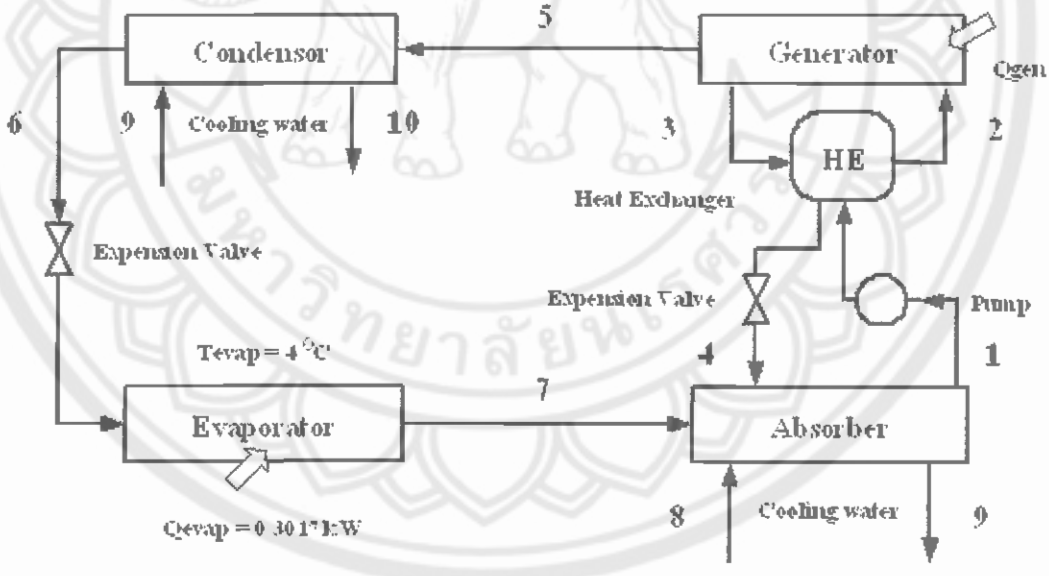
# บทที่ 4

# ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

## 4.1 ผลจากการจำลองของโปรแกรม

ในรูปที่ 4.1 เป็นการทำงานของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยในขั้นตอนแรกเราจะกำหนดภาระการทำความเย็น และอุณหภูมิของระบบให้มีค่าเท่ากับในระบบของตู้เย็นที่เรานำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับระบบของเรา คือ มีภาระการทำความเย็นเท่ากับ 1060 BTU/hr หรือ 0.3107 kW และมีอุณหภูมิ 4 ° C จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลและผลจากการจำลองของโปรแกรมจะได้ค่าที่ออกมาในตารางที่ 4.1

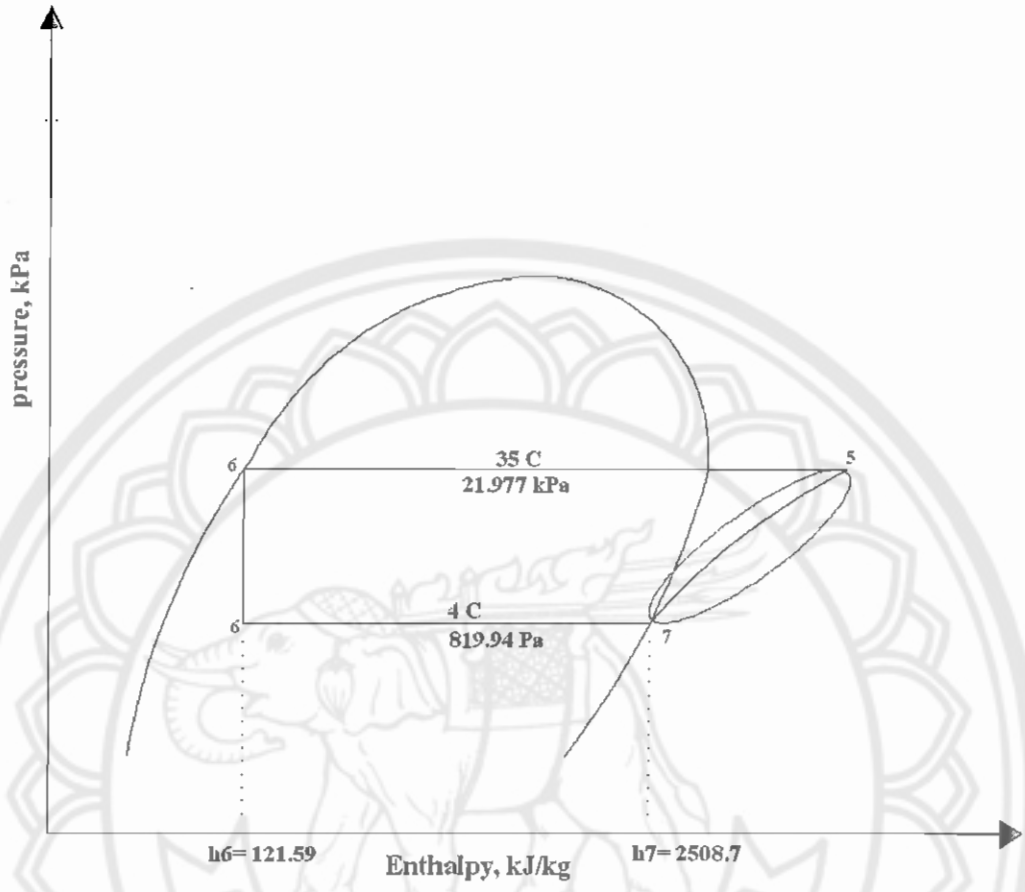



**รูปที่ 4.1 แบบจำลองการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึม**

ในตารางที่ 4.1 จะเป็นการแสดงสภาวะและคุณสมบัติ ณ จุดต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากการทำงานการทดลองโดยการทำแบบจำลองระบบทำความเย็นแบบดูดซึม ค่าที่ได้ออกมาจะเป็นไปตามตามจุดต่าง ๆ ที่เราได้พิจารณา รูปที่ 4.1 ในการทดลองขั้นแรกเราจะทำการ Input ค่าภาระการทำความเย็นที่ Evaporator เท่ากับ 0.3017 kW และอุณหภูมิที่ Evaporator เท่ากับ 4 °C จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการประมวนผลได้ค่าสภาวะและคุณสมบัติ ณ จุดต่าง ๆ คือ ค่าอัตราการไหล ( kg/s) อุณหภูมิ ( °C ) ค่าความเข้มข้นของลิเทียมโบรมาย $(\%LiBr)$ และค่าเอนทาลปี ( kJ/kg ) ดังในตารางที่ 4.1

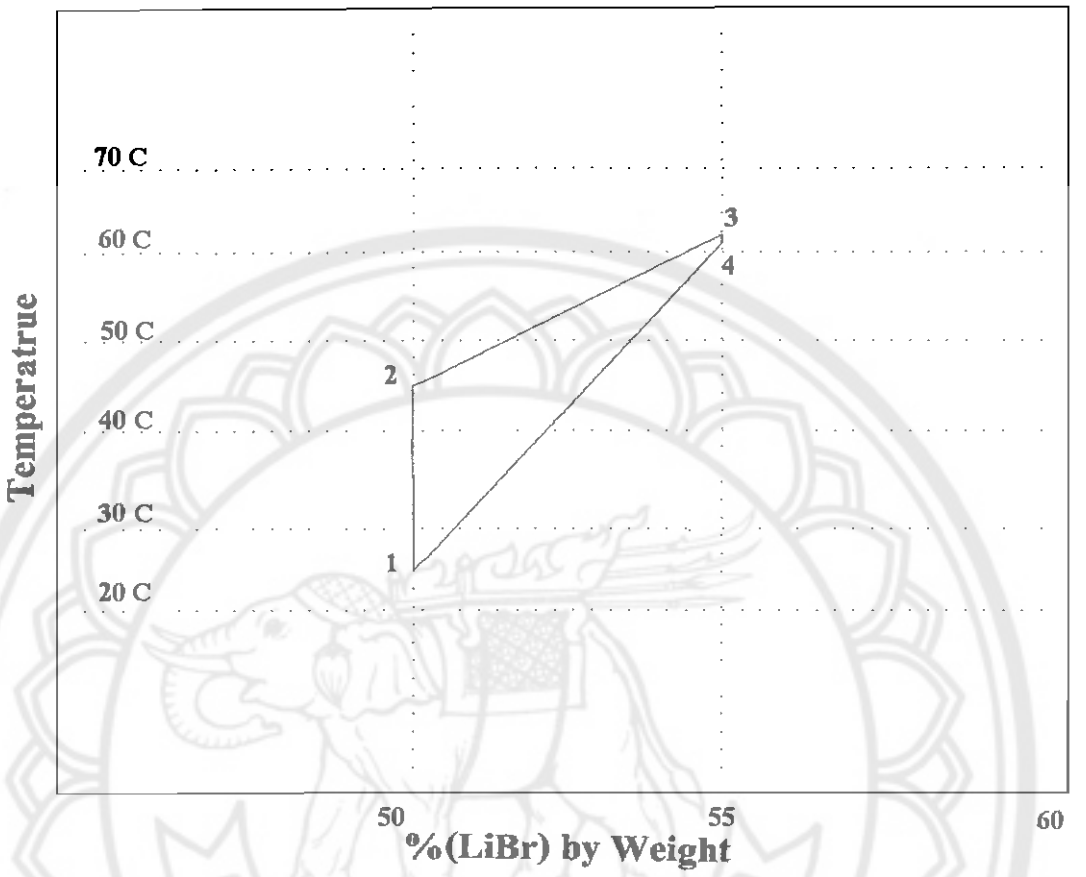
**ตารางที่ 4.1 แสดงผลที่ได้จากโปรแกรมในจุดต่าง ๆ**

| จุด | อัตราการไหล ( kg/s) | อุณหภูมิ ( °C ) | ค่าความเข้มข้นของลิเทียมโบรมาย $(\%LiBr)$ | ค่าเอนทาลปี ( kJ/kg ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $1.40056 \times 10^{-3}$ | 25 | 50.05 | 20.99 |
| 2 | $1.40056 \times 10^{-3}$ | 47 | 50.05 | 41.45 |
| 3 | $1.27418 \times 10^{-3}$ | 62 | 55.01 | 59.03 |
| 4 | $1.27418 \times 10^{-3}$ | 61 | 55.01 | 36.54 |
| 5 | $1.26387 \times 10^{-4}$ | 62 | 0 | 2613.05 |
| 6 | $1.26387 \times 10^{-4}$ | 29 | 0 | 121.59 |
| 7 | $1.26387 \times 10^{-4}$ | 4 | 0 | 2508.70 |
| 8 | $2.39520 \times 10^{-1}$ | 25 | 0 | - |
| 9 | $2.39520 \times 10^{-1}$ | 25.3 | 0 | - |
| 10 | $2.39520 \times 10^{-1}$ | 25.6 | 0 | - |



