บทที่ 3
โปรแกรมแอสเพน พลัส (ASPEN PLUS)

ในบทนี้จะกล่าวถึงตัวโปรแกรมที่ใช้จำลองกระบวนการ การเลือกรูปแบบในการจำลอง และความสามารถของตัวโปรแกรมรวมถึงการออปติไมเซชัน

3.1 โปรแกรมจำลองกระบวนการ

แบบจำลองกระบวนการที่ทำขึ้น เพื่อที่จะทำนายพฤติกรรมที่จะเกิดขึ้นของกระบวนการโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางด้านพื้นฐานวิศวกรรม เช่น สมดุลมวลและพลังงาน แล้วใส่ค่าสภาวะต่าง ๆ เช่น คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิก สภาวะการดำเนินงานตามสภาวะจริง และรูปแบบอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องก็จะสามารถจำลองกระบวนการที่เหมือนกระบวนการจริงได้ แบบจำลองกระบวนการนี้จะสามารถใช้ประโยชน์ในการศึกษามากเช่น

1. การทำ HAZOP โดยใช้ 'What if' เพื่อเป็นประโยชน์ทางด้านความปลอดภัย
2. การทดสอบความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะต่างๆ ภายในกระบวนการ
3. การออปติไมเซชัน เพื่อหาจุดปฏิบัติการที่ดีที่สุด

โปรแกรมแอสเพน พลัส เป็นโปรแกรมหนึ่งที่ใช้ในการจำลองกระบวนการ ทดสอบความสามารถของกระบวนการ และศึกษาผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อสภาวะปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงไป โปรแกรมนี้มีระบบนำทางที่จะบอกระบบการทำงานในขั้นถัดไปว่าต้องทำอย่างไร ทำให้มีความสะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

3.2 การจำลองกระบวนการในโปรแกรมแอสเพน พลัส

หลักการคร่าว ๆ ในการจำลองกระบวนการจริงเพื่อใส่ในโปรแกรมแอสเพน พลัส มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดแผนผังกระบวนการ โดยมีขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน
   - กำหนดหน่วยที่จะใช้ในกระบวนการ ในโปรแกรมแอสเพน พลัส มีรูปแบบของหน่วยกับการประยุกต์ใช้กับกระบวนการให้เลือกมากมาย
   - กำหนดสายการไหลของแต่ละหน่วยปฏิบัติการ
   - เลือกรูปแบบของแต่ละหน่วยปฏิบัติการจากข้อมูลในโปรแกรมแอสเพน พลัส เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยปฏิบัติการ

2. กำหนดสารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการ ซึ่งสามารถเลือกได้จากข้อมูลในโปรแกรมแอสเพน พลัส หรือ ถ้าไม่มีข้อมูลตัวที่ต้องการอยู่เราสามารถที่จะกำหนดขึ้นได้เอง
3. เลือกคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิก จากข้อมูลที่มีอยู่ในโปรแกรมแอสเพน พลัส โดยต้องเลือกให้เหมาะสมกับกระบวนการจริง เนื่องจากส่วนนี้จะเป็นส่วนที่แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแต่ละองค์ประกอบ และสารผสมที่มีอยู่ในกระบวนการ
4. กำหนดอัตราการไหลของสตรีมที่ทราบค่า รวมถึงสภาวะทางเทอร์โมไดนามิก เช่น อุณหภูมิ กับ ความดันของสายป้อนเข้ากระบวนการ
5. ทำการใส่ค่าสภาวะการดำเนินกระบวนการของแต่ละหน่วยปฏิบัติการ

3.3 สมรรถนะของโปรแกรมแอสเพน พลัส

ตัวโปรแกรมแอสเพน พลัสสามารถใช้งานได้ในหลายแบบ เช่น

- แสดงความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าต่าง ๆ ในกระบวนการ (Sensitivity)
- สามารถทำการกรณีศึกษาได้ (Case Study)
- การประมาณค่าและปรับค่าคุณสมบัติทางฟิสิกส์
- หาขนาดและความทนทานของอุปกรณ์
- ต้นทุนของโรงงาน
- ออปติไมเซชัน

โปรแกรมแอสเพน พลัส มีข้อมูลในการประยุกต์ใช้กับกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

