อุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำทะเล
A Tidal Energy Conversion Device

จักรพันธ์ รสหอม[1] อทิวัฒน์ ศรีทองนาค[1] ณัฐวุฒิ เชียวกชีวิต[1] และ ภัคพงศ์ จันทเปรมจิตต์[1,*]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131
*ติดต่อ: pakpong@buu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ : 038-102222, เบอร์โทรสาร : 038-745806

บทคัดย่อ

เอกสารฉบับนี้นำเสนอ การศึกษา ออกแบบ สร้างอุปกรณ์และผลทดสอบอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำ โดยเปลี่ยนการหมุนของชุดกังหันให้ไปกำเนิดกระแสไฟฟ้า โดยมีการออกแบบใบจักรเบื้องต้นใช้ทฤษฎีพลศาสตร์ การพิจารณาความแข็งแรงของโครงสร้าง และการพิจารณาการไหลของกระแสน้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์ จากการทดลองการทำงานของอุปกรณ์มีสองส่วนคือ การทดสอบที่รางน้ำเปิดจำลองและการทดสอบในทะเล โดยสรุปประสิทธิภาพของอุปกรณ์เทียบระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ได้ต่อพลังงานจลน์จากการไหลของกระแสน้ำผ่านชุดใบจักร มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.45 % และแสดงผลการทดสอบในทะเลจริง

คำหลัก: อุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้า การไหลของกระแสน้ำ ใบจักร

Abstract

This paper presents a study, design, fabrication and tests of a tidal energy device. This device generates electricity by using rotating turbines. The design considers dynamics of propellers, strength of the device and flow pattern around the device. Experiments were carried out in a flume and sea. In conclusion, the maximum performance of the devices is 4.45%. Also the paper shows results at the sea tests.

Keywords: Electric generation device, Tidal, Propeller

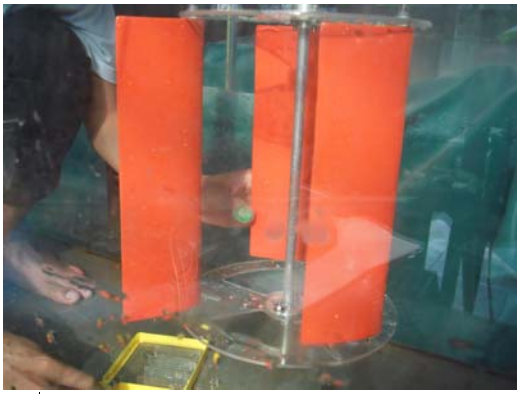
1. บทนำ

โดยส่วนใหญ่การผลิตกระแสไฟฟ้าใช้แหล่งพลังงานที่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งในปัจจุบันเชื้อเพลิงเหล่านั้นกำลังจะหมดไป ดังนั้นจึงมีการให้ความสนใจการใช้พลังงานทดแทนจากธรรมชาติมากขึ้น เช่น พลังงานจากลม [1] พลังงานจากแสงอาทิตย์ [2] พลังงานความร้อนจากใต้พิภพ [3] และพลังงานจากน้ำ [4] โดยพลังงานจากน้ำเป็นพลังงานจากธรรมชาติที่มีข้อได้เปรียบ คือ น้ำจะมีการไหลเกิดขึ้นตลอดเวลาจึงสามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด เช่น พลังงานของกระแสน้ำจากทะเล (Tidal energy) ซึ่งคาดว่าจะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอนาคต โดยปัจจุบันมีการศึกษาวิธีการหรือพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำอยู่หลายแบบ เช่น อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยกังหันน้ำติดตั้งอยู่ใต้ทะเล เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านกังหันซึ่งต่ออยู่กับเพลาหมุนและไปตัดกับสนามแม่เหล็กเกิดเป็นกระแสไฟฟ้าได้ ดังตัวอย่างงานวิจัย [5, 6, 7, 8] สำหรับในประเทศไทยการศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำยังไม่ได้รับความสนใจมากเท่าที่ควร [9] เนื่องจากในบริเวณอ่าวไทย และทะเลอันดามัน