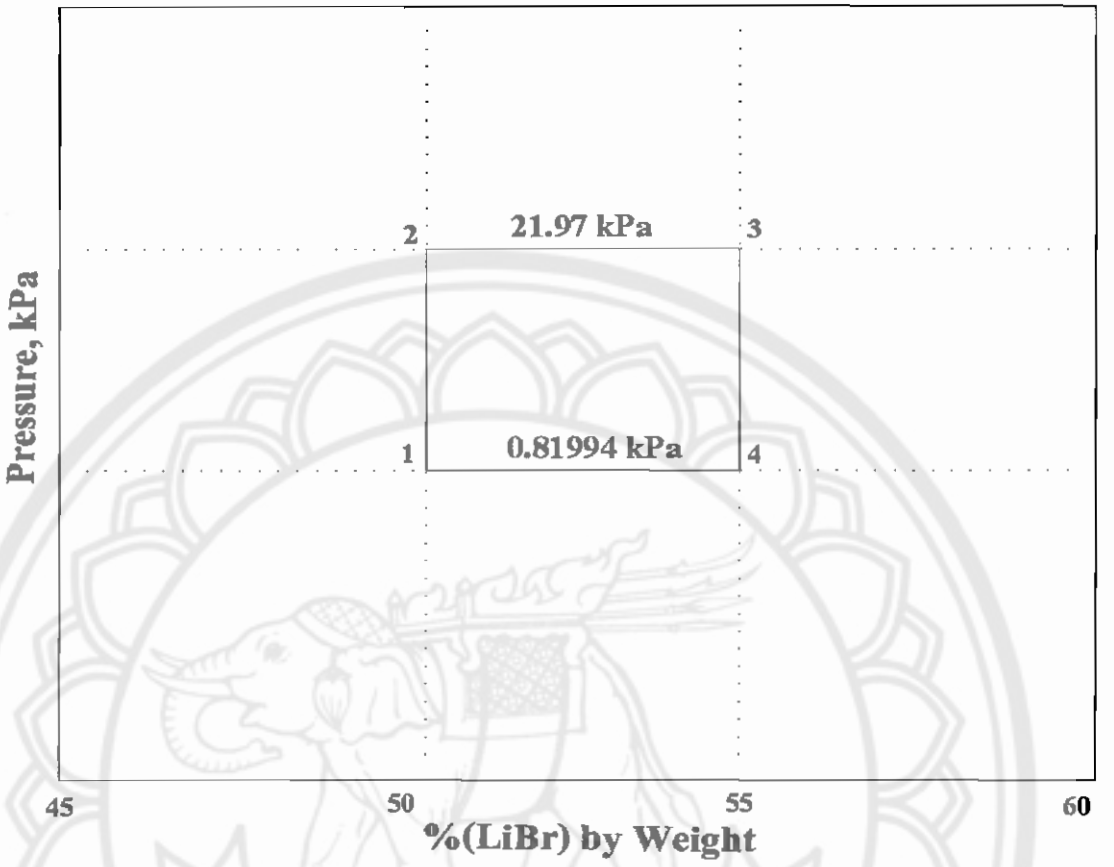

**รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความดันและค่าเอนทาลปีของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมของน้ำ**

จากรูปที่ 4.2 แสดง P-h diagram ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่เราพิจารณา ซึ่งเป็นวัฏจักรการทำงานของน้ำในระบบ จากสภาวะที่ 5 ซึ่งเป็นไอร้อนยิ่งยวด ที่ระเหยจาก Generator ผ่านกระบวนการควบแน่นที่ Condenser ที่ความดัน 21.077 kPa กลายเป็นของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะที่ 6 และถูกลดความดันเมื่อผ่าน Expansion Valve มีความดันเหลือเพียง 0.81007 kPa หลังจากนั้นน้ำจะรับความร้อนที่ Evaporator กลายเป็นไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะที่ 7 และเข้าสู่ Absorber ต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4.3




**รูปที่ 4.3 (ก) แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ และค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ LiBr ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ Absorber**

จากรูปที่ 4.3 (ก) แสดงความสัมพันธ์ของความดันกับเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ LiBr ของระบบการดูดซึม จากสภาวะที่ 7 ซึ่งเป็นน้ำบริสุทธิ์จะถูกผสมกับ LiBr ที่ความเข้มข้น 55.01 % ที่สภาวะที่ 4 ซึ่งมีความดัน 0.81997 kPa กลายเป็น LiBr ผสมกับน้ำที่มีความเข้มข้นลดลง เหลือ 50.05 % ที่สภาวะที่ 1 หลังจากนั้นจะถูกปั๊มให้มีความดันเพิ่มขึ้นเป็น 21.077 kPa ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ก่อนที่จะเข้าสู่ Generator ที่สภาวะที่ 2 จุดนี้ Generator จะได้รับความร้อนทำให้ LiBr ที่ผสมกับน้ำก็จะมีไอน้ำบางส่วนที่ระเหยออกไปที่สภาวะที่ 5 ส่วน LiBr กับน้ำที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นที่ 55.01% ที่สภาวะที่ 3 ลงมาแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Heat Exchanger ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการลดความดันที่ Expansion Valve เหลือความดัน 0.81997 kPa ที่สภาวะที่ 4 แล้วเข้าผสมกับน้ำที่ Absorber ตามวัฏจักรการดูดซึมต่อไป

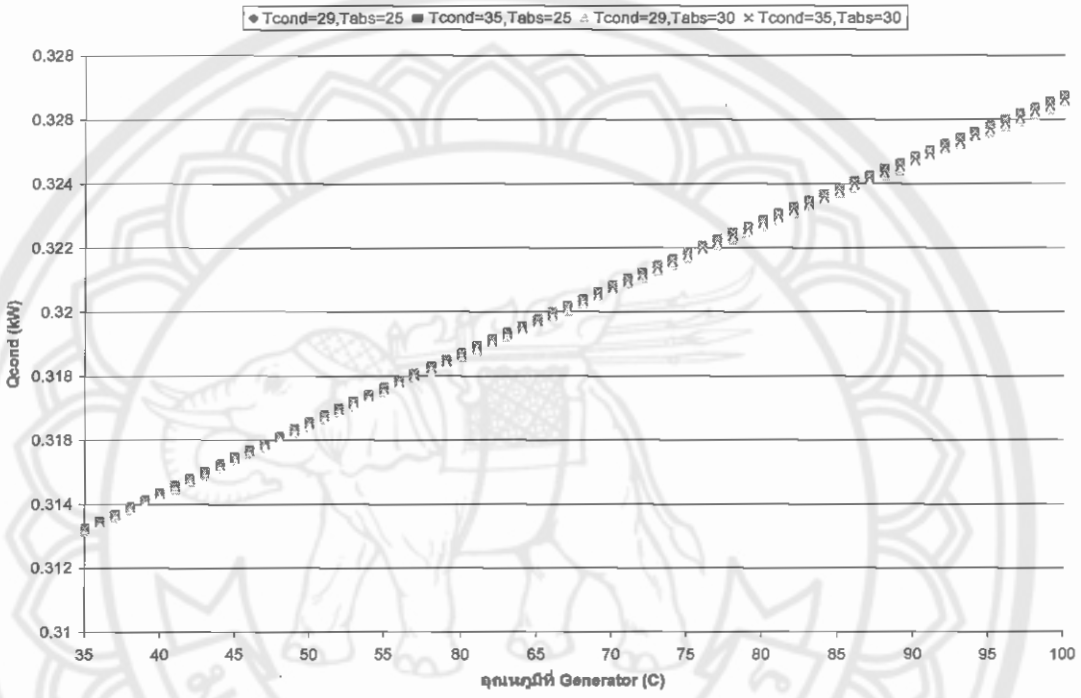



**รูปที่ 4.3 (ข) แสดงความสัมพันธ์ของความดันและค่าเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ LiBr ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่ Absorber**

จากรูปที่ 4.3 (ข) แสดงค่าอุณหภูมิกับเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของ LiBr เมื่อสภาวะที่ 1 มีความเข้มข้นของ LiBr กับน้ำเท่ากับ 50.01 % มีอุณหภูมิ 25 °C จะถูกปั๊มผ่าน Heat Exchanger แลกเปลี่ยนความร้อน มาที่สภาวะที่ 2 ที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 47 °C ก่อนที่จะเข้าสู่ Generator เพื่อรับความร้อน LiBr ที่ผสมกับน้ำก็จะมีไอน้ำบางส่วนที่ระเหยออกไป ส่วน LiBr กับน้ำที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นที่ 55.01% ที่สภาวะที่ 3 ลงมาแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Heat Exchanger แล้วผ่าน Expansion Valve เข้าสู่สภาวะที่ 4 มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 61 °C แล้วเข้าผสมกับน้ำที่ Absorber ตามวัฏจักรการดูดซึม ต่อไป

