บทที่ 3
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวัฏจักรทำความเย็น

ในการจำลองสถานการณ์การทำงาน จะมีสมมติฐาน ดังนี้

ก. ไม่มีความดันสูญเสียภายในอีแวปอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์

ข. ความดันเมื่อออกจากคอมเพรสเซอร์ใกล้เคียงกับความดันคอนเดนเซอร์ และความดันที่เข้าคอมเพรสเซอร์ใกล้เคียงกับความดันอีแวปอเรเตอร์

ค. ไม่มีความสูญเสียความร้อนตามท่อ และข้อต่อต่าง ๆ

ง. การทำงานดำเนินตามสภาวะคงตัว (Steady State)

ขั้นตอนในการจำลองสถานการณ์ของระบบทำความเย็นแสดงในรูปที่ 3.1 โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกจะเป็นส่วนที่รับข้อมูลเข้าจากภายนอก ส่วนที่สองจะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอีแวปอเรเตอร์แสดงในรูปที่ 3.2 ส่วนที่สามจะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์แสดงในรูปที่ 3.3 ส่วนที่สี่จะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอนเดนเซอร์แสดงในรูปที่ 3.4 และส่วนที่ห้าจะเป็นส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบค่า

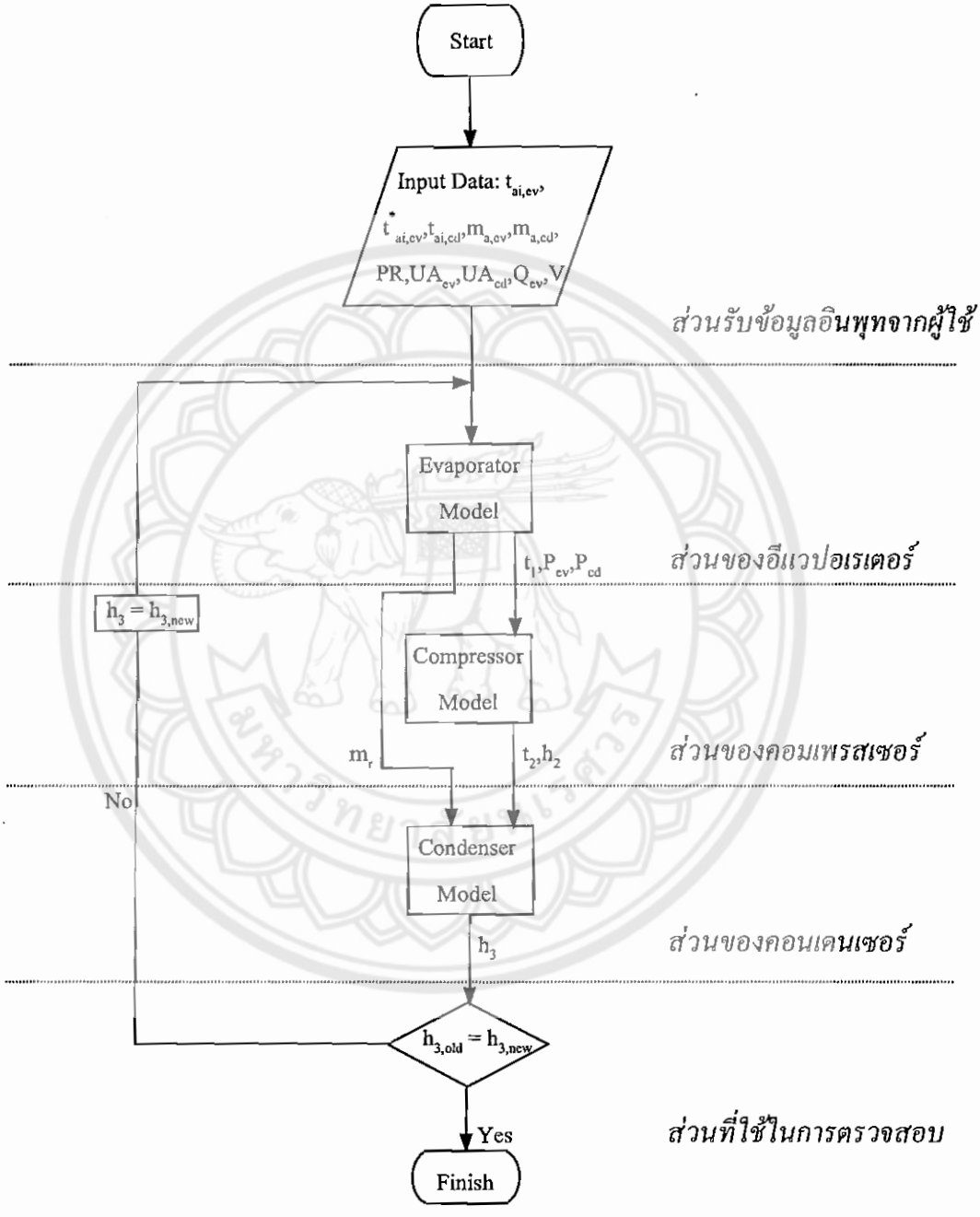
3.2 การออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในการออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ R-134a เป็นสารทำความเย็นนั้น เราจะใช้สมการที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 นำมาเขียนในโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0

