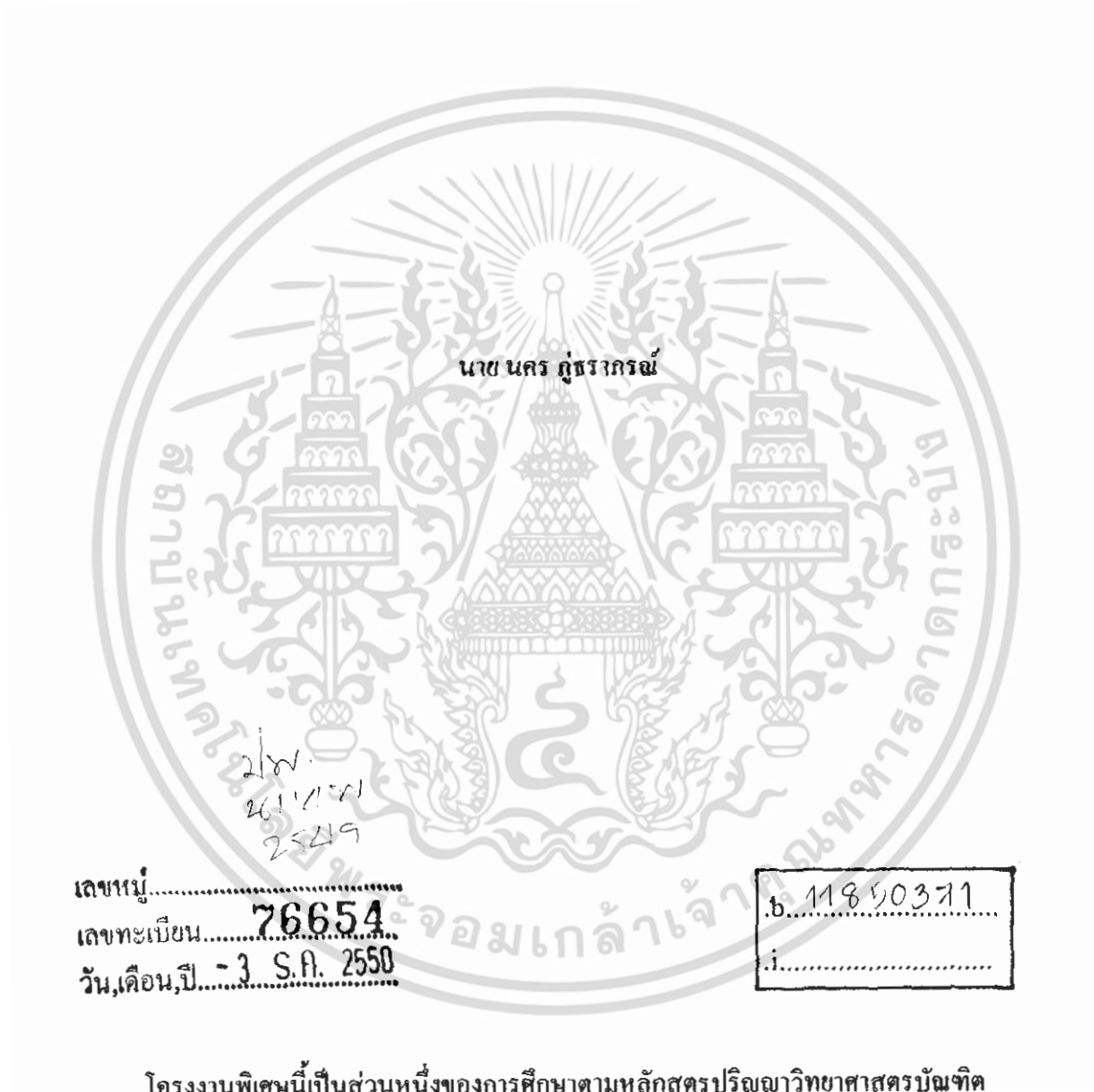


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พลังงานจากคลื่นน้ำ



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....**76654**
วัน,เดือน,ปี.....**3 S.A. 2550**

b.....**11850371**
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WAVE ENERGY



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of
Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง

พลังงานจากคลื่นน้ำ

นักศึกษา

นายนคร ภูธรารักษ์

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์ - เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. เสน่ห์ เอกะวิภาต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ กรรมการ กรรมการ กรรมการที่ปรึกษา	รศ.สุวธรรม คุณสำราญ รศ. อนุพงษ์ สรงประภา รศ. วิชาญ เดชิตธีระ รศ.ดร. เสน่ห์ เอกะวิภาต

.....
(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชิตธีระ)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	พลังงานจากคลื่นน้ำ
นักศึกษา	นายนคร ภูธรารักษ์
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2549
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. เสน่ห์ เอกะวิภาต

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานคลื่นน้ำ มีการดำเนินงานทดลองใน 3 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ ส่วนแรกได้แก่การสร้างท่อนลอยน้ำ โดยมีการสร้างท่อนลอยน้ำจำลองในรูปทรงกระบอกและทรงลูกข่าง โดยมีผลสรุปคือเลือกใช้ท่อนลอยน้ำจำลองแบบ รูปทรงลูกข่าง ในส่วนที่สองคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งใช้แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขดลวด ซึ่งในการทดลองนี้ได้มีการเขย่าแท่งแม่เหล็กให้ผ่านขดลวดหนึ่ยวน่า โดยมีผลดังนี้ สำหรับการเขย่าเพื่อทำการประจุไฟฟ้านั้น พบว่า เมื่อเขย่าตั้งแต่ 0-500 ครั้ง ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นจาก 0-7.5 โวลต์ แต่เมื่อเพิ่มการเขย่าขึ้นเป็น 500-1,000 ครั้ง ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น 7.5-9.3 โวลต์ และเมื่อเพิ่มการเขย่าขึ้นเป็น 1,000-2,500 ครั้ง ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเริ่มคงที่ที่ 9.7 โวลต์ ในส่วนของความสัมพันธ์ระหว่างการเขย่าและระยะเวลาการใช้งานนั้นพบว่า เมื่อเขย่าตั้งแต่ 0-500 ครั้ง ระยะเวลาการใช้งานของพลังงานไฟฟ้าประมาณ 200 วินาที แต่เมื่อเขย่าตั้งแต่ 500-1,000 ครั้ง ระยะเวลาการใช้งานประมาณ 400 วินาที และเมื่อเพิ่มการเขย่าตั้งแต่ 1,000 - 2,000 ครั้ง ระยะเวลาการใช้งานประมาณ 600 วินาที ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปริมาณการเขย่าจะแปรผันตรงกับระยะเวลาการใช้งาน คือเมื่อเขย่ามากระยะเวลาการใช้งานก็จะมากตามและจะคงที่สูงสุดที่ค่าหนึ่ง สำหรับการนำท่อนลอยน้ำไปทดลองในสระน้ำที่มีการสร้างจำลองคลื่นน้ำ พบว่า คลื่นน้ำที่สร้างขึ้นไม่สามารถทำให้ท่อนกำเนิดไฟฟ้าตอบสนองได้ ในส่วนสุดท้ายของการทดลอง คือการนำท่อนกำเนิดไฟฟ้าไปทดลองลอยในแม่น้ำจริงพบว่า เมื่อเริ่มต้นประจุตั้งแต่ 0-60 นาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 0-6.15 โวลต์ แต่เมื่อเก็บข้อมูลทดลองต่อไปอีกตั้งแต่ 60-120 นาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 6.15-8.55 โวลต์ เมื่อเก็บข้อมูลทดลองต่อไปอีกตั้งแต่ 120-180 นาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดย

มีค่าเฉลี่ยเป็น 8.55-9.77 โวลต์ เมื่อเก็บข้อมูลทดลองต่อไปอีกตั้งแต่ 180-360 นาที ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 9.77-9.83 โวลต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเริ่มที่จะคงที่ ซึ่งผลการทดลองที่ได้นี้มีลักษณะพฤติกรรมใกล้เคียงกับการทดลองด้วยวิธีการเขย่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Wave Energy
Name	Mr. Nakorn Pootharaporn
Department	Applied Physics
Program	Applied Physics-Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2006
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Dr. Sanay Akavipat

ABSTRACT

A special project this study wave energy using three method process experiment part. First part began build floater buoy which construct model reduce size scale for cylinder type and top type. The result this part is select buoy top type. In second part were small scale generator which using magnetic bar moving cross armature coil which give rise to electric current in coil. In experiment this part using oscillate or shake magnetic bar give moving cross coil induce. The result of second part for shake produce electric charge find out that shake start at 0 to 500 time ,the voltage increase form 0 to 7.5 volts but when increase shake is 500 to 1000 time ,the voltage just increase is 7.5 to 9.3 volts and when increase shake is 1000 to 2500 time ,the voltage just began constant value at 9.7 volts. In part of relation between shake and time able to work find out that shake from 0 to 500 time estimate time value to work of electric energy about 400 second and when increase shake form 1000 to 2000 time have time able to work about 600 second. So conclusion that quantity shake variable with time able to work. When shake many amount of shake ,they time able to work increased and just value constant maximum at someone value. For experiment bring to buoy generator float in water pool and create wave duplicate fin out that wave is increased not able give buoy generator respond able. In the last part of experiment was bring buoy generator experiment float in river find out that began charge from 0 to 60 minute the voltage increase have average value at 0 to 6.15 volts but when keep data experimental additionally from 60 to 120 minute the voltage increase average value at 6.15 to 8.55 volts , when addition result experiment from 120 to 180 minute , the voltage value in creased average is 8.55

to 9.77 volts. So that result voltage value began constant which result of experiment demonstrate behaviour same with experimental by shake method.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความสนับสนุนและการให้คำปรึกษาจากรองศาสตราจารย์เสน่ห์ เอกวิภาต ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษฉบับนี้ ผู้จัดทำโครงการพิเศษจึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ที่ให้การอนุมัติดำเนินการทำโครงการและสนับสนุนเงินงบประมาณ กรรมการสอบทุกท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆต่อเติมเสริมแต่งทำให้โครงการฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อาจารย์ทุกท่านผู้ที่คอยอยู่เบื้องหลังสั่งสอนศิษย์ให้วิชาความรู้ต่างๆ และบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและการสนับสนุนในทุกๆด้าน พี่ชายสำหรับทุกคำปรึกษาและการเป็นที่ปรึกษาพิเศษ เพื่อนๆทุกคนในภาควิชาฟิสิกส์ที่คอยให้ความช่วยเหลือและ กำลังใจจนทำให้โครงการพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

นาย นคร ภูธรารักษ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	4
2.1 พลังงานคลื่น.....	4
2.2 ประวัติพลังงานคลื่น.....	4
2.3 ลักษณะการเกิดของคลื่นและแหล่งที่จะพบพลังงานคลื่น.....	5
2.3.1 การเกิดคลื่น.....	5
2.3.2 แหล่งที่จะพบพลังงานคลื่น.....	5
2.4 ลักษณะทางกายภาพของคลื่น.....	5
2.4.1 คุณสมบัติของคลื่นและกำลังคลื่น.....	6
2.4.2 คลื่นบริเวณน้ำลึก.....	6
2.4.3 คลื่นบริเวณน้ำลึกปานกลาง.....	8
2.4.4 คลื่นบริเวณน้ำตื้น.....	8
2.4.5 ทิศทางคลื่น.....	9
2.4.6 การเปลี่ยนแปลงบริเวณใต้ผิวน้ำ.....	9
2.4.7 การเคลื่อนตัวเข้าไปในบริเวณน้ำตื้น.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.8 การหักเหของคลื่น.....	10
2.5 การนำพลังงานคลื่นไปใช้ประโยชน์.....	11
2.6 การเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่น.....	12
2.7 เทคโนโลยีและอุปกรณ์ในการสกัดพลังงาน.....	13
2.7.1 Oscillating Water Column (OWC).....	14
2.7.2 Tapchan.....	16
2.7.3 Pelamis.....	17
2.7.4 Salter Duck.....	18
2.7.5 Wave Dragon.....	19
2.7.6 Archimedes Wave Swing.....	21
2.7.7 Mighty Whale.....	22
2.7.8 Power Buoy.....	24
2.7.9 Aquabuoy.....	24
2.7.10 McCabe Wave Pump.....	25
2.8 การจำแนกอุปกรณ์และเทคโนโลยีพลังงานคลื่น.....	27
2.8.1 การจำแนกประเภทพลังงานคลื่น.....	27
2.8.1.1 จำแนกตามองค์ประกอบเบื้องต้น.....	27
2.8.1.2 จำแนกตามรูปแบบวิธีการดูดซับพลังงานคลื่น.....	27
2.8.1.3 จำแนกตามบริเวณสถานที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์.....	27
2.8.2 การแบ่งอุปกรณ์ตามการติดตั้ง.....	28
2.8.2.1 อุปกรณ์แบบยึดอยู่กับที่.....	28
2.8.2.2 อุปกรณ์แบบลอยน้ำ.....	30
2.8.2.2.1 Whale และ Backward Bent Duct Buoy.....	31
2.8.2.2.2 Floating Wave Power Vessel (FWPV).....	32
2.8.2.2.3 Clam.....	33
2.8.2.2.4 Duck.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.2.2.5 Pelamis.....	36
2.8.2.3 อุปกรณ์แบบผูกโยง.....	37
2.8.2.3.1 Hose Pump.....	37
2.8.2.3.2 Interproject Service Convertor.....	37
2.9 การวิจัยและพัฒนาพลังงานคลื่นทั่วโลก.....	38
2.9.1 ประเทศนอร์เวย์.....	38
2.9.2 สหราชอาณาจักร.....	39
2.9.3 ประเทศจีน.....	40
2.9.4 ประเทศอินเดีย.....	41
2.9.5 ประเทศแคนาดา.....	42
2.9.6 ประเทศสวีเดน.....	44
2.9.7 ประเทศโปรตุเกส.....	45
2.9.8 ประเทศเนเธอร์แลนด์.....	46
2.9.9 ประเทศมลฑลคีฬ.....	46
2.9.10 ประเทศเกาหลี.....	47
2.9.11 ประเทศอินโดนีเซีย.....	47
2.9.12 สาธารณรัฐไอร์แลนด์.....	47
2.9.13 ประเทศสหรัฐอเมริกา.....	48
2.9.14 ประเทศออสเตรเลีย.....	49
2.9.15 ประเทศญี่ปุ่น.....	49
2.10 การพิจารณาพลังงานคลื่นในเชิงเศรษฐศาสตร์.....	50
2.11 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	52
2.12 จุดเด่นและจุดค้อย.....	53
2.12.1 จุดเด่น.....	53
2.12.2 จุดค้อย.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
3.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหมุนลอย.....	54
3.1.1 ส่วนหมุนลอย.....	54
3.1.1.1 ลักษณะทางกายภาพของหมุน.....	54
3.1.1.2 ส่วนกำเนิดไฟฟ้า.....	55
3.2 วิธีการทดลอง.....	59
3.2.1 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหมุนลอย.....	59
3.2.1.1 อุปกรณ์ต้นแบบ.....	59
3.2.1.2 การสร้างต้นแบบ.....	60
3.2.1.3 ลักษณะแบบจำลอง.....	61
3.2.1.4 แกนเสาหมุนและฐาน.....	62
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	64
4.1 การสร้างเครื่องจำลองการเกิดคลื่น.....	65
4.1.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างสระน้ำประกอบด้วย.....	65
4.1.2 ขนาดของสระน้ำและปริมาตรน้ำที่ใช้.....	66
4.1.3 แรงดันน้ำที่กระทำต่อผนังกั้นน้ำรอบสระ.....	66
4.1.4 โครงสร้างของสระน้ำ.....	66
4.1.5 ขั้นตอนการสร้างสระน้ำ.....	67
4.2 การสร้างเครื่องกำเนิดคลื่น.....	67
4.3 การสร้างวงจรสำหรับควบคุมการกำเนิดคลื่น.....	69
4.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรเชิงเส้นแบบหมุนลอยน้ำ.....	70
4.4.1 โครงสร้างระบบไฟฟ้าและระบบผลิตกำลัง.....	70
4.5 โครงสร้างทางกลของหมุนลอยและเครื่องกำเนิด.....	71
4.5.1 หมุนลอย.....	71
4.5.2 แท่งเคลื่อนที่และอาร์เมเจอร์.....	72

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6 ผลการทดลอง.....	73
4.6.1 การทดลองตอนที่ 1 การจำลองการเกิดคลื่น โดยการเขย่า.....	74
4.6.1.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาที่ความต่างศักย์ลดลง 1 โวลต์.....	93
4.6.1.2 การวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุด.....	94
4.6.2 การทดลองตอนที่ 2 การกำเนิดคลื่นในสื่อนำจำลองคลื่นเสมือนจริง.....	94
4.6.3 การทดลองตอนที่ 3 การนำหุ่นกำเนิดไฟฟ้าไปทดลองจริงในแม่น้ำ.....	96
4.6.3.1 ผลการทดลอง.....	97
4.6.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	98
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	99
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	99
5.1.1 สรุปผลการทดลองด้วยวิธีการเขย่า.....	99
5.1.2 สรุปผลการทดลองด้วยวิธีการกำเนิดคลื่นในสื่อนำจำลองคลื่น.....	99
5.1.3 สรุปผลการทดลองจริงในแม่น้ำ.....	99
5.2 พลังงานคลื่น.....	100
5.3 ก้าวต่อไปของพลังงานคลื่น.....	100
5.4 พลังงานคลื่นสำหรับประเทศไทย.....	101
5.5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	102
5.6 ข้อเสนอแนะ.....	102
เอกสารอ้างอิง.....	103

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 แสดงลักษณะของคลื่นอุดมคติ.....	7
2-2 ลักษณะลูกคลื่นแบบต่างๆ.....	8
2-3 ทิศทางคลื่นกลีบกุหลาบ.....	9
2-4 พฤติกรรมของคลื่นบริเวณใต้ผิวน้ำ.....	10
2-5 แสดงผลที่เกิดกับความเร็วและการสะท้อนเมื่อคลื่นเดินทางเข้าสู่ฝั่ง.....	11
2-6 แสดงแนวการสะท้อนของคลื่นเมื่อเข้าสู่ชายฝั่ง.....	12
2-7 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์แบบ oscillating water column.....	14
2-8 แสดงลักษณะการทำงานของระบบ oscillating water column.....	15
2-9 แสดงการติดตั้งและทำงานจริงของระบบ oscillating water column.....	15
2-10 ภาพแบบจำลองลักษณะการติดตั้งของอุปกรณ์ TAPCHAN.....	16
2-11 แสดงสภาพการทำงานจริงในทะเล ใกล้แนวชายฝั่งของอุปกรณ์ Pelamis.....	17
2-12 ภาพขนาดจริงของ Pelamis.....	18
2-13 โครงสร้างของอุปกรณ์ Salter Duck.....	19
2-14 แบบจำลองการทำงานอุปกรณ์ Wave Dragon.....	20
2-15 สภาพการทำงานจริงอุปกรณ์ Wave Dragon.....	20
2-16 โครงสร้างของอุปกรณ์ wave dragon.....	21
2-17 การติดตั้งอุปกรณ์ AWS ในทะเล.....	22
2-18 แบบจำลองการทำงาน Mighty Whale ในทะเล.....	23
2-19 ภาพอุปกรณ์ต้นแบบ Mighty Whale.....	23
2-20 ภาพจำลองการติดตั้ง Power Buoy.....	24
2-21 ภาพการจำลองทำงานของ Aqua buoy.....	25
2-22 รายละเอียดส่วนประกอบของ McCabe Wave Pump.....	26
2-23 การติดตั้งและทำงานจริงของ McCabe Wave Pump.....	26
2-24 แสดงโครงแบบอุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบต่างๆ.....	27
2-25 อุปกรณ์เพนดูลอร์.....	30
2-26 แสดงอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Whale.....	31

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 แสดงลักษณะของคลื่นอุดมคติ.....	7
2-2 ลักษณะลูกคลื่นแบบต่างๆ.....	8
2-3 ทิศทางคลื่นก่อกวนหลาย.....	9
2-4 พฤติกรรมของคลื่นบริเวณใต้ผิวน้ำ.....	10
2-5 แสดงผลที่เกิดกับความเร็วและการสะท้อนเมื่อคลื่นเดินทางเข้าสู่ฝั่ง.....	11
2-6 แสดงแนวการสะท้อนของคลื่นเมื่อเข้าสู่ชายฝั่ง.....	12
2-7 แสดงโครงสร้างของอุปกรณ์แบบ oscillating water column.....	14
2-8 แสดงลักษณะการทำงานของระบบ oscillating water column.....	15
2-9 แสดงการติดตั้งและทำงานจริงของระบบ oscillating water column.....	15
2-10 ภาพแบบจำลองลักษณะการติดตั้งของอุปกรณ์ TAPCHAN.....	16
2-11 แสดงสภาพการทำงานจริงในทะเลใกล้แนวชายฝั่งของอุปกรณ์ Pelamis.....	17
2-12 ภาพขนาดจริงของ Pelamis.....	18
2-13 โครงสร้างของอุปกรณ์ Salter Duck.....	19
2-14 แบบจำลองการทำงานอุปกรณ์ Wave Dragon.....	20
2-15 สภาพการทำงานจริงอุปกรณ์ Wave Dragon.....	20
2-16 โครงสร้างของอุปกรณ์ wave dragon.....	21
2-17 การติดตั้งอุปกรณ์ AWS ในทะเล.....	22
2-18 แบบจำลองการทำงาน Mighty Whale ในทะเล.....	23
2-19 ภาพอุปกรณ์ต้นแบบ Mighty Whale.....	23
2-20 ภาพจำลองการติดตั้ง Power Buoy.....	24
2-21 ภาพการจำลองทำงานของ Aqua buoy.....	25
2-22 รายละเอียดส่วนประกอบของ McCabe Wave Pump.....	26
2-23 การติดตั้งและทำงานจริงของ McCabe Wave Pump.....	26
2-24 แสดงโครงแบบอุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบต่างๆ.....	27
2-25 อุปกรณ์เพนคูเลอร์.....	30
2-26 แสดงอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Whale.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-27 แสดง Backward Bent Duct Buoy.....	31
2-28 แสดง Floating Wave Power Vessel.....	32
2-29 Clam ต้นแบบภายใต้การทดสอบ.....	33
2-30 ภาพตัดขวางภายในของ Clam.....	34
2-31 อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Duck.....	35
2-32 แบบจำลองอุปกรณ์ทดสอบในถังน้ำ.....	35
2-33 อุปกรณ์ขนาดจำลองทดสอบใน ลอซต์เนสต์ สกอตแลนด์.....	36
2-34 ต้นแบบ Pelamis ภายใต้การทดสอบ.....	36
2-35 ระบบ Aquabuoy พัฒนามาจากพื้นฐานของทั้ง IPS และ hose pump.....	38
2-36 ภาพจำลอง OSPREY 1.....	40
2-37 Pitching และ Surging FROG.....	40
2-38 ภาพตัดขวางของอุปกรณ์เชื่อมOWC.....	42
2-39 ทู่นแบบลากคิง.....	43
2-40 อุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบ Hose pump.....	45
2-41 ภาพจำลอง McCabe Wave Pump.....	48
2-42 แนวความคิดพลังงานคลื่นออสเตรเลีย.....	49
2-43 วิวัฒนาการของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของอุปกรณ์แบบต่างๆ.....	51
3-1 แสดงลักษณะเบื้องต้นของทู่น.....	54
3-2 การเห็นขบวนกระแสน้ำจากสนามแม่เหล็กที่ตัดผ่านหน้าตัดของขดลวด.....	55
3-3 ขดลวดและแม่เหล็กของตัวไฟฉาย.....	56
3-4 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์และรูปคลื่นวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์.....	56
3-5 แสดงวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ภายในตัวไฟฉาย.....	57
3-6 อธิบายการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ.....	58
3-7 การคายประจุของตัวเก็บประจุ.....	58
3-8 ตัวเก็บประจุอยู่ในตัวไฟฉาย.....	58
3-9 แบบจำลองอุปกรณ์ต้นแบบ.....	60
3-10 การตัดทอนเนื้อโฟม.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-11 ลักษณะแบบจำลองของทุนและฐานแกน.....	62
3-12 แสดงภาพแกนเสาและฐาน.....	62
4-1 แสดงสระน้ำจำลองที่สร้างเสร็จ.....	67
4-2 ส่วนกำเนิดพลังงาน.....	71
4-3 โครงร่างเชิงกลของตัวทุน.....	72
4-4 แสดงแท่งเคลื่อนที่และอาร์เมเจอร์.....	72
4-5 ชุดอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าพลังงานที่ผลิตได้.....	73
4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์สูงสุดกับจำนวนครั้งการเขย่า.....	88
4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์สูงสุดกับจำนวนครั้งการเขย่า.....	93
4-8 แสดงผลการวิเคราะห์.....	93
4-9 แสดงผลการวิเคราะห์.....	94
4-10 แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่นที่สร้างขึ้น.....	95
4-11 แสดงสภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบริเวณสะพานพระราม 8.....	96
4-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทำงานของทุนกับแรงดันที่วัดได้.....	97
4-13 แสดงผลการวิเคราะห์.....	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันพลังงานทดแทนกำลังเป็นที่นิยมใช้ทดแทนการนำเข้พลังงานจากต่างชาติ รวมทั้งการศึกษาพัฒนาเพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพและปริมาณอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการนำมันสำปะหลังมาสกัดเป็นแอลกอฮอล์เพื่อผสมกับน้ำมันเบนซินกลายเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันดีเซลเป็นไบโอดีเซล พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้ก็เพื่อนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ในการเปลี่ยนรูปพลังงาน มาอยู่ในรูปแบบพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้ผลิตไฟฟ้าป้อนให้กับภาคเศรษฐกิจ ซึ่งปัจจุบันใช้พลังงานจาก น้ำมัน ก๊าซ และนิวเคลียร์ เป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งนอกจากจะมีราคาแพงแล้ว ยังมีผลกระทบต่อสถานะแวดล้อมเป็นอย่างมาก

พลังงานคลื่น เป็นพลังงานรูปแบบใหม่ โดยใช้พลังงานธรรมชาติจากคลื่นน้ำ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน เริ่มมีการใช้ในประเทศสหราชอาณาจักร นอร์เวย์ สวีเดน ญี่ปุ่น จีน อินเดีย สหรัฐอเมริกา เป็นต้น พลังงานคลื่นจัดเป็น พลังงานที่ไม่มีวันหมด สามารถเกิดขึ้นมืออยู่อย่างไม่มีจำกัดและนำมาใช้ได้ตลอดเวลา นอกจากนี้พลังงานคลื่นยังจัดเป็นพลังงานสะอาด ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีต้นทุนในการเปลี่ยนรูปพลังงานที่ต่ำกว่าพลังงานรูปแบบอื่นๆ พลังงานคลื่นจึงสามารถก้าวขึ้นมาเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ที่จะทดแทนพลังงานรูปแบบอื่นๆ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้

รูปแบบของสิ่งประดิษฐ์ทางด้านพลังงานคลื่นมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศนั้นๆ ซึ่งเราสามารถแบ่งออกได้อย่างกว้างๆคือ ติดตั้งบริเวณแนวชายฝั่งหรือบนฝั่ง ใกล้กับแนวชายฝั่ง และนอกแนวชายฝั่งออกไป นอกจากนี้ยังจำแนกได้ตามลักษณะการเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่น เช่น ระบบกังหันลม กังหันน้ำ ระบบไฮดรอลิก เครื่องกำเนิดแบบขับเคลื่อน

พลังงานคลื่นสามารถประยุกต์ใช้โดยการนำเอาพลังงานคลื่น ไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่ภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรม พลังงานคลื่นนี้เป็นพลังงานที่มีต้นทุนการเปลี่ยนรูปพลังงานที่ต่ำกว่าพลังงานรูปแบบอื่น จึงเหมาะสมหากจะนำพลังงานคลื่นมาผลิตกระแสไฟฟ้า และศึกษาค้นคว้าวิธีที่ให้มาซึ่งประสิทธิภาพของพลังงานสูงสุดที่จะได้ออกมา

จากสิ่งดังกล่าวมาข้างต้น ก่อให้เกิดแนวความคิดในการนำเอาพลังงานคลื่น ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่มีวันหมด โดยการประยุกต์ใช้ภายใต้หลักการทางฟิสิกส์ เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับพลังงานคลื่น และนำพลังงานที่ได้มาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษาพลังงานคลื่น โดยประยุกต์องค์ความรู้ภายใต้หลักการทางฟิสิกส์
- 1.2.2 เพื่อนำทฤษฎีและหลักการด้านพลังงานคลื่นมาประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรม
- 1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานคลื่นน้ำมาผลิตไฟฟ้าสำหรับจ่ายโหลดอย่างพอเพียงให้กับชุมชนขนาดเล็ก หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.3 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

โครงการนี้จะศึกษาประยุกต์องค์ความรู้ภายใต้หลักการทางฟิสิกส์ ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีพลังงานคลื่นน้ำ และพลังงานจากสนามแม่เหล็ก เพื่อนำองค์ความรู้มาประยุกต์ โดยจะแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

- ศึกษารูปแบบของพลังงานคลื่นน้ำที่เป็นไปได้สำหรับนำมาประยุกต์ใช้
- เลือกรูปแบบที่เหมาะสม
- ออกแบบการทดลองการเกิดพลังงานคลื่น โดยการจำลองการเขย่า
- ออกแบบการทดลองการเกิดพลังงานคลื่น โดยการจำลองคลื่นในสระน้ำ
- ออกแบบการทดลองการเกิดพลังงานคลื่น โดยการทดลองในแม่น้ำ
- นำผลที่ได้มาวิเคราะห์

1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการประมาณ 1 ปี คือระหว่างเดือน มิ.ย. 2549 - มี.ค. 2550

ตารางที่ 1-1 ระยะเวลาการทำวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาการทำวิจัย														
	ปี 2549												ปี 2550		
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5			
1.เก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น															
2.ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น															
3.วางแผนการทำโครงการ															
4.ออกแบบและสร้างวงจร, ชิ้นงาน															
5.ทดสอบวงจรและชิ้นงาน															
6.เก็บรวบรวมการทดสอบ															
7.วิเคราะห์ข้อมูล/สรุปผล															
8.จัดพิมพ์รูปเล่ม															

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ทราบแนวทางที่เป็นไปได้ในการนำทฤษฎีและหลักการด้านพลังงานคลื่นน้ำสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมของไทยได้ในเชิงปฏิบัติ
- 1.5.2 ทราบแนวทางปฏิบัติที่จะนำพลังงานที่ได้จากคลื่นน้ำมาผลิตกระแสไฟฟ้า
- 1.5.3 ทราบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากพลังงานคลื่นน้ำ
- 1.5.4 ทราบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เพียงพอสำหรับจ่ายให้กับชุมชน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พลังงานคลื่น

พลังงานคลื่น หมายถึง พลังงานที่ได้มาจากการสั่นไหวของคลื่นบนผิวน้ำ อย่างต่อเนื่อง หลากหลายทุกคลื่น โดยสามารถสกัดพลังงานคลื่นให้อยู่ในรูปพลังงานต่างๆด้วยวิธีการทางฟิสิกส์ ซึ่งสามารถนำพลังงานที่ได้จากคลื่นนั้น นำมาใช้ประโยชน์โดยเฉพาะการนำมาผลิตไฟฟ้า

พลังงานคลื่น หมายถึง การเคลื่อนไหวของน้ำใกล้กับผิวของน้ำทะเล คลื่นกำเนิดมาจากลม พัดเหนือผิวน้ำซึ่งทำให้อนุภาคได้นำเคลื่อนที่เป็นวงกลม ในการเคลื่อนที่มีพลังงานจลน์เป็นไปตาม ความเร็วและความต่อเนื่องของลม ความกว้างของทะเลที่ลมพัดเหนือทะเล ความลึกของน้ำ พื้นทะเล แรงภายในของน้ำระหว่างน้ำขึ้นลง

2.2 ประวัติพลังงานคลื่น

จากวิกฤตการณ์น้ำมันขาดแคลนในปี ค.ศ.1970 ทำให้หลายรัฐบาลทั่วโลกได้มีการส่งเสริม การหาแหล่งพลังงานทดแทน ส่งผลให้มีการนำพลังงานคลื่นซึ่งเป็นพลังงานรูปแบบใหม่ขึ้นมา ศึกษาและวิจัยอย่างจริงจัง ด้วยการสนับสนุนงบประมาณจากรัฐบาลประเทศต่างๆ เช่น สหราชอาณาจักร นอร์เวย์ ญี่ปุ่น เป็นต้น จากปี ค.ศ.1974 ถึง ค.ศ.1983 รัฐบาลสหราชอาณาจักร ใช้ งบประมาณกว่า 20 ล้านในแผนการพัฒนาและค้นคว้าวิจัยพลังงานคลื่น โดยส่วนใหญ่รัฐบาล ประเทศต่างๆให้งบในการวิจัยพลังงานคลื่นเป็นกองทุนผ่านทางมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัย สร้าง ความท้าทายให้กับนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร ในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถสกัดเอาพลังงาน คลื่นออกมาใช้ประโยชน์ ซึ่งต้องประสานความรู้หลายสาขาวิชา เช่น สมุทรศาสตร์ กลศาสตร์ของ ไหล่ วิศวกรรมโครงสร้าง วิศวกรรมชายฝั่ง เป็นต้น หลังจากนั้นเมื่อวิกฤตการณ์สิ้นสุดลง พลังงาน คลื่นก็เงียบหายไปเนื่องจากอุปกรณ์ต้นแบบมีต้นทุนสูง และมีความยากลำบากในการพัฒนาและ วิจัย

ในการพัฒนาที่ญี่ปุ่นเริ่มต้นปี ค.ศ.1940 และถึงขีดสุดในปี ค.ศ.1970 เมื่อต้นแบบลอยน้ำ ขนาดใหญ่มีการทดสอบขึ้น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1974 ถึง ค.ศ.1985 มีมากกว่า 200 เครื่องต้นแบบที่มีการ ออกแบบและมีการทดสอบ

