูงสุดเวลา 18.00 น. ถ้าต้องการให้มีกระแสน้ำไหลเร็วจะต้องทดลองเวลา 18.00 น.

4.2 การตัดสินใจปฏิบัติงาน

หัวหน้าโครงการฯ ตัดสินใจปฏิบัติงานทันที ด้วยเหตุผล ดังนี้

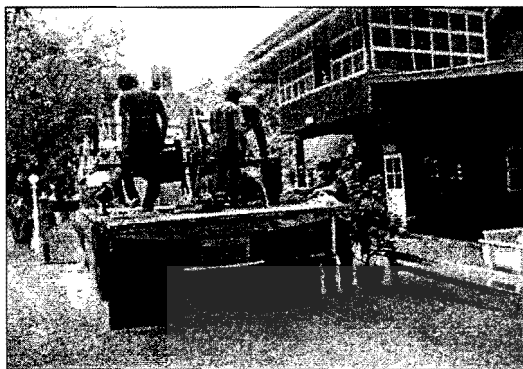
1) ถ้าเลือกทดลอง เวลา 18.00 น. ซึ่งมีระดับน้ำสูงสุดและมีความเร็วการไหลมากที่สุด แต่การทดลองดังกล่าวปฏิบัติงานตอนพลบค่ำ และต้องทดสอบการทำงาน 5-6 ชั่วโมงซึ่งเป็นเวลากลางคืนอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ และอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้เนื่องจาก ไม่ได้เตรียมอุปกรณ์ส่องสว่างมา

2) ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองมากขึ้น คือ ค่าเหมารถรับจ้างบรรทุกเพิ่มขึ้นอีก 50 % เสียค่าใช้จ่ายเปิดห้องพักและอาหารอีกประมาณ 10,000 บาท

จากเหตุผลข้อที่ 1 หัวหน้าโครงการฯ ให้ความสำคัญเรื่องความปลอดภัยมาก จึงตัดสินใจทดลองงานทันทีโดยไม่ต้องรอระดับน้ำขึ้น ซึ่งขณะที่เริ่มทดลองกระแสน้ำมีความเร็วการไหล 9-10 เมตร/นาที่ สามารถที่จะใช้ในการทดลองได้

4.3 ปฏิบัติการทดสอบงานจริง 5 ชั่วโมง (เริ่มเก็บข้อมูล 8.00 – 13.00 น.)

รายละเอียดการเตรียมยกกังหันลงจากรถบรรทุก และการทดสอบงานจริงดังภาพ



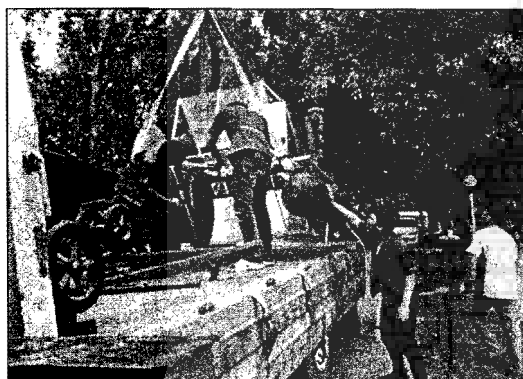
ภาพที่ 3-66

หัวหน้าโครงการแจ้งเจ้าของพื้นที่และ
นำรถบรรทุกเข้าจุดพื้นที่ทดสอบงาน



ภาพที่ 3-67

หัวหน้าโครงการและนักศึกษาร่วมปฏิบัติงานยกอุปกรณ์
กังหันน้ำฯ ลงน้ำ



ภาพที่ 3-68

แสดงการประกอบทางเสือของทุ่นกังหันน้ำก่อนลงทดสอบ



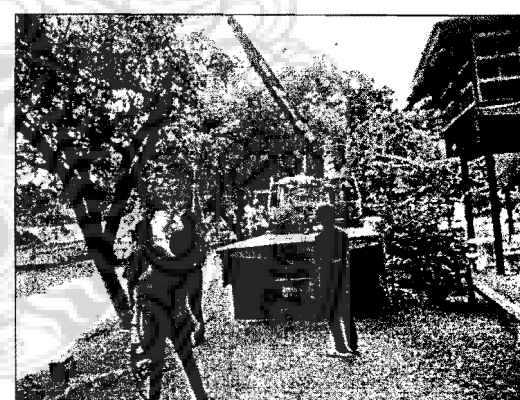
ภาพที่ 3-69

แสดงการยกกังหันลงจากรถบรรทุก



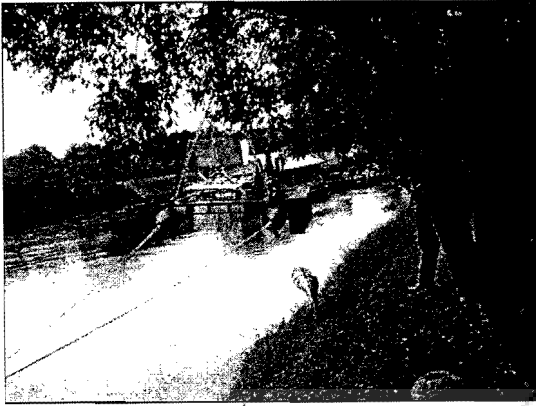
ภาพที่ 3-70

แสดงการยกลอยระดับที่สูงมากเนื่องจาก
จุดที่ยกติดต้นไม้



ภาพที่ 3-71

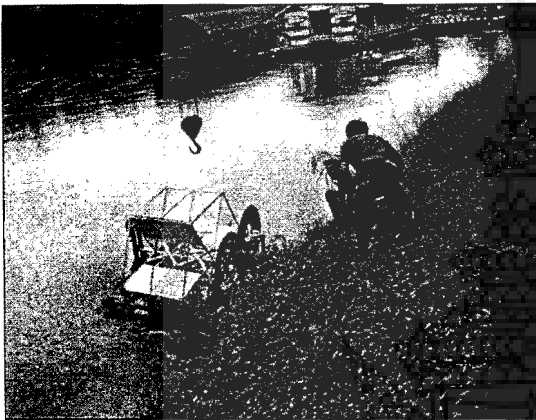
แสดงการยกลอยระดับที่สูงมาก



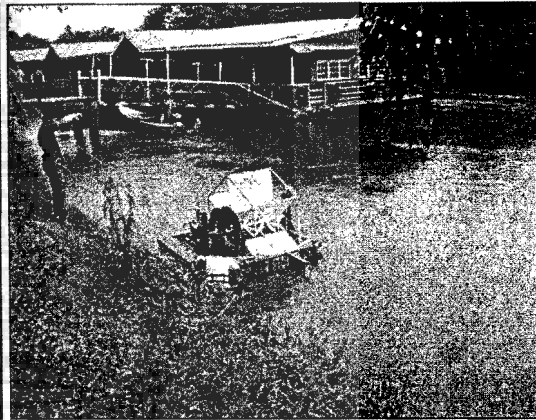
ภาพที่ 3-72
แสดงการยกกังหันลงแม่น้ำแควใหญ่



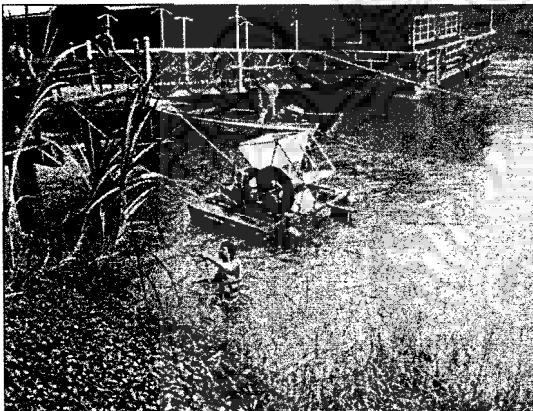
ภาพที่ 3-73
แสดงการยกกังหันลงสัมผัสผิวน้ำ



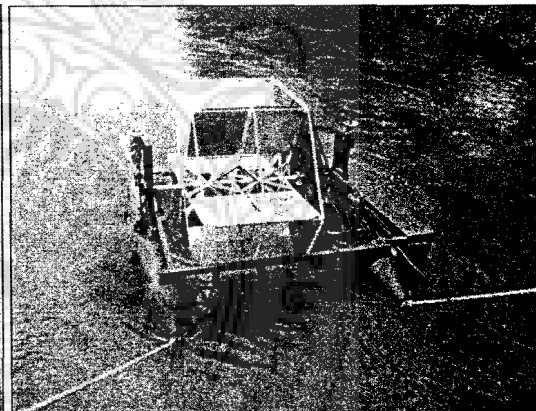
ภาพที่ 3-74
แสดงการยกกังหันลงสัมผัสผิวน้ำแล้ว



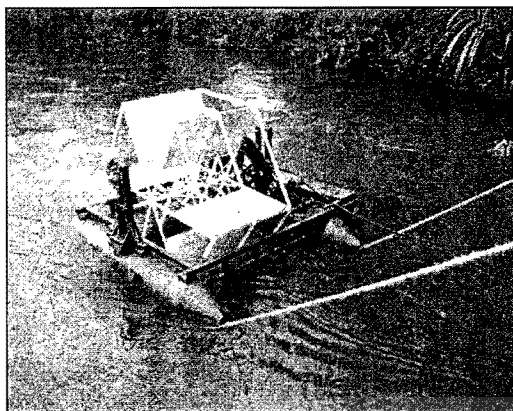
ภาพที่ 3-75
แสดงการลากกังหันน้ำด้วยเชือกไปผูกบนราวสะพาน
เพื่อทดลอง



ภาพที่ 3-76
แสดงการผูกเชือกบริเวณจุดทดสอบกังหันน้ำ

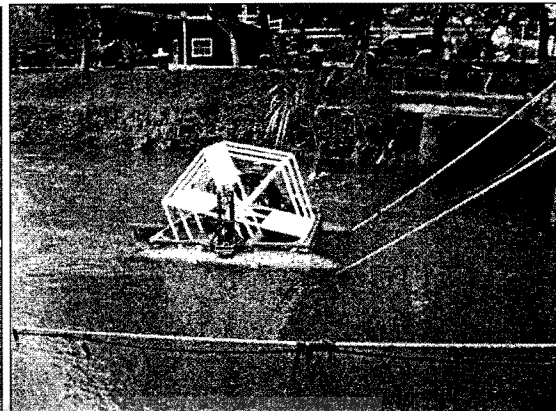


ภาพที่ 3-77
ผูกกังหันน้ำ ด้วยเชือก ต่อระบบสายไฟจากไดชาร์จ
บนกังหันมาบนฝั่งและเริ่มทดสอบงานจริง



