ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การปรับปรุงสมรรถนะระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน แบบท่อซ้อนท่อ ระหว่างท่อ Liquid (ท่อทองแดงด้านนอก) กับท่อ Suction (ท่อทองแดงด้านใน) ที่มีขนาดความยาว 41 cm เพื่อเป็นการเพิ่มสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นให้มากยิ่งขึ้นในช่วงที่ระบบทำงาน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในระบบปรับอากาศร่วมกับชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็นทางด้านดูดและด้านอัดของคอมเพรสเซอร์ซึ่งประกอบด้วย วาล์วกันกลับ (Check Valve) ขนาด 3 หุน จำนวน 1 ตัว, วาล์วกันกลับ (Check Valve) ขนาด 5 หุนจำนวน 1 ตัว, โซลินอยด์วาล์ว ขนาด 3 หุนจำนวน 2 ตัว และท่อทองแดงสำหรับบายพาสไอสารทำความเย็นระหว่างท่อทางดูดและท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์ เพื่อให้เกิดมีการสมดุลความดันสารทำความเย็นระหว่างที่ท่อทั้ง 2 ไว้ด้วยความดันที่สูงกว่าระบบปกติ ในช่วงที่ระบบหยุดการทำงาน เพื่อการลดการใช้กระแสไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ในช่วงเริ่มสตาร์ท ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของระบบมากขึ้น

จากผลการทดลองที่ได้ปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น ในระบบเครื่องปรับอากาศ 2 ขนาดคือ ขนาด 12,301 BTU / h และ ขนาด 24,800 BTU/h ผลปรากฏว่าเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ขนาด สามารถทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของ เพิ่มขึ้น 6.287 % และ 5.322 % ตามลำดับ และยังสามารถทำให้ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าลดลงอีก 15.89 % และ 13.66 % ตามลำดับ แต่ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่มากขึ้นนั้นจำเป็นต้องแลกกับการลงทุนเพื่อจัดซื้อจัดสร้างอุปกรณ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการพิจารณาประเมินความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุนว่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศที่ได้รับมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ โดยทำการแยกพิจารณาเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ทดสอบ 2 ขนาด โดยกำหนดข้อมูลประกอบในการพิจารณาวิเคราะห์ดังนี้คือ

1) ต้นทุนของพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้า ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย โดยรายละเอียดดังนี้

ก. ค่าไฟฟ้าฐาน

ค่าพลังงานไฟฟ้าฐาน (อัตรารายเดือน) ประจำเดือนมิถุนายน 2555 – ปัจจุบัน

การคิดคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ จะคิดที่อัตราปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนอยู่ในช่วง 250 - 400 หน่วย มีค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.7362 บาท และค่าบริการรายเดือน 38.22 บาท

ข. ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft = Fuel Tariff)

ค่า Ft ช่วงเดือน ก.ย.-ธ.ค. 2555 คือ 48 สตางค์ต่อหน่วย (0.48 บาท) (จำนวนพลังงานไฟฟ้า x ค่า Ft)

ค. ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) x 7/100)

2) เงินลงทุนเริ่มแรก

ข้อมูลประกอบการพิจารณาเกี่ยวกับเงินลงทุนเริ่มแรกของระบบ พิจารณาจากราคาวัสดุ ค่าแรงการสร้างอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ดังนี้

ตารางที่ ค.1 รายการค่าใช้จ่ายวัสดุ อุปกรณ์ และการดำเนินการ ในการลงทุนเริ่มแรก

รายการ	ราคา (บาท)
1. วัสดุ อุปกรณ์ที่สร้าง Heat Exchanger + ค่าดำเนินการ	2,400
2. Solenoid Valve 3/8 in (2)	2,800
3. Check Valve 3/8 in	700
4. Check Valve 5/8 in	800
รวมราคาลงทุน	6,700

3) ชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

พิจารณาให้เครื่องปรับอากาศทำงานดังนี้

ก. ชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ใน 1 วัน (ตั้งแต่เวลา 9.30 – 17.30 น.) เท่ากับ 8 ชั่วโมง/วัน

