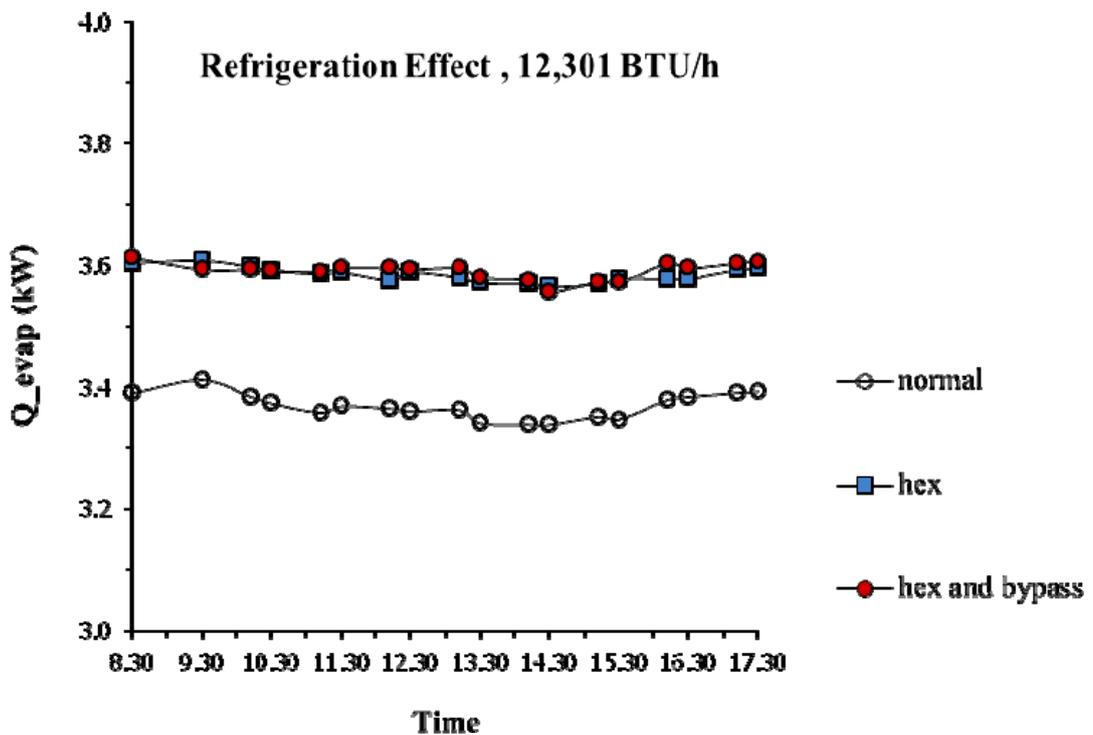


## บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาที่มุ่งเน้นทดลองเพื่อพิจารณาถึงการเพิ่มสมรรถนะของระบบทำความเย็น และการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนระบบ เปิด-ปิด 2 ขนาด คือขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h โดยทำการออกแบบ และติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อ Suction กับ Liquid ที่มีขนาดเหมาะสมเข้ากับระบบร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในช่วงที่ระบบหยุดการทำงาน เพื่อเปรียบเทียบผลของสมรรถนะการทำความเย็น และผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารสำนักงาน และอาคารบ้านที่อยู่อาศัย จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

### 4.1 ผลการเปรียบเทียบอัตราการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

#### 4.1.1 อัตราการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

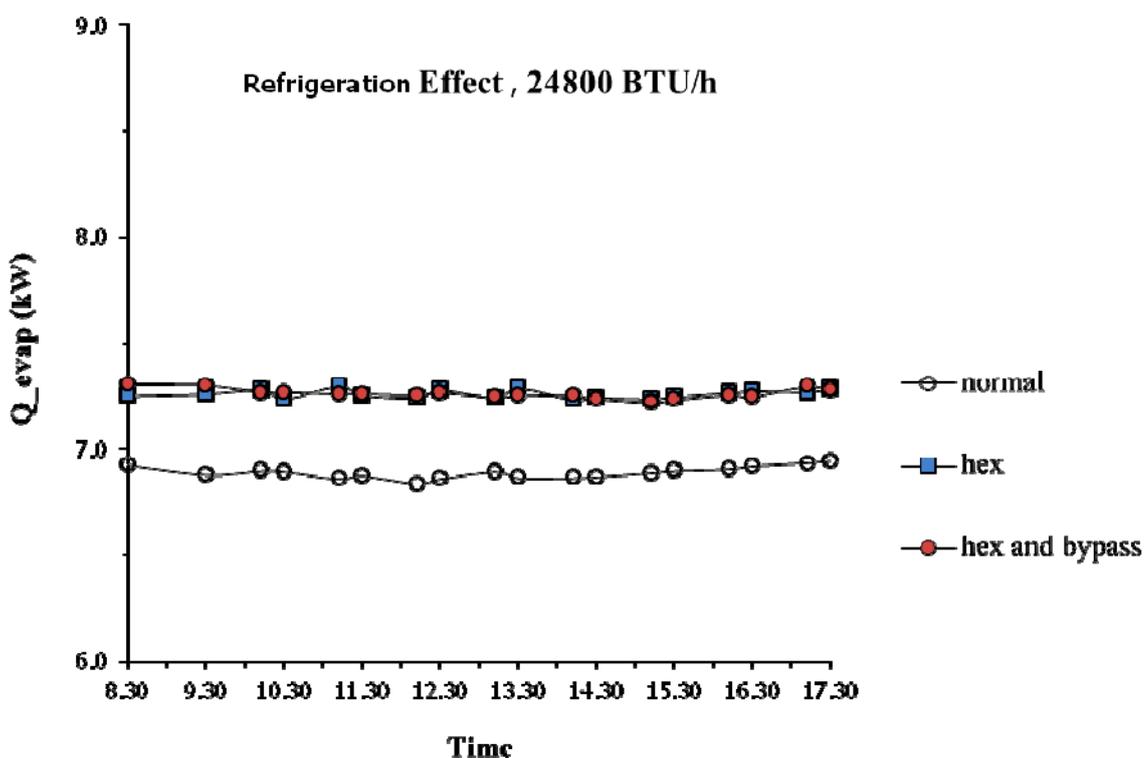


รูปที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/h

จากรูปที่ 4.1 แสดงผลจากการทดลองหาค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงของ เครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h มีอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยของระบบก่อนการปรับปรุง (normal) เท่ากับ 3.368 kW (11,492 BTU/h) กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (hex) มีอัตราการทำความเย็นเท่ากับ 3.584 kW (12,227 BTU/h) และกรณีหลังการปรับปรุง ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น(hex and bypass)ในระบบมีอัตราการทำความเย็นเท่ากับ 3.59 kW (12,248 BTU/h)

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีก่อนปรับปรุง กับกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.216 kW (735.6 BTU/h) คิดเป็น 6.4 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.22 kW (756 BTU/h) คิดเป็น 6.57 % เมื่อเปรียบเทียบกรณีก่อนปรับปรุง

#### 4.1.2 อัตราการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h



รูปที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าอัตราการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

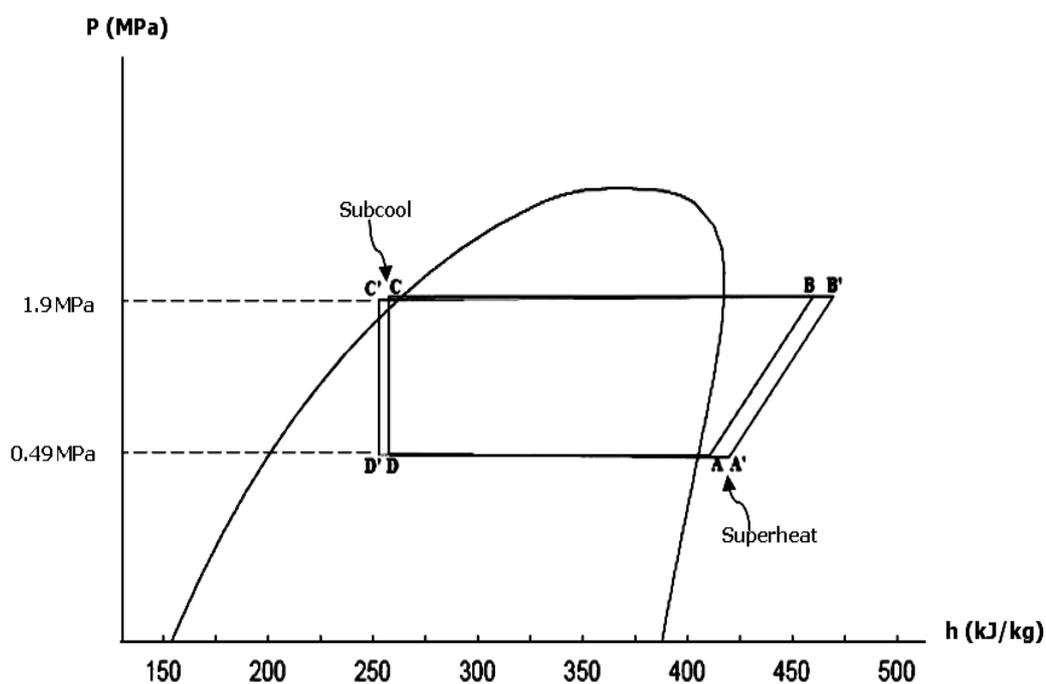
จากรูปที่ 4.2 แสดงผลจากการทดลองหาค่าอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมง ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h มีอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยของระบบก่อนการปรับปรุง (normal) มีเท่ากับ 6.887 kW (23,500 BTU/h) กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน(hex) มีอัตราการทำความเย็นเท่ากับ 7.258 kW (24,766.15 BTU/h) และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น(hex and bypass)ในระบบมีอัตราการทำความเย็นเท่ากับ 7.26 kW (24,771.38 BTU/h)

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการทำความเย็นของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีก่อนปรับปรุง กับกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.371 kW (1,266.08 BTU/h) คิดเป็น 5.38 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.373 kW (1,271.3 BTU/h) คิดเป็น 5.40 %

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยของระบบหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีระบบก่อนปรับปรุงของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h พบว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.4 % และ 5.38 % ตามลำดับ และกรณีที่ 3 ระบบหลังปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นเพิ่มเข้าไปร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในระบบมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.57 % และ 5.40 % ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการทดลองในกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณีก็คือกรณีระบบติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และกรณีระบบที่ติดตั้งอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นเพิ่มเข้าไปร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าอัตราการทำความเย็นในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกันมากเมื่อเทียบกับระบบก่อนปรับปรุง เหตุผลเนื่องมาจากชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นที่ติดตั้งเพิ่มเข้าไปในระบบเครื่องปรับอากาศนั้นมีจุดมุ่งหมายในการยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ และลดการใช้พลังงานในช่วงของการเริ่มต้นการทำงานของระบบเท่านั้น นั่นคือค่าเอนทัลปีของสารทำความเย็นในระบบที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในช่วงที่เริ่มสตาร์ทระบบจึงไม่มีผลต่ออัตราการทำความเย็นที่เกิดขึ้นในระบบเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในช่วงทำงาน จึงสรุปได้ว่าในช่วงที่ระบบทำงานระบบที่มีชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าอัตราการทำความเย็นในระบบเลย จึงทำให้ในช่วงที่ระบบทำงานค่าอัตราการทำความเย็นที่ได้ของระบบหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณีจึงมีค่าที่

ใกล้เคียงกัน ถ้าสภาวะอากาศแวดล้อมในช่วงเวลานั้น อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน และเมื่อเปรียบเทียบกรณีระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเดียวกันในเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด พบว่าเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h จะมีค่าอัตราการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h เนื่องจากเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h มีอัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็นที่ไหลเวียนในปริมาณที่มากกว่าเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h สารทำความเย็นที่มีอัตราการไหลเชิงมวลมากกว่าเมื่อไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีขนาดเดียวกัน จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนของสารทำความเย็นเพื่อทำให้เกิดการ Subcool ได้น้อยกว่า อัตราการทำความเย็นจึงมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่น้อยกว่าเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่สร้างขึ้นสามารถทำให้เพิ่มอัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้น โดยเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดความจุต่ำสามารถการเพิ่มขึ้นของอัตราการทำความเย็นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยเฉลี่ยที่มากกว่าเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดความจุสูง



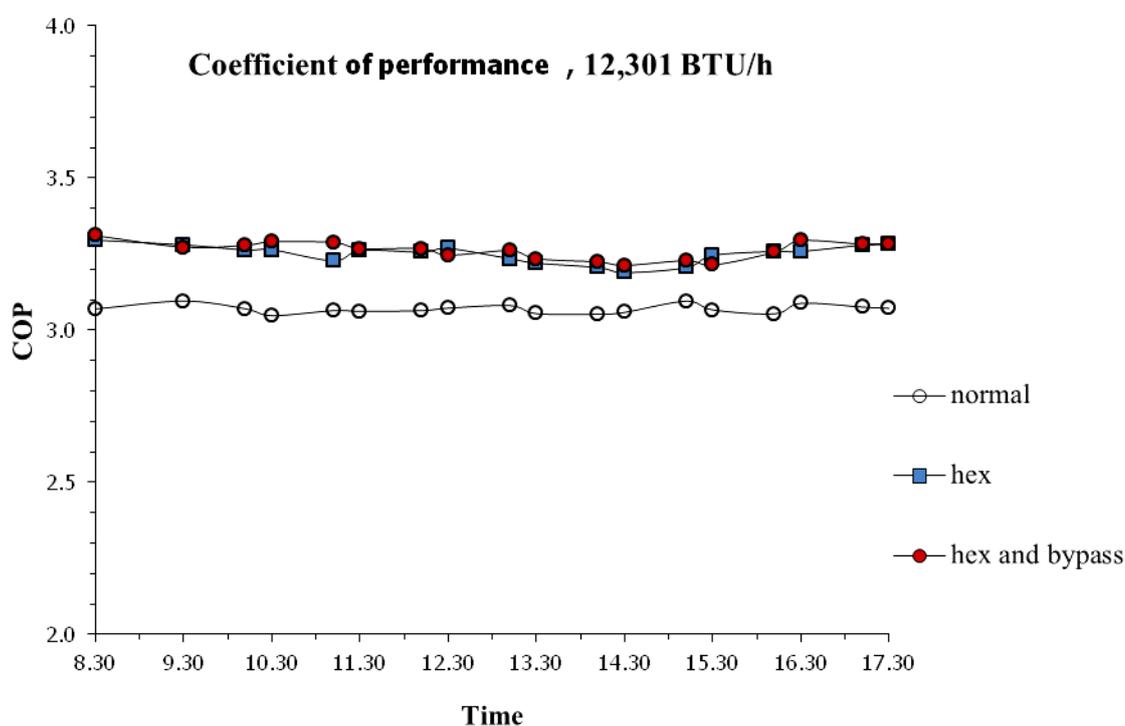
รูปที่ 4.3 P-h Diagram Subcooling and Superheat in Refrigeration System

จากการเพิ่มขึ้นของอัตราการทำความเย็นหลังการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Liquid-Suction Heat Exchanger จากการทดลองนี้ มีสาเหตุเนื่องมาจากสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงนี้เมื่อไหลผ่านเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหยซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไออุณหภูมิต่ำที่ไหลผ่านเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนด้วยเช่นกัน มีผลทำให้สาร

ทำความเย็นที่ท่อทางออกคอนเดนเซอร์มีอุณหภูมิลดลง เกิดการ Subcool มากขึ้น และในขณะเดียวกัน สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย ก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ก็มีค่าเป็น Superheat มากขึ้นด้วย จึงทำให้เป็นการเพิ่มอัตราการทำความเย็นมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงตามรูปที่ 4.3 นั่นคือ  $h_A - h_D > h_A - h_D$  เมื่อ  $h_A - h_D$  คืออัตราการทำความเย็นหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนและ  $h_A - h_D$  อัตราการทำความเย็นก่อนการปรับปรุง

## 4.2 ผลการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP)

### 4.2.1 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

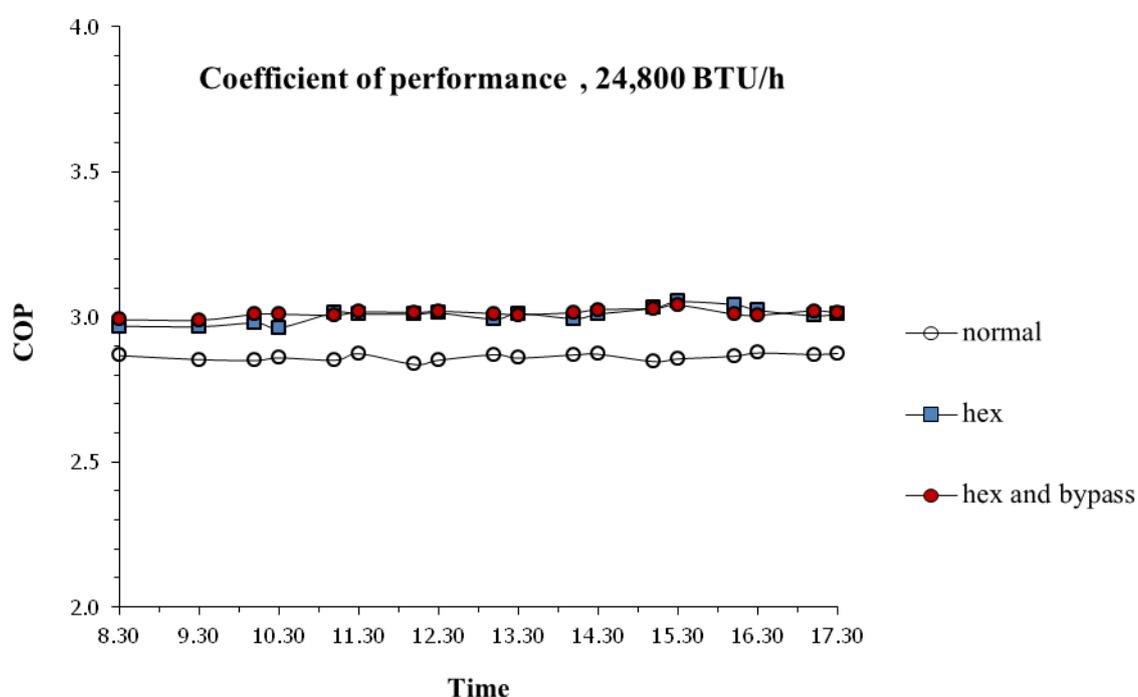


รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

จากรูปที่ 4.4 ผลจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) โดยเฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h มีค่า COP โดยเฉลี่ยของระบบก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 3.07 กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า COP โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.25 และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า COP โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.262

เมื่อเปรียบเทียบค่า COP ของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีก่อนปรับปรุง กับกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า COP โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.181 คิดเป็น 5.887 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า COP โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.193 คิดเป็น 6.287 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

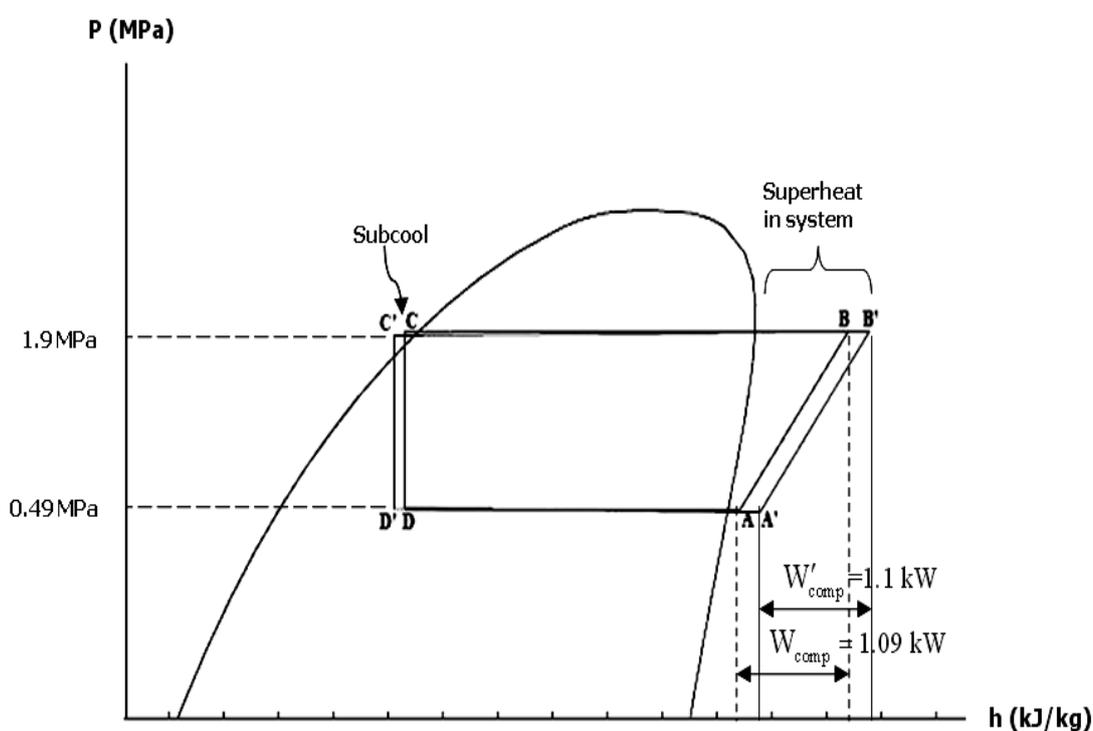
#### 4.2.2 สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h



รูปที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบค่า COP ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.5 ผลจากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) โดยเฉลี่ย ใน 8 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h มีค่า COP โดยเฉลี่ยของระบบก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 2.861 กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า COP โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า COP โดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.01

เมื่อเปรียบเทียบค่า COP ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ พบว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า COP โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.144 คิดเป็น 5.048 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า COP โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.152 คิดเป็น 5.322 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง



รูปที่ 4.6 Superheat in compression process of compressor

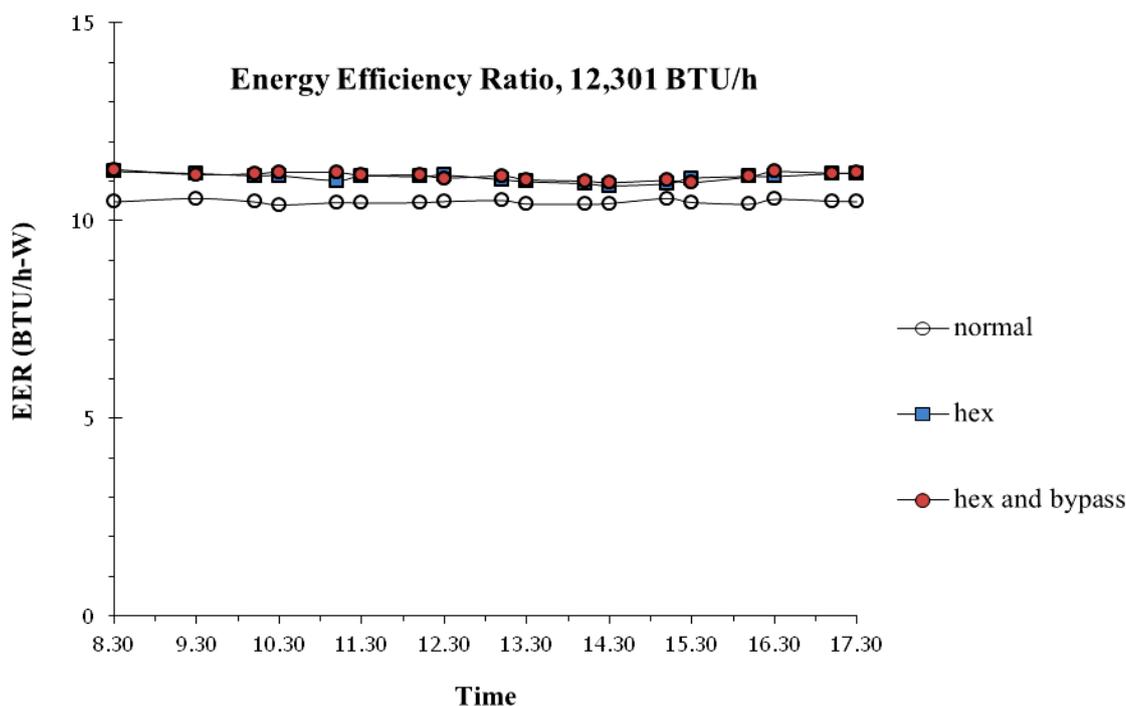
จากผลการทดลองหาค่า COP ของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h และ ขนาด 24,800 BTU/h ทั้ง 3 กรณี เมื่อเปรียบเทียบค่า COP โดยเฉลี่ยหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีระบบก่อนปรับปรุงของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด จะเห็นได้ว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุงระบบของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h มีค่า COP เพิ่มขึ้น 5.887 % และ 5.048 % ตามลำดับ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่า COP หลังการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากการทดลองนี้ มีผลเนื่องมาจากสารทำความเย็นที่ขณะก่อนเข้าท่อรูเข็มมีอุณหภูมิลดลง ทำให้สารทำความเย็นที่จุดนี้เกิดการ Subcool มากขึ้น จึงเป็นลดค่าเอนทาลปีของสารทำความเย็นจุดนี้ลง และในขณะเดียวกันสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ค่าเอนทาลปีเพิ่มขึ้น มีสถานะเป็น Superheat มากขึ้นแต่อยู่ใน

ค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากการออกแบบ การเพิ่มขึ้นของ Superheat และเอนทัลปีของสารทำความเย็นในค่าที่เหมาะสมที่จุดนี้ทำให้กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์เป็นค่าที่ยอมรับได้จึงทำให้กำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมาก เมื่อเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง ซึ่งเมื่อค่าอัตราส่วนทำความเย็นของเครื่องระเหยเพิ่มมากขึ้น ขณะที่กำลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการเพิ่มขึ้นค่าอัตราส่วนทำความเย็น จึงทำให้เป็นการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) มากขึ้น ดังแสดงตามรูปที่ 4.6

จากรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 เมื่อพิจารณาค่า COP จากผลการทดลองของระบบในกรณีที่ 2 และ กรณีที่ 3 ของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด พบว่ามีค่า COP ค่อนข้างใกล้เคียงกัน หรือมีการเปลี่ยนแปลงของค่า COP ที่ใกล้เคียงกัน เพราะในช่วงที่ระบบทำงานหรือระบบทำงานอยู่ในสภาวะปกติ ค่าเอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ได้จากการทดลองของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด จะมีการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกันมากเมื่อเปรียบเทียบกันของกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี ทำให้เมื่อระบบทำงานอยู่ในสภาวะปกติ ระบบที่มีอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า COP แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในช่วงที่เริ่มสตาร์ทหรือเริ่มต้นทำงานระบบเท่านั้น กล่าวคือค่า COP จะมีค่าสูงขึ้นเฉพาะช่วงเริ่มต้นสตาร์ทนั่นเอง ซึ่งไม่มีผลต่อสมรรถนะการทำความเย็นของระบบโดยรวม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าผลเมื่อทำการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และอุปกรณ์การสมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบ สามารถทำให้อัตราส่วนทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น โดยที่อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์มีเปลี่ยนแปลงน้อยในช่วงที่ระบบทำงาน ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) เพิ่มขึ้น และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงตามด้วย