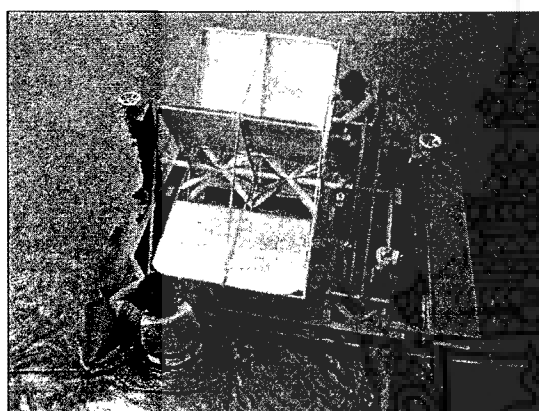
ภาพที่ 3-78

กัณฑ์หมุนด้วยความเร็วรอบ 3 รอบ/นาที



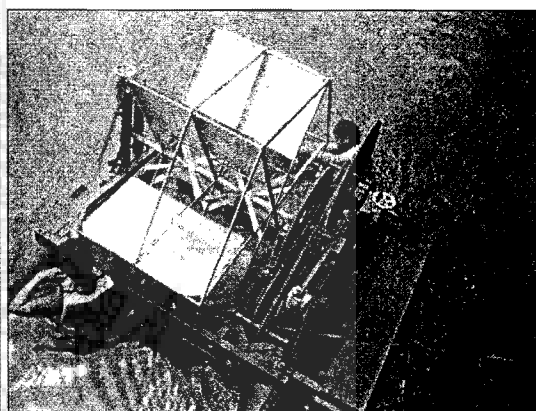
ภาพที่ 3-79

กัณฑ์สามารถลอยตัวอยู่ในน้ำอย่างสมดุลและหมุนผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านไดชาร์ต 120 แอมป์



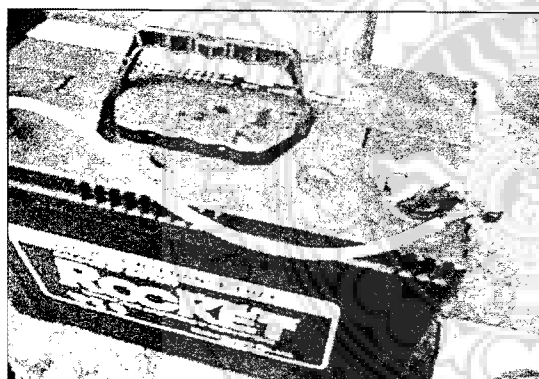
ภาพที่ 3-80

ที่ปรึกษาโครงการฯ ส่งให้นักศึกษาปรับการหมุนของใบเป็นแบบพับเปิดปิดได้



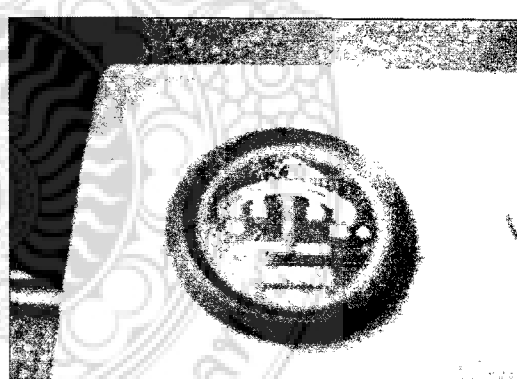
ภาพที่ 3-81

การปรับใบกัณฑ์ให้หมุนแบบพับเปิดปิดได้ โดยการคล้ายสกรูยึดใบเท่านั้น



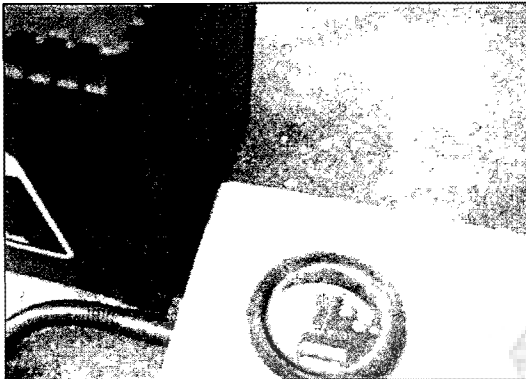
ภาพที่ 3-82

แสดงการต่อสายไดชาร์ตจากกัณฑ์น้ำสู่อุปกรณ์ 120 แอมป์



ภาพที่ 3-83

แสดงกระแสที่ชาร์ตได้เริ่มต้นเป็นศูนย์



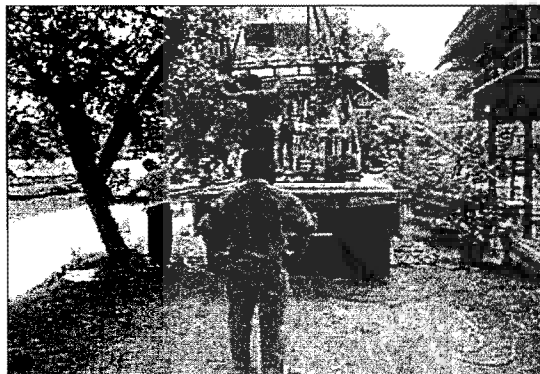
ภาพที่ 3-84

แสดงกระแสที่ชาร์ตได้อ่านค่าเฉลี่ย ได้ 5 แอมป์



ภาพที่ 3-85

เมื่อทดสอบกังหันน้ำถึงเวลาที่กำหนด 13.00 น.ต้องเก็บเครื่อง
กลับตามแผน สังเกตจากภาพระดับน้ำจะมีความสูงมากกว่า
ระดับเริ่มทดลองและมีอัตราการไหล 12-15 เมตร/นาที่



ภาพที่ 3-86

ภาพการขนกังหันน้ำกลับกรุงเทพฯ



ภาพที่ 3-87

ภาพนักศึกษาที่ร่วมโครงการฯ



ภาพที่ 3-88

เมื่อทดสอบงานเสร็จแล้วที่ปรึกษาพานักศึกษา
ในโครงการทำพิธีกล่าวขอบคุณสิ่งศักดิ์สิทธิ์



ภาพที่ 3-89

ที่ปรึกษานำของไหว้ที่จัดเตรียม กล้วยน้ำว่า นมกล่อง
น้ำแดง วางบนศาล



ภาพที่ 3-90

ที่ปรึกษากล่าวขอบคุณเจ้าของสถานที่
คุณชฎาวดี วงศ์โสภา และมอบของขอบคุณ



ภาพที่ 3-91

คณะผู้ทำงานถ่ายรูปหมู่ที่ระลึกกับเจ้าของสถานที่



ภาพที่ 3-92

ที่ปรึกษากล่าวขอบคุณเจ้าของสถานที่ (คุณตุ๊ก)
และมอบของขอบคุณ



ภาพที่ 3-93

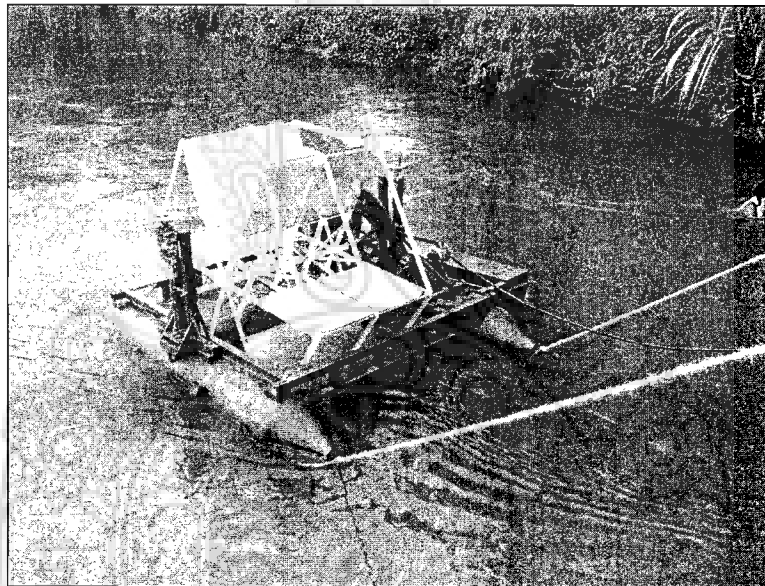
คณะผู้ทำงานถ่ายรูปหมู่ที่ระลึกกับเจ้าของสถานที่

บทที่ 4

ผลการทดสอบงานจริง

บทนำ

คณะผู้ดำเนินงานโครงการฯ ออกเดินทางจากกรุงเทพฯ วันอังคารที่ 30 สิงหาคม 2554 โดยเริ่มขนของและอุปกรณ์เวลา 03.00 น. และพร้อมออกเดินทางจากกรุงเทพฯ เวลา 05.00 น. ถึงพื้นที่ทดลองงาน คือ แควรีเวอร์ไซด์ รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี เวลา 07.00 น. ดำเนินการขนย้ายอุปกรณ์กั้นน้ำลงจากรถบรรทุก 6 ล้อ และพร้อมทดสอบเก็บข้อมูล 08.00 น. ดำเนินการเก็บข้อมูลถึงเวลา 13.30 น. และต้องเก็บให้เสร็จ ออกเดินทางกลับถึงกรุงเทพฯ ก่อน 16.00 น. เนื่องจากรถบรรทุกที่จัดจ้างติดเวลาไม่ให้วิ่งตั้งแต่เวลา 16.00-21.00 น.



ภาพที่ 4-1 แสดงลักษณะการทดสอบงานจริง

4.1 ผลการทดลอง ดังตาราง 4.1

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.)

เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ ก้านน้ำ/นาที	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
8.00	3	9	3	99
8.05	3	9	3	99
8.10	3	9	3	99
8.15	3	9	3	99
8.20	3	8	3	99
8.25	3	8	3	99
8.30	3	9	3	98
8.35	3	9	3	98
8.40	3	9	3	99
8.45	3	8	3	98
8.55	3	7	3	99
9.00	3	9	3	99

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.) (ต่อ)

เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ/นาที	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
9.05	3.5	10	3	98
9.10	3	9	3	99
9.15	3.5	10	3	98
9.20	3.5	10	4	99
9.25	3.5	11	4	99
9.30	3.5	10	3	99
9.35	3.5	11	4	99
9.40	3.5	10	3	99
9.45	3.5	10	3	99
9.55	3.5	11	4	99
10.00	3.5	11	4	99

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.) (ต่อ)

เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ/นาที่	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที่	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
10.05	3.5	12	4	99
10.10	3.5	12	5	99
10.15	3.5	11	5	99
10.20	3.5	11	5	99
10.25	3.5	12	5	99
10.30	3.5	12	5	100
10.35	3.5	12	5	99
10.40	3.5	12	5	99
10.45	3.5	11	5	99
10.55	3.5	13	5	99
11.00	3.5	13	5	99

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.) (ต่อ)

เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ ก้านหน้า/นาที	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
11.05	3.5	13	5	98
11.10	3.5	12	5	99
11.15	3.5	12	4	99
11.20	3.5	13	5	99
11.25	4	14	4	99
11.30	4	14	5	99
11.35	4	14	5	99
11.40	4	14	5	99
11.45	4	15	5	99
11.55	4	14	5	99
12.00	4	15	5	99

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.) (ต่อ)

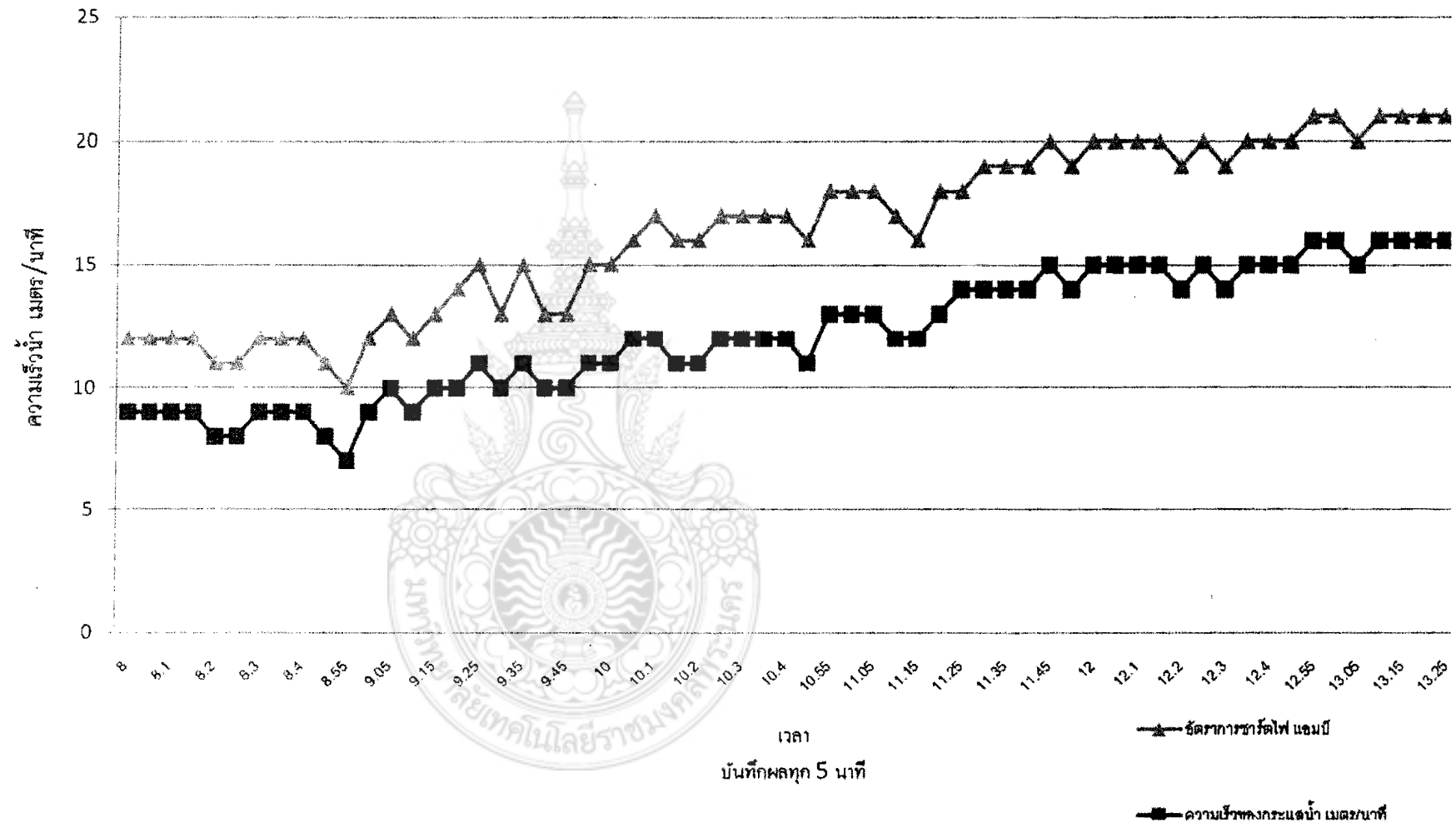
เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ ก้านน้ำ/นาที	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
12.05	4	15	5	99
12.10	4	15	5	99
12.15	4	15	5	99
12.20	4	14	5	99
12.25	4	15	5	99
12.30	4	14	5	99
12.35	4	15	5	99
12.40	4	15	5	99
12.45	4	15	5	99
12.55	4	16	5	99
13.00	4	16	5	99

ตารางที่ 4-1 การเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพการชาร์ตไฟเข้าแบตเตอรี่ (ตั้งแต่ 8.00-13.30 น.) (ต่อ)

เวลา บันทึกผลทุก 5 นาที	ความเร็วรอบ กังหันน้ำ/นาที่	ความเร็วของ กระแสน้ำ เมตร/นาที่	อัตราการชาร์ต ไฟ แอมป์	ความจุของ แบตเตอรี่ แอมป์
13.05	4	15	5	99
13.10	4	16	5	99
13.15	4	16	5	99
13.20	4	16	5	99
13.25	4	16	5	99
13.30	4	15	5	99
เฉลี่ย	4	15.71	5	99

4.2 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

เมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาวิเคราะห์โดยการเขียนกราฟจะได้ผลดังนี้ ผลการทดสอบเครื่องกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า ช่วงเวลาต่างๆ ในเวลา 5 ชั่วโมง จากตารางที่ 4-1 แสดงความเร็วน้ำ และกำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันน้ำที่ผลิตได้ ช่วงเวลาต่างๆ ที่ทำการทดสอบในเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที จะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลมาปะทะใบกังหัน โดยเส้นแสดงกำลังไฟฟ้าและเส้นแสดงความเร็วน้ำมีความสัมพันธ์ คือ ในช่วงเวลา 8.00–11.20 น. ความเร็วของกระแสน้ำค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 13.58 เมตรต่อนาที กำลังไฟที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 4.83 แอมป์ แต่หลังจากนั้นช่วงเวลา 12.00 – 13.30 น. กระแสน้ำเริ่มมีความเร็วไหลมาก ขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 16 เมตรต่อนาที และทำการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 5 แอมป์ และยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการทดลอง

การคำนวณหาจุดคุ้มทุน

ปัจจุบันผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 5 แอมป์

$$\text{จากสูตร} \quad P = VI$$

$$P = (220)(5)$$

$$= 1,100 \text{ watt}$$

ใช้ไฟประมาณ 1,100 วัตต์/ชั่วโมง หรือ 1.10 หน่วย/ชั่วโมง

เปิดไฟวันละ 10 ชม. = 1.10 หน่วย/ชั่วโมง $\times$ 10 ชั่วโมง = 11 หน่วย

ใช้ไฟหนึ่งเดือน = 11 หน่วย $\times$ 30 = 330 หน่วย/เดือน

คิดเป็นจำนวนเงินค่าไฟฟ้า 916.773 บาท/เดือน ใช้ระยะเวลา 9 ปี จึงจะคืนทุน

หลังการปรับปรุง

หลังจากพัฒนาแล้วจะผลิตไฟได้ 100 แอมป์

$$P = VI$$

$$P = (220)(100)$$

$$= 22,000 \text{ วัตต์}$$

ใช้ไฟประมาณ 22,000 วัตต์/ชั่วโมง หรือ 22 หน่วย/ชั่วโมง

เปิดไฟวันละ 10 ชม. = 22 หน่วย/ชั่วโมง $\times$ 10 ชั่วโมง = 220 หน่วย

ใช้ไฟหนึ่งเดือน = 22 หน่วย $\times$ 30 = 6,600 หน่วย/เดือน

คิดเป็นจำนวนเงินค่าไฟฟ้า 19,654.8 บาท/เดือน ใช้ระยะเวลา 5 เดือน จึงจะคืนทุน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

บทนำ

จากผลการทดลองนำกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้า ไปทดลองการทำงานจริงโดยการนำไปลอยในแม่น้ำแควใหญ่ ณ แควริเวอร์ไซด์ รีสอร์ท จังหวัดกาญจนบุรี วันอังคารที่ 30 สิงหาคม 2554 เริ่มการทดลองเวลา 8.00 น. – 13.30 น. เมื่อนำกังหันน้ำลงในจุดทดลองและปล่อยให้กังหันน้ำหมุนและผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกลไกทดสอบบนท่อนักกังหัน ใช้ไดชาร์จรถยนต์ขนาด 120 แอมป์เป็นอุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ และเก็บไว้ในแบตเตอรี่ขนาด 120 แอมป์

สรุปผลการทดลอง

1. เครื่องกังหันน้ำที่ออกแบบและสร้างขึ้นสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 5 แอมป์ ซึ่งยังไม่เพียงพอในการนำไปใช้งานจริง
2. ความเร็วน้ำไหลเฉลี่ย 12 เมตร/นาที่ โดยขึ้นอยู่กับกระแสน้ำที่ออกจากเขื่อนที่อยู่ตอนเหนือของทางน้ำไหล
3. ความเร็วรอบกังหันหมุนเฉลี่ย 3.6 รอบต่อนาที

อุปสรรคในการทดลองโครงการ

ในการทดลองไม่สามารถควบคุมความเร็วของกระแสน้ำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล สภาพอากาศในแต่ละช่วง อีกทั้งยังต้องขึ้นอยู่กับการปล่อยระบายน้ำของเขื่อนทางตอนเหนือของแม่น้ำแควในแต่ละช่วงอีกด้วย

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการ

เครื่องกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าที่ออกแบบและสร้างขึ้น ยังมีสมรรถนะในการผลิตต่ำ เนื่องจากสถานที่และเวลาทำการทดสอบกระแสน้ำมีความเร็วค่อนข้างต่ำ ข้อมูลในการออกแบบใบกังหันครั้งต่อไปต้องออกแบบการใช้วัสดุที่เป็นน้ำหนักเบา

บรรณานุกรม

โครงการพระราชดำริ.2549. โครงการคลองลัดโพธิ์.จังหวัดสมุทรปราการ.

นพดล อินนา. กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)

บรรเลง ศรีนิล, ประเสริฐ ก้วยสมบูรณ์. 2524. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ผลิต
ตำราเรียน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มูลนิธิชัยพัฒนา.กังหันน้ำชัยพัฒนา.กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเลขาธิการมูลนิธิชัยพัฒนา
สวนจิตรลดา

วัฒนาถาวร. 2543. โรงต้นกำลัง. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น). พิมพ์ครั้งที่: 4. กรุงเทพฯ.

