บทที่ 6
กรณีศึกษา: การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีนที่แต่ละระดับ

6.1 บทนำ

ในระบบทำความเย็นด้วยเอทิลีนนั้น เอทิลีนที่ไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทำหน้าที่เป็นทั้งสารทำความเย็น และสารทำความร้อน สำหรับในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน หรือ ผู้ใช้ ที่เอทิลีนทำหน้าที่เป็นสารทำความเย็น แบ่งตามอุณหภูมิการทำความเย็นได้ 3 ระดับ ดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ผู้ใช้ และระดับอุณหภูมิการทำความเย็นของเอทิลีน

ระดับ	หนึ่ง	สอง	สาม
อุณหภูมิ (C°)	-101	-83	-65
ผู้ใช้ (Users)	- Demethanizer Condenser (T-425) - Dephlegmator No.2 (T-407)	- Demethanizer Feed Chiller (T-403) - Dephlegmator No.1 (T-406)	- Dephlegmator No.1 (T-406) - Demethanizer Prefractionator Condenser (T-408)

ในกรณีที่ผู้ใช้ที่ระดับอุณหภูมิการทำความเย็นต่างๆ ต้องการการทำความเย็นมากขึ้น โดยเพิ่มการใช้เอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับนั้นๆ การทำเช่นนี้ จะส่งผลต่อคอมเพรสเซอร์ให้ทำงานหนักขึ้น ซึ่งนั้นหมายถึง เกิดต้นทุน อันเนื่องมาจากปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มเข้าไป หรือเรียกว่า ราคาเอทิลีน สำหรับในการทดลองนี้จะเป็นการหาราคาเอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับต่างๆ

6.2 การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นแต่ละระดับ

การหาราคาเอทิลีนที่ระดับอุณหภูมิการทำความเย็นต่างๆ ทำได้โดยการสร้างแบบจำลองเหตุการณ์ที่ ผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นแต่ละระดับ ต้องการใช้เอทิลีนในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น (ให้เรียกว่า "กรณีใช้ C2 เพิ่ม") เทียบกับแบบจำลองอ้างอิง (คือ แบบจำลองที่ได้หลังจากผ่านการปรับให้สอดคล้องของข้อมูลแล้ว ให้เรียกว่า "กรณีอ้างอิง")

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นแต่ละระดับ ทำได้โดยการเพิ่มเอทิลีนให้ไหลไปยังผู้ใช้มากขึ้น แต่จะเพิ่มเอทิลีนที่สาย (Stream) ใดนั้น พิจารณาจากสายที่การเพิ่มเอทิลีนของสาย มีผลกระทบต่อปริมาณเอทิลีนที่ผู้ใช้ ที่ระดับการทำความเย็นอื่นๆ ต้องการน้อยที่สุด นั้นก็คือต้องคำนึงถึงหลักสมดุลมวลสารด้วย เพื่อให้ผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับอื่น ยังสามารถหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนได้เช่นเดิม ดังนี้ การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง เนื่องจากความต้องการการทำความเย็นมากขึ้นของผู้ใช้ (T-425 และT-407) ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีน (สาย 6419) ที่ส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์ลง ส่วนการเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง อันเนื่องมาจากความต้องการการทำความเย็นมากขึ้นของผู้ใช้ (T-406 และT-403) ทำได้โดยการเพิ่มปริมาณเอทิลีนจากถัง M-640 ไปยังอุปกรณ์ T-472 (สาย 6435) มากขึ้น และการเพิ่มปริมาณเอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม เนื่องจากความต้องการการทำความเย็นของผู้ใช้ (T-406 และT-408) มากขึ้น ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ T-481 (สาย6461) ลง

การสร้างแบบจำลองกรณีที่ใช้เอทิลีนเพิ่มที่อุณหภูมิการทำความเย็นแต่ละระดับนั้น แบบจำลองที่สร้างขึ้นต้องไม่มีผลกระทบต่อหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (Duty) ในอุปกรณ์อื่นๆ และระบบสามารถทำหน้าที่ได้เช่นเดิม และมีความปลอดภัยต่ออุปกรณ์ต่างๆ หรือมีเงื่อนไขดังนี้

1) อัตราการไหลของไอเอทิลีนโดยปริมาตรที่เข้าคอมเพรสเซอร์แต่ละขั้นมากกว่า 5 % ของอัตราการไหลของไอเอทิลีนโดยปริมาตรต่ำสุด (% Above Surge) ที่คอมเพรสเซอร์จะรับได้ ถ้าต่ำกว่านั้นถือว่า ระบบควบคุมป้องการเซอรจ์เริ่มทำงาน
2) อัตราการไหลของไอเอทิลีนโดยปริมาตร์ที่เข้าคอมเพรสเซอร์แต่ละขั้นน้อยกว่า 5 % ของอัตราการไหลของไอเอทิลีนโดยปริมาตรสูงสุด (% Below Stonewall) ที่คอมเพรสเซอร์จะรับได้ เพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องจักร
3) อุณหภูมิ และความดันของแต่ละอุปกรณ์อยู่ในขอบเขตที่สามารถทนได้
4) ปริมาณเอทิลีนที่ป้อนเข้าระบบทำความเย็นจากหอแยก C2 (สาย 4700) และปริมาณเอทิลีนที่ส่งลูกค้าคงเดิม (สาย T-473)

5) อัตราการไหลของเอทิลีนที่รีฟลักซ์กลับไปยังหอแยก C2 อยู่ในขอบเขตของโหลด (Load) สูงสุด และต่ำสุดของหอแยก C2 ที่ยอมรับได้
6) หน้าที่ หรือความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์อื่นๆ คงเดิม เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อสายกระบวนการข้างนอก (Process Stream) เว้นแต่อุปกรณ์ที่ต้องการการทำความเย็นเพิ่ม
7) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนของอุปกรณ์ที่ต้องการการทำความเย็นเพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นแต่ละระดับ ต้องไม่เกินความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงสุดที่ทำได้ของอุปกรณ์
8) สำหรับอุปกรณ์ที่เอทิลีนมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกันเองได้แก่ อุปกรณ์ T-480A T-480B และT-481 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนความร้อนต้องไม่เกินความสามารถสูงสุด ที่ทำได้ของอุปกรณ์

ด้วยเหตุผลที่ว่า แบบจำลองกรณีที่ใช้ C2 เพิ่มทำให้คอมเพรสเซอร์ต้องทำงานมากขึ้น เมื่อเทียบกับแบบจำลองอ้างอิงที่หมุนด้วยความเร็วรอบเดียวกัน แต่ไม่สามารถนำคำนวณเป็นตัวเงินได้ทันที เนื่องจากสมการความสัมพันธ์ที่พอจะโยงไปสู่ตัวเงินได้นั้น เป็นฟังก์ชันกับความเร็วรอบ ($HPs = 0.002*RPM + 10.743$) จะเห็นว่าถ้าไม่มีผลต่างของความเร็วรอบ ก็จะไม่ทราบปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้เพิ่มขึ้น นั้นคือ ค่าใช้จ่ายในการซื้อไอน้ำความดันสูงไม่เปลี่ยนแปลง จึงหาราคาหรือต้นทุนที่จ่ายเพิ่มขึ้นไม่ได้ หัวข้อต่อไปเป็นคำอธิบายใช้การกรณีสมมูล เพื่อนำไปสู่การคำนวณหาราคาเอทิลีนต่อไป

6.3 คำอธิบายการใช้กรณีสมมูล

ในความเป็นจริง หากมีการเพิ่มการใช้เอทิลีนที่ระดับอุณหภูมิการทำความเย็นใดก็ตาม และขณะเดียวกัน ต้องการให้คอมเพรสเซอร์หมุนอยู่ที่ความเร็วรอบเดิม กังหันไอน้ำจะต้องหมุนเพลาด้วยกำลังมากขึ้นทันทีในช่วงเสี้ยวเวลาหนึ่ง จนกระทั่งคอมเพรสเซอร์กลับมาหมุนด้วยความเร็วรอบเดิม การที่กังหันไอน้ำต้องออกแรงมากขึ้น ก็หมายถึงการใช้ไอน้ำความดันสูงมากขึ้น ซึ่งนั้นก็คือ มีต้นทุนเกิดขึ้น แนวความคิดนี้นำไปสู่การคำนวณหาต้นทุน หรือราคาเอทิลีน โดยอาศัยหลักการถ่ายโอน และการสมมูล (Equivalence) กล่าวคือ หากนำส่วนที่กังหันไอน้ำต้องออกแรงมากขึ้นมาถ่ายโอนเป็นความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่อีกตัวหนึ่ง (ให้เรียกแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่นี้ว่า "กรณีสมมูล") โดยมีเงื่อนไขว่า คอมเพรสเซอร์นี้ต้องใช้พลังงานเท่ากับพลังงานที่ใช้ในกรณีอ้างอิง และคุณสมบัติของเอทิลีน เช่น อุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลที่