กลางปี ค.ศ.1990 พลังงานคลื่นกลับมาเป็นที่สนใจอีกครั้ง โดยการนำของบริษัทวิศวกรรม ขนาดเล็ก ส่งผลให้มีจำนวนชิ้นงานเกิดขึ้นมากมายทั่วโลก (รวมถึงงานเกี่ยวกับวิธีการสร้างด้วย) ด้วยการเรียนรู้จากบทเรียนและการทดลอง ทุกอุปกรณ์ทำในขนาดเล็กและกำลังขาออกไม่มาก (สูงสุดไม่เกิน 2 กิโลวัตต์) แต่อย่างไรก็ตาม ทุกเครื่องที่สร้างตั้งแต่กลางปีจนถึงปลายปี ค.ศ.1990

ยังคงอยู่ในระดับของการวิจัยและการศึกษา แต่ในระยะเวลาอันใกล้นี้ พลังงานคลื่นจะกลายเป็นการติดตั้งในระบบอุตสาหกรรม (แต่ก็ขึ้นอยู่กับบริษัทวิศวกรรมขนาดเล็ก) สิ่งที่ต้องสนใจต่อไปคือการเน้นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เทคโนโลยี

2.3 ลักษณะการเกิดของคลื่นและแหล่งที่จะพบพลังงานคลื่น

2.3.1 การเกิดคลื่น

คลื่นเกิดจากการที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ เกิดเป็นการไหลของอากาศ การไหลของอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งเกิดเป็นลม เมื่อลมพัดตัวขวางผิวหน้าของน้ำทำให้อนุภาคได้นำ เคลื่อนที่เป็นวงกลมอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นคลื่นขึ้น ขนาดของคลื่นเป็นฟังก์ชันของความเร็วม ถ้าลมพัดแรงก็ก่อให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่ คลื่นที่มีขนาดใหญ่เป็นคลื่นที่มีความเหมาะสมของพลังงานจนที่มาก(จากการเคลื่อนที่) พลังงานคลื่นก็จะกลายเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่ก่อมลภาวะ

ลักษณะอื่นๆที่อาจทำให้เกิดคลื่นขึ้นได้

- Ripple , wind wave และswell เกิดจากลมบริเวณรอยต่อระหว่างบรรยากาศกับผิวน้ำ
- Internal wave คลื่นใต้น้ำ คือคลื่นระหว่างชั้นน้ำ เกิดจากน้ำมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน หรือสิ่งรบกวนรอยต่อของน้ำ เช่น เรือแล่น
- Tide (น้ำขึ้นน้ำลง) เป็นคลื่นผิวน้ำที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์

2.3.2 แหล่งที่จะพบพลังงานคลื่น

ชายฝั่งทะเลที่มีลมพัดแรงรอบมหาสมุทรอันกว้างใหญ่ คือสถานที่ที่ดีที่สุดในการตั้งโรงไฟฟ้าพลังคลื่น ลมแรงที่พัดแรงอย่างต่อเนื่อง หน้าคลื่นที่กว้างยาวออกไป เกิดเป็นคลื่นขนาดใหญ่ที่เต็มไปด้วยพลังงานที่มากมาย ลมแรงและคงที่ ที่พัดในโลกส่วนใหญ่ บริเวณลมที่ให้กำเนิดคลื่นที่ใหญ่มากอยู่ในเขตพื้นที่เขตร้อนบนเขตร้อนศูนย์สูตร พื้นที่ที่มีพลังลมที่เหมาะสมอยู่ตามแนวขอบชายฝั่งตะวันออกในส่วนของลมกรรโชกแรงจากทิศตะวันตกพัดเข้าสู่เส้นศูนย์สูตร เช่น ฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกา ประเทศสหรัฐอเมริกา ในละติจูดกลาง พายุตามเส้นทางกระแสลมแรงระดับสูงตะวันออก กระแสอากาศเคลื่อนที่เร็วในบรรยากาศสูงๆผลิตคลื่นจักรรอบชายฝั่งตะวันตก เช่น ชายฝั่งแปซิฟิกของประเทศไทยอเมริกา ณ ละติจูดสูงๆใกล้ขั้วโลกตะวันออกให้ลมขนาดใหญ่ของคลื่นขนาดใหญ่ในโลก สูงถึง 30.5 เมตร ในมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ

2.4 ลักษณะทางกายภาพของคลื่น

คลื่นกำเนิดจากลมที่พัดผ่านเหนือผิวน้ำ กลไกการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคลื่นคือปฏิกริยากันระหว่างลมและผิวน้ำ กระบวนการ 3 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ได้แก่

1. เริ่มต้น อากาศไหลผ่านเหนือผิวน้ำด้วยความกดอากาศสัมพันธ์เป็นวงกลมบนผิวน้ำ ก่อให้เกิดคลื่นและมีการเพิ่มจำนวนขึ้นของคลื่น
2. ความแปรปรวนของอากาศที่ไหลผ่านยอดคลื่นผิวน้ำอย่างรวดเร็วแปรตามความเครียดแยกจากและการเปลี่ยนแปลงความดัน โดยแกว่งไปมาในเฟสกับคลื่นที่มีอยู่
3. ท้ายสุด เมื่อคลื่นมาถึงขนาดพอเหมาะ ลมสามารถกดคลื่นด้วยแรงสูง บนผิวลมของคลื่น ทำให้คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น

ลมเกิดขึ้นมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานแสงอาทิตย์ที่เก็บสะสมไว้ในมหาสมุทร มีระดับกำลังแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 100 วัตต์ต่อเมตรกำลังสอง แต่สามารถที่เปลี่ยนพลังงาน ไปสู่พลังงานคลื่น ในระดับกำลังที่มากกว่า 100 กิโลวัตต์ต่อเมตร ของความยาวของคลื่น

คลื่นภายในหรือคลื่นปิด อยู่ในแหล่งกำเนิดเรียกว่า คลื่นมรสุม(Storm wave) เป็นคลื่นที่มีความซับซ้อนจากทะเลที่ไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม คลื่นสามารถเดินทางออกไปยังพื้นที่กับการสูญเสียพลังงานเล็กน้อย สร้างเป็นคลื่นโป่ง (Swell wave) ณ ระยะทางกว้างใหญ่จากจุดกำเนิด ขนาดของคลื่นกำหนดโดยสนามลมซึ่งขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ ความเร็วลม ระยะเวลา และการรับเอาพลังงานหรือระยะทางมากขึ้นที่พลังงานลมส่งผ่านเข้าไปในมหาสมุทร

ลักษณะคลื่นแสดงได้โดย ความยาวคลื่น(λ) ความสูง(H) และคาบเวลา (T) คลื่นที่มีแอมพลิจูดมากจะบรรจุเอาพลังงานต่อเมตรของยอดความยาวคลื่น ที่มากกว่าคลื่นโป่ง

2.4.1 คุณลักษณะคลื่นและกำลังคลื่น

ลักษณะรูปทรงของแบบคลื่นอธิบายได้โดย คลื่นไซน์(sinusoidal) ความแตกต่างของความสูงระหว่างจุดสูงสุดและระหว่างคลื่นสองลูกเป็นความสูงของคลื่น(H) และระยะทางระหว่างจุดจุดสูงสุดที่ติดกันของคลื่นเป็นความยาวคลื่น(λ)

จุดสูงสุดระหว่างคลื่นสองลูกเคลื่อนที่ขวางผิวน้ำคลื่นด้วยความเร็ว(v) เวลาในวินาที สำหรับจุดสูงสุดของคลื่นที่ติดกัน (หรือระหว่างคลื่นสองลูก) ผ่าน ไปยังจุดที่กำหนดไว้ให้เป็นคาบเวลา ความถี่(ν) ของคลื่นอธิบายจำนวนจุดสูงสุดถึงจุดสูงสุด(ลูกถึงลูก) การ สั่นของผิวน้ำต่อวินาทีสังเกตได้โดยผู้สังเกตอยู่กับที่ และเป็นคาบเวลาซึ่งกันและกัน ให้เป็น

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (2-1)$$

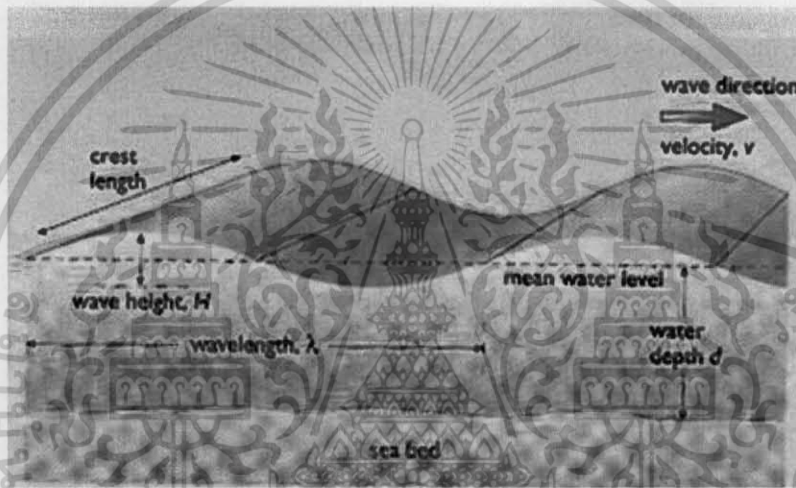
กำลังคลื่น ในหน่วยกิโลวัตต์ต่อเมตร ของคลื่นในอุดมคติเป็นค่าประมาณเท่ากับกำลังสอง
ของความสูง H (เมตร) คูณกับคาบเวลาคคลื่น T (วินาที) ดังสมการ

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad (2-2)$$

โดย P มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตร

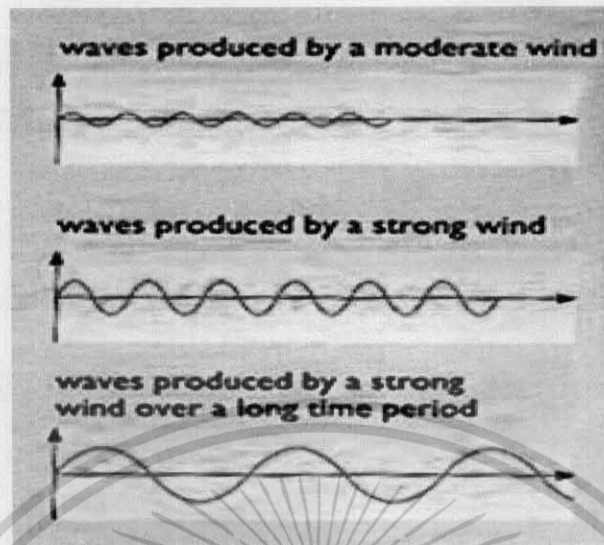
ρ คือความหนาแน่นของน้ำ

และ g คือค่าโน้มถ่วงของโลก (9.81 m/s^2)



รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะของคลื่นอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2 ลักษณะลูกคลื่นแบบต่างๆ

2.4.2 คลื่นบริเวณน้ำลึก

ถ้าน้ำลึกกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ความเร็วของคลื่นทะเลตามยาวสามารถแสดง สัมพันธ์กับคาบเวลาคลื่นดังสมการ

$$v = \frac{gT}{2\pi} \quad (2-3)$$

ใช้ในการประมาณค่าความเร็วในหน่วยเมตรต่อวินาทีที่คาบเวลาคลื่นทั่วไปที่ 1.5 วินาที สิ่ง ที่น่าสนใจของผลลัพธ์นี้คือ ในทะเลน้ำลึกคลื่นตามยาวเดินทางเร็วกว่าคลื่นสั้น จากความสัมพันธ์ ดังกล่าว สามารถหาความยาวคลื่นน้ำลึก สำหรับคาบคลื่นใดๆ ได้ดังสมการ

$$\lambda = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2-4)$$

2.4.3 คลื่นบริเวณน้ำลึกปานกลาง

ในน้ำตื้น คุณสมบัติของน้ำจะโดดเด่นเพิ่มขึ้นกว่าน้ำลึก เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงบริเวณน้ำ ตื้น คุณสมบัติต่างๆจะควบคุมได้อย่างสมบูรณ์ในน้ำลึก แต่ในน้ำลึกปานกลาง (ตัวอย่างเช่น ระหว่าง $d = \frac{\lambda}{2\pi}$ และ $d = \frac{\lambda}{4\pi}$) คุณสมบัติของคลื่นจะได้รับอิทธิพลโดยทั้งน้ำลึก d และ คาบ คลื่น T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 คลื่นบริเวณน้ำตื้น

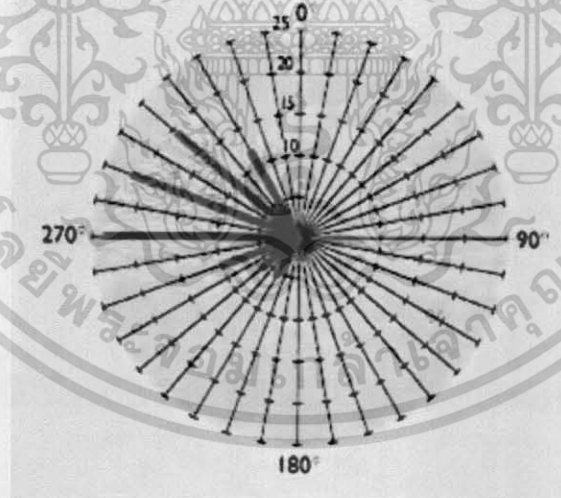
คลื่นที่เข้ามาใกล้ชายฝั่ง พื้นทะเลเริ่มจะมีผลกระทบต่ออัตราเร็วและสามารถแสดงผลที่เกิดขึ้นได้ ถ้าน้ำมีความลึกน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่น สามารถหาความเร็วได้ตามสมการ

$$v = \sqrt{gd} \quad (2-5)$$

ความเร็วภายใต้เงื่อนไขที่เท่ากับรากที่สองของความลึก ขึ้นอยู่กับคาบคลื่น

2.4.5 ทิศทางคลื่น

ทิศทางของคลื่นเดินทางในน้ำลึกเป็นการบอกที่ชัดเจน โดยทิศทางของลมต้นกำเนิด คลื่นสามารถเคลื่อนที่ผ่านระยะทางกว้างใหญ่ โดยมีการสูญเสียพลังงานน้อยมาก ดังนั้นการคาดการณ์การสังเกตคลื่นมาจากแหล่งกำเนิดที่แตกต่าง และด้วยทิศทางคลื่นที่แตกต่างนี้เอง ดังเช่นในสหราชอาณาจักร เราอาจสังเกตคลื่นที่มาจากตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเกิดมาจากลมพัดขวางแอตแลนติก ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะเป็นคลื่นที่มีรูปแบบซับซ้อน การแสดงกำลังเฉลี่ยฟังก์ชันของทิศของลม ณ บริเวณแสดงโดยทิศทางกลีบกุหลาบ



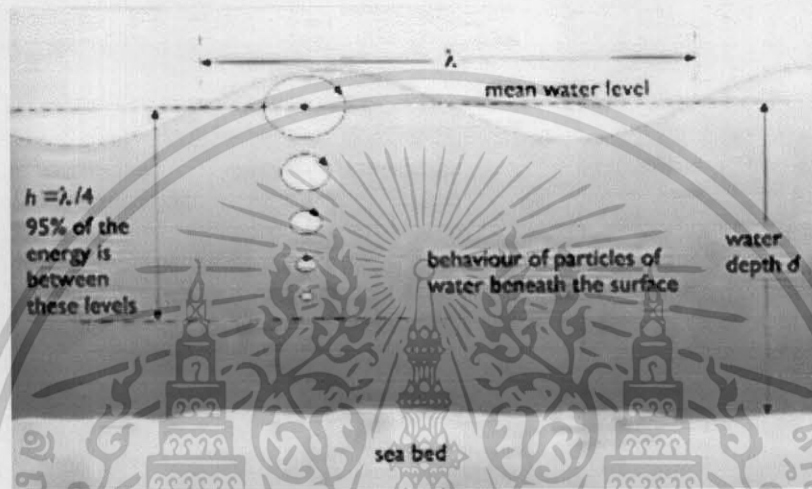
รูปที่ 2-3 ทิศทางคลื่นกลีบกุหลาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 การเปลี่ยนแปลงบริเวณใต้ผิวน้ำ

ผิวน้ำด้านข้างของทะเลเป็นบริเวณที่ทำให้เห็นชัดเจนสำหรับการดำรงอยู่ของคลื่น การที่จะเข้าใจธรรมชาติได้ผิวน้ำของคลื่น ต้องออกแบบภาพโครงสร้างการสัปดาห์พลังงาน

คลื่นประกอบด้วยวงโคจรของอนุภาคน้ำ บริเวณใกล้ผิวน้ำวงโคจรนี้เป็นขนาดเดียวกับความสูงคลื่น แต่วงโคจรจะลดขนาดลงไปแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลกับความลึก



รูปที่ 2-4 พฤติกรรมของคลื่นบริเวณใต้ผิวน้ำ

การสัปดาห์พลังงานให้ได้มากที่สุดจากคลื่น ควรมีการสร้างอุปกรณ์ดักจับในทุกส่วนของวงโคจรคลื่น ตั้งแต่ช่วงเล็กๆเท่าที่จะมีพลังงานอยู่ แต่ก็อาจเป็นไปได้จึงควรสร้างอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับขนาดของคลื่นที่จะสกัดออกมา ความคุ้มค่าของพลังงานคลื่นที่ 95% รวมกันอยู่ในระหว่างชั้นผิวน้ำและความลึก h เท่ากับหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่น (ตัวอย่างเช่น $h = \frac{\lambda}{4}$)

2.4.7 การเคลื่อนตัวเข้าไปในบริเวณน้ำตื้น

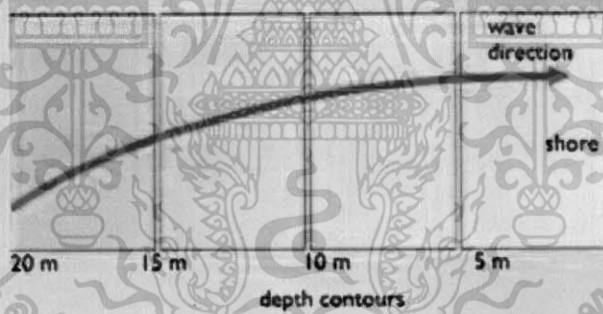
พื้นที่ชายฝั่งส่วนน้อยของโลกมีรูปแบบเป็นหน้าผาสูงชัน ซึ่งหน้าผาจะเป็นบริเวณที่มีน้ำตื้น พื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับการแปลงพลังงานคลื่นบริเวณชายฝั่งเนื่องจากมีคลื่นพลังงานสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม สำหรับชายฝั่งส่วนใหญ่รอบๆ โลกน้ำบริเวณชายฝั่งค่อนข้างตื้น เนื่องจากมีความเสียดทานคู่ควบระหว่างอนุภาคน้ำที่มีความลึกที่สุดกับพื้นทะเล คลื่นน้ำตื้นที่ค่อยๆเคลื่อนเข้าสู่เขตน้ำตื้นและในที่สุดจึงไปสู่ชายหาด ผลกระทบจากความเสียดทานคู่ควบกลายเป็นความโดดเด่น เมื่อน้ำมีระดับความลึกน้อยกว่าหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่น และพลังงานสูญเสียไปหลายวัตต์ของเมตรต่อความยาวของคลื่น ในทุกๆเมตรที่คลื่นเคลื่อนที่เข้าไปในชายฝั่ง

การสูญเสียพลังงานกลายเป็นเรื่องสำคัญ โดยปกติคลื่นมีกำลังความหนาแน่น 50 กิโลวัตต์ต่อเมตร ในน้ำลึกอาจจะมีกำลังอยู่ถึง 20 กิโลวัตต์ต่อเมตร หรืออาจจะน้อยกว่าเมื่อเข้าสู่ชายฝั่งในน้ำตื้น ขึ้นอยู่กับระยะทางการเดินทางในน้ำตื้นและความขรุขระของพื้นทะเล อย่างไรก็ตาม คลื่นมรสุมอาจถูกทำให้อ่อนลงทำให้อุปกรณ์ติดตั้งที่ชายฝั่งเป็นไปได้น้อยที่จะถูกทำลาย

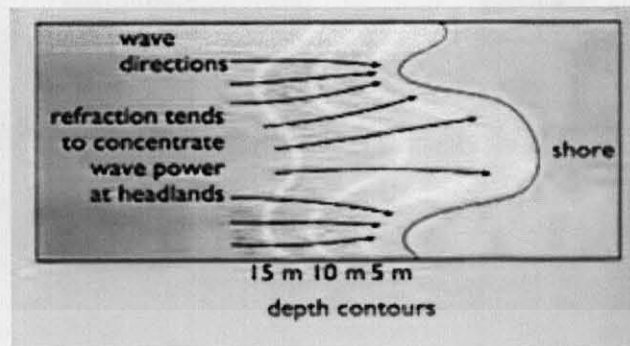
โครงสร้างอุปกรณ์จะต้องมีการออกแบบอย่างละเอียดถี่ถ้วน ไม่เพียงแต่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานคลื่นที่ต้นทุนต่ำ แต่จะต้องสามารถทนทานต่อสภาวะคลื่นที่เลวร้าย

2.4.8 การหักเหของคลื่น

คลื่นทะเลที่เข้าใกล้ชายฝั่ง โดยปกติจะเข้าสู่เขตน้ำตื้นและความเร็วคลื่นในขณะนั้นควบคุมโดยน้ำลึก เขตน้ำตื้นหมายถึง คลื่นความเร็วต่ำ แนววงคลื่นนำไปสู่การสะท้อนหรือการเปลี่ยนทิศทาง ภาพที่ขยัคคลื่นใกล้เข้ามาเขตน้ำตื้นในส่วนของเว้าเข้าไป ดังนั้นยอดคลื่นหนึ่งจะสิ้นสุดไปยังน้ำตื้นเขตแรก ส่วนนี้เคลื่อนที่ช้ามากกว่าส่วนที่เหลืออยู่ ทิศทางมันจะเปลี่ยนไป ยอดคลื่นที่เหลืออยู่จะยอมรับทิศทางใหม่อย่างต่อเนื่อง ความเร็วจะลดลงเมื่อเข้าสู่เขตน้ำตื้น ผลของการหักเหมีสาเหตุจากความลึกที่ลดลงและความเร็ว การเปลี่ยนทิศทางของยอดคลื่นจะเปลี่ยนอย่างหยาบๆ ขนานไปกับชายฝั่ง



รูปที่ 2-5 แสดงผลที่เกิดกับความเร็วและการสะท้อนเมื่อคลื่นเดินทางเข้าสู่ฝั่ง



รูปที่ 2-6 แสดงแนวการสะท้อนของคลื่นเมื่อเข้าสู่ชายฝั่ง

พิจารณาแนวชายฝั่งปลายแหลม น้ำลึกที่เปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวโดยเส้นลากบนแผนที่ มาจากคลื่นที่เกิดการหักเห คลื่นจะมารวมกันที่ปลายแหลมและทำให้พื้นที่อื่นมีความหนาแน่นคลื่นลดลง ความรู้ที่ได้นำไปสู่การยอมรับการนำไปทำเป็นเส้นแนวลึคลื่นบนแผนที่และสามารถบอกถึงพื้นที่ที่มีการรวบรวมคลื่นไว้ ความชัดเจนเช่นนั้นของแนวคลื่นเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคลื่นต่อไป

2.5 การนำพลังคลื่นไปใช้ประโยชน์

โดยทั่วไป คลื่นขนาดใหญ่จะมีพลังงานมาก รายละเอียดทางเทคนิคก็คือ พลังงานคลื่นจะขึ้นกับ ความสูงของคลื่น ความเร็วลม ความเร็วคลื่น ความยาวคลื่น ความหนาแน่นของน้ำ ขนาดคลื่นถูกกำหนดโดย ความเร็วลมและลมที่รับมาได้(ระยะทางที่มากซึ่งสมถูกกระตุ่น) และ โดยความลึกและลักษณะภูมิประเทศของพื้นทะเล (ซึ่งเป็นใจกลางหรือกระจายพลังงานของคลื่น) ให้ความเร็วลมเข้ากับขอบเขตที่มาก ซึ่งเวลาหรือระยะทางจะ ไม่มีผลต่อการผลิตคลื่นขนาดใหญ่

บริเวณอุณหภูมิต่ำและได้ เป็นบริเวณที่ดีที่สุดสำหรับการสกัดพลังงานคลื่น ทางทิศตะวันตกจะเด่นมากในบริเวณลมพัดแรงในฤดูหนาว

การเคลื่อนที่ของคลื่นเป็นความสูงที่ผิวหน้าและลดลงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลกับความลึก อย่างไรก็ตามพลังงานคลื่นก็ยังขึ้นอยู่กับความดันและความลึกของน้ำ

พลังงานศักย์เริ่มต้นของคลื่นเป็นสัดส่วนกับความสูงคลื่นกำลังสองกับคาบเวลาคลื่น (ระยะเวลาระหว่างยอดคลื่น) คลื่นคาบยาวมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นที่ยาวและเคลื่อนที่เร็ว พลังงานศักย์เท่ากับพลังงานจลน์ พลังงานคลื่นแสดงอยู่ในรูปกิโลวัตต์ต่อเมตร (๗ สถานที่เช่น ชายฝั่งทะเล)

สมการแสดงพลังงานคลื่นสามารถคำนวณได้ แต่ไม่สามารถใช้ได้กับคลื่นที่เกิดจากพายุคลื่นที่มีความสูงมากกว่า 15 เมตร และมีคาบประมาณ 15 วินาที ตามสมการคลื่นจะสามารถมีพลังงานประมาณ 1700 กิโลวัตต์ของพลังงานศักย์ขวางหน้าคลื่นของเมตร บริเวณที่มีพลังงานคลื่นที่ดีจะมีความหนาแน่นเฉลี่ยอย่างน้อยประมาณ 50 kW/m

$$\begin{aligned} \text{กำลัง } P \text{ (kW/m)} &= k H^2 T \\ &\sim 0.55 H^2 T \end{aligned} \quad (2-6)$$

โดยที่ k คือ ค่าคงที่

H คือ ความสูงของคลื่น ในหน่วยเมตร

T คือ คาบคลื่น (ยอดถึงยอด) ในหน่วยวินาที

โดยทั่วไปแล้วพลังงานคลื่นส่วนใหญ่จะนิยมนำไปเพื่อผลิตไฟฟ้าโดยสร้างเครื่องมือที่ใช้สำหรับสกัดพลังงาน หรือเปลี่ยนรูปพลังงานทั้งให้อยู่ในรูปไฟฟ้าโดยตรงหรือทางอ้อมในรูปพลังงานชนิดอื่นก่อนแล้วจึงเปลี่ยนให้อยู่ในรูปพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะใช้วิธีการใดเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานจากคลื่น หรือแล้วแต่ลักษณะพื้นที่ที่จะติดตั้ง นอกจากนี้ยังมีการนำพลังงานคลื่นที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าไปใช้ในการแยกไฮโดรเจนจากน้ำทะเลและการถลุงแร่อลูมิเนียมอีกด้วย

2.6 การเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่น (wave energy converter)

คลื่นที่เกิดขึ้นจากมหาสมุทรนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้จำเป็นที่จะต้องนำพลังงานคลื่นมาเปลี่ยนรูปเพื่อให้อยู่ในพลังงานรูปแบบอื่นที่สามารถใช้งานได้ เช่น พลังงานไฟฟ้า ไฮดรอลิก

การเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่นได้นั้นต้องมีการสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับรับแรงหรือพลังงานจากคลื่นเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอย่างง่าย ๆ เช่น การเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงเส้น การรับแรงจากคลื่นเพื่อไปขับปั๊มไฮดรอลิก เป็นต้น

ทั้งนี้อุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับการเปลี่ยนรูปพลังงานนั้นมีอยู่หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสถานที่ติดตั้งหรือสภาพภูมิประเทศ บริเวณชายฝั่งและลักษณะคลื่นที่เกิด ปริมาณคลื่น จะเป็นตัวบอกถึงรูปแบบของเครื่องมือในการเปลี่ยนรูปหรือเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับคลื่นที่ต้องการจะเปลี่ยนรูปพลังงานไป

2.7 เทคโนโลยีและอุปกรณ์ในการสกัดพลังงาน

2.7.1 Oscillating Water Column (OWC)

OWC เป็นรูปแบบที่นิยมใช้และมีการพัฒนาและศึกษามากที่สุดจากอุปกรณ์บนชายฝั่งทั้งหมด OWC เป็นโครงสร้างที่ล้อมรอบมีบางส่วนที่จมน้ำ เป็นการใช้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์จากคลื่นมหาสมุทร โครงสร้างของ OWC สร้างจากคอนกรีตขนาดใหญ่เนื่องจากต้องการให้บริเวณรอบๆ แห่ง มีผนังแนวกัน โดยปกติจะอยู่ด้านที่ติดกับทะเล อย่างไรก็ตามอุปกรณ์นี้ก็สามารถเข้าถึงได้ง่ายกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบนอกชายฝั่ง ต้นทุนในการสร้างจะ ไปตกอยู่ที่แนวผนังกัน เป็นส่วนใหญ่

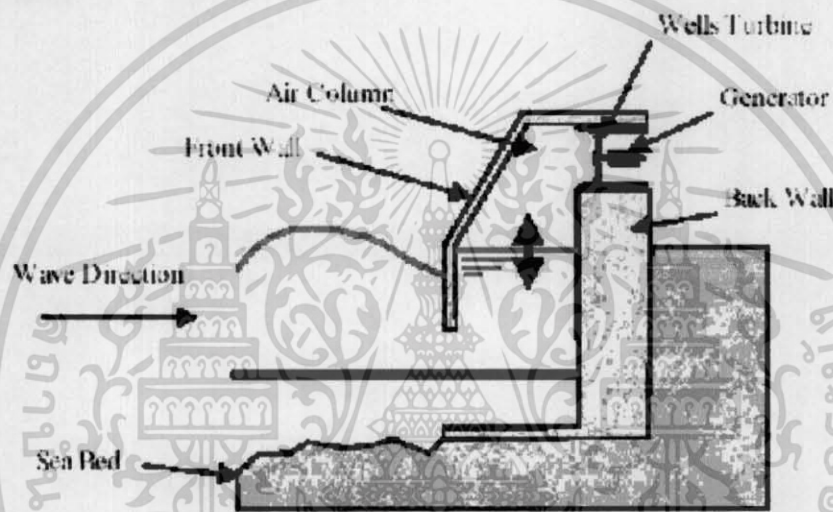
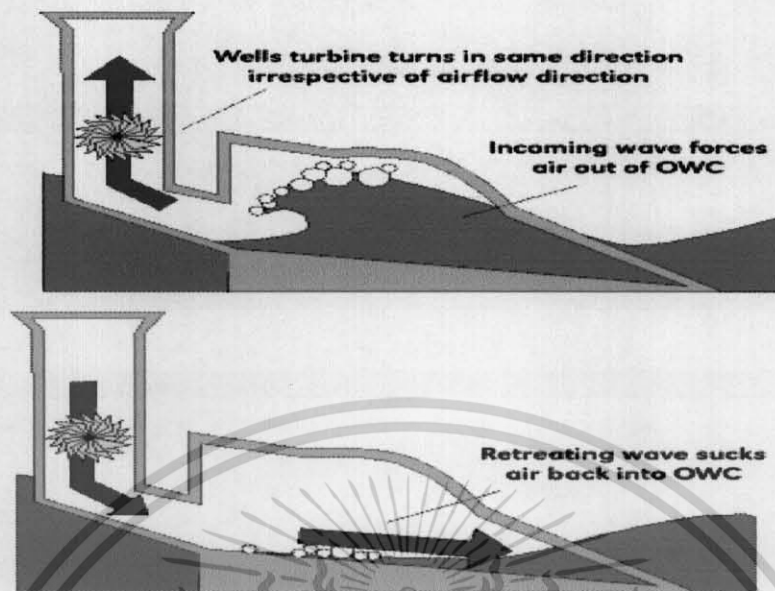


Figure 1

รูปที่ 2-7 แสดง โครงร่างของอุปกรณ์แบบ oscillating water column

ที่มา : [http://en.wikipedia.org/wiki/Wave power](http://en.wikipedia.org/wiki/Wave_power)

ส่วนด้านบนของ โครงสร้างเป็น โพรงที่เชื่อมต่อกับด้านหลังและมีช่องกั้นกำเนิดไฟฟ้า ติดตั้งอยู่ ผนังด้านหน้านั้นจะมีส่วนที่ยื่นออกไปในน้ำและมีส่วนที่จมน้ำตลอดเวลา เนื่องจากการ ขึ้น-ลงของน้ำจะต้องสัมพันธ์กับขนาดของโครงสร้าง



รูปที่ 2-8 แสดงลักษณะการทำงานของระบบ oscillating water column

ที่มา : <http://www.fujitaresearch.com>

การทำงานจะให้กำเนิดไฟฟ้าใน 2 ขั้นตอน คือ เมื่อคลื่นเดินทางเข้ามาที่คอลัมน์ แรงดันอากาศภายในคอลัมน์จะดันอากาศผ่านช่องทางปิดไปยังกังหัน ความดันภายในคอลัมน์นี้จะเพิ่มขึ้น เมื่อคลื่นล่าถอยกลับ ไปอากาศก็จะไหลตามกลับผ่านกังหันออกมาเนื่องจากความดันอากาศด้านที่ติดกับทะเลลดลง

รูปที่ 2-9 แสดงการติดตั้งและทำงานจริงของระบบ oscillating water column

ที่มา : <http://www.wavegen.co.uk>

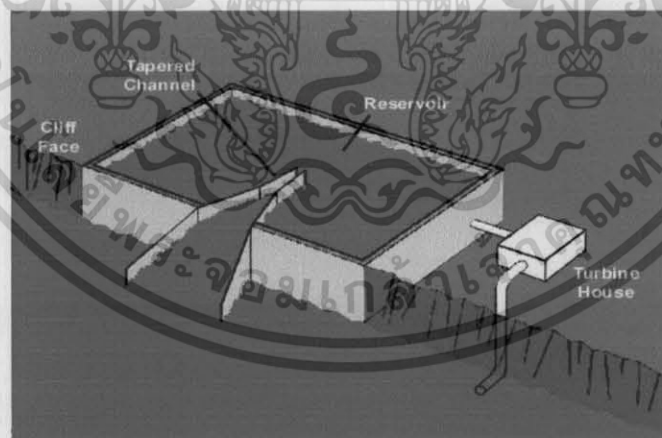
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OWC เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ติดตั้งใน อีสเล่ บนเกาะอีสเล่ ประเทศสกอตแลนด์ โดยระบบนี้ เรียกว่า LIMPET (Land Installed Marine Powered Energy Transformer) มีการติดตั้งเมื่อปี ค.ศ. 2000 ระบบนี้ให้กำลังสูงสุด 500 กิโลวัตต์ รองรับความหนาแน่นคลื่นเฉลี่ยต่อปีระหว่าง 15 ถึง 25 กิโลวัตต์ต่อเมตร แนวคิดดังกล่าวเหมาะสมสำหรับบริเวณที่มีพลังงานคลื่นรุนแรงมาก เช่น เขื่อน แนวป้องกันชายฝั่ง กำแพงอ่าว รูปแบบการกำเนิดพลังงานนี้จึงเหมาะสมกับการผลิตเข้าสู่สายส่ง ไฟฟ้า

2.7.2 Tapchan

Tapchan หรือเป็นคำย่อของ Tapered channel ซึ่งหมายถึง ช่องเรือแหลมหรือช่องน้ำเบียด ออกแบบ พัฒนาและวิจัยโดยชาวอเมริกัน ในปี ค.ศ. 1985 มีลักษณะเป็นสิ่งก่อสร้างล้อมรอบด้วย คอนกรีตสูง ประกอบด้วยช่องเรือแหลม ซึ่งให้น้ำไหลผ่านไปอย่างเก็บน้ำได้ สร้างอยู่บนหน้าผา การที่ทำให้ช่องแคบเนื่องจากคลื่นที่มีแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น (คลื่นสูงขึ้น) เคลื่อน ไปยังหน้าผาซึ่งในที่สุดน้ำก็จะล้นข้ามผ่านช่องและเข้าไปในอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล พลังงานจลน์ของการเคลื่อนที่ของคลื่นถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์เท่ากับน้ำที่อยู่ในอ่างเก็บน้ำ น้ำที่เก็บไว้จะ ไหลลงไปสู่กังหัน

แนวความคิดของ Tapchan ปรับมาจากการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำจากเขื่อน น้ำที่อยู่รวมกันหรือน้ำที่เก็บไว้ ปล่องให้ไหลผ่านกังหันไปยังท่อทางออก



รูปที่ 2-10 ภาพแบบจำลองลักษณะการติดตั้งของอุปกรณ์ TAPCHAN

ที่มา : (Copyright Boyle, 1996).

