

## บทที่ 5

### ผลการจำลอง และวิเคราะห์ แบบจำลองกระบวนการกลั่น

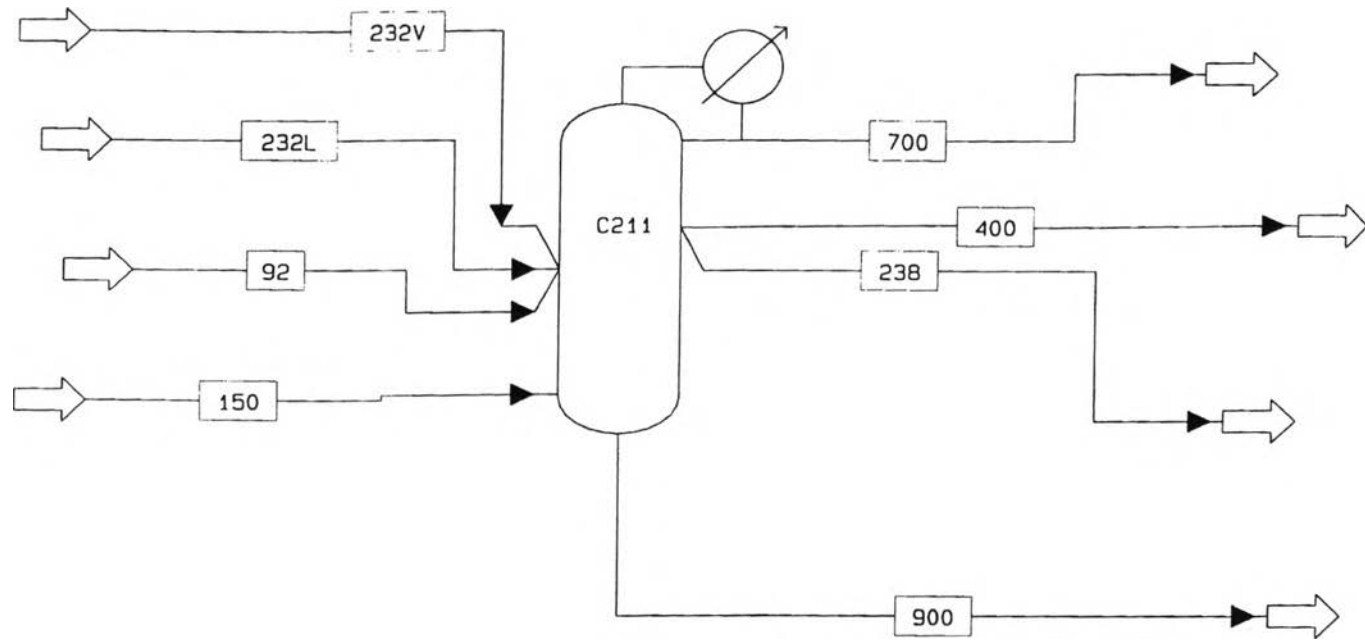
ในบทนี้จะกล่าวถึง การจำลองกระบวนการกลั่นของโรงแยกอากาศ โดยใช้โปรแกรมแอสเพนพลัส (ASPEN PLUS) โดยแบ่งออกเป็น วิธีการคัดเลือกรูปแบบที่ใช้จำลองกระบวนการ ผลการตัดสินใจรูปแบบกระบวนการ และการเปรียบเทียบผลของการจำลองกระบวนการ กับข้อมูลจริงที่ได้จากโรงงาน

#### 5.1 วิธีการคัดเลือกรูปแบบที่ใช้จำลองกระบวนการ

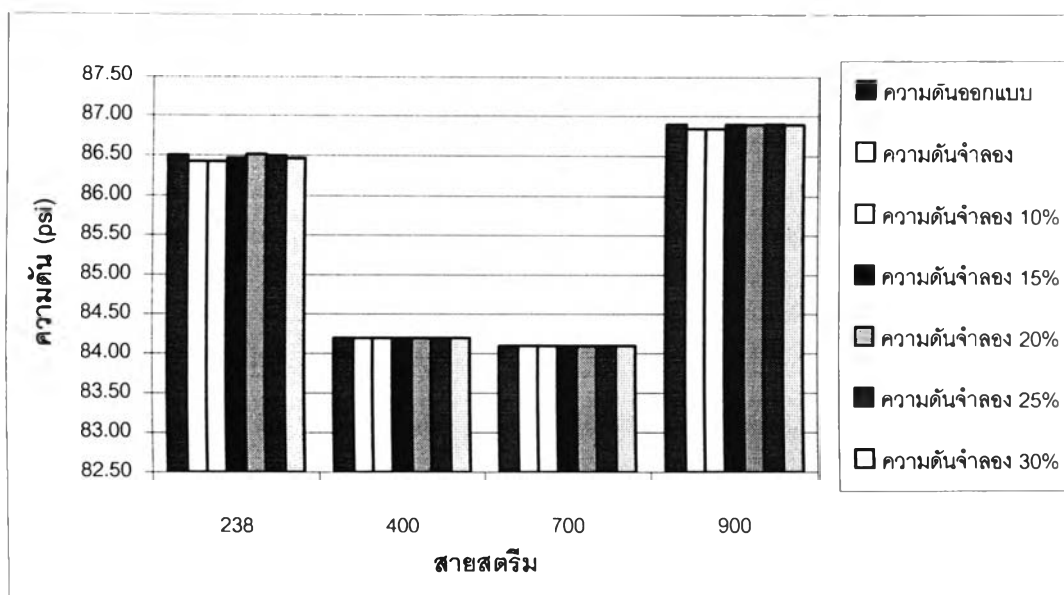
จะเริ่มจากข้อมูล คุณสมบัติ และพลังงานจากการออกแบบมาเป็นพื้นฐานของข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ โดยจะทำการทดสอบกับหอกันความดันสูง และความดันต่ำ จำนวนเทรย์ที่รู้จะเป็นจำนวนเทรย์จริงของหอกัน ซึ่งได้รวมค่าความปลอดภัยไว้แล้ว และประสิทธิภาพของเทรย์ที่ใช้เท่ากับหนึ่ง ดังนั้นจึงทำการลดจำนวนลงเป็นเปอร์เซ็นต์ตั้งแต่ 10% และลดครั้งละ 5% จนถึง 30% แล้วทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับข้อมูลออกแบบ โดยใช้ความผิดพลาดยกกำลังสอง (Least Square) ซึ่งจะถ่วงน้ำหนักที่อัตราการไหล และความบริสุทธิ์ขององค์ประกอบหลักเป็นหลัก ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบ คือ อุณหภูมิ ความดัน อัตราการไหล มวลโมเลกุลเฉลี่ย เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ขององค์ประกอบหลัก

#### 5.2 ผลการจำลองหอกันความดันสูง

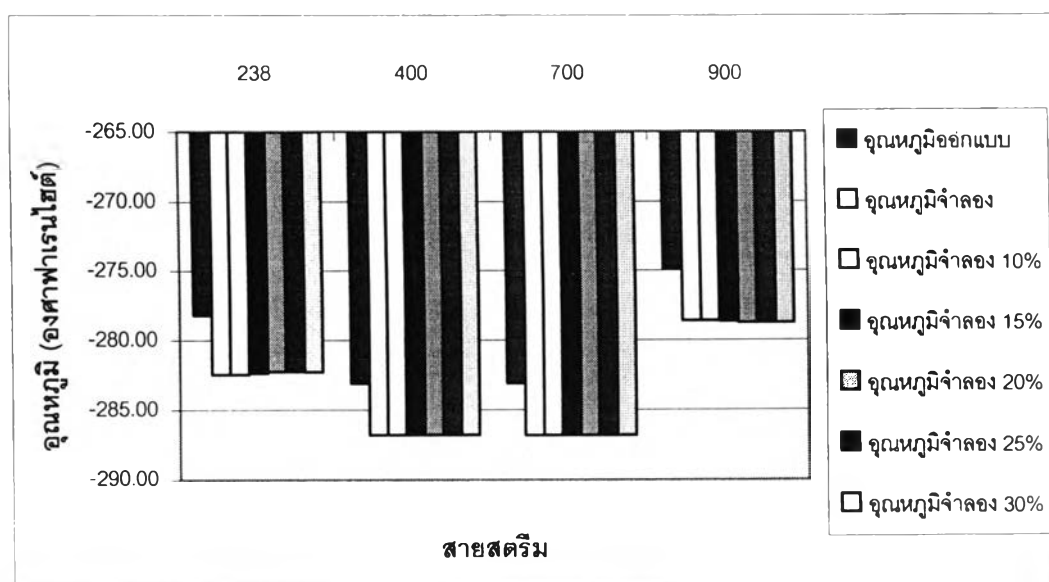
เปรียบเทียบสายผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหอกัน คือสายที่ 700 เป็นสายที่ออกจากคอนเดนเซอร์ของหอกันความดันสูง สาย400 เป็นสายผลิตภัณฑ์ในโตรเจนบริสุทธิ์ สาย238 เป็นสายผลิตภัณฑ์กลางหอ และ สาย900 เป็นสายผลิตภัณฑ์ก้นหอโดยรูปแบบที่ใช้จากโปรแกรมแอสเพนพลัส ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.1 และได้แสดงเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกันกับข้อมูลจากการออกแบบของหอกันความดันสูง เมื่อลดจำนวนเทรย์ลงที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 – 5.7



