

# คู่มือปฏิบัติการ

## ชุดสาธิตการทดลองพลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า



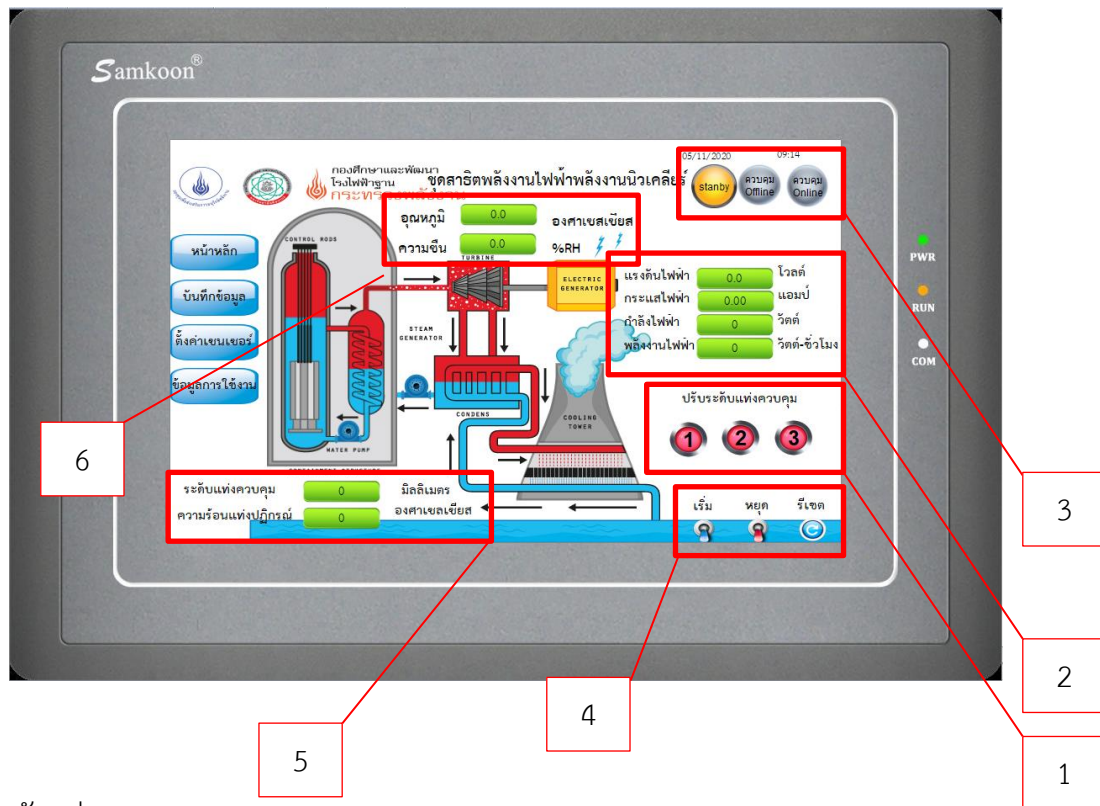
## รายการอุปกรณ์ชุดทดลอง



## รายการอุปกรณ์

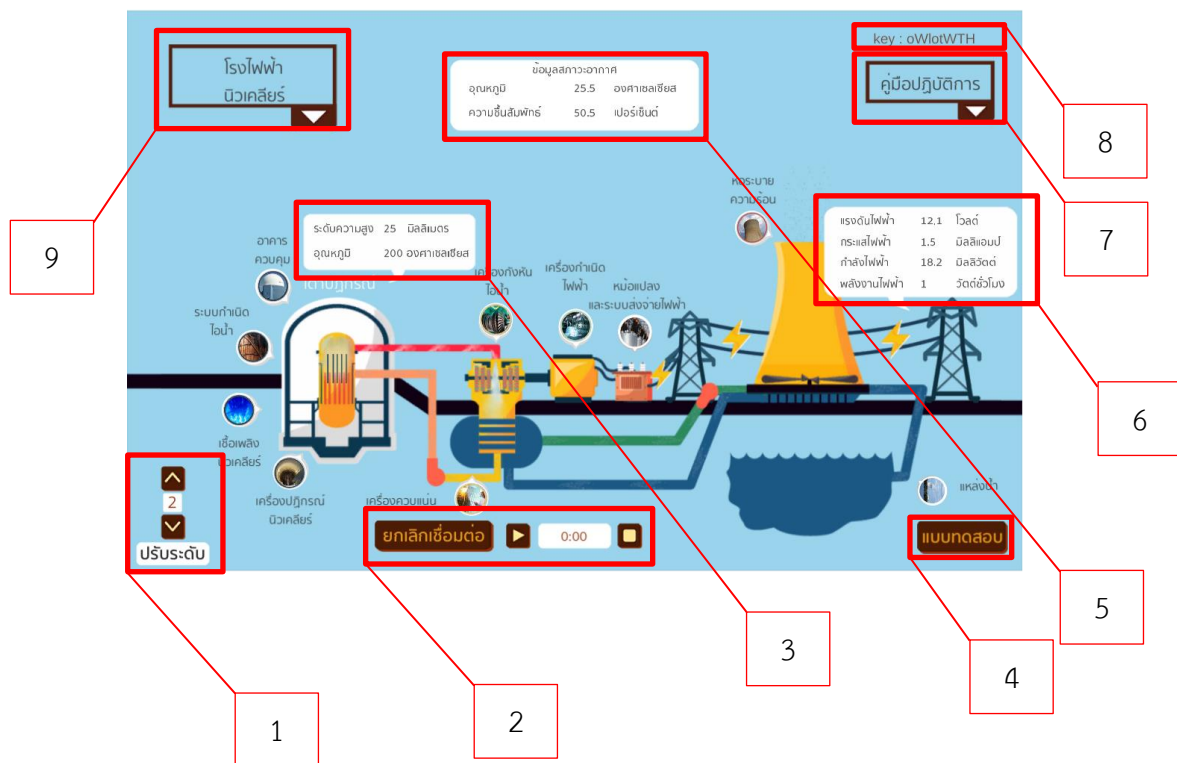
1. ชุด controlled rod และ ชุดแท่งเชื้อเพลิง
2. ตู้ควบคุม
3. หน้าจอแสดงผล
4. Emergency Switch
5. สวิตช์ เปิด-ปิด เครื่อง

## หน้าจอแสดงผลและควบคุม



1. ปรับระดับแรงควบคุม
2. แสดงผลค่าทางไฟฟ้า
  - แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
  - กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
  - กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
  - พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ - ชั่วโมง)
3. แสดงสถานะการเชื่อมต่อกับ Web Application
4. ส่วนควบคุมการ เริ่ม หยุด และรีเซ็ต
5. แสดงผลระดับแรงควบคุมและความร้อนของแท่งปฏิกรณ์
6. แสดงผลอุณหภูมิและความชื้น

## Web application

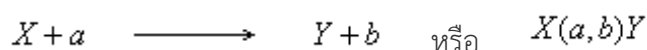


1. ปุ่มปรับระดับแท่งควบคุม
2. ปุ่มกดเชื่อมต่อกับชุดแลปสาธิต เริ่ม หยุด และแสดงผลเวลา
3. แสดงผลอุณหภูมิความร้อนแท่งปฏิกรณ์และระดับความสูง
4. แบบทดสอบ
5. แสดงผลอุณหภูมิและความชื้น
6. แสดงผลค่าทางไฟฟ้า
  - แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
  - กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
  - กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
  - พลังงานไฟฟ้า (วัตต์ - ชั่วโมง)
7. คู่มือปฏิบัติการ
8. คีย์แสดงผลการจับคู่
9. ข้อมูลโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