แต่ระบบ tapchan ไม่เหมาะกับบริเวณที่ชายฝั่งเสียทั้งหมด บริเวณที่เหมาะสมสำหรับ tapchan จะต้องมีความลึกที่สม่ำเสมอกับมีพลังงานคลื่นเฉลี่ยที่ดี และมีช่วงน้ำขึ้นน้ำลงน้อยกว่า 1 เมตร ลักษณะเด่นของชายฝั่งที่เหมาะสมจะประกอบด้วย น้ำลึกใกล้ชายฝั่ง และมีบริเวณสำหรับสร้างอ่างเก็บน้ำ

2.7.3 Pelamis

สร้างโดย Ocean Power Delivery (OPD) ประเทศโปรตุเกส ทำในรูปแบบฟาร์มคลื่นเชิงการค้า เริ่มต้นประกอบด้วย Pelamis P-750 จำนวน 3 เครื่องในบริเวณ 5 กิโลเมตรของชายฝั่งโปรตุเกส ใช้งบประมาณ 8 ล้านยูโร ซึ่งจะได้กำลังผลิต 2.25 เมกะวัตต์ และคาดหวังกับการจ่ายไฟฟ้าให้กับการต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยกว่า 1500 ครัวเรือนในระยะต่อไปจะเพิ่มเป็น 30 เครื่อง (20 เมกะวัตต์) ซึ่งอุปกรณ์ลอยน้ำรูปแบบใหม่นี้จะกลายเป็นความสำเร็จของอุตสาหกรรมพลังงานคลื่น

Pelamis ติดตั้งอยู่ในสภาพกึ่งจมน้ำ มีลักษณะเป็น โครงสร้างที่เชื่อมกันเป็นข้อต่อประกอบขึ้นเป็นส่วนเชื่อมต่อรูปทรงกระบอก โดยบานพับรอยต่อ การเคลื่อนที่ของจุดข้อต่อถูกต่อต้านโดยแรงไฮดรอลิกแรม ซึ่งเป็นปั้มน้ำมันความดันสูง ไปสู่มอเตอร์ไฮดรอลิกผ่านหม้อเบดเตอร์เก็บกระแสไฟฟ้า มอเตอร์ไฮดรอลิกถูกขับเคลื่อนเพื่อกำเนิดไฟฟ้า พลังจากข้อต่อทั้งหมดส่งให้กับสายเคเบิลเดี่ยวใต้พื้นทะเล หลายๆเครื่องสามารถเชื่อมต่อกันและเชื่อมกับชายฝั่งโดยการส่งพลังไฟฟ้าไปโดยสายเคเบิลเดี่ยวใต้ทะเล ประสิทธิภาพของพลังที่จะได้ขึ้นอยู่กับการจัดเรียงข้อต่อต่างๆที่เข้ากับคลื่นในทะเล



รูปที่ 2-11 แสดงสภาพการทำงานจริงในทะเลใกล้แนวชายฝั่งของอุปกรณ์ Pelamis

ที่มา : Ocean Power Delivery



รูปที่ 2-12 ภาพขนาดจริงของ Pelamis

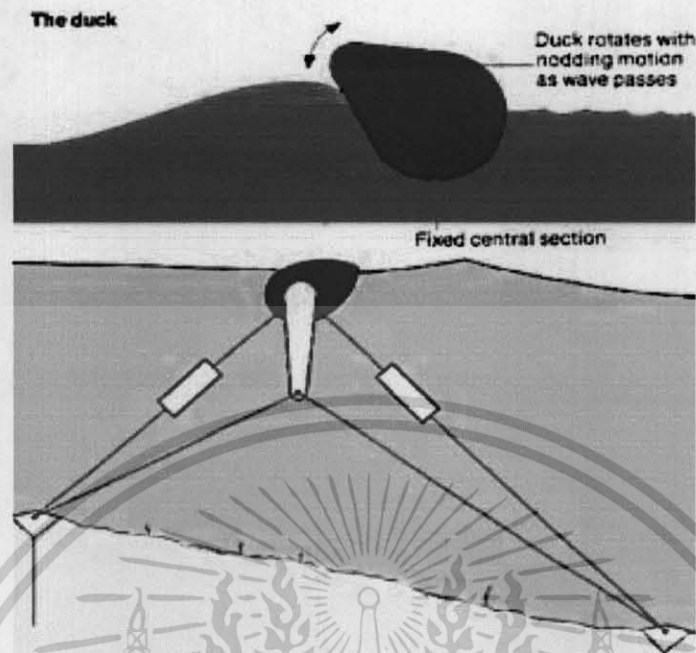
ที่มา : Ocean Power Delivery

อุปกรณ์นี้ยึดตำแหน่งโดยเสาจอด เพื่อป้องกันไม่ให้สายเคเบิลใต้น้ำดึงหรือหย่อน เครื่องต้นแบบขนาดใหญ่ 750 กิโลวัตต์ มีความยาว 120 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เมตร ประกอบด้วย 3 ชิ้นส่วนต่อกัน ในอัตราตัวละ 250 กิโลวัตต์ ในแต่ละส่วนจะประกอบด้วยระบบกำเนิดไฟฟ้าไฮดรอลิกสมบูรณ์แบบ

2.7.4 Salter Duck

Salter duck เป็นอุปกรณ์ลอยน้ำใช้การเคลื่อนที่แบบหมุนเป็นตัวกำเนิดไฟฟ้า พัฒนาโดยมหาวิทยาลัย อีดิน-เบอร์ก โดยศาสตราจารย์ Steven salter ในปี ค.ศ.1970 จะมีลักษณะคล้ายกับเปิดลอยน้ำดำขึ้นดำลงและยึดติดกับพื้นทะเล เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่าน duck จะหมุนเฉพาะหัวเลี้ยวหัวต่อตรงกลาง การที่เกิดการเคลื่อนที่แบบหมุนเพราะของเหลวภายใน duck เคลื่อนที่จึงนำมากำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-13 โครงร่างของอุปกรณ์ Salter Duck

ที่มา : Copyright Ramage , 1996

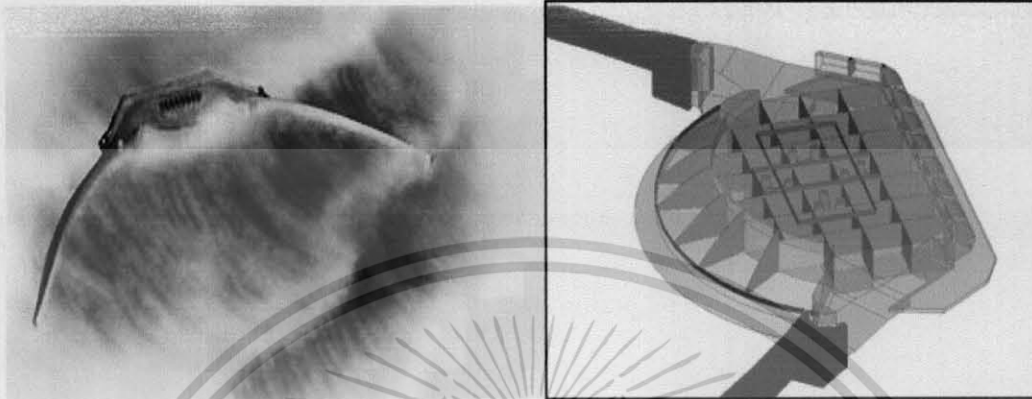
ในระบบนี้ อุปกรณ์จะขึ้นและลึกลงตามการเคลื่อนที่ของคลื่นและกำเนิดไฟฟ้าผ่านการเคลื่อนที่ Salter duck สามารถผลิตพลังงานด้วยประสิทธิภาพสูงสุด อย่างไรก็ตามการพัฒนาเล็กน้อยในปี ค.ศ.1980 เนื่องจากการคำนวณผิดพลาดในต้นทุนของการผลิตพลังงาน เมื่อเร็วนี้มีการประเมินค่าทางเทคโนโลยีใหม่แต่ก็ยังมีข้อผิดพลาดอยู่เช่นกัน

2.7.5 Wave Dragon

โดยหลักการแล้ว wave dragon เป็นอุปกรณ์ที่อยู่เหนือกว่าน้ำทะเลซึ่งทำให้คลื่นมหาสมุทรยกตัวขึ้นสูงขึ้นไปยังอ่างเก็บน้ำเหนือระดับน้ำทะเล โดยน้ำที่ถูกปล่อยออกไปสู่กังหันเป็นการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้า wave dragon สร้างอย่างเรียบง่ายมากๆและมีเพียงกังหันที่เป็นส่วนเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นประโยชน์สำหรับการการทำงานนอกชายฝั่งภายใต้คลื่นแรงระดับสูงสุดและสภาวะอากาศที่เลวร้าย wave dragon ติดตั้งในบริเวณน้ำลึก(มากกว่า 25 เมตร และจะดีถ้ามากกว่า 40 เมตร) ซึ่งกลายเป็นข้อได้เปรียบจากการที่สกัดคลื่นก่อนที่คลื่นจะสูญเสียพลังงานไปจากการเคลื่อนที่เข้ามาถึงฝั่ง อุปกรณ์นี้ลอยน้ำอยู่นิ่งไม่เคลื่อนไหว ประโยชน์อันเรียบง่ายจากพลังงานศักย์ในน้ำที่ต้นน้ำที่ถูกเก็บไว้ชั่วคราวอยู่ในอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่สร้างไว้ด้านบน ก่อให้เกิดความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างระดับน้ำพื้นผิวกับระดับน้ำบ่ออ่างเก็บน้ำ จะทำให้น้ำไหลออกจากอ่างเก็บน้ำไปสู่กังหันหลายตัวๆ ซึ่งเป็นการกำเนิดไฟฟ้าแบบเดียวกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ(เขื่อน)หลายตัวๆ



รูปที่ 2-14 แบบจำลองการทำงานอุปกรณ์ Wave Dragon

ที่มา : <http://www.wavedragon.net>



รูปที่ 2-15 สภาพการทำงานจริงอุปกรณ์ Wave Dragon

ที่มา : <http://www.wavedragon.net>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-16 โครงสร้างของอุปกรณ์ wave dragon

ที่มา : <http://www.wavedragon.net>

2.7.6 Archimedes Wave Swing

Archimedes Wave Swing (AWS) กำเนิดไฟฟ้าโดยพลังงานจากการม้วนตัวเป็นลูกคลื่น เป็นระบบง่ายของการเชื่อมต่อห้องอากาศระหว่างทรงกระบอกสองอัน AWS ประกอบด้วย ทรงกระบอก 2 อัน ทรงกระบอกอันล่างยึดกับส่วนล่างสุดในระหว่างทรงกระบอกอันบน เรียกว่า “ตัวลอย” เคลื่อนที่ขึ้น-ลงภายใต้อิทธิพลของคลื่น ในขณะที่เดียวกันแม่เหล็กซึ่งถูกยึดเข้ากับ ทรงกระบอกอันบนเคลื่อนที่ตามขดลวด ผลที่เกิดขึ้นเป็นการเคลื่อนที่ของตัวลอยและมีแรงดึงกลับ กำเนิดเป็นพลังงานไฟฟ้าขึ้น แม่เหล็กและขดลวดเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงเส้น ภายใน AWS บรรจุด้วยอากาศซึ่งถือเป็นส่วนสำคัญในระบบนี้ ทำงานคล้ายกับหมอนอากาศเมื่อ ทรงกระบอกอันบนเคลื่อนที่ต่ำลง อากาศภายในเป็นความดัน เมื่อทรงกระบอกอันบนเคลื่อนที่ กลับขึ้นไปจะเกิดเป็นแรงหักล้าง ถ้าปริมาณอากาศมีอยู่อย่างเหมาะสมก็จะทำให้การเคลื่อนที่ของ ทรงกระบอกได้ผลที่ดี



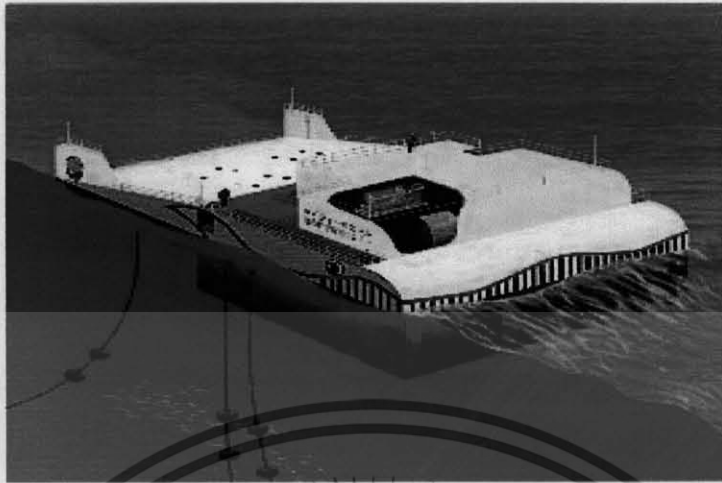
รูปที่ 2-17 การติดตั้งอุปกรณ์ AWS ในทะเล

ที่มา : <http://waveswing.wvxs.net>

2.7.7 Mighty Whale

พัฒนาขึ้นในญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ.1987 พัฒนาเพื่อมาใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับฟาร์มเลี้ยงปลา และการเพิ่มระบบทำอากาศบริสุทธิ์แก่น้ำทะเล ต้นแบบมีขนาดยาว 50 เมตร กว้าง 30 เมตร ลึก 12 เมตร ให้กำลังที่ 110 กิโลวัตต์ ทำงานในน้ำลึก ทดสอบในน้ำลึก 40 เมตร ต้นแบบประกอบด้วยระบบ oscillating water column โดยใช้ช่องอากาศ 3 ช่องสำหรับเปลี่ยนพลังงานคลื่น ไปเป็นพลังงานลมอากาศซึ่งเป็นผลมาจากการขึ้นลงของน้ำภายในช่องทำให้อากาศไหลผ่านเข้าไปที่กังหัน กังหันขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้า 3 ตัว ให้ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แรงดันขาออกที่ 200 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-18 แบบจำลองการทำงาน Mighty Whale ในทะเล

ที่มา : <http://www.jemtec.co.jp>



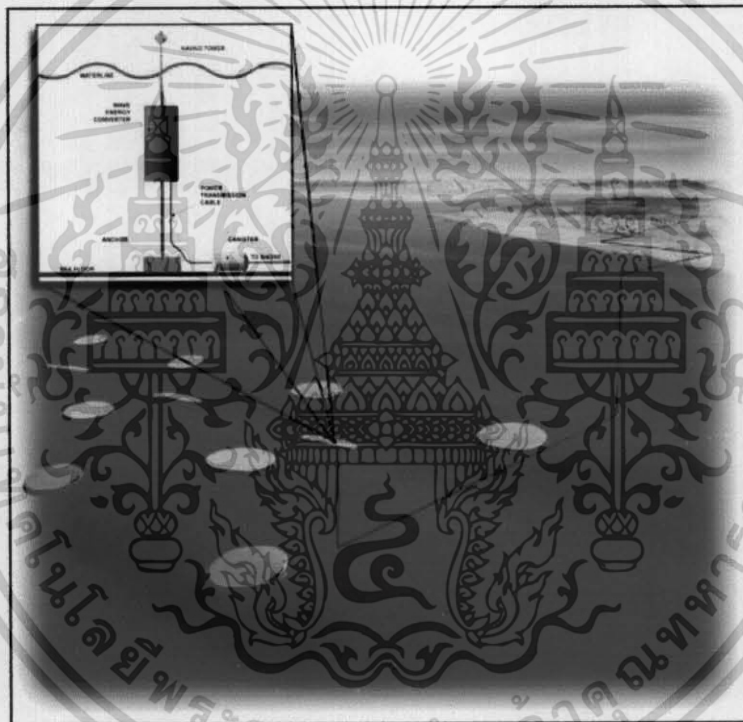
รูปที่ 2-19 ภาพอุปกรณ์ต้นแบบ Mighty Whale

ที่มา : <http://www.jemtec.co.jp>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.8 Power Buoy

พัฒนาโดย Ocean Power Technology(OPT) ประกอบไปด้วยทุ่นลอยน้ำที่มีการสกัดและเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่น โดยใช้พลังงานกลไป ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การเพิ่มและลดลงของคลื่นนอกฝั่ง ทำให้ทุ่นเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างอิสระ ได้ไฟฟ้ากระแสสลับออกมาแล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันสูง และส่งผ่านสายไฟเคเบิลใต้น้ำ Power Buoy ภายในยังมีเซนเซอร์แสดงผลการทำงานอย่างต่อเนื่องภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป มีการติดตั้งในลักษณะของสถานีพลังงานคลื่น ประกอบด้วยทุ่นหลายๆตัวส่งพลังไฟฟ้าที่ได้ผ่านสายไฟใต้น้ำ ให้กำลัง 10 เมกะวัตต์ต่อสถานี ในแต่ละสถานีใช้พื้นที่มหาสมุทรประมาณ 10 ไร่



รูปที่ 2-20 ภาพจำลองการติดตั้ง Power Buoy

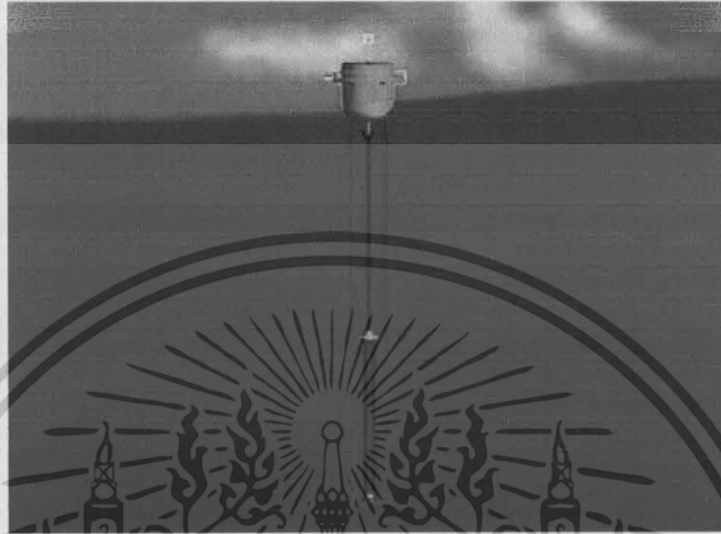
ที่มา : [http:// www.oceanpowertechnology.com](http://www.oceanpowertechnology.com)

2.7.9 Aquabuoy

คล้ายกับ power buoy แต่ aqua buoy เป็นลักษณะของบิ๊มท่อยาวใช้หลักการเปลี่ยนแปลงความดันภายในท่อยาว ความกดอากาศของน้ำจะไล่อากาศไหลไปรวมกันที่กึ่งหันเพื่อกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่งผ่านพลังงานโดยใช้สายไฟใต้น้ำ ทำงานในน้ำลึก 150-250 ฟิต ผูกโยงอยู่นอกชายฝั่งเมื่อรวมกันเป็นโรงไฟฟ้าสามารถผลิตพลังได้ 100 กิโลวัตต์ ถึง 100 เมกะวัตต์



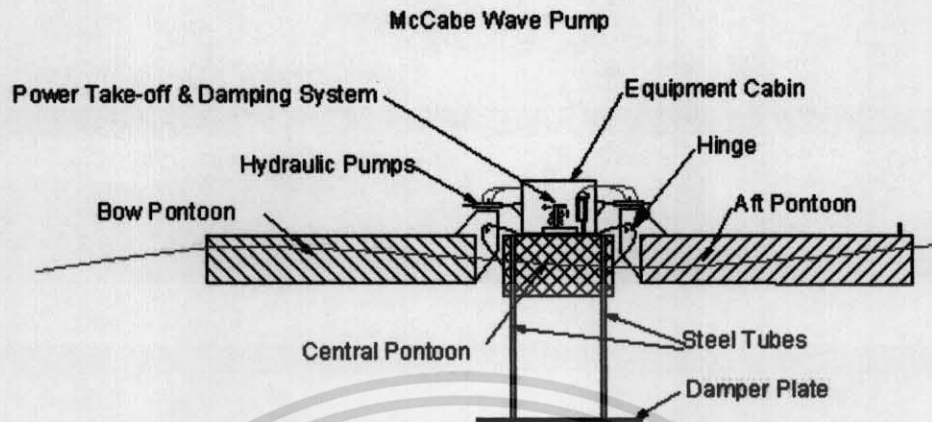
รูปที่ 2-21 แสดงภาพการจำลองทำงานของ Aquabuoy

ที่มา : <http://aquaenergygroup.com>

2.7.10 McCabe Wave Pump

เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วย โป๊ะเหล็ก 3 ชั้นวางตั้งฉากกัน ซึ่งวางขวางกับแนวลำคลื่น สามารถพับไปมาเมื่อคลื่นวิ่งเข้ามากระทบ โดยบานพับจะมีปั๊มไฮดรอลิก ติดตั้งอยู่ แรงที่ได้รับจากคลื่นปั๊มไฮดรอลิกจะส่งไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อนำไปผลิตไฟฟ้าในพื้นที่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-22 แสดงภาพรายละเอียดส่วนประกอบของ McCabe Wave Pump

ที่มา : <http://www.wave-power.com>



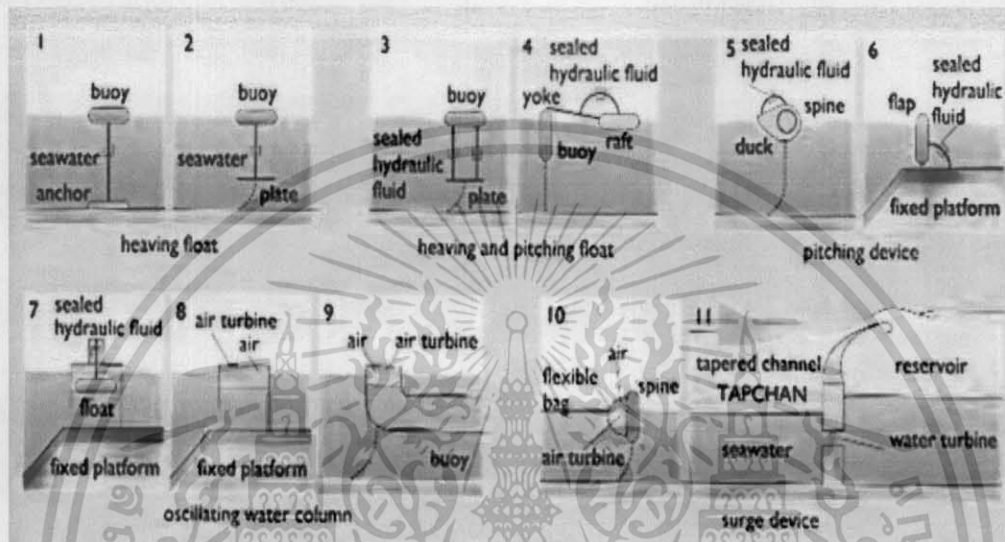
รูปที่ 2-23 แสดงภาพการติดตั้งและทำงานจริงของ McCabe Wave Pump

ที่มา : <http://www.wave-power.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การจำแนกอุปกรณ์และเทคโนโลยีพลังงานคลื่น

ในการเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นผลมาจากพลังงานกล อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนให้พลังงานคลื่นอยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้า มีหลายแบบแตกต่างกัน ดังแสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 2-24 แสดง โครงแบบอุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบต่างๆ

2.8.1 การจำแนกประเภทพลังงานคลื่น

เครื่องมือในการสกัดพลังงานคลื่นที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถจำแนกออกเป็นประเภทได้เป็น

2.8.1.1 จำแนกตามองค์ประกอบเบื้องต้น

1. โดยวิธีการสกัดพลังงานคลื่น
2. โดยตำแหน่งที่มีการติดตั้งเครื่องมือ
3. โดยการส่งกำลังออก

2.8.1.2 จำแนกตามรูปแบบวิธีการดูดซับพลังงานคลื่น

1. เข้าไปอยู่ในพื้นที่เล็กๆพลังงานคลื่นจะลดลง
2. เข้าไปอยู่ในแนวขนานถึงทางเดินคลื่น และพลังงานคลื่นจะสั้นลง
3. เข้าไปอยู่ในแนวตั้งฉากกับทางเดินคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.3 จำแนกตามบริเวณสถานที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์

1. บนชายฝั่งทะเล (shoreline)
2. ใกล้แนวชายฝั่งทะเล (nearshore)
3. นอกชายฝั่งทะเล (offshore)
4. ในน้ำลึก (deep water)

นอกจากนี้สามารถแบ่งรูปแบบการเปลี่ยนพลังงานได้หลายแบบ คือ

1. แบ่งตามบริเวณสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์
 - ยึดติดกับพื้นทะเล ทั่วไปในน้ำตื้น
 - ลอยบนพื้นน้ำนอกชายฝั่ง
 - ผูกโยงในน้ำลึกปานกลาง
2. แบ่งตามรูปแบบเรขาคณิตและการปรับตัวให้เข้ากัน
 - terminator
 - attenuator
 - point absorbers

อุปกรณ์ terminator ใช้หลักการแกนขนานลำคลื่นและสกัดกั้นคลื่นทางกายภาพ ในขณะที่ attenuator ใช้แกนตั้งฉากกับหน้าคลื่น ทำให้คลื่นอ่อนกำลังลงเมื่อผ่านอุปกรณ์ไป point absorber ทำงานโดยพลังงานคลื่นนอกเหนือจากมิติกายภาพแต่สัมพันธ์กับมิติเล็ก ๆ ผู้การสกัดกั้นความยาวคลื่น โดยหลักการจะเป็นทรงกระบอกแนวตั้งบางมากซึ่งในทางปฏิบัติทรงกระบอกแนวตั้งใหญ่ไม่ส่งผลกระทบต่อแนวคลื่น แต่ในทางปฏิบัติอาร์คแวร์เกี่ยวข้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางในหน่วยเมตร เล็กน้อยและดูดกลืนพลังงานจากความกว้างที่เป็น 2 เท่า ตัวอย่างที่แสดงการทำงานตามแบบ point absorber คือ ระบบทุ่นลอยผูกโยง

เพราะอุปกรณ์ขนาดใหญ่ เป็นขนาดที่ต้องการ โดยทั่วไปเพื่อการสกัดพลังงานในทุกระดับ ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานคลื่นจึงเริ่มปฏิบัติการในขนาดจำลองทดลองในถังน้ำในร่ม ทะเลสาบ และอ่างเก็บน้ำ

2.8.2 การแบ่งอุปกรณ์ตามการติดตั้ง

2.8.2.1 อุปกรณ์แบบยึดอยู่กับที่

อุปกรณ์ยึดกับพื้นทะเลและติดกับชายฝั่งเป็น terminator แบบทั่วไป และรูปแบบทั่วไปของการเปลี่ยนพลังงานคลื่น มีการทดสอบต้นแบบที่ทะเล สามารถรับการบำรุงรักษาได้ง่าย มีข้อ

ได้เปรียบมากกว่าอุปกรณ์แบบลอยน้ำ แต่มีข้อเสียที่ปฏิบัติการได้ในน้ำคือน้ำซึ่งกำลังคลื่นน้อยกว่า บริเวณน้ำลึก นอกจากนี้ยังมีพื้นที่จำนวนน้อยสำหรับการติดตั้งในอนาคต

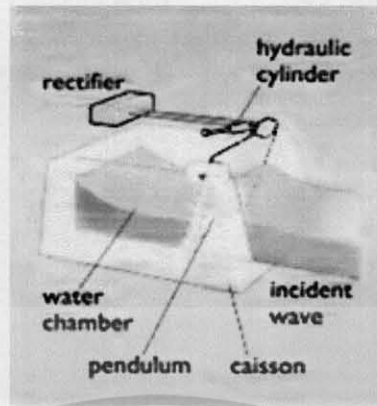
อุปกรณ์ส่วนมากมีการทดสอบและวางแผนไว้ที่แบบ OWC อุปกรณ์มีลักษณะเป็นช่อง อากาศทะลุถึงกันจากพื้นผิวน้ำและบรรจุแรงดันอากาศเข้าออกอยู่ในช่องอากาศ โดยขดคลื่นที่ เคลื่อนเข้ามาจะนำอากาศไหลผ่าน ไปยังช่องอากาศ อากาศที่ผ่านเข้าไปจะไปขับให้กังหันกำเนิด ไฟฟ้าและเคยเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมา OWC แบบยี่ดอยู่กับท่ มีการติดตั้งในประเทศนอร์เวย์ ญี่ปุ่น อินเดีย อะซอร์ส(หมู่เกาะในมหาสมุทรแอตแลนติกตอนเหนือ) และสกอตแลนด์

ไคโม (Kaimei) มีลักษณะเป็นเรือที่ติดตั้งอุปกรณ์แบบ OWC แบบลอยน้ำไว้ ทดสอบครั้งแรกเมื่อ ค.ศ.1977 และในปี ค.ศ.1989 ติดตั้งที่เมืองซากาตะทางชายฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของญี่ปุ่น อุปกรณ์ที่ติดตั้งนี้มีโครงสร้าง 20 เมตรยื่นออกมาจากผนังอ่าว กังหันขนาด 60 กิโลวัตต์ ซึ่งอุปกรณ์นี้ ทำหน้าที่เป็นทั้งเขื่อนและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ระบบนี้มีความคุ้มค่าต่อต้นทุนและ ประสิทธิภาพที่เกิดขึ้น

นอร์วีเจียน OWC เป็น OWC แบบหลายช่องตั้งห้อง ออกแบบและสร้างขึ้นในปี ค.ศ.1985 โดย เคเวียร์ บรุก (Kvaerner Brug) หนึ่งในบริษัทชั้นนำทางวิศวกรรม ติดตั้งบนเกาะจำลองตั้ง อุปกรณ์ต้นแบบ TAPCHAN ช่องอากาศติดไว้ด้านหลังภายในหน้าผาเป็นแนวน้ำตกลึก 60 เมตร ผนังอ่าวที่สร้างขึ้นมา 2 ด้านเป็นทางเข้าซึ่งมีผลต่อให้ระบบสามารถดูดซับพลังงานที่มากกว่า ช่วงกว้างของคาบคลื่น ระบบการตันของคลื่นจะทำให้อากาศไปกระตุ้นให้กังหันเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตรหมุนด้วยความเร็วในช่วง 1000 ถึง 1500 รอบต่อนาที กังหันกำเนิดไฟฟ้าได้ 600 กิโลวัตต์

เพนดูลอร์ (Pendulor) เป็นประตูปานพับค้ำบน ซึ่งพอดีกับหนึ่งในสี่ของความยาวคลื่น จากผนังด้านหลังของบริเวณขังน้ำ ที่บริเวณช่วงกว้างแรกของคลื่น (ตัวอย่าง ลูกของแอมพลิจูด สูงสุดของอนุกรมคลื่น) และประตูแกว่งไปมาเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่สูงสุดจากคลื่น ประตู สามารถอยู่บนบริเวณแอนติโนดเฉพาะหนึ่งความยาวคลื่นเท่านั้น อุปกรณ์ Pendulor ถูกทดสอบใน ย่านญี่ปุ่น ทะเลทั่วไปที่มีความยาวคลื่นติดๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-25 อุปกรณ์เพนดูลอร์