คอมเพรสเซอร์จ่ายไปยังระบบทำความเย็น อันได้แก่ เอทิลีนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 (สาย 6306A) และ4 (สาย6380) จะต้องสมมูล หรือใกล้เคียงกันกับกรณีใช้ C2 เพิ่มมากที่สุด

เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น จึงขออธิบายด้วยรูปที่ 6.1

กำหนดให้ L1 = โหลด หรือปริมาณเอทิลีนที่เข้าคอมเพรสเซอร์ของแบบจำลองอ้างอิง

ΔL = โหลดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์มากขึ้น

W1 = พลังงานทั้งหมดที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ในแบบจำลองอ้างอิง

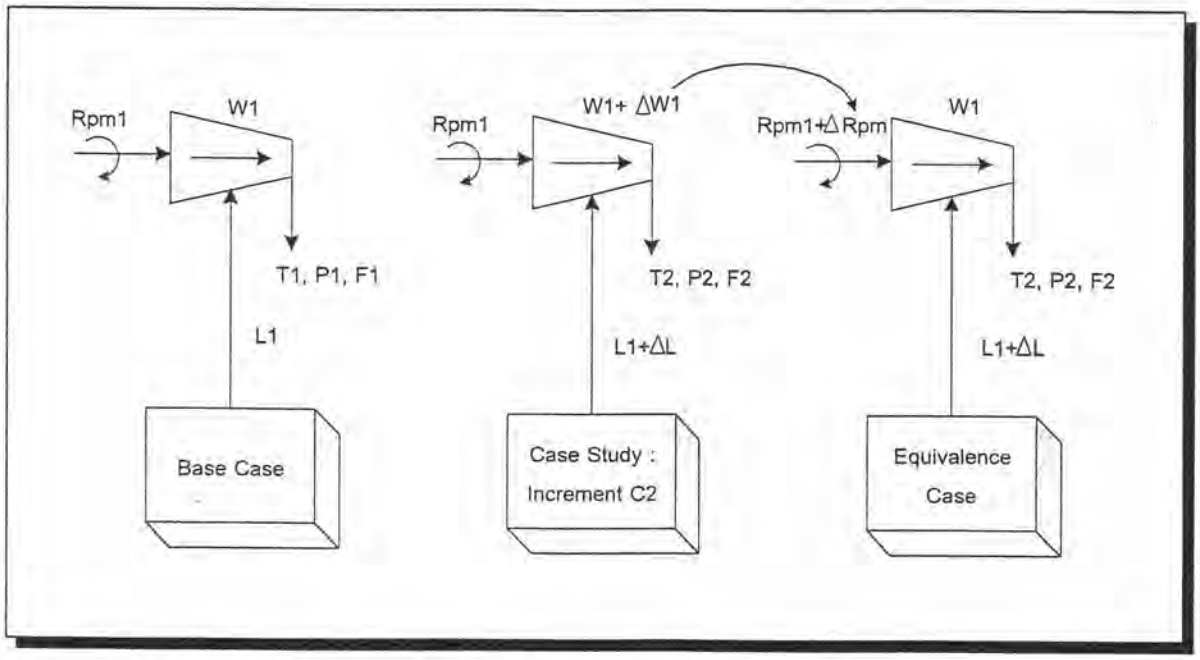
ΔW = พลังงานที่ใช้เพิ่มขึ้นของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม

RPM1 = ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ในแบบจำลองอ้างอิง

ΔRPM = ความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ที่เพิ่มขึ้นของกรณีสมมูล

T1 P1 และF1 = ชุดอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลเอทิลีนที่คอมเพรสเซอร์จ่ายออกมาจากขั้นที่ 3 และ4

T2 P2 และF2 = ชุดอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลเอทิลีนที่คอมเพรสเซอร์จ่ายออกมาจากขั้นที่ 3 และ4



รูปที่ 6.1 การถ่ายโอนโหลดที่เพิ่มขึ้นไปเป็นความเร็วรอบ ของแบบจำลองกรณีสมมูล

กรณีอ้างอิง: เอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ RPM1 ด้วยโหลด L1 คอมเพรสเซอร์ต้องใช้พลังงานทั้งหมด W1 ในการเพิ่มความดันให้เอทิลีน ซึ่งจะจ่ายเอทิลีนที่ขาออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 และ4 ด้วยชุดอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหล T1 P1 และF1

กรณีใช้ C2 เพิ่ม: เมื่อเอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์มากขึ้นอีก ΔL ทำให้คอมเพรสเซอร์ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ RPM1 ใช้พลังงานมากขึ้นจากเดิมอีก ΔW และเอทิลีนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 และ4 ด้วยชุดอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหล T2 P2 และF2

กรณีสมมูล: เอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์ด้วยโหลดเดียวกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม ถ้าให้คอมเพรสเซอร์ใช้พลังงานเช่นเดียวกับกรณีอ้างอิง W1 และคุณสมบัติของเอทิลีนที่จ่ายออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 และ4 เท่ากับกรณีใช้ C2 เพิ่มคือ ชุด T2 P2 และF2 แล้ว คอมเพรสเซอร์จึงต้องหมุนด้วยรอบที่สูงขึ้นอีก ΔRPM เพื่อให้สามารถอัดเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นอีก ΔL นี้ได้

เมื่อทราบความเร็วรอบที่ใช้เพิ่มขึ้นของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่ เทียบกับความเร็วรอบของกรณีอ้างอิง ก็สามารถหาราคาเอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับต่างๆ ได้ หรือแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ดังนี้

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

เมื่อผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง ต้องการเอทิลีนในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 1 ton/h (กรณีใช้ C2 เพิ่ม) ทำให้คอมเพรสเซอร์ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 7050 rpm ใช้พลังงานมากขึ้นอีก 150 kw จึงสร้างแบบจำลองคอมเพรสเซอร์อีกตัวหนึ่ง (กรณีสมมูล) ที่สมมูลกันกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบ 7065 rpm จงหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน

<u>วิธีทำ</u>

อ้างอิง: ปริมาณการใช้สารทำความเย็นเอทิลีนเพิ่มขึ้น 1 ตัน

การคำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้น คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้ในกังหันไอน้ำ และความเร็วรอบดังสมการ

$$HPs \text{ (ton/h)} = 0.002RPM \text{ (rpm)} + 10.743 \qquad (6.1)$$

ดังนี้

1) การหาความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นของกรณีสมมูล เทียบกับกรณีอ้างอิง

ความเร็วรอบของกรณีคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกัน เพิ่มขึ้นจากกรณีอ้างอิง เท่ากับ 7065.000 – 7050.000 = 15 rpm นำผลต่างนี้ไปแทนในสมการที่ 6.1

2) การหาปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้เพิ่มขึ้น, ΔHPs

อ้างอิง 1 ปี = 365 วัน = 8760 ชั่วโมง

$\Delta HPs = 0.002*\Delta RPM = 0.002*15 = 0.03$ (ton/h) = 262.8 (ton/y)

3) การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง

อ้างอิงราคาไอน้ำความดันสูง 430 บาทต่อตัน (ที่มา: ส่วนวิจัย และพัฒนา ฝ่ายเทคนิค บริษัทไทยโอลิฟินส์ จ.ระยอง)

ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน = ราคาไอน้ำความดันสูง * ΔHPs = 430 * 262.8

= 113,004 บาท/ปี

เนื่องจากเป็นการคำนวณ ที่อ้างอิงปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น 1 ตัน จึงอาจเขียนได้ว่า ราคาสารทำความเย็นเอทิลีนที่อุณหภูมิการเย็นระดับที่หนึ่ง มีค่า 113,004 บาท/ตัน/ปี

หัวข้อถัดไปจะเป็นกรณีศึกษาการหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับต่างๆ

6.4 กรณีศึกษาที่ 1: การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิระดับที่หนึ่ง (–101 °C)

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง –101 C° ความดัน 1.22 kg/cm^{2}A เนื่องจากความต้องการเอทิลีนในการทำความเย็น ที่อุณหภูมิระดับนี้ เพิ่มขึ้น 1 ton/h ของผู้ใช้ T-425 และT-407 ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีน (สาย 6419) ที่ส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์ลง ผลการทดลองการหาราคาสารทำความเย็นด้วยเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง แสดงดังหัวข้อต่อไป