### 4.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER )

**4.3.1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER)ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301BTU/h**  
จากรูปที่ 4.7 ผลจากการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h กรณีก่อนการปรับปรุงมีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.47 กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.088 และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.13

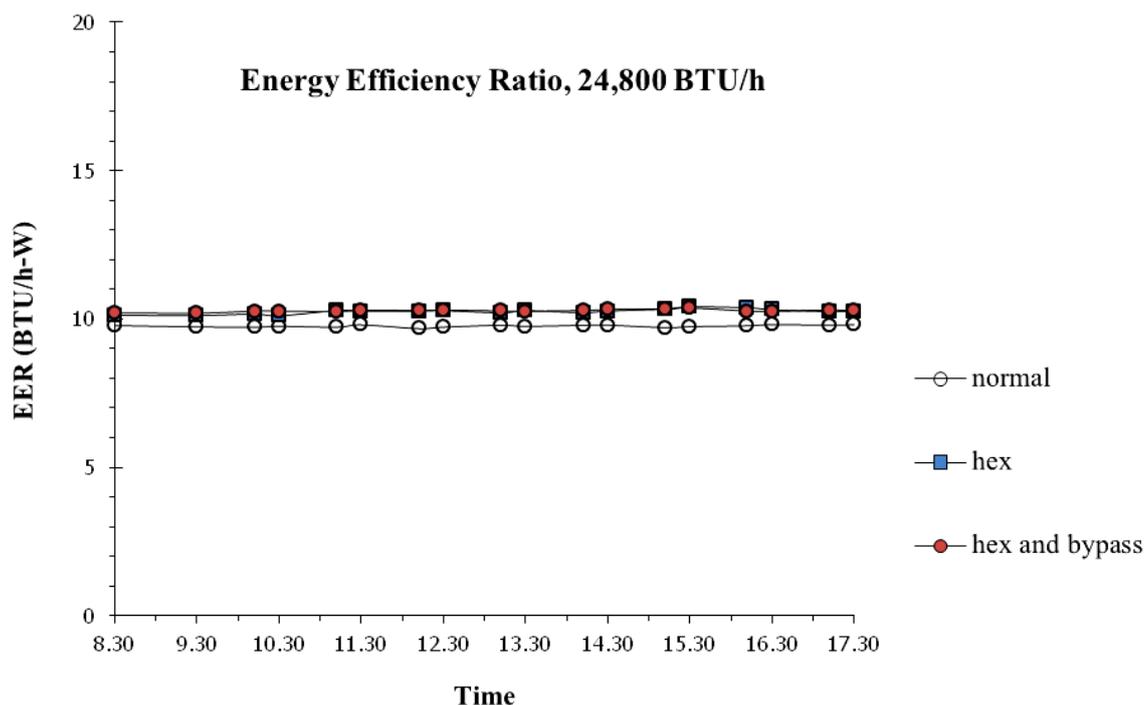


รูปที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่า EER ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบค่า EER ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีก่อนปรับปรุง กับกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า EER โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.617 คิดเป็น 5.887 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า EER โดยเฉลี่ยรายชั่วโมงเพิ่มขึ้น 0.658 คิดเป็น 6.28 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

#### 4.3.2 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER)ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.8 ผลจากการทดลองหาค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เฉลี่ยใน 8 ชั่วโมง ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h กรณีก่อนการปรับปรุง มีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 9.761 กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.254 และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า EER โดยเฉลี่ยเท่ากับ 10.28



รูปที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบค่า EER ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

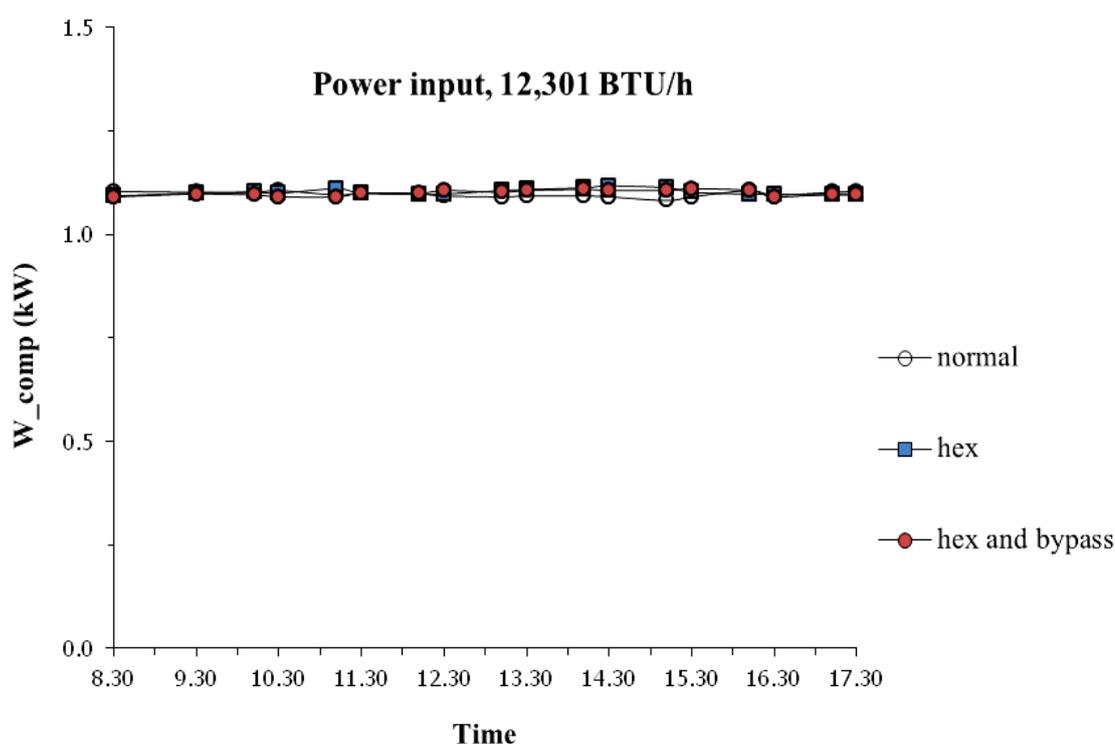
เมื่อเปรียบเทียบค่า EER ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่า EER โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.493 คิดเป็น 5.048 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่า EER ในการทำความเย็นโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.520 คิดเป็น 5.322 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

จากผลการทดลองหาค่า EER ในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h และเครื่องปรับอากาศ ขนาด 24,800 BTU/h ทั้ง 3 กรณี พบว่าระบบหลังการปรับปรุงกรณีที่ 2 ระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนขนาดเดียว เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุงระบบของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h มีค่า EER เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อปรับปรุงติดตั้งระบบสมดุลความดันสารทำความเย็นเข้าไปในระบบร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด พบว่าไม่มีผลทำให้ค่า EER เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งผลของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานในการทำความเย็น (EER) ของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด จะมีผลแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของระบบเครื่องปรับอากาศ

## 4.4 ผลการเปรียบเทียบกำลังงานที่ป้อนให้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

### 4.4.1 กำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลจากการทดลองหาค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h มีค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยของระบบก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 1.097 kW กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 1.103 kW และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 1.1 kW



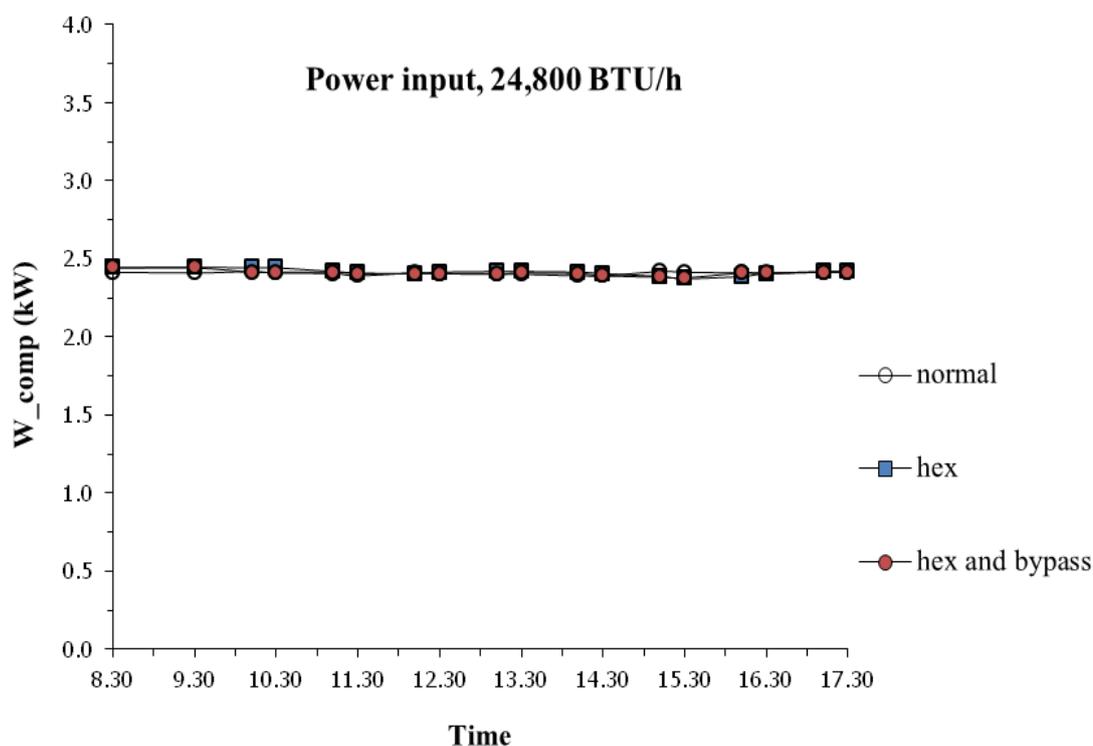
รูปที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบกำลังงานที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบผลของการทดลองหาค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h จะเห็นได้ว่าระบบกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี คือกรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และกรณีที่ 3 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากคือ 1.103 kW ทั้ง 2 กรณี และเมื่อ

เปรียบเทียบผลระหว่างระบบกรณีหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับระบบก่อนปรับปรุงพบว่าค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.005 kW คิดเป็น 0.49 %

#### 4.4.2 กำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.10 แสดงผลจากการทดลองหาค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์เฉลี่ยใน 8 ชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h กรณีก่อนการปรับปรุงมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.408 kW กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.416 kW และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีกำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 2.410 kW



รูปที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบกำลังงานที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบผลของการทดลองหาค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h จะเห็นได้ว่าระบบกรณีหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี คือกรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และกรณีที่ 3 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก และเมื่อเปรียบเทียบผลระหว่างระบบกรณีหลัง

ปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับระบบก่อนปรับปรุงพบว่าค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.008 kW และ 0.002 kW คิดเป็น 0.32 % และ 0.08 %

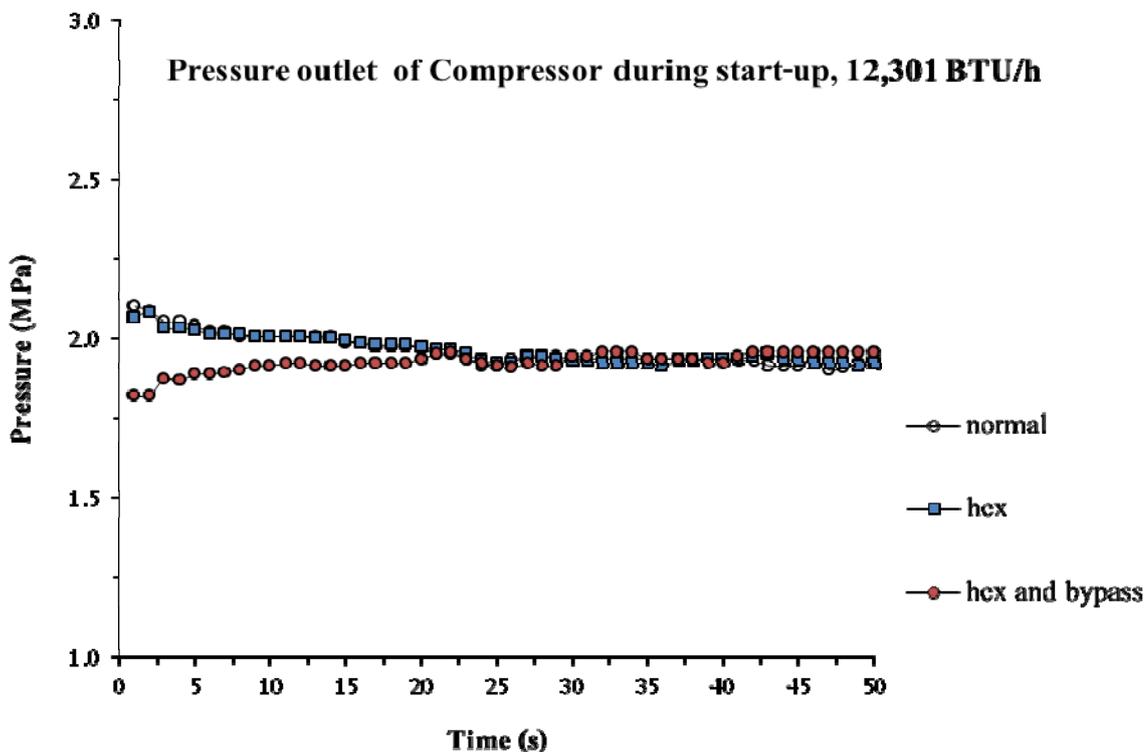
จากผลการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ที่ได้ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h ระหว่างการทดลองระบบกรณีหลังปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน กรณีกับระบบกรณีก่อนปรับปรุง พบว่าในช่วงที่เครื่องปรับอากาศเดินเครื่องทำงานอยู่ในสภาวะปกติ จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในอัตราส่วนที่น้อย เนื่องมาจากการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในงานวิจัยนี้จะคำนึงถึงมีค่าความร้อนของไอสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ที่เกิดขึ้นจากการแลกเปลี่ยนความร้อนให้มีอัตราส่วนของไอร้อนยังคงอยู่ในค่าที่เหมาะสมยอมรับได้ เพื่อไม่ให้ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองกำลังงานของคอมเพรสเซอร์มากนัก ทำให้มีผลต่อสมรรถนะของระบบโดยรวมที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ในช่วงที่ระบบเครื่องปรับอากาศเดินเครื่องทำงานของระบบกรณีที่มีชุดผสมความดันสารทำความเย็นร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับระบบกรณีก่อนปรับปรุง พบว่าค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ก็มีค่าเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนที่น้อยมากเช่นเดียว เนื่องจากชุดผสมความดันสารทำความเย็นจะลดการใช้กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเริ่มต้นการทำงานเท่านั้น จึงสรุปได้ว่าการปรับปรุงเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็นด้วยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและชุดผสมความดันสารทำความเย็นจะมีผลทำให้กำลังงานขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ในช่วงที่ระบบเครื่องปรับอากาศเดินเครื่องทำงานมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่น้อยมาก ทำให้มีผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นของระบบน้อยเช่นกัน และจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการทำความเย็นดังที่กล่าวมาแล้ว จะทำให้เป็นการเพิ่มสมรรถนะของระบบมากขึ้นตาม