ส่วนรับข้อมูลอินพุทจากผู้ใช้

ส่วนแรกจะเป็นส่วนที่รับข้อมูลอินพุทจากผู้ใช้ และส่วนรับข้อมูลที่จะใช้ในการปรับค่าที่แบบจำลองจะแสดงผลให้มีค่าใกล้เคียงมากยิ่งขึ้น โดยให้ส่วนที่รับข้อมูลอินพุทจากผู้ใช้นั้น ในการเขียนโปรแกรมจะมีหน้าต่างที่ใช้รับค่าอินพุทจากผู้ใช้จำนวน 10 ค่า ซึ่งจะมีค่าอินพุทจำนวน 7 ค่า ได้แก่ ค่าปริมาตรทางทฤษฎีของกระบอกสูบของคอมเพรสเซอร์ อัตราส่วนความดันของสารทำความเย็นระหว่างคอนเดนเซอร์กับอีแวปอเรเตอร์ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าอีแวปอเรเตอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอีแวปอเรเตอร์ และอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศ จะเป็นข้อมูลอินพุทให้กับแบบจำลองของอีแวปอเรเตอร์ และจะมีค่าอินพุทอีกจำนวน 3 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์นั้น จะข้อมูลอินพุทให้กับแบบจำลองของคอนเดนเซอร์

และให้ส่วนที่รับข้อมูลที่ใช้ปรับค่าในการแสดงผลของแบบจำลองนั้น ในการเขียนโปรแกรมจะมีหน้าที่ใช้รับค่าของอุณหภูมิของอากาศหลังออกจากอีแวปอเรเตอร์, อุณหภูมิอากาศหลังออกจากคอนเดนเซอร์ และอุณหภูมิการระเหยตัวของสารทำความเย็นที่อีแวปอเรเตอร์ เพื่อที่รับค่าของข้อมูลดังกล่าวจำนวน 2 ชุด ไปเก็บเอาไว้ หลังจากแบบจำลองรันจนจบแล้วก่อนที่แบบจำลองจะแสดงผลออกมา โปรแกรมจะค่าของข้อมูลทั้งสองชุดนั้นดำเนินการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression) และปรับค่าของอุณหภูมิของอากาศหลังออกจากอีแวปอเรเตอร์, อุณหภูมิอากาศหลังออกจากคอนเดนเซอร์ และอุณหภูมิการระเหยของอากาศหลังออกจากอีแวปอเรเตอร์เสียก่อน จึงจะแสดงผลให้การจำลองสถานการณ์ทั้งหมดออกมา



รูปที่ 3.1 ไดอะแกรมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำความเย็น