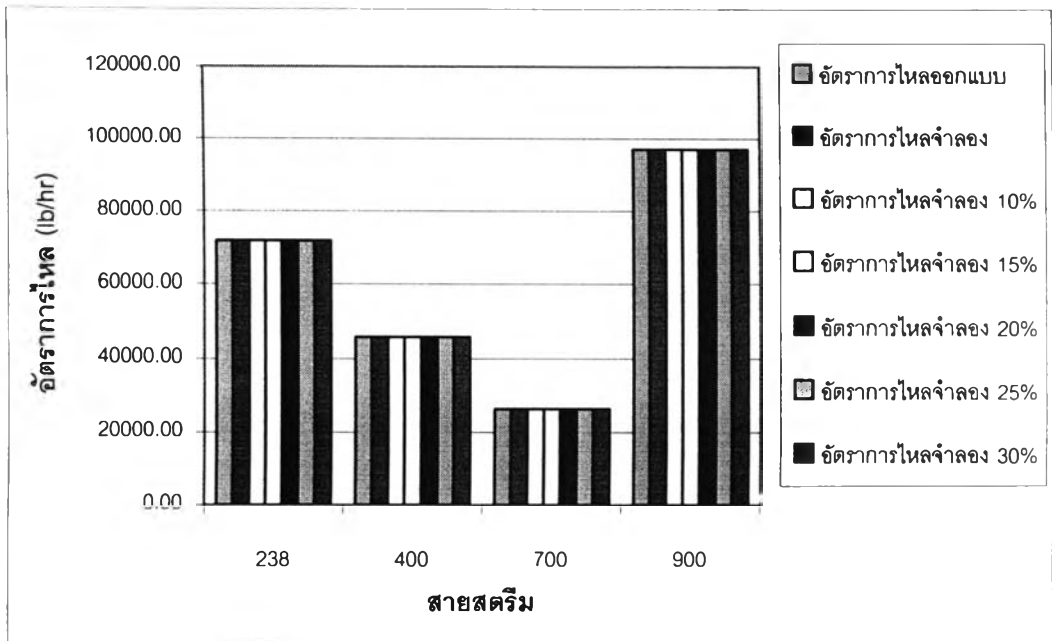
รูปที่ 5.1 แบบจำลองหอกั่นความดันสูง



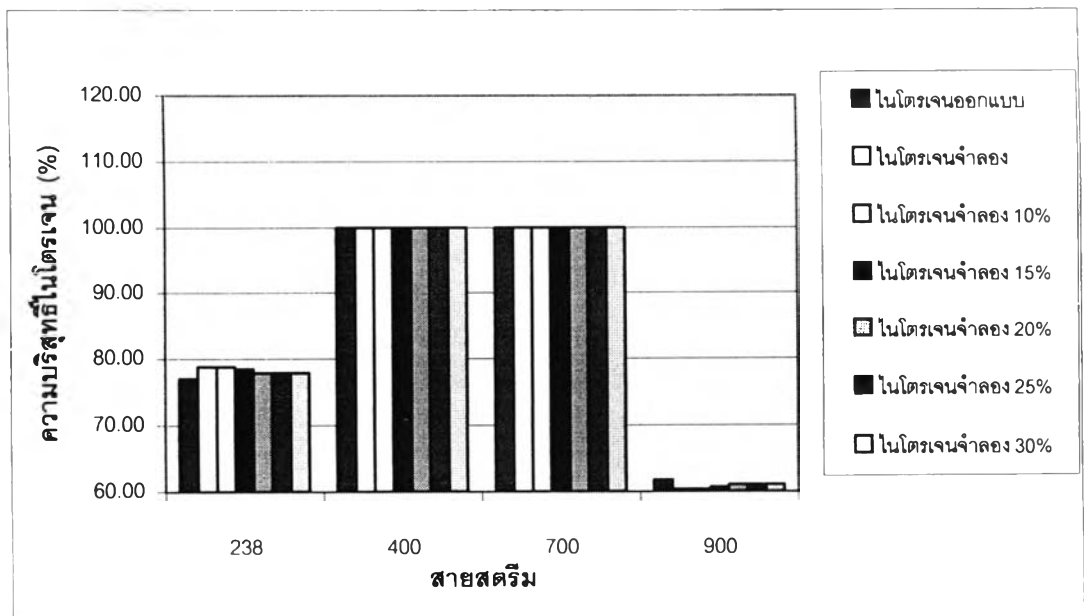
รูปที่ 5.2 ความแตกต่างความดันที่ออกแบบ และจำลองของหอกลับความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางหอบได้ค่าก่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในโตรเจนยอดหอบค่าที่ได้เท่ากับค่าจากการออกแบบ ส่วนสาย 900 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กันหอบได้ค่าก่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ



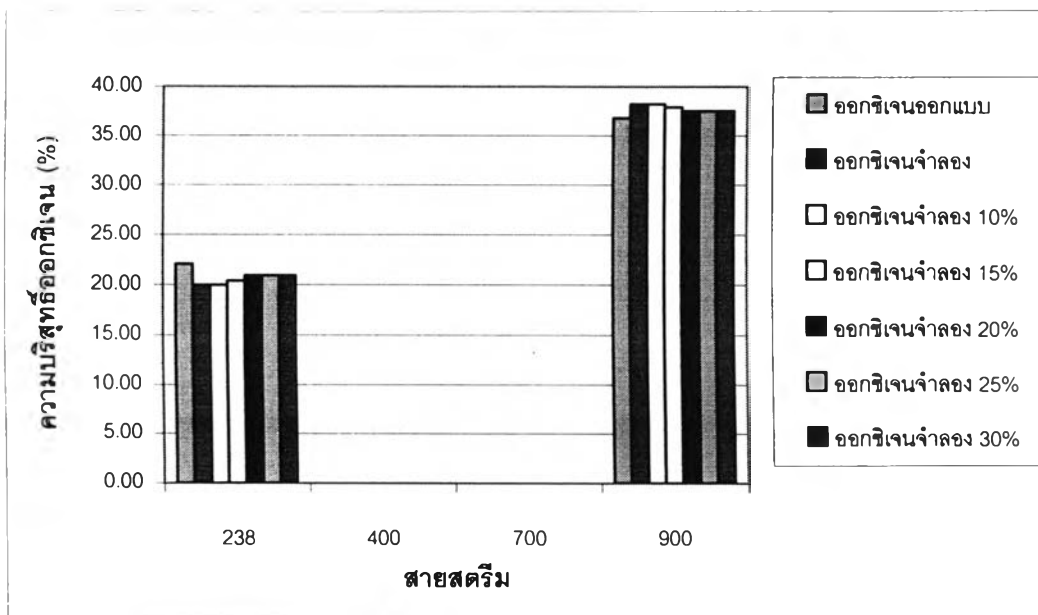
รูปที่ 5.3 ความแตกต่างอุณหภูมิออกแบบ และจำลอง ของหอกลับความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางหอบ สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในโตรเจนยอดหอบ และสาย 900 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กันหอบได้ค่าที่แตกต่างจากค่าออกแบบซึ่งเป็นผลจากสมการเทอร์โมไดนามิกที่ใช้ในแบบจำลองต่างจากการออกแบบ



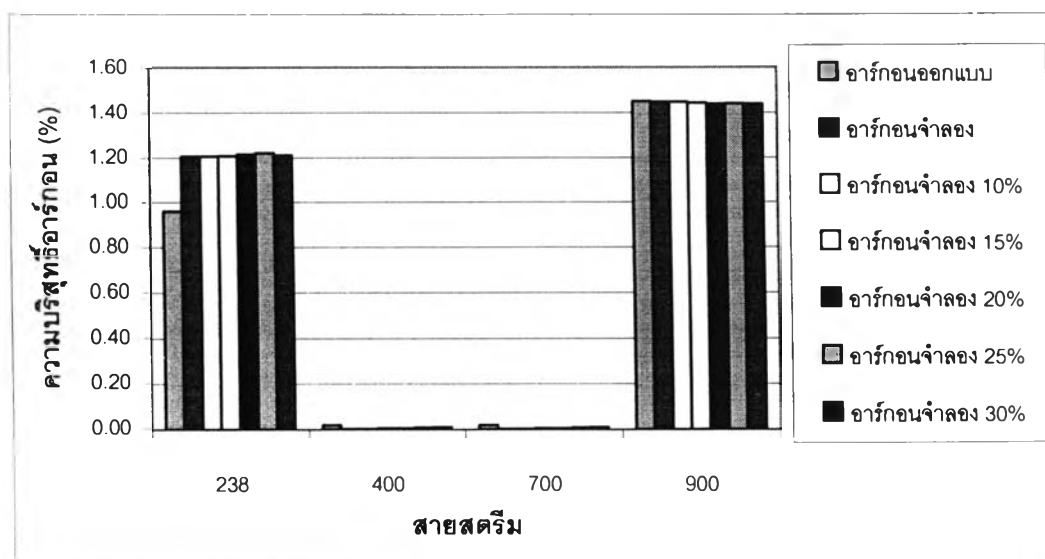
รูปที่ 5.4 ความแตกต่างอัตราการผลิตนอกแบบ และจำลอง ของหอกลับความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางห่อ สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนยอหดห่อ และสาย 900 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์กันห่อ ได้ค่าที่ไม่แตกต่างจากค่าออกแบบ