#### 4.5 ผลการเปรียบเทียบความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ในช่วงขณะเริ่มทำงาน (50 วินาที)

##### 4.5.1 ความดันที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

จากรูปที่ 4.11 ผลจากการทดลองหาค่าความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ในขณะเริ่มต้นสตาร์ทคอมเพรสเซอร์วินาทีที่ 1 ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h ระบบกรณีก่อนการปรับปรุง มีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 2.103 MPa กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 2.124 MPa และกรณีหลัง

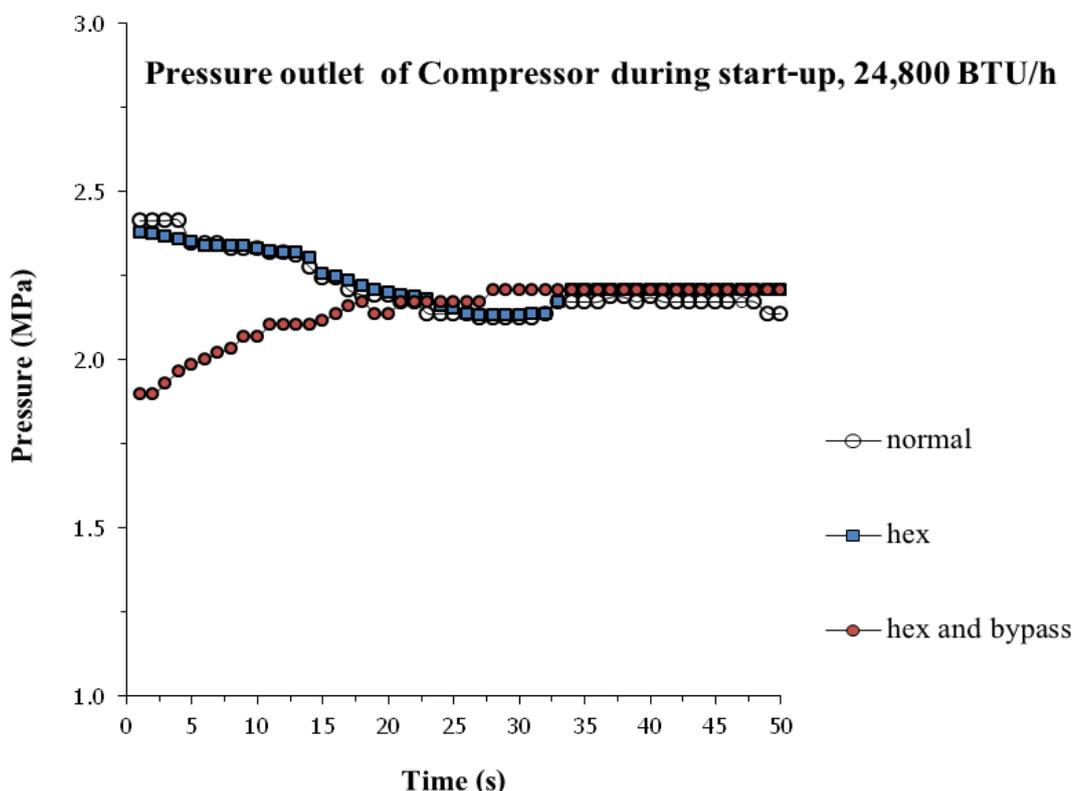
การปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบ มีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 1.82 MPa



รูปที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ในขณะเริ่มดำเนินงานวินาทีที่ 1 ของระบบ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ จะเห็นได้ว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ในช่วงเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์วินาทีที่ 1 ใกล้กันมากจึงถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลง และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ลดลงอีกเป็น 0.283 MPa (41 Psi) คิดเป็น 15.53 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

#### 4.5.2 ความดันที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h



รูปที่ 4.12 ผลการเปรียบเทียบความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.12 ผลจากการทดลองหาค่าความดันของสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ ในขณะที่เริ่มต้นสตาร์ทคอมเพรสเซอร์วินาทีที่ 1 ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h กรณี ก่อนการปรับปรุง มีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 2.414 MPa กรณีหลังการปรับปรุง ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 2.276 MPa และกรณี หลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 1.897 MPa

เมื่อเปรียบเทียบค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ในขณะที่เริ่มต้นทำงานวินาทีที่ 1 ของระบบ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการ ปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ จะเห็นได้ว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้ง อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความดันทางออกคอมเพรสเซอร์ในช่วงเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ ลดลง 0.138 MPa ( 20 Psi) คิดเป็น 6.06 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าความดันทางออก

คอมเพรสเซอร์ลดลงอีกเป็น 0.517 MPa (75 Psi) คิดเป็น 27.27 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

จากผลการทดลองหาค่าความดันที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ ช่วงที่เริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ในเวลา 50 วินาที ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h จากรูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าค่าความดันด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด มีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงค่าความดันตามเวลาตอนเริ่มสตาร์ทระบบมีค่าที่คล้ายกัน ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่ทางออกคอมเพรสเซอร์หรือความดันของสารทำความเย็นด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ ทั้ง 3 กรณีของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด พบว่าในช่วงเริ่มต้นทำงานในช่วงวินาทีแรก ค่าความดันที่ทางออกคอมเพรสเซอร์ของระบบที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันกรณีที่ 3 มีค่าความดันที่ต่ำกว่าระบบที่ไม่ได้ติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันทั้ง 2 กรณี และค่าความดันของระบบทั้ง 3 กรณีจะเริ่มกลับเข้าสู่สภาวะปกติในช่วงประมาณวินาทีที่ 30-35 เป็นต้นไป ทั้งนี้เนื่องมาจากในช่วงที่ระบบหยุดการทำงาน ชุดอุปกรณ์สมดุลความดันจะมีการบายพาสไอสารทำความเย็นด้านอัด ที่มีความดันสูง อุณหภูมิสูง ไหลเข้าไปปนกับไอสารทำความเย็นด้านดูด ที่มีความดันต่ำ อุณหภูมิต่ำ ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างไอสารทำความเย็นที่ท่อด้านอัดและด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ขึ้น ทำให้ค่าเอนทัลปีที่จุดนี้มีค่าสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันวาล์วกันกลับที่อยู่ในชุดสมดุลความดันที่ติดตั้งที่ท่อทางด้านดูดและด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ จะป้องกันไม่ให้สารทำความเย็นไหลบางส่วนในคอนเดนเซอร์ไหลย้อนกลับมาปนกับไอสารทำความเย็นที่คอมเพรสเซอร์ และไอสารทำความเย็นความดันสูงจากท่อบายพาสไหลย้อนไปยังเครื่องระเหย ทำให้ไอสารทำความเย็นที่ทางเข้าและทางออกของคอมเพรสเซอร์เกิดการสมดุลความดันขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ โดยที่ความดันของไอสารทำความเย็นด้านสูงลดลงไม่มาก นั่นคือระบบที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น จะมีค่าความดันที่ใกล้เคียงกับความดันปกติด้านสูงเมื่อคอมเพรสเซอร์ทำงาน เหตุเพราะรักษาความดันเฉพาะที่ทางเข้าทางออกของคอมเพรสเซอร์เท่านั้น ดังนั้นในช่วงขณะที่ระบบเครื่องปรับอากาศเริ่มต้นทำงาน จึงทำให้ความดันด้านอัดคอมเพรสเซอร์ของระบบเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันจึงมีค่าต่ำลง ค่าความแตกต่างของเอนทัลปีของสารทำความเย็นทางด้านดูดและด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ก็ลดลง ทำให้เป็นลดการใช้กำลังงานของคอมเพรสเซอร์ในการช่วงเริ่มสตาร์ทที่น้อยลงและยืดอายุการใช้งานคอมเพรสเซอร์ให้ยาวนานขึ้นด้วย

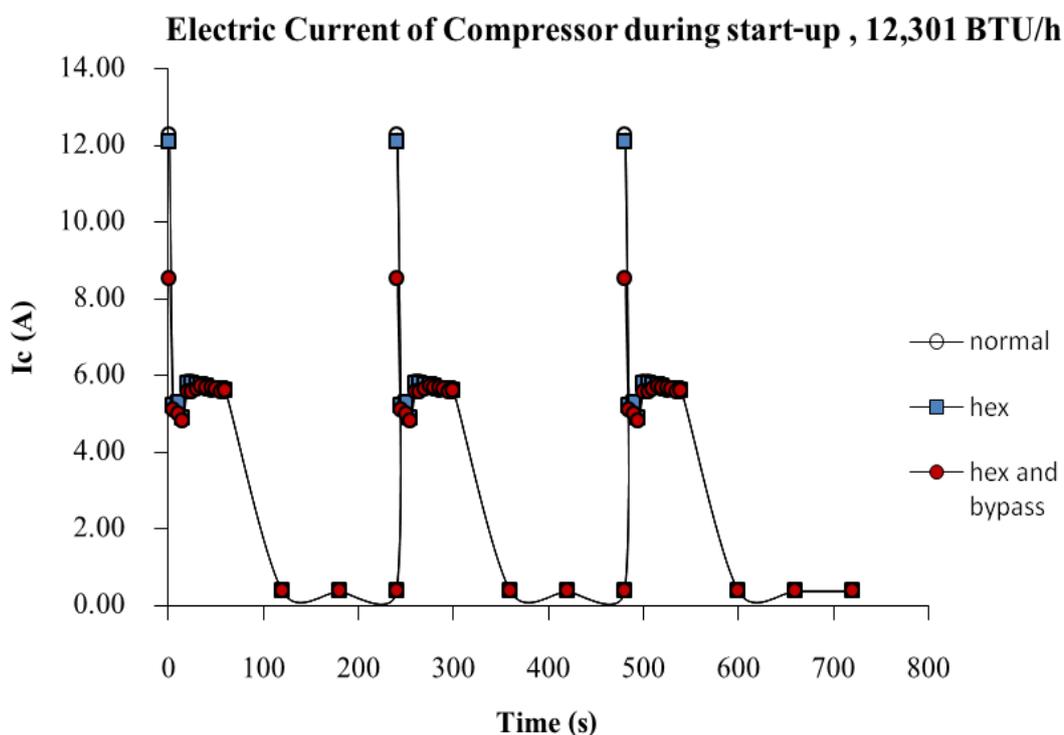
และเมื่อเปรียบเทียบค่าความดันของสารทำความเย็นด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ของระบบเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งชุดสมดุลความดันสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h และขนาด 24,800 BTU/h พบว่าค่าความดันด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ตอนเริ่มสตาร์ทวินาทีที่ 1 ระบบของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h มีค่าลดลง 15.53 % และค่าความดันด้านอัด

ของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h ลดลง 27.27 % จะเห็นได้ว่าระบบที่ติดตั้งชุดสมดุลความดันของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h สามารถทำให้ความดันด้านอัดลดลงในอัตราส่วนที่มากกว่าเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h ดังนั้นสรุปได้ว่าถ้านำชุดสมดุลความดันสารทำความเย็นไปติดตั้งกับเครื่องปรับอากาศแบบเปิด-ปิด ที่มีขนาดใหญ่ๆ ที่ต้องการโหลดขณะเริ่มต้นสตาร์ทคอมเพรสเซอร์สูง ก็จะทำให้มีอัตราส่วนการลดลงของความดันด้านอัดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มากขึ้นด้วย

## 4.6 ผลการเปรียบเทียบของกระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทคอมเพรสเซอร์(60 S)

### 4.6.1 กระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

จากรูปที่ 4.13 ผลจากการทดลองหาค่ากระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h กรณีก่อนการปรับปรุง มีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าตอนเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์สูงสุดเท่ากับ 12.27 A กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 12.10 A และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 8.54 A