กระแสน้ำมีความเร็วประมาณ 1 เมตรต่อวินาที [10, 11] ซึ่งต่ำกว่าในบริเวณทะเลเปิดหรือมหาสมุทร จากการศึกษาพบว่าโดยส่วนใหญ่จะมีการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวในต่างประเทศ ซึ่งมีการไหลของกระแสน้ำที่มีความเร็วสูงในบริเวณของทะเลเปิด [12] จากความน่าสนใจดังกล่าว จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำ เพื่อใช้สำหรับการไหลของกระแสน้ำที่มีความเร็วต่ำเพื่อใช้ในประเทศไทย ในบทความนี้จะนำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการออบแบบในส่วนที่ 2 ส่วนที่ 3 จะพิจารณาความแข็งแรงของโครงสร้าง ส่วนที่ 4 จะพิจารณาแบบจำลองการไหล ส่วนที่ 5 จะกล่าวถึงการทดสอบและผลการทดสอบ ส่วนที่ 6 จะเป็นการสรุป

2. การออกแบบชุดกังหัน

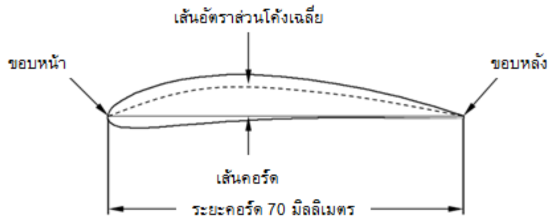
ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบชุดกังหัน รูปทรงมีลักษณะคล้ายปีกเครื่องบิน โดยใช้รูปแบบแพนอากาศตาม NACA [13] ชุดกังหันประกอบด้วย 3 ใบจักร แสดงดังรูปที่ 1 เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านใบจักรจะทำให้เกิดแรงยกตัว แต่เนื่องจากใบจักรติดตั้งอยู่บนโครงที่หมุนได้ จึงทำให้เกิดการหมุนรอบตัวของโครงสร้างของอุปกรณ์ มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 1 อุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำทะเล

2.1 การออกแบบและเลือกขนาดของใบจักร

จาก [13] พบว่า แพนอากาศ NACA 6412 ซึ่งมีอัตราส่วนความโค้งเท่ากับ 5.7 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ เนื่องจากมีลักษณะแบบผิวด้านล่างโค้งขึ้นบนและผิวบนโค้ง จึงทำให้เกิดแรงยกสูงพบว่าใช้มากในอากาศยานที่มีความเร็วต่ำแต่ต้องการแรงยกสูง แสดงได้ดังรูปที่ 2 จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ ซึ่งจะใช้กับกระแสน้ำที่มีความเร็วต่ำ ในส่วนของการเลือกขนาดจะออกแบบให้สอดคล้องกับขนาดของอุปกรณ์และสะดวกในการทดสอบ

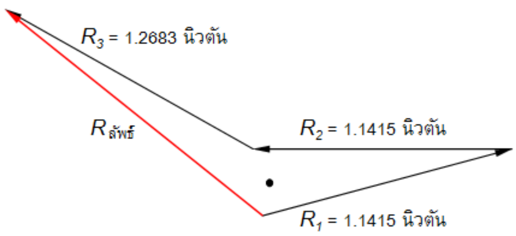


รูปที่ 1 ลักษณะของ NACA 6412

2.2 การคำนวณหาแรงที่กระทำกับใบจักร

การไหลของน้ำที่ผ่านใบจักร ทำให้เกิดแรงยกและแรงต้าน ซึ่งเป็นแรงลัพธ์ขับเคลื่อนทำให้เกิดการหมุนของเพลา ในการคำนวณแรงลัพธ์จากการไหลของกระแสน้ำเริ่มต้นจากค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยกที่ได้จากการพิจารณาค่าเรย์โนนัมเบอร์ ของการไหลของกระแสน้ำที่ผ่านชุดใบจักร โดยความหนาแน่นของน้ำทะเล มีค่า 1.025×10^{3} กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความหนืดของน้ำทะเล มีค่า 1.08×10^{-3} กิโลกรัม/ตารางเมตร-วินาที ความเร็วของกระแสน้ำทะเล (v) มีค่า 0.3 เมตร/วินาที [10] และรัศมีชลศาสตร์ มีค่า 0.1875 เมตร คำนวณหาค่าเรย์โนนัมเบอร์และค่ามุมของกระแสน้ำที่กระทำกับใบจักร นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านและแรงยกได้ จะได้สัมประสิทธิ์ของแรงยก (C_L) และสัมประสิทธิ์แรงต้าน (C_D) ของใบจักรแต่ละใบ การหาแรงยกจะพิจารณาการไหลของน้ำที่กระทำกับใบจักรในแนวระดับและการหาแรงต้านจะพิจารณาการไหลของน้ำที่กระทำกับใบจักรในแนวตั้งฉากกับแกนเพลา โดยแสดงดังรูปที่ 2 คำนวณได้จากสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$F_L = C_L(\rho_s v^2/2)A_L$	(1)
$F_D = C_D(\rho_s v^2/2)A_D$	(2)



