

คู่มือปฏิบัติการ

ชุดสาธิตการทดลองพลังงานคลื่นผลิตไฟฟ้า

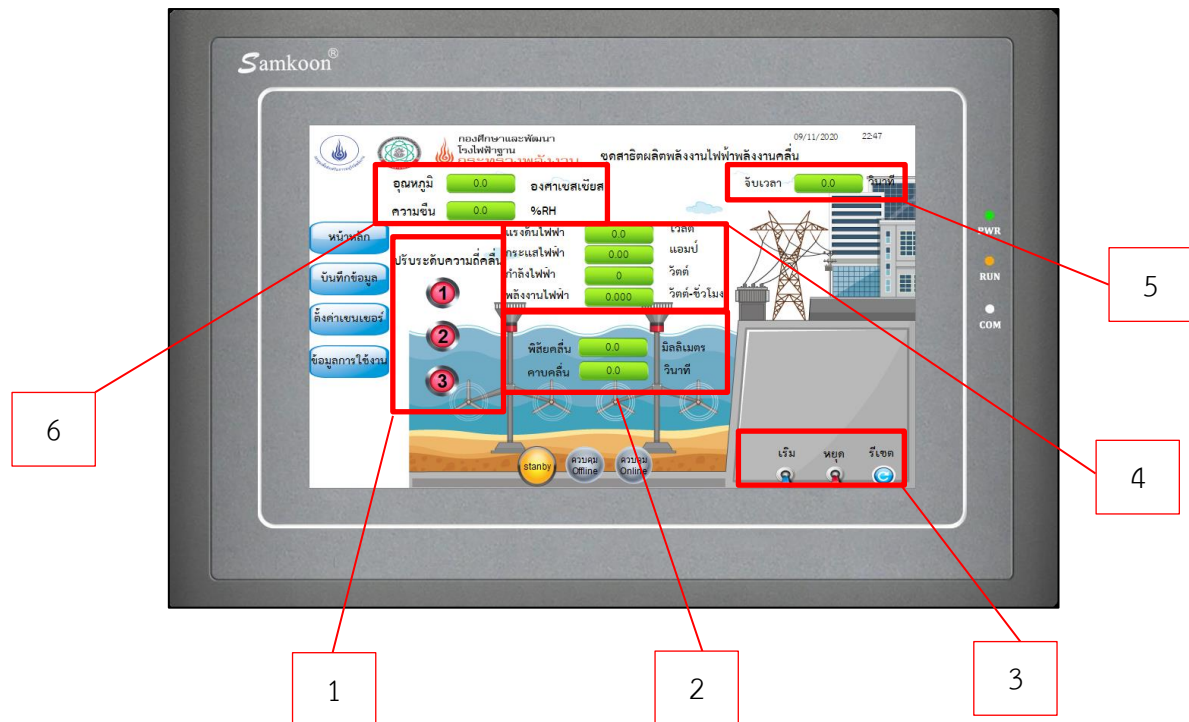


รายการอุปกรณ์ชุดทดลอง

1. มอเตอร์
2. อุปกรณ์กำเนิดคลื่น
3. อุปกรณ์ดักจับพลังงานคลื่นและเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า
4. ตู้ควบคุม
5. หน้าจอแสดงผล
6. Emergency Switch
7. สวิตช์ เปิด-ปิด เครื่อง
8. เซนเซอร์วัดคลื่น

