บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์ด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบันที่มีความต้องการด้านพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ความสามารถใน การผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศยังไม่สามารถทำให้เพียงพอกับความต้องการ อีกทั้งยังต้องพึ่งพาการซื้อพลังงานเชื้อเพลิงมาจากประเทศเพื่อนบ้านเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าทำให้มีภาระต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตที่สูงขึ้นและทำให้ผู้ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าก็ต้องเพิ่มภาระในด้านค่าใช้จ่าย ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าจึงมีความสำคัญโดยเฉพาะอาคารที่มีขนาดใหญ่ รวมถึงโรงพยาบาลเนื่องจากที่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่สูงมากในแต่ละปีจากอาคารที่มีขนาดใหญ่นั้นต้องคิดค้นหาวิธีที่จะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานให้ได้มากเพื่อเป็นการช่วยเหลือในการลดการใช้พลังงานในระดับประเทศ

การวิจัยนี้ได้ศึกษาที่แผนกจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department)ของโรงพยาบาลเอกชนขนาดกลาง โดยการเก็บข้อมูลจากการเปรียบเทียบกระบวนการทำงานและศึกษาจากเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่ในแผนกที่มีจำนวนวัตต์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงคือ เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่มีการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าถึง 40,000 วัตต์ และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบแผนการปฏิบัติงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) เพื่อปรับปรุงและนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหน่วยงานแผนกจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department) ของโรงพยาบาลได้จริง

เพื่อเป็นส่วนที่ช่วยทำให้ทางโรงพยาบาลได้มีมาตรการที่จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและตอบสนองตามที่กระทรวงพลังงานได้มีข้อบังคับให้อาคารที่มีขนาดใหญ่หรือที่อยู่ภายใต้การควบคุมจะต้องมีการจัดทำรายงานด้านการจัดการพลังงานเป็นประจำทุกปี และยังเป็นการเพิ่มพูนความรู้ให้กับทางโรงพยาบาลที่จะนำไปใช้เป็นตัวอย่างเพื่อให้แผนกต่างๆ ของโรงพยาบาลและบุคคลที่มีความสนใจได้นำไปศึกษาและปฏิบัติ สามารถช่วยลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในระดับประเทศชาติได้อีกต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการที่จะเลือกใช้การเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) หรือจะทำการปิดเครื่องก่อนแล้วค่อยเริ่มเปิดการทำงานของเครื่องใหม่

1.2.2 เพื่อจัดทำแผนการปฏิบัติงานเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่ช่วยลดการใช้พลังงานในหน่วยงานจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department) ของโรงพยาบาลขนาดกลาง ซึ่งเป็นกรณีศึกษา

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

เนื่องจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ของแผนกจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department) ในโรงพยาบาล มีการทำงานในช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 17.30 น. และ 21.30 น. ถึง 24.00 น. ได้มีการเปิดเครื่องโดยใช้การเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) ไว้ตลอดตามช่วงเวลาดังกล่าวทั้งที่การใช้งานจริงนั้นมีรอบของการทำงานที่แน่นอนในเวลาปกติ แต่อาจจะมีบางครั้งที่มีการทำงานต่อเนื่องในตอนที่เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) นั้นเสียหรือขัดข้องไม่สามารถทำงานได้ จนเหลือเครื่องเดียวจากสองเครื่อง แต่ถือว่ามีโอกาสเกิดขึ้นน้อย

ดังนั้นในช่วงเวลาการทำงานปกติสามารถทำการปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคได้และไม่ให้เกิดผลกระทบในกระบวนการทำงานหลัก โดยการนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบตารางการทำงานเพื่อทำให้เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่มีการใช้พลังงานสูงถึง 40,000 วัตต์ มีระยะเวลาในการใช้พลังงานทำงานน้อยลง ช่วยลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้

1.4 ตัวแปรของการวิจัย

ในการวิจัยจะมีตัวแปรที่มีความสำคัญที่จะส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลโดยสามารถระบุได้ดังนี้ คือ

