ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง

Prototype of Shallow-Water Wave Power Generator based on Bi-directional Waves Conversion

วีระศักดิ์ ไชยชาญ[1*] สุรินทร์ กาญจนะ[1] และ วรรณวิภา ไชยชาญ[2]

Weerasak Chaichan[1*], Surin Kanchana[1] and Wanvipa Chaichan[2]

Received: 10 May 2018, Revised: 6 August 2018, Accepted: 3 May 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ด้วยวิธีเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำตื้นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของคลื่นจะทำให้เพลาของกังหันน้ำหมุน งานวิจัยนี้ใช้กังหันน้ำจำนวน 2 ชุด เพื่อให้สามารถขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ทั้งกรณีคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและออกจากฝั่ง โดยใบพัดของกังหันน้ำมีขนาดความกว้างเท่ากับ 20 เซนติเมตร เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ถูกต่ออยู่กับเพลาของกังหันน้ำผ่านชุดปรับอัตราเร็วรอบ ในการทดสอบใช้หลอดแอลอีดีขนาด 60 วัตต์ เป็นภาระไฟฟ้าและได้แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การจำลองการเกิดคลื่นน้ำตื้นที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์ ตามลำดับ จากนั้นทำการตรวจวัดปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ส่วนที่ 2 การตรวจวัดปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เมื่อทดสอบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นบริเวณหาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผลการดำเนินการวิจัย พบว่า เมื่อจำลองการเกิดคลื่นน้ำตื้นที่ความถี่ 0.50 เฮิรตซ์ เครื่องกำเนิดพลังงานสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 37.55 วัตต์ ในส่วนของการทดสอบบริเวณชายฝั่งทะเล เมื่อความถี่และอัตราเร็วของผิวคลื่นทะเลเท่ากับ 0.27 เฮิรตซ์ และ 0.51 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดเท่ากับ 28.96 วัตต์

คำสำคัญ: คลื่นน้ำตื้น, กังหันน้ำ, ชุดปรับอัตราเร็วรอบ, ชุดกลับทางหมุน

---

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[1] Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Mai Fad, Sikao, Trang 92150, Thailand.

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[2] Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Mai Fad, Sikao, Trang 92150, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): sakchaichan@hotmail.com

ABSTRACT

This research presents prototype of shallow-water wave power generator based on bi-directional waves conversion by changing the movement of shallow-water waves into electrical power. The motional waves are capable of rotating the shaft turbine. This research employed two shaft turbines for transmitting the generator in case of sea waves moving towards shore and off shore. Each blade is 20 cm wide. The shaft of 3-phase generator was connected to shaft turbine via gear box. The 60-watt LED was used as load in the experiment. The experiment is divided into two parts. Part 1: The simulation of shallow-water waves at frequency of 0.2 Hz, 0.25 Hz, 0.33 Hz and 0.5 Hz, respectively, was carried out. The electrical power generated was then investigated. Part 2: The electrical power generated was measured while using the power generator from shallow-water waves at Pak Meng Beach, Sikao District, Trang Province. The experimental result showed that the power generator generated the maximum electrical power of 37.55 watt when the simulation of shallow-water waves at frequency of 0.5 Hz was implemented. At the coastal area, the frequency and the velocity are 0.27 Hz and 0.51 m/s, respectively. The result found that the shallow-water wave power generator based on bi-directional waves conversion can generate the maximum electrical power of 28.96 watt.

Key words: shallow-water waves, turbine, gear box, reverse rotation

บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญกับการนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เช่น ปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดภาวะโลกร้อนอันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในปริมาณมหาศาล อีกทั้งวิกฤตการณ์การขาดแคลนพลังงานที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต หากสามารถนำแหล่งพลังงานทดแทนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักได้จะเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาจากวิกฤตการณ์ดังกล่าว จากรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย พบว่า ประเทศไทยมีการนำพลังงานทดแทนมาใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ แหล่งพลังงานทดแทนที่ประเทศไทยนำมาใช้ในปัจจุบันได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำขนาดเล็ก พลังน้ำขนาดใหญ่ ก๊าซชีวภาพ ชีวมวล และขยะ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2559) นอกจากนี้ยังมีแหล่งพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจนั่นคือ แหล่งพลังงานจากคลื่นทะเลเนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานที่ไม่มีวันหมด สะอาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดแรงต่อต้านจากประชาชนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พลังงานจากแหล่งเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล อีกทั้งภูมิประเทศของประเทศไทยมีพื้นที่ติดทะเล ดังนั้นหากสามารถนำพลังงานจากคลื่นทะเลมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงนับว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งปัจจุบันมีนักวิจัยที่ให้ความสนใจในการนำพลังงานจากคลื่นทะเลมาใช้ในการผลิตไฟฟ้ามากขึ้น (Savin *et al*., 2012; Khaled, 2015; Tom and Yeung, 2016;