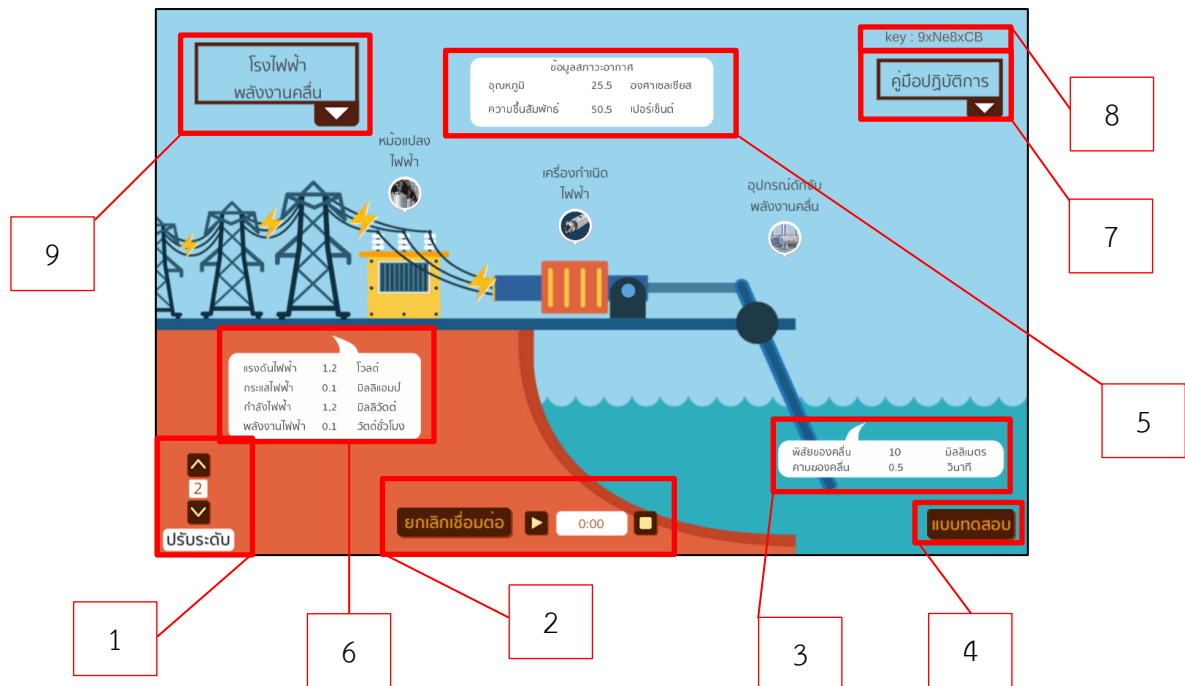


หน้าจอแสดงผลและควบคุม



1. ปรับระดับความถี่คลื่น
2. แสดงผลพิกัดคลื่น (มิลลิเมตร) และคาบคลื่น (วินาที)
3. ส่วนควบคุมการ เริ่ม หยุด และรีเซ็ต
4. แสดงผลค่าทางไฟฟ้า
 - แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
 - กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
 - กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
 - พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ - ชั่วโมง)
5. แสดงผลการจับเวลา
6. แสดงผลอุณหภูมิและความชื้น

Web application



1. ปุ่มปรับระดับความถี่คลื่น
2. ปุ่มกดเชื่อมต่อกับชุดแลปสาธิต เริ่ม หยุด และแสดงผลเวลา
3. แสดงผลพิกัดคลื่น (มิลลิเมตร) และคาบคลื่น (วินาที)
4. แบบทดสอบ
5. แสดงผลอุณหภูมิและความชื้น
6. แสดงผลค่าทางไฟฟ้า
 - แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
 - กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
 - กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
 - พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ - ชั่วโมง)
7. คู่มือปฏิบัติการ
8. คีย์แสดงผลการจับคู่
9. ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานคลื่น

หลักการและทฤษฎี

พลังงานคลื่นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ พลังงานจลน์ (Kinetic energy) และพลังงานศักย์ (Potential energy) ซึ่งพลังงานจลน์สัมพันธ์กับความเร็วของอนุภาคน้ำในคลื่น ตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้น ความหนาแน่นของพลังงานจลน์หรือพลังงานจลน์เฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในแนวระดับสามารถคำนวณได้จาก

$$\bar{E}_k = \frac{1}{\lambda} \int_x^{x+\lambda} \int_{-h}^{\eta} \rho \frac{u^2 + w^2}{2} dz dx = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