รูปที่ 5.5 ความแตกต่างความบริสุทธิ์ไนโตรเจนนอกแบบ และจำลองของหอกลับความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางห่อ ได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนยอหดห่อค่าที่ได้เท่ากับค่าจากการออกแบบ ส่วนสาย 900 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กันห่อ ได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ



รูปที่ 5.6 ความแตกต่างความบริสุทธิ์ออกซิเจนออกแบบ และจำลองของหอกต้นความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในโตรเจนยอดห่อมีปริมาณออกซิเจนปนอยู่น้อยมาก ส่วนสาย 900 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กันห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ



รูปที่ 5.7 ความแตกต่างความบริสุทธิ์อาร์กอนออกแบบ และจำลองของหอกต้นความดันสูง ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 238 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กลางห่อได้ค่าแตกต่างจากค่าจากการออกแบบเล็กน้อย สาย 400 และ 700 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในโตรเจนยอดห่อมีปริมาณอาร์กอนปนอยู่น้อยมาก ส่วนสาย 900 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์กันห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ

ผลการจำลองที่ได้ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ นำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดยกกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อค่าที่ผิดพลาดน้อยที่สุดจากการลดจำนวนเหรียญที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ในการเปรียบเทียบ จะทำการเปรียบเทียบค่า ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ของไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน โดยจะทำการถ่วงน้ำหนักของอุณหภูมิ อัตราการไหล และเอนทาลปีลงมาให้อยู่ในหน่วยเดียวกับความบริสุทธิ์ ค่าที่ได้ดังตารางที่ 5.2

% การลดจำนวนเหรียญ	ค่าความผิดพลาดยกกำลังสอง
จำนวนเหรียญจริง	117.63
10	116.65
15	112.61
20	108.58
25	108.36
30	108.68

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าความผิดพลาดยกกำลังสองของหอกลับความดันสูงเมื่อลดจำนวนเหรียญลง

จากค่าความผิดพลาดยกกำลังสองที่ได้ ค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้คือ ที่ลดจำนวนเหรียญลง 25% ได้แสดงค่าผลความผิดพลาดเทียบระหว่างค่าจากการออกแบบ และค่าจากการจำลองดังตารางที่ 5.2 ส่วนค่าความผิดพลาดที่เปอร์เซ็นต์อื่นๆ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

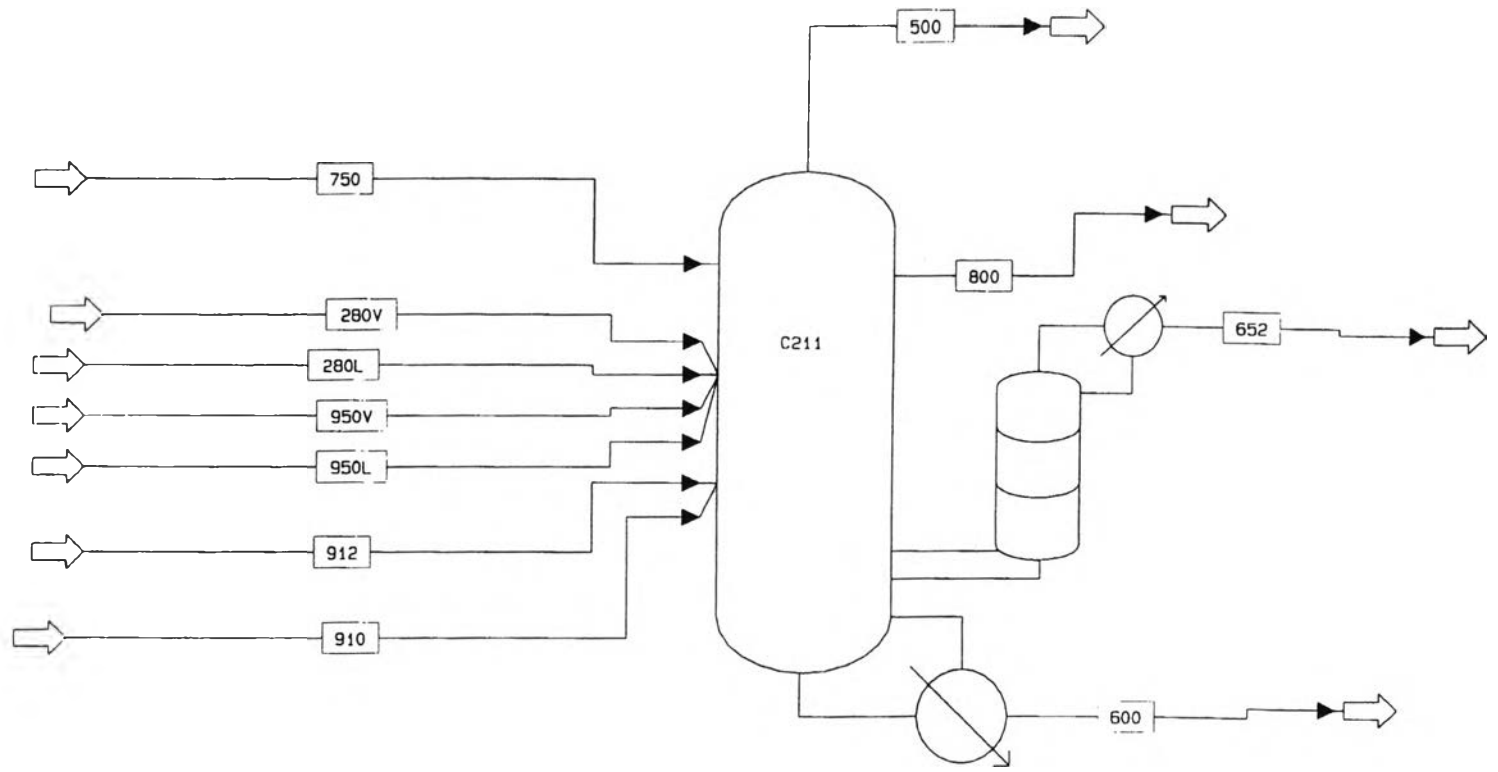
Steam No.		238			400			700			900		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	86.50	86.50	<b>0.00</b>	84.20	84.20	<b>0.00</b>	84.10	84.10	<b>0.00</b>	86.90	86.91	<b>0.01</b>
<b>Temperature</b>	F	-278.20	-282.25	<b>1.46</b>	-283.10	-286.77	<b>1.30</b>	-283.10	-286.80	<b>1.31</b>	-274.90	-278.75	<b>1.40</b>
<b>Total Properties</b>													
<b>Flow</b>	lb/hr	71.729	71.729	<b>0.00</b>	45,863	45.863	<b>0.00</b>	26,316	26.316	<b>0.00</b>	97,062	97.062	<b>0.00</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-11,735,177	-11,853,000	<b>1.00</b>	-4,385,866	-4,357,400	<b>-0.65</b>	-4,385,073	-4,434,500	<b>1.13</b>	-15,700,666	-15,872,000	<b>1.09</b>
<b>MW</b>		29.01	28.99192	<b>-0.06</b>	28.02	28.01443	<b>-0.02</b>	28.02	28.01443	<b>-0.02</b>	29.67	29.6793	<b>0.03</b>
<b>Composition(%)</b>													
<b>Nitrogen</b>	%	77.01	77.8837	<b>1.13</b>	99.98	99.9918	<b>0.01</b>	99.98	99.9918	<b>0.01</b>	61.75	61.0710	<b>-1.10</b>
<b>Oxygen</b>	%	22.03	20.8956	<b>-5.15</b>	0.00	0.0004		0.00	0.0004		36.80	37.4902	<b>1.88</b>
<b>Argon</b>	%	0.96	1.2207	<b>27.16</b>	0.02	0.0078	<b>-60.81</b>	0.02	0.0078	<b>-60.81</b>	1.45	1.4388	<b>-0.77</b>

ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกลับกับข้อมูลจากการออกแบบของหอกลับความดันสูงเมื่อลดจำนวนเทรย์ลง 25%

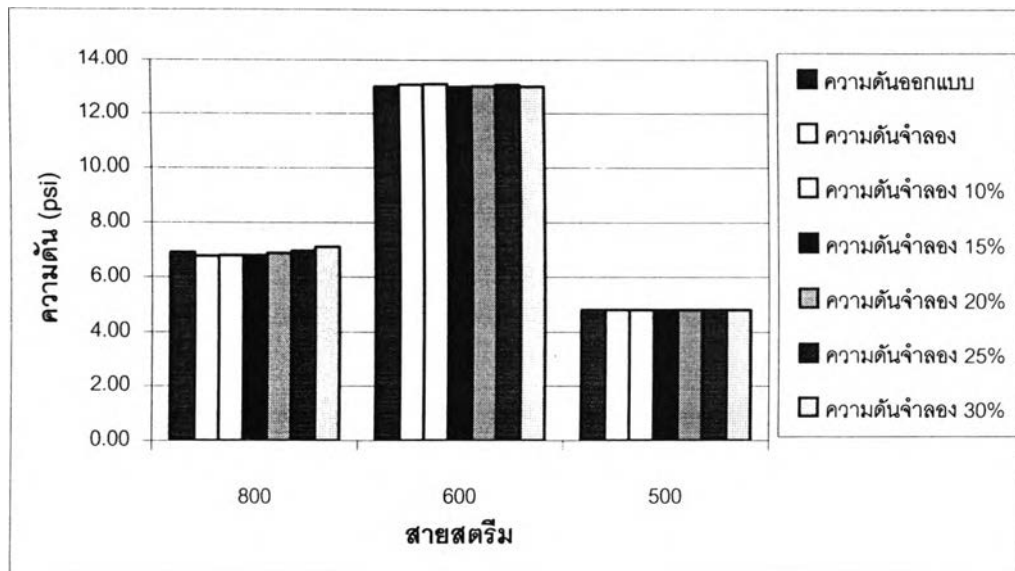
### 5.3 ผลการจำลองหอกลิ้นความดันต่ำ

เปรียบเทียบสายผลิตภัณฑ์ที่ออกจากหอกลิ้น คือสายที่ 500 เป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนบริสุทธิ์ยอดหอกของหอกลิ้นความดันต่ำ สาย800 เป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนบริสุทธิ์ สาย600 เป็นสายผลิตภัณฑ์ออกซิเจนบริสุทธิ์กันหอก โดยรูปแบบที่ใช้จากโปรแกรมแอสเพน พลัส ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.8 และได้แสดงผลเปรียบเทียบที่ได้จากการจำลองหอกลิ้นกับข้อมูลจากการออกแบบของหอกลิ้นความดันต่ำ เมื่อลดจำนวนเทรย์ลงที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.9 – 5.14

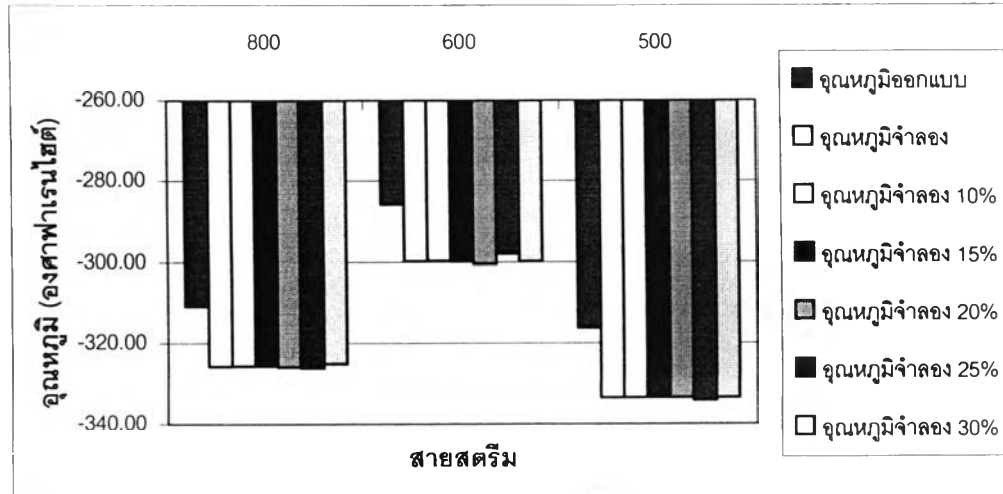




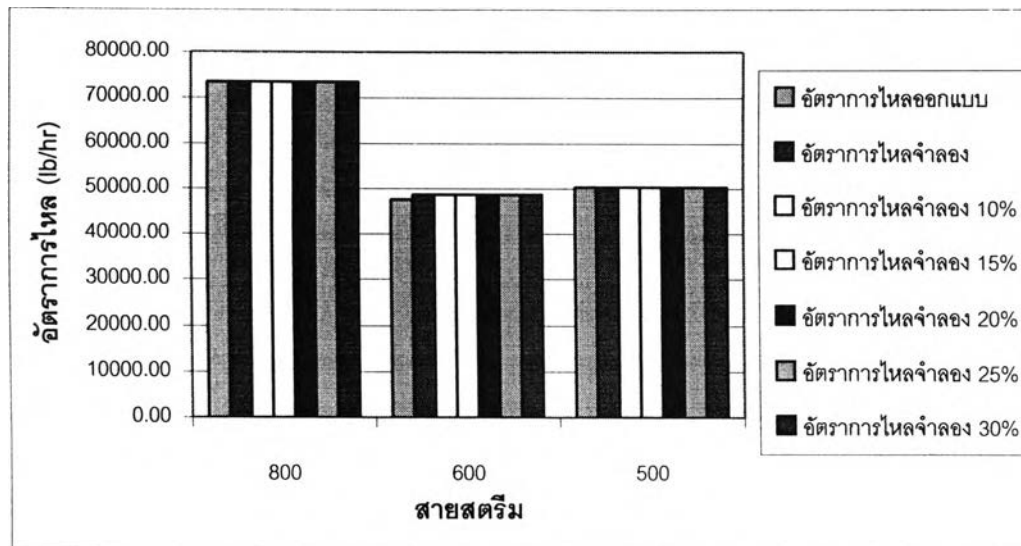
รูปที่ 5.8 แบบจำลองหอกลับความดันต่ำ และหอกลับอาร์กอน



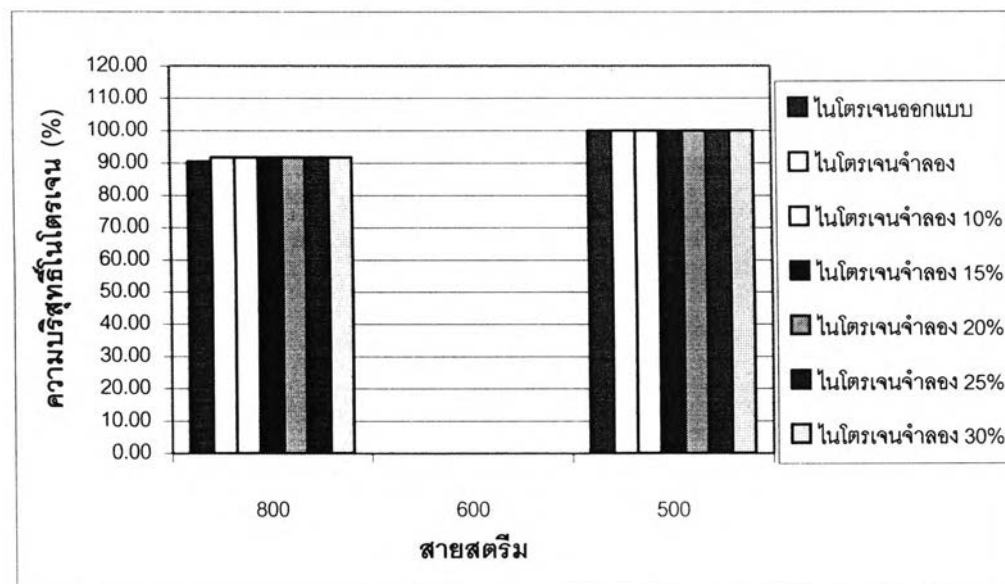
รูปที่ 5.9 ความแตกต่างความดันที่ออกแบบ และจำลอง ของหอกันความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อค่าที่ได้เท่ากับค่าจากการออกแบบ ส่วนสาย 500 เป็นสายผลิตภัณฑ์ยอหดห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ



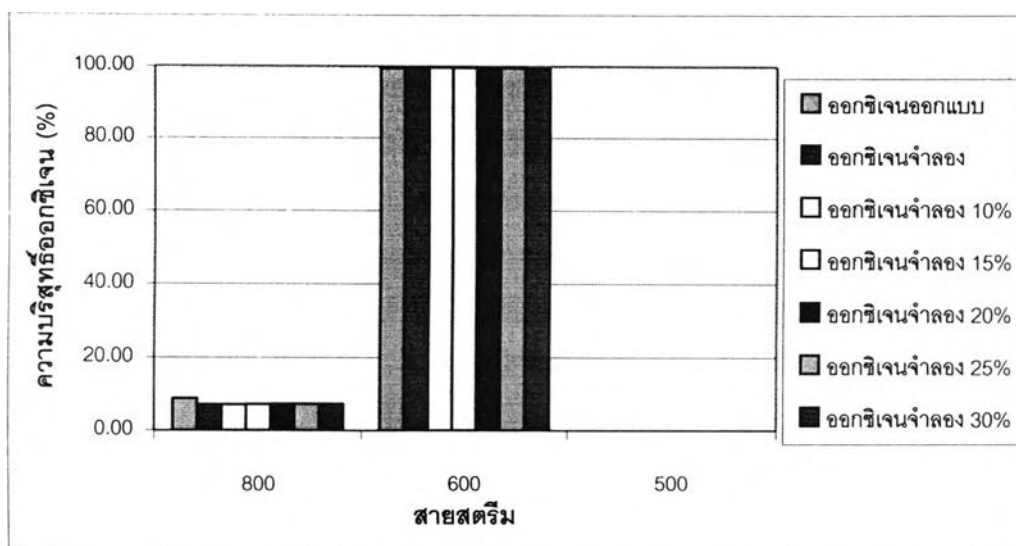
รูปที่ 5.10 ความแตกต่างอุณหภูมิออกแบบ และจำลอง ของหอกันความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อ และสาย 500 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ยอหดห่อได้ค่าที่แตกต่างจากค่าออกแบบ ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งเป็นผลจากสมการเทอร์โมไดนามิกที่ใช้ในแบบจำลองต่างจากการออกแบบ



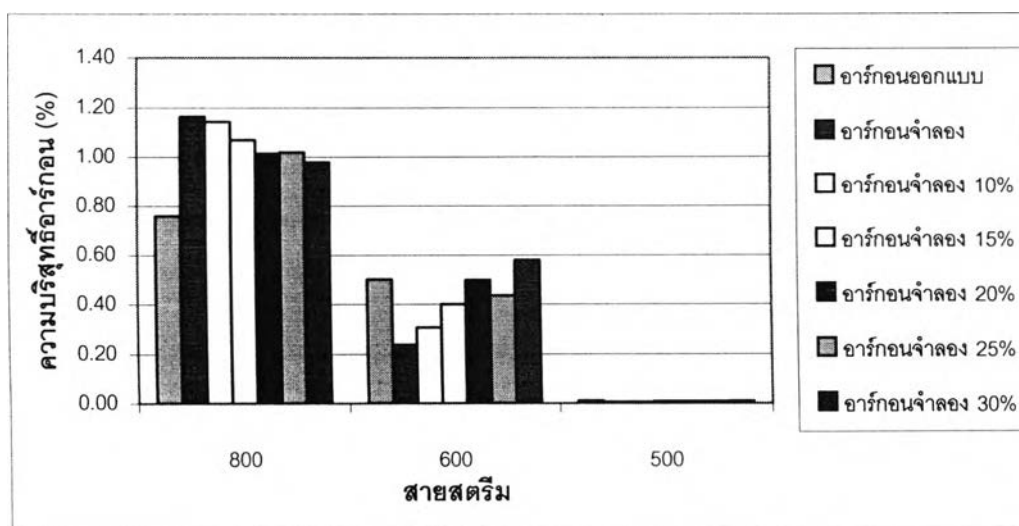
รูปที่ 5.11 ความแตกต่างอัตราการไหลออกแบบ และจำลอง ของหอกลิ้นความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อ ส่วนสาย 500 เป็นสายผลิตภัณฑ์ยอหดห่อ ค่าอัตราการไหลของทั้งสามสายได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าออกแบบ



รูปที่ 5.12 ความแตกต่างความบริสุทธิ์ไนโตรเจนออกแบบ และจำลองของหอกลิ้นความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ ได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อมีปริมาณไนโตรเจนอยู่น้อยมาก และสาย 500 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ยอหดห่อได้เท่ากับค่าจากการออกแบบ



รูปที่ 5.13 ความแตกต่างความบริสุทธิ์ออกซิเจนออกแบบ และจำลอง ของหอกลิ้นความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ ได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ และสาย 500 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ขอดหามีปริมาณออกซิเจนอยู่น้อยมาก



รูปที่ 5.14 ความแตกต่างความบริสุทธิ์อาร์กอนออกแบบ และจำลอง ของหอกลิ้นความดันต่ำ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 800 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนส่งไปสู่ส่วนกรองอากาศ ได้ค่าค่อนข้างแตกต่างกับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อได้ค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าจากการออกแบบ และสาย 500 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ขอดหามีปริมาณอาร์กอนอยู่น้อยมาก

ผลการจำลองที่ได้ที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ นำค่าที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดยกกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อค่าที่ผิดพลาดน้อยที่สุดจากการลดจำนวนเหรียญที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ ในการเปรียบเทียบ จะทำการเปรียบเทียบค่า ความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ของไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอน โดยจะทำการถ่วงน้ำหนักของอุณหภูมิ อัตราการไหล และเอนทาลปีลงมาให้อยู่ในหน่วยเดียวกับความบริสุทธิ์ ค่าที่ได้ดังตารางที่ 5.3

% การลดจำนวนเหรียญ	ค่าความผิดพลาดยกกำลังสอง
จำนวนเหรียญจริง	132.8467
10	132.7904
15	132.6052
20	132.0853
30	131.1942
25	132.2678

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความผิดพลาดยกกำลังสองของหอกันความดันต่ำ เมื่อลดจำนวนเหรียญลง

จากค่าความผิดพลาดยกกำลังสองที่ได้ ค่าที่ต่ำที่สุดที่ได้คือ ที่ลดจำนวนเหรียญลง 25% ได้แสดงค่าผลความผิดพลาดเทียบระหว่างค่าจากการออกแบบ และค่าจากการจำลองดังตารางที่ 5.4 ส่วนค่าความผิดพลาดที่เปอร์เซ็นต์อื่นๆ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

Steam No.		800			600			500		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	6.90	6.96	<b>0.87</b>	13.00	13.08	<b>0.62</b>	4.80	4.80	<b>0.00</b>
<b>Temperature</b>	F	-310.80	-326.20	<b>4.95</b>	-285.80	-297.90	<b>4.23</b>	-316.20	-334.11	<b>5.66</b>
<b>Total Properties</b>										
<b>Flow</b>	lb/hr	73.460	73.460	<b>0.00</b>	47.643	48.643	<b>2.10</b>	50.369	50.369	<b>0.00</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-7,081,071	-7,260,100	<b>2.53</b>	-8,794,007	-8,406,400	<b>-4.41</b>	-5,004,305	-5,157,100	<b>3.05</b>
<b>MW</b>		28.45	28.42257	<b>-0.10</b>	32.04	32.03333	<b>-0.02</b>	28.01	28.01442	<b>0.02</b>
<b>Composition(%)</b>										
<b>Nitrogen</b>	%	90.5000	91.7675	<b>1.40</b>	0.0000	0.0000		99.9900	99.9921	<b>0.002</b>
<b>Oxygen</b>	%	8.7400	7.2136	<b>-17.46</b>	99.5000	99.5656	<b>0.07</b>	0.0000	0.0000	
<b>Argon</b>	%	0.7600	1.0189	<b>34.07</b>	0.5000	0.4344	<b>-13.11</b>	0.0100	0.0079	<b>-21.16</b>

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกลับกับข้อมูลจากการออกแบบของหอกลับความดันต่ำเมื่อลดจำนวนเทรย์ลง 25%

จากการจำลองหอกลับความดันสูงและความดันต่ำ แยกจากกันโดยทำการลดจำนวนทรย์ลง ผลที่ได้คือ ค่าความผิดพลาดยกกำลังสองที่น้อยที่สุดคือที่จำนวนลดลง 25% ซึ่งหอกลับความดันสูงและความดันต่ำได้ผลตรงกัน ดังนั้นจึงใช้คุณสมบัติและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ได้จากหอกลับความดันสูงและหอกลับความดันต่ำที่จำนวนลดลง 25% มาใช้ในการต่อหอกลับทั้งสองเข้าด้วยกัน จากผลที่ได้จะพบว่า อุณหภูมิของสายผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งหอกลับความดันสูงและความดันต่ำนั้นเห็นความแตกต่างค่อนข้างชัดเจน เป็นผลมาจากคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกที่ใช้กับแบบจำลอง คือ PENGROBINSON ตามที่ระบุในหนังสือคู่มือการใช้งานของแอสเพน พลัส เล่ม 1 หน้า 2 – 14 แต่คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกที่ใช้ออกแบบเป็นสมการที่ผู้ออกแบบทำการคัดแปลงสมการขึ้นมาเอง หรืออาจเป็นเพราะรูปแบบที่เลือกใช้แตกต่างกัน ทำให้ผลที่ได้แตกต่างกัน แต่ค่าความดัน อัตราการไหล เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ขององค์ประกอบหลักมีความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (ต่ำกว่า 10%)