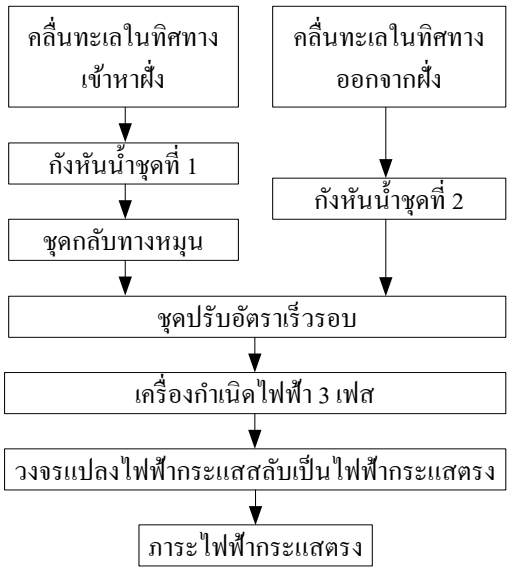
Pan *et al*., 2017; Wahyudie and Jama, 2017; Yang *et al*., 2017)

งานวิจัยนี้จึงเสนอต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ด้วยหลักการเปลี่ยนการเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและออกจากฝั่งของคลื่นทะเลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยออกแบบให้สามารถขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้สองทิศทางนั้นคือทั้งกรณีคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและเคลื่อนที่ออกจากฝั่ง ดังนั้น จึงสามารถขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบหนึ่งทิศทาง (วีระศักดิ์, 2560) และเนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางบริเวณชายฝั่งทะเลจึงสามารถลดจำนวนสายส่งและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งได้มากกว่าเมื่อเทียบกับระบบผลิตไฟฟ้าจากคลื่นในทะเลน้ำลึก

หลักการ

1. หลักการเปลี่ยนพลังงานคลื่นน้ำตื้นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบสองทิศทาง

การเปลี่ยนพลังงานคลื่นน้ำตื้นเป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีที่นำเสนอนี้อาศัยหลักการเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ในทิศทางเข้าหาฝั่งและออกจากฝั่งมากระทบกังหันน้ำชุดที่ 1 และกังหันน้ำชุดที่ 2 ตามลำดับ เพื่อไปผลักให้เพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบหมุนเคลื่อนที่ โดยมีชุดกลับทางหมุนซึ่งถูกติดตั้งเข้ากับกังหันน้ำชุดที่ 1 เนื่องจากกำลังของคลื่นในทิศทางเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งมีมากกว่าเมื่อเทียบกับกำลังของคลื่นในทิศทางออกจากฝั่ง ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมให้เพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบหมุนในทิศทางเดียวกัน เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกต่อเข้ากับเพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบจึงสามารถหมุนเคลื่อนที่ได้ด้วยอัตราเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ชนิดแม่เหล็กถาวรแนวราบเพื่อให้สามารถหมุนได้อย่างต่อเนื่อง กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นผลิตได้จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับภาระไฟฟ้ากระแสตรง งานวิจัยนี้ใช้หลอดแอลอีดี ขนาด 60 วัตต์ เป็นภาระไฟฟ้า หลักการเปลี่ยนพลังงานคลื่นน้ำตื้นเป็นพลังงานไฟฟ้าแบบสองทิศทางที่ได้นำเสนอนี้แสดงดังภาพที่ 1

