

อุปกรณ์กำเนิดไฟฟ้าจากคลื่นผิวน้ำ A Wind-Wave Energy Conversion Device

รพีพร ปราศราคนิ¹ อธิชัย เอื้อจิตตระกูล¹ นิธิคุณ วิจิตรวงศ์¹ และ ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์^{1*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

*ติดต่อ: pakpong@bpu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ : 038-102222, เบอร์โทรสาร : 038-745806

บทคัดย่อ

เอกสารฉบับนี้นำเสนอการออกแบบ ทดสอบ และประเมินความสามารถของอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากคลื่นผิวน้ำ สำหรับนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านพลังงานทางเลือก การออกแบบอุปกรณ์ประกอบด้วย การพิจารณารูปร่างและแรงลอยตัวที่กระทำกับอุปกรณ์ รวมถึงพิจารณาสมดุลของการโคลงตัวของอุปกรณ์ การออกแบบชุดกลไกภายในให้มีลักษณะการเคลื่อนที่แบบเพนดูลัม และพิจารณาความแข็งแรงของอุปกรณ์ การทดสอบแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ทดสอบในรางน้ำเปิดและทะเล โดยแสดงผลการทดสอบคือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากอุปกรณ์

คำหลัก: อุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้า พลังงานคลื่นผิวน้ำ กลไกเพนดูลัม

Abstract

This paper presents a study, design, fabrication and performance tests of a wind-wave energy device. This device will be an alternative for renewable energy application. The design considers shape, buoyancy and its stability. Pendulum is an internal mechanism converting sea's wave motions into rotational motions for an electric generator. Implementations were done in a flume and a sea. Results show voltages, power and performances of the device.

Keywords: Electric generation device, Wind-wave energy, pendulum mechanism

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มีเพิ่มมากขึ้น แต่แหล่งพลังงานที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มาจากน้ำมันและก๊าซธรรมชาติใกล้จะหมดลง ทำให้พลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงเกิดการแสวงหาพลังงานจากธรรมชาติรูปแบบอื่นมาทดแทนคือ พลังงานจากคลื่นผิวน้ำทะเล (Ocean-wave energy) [1] ซึ่งมีข้อได้เปรียบคือคลื่นเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องและตลอดเวลา สามารถนำมาใช้กำเนิดพลังงานได้อย่างต่อเนื่องไม่สิ้นสุด จึงมีการพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากคลื่นผิวน้ำทะเล ดังตัวอย่างเช่น Pelamis [2] สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 750 กิโลวัตต์ Archimedes Wave Swing [3] สามารถผลิต

กำลังไฟฟ้าได้ 2 เมกะวัตต์ Wavebob [4] สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 10 กิโลวัตต์ และ Oyster 2 [5] สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ 800 กิโลวัตต์ จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับคลื่นทะเลในประเทศไทย มีความสูงของคลื่นทะเลประมาณ 0.1 ถึง 0.2 ม. จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาอุปกรณ์ในการเปลี่ยนพลังงานของคลื่นที่มีความสูงไม่มากให้สามารถกำเนิดไฟฟ้าได้เพื่อเป็นทางเลือกของการหาแหล่งพลังงานเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในบทความนี้จะนำเสนอรายละเอียดดังนี้ ส่วนที่ 2 จะเป็นการออกแบบ ส่วนที่ 3 จะพิจารณาความแข็งแรงของโครงสร้าง ส่วนที่ 4 จะพิจารณาแบบจำลองการไหล

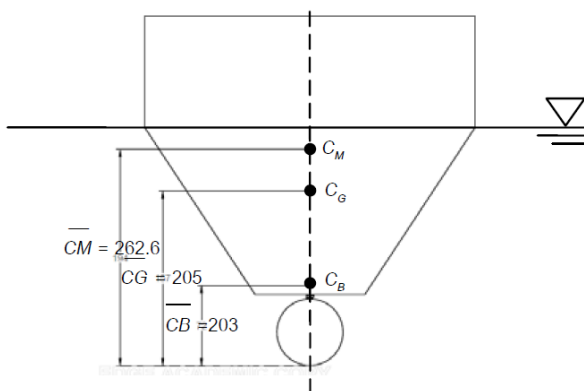
ส่วนที่ 5 จะกล่าวถึงการทดสอบและผล ส่วนที่ 6 จะเป็น
การสรุป