## หลักการและทฤษฎี

### ปฏิกิริยานิวเคลียร์

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ (Nuclear Reaction) คือ กระบวนการที่นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบซึ่งเกิดจากการยิงด้วยนิวคลีออน หรือกุ่มนิวคลีออน หรือรังสีแกมมา แล้วทำให้มีนิวคลีออนเพิ่มเข้าไปในนิวเคลียสหรือออกไปจากนิวเคลียสหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงจัดตัวใหม่ภายในนิวเคลียส สามารถเขียนสมการของปฏิกิริยาได้ดังนี้



โดยที่ X เป็นนิวเคลียสที่เป็นเป้า , a คืออนุภาคที่วิ่งเข้าชนเป้า , b คืออนุภาคที่เกิดขึ้นใหม่หลังจากการชน และ Y คือนิวเคลียสของธาตุใหม่หลังจากการชน เช่น  $^{12}_6\text{C}(\alpha, \gamma)^{13}_6\text{C}$  แสดงถึงว่า  $^{12}_6\text{C}$  เป็นนิวเคลียสเป้าหมายที่ถูกยิง  $^{13}_6\text{C}$  เป็นนิวเคลียสของธาตุใหม่ที่เกิดขึ้น n คือนิวตรอนเป็นอนุภาคที่ใช้ในการยิง และเป็นรังสีที่เกิดขึ้นใหม่ เป็นต้น

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ส่วนมากเกิดจากการยิงอนุภาคแอลฟา โปรตอนและนิวตรอนเข้าไปในชน Nucleus ทำให้ Nucleus แตกออก ปฏิกิริยานิวเคลียร์ มีส่วนสำคัญคือ

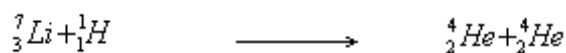
1. ปฏิกิริยา Nuclear เกิดในนิวเคลียส ต่างจากปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเกิดกับอิเล็กตรอนภายในอะตอม
2. ปฏิกิริยา Nuclear ต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมากเพื่อจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนิวเคลียส
3. แรจจากปฏิกิริยา Nuclear เป็นแรงแบบใหม่ เรียก แรจนิวเคลียร์ ซึ่งมีอันตรกริยาสูง และอาณาเขตกระทำสั้นมากและแรงนี้เกิดระหว่างองค์ประกอบของนิวเคลียสเท่านั้น
4. ในปฏิกิริยานิวเคลียส เราสามารถนำกฎต่างๆ มาใช้ได้เป็นอย่างดี คือ กฎการคงที่ของพลังงาน กฎทรงมวล และการคงที่ของประจุไฟฟ้า

### ข้อควรจำ

1. ในสมการของปฏิกิริยานิวเคลียร์ทั้งหลายที่เกิดขึ้น ผลรวมของเลขอะตอมก่อนเกิดปฏิกิริยาและภายหลังปฏิกิริยาย่อมเท่ากัน และผลรวมของมวลอะตอมก่อนเกิดปฏิกิริยาและภายหลังปฏิกิริยาย่อมเท่ากัน เช่น ปฏิกิริยา  $^{14}_7\text{N}(\alpha, p)^{17}_8\text{O}$

เขียนได้เป็น	$^{14}_7\text{N} + ^4_2\text{He}$	$\longrightarrow$	$^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$
เลขอะตอมคือ	7 + 2	=	8 + 1
มวลอะตอมคือ	14 + 4	=	17 + 1

2. ในปฏิกิริยานิวเคลียร์นั้นพลังงาน หรือ มวล-พลังงาน (mass – energy) ก่อนปฏิกิริยาและหลังปฏิกิริยาจะต้องเท่ากันเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงพลังงาน ดังเช่น ในการยิงอนุภาคโปรตอนไปยังนิวเคลียสของลิเทียมแล้วทำให้เกิดนิวเคลียสของฮีเลียม 2 นิวเคลียส ดังสมการ