## 4.2 การวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม

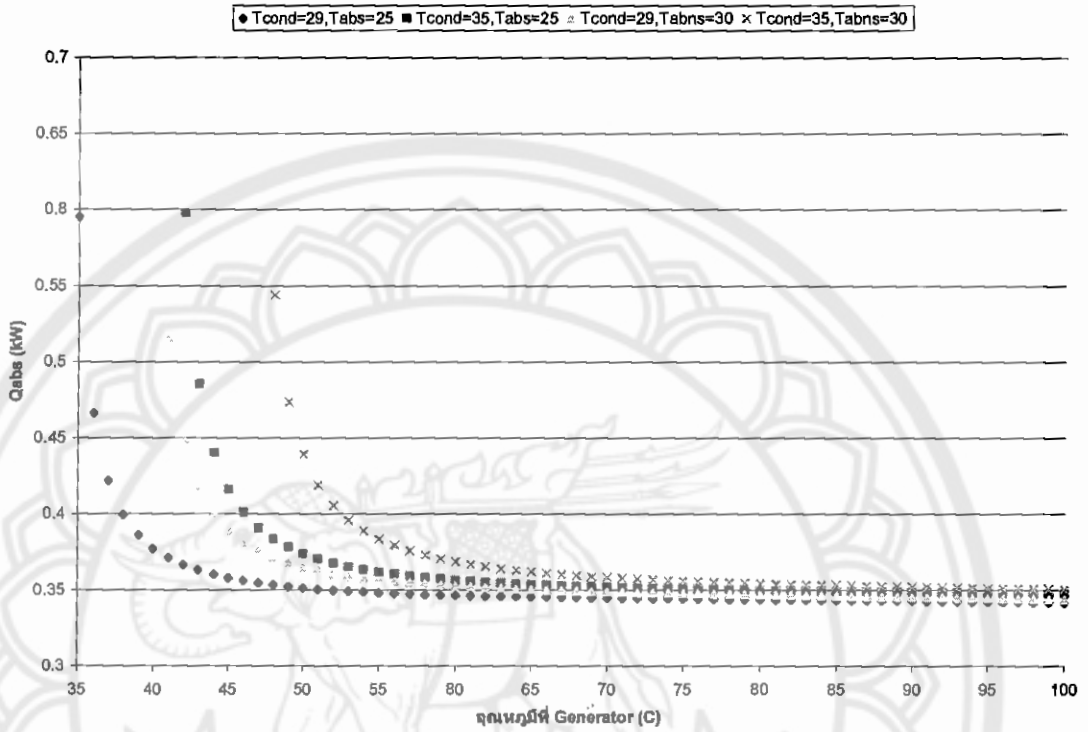
### 4.2.1 ผลของอุณหภูมิ Generator ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Condenser กับอุณหภูมิที่ Generator เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Absorber ใด ๆ**

กราฟที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Generator กับพลังงานความร้อนที่ Condenser ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีอุณหภูมิ Condenser และ Absorber ที่ต่างกัน จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้น ค่าพลังงานความร้อนจะเพิ่มขึ้นทุก ๆ เส้น เหมือนกัน อาทิเช่นที่อุณหภูมิ Condenser เท่ากับ 29°C อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25°C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 5°C ถึง 100°C ค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser จะเพิ่มขึ้นจาก 0.318 kW ถึง 0.327 kW

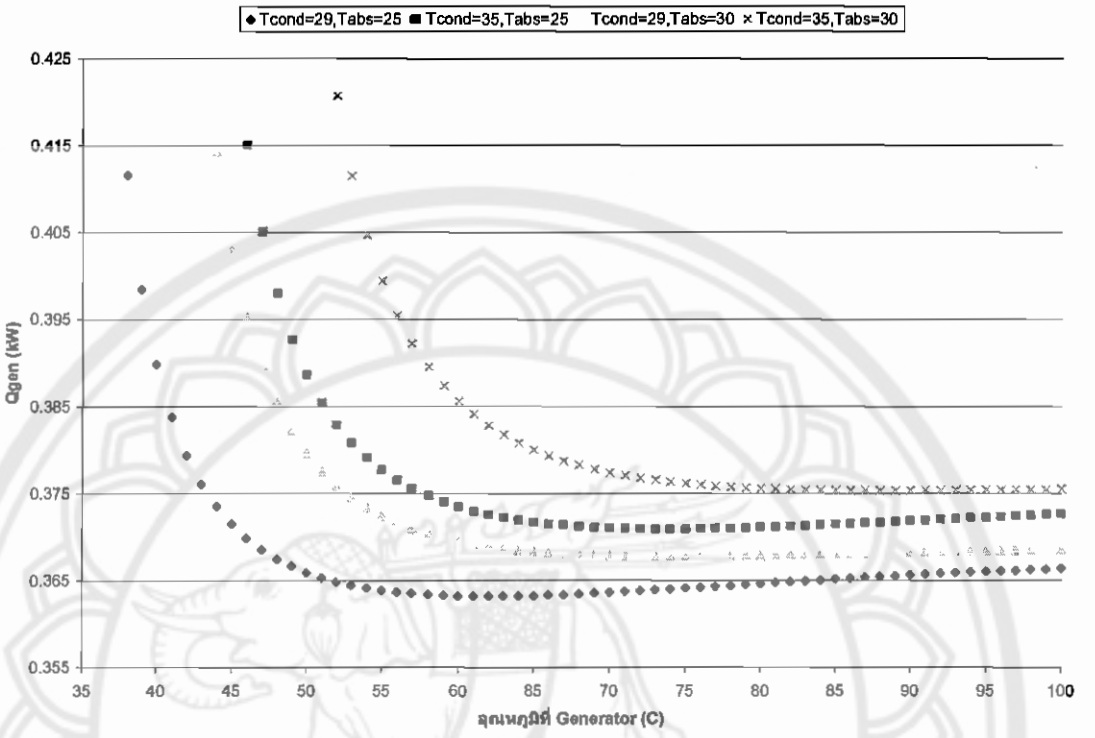
ดังนั้น อุณหภูมิที่ Generator ยิ่งต่ำก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่คายออกจาก Condenser ต่ำลง และค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Cooling Water ลดลงด้วยและจะไม่ส่งผลต่อการเลือกอุณหภูมิ Generator ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Absorber กับอุณหภูมิที่ Generator เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Absorber ใด ๆ**

กราฟที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Generator กับพลังงานความร้อนที่ Absorber ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีอุณหภูมิ Condenser และ Absorber ที่ต่างกัน ต่างกัน จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้น ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorberจะลดลง ทุก ๆ เส้นเหมือนกันอาทิเช่นที่อุณหภูมิ Condenser เท่ากับ 20 °C อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 °C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 35 °C ถึง 62 °C ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber จะลดลงจาก 0.34 kW ถึง 0.335 kW

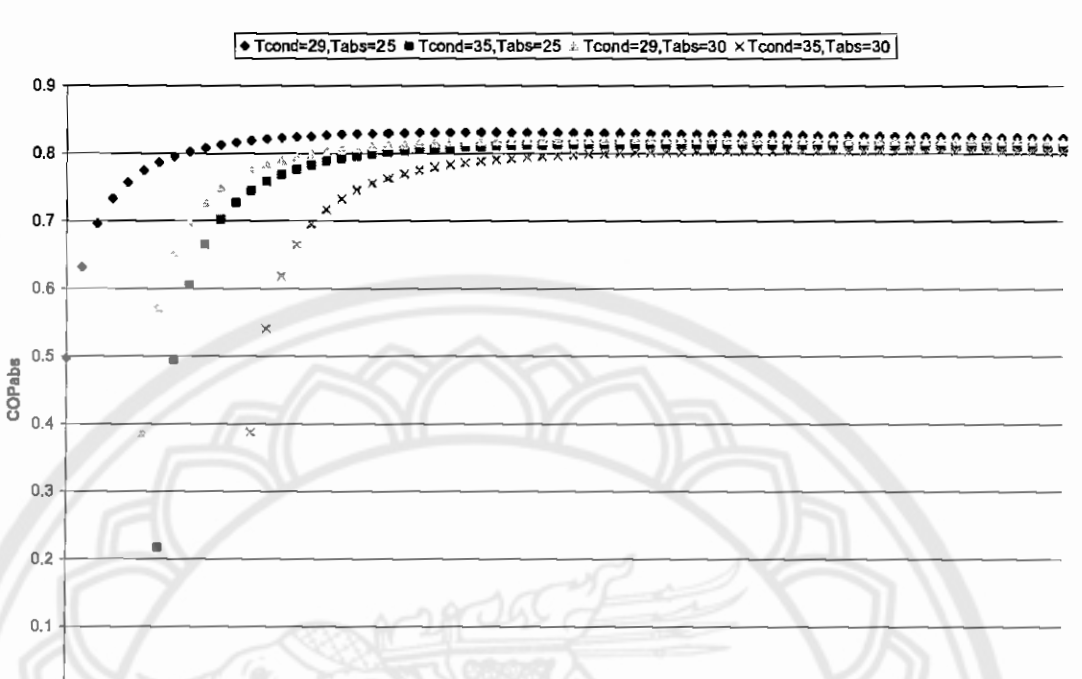
ดังนั้น อุณหภูมิที่ Generator ยิ่งสูงขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber ต่ำลง และค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Cooling Water ลดลงด้วยและจะไม่ส่งผลต่อการเลือกอุณหภูมิ Generator ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Generator กับอุณหภูมิที่ Generator เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Absorber ใด ๆ**