2. การออกแบบ

ในหัวข้อนี้จะแสดงรายละเอียดในการออกแบบ ดังนี้

2.1 การพิจารณาการลอยตัว

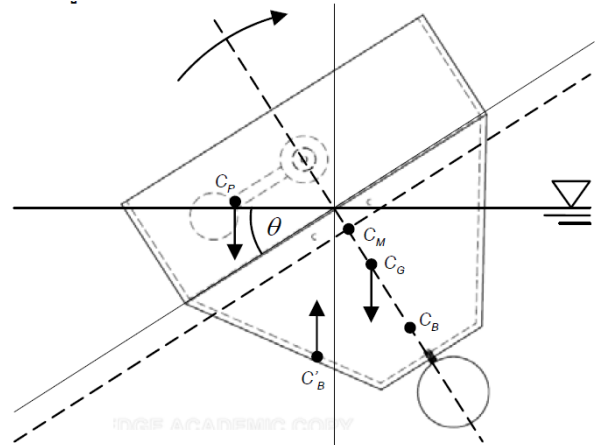
อุปกรณ์จะลอยอยู่บนผิวน้ำ จึงเริ่มต้นด้วยการ
พิจารณาการลอยตัวของอุปกรณ์ กำหนดให้มีโครงสร้าง
บางส่วนลอยอยู่เหนือผิวน้ำมีระยะเท่ากับ 100 มม.
เพื่อให้สามารถรับพลังงานจากการเคลื่อนที่ของคลื่นผิวน้ำ
และง่ายต่อการมองเห็นในขณะอุปกรณ์ทำงาน โดย
พิจารณาแรงลอยตัวตามทฤษฎีของอะครีมีดิส [6] ต่อมา
พิจารณาสมดุลของอุปกรณ์ เนื่องจากต้องการให้อุปกรณ์
อยู่ในสภาพที่ตั้งตรงและสามารถปรับตัวให้กลับสู่สภาพ
ตั้งตรงได้เมื่อเกิดการโคลงตัวของอุปกรณ์ โดยที่อุปกรณ์
จะอยู่ในสภาวะสมดุลก็ต่อเมื่อแรงลอยตัวที่กระทำนั้นอยู่ใน
แนวเดียวกันกับแรงเนื่องจากน้ำหนักของอุปกรณ์
แสดงไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สภาวะของอุปกรณ์เมื่อพิจารณาแรงลอยตัว

ต่อมา พิจารณาจุดศูนย์กลางมวล (Centre of Gravity หรือจุด CG) จุดศูนย์กลางการลอยตัว (Centre of Buoyancy หรือจุด CB) และจุดศูนย์กลางเมตาเซนตริก (Centre of Metacentric หรือจุด CM) แล้วพบว่า
ความสูงเมตาเซนตริก (Metacentric height) มีค่า 57.6 มม. แสดงให้เห็นว่าจุด CM อยู่สูงกว่าจุด CG จึงแสดงว่า
อุปกรณ์อยู่ในเสถียรภาพ เมื่อโคลงตัวไปด้านใดด้านหนึ่ง
อุปกรณ์จะสามารถปรับตัวให้กลับเข้าสู่สมดุลในตำแหน่ง
ตั้งตรงในแนวตั้งเองได้โดยไม่พลิกคว่ำ การพิจารณาการ

โคลงตัวของอุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดย
ชุดกลไกเคลื่อนที่ตามที่ออกแบบแสดงไว้ดังรูปที่ 2 ซึ่ง
สามารถคำนวณหาแรงบิดกลับสู่สมดุลมีค่าเท่ากับ 1.06
นิวตัน-เมตร มุมการโคลงตัวสูงสุด 32.41 องศา โดยที่ชุด
กลไกเพนดูลัมภายในโคลงตัวทำมุม 45 องศา