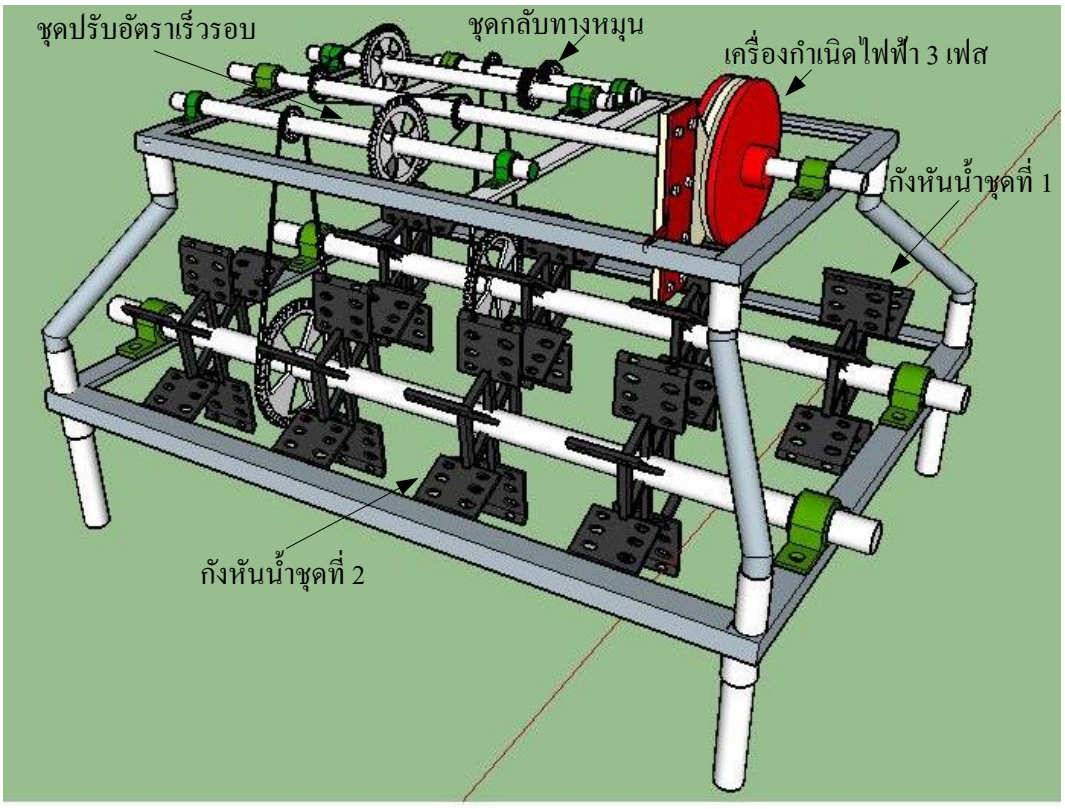


ภาพที่ 1 หลักการเปลี่ยนพลังงานคลื่นน้ำตื้นเป็นพลังงานไฟฟ้า

2. การออกแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง

ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางได้ออกแบบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าวางอยู่ด้านบนของฐานเพื่อป้องกันน้ำทะเลมากระทบ และติดตั้งห่างจากกำแพงกั้นคลื่น 2 เมตร เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ในทิศทางเข้าหาฝั่งและออกจากฝั่งมากระทบกังหันน้ำชุดที่ 1 และกังหันชุดที่ 2 ตามลำดับ เพื่อผลักให้เพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบขนาด 1 : 9.36 หมุนเคลื่อนที่ โดยมีชุดกลับทางหมุนทำหน้าที่ควบคุมให้เพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบหมุนในทิศทางเดียวกัน เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งถูกต่ออยู่กับเพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบจึงสามารถหมุนและผลิตไฟฟ้าได้ทั้งกรณีคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและออกจากฝั่ง การออกแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางแสดงดังภาพที่ 2

ในกรณีคลื่นน้ำตื้น เมื่อคลื่นทะเลเคลื่อนที่สามารถหาอัตราเร็วของผิวคลื่นได้จากความถี่และความสูงของคลื่นทะเล ดังสมการที่ 1 งานวิจัยนี้ใช้ชุดปรับอัตราเร็วรอบแบบระบบเฟืองและโซ่ เพื่อปรับอัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีอัตราเร็วรอบเพิ่มขึ้นจนสามารถผลิตไฟฟ้าออกมา ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วรอบแสดงดังสมการที่ 2 (ปุณยภัทร และ ชัยวุฒิ, 2559)



ภาพที่ 2 การออกแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง

$$v_g = 2\pi f a \quad (1)$$

เมื่อ v_g คือ อัตราเร็วของผิวคลื่นทะเล หน่วยคือ เมตรต่อวินาที

f คือ ความถี่การเกิดคลื่นทะเล หน่วยคือ เฮิรตซ์

a คือ ความสูงของคลื่นทะเล หน่วยคือ เมตร

$$N_b = \frac{T_a}{T_b} N_a \quad (2)$$

เมื่อ N_a คือ อัตราเร็วรอบของเฟืองขับ หน่วยคือ รอบต่อนาที

N_b คือ อัตราเร็วรอบของเฟืองตาม หน่วยคือ รอบต่อนาที

T_a คือ จำนวนฟันของเฟืองขับ

T_b คือ จำนวนฟันของเฟืองตาม

กำลังไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายให้กับภาระไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$P = V \times I \quad (3)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยคือ วัตต์