รูปที่ 2 แสดงทิศทางของแรงลัพธ์ที่กระทำกับชุดใบจักร

จากสมการข้างต้นจะได้แรงลัพธ์ที่กระทำกับชุดใบจักร มีค่าเท่ากับ 2.84 นิวตัน

2.3 การพิจารณาชุดส่งกำลัง

การส่งกำลังจากใบจักรของชุดกังหันมาที่เพลาหมุน จะพิจารณาจากแรงที่มากระทำ แรงบิดมีค่าเท่ากับ 0.28 นิวตัน-เมตรความเร็วเชิงมุมของเพลา ที่มีลักษณะการทำงานแบบหมุนและใช้ในการส่งกำลัง จะนำค่าแรงบิดมาใช้ในการคำนวณ เพื่อนำไปหาค่าความเร่งเชิงมุม และนำความเร่งเชิงมุมที่ได้มาวิเคราะห์ พบว่าคำนวณความเร็วรอบได้ 90.14 รอบ/นาที จึงสามารถสรุปได้ว่าการหมุนและแรงบิดที่มาจากเพลาส่งกำลังทำให้เกิดกำลังงานมีค่าเท่ากับ 0.148 วัตต์

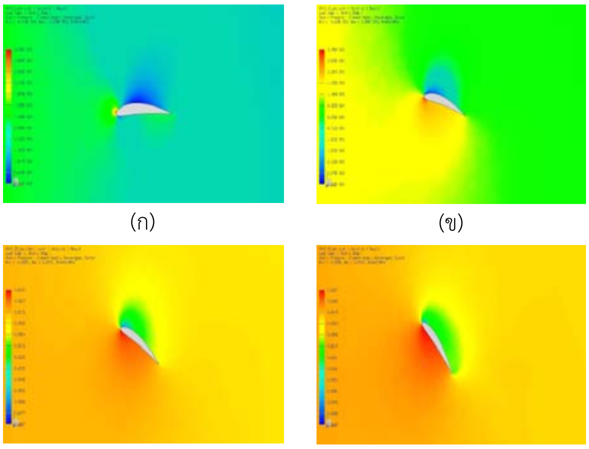
3. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง

ในการออกแบบโครงสร้างให้มีความแข็งแรงในเบื้องต้น จะพิจารณาลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของโครงสร้าง และใช้คุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมมาช่วยในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำโครงสร้างของอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม ความเค้นที่เกิดขึ้นกับเพลาส่งกำลัง ซึ่งความเค้นที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดในสองลักษณะคือความเค้นในแนวเส้นรอบวง (τ) และโมเมนต์ดัดเป็นความเค้นจากการโก่งงอของเพลา (σ) ซึ่งในการคำนวณหาความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจะใช้ค่าโมเมนต์ดัดสูงสุด จากการหาค่าความเค้น ซึ่งกำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาเท่ากับ 1 เซนติเมตร พบว่า ค่าความเค้นสูงสุดที่ทำให้วัสดุเสียหายจะมาจากโมเมนต์ดัด ซึ่งมีค่าความเค้นเท่ากับ 36.18 เมกกะปาสคาล ซึ่งเป็นค่าความเค้นสูงสุดของวัสดุ โดยในการ

ในการคำนวณความแข็งแรงของวัสดุนั้น จะใช้ค่าความเร็วของกระแสน้ำสูงสุดที่ 1 เมตร/วินาที สามารถนำค่าความเค้นและคุณสมบัติของวัสดุไปใช้ในการคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่น้อยที่สุดของวัสดุที่สามารถรับแรงที่มากระทำได้ การคำนวณพบว่าขนาดของเพลามีค่าไม่น้อยกว่า 5.22 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพลา เท่ากับ 10 มิลลิเมตร ในการคำนวณหากำลังไฟฟ้า จะเลือกขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุด 28 วัตต์ ที่ความเร็วรอบ 360 รอบ/นาที จากขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถนำมาคำนวณหากำลังไฟฟ้า ที่เกิดจากการหมุนของเพลาส่งกำลังและต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถคำนวณได้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 0.0524 วัตต์/วินาที