และพลังงานศักย์สัมพันธ์กับรูปร่างและความสูงของคลื่น สามารถหาความหนาแน่นของพลังงานศักย์หรือพลังงานศักย์เฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในแนวระดับ สามารถคำนวณได้จาก

$$\bar{E}_p = \frac{1}{\lambda} \int_x^{x+\lambda} \rho g \left(\frac{(\eta + h)^2}{2} - \frac{h^2}{2} \right) dx = \frac{1}{16} \rho g H^2$$

จากสมการทั้งสอง พบว่าความหนาแน่นของพลังงานจลน์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับความหนาแน่นของพลังงานศักย์เฉลี่ย พลังงานทั้งสองนี้รวมกันเป็นพลังงานคลื่นทั้งหมดเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่และถูกเรียกว่า ความหนาแน่นของพลังงานคลื่น (Specific energy หรือ Energy density) ดังสมการ

$$\bar{E} = \underbrace{\frac{1}{16} \rho g H^2}_{\text{พลังงานจลน์}} + \underbrace{\frac{1}{16} \rho g H^2}_{\text{พลังงานศักย์}} = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

จากสมการที่ผ่านมา มีหน่วยเป็นจูลต่อตารางเมตร (J/m²) เมื่อ

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m³)

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.81 m/s²

H คือ ความสูงคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร (m)

พลังงาน $C_g = \frac{gT}{4\pi}$ เฉลี่ยต่อพื้นที่ของคลื่นนี้จะถ่ายเทไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของกลุ่มคลื่น C_g ซึ่งเรียก อัตราการถ่ายเทพลังงานนี้ว่า Wave energy flux หรือ Wave power (P) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร (W/m) สำหรับคลื่นในน้ำลึก การถ่ายเทพลังงานคลื่นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{โดยที่} \quad \frac{\rho g^2}{32\pi} \approx 1 \frac{kW}{m^3 s} \quad \bar{P} = \bar{E} C_g = \frac{\rho g^2}{32\pi} H^2 T$$

สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\bar{P} \approx H^2 T$$

สมการที่กล่าวมา คือ พลังงานคลื่นต่อหนึ่งหน่วยความยาวท้องคลื่นหรือสันคลื่นสำหรับคลื่นรูปไซน์ ตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นในน้ำลึก มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อเมตร (kW/m) เมื่อ T คือคาบคลื่นมีหน่วยเป็นวินาที (s) แต่สำหรับคลื่นจริงในทะเล ผิวน้ำทะเลประกอบขึ้นจากคลื่นหลายลูกที่ไม่จำเป็นต้องเป็นคลื่นรูปไซน์และมีความสูงคลื่นและคาบคลื่นที่หลากหลาย ในทางสมุทรศาสตร์กายภาพ (Physical oceanography) นิยมใช้ความสูงคลื่นนัยยะ (Significant wave height, H_s) เป็นตัวแทนความสูงคลื่นของสภาพท้องทะเลขณะนั้น และใช้ในการคำนวณหาพลังงานคลื่น ความสูงคลื่นนัยยะนี้นิยามจากค่าเฉลี่ยความสูงคลื่นที่มีค่าสูงสุดหนึ่งในสามของคลื่นทั้งหมด (Highest one-third wave height, $H_{1/3}$) ในปัจจุบัน นิยมกำหนดค่าความสูงคลื่นนัยยะให้มีค่าเท่ากับสี่เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะยกตัวของผิวน้ำ