โดยที่  ${}^7_3\text{Li}$  มีมวล 7.0160 u  ${}^4_2\text{He}$  มีมวล 4.0026 u

${}^1_1\text{H}$  มีมวล 1.0078 u

มวลก่อนเกิดปฏิกิริยา  ${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} = 7.0160 \text{ u} + 1.0078 \text{ u} = 8.0238 \text{ u}$

มวลหลังเกิดปฏิกิริยา  ${}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He} = 4.0026 \text{ u} + 4.0026 \text{ u} = 8.0052 \text{ u}$

มวลรวมก่อนเกิดปฏิกิริยามากกว่ามวลรวมหลังปฏิกิริยา  $= 8.0238 \text{ u} - 8.0052 \text{ u} = 0.0186 \text{ u}$

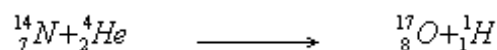
แต่มวลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้โดย  $E = 0.0186 \text{ u} \times 931 \text{ MeV} = 17.32 \text{ MeV}$

โดยพลังงานที่ให้ออกมาอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ออกมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ จึงเรียก ว่าพลังงานนิวเคลียร์ ดังนั้นเขียนสมการข้างต้นใหม่ได้ว่า



ปฏิกิริยานิวเคลียร์บางปฏิกิริยาต้องดูดพลังงานเข้าไปจึงจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้ เช่น

ปฏิกิริยา  ${}^{14}_7\text{N}(\alpha, p){}^{17}_8\text{O}$  เขียนเป็นสมการได้



โดยที่  ${}^{14}_7\text{N}$  มีมวล = 14.003074 u  ${}^4_2\text{He}$  มีมวล = 4.002603 u

${}^{17}_8\text{O}$  มีมวล = 17.004740 u  ${}^1_1\text{H}$  มีมวล = 1.007825 u

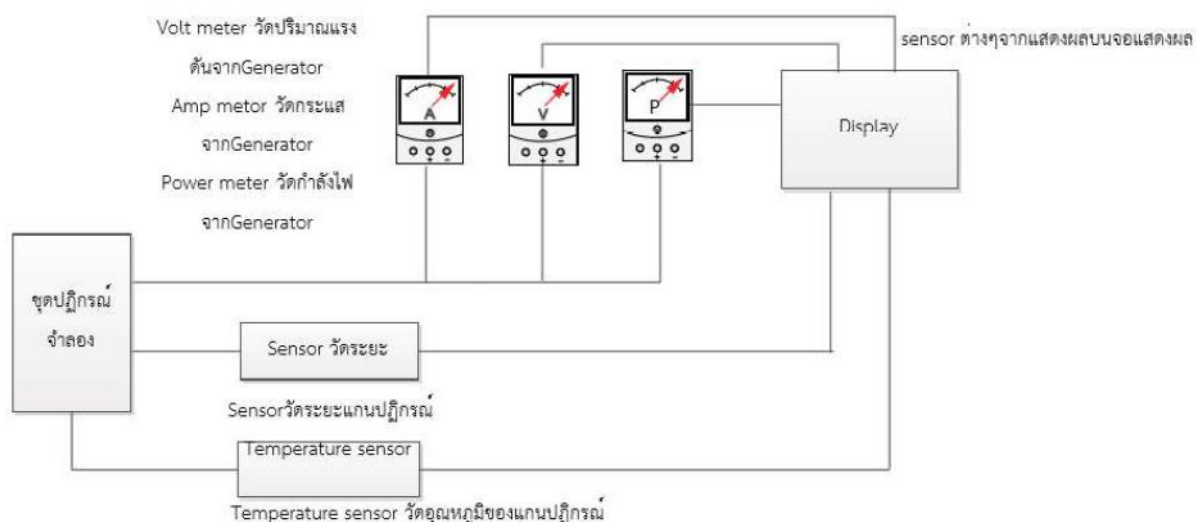
มวลก่อนเกิดปฏิกิริยา  ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} = 14.003074 \text{ u} + 4.002603 \text{ u} = 18.005677 \text{ u}$