#### 5.4 ผลการต่อหอกลับ

จากข้อมูลที่ได้จาก 5.1 พบว่าค่าความผิดพลาดยกกำลังสองที่น้อยที่สุด คือที่ 25% ดังนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากหอกลับทั้งสองมาใช้ เพื่อทำการต่อหอกลับทั้งสองเข้าด้วยกัน ตามกระบวนการจริง แล้วทำการเปรียบเทียบผลของสายผลิตภัณฑ์ จากทั้งสองหอกลับกับข้อมูลออกแบบอีกครั้งหนึ่ง เพื่อเป็นการยืนยันผลที่ได้ และตรวจสอบว่าอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้เพื่อต่อหอกลับทั้งสองนั้นเหมาะสม รูปแบบของกระบวนการกั้นเมื่อต่อหอกลับแล้วได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.15 และสายผลิตภัณฑ์ของทั้งสองหอกลับที่นำมาเปรียบเทียบคือ สาย 238 280 400 500 600 652 700 800 900 910 และ 912 ค่าแสดงไว้ดังตารางที่ 5.5 – 5.7





Steam No.		238			280			400			500		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	86.50	86.33	<b>-0.20</b>	6.90	6.90	<b>0.00</b>	84.20	84.20	<b>0.00</b>	4.80	4.80	<b>0.00</b>
<b>Temperature</b>	F	-278.20	-282.30	<b>1.47</b>	-311.30	-311.30	<b>0.00</b>	-283.10	-286.77	<b>1.30</b>	-316.20	-335.39	<b>6.07</b>
<b>Total Properties</b>													
<b>Flow</b>	lb/hr	71,729	71,729	<b>0.00</b>	65,727	65,717	<b>-0.02</b>	45,863	45,863	<b>0.00</b>	50,369	50,369	<b>0.00</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-11,735,177	-11,855,000	<b>1.02</b>	-11,520,000	-11,556,800	<b>0.32</b>	-4,385,866	-4,357,400	<b>-0.65</b>	-5,004,305	-5,173,600	<b>3.38</b>
<b>MW</b>		29.01	28.99134	<b>-0.06</b>	29.04	28.99134	<b>-0.17</b>	28.02	28.01442	<b>-0.02</b>	28.01	28.01354	<b>0.01</b>
<b>Composition(%)</b>													
<b>Nitrogen</b>	%	77.01	77.90	<b>1.15</b>	77.0063	77.8974	<b>1.16</b>	99.98	99.9919	<b>0.01</b>	99.9900	99.9995	<b>0.01</b>
<b>Oxygen</b>	%	22.03	20.88	<b>-5.21</b>	22.0305	20.8823	<b>-5.21</b>	0.00	0.0004		0.0000	0.00001	
<b>Argon</b>	%	0.96	1.22	<b>27.11</b>	0.9632	1.2203	<b>26.69</b>	0.02	0.0078	<b>-61.21</b>	0.0100	0.00050	<b>-95.02</b>

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกลิ้นสาย 238 280 400 และ 500 กับข้อมูลการออกแบบของหน่วยแยกอากาศเมื่อลดจำนวนเทอร์ยัลลง 25%

Steam No.		600			652			700			800		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	13.00	13.08	<b>0.62</b>	5.80	5.80	<b>0.00</b>	84.10	84.10	<b>0.00</b>	6.90	6.84	<b>-0.87</b>
<b>Temperature</b>	F	-285.80	-299.77	<b>4.89</b>	-297.00	-297.00	<b>0.00</b>	-283.10	-286.80	<b>1.31</b>	-310.80	-328.47	<b>5.68</b>
<b>Total Properties</b>													
<b>Flow</b>	lb/hr	47.643	50,095	<b>5.15</b>	1,652	1,652	<b>-0.01</b>	26,316	26.316	<b>0.00</b>	73,460	73,460	<b>0.00</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-8,794,007	-8,691,000	<b>-1.17</b>	-192,725	-191,490	<b>-0.64</b>	-4,385,073	-4,434,500	<b>1.13</b>	-7,081,071	-7,318,700	<b>3.36</b>
<b>MW</b>		32.04	32.03847	<b>0.00</b>	39.82	39.84326	<b>0.06</b>	28.02	28.01442	<b>-0.02</b>	28.45	28.3539	<b>-0.34</b>
<b>Composition(%)</b>													
<b>Nitrogen</b>	%	0.0000	0.0000		0.4200	0.0042	<b>-99.00</b>	99.98	99.9919	<b>0.01</b>	90.5000	93.4621	<b>3.27</b>
<b>Oxygen</b>	%	99.5000	99.5010	<b>0.001</b>	1.0000	1.3113	<b>31.13</b>	0.00	0.0004		8.7400	5.5332	<b>-36.69</b>
<b>Argon</b>	%	0.5000	0.4991	<b>-0.19</b>	98.5800	98.6845	<b>0.11</b>	0.02	0.0078	<b>-61.21</b>	0.7600	1.0047	<b>32.20</b>

ตารางที่ 5.6 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกลับสาย 600 652 700 และ 800 กับข้อมูลการออกแบบของหน่วยแยกอากาศเมื่อลดจำนวนทอร์คิง 25%

Steam No.		900			910			912		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	86.90	86.71	<b>-0.22</b>	8.40	8.40	<b>0.00</b>	8.40	8.40	<b>0.00</b>
<b>Temperature</b>	F	-274.90	-278.81	<b>1.42</b>	-301.60	-317.66	<b>5.33</b>	-301.60	-311.54	<b>3.30</b>
<b>Total Properties</b>										
<b>Flow</b>	lb/hr	97,062	97.062	<b>0.00</b>	66.009	66,007	<b>0.00</b>	6.369	6.369	<b>0.00</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-15,700,666	-15,875,000	<b>1.11</b>	-5,971,975	-6,152,800	<b>3.03</b>	-1,107,307	-1,128,900	<b>1.95</b>
<b>MW</b>		29.67	29.67975	<b>0.03</b>	29.56	29.49542	<b>-0.22</b>	30.84	31.73517	<b>2.90</b>
<b>Composition(%)</b>										
<b>Nitrogen</b>	%	61.75	61.0604	<b>-1.12</b>	64.3900	65.6474	<b>1.95</b>	33.1600	31.5221	<b>-4.94</b>
<b>Oxygen</b>	%	36.80	37.5004	<b>1.90</b>	34.0200	32.9325	<b>-3.20</b>	64.8500	66.8363	<b>3.06</b>
<b>Argon</b>	%	1.45	1.4392	<b>-0.74</b>	1.5900	1.4201	<b>-10.69</b>	1.9900	1.6525	<b>-16.96</b>

ตารางที่ 5.7 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองหอกลิ้นสาย 900 910 และ 912 กับข้อมูลการออกแบบของหน่วยแยกอากาศเมื่อลดจำนวนเทอร์ย์ลง 25%