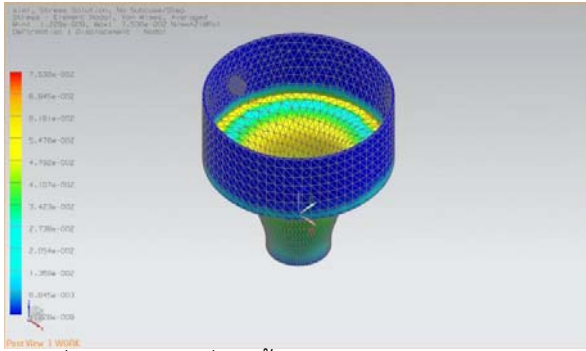
รูปที่ 2 การโคลงตัวของอุปกรณ์ (ภาพด้านข้าง) เส้นทึบ
แสดงขณะที่อุปกรณ์อยู่ในสภาวะสมดุล เส้นประแสดง
ขณะที่อุปกรณ์โคลงตัวในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา โดย
พบว่าตำแหน่งศูนย์กลางการลอยตัวเปลี่ยนจากจุด CB
ไปจุด C'B

2.2 การคำนวณความแข็งแรงของอุปกรณ์

ต่อมาคำนวณหาความหนาที่วัสดุของอุปกรณ์ที่
สามารถรับแรงที่เกิดขึ้นได้ โดยใช้ทฤษฎีของความดันผนัง
บาง [7] ความดันที่ระดับความลึกทำให้เกิดความเค้นใน
แนวเส้นรอบวง (Tangential stress) และความเค้นใน
แนวแกน (Axial stress) เมื่อความดันสูงสุดที่ความลึก
284.7 มิลลิเมตรมีค่าเท่ากับ 86.40 กิโลปาสกาล จะได้ว่า
ลำตัวอุปกรณ์จะต้องมีความหนาเท่ากับ 5 มิลลิเมตร และ
เมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับแบบจำลองจะให้ความ
ความเค้นมากที่สุดที่วัสดุได้รับดังตารางที่ 1 และแสดงดัง
รูปที่ 3

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบทฤษฎีและแบบจำลอง

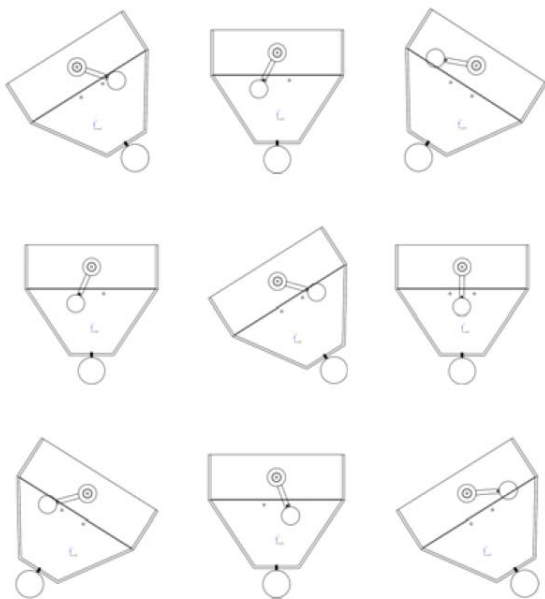
โครงสร้าง	วัสดุ	ความเค้นมากที่สุดที่รับ (เมกะปาสกาล)	
		แบบจำลอง	ทฤษฎี
ลำตัวโครง	อะคริลิก	86.40	75.30



รูปที่ 3 ความเค้นที่เกิดขึ้นบนลำตัวโครง โดยความเค้นมากที่สุดเกิดขึ้นบริเวณขอบรอยต่อของตัวฐานกับลำตัวอุปกรณ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 75.30 กิโลปาสกาล

2.3 ความเร็วรอบของชุดกลไกเพนดูลัม

ชุดกลไกเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบแกว่งของเพนดูลัมให้เป็นการเคลื่อนที่แบบหมุนของเพลลาเพื่อส่งกำลังไปที่เจนเนอเรเตอร์ เมื่อคลื่นผิวน้ำที่ความสูงคลื่น 10 ซม. กระทำกับอุปกรณ์ จะทำให้เกิดการโคลงตัว ชุดกลไกเพนดูลัมจะเคลื่อนที่หมุนไปกลับ ทำให้ชุดกลไกหมุนเพลลาด้วยความเร็ว 142.67 รอบ/นาที ต่อมาวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ การเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ที่ความสูงคลื่น 20 ซม. ในระยะเวลาตั้งแต่ 30-60 วินาที จะแสดงผลดังรูปที่ 3



รูปที่ 4 การโคจรตัวของอุปกรณ์ที่ความสูงคลื่น 20 เซนติเมตร ตั้งแต่เวลา 30-60 วินาที (จากซ้ายไปขวา และบนลงล่าง)