มวลหลังเกิดปฏิกิริยา  ${}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H} = 17.004740 \text{ u} + 1.007825 \text{ u} = 18.012565 \text{ u}$

ผลต่างของพลังงานก่อนเกิดปฏิกิริยากับหลังเกิดปฏิกิริยามีค่าดังนี้

$$E = (18.005677 \text{ u} - 18.012565 \text{ u}) \times 931 \text{ MeV} = -6.46 \text{ MeV}$$

ดังนั้น เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์นี้ขึ้นจะต้องให้พลังงานแก่  ${}^{14}_7N + {}^4_2He$  โดยเขียนเป็นสมการได้



### ข้อดี-ข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์

ข้อดีและข้อจำกัดของการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานนิวเคลียร์ สามารถสรุปได้ดังตารางดังนี้

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่แข่งขันได้กับโรงไฟฟ้าชนิดอื่นๆ</li> <li>2. เป็นโรงไฟฟ้าที่สะอาด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และก๊าซเรือนกระจก</li> <li>3. ช่วยเสริมสร้างความมั่นคงให้ระบบผลิตไฟฟ้า ทำให้มีเสถียรภาพในการจัดหาเชื้อเพลิง และราคาเชื้อเพลิงมีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตน้อย</li> <li>4. มีแหล่งเชื้อเพลิงและราคาไม่ผันแปรมากเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงฟอสซิล</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้เงินลงทุนในการก่อสร้างสูง</li> <li>2. จำเป็นต้องเตรียมโครงสร้างพื้นฐานและพัฒนาบุคลากรเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>3. ต้องการการเตรียมการจัดการกากกัมมันตรังสีและมาตรการควบคุมความปลอดภัยเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ</li> <li>4. ยังไม่เป็นที่ยอมรับของประชาชน ประชาชนมีข้อกังวลใจในเรื่องความปลอดภัย</li> </ol>

## ขั้นตอนการใช้งาน

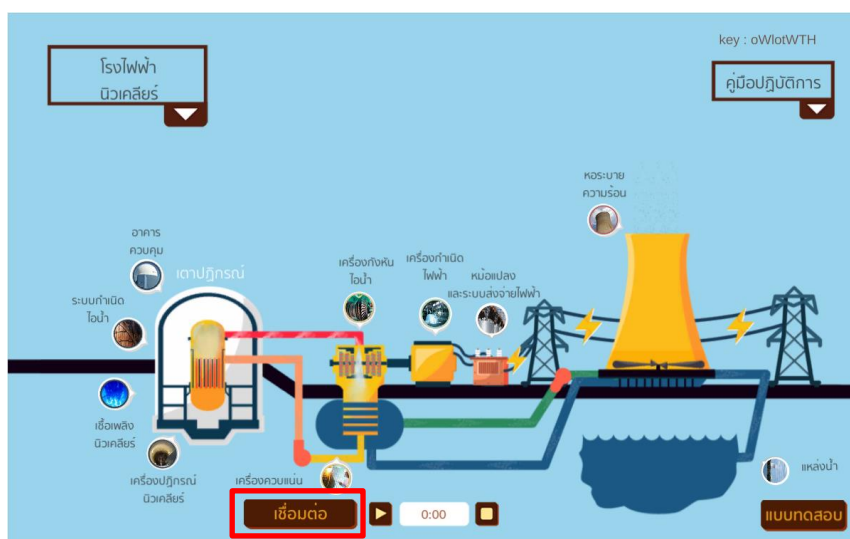
1. เสียบปลั๊กแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ให้กับชุดแลปสาธิต
2. ดำเนินการเปิดเบรกเกอร์ตัดต่อไฟฟ้าไปอยู่ตำแหน่ง ON