1.4.1 ตัวแปรต้น

วิธีในการเลือกใช้เมื่อเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคไม่มีการใช้งานเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ได้แก่

1.4.1.1 วิธีการปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเมื่อไม่มีการใช้งานแล้วเปิดเครื่องใหม่เมื่อมีการใช้งาน

1.4.1.2 วิธีการเปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเตรียมความพร้อมใช้งาน (Standby)

1.4.2 ตัวแปรตาม

1.4.2.1 ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในวิธีการวิธีการปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเมื่อไม่มีการใช้งานแล้วเปิดเครื่องใหม่เมื่อมีการใช้งานและวิธีการเปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเตรียมความพร้อมใช้งาน (Standby) ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที

1.4.3 ตัวแปรควบคุม

1.4.3.1 ระยะเวลาที่เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเปิดไว้แต่ไม่มีการใช้งาน ที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที โดยการควบคุมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีที่ใช้เมื่อเครื่องไม่มีการใช้งานเป็นระยะเวลาเท่ากันว่าเวลาเหมาะสมที่จะใช้วิธีการปิดเครื่องแล้วเปิดใหม่หรือการเปิดเตรียมความพร้อมไว้ (Standby) ที่จะใช้กำลังไฟฟ้าที่น้อยกว่า

1.4.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ในโปรแกรมการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่ 135 °C ใช้กับเครื่องมือ หรืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ทำจาก สเตนเลส ผ้า สาเหตุที่ใช้แต่อุณหภูมิ 135 °C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่สูงที่สุดในการทำงานทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นและเป็นอุณหภูมิที่ใช้ในการปฏิบัติงานมากที่สุด โดยการกำหนดอุณหภูมิที่ใช้งานให้เท่ากันเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของวิธีที่ใช้เมื่อเครื่องไม่มีการใช้งานในอุณหภูมิการทำงานเดียวกัน

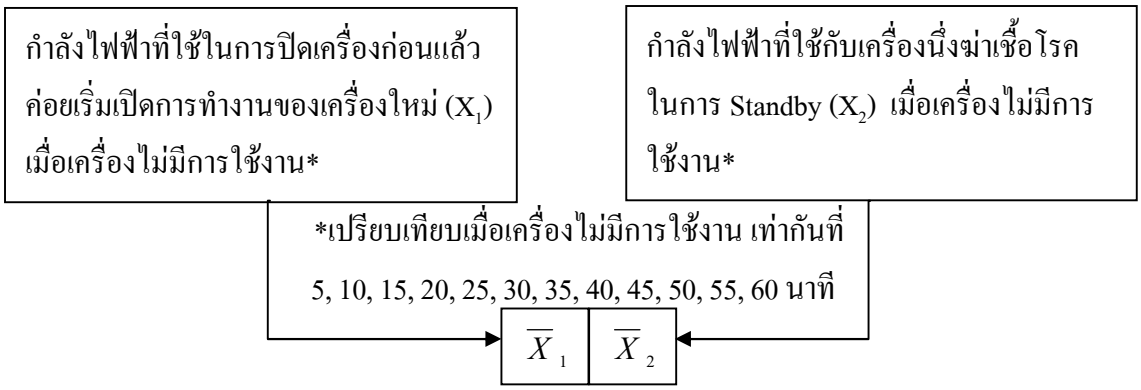
1.4.3.3 ความปราศจากเชื้อของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์โดยวัดจากหลอดเพาะเชื้อ เป็นตัวแปรที่ตรวจสอบว่าจากเดิมผู้ปฏิบัติงานได้เปิดเครื่องเตรียมความพร้อมใช้งาน (Standby) ไว้ตลอดวัน แต่เมื่อผู้วิจัยได้ให้มีการปิดเครื่องบ้างเมื่อเครื่องไม่ได้ใช้งานจะมีผลทำให้ความปราศจากเชื้อของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางการแพทย์เปลี่ยนไปหรือไม่