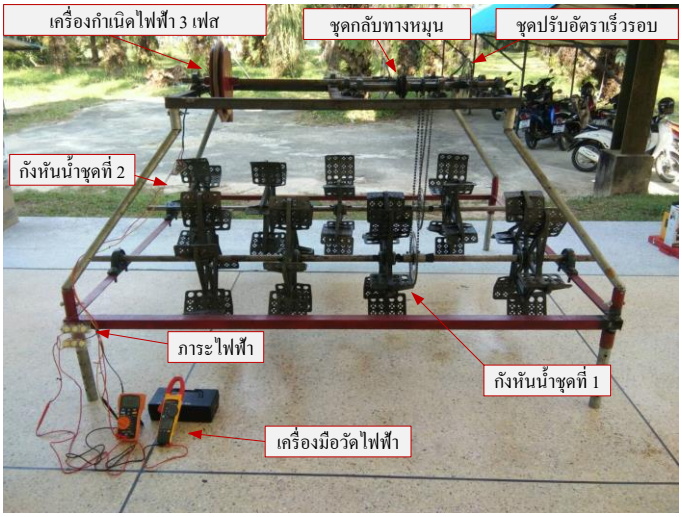
V คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยคือ โวลต์

I คือ กระแสไฟฟ้ากระแสตรง หน่วยคือ แอมแปร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1 การดำเนินการวิจัยเพื่อทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานแบบสองทิศทางด้วยการจำลองการเกิดคลื่นทะเล

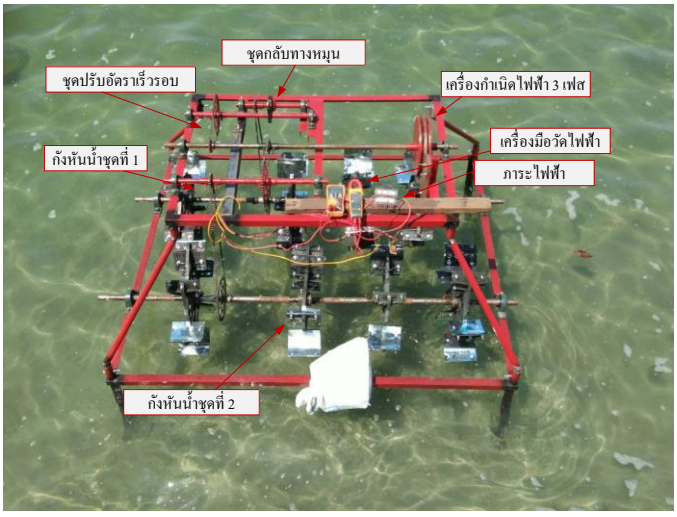
การดำเนินการวิจัยด้วยการจำลองการเกิดคลื่นทะเลเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางก่อนนำไปติดตั้งในสถานที่จริง ณ หาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ในการทดสอบนั้นได้ทำการจำลองการเกิดคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์ ตามลำดับ ทั้งกรณีต่อกังหันน้ำ 1 ชุด (การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำตื้นแบบทิศทางเดียว) และต่อกังหันน้ำ 2 ชุด (การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง) จากนั้นวัดอัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดอัตราเร็วรอบแบบแสงเลเซอร์ DIGICON DT-246L วัดแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นสามารถจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์ ด้วยเครื่องมือวัด FLUKE 374 FC TRMS CLAMP METER และ Agilent U1232A True RMS Multimeter ตามลำดับ สำหรับกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ การทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางด้วยการจำลองการเกิดคลื่นทะเลแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางด้วยการจำลองการเกิดคลื่นทะเล

2 การดำเนินการวิจัยเพื่อทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง

ในส่วนของการดำเนินการวิจัยเพื่อทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ณ หาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ระบบทั้งหมดจะถูกติดตั้งภายในทะเล ห่างจากกำแพงกั้นคลื่น 2 เมตร และต่อภาระไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์ ให้กับเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง จากนั้นวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัด FLUKE 374 FC TRMS CLAMP METER และ Agilent U1232A True RMS Multimeter ตามลำดับ ทุกๆ 5 นาที เพื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าจากความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การติดตั้งเพื่อทดสอบแสดงดังภาพที่ 4

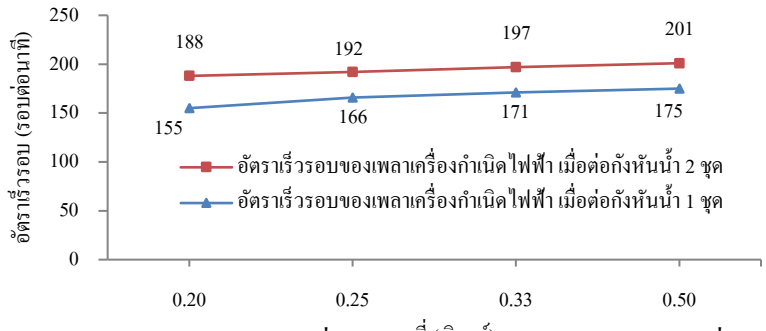


ภาพที่ 4 การทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ณ หาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