3. ปิดสวิชท์ไปยังตำแหน่ง ON ด้านขวา



4. เข้า Web application URL : <https://encamppowerplant.com/lablite/nuclear>



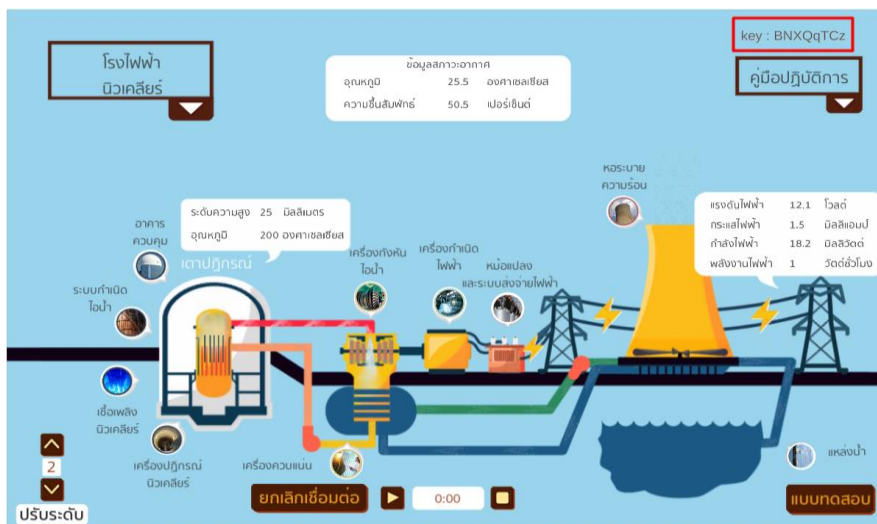
และกดปุ่มเชื่อมต่อ



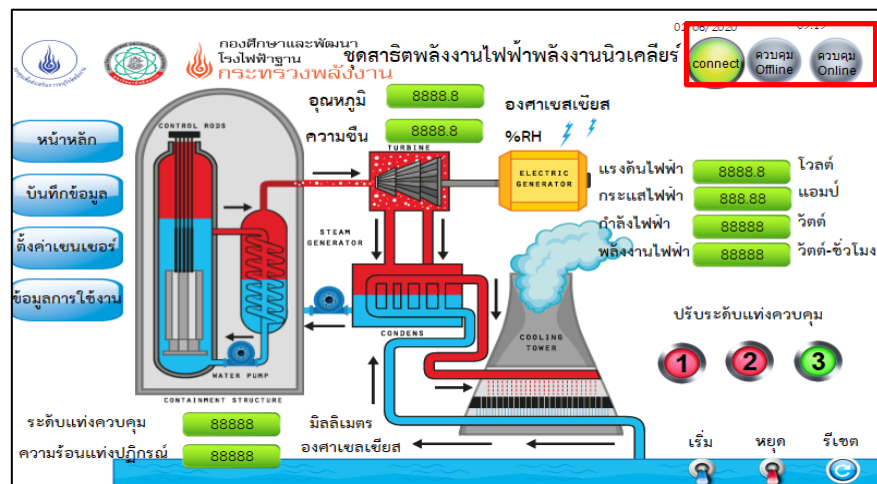
กรณีมีการเชื่อมต่ออยู่จะมีหน้าต่างแจ้งเตือน