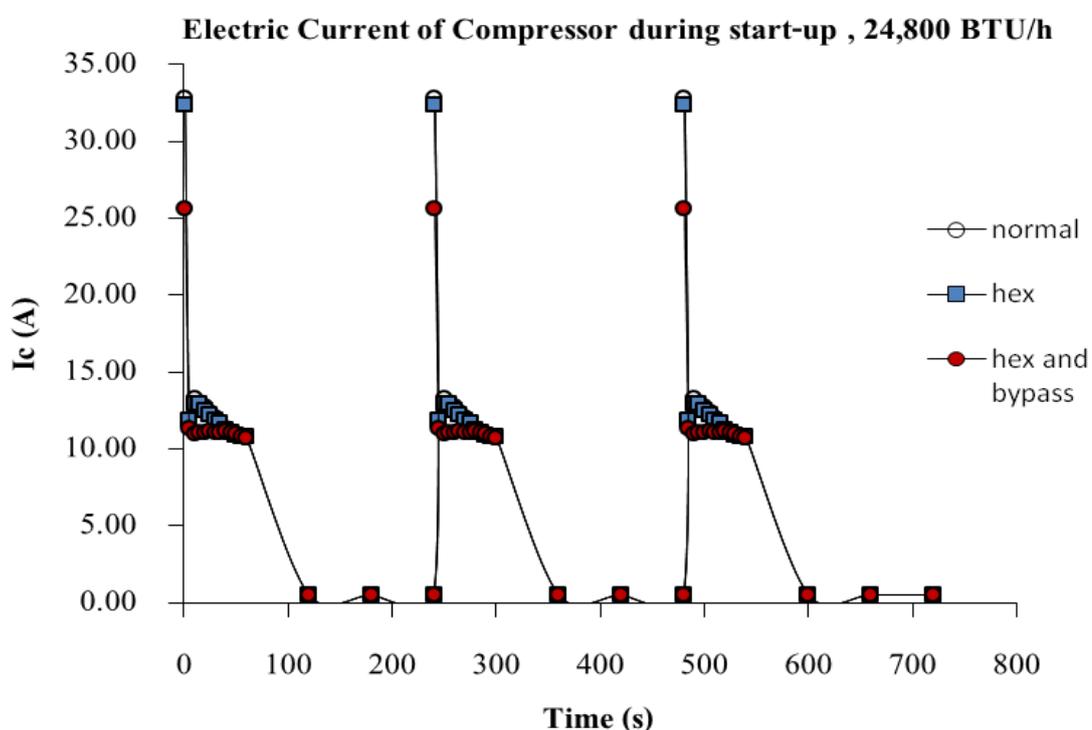


รูปที่ 4.13 ผลการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ ในช่วงเวลา 60 วินาทีของระบบ เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ พบว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์ แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทลดลง 0.17 A คิดเป็น 1.4 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทลดลงอีกเป็น 3.37 A คิดเป็น 30 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

#### 4.6.2 กระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.14 ผลจากการทดลองหาค่ากระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h กรณีก่อนการปรับปรุง มีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าตอนเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์สูงสุดเท่ากับ 32.84 A กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 31.36 A และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 25.61 A



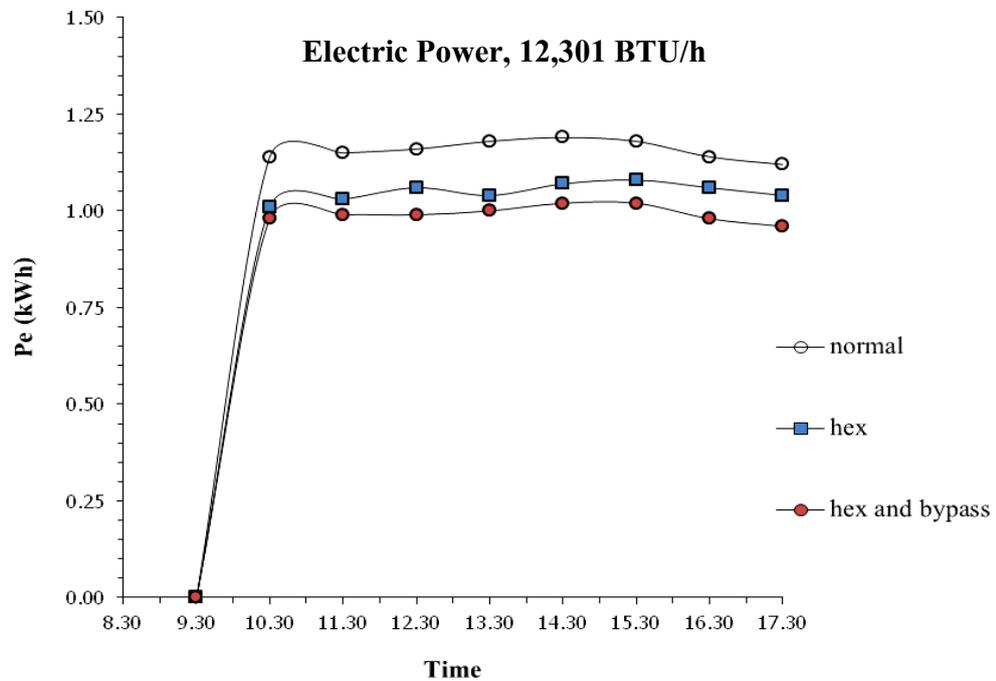
รูปที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าในช่วงสตาร์ทของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

เมื่อเปรียบเทียบค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ ในช่วงเวลา 60 วินาทีของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ พบว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทลดลง 0.48 A คิดเป็น 1.48 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีมีค่าโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทลดลงอีกเป็น 7.23 A คิดเป็น 28.23 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

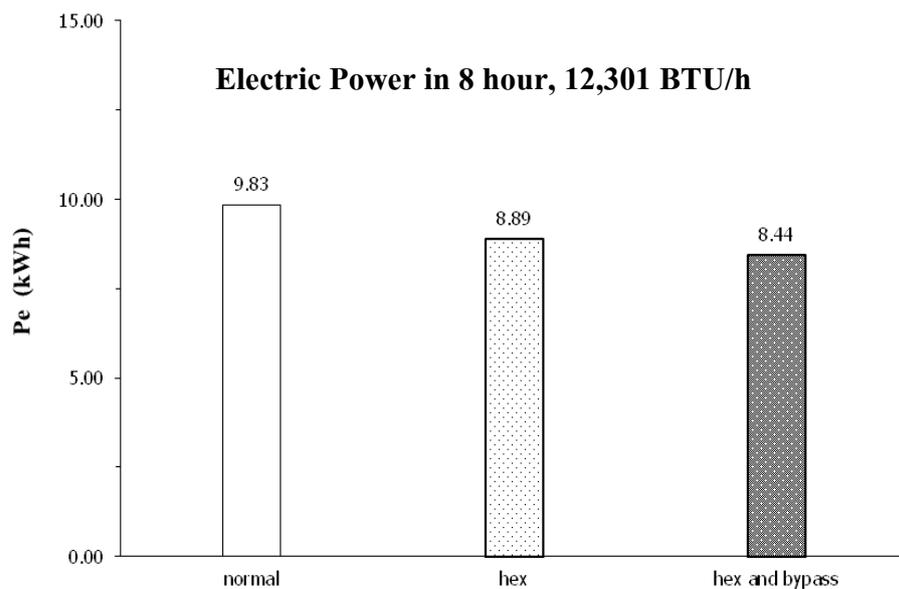
จากผลการทดลองหาค่าความสิ้นเปลืองโหลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,301 BTU/h และ 24,800 BTU/h ของการทดลองทั้ง 3 กรณี พบว่าการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบเครื่องปรับอากาศมีผลทำให้ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์คอมเพรสเซอร์มีค่าลดลง เนื่องจากการชุดอุปกรณ์สมดุลความดันจะทำการการบายพาสไอสารทำความเย็นที่ท่อทางด้านดูดกับด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ไว้ตอนช่วงที่ระบบหยุดทำงาน เกิดการสมดุลความดันของสารทำความเย็นที่ด้านสูงกับด้านต่ำของระบบที่คอมเพรสเซอร์มีค่าสูงกว่าระบบปกติ เมื่อระบบเริ่มต้นทำงานความดันด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ที่มีความดันสูงกว่าระบบปกติจะมีค่าความแตกต่างของความดันด้านดูดและด้านอัดมีค่าน้อยกว่าระบบ ไม่มีชุดสมดุลความดัน นั่นคือความดันด้านอัดมีค่าต่ำกว่าระบบปกติ ค่าเอนทาลปีของสารทำความเย็นจึงมีค่าแตกต่างกันน้อยลง ทำให้การใช้โหลดกระแสในการเริ่มสตาร์ทคอมเพรสเซอร์จึงลดลง เกิดการประหยัดพลังงานในช่วงเริ่มสตาร์ทระบบนี้ เมื่อพิจารณาค่าของกระแสไฟฟ้าในช่วงเริ่มต้นทำงานของคอมเพรสเซอร์ตั้งแต่วินาทีที่ 1 ถึงวินาทีที่ 60 จากรูปที่ 4.13 กระแสไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h จะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มต้นทำงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วง 5 วินาทีแรก ระบบที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันจะมีค่าการใช้กระแสของค่อนข้างนิ่งที่วินาทีที่ 2-4 และหลังจากนั้นค่ากระแสที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ก็กลับเข้าสู่การทำงานสภาวะปกติหลังจากวินาทีที่ 20 เป็นต้นไป ส่วนระบบที่ไม่มีชุดสมดุลความดันสารทำความเย็นกระแสที่ช่วง 5 วินาทีแรกไม่คงที่ และค่าการกินกระแสที่คอมเพรสเซอร์ก็กลับเข้าสู่การทำงานสภาวะปกติคงที่ในช่วงประมาณวินาทีที่ 35 เป็นต้นไป และจากรูปที่ 4.14 กระแสไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h พบว่าเมื่อเริ่มต้นทำงานของคอมเพรสเซอร์ จะเห็นได้ว่าระบบที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันจะมีค่าการใช้กระแสของค่อนข้างนิ่งตั้งแต่เริ่มต้นทำงานที่วินาทีที่ 6 เป็นต้นไป ส่วนระบบที่ไม่มีชุดสมดุลความดันสารทำความเย็นกระแสมีค่าการกินกระแสที่คอมเพรสเซอร์ก็กลับเข้าสู่การทำงานสภาวะปกติคงที่ในช่วงประมาณวินาทีที่ 40 เป็นต้นไป

## 4.7 ผลการเปรียบเทียบค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

### 4.7.1 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

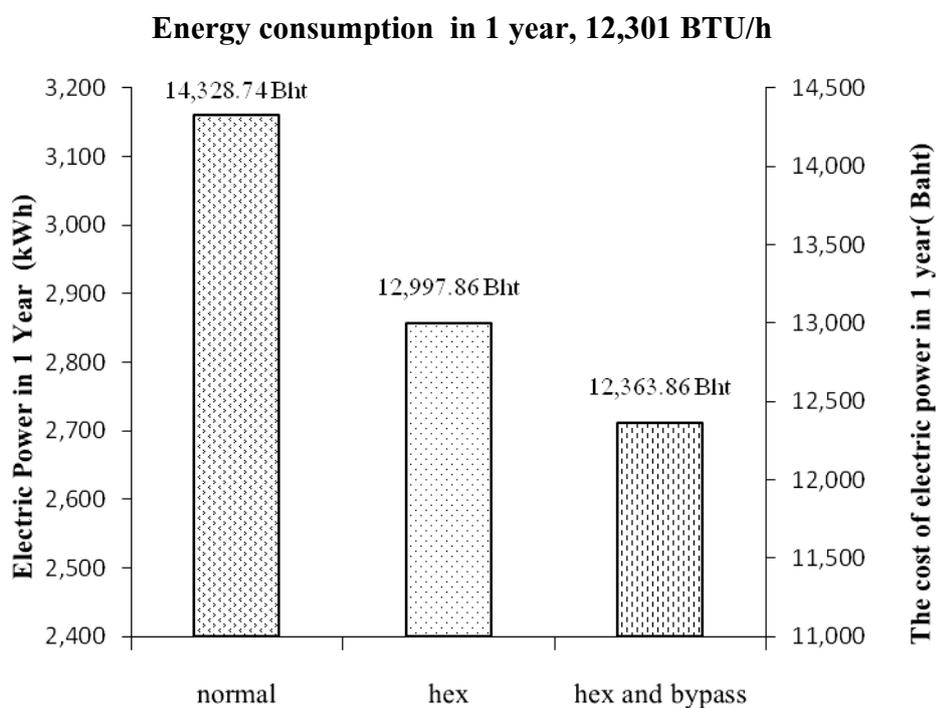


รูปที่ 4.15 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h



รูปที่ 4.16 ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/h ใน 8 ชั่วโมง (1 วัน)

จากรูปที่ 4.15 และ 4.16 ผลการทดลองหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,301 BTU/h เมื่อตั้งอุณหภูมิห้องทดลองไว้ที่ 25 °C พบว่ากรณีก่อนการปรับปรุง มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 1.16 kWh รวม 9.83 kWh ใน 1 วัน (8 ชั่วโมง) กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยราย ชั่วโมงเท่ากับ 1.05 kWh รวม 8.89 kWh ใน 1 วัน และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่ามีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 0.99 kWh รวม 8.44 kWh ใน 1 วัน