## 5.5 ปรับเปลี่ยนสายสตรีม 232

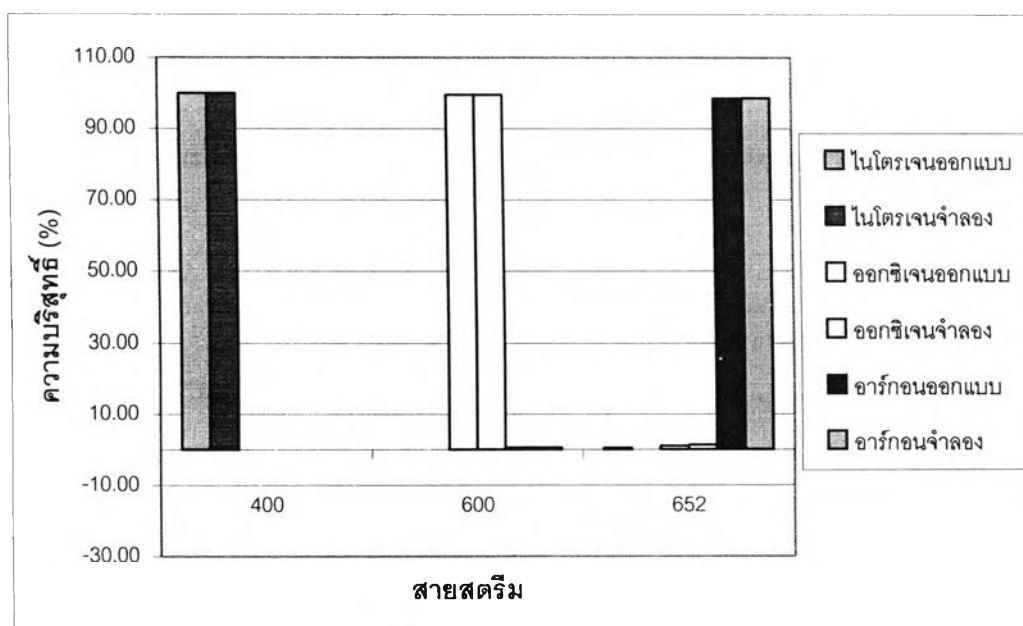
จากค่าการออกแบบสายสตรีม 232 280 และ 950 ค่าการออกแบบแยกเป็น 2 กรณี คือ คุณสมบัติของไอ และของเหลว แต่จากการจำลองไม่สามารถแยกคุณสมบัติของทั้งสองส่วนได้ ดังนั้นจึงได้ทำการจำลองสายสตรีมของไอและของเหลวของแต่ละสายมาผสมกัน แล้วจึงนำผลที่ได้มาใช้เปรียบเทียบแทนค่าจากการออกแบบ ซึ่งผลที่ได้นั้นได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก หลังจากนั้นทำการปรับกระบวนการจำลองอีกครั้ง โดยปรับเปลี่ยนสายสตรีม 232 จากสองสายมาเป็นสายเดี่ยว รูปจากการจำลองได้แสดงไว้ดังรูปที่ 5.16 และผลความแตกต่างระหว่างค่าที่จำลองได้ กับค่าจากการออกแบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.8 โดยจะทำการเปรียบเทียบเฉพาะสายผลิตภัณฑ์หลัก 3 สาย คือ สาย 400 เป็นสายผลิตภัณฑ์ในโตรเจนบริสุทธิ์ สาย 600 เป็นสายผลิตภัณฑ์ออกซิเจนบริสุทธิ์ และสาย 652 เป็นสายผลิตภัณฑ์อาร์กอน



Steam No.		400			600			652		
		Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error	Design	Simulate	%error
<b>Pressure</b>	psig	84.20	84.20	<b>0.00</b>	13.00	13.08	<b>0.62</b>	5.80	5.80	<b>0.00</b>
<b>Temperature</b>	F	-283.10	-286.77	<b>1.30</b>	-285.80	-299.77	<b>4.89</b>	-297.00	-297.00	<b>0.00</b>
<b>Total Properties</b>										
<b>Flow</b>	lb/hr	45.863	45.863	<b>0.00</b>	47,643	49,725	<b>4.37</b>	1,652	1.652	<b>-0.01</b>
<b>Enthalpy</b>	Btu/hr	-4,385,866	-4,357,300	<b>-0.65</b>	-8,794,007	-8,626,800	<b>-1.90</b>	-192,725	-191,480	<b>-0.65</b>
<b>Molecular Weight</b>		28.02	28.01469	<b>-0.02</b>	32.04	32.03858	<b>0.00</b>	39.82	39.84312	<b>0.06</b>
<b>Composition(%)</b>										
<b>Nitrogen</b>	%	99.98	99.9895	<b>0.01</b>	0.0000	0.0000		0.4200	0.0167	<b>-96.02</b>
<b>Oxygen</b>	%	0.00	0.0005		99.5000	99.4996	<b>0.000</b>	1.0000	1.2943	<b>29.43</b>
<b>Argon</b>	%	0.02	0.0100	<b>-50.17</b>	0.5000	0.5004	<b>0.09</b>	98.5800	98.6890	<b>0.11</b>

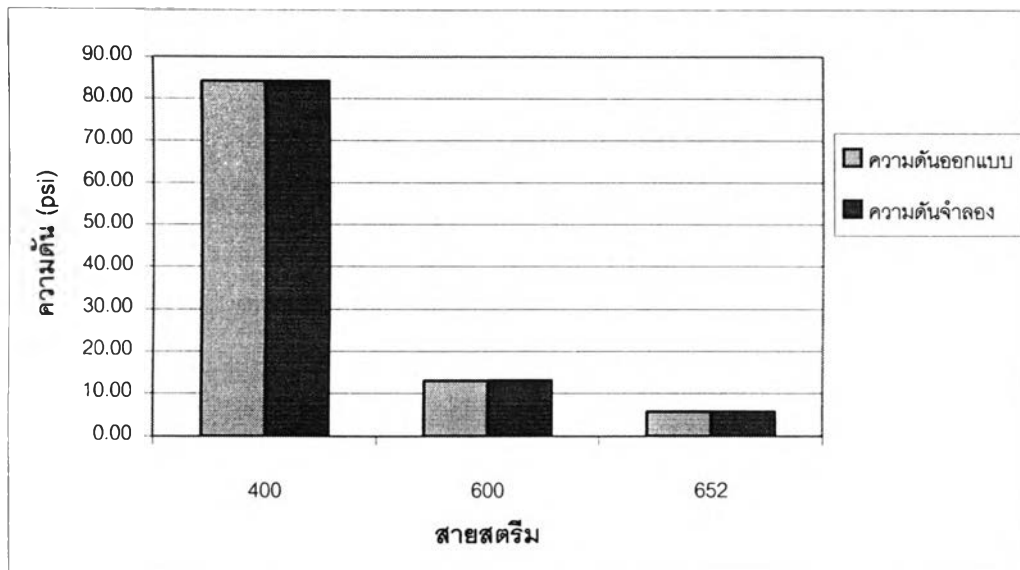
ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบผลที่ได้จากหอกลับกับข้อมูลจากการออกแบบของหน่วยแยกอากาศเมื่อปรับเปลี่ยนสายป้อน 232

จากค่าการเปรียบเทียบผลที่ได้จากหอกลั่นกับข้อมูลจากการออกแบบค่าของความดัน อุณหภูมิ อัตราการไหล เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์หลัก ผิดพลาดต่ำกว่า 5% และจากผลค่าความผิดพลาด ได้นำมาแสดงผลความแตกต่างได้ดังกราฟที่ 5.17 – 5.20

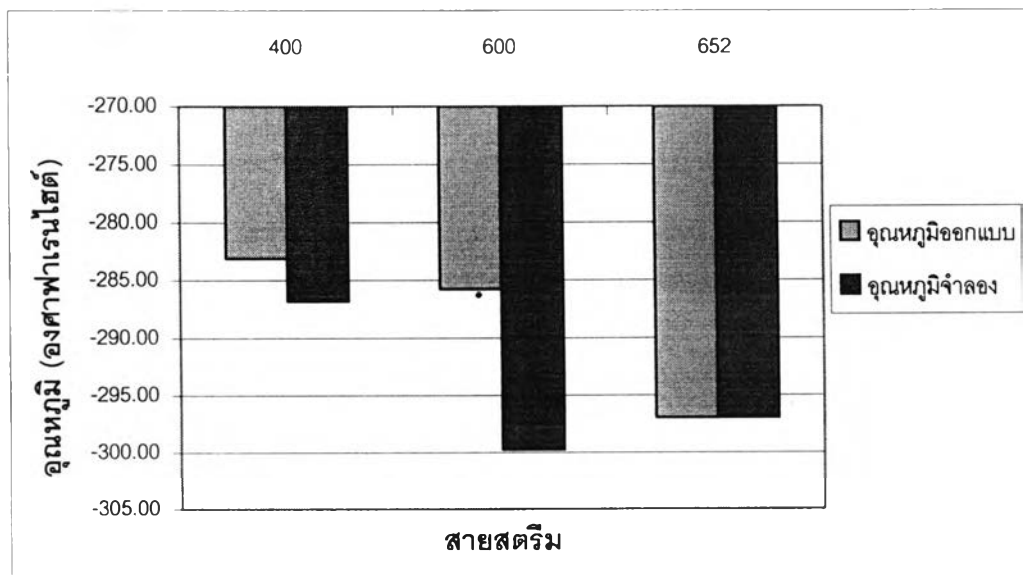


รูปที่ 5.17 ความแตกต่างความบริสุทธิ์ของแก๊สไนโตรเจน,ออกซิเจน และอาร์กอน ออกแบบ กับ จำลอง ของกระบวนการกลั่นแยกอากาศ

ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 400 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ไนโตรเจนบริสุทธิ์ ได้ค่าความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนใกล้เคียงกับค่าออกแบบมาก โดยที่มีปริมาณออกซิเจน และอาร์กอนน้อยมาก สาย 600 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ออกซิเจนบริสุทธิ์ ได้ค่าความบริสุทธิ์ของออกซิเจนใกล้เคียงกับค่าออกแบบมาก โดยที่มีปริมาณไนโตรเจน และอาร์กอนน้อยมาก สาย 652 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์อาร์กอนไม่บริสุทธิ์ ได้ค่าความบริสุทธิ์ของอาร์กอนใกล้เคียงกับค่าออกแบบมาก โดยที่มีปริมาณไนโตรเจน และออกซิเจนน้อยมาก