3. วิธีการและผลการทดสอบ

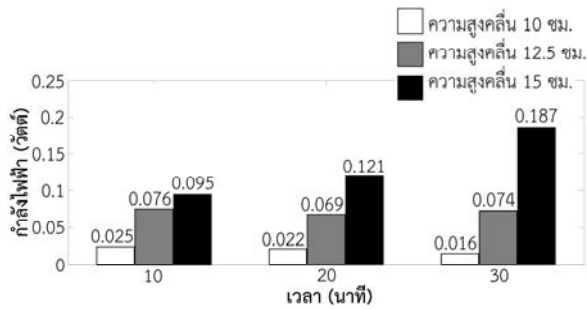
โครงสร้างของอุปกรณ์แสดงได้ดังรูปที่ 5 โดยการทดสอบแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งคือทดสอบในรางน้ำเปิดจำลอง แสดงได้ดังรูปที่ 6 โดยจะปรับความสูงคลื่น 0.1 0.125 และ 0.15 ม. ตามลำดับ โดยมีการปรับระยะลูกถ้วยอยู่ที่ระยะ 6 8 และ 10 ซม. และวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า มุมของการโคลงตัวและความยาวของคลื่น และส่วนที่สองคือดำเนินการทดสอบในทะเล โดยใช้ระยะลูกถ้วยอยู่ที่ 6 ซม. วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งแสดงผลการทดสอบตามรูปที่ 7-11



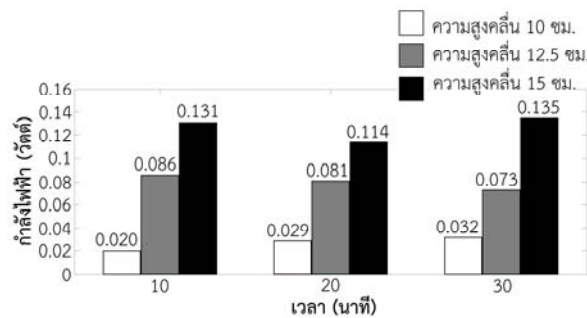
รูปที่ 5 อุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากคลื่นผิวน้ำทะเล



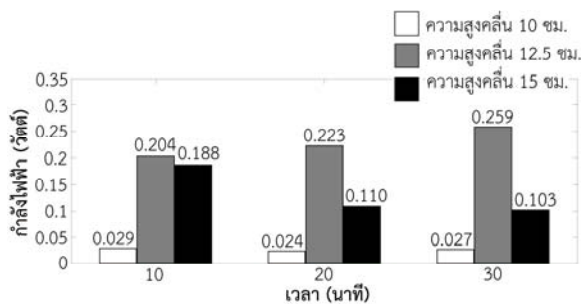
รูปที่ 6 การทดสอบในรางน้ำเปิดจำลอง



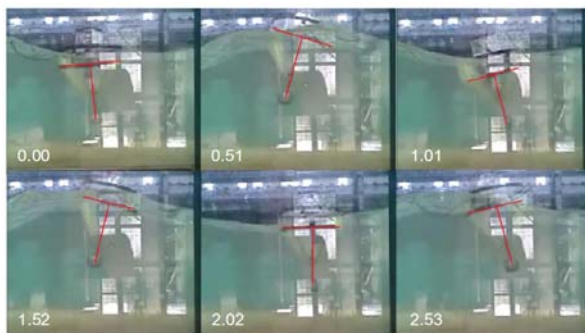
รูปที่ 7 ค่ากัลังไฟฟ้าเฉลี่ย เมื่อระยะลูกตุ้มถ่วง 6 ซม.



รูปที่ 8 ค่ากัลังไฟฟ้าเฉลี่ย เมื่อระยะลูกตุ้มถ่วง 8 ซม.



รูปที่ 9 ค่ากัลังไฟฟ้าเฉลี่ย เมื่อระยะลูกตุ้มถ่วง 10 ซม.