ระบบไฮดรอลิกผลึก-คิง เปลี่ยนพลังงานกลจากการเคลื่อนที่ของประดูPendulor ไปเป็นพลังงานไฟฟ้า สองเครื่องต้นแบบกับกำลังขาออกที่ 5 กิโลวัตต์ปฏิบัติการบนเกาะฮอกไกโด ก่อนปี ค.ศ. 1980 มีแผนการติดตั้งอีกทั้งในญี่ปุ่นและศรีลังกา แผนโครงร่างไว้ที่แบบ 4 ช่องอากาศ ขนาด 250 กิโลวัตต์ ประมารต้นทุนไฟฟ้าที่ 7 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

บางอุปกรณ์ติดตั้งบนชายฝั่งซึ่งมีน้ำตื้นและมีความหนาแน่นของคลื่นน้อย อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อได้เปรียบที่ใกล้สายส่งไฟฟ้าและบำรุงรักษาง่าย นอกจากนี้พื้นทะเลยังเป็นส่วนที่ทำให้คลื่นอ่อนกำลังลงซึ่งอาจทำให้กังหันใช้การไม่ได้

อุปสรรคหลักๆของอุปกรณ์ที่ยึดติดกับที่คือสภาพภูมิศาสตร์สถานที่ หากต้องการกำลังขาออกให้ได้ผลดี ควรเลือกตำแหน่งบริเวณที่มีช่วงขึ้นลงของน้ำน้อย หรืออาจเป็นการกระทำที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก็ได้

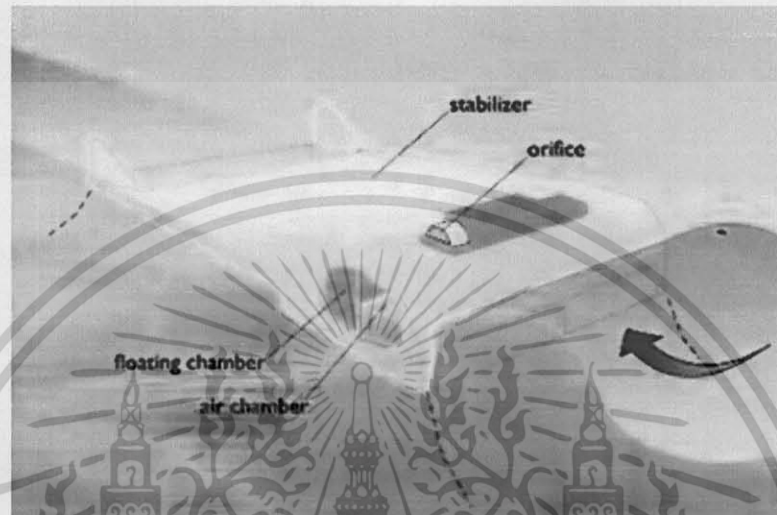
2.8.2.2 อุปกรณ์แบบลอยน้ำ

อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบลอยน้ำประกอบไปด้วย Duck Clam และ Pelamis จากสหราชอาณาจักร OWCแบบลอยน้ำเช่น Whale และ Backward Bent Duct Buoy (BBDB) จากญี่ปุ่น และ ช่องแหลมลอยน้ำ (อธิบายถึง Floating Wave Power Vessels ;FWPV)จากสวีเดน เคนมาร์คมีรูปแบบทั้งBBDB และFWPV เรียกว่า Swan DK3 และ Wave Dragon ตามลำดับ อุปกรณ์ควรจะเก็บพลังงานได้มากกว่าอุปกรณ์แบบยึดอยู่กับที่ ตั้งแต่คลื่นพลังงานหนาแน่นสูง บริเวณนอกชายฝั่งจนถึงบริเวณน้ำตื้นและการจำกัดเขตการวางอุปกรณ์เรียงเป็นแถวกระดานบนหน้าน้ำของอุปกรณ์

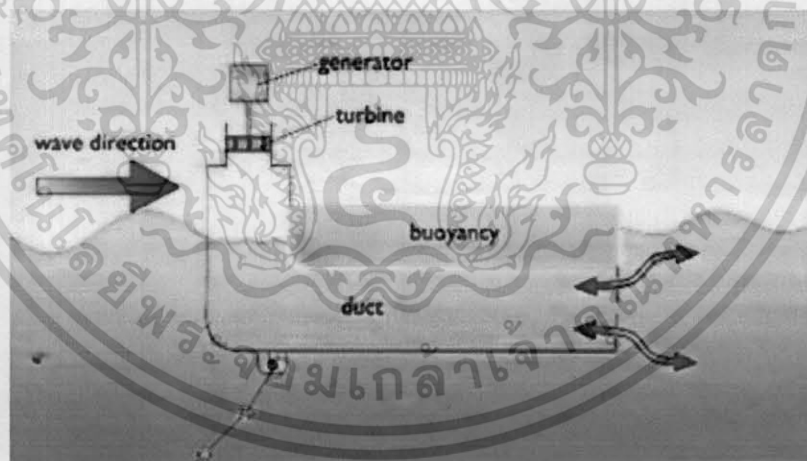
2.8.2.2.1 OWC แบบดอยน้ำในลักษณะของ Whale และ Backward Bent Duct

Buoy

ทั้ง Whale และ BBDB เป็นอุปกรณ์แบบ terminator ดังแสดงในรูป 2-25 และ 2-26



รูปที่ 2-26 แสดงอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Whale



รูปที่ 2-27 แสดง Backward Bent Duct Buoy

Whale ได้มีการทดสอบทั้งขนาดจำลองและต้นแบบขนาดจริง โครงสร้างมีขนาดใหญ่มาก (กว้าง 50 เมตร น้ำหนัก 1000 ตัน อัตราการผลิตที่ 110 กิโลวัตต์) เพื่อต้องการให้โครงสร้างมีความ

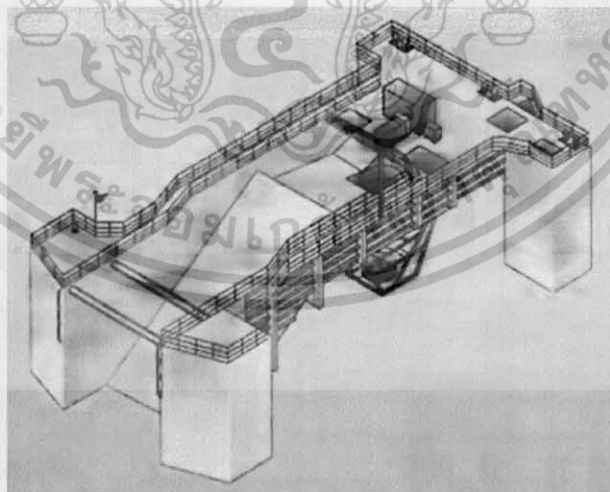
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มันคงเหมือนปลาฉลาม อีกทั้งยังเป็นการรวมเอาแนวความคิดในการรวมเขื่อนและที่วางพักก่อนนอกเหนือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทีมวิจัยเชื่อมั่นว่า Whale จะปรากฏประโยชน์คุ้มค่ากับต้นทุน เริ่มมีการทดสอบในเดือนกันยายน ค.ศ.1998 ในอ่าวโกกาโซ ประเทศญี่ปุ่น โดยรูปแบบเงื่อนไขของคลื่น เริ่มที่ความสูงคลื่น 1 เมตร คาบคลื่นที่ 5 ถึง 8 วินาที กำลังเฉลี่ยความหนาแน่นที่ 4 กิโลวัตต์ต่อเมตร กำลังเฉลี่ยขาออกที่ 6 ถึง 7 กิโลวัตต์ในคาบ 6 ถึง 7 วินาที ให้ประสิทธิภาพรวมทั้งสิ้น 15 เปอร์เซ็นต์

แนวความคิดในการทดสอบ BBDB ขนาดจำลองในจีนนำไปสู่โครงการผลิตพลังงานที่ต้นทุน 6 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเร็ว ๆ นี้การเปรียบเทียบแบบจำลองทางฟิสิกส์และแบบจำลองเชิงตัวเลขของอุปกรณ์รูปแบบ BBDB ที่แตกต่างกันหลายแบบ ได้ดำเนินการในไอร์แลนด์

2.8.2.2.2 Floating Wave Power Vessel (FWPV)

FWPV มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นเรือ ผูกโยงในน้ำลึก 50 ถึง 80 เมตร จากชายฝั่งชิตแลนด์ (Shetland) ประเทศสกอตแลนด์ 500 เมตร ในปีค.ศ.2002 อุปกรณ์นี้พัฒนาโดย บริษัทพลังงานทะเลนานาชาติ ประเทศสวีเดน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ระดับโครงการพลังงานทดแทนสกอต(Scottish Renewable Order Scheme) ออกแบบให้กำลังขาออกสูงสุด 1.5 เมกะวัตต์สามารถผลิตได้ประมาณ 5.2 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี ที่ต้นทุน 7 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง อุปกรณ์นี้ทำหน้าที่ในการจับเก็บน้ำที่ล้นผ่านทางลาดชันด้านหน้าอุปกรณ์ น้ำที่ถูกดักเก็บไว้จะไหลกลับสู่ทะเลผ่านกังหันไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งอาจจะเปรียบอุปกรณ์นี้ได้กับ TAPCHAN แบบลอยน้ำ



รูปที่ 2-28 แสดง Floating Wave Power Vessel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

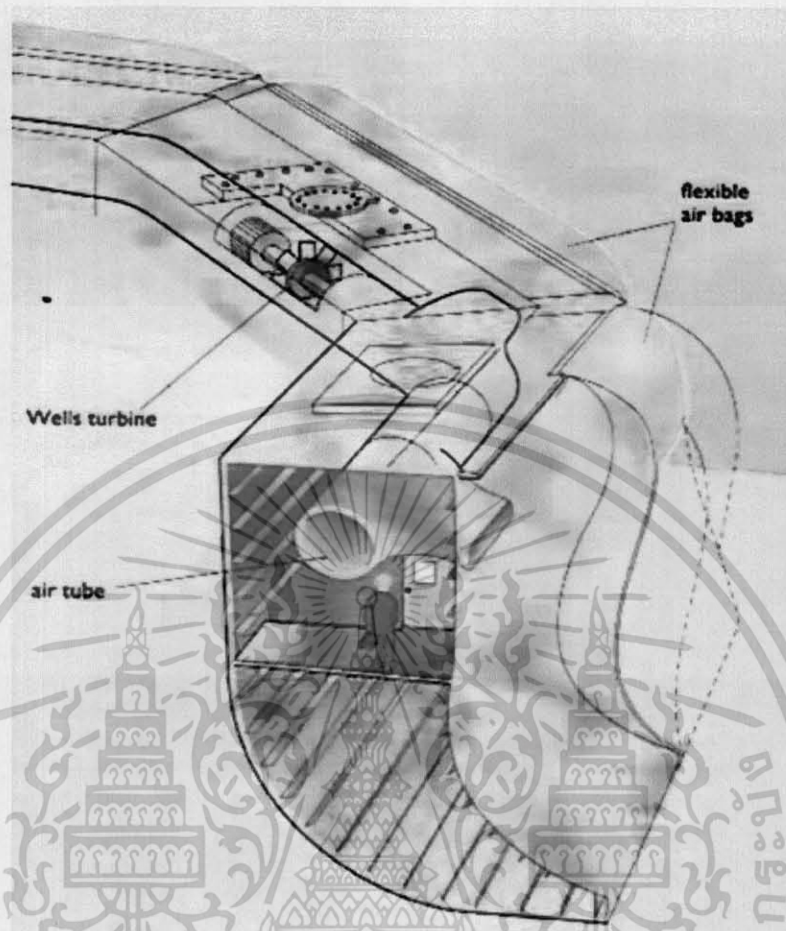
2.8.2.2.3 Clam

อุปกรณ์ลักษณะหอยกาบวงกลม พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยโคเวนทรี สหราชอาณาจักร ในปี ค.ศ.1980 ประกอบด้วยช่องอากาศเชื่อมต่อกัน 12 ช่อง หรือเซลล์ จัดเรียงตามเส้นรอบวงและมีกึ่งตัน อยู่ภายในแต่ละเซลล์ ขนาดจริงของอุปกรณ์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 60 เมตรและอาจจะทำงาน ในน้ำลึก 40 ถึง 100 เมตร ในแต่ละเซลล์จะปิดกั้นน้ำทะเลโดยชั้นเยื่อเสริมยางยืดหยุ่น คลื่นที่ เคลื่อนที่เข้ามาปะทะจะทำให้อากาศระหว่างเซลล์เกิดการเคลื่อนที่ อากาศจะถูกผลักจากเซลล์หนึ่ง โดยเส้นแรงคลื่น ผ่าน ไปสู่กึ่งตันทั้ง 12 ตัวบนทางในเซลล์ทำให้ลมในเซลล์อื่นเต็ม ระบบอากาศจะ ถูกปิดกั้นไว้ภายใน การไหลของอากาศจะไหลย้อนกลับเมื่อออกคลื่นเคลื่อนผ่านไปและเปลี่ยนไป ยังตำแหน่งอื่นในวงนั้น



รูปที่ 2-29 Clam ต้นแบบภายใต้การทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



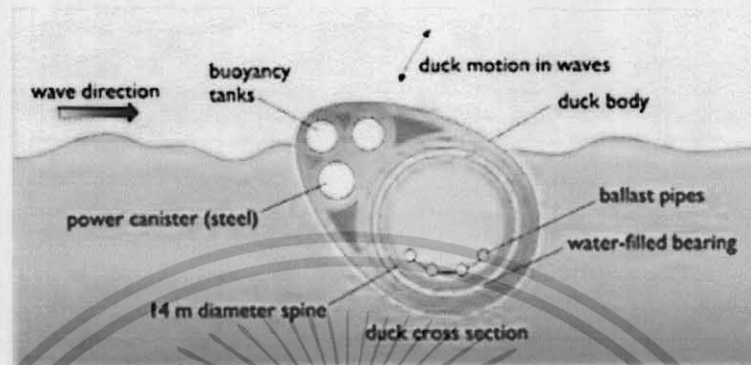
รูปที่ 2-30 ภาพตัดขวางภายในของ Clam

2.8.2.2.4 Duck

แนวความคิดของ Edinburg Duck เกิดขึ้นมาจาก ศาสตราจารย์สตีเฟน ซอลเตอร์ ณ มหาวิทยาลัยอิดินเบิร์ก สหราชอาณาจักร ในปีค.ศ.1970 ได้รับจินตนาการมาจากรูปทรงลูกเบี้ยวหลายตัวเชื่อมต่อกันด้วยสันกระดูกซี่คลอยน้ำเป็นยางยืดหยุ่นยาวเมื่อดึงออกจะยาวหลายกิโลเมตร ในทะเล ตำแหน่งกระดูกจะอยู่ใกล้กับหน้าคลื่นตามหลักการทำให้ Duck กลายเป็น terminator ขนาดใหญ่ขึ้น Duck ถูกออกแบบให้เข้ากับวงเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำ การเข้ากันได้นั้นสามารถเป็น ความสมบูรณ์แบบที่หนึ่งความถี่คลื่นและประสิทธิภาพในคลื่นตามยาวที่สามารถให้การควบคุม ส่วนคองของกระดูกไปสู่ข้อต่อได้ แนวความคิดในทางทฤษฎีมีประสิทธิภาพที่สุดของโครงการ พลังงานคลื่นทั้งหมด แต่หลายปีจะพัฒนาเต็มทีจำเป็นต้องใช้ประโยชน์ทางวิศวกรรมใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวความคิดขนาดใหญ่ หนึ่งในความยากคือการสกัดพลังงานคลื่นจากการสุมของการแกว่งไปมาของตัวอุปกรณ์



รูปที่ 2-31 อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Duck



รูปที่ 2-32 แบบจำลองอุปกรณ์ทดสอบในถังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-33 อุปกรณ์ขนาดจำลองทดสอบใน ลอซต์เนสส์ ประเทศสกอตแลนด์

2.8.2.2.5 Pelamis

Pelamis หรืออุททะเล เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนามาสำหรับการติดตั้งนอกชายฝั่งทะเลโดยบริษัทจัดส่งพลังงานมหาสมุทร(OPD) สหราชอาณาจักร

อุปกรณ์นี้พัฒนามาจาก Edinburg Duck ประกอบด้วยจำนวนของส่วนทรงกระบอกที่พับไปมาได้เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน คลื่นทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ทรงกระบอกจะต้านการเคลื่อนที่บริเวณรอยต่อของแต่ละส่วน โดยมีปั๊มไฮดรอลิกเป็นปั๊มน้ำมันแรงดันสูงผ่านไปยังมอเตอร์ไฮดรอลิก และมอเตอร์ไฮดรอลิกขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมา



รูปที่ 2-34 ต้นแบบ Pelamis ภายใต้การทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ขนาด 750 กิโลวัตต์ มีความยาว 150 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เมตร และประกอบด้วย 5 ส่วนประกอบ อุปกรณ์จะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าผ่านทางสายเคเบิลใต้ทะเล OPD ได้มีการทดสอบในขนาดจำลองและเซ็นสัญญา 15 ปีกับ Power Purchase Agreement ภายใต้ Scottish Renewable Order (1999) นำส่งกระแสไฟฟ้าในต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า 7 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง อุปกรณ์นี้ปล่อยลงน้ำไปเมื่อปี ค.ศ.2003 OPD คาดหวังว่าจะลดต้นทุนเหลือเพียง 3 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในปีถัดไปจะพัฒนาการออกแบบและการควบคุมอย่างดีเพื่อที่จะผลิตได้ในต้นทุนที่ 2 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

2.8.2.3 อุปกรณ์แบบผูกโยง

ในระบบการลอย โครงสร้างหลักจะลอยอยู่บนผิวน้ำแต่ผูกไว้พื้นทะเลผ่านขี้มูกดึงและถอน อุปกรณ์สามารถเป็นส่วนดูดซับพลังงานน้ำอันกว้างใหญ่ในเส้นผ่านศูนย์กลางที่แผ่ออกไปในทางทฤษฎีจุดดูดซับพลังงานคลื่นสมบรูณ์แบบควรจะจับได้จากน้ำคลื่นที่มีความยาวเท่ากับเมตร สำหรับตัวอย่างคลื่นกับคาบ 6 วินาที อาจมีความยาวคลื่นระหว่าง 56 เมตรถึง 72 เมตร ขึ้นอยู่กับน้ำลึกหรือน้ำตื้น ดังนั้นจุดดูดซับสมบรูณ์แบบอาจจะดูดซับพลังงานจากคลื่นกว้างโดยรอบ 10 เมตร (ระหว่าง 9 ถึง 12 เมตร) อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการสกัดคลื่นตามยาวจะได้น้อยเนื่องจากข้อจำกัดของแอมพลิจูดแนวตั้งของการเคลื่อนที่ของจุดดูดซับ แนวความคิดในการ Latching หรือการล็อกให้ลอยอยู่ใต้น้ำในวินาทีหรือก่อนคลื่นถัดมา เป็นการพัฒนาการสกัดพลังงานสูงสุด โดยผ่านแอมพลิจูดขนาดใหญ่ของการลอยเคลื่อนที่ซึ่งเป็นที่ต้องการสำหรับการปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุด

2.8.2.3.1 Hose Pump

อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบขี้มูกยาว มีการพัฒนามาเกือบ 20 ปี โดยนักเทคนิคในสวีเดนและตั้งใจไว้สำหรับขี้มูกน้ำทะเล โดยรอบขี้มูกยาวที่ยึดไว้กับพื้นทะเล ขี้มูกยาวประกอบด้วย ทรงกระบอกเสริมยางแนวตั้งผูกไว้กับพื้นทะเลและติดกับส่วนลอยบนผิวน้ำ วิธีการทางเรขาคณิตถูกเลือกมาใช้งานในการเสริมเชือก โดยลมจะทำให้ท่อหดพองขึ้นซึ่งน้ำทะเลภายในจะถูกดันขึ้นไปเมื่อท่อถูกบีบออกไปโดยการลอยตัวขึ้นมีผลสนองตอบต่อขคลื่น น้ำทะเลถูกขี้มูกออกท่อและขึ้นไปไว้ในอ่างเก็บน้ำบนฝั่ง สกัดพลังงานจากการปล่อยน้ำกลับสู่ทะเล ท่อถูกเติมน้ำอีกครั้งผ่านวาล์วแบบไม่ไหลย้อนกลับ

2.8.2.3.2 Interproject Service Converter

อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบ Interproject Service Converter(IPS) พัฒนาโดย Interproject Service AB ประเทศสวีเดน ก่อนปี ค.ศ.1980 มีการทดสอบที่สเกล 1 ต่อ 10 ในทะเลและค้นแบบเต็มสเกลในทะเล IPS ประกอบด้วยทุ่นยาวกับท่อเปิดปลายทั้ง 2 ด้านติดกับ

ส่วนด้านล่าง ภายในท่อสูบเชื่อมต่อกับท่อนและสัปดาห์แรงโดยแรงกระทำภายในท่อนและน้ำภายในท่อ โครงแบบใหม่ slope IPS แสดงออกอย่างชัดเจนจำนวนของลักษณะที่น่าดึงดูด สิ่งพิเศษคือการทำงานในแนวตั้งเพื่อเพิ่มเพื่อเพิ่มพลังในการสกัดพลังงาน โดยใช้อุปกรณ์แอกคิวมูเลเตอร์ไฮดรอลิก สามารถให้ประสิทธิภาพที่น่าเชื่อถือขากออกที่เรียบและดั่งเสนอนในมโนภาพของบริษัทพลังงานสำหรับสายส่งๆไฟฟ้าขนาดเล็กหรือเกาะเล็กๆ

ระบบAquabuoy แสดงในรูปที่ 2-35 เป็นการพัฒนาอยู่บนพื้นฐานของทั้ง IPS และ hose pump แผนการทดลองมุ่งที่นำเสนอที่ 1 เมกะวัตต์ โครงร่างประกอบด้วยอัตราที่ 100 กิโลวัตต์ บริเวณชายฝั่งปีคของวอร์ชิงตันในสหรัฐอเมริกา ดำเนินการ โดยกลุ่ม Aquabuoy



รูปที่ 2-35 ระบบ Aquabuoy พัฒนามาจากพื้นฐานของทั้ง IPS และ hose pump

2.9 การวิจัยและพัฒนาพลังงานคลื่นทั่วโลก

2.9.1 ประเทศนอร์เวย์

TAPCHAN และ OWC แบบหลายช่อง เป็นโครงการที่มีการทำกันอยู่ แต่งานที่ให้ความสำคัญก็คือการหาวิธีการสกัดพลังงานให้ดีขึ้นเพื่อให้ได้พลังงานขาออกสูงสุด OWC แบบแผ่นและแบบสองทางเป็นกรณีที่กำลังศึกษาอยู่ในนอร์เวย์ ซึ่งอาจจะสามารถตอบสนองความถี่ในช่วงที่กว้างกว่า OWC แบบเดี่ยว ในปีค.ศ. 1998 แนวความคิดอีกอันหนึ่งก็คือระบบ ConWEC ซึ่ง

ใช้ลักษณะการสั่นขึ้นลงภายในโครงสร้างทรงกระบอก คลื่นเปลี่ยนเป็นพลังงานกลโดยบีบกับถูกสูบแข็งแกร่งที่เชื่อมต่ออยู่กับส่วนลอยน้ำ ดังนั้นน้ำทะเลจะถูกบีบสู่อ่างเก็บน้ำและไหลย้อนกลับสู่ทะเลผ่านกังหัน โครงการคล้ายกับ OWC แบบอยู่กับที่ แต่มีข้อคิดตรงที่ประกอบด้วย Latching สมรรถนะสูงสุดและจับเก็บกำลังขาออกได้เรียบ

ตามรูปแบบดั้งเดิม การผลิต ไฟฟ้าของนอร์เวย์ทั้งหมดมาจากพลังงานทดแทนพลังงานน้ำ จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ นอร์เวย์เริ่มให้ความสนใจเล็กน้อยในการลงมือปฏิบัติเทคโนโลยีพลังงานคลื่นสำหรับใช้เอง อย่างไรก็ตามการลงทุนต่อเนื่องในการวิจัยและพัฒนาในปีที่ผ่านมาจ่ายกระแสไฟฟ้าได้น้อยกว่าความต้องการ (คือที่ระดับ 99.4 % ในปีค.ศ.1997) เพราะว่าประชาชนคัดค้านการสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำแห่งใหม่ และในปีค.ศ.1998 นอร์เวย์นำเข้าพลังงานไฟฟ้าสุทธิ 3.7 เทอราวัตต์ชั่วโมง จากเดนมาร์กและสวีเดน ผลกระทบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากช่องอากาศกับสถานีเผาพลังงานฟอสซิล ฉะนั้นควรสร้างพื้นฐานสำหรับตลาดพลังงานคลื่นในนอร์เวย์

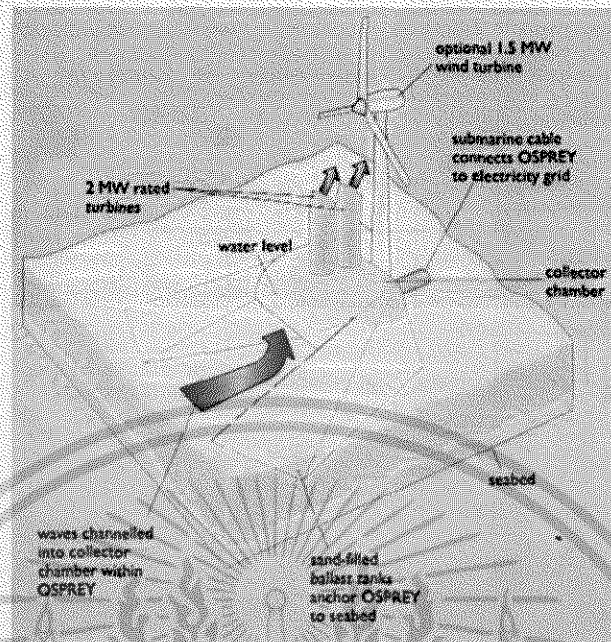
2.9.2 สหราชอาณาจักร

โครงการพลังงานคลื่นในสหราชอาณาจักรมี LIMPET OWC Edinburgh Duck และ Pelamis ส่วนโครงการอื่นๆที่สหราชอาณาจักรร่วมลงทุนก็มี Bristol Cylinder และ Pitching and Surging FROG (PS FROG)

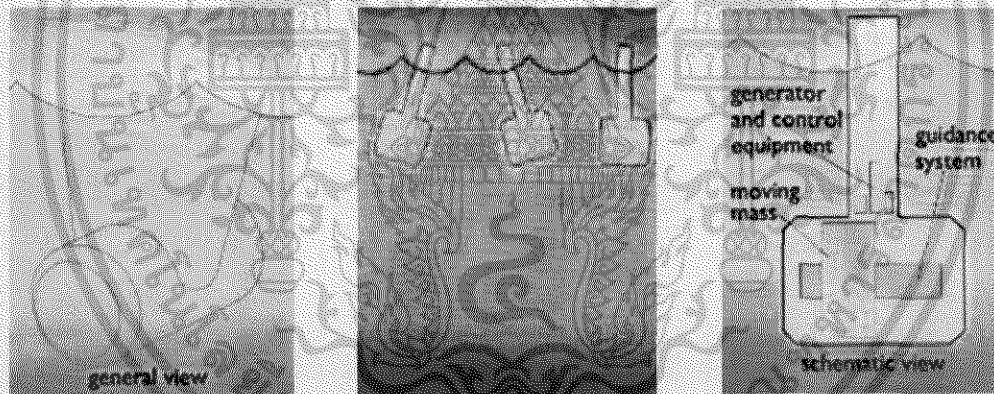
แนวความคิด Bristol Cylinder ประกอบด้วยทรงกระบอกขนาดใหญ่ยึดอยู่ใต้น้ำแต่ล้อมรอบด้วยวงคลื่นและดูดซับพลังงานจากคลื่น

Pitching และ Surging FROG พัฒนาโดยศาสตราจารย์ในฝรั่งเศส และเพื่อนร่วมงานที่มหาวิทยาลัยแลนคาสเตอร์ (Lancaster University) เป็นปฏิบัติการเปลี่ยนพลังงานคลื่นซึ่งได้รับพลังงานจากพฤติกรรมการดูดกลืนพลังงานโดยการเคลื่อนที่ภายในทรงมวล

OWCแบบติดท้าย หรือในรูปของ OSPREY1 (Ocean Swell Powered Renewable Energy) ปล่อยลงน้ำเป็นครั้งแรกโดย บริษัทเวปเจน (Wavegen) ประเทศสกอตแลนด์ ในปีค.ศ.1995 แต่พายุเฮอริเคนฟิลิกทำลายโครงสร้างเหล็กกล้าก่อนที่จะมีการติดตั้งอย่างสมบูรณ์ ในเวลาต่อมามีการเขียนโครงการถัดมาในชื่อ OSPREY 2000 สำหรับติดตั้งในชายฝั่งปิดไอริส นอกจากนี้บริษัท Wavegen ยังมีกรรมสิทธิ์พลังงานลม-พลังงานคลื่นเข้าด้วยกันเรียกว่า WOSP ซึ่งอาจจะได้รับพลังงานรวมถึง 3500 กิโลวัตต์



รูปที่ 2-36 ภาพจำลอง OSPREY I



รูปที่ 2-37 Pitching และ Surging FROG

2.9.3 ประเทศจีน

กิจกรรมพลังงานคลื่นที่พัฒนาขึ้นในจีนส่วนใหญ่มาจากการทำงานร่วมกับญี่ปุ่น ทั้งแนวความคิดหรือการแลกเปลี่ยนความคิดและบุคลากร บางงานก็เป็นทุนนำทาง บางงานที่เป็นแบบจำลองทางทฤษฎี จีนมีความเข้าใจในการสร้างอุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบ Backward Bent Duct และมีการทดสอบ OWC ขนาดเล็ก นอกจากนี้จีนมีทุนนำทางพลังงานคลื่นมากมายที่ปฏิบัติงานอยู่

OWC แบบชายฝั่งขนาด 3 กิโลวัตต์ในร่องน้ำธรรมชาติบนเกาะดาวานซาน (Dawanshan) ในแม่น้ำเพิร์ล (Pearl) ประสบความสำเร็จ ปัจจุบันกำลังมีการเพิ่มขนาดของกังหันไปเป็น 20 กิโลวัตต์ แนวความคิดในการทดลอง BBDB นำโดยสถาบันแปรเปลี่ยนพลังงานกวางโจว

เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ.1980 การวิจัยพลังงานคลื่นเน้นไปที่ OWC แบบทุ่นลอยและยึดอยู่กับที่ และอุปกรณ์แบบ Pendulum ในปี ค.ศ.1995 สถาบันพลังงานกวางโจว (GIEC) ของสถาบันวิทยาศาสตร์จีน ประสบความสำเร็จในการพัฒนาอุปกรณ์เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นแบบกังหันทุ่นลอย (ขนาด 60 วัตต์) และมีการพัฒนามาตลอด 13 ปี มากกว่า 650 หน่วยตามแนวชายฝั่งประเทศจีน และมีการส่งออกพลังงานไปยังประเทศญี่ปุ่น

โครงการหลัก 3 งานในปัจจุบันได้รับการสนับสนุนจากคณะกรรมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มุ่งพัฒนาสถานีพลังงานคลื่นบนชายฝั่ง

- OWC แนวชายฝั่ง ดำเนินการโดย GIEC หลังประสบปัญหาในการพิจารณาอุปกรณ์สำหรับเกาะ นาน โอ มีแผนที่จะสร้างที่ ซานไว ในจังหวัดกวางตง เป็นอุปกรณ์แบบ 2 ช่อง ความลึกรวม 20 เมตร อัตราผลิต 100 กิโลวัตต์
 - Pendulum พัฒนาขึ้นมาโดยสถาบันเทคโนโลยีมหาสมุทร เทียนจิน กระทรวงมหาสมุทร ขนาด 0.5 เมกะวัตต์ สร้างบนเกาะ ดาจูนัน ในจังหวัดชานตง
 - การทดลอง OWC ชายฝั่งขนาด 3 กิโลวัตต์บนเกาะ ดาวานซาน ในปากแม่น้ำเพิร์ล จ่ายไฟฟ้าให้กับประชาชนบนเกาะและเพิ่มกำลังเป็นกังหันขนาด 20 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตาม การทดลองทำงานใน 3 เดือนแรกประสบกับปัญหาทางเทคนิคทำให้มีการปิดสถานีไป
- การศึกษารับผิดชอบสนับสนุนโดยกองทุนวิทยาศาสตร์ธรรมชาติจีนและสถาบันวิทยาศาสตร์จีน

กิจกรรมหลักประกอบด้วย

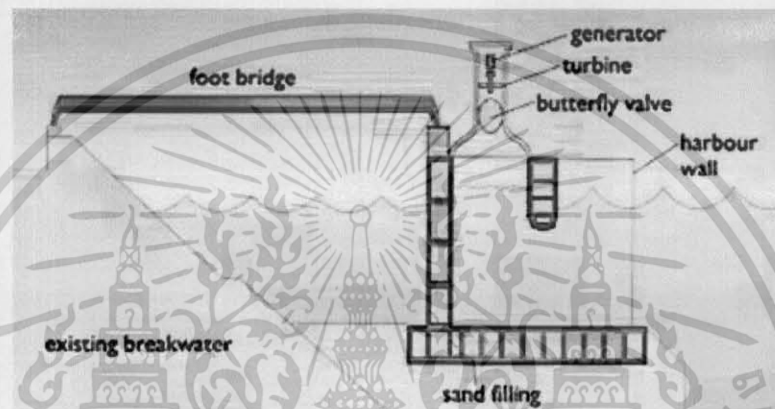
- การพัฒนากังหันใหม่สำหรับ OWC
- ประเมินปัจจัยความปลอดภัยสำหรับการออกแบบอุปกรณ์พลังงานคลื่น
- แบบจำลอง time-domain และควบคุม
- การจำลองพลศาสตร์เชิงเส้น
- การจำลองพลศาสตร์ไม่เชิงเส้น