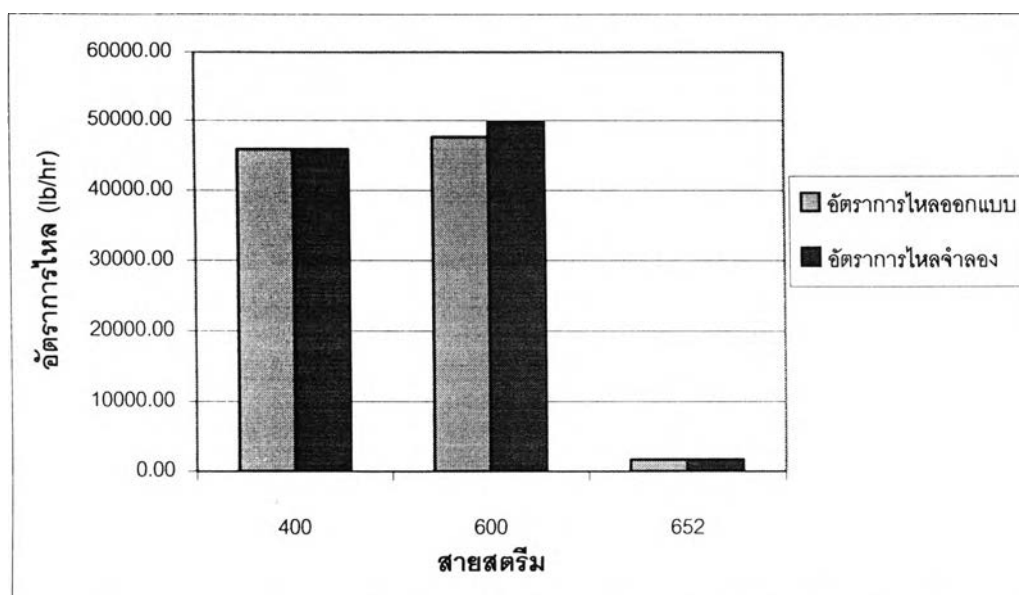


รูปที่ 5.18 ความแตกต่างของความดันออกแบบ และจำลองของกระบวนการกลั่นแยกอากาศ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 400 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ในโตรเจนบริสุทธิ์ได้ค่าค่อนข้างเท่ากับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อค่าที่ได้เท่ากับค่าจากการออกแบบ ส่วนสาย 652 เป็นสายผลิตภัณฑ์อาร์กอนได้ค่าเท่ากับค่าออกแบบ



รูปที่ 5.19 ความแตกต่างของอุณหภูมิก่อนและหลังการกลั่นแยกอากาศ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 400 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ในโตรเจนบริสุทธิ์ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อ สาย 652 เป็นสายผลิตภัณฑ์อาร์กอนได้ค่าที่แตกต่างจากค่าออกแบบ ก่อนข้างชัดเจน ซึ่งเป็นผลจากสมการเทอร์โมไดนามิกที่ใช้ในแบบจำลองต่างจากที่ใช้ในการออกแบบ





รูปที่ 5.20 ความแตกต่างของอัตราการไหลออกแบบและจำลองการกลั่นแยกอากาศ ผลการจำลองที่ได้พบว่า สาย 400 ซึ่งเป็นสายผลิตภัณฑ์ใน โตรเจนบริสุทธิ์ได้ค่าค่อนข้างเท่ากับค่าจากการออกแบบ สาย 600 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ออกซิเจนกันห่อค่าที่ได้ต่างจากค่าจากการออกแบบ เล็กน้อย ส่วนสาย 652 เป็นสายผลิตภัณฑ์อาร์กอนได้ค่าเท่ากับค่าออกแบบ

หลังจากทำการต่อหอกลิ้นทั้งสองเข้าด้วยกันแล้ว ผลที่ได้คือ ค่าอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ เอนทาลปี และความบริสุทธิ์ขององค์ประกอบหลัก มีความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ต่ำกว่า 10% แต่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับอุณหภูมียังคงเห็นได้ชัดเหมือนตอนจำลองแยกหอกลิ้น ทั้งนี้เป็นผลจากคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิก ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

### 5.6 เปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับข้อมูลจากโรงงานจริง

ทำการเก็บข้อมูลของสายผลิตภัณฑ์จากโรงงานจริง โดยเลือกจากสายที่มีความจำเป็นที่ ต้องการผลที่ค่อนข้างถูกต้อง และสายที่สามารถวัดค่าได้จากโรงงาน ซึ่งค่าที่วัดได้นั้น คือ อัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิและความบริสุทธิ์ หรือสิ่งที่ไม่บริสุทธิ์ที่เกี่ยวข้อง ทำการเก็บข้อมูล จากโรงงาน และนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย โดยใส่ค่าทางสายป้อน และนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูล จากกระบวนการจริงดังตารางที่ 5.9 – 5.12

สายสตรีม	อัตราการไหล (lb/hr)		
	ค่าเฉลี่ยจากโรงงาน	ค่าจากการจำลอง	%ความแตกต่าง
232	69,794.44	69,794.00	0.0006
92	1,801.72	1,802.00	-0.0158
150	164,228.32	164,228.00	0.0002
400	42,141.99	42,142.00	0.0000
600	48,213.91	48,355.53	-0.2937
652	1,704.19	1,698.00	0.3632

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากการจำลองกระบวนการ กับข้อมูลจริงจากโรงงาน

สายสตรีม	อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮต์)		
	ค่าเฉลี่ยจากโรงงาน	ค่าจากการจำลอง	%ความแตกต่าง
232	-278.53	-278.2	0.1197
92	-	-	-
150	-271.03	-270.8	0.0861
400	-283.37	-286.771	-1.2014
600	-	-	-
652	-	-	-

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองกระบวนการ กับข้อมูลจริงจาก โรงงาน

สายสตรึม	ความดัน (psi)		
	ค่าเฉลี่ยจากโรงงาน	ค่าจากการจำลอง	%ความแตกต่าง
232	86.27	86.4	-0.1507
92	-	-	-
150	-	-	-
400	-	-	-
600	12.99	13.08	-0.6928
652	5.81	5.8	0.1721

ตารางที่ 5.11 เปรียบเทียบความดันที่ได้จากการจำลองกระบวนการ กับข้อมูลจริงจากโรงงาน

สายสตรึม	ความบริสุทธิ์ออกซิเจน (%)		
	ค่าเฉลี่ยจากโรงงาน	ค่าจากการจำลอง	%ความแตกต่าง
232	-	-	-
92	-	-	-
150	-	-	-
400	0.00048	0.000516	-7.4825
600	99.72	99.72409	-0.0041
652	1.51	1.45215	3.8311

ตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบความบริสุทธิ์ที่ได้จากการจำลองกระบวนการ กับข้อมูลจริงจากโรงงาน

ตามปกติแล้วทางโรงงานจะไม่ได้ทำการปรับเปลี่ยนสถานะการผลิต ดังนั้นข้อมูลที่เก็บมาเป็นช่วงที่ทางโรงงานไม่ได้ปรับเปลี่ยนสถานะการดำเนินงานมากนัก มีเพียงแต่อัตราการไหลปรับเปลี่ยนไปเล็กน้อย เพื่อให้เพียงพอกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเท่านั้น ค่าต่าง ๆ ที่ได้จากโรงงานจะไม่ครบทุกตัว เนื่องจากในโรงงานจริงไม่สามารถตรวจสอบค่าที่ต้องการได้ทุกตัว จะตรวจสอบได้เพียงค่าที่มีอุปกรณ์การวัดติดอยู่เท่านั้น ในการเปรียบเทียบจึงเปรียบเทียบกับข้อมูลได้เพียงบางตัว ซึ่งข้อมูลที่ตรวจสอบได้นี้เป็นข้อมูลที่เป็นตัวแทนของกระบวนการ กลับกันได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลอัตราการไหลของสายป้อนทั้งสามสาย (150, 232 และ 92) อัตราการไหลของสาย

ผลิตภัณฑ์ ความบริสุทธิ์ของสายผลิตภัณฑ์ โดยความบริสุทธิ์ของไนโตรเจนไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่จะทำการวัดค่าออกซิเจนที่ปนอยู่แทน ส่วนของความบริสุทธิ์ของออกซิเจนสามารถวัดได้โดยตรง และส่วนความบริสุทธิ์ของอาร์กอนนั้นไม่สามารถวัดได้เช่นกัน จะทำการวัดค่าของออกซิเจนที่ปนอยู่เท่านั้น ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบที่ได้ค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ทั้งสามผิดพลาดยอมรับได้ (ต่ำกว่า 10%)