วริทธิ์ อิงภากรณ์, ชาญ ถนังงาน. 2537. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร :
ซีเอ็ดยูเคชั่น

ปกรณ์ คงฤทธิ์. 2548. การศึกษาการผลิตไฟฟ้าด้วยเครื่องกังหันน้ำแบบโครสไฟล์ในโครงการไฟฟ้า
ห้วยก้างปลา อำเภอแม่จัน จังหวัดเชียงราย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

แผ่นพับเขื่อนสิริกิติ์. 2546 . โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนสิริกิติ์.อุตรดิตถ์.เขื่อนสิริกิติ์.

สาครไฮโดร. www.youtube.

จากเว็บไซต์

กฎอาคิรมิดิส อังอิง

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

หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์ อังอิง

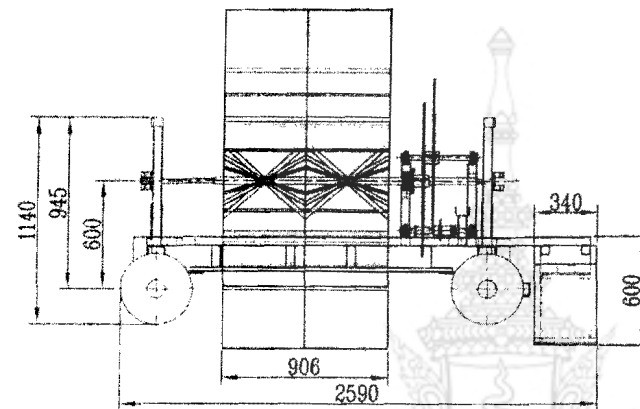
http://www.blmiacec.ac.th/E-learning/elec/8-2_files/lesson8-2.htm

ชนิดของแบตเตอรี่แบบต่างๆ อังอิง

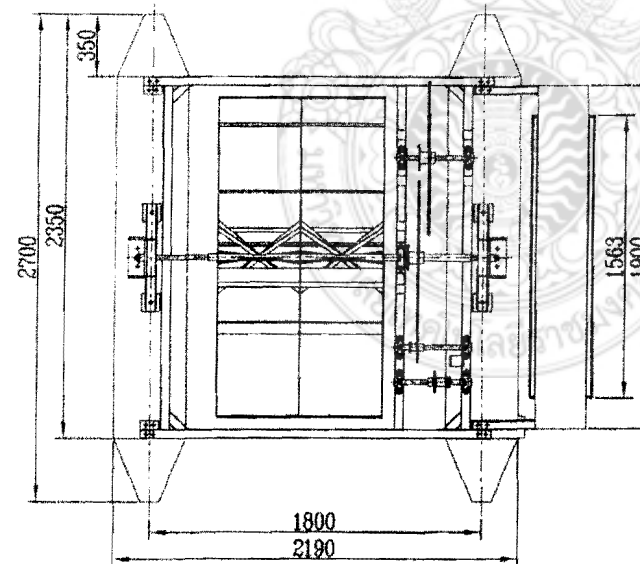
<http://www.carbatt.com/index.php?lay=show&ac=article&id=370062>

ภาคผนวก ก
แบบและรายละเอียดกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า

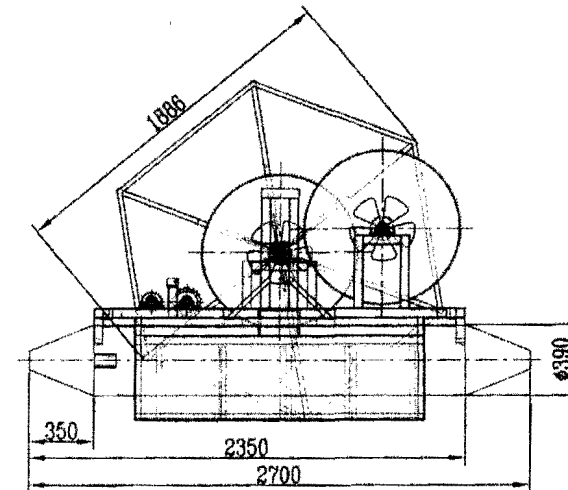




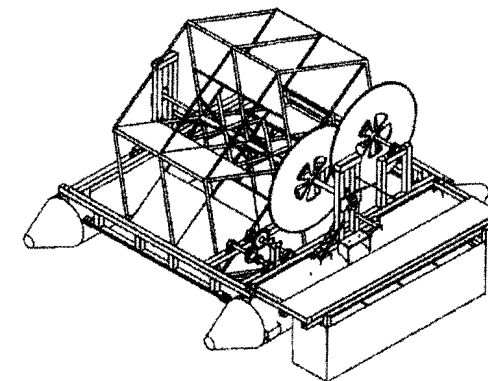
FRONT VIEW



TOP VIEW

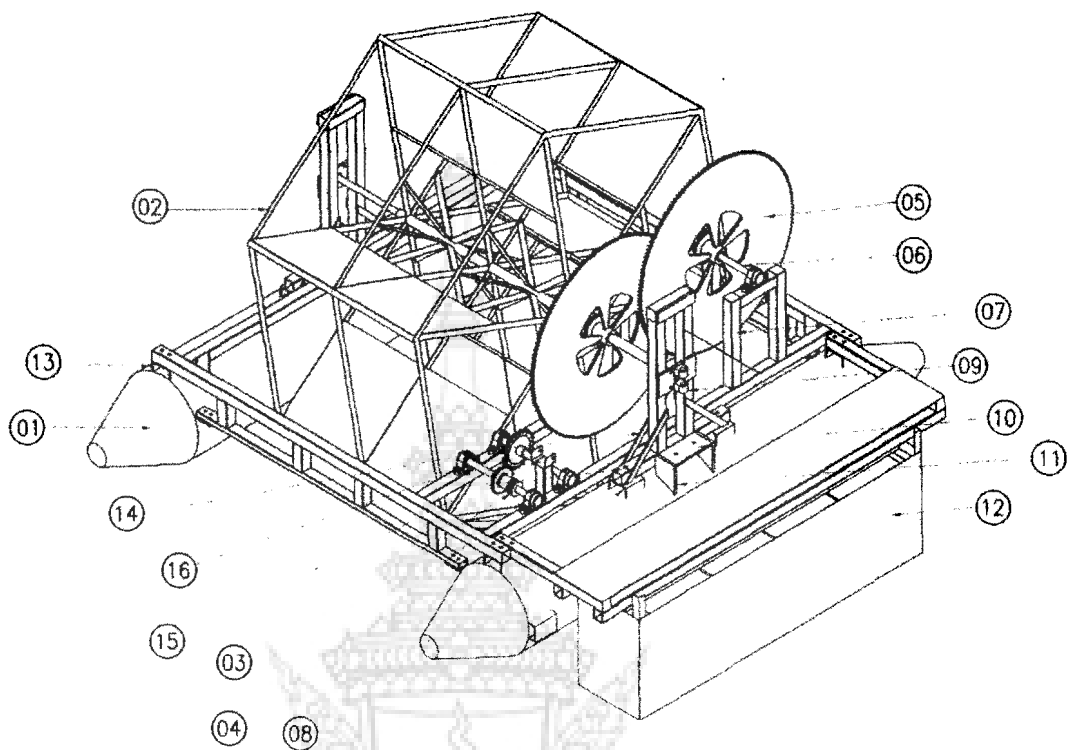


SIDE VIEW

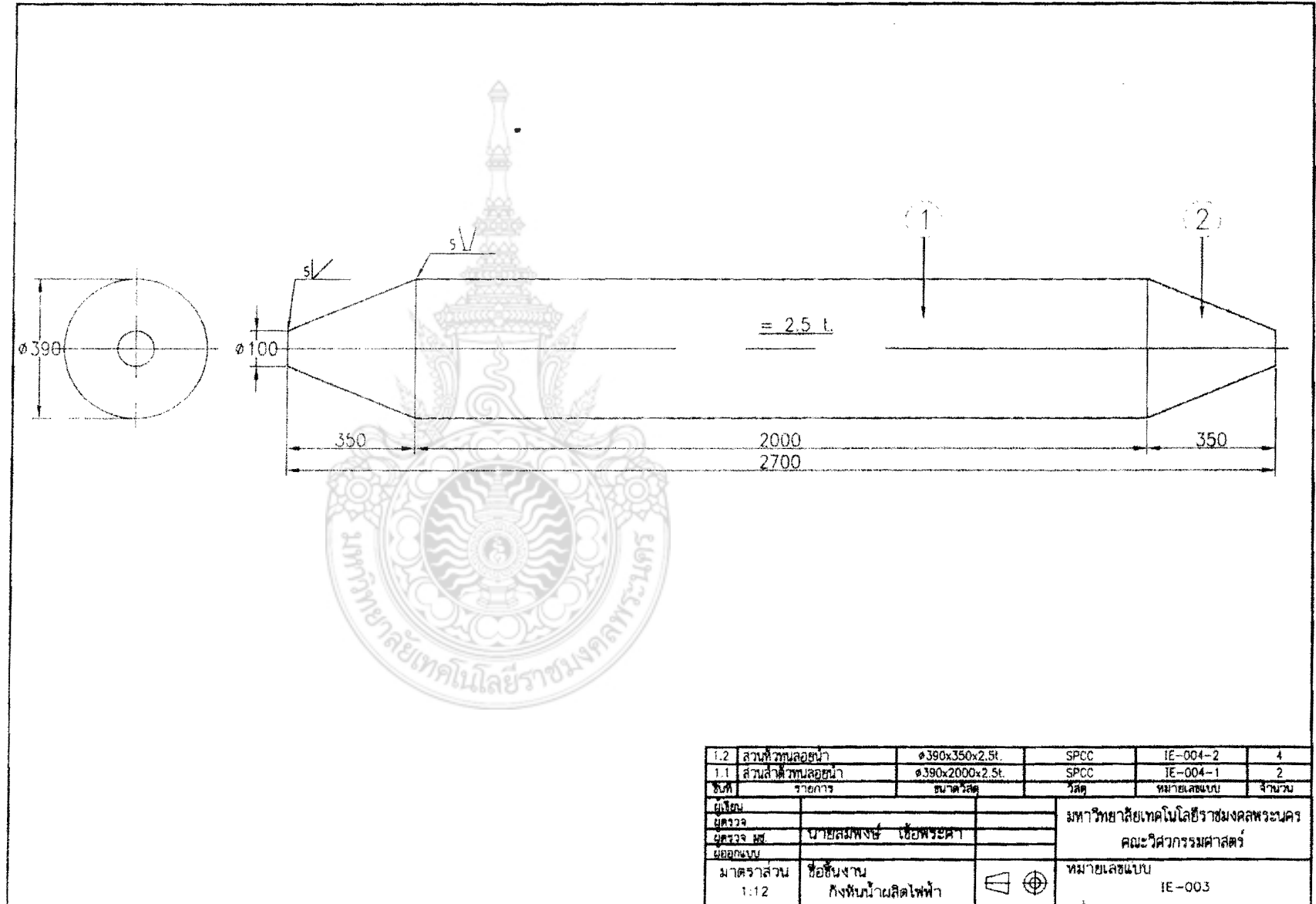


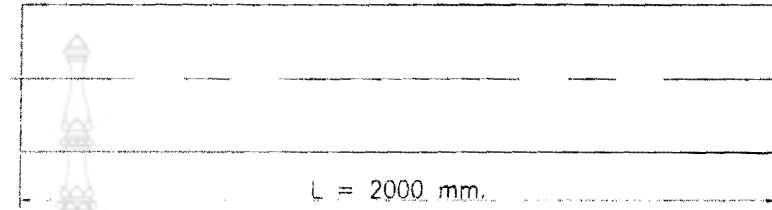
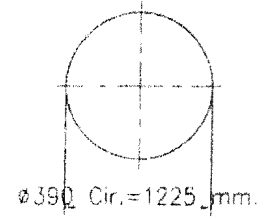
ISOMETRIC VIEW