จากกราฟที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Generator กับค่าพลังงานความร้อนที่ Generator ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีอุณหภูมิ Condenser และอุณหภูมิ Absorber ต่างกัน จากกราฟ จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่งค่าพลังงานความร้อนที่ Generator จะลดลงอย่างค่อนเนื่องถึงค่าต่ำสุดค่าหนึ่ง และเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นอีก ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่น ที่อุณหภูมิ Condenser เท่ากับ 29 °C อุณหภูมิ Absorber เท่ากับ 25 °C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองของระบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 35 °C ถึง 62 °C ค่าพลังงานที่ Generator จะลดลงจาก 0.410 kW ลดลงเหลือ 0.364 kW และเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 62 °C ถึง 100 °C ค่าพลังงานที่ Generator จะเพิ่มขึ้นจาก 0.364 kW ถึง 0.367 kW

ดังนั้นอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 °C ก็จะส่งผลให้ค่าที่ให้พลังงานความร้อนที่ Generator น้อยที่สุด ส่งผลให้ค่า COP ของระบบสูงที่สุด เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่ Generator จึงเลือกที่ 62 °C

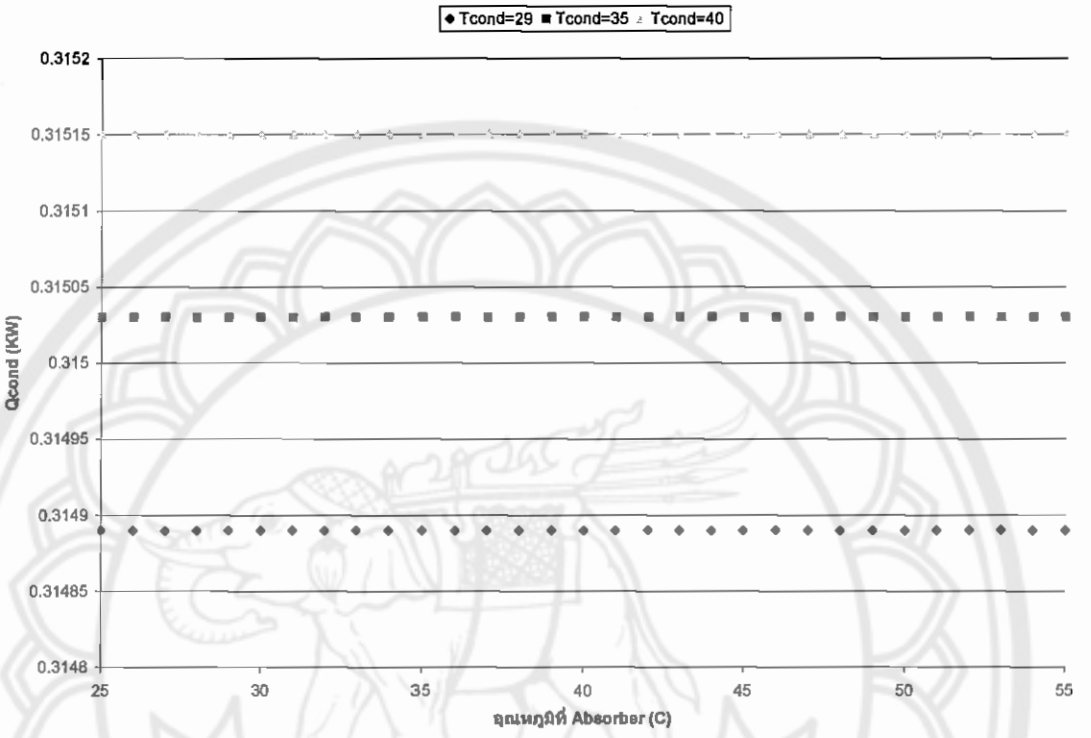



**กราฟที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Generator กับค่า COP เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Absorber ใด ๆ**

จากกราฟที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Generator กับค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีอุณหภูมิ Condenser และอุณหภูมิ Absorber ต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่งค่า COP จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงค่าสูงสุดค่าหนึ่งและเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นอีกค่า COP จะจะลดลงเพียงเล็กน้อยทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่นที่อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 °C อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 °C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 35 °C ถึง 62 °C ค่า COP จะเพิ่มขึ้นจาก 0.5 ถึง 0.83 และเมื่ออุณหภูมิที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 62 °C ถึง 100 °C ค่า COP จะลดลงจาก 0.83 ถึง 0.82

**ดังนั้นอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 °C ก็จะส่งผลให้ค่า COP ของระบบมากที่สุด**

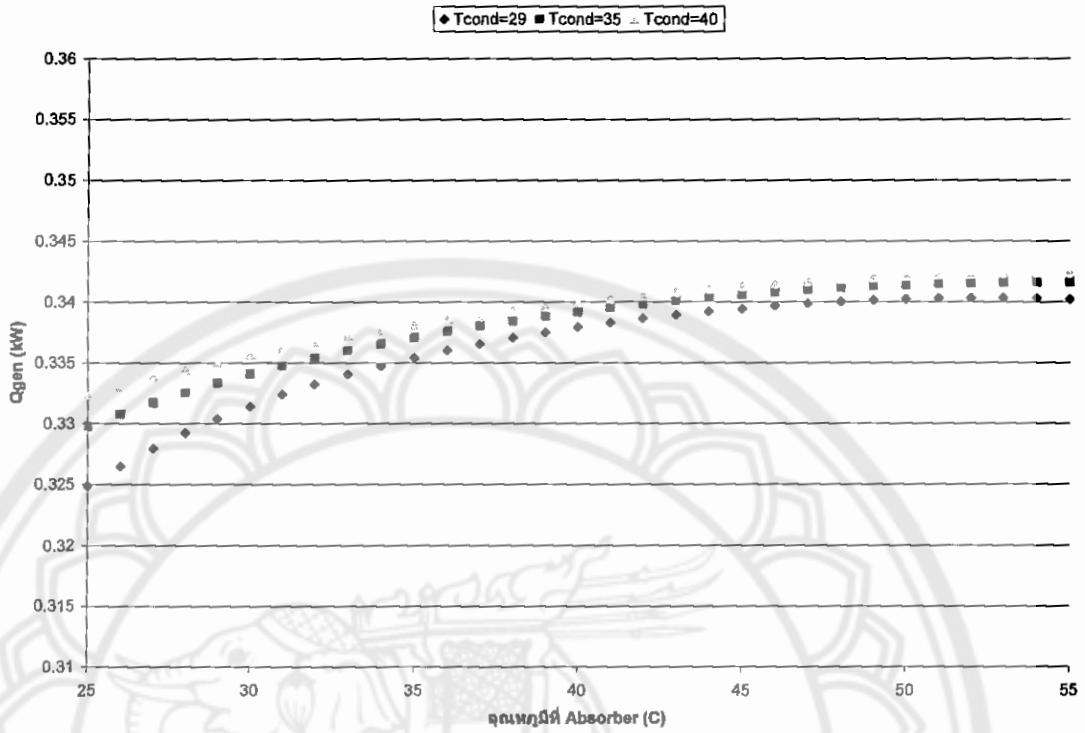
### 4.2.2 ผลของอุณหภูมิ Absorber ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Absorber ของระบบ เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Absorber กับค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C ที่มีค่าอุณหภูมิ Condenser ต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser จะคงที่ทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่น ที่อุณหภูมิ Condenser เท่ากับ 29 $^{\circ}$C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุดเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 25 $^{\circ}$C ถึง 55 $^{\circ}$C ค่าพลังงานที่ Condenser จะคงที่เท่ากับ 0.31480 kW

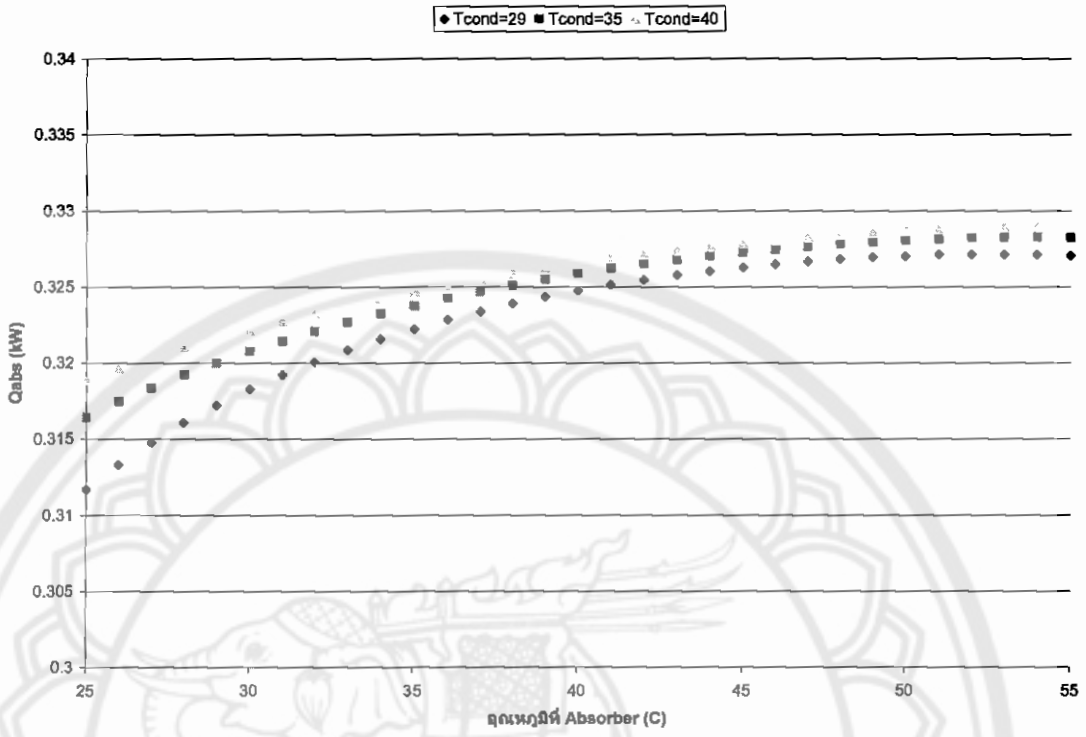
ดังนั้นอุณหภูมิที่ Absorber ไม่ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่คายออกจาก Condenser เปลี่ยนแปลงและจะไม่ส่งผลต่อการเลือกอุณหภูมิ Absorber ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Generator กับ อุณหภูมิที่ Absorber ของระบบ ที่กำหนดอุณหภูมิ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Absorber กับค่าพลังงานความร้อนที่ Generator ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C ที่มีค่าอุณหภูมิ Condenser ต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Generator เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงค่าหนึ่ง และเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นอีกค่าพลังงานความร้อนที่ Generator คงที่ ทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่น ที่อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 $^{\circ}$C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุดเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 25 $^{\circ}$C ถึง 50 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator จะสูงขึ้นจาก 0.325 kW ถึง 0.34 kW และเมื่ออุณหภูมิ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 50 $^{\circ}$C ถึง 55 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนคงที่เท่ากับ 0.34 kW