6.4.1 ผลการทดลอง

ผลการเลียนแบบ แบบจำลองอ้างอิง ให้เรียกว่า กรณีอ้างอิง (Basecase) และผลการเลียนแบบกระบวนการทำความเย็นในกรณีที่ต้องการใช้เอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่งเพิ่มขึ้น ให้เรียกว่า กรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงดังรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.3 ตามลำดับ และรูปที่ 6.4 เป็นผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกัน ให้เรียกว่า กรณีสมมูล

การเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของกรณีอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3 ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 6.4 เป็นการเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ใน กรณีใช้ C2 เพิ่ม และกรณีสมมูล

เมื่อผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง มีความต้องการใช้เอทิลีนมากขึ้น ทำให้ปริมาณเอทิลีนที่เข้าคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1 มากขึ้นด้วยเช่นกัน (สาย 6100) ด้วยปริมาณ 1000 kg/h (7058-6058) หรือ 1 ตัน/ชั่วโมง (ดูตารางที่ 6.2 และ6.3) ซึ่งทำให้พลังงานทั้งหมดที่คอมเพรสเซอร์ใช้เพิ่มขึ้น 195.173 kw (4836.409-4641.236) และผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่ ที่สมมูลกันกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม มีความแตกต่างสูงสุด 33.90% ที่อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 3 และหมุนด้วยความเร็วรอบ 7105.000 rpm (ดูตารางที่ 6.4)

การคำนวณหาต้นทุน หรือราคาเอทิลีนเนื่องจากการความต้องการใช้เอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่งเพิ่มขึ้น 1000 kg/h หรือ 1 ton/h มีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

วิธีทำ

อ้างอิง: ปริมาณการใช้สารทำความเย็นเอทิลีนเพิ่มขึ้น 1 ตัน

นำสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้ในกังหันไอน้ำ และความเร็วรอบ ดังสมการ

$$HPs \text{ (ton/h)} = 0.002RPM \text{ (rpm)} + 10.743 \quad (6.1)$$

คำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

1) การหาความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ของกรณีสมมูลเทียบกับกรณีอ้างอิง

ความเร็วรอบของกรณีคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกัน (ดูตารางที่ 6.7) เพิ่มขึ้นจากกรณีอ้างอิงเท่ากับ 7105.000 – 7086.089 = 18.911 rpm นำผลต่างนี้ไปแทนในสมการที่ 6.1

2) การหาปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้เพิ่มขึ้น, ΔHPs

อ้างอิง 1 ปี = 365 วัน = 8760 ชั่วโมง

$\Delta HPs = 0.002*\Delta RPM = 0.002*18.911 = 0.038$ (ton/h) = 331.32 (ton/y)

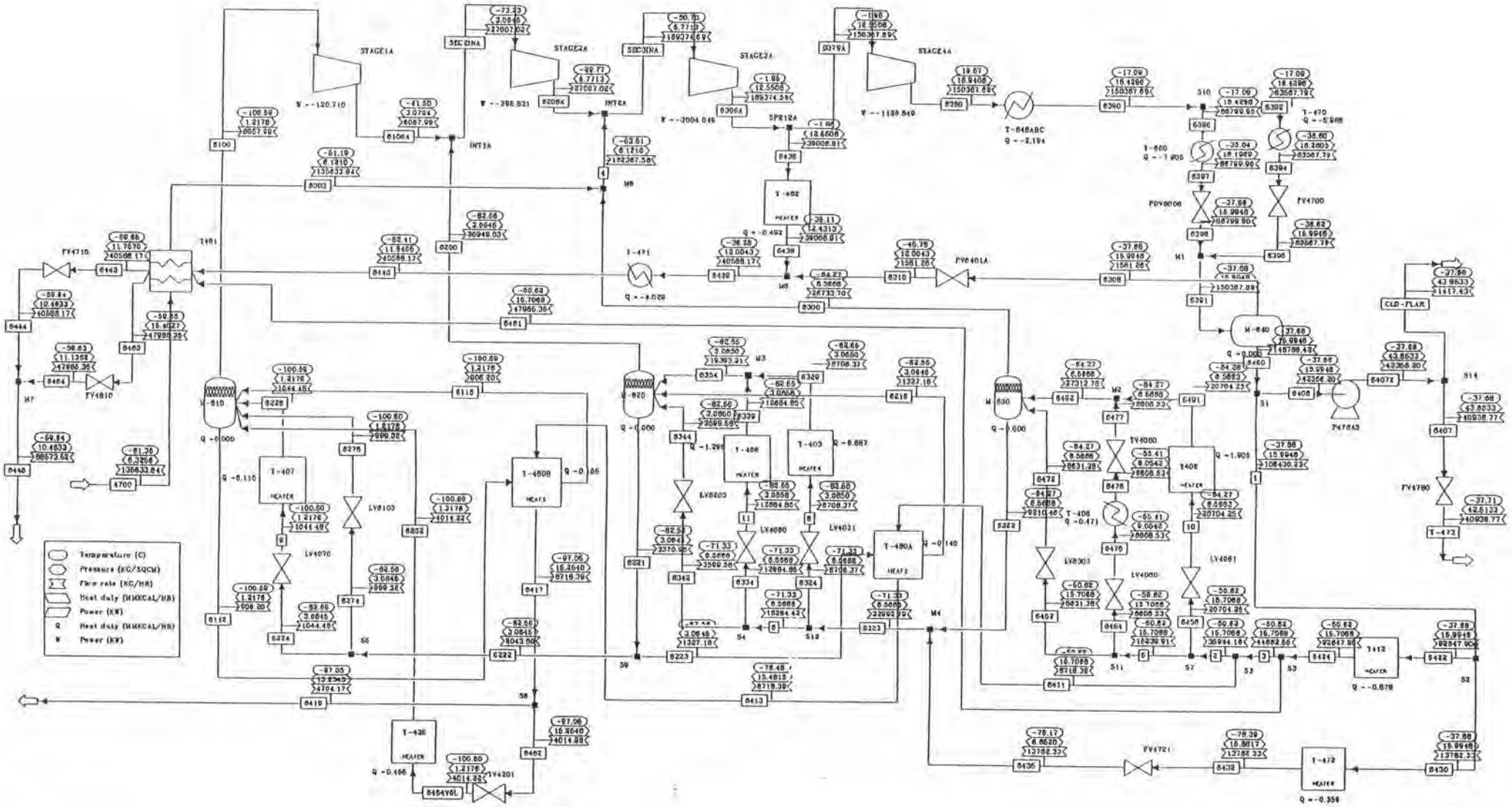
3) การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง

อ้างอิงราคาไอน้ำความดันสูง 430 บาทต่อตัน (ที่มา: ส่วนวิจัย และพัฒนา ฝ่ายเทคนิค บริษัทไทยโอเลฟินส์ จ.ระยอง)