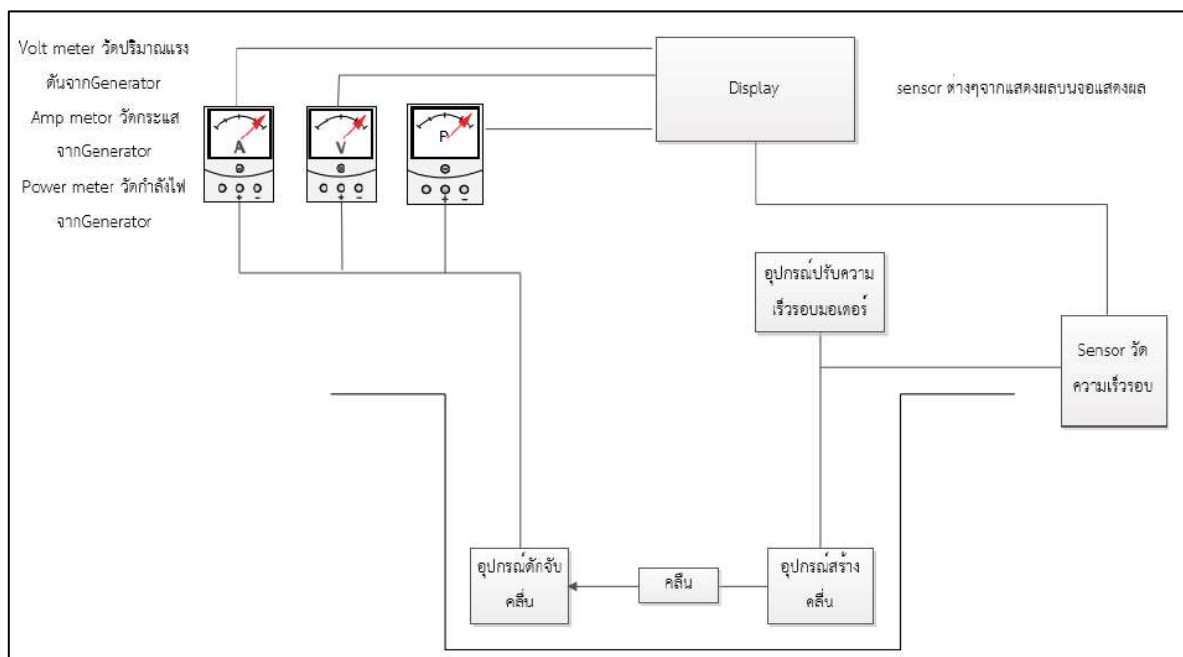
ในการคำนวณพลังงานคลื่นของคลื่นจริงในทะเล นิยมกำหนดให้ความสูงคลื่น H ในสมการ มีค่าเท่ากับ $H_s/\sqrt{2}$ (Falnes, 2007) ดังนั้นในกรณีของคลื่นจริงในทะเล สมการเขียนใหม่ได้เป็น

$$\bar{P} = \bar{E}C_g = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_s^2 T$$

หรือ

$$\bar{P} \approx 0.5 H_s^2 T$$

สมการ คือพลังงานคลื่นต่อหนึ่งหน่วยความยาวท้องคลื่นหรือสันคลื่นสำหรับคลื่นทะเล มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ต่อเมตร (kW/m) เมื่อ T คือคาบคลื่นมีหน่วยเป็นวินาที (s)



ข้อดี-ข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่น

ข้อดีและข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานคลื่น สามารถสรุปได้ดังตารางดังนี้

