# บทที่ 3

# อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 อุปกรณ์การทดลอง [6]

อุปกรณ์ในการทดลองสามารถแบ่งได้ดังนี้

3.1.1 ชุดหอกลั่น

หอกลั่นที่ใช้เป็นหอกลั่นแบบเรกติไฟอิง (rectifying column) หรือหอกลั่นที่มีเฉพาะส่วนเอนริชชิง (enriching) สามาถใช้งานได้ทั้งที่ความดันบรรยากาศและภายใต้สูญญากาศ โดยมีอุปกรณ์การวัดที่จำเป็น เช่น เทอร์โมคัปเปิล เครื่องวัดอัตราการไหลเป็นต้น

ชุดหอกลั่นประกอบด้วยหม้อต้มไอน้ำที่ใช้หลักการกาลักน้ำด้วยความร้อน (thermosyphon) โดยใช้ไอน้ำหรือใช้ไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อน ไอของของผสมที่ได้จากการให้ความร้อนที่หม้อต้มไอน้ำจะระเหยผ่านชั้นฝาแบบบับเบิลและกลั่นตัวที่ส่วนบนสุดของหอกลั่นในเครื่องควบแน่น ดีสทิลเลทที่ได้จะแยกออกเป็นรีฟลักซ์ คือส่วนที่ส่งกลับเข้าไปในหอกลั่นกับส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์โดยผ่านหอหล่อเย็นก่อนเก็บไว้ที่หม้อเก็บผลิตภัณฑ์

หม้อต้มไอน้ำใช้หลักการกาลักน้ำด้วยความร้อน (Thermal Syphon) สามารถใช้ได้ทั้งไอน้ำและไฟฟ้าเป็นตัวให้ความร้อนโดยที่ไอน้ำจากเครื่องผลิตไอน้ำจะถูกส่งมาตามท่อผ่านเครื่องควบคุมเพื่อลดความดันไอเหลือระหว่าง 0.1 ถึง 2 บาร์เกจ ไอน้ำที่กลั่นตัวจะถูกแยกออกโดยสตรีม แทรบ (steam trap) ซึ่งชุดหอกลั่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนจึงไม่ขอกล่าวในส่วนของความร้อนที่ได้จากไฟฟ้า

ส่วนประกอบของชุดหอกลั่น

หอกลั่นฝาแบบบับเบิล

| | |
|---|---|
| เส้นผ่านศูนย์กลาง | 80 มิลลิเมตร |
| จำนวนชั้น | 8 ชั้น |

หม้อต้มไอน้ำ

ปริมาณการทำงานรวม (total working capacity)

| | |
|---|---|
| (vessel + heat) | 28 ลิตร |
| vessel แบบเกลียว | |
| ปริมาณปกติ (normal capacity) | 20 ลิตร |
| ปริมาณการทำงาน (working capacity) | 13 ลิตร |
| เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนขนิดขด | |
| พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน | 0.5 ม.$^2$ |
| ความดันสูงสุดในการทำงาน | 3.5 บาร์เกจ |
| สปส.แลกเปลี่ยนความร้อนรวม | 340 กิโลแคลอรี/ชม.ม.$^2$องศาเซลเซียส |
| เครื่องควบแน่น | |
| พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน | 0.5 ม.$^2$ |
| ความดันสูงสุดในการทำงาน | 2.7 บาร์เกจ |
| สปส.แลกเปลี่ยนความร้อนรวม | 250 กิโลแคลอรี/ชม.ม.$^2$องศาเซลเซียส |
| หอหล่อเย็น | |
| พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน | 0.2 ม.$^2$ |
| ความดันสูงสุดในการทำงาน | 2.7 บาร์เกจ |
| สปส.แลกเปลี่ยนความร้อนรวม | 150 กิโลแคลอรี/ชม.ม.$^2$องศาเซลเซียส |

3.1.2 ระบบท่อส่งไอน้ำ

3.1.3 ระบบท่อส่งอากาศ

3.1.4 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

เทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิในช่วง 20-120 องศาเซลเซียสต่อสายสัญญาณเข้าการ์ดแปลงสัญญาณ ติดตั้งในส่วนของชั้นที่ 3 ของหอกลั่นขึ้นไป

เทอร์โมมิเตอร์ปรอทวัดอุณหภูมิในช่วง 50-105 องศาเซลเซียสติดตั้งในส่วนของชั้นที่ 3 ของหอกลั่นลงมา

เทอร์โมมิเตอร์ปรอทวัดอุณหภูมิในช่วง 50-105 องศาเซลเซียสติดตั้งในส่วนของหม้อต้มไอน้ำ

เทอร์โมมิเตอร์ปรอทวัดอุณหภูมิในช่วง 0-50 องศาเซลเซียสติดตั้งในส่วนของหอหล่อเย็น

3.1.5 ระบบควบคุมศูนย์กลาง คอมพิวเตอร์ใช้โปรเซสเซอร์เบอร์ 80386 หน่วยความจำ 4 เมกกะไบท์ hard disk ขนาด 85 เมกกะไบท์ ประกอบด้วยศูนย์กลางการควบคุม (CPU) จอภาพแสดงผล แป้นพิมพ์และอุปกรณ์เก็บข้อมูล