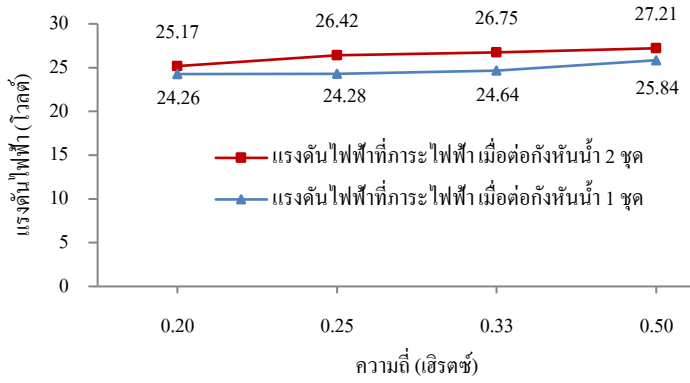
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ด้วยการเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของคลื่นทะเลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

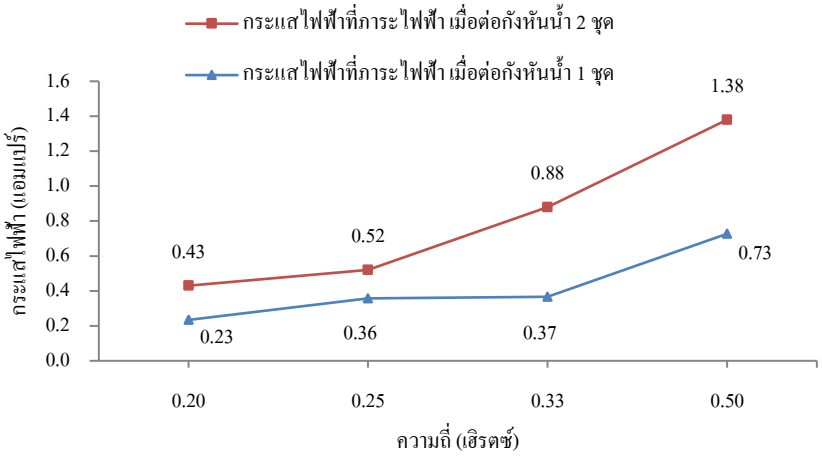
ส่วนที่ 1 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางด้วยการจำลองคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์ ตามลำดับ เมื่อต่อภาระไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์ จากผลการทดสอบพบว่า การติดตั้งกังหันน้ำ 1 ชุด และการติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด มีผลต่ออัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อการติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด จะสามารถควบคุมให้เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอัตราเร็วรอบที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับการต่อกังหันน้ำ 1 ชุด เนื่องจากสามารถขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ทั้งกรณีจำลองคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและคลื่นเคลื่อนที่ออกจากฝั่ง อีกทั้งความถี่ของการจำลองการเกิดคลื่นทะเลยังมีผลต่ออัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพราะว่าชุดกังหันน้ำถูกผลักได้ต่อเนื่องกว่าดังภาพที่ 5 นั่นคือ เมื่อต่อกังหันน้ำ 2 ชุด ที่ความถี่ของการเกิดคลื่นทะเล 0.50 เฮิรตซ์ มีอัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 201 รอบต่อนาที ขณะที่เมื่อต่อกังหันน้ำ 1 ชุด อัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 175 รอบต่อนาที และสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าได้มากกว่าการติดตั้งกังหันน้ำ 1 ชุด โดยแรงดันไฟฟ้าสูงสุดเมื่อติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด และกังหันน้ำ 1 ชุด ความถี่คลื่นทะเล 0.50 เฮิรตซ์ เท่ากับ 27.21 โวลต์ และ 25.84 โวลต์ ตามลำดับ โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ภาระไฟฟ้าได้ต่ำสุดเมื่อจำลองความถี่คลื่นทะเล 0.20 เฮิรตซ์ เท่ากับ 25.17 โวลต์ และ 24.26 โวลต์ สำหรับการติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด และการติดตั้งกังหันน้ำ 1 ชุด ตามลำดับ ดังผลการทดสอบในภาพที่ 6 ขณะที่ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางด้วยการจำลองการเกิดคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.50 เฮิรตซ์ สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ภาระไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด และการติดตั้งกังหันน้ำ 1 ชุด เท่ากับ 1.38 แอมแปร์ และ 0.73 แอมแปร์ ตามลำดับ ดังภาพที่ 7 จากการทดสอบจะเห็นว่าอัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีผลโดยตรงต่อแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับภาระไฟฟ้า และเมื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าดังความสัมพันธ์ในสมการที่ 3 พบว่า ที่ความถี่คลื่นทะเล 0.50 เฮิรตซ์ สำหรับการติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 37.55 วัตต์ ขณะที่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 18.79 วัตต์ เมื่อติดตั้งกังหันน้ำ 1 ชุด