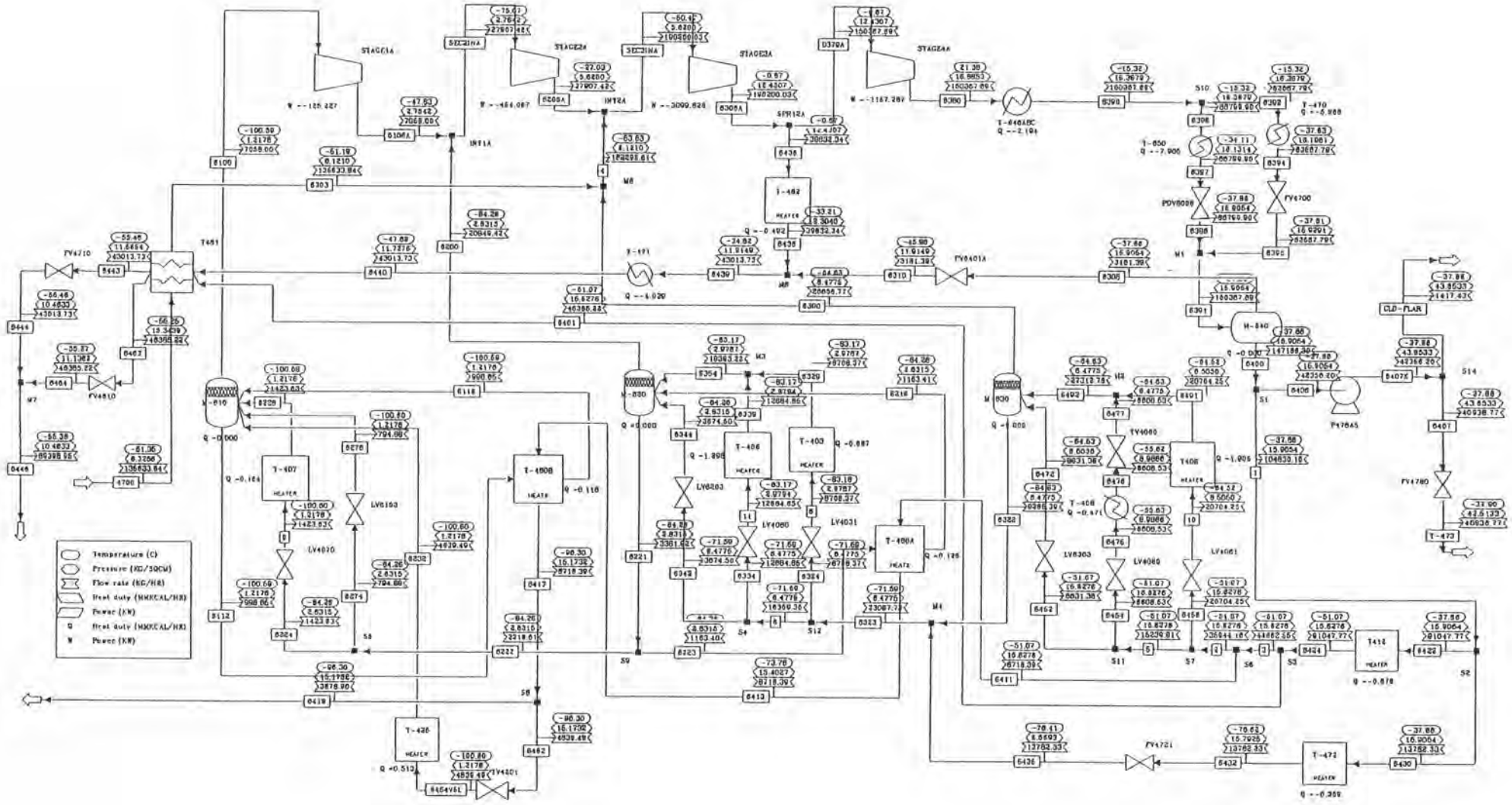
ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน = ราคาไอน้ำความดันสูง * ΔHPs = 430 * 331.32

= 142467.909 บาทต่อปี

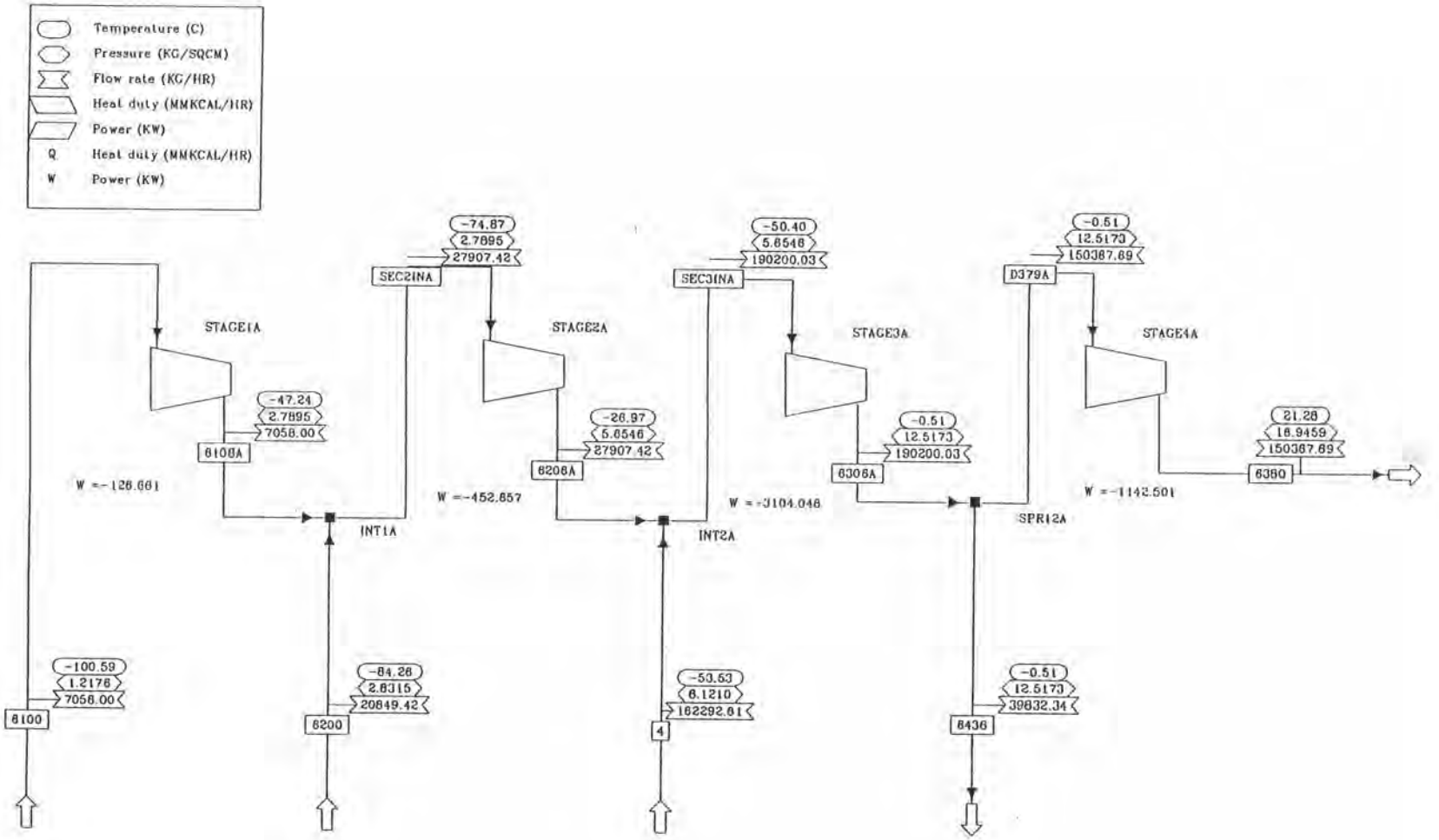
เนื่องจากเป็นการคำนวณ ที่อ้างอิงปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น 1 ตัน จึงอาจเขียนได้ว่า ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการเย็นระดับที่หนึ่ง มีค่า 142,427.909 บาท/ตัน/ปี



รูปที่ 6.2 กรณีอ้างอิง



รูปที่ 6.3 กรณีเพิ่มการใช้สารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิระดับที่ 1 (-101 C°)



รูปที่ 6.4 กรณีคอมเพรสเซอร์สมมูล ที่อุณหภูมิระดับที่ 1 (-101 C°)

ตารางที่ 6.2 การเปรียบเทียบปริมาณเอทิลีนที่เข้าคอมเพรสเซอร์ และพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ แต่ละขั้นของแบบจำลองอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง

ขั้นที่	ปริมาณ C2 ที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (kg/h)		พลังงานที่ใช้ (kw)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
1	6057.99	7058.00	120.710	125.227
2	20949.00	20849.42	395.831	454.067
3	162367.58	162292.61	3004.046	3099.828
4	-	-	1120.649	1157.287
		รวม	4641.236	4836.409

ตารางที่ 6.3 ความต้องการการทำความเย็น (Duty) ของผู้ใช้ของแบบจำลองอ้างอิง และ กรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง

ผู้ใช้	ความต้องการการทำความเย็น (MMkcal/h)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
Demethanizer Condenser (T-425)	0.455	0.513
Dephlegmator No.2 (T-407)	0.110	0.154

ตารางที่ 6.4 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง กับกรณีสมมูล

ตัวแปร	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีสมมูล	ความแตกต่าง (%)
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (C°)	-	-0.67	-0.51	23.88
ความดันขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (kg/cm^2a)	-	12.4307	12.5173	-0.70
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (C°)	-	21.38	21.28	0.47
ความดันขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (kg/cm^2a)	-	16.8853	16.9459	-0.36
พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (kw)	4641.236	-	4825.865	-3.98
ความเร็วรอบ (rpm)	7086.089	7086.089	7105.000	
ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (rpm)	-	-	18.911	