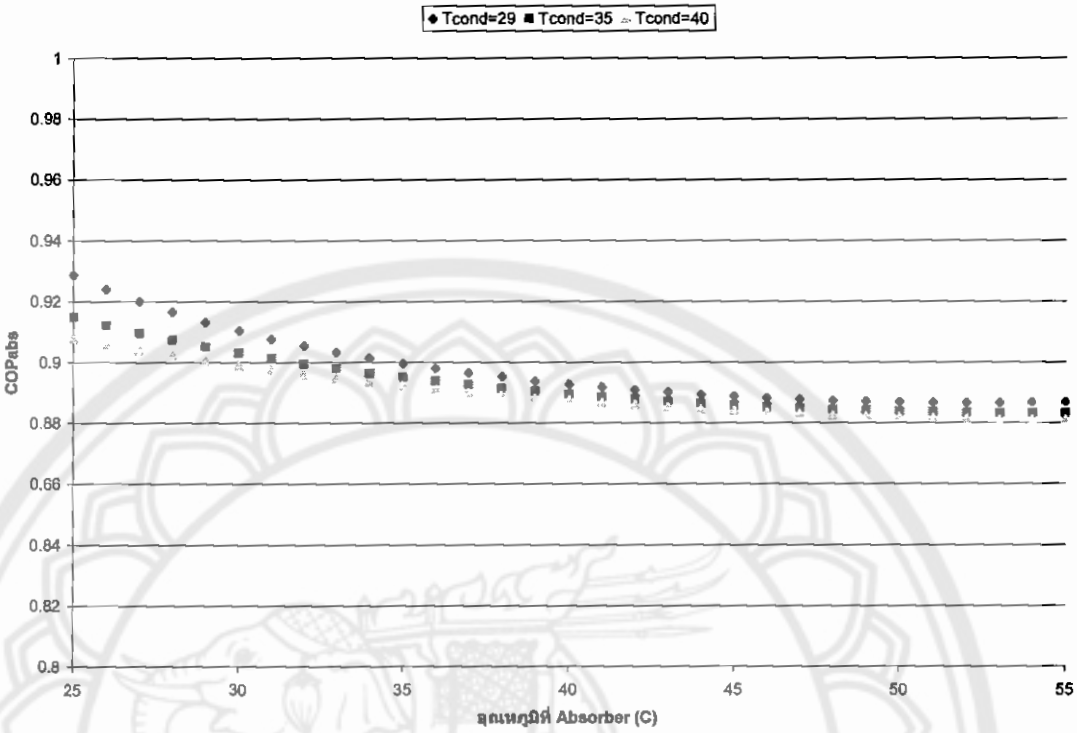
ดังนั้นอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C ก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator น้อยที่สุด ซึ่งส่งผลให้ค่า COP ของระบบสูงขึ้นด้วย




**กราฟที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Absorber กับ อุณหภูมิที่ Absorber ของระบบ ที่กำหนดอุณหภูมิ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Absorber ถึงค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C ที่มีค่าอุณหภูมิ Condenser ต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงค่าหนึ่ง และเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นอีกค่าพลังงานส่วนที่ Absorber คงที่ทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่น ที่อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 $^{\circ}$C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุดเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 25 $^{\circ}$C ถึง 50 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 25 $^{\circ}$C ถึง 50 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber สูงขึ้นจาก 0.312 kW ถึง 0.327 kW และเมื่ออุณหภูมิ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 50 $^{\circ}$C ถึง 55 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนคงที่เท่ากับ 0.327 kW

ดังนั้นอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C ก็จะส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber ต่ำที่สุด และค่าการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Cooling Water จะลดลงด้วย

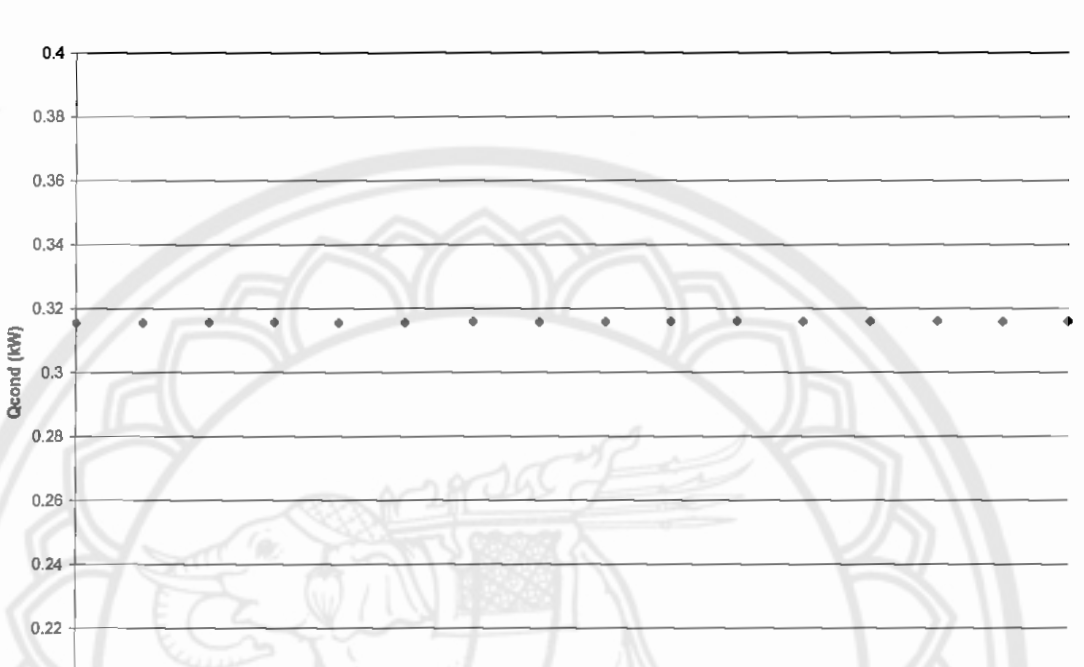



**กราฟที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Absorber กับ ค่า COP ของระบบ เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Absorber ถึงค่าพลังงานความร้อนที่ COP ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C ที่มีค่าอุณหภูมิ Condenser ต่าง ๆ กัน จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นค่าหนึ่งค่า COP จะลดลงอย่างต่อเนื่องถึงค่าหนึ่งและเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นอีกค่า COP จะคงที่ทุก ๆ เส้นเหมือนกัน อาทิเช่น ที่อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 $^{\circ}$C ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการจำลองระบบที่เหมาะสมที่สุดเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 25 $^{\circ}$C ถึง 50 $^{\circ}$C ค่า COP ลดลงจาก 0.93 kW เหลือ 0.885 kWและเมื่ออุณหภูมิที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 50 $^{\circ}$C ถึง 55 $^{\circ}$C ค่า COP คงที่เท่ากับ 0.885 kW

ดังนั้นอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C ก็จะส่งผลให้ค่า COP ของระบบมากที่สุด

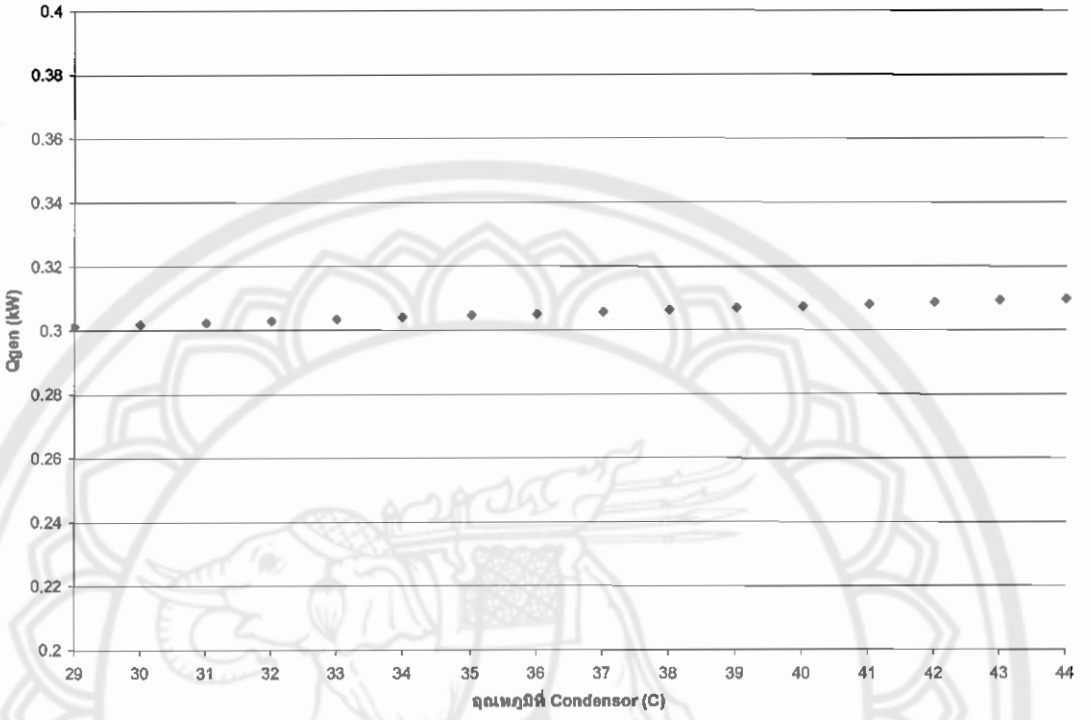
### 4.2.3 ผลของอุณหภูมิ Condenser ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Condenser กับ อุณหภูมิที่ Condenser ของระบบ เมื่ออุณหภูมิ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$ และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Condenser กับค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser จะคงที่ เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นจาก 29 $^{\circ}$C ถึง 37 $^{\circ}$C ค่าพลังงานที่ Condenser คงที่ เท่ากับ 0.315 kW