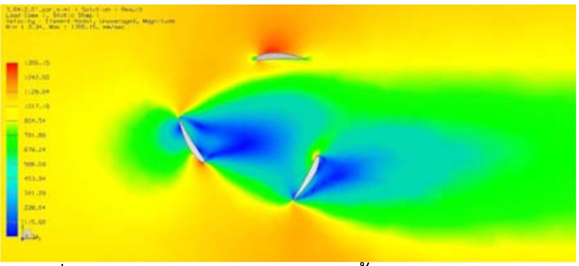
4. การวิเคราะห์แบบจำลองการไหล

ในหัวข้อนี้จะเป็นการจำลองการไหลของกระแสน้ำผ่านชุดใบจักรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป เพื่อพิจารณาผลที่เกิดขึ้นจากการไหลเมื่อน้ำไหลปะทะกับใบจักรแบบง่าย โดยกำหนดเงื่อนไขให้ความเร็วกระแสน้ำมีค่าสูงสุด 1 เมตร/วินาที การไหลของน้ำเป็นการไหลแบบราบเรียบและความหนาแน่นของน้ำทะเลมีค่า 1,025 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร แสดงผลดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



(ก) (ข) (ค) (ง)

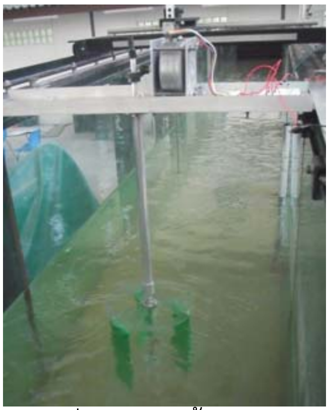
รูปที่ 3 แสดงความดันที่กระทำกับใบจักรแบบแพนอากาศ NACA 6412 (ก) ใบจักรทำมุม 0 องศา (ข) ใบจักรทำมุม 15 องศา (ค) ใบจักรทำมุม 30 องศา (ง) ใบจักรทำมุม 45 องศา



รูปที่ 4 แบบจำลองความเร็วของน้ำไหลผ่านชุดกังหัน

5. วิธีการและผลการทดสอบ

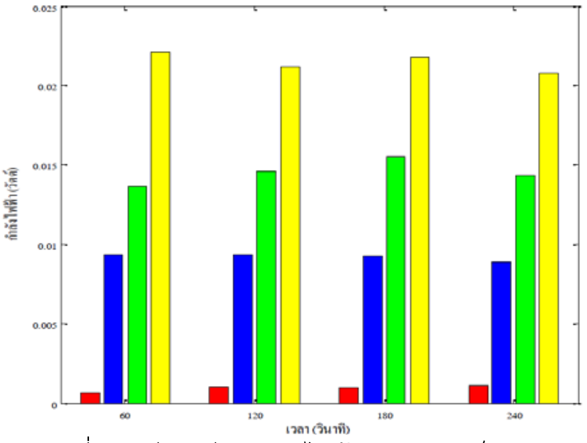
การทดสอบแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งคือการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในรางน้ำเปิดจำลอง ดังรูปที่ 5 และส่วนที่สองคือการทดสอบจริงในทะเลจริง



รูปที่ 5 การติดตั้งอุปกรณ์

สำหรับการทดสอบในรางน้ำเปิดจำลอง จะปรับความเร็วของกระแสน้ำ 0.15 0.20 0.25 และ 0.30 เมตร/วินาที (ความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำที่สามารถทำได้คือ 0.30 เมตร/วินาที) และบันทึกผลทุกๆ 30 วินาที ได้ผลดังนี้ ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วของกระแสน้ำ 0.15 0.20 0.25 และ 0.30 เมตร/วินาที มีค่า 9.78×10^{-4} 9.23×10^{-3} 1.45×10^{-2} และ 2.15×10^{-2} วัตต์ ตามลำดับ โดยที่ความเร็วรอบของการหมุนของชุดกังหันมีค่าเท่ากับ 16.83 29.61 38.47 และ 44.36 รอบ/นาที ตามลำดับ ดังกราฟแท่งในรูปที่ 6