2.9.4 ประเทศอินเดีย

การทดสอบ OWC แบบหลายช่องเริ่มขึ้นในเขื่อนและใช้กังหันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร กำลังขับเคลื่อนเครื่องกำเนิด 150 กิโลวัตต์ ใกล้กับชายหาดทริวันดรัม (Trivandrum) ในปีค.ศ.1991 มีประโยชน์สองอย่างทั้งเป็นเขื่อน(เพื่อกำบังลมพายุ)และกำเนิดไฟฟ้า(ผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ต้นทุนเงินที่ต่ำและต้นทุนการกำเนิดไฟฟ้าอาจจะเป็นที่น่าสนใจทางเศรษฐศาสตร์) อุปกรณ์นี้

ประมาณการจัดส่งไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 75 กิโลวัตต์ในช่วงระหว่างมรสุมฤดูร้อน/หนาวจากเดือนเมษายน ถึงเดือนพฤศจิกายน และ 25 กิโลวัตต์จากเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ระบบการเปลี่ยนพลังงาน เป็นสองหน่วยรวมกันติดตั้งในคาบพลังงานสูงทั้งหน่วยสามารถปฏิบัติงานได้

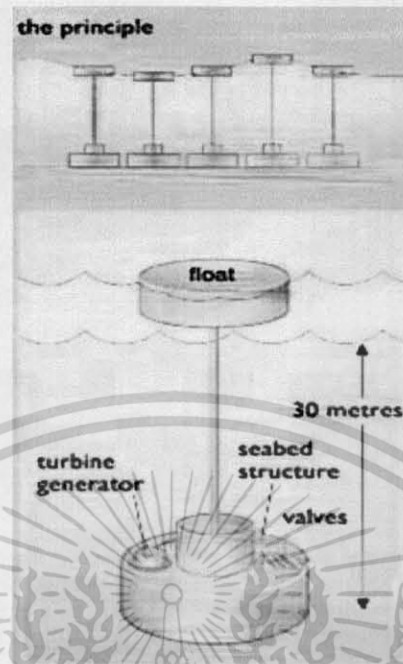
ตั้งแต่ความหนาแน่นพลังงานคลื่นเฉลี่ยต่อปีตลอดชายฝั่งอินเดียอยู่ระหว่าง 5 ถึง 10 กิโลวัตต์ต่อเมตร อย่างไรก็ตามหลายอ่าวมีแผนติดตั้งอุปกรณ์ตามชายฝั่งอินเดียและนำไปสู่การ พิจารณาศักยภาพในการตั้งเป็นบริษัทแปรเปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยOWC



รูปที่ 2-38 ภาพตัดขวางของอุปกรณ์เขื่อนOWC

2.9.5 ประเทศเดนมาร์ก

การวิจัยในเดนมาร์กประกอบด้วยการทำงานบนระบบทูนลากติง ดังรูป 2-39 การ คอบสนองของทูนต่อคลื่นที่เข้ามากระทำโดยการทำให้ก้านสูบที่ติดกับกันทะเลเคลื่อนที่ ก้านสูบนี้ จะบีมน้ำลงสู่ก้นหานี้ การวางทูนควรวางทูนในแนวเดียวกันและจัดเรียงให้มีกำลังขาออก รวมกัน ระบบนี้มีความยากตรงที่ต้นแบบจะต้องกันน้ำ แต่ความยากนี้ก็อาจจะฝ่าฟันไปได้ใน อนาคต



รูปที่ 2-39 ทู่นแบบลากคิง

โครงการอื่นๆทั่วไปมีทั้งการพัฒนาแบบจำลองหรือเครื่องต้นแบบประกอบด้วย Waveplane Wave Dragon และ Swan DK3

Waveplane คืออุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นลิ้ม ซึ่งเคลื่อนผ่านเข้ามาโดยตรงตามความถี่คลื่น เข้าสู่โครงสร้างขดเกลียวสร้างกระแสน้ำวนเพื่อใช้ในการขับเคลื่อน การทดสอบใช้แบบจำลอง ขนาดย่อ 1 ต่อ 5 ภายในทางใน ฟยอร์ด มาเรียเจอร์ (Mariager Fjord) ในอูทแลนด์ ตั้งแต่พฤษภาคม ปีค.ศ.1999

Wave Dragon เป็นอุปกรณ์ลอยน้ำแบบ TAPCHAN ที่ได้ผลดีมาก คลื่นจะวิ่งข้ามผ่านช่อง เรียวแหลมและเข้าไปยังอ่างเก็บน้ำ และน้ำจะไหลย้อนกลับสู่ทะเลผ่านทางชุดกังหันกำเนิดไฟฟ้า อุปกรณ์ขนาดใหญ่ปล่อยลงน้ำใกล้กับมหาวิทยาลัยอัลบอร์ก (Aalborg University) ในเดือนมีนาคม ปีค.ศ.2003 และส่งพลังงานครั้งแรกสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าในเดือนมิถุนายน ปีค.ศ.2003 และอีกหลาย กังหันติดตั้งในเดือนกันยายน ปีค.ศ.2003 และสามารถบำรุงรักษาได้ในทะเล

ท้ายที่สุด Swan DK3 เป็นพื้นฐานมาจากแนวความคิด L-shaped Bent Duck Buoy ที่พัฒนา ในญี่ปุ่นและจีน

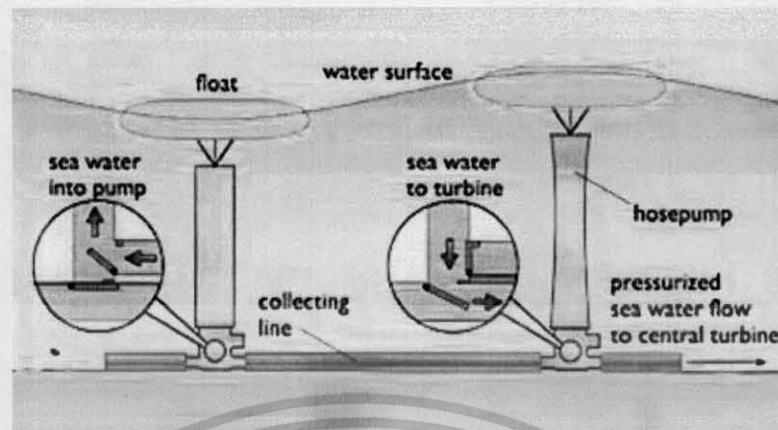
2.9.6 ประเทศสวีเดน

ศักยภาพตลอดชายฝั่งสวีเดนอยู่ที่ 5 ถึง 10 เทอราวัตต์ชั่วโมงต่อปี (กำลังเฉลี่ย 0.57-1.1 กิกกะวัตต์เท่ากับความต้องการ 3-4 %) อย่างไรก็ตามศักยภาพตลอดชายฝั่งนอร์เวย์ ประเทศเพื่อนบ้านอยู่ราวๆ 3.0 – 3.5 กิกกะวัตต์ ซึ่งควรจะมีการใช้ประโยชน์ร่วมกันได้ถึง 12 -15 % ของความต้องการ ไฟฟ้าสวีเดนผ่านระบบสายส่งไฟฟ้านอร์ดิก

แนวความคิดใกล้เคียงกับท่อนลายน้าคอนกรีตทำกันในสวีเดนแต่ใช้ท่ออย่างเพิ่มเติมขึ้นมา ทั้งเชือกถ้ำและบี้มกล เชือกเสริมแรงในสายยางถูกจัดเรียงทำมุมกับแกนของสายยาง ท่อนจะเริ่มทำงานเมื่อคลื่นเคลื่อนเข้ามา ทำให้ท่อขยายออกและมุมเชือกจะเปลี่ยนตามเส้นทาง ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากปริมาตรภายในท่อลดลง การเพิ่มขึ้นของความดันของการทำงานของของไหล(น้ำทะเล)ที่บรรจุอยู่ภายในท่อของ ของไหลทำงานดังกล่าวบีบเข้าสู่อ่างเก็บน้ำความดันสูง ซึ่งใช้ในการกำเนิดไฟฟ้าต่อมาในภายหลัง

ในปีค.ศ.1992 Sea Power International คิดตั้งท่อส่งลอยน้ำพลังงานคลื่น (FWPV) สำหรับทดสอบที่ชายฝั่งใกล้กับทางตะวันตกของสวีเดน ท่อส่งเหล็กกล้านี้คล้ายกับ TAPCHAN ลอยน้ำ ซึ่งคลื่นจะวิ่งข้ามทางลาดชันและเก็บไว้ใ้ภายในอ่างเก็บน้ำที่ถูกสูงยกขึ้น และน้ำจะไหลย้อนกลับสู่ทะเลผ่านทางกังหัน อุปกรณ์นี้ไม่ไวต่อระยะการขึ้นลงของน้ำ และโดยความมั่นคงอุปกรณ์สามารถเข้าได้กับความแตกต่างคลื่นสูง ปีค.ศ.2002 คิดตั้ง โครงการนำร่อง 500 เมตร ขนาด 1500 กิโลวัตต์ ใกล้กับชายฝั่งทางตะวันตกของซีทแลนด์

Sea Power International มีแผนที่จะนำท่อลอยพลังงานคลื่นดัดแปลงเพื่อก๊าซไฮโดรเจน (FWPVHY) ในระบบนี้พลังงานคลื่นอาจจะถูกเก็บไฮโดรเจนสำหรับใช้ตามความต้องการใน เซลล์เชื้อเพลิง ทาง Sea Power International คาดว่าในอีก 5 ปีอาจจะเป็นไปได้ที่จะมีโรงงาน FWPVHY 5 ตัวจัดตั้งไฮโดรเจนได้ 1,340,000 ลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 2-40 อุปกรณ์พลังงานคลื่นแบบ Hose pump

2.9.7 ประเทศโปรตุเกส

OWC ขนาด 500 กิโลวัตต์ บนเกาะพิโคซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอโซเรส (Azores) ในแอตแลนติกเหนือ โครงสร้างประกอบด้วย โครงสร้างคอนกรีต 12x12 เมตร สร้างอยู่บนพื้นหินในทะเลตามแนวอ่าวและติดเข้ากับกังหันกำเนิดไฟฟ้าแกนตั้งสามารถผลิตไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปีที่ 124 กิโลวัตต์ แต่อัตราสูงสุดจับพลังที่ 525 กิโลวัตต์ กังหันออกแบบให้ทำงานระหว่าง 750 ถึง 1500 รอบต่อนาที

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1978 โปรตุเกสมิมีบทบาทในการวิจัยและพัฒนาพลังงานคลื่น งานนี้รับผิดชอบโดย Instituto superior Tecnico (IST) ของมหาวิทยาลัยเทคนิคลิสบอนและสถาบันวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมนานาชาติ (INETI) ของโปรตุเกส กระทรวงเศรษฐกิจ การวิจัยส่วนใหญ่อยู่บนการเปลี่ยนรูปพลังงานคลื่น ท่วมเทให้กับ OWC ก่อนรวบรวมงานเชิงทฤษฎีและการศึกษาการทดลองของอุปกรณ์ศาสตร์และพฤติกรรมลมที่ผ่านช่องกังหัน (ประกอบไปด้วย ใบพัดแบบขั้นเดียว และ ใบพัดปีก 2 ชั้น) เช่นเดียวกับการออกแบบด้านการหมุน การออกแบบการผลิตนี้สำหรับกังหันและวิธีการควบคุมเครื่องจักร

ส่วนเพิ่มเติมเป็นการศึกษาประเมินแหล่งทรัพยากรในระดับนานาชาติ INETI ประสานงาน 2 โครงการกับสหภาพยุโรป

- การพัฒนาของระเบียบวิชาสามัญสำหรับประเมินแหล่งทรัพยากรและลักษณะเฉพาะ
- ผลิตแผนที่พลังงานคลื่นยุโรปสำหรับแหล่งทรัพยากรน้ำลึก

แผนงานก่อตั้งโรงงานพลังงานคลื่นขนาดใหญ่บนเกาะ Pico ในหมู่เกาะ Azores เริ่มในปี ค.ศ. 1991 เป็นผู้นำการพัฒนา OWC ชายฝั่งขนาด 400 กิโลวัตต์ ซึ่งเสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 2000 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาดว่าจะพร้อมสำหรับการทำงานในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ.2001 ในส่วนจากโอกาสการวิจัยและพัฒนา (ขั้นต้นสำหรับทดสอบความแตกต่างจากการออกแบบกังหันและความคุมกลยุทธ์) โรงงานใน Pico จะสามารถจ่ายพลังงานได้ 8 - 9% ของความต้องการไฟฟ้าบนเกาะต่อไปในอีก 25 ปี

Archimedes Wave Swing(AWS) เป็นระบบที่คิดค้นโดยกลุ่มงานเทคโนโลยี BV ซึ่งพัฒนาโดย AWS BV ความร่วมมือของ NUON กลุ่มงานเทคโนโลยีและความสนใจของเนเธอร์แลนด์ อุปกรณ์มีลักษณะคล้ายกับทุ่นยึดเข้ากับด้านล่างพื้นผิวทะเล การเปลี่ยนแปลงความดันในคลื่นเกิดขึ้นเป็นระยะ ทำให้ส่วนด้านบนของตัวทุ่นเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในคลื่น โดยที่ส่วนด้านล่าง(ติดกับพื้นทะเล)ยึดอยู่กับที่ โครงการนำร่องขนาดใหญ่ 2 เมกะวัตต์อยู่ภายใต้โครงสร้างปิด Viana do Castelo ทำเรือขนาดใหญ่ทางเหนือของประเทศ ส่วนประกอบต่างผลิตในประเทศโรมาเนีย และประกอบเป็นตัวทุ่นในโปรตุเกส คาดว่าจะสร้างเสร็จสมบูรณ์สิ้นปีค.ศ.2001

2.9.8 ประเทศเนเธอร์แลนด์

Archimedes Wave Swing พัฒนาโดยทีมเทคนิคประกอบด้วยจำนวนห้องรูปทรงหัวเห็ดเชื่อมต่อกันภายในบริเวณนั้นจะต่ำกว่าพื้นน้ำทะเล ห้องถูกยกขึ้นพร้อมกับการลอยเคลื่อนที่ขึ้นหรือปล่อยลอย ระบบประกอบด้วยทรงกระบอก ห้องว่างที่เต็มไปด้วยอากาศ(Floater) ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งกับทรงกระบอกฐาน(Basement) ซึ่งยึดติดกับพื้นทะเล การเคลื่อนที่นี้กำเนิดโดยการเปลี่ยนแปลงใน Buoyancy การลอยตัวของอากาศภายใน floater เมื่อกลิ้นเคลื่อนผ่านเหนือด้านบน ผลที่เกิดขึ้นจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดการลากดึงกระตุ้นให้ระบบไฮดรอลิกและระบบกำเนิดไฟฟ้าทำงาน

ล่าสุดในปีค.ศ.1990 ทีมเทคนิคได้สร้างโครงการนำร่องขนาด 2 เมกะวัตต์ในโรมาเนียวางเรียงเป็นแนวกระดานในโปรตุเกส สนับสนุนเงินทุนและเทคนิคโดยเนเธอร์แลนด์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากแก่บริษัทอุตสาหกรรม ทีมเทคนิคยังมีแผนสร้างขนาด 8 เมกะวัตต์ 3 ห้อง ออกแบบสำหรับการใช้ในอนาคต อย่างไรก็ตามยังเป็นเพียงแค่โครงการในกระดาษ ยังไม่มีทางใดที่จะเป็นไปได้ที่จะเริ่มต้นโครงการนี้

2.9.9 ประเทศมัลดีฟ

รัฐบาลมัลดีฟมีการประกาศความมุ่งหมายเริ่มใช้พลังงานคลื่นผลิตกำลังไฟฟ้าให้กับเกาะต่างๆ Sea Power ประเทศสวีเดนได้ลงนามในสัญญากับรัฐบาลในการส่งพลังงานทางท่อจากทุ่นลอยน้ำถ้าการติดตั้งครั้งแรกปรากฏความสำเร็จ แนวคิดอาจจะขยายไปสู่ความต้องการไฟฟ้าบนเกาะอื่นๆของมัลดีฟ ที่อยู่บนเกาะปะการังรูปโค้งกว่า 200 เกาะในกลุ่ม บริเวณพื้นที่ห่างไกล กับบริเวณน้ำลึก ปัจจุบันพลังงานทั้งหมดของมัลดีฟผลิตมาจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล แนวคิดคือจะ

นำพลังงานคลื่นเข้ามาแทนที่โดยจะส่งกำลังผ่านมาทางท่อ ซึ่งขนาดของอุปกรณ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณความต้องการของแต่ละพื้นที่

2.9.10 ประเทศเกาหลี

วิศวกรชาวเกาหลีได้ออกแบบ โครงการพลังงานคลื่น-ลม การออกแบบนี้มีลักษณะเด่นใหม่ๆ ในความพิเศษก็คือฐานรองรับทำมาจากโครงสร้างของพลาสติกและส่วนประกอบผสมอื่นๆ ลักษณะการออกแบบใหม่ตั้งใจเพื่อที่จะลดต้นทุนรวมทั้งหมดโครงการ โดยลดคลื่นภาระที่ไม่ได้ผลบนอุปกรณ์ให้น้อยที่สุดและพิจารณาความแข็งแรงน้อยและใช้โครงสร้างวัสดุต่างๆ การออกแบบที่ขึ้นการพัฒนาเช่นที่ก่อนต้นแบบ ถ้าการวิจัยในพื้นที่นี้ประสบความสำเร็จและอุปกรณ์เป็นจริงขึ้นมาก่อนคาดหวังก็จะเป็นการแข่งขันทางเศรษฐศาสตร์กับช่วงเทคโนโลยีการกำเนิดไฟฟ้า(ทั้งธรรมดาและจากแหล่งกำเนิดพลังงานทดแทน)

2.9.11 ประเทศอินโดนีเซีย

ในท้ายปีค.ศ.1990 บริษัทนอร์วีเจียน อิน โคนอร์ เอเอส เริ่มก่อสร้าง TAPCHAN ขนาด 1.1 เมกะวัตต์บนเกาะชวาในอินโดนีเซีย ตามสัญญาข้อตกลง โดยรัฐมนตรีนอร์เวย์คนก่อน โกร ฮาร์ เลม บรุนด์แลนด์ (Gro Harlem Brundland) เมื่อครั้งมาเยือนอินโดนีเซียในปีค.ศ.1996 โครงสร้างประกอบด้วยช่องลึก 7 เมตร ซึ่งแคบลงไปจากความกว้าง 7 เมตรลงไป 25 เซนติเมตร และยาวกว่า 60 เมตร อ่าวที่ไปสร้างเป็นอ่างตามธรรมชาติบนพื้นที่ 7500 ตารางเมตร สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้สูงกว่าระดับน้ำทะเล 4 เมตร ตามช่วงน้ำขึ้นลงในเงื่อนไขที่สมบูรณ์แบบให้สำหรับ TAPCHAN ต้นทุนคาดไว้ที่ 6 ล้านปอนด์และต้นทุนการผลิตไฟฟ้าไว้ที่ 5.5 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

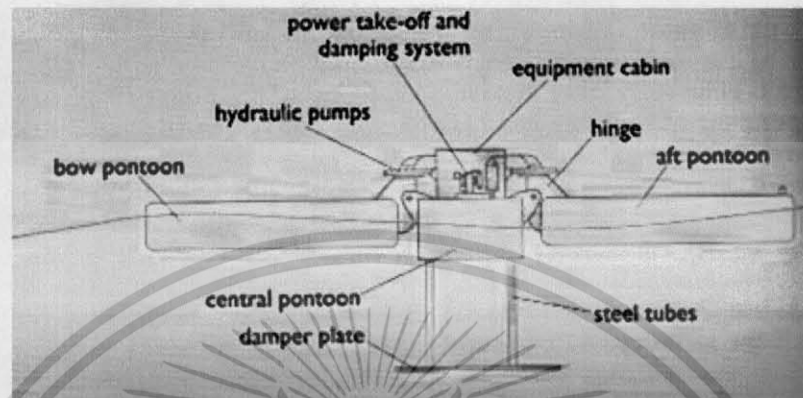
2.9.12 สาธารณรัฐไอร์แลนด์

ชายฝั่งทางตะวันตกของไอร์แลนด์เหมาะสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์พลังงานคลื่นทั้งแบบชายฝั่งและนอกชายฝั่ง แหล่งกำเนิดคลื่นทั้งหมดโดยรอบๆชายฝั่งตะวันตกและทางใต้ของไอร์แลนด์ ประมาณ 25 กิกะวัตต์ ซึ่งเป็นจำนวนพลังงานขาออกได้ 219 เทอราวัตต์ชั่วโมงต่อปีหรือใกล้กับ 10 เท่าของความต้องการใช้ไฟฟ้าของไอร์แลนด์ในปัจจุบัน

การวิจัยในไอร์แลนด์มุ่งไปที่ OWC และรูปแบบอื่นๆของกังหันแยกอากาศดังทางเลือกกังหันช่องลม

อุปกรณ์ต้นแบบยาว 40 เมตรที่ชื่อ McCabe Wave Pump วางใกล้กับแนวชายฝั่ง คิลบานา ในไอร์แลนด์เมื่อปีที่แล้ว อุปกรณ์นี้ประกอบด้วยโปิ๊ะเหล็กผืนผ้าเรียวยาว 3 ชั้นตั้งฉากกันซึ่งติดเข้ากับบานพับด้วยกัน ขวางลากลื่นซึ่งเป็นจุดที่คลื่นเคลื่อนเข้าไป โปิ๊ะก็จะเคลื่อนที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และพลังงานจะถูกสกัดจากการเคลื่อนที่โดยปั๊มสูบไฮโดรลิกเชิงเส้นที่ติดระหว่างตัวโปิ๊ะกับ

บานพับ กำลังไฟฟ้าขาออกที่ได้ตั้งใจไว้สำหรับใช้ในการสกัดเกลือออกจากน้ำทะเลเช่นเดียวกับการกำเนิดไฟฟ้า



รูปที่ 2-41 ภาพจำลอง McCabe Wave Pump

2.9.13 ประเทศสหรัฐอเมริกา

ในสหรัฐอเมริกายังมีการทำงานเกี่ยวกับพลังงานคลื่นเป็นจำนวนน้อย การสนับสนุนจากทางรัฐบาลค่อนข้างต่ำแต่องค์กรพาณิชย์มีการเผยแพร่แนวความคิดในขั้นเตรียมการออกแบบและแบบจำลองทดสอบ ครั้งล่าสุดเมื่อปีค.ศ.1990 ประกอบด้วยโครงการบนพื้นฐานของOWC เช่นเดียวกับแนวความคิด Seamill ซึ่งเหมือนกับ OWC แต่มีการลอยของอุปกรณ์บนผิวน้ำ การเคลื่อนตัวในการลอยสร้างกำลังให้ระบบไฮดรอลิกใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แนวความคิดอื่น การเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้าพัฒนาโดย Ocean Power Technology (OPT) ประกอบด้วยระบบทุ่นลอยพื้นฐานซึ่งขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยใช้แรงกลพัฒนาโดยการเคลื่อนที่แนวตั้งของอุปกรณ์ แบบจำลองแต่ละอันสัมพันธ์กันเล็กน้อยต้นทุนการบำรุงรักษาประจำตัว นำไปสู่การคาดการณ์อายุการใช้งานน้อยที่สุด 30 ปี และนำส่งพลังงานที่ต้นทุน 2-3 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงสำหรับโครงแบบ 100 เมกกะวัตต์ และ 5-7 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงสำหรับโรงงาน 1 เมกกะวัตต์

หน่วยงานของ OPT มีการทดสอบอย่างครอบคลุมบนดินแบบขนาดใหญ่ ใกล้ชายฝั่งรัฐนิวเจอร์ซีย์ สหรัฐอเมริกา โครงแบบเชิงพาณิชย์แบบแรกกำลังสร้างสำหรับใช้ประโยชน์ในออสเตรเลีย สำหรับกองทัพเรือสหรัฐ และสำหรับรัฐนิวเจอร์ซีย์ กับจำนวน โครงแบบอื่นในท้องถิ่นส่ง AquaBuoy มาจากแนวความคิดของ IPS ซึ่งกำลังมีการติดตั้งใกล้กับแนวชายฝั่ง รัฐวอร์ชิงตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.14 ประเทศออสเตรเลีย

Energetech กำลังพัฒนาแนวความคิดพลังงานคลื่นแบบใหม่ OWCชายฝั่งรุ่นพัฒนา ใช้ กังหันแบบใหม่หมุนตามกำลังให้ประสิทธิภาพดีขึ้นและผนังโค้งพาราโบลิกให้จุดศูนย์รวมพลังงาน คลื่นมารวมไว้ที่อุปกรณ์ การออกแบบนี้ใช้บริเวณอ่าวหรือหรือแหลมชายฝั่งน้ำลึก หน้าคลื่นที่ เคลื่อนใกล้เข้ามาจะขยายเป็นสามเท่าที่จุดโฟกัสโดยรูปทรงพาราโบลิก ก่อนเข้ามาภายใน โครงสร้างOWC ขนาด 10 x 8 เมตร



รูปที่ 2-42 แนวความคิดพลังงานคลื่นออสเตรเลีย

โครงการขนาด 500 กิโลวัตต์ กำลังมีการสร้างที่ท่าเคมบล่า (Port Kembla) รัฐนิวเซาท์เวลส์ และกำหนดเสร็จสมบูรณ์ภายในสิ้นปี ค.ศ. 2003 ความร่วมมือระหว่างผู้พัฒนาและผู้ค้าพลังงาน ท้องถิ่น คาดว่าจะมีการซื้อพลังงานรวมกว่า 1 กิกะวัตต์ชั่วโมงต่อปีจากโครงการนี้ ต้นแบบคาดว่าจะ ผลิตไฟฟ้าที่ต้นทุน 0.05 เหรียญออสเตรเลียต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง (ประมาณ 2 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ ชั่วโมง)

2.9.15 ประเทศญี่ปุ่น

เริ่มมีการวิจัยและทดลองในปี ค.ศ. 1940 และต่อมาในปี ค.ศ. 1970 ขอบเขตการวิจัยทำใน ญี่ปุ่น เน้นการสร้างและพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบ (เน้น OWC เป็นหลัก)

1. OWC แบบ 5 ช่องติดตั้งเป็นส่วนผนังอ่าว ณ ท่าเรือ Sakata อุปกรณ์เริ่มปฏิบัติงานในปี ค.ศ. 1987 แต่หลังจากการทดสอบมีเพียงแค่ 3 ช่องที่สามารถใช้ผลิตพลังงานได้ เครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำเนิดไฟฟ้าขนาด 60 กิโลวัตต์มีการติดตั้ง และใช้เป็นหน่วยกำเนิดกำลังสำหรับแสงผล และคู่ค่าจากจอภาพ คาดการณ์ว่าจะมีการติดตั้งแทนที่หลังจากนั้น โดยกังหันขนาดใหญ่ และกำลังสูง (เป็นไปได้อย่างสูงที่สุด 200 กิโลวัตต์)

2. ในปี ค.ศ.1983 วัสดุคอนกรีตและเหล็กกล้า 40 กิโลวัตต์ติดตั้งเป็นแถวหน้ากระดานเป็น โครงสร้างตามแนวชายฝั่งที่ Sanze เป้าหมายเพื่อการวิจัยในการกักหลายปีและเมื่อเลิกจาก การกิจจะมีการตรวจสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนและความยืดหยุ่น
3. โครงการดำเนินการระหว่างปี ค.ศ.1988 ถึงปี ค.ศ.1997 ประกอบด้วย OWC 10 ตัวติดตั้ง ด้านหลังเขื่อน ๗ หาด Kujukuri เขตการปกครอง Chiba อากาศที่ปล่อยออกมาจาก OWC แต่ละตัวจะออกสู่อ่างเก็บน้ำและความดันเพื่อใช้ขับเคลื่อนกังหันขนาด 30 กิโลวัตต์ ต้นแบบ OWC 130 กิโลวัตต์ ติดตั้งในเขื่อนโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (เขตการปกครอง Fukushima) ในปี ค.ศ.1996 มีการใช้วาล์วแยกควบคุมอัตราการไหลของอากาศและจากกังหัน เพื่อการ ผลิตกำลังที่แน่นอน
4. ท่อลอย OWC เป็นที่รู้จักเช่น Backward Bent Duct Buoy ติดตั้งในญี่ปุ่น เหมือนกับ OWC เพียงแต่เปิดด้านหน้าไปทางชายฝั่ง อุปกรณ์พลังงานคลื่น Pendular มีการตรวจสอบ มากกว่า 15 ปี โดย สถาบันเทคโนโลยี Moruran เมื่อคลื่นกระทบกับแผ่นโลหะ (Pendular) และ pendular จะบีบอัดของไหลที่อยู่ภายในในระบบส่งกำลังไฮดรอลิก เครื่อง กำเนิดไฟฟ้าต้นแบบที่ 2 ใช้การควบคุมประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงาน
5. ตั้งแต่ปี ค.ศ.1987 จุดสนใจของการวิจัยพลังงานคลื่นในญี่ปุ่น ไปอยู่ที่อุปกรณ์ Mighty Whale ที่มีขนาด ความยาว 50 เมตร กว้าง 30 เมตร ลึก 12 เมตร เครื่องต้นแบบพัฒนาโดย ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางทะเลญี่ปุ่น(JAMSTEC) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แบบ OWC ลอยน้ำที่ใหญ่ที่สุดในโลก เริ่มปฏิบัติงานในกลางปี ค.ศ.1998 ตำแหน่งที่จอดอยู่บริเวณ นอกปากอ่าว Gokasho (นอกเขตการปกครอง Mie) มีอัตราความจุกำลังที่ 110 กิโลวัตต์ และมีแผนการทดสอบอุปกรณ์ประมาณ 2 ปี อุปกรณ์ใช้ขวางน้ำให้เกิดบริเวณน้ำนิ่ง ด้านหลังอุปกรณ์ใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงปลา และกิจกรรมทางทะเลรูปแบบอื่น

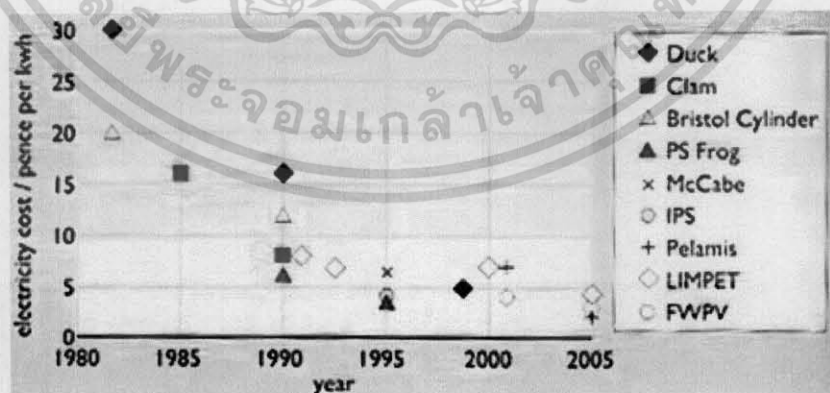
2.10 การพิจารณาพลังงานคลื่นในเชิงเศรษฐศาสตร์

กระบวนการลดต้นทุนและต้นทุนบำรุงรักษาเป็นกุญแจสำคัญสู่ความสำเร็จในเชิง เศรษฐศาสตร์ของการสร้างสถานีพลังงานคลื่น ต้นทุนเงินต่อกิโลวัตต์ของสถานีพลังงานเมื่อเริ่ม เดินกำลังผลิตน่าจะเป็นไปได้ที่ 2 สถานีพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิล และปัจจัยภาระที่น่าจะเป็นไปได้ น้อยกว่าสถานีตามปกติแปรตามปริมาณคลื่นสูงสุด ดังนั้นต้นทุนพลังงานคลื่นสามารถเอาชนะได้ก็ ต่อเมื่อต้นทุนขณะเดินกำลังผลิตต่ำกว่าสถานีธรรมดา เชื้อเพลิงธรรมชาติหรือพลังงานคลื่นมีต้นทุน

เป็นศูนย์ ซึ่งการปฏิบัติการและการบำรุงรักษาจะเป็นตัวกำหนดต้นทุนโครงการ โครงการมีความน่าเชื่อถือในการเปลี่ยนพลังงานคลื่นเป็นพลังงานไฟฟ้าและทนต่อคลื่นสูงสุดอีกหลายปี โครงการออกแบบให้มีอายุการใช้งานยาวนานและจำนวนส่วนเคลื่อนที่น้อยสุด(เกิดความล้าน้อยสุด) OWC และ TAPCHAN เป็นโครงการตัวอย่างที่ดีสำหรับในทุกความต้องการ

เงินทุนที่ใช้ในโครงการขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพเฉลี่ยโดยรวมและสถานีติดตั้งอุปกรณ์หลายอุปกรณ์มีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ราวๆ 30% คุณลักษณะความถี่ตอบสนองและขีดจำกัดคลื่นที่พัดไปปริมาณและการทนทานเมื่อปฏิบัติงานในสภาพทะเลที่เลวร้าย เชื่อถือได้สำหรับประสิทธิภาพโดยรวมทั้งหมด เงินต้นทุนตามคืนแบบตกอยู่ราว 1000 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ต่อการติดตั้ง ซึ่งต้นทุนโครงการอาจจะแปรไปตามตลาดมากกว่านี้