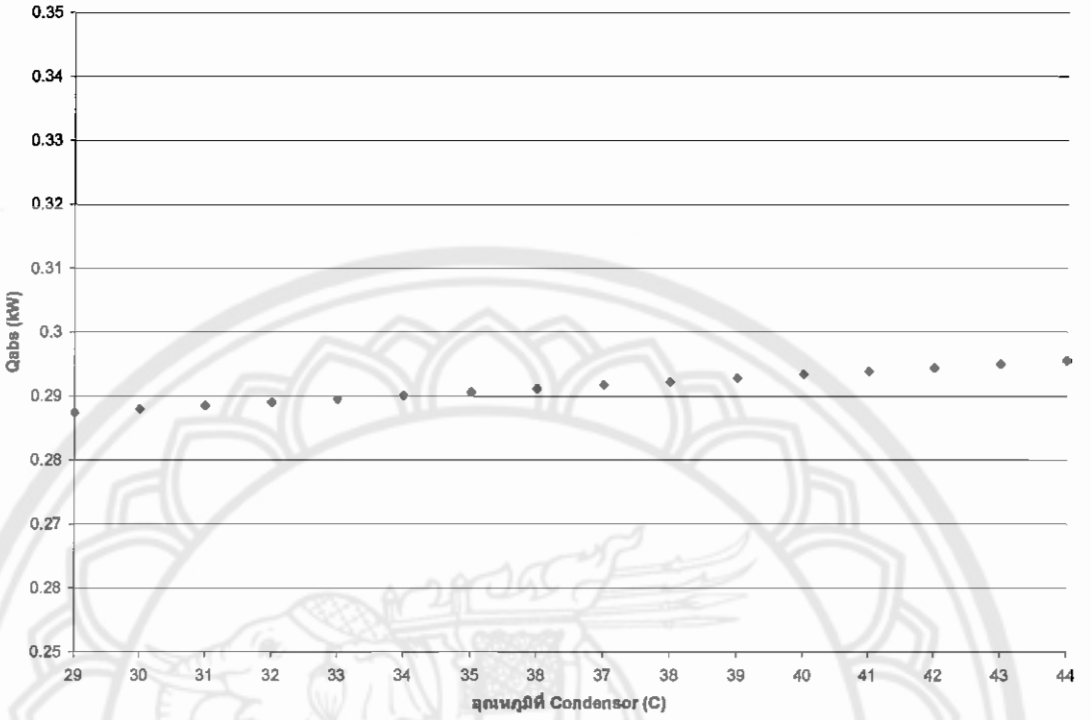
ดังนั้นอุณหภูมิที่ Condenser ไม่ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser เปลี่ยนแปลง และจะไม่ส่งผลต่อการเลือกอุณหภูมิ Condenser ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Generator กับ อุณหภูมิที่ Condenser ของระบบ เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$ และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Condenser กับค่าพลังงานความร้อนที่ Generator ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 °C และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 °C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Generator จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นจาก 29 °C ถึง 37 °C ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator เพิ่มขึ้นจาก 0.3 kW ถึง 0.37 kW

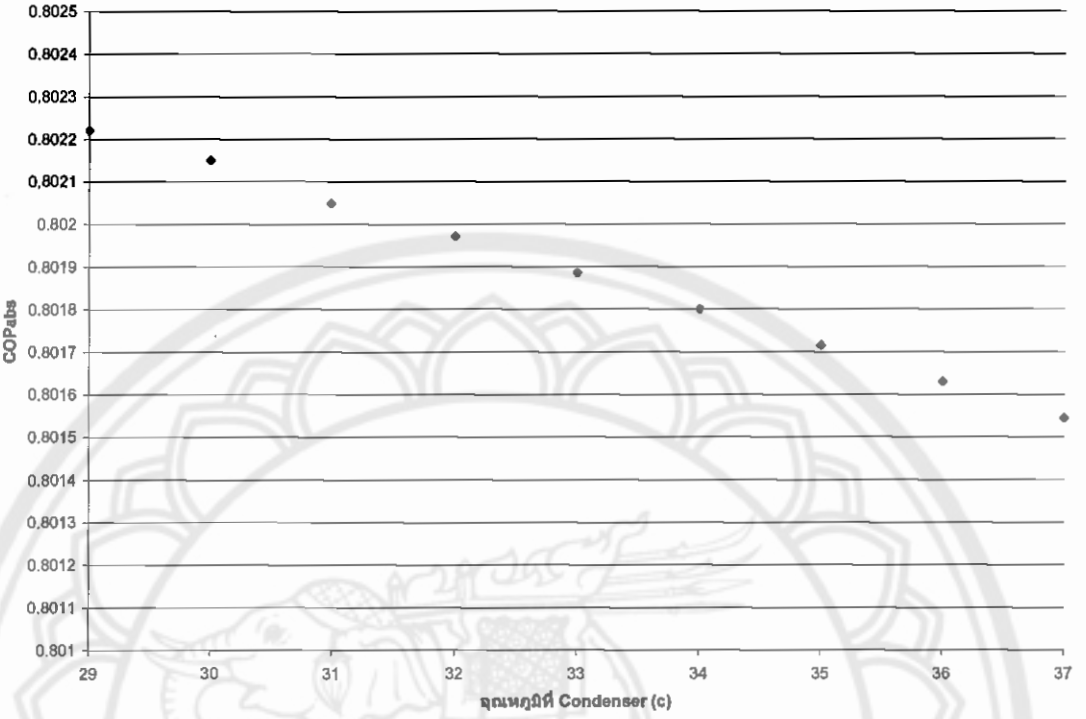
**ดังนั้นอุณหภูมิที่ Condenser ต่ำที่สุดส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator ต่ำที่สุด ซึ่งส่งผลต่อค่า COP มากที่สุดด้วย**




**กราฟที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานความร้อนที่ Absorber กับ อุณหภูมิที่ Condenser ของระบบ เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$ และอุณหภูมิที่Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Condenser กับค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นจาก 29 $^{\circ}$C ถึง 37 $^{\circ}$C ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber เพิ่มขึ้นจาก 0.287 kW ถึง 0.292 kW

ดังนั้นอุณหภูมิที่ Condenser ต่ำที่สุดส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber ต่ำที่สุด

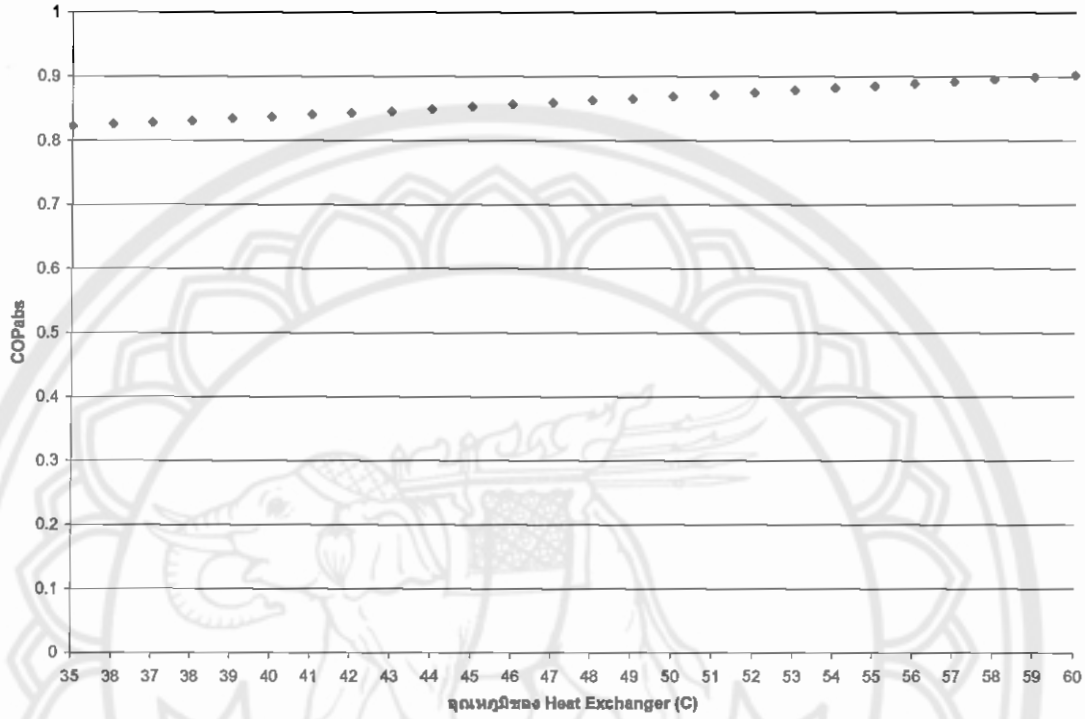



**กราฟที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Condenser กับ ค่า COP ของระบบ เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}C$ และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ Condenser กับค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C และอุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นค่า COP จะลดลงอย่างต่อเนื่องเพียงเล็กน้อย เมื่ออุณหภูมิที่ Condenser เพิ่มขึ้นจาก 29 $^{\circ}$C ถึง 37 $^{\circ}$C ค่า COP จะลดลงจาก 0.80222 kW เหลือ 0.801545 kW