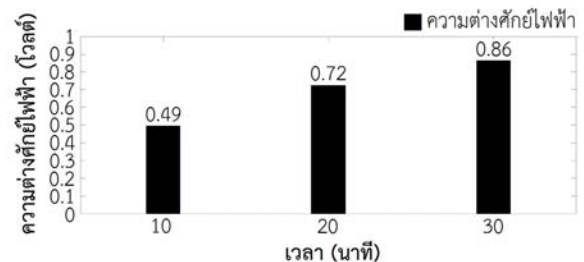
รูปที่ 10 การบันทึกภาพขณะการโคลงตัวของอุปกรณ์

โดยสรุปจากผลการทดสอบพบว่าค่ากัลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ระยะลูกถ่วง 6 และ 8 ซม. มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ เมื่อคลื่นมีความสูงมากขึ้นค่ากัลังไฟฟ้าที่ได้จะเพิ่ม

มากขึ้น แต่ที่ระยะลูกถ่วง 10 ซม. กลับมีค่ากัลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงที่ความสูงคลื่น 15 ซม. เนื่องจากระยะของลูกถ่วงส่งผลถึงการโคลงตัวของอุปกรณ์ โดยที่ระยะ 10 ซม. จะทำให้เกิดการโคลงตัวมีลักษณะแคบกว่าที่ระยะอื่นๆ แต่เมื่อเจอคลื่นความสูง 15 ซม. เป็นคลื่นที่มีความถี่สูงเข้ามาปะทะทำให้อุปกรณ์ไม่สามารถรักษารูปการโคลงตัวได้ ส่งผลให้ค่ากัลังไฟฟ้าที่ได้มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดสอบการทำงานในรางน้ำจำลอง

กรณีการทดสอบ	ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุด (โวลต์)	กัลังไฟฟ้าสูงสุด (วัตต์)	มุมการโคลงตัวสูงสุด (องศา)
ระยะลูกถ่วง 6 เซนติเมตร			
คลื่นสูง 10 ซม.	0.76	0.025	40
คลื่นสูง 12.5 ซม.	1.42	0.076	40
คลื่นสูง 15 ซม.	2.14	0.187	30
ระยะลูกถ่วง 8 เซนติเมตร			
คลื่นสูง 10 ซม.	0.90	0.032	30
คลื่นสูง 12.5 ซม.	1.54	0.086	35
คลื่นสูง 15 ซม.	1.87	0.135	15
ระยะลูกถ่วง 10 เซนติเมตร			
คลื่นสูง 10 ซม.	0.87	0.029	25
คลื่นสูง 12.5 ซม.	2.50	0.259	20
คลื่นสูง 15 ซม.	2.16	0.188	15



รูปที่ 11 ความต่างศักย์ไฟฟ้าเมื่อทดลองจริงในทะเล

4. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการสร้างอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากคลื่นผิวน้ำทะเล โดยมีหลักการ คือการเปลี่ยนพลังงานคลื่นให้กลไกเพนดูลัมเกิดการแกว่ง เพื่อไปหมุนเพลลาของเจนเนอเรเตอร์ ใช้ในการกำเนิดกระแสไฟฟ้า ผลการทดสอบพบว่าอุปกรณ์สามารถกำเนิด

กระแสไฟฟ้าได้ แต่ยังต่ำมาก แต่ก็เป็นแนวทางในการ
พัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ทุนวิจัยและพัฒนาได้รับการสนับสนุนจาก ภาควิชา
วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
บูรพา

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] E. E. Kids. "Hydropower", (2011) URL:
[http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=hydro
power_homebasics](http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=hydro power_homebasics), Access on 15/06/11.
- [2] Pelamis wave. "Pelamiswave," (2011) URL:
<http://www.pelamiswave.com/>, Access on
15/06/11.
- [3] M. P. Kazmierkowski, M. Jasinski, and P.
Institute of Control and Industrial Electronics,
Warsaw University of Technology Warsaw,
(2004). "Archimedes Wave Swing".

- [4] T. K. A. Brekken, A. V. Jouanne, H. Y. Han et
al., "Wavebob", (2008).

- [5] Aquamarinepower. "Aquamarinepower",
(2011) URL: <http://www.aquamarinepower.com/>,
Access on 15/06/11.

- [6] Fox, Robert W, Introduction to fluid
mechanics : SI version / Robert W. Fox, Alan T.
McDonald, (1994) 4th ed., New York : Wiley

- [7] Beer, Ferdinand Pierre, Mechanics of
materials, (2006) 4th ed, Boston : McGraw Hill
Higher Education.