วันที่	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเหตุ	จำนวน
ผู้จัดทำ				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	
ผู้ตรวจ	นายสมพงษ์ เชื้อพระคา			คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:12	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า			IE-001	

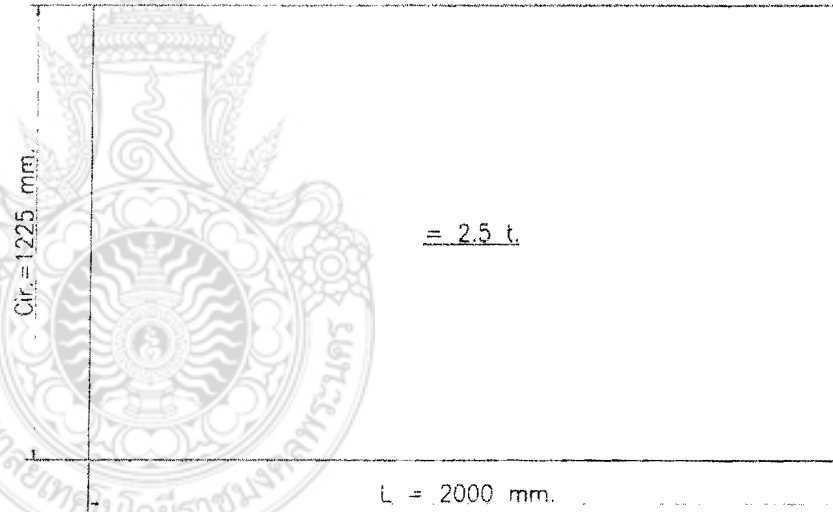


16	ขาตั้งโครงรถ	50x60x220	SS400	IE-008	1
15	ขาปรับยึดแน่นเกลียวปรับระดับ	50x1.6t.x60S	SS400	IE-015	2
14	ชุดประคองขาตั้ง	333x25x6	SS400	IE-014	8
13	ตัวยึดโครง	100x50x100	SS400	IE-011	4
12	ชุดทวนเสริมลดขนาดทาง	ø1900x642.5x620	SS400	IE-005	1
11	ขาตั้งรองรับแบบเกลียวปรับระดับ	100x137x12	SS400	IE-009	4
10	แบบรองรับแบบเกลียวปรับระดับ	100x200x10	SS400	IE-006	2
09	ขายึดเกลียวปรับระดับ	200x100x62	S50C	IE-007	2
08	ตัวยึดขาตั้ง	100x50x100	SS400	IE-013	4
07	ขาตั้งรองรับล้อเฟือง	50x300x407	SS400	IE-010	2
06	เพลายึดล้อเฟือง	ø25x300L	S50C	IE-012	3
05	เฟืองขับ 16S ฟัน	ø850x90L	S50C	IE-017	2
04	ลูกปืนขนาด	ø25	SKF	-	6
03	เฟืองขับ Dia 120x22 ฟัน	ø120x120L	S50C	IE-016	1
02	ชุดใบกำลังขับ	ø1886x192S	SS400	IE-004	1
01	ชุดทวนล้อขับ	ø390x2700x2.5t	SPCC	IE-003	2
ชื่อ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ตรวจสอบ	นายสมชาย น้อยวงศ์				
ผู้ตรวจ					
ผู้ออกแบบ				หมายเลขแบบ IE-002	
มาตรฐาน NTS	ชื่อชิ้นงาน กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า				



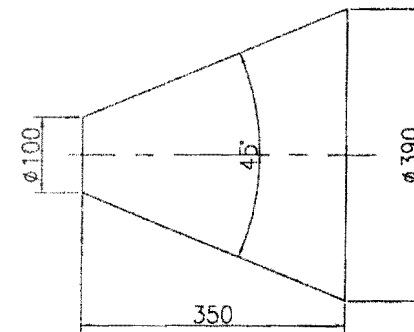
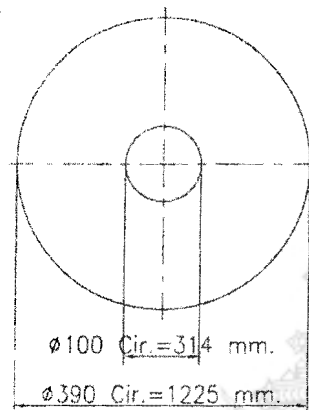


ส่วนลำตัวท่อนลอยน้ำ

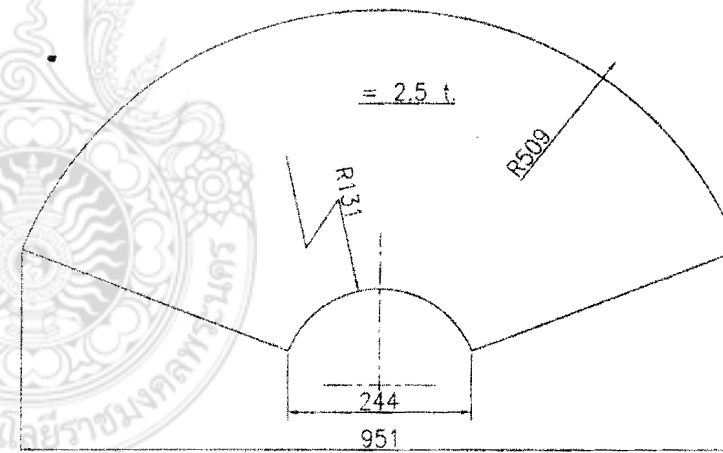


แผ่นค้ำลำตัวท่อนลอยน้ำ

1	ส่วนลำตัวท่อนลอยน้ำ	390x2000	SPCC		2
ชื่อ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้รับ				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ.บข.	นายสมพงษ์ เชื้อพระดำ				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	เขียนงาน			หมายเลขแบบ	
1.15	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า			IE-003-1	

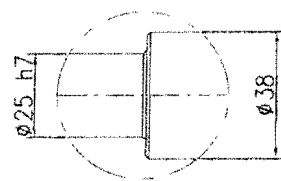


ส่วนหัวท่อนลอยน้ำ

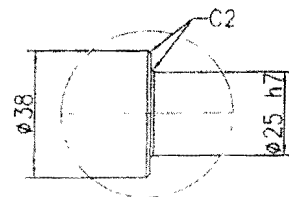


แผ่นค้ำส่วนหัวท่อนลอยน้ำ

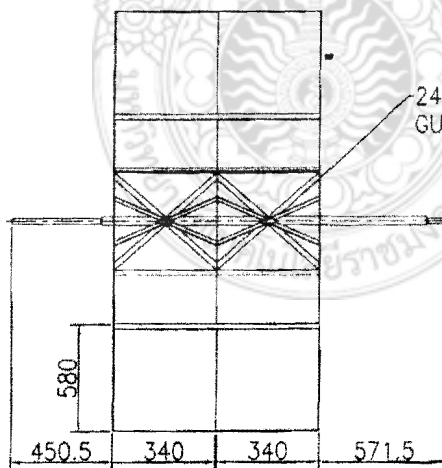
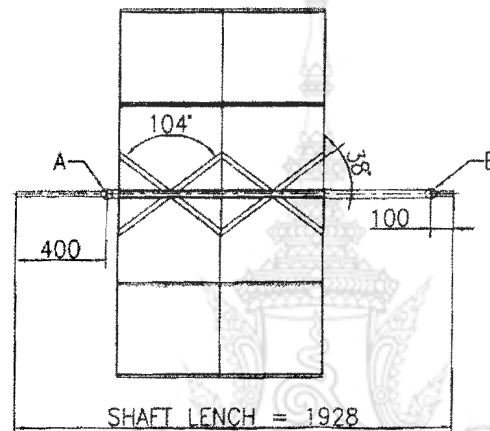
1.2	ส่วนหัวท่อนลอยน้ำ	$\phi 390 \times 350$	SPCC		4
ชื่อ	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผอ.	นายสมพงษ์ เชื้อพระดำ				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ	
1:8	ถังเก็บน้ำผลิตไฟฟ้า			IE-003-2	



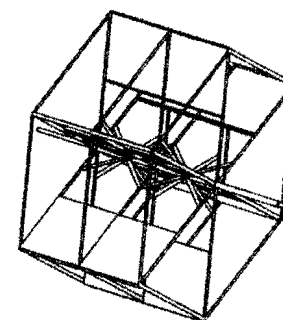
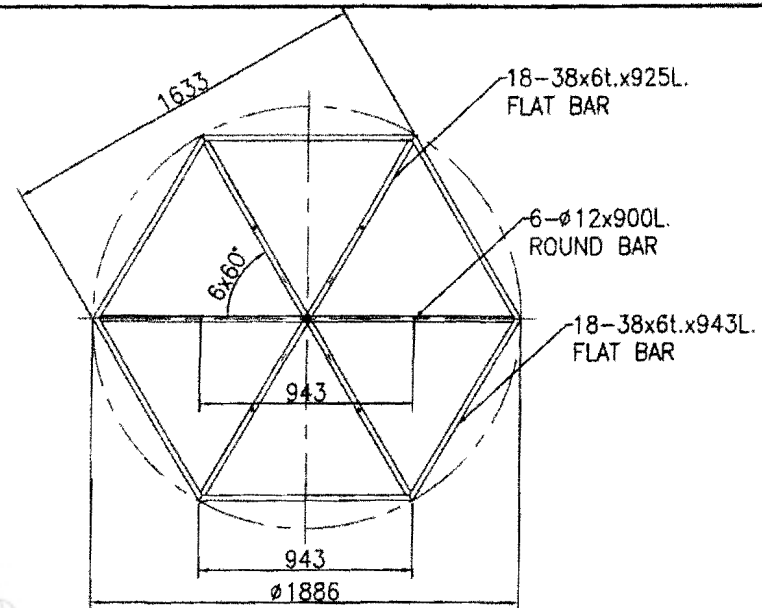
DETAIL A
SCALE 1:15