ข. จำนวนวันการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ใน 1 ปี (โดยที่เครื่องปรับอากาศทำงาน 6 วัน /1 สัปดาห์ และ 1 ปี เท่ากับ 52 สัปดาห์) เท่ากับ 312 วัน/ปี รวมชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศใน 1 ปี เท่ากับ 2,496 ชั่วโมงต่อปี

ค. พิจารณาอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศที่เวลา 10 ปี

4) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (อัตราส่วนลด) กำหนด 10 % ต่อปี

ค.1 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/ h

ตารางที่ ค.2 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบจากผลการทดลองของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 12,301 BTU/h ก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง

	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh)	พลังงานที่ขับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ย (kW)	ค่า COPโดยเฉลี่ย
ก่อนปรับปรุง	9.831	1.097	3.07
หลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	8.89	1.103	3.25
หลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและชุดอุปกรณ์สมดุลความดันสารทำความเย็น	8.44	1.1	3.262

จากตารางที่ ค.2 แสดงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,000 BTU/h ก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ในเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อนำผลกรณีหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบกับกรณีระบบก่อนปรับปรุง พบว่ากรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวมลดลง 0.946 kWh คิดเป็น 10.64 % อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในขณะทำงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 0.005 kW คิดเป็น 0.49 % ขณะที่ค่า COP โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 5.89 % และในกรณีหลังการติดตั้งชุดอุปกรณ์การสมดุลความดันสารทำความเย็นเพิ่มเข้ากับระบบร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มีผลทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวมลดลงอีก 0.45 kWh เป็น 1.4 kWh คิดค่าความประหยัดรวมได้ 16.55 % อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในขณะทำงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นที่ 0.003 kW คิดเป็น 0.21 % ขณะที่ค่า COP เพิ่มขึ้นเป็น 6.29 % จากผลการทดลองพบว่ากรณีหลังปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณีมีค่า COP เพิ่มขึ้น และยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้

น้อยลงด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการลงทุนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าไปในระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ดังนี้

ค.1.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

1) รายรับต่อปี

โดยที่ค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ต่อปี แบ่งพิจารณาดังนี้

1) ค่าไฟฟ้าฐานที่ประหยัดได้ใน 1 ปี

= พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ x จำนวนวันการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ใน 1 ปี x อัตราค่าไฟฟ้า + (ค่าบริการใน 1 ปี)

= (9.831-8.435) kWh/d × 312 d/y × 3.7362 bht/kWh + (38.22x12) bht/y

= 2,085.91 บาท/ปี

2) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft = Fuel Tariff) ใน 1 ปี

= พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ ×Ft

= (9.831-8.435) kWh/d × 312 d/y × 0.48 B/kWh = 209.06 บาทต่อปี

3) ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7 % ใน 1 ปี = (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) x 7/100

= (2,085.91 บาท/ปี + 209.06 บาทต่อปี) × 0.07 = 160.65 บาทต่อปี

ดังนั้นรายรับต่อปี = 2,085.91 + 209.06 + 160.65 = 2,455.62 บาทต่อปี

2) มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี

มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี = รายรับต่อปี – รายจ่ายต่อปี

= 2,455.62 – 0 = 2,455.62 บาทต่อปี

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากสมการที่ (2.47) จะได้

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายการลงทุน/มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี

= 6,700 /2,455.62

= 2.73 ปี หรือ ประมาณ 2 ปี 8 เดือน

ค.1.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

จากสมการที่ (2.49) $$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC = 0$$

ดังนั้นจะได้

$$NPV = \sum_{n=1}^{10} \frac{(2{,}455.62 - 0)}{(1+0.1)^n} - 6{,}700 = 8{,}388.72 \text{ บาท}$$

ค.1.3 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR)

สมการการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุน,IRR แบบลองผิดลองถูก มีดังนี้

จากสมการที่ (2.50) $$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC = 0$$

จะได้ $$NPV = \sum_{n=1}^{10} \frac{(2{,}455.62 - 0)}{(1+i)^n} - 6{,}700 = 0$$

IRR = 35 %

ค.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศขนาด 24,800 BTU/h

ตารางที่ ค.3 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบจากผลการทดลองของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,000 BTU/h ก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ในระยะเวลา 8 ชั่วโมง

	ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวม (kWh)	พลังงานที่ขับคอมเพรสเซอร์โดยเฉลี่ย (kW)	ค่า COPโดยเฉลี่ย
ก่อนปรับปรุง	16.44	2.408	2.861
หลังการปรับปรุง โดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	15.23	2.416	3.00
หลังการปรับปรุง โดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและการสมดุลความดันสารทำความเย็น	14.42	2.410	3.01

จากตารางที่ ค.3 แสดงผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 24,000 BTU/h ก่อนปรับปรุง และหลังการปรับปรุง ในเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อนำผลกรณีหลังปรับปรุงทั้ง 2 กรณีมาเปรียบเทียบกับกรณีระบบก่อนปรับปรุง พบว่ากรณีหลังการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวมลดลง 1.21 kWh คิดเป็น 7.94 % อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในขณะทำงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.008 kW คิดเป็น 0.33 % ขณะที่ค่า COP เพิ่มขึ้น 5.05 % และในกรณีหลังการติดตั้งชุดอุปกรณ์การสมดุลความดันสารทำความเย็นเพิ่มเข้ากับระบบร่วมกับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มีผลทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ารวมลดลงอีก 0.81 kWh รวมเป็น 2.02 kWh คิดค่าความประหยัดรวมได้ 13.99 % อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่ป้อนให้กับคอมเพรสเซอร์ในขณะทำงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ 0.002 kW คิดเป็น 0.08 % ขณะที่ค่า COP เพิ่มขึ้นเป็น 5.322 % จากผลการทดลองพบว่ากรณีหลังปรับปรุงระบบทั้ง 2 กรณีมีค่า COP เพิ่มขึ้น และยังสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้น้อยลงด้วย เช่นเดียวกันผลการทดลองของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,301 BTU/h และ

เมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการลงทุนของอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าไปในระบบเครื่องปรับอากาศ ขนาด 24,800 BTU/h ผู้วิจัยจึงได้พิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์ดังนี้

ค.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

โดยที่ค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ต่อปี แบ่งพิจารณาดังนี้

1) ค่าไฟฟ้าฐานที่ประหยัดได้ใน 1 ปี

= พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ x จำนวนวันการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ใน 1 ปี x อัตราค่าไฟฟ้า + (ค่าบริการใน 1 ปี)

= (16.44-14.42) kWh/d × 312 d/y × 3.7362 bht/kWh + (38.22x12) bht/y

= 2,810.95 บาท/ปี

2) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft = Fuel Tariff) ใน 1 ปี

= พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่สามารถประหยัดได้ ×Ft

= (16.44-14.42) kWh/d × 312 d/y × 0.48 B/kWh = 302.21 บาทต่อปี

3) ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7 % ใน 1 ปี = (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า Ft) x 7/100

= (2,810.95 บาท/ปี + 302.21 บาทต่อปี) × 0.07 = 217.92 บาทต่อปี

ดังนั้นรายรับต่อปี = 2,810.95 + 302.21 + 217.92 = 3,331.08 บาทต่อปี

2) มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี

มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี = รายรับต่อปี – รายจ่ายต่อปี

= 3,331.08 – 0 = 3,331.08 บาทต่อปี

3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากสมการที่ (2.47) จะได้

ระยะเวลาคืนทุน = ค่าใช้จ่ายการลงทุน/มูลค่าการประหยัดได้เฉลี่ยต่อปี

= 6,700 /3,331.08

= 2.01 ปี

ค.2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV)

จากสมการที่ (2.49) $$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC = 0$$

ดังนั้นจะได้

$$NPV = \sum_{n=1}^{10} \frac{(3,331.08 - 0)}{(1+0.1)^n} - 6,700 = 13,768.04 \text{ บาท}$$

ค.2.3 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return , IRR)

สมการการคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุน,IRR แบบลองผิดลองถูก มีดังนี้

จากสมการที่ (2.50) $$NPV = \sum_{n=0}^{N} \frac{NCF_n}{(1+i)^n} - TIC = 0$$

จะได้ $$NPV = \sum_{n=1}^{10} \frac{(3,331.08 - 0)}{(1+i)^n} - 6,700 = 0$$

IRR = 49 %