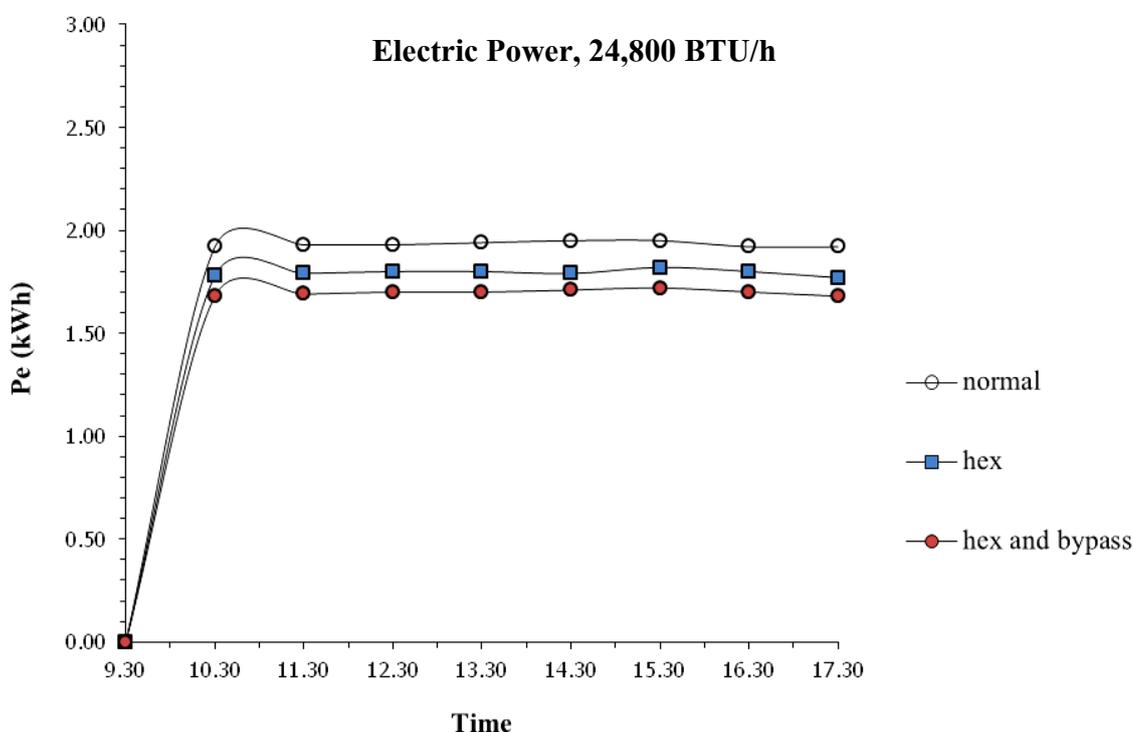
**รูปที่ 4.17** ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU/h ใน 1 ปี (312 วัน)

เมื่อพิจารณาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี (โดยคิดจำนวนวันการทำงานของเครื่องปรับอากาศ 6 วัน /1 สัปดาห์ คิดเป็น 52 สัปดาห์/ปี เท่ากับ 312 วัน/ปี) จากรูปที่ 4.17 ผลการคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,000 BTU/h ใน 1 ปี จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ มีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ 2,631.84 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 12,363.86 บาทต่อปี ส่วนกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารองลงมาที่ 2,772.38 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 12,977.86 บาทต่อปี และกรณีก่อนการ

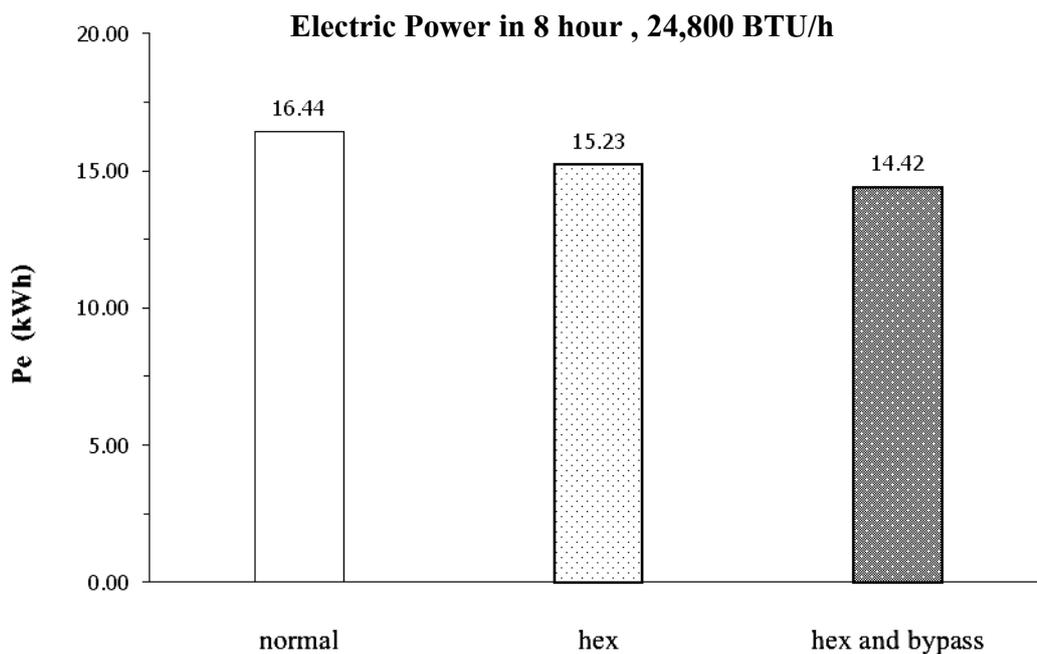
ปรับปรุงที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดที่ 3,067.38 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 14,328.74 บาทต่อปี

เมื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,000 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณีคือกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ จะเห็นได้ว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง 295 kWh ลดค่าใช้จ่ายลงได้ 1,330.88 บาทต่อปี คิดเป็นค่าความประหยัด 10.24 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลงอีกเป็น 435.54 kWh ลดค่าใช้จ่ายลงได้ 1964.88 บาทต่อปี คิดเป็นค่าความประหยัด 15.89 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

#### 4.7.2 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h



รูปที่ 4.18 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 30 นาทีของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

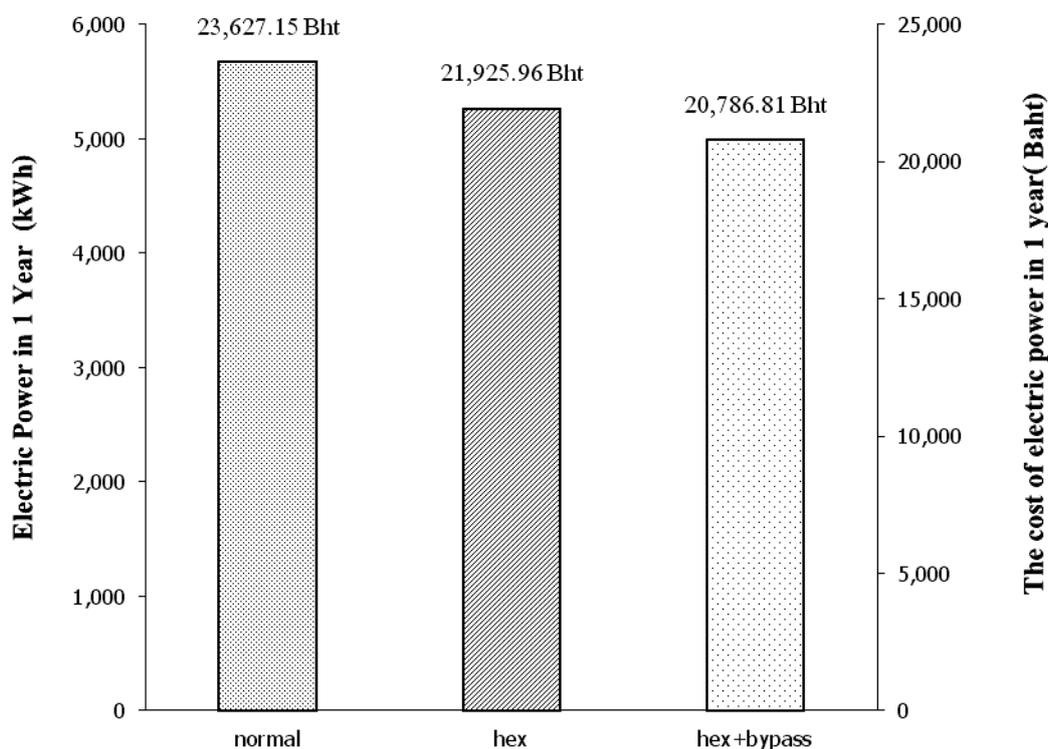


**รูปที่ 4.19** ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h ใน 8 ชั่วโมง

จากรูปที่ 4.18 และ 4.19 ผลการทดลองหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 BTU/h เมื่อตั้งอุณหภูมิห้องทดลองไว้ที่ 25 °C พบว่ากรณีก่อนการปรับปรุง มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 1.93 kWh รวม 16.44 kWh ใน 1 วัน (8 ชั่วโมง) กรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 1.79 kWh รวม 15.23 kWh ใน 1 วัน และกรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่ามีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงเท่ากับ 1.70 kWh รวม 14.42 kWh ใน 1 วัน

เมื่อคิดค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าใน 1 ปี (โดยคิดจำนวนวันการทำงานของเครื่องปรับอากาศเท่ากับ 312 วัน/ปี) จากรูปที่ 4.20 ผลการคำนวณหาค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ใน 1 ปี จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์มีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่ำสุดที่ 4,498.91 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 19,426.92 บาทต่อปี ส่วนกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารองลงมาที่ 4,751.41 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 20,491.55 บาทต่อปี และกรณีก่อนการปรับปรุงที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากที่สุดที่ 5,128.51 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่าย 22,081.45 บาทต่อปี

### Energy consumption in 1 year, 24,800 BTU/h



รูปที่ 4.20 ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h ใน 1 ปี(312วัน)

เมื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีของระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,800 BTU/h ในการทดลองระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณีคือกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและกรณีที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน กับกรณีก่อนปรับปรุงระบบ จะเห็นได้ว่ากรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลง 377.09 kWh ลดค่าใช้จ่ายลงได้ 1,701.19 บาทต่อปี คิดเป็นค่าความประหยัด 7.76 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าต่อปีลดลงอีกเป็น 629.60 kWh ลดค่าใช้จ่ายลงได้ 2,840.34 บาทต่อปี คิดเป็นค่าความประหยัด 13.66 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

เมื่อพิจารณาผลการทดลองของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h และขนาด 24,800 BTU/h ทั้ง 3 กรณี ระบบเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยที่เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ 10.24 % และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 24,800

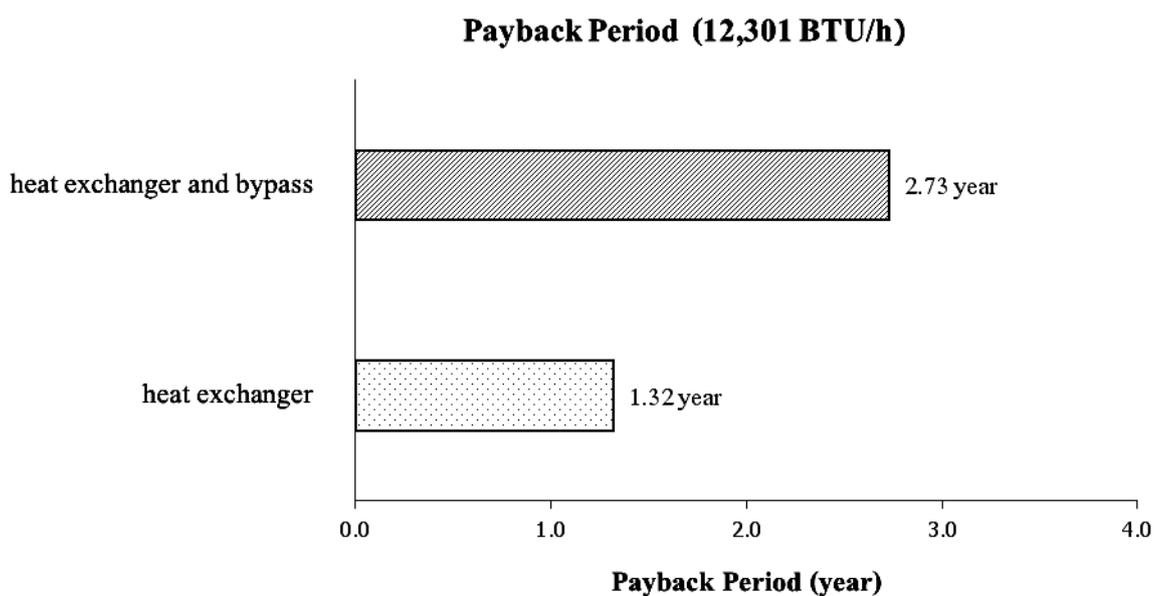
BTU/h สามารถลดการใช้พลังงานต่อปีลงได้ 7.76 % เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีผลทำให้ เครื่องปรับอากาศมีความสามารถทำความเย็น และค่า COP มากขึ้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศจึงลดลง และเมื่อนำอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นไปติดตั้งเพิ่มเข้าไปในระบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแล้ว จะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้อีก โดยเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,301 BTU/h สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 15.89 % และเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 24,800 BTU/h สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 13.66 % เมื่อเทียบกับกรณีก่อนการปรับปรุง ทั้งนี้เนื่องจากการเริ่มสตาร์ทตัวของคอมเพรสเซอร์ ต้องใช้กำลังงานมากทำให้เกิดสิ้นเปลืองพลังงานมาก แต่จะสิ้นเปลืองในช่วงเวลาสั้นๆ ดังนั้นอุปกรณ์สมดุลความดันจะรักษาความดันของสารทำความเย็นด้านสูงและด้านต่ำของคอมเพรสเซอร์จากระบบบายพาสไว้ในช่วงที่ระบบหยุดการทำงานให้มีความดันสูงกว่าระบบปกติ และเมื่อเริ่มต้นสตาร์ทตัวของคอมเพรสเซอร์อีกครั้ง ความดันสารทำความเย็นที่ทางออกคอมเพรสเซอร์จะลดลงกว่าระบบปกติ จึงทำให้สามารถลดโหลดการใช้พลังงานในช่วงเริ่มต้นสตาร์ทนี้ เกิดการประหยัดการใช้พลังงานมากขึ้น และจากผลของการ Subcool ในช่วงที่ระบบทำงาน และการลดพลังงานของคอมเพรสเซอร์ในช่วงระบบเริ่มสตาร์ทการทำงาน ส่งผลให้ค่า COP และ EER ของระบบปรับอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น และค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในระบบทั้งหมดที่ใช้ในระบบปรับอากาศจึงมีค่าลดลง