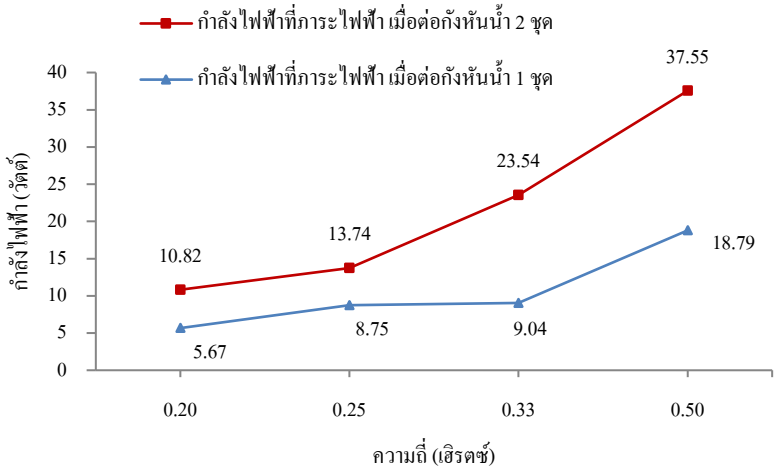
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของอัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเทียบกับการจำลองคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับการจำลองคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์

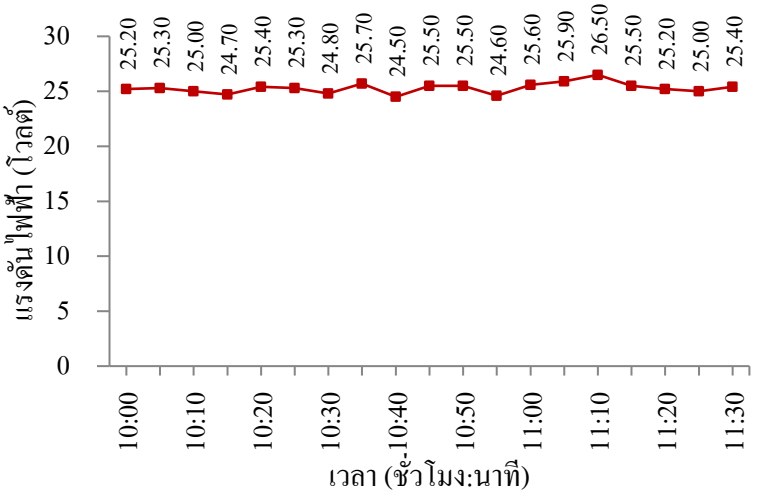


ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับการจำลองคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์

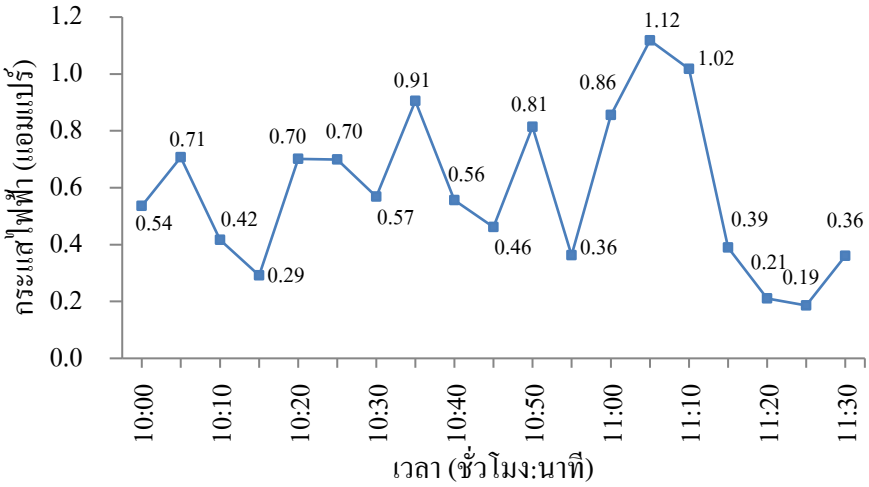


ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับการจำลองคลื่นทะเลที่ความถี่ 0.20 เฮิรตซ์ 0.25 เฮิรตซ์ 0.33 เฮิรตซ์ และ 0.50 เฮิรตซ์