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ในการทำให้เกิดการประหยัดพลังงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคสิ่งที่เป็นหัวใจหลักของเครื่องที่มีการใช้พลังงานสูงคือเครื่องกำเนิดความร้อน (Heater) จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ติดอยู่รอบหม้อต้มของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค ซึ่งมีอยู่ 6 ตัวด้วยกัน การใช้พลังงานนี้จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เครื่องนั้นทำงานเนื่องจากเครื่องทำความร้อนจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Heater) จะทำงานตัดและต่อพร้อมกันหมดเพื่อให้ได้ความร้อนที่รวดเร็วและผลที่ตามมาก็คือการใช้พลังงานที่สูง

จึงมีแนวทางในการทดลองเก็บข้อมูลเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) นี้ ทำให้ช่วยลดการสูญเสียพลังงานและช่วยลดต้นทุนต่อจำนวนชิ้นของอุปกรณ์ที่ทำให้ปราศจากเชื้อโรค

เพื่อความเหมาะสมต่อการปฏิบัติหน้างานจริง เมื่อเรารู้ช่วงเวลาที่เครื่องไม่ได้ใช้งานแล้วจะทำการศึกษาต่อว่าช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมที่จะเลือกใช้การเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) หรือจะทำการปิดเครื่องก่อนแล้วค่อยเริ่มเปิดการทำงานของเครื่องใหม่



Compare mean / Independent – Simples T Test ในโปรแกรม SPSS

1.6 คำถามการวิจัย

เพื่อการหาข้อมูลตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย จะต้องทราบถึงข้อมูลที่มีความจำเป็นในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดคำถามในการวิจัยดังต่อไปนี้ คือ

1.6.1 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ตลอดโปรแกรมการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 135 °C เป็นเท่าใด

1.6.2 การใช้เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) แบบปิดแล้วเปิดใหม่ในแต่ละครั้งต้องใช้เวลาเพิ่มอุณหภูมิเท่าไรเพื่อใช้งานและแตกต่างกับการเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) อย่างไร

1.6.3 การใช้เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) วิธีปิดเมื่อไม่มีการใช้งานในระยะเวลาที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที แล้วเปิดใหม่ให้ได้อุณหภูมิที่ 135 °C และวิธีการเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) ไว้ในแต่ละครั้งต้องใช้กำลังไฟฟ้าเท่าไรเพื่อใช้งาน

1.6.4 เปรียบเทียบความแตกต่างการใช้พลังงานระหว่างการปิดเครื่องก่อนแล้วค่อยเริ่มเปิดการทำงานของเครื่องใหม่และแบบการเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) ว่ามีการใช้พลังงานแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

1.6.5 วิธีการใดในการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่เป็นวิธีการประหยัดพลังงาน

1.6.6 มีแผนการปฏิบัติงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค อย่างไรที่จะช่วยลดการใช้พลังงานในหน่วยงานจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department) ของโรงพยาบาล

1.7 สมมติฐานการวิจัย

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 135 °C โดยวิธีการปิดเครื่องเมื่อไม่มีการใช้งานแล้วเปิดเครื่องใหม่เมื่อใช้งาน ($\overline{X}_1$) น้อยกว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของวิธีการเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) ไว้ตลอดวัน ($\overline{X}_2$) ในระยะเวลาที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที

H_1 : ค่าเฉลี่ยของการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 135 °C วิธี $\overline{X}_1$ **เท่ากับ** วิธีการ $\overline{X}_2$ เมื่อเครื่องไม่มีการใช้งานที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที

H_0 : ค่าเฉลี่ยของการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 135 °C วิธี $\overline{X}_1$ **ไม่เท่ากับ** วิธีการ $\overline{X}_2$ เมื่อเครื่องไม่มีการใช้งานที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที

1.8 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการศึกษาโดยการเก็บข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) และออกแบบให้สามารถช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมการที่จะเลือกวิธีการเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) หรือจะทำการปิดเครื่องแล้วค่อยเปิดใหม่ ในส่วนของแผนกจ่ายกลายของโรงพยาบาล ดังนี้คือ