DETAIL B
SCALE 1:15

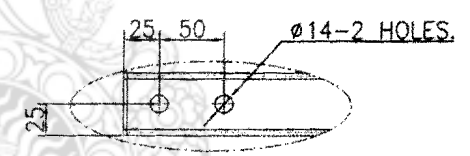
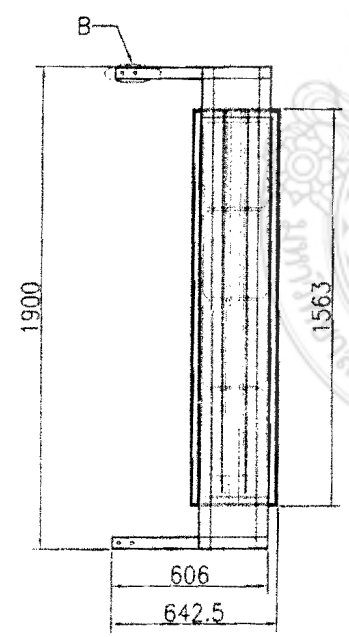
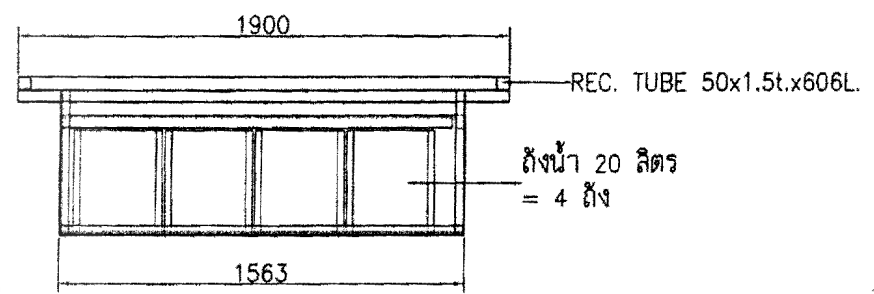
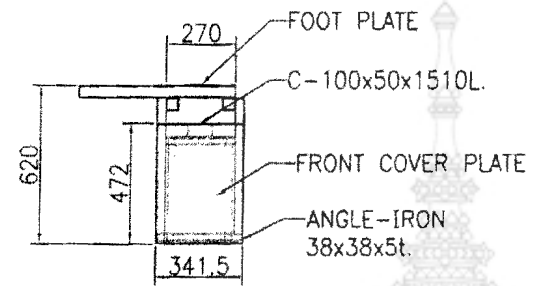


24-38x6t.x300L.
GUSSET

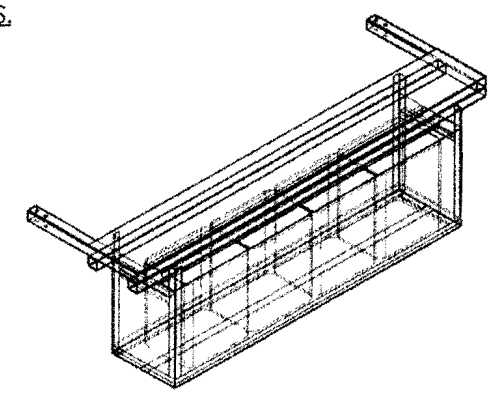


Ø25	h7	$\frac{+0.021}{-0.021}$
Dimen.	Fit	

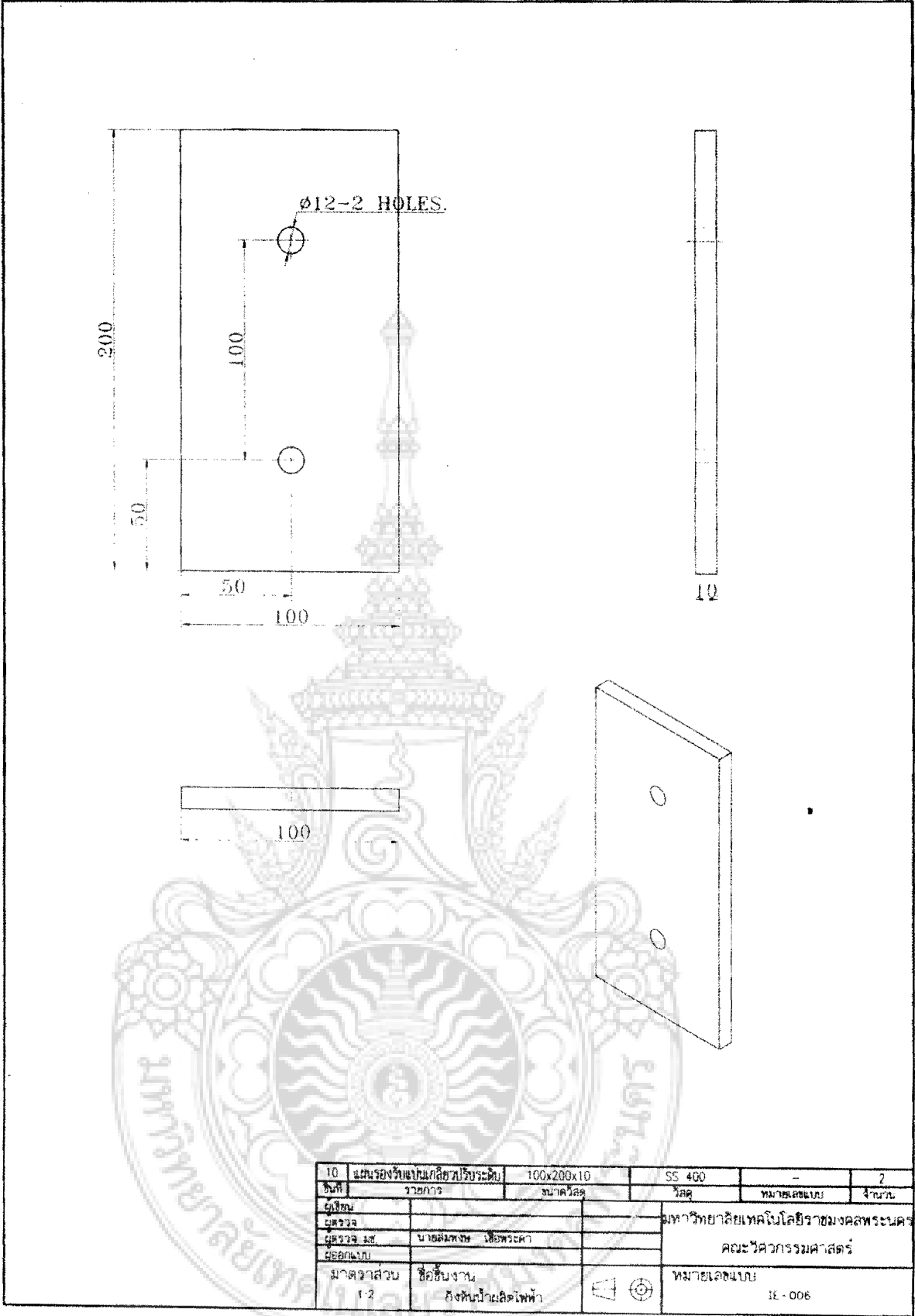
021	ชุดเบรกก้านหน้า	1886x1928	SS400	ตามแบบ	จำนวน
ผู้เขียน	นายสมพงษ์ เชื้อพระคา				
ผู้ตรวจ					
ผู้ควบคุม					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน	1:25	กึ่งพื้นน้ำผลิตไฟฟ้า	หมายเลขแบบ	IE-004

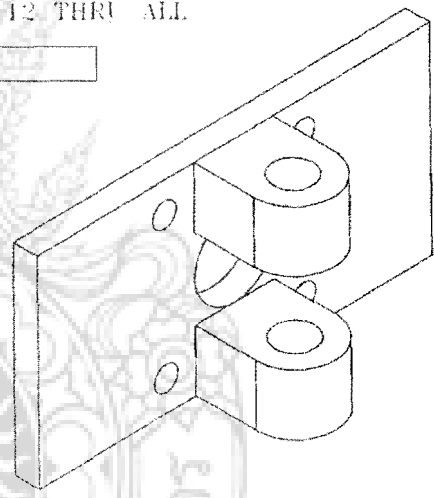
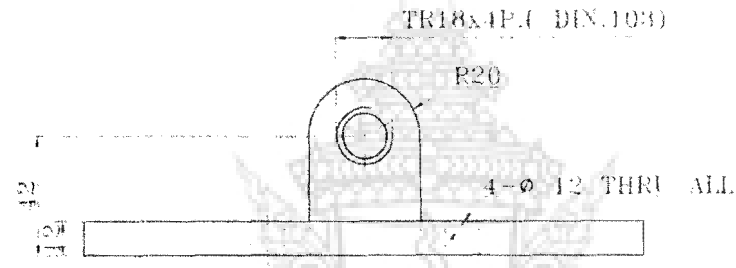
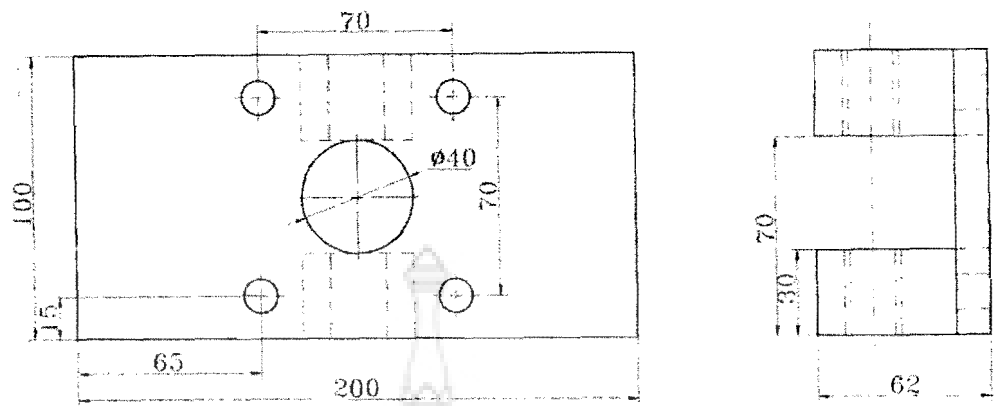