แผนโครงร่างยุโรปเป็นครั้งที่ 5 ชีตการผลิตตามเป้าหมายต้นทุนที่ 10 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับการส่งพลังงานเข้าสู่สายส่งไฟฟ้าและหลายแนวความคิดพลังงานคลื่นตอนนี้มีการคาดคะเนต้นทุนเพื่อเป็นหนึ่งในการตัดสินใจ ดังรูปที่ 2-42 เป็นกราฟแนะนำต้นทุนการผลิตไฟฟ้าหรือการทำงานสำหรับการออกแบบที่หลากหลายของอุปกรณ์พลังงานคลื่น ในปีค.ศ.1970 ต้นทุนโครงการอยู่ที่ 20 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงหรือมากกว่า อย่างที่เข้าใจว่ารัฐบาลสหราชอาณาจักรยังลังเลในการสนับสนุนการวิจัยพลังงานคลื่นต่อไป แต่รัฐบาลยกเลิกโครงการใหญ่ที่มีศักยภาพเพียง 2 กิกะวัตต์ที่ผลิตต้นทุนสูง โครงการใหญ่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงเพราะภาวะโครงสร้างขนาดใหญ่ซึ่งบังคับโดยปริมาณคลื่นสูงสุดในทะเลแอตแลนติกเหนือ ช่วงเวลาที่ผ่านไปการพัฒนาการออกแบบการทำงานและเทคนิคการสร้างกับปัญหาบางประการ เริ่มเคลื่อนไปสู่โครงการขนาดเล็กโครงการขนาดเล็กใช้เทคนิคง่ายๆและใช้งบประมาณน้อย การลดลงทั้งต้นทุนการสร้างและการผลิตพลังงานพร้อมๆกัน



รูปที่ 2-43 วิวัฒนาการของต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของอุปกรณ์แบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องให้ความสำคัญแก่ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แสดงไว้ในรูป 2-43 ที่เก็บมาจากหลายแหล่งกำเนิดทั้งเป็นทางการ และไม่เป็นทางการ แต่ก็เนื่องมาจากการคาดคะเนต้นทุนไม่สามารถทำได้อย่างแม่นยำ แต่อย่างไรก็ตามก็แสดงได้ถึงแนวโน้มต้นทุนพลังงานคลื่นที่มีแนวลดต่ำลงและหากคำนวณอย่างคร่าวๆก็น่าจะต่ำกว่า 5 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

โครงการทั้ง 3 แบบของ Scottish Renewable Order (SRO) โครงการ Pelamis LIMPET และ Swedish FWPV มีข้อตกลงการจ่ายไฟฟ้าสำหรับ 15 ปีในต้นทุนที่น้อยกว่า 7 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ผู้คิดค้น Pelamis หรือ รุทเธอร์ฟอร์ด เอ็มมี คาดว่าต้นทุนต่อหน่วยของไฟฟ้าจากการผลิตของ Pelamis จะน้อยกว่า 3 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และอาจเป็นไปได้ที่จะน้อยกว่า 2 ปอนด์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

ทีมพัฒนา ธรรมชาติคาดหวังว่าการเรียนรู้จากต้นแบบที่ผ่านมาจะช่วยลดต้นทุนโครงการและการดำเนินการ จุดที่พลังงานไม่ต่างจากพลังงานรูปแบบอื่น(ถ่านหิน น้ำมัน นิวเคลียร์) ก็คือเริ่มมีการผลิตในเชิงการค้าจากการแข่งขันในต้นทุนต่ำที่สุด ถ้าต้นทุนพลังงานคลื่นเป็นไปอย่างพลังงานลมก็คาดได้ว่าน่าจะมีต้นทุนที่ลดลงอย่างรวดเร็ว

เทคโนโลยีกำลังก้าวไปสู่โลกการค้า และหลายการพัฒนาอย่างกระตือรือร้นในการแสดงต้นแบบก่อนมีการทดสอบโดยแผนการทะเลเขตอุทยานอุตสาหกรรมใช้กำเนิดไฟฟ้าที่ราคาที่ยังพอใจ ควบคู่ไปกับแรงกระตุ้นสำหรับการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.11 ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเพราะว่า

- 2.11.1 มีศักยภาพน้อยมากที่จะก่อให้เกิดมลภาวะทางเคมี ส่วนใหญ่อุปกรณ์มีการใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือน้ำมันไฮดรอลิก แต่ก็มีกรรมวิธีที่ระมัดระวังเป็นอย่างดีไม่ให้เกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม
- 2.11.2 มีการบดบังทัศนียภาพเพียงเล็กน้อย ยกเว้นอุปกรณ์แบบติดตั้งบนชายฝั่ง
- 2.11.3 เสียงรบกวนจากเครื่องกำเนิดค่อนข้างเบา โดยทั่วไปจะเบากว่าเสียงคลื่น (อาจจะเป็นผลกระทบจากเสียงความถี่ต่ำที่รบกวนปลาหวา)
- 2.11.4 อาจจะเป็นอันตรายต่อเรือประมงขนาดเล็ก
- 2.11.5 โครงการแบบลอยน้ำ เพราะไม่สามารถสกัดพลังงานมากกว่าเศษเสี้ยวของพลังงานจากคลื่นมรสุม จะไม่มีอิทธิพลสำคัญต่อสภาพแวดล้อมชายฝั่ง อุปกรณ์พลังงานคลื่นที่มีลักษณะเป็นเขื่อนจะช่วยปกป้องชายฝั่ง และมีผลต่อการ

เปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง โครงสร้างคอนกรีตจะต้องโยกย้ายออกไปเมื่อโครงการเสร็จสิ้น

2.11.6 โครงการพลังงานคลื่นแบบใกล้แนวชายฝั่งจะมีการปล่อยประมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 11 กรัม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.03 กรัม ในโตรเจนออกไซด์ 0.05 กรัม สำหรับแต่ละกิโลวัตต์ของการกำเนิดไฟฟ้า ทำให้เป็นที่น่าสนใจเมื่อเปรียบเทียบกับกรกำเนิดไฟฟ้าจากโรงงานไฟฟ้าพลังงานถ่านหิน ก๊าซ และนิวเคลียร์ ดังนั้นพลังงานคลื่นก็เป็นประโยชน์สำคัญต่อการไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและฝนกรด

2.12 จุดเด่นและจุดด้อย

2.12.1 จุดเด่น

- 2.12.1.1 ไม่ผลิตพลังงานตามความต้องการบนฝั่ง
- 2.12.1.2 สามารถรักษาการจ่ายพลังงานในย่านห่างไกล
- 2.12.1.3 กำเนิดพลังงานได้ตลอดทุกช่วงเวลา
- 2.12.1.4 ต้นทุนในการผลิตพลังงานและดำเนินการผลิตต่ำ

2.12.2 จุดด้อย

- 2.12.2.1 คลื่นทะเลมีความถี่และทิศทางเป็นแบบสุ่มและไม่เป็นเชิงเส้น คลื่นในแต่ละฤดูกาลไม่คงตัว
- 2.12.2.2 ขึ้นอยู่กับปริมาณคลื่น สภาพแวดล้อมทางน้ำ ของแต่ละพื้นที่ที่ติดตั้ง
- 2.12.2.3 ใช้ได้เฉพาะในแหล่งน้ำ ที่มีการเคลื่อนไหวของคลื่นพอสมควร หรือรุนแรง
- 2.12.2.4 การส่งผ่านพลังงานจากกลางทะเลมายังฝั่งมีต้นทุนสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ลักษณะโดยทั่วไปของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบทุ่นลอย (Buoy Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบทุ่นลอยนี้ ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักๆ ได้แก่

3.1.1 ส่วนทุ่นลอย

3.1.1.1 ลักษณะทางกายภาพของทุ่น

ตัวทุ่นจะมีลักษณะภายนอกเป็นรูปทรงลูกข้าง หรือเมื่อจากด้านหน้าจะเป็นสามเหลี่ยมฐานกว้างประกบกัน 2 อันมีความชันไล่ขึ้นไปจนถึงยอด สมมาตรกันในทุกทิศทาง เมื่อมองจากด้านบนจะเป็นวงกลมและมีการเจาะรูตรงกึ่งกลางวงกลม

การออกแบบของตัวทุ่นได้มาจากการเลียนแบบพฤติกรรมของการเคลื่อนตัวของทุ่นในอุดมคติ หรือการนำยอดคลื่นสันคลื่นมาประกบกันนั่นเอง และขยายฐานกลางให้กว้างออกเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสและการทรงตัวอยู่ในน้ำที่มีประสิทธิภาพ และออกแบบให้ส่วนด้านใต้เป็นส่วนคันตัวทุ่นให้เคลื่อนที่ขึ้นเมื่อปะทะกับคลื่นที่คลื่นที่เคลื่อนตัวเข้ามา ด้านบนจะทำหน้าที่กดให้ตัวทุ่นเคลื่อนที่ลงไปเมื่อคลื่นพัดมาสัมผัสกับส่วนด้านบนของทุ่น เมื่อเกิดเหตุการณ์อย่างที่ได้อธิบายมาอย่างต่อเนื่อง ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวทุ่นที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3-1 แสดงลักษณะเบื้องต้นของทุ่น

3.1.1.2 ส่วนกำเนิดไฟฟ้า

การเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

การเปลี่ยนพลังงานกลจากคลื่นสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่ง่ายที่สุดคือการใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพลังงานกลที่สามารถทำให้ตัวขดลวดหรือตัวแม่เหล็กเคลื่อนที่โดยมีตัวใดตัวหนึ่งอยู่กับที่เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กกัน หลักการเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่เหล็กเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ได้ไฟฟ้าโดยตรงและง่าย ซึ่งในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้หลักการดังกล่าว นั่นคือไฟฉาย ซึ่งมีขดลวดอยู่ทั่วไปตามท้องตลาด โดยสามารถตัดแปลงจากอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วนั่นคือไฟฉายจับใส่ลงไปในตัวหุ้ที่ได้ออกแบบไว้ โดยให้ขดลวดยึดติดกับตัวหุ้ให้เป็นส่วนที่เคลื่อนที่และให้แม่เหล็กเป็นส่วนที่อยู่กับที่สำหรับการทดลองในตอนแรก แต่ในการทดลองในตอนแรก 1 จะทำการทดสอบตัวไฟฉายโดยตรงเพื่อดูประสิทธิภาพการผลิตพลังงาน หลังจากนั้นจึงทำการทดลองในตอนแรก 2 และ 3 ด้วยการใส่ไฟฉายลงไปในตัวหุ้

หลักการทํางานของไฟฉาย

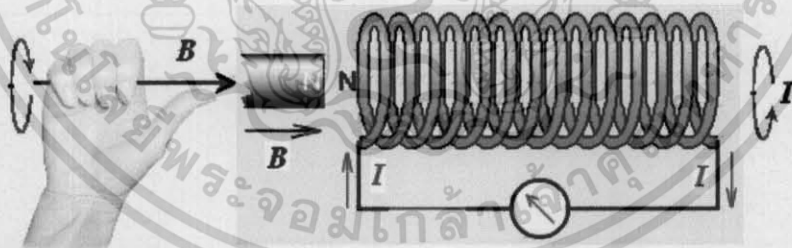
- การกำเนิดพลังงานและส่วนผลิตพลังงาน

อุปกรณ์ดังกล่าวใช้หลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าด้วยขดลวดและแม่เหล็กถาวร ซึ่งเป็นการนำหลักการตามกฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์มาประยุกต์ใช้ในการผลิตพลังงาน

กฎของฟาราเดย์ กล่าวไว้ว่า เมื่อมีเส้นแรงแม่เหล็กตัดผ่านหน้าตัดของขดลวด จะทำให้เกิดกระแสไหลภายในเส้นลวดและมีแรงดันตกคร่อมปลายของเส้นลวดดังกล่าว ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงสมการดังนี้

$$V_{emf} = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (3-1)$$

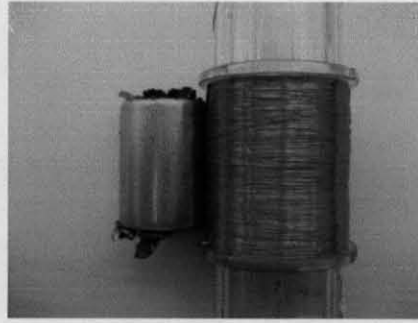
V_{emf} แรงเคลื่อน electromotive force ส่วน N คือจำนวนรอบของขดลวด หรืออาจจะหมายความถึงจำนวนขั้วของแม่เหล็กก็ได้ ซึ่งในความเป็นจริงทั้งจำนวนรอบของขดลวด และจำนวนขั้วของแม่เหล็กจะมีค่ามากทั้งคู่ ดังนั้น N อาจจะเป็นค่าของจำนวนรอบของขดลวดคูณกับค่าจำนวนขั้วของแม่เหล็กก็ได้ ส่วนเครื่องหมายลบนั้นแสดงให้เห็นว่าทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในเส้นลวดมีทิศทางตรงข้ามกับกฎมือขวา ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 ภาพปรากฏการณ์การเหนี่ยวนำกระแสจากสนามแม่เหล็กที่ตัดผ่านหน้าตัดของขดลวด

การทํางาน

บนตัวไฟฉายจะมีขดลวดหนึ่งชุดพันอยู่บนแกนไฟฉายจำนวน 1400 รอบและมีแม่เหล็กถาวรเป็นส่วนเคลื่อนที่ติดกับพื้นที่หน้าตัดของขดลวด โดยจะเป็นการเคลื่อนที่ไปและกลับนับเป็นหนึ่งรอบการเคลื่อนที่ ซึ่งในการเคลื่อนที่ในหนึ่งรอบนั้นให้กำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับออกมา



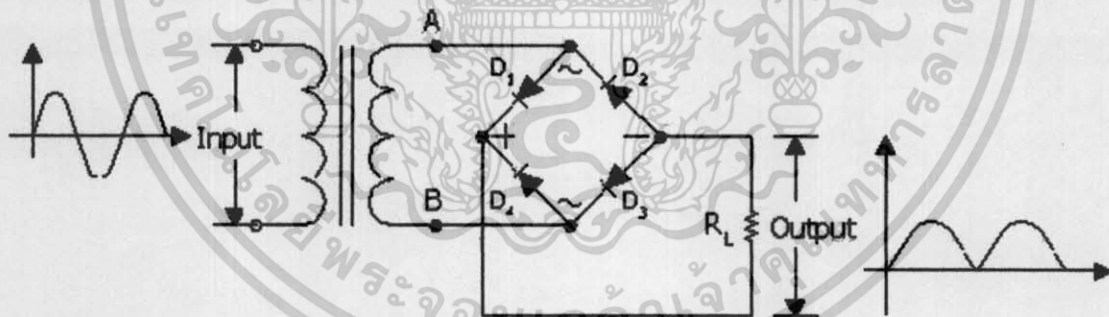
รูปที่ 3-3 ขดลวดและแม่เหล็กของตัวไฟฉาย

เมื่อมีการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับออกมาแล้วนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้กับโหลดหรืออุปกรณ์ส่วนอื่นได้เนื่องจากส่วนนั้นใช้ไฟกระแสตรงในการจ่ายพลังงาน จึงต้องมีการแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

- การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรง

วงจรเรกติไฟเออร์ คือ วงจร ไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรที่ให้สัญญาณออกเป็นรูปฟูลเวฟ (full wave) อีกแบบหนึ่งคือวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ แต่ที่ต่างกันคือในวงจรบริดจ์จะใช้ไดโอด 4 ตัว และหม้อแปลงจะเป็นแบบไม่มีเซ็นเตอร์แท็ป



รูปที่ 3-4 วงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์และรูปคลื่นวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์

จากรูปเมื่อมีสัญญาณไฟบวกเข้ามาที่จุด A จะทำให้ที่ D_2 และ D_4 ได้รับไบอัสตรง กระแสไฟจะไหลผ่าน D_2 โหลด R_L และ D_4 ครบวงจรที่จุด B ในขณะเดียวกันที่ D_1 และ D_3 จะได้รับไบอัสกลับ ทำให้ไดโอดไม่นำกระแส และเมื่อที่จุด B มีสัญญาณไฟลบเข้ามา กระแสจะไหลผ่าน D_3 โหลด R_L และ D_1 ครบวงจรที่จุด A แต่ในขณะเดียวกันที่ D_2 และ D_4 จะไม่นำกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรบริดจ์จะให้สัญญาณเอาต์พุตเหมือนกับวงจรฟูลเวฟ

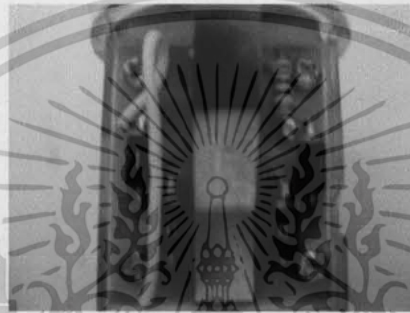
แรงดันเอาต์พุตโดยประมาณ $V_{DC} \text{ (full wave)} = 0.636 V_p$

ถ้าคิดแรงดันตกคร่อมไดโอด

แรงดันเอาต์พุตเท่ากับ $V_{DC} \text{ (full wave)} = 0.636(V_p - 1.4)$

การทำงาน

เมื่อขดลวดถูกเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับขึ้น โคนวinding ผ่านมาทางขดลวดทองแดง โดยปลายของทองแดงทั้งสองด้านจะต่อเข้ากับไดโอดหรือบริดจ์ไดโอดที่จุด A และ B ตามลำดับ ไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง



รูป 3-5 แสดงวงจรบริดจ์เรกติไฟเออร์ภายในตัวไฟฉาย

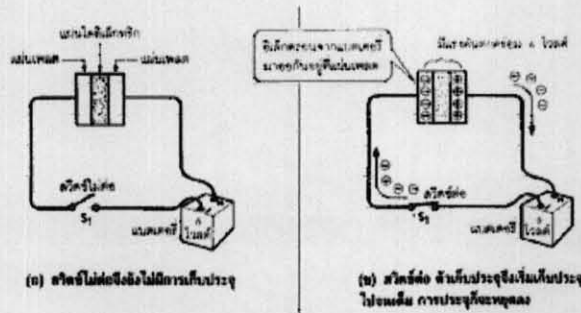
เมื่อมีการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟกระแสตรงเมื่อต้องการจะจ่ายให้โหลด สามารถที่จะทำไฟใช้ได้โดยผ่านโหลดตกคร่อมได้เลย ถ้าหากยังไม่มีการใช้งานไฟฟ้าที่ได้ออกมา นี้ก็จะสูญเสียหากเพราะ ไม่มีแหล่งที่จะจัดเก็บพลังงานที่ผลิตได้ไว้ จึงจำเป็นต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่ในการเก็บประจุไว้รอการใช้งานหรือรักษาปริมาณการจ่ายพลังงานให้เพียงพอต่อการจ่ายโหลด

- การเก็บประจุและการคายประจุ

การเก็บประจุ

การเก็บประจุก็คือ การเก็บอิเล็กตรอนไว้ที่แผ่นของตัวเก็บประจุนั่นเอง ซึ่งอธิบายโดยละเอียดดังในรูปที่ 3-6 เมื่อนำแบตเตอรี่อื่นๆ ต่อกับตัวเก็บประจุ อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแบตเตอรี่ จะเข้าไปที่แผ่นเพลต ทำให้เกิดประจุลบขึ้นและยังส่งสนามไฟฟ้าไป ผลักอิเล็กตรอนของแผ่นเพลตตรงข้าม (เหมือนกับนำแผ่นแม่เหล็กที่มีขั้ว เหมือนกันมาใกล้กันมันก็จะผลักกัน) ซึ่งโดยปกติในแผ่นเพลตจะมี ประจุเป็น + และ - ปะปนกันอยู่ เมื่ออิเล็กตรอนจากแผ่นเพลตนี้ถูก ผลักให้หลุดออกไปแล้วจึงเหลือประจุบวกมากกว่าประจุลบ ยิ่งอิเล็กตรอนถูกผลักออกไปมากเท่าไร แผ่นนั้นก็จะเป็นบวกมากขึ้นเท่านั้น (เมื่อเทียบกับอีกด้าน)

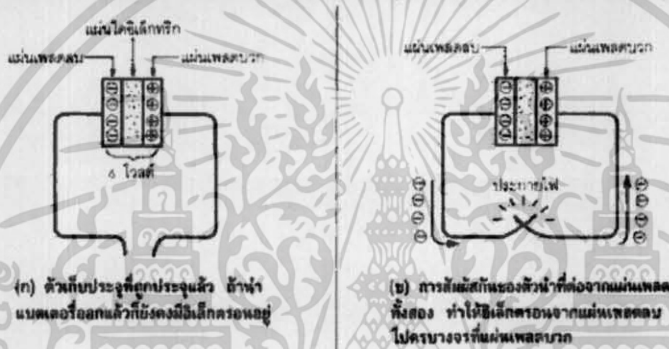
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-6 อธิบายการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ

การคายประจุ

ตัวเก็บประจุที่ถูกประจุแล้ว ถ้ายังไม่นำขั้วตัวเก็บประจุมาต่อกัน ดังในรูปที่ 3-7 อิเล็กตรอนก็ยังคงอยู่ที่แผ่นเหล็ก แต่ถ้ามีการครบวงจร ระหว่างแผ่นเหล็กทั้งสองเมื่อไร อิเล็กตรอนก็จะวิ่งจากแผ่นทางด้านลบ ไปครบวงจรที่แผ่นบวกทันที เรียกเหตุการณ์นี้ว่า "การคายประจุ"



รูปที่ 3-7 การคายประจุของตัวเก็บประจุ

แบตเตอรี่

แบตเตอรี่ก็เป็นแหล่งจัดเก็บพลังงานอีกแหล่งหนึ่งนอกเหนือจากตัวเก็บประจุ โดยจะเก็บสะสมประจุที่เกินกว่าที่ตัวเก็บประจุจะจัดเก็บไว้ได้มาไว้ในตัวแบตเตอรี่ เมื่อต้องการจ่ายโหลดก็จะดึงเอาพลังงานจากส่วนนี้ไปใช้งาน



รูปที่ 3-8 ตัวเก็บประจุอยู่ในตัวไฟฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การใช้พลังงานและการจ่ายพลังงาน

พลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากไฟฉายนี้ยังถือได้ว่ายังมีปริมาณพลังงานที่น้อย ไม่เพียงพอต่อการจ่ายโหลดใหญ่ได้ ทั้งนี้เพื่อต้องการศึกษาแนวโน้มและความเป็นไปได้ในการผลิตพลังงาน จึงต้องมีการหาอุปกรณ์ที่จะแสดงได้ถึงการใช้พลังงานที่ซึ่งพลังงานที่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อการจ่ายอุปกรณ์ดังกล่าว

หลอดแอลอีดี (LED : Light emitting diodes) หรือ ไดโอดเปล่งแสง เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้แสงสว่างออกมาจากตัวหลอดเช่นเดียวกับหลอดไฟขนาดเล็ก ซึ่งใช้ปริมาณไฟไม่มากนัก เหมาะสมที่จะนำมาเพื่อสังเกตปริมาณพลังงานที่จะสามารถกำเนิดขึ้นได้

สำหรับความสว่างที่เกิดขึ้นจากหลอดแอลอีดีนั้น การศึกษาปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นนั้น ต้องมีการใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัดปริมาณแสงที่แอลอีดีเปล่งแสงออกมาเพื่อสังเกตแนวโน้มในการกำเนิดพลังงานของอุปกรณ์ทั้งหมดหรือตัวไฟฉายนั่นเอง ซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดทางแสงหลายชนิดที่สามารถใช้ได้ เช่น LDR หรือ โฟโตไดโอด ซึ่งจะกล่าวต่อไปในภายหลัง

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหมุนลอย

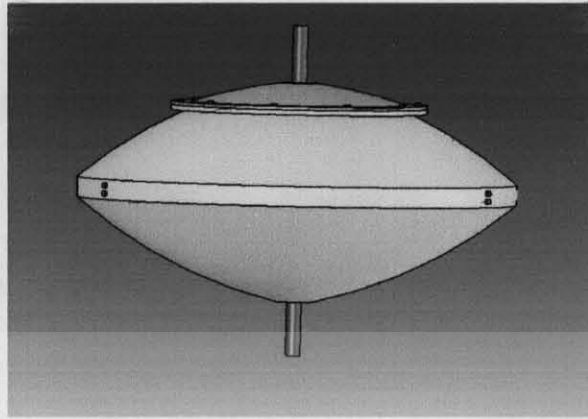
จากความสัมพันธ์ในการเคลื่อนที่ของทุ่นกับส่วนกำเนิดกำลัง มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานกลจากคลื่นให้อยู่ในรูปพลังงานไฟฟ้าได้จริง ตามกฎการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของฟาราเดย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหมุนลอยนี้ประกอบไปด้วยส่วนกำเนิดกำลังที่มีขดลวดและแม่เหล็กถาวร และส่วนโครงสร้างทุ่น

3.2.1.1 อุปกรณ์ต้นแบบ

จากส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหมุนลอย เมื่อนำส่วนต่างมาประกอบสร้างเข้าด้วยกัน อุปกรณ์เมื่อสร้างจริง จะมีต้นทุนต้นแบบสูงมาก อีกทั้งยังมีความเสี่ยงต่อประสิทธิภาพที่ได้ออกมา ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่คุ้มค่าทางงบประมาณและพลังงานที่ได้รับออกมา

เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการสร้างแบบจำลองลักษณะรูปแบบอุปกรณ์จากขนาดการออกแบบจริง ย่อขนาดและตัดส่วนลงมาในลักษณะสเกลย่อส่วน เพื่อศึกษาความเหมาะสมต่างๆ ปัจจัยความเสี่ยงต่างๆ รวมทั้งการออกแบบให้ลักษณะทุ่นเหมาะสมเข้ากับลักษณะของคลื่นในประเทศไทยหรือสถานที่ที่จะนำไปติดตั้ง ทั้งนี้ก็เพราะความสูงของคลื่นส่งผลกระทบต่อพลังงานกลที่จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าออกมา

การสร้างอุปกรณ์ที่มีขนาดสเกลย่อส่วนออกมาก็เพื่อทดสอบการทำงานจริง เนื่องจากการทดสอบในน้ำทำได้ยากกว่า มีต้นทุนการปฏิบัติการสูง ไม่ปลอดภัย อีกทั้งไม่มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาหรือปรับปรุงอุปกรณ์ หากแต่การพัฒนาในสเกลย่อส่วนทำได้สะดวก และสามารถปรับปรุงอุปกรณ์ให้ไปถึงเป้าหมายที่คาดการณ์ในประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3-9 แบบจำลองอุปกรณ์ต้นแบบ

ในเบื้องต้นมุ่งที่จะทดสอบประสิทธิภาพของตัวท่อนเป็นหลัก ความสามารถในการเคลื่อนที่ของท่อน เมื่อคลื่นเดินทางเข้ามาปะทะ เพราะท่อนเป็นส่วนสำคัญที่จะเปลี่ยนพลังงานคลื่น ไปพลังงานกล แล้วนำพลังงานกล ไปใช้ในการกำเนิดไฟฟ้าของส่วนการกำเนิดกำลัง

3.2.1.2 การสร้างต้นแบบ

สำหรับวัสดุที่จะใช้เป็นตัวท่อนนั้น จะต้องเป็นวัสดุที่ลอยน้ำได้หรืออีกนัยหนึ่งก็คือเป็นวัสดุที่ไม่จมน้ำ จะมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ สำหรับวัสดุที่เข้าข่ายก็คือ พลาสติก โฟมเบอร์กลาส และโฟม แต่ใน 3 ตัวนี้โฟมมีความโดดเด่นกว่าวัสดุอื่น เนื่องจากโฟมมีความถ่วงจำเพาะน้อยที่สุด มีน้ำหนักน้อย ราคาถูก คัดแปลงตกแต่งรูปทรงได้ง่าย จึงเหมาะสมสำหรับการเลือกเป็นแบบจำลองท่อน

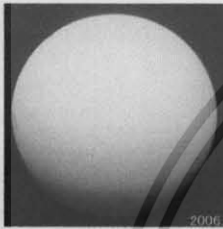
สำหรับรูปทรงของท่อนที่จะสร้างเป็นต้นแบบนี้ ออกแบบมาจากการเลียนแบบธรรมชาติของคลื่นในอุดมคติในการเคลื่อนตัวของคลื่น หรือคลื่นลูกข่ายน์เวฟ (sine wave or sinusoidal wave) มาสร้างเป็นตัวท่อน และยังใช้การออกแบบที่เข้ากับหลักกลศาสตร์ของไหล ซึ่งรูปแบบเมื่อมองจากด้านข้างจะเป็นทรงรีคล้ายลูกรีบี้ มองจากทางด้านบนจะเป็นวงกลม บริเวณกึ่งกลางเจาะรูให้ทะลุถึงกันสำหรับแกนเสาท่อน

ขั้นตอนการสร้างจะเริ่มจาก จากโฟมที่สามารถหาซื้อได้ จะเป็นโฟมทรงกลมตัน โดยจะทำการตัดท่อนเนื้อโฟมออกไปเพื่อให้ได้ขนาดต้นแบบตามที่ได้ออกแบบไว้

สำหรับขั้นตอนการปฏิบัติงานต้นแบบสามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดพิกัดในในแนวแกน 3 มิติ กำหนดจุดศูนย์กลางในพิกัด x , y และ z เพื่อแบ่งพื้นที่ในการตัด

2. กำหนดจุดศูนย์กลางในแนวแกน Z ทั้งด้านเหนือและด้านใต้ จากนั้นทำการเจาะรูให้ทะลุถึงกันตามขนาดของแกนเสาท่อน (กำหนดที่ 18 มม.)
3. จากการแบ่งแกนในแนว X และ Y จะทำให้ได้ทรงกลมที่แบ่งออกเป็นส่วนเหนือและส่วนใต้
4. จากนั้นจะทำการตัดทอนเนื้อโฟมลงไปที่ทั้งส่วนเหนือและส่วนใต้ โดยใช้ใบมีดหรือคัตเตอร์วางทำมุม 35 ถึง 40 องศากับเส้นปกติ
5. หั่นเนื้อโฟมลงไปในทุกๆด้าน หรือหั่นแล้วหมุนไปล้อมทรงกลมโฟม ทำแบบเดียวกันทั้งด้านเหนือและด้านใต้
6. เมื่อได้ความเอียงที่ต้องการแล้ว ให้ใช้กระดาษทรายเก็บหน้าชิ้นผิวงานให้เรียบ



ก. โฟมทรงกลมก่อนการตัดทอน



ข. เมื่อโฟมมีการตัดทอน



ค. ขนาดโฟมที่ต้องการ

รูปที่ 3-10 การตัดทอนเนื้อโฟม

สำหรับแกนเสาท่อนนั้น ทำมาจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มม. โดยการประกอบท่อให้เป็นฐานคล้ายตัว H ตัวอักษรในภาษาอังกฤษวางราบกับพื้น จากนั้นใช้ท่อวางเป็นแกนเสาที่ตรงกลางตัว H

3.2.1.3 ลักษณะแบบจำลอง

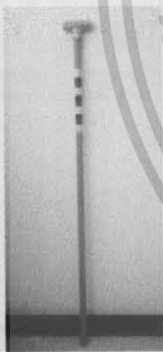
แบบจำลองที่สร้างตามขั้นตอนจากหัวข้อข้างต้น ก็จะได้ลักษณะแบบจำลองของท่อนและฐานแกนตามรูปด้านล่างต่อไปนี้



รูปที่ 3-11 ลักษณะแบบจำลองของท่อนและฐานแกน

3.2.1.4 แกนเสาท่อนและฐาน

สำหรับแกนเสาท่อนนั้นเป็นส่วนช่วยให้ท่อนเคลื่อนตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น คือ การทำให้ท่อนเคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงตลอดเหตุการณ์ ไม่เอียงไปเอียงมาตามคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้ามาปะทะ การออกแบบให้ฐานเป็นรูปคล้ายอักษรตัว H ในภาษาอังกฤษนั้นเพื่อเป็นการทำให้แกนเสาเกิดความมั่นคงและแข็งแรงไม่เอียงไปตามคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้ามาปะทะ การถ่ายเทแรงไปที่จุดต่างของฐานทำให้แกนเสามีความเสถียรในทุกสภาวะสมุทร



ก.แกนเสาท่อน



ข.ฐานเสา



ค.แกนเสาและฐาน

รูปที่ 3-12 แสดงภาพแกนเสาและฐาน

สำหรับในการทดลองนี้ได้ออกแบบของตัวท่อนให้มีลักษณะคล้ายลูกข่าง เพื่อการเลียนแบบพฤติกรรมเคลื่อนตัวของท่อนในอุดมคติ หรือการนำขอคคลื่นสั้นคลื่นมาประกบกันนั่นเอง และขยายฐานกลางให้กว้างออกเพื่อเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัสและการทรงตัวอยู่ในน้ำที่มีประสิทธิภาพ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบให้ส่วนด้านใต้เป็นส่วนคันตัวท่อนให้เคลื่อนที่ขึ้นเมื่อปะทะกับคลื่นที่คลื่นที่เคลื่อนตัวเข้ามา ด้านบนจะทำหน้าที่กดให้ตัวท่อนเคลื่อนที่ลงไปเมื่อคลื่นพัดมาสัมผัสกับส่วนด้านบนของท่อน เมื่อเกิดเหตุการณ์อย่างที่ได้กล่าวมาอย่างต่อเนื่อง ก็จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวท่อน

วิธีดำเนินการทดลอง

1. สร้างท่อนในรูปแบบต่างๆจากโฟมเพื่อดูความเหมาะสม
2. จำลองการกำเนิดพลังงานไฟฟ้าจากคลื่น โดยการนำไฟฉายมาทดลองแทนและบันทึกผลการทดลอง
3. สร้างท่อนกำเนิดพลังงานไฟฟ้า
4. สร้างสระน้ำและเครื่องกำเนิดคลื่นน้ำ
5. นำท่อนกำเนิดไฟฟ้ามาทดลองกับคลื่นจำลองที่สร้างขึ้นในสระน้ำและบันทึกผลการทดลอง
7. นำท่อนกำเนิดไฟฟ้ามาทดลองกับคลื่นในแม่น้ำและบันทึกผลการทดลอง
8. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