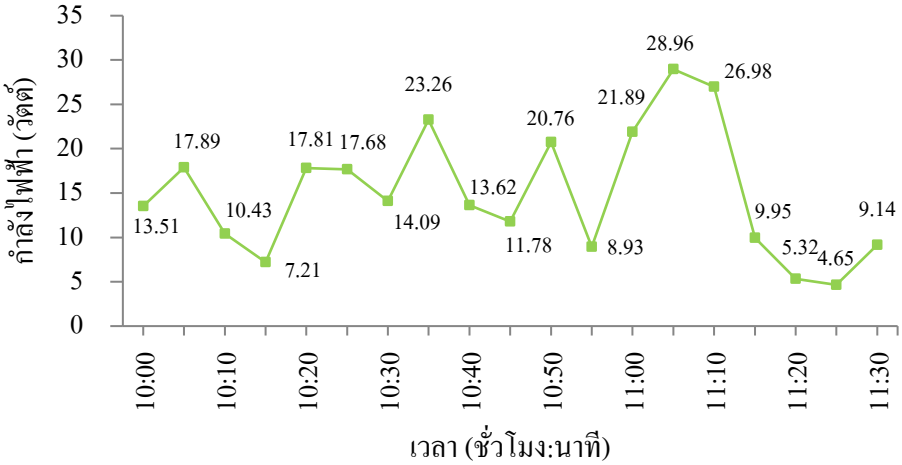
ส่วนที่ 2 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ระบบทั้งหมดถูกติดตั้งภายในทะเล ณ หาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ห่างจากกำแพงกั้นคลื่น 2 เมตร โดยต่อภาระไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์ และติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด ให้กับต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางเนื่องจากผลการทดสอบดังที่ได้แสดงไว้ในส่วนที่ 1 สามารถยืนยันได้ว่า ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นด้วยการติดตั้งกังหันน้ำ 2 ชุด สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดจึงเหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ทะเลที่มีความถี่ของการเกิดคลื่นทะเลต่ำ จากนั้นวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายให้กับภาระไฟฟ้าทุกๆ 5 นาที โดยทำการทดสอบในช่วงเวลา 10.00 - 11.30 นาฬิกา ซึ่งเป็นช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุด ความถี่และความสูงของคลื่นทะเลเฉลี่ย 0.27 เฮิรตซ์ และ 0.3 เมตร ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาอัตราเร็วของผิวคลื่นทะเลตามความสัมพันธ์ในสมการที่ 1 พบว่าอัตราเร็วของผิวคลื่นทะเลเท่ากับ 0.51 เมตรต่อวินาที จากผลการทดสอบ พบว่า แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้ามีค่าสูงสุดที่ 26.50 โวลต์ และ 1.12 แอมแปร์ ตามลำดับ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าต่ำสุด 24.50 โวลต์ และ 0.19 แอมแปร์ ดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อคำนวณหากำลังไฟฟ้าตามความสัมพันธ์ในสมการที่ 3 พบว่าเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ภาระไฟฟ้าได้สูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 28.96 วัตต์ และ 4.65 วัตต์ ตามลำดับ ดังผลการทดสอบในภาพที่ 11 จากผลการทดสอบในภาพที่ 9 ถึง 11 จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้ามีลักษณะไม่คงที่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นทะเลและช่วงเวลาการบันทึกผล



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับเวลา



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับเวลา



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้าที่ภาระไฟฟ้าเทียบกับเวลา

จากผลการทดสอบต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางด้วยการจำลองคลื่นทะเลและการทดสอบในพื้นที่ชายฝั่งทะเลพบว่า ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถขับให้เพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนได้ทั้งในกรณีคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและออกจากฝั่ง จึงทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องมากกว่าเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นทะเลแบบทิศทางเดียว (กฤษฎา และ สมภพ, 2556; วีระศักดิ์ และ วรรณวิภา, 2560; วีระศักดิ์ และ สุรินทร์, 2559; วีระศักดิ์ และคณะ, 2561)

สรุป

งานวิจัยนี้เสนอต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทาง ด้วยวิธีเปลี่ยนการเคลื่อนที่ของคลื่นน้ำตื้นให้เป็นพลังงานไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของคลื่นทะเลทำให้เพลาของกังหันน้ำทั้ง 2 ชุด หมุนเคลื่อนที่เพื่อขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส ได้ทั้งกรณีคลื่นเคลื่อนที่