สำหรับการทดลองจริงในทะเล เป็นการทดสอบอุปกรณ์ในสภาพการทำงานจริงในทะเล โดยติดตั้งอุปกรณ์อยู่บนโฟมทดลองลอยอยู่บนผิวน้ำ โดยชุดกังหันอยู่ลึกลงไปจากผิวน้ำประมาณ 200 มิลลิเมตร ห่างชายฝั่งประมาณ 50 เมตร ในการทดสอบ 30 นาที พบว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 5.91 และ 1.61 โวลต์ตามลำดับ



รูปที่ 6 เปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าและความเร็วของกระแสน้ำ 0.15 0.2 0.25 และ 0.3 เมตร/วินาที ตามลำดับ เมื่อทดสอบในรางน้ำเปิดจำลอง

6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนออุปกรณ์กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากการไหลของกระแสน้ำทะเล เพื่อให้ใช้กับกระแสน้ำทะเลที่ความเร็วต่ำ โดยอาศัยการหมุนของกังหันไปหมุนเจนเนอเรเตอร์ ผลทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบของเพลาที่ได้เมื่อความเร็วของกระแสน้ำเท่ากับ 0.30 เมตร/วินาที มีค่าสูงสุดเท่ากับ 2.15×10^{-2} วัตต์ และ 44.36 รอบ/นาที ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่อไปได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ทุนวิจัยและพัฒนาได้รับการสนับสนุนจาก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

8. เอกสารอ้างอิง

[1] นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์, มหาวิทยาลัยนเรศวร. "เทคโนโลยีพลังงานลม"; แหล่งที่มา http://office.nu.ac.th/nu_journal/pdf/journal/12 (2) 57-73.pdf เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี "แผงโซล่าเซลจากขยะ"; แหล่งที่มา http://www.newswit.com/ เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[3] โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพฝาง. "โรงไฟฟ้าพลังความร้อนใต้พิภพฝาง"; แหล่งที่มา http://ns.ist.cmu.ac.th/ เข้าชมวันที่ 17/6/11.

[4] นริสรา นุธรรมโชติ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. "ระดับน้ำและการไหลของน้ำขึ้นน้ำลงในอ่าวไทยโดยใช้แบบจำลอง POM"; แหล่งที่มา http://www.researchgate.net/publication/27810947 เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[5] Lunar energy. "Harnessing tidal power"; URL: http://www.lunarenergy.co.uk, Access on 17/06/11.

[6] Swanturbines, University of Wales Swansea. "Electricity from the ocean"; URL: http://www.swanturbines.co.uk/technology.htm, Access on 17/06/11.

[7] Marine Current Turbines. "SeaGen"; URL: http://www.marineturbines.com/, Access on 17/06/11.

[8] The Scottish Government. "ScottishPower Renewables"; URL: http://www.guardian.co.uk/environment/2011/mar/17/10megawatt-tidal-power-station-approved-hebrides, Access on 17/06/11.

[9] นาวาเอก กตัญญู ศรีตังนันท์, กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. "กังหันน้ำแนวนอนแบบน้ำไหลอิสระ"; แหล่งที่มา http://www.imc.src.ku.ac.th/new/new_doc/new2552/ธันวาคม%202552.pdf เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[10] อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. "การไหลเวียนของกระแสน้ำในอ่าวไทยตอนบน"; แหล่งที่มา http://digital_collect.lib.buu.ac.th/journal/Science/v15n2/67-75.pdf เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[11] มณฑล อนงค์พรยศกุล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ "กระแสน้ำผิวหน้าของฝั่งทะเลอันดามัน บริเวณเกาะภูเก็ตและเกาะราวี"; แหล่งที่มา http://pikul.lib.ku.ac.th/ เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[12] สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์. "การไหลเวียนของน้ำขึ้นน้ำลงในทะเลอันดามัน"; แหล่งที่มา http://www.rdoapp.psu.ac.th/ เข้าชมวันที่ 17/06/2554.

[13] NACA airfoil series. URL: http://www.aerospaceweb.org/question/airfoils/q0041.shtml, Access on 14/09/11.