พลังงานที่ได้มาจากการสั่นไหวของคลื่นบนผิวน้ำซึ่งเป็นพลังงานที่ส่งผ่านมาพร้อมกับการเคลื่อนตัวไปของคลื่น แต่สิ่งที่ต้องการในที่นี้คือ การสกัดพลังงานคลื่นให้อยู่รูปพลังงานชนิดอื่นๆ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เนื่องจากพลังงานคลื่นจัดได้ว่าเป็นพลังงานสะอาด ไม่ก่อมลพิษ อีกทั้งการเปลี่ยนรูปพลังงานยังไม่จำเป็นต้องสร้างโรงงานหรือการลงทุนที่มหาศาล เพียงใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์และทางวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้เท่านั้น จะเห็นได้ว่าพลังงานคลื่นเป็นพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติ และมีอยู่อย่างไม่จำกัดหรือต่อเนื่อง เกิดขึ้นตลอดเวลาหรืออาจเรียกได้ว่าเป็นพลังงานไม่มีวันหมด มีใช้ได้อย่างไม่จำกัด แต่จะมีปริมาณเท่าใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของแต่ละสถานที่ที่จะเอื้ออำนวยต่อการเกิดคลื่น พลังงานคลื่นน้ำนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดในทะเลเสมอไป สามารถที่จะเกิดบนพื้นผิวน้ำแห่งใดก็ได้เช่นบนบ่อน้ำ หรือแม่น้ำลำคลองก็ได้ ส่วนความแรงของคลื่นนั้น ถ้าพูดตามภาษาชาวบ้าน ก็คือคลื่นที่มีความสูงมากก็ยิ่งแรง แต่ถ้าจะพูดในภาษาวิชาการแล้ว ให้พิจารณาที่ขนาดของแอมพลิจูดของคลื่น และความต่างเฟสของคลื่น คลื่นตามธรรมชาตินั้น จะมีลักษณะคลื่นที่ส่งผลให้เกิดพลังงานคลื่นดังนี้

- Ripple , wind wave และswell เกิดจากลมบริเวณรอยต่อระหว่างบรรยากาศกับผิวน้ำ
- Internal wave คลื่นใต้น้ำ คือคลื่นระหว่างชั้นน้ำ เกิดจากน้ำมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน หรือสิ่งรบกวนรอยต่อของน้ำ เช่น เรือแล่น
- Tide (น้ำขึ้นน้ำลง) เป็นคลื่นผิวน้ำที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์

โดยในการทดลองนี้จะเป็นการจำลองการเกิดคลื่นในลักษณะ ผสมระหว่าง Ripple wave และ Internal wave ซึ่งจะใช้วัตถุกระทำต่อบริเวณผิวน้ำและใต้ผิวน้ำในแนวตั้ง ส่งผลให้เกิดระลอกคลื่นในลักษณะ Ripple wave เคลื่อนที่ขึ้นลงไปตามแนวระนาบของน้ำ






ในการทดลองนี้จะสร้างสระน้ำ และเครื่องกำเนิดคลื่น โดยใช้มอเตอร์ ขับแกนเฟืองให้หมุนตามเข็มนาฬิกา เพื่อบังคับให้แผ่นวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นและลง ผ่านน้ำในสระน้ำจำลอง เพื่อสร้างคลื่น

4.1 การสร้างเครื่องจำลองการเกิดคลื่น

เนื่องจากการทดลองนี้ มีข้อจำกัดในการทดลองในสถานที่ใช้งานจริง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างสระน้ำจำลอง และเครื่องกำเนิดคลื่นสำหรับศึกษาและวิเคราะห์ในครั้งนี้






4.1.1 วัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างสระน้ำประกอบด้วย

ตารางที่ 4-1 วัสดุในการสร้างสระน้ำ

ลำดับ	รูปแสดงวัสดุ	รายการวัสดุ
1.		เหล็กฉาก
2.		น๊อต
3.		แหวน
4.		ผ้าใบกันน้ำ
5.		อิฐบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2 อุปกรณ์ในการสร้างสระน้ำ

ลำดับ	รูปแสดงเครื่องมือ	รายการเครื่องมือ
1.		ตลับเมตร
2.		ไขควงแบน
3.		ไขควงแฉก
4.		กุญแจบล็อก
5.		เลื่อยเหล็กและ ใบเลื่อย

4.1.2 ขนาดของสระน้ำและปริมาตรน้ำที่ใช้

สระน้ำ ที่สร้างขึ้นมีมิติขนาด ด้านกว้าง 2 เมตร ด้านยาว 2.5 เมตร และมีความสูง 0.7 เมตร มีปริมาตร เท่ากับ 3.5 ลูกบาศก์เมตร มีความสามารถในการบรรจุน้ำได้ประมาณ 3.5 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 2,500 ลิตร แต่ในการทดลองนี้ บรรจุน้ำให้มีความสูงจากพื้นสระประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับ 2.5 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้ปริมาณเท่ากับ 2,500 ลิตร

4.1.3 แรงดันน้ำที่กระทำต่อผนังกันน้ำรอบสระ

สระน้ำที่สร้างขึ้น บรรจุน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับ 2.5 ลูกบาศก์เมตร หรือประมาณ 2,500 ลิตร มีความหนักเท่ากับ 2,500 กิโลกรัม ดังนั้นมีแรงดันน้ำประมาณเท่ากับ 500 กิโลกรัม/ตารางเมตร

4.1.4 โครงสร้างของสระน้ำ

สระน้ำจำลองที่สร้างขึ้นมีโครงสร้าง ที่ประกอบกันขึ้น โดยใช้เหล็กฉากมาต่อกันและยึดแต่ละจุดด้วยน๊อตและแหวน เป็นรูปทรงปริมาตรสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีการเสริมความแข็งแรงด้วยการ

ใช้เหล็กฉากมาต่อเสริมตรงบริเวณตรงกึ่งกลางของสระน้ำ นอกจากนี้ยังมีการนำอิฐบล็อกมาเสริมที่ผนังของสระน้ำในทุกด้าน เพื่อป้องกันแรงดันน้ำ

4.1.5 ขั้นตอนการสร้างสระน้ำ

1. เตรียมวางแผนการสร้างและกำหนดขนาดของสระน้ำจำลอง กำหนดอุปกรณ์รวมถึงเครื่องมือ
2. หาและจัดเตรียมสถานที่สำหรับติดตั้งสระน้ำ
3. กำหนดขอบเขตและบริเวณให้ชัดเจน
4. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์
5. สร้างโครงเหล็กตามขนาดที่กำหนด
6. นำผ้าใบมาปูแล้วนำอิฐมาวางป้องกันแรงดันน้ำ
7. เปิดน้ำใส่สระน้ำตามปริมาณที่กำหนด



รูปที่ 4-1 แสดงสระน้ำจำลองที่สร้างเสร็จ








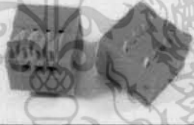



4.2 การสร้างเครื่องกำเนิดคลื่น

- กำหนดขนาดมอเตอร์ที่ใช้
- การเลือกใช้มอเตอร์และเฟือง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างวงจรควบคุมการกำเนิดคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3 อุปกรณ์สำหรับการสร้างวงจรควบคุม

ลำดับ	รูปแสดงอุปกรณ์	รายการอุปกรณ์	จำนวน(ชิ้น)
1.		IC Bridge Rectifier	1
2.		IC 7812	1
3.		R 180 Ohm	1
4.		C 470 uF	1
5.		Power Supply	1
6.		Jack Adapter	1
7.		Circuit Board	1
8.		Terminal	2
9.		IC ULN2003	1
10.		Relay 12V	2
11.		Printer cable	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสร้างวงจรสำหรับควบคุมการกำเนิดคลื่น

เนื่องจากการทดลองนี้ เป็นการจำลองการเกิดคลื่นน้ำภายในสระน้ำที่สร้างขึ้น ดังนั้นการ สร้างคลื่นจำเป็นต้องมีความถี่การเกิดที่แน่นอน ซึ่งในการทดลองนี้ ใช้มอเตอร์เป็นส่วนประกอบในการบังคับแกนเพื่อให้อุโมงทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาเพื่อให้แผ่นกำเนิดคลื่นที่ขึ้นและลงผ่านน้ำ เพื่อทำให้เกิดคลื่น ดังนั้นจำเป็นต้องมีแผงวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งแผงวงจรนี้ทำงานโดยใช้ การควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ ด้วยการเขียนโปรแกรมภาษา C เป็นตัวควบคุมการทำงาน เพื่อกำเนิด คลื่นที่มีความถี่การเกิดที่แน่นอน

การควบคุมการกำเนิดคลื่น ก็หมายถึงการควบคุมมอเตอร์ให้อุโมงในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือ ุโมงในทิศทางเข็มนาฬิกานั้นเอง ในส่วนของวงจรจะประกอบไปด้วยสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรก เป็นวงจรจ่ายแรงดัน ไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. วงจร Rectifier ทำหน้าที่ในการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง
2. วงจร Filter ทำหน้าที่เรียงกระแสให้เรียบ
3. วงจร Voltage Regulation ทำหน้าที่ในรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่

สำหรับส่วนที่สอง เป็นวงควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดย ผ่านพอร์ตพริ้นเตอร์ ซึ่งวงจรมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่

1. IC ULN2003 ซึ่งทำหน้าที่ในการdrive รีเลย์ และควบคุมการทำงานของ รีเลย์ ด้วยการแปร คำสั่งทาง logic ซึ่งได้รับจากคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ตพริ้นเตอร์ โดยที่ IC ULN2003 นี้จะทำ หน้าที่เหมือนตัว inverter ในการกลับสถานะทาง logic นั้นเอง
2. Relay 12V ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิทซ์ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ตารางที่ 4-4 การควบคุมการทำงานของมอเตอร์โดยผ่านคอมพิวเตอร์

Input 1	Input 2	รีเลย์ 1	รีเลย์ 2	สถานะมอเตอร์	คำอธิบายหลักการทำงาน
0	0	ปิด	ปิด	ไม่ทำงาน	มอเตอร์ได้รับแรงดัน 0V ทั้ง 2 ขั้ว
0	1	ปิด	เปิด	หมุนตามเข็มนาฬิกา	ขั้วมอเตอร์ได้รับ 12V และ 0V
1	0	เปิด	ปิด	หมุนทวนเข็มนาฬิกา	ขั้วมอเตอร์ได้รับ 0V และ 12V
1	1	เปิด	เปิด	ไม่ทำงาน	มอเตอร์ได้รับแรงดัน 12V ทั้ง 2 ขั้ว

4.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรเชิงเส้นแบบทุ่นลอยน้ำ

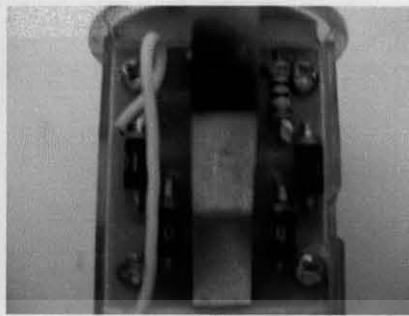
การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแม่เหล็กถาวรเชิงเส้นแบบทุ่นลอยน้ำนี้มีการวางแนวทางการออกแบบเบื้องต้น (ใช้งานได้ดี ไม่เสถียร และบำรุงรักษาง่าย) โดยเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงเส้นเนื่องจาก สิ่งประดิษฐ์นี้ได้เครื่องกลน้อยชิ้นเพราะความสัมพันธ์ของความเร็วค่าในบล็อกโลหะลดการเสียดสี นอกจากนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงเส้นยังง่ายต่อการออกแบบทางกลศาสตร์รวมทั้งหมด ของชิ้นส่วนขับเคลื่อน โดยไร้ความซับซ้อนและมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแรงดันเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามสถานะการเคลื่อนที่ขึ้นลงของคลื่น

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ขึ้นลงของทุ่นลอยน้ำ ซึ่งเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับคลื่นน้ำ ซึ่งเป็นการจำลองแทนการติดตั้งในแม่น้ำ หรือคลื่นทะเลที่มีกำลังคู่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเชิงเส้นแบบทุ่นลอยน้ำนี้ เป็นเครื่องกำเนิดประกอบด้วย ระบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้าถาวรติดอยู่บนแกนตรงกลางและขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดกำลังอยู่บนทุ่นลอย แกนเคลื่อนที่ยึดติดเข้ากับ โครงภายในตัวทุ่น และขดลวดอาร์เมเจอร์บนทุ่นลอยเคลื่อนที่สัมพันธ์กับแท่งเคลื่อนที่ที่มีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ไปเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้า แกนเคลื่อนที่ประกอบด้วย ชิ้นส่วนพลาสติก และแม่เหล็กนีโอ ไดมียม-โอรอน-โอรอน สนามแรงสูง(ขั้วแม่เหล็กอยู่ตรงข้ามกันเพื่อประสิทธิภาพของฟลักซ์ที่ได้) รวมถึงขดลวดอาร์เมเจอร์ 1 เฟส

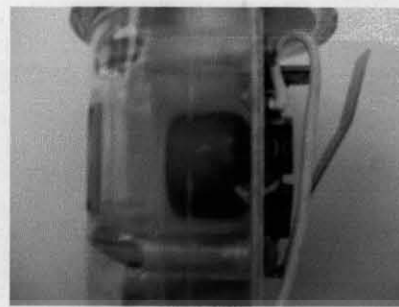
ในการออกแบบนี้ขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่บนทุ่นลอยที่ประกอบด้วยตัวทุ่นและส่วนเคลื่อนที่สัมพันธ์กับแกนเคลื่อนที่ ในทางตรงกันข้าม การออกแบบให้แม่เหล็กเป็นแท่งอยู่ภายในแกน โดยมีขดลวดพันอยู่เป็นวงแหวนอยู่ภายนอก ซึ่งสามารถทดลองใช้ได้

4.4.1 โครงสร้างระบบไฟฟ้าและระบบผลิตกำลัง

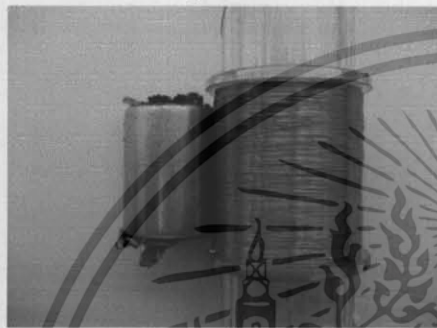
โดยสังเขปของการเปลี่ยนรูปพลังงานและเงื่อนไขกระบวนการ นำเสนอในรูปที่ 4-2 ก-ง เมื่อเกิดคลื่นมากระทบกับตัวทุ่นลอย จะมีผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่ขึ้นและลง เป็นผลให้แม่เหล็กเคลื่อนที่ขึ้นและลงผ่านขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นนี้ เป็นแบบกระแสสลับ AC โดยการออกแบบตัวส่งกำลังจากเครื่องกำเนิดไปยังโหลดที่สามารถเพิ่มได้ในอนาคต การออกแบบระบบส่งกำลังเบื้องต้นประกอบด้วย วงจรเรียงกระแสแบบเต็มลูกคลื่นที่เอาท์พุทของเครื่องกำเนิด วงจรเรียงกระแสนี้ต่อกับตัวเก็บประจุเพิ่มเข้าไปเพื่อให้การเรียงกระแสได้เรียบยิ่งขึ้น



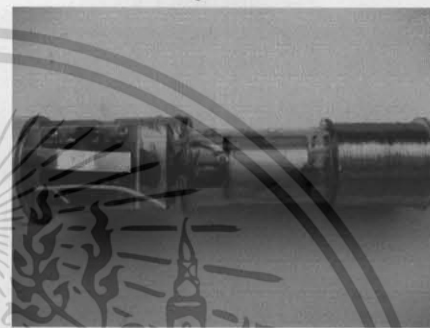
รูปที่ ก



รูปที่ ข



รูปที่ ค



รูปที่ ง

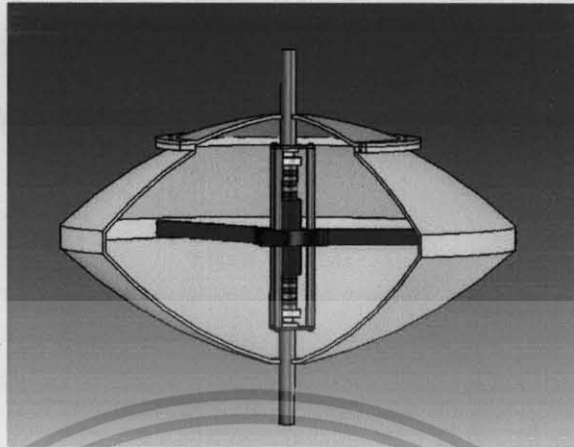
รูปที่ 4-2 ส่วนกำเนิดพลังงาน

4.5 โครงสร้างทางกลของทุ่นลอยและเครื่องกำเนิด

4.5.1 ทุ่นลอย

ตัวทุ่นลอยเป็นเสาทรงคล้ายงานบิน สร้างขึ้นจากโฟม เส้นผ่านศูนย์กลาง 18 เซนติเมตร แสดงในรูปที่ 4-3 ตัดตามแนวตั้งมีส่วนรองรับที่ติดเข้ากับขดลวดอาร์เมเจอร์ในการลอย ติดสลักกลอนกับโครงสร้างของทุ่น ณ บริเวณด้านบนของแท่งเคลื่อนที่และติดติดกับเกลียว ดังนั้นทุ่นสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงกลับไปกลับมาได้ ส่งผลดีที่สุดสำหรับการกำเนิดกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 4-3 แสดงการจำลองการออกแบบสามมิติ ของทุ่นลอยและ โครงสร้างส่วนประกอบภายใน ทุ่นออกแบบไม่สลักจับซ้อนเจตนาเพื่อมุ่งหมายที่วัสดุที่ไม่สึกกร่อนและต้องการรักษา สภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำ



รูปที่ 4-3 แสดงโครงร่างเชิงกลของตัวหุ่น

4.5.2 แท่งเคลื่อนที่และอาร์เมเจอร์

แท่งเคลื่อนที่ทำขึ้นมาจากวัสดุเลือกผสมของ แม่เหล็กถาวร นีโอไดเมียม-โอรอน-โบรอน (Nd-Fe-B) หนา 14 มิลลิเมตร กระจายทั่วไปกับชิ้นขั้วเหล็กอ่อนติดอยู่บนท่อนอลูมิเนียม แสดงในรูปที่ 4-4 แม่เหล็กวางกึ่งกลางทำให้แรงเคลื่อนแม่เหล็กมีทิศตรงข้ามกับฟลักซ์ที่เคลื่อนไปยังเหล็กอ่อน ดังนั้นความหนาของแม่เหล็กและขั้วแม่เหล็กเป็น 14 มิลลิเมตร และทั้งระบบยาวรวม 19 มิลลิเมตร ระบบอาร์มาเจอร์เคลื่อนที่เกี่ยวเนื่องกับระบบแม่เหล็กถาวรบนส่วนตรงกลางแท่งเคลื่อนที่ เส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงในขดลวดและแรงเคลื่อนไฟฟ้าถูกกำเนิดขึ้น



รูปที่ 4-4 แสดงแท่งเคลื่อนที่และอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการทดลอง

การทดลองจะแบ่งออกเป็น 3 ตอนคือ ในตอนแรกจะเป็นการทดลองการจำลองการเกิดคลื่นโดยการเขย่า เป็นตัวกำเนิดพลังงานกลในการจับแท่งไฟฉายหรือแท่งกำเนิดพลังงานเคลื่อนที่ขึ้นลง ส่วนในตอนที่สองจะเป็นการสร้างสื่อนำขึ้นมาจำลองการเกิดคลื่นเสมือนจริง โดยใช้ไฟฉายหรือแท่งกำเนิดพลังงานตัวเดียวกับที่ทำในตอนแรกใส่ลงไปในท่อน และตอนที่สามจะเป็นการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่สองเพียงแต่เปลี่ยนการทดลองจากคลื่นจำลองเป็นการทดลองโดยใช้คลื่นสภาพจริงจากแม่น้ำ

ในการทดลองทั้งสามตอนเมื่อได้รับการกำเนิดพลังงานแล้วจะนำไฟฉายหรือแท่งกำเนิดมาทำการตรวจดูค่าพลังงานที่สามารถผลิตได้จากชุดอุปกรณ์วัดค่าพลังงาน ซึ่งประกอบไปด้วยแท่นวาง กล้องดำ วัลด์มิเตอร์ วงจรจ่ายพลังงาน โดยภายในกล่องดำเป็นห้องมืดสนิทเปิด ด้านเพื่อให้ไฟฉายส่องเข้าไป ปลายกล่องติดเซนเซอร์ LDR ตรวจวัดปริมาณแสงโดยจะแสดงค่าออกมาในรูปของความต่างศักย์ ตามความสัมพันธ์ปริมาณแสงที่วัดได้แปรตามค่าความต่างศักย์ โดยปริมาณแสงที่ลดลงจะทำให้ความต่างศักย์ลดลงหรือในทางกลับกันปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ความต่างศักย์สูงขึ้น แต่สำหรับในการทดลองนี้เป็นไปได้เฉพาะในกรณีแรก เนื่องจากพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวไฟฉายจะถูกใช้ไปเรื่อยๆทำให้ปริมาณพลังงานลดลงความต่างศักย์จึงคาดคะเนได้ว่าลดลงตามค่าพลังงานของแสงที่ถูกใช้ไป



รูปที่ 4-5 ชุดอุปกรณ์สำหรับการวัดค่าพลังงานที่ผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 ผลการทดลองตอนที่ 1 การจำลองการเกิดคลื่นโดยการเขย่า

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 50 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-5 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 50 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
50	1	1.63	1.5	8
			1.25	14
			1	39
			0.5	67
			0.25	124
			0.1	302
			0	600
	2	1.69	1.5	7
			1.25	18
			1	34
			0.5	63
			0.25	141
			0.1	432
			0	700
เฉลี่ย		1.66	1.5	7.5
			1.25	16
			1	36.5
			0.5	65
			0.25	132.5
			0.1	367
			0	650

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 100 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-6 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-6 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 100 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)		
100	1	4.53	4	4		
			3	13		
			2	32		
			1	76		
			0.5	146		
			0.25	264		
			0.1	600		
			0			
			2	5	4	9
			3		3	22
2		2	46			
1		1	101			
0.5		0.5	183			
0.25		0.25	307			
0.1		0.1	680			
0		0				
เฉลี่ย	เฉลี่ย	4.765	4	6.5		
			3	17.5		
			2	39		
			1	88.5		
			0.5	164.5		
			0.25	285.5		
			0.1	640		
			0			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 200 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-7 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-7 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 200 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
200	1	6.7	6	4			
			5	12			
			4	20			
			3	40			
			2	70			
			1	144			
			0.5	242			
			0.25	465			
			0.1	712			
			0				
			2	2	6.7	6	4
						5	11
						4	22
						3	39
						2	68
						1	149
						0.5	247
0.25	392						
0.1	734						
0							
เฉลี่ย		6.7				6	4
						5	11.5
						4	21
						3	39.5
						2	69
						1	146.5
						0.5	244.5
			0.25	428.5			
			0.1	723			
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 300 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-8 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-8 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 300 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)		
300	1	7.24	7	1		
			6	8		
			5	18		
			4	31		
			3	52		
			2	89		
			1	179		
			0.5	321		
			0.25	505		
			0.1	1002		
			0	1800		
			2	7.84	7	3
					6	11
					5	21
					4	37
					3	59
					2	98
					1	191
					0.5	322
0.25	451					
0.1	985					
0	1200					
เฉลี่ย	7.54	7			2	
		6			9.5	
		5			19.5	
		4			34	
		3			55.5	
		2			93.5	
		1			185	
		0.5			321.5	
		0.25	478			
		0.1	993.5			
		0	1500			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 50 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-5 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-9 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 400 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
400	1	7.62	7	2
			6	5
			5	12
			4	24
			3	42
			2	101
			1	189
			0.5	327
			0.25	496
			0.1	890
			0	
	2	7.22	7	2
			6	7
			5	17
			4	31
			3	52
			2	91
			1	186
			0.5	331
			0.25	571
			0.1	902
			0	
เฉลี่ย		7.42	7	2
			6	6
			5	14.5
			4	27.5
			3	47
			2	96
			1	187.5
			0.5	329
			0.25	533.5
			0.1	898
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 500 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-10 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-10 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 500 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
500	1	7.49	7	2			
			6	8			
			5	19			
			4	33			
			3	57			
			2	98			
			1	207			
			0.5	410			
			0.25				
			0.1				
			0				
			2	2	7.41	7	2
						6	9
						5	23
						4	42
3	68						
2	134						
1	269						
0.5	516						
0.25							
0.1							
0							
เฉลี่ย	เฉลี่ย	7.45				7	2
						6	8.5
						5	21
						4	37.5
			3	62.5			
			2	116			
			1	238			
			0.5	463			
			0.25				
			0.1				
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 600 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-11 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-11 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 600 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
600	1	7.96	7	4
			6	8
			5	16
			4	29
			3	55
			2	82
			1	249
			0.5	303
			0.25	1085
	0.1			
	0			
	2	7.73	7	2
			6	8
			5	16
			4	27
			3	43
			2	72
			1	252
			0.5	310
0.25			638	
0.1				
0				
เฉลี่ย	7.845	7	3	
		6	8	
		5	16	
		4	28	
		3	49	
		2	77	
		1	250.5	
		0.5	306.5	
		0.25	861.5	
0.1				
0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 700 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-12 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-12 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 700 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
700	1	7.82	7	4
			6	13
			5	25
			4	43
			3	69
			2	116
			1	278
			0.5	411
			0.25	705
			0.1	1800
			0	
	2	7.79	7	4
			6	12
			5	24
			4	41
			3	67
			2	112
			1	274
			0.5	401
			0.25	701
			0.1	1500
			0	
เฉลี่ย		7.805	7	4
			6	12.5
			5	24.5
			4	42
			3	68
			2	114
			1	276
			0.5	406
			0.25	703
			0.1	1650
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 800 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-13 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-13 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 800 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
800	1	8.02	8	1
			7	6
			6	17
			5	29
			4	50
			3	82
			2	138
			1	289
			0.5	602
			0.25	1800
			0.1	
			0	
				2
7	10			
6	22			
5	39			
4	60			
3	100			
2	170			
1	368			
0.5	702			
0.25	1800			
0.1				
0				
เฉลี่ย		8.18		
			7	8
			6	19.5
			5	34
			4	55
			3	91
			2	154
			1	328.5
			0.5	652
			0.25	1800
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 900 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-14 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-14 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 900 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
900	1	8.88	8	6
			7	16
			6	30
			5	49
			4	74
			3	112
			2	179
			1	340
			0.5	572
			0.25	909
			0.1	1727
			0	
				2
7	11			
6	23			
5	39			
4	61			
3	95			
2	156			
1	309			
0.5	557			
0.25	1112			
0.1				
0				
เฉลี่ย		8.62		
			7	13.5
			6	26.5
			5	44
			4	67.5
			3	103.5
			2	167.5
			1	324.5
			0.5	564.5
			0.25	1010.5
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 1000 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-15 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-15 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 1000 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
1000	1	9.27	9	2
			8	11
			7	22
			6	35
			5	51
			4	74
			3	111
			2	180
			1	359
			0.5	649
			0.25	1103
			0.1	
			0	
				2
8	10			
7	20			
6	32			
5	48			
4	71			
3	107			
2	173			
1	344			
0.5	622			
0.25	1067			
0.1	2050			
0				
เฉลี่ย		9.23		
			8	10.5
			7	21
			6	33.5
			5	49.5
			4	72.5
			3	109
			2	176.5
			1	351.5
			0.5	635.5
			0.25	1085
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 1200 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-16 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-16 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 1200 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
1200	1	9.37	9	3			
			8	11			
			7	22			
			6	35			
			5	52			
			4	76			
			3	114			
			2	187			
			1	383			
			0.5	7233			
			0.25	1361			
			0.1	3000			
			0				
				2	9.38	9	3
						8	12
						7	22
						6	36
5	52						
4	77						
3	116						
2	190						
1	388						
0.5	753						
0.25	1545						
0.1	3060						
0							
เฉลี่ย		9.375				9	3
						8	11.5
						7	22
						6	35.5
			5	52			
			4	76.5			
			3	115			
			2	188.5			
			1	385.5			
			0.5	3993			
			0.25	1453			
			0.1	3030			
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 1400 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-17 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-17 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 1400 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
1400	1	9.21	9	2			
			8	10			
			7	21			
			6	33			
			5	50			
			4	73			
			3	110			
			2	181			
			1	370			
			0.5	688			
			0.25	1279			
			0.1	2400			
			0				
				2	9.46	9	4
						8	14
						7	25
						6	40
						5	58
						4	84
						3	126
2	204						
1	409						
0.5	745						
0.25	1299						
0.1	2719						
0							
เฉลี่ย		9.335				9	3
						8	12
						7	23
						6	36.5
						5	54
						4	78.5
						3	118
			2	192.5			
			1	389.5			
			0.5	716.5			
			0.25	1289			
			0.1	2559.5			
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 1600 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-18 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-18 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 1600 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
1600	1	9.45	9	4
			8	13
			7	25
			6	39
			5	59
			4	85
			3	127
			2	209
			1	541
			0.5	896
			0.25	
			0.1	
			0	
				2
8	14			
7	26			
6	41			
5	60			
4	86			
3	129			
2	210			
1	426			
0.5	792			
0.25	1318			
0.1				
0				
เฉลี่ย		9.485		
			8	13.5
			7	25.5
			6	40
			5	59.5
			4	85.5
			3	128
			2	209.5
			1	483.5
			0.5	844
			0.25	1318
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 1800 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-19 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-19 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 1800 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
1800	1	9.65	9	6			
			8	17			
			7	30			
			6	46			
			5	66			
			4	97			
			3	145			
			2	238			
			1	502			
			0.5	1027			
			0.25	2322			
			0.1				
			0				
				2	9.56	9	5
						8	16
						7	29
						6	44
5	65						
4	93						
3	140						
2	229						
1	486						
0.5	1020						
0.25	2626						
0.1							
0							
เฉลี่ย		9.605				9	5.5
						8	16.5
						7	29.5
						6	45
			5	65.5			
			4	95			
			3	142.5			
			2	233.5			
			1	494			
			0.5	1023.5			
			0.25	2474			
			0.1				
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 2000 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-20 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-20 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 2000 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
2000	1	9.41	9	4
			8	14
			7	26
			6	41
			5	66
			4	88
			3	133
			2	221
			1	522
			0.5	1060
			0.25	
			0.1	
			0	
				2
8	13			
7	25			
6	40			
5	58			
4	85			
3	127			
2	209			
1	518			
0.5	904			
0.25	2288			
0.1				
0				
เฉลี่ย		9.37		
			8	13.5
			7	25.5
			6	40.5
			5	62
			4	86.5
			3	130
			2	215
			1	520
			0.5	982
			0.25	2288
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 2300 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-21 ด้านล่าง

ตารางที่ 4-21 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 2300 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)
2300	1	9.71	9	7
			8	20
			7	35
			6	53
			5	78
			4	113
			3	174
			2	306
			1	1007
			0.5	
			0.25	
			0.1	
			0	
				2
8	18			
7	32			
6	51			
5	67			
4	98			
3	151			
2	264			
1	764			
0.5				
0.25				
0.1				
0				
เฉลี่ย		9.7		
			8	19
			7	33.5
			6	52
			5	72.5
			4	105.5
			3	162.5
			2	285
			1	885.5
			0.5	
			0.25	
			0.1	
			0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการจำลองคลื่นด้วยการเขย่าเป็นจำนวน 2500 ครั้ง ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4-22 ด้านล่าง

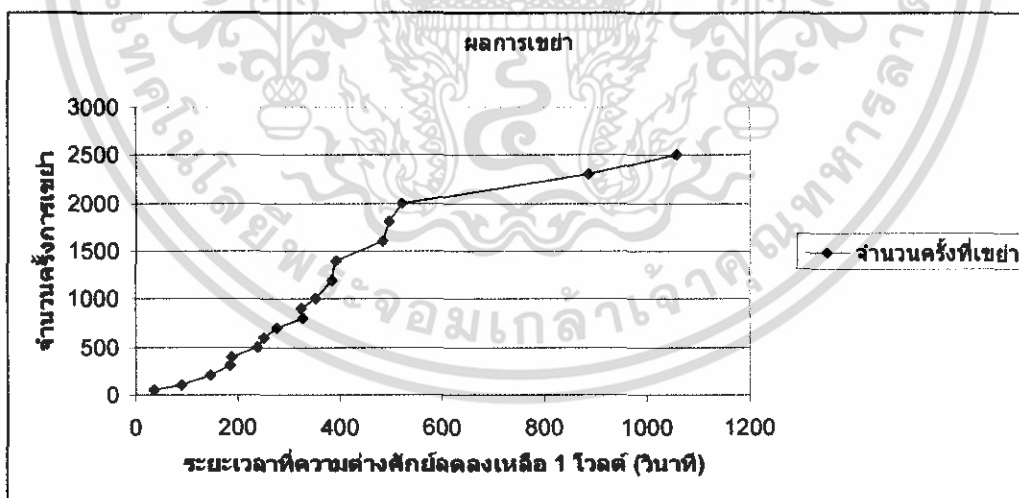
ตารางที่ 4-22 แสดงผลการทดลองการเขย่าที่ 2500 ครั้ง