DETAIL B
SCALE 1:5

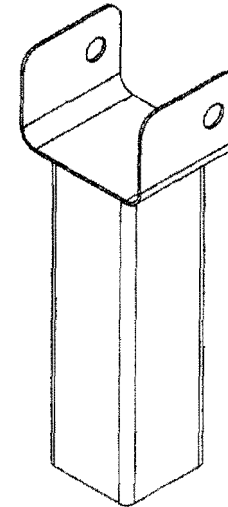
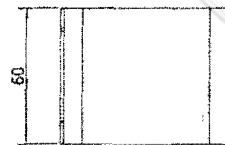
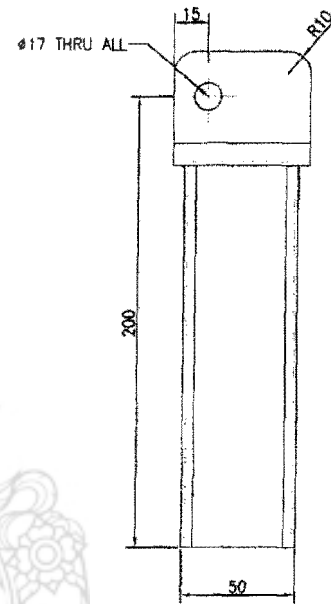
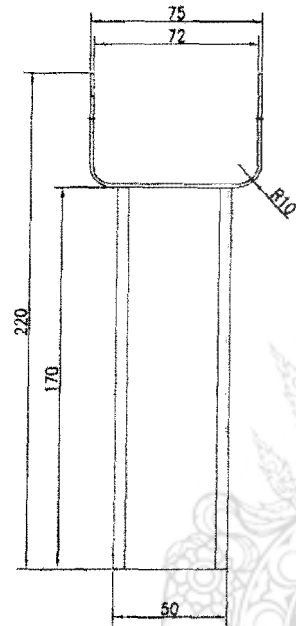


12	ชุดท่อน้ำเชื่อมขนาด 1900x642.5x620	SS400			
ชนิด	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ	นายสมพงษ์ เชื้อพระคำ				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:20	ถังเก็บน้ำเสียไฟฟ้า			IE-005	



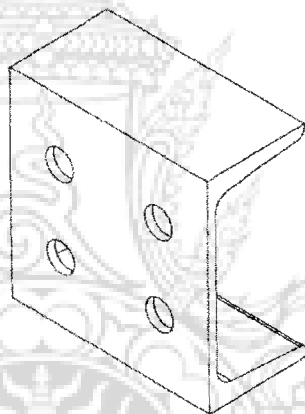
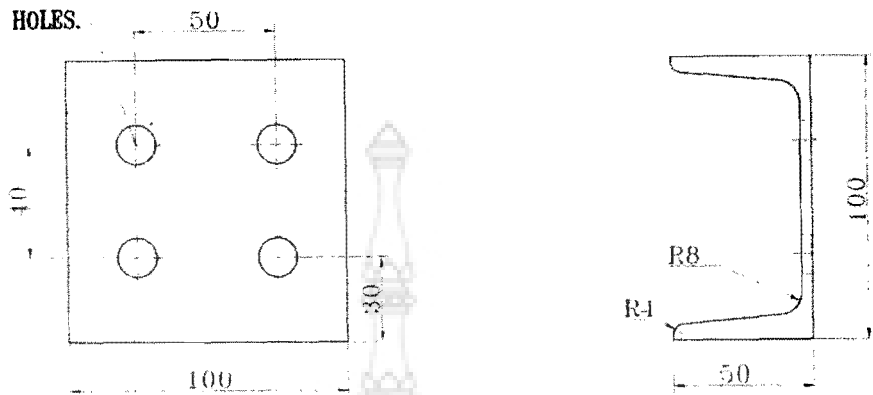


09	ผู้รับผิดชอบ	200x100x62	S50C	-	2
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผอ.	นายสมพงษ์ เอื้อพระดา				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐานส่วน	ชื่อชิ้นงาน		หมายเลขแบบ IE-CG7		
1:2	ถังดับเพลิงไฟฟ้า				

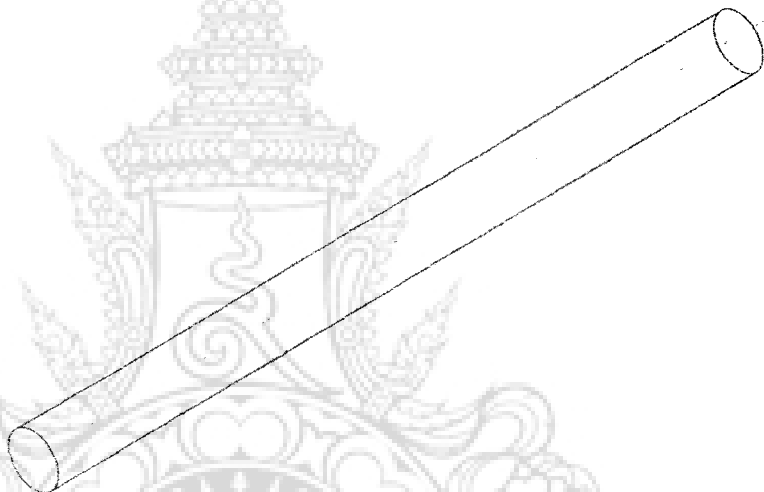
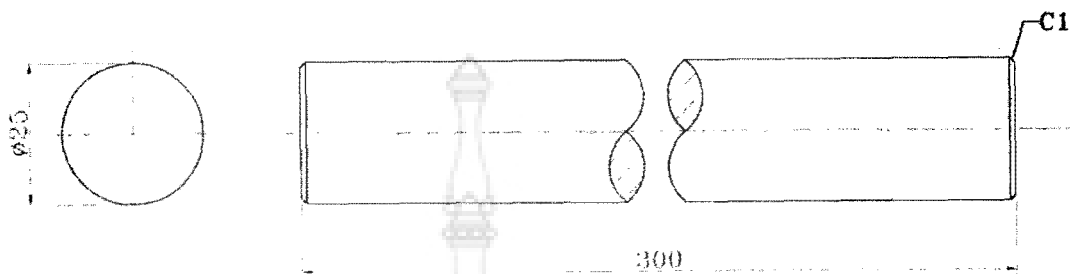


16	เจ้าดังเคา์ด	50x80x220	SS 400	-	1
ชื่อ	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ	นายสมพงษ์ เชื้อพระคา				
ผู้ตรวจ ผอ.					
ผู้ออกแบบ				หมายเลขแบบ IE-008	
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน				
1:3	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า				

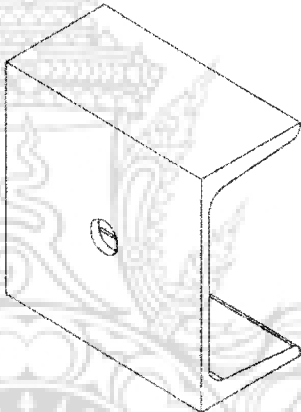
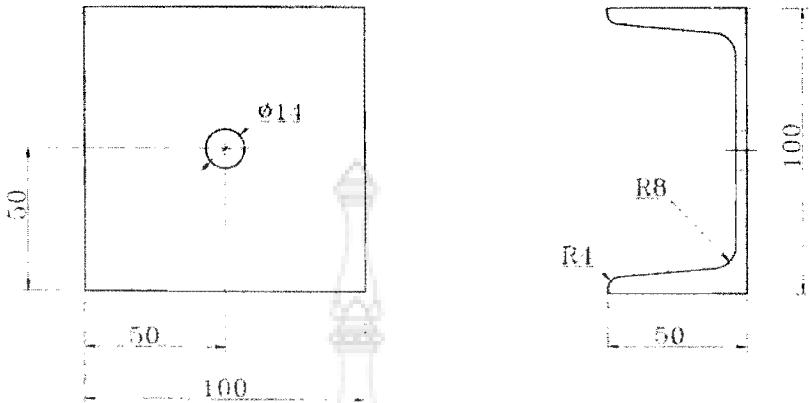
Ø14-4 HOLES.



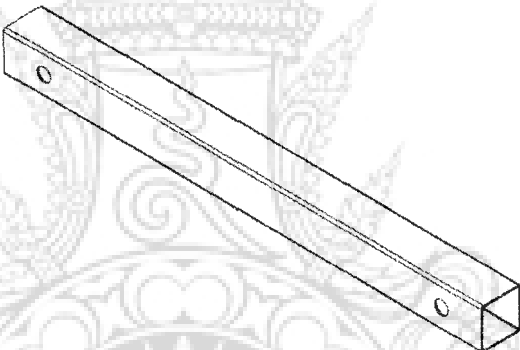
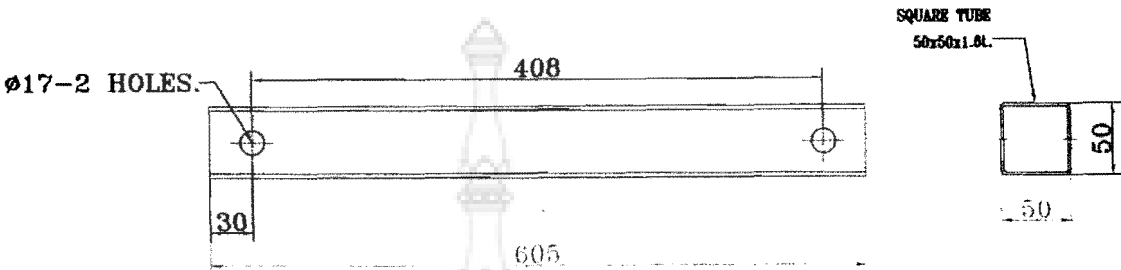
13	ตัวยึดโครง	100x50x100	SS400	-	4
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ	นายสมพงษ์ ปิยะพระคชา				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐานส่วน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ IE-011	
1:2	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า				