- กระบวนการทั่ว ๆ ไป (General)
- กระบวนการทางปิโตรเลียม (Petroleum)
- กระบวนการแยกแก๊ส (Gas Processing)
- กระบวนการแยกอากาศ (Air Separation)
- กระบวนการทางเคมี (Chemical)
- กระบวนการเกี่ยวกับอิเลคโตรไลต์ (Electrolytes)
- กระบวนการเคมีพิเศษ (Specialty Chemical)
- กระบวนการผลิตยา (Pharmaceutical)
- กระบวนการเกี่ยวกับแร่, โลหะ (Hydrometallurgy, Pyrometallurgy)
- กระบวนการเกี่ยวกับของแข็ง (Solid)

ตัวอย่างการใส่ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ สำหรับหน่วยแยกอากาศ (ASPEN PLUS User Guide Volume 1)

- เลือกการประยุกต์ใช้สำหรับหน่วยแยกอากาศ

Specification	Default
English unit	F, psi, Lb/hr, lbmol/hr, But/hr, cuft/hr
Metric unit	C, Bar, Kg/hr, kmol/hr, Watt, cum/hr
Property option set	PENG-ROB (Peng-Robinson)
Components included	O_2, N_2, Ar
Flow basis for input	Mole
Stream report composition	Mole flow and Mole fraction

- รูปแบบของหน่วยปฏิบัติการที่ใช้สำหรับการจำลองกระบวนการแยกอากาศ

Model	Description
RADFRAC	หอกลั่นทั่วไป
MULTIFRAC	หอกลั่นหลายหอ
HEATX	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
MHEATX	เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในกล่องเย็น (Cold Box)

MULTIFRAC จะมีลักษณะพิเศษเฉพาะสำหรับระบบที่มีหอกลั่นคู่ ซึ่งจะพบได้ในกระบวนแยกอากาศ MULTIFRAC จะคำนวณการเชื่อมต่อระหว่างหอกลั่นเสมือนเป็นหน่วยปฏิบัติการหนึ่งหน่วย

- การตั้งค่าคุณสมบัติ

Property Set	Description
GASPROPS	General gas properties, including: - Compressibility factor - Actual Volume Flow - Standard vapor volume (MMSCFD or MMSCMH) - Heat capacity ratio (Cp/Cv) for mixture

3.4 การออปติไมเซชัน

แรงจูงใจในการทำออปติไมเซชันมีหลายด้าน เช่น

- เพื่อผลกำไรให้มากที่สุด
- ลดค่าใช้จ่ายให้ต่ำสุด ทั้งด้านการผลิตและบำรุงรักษา
- ใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ให้คุ้มค่ามากที่สุด
- เพื่อให้ได้แผนการดำเนินงานที่ดีที่สุด
- เพื่อเพิ่มปริมาณหรือคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด

การออปติไมเซชันเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดในการดำเนินการผลิต โดยอาศัยแบบจำลองกระบวนการแทนการศึกษาจากกระบวนการจริง สามารถทำได้ง่าย ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตและใช้เวลาน้อย แต่ที่สำคัญคือ แบบจำลองที่ใช้นั้นต้องมีความถูกต้อง และยอมรับความผิดพลาดได้ค่าหนึ่ง

ในการทำออปติไมเซชันต้องมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตนั้น ๆ จึงสามารถที่จะกำหนดข้อกำหนดต่าง ๆ ดังนี้ได้

1. ออปเจคทีฟฟังก์ชัน (Objective Function) เป็นตัวการที่สร้างขึ้นมาตามวัตถุประสงค์ของการออปติไมซ์ ซึ่งจะสามารถคำนวณหาค่าต่ำสุด หรือสูงสุดของตัวการนั้น ๆ เช่น คุณภาพ ผลกำไร ต้นทุน ปริมาณการผลิต เป็นต้น

2. ข้อจำกัด (Constraints) เป็นข้อจำกัดของแต่ละกระบวนการซึ่งจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการดำเนินงานของกระบวนการ และเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องใช้ในการคำนวณหาจุดดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุด

3. ตัวแปรตัดสิน (Decision Variable) เป็นตัวแปรที่มีผลต่อออปเจคทีฟฟังก์ชัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป ตัวแปรนี้จะเป็นตัวตัดสินค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของออปเจคทีฟฟังก์ชัน เช่น อัตราการไหล อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น

การคำนวณค่าออปติไมเซชันของโปรแกรมแอสเพน พลัส นั้นใช้ SQP (Successive Quardratic Programming) โดยจะทำการประมาณออปเจคทีฟฟังก์ชันให้อยู่ในรูป ควอดราติก ฟังก์ชัน แล้วทำการคำนวณโดยที่ออปเจคทีฟฟังก์ชันจะถูกประมาณใหม่ทุกครั้ง คำตอบของ SQP ไม่จำเป็นต้องลู่เข้าสู่ค่าที่กำหนดไว้ทุกครั้งของการคำนวณ แต่จะลู่เข้าหาค่าที่กำหนดเมื่อออปเจคทีฟฟังก์ชันลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสม

3.5 กระบวนการคำนวณค่าลู่เข้าอื่น ๆ ที่มีใน แอสเพนพลัส

1. วิธีคอมเพล็กส์ (COMPLEX Method) เป็นกระบวนการที่ใช้กับการแก้ปัญหาการลู่เข้าของการออปติไมเซชัน ซึ่งมีขอบเขตของตัวแปรปรับ และข้อจำกัดที่ไม่เท่ากับคอมเพล็กส์ เป็นวิธีค้นหาโดยตรง ไม่ต้องการคำนวณอนุพันธ์ทางคณิตศาสตร์ จะเป็นประโยชน์มากกับปัญหาง่าย ๆ โดยที่ไม่มีลูปย้อนกลับหรือข้อจำกัดที่เท่ากัน

2. วิธีเวคสไตล์ (WEGSTEIN Method) เป็นกระบวนการที่เร็วที่สุดและมีความน่าเชื่อถือ ปกติแล้วจะใช้คำนวณหาการลู่เข้าของสายสตรีม ซึ่งสามารถป้อนเข้าใน คุณสมบัติของทุกสายสตรีมได้

3. วิธีไดเร็ค (DIRECT Method) เป็นกระบวนที่ใช้การแทนค่าโดยตรง โดยค่าใหม่ของการปรับเปลี่ยนที่คำนวณได้จะเป็นผลมาจากการคำนวณก่อนหน้านี้ วิธีนี้จะลู่เข้าช้า แต่เชื่อถือได้ ส่วนใหญ่มักจะใช้กับกรณีที่ใช้กระบวนการอื่นแล้วไม่เสถียร ไม่สามารถหาค่าได้

4. วิธีซีแคนท์ (SECANT Method) เป็นวิธีการประมาณค่าเชิงเส้น โดยใช้สมการอันดับสูง ปกติจะใช้กับการลู่ที่มีการออกแบบเฉพาะเจาะจงเพียงอันเดียว ซีแคนท์เป็นกระบวนปกติที่ใช้กับการลู่เข้าของการออกแบบเฉพาะเจาะจง

5. วิธีบรอยเดน (BROYDEN Method) เป็นกระบวนการที่ใช้กับการคำนวณการลู่เข้าของแบบจำลองที่มีการออกแบบเฉพาะเจาะ จงมากกว่า 2 แบบ เหมาะกับสายสตรีมหลายสายที่มีผลต่อเนื่องกับการออกแบบเฉพาะเจาะจง หรือการมีลูปย้อนกลับซึ่งมีผลกับการออกแบบเฉพาะเจาะจง

6. วิธีนิวตัน (NEWTON Method) เป็นกระบวนการที่ทำการปรับปรุงการคำนวณแบบจำลองที่มีลูปย้อนกลับซึ่งมีผลอย่างมากกับการออกแบบเฉพาะเจาะจง และคำนวณค่าการลู่เข้าโดยใช้บรอยเดนไม่ได้ การคำนวณโดยกระบวนการนี้จะทำให้ตัวแปรปรับตัวหนึ่งวิ่งเข้าสู่ค่าสูงสุดหรือต่ำสุด ผลที่ได้จะมาจากค่ารวมความผิดพลาดกำลังสองของสายสตรีม และค่าการออกแบบเฉพาะเจาะจงน้อยที่สุด