จำนวน เขย่า	ครั้งที่	โวลต์ สูงสุด	โวลต์ ต่ำสุด	เวลา (วินาที)			
2500	1	9.72	9	6			
			8	19			
			7	33			
			6	51			
			5	74			
			4	109			
			3	168			
			2	300			
			1	1034			
			0.5				
			0.25				
			0.1				
			0				
				2	9.69	9	5
						8	16
						7	30
						6	48
5	71						
4	107						
3	177						
2	379						
1	1078						
0.5							
0.25							
0.1							
0							
เฉลี่ย		9.705				9	5.5
						8	17.5
						7	31.5
						6	49.5
			5	72.5			
			4	108			
			3	172.5			
			2	339.5			
			1	1056			
			0.5				
			0.25				
			0.1				
			0				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

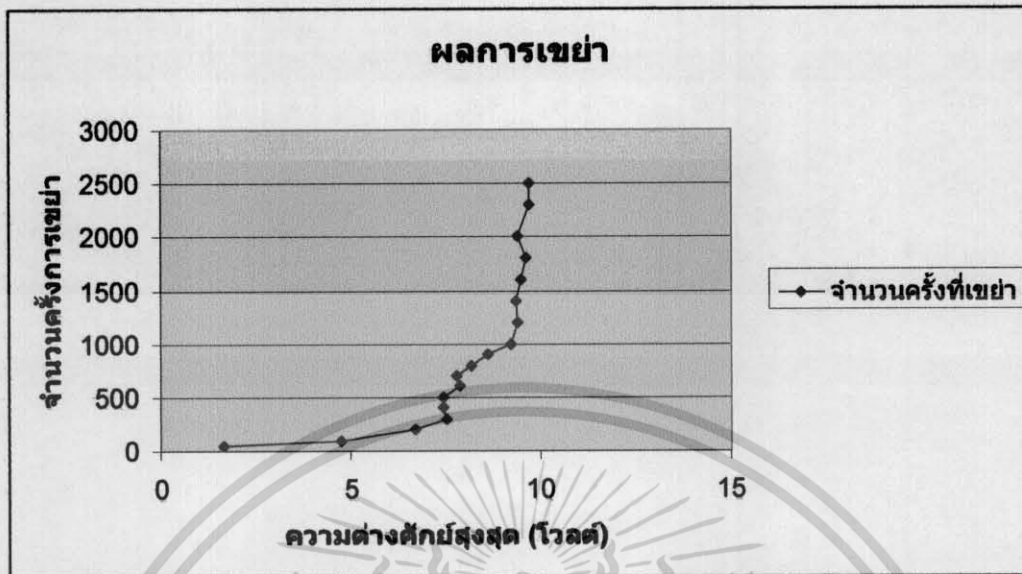
ตารางที่ 4-23 ผลการทดลองเฉลี่ย

จำนวนครั้งที่ เขย่า	เวลาที่ได้ที่ 1 โวลต์	จำนวนครั้งที่ เขย่า	ความต่างศักย์ สูงสุด
50	36.5	50	1.66
100	88.5	100	4.76
200	146.5	200	6.7
300	185	300	7.54
400	187.5	400	7.42
500	238	500	7.45
600	250	600	7.85
700	276	700	7.8
800	328.5	800	8.18
900	324.5	900	8.62
1000	351.5	1000	9.23
1200	385.5	1200	9.37
1400	389.5	1400	9.33
1600	483.5	1600	9.48
1800	494	1800	9.6
2000	520	2000	9.37
2300	885.5	2300	9.7
2500	1056	2500	9.7



รูปที่ 4-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ความต่างศักย์ลดลงเหลือ 1 โวลต์กับจำนวนครั้งที่เขย่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์สูงสุดกับจำนวนครั้งที่เขย่า

4.6.1.1 การวิเคราะห์ระยะเวลาที่ความต่างศักย์ลดลง 1 โวลต์



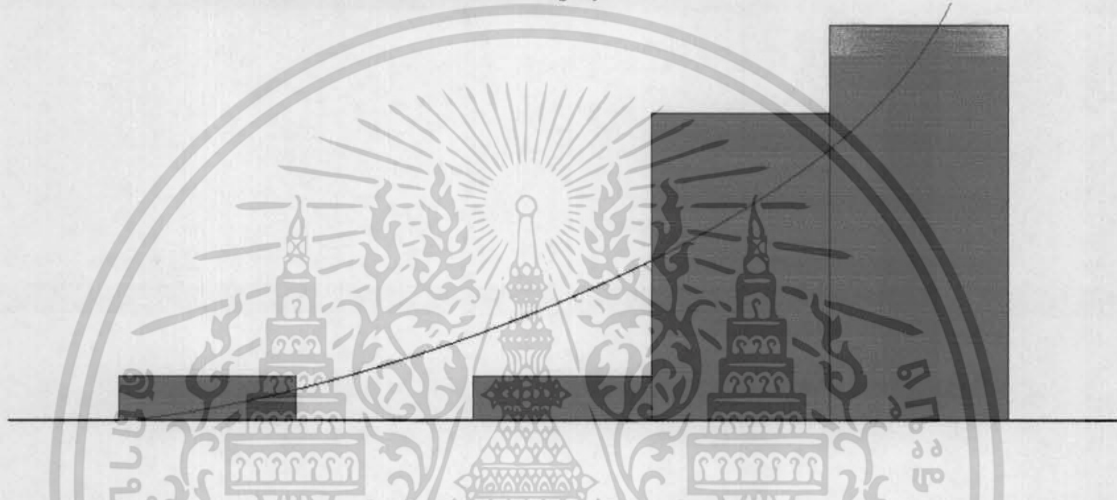
รูปที่ 4-8 แสดงผลการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการนำผลการทดลองที่เก็บ ได้ด้วยวิธีการเขย่า มาวิเคราะห์การแจกแจง ระยะเวลาที่ ความต่างศักย์ลดลง 1 โวลต์ พบว่าข้อมูลนี้มีการแจกแจงแบบ Weibull และมีสมการการแจกแจง เป็น $36 + WEIB(347, 1.16)$ มีค่า Square Error: 0.029589

จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเขย่าจนตัวเก็บประจุเต็ม และใช้งานค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลงตามเวลาจนกระทั่งลดลงถึงค่า 1 โวลต์ซึ่งเป็นจุดสังเกต โดยที่ค่าระยะเวลา ในการใช้งานนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการเขย่า

4.6.1.2 การวิเคราะห์ความต่างศักย์สูงสุด



รูปที่ 4-9 แสดงผลการวิเคราะห์

จากการนำผลการทดลองที่เก็บ ได้ด้วยวิธีการเขย่า มาวิเคราะห์การแจกแจงของ ค่าความต่าง ศักย์สูงสุด พบว่าข้อมูลนี้มีการแจกแจงแบบ Beta และมีสมการการแจกแจงเป็น Expression: $1 + 9 * BETA(2.38, 0.812)$ มีค่า Square Error: 0.030994

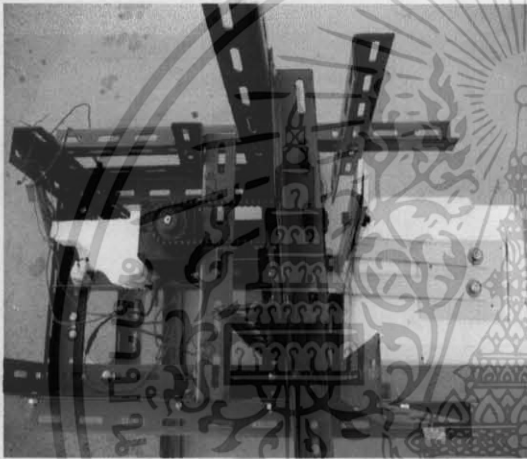
จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเขย่าตัวเก็บประจุจะทำการประจุ และค่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาจนกระทั่ง ถึงค่า 9.7 โวลต์ และไม่เพิ่มขึ้นอีกแล้ว ซึ่ง นั้นหมายความว่า ตัวเก็บประจุเต็มและพร้อมใช้งาน โดยใช้การเขย่าประมาณ 2,500 ครั้ง หรือ นั่นก็ คือ ใช้ลูกคลื่นประมาณ 2,500 ลูกคลื่น

4.6.2 การทดลองตอนที่ 2 การกำเนิดคลื่นในสื่อนำจำลองคลื่นเสมือนจริง

เครื่องจำลองก้ากำเนิดคลื่นที่สร้างขึ้นนั้น ไม่สามารถกำเนิดคลื่นที่มีคุณสมบัติเพียงพอ สำหรับให้ทุนกำเนิดไฟฟ้าตอบสนองต่อการทดลอง ด้วยเหตุผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

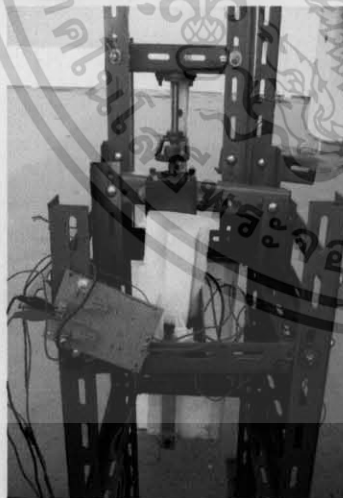
- ขนาดของมอเตอร์มีกำลังไม่พอที่จะจ่ายโหลด เนื่องจากน้ำมีค่าความหนืดและแรงลดยตัว
- ถ้านำมอเตอร์ที่มีกำลังสูงพามาใช้งาน ก็จะทำให้ Power Supply ที่มีคุณสมบัติสามารถจ่ายมอเตอร์ได้นั้น ในมหาวิทยาลัย หาได้ยาก
- ด้วยงบประมาณที่จำกัด จึงไม่สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง
- คลื่นน้ำที่สร้างขึ้นจะมีผลกระทบในเรื่องการสะท้อนกลับของคลื่น เนื่องจากผนังของสระน้ำที่สร้างขึ้นนั้นเป็นการใช้ผ้าใบกันน้ำกับการวางอิฐบล็อก จึงทำให้ผนังสระน้ำไม่เรียบ ซึ่งจะทำได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน



รูปที่ 4-10 ก แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่น



รูปที่ 4-10 ข แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่น



รูปที่ 4-10 ค แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่น



รูปที่ 4-10 ง แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่น

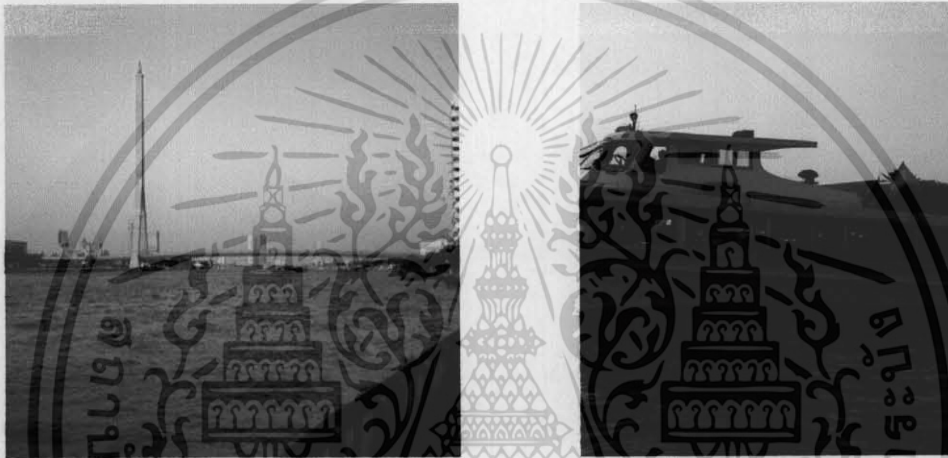
รูปที่ 4-10 แสดงตัวเครื่องกำเนิดคลื่นที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 การทดลองตอนที่ 3 การนำหุ่นกำเนิดไฟฟ้าไปทดลองจริงในแม่น้ำเจ้าพระยา

เนื่องจากตัวหุ่นกำเนิดไฟฟ้าไม่สามารถตอบสนองต่อคลื่นจำลองเสมือนจริงที่สร้างขึ้น เนื่องจากปริมาณคลื่นที่สร้างขึ้นนั้นมีขนาดลูกคลื่นที่เล็ก ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะทำให้หุ่นกำเนิดไฟฟ้าผลิตกระแสไฟฟ้าได้ จึงต้องนำหุ่นลงไปทดลองลอยน้ำจริงในแม่น้ำเจ้าพระยา

ลักษณะของคลื่นแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระราม 8 คลื่นแม่น้ำบริเวณนี้ได้รับอิทธิพลจากการสัญจรของเรือ จึงเป็นผลทำให้คลื่นมีขนาดแอมพลิจูดที่สูงและมีความถี่ของคลื่นมาก จึงทำให้สามารถเก็บผลการทดลองได้



รูปที่ 4-11 ก จุดสังเกตคลื่น

รูปที่ 4-11 ข จุดสังเกตคลื่น



รูปที่ 4-11 ค จุดสังเกตคลื่นและจุดทดลอง

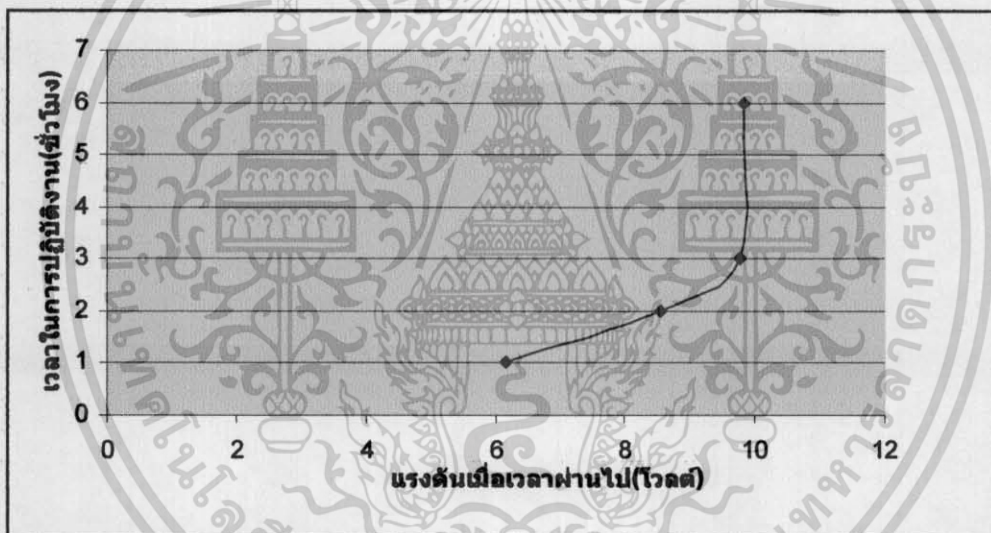
รูปที่ 4-11 แสดงสภาพคลื่นแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระราม 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3.1 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4-24 การกำเนิดคลื่นในสระน้ำจำลองคลื่น

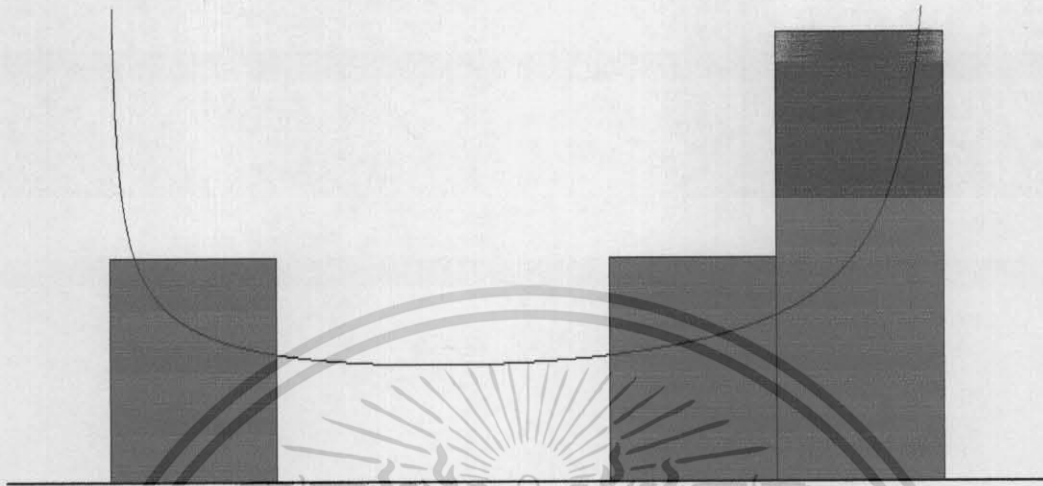
เวลาในการ ปฏิบัติงาน (ชั่วโมง)	แรงดันเมื่อเวลาผ่านไป(โวลต์)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
1	6.23	6.07	6.15
2	8.47	8.63	8.55
3	9.83	9.72	9.775
6	9.89	9.78	9.835



รูปที่ 4-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการทำงานของหุ่นกับแรงดันที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4-13 แสดงผลการวิเคราะห์

จากการนำผลการทดลองที่เก็บได้จากการทดลองในสระน้ำ มาวิเคราะห์การแจกแจงของค่าความต่างศักย์สูงสุด พบว่าข้อมูลนี้มีการแจกแจงแบบ Beta และมีสมการการแจกแจงเป็น Expression: $6 + 4 * \text{BETA}(0.649, 0.457)$ มีค่า Square Error: 0.045306

จากการเก็บผลการทดลองจริงมาทำการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าคลื่นที่มากระทำต่อตัวหุ่นมีความไม่แน่นอน การประจุความต่างศักย์ในช่วงแรกจึงไม่เพิ่ม แต่เมื่อมีเรือวิ่งผ่านจะทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่เข้ามาหลายลูกคลื่นจนทำให้หุ่นประจุจนเต็ม

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สรุปผลการทดลองด้วยวิธีการเขย่า

จากการทดลองด้วยวิธีการเขย่านั้น พบว่า ระยะเวลาการใช้งานจะแปรผันกับจำนวนครั้งของการเขย่า คือเมื่อเขย่าจำนวนครั้งมากก็จะสามารถใช้งานได้ระยะเวลานาน

จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเขย่าตัวเก็บประจุจะทำการประจุ และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาจนกระทั่ง ถึงค่า 9.7 โวลต์ และไม่เพิ่มขึ้นอีกแล้ว ซึ่งนั่นหมายความว่า ตัวเก็บประจุเต็มและพร้อมใช้งาน โดยใช้การเขย่าประมาณ 2,500 ครั้ง หรือนั่นก็คือ ใช้ลูกคลื่นประมาณ 2,500 ลูกคลื่น

จากผลการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการเขย่าจนตัวเก็บประจุเต็ม และใช้งานค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะลดลงตามเวลาจนกระทั่งลดลงถึงค่า 1 โวลต์ซึ่งเป็นจุดสังเกต โดยที่ค่าระยะเวลาในการใช้งานนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณการเขย่า

5.1.2 สรุปผลการทดลองด้วยวิธีการกำเนิดคลื่นในสื่อนำจำลองคลื่นเสมือนจริง

- เครื่องจำลองการกำเนิดคลื่นที่สร้างขึ้นนั้น ไม่สามารถกำเนิดคลื่นที่มีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับให้หุ่นกำเนิดไฟฟ้าตอบสนองต่อการทดลอง ด้วยเหตุผลดังนี้
- ขนาดของมอเตอร์มีกำลังไม่พอที่จะจ่ายโหลด เนื่องจากน้ำมีค่าความหนืดและแรงลอยตัว
- ถ้านำมอเตอร์ที่มีกำลังสูงพอมาใช้งาน ก็จะทำให้ Power Supply ที่มีคุณสมบัติสามารถจ่ายมอเตอร์ได้นั้นในมหาวิทยาลัย หาได้ยาก
- ด้วยงบประมาณที่จำกัด จึงไม่สามารถใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูง
- คลื่นน้ำที่สร้างขึ้นจะมีผลกระทบในเรื่องการสะท้อนกลับของคลื่น เนื่องจากผนังของสื่อนำที่สร้างขึ้นนั้นเป็นการใช้ผ้าใบกันน้ำกับการวางอิฐบล็อก จึงทำให้ผนังสื่อนำไม่เรียบ ซึ่งจะทำได้ผลการทดลองที่คลาดเคลื่อน

5.1.3 สรุปผลการทดลองจริงในแม่น้ำ

จากการเก็บผลการทดลองจริงมาทำการวิเคราะห์ แสดงให้เห็นว่าคลื่นที่มากระทำต่อตัวหุ่นมีความไม่แน่นอน การประจุความต่างศักย์ในช่วงแรกจึงไม่เพิ่ม แต่เมื่อมีเรือวิ่งผ่านจะทำให้เกิดคลื่นขนาดใหญ่เข้ามาหลายลูกคลื่นจนทำให้หุ่นประจุจนเต็ม

5.2 พลังงานคลื่น

พลังงานคลื่นจัดเป็นพลังงานรูปแบบใหม่อีกแบบหนึ่ง หรือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกทางด้านพลังงาน ในการที่ผลิตพลังงานเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ การค้นคว้าวิจัยและพัฒนาพลังงานนี้ก็เพื่อต้องการเพิ่มวิธีที่จะผลิตพลังงานในรูปแบบใหม่ที่แตกต่างจากพลังงานรูปแบบอื่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อีกทั้งยังเพิ่มปริมาณพลังงานให้เพียงพอต่อการบริโภค ถ้าหากสามารถที่จะดึงพลังงานจากมหาสมุทรแม้เพียง 0.2% ของพลังงานทั้งหมด ก็เพียงพอต่อการบริโภคในปัจจุบัน

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลายรูปแบบในการเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้มาอยู่ในรูปพลังงานที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ ทุ่นลอยก็เป็นเครื่องที่จะเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้

คงที่การศึกษาพลังงานคลื่นใน โครงการพิเศษนี้ ได้ศึกษาทฤษฎีพลังงานคลื่น รูปแบบและอุปกรณ์พลังงานคลื่นรวมถึงทุ่นลอยกำเนิดไฟฟ้า โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าแม่เหล็กเพื่อกำเนิดพลังงานเมื่อเกิดการสั่นไหวบริเวณผิวน้ำทำให้ทุ่นเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นลงเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น จากการทดลองในโครงการพิเศษนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ทุ่นกำเนิดไฟฟ้าสามารถปฏิบัติการกำเนิดไฟฟ้าได้จริง เพราะฉะนั้นจึงสามารถที่จะนำการทดลองดังกล่าวมาสร้างเป็นอุปกรณ์ใช้จริง โดยการขยายขนาดปรับปรุงขีดความสามารถในการผลิตพลังงาน เพื่อเป้าหมายในการผลิตพลังงานให้กับผู้บริโภค

โครงการพิเศษนี้ได้นำเสนอพลังงานคลื่นในภาพกว้างๆ เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดวิเคราะห์ พัฒนาพลังงานคลื่นให้เป็นประโยชน์ เหมาะสมกับประเทศไทย อีกทั้งยังนำเสนอในอีกทางเลือกหนึ่งของการเลือกใช้พลังงาน สำหรับทางออกในวิกฤตการณ์หรือปัญหาทางด้านพลังงานในอนาคต ซึ่งเป็นสิ่งที่ทุกประเทศต้องประสบพบเจอ ไม่เว้นแม้แต่ประเทศไทย โครงการพิเศษนี้จึงเสมือนเป็นอีกหนึ่งส่วนที่ไม่หยุดยั้งในการคิดค้นและพัฒนาพลังงานทางเลือกอื่นๆที่จะก้าวเข้ามาทดแทนพลังงานหลักอย่างพลังงานปิโตรเลียม ในขณะที่เดียวกันก็ได้ศึกษาว่าในประเทศต่างๆมีการพัฒนาทางด้านพลังงาน ไปในทิศทางใดบ้าง หนทางหรือพลังงานรูปแบบใดที่จะเหมาะสมกับประเทศไทย หรือรูปแบบที่จะสามารถนำมาประยุกต์เข้ากับประเทศไทยได้

5.3 ก้าวต่อไปของพลังงานคลื่น

สำหรับโครงการพิเศษนี้สิ่งที่จำลองขึ้นมาซึ่งหมายถึงทุ่นกำเนิดไฟฟ้านั้น จากการทดลองพบว่าสามารถที่จะผลิตพลังงานออกมาใช้ได้ ทุ่นกำเนิดไฟฟ้าจึงสามารถที่นำมาพัฒนาโดยการขยายขนาดให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิมเพื่อที่สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าให้มากพอที่จะจ่ายให้กับการบริโภค ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของคุณ์ซึ่งใช้ไฟเบอร์ออปติก ซึ่งมีน้ำหนักเบา หล่อหรือสร้างให้ขึ้นรูปได้ง่าย

การเพิ่มขนาดของแม่เหล็กให้มีขนาดใหญ่ รวมถึงจำนวนรอบของการพันขดลวดให้มีความสัมพันธ์กัน ในความสามารถของการผลิตไฟฟ้าที่ต้องการ และการนำทุนกำเนิดไฟฟ้าไปปฏิบัติงานในริมฝั่งแม่น้ำ เนื่องจากแม่น้ำเป็นบริเวณที่มีการสั้นไหวของผิวน้ำสูงอีกทั้งเราออกแบบให้ทุนไวต่อปฏิกิริยาของการสั้นไหวขนาดเล็ก โดยการติดกับขอบฝั่ง เช่นการติดริมขอบทางเดินฝั่งแม่น้ำ สำหรับการส่งไฟฟ้าตามทางเดิน หรือติดกับโป๊ะเพื่อให้แสงสว่างยามค่ำคืน หรือเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับเรือสูบน้ำเป็นต้น แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทำโครงการสั้นเพียง 1 ปี ประกอบกับงบประมาณที่มีอยู่เพียงจำกัดทำให้ไม่สามารถเข้าไปถึงจุดหมายที่วางเป้าหมายไว้ให้กับโครงการที่ได้กล่าวไป โครงการพิเศษนี้จึงทำได้แค่เพียงทำการศึกษาในขั้นต้นเพื่อชี้แนะเป็นแนวทางในการนำพลังงานคลื่น ไปศึกษาและพัฒนาให้กลายเป็นพลังงานความหวังใหม่ เพื่อความมั่นคงทางพลังงาน ซึ่งควรมีหลายแหล่งพลังงานเพื่อตอบสนองในการบริโภคที่ไม่หยุดยั้งของมนุษย์ และทุกๆ หนทางที่จะสามารถนำมาซึ่งพลังงาน

5.4 พลังงานคลื่นสำหรับประเทศไทย

การพัฒนาพลังงานคลื่น ในอนาคตจะอยู่ที่อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สกัดหรือดักจับพลังงานคลื่น จะต้องผลิตไฟฟ้าหรืออีกนัยหนึ่งก็คือนำพลังงานคลื่นมาเปลี่ยนเป็นพลังงาน ไฟฟ้า ในต้นทุนที่ต่ำที่สุดและควรจะต่ำกว่าพลังงานในรูปแบบอื่น

สิ่งที่สนใจคือการกลับมาคิดใหม่สำหรับการสร้างอุปกรณ์ตัวใหม่เพื่อลดขนาดของอุปกรณ์ให้มีขนาดที่เล็กลง เพราะอุปกรณ์ขนาดใหญ่ต้องใช้เทคโนโลยีและเงินลงทุนที่มากกว่า จึงให้ความสำคัญกับอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีต้นทุนต่ำกว่า ใช้เทคโนโลยี เงินทุน การขนย้ายที่สะดวกกว่า และใช้ในจำนวนที่มากหรือติดตั้งหลายจุดแทนการสร้างอุปกรณ์ขนาดใหญ่ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีในการสร้างและการขนย้ายที่ลำบาก หากเมื่อเทียบกับประมาณพลังงานที่ได้รับอุปกรณ์ขนาดเล็กจะมีต้นทุนที่ต่ำกว่า และข้อได้เปรียบหลายข้อ อาทิ เช่น การทำลายทรัพยากร ธรรมชาติ ทัศนียภาพน้อยกว่า เพราะฉะนั้นในหลายโครงการที่ก่อตั้งขึ้นใหม่จึงเน้น ไปที่ขนาดของอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กแต่มีประสิทธิภาพสูงในการสกัดพลังงาน

นอกจากนี้การคิดค้นวิธีการอื่นๆที่เปลี่ยนพลังงานคลื่นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ให้ประสิทธิภาพของพลังงานที่ดี

สำหรับประเทศไทยนั้นพลังงานคลื่นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของพลังงานทดแทนพลังงานหลักอย่างถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน นิวเคลียร์ เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากแต่การจะสกัดพลังงานมหาศาลจากคลื่นแล้วจำเป็นจะต้องมีความเข้มหรือความหนาแน่นของคลื่นจำนวนมาก แต่สำหรับประเทศไทยนั้นอยู่ในบริเวณที่มีอัตราเฉลี่ยของคลื่นอยู่ที่ 2-5 กิโลวัตต์ชั่วโมง ซึ่งถือได้ว่า

ยังมีปริมาณน้อยหรือหากเทียบความคุ้มค่าต่อการลงทุนถือว่ายังไม่คุ้มค่าต่องบประมาณที่เสียไปกับการได้มาซึ่งพลังงาน อีกทั้งแนวคลื่นของประเทศไทยยังต้องอาศัยลมมรสุมที่พัดมาจากตะวันตกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ แม้ประเทศไทยจะมีแนวชายฝั่งที่ยาวแต่หากชายหาดดังกล่าวเหมาะสำหรับการท่องเที่ยวและมีความสวยงาม หากมีการติดตั้งอุปกรณ์พลังงานคลื่นลงไป ก็จะมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมทางทะเลค่อนข้างมาก

5.5 วิจัยรณผลการศึกษาทดลอง

- การทดลองนี้ ไม่ได้มีการเก็บข้อมูลคลื่นน้ำทางกายภาพ ณ จุดที่ใช้ในการทดลองมาวิเคราะห์
- ไม่มีการทดลองประสิทธิภาพตัวทวนกำเนิดไฟฟ้า โดยการจ่ายโหลดไปพร้อมกับการจัดเก็บพลังงาน

5.6 ข้อเสนอแนะ

- ควรนำผลที่ได้จากการทดลองนี้ไปขยายผลเพิ่มเติม โดยการออกแบบขยายสัดส่วนให้เหมาะสมกับสภาพแม่น้ำที่จะนำไปทดลอง
- ควรเก็บข้อมูลคลื่นน้ำบริเวณที่จะใช้ทดลองมาทำการวิเคราะห์ สำหรับการออกแบบตัวทวนกำเนิดพลังงานให้มีความสัมพันธ์กับคลื่นน้ำ ณ จุดที่ใช้ทดลอง
- ควรมีการทดลองโดยนำทวนกำเนิดไฟฟ้านี้ไปทดลองจ่ายโหลดไปพร้อมๆกับการเก็บพลังงาน

เอกสารอ้างอิง

Raymond A. Serway and John W. Jewett ,Jr. Principle of physics ,3 edition Singapore : Thomson
brook/cole.2002 , ISBN 981-243-042-3

R.C. Hibbeler, Engineering Mechanics statics ,SI editionSingapore : Prentice-Hall.1997 , ISBN
981-4024-20-1

Godfrey Boyle, Renewable energy , Oxford : oxford university press ,c2004 2nd ed

มงคล เชนกรินทร์ , สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก .กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ .

เมษายน 2524

สมคิด ศิริพงษ์ , เทคนิคการตรวจซ่อม มอเตอร์-ไดนาโม .กรุงเทพฯ สำนักงานหอสมุดกลาง 09 .

เมษายน 2547

I. Ivanova ,O. Agren ,H. Bernhoff ,M. leijon. "Simulation of a 100 kW permanent magnet
octagonal linear generator for ocean wave conversion.", Fifth European wave energy
conference 17-19 sept., 2003

Mats Leijon , "Multiphysics Simulation of Wave Energy to Electric Energy Conversion by
Permanent Magnet Linear Generator", IEEE transaction on energy conversion, Volume
20, No. 1, March 2005

K. Rhinefrank^a, E.B. Agamloh^a, A. von Jouanne^a, A.K. Wallace^a, J. Prudell^a, K. Kimble^a, J.
Aills^a, E. Schmidt^a, P. Chan^b, B. Sweeny^b and A. Schacher^a, " Novel ocean energy
permanent magnet linear generator buoy.", Sciencedirect, Renewable Energy,

Volume 31, Issue 9 , July 2006, Pages 1279-1298

^aSchool of Electrical Engineering and Computer Science, Oregon State

University, Corvallis, OR 97331-3211, USA

^bDepartment of Mechanical Engineering, Oregon State University, Corvallis, OR

97331-3211, USA

M. Leijon, O. Danielsson, M. Eriksson, K. Thorburn, H. Bernhoff, J. Isberg , J. Sundberg, I.
Ivanova, E. Sjöstedt, O. gren, K.E. Karlsson and A. Wolfbrandt." An electrical approach to
wave energy conversion.", Sciencedirect, Renewable Energy , Volume 31, Issue 9 , July
2006, Pages 1309-1319

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

Oskar Danielsson, Karin Thorburn, Mikael Erikson and Mats Leijon. "Permanent magnet fixation concepts for linear generator.", Fifth European wave energy conference 17-19 sept, 2003

Chiang C.Mai , White paper on wave energy research , Department of civil and environment engineering , October 2006

Kai-Uwe Graw , A breakwater to harness wave energy-the asian approach to connect coastal protection with energy production , School of Bergische University , Germany September 1994

N.J.Baker and M.A.Mueller , Direct drive wave en

www.emc.org.uk

www.narec.co.uk

www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/

www.thaicarbontrust.co.uk

www.nrel.gov

www.wavegen.co.uk

www.oceanpd.com

www.aquaenergygroup.com/

www.oceanpowertechnologies.com/

www.wave-power.com/.dk/

www.greentie.org

www.waveswing.com/

www.sopac.org.fj

www.norad.no/

www.oceanor.no.wwa

www.ineti.pt/ite/weratlas/

www.waveenergy.dk/

www.phys.ntnu.no/glos/grupper/stralbol/bolgegrp.html

www.eecs.oregonstate.edu

<http://www.nrel.gov/docs/fy01osti/27955.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้