6.4.1 วิจารณ์

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่หนึ่ง เนื่องจากความต้องการการทำความเย็นมากขึ้นของผู้ใช้ (T-425 และT-407) ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีน (สาย 6419) ที่ส่งไปยังถังเก็บผลิตภัณฑ์ลง ปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น ณ อุณหภูมิระดับนี้จะไปเพิ่มโหลดคอมเพรสเซอร์มากขึ้น และเนื่องด้วยคอมเพรสเซอร์หมุนที่ความเร็วรอบเดิม (7086.089 rpm) คอมเพรสเซอร์จึงอัดเอทิลีนได้น้อยลง สังเกตได้จากความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 (สาย 6306A) และขั้นที่ 4 (สาย 6380) ต่ำลงเมื่อเทียบกับกรณีอ้างอิง (คือ 12.3194<12.6391 kg/cm^2 และ 16.7486<16.8720 kg/cm^2 ตามลำดับ) ความดันที่ต่ำลงนี้มีผลทำให้เอทิลีนที่ไหลผ่านวาลว์ PDV6008 และวาล์ว FV4700 เกิดการแฟลชมากขึ้น และเมื่อเอทิลีนไหลมารวมกันในถัง M-640 จะได้ไอเอทิลีนออกจากถัง M-640 มากขึ้น (สาย 6308) หรือในทางตรงข้าม เอทิลีนเหลวจากถัง M-640 ลดลง เป็นสาเหตุให้เอทิลีนเหลวจากถัง M-640 ที่จะส่งไปทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนในอุปกรณ์ถัดๆ ไปไม่พอ โดยเฉพาะในอุปกรณ์ที่ต้องการการทำความเย็นมากๆ ได้แก่ อุปกรณ์ T-406 ที่อยู่ในส่วนของอุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม (-65 C°) จึงต้องปรับลดเอทิลีน ที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ T-481 (สาย6461) ลงจาก 47985 kg/h (ของกรณีอ้างอิง) เป็น 46385 kg/h ปริมาณเอทิลีนที่หายไปนี้จะไปทดแทนเอทิลีน ณ อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม ที่ลดลงไปเนื่องจากการลดลงของเอทิลีนเหลวที่ออกจากถัง M-640 เพื่อให้เกิดความสมดุล และเพื่อให้ผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม และระดับอื่นๆ สามารถทำหน้าที่ได้เช่นเดิม

เมื่อเอทีลีนเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1 มากขึ้นอีก 1 ตันต่อชั่วโมง คิดเป็นอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจาก 6058 kg/h เป็น 7058 kg/h หรือด้วยปริมาตรการไหลที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีอ้างอิง คือ จาก 2510 m^3/h เป็น 2925 m^3/h แต่คอมเพรสเซอร์ในขั้นนี้ใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเพียง 4.517 kw (125.227-120.710) (ดูผลการทดลองตารางที่ 6.4) นั้น เป็นไปตามลักษณะเฉพาะ (Characteristic Curves) ของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1 (ดูภาคผนวก ค รูปที่ ค.2) จะเห็นว่าอัตราการไหลโดยปริมาตรที่เข้าคอมเพรสเซอร์ตั้งแต่ 2500 m^3/h ขึ้นไป ของช่วงความเร็วรอบ 7063 rpm ถึง 7559 rpm กราฟพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1 มีความชันต่ำมาก หรือ มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหากเทียบกับพลังงานที่ใช้ที่อัตราการไหลโดยปริมาตรต่ำๆ ด้วยเหตุนี้พลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 1 เมื่อปริมาตรไหลเข้า 2925 m^3/h จึงสูงกว่ากรณีอ้างอิงที่ปริมาตรไหล 2600 m^3/h เพียงเล็กน้อย

และถึงแม้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเอทิลีนที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 ของกรณีสมมูลเทียบกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม มากถึง 23.9% ก็ตาม ถือว่ายอมรับได้ เนื่องจากเป็นความแตกต่างของอุณหภูมิในหน่วยทศนิยมตำแหน่งที่หนึ่ง คือ -0.16 C° (-0.67-(-0.51)) ซึ่งถือว่าน้อยมาก

6.5 กรณีศึกษาที่ 2: การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีนที่อุณหภูมิระดับที่สอง (–83 °C)

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง –83 C° ความดัน 3.07 kg/cm^{2}A อันเนื่องมาจากความต้องการการทำความเย็นมากขึ้นของผู้ใช้ T-406 และT-403 ทำได้โดยการเพิ่มปริมาณเอทิลีนจากถัง M-640 ไปยังอุปกรณ์ T-472 (สาย 6435) มากขึ้น ผลการทดลองการหาราคาสารทำความเย็นด้วยเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง แสดงดังหัวข้อต่อไป

6.5.1 ผลการทดลอง

ผลการเลียนแบบกรณีอ้างอิง และผลการเลียนแบบกรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงดังรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.5 ตามลำดับ และรูปที่ 6.6 เป็นผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์กรณีสมมูล

การเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของกรณีอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 6.5 และตารางที่ 6.6 ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 6.7 เป็นการเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม และกรณีสมมูล

เมื่อผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง มีความต้องการใช้เอทิลีนในการทำความเย็นมากขึ้น ทำให้ปริมาณเอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 2 มากขึ้นด้วยเช่นกัน (สาย 6200) ด้วยปริมาณ 1000 kg/h (21949-20949) หรือ 1 ตัน/ชั่วโมง (ดูตารางที่ 6.5 และ6.6) ทำให้พลังงานทั้งหมดที่คอมเพรสเซอร์ต้องใช้เพิ่มขึ้น 48.587 kw (4689.823-4641.236) และผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่ ที่สมมูลกันกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม มีความแตกต่างสูงสุด 5.85% ที่อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 3 และหมุนด้วยความเร็วรอบ 7094.0 rpm (ดูตารางที่ 6.7)

การคำนวณหาต้นทุน หรือราคาเอทิลีนเนื่องจากการความต้องการใช้เอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สองเพิ่มขึ้น 1 ตันต่อชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

<u>วิธีทำ</u>

อ้างอิง: ปริมาณการใช้สารทำความเย็นเอทิลีนเพิ่มขึ้น 1 ตัน

การคำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้น คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้ในกังหันไอน้ำ และความเร็วรอบ (สมการที่ 6.1) ดังนี้

1) การหาความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ของกรณีสมมูลเทียบกับกรณีอ้างอิง

ความเร็วรอบของกรณีคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกัน (ดูตารางที่ 6.7) เพิ่มขึ้นจากกรณีอ้างอิงเท่ากับ 7094.000 – 7086.089 = 7.911 rpm นำผลต่างนี้ไปแทนในสมการที่ 6.1

2) การหาปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้เพิ่มขึ้น, ΔHPs

อ้างอิง 1 ปี = 365 วัน = 8760 ชั่วโมง

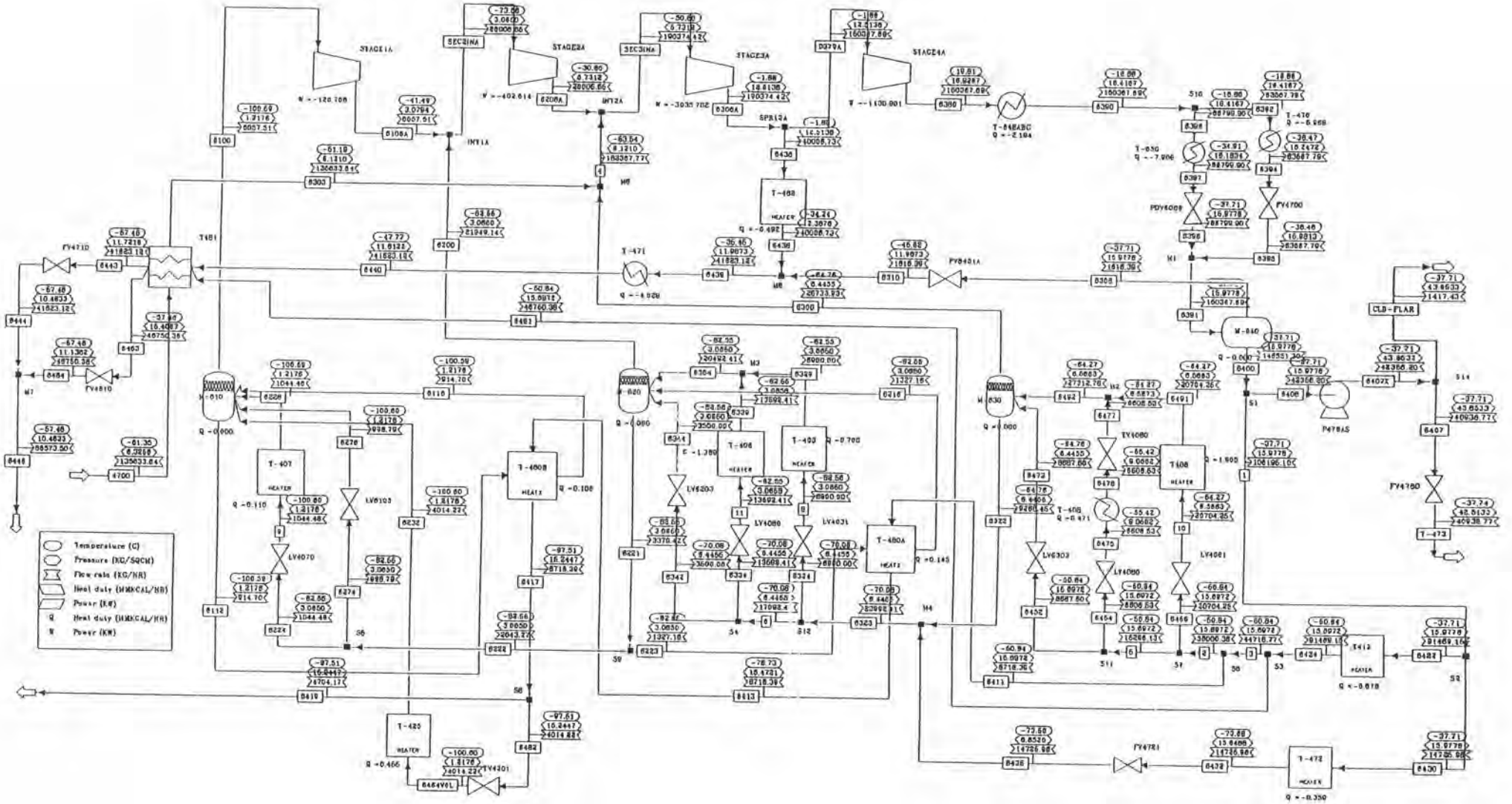
$\Delta HPs = 0.002 * \Delta RPM = 0.002 * 7.911 = 0.016$ (ton/h) = 138.60 (ton/y)

3) การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง อ้างอิงราคาไอน้ำความดันสูง 430 บาท/ตัน

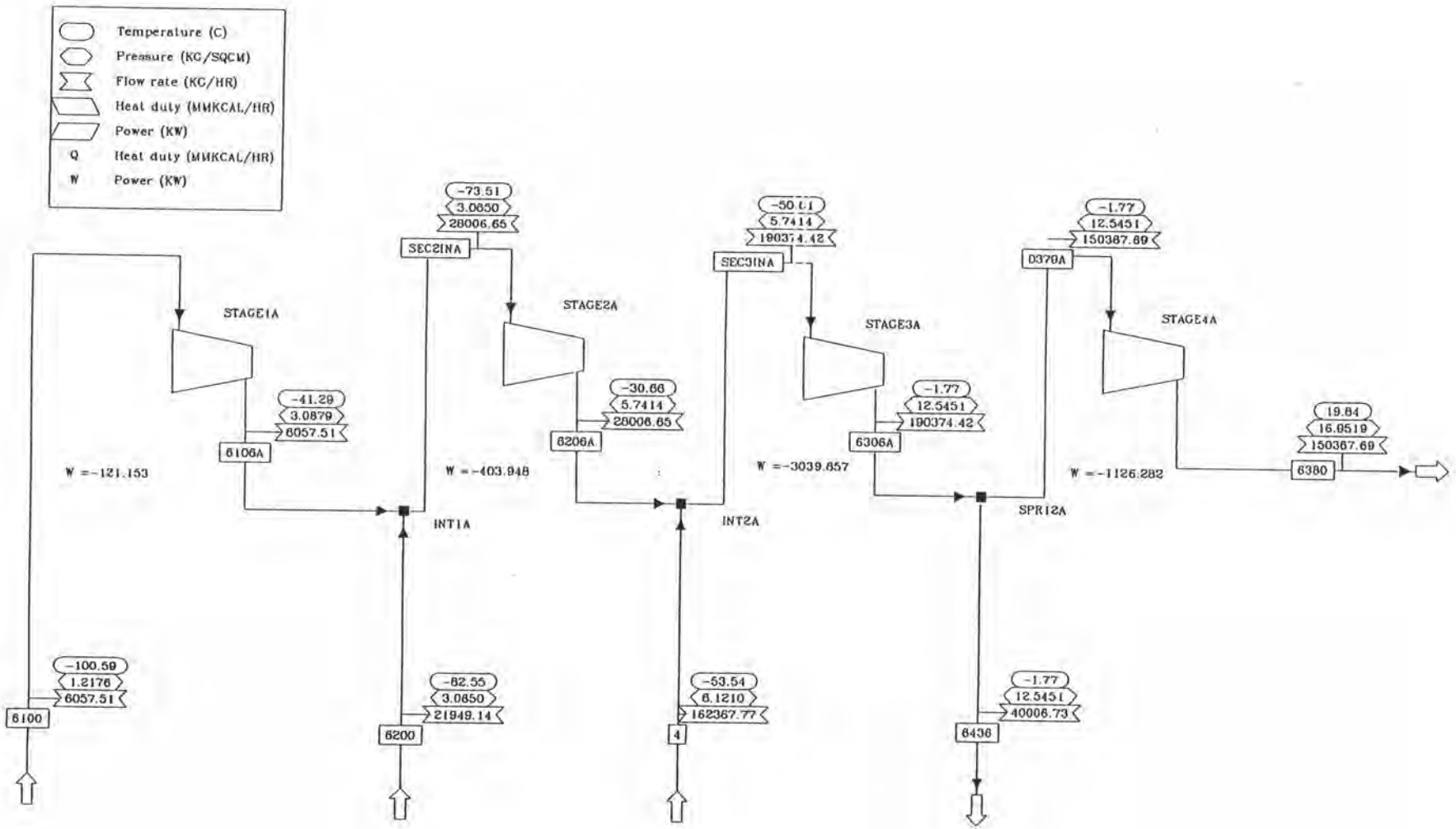
ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน = ราคาไอน้ำความดันสูง * ΔHPs = 430 * 138.60

= 59,598.31 บาทต่อปี

เนื่องจากเป็นการคำนวณ ที่อ้างอิงปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น 1 ตัน จึงอาจเขียนว่า ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการเย็นระดับที่สอง มีค่า 59,598.31 บาท/ตัน/ปี



รูปที่ 6.5 กรณีเพิ่มการใช้สารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิระดับที่ 2 (-83 C°)



รูปที่ 6.6 กรณีคอมเพรสเซอร์สมมูล ที่อุณหภูมิระดับที่ 2 (-83 C°)

ตารางที่ 6.5 การเปรียบเทียบปริมาณเอทิลีนที่เข้าคอมเพรสเซอร์ และพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์แต่ละขั้นของแบบจำลองอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง

ขั้นที่	ปริมาณ C2 ที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (kg/h)		พลังงานที่ใช้ (kw)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
1	6057.99	6057.51	120.710	120.706
2	20949.00	21949.14	395.831	402.514
3	162367.58	162367.71	3004.046	3035.702
4	-	-	1120.649	1130.901
		รวม	4641.236	4689.823

ตารางที่ 6.6 ความต้องการการทำความเย็น (Duty) ของผู้ใช้ของแบบจำลองอ้างอิง และกรณีใช้ C2 เพิ่มที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง

ผู้ใช้	ความต้องการการทำความเย็น (MMkcal/h)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
Demethanizer Feed Chiller (T-403)	0.687	0.700
Dephlegmator No.1 (T-406)	1.296	1.369

ตารางที่ 6.7 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง กับกรณีสมมูล

ตัวแปร	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีสมมูล	ความแตกต่าง (%)
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (C^o)	-	-1.88	-1.77	5.85
ความดันขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (kg/cm^2a)	-	12.5138	12.5451	-0.25
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (C^o)	-	19.81	19.84	-0.15
ความดันขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (kg/cm^2a)	-	16.9287	16.9519	-0.14
พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (kw)	4641.236	-	4691.24	-1.08
ความเร็วรอบ (rpm)	7086.089	7086.089	7094.000	
ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (rpm)	-	-	7.911	