1.8.1 ใช้การเฉลี่ยหาระยะเวลาในการทำงาน

โปรแกรมการทำงานที่อุณหภูมิ 135 °C ใช้งานกับอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์ที่ทนความร้อนได้สูง (ผ้า, สเตนเลส)

มีลักษณะการทำงาน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ดูดอากาศภายในช่องนึ่งออก	เวลา	8	นาที
ขั้นตอนที่ 2 ปล่อยไอน้ำเข้าในช่องนึ่ง	เวลา	7	นาที
ขั้นตอนที่ 3 ดูดอากาศภายในช่องนึ่งออกอีกครั้ง	เวลา	8	นาที
ขั้นตอนที่ 4 พ่นไอน้ำเข้าในช่องนึ่งอีกครั้ง	เวลา	7	นาที
ขั้นตอนที่ 5 ปล่อยไอน้ำออกจากช่องนึ่ง	เวลา	5	นาที
ขั้นตอนที่ 6 ทำให้แห้ง	เวลา	10	นาที
รวมระยะเวลา		45	นาที

จากการทำงานจำนวนโปรแกรมละ 30 รอบการทำงาน

1.8.2 นำเสนอแนวทางในการปฏิบัติงานเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคที่มีจำนวน 2 เครื่อง โดยมีระยะเวลาการทำงานในแต่ละวันคือ ช่วงเวลา 7.00 น. ถึง 17.30 น. และ 21.30 น. ถึง 24.00 น.

1.8.3 อุณหภูมิภายนอกไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเนื่องจากเครื่องตั้งอยู่ในห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ $25 \pm 2\ ^{\circ}C$

1.8.4 ในการใช้เครื่องมือในการวัดค่าพลังงานโดยใช้เครื่องวัดค่าพลังงานแบบการอ่านค่าตลอดการใช้งานจริง (Power Meter) ทางผู้ทำการวิจัยได้กำหนดให้เครื่องอ่านค่าพลังงานทุกๆ 5 วินาทีเพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณทางสถิติและการสรุปในการบันทึกข้อมูล

1.9 ข้อจำกัดของการวิจัย

1.9.1 เป็นการศึกษาโดยการทดลองเปรียบเทียบ ระหว่างการที่จะเลือกการใช้การเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) หรือจะทำการปิดเครื่องแล้วค่อยเปิดใหม่จึงไม่สามารถเปรียบเทียบกับกรณีอื่นได้

1.9.2 จำนวนอุปกรณ์ทางการแพทย์ในการทำให้ปราศจากเชื้อโรคของแต่ละรอบในบางครั้งมีจำนวนไม่เท่ากันจึงมีส่วนส่งผลให้ทำให้ระยะเวลาในการทำงานแต่ละโปรแกรมไม่เท่ากันเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจึงต้องหาระยะเวลาเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นเกณฑ์

1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.10.1 แผนปฏิบัติงานสำหรับเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.10.2 แผนในการกำหนดดัชนีชี้วัดในกระบวนการทำงานของแผนกจ่ายกลาง

1.11 นิยามศัพท์

แผนกจ่ายกลาง (Central Sterile Supply Department) หมายถึง แผนกที่เป็นศูนย์กลางทำหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลจัดการกับอุปกรณ์การแพทย์ต่างๆ ทั้งในการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้สามารถนำกลับไปใช้กับผู้ป่วยได้อีกอย่างปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ป่วยทั้งจากเชื้อก่อโรคและจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ รวมทั้งสามารถควบคุมกำกับประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) หมายถึง เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับนึ่งฆ่าเชื้อ โดยใช้ไอน้ำร้อนและแรงดันสูง ทำให้ของที่ผ่านการนึ่งแล้วอยู่ในสภาพปราศจากเชื้อ จึงมักใช้เครื่องนี้ในการนึ่งฆ่าเชื้อของเสียทางชีวภาพเพื่อกำจัดและป้องกันการปนเปื้อน