#### 4.8 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากผลการทดลองเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบ เปิด-ปิด ที่ใช้สารทำความเย็น R-22 ขนาดขนาด 12,301 BTU/h และขนาด 24,800 BTU/h ในกรณีเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และกรณีที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์เพิ่มเข้าไปในระบบร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน พบว่าระบบเครื่องปรับอากาศมีค่า COP และ EER เพิ่มขึ้น และยังสามารถลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนทั้ง 2 ขนาด จะทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธีหาระยะเวลาคืนทุน ( Payback Period ) วิธีหามูลค่าปัจจุบัน ( Net Present Value, NPV ) และ วิธีหาอัตราผลตอบแทนการลงทุน ( Internal Rate of Return, IRR ) โดยการนำค่าใช้จ่ายในการลงทุน และค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในแต่ละปีของเครื่องปรับอากาศของแต่ละกรณีมาพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีผลการคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนี้

#### 4.8.1 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h

##### 1) ระยะเวลาคืนทุน ( Payback Period )



รูปที่ 4.21 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

จากรูปที่ 4.21 ผลการคำนวณหาค่าระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,301 BTU/h เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ สัปดาห์ละ 6 วัน วันละ 8 ชั่วโมงใน 1 ปี (312 วัน) จะเห็นได้ว่า เครื่องปรับอากาศชนิดที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1.32 ปี (1 ปี 3 เดือน 25 วัน) ส่วนเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2.73 ปี (2 ปี 8 เดือน 22 วัน)

ตารางที่ 4.1 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในเวลา 10 ปีของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)		
	ก่อนปรับปรุง	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับ อุปกรณ์สมดุลความดัน
0	0.00	2,400.00	6,700.00
1	14,328.74	15,397.86	19,336.86
2	28,657.48	28,395.72	31,973.72
3	42,986.22	41,393.58	44,610.58
4	57,314.96	54,391.44	57,247.44
5	71,643.70	67,389.30	69,884.30
6	85,972.44	80,387.16	82,521.16
7	100,301.18	93,385.02	95,158.02
8	114,629.92	106,382.88	107,794.88
9	128,958.66	119,380.74	120,431.74
10	143,287.40	132,378.60	133,068.60

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในเวลา 10 ปี จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์มีค่าใช้จ่าย 133,068.60 บาท ระบบเครื่องปรับอากาศแบบกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าใช้จ่าย 132,378.60 บาท และระบบเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุงค่าใช้จ่าย 143,287.40 บาท

เมื่อเปรียบเทียบค่าความประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h ในเวลา 10 ปี ระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุง จากผลการคำนวณพบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าใช้จ่ายลดลง 10,908.80 บาท คิดเป็นค่าความประหยัดได้ 8.24 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าใช้จ่ายลดลงเป็น 10,218.80 บาท คิดเป็นค่าความประหยัดได้อีกเป็น 7.68% เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

## 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

ในการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณี สามารถแสดงค่าจากการคำนวณตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h

	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับ อุปกรณ์สมดุลความดัน
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี	8,793.13 บาท	8,388.72 บาท

## 3) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR)

ในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนของการปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณี สามารถแสดงผลของการคำนวณตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนการลงทุนของเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h

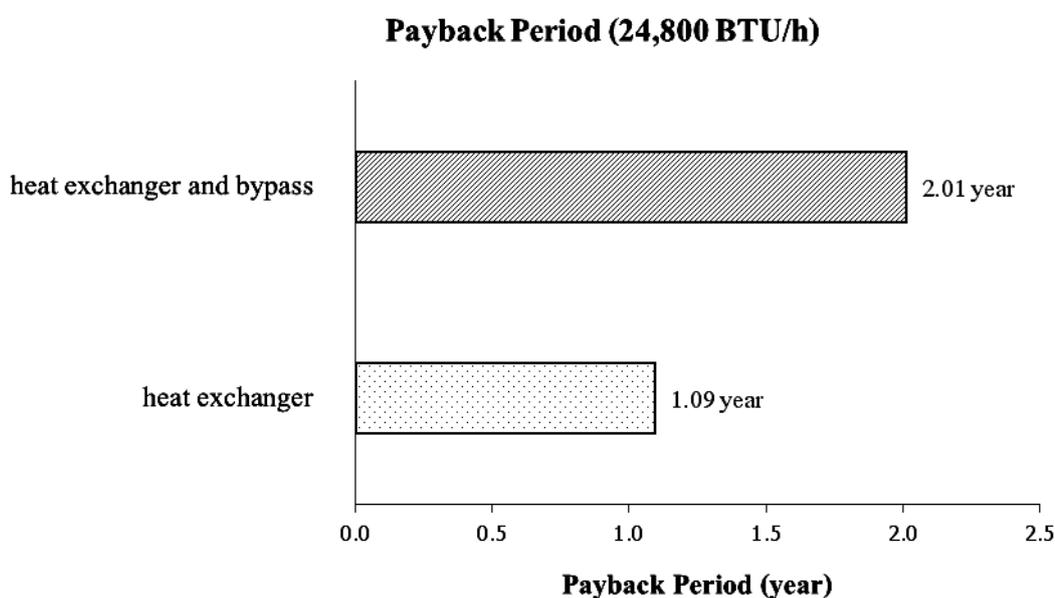
	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับ อุปกรณ์สมดุลความดัน
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)	76 %	35 %

จากการวิเคราะห์สรุปผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้ง 3 ค่า ของระบบเครื่องปรับอากาศ 12,301 BTU/h กรณีหลังปรับปรุง ซึ่งแสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ค. คือค่าระยะเวลาคืนทุน ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และค่าอัตราผลตอบแทนภายใน จะเห็นได้ว่าในกรณีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง Heat exchanger ได้ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นคือ 1.32 ปี (1 ปี 3 เดือน 25 วัน) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี มีค่าเป็นบวก คือ 8,793.13 บาท และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) มีค่า 76 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้เมื่อเทียบกับเงินลงทุนมีค่ามากกว่าจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ส่วนในกรณีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับ อุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ ได้ระยะเวลาคืนทุนที่ยอมรับได้คือ 2.73 ปี (2 ปี 8 เดือน 22 วัน) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี มีค่าเป็นบวก คือ 8,388.72 บาท และอัตราผลตอบแทน

การลงทุน (IRR) มีค่า 35 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากเช่นกัน ดังนั้นการติดตั้งระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี จึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

#### 4.8.2 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

##### 1) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)



รูปที่ 4.22 ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

จากรูปที่ 4.22 ผลการคำนวณหาค่าระยะเวลาคืนทุนของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 24,800 BTU/h เมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศ สัปดาห์ละ 6 วัน วันละ 8 ชั่วโมงใน 1 ปี (312 วัน) จะเห็นได้ว่า เครื่องปรับอากาศกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 1.09 ปี ( 1 ปี 10 เดือน 24 วัน) ส่วนเครื่องปรับอากาศที่มีการติดตั้งชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนใช้ระยะเวลาการคืนทุนประมาณ 2.01 ปี ( 2 ปี 1 เดือน 6 วัน)

ตารางที่ 4.4 ผลการคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในเวลา 10 ปีของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

ปีที่	ค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)		
	ก่อนปรับปรุง	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับ อุปกรณ์สมดุลความดัน
0	0.00	2,400.00	6,700.00
1	23,627.15	24,325.96	27,486.81
2	47,254.30	46,251.92	48,273.62
3	70,881.44	68,177.87	69,060.42
4	94,508.59	90,103.83	89,847.23
5	118,135.74	112,029.79	110,634.04
6	141,762.89	133,955.75	131,420.85
7	165,390.04	155,881.71	152,207.66
8	189,017.18	177,807.66	172,994.47
9	212,644.33	199,733.62	193,781.27
10	236,271.48	221,659.58	214,568.08

จากตารางที่ 4.4 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในเวลา 10 ปี จากผลการคำนวณจะเห็นได้ว่าระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์มีค่าใช้จ่าย 214,568.08 บาท ระบบเครื่องปรับอากาศแบบกรณีติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าใช้จ่าย 221,659.58 บาท และระบบเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุงมีค่าใช้จ่าย 236,271.48 บาท

เมื่อเปรียบเทียบค่าความประหยัดด้านพลังงานของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h ในเวลา 10 ปี ระหว่างกรณีระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี กับกรณีก่อนปรับปรุง จากผลการคำนวณพบว่า กรณีที่ 2 ระบบที่มีการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีค่าใช้จ่ายลดลง 14,611.89 บาท คิดเป็นค่าความประหยัดได้ 6.6 % และกรณีที่ 3 ระบบหลังการปรับปรุงที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นในระบบมีค่าใช้จ่ายลดลงเป็น 21,703.4 บาท คิดเป็นค่าความประหยัดได้อีกเป็น 10.11 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีก่อนปรับปรุง

## 2) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

ในการคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของการปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณี สามารถแสดงค่าจากการคำนวณตามตารางที่ 4.5 ดังนี้

**ตารางที่ 4.5** ผลการคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดัน
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี	11,068.46 บาท	13,768.04 บาท

## 3) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR)

ในการคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนของการปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณี สามารถแสดงค่าการคำนวณตามตารางที่ 4.6 ดังนี้

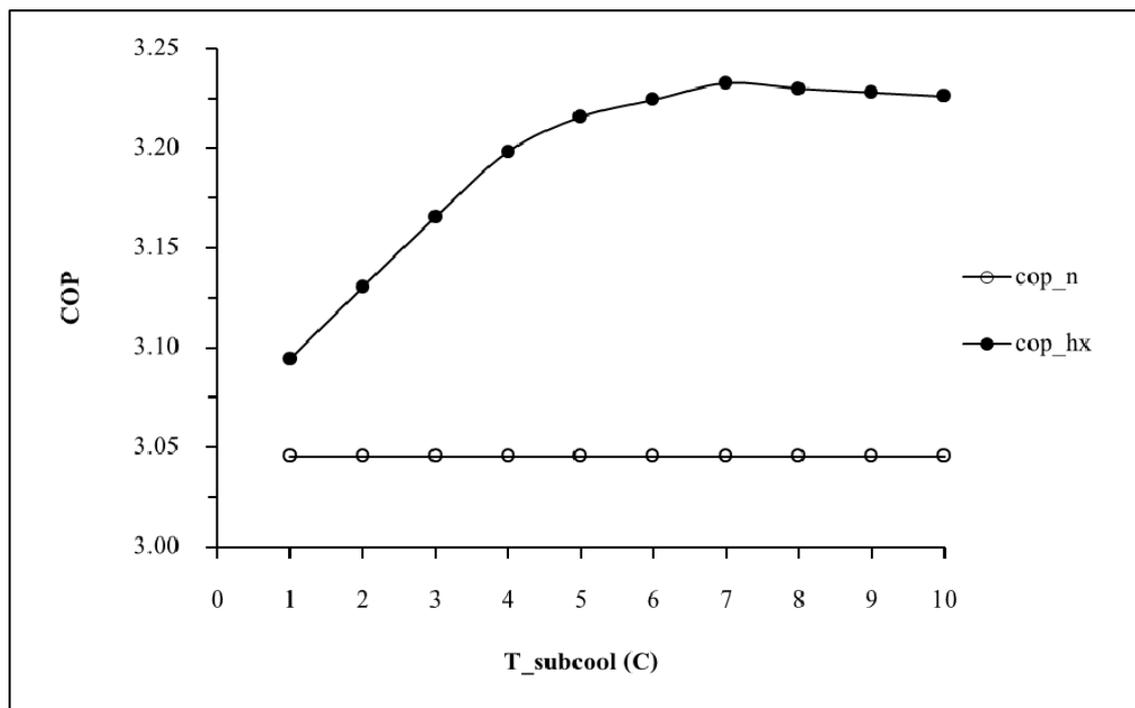
**ตารางที่ 4.6** ผลการคำนวณหาค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนของเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h

	ติดตั้ง Heat exchanger	ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์
อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR)	91 %	49 %