เข้าหาฝั่งและกรณีคลื่นเคลื่อนที่ออกจากฝั่ง โดยมีชุดกลับทางหมุนเป็นตัวควบคุมให้เพลาของชุดปรับอัตราเร็วรอบหมุนในทิศทางเดียวกัน อัตราเร็วรอบของเพลาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกปรับให้มีอัตราเร็วรอบเพิ่มขึ้นด้วยชุดปรับอัตราเร็วรอบเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ จากผลการจำลองการเกิดคลื่นทะเล พบว่า เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าได้มากกว่าเมื่อติดตั้งกังหันน้ำทั้ง 2 ชุด นั่นคือ สามารถขับเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ทั้งกรณีจำลองคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งและออกจากฝั่ง เมื่อทดสอบในสถานที่จริง ณ หาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง พบว่า เครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นน้ำตื้นแบบสองทิศทางสามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าให้กับภาระไฟฟ้าได้ต่อเนื่องแต่มีลักษณะไม่คงที่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ของการเกิดคลื่นทะเลและช่วงเวลาการบันทึกผล

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้หากนำไปพัฒนาต่อในระบบขนาดใหญ่และเลือกวัสดุที่คงทนต่อการกัดกร่อนของน้ำทะเลคาดว่าจะสามารถใช้ได้จริงในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ขอขอบคุณ นายอดิศร สุวรรณส่องแสง นายกฤตนัน ศรีนวล และนายปวเรศ จริงจิตร ที่ช่วยเหลือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. **รายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทย.** เอกสารเผยแพร่, กระทรวงพลังงาน.

กฤษฎา พรหมแก้ว และ สมภพ ปัญญาสมพรรค์. 2556. การศึกษาการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากคลื่นชายฝั่งทะเล. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์** 5(3): 37-46.

ปุณยภัทร ภูมิภาค และ ชัยวุฒิ ฉัตรอุทัย. 2559. ต้นแบบเครื่องกำเนิดพลังงานจากคลื่นทะเล, น. 49-52. *ใน* **การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 39.** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วีระศักดิ์ ไชยชาญ. 2560. การผลิตไฟฟ้าจากคลื่นน้ำตื้นแบบทิศทางเดียว สำหรับพื้นที่ชายฝั่งทะเล, น. 226-229. *ใน* **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, จันทบุรี.

วีระศักดิ์ ไชยชาญ และ วรรณวิภา ไชยชาญ. 2560. การผลิตไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของคลื่นทะเลในแนวราบ ด้วยตัวส่งกำลัง 4 ชุด. **วารสารวิชชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช** 36(2): 1-10.

วีระศักดิ์ ไชยชาญ และ สุรินทร์ กาญจนะ. 2559. การผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากคลื่นชายฝั่งทะเล. **วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 9(2): 108-117.

วีระศักดิ์ ไชยชาญ, สุรินทร์ กาญจนะ และ วรรณวิภา ไชยชาญ. 2561. การผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากคลื่นชายฝั่งทะเล ด้วยชุดส่งกำลัง 5 ชุด, น. 319-322. *ใน* **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 10.** สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน, กรุงเทพฯ.

Khaled, K.M. 2015. Power generation from sea waves using experimental prototype of wells turbine or suggested special rotating

mechanism. **International Journal of Mining, Metallurgy & Mechanical Engineering** 3(3): 161-166.

Pan, J.F., Li, S.Y., Cheng, E. and Zhang, B. 2017. Analysis of a direct drive 2-D planar generator for wave energy conversion. **IEEE Transactions on Magnetics** 11(53): 1-5.

Savin, A., Svensson, O. and Leijon, M. 2012. Estimation of stress in the inner framework structure of a single heaving buoy wave energy converter. **IEEE Journal of Oceanic Engineering** 2(37): 309-317.

Tom, N. and Yeung, R.W. 2016. Experimental confirmation of nonlinear-model-predictive control applied offline to a permanent magnet linear generator for ocean-wave energy conversion. **IEEE Journal of Oceanic Engineering** 2(41): 281-295.

Wahyudie, A. and Jama, M.A. 2017. Perspectives on damping strategy for heaving wave energy converters. **IEEE Journals & Magazines** (5): 22224-22233.

Yang, S., Liu, H., Dai, C. and Li, Y. 2017. An application of virtual synchronous generator technology in wave energy, pp. 1-6. *In* **OCEANS 17 MTS/IEEE Anchorage.** Anchorage, United States of America.