3.1.6 การ์ดแปลงสัญญาณ

3.1.7 บอร์ดขยายสัญญาณ

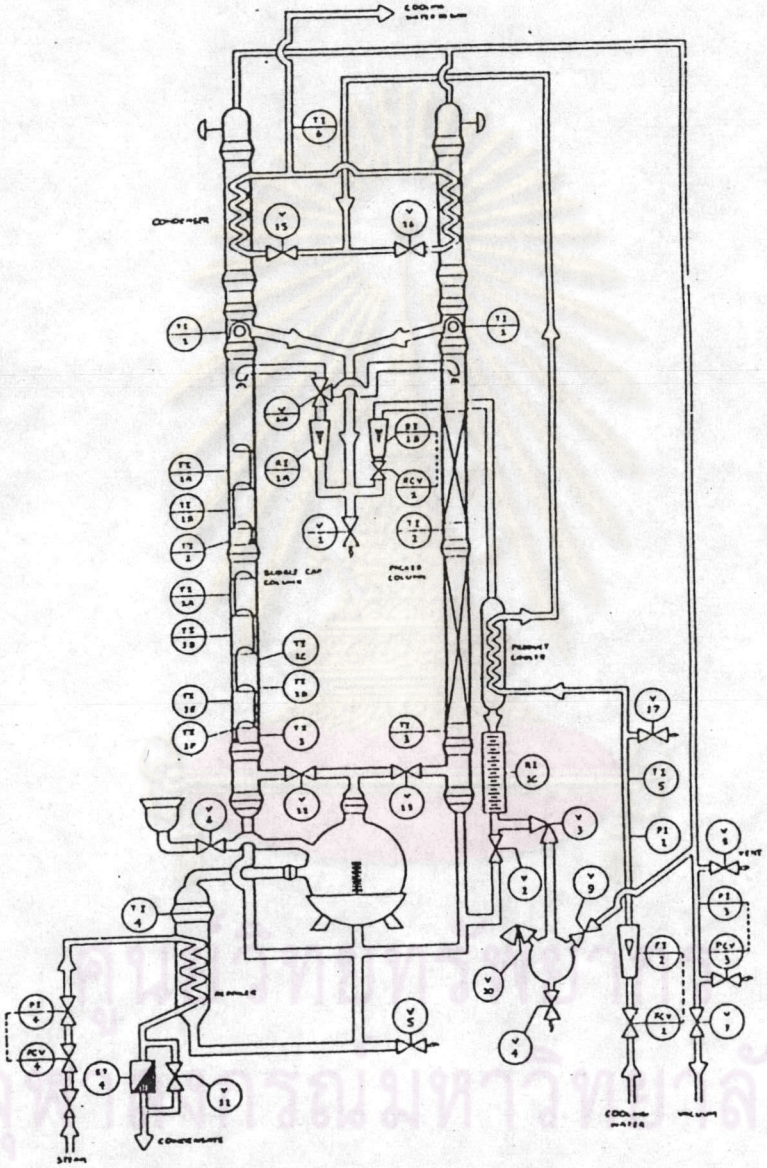
3.1.8 เครื่องแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณลม

3.1.9 เครื่องควบคุมขั้นสุดท้าย (control valve)

3.1.10 เครื่องอัดอากาศ (compressor) ชนิดเฟสเดียว อินดักชันมอร์เตอร์ 1410 รอบต่อนาทีที่ความถี่ 50 เฮิร์ทซ 6.2 แอมป์ต่อวินาทีในช่วงของความดัน 0-150 พีเอสไอ

3.1.11 เครื่องผลิตไอน้ำ กำลังการการผลิตได้ 3 ค่า คือ 6 ,12 ,15 กิโลวัตต์ที่ความถี่ 50 เฮิร์ทซ ผลิตไอน้ำในช่วงความดัน 0-8 บาร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของชุดหอกลั่น [6]

**3.2 วิธีการทดลอง**

สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป GENESIS เพื่อนำข้อมูลจากการกลั่นจริงมาใช้สร้างแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ เช่น อุณหภูมิในชั้นต่างๆของหอกลั่น เป็นต้น

3.2.2 หาความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาวะ ตัวแปรควบคุมและตัวแปรปรับได้ของกระบวนการกลั่นเพื่อนำมาสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยการทดลองกลั่นของผสมระหว่างน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ ที่ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ 15 % จำนวน 25 ลิตร

3.2.3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากตัวแปรต่างๆโดยใช้สมการที่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

3.2.4 แปลงแบบจำลองให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linearized model) จากแบบจำลองที่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในข้อ 3.2.3

3.2.5 ออกแบบแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์โดยการใช้แบบจำลองที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

3.2.6 ทดสอบการประมาณค่า (simulate) จากแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MathCAD ร่วมกับอุณหภูมิในชั้นต่างๆของการกลั่นจริง โดยคำนวนค่าอัตราการขยายวงจรปิดโดยวิธี Pole-Placement และ Linear Quadratic Estimator (LQE)

3.2.7 เปรียบเทียบผลจากการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ ที่ใช้ค่าอัตราการขยายวงจรปิดที่คำนวณได้จากวิธีการทั้งสอง

3.2.8 เปลี่ยนความเข้มข้นของของผสมระหว่างน้ำและเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นที่ความเข้มข้น 25 และ 35 % ตามลำดับแล้วกลับไปทำตั้งแต่ข้อ 3.2.2 จนถึงข้อที่ 3.2.7 ใหม่

3.2.9 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบการประมาณค่า กับ ผลที่ได้จากการกลั่นจริง