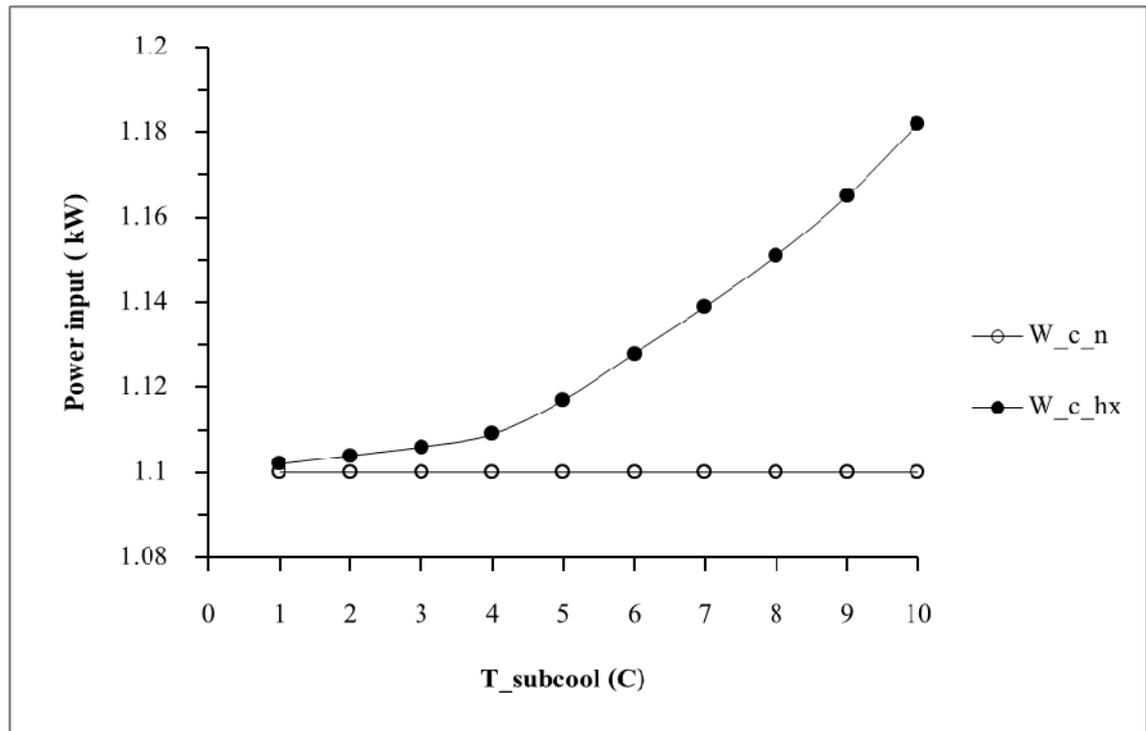
จากการวิเคราะห์สรุปผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้ง 3 ค่า ของระบบเครื่องปรับอากาศ 24,800 BTU/h กรณีหลังปรับปรุง ซึ่งแสดงการคำนวณไว้ในภาคผนวก ค. คือค่าระยะเวลาคืนทุน ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ และค่าอัตราผลตอบแทนภายใน จะเห็นได้ว่าในกรณีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง Heat exchanger ได้ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นคือ 1.09 ปี ( 1 ปี 10 เดือน 24 วัน) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี มีค่าเป็นบวก คือ 11,068.46 บาท และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) มีค่า 91 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก ดังนั้นจึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับเงินลงทุนจึงเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า ส่วนในกรณีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้ง Heat exchanger ร่วมกับอุปกรณ์สมดุลความดันคอมเพรสเซอร์ ได้ระยะเวลาคืนทุนที่ยอมรับได้คือ 2.01 ปี มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในเวลา 10 ปี มีค่าเป็นบวก คือ 13,768.04 บาท และอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) มีค่า

49 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากเช่นกัน ดังนั้นการติดตั้งระบบหลังการปรับปรุงทั้ง 2 กรณี จึงมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน

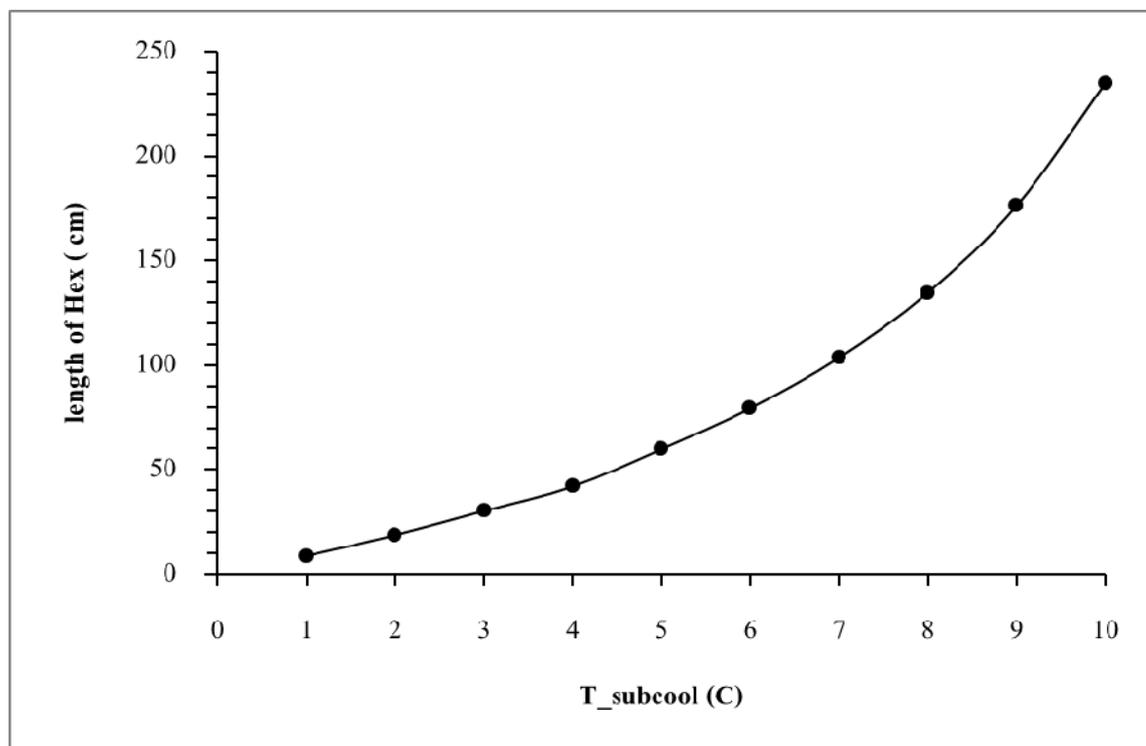
#### 4.9 ผลการวิเคราะห์โปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์จากการปรับปรุงติดตั้ง Liquid-Suction Heat exchanger ในเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอ



รูปที่ 4.23 ผลของค่า COP จากการ Run โปรแกรม Math Model



รูปที่ 4.24 ผลของค่ากำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ จากการ Run โปรแกรม Math Model



รูปที่ 4.25 ผลของขนาดความยาวของ Heat Exchanger จากการ Run โปรแกรม Math Model

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเครื่องปรับอากาศด้วยวิธีการ Subcool ในทางทฤษฎี จะเห็นได้ว่าเป็นวิธีการเพื่อทำให้สารทำความเย็นก่อนเข้าที่อู่เข็มหรืออุปกรณ์ลดความดันลงมีอุณหภูมิและเอนทัลปีลดลง เกิดการ Subcool ของสารทำความเย็นมากขึ้น ถ้ามีการลดอุณหภูมิที่จุดนี้ลงมากเท่าไร ก็ยังจะทำให้สารทำความเย็นมีค่าเอนทัลปีลดลงยิ่งขึ้น เกิดการ Subcool มากขึ้นเท่านั้น จึงมีผลทำให้อัตราการทำความเย็นที่เกิดในเครื่องระเหยมีมากขึ้นตาม ถ้าในกรณีที่กำลังงานที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ก็ยังจะทำให้ค่า COP ของระบบก็ยิ่งเพิ่มขึ้นด้วยเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น ซึ่งในทางปฏิบัติวิธีการ Subcool ให้กับระบบเครื่องปรับอากาศนี้สามารถทำได้หลายวิธี การใช้ Liquid-Suction Heat exchanger เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มให้ระบบเกิดการ Subcool มากขึ้นโดยที่ไม่ต้องใช้พลังงานภายนอกเข้าช่วยเพิ่มเติม ซึ่งเมื่อนำอุปกรณ์ติดตั้งเข้าไปในระบบแล้ว ในช่วงที่ระบบทำงานก็จะทำให้สารทำความเย็นเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกันระหว่างสารทำความเย็นเหลวอุณหภูมิสูงที่ท่อ Liquid กับไอสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำที่ท่อ Suction ทำให้สารทำความเย็นเหลวที่ท่อ Liquid มีอุณหภูมิลดลงเกิดการ Subcool มากขึ้น อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้นตาม ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าต้องการเพิ่มอัตราการทำความเย็นของระบบให้มากยิ่งขึ้น โดยใช้อุปกรณ์ Liquid-Suction Heat exchanger จำเป็นจะต้องออกแบบให้อุปกรณ์มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนมากขึ้นตามด้วย นั่นคืออุปกรณ์ต้องมีขนาดยาวขึ้นนั่นเอง แต่วิธีการเพิ่มการ Subcool ด้วยวิธีการนี้ เมื่อออกแบบอุปกรณ์ Liquid-Suction Heat exchanger ให้มีขนาดยาวขึ้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้นนั้นจะไม่สามารถทำให้ค่า COP ของระบบเพิ่มขึ้นตามเสมอไป ดังนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์ระบบทางทฤษฎีแล้วพบว่าเราสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนของสารทำความเย็นที่ท่อ Liquid กับท่อ Suction ได้สูงสุดเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น จึงจะทำให้ค่า COP ในระบบเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือถ้าเราต้องการให้สารทำความเย็นเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนให้มากขึ้นก็จะมีผลทำให้ไอสารทำความเย็นที่ท่อ Suction มีค่า Superheat ในระบบสูงขึ้น กำลังงานป้อนคอมเพรสเซอร์ก็มากขึ้นตาม ถ้าการเพิ่มขึ้นของอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เครื่องระเหยมีค่าน้อยกว่าค่าความร้อนที่เกิดจากการอัดไอของคอมเพรสเซอร์ก็ทำให้ค่า COP ของระบบต่ำลงนั่นเอง

จากผลการ Run โปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ของระบบหลังปรับปรุงติดตั้ง Liquid-Suction Heat exchanger ตามรูปที่ 4.23 จะได้ค่า COP ก่อนปรับปรุง ( $COP_n$ ) เท่ากับ 3.045 ระบบหลังปรับปรุงติดตั้ง Liquid-Suction Heat exchanger ( $COP_{hx}$ ) ที่อุณหภูมิ Subcool ( $T_{subcool}$ ) เท่ากับ  $4^\circ C$  มีค่า COP เท่ากับ 3.198 เพิ่มขึ้นจากระบบก่อนปรับปรุง 5.02 % ดังนั้นเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผล COP ที่ได้จากโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์กับค่า COP โดยเฉลี่ยจากผลการทดลองพบว่าค่า COP ที่คำนวณได้จากโปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์มีค่าลดลงจากระบบจากการทดลองจริงประมาณ 1.62 % ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันสามารถนำไปวิเคราะห์ระบบที่มีอุณหภูมิ Subcool ค่าอื่นๆได้

และเมื่อสังเกตค่า COP ของอุณหภูมิอื่นๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ Subcool เท่ากับ  $7^{\circ}\text{C}$  จะมีค่า COP สูงสุดที่ 3.235 เพิ่มขึ้น 6.22 % เมื่อเทียบกับระบบก่อนปรับปรุง อุณหภูมิ Subcool เท่ากับ  $6^{\circ}\text{C}$  และ  $5^{\circ}\text{C}$  มีค่า COP รองลงมาที่ 3.224 (เพิ่มขึ้น 5.59 %) และ 3.216 (เพิ่มขึ้น 5.92 %) ตามลำดับ และจากรูปที่ 4.24 การคำนวณหาค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ พบว่าระบบก่อนปรับปรุงใช้กำลังงานป้อนคอมเพรสเซอร์ ( $W_{c_n}$ ) เท่ากับ 1.1 kW ระบบหลังปรับปรุงที่อุณหภูมิ Subcool  $4^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $6^{\circ}\text{C}$  และ  $7^{\circ}\text{C}$  ใช้กำลังงานป้อนคอมเพรสเซอร์ ( $W_{c_{hx}}$ ) เท่ากับ 1.109 kW, 1.117 kW, 1.128 kW และ 1.139 kW ตามลำดับ และขนาดความยาวของ Liquid-Suction Heat exchanger ที่คำนวณได้จากรูปที่ 4.25 พบว่า ระบบหลังปรับปรุงที่อุณหภูมิ Subcool  $4^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $6^{\circ}\text{C}$  และ  $7^{\circ}\text{C}$  มีขนาดความยาว 41.7 cm, 59.86 cm, 79.37 cm และ 103.6 cm ตามลำดับ

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลจากการ Run โปรแกรมคำนวณทางคณิตศาสตร์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ที่ได้รับของระบบที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มสมรรถนะการทำความเย็น คือการลดอุณหภูมิให้เกิดการ Subcool ลงอีก  $7^{\circ}\text{C}$  โดยติดตั้ง Liquid-Suction Heat exchanger ที่มีขนาดความยาว 103.6 cm แต่เมื่อพิจารณาถึงค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์กับสมรรถนะที่ได้รับในงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงติดตั้ง Liquid-Suction Heat exchanger ที่มีขนาดความยาว 41.7 cm เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด คือสามารถทำให้ค่า COP เพิ่มขึ้น 5.02 % ในขณะที่กำลังงานป้อนให้คอมเพรสเซอร์เพิ่มขึ้นในค่าที่เหมาะสม คือ 0.81% ตรงตามสมมติฐานที่วางไว้