ส่วนของอีแวปอเรเตอร์

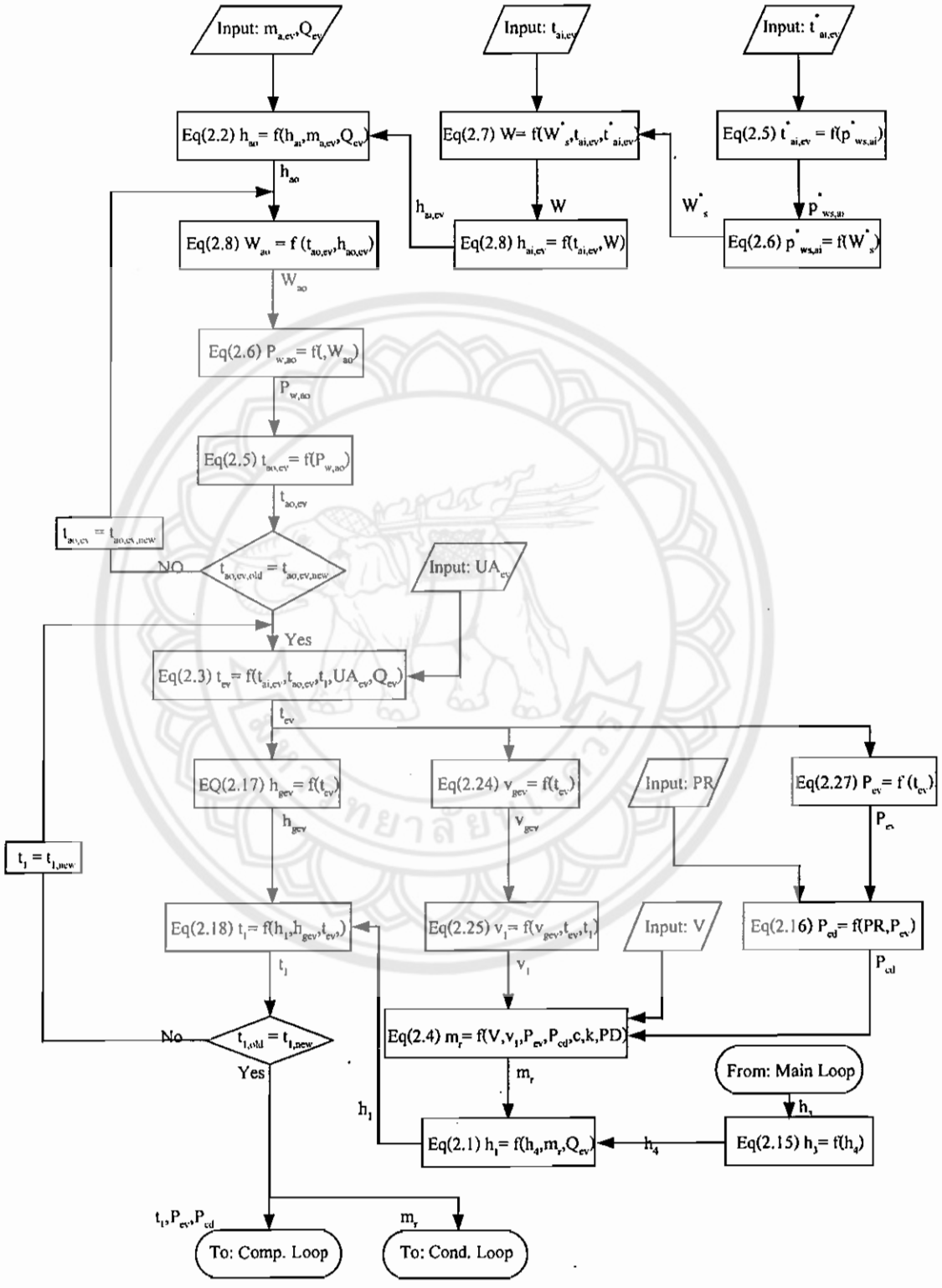
ในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของแบบจำลองของอีแวปอเรเตอร์ ซึ่งจะรับค่าอินพุทจากผู้ใช้จำนวน 7 ค่า จากส่วนที่ 1 ได้แก่ ค่าปริมาตรทางทฤษฎีของกระบอกสูบของคอมเพรสเซอร์ อัตราส่วนความดันของสารทำความเย็นระหว่างคอนเดนเซอร์กับอีแวปอเรเตอร์ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าอีแวปอเรเดอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอีแวปอเรเตอร์ และอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศ หลังจากรับค่าอินพุทมาแล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวณ โดยจะมีลำดับขั้นตอนในการคำนวณดังรูปที่ 3.2 ซึ่งในส่วนนี้จะมีสมการที่ใช้ในการคำนวณอยู่เป็นจำนวนมาก รวมทั้งจะต้องมีการตรวจสอบค่าถึงสองครั้งภายในแบบจำลองนี้ โดยที่ครั้งที่สองจะเป็นตรวจสอบค่าเพื่อที่จะจบการทำงานในส่วนนี้ และสมการที่เป็นหลักของแบบจำลองส่วนนี้ ได้แก่ สมการที่ 2.3