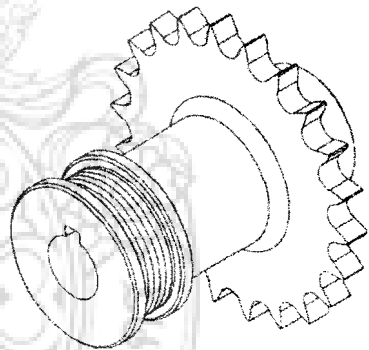
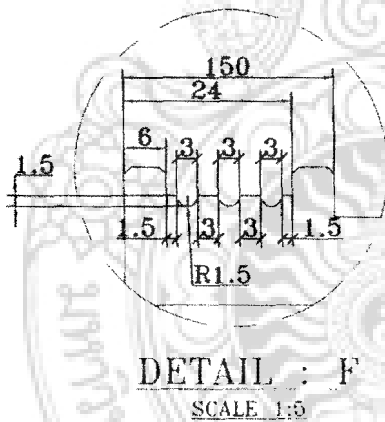
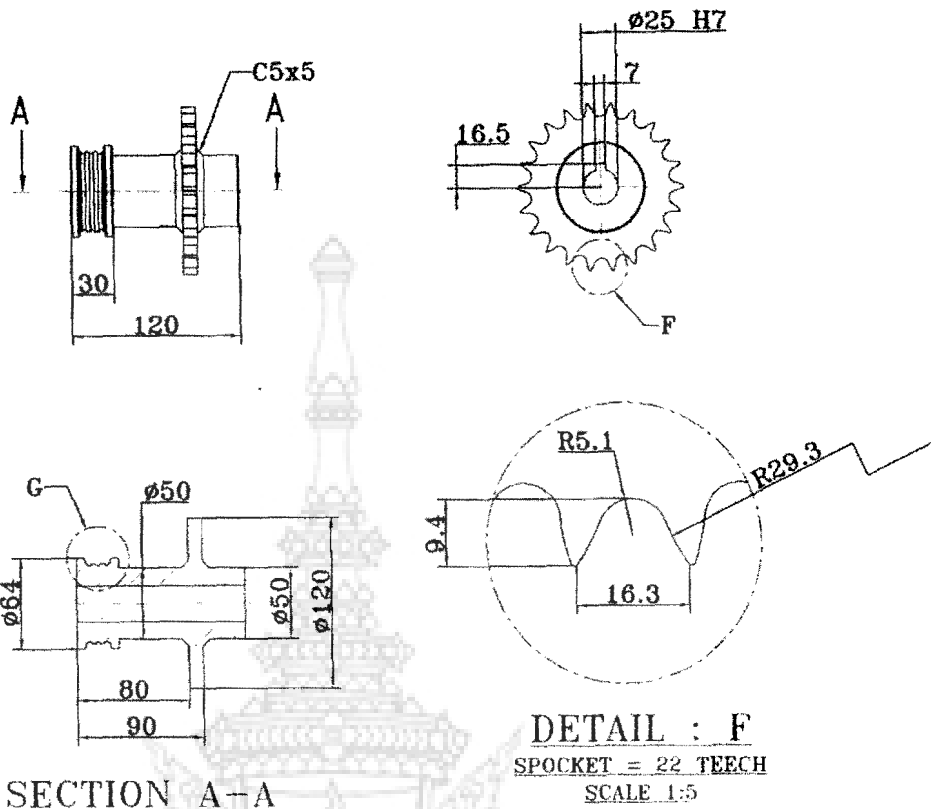
05	เพลาคัดตึง	$\phi 25 \times 300$ L	S50C	-	3
ชื่อ	รายการ	ขนาด	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผอ.	นายสมพงษ์ ปิยะพระคชา				
ผู้ออกแบบ				หมายเลขแบบ EC-012	
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน				
	ก้านนำผลไฟฟ้า				



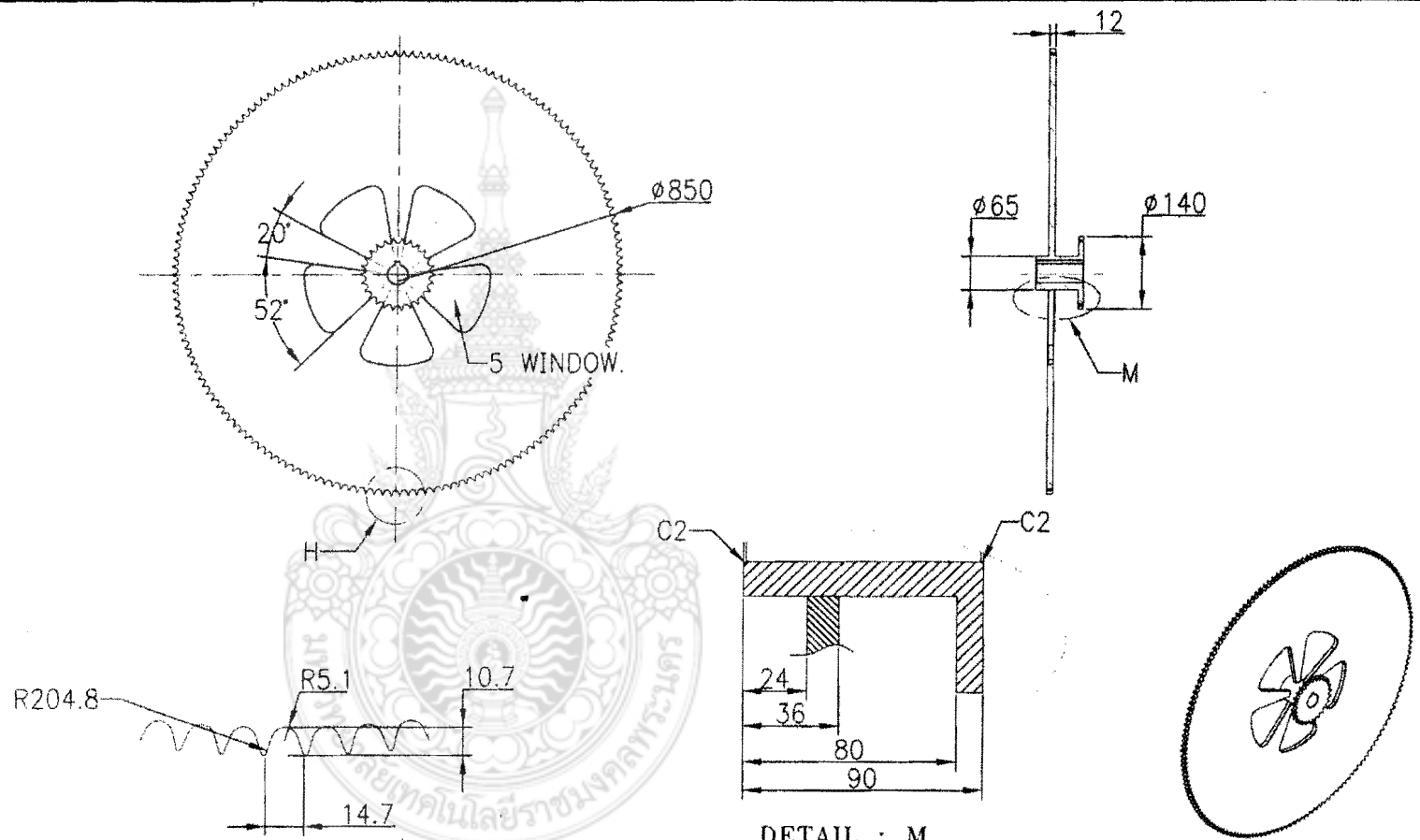
08	ตัวยึดติดตั้ง	100x50x100	SS400	-	4
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้ตรวจ				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ วิชา	นายสมพงษ์ นิลพรหม				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	เขียนงาน			หมายเลขแบบ IE-013	
12	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า				



15	งานติดตั้งแบบเกลียวปรับระดับ	☐ 50x1.6Lx605	SS 400	-	2
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ					
ผู้ตรวจ ผอ.	นายสมพงษ์ ใจเพชร				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน				
มาตราส่วน	1:4	ถังเก็บน้ำอัดไฟฟ้า		หมายเลขแบบ	IE-015



G3		เพื่องขับ Dia 120x22 ฟัน	#120x120L	S50C	-	1		
ชนิด		รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเลขแบบ	จำนวน		
ผู้เขียน					มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร			
ผู้ตรวจ								
ผู้ตรวจ อย.		นายสมพงษ์ นี้อะคะ			คณะวิศวกรรมศาสตร์			
ผู้ออกแบบ								
มาตรฐานส่วน		เขียนงาน			JE-016			
1.4		กังหันน้ำชนิดไฟฟ้า						
Ø25	H7							
Dimen.	Fit							



DETAIL : H
SPOCKET = 166 TEECH
SCALE 1:10

DETAIL : M
SCALE 1:10

05	เพื่องขับ 166 ฟัน	850x90L	S50C		2
วันที่	รายการ	ขนาดวัสดุ	วัสดุ	หมายเหตุแบบ	จำนวน
ผู้เขียน				มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ผู้ตรวจ	นายสมพงษ์ เชื้อพระคา				
ผู้ออกแบบ					
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน			หมายเลขแบบ	
1:10	กังหันน้ำผลิตไฟฟ้า			IE-017	

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

๑. ชื่อ (ภาษาไทย) นายพลังวัชร แพงธีระสุขมัย
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Plangwath paengteerasukkamai
๒. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน
๓. ตำแหน่ง อาจารย์ ระดับ ๗
๔. หน่วยงานที่ติดต่อได้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ๑๓๘๑ ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ ๑๐๘๐๐ โทรศัพท์ทำงาน ๐-๒๙๑๓-๓๐ ๑๘๐ มือถือ ๐๘๙-๖๗๘๓๗๑๙
๕. ประวัติการศึกษา
พ.ศ. ๒๕๒๙ ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาเครื่องมือกล จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์
พ.ศ. ๒๕๔๑ ปริญญาโท ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาบริหารอาชีพและเทคโนโลยีศึกษา จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
พ.ศ. ๒๕๔๖ ปริญญาตรีวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี (ศ.ร.ม.) คลองหก
๖. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ
สาขาวิศวกรรมและเทคโนโลยี
๗. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
พ.ศ. ๒๕๔๐ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและสร้างเครื่องยิงตะกร้ออัตโนมัติ เพื่อใช้ในการทดสอบงานวิจัยระดับปริญญาโท ของนายอภิชัย มุกสิทอง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พ.ศ. ๒๕๔๐ ผลงานเสร็จแล้ว
พ.ศ. ๒๕๔๔ เป็นหัวหน้าโครงการสิ่งประดิษฐ์ “สร้างเครื่องต้นแบบการใช้พลังงานลมผลิตกระแสไฟฟ้า” เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๔๔-๒๕๔๖ ใช้งบประมาณเงินผลประโยชน์ ปี พ.ศ.๒๕๔๔ จำนวน ๑๕๑,๒๘๙ บาท (หนึ่งแสนห้าหมื่นหนึ่งพันสองร้อยแปดสิบเก้าบาทถ้วน) หมดเงินอุดหนุนงานวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ผลการดำเนินงานเสร็จแล้ว
พ.ศ. ๒๕๔๘ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย “เครื่องจักรตอกกึ่งอัตโนมัติ” โดยเป็นที่ปรึกษาของนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ผลการดำเนินงานเสร็จแล้ว
พ.ศ. ๒๕๕๒ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย “ พัฒนาเครื่องจักรตอกกึ่งอัตโนมัติ ” โดยได้รับการพิจารณาจาก วช. จำนวนเงิน ๕๐,๐๐๐ บาท ดำเนินงานเสร็จสิ้นตามวัตถุประสงค์โครงการ