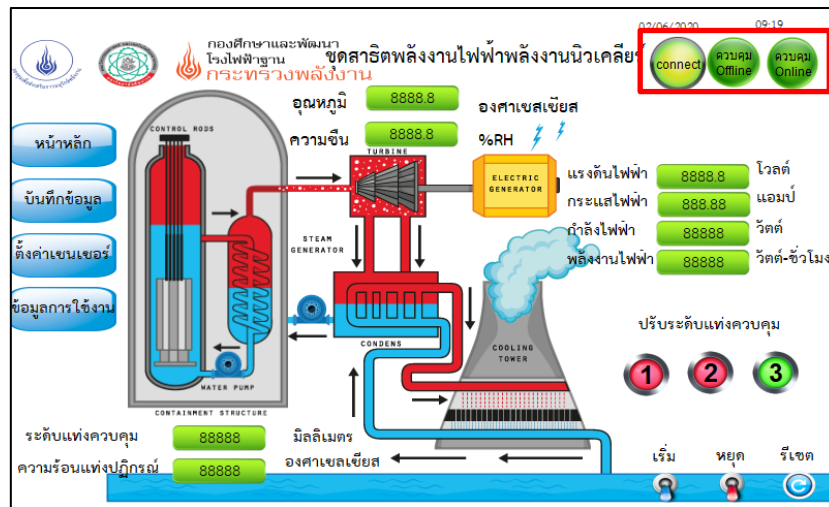
เมื่อเชื่อมต่อได้แล้วจะแสดงผลค่าต่างๆ และคีย์การเชื่อมต่อ



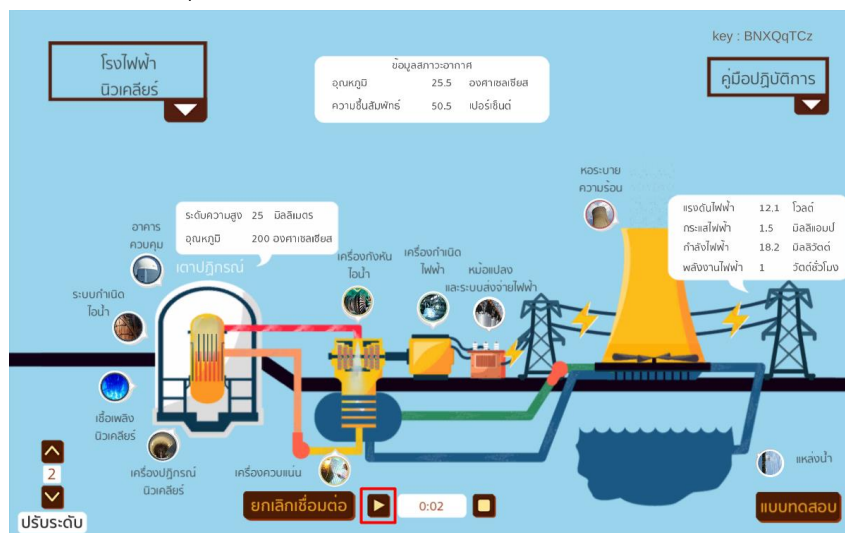
และสถานะการเชื่อมต่อที่หน้าจอแสดงผลที่ชุดแลปสาธิตขึ้นสถานะ connect



5. กดปุ่ม ควบคุม On line เพื่อให้ควบคุมการทำงานผ่าน web application



6. เริ่มการทดลองโดยกดปุ่มเริ่มการทำงาน เวลาการทำงานทดลองจะเริ่มจับเวลา



7. เมื่อทำการทดลองเสร็จให้กดหยุด และกดยกเลิกการเชื่อมต่อ

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของชุดผลิตกระแสไฟฟ้าโดยพลังงานนิวเคลียร์
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ กับพลังงานที่สามารถผลิตได้

### วิธีการทดลอง

1. เริ่มต้น ปรับตำแหน่งของชุด controlled rod ลงมาด้านล่าง รอจนกระทั่งชุด controlled rod เคลื่อนที่ลงมาจนสุด
2. ตั้งค่าปรับระยะตำแหน่งของชุด controlled rod ให้เคลื่อนที่ละระดับ ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและกำลังไฟฟ้าของแกนปฏิกรณ์จำลอง อ่านค่าระยะที่เคลื่อนที่ขึ้น (อ่านและบันทึกผล 3 ค่า เพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย)



3. ปรับตำแหน่งของชุด controlled rod อีก 2 ค่า ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิและกำลังไฟฟ้าของแกนปฏิกรณ์จำลอง วัดค่าระยะที่เคลื่อนที่ขึ้น
4. หยุดการทำงานของเครื่อง

## 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 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.