$$Q_{ev} = UA_{ev} \cdot \left[\frac{(t_{ao,ev} - t_{ev}) - (t_{ai,ev} - t_1)}{\ln\left(\frac{t_{ao,ev} - t_{ev}}{t_{ai,ev} - t_1} \right)} \right]$$

และ สมการ 2.4

$$m_r = \left[1 + C - C \cdot \left(\frac{P_{cd}}{P_{ev}} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \cdot \frac{PD}{v_1}$$

เมื่อทำการตรวจสอบค่าในครั้งที่สองเสร็จ โปรแกรมจะหยุดการทำงานในส่วนนี้และจะส่งค่าข้อมูลผ่านไปยังแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ และคอนเดนเซอร์ โดยที่จะส่งค่าของอุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ และความดันของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ เป็นค่าอินพุทให้กับแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ และจะส่งของอัตราการไหลของสารทำความเย็นของระบบเป็นค่าอินพุทให้กับแบบจำลองของคอนเดนเซอร์



รูปที่ 3.2 ไดอะแกรมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอีแวปอเรเตอร์

ป
TH
7687
.A9
ค14ฉบ
2545

4740033

6 พ.ย. 2546

สำนักหอสมุด

ส่วนของคอมเพรสเซอร์

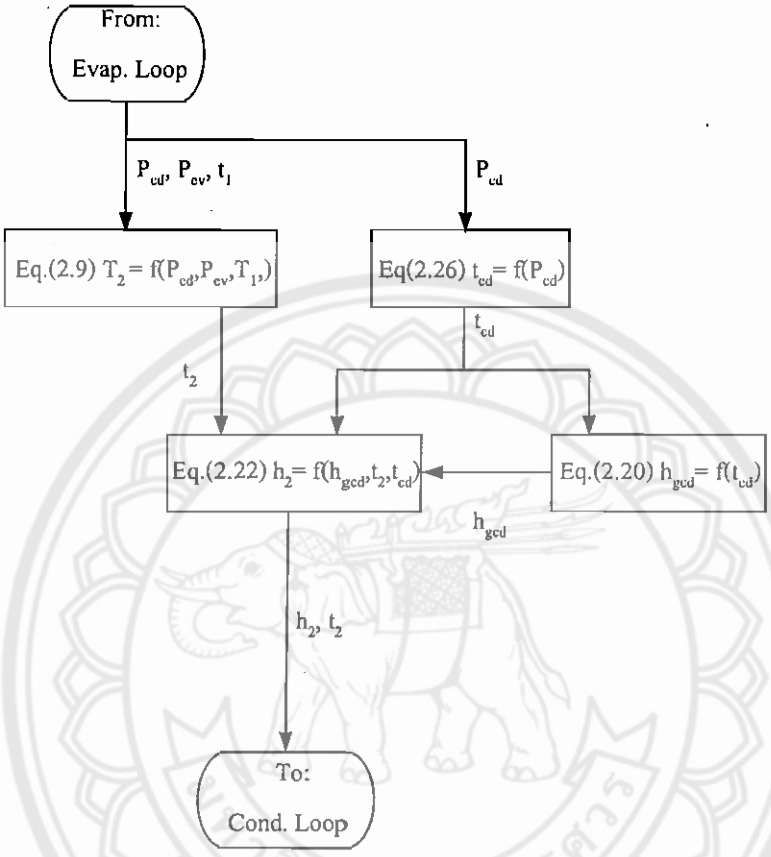
ส่วนที่สามจะเป็นแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะรับค่าอินพุทจำนวน 3 ค่า จากแบบจำลองของอีแวปอเรเตอร์ ได้แก่ อุณหภูมิของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ และความดันของสารทำความเย็นที่เข้าและออกจากคอมเพรสเซอร์ หลังจากรับค่าอินพุทมาแล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวณ โดยจะมีลำดับขั้นตอนในการคำนวณดังรูปที่ 3.3 และสมการที่เป็นหลักของแบบจำลองส่วนนี้ ได้แก่ สมการที่ 2.9

$$\frac{P_{cd}}{P_{ev}} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\left(\frac{k}{k-1}\right)}$$

และสมการที่ 2.11

$$COP = \frac{(h_1 - h_3)}{(h_2 - h_1)}$$

เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณในส่วนของแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์เสร็จแล้ว ก็จะส่งผ่านค่าข้อมูลของอุณหภูมิและเอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ให้กับแบบจำลองของคอนเดนเซอร์ต่อไป



รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอมเพรสเซอร์

ส่วนของคอนเดนเซอร์

ในส่วนที่สี่จะเป็นแบบจำลองของคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้ในการคำนวณเป็นส่วนสุดท้ายของโปรแกรม โดยจะรับค่าอินพุทมาจากส่วนที่ 1, แบบจำลองของอีแวปอเรเตอร์ และแบบจำลองของคอมเพรสเซอร์ จำนวน 3, 1, และ2 ค่า ได้แก่ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของคอนเดนเซอร์ อัตราการไหลของสารทำความเย็นของระบบ อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ ตามลำดับ หลังจากรับค่าอินพุทมาแล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวณ โดยจะมีลำดับขั้นตอนในการคำนวณดังรูปที่ 3.4 และสมการที่เป็นหลักของแบบจำลองส่วนนี้ ได้แก่ สมการที่ 3.14

$$Q_{cd} = m_{a,cd} \cdot C_{pa} \cdot (t_{ao,cd} - t_{ai,cd})$$

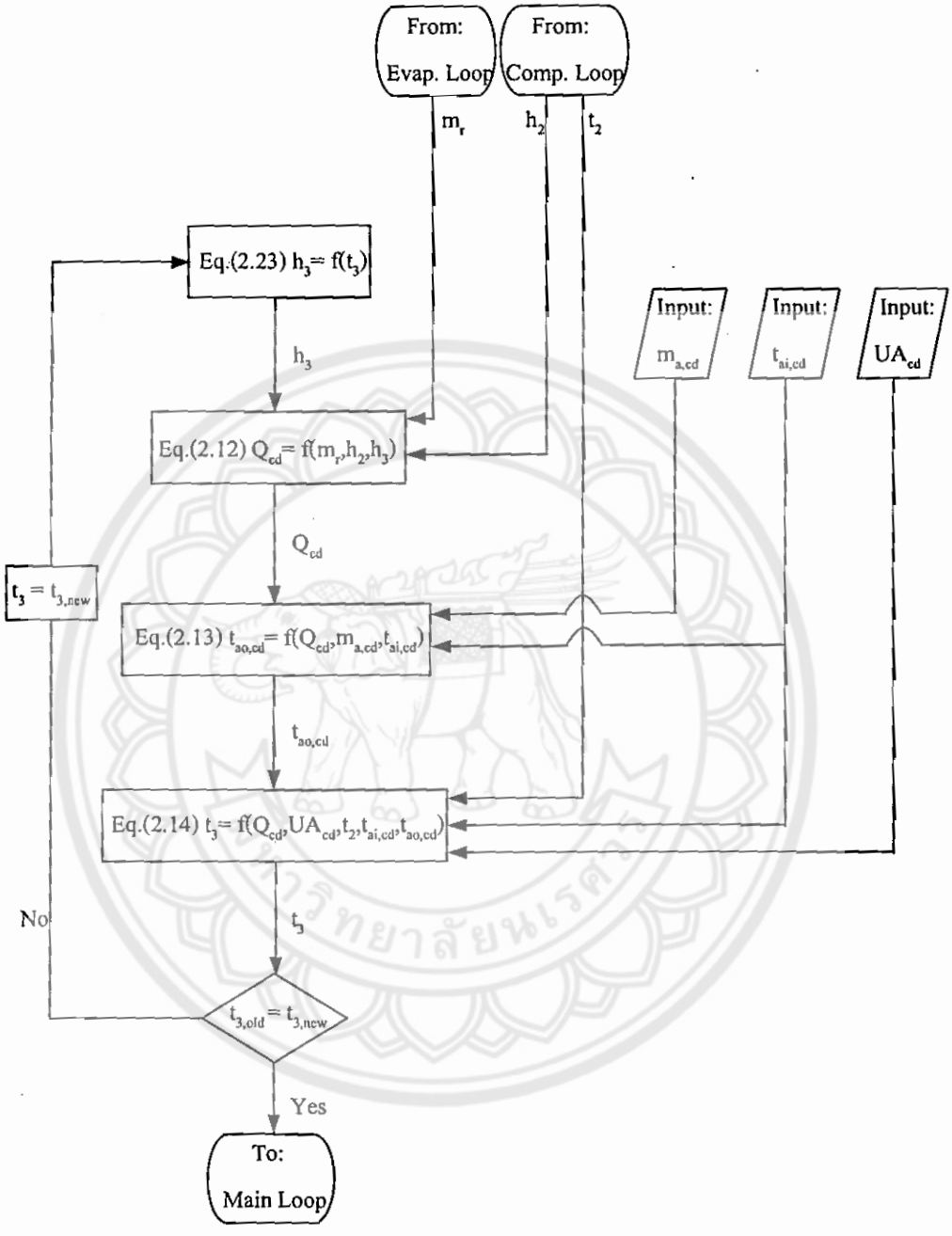
และสมการ 3.15

$$Q_{cd} = UA_{cd} \cdot \left[\frac{(t_3 - t_{ai,cd}) - (t_2 - t_{ao,cd})}{\ln\left(\frac{t_3 - t_{ai,cd}}{t_2 - t_{ao,cd}} \right)} \right]$$

ในการคำนวณส่วนนี้นั้นจะมีการตรวจสอบค่าด้วย เพื่อที่จะให้โปรแกรมจบการทำงานในส่วนของแบบจำลองของคอนเดนเซอร์ และส่งผ่านค่าข้อมูลของเอนเทลปีของสารทำความเย็นเมื่อออกจากคอนเดนเซอร์ไปให้กับส่วนสุดท้ายคือส่วนที่จะต้องตรวจสอบค่า

ส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบ

ในส่วนสุดท้ายนี้จะเป็นการตรวจสอบค่าของเอนทาลปีของสารทำความเย็นเมื่อออกจากคอนเดนเซอร์ เพื่อเป็นเงื่อนไขให้โปรแกรมหยุดการคำนวณทั้งหมดและแสดงผลออกมา



รูปที่ 3.4 ไดอะแกรมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของคอนเดนเซอร์

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้จะมีพารามิเตอร์อินพุทจำนวน 10 ค่า ได้แก่ ค่าปริมาตรทางทฤษฎีของกระบอกสูบของคอมเพรสเซอร์ อัตราส่วนความดันของสารทำความเย็นระหว่างคอนเดนเซอร์กับอีแวปอเรเตอร์ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านอีแวปอเรเตอร์ อัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิกระเปาะแห้งและกระเปาะเปียกของอากาศที่เข้าอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของอีแวปอเรเตอร์และคอนเดนเซอร์ และอัตราการถ่ายเทความร้อนของเครื่องปรับอากาศ เมื่อโปรแกรมทำการคำนวณตามสมการที่ใช้ซึ่งแสดงไว้ในบทที่ 2 จนจบการทำงานแล้วจะแสดงผลในการทำนายออกมาจำนวน 11 ค่า ได้แก่ อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศที่ออกจากอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากอีแวปอเรเตอร์ อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่เข้าอีแวปอเรเตอร์ ความดันของสารทำความเย็นที่คอนเดนเซอร์ ความดันของสารทำความเย็นที่อีแวปอเรเตอร์ อัตราการไหลของสารทำความเย็นของระบบ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากคอนเดนเซอร์ งานที่ให้แก่ระบบ และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะถูกทดสอบความแม่นยำในการทำนายผล โดยในโครงงานได้ทำการทดลอง แล้วบันทึกผลการทดสอบ เพื่อจะนำไปใช้ในการปรับค่าการแสดงผลการทำนายของแบบจำลองให้มีความใกล้เคียงกับของจริงมากขึ้น ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไปในบทที่ 4 รวมทั้งผลที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของแบบจำลอง โดยรายละเอียดกล่าวต่อไปในบทที่ 5