ดังนั้นอุณหภูมิที่ Condenser ต่ำที่สุดส่งผลให้ค่า COP ของระบบมากที่สุด

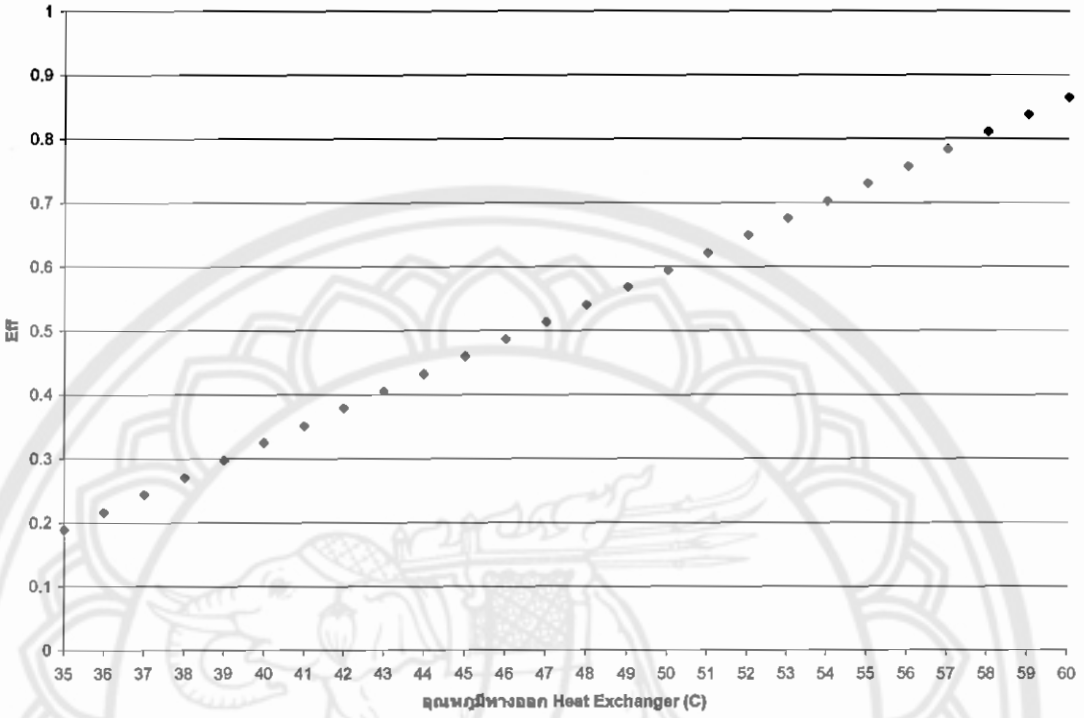
### 4.2.4 ผลของอุณหภูมิทางออก Heat Exchanger ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทางออก Heat Exchanger กับ ค่า COP ของ Heat Exchanger เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62°C อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25°C อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29°C**

จากกราฟที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger กับค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 °C ,อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 °C และอุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 °C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger เพิ่มขึ้น ค่า COP จะเพิ่มขึ้นจาก 35 °C ถึง 60 °C ค่า COP เพิ่มขึ้นจาก 0.8 ถึง 0.9

ดังนั้นอุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger มากที่สุด ส่งผลให้ค่า COP ของระบบมากขึ้น และจะไม่มีผลต่อการเลือกอุณหภูมิ Heat Exchanger r ที่มีผลต่อค่าสมรรถนะของระบบ




**กราฟที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิทางออก Heat Exchanger กับ ค่า Eff ของ Heat Exchanger เมื่ออุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62$^{\circ}C$ อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25$^{\circ}C$ อุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29$^{\circ}C$**

จากกราฟที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger กับค่า Eff ของระบบทำความเย็นแบบดูดซึมเมื่อค่าอุณหภูมิที่ Generator เท่ากับ 62 $^{\circ}$C ,อุณหภูมิที่ Absorber เท่ากับ 25 $^{\circ}$C และอุณหภูมิที่ Condenser เท่ากับ 29 $^{\circ}$C จากกราฟจะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger เพิ่มขึ้น ค่า Eff จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่ออุณหภูมิที่ทางออก Heat Exchanger เพิ่มขึ้นจาก 35 $^{\circ}$C ถึง 62 $^{\circ}$C ค่า Eff เพิ่มขึ้นจาก 0.105 ถึง 0.01

จากการตั้งขอบเขตการเลือก Heat Exchanger ดังนั้นเลือก Eff เท่ากับ 0.5 จากกราฟจะได้อุณหภูมิที่ทางออก Eff เท่ากับ 47 $^{\circ}$C

เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า เราจะได้ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมมีประสิทธิภาพสูงสุด คือ ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของ Evaporator มีค่าเท่ากับ 4 °C ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของ Absorber มีค่าเท่ากับ 25 °C ค่า

อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดของ Condenser มีค่าเท่ากับ 29 °Cค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่ทางเข้าของ Generator มีค่าเท่ากับ 47 °C

## 4.3 การเปรียบเทียบค่าพลังงานในระบบทำความเย็นแบบดูดซึมกับระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพลังงานในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

| | ค่าพลังงาน ( kW) |
|---|---|
| Evaporator | 0.3017 |
| Compressor | 0.1000 |
| COP | 3.0170 |

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพลังงานในระบบทำความเย็นแบบดูดซึม

| | ค่าพลังงาน ( kW) |
|---|---|
| Evaporator | 0.3017 |
| Absorber | 0.33423 |
| Generator | 0.34742 |
| Condenser | 0.31489 |
| Heat Exchanger | 0.02866 |
| Pump | $0.02969\times10^{-3}$ |
| COP | 0.868 |

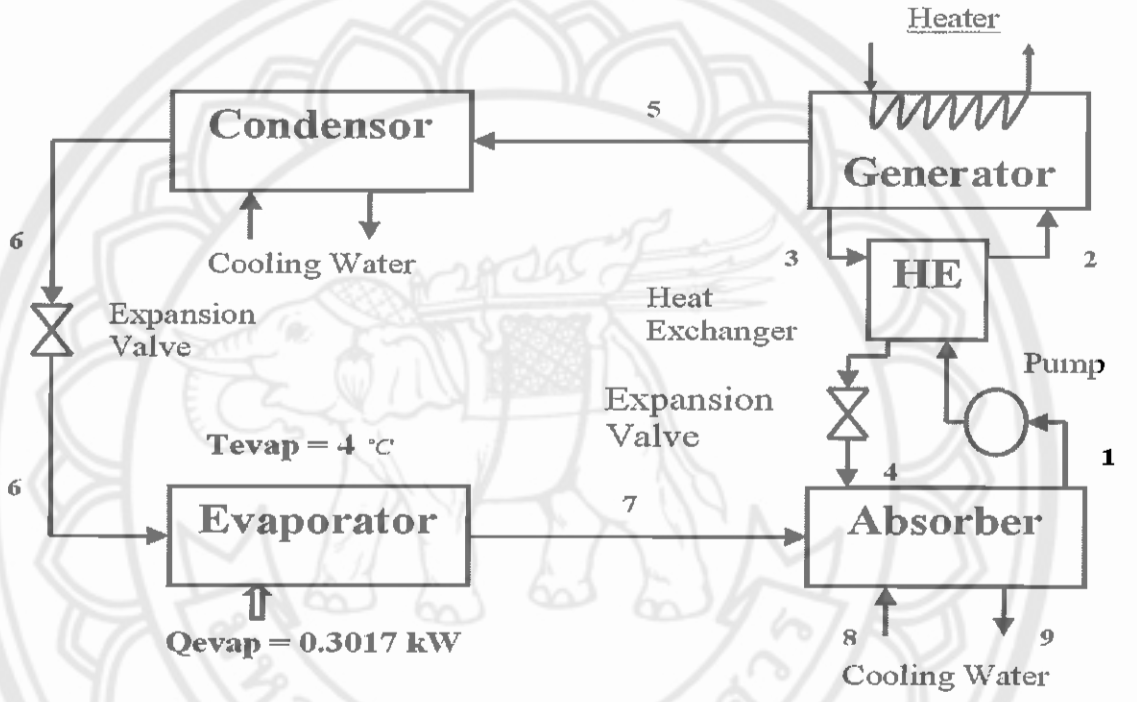
ในตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงค่าพลังงานที่ใช้ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ คือ ค่าพลังงานความร้อนที่ Evaporator มีค่าเท่ากับ 0.3017 kW ค่าพลังงานที่ Compressor 0.100 kW ค่าและค่า COP ของระบบมีค่าเท่ากับ 3.017

ในตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงผลของพลังงานที่ใช้ในระบบของแบบจำลองการทำความเย็นแบบดูดซึม คือ ค่าพลังงานความร้อนที่ Evaporator มีค่าเท่ากับ 0.3017 kW ค่าพลังงานความร้อนที่ Absorber มีค่าเท่ากับ 0.33423 kW ค่าพลังงานความร้อนที่ Generator มีค่าเท่ากับ 0.34742 kW ค่าพลังงานความร้อนที่ Condenser มีค่าเท่ากับ 0.31489 kW ค่าพลังงานความร้อนที่ Heat Exchanger มีค่าเท่ากับ 0.02866 kW ค่าพลังงานที่ให้แก่ Pump มีค่าเท่ากับ $02969\times10^{-3}$ kW และค่า COP ของระบบ มีค่าเท่ากับ 0.86841

ในการเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่าเราจะกำหนดให้ค่าพลังงานที่ Evaporator มีค่าเท่ากันคือ 0.3017 kW จากการเปรียบเทียบค่าการให้พลังงานแก่ระบบจะเห็นได้ว่าระบบทำความเย็นแบบอัดไอจะใช้พลังงานที่น้อยกว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึม เพราะฉะนั้นค่า COP ของระบบทำความเย็นแบบอัดไอจึงมีค่าที่มากกว่าระบบทำความเย็นแบบดูดซึม แต่เมื่อเราคิดค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทั้งสองระบบ ระบบทำความเย็นแบบดูดซึมสามารถใช้พลังงานความร้อนที่หาได้จากแหล่งความร้อนทิ้งจากกระบวนการในอุตสาหกรรม หรือพลังงานจากแสงอาทิตย์ ทำให้เป็นการประหยัดพลังงานมากกว่าระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ

## 4.4 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

**4.4.1 ในกรณีที่ใช้ Heater ผลิตน้ำร้อน จะพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ให้แก่ Heater และ Pump ในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมกับค่าไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ**




**รูปที่ 4.4 แบบจำลองการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึมที่ไม่มีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**

ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอและระบบทำความเย็นแบบดูดซึม เราจะพิจารณาถึงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของ 2 ระบบ ดังนี้

**- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม**

เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater และ Pump ซึ่งดูจากตารางที่ 4.2 ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater คือ ค่าพลังงานของ Generator มีค่าเท่ากับ 0.34742 kW ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Pump มีค่า

เท่ากับ $0.02969 \times 10^{-3}$ kW ดังนั้น ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม คือ เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater รวมกับค่าพลังงานไฟฟ้าของ Pump มีค่าเท่ากับ 0.34744 kW

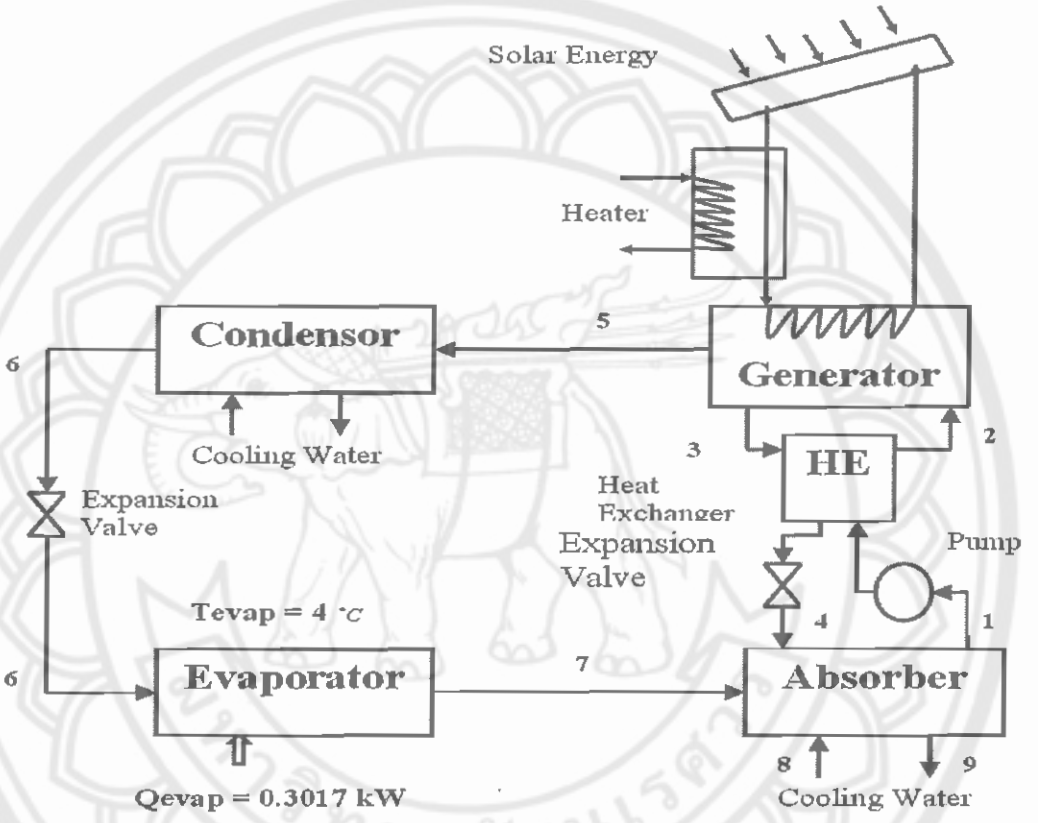
โดยจะคิดค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 เดือน คือ 24 ชั่วโมง × 30 วัน จะได้เวลาในการทำงานเป็น 720 ชั่วโมง/เดือน ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 0.34744 kW × 720 ชั่วโมง/เดือน มีค่าเท่ากับ 251 kW.hr ซึ่งค่าไฟฟ้าจะคิดเป็น 1 kW.hr = 1 หน่วย ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 72 หน่วย/เดือน ซึ่งค่าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในปัจจุบัน คือ 1 หน่วย เท่ากับ 3 บาท เพราะฉะนั้น ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าใน 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 251 × 3 มีค่าเท่ากับ 753 บาท/เดือน

**- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ**

เป็นค่าพลังงานของ Compressor ซึ่งดูจากตารางที่ 4.1 มีค่าเท่ากับ 0.100 kW โดยจะคิดค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 เดือน คือ 24 ชั่วโมง × 30 วัน จะได้เวลาในการทำงานเป็น 720 ชั่วโมง/เดือน ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 0.100 kW × 720 ชั่วโมง/เดือน มีค่าเท่ากับ 72 kW.hr ซึ่งค่าไฟฟ้าจะคิดเป็น 1 kW.hr = 1 หน่วย ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 72 หน่วย/เดือน ซึ่งค่าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในปัจจุบัน คือ 1 หน่วย เท่ากับ 3 บาท เพราะฉะนั้น ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าใน 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 72 × 3 มีค่าเท่ากับ 216 บาท/เดือน

จากค่าใช้จ่ายที่ได้ จะพบว่าระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมจะใช้พลังงานที่มากกว่าระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ และมีค่าใช้จ่ายที่แพงกว่าระบบการทำความเย็นแบบอัดไออยู่ 537 บาท/เดือน

**4.4.2 ในกรณีที่มีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ จะพิจารณาเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าที่ให้แก่ Pump ในระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมและค่าไฟฟ้าที่ให้แก่ Heater และ Pump เมื่อน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงไม่เพียงพอในการทำงานกับค่าไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ของระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ**




**รูปที่ 4.6 แบบจำลองการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**

ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอและระบบทำความเย็นแบบดูดซึม เราจะพิจารณาถึงการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของ 2 ระบบ ดังนี้

**- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม**

เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater และ Pump ซึ่งดูจากตารางที่ 4.2 ซึ่งค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater เราจะมีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาช่วยในการให้พลังงานความร้อนในช่วงตอน

กลางวัน ดังนั้น ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจาก Heater จะลดลงไปครึ่งหนึ่ง คือ ค่าพลังงานของ Generator มีค่าเท่ากับ 0.34742 kW และลดลงครึ่งหนึ่ง มีค่าเท่ากับ 0.17371 kW ค่าพลังงานไฟฟ้าของ Pump มีค่าเท่ากับ $0.02969 \times 10^{-3}$ kW ดังนั้น ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบดูดซึม คือ เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าของ Heater รวมกับค่าพลังงานไฟฟ้าของ Pump มีค่าเท่ากับ 0.17373 kW

โดยจะคิดค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 เดือน คือ 24 ชั่วโมง × 30 วัน จะได้เวลาในการทำงานเป็น 720 ชั่วโมง/เดือน ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 0.17373 kW × 720 ชั่วโมง/เดือน มีค่าเท่ากับ 129 kW.hr ซึ่งค่าไฟฟ้าจะคิดเป็น 1 kW.hr = 1 หน่วย ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 72 หน่วย/เดือน ซึ่งค่าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในปัจจุบัน คือ 1 หน่วย เท่ากับ 3 บาท เพราะฉะนั้น ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าใน 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 129 × 3 มีค่าเท่ากับ 385 บาท/เดือน

**- ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ**

เป็นค่าพลังงานของ Compressor ซึ่งดูจากตารางที่ 4.1 มีค่าเท่ากับ 0.100 kW โดยจะคิดค่าพลังงานไฟฟ้าใน 1 เดือน คือ 24 ชั่วโมง × 30 วัน จะได้เวลาในการทำงานเป็น 720 ชั่วโมง/เดือน ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 0.100 kW × 720 ชั่วโมง/เดือน มีค่าเท่ากับ 72 kW.hr ซึ่งค่าไฟฟ้าจะคิดเป็น 1 kW.hr = 1 หน่วย ดังนั้นระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 72 หน่วย/เดือน ซึ่งค่าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ในปัจจุบัน คือ 1 หน่วย เท่ากับ 3 บาท เพราะฉะนั้น ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าใน 1 เดือน มีค่าเท่ากับ 72 × 3 มีค่าเท่ากับ 216 บาท/เดือน

จากค่าใช้จ่ายที่ได้ จะพบว่าระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมจะใช้พลังงานที่มากกว่าระบบการทำความเย็นแบบอัดไอ และมีค่าใช้จ่ายที่แพงกว่าระบบการทำความเย็นแบบอัดไออยู่ 169 บาท/เดือน

**ดังนั้นระบบการทำความเย็นแบบดูดซึมที่มีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์จะดีกว่าคือ**

1. **ประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าระบบที่ไม่มีเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์**
2. **สามารถใช้ในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้ เมื่อต้องการทำความเย็นเฉพาะช่วงตอนกลางวัน**
3. **แต่ถ้าเรามีความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ในระบบนี้ก็จะเป็นการประหยัดอย่างมาก เพราะเราไม่ต้องใช้ Heater ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเลย**