รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้น้ำลดอุณหภูมิในโรงงานผลิตสารโอเลฟินส์

Optimization of Quench Water Usage in Olefins Plant

คณิตา เตียงชัยภูมิ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การหาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้น้ำลดอุณหภูมิในโรงงานผลิตสารโอเลฟินส์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา คณิตา เตียงชัยภูมิ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมเคมี

อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.ภัทรานิษฐ์ วงศ์พร้อมรัตน์

ผู้นิเทศงาน นางสาวนันทวัน อัศวเมธี

สถานที่ประกอบการ บริษัท มาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาหน่วยลดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ โดยเฉพาะหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ซึ่งมีหน้าที่หลักคือ การลดอุณหภูมิของแก๊สที่ออกจากหน่วยเตาแตกโมเลกุล และนำความร้อนที่ได้นำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิต ในปัจจุบันการดำเนินการผลิตที่หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีอุณหภูมิด้านล่างของหอสูงกว่าค่าที่ออกแบบไว้ประมาณ 3°C และอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) บางอุปกรณ์ยังใช้น้ำลดอุณหภูมิไม่เหมาะสม จึงแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ 1 คือ ศึกษาการปรับสภาวะของอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิที่มีการใช้น้ำจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมากที่สุด 3 อันดับแรก โดยมีอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 88 °C (ดำเนินการแบบปกติ) ทำการปรับลดการอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิที่ Bottom reboiler ของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน ซึ่งเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้น้ำจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง โดยการปรับเพิ่มปริมาณความร้อนของ Side reboiler ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler ได้ต่ำสุด คือ 46.5 Gcal/h (ปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 9.2 Gcal/h) โดยที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการผลิตของผลิตภัณฑ์โพรพิลีน จากนั้นทำการปรับลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ที่หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิมากเป็นอันดับสาม พบว่าปริมาณความร้อนลดลงได้ต่ำสุด คือ 19.6 Gcal/h โดยที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการผลิตของผลิตภัณฑ์ไอโซบิวทีนความเข้มข้นสูง และกรณีที่ 2 คือ ศึกษาการลดการใช้พลังงานที่หน่วยอัดความดัน โดยการลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิลงเท่ากับ 86.5 °C โดยการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม Minitab เพื่อหากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิลดลงเท่ากับ 37.5 °C และกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลงเท่ากับ 160 kW ส่งผลต่ออัตราการไหลของ ไอน้ำความดันสูงที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.652 t/h

คำสำคัญ : กระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์,น้ำลดอุณหภูมิ,การหาสภาวะที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title : Optimization of Quench Water Usage in Olefins Plant.
Student intern name : Miss Kanita Tiangchaiyaphum
Faculty : Engineering **Department :** Chemical Engineering
Advisor name : Asst. Prof. Dr. Patthranit Wongpromrat
Mentor name : Miss Nuntawan Asawamatee
Company : Map Ta Phut Olefins Co.,Ltd (MOC)

Abstract

This research focuses on the study of the quench unit in the Olefins process especially for the quench water tower. The main function of this tower is to reduce the temperature of the cracking furnace effluent and maximize a recovery of usable heat in process. Currently, the bottom temperature of quench water tower is greater than the designed value approximately 3 °C and the quench water usages of some users are still not optimized. Therefore, this study is divided into 2 cases. The 1st case is to study the adjustment of 3 user conditions that use the most quench water from a tower, with the bottom temperature of the quench water tower equal to 88 °C (Normal operation). The flow rate of quench water at the bottom reboiler of C_3 tower which is the primary user that uses the most quench water is reduced by increasing the duty of side reboiler. The result reveals that the duty of bottom reboiler is decreased to a minimum of 46.5 Gcal/h (The duty of side reboiler equal to 9.2 Gcal/h) without affecting the propylene production rate. Then, the duty of Deisobutenizer reboiler which is the 3rd user that uses quench water is decreased. It's found that the deisobutenizer reboiler's duty is reduced to a minimum of 19.6 Gcal/h without affecting the production rate of high concentration isobutene products. The 2nd case is to study the reduction of power consumption at the compression unit by reducing the bottom temperature of the quench water tower to 86.5 °C and then create a model from Minitab to find the power of the cracked gas compressor turbine. The results reveal that the overhead temperature of the quench water tower is reduced to 37.5 °C and the power consumption is reduced to 160 kW affecting to high pressure steam flow rate which is increased to be 0.652 t/h.

Keywords : Olefins production process, Quench water, Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท มาบตาพุด โอเลฟินส์ จำกัด ที่เอื้อสถานที่และข้อมูลในการทำวิจัยฉบับนี้ พร้อมทั้งให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ ข้อคิดเห็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัยอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาและให้คำแนะนำเมื่อเกิดข้อขัดข้องระหว่างการดำเนินงาน รวมถึงขอขอบคุณ นางสาวนันทวัน อัศวเมธี ผู้นิเทศงาน ที่ให้ความช่วยเหลือ และติดตามความก้าวหน้าในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ภัทรานิษฐ์ วงศ์พร้อมรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และ ผศ.ดร.อมตะ อนันต์พินิจวัฒนา ที่ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาเพื่อปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งมอบความรู้ทางวิชาการให้แก่ผู้วิจัยตลอดการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัยทุกท่าน ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ที่ได้สละเวลาในการให้ข้อเสนอแนะ และให้ความรู้เพิ่มเติม

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจันชิ้นนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับบุคลากรทางการศึกษา หรือผู้สนใจทางด้านกระบวนการผลิตโอเลฟินส์

คณิตา เตียงชัยภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 1

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 สารโอเลฟินส์ 3

2.2 ภาพรวมกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ 3

2.3 หอลดอุณหภูมิ 6

2.4 เครื่องอัดความดัน หรือ คอมเพรสเซอร์ 7

2.4.1 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 8

2.5 เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) 9

2.6 หอกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation column) 12

2.7 เครื่องทำความร้อน (Reboiler) 13

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 16

3.1 การศึกษารายละเอียดและขอบเขตของงานวิจัย 16

3.1.1 หน่วยลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 16

3.2 การศึกษาหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน 18

3.2.1 การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน 19

3.3 การศึกษาหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน-2-บิวทีน 20

3.3.1 การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน 21

3.4 การลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 21

3.5 การศึกษาหน่วยอัดความดัน 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การรวบรวมข้อมูล 23
3.7 การศึกษาโปรแกรม Minitab 24
3.7.1 การสร้างแบบจำลองคำนวณกำลังสำหรับเครื่องกังหันไอน้ำ 24
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 27
4.1 ผลการปรับสภาวะที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน 27
4.2 ผลการปรับสภาวะหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน 28
4.3 ผลการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 31
4.4 วิเคราะห์การใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน 31
4.4.1 ผลการใช้พลังงานลดลงของหน่วยอัดความดัน 33
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 35
5.1 สรุปผลการวิจัย 35
5.2 ข้อเสนอแนะ 36
5.2.1 หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน 36
5.2.2 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 36
5.2.3 หน่วยอัดความดัน 36
บรรณานุกรม 37
ภาคผนวก ก 39
ภาคผนวก ข 42
ประวัติผู้เขียน 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดอุปกรณ์หลักของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water's user) 17
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน 28
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน 29
ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองการใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน 34

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเอทิลีนและโพรพิลีน 3
รูปที่ 2.2 ภาพรวมกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ 5
รูปที่ 2.3 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 6
รูปที่ 2.4 ประเภทของเครื่องอัดความดัน 7
รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก 7
รูปที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 8
รูปที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบหลายขั้นตอน 9
รูปที่ 2.8 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Condensing turbine 9
รูปที่ 2.9 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Back pressure turbine 10
รูปที่ 2.10 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Extraction condensing turbine 11
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ 11
รูปที่ 2.12 หอกลั่นลำดับส่วน 13
รูปที่ 2.13 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube 13
รูปที่ 2.14 ชนิดเทอร์โมไซฟอนแบบแนวตั้ง 14
รูปที่ 2.15 ชนิดเทอร์โมไซฟอนแบบแนวนอน 15
รูปที่ 2.16 เครื่องทำความร้อนแบบต้มเป็นไอ 15
รูปที่ 3.1 ปริมาณการใช้น้ำลดอุณหภูมิในอุปกรณ์หลักทั้ง 11 อุปกรณ์ (1) C_3 tower bottom reboiler No.1, (2) C_3 tower side reboiler No.1, (3) Deisobutenizer reboiler, (4) C_3 tower bottom reboiler No.2, (5) C_3 tower side reboiler No.2, (6) Naphtha Preheater, (7) LPG Superheater, (8) Steam condensate heater, (9) Caustic tower feed heater, (10) Ethane recycle superheater, (11) C_3 hydrogenation vaporizer 18
รูปที่ 3.2 หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน 19
รูปที่ 3.3 หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน - 2-บิวทีน 20
รูปที่ 3.4 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ 22
รูปที่ 3.5 คอมเพรสเซอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยกังหันไอน้ำ 23
รูปที่ 3.6 หน้าต่างของโปรแกรม Minitab 24
รูปที่ 3.7 Worksheet ของโปรแกรม 25
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการทำ Regression equation 25
รูปที่ 3.9 การเลือกตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 อัตราการไหลของ Quench water เข้า Bottom reboiler ที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h และ 9.2 Gcal/h ตามลำดับ..... 28
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนและค่าปริมาณความร้อนของ Reboiler..... 30
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่น และค่าปริมาณความร้อนของ Reboiler..... 30
รูปที่ 4.4 อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิระหว่างข้อมูลก่อนทำการทดลองและช่วงทำการทดลอง 31
รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ..... 32
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ..... 33
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำและอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด เท่ากับ 540 t/h..... 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

บริษัทมาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด เป็นบริษัทผลิตสารโอเลฟินส์และสารอะโรมาติกส์ ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมอาร์ไอแอล จังหวัดระยอง ซึ่งผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ ได้แก่ เอทิลีน (Ethylene) โพรพิลีน (Propylene) สารไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม (Mixed C4's) แครกเกอร์บอททอม (Cracker bottom) ไฮโดรเจน (Hydrogen) แก๊สเชื้อเพลิง และไพรโรไลซิสแก๊สโซลีน (Pyrolysis gasoline) ซึ่งถูกส่งไปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสารอะโรมาติกส์ 2) ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสารอะโรมาติกส์ ได้แก่ เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) และมิกซ์ไซลีน (Mixed xylene) [1]

จากการวิเคราะห์สภาวะปฏิบัติการของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน พบว่า ที่หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำในหน่วยกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์มีอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำแตกต่างจากค่าที่ถูกออกแบบไว้ประมาณ 3 °C ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นที่หน่วยอัดความดัน (Compression unit) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบของอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ เมื่อทำการปรับลดอุณหภูมิด้านล่างของหอให้ต่ำกว่าค่าที่ดำเนินการผลิต ณ ปัจจุบัน และเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตที่ลดลงที่หน่วยอัดความดันเมื่อเกิดการปรับสภาวะของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้น้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) จากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่อุปกรณ์หลัก

2) เพื่อลดการใช้พลังงานที่หน่วยอัดความดัน โดยการลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิลงจากการดำเนินกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1) ศึกษาหลักการทำงานและสภาวะปฏิบัติการของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) และอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ ซึ่งอุปกรณ์หลักที่ใช้ปริมาณน้ำลดอุณหภูมิมาก 3 อันดับแรก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. C3 tower bottom reboiler No.1

2. C3 tower side reboiler No.1

3. Deisobutenizer reboiler

2) ศึกษาการใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน และการทำงานของเครื่องกังหันไอน้ำที่เป็นกำลังในการขับเคลื่อนแก่คอมเพรสเซอร์ (Cracked gas compressor) ของโรงงาน

3) สร้างแบบจำลองการใช้พลังงานที่หน่วยอัดความดัน โดยใช้โปรแกรม Minitab เพื่อคาดการณ์การใช้พลังงานของคอมเพรสเซอร์ เมื่อปรับอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลงจากการดำเนินกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) อุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ทั้ง 3 อุปกรณ์หลัก ใช้ปริมาณน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) ได้อย่างเหมาะสม โดยที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

2) สามารถลดการใช้พลังงานหรือกำลังของคอมเพรสเซอร์ลง ซึ่งจะส่งผลให้ต้นทุนการผลิตในกระบวนการผลิตลดลง

3) ได้ความรู้ในการสร้างแบบจำลองคาดการณ์พลังงานที่ใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์ โดยใช้โปรแกรม Minitab ด้วยเครื่องมือ Multiple regression equation

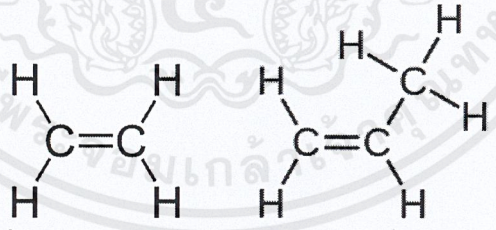
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต รวมถึงภาพรวมของกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ พร้อมหลักการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องมือภายในกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2.1 สารโอเลฟินส์ [2]

โอเลฟินส์ คือสารที่มีพันธะคู่ หรือเรียกว่า แอลคีน (Alkene) เป็นสารที่มีลักษณะโครงสร้างไม่อิ่มตัว โดยมีอีเทน โพรเพน แก๊สปิโตรเลียมเหลว รวมถึงแนฟทา เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตสารโอเลฟินส์เป็นอนุพันธ์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ผลิตโดยการแตกตัวโมเลกุลจากโมเลกุลใหญ่ของวัตถุดิบเป็นโมเลกุลเล็ก เรียกการแตกตัวว่า Cracker หากอีเทนเป็นวัตถุดิบตั้งต้น จะเรียกว่า อีเทนแครกเกอร์ (Ethane cracker) ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้คือ เอทิลีน และหากใช้แนฟทาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นเรียกว่า แนฟทาแครกเกอร์ (Naphtha cracker) ผลิตภัณฑ์หลักที่ได้คือ เอทิลีนและโพรพิลีน ซึ่งบางกรณีถูกจัดเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product) และสารไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม (Mixed C4) เป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (By-product) ที่สำคัญด้วย โดยที่ผลิตภัณฑ์โอเลฟินส์หลัก ได้แก่ เอทิลีน และโพรพิลีน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีขั้นต้นที่สำคัญที่สุด ซึ่งโครงสร้างของเอทิลีน และโพรพิลีน แสดงดังรูปที่ 2.1 สารโอเลฟินส์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์จำพวกพลาสติก และในบางกรณีนำมาใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเอทิลีนและโพรพิลีน [2]

2.2 ภาพรวมกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ [1]

กระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ในปัจจุบันใช้วัตถุดิบหลักในการผลิตสารโอเลฟินส์ ได้แก่ แนฟทา (Naphtha) แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) และโพรเพน (Propane) ซึ่งผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ที่ส่งจำหน่ายโดยตรง ได้แก่ เอทิลีน (Ethylene) โพรพิลีน (Propylene) สารไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน 4 อะตอม (Mixed C4's) แครกเกอร์บอททอม (Cracker bottom) และไฮโดรเจน (Hydrogen)

2) ผลิตภัณฑ์ที่ได้ส่งไปเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตสารอะโรมาติกส์ คือ ไพโรไลซิสแก๊สโซลีน ซึ่งจะถูกนำไปเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสารอะโรมาติกส์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซี 9 (C9 oil) ที่หน่วยการผลิตสารอะโรมาติกส์ต่อไป

ภาพรวมของกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์โดยทั่วไป แสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการดังนี้

1.หน่วยเตาแตกโมเลกุล (Cracking furnace unit)

ทำหน้าที่ในการแตกตัวโมเลกุลของวัตถุดิบสารตั้งต้นจากโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็ก ซึ่งหน่วยเตาแตกโมเลกุลใช้เป็นแหล่งความร้อนในการผลิตไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด (Super high pressure steam) จากนั้น Cracked gas ที่มีอุณหภูมิสูง จะถูกลดอุณหภูมิลงโดยผ่านอุปกรณ์ชื่อ Transfer line exchangers (TLEs) เพื่อหยุดปฏิกิริยาก่อนถูกส่งไปยังหน่วยลดอุณหภูมิ

2.หน่วยลดอุณหภูมิ (Quench unit)

Cracked gas ที่ออกจากหน่วยเตาแตกโมเลกุล (ออกจาก TLEs) จะเข้าสู่หน่วยลดอุณหภูมิ ซึ่งหน่วยลดอุณหภูมิประกอบไปด้วยหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมัน (Quench oil tower) และหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) Cracked gas จะเข้าสู่หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมัน โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหอกับน้ำมัน (Quench oil) ที่นำกลับมาใช้หมุนเวียน และจากนั้นจะเข้าสู่หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหอกับน้ำ (Quench water) ที่นำกลับมาใช้หมุนเวียนเช่นเดียวกัน

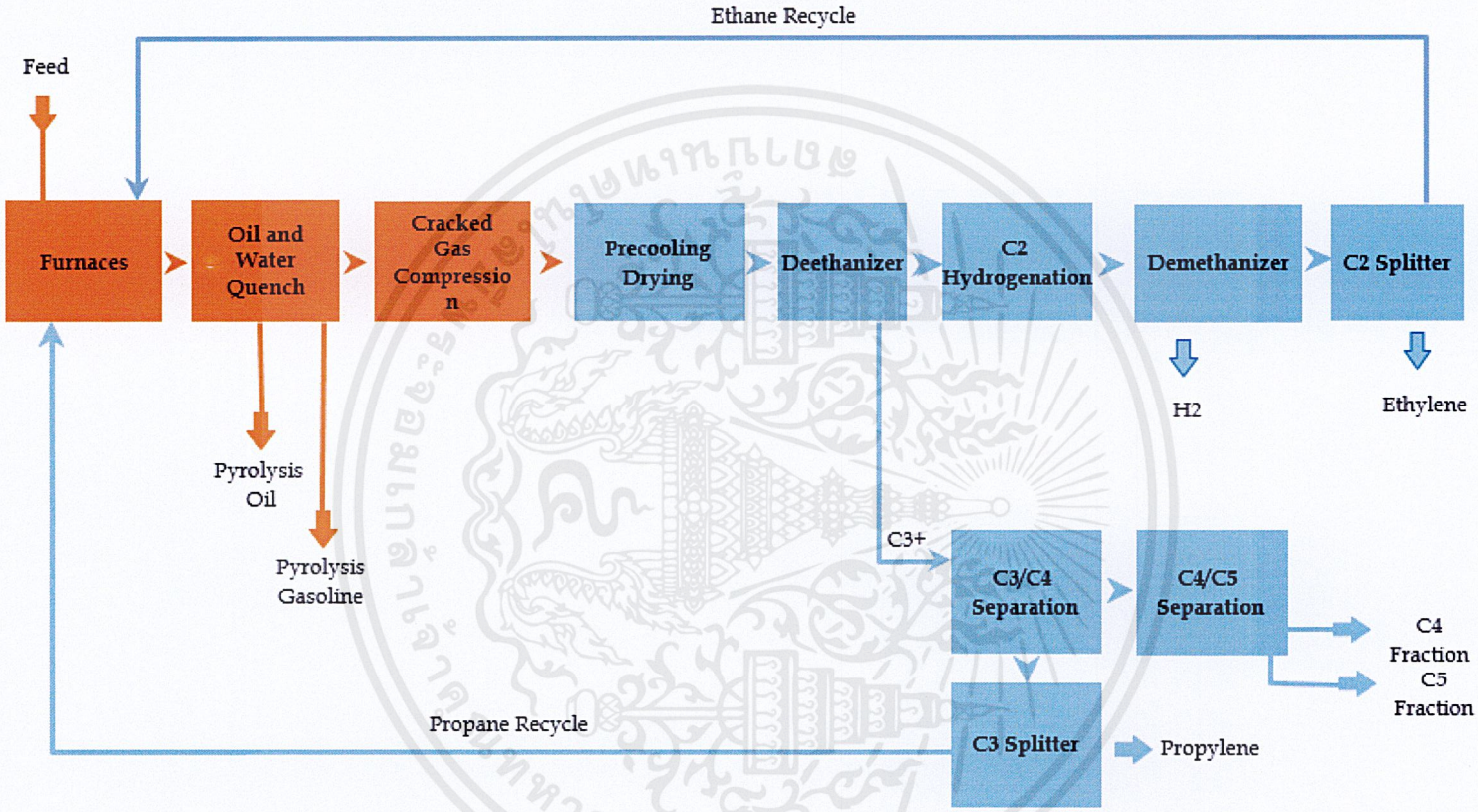
3.หน่วยอัดความดันและกำจัดแก๊สกรด

Cracked gas ที่ออกจากด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำจะถูกเพิ่มความดันที่หน่วยอัดความดัน (Compression unit) และหอกำจัดแก๊สกรด (Caustic tower) ซึ่งหน่วยอัดความดันประกอบไปด้วยคอมเพรสเซอร์ 5 ขั้น โดยใช้กังหันไอน้ำในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ และระหว่างขั้นที่ 3 และ 4 ของคอมเพรสเซอร์ Cracked gas จะเข้าสู่หอกำจัดแก๊สกรด โดยใช้เบสในการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

4.หน่วยแยกผลิตภัณฑ์

Cracked gas ที่ออกมาจากหน่วยอัดความดันและกำจัดแก๊สกรดจะถูกควบแน่น โดยผ่าน Chilling train ของเหลวที่ถูกที่ควบแน่นออกมาจะถูกส่งไปยังหน่วยแยกผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์หลักในกระบวนการผลิตโอเลฟินส์ นั่นคือ เอทิลีน (Ethylene) และโพรพิลีน (Propylene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

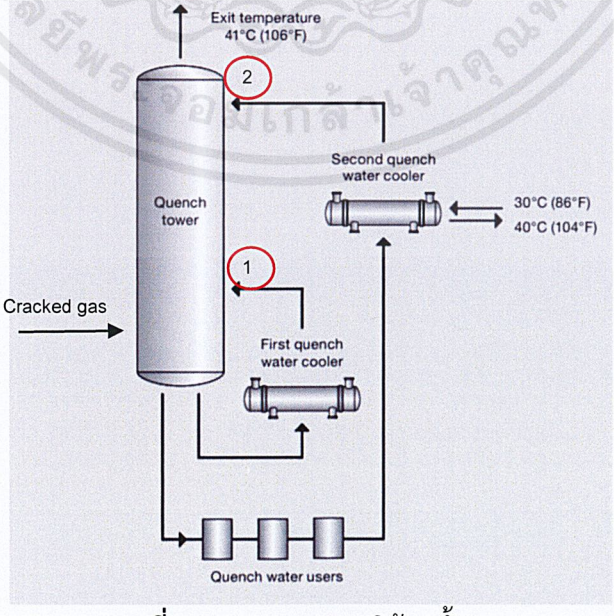


รูปที่ 2.2 ภาพรวมกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์ [3]

2.3 หอลดอุณหภูมิ

หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ มีลักษณะเป็นหอวางสูงตั้งในแนวดิ่ง ดังรูปที่ 2.3 ซึ่ง Cracked gas จะไหลเข้าทางด้านล่างของหอขึ้นสู่ด้านบนของหอลดอุณหภูมิ ในขณะที่มีการป้อนน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) จากทางด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ซึ่งสวนทางกับการไหลของ Cracked gas เพื่อให้มีการสัมผัสกันที่ดีระหว่าง Cracked gas ที่มีอุณหภูมิสูงและน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เพื่อถ่ายเทความร้อนจาก Cracked gas ไปสู่น้ำลดอุณหภูมิ ภายในหอจะติดตั้งอุปกรณ์เพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่การสัมผัส โดยอาจเป็นแบบ Tray หรือ Packing เมื่อ Cracked gas ที่มีอุณหภูมิสูงสัมผัสกับน้ำลดอุณหภูมิภายในหอ องค์ประกอบที่ควบแน่นได้ใน Cracked gas จะถูกควบแน่นลงมาด้านล่างของหอ องค์ประกอบที่ควบแน่น ได้แก่ ไอน้ำ (Dilution steam) และสารไฮโดรคาร์บอนหนัก (ตั้งแต่ C5 ขึ้นไป) [4]

น้ำลดอุณหภูมิที่รับความร้อนจาก Cracked gas ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 88°C ส่วนหนึ่งจะถูกส่งให้อุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ในกระบวนการผลิตเพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อน และเป็นการนำความร้อนที่ได้จาก Cracked gas มาใช้อย่างคุ้มค่าในกระบวนการผลิต และน้ำลดอุณหภูมิอีกส่วนหนึ่งจะถูกลดอุณหภูมิผ่านอุปกรณ์ลดอุณหภูมิช่วงปฐมภูมิ ซึ่งใช้น้ำหล่อเย็นในการลดอุณหภูมิ หลังจากนั้นน้ำที่ถูกลดอุณหภูมิแล้วจะถูกป้อนเข้าหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่ตำแหน่งที่ 1 ดังรูปที่ 2.3 เนื่องจาก Cracked gas ที่พ้นส่วนปฐมภูมิไปยังมีไอน้ำบางส่วนปะปนอยู่ ไอน้ำที่ปะปนอยู่นี้จะส่งผลให้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สที่ส่งต่อไปยังคอมเพรสเซอร์มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เป็นการเพิ่มภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ และยังก่อให้เกิดปัญหาการควบแน่นขึ้นที่คอมเพรสเซอร์ด้วย ดังนั้นเพื่อที่จะลดปริมาณไอน้ำนี้ จึงมีการป้อนน้ำลดอุณหภูมิที่เย็นกว่า ซึ่งถูกลดอุณหภูมิโดยผ่านอุปกรณ์ลดอุณหภูมิช่วงทุติยภูมิเข้าที่ชั้นที่ 1 หรือตำแหน่งที่ 2 ดังรูปที่ 2.3 เพื่อควบแน่นไอน้ำในแก๊สออกมาสู่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ [5]

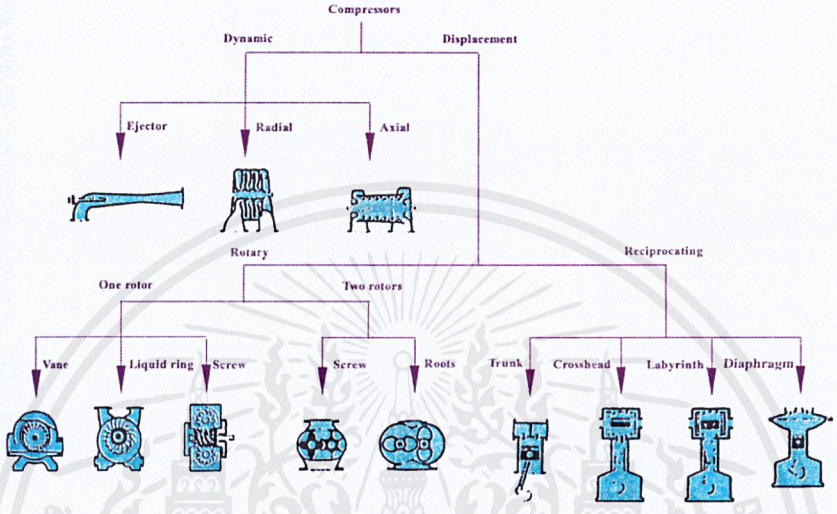


รูปที่ 2.3 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องอัดความดัน หรือ คอมเพรสเซอร์

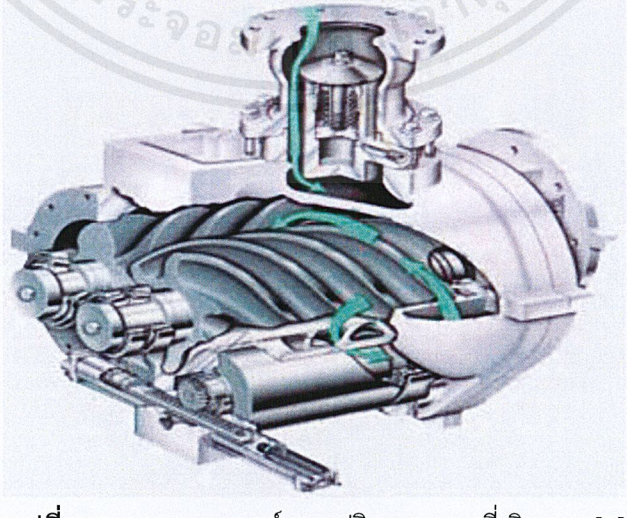
คอมเพรสเซอร์ ทำหน้าที่ในการอัดความดันเพื่อให้แก๊สมีความดันสูงขึ้นตามต้องการ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ให้กับเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงาน โดยทั่วไปแล้วคอมเพรสเซอร์จะแบ่งได้ 2 ประเภทหลัก ดังรูปที่ 2.4 ได้แก่ 1) แบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive displacement) และ 2) แบบไดนามิกส์ (Dynamics) [6]



รูปที่ 2.4 ประเภทของเครื่องอัดความดัน [6]

1) แบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก (Positive displacement)

หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก คือ นำแก๊สเข้าไปในห้องอัดและลดปริมาตรของแก๊สโดยใช้พลังงานจากภายนอก เช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ไฟฟ้า แรงงานกล เป็นต้น เมื่ออากาศถูกลดปริมาตรลงจะทำให้แก๊สมีความดันสูงขึ้น คอมเพรสเซอร์แบบแทนที่เชิงบวก ได้แก่ แบบโรตารี (Rotary compressor) และแบบลูกสูบ (Reciprocating compressor)



รูปที่ 2.5 คอมเพรสเซอร์แบบปริมาตรแทนที่เชิงบวก [7]

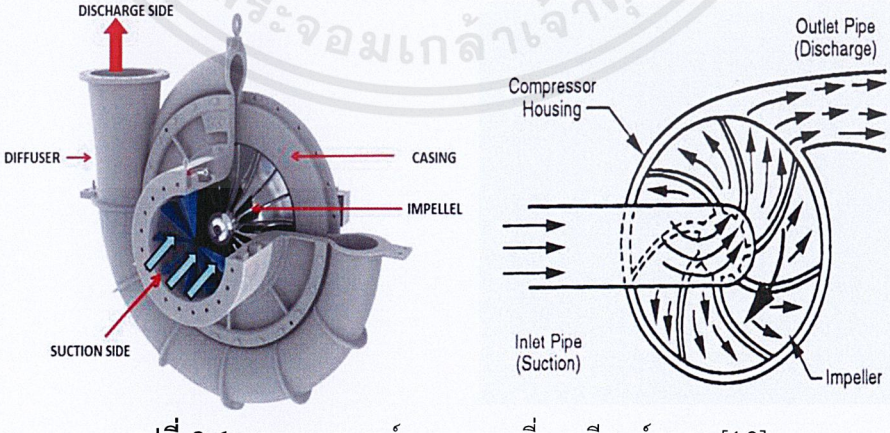
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบบไดนามิกส์ (Dynamics)

หลักการทำงานของคอมเพรสเซอร์แบบไดนามิกส์ คือ การให้พลังงานกลแก่แก๊สที่เข้าคอมเพรสเซอร์ ซึ่งทำให้แก๊สมีความเร็วเพิ่มขึ้น แล้วอาศัยรูปร่างของโครงสร้าง (Casting) ภายในคอมเพรสเซอร์อัดลดความเร็วของแก๊สลง ซึ่งจะทำให้พลังงานของแก๊สเปลี่ยนรูปจากพลังงานจลน์เป็นความดัน ซึ่งในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมใช้คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal compressors) [8]

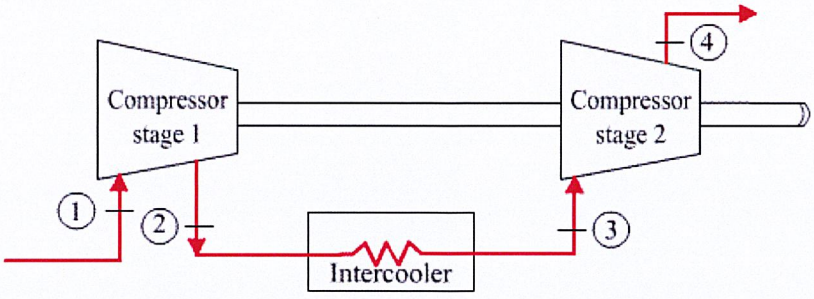
2.4.1 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง [9]

คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เป็นเครื่องอัดอากาศที่ใช้หลักการทางด้านพลศาสตร์ ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นความดัน โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของแก๊สจะนำแก๊สเข้าสู่บริเวณใกล้กับจุดศูนย์กลางของใบพัด และเหวี่ยงแก๊สออกไปในแนวรัศมีของใบพัด ขณะที่ใบพัดหมุนทำให้แก๊สเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้น แก๊สที่มีความเร็วสูงขึ้นนี้จะไหลผ่าน Diffuser ภายในโครงสร้าง (Casting) ของคอมเพรสเซอร์ จากนั้นอาศัยการปรับเปลี่ยนรูปร่างโครงสร้างของ Diffuser จากที่มีปริมาตรน้อย เป็นปริมาตรที่มากขึ้น ส่งผลให้ความเร็วของแก๊สลดลง ดังนั้นพลังงานของแก๊สในรูปของพลังงานจลน์เกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานเป็นความดัน จากนั้นแก๊สที่มีความดันสูงขึ้น จะถูกส่งออกไปจากคอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะเรียกคอมเพรสเซอร์ 1 ขั้น หรือ Single stage compressor เมื่อต้องการเพิ่มความดันของแก๊สให้มีความดันสูงขึ้น สามารถทำได้โดยการใช้คอมเพรสเซอร์แบบหลายขั้น (Multi-stage compressor) โดยที่แก๊สจะถูกเพิ่มความดันจากขั้นที่ 1 และอัดแก๊สให้ได้ตามความดันขาออกที่ต้องการ จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นต่อไป เมื่อแก๊สถูกอัดในแต่ละขั้นจะส่งผลให้แก๊สมีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการระบายความร้อน หรือลดอุณหภูมิของแก๊สที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ โดยการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ก่อนส่งแก๊สไปยังคอมเพรสเซอร์ขั้นต่อไป ยกตัวอย่างดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 คอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



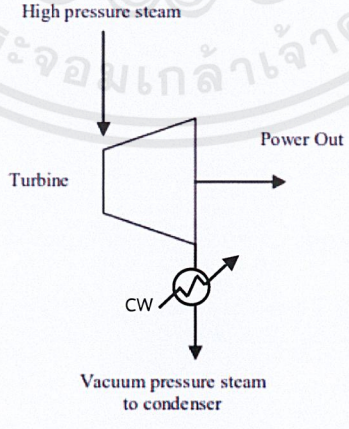
รูปที่ 2.7 คอมเพรสเซอร์แบบหลายขั้นตอน [11]

2.5 เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) [12]

เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนที่มีในไอน้ำเป็นกำลังในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต เช่น ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ เป็นต้น ซึ่งเครื่องกังหันไอน้ำสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) Condensing turbine 2) Back pressure turbine 3) Extraction condensing turbine

1) Condensing turbine

เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Condensing turbine จะควบแน่นไอน้ำเป็นคอนเดนเสทเหลวทั้งหมดที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งกังหันไอน้ำชนิดนี้สามารถใช้พลังงานทั้งหมดของไอน้ำที่ไหลเข้าเครื่องกังหันไอน้ำ จึงมักนิยมใช้สำหรับระบบไฟฟ้าที่ต้องการจ่ายให้กับผู้บริโภคในปริมาณมาก นอกจากนี้เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Condensing turbine ยังต้องการเครื่องควบแน่นไอน้ำ (Condenser) ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อที่จะควบแน่นไอน้ำที่ออกมาจากเครื่องกังหันไอน้ำ จึงส่งผลให้ต้นทุนในการก่อสร้างและการบำรุงรักษามีราคาสูง

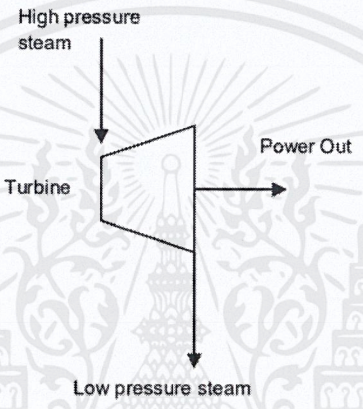


รูปที่ 2.8 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Condensing turbine [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) Back pressure turbine

เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Back pressure turbine จะใช้ไอน้ำความดันสูง แล้วคลายไอน้ำระดับความดันต่ำออกมาที่ความดันสูงกว่าหรือเท่ากับความดันบรรยากาศ ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งไอน้ำความดันต่ำนี้สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ในกระบวนการผลิตต่อไป ความดันของไอน้ำที่ออกมาจากกังหันไอน้ำจะถูกกำหนดด้วยความต้องการของอุปกรณ์ที่จะนำไอน้ำไปใช้ต่อ และเครื่องกังหันไอน้ำชนิดนี้ถูกนำไปใช้กับอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ ได้แก่ โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานปิโตรเคมี กระบวนการผลิตกระดาษและอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้ไอน้ำในปริมาณสูง

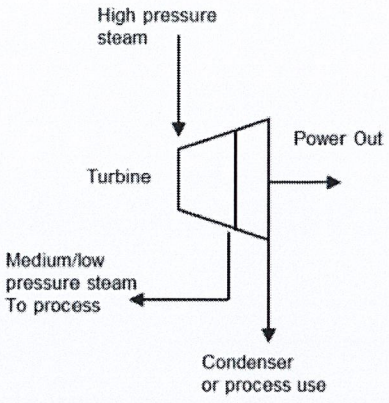


รูปที่ 2.9 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Back pressure turbine [13]

3) Extraction condensing turbine

เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Extraction condensing turbine แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนความดันสูง (High pressure) และส่วนความดันต่ำ (Low pressure) จากนั้นจะคลายไอน้ำความดันต่างๆ ตามปริมาณความต้องการของกระบวนการผลิต ได้แก่ ไอน้ำความดันระดับกลาง และไอน้ำความดันต่ำ จากนั้นใช้ไอน้ำที่คลายออกมาจากส่วนความดันสูงจะเข้าสู่ส่วนความดันต่ำโดยผ่านวาล์วควบคุม (Extraction control valve) เพื่อผลิตกำลังเพิ่มจากเดิม จากนั้นจะคลายออกมาเป็นคอนเดนเสทเหลว ดังรูปที่ 2.10 กล่าวคือ เครื่องกังหันไอน้ำชนิดนี้มีคุณสมบัติทั้งของเครื่องกังหันชนิด Condensing turbine และชนิด Back pressure turbine ซึ่งมีความสามารถในการตอบสนองทั้งความต้องการของการจ่ายพลังงานไฟฟ้า และการผลิตไอน้ำระดับความดันต่างๆเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต รวมทั้งยังมีความยืดหยุ่นในการดำเนินการผลิตมากกว่าเมื่อเทียบกับชนิด Back pressure แต่จะมีราคาสูงเนื่องจากมีการใช้วาล์วควบคุม (Extraction control valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เครื่องกังหันไอน้ำชนิด Extraction condensing turbine [13]

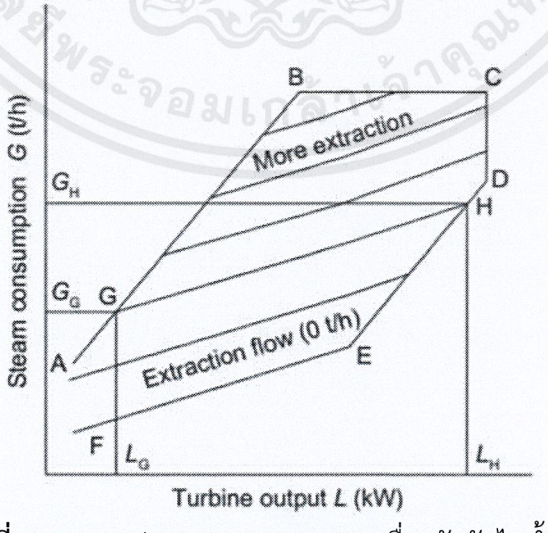
รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่เข้าสู่เครื่องกังหันไอน้ำและกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำที่ผลิตได้ โดยที่เส้น FE บ่งบอกถึงขีดจำกัดต่ำสุดของการดำเนินกระบวนการผลิตที่สามารถผลิตไอน้ำความดันระดับกลางหรือความดันต่ำได้ เพื่อส่งให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงาน

เส้น BC แสดงถึงขีดจำกัดสูงสุดของอัตราการไหลไอน้ำความดันสูงที่เข้าเครื่องกังหันไอน้ำ

เส้น AB แสดงถึงขีดจำกัดต่ำสุดของอัตราการไหลไอน้ำความดันระดับกลางหรือความดันต่ำที่ออกมาจากเครื่องกังหันไอน้ำ

เส้น CD แสดงถึงขีดจำกัดสูงสุดของกำลังที่เครื่องกังหันไอน้ำสามารถผลิตได้

ยกตัวอย่างเช่น ตามแนวการผลิตไอน้ำความดันระดับกลางหรือความดันต่ำที่เส้น GH พบว่าสามารถเพิ่มกำลังที่ผลิตได้จากเครื่องกังหันไอน้ำจาก L_G ไปสู่ L_H (kW) ได้ โดยการเพิ่มอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่เข้าสู่เครื่องกังหันไอน้ำจาก G_G เป็นเท่ากับ G_H (t/h)



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หอกลั่นลำดับส่วน (Fractional distillation column)

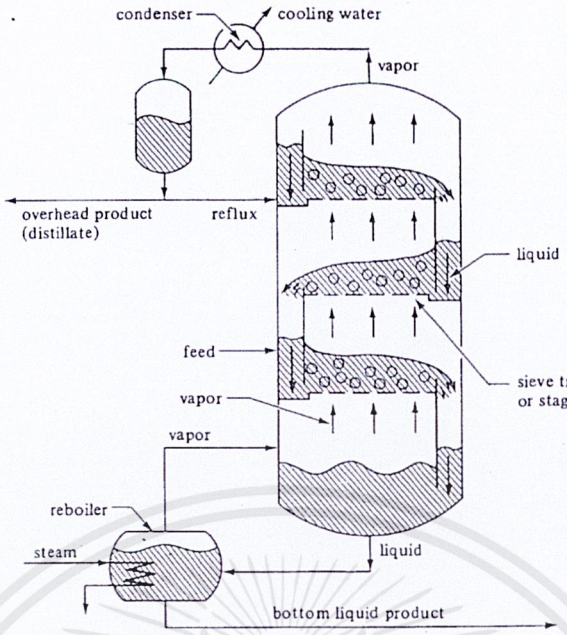
หอกลั่นเป็นหน่วยปฏิบัติการ (Operation unit) ที่สำคัญหน่วยหนึ่งในกระบวนการผลิต ซึ่งการกลั่นเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการแยกสารผสม ดังนั้นจึงเป็นส่วนสำคัญของหลายกระบวนการผลิตทั้งในอุตสาหกรรมน้ำมันและอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

การกลั่น หมายถึง การแยกของเหลวผสมที่มีองค์ประกอบตั้งแต่ 2 องค์ประกอบขึ้นไป โดยใช้หลักการที่สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการระเหยกลายเป็นไอต่างกันที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน เมื่อให้ความร้อนแก่สารที่ป้อนเข้าหอซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวผสม สารส่วนที่มีจุดเดือดต่ำกว่าจะกลายเป็นไอขึ้นสู่ด้านบนของหอกลั่น จากนั้นไอที่ขึ้นไปสู่ด้านบนของหอกลั่นจะถูกควบแน่นกลับให้เป็นของเหลว ซึ่งจะได้ของเหลวผสมที่แตกต่างจากของเหลวก่อนการกลั่นป้อนกลับเข้าหอกลั่นเรียกว่า รีฟลักซ์ ด้วยเหตุนี้การกลั่นจึงสามารถทำให้ของเหลวมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น หรือใช้แยกของเหลวผสมออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ

การกลั่นแบบมีรีฟลักซ์ (Distillation with reflux) หรือการกลั่นแบบลำดับส่วน (Fractional) พบว่าวัฏภาคไอจะไหลจากด้านล่างของหอขึ้นสู่ด้านบน สวนทางกับวัฏภาคของเหลวที่ไหลลงสู่ด้านล่างของหอกลั่นตามแรงโน้มถ่วง ดังรูปที่ 2.12 จากรูปสารที่ป้อนเข้าหอกลั่นมี 2 องค์ประกอบ คือ A และ B ในระหว่างการสัมผัสกันแบบสวนทางของ 2 วัฏภาค จะส่งผลให้องค์ประกอบที่ความสามารถในการระเหยสูง (องค์ประกอบสาร A ที่มีจุดเดือดต่ำ) ระเหยออกจากของเหลวผสมไปเป็นไอและขึ้นไปสู่ด้านบนของหอกลั่น ทำให้ความเข้มข้นขององค์ประกอบที่มีความสามารถในการระเหยมากกว่ามีค่ามากขึ้นในวัฏภาคไอ และองค์ประกอบ B ที่มีความสามารถในการระเหยต่ำกว่า (จุดเดือดสูง) บางส่วนที่ระเหยไปพร้อมกับอีกองค์ประกอบหนึ่ง จะถูกควบแน่นออกมาจากวัฏภาคไอกลายเป็นของเหลวและไหลลงมาด้านล่างหอกลั่นพร้อมกับวัฏภาคของเหลว ทำให้ความเข้มข้นขององค์ประกอบสาร A ลดลงในแต่ละชั้นที่ลงมาด้านล่าง ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นทุกช่วงเวลา ตั้งแต่ด้านล่างสู่ด้านบนของหอ ส่งผลให้สารผสมที่ประกอบไปด้วยสารที่มีจุดเดือดต่างกันแยกตัวออกจากกันได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ไอจะออกทางด้านบนของหอกลั่น จากนั้นถูกทำให้ควบแน่นลงมาด้วยเครื่องควบแน่นไอ (Condenser) จะได้ผลิตภัณฑ์ทางด้านบนของหอมีความเข้มข้นของสาร A สูง บางส่วนของของเหลวจากเครื่องควบแน่นถูกนำกลับมาป้อนเข้าสู่หอกลั่นที่ชั้นบนสุดของหอกลั่นแยก

ของเหลวที่ออกจากชั้นด้านล่างของหอกลั่นจะเข้าสู่เครื่องทำความร้อน (Reboiler) ซึ่งทำหน้าที่ในการระเหยผลิตภัณฑ์ของเหลวส่วนหนึ่งให้กลายเป็นไอ และของเหลวที่เหลืออยู่จะมีความเข้มข้นของสาร A ต่ำ หรือเรียกว่า มีความเข้มข้นของสาร B สูง จะถูกดึงออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ของเหลว [14]

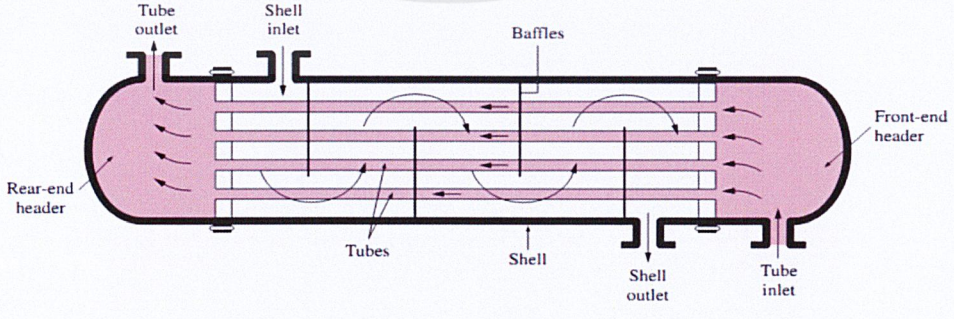
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 หอกลั่นลำดับส่วน [14]

2.7 เครื่องทำความร้อน (Reboiler)

เครื่องทำความร้อน (Reboiler) เป็นหนึ่งในประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) ชนิดมีการเปลี่ยนวัฏภาคของของเหลวไปเป็นไอ ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้กันอย่างทั่วไปในอุตสาหกรรม ทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานความร้อนจากของไหลชนิดหนึ่งไปยังของไหลอีกชนิดหนึ่ง โดยที่ของไหลไม่จำเป็นต้องสัมผัสกันโดยตรง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมมีหลายรูปแบบ ซึ่งชนิดที่นิยมใช้ คือ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube ซึ่งของเหลวสายหนึ่งจะไหลเข้าสู่ท่อที่อยู่ภายใน ในขณะที่ของเหลวอีกสายหนึ่งจะไหลเข้าสู่เชลล์ สำหรับการไหลของ Shell and tube นั้น จะมีทั้งรูปแบบลักษณะไหลสวนทางกัน หรือไหลไปในทิศทางเดียวกัน จากนั้นจะทำการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลวที่อยู่ใน Shell และของเหลวที่อยู่ใน Tube ดังรูปที่ 2.13 [15]



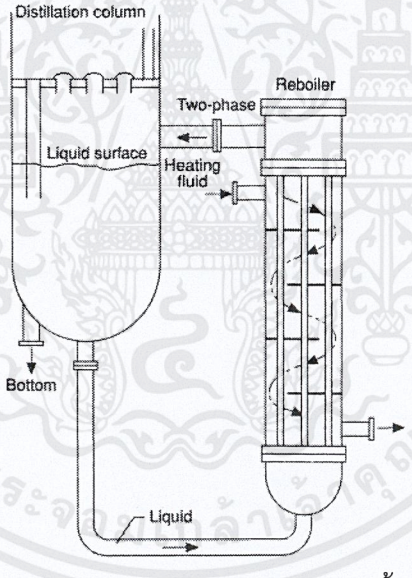
รูปที่ 2.13 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell and tube [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำความร้อน (Reboiler) เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลว-ของเหลว ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของของไหลทั้ง 2 ชนิด โดยของเหลวชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนจากของเหลวเป็นแก๊ส หรือระเหยเป็นไอระหว่างแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องทำความร้อนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ [16] ได้แก่

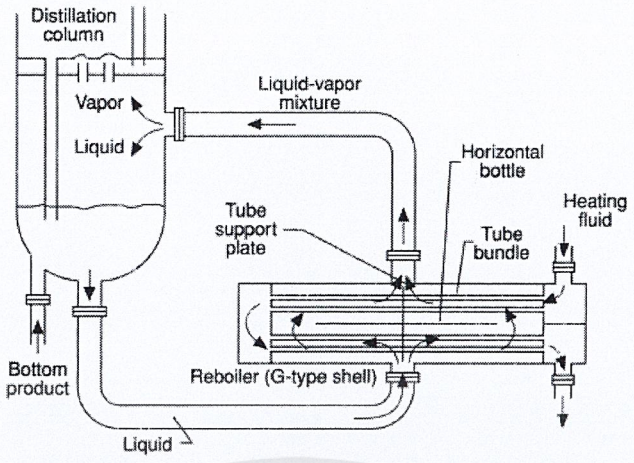
1) เครื่องทำความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน (Thermosyphon reboiler)

เครื่องทำความร้อนชนิดเทอร์โมไซฟอน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบแนวตั้ง (Vertical) ดังรูปที่ 2.14 และแบบแนวนอน (Horizontal) ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งความแตกต่างของชนิดแนวตั้งและแนวนอน คือ แบบแนวตั้ง สายของกระบวนการผลิตจะป้อนเข้าสู่ด้าน Tube และสายให้ความร้อน (Heating media) ป้อนเข้าสู่ด้าน Shell และแบบแนวนอนสายของกระบวนการผลิตจะป้อนเข้าสู่ด้าน Shell และสายให้ความร้อน (Heating media) ป้อนเข้าสู่ด้าน Tube หลักการทำงานของเครื่องทำความร้อนชนิดนี้ ทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของผสมระหว่างไอ-ของเหลว ส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของของไหลภายในเครื่องทำความร้อน จากนั้นของผสมไอ-ของเหลวที่ออกจากเครื่องทำความร้อนจะเข้าสู่หอกลั่นแยกต่อไป



รูปที่ 2.14 ชนิดเทอร์โมไซฟอนแบบแนวตั้ง [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



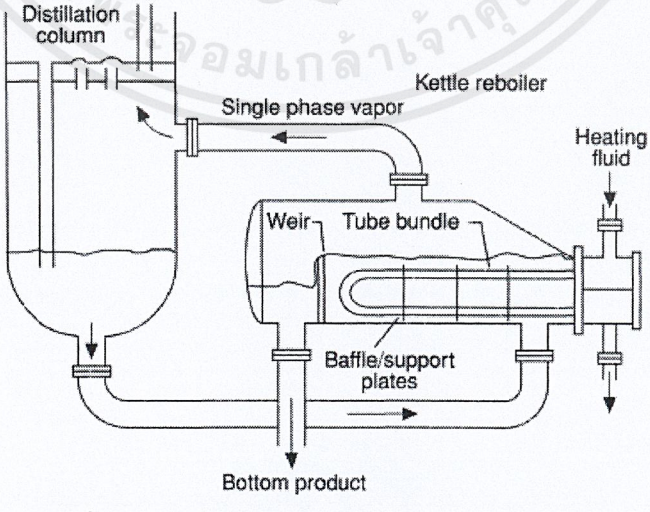
รูปที่ 2.15 ชนิดเทอร์โมไซฟอนแบบแนวนอน [17]

2) เครื่องทำความร้อนแบบใช้แรงภายนอก (Forced circulation reboiler)

เครื่องทำความร้อนแบบใช้แรงภายนอกมีความคล้ายกับเครื่องทำความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนแบบแนวตั้ง มีความแตกต่างในส่วนที่มีการใช้ปั๊มสำหรับการหมุนเวียนของเหลว และของเหลวร้อนที่ไหลอยู่ภายใน และต้องการปั๊มในการป้อนของเหลวเข้าหอกลั่นแยก จึงมีข้อเสียของการใช้เครื่องทำความร้อนชนิดนี้ คือ มีต้นทุนในการติดตั้งปั๊มและการบำรุงรักษา

3) เครื่องทำความร้อนแบบต้มเป็นไอ (Kettle reboiler)

เครื่องทำความร้อนแบบต้มเป็นไอ (Kettle reboiler) จะป้อนสายกระบวนการผลิตเข้าสู่ด้านเชลล์ และสายให้ความร้อน (Heating media) เข้าสู่ด้านท่อ เครื่องทำความร้อนชนิดนี้มักใช้ในกระบวนการผลิต เมื่อต้องการให้สายกระบวนการผลิตถูกให้ความร้อนจนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ ดังรูปที่ 2.16 [18]



รูปที่ 2.16 เครื่องทำความร้อนแบบต้มเป็นไอ [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ศึกษาการปรับสภาวะของอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ที่มีการใช้น้ำจากของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมากที่สุด 3 อันดับแรกอย่างเหมาะสม รวมถึงการปรับลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลงจากการดำเนินกระบวนการผลิตในปัจจุบันที่อุณหภูมิเท่ากับ 88 °C ไปที่อุณหภูมิเท่ากับ 86.5 °C

3.1 การศึกษารายละเอียดและขอบเขตของงานวิจัย

บริษัทมาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด เป็นบริษัทดำเนินกิจการโรงงานผลิตสารโอเลฟินส์ คือเอทิลีนและโพรพิลีน โดยแบ่งหน่วยการผลิตออกเป็น 5 หน่วย ได้แก่ 1) หน่วยปฏิกิริยาความร้อน (Hot section) ซึ่งประกอบไปด้วย 3 หน่วยย่อย คือ หน่วยเตาแตกโมเลกุล (Cracking furnace unit) หน่วยลดอุณหภูมิ (Quench unit) และหน่วยอัดความดัน (Compressor unit) 2) หน่วยการผลิตความเย็น (Cold section) ประกอบด้วยหน่วยกลั่นแยกผลิตภัณฑ์ (Distillation unit) 3) หน่วยผลิตสารโพรพิลีนส่วนเพิ่มจากปฏิกิริยาเมตาทีซีส (Olefins conversional section) 4) หน่วยการผลิตสารอะโรมาติกส์ (Aromatic recovery section) 5) หน่วยผลิตสาธารณูปโภค (Utilities section) กระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์สามารถใช้วัตถุดิบได้หลากหลายประเภท เช่น แนฟทา (Naphtha) แก๊สปิโตรเลียมเหลว (LPG) และโพรเพน (Propane) หลังจากนั้นจะเข้าสู่หน่วยเตาแตกโมเลกุล (Cracking furnace unit) และถูกส่งไปลดอุณหภูมิของ Cracked gas ลงที่หน่วยลดอุณหภูมิ (Quench unit) ซึ่งประกอบไปด้วย หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมัน (Quench oil tower) และหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นศึกษาที่หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower)

3.1.1 หน่วยลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

หน่วยลดอุณหภูมิด้วยน้ำ หรือหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) ทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของ Cracked gas ที่ออกจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมัน โดยแลกเปลี่ยนกับน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) ภายในหอ ดังนั้น Cracked gas ที่ถูกลดอุณหภูมิแล้วจะถูกส่งไปยังหน่วยอัดความดัน และด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำจะควบแน่นไอน้ำ (Dilution steam) ออกมาเป็น Quench water และแก๊สโซลีน โดยแก๊สโซลีนจะถูกส่งกลับไปเป็นรีฟลักซ์ให้กับหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมัน (Quench oil tower)

หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) ประกอบไปด้วย 3 ส่วนภายในหอ คือ 1) ส่วนลดอุณหภูมิช่วงปฐมภูมิ (Primary quench water section) 2) ส่วนลดอุณหภูมิช่วงทุติยภูมิ (Secondary quench water section) และ 3) ช่วงการเก็บของเหลวที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

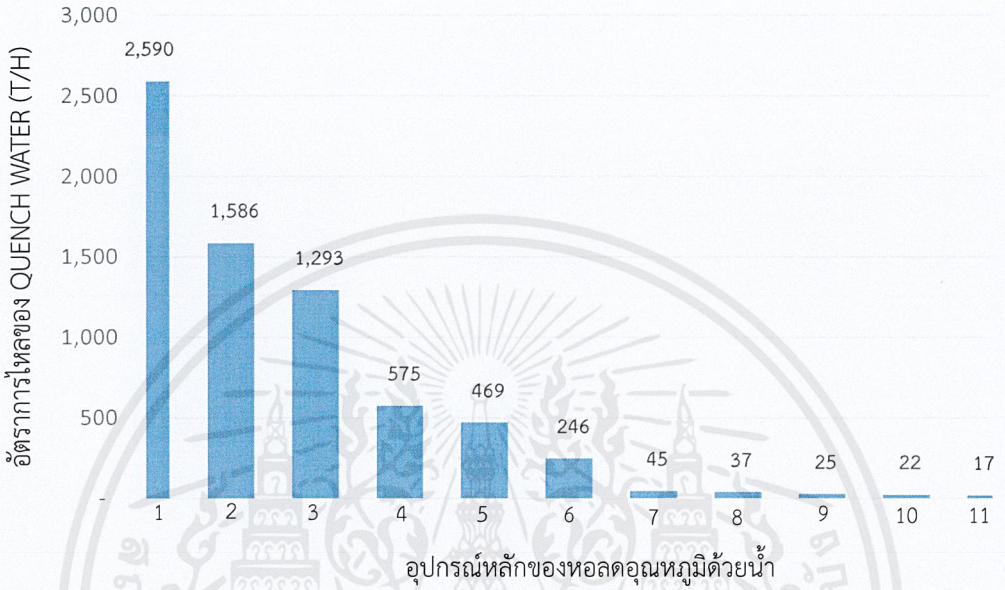
ด้วยน้ำ (Bottom liquid hold up section) ซึ่งส่วนนี้จะแยกสารไฮโดรคาร์บอนที่ถูกควบแน่นและน้ำลดอุณหภูมิ จากนั้นนำความร้อนที่ได้กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยน้ำลดอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกส่งไปให้อุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิหลักทั้ง 11 อุปกรณ์ โดยแสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดอุปกรณ์หลักของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

หน่วยการผลิต	อุปกรณ์	การทำงาน
หน่วยปฏิกิริยาความร้อน (Hot section)	LPG superheater	เพิ่มอุณหภูมิให้กับแก๊สปิโตรเลียมเหลวก่อนส่งเข้าหน่วยเตาแตกโมเลกุล
	Naphtha feed preheater	เพิ่มอุณหภูมิให้กับแนฟทาก่อนส่งเข้าหน่วยเตาแตกโมเลกุล
	Ethane recycle superheater	เพิ่มอุณหภูมิให้กับอีเทนรีไซเคิลก่อนส่งเข้าหน่วยเตาแตกโมเลกุล
	Caustic tower feed heater	เพิ่มอุณหภูมิให้กับ Cracked gas ก่อนส่งเข้าหอกำจัดแก๊สกรด
หน่วยการผลิตเย็น (Cold section)	C_3 Hydrogenation	เป็นตัวกลางความร้อนให้กับเครื่องทำความร้อนที่อุปกรณ์แยกของเหลวออกจากแก๊สก่อนเข้าอุปกรณ์กลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน
	Effluent Vaporizer	
	C_3 tower bottom reboiler No.1	เป็นตัวกลางความร้อนของเครื่องทำความร้อนที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน
	C_3 tower side reboiler No.1	เป็นตัวกลางความร้อนของเครื่องทำความร้อนที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน
	C_3 tower bottom reboiler No.2	เป็นตัวกลางความร้อนของเครื่องทำความร้อนที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน
	C_3 tower side reboiler No.2	เป็นตัวกลางความร้อนของเครื่องทำความร้อนที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน
หน่วยผลิตสารโพรพิลีนส่วนเพิ่มจากปฏิกิริยาเมตาทีซีส	Deisobutenizer reboiler	เป็นตัวกลางความร้อนของเครื่องทำความร้อนที่หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน-2-บิวทีน
หน่วยผลิตสาธารณูปโภค	Steam condensate preheater	เพิ่มอุณหภูมิให้กับสารควบแน่น ก่อนส่งเข้าเครื่องกำจัดออกซิเจน (Deaerator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการใช้น้ำลดอุณหภูมิ จากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ พบว่ามีอุปกรณ์ที่ใช้น้ำลดอุณหภูมิในปริมาณมากเป็น 3 อันดับแรก คือ 1) C_3 tower bottom reboiler 2) C_3 tower side reboiler 3) Deisobutenizer reboiler ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ปริมาณการใช้น้ำลดอุณหภูมิในอุปกรณ์หลักทั้ง 11 อุปกรณ์ (1) C_3 tower bottom reboiler No.1, (2) C_3 tower side reboiler No.1, (3) Deisobutenizer reboiler, (4) C_3 tower bottom reboiler No.2, (5) C_3 tower side reboiler No.2, (6) Naphtha Preheater, (7) LPG Superheater, (8) Steam condensate heater, (9) Caustic tower feed heater, (10) Ethane recycle superheater, (11) C_3 hydrogenation vaporizer

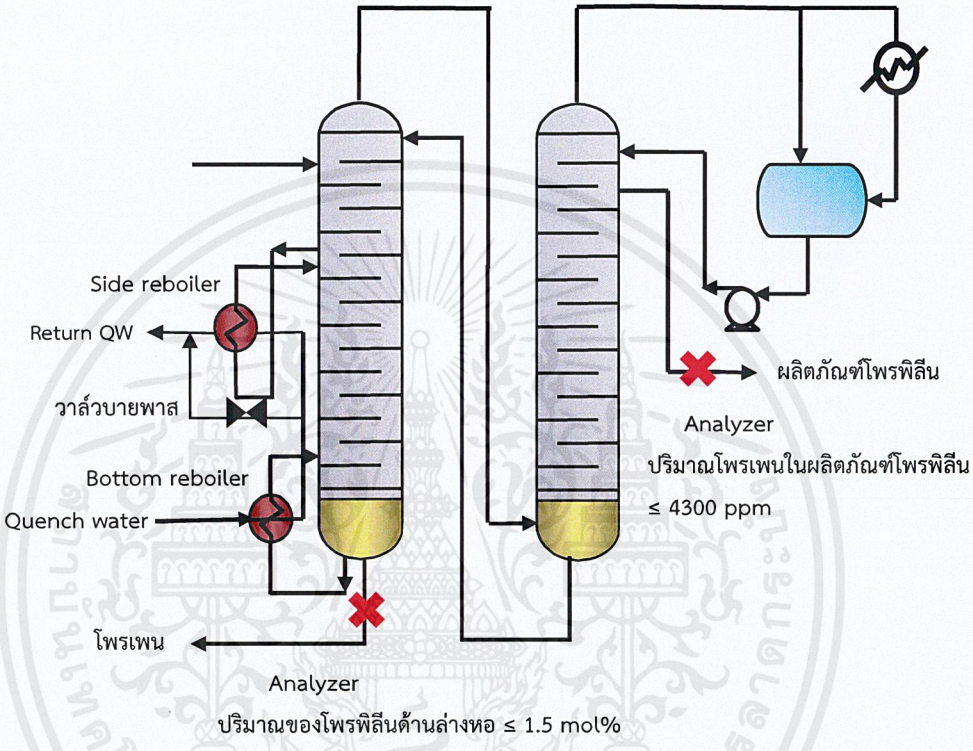
จากรูปที่ 3.1 แสดงปริมาณการใช้น้ำลดอุณหภูมิในอุปกรณ์หลักทั้ง 11 อุปกรณ์ จึงเริ่มศึกษาอุปกรณ์ที่ใช้น้ำลดอุณหภูมิในปริมาณมาก 3 อันดับแรก คือ 1) C_3 tower bottom reboiler No.1 2) C_3 tower side reboiler No.1 และ 3) Deisobutenizer reboiler ตามลำดับ

3.2 การศึกษาหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน

หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน หรือ C_3 tower ทำหน้าที่ในการแยกโพรเพนลงทางด้านล่างของหอกลั่น และแยกโพรพิลีนขึ้นด้านบนของหอกลั่นออกเป็นผลิตภัณฑ์โพรพิลีน ซึ่งเครื่องทำความร้อน (Reboiler) ที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีนนี้ใช้น้ำลดอุณหภูมิจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ หรือ Quench water เป็นตัวกลางในการให้ความร้อนแก่เครื่องทำความร้อน (Reboiler) จากการศึกษาหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน ในปัจจุบันการดำเนินการกระบวนการผลิตมีค่าปริมาณความร้อนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bottom reboiler เท่ากับ 49.5 Gcal/h และ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h และผลรวมของปริมาณความร้อนระหว่าง Bottom reboiler และ Side reboiler เท่ากับ 55.7 Gcal/h โดยกระบวนการผลิตสารโพรพิลีนในโรงงานที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน (C_3 tower) ใช้ระบบการควบคุมแบบ APC หรือ Advance process control ซึ่งสามารถควบคุมค่าปริมาณความร้อนของทั้ง Bottom reboiler และ Side reboiler ได้โดยหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีนดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน

3.2.1 การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน

ในปัจจุบันโรงงานดำเนินกระบวนการผลิตที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h โดยวาล์วบายพาสของ Side reboiler เปิดเท่ากับ 50% ซึ่งการทดลองการปรับสภาวะของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน จะทำการทดลองโดยให้ค่าปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler ถูกควบคุมแบบ Cascade control คือถูกควบคุมอัตราการไหลของน้ำจากหอลดอุณหภูมิที่เข้าสู่ Bottom reboiler ตามระดับของของเหลวโพรเพนในหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน ซึ่งการทดลองปรับสภาวะนี้มีเป้าหมายในการเพิ่มค่าปริมาณความร้อนที่ Side reboiler เท่ากับ 10 Gcal/h โดยมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

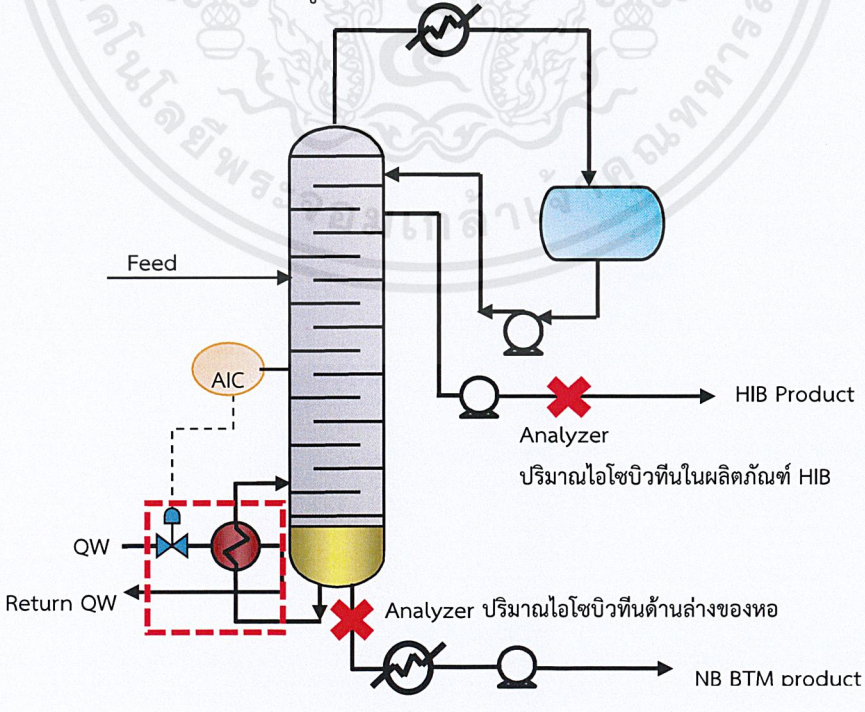
- ปรับเพิ่มค่าที่ต้องการควบคุม (Set point) ของค่าปริมาณความร้อนที่ Side reboiler จาก 6.2 Gcal/h เป็น 6.4 Gcal/h ระบบจะทำการหรี่วาล์วบายพาส เพื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ ที่เข้า Side reboiler แบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปรับเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler ครั้งละ 0.2 Gcal/h ในเวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง
- ควบคุมให้ผลรวมของค่าปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler และ Side reboiler มีค่า 55.7 Gcal/h
- สังเกตปริมาณโพรเพนในผลิตภัณฑ์โพรพิลีน (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายผลิตภัณฑ์) ซึ่งต้องมีค่าอยู่ในช่วง 3000-4300 ppm ตามค่าการควบคุมของผลิตภัณฑ์โพรพิลีน
- สังเกตปริมาณโพรพิลีนที่ด้านล่างของหอกลั่นแยกโพรเพน - โพรพิลีน (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายโพรเพน) ซึ่งต้องมีค่าต่ำกว่า 2.5 mol%
- ทำการหยุดการทดลอง เมื่อ Analyzer ของสายผลิตภัณฑ์อ่านค่าปริมาณโพรเพนในผลิตภัณฑ์โพรพิลีนที่ด้านบนของหอกลั่น มีแนวโน้มเกินค่า 4300 ppm หรือค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler มีค่า 10 Gcal/h

3.3 การศึกษาหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน-2-บิวทีน

หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน– 2-บิวทีน หรือเรียกว่า Deisobutenizer tower ทำหน้าที่ในการกลั่นแยก 2-บิวทีน ออกทางด้านล่างของหอกลั่น และแยกไอโซบิวทีนขึ้นด้านบนของหอกลั่น ได้เป็นผลิตภัณฑ์ HIB (High concentration isobutene) ซึ่งเครื่องทำความร้อน (Reboiler) ที่หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน–2-บิวทีนนี้ใช้น้ำลดอุณหภูมิจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ เป็นตัวกลางในการให้ความร้อนแก่เครื่องทำความร้อน เรียกว่า Deisobutenizer reboiler จากการศึกษาหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน–2-บิวทีน ในปัจจุบันการดำเนินการกระบวนการผลิตมีค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler คงที่เท่ากับ 20 Gcal/h ดังรูปที่ 3.3 แสดงหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน-2-บิวทีน



รูปที่ 3.3 หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน - 2-บิวทีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน

จากการทดลองโดยปรับค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ลดลงจากเดิมที่โรงงานทำการดำเนินกระบวนการผลิตที่ค่าปริมาณความร้อนคงที่ที่ 20 Gcal/h โดยมีเป้าหมายในการลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler เท่ากับ 19.5 Gcal/h ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

- ปรับค่าที่ต้องการควบคุม (Set point) ของค่าปริมาณความร้อนที่ Deisobutenizer reboiler ลดลงจาก 20 Gcal/h เป็น 19.9 Gcal/h
- ปรับลดค่าปริมาณความร้อนลงครั้งละ 0.1 Gcal/h ในเวลา 1 ชั่วโมงต่อครั้ง
- สังเกตปริมาณไอโซบิวทีนในผลิตภัณฑ์ High concentration isobutene (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายผลิตภัณฑ์) ซึ่งต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 50 mol% ตามค่าการควบคุมของผลิตภัณฑ์
- สังเกตปริมาณไอโซบิวทีนที่ด้านล่างของหอกลั่นแยก (อ่านค่าจาก Analyzer ของสาย 2-บิวทีน) ซึ่งต้องมีค่าต่ำกว่า 3 mol%
- หยุดการทดลอง เมื่อ Analyzer ของสาย 2-บิวทีนอ่านค่าปริมาณปริมาณไอโซบิวทีนในสาย 2-บิวทีนที่ด้านล่างของหอกลั่น มีแนวโน้มเกินค่า 3 mol% ช่วงทำการทดลองได้วิเคราะห์ในช่วงอัตราการไหลของสายผลิตภัณฑ์ มีค่าประมาณ 21-22 t/h และอัตราการไหลของสายป้อนเข้าหอกลั่นแยก มีค่า 44-45 t/h ตามแผนการผลิตของโรงงาน

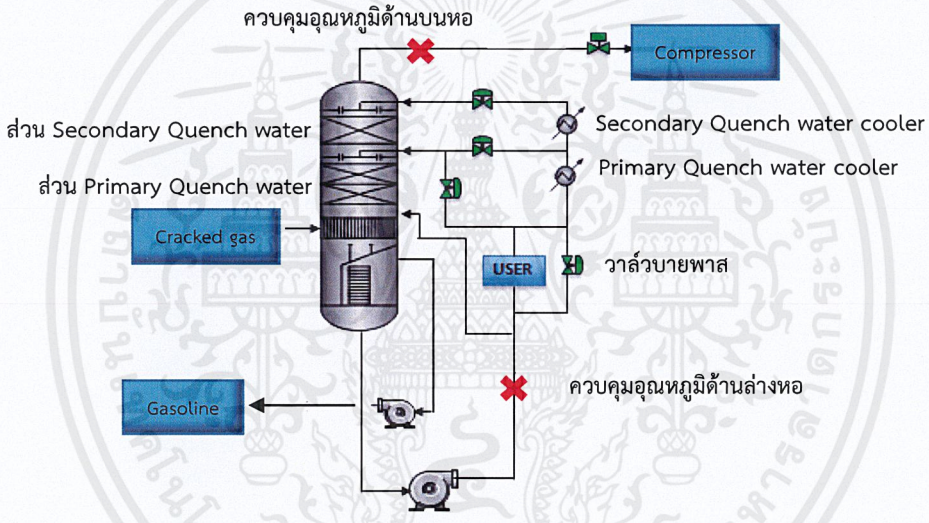
3.4 การลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

เมื่อทดลองการปรับสภาวะของอุปกรณ์ที่ใช้ปริมาณน้ำลดอุณหภูมิมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) C_3 tower bottom reboiler No.1 2) C_3 tower side reboiler No.1 และ 3) Deisobutenizer reboiler ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการปรับลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ เมื่อวิเคราะห์จากระยะเวลาการทำงานวิจัย และการเตรียมสภาวะของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ จึงทำการทดลองลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลงจากอุณหภูมิ 88 °C ไปที่อุณหภูมิด้านล่างเท่ากับ 86.5 °C เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ควบคุมด้วยระบบ APC หรือ Advance process control โดยเมื่อปรับค่าที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ระบบจะทำการปรับอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ ผ่าน Primary quench water cooler และ Secondary quench water cooler ซึ่ง Cooler นี้ใช้น้ำหล่อเย็น (Cooling water) ในการลดอุณหภูมิของน้ำลดอุณหภูมิที่ไหลผ่าน และจากนั้นน้ำลดอุณหภูมิจะกลับเข้ามาหมุนเวียนภายในหออีกครั้งในส่วน Primary quench water และส่วน Secondary quench water เพื่อเพิ่มหรือลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 3.4 และหากอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ต้องการใช้ปริมาณของน้ำลดอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หรือต้องการเพิ่มอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิที่ส่งไปอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วบายพาสของอุปกรณ์จะหรี่ลงเพื่อเพิ่มอัตราการไหลที่ส่งไปยังอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิ (User) ซึ่งขั้นตอนการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีดังนี้

- ทำการปรับค่าที่ต้องการควบคุม (Set point) ของอุณหภูมิด้านล่างของหอจาก 88 °C เป็น 87.5 °C
- ปรับลดอุณหภูมิลงครั้งละ 0.5 °C และคงสภาวะที่ปรับไว้ประมาณ 6 ชั่วโมงต่อครั้ง
- สังเกตการณ์อุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำให้มีค่าเท่ากับค่าที่ต้องการควบคุม (Set point)
- หากระบบควบคุมแบบ APC ไม่สามารถลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลงได้เท่ากับค่าที่ต้องการควบคุม (Set point) ให้ทำการปรับเพิ่มน้ำหล่อเย็น (Cooling water) ที่ Primary quench water cooler



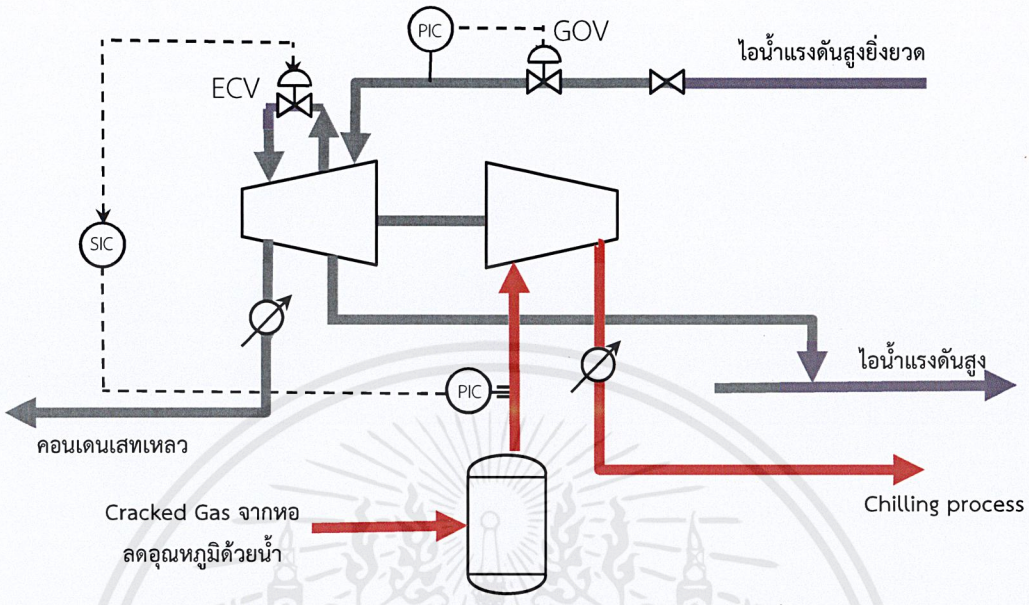
รูปที่ 3.4 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

3.5 การศึกษาหน่วยอัดความดัน

หน่วยอัดความดัน หรือ Crack gas compression unit ทำหน้าที่เพิ่มความดันให้กับ Cracked gas ที่ออกจากด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ด้วยคอมเพรสเซอร์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal compressor) ทั้งหมด 5 ขั้น ซึ่งใช้เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ชนิด Extraction condensing turbine หรือเรียกว่า Cracked gas compressor turbine ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนที่มีในไอน้ำให้เป็นกำลังในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ (Cracked gas compressor) โดยใช้ไอน้ำระดับความดันสูงยิ่งยวด (Super high pressure steam) เป็นตัวขับเคลื่อนของกังหันไอน้ำ (Steam turbine) จากนั้นจะคายไอน้ำระดับความดันสูง (High pressure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

steam) และคอนเดนเสทเหลว (Condensate) ออกมาตามปริมาณกำลังที่ต้องการของคอมเพรสเซอร์ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 คอมเพรสเซอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยกังหันไอน้ำ

สารไฮโดรคาร์บอนที่ควบแน่นขั้นที่ 2 จะถูกส่งไปยังหอ Distillate stripper เพื่อแยกแก๊สโซลีน และส่งไปยังหน่วยผลิตสารอะโรมาติกส์ ระหว่างขั้นที่ 3 และ 4 จะมีการกำจัดแก๊สกรดด้วยเบส (สารประกอบโซเดียมไฮดรอกไซด์) ที่หอกำจัดแก๊สกรด (Caustic tower) เกิดเป็น Spent caustic (สารประกอบโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีเกลือโซเดียมซัลไฟด์ โซเดียมคาร์บอเนตและโซเดียมไบคาร์บอเนตผสมอยู่) ซึ่งจะถูกส่งไปบำบัดต่อไป และสารไฮโดรคาร์บอนที่ควบแน่นลงมาในขั้นที่ 5 จะถูกส่งไปยังหอ Condensate stripper เพื่อแยกสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอน 1-2 อะตอม และแยกสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอนมากกว่า 3 อะตอมขึ้นไป ส่งไปยังหอกลั่นที่ใช้กลั่นแยกสารไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวนคาร์บอน 3 และ 4 อะตอมออกจากกัน เรียกว่า Depropanizer tower หลังจากนั้น Cracked gas ที่ผ่านการอัดเพิ่มความดันจะถูกส่งไปยังหน่วย Drying & Chilling ต่อไป

3.6 การรวบรวมข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนภาพกระบวนการผลิต (PFD) แผนภาพกระบวนการผลิตอย่างละเอียด (P&ID) มีการดึงค่าและข้อมูลในกระบวนการผลิตในโรงงานจากโปรแกรม PI Process book และรายละเอียดข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์ เช่น หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน คอมเพรสเซอร์ (Cracked gas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

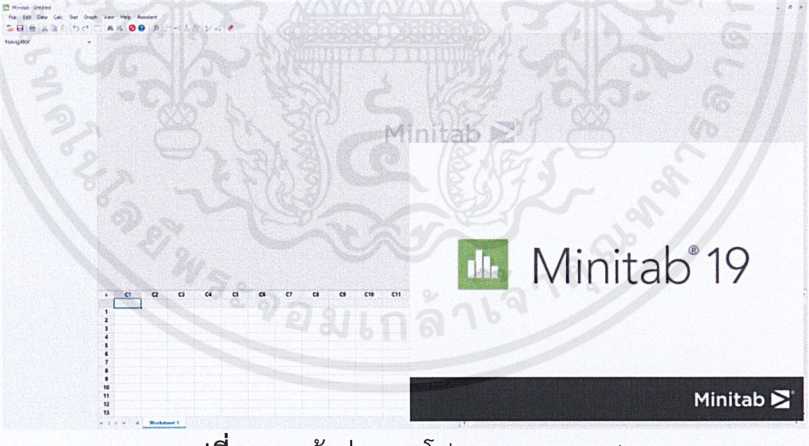
compressor) และเครื่องกังหันไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งนำข้อมูลมาจาก Data sheet/Material balance/Work Instruction (WI) ของโรงงาน

3.7 การศึกษาโปรแกรม Minitab

โปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลข้อมูลทางด้านสถิติ ซึ่งข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะถูกเก็บในรูปแบบของ Worksheet โปรแกรม Minitab สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นสูง การออกแบบการทดลอง การประเมินผลกระบวนการ การสร้างเครื่องมือควบคุมคุณภาพ เช่น Histogram Fish bone diagram Pareto chart เป็นต้น จากการทดลองเลือกใช้โปรแกรม Minitab ในการทำนายกำลังที่ลดลงของเครื่องกังหันไอน้ำซึ่งใช้เป็นกำลังในการขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์ในโรงงาน โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple linear regression) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent variable) ที่มีมากกว่า 1 ตัวกับตัวแปรตาม (Dependent variable) 1 ตัวซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย 2 ข้อ คือ

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

2) เพื่อศึกษาปัจจัยของตัวแปรอิสระที่ร่วมกันและคาดการณ์ผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม ภาพแสดงหน้าต่างของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.6



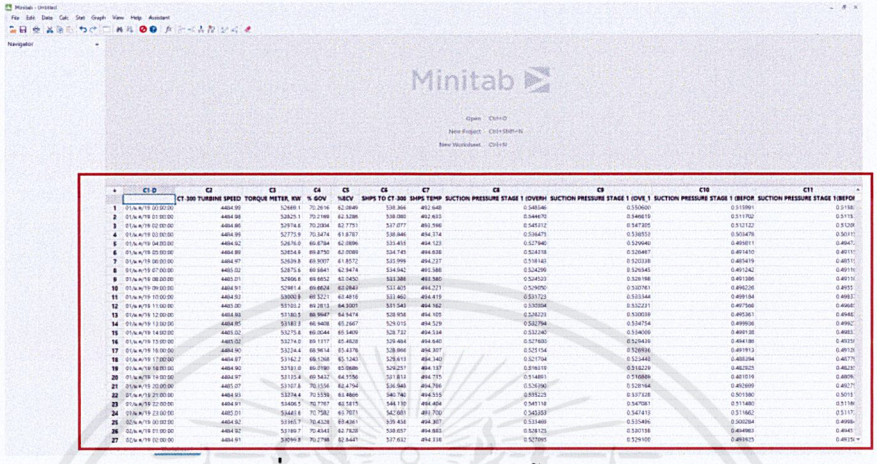
รูปที่ 3.6 หน้าต่างของโปรแกรม Minitab

3.7.1 การสร้างแบบจำลองคำนวณกำลังสำหรับเครื่องกังหันไอน้ำ

การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์และสร้างสมการจากตัวแปรอิสระหลายตัว (X) เพื่อคาดการณ์ผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม (Y) นั่นคือ กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานดังนี้

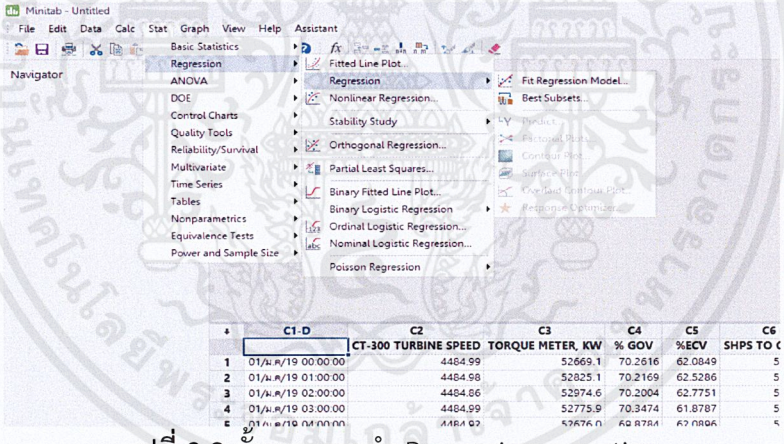
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รวบรวมตัวแปรอิสระ (X) ที่ส่งผลต่อกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Y) ดึงข้อมูลตัวแปรอิสระและกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) จากวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ตุลาคม พ.ศ.2562 มาสร้างแบบจำลอง Regression
- นำข้อมูลลง Worksheet ในโปรแกรม Minitab



รูปที่ 3.7 Worksheet ของโปรแกรม

- เลือก Stat → Regression → Fit Regression Model

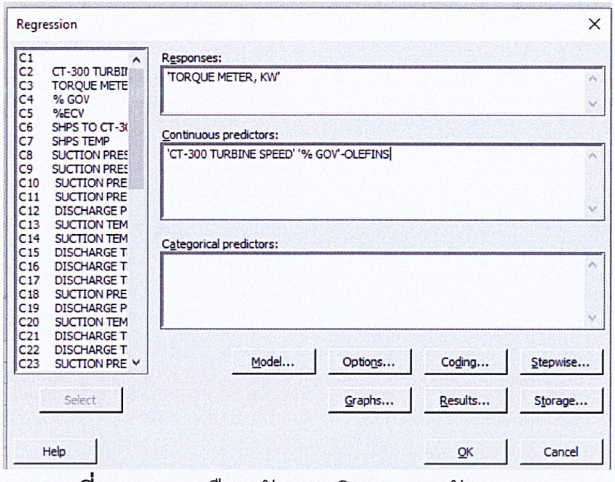


	C1-D	C2	C3	C4	C5	C6
		CT-300 TURBINE SPEED	TORQUE METER, KW	% GOV	%ECV	SHPS TO C
1	01/ม.ค./19 00:00:00	4484.99	52669.1	70.2616	62.0849	5
2	01/ม.ค./19 01:00:00	4484.98	52825.1	70.2169	62.5286	5
3	01/ม.ค./19 02:00:00	4484.86	52974.6	70.2004	62.7751	5
4	01/ม.ค./19 03:00:00	4484.99	52775.9	70.3474	61.8787	5
5	01/ม.ค./19 04:00:00	4484.92	52676.0	69.8784	62.0896	5

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการทำ Regression equation

- Responses คือตัวแปรตาม (Y) ที่ต้องการคาดการณ์ นั่นคือกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) หรือTorque meter หน่วย kW และ Continuous predictor คือตัวแปรอิสระ (X) ที่ส่งผลกับกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 การเลือกตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

- ทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระ (X) ที่มีค่า P-value ≥ 0.05 และมีค่า VIF ≥ 5 ออก และ Run regression อีกครั้ง จากนั้นจะได้สมการ Regression ที่สามารถนำมาคาดการณ์กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine)
- ค่า P-value บ่งบอกถึงตัวแปรอิสระ (X) ส่งผลต่อตัวแปรตาม (Y) หากมีค่า P-value ≥ 0.05 คือตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตามน้อยถึงน้อยมาก และค่า VIF บ่งบอกถึงตัวแปรอิสระ (X) เกี่ยวข้องกับตัวแปรอิสระ (X) อีกตัว หาก VIF ≥ 5 คือ ตัวแปรอิสระ (X) เกี่ยวเนื่องกับตัวแปรอิสระ (X) อีกตัวมาก ควรจะตัดออกจากสมการเนื่องจากอาจส่งผลให้เกิดการส่งผลแบบยกกำลัง ทำให้การคาดการณ์กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ผิดพลาดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

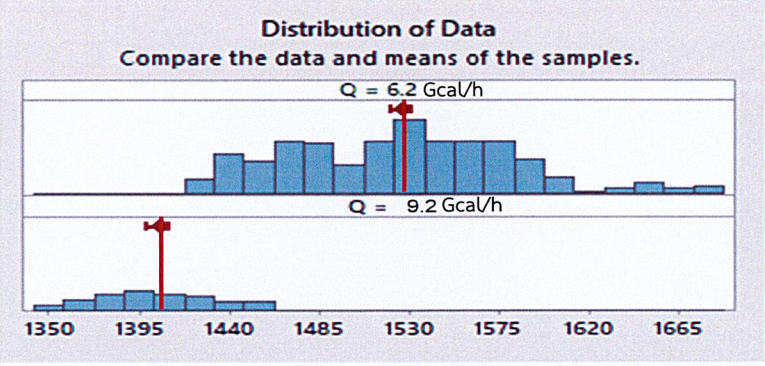
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการปรับสภาวะที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน และหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน โดยมีอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (Quench water tower) เท่ากับ 88 °C และผลของการปรับลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลงจาก 88 °C เป็น 86.5 °C จากนั้นวิเคราะห์ผลของการลดอุณหภูมิที่ส่งผลต่อกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) โดยการใช้ Multiple regression equation

4.1 ผลการปรับสภาวะที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน

จากการศึกษาการปรับสภาวะของหอกลั่น โดยเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler ที่หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน จากเดิมที่โรงงานดำเนินกระบวนการผลิตที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h โดยทำการทดลองเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler ขึ้นครั้งละ 0.2 Gcal/h จนถึงค่าปริมาณความร้อนมีค่า 10 Gcal/h ซึ่งเงื่อนไขการควบคุมของการทดลองนี้คือ 1) อุณหภูมิของน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) จากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ เท่ากับ 88 °C 2) ปริมาณของผลิตภัณฑ์โพรพิลีนที่ด้านล่างของหอกลั่นแยกโพรเพน - โพรพิลีน (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายโพรเพน) มีค่าต่ำกว่า 2.5 mol% 3) ปริมาณโพรเพนในผลิตภัณฑ์โพรพิลีน (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายผลิตภัณฑ์) มีค่าอยู่ในช่วง 3000-4300 ppm ตามค่าการควบคุมของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นเมื่อปรับเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler โดยที่ผลรวมของค่าปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler และ Side reboiler มีค่าเท่าเดิมคือ 55.7 Gcal/h จะส่งผลให้ค่าปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler ลดลง และจากการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) จากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่เข้า Bottom reboiler พบว่าอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ ลดลงจากเดิม เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือในโปรแกรม Minitab โดยใช้เครื่องมือ 2-sample different ได้ผลของอัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิเข้า Bottom reboiler ที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h (ช่วงก่อนทำการทดลอง) และ 9.2 Gcal/h (หลังการทดลอง) ดังรูปที่ 4.1 และแสดงการสรุปผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 อัตราการไหลของ Quench water เข้า Bottom reboiler ที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 6.2 Gcal/h และ 9.2 Gcal/h ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการทดลองของหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน

ลำดับ	พารามิเตอร์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
1.	ค่าปริมาณความร้อนของ Bottom reboiler (Gcal/h)	49.5	46.5
2.	ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler (Gcal/h)	6.2	9.2
3.	ผลรวมค่าปริมาณความร้อน Bottom reboiler และ Side reboiler (Gcal/h)	55.7	55.7
4.	อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ ที่ส่งมายังหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน (t/h)	1525	1404

จากข้อมูลข้างต้น พบว่าค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler สามารถเพิ่มได้จาก 6.2 Gcal/h จนถึง 9.2 Gcal/h ซึ่งน้อยกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือ 10 Gcal/h เนื่องจากเมื่อทำการทดลองเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler จาก 9.2 Gcal/h เป็นเท่ากับ 9.3 Gcal/h วาล์วบายพาสของ Side reboiler ปิดถึง 0 % ที่ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เท่ากับ 9.2 Gcal/h ดังนั้นเมื่อเพิ่มค่าที่ต้องการควบคุมที่ค่าปริมาณความร้อนเท่ากับ 9.3 Gcal/h แต่อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิ ไม่สามารถเพิ่มได้ที่ Side reboiler จึงส่งผลให้ค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler เพิ่มได้ไม่ถึง 9.3 Gcal/h

4.2 ผลการปรับสภาวะหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน

จากการศึกษาการปรับลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ที่หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน จากเดิมที่โรงงานดำเนินกระบวนการผลิตที่ค่าปริมาณความร้อนเท่ากับ 20 Gcal/h อย่างสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่นจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม ดังนั้นจึงปรับค่าปริมาณความร้อนลดลงครั้งละ 0.1 Gcal/h โดยมีเงื่อนไขการควบคุมการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้คือ 1) อุณหภูมิของน้ำลดอุณหภูมิ (Quench water) จากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 88 °C 2) สังเกตปริมาณไอโซบิวทีนที่ด้านล่างของหอกลั่นแยก (อ่านค่าจาก Analyzer ของสาย 2-บิวทีน) มีค่าต่ำกว่า 3 mol% 3) ควบคุมให้อัตราการไหลของสายผลิตภัณฑ์ มีค่าประมาณ 21-22 t/h 4) ควบคุมให้อัตราการไหลของสายป้อนเข้าหอกลั่นแยก มีค่า 44-45 t/h และ 5) สังเกตปริมาณไอโซบิวทีนในผลิตภัณฑ์ High concentration isobutene (อ่านค่าจาก Analyzer ของสายผลิตภัณฑ์) มีค่าไม่ต่ำกว่า 50 mol% ตามค่าการควบคุมของผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเมื่อลดค่าปริมาณความร้อนลงพบว่า ค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ของหอกลั่นแยกสามารถลดลงจาก 20 Gcal/h เป็น 19.6 Gcal/h และส่งผลให้ใช้ปริมาณหรืออัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิลดลงจาก 950 t/h เป็น 930 t/h ซึ่งส่งผลให้อัตราการไหลของรีฟลักซ์ที่กลับเข้าหอกลั่นแยกมีค่าลดลงจาก 232 t/h เป็น 223 t/h ดังนั้นปั๊มของสายรีฟลักซ์จึงทำงานน้อยลง เมื่อคำนวณเป็นต้นทุนการผลิตพบว่า สามารถลดต้นทุนการผลิตได้เป็นเงิน 40,445 บาทต่อปี แต่จากการทดลองไม่สามารถลดค่าปริมาณความร้อนลงได้ตามเป้าหมาย นั่นคือ 19.5 Gcal/h เนื่องจากที่ค่าปริมาณความร้อนเท่ากับ 19.5 Gcal/h พบว่าปริมาณของไอโซบิวทีนที่ด้านล่างของหอกลั่นมีปริมาณมากกว่า 3 mol% โดยอ่านจาก Analyzer ของสาย 2-บิวทีน (สายด้านล่างของหอกลั่นแยก) ส่งผลให้มีผลิตภัณฑ์ปริมาณมากกว่าค่าที่กำหนดตกลงสู่ด้านล่างของหอกลั่นแยก จึงสรุปผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

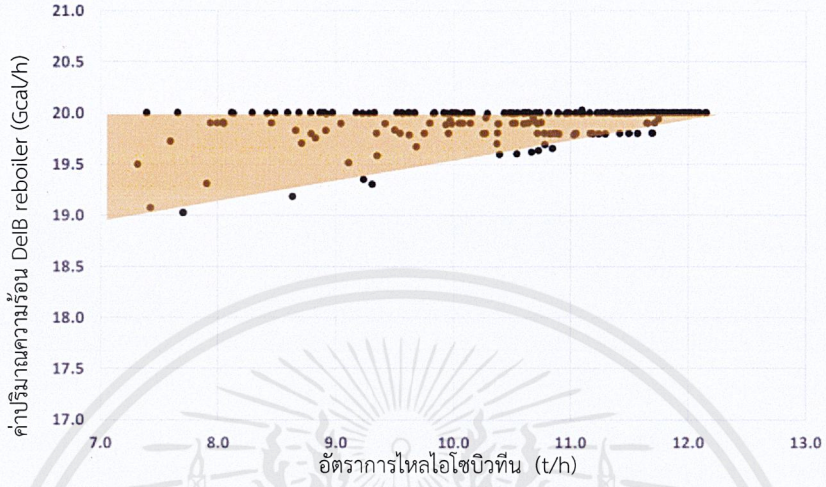
ตารางที่ 4.2 สรุปผลการทดลองของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน

ลำดับ	พารามิเตอร์	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
1.	ค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler (Gcal/h)	20	19.6
2.	อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิที่ส่งมายังหอหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน (t/h)	950	930
3.	อัตราการไหลของรีฟลักซ์ (t/h)	232	223
4.	ไฟฟ้าที่จ่ายให้ปั๊ม (A)	105	103.5
5.	ลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการผลิต (MB/y)	0.04	

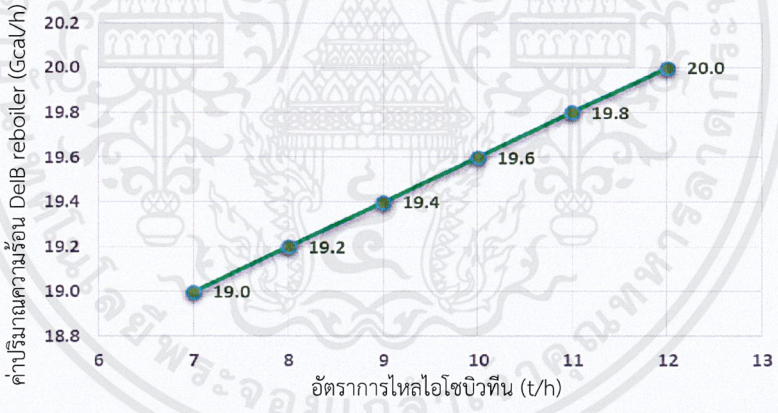
ในช่วงของการทดลองมีปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่นแยก เท่ากับ 10-11 t/h คงที่ตลอดการทดลอง โดยปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอ คำนวณจากการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ของไอโซบิวทีนจาก Analyzer คูณกับอัตราการไหลของสายป้อนเข้า เนื่องจากหน่วยผลิตสารโพรพิลีนส่วนเพิ่มจากปฏิกิริยาเมตาทีซีส (Olefins conversion section) มีการเพิ่มหรือลดสายป้อนเข้าตามหน่วยการวางแผนการผลิต จึงวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังในช่วงปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าที่ค่าแตกต่างกัน พบว่า มีบางช่วงที่มีการลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

reboiler ลง และไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณของไอโซบิวทีน หรือผลิตภัณฑ์ตกลงสู่ด้านล่างของหอกลั่นแยก จึงนำข้อมูลย้อนหลังมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่นและค่าปริมาณความร้อนของ DeIB Reboiler ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนและค่าปริมาณความร้อนของ Reboiler



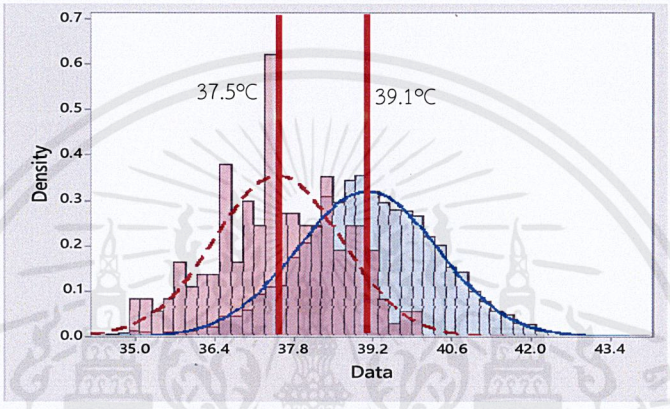
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่น และค่าปริมาณความร้อนของ Reboiler

จากรูปที่ 4.3 ทำการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าที่หอกลั่น และค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler เพื่อเป็นแนวทางและมาตรฐานในการดำเนินกระบวนการผลิตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

จากการศึกษาหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ซึ่งลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลงจาก 88 °C เป็น 86.5 °C เมื่อวิเคราะห์อุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 86.5 °C พบว่าอุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำมีค่าลดลงเช่นกัน โดยในก่อนหน้าการทดลองอุณหภูมิด้านบนของหอมีค่าประมาณ 39.1 °C เมื่อทำการทดลองลดอุณหภูมิของด้านล่างหอลง พบว่าส่งผลให้อุณหภูมิที่ด้านบนของหอลดอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 37.5°C โดยวิเคราะห์จากเครื่องมือทางสถิติ หรือโปรแกรม Minitab โดยการใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 ข้อมูล (ข้อมูลก่อนทำการลดอุณหภูมิและข้อมูลช่วงอุณหภูมิด้านล่างหอมีค่า 86.5 °C) ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิระหว่างข้อมูลก่อนทำการทดลองและช่วงทำการทดลอง

4.4 วิเคราะห์การใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน

จากการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลดลง จะส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของ Cracked gas ที่ส่งไปยังหน่วยอัดความดันลดลงด้วย ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานที่เครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ได้ ดังนั้นจึงสร้างแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ถึงค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ที่ลดลงจาก Multiple regression equation ดังสมการ

$$Y = -182836 + 26.26\,X_1 + 36.64\,X_2 - 109.26\,X_3 + 2715.97\,X_4 + 2.25\,X_5 + 42.62\,X_6 - 9.468\,X_7 + 81.87492\,X_8 + 2.645\,X_9 \quad (1)$$

โดยที่

Y	คือ	กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (kW)
X_1	คือ	ความเร็วในการปั่นของเครื่องกังหันไอน้ำ (rpm)
X_2	คือ	อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (°C)
X_3	คือ	อุณหภูมิขาออกของคอมเพรสเซอร์ที่ขั้น 4 (°C)
X_4	คือ	ความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์ที่ขั้น 5 (kg/cm^2g)
X_5	คือ	ความหนาแน่นของแนฟทา (kg/m^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

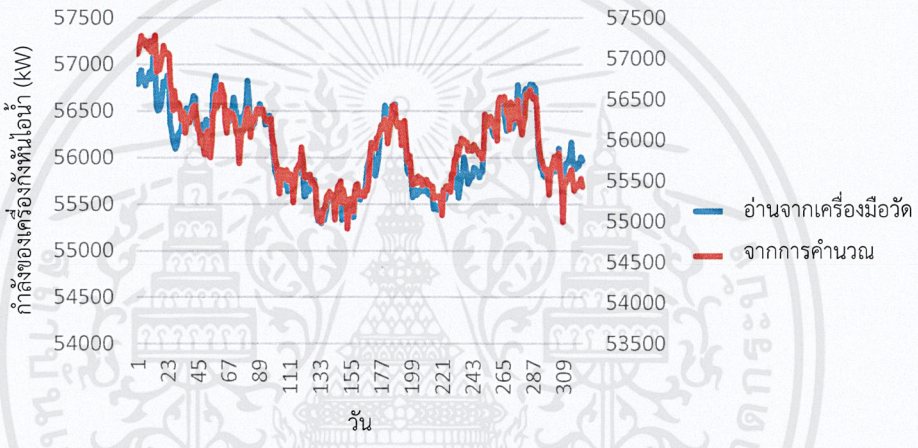
X_6 คือ ปริมาณของผลิตภัณฑ์เอทิลีน (t/h)

X_7 คือ อัตราการไหลของโพรเพนจากหอกลั่นแยกโพรพิลีน (t/h)

X_8 คือ อุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (°C)

X_9 คือ อัตราการไหลของแนฟทาที่ส่งเข้าหน่วยแตกโมเลกุล (t/h)

จากสมการที่ 1 แสดงสมการการประเมินค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ดังนั้นจึงนำสมการที่ได้มาคำนวณกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ และเปรียบเทียบกับค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดในโรงงาน เพื่อหาค่าความคาดเคลื่อนของค่าที่คำนวณจากสมการและค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด จากนั้นนำข้อมูลมาพล็อตกราฟเปรียบค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการและค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ

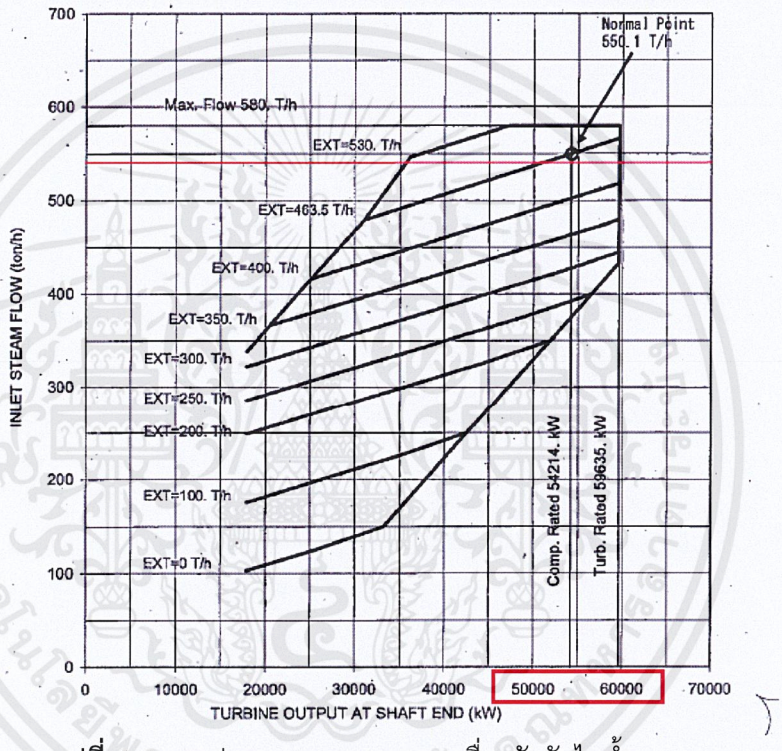
จากรูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ระหว่างค่าที่คำนวณจากสมการ Multiple regression equation และค่าจริงที่อ่านจากเครื่องมือวัดในโรงงาน พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.39% โดยเฉลี่ย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อประเมินหากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ในช่วงการทดลองนั้นเชื่อถือได้

จากสมการที่ 1 นำสมการที่ได้มาคำนวณค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) โดยใช้ข้อมูลในช่วงการทดลอง นั่นคือ ช่วงที่อุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 86.5°C และอุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 37.5 °C พบว่าค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) มีค่าลดลงจากการดำเนินการผลิตของโรงงานจากเดิมเท่ากับ 160 kW โดยเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ผลการใช้พลังงานลดลงของหน่วยอัดความดัน

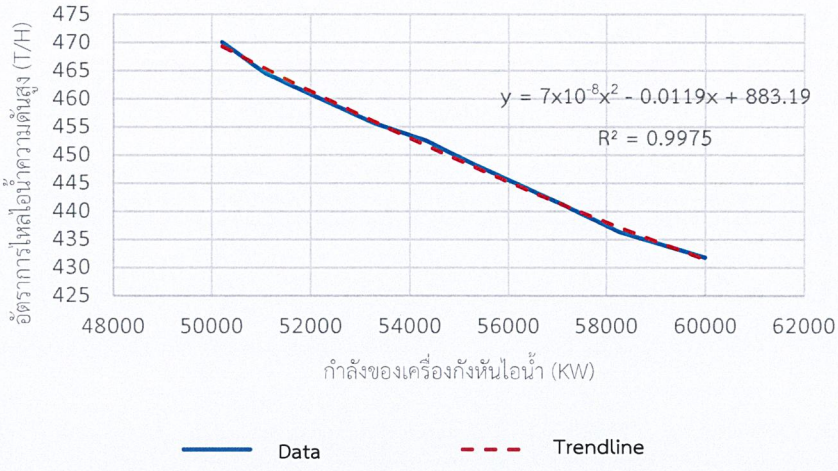
จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน ซึ่งคำนวณค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) มีค่าลดลงจากเดิม 160 kW จากนั้นวิเคราะห์ผลของการใช้พลังงานลดลงของหน่วยอัดความดันเพิ่มเติมพบว่า เมื่อเครื่องกังหันไอน้ำมีการใช้พลังงานลดลง จะส่งผลให้เครื่องกังหันไอน้ำแบบ Extraction condensing turbine ได้ปริมาณไอน้ำความดันสูง (High pressure steam) มากขึ้น และคายคอนเดทเสท (Condensate) น้อยลง โดยสามารถคำนวณหาปริมาณของไอน้ำระดับความดันสูงจากกราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ (Performance curve for cracked gas compressor turbine) ได้จากรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ

จากรูปที่ 4.6 แสดงกราฟสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ โดยที่แกน X คือ กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) หน่วย kW ซึ่งกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำที่ดำเนินกระบวนการผลิตในปัจจุบัน มีค่าอยู่ในช่วง 50000-60000 kW และแกน Y คืออัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด (Super high pressure steam) ที่ใช้ในการปั่นเครื่องกังหันไอน้ำ หน่วย t/h ซึ่งอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวดที่โรงงานดำเนินการผลิตในปัจจุบันมีค่า 540 t/h โดยประมาณ จึงนำข้อมูลที่ค่ากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ในช่วง 50000-60000 kW และอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง (High pressure steam) ที่อ่านได้จากกราฟคุณลักษณะของเครื่องกังหันไอน้ำ มาแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำและอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด เท่ากับ 540 t/h

จากความสัมพันธ์ระหว่างกำลังเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง และเปอร์เซ็นต์ค่าความแปรผันของตัวแปร (R^2) เท่ากับ 99.7% แสดงความสัมพันธ์ ดังสมการที่ (2)

$$Y = 7x10^{-8}X^2 - 0.0119X + 883.19 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.9975$$

โดยที่

Y คือ อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง (t/h)

X คือ กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (kW)

การคำนวณจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ และอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง พบว่าเมื่ออุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 86.5 °C ส่งผลให้อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำเท่ากับ 37.5 °C และกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลง 160 kW พบว่าอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.652 t/h

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการทดลองการใช้พลังงานของหน่วยอัดความดัน

ลำดับ	พารามิเตอร์	การทดลอง
1.	กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำที่ลดลง (kW)	160
2.	อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่เพิ่มขึ้น (t/h)	0.652
3.	ลดต้นทุนการผลิตในกระบวนการผลิต (MB/y)	3.682

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การหาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้น้ำลดอุณหภูมิจากหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยการปรับสภาวะของอุปกรณ์ใช้น้ำลดอุณหภูมิหลัก (User) ได้แก่ หอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน และหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน หลังจากนั้นจึงทำการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลง ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) การปรับสภาวะหอกลั่นแยกโพรเพน-โพรพิลีน โดยการเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler ที่ดำเนินกระบวนการผลิตจากปัจจุบันที่ค่าปริมาณความร้อนเท่ากับ 6.2 Gcal/h พบว่าสามารถเพิ่มค่าปริมาณความร้อนของ Side reboiler ได้เป็น 9.2 Gcal/h โดยที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์โพรพิลีนที่ตกลงด้านล่างของหอกลั่นแยก และการผลิตผลิตภัณฑ์โพรพิลีน (ปริมาณโพรเพนในผลิตภัณฑ์ได้ตามค่าที่ควบคุม)

2) การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน โดยการลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ที่ดำเนินกระบวนการผลิตจากปัจจุบันที่ค่าปริมาณความร้อนเท่ากับ 20 Gcal/h อย่างคงที่ แม้ปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอจะเปลี่ยนแปลง พบว่าสามารถลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ลงได้เท่ากับ 19.6 Gcal/h โดยที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณของไอโซบิวทีนที่ตกด้านล่างของหอกลั่นแยก และปริมาณของไอโซบิวทีนในผลิตภัณฑ์ High concentration isobutene จากการศึกษาเพิ่มเติมจึงทำการพล็อตความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอกลั่นแยก และค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ดังรูปที่ 4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการผลิตต่อไป

3) การลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยการปรับลดอุณหภูมิที่ด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ ซึ่งปัจจุบันดำเนินกระบวนการผลิตที่อุณหภูมิด้านล่างของหอเท่ากับ 88 °C พบว่าสามารถลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลงได้เท่ากับ 86.5 °C ตามเป้าหมาย จากการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลง พบว่ามีผลทำให้อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลดลงจากค่าปัจจุบันเท่ากับ 39.1 °C เป็น 37.5 °C

4) การศึกษากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) จากการทดลองลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลงเท่ากับ 86.5 °C ส่งผลให้อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลดลงเท่ากับ 37.5 °C ดังนั้นอัตราการไหลเชิงมวลของ Cracked gas ที่ถูกส่งไปยังหน่วยอัดความดันหรือคอมเพรสเซอร์จะมีอัตราการไหลเชิงมวลต่ำลง ส่งผลให้การใช้กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลง 160 kW และไอน้ำความดันสูงจากเครื่องกังหันไอน้ำเพิ่มขึ้น 0.652 t/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิจัยนี้พบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้จาก 2 การทดลอง คือ 1) การปรับสภาวะของหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน จากการทดลองสามารถลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ได้ลงเท่ากับ 19.6 Gcal/h ส่งผลให้อัตราการไหลของสายรีฟลักซ์กลับเข้าหอกลั่นแยกมีค่าลดลง ดังนั้นปั๊มของสายรีฟลักซ์จึงทำงานน้อยลง ก่อให้เกิดการลดต้นทุนการผลิตเป็นเงิน 0.04 Mb/y 2) การศึกษากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ จากการทดลองพบว่าการใช้กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลง 160 kW และส่งผลให้ได้ไอน้ำความดันสูงจากเครื่องกันหันไอน้ำเพิ่มขึ้น 0.625 t/h คิดเป็นเงินของการได้ไอน้ำความดันสูงที่เพิ่มขึ้นเป็นเงิน 3.682 MB/y รวมแล้วงานวิจัยนี้สามารถลดต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้เป็นเงิน 3.722 MB/y

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน

จากการศึกษาหอกลั่นแยกไอโซบิวทีน- 2-บิวทีน พบว่าในปัจจุบันโรงงานดำเนินกระบวนการผลิตที่ค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler เท่ากับ 20 Gcal/h อย่างคงที่ แม้ว่าปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอจะเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งในช่วงทำการทดลองมีอัตราการไหลของของไอโซบิวทีนที่ 10-11 t/h เนื่องจากหน่วยผลิตสารโพรพิลีนส่วนเพิ่มจากปฏิกิริยาเมตาทีซีสมีการเพิ่มหรือลดสายป้อนเข้าตามหน่วยการวางแผนการผลิต ดังนั้นควรมีการคำนวณค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ให้เหมาะสมตามปริมาณของไอโซบิวทีนในสายป้อนเข้าหอที่เปลี่ยนไป

5.2.2 หอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลงมากกว่า 86.5 °C เนื่องจากอาจช่วยลดการใช้กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) ที่หน่วยอัดความดัน และทำให้ได้ไอน้ำความดันสูงจากเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbine) มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกับการลดต้นทุนการผลิตจากการได้ไอน้ำความดันสูงที่เพิ่มขึ้น

5.2.3 หน่วยอัดความดัน

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความดันขาเข้าของคอมเพรสเซอร์ เมื่ออุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำลดลง ส่งผลให้อัตราการไหลเชิงมวลของ Cracked gas ที่ส่งไปยังหน่วยอัดความดันลดลง ดังนั้นความดันขาเข้าของคอมเพรสเซอร์จะลดลง ซึ่งจะส่งผลกับความดันขาออก (Coil outlet pressure) จากหน่วยเตาแตกโมเลกุล (Cracking furnace unit) และ Residence time ของสารตั้งต้นในเตาแตกโมเลกุล ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการผลิตผลิตภัณฑ์เอทิลีนและโพรพิลีนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด. “รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการโรงงานผลิตสารโอเลฟินส์และอะโรมาติกส์ (ส่วนขยายครั้งที่ 3).” กรุงเทพมหานครฯ. 2558.

[2] ฝ่ายสื่อสารองค์กรบริษัท ปตท.จำกัด (มหาชน). สารานุกรมปิโตรเคมี. กรุงเทพมหานคร: บริษัท มีเดียเอกซ์เพอร์ทีส อินเตอร์เนชั่นแนล (ประเทศไทย) จำกัด. 2554.

[3] S. M. S., “Maximizing Yields and Profit at Olefins Plant,” 13 July 2015. [ออนไลน์]. Available: https://blog.yokogawa.com. [วันที่เข้าถึง 29 December 2019].

[4] รศ.ดร. ธราธร มงคลศรี, “Blog Quench water system MO Memoir,” 7 เมษายน 2559. [ออนไลน์]. Available: http://tamagozzilla.blogspot.com. [วันที่เข้าถึง 27 ธันวาคม 2562].

[5] Alfa Laval, “ Improve compressor capacity and reduce cooling water usage,” [ออนไลน์]. Available: www.alfalaval.com.. [วันที่เข้าถึง 27 December 2019].

[6] สำนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน (Bureau of Energy Human Resource Development). Compressed-Air, pump, and fan systems. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2557.

[7] Paul Heney, “What are air compressors?,” [ออนไลน์]. Available: https://www.pneumatictips.com/what-are-air-compressors. [วันที่เข้าถึง 20 December 2019].

[8] สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. การอนุรักษ์พลังงานในระบบอัดอากาศ. กรุงเทพฯ: ศูนย์เผยแพร่แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในด้านอุตสาหกรรม.

[9] ประกอบ เบญจศิริลักษณ. “Centrifugal Gas Compressor.” *Gasline.* %171. p. 11. 2552.

[10] Suryam, “Centrifugal Compressor,” 11 November 2018. [ออนไลน์]. Available: http://studiumbook.com. [วันที่เข้าถึง 27 December 2019].

[11] Shahram Azizifar and Salem Banooni. “ Modeling and optimization of industrial multistage compressed air system using actual variable effectiveness in hot regions.” *Advances in Mechanical engineering.* เล่มที่ 1 จาก 28(5) 1-10. 2016.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] A. Ohji and M. Haraguchi. " Steam turbine cycles and cycle design optimization : the Rankin cycle,thermal power cycles,and iGCC power plants." *Advances in Steam Turbines for Modern Power Plants.* pp. 11-40. 2017.

[13] R. T. J. W. a. A. H. Ken Darrow. "Technology Characterization - steam Turbines." ใน *CHP Teachnologies*. U.S. Environmental Protection Agency. 2015. pp. 6-9.

[14] Christie J. Geankoplis. Transport Processes and Unit Operations. the United States of America: University of Minnesota. 1993.

[15] J. P. Holman , Heat Transfer Tenth Edition. New York: The McGraw-Hill Companies. Inc. 2010.

[16] Ernst U. Schlunder. Heat exchanger design handbook. Hemisphere Publishing Corporation. 1983.

[17] Hewitt,Geoffrey F., "Reboiler," [ออนไลน์]. Available: http://www.thermopedia.com. [วันที่เข้าถึง 20 January 2020].

[18] Academia, "Process Design of Heat Exchanger: Types of Heat exchanger, process design of shell and tube heat exchanger, condenser, and reboilers," [ออนไลน์]. Available: https://www.academia.edu. [วันที่เข้าถึง 29 December 2019].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1.การหาต้นทุนการผลิตที่หอกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีน

เมื่อทำการลดค่าปริมาณความร้อนของ Deisobutenizer reboiler ลงเท่ากับ 19.6 Gcal/h ส่งผลให้อัตราการไหลของน้ำลดอุณหภูมิลดลง ดังนั้นปั๊มของรีฟลักซ์ทำงานได้น้อยลง ไฟฟ้าของปั๊มน้อยลง 1.5 A คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1.524 kW (ค่าไฟเท่ากับ 3 Baht/kWh)

$$P = \frac{1.732 \times V \times I \times P.F}{1000}$$

โดยที่

P	คือ	กำลังไฟฟ้า (kW)
V	คือ	แรงดันไฟฟ้า เป็นแบบ Medium volt เท่ากับ 680 V
I	คือ	กระแสไฟฟ้า (A)
P.F	คือ	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เท่ากับ 0.85

$$P = \frac{1.732 \times V \times I \times P.F}{1000}$$

$$= \frac{1.732 \times (680) \times 1.5 \times 0.85}{1000} = 1.524 \text{ kW}$$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1.524 kW

ต้นทุนการผลิตที่ลดลง $= 1.524 \times 24 \times 365 \times 3$

$= 40{,}445$ Baht/y $= 0.04$ MB/y

ดังนั้นสามารถลดต้นทุนการผลิตที่หน่วยกลั่นแยกไอโซบิวทีน – 2-บิวทีนเท่ากับ 0.04 MB/y

2.การหากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ

การหากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำที่ลงลด โดยจะดูผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำที่ส่งผลต่อหน่วยอัดความดัน ซึ่งได้แก่ตัวแปร X_2 และ X_8 นำข้อมูลช่วงก่อนการทดลองหาค่าเฉลี่ยสร้างเป็น Baseline ของสมการ เพื่อดูผลของ 2 ตัวแปรดังกล่าวเท่านั้น ซึ่ง Baseline ของตัวแปร $X_2 = 39.1$ °C และตัวแปร $X_8 = 88$ °C ดังนั้นจึงแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 กรณี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ไม่คิดผลของการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยใช้ Baseline

2) คิดผลของการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

คาดเดากำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ โดยการคำนวณด้วยสมการจากเครื่องมือ Minitab คือ

$$Y = -182836 + 26.26\,X_1 + 36.64\,X_2 - 109.26\,X_3 + 2715.97\,X_4 + 2.25\,X_5 + 42.62\,X_6 - 9.468\,X_7 + 81.87492\,X_8 + 2.645\,X_9 \quad (1)$$

โดยที่

Y	คือ	กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (kW)
X_1	คือ	ความเร็วในการปั่นของเครื่องกังหันไอน้ำ (rpm)
X_2	คือ	อุณหภูมิด้านบนของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (°C)
X_3	คือ	อุณหภูมิขาออกของคอมเพรสเซอร์ที่ขั้น 4 (°C)
X_4	คือ	ความดันขาออกของคอมเพรสเซอร์ที่ขั้น 5 (kg/cm^2g)
X_5	คือ	ความหนาแน่นของแนฟทา (kg/m^3)
X_6	คือ	ปริมาณของผลิตภัณฑ์เอทิลีน (t/h)
X_7	คือ	อัตราการไหลของโพรเพนจากหอกลั่นแยกโพรพิลีน (t/h)
X_8	คือ	อุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ (°C)
X_9	คือ	อัตราการไหลของแนฟทาที่ส่งเข้าหน่วยแตกโมเลกุล (t/h)

ได้กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ กรณี 1 เท่ากับ 56073.81 kW และ กรณี 2 เท่ากับ 55913.25 kW ดังนั้นเปรียบเทียบกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำของ 2 กรณี

กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลง = 56073.81-55913.25

= 160.57 kW

3.การหาไอน้ำความดันสูงที่ออกจากเครื่องกังหันไอน้ำ

กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องกังหันไอน้ำ (Cracked gas compressor turbine) นำข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ และอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่ออกจากเครื่องกังหันไอน้ำ ได้ความสัมพันธ์ดังสมการ

$$Y = 7\times10^{-8}X^2 - 0.0119X + 883.19 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.9975$$

โดยที่

Y	คือ	อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง	t/h
X	คือ	กำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ	kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 กรณี คือ

1) ไม่คิดผลของการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ โดยใช้ Baseline
2) คิดผลของการลดอุณหภูมิด้านล่างของหอลดอุณหภูมิด้วยน้ำ

อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง $=7x10^{-8}X^2-0.0119X + 883.19$

กรณีที่ 1 $=7x10^{-8}(56073.81)^2-0.0119(56073.81) + 883.19$

$=436.01$ t/h

อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูง $=7x10^{-8}X^2-0.0119X + 883.19$

กรณีที่ 2 $=7x10^{-8}(55913.25)^2-0.0119(55913.25) + 883.19$

$= 436.662$ t/h

อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงกรณี 1 เท่ากับ 436.01 t/h และอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงกรณี 2 เท่ากับ 436.66 t/h ดังนั้น เปรียบเทียบอัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงของทั้ง 2 กรณี

อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่เพิ่มขึ้น = 436.662 – 436.010 = 0.652 t/h

4.การหาค่าต้นทุนการผลิตที่หน่วยอัดความดัน

จากกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำลดลง เท่ากับ 160.57 kW ส่งผลให้อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงที่ออกจากเครื่องกังหันไอน้ำเพิ่มขึ้น 0.652 t/h (ราคาของไอน้ำความดันสูงเท่ากับ 698.22 Baht/t) คิดเป็นต้นทุนการผลิตที่ลดลง

ต้นทุนการผลิตที่ลดลง (MB/y) = 0.652 x 698.22 x 365 x 24 = 3,682,007 = 3.682 Mb/y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตัวแปรอิสระ X ที่ส่งผลต่อกำลังของเครื่องกังหันไอน้ำ (Y)

ลำดับ	ตัวแปรอิสระ X	ความหมาย
1	CT-300 TURBINE SPEED (rpm)	ความเร็วในการหมุนของเครื่องกังหันไอน้ำ
2	% GOV (%mv)	เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด
3	%ECV (%mv)	เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุม
4	SHPS to turbine (t/h)	อัตราการไหลของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด
5	SHPS PRESSURE (kg/cm^2g)	ความดันของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด
6	SHPS TEMP (°C)	อุณหภูมิของไอน้ำความดันสูงยิ่งยวด
7	SUCTION PRESSURE STAGE 1 A (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
8	SUCTION PRESSURE STAGE 1 B (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
9	SUCTION PRESSURE STAGE 1 C (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
10	SUCTION PRESSURE STAGE 1 D (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
11	DISCHARGE P STAGE 1 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
12	SUCTION TEMP STAGE 1 A (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
13	SUCTION TEMP STAGE 1 B (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
14	DISCHARGE TEMP STAGE 1 A (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
15	DISCHARGE TEMP STAGE 1 B (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
16	DISCHARGE TEMP STAGE 1 C (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 1
17	SUCTION PRESSURE STAGE 2 (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
18	DISCHARGE PRESSURE STAGE 2 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
19	SUCTION TEMP STAGE 2 (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
20	DISCHARGE TEMP STAGE 2 A (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
21	DISCHARGE TEMP STAGE 2 B (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
22	DISCHARGE TEMP STAGE 2 C (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 2
23	SUCTION PRESSURE STAGE 3 (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 3
24	DISCHARGE PRESSURE STAGE 3 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	SUCTION TEMP STAGE 3 (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 3
26	DISCHARGE TEMP STAGE 3 A (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 3
27	DISCHARGE TEMP STAGE 3 B (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 3
28	DISCHARGE TEMP STAGE 3 C (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 3
29	SUCTION PRESSURE STAGE 4 (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
30	DISCHARGE PRESSURE STAGE 4 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
31	SUCTION TEMP STAGE 4 (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
32	DISCHARGE TEMP STAGE 4 A (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
33	DISCHARGE TEMP STAGE 4 B (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
34	DISCHARGE TEMP STAGE 4 C (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 4
35	SUCTION PRESSURE STAGE 5 (kg/cm^2g)	ความดันขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
36	DISCHARGE PRESSURE STAGE 5 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
37	DISCHARGE PRESSURE STAGE 5 (kg/cm^2g)	ความดันขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
38	SUCTION TEMP STAGE 5 (°C)	อุณหภูมิขาเข้าคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
39	DISCHARGE TEMP STAGE 5 A (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
40	DISCHARGE TEMP STAGE 5 B (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
41	DISCHARGE TEMP STAGE 5 C (°C)	อุณหภูมิขาออกคอมเพรสเซอร์ขั้น 5
42	MIN FLOW (STAGE 3) WITH P T COMPENSATE (t/h)	อัตราการไหลจากคอนเพรสเซอร์ขั้น 3 ไปขั้น 5
43	MIN FLOW (STAGE 5) WITH P T COMPENSATE (t/h)	อัตราการไหลจากคอมเพรสเซอร์ขั้น 5 ไปขั้น 3
44	NPARAFFINS (%wt)	ปริมาณของพาราฟินในแนฟทา
45	ISOPARAFFINS (%wt)	ปริมาณไอโซพาราฟินในแนฟทา
46	OLEFINS (%wt)	ปริมาณโอเลฟินส์แนฟทา
47	AROMATICS (%wt)	ปริมาณอะโรมาติกส์ในแนฟทา
48	NAPHTHENES (%wt)	ปริมาณแนฟทีนในแนฟทา
49	DENSITY NAPTHA ONLINE ANALYZER (kg/m^3)	ความหนาแน่นของแนฟทา
50	C_2H_4 GROSS (OLEFINS) (t/h)	ปริมาณผลิตภัณฑ์เอทิลีน
51	C_3H_6 GROSS (OLEFINS) (t/h)	ปริมาณผลิตภัณฑ์โพรพิลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

52	BOTTOM C_2 tower (t/h)	อัตราการไหลของอีเทนส่งไปหน่วยเตาแตกโมเลกุล
53	BOTTOM C_3 tower (t/h)	อัตราการไหลของโพรเพนส่งไปเตาแตกโมเลกุล
54	ETHYLENE FROM LPG FEED (%wt)	ปริมาณเอทิลีนในสารตั้งต้น LPG
55	PROPYLENE FROM LPG FEED (%wt)	ปริมาณโพรพิลีนในสารตั้งต้น LPG
56	PROPANE FROM LPG FEED (%wt)	ปริมาณโพรเพนในสารตั้งต้น LPG

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา : คณิตา เตียงชัยภูมิ

วัน/เดือน/ปีเกิด : 11 ตุลาคม 2539

ที่อยู่ : 112/28 หมู่บ้านคุ้มเกล้า แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง
จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

อีเมล : 59010180@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา : - 2010-2015 : มัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย
แผนการเรียนวิทย์-แพทย์ศาสตร์
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)
- 2015-ปัจจุบัน : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : - นักศึกษาฝึกงานห้องปฏิบัติการ Chemical recycling of polymeric waste
มหาวิทยาลัยยามากะตะ ประเทศญี่ปุ่น
- นักศึกษาฝึกงาน แผนกวิศวกรรมกระบวนการผลิต
บริษัท มาบตาพุดโอเลฟินส์ จำกัด
รับผิดขอบในส่วนการหาสภาวะที่เหมาะสมของน้ำลดอุณหภูมิในกระบวนการผลิตสารโอเลฟินส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้