เครื่องกำเนิดความร้อน (Heater) หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำความร้อนโดยอาศัยการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวนำไฟฟ้า

เครื่องมือวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า (Powermeter) (ณรงค์ ชอนตะวัน, 2552) “เครื่องวัดไฟฟ้านับได้ว่าเป็นเครื่องมือพื้นฐานและจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องสามารถนำไปใช้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ”

เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงตลอดระยะเวลาของโปรแกรมการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค ต้องใช้เครื่องมือในการวัดแบบทุกระยะเวลาการใช้พลังงานจริง (Real Time) ทำให้สามารถทราบถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แท้จริงของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคทุกระยะเวลาการทำงานในแต่ละโปรแกรม

พลังงานไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการทำงานของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) โดยใช้หน่วยวัดเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh)

การเปิดเตรียมความพร้อมใช้งานของเครื่อง (Standby) หมายถึง การปล่อยให้เครื่องนึ่ง ฆ่าเชื้อโรค (Autoclave) ทำงานในขณะที่ยังไม่มีการเลือกใช้โปรแกรมและไม่มีการทำให้อุปกรณ์ทางการแพทย์ปราศจากเชื้อโรค เครื่องจะทำงานโดยการใช้เครื่องกำเนิดความร้อน (Heater) จากพลังงานไฟฟ้า จะตัดไฟฟ้าเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดและต่อใหม่เมื่ออุณหภูมิลดลงจากที่กำหนด 1 องศาเซลเซียส (°C) หรือความดันลดลง 1 Bar

การประหยัดพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง วิธีการประหยัดพลังงานมากว่าการงดใช้หรือใช้น้อยลง จนทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงดังนั้น (คู่มือการพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติด้านเทคโนโลยี การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง, 2551, หน้า 33) การประหยัดพลังงานต้องดำเนินการตามกิจกรรม 4 ประเด็น ดังนี้

1. การออกแบบและแนวคิดที่ดี
2. การใช้งานและการดูแลรักษา
3. การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต
4. การเปลี่ยนเครื่องจักร

การวิจัยเชิงทดลอง จากเอกสารประกอบคำสอนเรื่อง "ประเภทของการวิจัย" โดย รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ ได้กล่าวถึงการวิจัยเชิงทดลอง หมายถึง เป็นกระบวนการค้นหาความรู้ความจริงโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แบบหนึ่ง ซึ่งศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในการทดลองที่เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่ได้รับการควบคุมอย่างรัดกุม เพื่อศึกษาว่าเงื่อนไขหรือสถานการณ์ที่จัดขึ้นนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริงของผลหรือปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนแปลงนั้นหรือไม่ โดยผู้วิจัยจะใช้วิธีการสังเกตเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในสภาพปกติ กับที่เกิดขึ้นในสภาพที่ได้รับการควบคุมตามเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นความจริงต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในการอธิบาย ทำนาย และควบคุมได้

รายการสัญลักษณ์

$\mathbf{X_1}$ = ค่าพลังงานในการปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเมื่อไม่มีการใช้งานที่ระยะเวลา (T) แล้วเปิดเครื่องใหม่เมื่อมีการใช้งานจนได้อุณหภูมิที่กำหนด P1 (121°C) และ P2 (135°C)

$\mathbf{X_2}$ = ค่าพลังงานในการเปิดเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเตรียมพร้อมใช้งาน (Standby) เมื่อไม่มีการใช้งานที่ระยะเวลา (T) ในอุณหภูมิที่กำหนด P1 (121°C) และ P2 (135°C)

T = ระยะเวลาที่เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโรคเปิดไว้แต่ไม่มีการใช้งาน ที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60 นาที

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

kW = หน่วยของกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

PF = Power Factor อัตราส่วน ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง (วัตต์) กับกำลังไฟฟ้าปรากฏ