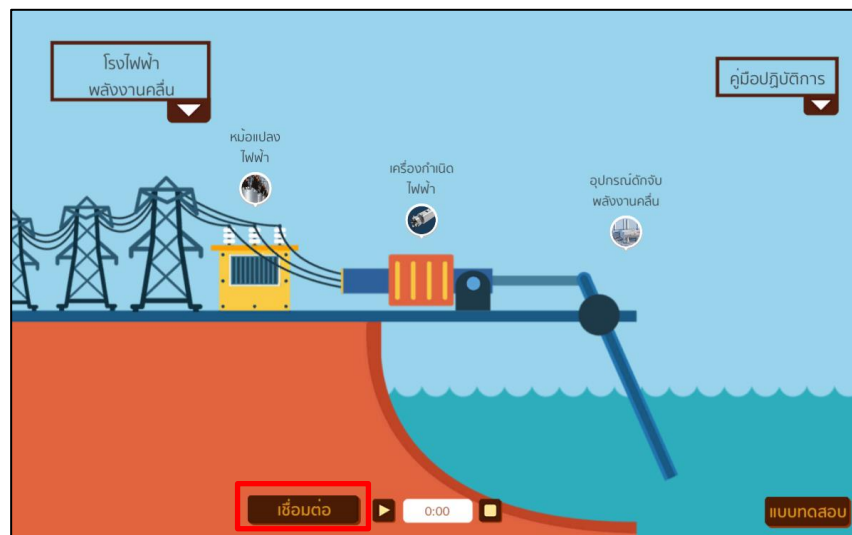
ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none">1. คลื่นเป็นพลังงานสะอาดไม่มีวันหมด และไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม2. ชิ้นส่วนของเครื่องจักรส่วนใหญ่ มีความคงทน อายุการใช้งานยาว3. สามารถดำเนินการได้ในเวลาอันรวดเร็ว และควบคุมให้ผลิตกำลังงานออกมาใกล้เคียงกับความต้องการ4. การผลิตพลังงานจากคลื่นมีความคุ้มค่า เมื่อสถานที่ที่จะติดตั้งโครงสร้างมีความเหมาะสม	<ol style="list-style-type: none">1. เป็นเทคโนโลยีที่มีค่าลงทุนสูง2. ให้พลังงานที่ไม่สม่ำเสมอ ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับลักษณะของคลื่น3. สถานที่ที่เหมาะสมในการติดตั้งโครงสร้างการผลิตพลังงานคลื่นหายากยิ่งนัก อีกทั้งเทคโนโลยีในการผลิตพลังงานคลื่นเหล่านั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก

ขั้นตอนการใช้งาน

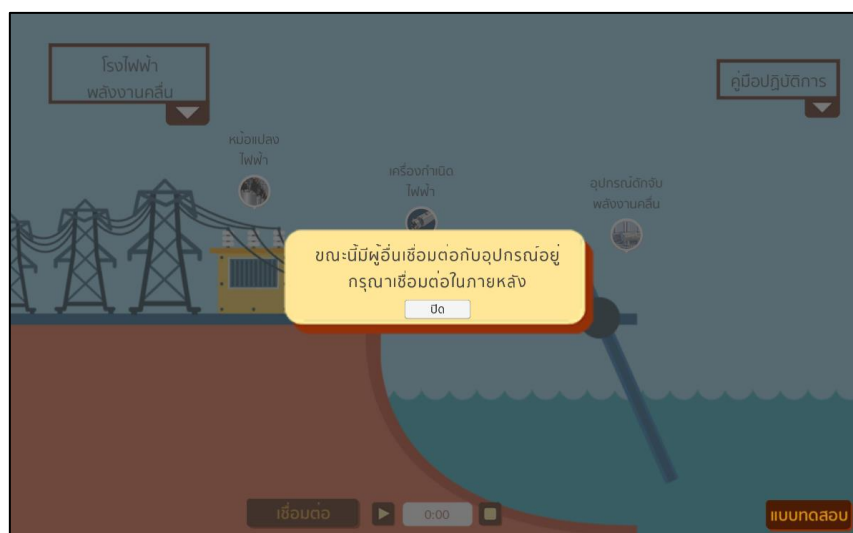
1. เสียบปลั๊กแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับชุดแลปสาธิต
2. ดำเนินการเปิดเบรกเกอร์ตัดต่อไฟฟ้าไปอยู่ตำแหน่ง ON



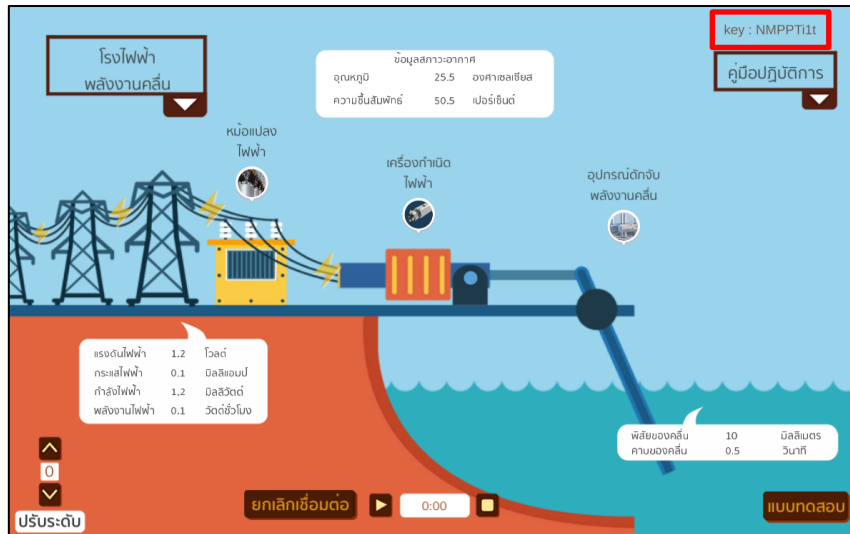
3. บิตสวิตช์ไปยังตำแหน่ง ON ด้านขวา
4. เข้า Web application URL : <https://encamppowerplant.com/lablite/wave/>



และกดปุ่มเชื่อมต่อ กรณีมีการเชื่อมต่ออยู่จะมีหน้าต่างแจ้งเตือน



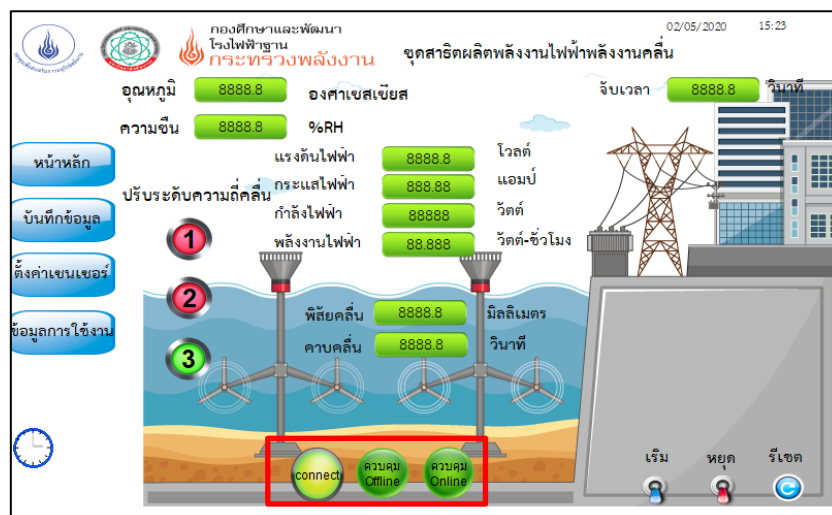
เมื่อเชื่อมต่อได้แล้วจะแสดงผลค่าต่าง ๆ และคีย์การเชื่อมต่อ



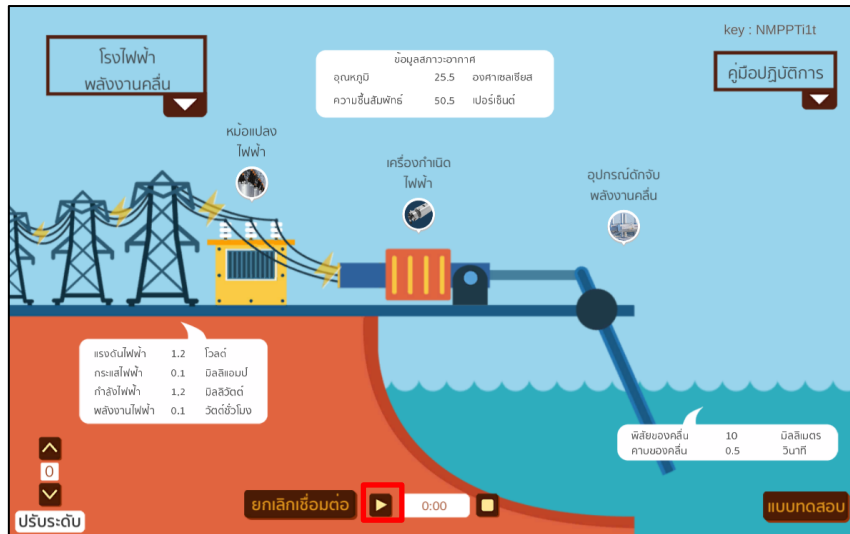
และสถานะการเชื่อมต่อที่หน้าจอแสดงผลที่ชุดแปลงสาธิตขึ้นสถานะ connect



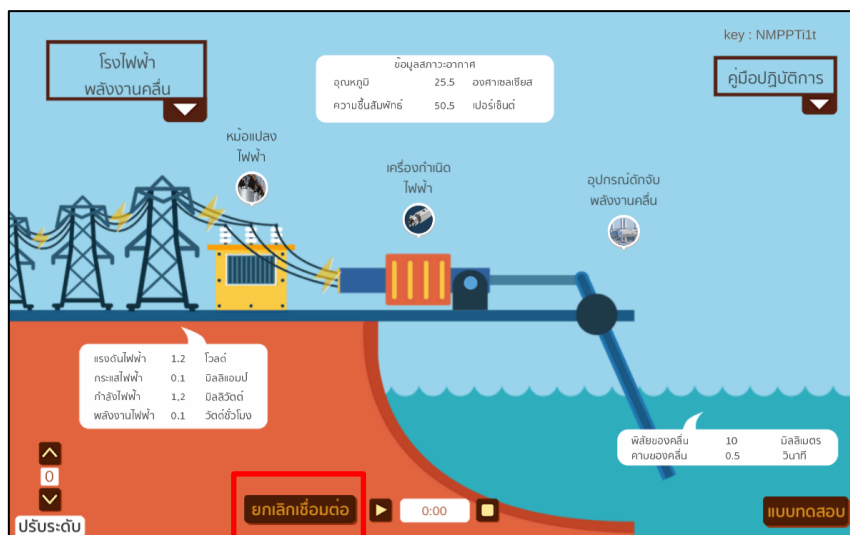
5. กดปุ่มควบคุม On line เพื่อให้ควบคุมการทำงานผ่าน web application



6. เริ่มการทดลองโดยกดปุ่มเริ่มการทำงาน เวลาการทำการทดลองจะเริ่มจับเวลา



7. เมื่อทำการทดลองเสร็จให้กดหยุด และกดยกเลิกการเชื่อมต่อ



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของชุดผลิตกระแสไฟฟ้าโดยพลังงานคลื่น
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่น กับพลังงานที่สามารถผลิตได้

วิธีการทดลอง

1. ปรับระดับความเร็วมอเตอร์ โดยค่อยๆ เพิ่มความเร็วขึ้นไป จนกระทั่งอยู่ที่ความเร็ว 70 รอบต่อนาที
2. อ่านค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากอุปกรณ์ดักจับพลังงานคลื่น ทำการบันทึกค่า
3. บันทึกค่าความแตกต่างของระดับความสูงของคลื่นที่จุดสูงสุดและต่ำที่สุด ที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งอุปกรณ์ดักจับพลังงานคลื่น
4. ปรับลดความเร็วมอเตอร์ลง 10 รอบต่อนาที และบันทึกผลการทดลอง
5. ทำซ้ำข้อ 2 ถึง 4 อีก 2 รอบ

ตารางบันทึกผลการทดลอง

[illegible]

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

สรุปผลการทดลอง

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and run across the entire width of the page. There are no margins, text, or other markings present.