6.5.2 วิจารณ์

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สอง อันเนื่องมาจากความต้องการการทำความเย็นมากขึ้นของผู้ใช้ (T-406 และT-403) ทำได้โดยการเพิ่มปริมาณเอทิลีนจากอุปกรณ์ T-472 (สาย 6435) ไปยังผู้ใช้ต่างๆ ที่อุณหภูมิระดับที่สอง ปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น ณ อุณหภูมิระดับนี้จะไปเพิ่มโหลดคอมเพรสเซอร์มากขึ้น และเนื่องด้วยคอมเพรสเซอร์หมุนที่ความเร็วรอบเดิม คอมเพรสเซอร์จึงอัดเอทิลีนได้น้อยลง สังเกตได้จากความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 (สาย6306A) และขั้นที่ 4 (สาย6380) ต่ำลงเมื่อเทียบกับกรณีอ้างอิง (คือ 12.5138<12.5508 kg/cm^2 และ 16.9287<16.9406 kg/cm^2 ตามลำดับ) และด้วยเหตุผลเดียวกับที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 6.4.2 ทำให้เอทิลีนเหลวจากถัง M-640 ที่จะส่งไปทำหน้าที่ในอุปกรณ์ถัดๆ ไม่พอ ประกอบกับการดึงเอทิลีนจาก T-472 ไปยังผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สองมากขึ้น ทำให้เอทิลีนที่จะส่งไปทำความเย็นที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สามไม่พอใช้ จึงต้องปรับลดเอทิลีนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ T-481 (สาย 6461) ลงจาก 47985 kg/h (ของกรณีอ้างอิง) เป็น 46750 kg/h ปริมาณเอทิลีนที่หายไปนี้ จะไปทดแทนเอทิลีนที่ใช้ในการทำความเย็น ณ อุณหภูมิ

ระดับที่สามที่ลดลง เพื่อให้เกิดความสมดุล และเพื่อให้ผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม และระดับอื่นๆ สามารถทำหน้าที่ได้เช่นเดิม

6.6 กรณีศึกษาที่ 3: การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีนที่อุณหภูมิระดับที่สาม (–65 °C)

การเพิ่มปริมาณเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม –65 C° ความดัน 6.57 kg/cm^2A เนื่องจากความต้องการเอทิลีนในการทำความเย็น ที่อุณหภูมิระดับนี้ เพิ่มขึ้น 1 ton/h ของผู้ใช้ T-406 และT-408 ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ T-481 (สาย6461) ลง ผลการทดลองการหาราคาสารทำความเย็นด้วยเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม แสดงดังหัวข้อต่อไป

6.6.1 ผลการทดลอง

ผลการเลียนแบบกรณีอ้างอิง และผลการเลียนแบบกรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงดังรูปที่ 6.2 และรูปที่ 6.7 ตามลำดับ และรูปที่ 6.8 เป็นผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์กรณีสมมูล

การเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของกรณีอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 6.8 และตารางที่ 6.9 ตามลำดับ ส่วนตารางที่ 6.10 เป็นการเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม และกรณีสมมูล

เมื่อผู้ใช้ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม มีความต้องการใช้เอทิลีนมากขึ้น ทำให้ปริมาณเอทิลีนเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 มากขึ้นด้วยเช่นกัน (สาย 4) ด้วยปริมาณ 1000 kg/h (163367-162368) (ดูตารางที่ 6.8 และ6.9) ทำให้พลังงานทั้งหมดที่คอมเพรสเซอร์ต้องใช้เพิ่มขึ้น 13.107 kw (4747.059-4733.952) และผลการเลียนแบบของแบบจำลองคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกันกับกรณีใช้ C2 เพิ่ม (ให้เรียกว่า กรณีสมมูล) มีความแตกต่างสูงสุด 2.83% ที่อุณหภูมิขาออกจากคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 และหมุนด้วยความเร็วรอบ 7090.0 rpm (ดูตารางที่ 6.10)

และการคำนวณหาต้นทุน หรือราคาเอทิลีน เนื่องจากการความต้องการใช้เอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สามเพิ่มขึ้น 1 ตันต่อชั่วโมง มีขั้นตอนดังนี้

<u>วิธีทำ</u>

อ้างอิง: ปริมาณการใช้สารทำความเย็นเอทิลีนเพิ่มขึ้น 1 ตัน

การคำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้น คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้ในกังหันไอน้ำ และความเร็วรอบ (สมการที่ 6.1) ดังนี้

1) การหาความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้น ของกรณีสมมูลเทียบกับกรณีอ้างอิง

ความเร็วรอบของกรณีคอมเพรสเซอร์ที่มีความสมมูลกัน (ดูตารางที่ 6.10) เพิ่มขึ้นจากกรณีอ้างอิงเท่ากับ 7090.000 – 7086.089 = 3.911 rpm นำผลต่างนี้ไปแทนในสมการที่ 6.1

2) การหาปริมาณไอน้ำความดันสูงที่ใช้เพิ่มขึ้น, ΔHPs

อ้างอิง 1 ปี = 365 วัน = 8760 ชั่วโมง

$\Delta HPs = 0.002 * \Delta RPM = 0.002 * 3.911 = 7.822 * 10^{-3}$ (ton/h) = 68.521 (ton/y)

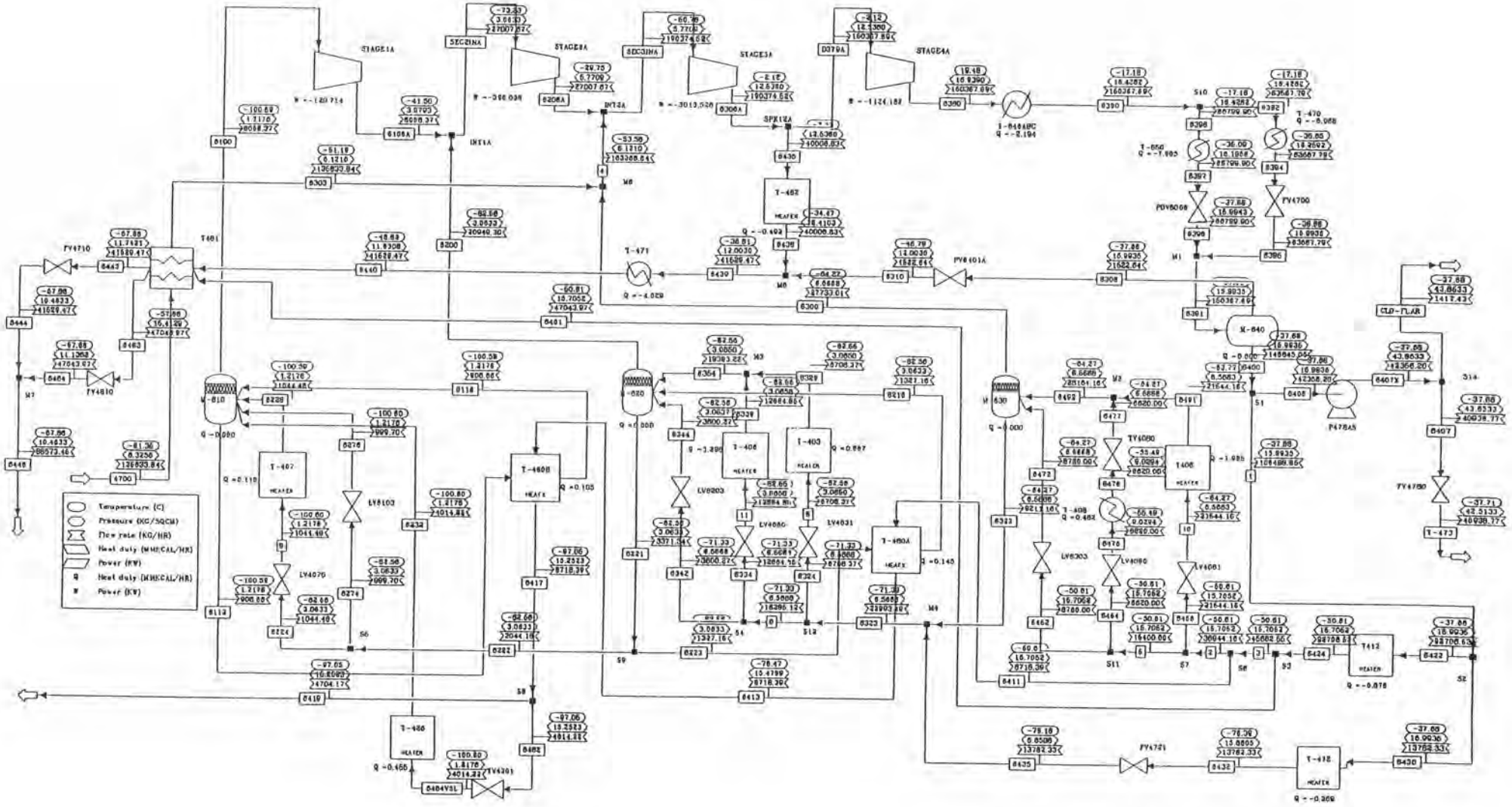
3) การหาราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม

อ้างอิงราคาไอน้ำความดันสูง 430 บาท/ตัน (ที่มา: ส่วนวิจัย และพัฒนา ฝ่ายเทคนิค บริษัท ไทยโอเลฟินส์ จ.ระยอง)

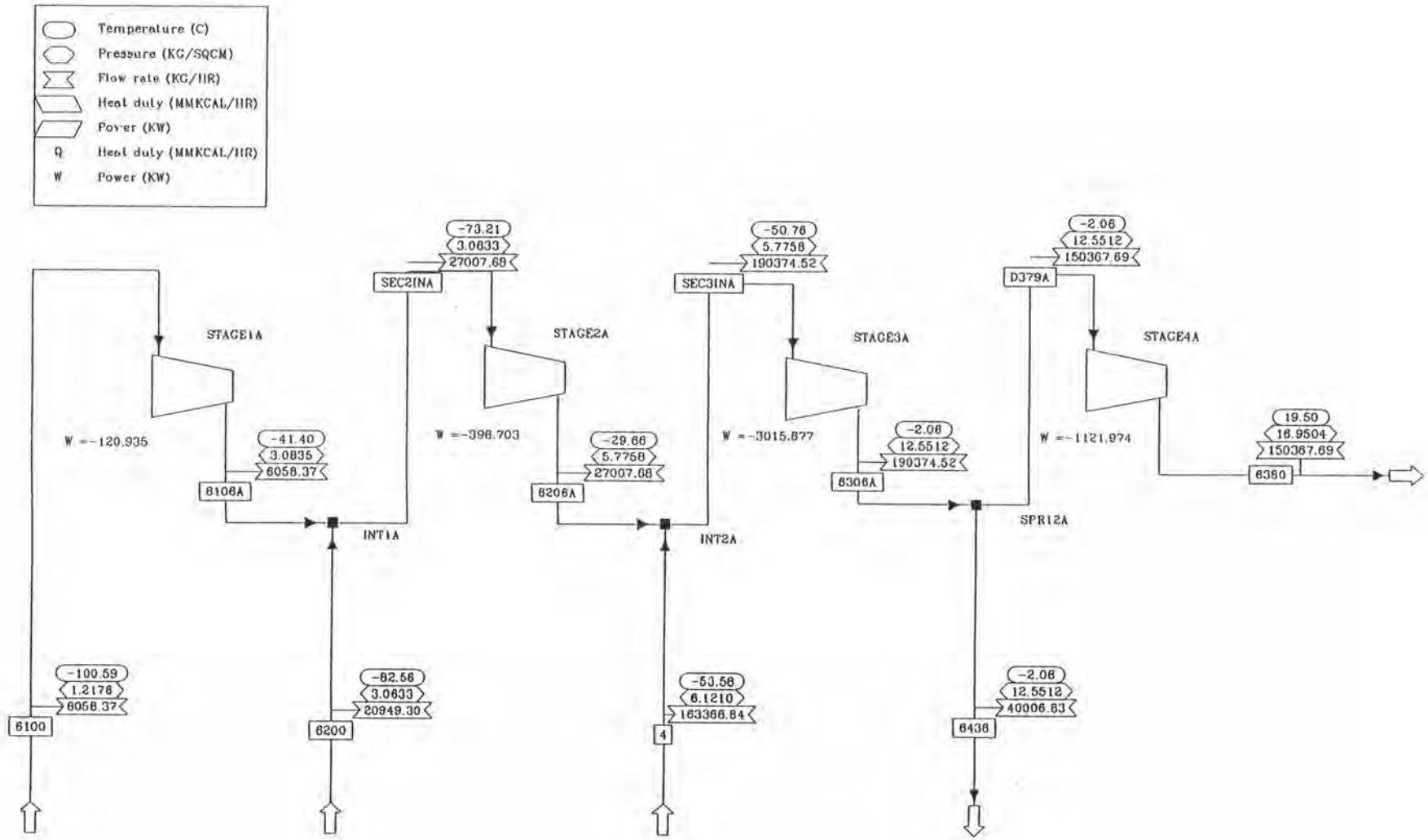
ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน = ราคาไอน้ำความดันสูง * ΔHPs = 430 * 68.521

= 29,463.91 บาทต่อปี

เนื่องจากเป็นการคำนวณ ที่อ้างอิงปริมาณเอทิลีนที่เพิ่มขึ้น 1 ตัน จึงอาจเขียนว่า ราคาสารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิการเย็นระดับที่สาม มีค่า 29,463.91 บาท/ตัน/ปี



รูปที่ 6.7 กรณีเพิ่มการใช้สารทำความเย็นเอทิลีน ที่อุณหภูมิระดับที่ 3 (-65 C°)



รูปที่ 6.8 กรณีคอมเพรสเซอร์สมมูล ที่อุณหภูมิระดับที่ 3 (-65 C°)

ตารางที่ 6.8 การเปรียบเทียบปริมาณเอทิลีนที่เข้าคอมเพรสเซอร์ และพลังงานที่ใช้ของคอมเพรสเซอร์ แต่ละขั้นของแบบจำลองอ้างอิง กับกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม

ขั้นที่	ปริมาณ C2 ที่เข้าคอมเพรสเซอร์ (kg/h)		พลังงานที่ใช้ (kw)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
1	6057.99	6058.37	120.710	120.714
2	20949.00	20949.30	395.831	396.038
3	162367.58	163366.84	3004.046	3013.528
4	-	-	1120.649	1124.182
		รวม	4641.236	4654.462

ตารางที่ 6.9 ความต้องการการทำความเย็น (Duty) ของผู้ใช้ของแบบจำลองอ้างอิง และกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม

ผู้ใช้	ความต้องการการทำความเย็น (MMkcal/h)	
	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม
Dephlegmator No.1 (T-406)	1.905	1.985
Demethanizer Prefractionator Condenser (T-408)	0.471	0.482

ตารางที่ 6.10 การเปรียบเทียบตัวแปรต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์ในกรณีใช้ C2 เพิ่ม ที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม กับกรณีสมมูล

ตัวแปร	กรณีอ้างอิง	กรณีใช้ C2 เพิ่ม	กรณีสมมูล	ความแตกต่าง (%)
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (C^o)	-	-2.12	-2.06	2.83
ความดันขาออกจากขั้นที่ 3 : สาย 6306A (kg/cm^2a)	-	12.5360	12.5513	-0.12
อุณหภูมิขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (C^o)	-	19.48	19.05	2.21
ความดันขาออกจากขั้นที่ 4 : สาย 6380 (kg/cm^2a)	-	16.9390	16.9503	-0.07
พลังงานที่ใช้ทั้งหมด (kw)	4641.236	-	4655.288	-0.30
ความเร็วรอบ (rpm)	7086.089	7086.089	7090.000	
ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น (rpm)	-	-	3.911	

6.6.2 วิจารณ์

การเพิ่มปริมาณเอทิลีนที่อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สาม เนื่องจากความต้องการการทำความเย็นของผู้ใช้ (T-406 และT-408) มากขึ้น ทำได้โดยการลดปริมาณเอทิลีนที่จะส่งไปยังอุปกรณ์ T-481 (สาย6461) ลง ซึ่งจะทำให้ปริมาณเอทิลีน ณ อุณหภูมิการทำความเย็นระดับที่สามเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มโหลดคอมเพรสเซอร์มากขึ้น และเนื่องด้วยคอมเพรสเซอร์หมุนที่ความเร็วรอบเดิม คอมเพรสเซอร์จึงอัดเอทิลีนได้น้อยลง และเนื่องจากเป็นการเพิ่มโหลดในคอมเพรสเซอร์ขั้นหลังๆ คือขั้นที่ 3 และต่อเนื่องไปยังขั้นที่4 คอมเพรสเซอร์จึงใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ดูตารางที่ 6.8) และความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์ขั้นที่ 3 (สาย6306A) และขั้นที่ 4 (สาย6380) ก็ต่ำกว่าความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์กรณีอ้างอิงเพียงเล็กน้อย (คือ 12.6242<12.6391 kg/cm^2 และ 16.8705<16.8720 kg/cm^2 ตามลำดับ) นั้นคือโหลดที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการทำความเย็นระดับนี้มีผลต่อการใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ไม่มากนัก และด้วยเหตุผลเดียวกับที่กล่าวในหัวข้อ 6.4.2 ความไม่เพียงพอของเอทิลีนต่อผู้ใช้ที่อุณหภูมิระดับต่างๆ อันเนื่องจากปริมาณเอทิลีนเหลวจากถัง M-640 (สาย 6308) ไม่เพียงพอจึงไม่เกิดขึ้น